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

图　表

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塱下村细岗	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	三水市西南边镇赤岗路 47 号	—
19990801-20021231	23° 10′	112° 53′	6.3	三水市西南镇赤岗路 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）。

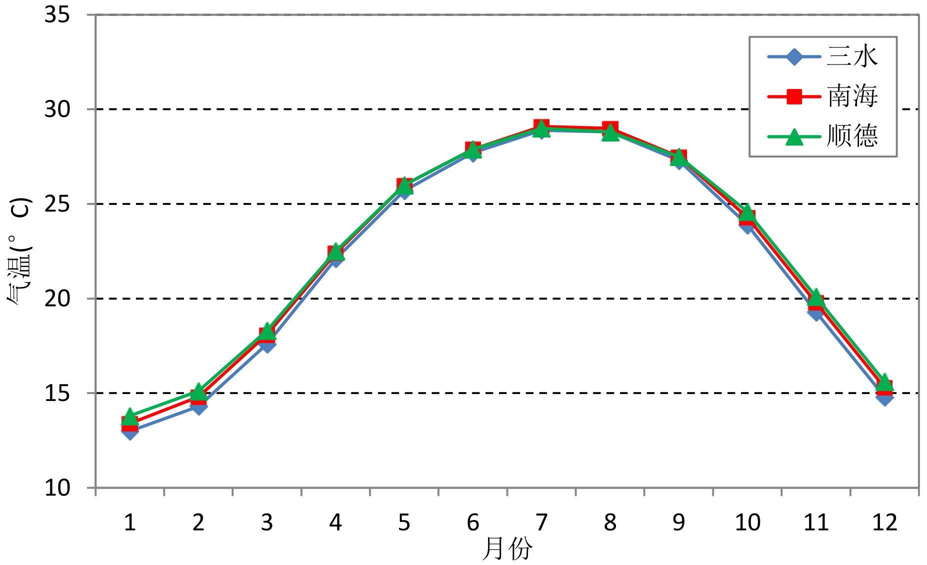


图 1-2　佛山各区累年各月平均气温曲线图

表 1-4　佛山各区累年各月、年平均气温表（单位：℃）

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		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
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，极端最高和最低温气温均出现在南海，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		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
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。

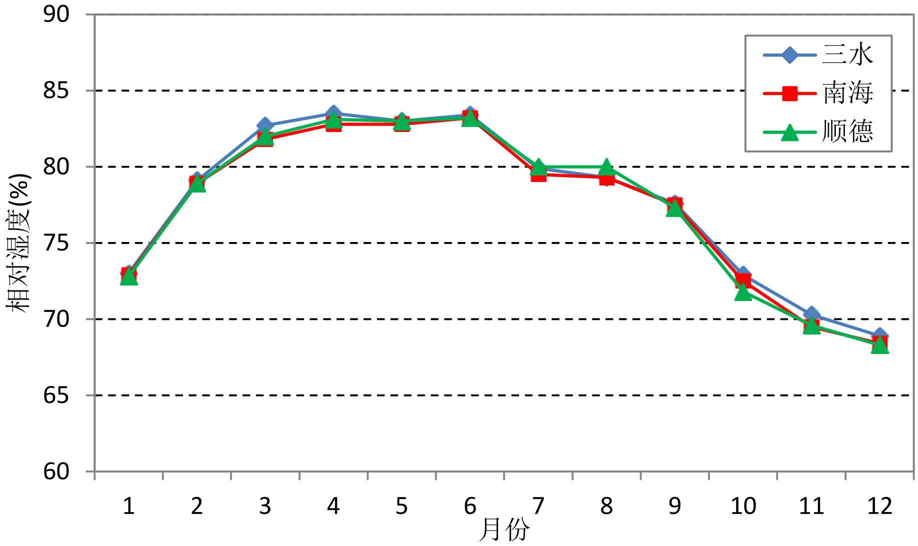


图 1-3　佛山各区累年各月平均相对湿度曲线图

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	77.7
	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。

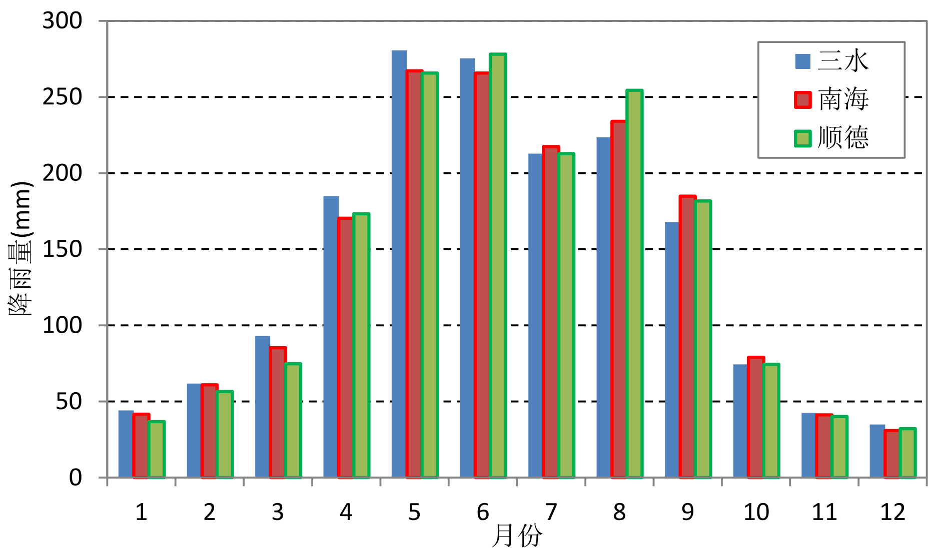


图 1-4　佛山各区累年各月平均降水量图

表 1-8　佛山各区累年各月、年平均降水量表（单位：mm）

站点 \ 月份	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）

站点 \ 月份	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）

站点 \ 月份	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）

站点 \ 月份	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%。

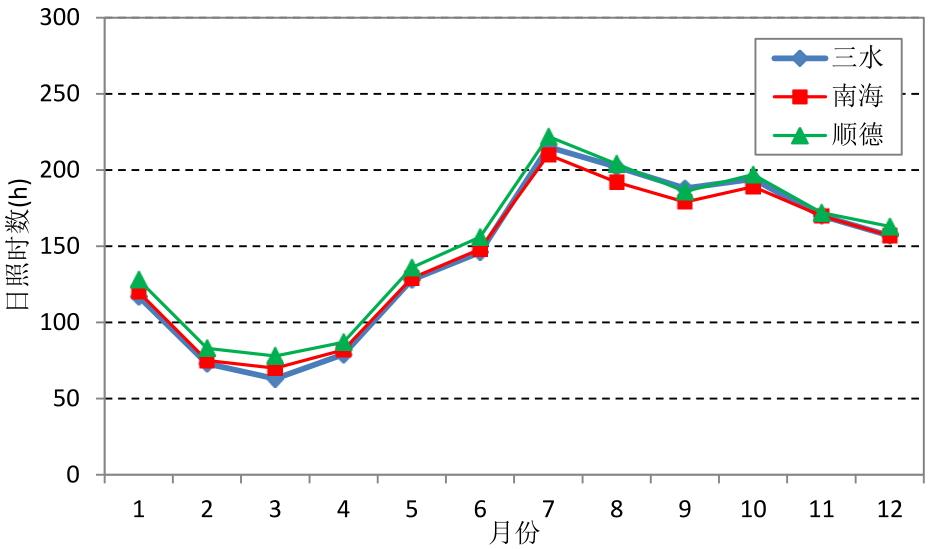


图 1-5　佛山各区累年各月平均日照时数图

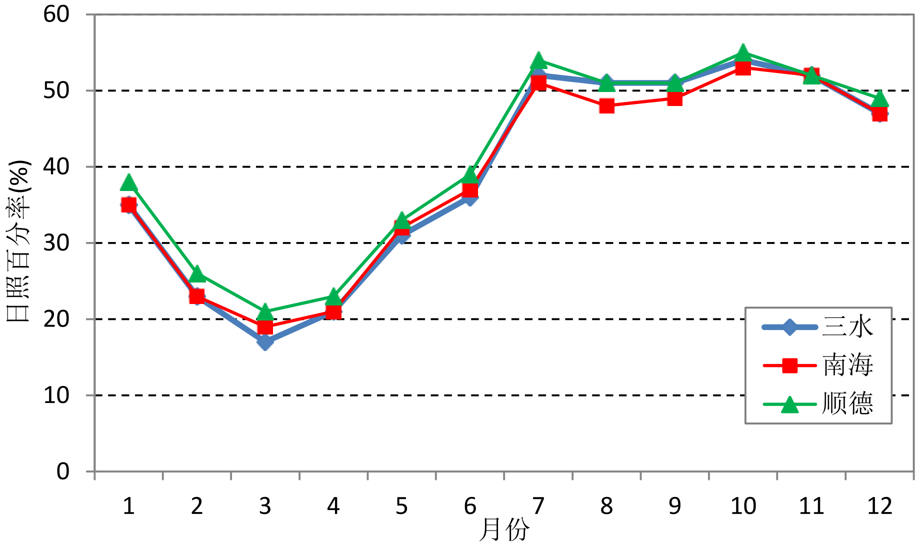


图 1-6　佛山各区累年各月平均日照百分率图

表 1-12　佛山各区累年各月、年平均日照时数表（单位：h）

月份 站点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
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：%）

月份 站点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
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。

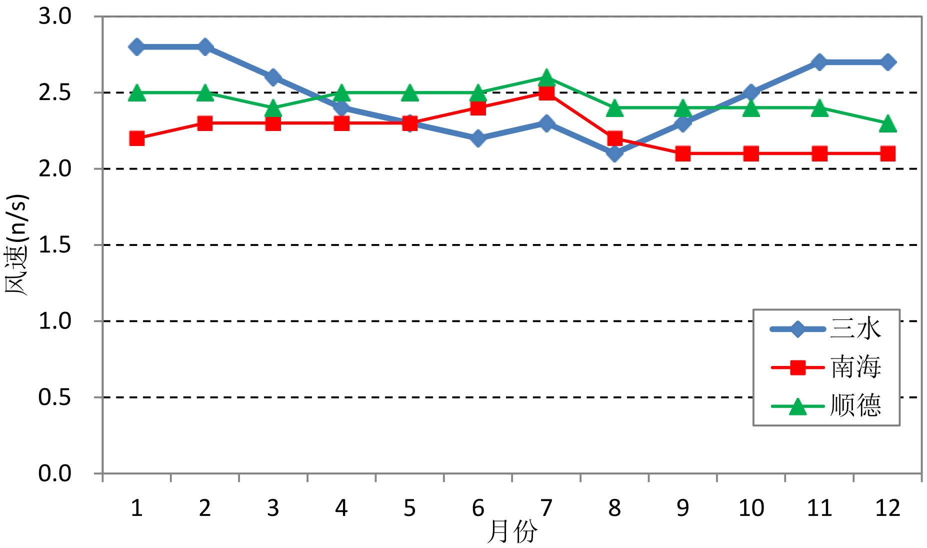


图 1-7　佛山各区累年各月平均风速曲线图

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	2.5
	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	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
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

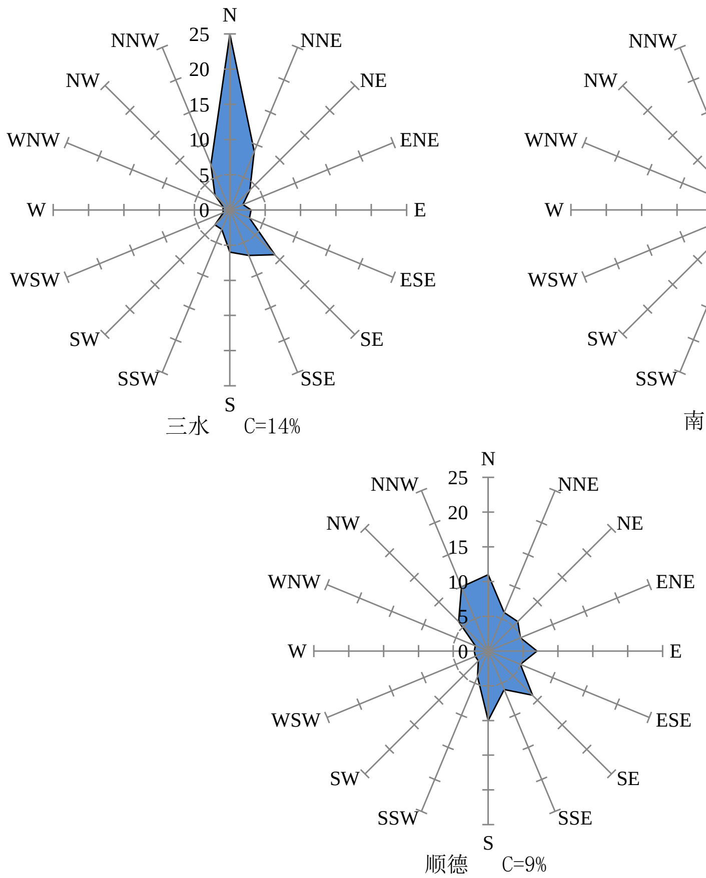
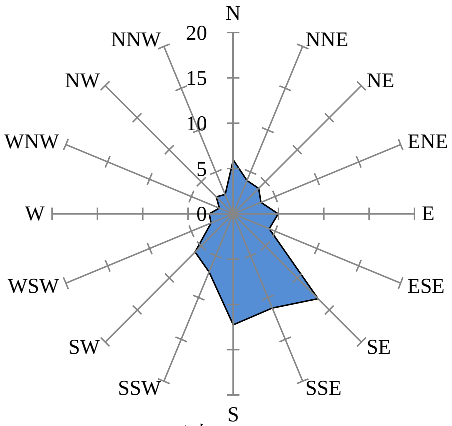
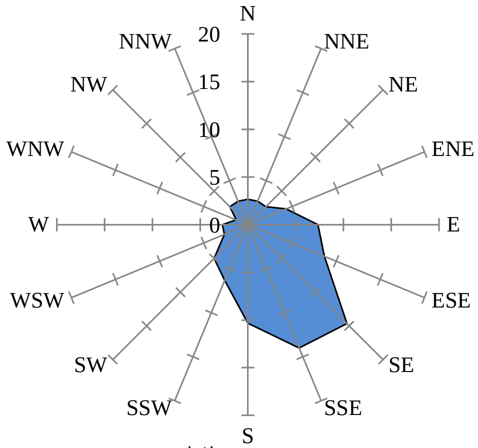


图 1-8　佛山各区年风向玫瑰图

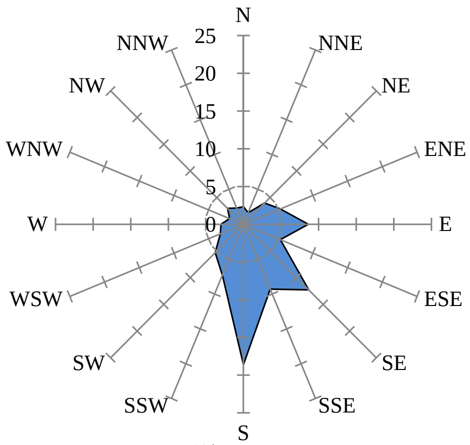
本市各气象站观测结果表明，全市盛行风向以北风、偏北风和南风、偏南风为主，分别出现在 9 月至次年 4 月上旬和 4 月中旬至 8 月。三水站每年 9 月至次年 3 月北风频率最高，此乃受北江气流通道的影响。5～7 月顺德、南海南风和东南偏南风频率最高，此与该两站南面地势平坦，地形开阔，南来气流通畅有关。一般风速较大有利于减弱城市热岛效应、干岛效应和灰霾天气影响。



三水 C=12%

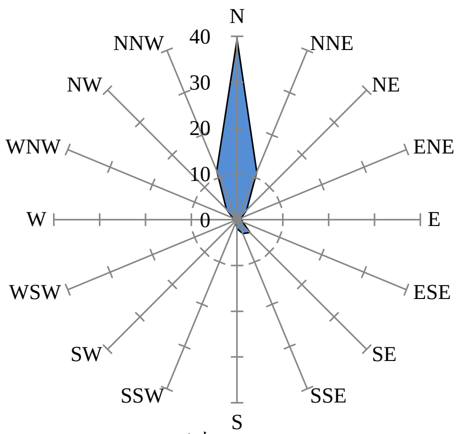


南海 C=9%

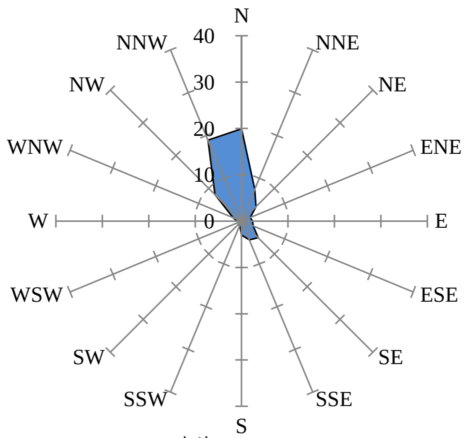


顺德 C=6%

图 1-9 佛山各区夏季（6-8 月）风向玫瑰图



三水 C=16%



南海 C=17%

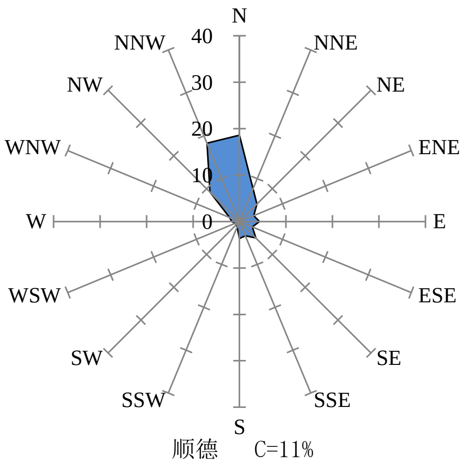


图 1-10　佛山各区冬季（12-2 月）风向玫瑰图

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。

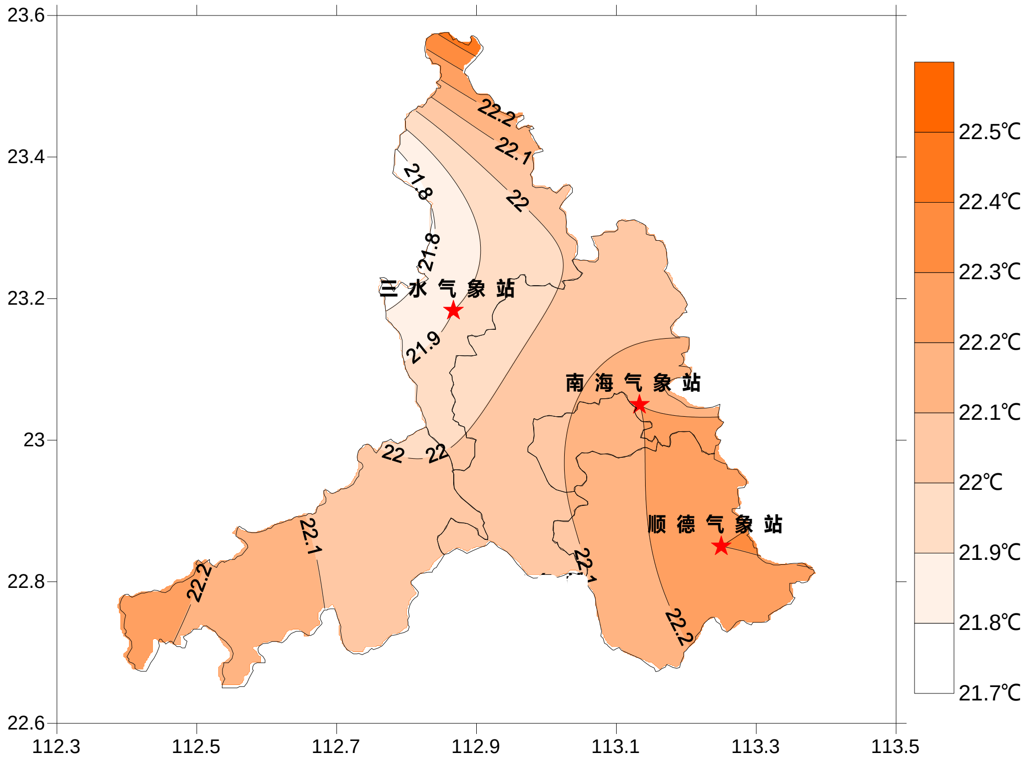


图 1-11　佛山市年平均气温空间分布图

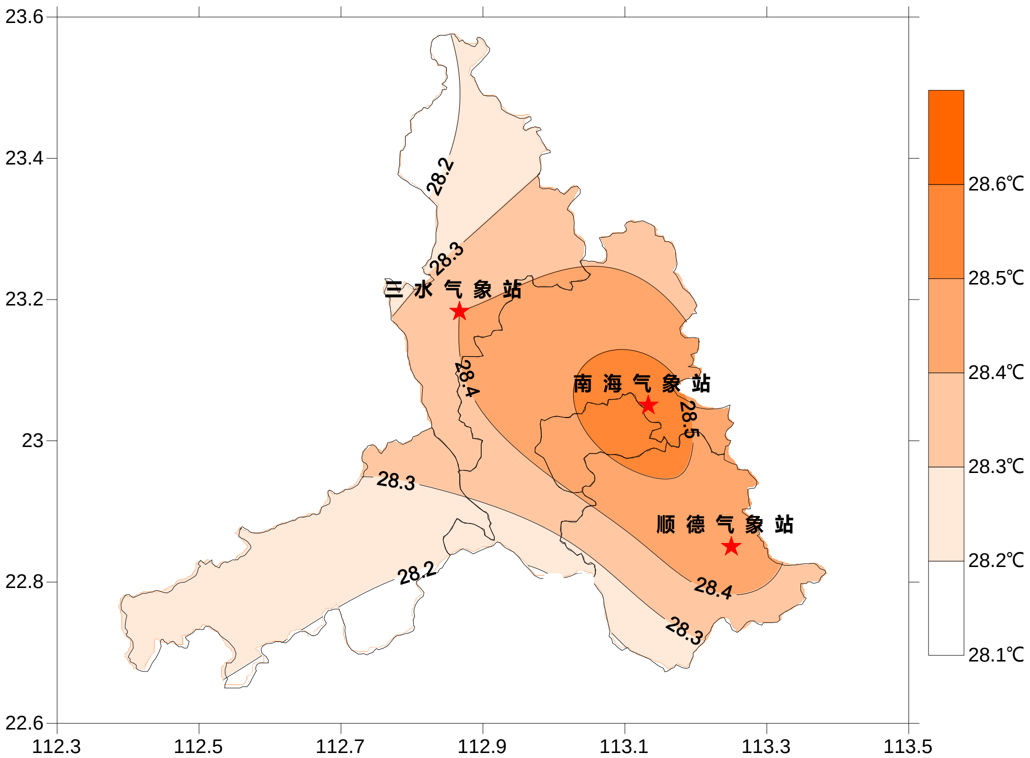


图 1-12　佛山市夏季平均气温空间分布图

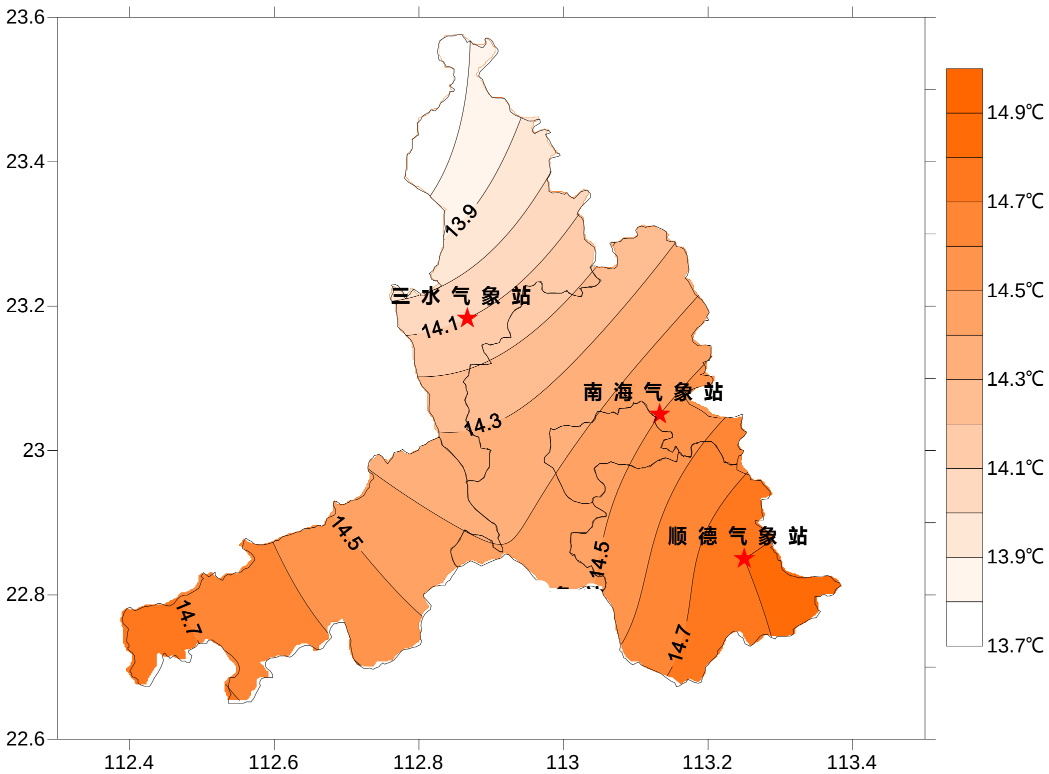


图 1-13　佛山市冬季平均气温空间分布图

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。

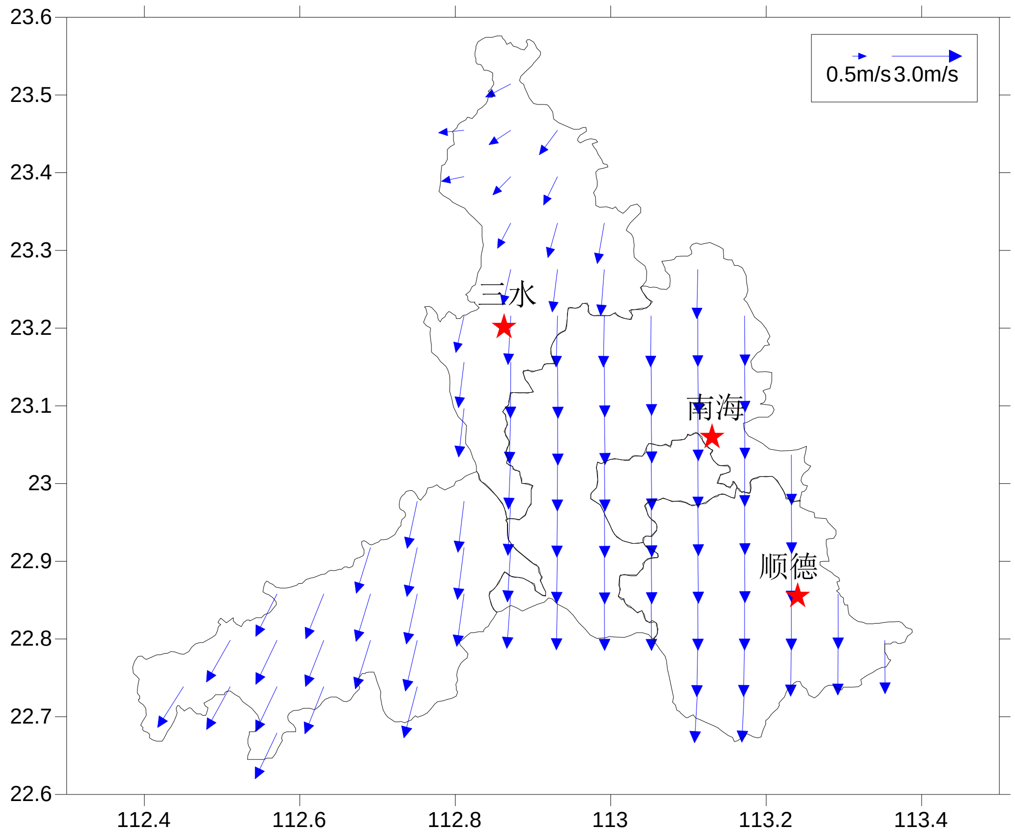


图 1-14　佛山市年平均风场分布图

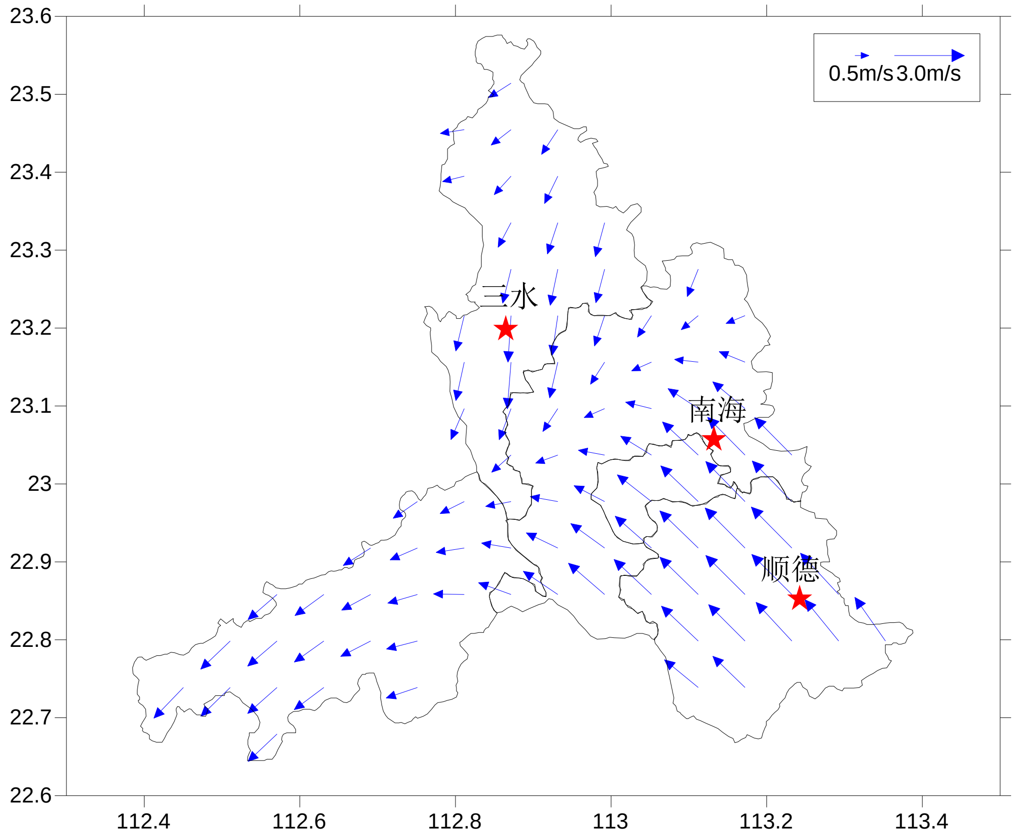


图 1-15　佛山市春季平均风场图

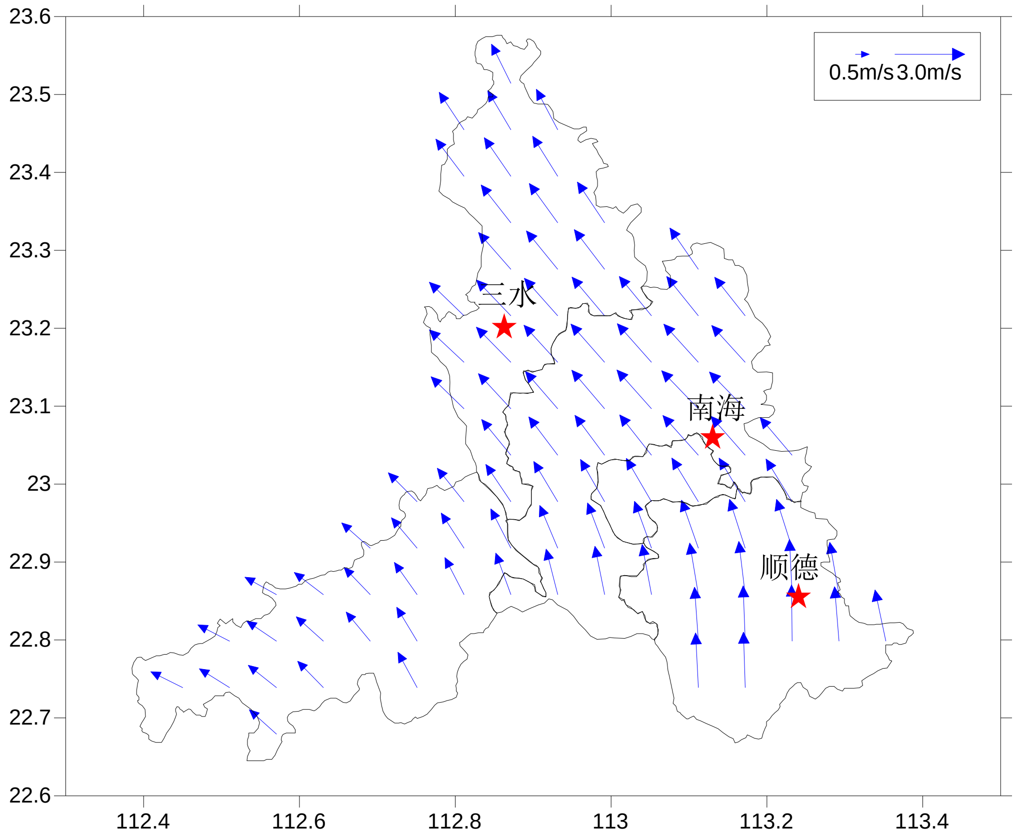


图 1-16　佛山市夏季平均风场图

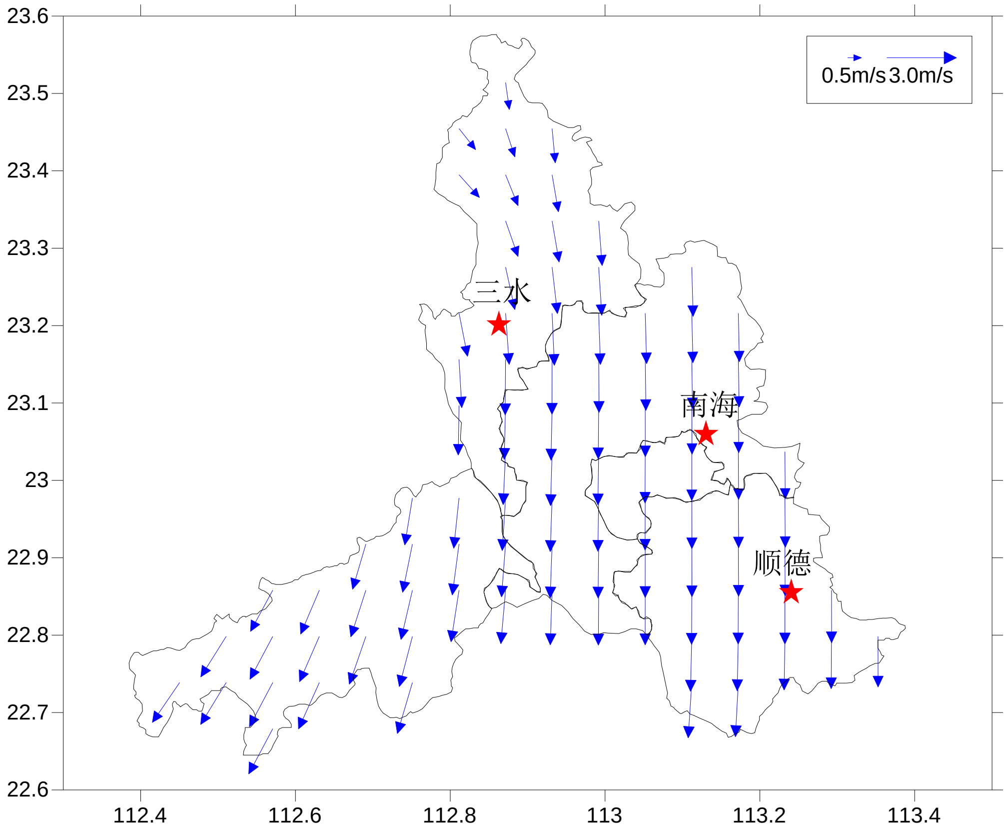


图 1-17　佛山市秋季平均风场图

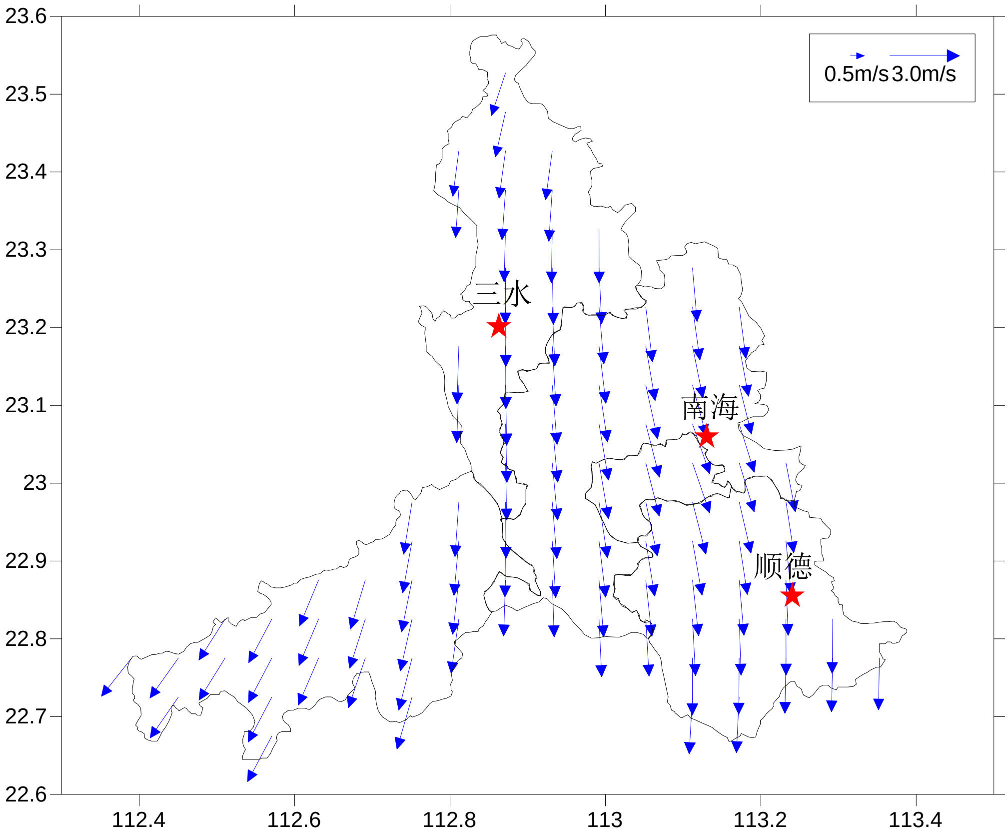


图 1-18　佛山市冬季平均风场图

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。

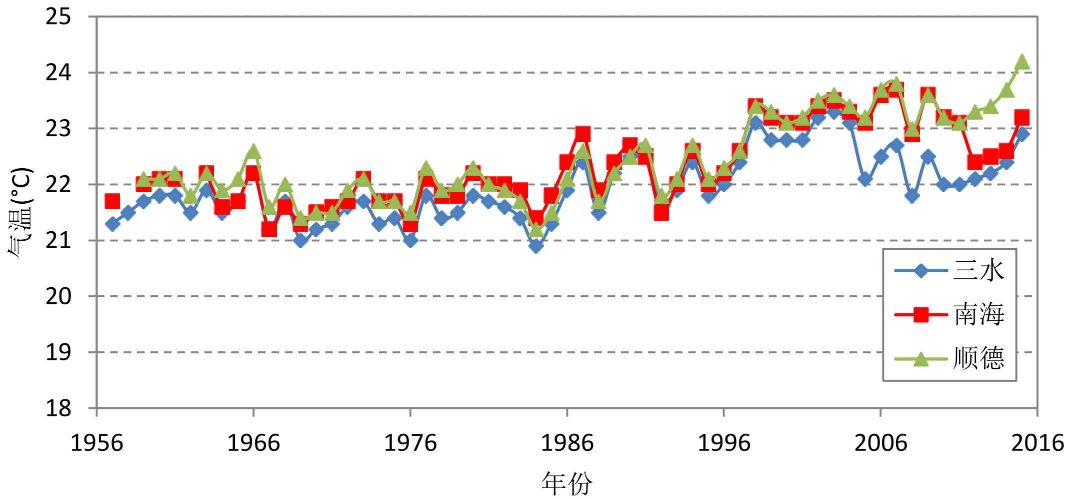


图 1-19　佛山各区平均气温年际变化图

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。

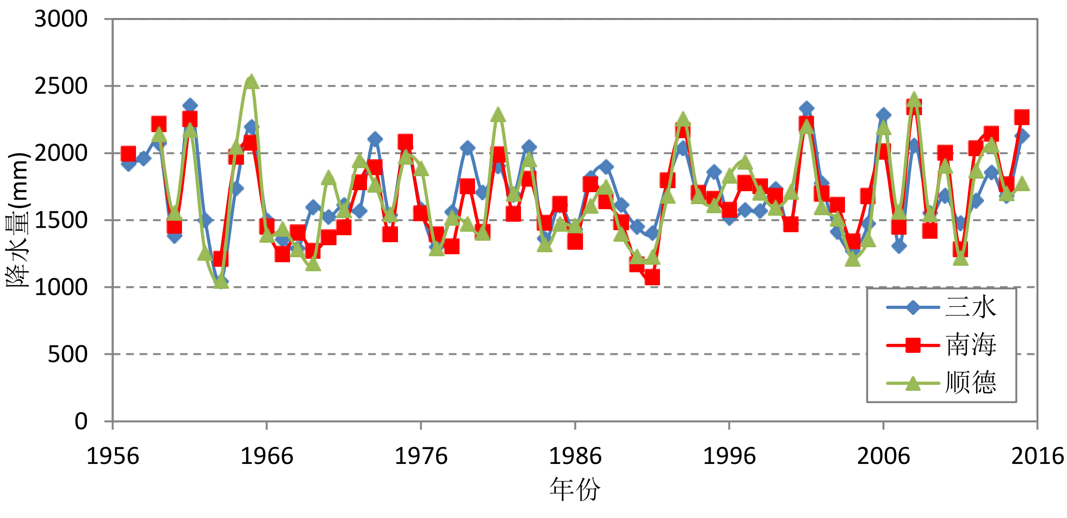


图 1-20　佛山各区年降水量年际变化图

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）。

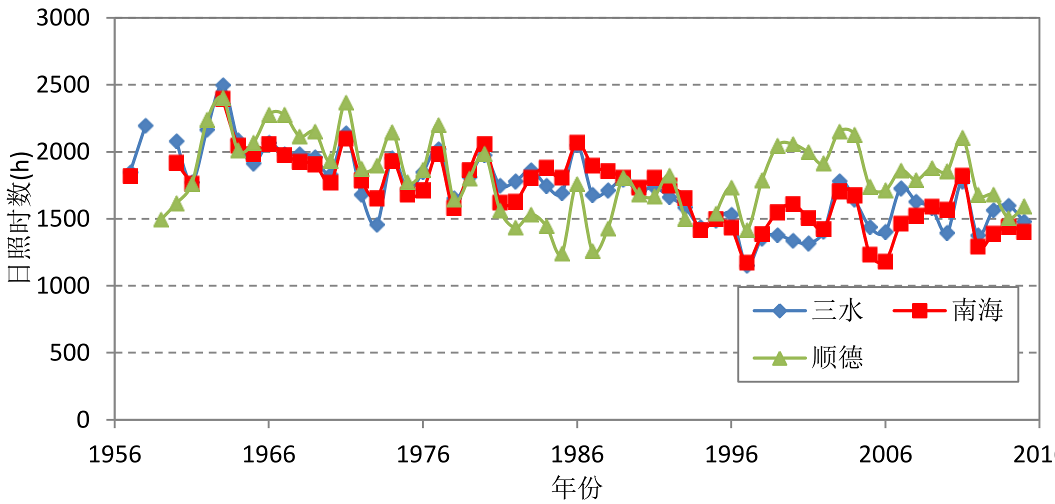


图 1-21　佛山各区日照时数年际变化图

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）。

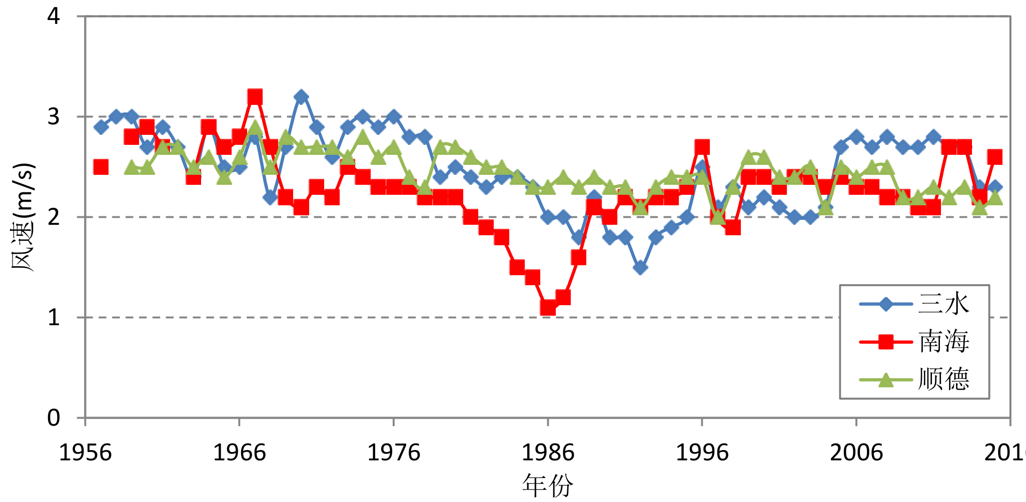


图 1-22　佛山各区平均风速年际变化图

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规范《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 $q=\frac{167A_1(1+C\lg P)}{(t+b)^n}$ 进行计算，其中，q 为暴雨强度[升／(秒·公顷)]，t 为降雨历时（分钟），A1、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≥10.0mm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、北面和西南面，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塱下村细岗，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。

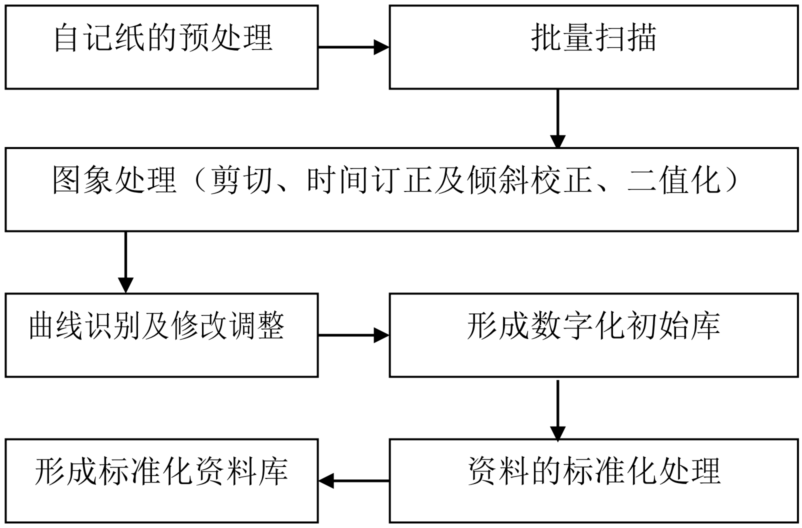
2.2.3 资料来源

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：


自记纸的预处理
批量扫描
图象处理（剪切、时间订正及倾斜校正、二值化）
曲线识别及修改调整
形成数字化初始库
资料的标准化处理
形成标准化资料库

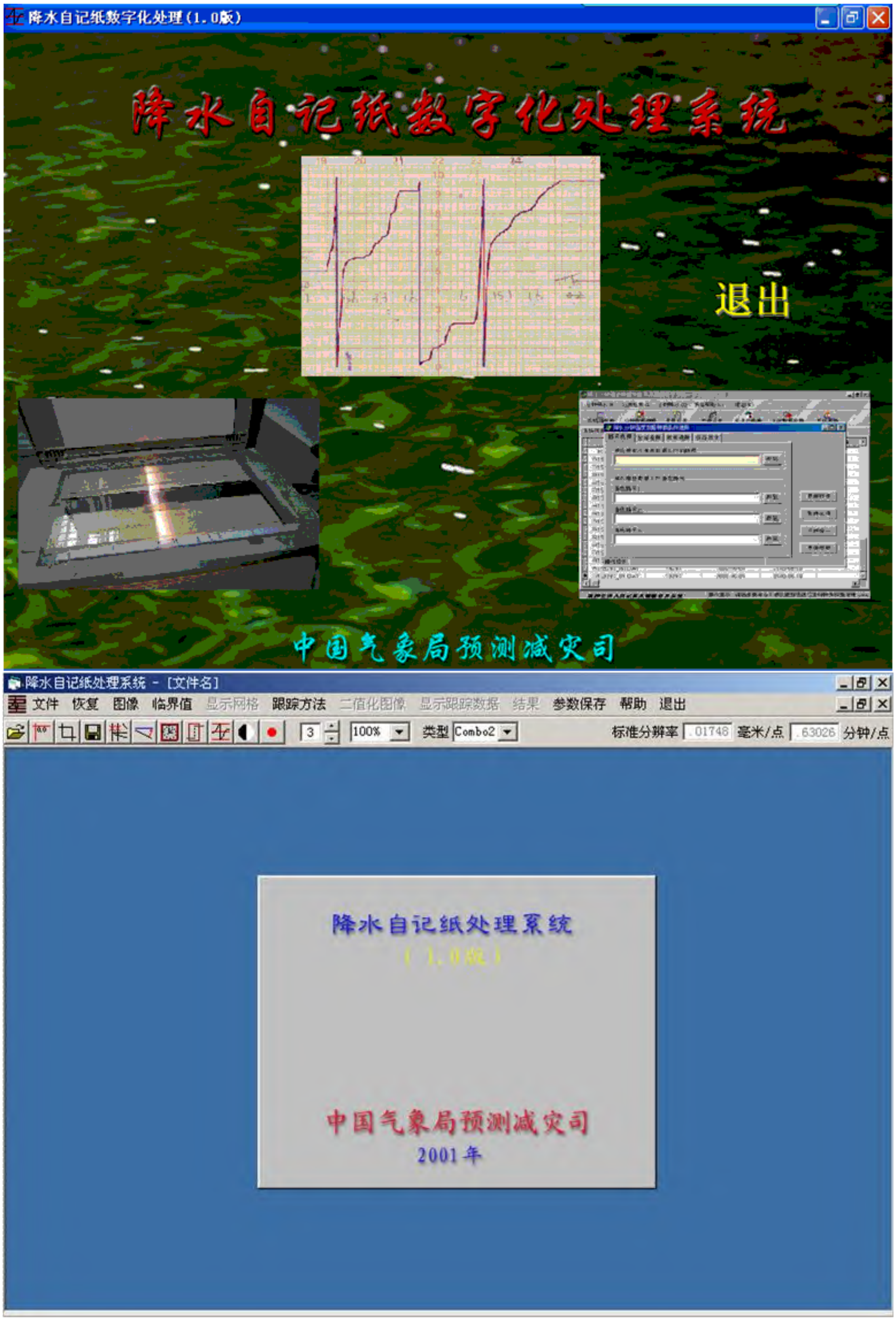


图 2-1　降水自记纸彩色扫描数字化处理系统

（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：

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

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～100a；t为降雨历时（单位：mim），取值范围为1～180mim。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1min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：

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

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：

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

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：

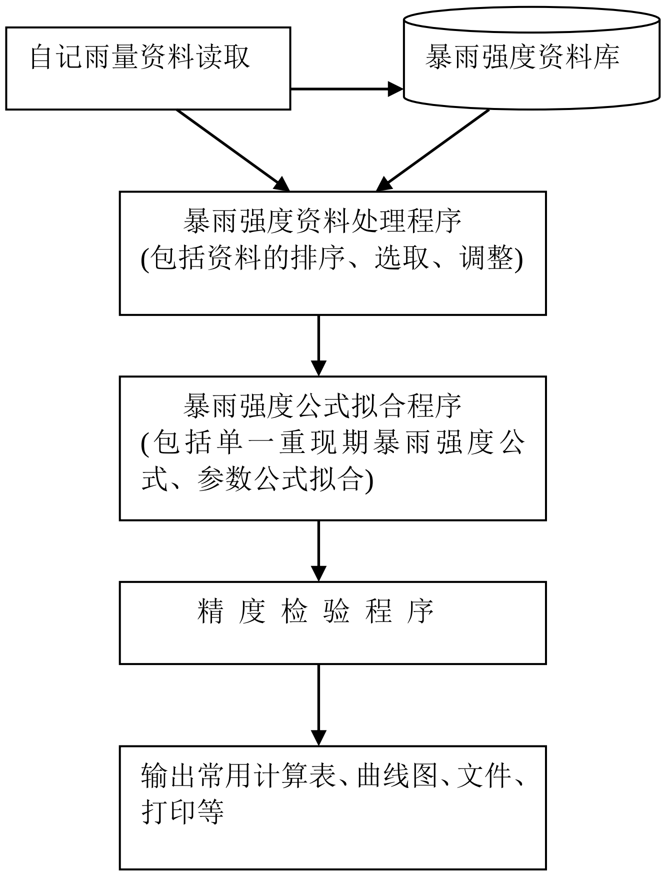


图 2-2　暴雨强度计算系统

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 。

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

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

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 Φ，代入式（6）。

$$Y = (1+\Phi\times C_v)\overline{X} \qquad (6)$$

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'）。

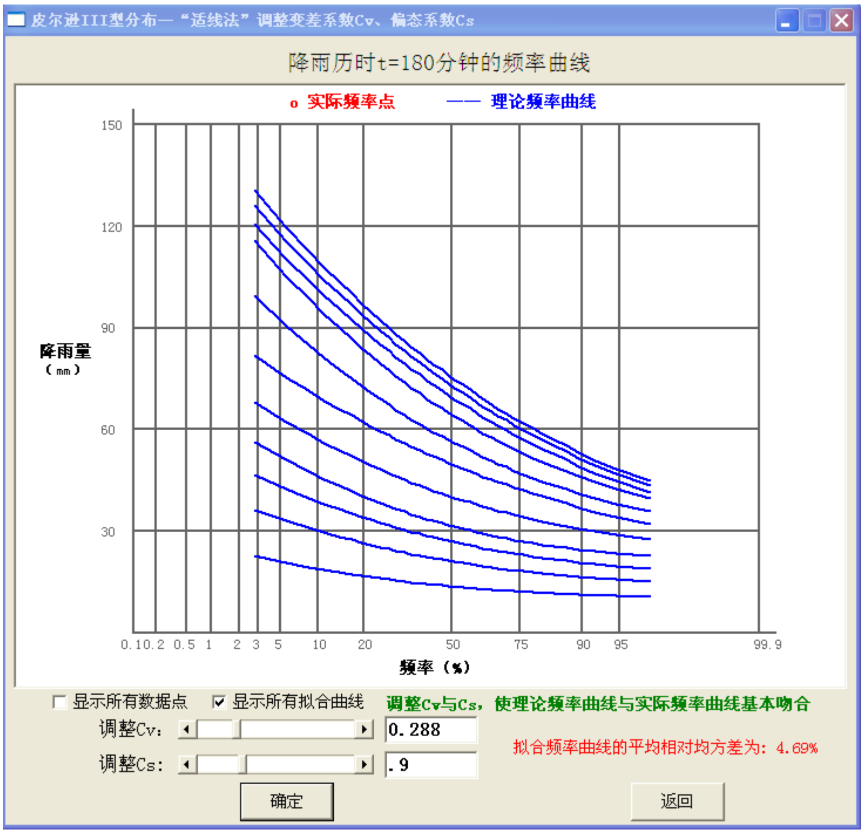


图 2-4　佛山市三水区适线法调整频率曲线

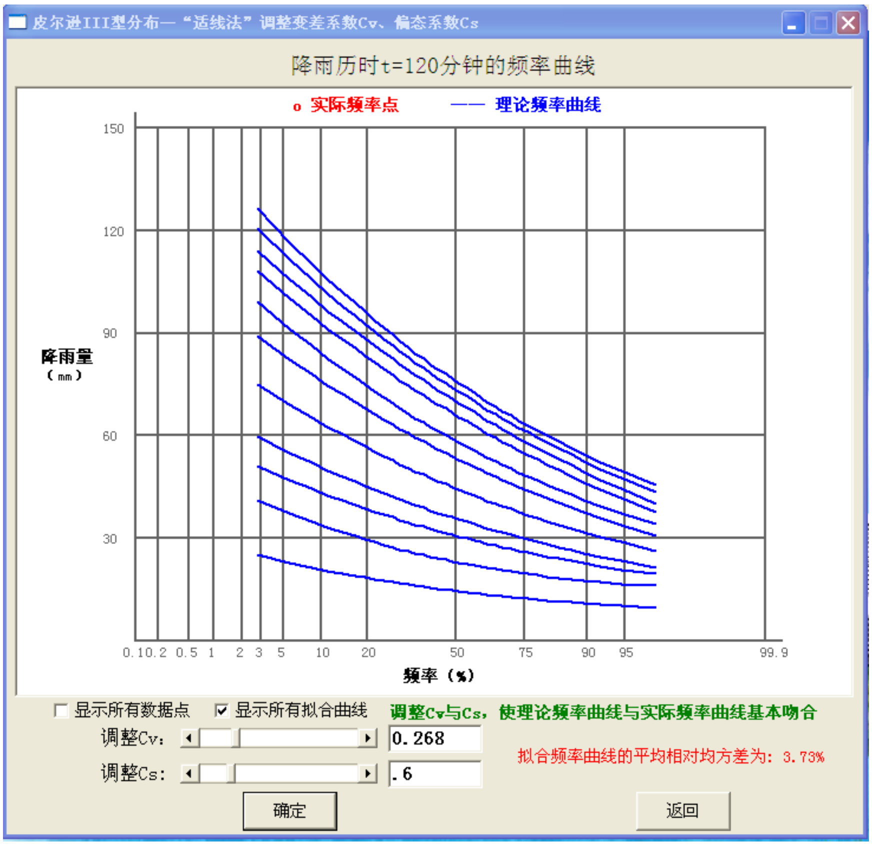


图 2-5　佛山市南海区适线法调整频率曲线

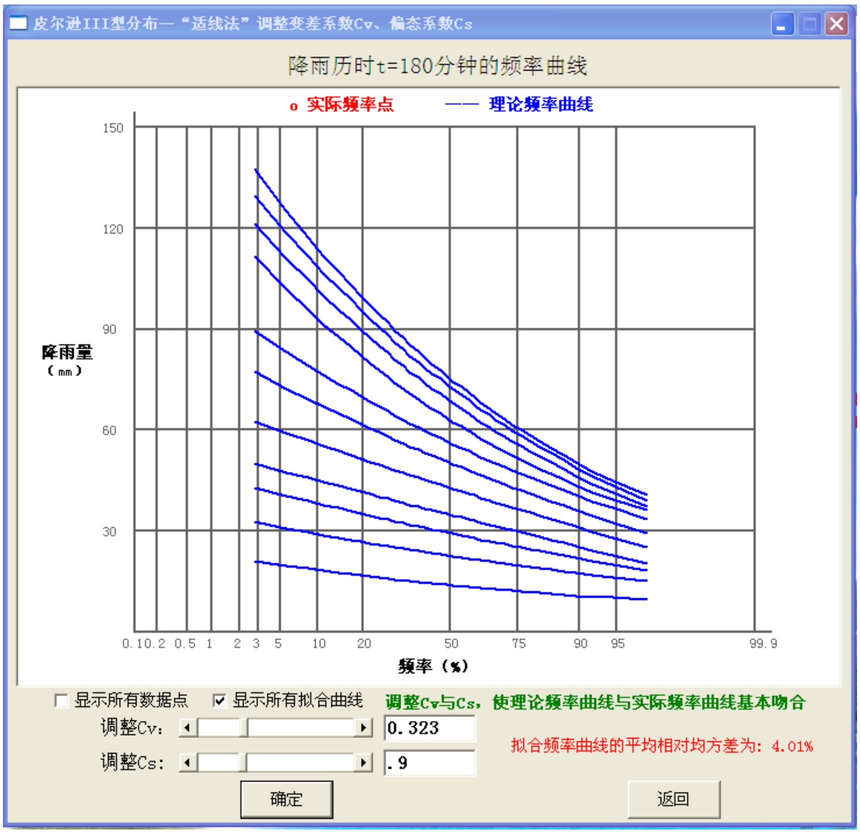


图 2-6　佛山市顺德区适线法调整频率曲线

（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：

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

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求出来。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：

$$\ln q = \ln 167A - n\ln(t+b) \tag{8}$$

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

$$y = b_0 + b_1 x \tag{9}$$

式（9）应用数值逼近和最小二乘法，可求出 b0、b1，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）

$$y = b_1 + b_2 \ln(P + C) \tag{10}$$

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：

$$A = A_1 + A_2 \ln(P + C_A) \tag{11}$$

$$b = b_1 + b_2 \ln(P + C_b) \tag{12}$$

$$n = n_1 + n_2 \ln(P + C_n) \tag{13}$$

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+0.005Ln(P-0.099)
		b	7.217+0.962Ln(P-0.836)
		A	11.576+5.015Ln(P-0.116)
10—100	III	n	0.679+0.007Ln(P-7.842)
		b	9.144+0.273Ln(P-7.842)
		A	14.006+4.671Ln(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+0.005Ln(P-0.836)
		b	14.199+0.476Ln(P-0.836)
		A	29.278+9.383Ln(P-0.378)
10—100	III	n	0.837 -0.002Ln(P-6.737)
		b	14.826 -0.476Ln(P-7.842)
		A	37.808+4.984Ln(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 -0.070Ln(P-0.574)
		b	14.823 -2.296Ln(P-0.312)
		A	30.424 -3.537Ln(P-0.444)
10—100	III	n	0.748 -0.048Ln(P-2.870)
		b	11.375 -1.723Ln(P-5.080)
		A	23.009 -1.924Ln(P-5.632)

（5）总公式的推算

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

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

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

即得 $y=b_0+x_1+b_2x_2$。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 A1、n 。

推算出的佛山市暴雨强度总公式为：

三水：$$q=\frac{2544.537(1+0.685LnP)}{(t+10.789)^{0.703}} \tag{15}$$

南海：$$q=\frac{5526.514(1+0.620LnP)}{(t+15.618)^{0.851}} \tag{16}$$

顺德：$$q=\frac{2545.044(1+0.399LnP)}{(t+9.414)^{0.665}} \tag{17}$$

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％。

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

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

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。

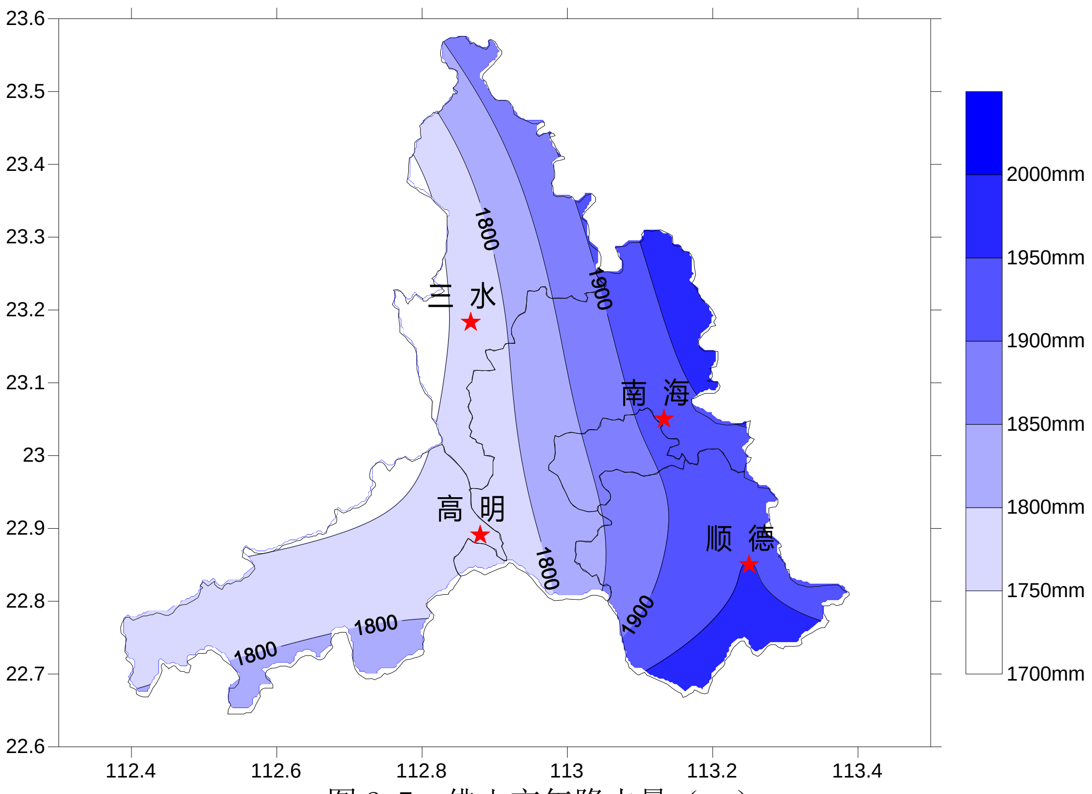


图 2-7　佛山市年降水量（mm）

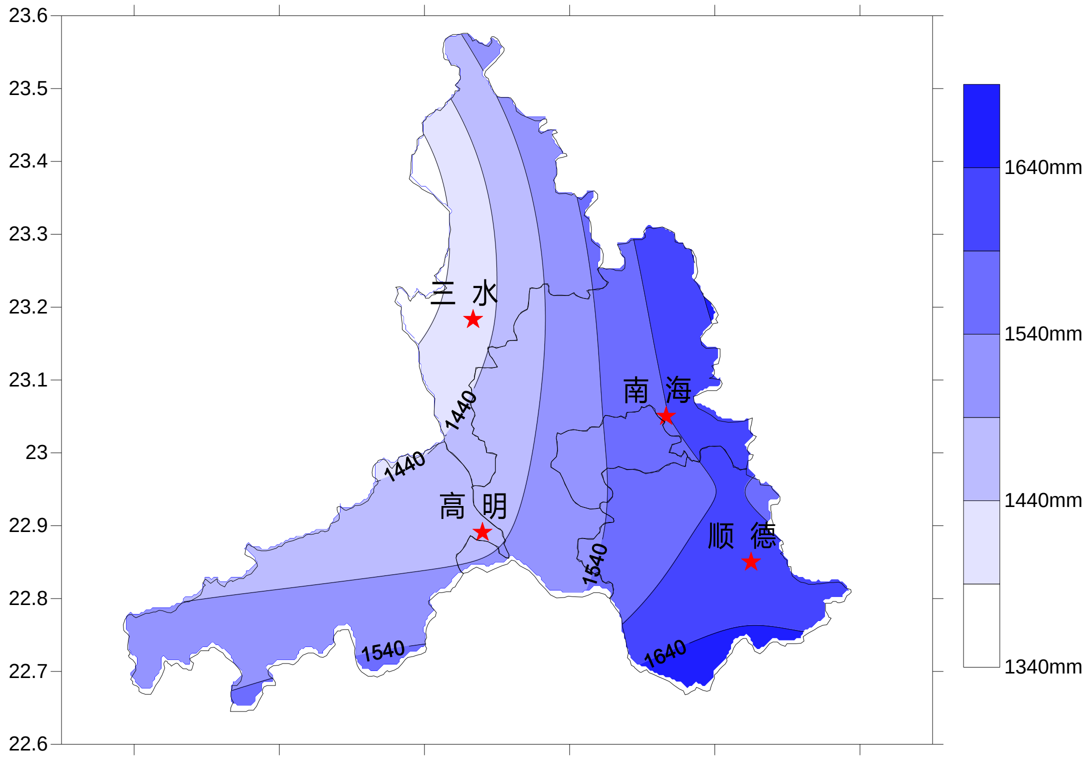


图 2-8　佛山市雨季降水量（mm）

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+0.005Ln(P-0.099)
		b	7.217+0.962Ln(P-0.836)
		A	11.576+5.015Ln(P-0.116)
10—100	III	n	0.679+0.007Ln(P-7.842)
		b	9.144+0.273Ln(P-7.842)
		A	14.006+4.671Ln(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+0.001Ln(P - 0.836)
		b	18.250+0.105Ln(P - 0.836)
		A	42.159+9.809Ln(P - 0.444)
10—100	III	n	0.913 -0.001Ln(P - 7.842)
		b	18.359+0.098Ln(P - 7.842)
		A	50.360+7.026Ln(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（年）	历时 暴雨强度	10 分钟	15 分钟	20 分钟	30 分钟	45 分钟	60 分钟
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 Ln(P-0.718)
		b	10.662–0.981 Ln(P-0.784)
		A	14.546–1.272 Ln(P-0.893)
10—100	III	n	0.623 –0.049Ln(P-3.268)
		b	10.812–1.482 Ln(P-5.186)
		A	13.069–0.912Ln(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（年）	历时 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 Ln(P-0.599)
		b	10.554–0.803 Ln(P-0.695)
		A	18.257–0.095 Ln(P-0.807)
10—100	III	n	0.704 –0.0427Ln(P-1.311)
		b	11.503–1.572 Ln(P-4.286)
		A	18.968–0.619Ln(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（年）	历时 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 Ln(P-0.455)
		b	11.343–0.996 Ln(P-0.482)
		A	18.493–0.791 Ln(P-0.535)
10—100	III	n	0.713 –0.058Ln(P-1.183)
		b	13.894–2.788 Ln(P-4.416)
		A	17.921–1.499Ln(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（年）	历时 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[12-14]的研究成果，两者对应的重现期转换公式如下：

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

式中 T_E 为年多个样法的重现期，T_M 为年最大值法的重现期。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，三水和南海偏大较多，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

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

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

式中 $i_{前}$——峰前时间 t_b 的雨强；$i_{后}$——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。该方法的优点是可以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：

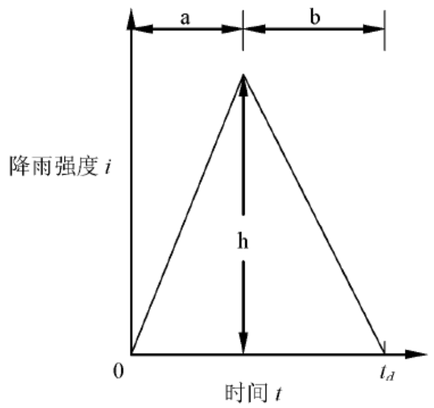


图 3-1　三角形雨型（Yen & Chow）

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。

综上分析，本项研究采用《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：

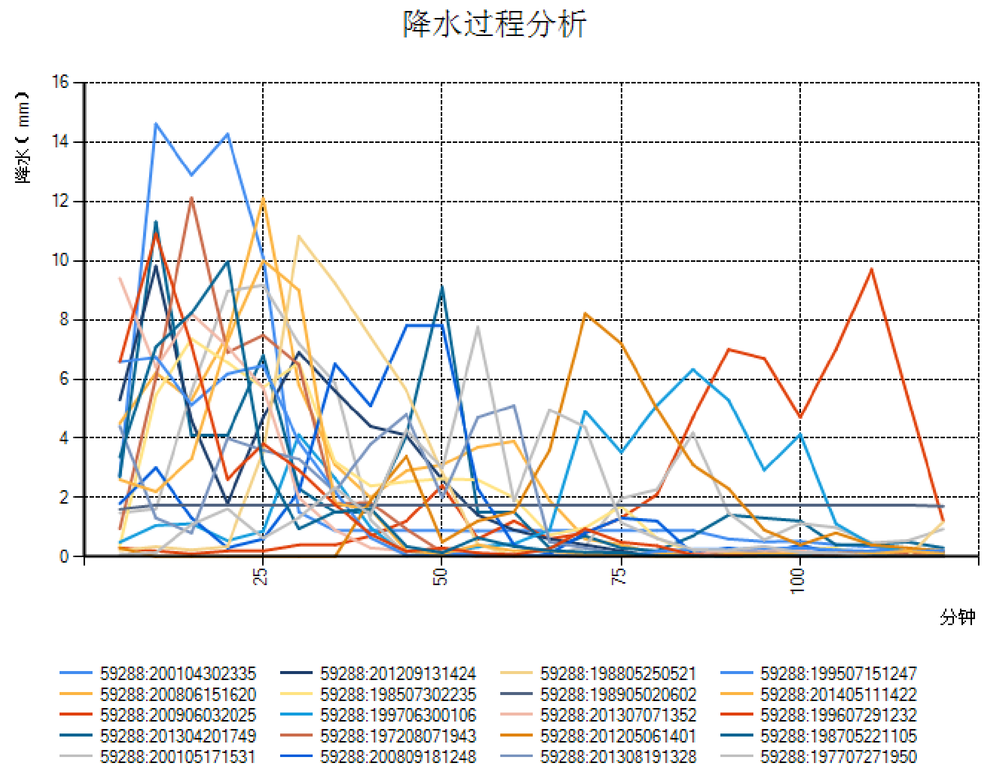


表 3-1　样本情况

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，对于总雨量小，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：

⑴ 总降雨历时短，雨量特别大，降雨强度很大。

⑵ 降雨雨峰明显。

⑶ 总降雨历时长，雨量大，降雨强度较大。

⑷ 能反映本地区大暴雨一般特性；

⑸ 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：

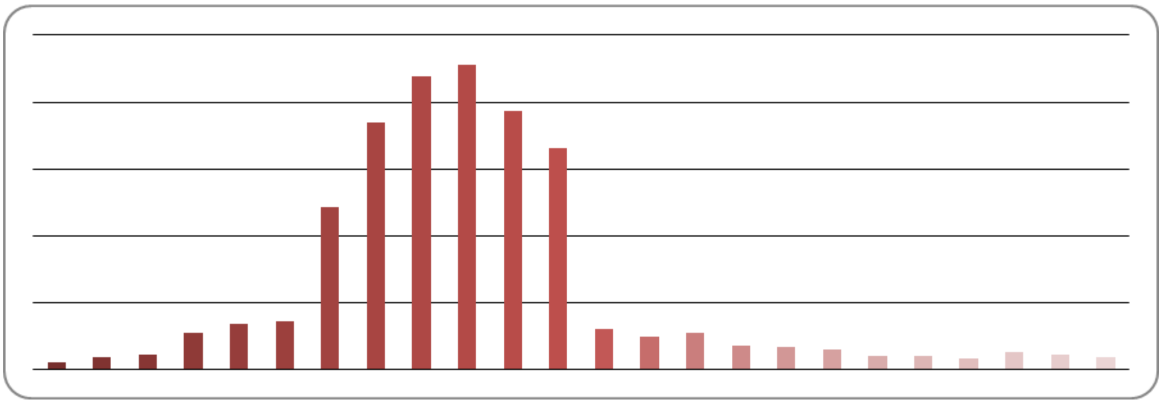


图 3-2　水利工程 50 年重现期 1h 时间间隔 24 小时设计暴雨过程线

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 的最终的分配比例，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_{1440}–H_{720}	H_{720}–H_{360}	H_{360}– H_{240}	H_{240}– H_{180}	H_{180}– H_{150}	H_{150}– H_{120}	H_{120}– H_{90}	H_{90}– H_{60}	H_{60}– H_{45}	H_{45}– H_{30}	H_{30}–H_{15}	H_{15}–H_{5}	H_{5}
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。

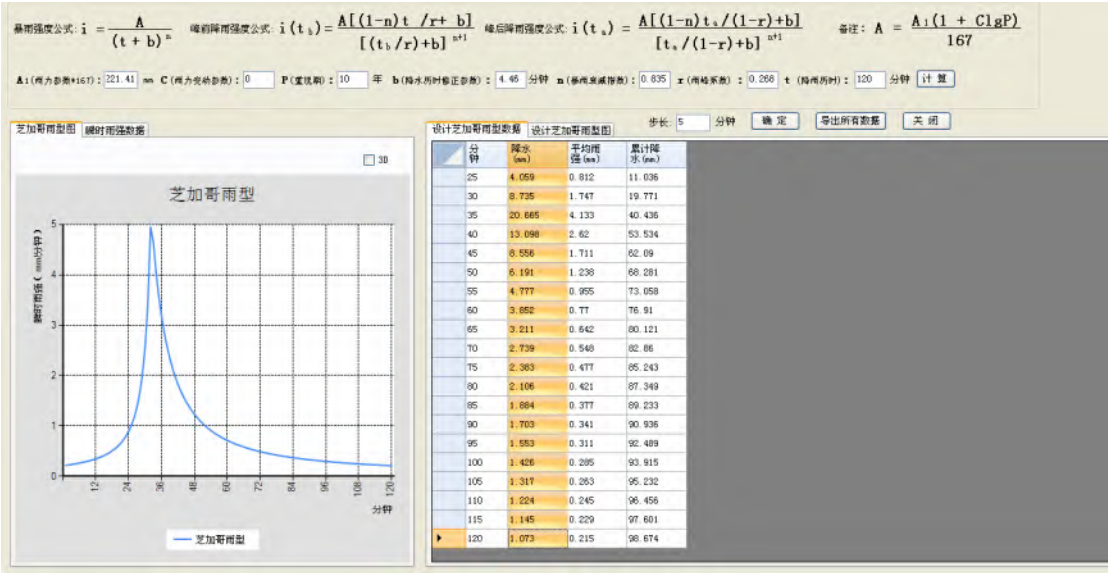


图 3-3　短历时暴雨雨型分析系统

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：

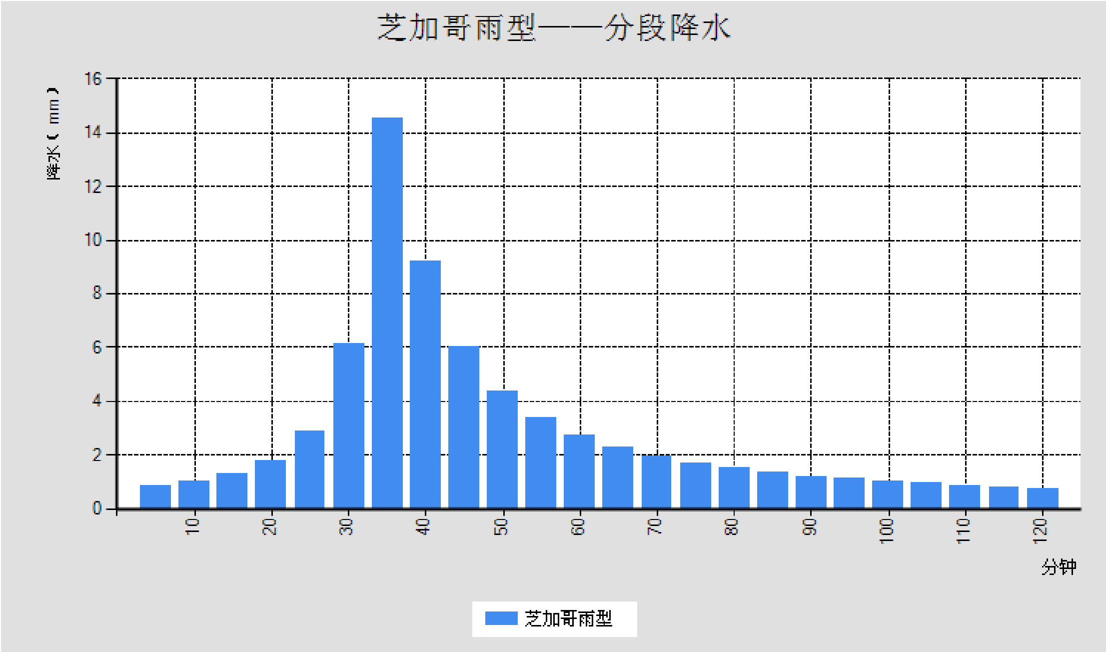
表 3-4　佛山市南海区单一重现期暴雨公式

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	$8802.904 / (t + 13.637)^{0.832}$

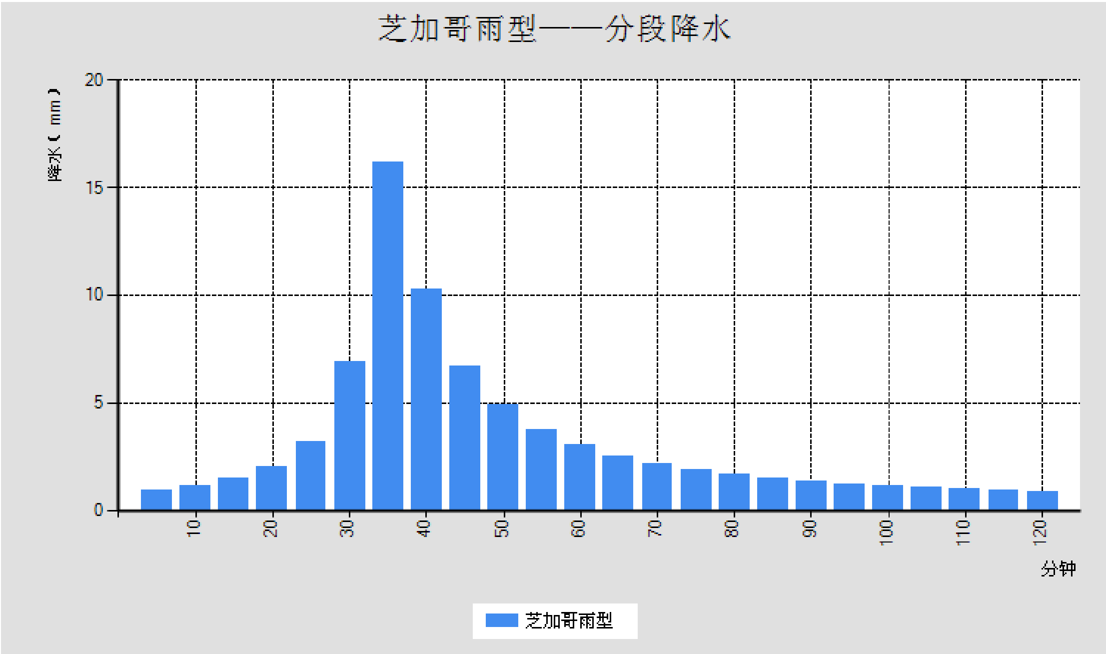
P＝30	$9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$
P＝50	$9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$
P＝100	$10146.085 / (t + 12.673)^{0.828}$

表 3-5　芝加哥雨型降雨过程线

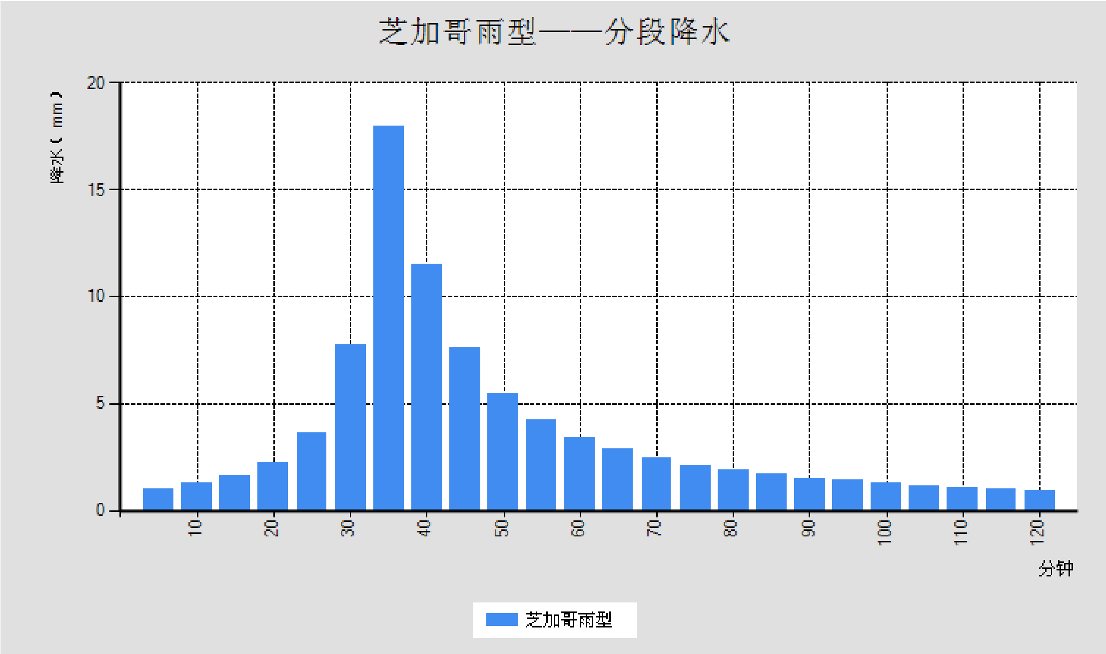
分钟	p=2	p=3	p=5	p=10
5	0.837	0.931	1.039	1.165
10	1.022	1.138	1.274	1.426
15	1.312	1.462	1.639	1.836
20	1.814	2.027	2.276	2.550
25	2.877	3.218	3.615	4.059
30	6.159	6.882	7.722	8.735
35	14.566	16.158	17.997	20.665
40	9.226	10.285	11.515	13.098
45	6.034	6.742	7.571	8.556
50	4.372	4.891	5.496	6.191
55	3.379	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（mm）	69.876	77.899	87.246	98.674


芝加哥雨型——分段降水
降水（mm）
16
14
12
10
8
6
4
2
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
分钟
芝加哥雨型

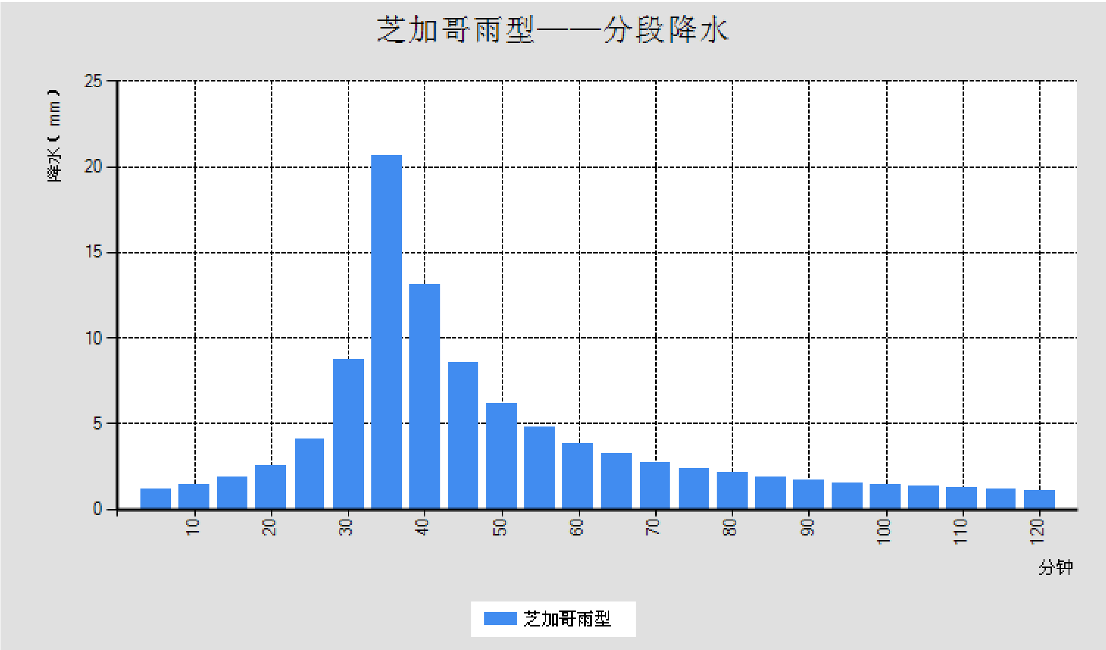
P=2


芝加哥雨型——分段降水
降水（mm）
20
15
10
5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
分钟
芝加哥雨型

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。

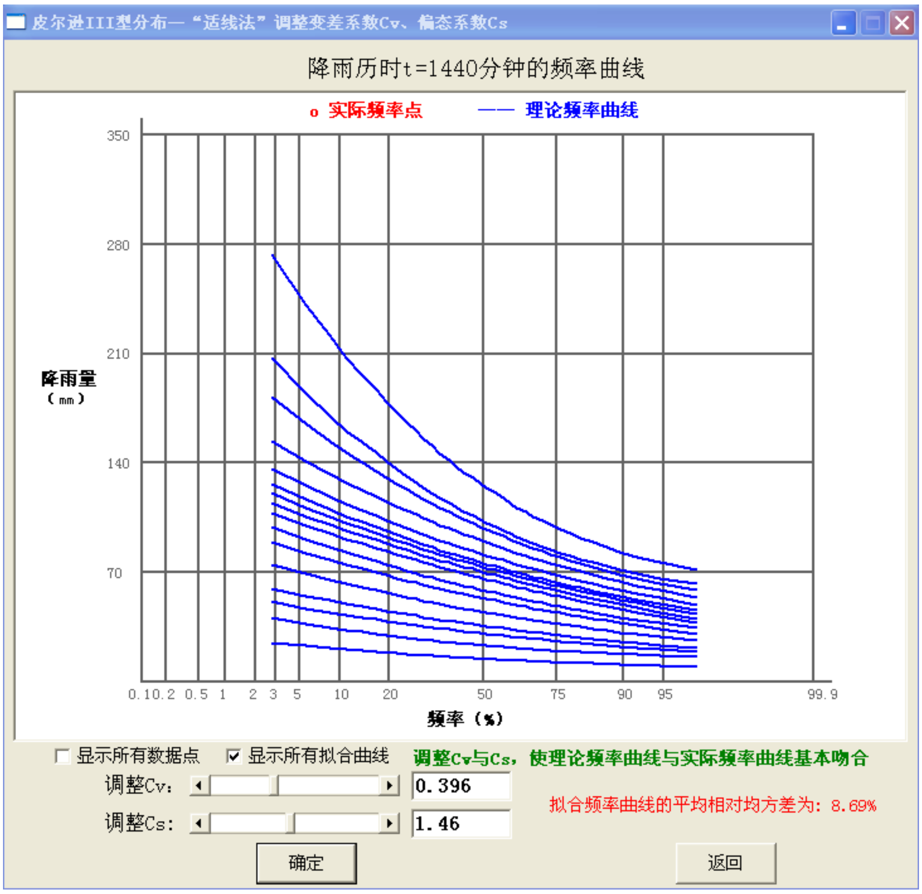


图 3-5　适线法调整频率曲线

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 -0.018Ln(P - 0.640)
		b	14.386 -0.792Ln(P - 0.182)
		A	30.963+3.211Ln(P - 0.706)
10—100	II	n	0.800 -0.018Ln(P - 4.527)
		b	12.995 -1.014Ln(P - 6.737)
		A	35.687+0.147Ln(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：

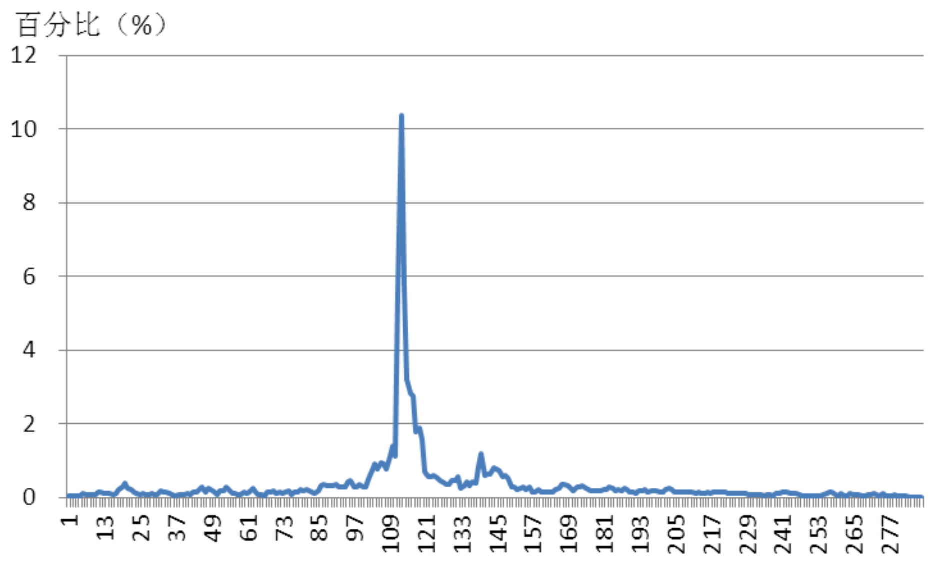


图 3-6　5 分钟时段、历时 1440 分钟时程分配百分率（水利雨型）

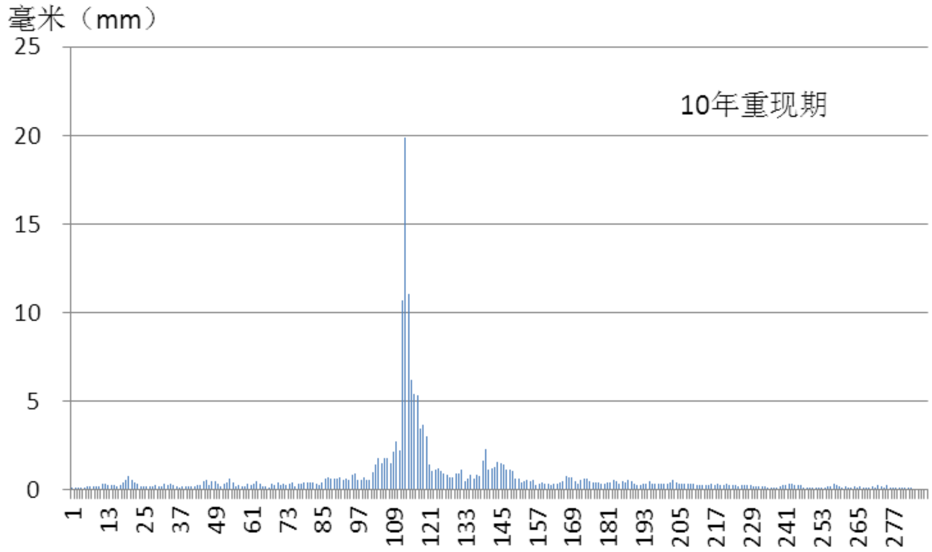
表 3-9　同频率分析法的设计雨型降雨过程线分配系数（水利雨型）

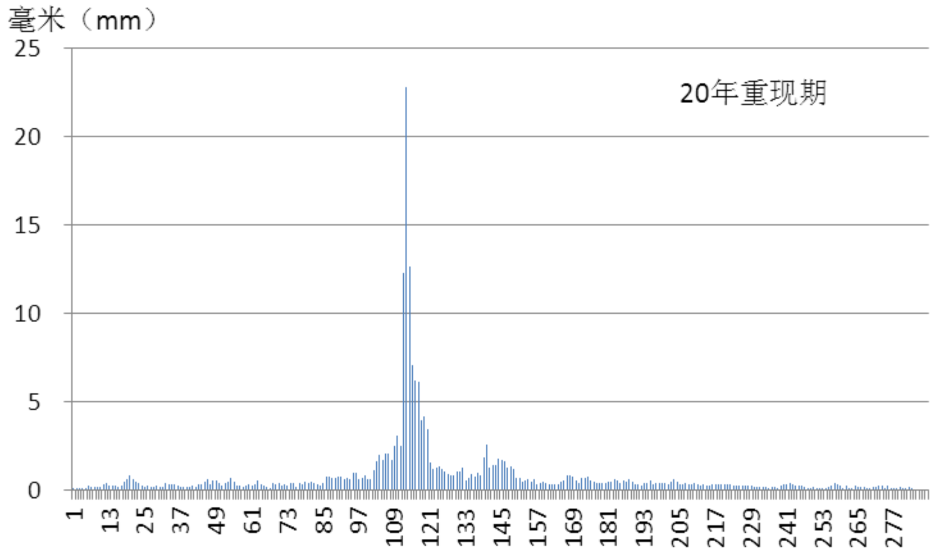
序号	百分比系数%	序号	百分比系数%	序号	百分比系数%	序号	百分比系数%
1	0.053	73	0.129	145	0.767	217	0.140
2	0.064	74	0.167	146	0.747	218	0.166
3	0.040	75	0.194	147	0.589	219	0.152
4	0.063	76	0.099	148	0.605	220	0.152
5	0.064	77	0.168	149	0.535	221	0.158
6	0.108	78	0.163	150	0.306	222	0.143
7	0.083	79	0.222	151	0.308	223	0.129
8	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

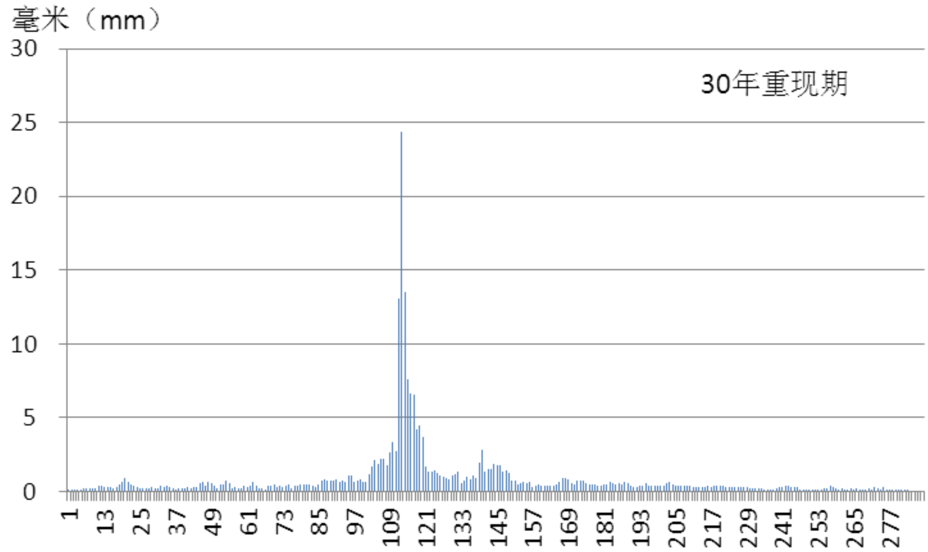
48	0.265	120	1.572	192	0.124	264	0.111
49	0.235	121	0.723	193	0.181	265	0.074
50	0.171	122	0.558	194	0.181	266	0.086
51	0.106	123	0.590	195	0.244	267	0.072
52	0.189	124	0.616	196	0.164	268	0.053
53	0.210	125	0.538	197	0.177	269	0.058
54	0.312	126	0.480	198	0.184	270	0.081
55	0.226	127	0.420	199	0.180	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

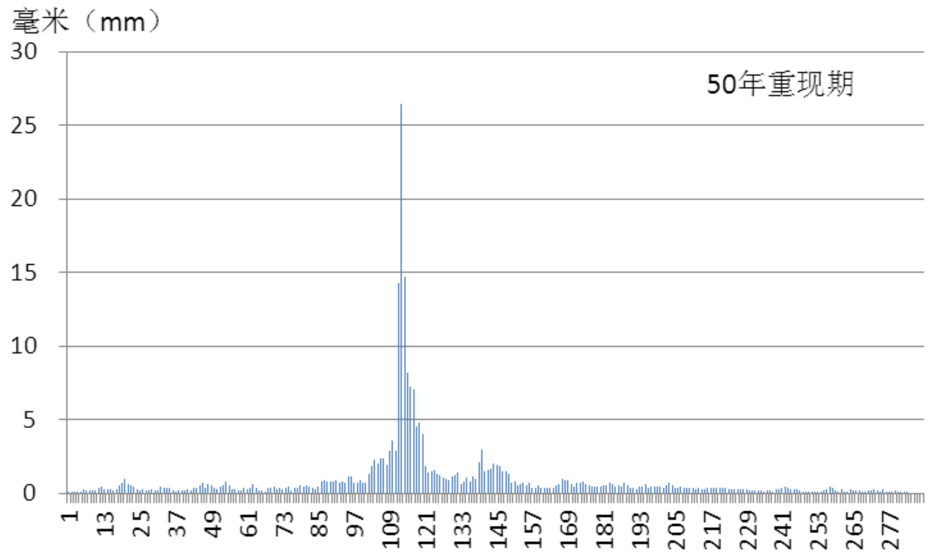
根据表 3-9 的数据，将新推求的暴雨强度公式 24 小时总降雨量，带入上述分配比例系数，即可以得到对应重现期下历时 1440 分钟时程分配。

对应重现期下历时 1440 分钟降雨时程分配雨型如下：


毫米（mm）
10年重现期
25
20
15
10
5
0
1
13
25
37
49
61
73
85
97
109
121
133
145
157
169
181
193
205
217
229
241
253
265
277


毫米（mm）
20年重现期
25
20
15
10
5
0
1
13
25
37
49
61
73
85
97
109
121
133
145
157
169
181
193
205
217
229
241
253
265
277


毫米（mm）
30年重现期
30
25
20
15
10
5
0
1
13
25
37
49
61
73
85
97
109
121
133
145
157
169
181
193
205
217
229
241
253
265
277



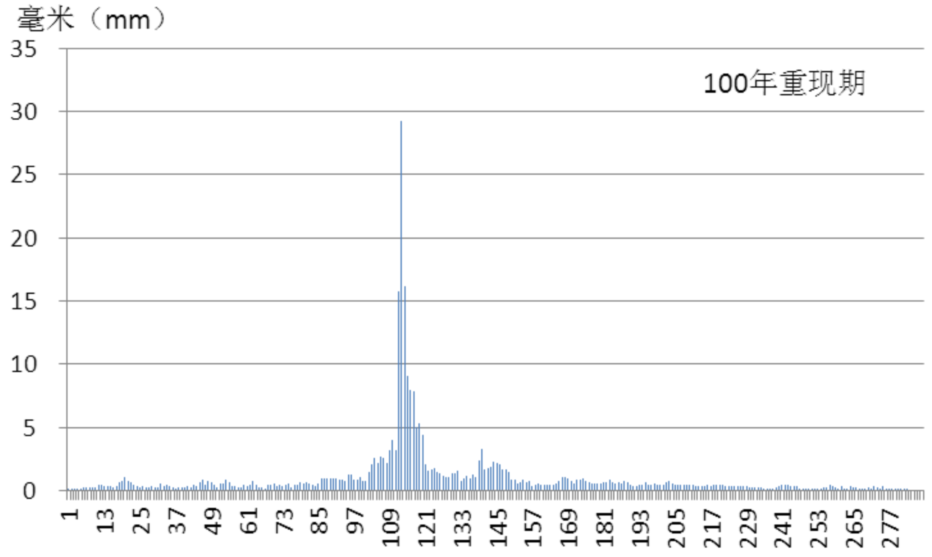


图 3-7　不同重现期下，历时 1440 分钟时程雨型分配图

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] 暴雨强度公式推球方法探讨.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

说明

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。

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III，得：

n=0.679+0.007Ln(P-7.842)

=0.698897（取0.699）

b=9.144+0.273Ln(P-7.842)

=9.919993（取9.920）

A=14.006+4.671Ln(P-2.870)

=28.47178（取28.472）

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（升/秒/公顷）

5.公式误差

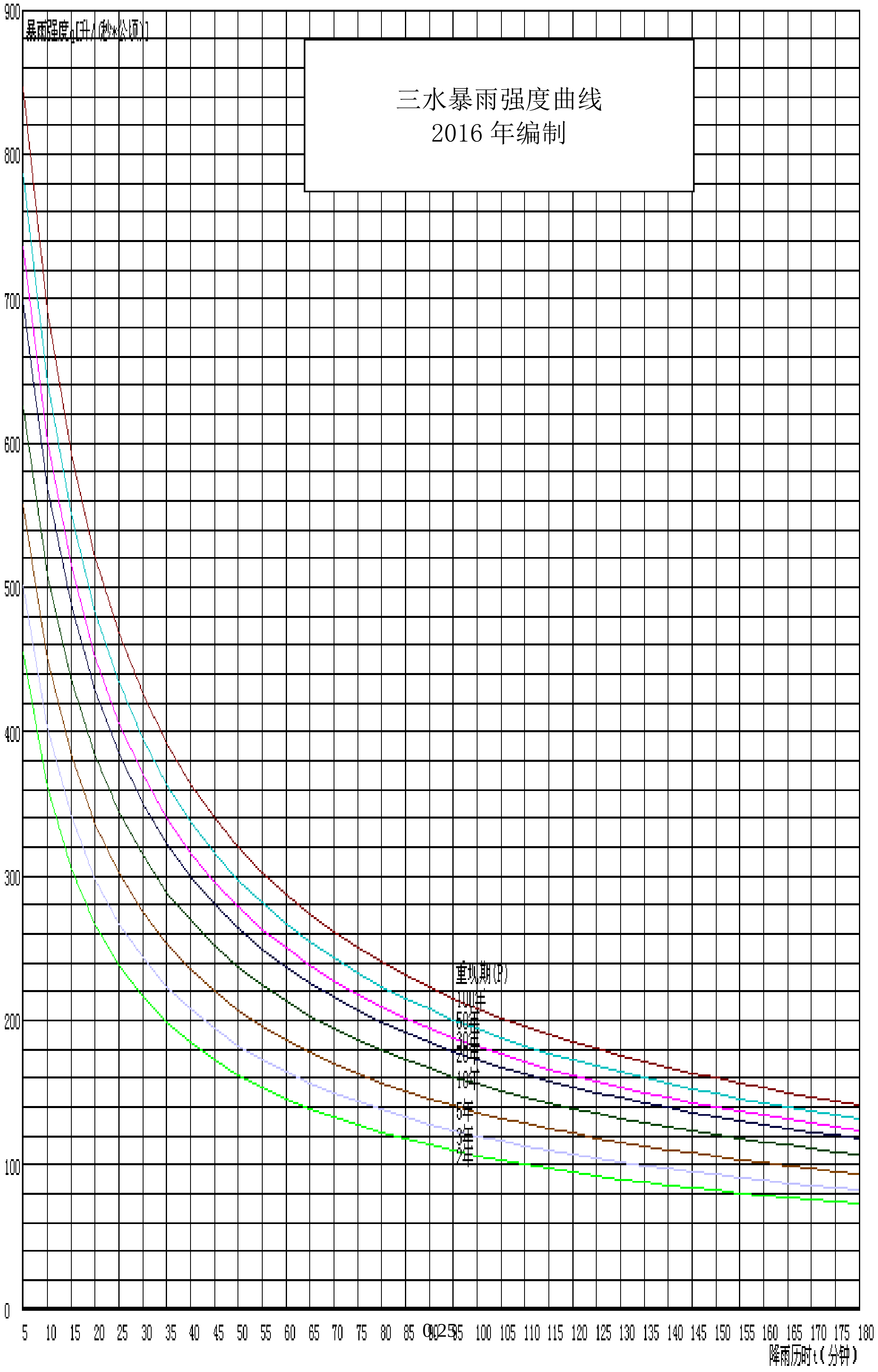
重现期 2～20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为：0.047（mm/min），平均相对均方差为：3.72%。精度符合《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2014年版）提出的要求。

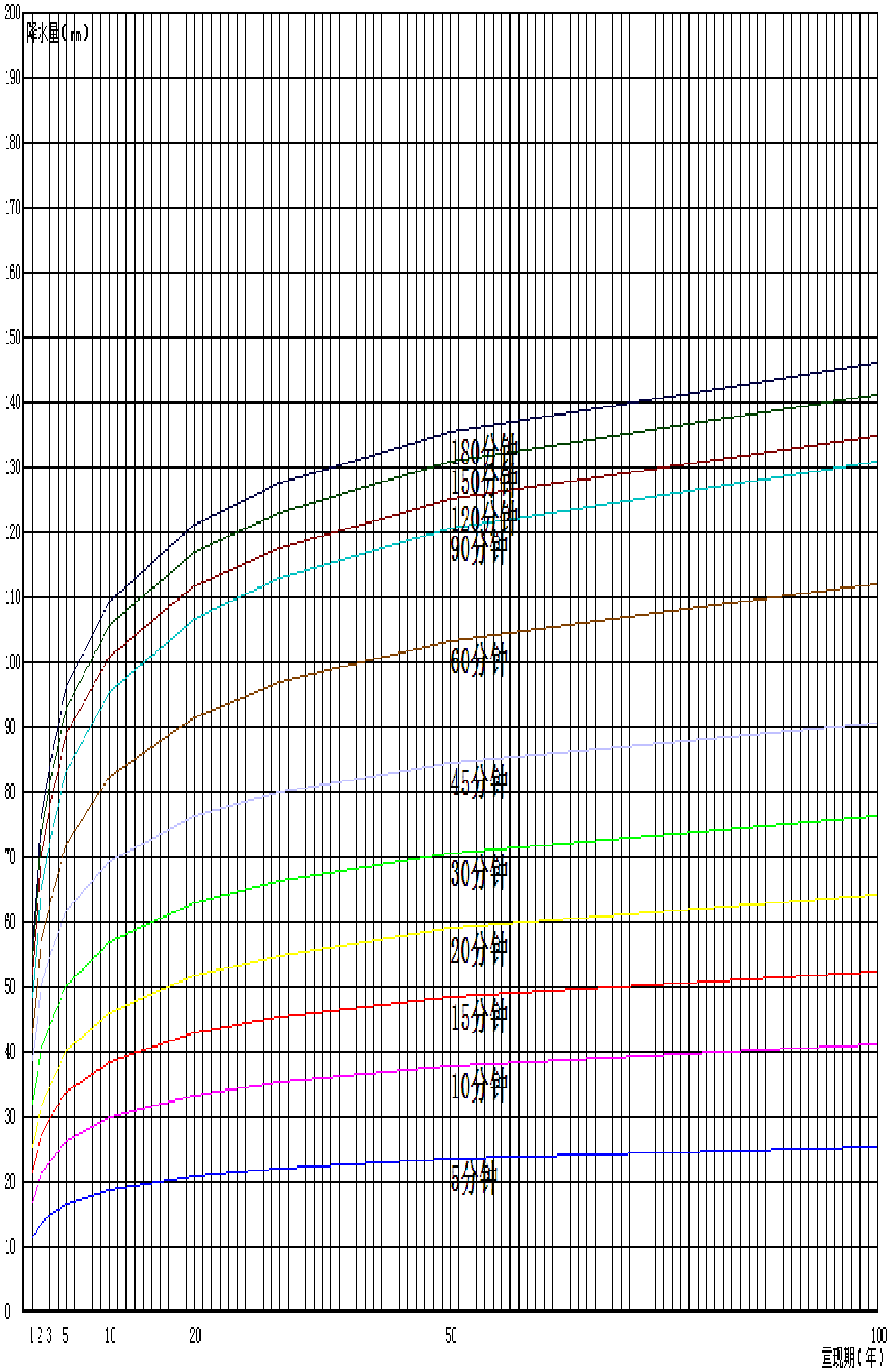
表一　　单一重现期暴雨强度公式

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+0.005Ln(T - 0.099)
		b	7.217+0.962Ln(T - 0.836)
		A	11.576+5.015Ln(T - 0.116)
10—100	II	n	0.679+0.007Ln(T - 7.842)
		b	9.144+0.273Ln(T - 7.842)
		A	14.006+4.671Ln(T - 2.870)


三水暴雨强度曲线
2016年编制
暴雨强度q[升/(秒*公顷)]
降雨历时t(分钟)
重现期(P)
100年
50年
30年
20年
10年
5年
3年
2年



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

说明

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。

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III，得：

n=0.837 -0.002Ln(P - 6.737)

=0.83119（取0.831）

b=14.826 -0.476Ln(P - 7.842)

=13.47299（取13.473）

A=37.808+4.984Ln(P - 0.107)

=53.8295（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（升/秒/公顷）

5.公式误差

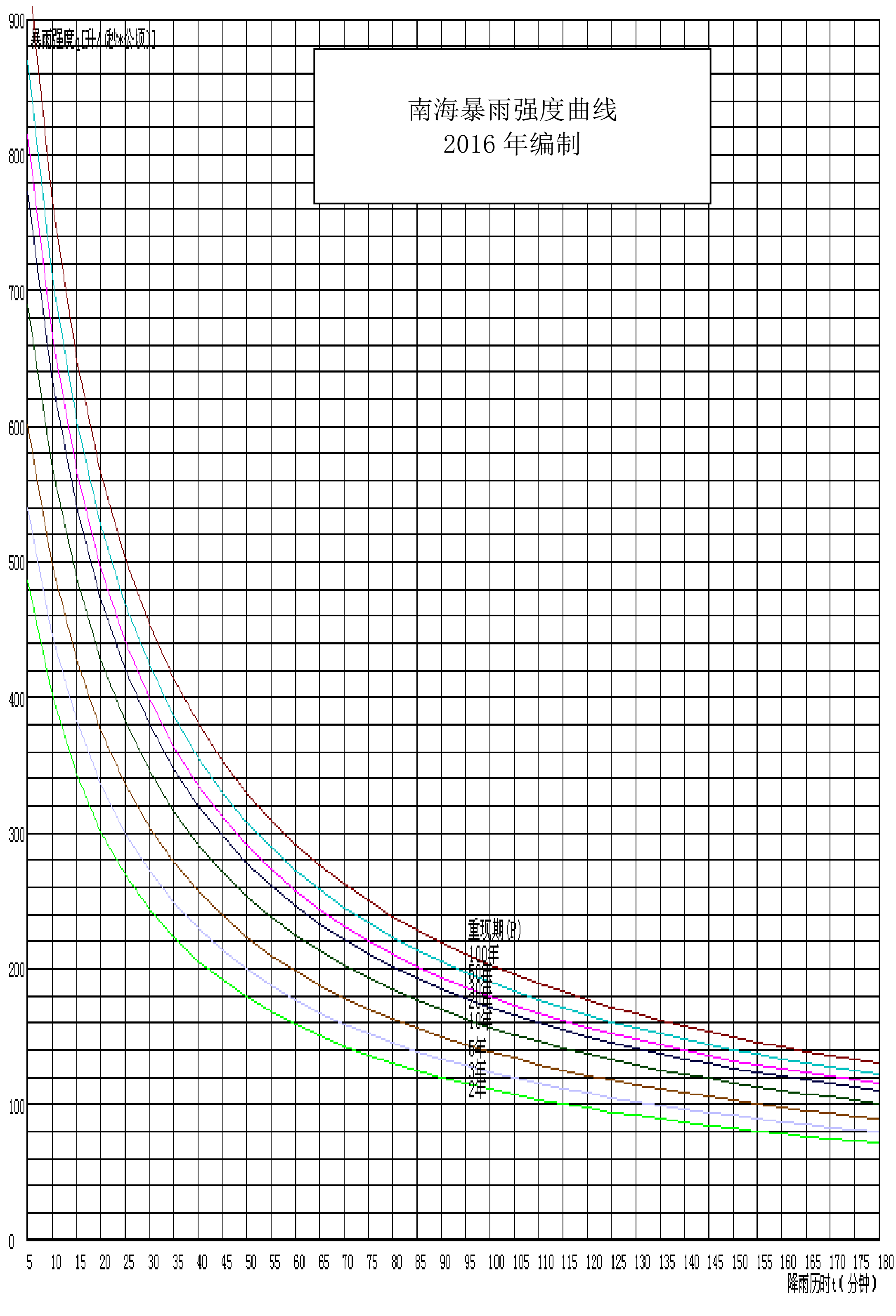
重现期 2～20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为：0.041（mm/min），平均相对均方差为：2.16%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006，2014年版）提出的要求。

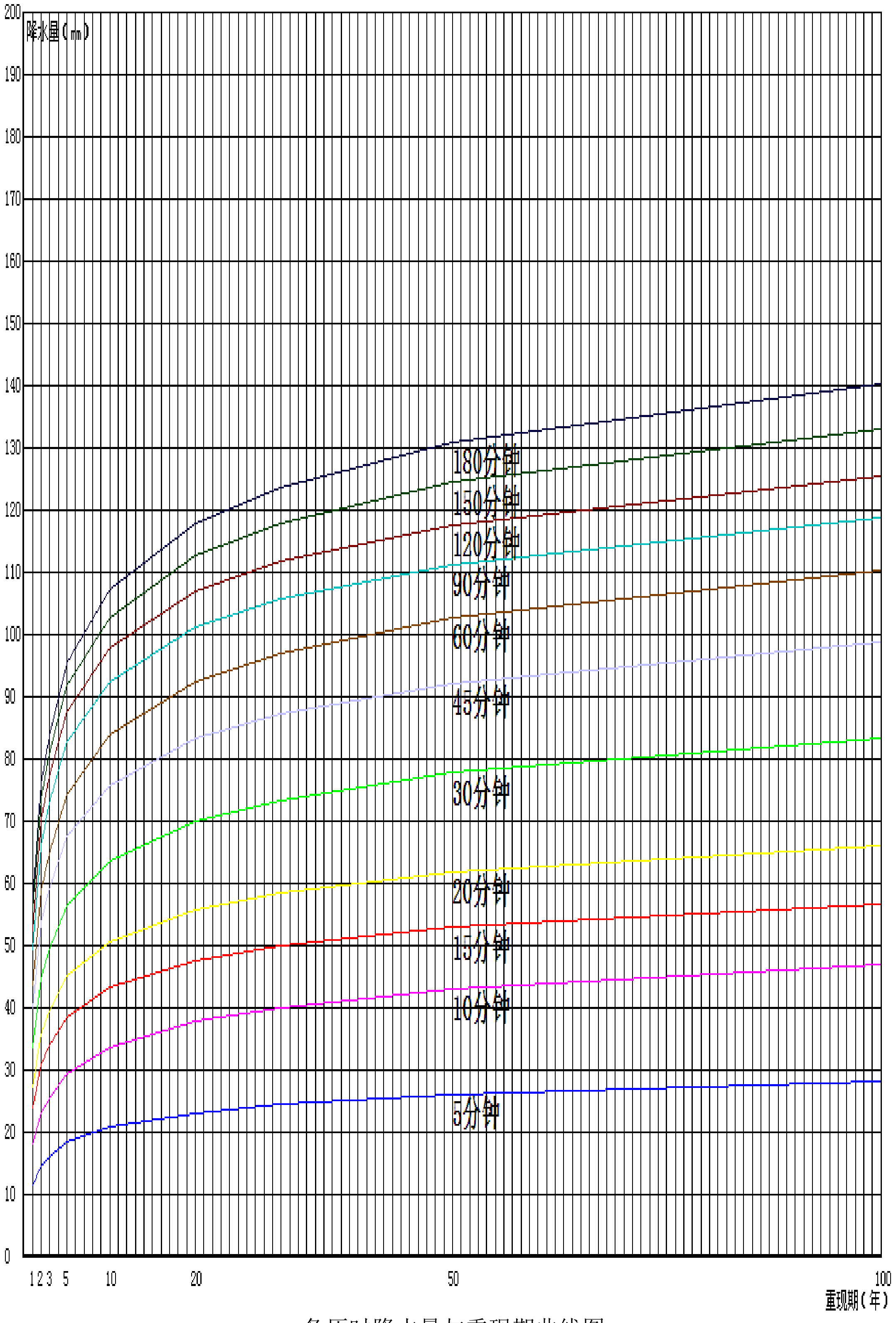
表一　　单一重现期暴雨强度公式

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+0.005Ln(T － 0.836)
		b	14.199+0.476Ln(T － 0.836)
		A	29.278+9.383Ln(T － 0.378)
10—100	II	n	0.837 −0.002Ln(T － 6.737)
		b	14.826 −0.476Ln(T － 7.842)
		A	37.808+4.984Ln(T － 0.107)


南海暴雨强度曲线
2016年编制
暴雨强度q[升/(秒×公顷)]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
重现期(P)
100年
50年
30年
20年
10年
5年
3年
2年
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180
降雨历时t(分钟)



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　　明

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。

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III，得：

n=0.748 -0.048Ln(T - 2.870)

=0.599347（取0.599）

b=11.375 -1.723Ln(T - 5.080)

=6.220259（取6.22）

A=23.009 -1.924Ln(T - 5.632)

=17.306991（取17.307）

配得P=25年的暴雨强度计算公式如下：

$$q = \frac{167\times17.307}{(t+6.22)^{0.599}}$$

可按上式计算1～200分钟中任何时段的暴雨强度。

当 t=50：

$$q = \frac{167\times17.307}{(50+6.22)^{0.599}}$$ =258.675（升/秒/公顷）

5.公式误差

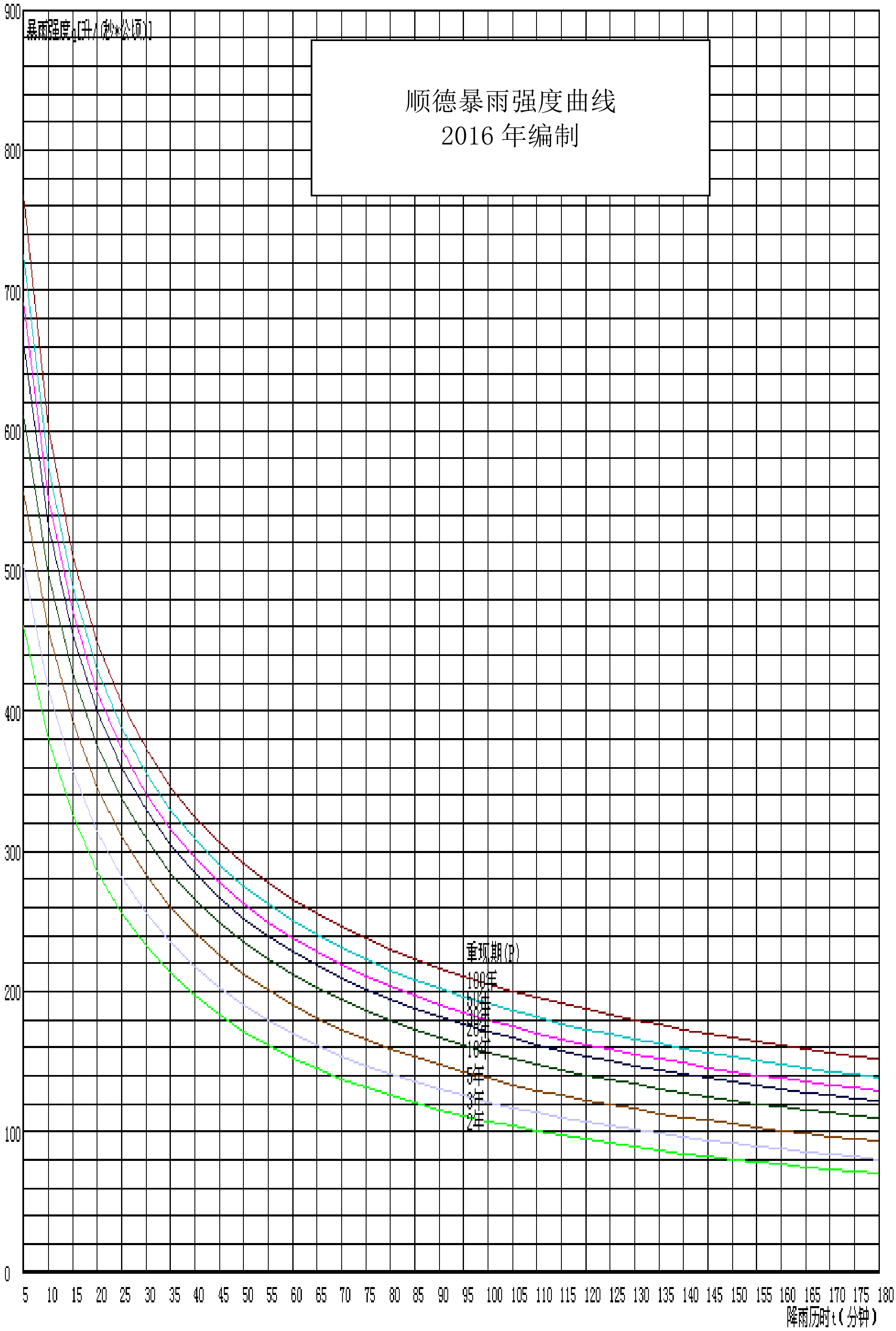
重现期 2～20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为：0.026（mm/min)，平均相对均方差为：1.67%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006，2014年版）提出的要求。

表一　　单一重现期暴雨强度公式

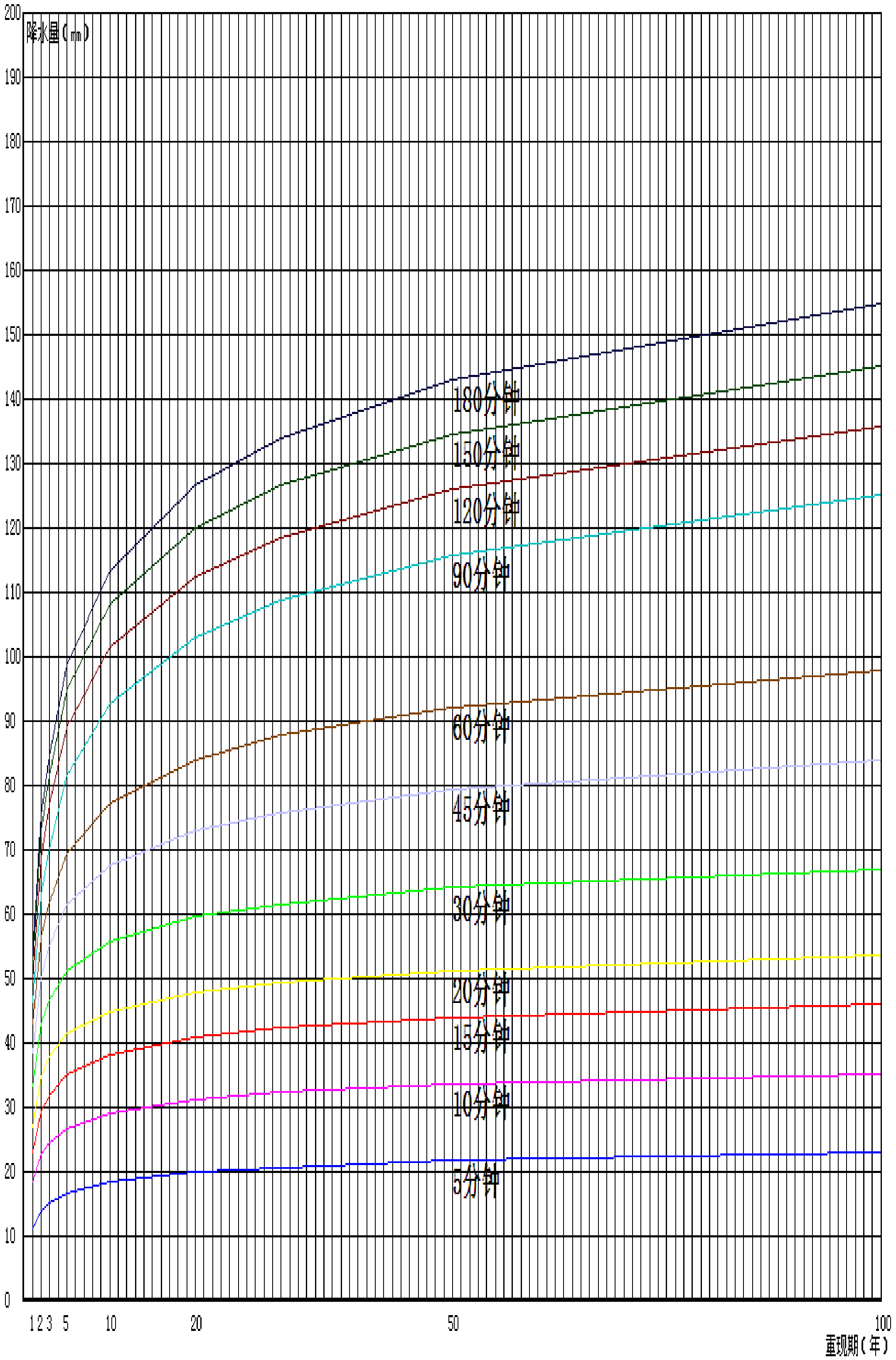
重现期 P（年）	公　　式
P＝2	$4819.62 / (t + 13.621)^{0.803}$
P＝3	$4526.535 / (t + 12.553)^{0.766}$
P＝5	$4185.02 / (t + 11.276)^{0.724}$
P＝10	$3368.724 / (t + 8.630)^{0.654}$
P＝20	$2986.294 / (t + 6.718)^{0.612}$
P＝30	$2816.455 / (t + 5.834)^{0.590}$
P＝40	$2706.068 / (t + 5.253)^{0.575}$
P＝50	$2623.904 / (t + 4.819)^{0.563}$
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 −0.070Ln(P − 0.574)
		b	14.823 −2.296Ln(P − 0.312)
		A	30.424 −3.537Ln(P − 0.444)
10—100	II	n	0.748 −0.048Ln(P − 2.870)
		b	11.375 −1.723Ln(P − 5.080)
		A	23.009 −1.924Ln(P − 5.632)



顺德暴雨强度曲线
2016年编制
暴雨强度q[升/(秒*公顷)]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
重现期(P)
100年
5年
3年
2年
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180
降雨历时t(分钟)



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

说明

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。

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 III，得：

n=0.679+0.007Ln(P-7.842)

=0.698897(取 0.699)

b=9.144+0.273Ln(P-7.842)

=9.919993(取 9.920)

A=14.006+4.671Ln(P-2.870)

=28.47178(取 28.472)

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(升/秒/公顷)

5.公式误差

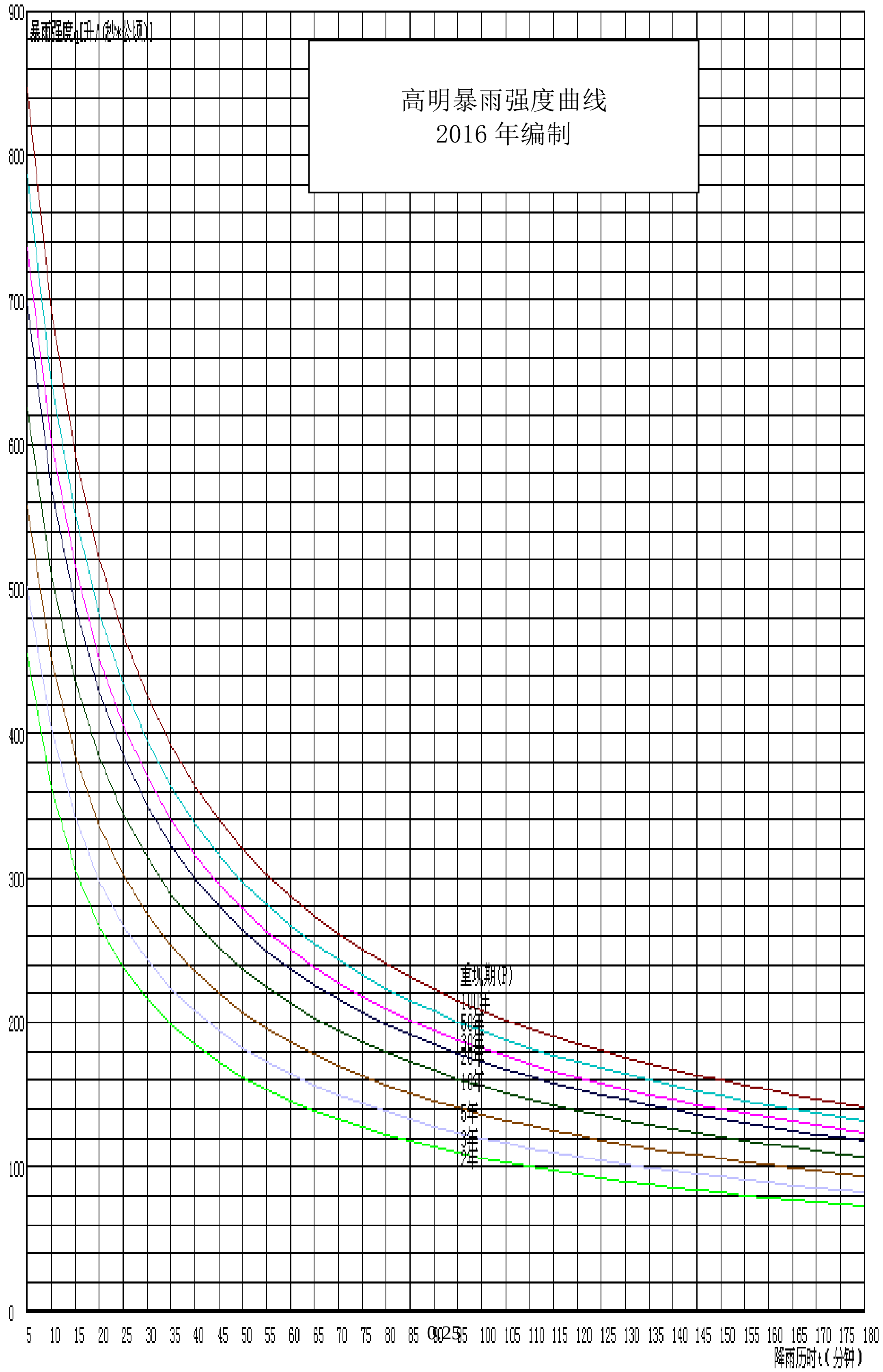
重现期 2～20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为：0.047(mm/min)，平均相对均方差为：3.72%。精度符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006，2014 年版)提出的要求。

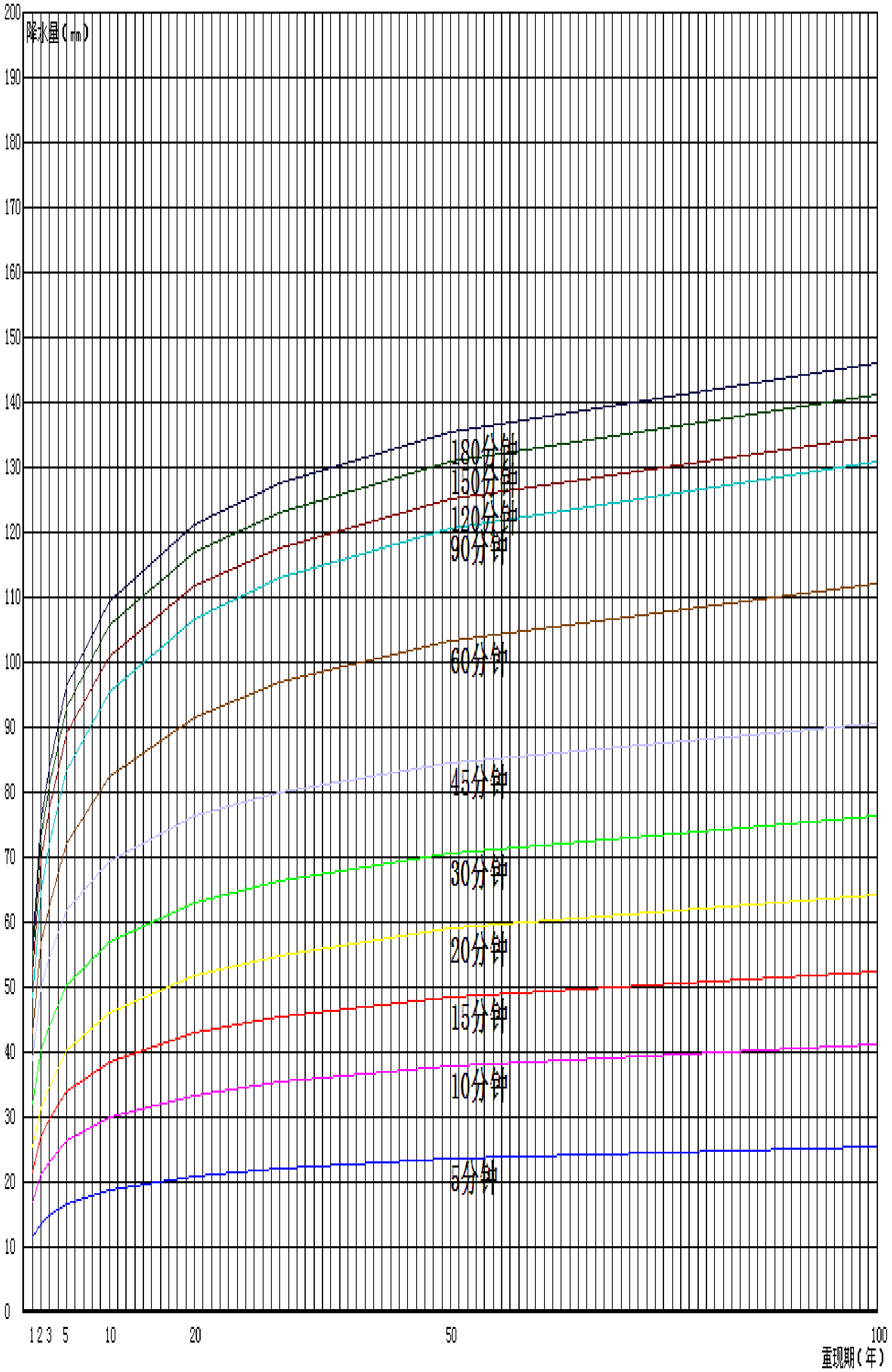
表一　　单一重现期暴雨强度公式

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+0.005Ln(T － 0.099)
		b	7.217+0.962Ln(T － 0.836)
		A	11.576+5.015Ln(T － 0.116)
10—100	II	n	0.679+0.007Ln(T － 7.842)
		b	9.144+0.273Ln(T － 7.842)
		A	14.006+4.671Ln(T － 2.870)


高明暴雨强度曲线
2016年编制
暴雨强度q[升/(秒*公顷)]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
重现期(P)
100年
50年
30年
20年
10年
5年
3年
2年
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180
降雨历时t(分钟)



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　明

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。

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 III，得：

n=0.837 -0.002Ln(P - 6.737)

=0.83119（取 0.831）

b=14.826 -0.476Ln(P - 7.842)

=13.47299（取 13.473）

A=37.808+4.984Ln(P - 0.107)

=53.8295（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（升/秒/公顷）

5.公式误差

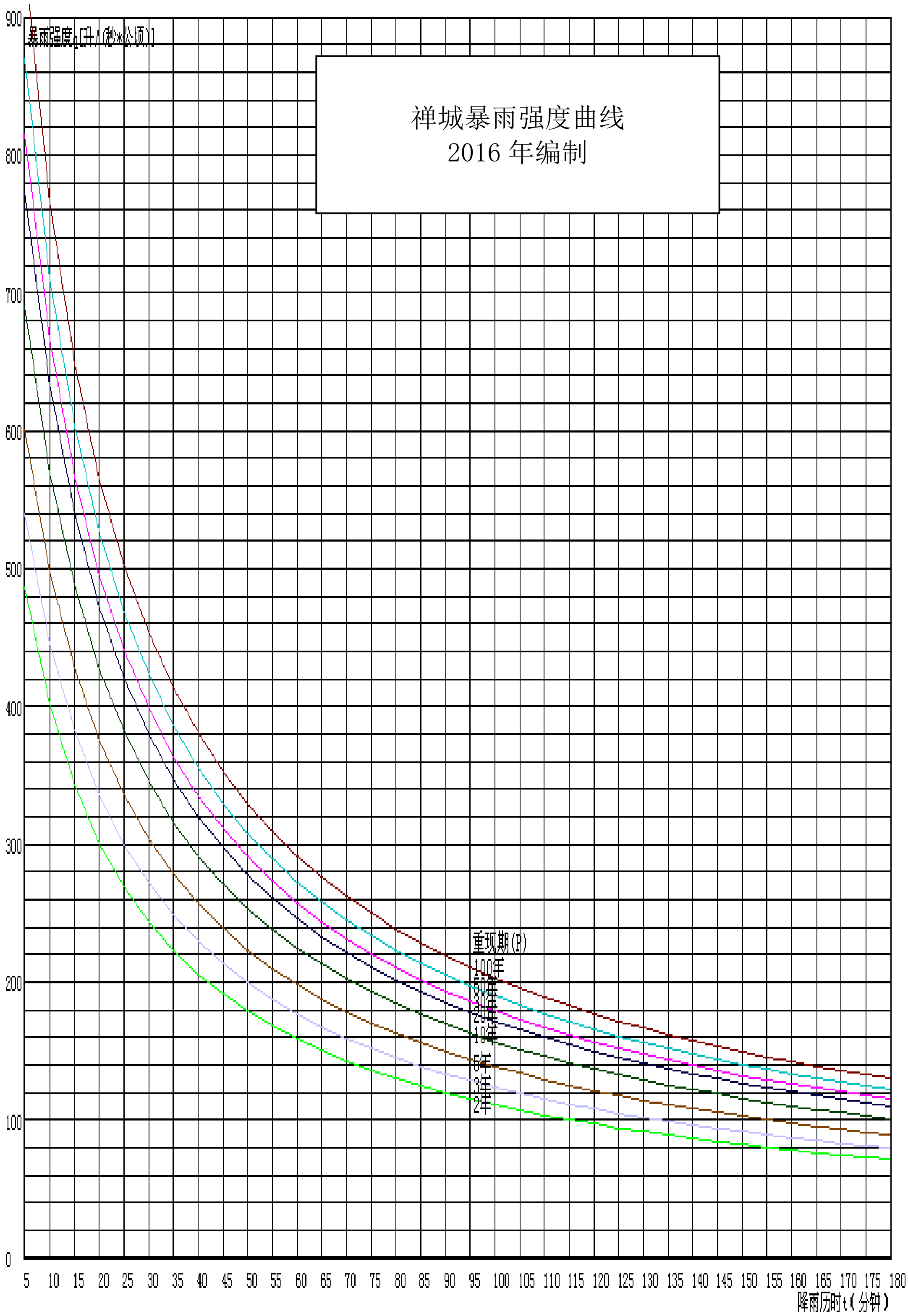
重现期 2～20 年的暴雨强度公式算得的平均绝对均方差为：0.041（mm/min），平均相对均方差为：2.16%。精度符合《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2014 年版）提出的要求。

表一　　单一重现期暴雨强度公式

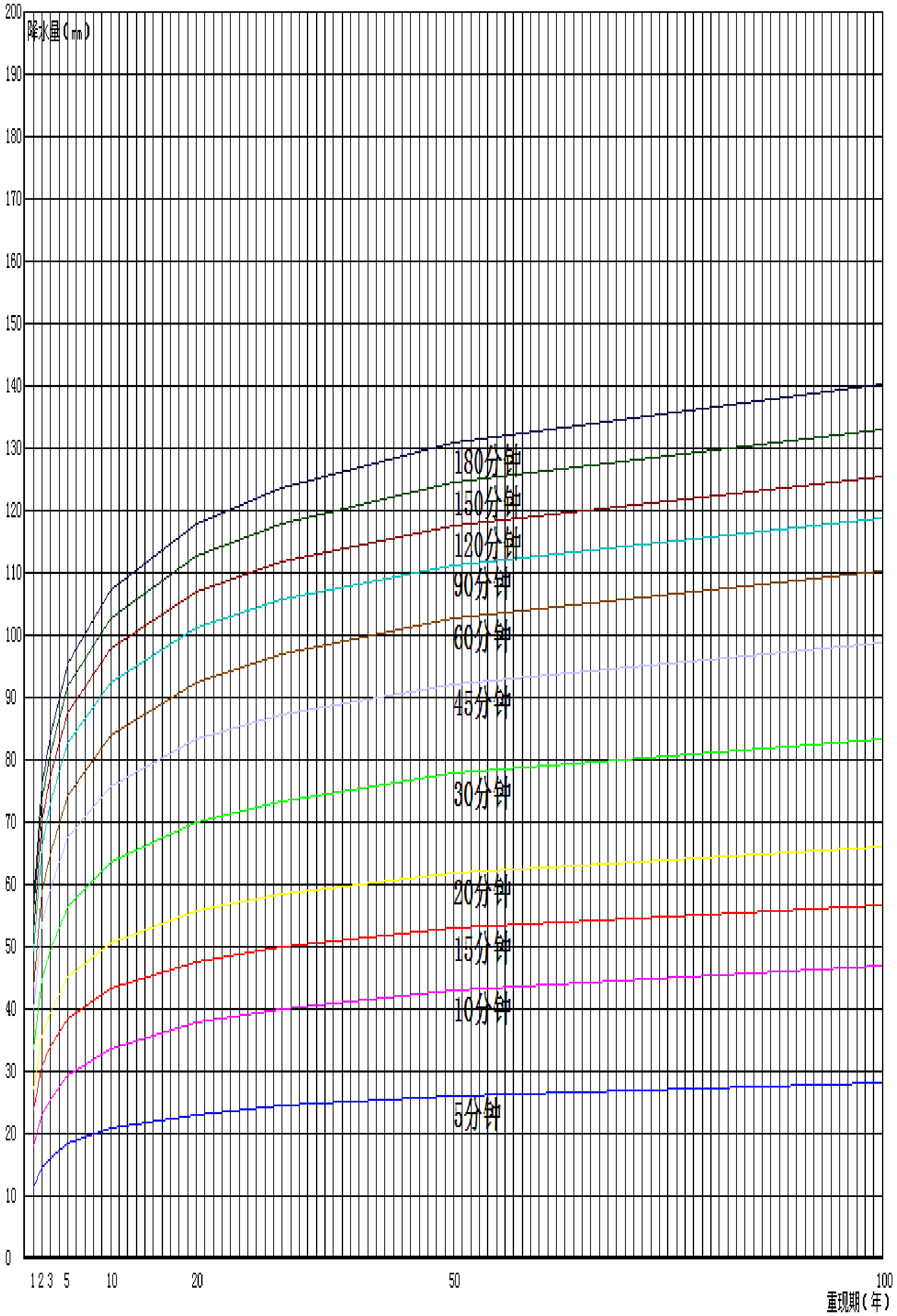
重现期 P（年）	公　　式
P＝2	$5647.272 / (t + 14.271)^{0.829}$
P＝3	$6399.941 / (t + 14.566)^{0.832}$
P＝5	$7288.214 / (t +14.878)^{0.835}$
P＝10	$8221.41 / (t + 14.460)^{0.835}$
P＝20	$8802.904 / (t +13.637)^{0.832}$
P＝30	$9141.914 / (t + 13.351)^{0.831}$
P＝40	$9382.06 / (t + 13.174)^{0.830}$
P＝50	$9568.265 / (t + 13.045)^{0.829}$
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+0.005Ln(T － 0.836)
		b	14.199+0.476Ln(T － 0.836)
		A	29.278+9.383Ln(T － 0.378)
10—100	II	n	0.837 −0.002Ln(T － 6.737)
		b	14.826 −0.476Ln(T － 7.842)
		A	37.808+4.984Ln(T － 0.107)



禅城暴雨强度曲线
2016年编制
暴雨强度q[升/(秒*公顷)]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180
降雨历时t(分钟)
重现期(P)
100年
10年
5年
3年
2年



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