

**编制佛山市海绵城市建设  
相关规划、导则和标准  
——佛山气象条件及典型雨型研究  
技术报告**

广东省气象防灾技术服务中心  
二〇一六年六月

编制佛山市海绵城市建设相关规划、导则和标准  
——佛山气象条件及典型雨型研究技术报告

项目审定： 欧阳里程

项目审核： 植石群

技术负责人： 蒋承霖

项目编制： 陈雯超 植石群

参加人员： 刘爱君 黄浩辉 王志春 秦 鹏

# 目 录

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 前言.....                  | 1         |
| <b>1. 佛山市主要气候特性.....</b> | <b>3</b>  |
| 1.1 佛山市气候概况.....         | 3         |
| 1.2 气象台站概况 .....         | 4         |
| 1.2.1 南海国家气象站.....       | 5         |
| 1.2.2 顺德国家气象站.....       | 6         |
| 1.2.3 三水国家气象站.....       | 6         |
| 1.3 气象要素特征值与环境分析评价.....  | 7         |
| 1.3.1 气温.....            | 7         |
| 1.3.2 相对湿度.....          | 10        |
| 1.3.3 降水量.....           | 11        |
| 1.3.4 日照.....            | 14        |
| 1.3.5 风速、风向.....         | 16        |
| 1.4 气象要素的时空差异 .....      | 22        |
| 1.4.1 气象要素的空间差异.....     | 22        |
| 1.4.2 气象要素的年际变化.....     | 28        |
| <b>2. 暴雨强度公式修订 .....</b> | <b>30</b> |
| 2.1 暴雨强度公式编制方法及依据 .....  | 30        |
| 2.1.1 编制方法.....          | 30        |
| 2.1.2 气象资料的统计.....       | 30        |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 2.1.3 编制依据.....                     | 31        |
| 2.2 站点选择及资料来源.....                  | 32        |
| 2.2.1 代表站的确定.....                   | 32        |
| 2.2.2 代表站的三性分析.....                 | 32        |
| 2.2.3 资料来源.....                     | 33        |
| 2.3. 暴雨强度公式推算.....                  | 33        |
| 2.3.1 原始资料数字化处理.....                | 33        |
| 2.3.2 有效资料样本的选取.....                | 37        |
| 2.3.3 暴雨公式解释.....                   | 37        |
| 2.3.4 暴雨公式推算原理及其步骤.....             | 39        |
| 2.3.5 暴雨公式精度检验.....                 | 51        |
| 2.4. 佛山市高明区暴雨强度公式.....              | 52        |
| 2.5 鹤山暴雨强度公式与高明区现行公式的比较及分析.....     | 55        |
| 2.6 新编暴雨强度公式与现行公式的比较及分析.....        | 58        |
| <b>3. 设计暴雨雨型分布研究.....</b>           | <b>66</b> |
| 3.1 设计暴雨雨型方法概述.....                 | 67        |
| 3.2 各种设计暴雨雨型选择.....                 | 69        |
| 3.3 120 分钟设计暴雨时程分配雨型分析.....         | 71        |
| 3.4 1440 分钟（24 小时）设计暴雨时程分配雨型分析..... | 72        |
| 3.4.1 摘取样本降雨过程.....                 | 72        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 3.4.2 典型降雨的选定.....              | 72  |
| 3.4.3 1440分钟（24小时）设计暴雨雨型分配..... | 73  |
| 3.5. 设计雨型与设计暴雨过程线研究成果 .....     | 88  |
| 3.5.1 短历时设计降雨过程线与雨型 .....       | 88  |
| 3.5.2 长历时暴雨强度公式.....            | 92  |
| 3.5.3 长历时设计降雨过程线与雨型 .....       | 95  |
| 3.5.4 本章小结 .....                | 105 |
| 4. 结论及建议.....                   | 107 |
| 5. 参考文献.....                    | 108 |
| 6. 附 件 .....                    | 110 |
| 6.1 三水区暴雨强度公式及计算图表.....         | 110 |
| 6.2 南海区暴雨强度公式及计算图表.....         | 129 |
| 6.3 顺德区暴雨强度公式及计算图表.....         | 148 |
| 6.4 高明区暴雨强度公式及计算图表.....         | 167 |
| 6.5 禅城区暴雨强度公式及计算图表.....         | 186 |

## 图 表

|   |    |
|---|----|
| 表 1-1 南海国家气象站历史沿革表 .....                  | 5  |
| 表 1-2 顺德国家气象站历史沿革表 .....                  | 6  |
| 表 1-3 三水国家气象站历史沿革表 .....                  | 7  |
| 表 1-5 各气象站累年各月、年平均气温表（单位：℃） .....         | 8  |
| 表 1-6 各气象站累年各月、年极端最高、最低气温表（单位：℃）<br>..... | 9  |
| 表 1-7 各气象站累年各月、年最多高温、低温日数表（单位：d）          | 9  |
| 表 1-8 各气象站累年各月、年相对湿度要素表（单位：%） .....       | 11 |
| 表 1-9 各气象站累年各月、年平均降水量表（单位：mm） .....       | 13 |
| 表 1-10 各气象站累年各月、年最大日降水量表（单位：mm） ...       | 13 |
| 表 1-11 各气象站累年各月、年最大连续降水量表（单位：mm）          | 13 |
| 表 1-12 各气象站累年各月、年最长连续降水日数表（单位：d）          | 13 |
| 表 1-13 各气象站累年各月、年平均日照时数表（单位：h） .....      | 15 |
| 表 1-14 各气象站累年各月、年平均日照百分率表（单位：%） ..        | 15 |
| 表 1-15 各气象站累年各月、年风速参数表（单位：m/s） .....      | 17 |
| 表 1-16 各气象站累年各月、年累计大风日数（单位：d） .....       | 18 |
| 表 1-17 三水气象站累年各月、年各风向的频率（单位：%） .....      | 18 |
| 表 1-18 南海气象站累年各月、年各风向的频率（单位：%） .....      | 19 |
| 表 1-19 顺德气象站累年各月、年各风向的频率（单位：%） .....      | 19 |
| 图 2-1 降水自记纸彩色扫描数字化处理系统 .....              | 35 |

|        |                            |    |
|--------|----------------------------|----|
| 图 2-2  | 暴雨强度计算系统.....              | 40 |
| 图 2-3  | 频率曲线拟合调整方法.....            | 42 |
| 图 2-4  | 佛山市三水区适线法调整频率曲线.....       | 43 |
| 图 2-5  | 佛山市南海区适线法调整频率曲线.....       | 44 |
| 图 2-6  | 佛山市顺德区适线法调整频率曲线.....       | 44 |
| 表 2-1  | 佛山市三水区单一重现期暴雨公式.....       | 46 |
| 表 2-2  | 佛山市南海区单一重现期暴雨公式.....       | 47 |
| 表 2-3  | 佛山市顺德区单一重现期暴雨公式.....       | 48 |
| 表 2-4  | 佛山市三水区重现期区间暴雨公式.....       | 50 |
| 表 2-5  | 佛山市南海区重现期区间暴雨公式.....       | 50 |
| 表 2-6  | 佛山市顺德区重现期区间暴雨公式.....       | 50 |
| 图 2-7  | 佛山市年降水量 (mm) .....         | 53 |
| 图 2-8  | 佛山市雨季降水量 (mm) .....        | 54 |
| 表 2-7  | 佛山市高明区单一重现期暴雨公式.....       | 54 |
| 表 2-8  | 佛山市高明区重现期区间暴雨强度公式.....     | 55 |
| 表 2-9  | 佛山市三水区单一重现期暴雨公式.....       | 58 |
| 表 2-10 | 佛山市三水区重现期区间暴雨强度公式.....     | 58 |
| 表 2-11 | 佛山市三水区新编暴雨强度公式计算值与现行公式对比.. | 59 |
| 表 2-12 | 佛山市南海区单一重现期暴雨公式.....       | 60 |
| 表 2-13 | 佛山市南海区重现期区间暴雨强度公式.....     | 60 |
| 表 2-14 | 佛山市南海区新编暴雨强度公式计算值与现行公式对比.. | 61 |
| 表 2-15 | 佛山市顺德区单一重现期暴雨公式.....       | 62 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 表 2-16 | 佛山市顺德区重现期区间暴雨强度公式.....                           | 62  |
| 表 2-17 | 佛山市顺德区新编暴雨强度公式计算值与现行公式对比..                       | 63  |
| 表 2-18 | 年多个样法重现期 $T_E$ 和年最大值法重现期 $T_M$ 的转换关系             | 64  |
| 表 2-19 | 最大降水平均值对比.....                                   | 65  |
| 图 3-1  | 三角形雨型 (Yen & Chow) .....                         | 69  |
| 表 3-1  | 样本情况 .....                                       | 71  |
| 图 3-2  | 水利工程 50 年重现期 1h 时间间隔 24 小时设计暴雨过程线                | 74  |
| 表 3-2  | 各场降雨 5 分钟对应位置上的分配比例以及最终比例的平均<br>值 (水利雨峰雨型) ..... | 75  |
| 表 3-3  | 1440min 分配比例表 (内涝水利雨峰雨型) (单位: %)                 | 81  |
| 图 3-3  | 短历时暴雨雨型分析系统.....                                 | 89  |
| 表 3-4  | 佛山市南海区单一重现期暴雨公式.....                             | 89  |
| 表 3-5  | 芝加哥雨型降雨过程线.....                                  | 90  |
| 图 3-4  | 不同重现期芝加哥降雨过程图.....                               | 92  |
| 图 3-5  | 适线法调整频率曲线.....                                   | 93  |
| 表 3-6  | 南海单一重现期暴雨强度公式.....                               | 94  |
| 表 3-7  | 南海重现期区间暴雨强度公式.....                               | 94  |
| 图 3-6  | 5 分钟时段、历时 1440 分钟时程分配百分率 (水利雨型)                  | 101 |
| 图 3-7  | 不同重现期下, 历时 1440 分钟时程雨型分配图.....                   | 105 |



## 前言

佛山市地处南亚热带海洋性季风气候区，温暖、多雨，是我国暴雨日数最多的城市之一。近年来，随着佛山市城镇化进程不断加快，城市规模不断扩大，在气候变化和城市化快速发展背景下，区域短历时强降水的强度和分布特征均发生了显著变化，极端降水事件不断增加，导致城市内涝现象不断增多。

为深入贯彻落实《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》（国发〔2013〕36号）、《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》（国办发〔2015〕75号）和省相关文件精神，加快推进佛山市海绵城市建设工作，坚持规划引领、统筹推进。将海绵城市建设作为新时期佛山市城市转型发展的战略要求，因地制宜确定海绵城市建设目标和具体指标，科学编制和严格实施相关规划，完善相关技术标准规范，切实提高佛山市排水、防涝、防洪和防灾减灾能力。

暴雨强度和雨型是科学、合理地制定城市排水专业规划和排水工程设计的基础，是海绵城市建设和规划的主要设计参数之一。佛山现行的暴雨强度公式编制于2011年，根据当时的规范，资料的选取方法采用的是年多个样法，降雨历时采用5、10、15、20、30、45、60、90、120分钟等9个降水历时，而根据最新的《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2014版）和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》等国家相关规范及导则，资料选取方法采用年最大值法，降雨历时采用5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180分钟等11个降水历时，为了适应佛山市海绵城市未来的规划与建设，有必要对佛山现行的暴雨强度公式进行修编。

2016年4月，佛山市气象局委托广东省气象防灾技术服务中心

承担了《编制佛山市海绵城市建设相关规划、导则和标准技术报告》-佛山市气象条件及典型雨型研究专题，利用最新的南海、顺德、三水国家气象站资料分析佛山市气候特性，修编佛山市区暴雨强度公式；根据佛山市国家气象观测站资料，统计降雨特性参数，归纳实际降雨过程，建立长、短历时时段的设计暴雨雨型，为佛山市城市防洪规划、水资源合理配置规划、水资源精细化管理、海绵城市建设提供技术支撑。

本专题的主要内容包括：

- (1) 基于佛山市近 30 年气象数据分析处理，总结佛山市气象条件和气候特点等。
- (2) 收集佛山市国家气象站建站以来的降水资料，根据《室外排水设计规范》(GB50014—2006，2014 版)和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》等国家相关规范及导则的要求，通过分析检验、公式拟合、精度演算等方法，修订佛山市暴雨强度公式。
- (3) 结合佛山市气候特点，参考国内外的设计雨型推求方法，通过数学统计评估，明确适用于佛山市中心城区的雨型推求方法。基于降雨数据，制定佛山市中心城区设计雨型，推求得到的暴雨雨型应包括：2 小时历时、5 分钟间隔的典型降雨雨型；24 小时历时、5 分钟间隔的典型降雨雨型。

# 1. 佛山市主要气候特性

## 1.1 佛山市气候概况

佛山市位于广东省中南部，北回归线附近低纬度地区，为珠江三角洲腹地，东临广州，西接肇庆、云浮，南连江门、中山，北倚清远，珠江河道纵横分布，地形以冲积平原为主，西部高明区北南西三面为丘陵山地，三水区北部东西两侧也为丘陵，南海、顺德仅少量孤丘散布，环境开阔。佛山属南亚热带海洋性季风气候区，冬季受极地冷高压脊控制，天气较为干冷，夏季则为西南季风影响，高温多雨。春秋两季为季风交替季节，冷热转换较为频繁。

本市下辖禅城、南海、顺德、三水、高明 5 个行政区，其中南海、顺德、三水行政区建有地面气象站，禅城和高明行政区内均无地面气象站，根据各行政区及周边地面气象站分布情况，南海气象站可代表南海区、禅城区的气候特征，顺德气象站可代表顺德区的气候特征，三水气象站可代表三水区、高明区的气候特征。南海气象站的资料统计时段是 1957-2015 年、顺德气象站的资料统计时段是 1958-2015 年、三水气象站的资料统计时段是 1956-2015 年。

根据本市国家气象站观测资料分析，全市年日照时数在 1800 小时左右，全年无霜期达 350 天以上，年平均气温在 22.0~22.4℃ 之间；降水充沛，年平均降水量为 1678~1767mm。降雨量年内分配不均匀，主要集中在 4~9 月，约占全年雨量的 80%；年平均风速为 2.2~2.5m/s，年内风向随季节转换明显，大致 4~8 月以偏南风为主，9 月~次年 3 月则以偏北风为主。气象灾害方面主要有寒潮、台风、暴雨洪涝、高温、干旱、冰雹和龙卷风等。

## 1.2 气象台站概况

本市下辖禅城、南海、顺德、三水、高明 5 个行政区，其中南海、顺德、三水行政区建有地面气象站，禅城和高明行政区内均无地面气象站。根据各行政区及周边地面气象站分布情况，南海气象站可代表南海区、禅城区的气候特征，顺德气象站可代表顺德区的气候特征，三水气象站可代表三水区、高明区的气候特征（图 1-1），以便进行全市的气候分析评价。

图 1-1 中南海气象站为旧站址位置，于 2012 年 1 月 1 日搬迁，由于新站址观测年限较短，考虑到气象资料的一致性和连续性，2012 年以后使用的资料还是旧站址的观测资料，故标注旧站址的位置，站址的沿革详见表 1-1。以后章节中的南海气象站位置亦为旧站址位置。



图 1-1 佛山市地面气象观测站位置图

### 1.2.1 南海国家气象站

建于 1957 年 1 月 1 日，曾迁站 3 次，现站址地理位置：经纬度为 23°09'N，113°01'E。北京时 08、14、20 时 3 次人工观测，夜间不守班，仪器观测项目为自动观测，常规观测项目有气压、绝对湿度、相对湿度、风速和风向、气温、降水量、日照、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。

表 1-1 南海国家气象站历史沿革表

| 时间                | 纬度 N    | 经度 E     | 海拔 m | 地址                    | 环境 |
|-------------------|---------|----------|------|-----------------------|----|
| 19570101-19580728 | 22° 56' | 113° 03' | —    | 南海县南庄区鳌南乡南海第二示范农场     | 乡村 |
| 19580805-19600428 | 23° 01' | 113° 06' | —    | 南海县雷岗乡军桥脚             | 郊外 |
| 19600429-19610731 | 23° 01' | 113° 06' | 1.7  | 佛山市永安公社杨堂生产队          | 郊外 |
| 19610801-19620815 | 23° 01' | 113° 06' | 1.7  | 佛山市环市公社杨棠生产队          | 郊外 |
| 19621101-19640131 | 23° 01' | 113° 06' | 1.7  | 佛山市环市公社杨棠生产队          | 市区 |
| 19640201-19681231 | 23° 01' | 113° 06' | 0.8  | 南海县平洲人民公社雷岗           | 乡村 |
| 19690101-19710930 | 23° 01' | 113° 06' | 1.7  | 佛山市环市公社杨棠生产队          | 市区 |
| 19711001-19901231 | 23° 01' | 113° 06' | 1.7  | 佛山市环市公社杨棠一队           | 市区 |
| 19910101-19910630 | 23° 01' | 113° 06' | 1.7  | 佛山市环市镇杨棠新村            | 郊区 |
| 19910701-19960630 | 23° 01' | 113° 06' | 0.8  | 南海县平洲镇下滘              | 乡村 |
| 19960701-20030131 | 23° 03' | 113° 08' | 2.5  | 南海市桂城海三路              | 市区 |
| 20030201-20030228 | 23° 03' | 113° 08' | 3.1  | 佛山市南海区桂城海三路           | 市区 |
| 20030301-20111231 | 23° 03' | 113° 08' | 3.1  | 佛山市南海区桂城海三路           | 市区 |
| 20120101-至今       | 23° 09' | 113° 01' | 29.5 | 佛山市南海区狮山镇南海软件科技园塍下村细岗 | 市区 |

\*注：—表示资料缺失

### 1.2.2 顺德国家气象站

建于 1958 年 12 月 1 日。曾于 1959 年迁站一次，所有站址均位于郊外或山顶，观测条件好。现站址地理位置：经纬度为 22°51'N，113°15'E。北京时 08、14、20 时 3 次人工观测，夜间不守班，仪器观测项目为自动观测，常规观测项目有气压、绝对湿度、相对湿度、风速和风向、气温、降水量、日照、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。

表 1-2 顺德国家气象站历史沿革表

| 时间                | 纬度 N    | 经度 E     | 海拔 m | 地址               | 环境       |
|-------------------|---------|----------|------|------------------|----------|
| 19581201-19590303 | 22° 50' | 113° 15' | —    | 顺德县伦教乡伦教园艺场      | 郊外       |
| 19590304-19590831 | 22° 51' | 113° 15' | 2.9  | 番顺县大良公社云路大队北二生产队 | 郊外       |
| 19590901-19720831 | 22° 51' | 113° 15' | 2.9  | 顺德县大良公社云路大队北二生产队 | 郊外       |
| 19720901-19920430 | 22° 51' | 113° 15' | 21.7 | 顺德县大良镇北区“登进山”    | 市区<br>山顶 |
| 19920501-19980519 | 22° 51' | 113° 15' | 21.7 | 顺德市大良镇北区“登进山”    | 山顶       |
| 19980520-20001231 | 22° 51' | 113° 15' | 21.4 | 顺德市大良镇北区“登进山”    | 山顶       |
| 20010101-20030108 | 22° 51' | 113° 15' | 21.4 | 顺德市大良区北区“登进山”    | 山顶       |
| 20030109至今        | 22° 51' | 113° 15' | 21.4 | 佛山市顺德区大良北区“登进山”  | 山顶       |

\*注：—表示资料缺失

### 1.2.3 三水国家气象站

建于 1956 年 11 月 1 日，曾迁站 2 次，现站址地理位置：经纬度为 23°11'N，112°52'E。北京时 08、14、20 时 3 次人工观测，夜间不守班，仪器观测项目为自动观测，常规观测项目有气压、绝对湿度、相对湿度、风速和风向、气温、降水量、日照、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。

表 1-3 三水国家气象站历史沿革表

| 时间                | 纬度 N    | 经度 E     | 海拔 m | 地址                | 环境 |
|-------------------|---------|----------|------|-------------------|----|
| 19561101-19580927 | 23° 15' | 112° 55' | —    | 三水县地方国营三水农场       | 郊外 |
| 19580928-19821130 | 23° 10' | 112° 53' | 6.3  | 三水县西南边镇平栏岗        | 郊外 |
| 19821201-19930507 | 23° 10' | 112° 53' | 6.3  | 三水县西南边镇赤岗路 47 号   | —  |
| 19930508-19990731 | 23° 10' | 112° 53' | 6.3  | 三水区西南边镇赤岗路 47 号   | —  |
| 19990801-20021231 | 23° 10' | 112° 53' | 6.3  | 三水区西南镇赤岗路 14 号    | 集镇 |
| 20030101-20041231 | 23° 10' | 112° 53' | 6.3  | 佛山市三水区西南镇赤岗路 14 号 | 集镇 |
| 20050101至今        | 23° 11' | 112° 52' | 24.1 | 佛山市三水区西南镇芦西路      | 郊外 |

\*注：—表示资料缺失

### 1.3 气象要素特征值与环境分析评价

基于三水、南海、顺德国家气象站从建站到 2015 年的观测资料进行以下统计分析：

#### 1.3.1 气温

全市年平均气温 22.0~22.4℃，其中最低是三水 22.0℃，最高是顺德 22.4℃。

三水年平均气温 22.0℃，最热月 7 月平均气温 28.9℃，最冷月 1 月平均气温 13.0℃；极端最高气温 39.1℃（2003 年 7 月 15 日）；极端最低气温-0.7℃（1957 年 2 月 11 日）；累年最多高温日数（日最高气温≥35.0℃日数，下同）49 天（2003 年），其次为 38 天（2000 年），累年最多低温日数（日最低气温≤5℃日数，下同）20 天（1984 年），其次为 19 天（1967 年）。

南海年平均气温 22.3℃，最热月 7 月平均气温 29.1℃，最冷月 1 月平均气温 13.4℃；极端最高气温 39.2℃（2005 年 7 月 18 日）；极

端最低气温-1.9℃(1967年1月11日);累年最多高温日数58天(2011年),其次为49天(2009年),累年最多低温日数19天(1993年),其次为16天(1967年)。

顺德年平均气温22.4℃,最热月7月平均气温29℃,最冷月1月平均气温13.8℃;极端最高气温38.7℃(2004年7月1日,2005年7月19日,2008年7月28日);极端最低气温1.1℃(1967年1月17日,1969年2月6日);累年最多高温日数66天(2014年),其次为46天(2015年),累年最多低温日数14天(1967年),其次为13天(1975年)。

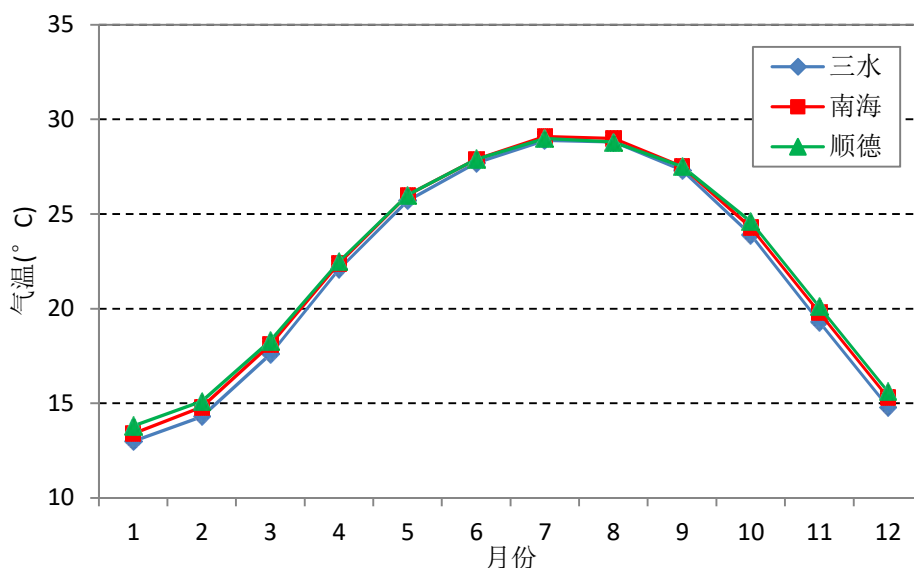


图 1-2 佛山各区累年各月平均气温曲线图

表 1-4 佛山各区累年各月、年平均气温表 (单位: °C)

| 站点 \ 月份 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 年    |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 三水      | 13.0 | 14.3 | 17.6 | 22.1 | 25.7 | 27.7 | 28.9 | 28.8 | 27.3 | 23.9 | 19.3 | 14.8 | 22.0 |
| 南海      | 13.4 | 14.8 | 18.1 | 22.4 | 26.0 | 27.9 | 29.1 | 29.0 | 27.5 | 24.3 | 19.8 | 15.3 | 22.3 |
| 顺德      | 13.8 | 15.1 | 18.3 | 22.5 | 26.0 | 27.9 | 29.0 | 28.8 | 27.5 | 24.6 | 20.1 | 15.6 | 22.4 |



表 1-5 佛山各区累年各月、年极端最高、最低气温表（单位：℃）

| 项目   |    | 月份   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 年    |
|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      |    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |      |
| 极端最高 | 三水 | 28.1 | 30.2 | 32.3 | 34.1 | 36.9 | 38.4 | 39.1 | 38.7 | 37.7 | 36.0 | 32.7 | 29.0 | 39.1 |
|      | 南海 | 27.9 | 30.4 | 32.4 | 33.5 | 36.0 | 39.0 | 39.2 | 38.5 | 37.8 | 36.3 | 32.9 | 29.2 | 39.2 |
|      | 顺德 | 28.8 | 30.6 | 32   | 34.1 | 36.4 | 37.9 | 38.7 | 37.9 | 37.2 | 36.3 | 33.2 | 29.4 | 38.7 |
| 极端最低 | 三水 | 0.3  | -0.7 | 3.1  | 6.8  | 14.3 | 18.5 | 20.8 | 20.9 | 15.8 | 8.4  | 3.1  | 0.3  | -0.7 |
|      | 南海 | -1.9 | 0.2  | 3.4  | 8.1  | 14.6 | 18.7 | 21.9 | 21.1 | 14.8 | 8.5  | 4.2  | 0.7  | -1.9 |
|      | 顺德 | 1.1  | 1.1  | 3.1  | 8.5  | 15.2 | 17.9 | 21.6 | 21.0 | 16.5 | 9.2  | 4.7  | 1.3  | 1.1  |

根据各气象站观测资料，全市年平均气温 22.0~22.4℃。主要温差出现在每年 10 月至次年 3 月。全市年极端最高气温 38.7~39.2℃，极端最低气温-1.9~1.1℃。其中，极端最高和最低气温均出现在南海，南海属城市气候特征，原因主要与地理位置以及建筑物的密集程度有关，市区大面积水泥下垫面，夏季吸热多，增温幅度大，冬季长波辐射强，失热多，降温幅度大。

表 1-6 佛山各区累年各月、年最多高温、低温日数表（单位：d）

| 项目   |    | 月份 |    |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 年  |
|------|----|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
|      |    | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |    |
| 高温日数 | 三水 | 0  | 0  | 0 | 0 | 2 | 11 | 25 | 19 | 7  | 2  | 0  | 0  | 49 |
|      | 南海 | 0  | 0  | 0 | 0 | 3 | 9  | 21 | 24 | 12 | 2  | 0  | 0  | 58 |
|      | 顺德 | 0  | 0  | 0 | 0 | 4 | 12 | 23 | 18 | 12 | 1  | 0  | 0  | 66 |
| 低温日数 | 三水 | 12 | 11 | 3 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 16 | 20 |
|      | 南海 | 16 | 9  | 2 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 14 | 19 |
|      | 顺德 | 10 | 8  | 2 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 12 | 14 |

备注：高温、低温

### 1.3.2 相对湿度

本市多年平均相对湿度在 78%左右，以 6 月最高，12 月最低。

三水年平均相对湿度 77.7%，累年各月平均相对湿度以 4 月最高，为 83.5%，12 月最低，为 68.9%；累年极端最低相对湿度 11%（1959 年 1 月 16 日、2010 年 12 月 28 日）。

南海年平均相对湿度 77.2%，累年各月平均相对湿度以 6 月最高，为 83.2%，12 月最低，为 68.4%；累年极端最低相对湿度 10%（2009 年 1 月 11 日）。

顺德年平均相对湿度 77.6%，累年各月平均相对湿度以 6 月最高，为 83.2%，12 月最低，为 68.3%；累年极端最低相对湿度 13%（2009 年 1 月 11 日、2010 年 12 月 31 日）。

根据气象观测资料，全市年相对湿度为 77.2~77.7%。其中最大为三水站，为 77.7%，代表丘陵区气候，原因是丘陵地区林地和农用地多，地表蒸发和植被蒸腾大，故全年空气湿度大，这也可以代表高明山区的气候，全年各月相对湿度也都较大。相对湿度最小的是南海区，年内各月相对湿度也较低，这是禅城、桂城城市干岛效应的表现。

全年相对湿度极小值也出现在南海站，年内各月极小值出现在每年 9 月至次年 2 月，此期间为雨量较少的季节，代表市区水泥地下垫面少水分蒸发的现象。

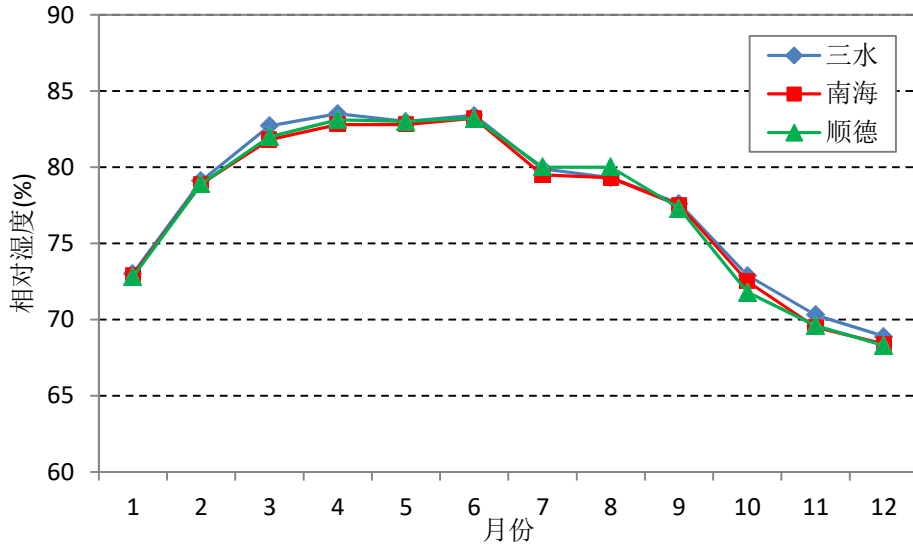


图 1-3 佛山各区累年各月平均相对湿度曲线图

表 1-7 佛山各区累年各月、年相对湿度要素表（单位：%）

| 项目       |      | 月份       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 年    |
|----------|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      | 累年<br>平均 | 三水   | 73.0 | 79.1 | 82.7 | 83.5 | 83.0 | 83.4 | 79.9 | 79.3 | 77.6 | 72.9 | 70.3 | 68.9 |
| 南海       | 72.9 |          | 78.9 | 81.8 | 82.8 | 82.8 | 83.2 | 79.5 | 79.3 | 77.5 | 72.5 | 69.5 | 68.4 | 77.2 |      |
| 顺德       | 72.8 |          | 78.9 | 82.0 | 83.1 | 83.0 | 83.2 | 80.0 | 80.0 | 77.3 | 71.8 | 69.6 | 68.3 | 77.6 |      |
| 极端<br>最小 | 三水   | 11       | 14   | 14   | 26   | 13   | 23   | 26   | 31   | 24   | 22   | 14   | 11   | 11   |      |
|          | 南海   | 10       | 13   | 19   | 24   | 13   | 25   | 33   | 31   | 21   | 20   | 15   | 11   | 10   |      |
|          | 顺德   | 13       | 15   | 21   | 25   | 19   | 27   | 34   | 29   | 25   | 20   | 17   | 13   | 13   |      |

### 1.3.3 降水量

受海洋暖湿气流影响，佛山市年平均雨量在 1678~1695mm 之间，雨水充沛，但降水分布不均，干湿季明显，汛期（4~9 月）降水量占全年降水量的 82%左右。（详见图 1-4、表 1-8~表 1-11）。

三水年平均降水量为 1695.4mm，5 月份降水最多，为 280.6mm，12 月份降水最少，为 34.8mm；日最大降水量为 251.1mm，出现在 2006 年 8 月 4 日；最大连续降水量为 499.4mm，降水连续 20 天，终止日

期为 1966 年 6 月 25 日;最长连续降水日数 29 天,降水量为 285.2mm,终止日期为 1985 年 3 月 5 日。

南海年平均降水量为 1678.4mm,5 月份降水最多,为 267.2mm,12 月份降水最少,为 30.9mm;日最大降水量为 279.8mm,出现在 1999 年 8 月 17 日;最大连续降水量为 561.1mm,降水连续 26 天,终止日期为 1975 年 5 月 27 日;最长连续降水日数 29 天,降水量为 295.7mm,终止日期为 1985 年 3 月 5 日。

顺德年平均降水量为 1680.6mm,6 月份降水最多,为 278.1mm,12 月份降水最少,为 32.2mm;日最大降水量为 257.8mm,出现在 2008 年 6 月 25 日;最大连续降水量为 700.4mm,降水连续 16 天,终止日期为 2006 年 6 月 16 日;最长连续降水日数 28 天,降水量为 350.3mm,终止日期为 1975 年 5 月 25 日。

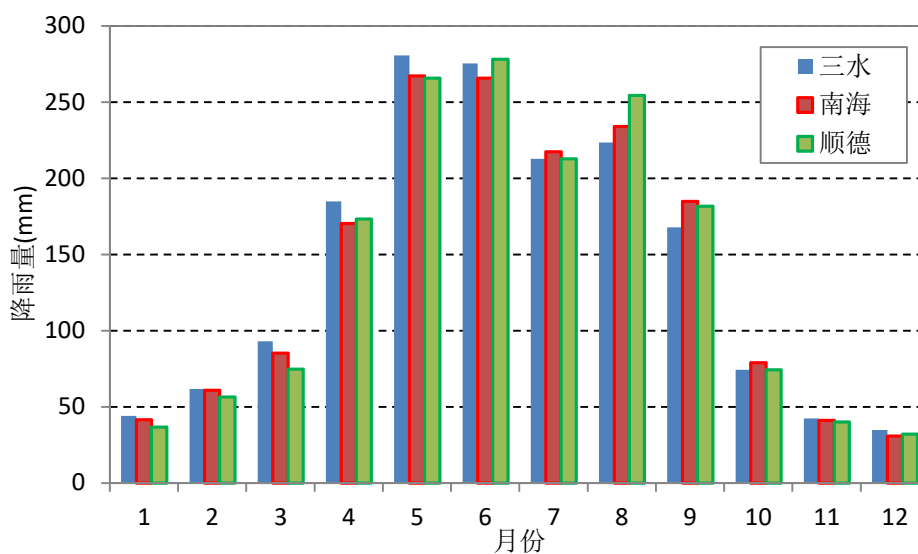


图 1-4 佛山各区累年各月平均降水量图

表 1-8 佛山各区累年各月、年平均降水量表 (单位: mm)

| 月份<br>站点 | 1    | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10   | 11   | 12   | 年      |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| 三水       | 44.2 | 61.7 | 93.1 | 184.9 | 280.6 | 275.3 | 212.8 | 223.4 | 167.8 | 74.4 | 42.4 | 34.8 | 1695.4 |
| 南海       | 41.6 | 60.9 | 85.2 | 170.4 | 267.2 | 265.8 | 217.5 | 233.9 | 184.8 | 79.0 | 41.2 | 30.9 | 1678.4 |
| 顺德       | 36.7 | 56.5 | 74.8 | 173.2 | 265.7 | 278.1 | 212.7 | 254.3 | 181.8 | 74.4 | 40.2 | 32.2 | 1680.6 |

表 1-9 佛山各区累年各月、年最大日降水量表 (单位: mm)

| 月份<br>站点 | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11   | 12   | 年     |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 三水       | 92.4 | 80.3  | 115.4 | 141.4 | 191.3 | 162.4 | 136.4 | 251.1 | 134.3 | 227.6 | 90.0 | 70.7 | 251.1 |
| 南海       | 74.7 | 92.4  | 120.0 | 168.5 | 181.7 | 165.8 | 180.5 | 279.8 | 218.0 | 285.0 | 78.5 | 55.9 | 285.0 |
| 顺德       | 99.2 | 102.3 | 136.2 | 250.5 | 179.5 | 257.8 | 154.8 | 193.1 | 232.3 | 142.4 | 98.7 | 60.3 | 257.8 |

表 1-10 佛山各区累年各月、年最大连续降水量表 (单位: mm)

| 月份<br>站点 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 年     |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 三水       | 208.9 | 206.2 | 285.2 | 317.4 | 459.5 | 499.4 | 335.2 | 347.6 | 412   | 403.9 | 131.3 | 168.1 | 499.4 |
| 南海       | 197.5 | 257.2 | 295.7 | 338.9 | 561.1 | 497.1 | 362.3 | 378.4 | 427.6 | 429.3 | 146.7 | 161.9 | 561.1 |
| 顺德       | 137.5 | 228.2 | 241.7 | 351.1 | 350.3 | 700.4 | 470.8 | 416.3 | 476.7 | 225.1 | 180.0 | 136.6 | 700.4 |

表 1-11 佛山各区累年各月、年最长连续降水日数表 (单位: d)

| 月份<br>站点 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 年  |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 三水       | 10 | 24 | 29 | 18 | 21 | 22 | 23 | 21 | 19 | 14 | 11 | 16 | 29 |
| 南海       | 10 | 24 | 29 | 21 | 26 | 19 | 19 | 16 | 17 | 8  | 12 | 13 | 29 |
| 顺德       | 10 | 21 | 26 | 18 | 28 | 22 | 21 | 22 | 18 | 8  | 8  | 13 | 28 |

表 1-8~表 1-11 表明:全市年降水量最大的是三水,为 1695.4mm,这是由于三水有部分丘陵地形,气流抬升所致。不过各地最长连续降水日数差异不大,都是 29 天左右。累年各月的年最大降水则为南海,日降水量达 285.0mm,连续降水主要是由大天气系统造成的。

### 1.3.4 日照

本市年平均日照时数在 1720~1814 小时之间，具有明显的季节特征，7 月最高，超过 200 小时，3 月最低，小于 80 小时；日照百分率在 40%左右，季节特征明显，10 月最高，3 月最低，见图 1-5、6 和表 1-12、13。

三水累年平均日照时数为 1731 小时，7 月份最多，为 215 小时，3 月份最少，为 63 小时；日照百分率为 39%，10 月份最大，为 54%，3 月份最小，为 17%。

南海累年平均日照时数为 1720 小时，7 月份最多，为 210 小时，3 月份最少，为 70 小时；日照百分率为 39%，10 月份最大，为 53%，3 月份最小，为 19%。

顺德累年平均日照时数为 1814 小时，7 月份最多，为 222 小时，3 月份最少，为 78 小时；日照百分率为 41%，10 月份最大，为 55%，3 月份最小，为 21%。

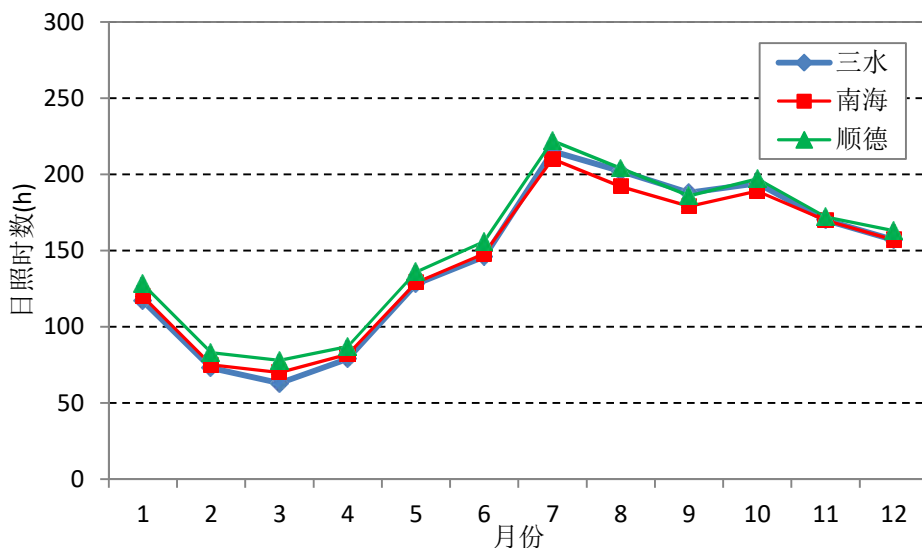


图 1-5 佛山各区累年各月平均日照时数图

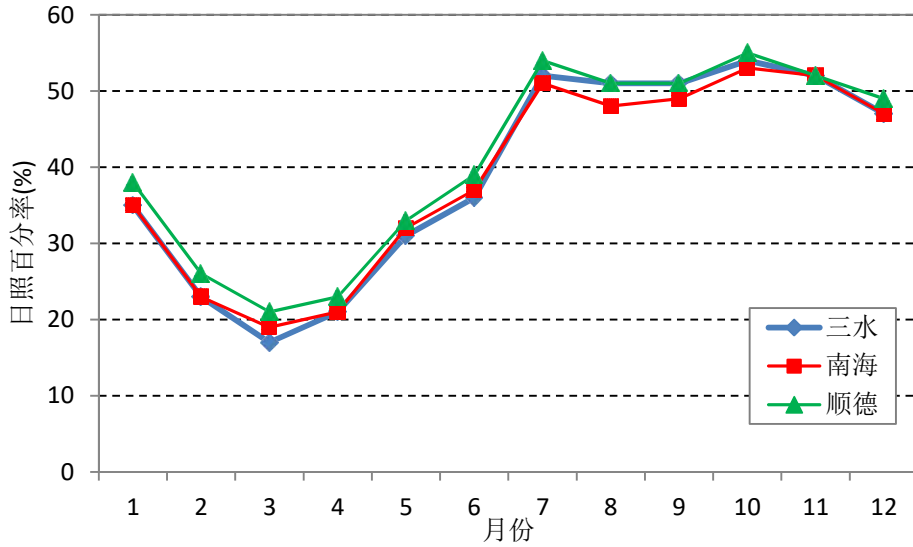


图 1-6 佛山各区累年各月平均日照百分率图

表 1-12 佛山各区累年各月、年平均日照时数表 (单位: h)

| 站点 \ 月份 | 月份  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 年    |
|---------|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|         | 1   | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |      |
| 三水      | 117 | 73 | 63 | 79 | 128 | 146 | 215 | 202 | 188 | 194 | 170 | 157 | 1731 |
| 南海      | 120 | 75 | 70 | 82 | 129 | 148 | 210 | 192 | 179 | 189 | 170 | 157 | 1720 |
| 顺德      | 128 | 83 | 78 | 87 | 136 | 156 | 222 | 204 | 186 | 197 | 172 | 163 | 1814 |

表 1-13 佛山各区累年各月、年平均日照百分率表 (单位: %)

| 站点 \ 月份 | 月份 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 年  |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|         | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |    |
| 三水      | 35 | 23 | 17 | 21 | 31 | 36 | 52 | 51 | 51 | 54 | 52 | 47 | 39 |
| 南海      | 35 | 23 | 19 | 21 | 32 | 37 | 51 | 48 | 49 | 53 | 52 | 47 | 39 |
| 顺德      | 38 | 26 | 21 | 23 | 33 | 39 | 54 | 51 | 51 | 55 | 52 | 49 | 41 |

资料表明, 全市年日照时数最多和年日照百分率最高为顺德站, 分别为 1814 小时和 41%, 比其他站多 83~94 小时和 2%。这应与顺德站所处地方地形开阔, 建站于郊外和山顶易受日照有关。

### 1.3.5 风速、风向

佛山市年平均风速在 2.2~2.5m/s 之间，年内各月风速相差不大，最大风速在 15.5~21.0m/s 之间，极大风速在 25.4~28.8m/s 之间（注：由于最大风速和极大风速两种要素的观测起始年限不同，其中 10 分钟最大风速于 1980 年开始观测，而极大风速于 1995 年前后才开始观测，导致极大风速资料年限较短，可能会出现历史极大风速小于历史最大风速的情况），均出现在台风季节（7、8、9 月份）；年主导风向为北风，其次为东南风；夏季主导风向为东南风和南风，冬季主导风向为北风（见图 1-7~10 和表 1-14~19）。

三水年平均风速为 2.5m/s，冬半年各月平均风速明显偏大；最大风速为 20.0m/s（1983 年 9 月 9 日），极大风速为 25.4m/s（1996 年 7 月 26 日，当日最大风速为 10.0m/s）；年主导风向为北风，其次为东南风；夏季主导风向为东南风，冬季主导风向为北风。

南海年平均风速为 2.2m/s，夏半年各月平均风速略微偏大；最大风速为 15.5m/s（2006 年 8 月 3 日），极大风速为 28.8m/s（2006 年 8 月 2 日）；年主导风向为北风，其次为东南风；夏季主导风向为东南风，冬季主导风向为北风。

顺德年平均风速为 2.5m/s，各月平均风速相差不大；最大风速为 21.0m/s（1983 年 9 月 9 日），极大风速为 28.5m/s（1994 年 8 月 3 日，当日最大风速为 13.0m/s）；年主导风向为北风，其次为南风；夏季主导风向为南风，冬季主导风向为北风。



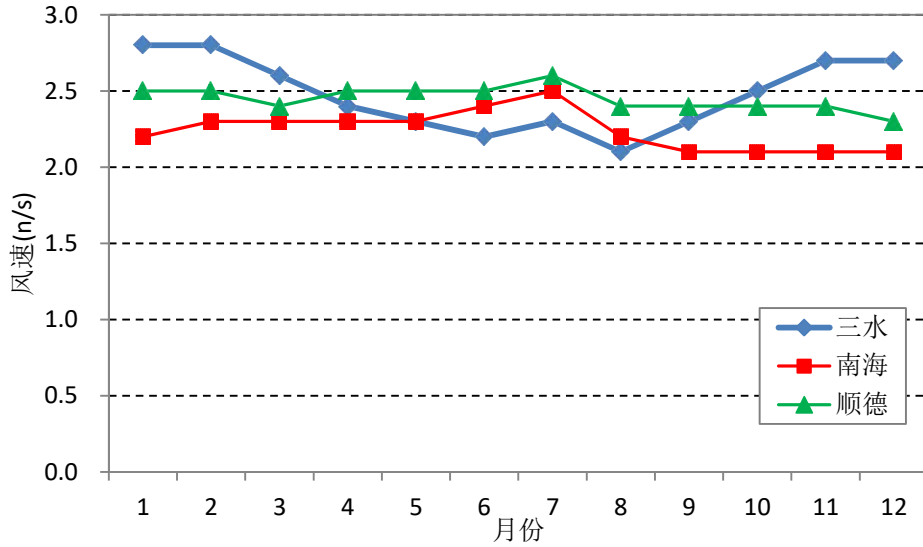


图 1-7 佛山各区累年各月平均风速曲线图

表 1-14 佛山各区累年各月、年风速参数表（单位：m/s）

| 项目       | 月份       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 年    |
|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 平均<br>风速 | 三水   | 2.8  | 2.8  | 2.6  | 2.4  | 2.3  | 2.2  | 2.3  | 2.1  | 2.3  | 2.5  | 2.7  | 2.7  |
| 南海       |          | 2.2  | 2.3  | 2.3  | 2.3  | 2.3  | 2.4  | 2.5  | 2.2  | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.1  | 2.2  |
| 顺德       |          | 2.5  | 2.5  | 2.4  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.6  | 2.4  | 2.4  | 2.4  | 2.4  | 2.3  | 2.5  |
| 最大<br>风速 | 三水       | 13.3 | 11.0 | 11.4 | 14.0 | 12.0 | 11.2 | 13.8 | 12.8 | 20.0 | 14.0 | 12.0 | 12.0 | 20.0 |
|          | 南海       | 12.0 | 10.0 | 12.7 | 12.2 | 13.2 | 11.7 | 14.4 | 15.5 | 15.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.5 |
|          | 顺德       | 10.0 | 15.0 | 12.7 | 13.7 | 13.0 | 12.3 | 15.0 | 15.0 | 21.0 | 13.0 | 12.0 | 10.7 | 21.0 |
| 极大<br>风速 | 三水       | 16.0 | 15.2 | 23.1 | 25.1 | 19.4 | 22.7 | 25.4 | 20.0 | 20.1 | 18.8 | 19.2 | 18.1 | 25.4 |
|          | 南海       | 13.8 | 16.0 | 19.8 | 19.8 | 20.9 | 20.0 | 25.8 | 28.8 | 24.4 | 18.1 | 17.3 | 17.7 | 28.8 |
|          | 顺德       | 15.2 | 13.5 | 21.5 | 21.6 | 21.1 | 25.5 | 22.5 | 28.5 | 23.5 | 17.3 | 17.1 | 15.7 | 28.5 |

注：由于最大风速和极大风速两种要素的观测起始年限不同，其中 10 分钟最大风速于 1980 年开始观测，而 3 秒极大风速于 1995 年前后才开始观测，导致极大风速资料年限较短，可能会出现历史极大风速小于历史最大风速的情况。

各站观测累年平均风速差异不大，因风流动性大，受大气环流主导为主，所以各地平均风速大体相同。但南海站年平均风速较小，为 2.2m/s，比其他二地少 0.3m/s，最大风速也相对最小，仅 15.5m/s。这与该地域城市环境楼房林立，对大风阻速有关。极大风速出现在南海、顺德，各为 28.8m/s 和 28.5m/s，为台风影响所成。三水稍居内陆，风

势渐弱，故风速较小。

表 1-15 佛山各区累年各月、年累计大风日数（单位：d）

| 站点 | 月份 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 年 |
|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|
|    | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |   |
| 三水 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1 |
| 南海 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 |
| 顺德 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1 |

表 1-16 三水区累年各月、年各风向的频率（单位：%）

| 风向  | N  | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S  | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW | C* |
|-----|----|-----|----|-----|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|----|-----|----|
| 01月 | 41 | 12  | 3  | 1   | 1 | 1   | 3  | 2   | 2  | 1   | 0  | 0   | 1 | 1   | 3  | 12  | 16 |
| 02月 | 38 | 10  | 3  | 1   | 1 | 2   | 7  | 6   | 3  | 1   | 1  | 0   | 1 | 1   | 3  | 9   | 14 |
| 03月 | 29 | 10  | 3  | 1   | 1 | 3   | 11 | 9   | 4  | 1   | 1  | 0   | 0 | 1   | 2  | 7   | 14 |
| 04月 | 18 | 7   | 3  | 1   | 3 | 5   | 17 | 12  | 8  | 2   | 2  | 1   | 1 | 1   | 2  | 5   | 14 |
| 05月 | 13 | 7   | 4  | 3   | 3 | 4   | 15 | 13  | 10 | 4   | 3  | 1   | 1 | 1   | 2  | 4   | 14 |
| 06月 | 7  | 4   | 4  | 3   | 5 | 4   | 15 | 13  | 14 | 6   | 5  | 2   | 2 | 1   | 2  | 2   | 13 |
| 07月 | 3  | 3   | 3  | 3   | 5 | 5   | 16 | 13  | 14 | 8   | 7  | 3   | 3 | 1   | 2  | 2   | 10 |
| 08月 | 8  | 5   | 5  | 4   | 5 | 4   | 9  | 8   | 9  | 7   | 6  | 3   | 3 | 3   | 4  | 3   | 13 |
| 09月 | 23 | 11  | 6  | 4   | 4 | 3   | 5  | 3   | 4  | 3   | 3  | 1   | 2 | 2   | 5  | 7   | 15 |
| 10月 | 35 | 14  | 4  | 2   | 2 | 1   | 3  | 3   | 3  | 1   | 1  | 0   | 1 | 1   | 4  | 10  | 16 |
| 11月 | 40 | 13  | 3  | 1   | 1 | 1   | 2  | 2   | 1  | 1   | 1  | 0   | 1 | 1   | 4  | 13  | 15 |
| 12月 | 40 | 12  | 3  | 1   | 1 | 1   | 2  | 2   | 1  | 0   | 0  | 0   | 1 | 1   | 4  | 14  | 18 |
| 全年  | 25 | 9   | 4  | 2   | 3 | 3   | 9  | 7   | 6  | 3   | 3  | 1   | 1 | 1   | 3  | 7   | 14 |

注\*：C 为静风频率，下同。

表 1-17 南海区累年各月、年各风向的频率（单位：%）

| 风向  | N  | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S  | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW | C  |
|-----|----|-----|----|-----|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|----|-----|----|
| 01月 | 21 | 8   | 4  | 2   | 2 | 2   | 4  | 3   | 3  | 1   | 1  | 0   | 1 | 2   | 8  | 21  | 17 |
| 02月 | 18 | 6   | 4  | 2   | 3 | 4   | 8  | 7   | 4  | 1   | 1  | 0   | 1 | 2   | 7  | 16  | 13 |
| 03月 | 14 | 6   | 4  | 2   | 3 | 7   | 13 | 10  | 5  | 2   | 1  | 0   | 1 | 1   | 5  | 12  | 13 |
| 04月 | 8  | 4   | 3  | 3   | 5 | 9   | 16 | 16  | 8  | 3   | 2  | 1   | 1 | 1   | 4  | 8   | 11 |
| 05月 | 6  | 4   | 4  | 3   | 6 | 9   | 16 | 16  | 9  | 4   | 2  | 1   | 1 | 1   | 3  | 5   | 10 |
| 06月 | 3  | 3   | 2  | 4   | 7 | 9   | 17 | 16  | 12 | 6   | 4  | 2   | 1 | 1   | 2  | 2   | 9  |
| 07月 | 2  | 2   | 2  | 4   | 7 | 9   | 16 | 16  | 11 | 7   | 6  | 3   | 3 | 1   | 2  | 2   | 8  |
| 08月 | 3  | 3   | 4  | 5   | 8 | 8   | 11 | 10  | 8  | 6   | 5  | 3   | 4 | 2   | 4  | 4   | 11 |
| 09月 | 11 | 8   | 7  | 5   | 6 | 5   | 7  | 6   | 4  | 2   | 2  | 2   | 2 | 2   | 7  | 10  | 14 |
| 10月 | 19 | 9   | 6  | 3   | 4 | 4   | 6  | 5   | 3  | 1   | 1  | 0   | 1 | 1   | 6  | 15  | 15 |
| 11月 | 19 | 9   | 5  | 2   | 2 | 3   | 4  | 3   | 3  | 1   | 1  | 0   | 1 | 2   | 8  | 19  | 17 |
| 12月 | 20 | 8   | 5  | 2   | 2 | 2   | 3  | 3   | 2  | 1   | 1  | 0   | 1 | 2   | 9  | 19  | 19 |
| 全年  | 12 | 6   | 4  | 3   | 5 | 6   | 10 | 9   | 6  | 3   | 2  | 1   | 2 | 2   | 5  | 11  | 13 |

表 1-18 顺德区累年各月、年各风向的频率（单位：%）

| 风向  | N  | NNE | NE | ENE | E  | ESE | SE | SSE | S  | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW | C  |
|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|----|-----|----|
| 01月 | 19 | 8   | 5  | 3   | 4  | 2   | 4  | 3   | 3  | 1   | 1  | 1   | 2 | 2   | 9  | 21  | 12 |
| 02月 | 17 | 7   | 5  | 3   | 5  | 5   | 8  | 5   | 6  | 2   | 1  | 1   | 1 | 2   | 7  | 16  | 10 |
| 03月 | 12 | 7   | 4  | 4   | 6  | 5   | 12 | 8   | 9  | 2   | 1  | 1   | 1 | 2   | 6  | 11  | 10 |
| 04月 | 7  | 4   | 4  | 5   | 8  | 8   | 16 | 10  | 13 | 4   | 2  | 1   | 1 | 1   | 4  | 6   | 8  |
| 05月 | 4  | 3   | 4  | 5   | 9  | 7   | 14 | 10  | 18 | 5   | 2  | 1   | 1 | 1   | 3  | 4   | 6  |
| 06月 | 3  | 2   | 4  | 5   | 9  | 6   | 14 | 10  | 22 | 7   | 4  | 2   | 2 | 1   | 2  | 2   | 6  |
| 07月 | 1  | 1   | 3  | 4   | 8  | 5   | 13 | 11  | 21 | 8   | 6  | 4   | 3 | 2   | 2  | 2   | 5  |
| 08月 | 3  | 2   | 5  | 7   | 9  | 5   | 10 | 7   | 13 | 7   | 6  | 4   | 4 | 3   | 5  | 3   | 8  |
| 09月 | 10 | 6   | 9  | 9   | 11 | 4   | 7  | 4   | 6  | 3   | 3  | 2   | 2 | 2   | 6  | 8   | 8  |
| 10月 | 17 | 10  | 9  | 7   | 8  | 3   | 5  | 3   | 5  | 2   | 1  | 1   | 1 | 1   | 6  | 11  | 10 |
| 11月 | 21 | 10  | 8  | 5   | 5  | 2   | 4  | 2   | 3  | 1   | 1  | 0   | 2 | 2   | 8  | 16  | 11 |
| 12月 | 20 | 8   | 6  | 4   | 4  | 2   | 3  | 2   | 2  | 1   | 1  | 1   | 2 | 3   | 11 | 18  | 12 |
| 全年  | 11 | 6   | 6  | 5   | 7  | 5   | 9  | 6   | 10 | 4   | 2  | 2   | 2 | 2   | 6  | 10  | 9  |

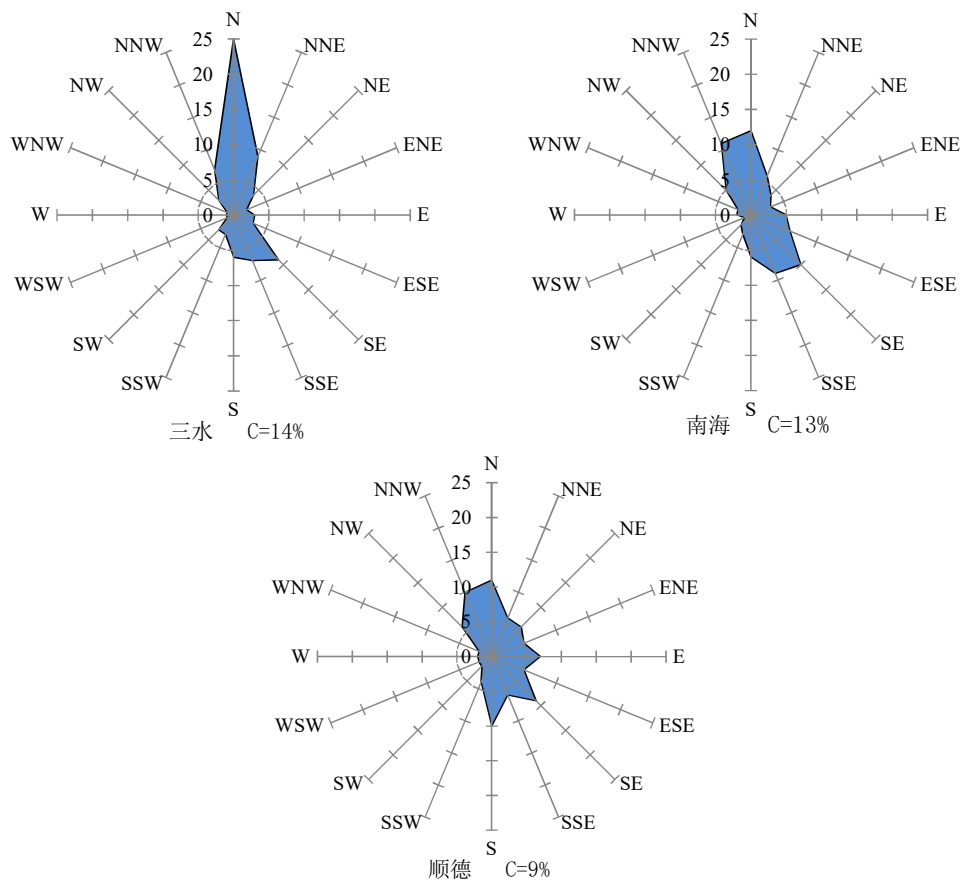


图 1-8 佛山各区年风向玫瑰图

本市各气象站观测结果表明，全市盛行风向以北风、偏北风和南风、偏南风为主，分别出现在 9 月至次年 4 月上旬和 4 月中旬至 8 月。三水站每年 9 月至次年 3 月北风频率最高，此乃受北江气流通道的影响。5~7 月顺德、南海南风和东南偏南风频率最高，此与该两站南面地势平坦，地形开阔，南来气流通畅有关。一般风速较大有利于减弱城市热岛效应、干岛效应和灰霾天气影响。

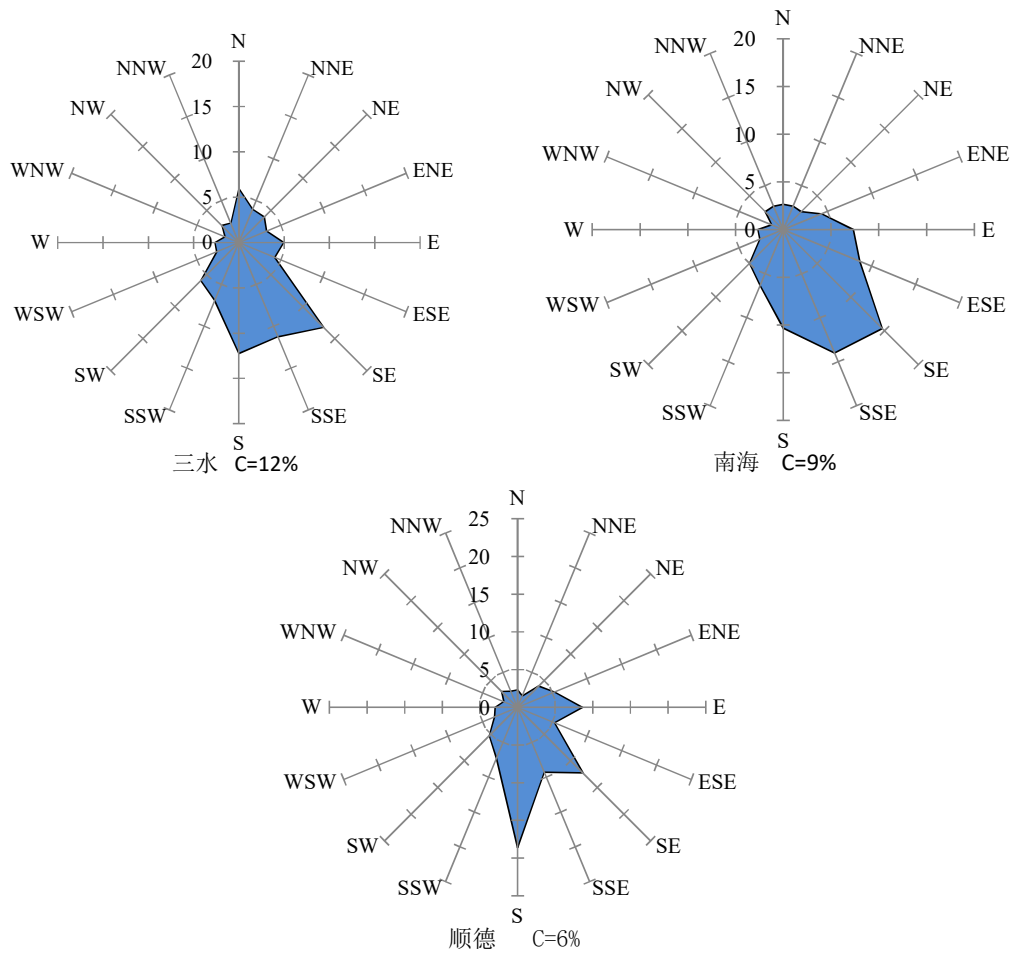
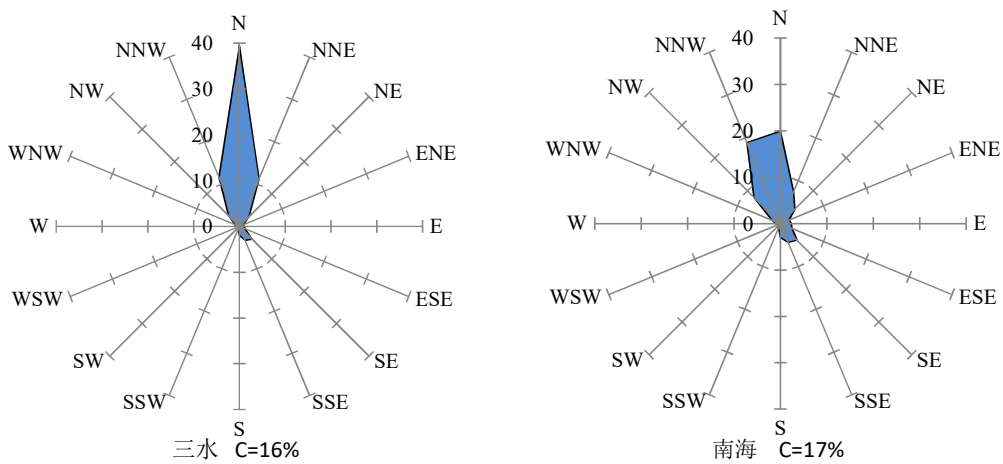


图 1-9 佛山各区夏季（6-8月）风向玫瑰图



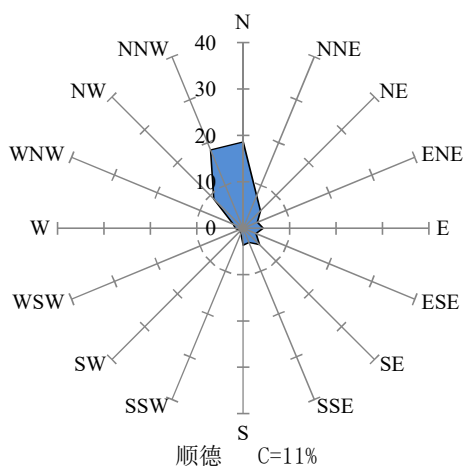


图 1-10 佛山各区冬季（12-2 月）风向玫瑰图

## 1.4 气象要素的时空差异

### 1.4.1 气象要素的空间差异

对比全市各区域代表气象站累年气象要素可见，各区的各月及年平均气温相差较小，各区的年平均气温分别为三水 22.0℃、南海 22.3℃、顺德 22.4℃，三水年平均气温最低。从气温的空间分布来看，佛山市年及冬、夏季平均气温均以顺德、南海最高，三水最低，呈现出由北往南递增的特征（见图 1-11、12、13）。主要原因是南海、顺德城市规模较大，且与广州特大城市比较近，而且本身也属于经济较发达的地区，城市热岛效应显著。

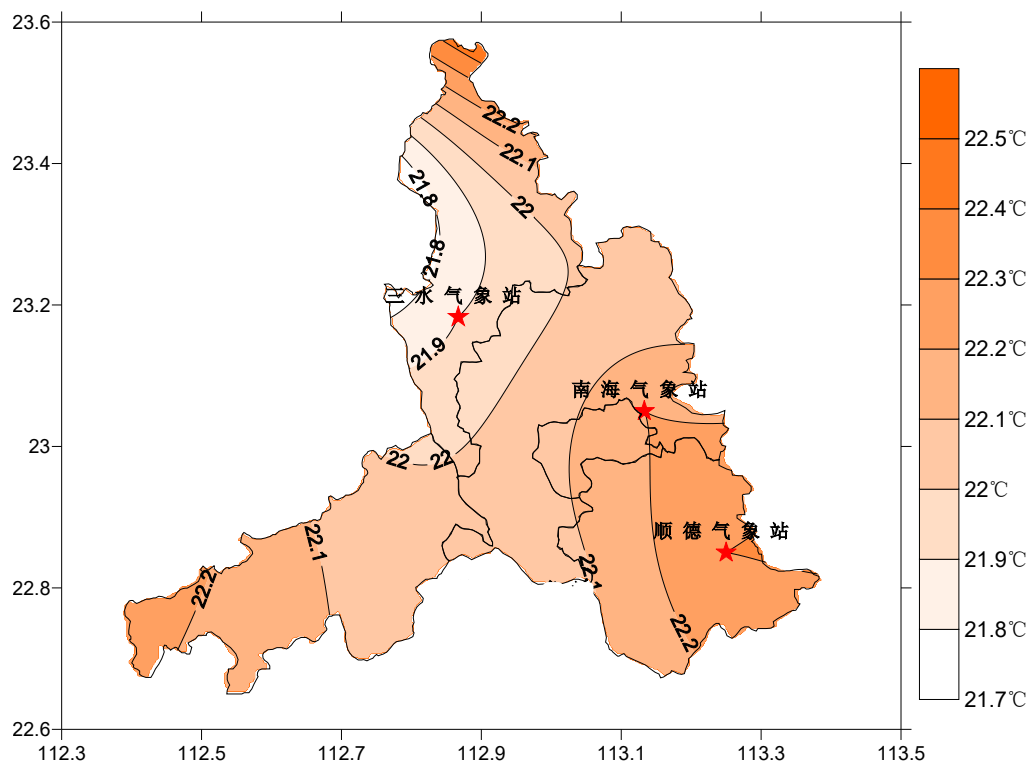


图 1-11 佛山市年平均气温空间分布图

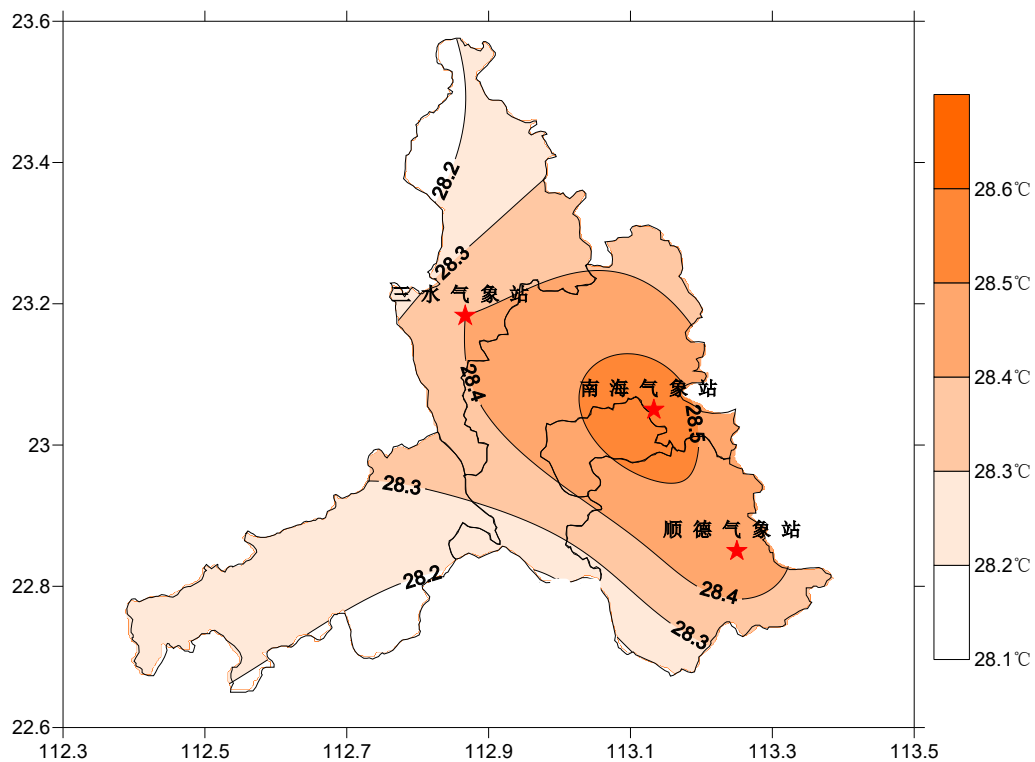


图 1-12 佛山市夏季平均气温空间分布图

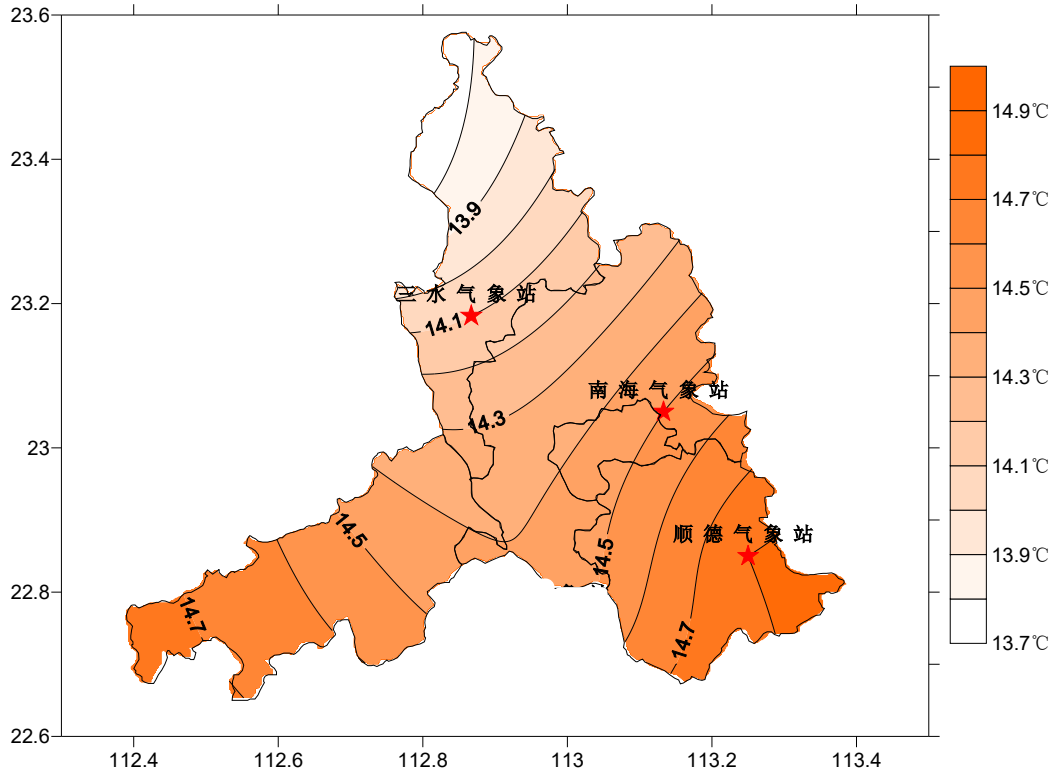


图 1-13 佛山市冬季平均气温空间分布图

各区相对湿度的空间差异与气温的空间差异相反，三水的年平均相对湿度为 77.7%，为全市最大，表现山区环流特点。而其他二地的年平均值分别为顺德 77.6% 较小。南海 77.2% 最小，呈现城市干岛效应特征。

各区的日照时数以顺德最多，累年平均值为 1814 小时，此乃顺德站建于郊区和山顶之故。其他二站分别为三水 1731 小时、南海 1720 小时，相差都很小。

各区的年平均风速分别为三水 2.5m/s、南海 2.2m/s、顺德 2.5m/s，无明显空间差异；年内各月平均风速有较大空间差异，其中冬半年（10 月至次年 3 月）平均风速以三水最大，南海风速最小；夏半年（4 月至 9 月）顺德风速最大，南海次之，三水风速最小。风向呈现明显的季节变化特征，年主导风速为偏北风，春季（3 月至 5 月）风向发生明显的由北向南的转向过程，夏季（6 月至 8 月）主导风向为南风和



东南风，秋季（9月至11月）风向则转变为北风与偏北风，冬季（12月至次年2月）主导风向基本为北风（见图1-14~18）。风速、风向主要是受天气系统和当地地形条件影响，三水因有珠江作为气流通道，故风速略大，且秋冬季北风、偏北风频率高。顺德风速略大则与建站于山顶，周围环境开阔有关。南海站年平均风速略小，与所处城市环境楼房林立有关。

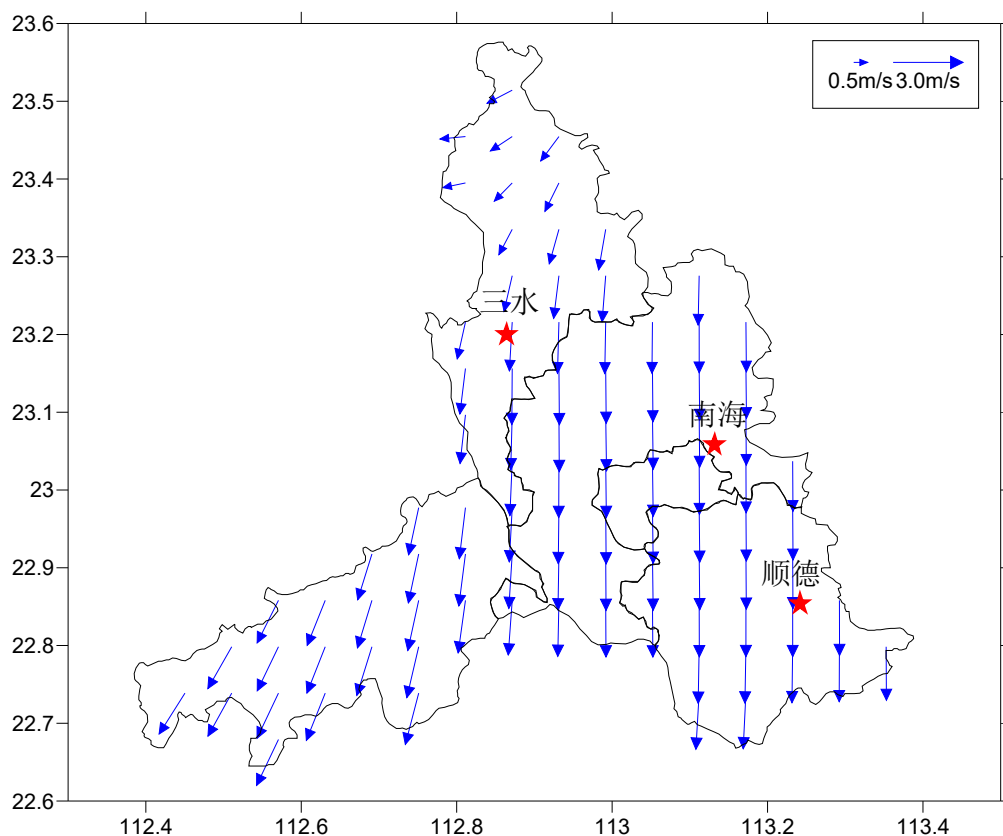


图 1-14 佛山市年平均风场分布图

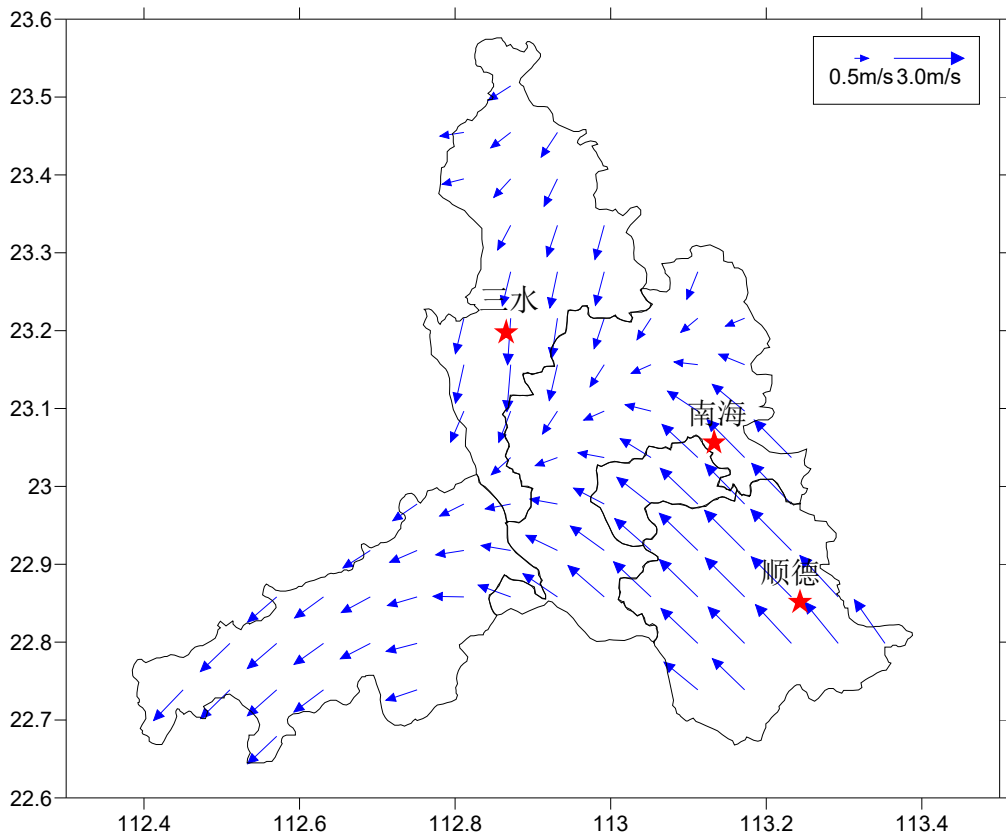


图 1-15 佛山市春季平均风场图

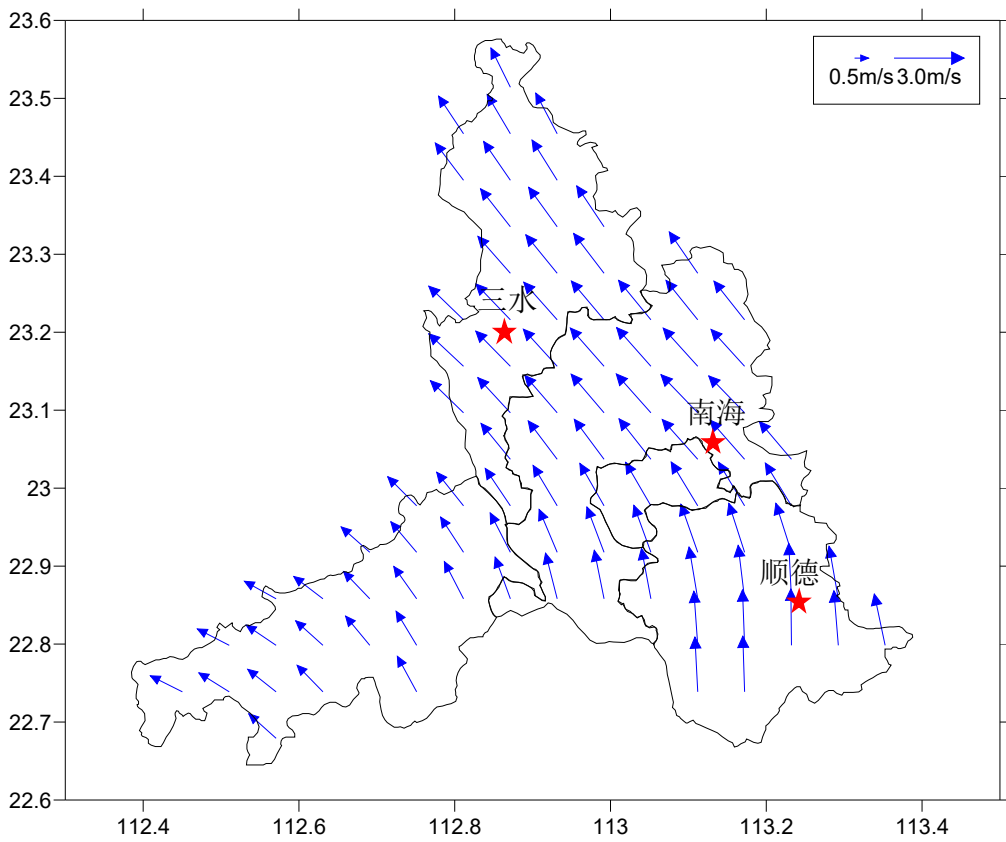


图 1-16 佛山市夏季平均风场图

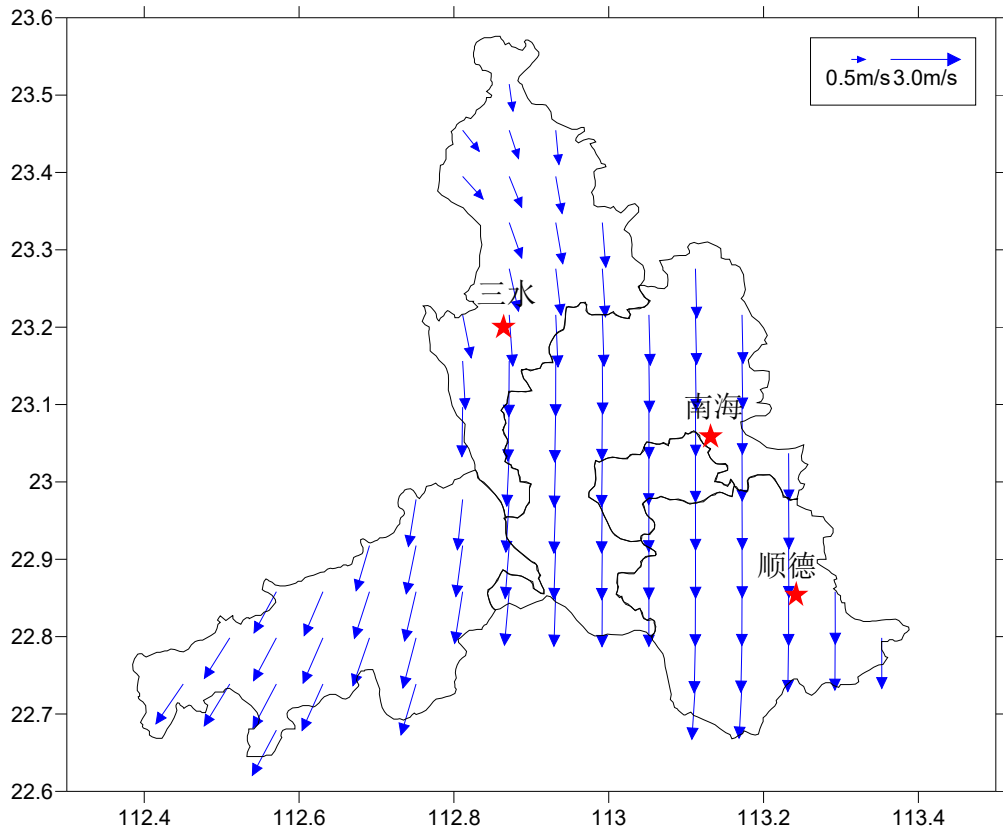


图 1-17 佛山市秋季平均风场图

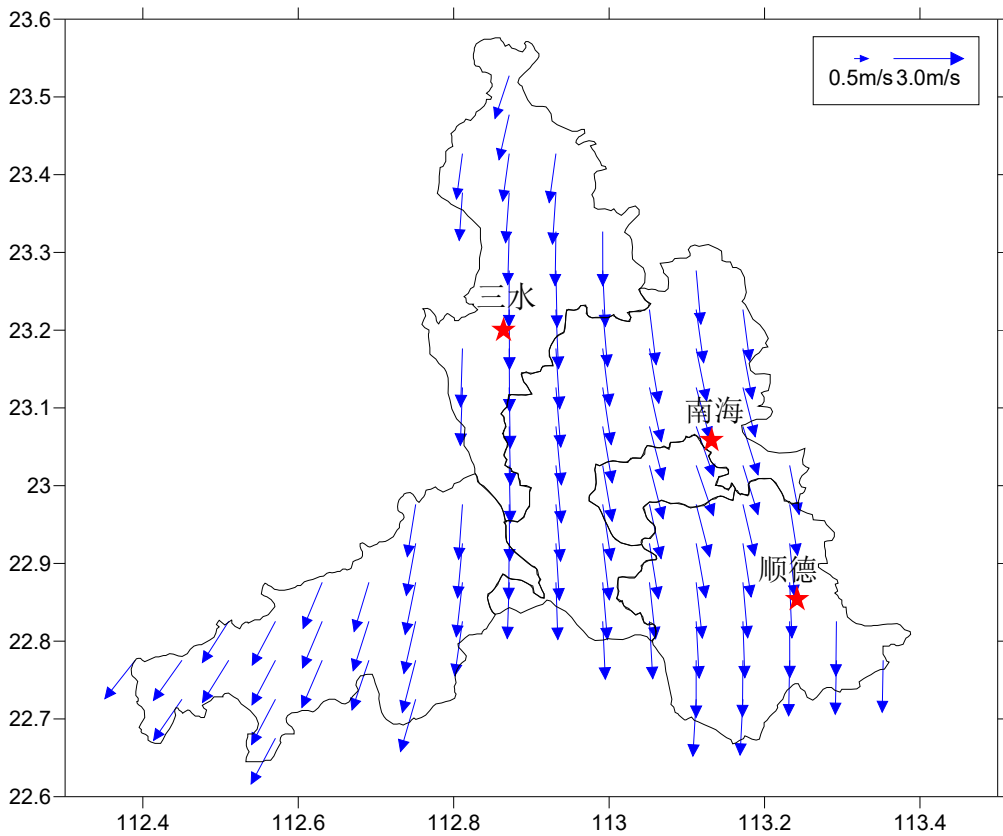


图 1-18 佛山市冬季平均风场图

### 1.4.2 气象要素的年际变化

佛山市各区年平均气温的逐年变化趋势基本一致，自 1980 年代中期开始呈现逐渐上升的趋势（见图 1-19），与全球变暖城市化进程加快、以及气象站观测环境变化有关，三水 2005 年开始气温显著下降，与气象站迁站至郊外有关。

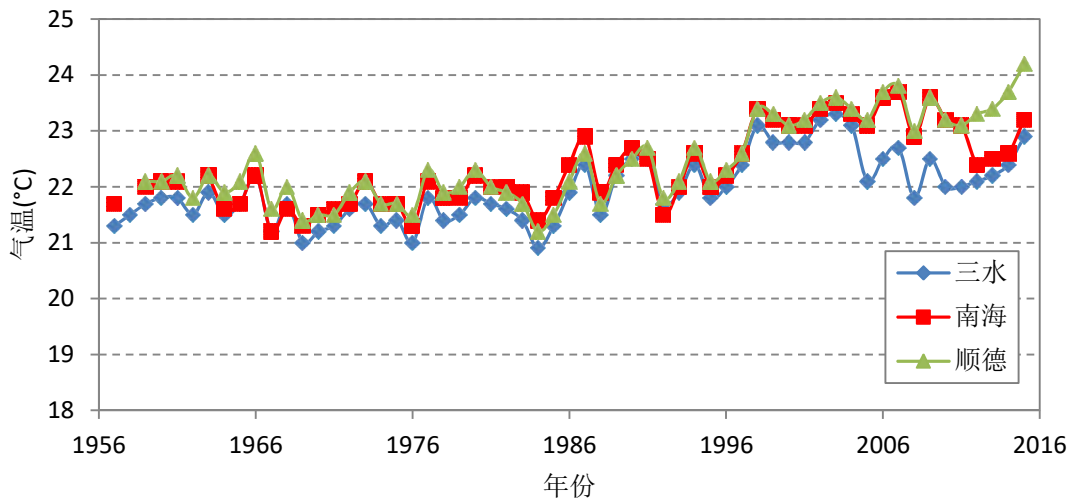


图 1-19 佛山各区平均气温年际变化图

佛山市各区年降水总量的逐年变化趋势基本一致，年际变化比较稳定，无明显上升或下降趋势（见图 1-20），是因为降水由大尺度天气系统控制，城市环境变化对其影响较小。

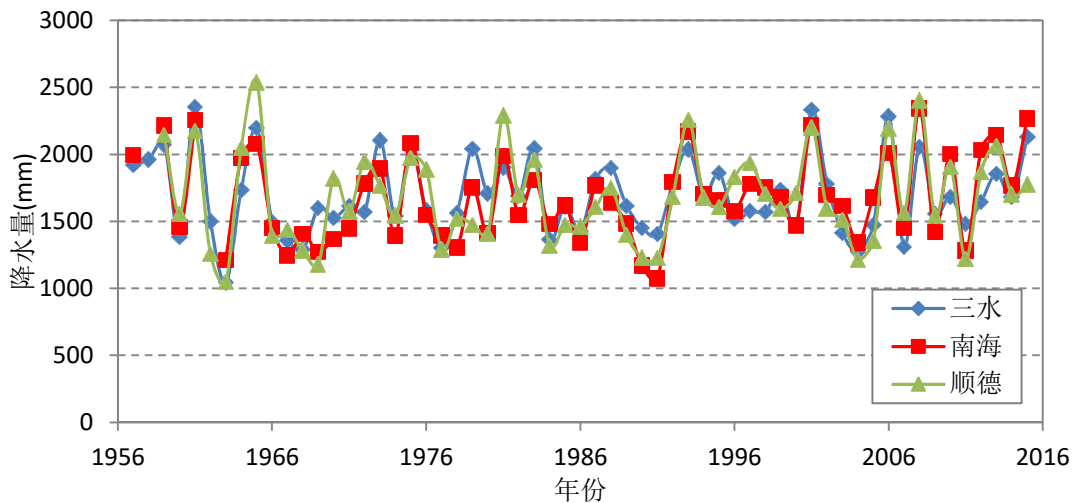


图 1-20 佛山各区年降水量年际变化图

佛山市各区年日照时数的年际变化差异明显，三水、南海的日照

时数自 1980 年代中期开始呈明显下降的趋势，与城市化进程较快，观测场周围环境变化（高楼遮挡）有关；而顺德的年日照时数年际变化相对比较稳定，与观测场位于山顶，观测环境无明显变化有关（见图 1-21）。

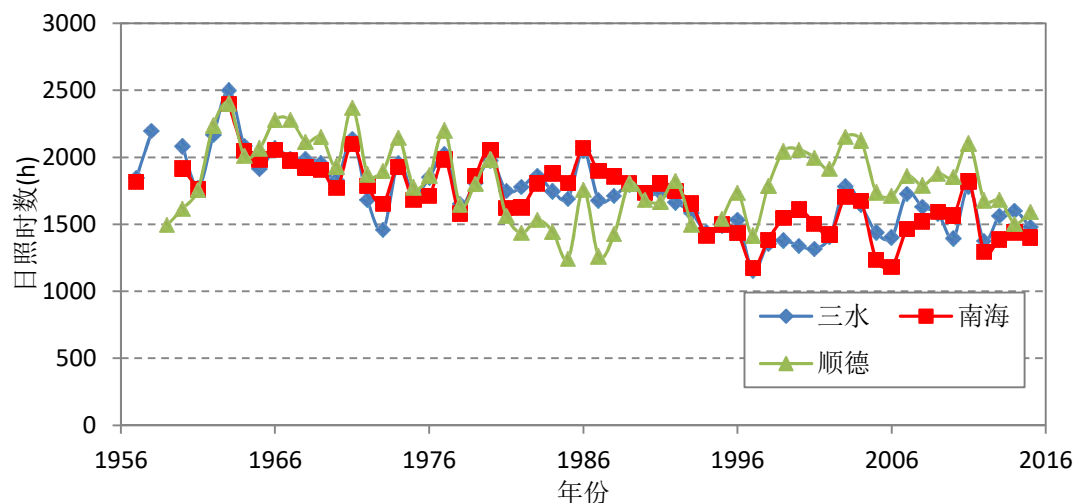


图 1-21 佛山各区日照时数年际变化图

佛山市各区年平均风速的年际变化有较明显的差异，各站自 1970 年代末呈现比较明显的下降趋势，尤其以南海表现最显著，主要与观测场周围环境变化有关；南海和三水分别在 1980 年代中期和 1990 年代初风速开始逐渐回升，与测风高度逐渐抬升（抵消观测场周围环境影响）以及迁站等因素有关（见图 1-22）。

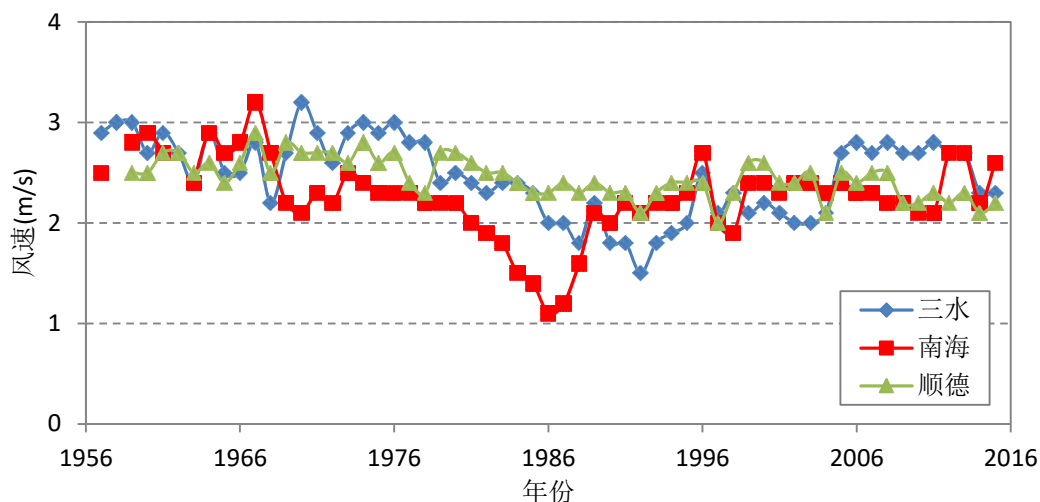


图 1-22 佛山各区平均风速年际变化图

## 2. 暴雨强度公式修订

暴雨强度公式是科学、合理地制定城市排水专业规划和排水工程设计的基础，它给市政建设、水务、规划等部门提供了科学的理论依据和准确的设计参数。根据中华人民共和国国家标准《室外排水设计规范》（GB50014-2006）规定，在进行城市排水工程规划设计时，雨水管网的规划设计排水量应通过当地的暴雨强度公式进行计算，因此合理编制当地的暴雨强度公式是提高城市防灾减灾和防洪排涝的能力现实需要。

### 2.1 暴雨强度公式编制方法及依据

#### 2.1.1 编制方法

佛山市区暴雨强度公式编制方法是根据中华人民共和国国家标准《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2014 版）附录 A “暴雨强度公式的编制方法” 进行计算及编制。暴雨强度也是根据规范提出的

公式  $q = \frac{167 A_1 (1 + C \lg P)}{(t + b)^n}$  进行计算，其中， $q$  为暴雨强度[升 / (秒 · 公顷)]， $t$  为降雨历时（分钟）， $A_1$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $n$  为需求的参数。

#### 2.1.2 气象资料的统计

降水气象资料的统计和分析计算则根据中国气象局颁发的《地面气象观测规范》和《全国地面气候资料统计方法》进行：

##### （1）时段划分

挑取最大降水量的时段分为 5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180 分钟共 11 个时段。

## (2) 统计方法

A) 从全年的降水自记纸或每分钟降水量数据文件中，挑取本年内 9 个时段最大降水量及相应开始时间；

B) 各时段年最大降水量及相应开始时间，只有当 1440 分钟降水量  $\geq 10.0\text{mm}$  时才挑取；

C) 各时段最大降水量从年内各月降水量自记纸或每分钟降水量数据滑动挑取，且不受日、月界的限制（但不跨年挑取）；

D) 各时段年最大降水量出现两次或以上相同时，开始时间栏记出现次数。

### 2.1.3 编制依据

本报告按照下列规范和文件进行编制：

- (1) 《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 版)；
- (2) 《城市排水工程设计——暴雨强度公式编制技术指南》；
- (3) 《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》；
- (4) 《给水排水设计手册（第 5 册）城镇排水》(2003 版)；
- (5) 《地面气象观测规范》(气象出版社 2007 年版)；
- (6) 《地面气候资料 30 年整编常规项目及其统计方法》(QX/T 22-2004)；
- (7) 《气象资料统计规定》，气象出版社，1984 年 7 月出版。

## 2.2 站点选择及资料来源

### 2.2.1 代表站的确定

按照《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》的要求，降雨站点应选择当地的国家气象站或区域气象站作为代表性站点，并且该站点基础资料年限在 30 年以上。佛山地区的三水、南海和顺德国家气象站均具有 30 年以上的自记降水雨量资料，符合《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 版)和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》的站点选择原则，因此选定三水、南海和顺德国家气象站作为本项目的代表站。

### 2.2.2 代表站的三性分析

代表性分析：三水、南海和顺德国家气象站位于佛山市城区的西北面、北面 and 西南面，与佛山市区位于同一气候区，平均气候状况相似，其区域代表性较好。

一致性分析：数据的一致性主要是考察气象数据历史序列是否连续、一致。三水国家气象站建于 1956 年 11 月 1 日，1980 年以后迁过 1 次站，于 2005 年 1 月 1 日从佛山市三水区西南镇赤岗路 14 号迁至佛山市三水区西南镇芦西路，迁站的距离较近，新站与旧站相距 2.6km，迁站前后的降雨资料没有显著变化，所有观测均根据《地面气象观测规范》的要求进行，资料的一致性较好。南海国家气象站建于 1957 年 1 月 1 日，1980 年以后迁过 2 次站，于 1996 年 7 月 1 日从南海县平洲镇下滘迁至南海市桂城海三路，新站与旧站相距 5.2km。2012 年 1 月 1 日从佛山市南海区桂城海三路迁至佛山市南海区狮山镇南海软件科技园塍下村细岗，新站与旧站相距 17km。迁站前后的



降雨资料没有显著变化，所有观测均根据《地面气象观测规范》的要求进行，资料的一致性较好。顺德国家气象站建于 1958 年 12 月 1 日，1980 年以后未迁过站，所有观测均根据《地面气象观测规范》的要求进行，资料的一致性较好。

可靠性分析：气象站仪器观测设备安装前根据《地面气象观测规范》的要求，经过国家质量监督部门的严格检定；观测资料经过省级气象业务部门的严格审核，因此观测设备和观测资料的可靠性均满足国家相关规范的规定和要求。

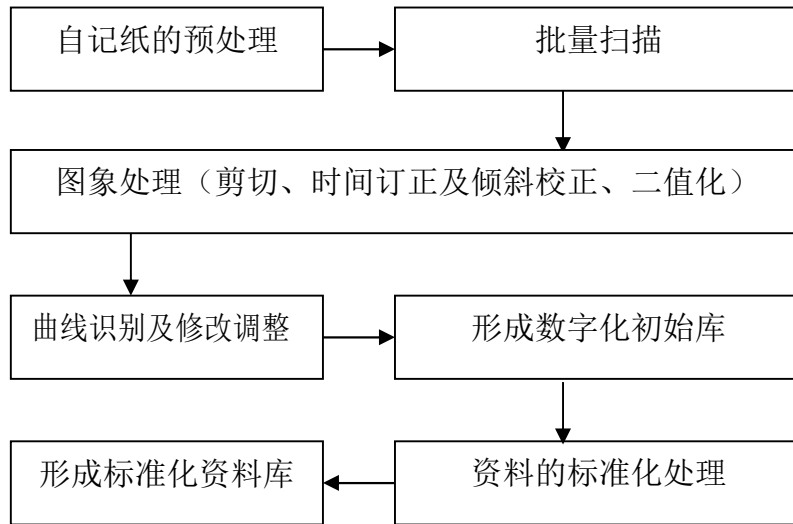
### **2.2.3 资料来源**

利用三水、南海、顺德国家气象站 1980 年至 2015 年的自记雨量记录，降雨历时按 5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180 分钟，每年每个历时选取最大一场雨量记录。

## **2.3. 暴雨强度公式推算**

### **2.3.1 原始资料数字化处理**

国家气象站历史降水自记记录资料，目前以自记纸形式保存，需要人工逐张读取降水数据，为了减少人为误差，确保降水资料的精度，提高数据处理工作效率，中国气象局组织广东省气候中心等单位研发编制了“降水自记纸彩色扫描数字化处理系统”，该系统通过计算机扫描、图像处理、数据处理可将国家气象站降水自记纸彩色图像数字化，使其转变成每分钟降水量，经审核后录入数据库。该系统已通过中国气象局的技术验收，目前已在全国气象部门投入业务使用。具体处理过程如下：



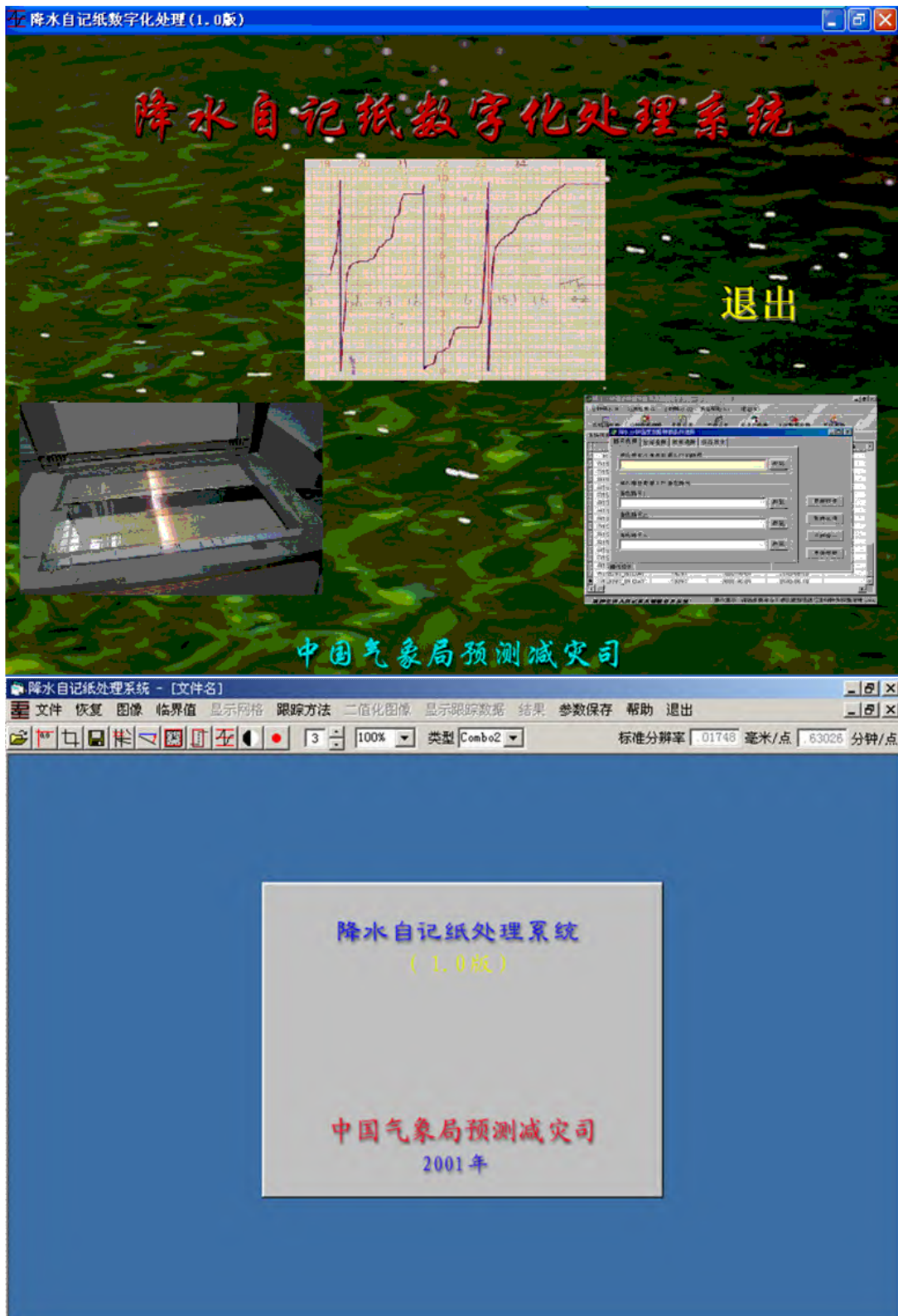


图 2-1 降水自记纸彩色扫描数字化处理系统

### (1) 降水自记纸的预处理

自记纸的预处理是指在开始扫描前对自记纸做一些技术处理，如将装订好的自记纸拆开，标注清楚起止日期，使时间清晰地写在可扫描区域内等。

### (2) 图像扫描

首先设置好扫描图像的分辨率、图像压缩率等扫描参数，一般文件大小应控制在 150~350KB 之间，如过大可提高压缩率、过小则减小压缩率，以达到正常跟踪与处理速度、保存容量的较好的结合，既保证得到的扫描图像的清晰度，又有较快的扫描速度。

### (3) 降水自记迹线的跟踪

降水自记迹线的跟踪主要有：调整合适的阈值，使程序能更好的自动跟踪；在强降水时，采用强降水跟踪方法（在非强降水时也可灵活使用该方法）；作异常处理时，可采用二次处理法，首先由程序自动计算异常量，然后再将包含异常时段在内的若干小时作异常处理，输入这段时间的降水量；无降水时的处理方法是从小最早出现降水的地方开始跟踪，将尾部无降水的迹线删除；注意与状态库或地面气象观测记录月报表文件中的日降水量及逐时降水量进行比对。

### (4) 数据转换与质量检查

数据转换包括：将迹线数据（ZJR 文件）转换成分钟强度数据，将分钟强度数据进行质量检查后再转换成标准分钟强度数据，以及将标准分钟强度数据转换成小时强度数据。

在分钟强度转换前，可运行 ZJJC 软件对 ZJR 文件进行质量检查，检查项目包括时间连续性检查和数据质量检查。数据转换程序也会进行转换前的必要检查，如虹吸过程是否超过 2 分钟，虹吸量是否超范围等。

### (5) 数据集制作

降水自记纸的数字化工作成果最终会得到制作完成的图像数据集、降水强度数据集和迹线文件数据集。一个完整的数据集，包括数据实体文件、数据说明文件、备注说明文件和元数据说明文件 4 个部分，因此，每个数据集按规范和格式要求还要制作说明文档、备注说明文件和元数据说明文档。

### 2.3.2 有效资料样本的选取

暴雨选样方法有年最大值法、年超大值法、年超定量法与年多个样法等，一般认为，年最大值法和年超大值法需资料 20 年以上，而超定量法和年多个样法需 10 年以上，且资料年份越长越为可靠[5，10]。目前国家标准《室外排水设计规范》(GB50014-2006，2011 版)推荐使用年多个样法和年最大值法。本项目根据规范要求，利用“降水自记纸彩色扫描数字化处理系统”信息化处理后所得的近 52 年逐分钟降雨数据，从中分别提取 5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180 分钟等 11 个降雨历时资料，数据提取原则为：

(1) 按照“不漏场次、不漏大值”的原则选取降雨过程，每年初选 20~30 个降雨过程，经选后，每年一般选 8 个过程，丰水年取 10~12 个过程。雨量大而降雨历时不足时，要将降雨历时按零雨量外延至降雨历时。

(2) 每年分别求算出 11 个降雨历时的最大值。

### 2.3.3 暴雨公式解释

(1) 暴雨公式

依据《室外排水设计规范》(GB50014-2006), 暴雨强度公式定义为:

$$q = \frac{167A_1(1 + C \lg P)}{(t + b)^n} \quad (1)$$

式(1)中:  $q$  为设计暴雨强度(单位: mm/min),  $P$  为重现期(单位: a), 取值范围为  $2a \sim 100a$ ;  $t$  为降雨历时(单位: min), 取值范围为  $1 \sim 180$ min。重现期越长、历时越短, 暴雨强度就越大, 而  $A_1$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $n$  是与地方暴雨特性有关且需求解的参数:  $A_1$  雨力参数, 即重现期为  $1a$  时的  $1$ min 设计降雨量(单位: mm);  $c$  为雨力变动参数;  $b$  为降雨历时修正参数, 即对暴雨强度公式两边求对数后能使曲线化成直线所加的一个时间参数(单位: min);  $n$  为暴雨衰减指数, 与重现期有关。

#### (2) 暴雨强度的频率和重现期的计算公式

在暴雨强度频率的计算中, 常用频率公式:

$$Pl = \frac{M}{N+1} \times 100\% \quad (2)$$

式中  $Pl$  为频率,  $N$  为样本总数,  $M$  为样本的序号(样本按从大到小排序)。

暴雨强度重现期  $P$  是指相等或超过它的暴雨强度出现一次的平均时间, 单位用年。由此得出重现期计算公式为:

$$P = \frac{N+1}{M} \quad (3)$$

重现期为 2、3、5、10、20、30、50、100 年, 相对应的频率为: 50%、33.3%、20%、10%、5%、3.3%、2%、1%。

### 2.3.4 暴雨公式推算原理及其步骤

为了简便、快速、准确地推算出暴雨公式中的参数值，本项目利用暴雨强度计算系统进行，该系统已通过中国气象局的技术验收，可直接进行资料处理、暴雨公式拟合、结果输出和精度检验等，具体流程如下：

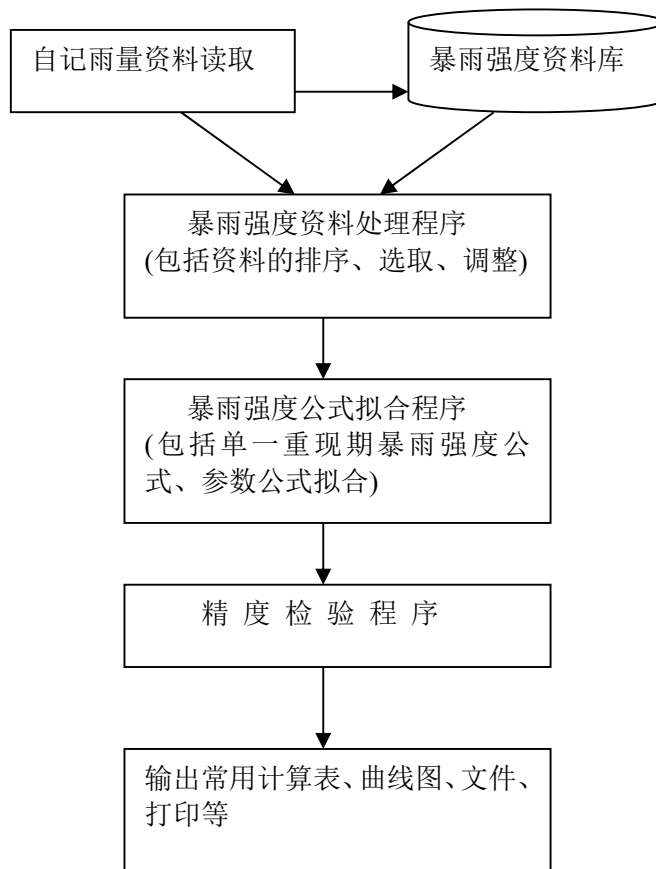




图 2-2 暴雨强度计算系统

推求步骤为：

(1) 建立统计样本

根据国家标准《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 版) 建议的“年最大值法”建立统计样本, 即不论年次将 5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180 分钟等 11 个降水历时有效资料样本按从大到小顺序进行排序, 作为建立暴雨强度公式的统计样本。

(2) 求算各重现期暴雨强度理论值

由于设计采用的重现期(100 年一遇)大于资料年限, 故采用概率型分布进行拟合调整, 暴雨强度公式统计中, 常用的理论频率曲线有皮尔逊-III型分布曲线、指数分布曲线、经验频率曲线等, 选用何种分布曲线关键是看分布曲线对原始数据的拟合程度, 误差越小、精度越高的分布越有代表性, 拟合精度以绝对均方误差作为判断标准。经验频率曲线由于精度不高, 实际工作中一般较少采用, 当精度要求较高时, 国家规范推荐采用皮尔逊-III型分布曲线、指数分布曲线和耿贝尔分布曲线。根据确定的频率曲线, 得出重现期、降雨强度和降



雨历时三者的关系，即  $i$ 、 $P$ 、 $t$  的关系值。

首先通过暴雨强度计算系统采用皮尔逊-III型分布曲线、指数分布曲线和耿贝尔分布曲线进行拟合调整（图 2-3），皮尔逊-III型分布曲线拟合的绝对均方误差三水为 0.047（mm/min）、南海为 0.041（mm/min）、顺德为 0.026（mm/min），相对均方误差三水为 3.72%、南海为 2.16%、顺德为 1.67%；指数分布曲线拟合的绝对均方误差三水为 0.064（mm/min）、南海为 0.039（mm/min）、顺德为 0.035（mm/min），相对均方误差三水为 4.36%、南海为 2.21%、顺德为 2.08%；耿贝尔分布曲线拟合的绝对均方误差三水为 0.065（mm/min）、南海为 0.040（mm/min）、顺德为 0.027（mm/min），相对均方误差三水为 4.38%、南海为 2.27%、顺德为 1.63%。



图 2-3 频率曲线拟合调整方法

可见，皮尔逊-III型明显优于指数分布曲线和耿贝尔分布曲线，因此本项目应用皮尔逊-III型分布曲线拟合调整，具体的做法是，根据原始资料处理后所得的原始降水强度，求出 11 个降水历时序列的变差系数  $C_v$  和偏态系数  $C_s$ 。

$$C_v = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\bar{x}^3 C_v^3} \quad (5)$$

式 (4) 与式 (5) 中， $\bar{x}$  为平均值， $n$  为年数。根据求得的  $C_s$ ，在离均系数表上查出频率为 99%、50%、33.3%、20%、10%、5%、3.3%、2%、1% 的离均系数  $\Phi$ ，代入式 (6)。

$$Y = (1 + \Phi \times C_v) \bar{X} \quad (6)$$

式中， $Y$  为理论降水强度， $\bar{x}$  为原始降水强度的平均值。

求得上述频率的理论降水强度，并绘出理论降水强度频率曲线，

与原始降水强度频率曲线相比较，采用适线法，不断调整  $C_v$ 、 $C_s$ ，直至理论频率曲线与原始频率曲线拟合达最佳为止。读出此时频率为 99%、50%、33.3%、20%、10%、5%、3.3%、2%、1%的理论降水强度，这就是推算暴雨强度公式的基本资料 ( $q'$ )。

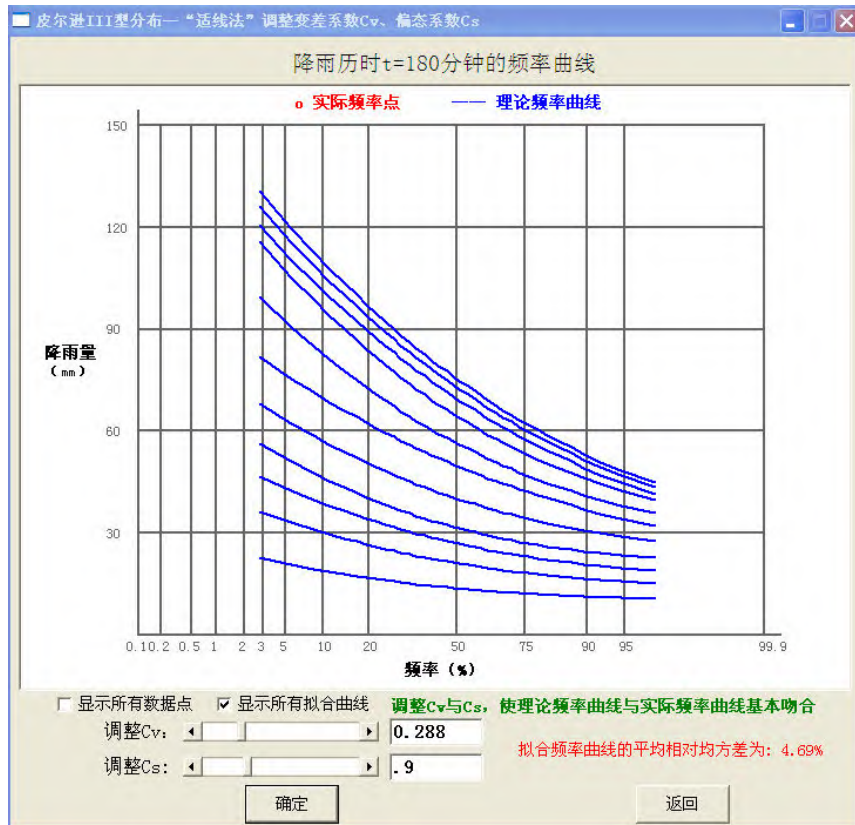


图 2-4 佛山市三水区适线法调整频率曲线

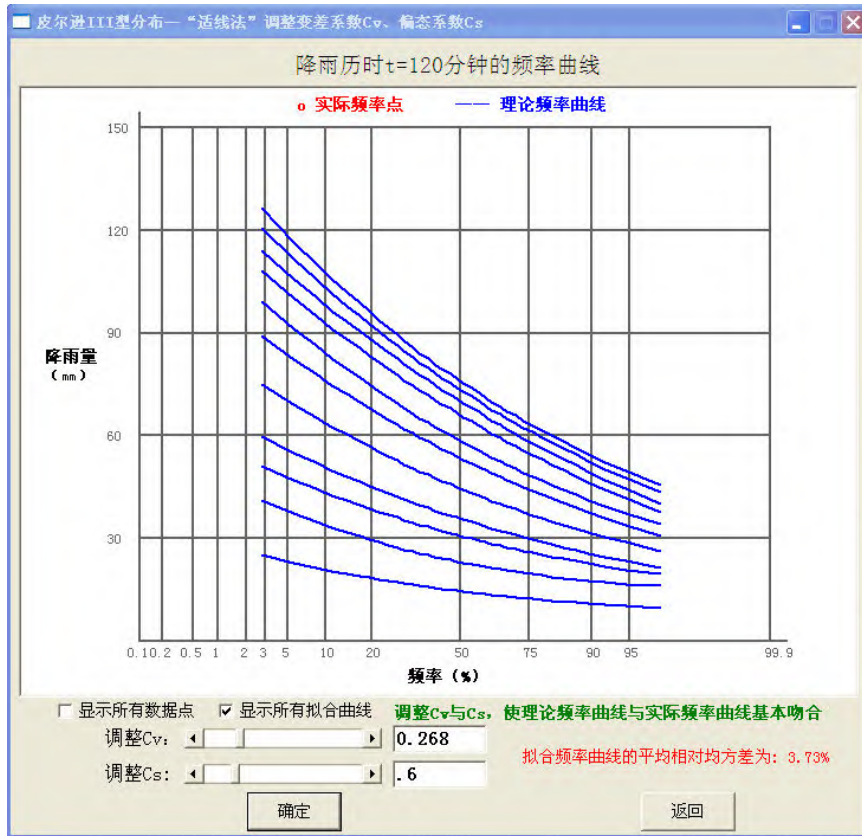


图 2-5 佛山市南海区适线法调整频率曲线

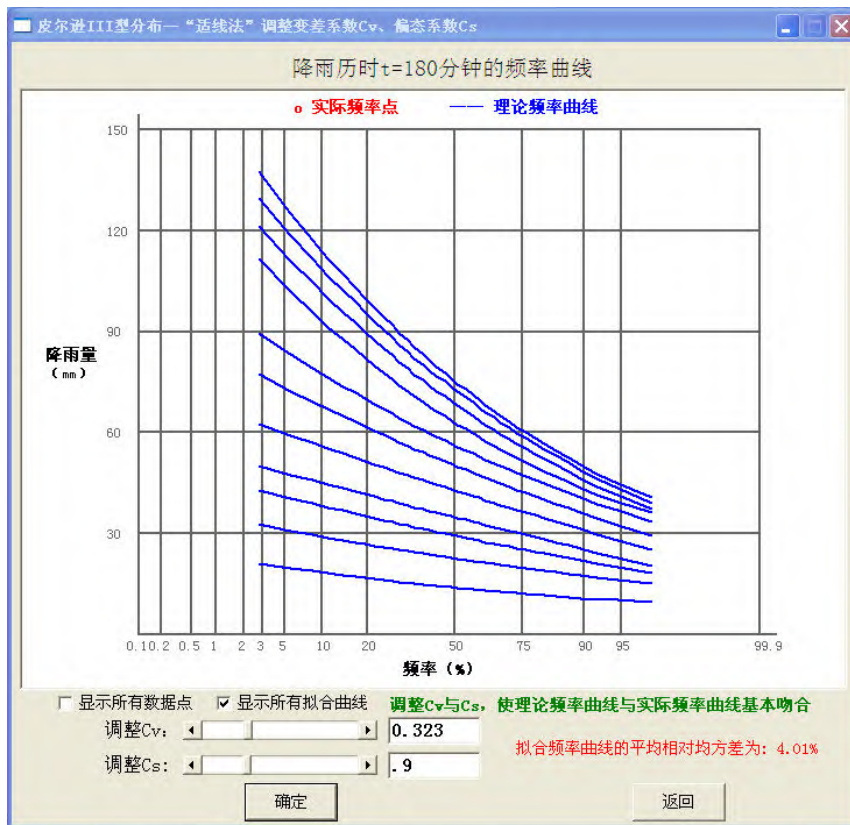


图 2-6 佛山市顺德区适线法调整频率曲线

### (3) 单一重现期暴雨强度公式拟合

从(1)式可以看出,暴雨强度公式为已知关系式的超定非线性方程,公式中有4个参数,显然常规方法无法求解,因此参数估计方法设计和减少估算误差尤为关键。首先对式(1)进行线性化处理:

令  $A = A_1(1 + C \lg P)$ , 那么(1)式即变为:

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n} \quad (7)$$

式(7)即为单一重现期公式,通过式(7)分别把1、2、3、5、10、20、30、50和100年一遇等9个重现期的单一暴雨强度公式推算出来。首先推算这9个重现期暴雨强度公式的需求参数A、b、n。用常规方法无法求解暴雨强度公式即式(7),将式(7)两边取对数得:

$$\ln q = \ln 167A - n \ln(t+b) \quad (8)$$

令  $y = \ln q, b_0 = \ln 167A, b_1 = -n, x = \ln(t+b)$ , 那么式(8)就变为:

$$y = b_0 + b_1 x \quad (9)$$

式(9)应用数值逼近和最小二乘法,可求出  $b_0$ 、 $b_1$ , 则 A、n 可求。但在具体计算时,由于 b 也是未知数,因此还无法应用最小二乘法求解方程。可先给定一个 b 值,在此 b 值下,再应用最小二乘法,可求得 A、n 值。将此 A、n、b 代入式(1),计算出给定 b 值的暴雨强度( $q''$ ),同时算出理论降水强度( $q'$ )与给定 b 值的暴雨强度( $q''$ )的相关系数(r)。不断调整 b 值,用相关系数 r 作为判别标准,比较  $q'$  和  $q''$ , 直至相关系数达到最佳为止,则这时的 A、b、n 为所求。这样,可将 11 个单一重现期暴雨强度公式逐个推算出来。具体参见表 2-1~表 2-6。

表 2-1 佛山市三水区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2       | $2463.584 / (t + 7.363)^{0.672}$  |
| P=3       | $2820.296 / (t + 7.960)^{0.674}$  |
| P=5       | $3261.510 / (t + 8.589)^{0.677}$  |
| P=10      | $3871.227 / (t + 9.354)^{0.684}$  |
| P=20      | $4555.092 / (t + 9.826)^{0.696}$  |
| P=30      | $4913.641 / (t + 9.990)^{0.701}$  |
| P=50      | $5344.501 / (t + 10.165)^{0.705}$ |
| P=100     | $5908.627 / (t + 10.379)^{0.711}$ |

表 2-2 佛山市南海区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                                |
|-----------|------------------------------------|
| P=2       | $5647.272 / (t + 14.271)^{0.829}$  |
| P=3       | $6399.941 / (t + 14.566)^{0.832}$  |
| P=5       | $7288.214 / (t + 14.878)^{0.835}$  |
| P=10      | $8221.410 / (t + 14.460)^{0.835}$  |
| P=20      | $8802.904 / (t + 13.637)^{0.832}$  |
| P=30      | $9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$  |
| P=50      | $9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$  |
| P=100     | $10146.085 / (t + 12.673)^{0.828}$ |

表 2-3 佛山市顺德区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2       | $4819.620 / (t + 13.621)^{0.803}$ |
| P=3       | $4526.535 / (t + 12.553)^{0.766}$ |
| P=5       | $4185.020 / (t + 11.276)^{0.724}$ |
| P=10      | $3368.724 / (t + 8.630)^{0.654}$  |
| P=20      | $2986.294 / (t + 6.718)^{0.612}$  |
| P=30      | $2816.455 / (t + 5.834)^{0.590}$  |
| P=50      | $2623.904 / (t + 4.819)^{0.563}$  |
| P=100     | $2381.42 / (t + 3.530)^{0.528}$   |

#### (4) 区间参数公式拟合

由于上面求得的是单一重现期的暴雨强度公式，而两个单一重现期之间的暴雨强度还无法求得。如重现期为 10 年、20 年的暴雨强度可求得，但重现期为 15 年的暴雨强度则无法计算。因此引入重现期区间参数公式，以解决这个问题。应用式 (10)

$$y = b_1 + b_2 \ln(P + C) \quad (10)$$

作为区间参数公式来求算区间参数值效果很好 (式 (10) 中,  $y$  为  $A$ 、 $b$ 、 $n$  参数中的任一个,  $P$  为重现期,  $C$  为常数)。

首先把 1~100 年分为 (I): 1~10 年和 (II): 10~100 年两个



区间，将  $A$ 、 $b$ 、 $n$  代入 (10) 式中得：

$$A = A_1 + A_2 \ln(P + C_A) \quad (11)$$

$$b = b_1 + b_2 \ln(P + C_b) \quad (12)$$

$$n = n_1 + n_2 \ln(P + C_n) \quad (13)$$

上面三式中  $A$ 、 $b$ 、 $n$  和  $P$  是已知数， $A_1$ 、 $A_2$ 、 $C_A$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $C_b$  及  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $C_n$  都是未知数。根据上面求得单一重现期  $P$  下的  $A$ 、 $b$ 、 $n$  值，同理，利用数值逼近法和最小二乘法，可解得未知数  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $C_A$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $C_b$  和  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $C_n$ ，从而可算得 I、II 两个区间的  $A$ 、 $b$ 、 $n$  值，将它们代入式 (1)，可得 1~100 年之间的任意一个重现期暴雨强度公式，从而可计算任意重现期的暴雨强度。

表 2-4 佛山市三水区重现期区间暴雨公式

| 重现期 P (年) | 区间  | 参数 | 公 式                              |
|-----------|-----|----|----------------------------------|
| 1—10      | II  | n  | $0.669+0.005\text{Ln}(P-0.099)$  |
|           |     | b  | $7.217+0.962\text{Ln}(P-0.836)$  |
|           |     | A  | $11.576+5.015\text{Ln}(P-0.116)$ |
| 10—100    | III | n  | $0.679+0.007\text{Ln}(P-7.842)$  |
|           |     | b  | $9.144+0.273\text{Ln}(P-7.842)$  |
|           |     | A  | $14.006+4.671\text{Ln}(P-2.870)$ |

表 2-5 佛山市南海区重现期区间暴雨公式

| 重现期 P (年) | 区间  | 参数 | 公 式                               |
|-----------|-----|----|-----------------------------------|
| 1—10      | II  | n  | $0.828+0.005\text{Ln}(P-0.836)$   |
|           |     | b  | $14.199+0.476\text{Ln}(P-0.836)$  |
|           |     | A  | $29.278+9.383\text{Ln}(P-0.378)$  |
| 10—100    | III | n  | $0.837 -0.002\text{Ln}(P-6.737)$  |
|           |     | b  | $14.826 -0.476\text{Ln}(P-7.842)$ |
|           |     | A  | $37.808+4.984\text{Ln}(P-0.107)$  |

表 2-6 佛山市顺德区重现期区间暴雨公式

| 重现期 P (年) | 区间  | 参数 | 公 式                               |
|-----------|-----|----|-----------------------------------|
| 1—10      | II  | n  | $0.828 -0.070\text{Ln}(P-0.574)$  |
|           |     | b  | $14.823 -2.296\text{Ln}(P-0.312)$ |
|           |     | A  | $30.424 -3.537\text{Ln}(P-0.444)$ |
| 10—100    | III | n  | $0.748 -0.048\text{Ln}(P-2.870)$  |
|           |     | b  | $11.375 -1.723\text{Ln}(P-5.080)$ |
|           |     | A  | $23.009 -1.924\text{Ln}(P-5.632)$ |

(5) 总公式的推算

根据 (1) 式  $q = \frac{167 A_1 (1 + C \lg P)}{(t + b)^n}$  将其两边取对数得:

$$\ln q = \ln 167 A_1 + \ln(1 + cLgP) - n \ln(t + b) \quad (14)$$

$$\text{令 } y = \ln q, b_0 = \ln 167 A_1, x_1 = \ln(1 + cLgP), b_2 = -n, x_2 = \ln(t + b),$$

即得  $y = b_0 + x_1 + b_2 x_2$ 。已知 q、P、t 值，应用数值逼近法和最小二乘法解此二元线性回归方程，可求得  $b_0$ 、 $b_2$ ，从而可求得  $A_1$ 、 $n$ 。

推算出的佛山市暴雨强度总公式为:

$$\text{三水: } q = \frac{2544.537(1 + 0.685 \ln P)}{(t + 10.789)^{0.703}} \quad (15)$$

$$\text{南海: } q = \frac{5526.514(1 + 0.620 \ln P)}{(t + 15.618)^{0.851}} \quad (16)$$

$$\text{顺德: } q = \frac{2545.044(1 + 0.399 \ln P)}{(t + 9.414)^{0.665}} \quad (17)$$

### 2.3.5 暴雨公式精度检验

为确保计算结果的准确性，需对暴雨强度计算结果进行精度检验，按国家规范 (GB50014-2006, 2014 版) 的要求，需计算重现期 2~20 年暴雨强度的平均绝对均方误差和平均相对均方误差，平均绝对均方误差不超过 0.05mm / min，平均相对均方误差不大于 5%。

$$\text{平均绝对均方误差: } X_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \quad (18)$$

$$\text{平均相对均方误差: } U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times 100\% \quad (19)$$

式 (18) 和式 (19) 中， $R'$  为理论降水量， $R$  为实际降水量， $t$  为降水历时， $n$  为样本数。

利用暴雨强度区间公式算得的重现期 2~20 年暴雨强度平均绝对均方误差三水为 0.047 (mm/min)、南海为 0.041 (mm/min)、顺德为 0.026 (mm/min); 相对均方误差三水为 3.72%、南海为 2.16%、顺德为 1.67%, 满足《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 版) 提出的精度要求。

利用暴雨强度总公式算得的重现期 2~20 年暴雨强度平均绝对方差三水为 0.050 (mm/min)、南海为 0.050 (mm/min)、顺德为 0.050 (mm/min), 相对均方误差三水为 3.59%、南海为 2.49%、顺德为 4.68%, 南海、顺德和三水的暴雨强度总公式均符合《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 版) 提出的精度要求。

从两种公式计算精度看, 暴雨强度区间公式优于暴雨强度总公式, 因此推荐使用暴雨强度区间公式。

## 2.4. 佛山市高明区暴雨强度公式

由于佛山市高明区没有设立国家气象站, 只设立了自动气象站, 而自动气象站无长年代自记降水记录资料。因此需根据佛山市高明区自动气象站多年降水资料(2003~2015 年)与南海、顺德、三水、禅城的自动气象站及国家气象站同期降水资料, 作出研究分析和建议, 参照提出高明区的暴雨强度计算公式。

佛山市属明显的东亚季风气候区, 受海洋暖湿气流影响, 佛山市年平均雨量在 1600~1900 mm 之间, 雨水充沛, 但降水分布不均, 干湿季明显, 雨季(4~9 月)降水量占全年降水量的 82%左右。

佛山市地处珠江三角洲中部, 受气候、地形地貌的影响, 降水量的空间分布也不均匀, 地区之间有明显的差异, 图 2-7 和图 2-8 是根据高明、南海、顺德、三水、禅城的自动气象站及国家气象站同期降

水资料绘制的年降水量分布图和雨季降水量分布图。从年平均降水量分布图可以看出，年最高降水量 1900 多 mm，主要分布在东部城市化比较密集的地区；年最低降水量只有 1600 多 mm，主要分布在中西部的三水和高明区一带。

暴雨公式统计样本绝大部分来自雨季暴雨，因此采用雨季降水量和年降水量分布特征进行佛山市暴雨区域分布代表性分析。从图 2-7 和图 2-8 可以看出，高明区的降水量分布特征与三水区最为接近，降水量分布基本处于同一等值区内，因此建议使用三水区国家气象站的自记降水雨量资料推算高明区的暴雨公式。

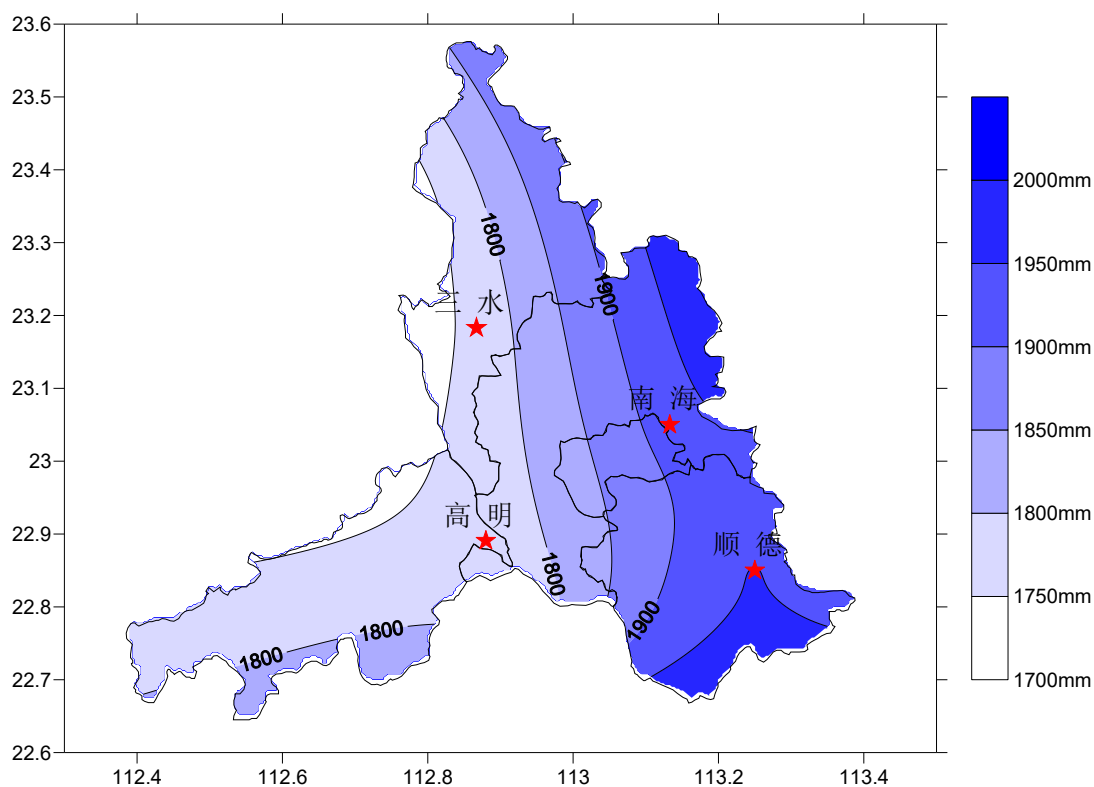


图 2-7 佛山市年降水量 (mm)

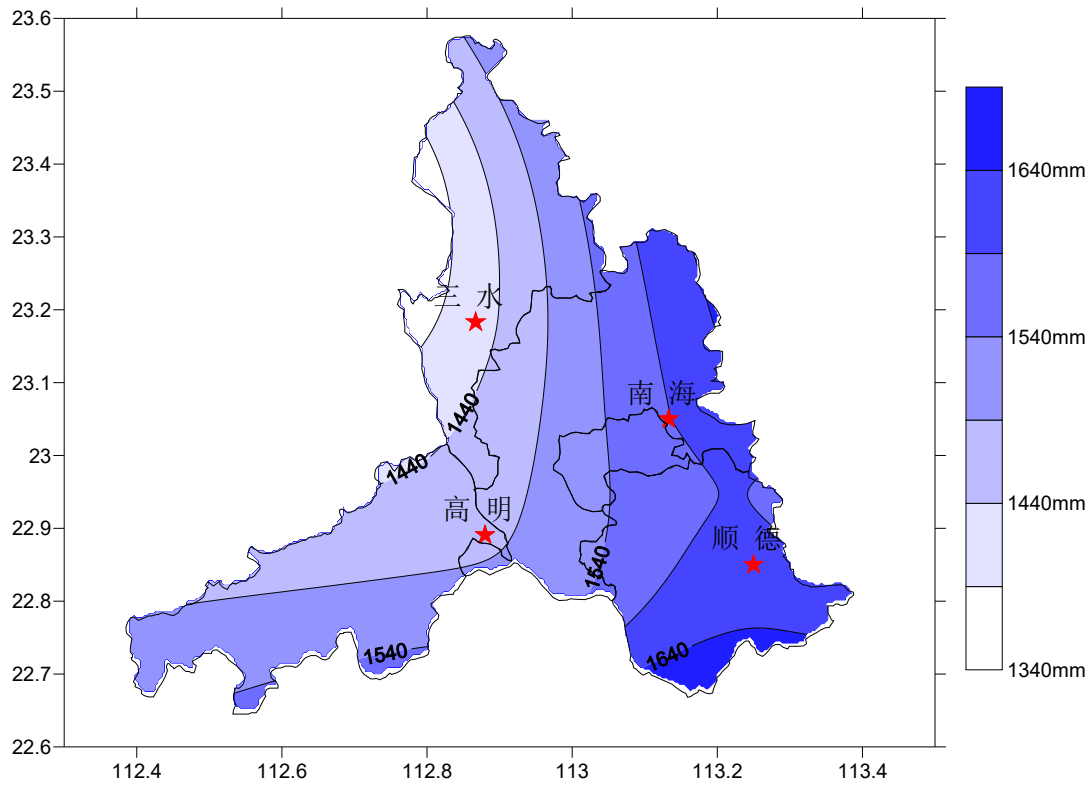


图 2-8 佛山市雨季降水量 (mm)

表 2-7 佛山市高明区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P = 2     | $2463.584 / (t + 7.363)^{0.672}$  |
| P = 3     | $2820.296 / (t + 7.960)^{0.674}$  |
| P = 5     | $3261.510 / (t + 8.589)^{0.677}$  |
| P = 10    | $3871.227 / (t + 9.354)^{0.684}$  |
| P = 20    | $4555.092 / (t + 9.826)^{0.696}$  |
| P = 50    | $4913.641 / (t + 9.990)^{0.701}$  |
| P=100     | $5344.501 / (t + 10.165)^{0.705}$ |

表 2-8 佛山市高明区重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间  | 参数 | 公 式                              |
|--------|-----|----|----------------------------------|
| 1 — 10 | II  | n  | $0.669+0.005\text{Ln}(P-0.099)$  |
|        |     | b  | $7.217+0.962\text{Ln}(P-0.836)$  |
|        |     | A  | $11.576+5.015\text{Ln}(P-0.116)$ |
| 10—100 | III | n  | $0.679+0.007\text{Ln}(P-7.842)$  |
|        |     | b  | $9.144+0.273\text{Ln}(P-7.842)$  |
|        |     | A  | $14.006+4.671\text{Ln}(P-2.870)$ |

## 2.5 鹤山暴雨强度公式与高明区现行公式的比较及分析

为进一步分析高明区暴雨强度的代表性，采用鹤山国家气象站 1980 年~2015 年近 36 年的资料，编制得到暴雨强度公式，并与现行高明暴雨强度公式进行对比分析。

表 2-9 鹤山单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                                |
|-----------|------------------------------------|
| P = 2     | $7764.832 / (t + 18.266)^{0.912}$  |
| P = 3     | $8577.788 / (t + 18.331)^{0.913}$  |
| P = 5     | $9524.678 / (t + 18.400)^{0.913}$  |
| P = 10    | $10620.365 / (t + 18.434)^{0.912}$ |
| P = 20    | $11705.03 / (t + 18.604)^{0.911}$  |
| P = 50    | $12917.116 / (t + 18.726)^{0.909}$ |
| P=100     | $13772.657 / (t + 18.802)^{0.908}$ |

表 2-10 鹤山重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间  | 参数 | 公 式                                |
|--------|-----|----|------------------------------------|
| 1 — 10 | II  | n  | $0.912+0.001\text{Ln}(P - 0.836)$  |
|        |     | b  | $18.250+0.105\text{Ln}(P - 0.836)$ |
|        |     | A  | $42.159+9.809\text{Ln}(P - 0.444)$ |
| 10—100 | III | n  | $0.913 -0.001\text{Ln}(P - 7.842)$ |
|        |     | b  | $18.359+0.098\text{Ln}(P - 7.842)$ |
|        |     | A  | $50.360+7.026\text{Ln}(P - 3.422)$ |

表 2-11 鹤山暴雨强度公式计算值与三水现行公式对比

| 序号 | 重现期<br>(年) | 历时<br>暴雨强度 | 10 分钟   | 15 分钟   | 20 分钟   | 30 分钟   | 45 分钟   | 60 分钟   |
|----|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |            |            | 高明现行公式  | 鹤山公式    | 差值 (%)  |         |         |         |
| 1  | 2          | 高明现行公式     | 357.236 | 311.151 | 277.827 | 232.206 | 190.256 | 163.547 |
|    |            | 鹤山公式       | 368.620 | 317.737 | 279.645 | 226.283 | 176.793 | 145.611 |
|    |            | 差值 (%)     | 3.2     | 2.1     | 0.7     | -2.6    | -7.1    | -11.0   |
| 2  | 3          | 高明现行公式     | 375.433 | 328.005 | 293.768 | 246.906 | 203.732 | 176.152 |
|    |            | 鹤山公式       | 405.005 | 349.152 | 307.322 | 248.701 | 194.312 | 160.035 |
|    |            | 差值 (%)     | 7.9     | 6.4     | 4.6     | 0.7     | -4.6    | -9.1    |
| 3  | 5          | 高明现行公式     | 395.688 | 346.971 | 311.867 | 263.815 | 219.443 | 190.983 |
|    |            | 鹤山公式       | 448.715 | 386.963 | 340.687 | 275.795 | 215.547 | 177.558 |
|    |            | 差值 (%)     | 13.4    | 11.5    | 9.2     | 4.5     | -1.8    | -7.0    |
| 4  | 10         | 高明现行公式     | 418.907 | 369.072 | 333.245 | 284.206 | 238.789 | 209.516 |
|    |            | 鹤山公式       | 501.463 | 432.593 | 380.960 | 308.519 | 241.225 | 198.770 |
|    |            | 差值 (%)     | 19.7    | 17.2    | 14.3    | 8.6     | 1.0     | -5.1    |
| 5  | 20         | 高明现行公式     | 452.129 | 398.506 | 360.555 | 309.184 | 261.958 | 231.569 |



|  |        |         |         |         |         |         |         |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | 鹤山公式   | 551.528 | 476.245 | 419.711 | 340.263 | 266.317 | 219.595 |
|  | 差值 (%) | 22.0    | 19.5    | 16.4    | 10.1    | 1.7     | -5.2    |

鹤山资料编制的暴雨强度公式与高明现行暴雨强度公式相比，在 5 年重现期以上部分相对于现行公式偏大，偏大幅度略小于用三水国家气象站资料新编的暴雨强度公式，由于高明现行的暴雨强度公式是采用三水暴雨强度公式，为了便于新编公式与现行公式的衔接，仍推荐使用三水新编的暴雨强度公式作为高明新编的暴雨强度公式。

## 2.6 新编暴雨强度公式与现行公式的比较及分析

佛山市现行暴雨强度公式是采用佛山市南海区、顺德区和三水区国家气象站 1961 年~2010 年近 50 年的资料编制,降雨历时按 5、10、15、20、30、45、60、90、120 分钟,编制方法为年多个样法。

佛山市三水区现行的暴雨强度公式为:

表 2-12 佛山市三水区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                             |
|-----------|---------------------------------|
| P = 2     | $2407.588 / (t+10.47)^{0.632}$  |
| P = 3     | $2270.87 / (t+ 9.881)^{0.602}$  |
| P = 5     | $2129.092 / (t+ 9.25)^{0.569}$  |
| P = 10    | $1959.928 / (t+ 8.483)^{0.529}$ |
| P = 20    | $1777.259 / (t+ 6.817)^{0.485}$ |
| P = 50    | $1605.11 / (t+ 5.177)^{0.434}$  |
| P=100     | $1490.061 / (t+ 4.066)^{0.399}$ |

表 2-13 佛山市三水区重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间  | 参数 | 公 式                                 |
|--------|-----|----|-------------------------------------|
| 1 — 10 | II  | n  | $0.645-0.052 \text{ Ln}( P-0.718)$  |
|        |     | b  | $10.662-0.981 \text{ Ln}( P-0.784)$ |
|        |     | A  | $14.546-1.272 \text{ Ln}( P-0.893)$ |
| 10—100 | III | n  | $0.623 -0.049\text{Ln}( P-3.268)$   |
|        |     | b  | $10.812-1.482 \text{ Ln}( P-5.186)$ |
|        |     | A  | $13.069-0.912\text{Ln}( P-5.691)$   |

表 2-14 佛山市三水区新编暴雨强度公式计算值与现行公式对比

| 序号 | 重现期<br>(年) | 历时<br>暴雨强度 | 10 分钟   | 15 分钟   | 20 分钟   | 30 分钟   | 45 分钟   | 60 分钟   |
|----|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |            |            |         |         |         |         |         |         |
| 1  | 2          | 现行公式       | 357.236 | 311.151 | 277.827 | 232.206 | 190.256 | 163.547 |
|    |            | 新编公式       | 361.859 | 305.269 | 266.559 | 216.215 | 172.339 | 145.502 |
|    |            | 差值 (%)     | 1.3     | -1.9    | -4.1    | -6.9    | -9.4    | -11.0   |
| 2  | 3          | 现行公式       | 375.433 | 328.005 | 293.768 | 246.906 | 203.732 | 176.152 |
|    |            | 新编公式       | 402.617 | 341.193 | 298.764 | 243.125 | 194.247 | 164.193 |
|    |            | 差值 (%)     | 7.2     | 4.0     | 1.7     | -1.5    | -4.7    | -6.8    |
| 3  | 5          | 现行公式       | 395.688 | 346.971 | 311.867 | 263.815 | 219.443 | 190.983 |
|    |            | 新编公式       | 450.954 | 383.791 | 336.955 | 275.032 | 220.209 | 186.326 |
|    |            | 差值 (%)     | 14.0    | 10.6    | 8.0     | 4.3     | 0.3     | -2.4    |
| 4  | 10         | 现行公式       | 418.907 | 369.072 | 333.245 | 284.206 | 238.789 | 209.516 |
|    |            | 新编公式       | 510.149 | 435.948 | 383.676 | 313.961 | 251.739 | 213.086 |
|    |            | 差值 (%)     | 21.8    | 18.1    | 15.1    | 10.5    | 5.4     | 1.7     |
| 5  | 20         | 现行公式       | 452.129 | 398.506 | 360.555 | 309.184 | 261.958 | 231.569 |
|    |            | 新编公式       | 569.668 | 487.127 | 428.725 | 350.575 | 280.648 | 237.171 |
|    |            | 差值 (%)     | 26.0    | 22.2    | 18.9    | 13.4    | 7.1     | 2.4     |

佛山市南海区现行的暴雨强度公式为：

表 2-15 佛山市南海区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                             |
|-----------|---------------------------------|
| P = 2     | $3046.119 / (t+10.34)^{0.671}$  |
| P = 3     | $3036.461 / (t+ 9.883)^{0.654}$ |
| P = 5     | $3026.178 / (t+ 9.382)^{0.635}$ |
| P = 10    | $3013.723 / (t+ 8.763)^{0.612}$ |
| P = 20    | $2891.671 / (t+ 7.173)^{0.579}$ |
| P = 50    | $2775.451 / (t+ 5.494)^{0.538}$ |
| P=100     | $2697.523 / (t+ 4.333)^{0.508}$ |

表 2-16 佛山市南海区重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间  | 参数 | 公 式                                |
|--------|-----|----|------------------------------------|
| 1 — 10 | II  | n  | $0.681-0.031 \text{Ln}( P-0.599)$  |
|        |     | b  | $10.554-0.803 \text{Ln}( P-0.695)$ |
|        |     | A  | $18.257-0.095 \text{Ln}( P-0.807)$ |
| 10—100 | III | n  | $0.704 -0.0427\text{Ln}( P-1.311)$ |
|        |     | b  | $11.503-1.572 \text{Ln}( P-4.286)$ |
|        |     | A  | $18.968-0.619\text{Ln}( P-5.563)$  |

表 2-17 佛山市南海区新编暴雨强度公式计算值与现行公式对比

| 序号 | 重现期<br>(年) | 历时<br>暴雨强度 | 10 分钟   | 15 分钟   | 20 分钟   | 30 分钟   | 45 分钟   | 60 分钟   |
|----|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |            |            |         |         |         |         |         |         |
| 1  | 2          | 现行公式       | 403.500 | 348.171 | 308.542 | 254.858 | 206.143 | 175.499 |
|    |            | 新编公式       | 401.422 | 343.686 | 301.567 | 243.897 | 191.493 | 158.829 |
|    |            | 差值 (%)     | -0.5    | -1.3    | -2.3    | -4.3    | -7.1    | -9.5    |
| 2  | 3          | 现行公式       | 429.695 | 371.063 | 329.185 | 272.554 | 221.195 | 188.864 |
|    |            | 新编公式       | 446.085 | 382.364 | 335.753 | 271.772 | 213.490 | 177.101 |
|    |            | 差值 (%)     | 3.8     | 3.0     | 2.0     | -0.3    | -3.5    | -6.2    |
| 3  | 5          | 现行公式       | 460.677 | 398.204 | 353.723 | 293.684 | 239.266 | 204.976 |
|    |            | 新编公式       | 497.869 | 427.270 | 375.483 | 304.210 | 239.113 | 198.397 |
|    |            | 差值 (%)     | 8.1     | 7.3     | 6.2     | 3.6     | -0.1    | -3.2    |
| 4  | 10         | 现行公式       | 501.005 | 433.563 | 385.742 | 321.360 | 263.056 | 226.278 |
|    |            | 新编公式       | 569.620 | 487.682 | 427.847 | 345.853 | 271.312 | 224.849 |
|    |            | 差值 (%)     | 13.7    | 12.5    | 10.9    | 7.6     | 3.1     | -0.6    |
| 5  | 20         | 现行公式       | 557.408 | 480.747 | 427.350 | 356.441 | 292.919 | 253.048 |
|    |            | 新编公式       | 633.574 | 540.085 | 472.404 | 380.423 | 297.514 | 246.151 |
|    |            | 差值 (%)     | 13.7    | 12.3    | 10.5    | 6.7     | 1.6     | -2.7    |

佛山市顺德区现行的暴雨强度公式为：

表 2-18 佛山市顺德区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P = 2     | $3037.889 / (t+10.927)^{0.677}$   |
| P = 3     | $2969.154 / (t+ 10.423 )^{0.652}$ |
| P = 5     | $2890.678 / (t+ 9.841 )^{0.624}$  |
| P = 10    | $2791.429 / (t+ 9.099 )^{0.587}$  |
| P = 20    | $2365.898 / (t+ 6.237 )^{0.543}$  |
| P = 50    | $2055.748 / (t+ 3.245 )^{0.487}$  |
| P=100     | $1860.215 / (t+ 1.181 )^{0.447}$  |

表 2-19 佛山市顺德区重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间  | 参数 | 公 式                                |
|--------|-----|----|------------------------------------|
| 1 — 10 | II  | n  | $0.698-0.049 \text{Ln}( P-0.455)$  |
|        |     | b  | $11.343-0.996 \text{Ln}( P-0.482)$ |
|        |     | A  | $18.493-0.791 \text{Ln}( P-0.535)$ |
| 10—100 | III | n  | $0.713 -0.058\text{Ln}( P-1.183)$  |
|        |     | b  | $13.894-2.788 \text{Ln}( P-4.416)$ |
|        |     | A  | $17.921-1.499\text{Ln}( P-7.765)$  |

表 2-20 佛山市顺德区新编暴雨强度公式计算值与现行公式对比

| 序号 | 重现期<br>(年) | 历时<br>暴雨强度 | 10 分钟   | 15 分钟   | 20 分钟   | 30 分钟   | 45 分钟   | 60 分钟   |
|----|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |            |            |         |         |         |         |         |         |
| 1  | 2          | 现行公式       | 387.662 | 335.322 | 297.586 | 246.173 | 199.266 | 169.657 |
|    |            | 新编公式       | 380.412 | 326.058 | 286.513 | 232.454 | 183.344 | 152.690 |
|    |            | 差值 (%)     | -1.9    | -2.8    | -3.7    | -5.6    | -8.0    | -10.0   |
| 2  | 3          | 现行公式       | 415.370 | 360.101 | 320.321 | 266.140 | 216.644 | 185.320 |
|    |            | 新编公式       | 416.113 | 356.941 | 314.138 | 255.862 | 203.027 | 170.022 |
|    |            | 差值 (%)     | 0.2     | -0.9    | -1.9    | -3.9    | -6.3    | -8.3    |
| 3  | 5          | 现行公式       | 448.043 | 389.416 | 347.309 | 289.997 | 237.573 | 204.303 |
|    |            | 新编公式       | 457.410 | 392.588 | 346.071 | 283.095 | 226.185 | 190.619 |
|    |            | 差值 (%)     | 2.1     | 0.8     | -0.4    | -2.4    | -4.8    | -6.7    |
| 4  | 10         | 现行公式       | 494.167 | 431.115 | 385.949 | 324.508 | 268.191 | 232.304 |
|    |            | 新编公式       | 497.446 | 425.814 | 375.582 | 308.757 | 249.134 | 212.024 |
|    |            | 差值 (%)     | 0.7     | -1.2    | -2.7    | -4.9    | -7.1    | -8.7    |
| 5  | 20         | 现行公式       | 520.824 | 450.178 | 401.352 | 336.803 | 279.056 | 242.738 |
|    |            | 新编公式       | 532.775 | 453.940 | 399.879 | 329.175 | 266.922 | 228.400 |
|    |            | 差值 (%)     | 2.3     | 0.8     | -0.4    | -2.3    | -4.3    | -5.9    |

新编的暴雨强度公式计算值相对于现行暴雨强度公式，三水区、南海区在 2~5 年重现期总体上偏小，在 5 年以上重现期总体偏大；顺德区在 2~10 年重现期均偏小。主要原因包括以下几点：

(1) 选样方法的不同。根据最新的国家规范要求，选样方法从“年多个样法”改为“年最大值法”。

在使用年最大值法推算过程中，会出现大雨年的次大值虽大于小雨年的最大值而不入选的情况，该方法算得的暴雨强度小于年多个

样法的计算值，因此采用年最大值法时需作重现期修正，根据文献<sup>[12-14]</sup>的研究成果，两者对应的重现期转换公式如下：

$$T_E = \frac{1}{\ln T_M - \ln(T_M - 1)} \quad (20)$$

式中 $T_E$ 为年多个样法重现期， $T_M$ 为年最大值法重现期。根据式(20)计算出的 $T_E$ 和 $T_M$ 关系见表2-18。

表2-18 年多个样法重现期 $T_E$ 和年最大值法重现期 $T_M$ 的转换关系

|           |      |      |      |      |       |       |       |       |        |
|-----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $T_E$ (年) | 1    | 2    | 3    | 5    | 10    | 20    | 30    | 50    | 100    |
| $T_M$ (年) | 1.58 | 2.54 | 3.53 | 5.54 | 10.50 | 20.50 | 30.50 | 50.50 | 100.50 |

从表2-18可以看出在1~5年重现期，年最大值法小于年最多个样法，10年以上则差别不大。

(2)采用的降雨历时不同。根据最新的国家规范要求，降雨历时增加了150min和180min两个历时。

(3)样本选取年限的不同。现行公式选取的资料年限为1961~2010年，而新编公式采用的是1980~2015年的资料。统计了三水、南海、顺德气象站的10、60min历时的年最大降雨量序列，1980~2015年的10min平均值相对于1961~2010年的平均值分别偏大了约4.2%、4.3%、1.8%；1980~2015年的60min平均值相对于1961~2010年的平均值分别偏大了约7.6%、3.8%、1.6%（见表2-19）。从偏大的幅度看，三水 and 南海偏大较多，顺德偏大的幅度较小，因而新编的三水和南海暴雨强度公式在5年重现期以上部分相对于现行公式偏大，而顺德则略为偏小，是在合理范围之内的。



表 2-21 最大降水平均值对比

| 站点 | 历时    | 1961 至 2010 年最大降水平均值 | 1980 至 2015 年最大降水平均值 | 偏大幅度 (%) |
|----|-------|----------------------|----------------------|----------|
| 三水 | 10 分钟 | 21.4 mm              | 22.3 mm              | 4.2      |
|    | 60 分钟 | 55.3 mm              | 59.5 mm              | 7.6      |
| 南海 | 10 分钟 | 23.5 mm              | 24.5 mm              | 4.3      |
|    | 60 分钟 | 58.6 mm              | 60.8 mm              | 3.8      |
| 顺德 | 10 分钟 | 22.6 mm              | 23.0 mm              | 1.8      |
|    | 60 分钟 | 56.8 mm              | 57.7 mm              | 1.6      |

### 3. 设计暴雨雨型分布研究

设计降雨的时间分配，主要是描述一场降雨事件的重现期、降雨历时、降雨深度、峰值及其位置等 5 个参数，目前一般采用的方法，可分为典型历史降雨缩放法、IDF 曲线法、无因次标准曲线法、历史降雨随机模拟法等 4 种类型。国内，邓培德等曾利用 Keifer & Chu 雨型计算调蓄池容积；王敏等基于北京市的雨量资料提出了北京市设计暴雨雨型；根据国内外内涝的防治相关经验，应用于城市内涝灾害防治工程的设计降雨时程分配雨型应尽量满足以下几个条件：

（1）内涝防治工程设计降雨雨型必须是长历时降雨雨型，根据内涝工程区域范围大小和汇流时间，一般认为 1440min（24 小时），最长至 2 天的设计降雨雨型可满足内涝工程规划设计需求。

（2）设计时程分配雨型应能体现流域真实的长历时降雨统计规律。IDF（强度-历时-频率，即国内采用的暴雨强度公式）曲线法构建的设计降雨时程分布，由于是完全基于 IDF 曲线，因此无法克服 IDF 曲线本身的缺陷，根据 Bedient 和 Huber 研究分析，IDF 曲线得到应是历时区间内的雨强均值，而非降雨真实过程的反映，因此应用 IDF 曲线法获得的均匀降雨雨型是不适宜应用于内涝防治工程的规划设计的。

（3）内涝防治工程设计降雨时程分配雨型还应尽量兼顾与原城建的市政排水设施和水利的防洪排涝设施所采用设计降雨的有效衔接。城市内涝防治工程的设计与市政排水设施和水利排涝设施息息相关，分别为内涝防治工程建设的上游和下游边界，城市排水、城市内涝防御工程和城市防洪工程三套工程系统的设计，在同频率下采用同一设计降雨，不仅为工程设计带来极大的便利，更可从根本上解决市政和水利设计标准意义不匹配的问题。

### 3.1 设计暴雨雨型方法概述

一般情况下,设计暴雨在设计历时时段内的降雨总量的时程分配或雨量过程线,对洪峰流量有显著影响。常用的降雨量时程分布(即雨型)有:均匀雨型、Keifer & Chu 雨型(芝加哥雨型)、SCS 雨型、Huff 雨型、Pilgrim & Cordery 雨型、Yen & Chow 雨型(三角形雨型)等。

均匀雨型是最简单的雨型,在整个降雨事件中拥有不变的降雨强度。对于不同历时和重现频率的降雨,均匀雨型的降雨强度可以直接从 I-D-F 曲线获得。很显然均匀雨型的产生是根植于推理公式法的假设条件。

Keifer & Chu (1957)提出了一种应用于下水道设计的雨量过程线,有时称此法为芝加哥雨型,是根据某一特定的重现期下降雨强度和降雨历时的关系式,推求出来的一种雨量过程线。设计暴雨过程线用公式可表达为

$$i_{\text{前}} = \frac{a \left[ (1-b) \left( \frac{t_b}{r} \right)^b + c \right]}{\left[ \left( \frac{t_b}{r} \right)^b + c \right]^2}$$
$$i_{\text{后}} = \frac{a \left[ (1-b) \left( \frac{t_a}{1-r} \right)^b + c \right]}{\left[ \left( \frac{t_b}{1-r} \right)^b + c \right]^2}$$

式中  $i_{\text{前}}$ ——峰前时间  $t_b$  的雨强;  $i_{\text{后}}$ ——峰前时间  $t_a$  的雨强;  $t_b$ ——峰前时间;  $t_a$ ——峰后时间;  $r$ ——代表峰前峰后降雨历时的比值;

估算  $r$  的方法,是对一组各种历时的次暴雨计算最大强度时间与暴雨历时之间的比值,按照各次降雨历时加权平均后,这个比值的均值作为  $r$  的值。该方法的优点是比较简单,而且还可以获得同频率降雨事件的合成暴雨过程。

SCS 雨型利用 6 小时和 24 小时构建的综合雨型的分配，横坐标表示时间，纵坐标表示降雨量的比例。在美国应用较广泛，我国还在初步探索阶段。

Huff (1967)根据最大雨强发生在历时的第一、第二、第三、和第四等分段四种情况把降雨分配成 4 类典型，并对每一类典型作出各种不同频率的无因次时间分配过程。从这个统计中可以发现，短历时暴雨多数是属第一和第二分段组。

Pilgrim & Cordery (1975)研究了一种设计暴雨过程线的方法，包括下述各步：①选取一定历时的大雨的样本。为使成果具有统计意义，用记录中最大的 50 次暴雨。②分历时为若干时段，时段的长度取决于设计洪水计算的需要和观测资料的分段情况。③对每次降雨，根据每个时段的雨深，排列各时段的序号，由全部各次降雨，计算每一时段的平均序号，作为时段排列的序号。标明最大雨深时段最可能的序号，次大雨深时段最可能的序号等。④确定每次降雨每个序号时段雨量占总降水量之百分比。对各次降水计算在序号为 1, 3, ……时段的平均百分数。⑤以第三步中所确定的最大可能的次序，和从第四步中确定的相对值，安排时段，构成雨量过程线。该方法的优点是可获得不同短历时的设计暴雨过程线，缺点是不能代表同频率降雨事件，对于我国城市排水与内涝防御工程设计的适用性还有待研究。

Yen & Chow (1980)提出一种确定设计暴雨雨型的方法，其基本原理是以暴雨过程的各阶原点矩作为雨型的数字特征，根据选定的设计暴雨雨型的特征值，配合某种概化的雨型，如三角型、抛物线型等，即可确定设计暴雨的时程分配。他们认为一般可采用三角形雨型，仅须计算一阶原点矩  $m_1$  作为雨型参数，若采用抛物线型则需要计算一阶和二阶矩  $m_1, m_2$ 。图 3-1 所示为 Yen 和 Chow 提出的三角形雨型：

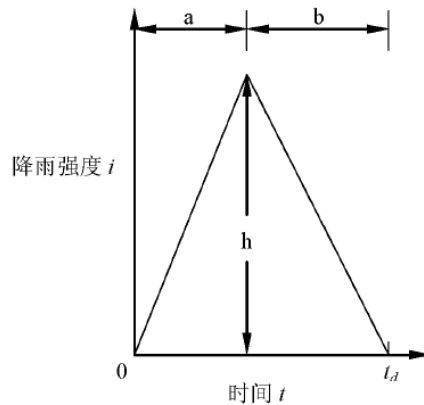


图 3-1 三角形雨型 (Yen & Chow)

在国内，城市排水管网设计的短历时设计暴雨雨型设计规范建议采用 Keifer & Chu 提出的芝加哥雨型和 Pilgrim & Cordery 提出的设计暴雨过程线，由于 Pilgrim & Cordery 提出的设计暴雨过程线不能代表同频率降雨事件，在使用时不同的计算汇水时间采用不同的设计降雨过程线，非常麻烦，所以绝大部分单位倾向于使用芝加哥雨型。

根据设计内涝防治工程排水通道和内涝调蓄池设计的需要，城市内涝防治工程应采用 24 小时设计暴雨过程线已经基本达成共识。设计需要同频率降雨事件组合合成暴雨过程，其计算方法包括同倍比放大法或同频率分析法。一般是通过实际降雨过程挑选出典型暴雨进行分析，控制不同历时的同频率设计雨量，借鉴洪水分析的方法，进行同倍比或同频率分时段控制缩放。所谓的典型暴雨一般是指所选择的暴雨总降雨量大，强度也大，能够真实的反映设计地区情况，符合设计要求，暴雨的分配形式接近多年平均和常遇工况，并且对工程的安全比较不利的暴雨过程。

### 3.2 各种设计暴雨雨型选择

各种设计暴雨雨型雨型间的差异大，一旦选择不当，一定会使结果误差大，所以必须经过多次比较，才能确定合适的雨型。目前国内外还没有一种公认的能作为设计根据的雨型。一般都是从本地区长期

的降雨资料考虑，结合气候情况来推求符合本地区特征的设计暴雨雨型。

但是就雨型研究本身而言，不同的雨型应用的条件也不近相同，下面对几种常见的雨型进行简要的分析：

①模式雨型将雨型划分成为 7 种类型，它常把雨强均匀化，采用均匀雨型，划分的较细，但与大多数实际情况不符，前苏联包高马佐娃等人通过对乌克兰的降雨情况进行分析，发现呈均匀分布的雨型很少，并且就这七种模式之间的区分也是不明显。

② Keifer & Chu 雨型(芝加哥雨型)是根据某一特定的重现期下降雨强度和降雨历时的关系式，即由暴雨强度公式推得而来推求出来的一种不均匀的雨量过程线。主要的缺点在于雨型的推求过程较为简单，并且雨峰位置是确定的，仅仅是对设计暴雨强度频率进行再分布。Keifer & Chu 雨型由于受历时的限制，一般小于 2h，因此该雨型不能用于长历时、大于 2h 的降雨时程分配。

③ 由 Yen & Chow 提出的一种不对称的三角形雨型由于只考虑了历时降雨的核心部分，而没有考虑雨头和雨尾，从而会导致计算的径流量明显偏小。

④ Pilgrim & Cordery 雨型和 Huff 雨型的推导的方法比较繁琐，对降雨资料的依赖性很强，必须要有足够的降雨资料，才能够保证结果的可靠性。在城市雨水道设计时，汇流时间是逐渐增大的，如果采用 Huff 法或 Yen & Chow 法来确定设计雨型时，由于受降雨历时的影响显著，如果选取不当，就会产生较大的误差。因此在计算每一段管道流量时，都需要重新分析雨强变化过程，重复模拟各段管道的径流过程，这样导致了工作量相当大。

综上所述，本研究采用《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨

型确定技术导则》推荐的芝加哥雨型作为短历时降雨过程的设计雨型，采用同频率分析法来推算 24 小时的设计暴雨雨型。

### 3.3 120 分钟设计暴雨时程分配雨型分析

芝加哥雨型只有雨峰位置一个参数，估算  $r$  的方法，是对一组各种历时的次暴雨计算最大强度时间与暴雨历时之间的比值，按照各次降雨历时加权平均后，这个比值的均值作为  $r$  的值。

根据南海气象站 55 年降雨资料，通过中国气象局组织开发的短历时暴雨雨型分析系统，选取 120 分钟降雨量最大的 20 个样本，如下图所示：

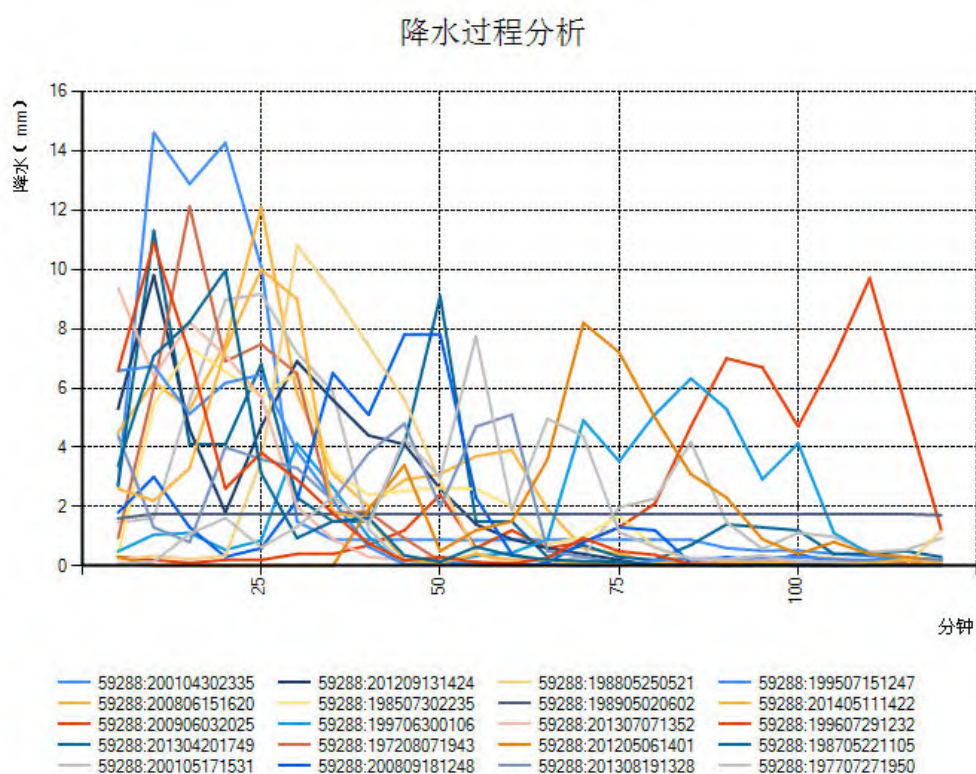


表 3-1 样本情况

| 开始时间         | 过程雨量 |
|--------------|------|
| 200104302335 | 68.5 |
| 200806151620 | 63.2 |
| 200906032025 | 59.1 |

|              |      |
|--------------|------|
| 201304201749 | 58.2 |
| 200105171531 | 56.2 |
| 201209131424 | 53.7 |
| 198507302235 | 52.6 |
| 199706300106 | 47.7 |
| 197208071943 | 45.7 |
| 200809181248 | 43.5 |
| 198805250521 | 42.3 |
| 198905020602 | 41.8 |
| 201307071352 | 41.4 |
| 201205061401 | 41.2 |
| 201308191328 | 41.1 |
| 199507151247 | 40.2 |
| 201405111422 | 39.9 |
| 199607291232 | 39.6 |
| 198705221105 | 38.0 |
| 197707271950 | 37.7 |

根图中可以看出，雨峰位置的分布没有规律，由 20 个样本统计的雨峰位置平均值为 0.268。

### 3.4 1440 分钟（24 小时）设计暴雨时程分配雨型分析

#### 3.4.1 摘取样本降雨过程

通过数字化处理系统处理后降雨原始数据，划分降雨过程。降雨过程是连续降雨时段，根据美国 URS 公司在的研究结果，当每分钟降雨量小于 0.1mm（或停雨）的持续时间超过 10 小时，则定义为两个独立的“降雨过程”比较符合当地的降雨规律。以年为单位，统计每年降雨的发生过程。

#### 3.4.2 典型降雨的选定

降雨过程统计完成后就需要对降雨过程进行分析，因为降雨量，降雨强度随时间变化相差很大，雨量，雨强有大有小，对于总雨量少，雨强也较小的降雨过程实际上对研究雨型没有太大的意义，是可以忽略的，从一系列的降雨过程中挑选出较典型的降雨过程作为设计降雨雨型的基础，再通过综合分析选出一组最典型的降雨过程，然后根据



设计暴雨量修改雨型，也就是用暴雨量来修正暴雨梯度。

挑选降雨过程的原则如下：

- (1) 总降雨历时短，雨量特别大，降雨强度很大。
- (2) 降雨雨峰明显。
- (3) 总降雨历时长，雨量大，降雨强度较大。
- (4) 能反映本地区大暴雨一般特性；
- (5) 接近设计条件，对工程的安全较为不利。

由此从 55 年降雨数据中挑选出 1440min 降雨量最大前 10 场降雨，分别为 2015 年 10 月 4~5 日，1999 年 8 月 22~24 日，1965 年 9 月 27~29 日，1981 年 6 月 29~7 月 1 日，1964 年 5 月 27~29 日，1986 年 8 月 10~12 日，1999 年 9 月 16~17 日，1995 年 10 月 2~3 日，1974 年 10 月 18~20 日，1971 年 6 月 17 ~19 日。

### 3.4.3 1440 分钟（24 小时）设计暴雨雨型分配

为了保证与水利部门研究成果衔接，借鉴水利部门对雨型进行研究的成果，参考水利雨型的雨峰位置，将新推求的雨型的雨峰位置调整到与水利雨型的雨峰相一致，得到的设计雨型可以与水利部门顺利衔接。

具体的步骤是先根据水利部门推荐雨型选择主雨峰位置（最大小时），之后根据短历时雨型确定最大 5 分钟时段降雨的位置，再对上述挑选出的 10 场雨进行分析，但与之不同的是在确定雨峰的时候不再以选定的降雨过程的雨峰为主，而是以水利的雨型的雨峰位置为主，从而对于典型 10 场降雨，根据雨峰位置截取出来的 1440 分钟降雨过程，可能不是这场降雨中最大的 1440 分钟进程。然后依据上述的推求过程推求新雨型。

参考广东省水利部门使用的 24 小时降雨过程线雨型，选定雨峰

位置在第 10 的位置，确定的 1 小时时间间隔设计暴雨过程线如下：

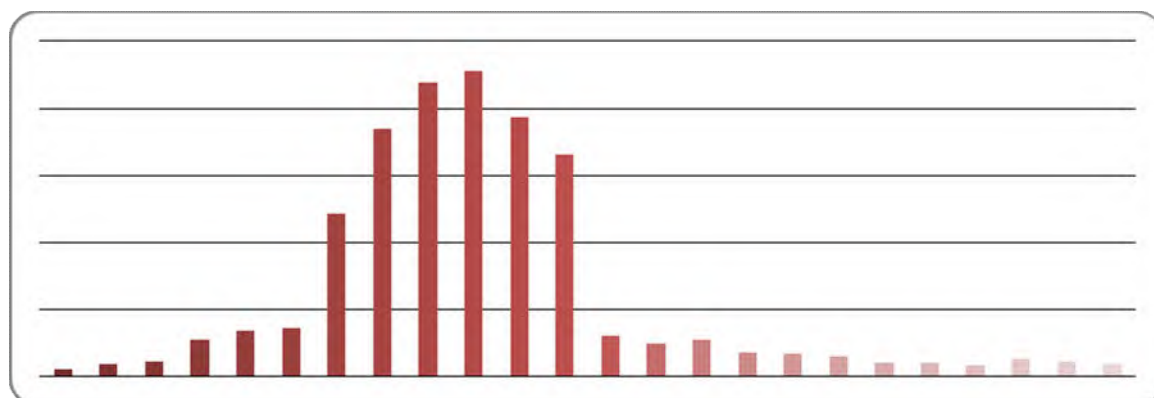


图 3-2 水利工程 50 年重现期 1h 时间间隔 24 小时设计暴雨过程线

1 降雨主峰的确定，根据水利部门的研究成果，雨峰位置在第 10 个时段，也就是 9:01 到 10:00 的时段。根据 20 场最大降雨最大 1 小时内 5 分钟时段雨型分布分析，雨型的  $r=0.362$ ，1440min 设计降雨过程线的主雨峰位置在 9:21~9:25 的位置上，即在 5min 时段的降雨过程的 113 位置上。根据 120min 芝加哥设计雨型的  $r=0.268$ ，计算 1440min 设计降雨过程线的主雨峰位置在 9:26~9:30 的位置上，即在 5min 时段的降雨过程的 112 位置上。综合以上因素，采用主雨峰位置在 113 位置上计算雨型分布系数。

2 依据主峰对齐的原理，以上述提取出的最大的 1440 降雨过程为标准，移动选定的 10 场降雨过程，在对应的位置上截取 1440 分钟降雨过程，截取出来的 1440 分钟降雨可能不是这场降雨中最大的 1440 分钟进程，以 5 分钟为统计单位，相当于 288 个 5 分钟的降雨量(见附表 3-2)。

3 分别求各场降雨 5 分钟对应位置上的分配比例，然后不论场次，基于平均情况(即均值)来定义各时段雨量的比例的原理求出对应位置每 5 分钟上比例的平均值，总共有 288 个平均值。见表 3-2。

表 3-2 各场降雨 5 分钟对应位置上的分配比例以及最终比例的平均值（水利  
雨峰雨型）

| 总雨量 | 282.0    | 270.4    | 164.2    | 160.4    | 198.0    | 143.4    | 148.7    | 129.2    | 85.2     | 102.3    | 平均比例     |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1   | 0.000709 | 0.001035 | 0.000975 | 0.000000 | 0.002424 | 0.000070 | 0.000134 | 0.000000 | 0.002934 | 0.000000 | 0.000828 |
| 2   | 0.000709 | 0.002477 | 0.000792 | 0.000000 | 0.001212 | 0.000697 | 0.000000 | 0.000232 | 0.003873 | 0.000000 | 0.000999 |
| 3   | 0.000000 | 0.001109 | 0.000792 | 0.000000 | 0.001262 | 0.000488 | 0.000000 | 0.000542 | 0.001995 | 0.000000 | 0.000619 |
| 4   | 0.001064 | 0.000407 | 0.002497 | 0.000000 | 0.001363 | 0.000837 | 0.001076 | 0.000851 | 0.001760 | 0.000000 | 0.000986 |
| 5   | 0.001064 | 0.000887 | 0.002376 | 0.000249 | 0.000454 | 0.000837 | 0.002353 | 0.000542 | 0.001174 | 0.000000 | 0.000994 |
| 6   | 0.000709 | 0.000740 | 0.004568 | 0.005236 | 0.000151 | 0.000767 | 0.001143 | 0.000310 | 0.003169 | 0.000000 | 0.001679 |
| 7   | 0.001064 | 0.000592 | 0.001706 | 0.003429 | 0.000707 | 0.000767 | 0.001143 | 0.000155 | 0.003169 | 0.000196 | 0.001293 |
| 8   | 0.001064 | 0.000629 | 0.001827 | 0.002119 | 0.000858 | 0.000906 | 0.001681 | 0.000077 | 0.003051 | 0.000293 | 0.001251 |
| 9   | 0.001064 | 0.000961 | 0.002436 | 0.001434 | 0.000656 | 0.001255 | 0.002891 | 0.000619 | 0.002582 | 0.000000 | 0.001390 |
| 10  | 0.000709 | 0.001109 | 0.002071 | 0.001745 | 0.002828 | 0.001255 | 0.002689 | 0.000619 | 0.002464 | 0.000000 | 0.001549 |
| 11  | 0.002128 | 0.007247 | 0.001036 | 0.005673 | 0.000555 | 0.000767 | 0.004505 | 0.000464 | 0.002464 | 0.000196 | 0.002503 |
| 12  | 0.005319 | 0.010058 | 0.001523 | 0.004738 | 0.000909 | 0.000697 | 0.001143 | 0.000542 | 0.002230 | 0.000000 | 0.002716 |
| 13  | 0.002482 | 0.007210 | 0.002010 | 0.001122 | 0.000505 | 0.000209 | 0.000874 | 0.000464 | 0.004460 | 0.000000 | 0.001934 |
| 14  | 0.001773 | 0.005842 | 0.002376 | 0.001870 | 0.000858 | 0.000349 | 0.000471 | 0.000929 | 0.003638 | 0.000000 | 0.001811 |
| 15  | 0.003191 | 0.005177 | 0.003533 | 0.002306 | 0.000606 | 0.000139 | 0.000269 | 0.001393 | 0.002347 | 0.000000 | 0.001896 |
| 16  | 0.002482 | 0.002034 | 0.004934 | 0.001808 | 0.000858 | 0.000139 | 0.000000 | 0.000929 | 0.001408 | 0.000196 | 0.001479 |
| 17  | 0.001418 | 0.004770 | 0.002558 | 0.006171 | 0.001262 | 0.000349 | 0.000000 | 0.001548 | 0.000821 | 0.000000 | 0.001890 |
| 18  | 0.001418 | 0.007802 | 0.004325 | 0.017080 | 0.001060 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001238 | 0.001291 | 0.000000 | 0.003422 |
| 19  | 0.001773 | 0.007469 | 0.004873 | 0.023438 | 0.002070 | 0.000000 | 0.000067 | 0.001238 | 0.003990 | 0.000000 | 0.004492 |
| 20  | 0.001418 | 0.005473 | 0.001462 | 0.038088 | 0.003434 | 0.000000 | 0.002219 | 0.001316 | 0.006220 | 0.000684 | 0.006031 |
| 21  | 0.001064 | 0.005325 | 0.000914 | 0.024436 | 0.003989 | 0.000000 | 0.002958 | 0.001238 | 0.000587 | 0.002151 | 0.004266 |
| 22  | 0.001773 | 0.005325 | 0.000426 | 0.017018 | 0.003030 | 0.000000 | 0.001277 | 0.000774 | 0.003990 | 0.000782 | 0.003440 |
| 23  | 0.000709 | 0.005362 | 0.001766 | 0.005797 | 0.002575 | 0.000000 | 0.004437 | 0.000464 | 0.005868 | 0.000293 | 0.002727 |
| 24  | 0.000709 | 0.005325 | 0.003594 | 0.000935 | 0.000757 | 0.000000 | 0.001008 | 0.000542 | 0.004929 | 0.000000 | 0.001780 |
| 25  | 0.000709 | 0.005953 | 0.002497 | 0.001122 | 0.001010 | 0.000139 | 0.000471 | 0.000619 | 0.002817 | 0.000000 | 0.001534 |
| 26  | 0.000709 | 0.008579 | 0.002254 | 0.001808 | 0.000909 | 0.000070 | 0.000471 | 0.000387 | 0.001760 | 0.000196 | 0.001714 |
| 27  | 0.001773 | 0.007210 | 0.002193 | 0.001434 | 0.000505 | 0.000000 | 0.000202 | 0.000232 | 0.000587 | 0.000000 | 0.001414 |
| 28  | 0.001064 | 0.007173 | 0.002254 | 0.000810 | 0.000454 | 0.000000 | 0.000807 | 0.000929 | 0.000352 | 0.000000 | 0.001384 |
| 29  | 0.003546 | 0.006101 | 0.003046 | 0.001060 | 0.000202 | 0.000000 | 0.000538 | 0.002941 | 0.000587 | 0.000000 | 0.001802 |
| 30  | 0.001418 | 0.005990 | 0.002436 | 0.000810 | 0.000454 | 0.000000 | 0.000538 | 0.000774 | 0.000704 | 0.000000 | 0.001313 |
| 31  | 0.000000 | 0.006064 | 0.002254 | 0.001496 | 0.000454 | 0.000000 | 0.000134 | 0.001470 | 0.001056 | 0.000000 | 0.001293 |
| 32  | 0.004965 | 0.008320 | 0.001401 | 0.001621 | 0.000303 | 0.000139 | 0.010219 | 0.000774 | 0.001056 | 0.000000 | 0.002880 |
| 33  | 0.008511 | 0.008653 | 0.000609 | 0.001870 | 0.000303 | 0.000697 | 0.000605 | 0.000310 | 0.000821 | 0.000000 | 0.002238 |
| 34  | 0.005674 | 0.008653 | 0.001096 | 0.002369 | 0.005757 | 0.000558 | 0.000538 | 0.000310 | 0.000000 | 0.000000 | 0.002495 |
| 35  | 0.001064 | 0.008653 | 0.000975 | 0.002680 | 0.004494 | 0.000767 | 0.003227 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.002186 |
| 36  | 0.002128 | 0.006804 | 0.000975 | 0.002805 | 0.002222 | 0.000418 | 0.000672 | 0.000077 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001610 |
| 37  | 0.002128 | 0.003439 | 0.001827 | 0.001060 | 0.001515 | 0.000558 | 0.000202 | 0.000077 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001081 |
| 38  | 0.004255 | 0.003032 | 0.001645 | 0.000374 | 0.002020 | 0.000906 | 0.002353 | 0.000077 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001466 |
| 39  | 0.002128 | 0.003032 | 0.002010 | 0.000187 | 0.001363 | 0.000488 | 0.005244 | 0.000851 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001530 |
| 40  | 0.002837 | 0.003032 | 0.002436 | 0.000499 | 0.000303 | 0.000209 | 0.003698 | 0.000929 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001394 |
| 41  | 0.002837 | 0.002108 | 0.001340 | 0.000686 | 0.000707 | 0.000070 | 0.007597 | 0.002476 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001782 |

|    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 42 | 0.005319 | 0.001960 | 0.001766 | 0.000499 | 0.000808 | 0.000209 | 0.000740 | 0.001548 | 0.000000 | 0.000196 | 0.001304 |
| 43 | 0.014539 | 0.001072 | 0.002315 | 0.000374 | 0.003333 | 0.000279 | 0.000605 | 0.000619 | 0.000000 | 0.000000 | 0.002314 |
| 44 | 0.013121 | 0.000850 | 0.001096 | 0.000686 | 0.005555 | 0.000070 | 0.000605 | 0.000464 | 0.000000 | 0.000098 | 0.002255 |
| 45 | 0.014894 | 0.000887 | 0.000792 | 0.001060 | 0.003737 | 0.000209 | 0.002555 | 0.001703 | 0.000000 | 0.010069 | 0.003591 |
| 46 | 0.020213 | 0.000666 | 0.000487 | 0.000561 | 0.004898 | 0.000070 | 0.003563 | 0.003018 | 0.000000 | 0.012513 | 0.004599 |
| 47 | 0.004610 | 0.000629 | 0.000914 | 0.000436 | 0.003383 | 0.003417 | 0.002622 | 0.000696 | 0.000000 | 0.007039 | 0.002375 |
| 48 | 0.006383 | 0.000555 | 0.001036 | 0.000499 | 0.005050 | 0.017152 | 0.007463 | 0.001006 | 0.000000 | 0.002151 | 0.004129 |
| 49 | 0.003901 | 0.000666 | 0.000731 | 0.000249 | 0.002020 | 0.023985 | 0.002286 | 0.000929 | 0.000000 | 0.001857 | 0.003662 |
| 50 | 0.002837 | 0.000740 | 0.000548 | 0.000000 | 0.001666 | 0.017501 | 0.001546 | 0.000232 | 0.000000 | 0.001662 | 0.002673 |
| 51 | 0.003546 | 0.000887 | 0.000305 | 0.000125 | 0.002979 | 0.007042 | 0.000134 | 0.000155 | 0.000469 | 0.000880 | 0.001652 |
| 52 | 0.009574 | 0.000666 | 0.000548 | 0.000561 | 0.004949 | 0.003138 | 0.007261 | 0.000464 | 0.002112 | 0.000293 | 0.002957 |
| 53 | 0.018440 | 0.001220 | 0.000609 | 0.000561 | 0.000101 | 0.003068 | 0.002555 | 0.003560 | 0.002347 | 0.000293 | 0.003275 |
| 54 | 0.034043 | 0.003513 | 0.001218 | 0.000125 | 0.000050 | 0.001813 | 0.001950 | 0.003482 | 0.001526 | 0.000978 | 0.004870 |
| 55 | 0.018085 | 0.001627 | 0.001401 | 0.000000 | 0.000101 | 0.002650 | 0.006589 | 0.001857 | 0.001526 | 0.001466 | 0.003530 |
| 56 | 0.001773 | 0.001183 | 0.001584 | 0.000561 | 0.000050 | 0.004253 | 0.005984 | 0.000310 | 0.001291 | 0.000293 | 0.001728 |
| 57 | 0.000355 | 0.000592 | 0.000670 | 0.000125 | 0.000101 | 0.006903 | 0.007933 | 0.000696 | 0.001526 | 0.000196 | 0.001910 |
| 58 | 0.000355 | 0.000629 | 0.000426 | 0.000125 | 0.000252 | 0.003556 | 0.004908 | 0.000464 | 0.002464 | 0.000196 | 0.001338 |
| 59 | 0.000709 | 0.000370 | 0.000914 | 0.000125 | 0.001363 | 0.006136 | 0.004236 | 0.000000 | 0.001878 | 0.000000 | 0.001573 |
| 60 | 0.000000 | 0.000666 | 0.000487 | 0.001247 | 0.003232 | 0.006624 | 0.010690 | 0.000000 | 0.002347 | 0.000000 | 0.002529 |
| 61 | 0.000355 | 0.000924 | 0.000305 | 0.000997 | 0.003232 | 0.002371 | 0.011362 | 0.000077 | 0.000704 | 0.000000 | 0.002033 |
| 62 | 0.001418 | 0.002440 | 0.000244 | 0.000997 | 0.003232 | 0.004184 | 0.011362 | 0.000077 | 0.000587 | 0.000000 | 0.002454 |
| 63 | 0.001064 | 0.000998 | 0.000061 | 0.000499 | 0.003181 | 0.020151 | 0.014858 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.004081 |
| 64 | 0.001418 | 0.001849 | 0.000000 | 0.000686 | 0.003787 | 0.003138 | 0.013043 | 0.000077 | 0.000235 | 0.000000 | 0.002423 |
| 65 | 0.002482 | 0.002995 | 0.000061 | 0.000623 | 0.001969 | 0.001255 | 0.006454 | 0.000000 | 0.000235 | 0.000000 | 0.001608 |
| 66 | 0.001418 | 0.003513 | 0.000183 | 0.000810 | 0.004242 | 0.000628 | 0.001614 | 0.000000 | 0.000235 | 0.000000 | 0.001264 |
| 67 | 0.000709 | 0.002440 | 0.000000 | 0.000187 | 0.002676 | 0.000209 | 0.001748 | 0.000000 | 0.000939 | 0.000000 | 0.000891 |
| 68 | 0.000709 | 0.001960 | 0.001888 | 0.000062 | 0.004797 | 0.000697 | 0.011093 | 0.004721 | 0.000469 | 0.000000 | 0.002640 |
| 69 | 0.001064 | 0.003106 | 0.000792 | 0.000686 | 0.009342 | 0.000628 | 0.004505 | 0.003250 | 0.000235 | 0.000000 | 0.002361 |
| 70 | 0.001773 | 0.005399 | 0.000000 | 0.000374 | 0.004646 | 0.000139 | 0.013312 | 0.004721 | 0.000117 | 0.000000 | 0.003048 |
| 71 | 0.001773 | 0.002477 | 0.000183 | 0.000686 | 0.005605 | 0.000000 | 0.002017 | 0.006578 | 0.000235 | 0.000000 | 0.001955 |
| 72 | 0.002837 | 0.002219 | 0.000183 | 0.001247 | 0.007322 | 0.000139 | 0.002958 | 0.007971 | 0.000704 | 0.000000 | 0.002558 |
| 73 | 0.001418 | 0.002773 | 0.000122 | 0.000561 | 0.008686 | 0.000070 | 0.002824 | 0.002554 | 0.001174 | 0.000000 | 0.002018 |
| 74 | 0.000000 | 0.006286 | 0.002254 | 0.000249 | 0.008534 | 0.000418 | 0.004505 | 0.002631 | 0.001174 | 0.000000 | 0.002605 |
| 75 | 0.001064 | 0.001405 | 0.001036 | 0.000374 | 0.003989 | 0.000279 | 0.008673 | 0.010602 | 0.002934 | 0.000000 | 0.003036 |
| 76 | 0.001064 | 0.001035 | 0.001706 | 0.000436 | 0.001363 | 0.000767 | 0.001815 | 0.004102 | 0.003169 | 0.000000 | 0.001546 |
| 77 | 0.001773 | 0.004289 | 0.001584 | 0.000436 | 0.001060 | 0.009483 | 0.000672 | 0.004179 | 0.002699 | 0.000000 | 0.002618 |
| 78 | 0.002128 | 0.004548 | 0.001462 | 0.001621 | 0.001010 | 0.006973 | 0.004034 | 0.004334 | 0.002817 | 0.000000 | 0.002893 |
| 79 | 0.001773 | 0.004918 | 0.001462 | 0.001060 | 0.001060 | 0.001813 | 0.019564 | 0.005185 | 0.002699 | 0.000000 | 0.003953 |
| 80 | 0.002837 | 0.005325 | 0.003959 | 0.000312 | 0.001060 | 0.000209 | 0.016001 | 0.002244 | 0.001760 | 0.000782 | 0.003449 |
| 81 | 0.002482 | 0.008135 | 0.009137 | 0.000499 | 0.000454 | 0.000000 | 0.011833 | 0.003482 | 0.001291 | 0.001760 | 0.003907 |
| 82 | 0.002128 | 0.007358 | 0.009076 | 0.001184 | 0.000454 | 0.000000 | 0.007933 | 0.004798 | 0.000704 | 0.001662 | 0.003530 |
| 83 | 0.000355 | 0.002034 | 0.009076 | 0.002119 | 0.000353 | 0.000000 | 0.009749 | 0.003405 | 0.000704 | 0.000196 | 0.002799 |
| 84 | 0.000355 | 0.003550 | 0.009076 | 0.000997 | 0.000959 | 0.000000 | 0.005647 | 0.002244 | 0.000704 | 0.000000 | 0.002353 |
| 85 | 0.000709 | 0.003920 | 0.009137 | 0.000187 | 0.000353 | 0.001116 | 0.004975 | 0.004256 | 0.001995 | 0.000196 | 0.002684 |
| 86 | 0.001773 | 0.003069 | 0.009076 | 0.000623 | 0.000757 | 0.005508 | 0.007261 | 0.015013 | 0.002112 | 0.000000 | 0.004519 |

|     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 87  | 0.001773 | 0.002108 | 0.009076 | 0.001247 | 0.001212 | 0.008367 | 0.009345 | 0.013852 | 0.002112 | 0.000000 | 0.004909 |
| 88  | 0.001773 | 0.003698 | 0.009076 | 0.003429 | 0.001616 | 0.001325 | 0.015934 | 0.005881 | 0.001995 | 0.000000 | 0.004473 |
| 89  | 0.000355 | 0.002662 | 0.009137 | 0.003553 | 0.001717 | 0.003068 | 0.014791 | 0.005881 | 0.003521 | 0.000000 | 0.004468 |
| 90  | 0.000355 | 0.002403 | 0.009076 | 0.002556 | 0.001060 | 0.003347 | 0.014724 | 0.005030 | 0.004107 | 0.002542 | 0.004520 |
| 91  | 0.001064 | 0.004437 | 0.009076 | 0.001309 | 0.001414 | 0.003068 | 0.014925 | 0.006114 | 0.003873 | 0.002933 | 0.004821 |
| 92  | 0.001064 | 0.005583 | 0.007797 | 0.001434 | 0.002373 | 0.002928 | 0.008337 | 0.006733 | 0.002699 | 0.001075 | 0.004002 |
| 93  | 0.001064 | 0.008209 | 0.017908 | 0.001745 | 0.003939 | 0.002510 | 0.003160 | 0.001625 | 0.001526 | 0.000782 | 0.004247 |
| 94  | 0.002482 | 0.008948 | 0.005665 | 0.006047 | 0.002121 | 0.002650 | 0.002151 | 0.005649 | 0.001760 | 0.001271 | 0.003874 |
| 95  | 0.002482 | 0.008985 | 0.014010 | 0.009475 | 0.003585 | 0.002301 | 0.007395 | 0.010060 | 0.002347 | 0.000587 | 0.006123 |
| 96  | 0.002128 | 0.008948 | 0.008710 | 0.008104 | 0.004090 | 0.001883 | 0.017480 | 0.007894 | 0.003051 | 0.000489 | 0.006278 |
| 97  | 0.001773 | 0.006545 | 0.006579 | 0.003054 | 0.002878 | 0.002580 | 0.002488 | 0.011608 | 0.002230 | 0.000391 | 0.004013 |
| 98  | 0.002128 | 0.005066 | 0.009320 | 0.004177 | 0.005504 | 0.001464 | 0.000740 | 0.008513 | 0.002582 | 0.001271 | 0.004076 |
| 99  | 0.002837 | 0.005066 | 0.009990 | 0.010161 | 0.007171 | 0.004044 | 0.000672 | 0.004643 | 0.002817 | 0.002542 | 0.004994 |
| 100 | 0.007801 | 0.005066 | 0.001706 | 0.006358 | 0.005403 | 0.003207 | 0.001950 | 0.002554 | 0.002230 | 0.001857 | 0.003813 |
| 101 | 0.006738 | 0.005103 | 0.001401 | 0.010784 | 0.005504 | 0.003695 | 0.000807 | 0.000310 | 0.002230 | 0.001466 | 0.003804 |
| 102 | 0.006383 | 0.005066 | 0.001401 | 0.012467 | 0.005302 | 0.001673 | 0.005311 | 0.000464 | 0.002347 | 0.002640 | 0.004306 |
| 103 | 0.007801 | 0.007543 | 0.001949 | 0.015584 | 0.004242 | 0.001952 | 0.019968 | 0.003405 | 0.002699 | 0.008114 | 0.007326 |
| 104 | 0.011348 | 0.006545 | 0.003167 | 0.036404 | 0.004242 | 0.002440 | 0.011631 | 0.003018 | 0.002817 | 0.014273 | 0.009589 |
| 105 | 0.010993 | 0.005805 | 0.002863 | 0.022379 | 0.003989 | 0.003974 | 0.009547 | 0.009673 | 0.002230 | 0.010460 | 0.008191 |
| 106 | 0.016667 | 0.005768 | 0.004508 | 0.006608 | 0.002626 | 0.002928 | 0.012034 | 0.033896 | 0.002934 | 0.010167 | 0.009814 |
| 107 | 0.024113 | 0.005805 | 0.004264 | 0.001995 | 0.003383 | 0.004044 | 0.007799 | 0.031032 | 0.004577 | 0.010167 | 0.009718 |
| 108 | 0.023050 | 0.005768 | 0.004264 | 0.001184 | 0.006767 | 0.005229 | 0.006118 | 0.014007 | 0.007041 | 0.006843 | 0.008027 |
| 109 | 0.002128 | 0.005805 | 0.006883 | 0.006171 | 0.004090 | 0.006484 | 0.004706 | 0.037456 | 0.007393 | 0.005475 | 0.008659 |
| 110 | 0.008511 | 0.006434 | 0.022477 | 0.028612 | 0.003888 | 0.006415 | 0.003630 | 0.013543 | 0.007393 | 0.007332 | 0.010824 |
| 111 | 0.005319 | 0.008468 | 0.011512 | 0.016955 | 0.007474 | 0.010110 | 0.004975 | 0.007507 | 0.009858 | 0.006061 | 0.008824 |
| 112 | 0.007801 | 0.010686 | 0.019614 | 0.042576 | 0.009544 | 0.023707 | 0.008673 | 0.029407 | 0.010445 | 0.017010 | 0.017946 |
| 113 | 0.020213 | 0.011537 | 0.031431 | 0.044383 | 0.011211 | 0.024543 | 0.008673 | 0.043879 | 0.010445 | 0.017793 | 0.022411 |
| 114 | 0.017376 | 0.008616 | 0.028873 | 0.031542 | 0.008130 | 0.017431 | 0.008606 | 0.037146 | 0.010445 | 0.017010 | 0.018517 |
| 115 | 0.021986 | 0.006101 | 0.012122 | 0.006047 | 0.007878 | 0.010668 | 0.011497 | 0.036372 | 0.008919 | 0.009385 | 0.013097 |
| 116 | 0.031915 | 0.005547 | 0.012670 | 0.000935 | 0.009494 | 0.006275 | 0.023531 | 0.012150 | 0.008567 | 0.003910 | 0.011499 |
| 117 | 0.023050 | 0.004548 | 0.020467 | 0.000935 | 0.008433 | 0.004672 | 0.016875 | 0.022520 | 0.008567 | 0.002835 | 0.011290 |
| 118 | 0.028369 | 0.002108 | 0.019248 | 0.003366 | 0.008282 | 0.000837 | 0.015262 | 0.021049 | 0.010210 | 0.002053 | 0.011078 |
| 119 | 0.018085 | 0.009503 | 0.019492 | 0.018763 | 0.009797 | 0.003347 | 0.015262 | 0.012459 | 0.007746 | 0.002249 | 0.011670 |
| 120 | 0.014894 | 0.005916 | 0.021746 | 0.015771 | 0.005555 | 0.008158 | 0.015262 | 0.000077 | 0.007628 | 0.001857 | 0.009686 |
| 121 | 0.006738 | 0.006767 | 0.014071 | 0.006171 | 0.005656 | 0.002719 | 0.014858 | 0.001857 | 0.009036 | 0.007430 | 0.007530 |
| 122 | 0.001418 | 0.005842 | 0.008101 | 0.004426 | 0.003888 | 0.003138 | 0.013581 | 0.000464 | 0.008098 | 0.006354 | 0.005531 |
| 123 | 0.014539 | 0.008098 | 0.003898 | 0.001870 | 0.003535 | 0.001743 | 0.013917 | 0.000310 | 0.009506 | 0.001075 | 0.005849 |
| 124 | 0.017376 | 0.006027 | 0.001401 | 0.004800 | 0.003232 | 0.000906 | 0.016136 | 0.000387 | 0.009506 | 0.001271 | 0.006104 |
| 125 | 0.013121 | 0.009614 | 0.001340 | 0.004738 | 0.002676 | 0.000558 | 0.008471 | 0.001625 | 0.005750 | 0.005377 | 0.005327 |
| 126 | 0.015603 | 0.005620 | 0.000548 | 0.003803 | 0.002828 | 0.000349 | 0.008538 | 0.001857 | 0.005398 | 0.003031 | 0.004758 |
| 127 | 0.003901 | 0.004918 | 0.000183 | 0.003990 | 0.007221 | 0.000279 | 0.008942 | 0.000542 | 0.006924 | 0.002933 | 0.003983 |
| 128 | 0.005319 | 0.005473 | 0.000487 | 0.001184 | 0.004040 | 0.001325 | 0.008942 | 0.000310 | 0.005750 | 0.003128 | 0.003596 |
| 129 | 0.007447 | 0.004474 | 0.002558 | 0.001371 | 0.002626 | 0.001255 | 0.008673 | 0.000000 | 0.004460 | 0.001955 | 0.003482 |
| 130 | 0.023404 | 0.006323 | 0.000975 | 0.001621 | 0.003232 | 0.000628 | 0.003294 | 0.000000 | 0.004107 | 0.001662 | 0.004525 |
| 131 | 0.016667 | 0.005362 | 0.000122 | 0.000997 | 0.006565 | 0.000349 | 0.001882 | 0.003792 | 0.004577 | 0.005475 | 0.004579 |

|     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 132 | 0.017730 | 0.009688 | 0.000305 | 0.000187 | 0.005504 | 0.001325 | 0.003496 | 0.004411 | 0.003521 | 0.008212 | 0.005438 |
| 133 | 0.018085 | 0.008763 | 0.000426 | 0.001122 | 0.003888 | 0.000139 | 0.005513 | 0.006965 | 0.003638 | 0.002053 | 0.005059 |
| 134 | 0.002482 | 0.006323 | 0.003837 | 0.012841 | 0.005908 | 0.000209 | 0.003563 | 0.022984 | 0.003403 | 0.003128 | 0.006468 |
| 135 | 0.000355 | 0.006656 | 0.000975 | 0.018826 | 0.008383 | 0.000349 | 0.000605 | 0.039158 | 0.007159 | 0.002444 | 0.008491 |
| 136 | 0.000709 | 0.004992 | 0.002315 | 0.019511 | 0.007878 | 0.000418 | 0.000336 | 0.022210 | 0.003990 | 0.003910 | 0.006627 |
| 137 | 0.002482 | 0.010760 | 0.005421 | 0.029672 | 0.010908 | 0.000488 | 0.000134 | 0.022288 | 0.003873 | 0.002737 | 0.008876 |
| 138 | 0.001418 | 0.008579 | 0.001523 | 0.032602 | 0.006211 | 0.000697 | 0.000336 | 0.011066 | 0.003990 | 0.011927 | 0.007835 |
| 139 | 0.001064 | 0.004067 | 0.001584 | 0.019761 | 0.008029 | 0.004672 | 0.000941 | 0.014239 | 0.004812 | 0.011145 | 0.007031 |
| 140 | 0.002482 | 0.005953 | 0.001523 | 0.017330 | 0.008635 | 0.006415 | 0.000403 | 0.045891 | 0.006220 | 0.003715 | 0.009857 |
| 141 | 0.003901 | 0.005694 | 0.001096 | 0.007356 | 0.006211 | 0.003556 | 0.000134 | 0.010215 | 0.006337 | 0.004693 | 0.004919 |
| 142 | 0.002482 | 0.004511 | 0.000426 | 0.002244 | 0.006262 | 0.003626 | 0.000471 | 0.022210 | 0.006220 | 0.004497 | 0.005295 |
| 143 | 0.002482 | 0.005436 | 0.013035 | 0.002182 | 0.006918 | 0.005787 | 0.000538 | 0.006578 | 0.007628 | 0.003422 | 0.005401 |
| 144 | 0.005319 | 0.004992 | 0.031857 | 0.002244 | 0.008383 | 0.002092 | 0.001546 | 0.000155 | 0.005868 | 0.004497 | 0.006695 |
| 145 | 0.010638 | 0.003993 | 0.025461 | 0.002182 | 0.005302 | 0.002719 | 0.001143 | 0.000000 | 0.006337 | 0.005866 | 0.006364 |
| 146 | 0.012766 | 0.002736 | 0.023329 | 0.003678 | 0.005454 | 0.004393 | 0.000672 | 0.000000 | 0.006455 | 0.002542 | 0.006202 |
| 147 | 0.010284 | 0.002588 | 0.010416 | 0.003241 | 0.004999 | 0.004462 | 0.001277 | 0.000000 | 0.006455 | 0.005181 | 0.004890 |
| 148 | 0.002128 | 0.001664 | 0.016934 | 0.001060 | 0.005403 | 0.006624 | 0.001008 | 0.000000 | 0.006337 | 0.009092 | 0.005025 |
| 149 | 0.002837 | 0.002145 | 0.007431 | 0.000873 | 0.006615 | 0.009343 | 0.000807 | 0.000000 | 0.006455 | 0.007919 | 0.004442 |
| 150 | 0.002837 | 0.002145 | 0.010477 | 0.000810 | 0.008080 | 0.004253 | 0.000941 | 0.000000 | 0.006337 | 0.005768 | 0.004165 |
| 151 | 0.009929 | 0.001109 | 0.007858 | 0.001247 | 0.006666 | 0.004044 | 0.002488 | 0.000000 | 0.006337 | 0.002249 | 0.004193 |
| 152 | 0.005319 | 0.002514 | 0.001888 | 0.000810 | 0.006161 | 0.001673 | 0.003429 | 0.000000 | 0.005516 | 0.001760 | 0.002907 |
| 153 | 0.002837 | 0.002995 | 0.001584 | 0.000623 | 0.006514 | 0.004950 | 0.003362 | 0.000000 | 0.006572 | 0.004399 | 0.003384 |
| 154 | 0.001418 | 0.002995 | 0.004142 | 0.000686 | 0.004545 | 0.011226 | 0.003429 | 0.000000 | 0.007159 | 0.003813 | 0.003941 |
| 155 | 0.000000 | 0.001442 | 0.000914 | 0.000623 | 0.005201 | 0.014433 | 0.003429 | 0.000000 | 0.004577 | 0.000489 | 0.003111 |
| 156 | 0.001773 | 0.002219 | 0.000853 | 0.000748 | 0.004494 | 0.017780 | 0.003362 | 0.000000 | 0.007511 | 0.000489 | 0.003923 |
| 157 | 0.000355 | 0.002256 | 0.001645 | 0.000187 | 0.003383 | 0.008506 | 0.003227 | 0.000000 | 0.005985 | 0.000000 | 0.002554 |
| 158 | 0.000000 | 0.001738 | 0.000975 | 0.005735 | 0.003535 | 0.005299 | 0.003160 | 0.001780 | 0.007628 | 0.000098 | 0.002995 |
| 159 | 0.001064 | 0.001072 | 0.000853 | 0.013776 | 0.004444 | 0.003835 | 0.002689 | 0.002863 | 0.007746 | 0.000098 | 0.003844 |
| 160 | 0.000355 | 0.001849 | 0.000914 | 0.002743 | 0.004242 | 0.005299 | 0.002622 | 0.002089 | 0.007746 | 0.001760 | 0.002962 |
| 161 | 0.000000 | 0.002367 | 0.000670 | 0.000374 | 0.005555 | 0.005717 | 0.002622 | 0.000851 | 0.007159 | 0.002444 | 0.002776 |
| 162 | 0.000000 | 0.001368 | 0.000609 | 0.000623 | 0.005555 | 0.007740 | 0.004168 | 0.000619 | 0.005516 | 0.000587 | 0.002678 |
| 163 | 0.000000 | 0.003254 | 0.000914 | 0.002369 | 0.006767 | 0.002789 | 0.004841 | 0.000000 | 0.006103 | 0.000196 | 0.002723 |
| 164 | 0.000355 | 0.003661 | 0.002985 | 0.003990 | 0.006514 | 0.000628 | 0.003765 | 0.000000 | 0.005281 | 0.000587 | 0.002776 |
| 165 | 0.004965 | 0.003032 | 0.008954 | 0.005361 | 0.004696 | 0.000837 | 0.003832 | 0.000000 | 0.006103 | 0.000782 | 0.003856 |
| 166 | 0.018794 | 0.004141 | 0.003472 | 0.000499 | 0.004747 | 0.001395 | 0.003765 | 0.000000 | 0.005985 | 0.003617 | 0.004642 |
| 167 | 0.010284 | 0.004104 | 0.016507 | 0.000686 | 0.004141 | 0.012272 | 0.003832 | 0.000000 | 0.006103 | 0.009972 | 0.006790 |
| 168 | 0.006738 | 0.004104 | 0.004812 | 0.000997 | 0.003484 | 0.024474 | 0.003765 | 0.000000 | 0.007041 | 0.010656 | 0.006607 |
| 169 | 0.015248 | 0.004696 | 0.006579 | 0.001496 | 0.003484 | 0.010877 | 0.003832 | 0.000000 | 0.005281 | 0.009581 | 0.006107 |
| 170 | 0.003546 | 0.005103 | 0.011208 | 0.001808 | 0.003333 | 0.002859 | 0.004034 | 0.000851 | 0.004929 | 0.008603 | 0.004627 |
| 171 | 0.001418 | 0.005066 | 0.004873 | 0.000561 | 0.003232 | 0.000697 | 0.004975 | 0.001161 | 0.004812 | 0.006941 | 0.003374 |
| 172 | 0.011702 | 0.007617 | 0.004690 | 0.000748 | 0.003636 | 0.005229 | 0.004975 | 0.000387 | 0.004929 | 0.009972 | 0.005389 |
| 173 | 0.009220 | 0.006841 | 0.006700 | 0.001060 | 0.004444 | 0.006973 | 0.004975 | 0.000077 | 0.004225 | 0.009972 | 0.005449 |
| 174 | 0.001773 | 0.003180 | 0.007249 | 0.000873 | 0.003131 | 0.021754 | 0.004773 | 0.000000 | 0.006455 | 0.009972 | 0.005916 |
| 175 | 0.001064 | 0.001590 | 0.005969 | 0.000810 | 0.002979 | 0.012272 | 0.005110 | 0.000000 | 0.005868 | 0.010069 | 0.004573 |
| 176 | 0.000355 | 0.002108 | 0.003533 | 0.000374 | 0.002828 | 0.009064 | 0.005042 | 0.000000 | 0.005516 | 0.010265 | 0.003908 |

|     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 177 | 0.000355 | 0.001923 | 0.000792 | 0.000686 | 0.003686 | 0.004393 | 0.006790 | 0.000387 | 0.005516 | 0.010852 | 0.003538 |
| 178 | 0.000355 | 0.001849 | 0.004020 | 0.000561 | 0.003737 | 0.001395 | 0.006185 | 0.000232 | 0.005633 | 0.010265 | 0.003423 |
| 179 | 0.000000 | 0.002736 | 0.003777 | 0.000935 | 0.004595 | 0.002928 | 0.006051 | 0.000155 | 0.006572 | 0.005084 | 0.003283 |
| 180 | 0.001064 | 0.001738 | 0.002619 | 0.000187 | 0.004797 | 0.003765 | 0.004975 | 0.000077 | 0.007511 | 0.005572 | 0.003231 |
| 181 | 0.010284 | 0.002256 | 0.002558 | 0.000686 | 0.004040 | 0.001952 | 0.003496 | 0.000696 | 0.007511 | 0.005670 | 0.003915 |
| 182 | 0.000355 | 0.002625 | 0.004081 | 0.005112 | 0.008837 | 0.001883 | 0.003294 | 0.000929 | 0.005750 | 0.006746 | 0.003961 |
| 183 | 0.000355 | 0.003365 | 0.002071 | 0.007667 | 0.009948 | 0.011505 | 0.002555 | 0.000696 | 0.007863 | 0.005963 | 0.005199 |
| 184 | 0.000709 | 0.003069 | 0.001766 | 0.002119 | 0.008938 | 0.012760 | 0.002151 | 0.001238 | 0.005633 | 0.005963 | 0.004435 |
| 185 | 0.001064 | 0.002847 | 0.001279 | 0.001995 | 0.004696 | 0.005369 | 0.003362 | 0.001780 | 0.005281 | 0.005963 | 0.003364 |
| 186 | 0.000709 | 0.003365 | 0.000914 | 0.003740 | 0.006868 | 0.006345 | 0.002891 | 0.006423 | 0.005281 | 0.006061 | 0.004260 |
| 187 | 0.000000 | 0.003106 | 0.000975 | 0.006670 | 0.006514 | 0.001813 | 0.001479 | 0.003715 | 0.004929 | 0.006257 | 0.003546 |
| 188 | 0.000000 | 0.003069 | 0.000731 | 0.014587 | 0.009443 | 0.002440 | 0.002286 | 0.000774 | 0.006220 | 0.009776 | 0.004933 |
| 189 | 0.001418 | 0.003143 | 0.000426 | 0.003241 | 0.009443 | 0.002859 | 0.001950 | 0.000155 | 0.006689 | 0.011536 | 0.004086 |
| 190 | 0.000000 | 0.003106 | 0.000365 | 0.005423 | 0.007070 | 0.000906 | 0.001412 | 0.000000 | 0.006689 | 0.004497 | 0.002947 |
| 191 | 0.000000 | 0.003735 | 0.000305 | 0.007854 | 0.004090 | 0.001255 | 0.001210 | 0.000000 | 0.003169 | 0.003910 | 0.002553 |
| 192 | 0.000000 | 0.003291 | 0.000609 | 0.004301 | 0.004595 | 0.001116 | 0.001143 | 0.000000 | 0.003403 | 0.003617 | 0.002208 |
| 193 | 0.000000 | 0.002588 | 0.001279 | 0.003865 | 0.007726 | 0.000906 | 0.001345 | 0.006733 | 0.004812 | 0.002835 | 0.003209 |
| 194 | 0.000709 | 0.002367 | 0.001645 | 0.004364 | 0.009645 | 0.003347 | 0.001143 | 0.001238 | 0.004812 | 0.002835 | 0.003210 |
| 195 | 0.001064 | 0.002514 | 0.002010 | 0.003304 | 0.012120 | 0.003207 | 0.001748 | 0.008745 | 0.004694 | 0.003910 | 0.004332 |
| 196 | 0.001064 | 0.002736 | 0.001096 | 0.003678 | 0.006363 | 0.002928 | 0.002151 | 0.001161 | 0.004812 | 0.003128 | 0.002912 |
| 197 | 0.000355 | 0.002847 | 0.001645 | 0.002182 | 0.006716 | 0.004672 | 0.002084 | 0.001316 | 0.003755 | 0.005866 | 0.003144 |
| 198 | 0.000355 | 0.003735 | 0.001584 | 0.005673 | 0.004444 | 0.007112 | 0.000740 | 0.000619 | 0.002817 | 0.005572 | 0.003265 |
| 199 | 0.000355 | 0.003550 | 0.001827 | 0.006795 | 0.002777 | 0.009134 | 0.001076 | 0.000774 | 0.001526 | 0.004106 | 0.003192 |
| 200 | 0.000355 | 0.003476 | 0.001766 | 0.006296 | 0.003131 | 0.008925 | 0.001008 | 0.000851 | 0.001878 | 0.003226 | 0.003091 |
| 201 | 0.000709 | 0.004437 | 0.002558 | 0.002369 | 0.003080 | 0.005299 | 0.000672 | 0.000232 | 0.003169 | 0.006941 | 0.002947 |
| 202 | 0.000355 | 0.004030 | 0.003046 | 0.003553 | 0.002474 | 0.008437 | 0.000538 | 0.008203 | 0.003521 | 0.005670 | 0.003983 |
| 203 | 0.000000 | 0.003402 | 0.002924 | 0.003553 | 0.003686 | 0.007879 | 0.000538 | 0.018263 | 0.002582 | 0.006354 | 0.004918 |
| 204 | 0.000000 | 0.003883 | 0.001157 | 0.002618 | 0.002828 | 0.003974 | 0.000471 | 0.014394 | 0.002112 | 0.006746 | 0.003818 |
| 205 | 0.000000 | 0.004178 | 0.000975 | 0.002930 | 0.004646 | 0.006275 | 0.000403 | 0.002167 | 0.002112 | 0.003910 | 0.002760 |
| 206 | 0.000355 | 0.005731 | 0.001766 | 0.002930 | 0.004646 | 0.002719 | 0.000605 | 0.001703 | 0.002112 | 0.004986 | 0.002755 |
| 207 | 0.000000 | 0.004733 | 0.002315 | 0.001995 | 0.004848 | 0.002022 | 0.000471 | 0.005959 | 0.002112 | 0.006550 | 0.003100 |
| 208 | 0.000000 | 0.003772 | 0.002802 | 0.000312 | 0.005706 | 0.002650 | 0.000269 | 0.003637 | 0.002934 | 0.006550 | 0.002863 |
| 209 | 0.000000 | 0.004030 | 0.002680 | 0.000499 | 0.005504 | 0.002161 | 0.000605 | 0.002476 | 0.003169 | 0.007430 | 0.002856 |
| 210 | 0.000000 | 0.003661 | 0.003411 | 0.001184 | 0.003989 | 0.004114 | 0.001143 | 0.001470 | 0.003169 | 0.007528 | 0.002967 |
| 211 | 0.000000 | 0.002921 | 0.003350 | 0.001496 | 0.003434 | 0.003277 | 0.000740 | 0.000000 | 0.003403 | 0.007625 | 0.002625 |
| 212 | 0.000709 | 0.003365 | 0.000548 | 0.001745 | 0.003181 | 0.000697 | 0.001277 | 0.000000 | 0.003638 | 0.007528 | 0.002269 |
| 213 | 0.000355 | 0.004770 | 0.001036 | 0.001122 | 0.004191 | 0.001673 | 0.000740 | 0.000000 | 0.003755 | 0.007625 | 0.002527 |
| 214 | 0.000355 | 0.003143 | 0.001462 | 0.000935 | 0.003737 | 0.001604 | 0.000672 | 0.000000 | 0.003169 | 0.007625 | 0.002270 |
| 215 | 0.000000 | 0.002810 | 0.003533 | 0.000810 | 0.004797 | 0.000488 | 0.000336 | 0.000000 | 0.002582 | 0.007528 | 0.002288 |
| 216 | 0.000355 | 0.003069 | 0.005178 | 0.000436 | 0.007928 | 0.000488 | 0.000269 | 0.000929 | 0.002699 | 0.007625 | 0.002898 |
| 217 | 0.000000 | 0.002995 | 0.004690 | 0.000187 | 0.005807 | 0.000558 | 0.000202 | 0.000387 | 0.002582 | 0.007528 | 0.002494 |
| 218 | 0.000000 | 0.002847 | 0.004508 | 0.000000 | 0.006262 | 0.002092 | 0.000202 | 0.002089 | 0.003873 | 0.007625 | 0.002950 |
| 219 | 0.000000 | 0.002293 | 0.002802 | 0.000000 | 0.006363 | 0.003626 | 0.000067 | 0.001161 | 0.003051 | 0.007625 | 0.002699 |
| 220 | 0.000355 | 0.002293 | 0.003107 | 0.000062 | 0.005504 | 0.003277 | 0.000134 | 0.000387 | 0.003873 | 0.008016 | 0.002701 |
| 221 | 0.000000 | 0.002514 | 0.002132 | 0.000062 | 0.005504 | 0.002789 | 0.000134 | 0.000000 | 0.003755 | 0.011243 | 0.002813 |

|     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 222 | 0.000355 | 0.002514 | 0.002680 | 0.000561 | 0.004949 | 0.001952 | 0.000336 | 0.000929 | 0.003873 | 0.004204 | 0.002235 |
| 223 | 0.000000 | 0.002145 | 0.002558 | 0.000499 | 0.004545 | 0.001604 | 0.000202 | 0.000619 | 0.004342 | 0.003617 | 0.002013 |
| 224 | 0.000000 | 0.002108 | 0.002619 | 0.000125 | 0.002777 | 0.002022 | 0.000336 | 0.000619 | 0.003521 | 0.004106 | 0.001823 |
| 225 | 0.000000 | 0.002108 | 0.002558 | 0.000000 | 0.003383 | 0.001743 | 0.000403 | 0.000155 | 0.002112 | 0.005377 | 0.001784 |
| 226 | 0.000000 | 0.002330 | 0.002619 | 0.000125 | 0.002878 | 0.001813 | 0.000269 | 0.000000 | 0.006337 | 0.004204 | 0.002057 |
| 227 | 0.000000 | 0.002256 | 0.000914 | 0.000062 | 0.004141 | 0.001255 | 0.000202 | 0.000387 | 0.004107 | 0.004790 | 0.001811 |
| 228 | 0.000000 | 0.001886 | 0.000609 | 0.000249 | 0.002070 | 0.001325 | 0.000000 | 0.005185 | 0.004225 | 0.004986 | 0.002054 |
| 229 | 0.000000 | 0.001738 | 0.000426 | 0.000436 | 0.001818 | 0.001395 | 0.000605 | 0.000387 | 0.006455 | 0.004888 | 0.001815 |
| 230 | 0.000000 | 0.001775 | 0.000122 | 0.000312 | 0.000909 | 0.000697 | 0.000538 | 0.000000 | 0.002934 | 0.004986 | 0.001227 |
| 231 | 0.000000 | 0.001886 | 0.000305 | 0.000187 | 0.001212 | 0.000767 | 0.000471 | 0.000000 | 0.004342 | 0.004888 | 0.001406 |
| 232 | 0.000000 | 0.001886 | 0.000305 | 0.000374 | 0.002323 | 0.000488 | 0.000336 | 0.000000 | 0.004225 | 0.003031 | 0.001297 |
| 233 | 0.000000 | 0.001627 | 0.000122 | 0.000436 | 0.002424 | 0.001325 | 0.000269 | 0.000000 | 0.004342 | 0.002640 | 0.001318 |
| 234 | 0.000000 | 0.001368 | 0.000244 | 0.000499 | 0.001969 | 0.003207 | 0.000134 | 0.000000 | 0.004225 | 0.002737 | 0.001438 |
| 235 | 0.000000 | 0.001368 | 0.000000 | 0.000249 | 0.001464 | 0.000418 | 0.000202 | 0.000000 | 0.004107 | 0.002640 | 0.001045 |
| 236 | 0.000000 | 0.001886 | 0.000000 | 0.000312 | 0.000959 | 0.000000 | 0.000067 | 0.000000 | 0.005868 | 0.002249 | 0.001134 |
| 237 | 0.000000 | 0.001960 | 0.000122 | 0.000499 | 0.001010 | 0.000000 | 0.000403 | 0.000000 | 0.005046 | 0.002151 | 0.001119 |
| 238 | 0.000000 | 0.001220 | 0.000061 | 0.000312 | 0.000959 | 0.000000 | 0.000269 | 0.000000 | 0.004929 | 0.002249 | 0.001000 |
| 239 | 0.000355 | 0.001035 | 0.000183 | 0.000374 | 0.000808 | 0.000070 | 0.000134 | 0.000000 | 0.005164 | 0.008603 | 0.001673 |
| 240 | 0.000709 | 0.001775 | 0.000365 | 0.000312 | 0.000808 | 0.000070 | 0.000067 | 0.000000 | 0.004929 | 0.012416 | 0.002145 |
| 241 | 0.001064 | 0.001479 | 0.001766 | 0.000187 | 0.001010 | 0.000070 | 0.000202 | 0.002167 | 0.003521 | 0.011340 | 0.002281 |
| 242 | 0.000709 | 0.001812 | 0.003107 | 0.000000 | 0.001060 | 0.000000 | 0.000067 | 0.004566 | 0.003051 | 0.012513 | 0.002689 |
| 243 | 0.000000 | 0.001997 | 0.002376 | 0.000000 | 0.001060 | 0.000209 | 0.000202 | 0.002863 | 0.002934 | 0.013980 | 0.002562 |
| 244 | 0.000000 | 0.001923 | 0.000792 | 0.000000 | 0.001262 | 0.000488 | 0.000269 | 0.001161 | 0.006689 | 0.005475 | 0.001806 |
| 245 | 0.000000 | 0.001553 | 0.000609 | 0.000000 | 0.001565 | 0.000628 | 0.000134 | 0.001083 | 0.009975 | 0.003519 | 0.001907 |
| 246 | 0.000000 | 0.001664 | 0.000548 | 0.000000 | 0.001616 | 0.000976 | 0.000134 | 0.000232 | 0.009975 | 0.003422 | 0.001857 |
| 247 | 0.000000 | 0.002071 | 0.000244 | 0.000000 | 0.001515 | 0.000767 | 0.000202 | 0.000000 | 0.004929 | 0.001760 | 0.001149 |
| 248 | 0.000000 | 0.001886 | 0.000548 | 0.000000 | 0.001464 | 0.000279 | 0.000202 | 0.000077 | 0.002464 | 0.001760 | 0.000868 |
| 249 | 0.000000 | 0.001368 | 0.000426 | 0.000000 | 0.001060 | 0.000209 | 0.000403 | 0.000000 | 0.002464 | 0.000880 | 0.000681 |
| 250 | 0.000000 | 0.001553 | 0.000487 | 0.000000 | 0.001161 | 0.000000 | 0.000336 | 0.000000 | 0.004577 | 0.002444 | 0.001056 |
| 251 | 0.000000 | 0.001590 | 0.000183 | 0.000000 | 0.001111 | 0.000139 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001878 | 0.002542 | 0.000744 |
| 252 | 0.000000 | 0.001405 | 0.000061 | 0.000000 | 0.001060 | 0.000000 | 0.000067 | 0.000155 | 0.002112 | 0.001564 | 0.000643 |
| 253 | 0.000000 | 0.000998 | 0.000183 | 0.000436 | 0.001111 | 0.000209 | 0.000067 | 0.000464 | 0.001995 | 0.000782 | 0.000625 |
| 254 | 0.000000 | 0.000813 | 0.000183 | 0.000312 | 0.001313 | 0.000349 | 0.000067 | 0.001470 | 0.002112 | 0.001271 | 0.000789 |
| 255 | 0.000000 | 0.000924 | 0.000122 | 0.000000 | 0.001262 | 0.007251 | 0.000134 | 0.001238 | 0.002112 | 0.001075 | 0.001412 |
| 256 | 0.000000 | 0.000924 | 0.000305 | 0.000000 | 0.001262 | 0.007182 | 0.000134 | 0.005030 | 0.001995 | 0.000293 | 0.001713 |
| 257 | 0.000000 | 0.000777 | 0.000183 | 0.000000 | 0.001313 | 0.016246 | 0.000202 | 0.004179 | 0.001878 | 0.002053 | 0.002683 |
| 258 | 0.000000 | 0.001257 | 0.000244 | 0.000000 | 0.002929 | 0.013806 | 0.000000 | 0.000542 | 0.001995 | 0.001466 | 0.002224 |
| 259 | 0.000355 | 0.000924 | 0.000548 | 0.000000 | 0.001969 | 0.008506 | 0.000336 | 0.000077 | 0.001526 | 0.001760 | 0.001600 |
| 260 | 0.000000 | 0.000850 | 0.000914 | 0.000000 | 0.001616 | 0.001813 | 0.000134 | 0.000000 | 0.001408 | 0.003422 | 0.001016 |
| 261 | 0.000000 | 0.000703 | 0.000731 | 0.000000 | 0.001616 | 0.008925 | 0.000067 | 0.000077 | 0.001408 | 0.004008 | 0.001754 |
| 262 | 0.000000 | 0.001035 | 0.000670 | 0.000000 | 0.001414 | 0.002022 | 0.000336 | 0.000000 | 0.002230 | 0.002542 | 0.001025 |
| 263 | 0.000000 | 0.000592 | 0.000122 | 0.000000 | 0.000808 | 0.003765 | 0.000336 | 0.000000 | 0.002582 | 0.002053 | 0.001026 |
| 264 | 0.000000 | 0.000629 | 0.000365 | 0.000000 | 0.000707 | 0.011017 | 0.001277 | 0.000077 | 0.001526 | 0.001662 | 0.001726 |
| 265 | 0.000000 | 0.000555 | 0.000244 | 0.000000 | 0.000757 | 0.005020 | 0.002958 | 0.000000 | 0.000939 | 0.001075 | 0.001155 |
| 266 | 0.000355 | 0.000444 | 0.000365 | 0.000000 | 0.000757 | 0.006554 | 0.000941 | 0.000000 | 0.002582 | 0.001369 | 0.001337 |



|     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 267 | 0.000709 | 0.000481 | 0.000061 | 0.000000 | 0.000757 | 0.003626 | 0.000269 | 0.000232 | 0.003169 | 0.001857 | 0.001116 |
| 268 | 0.000709 | 0.000444 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000707 | 0.002650 | 0.000605 | 0.000077 | 0.001760 | 0.001369 | 0.000832 |
| 269 | 0.000355 | 0.000555 | 0.000183 | 0.000000 | 0.000454 | 0.004323 | 0.000538 | 0.000077 | 0.001056 | 0.001466 | 0.000901 |
| 270 | 0.001064 | 0.000703 | 0.000122 | 0.000000 | 0.000404 | 0.007809 | 0.000269 | 0.000000 | 0.000587 | 0.001662 | 0.001262 |
| 271 | 0.001773 | 0.000629 | 0.000183 | 0.000000 | 0.000707 | 0.004393 | 0.000471 | 0.000000 | 0.000704 | 0.002542 | 0.001140 |
| 272 | 0.000709 | 0.000813 | 0.000305 | 0.000000 | 0.000909 | 0.013178 | 0.000269 | 0.000000 | 0.000704 | 0.002737 | 0.001962 |
| 273 | 0.000709 | 0.000740 | 0.000305 | 0.000000 | 0.001060 | 0.007600 | 0.000605 | 0.000000 | 0.000939 | 0.004106 | 0.001606 |
| 274 | 0.000355 | 0.000592 | 0.000487 | 0.000000 | 0.001464 | 0.001185 | 0.000538 | 0.000000 | 0.001056 | 0.002151 | 0.000783 |
| 275 | 0.000355 | 0.000592 | 0.000609 | 0.000000 | 0.001515 | 0.010598 | 0.000471 | 0.000000 | 0.000469 | 0.005475 | 0.002008 |
| 276 | 0.000355 | 0.000703 | 0.000731 | 0.000000 | 0.001515 | 0.000279 | 0.000403 | 0.000155 | 0.000000 | 0.003324 | 0.000746 |
| 277 | 0.000000 | 0.000961 | 0.001096 | 0.000000 | 0.001060 | 0.000279 | 0.000807 | 0.000000 | 0.000117 | 0.003617 | 0.000794 |
| 278 | 0.000000 | 0.000887 | 0.001036 | 0.000000 | 0.000606 | 0.000209 | 0.001008 | 0.000000 | 0.000117 | 0.003128 | 0.000699 |
| 279 | 0.000355 | 0.000703 | 0.000792 | 0.000000 | 0.000858 | 0.000070 | 0.000941 | 0.000000 | 0.000000 | 0.007723 | 0.001144 |
| 280 | 0.000709 | 0.001183 | 0.000914 | 0.000000 | 0.001666 | 0.000628 | 0.000538 | 0.000000 | 0.000117 | 0.001857 | 0.000761 |
| 281 | 0.000000 | 0.002034 | 0.001340 | 0.000000 | 0.001616 | 0.000279 | 0.000807 | 0.000000 | 0.000000 | 0.002640 | 0.000872 |
| 282 | 0.000000 | 0.002071 | 0.001401 | 0.000000 | 0.002222 | 0.001185 | 0.001412 | 0.000000 | 0.000117 | 0.002151 | 0.001056 |
| 283 | 0.000000 | 0.001109 | 0.000914 | 0.000000 | 0.001111 | 0.000767 | 0.000874 | 0.000000 | 0.000469 | 0.001760 | 0.000700 |
| 284 | 0.000000 | 0.000777 | 0.000853 | 0.000000 | 0.000505 | 0.000418 | 0.000807 | 0.000000 | 0.000117 | 0.001564 | 0.000504 |
| 285 | 0.000000 | 0.000850 | 0.000731 | 0.000000 | 0.000606 | 0.000488 | 0.000605 | 0.000000 | 0.000117 | 0.001760 | 0.000516 |
| 286 | 0.000000 | 0.001257 | 0.000426 | 0.000000 | 0.000303 | 0.000418 | 0.000672 | 0.000000 | 0.000117 | 0.000782 | 0.000398 |
| 287 | 0.000000 | 0.001442 | 0.000365 | 0.000000 | 0.000555 | 0.000628 | 0.000538 | 0.000000 | 0.000235 | 0.000880 | 0.000464 |
| 288 | 0.000000 | 0.001442 | 0.000487 | 0.000000 | 0.000606 | 0.000837 | 0.000336 | 0.000000 | 0.000117 | 0.000782 | 0.000461 |

4 基于出现次数最多的情况(即众值)确定时间序位为设计雨型的选用原则,在 288 个平均值中找到连续的最大的 144 个数的和的位置,即最大的 720 分钟的降雨过程(即表 3-2 第 79 段至第 222 段),将 720 分钟的降雨过程分为一段,从而将 1440 分钟降雨分为 145 段,刨去 720 分钟的分配比例,重新计算其他 144 段上各段的分配比例。从而得到雨型中 H1440-H720 的最终分配比例,见表 3-3。

5 同理,按 3 和 4 步骤来确定最大 720 分钟降雨过程中所包含的最大的 360 分钟的降雨过程,最终确定 H720-H360 的分配比例。

6 以此类推分别求出 H360-H240, H240-H180, H180-H120, H120-H90, H90-H60, H60-H45, H45-H30, H30-H15, H15-H5 分配比例。

7 其中最大的 5 分钟的分配比例为 100%,见表 3-3。

表 3-3 1440min 分配比例表(内涝水利雨峰雨型)(单位:%)

| 序号 | H <sub>1440</sub> -H <sub>720</sub> | H <sub>720</sub> -H <sub>360</sub> | H <sub>360</sub> -H <sub>240</sub> | H <sub>240</sub> -H <sub>180</sub> | H <sub>180</sub> -H <sub>150</sub> | H <sub>150</sub> -H <sub>120</sub> | H <sub>120</sub> -H <sub>90</sub> | H <sub>90</sub> -H <sub>60</sub> | H <sub>60</sub> -H <sub>45</sub> | H <sub>45</sub> -H <sub>30</sub> | H <sub>30</sub> -H <sub>15</sub> | H <sub>15</sub> -H <sub>5</sub> | H <sub>5</sub> |
|----|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|
| 1  | 0.32                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 2  | 0.38                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 3  | 0.24                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 4  | 0.38                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 5  | 0.38                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 6  | 0.64                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 7  | 0.49                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 8  | 0.48                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 9  | 0.53                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 10 | 0.59                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 11 | 0.96                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 12 | 1.04                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 13 | 0.74                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 14 | 0.69                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 15 | 0.72                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 16 | 0.56                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 17 | 0.72                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 18 | 1.31                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 19 | 1.71                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 20 | 2.30                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 21 | 1.63                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 22 | 1.31                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 23 | 1.04                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 24 | 0.68                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 25 | 0.59                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 26 | 0.65                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 27 | 0.54                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 28 | 0.53                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 29 | 0.69                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 30 | 0.50                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 31 | 0.49                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 32 | 1.10                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 33 | 0.85                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 34 | 0.95                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 35 | 0.83                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 36 | 0.61                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 37 | 0.41                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 38 | 0.56                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 39 | 0.58                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 40 | 0.53                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 41 | 0.68                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 42 | 0.50                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 43 | 0.88                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |
| 44 | 0.86                                |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                 |                |

|    |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 45 | 1.37 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 46 | 1.76 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 47 | 0.91 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 48 | 1.58 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 49 | 1.40 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50 | 1.02 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 51 | 0.63 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 52 | 1.13 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 53 | 1.25 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 54 | 1.86 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 55 | 1.35 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 56 | 0.66 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 57 | 0.73 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 58 | 0.51 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 59 | 0.60 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 60 | 0.97 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 61 | 0.78 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 62 | 0.94 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 63 | 1.56 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 64 | 0.93 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 65 | 0.61 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 66 | 0.48 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 67 | 0.34 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 68 | 1.01 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 69 | 0.90 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 70 | 1.16 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 71 | 0.75 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 72 | 0.98 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 73 | 0.77 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 74 | 0.99 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 75 | 1.16 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 76 | 0.59 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 77 | 1.00 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 78 |      | 1.14 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 79 |      | 1.56 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 80 |      | 1.36 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 81 |      | 1.54 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 82 |      | 1.39 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 83 |      | 1.10 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 84 |      | 0.93 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 85 |      |      | 2.65 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 86 |      |      | 4.46 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 87 |      |      | 4.85 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 88 |      |      | 4.42 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 89 |      |      | 4.41 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|     |  |  |      |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
|-----|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|--|-------|--------|--|--|
| 90  |  |  | 4.46 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 91  |  |  | 4.76 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 92  |  |  | 3.95 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 93  |  |  | 4.19 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 94  |  |  | 3.83 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 95  |  |  | 6.05 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 96  |  |  | 6.20 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 97  |  |  | 3.96 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 98  |  |  | 4.03 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 99  |  |  | 4.93 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 100 |  |  | 3.77 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 101 |  |  | 3.76 |      |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 102 |  |  |      | 6.11 |       |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 103 |  |  |      |      |       | 20.99 |       |       |  |       |        |  |  |
| 104 |  |  |      |      |       |       | 18.14 |       |  |       |        |  |  |
| 105 |  |  |      |      |       |       | 15.49 |       |  |       |        |  |  |
| 106 |  |  |      |      |       |       | 18.56 |       |  |       |        |  |  |
| 107 |  |  |      |      |       |       | 18.38 |       |  |       |        |  |  |
| 108 |  |  |      |      |       |       | 15.18 |       |  |       |        |  |  |
| 109 |  |  |      |      |       |       |       | 30.59 |  |       |        |  |  |
| 110 |  |  |      |      |       |       |       | 38.24 |  |       |        |  |  |
| 111 |  |  |      |      |       |       |       | 31.17 |  |       |        |  |  |
| 112 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 49.22 |        |  |  |
| 113 |  |  |      |      |       |       |       |       |  |       | 100.00 |  |  |
| 114 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 50.78 |        |  |  |
| 115 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 36.50 |        |  |  |
| 116 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 32.04 |        |  |  |
| 117 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 31.46 |        |  |  |
| 118 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 34.16 |        |  |  |
| 119 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 35.98 |        |  |  |
| 120 |  |  |      |      |       |       |       |       |  | 29.86 |        |  |  |
| 121 |  |  |      |      |       |       | 14.24 |       |  |       |        |  |  |
| 122 |  |  |      |      |       |       | 15.85 |       |  |       |        |  |  |
| 123 |  |  |      |      |       |       | 16.76 |       |  |       |        |  |  |
| 124 |  |  |      |      |       |       | 17.49 |       |  |       |        |  |  |
| 125 |  |  |      |      |       |       | 15.27 |       |  |       |        |  |  |
| 126 |  |  |      |      |       |       | 13.63 |       |  |       |        |  |  |
| 127 |  |  |      |      |       | 15.56 |       |       |  |       |        |  |  |
| 128 |  |  |      |      |       | 14.05 |       |       |  |       |        |  |  |
| 129 |  |  |      |      |       | 13.60 |       |       |  |       |        |  |  |
| 130 |  |  |      |      |       | 17.67 |       |       |  |       |        |  |  |
| 131 |  |  |      |      |       | 17.88 |       |       |  |       |        |  |  |
| 132 |  |  |      |      |       | 21.24 |       |       |  |       |        |  |  |
| 133 |  |  |      |      | 11.67 |       |       |       |  |       |        |  |  |
| 134 |  |  |      |      | 14.92 |       |       |       |  |       |        |  |  |

|     |      |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|------|------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 135 |      |      |       | 19.58 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 136 |      |      |       | 15.28 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 137 |      |      |       | 20.47 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 138 |      |      |       | 18.07 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 139 |      |      | 9.98  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 140 |      |      | 14.00 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 141 |      |      | 6.98  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 142 |      |      | 7.52  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 143 |      |      | 7.67  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 144 |      |      | 9.51  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 145 |      |      | 9.04  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 146 |      |      | 8.81  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 147 |      |      | 6.94  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 148 |      |      | 7.13  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 149 |      |      | 6.31  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 150 |      | 4.11 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 151 |      | 4.14 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 152 |      | 2.87 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 153 |      | 3.34 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 154 |      | 3.89 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 155 |      | 3.07 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 156 |      | 3.87 |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 157 | 1.01 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 158 | 1.18 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 159 | 1.51 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 160 | 1.17 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 161 | 1.09 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 162 | 1.05 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 163 | 1.07 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 164 | 1.09 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 165 | 1.52 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 166 | 1.83 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 167 | 2.67 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 168 | 2.60 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 169 | 2.40 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 170 | 1.82 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 171 | 1.33 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 172 | 2.12 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 173 | 2.14 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 174 | 2.33 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 175 | 1.80 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 176 | 1.54 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 177 | 1.39 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 178 | 1.35 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 179 | 1.29 |      |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|     |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 180 |      | 1.27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 181 |      | 1.54 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 182 |      | 1.56 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 183 |      | 2.05 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 184 |      | 1.74 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 185 |      | 1.32 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 186 |      | 1.68 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 187 |      | 1.40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 188 |      | 1.94 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 189 |      | 1.61 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 190 |      | 1.16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 191 |      | 1.00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 192 |      | 0.87 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 193 |      | 1.26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 194 |      | 1.26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 195 |      | 1.70 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 196 |      | 1.15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 197 |      | 1.24 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 198 |      | 1.28 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 199 |      | 1.26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 200 |      | 1.22 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 201 |      | 1.16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 202 |      | 1.57 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 203 |      | 1.94 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 204 |      | 1.50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 205 |      | 1.09 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 206 |      | 1.08 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 207 |      | 1.22 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 208 |      | 1.13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 209 |      | 1.12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 210 |      | 1.17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 211 |      | 1.03 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 212 |      | 0.89 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 213 |      | 0.99 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 214 |      | 0.89 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 215 |      | 0.90 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 216 |      | 1.14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 217 |      | 0.98 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 218 |      | 1.16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 219 |      | 1.06 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 220 |      | 1.06 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 221 |      | 1.11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 222 | 0.85 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 223 | 0.77 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 224 | 0.70 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 225 | 0.68 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 226 | 0.79 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 227 | 0.69 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 228 | 0.78 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 229 | 0.69 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 230 | 0.47 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 231 | 0.54 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 232 | 0.50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 233 | 0.50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 234 | 0.55 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 235 | 0.40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 236 | 0.43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 237 | 0.43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 238 | 0.38 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 239 | 0.64 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 240 | 0.82 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 241 | 0.87 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 242 | 1.03 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 243 | 0.98 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 244 | 0.69 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 245 | 0.73 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 246 | 0.71 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 247 | 0.44 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 248 | 0.33 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 249 | 0.26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 250 | 0.40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 251 | 0.28 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 252 | 0.25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 253 | 0.24 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 254 | 0.30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 255 | 0.54 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 256 | 0.65 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 257 | 1.02 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 258 | 0.85 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 259 | 0.61 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 260 | 0.39 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 261 | 0.67 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 262 | 0.39 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 263 | 0.39 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 264 | 0.66 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 265 | 0.44 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 266 | 0.51 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 267 | 0.43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 268 | 0.32 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 269 | 0.34 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 270 | 0.48 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 271 | 0.44 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 272 | 0.75 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 273 | 0.61 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 274 | 0.30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 275 | 0.77 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 276 | 0.28 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 277 | 0.30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 278 | 0.27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 279 | 0.44 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 280 | 0.29 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 281 | 0.33 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 282 | 0.40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 283 | 0.27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 284 | 0.19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 285 | 0.20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 286 | 0.15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 287 | 0.18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 288 | 0.18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### 3.5. 设计雨型与设计暴雨过程线研究成果

#### 3.5.1 短历时设计降雨过程线与雨型

根据以上研究成果，120min 降雨过程的雨峰位置在 0.268，采用短历时暴雨雨型分析系统（见下图），输入相应的暴雨强度公式参数可得出对应重现期下，各历时的芝加哥雨型过程线。



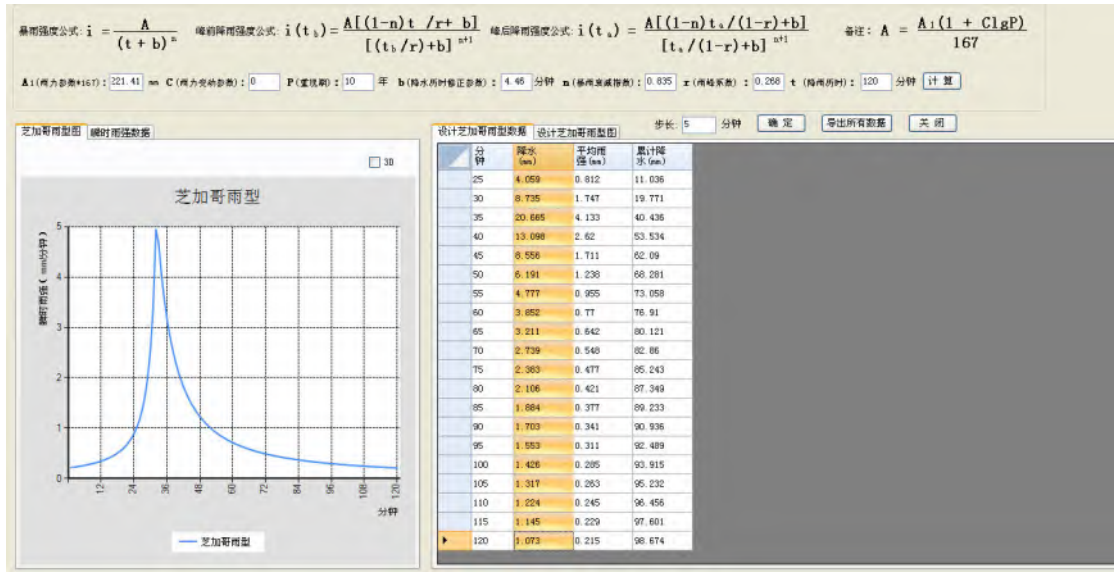


图 3-3 短历时暴雨雨型分析系统

根据暴雨强度公式，代入 A，b，c，n 值，即可获得芝加哥雨型的数据系列和图形。可以很方便导入模型软件进行模拟计算和情景分析。

雨水模型采用第二章推算得到的南海区暴雨强度公式，如下所示：

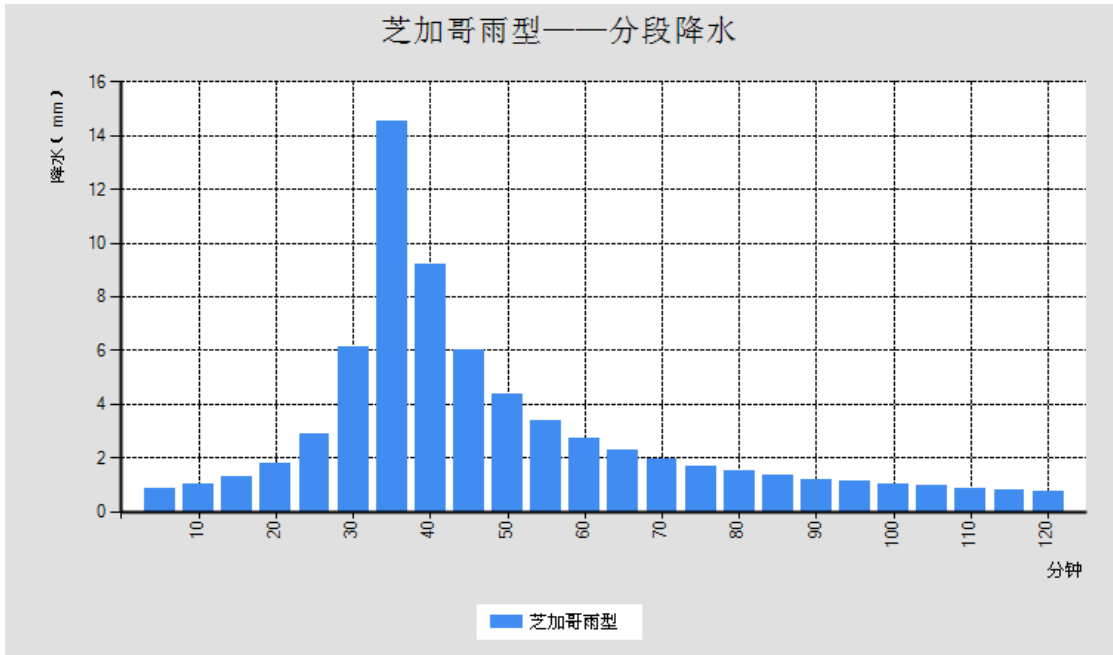
表 3-4 佛山市南海区单一重现期暴雨公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2       | $5647.272 / (t + 14.271)^{0.829}$ |
| P=3       | $6399.941 / (t + 14.566)^{0.832}$ |
| P=5       | $7288.214 / (t + 14.878)^{0.835}$ |
| P=10      | $8221.41 / (t + 14.460)^{0.835}$  |
| P=20      | $8802.904 / (t + 13.637)^{0.832}$ |

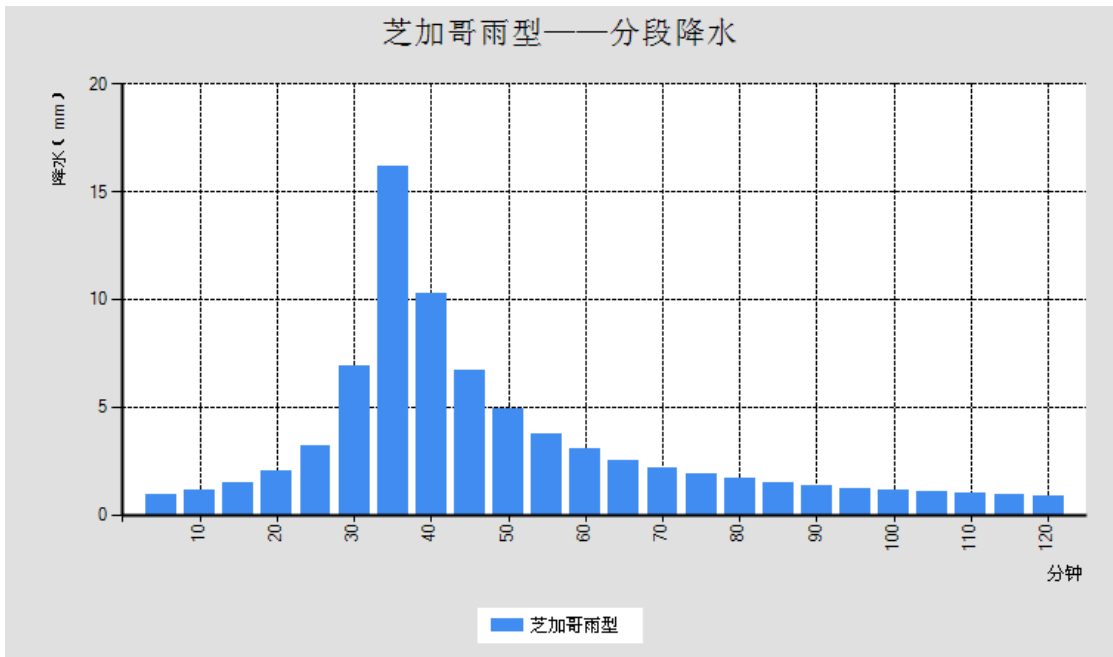
|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| P=30  | $9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$  |
| P=50  | $9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$  |
| P=100 | $10146.085 / (t + 12.673)^{0.828}$ |

表 3-5 芝加哥雨型降雨过程线

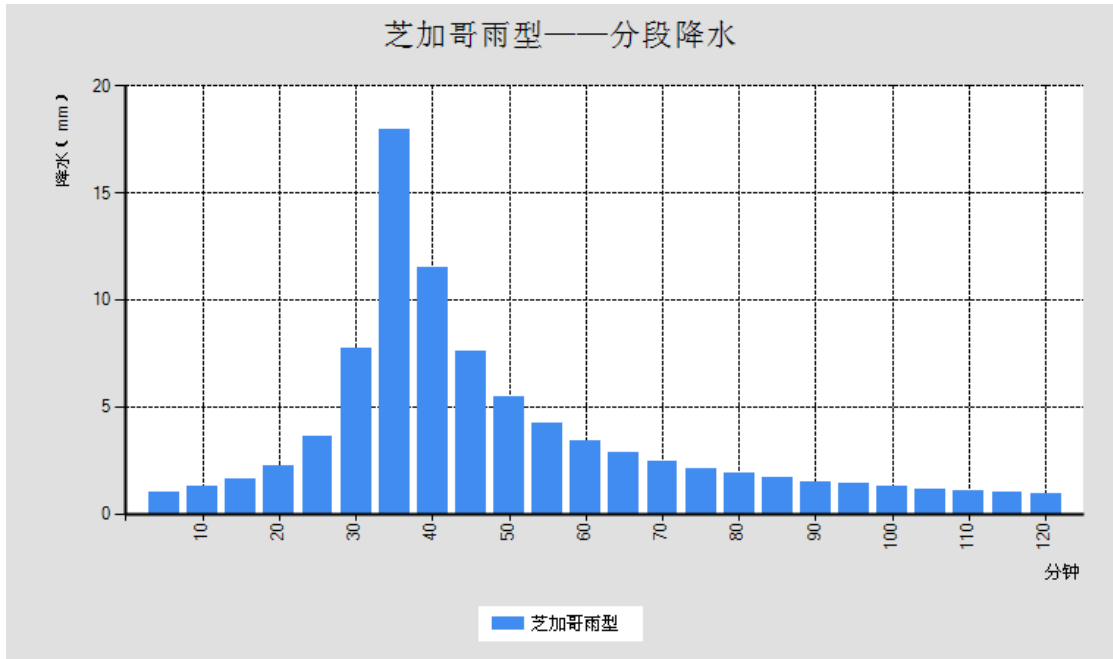
| 分钟          | p=2    | p=3    | p=5    | p=10   |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 5           | 0.837  | 0.931  | 1.039  | 1.165  |
| 10          | 1.022  | 1.138  | 1.274  | 1.426  |
| 15          | 1.312  | 1.462  | 1.639  | 1.836  |
| 20          | 1.814  | 2.027  | 2.276  | 2.550  |
| 25          | 2.877  | 3.218  | 3.615  | 4.059  |
| 30          | 6.159  | 6.882  | 7.722  | 8.735  |
| 35          | 14.566 | 16.158 | 17.997 | 20.665 |
| 40          | 9.226  | 10.285 | 11.515 | 13.098 |
| 45          | 6.034  | 6.742  | 7.571  | 8.556  |
| 50          | 4.372  | 4.891  | 5.496  | 6.191  |
| 55          | 3.379  | 3.781  | 4.250  | 4.777  |
| 60          | 2.731  | 3.054  | 3.433  | 3.852  |
| 65          | 2.279  | 2.547  | 2.862  | 3.211  |
| 70          | 1.949  | 2.178  | 2.444  | 2.739  |
| 75          | 1.699  | 1.896  | 2.127  | 2.383  |
| 80          | 1.502  | 1.676  | 1.880  | 2.106  |
| 85          | 1.346  | 1.501  | 1.681  | 1.884  |
| 90          | 1.217  | 1.356  | 1.520  | 1.703  |
| 95          | 1.111  | 1.237  | 1.385  | 1.553  |
| 100         | 1.022  | 1.137  | 1.272  | 1.426  |
| 105         | 0.946  | 1.052  | 1.176  | 1.317  |
| 110         | 0.880  | 0.978  | 1.094  | 1.224  |
| 115         | 0.823  | 0.914  | 1.021  | 1.145  |
| 120         | 0.773  | 0.858  | 0.957  | 1.073  |
| 降雨量<br>(mm) | 69.876 | 77.899 | 87.246 | 98.674 |



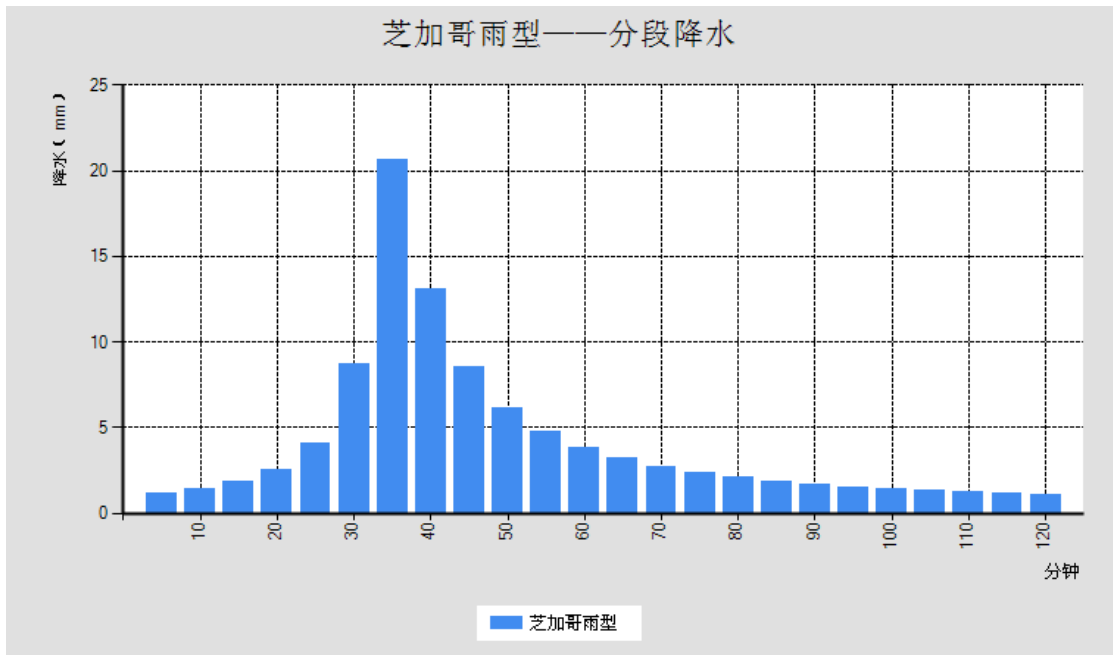
P=2



P=3



P=5



P=10

图 3-4 不同重现期芝加哥降雨过程图

### 3.5.2 长历时暴雨强度公式

由于《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》中只给出了短历时的暴雨强度公式推算方法，而长历时暴雨强度公式的

推算方法目前国内尚无统一的标准。在第二章我们已经推算了短历时的暴雨强度公式，在此基础上，我们按照《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》的技术方法，将降雨历时由 180min 扩大到 1440min，采用 5 min、10 min、15 min、20 min、30min、45 min、60min、90min、120min、150 min、180 min、240min、360min、540min、720min、1440min 共 16 个历时的降水资料，推算长历时的暴雨强度公式，用于计算 240 min、360 min、720 min、1440min 不同重现期的降雨量。概率分布拟合调整仍采用皮尔逊-III型分布曲线，5 min、10 min、15 min、20 min、30min、45 min、60min、90min、120min、150 min、180 min 的拟合参数与第二章保持一致。

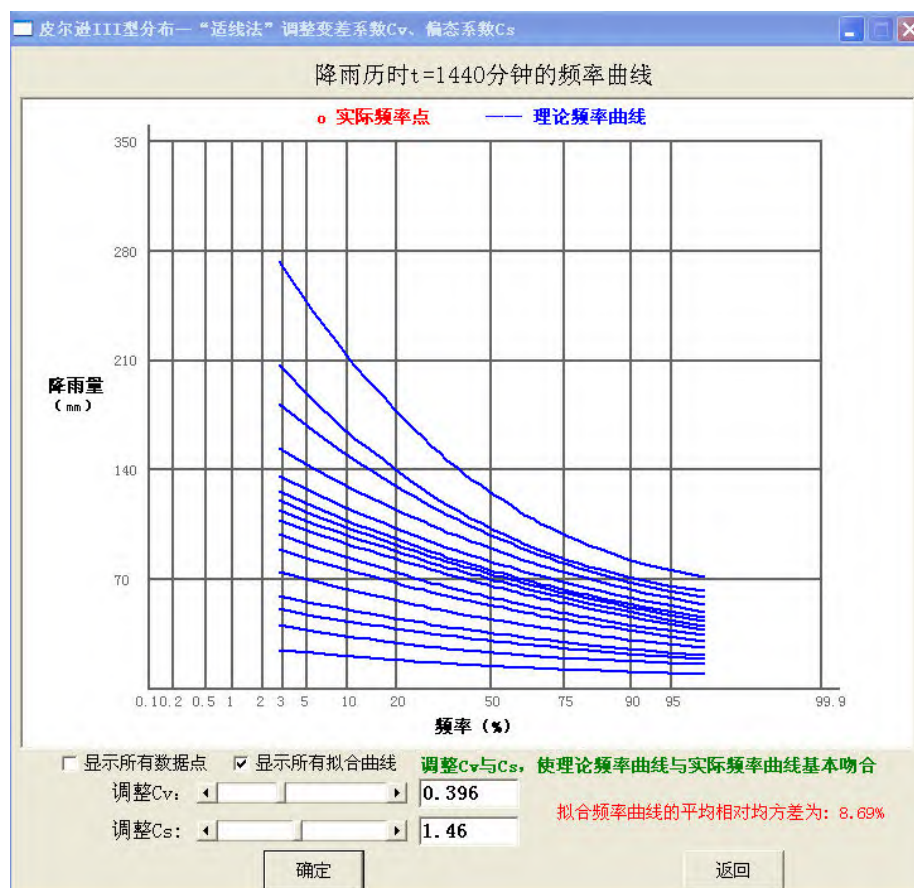


图 3-5 适线法调整频率曲线

推算得到长历时暴雨强度单一重现期公式为：

表 3-6 南海长历时单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P = 2     | $5309.097 / (t + 13.913)^{0.814}$ |
| P = 3     | $5616.043 / (t + 13.565)^{0.805}$ |
| P = 5     | $5952.214 / (t + 13.141)^{0.793}$ |
| P = 10    | $6001.479 / (t + 11.796)^{0.769}$ |
| P = 20    | $6027.03 / (t + 10.374)^{0.751}$  |
| P = 30    | $6039.221 / (t + 9.804)^{0.742}$  |
| P = 50    | $6053.416 / (t + 9.175)^{0.731}$  |
| P = 100   | $6071.619 / (t + 8.396)^{0.718}$  |

推算得到长历时暴雨强度重现期区间公式为：

表 3-7 南海长历时重现期区间暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 区间 | 参数 | 公 式                                  |
|-----------|----|----|--------------------------------------|
| 1—10      | I  | n  | $0.820 - 0.018\text{Ln}(P - 0.640)$  |
|           |    | b  | $14.386 - 0.792\text{Ln}(P - 0.182)$ |
|           |    | A  | $30.963 + 3.211\text{Ln}(P - 0.706)$ |
| 10—100    | II | n  | $0.800 - 0.018\text{Ln}(P - 4.527)$  |
|           |    | b  | $12.995 - 1.014\text{Ln}(P - 6.737)$ |
|           |    | A  | $35.687 + 0.147\text{Ln}(P - 4.527)$ |

利用长历时暴雨强度区间公式算得的重现期 2~20 年暴雨强度平均绝对方差为 0.035 (mm/min); 相对均方误差为 3.68%, 满足《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 版) 提出的精度要求。

### 3.5.3 长历时设计降雨过程线与雨型

本项研究根据水利部门设计降雨过程线的雨峰位置、芝加哥雨型雨峰位置和 10 场最大典型降雨, 采用同频率分析方法确定了一种长历时设计降雨过程线与雨型分配比例表。根据新推求出的 1440min 长历时城市暴雨强度公式分别计算出 5min、15 min、30 min、45 min、60 min、90 min、120 min、180 min、240 min、360 min、720 min、1440min 10 年一遇、20 年一遇、50 年一遇和 100 年一遇的降雨量, 根据分别计算得到的重现期降雨量, 采用 5min 降雨量放置在雨峰的位置, 15min 的降雨量 H15-H5 按照分配比例系数分别放在相应的位置上, 以此类推分别求出 H30-H15、H45-H30、H60-H45、H90-H60、H120-H90、H180-H120、H240-H180、H360-H240、H720-H360、H1440-H720 按照分配比例系数分别放在相应的位置上, 即可以获得同频率分析法的设计雨型的降雨过程线。

表 3-8 同频率分析法的设计雨型降雨过程线 (水利雨型) (mm/5min)

| 序号 | 10 年重现期  | 20 年重现期  | 30 年重现期  | 50 年重现期  | 100 年重现期 |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1  | 0.092828 | 0.113136 | 0.124725 | 0.140324 | 0.161031 |
| 2  | 0.112012 | 0.136517 | 0.150501 | 0.169324 | 0.19431  |
| 3  | 0.069369 | 0.084545 | 0.093206 | 0.104863 | 0.120337 |
| 4  | 0.110474 | 0.134643 | 0.148434 | 0.166999 | 0.191642 |
| 5  | 0.111374 | 0.135739 | 0.149643 | 0.168359 | 0.193203 |
| 6  | 0.188239 | 0.229421 | 0.252921 | 0.284554 | 0.326543 |
| 7  | 0.144885 | 0.176582 | 0.19467  | 0.219017 | 0.251335 |
| 8  | 0.140194 | 0.170865 | 0.188367 | 0.211926 | 0.243199 |
| 9  | 0.155798 | 0.189882 | 0.209332 | 0.235513 | 0.270266 |
| 10 | 0.173643 | 0.211631 | 0.233309 | 0.262489 | 0.301222 |
| 11 | 0.280621 | 0.342014 | 0.377047 | 0.424204 | 0.486801 |

|    |          |          |          |          |          |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 12 | 0.304422 | 0.371022 | 0.409026 | 0.460183 | 0.528089 |
| 13 | 0.216755 | 0.264175 | 0.291235 | 0.32766  | 0.376011 |
| 14 | 0.202951 | 0.247351 | 0.272688 | 0.306793 | 0.352064 |
| 15 | 0.212553 | 0.259054 | 0.285589 | 0.321308 | 0.368721 |
| 16 | 0.165765 | 0.202029 | 0.222724 | 0.25058  | 0.287556 |
| 17 | 0.211839 | 0.258184 | 0.28463  | 0.320229 | 0.367483 |
| 18 | 0.383529 | 0.467435 | 0.515316 | 0.579766 | 0.665318 |
| 19 | 0.503523 | 0.61368  | 0.676541 | 0.761155 | 0.873474 |
| 20 | 0.676068 | 0.823974 | 0.908376 | 1.021986 | 1.172793 |
| 21 | 0.478207 | 0.582826 | 0.642526 | 0.722886 | 0.829558 |
| 22 | 0.38555  | 0.469898 | 0.518031 | 0.582821 | 0.668824 |
| 23 | 0.305711 | 0.372592 | 0.410758 | 0.462131 | 0.530324 |
| 24 | 0.19952  | 0.24317  | 0.268078 | 0.301607 | 0.346113 |
| 25 | 0.171926 | 0.209538 | 0.231002 | 0.259893 | 0.298244 |
| 26 | 0.192145 | 0.234181 | 0.258169 | 0.290458 | 0.333319 |
| 27 | 0.158453 | 0.193118 | 0.212899 | 0.239526 | 0.274872 |
| 28 | 0.155176 | 0.189125 | 0.208497 | 0.234574 | 0.269188 |
| 29 | 0.201992 | 0.246183 | 0.2714   | 0.305343 | 0.350401 |
| 30 | 0.147133 | 0.179322 | 0.19769  | 0.222415 | 0.255235 |
| 31 | 0.144932 | 0.176639 | 0.194733 | 0.219088 | 0.251417 |
| 32 | 0.322804 | 0.393425 | 0.433725 | 0.48797  | 0.559977 |
| 33 | 0.250852 | 0.305731 | 0.337048 | 0.379203 | 0.435159 |
| 34 | 0.279715 | 0.340909 | 0.375829 | 0.422834 | 0.485229 |
| 35 | 0.245037 | 0.298644 | 0.329235 | 0.370412 | 0.425072 |
| 36 | 0.180484 | 0.219969 | 0.242501 | 0.27283  | 0.31309  |
| 37 | 0.121122 | 0.147621 | 0.162742 | 0.183096 | 0.210114 |
| 38 | 0.164362 | 0.200321 | 0.22084  | 0.24846  | 0.285124 |
| 39 | 0.171545 | 0.209075 | 0.230491 | 0.259318 | 0.297584 |
| 40 | 0.156289 | 0.190481 | 0.209992 | 0.236256 | 0.271118 |
| 41 | 0.199757 | 0.243459 | 0.268397 | 0.301965 | 0.346524 |
| 42 | 0.146215 | 0.178203 | 0.196457 | 0.221028 | 0.253644 |
| 43 | 0.259341 | 0.316078 | 0.348454 | 0.392035 | 0.449885 |
| 44 | 0.252715 | 0.308003 | 0.339552 | 0.38202  | 0.438392 |
| 45 | 0.402478 | 0.490529 | 0.540775 | 0.60841  | 0.698188 |
| 46 | 0.515515 | 0.628296 | 0.692654 | 0.779283 | 0.894277 |
| 47 | 0.266176 | 0.324409 | 0.357639 | 0.402368 | 0.461743 |
| 48 | 0.462876 | 0.564141 | 0.621927 | 0.699711 | 0.802962 |
| 49 | 0.410532 | 0.500345 | 0.551597 | 0.620585 | 0.71216  |
| 50 | 0.299655 | 0.365212 | 0.402621 | 0.452977 | 0.519819 |
| 51 | 0.185213 | 0.225732 | 0.248855 | 0.279979 | 0.321293 |
| 52 | 0.331426 | 0.403934 | 0.445309 | 0.501004 | 0.574934 |
| 53 | 0.367152 | 0.447475 | 0.493311 | 0.555008 | 0.636907 |
| 54 | 0.545862 | 0.665282 | 0.733429 | 0.825158 | 0.946921 |
| 55 | 0.395709 | 0.482279 | 0.53168  | 0.598177 | 0.686446 |
| 56 | 0.193722 | 0.236103 | 0.260288 | 0.292841 | 0.336054 |
| 57 | 0.21405  | 0.260879 | 0.287602 | 0.323572 | 0.371319 |
| 58 | 0.149925 | 0.182725 | 0.201442 | 0.226636 | 0.260079 |
| 59 | 0.176323 | 0.214897 | 0.23691  | 0.26654  | 0.305871 |
| 60 | 0.283512 | 0.345537 | 0.380931 | 0.428573 | 0.491815 |
| 61 | 0.227855 | 0.277704 | 0.30615  | 0.34444  | 0.395267 |
| 62 | 0.275097 | 0.335281 | 0.369624 | 0.415853 | 0.477217 |



|     |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 63  | 0.457476 | 0.55756  | 0.614672 | 0.691549 | 0.793596 |
| 64  | 0.271637 | 0.331064 | 0.364976 | 0.410623 | 0.471216 |
| 65  | 0.180192 | 0.219613 | 0.242109 | 0.272389 | 0.312584 |
| 66  | 0.14171  | 0.172713 | 0.190404 | 0.214218 | 0.245828 |
| 67  | 0.099867 | 0.121715 | 0.134183 | 0.150965 | 0.173241 |
| 68  | 0.2959   | 0.360635 | 0.397576 | 0.4473   | 0.513305 |
| 69  | 0.264619 | 0.32251  | 0.355546 | 0.400013 | 0.459041 |
| 70  | 0.341671 | 0.41642  | 0.459075 | 0.516491 | 0.592706 |
| 71  | 0.219188 | 0.26714  | 0.294504 | 0.331337 | 0.380231 |
| 72  | 0.286736 | 0.349467 | 0.385264 | 0.433448 | 0.497409 |
| 73  | 0.22622  | 0.275711 | 0.303952 | 0.341967 | 0.392429 |
| 74  | 0.292018 | 0.355903 | 0.392359 | 0.441431 | 0.50657  |
| 75  | 0.340268 | 0.41471  | 0.457189 | 0.51437  | 0.590272 |
| 76  | 0.173263 | 0.211168 | 0.232798 | 0.261914 | 0.300563 |
| 77  | 0.293416 | 0.357608 | 0.394238 | 0.443546 | 0.508996 |
| 78  | 0.292406 | 0.350005 | 0.382618 | 0.426212 | 0.483504 |
| 79  | 0.399657 | 0.478382 | 0.522957 | 0.58254  | 0.660846 |
| 80  | 0.348662 | 0.417342 | 0.456229 | 0.50821  | 0.576524 |
| 81  | 0.394992 | 0.472799 | 0.516853 | 0.575741 | 0.653133 |
| 82  | 0.356833 | 0.427123 | 0.466922 | 0.52012  | 0.590036 |
| 83  | 0.282958 | 0.338696 | 0.370255 | 0.41244  | 0.467881 |
| 84  | 0.237897 | 0.284759 | 0.311292 | 0.346759 | 0.393371 |
| 85  | 0.363362 | 0.42762  | 0.463836 | 0.511998 | 0.574757 |
| 86  | 0.611751 | 0.719936 | 0.780907 | 0.861992 | 0.967654 |
| 87  | 0.664523 | 0.78204  | 0.848271 | 0.936351 | 1.051127 |
| 88  | 0.605423 | 0.712489 | 0.772829 | 0.853076 | 0.957644 |
| 89  | 0.604863 | 0.71183  | 0.772115 | 0.852287 | 0.956759 |
| 90  | 0.611839 | 0.72004  | 0.78102  | 0.862116 | 0.967793 |
| 91  | 0.652614 | 0.768025 | 0.833069 | 0.91957  | 1.032289 |
| 92  | 0.541769 | 0.637578 | 0.691574 | 0.763383 | 0.856958 |
| 93  | 0.574857 | 0.676517 | 0.733811 | 0.810006 | 0.909296 |
| 94  | 0.524454 | 0.617201 | 0.669471 | 0.738986 | 0.829569 |
| 95  | 0.8288   | 0.975369 | 1.057973 | 1.167827 | 1.310978 |
| 96  | 0.849762 | 1.000037 | 1.08473  | 1.197363 | 1.344133 |
| 97  | 0.54315  | 0.639203 | 0.693337 | 0.765329 | 0.859142 |
| 98  | 0.551778 | 0.649358 | 0.704351 | 0.777487 | 0.872791 |
| 99  | 0.676025 | 0.795577 | 0.862954 | 0.952558 | 1.069322 |
| 100 | 0.516171 | 0.607453 | 0.658898 | 0.727314 | 0.816467 |
| 101 | 0.514889 | 0.605945 | 0.657262 | 0.725508 | 0.81444  |
| 102 | 0.863017 | 1.110534 | 1.241078 | 1.384741 | 1.594676 |
| 103 | 1.532273 | 1.658489 | 1.728158 | 1.829003 | 1.943058 |
| 104 | 1.91402  | 2.065447 | 2.149928 | 2.271036 | 2.409732 |
| 105 | 1.635132 | 1.764496 | 1.836667 | 1.940129 | 2.058615 |
| 106 | 1.95894  | 2.113921 | 2.200385 | 2.324335 | 2.466286 |
| 107 | 1.939866 | 2.093338 | 2.17896  | 2.301703 | 2.442271 |
| 108 | 1.602362 | 1.729132 | 1.799857 | 1.901245 | 2.017357 |
| 109 | 2.348154 | 2.529596 | 2.631438 | 2.775713 | 2.943298 |
| 110 | 2.935072 | 3.161865 | 3.289162 | 3.469498 | 3.678972 |
| 111 | 2.392834 | 2.577728 | 2.681508 | 2.828528 | 2.999302 |
| 112 | 11.39919 | 12.49808 | 13.08321 | 13.85776 | 14.82811 |
| 113 | 20.64266 | 23.11674 | 24.38874 | 26.03556 | 28.1695  |

|     |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 114 | 11.76195 | 12.89582 | 13.49957 | 14.29876 | 15.29999 |
| 115 | 6.688137 | 7.23678  | 7.539622 | 7.952855 | 8.452872 |
| 116 | 5.872116 | 6.353818 | 6.619711 | 6.982524 | 7.421535 |
| 117 | 5.765269 | 6.238207 | 6.499261 | 6.855473 | 7.286496 |
| 118 | 3.749812 | 4.04024  | 4.203065 | 4.430534 | 4.698902 |
| 119 | 3.950143 | 4.256087 | 4.427611 | 4.667232 | 4.949937 |
| 120 | 3.278667 | 3.532604 | 3.67497  | 3.873859 | 4.108508 |
| 121 | 1.503171 | 1.622094 | 1.688441 | 1.783553 | 1.892477 |
| 122 | 1.156891 | 1.252187 | 1.304788 | 1.380928 | 1.467041 |
| 123 | 1.223403 | 1.324177 | 1.379802 | 1.46032  | 1.551383 |
| 124 | 1.276747 | 1.381916 | 1.439966 | 1.523995 | 1.619029 |
| 125 | 1.114197 | 1.205976 | 1.256636 | 1.329966 | 1.412901 |
| 126 | 0.995086 | 1.077053 | 1.122297 | 1.187788 | 1.261857 |
| 127 | 0.867237 | 0.941315 | 0.981816 | 1.04078  | 1.106935 |
| 128 | 0.782905 | 0.849779 | 0.886342 | 0.939573 | 0.999295 |
| 129 | 0.758107 | 0.822863 | 0.858268 | 0.909813 | 0.967643 |
| 130 | 0.985119 | 1.069266 | 1.115272 | 1.182252 | 1.257399 |
| 131 | 0.996902 | 1.082056 | 1.128613 | 1.196394 | 1.27244  |
| 132 | 1.183969 | 1.285102 | 1.340395 | 1.420895 | 1.511211 |
| 133 | 0.526816 | 0.573199 | 0.598361 | 0.635135 | 0.67616  |
| 134 | 0.673498 | 0.732796 | 0.764963 | 0.811977 | 0.864424 |
| 135 | 0.884119 | 0.96196  | 1.004186 | 1.065903 | 1.134752 |
| 136 | 0.69005  | 0.750804 | 0.783762 | 0.831931 | 0.885667 |
| 137 | 0.924269 | 1.005645 | 1.049789 | 1.114308 | 1.186284 |
| 138 | 0.815832 | 0.887661 | 0.926626 | 0.983576 | 1.047107 |
| 139 | 1.409396 | 1.813616 | 2.026808 | 2.261425 | 2.604269 |
| 140 | 1.975718 | 2.542362 | 2.841219 | 3.170109 | 3.650714 |
| 141 | 0.986068 | 1.268876 | 1.418034 | 1.58218  | 1.822047 |
| 142 | 1.061339 | 1.365735 | 1.526279 | 1.702956 | 1.961133 |
| 143 | 1.082523 | 1.392995 | 1.556743 | 1.736946 | 2.000276 |
| 144 | 1.342035 | 1.726935 | 1.929938 | 2.153342 | 2.4798   |
| 145 | 1.275679 | 1.641549 | 1.834515 | 2.046872 | 2.357189 |
| 146 | 1.243254 | 1.599825 | 1.787886 | 1.994845 | 2.297275 |
| 147 | 0.980269 | 1.261414 | 1.409695 | 1.572877 | 1.811333 |
| 148 | 1.00723  | 1.296108 | 1.448467 | 1.616137 | 1.861152 |
| 149 | 0.890459 | 1.145847 | 1.280542 | 1.428773 | 1.645383 |
| 150 | 0.563761 | 0.66346  | 0.719648 | 0.794372 | 0.891745 |
| 151 | 0.567521 | 0.667884 | 0.724447 | 0.799669 | 0.897691 |
| 152 | 0.393509 | 0.463099 | 0.502319 | 0.554477 | 0.622443 |
| 153 | 0.458022 | 0.539021 | 0.58467  | 0.645379 | 0.724489 |
| 154 | 0.533492 | 0.627838 | 0.681009 | 0.751721 | 0.843866 |
| 155 | 0.421087 | 0.495554 | 0.537523 | 0.593336 | 0.666066 |
| 156 | 0.530999 | 0.624903 | 0.677826 | 0.748208 | 0.839922 |
| 157 | 0.258228 | 0.309094 | 0.337895 | 0.376393 | 0.426988 |
| 158 | 0.30274  | 0.362374 | 0.39614  | 0.441274 | 0.500591 |
| 159 | 0.388594 | 0.46514  | 0.508481 | 0.566415 | 0.642553 |
| 160 | 0.299409 | 0.358387 | 0.391781 | 0.436418 | 0.495083 |
| 161 | 0.280619 | 0.335896 | 0.367195 | 0.409031 | 0.464014 |
| 162 | 0.270771 | 0.324108 | 0.354308 | 0.394676 | 0.447729 |
| 163 | 0.275282 | 0.329508 | 0.360211 | 0.401251 | 0.455188 |
| 164 | 0.28067  | 0.335957 | 0.367261 | 0.409105 | 0.464098 |

|     |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 165 | 0.389824 | 0.466612 | 0.51009  | 0.568207 | 0.644587 |
| 166 | 0.469216 | 0.561643 | 0.613976 | 0.683929 | 0.775864 |
| 167 | 0.686408 | 0.821618 | 0.898176 | 1.000509 | 1.134999 |
| 168 | 0.667926 | 0.799496 | 0.873992 | 0.97357  | 1.104439 |
| 169 | 0.617406 | 0.739024 | 0.807885 | 0.899931 | 1.020902 |
| 170 | 0.467781 | 0.559926 | 0.6121   | 0.681839 | 0.773493 |
| 171 | 0.341041 | 0.408221 | 0.446258 | 0.497102 | 0.563924 |
| 172 | 0.544735 | 0.652038 | 0.712795 | 0.794006 | 0.900738 |
| 173 | 0.550805 | 0.659304 | 0.720737 | 0.802854 | 0.910775 |
| 174 | 0.598046 | 0.715851 | 0.782553 | 0.871713 | 0.98889  |
| 175 | 0.462305 | 0.55337  | 0.604933 | 0.673856 | 0.764436 |
| 176 | 0.395109 | 0.472939 | 0.517007 | 0.575911 | 0.653326 |
| 177 | 0.357646 | 0.428097 | 0.467986 | 0.521306 | 0.591381 |
| 178 | 0.346051 | 0.414217 | 0.452814 | 0.504405 | 0.572207 |
| 179 | 0.331912 | 0.397293 | 0.434312 | 0.483795 | 0.548827 |
| 180 | 0.326588 | 0.39092  | 0.427346 | 0.476035 | 0.540024 |
| 181 | 0.395762 | 0.47372  | 0.51786  | 0.576862 | 0.654405 |
| 182 | 0.400438 | 0.479318 | 0.52398  | 0.583679 | 0.662139 |
| 183 | 0.525558 | 0.629083 | 0.687701 | 0.766053 | 0.869028 |
| 184 | 0.448323 | 0.536635 | 0.586638 | 0.653476 | 0.741318 |
| 185 | 0.340032 | 0.407012 | 0.444937 | 0.495631 | 0.562254 |
| 186 | 0.43062  | 0.515444 | 0.563473 | 0.627672 | 0.712045 |
| 187 | 0.358442 | 0.429048 | 0.469027 | 0.522465 | 0.592695 |
| 188 | 0.498644 | 0.596869 | 0.652484 | 0.726825 | 0.824526 |
| 189 | 0.413069 | 0.494437 | 0.540508 | 0.60209  | 0.683024 |
| 190 | 0.297909 | 0.356592 | 0.389819 | 0.434232 | 0.492602 |
| 191 | 0.258069 | 0.308904 | 0.337687 | 0.376161 | 0.426725 |
| 192 | 0.223166 | 0.267126 | 0.292017 | 0.325287 | 0.369013 |
| 193 | 0.324394 | 0.388294 | 0.424475 | 0.472837 | 0.536396 |
| 194 | 0.324543 | 0.388472 | 0.424669 | 0.473053 | 0.536642 |
| 195 | 0.437896 | 0.524153 | 0.572993 | 0.638277 | 0.724075 |
| 196 | 0.294357 | 0.35234  | 0.385171 | 0.429055 | 0.486729 |
| 197 | 0.317801 | 0.380402 | 0.415848 | 0.463227 | 0.525495 |
| 198 | 0.330053 | 0.395068 | 0.43188  | 0.481086 | 0.545754 |
| 199 | 0.322673 | 0.386234 | 0.422223 | 0.470328 | 0.533551 |
| 200 | 0.312494 | 0.37405  | 0.408904 | 0.455492 | 0.51672  |
| 201 | 0.297887 | 0.356566 | 0.389791 | 0.434201 | 0.492567 |
| 202 | 0.402613 | 0.481921 | 0.526826 | 0.58685  | 0.665735 |
| 203 | 0.497184 | 0.59512  | 0.650573 | 0.724695 | 0.82211  |
| 204 | 0.385995 | 0.462029 | 0.505081 | 0.562627 | 0.638256 |
| 205 | 0.278982 | 0.333936 | 0.365052 | 0.406644 | 0.461306 |
| 206 | 0.27854  | 0.333407 | 0.364474 | 0.406    | 0.460575 |
| 207 | 0.313426 | 0.375165 | 0.410123 | 0.45685  | 0.51826  |
| 208 | 0.289437 | 0.346451 | 0.378733 | 0.421884 | 0.478594 |
| 209 | 0.288667 | 0.34553  | 0.377726 | 0.420762 | 0.477321 |
| 210 | 0.299927 | 0.359007 | 0.392459 | 0.437173 | 0.495939 |
| 211 | 0.265331 | 0.317596 | 0.34719  | 0.386746 | 0.438734 |
| 212 | 0.229371 | 0.274553 | 0.300135 | 0.334331 | 0.379272 |
| 213 | 0.25543  | 0.305746 | 0.334235 | 0.372316 | 0.422363 |
| 214 | 0.229492 | 0.274698 | 0.300294 | 0.334508 | 0.379473 |
| 215 | 0.231343 | 0.276914 | 0.302717 | 0.337206 | 0.382534 |

|     |          |          |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 216 | 0.292924 | 0.350625 | 0.383296 | 0.426966 | 0.48436  |
| 217 | 0.252078 | 0.301733 | 0.329848 | 0.367429 | 0.416819 |
| 218 | 0.298196 | 0.356935 | 0.390194 | 0.43465  | 0.493077 |
| 219 | 0.272823 | 0.326565 | 0.356994 | 0.397667 | 0.451123 |
| 220 | 0.273028 | 0.32681  | 0.357262 | 0.397966 | 0.451462 |
| 221 | 0.284415 | 0.34044  | 0.372162 | 0.414564 | 0.47029  |
| 222 | 0.250561 | 0.305377 | 0.336657 | 0.378763 | 0.434654 |
| 223 | 0.22565  | 0.275016 | 0.303187 | 0.341106 | 0.391441 |
| 224 | 0.204381 | 0.249094 | 0.274609 | 0.308954 | 0.354544 |
| 225 | 0.199976 | 0.243725 | 0.268691 | 0.302295 | 0.346903 |
| 226 | 0.230629 | 0.281085 | 0.309877 | 0.348633 | 0.400079 |
| 227 | 0.203047 | 0.247468 | 0.272817 | 0.306938 | 0.352231 |
| 228 | 0.230186 | 0.280545 | 0.309282 | 0.347963 | 0.39931  |
| 229 | 0.203426 | 0.24793  | 0.273326 | 0.307511 | 0.352888 |
| 230 | 0.137564 | 0.167659 | 0.184833 | 0.20795  | 0.238636 |
| 231 | 0.157573 | 0.192045 | 0.211717 | 0.238196 | 0.273345 |
| 232 | 0.145353 | 0.177152 | 0.195298 | 0.219724 | 0.252147 |
| 233 | 0.147791 | 0.180124 | 0.198574 | 0.22341  | 0.256377 |
| 234 | 0.161235 | 0.196509 | 0.216638 | 0.243733 | 0.279699 |
| 235 | 0.117127 | 0.142752 | 0.157374 | 0.177057 | 0.203184 |
| 236 | 0.127121 | 0.154931 | 0.170801 | 0.192163 | 0.220519 |
| 237 | 0.125441 | 0.152885 | 0.168545 | 0.189625 | 0.217606 |
| 238 | 0.11208  | 0.1366   | 0.150592 | 0.169426 | 0.194427 |
| 239 | 0.187483 | 0.2285   | 0.251905 | 0.283411 | 0.325232 |
| 240 | 0.240451 | 0.293055 | 0.323073 | 0.36348  | 0.417116 |
| 241 | 0.255637 | 0.311563 | 0.343477 | 0.386436 | 0.443459 |
| 242 | 0.301374 | 0.367306 | 0.40493  | 0.455575 | 0.522801 |
| 243 | 0.287193 | 0.350023 | 0.385877 | 0.434138 | 0.498201 |
| 244 | 0.202429 | 0.246715 | 0.271987 | 0.306004 | 0.351159 |
| 245 | 0.213738 | 0.260498 | 0.287181 | 0.323099 | 0.370776 |
| 246 | 0.208135 | 0.253669 | 0.279653 | 0.314629 | 0.361056 |
| 247 | 0.128759 | 0.156928 | 0.173002 | 0.194639 | 0.223361 |
| 248 | 0.097305 | 0.118593 | 0.130741 | 0.147092 | 0.168798 |
| 249 | 0.076357 | 0.093062 | 0.102595 | 0.115426 | 0.132459 |
| 250 | 0.118359 | 0.144253 | 0.159029 | 0.178918 | 0.20532  |
| 251 | 0.083428 | 0.10168  | 0.112095 | 0.126115 | 0.144724 |
| 252 | 0.072022 | 0.087778 | 0.096769 | 0.108872 | 0.124938 |
| 253 | 0.070018 | 0.085336 | 0.094077 | 0.105843 | 0.121461 |
| 254 | 0.088447 | 0.107797 | 0.118838 | 0.133702 | 0.153431 |
| 255 | 0.158283 | 0.192911 | 0.212672 | 0.23927  | 0.274578 |
| 256 | 0.191973 | 0.233972 | 0.257938 | 0.290198 | 0.333021 |
| 257 | 0.300742 | 0.366536 | 0.404081 | 0.454619 | 0.521704 |
| 258 | 0.249281 | 0.303817 | 0.334938 | 0.376828 | 0.432434 |
| 259 | 0.179373 | 0.218615 | 0.241009 | 0.271151 | 0.311163 |
| 260 | 0.113858 | 0.138767 | 0.152981 | 0.172114 | 0.197512 |
| 261 | 0.196561 | 0.239563 | 0.264103 | 0.297134 | 0.34098  |
| 262 | 0.114886 | 0.14002  | 0.154363 | 0.173669 | 0.199296 |
| 263 | 0.114981 | 0.140136 | 0.154491 | 0.173813 | 0.199461 |
| 264 | 0.193474 | 0.235801 | 0.259954 | 0.292467 | 0.335624 |
| 265 | 0.12945  | 0.157771 | 0.173932 | 0.195685 | 0.224561 |
| 266 | 0.149838 | 0.182619 | 0.201325 | 0.226504 | 0.259928 |

|           |          |          |          |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 267       | 0.12511  | 0.152481 | 0.1681   | 0.189124 | 0.217032 |
| 268       | 0.093273 | 0.113679 | 0.125323 | 0.140997 | 0.161803 |
| 269       | 0.100966 | 0.123055 | 0.13566  | 0.152627 | 0.175149 |
| 270       | 0.141452 | 0.172398 | 0.190057 | 0.213827 | 0.24538  |
| 271       | 0.127794 | 0.155752 | 0.171706 | 0.193181 | 0.221687 |
| 272       | 0.21998  | 0.268106 | 0.295569 | 0.332536 | 0.381606 |
| 273       | 0.180065 | 0.219458 | 0.241938 | 0.272197 | 0.312363 |
| 274       | 0.087749 | 0.106946 | 0.117901 | 0.132646 | 0.15222  |
| 275       | 0.22512  | 0.274371 | 0.302475 | 0.340306 | 0.390522 |
| 276       | 0.083667 | 0.101971 | 0.112417 | 0.126476 | 0.14514  |
| 277       | 0.088986 | 0.108453 | 0.119562 | 0.134516 | 0.154366 |
| 278       | 0.078379 | 0.095527 | 0.105312 | 0.118483 | 0.135967 |
| 279       | 0.128253 | 0.156312 | 0.172323 | 0.193875 | 0.222484 |
| 280       | 0.085335 | 0.104004 | 0.114658 | 0.128998 | 0.148033 |
| 281       | 0.09769  | 0.119062 | 0.131258 | 0.147674 | 0.169465 |
| 282       | 0.118359 | 0.144253 | 0.159029 | 0.178919 | 0.205321 |
| 283       | 0.078512 | 0.095688 | 0.105489 | 0.118683 | 0.136196 |
| 284       | 0.056506 | 0.068868 | 0.075922 | 0.085418 | 0.098022 |
| 285       | 0.057814 | 0.070462 | 0.077679 | 0.087395 | 0.100291 |
| 286       | 0.044576 | 0.054328 | 0.059893 | 0.067384 | 0.077328 |
| 287       | 0.052045 | 0.063431 | 0.069929 | 0.078675 | 0.090284 |
| 288       | 0.051649 | 0.062949 | 0.069397 | 0.078076 | 0.089597 |
| 总降雨量 (mm) | 191.6015 | 219.5219 | 234.9284 | 255.1921 | 281.4709 |

根据表 3-8 可以获得 1440 分钟降雨，5 分钟时段的分配比例百分率，如下图所示：

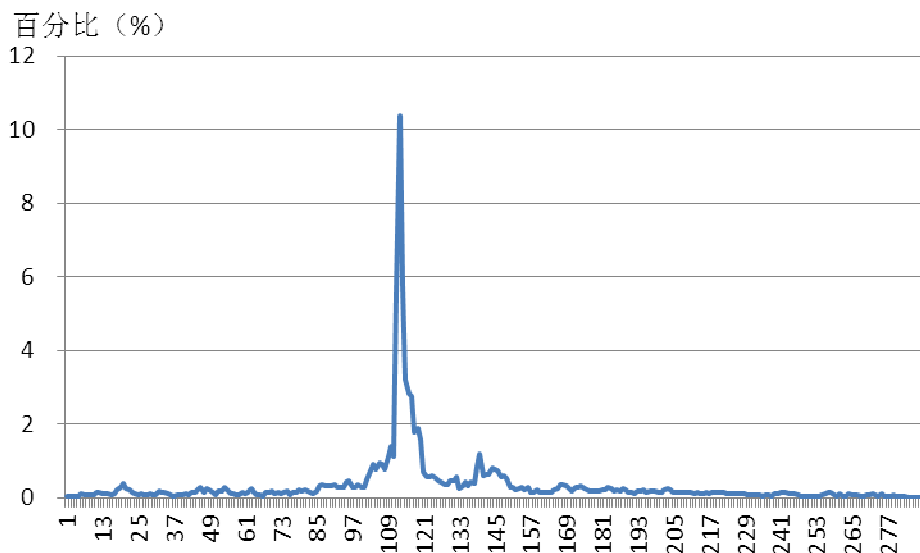


图 3-6 5 分钟时段、历时 1440 分钟时程分配百分率（水利雨型）

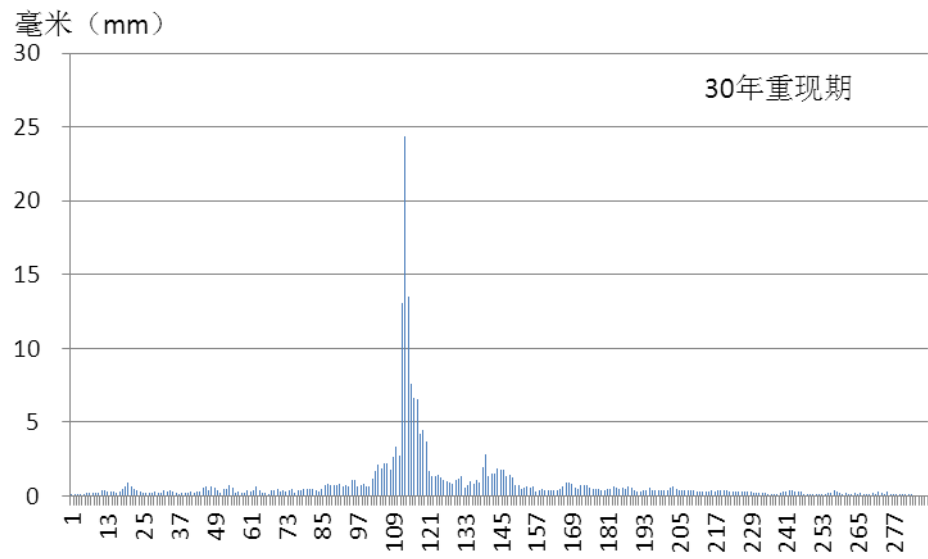
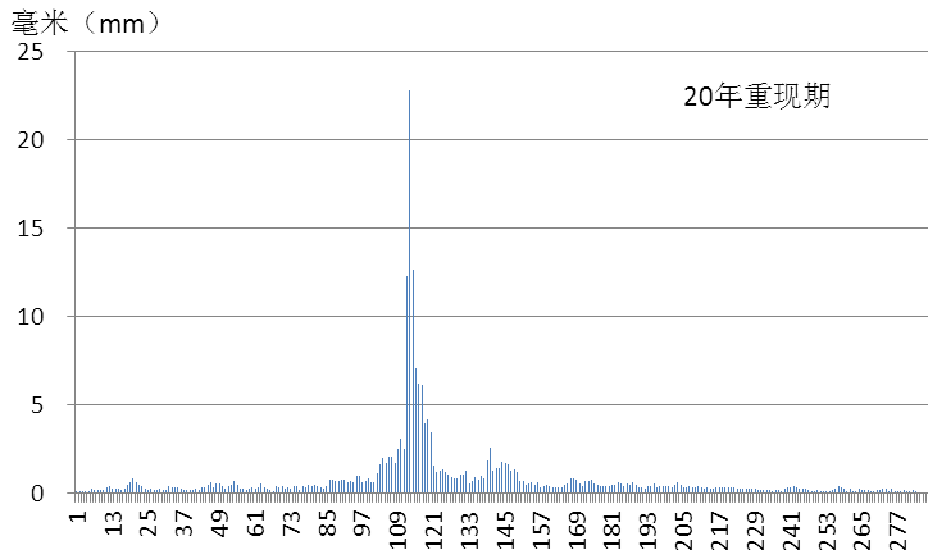
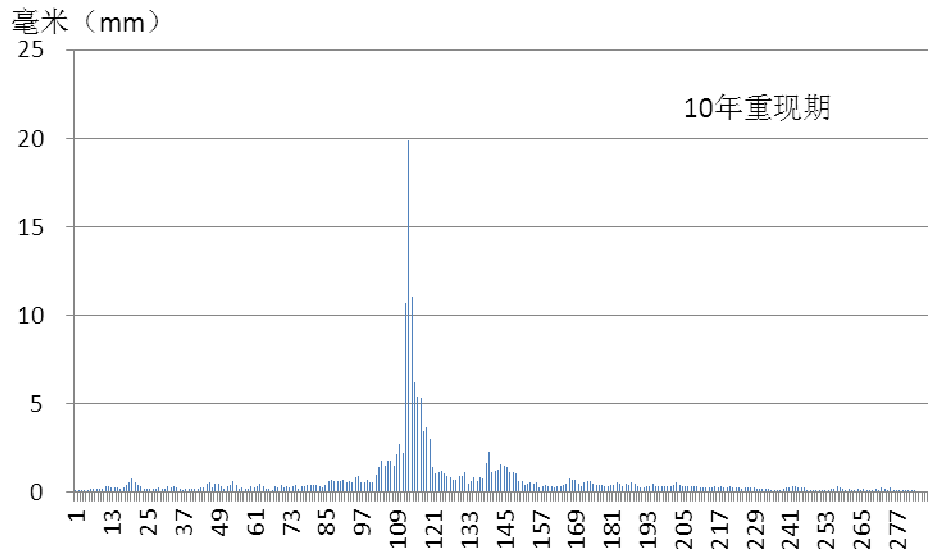
表 3-9 同频率分析法的设计雨型降雨过程线分配系数（水利雨型）

| 序号 | 百分比系数% | 序号  | 百分比系数% | 序号  | 百分比系数% | 序号  | 百分比系数% |
|----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 0.053  | 73  | 0.129  | 145 | 0.767  | 217 | 0.140  |
| 2  | 0.064  | 74  | 0.167  | 146 | 0.747  | 218 | 0.166  |
| 3  | 0.040  | 75  | 0.194  | 147 | 0.589  | 219 | 0.152  |
| 4  | 0.063  | 76  | 0.099  | 148 | 0.605  | 220 | 0.152  |
| 5  | 0.064  | 77  | 0.168  | 149 | 0.535  | 221 | 0.158  |
| 6  | 0.108  | 78  | 0.163  | 150 | 0.306  | 222 | 0.143  |
| 7  | 0.083  | 79  | 0.222  | 151 | 0.308  | 223 | 0.129  |
| 8  | 0.080  | 80  | 0.194  | 152 | 0.214  | 224 | 0.117  |
| 9  | 0.089  | 81  | 0.220  | 153 | 0.249  | 225 | 0.114  |
| 10 | 0.099  | 82  | 0.199  | 154 | 0.290  | 226 | 0.132  |
| 11 | 0.160  | 83  | 0.157  | 155 | 0.229  | 227 | 0.116  |
| 12 | 0.174  | 84  | 0.132  | 156 | 0.288  | 228 | 0.132  |
| 13 | 0.124  | 85  | 0.197  | 157 | 0.144  | 229 | 0.116  |
| 14 | 0.116  | 86  | 0.332  | 158 | 0.168  | 230 | 0.079  |
| 15 | 0.121  | 87  | 0.361  | 159 | 0.216  | 231 | 0.090  |
| 16 | 0.095  | 88  | 0.329  | 160 | 0.167  | 232 | 0.083  |
| 17 | 0.121  | 89  | 0.329  | 161 | 0.156  | 233 | 0.084  |
| 18 | 0.219  | 90  | 0.332  | 162 | 0.151  | 234 | 0.092  |
| 19 | 0.288  | 91  | 0.354  | 163 | 0.153  | 235 | 0.067  |
| 20 | 0.386  | 92  | 0.294  | 164 | 0.156  | 236 | 0.073  |
| 21 | 0.273  | 93  | 0.312  | 165 | 0.217  | 237 | 0.072  |
| 22 | 0.220  | 94  | 0.285  | 166 | 0.261  | 238 | 0.064  |
| 23 | 0.175  | 95  | 0.450  | 167 | 0.382  | 239 | 0.107  |
| 24 | 0.114  | 96  | 0.462  | 168 | 0.372  | 240 | 0.137  |
| 25 | 0.098  | 97  | 0.295  | 169 | 0.344  | 241 | 0.146  |
| 26 | 0.110  | 98  | 0.300  | 170 | 0.260  | 242 | 0.172  |
| 27 | 0.091  | 99  | 0.367  | 171 | 0.190  | 243 | 0.164  |
| 28 | 0.089  | 100 | 0.280  | 172 | 0.303  | 244 | 0.116  |
| 29 | 0.115  | 101 | 0.280  | 173 | 0.307  | 245 | 0.122  |
| 30 | 0.084  | 102 | 0.519  | 174 | 0.333  | 246 | 0.119  |
| 31 | 0.083  | 103 | 0.740  | 175 | 0.257  | 247 | 0.074  |
| 32 | 0.184  | 104 | 0.920  | 176 | 0.220  | 248 | 0.056  |
| 33 | 0.143  | 105 | 0.786  | 177 | 0.199  | 249 | 0.044  |
| 34 | 0.160  | 106 | 0.942  | 178 | 0.193  | 250 | 0.068  |
| 35 | 0.140  | 107 | 0.933  | 179 | 0.185  | 251 | 0.048  |
| 36 | 0.103  | 108 | 0.770  | 180 | 0.182  | 252 | 0.041  |
| 37 | 0.069  | 109 | 1.126  | 181 | 0.220  | 253 | 0.040  |
| 38 | 0.094  | 110 | 1.408  | 182 | 0.223  | 254 | 0.051  |
| 39 | 0.098  | 111 | 1.148  | 183 | 0.293  | 255 | 0.090  |
| 40 | 0.089  | 112 | 5.582  | 184 | 0.250  | 256 | 0.110  |
| 41 | 0.114  | 113 | 10.379 | 185 | 0.189  | 257 | 0.172  |
| 42 | 0.084  | 114 | 5.760  | 186 | 0.240  | 258 | 0.142  |
| 43 | 0.148  | 115 | 3.223  | 187 | 0.199  | 259 | 0.103  |
| 44 | 0.144  | 116 | 2.830  | 188 | 0.278  | 260 | 0.065  |
| 45 | 0.230  | 117 | 2.778  | 189 | 0.230  | 261 | 0.112  |
| 46 | 0.295  | 118 | 1.798  | 190 | 0.166  | 262 | 0.066  |
| 47 | 0.152  | 119 | 1.895  | 191 | 0.144  | 263 | 0.066  |

|    |       |     |       |     |       |     |       |
|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 48 | 0.265 | 120 | 1.572 | 192 | 0.124 | 264 | 0.111 |
| 49 | 0.235 | 121 | 0.723 | 193 | 0.181 | 265 | 0.074 |
| 50 | 0.171 | 122 | 0.558 | 194 | 0.181 | 266 | 0.086 |
| 51 | 0.106 | 123 | 0.590 | 195 | 0.244 | 267 | 0.072 |
| 52 | 0.189 | 124 | 0.616 | 196 | 0.164 | 268 | 0.053 |
| 53 | 0.210 | 125 | 0.538 | 197 | 0.177 | 269 | 0.058 |
| 54 | 0.312 | 126 | 0.480 | 198 | 0.184 | 270 | 0.081 |
| 55 | 0.226 | 127 | 0.420 | 199 | 0.180 | 271 | 0.073 |
| 56 | 0.111 | 128 | 0.379 | 200 | 0.174 | 272 | 0.126 |
| 57 | 0.122 | 129 | 0.367 | 201 | 0.166 | 273 | 0.103 |
| 58 | 0.086 | 130 | 0.477 | 202 | 0.224 | 274 | 0.050 |
| 59 | 0.101 | 131 | 0.483 | 203 | 0.277 | 275 | 0.129 |
| 60 | 0.162 | 132 | 0.574 | 204 | 0.215 | 276 | 0.048 |
| 61 | 0.130 | 133 | 0.256 | 205 | 0.155 | 277 | 0.051 |
| 62 | 0.157 | 134 | 0.327 | 206 | 0.155 | 278 | 0.045 |
| 63 | 0.261 | 135 | 0.430 | 207 | 0.174 | 279 | 0.073 |
| 64 | 0.155 | 136 | 0.335 | 208 | 0.161 | 280 | 0.049 |
| 65 | 0.103 | 137 | 0.449 | 209 | 0.161 | 281 | 0.056 |
| 66 | 0.081 | 138 | 0.396 | 210 | 0.167 | 282 | 0.068 |
| 67 | 0.057 | 139 | 0.847 | 211 | 0.148 | 283 | 0.045 |
| 68 | 0.169 | 140 | 1.188 | 212 | 0.128 | 284 | 0.032 |
| 69 | 0.151 | 141 | 0.593 | 213 | 0.142 | 285 | 0.033 |
| 70 | 0.195 | 142 | 0.638 | 214 | 0.128 | 286 | 0.025 |
| 71 | 0.125 | 143 | 0.651 | 215 | 0.129 | 287 | 0.030 |
| 72 | 0.164 | 144 | 0.807 | 216 | 0.163 | 288 | 0.030 |

根据表 3-9 的数据，将新推求的暴雨强度公式 24 小时总降雨量，带入上述分配比例系数，即可以得到对应重现期下历时 1440 分钟时程分配。

对应重现期下历时 1440 分钟降雨时程分配雨型如下：





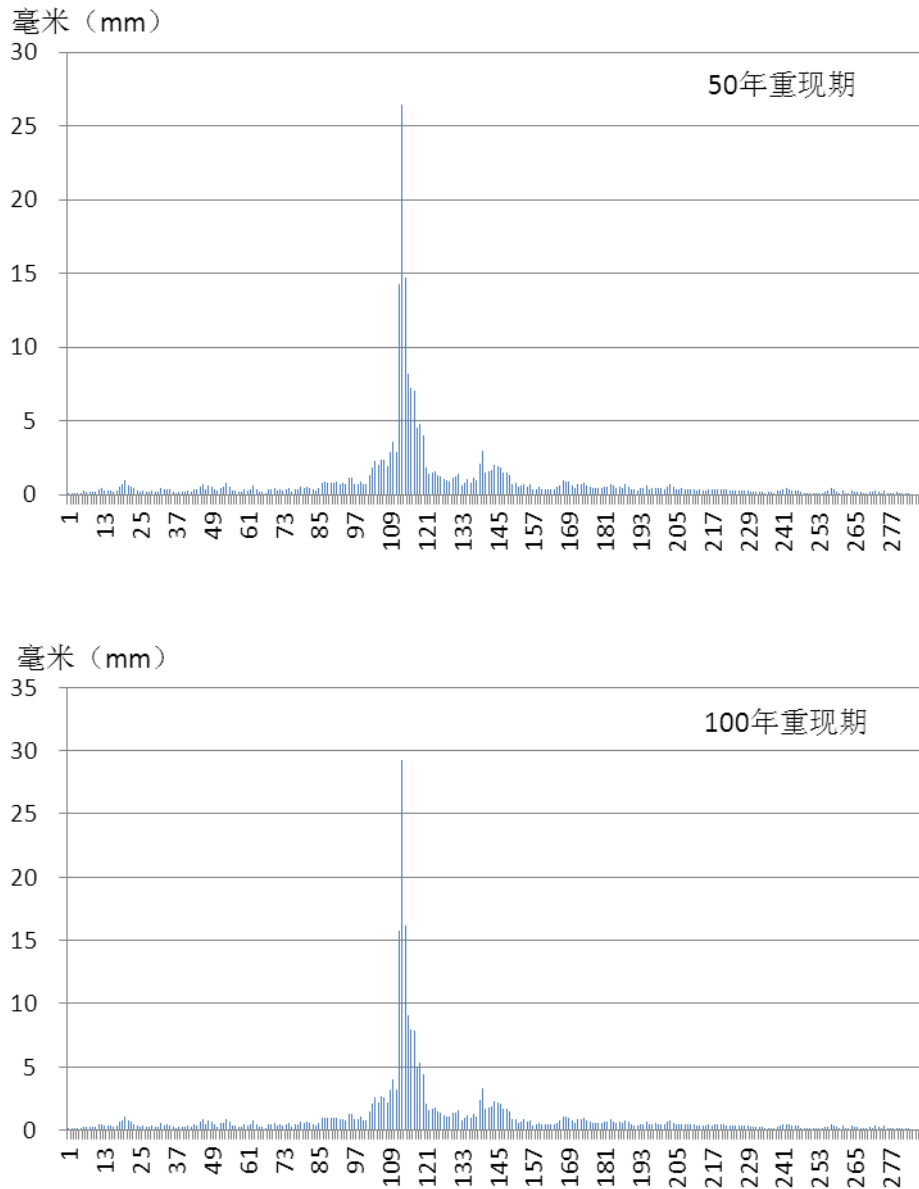


图 3-7 不同重现期下，历时 1440 分钟时程雨型分配图

### 3.5.4 本章小结

根据以上研究成果，已经得到 1 种短历时雨型和 1 种长历时雨型。芝加哥法作为短历时设计暴雨雨型在业内已经得到广泛认同。而 PC 法雨型计算方法比较复杂，而且不是同频率时间的组合，不方便用于设计过程，所以短历时设计暴雨雨型采用芝加哥法雨型。考虑到与水利部门的雨型应用成果相协调，以水利部门的雨型雨峰位置，同时参

考芝加哥法雨型在 5 分钟时段的位置计算的雨型分布,不仅能够很好的与水利部门的雨型应用成果相协调,而且也可以与短历时雨型应用成果相协调,所以推荐采用参考水利部门的雨型分布成果的长历时雨型作为设计暴雨雨型。

## 4. 结论及建议

(1) 暴雨强度公式推求依据国家《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014 年版)和《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》推荐的方法,采用了气象部门已业务化运行的暴雨强度计算系统,计算过程规范,结果满足规范要求。

(2) 本项目采用佛山市三水、南海、顺德国家气象站 1980 年 1 月~2015 年 12 月份共 36 年各个历时暴雨数据,由气象部门已业务化运行的“降水自记纸彩色扫描数字化处理系统”对原始数据进行信息化处理,数据精度高,能准确实现“不漏场次、不漏最大值”的挑选降雨场次的原则,统计样本准确可靠。

(3) 短历时(120 分钟)设计暴雨雨型采用芝加哥法雨型。考虑到与水利部门的雨型应用成果相协调,长历时(1440 分钟)设计暴雨雨型以水利部门的雨型雨峰位置,同时参考芝加哥法雨型在 5 分钟时段的位置计算的雨型分布,不仅能够很好的与水利部门的雨型应用成果相协调,而且也可以与短历时雨型应用成果相协调,所以推荐采用参考水利部门的雨型分布成果的长历时(1440 分钟)雨型作为设计暴雨雨型。

(4) 在气候变化的背景下,各地极端降水特点不断变化,建议每隔 10 年对佛山市暴雨强度公式和雨型进行修编,同时,为深化佛山市的海绵城市建设,进一步开展暴雨内涝监测预警,开展台风与非台风的典型雨型研究。

## 5. 参考文献

- [1] 室外设计排水规范 (GB50014-2006, 2014 年版), 中国计划出版社, 2014.
- [2] 城市暴雨强度公式编制及应用方法. 金家明. 中国市政工程, 2010(1): 38-39
- [3] 水文学中雨强公式参数求解的一种最优化方法. 陈正洪, 王海军, 张小丽等., 应用气象学报, 2007, 18(2): 237-241
- [4] 上海市短历时暴雨强度公式研究. 徐连军, 励建全, 李田等, 中国市政工程. 2007(4): 46-48
- [5] 暴雨强度公式推求方法探讨. 邱兆富, 周琪, 张智等. 城市道桥与防洪, 2004(1): 47-49
- [6] 珠江三角洲地区城市暴雨强度公式研究. 毛慧琴, 宋丽莉, 杜尧东. 自然灾害学报, 2003, 12(2)
- [7] 《给水排水设计手册(第5册)城镇排水》, 中国建筑工业出版社, 2003.
- [8] 编制兰州市暴雨强度公式中频率曲线的比较. 季日臣, 郭晓东, 刘有录. 兰州铁道学院学报(自然科学版). 2002, 21(1): 64-66
- [9] 瑞安市暴雨强度概率分布公式参数估计研究. 顾俊强, 陈海燕, 徐集云. 应用气象学报, 2000, 11(3): 355-363
- [10] 暴雨强度计算系统及其应用. 植石群, 宋丽莉, 罗金铃等. 气象, 2000, 26(6): 30-33
- [11] 暴雨选样与频率分布模型及其应用. 邓培德. 给水排水, 1996, (2): 5-9
- [12] Chow V. T. , Statistical and probability analysis of hydrologic data, sec. 8-I in handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, 1964
- [13] 对现行规范中城市暴雨强度公式编制方法的探讨与建议. 邵尧明, 中国给水排水, 2009, 25(5): 124-126

- [14] 城市暴雨强度公式编制及应用方法. 金家明, 中国市政工程, 2010, (1): 38-39
- [15] 用高斯-牛顿法确定暴雨强度公式参数, 张子贤, 河海大学学报, 1995, 23(5): 106-111
- [16] 城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则, 国家住建部、中国气象局, 2014

## 6. 附 件

### 6.1 三水区暴雨强度公式及计算图表

# 佛山市三水区暴雨强度公式及计算图表

广东省佛山市气象局

广东省气象防灾技术服务中心

二〇一六年六月

## 说

1. 本计算图表以三水国家地面气象观测站 36 年(1980~2015 年)连续自记雨量记录为基础,利用国内先进的“降水数字化处理系统”得到高精度的原始数据而进行编制。

2. 以重现期 2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100(年)相应的单一重现期暴雨强度公式制表。设计暴雨强度可按选定设计重现期直接查用表列数值(单一重现期暴雨强度公式见表一)。

3. 若采用其它重现期,设计暴雨强度可用重现期区间参数公式计算:

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n}$$

式中:  $q$ —设计暴雨强度(升/秒·公顷)

$t$ —降雨历时(分钟)

$A$ —雨力

$b$ 、 $n$ —地方常数

( $A$ 、 $b$ 、 $n$  按重现期区间参数公式计算,公式见表二)

4. 考虑到绘制全国城市暴雨公式等值线图,列出包含重现期在内的暴雨强度总公式:

$$q = \frac{2544.537(1 + 0.685LnP)}{(t + 10.789)^{0.703}}$$

因总公式精度不及重现期区间参数公式,故建议推求其它重现期设计暴雨强度时使用区间参数公式。

## 明

应用重现期区间参数公式计算暴雨强度实例:求  $P=25$  年, $t=50$  分钟的暴雨强度  $q$ 。

从重现期区间参数公式 II, 得:

$$n = 0.679 + 0.007Ln(P - 7.842)$$

$$= 0.698897 \text{ (取 } 0.699 \text{)}$$

$$b = 9.144 + 0.273Ln(P - 7.842)$$

$$= 9.919993 \text{ (取 } 9.920 \text{)}$$

$$A = 14.006 + 4.671Ln(P - 2.870)$$

$$= 28.47178 \text{ (取 } 28.472 \text{)}$$

配得  $P=25$  年的暴雨强度计算公式如下:

$$q = \frac{167 \times 28.472}{(t + 9.92)^{0.699}}$$

可按上式计算 1~200 分钟中任何时段的暴雨强度。

当  $t=50$ :

$$q = \frac{167 \times 28.472}{(50 + 9.92)^{0.699}} = 272.027 \text{ (升/秒/公顷)}$$

## 5. 公式误差

重现期 2~20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为: 0.047 (mm/min), 平均相对均方差为: 3.72%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006, 2014 年版)提出的要求。

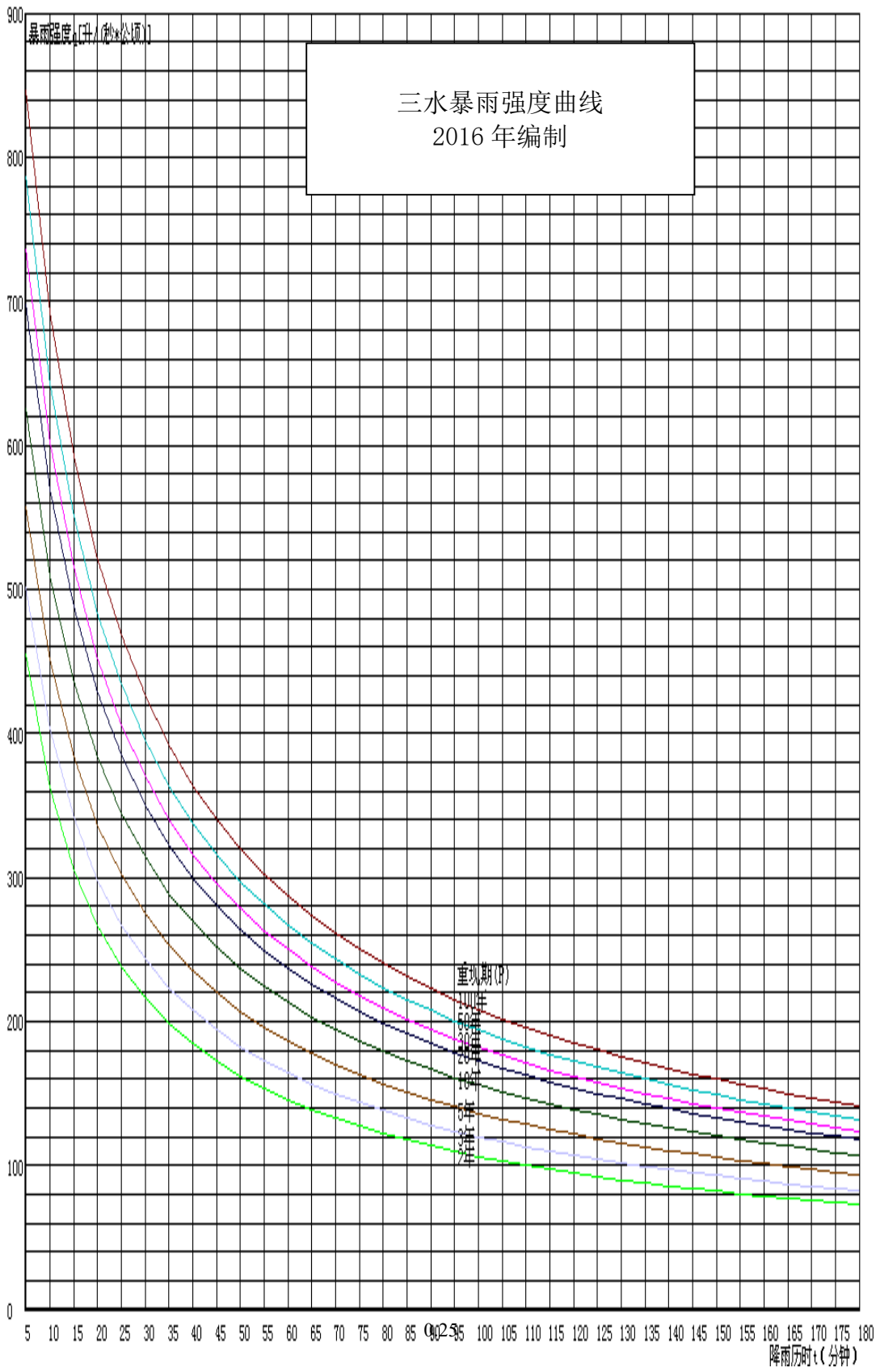


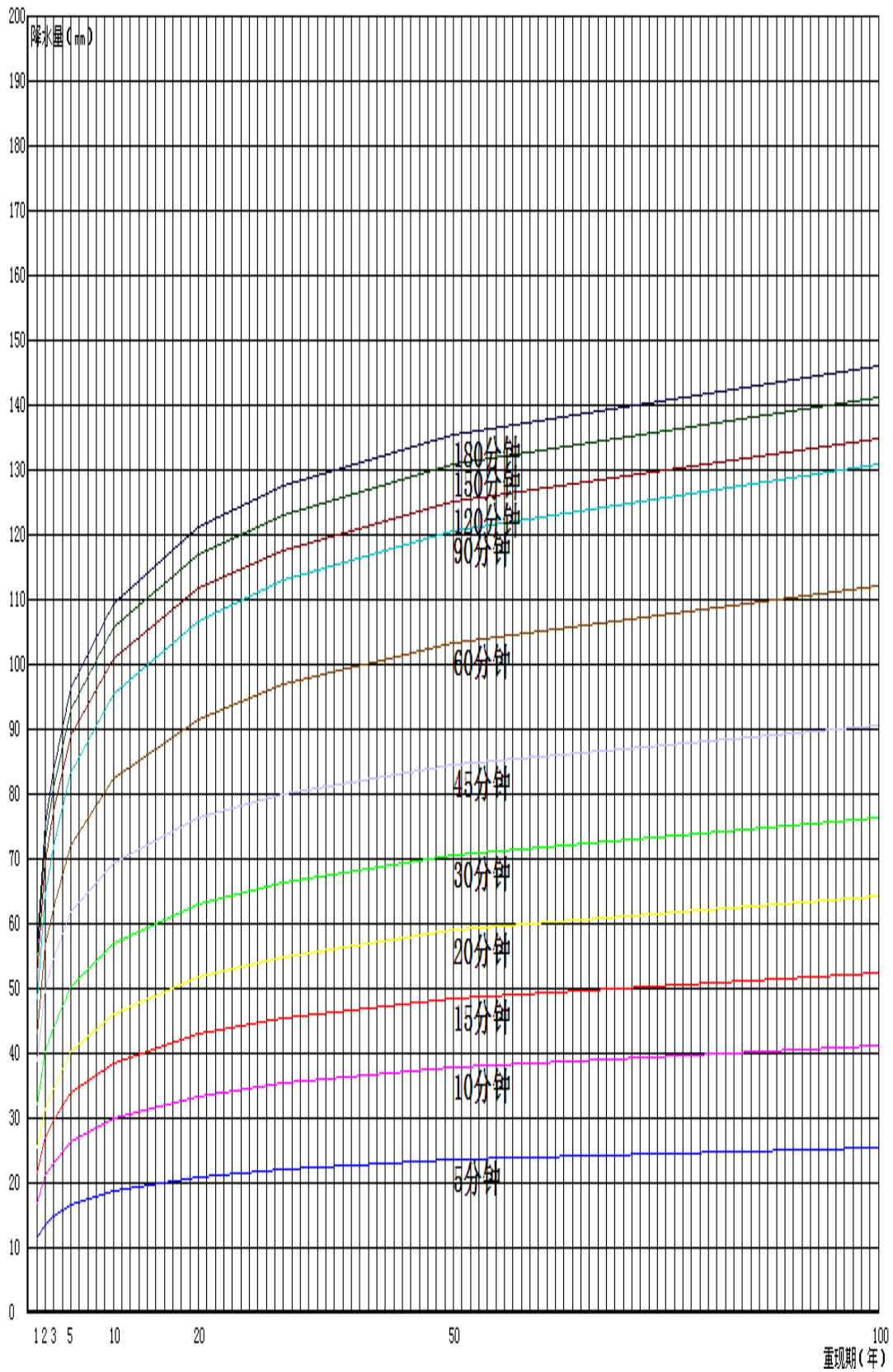
表一 单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2       | $2463.584 / (t + 7.363)^{0.672}$  |
| P=3       | $2820.296 / (t + 7.960)^{0.674}$  |
| P=5       | $3261.51 / (t + 8.589)^{0.677}$   |
| P=10      | $3871.227 / (t + 9.354)^{0.684}$  |
| P=20      | $4555.092 / (t + 9.826)^{0.696}$  |
| P=30      | $4913.641 / (t + 9.990)^{0.701}$  |
| P=40      | $5158.463 / (t + 10.091)^{0.703}$ |
| P=50      | $5344.501 / (t + 10.165)^{0.705}$ |
| P=60      | $5494.634 / (t + 10.224)^{0.707}$ |
| P=70      | $5620.385 / (t + 10.271)^{0.708}$ |
| P=80      | $5728.768 / (t + 10.312)^{0.709}$ |
| P=90      | $5823.791 / (t + 10.348)^{0.710}$ |
| P=100     | $5908.627 / (t + 10.379)^{0.711}$ |

表二 重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间 | 参数 | 公 式                             |
|--------|----|----|---------------------------------|
| 1 — 10 | I  | n  | $0.669 + 0.005 \ln(P - 0.099)$  |
|        |    | b  | $7.217 + 0.962 \ln(P - 0.836)$  |
|        |    | A  | $11.576 + 5.015 \ln(P - 0.116)$ |
| 10—100 | II | n  | $0.679 + 0.007 \ln(P - 7.842)$  |
|        |    | b  | $9.144 + 0.273 \ln(P - 7.842)$  |
|        |    | A  | $14.006 + 4.671 \ln(P - 2.870)$ |





各历时降水量与重现期曲线图

P=2 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 591.208 | 27 | 228.725 | 53 | 156.635 | 79  | 123.128 | 105 | 103.169 | 131 | 89.702 | 157 | 79.900 |
| 2  | 547.995 | 28 | 224.358 | 54 | 154.915 | 80  | 122.179 | 106 | 102.556 | 132 | 89.269 | 158 | 79.575 |
| 3  | 511.872 | 29 | 220.193 | 55 | 153.242 | 81  | 121.248 | 107 | 101.953 | 133 | 88.841 | 159 | 79.253 |
| 4  | 481.145 | 30 | 216.215 | 56 | 151.612 | 82  | 120.334 | 108 | 101.358 | 134 | 88.418 | 160 | 78.935 |
| 5  | 454.632 | 31 | 212.412 | 57 | 150.025 | 83  | 119.438 | 109 | 100.772 | 135 | 88.000 | 161 | 78.619 |
| 6  | 431.479 | 32 | 208.770 | 58 | 148.479 | 84  | 118.558 | 110 | 100.194 | 136 | 87.587 | 162 | 78.307 |
| 7  | 411.054 | 33 | 205.280 | 59 | 146.971 | 85  | 117.694 | 111 | 99.625  | 137 | 87.179 | 163 | 77.998 |
| 8  | 392.876 | 34 | 201.932 | 60 | 145.502 | 86  | 116.845 | 112 | 99.063  | 138 | 86.776 | 164 | 77.692 |
| 9  | 376.575 | 35 | 198.716 | 61 | 144.068 | 87  | 116.011 | 113 | 98.509  | 139 | 86.377 | 165 | 77.389 |
| 10 | 361.859 | 36 | 195.624 | 62 | 142.669 | 88  | 115.192 | 114 | 97.963  | 140 | 85.983 | 166 | 77.088 |
| 11 | 348.496 | 37 | 192.650 | 63 | 141.303 | 89  | 114.388 | 115 | 97.424  | 141 | 85.593 | 167 | 76.791 |
| 12 | 336.296 | 38 | 189.786 | 64 | 139.970 | 90  | 113.597 | 116 | 96.893  | 142 | 85.207 | 168 | 76.496 |
| 13 | 325.107 | 39 | 187.025 | 65 | 138.667 | 91  | 112.820 | 117 | 96.368  | 143 | 84.826 | 169 | 76.205 |
| 14 | 314.800 | 40 | 184.362 | 66 | 137.394 | 92  | 112.055 | 118 | 95.851  | 144 | 84.449 | 170 | 75.916 |
| 15 | 305.269 | 41 | 181.792 | 67 | 136.149 | 93  | 111.304 | 119 | 95.341  | 145 | 84.076 | 171 | 75.629 |
| 16 | 296.426 | 42 | 179.309 | 68 | 134.933 | 94  | 110.565 | 120 | 94.837  | 146 | 83.707 | 172 | 75.346 |
| 17 | 288.194 | 43 | 176.908 | 69 | 133.743 | 95  | 109.838 | 121 | 94.340  | 147 | 83.342 | 173 | 75.065 |
| 18 | 280.508 | 44 | 174.586 | 70 | 132.578 | 96  | 109.122 | 122 | 93.849  | 148 | 82.982 | 174 | 74.786 |
| 19 | 273.312 | 45 | 172.339 | 71 | 131.439 | 97  | 108.419 | 123 | 93.365  | 149 | 82.625 | 175 | 74.511 |
| 20 | 266.559 | 46 | 170.162 | 72 | 130.324 | 98  | 107.726 | 124 | 92.887  | 150 | 82.271 | 176 | 74.237 |
| 21 | 260.206 | 47 | 168.052 | 73 | 129.232 | 99  | 107.044 | 125 | 92.415  | 151 | 81.922 | 177 | 73.966 |
| 22 | 254.218 | 48 | 166.006 | 74 | 128.162 | 100 | 106.373 | 126 | 91.948  | 152 | 81.576 | 178 | 73.698 |
| 23 | 248.560 | 49 | 164.021 | 75 | 127.115 | 101 | 105.713 | 127 | 91.488  | 153 | 81.234 | 179 | 73.432 |
| 24 | 243.206 | 50 | 162.094 | 76 | 126.088 | 102 | 105.062 | 128 | 91.033  | 154 | 80.895 | 180 | 73.168 |
| 25 | 238.130 | 51 | 160.222 | 77 | 125.082 | 103 | 104.422 | 129 | 90.584  | 155 | 80.560 | 181 | 72.907 |
| 26 | 233.310 | 52 | 158.403 | 78 | 124.095 | 104 | 103.790 | 130 | 90.140  | 156 | 80.228 | 182 | 72.648 |

P=3 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 643.338 | 27 | 256.997 | 53 | 176.675 | 79  | 139.057 | 105 | 116.580 | 131 | 101.388 | 157 | 90.319 |
| 2  | 599.057 | 28 | 252.158 | 54 | 174.748 | 80  | 137.990 | 106 | 115.889 | 132 | 100.899 | 158 | 89.952 |
| 3  | 561.646 | 29 | 247.539 | 55 | 172.872 | 81  | 136.942 | 107 | 115.209 | 133 | 100.416 | 159 | 89.589 |
| 4  | 529.546 | 30 | 243.125 | 56 | 171.046 | 82  | 135.914 | 108 | 114.538 | 134 | 99.939  | 160 | 89.229 |
| 5  | 501.648 | 31 | 238.901 | 57 | 169.267 | 83  | 134.905 | 109 | 113.877 | 135 | 99.467  | 161 | 88.873 |
| 6  | 477.136 | 32 | 234.855 | 58 | 167.533 | 84  | 133.915 | 110 | 113.226 | 136 | 99.001  | 162 | 88.520 |
| 7  | 455.398 | 33 | 230.975 | 59 | 165.842 | 85  | 132.942 | 111 | 112.583 | 137 | 98.540  | 163 | 88.171 |
| 8  | 435.964 | 34 | 227.250 | 60 | 164.193 | 86  | 131.987 | 112 | 111.950 | 138 | 98.085  | 164 | 87.825 |
| 9  | 418.467 | 35 | 223.671 | 61 | 162.585 | 87  | 131.049 | 113 | 111.325 | 139 | 97.634  | 165 | 87.482 |
| 10 | 402.617 | 36 | 220.229 | 62 | 161.015 | 88  | 130.127 | 114 | 110.709 | 140 | 97.189  | 166 | 87.143 |
| 11 | 388.179 | 37 | 216.915 | 63 | 159.482 | 89  | 129.220 | 115 | 110.102 | 141 | 96.749  | 167 | 86.807 |
| 12 | 374.961 | 38 | 213.723 | 64 | 157.985 | 90  | 128.330 | 116 | 109.502 | 142 | 96.314  | 168 | 86.474 |
| 13 | 362.808 | 39 | 210.644 | 65 | 156.522 | 91  | 127.454 | 117 | 108.911 | 143 | 95.883  | 169 | 86.144 |
| 14 | 351.588 | 40 | 207.674 | 66 | 155.092 | 92  | 126.594 | 118 | 108.327 | 144 | 95.457  | 170 | 85.818 |
| 15 | 341.193 | 41 | 204.805 | 67 | 153.695 | 93  | 125.747 | 119 | 107.751 | 145 | 95.036  | 171 | 85.494 |
| 16 | 331.528 | 42 | 202.033 | 68 | 152.328 | 94  | 124.915 | 120 | 107.183 | 146 | 94.620  | 172 | 85.174 |
| 17 | 322.516 | 43 | 199.353 | 69 | 150.991 | 95  | 124.096 | 121 | 106.622 | 147 | 94.208  | 173 | 84.856 |
| 18 | 314.089 | 44 | 196.759 | 70 | 149.683 | 96  | 123.290 | 122 | 106.069 | 148 | 93.800  | 174 | 84.542 |
| 19 | 306.189 | 45 | 194.247 | 71 | 148.403 | 97  | 122.497 | 123 | 105.522 | 149 | 93.397  | 175 | 84.230 |
| 20 | 298.764 | 46 | 191.813 | 72 | 147.149 | 98  | 121.716 | 124 | 104.982 | 150 | 92.998  | 176 | 83.921 |
| 21 | 291.771 | 47 | 189.454 | 73 | 145.922 | 99  | 120.948 | 125 | 104.450 | 151 | 92.603  | 177 | 83.615 |
| 22 | 285.171 | 48 | 187.165 | 74 | 144.719 | 100 | 120.192 | 126 | 103.923 | 152 | 92.213  | 178 | 83.312 |
| 23 | 278.930 | 49 | 184.944 | 75 | 143.541 | 101 | 119.447 | 127 | 103.404 | 153 | 91.826  | 179 | 83.011 |
| 24 | 273.017 | 50 | 182.787 | 76 | 142.387 | 102 | 118.714 | 128 | 102.891 | 154 | 91.444  | 180 | 82.713 |
| 25 | 267.406 | 51 | 180.692 | 77 | 141.255 | 103 | 117.992 | 129 | 102.384 | 155 | 91.065  | 181 | 82.418 |
| 26 | 262.073 | 52 | 178.655 | 78 | 140.145 | 104 | 117.281 | 130 | 101.883 | 156 | 90.690  | 182 | 82.125 |

P=5 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 705.924 | 27 | 290.521 | 53 | 200.413 | 79  | 157.899 | 105 | 132.421 | 131 | 115.174 | 157 | 102.597 |
| 2  | 660.073 | 28 | 285.122 | 54 | 198.239 | 80  | 156.690 | 106 | 131.637 | 132 | 114.619 | 158 | 102.180 |
| 3  | 620.954 | 29 | 279.964 | 55 | 196.123 | 81  | 155.504 | 107 | 130.865 | 133 | 114.070 | 159 | 101.766 |
| 4  | 587.117 | 30 | 275.032 | 56 | 194.062 | 82  | 154.340 | 108 | 130.104 | 134 | 113.528 | 160 | 101.357 |
| 5  | 557.508 | 31 | 270.309 | 57 | 192.054 | 83  | 153.197 | 109 | 129.354 | 135 | 112.992 | 161 | 100.952 |
| 6  | 531.341 | 32 | 265.782 | 58 | 190.097 | 84  | 152.075 | 110 | 128.615 | 136 | 112.462 | 162 | 100.551 |
| 7  | 508.020 | 33 | 261.439 | 59 | 188.188 | 85  | 150.973 | 111 | 127.886 | 137 | 111.939 | 163 | 100.154 |
| 8  | 487.080 | 34 | 257.267 | 60 | 186.326 | 86  | 149.891 | 112 | 127.167 | 138 | 111.421 | 164 | 99.761  |
| 9  | 468.156 | 35 | 253.256 | 61 | 184.509 | 87  | 148.827 | 113 | 126.458 | 139 | 110.910 | 165 | 99.372  |
| 10 | 450.954 | 36 | 249.397 | 62 | 182.736 | 88  | 147.782 | 114 | 125.758 | 140 | 110.404 | 166 | 98.986  |
| 11 | 435.238 | 37 | 245.680 | 63 | 181.004 | 89  | 146.755 | 115 | 125.069 | 141 | 109.904 | 167 | 98.604  |
| 12 | 420.812 | 38 | 242.098 | 64 | 179.312 | 90  | 145.746 | 116 | 124.388 | 142 | 109.409 | 168 | 98.226  |
| 13 | 407.515 | 39 | 238.642 | 65 | 177.659 | 91  | 144.754 | 117 | 123.717 | 143 | 108.920 | 169 | 97.851  |
| 14 | 395.212 | 40 | 235.306 | 66 | 176.043 | 92  | 143.778 | 118 | 123.054 | 144 | 108.436 | 170 | 97.479  |
| 15 | 383.791 | 41 | 232.083 | 67 | 174.463 | 93  | 142.818 | 119 | 122.400 | 145 | 107.958 | 171 | 97.112  |
| 16 | 373.153 | 42 | 228.967 | 68 | 172.917 | 94  | 141.874 | 120 | 121.755 | 146 | 107.484 | 172 | 96.747  |
| 17 | 363.217 | 43 | 225.953 | 69 | 171.405 | 95  | 140.946 | 121 | 121.118 | 147 | 107.016 | 173 | 96.386  |
| 18 | 353.912 | 44 | 223.035 | 70 | 169.926 | 96  | 140.032 | 122 | 120.490 | 148 | 106.553 | 174 | 96.029  |
| 19 | 345.176 | 45 | 220.209 | 71 | 168.477 | 97  | 139.133 | 123 | 119.869 | 149 | 106.095 | 175 | 95.674  |
| 20 | 336.955 | 46 | 217.470 | 72 | 167.059 | 98  | 138.248 | 124 | 119.256 | 150 | 105.641 | 176 | 95.323  |
| 21 | 329.203 | 47 | 214.813 | 73 | 165.670 | 99  | 137.376 | 125 | 118.651 | 151 | 105.193 | 177 | 94.975  |
| 22 | 321.878 | 48 | 212.236 | 74 | 164.309 | 100 | 136.519 | 126 | 118.054 | 152 | 104.749 | 178 | 94.630  |
| 23 | 314.944 | 49 | 209.734 | 75 | 162.976 | 101 | 135.674 | 127 | 117.463 | 153 | 104.310 | 179 | 94.288  |
| 24 | 308.368 | 50 | 207.304 | 76 | 161.669 | 102 | 134.842 | 128 | 116.881 | 154 | 103.875 | 180 | 93.949  |
| 25 | 302.123 | 51 | 204.942 | 77 | 160.388 | 103 | 134.023 | 129 | 116.305 | 155 | 103.444 | 181 | 93.614  |
| 26 | 296.181 | 52 | 202.646 | 78 | 159.132 | 104 | 133.216 | 130 | 115.736 | 156 | 103.019 | 182 | 93.281  |

P=10(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 782.555 | 27 | 331.460 | 53 | 229.172 | 79  | 180.563 | 105 | 151.358 | 131 | 131.567 | 157 | 117.128 |
| 2  | 734.728 | 28 | 325.364 | 54 | 226.691 | 80  | 179.179 | 106 | 150.459 | 132 | 130.930 | 158 | 116.649 |
| 3  | 693.509 | 29 | 319.538 | 55 | 224.276 | 81  | 177.820 | 107 | 149.573 | 133 | 130.300 | 159 | 116.175 |
| 4  | 657.553 | 30 | 313.961 | 56 | 221.923 | 82  | 176.486 | 108 | 148.700 | 134 | 129.677 | 160 | 115.705 |
| 5  | 625.863 | 31 | 308.619 | 57 | 219.630 | 83  | 175.177 | 109 | 147.840 | 135 | 129.062 | 161 | 115.240 |
| 6  | 597.686 | 32 | 303.494 | 58 | 217.394 | 84  | 173.891 | 110 | 146.991 | 136 | 128.454 | 162 | 114.780 |
| 7  | 572.440 | 33 | 298.575 | 59 | 215.214 | 85  | 172.629 | 111 | 146.155 | 137 | 127.853 | 163 | 114.324 |
| 8  | 549.667 | 34 | 293.847 | 60 | 213.086 | 86  | 171.388 | 112 | 145.330 | 138 | 127.259 | 164 | 113.872 |
| 9  | 529.001 | 35 | 289.299 | 61 | 211.010 | 87  | 170.170 | 113 | 144.517 | 139 | 126.672 | 165 | 113.425 |
| 10 | 510.149 | 36 | 284.920 | 62 | 208.983 | 88  | 168.972 | 114 | 143.714 | 140 | 126.091 | 166 | 112.982 |
| 11 | 492.870 | 37 | 280.702 | 63 | 207.003 | 89  | 167.795 | 115 | 142.923 | 141 | 125.517 | 167 | 112.544 |
| 12 | 476.963 | 38 | 276.633 | 64 | 205.068 | 90  | 166.638 | 116 | 142.142 | 142 | 124.949 | 168 | 112.109 |
| 13 | 462.264 | 39 | 272.707 | 65 | 203.178 | 91  | 165.500 | 117 | 141.371 | 143 | 124.387 | 169 | 111.679 |
| 14 | 448.631 | 40 | 268.916 | 66 | 201.330 | 92  | 164.382 | 118 | 140.611 | 144 | 123.832 | 170 | 111.253 |
| 15 | 435.948 | 41 | 265.251 | 67 | 199.522 | 93  | 163.281 | 119 | 139.861 | 145 | 123.283 | 171 | 110.830 |
| 16 | 424.112 | 42 | 261.707 | 68 | 197.755 | 94  | 162.199 | 120 | 139.121 | 146 | 122.739 | 172 | 110.412 |
| 17 | 413.038 | 43 | 258.278 | 69 | 196.025 | 95  | 161.134 | 121 | 138.390 | 147 | 122.202 | 173 | 109.997 |
| 18 | 402.649 | 44 | 254.957 | 70 | 194.332 | 96  | 160.087 | 122 | 137.668 | 148 | 121.670 | 174 | 109.587 |
| 19 | 392.880 | 45 | 251.739 | 71 | 192.674 | 97  | 159.056 | 123 | 136.956 | 149 | 121.144 | 175 | 109.180 |
| 20 | 383.676 | 46 | 248.619 | 72 | 191.051 | 98  | 158.041 | 124 | 136.253 | 150 | 120.624 | 176 | 108.777 |
| 21 | 374.984 | 47 | 245.593 | 73 | 189.461 | 99  | 157.042 | 125 | 135.558 | 151 | 120.109 | 177 | 108.377 |
| 22 | 366.762 | 48 | 242.656 | 74 | 187.904 | 100 | 156.058 | 126 | 134.872 | 152 | 119.599 | 178 | 107.981 |
| 23 | 358.970 | 49 | 239.804 | 75 | 186.377 | 101 | 155.089 | 127 | 134.195 | 153 | 119.095 | 179 | 107.588 |
| 24 | 351.573 | 50 | 237.033 | 76 | 184.881 | 102 | 154.135 | 128 | 133.526 | 154 | 118.595 | 180 | 107.200 |
| 25 | 344.540 | 51 | 234.340 | 77 | 183.414 | 103 | 153.196 | 129 | 132.865 | 155 | 118.101 | 181 | 106.814 |
| 26 | 337.844 | 52 | 231.720 | 78 | 181.975 | 104 | 152.270 | 130 | 132.212 | 156 | 117.612 | 182 | 106.432 |

P=20(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 867.975 | 27 | 370.215 | 53 | 255.266 | 79  | 200.592 | 105 | 167.768 | 131 | 145.551 | 157 | 129.360 |
| 2  | 816.210 | 28 | 363.375 | 54 | 252.475 | 80  | 199.035 | 106 | 166.759 | 132 | 144.836 | 158 | 128.824 |
| 3  | 771.375 | 29 | 356.835 | 55 | 249.758 | 81  | 197.507 | 107 | 165.764 | 133 | 144.129 | 159 | 128.292 |
| 4  | 732.103 | 30 | 350.575 | 56 | 247.111 | 82  | 196.008 | 108 | 164.783 | 134 | 143.431 | 160 | 127.766 |
| 5  | 697.372 | 31 | 344.576 | 57 | 244.532 | 83  | 194.536 | 109 | 163.817 | 135 | 142.741 | 161 | 127.245 |
| 6  | 666.400 | 32 | 338.821 | 58 | 242.017 | 84  | 193.090 | 110 | 162.864 | 136 | 142.059 | 162 | 126.729 |
| 7  | 638.579 | 33 | 333.295 | 59 | 239.564 | 85  | 191.671 | 111 | 161.925 | 137 | 141.385 | 163 | 126.218 |
| 8  | 613.428 | 34 | 327.983 | 60 | 237.171 | 86  | 190.276 | 112 | 160.999 | 138 | 140.718 | 164 | 125.712 |
| 9  | 590.562 | 35 | 322.873 | 61 | 234.835 | 87  | 188.906 | 113 | 160.085 | 139 | 140.060 | 165 | 125.211 |
| 10 | 569.668 | 36 | 317.953 | 62 | 232.555 | 88  | 187.560 | 114 | 159.184 | 140 | 139.408 | 166 | 124.715 |
| 11 | 550.488 | 37 | 313.212 | 63 | 230.327 | 89  | 186.237 | 115 | 158.296 | 141 | 138.764 | 167 | 124.224 |
| 12 | 532.808 | 38 | 308.639 | 64 | 228.152 | 90  | 184.937 | 116 | 157.419 | 142 | 138.128 | 168 | 123.737 |
| 13 | 516.452 | 39 | 304.226 | 65 | 226.025 | 91  | 183.658 | 117 | 156.554 | 143 | 137.498 | 169 | 123.255 |
| 14 | 501.268 | 40 | 299.963 | 66 | 223.946 | 92  | 182.401 | 118 | 155.701 | 144 | 136.875 | 170 | 122.778 |
| 15 | 487.127 | 41 | 295.843 | 67 | 221.913 | 93  | 181.165 | 119 | 154.858 | 145 | 136.259 | 171 | 122.305 |
| 16 | 473.920 | 42 | 291.858 | 68 | 219.925 | 94  | 179.948 | 120 | 154.027 | 146 | 135.650 | 172 | 121.836 |
| 17 | 461.554 | 43 | 288.002 | 69 | 217.979 | 95  | 178.752 | 121 | 153.207 | 147 | 135.047 | 173 | 121.372 |
| 18 | 449.945 | 44 | 284.267 | 70 | 216.075 | 96  | 177.575 | 122 | 152.397 | 148 | 134.451 | 174 | 120.912 |
| 19 | 439.023 | 45 | 280.648 | 71 | 214.211 | 97  | 176.416 | 123 | 151.598 | 149 | 133.862 | 175 | 120.456 |
| 20 | 428.725 | 46 | 277.140 | 72 | 212.385 | 98  | 175.276 | 124 | 150.808 | 150 | 133.278 | 176 | 120.005 |
| 21 | 418.997 | 47 | 273.736 | 73 | 210.597 | 99  | 174.153 | 125 | 150.029 | 151 | 132.701 | 177 | 119.557 |
| 22 | 409.790 | 48 | 270.433 | 74 | 208.846 | 100 | 173.048 | 126 | 149.259 | 152 | 132.129 | 178 | 119.114 |
| 23 | 401.060 | 49 | 267.225 | 75 | 207.129 | 101 | 171.960 | 127 | 148.499 | 153 | 131.564 | 179 | 118.675 |
| 24 | 392.770 | 50 | 264.108 | 76 | 205.446 | 102 | 170.888 | 128 | 147.748 | 154 | 131.005 | 180 | 118.239 |
| 25 | 384.886 | 51 | 261.078 | 77 | 203.797 | 103 | 169.832 | 129 | 147.007 | 155 | 130.451 | 181 | 117.808 |
| 26 | 377.377 | 52 | 258.132 | 78 | 202.179 | 104 | 168.792 | 130 | 146.274 | 156 | 129.903 | 182 | 117.380 |



P=30(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 916.219 | 27 | 391.446 | 53 | 269.576 | 79  | 211.607 | 105 | 176.819 | 131 | 153.285 | 157 | 136.143 |
| 2  | 861.981 | 28 | 384.198 | 54 | 266.617 | 80  | 209.956 | 106 | 175.750 | 132 | 152.528 | 158 | 135.575 |
| 3  | 814.930 | 29 | 377.267 | 55 | 263.736 | 81  | 208.337 | 107 | 174.696 | 133 | 151.779 | 159 | 135.012 |
| 4  | 773.663 | 30 | 370.631 | 56 | 260.930 | 82  | 206.747 | 108 | 173.657 | 134 | 151.040 | 160 | 134.455 |
| 5  | 737.127 | 31 | 364.272 | 57 | 258.194 | 83  | 205.187 | 109 | 172.633 | 135 | 150.309 | 161 | 133.904 |
| 6  | 704.514 | 32 | 358.172 | 58 | 255.527 | 84  | 203.655 | 110 | 171.624 | 136 | 149.587 | 162 | 133.358 |
| 7  | 675.196 | 33 | 352.313 | 59 | 252.926 | 85  | 202.150 | 111 | 170.629 | 137 | 148.873 | 163 | 132.817 |
| 8  | 648.674 | 34 | 346.682 | 60 | 250.389 | 86  | 200.672 | 112 | 169.647 | 138 | 148.168 | 164 | 132.282 |
| 9  | 624.546 | 35 | 341.265 | 61 | 247.912 | 87  | 199.220 | 113 | 168.680 | 139 | 147.470 | 165 | 131.752 |
| 10 | 602.487 | 36 | 336.048 | 62 | 245.494 | 88  | 197.794 | 114 | 167.725 | 140 | 146.781 | 166 | 131.227 |
| 11 | 582.228 | 37 | 331.021 | 63 | 243.133 | 89  | 196.391 | 115 | 166.784 | 141 | 146.099 | 167 | 130.707 |
| 12 | 563.547 | 38 | 326.173 | 64 | 240.826 | 90  | 195.013 | 116 | 165.855 | 142 | 145.425 | 168 | 130.192 |
| 13 | 546.257 | 39 | 321.493 | 65 | 238.571 | 91  | 193.658 | 117 | 164.939 | 143 | 144.758 | 169 | 129.682 |
| 14 | 530.201 | 40 | 316.973 | 66 | 236.367 | 92  | 192.326 | 118 | 164.035 | 144 | 144.099 | 170 | 129.177 |
| 15 | 515.244 | 41 | 312.605 | 67 | 234.211 | 93  | 191.015 | 119 | 163.143 | 145 | 143.446 | 171 | 128.676 |
| 16 | 501.272 | 42 | 308.379 | 68 | 232.103 | 94  | 189.726 | 120 | 162.262 | 146 | 142.802 | 172 | 128.180 |
| 17 | 488.185 | 43 | 304.290 | 69 | 230.040 | 95  | 188.458 | 121 | 161.394 | 147 | 142.164 | 173 | 127.689 |
| 18 | 475.897 | 44 | 300.330 | 70 | 228.021 | 96  | 187.211 | 122 | 160.536 | 148 | 141.532 | 174 | 127.202 |
| 19 | 464.334 | 45 | 296.493 | 71 | 226.045 | 97  | 185.983 | 123 | 159.689 | 149 | 140.908 | 175 | 126.720 |
| 20 | 453.431 | 46 | 292.772 | 72 | 224.110 | 98  | 184.775 | 124 | 158.853 | 150 | 140.290 | 176 | 126.242 |
| 21 | 443.128 | 47 | 289.163 | 73 | 222.214 | 99  | 183.585 | 125 | 158.027 | 151 | 139.679 | 177 | 125.769 |
| 22 | 433.376 | 48 | 285.660 | 74 | 220.357 | 100 | 182.414 | 126 | 157.212 | 152 | 139.075 | 178 | 125.300 |
| 23 | 424.129 | 49 | 282.258 | 75 | 218.537 | 101 | 181.261 | 127 | 156.407 | 153 | 138.476 | 179 | 124.835 |
| 24 | 415.347 | 50 | 278.953 | 76 | 216.753 | 102 | 180.125 | 128 | 155.612 | 154 | 137.884 | 180 | 124.374 |
| 25 | 406.993 | 51 | 275.740 | 77 | 215.004 | 103 | 179.007 | 129 | 154.827 | 155 | 137.298 | 181 | 123.917 |
| 26 | 399.036 | 52 | 272.616 | 78 | 213.289 | 104 | 177.905 | 130 | 154.051 | 156 | 136.718 | 182 | 123.465 |

P=40 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 949.695 | 27 | 406.310 | 53 | 279.647 | 79  | 219.387 | 105 | 183.231 | 131 | 158.777 | 157 | 140.970 |
| 2  | 893.754 | 28 | 398.779 | 54 | 276.571 | 80  | 217.671 | 106 | 182.120 | 132 | 157.990 | 158 | 140.380 |
| 3  | 845.177 | 29 | 391.577 | 55 | 273.576 | 81  | 215.988 | 107 | 181.024 | 133 | 157.213 | 159 | 139.796 |
| 4  | 802.537 | 30 | 384.682 | 56 | 270.658 | 82  | 214.336 | 108 | 179.945 | 134 | 156.445 | 160 | 139.217 |
| 5  | 764.758 | 31 | 378.074 | 57 | 267.815 | 83  | 212.714 | 109 | 178.881 | 135 | 155.686 | 161 | 138.644 |
| 6  | 731.017 | 32 | 371.735 | 58 | 265.043 | 84  | 211.122 | 110 | 177.832 | 136 | 154.936 | 162 | 138.077 |
| 7  | 700.668 | 33 | 365.646 | 59 | 262.339 | 85  | 209.558 | 111 | 176.798 | 137 | 154.194 | 163 | 137.516 |
| 8  | 673.202 | 34 | 359.794 | 60 | 259.701 | 86  | 208.022 | 112 | 175.778 | 138 | 153.461 | 164 | 136.960 |
| 9  | 648.205 | 35 | 354.164 | 61 | 257.126 | 87  | 206.512 | 113 | 174.773 | 139 | 152.736 | 165 | 136.409 |
| 10 | 625.343 | 36 | 348.742 | 62 | 254.613 | 88  | 205.030 | 114 | 173.781 | 140 | 152.020 | 166 | 135.864 |
| 11 | 604.342 | 37 | 343.517 | 63 | 252.158 | 89  | 203.572 | 115 | 172.803 | 141 | 151.312 | 167 | 135.324 |
| 12 | 584.970 | 38 | 338.478 | 64 | 249.760 | 90  | 202.140 | 116 | 171.838 | 142 | 150.611 | 168 | 134.789 |
| 13 | 567.037 | 39 | 333.614 | 65 | 247.416 | 91  | 200.731 | 117 | 170.886 | 143 | 149.919 | 169 | 134.259 |
| 14 | 550.380 | 40 | 328.916 | 66 | 245.124 | 92  | 199.346 | 118 | 169.947 | 144 | 149.234 | 170 | 133.735 |
| 15 | 534.861 | 41 | 324.375 | 67 | 242.884 | 93  | 197.985 | 119 | 169.020 | 145 | 148.556 | 171 | 133.215 |
| 16 | 520.360 | 42 | 319.983 | 68 | 240.692 | 94  | 196.645 | 120 | 168.105 | 146 | 147.886 | 172 | 132.700 |
| 17 | 506.776 | 43 | 315.732 | 69 | 238.548 | 95  | 195.327 | 121 | 167.202 | 147 | 147.224 | 173 | 132.190 |
| 18 | 494.021 | 44 | 311.616 | 70 | 236.449 | 96  | 194.030 | 122 | 166.311 | 148 | 146.568 | 174 | 131.684 |
| 19 | 482.016 | 45 | 307.627 | 71 | 234.395 | 97  | 192.754 | 123 | 165.431 | 149 | 145.920 | 175 | 131.184 |
| 20 | 470.694 | 46 | 303.760 | 72 | 232.383 | 98  | 191.499 | 124 | 164.562 | 150 | 145.278 | 176 | 130.687 |
| 21 | 459.995 | 47 | 300.008 | 73 | 230.413 | 99  | 190.262 | 125 | 163.705 | 151 | 144.643 | 177 | 130.196 |
| 22 | 449.867 | 48 | 296.367 | 74 | 228.482 | 100 | 189.045 | 126 | 162.858 | 152 | 144.015 | 178 | 129.709 |
| 23 | 440.263 | 49 | 292.830 | 75 | 226.590 | 101 | 187.847 | 127 | 162.021 | 153 | 143.393 | 179 | 129.226 |
| 24 | 431.140 | 50 | 289.395 | 76 | 224.736 | 102 | 186.667 | 128 | 161.195 | 154 | 142.778 | 180 | 128.747 |
| 25 | 422.462 | 51 | 286.055 | 77 | 222.918 | 103 | 185.504 | 129 | 160.379 | 155 | 142.169 | 181 | 128.273 |
| 26 | 414.196 | 52 | 282.807 | 78 | 221.135 | 104 | 184.359 | 130 | 159.573 | 156 | 141.567 | 182 | 127.803 |

P=50(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 975.364 | 27 | 417.794 | 53 | 287.456 | 79  | 225.434 | 105 | 188.225 | 131 | 163.061 | 157 | 144.740 |
| 2  | 918.128 | 28 | 410.047 | 54 | 284.290 | 80  | 223.669 | 106 | 187.081 | 132 | 162.251 | 158 | 144.133 |
| 3  | 868.391 | 29 | 402.637 | 55 | 281.208 | 81  | 221.936 | 107 | 185.954 | 133 | 161.452 | 159 | 143.532 |
| 4  | 824.707 | 30 | 395.544 | 56 | 278.205 | 82  | 220.236 | 108 | 184.843 | 134 | 160.661 | 160 | 142.937 |
| 5  | 785.983 | 31 | 388.745 | 57 | 275.278 | 83  | 218.567 | 109 | 183.748 | 135 | 159.880 | 161 | 142.347 |
| 6  | 751.383 | 32 | 382.222 | 58 | 272.425 | 84  | 216.928 | 110 | 182.669 | 136 | 159.108 | 162 | 141.764 |
| 7  | 720.250 | 33 | 375.958 | 59 | 269.642 | 85  | 215.318 | 111 | 181.604 | 137 | 158.345 | 163 | 141.186 |
| 8  | 692.064 | 34 | 369.936 | 60 | 266.927 | 86  | 213.737 | 112 | 180.555 | 138 | 157.591 | 164 | 140.614 |
| 9  | 666.405 | 35 | 364.143 | 61 | 264.277 | 87  | 212.184 | 113 | 179.520 | 139 | 156.845 | 165 | 140.048 |
| 10 | 642.933 | 36 | 358.564 | 62 | 261.690 | 88  | 210.658 | 114 | 178.500 | 140 | 156.108 | 166 | 139.487 |
| 11 | 621.364 | 37 | 353.187 | 63 | 259.163 | 89  | 209.158 | 115 | 177.493 | 141 | 155.380 | 167 | 138.931 |
| 12 | 601.466 | 38 | 348.002 | 64 | 256.695 | 90  | 207.684 | 116 | 176.500 | 142 | 154.659 | 168 | 138.381 |
| 13 | 583.043 | 39 | 342.996 | 65 | 254.282 | 91  | 206.234 | 117 | 175.521 | 143 | 153.946 | 169 | 137.836 |
| 14 | 565.927 | 40 | 338.162 | 66 | 251.924 | 92  | 204.809 | 118 | 174.554 | 144 | 153.242 | 170 | 137.297 |
| 15 | 549.978 | 41 | 333.489 | 67 | 249.618 | 93  | 203.407 | 119 | 173.600 | 145 | 152.545 | 171 | 136.762 |
| 16 | 535.074 | 42 | 328.969 | 68 | 247.362 | 94  | 202.029 | 120 | 172.659 | 146 | 151.856 | 172 | 136.232 |
| 17 | 521.111 | 43 | 324.594 | 69 | 245.155 | 95  | 200.673 | 121 | 171.730 | 147 | 151.174 | 173 | 135.707 |
| 18 | 507.998 | 44 | 320.358 | 70 | 242.995 | 96  | 199.338 | 122 | 170.813 | 148 | 150.499 | 174 | 135.187 |
| 19 | 495.655 | 45 | 316.253 | 71 | 240.881 | 97  | 198.025 | 123 | 169.907 | 149 | 149.832 | 175 | 134.672 |
| 20 | 484.013 | 46 | 312.273 | 72 | 238.810 | 98  | 196.732 | 124 | 169.014 | 150 | 149.172 | 176 | 134.162 |
| 21 | 473.012 | 47 | 308.411 | 73 | 236.782 | 99  | 195.460 | 125 | 168.131 | 151 | 148.519 | 177 | 133.656 |
| 22 | 462.596 | 48 | 304.664 | 74 | 234.795 | 100 | 194.208 | 126 | 167.260 | 152 | 147.872 | 178 | 133.155 |
| 23 | 452.718 | 49 | 301.024 | 75 | 232.848 | 101 | 192.974 | 127 | 166.399 | 153 | 147.233 | 179 | 132.658 |
| 24 | 443.335 | 50 | 297.488 | 76 | 230.940 | 102 | 191.760 | 128 | 165.549 | 154 | 146.600 | 180 | 132.166 |
| 25 | 434.409 | 51 | 294.051 | 77 | 229.069 | 103 | 190.564 | 129 | 164.709 | 155 | 145.974 | 181 | 131.678 |
| 26 | 425.906 | 52 | 290.708 | 78 | 227.234 | 104 | 189.385 | 130 | 163.880 | 156 | 145.354 | 182 | 131.195 |

P=60(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 995.016 | 27 | 426.452 | 53 | 293.285 | 79  | 229.917 | 105 | 191.905 | 131 | 166.203 | 157 | 147.494 |
| 2  | 936.775 | 28 | 418.537 | 54 | 290.051 | 80  | 228.113 | 106 | 190.736 | 132 | 165.376 | 158 | 146.874 |
| 3  | 886.139 | 29 | 410.968 | 55 | 286.901 | 81  | 226.343 | 107 | 189.585 | 133 | 164.560 | 159 | 146.260 |
| 4  | 841.644 | 30 | 403.721 | 56 | 283.833 | 82  | 224.606 | 108 | 188.450 | 134 | 163.752 | 160 | 145.653 |
| 5  | 802.187 | 31 | 396.775 | 57 | 280.842 | 83  | 222.901 | 109 | 187.332 | 135 | 162.955 | 161 | 145.051 |
| 6  | 766.920 | 32 | 390.111 | 58 | 277.927 | 84  | 221.226 | 110 | 186.229 | 136 | 162.166 | 162 | 144.455 |
| 7  | 735.178 | 33 | 383.711 | 59 | 275.084 | 85  | 219.582 | 111 | 185.143 | 137 | 161.387 | 163 | 143.866 |
| 8  | 706.434 | 34 | 377.559 | 60 | 272.310 | 86  | 217.967 | 112 | 184.071 | 138 | 160.617 | 164 | 143.281 |
| 9  | 680.262 | 35 | 371.640 | 61 | 269.602 | 87  | 216.380 | 113 | 183.014 | 139 | 159.856 | 165 | 142.703 |
| 10 | 656.315 | 36 | 365.940 | 62 | 266.959 | 88  | 214.821 | 114 | 181.972 | 140 | 159.103 | 166 | 142.130 |
| 11 | 634.308 | 37 | 360.447 | 63 | 264.377 | 89  | 213.289 | 115 | 180.943 | 141 | 158.359 | 167 | 141.563 |
| 12 | 614.002 | 38 | 355.148 | 64 | 261.855 | 90  | 211.783 | 116 | 179.929 | 142 | 157.623 | 168 | 141.001 |
| 13 | 595.198 | 39 | 350.034 | 65 | 259.390 | 91  | 210.302 | 117 | 178.929 | 143 | 156.895 | 169 | 140.445 |
| 14 | 577.727 | 40 | 345.095 | 66 | 256.981 | 92  | 208.846 | 118 | 177.941 | 144 | 156.176 | 170 | 139.894 |
| 15 | 561.445 | 41 | 340.320 | 67 | 254.625 | 93  | 207.414 | 119 | 176.967 | 145 | 155.464 | 171 | 139.348 |
| 16 | 546.229 | 42 | 335.702 | 68 | 252.320 | 94  | 206.006 | 120 | 176.006 | 146 | 154.760 | 172 | 138.807 |
| 17 | 531.972 | 43 | 331.232 | 69 | 250.065 | 95  | 204.620 | 121 | 175.057 | 147 | 154.064 | 173 | 138.271 |
| 18 | 518.582 | 44 | 326.904 | 70 | 247.858 | 96  | 203.257 | 122 | 174.120 | 148 | 153.375 | 174 | 137.740 |
| 19 | 505.978 | 45 | 322.709 | 71 | 245.698 | 97  | 201.916 | 123 | 173.195 | 149 | 152.694 | 175 | 137.214 |
| 20 | 494.089 | 46 | 318.642 | 72 | 243.582 | 98  | 200.595 | 124 | 172.283 | 150 | 152.020 | 176 | 136.693 |
| 21 | 482.853 | 47 | 314.697 | 73 | 241.510 | 99  | 199.296 | 125 | 171.381 | 151 | 151.353 | 177 | 136.177 |
| 22 | 472.215 | 48 | 310.868 | 74 | 239.480 | 100 | 198.016 | 126 | 170.491 | 152 | 150.693 | 178 | 135.665 |
| 23 | 462.126 | 49 | 307.149 | 75 | 237.491 | 101 | 196.757 | 127 | 169.612 | 153 | 150.040 | 179 | 135.158 |
| 24 | 452.542 | 50 | 303.536 | 76 | 235.541 | 102 | 195.516 | 128 | 168.744 | 154 | 149.393 | 180 | 134.656 |
| 25 | 443.424 | 51 | 300.024 | 77 | 233.630 | 103 | 194.294 | 129 | 167.887 | 155 | 148.754 | 181 | 134.158 |
| 26 | 434.738 | 52 | 296.608 | 78 | 231.755 | 104 | 193.090 | 130 | 167.040 | 156 | 148.121 | 182 | 133.664 |

P=70(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1011.731 | 27 | 433.890 | 53 | 298.318 | 79  | 233.800 | 105 | 195.101 | 131 | 168.938 | 157 | 149.896 |
| 2  | 952.646  | 28 | 425.833 | 54 | 295.025 | 80  | 231.963 | 106 | 193.912 | 132 | 168.097 | 158 | 149.265 |
| 3  | 901.253  | 29 | 418.128 | 55 | 291.818 | 81  | 230.161 | 107 | 192.740 | 133 | 167.265 | 159 | 148.640 |
| 4  | 856.076  | 30 | 410.751 | 56 | 288.694 | 82  | 228.393 | 108 | 191.585 | 134 | 166.444 | 160 | 148.022 |
| 5  | 816.002  | 31 | 403.680 | 57 | 285.649 | 83  | 226.656 | 109 | 190.446 | 135 | 165.632 | 161 | 147.409 |
| 6  | 780.173  | 32 | 396.896 | 58 | 282.681 | 84  | 224.952 | 110 | 189.324 | 136 | 164.830 | 162 | 146.803 |
| 7  | 747.919  | 33 | 390.381 | 59 | 279.786 | 85  | 223.278 | 111 | 188.217 | 137 | 164.036 | 163 | 146.203 |
| 8  | 718.704  | 34 | 384.118 | 60 | 276.961 | 86  | 221.633 | 112 | 187.126 | 138 | 163.253 | 164 | 145.609 |
| 9  | 692.099  | 35 | 378.092 | 61 | 274.205 | 87  | 220.018 | 113 | 186.050 | 139 | 162.478 | 165 | 145.020 |
| 10 | 667.752  | 36 | 372.289 | 62 | 271.514 | 88  | 218.431 | 114 | 184.989 | 140 | 161.711 | 166 | 144.437 |
| 11 | 645.374  | 37 | 366.697 | 63 | 268.885 | 89  | 216.871 | 115 | 183.943 | 141 | 160.954 | 167 | 143.860 |
| 12 | 624.723  | 38 | 361.303 | 64 | 266.317 | 90  | 215.337 | 116 | 182.910 | 142 | 160.205 | 168 | 143.288 |
| 13 | 605.597  | 39 | 356.096 | 65 | 263.808 | 91  | 213.830 | 117 | 181.892 | 143 | 159.464 | 169 | 142.722 |
| 14 | 587.826  | 40 | 351.067 | 66 | 261.354 | 92  | 212.348 | 118 | 180.887 | 144 | 158.732 | 170 | 142.161 |
| 15 | 571.263  | 41 | 346.206 | 67 | 258.956 | 93  | 210.890 | 119 | 179.895 | 145 | 158.007 | 171 | 141.605 |
| 16 | 555.783  | 42 | 341.504 | 68 | 256.609 | 94  | 209.456 | 120 | 178.916 | 146 | 157.291 | 172 | 141.055 |
| 17 | 541.277  | 43 | 336.953 | 69 | 254.313 | 95  | 208.046 | 121 | 177.951 | 147 | 156.582 | 173 | 140.510 |
| 18 | 527.653  | 44 | 332.546 | 70 | 252.066 | 96  | 206.658 | 122 | 176.997 | 148 | 155.881 | 174 | 139.969 |
| 19 | 514.827  | 45 | 328.276 | 71 | 249.867 | 97  | 205.292 | 123 | 176.056 | 149 | 155.188 | 175 | 139.434 |
| 20 | 502.729  | 46 | 324.135 | 72 | 247.713 | 98  | 203.948 | 124 | 175.127 | 150 | 154.502 | 176 | 138.904 |
| 21 | 491.294  | 47 | 320.118 | 73 | 245.603 | 99  | 202.625 | 125 | 174.209 | 151 | 153.823 | 177 | 138.378 |
| 22 | 480.468  | 48 | 316.220 | 74 | 243.537 | 100 | 201.323 | 126 | 173.303 | 152 | 153.151 | 178 | 137.858 |
| 23 | 470.200  | 49 | 312.433 | 75 | 241.511 | 101 | 200.040 | 127 | 172.409 | 153 | 152.487 | 179 | 137.342 |
| 24 | 460.445  | 50 | 308.755 | 76 | 239.526 | 102 | 198.777 | 128 | 171.525 | 154 | 151.829 | 180 | 136.830 |
| 25 | 451.165  | 51 | 305.179 | 77 | 237.580 | 103 | 197.533 | 129 | 170.652 | 155 | 151.178 | 181 | 136.323 |
| 26 | 442.324  | 52 | 301.701 | 78 | 235.672 | 104 | 196.308 | 130 | 169.790 | 156 | 150.534 | 182 | 135.821 |

P=80(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1025.997 | 27 | 440.243 | 53 | 302.615 | 79  | 237.114 | 105 | 197.828 | 131 | 171.271 | 157 | 151.944 |
| 2  | 966.195  | 28 | 432.065 | 54 | 299.272 | 80  | 235.249 | 106 | 196.621 | 132 | 170.417 | 158 | 151.304 |
| 3  | 914.158  | 29 | 424.244 | 55 | 296.016 | 81  | 233.420 | 107 | 195.431 | 133 | 169.573 | 159 | 150.670 |
| 4  | 868.400  | 30 | 416.756 | 56 | 292.844 | 82  | 231.624 | 108 | 194.259 | 134 | 168.739 | 160 | 150.042 |
| 5  | 827.800  | 31 | 409.579 | 57 | 289.753 | 83  | 229.862 | 109 | 193.103 | 135 | 167.915 | 161 | 149.420 |
| 6  | 791.492  | 32 | 402.692 | 58 | 286.740 | 84  | 228.131 | 110 | 191.964 | 136 | 167.101 | 162 | 148.805 |
| 7  | 758.800  | 33 | 396.078 | 59 | 283.801 | 85  | 226.432 | 111 | 190.841 | 137 | 166.296 | 163 | 148.196 |
| 8  | 729.184  | 34 | 389.720 | 60 | 280.933 | 86  | 224.763 | 112 | 189.733 | 138 | 165.500 | 164 | 147.593 |
| 9  | 702.210  | 35 | 383.603 | 61 | 278.134 | 87  | 223.123 | 113 | 188.641 | 139 | 164.714 | 165 | 146.995 |
| 10 | 677.521  | 36 | 377.712 | 62 | 275.402 | 88  | 221.511 | 114 | 187.564 | 140 | 163.936 | 166 | 146.404 |
| 11 | 654.826  | 37 | 372.035 | 63 | 272.734 | 89  | 219.928 | 115 | 186.501 | 141 | 163.167 | 167 | 145.818 |
| 12 | 633.881  | 38 | 366.559 | 64 | 270.126 | 90  | 218.371 | 116 | 185.453 | 142 | 162.407 | 168 | 145.238 |
| 13 | 614.481  | 39 | 361.273 | 65 | 267.579 | 91  | 216.841 | 117 | 184.420 | 143 | 161.655 | 169 | 144.663 |
| 14 | 596.454  | 40 | 356.168 | 66 | 265.088 | 92  | 215.336 | 118 | 183.399 | 144 | 160.912 | 170 | 144.094 |
| 15 | 579.650  | 41 | 351.233 | 67 | 262.653 | 93  | 213.856 | 119 | 182.393 | 145 | 160.177 | 171 | 143.530 |
| 16 | 563.944  | 42 | 346.459 | 68 | 260.270 | 94  | 212.401 | 120 | 181.399 | 146 | 159.449 | 172 | 142.971 |
| 17 | 549.227  | 43 | 341.839 | 69 | 257.940 | 95  | 210.969 | 121 | 180.419 | 147 | 158.730 | 173 | 142.418 |
| 18 | 535.402  | 44 | 337.365 | 70 | 255.658 | 96  | 209.560 | 122 | 179.451 | 148 | 158.019 | 174 | 141.870 |
| 19 | 522.387  | 45 | 333.029 | 71 | 253.425 | 97  | 208.174 | 123 | 178.496 | 149 | 157.315 | 175 | 141.327 |
| 20 | 510.110  | 46 | 328.826 | 72 | 251.239 | 98  | 206.809 | 124 | 177.553 | 150 | 156.619 | 176 | 140.788 |
| 21 | 498.506  | 47 | 324.748 | 73 | 249.097 | 99  | 205.466 | 125 | 176.621 | 151 | 155.930 | 177 | 140.255 |
| 22 | 487.518  | 48 | 320.790 | 74 | 246.999 | 100 | 204.144 | 126 | 175.702 | 152 | 155.248 | 178 | 139.727 |
| 23 | 477.097  | 49 | 316.946 | 75 | 244.943 | 101 | 202.842 | 127 | 174.794 | 153 | 154.573 | 179 | 139.203 |
| 24 | 467.197  | 50 | 313.211 | 76 | 242.927 | 102 | 201.560 | 128 | 173.897 | 154 | 153.906 | 180 | 138.684 |
| 25 | 457.778  | 51 | 309.581 | 77 | 240.952 | 103 | 200.297 | 129 | 173.011 | 155 | 153.245 | 181 | 138.170 |
| 26 | 448.804  | 52 | 306.050 | 78 | 239.014 | 104 | 199.054 | 130 | 172.136 | 156 | 152.591 | 182 | 137.660 |

P=90(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1038.425 | 27 | 445.781 | 53 | 306.360 | 79  | 240.000 | 105 | 200.203 | 131 | 173.302 | 157 | 153.727 |
| 2  | 977.999  | 28 | 437.498 | 54 | 302.972 | 80  | 238.112 | 106 | 198.980 | 132 | 172.437 | 158 | 153.078 |
| 3  | 925.402  | 29 | 429.575 | 55 | 299.674 | 81  | 236.258 | 107 | 197.775 | 133 | 171.582 | 159 | 152.436 |
| 4  | 879.139  | 30 | 421.990 | 56 | 296.461 | 82  | 234.439 | 108 | 196.587 | 134 | 170.738 | 160 | 151.800 |
| 5  | 838.081  | 31 | 414.720 | 57 | 293.329 | 83  | 232.654 | 109 | 195.416 | 135 | 169.903 | 161 | 151.170 |
| 6  | 801.358  | 32 | 407.744 | 58 | 290.276 | 84  | 230.901 | 110 | 194.262 | 136 | 169.078 | 162 | 150.547 |
| 7  | 768.285  | 33 | 401.044 | 59 | 287.298 | 85  | 229.179 | 111 | 193.124 | 137 | 168.263 | 163 | 149.930 |
| 8  | 738.319  | 34 | 394.603 | 60 | 284.393 | 86  | 227.488 | 112 | 192.003 | 138 | 167.457 | 164 | 149.319 |
| 9  | 711.023  | 35 | 388.406 | 61 | 281.558 | 87  | 225.827 | 113 | 190.896 | 139 | 166.660 | 165 | 148.714 |
| 10 | 686.037  | 36 | 382.439 | 62 | 278.790 | 88  | 224.194 | 114 | 189.805 | 140 | 165.872 | 166 | 148.115 |
| 11 | 663.066  | 37 | 376.687 | 63 | 276.086 | 89  | 222.590 | 115 | 188.729 | 141 | 165.094 | 167 | 147.522 |
| 12 | 641.865  | 38 | 371.140 | 64 | 273.445 | 90  | 221.013 | 116 | 187.668 | 142 | 164.324 | 168 | 146.934 |
| 13 | 622.226  | 39 | 365.785 | 65 | 270.864 | 91  | 219.463 | 117 | 186.620 | 143 | 163.562 | 169 | 146.352 |
| 14 | 603.975  | 40 | 360.613 | 66 | 268.341 | 92  | 217.939 | 118 | 185.587 | 144 | 162.809 | 170 | 145.776 |
| 15 | 586.962  | 41 | 355.613 | 67 | 265.873 | 93  | 216.439 | 119 | 184.567 | 145 | 162.065 | 171 | 145.205 |
| 16 | 571.059  | 42 | 350.778 | 68 | 263.460 | 94  | 214.965 | 120 | 183.561 | 146 | 161.328 | 172 | 144.639 |
| 17 | 556.156  | 43 | 346.097 | 69 | 261.099 | 95  | 213.515 | 121 | 182.568 | 147 | 160.600 | 173 | 144.078 |
| 18 | 542.157  | 44 | 341.565 | 70 | 258.788 | 96  | 212.087 | 122 | 181.588 | 148 | 159.879 | 174 | 143.523 |
| 19 | 528.978  | 45 | 337.172 | 71 | 256.525 | 97  | 210.683 | 123 | 180.620 | 149 | 159.166 | 175 | 142.973 |
| 20 | 516.544  | 46 | 332.914 | 72 | 254.310 | 98  | 209.301 | 124 | 179.665 | 150 | 158.461 | 176 | 142.428 |
| 21 | 504.792  | 47 | 328.782 | 73 | 252.141 | 99  | 207.940 | 125 | 178.721 | 151 | 157.763 | 177 | 141.888 |
| 22 | 493.664  | 48 | 324.772 | 74 | 250.015 | 100 | 206.601 | 126 | 177.790 | 152 | 157.073 | 178 | 141.353 |
| 23 | 483.110  | 49 | 320.878 | 75 | 247.932 | 101 | 205.282 | 127 | 176.870 | 153 | 156.389 | 179 | 140.822 |
| 24 | 473.082  | 50 | 317.094 | 76 | 245.890 | 102 | 203.983 | 128 | 175.961 | 154 | 155.713 | 180 | 140.297 |
| 25 | 463.542  | 51 | 313.417 | 77 | 243.889 | 103 | 202.704 | 129 | 175.064 | 155 | 155.044 | 181 | 139.776 |
| 26 | 454.453  | 52 | 309.840 | 78 | 241.926 | 104 | 201.444 | 130 | 174.178 | 156 | 154.382 | 182 | 139.260 |

P=100(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1048.568 | 27 | 450.141 | 53 | 309.246 | 79  | 242.191 | 105 | 201.983 | 131 | 174.809 | 157 | 155.037 |
| 2  | 987.614  | 28 | 441.770 | 54 | 305.822 | 80  | 240.283 | 106 | 200.747 | 132 | 173.935 | 158 | 154.382 |
| 3  | 934.543  | 29 | 433.764 | 55 | 302.489 | 81  | 238.410 | 107 | 199.530 | 133 | 173.071 | 159 | 153.733 |
| 4  | 887.854  | 30 | 426.098 | 56 | 299.242 | 82  | 236.572 | 108 | 198.330 | 134 | 172.218 | 160 | 153.091 |
| 5  | 846.410  | 31 | 418.751 | 57 | 296.078 | 83  | 234.768 | 109 | 197.147 | 135 | 171.375 | 161 | 152.455 |
| 6  | 809.335  | 32 | 411.701 | 58 | 292.992 | 84  | 232.997 | 110 | 195.981 | 136 | 170.542 | 162 | 151.826 |
| 7  | 775.941  | 33 | 404.931 | 59 | 289.984 | 85  | 231.257 | 111 | 194.832 | 137 | 169.718 | 163 | 151.203 |
| 8  | 745.682  | 34 | 398.422 | 60 | 287.048 | 86  | 229.549 | 112 | 193.699 | 138 | 168.904 | 164 | 150.586 |
| 9  | 718.115  | 35 | 392.159 | 61 | 284.183 | 87  | 227.870 | 113 | 192.581 | 139 | 168.100 | 165 | 149.975 |
| 10 | 692.879  | 36 | 386.129 | 62 | 281.386 | 88  | 226.221 | 114 | 191.479 | 140 | 167.304 | 166 | 149.370 |
| 11 | 669.677  | 37 | 380.316 | 63 | 278.654 | 89  | 224.600 | 115 | 190.392 | 141 | 166.518 | 167 | 148.771 |
| 12 | 648.261  | 38 | 374.710 | 64 | 275.985 | 90  | 223.007 | 116 | 189.320 | 142 | 165.740 | 168 | 148.177 |
| 13 | 628.422  | 39 | 369.299 | 65 | 273.377 | 91  | 221.441 | 117 | 188.262 | 143 | 164.971 | 169 | 147.589 |
| 14 | 609.984  | 40 | 364.072 | 66 | 270.827 | 92  | 219.901 | 118 | 187.218 | 144 | 164.210 | 170 | 147.007 |
| 15 | 592.796  | 41 | 359.019 | 67 | 268.334 | 93  | 218.386 | 119 | 186.188 | 145 | 163.458 | 171 | 146.430 |
| 16 | 576.729  | 42 | 354.133 | 68 | 265.895 | 94  | 216.897 | 120 | 185.171 | 146 | 162.714 | 172 | 145.859 |
| 17 | 561.672  | 43 | 349.403 | 69 | 263.509 | 95  | 215.431 | 121 | 184.168 | 147 | 161.979 | 173 | 145.293 |
| 18 | 547.527  | 44 | 344.822 | 70 | 261.174 | 96  | 213.989 | 122 | 183.178 | 148 | 161.251 | 174 | 144.732 |
| 19 | 534.210  | 45 | 340.383 | 71 | 258.888 | 97  | 212.570 | 123 | 182.200 | 149 | 160.531 | 175 | 144.177 |
| 20 | 521.647  | 46 | 336.080 | 72 | 256.650 | 98  | 211.174 | 124 | 181.235 | 150 | 159.818 | 176 | 143.626 |
| 21 | 509.772  | 47 | 331.905 | 73 | 254.458 | 99  | 209.800 | 125 | 180.283 | 151 | 159.114 | 177 | 143.081 |
| 22 | 498.528  | 48 | 327.852 | 74 | 252.310 | 100 | 208.446 | 126 | 179.342 | 152 | 158.416 | 178 | 142.541 |
| 23 | 487.862  | 49 | 323.917 | 75 | 250.205 | 101 | 207.114 | 127 | 178.412 | 153 | 157.726 | 179 | 142.005 |
| 24 | 477.730  | 50 | 320.093 | 76 | 248.142 | 102 | 205.802 | 128 | 177.495 | 154 | 157.043 | 180 | 141.474 |
| 25 | 468.089  | 51 | 316.377 | 77 | 246.120 | 103 | 204.510 | 129 | 176.588 | 155 | 156.368 | 181 | 140.948 |
| 26 | 458.904  | 52 | 312.762 | 78 | 244.136 | 104 | 203.237 | 130 | 175.693 | 156 | 155.699 | 182 | 140.427 |



## 6.2 南海区暴雨强度公式及计算图表

# 佛山市南海区暴雨强度公式及计算图表

广东省佛山市气象局

广东省气象防灾技术服务中心

二〇一六年六月

## 说

1. 本计算图表以南海国家地面气象观测站 36 年(1980~2015 年)连续自记雨量记录为基础,利用国内先进的“降水数字化处理系统”得到高精度的原始数据而进行编制。

2. 以重现期 2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100(年)相应的单一重现期暴雨强度公式制表。设计暴雨强度可按选定设计重现期直接查用表列数值(单一重现期暴雨强度公式见表一)。

3. 若采用其它重现期,设计暴雨强度可用重现期区间参数公式计算:

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n}$$

式中:  $q$ —设计暴雨强度(升/秒·公顷)

$t$ —降雨历时(分钟)

$A$ —雨力

$b$ 、 $n$ —地方常数

( $A$ 、 $b$ 、 $n$  按重现期区间参数公式计算,公式见表二)

4. 考虑到绘制全国城市暴雨公式等值线图,列出包含重现期在内的暴雨强度总公式:

$$q = \frac{5526.514(1+0.620LnP)}{(t+15.618)^{0.851}} \quad q = \frac{5526.514(1+0.620LnP)}{(t+15.618)^{0.851}}$$

因总公式精度不及重现期区间参数公式,故建议推求其它重现期设计暴雨强度时使用区间参数公式。

## 明

应用重现期区间参数公式计算暴雨强度实例:求  $P=25$  年, $t=50$  分钟的暴雨强度  $q$ 。

从重现期区间参数公式 II, 得:

$$n=0.837 - 0.002Ln(P - 6.737)$$

$$=0.83119 \quad (\text{取 } 0.831)$$

$$b=14.826 - 0.476Ln(P - 7.842)$$

$$=13.47299 \quad (\text{取 } 13.473)$$

$$A=37.808+4.984Ln(P - 0.107)$$

$$=53.8295 \quad (\text{取 } 53.830)$$

配得  $P=25$  年的暴雨强度计算公式如下:

$$q = \frac{167 \times 53.830}{(t+13.473)^{0.831}}$$

可按上式计算 1~200 分钟中任何时段的暴雨强度。

当  $t=50$ :

$$q = \frac{167 \times 53.830}{(50+13.473)^{0.831}} = 285.621 \quad (\text{升/秒/公顷})$$

## 5. 公式误差

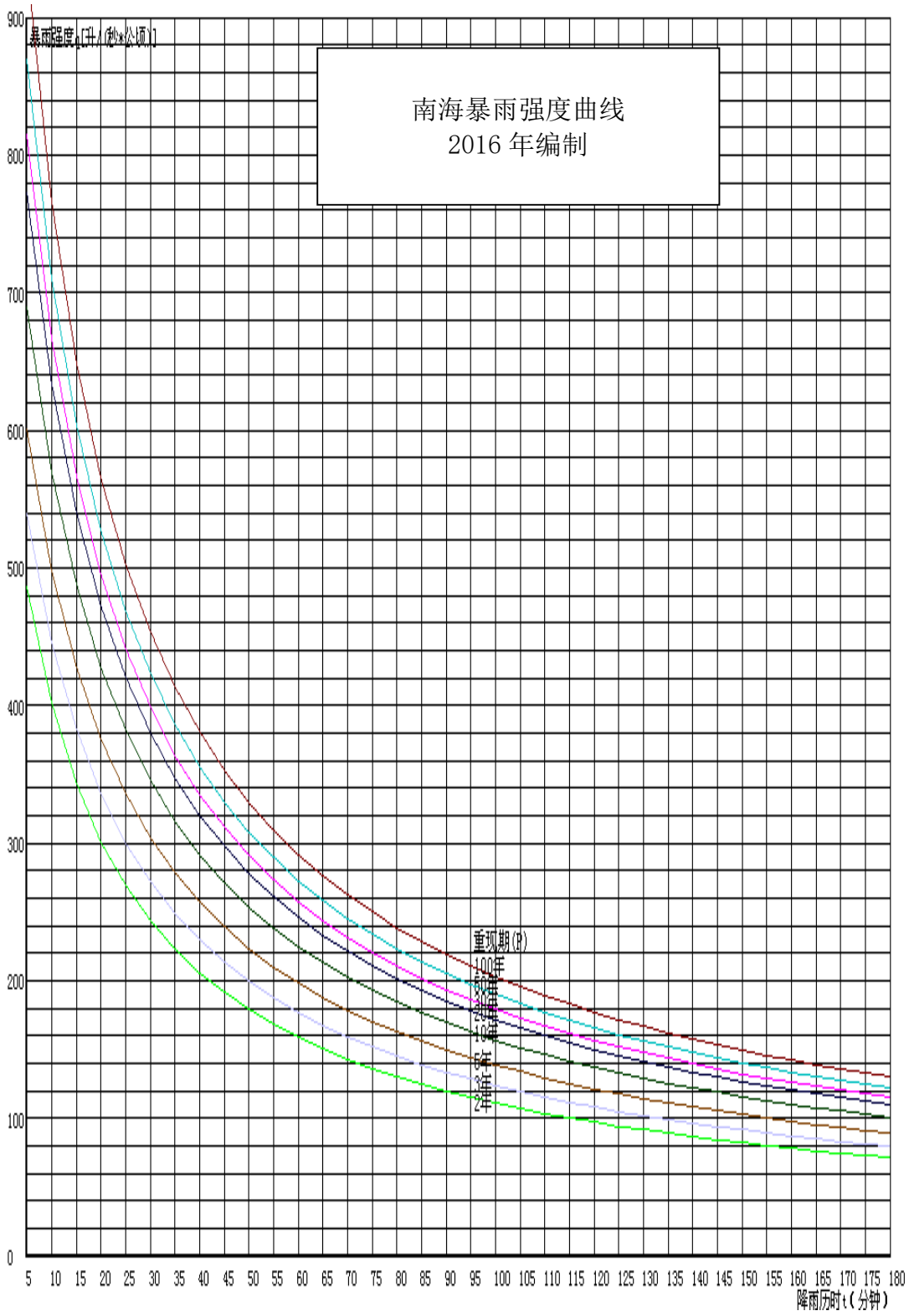
重现期 2~20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为: 0.041 (mm/min), 平均相对均方差为: 2.16%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006, 2014 年版)提出的要求。

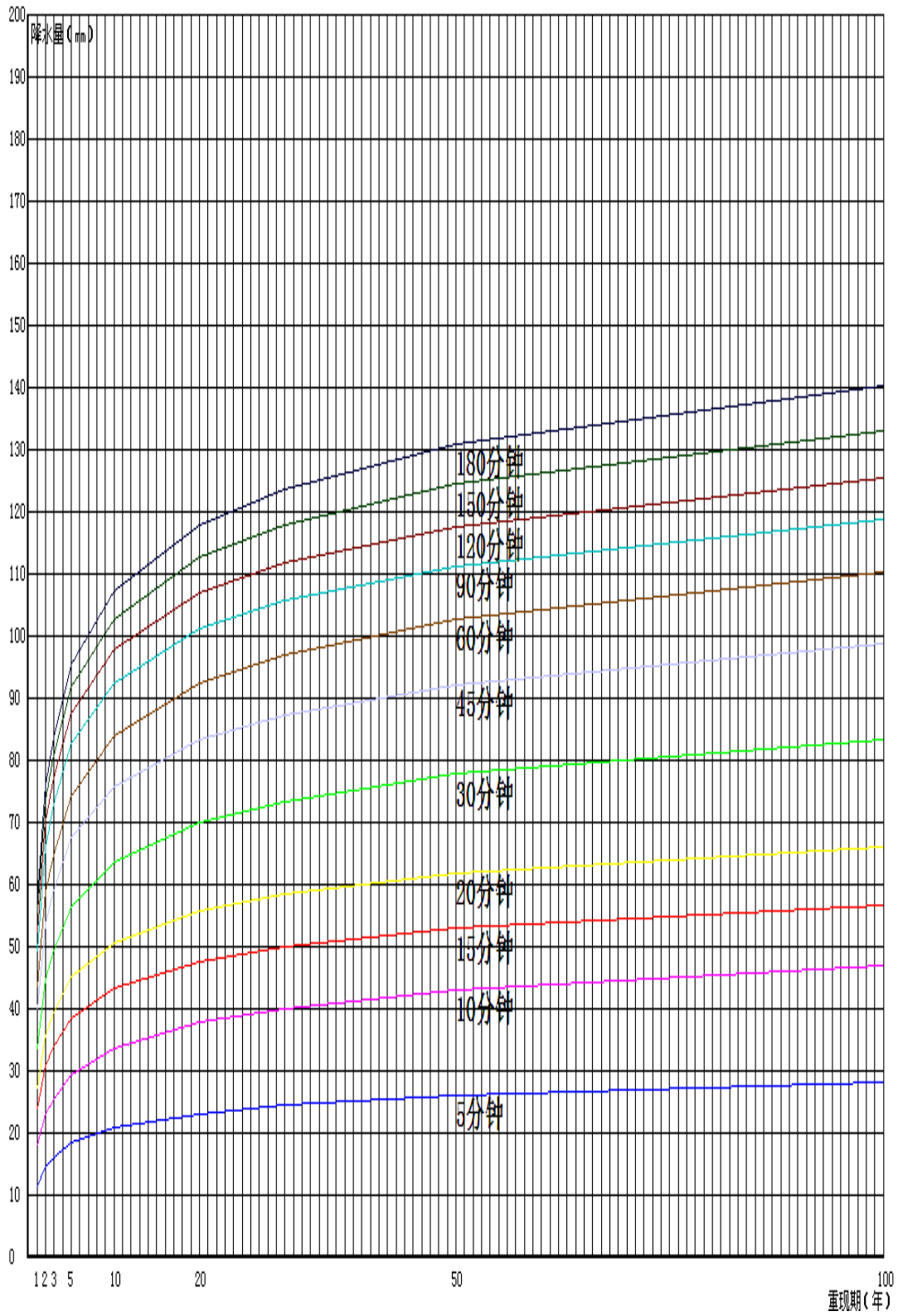
表一 单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式                                |
|-----------|------------------------------------|
| P=2       | $5647.272 / (t + 14.271)^{0.829}$  |
| P=3       | $6399.941 / (t + 14.566)^{0.832}$  |
| P=5       | $7288.214 / (t + 14.878)^{0.835}$  |
| P=10      | $8221.41 / (t + 14.460)^{0.835}$   |
| P=20      | $8802.904 / (t + 13.637)^{0.832}$  |
| P=30      | $9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$  |
| P=40      | $9382.06 / (t + 13.174)^{0.830}$   |
| P=50      | $9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$  |
| P=60      | $9720.235 / (t + 12.944)^{0.829}$  |
| P=70      | $9848.825 / (t + 12.860)^{0.829}$  |
| P=80      | $9960.047 / (t + 12.789)^{0.828}$  |
| P=90      | $10058.243 / (t + 12.727)^{0.828}$ |
| P=100     | $10146.085 / (t + 12.673)^{0.828}$ |

表二 重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间 | 参数 | 公 式                             |
|--------|----|----|---------------------------------|
| 1 — 10 | I  | n  | $0.828 + 0.005 \ln(P - 0.836)$  |
|        |    | b  | $14.199 + 0.476 \ln(P - 0.836)$ |
|        |    | A  | $29.278 + 9.383 \ln(P - 0.378)$ |
| 10—100 | II | n  | $0.837 - 0.002 \ln(P - 6.737)$  |
|        |    | b  | $14.826 - 0.476 \ln(P - 7.842)$ |
|        |    | A  | $37.808 + 4.984 \ln(P - 0.107)$ |





各历时降水量与重现期曲线图

P=2 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 589.403 | 27 | 258.505 | 53 | 172.413 | 79  | 131.498 | 105 | 107.249 | 131 | 91.074 | 157 | 79.454 |
| 2  | 559.212 | 28 | 253.425 | 54 | 170.317 | 80  | 130.340 | 106 | 106.509 | 132 | 90.557 | 158 | 79.071 |
| 3  | 532.234 | 29 | 248.560 | 55 | 168.276 | 81  | 129.205 | 107 | 105.780 | 133 | 90.047 | 159 | 78.693 |
| 4  | 507.970 | 30 | 243.897 | 56 | 166.288 | 82  | 128.092 | 108 | 105.062 | 134 | 89.543 | 160 | 78.318 |
| 5  | 486.019 | 31 | 239.422 | 57 | 164.352 | 83  | 126.999 | 109 | 104.355 | 135 | 89.046 | 161 | 77.948 |
| 6  | 466.057 | 32 | 235.124 | 58 | 162.464 | 84  | 125.927 | 110 | 103.659 | 136 | 88.554 | 162 | 77.581 |
| 7  | 447.819 | 33 | 230.993 | 59 | 160.624 | 85  | 124.874 | 111 | 102.972 | 137 | 88.069 | 163 | 77.218 |
| 8  | 431.085 | 34 | 227.019 | 60 | 158.829 | 86  | 123.841 | 112 | 102.296 | 138 | 87.589 | 164 | 76.859 |
| 9  | 415.670 | 35 | 223.193 | 61 | 157.078 | 87  | 122.826 | 113 | 101.629 | 139 | 87.115 | 165 | 76.503 |
| 10 | 401.422 | 36 | 219.506 | 62 | 155.368 | 88  | 121.830 | 114 | 100.972 | 140 | 86.647 | 166 | 76.151 |
| 11 | 388.208 | 37 | 215.951 | 63 | 153.700 | 89  | 120.851 | 115 | 100.324 | 141 | 86.184 | 167 | 75.803 |
| 12 | 375.918 | 38 | 212.520 | 64 | 152.070 | 90  | 119.889 | 116 | 99.685  | 142 | 85.726 | 168 | 75.458 |
| 13 | 364.454 | 39 | 209.208 | 65 | 150.478 | 91  | 118.945 | 117 | 99.055  | 143 | 85.274 | 169 | 75.116 |
| 14 | 353.734 | 40 | 206.007 | 66 | 148.922 | 92  | 118.016 | 118 | 98.434  | 144 | 84.827 | 170 | 74.778 |
| 15 | 343.686 | 41 | 202.912 | 67 | 147.402 | 93  | 117.103 | 119 | 97.821  | 145 | 84.385 | 171 | 74.443 |
| 16 | 334.247 | 42 | 199.918 | 68 | 145.915 | 94  | 116.206 | 120 | 97.217  | 146 | 83.949 | 172 | 74.112 |
| 17 | 325.362 | 43 | 197.020 | 69 | 144.461 | 95  | 115.324 | 121 | 96.621  | 147 | 83.517 | 173 | 73.784 |
| 18 | 316.981 | 44 | 194.213 | 70 | 143.038 | 96  | 114.456 | 122 | 96.033  | 148 | 83.090 | 174 | 73.459 |
| 19 | 309.062 | 45 | 191.493 | 71 | 141.646 | 97  | 113.603 | 123 | 95.452  | 149 | 82.668 | 175 | 73.137 |
| 20 | 301.567 | 46 | 188.855 | 72 | 140.284 | 98  | 112.763 | 124 | 94.880  | 150 | 82.251 | 176 | 72.818 |
| 21 | 294.462 | 47 | 186.296 | 73 | 138.950 | 99  | 111.937 | 125 | 94.314  | 151 | 81.838 | 177 | 72.502 |
| 22 | 287.716 | 48 | 183.813 | 74 | 137.643 | 100 | 111.124 | 126 | 93.757  | 152 | 81.430 | 178 | 72.190 |
| 23 | 281.302 | 49 | 181.401 | 75 | 136.364 | 101 | 110.325 | 127 | 93.206  | 153 | 81.026 | 179 | 71.880 |
| 24 | 275.194 | 50 | 179.058 | 76 | 135.111 | 102 | 109.538 | 128 | 92.663  | 154 | 80.626 | 180 | 71.573 |
| 25 | 269.372 | 51 | 176.781 | 77 | 133.882 | 103 | 108.763 | 129 | 92.126  | 155 | 80.231 | 181 | 71.269 |
| 26 | 263.815 | 52 | 174.567 | 78 | 132.678 | 104 | 108.000 | 130 | 91.597  | 156 | 79.840 | 182 | 70.968 |

P=3 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 652.056 | 27 | 287.996 | 53 | 192.239 | 79  | 146.624 | 105 | 119.566 | 131 | 101.510 | 157 | 88.538 |
| 2  | 619.137 | 28 | 282.355 | 54 | 189.904 | 80  | 145.333 | 106 | 118.740 | 132 | 100.934 | 158 | 88.111 |
| 3  | 589.669 | 29 | 276.952 | 55 | 187.630 | 81  | 144.067 | 107 | 117.927 | 133 | 100.364 | 159 | 87.688 |
| 4  | 563.122 | 30 | 271.772 | 56 | 185.415 | 82  | 142.824 | 108 | 117.126 | 134 | 99.802  | 160 | 87.270 |
| 5  | 539.071 | 31 | 266.801 | 57 | 183.257 | 83  | 141.605 | 109 | 116.337 | 135 | 99.246  | 161 | 86.856 |
| 6  | 517.172 | 32 | 262.025 | 58 | 181.153 | 84  | 140.409 | 110 | 115.559 | 136 | 98.698  | 162 | 86.447 |
| 7  | 497.141 | 33 | 257.434 | 59 | 179.102 | 85  | 139.235 | 111 | 114.793 | 137 | 98.156  | 163 | 86.042 |
| 8  | 478.742 | 34 | 253.016 | 60 | 177.101 | 86  | 138.082 | 112 | 114.038 | 138 | 97.620  | 164 | 85.641 |
| 9  | 461.779 | 35 | 248.761 | 61 | 175.149 | 87  | 136.950 | 113 | 113.293 | 139 | 97.091  | 165 | 85.244 |
| 10 | 446.085 | 36 | 244.661 | 62 | 173.244 | 88  | 135.838 | 114 | 112.560 | 140 | 96.568  | 166 | 84.851 |
| 11 | 431.520 | 37 | 240.707 | 63 | 171.384 | 89  | 134.746 | 115 | 111.836 | 141 | 96.051  | 167 | 84.462 |
| 12 | 417.962 | 38 | 236.891 | 64 | 169.567 | 90  | 133.673 | 116 | 111.123 | 142 | 95.541  | 168 | 84.076 |
| 13 | 405.308 | 39 | 233.206 | 65 | 167.792 | 91  | 132.618 | 117 | 110.420 | 143 | 95.036  | 169 | 83.695 |
| 14 | 393.468 | 40 | 229.645 | 66 | 166.057 | 92  | 131.582 | 118 | 109.727 | 144 | 94.537  | 170 | 83.318 |
| 15 | 382.364 | 41 | 226.201 | 67 | 164.362 | 93  | 130.564 | 119 | 109.043 | 145 | 94.044  | 171 | 82.944 |
| 16 | 371.927 | 42 | 222.869 | 68 | 162.704 | 94  | 129.562 | 120 | 108.368 | 146 | 93.556  | 172 | 82.574 |
| 17 | 362.097 | 43 | 219.643 | 69 | 161.082 | 95  | 128.578 | 121 | 107.703 | 147 | 93.074  | 173 | 82.208 |
| 18 | 352.822 | 44 | 216.518 | 70 | 159.496 | 96  | 127.609 | 122 | 107.046 | 148 | 92.597  | 174 | 81.845 |
| 19 | 344.055 | 45 | 213.490 | 71 | 157.943 | 97  | 126.657 | 123 | 106.398 | 149 | 92.126  | 175 | 81.485 |
| 20 | 335.753 | 46 | 210.553 | 72 | 156.424 | 98  | 125.720 | 124 | 105.759 | 150 | 91.660  | 176 | 81.129 |
| 21 | 327.880 | 47 | 207.704 | 73 | 154.936 | 99  | 124.798 | 125 | 105.128 | 151 | 91.199  | 177 | 80.777 |
| 22 | 320.402 | 48 | 204.938 | 74 | 153.479 | 100 | 123.892 | 126 | 104.506 | 152 | 90.744  | 178 | 80.428 |
| 23 | 313.290 | 49 | 202.252 | 75 | 152.052 | 101 | 122.999 | 127 | 103.891 | 153 | 90.293  | 179 | 80.082 |
| 24 | 306.516 | 50 | 199.642 | 76 | 150.654 | 102 | 122.120 | 128 | 103.284 | 154 | 89.847  | 180 | 79.739 |
| 25 | 300.057 | 51 | 197.106 | 77 | 149.284 | 103 | 121.256 | 129 | 102.685 | 155 | 89.406  | 181 | 79.400 |
| 26 | 293.890 | 52 | 194.639 | 78 | 147.941 | 104 | 120.404 | 130 | 102.094 | 156 | 88.970  | 182 | 79.064 |



P=5 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 724.364 | 27 | 322.302 | 53 | 215.341 | 79  | 164.259 | 105 | 133.929 | 131 | 113.681 | 157 | 99.132 |
| 2  | 688.348 | 28 | 316.013 | 54 | 212.728 | 80  | 162.813 | 106 | 133.003 | 132 | 113.035 | 158 | 98.653 |
| 3  | 656.047 | 29 | 309.988 | 55 | 210.183 | 81  | 161.393 | 107 | 132.091 | 133 | 112.396 | 159 | 98.179 |
| 4  | 626.899 | 30 | 304.210 | 56 | 207.704 | 82  | 160.001 | 108 | 131.193 | 134 | 111.765 | 160 | 97.710 |
| 5  | 600.454 | 31 | 298.663 | 57 | 205.288 | 83  | 158.635 | 109 | 130.308 | 135 | 111.142 | 161 | 97.245 |
| 6  | 576.343 | 32 | 293.334 | 58 | 202.933 | 84  | 157.294 | 110 | 129.436 | 136 | 110.527 | 162 | 96.786 |
| 7  | 554.262 | 33 | 288.209 | 59 | 200.637 | 85  | 155.978 | 111 | 128.577 | 137 | 109.919 | 163 | 96.332 |
| 8  | 533.958 | 34 | 283.277 | 60 | 198.397 | 86  | 154.686 | 112 | 127.730 | 138 | 109.318 | 164 | 95.882 |
| 9  | 515.220 | 35 | 278.527 | 61 | 196.211 | 87  | 153.417 | 113 | 126.896 | 139 | 108.725 | 165 | 95.436 |
| 10 | 497.869 | 36 | 273.948 | 62 | 194.078 | 88  | 152.171 | 114 | 126.073 | 140 | 108.138 | 166 | 94.996 |
| 11 | 481.752 | 37 | 269.532 | 63 | 191.995 | 89  | 150.947 | 115 | 125.262 | 141 | 107.559 | 167 | 94.559 |
| 12 | 466.740 | 38 | 265.269 | 64 | 189.960 | 90  | 149.744 | 116 | 124.462 | 142 | 106.986 | 168 | 94.127 |
| 13 | 452.718 | 39 | 261.152 | 65 | 187.973 | 91  | 148.562 | 117 | 123.674 | 143 | 106.420 | 169 | 93.700 |
| 14 | 439.590 | 40 | 257.172 | 66 | 186.030 | 92  | 147.401 | 118 | 122.896 | 144 | 105.860 | 170 | 93.276 |
| 15 | 427.270 | 41 | 253.323 | 67 | 184.131 | 93  | 146.259 | 119 | 122.129 | 145 | 105.307 | 171 | 92.857 |
| 16 | 415.685 | 42 | 249.599 | 68 | 182.274 | 94  | 145.136 | 120 | 121.372 | 146 | 104.760 | 172 | 92.442 |
| 17 | 404.768 | 43 | 245.993 | 69 | 180.458 | 95  | 144.033 | 121 | 120.626 | 147 | 104.220 | 173 | 92.031 |
| 18 | 394.462 | 44 | 242.499 | 70 | 178.681 | 96  | 142.947 | 122 | 119.890 | 148 | 103.685 | 174 | 91.624 |
| 19 | 384.716 | 45 | 239.113 | 71 | 176.942 | 97  | 141.879 | 123 | 119.163 | 149 | 103.156 | 175 | 91.221 |
| 20 | 375.483 | 46 | 235.829 | 72 | 175.239 | 98  | 140.829 | 124 | 118.446 | 150 | 102.634 | 176 | 90.822 |
| 21 | 366.724 | 47 | 232.642 | 73 | 173.573 | 99  | 139.796 | 125 | 117.739 | 151 | 102.117 | 177 | 90.426 |
| 22 | 358.402 | 48 | 229.549 | 74 | 171.940 | 100 | 138.779 | 126 | 117.041 | 152 | 101.606 | 178 | 90.035 |
| 23 | 350.484 | 49 | 226.544 | 75 | 170.342 | 101 | 137.778 | 127 | 116.352 | 153 | 101.100 | 179 | 89.647 |
| 24 | 342.940 | 50 | 223.625 | 76 | 168.775 | 102 | 136.793 | 128 | 115.671 | 154 | 100.600 | 180 | 89.263 |
| 25 | 335.744 | 51 | 220.787 | 77 | 167.240 | 103 | 135.823 | 129 | 114.999 | 155 | 100.105 | 181 | 88.882 |
| 26 | 328.872 | 52 | 218.027 | 78 | 165.735 | 104 | 134.869 | 130 | 114.336 | 156 | 99.616  | 182 | 88.505 |

P=10(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 835.519 | 27 | 366.628 | 53 | 244.170 | 79  | 185.983 | 105 | 151.518 | 131 | 128.545 | 157 | 112.052 |
| 2  | 792.916 | 28 | 359.404 | 54 | 241.188 | 80  | 184.338 | 106 | 150.467 | 132 | 127.812 | 158 | 111.509 |
| 3  | 754.813 | 29 | 352.486 | 55 | 238.286 | 81  | 182.724 | 107 | 149.432 | 133 | 127.088 | 159 | 110.972 |
| 4  | 720.515 | 30 | 345.853 | 56 | 235.458 | 82  | 181.141 | 108 | 148.413 | 134 | 126.372 | 160 | 110.441 |
| 5  | 689.465 | 31 | 339.489 | 57 | 232.704 | 83  | 179.588 | 109 | 147.408 | 135 | 125.666 | 161 | 109.915 |
| 6  | 661.211 | 32 | 333.377 | 58 | 230.019 | 84  | 178.063 | 110 | 146.419 | 136 | 124.968 | 162 | 109.395 |
| 7  | 635.383 | 33 | 327.501 | 59 | 227.402 | 85  | 176.567 | 111 | 145.444 | 137 | 124.279 | 163 | 108.880 |
| 8  | 611.673 | 34 | 321.848 | 60 | 224.849 | 86  | 175.098 | 112 | 144.483 | 138 | 123.598 | 164 | 108.370 |
| 9  | 589.824 | 35 | 316.406 | 61 | 222.358 | 87  | 173.656 | 113 | 143.535 | 139 | 122.925 | 165 | 107.866 |
| 10 | 569.620 | 36 | 311.161 | 62 | 219.927 | 88  | 172.240 | 114 | 142.602 | 140 | 122.260 | 166 | 107.366 |
| 11 | 550.877 | 37 | 306.104 | 63 | 217.554 | 89  | 170.849 | 115 | 141.681 | 141 | 121.603 | 167 | 106.872 |
| 12 | 533.438 | 38 | 301.224 | 64 | 215.236 | 90  | 169.482 | 116 | 140.774 | 142 | 120.954 | 168 | 106.383 |
| 13 | 517.168 | 39 | 296.512 | 65 | 212.972 | 91  | 168.139 | 117 | 139.879 | 143 | 120.312 | 169 | 105.898 |
| 14 | 501.950 | 40 | 291.959 | 66 | 210.759 | 92  | 166.819 | 118 | 138.997 | 144 | 119.678 | 170 | 105.419 |
| 15 | 487.682 | 41 | 287.556 | 67 | 208.597 | 93  | 165.522 | 119 | 138.127 | 145 | 119.051 | 171 | 104.944 |
| 16 | 474.277 | 42 | 283.297 | 68 | 206.482 | 94  | 164.247 | 120 | 137.269 | 146 | 118.431 | 172 | 104.474 |
| 17 | 461.655 | 43 | 279.175 | 69 | 204.415 | 95  | 162.993 | 121 | 136.422 | 147 | 117.818 | 173 | 104.008 |
| 18 | 449.749 | 44 | 275.181 | 70 | 202.392 | 96  | 161.760 | 122 | 135.587 | 148 | 117.212 | 174 | 103.547 |
| 19 | 438.498 | 45 | 271.312 | 71 | 200.412 | 97  | 160.547 | 123 | 134.763 | 149 | 116.613 | 175 | 103.091 |
| 20 | 427.847 | 46 | 267.560 | 72 | 198.475 | 98  | 159.354 | 124 | 133.949 | 150 | 116.021 | 176 | 102.638 |
| 21 | 417.748 | 47 | 263.920 | 73 | 196.578 | 99  | 158.180 | 125 | 133.147 | 151 | 115.435 | 177 | 102.191 |
| 22 | 408.159 | 48 | 260.387 | 74 | 194.721 | 100 | 157.026 | 126 | 132.355 | 152 | 114.856 | 178 | 101.747 |
| 23 | 399.041 | 49 | 256.956 | 75 | 192.902 | 101 | 155.889 | 127 | 131.573 | 153 | 114.283 | 179 | 101.308 |
| 24 | 390.358 | 50 | 253.623 | 76 | 191.120 | 102 | 154.771 | 128 | 130.801 | 154 | 113.716 | 180 | 100.873 |
| 25 | 382.081 | 51 | 250.384 | 77 | 189.373 | 103 | 153.670 | 129 | 130.040 | 155 | 113.155 | 181 | 100.441 |
| 26 | 374.179 | 52 | 247.234 | 78 | 187.661 | 104 | 152.586 | 130 | 129.288 | 156 | 112.601 | 182 | 100.014 |

P=20(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 943.995 | 27 | 403.648 | 53 | 267.482 | 79  | 203.358 | 105 | 165.529 | 131 | 140.370 | 157 | 122.332 |
| 2  | 893.491 | 28 | 395.566 | 54 | 264.188 | 80  | 201.549 | 106 | 164.377 | 132 | 139.567 | 158 | 121.739 |
| 3  | 848.578 | 29 | 387.832 | 55 | 260.981 | 81  | 199.776 | 107 | 163.243 | 133 | 138.775 | 159 | 121.152 |
| 4  | 808.352 | 30 | 380.423 | 56 | 257.859 | 82  | 198.036 | 108 | 162.125 | 134 | 137.993 | 160 | 120.571 |
| 5  | 772.099 | 31 | 373.319 | 57 | 254.819 | 83  | 196.330 | 109 | 161.025 | 135 | 137.220 | 161 | 119.997 |
| 6  | 739.243 | 32 | 366.500 | 58 | 251.856 | 84  | 194.656 | 110 | 159.940 | 136 | 136.456 | 162 | 119.428 |
| 7  | 709.316 | 33 | 359.950 | 59 | 248.967 | 85  | 193.012 | 111 | 158.872 | 137 | 135.702 | 163 | 118.865 |
| 8  | 681.933 | 34 | 353.652 | 60 | 246.151 | 86  | 191.399 | 112 | 157.819 | 138 | 134.957 | 164 | 118.308 |
| 9  | 656.775 | 35 | 347.592 | 61 | 243.404 | 87  | 189.815 | 113 | 156.782 | 139 | 134.221 | 165 | 117.757 |
| 10 | 633.574 | 36 | 341.756 | 62 | 240.724 | 88  | 188.260 | 114 | 155.759 | 140 | 133.494 | 166 | 117.211 |
| 11 | 612.104 | 37 | 336.131 | 63 | 238.108 | 89  | 186.733 | 115 | 154.751 | 141 | 132.775 | 167 | 116.671 |
| 12 | 592.173 | 38 | 330.706 | 64 | 235.553 | 90  | 185.233 | 116 | 153.757 | 142 | 132.065 | 168 | 116.136 |
| 13 | 573.617 | 39 | 325.471 | 65 | 233.058 | 91  | 183.759 | 117 | 152.777 | 143 | 131.363 | 169 | 115.607 |
| 14 | 556.295 | 40 | 320.414 | 66 | 230.621 | 92  | 182.310 | 118 | 151.811 | 144 | 130.670 | 170 | 115.083 |
| 15 | 540.085 | 41 | 315.527 | 67 | 228.239 | 93  | 180.887 | 119 | 150.858 | 145 | 129.984 | 171 | 114.564 |
| 16 | 524.880 | 42 | 310.802 | 68 | 225.910 | 94  | 179.487 | 120 | 149.918 | 146 | 129.306 | 172 | 114.050 |
| 17 | 510.586 | 43 | 306.229 | 69 | 223.633 | 95  | 178.112 | 121 | 148.991 | 147 | 128.636 | 173 | 113.542 |
| 18 | 497.123 | 44 | 301.802 | 70 | 221.407 | 96  | 176.759 | 122 | 148.077 | 148 | 127.973 | 174 | 113.038 |
| 19 | 484.417 | 45 | 297.514 | 71 | 219.228 | 97  | 175.429 | 123 | 147.175 | 149 | 127.318 | 175 | 112.539 |
| 20 | 472.404 | 46 | 293.357 | 72 | 217.096 | 98  | 174.120 | 124 | 146.284 | 150 | 126.671 | 176 | 112.045 |
| 21 | 461.029 | 47 | 289.326 | 73 | 215.009 | 99  | 172.833 | 125 | 145.406 | 151 | 126.030 | 177 | 111.556 |
| 22 | 450.240 | 48 | 285.416 | 74 | 212.966 | 100 | 171.567 | 126 | 144.539 | 152 | 125.397 | 178 | 111.072 |
| 23 | 439.992 | 49 | 281.619 | 75 | 210.965 | 101 | 170.321 | 127 | 143.684 | 153 | 124.771 | 179 | 110.592 |
| 24 | 430.243 | 50 | 277.933 | 76 | 209.005 | 102 | 169.094 | 128 | 142.839 | 154 | 124.151 | 180 | 110.116 |
| 25 | 420.958 | 51 | 274.350 | 77 | 207.085 | 103 | 167.887 | 129 | 142.005 | 155 | 123.538 | 181 | 109.645 |
| 26 | 412.103 | 52 | 270.868 | 78 | 205.203 | 104 | 166.699 | 130 | 141.182 | 156 | 122.932 | 182 | 109.179 |

P=30(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 999.999 | 27 | 423.682 | 53 | 280.294 | 79  | 212.975 | 105 | 173.316 | 131 | 146.957 | 157 | 128.069 |
| 2  | 945.579 | 28 | 415.153 | 54 | 276.832 | 80  | 211.079 | 106 | 172.108 | 132 | 146.117 | 158 | 127.447 |
| 3  | 897.286 | 29 | 406.993 | 55 | 273.464 | 81  | 209.218 | 107 | 170.920 | 133 | 145.287 | 159 | 126.833 |
| 4  | 854.113 | 30 | 399.179 | 56 | 270.184 | 82  | 207.394 | 108 | 169.749 | 134 | 144.467 | 160 | 126.225 |
| 5  | 815.267 | 31 | 391.688 | 57 | 266.990 | 83  | 205.604 | 109 | 168.595 | 135 | 143.658 | 161 | 125.623 |
| 6  | 780.114 | 32 | 384.500 | 58 | 263.878 | 84  | 203.848 | 110 | 167.459 | 136 | 142.859 | 162 | 125.028 |
| 7  | 748.136 | 33 | 377.596 | 59 | 260.845 | 85  | 202.125 | 111 | 166.340 | 137 | 142.069 | 163 | 124.438 |
| 8  | 718.910 | 34 | 370.960 | 60 | 257.887 | 86  | 200.434 | 112 | 165.237 | 138 | 141.289 | 164 | 123.855 |
| 9  | 692.088 | 35 | 364.575 | 61 | 255.002 | 87  | 198.773 | 113 | 164.150 | 139 | 140.518 | 165 | 123.278 |
| 10 | 667.377 | 36 | 358.428 | 62 | 252.188 | 88  | 197.143 | 114 | 163.078 | 140 | 139.756 | 166 | 122.707 |
| 11 | 644.530 | 37 | 352.504 | 63 | 249.441 | 89  | 195.541 | 115 | 162.022 | 141 | 139.004 | 167 | 122.141 |
| 12 | 623.339 | 38 | 346.793 | 64 | 246.759 | 90  | 193.968 | 116 | 160.981 | 142 | 138.260 | 168 | 121.582 |
| 13 | 603.624 | 39 | 341.281 | 65 | 244.140 | 91  | 192.423 | 117 | 159.954 | 143 | 137.525 | 169 | 121.028 |
| 14 | 585.233 | 40 | 335.958 | 66 | 241.582 | 92  | 190.904 | 118 | 158.942 | 144 | 136.799 | 170 | 120.479 |
| 15 | 568.034 | 41 | 330.815 | 67 | 239.081 | 93  | 189.412 | 119 | 157.944 | 145 | 136.080 | 171 | 119.936 |
| 16 | 551.910 | 42 | 325.843 | 68 | 236.638 | 94  | 187.945 | 120 | 156.959 | 146 | 135.371 | 172 | 119.398 |
| 17 | 536.762 | 43 | 321.032 | 69 | 234.248 | 95  | 186.503 | 121 | 155.988 | 147 | 134.669 | 173 | 118.866 |
| 18 | 522.501 | 44 | 316.375 | 70 | 231.911 | 96  | 185.085 | 122 | 155.030 | 148 | 133.975 | 174 | 118.338 |
| 19 | 509.049 | 45 | 311.865 | 71 | 229.625 | 97  | 183.691 | 123 | 154.085 | 149 | 133.289 | 175 | 117.816 |
| 20 | 496.337 | 46 | 307.493 | 72 | 227.388 | 98  | 182.319 | 124 | 153.153 | 150 | 132.611 | 176 | 117.299 |
| 21 | 484.304 | 47 | 303.255 | 73 | 225.198 | 99  | 180.970 | 125 | 152.232 | 151 | 131.941 | 177 | 116.787 |
| 22 | 472.896 | 48 | 299.143 | 74 | 223.054 | 100 | 179.643 | 126 | 151.324 | 152 | 131.277 | 178 | 116.280 |
| 23 | 462.064 | 49 | 295.152 | 75 | 220.955 | 101 | 178.337 | 127 | 150.428 | 153 | 130.622 | 179 | 115.777 |
| 24 | 451.764 | 50 | 291.277 | 76 | 218.899 | 102 | 177.052 | 128 | 149.544 | 154 | 129.973 | 180 | 115.280 |
| 25 | 441.957 | 51 | 287.512 | 77 | 216.884 | 103 | 175.787 | 129 | 148.670 | 155 | 129.331 | 181 | 114.787 |
| 26 | 432.607 | 52 | 283.852 | 78 | 214.910 | 104 | 174.542 | 130 | 147.808 | 156 | 128.696 | 182 | 114.298 |

P=40 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1038.893 | 27 | 437.561 | 53 | 289.164 | 79  | 219.630 | 105 | 178.700 | 131 | 151.510 | 157 | 132.031 |
| 2  | 981.740  | 28 | 428.722 | 54 | 285.587 | 80  | 217.671 | 106 | 177.454 | 132 | 150.643 | 158 | 131.391 |
| 3  | 931.090  | 29 | 420.268 | 55 | 282.105 | 81  | 215.751 | 107 | 176.228 | 133 | 149.787 | 159 | 130.757 |
| 4  | 885.863  | 30 | 412.172 | 56 | 278.716 | 82  | 213.868 | 108 | 175.020 | 134 | 148.942 | 160 | 130.130 |
| 5  | 845.213  | 31 | 404.413 | 57 | 275.416 | 83  | 212.021 | 109 | 173.830 | 135 | 148.107 | 161 | 129.510 |
| 6  | 808.461  | 32 | 396.968 | 58 | 272.200 | 84  | 210.208 | 110 | 172.658 | 136 | 147.283 | 162 | 128.896 |
| 7  | 775.056  | 33 | 389.819 | 59 | 269.066 | 85  | 208.429 | 111 | 171.503 | 137 | 146.468 | 163 | 128.288 |
| 8  | 744.551  | 34 | 382.948 | 60 | 266.011 | 86  | 206.684 | 112 | 170.365 | 138 | 145.664 | 164 | 127.687 |
| 9  | 716.573  | 35 | 376.339 | 61 | 263.031 | 87  | 204.970 | 113 | 169.244 | 139 | 144.869 | 165 | 127.092 |
| 10 | 690.813  | 36 | 369.976 | 62 | 260.123 | 88  | 203.287 | 114 | 168.138 | 140 | 144.084 | 166 | 126.503 |
| 11 | 667.009  | 37 | 363.845 | 63 | 257.286 | 89  | 201.634 | 115 | 167.049 | 141 | 143.307 | 167 | 125.920 |
| 12 | 644.943  | 38 | 357.934 | 64 | 254.516 | 90  | 200.011 | 116 | 165.975 | 142 | 142.540 | 168 | 125.343 |
| 13 | 624.424  | 39 | 352.231 | 65 | 251.810 | 91  | 198.416 | 117 | 164.916 | 143 | 141.783 | 169 | 124.771 |
| 14 | 605.291  | 40 | 346.724 | 66 | 249.168 | 92  | 196.849 | 118 | 163.872 | 144 | 141.033 | 170 | 124.206 |
| 15 | 587.405  | 41 | 341.403 | 67 | 246.586 | 93  | 195.309 | 119 | 162.842 | 145 | 140.293 | 171 | 123.646 |
| 16 | 570.644  | 42 | 336.259 | 68 | 244.062 | 94  | 193.795 | 120 | 161.826 | 146 | 139.561 | 172 | 123.091 |
| 17 | 554.902  | 43 | 331.284 | 69 | 241.594 | 95  | 192.307 | 121 | 160.825 | 147 | 138.837 | 173 | 122.542 |
| 18 | 540.088  | 44 | 326.467 | 70 | 239.181 | 96  | 190.844 | 122 | 159.837 | 148 | 138.122 | 174 | 121.999 |
| 19 | 526.118  | 45 | 321.802 | 71 | 236.820 | 97  | 189.405 | 123 | 158.862 | 149 | 137.415 | 175 | 121.460 |
| 20 | 512.921  | 46 | 317.282 | 72 | 234.510 | 98  | 187.990 | 124 | 157.900 | 150 | 136.716 | 176 | 120.927 |
| 21 | 500.432  | 47 | 312.900 | 73 | 232.249 | 99  | 186.598 | 125 | 156.951 | 151 | 136.024 | 177 | 120.399 |
| 22 | 488.594  | 48 | 308.648 | 74 | 230.035 | 100 | 185.228 | 126 | 156.014 | 152 | 135.340 | 178 | 119.876 |
| 23 | 477.357  | 49 | 304.522 | 75 | 227.868 | 101 | 183.881 | 127 | 155.090 | 153 | 134.664 | 179 | 119.358 |
| 24 | 466.675  | 50 | 300.516 | 76 | 225.745 | 102 | 182.555 | 128 | 154.178 | 154 | 133.995 | 180 | 118.845 |
| 25 | 456.505  | 51 | 296.624 | 77 | 223.665 | 103 | 181.249 | 129 | 153.277 | 155 | 133.333 | 181 | 118.337 |
| 26 | 446.812  | 52 | 292.842 | 78 | 221.627 | 104 | 179.965 | 130 | 152.388 | 156 | 132.679 | 182 | 117.833 |

P=50(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1070.379 | 27 | 449.077 | 53 | 296.610 | 79  | 225.256 | 105 | 183.276 | 131 | 155.395 | 157 | 135.424 |
| 2  | 1011.056 | 28 | 439.988 | 54 | 292.938 | 80  | 223.248 | 106 | 181.999 | 132 | 154.507 | 158 | 134.767 |
| 3  | 958.532  | 29 | 431.295 | 55 | 289.364 | 81  | 221.278 | 107 | 180.741 | 133 | 153.629 | 159 | 134.118 |
| 4  | 911.673  | 30 | 422.972 | 56 | 285.886 | 82  | 219.346 | 108 | 179.502 | 134 | 152.763 | 160 | 133.475 |
| 5  | 869.588  | 31 | 414.995 | 57 | 282.498 | 83  | 217.451 | 109 | 178.282 | 135 | 151.907 | 161 | 132.839 |
| 6  | 831.562  | 32 | 407.343 | 58 | 279.198 | 84  | 215.592 | 110 | 177.080 | 136 | 151.061 | 162 | 132.209 |
| 7  | 797.022  | 33 | 399.995 | 59 | 275.981 | 85  | 213.767 | 111 | 175.896 | 137 | 150.226 | 163 | 131.586 |
| 8  | 765.496  | 34 | 392.934 | 60 | 272.845 | 86  | 211.977 | 112 | 174.729 | 138 | 149.401 | 164 | 130.970 |
| 9  | 736.596  | 35 | 386.142 | 61 | 269.787 | 87  | 210.219 | 113 | 173.579 | 139 | 148.586 | 165 | 130.360 |
| 10 | 709.998  | 36 | 379.603 | 62 | 266.803 | 88  | 208.492 | 114 | 172.446 | 140 | 147.781 | 166 | 129.756 |
| 11 | 685.431  | 37 | 373.304 | 63 | 263.892 | 89  | 206.797 | 115 | 171.328 | 141 | 146.985 | 167 | 129.158 |
| 12 | 662.664  | 38 | 367.232 | 64 | 261.049 | 90  | 205.132 | 116 | 170.227 | 142 | 146.199 | 168 | 128.567 |
| 13 | 641.502  | 39 | 361.372 | 65 | 258.273 | 91  | 203.496 | 117 | 169.141 | 143 | 145.422 | 169 | 127.981 |
| 14 | 621.775  | 40 | 355.716 | 66 | 255.561 | 92  | 201.889 | 118 | 168.071 | 144 | 144.654 | 170 | 127.401 |
| 15 | 603.338  | 41 | 350.251 | 67 | 252.912 | 93  | 200.310 | 119 | 167.015 | 145 | 143.894 | 171 | 126.827 |
| 16 | 586.067  | 42 | 344.967 | 68 | 250.322 | 94  | 198.757 | 120 | 165.973 | 146 | 143.144 | 172 | 126.258 |
| 17 | 569.849  | 43 | 339.857 | 69 | 247.790 | 95  | 197.231 | 121 | 164.946 | 147 | 142.402 | 173 | 125.696 |
| 18 | 554.590  | 44 | 334.911 | 70 | 245.314 | 96  | 195.730 | 122 | 163.933 | 148 | 141.669 | 174 | 125.138 |
| 19 | 540.204  | 45 | 330.120 | 71 | 242.892 | 97  | 194.255 | 123 | 162.933 | 149 | 140.944 | 175 | 124.586 |
| 20 | 526.617  | 46 | 325.479 | 72 | 240.522 | 98  | 192.803 | 124 | 161.947 | 150 | 140.227 | 176 | 124.040 |
| 21 | 513.761  | 47 | 320.978 | 73 | 238.202 | 99  | 191.376 | 125 | 160.974 | 151 | 139.518 | 177 | 123.498 |
| 22 | 501.578  | 48 | 316.613 | 74 | 235.931 | 100 | 189.971 | 126 | 160.014 | 152 | 138.816 | 178 | 122.962 |
| 23 | 490.014  | 49 | 312.377 | 75 | 233.708 | 101 | 188.589 | 127 | 159.066 | 153 | 138.123 | 179 | 122.431 |
| 24 | 479.023  | 50 | 308.264 | 76 | 231.530 | 102 | 187.229 | 128 | 158.131 | 154 | 137.437 | 180 | 121.905 |
| 25 | 468.561  | 51 | 304.268 | 77 | 229.396 | 103 | 185.891 | 129 | 157.207 | 155 | 136.759 | 181 | 121.384 |
| 26 | 458.591  | 52 | 300.385 | 78 | 227.305 | 104 | 184.573 | 130 | 156.295 | 156 | 136.088 | 182 | 120.868 |

P=60 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1093.784 | 27 | 457.087 | 53 | 301.644 | 79  | 228.993 | 105 | 186.276 | 131 | 157.918 | 157 | 137.609 |
| 2  | 1032.746 | 28 | 447.812 | 54 | 297.903 | 80  | 226.948 | 106 | 184.977 | 132 | 157.014 | 158 | 136.941 |
| 3  | 978.750  | 29 | 438.942 | 55 | 294.263 | 81  | 224.944 | 107 | 183.698 | 133 | 156.121 | 159 | 136.280 |
| 4  | 930.613  | 30 | 430.451 | 56 | 290.721 | 82  | 222.978 | 108 | 182.438 | 134 | 155.240 | 160 | 135.627 |
| 5  | 887.407  | 31 | 422.314 | 57 | 287.270 | 83  | 221.049 | 109 | 181.196 | 135 | 154.370 | 161 | 134.980 |
| 6  | 848.392  | 32 | 414.509 | 58 | 283.909 | 84  | 219.157 | 110 | 179.974 | 136 | 153.510 | 162 | 134.340 |
| 7  | 812.970  | 33 | 407.016 | 59 | 280.634 | 85  | 217.301 | 111 | 178.769 | 137 | 152.661 | 163 | 133.707 |
| 8  | 780.655  | 34 | 399.814 | 60 | 277.440 | 86  | 215.478 | 112 | 177.582 | 138 | 151.822 | 164 | 133.080 |
| 9  | 751.045  | 35 | 392.888 | 61 | 274.326 | 87  | 213.689 | 113 | 176.412 | 139 | 150.993 | 165 | 132.460 |
| 10 | 723.804  | 36 | 386.221 | 62 | 271.288 | 88  | 211.933 | 114 | 175.259 | 140 | 150.174 | 166 | 131.846 |
| 11 | 698.651  | 37 | 379.799 | 63 | 268.323 | 89  | 210.208 | 115 | 174.123 | 141 | 149.365 | 167 | 131.238 |
| 12 | 675.349  | 38 | 373.608 | 64 | 265.429 | 90  | 208.513 | 116 | 173.003 | 142 | 148.565 | 168 | 130.636 |
| 13 | 653.696  | 39 | 367.635 | 65 | 262.602 | 91  | 206.849 | 117 | 171.898 | 143 | 147.775 | 169 | 130.041 |
| 14 | 633.517  | 40 | 361.869 | 66 | 259.842 | 92  | 205.214 | 118 | 170.809 | 144 | 146.994 | 170 | 129.451 |
| 15 | 614.663  | 41 | 356.299 | 67 | 257.144 | 93  | 203.606 | 119 | 169.735 | 145 | 146.222 | 171 | 128.867 |
| 16 | 597.005  | 42 | 350.914 | 68 | 254.508 | 94  | 202.027 | 120 | 168.676 | 146 | 145.459 | 172 | 128.289 |
| 17 | 580.428  | 43 | 345.706 | 69 | 251.930 | 95  | 200.474 | 121 | 167.631 | 147 | 144.704 | 173 | 127.717 |
| 18 | 564.833  | 44 | 340.665 | 70 | 249.409 | 96  | 198.947 | 122 | 166.601 | 148 | 143.958 | 174 | 127.151 |
| 19 | 550.134  | 45 | 335.783 | 71 | 246.943 | 97  | 197.446 | 123 | 165.584 | 149 | 143.221 | 175 | 126.589 |
| 20 | 536.253  | 46 | 331.054 | 72 | 244.531 | 98  | 195.969 | 124 | 164.581 | 150 | 142.492 | 176 | 126.034 |
| 21 | 523.122  | 47 | 326.469 | 73 | 242.170 | 99  | 194.517 | 125 | 163.591 | 151 | 141.771 | 177 | 125.483 |
| 22 | 510.680  | 48 | 322.021 | 74 | 239.858 | 100 | 193.088 | 126 | 162.615 | 152 | 141.058 | 178 | 124.938 |
| 23 | 498.873  | 49 | 317.705 | 75 | 237.595 | 101 | 191.682 | 127 | 161.651 | 153 | 140.353 | 179 | 124.398 |
| 24 | 487.652  | 50 | 313.515 | 76 | 235.378 | 102 | 190.298 | 128 | 160.699 | 154 | 139.656 | 180 | 123.864 |
| 25 | 476.973  | 51 | 309.445 | 77 | 233.206 | 103 | 188.936 | 129 | 159.760 | 155 | 138.966 | 181 | 123.334 |
| 26 | 466.796  | 52 | 305.489 | 78 | 231.078 | 104 | 187.596 | 130 | 158.833 | 156 | 138.284 | 182 | 122.809 |

P=70(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1114.785 | 27 | 464.523 | 53 | 306.394 | 79  | 232.557 | 105 | 189.160 | 131 | 160.356 | 157 | 139.732 |
| 2  | 1052.249 | 28 | 455.082 | 54 | 302.592 | 80  | 230.479 | 106 | 187.841 | 132 | 159.438 | 158 | 139.053 |
| 3  | 996.964  | 29 | 446.054 | 55 | 298.892 | 81  | 228.443 | 107 | 186.541 | 133 | 158.532 | 159 | 138.383 |
| 4  | 947.707  | 30 | 437.412 | 56 | 295.290 | 82  | 226.445 | 108 | 185.261 | 134 | 157.637 | 160 | 137.719 |
| 5  | 903.519  | 31 | 429.131 | 57 | 291.783 | 83  | 224.486 | 109 | 184.000 | 135 | 156.753 | 161 | 137.062 |
| 6  | 863.635  | 32 | 421.189 | 58 | 288.366 | 84  | 222.563 | 110 | 182.758 | 136 | 155.880 | 162 | 136.412 |
| 7  | 827.439  | 33 | 413.563 | 59 | 285.037 | 85  | 220.677 | 111 | 181.535 | 137 | 155.017 | 163 | 135.769 |
| 8  | 794.431  | 34 | 406.236 | 60 | 281.791 | 86  | 218.826 | 112 | 180.329 | 138 | 154.165 | 164 | 135.133 |
| 9  | 764.194  | 35 | 399.189 | 61 | 278.626 | 87  | 217.008 | 113 | 179.141 | 139 | 153.324 | 165 | 134.503 |
| 10 | 736.386  | 36 | 392.407 | 62 | 275.538 | 88  | 215.224 | 114 | 177.970 | 140 | 152.492 | 166 | 133.879 |
| 11 | 710.717  | 37 | 385.874 | 63 | 272.524 | 89  | 213.471 | 115 | 176.815 | 141 | 151.670 | 167 | 133.262 |
| 12 | 686.942  | 38 | 379.576 | 64 | 269.583 | 90  | 211.750 | 116 | 175.678 | 142 | 150.858 | 168 | 132.651 |
| 13 | 664.855  | 39 | 373.500 | 65 | 266.710 | 91  | 210.059 | 117 | 174.556 | 143 | 150.055 | 169 | 132.046 |
| 14 | 644.276  | 40 | 367.635 | 66 | 263.905 | 92  | 208.397 | 118 | 173.450 | 144 | 149.262 | 170 | 131.448 |
| 15 | 625.052  | 41 | 361.969 | 67 | 261.163 | 93  | 206.765 | 119 | 172.359 | 145 | 148.478 | 171 | 130.855 |
| 16 | 607.050  | 42 | 356.493 | 68 | 258.484 | 94  | 205.160 | 120 | 171.283 | 146 | 147.703 | 172 | 130.268 |
| 17 | 590.154  | 43 | 351.196 | 69 | 255.864 | 95  | 203.582 | 121 | 170.222 | 147 | 146.937 | 173 | 129.687 |
| 18 | 574.262  | 44 | 346.070 | 70 | 253.303 | 96  | 202.031 | 122 | 169.175 | 148 | 146.180 | 174 | 129.112 |
| 19 | 559.284  | 45 | 341.106 | 71 | 250.797 | 97  | 200.506 | 123 | 168.143 | 149 | 145.431 | 175 | 128.542 |
| 20 | 545.142  | 46 | 336.296 | 72 | 248.345 | 98  | 199.006 | 124 | 167.124 | 150 | 144.691 | 176 | 127.977 |
| 21 | 531.766  | 47 | 331.634 | 73 | 245.946 | 99  | 197.531 | 125 | 166.119 | 151 | 143.958 | 177 | 127.419 |
| 22 | 519.094  | 48 | 327.112 | 74 | 243.597 | 100 | 196.079 | 126 | 165.127 | 152 | 143.234 | 178 | 126.865 |
| 23 | 507.069  | 49 | 322.724 | 75 | 241.297 | 101 | 194.651 | 127 | 164.148 | 153 | 142.518 | 179 | 126.317 |
| 24 | 495.642  | 50 | 318.463 | 76 | 239.045 | 102 | 193.246 | 128 | 163.181 | 154 | 141.810 | 180 | 125.774 |
| 25 | 484.768  | 51 | 314.325 | 77 | 236.838 | 103 | 191.862 | 129 | 162.228 | 155 | 141.110 | 181 | 125.236 |
| 26 | 474.407  | 52 | 310.304 | 78 | 234.676 | 104 | 190.501 | 130 | 161.286 | 156 | 140.417 | 182 | 124.703 |



P=80(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1133.064 | 27 | 470.976 | 53 | 310.515 | 79  | 235.648 | 105 | 191.662 | 131 | 162.472 | 157 | 141.573 |
| 2  | 1069.218 | 28 | 461.390 | 54 | 306.659 | 80  | 233.542 | 106 | 190.324 | 132 | 161.542 | 158 | 140.886 |
| 3  | 1012.807 | 29 | 452.225 | 55 | 302.906 | 81  | 231.478 | 107 | 189.007 | 133 | 160.623 | 159 | 140.206 |
| 4  | 962.572  | 30 | 443.452 | 56 | 299.254 | 82  | 229.453 | 108 | 187.710 | 134 | 159.716 | 160 | 139.533 |
| 5  | 917.526  | 31 | 435.046 | 57 | 295.697 | 83  | 227.467 | 109 | 186.432 | 135 | 158.820 | 161 | 138.868 |
| 6  | 876.884  | 32 | 426.984 | 58 | 292.233 | 84  | 225.518 | 110 | 185.173 | 136 | 157.936 | 162 | 138.210 |
| 7  | 840.013  | 33 | 419.245 | 59 | 288.857 | 85  | 223.606 | 111 | 183.933 | 137 | 157.062 | 163 | 137.558 |
| 8  | 806.400  | 34 | 411.808 | 60 | 285.565 | 86  | 221.729 | 112 | 182.711 | 138 | 156.198 | 164 | 136.913 |
| 9  | 775.618  | 35 | 404.657 | 61 | 282.355 | 87  | 219.887 | 113 | 181.507 | 139 | 155.345 | 165 | 136.275 |
| 10 | 747.316  | 36 | 397.774 | 62 | 279.224 | 88  | 218.078 | 114 | 180.321 | 140 | 154.502 | 166 | 135.643 |
| 11 | 721.196  | 37 | 391.144 | 63 | 276.169 | 89  | 216.302 | 115 | 179.151 | 141 | 153.670 | 167 | 135.018 |
| 12 | 697.011  | 38 | 384.753 | 64 | 273.186 | 90  | 214.557 | 116 | 177.998 | 142 | 152.847 | 168 | 134.399 |
| 13 | 674.545  | 39 | 378.588 | 65 | 270.274 | 91  | 212.843 | 117 | 176.861 | 143 | 152.034 | 169 | 133.786 |
| 14 | 653.618  | 40 | 372.638 | 66 | 267.429 | 92  | 211.159 | 118 | 175.740 | 144 | 151.230 | 170 | 133.179 |
| 15 | 634.073  | 41 | 366.889 | 67 | 264.649 | 93  | 209.504 | 119 | 174.635 | 145 | 150.436 | 171 | 132.579 |
| 16 | 615.772  | 42 | 361.333 | 68 | 261.933 | 94  | 207.878 | 120 | 173.544 | 146 | 149.650 | 172 | 131.984 |
| 17 | 598.598  | 43 | 355.960 | 69 | 259.277 | 95  | 206.279 | 121 | 172.469 | 147 | 148.874 | 173 | 131.395 |
| 18 | 582.447  | 44 | 350.759 | 70 | 256.680 | 96  | 204.707 | 122 | 171.408 | 148 | 148.107 | 174 | 130.812 |
| 19 | 567.227  | 45 | 345.723 | 71 | 254.139 | 97  | 203.161 | 123 | 170.362 | 149 | 147.348 | 175 | 130.235 |
| 20 | 552.858  | 46 | 340.845 | 72 | 251.654 | 98  | 201.640 | 124 | 169.330 | 150 | 146.598 | 176 | 129.663 |
| 21 | 539.269  | 47 | 336.115 | 73 | 249.221 | 99  | 200.145 | 125 | 168.311 | 151 | 145.856 | 177 | 129.097 |
| 22 | 526.396  | 48 | 331.528 | 74 | 246.840 | 100 | 198.674 | 126 | 167.306 | 152 | 145.122 | 178 | 128.536 |
| 23 | 514.182  | 49 | 327.077 | 75 | 244.509 | 101 | 197.226 | 127 | 166.314 | 153 | 144.397 | 179 | 127.981 |
| 24 | 502.576  | 50 | 322.756 | 76 | 242.225 | 102 | 195.802 | 128 | 165.334 | 154 | 143.679 | 180 | 127.431 |
| 25 | 491.534  | 51 | 318.559 | 77 | 239.988 | 103 | 194.400 | 129 | 164.368 | 155 | 142.969 | 181 | 126.886 |
| 26 | 481.013  | 52 | 314.480 | 78 | 237.796 | 104 | 193.020 | 130 | 163.414 | 156 | 142.267 | 182 | 126.346 |

P=90(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1149.265 | 27 | 476.679 | 53 | 314.156 | 79  | 238.379 | 105 | 193.871 | 131 | 164.340 | 157 | 143.199 |
| 2  | 1084.252 | 28 | 466.966 | 54 | 310.252 | 80  | 236.248 | 106 | 192.518 | 132 | 163.399 | 158 | 142.504 |
| 3  | 1026.839 | 29 | 457.679 | 55 | 306.453 | 81  | 234.158 | 107 | 191.185 | 133 | 162.470 | 159 | 141.817 |
| 4  | 975.734  | 30 | 448.790 | 56 | 302.756 | 82  | 232.109 | 108 | 189.873 | 134 | 161.552 | 160 | 141.136 |
| 5  | 929.926  | 31 | 440.273 | 57 | 299.155 | 83  | 230.099 | 109 | 188.580 | 135 | 160.646 | 161 | 140.463 |
| 6  | 888.611  | 32 | 432.106 | 58 | 295.648 | 84  | 228.128 | 110 | 187.307 | 136 | 159.751 | 162 | 139.797 |
| 7  | 851.141  | 33 | 424.265 | 59 | 292.231 | 85  | 226.193 | 111 | 186.052 | 137 | 158.867 | 163 | 139.138 |
| 8  | 816.991  | 34 | 416.732 | 60 | 288.899 | 86  | 224.294 | 112 | 184.816 | 138 | 157.994 | 164 | 138.486 |
| 9  | 785.725  | 35 | 409.488 | 61 | 285.650 | 87  | 222.430 | 113 | 183.598 | 139 | 157.131 | 165 | 137.840 |
| 10 | 756.984  | 36 | 402.516 | 62 | 282.481 | 88  | 220.599 | 114 | 182.397 | 140 | 156.278 | 166 | 137.201 |
| 11 | 730.466  | 37 | 395.801 | 63 | 279.388 | 89  | 218.802 | 115 | 181.214 | 141 | 155.436 | 167 | 136.568 |
| 12 | 705.915  | 38 | 389.328 | 64 | 276.369 | 90  | 217.036 | 116 | 180.047 | 142 | 154.604 | 168 | 135.942 |
| 13 | 683.115  | 39 | 383.084 | 65 | 273.421 | 91  | 215.302 | 117 | 178.897 | 143 | 153.781 | 169 | 135.323 |
| 14 | 661.880  | 40 | 377.058 | 66 | 270.542 | 92  | 213.598 | 118 | 177.763 | 144 | 152.968 | 170 | 134.709 |
| 15 | 642.049  | 41 | 371.236 | 67 | 267.729 | 93  | 211.924 | 119 | 176.645 | 145 | 152.164 | 171 | 134.101 |
| 16 | 623.484  | 42 | 365.610 | 68 | 264.979 | 94  | 210.278 | 120 | 175.542 | 146 | 151.370 | 172 | 133.500 |
| 17 | 606.064  | 43 | 360.168 | 69 | 262.291 | 95  | 208.660 | 121 | 174.454 | 147 | 150.585 | 173 | 132.904 |
| 18 | 589.683  | 44 | 354.902 | 70 | 259.663 | 96  | 207.070 | 122 | 173.381 | 148 | 149.808 | 174 | 132.315 |
| 19 | 574.249  | 45 | 349.803 | 71 | 257.092 | 97  | 205.506 | 123 | 172.322 | 149 | 149.041 | 175 | 131.731 |
| 20 | 559.679  | 46 | 344.863 | 72 | 254.576 | 98  | 203.967 | 124 | 171.278 | 150 | 148.282 | 176 | 131.152 |
| 21 | 545.901  | 47 | 340.074 | 73 | 252.115 | 99  | 202.454 | 125 | 170.247 | 151 | 147.532 | 177 | 130.580 |
| 22 | 532.850  | 48 | 335.430 | 74 | 249.705 | 100 | 200.966 | 126 | 169.230 | 152 | 146.789 | 178 | 130.012 |
| 23 | 520.469  | 49 | 330.923 | 75 | 247.345 | 101 | 199.501 | 127 | 168.227 | 153 | 146.056 | 179 | 129.451 |
| 24 | 508.705  | 50 | 326.548 | 76 | 245.034 | 102 | 198.060 | 128 | 167.236 | 154 | 145.330 | 180 | 128.894 |
| 25 | 497.513  | 51 | 322.299 | 77 | 242.771 | 103 | 196.642 | 129 | 166.258 | 155 | 144.612 | 181 | 128.343 |
| 26 | 486.850  | 52 | 318.170 | 78 | 240.552 | 104 | 195.246 | 130 | 165.293 | 156 | 143.902 | 182 | 127.797 |

P=100(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1163.599 | 27 | 481.664 | 53 | 317.323 | 79  | 240.748 | 105 | 195.784 | 131 | 165.956 | 157 | 144.604 |
| 2  | 1097.541 | 28 | 471.838 | 54 | 313.378 | 80  | 238.595 | 106 | 194.417 | 132 | 165.005 | 158 | 143.902 |
| 3  | 1039.232 | 29 | 462.444 | 55 | 309.538 | 81  | 236.484 | 107 | 193.071 | 133 | 164.067 | 159 | 143.207 |
| 4  | 987.350  | 30 | 453.452 | 56 | 305.802 | 82  | 234.414 | 108 | 191.746 | 134 | 163.140 | 160 | 142.520 |
| 5  | 940.861  | 31 | 444.838 | 57 | 302.163 | 83  | 232.383 | 109 | 190.440 | 135 | 162.225 | 161 | 141.840 |
| 6  | 898.945  | 32 | 436.577 | 58 | 298.618 | 84  | 230.391 | 110 | 189.153 | 136 | 161.321 | 162 | 141.168 |
| 7  | 860.942  | 33 | 428.648 | 59 | 295.164 | 85  | 228.436 | 111 | 187.886 | 137 | 160.428 | 163 | 140.502 |
| 8  | 826.313  | 34 | 421.029 | 60 | 291.798 | 86  | 226.518 | 112 | 186.638 | 138 | 159.546 | 164 | 139.843 |
| 9  | 794.616  | 35 | 413.703 | 61 | 288.514 | 87  | 224.634 | 113 | 185.407 | 139 | 158.674 | 165 | 139.191 |
| 10 | 765.486  | 36 | 406.653 | 62 | 285.311 | 88  | 222.785 | 114 | 184.194 | 140 | 157.813 | 166 | 138.546 |
| 11 | 738.613  | 37 | 399.863 | 63 | 282.186 | 89  | 220.969 | 115 | 182.999 | 141 | 156.962 | 167 | 137.907 |
| 12 | 713.738  | 38 | 393.318 | 64 | 279.135 | 90  | 219.186 | 116 | 181.821 | 142 | 156.122 | 168 | 137.275 |
| 13 | 690.640  | 39 | 387.005 | 65 | 276.156 | 91  | 217.434 | 117 | 180.659 | 143 | 155.291 | 169 | 136.649 |
| 14 | 669.131  | 40 | 380.911 | 66 | 273.247 | 92  | 215.713 | 118 | 179.513 | 144 | 154.470 | 170 | 136.029 |
| 15 | 649.047  | 41 | 375.025 | 67 | 270.404 | 93  | 214.021 | 119 | 178.384 | 145 | 153.658 | 171 | 135.416 |
| 16 | 630.247  | 42 | 369.337 | 68 | 267.626 | 94  | 212.358 | 120 | 177.270 | 146 | 152.856 | 172 | 134.808 |
| 17 | 612.609  | 43 | 363.835 | 69 | 264.909 | 95  | 210.724 | 121 | 176.171 | 147 | 152.063 | 173 | 134.207 |
| 18 | 596.025  | 44 | 358.511 | 70 | 262.254 | 96  | 209.117 | 122 | 175.087 | 148 | 151.279 | 174 | 133.611 |
| 19 | 580.401  | 45 | 353.357 | 71 | 259.656 | 97  | 207.537 | 123 | 174.018 | 149 | 150.504 | 175 | 133.021 |
| 20 | 565.653  | 46 | 348.363 | 72 | 257.114 | 98  | 205.983 | 124 | 172.963 | 150 | 149.737 | 176 | 132.437 |
| 21 | 551.708  | 47 | 343.522 | 73 | 254.627 | 99  | 204.455 | 125 | 171.922 | 151 | 148.979 | 177 | 131.859 |
| 22 | 538.500  | 48 | 338.827 | 74 | 252.192 | 100 | 202.951 | 126 | 170.895 | 152 | 148.230 | 178 | 131.286 |
| 23 | 525.970  | 49 | 334.272 | 75 | 249.808 | 101 | 201.472 | 127 | 169.881 | 153 | 147.488 | 179 | 130.719 |
| 24 | 514.067  | 50 | 329.850 | 76 | 247.473 | 102 | 200.016 | 128 | 168.881 | 154 | 146.755 | 180 | 130.157 |
| 25 | 502.742  | 51 | 325.554 | 77 | 245.185 | 103 | 198.583 | 129 | 167.893 | 155 | 146.030 | 181 | 129.600 |
| 26 | 491.954  | 52 | 321.381 | 78 | 242.944 | 104 | 197.173 | 130 | 166.918 | 156 | 145.313 | 182 | 129.049 |

## 6.3 顺德区暴雨强度公式及计算图表

# 佛山市顺德区暴雨强度公式及计算图表

广东省佛山市气象局

广东省气象防灾技术服务中心

二〇一六年六月

## 说

1. 本计算图表以顺德国家地面气象观测站 36 年(1980~2015 年)连续自记雨量记录为基础,利用国内先进的“降水数字化处理系统”得到高精度的原始数据而进行编制。

2. 以重现期 2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100(年)相应的单一重现期暴雨强度公式制表。设计暴雨强度可按选定设计重现期直接查用表列数值(单一重现期暴雨强度公式见表一)。

3. 若采用其它重现期,设计暴雨强度可用重现期区间参数公式计算:

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n}$$

式中:  $q$ —设计暴雨强度(升/秒·公顷)

$t$ —降雨历时(分钟)

$A$ —雨力

$b$ 、 $n$ —地方常数

( $A$ 、 $b$ 、 $n$  按重现期区间参数公式计算,公式见表二)

4. 考虑到绘制全国城市暴雨公式等值线图,列出包含重现期在内的暴雨强度总公式:

$$q = \frac{2545.044(1+0.399LnP)}{(t+9.414)^{0.665}}$$

因总公式精度不及重现期区间参数公式,故建议推求其它重现期设计暴雨强度时使用区间参数公式。

## 明

应用重现期区间参数公式计算暴雨强度实例:求  $P=25$  年, $t=50$  分钟的暴雨强度  $q$ 。

从重现期区间参数公式 II, 得:

$$n=0.748 - 0.048Ln(P - 2.870)$$

$$=0.599347 \text{ (取 } 0.599)$$

$$b=11.375 - 1.723Ln(P - 5.080)$$

$$=6.220259 \text{ (取 } 6.22)$$

$$A=23.009 - 1.924Ln(P - 5.632)$$

$$=17.306991 \text{ (取 } 17.307)$$

配得  $P=25$  年的暴雨强度计算公式如下:

$$q = \frac{167 \times 17.307}{(t+6.22)^{0.599}}$$

可按上式计算 1~200 分钟中任何时段的暴雨强度。

当  $t=50$ :

$$q = \frac{167 \times 17.307}{(50+6.22)^{0.599}} = 258.675 \text{ (升/秒/公顷)}$$

### 5. 公式误差

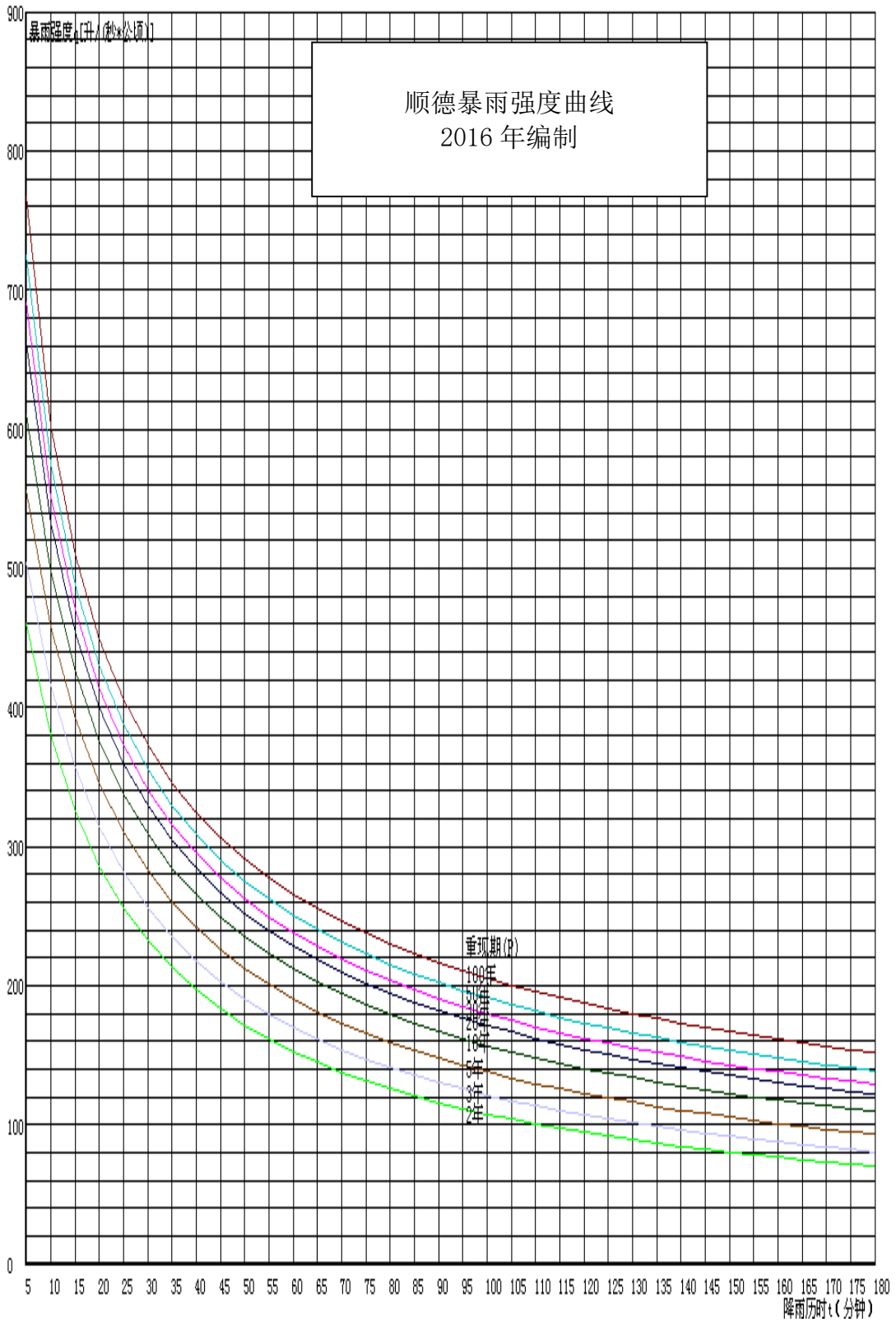
重现期 2~20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为: 0.026 (mm/min), 平均相对均方差为: 1.67%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006, 2014 年版)提出的要求。

表一 单一重现期暴雨强度公式

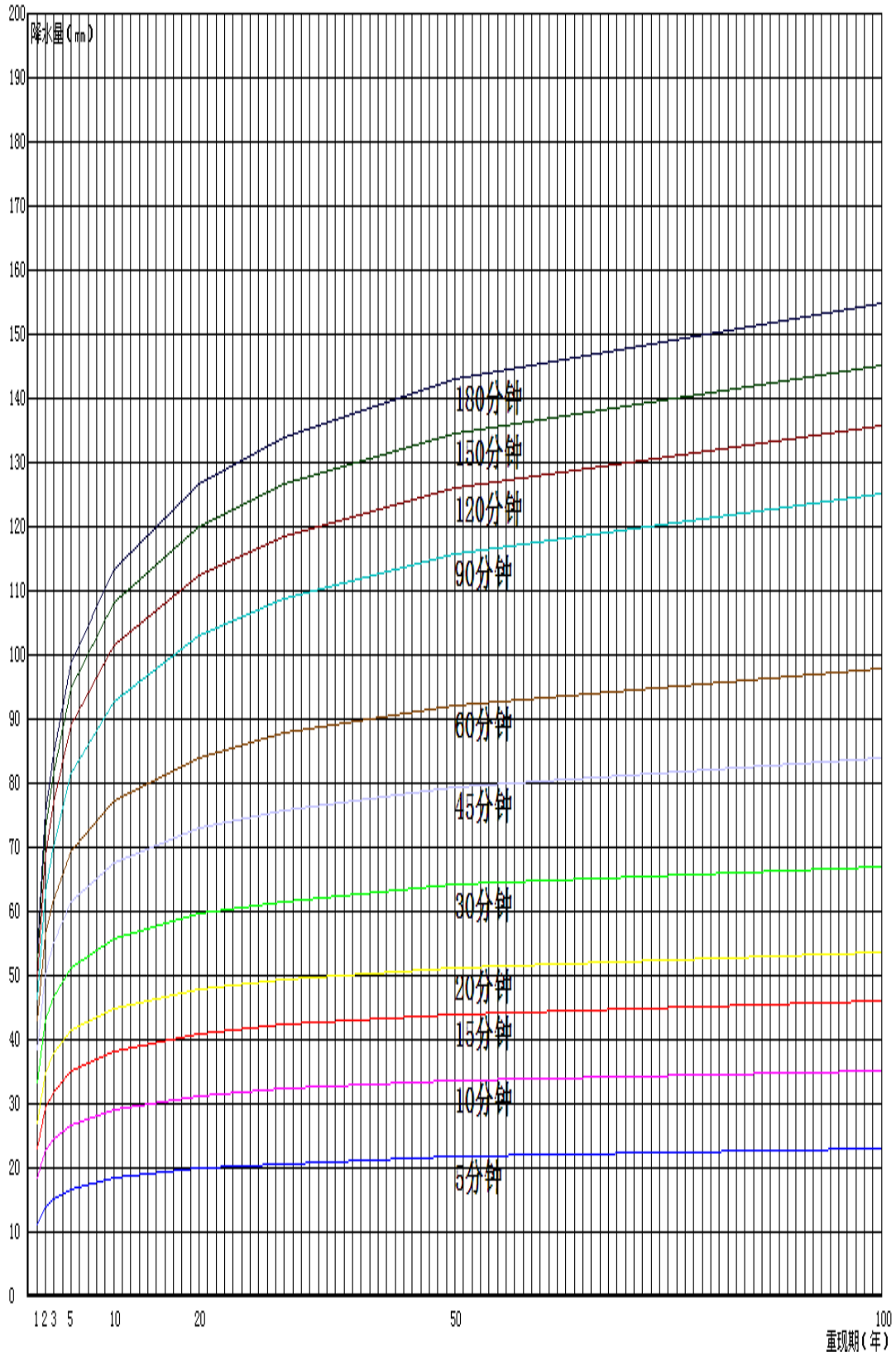
| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2       | $4819.62 / (t + 13.621)^{0.803}$  |
| P=3       | $4526.535 / (t + 12.553)^{0.766}$ |
| P=5       | $4185.02 / (t + 11.276)^{0.724}$  |
| P=10      | $3368.724 / (t + 8.630)^{0.654}$  |
| P=20      | $2986.294 / (t + 6.718)^{0.612}$  |
| P=30      | $2816.455 / (t + 5.834)^{0.590}$  |
| P=40      | $2706.068 / (t + 5.253)^{0.575}$  |
| P=50      | $2623.904 / (t + 4.819)^{0.563}$  |
| P=60      | $2558.607 / (t + 4.473)^{0.554}$  |
| P=70      | $2504.332 / (t + 4.185)^{0.546}$  |
| P=80      | $2457.906 / (t + 3.938)^{0.539}$  |
| P=90      | $2417.492 / (t + 3.722)^{0.534}$  |
| P=100     | $2381.42 / (t + 3.530)^{0.528}$   |

表二 重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间 | 参数 | 公 式                                  |
|--------|----|----|--------------------------------------|
| 1 — 10 | I  | n  | $0.828 - 0.070\text{Ln}(P - 0.574)$  |
|        |    | b  | $14.823 - 2.296\text{Ln}(P - 0.312)$ |
|        |    | A  | $30.424 - 3.537\text{Ln}(P - 0.444)$ |
| 10—100 | II | n  | $0.748 - 0.048\text{Ln}(P - 2.870)$  |
|        |    | b  | $11.375 - 1.723\text{Ln}(P - 5.080)$ |
|        |    | A  | $23.009 - 1.924\text{Ln}(P - 5.632)$ |







各历时降水量与重现期曲线图

P=2 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 559.160 | 27 | 246.142 | 53 | 165.445 | 79  | 126.983 | 105 | 104.102 | 131 | 88.787 | 157 | 77.748 |
| 2  | 530.230 | 28 | 241.382 | 54 | 163.477 | 80  | 125.893 | 106 | 103.403 | 132 | 88.297 | 158 | 77.384 |
| 3  | 504.458 | 29 | 236.824 | 55 | 161.561 | 81  | 124.823 | 107 | 102.714 | 133 | 87.813 | 159 | 77.024 |
| 4  | 481.338 | 30 | 232.454 | 56 | 159.695 | 82  | 123.774 | 108 | 102.035 | 134 | 87.335 | 160 | 76.668 |
| 5  | 460.469 | 31 | 228.262 | 57 | 157.877 | 83  | 122.744 | 109 | 101.367 | 135 | 86.863 | 161 | 76.315 |
| 6  | 441.527 | 32 | 224.235 | 58 | 156.104 | 84  | 121.733 | 110 | 100.708 | 136 | 86.396 | 162 | 75.966 |
| 7  | 424.250 | 33 | 220.365 | 59 | 154.376 | 85  | 120.741 | 111 | 100.058 | 137 | 85.935 | 163 | 75.620 |
| 8  | 408.421 | 34 | 216.641 | 60 | 152.690 | 86  | 119.767 | 112 | 99.418  | 138 | 85.480 | 164 | 75.278 |
| 9  | 393.858 | 35 | 213.056 | 61 | 151.045 | 87  | 118.810 | 113 | 98.787  | 139 | 85.030 | 165 | 74.940 |
| 10 | 380.412 | 36 | 209.601 | 62 | 149.439 | 88  | 117.870 | 114 | 98.165  | 140 | 84.585 | 166 | 74.604 |
| 11 | 367.955 | 37 | 206.270 | 63 | 147.870 | 89  | 116.947 | 115 | 97.552  | 141 | 84.145 | 167 | 74.272 |
| 12 | 356.377 | 38 | 203.055 | 64 | 146.339 | 90  | 116.040 | 116 | 96.947  | 142 | 83.711 | 168 | 73.944 |
| 13 | 345.587 | 39 | 199.950 | 65 | 144.842 | 91  | 115.149 | 117 | 96.351  | 143 | 83.281 | 169 | 73.619 |
| 14 | 335.504 | 40 | 196.950 | 66 | 143.380 | 92  | 114.272 | 118 | 95.762  | 144 | 82.857 | 170 | 73.296 |
| 15 | 326.058 | 41 | 194.050 | 67 | 141.950 | 93  | 113.411 | 119 | 95.182  | 145 | 82.437 | 171 | 72.978 |
| 16 | 317.189 | 42 | 191.243 | 68 | 140.552 | 94  | 112.564 | 120 | 94.610  | 146 | 82.022 | 172 | 72.662 |
| 17 | 308.844 | 43 | 188.526 | 69 | 139.184 | 95  | 111.731 | 121 | 94.045  | 147 | 81.612 | 173 | 72.349 |
| 18 | 300.976 | 44 | 185.894 | 70 | 137.846 | 96  | 110.912 | 122 | 93.488  | 148 | 81.206 | 174 | 72.039 |
| 19 | 293.545 | 45 | 183.344 | 71 | 136.536 | 97  | 110.106 | 123 | 92.938  | 149 | 80.805 | 175 | 71.732 |
| 20 | 286.513 | 46 | 180.870 | 72 | 135.254 | 98  | 109.313 | 124 | 92.395  | 150 | 80.408 | 176 | 71.428 |
| 21 | 279.849 | 47 | 178.471 | 73 | 133.999 | 99  | 108.533 | 125 | 91.860  | 151 | 80.016 | 177 | 71.127 |
| 22 | 273.522 | 48 | 176.141 | 74 | 132.770 | 100 | 107.765 | 126 | 91.331  | 152 | 79.628 | 178 | 70.829 |
| 23 | 267.508 | 49 | 173.879 | 75 | 131.565 | 101 | 107.010 | 127 | 90.809  | 153 | 79.244 | 179 | 70.534 |
| 24 | 261.783 | 50 | 171.681 | 76 | 130.385 | 102 | 106.266 | 128 | 90.294  | 154 | 78.864 | 180 | 70.241 |
| 25 | 256.327 | 51 | 169.544 | 77 | 129.228 | 103 | 105.534 | 129 | 89.785  | 155 | 78.488 | 181 | 69.951 |
| 26 | 251.118 | 52 | 167.466 | 78 | 128.095 | 104 | 104.813 | 130 | 89.283  | 156 | 78.116 | 182 | 69.664 |

P=3 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 614.648 | 27 | 270.599 | 53 | 183.762 | 79  | 142.274 | 105 | 117.481 | 131 | 100.808 | 157 | 88.740 |
| 2  | 582.028 | 28 | 265.473 | 54 | 181.643 | 80  | 141.095 | 106 | 116.721 | 132 | 100.273 | 158 | 88.341 |
| 3  | 553.141 | 29 | 260.565 | 55 | 179.580 | 81  | 139.938 | 107 | 115.972 | 133 | 99.745  | 159 | 87.946 |
| 4  | 527.359 | 30 | 255.862 | 56 | 177.570 | 82  | 138.803 | 108 | 115.235 | 134 | 99.223  | 160 | 87.555 |
| 5  | 504.188 | 31 | 251.350 | 57 | 175.611 | 83  | 137.689 | 109 | 114.508 | 135 | 98.708  | 161 | 87.169 |
| 6  | 483.238 | 32 | 247.017 | 58 | 173.701 | 84  | 136.595 | 110 | 113.791 | 136 | 98.198  | 162 | 86.786 |
| 7  | 464.191 | 33 | 242.852 | 59 | 171.839 | 85  | 135.521 | 111 | 113.085 | 137 | 97.695  | 163 | 86.407 |
| 8  | 446.790 | 34 | 238.846 | 60 | 170.022 | 86  | 134.467 | 112 | 112.389 | 138 | 97.198  | 164 | 86.032 |
| 9  | 430.823 | 35 | 234.989 | 61 | 168.248 | 87  | 133.431 | 113 | 111.703 | 139 | 96.706  | 165 | 85.661 |
| 10 | 416.113 | 36 | 231.273 | 62 | 166.517 | 88  | 132.413 | 114 | 111.026 | 140 | 96.220  | 166 | 85.293 |
| 11 | 402.512 | 37 | 227.689 | 63 | 164.826 | 89  | 131.413 | 115 | 110.359 | 141 | 95.740  | 167 | 84.929 |
| 12 | 389.893 | 38 | 224.231 | 64 | 163.174 | 90  | 130.431 | 116 | 109.701 | 142 | 95.265  | 168 | 84.568 |
| 13 | 378.151 | 39 | 220.892 | 65 | 161.560 | 91  | 129.465 | 117 | 109.051 | 143 | 94.795  | 169 | 84.211 |
| 14 | 367.193 | 40 | 217.665 | 66 | 159.982 | 92  | 128.515 | 118 | 108.411 | 144 | 94.331  | 170 | 83.858 |
| 15 | 356.941 | 41 | 214.545 | 67 | 158.439 | 93  | 127.581 | 119 | 107.779 | 145 | 93.872  | 171 | 83.507 |
| 16 | 347.325 | 42 | 211.526 | 68 | 156.930 | 94  | 126.663 | 120 | 107.156 | 146 | 93.418  | 172 | 83.161 |
| 17 | 338.287 | 43 | 208.603 | 69 | 155.454 | 95  | 125.760 | 121 | 106.541 | 147 | 92.970  | 173 | 82.817 |
| 18 | 329.773 | 44 | 205.771 | 70 | 154.010 | 96  | 124.872 | 122 | 105.934 | 148 | 92.526  | 174 | 82.477 |
| 19 | 321.737 | 45 | 203.027 | 71 | 152.596 | 97  | 123.998 | 123 | 105.334 | 149 | 92.087  | 175 | 82.140 |
| 20 | 314.138 | 46 | 200.366 | 72 | 151.212 | 98  | 123.138 | 124 | 104.743 | 150 | 91.652  | 176 | 81.806 |
| 21 | 306.942 | 47 | 197.783 | 73 | 149.856 | 99  | 122.291 | 125 | 104.159 | 151 | 91.223  | 177 | 81.475 |
| 22 | 300.114 | 48 | 195.276 | 74 | 148.528 | 100 | 121.458 | 126 | 103.583 | 152 | 90.798  | 178 | 81.147 |
| 23 | 293.626 | 49 | 192.842 | 75 | 147.227 | 101 | 120.638 | 127 | 103.014 | 153 | 90.377  | 179 | 80.823 |
| 24 | 287.453 | 50 | 190.476 | 76 | 145.951 | 102 | 119.830 | 128 | 102.452 | 154 | 89.962  | 180 | 80.501 |
| 25 | 281.571 | 51 | 188.176 | 77 | 144.701 | 103 | 119.035 | 129 | 101.897 | 155 | 89.550  | 181 | 80.182 |
| 26 | 275.959 | 52 | 185.939 | 78 | 143.476 | 104 | 118.252 | 130 | 101.349 | 156 | 89.143  | 182 | 79.866 |

P=5 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 681.115 | 27 | 298.991 | 53 | 205.433 | 79  | 160.644 | 105 | 133.747 | 131 | 115.566 | 157 | 102.343 |
| 2  | 643.572 | 28 | 293.460 | 54 | 203.150 | 80  | 159.367 | 106 | 132.920 | 132 | 114.981 | 158 | 101.905 |
| 3  | 610.608 | 29 | 288.167 | 55 | 200.926 | 81  | 158.115 | 107 | 132.105 | 133 | 114.404 | 159 | 101.471 |
| 4  | 581.399 | 30 | 283.095 | 56 | 198.759 | 82  | 156.886 | 108 | 131.303 | 134 | 113.833 | 160 | 101.042 |
| 5  | 555.312 | 31 | 278.231 | 57 | 196.647 | 83  | 155.679 | 109 | 130.511 | 135 | 113.269 | 161 | 100.617 |
| 6  | 531.849 | 32 | 273.561 | 58 | 194.588 | 84  | 154.495 | 110 | 129.731 | 136 | 112.712 | 162 | 100.196 |
| 7  | 510.617 | 33 | 269.074 | 59 | 192.579 | 85  | 153.331 | 111 | 128.962 | 137 | 112.161 | 163 | 99.780  |
| 8  | 491.298 | 34 | 264.758 | 60 | 190.619 | 86  | 152.188 | 112 | 128.204 | 138 | 111.617 | 164 | 99.367  |
| 9  | 473.633 | 35 | 260.603 | 61 | 188.706 | 87  | 151.066 | 113 | 127.456 | 139 | 111.078 | 165 | 98.959  |
| 10 | 457.410 | 36 | 256.601 | 62 | 186.838 | 88  | 149.962 | 114 | 126.719 | 140 | 110.546 | 166 | 98.554  |
| 11 | 442.449 | 37 | 252.741 | 63 | 185.013 | 89  | 148.878 | 115 | 125.992 | 141 | 110.020 | 167 | 98.154  |
| 12 | 428.604 | 38 | 249.017 | 64 | 183.231 | 90  | 147.812 | 116 | 125.274 | 142 | 109.500 | 168 | 97.757  |
| 13 | 415.747 | 39 | 245.421 | 65 | 181.488 | 91  | 146.765 | 117 | 124.566 | 143 | 108.986 | 169 | 97.364  |
| 14 | 403.772 | 40 | 241.947 | 66 | 179.785 | 92  | 145.734 | 118 | 123.868 | 144 | 108.477 | 170 | 96.975  |
| 15 | 392.588 | 41 | 238.587 | 67 | 178.119 | 93  | 144.721 | 119 | 123.179 | 145 | 107.974 | 171 | 96.589  |
| 16 | 382.113 | 42 | 235.336 | 68 | 176.490 | 94  | 143.725 | 120 | 122.499 | 146 | 107.477 | 172 | 96.208  |
| 17 | 372.281 | 43 | 232.189 | 69 | 174.895 | 95  | 142.744 | 121 | 121.827 | 147 | 106.985 | 173 | 95.829  |
| 18 | 363.030 | 44 | 229.140 | 70 | 173.334 | 96  | 141.780 | 122 | 121.165 | 148 | 106.498 | 174 | 95.455  |
| 19 | 354.309 | 45 | 226.185 | 71 | 171.807 | 97  | 140.830 | 123 | 120.511 | 149 | 106.016 | 175 | 95.083  |
| 20 | 346.071 | 46 | 223.319 | 72 | 170.310 | 98  | 139.896 | 124 | 119.865 | 150 | 105.540 | 176 | 94.715  |
| 21 | 338.274 | 47 | 220.538 | 73 | 168.845 | 99  | 138.976 | 125 | 119.228 | 151 | 105.069 | 177 | 94.351  |
| 22 | 330.883 | 48 | 217.838 | 74 | 167.409 | 100 | 138.071 | 126 | 118.598 | 152 | 104.602 | 178 | 93.990  |
| 23 | 323.865 | 49 | 215.215 | 75 | 166.002 | 101 | 137.180 | 127 | 117.977 | 153 | 104.141 | 179 | 93.632  |
| 24 | 317.192 | 50 | 212.667 | 76 | 164.623 | 102 | 136.302 | 128 | 117.363 | 154 | 103.684 | 180 | 93.277  |
| 25 | 310.837 | 51 | 210.189 | 77 | 163.270 | 103 | 135.437 | 129 | 116.757 | 155 | 103.233 | 181 | 92.926  |
| 26 | 304.777 | 52 | 207.778 | 78 | 161.944 | 104 | 134.586 | 130 | 116.158 | 156 | 102.785 | 182 | 92.577  |

P=10(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 765.903 | 27 | 325.520 | 53 | 227.479 | 79  | 180.705 | 105 | 152.466 | 131 | 133.245 | 157 | 119.165 |
| 2  | 717.981 | 28 | 319.680 | 54 | 225.097 | 80  | 179.369 | 106 | 151.595 | 132 | 132.624 | 158 | 118.697 |
| 3  | 676.981 | 29 | 314.099 | 55 | 222.777 | 81  | 178.058 | 107 | 150.736 | 133 | 132.011 | 159 | 118.233 |
| 4  | 641.428 | 30 | 308.757 | 56 | 220.517 | 82  | 176.770 | 108 | 149.890 | 134 | 131.405 | 160 | 117.774 |
| 5  | 610.246 | 31 | 303.639 | 57 | 218.313 | 83  | 175.506 | 109 | 149.055 | 135 | 130.806 | 161 | 117.320 |
| 6  | 582.634 | 32 | 298.731 | 58 | 216.165 | 84  | 174.265 | 110 | 148.232 | 136 | 130.214 | 162 | 116.870 |
| 7  | 557.977 | 33 | 294.018 | 59 | 214.069 | 85  | 173.045 | 111 | 147.421 | 137 | 129.628 | 163 | 116.424 |
| 8  | 535.799 | 34 | 289.489 | 60 | 212.024 | 86  | 171.847 | 112 | 146.620 | 138 | 129.049 | 164 | 115.982 |
| 9  | 515.723 | 35 | 285.132 | 61 | 210.028 | 87  | 170.670 | 113 | 145.831 | 139 | 128.477 | 165 | 115.545 |
| 10 | 497.446 | 36 | 280.937 | 62 | 208.078 | 88  | 169.513 | 114 | 145.052 | 140 | 127.911 | 166 | 115.112 |
| 11 | 480.724 | 37 | 276.895 | 63 | 206.174 | 89  | 168.375 | 115 | 144.283 | 141 | 127.351 | 167 | 114.683 |
| 12 | 465.353 | 38 | 272.997 | 64 | 204.313 | 90  | 167.257 | 116 | 143.525 | 142 | 126.798 | 168 | 114.258 |
| 13 | 451.168 | 39 | 269.235 | 65 | 202.494 | 91  | 166.157 | 117 | 142.777 | 143 | 126.250 | 169 | 113.837 |
| 14 | 438.028 | 40 | 265.601 | 66 | 200.715 | 92  | 165.075 | 118 | 142.039 | 144 | 125.709 | 170 | 113.419 |
| 15 | 425.814 | 41 | 262.089 | 67 | 198.975 | 93  | 164.011 | 119 | 141.310 | 145 | 125.173 | 171 | 113.006 |
| 16 | 414.427 | 42 | 258.692 | 68 | 197.273 | 94  | 162.964 | 120 | 140.590 | 146 | 124.643 | 172 | 112.596 |
| 17 | 403.779 | 43 | 255.404 | 69 | 195.608 | 95  | 161.934 | 121 | 139.880 | 147 | 124.118 | 173 | 112.191 |
| 18 | 393.797 | 44 | 252.220 | 70 | 193.977 | 96  | 160.920 | 122 | 139.179 | 148 | 123.600 | 174 | 111.789 |
| 19 | 384.417 | 45 | 249.134 | 71 | 192.381 | 97  | 159.922 | 123 | 138.486 | 149 | 123.086 | 175 | 111.390 |
| 20 | 375.582 | 46 | 246.142 | 72 | 190.817 | 98  | 158.940 | 124 | 137.803 | 150 | 122.578 | 176 | 110.995 |
| 21 | 367.242 | 47 | 243.239 | 73 | 189.285 | 99  | 157.972 | 125 | 137.127 | 151 | 122.076 | 177 | 110.604 |
| 22 | 359.356 | 48 | 240.421 | 74 | 187.783 | 100 | 157.020 | 126 | 136.460 | 152 | 121.578 | 178 | 110.216 |
| 23 | 351.885 | 49 | 237.685 | 75 | 186.312 | 101 | 156.082 | 127 | 135.802 | 153 | 121.085 | 179 | 109.831 |
| 24 | 344.794 | 50 | 235.026 | 76 | 184.869 | 102 | 155.157 | 128 | 135.151 | 154 | 120.598 | 180 | 109.450 |
| 25 | 338.054 | 51 | 232.440 | 77 | 183.454 | 103 | 154.247 | 129 | 134.508 | 155 | 120.116 | 181 | 109.072 |
| 26 | 331.637 | 52 | 229.926 | 78 | 182.067 | 104 | 153.350 | 130 | 133.872 | 156 | 119.638 | 182 | 108.698 |

P=20(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 855.027 | 27 | 346.802 | 53 | 244.431 | 79  | 195.926 | 105 | 166.602 | 131 | 146.578 | 157 | 131.858 |
| 2  | 793.592 | 28 | 340.654 | 54 | 241.959 | 80  | 194.540 | 106 | 165.696 | 132 | 145.931 | 158 | 131.367 |
| 3  | 742.567 | 29 | 334.785 | 55 | 239.552 | 81  | 193.180 | 107 | 164.803 | 133 | 145.291 | 159 | 130.882 |
| 4  | 699.363 | 30 | 329.175 | 56 | 237.208 | 82  | 191.845 | 108 | 163.922 | 134 | 144.658 | 160 | 130.401 |
| 5  | 662.208 | 31 | 323.806 | 57 | 234.922 | 83  | 190.533 | 109 | 163.054 | 135 | 144.032 | 161 | 129.924 |
| 6  | 629.837 | 32 | 318.662 | 58 | 232.694 | 84  | 189.245 | 110 | 162.198 | 136 | 143.414 | 162 | 129.452 |
| 7  | 601.327 | 33 | 313.727 | 59 | 230.521 | 85  | 187.979 | 111 | 161.353 | 137 | 142.802 | 163 | 128.985 |
| 8  | 575.982 | 34 | 308.989 | 60 | 228.400 | 86  | 186.736 | 112 | 160.520 | 138 | 142.198 | 164 | 128.522 |
| 9  | 553.270 | 35 | 304.435 | 61 | 226.330 | 87  | 185.514 | 113 | 159.698 | 139 | 141.600 | 165 | 128.063 |
| 10 | 532.775 | 36 | 300.053 | 62 | 224.308 | 88  | 184.313 | 114 | 158.887 | 140 | 141.008 | 166 | 127.609 |
| 11 | 514.165 | 37 | 295.834 | 63 | 222.334 | 89  | 183.132 | 115 | 158.087 | 141 | 140.423 | 167 | 127.159 |
| 12 | 497.176 | 38 | 291.768 | 64 | 220.404 | 90  | 181.971 | 116 | 157.297 | 142 | 139.845 | 168 | 126.713 |
| 13 | 481.589 | 39 | 287.845 | 65 | 218.518 | 91  | 180.829 | 117 | 156.518 | 143 | 139.272 | 169 | 126.271 |
| 14 | 467.227 | 40 | 284.059 | 66 | 216.674 | 92  | 179.706 | 118 | 155.749 | 144 | 138.706 | 170 | 125.834 |
| 15 | 453.940 | 41 | 280.401 | 67 | 214.871 | 93  | 178.601 | 119 | 154.989 | 145 | 138.146 | 171 | 125.400 |
| 16 | 441.605 | 42 | 276.864 | 68 | 213.106 | 94  | 177.513 | 120 | 154.239 | 146 | 137.592 | 172 | 124.970 |
| 17 | 430.115 | 43 | 273.443 | 69 | 211.379 | 95  | 176.443 | 121 | 153.499 | 147 | 137.043 | 173 | 124.544 |
| 18 | 419.381 | 44 | 270.130 | 70 | 209.689 | 96  | 175.390 | 122 | 152.768 | 148 | 136.500 | 174 | 124.122 |
| 19 | 409.324 | 45 | 266.922 | 71 | 208.034 | 97  | 174.353 | 123 | 152.046 | 149 | 135.963 | 175 | 123.703 |
| 20 | 399.879 | 46 | 263.811 | 72 | 206.412 | 98  | 173.332 | 124 | 151.334 | 150 | 135.432 | 176 | 123.288 |
| 21 | 390.987 | 47 | 260.795 | 73 | 204.824 | 99  | 172.327 | 125 | 150.629 | 151 | 134.905 | 177 | 122.877 |
| 22 | 382.598 | 48 | 257.868 | 74 | 203.267 | 100 | 171.337 | 126 | 149.934 | 152 | 134.385 | 178 | 122.470 |
| 23 | 374.666 | 49 | 255.025 | 75 | 201.741 | 101 | 170.362 | 127 | 149.247 | 153 | 133.869 | 179 | 122.066 |
| 24 | 367.154 | 50 | 252.264 | 76 | 200.245 | 102 | 169.401 | 128 | 148.568 | 154 | 133.359 | 180 | 121.665 |
| 25 | 360.026 | 51 | 249.580 | 77 | 198.778 | 103 | 168.454 | 129 | 147.897 | 155 | 132.853 | 181 | 121.268 |
| 26 | 353.251 | 52 | 246.970 | 78 | 197.338 | 104 | 167.522 | 130 | 147.234 | 156 | 132.353 | 182 | 120.875 |

P=30(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 906.970 | 27 | 359.522 | 53 | 254.910 | 79  | 205.438 | 105 | 175.481 | 131 | 154.979 | 157 | 139.871 |
| 2  | 836.813 | 28 | 353.219 | 54 | 252.389 | 80  | 204.023 | 106 | 174.554 | 132 | 154.315 | 158 | 139.367 |
| 3  | 779.596 | 29 | 347.205 | 55 | 249.935 | 81  | 202.635 | 107 | 173.640 | 133 | 153.658 | 159 | 138.868 |
| 4  | 731.835 | 30 | 341.459 | 56 | 247.544 | 82  | 201.271 | 108 | 172.739 | 134 | 153.010 | 160 | 138.374 |
| 5  | 691.222 | 31 | 335.963 | 57 | 245.214 | 83  | 199.932 | 109 | 171.851 | 135 | 152.368 | 161 | 137.884 |
| 6  | 656.164 | 32 | 330.699 | 58 | 242.942 | 84  | 198.617 | 110 | 170.975 | 136 | 151.734 | 162 | 137.399 |
| 7  | 625.522 | 33 | 325.652 | 59 | 240.725 | 85  | 197.325 | 111 | 170.110 | 137 | 151.107 | 163 | 136.919 |
| 8  | 598.455 | 34 | 320.807 | 60 | 238.563 | 86  | 196.055 | 112 | 169.258 | 138 | 150.486 | 164 | 136.443 |
| 9  | 574.330 | 35 | 316.151 | 61 | 236.452 | 87  | 194.808 | 113 | 168.416 | 139 | 149.873 | 165 | 135.972 |
| 10 | 552.660 | 36 | 311.674 | 62 | 234.390 | 88  | 193.581 | 114 | 167.586 | 140 | 149.266 | 166 | 135.505 |
| 11 | 533.063 | 37 | 307.363 | 63 | 232.377 | 89  | 192.375 | 115 | 166.767 | 141 | 148.666 | 167 | 135.042 |
| 12 | 515.232 | 38 | 303.210 | 64 | 230.409 | 90  | 191.189 | 116 | 165.959 | 142 | 148.072 | 168 | 134.583 |
| 13 | 498.924 | 39 | 299.204 | 65 | 228.486 | 91  | 190.022 | 117 | 165.161 | 143 | 147.485 | 169 | 134.129 |
| 14 | 483.936 | 40 | 295.338 | 66 | 226.605 | 92  | 188.875 | 118 | 164.373 | 144 | 146.904 | 170 | 133.679 |
| 15 | 470.104 | 41 | 291.604 | 67 | 224.766 | 93  | 187.746 | 119 | 163.596 | 145 | 146.329 | 171 | 133.233 |
| 16 | 457.288 | 42 | 287.994 | 68 | 222.966 | 94  | 186.635 | 120 | 162.828 | 146 | 145.760 | 172 | 132.790 |
| 17 | 445.373 | 43 | 284.502 | 69 | 221.205 | 95  | 185.541 | 121 | 162.070 | 147 | 145.197 | 173 | 132.352 |
| 18 | 434.259 | 44 | 281.122 | 70 | 219.480 | 96  | 184.465 | 122 | 161.321 | 148 | 144.640 | 174 | 131.918 |
| 19 | 423.863 | 45 | 277.849 | 71 | 217.791 | 97  | 183.405 | 123 | 160.582 | 149 | 144.088 | 175 | 131.487 |
| 20 | 414.112 | 46 | 274.676 | 72 | 216.137 | 98  | 182.362 | 124 | 159.852 | 150 | 143.542 | 176 | 131.060 |
| 21 | 404.943 | 47 | 271.599 | 73 | 214.517 | 99  | 181.334 | 125 | 159.130 | 151 | 143.002 | 177 | 130.637 |
| 22 | 396.301 | 48 | 268.613 | 74 | 212.928 | 100 | 180.322 | 126 | 158.417 | 152 | 142.467 | 178 | 130.218 |
| 23 | 388.140 | 49 | 265.714 | 75 | 211.372 | 101 | 179.325 | 127 | 157.713 | 153 | 141.938 | 179 | 129.802 |
| 24 | 380.416 | 50 | 262.898 | 76 | 209.845 | 102 | 178.343 | 128 | 157.017 | 154 | 141.413 | 180 | 129.390 |
| 25 | 373.093 | 51 | 260.161 | 77 | 208.348 | 103 | 177.375 | 129 | 156.330 | 155 | 140.894 | 181 | 128.981 |
| 26 | 366.138 | 52 | 257.499 | 78 | 206.879 | 104 | 176.421 | 130 | 155.650 | 156 | 140.380 | 182 | 128.576 |

P=40 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 943.985 | 27 | 367.825 | 53 | 261.902 | 79  | 211.867 | 105 | 181.534 | 131 | 160.742 | 157 | 145.397 |
| 2  | 866.863 | 28 | 361.429 | 54 | 259.353 | 80  | 210.436 | 106 | 180.595 | 132 | 160.068 | 158 | 144.884 |
| 3  | 804.867 | 29 | 355.329 | 55 | 256.871 | 81  | 209.031 | 107 | 179.669 | 133 | 159.402 | 159 | 144.377 |
| 4  | 753.682 | 30 | 349.503 | 56 | 254.454 | 82  | 207.651 | 108 | 178.756 | 134 | 158.743 | 160 | 143.874 |
| 5  | 710.532 | 31 | 343.931 | 57 | 252.097 | 83  | 206.296 | 109 | 177.855 | 135 | 158.092 | 161 | 143.377 |
| 6  | 673.541 | 32 | 338.597 | 58 | 249.800 | 84  | 204.965 | 110 | 176.967 | 136 | 157.448 | 162 | 142.883 |
| 7  | 641.390 | 33 | 333.483 | 59 | 247.559 | 85  | 203.657 | 111 | 176.091 | 137 | 156.811 | 163 | 142.395 |
| 8  | 613.123 | 34 | 328.575 | 60 | 245.372 | 86  | 202.372 | 112 | 175.226 | 138 | 156.181 | 164 | 141.911 |
| 9  | 588.028 | 35 | 323.860 | 61 | 243.237 | 87  | 201.109 | 113 | 174.374 | 139 | 155.558 | 165 | 141.432 |
| 10 | 565.561 | 36 | 319.327 | 62 | 241.153 | 88  | 199.867 | 114 | 173.532 | 140 | 154.942 | 166 | 140.956 |
| 11 | 545.300 | 37 | 314.963 | 63 | 239.117 | 89  | 198.646 | 115 | 172.702 | 141 | 154.333 | 167 | 140.486 |
| 12 | 526.912 | 38 | 310.758 | 64 | 237.127 | 90  | 197.445 | 116 | 171.882 | 142 | 153.730 | 168 | 140.019 |
| 13 | 510.129 | 39 | 306.705 | 65 | 235.182 | 91  | 196.264 | 117 | 171.073 | 143 | 153.133 | 169 | 139.557 |
| 14 | 494.734 | 40 | 302.792 | 66 | 233.280 | 92  | 195.102 | 118 | 170.274 | 144 | 152.543 | 170 | 139.099 |
| 15 | 480.550 | 41 | 299.014 | 67 | 231.420 | 93  | 193.959 | 119 | 169.485 | 145 | 151.959 | 171 | 138.645 |
| 16 | 467.426 | 42 | 295.362 | 68 | 229.599 | 94  | 192.834 | 120 | 168.707 | 146 | 151.381 | 172 | 138.195 |
| 17 | 455.241 | 43 | 291.830 | 69 | 227.818 | 95  | 191.726 | 121 | 167.938 | 147 | 150.809 | 173 | 137.749 |
| 18 | 443.888 | 44 | 288.411 | 70 | 226.074 | 96  | 190.636 | 122 | 167.178 | 148 | 150.243 | 174 | 137.307 |
| 19 | 433.279 | 45 | 285.099 | 71 | 224.365 | 97  | 189.563 | 123 | 166.428 | 149 | 149.682 | 175 | 136.869 |
| 20 | 423.338 | 46 | 281.890 | 72 | 222.692 | 98  | 188.506 | 124 | 165.687 | 150 | 149.128 | 176 | 136.435 |
| 21 | 413.997 | 47 | 278.778 | 73 | 221.053 | 99  | 187.465 | 125 | 164.955 | 151 | 148.579 | 177 | 136.004 |
| 22 | 405.201 | 48 | 275.759 | 74 | 219.446 | 100 | 186.440 | 126 | 164.232 | 152 | 148.035 | 178 | 135.577 |
| 23 | 396.898 | 49 | 272.827 | 75 | 217.871 | 101 | 185.429 | 127 | 163.517 | 153 | 147.497 | 179 | 135.154 |
| 24 | 389.046 | 50 | 269.979 | 76 | 216.326 | 102 | 184.434 | 128 | 162.811 | 154 | 146.964 | 180 | 134.734 |
| 25 | 381.605 | 51 | 267.211 | 77 | 214.812 | 103 | 183.453 | 129 | 162.113 | 155 | 146.436 | 181 | 134.318 |
| 26 | 374.541 | 52 | 264.520 | 78 | 213.325 | 104 | 182.487 | 130 | 161.424 | 156 | 145.914 | 182 | 133.906 |



P=50(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 973.505 | 27 | 374.055 | 53 | 267.240 | 79  | 216.823 | 105 | 186.229 | 131 | 165.231 | 157 | 149.715 |
| 2  | 890.355 | 28 | 367.595 | 54 | 264.673 | 80  | 215.380 | 106 | 185.281 | 132 | 164.550 | 158 | 149.196 |
| 3  | 824.335 | 29 | 361.435 | 55 | 262.173 | 81  | 213.964 | 107 | 184.346 | 133 | 163.877 | 159 | 148.683 |
| 4  | 770.330 | 30 | 355.554 | 56 | 259.737 | 82  | 212.573 | 108 | 183.424 | 134 | 163.211 | 160 | 148.174 |
| 5  | 725.127 | 31 | 349.931 | 57 | 257.363 | 83  | 211.207 | 109 | 182.515 | 135 | 162.553 | 161 | 147.671 |
| 6  | 686.595 | 32 | 344.548 | 58 | 255.048 | 84  | 209.865 | 110 | 181.619 | 136 | 161.902 | 162 | 147.172 |
| 7  | 653.258 | 33 | 339.389 | 59 | 252.791 | 85  | 208.546 | 111 | 180.734 | 137 | 161.258 | 163 | 146.677 |
| 8  | 624.060 | 34 | 334.438 | 60 | 250.588 | 86  | 207.250 | 112 | 179.861 | 138 | 160.621 | 164 | 146.187 |
| 9  | 598.218 | 35 | 329.683 | 61 | 248.437 | 87  | 205.976 | 113 | 179.000 | 139 | 159.992 | 165 | 145.702 |
| 10 | 575.144 | 36 | 325.112 | 62 | 246.337 | 88  | 204.724 | 114 | 178.151 | 140 | 159.369 | 166 | 145.221 |
| 11 | 554.383 | 37 | 320.712 | 63 | 244.285 | 89  | 203.492 | 115 | 177.312 | 141 | 158.753 | 167 | 144.745 |
| 12 | 535.578 | 38 | 316.473 | 64 | 242.280 | 90  | 202.281 | 116 | 176.484 | 142 | 158.143 | 168 | 144.273 |
| 13 | 518.443 | 39 | 312.386 | 65 | 240.320 | 91  | 201.090 | 117 | 175.667 | 143 | 157.540 | 169 | 143.805 |
| 14 | 502.748 | 40 | 308.443 | 66 | 238.404 | 92  | 199.918 | 118 | 174.860 | 144 | 156.943 | 170 | 143.341 |
| 15 | 488.305 | 41 | 304.635 | 67 | 236.529 | 93  | 198.765 | 119 | 174.064 | 145 | 156.352 | 171 | 142.881 |
| 16 | 474.958 | 42 | 300.954 | 68 | 234.695 | 94  | 197.630 | 120 | 173.277 | 146 | 155.768 | 172 | 142.426 |
| 17 | 462.577 | 43 | 297.394 | 69 | 232.900 | 95  | 196.513 | 121 | 172.501 | 147 | 155.189 | 173 | 141.974 |
| 18 | 451.052 | 44 | 293.949 | 70 | 231.142 | 96  | 195.413 | 122 | 171.734 | 148 | 154.617 | 174 | 141.527 |
| 19 | 440.291 | 45 | 290.613 | 71 | 229.421 | 97  | 194.330 | 123 | 170.976 | 149 | 154.050 | 175 | 141.083 |
| 20 | 430.214 | 46 | 287.379 | 72 | 227.735 | 98  | 193.264 | 124 | 170.227 | 150 | 153.489 | 176 | 140.643 |
| 21 | 420.752 | 47 | 284.244 | 73 | 226.082 | 99  | 192.214 | 125 | 169.488 | 151 | 152.934 | 177 | 140.207 |
| 22 | 411.846 | 48 | 281.201 | 74 | 224.463 | 100 | 191.179 | 126 | 168.757 | 152 | 152.384 | 178 | 139.775 |
| 23 | 403.444 | 49 | 278.247 | 75 | 222.875 | 101 | 190.160 | 127 | 168.035 | 153 | 151.839 | 179 | 139.347 |
| 24 | 395.502 | 50 | 275.378 | 76 | 221.319 | 102 | 189.155 | 128 | 167.322 | 154 | 151.300 | 180 | 138.922 |
| 25 | 387.979 | 51 | 272.590 | 77 | 219.792 | 103 | 188.166 | 129 | 166.617 | 155 | 150.767 | 181 | 138.500 |
| 26 | 380.840 | 52 | 269.878 | 78 | 218.293 | 104 | 187.190 | 130 | 165.920 | 156 | 150.238 | 182 | 138.082 |

P=60(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 998.081 | 27 | 378.803 | 53 | 271.378 | 79  | 220.703 | 105 | 189.928 | 131 | 168.786 | 157 | 153.147 |
| 2  | 909.499 | 28 | 372.298 | 54 | 268.797 | 80  | 219.253 | 106 | 188.974 | 132 | 168.100 | 158 | 152.624 |
| 3  | 839.941 | 29 | 366.096 | 55 | 266.285 | 81  | 217.828 | 107 | 188.034 | 133 | 167.421 | 159 | 152.106 |
| 4  | 783.504 | 30 | 360.176 | 56 | 263.837 | 82  | 216.429 | 108 | 187.106 | 134 | 166.751 | 160 | 151.593 |
| 5  | 736.560 | 31 | 354.517 | 57 | 261.451 | 83  | 215.056 | 109 | 186.191 | 135 | 166.087 | 161 | 151.085 |
| 6  | 696.739 | 32 | 349.100 | 58 | 259.125 | 84  | 213.706 | 110 | 185.288 | 136 | 165.432 | 162 | 150.582 |
| 7  | 662.423 | 33 | 343.910 | 59 | 256.856 | 85  | 212.380 | 111 | 184.398 | 137 | 164.783 | 163 | 150.084 |
| 8  | 632.462 | 34 | 338.930 | 60 | 254.642 | 86  | 211.077 | 112 | 183.519 | 138 | 164.141 | 164 | 149.589 |
| 9  | 606.017 | 35 | 334.148 | 61 | 252.481 | 87  | 209.795 | 113 | 182.653 | 139 | 163.507 | 165 | 149.100 |
| 10 | 582.457 | 36 | 329.550 | 62 | 250.370 | 88  | 208.536 | 114 | 181.797 | 140 | 162.879 | 166 | 148.615 |
| 11 | 561.299 | 37 | 325.125 | 63 | 248.308 | 89  | 207.297 | 115 | 180.953 | 141 | 162.258 | 167 | 148.134 |
| 12 | 542.164 | 38 | 320.863 | 64 | 246.293 | 90  | 206.079 | 116 | 180.119 | 142 | 161.644 | 168 | 147.658 |
| 13 | 524.754 | 39 | 316.754 | 65 | 244.324 | 91  | 204.881 | 117 | 179.297 | 143 | 161.036 | 169 | 147.186 |
| 14 | 508.827 | 40 | 312.790 | 66 | 242.397 | 92  | 203.702 | 118 | 178.484 | 144 | 160.434 | 170 | 146.718 |
| 15 | 494.185 | 41 | 308.961 | 67 | 240.513 | 93  | 202.542 | 119 | 177.682 | 145 | 159.839 | 171 | 146.255 |
| 16 | 480.667 | 42 | 305.261 | 68 | 238.670 | 94  | 201.400 | 120 | 176.890 | 146 | 159.250 | 172 | 145.795 |
| 17 | 468.138 | 43 | 301.683 | 69 | 236.865 | 95  | 200.277 | 121 | 176.108 | 147 | 158.666 | 173 | 145.339 |
| 18 | 456.484 | 44 | 298.220 | 70 | 235.098 | 96  | 199.170 | 122 | 175.336 | 148 | 158.089 | 174 | 144.888 |
| 19 | 445.610 | 45 | 294.867 | 71 | 233.368 | 97  | 198.081 | 123 | 174.573 | 149 | 157.518 | 175 | 144.440 |
| 20 | 435.432 | 46 | 291.617 | 72 | 231.673 | 98  | 197.008 | 124 | 173.819 | 150 | 156.952 | 176 | 143.996 |
| 21 | 425.880 | 47 | 288.465 | 73 | 230.012 | 99  | 195.951 | 125 | 173.074 | 151 | 156.392 | 177 | 143.556 |
| 22 | 416.894 | 48 | 285.408 | 74 | 228.384 | 100 | 194.910 | 126 | 172.338 | 152 | 155.838 | 178 | 143.120 |
| 23 | 408.420 | 49 | 282.439 | 75 | 226.788 | 101 | 193.884 | 127 | 171.611 | 153 | 155.289 | 179 | 142.688 |
| 24 | 400.413 | 50 | 279.556 | 76 | 225.223 | 102 | 192.874 | 128 | 170.892 | 154 | 154.746 | 180 | 142.259 |
| 25 | 392.831 | 51 | 276.754 | 77 | 223.688 | 103 | 191.878 | 129 | 170.182 | 155 | 154.208 | 181 | 141.833 |
| 26 | 385.638 | 52 | 274.029 | 78 | 222.181 | 104 | 190.896 | 130 | 169.480 | 156 | 153.675 | 182 | 141.412 |

P=70(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1019.541 | 27 | 382.724 | 53 | 274.841 | 79  | 223.975 | 105 | 193.062 | 131 | 171.806 | 157 | 156.071 |
| 2  | 925.928  | 28 | 376.184 | 54 | 272.252 | 80  | 222.518 | 106 | 192.103 | 132 | 171.116 | 158 | 155.544 |
| 3  | 853.164  | 29 | 369.951 | 55 | 269.730 | 81  | 221.088 | 107 | 191.158 | 133 | 170.434 | 159 | 155.023 |
| 4  | 794.561  | 30 | 364.001 | 56 | 267.273 | 82  | 219.683 | 108 | 190.226 | 134 | 169.759 | 160 | 154.507 |
| 5  | 746.086  | 31 | 358.315 | 57 | 264.879 | 83  | 218.304 | 109 | 189.306 | 135 | 169.092 | 161 | 153.995 |
| 6  | 705.146  | 32 | 352.873 | 58 | 262.544 | 84  | 216.948 | 110 | 188.399 | 136 | 168.433 | 162 | 153.489 |
| 7  | 669.987  | 33 | 347.659 | 59 | 260.267 | 85  | 215.617 | 111 | 187.504 | 137 | 167.780 | 163 | 152.986 |
| 8  | 639.377  | 34 | 342.657 | 60 | 258.045 | 86  | 214.308 | 112 | 186.621 | 138 | 167.135 | 164 | 152.489 |
| 9  | 612.422  | 35 | 337.854 | 61 | 255.875 | 87  | 213.021 | 113 | 185.749 | 139 | 166.496 | 165 | 151.996 |
| 10 | 588.454  | 36 | 333.236 | 62 | 253.757 | 88  | 211.756 | 114 | 184.889 | 140 | 165.865 | 166 | 151.508 |
| 11 | 566.965  | 37 | 328.793 | 63 | 251.687 | 89  | 210.512 | 115 | 184.041 | 141 | 165.240 | 167 | 151.024 |
| 12 | 547.559  | 38 | 324.514 | 64 | 249.665 | 90  | 209.289 | 116 | 183.203 | 142 | 164.622 | 168 | 150.544 |
| 13 | 529.922  | 39 | 320.388 | 65 | 247.688 | 91  | 208.085 | 117 | 182.376 | 143 | 164.010 | 169 | 150.069 |
| 14 | 513.805  | 40 | 316.408 | 66 | 245.754 | 92  | 206.901 | 118 | 181.559 | 144 | 163.404 | 170 | 149.598 |
| 15 | 499.002  | 41 | 312.565 | 67 | 243.863 | 93  | 205.735 | 119 | 180.753 | 145 | 162.805 | 171 | 149.131 |
| 16 | 485.346  | 42 | 308.850 | 68 | 242.012 | 94  | 204.589 | 120 | 179.957 | 146 | 162.213 | 172 | 148.668 |
| 17 | 472.698  | 43 | 305.259 | 69 | 240.201 | 95  | 203.460 | 121 | 179.170 | 147 | 161.626 | 173 | 148.209 |
| 18 | 460.941  | 44 | 301.783 | 70 | 238.427 | 96  | 202.348 | 122 | 178.393 | 148 | 161.045 | 174 | 147.755 |
| 19 | 449.976  | 45 | 298.416 | 71 | 236.690 | 97  | 201.254 | 123 | 177.626 | 149 | 160.470 | 175 | 147.304 |
| 20 | 439.718  | 46 | 295.154 | 72 | 234.988 | 98  | 200.176 | 124 | 176.868 | 150 | 159.901 | 176 | 146.857 |
| 21 | 430.096  | 47 | 291.991 | 73 | 233.321 | 99  | 199.114 | 125 | 176.119 | 151 | 159.337 | 177 | 146.414 |
| 22 | 421.047  | 48 | 288.922 | 74 | 231.687 | 100 | 198.068 | 126 | 175.379 | 152 | 158.779 | 178 | 145.974 |
| 23 | 412.517  | 49 | 285.943 | 75 | 230.084 | 101 | 197.037 | 127 | 174.648 | 153 | 158.227 | 179 | 145.538 |
| 24 | 404.459  | 50 | 283.049 | 76 | 228.513 | 102 | 196.022 | 128 | 173.925 | 154 | 157.680 | 180 | 145.106 |
| 25 | 396.831  | 51 | 280.237 | 77 | 226.971 | 103 | 195.021 | 129 | 173.211 | 155 | 157.138 | 181 | 144.678 |
| 26 | 389.597  | 52 | 277.502 | 78 | 225.459 | 104 | 194.035 | 130 | 172.504 | 156 | 156.602 | 182 | 144.253 |

P=80(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1038.662 | 27 | 385.997 | 53 | 277.771 | 79  | 226.763 | 105 | 195.745 | 131 | 174.401 | 157 | 158.588 |
| 2  | 940.311  | 28 | 379.430 | 54 | 275.174 | 80  | 225.301 | 106 | 194.783 | 132 | 173.708 | 158 | 158.059 |
| 3  | 864.588  | 29 | 373.172 | 55 | 272.646 | 81  | 223.867 | 107 | 193.833 | 133 | 173.022 | 159 | 157.535 |
| 4  | 804.016  | 30 | 367.200 | 56 | 270.182 | 82  | 222.458 | 108 | 192.897 | 134 | 172.345 | 160 | 157.016 |
| 5  | 754.169  | 31 | 361.492 | 57 | 267.782 | 83  | 221.074 | 109 | 191.974 | 135 | 171.674 | 161 | 156.502 |
| 6  | 712.235  | 32 | 356.031 | 58 | 265.441 | 84  | 219.714 | 110 | 191.064 | 136 | 171.012 | 162 | 155.992 |
| 7  | 676.335  | 33 | 350.799 | 59 | 263.157 | 85  | 218.378 | 111 | 190.165 | 137 | 170.356 | 163 | 155.488 |
| 8  | 645.160  | 34 | 345.781 | 60 | 260.929 | 86  | 217.065 | 112 | 189.279 | 138 | 169.708 | 164 | 154.987 |
| 9  | 617.764  | 35 | 340.962 | 61 | 258.754 | 87  | 215.774 | 113 | 188.404 | 139 | 169.066 | 165 | 154.492 |
| 10 | 593.446  | 36 | 336.330 | 62 | 256.630 | 88  | 214.505 | 114 | 187.540 | 140 | 168.431 | 166 | 154.001 |
| 11 | 571.674  | 37 | 331.873 | 63 | 254.555 | 89  | 213.257 | 115 | 186.688 | 141 | 167.804 | 167 | 153.514 |
| 12 | 552.037  | 38 | 327.580 | 64 | 252.527 | 90  | 212.029 | 116 | 185.847 | 142 | 167.182 | 168 | 153.032 |
| 13 | 534.210  | 39 | 323.443 | 65 | 250.544 | 91  | 210.822 | 117 | 185.016 | 143 | 166.568 | 169 | 152.554 |
| 14 | 517.934  | 40 | 319.451 | 66 | 248.605 | 92  | 209.633 | 118 | 184.196 | 144 | 165.959 | 170 | 152.080 |
| 15 | 502.997  | 41 | 315.597 | 67 | 246.709 | 93  | 208.464 | 119 | 183.387 | 145 | 165.357 | 171 | 151.611 |
| 16 | 489.227  | 42 | 311.872 | 68 | 244.853 | 94  | 207.313 | 120 | 182.587 | 146 | 164.762 | 172 | 151.145 |
| 17 | 476.482  | 43 | 308.270 | 69 | 243.036 | 95  | 206.180 | 121 | 181.797 | 147 | 164.172 | 173 | 150.684 |
| 18 | 464.640  | 44 | 304.784 | 70 | 241.258 | 96  | 205.065 | 122 | 181.017 | 148 | 163.588 | 174 | 150.227 |
| 19 | 453.601  | 45 | 301.409 | 71 | 239.516 | 97  | 203.966 | 123 | 180.246 | 149 | 163.010 | 175 | 149.773 |
| 20 | 443.279  | 46 | 298.138 | 72 | 237.809 | 98  | 202.885 | 124 | 179.485 | 150 | 162.438 | 176 | 149.323 |
| 21 | 433.601  | 47 | 294.966 | 73 | 236.137 | 99  | 201.819 | 125 | 178.733 | 151 | 161.872 | 177 | 148.878 |
| 22 | 424.502  | 48 | 291.889 | 74 | 234.497 | 100 | 200.769 | 126 | 177.990 | 152 | 161.311 | 178 | 148.436 |
| 23 | 415.927  | 49 | 288.902 | 75 | 232.890 | 101 | 199.735 | 127 | 177.255 | 153 | 160.756 | 179 | 147.998 |
| 24 | 407.829  | 50 | 286.000 | 76 | 231.314 | 102 | 198.716 | 128 | 176.529 | 154 | 160.206 | 180 | 147.563 |
| 25 | 400.165  | 51 | 283.180 | 77 | 229.768 | 103 | 197.711 | 129 | 175.812 | 155 | 159.661 | 181 | 147.132 |
| 26 | 392.899  | 52 | 280.438 | 78 | 228.251 | 104 | 196.721 | 130 | 175.102 | 156 | 159.122 | 182 | 146.705 |

P=90(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1056.013 | 27 | 388.782 | 53 | 280.296 | 79  | 229.182 | 105 | 198.084 | 131 | 176.670 | 157 | 160.795 |
| 2  | 953.142  | 28 | 382.194 | 54 | 277.694 | 80  | 227.718 | 106 | 197.118 | 132 | 175.974 | 158 | 160.264 |
| 3  | 874.650  | 29 | 375.916 | 55 | 275.161 | 81  | 226.280 | 107 | 196.167 | 133 | 175.286 | 159 | 159.737 |
| 4  | 812.263  | 30 | 369.927 | 56 | 272.693 | 82  | 224.867 | 108 | 195.228 | 134 | 174.606 | 160 | 159.216 |
| 5  | 761.164  | 31 | 364.203 | 57 | 270.287 | 83  | 223.480 | 109 | 194.302 | 135 | 173.933 | 161 | 158.700 |
| 6  | 718.333  | 32 | 358.727 | 58 | 267.942 | 84  | 222.117 | 110 | 193.388 | 136 | 173.268 | 162 | 158.188 |
| 7  | 681.771  | 33 | 353.482 | 59 | 265.654 | 85  | 220.778 | 111 | 192.487 | 137 | 172.610 | 163 | 157.681 |
| 8  | 650.093  | 34 | 348.450 | 60 | 263.421 | 86  | 219.461 | 112 | 191.598 | 138 | 171.959 | 164 | 157.179 |
| 9  | 622.308  | 35 | 343.620 | 61 | 261.242 | 87  | 218.167 | 113 | 190.720 | 139 | 171.315 | 165 | 156.681 |
| 10 | 597.683  | 36 | 338.977 | 62 | 259.113 | 88  | 216.895 | 114 | 189.854 | 140 | 170.678 | 166 | 156.188 |
| 11 | 575.667  | 37 | 334.509 | 63 | 257.034 | 89  | 215.644 | 115 | 188.999 | 141 | 170.048 | 167 | 155.699 |
| 12 | 555.831  | 38 | 330.207 | 64 | 255.002 | 90  | 214.413 | 116 | 188.155 | 142 | 169.424 | 168 | 155.214 |
| 13 | 537.840  | 39 | 326.060 | 65 | 253.015 | 91  | 213.202 | 117 | 187.322 | 143 | 168.807 | 169 | 154.734 |
| 14 | 521.428  | 40 | 322.060 | 66 | 251.072 | 92  | 212.011 | 118 | 186.499 | 144 | 168.196 | 170 | 154.258 |
| 15 | 506.378  | 41 | 318.197 | 67 | 249.172 | 93  | 210.838 | 119 | 185.687 | 145 | 167.592 | 171 | 153.787 |
| 16 | 492.512  | 42 | 314.465 | 68 | 247.312 | 94  | 209.685 | 120 | 184.884 | 146 | 166.994 | 172 | 153.319 |
| 17 | 479.684  | 43 | 310.855 | 69 | 245.492 | 95  | 208.549 | 121 | 184.092 | 147 | 166.402 | 173 | 152.855 |
| 18 | 467.772  | 44 | 307.363 | 70 | 243.709 | 96  | 207.430 | 122 | 183.309 | 148 | 165.816 | 174 | 152.396 |
| 19 | 456.672  | 45 | 303.980 | 71 | 241.964 | 97  | 206.329 | 123 | 182.536 | 149 | 165.235 | 175 | 151.940 |
| 20 | 446.297  | 46 | 300.703 | 72 | 240.253 | 98  | 205.244 | 124 | 181.772 | 150 | 164.661 | 176 | 151.489 |
| 21 | 436.572  | 47 | 297.525 | 73 | 238.577 | 99  | 204.175 | 125 | 181.017 | 151 | 164.092 | 177 | 151.041 |
| 22 | 427.433  | 48 | 294.442 | 74 | 236.935 | 100 | 203.123 | 126 | 180.271 | 152 | 163.529 | 178 | 150.597 |
| 23 | 418.822  | 49 | 291.449 | 75 | 235.324 | 101 | 202.085 | 127 | 179.534 | 153 | 162.972 | 179 | 150.157 |
| 24 | 410.692  | 50 | 288.541 | 76 | 233.744 | 102 | 201.063 | 128 | 178.806 | 154 | 162.420 | 180 | 149.720 |
| 25 | 403.000  | 51 | 285.716 | 77 | 232.195 | 103 | 200.056 | 129 | 178.086 | 155 | 161.873 | 181 | 149.287 |
| 26 | 395.707  | 52 | 282.968 | 78 | 230.674 | 104 | 199.063 | 130 | 177.374 | 156 | 161.331 | 182 | 148.857 |

P=100(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1072.547 | 27 | 391.652 | 53 | 282.900 | 79  | 231.667 | 105 | 200.478 | 131 | 178.986 | 157 | 163.043 |
| 2  | 965.333  | 28 | 385.043 | 54 | 280.293 | 80  | 230.199 | 106 | 199.509 | 132 | 178.288 | 158 | 162.509 |
| 3  | 884.223  | 29 | 378.748 | 55 | 277.754 | 81  | 228.757 | 107 | 198.554 | 133 | 177.597 | 159 | 161.981 |
| 4  | 820.140  | 30 | 372.741 | 56 | 275.281 | 82  | 227.341 | 108 | 197.612 | 134 | 176.914 | 160 | 161.457 |
| 5  | 767.883  | 31 | 367.002 | 57 | 272.870 | 83  | 225.950 | 109 | 196.683 | 135 | 176.239 | 161 | 160.938 |
| 6  | 724.227  | 32 | 361.511 | 58 | 270.519 | 84  | 224.583 | 110 | 195.766 | 136 | 175.570 | 162 | 160.424 |
| 7  | 687.059  | 33 | 356.252 | 59 | 268.226 | 85  | 223.240 | 111 | 194.862 | 137 | 174.910 | 163 | 159.915 |
| 8  | 654.923  | 34 | 351.208 | 60 | 265.989 | 86  | 221.920 | 112 | 193.969 | 138 | 174.256 | 164 | 159.410 |
| 9  | 626.784  | 35 | 346.365 | 61 | 263.804 | 87  | 220.622 | 113 | 193.089 | 139 | 173.609 | 165 | 158.910 |
| 10 | 601.881  | 36 | 341.711 | 62 | 261.671 | 88  | 219.346 | 114 | 192.220 | 140 | 172.970 | 166 | 158.414 |
| 11 | 579.642  | 37 | 337.233 | 63 | 259.587 | 89  | 218.092 | 115 | 191.362 | 141 | 172.337 | 167 | 157.923 |
| 12 | 559.625  | 38 | 332.921 | 64 | 257.550 | 90  | 216.857 | 116 | 190.515 | 142 | 171.711 | 168 | 157.436 |
| 13 | 541.487  | 39 | 328.764 | 65 | 255.559 | 91  | 215.643 | 117 | 189.678 | 143 | 171.091 | 169 | 156.954 |
| 14 | 524.951  | 40 | 324.755 | 66 | 253.612 | 92  | 214.448 | 118 | 188.853 | 144 | 170.478 | 170 | 156.475 |
| 15 | 509.798  | 41 | 320.883 | 67 | 251.707 | 93  | 213.272 | 119 | 188.037 | 145 | 169.871 | 171 | 156.001 |
| 16 | 495.844  | 42 | 317.143 | 68 | 249.842 | 94  | 212.115 | 120 | 187.232 | 146 | 169.270 | 172 | 155.532 |
| 17 | 482.942  | 43 | 313.526 | 69 | 248.018 | 95  | 210.975 | 121 | 186.437 | 147 | 168.675 | 173 | 155.066 |
| 18 | 470.965  | 44 | 310.025 | 70 | 246.231 | 96  | 209.854 | 122 | 185.651 | 148 | 168.086 | 174 | 154.604 |
| 19 | 459.810  | 45 | 306.636 | 71 | 244.481 | 97  | 208.749 | 123 | 184.875 | 149 | 167.504 | 175 | 154.146 |
| 20 | 449.386  | 46 | 303.351 | 72 | 242.767 | 98  | 207.661 | 124 | 184.108 | 150 | 166.927 | 176 | 153.692 |
| 21 | 439.618  | 47 | 300.166 | 73 | 241.086 | 99  | 206.589 | 125 | 183.350 | 151 | 166.356 | 177 | 153.242 |
| 22 | 430.441  | 48 | 297.076 | 74 | 239.440 | 100 | 205.533 | 126 | 182.602 | 152 | 165.790 | 178 | 152.796 |
| 23 | 421.796  | 49 | 294.077 | 75 | 237.825 | 101 | 204.492 | 127 | 181.862 | 153 | 165.230 | 179 | 152.353 |
| 24 | 413.636  | 50 | 291.163 | 76 | 236.241 | 102 | 203.467 | 128 | 181.130 | 154 | 164.675 | 180 | 151.914 |
| 25 | 405.916  | 51 | 288.332 | 77 | 234.688 | 103 | 202.456 | 129 | 180.407 | 155 | 164.126 | 181 | 151.479 |
| 26 | 398.600  | 52 | 285.578 | 78 | 233.163 | 104 | 201.460 | 130 | 179.693 | 156 | 163.582 | 182 | 151.047 |

## 6.4 高明区暴雨强度公式及计算图表

# 佛山市高明区暴雨强度公式及计算图表

广东省佛山市气象局

广东省气象防灾技术服务中心

二〇一六年六月



## 说

1. 本计算图表以三水国家地面气象观测站 36 年(1980~2015 年)连续自记雨量记录为基础,利用国内先进的“降水数字化处理系统”得到高精度的原始数据而进行编制。

2. 以重现期 2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100(年)相应的单一重现期暴雨强度公式制表。设计暴雨强度可按选定设计重现期直接查用表列数值(单一重现期暴雨强度公式见表一)。

3. 若采用其它重现期,设计暴雨强度可用重现期区间参数公式计算:

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n}$$

式中:  $q$ —设计暴雨强度(升/秒·公顷)

$t$ —降雨历时(分钟)

$A$ —雨力

$b$ 、 $n$ —地方常数

( $A$ 、 $b$ 、 $n$  按重现期区间参数公式计算,公式见表二)

4. 考虑到绘制全国城市暴雨公式等值线图,列出包含重现期在内的暴雨强度总公式:

$$q = \frac{2544.537(1 + 0.685LnP)}{(t + 10.789)^{0.703}}$$

因总公式精度不及重现期区间参数公式,故建议推求其它重现期设计暴雨强度时使用区间参数公式。

## 明

应用重现期区间参数公式计算暴雨强度实例:求  $P=25$  年, $t=50$  分钟的暴雨强度  $q$ 。

从重现期区间参数公式 II, 得:

$$n = 0.679 + 0.007Ln(P - 7.842)$$

$$= 0.698897 \text{ (取 } 0.699 \text{)}$$

$$b = 9.144 + 0.273Ln(P - 7.842)$$

$$= 9.919993 \text{ (取 } 9.920 \text{)}$$

$$A = 14.006 + 4.671Ln(P - 2.870)$$

$$= 28.47178 \text{ (取 } 28.472 \text{)}$$

配得  $P=25$  年的暴雨强度计算公式如下:

$$q = \frac{167 \times 28.472}{(t + 9.92)^{0.699}}$$

可按上式计算 1~200 分钟中任何时段的暴雨强度。

当  $t=50$ :

$$q = \frac{167 \times 28.472}{(50 + 9.92)^{0.699}} = 272.027 \text{ (升/秒/公顷)}$$

## 5. 公式误差

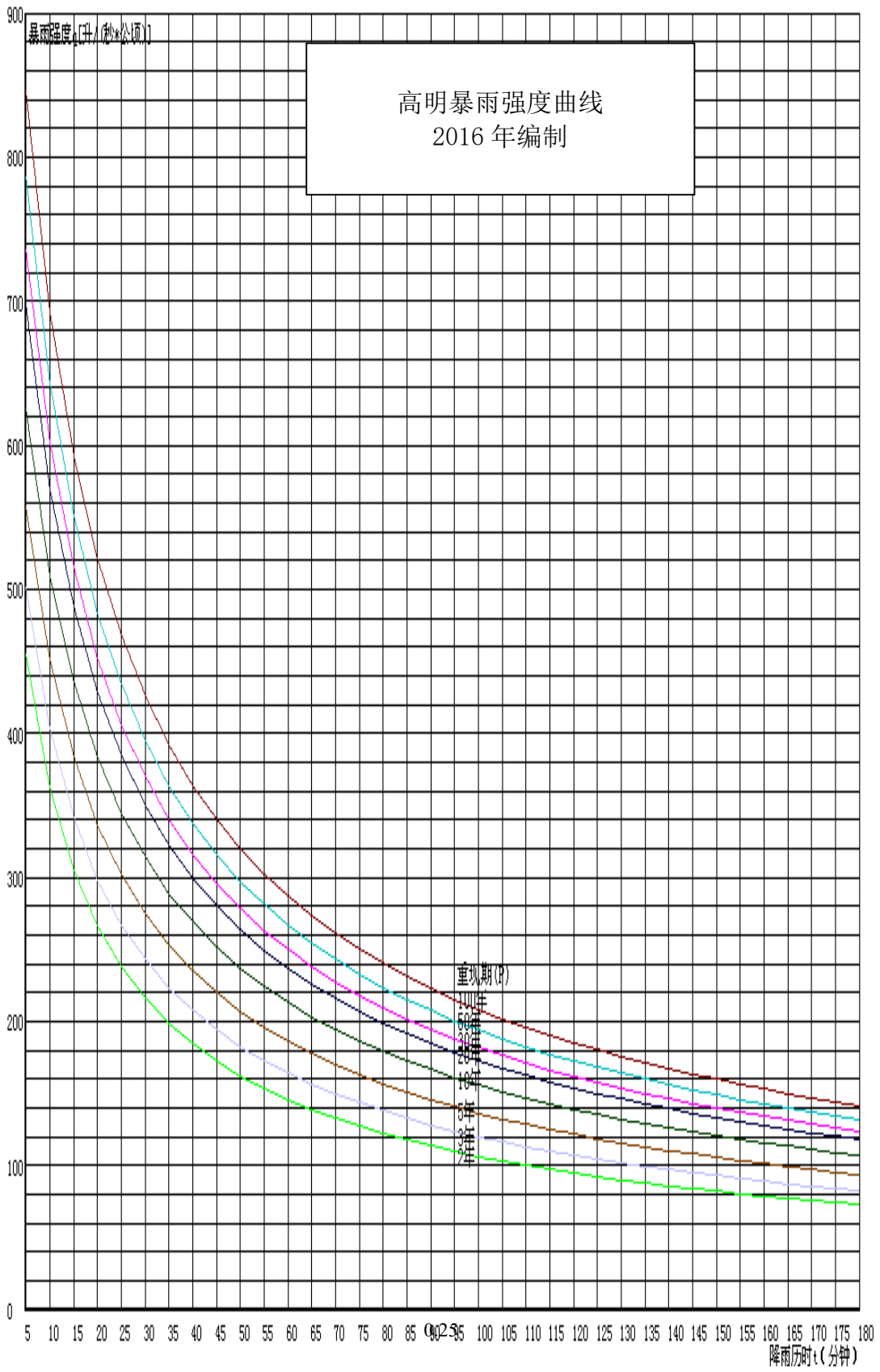
重现期 2~20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为: 0.047 (mm/min), 平均相对均方差为: 3.72%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006, 2014 年版)提出的要求。

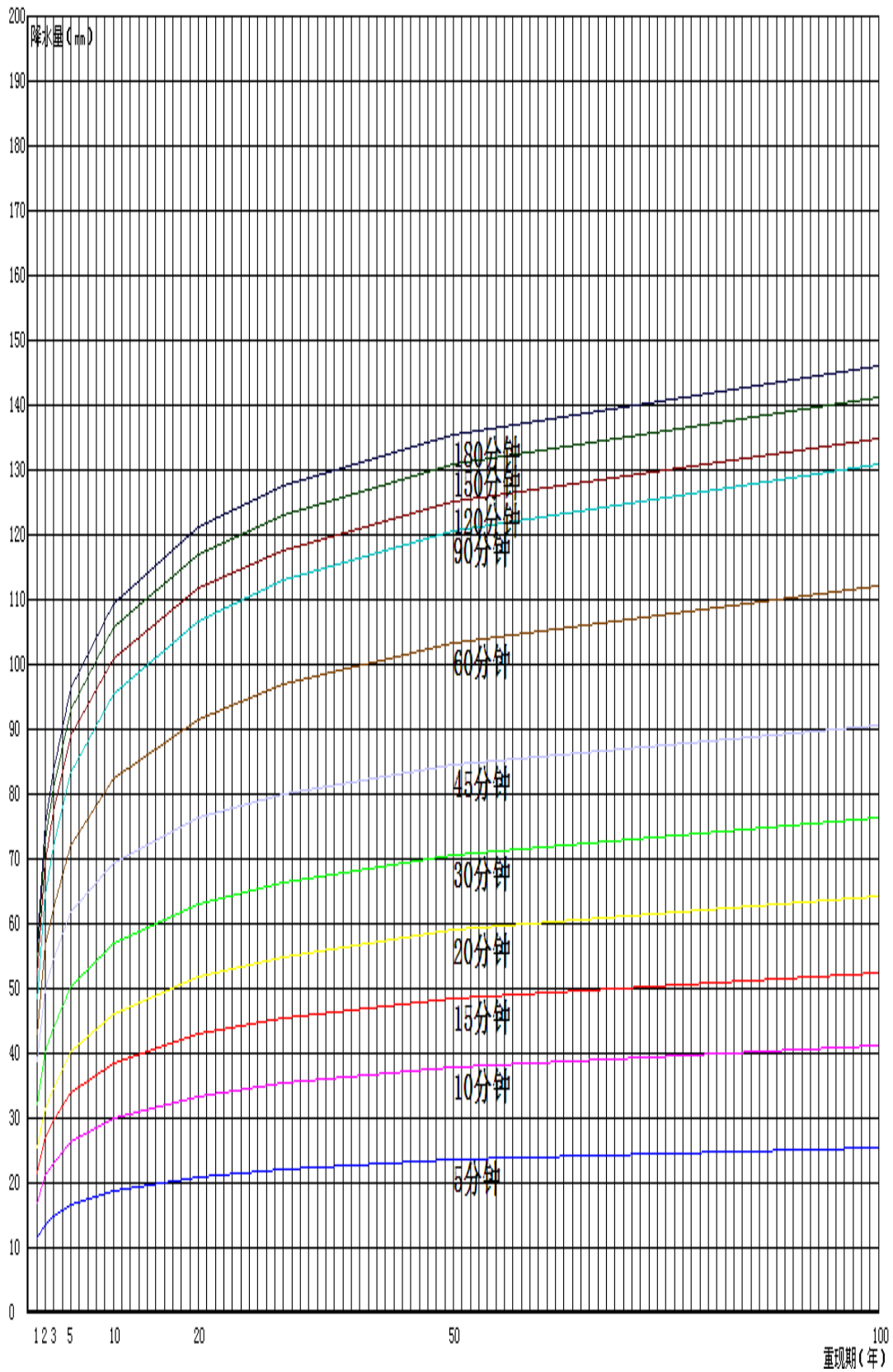
表一 单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式                               |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2       | $2463.584 / (t + 7.363)^{0.672}$  |
| P=3       | $2820.296 / (t + 7.960)^{0.674}$  |
| P=5       | $3261.51 / (t + 8.589)^{0.677}$   |
| P=10      | $3871.227 / (t + 9.354)^{0.684}$  |
| P=20      | $4555.092 / (t + 9.826)^{0.696}$  |
| P=30      | $4913.641 / (t + 9.990)^{0.701}$  |
| P=40      | $5158.463 / (t + 10.091)^{0.703}$ |
| P=50      | $5344.501 / (t + 10.165)^{0.705}$ |
| P=60      | $5494.634 / (t + 10.224)^{0.707}$ |
| P=70      | $5620.385 / (t + 10.271)^{0.708}$ |
| P=80      | $5728.768 / (t + 10.312)^{0.709}$ |
| P=90      | $5823.791 / (t + 10.348)^{0.710}$ |
| P=100     | $5908.627 / (t + 10.379)^{0.711}$ |

表二 重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间 | 参数 | 公 式                             |
|--------|----|----|---------------------------------|
| 1 — 10 | I  | n  | $0.669 + 0.005 \ln(P - 0.099)$  |
|        |    | b  | $7.217 + 0.962 \ln(P - 0.836)$  |
|        |    | A  | $11.576 + 5.015 \ln(P - 0.116)$ |
| 10—100 | II | n  | $0.679 + 0.007 \ln(P - 7.842)$  |
|        |    | b  | $9.144 + 0.273 \ln(P - 7.842)$  |
|        |    | A  | $14.006 + 4.671 \ln(P - 2.870)$ |





各历时降水量与重现期曲线图

P=2 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 591.208 | 27 | 228.725 | 53 | 156.635 | 79  | 123.128 | 105 | 103.169 | 131 | 89.702 | 157 | 79.900 |
| 2  | 547.995 | 28 | 224.358 | 54 | 154.915 | 80  | 122.179 | 106 | 102.556 | 132 | 89.269 | 158 | 79.575 |
| 3  | 511.872 | 29 | 220.193 | 55 | 153.242 | 81  | 121.248 | 107 | 101.953 | 133 | 88.841 | 159 | 79.253 |
| 4  | 481.145 | 30 | 216.215 | 56 | 151.612 | 82  | 120.334 | 108 | 101.358 | 134 | 88.418 | 160 | 78.935 |
| 5  | 454.632 | 31 | 212.412 | 57 | 150.025 | 83  | 119.438 | 109 | 100.772 | 135 | 88.000 | 161 | 78.619 |
| 6  | 431.479 | 32 | 208.770 | 58 | 148.479 | 84  | 118.558 | 110 | 100.194 | 136 | 87.587 | 162 | 78.307 |
| 7  | 411.054 | 33 | 205.280 | 59 | 146.971 | 85  | 117.694 | 111 | 99.625  | 137 | 87.179 | 163 | 77.998 |
| 8  | 392.876 | 34 | 201.932 | 60 | 145.502 | 86  | 116.845 | 112 | 99.063  | 138 | 86.776 | 164 | 77.692 |
| 9  | 376.575 | 35 | 198.716 | 61 | 144.068 | 87  | 116.011 | 113 | 98.509  | 139 | 86.377 | 165 | 77.389 |
| 10 | 361.859 | 36 | 195.624 | 62 | 142.669 | 88  | 115.192 | 114 | 97.963  | 140 | 85.983 | 166 | 77.088 |
| 11 | 348.496 | 37 | 192.650 | 63 | 141.303 | 89  | 114.388 | 115 | 97.424  | 141 | 85.593 | 167 | 76.791 |
| 12 | 336.296 | 38 | 189.786 | 64 | 139.970 | 90  | 113.597 | 116 | 96.893  | 142 | 85.207 | 168 | 76.496 |
| 13 | 325.107 | 39 | 187.025 | 65 | 138.667 | 91  | 112.820 | 117 | 96.368  | 143 | 84.826 | 169 | 76.205 |
| 14 | 314.800 | 40 | 184.362 | 66 | 137.394 | 92  | 112.055 | 118 | 95.851  | 144 | 84.449 | 170 | 75.916 |
| 15 | 305.269 | 41 | 181.792 | 67 | 136.149 | 93  | 111.304 | 119 | 95.341  | 145 | 84.076 | 171 | 75.629 |
| 16 | 296.426 | 42 | 179.309 | 68 | 134.933 | 94  | 110.565 | 120 | 94.837  | 146 | 83.707 | 172 | 75.346 |
| 17 | 288.194 | 43 | 176.908 | 69 | 133.743 | 95  | 109.838 | 121 | 94.340  | 147 | 83.342 | 173 | 75.065 |
| 18 | 280.508 | 44 | 174.586 | 70 | 132.578 | 96  | 109.122 | 122 | 93.849  | 148 | 82.982 | 174 | 74.786 |
| 19 | 273.312 | 45 | 172.339 | 71 | 131.439 | 97  | 108.419 | 123 | 93.365  | 149 | 82.625 | 175 | 74.511 |
| 20 | 266.559 | 46 | 170.162 | 72 | 130.324 | 98  | 107.726 | 124 | 92.887  | 150 | 82.271 | 176 | 74.237 |
| 21 | 260.206 | 47 | 168.052 | 73 | 129.232 | 99  | 107.044 | 125 | 92.415  | 151 | 81.922 | 177 | 73.966 |
| 22 | 254.218 | 48 | 166.006 | 74 | 128.162 | 100 | 106.373 | 126 | 91.948  | 152 | 81.576 | 178 | 73.698 |
| 23 | 248.560 | 49 | 164.021 | 75 | 127.115 | 101 | 105.713 | 127 | 91.488  | 153 | 81.234 | 179 | 73.432 |
| 24 | 243.206 | 50 | 162.094 | 76 | 126.088 | 102 | 105.062 | 128 | 91.033  | 154 | 80.895 | 180 | 73.168 |
| 25 | 238.130 | 51 | 160.222 | 77 | 125.082 | 103 | 104.422 | 129 | 90.584  | 155 | 80.560 | 181 | 72.907 |
| 26 | 233.310 | 52 | 158.403 | 78 | 124.095 | 104 | 103.790 | 130 | 90.140  | 156 | 80.228 | 182 | 72.648 |

P=3 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 643.338 | 27 | 256.997 | 53 | 176.675 | 79  | 139.057 | 105 | 116.580 | 131 | 101.388 | 157 | 90.319 |
| 2  | 599.057 | 28 | 252.158 | 54 | 174.748 | 80  | 137.990 | 106 | 115.889 | 132 | 100.899 | 158 | 89.952 |
| 3  | 561.646 | 29 | 247.539 | 55 | 172.872 | 81  | 136.942 | 107 | 115.209 | 133 | 100.416 | 159 | 89.589 |
| 4  | 529.546 | 30 | 243.125 | 56 | 171.046 | 82  | 135.914 | 108 | 114.538 | 134 | 99.939  | 160 | 89.229 |
| 5  | 501.648 | 31 | 238.901 | 57 | 169.267 | 83  | 134.905 | 109 | 113.877 | 135 | 99.467  | 161 | 88.873 |
| 6  | 477.136 | 32 | 234.855 | 58 | 167.533 | 84  | 133.915 | 110 | 113.226 | 136 | 99.001  | 162 | 88.520 |
| 7  | 455.398 | 33 | 230.975 | 59 | 165.842 | 85  | 132.942 | 111 | 112.583 | 137 | 98.540  | 163 | 88.171 |
| 8  | 435.964 | 34 | 227.250 | 60 | 164.193 | 86  | 131.987 | 112 | 111.950 | 138 | 98.085  | 164 | 87.825 |
| 9  | 418.467 | 35 | 223.671 | 61 | 162.585 | 87  | 131.049 | 113 | 111.325 | 139 | 97.634  | 165 | 87.482 |
| 10 | 402.617 | 36 | 220.229 | 62 | 161.015 | 88  | 130.127 | 114 | 110.709 | 140 | 97.189  | 166 | 87.143 |
| 11 | 388.179 | 37 | 216.915 | 63 | 159.482 | 89  | 129.220 | 115 | 110.102 | 141 | 96.749  | 167 | 86.807 |
| 12 | 374.961 | 38 | 213.723 | 64 | 157.985 | 90  | 128.330 | 116 | 109.502 | 142 | 96.314  | 168 | 86.474 |
| 13 | 362.808 | 39 | 210.644 | 65 | 156.522 | 91  | 127.454 | 117 | 108.911 | 143 | 95.883  | 169 | 86.144 |
| 14 | 351.588 | 40 | 207.674 | 66 | 155.092 | 92  | 126.594 | 118 | 108.327 | 144 | 95.457  | 170 | 85.818 |
| 15 | 341.193 | 41 | 204.805 | 67 | 153.695 | 93  | 125.747 | 119 | 107.751 | 145 | 95.036  | 171 | 85.494 |
| 16 | 331.528 | 42 | 202.033 | 68 | 152.328 | 94  | 124.915 | 120 | 107.183 | 146 | 94.620  | 172 | 85.174 |
| 17 | 322.516 | 43 | 199.353 | 69 | 150.991 | 95  | 124.096 | 121 | 106.622 | 147 | 94.208  | 173 | 84.856 |
| 18 | 314.089 | 44 | 196.759 | 70 | 149.683 | 96  | 123.290 | 122 | 106.069 | 148 | 93.800  | 174 | 84.542 |
| 19 | 306.189 | 45 | 194.247 | 71 | 148.403 | 97  | 122.497 | 123 | 105.522 | 149 | 93.397  | 175 | 84.230 |
| 20 | 298.764 | 46 | 191.813 | 72 | 147.149 | 98  | 121.716 | 124 | 104.982 | 150 | 92.998  | 176 | 83.921 |
| 21 | 291.771 | 47 | 189.454 | 73 | 145.922 | 99  | 120.948 | 125 | 104.450 | 151 | 92.603  | 177 | 83.615 |
| 22 | 285.171 | 48 | 187.165 | 74 | 144.719 | 100 | 120.192 | 126 | 103.923 | 152 | 92.213  | 178 | 83.312 |
| 23 | 278.930 | 49 | 184.944 | 75 | 143.541 | 101 | 119.447 | 127 | 103.404 | 153 | 91.826  | 179 | 83.011 |
| 24 | 273.017 | 50 | 182.787 | 76 | 142.387 | 102 | 118.714 | 128 | 102.891 | 154 | 91.444  | 180 | 82.713 |
| 25 | 267.406 | 51 | 180.692 | 77 | 141.255 | 103 | 117.992 | 129 | 102.384 | 155 | 91.065  | 181 | 82.418 |
| 26 | 262.073 | 52 | 178.655 | 78 | 140.145 | 104 | 117.281 | 130 | 101.883 | 156 | 90.690  | 182 | 82.125 |

P=5 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 705.924 | 27 | 290.521 | 53 | 200.413 | 79  | 157.899 | 105 | 132.421 | 131 | 115.174 | 157 | 102.597 |
| 2  | 660.073 | 28 | 285.122 | 54 | 198.239 | 80  | 156.690 | 106 | 131.637 | 132 | 114.619 | 158 | 102.180 |
| 3  | 620.954 | 29 | 279.964 | 55 | 196.123 | 81  | 155.504 | 107 | 130.865 | 133 | 114.070 | 159 | 101.766 |
| 4  | 587.117 | 30 | 275.032 | 56 | 194.062 | 82  | 154.340 | 108 | 130.104 | 134 | 113.528 | 160 | 101.357 |
| 5  | 557.508 | 31 | 270.309 | 57 | 192.054 | 83  | 153.197 | 109 | 129.354 | 135 | 112.992 | 161 | 100.952 |
| 6  | 531.341 | 32 | 265.782 | 58 | 190.097 | 84  | 152.075 | 110 | 128.615 | 136 | 112.462 | 162 | 100.551 |
| 7  | 508.020 | 33 | 261.439 | 59 | 188.188 | 85  | 150.973 | 111 | 127.886 | 137 | 111.939 | 163 | 100.154 |
| 8  | 487.080 | 34 | 257.267 | 60 | 186.326 | 86  | 149.891 | 112 | 127.167 | 138 | 111.421 | 164 | 99.761  |
| 9  | 468.156 | 35 | 253.256 | 61 | 184.509 | 87  | 148.827 | 113 | 126.458 | 139 | 110.910 | 165 | 99.372  |
| 10 | 450.954 | 36 | 249.397 | 62 | 182.736 | 88  | 147.782 | 114 | 125.758 | 140 | 110.404 | 166 | 98.986  |
| 11 | 435.238 | 37 | 245.680 | 63 | 181.004 | 89  | 146.755 | 115 | 125.069 | 141 | 109.904 | 167 | 98.604  |
| 12 | 420.812 | 38 | 242.098 | 64 | 179.312 | 90  | 145.746 | 116 | 124.388 | 142 | 109.409 | 168 | 98.226  |
| 13 | 407.515 | 39 | 238.642 | 65 | 177.659 | 91  | 144.754 | 117 | 123.717 | 143 | 108.920 | 169 | 97.851  |
| 14 | 395.212 | 40 | 235.306 | 66 | 176.043 | 92  | 143.778 | 118 | 123.054 | 144 | 108.436 | 170 | 97.479  |
| 15 | 383.791 | 41 | 232.083 | 67 | 174.463 | 93  | 142.818 | 119 | 122.400 | 145 | 107.958 | 171 | 97.112  |
| 16 | 373.153 | 42 | 228.967 | 68 | 172.917 | 94  | 141.874 | 120 | 121.755 | 146 | 107.484 | 172 | 96.747  |
| 17 | 363.217 | 43 | 225.953 | 69 | 171.405 | 95  | 140.946 | 121 | 121.118 | 147 | 107.016 | 173 | 96.386  |
| 18 | 353.912 | 44 | 223.035 | 70 | 169.926 | 96  | 140.032 | 122 | 120.490 | 148 | 106.553 | 174 | 96.029  |
| 19 | 345.176 | 45 | 220.209 | 71 | 168.477 | 97  | 139.133 | 123 | 119.869 | 149 | 106.095 | 175 | 95.674  |
| 20 | 336.955 | 46 | 217.470 | 72 | 167.059 | 98  | 138.248 | 124 | 119.256 | 150 | 105.641 | 176 | 95.323  |
| 21 | 329.203 | 47 | 214.813 | 73 | 165.670 | 99  | 137.376 | 125 | 118.651 | 151 | 105.193 | 177 | 94.975  |
| 22 | 321.878 | 48 | 212.236 | 74 | 164.309 | 100 | 136.519 | 126 | 118.054 | 152 | 104.749 | 178 | 94.630  |
| 23 | 314.944 | 49 | 209.734 | 75 | 162.976 | 101 | 135.674 | 127 | 117.463 | 153 | 104.310 | 179 | 94.288  |
| 24 | 308.368 | 50 | 207.304 | 76 | 161.669 | 102 | 134.842 | 128 | 116.881 | 154 | 103.875 | 180 | 93.949  |
| 25 | 302.123 | 51 | 204.942 | 77 | 160.388 | 103 | 134.023 | 129 | 116.305 | 155 | 103.444 | 181 | 93.614  |
| 26 | 296.181 | 52 | 202.646 | 78 | 159.132 | 104 | 133.216 | 130 | 115.736 | 156 | 103.019 | 182 | 93.281  |

P=10(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 782.555 | 27 | 331.460 | 53 | 229.172 | 79  | 180.563 | 105 | 151.358 | 131 | 131.567 | 157 | 117.128 |
| 2  | 734.728 | 28 | 325.364 | 54 | 226.691 | 80  | 179.179 | 106 | 150.459 | 132 | 130.930 | 158 | 116.649 |
| 3  | 693.509 | 29 | 319.538 | 55 | 224.276 | 81  | 177.820 | 107 | 149.573 | 133 | 130.300 | 159 | 116.175 |
| 4  | 657.553 | 30 | 313.961 | 56 | 221.923 | 82  | 176.486 | 108 | 148.700 | 134 | 129.677 | 160 | 115.705 |
| 5  | 625.863 | 31 | 308.619 | 57 | 219.630 | 83  | 175.177 | 109 | 147.840 | 135 | 129.062 | 161 | 115.240 |
| 6  | 597.686 | 32 | 303.494 | 58 | 217.394 | 84  | 173.891 | 110 | 146.991 | 136 | 128.454 | 162 | 114.780 |
| 7  | 572.440 | 33 | 298.575 | 59 | 215.214 | 85  | 172.629 | 111 | 146.155 | 137 | 127.853 | 163 | 114.324 |
| 8  | 549.667 | 34 | 293.847 | 60 | 213.086 | 86  | 171.388 | 112 | 145.330 | 138 | 127.259 | 164 | 113.872 |
| 9  | 529.001 | 35 | 289.299 | 61 | 211.010 | 87  | 170.170 | 113 | 144.517 | 139 | 126.672 | 165 | 113.425 |
| 10 | 510.149 | 36 | 284.920 | 62 | 208.983 | 88  | 168.972 | 114 | 143.714 | 140 | 126.091 | 166 | 112.982 |
| 11 | 492.870 | 37 | 280.702 | 63 | 207.003 | 89  | 167.795 | 115 | 142.923 | 141 | 125.517 | 167 | 112.544 |
| 12 | 476.963 | 38 | 276.633 | 64 | 205.068 | 90  | 166.638 | 116 | 142.142 | 142 | 124.949 | 168 | 112.109 |
| 13 | 462.264 | 39 | 272.707 | 65 | 203.178 | 91  | 165.500 | 117 | 141.371 | 143 | 124.387 | 169 | 111.679 |
| 14 | 448.631 | 40 | 268.916 | 66 | 201.330 | 92  | 164.382 | 118 | 140.611 | 144 | 123.832 | 170 | 111.253 |
| 15 | 435.948 | 41 | 265.251 | 67 | 199.522 | 93  | 163.281 | 119 | 139.861 | 145 | 123.283 | 171 | 110.830 |
| 16 | 424.112 | 42 | 261.707 | 68 | 197.755 | 94  | 162.199 | 120 | 139.121 | 146 | 122.739 | 172 | 110.412 |
| 17 | 413.038 | 43 | 258.278 | 69 | 196.025 | 95  | 161.134 | 121 | 138.390 | 147 | 122.202 | 173 | 109.997 |
| 18 | 402.649 | 44 | 254.957 | 70 | 194.332 | 96  | 160.087 | 122 | 137.668 | 148 | 121.670 | 174 | 109.587 |
| 19 | 392.880 | 45 | 251.739 | 71 | 192.674 | 97  | 159.056 | 123 | 136.956 | 149 | 121.144 | 175 | 109.180 |
| 20 | 383.676 | 46 | 248.619 | 72 | 191.051 | 98  | 158.041 | 124 | 136.253 | 150 | 120.624 | 176 | 108.777 |
| 21 | 374.984 | 47 | 245.593 | 73 | 189.461 | 99  | 157.042 | 125 | 135.558 | 151 | 120.109 | 177 | 108.377 |
| 22 | 366.762 | 48 | 242.656 | 74 | 187.904 | 100 | 156.058 | 126 | 134.872 | 152 | 119.599 | 178 | 107.981 |
| 23 | 358.970 | 49 | 239.804 | 75 | 186.377 | 101 | 155.089 | 127 | 134.195 | 153 | 119.095 | 179 | 107.588 |
| 24 | 351.573 | 50 | 237.033 | 76 | 184.881 | 102 | 154.135 | 128 | 133.526 | 154 | 118.595 | 180 | 107.200 |
| 25 | 344.540 | 51 | 234.340 | 77 | 183.414 | 103 | 153.196 | 129 | 132.865 | 155 | 118.101 | 181 | 106.814 |
| 26 | 337.844 | 52 | 231.720 | 78 | 181.975 | 104 | 152.270 | 130 | 132.212 | 156 | 117.612 | 182 | 106.432 |



P=20 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 867.975 | 27 | 370.215 | 53 | 255.266 | 79  | 200.592 | 105 | 167.768 | 131 | 145.551 | 157 | 129.360 |
| 2  | 816.210 | 28 | 363.375 | 54 | 252.475 | 80  | 199.035 | 106 | 166.759 | 132 | 144.836 | 158 | 128.824 |
| 3  | 771.375 | 29 | 356.835 | 55 | 249.758 | 81  | 197.507 | 107 | 165.764 | 133 | 144.129 | 159 | 128.292 |
| 4  | 732.103 | 30 | 350.575 | 56 | 247.111 | 82  | 196.008 | 108 | 164.783 | 134 | 143.431 | 160 | 127.766 |
| 5  | 697.372 | 31 | 344.576 | 57 | 244.532 | 83  | 194.536 | 109 | 163.817 | 135 | 142.741 | 161 | 127.245 |
| 6  | 666.400 | 32 | 338.821 | 58 | 242.017 | 84  | 193.090 | 110 | 162.864 | 136 | 142.059 | 162 | 126.729 |
| 7  | 638.579 | 33 | 333.295 | 59 | 239.564 | 85  | 191.671 | 111 | 161.925 | 137 | 141.385 | 163 | 126.218 |
| 8  | 613.428 | 34 | 327.983 | 60 | 237.171 | 86  | 190.276 | 112 | 160.999 | 138 | 140.718 | 164 | 125.712 |
| 9  | 590.562 | 35 | 322.873 | 61 | 234.835 | 87  | 188.906 | 113 | 160.085 | 139 | 140.060 | 165 | 125.211 |
| 10 | 569.668 | 36 | 317.953 | 62 | 232.555 | 88  | 187.560 | 114 | 159.184 | 140 | 139.408 | 166 | 124.715 |
| 11 | 550.488 | 37 | 313.212 | 63 | 230.327 | 89  | 186.237 | 115 | 158.296 | 141 | 138.764 | 167 | 124.224 |
| 12 | 532.808 | 38 | 308.639 | 64 | 228.152 | 90  | 184.937 | 116 | 157.419 | 142 | 138.128 | 168 | 123.737 |
| 13 | 516.452 | 39 | 304.226 | 65 | 226.025 | 91  | 183.658 | 117 | 156.554 | 143 | 137.498 | 169 | 123.255 |
| 14 | 501.268 | 40 | 299.963 | 66 | 223.946 | 92  | 182.401 | 118 | 155.701 | 144 | 136.875 | 170 | 122.778 |
| 15 | 487.127 | 41 | 295.843 | 67 | 221.913 | 93  | 181.165 | 119 | 154.858 | 145 | 136.259 | 171 | 122.305 |
| 16 | 473.920 | 42 | 291.858 | 68 | 219.925 | 94  | 179.948 | 120 | 154.027 | 146 | 135.650 | 172 | 121.836 |
| 17 | 461.554 | 43 | 288.002 | 69 | 217.979 | 95  | 178.752 | 121 | 153.207 | 147 | 135.047 | 173 | 121.372 |
| 18 | 449.945 | 44 | 284.267 | 70 | 216.075 | 96  | 177.575 | 122 | 152.397 | 148 | 134.451 | 174 | 120.912 |
| 19 | 439.023 | 45 | 280.648 | 71 | 214.211 | 97  | 176.416 | 123 | 151.598 | 149 | 133.862 | 175 | 120.456 |
| 20 | 428.725 | 46 | 277.140 | 72 | 212.385 | 98  | 175.276 | 124 | 150.808 | 150 | 133.278 | 176 | 120.005 |
| 21 | 418.997 | 47 | 273.736 | 73 | 210.597 | 99  | 174.153 | 125 | 150.029 | 151 | 132.701 | 177 | 119.557 |
| 22 | 409.790 | 48 | 270.433 | 74 | 208.846 | 100 | 173.048 | 126 | 149.259 | 152 | 132.129 | 178 | 119.114 |
| 23 | 401.060 | 49 | 267.225 | 75 | 207.129 | 101 | 171.960 | 127 | 148.499 | 153 | 131.564 | 179 | 118.675 |
| 24 | 392.770 | 50 | 264.108 | 76 | 205.446 | 102 | 170.888 | 128 | 147.748 | 154 | 131.005 | 180 | 118.239 |
| 25 | 384.886 | 51 | 261.078 | 77 | 203.797 | 103 | 169.832 | 129 | 147.007 | 155 | 130.451 | 181 | 117.808 |
| 26 | 377.377 | 52 | 258.132 | 78 | 202.179 | 104 | 168.792 | 130 | 146.274 | 156 | 129.903 | 182 | 117.380 |

P=30(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 916.219 | 27 | 391.446 | 53 | 269.576 | 79  | 211.607 | 105 | 176.819 | 131 | 153.285 | 157 | 136.143 |
| 2  | 861.981 | 28 | 384.198 | 54 | 266.617 | 80  | 209.956 | 106 | 175.750 | 132 | 152.528 | 158 | 135.575 |
| 3  | 814.930 | 29 | 377.267 | 55 | 263.736 | 81  | 208.337 | 107 | 174.696 | 133 | 151.779 | 159 | 135.012 |
| 4  | 773.663 | 30 | 370.631 | 56 | 260.930 | 82  | 206.747 | 108 | 173.657 | 134 | 151.040 | 160 | 134.455 |
| 5  | 737.127 | 31 | 364.272 | 57 | 258.194 | 83  | 205.187 | 109 | 172.633 | 135 | 150.309 | 161 | 133.904 |
| 6  | 704.514 | 32 | 358.172 | 58 | 255.527 | 84  | 203.655 | 110 | 171.624 | 136 | 149.587 | 162 | 133.358 |
| 7  | 675.196 | 33 | 352.313 | 59 | 252.926 | 85  | 202.150 | 111 | 170.629 | 137 | 148.873 | 163 | 132.817 |
| 8  | 648.674 | 34 | 346.682 | 60 | 250.389 | 86  | 200.672 | 112 | 169.647 | 138 | 148.168 | 164 | 132.282 |
| 9  | 624.546 | 35 | 341.265 | 61 | 247.912 | 87  | 199.220 | 113 | 168.680 | 139 | 147.470 | 165 | 131.752 |
| 10 | 602.487 | 36 | 336.048 | 62 | 245.494 | 88  | 197.794 | 114 | 167.725 | 140 | 146.781 | 166 | 131.227 |
| 11 | 582.228 | 37 | 331.021 | 63 | 243.133 | 89  | 196.391 | 115 | 166.784 | 141 | 146.099 | 167 | 130.707 |
| 12 | 563.547 | 38 | 326.173 | 64 | 240.826 | 90  | 195.013 | 116 | 165.855 | 142 | 145.425 | 168 | 130.192 |
| 13 | 546.257 | 39 | 321.493 | 65 | 238.571 | 91  | 193.658 | 117 | 164.939 | 143 | 144.758 | 169 | 129.682 |
| 14 | 530.201 | 40 | 316.973 | 66 | 236.367 | 92  | 192.326 | 118 | 164.035 | 144 | 144.099 | 170 | 129.177 |
| 15 | 515.244 | 41 | 312.605 | 67 | 234.211 | 93  | 191.015 | 119 | 163.143 | 145 | 143.446 | 171 | 128.676 |
| 16 | 501.272 | 42 | 308.379 | 68 | 232.103 | 94  | 189.726 | 120 | 162.262 | 146 | 142.802 | 172 | 128.180 |
| 17 | 488.185 | 43 | 304.290 | 69 | 230.040 | 95  | 188.458 | 121 | 161.394 | 147 | 142.164 | 173 | 127.689 |
| 18 | 475.897 | 44 | 300.330 | 70 | 228.021 | 96  | 187.211 | 122 | 160.536 | 148 | 141.532 | 174 | 127.202 |
| 19 | 464.334 | 45 | 296.493 | 71 | 226.045 | 97  | 185.983 | 123 | 159.689 | 149 | 140.908 | 175 | 126.720 |
| 20 | 453.431 | 46 | 292.772 | 72 | 224.110 | 98  | 184.775 | 124 | 158.853 | 150 | 140.290 | 176 | 126.242 |
| 21 | 443.128 | 47 | 289.163 | 73 | 222.214 | 99  | 183.585 | 125 | 158.027 | 151 | 139.679 | 177 | 125.769 |
| 22 | 433.376 | 48 | 285.660 | 74 | 220.357 | 100 | 182.414 | 126 | 157.212 | 152 | 139.075 | 178 | 125.300 |
| 23 | 424.129 | 49 | 282.258 | 75 | 218.537 | 101 | 181.261 | 127 | 156.407 | 153 | 138.476 | 179 | 124.835 |
| 24 | 415.347 | 50 | 278.953 | 76 | 216.753 | 102 | 180.125 | 128 | 155.612 | 154 | 137.884 | 180 | 124.374 |
| 25 | 406.993 | 51 | 275.740 | 77 | 215.004 | 103 | 179.007 | 129 | 154.827 | 155 | 137.298 | 181 | 123.917 |
| 26 | 399.036 | 52 | 272.616 | 78 | 213.289 | 104 | 177.905 | 130 | 154.051 | 156 | 136.718 | 182 | 123.465 |

P=40 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 949.695 | 27 | 406.310 | 53 | 279.647 | 79  | 219.387 | 105 | 183.231 | 131 | 158.777 | 157 | 140.970 |
| 2  | 893.754 | 28 | 398.779 | 54 | 276.571 | 80  | 217.671 | 106 | 182.120 | 132 | 157.990 | 158 | 140.380 |
| 3  | 845.177 | 29 | 391.577 | 55 | 273.576 | 81  | 215.988 | 107 | 181.024 | 133 | 157.213 | 159 | 139.796 |
| 4  | 802.537 | 30 | 384.682 | 56 | 270.658 | 82  | 214.336 | 108 | 179.945 | 134 | 156.445 | 160 | 139.217 |
| 5  | 764.758 | 31 | 378.074 | 57 | 267.815 | 83  | 212.714 | 109 | 178.881 | 135 | 155.686 | 161 | 138.644 |
| 6  | 731.017 | 32 | 371.735 | 58 | 265.043 | 84  | 211.122 | 110 | 177.832 | 136 | 154.936 | 162 | 138.077 |
| 7  | 700.668 | 33 | 365.646 | 59 | 262.339 | 85  | 209.558 | 111 | 176.798 | 137 | 154.194 | 163 | 137.516 |
| 8  | 673.202 | 34 | 359.794 | 60 | 259.701 | 86  | 208.022 | 112 | 175.778 | 138 | 153.461 | 164 | 136.960 |
| 9  | 648.205 | 35 | 354.164 | 61 | 257.126 | 87  | 206.512 | 113 | 174.773 | 139 | 152.736 | 165 | 136.409 |
| 10 | 625.343 | 36 | 348.742 | 62 | 254.613 | 88  | 205.030 | 114 | 173.781 | 140 | 152.020 | 166 | 135.864 |
| 11 | 604.342 | 37 | 343.517 | 63 | 252.158 | 89  | 203.572 | 115 | 172.803 | 141 | 151.312 | 167 | 135.324 |
| 12 | 584.970 | 38 | 338.478 | 64 | 249.760 | 90  | 202.140 | 116 | 171.838 | 142 | 150.611 | 168 | 134.789 |
| 13 | 567.037 | 39 | 333.614 | 65 | 247.416 | 91  | 200.731 | 117 | 170.886 | 143 | 149.919 | 169 | 134.259 |
| 14 | 550.380 | 40 | 328.916 | 66 | 245.124 | 92  | 199.346 | 118 | 169.947 | 144 | 149.234 | 170 | 133.735 |
| 15 | 534.861 | 41 | 324.375 | 67 | 242.884 | 93  | 197.985 | 119 | 169.020 | 145 | 148.556 | 171 | 133.215 |
| 16 | 520.360 | 42 | 319.983 | 68 | 240.692 | 94  | 196.645 | 120 | 168.105 | 146 | 147.886 | 172 | 132.700 |
| 17 | 506.776 | 43 | 315.732 | 69 | 238.548 | 95  | 195.327 | 121 | 167.202 | 147 | 147.224 | 173 | 132.190 |
| 18 | 494.021 | 44 | 311.616 | 70 | 236.449 | 96  | 194.030 | 122 | 166.311 | 148 | 146.568 | 174 | 131.684 |
| 19 | 482.016 | 45 | 307.627 | 71 | 234.395 | 97  | 192.754 | 123 | 165.431 | 149 | 145.920 | 175 | 131.184 |
| 20 | 470.694 | 46 | 303.760 | 72 | 232.383 | 98  | 191.499 | 124 | 164.562 | 150 | 145.278 | 176 | 130.687 |
| 21 | 459.995 | 47 | 300.008 | 73 | 230.413 | 99  | 190.262 | 125 | 163.705 | 151 | 144.643 | 177 | 130.196 |
| 22 | 449.867 | 48 | 296.367 | 74 | 228.482 | 100 | 189.045 | 126 | 162.858 | 152 | 144.015 | 178 | 129.709 |
| 23 | 440.263 | 49 | 292.830 | 75 | 226.590 | 101 | 187.847 | 127 | 162.021 | 153 | 143.393 | 179 | 129.226 |
| 24 | 431.140 | 50 | 289.395 | 76 | 224.736 | 102 | 186.667 | 128 | 161.195 | 154 | 142.778 | 180 | 128.747 |
| 25 | 422.462 | 51 | 286.055 | 77 | 222.918 | 103 | 185.504 | 129 | 160.379 | 155 | 142.169 | 181 | 128.273 |
| 26 | 414.196 | 52 | 282.807 | 78 | 221.135 | 104 | 184.359 | 130 | 159.573 | 156 | 141.567 | 182 | 127.803 |

P=50 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 975.364 | 27 | 417.794 | 53 | 287.456 | 79  | 225.434 | 105 | 188.225 | 131 | 163.061 | 157 | 144.740 |
| 2  | 918.128 | 28 | 410.047 | 54 | 284.290 | 80  | 223.669 | 106 | 187.081 | 132 | 162.251 | 158 | 144.133 |
| 3  | 868.391 | 29 | 402.637 | 55 | 281.208 | 81  | 221.936 | 107 | 185.954 | 133 | 161.452 | 159 | 143.532 |
| 4  | 824.707 | 30 | 395.544 | 56 | 278.205 | 82  | 220.236 | 108 | 184.843 | 134 | 160.661 | 160 | 142.937 |
| 5  | 785.983 | 31 | 388.745 | 57 | 275.278 | 83  | 218.567 | 109 | 183.748 | 135 | 159.880 | 161 | 142.347 |
| 6  | 751.383 | 32 | 382.222 | 58 | 272.425 | 84  | 216.928 | 110 | 182.669 | 136 | 159.108 | 162 | 141.764 |
| 7  | 720.250 | 33 | 375.958 | 59 | 269.642 | 85  | 215.318 | 111 | 181.604 | 137 | 158.345 | 163 | 141.186 |
| 8  | 692.064 | 34 | 369.936 | 60 | 266.927 | 86  | 213.737 | 112 | 180.555 | 138 | 157.591 | 164 | 140.614 |
| 9  | 666.405 | 35 | 364.143 | 61 | 264.277 | 87  | 212.184 | 113 | 179.520 | 139 | 156.845 | 165 | 140.048 |
| 10 | 642.933 | 36 | 358.564 | 62 | 261.690 | 88  | 210.658 | 114 | 178.500 | 140 | 156.108 | 166 | 139.487 |
| 11 | 621.364 | 37 | 353.187 | 63 | 259.163 | 89  | 209.158 | 115 | 177.493 | 141 | 155.380 | 167 | 138.931 |
| 12 | 601.466 | 38 | 348.002 | 64 | 256.695 | 90  | 207.684 | 116 | 176.500 | 142 | 154.659 | 168 | 138.381 |
| 13 | 583.043 | 39 | 342.996 | 65 | 254.282 | 91  | 206.234 | 117 | 175.521 | 143 | 153.946 | 169 | 137.836 |
| 14 | 565.927 | 40 | 338.162 | 66 | 251.924 | 92  | 204.809 | 118 | 174.554 | 144 | 153.242 | 170 | 137.297 |
| 15 | 549.978 | 41 | 333.489 | 67 | 249.618 | 93  | 203.407 | 119 | 173.600 | 145 | 152.545 | 171 | 136.762 |
| 16 | 535.074 | 42 | 328.969 | 68 | 247.362 | 94  | 202.029 | 120 | 172.659 | 146 | 151.856 | 172 | 136.232 |
| 17 | 521.111 | 43 | 324.594 | 69 | 245.155 | 95  | 200.673 | 121 | 171.730 | 147 | 151.174 | 173 | 135.707 |
| 18 | 507.998 | 44 | 320.358 | 70 | 242.995 | 96  | 199.338 | 122 | 170.813 | 148 | 150.499 | 174 | 135.187 |
| 19 | 495.655 | 45 | 316.253 | 71 | 240.881 | 97  | 198.025 | 123 | 169.907 | 149 | 149.832 | 175 | 134.672 |
| 20 | 484.013 | 46 | 312.273 | 72 | 238.810 | 98  | 196.732 | 124 | 169.014 | 150 | 149.172 | 176 | 134.162 |
| 21 | 473.012 | 47 | 308.411 | 73 | 236.782 | 99  | 195.460 | 125 | 168.131 | 151 | 148.519 | 177 | 133.656 |
| 22 | 462.596 | 48 | 304.664 | 74 | 234.795 | 100 | 194.208 | 126 | 167.260 | 152 | 147.872 | 178 | 133.155 |
| 23 | 452.718 | 49 | 301.024 | 75 | 232.848 | 101 | 192.974 | 127 | 166.399 | 153 | 147.233 | 179 | 132.658 |
| 24 | 443.335 | 50 | 297.488 | 76 | 230.940 | 102 | 191.760 | 128 | 165.549 | 154 | 146.600 | 180 | 132.166 |
| 25 | 434.409 | 51 | 294.051 | 77 | 229.069 | 103 | 190.564 | 129 | 164.709 | 155 | 145.974 | 181 | 131.678 |
| 26 | 425.906 | 52 | 290.708 | 78 | 227.234 | 104 | 189.385 | 130 | 163.880 | 156 | 145.354 | 182 | 131.195 |

P=60(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 995.016 | 27 | 426.452 | 53 | 293.285 | 79  | 229.917 | 105 | 191.905 | 131 | 166.203 | 157 | 147.494 |
| 2  | 936.775 | 28 | 418.537 | 54 | 290.051 | 80  | 228.113 | 106 | 190.736 | 132 | 165.376 | 158 | 146.874 |
| 3  | 886.139 | 29 | 410.968 | 55 | 286.901 | 81  | 226.343 | 107 | 189.585 | 133 | 164.560 | 159 | 146.260 |
| 4  | 841.644 | 30 | 403.721 | 56 | 283.833 | 82  | 224.606 | 108 | 188.450 | 134 | 163.752 | 160 | 145.653 |
| 5  | 802.187 | 31 | 396.775 | 57 | 280.842 | 83  | 222.901 | 109 | 187.332 | 135 | 162.955 | 161 | 145.051 |
| 6  | 766.920 | 32 | 390.111 | 58 | 277.927 | 84  | 221.226 | 110 | 186.229 | 136 | 162.166 | 162 | 144.455 |
| 7  | 735.178 | 33 | 383.711 | 59 | 275.084 | 85  | 219.582 | 111 | 185.143 | 137 | 161.387 | 163 | 143.866 |
| 8  | 706.434 | 34 | 377.559 | 60 | 272.310 | 86  | 217.967 | 112 | 184.071 | 138 | 160.617 | 164 | 143.281 |
| 9  | 680.262 | 35 | 371.640 | 61 | 269.602 | 87  | 216.380 | 113 | 183.014 | 139 | 159.856 | 165 | 142.703 |
| 10 | 656.315 | 36 | 365.940 | 62 | 266.959 | 88  | 214.821 | 114 | 181.972 | 140 | 159.103 | 166 | 142.130 |
| 11 | 634.308 | 37 | 360.447 | 63 | 264.377 | 89  | 213.289 | 115 | 180.943 | 141 | 158.359 | 167 | 141.563 |
| 12 | 614.002 | 38 | 355.148 | 64 | 261.855 | 90  | 211.783 | 116 | 179.929 | 142 | 157.623 | 168 | 141.001 |
| 13 | 595.198 | 39 | 350.034 | 65 | 259.390 | 91  | 210.302 | 117 | 178.929 | 143 | 156.895 | 169 | 140.445 |
| 14 | 577.727 | 40 | 345.095 | 66 | 256.981 | 92  | 208.846 | 118 | 177.941 | 144 | 156.176 | 170 | 139.894 |
| 15 | 561.445 | 41 | 340.320 | 67 | 254.625 | 93  | 207.414 | 119 | 176.967 | 145 | 155.464 | 171 | 139.348 |
| 16 | 546.229 | 42 | 335.702 | 68 | 252.320 | 94  | 206.006 | 120 | 176.006 | 146 | 154.760 | 172 | 138.807 |
| 17 | 531.972 | 43 | 331.232 | 69 | 250.065 | 95  | 204.620 | 121 | 175.057 | 147 | 154.064 | 173 | 138.271 |
| 18 | 518.582 | 44 | 326.904 | 70 | 247.858 | 96  | 203.257 | 122 | 174.120 | 148 | 153.375 | 174 | 137.740 |
| 19 | 505.978 | 45 | 322.709 | 71 | 245.698 | 97  | 201.916 | 123 | 173.195 | 149 | 152.694 | 175 | 137.214 |
| 20 | 494.089 | 46 | 318.642 | 72 | 243.582 | 98  | 200.595 | 124 | 172.283 | 150 | 152.020 | 176 | 136.693 |
| 21 | 482.853 | 47 | 314.697 | 73 | 241.510 | 99  | 199.296 | 125 | 171.381 | 151 | 151.353 | 177 | 136.177 |
| 22 | 472.215 | 48 | 310.868 | 74 | 239.480 | 100 | 198.016 | 126 | 170.491 | 152 | 150.693 | 178 | 135.665 |
| 23 | 462.126 | 49 | 307.149 | 75 | 237.491 | 101 | 196.757 | 127 | 169.612 | 153 | 150.040 | 179 | 135.158 |
| 24 | 452.542 | 50 | 303.536 | 76 | 235.541 | 102 | 195.516 | 128 | 168.744 | 154 | 149.393 | 180 | 134.656 |
| 25 | 443.424 | 51 | 300.024 | 77 | 233.630 | 103 | 194.294 | 129 | 167.887 | 155 | 148.754 | 181 | 134.158 |
| 26 | 434.738 | 52 | 296.608 | 78 | 231.755 | 104 | 193.090 | 130 | 167.040 | 156 | 148.121 | 182 | 133.664 |

P=70(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1011.731 | 27 | 433.890 | 53 | 298.318 | 79  | 233.800 | 105 | 195.101 | 131 | 168.938 | 157 | 149.896 |
| 2  | 952.646  | 28 | 425.833 | 54 | 295.025 | 80  | 231.963 | 106 | 193.912 | 132 | 168.097 | 158 | 149.265 |
| 3  | 901.253  | 29 | 418.128 | 55 | 291.818 | 81  | 230.161 | 107 | 192.740 | 133 | 167.265 | 159 | 148.640 |
| 4  | 856.076  | 30 | 410.751 | 56 | 288.694 | 82  | 228.393 | 108 | 191.585 | 134 | 166.444 | 160 | 148.022 |
| 5  | 816.002  | 31 | 403.680 | 57 | 285.649 | 83  | 226.656 | 109 | 190.446 | 135 | 165.632 | 161 | 147.409 |
| 6  | 780.173  | 32 | 396.896 | 58 | 282.681 | 84  | 224.952 | 110 | 189.324 | 136 | 164.830 | 162 | 146.803 |
| 7  | 747.919  | 33 | 390.381 | 59 | 279.786 | 85  | 223.278 | 111 | 188.217 | 137 | 164.036 | 163 | 146.203 |
| 8  | 718.704  | 34 | 384.118 | 60 | 276.961 | 86  | 221.633 | 112 | 187.126 | 138 | 163.253 | 164 | 145.609 |
| 9  | 692.099  | 35 | 378.092 | 61 | 274.205 | 87  | 220.018 | 113 | 186.050 | 139 | 162.478 | 165 | 145.020 |
| 10 | 667.752  | 36 | 372.289 | 62 | 271.514 | 88  | 218.431 | 114 | 184.989 | 140 | 161.711 | 166 | 144.437 |
| 11 | 645.374  | 37 | 366.697 | 63 | 268.885 | 89  | 216.871 | 115 | 183.943 | 141 | 160.954 | 167 | 143.860 |
| 12 | 624.723  | 38 | 361.303 | 64 | 266.317 | 90  | 215.337 | 116 | 182.910 | 142 | 160.205 | 168 | 143.288 |
| 13 | 605.597  | 39 | 356.096 | 65 | 263.808 | 91  | 213.830 | 117 | 181.892 | 143 | 159.464 | 169 | 142.722 |
| 14 | 587.826  | 40 | 351.067 | 66 | 261.354 | 92  | 212.348 | 118 | 180.887 | 144 | 158.732 | 170 | 142.161 |
| 15 | 571.263  | 41 | 346.206 | 67 | 258.956 | 93  | 210.890 | 119 | 179.895 | 145 | 158.007 | 171 | 141.605 |
| 16 | 555.783  | 42 | 341.504 | 68 | 256.609 | 94  | 209.456 | 120 | 178.916 | 146 | 157.291 | 172 | 141.055 |
| 17 | 541.277  | 43 | 336.953 | 69 | 254.313 | 95  | 208.046 | 121 | 177.951 | 147 | 156.582 | 173 | 140.510 |
| 18 | 527.653  | 44 | 332.546 | 70 | 252.066 | 96  | 206.658 | 122 | 176.997 | 148 | 155.881 | 174 | 139.969 |
| 19 | 514.827  | 45 | 328.276 | 71 | 249.867 | 97  | 205.292 | 123 | 176.056 | 149 | 155.188 | 175 | 139.434 |
| 20 | 502.729  | 46 | 324.135 | 72 | 247.713 | 98  | 203.948 | 124 | 175.127 | 150 | 154.502 | 176 | 138.904 |
| 21 | 491.294  | 47 | 320.118 | 73 | 245.603 | 99  | 202.625 | 125 | 174.209 | 151 | 153.823 | 177 | 138.378 |
| 22 | 480.468  | 48 | 316.220 | 74 | 243.537 | 100 | 201.323 | 126 | 173.303 | 152 | 153.151 | 178 | 137.858 |
| 23 | 470.200  | 49 | 312.433 | 75 | 241.511 | 101 | 200.040 | 127 | 172.409 | 153 | 152.487 | 179 | 137.342 |
| 24 | 460.445  | 50 | 308.755 | 76 | 239.526 | 102 | 198.777 | 128 | 171.525 | 154 | 151.829 | 180 | 136.830 |
| 25 | 451.165  | 51 | 305.179 | 77 | 237.580 | 103 | 197.533 | 129 | 170.652 | 155 | 151.178 | 181 | 136.323 |
| 26 | 442.324  | 52 | 301.701 | 78 | 235.672 | 104 | 196.308 | 130 | 169.790 | 156 | 150.534 | 182 | 135.821 |

P=80(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1025.997 | 27 | 440.243 | 53 | 302.615 | 79  | 237.114 | 105 | 197.828 | 131 | 171.271 | 157 | 151.944 |
| 2  | 966.195  | 28 | 432.065 | 54 | 299.272 | 80  | 235.249 | 106 | 196.621 | 132 | 170.417 | 158 | 151.304 |
| 3  | 914.158  | 29 | 424.244 | 55 | 296.016 | 81  | 233.420 | 107 | 195.431 | 133 | 169.573 | 159 | 150.670 |
| 4  | 868.400  | 30 | 416.756 | 56 | 292.844 | 82  | 231.624 | 108 | 194.259 | 134 | 168.739 | 160 | 150.042 |
| 5  | 827.800  | 31 | 409.579 | 57 | 289.753 | 83  | 229.862 | 109 | 193.103 | 135 | 167.915 | 161 | 149.420 |
| 6  | 791.492  | 32 | 402.692 | 58 | 286.740 | 84  | 228.131 | 110 | 191.964 | 136 | 167.101 | 162 | 148.805 |
| 7  | 758.800  | 33 | 396.078 | 59 | 283.801 | 85  | 226.432 | 111 | 190.841 | 137 | 166.296 | 163 | 148.196 |
| 8  | 729.184  | 34 | 389.720 | 60 | 280.933 | 86  | 224.763 | 112 | 189.733 | 138 | 165.500 | 164 | 147.593 |
| 9  | 702.210  | 35 | 383.603 | 61 | 278.134 | 87  | 223.123 | 113 | 188.641 | 139 | 164.714 | 165 | 146.995 |
| 10 | 677.521  | 36 | 377.712 | 62 | 275.402 | 88  | 221.511 | 114 | 187.564 | 140 | 163.936 | 166 | 146.404 |
| 11 | 654.826  | 37 | 372.035 | 63 | 272.734 | 89  | 219.928 | 115 | 186.501 | 141 | 163.167 | 167 | 145.818 |
| 12 | 633.881  | 38 | 366.559 | 64 | 270.126 | 90  | 218.371 | 116 | 185.453 | 142 | 162.407 | 168 | 145.238 |
| 13 | 614.481  | 39 | 361.273 | 65 | 267.579 | 91  | 216.841 | 117 | 184.420 | 143 | 161.655 | 169 | 144.663 |
| 14 | 596.454  | 40 | 356.168 | 66 | 265.088 | 92  | 215.336 | 118 | 183.399 | 144 | 160.912 | 170 | 144.094 |
| 15 | 579.650  | 41 | 351.233 | 67 | 262.653 | 93  | 213.856 | 119 | 182.393 | 145 | 160.177 | 171 | 143.530 |
| 16 | 563.944  | 42 | 346.459 | 68 | 260.270 | 94  | 212.401 | 120 | 181.399 | 146 | 159.449 | 172 | 142.971 |
| 17 | 549.227  | 43 | 341.839 | 69 | 257.940 | 95  | 210.969 | 121 | 180.419 | 147 | 158.730 | 173 | 142.418 |
| 18 | 535.402  | 44 | 337.365 | 70 | 255.658 | 96  | 209.560 | 122 | 179.451 | 148 | 158.019 | 174 | 141.870 |
| 19 | 522.387  | 45 | 333.029 | 71 | 253.425 | 97  | 208.174 | 123 | 178.496 | 149 | 157.315 | 175 | 141.327 |
| 20 | 510.110  | 46 | 328.826 | 72 | 251.239 | 98  | 206.809 | 124 | 177.553 | 150 | 156.619 | 176 | 140.788 |
| 21 | 498.506  | 47 | 324.748 | 73 | 249.097 | 99  | 205.466 | 125 | 176.621 | 151 | 155.930 | 177 | 140.255 |
| 22 | 487.518  | 48 | 320.790 | 74 | 246.999 | 100 | 204.144 | 126 | 175.702 | 152 | 155.248 | 178 | 139.727 |
| 23 | 477.097  | 49 | 316.946 | 75 | 244.943 | 101 | 202.842 | 127 | 174.794 | 153 | 154.573 | 179 | 139.203 |
| 24 | 467.197  | 50 | 313.211 | 76 | 242.927 | 102 | 201.560 | 128 | 173.897 | 154 | 153.906 | 180 | 138.684 |
| 25 | 457.778  | 51 | 309.581 | 77 | 240.952 | 103 | 200.297 | 129 | 173.011 | 155 | 153.245 | 181 | 138.170 |
| 26 | 448.804  | 52 | 306.050 | 78 | 239.014 | 104 | 199.054 | 130 | 172.136 | 156 | 152.591 | 182 | 137.660 |

P=90 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1038.425 | 27 | 445.781 | 53 | 306.360 | 79  | 240.000 | 105 | 200.203 | 131 | 173.302 | 157 | 153.727 |
| 2  | 977.999  | 28 | 437.498 | 54 | 302.972 | 80  | 238.112 | 106 | 198.980 | 132 | 172.437 | 158 | 153.078 |
| 3  | 925.402  | 29 | 429.575 | 55 | 299.674 | 81  | 236.258 | 107 | 197.775 | 133 | 171.582 | 159 | 152.436 |
| 4  | 879.139  | 30 | 421.990 | 56 | 296.461 | 82  | 234.439 | 108 | 196.587 | 134 | 170.738 | 160 | 151.800 |
| 5  | 838.081  | 31 | 414.720 | 57 | 293.329 | 83  | 232.654 | 109 | 195.416 | 135 | 169.903 | 161 | 151.170 |
| 6  | 801.358  | 32 | 407.744 | 58 | 290.276 | 84  | 230.901 | 110 | 194.262 | 136 | 169.078 | 162 | 150.547 |
| 7  | 768.285  | 33 | 401.044 | 59 | 287.298 | 85  | 229.179 | 111 | 193.124 | 137 | 168.263 | 163 | 149.930 |
| 8  | 738.319  | 34 | 394.603 | 60 | 284.393 | 86  | 227.488 | 112 | 192.003 | 138 | 167.457 | 164 | 149.319 |
| 9  | 711.023  | 35 | 388.406 | 61 | 281.558 | 87  | 225.827 | 113 | 190.896 | 139 | 166.660 | 165 | 148.714 |
| 10 | 686.037  | 36 | 382.439 | 62 | 278.790 | 88  | 224.194 | 114 | 189.805 | 140 | 165.872 | 166 | 148.115 |
| 11 | 663.066  | 37 | 376.687 | 63 | 276.086 | 89  | 222.590 | 115 | 188.729 | 141 | 165.094 | 167 | 147.522 |
| 12 | 641.865  | 38 | 371.140 | 64 | 273.445 | 90  | 221.013 | 116 | 187.668 | 142 | 164.324 | 168 | 146.934 |
| 13 | 622.226  | 39 | 365.785 | 65 | 270.864 | 91  | 219.463 | 117 | 186.620 | 143 | 163.562 | 169 | 146.352 |
| 14 | 603.975  | 40 | 360.613 | 66 | 268.341 | 92  | 217.939 | 118 | 185.587 | 144 | 162.809 | 170 | 145.776 |
| 15 | 586.962  | 41 | 355.613 | 67 | 265.873 | 93  | 216.439 | 119 | 184.567 | 145 | 162.065 | 171 | 145.205 |
| 16 | 571.059  | 42 | 350.778 | 68 | 263.460 | 94  | 214.965 | 120 | 183.561 | 146 | 161.328 | 172 | 144.639 |
| 17 | 556.156  | 43 | 346.097 | 69 | 261.099 | 95  | 213.515 | 121 | 182.568 | 147 | 160.600 | 173 | 144.078 |
| 18 | 542.157  | 44 | 341.565 | 70 | 258.788 | 96  | 212.087 | 122 | 181.588 | 148 | 159.879 | 174 | 143.523 |
| 19 | 528.978  | 45 | 337.172 | 71 | 256.525 | 97  | 210.683 | 123 | 180.620 | 149 | 159.166 | 175 | 142.973 |
| 20 | 516.544  | 46 | 332.914 | 72 | 254.310 | 98  | 209.301 | 124 | 179.665 | 150 | 158.461 | 176 | 142.428 |
| 21 | 504.792  | 47 | 328.782 | 73 | 252.141 | 99  | 207.940 | 125 | 178.721 | 151 | 157.763 | 177 | 141.888 |
| 22 | 493.664  | 48 | 324.772 | 74 | 250.015 | 100 | 206.601 | 126 | 177.790 | 152 | 157.073 | 178 | 141.353 |
| 23 | 483.110  | 49 | 320.878 | 75 | 247.932 | 101 | 205.282 | 127 | 176.870 | 153 | 156.389 | 179 | 140.822 |
| 24 | 473.082  | 50 | 317.094 | 76 | 245.890 | 102 | 203.983 | 128 | 175.961 | 154 | 155.713 | 180 | 140.297 |
| 25 | 463.542  | 51 | 313.417 | 77 | 243.889 | 103 | 202.704 | 129 | 175.064 | 155 | 155.044 | 181 | 139.776 |
| 26 | 454.453  | 52 | 309.840 | 78 | 241.926 | 104 | 201.444 | 130 | 174.178 | 156 | 154.382 | 182 | 139.260 |



P=100(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1048.568 | 27 | 450.141 | 53 | 309.246 | 79  | 242.191 | 105 | 201.983 | 131 | 174.809 | 157 | 155.037 |
| 2  | 987.614  | 28 | 441.770 | 54 | 305.822 | 80  | 240.283 | 106 | 200.747 | 132 | 173.935 | 158 | 154.382 |
| 3  | 934.543  | 29 | 433.764 | 55 | 302.489 | 81  | 238.410 | 107 | 199.530 | 133 | 173.071 | 159 | 153.733 |
| 4  | 887.854  | 30 | 426.098 | 56 | 299.242 | 82  | 236.572 | 108 | 198.330 | 134 | 172.218 | 160 | 153.091 |
| 5  | 846.410  | 31 | 418.751 | 57 | 296.078 | 83  | 234.768 | 109 | 197.147 | 135 | 171.375 | 161 | 152.455 |
| 6  | 809.335  | 32 | 411.701 | 58 | 292.992 | 84  | 232.997 | 110 | 195.981 | 136 | 170.542 | 162 | 151.826 |
| 7  | 775.941  | 33 | 404.931 | 59 | 289.984 | 85  | 231.257 | 111 | 194.832 | 137 | 169.718 | 163 | 151.203 |
| 8  | 745.682  | 34 | 398.422 | 60 | 287.048 | 86  | 229.549 | 112 | 193.699 | 138 | 168.904 | 164 | 150.586 |
| 9  | 718.115  | 35 | 392.159 | 61 | 284.183 | 87  | 227.870 | 113 | 192.581 | 139 | 168.100 | 165 | 149.975 |
| 10 | 692.879  | 36 | 386.129 | 62 | 281.386 | 88  | 226.221 | 114 | 191.479 | 140 | 167.304 | 166 | 149.370 |
| 11 | 669.677  | 37 | 380.316 | 63 | 278.654 | 89  | 224.600 | 115 | 190.392 | 141 | 166.518 | 167 | 148.771 |
| 12 | 648.261  | 38 | 374.710 | 64 | 275.985 | 90  | 223.007 | 116 | 189.320 | 142 | 165.740 | 168 | 148.177 |
| 13 | 628.422  | 39 | 369.299 | 65 | 273.377 | 91  | 221.441 | 117 | 188.262 | 143 | 164.971 | 169 | 147.589 |
| 14 | 609.984  | 40 | 364.072 | 66 | 270.827 | 92  | 219.901 | 118 | 187.218 | 144 | 164.210 | 170 | 147.007 |
| 15 | 592.796  | 41 | 359.019 | 67 | 268.334 | 93  | 218.386 | 119 | 186.188 | 145 | 163.458 | 171 | 146.430 |
| 16 | 576.729  | 42 | 354.133 | 68 | 265.895 | 94  | 216.897 | 120 | 185.171 | 146 | 162.714 | 172 | 145.859 |
| 17 | 561.672  | 43 | 349.403 | 69 | 263.509 | 95  | 215.431 | 121 | 184.168 | 147 | 161.979 | 173 | 145.293 |
| 18 | 547.527  | 44 | 344.822 | 70 | 261.174 | 96  | 213.989 | 122 | 183.178 | 148 | 161.251 | 174 | 144.732 |
| 19 | 534.210  | 45 | 340.383 | 71 | 258.888 | 97  | 212.570 | 123 | 182.200 | 149 | 160.531 | 175 | 144.177 |
| 20 | 521.647  | 46 | 336.080 | 72 | 256.650 | 98  | 211.174 | 124 | 181.235 | 150 | 159.818 | 176 | 143.626 |
| 21 | 509.772  | 47 | 331.905 | 73 | 254.458 | 99  | 209.800 | 125 | 180.283 | 151 | 159.114 | 177 | 143.081 |
| 22 | 498.528  | 48 | 327.852 | 74 | 252.310 | 100 | 208.446 | 126 | 179.342 | 152 | 158.416 | 178 | 142.541 |
| 23 | 487.862  | 49 | 323.917 | 75 | 250.205 | 101 | 207.114 | 127 | 178.412 | 153 | 157.726 | 179 | 142.005 |
| 24 | 477.730  | 50 | 320.093 | 76 | 248.142 | 102 | 205.802 | 128 | 177.495 | 154 | 157.043 | 180 | 141.474 |
| 25 | 468.089  | 51 | 316.377 | 77 | 246.120 | 103 | 204.510 | 129 | 176.588 | 155 | 156.368 | 181 | 140.948 |
| 26 | 458.904  | 52 | 312.762 | 78 | 244.136 | 104 | 203.237 | 130 | 175.693 | 156 | 155.699 | 182 | 140.427 |

## 6.5 禅城区暴雨强度公式及计算图表

# 佛山市禅城区暴雨强度公式及计算图表

广东省佛山市气象局

广东省气象防灾技术服务中心

二〇一六年六月

## 说

1. 本计算图表以南海国家地面气象观测站 36 年（1980～2015 年）连续自记雨量记录为基础，利用国内先进的“降水数字化处理系统”得到高精度的原始数据而进行编制。

2. 以重现期 2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100（年）相应的单一重现期暴雨强度公式制表。设计暴雨强度可按选定设计重现期直接查用表列数值（单一重现期暴雨强度公式见表一）。

3. 若采用其它重现期，设计暴雨强度可用重现期区间参数公式计算：

$$q = \frac{167A}{(t+b)^n}$$

式中：q—设计暴雨强度（升/秒·公顷）

t—降雨历时（分钟）

A—雨力

b、n—地方常数

（A、b、n 按重现期区间参数公式计算，公式见表二）

4. 考虑到绘制全国城市暴雨公式等值线图，列出包含重现期在内的暴雨强度总公式：

$$q = \frac{5526.514(1+0.620LnP)}{(t+15.618)^{0.851}} \quad q = \frac{5526.514(1+0.620LnP)}{(t+15.618)^{0.851}}$$

因总公式精度不及重现期区间参数公式，故建议推求其它重现期设计暴雨强度时使用区间参数公式。

## 明

应用重现期区间参数公式计算暴雨强度实例：求 P=25 年，t=50 分钟的暴雨强度 q。

从重现期区间参数公式 II，得：

$$n=0.837 - 0.002Ln(P - 6.737)$$

$$=0.83119 \quad (\text{取 } 0.831)$$

$$b=14.826 - 0.476Ln(P - 7.842)$$

$$=13.47299 \quad (\text{取 } 13.473)$$

$$A=37.808+4.984Ln(P - 0.107)$$

$$=53.8295 \quad (\text{取 } 53.830)$$

配得 P=25 年的暴雨强度计算公式如下：

$$q = \frac{167 \times 53.830}{(t+13.473)^{0.831}}$$

可按上式计算 1～200 分钟中任何时段的暴雨强度。

当 t=50：

$$q = \frac{167 \times 53.830}{(50+13.473)^{0.831}} = 285.621 \quad (\text{升/秒/公顷})$$

## 5. 公式误差

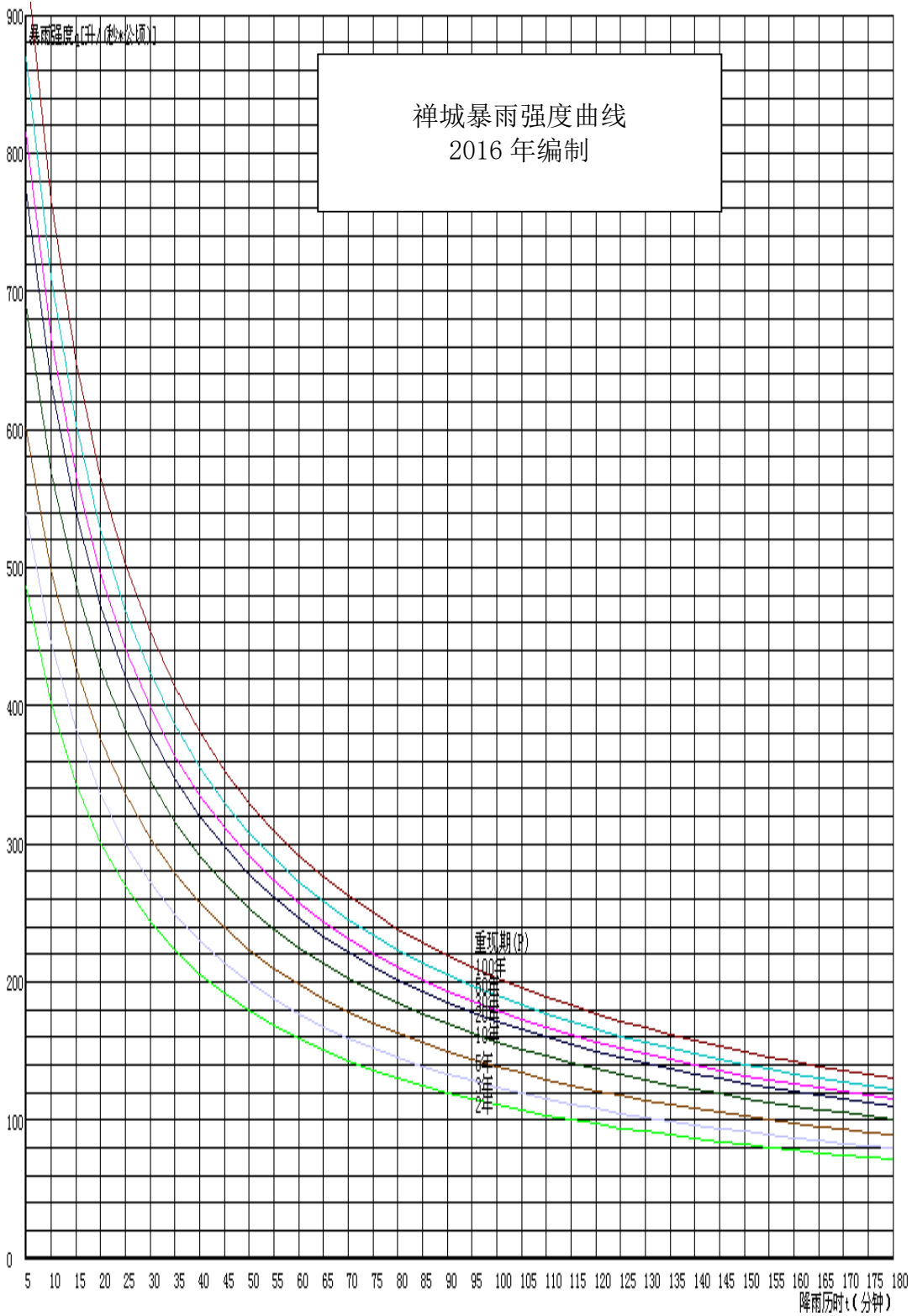
重现期 2～20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为：0.041（mm/min），平均相对均方差为：2.16%。精度符合《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2014 年版）提出的要求。

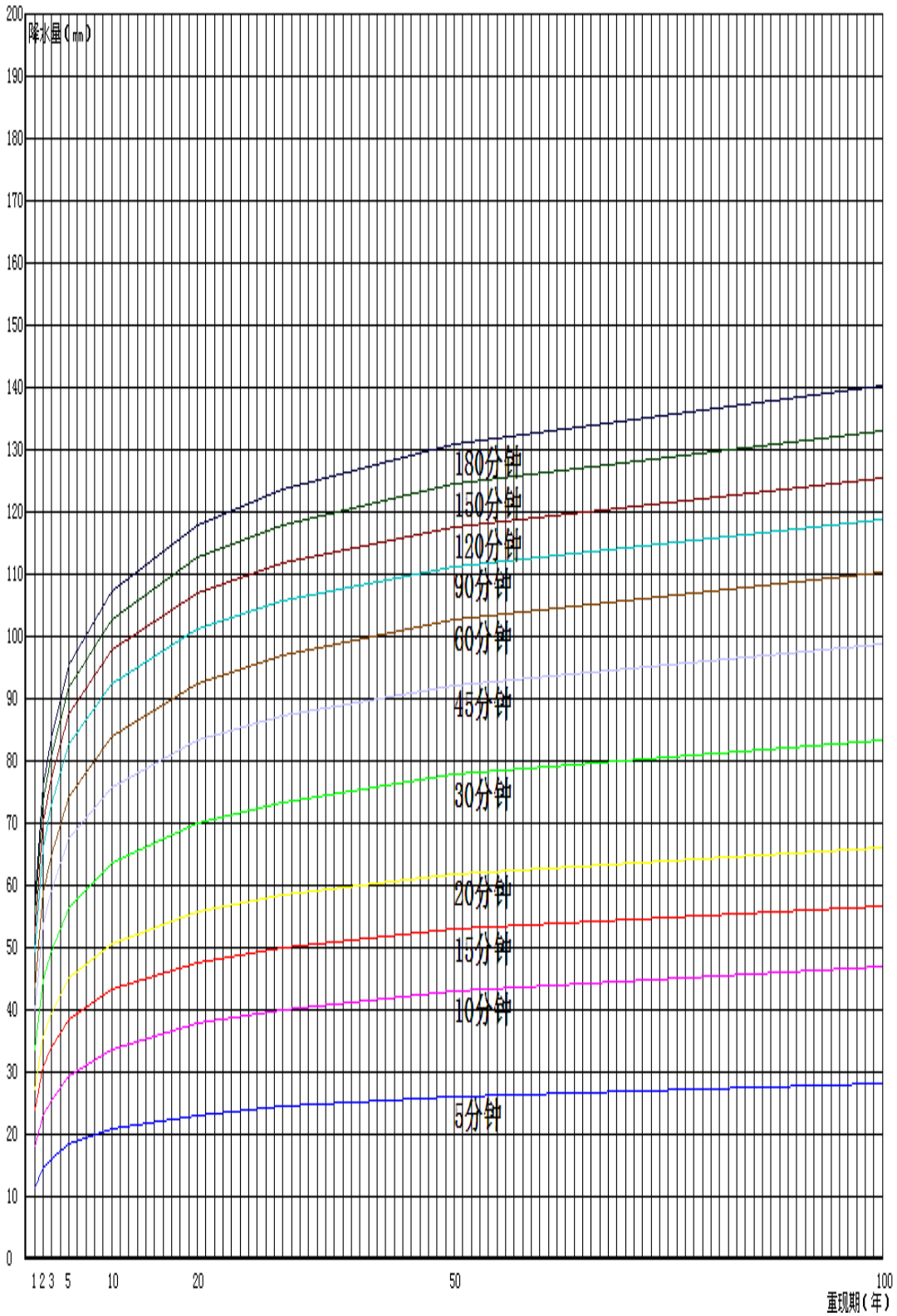
表一 单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式                                |
|-----------|------------------------------------|
| P=2       | $5647.272 / (t + 14.271)^{0.829}$  |
| P=3       | $6399.941 / (t + 14.566)^{0.832}$  |
| P=5       | $7288.214 / (t + 14.878)^{0.835}$  |
| P=10      | $8221.41 / (t + 14.460)^{0.835}$   |
| P=20      | $8802.904 / (t + 13.637)^{0.832}$  |
| P=30      | $9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$  |
| P=40      | $9382.06 / (t + 13.174)^{0.830}$   |
| P=50      | $9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$  |
| P=60      | $9720.235 / (t + 12.944)^{0.829}$  |
| P=70      | $9848.825 / (t + 12.860)^{0.829}$  |
| P=80      | $9960.047 / (t + 12.789)^{0.828}$  |
| P=90      | $10058.243 / (t + 12.727)^{0.828}$ |
| P=100     | $10146.085 / (t + 12.673)^{0.828}$ |

表二 重现期区间暴雨强度公式

| P (年)  | 区间 | 参数 | 公 式                             |
|--------|----|----|---------------------------------|
| 1 — 10 | I  | n  | $0.828 + 0.005 \ln(P - 0.836)$  |
|        |    | b  | $14.199 + 0.476 \ln(P - 0.836)$ |
|        |    | A  | $29.278 + 9.383 \ln(P - 0.378)$ |
| 10—100 | II | n  | $0.837 - 0.002 \ln(P - 6.737)$  |
|        |    | b  | $14.826 - 0.476 \ln(P - 7.842)$ |
|        |    | A  | $37.808 + 4.984 \ln(P - 0.107)$ |





各历时降水量与重现期曲线图

P=2 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|-----|--------|
| 1  | 589.403 | 27 | 258.505 | 53 | 172.413 | 79  | 131.498 | 105 | 107.249 | 131 | 91.074 | 157 | 79.454 |
| 2  | 559.212 | 28 | 253.425 | 54 | 170.317 | 80  | 130.340 | 106 | 106.509 | 132 | 90.557 | 158 | 79.071 |
| 3  | 532.234 | 29 | 248.560 | 55 | 168.276 | 81  | 129.205 | 107 | 105.780 | 133 | 90.047 | 159 | 78.693 |
| 4  | 507.970 | 30 | 243.897 | 56 | 166.288 | 82  | 128.092 | 108 | 105.062 | 134 | 89.543 | 160 | 78.318 |
| 5  | 486.019 | 31 | 239.422 | 57 | 164.352 | 83  | 126.999 | 109 | 104.355 | 135 | 89.046 | 161 | 77.948 |
| 6  | 466.057 | 32 | 235.124 | 58 | 162.464 | 84  | 125.927 | 110 | 103.659 | 136 | 88.554 | 162 | 77.581 |
| 7  | 447.819 | 33 | 230.993 | 59 | 160.624 | 85  | 124.874 | 111 | 102.972 | 137 | 88.069 | 163 | 77.218 |
| 8  | 431.085 | 34 | 227.019 | 60 | 158.829 | 86  | 123.841 | 112 | 102.296 | 138 | 87.589 | 164 | 76.859 |
| 9  | 415.670 | 35 | 223.193 | 61 | 157.078 | 87  | 122.826 | 113 | 101.629 | 139 | 87.115 | 165 | 76.503 |
| 10 | 401.422 | 36 | 219.506 | 62 | 155.368 | 88  | 121.830 | 114 | 100.972 | 140 | 86.647 | 166 | 76.151 |
| 11 | 388.208 | 37 | 215.951 | 63 | 153.700 | 89  | 120.851 | 115 | 100.324 | 141 | 86.184 | 167 | 75.803 |
| 12 | 375.918 | 38 | 212.520 | 64 | 152.070 | 90  | 119.889 | 116 | 99.685  | 142 | 85.726 | 168 | 75.458 |
| 13 | 364.454 | 39 | 209.208 | 65 | 150.478 | 91  | 118.945 | 117 | 99.055  | 143 | 85.274 | 169 | 75.116 |
| 14 | 353.734 | 40 | 206.007 | 66 | 148.922 | 92  | 118.016 | 118 | 98.434  | 144 | 84.827 | 170 | 74.778 |
| 15 | 343.686 | 41 | 202.912 | 67 | 147.402 | 93  | 117.103 | 119 | 97.821  | 145 | 84.385 | 171 | 74.443 |
| 16 | 334.247 | 42 | 199.918 | 68 | 145.915 | 94  | 116.206 | 120 | 97.217  | 146 | 83.949 | 172 | 74.112 |
| 17 | 325.362 | 43 | 197.020 | 69 | 144.461 | 95  | 115.324 | 121 | 96.621  | 147 | 83.517 | 173 | 73.784 |
| 18 | 316.981 | 44 | 194.213 | 70 | 143.038 | 96  | 114.456 | 122 | 96.033  | 148 | 83.090 | 174 | 73.459 |
| 19 | 309.062 | 45 | 191.493 | 71 | 141.646 | 97  | 113.603 | 123 | 95.452  | 149 | 82.668 | 175 | 73.137 |
| 20 | 301.567 | 46 | 188.855 | 72 | 140.284 | 98  | 112.763 | 124 | 94.880  | 150 | 82.251 | 176 | 72.818 |
| 21 | 294.462 | 47 | 186.296 | 73 | 138.950 | 99  | 111.937 | 125 | 94.314  | 151 | 81.838 | 177 | 72.502 |
| 22 | 287.716 | 48 | 183.813 | 74 | 137.643 | 100 | 111.124 | 126 | 93.757  | 152 | 81.430 | 178 | 72.190 |
| 23 | 281.302 | 49 | 181.401 | 75 | 136.364 | 101 | 110.325 | 127 | 93.206  | 153 | 81.026 | 179 | 71.880 |
| 24 | 275.194 | 50 | 179.058 | 76 | 135.111 | 102 | 109.538 | 128 | 92.663  | 154 | 80.626 | 180 | 71.573 |
| 25 | 269.372 | 51 | 176.781 | 77 | 133.882 | 103 | 108.763 | 129 | 92.126  | 155 | 80.231 | 181 | 71.269 |
| 26 | 263.815 | 52 | 174.567 | 78 | 132.678 | 104 | 108.000 | 130 | 91.597  | 156 | 79.840 | 182 | 70.968 |



P=3 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 652.056 | 27 | 287.996 | 53 | 192.239 | 79  | 146.624 | 105 | 119.566 | 131 | 101.510 | 157 | 88.538 |
| 2  | 619.137 | 28 | 282.355 | 54 | 189.904 | 80  | 145.333 | 106 | 118.740 | 132 | 100.934 | 158 | 88.111 |
| 3  | 589.669 | 29 | 276.952 | 55 | 187.630 | 81  | 144.067 | 107 | 117.927 | 133 | 100.364 | 159 | 87.688 |
| 4  | 563.122 | 30 | 271.772 | 56 | 185.415 | 82  | 142.824 | 108 | 117.126 | 134 | 99.802  | 160 | 87.270 |
| 5  | 539.071 | 31 | 266.801 | 57 | 183.257 | 83  | 141.605 | 109 | 116.337 | 135 | 99.246  | 161 | 86.856 |
| 6  | 517.172 | 32 | 262.025 | 58 | 181.153 | 84  | 140.409 | 110 | 115.559 | 136 | 98.698  | 162 | 86.447 |
| 7  | 497.141 | 33 | 257.434 | 59 | 179.102 | 85  | 139.235 | 111 | 114.793 | 137 | 98.156  | 163 | 86.042 |
| 8  | 478.742 | 34 | 253.016 | 60 | 177.101 | 86  | 138.082 | 112 | 114.038 | 138 | 97.620  | 164 | 85.641 |
| 9  | 461.779 | 35 | 248.761 | 61 | 175.149 | 87  | 136.950 | 113 | 113.293 | 139 | 97.091  | 165 | 85.244 |
| 10 | 446.085 | 36 | 244.661 | 62 | 173.244 | 88  | 135.838 | 114 | 112.560 | 140 | 96.568  | 166 | 84.851 |
| 11 | 431.520 | 37 | 240.707 | 63 | 171.384 | 89  | 134.746 | 115 | 111.836 | 141 | 96.051  | 167 | 84.462 |
| 12 | 417.962 | 38 | 236.891 | 64 | 169.567 | 90  | 133.673 | 116 | 111.123 | 142 | 95.541  | 168 | 84.076 |
| 13 | 405.308 | 39 | 233.206 | 65 | 167.792 | 91  | 132.618 | 117 | 110.420 | 143 | 95.036  | 169 | 83.695 |
| 14 | 393.468 | 40 | 229.645 | 66 | 166.057 | 92  | 131.582 | 118 | 109.727 | 144 | 94.537  | 170 | 83.318 |
| 15 | 382.364 | 41 | 226.201 | 67 | 164.362 | 93  | 130.564 | 119 | 109.043 | 145 | 94.044  | 171 | 82.944 |
| 16 | 371.927 | 42 | 222.869 | 68 | 162.704 | 94  | 129.562 | 120 | 108.368 | 146 | 93.556  | 172 | 82.574 |
| 17 | 362.097 | 43 | 219.643 | 69 | 161.082 | 95  | 128.578 | 121 | 107.703 | 147 | 93.074  | 173 | 82.208 |
| 18 | 352.822 | 44 | 216.518 | 70 | 159.496 | 96  | 127.609 | 122 | 107.046 | 148 | 92.597  | 174 | 81.845 |
| 19 | 344.055 | 45 | 213.490 | 71 | 157.943 | 97  | 126.657 | 123 | 106.398 | 149 | 92.126  | 175 | 81.485 |
| 20 | 335.753 | 46 | 210.553 | 72 | 156.424 | 98  | 125.720 | 124 | 105.759 | 150 | 91.660  | 176 | 81.129 |
| 21 | 327.880 | 47 | 207.704 | 73 | 154.936 | 99  | 124.798 | 125 | 105.128 | 151 | 91.199  | 177 | 80.777 |
| 22 | 320.402 | 48 | 204.938 | 74 | 153.479 | 100 | 123.892 | 126 | 104.506 | 152 | 90.744  | 178 | 80.428 |
| 23 | 313.290 | 49 | 202.252 | 75 | 152.052 | 101 | 122.999 | 127 | 103.891 | 153 | 90.293  | 179 | 80.082 |
| 24 | 306.516 | 50 | 199.642 | 76 | 150.654 | 102 | 122.120 | 128 | 103.284 | 154 | 89.847  | 180 | 79.739 |
| 25 | 300.057 | 51 | 197.106 | 77 | 149.284 | 103 | 121.256 | 129 | 102.685 | 155 | 89.406  | 181 | 79.400 |
| 26 | 293.890 | 52 | 194.639 | 78 | 147.941 | 104 | 120.404 | 130 | 102.094 | 156 | 88.970  | 182 | 79.064 |

P=5 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q      |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|--------|
| 1  | 724.364 | 27 | 322.302 | 53 | 215.341 | 79  | 164.259 | 105 | 133.929 | 131 | 113.681 | 157 | 99.132 |
| 2  | 688.348 | 28 | 316.013 | 54 | 212.728 | 80  | 162.813 | 106 | 133.003 | 132 | 113.035 | 158 | 98.653 |
| 3  | 656.047 | 29 | 309.988 | 55 | 210.183 | 81  | 161.393 | 107 | 132.091 | 133 | 112.396 | 159 | 98.179 |
| 4  | 626.899 | 30 | 304.210 | 56 | 207.704 | 82  | 160.001 | 108 | 131.193 | 134 | 111.765 | 160 | 97.710 |
| 5  | 600.454 | 31 | 298.663 | 57 | 205.288 | 83  | 158.635 | 109 | 130.308 | 135 | 111.142 | 161 | 97.245 |
| 6  | 576.343 | 32 | 293.334 | 58 | 202.933 | 84  | 157.294 | 110 | 129.436 | 136 | 110.527 | 162 | 96.786 |
| 7  | 554.262 | 33 | 288.209 | 59 | 200.637 | 85  | 155.978 | 111 | 128.577 | 137 | 109.919 | 163 | 96.332 |
| 8  | 533.958 | 34 | 283.277 | 60 | 198.397 | 86  | 154.686 | 112 | 127.730 | 138 | 109.318 | 164 | 95.882 |
| 9  | 515.220 | 35 | 278.527 | 61 | 196.211 | 87  | 153.417 | 113 | 126.896 | 139 | 108.725 | 165 | 95.436 |
| 10 | 497.869 | 36 | 273.948 | 62 | 194.078 | 88  | 152.171 | 114 | 126.073 | 140 | 108.138 | 166 | 94.996 |
| 11 | 481.752 | 37 | 269.532 | 63 | 191.995 | 89  | 150.947 | 115 | 125.262 | 141 | 107.559 | 167 | 94.559 |
| 12 | 466.740 | 38 | 265.269 | 64 | 189.960 | 90  | 149.744 | 116 | 124.462 | 142 | 106.986 | 168 | 94.127 |
| 13 | 452.718 | 39 | 261.152 | 65 | 187.973 | 91  | 148.562 | 117 | 123.674 | 143 | 106.420 | 169 | 93.700 |
| 14 | 439.590 | 40 | 257.172 | 66 | 186.030 | 92  | 147.401 | 118 | 122.896 | 144 | 105.860 | 170 | 93.276 |
| 15 | 427.270 | 41 | 253.323 | 67 | 184.131 | 93  | 146.259 | 119 | 122.129 | 145 | 105.307 | 171 | 92.857 |
| 16 | 415.685 | 42 | 249.599 | 68 | 182.274 | 94  | 145.136 | 120 | 121.372 | 146 | 104.760 | 172 | 92.442 |
| 17 | 404.768 | 43 | 245.993 | 69 | 180.458 | 95  | 144.033 | 121 | 120.626 | 147 | 104.220 | 173 | 92.031 |
| 18 | 394.462 | 44 | 242.499 | 70 | 178.681 | 96  | 142.947 | 122 | 119.890 | 148 | 103.685 | 174 | 91.624 |
| 19 | 384.716 | 45 | 239.113 | 71 | 176.942 | 97  | 141.879 | 123 | 119.163 | 149 | 103.156 | 175 | 91.221 |
| 20 | 375.483 | 46 | 235.829 | 72 | 175.239 | 98  | 140.829 | 124 | 118.446 | 150 | 102.634 | 176 | 90.822 |
| 21 | 366.724 | 47 | 232.642 | 73 | 173.573 | 99  | 139.796 | 125 | 117.739 | 151 | 102.117 | 177 | 90.426 |
| 22 | 358.402 | 48 | 229.549 | 74 | 171.940 | 100 | 138.779 | 126 | 117.041 | 152 | 101.606 | 178 | 90.035 |
| 23 | 350.484 | 49 | 226.544 | 75 | 170.342 | 101 | 137.778 | 127 | 116.352 | 153 | 101.100 | 179 | 89.647 |
| 24 | 342.940 | 50 | 223.625 | 76 | 168.775 | 102 | 136.793 | 128 | 115.671 | 154 | 100.600 | 180 | 89.263 |
| 25 | 335.744 | 51 | 220.787 | 77 | 167.240 | 103 | 135.823 | 129 | 114.999 | 155 | 100.105 | 181 | 88.882 |
| 26 | 328.872 | 52 | 218.027 | 78 | 165.735 | 104 | 134.869 | 130 | 114.336 | 156 | 99.616  | 182 | 88.505 |

P=10 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 835.519 | 27 | 366.628 | 53 | 244.170 | 79  | 185.983 | 105 | 151.518 | 131 | 128.545 | 157 | 112.052 |
| 2  | 792.916 | 28 | 359.404 | 54 | 241.188 | 80  | 184.338 | 106 | 150.467 | 132 | 127.812 | 158 | 111.509 |
| 3  | 754.813 | 29 | 352.486 | 55 | 238.286 | 81  | 182.724 | 107 | 149.432 | 133 | 127.088 | 159 | 110.972 |
| 4  | 720.515 | 30 | 345.853 | 56 | 235.458 | 82  | 181.141 | 108 | 148.413 | 134 | 126.372 | 160 | 110.441 |
| 5  | 689.465 | 31 | 339.489 | 57 | 232.704 | 83  | 179.588 | 109 | 147.408 | 135 | 125.666 | 161 | 109.915 |
| 6  | 661.211 | 32 | 333.377 | 58 | 230.019 | 84  | 178.063 | 110 | 146.419 | 136 | 124.968 | 162 | 109.395 |
| 7  | 635.383 | 33 | 327.501 | 59 | 227.402 | 85  | 176.567 | 111 | 145.444 | 137 | 124.279 | 163 | 108.880 |
| 8  | 611.673 | 34 | 321.848 | 60 | 224.849 | 86  | 175.098 | 112 | 144.483 | 138 | 123.598 | 164 | 108.370 |
| 9  | 589.824 | 35 | 316.406 | 61 | 222.358 | 87  | 173.656 | 113 | 143.535 | 139 | 122.925 | 165 | 107.866 |
| 10 | 569.620 | 36 | 311.161 | 62 | 219.927 | 88  | 172.240 | 114 | 142.602 | 140 | 122.260 | 166 | 107.366 |
| 11 | 550.877 | 37 | 306.104 | 63 | 217.554 | 89  | 170.849 | 115 | 141.681 | 141 | 121.603 | 167 | 106.872 |
| 12 | 533.438 | 38 | 301.224 | 64 | 215.236 | 90  | 169.482 | 116 | 140.774 | 142 | 120.954 | 168 | 106.383 |
| 13 | 517.168 | 39 | 296.512 | 65 | 212.972 | 91  | 168.139 | 117 | 139.879 | 143 | 120.312 | 169 | 105.898 |
| 14 | 501.950 | 40 | 291.959 | 66 | 210.759 | 92  | 166.819 | 118 | 138.997 | 144 | 119.678 | 170 | 105.419 |
| 15 | 487.682 | 41 | 287.556 | 67 | 208.597 | 93  | 165.522 | 119 | 138.127 | 145 | 119.051 | 171 | 104.944 |
| 16 | 474.277 | 42 | 283.297 | 68 | 206.482 | 94  | 164.247 | 120 | 137.269 | 146 | 118.431 | 172 | 104.474 |
| 17 | 461.655 | 43 | 279.175 | 69 | 204.415 | 95  | 162.993 | 121 | 136.422 | 147 | 117.818 | 173 | 104.008 |
| 18 | 449.749 | 44 | 275.181 | 70 | 202.392 | 96  | 161.760 | 122 | 135.587 | 148 | 117.212 | 174 | 103.547 |
| 19 | 438.498 | 45 | 271.312 | 71 | 200.412 | 97  | 160.547 | 123 | 134.763 | 149 | 116.613 | 175 | 103.091 |
| 20 | 427.847 | 46 | 267.560 | 72 | 198.475 | 98  | 159.354 | 124 | 133.949 | 150 | 116.021 | 176 | 102.638 |
| 21 | 417.748 | 47 | 263.920 | 73 | 196.578 | 99  | 158.180 | 125 | 133.147 | 151 | 115.435 | 177 | 102.191 |
| 22 | 408.159 | 48 | 260.387 | 74 | 194.721 | 100 | 157.026 | 126 | 132.355 | 152 | 114.856 | 178 | 101.747 |
| 23 | 399.041 | 49 | 256.956 | 75 | 192.902 | 101 | 155.889 | 127 | 131.573 | 153 | 114.283 | 179 | 101.308 |
| 24 | 390.358 | 50 | 253.623 | 76 | 191.120 | 102 | 154.771 | 128 | 130.801 | 154 | 113.716 | 180 | 100.873 |
| 25 | 382.081 | 51 | 250.384 | 77 | 189.373 | 103 | 153.670 | 129 | 130.040 | 155 | 113.155 | 181 | 100.441 |
| 26 | 374.179 | 52 | 247.234 | 78 | 187.661 | 104 | 152.586 | 130 | 129.288 | 156 | 112.601 | 182 | 100.014 |

P=20 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 943.995 | 27 | 403.648 | 53 | 267.482 | 79  | 203.358 | 105 | 165.529 | 131 | 140.370 | 157 | 122.332 |
| 2  | 893.491 | 28 | 395.566 | 54 | 264.188 | 80  | 201.549 | 106 | 164.377 | 132 | 139.567 | 158 | 121.739 |
| 3  | 848.578 | 29 | 387.832 | 55 | 260.981 | 81  | 199.776 | 107 | 163.243 | 133 | 138.775 | 159 | 121.152 |
| 4  | 808.352 | 30 | 380.423 | 56 | 257.859 | 82  | 198.036 | 108 | 162.125 | 134 | 137.993 | 160 | 120.571 |
| 5  | 772.099 | 31 | 373.319 | 57 | 254.819 | 83  | 196.330 | 109 | 161.025 | 135 | 137.220 | 161 | 119.997 |
| 6  | 739.243 | 32 | 366.500 | 58 | 251.856 | 84  | 194.656 | 110 | 159.940 | 136 | 136.456 | 162 | 119.428 |
| 7  | 709.316 | 33 | 359.950 | 59 | 248.967 | 85  | 193.012 | 111 | 158.872 | 137 | 135.702 | 163 | 118.865 |
| 8  | 681.933 | 34 | 353.652 | 60 | 246.151 | 86  | 191.399 | 112 | 157.819 | 138 | 134.957 | 164 | 118.308 |
| 9  | 656.775 | 35 | 347.592 | 61 | 243.404 | 87  | 189.815 | 113 | 156.782 | 139 | 134.221 | 165 | 117.757 |
| 10 | 633.574 | 36 | 341.756 | 62 | 240.724 | 88  | 188.260 | 114 | 155.759 | 140 | 133.494 | 166 | 117.211 |
| 11 | 612.104 | 37 | 336.131 | 63 | 238.108 | 89  | 186.733 | 115 | 154.751 | 141 | 132.775 | 167 | 116.671 |
| 12 | 592.173 | 38 | 330.706 | 64 | 235.553 | 90  | 185.233 | 116 | 153.757 | 142 | 132.065 | 168 | 116.136 |
| 13 | 573.617 | 39 | 325.471 | 65 | 233.058 | 91  | 183.759 | 117 | 152.777 | 143 | 131.363 | 169 | 115.607 |
| 14 | 556.295 | 40 | 320.414 | 66 | 230.621 | 92  | 182.310 | 118 | 151.811 | 144 | 130.670 | 170 | 115.083 |
| 15 | 540.085 | 41 | 315.527 | 67 | 228.239 | 93  | 180.887 | 119 | 150.858 | 145 | 129.984 | 171 | 114.564 |
| 16 | 524.880 | 42 | 310.802 | 68 | 225.910 | 94  | 179.487 | 120 | 149.918 | 146 | 129.306 | 172 | 114.050 |
| 17 | 510.586 | 43 | 306.229 | 69 | 223.633 | 95  | 178.112 | 121 | 148.991 | 147 | 128.636 | 173 | 113.542 |
| 18 | 497.123 | 44 | 301.802 | 70 | 221.407 | 96  | 176.759 | 122 | 148.077 | 148 | 127.973 | 174 | 113.038 |
| 19 | 484.417 | 45 | 297.514 | 71 | 219.228 | 97  | 175.429 | 123 | 147.175 | 149 | 127.318 | 175 | 112.539 |
| 20 | 472.404 | 46 | 293.357 | 72 | 217.096 | 98  | 174.120 | 124 | 146.284 | 150 | 126.671 | 176 | 112.045 |
| 21 | 461.029 | 47 | 289.326 | 73 | 215.009 | 99  | 172.833 | 125 | 145.406 | 151 | 126.030 | 177 | 111.556 |
| 22 | 450.240 | 48 | 285.416 | 74 | 212.966 | 100 | 171.567 | 126 | 144.539 | 152 | 125.397 | 178 | 111.072 |
| 23 | 439.992 | 49 | 281.619 | 75 | 210.965 | 101 | 170.321 | 127 | 143.684 | 153 | 124.771 | 179 | 110.592 |
| 24 | 430.243 | 50 | 277.933 | 76 | 209.005 | 102 | 169.094 | 128 | 142.839 | 154 | 124.151 | 180 | 110.116 |
| 25 | 420.958 | 51 | 274.350 | 77 | 207.085 | 103 | 167.887 | 129 | 142.005 | 155 | 123.538 | 181 | 109.645 |
| 26 | 412.103 | 52 | 270.868 | 78 | 205.203 | 104 | 166.699 | 130 | 141.182 | 156 | 122.932 | 182 | 109.179 |

P=30(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q       | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|---------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 999.999 | 27 | 423.682 | 53 | 280.294 | 79  | 212.975 | 105 | 173.316 | 131 | 146.957 | 157 | 128.069 |
| 2  | 945.579 | 28 | 415.153 | 54 | 276.832 | 80  | 211.079 | 106 | 172.108 | 132 | 146.117 | 158 | 127.447 |
| 3  | 897.286 | 29 | 406.993 | 55 | 273.464 | 81  | 209.218 | 107 | 170.920 | 133 | 145.287 | 159 | 126.833 |
| 4  | 854.113 | 30 | 399.179 | 56 | 270.184 | 82  | 207.394 | 108 | 169.749 | 134 | 144.467 | 160 | 126.225 |
| 5  | 815.267 | 31 | 391.688 | 57 | 266.990 | 83  | 205.604 | 109 | 168.595 | 135 | 143.658 | 161 | 125.623 |
| 6  | 780.114 | 32 | 384.500 | 58 | 263.878 | 84  | 203.848 | 110 | 167.459 | 136 | 142.859 | 162 | 125.028 |
| 7  | 748.136 | 33 | 377.596 | 59 | 260.845 | 85  | 202.125 | 111 | 166.340 | 137 | 142.069 | 163 | 124.438 |
| 8  | 718.910 | 34 | 370.960 | 60 | 257.887 | 86  | 200.434 | 112 | 165.237 | 138 | 141.289 | 164 | 123.855 |
| 9  | 692.088 | 35 | 364.575 | 61 | 255.002 | 87  | 198.773 | 113 | 164.150 | 139 | 140.518 | 165 | 123.278 |
| 10 | 667.377 | 36 | 358.428 | 62 | 252.188 | 88  | 197.143 | 114 | 163.078 | 140 | 139.756 | 166 | 122.707 |
| 11 | 644.530 | 37 | 352.504 | 63 | 249.441 | 89  | 195.541 | 115 | 162.022 | 141 | 139.004 | 167 | 122.141 |
| 12 | 623.339 | 38 | 346.793 | 64 | 246.759 | 90  | 193.968 | 116 | 160.981 | 142 | 138.260 | 168 | 121.582 |
| 13 | 603.624 | 39 | 341.281 | 65 | 244.140 | 91  | 192.423 | 117 | 159.954 | 143 | 137.525 | 169 | 121.028 |
| 14 | 585.233 | 40 | 335.958 | 66 | 241.582 | 92  | 190.904 | 118 | 158.942 | 144 | 136.799 | 170 | 120.479 |
| 15 | 568.034 | 41 | 330.815 | 67 | 239.081 | 93  | 189.412 | 119 | 157.944 | 145 | 136.080 | 171 | 119.936 |
| 16 | 551.910 | 42 | 325.843 | 68 | 236.638 | 94  | 187.945 | 120 | 156.959 | 146 | 135.371 | 172 | 119.398 |
| 17 | 536.762 | 43 | 321.032 | 69 | 234.248 | 95  | 186.503 | 121 | 155.988 | 147 | 134.669 | 173 | 118.866 |
| 18 | 522.501 | 44 | 316.375 | 70 | 231.911 | 96  | 185.085 | 122 | 155.030 | 148 | 133.975 | 174 | 118.338 |
| 19 | 509.049 | 45 | 311.865 | 71 | 229.625 | 97  | 183.691 | 123 | 154.085 | 149 | 133.289 | 175 | 117.816 |
| 20 | 496.337 | 46 | 307.493 | 72 | 227.388 | 98  | 182.319 | 124 | 153.153 | 150 | 132.611 | 176 | 117.299 |
| 21 | 484.304 | 47 | 303.255 | 73 | 225.198 | 99  | 180.970 | 125 | 152.232 | 151 | 131.941 | 177 | 116.787 |
| 22 | 472.896 | 48 | 299.143 | 74 | 223.054 | 100 | 179.643 | 126 | 151.324 | 152 | 131.277 | 178 | 116.280 |
| 23 | 462.064 | 49 | 295.152 | 75 | 220.955 | 101 | 178.337 | 127 | 150.428 | 153 | 130.622 | 179 | 115.777 |
| 24 | 451.764 | 50 | 291.277 | 76 | 218.899 | 102 | 177.052 | 128 | 149.544 | 154 | 129.973 | 180 | 115.280 |
| 25 | 441.957 | 51 | 287.512 | 77 | 216.884 | 103 | 175.787 | 129 | 148.670 | 155 | 129.331 | 181 | 114.787 |
| 26 | 432.607 | 52 | 283.852 | 78 | 214.910 | 104 | 174.542 | 130 | 147.808 | 156 | 128.696 | 182 | 114.298 |

P=40 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1038.893 | 27 | 437.561 | 53 | 289.164 | 79  | 219.630 | 105 | 178.700 | 131 | 151.510 | 157 | 132.031 |
| 2  | 981.740  | 28 | 428.722 | 54 | 285.587 | 80  | 217.671 | 106 | 177.454 | 132 | 150.643 | 158 | 131.391 |
| 3  | 931.090  | 29 | 420.268 | 55 | 282.105 | 81  | 215.751 | 107 | 176.228 | 133 | 149.787 | 159 | 130.757 |
| 4  | 885.863  | 30 | 412.172 | 56 | 278.716 | 82  | 213.868 | 108 | 175.020 | 134 | 148.942 | 160 | 130.130 |
| 5  | 845.213  | 31 | 404.413 | 57 | 275.416 | 83  | 212.021 | 109 | 173.830 | 135 | 148.107 | 161 | 129.510 |
| 6  | 808.461  | 32 | 396.968 | 58 | 272.200 | 84  | 210.208 | 110 | 172.658 | 136 | 147.283 | 162 | 128.896 |
| 7  | 775.056  | 33 | 389.819 | 59 | 269.066 | 85  | 208.429 | 111 | 171.503 | 137 | 146.468 | 163 | 128.288 |
| 8  | 744.551  | 34 | 382.948 | 60 | 266.011 | 86  | 206.684 | 112 | 170.365 | 138 | 145.664 | 164 | 127.687 |
| 9  | 716.573  | 35 | 376.339 | 61 | 263.031 | 87  | 204.970 | 113 | 169.244 | 139 | 144.869 | 165 | 127.092 |
| 10 | 690.813  | 36 | 369.976 | 62 | 260.123 | 88  | 203.287 | 114 | 168.138 | 140 | 144.084 | 166 | 126.503 |
| 11 | 667.009  | 37 | 363.845 | 63 | 257.286 | 89  | 201.634 | 115 | 167.049 | 141 | 143.307 | 167 | 125.920 |
| 12 | 644.943  | 38 | 357.934 | 64 | 254.516 | 90  | 200.011 | 116 | 165.975 | 142 | 142.540 | 168 | 125.343 |
| 13 | 624.424  | 39 | 352.231 | 65 | 251.810 | 91  | 198.416 | 117 | 164.916 | 143 | 141.783 | 169 | 124.771 |
| 14 | 605.291  | 40 | 346.724 | 66 | 249.168 | 92  | 196.849 | 118 | 163.872 | 144 | 141.033 | 170 | 124.206 |
| 15 | 587.405  | 41 | 341.403 | 67 | 246.586 | 93  | 195.309 | 119 | 162.842 | 145 | 140.293 | 171 | 123.646 |
| 16 | 570.644  | 42 | 336.259 | 68 | 244.062 | 94  | 193.795 | 120 | 161.826 | 146 | 139.561 | 172 | 123.091 |
| 17 | 554.902  | 43 | 331.284 | 69 | 241.594 | 95  | 192.307 | 121 | 160.825 | 147 | 138.837 | 173 | 122.542 |
| 18 | 540.088  | 44 | 326.467 | 70 | 239.181 | 96  | 190.844 | 122 | 159.837 | 148 | 138.122 | 174 | 121.999 |
| 19 | 526.118  | 45 | 321.802 | 71 | 236.820 | 97  | 189.405 | 123 | 158.862 | 149 | 137.415 | 175 | 121.460 |
| 20 | 512.921  | 46 | 317.282 | 72 | 234.510 | 98  | 187.990 | 124 | 157.900 | 150 | 136.716 | 176 | 120.927 |
| 21 | 500.432  | 47 | 312.900 | 73 | 232.249 | 99  | 186.598 | 125 | 156.951 | 151 | 136.024 | 177 | 120.399 |
| 22 | 488.594  | 48 | 308.648 | 74 | 230.035 | 100 | 185.228 | 126 | 156.014 | 152 | 135.340 | 178 | 119.876 |
| 23 | 477.357  | 49 | 304.522 | 75 | 227.868 | 101 | 183.881 | 127 | 155.090 | 153 | 134.664 | 179 | 119.358 |
| 24 | 466.675  | 50 | 300.516 | 76 | 225.745 | 102 | 182.555 | 128 | 154.178 | 154 | 133.995 | 180 | 118.845 |
| 25 | 456.505  | 51 | 296.624 | 77 | 223.665 | 103 | 181.249 | 129 | 153.277 | 155 | 133.333 | 181 | 118.337 |
| 26 | 446.812  | 52 | 292.842 | 78 | 221.627 | 104 | 179.965 | 130 | 152.388 | 156 | 132.679 | 182 | 117.833 |

P=50 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1070.379 | 27 | 449.077 | 53 | 296.610 | 79  | 225.256 | 105 | 183.276 | 131 | 155.395 | 157 | 135.424 |
| 2  | 1011.056 | 28 | 439.988 | 54 | 292.938 | 80  | 223.248 | 106 | 181.999 | 132 | 154.507 | 158 | 134.767 |
| 3  | 958.532  | 29 | 431.295 | 55 | 289.364 | 81  | 221.278 | 107 | 180.741 | 133 | 153.629 | 159 | 134.118 |
| 4  | 911.673  | 30 | 422.972 | 56 | 285.886 | 82  | 219.346 | 108 | 179.502 | 134 | 152.763 | 160 | 133.475 |
| 5  | 869.588  | 31 | 414.995 | 57 | 282.498 | 83  | 217.451 | 109 | 178.282 | 135 | 151.907 | 161 | 132.839 |
| 6  | 831.562  | 32 | 407.343 | 58 | 279.198 | 84  | 215.592 | 110 | 177.080 | 136 | 151.061 | 162 | 132.209 |
| 7  | 797.022  | 33 | 399.995 | 59 | 275.981 | 85  | 213.767 | 111 | 175.896 | 137 | 150.226 | 163 | 131.586 |
| 8  | 765.496  | 34 | 392.934 | 60 | 272.845 | 86  | 211.977 | 112 | 174.729 | 138 | 149.401 | 164 | 130.970 |
| 9  | 736.596  | 35 | 386.142 | 61 | 269.787 | 87  | 210.219 | 113 | 173.579 | 139 | 148.586 | 165 | 130.360 |
| 10 | 709.998  | 36 | 379.603 | 62 | 266.803 | 88  | 208.492 | 114 | 172.446 | 140 | 147.781 | 166 | 129.756 |
| 11 | 685.431  | 37 | 373.304 | 63 | 263.892 | 89  | 206.797 | 115 | 171.328 | 141 | 146.985 | 167 | 129.158 |
| 12 | 662.664  | 38 | 367.232 | 64 | 261.049 | 90  | 205.132 | 116 | 170.227 | 142 | 146.199 | 168 | 128.567 |
| 13 | 641.502  | 39 | 361.372 | 65 | 258.273 | 91  | 203.496 | 117 | 169.141 | 143 | 145.422 | 169 | 127.981 |
| 14 | 621.775  | 40 | 355.716 | 66 | 255.561 | 92  | 201.889 | 118 | 168.071 | 144 | 144.654 | 170 | 127.401 |
| 15 | 603.338  | 41 | 350.251 | 67 | 252.912 | 93  | 200.310 | 119 | 167.015 | 145 | 143.894 | 171 | 126.827 |
| 16 | 586.067  | 42 | 344.967 | 68 | 250.322 | 94  | 198.757 | 120 | 165.973 | 146 | 143.144 | 172 | 126.258 |
| 17 | 569.849  | 43 | 339.857 | 69 | 247.790 | 95  | 197.231 | 121 | 164.946 | 147 | 142.402 | 173 | 125.696 |
| 18 | 554.590  | 44 | 334.911 | 70 | 245.314 | 96  | 195.730 | 122 | 163.933 | 148 | 141.669 | 174 | 125.138 |
| 19 | 540.204  | 45 | 330.120 | 71 | 242.892 | 97  | 194.255 | 123 | 162.933 | 149 | 140.944 | 175 | 124.586 |
| 20 | 526.617  | 46 | 325.479 | 72 | 240.522 | 98  | 192.803 | 124 | 161.947 | 150 | 140.227 | 176 | 124.040 |
| 21 | 513.761  | 47 | 320.978 | 73 | 238.202 | 99  | 191.376 | 125 | 160.974 | 151 | 139.518 | 177 | 123.498 |
| 22 | 501.578  | 48 | 316.613 | 74 | 235.931 | 100 | 189.971 | 126 | 160.014 | 152 | 138.816 | 178 | 122.962 |
| 23 | 490.014  | 49 | 312.377 | 75 | 233.708 | 101 | 188.589 | 127 | 159.066 | 153 | 138.123 | 179 | 122.431 |
| 24 | 479.023  | 50 | 308.264 | 76 | 231.530 | 102 | 187.229 | 128 | 158.131 | 154 | 137.437 | 180 | 121.905 |
| 25 | 468.561  | 51 | 304.268 | 77 | 229.396 | 103 | 185.891 | 129 | 157.207 | 155 | 136.759 | 181 | 121.384 |
| 26 | 458.591  | 52 | 300.385 | 78 | 227.305 | 104 | 184.573 | 130 | 156.295 | 156 | 136.088 | 182 | 120.868 |

P=60 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1093.784 | 27 | 457.087 | 53 | 301.644 | 79  | 228.993 | 105 | 186.276 | 131 | 157.918 | 157 | 137.609 |
| 2  | 1032.746 | 28 | 447.812 | 54 | 297.903 | 80  | 226.948 | 106 | 184.977 | 132 | 157.014 | 158 | 136.941 |
| 3  | 978.750  | 29 | 438.942 | 55 | 294.263 | 81  | 224.944 | 107 | 183.698 | 133 | 156.121 | 159 | 136.280 |
| 4  | 930.613  | 30 | 430.451 | 56 | 290.721 | 82  | 222.978 | 108 | 182.438 | 134 | 155.240 | 160 | 135.627 |
| 5  | 887.407  | 31 | 422.314 | 57 | 287.270 | 83  | 221.049 | 109 | 181.196 | 135 | 154.370 | 161 | 134.980 |
| 6  | 848.392  | 32 | 414.509 | 58 | 283.909 | 84  | 219.157 | 110 | 179.974 | 136 | 153.510 | 162 | 134.340 |
| 7  | 812.970  | 33 | 407.016 | 59 | 280.634 | 85  | 217.301 | 111 | 178.769 | 137 | 152.661 | 163 | 133.707 |
| 8  | 780.655  | 34 | 399.814 | 60 | 277.440 | 86  | 215.478 | 112 | 177.582 | 138 | 151.822 | 164 | 133.080 |
| 9  | 751.045  | 35 | 392.888 | 61 | 274.326 | 87  | 213.689 | 113 | 176.412 | 139 | 150.993 | 165 | 132.460 |
| 10 | 723.804  | 36 | 386.221 | 62 | 271.288 | 88  | 211.933 | 114 | 175.259 | 140 | 150.174 | 166 | 131.846 |
| 11 | 698.651  | 37 | 379.799 | 63 | 268.323 | 89  | 210.208 | 115 | 174.123 | 141 | 149.365 | 167 | 131.238 |
| 12 | 675.349  | 38 | 373.608 | 64 | 265.429 | 90  | 208.513 | 116 | 173.003 | 142 | 148.565 | 168 | 130.636 |
| 13 | 653.696  | 39 | 367.635 | 65 | 262.602 | 91  | 206.849 | 117 | 171.898 | 143 | 147.775 | 169 | 130.041 |
| 14 | 633.517  | 40 | 361.869 | 66 | 259.842 | 92  | 205.214 | 118 | 170.809 | 144 | 146.994 | 170 | 129.451 |
| 15 | 614.663  | 41 | 356.299 | 67 | 257.144 | 93  | 203.606 | 119 | 169.735 | 145 | 146.222 | 171 | 128.867 |
| 16 | 597.005  | 42 | 350.914 | 68 | 254.508 | 94  | 202.027 | 120 | 168.676 | 146 | 145.459 | 172 | 128.289 |
| 17 | 580.428  | 43 | 345.706 | 69 | 251.930 | 95  | 200.474 | 121 | 167.631 | 147 | 144.704 | 173 | 127.717 |
| 18 | 564.833  | 44 | 340.665 | 70 | 249.409 | 96  | 198.947 | 122 | 166.601 | 148 | 143.958 | 174 | 127.151 |
| 19 | 550.134  | 45 | 335.783 | 71 | 246.943 | 97  | 197.446 | 123 | 165.584 | 149 | 143.221 | 175 | 126.589 |
| 20 | 536.253  | 46 | 331.054 | 72 | 244.531 | 98  | 195.969 | 124 | 164.581 | 150 | 142.492 | 176 | 126.034 |
| 21 | 523.122  | 47 | 326.469 | 73 | 242.170 | 99  | 194.517 | 125 | 163.591 | 151 | 141.771 | 177 | 125.483 |
| 22 | 510.680  | 48 | 322.021 | 74 | 239.858 | 100 | 193.088 | 126 | 162.615 | 152 | 141.058 | 178 | 124.938 |
| 23 | 498.873  | 49 | 317.705 | 75 | 237.595 | 101 | 191.682 | 127 | 161.651 | 153 | 140.353 | 179 | 124.398 |
| 24 | 487.652  | 50 | 313.515 | 76 | 235.378 | 102 | 190.298 | 128 | 160.699 | 154 | 139.656 | 180 | 123.864 |
| 25 | 476.973  | 51 | 309.445 | 77 | 233.206 | 103 | 188.936 | 129 | 159.760 | 155 | 138.966 | 181 | 123.334 |
| 26 | 466.796  | 52 | 305.489 | 78 | 231.078 | 104 | 187.596 | 130 | 158.833 | 156 | 138.284 | 182 | 122.809 |



P=70 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1114.785 | 27 | 464.523 | 53 | 306.394 | 79  | 232.557 | 105 | 189.160 | 131 | 160.356 | 157 | 139.732 |
| 2  | 1052.249 | 28 | 455.082 | 54 | 302.592 | 80  | 230.479 | 106 | 187.841 | 132 | 159.438 | 158 | 139.053 |
| 3  | 996.964  | 29 | 446.054 | 55 | 298.892 | 81  | 228.443 | 107 | 186.541 | 133 | 158.532 | 159 | 138.383 |
| 4  | 947.707  | 30 | 437.412 | 56 | 295.290 | 82  | 226.445 | 108 | 185.261 | 134 | 157.637 | 160 | 137.719 |
| 5  | 903.519  | 31 | 429.131 | 57 | 291.783 | 83  | 224.486 | 109 | 184.000 | 135 | 156.753 | 161 | 137.062 |
| 6  | 863.635  | 32 | 421.189 | 58 | 288.366 | 84  | 222.563 | 110 | 182.758 | 136 | 155.880 | 162 | 136.412 |
| 7  | 827.439  | 33 | 413.563 | 59 | 285.037 | 85  | 220.677 | 111 | 181.535 | 137 | 155.017 | 163 | 135.769 |
| 8  | 794.431  | 34 | 406.236 | 60 | 281.791 | 86  | 218.826 | 112 | 180.329 | 138 | 154.165 | 164 | 135.133 |
| 9  | 764.194  | 35 | 399.189 | 61 | 278.626 | 87  | 217.008 | 113 | 179.141 | 139 | 153.324 | 165 | 134.503 |
| 10 | 736.386  | 36 | 392.407 | 62 | 275.538 | 88  | 215.224 | 114 | 177.970 | 140 | 152.492 | 166 | 133.879 |
| 11 | 710.717  | 37 | 385.874 | 63 | 272.524 | 89  | 213.471 | 115 | 176.815 | 141 | 151.670 | 167 | 133.262 |
| 12 | 686.942  | 38 | 379.576 | 64 | 269.583 | 90  | 211.750 | 116 | 175.678 | 142 | 150.858 | 168 | 132.651 |
| 13 | 664.855  | 39 | 373.500 | 65 | 266.710 | 91  | 210.059 | 117 | 174.556 | 143 | 150.055 | 169 | 132.046 |
| 14 | 644.276  | 40 | 367.635 | 66 | 263.905 | 92  | 208.397 | 118 | 173.450 | 144 | 149.262 | 170 | 131.448 |
| 15 | 625.052  | 41 | 361.969 | 67 | 261.163 | 93  | 206.765 | 119 | 172.359 | 145 | 148.478 | 171 | 130.855 |
| 16 | 607.050  | 42 | 356.493 | 68 | 258.484 | 94  | 205.160 | 120 | 171.283 | 146 | 147.703 | 172 | 130.268 |
| 17 | 590.154  | 43 | 351.196 | 69 | 255.864 | 95  | 203.582 | 121 | 170.222 | 147 | 146.937 | 173 | 129.687 |
| 18 | 574.262  | 44 | 346.070 | 70 | 253.303 | 96  | 202.031 | 122 | 169.175 | 148 | 146.180 | 174 | 129.112 |
| 19 | 559.284  | 45 | 341.106 | 71 | 250.797 | 97  | 200.506 | 123 | 168.143 | 149 | 145.431 | 175 | 128.542 |
| 20 | 545.142  | 46 | 336.296 | 72 | 248.345 | 98  | 199.006 | 124 | 167.124 | 150 | 144.691 | 176 | 127.977 |
| 21 | 531.766  | 47 | 331.634 | 73 | 245.946 | 99  | 197.531 | 125 | 166.119 | 151 | 143.958 | 177 | 127.419 |
| 22 | 519.094  | 48 | 327.112 | 74 | 243.597 | 100 | 196.079 | 126 | 165.127 | 152 | 143.234 | 178 | 126.865 |
| 23 | 507.069  | 49 | 322.724 | 75 | 241.297 | 101 | 194.651 | 127 | 164.148 | 153 | 142.518 | 179 | 126.317 |
| 24 | 495.642  | 50 | 318.463 | 76 | 239.045 | 102 | 193.246 | 128 | 163.181 | 154 | 141.810 | 180 | 125.774 |
| 25 | 484.768  | 51 | 314.325 | 77 | 236.838 | 103 | 191.862 | 129 | 162.228 | 155 | 141.110 | 181 | 125.236 |
| 26 | 474.407  | 52 | 310.304 | 78 | 234.676 | 104 | 190.501 | 130 | 161.286 | 156 | 140.417 | 182 | 124.703 |

P=80 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1133.064 | 27 | 470.976 | 53 | 310.515 | 79  | 235.648 | 105 | 191.662 | 131 | 162.472 | 157 | 141.573 |
| 2  | 1069.218 | 28 | 461.390 | 54 | 306.659 | 80  | 233.542 | 106 | 190.324 | 132 | 161.542 | 158 | 140.886 |
| 3  | 1012.807 | 29 | 452.225 | 55 | 302.906 | 81  | 231.478 | 107 | 189.007 | 133 | 160.623 | 159 | 140.206 |
| 4  | 962.572  | 30 | 443.452 | 56 | 299.254 | 82  | 229.453 | 108 | 187.710 | 134 | 159.716 | 160 | 139.533 |
| 5  | 917.526  | 31 | 435.046 | 57 | 295.697 | 83  | 227.467 | 109 | 186.432 | 135 | 158.820 | 161 | 138.868 |
| 6  | 876.884  | 32 | 426.984 | 58 | 292.233 | 84  | 225.518 | 110 | 185.173 | 136 | 157.936 | 162 | 138.210 |
| 7  | 840.013  | 33 | 419.245 | 59 | 288.857 | 85  | 223.606 | 111 | 183.933 | 137 | 157.062 | 163 | 137.558 |
| 8  | 806.400  | 34 | 411.808 | 60 | 285.565 | 86  | 221.729 | 112 | 182.711 | 138 | 156.198 | 164 | 136.913 |
| 9  | 775.618  | 35 | 404.657 | 61 | 282.355 | 87  | 219.887 | 113 | 181.507 | 139 | 155.345 | 165 | 136.275 |
| 10 | 747.316  | 36 | 397.774 | 62 | 279.224 | 88  | 218.078 | 114 | 180.321 | 140 | 154.502 | 166 | 135.643 |
| 11 | 721.196  | 37 | 391.144 | 63 | 276.169 | 89  | 216.302 | 115 | 179.151 | 141 | 153.670 | 167 | 135.018 |
| 12 | 697.011  | 38 | 384.753 | 64 | 273.186 | 90  | 214.557 | 116 | 177.998 | 142 | 152.847 | 168 | 134.399 |
| 13 | 674.545  | 39 | 378.588 | 65 | 270.274 | 91  | 212.843 | 117 | 176.861 | 143 | 152.034 | 169 | 133.786 |
| 14 | 653.618  | 40 | 372.638 | 66 | 267.429 | 92  | 211.159 | 118 | 175.740 | 144 | 151.230 | 170 | 133.179 |
| 15 | 634.073  | 41 | 366.889 | 67 | 264.649 | 93  | 209.504 | 119 | 174.635 | 145 | 150.436 | 171 | 132.579 |
| 16 | 615.772  | 42 | 361.333 | 68 | 261.933 | 94  | 207.878 | 120 | 173.544 | 146 | 149.650 | 172 | 131.984 |
| 17 | 598.598  | 43 | 355.960 | 69 | 259.277 | 95  | 206.279 | 121 | 172.469 | 147 | 148.874 | 173 | 131.395 |
| 18 | 582.447  | 44 | 350.759 | 70 | 256.680 | 96  | 204.707 | 122 | 171.408 | 148 | 148.107 | 174 | 130.812 |
| 19 | 567.227  | 45 | 345.723 | 71 | 254.139 | 97  | 203.161 | 123 | 170.362 | 149 | 147.348 | 175 | 130.235 |
| 20 | 552.858  | 46 | 340.845 | 72 | 251.654 | 98  | 201.640 | 124 | 169.330 | 150 | 146.598 | 176 | 129.663 |
| 21 | 539.269  | 47 | 336.115 | 73 | 249.221 | 99  | 200.145 | 125 | 168.311 | 151 | 145.856 | 177 | 129.097 |
| 22 | 526.396  | 48 | 331.528 | 74 | 246.840 | 100 | 198.674 | 126 | 167.306 | 152 | 145.122 | 178 | 128.536 |
| 23 | 514.182  | 49 | 327.077 | 75 | 244.509 | 101 | 197.226 | 127 | 166.314 | 153 | 144.397 | 179 | 127.981 |
| 24 | 502.576  | 50 | 322.756 | 76 | 242.225 | 102 | 195.802 | 128 | 165.334 | 154 | 143.679 | 180 | 127.431 |
| 25 | 491.534  | 51 | 318.559 | 77 | 239.988 | 103 | 194.400 | 129 | 164.368 | 155 | 142.969 | 181 | 126.886 |
| 26 | 481.013  | 52 | 314.480 | 78 | 237.796 | 104 | 193.020 | 130 | 163.414 | 156 | 142.267 | 182 | 126.346 |

P=90 (年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1149.265 | 27 | 476.679 | 53 | 314.156 | 79  | 238.379 | 105 | 193.871 | 131 | 164.340 | 157 | 143.199 |
| 2  | 1084.252 | 28 | 466.966 | 54 | 310.252 | 80  | 236.248 | 106 | 192.518 | 132 | 163.399 | 158 | 142.504 |
| 3  | 1026.839 | 29 | 457.679 | 55 | 306.453 | 81  | 234.158 | 107 | 191.185 | 133 | 162.470 | 159 | 141.817 |
| 4  | 975.734  | 30 | 448.790 | 56 | 302.756 | 82  | 232.109 | 108 | 189.873 | 134 | 161.552 | 160 | 141.136 |
| 5  | 929.926  | 31 | 440.273 | 57 | 299.155 | 83  | 230.099 | 109 | 188.580 | 135 | 160.646 | 161 | 140.463 |
| 6  | 888.611  | 32 | 432.106 | 58 | 295.648 | 84  | 228.128 | 110 | 187.307 | 136 | 159.751 | 162 | 139.797 |
| 7  | 851.141  | 33 | 424.265 | 59 | 292.231 | 85  | 226.193 | 111 | 186.052 | 137 | 158.867 | 163 | 139.138 |
| 8  | 816.991  | 34 | 416.732 | 60 | 288.899 | 86  | 224.294 | 112 | 184.816 | 138 | 157.994 | 164 | 138.486 |
| 9  | 785.725  | 35 | 409.488 | 61 | 285.650 | 87  | 222.430 | 113 | 183.598 | 139 | 157.131 | 165 | 137.840 |
| 10 | 756.984  | 36 | 402.516 | 62 | 282.481 | 88  | 220.599 | 114 | 182.397 | 140 | 156.278 | 166 | 137.201 |
| 11 | 730.466  | 37 | 395.801 | 63 | 279.388 | 89  | 218.802 | 115 | 181.214 | 141 | 155.436 | 167 | 136.568 |
| 12 | 705.915  | 38 | 389.328 | 64 | 276.369 | 90  | 217.036 | 116 | 180.047 | 142 | 154.604 | 168 | 135.942 |
| 13 | 683.115  | 39 | 383.084 | 65 | 273.421 | 91  | 215.302 | 117 | 178.897 | 143 | 153.781 | 169 | 135.323 |
| 14 | 661.880  | 40 | 377.058 | 66 | 270.542 | 92  | 213.598 | 118 | 177.763 | 144 | 152.968 | 170 | 134.709 |
| 15 | 642.049  | 41 | 371.236 | 67 | 267.729 | 93  | 211.924 | 119 | 176.645 | 145 | 152.164 | 171 | 134.101 |
| 16 | 623.484  | 42 | 365.610 | 68 | 264.979 | 94  | 210.278 | 120 | 175.542 | 146 | 151.370 | 172 | 133.500 |
| 17 | 606.064  | 43 | 360.168 | 69 | 262.291 | 95  | 208.660 | 121 | 174.454 | 147 | 150.585 | 173 | 132.904 |
| 18 | 589.683  | 44 | 354.902 | 70 | 259.663 | 96  | 207.070 | 122 | 173.381 | 148 | 149.808 | 174 | 132.315 |
| 19 | 574.249  | 45 | 349.803 | 71 | 257.092 | 97  | 205.506 | 123 | 172.322 | 149 | 149.041 | 175 | 131.731 |
| 20 | 559.679  | 46 | 344.863 | 72 | 254.576 | 98  | 203.967 | 124 | 171.278 | 150 | 148.282 | 176 | 131.152 |
| 21 | 545.901  | 47 | 340.074 | 73 | 252.115 | 99  | 202.454 | 125 | 170.247 | 151 | 147.532 | 177 | 130.580 |
| 22 | 532.850  | 48 | 335.430 | 74 | 249.705 | 100 | 200.966 | 126 | 169.230 | 152 | 146.789 | 178 | 130.012 |
| 23 | 520.469  | 49 | 330.923 | 75 | 247.345 | 101 | 199.501 | 127 | 168.227 | 153 | 146.056 | 179 | 129.451 |
| 24 | 508.705  | 50 | 326.548 | 76 | 245.034 | 102 | 198.060 | 128 | 167.236 | 154 | 145.330 | 180 | 128.894 |
| 25 | 497.513  | 51 | 322.299 | 77 | 242.771 | 103 | 196.642 | 129 | 166.258 | 155 | 144.612 | 181 | 128.343 |
| 26 | 486.850  | 52 | 318.170 | 78 | 240.552 | 104 | 195.246 | 130 | 165.293 | 156 | 143.902 | 182 | 127.797 |

P=100(年)

t: 分钟; q: 升/秒/公顷

| t  | q        | t  | q       | t  | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       | t   | q       |
|----|----------|----|---------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 1  | 1163.599 | 27 | 481.664 | 53 | 317.323 | 79  | 240.748 | 105 | 195.784 | 131 | 165.956 | 157 | 144.604 |
| 2  | 1097.541 | 28 | 471.838 | 54 | 313.378 | 80  | 238.595 | 106 | 194.417 | 132 | 165.005 | 158 | 143.902 |
| 3  | 1039.232 | 29 | 462.444 | 55 | 309.538 | 81  | 236.484 | 107 | 193.071 | 133 | 164.067 | 159 | 143.207 |
| 4  | 987.350  | 30 | 453.452 | 56 | 305.802 | 82  | 234.414 | 108 | 191.746 | 134 | 163.140 | 160 | 142.520 |
| 5  | 940.861  | 31 | 444.838 | 57 | 302.163 | 83  | 232.383 | 109 | 190.440 | 135 | 162.225 | 161 | 141.840 |
| 6  | 898.945  | 32 | 436.577 | 58 | 298.618 | 84  | 230.391 | 110 | 189.153 | 136 | 161.321 | 162 | 141.168 |
| 7  | 860.942  | 33 | 428.648 | 59 | 295.164 | 85  | 228.436 | 111 | 187.886 | 137 | 160.428 | 163 | 140.502 |
| 8  | 826.313  | 34 | 421.029 | 60 | 291.798 | 86  | 226.518 | 112 | 186.638 | 138 | 159.546 | 164 | 139.843 |
| 9  | 794.616  | 35 | 413.703 | 61 | 288.514 | 87  | 224.634 | 113 | 185.407 | 139 | 158.674 | 165 | 139.191 |
| 10 | 765.486  | 36 | 406.653 | 62 | 285.311 | 88  | 222.785 | 114 | 184.194 | 140 | 157.813 | 166 | 138.546 |
| 11 | 738.613  | 37 | 399.863 | 63 | 282.186 | 89  | 220.969 | 115 | 182.999 | 141 | 156.962 | 167 | 137.907 |
| 12 | 713.738  | 38 | 393.318 | 64 | 279.135 | 90  | 219.186 | 116 | 181.821 | 142 | 156.122 | 168 | 137.275 |
| 13 | 690.640  | 39 | 387.005 | 65 | 276.156 | 91  | 217.434 | 117 | 180.659 | 143 | 155.291 | 169 | 136.649 |
| 14 | 669.131  | 40 | 380.911 | 66 | 273.247 | 92  | 215.713 | 118 | 179.513 | 144 | 154.470 | 170 | 136.029 |
| 15 | 649.047  | 41 | 375.025 | 67 | 270.404 | 93  | 214.021 | 119 | 178.384 | 145 | 153.658 | 171 | 135.416 |
| 16 | 630.247  | 42 | 369.337 | 68 | 267.626 | 94  | 212.358 | 120 | 177.270 | 146 | 152.856 | 172 | 134.808 |
| 17 | 612.609  | 43 | 363.835 | 69 | 264.909 | 95  | 210.724 | 121 | 176.171 | 147 | 152.063 | 173 | 134.207 |
| 18 | 596.025  | 44 | 358.511 | 70 | 262.254 | 96  | 209.117 | 122 | 175.087 | 148 | 151.279 | 174 | 133.611 |
| 19 | 580.401  | 45 | 353.357 | 71 | 259.656 | 97  | 207.537 | 123 | 174.018 | 149 | 150.504 | 175 | 133.021 |
| 20 | 565.653  | 46 | 348.363 | 72 | 257.114 | 98  | 205.983 | 124 | 172.963 | 150 | 149.737 | 176 | 132.437 |
| 21 | 551.708  | 47 | 343.522 | 73 | 254.627 | 99  | 204.455 | 125 | 171.922 | 151 | 148.979 | 177 | 131.859 |
| 22 | 538.500  | 48 | 338.827 | 74 | 252.192 | 100 | 202.951 | 126 | 170.895 | 152 | 148.230 | 178 | 131.286 |
| 23 | 525.970  | 49 | 334.272 | 75 | 249.808 | 101 | 201.472 | 127 | 169.881 | 153 | 147.488 | 179 | 130.719 |
| 24 | 514.067  | 50 | 329.850 | 76 | 247.473 | 102 | 200.016 | 128 | 168.881 | 154 | 146.755 | 180 | 130.157 |
| 25 | 502.742  | 51 | 325.554 | 77 | 245.185 | 103 | 198.583 | 129 | 167.893 | 155 | 146.030 | 181 | 129.600 |
| 26 | 491.954  | 52 | 321.381 | 78 | 242.944 | 104 | 197.173 | 130 | 166.918 | 156 | 145.313 | 182 | 129.049 |