

附件 2

# 城市暴雨强度公式编制和设计暴雨 雨型确定技术导则

**Technical Guidelines for Establishment of  
Intensity-Duration-Frequency Curve and Design Rainstorm Profile**

住房和城乡建设部

中国气象局

2014 年 4 月

## 前 言

建立完善的城市排水防涝系统，是提高城市防灾减灾能力、保障人民群众的生命财产安全的基本要求，是促进城镇化健康发展、建设生态文明社会的重要内容。基于历史降雨记录资料，采用数理分析方法，科学表达城市暴雨特征，是一项关键的基础性工作。为规范该项工作的开展，特制订《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》（以下简称导则）。

本导则规定了城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定的基本要求、技术流程、原始资料和统计样本、频率计算和分布曲线、暴雨强度公式参数求解、暴雨雨型确定和适应性分析等方面的技术要求。

各地可参照本导则开展城市暴雨强度公式的编制、修订以及设计暴雨雨型确定工作。城市暴雨强度公式编制工作除符合本导则外，还应符合现行国家相关标准和规范。

组织编制部门：中华人民共和国住房和城乡建设部、中国气象局

主编单位：中国气象局公共气象服务中心

上海市城市建设设计研究总院

参编单位：广东省气候中心

江苏省住房和城乡建设厅

北京市气候中心

中国城市规划设计研究院

住房和城乡建设部城镇水务管理办公室

北京世纪千府国际工程设计有限公司江苏分公司编制组组长：宋丽莉

编制组副组长：张善发 何伶俐

编制组成员：（按姓氏笔划为序，排名不分先后）

马京津、牛璋彬、王家卓、刘海波、吕永平、何 健、李兰娟、李 帅、  
杨振斌、芮孝芳、陈天放、陈 玮、陈清锦、房小怡、洪光雨、郝庆庆、  
徐连军、徐慧纬、贾仁勇、高 原、黄克江、植石群、蒋成煜、蒋承霖、  
蒋 明、蒋品平、谢映霞

# 目录

1 总则 .....	1
1.1 适应范围.....	1
1.2 编制依据.....	1
1.3 基本要求.....	1
1.4 内容和方法.....	2
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.3 量纲单位.....	3
3 降雨资料 and 统计样本.....	3
3.1 站点选择.....	3
3.2 原始资料.....	4
3.3 统计样本选取.....	4
4 频率计算和分布曲线.....	5
4.1 频率和重现期计算.....	5
4.2 频率分布曲线拟合.....	5
5 暴雨强度公式.....	6
5.1 暴雨强度公式拟合.....	6
5.2 暴雨强度公式拟合精度检验.....	7
6 短历时暴雨雨型确定.....	7
7 图表绘制.....	8
8 适用性分析.....	10
8.1 时间分布特征分析.....	10
8.2 空间分布特征分析.....	10
8.3 社会影响分析.....	10
9 编制成果.....	11
9.1 编制成果.....	11
9.2 问题与建议.....	11
附录 .....	12
附录 A 暴雨强度公式编制技术流程.....	12
附录 B 自记纸降雨记录资料处理.....	12
附录 C 理论频率曲线类型.....	14
1 皮尔逊III型曲线.....	14
2 耿贝尔 (Gumbel) 分布曲线.....	15
附录 D 短历时暴雨雨型.....	16
附录 E 常用图表格式样张.....	18
附录 F 有效数字.....	23
编制说明.....	24
1 总则 .....	24
2 术语和符号.....	25
3 降雨资料 and 统计样本.....	25
4 频率计算和分布曲线.....	28
5 暴雨强度公式.....	29

6 短历时暴雨雨型.....	30
7 图表绘制.....	30
8 适用性分析.....	31
9 编制成果.....	31

# 1 总则

## 1.1 适应范围

本导则规定了暴雨强度公式编制和暴雨雨型确定的基本要求、技术流程、降雨资料 and 统计样本、频率分布曲线、暴雨强度公式参数求解、短历时设计暴雨雨型确定、图表绘制、适应性分析和成果表达格式等方面的技术要求。

本导则适用于各地编制城市暴雨强度公式和确定设计暴雨雨型。

## 1.2 编制依据

本导则引用了下列法规、条例、规范中的有关条款。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本导则。

《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2013年版）

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T 8170-2008）

《地面气象观测规范》第8部分：降水观测（QX/T 52-2007）

《地面气候资料30年整编常规项目及其统计方法》（QX/T 22-2004）

《地面气象观测资料质量控制》（QX/T 118-2010）

《水利水电工程设计洪水计算规范》（SL44-93）

《城市排水工程规划规范》（GB 50318-2000）

《建筑给水排水设计规范》（GB 50015-2003）

《公路排水设计规范》（JTJ 018-97）

## 1.3 基本要求

1.3.1 为适应气候趋势性变化，保障城市安全，客观表达城市暴雨特征，提高城市室外排水工程规划设计的科学性，各地须编制和适时修订城市暴雨强度公式，确定适用的设计暴雨雨型。

1.3.2 暴雨强度公式编制或修订及暴雨雨型确定工作须遵循：资料准确可靠、推算方法科学合理、编制成果规范表达的原则。

## 1.4 内容和方法

1.4.1 暴雨强度公式编制和暴雨雨型确定工作内容包括：代表性站点选择、原始数据整理、降雨资料年限确定、统计样本建立、频率计算和分布曲线拟合、暴雨强度公式参数求解、短历时设计暴雨雨型确定、图表绘制、成果适用性分析、成果编制印刷等。

1.4.2 暴雨强度公式编制和暴雨雨型确定工作是基于历史降雨资料，采用频率分析、数值拟合等数理统计方法，确定短历时暴雨强度的数学表达式以及雨型特征分析的过程。其技术流程见附录A。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 降雨历时 rainfall duration

指连续降雨的时段，为累积雨量的时间长度，以分钟（min）计。

#### 2.1.2 降雨量 rainfall amount

某一时段内降落到水平面上的雨水累积深度，以毫米（mm）计。

#### 2.1.3 降雨强度 rainfall intensity

指某一历时内单位时间（每分钟或每小时）的降雨量。

#### 2.1.4 短历时降雨 short duration precipitation

指降雨历时小于120 分钟的降雨。

#### 2.1.5 有效暴雨资料样本 effective rainstorm sample

作为暴雨公式和暴雨雨型编制的降雨数据样本。

#### 2.1.6 暴雨重现期 rainstorm return period

某一强度的暴雨重复出现的统计平均时间间隔，以年（a）计。

#### 2.1.7 暴雨雨型 rainstorm profile

不同降雨历时内的暴雨强度随时间变化的特征，以不同降雨历时的降雨过程线型表达。

#### 2.1.8 雨峰位置系数 peak intensity position coefficient

表征暴雨强度过程的雨峰位置的参数,从降雨历时开始至降雨峰值出现的时间段长度与降雨历时的比值。

## 2.2 符号

$i$ 、 $q$ ——设计暴雨强度;  
 $P$ ——设计暴雨重现期;  
 $t$ ——降雨历时;  
 $A_1$ ——雨力参数;  
 $C$ ——雨力变动参数;  
 $b$ ——降雨历时修正参数;  
 $n$ ——暴雨衰减指数;  
 $r_i$ ——雨峰位置系数。

## 2.3 量纲单位

$i$ ——mm/min;  $q$ ——L/(s·hm<sup>2</sup>);  
 $P$ ——a;  
 $t$ ——min;  
 $A_1$ ——经验参数;  
 $C$ ——经验参数;  
 $b$ ——经验参数;  
 $n$ ——经验参数;  
 $r_i$ ——无量纲参数。

# 3 降雨资料 and 统计样本

## 3.1 站点选择

3.1.1 降雨资料的站点选择应满足区域代表性、历史数据连续性和一致性要求。

3.1.2 站点选择应保证原始数据的随机性和独立性,不可采用数个站点的数据混合样本。

3.1.3 选择站点在资料年限内发生迁址、雨量记录仪更换时，需对降雨资料的代表性和一致性进行论证和说明。

3.1.4 编制一个城市的暴雨强度公式，至少应选择一个代表性站点，城市地形地貌及降雨特征差异较大，并具备基础资料条件的城市，宜选择多个代表性站点编制当地不同区域的暴雨强度公式，以分别代表城市的不同区域特征。

3.1.5 短历时暴雨雨型资料站点宜与暴雨强度公式站点一致。

3.1.6 选择当地国家气象站或区域气象站作为代表性站点。若研究区域内无国家气象站和区域气象站或已设站点不满足上述要求时，可考虑选择其他行业降雨观测站作为代表性站点或辅助站点，但应依据上述要求，对资料的可用性进行论证。

3.1.7 站点选择须满足资料年限长度要求，根据《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2013版）的要求，暴雨强度公式编制采用的年最大值法基础资料年限至少需要30年以上；短历时暴雨雨型资料年限宜为30年以上。宜通过降雨时间变化特征分析，合理选择资料年限，但需包括最近年份的降雨资料。

## **3.2 原始资料**

3.2.1 原始降雨资料宜采用逐分钟自动记录的基础数据，主要包括以自记纸形式记录的逐分钟降雨资料 and 现代自动气象站自动记录的逐分钟降雨资料。

3.2.2 应按照气象数据审核规范，对原始资料进行数据质量检查、审核。

3.2.3 应收集给出基础资料涉及的各个观测站的降雨观测沿革。

3.2.4 历史自记纸降雨记录资料处理，可按照附录B规定进行。

## **3.3 统计样本选取**

3.3.1 按照《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2013版）的要求，暴雨公式编制的降雨历时应采用 5min、10 min、15 min、20 min、30 min、45 min、60 min、90 min、120 min、150 min、180 min共11个历时。

3.3.2 短历时暴雨雨型确定的降雨历时采用30 min、60 min、90 min、120 min、150 min、180 min共6个历时。

3.3.3 统计样本选取，应采用逐分钟滑动统计法，选取各降雨历时雨量逐年最大值的降雨场次，记录选定降雨场次过程开始时间及逐分钟降雨量，作为各降雨历

时的有效降雨资料样本。同一场次降雨过程中，同一种历时降雨不可以交叉，不受日、月界的限制（但不跨年）。

3.3.4 选取降雨资料样本中各降雨历时雨量的逐年最大值，作为暴雨强度公式编制的有效暴雨资料样本。

3.3.5 选取降雨资料样本中各降雨历时雨量的逐年最大值的降雨场次，记录选定降雨场次过程开始时间及逐分钟降雨量，作为芝加哥法雨型统计的有效暴雨资料样本。

## 4 频率计算和分布曲线

### 4.1 频率和重现期计算

4.1.1 样本按照降序排列，样本经验频率按以下公式计算：

$$p = m/(n + 1)$$

其中， $p$ 为经验频率， $m$ 为排序数， $n$ 为样本容量，即样本总数。

4.1.2 重现期与经验频率按照以下公式换算：

$$P = 1/p$$

其中， $P$ 为重现期， $p$ 为经验频率（%）。

4.1.3 年最大值法计算降雨重现期宜按2年、3年、5年、10年、20年、30年、50年、100年等8个重现期计算。精度检验重点为重现期2-20年区间。

### 4.2 频率分布曲线拟合

4.2.1 频率分布曲线拟合应基于选取的统计样本，采用经验频率曲线或理论频率曲线进行趋势性拟合调整，一般选择理论频率曲线，如：皮尔逊-III型、耿贝尔型函数曲线等，详见附录C。各地宜根据本地降雨特点，选取部分代表站点进行多种频率分布函数的拟合试验，从中选取拟合效果较好的理论频率曲线函数类型。

4.2.2 采用理论频率曲线拟合频率分布曲线时，应结合当地统计分析降雨频率的经验，宜在控制拟合精度的同时，注意频率曲线的总体协调。

4.2.3 根据编制暴雨强度公式重现期的范围要求（2-100年区间），需对拟合确定

的频率分布曲线进行适线外延。

4.2.4 根据确定的频率分布曲线，得出重现期( $P$ )、降雨强度( $i$ )和降雨历时( $t$ )三者关系值，即P-i-t关系表。

## 5 暴雨强度公式

### 5.1 暴雨强度公式拟合

5.1.1 暴雨强度公式的表达形式为：

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

式中 $A_1$ 、 $b$ 、 $n$ 为待求的参数， $q$ 为暴雨强度， $t$ 为降雨历时。

对式(1)两端求对数，得到：

$$\ln q = \ln 167A_1 + \ln(1+C \lg P) - n \ln(t+b)$$

设  $y = \ln q - \ln(1+C \lg P)$ ， $b_0 = \ln 167A_1$ ， $b_1 = -n$ ， $x = \ln(t+b)$ ，则上式可写为：

$$y = b_0 + b_1 x \quad (2)$$

采用最小二乘法求出式(2)中的 $b_0$ 、 $b_1$ 。

由于式(1)中的 $b$ 也是未知数，在此推荐采用“数值逼近法”来处理：先给定一个 $b$ 值，采用最小二乘法进行计算，得出相应的 $A_1$ 、 $n$ 以及 $q'$ (拟合值)，

同时求出公式的平均绝对均方差 $\bar{\sigma}$ ：

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{m_0} \sum_{j=1}^{m_0} \left( \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (q_{ij} - q'_{ij})^2} \right) \quad (3)$$

式(3)中 $m$ 为11个历时， $m_0$ 为8个重现期。

不断调整 $b$ 值，直至使其 $\bar{\sigma}$ 值达到最小。选取使 $\bar{\sigma}$ 最小的一组参数 $A_1$ 、 $b$ 、 $n$ ，即为最佳拟合参数。

5.1.2 暴雨公式可以采用符合数理统计理论基础的数学优化方法求解参数，包括求解非线性方程的方法或最优化方法率定暴雨强度公式参数。常用求解非线性

方程的方法有：牛顿迭代法、高斯-牛顿法、麦夸尔特法、优选回归分析法等。  
常用最优化方法有：加速遗传算法、蚁群算法等。

5.1.3 各地在编制重现期2-100年范围的暴雨强度公式时,应重点保证重现期2-20年区间的拟合精度。

## 5.2 暴雨强度公式拟合精度检验

为确保计算结果的准确性,在合理取舍有效参数的同时,需对暴雨强度计算结果进行精度检验,按《室外排水设计规范》(GB50014—2006(2013年版))的要求,需计算抽样误差和暴雨公式均方差。宜按绝对均方差计算,也可以辅以相对均方差计算。计算重现期在2年~20年时,在一般降雨强度的地方,平均绝对均方差不宜大于0.05mm/min;在较大降雨强度的地方,平均相对均方差不宜大于5%。

误差统计表达式:

$$\text{平均绝对均方根误差: } X_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \quad (4)$$

$$\text{平均相对均方根误差: } U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times 100\% \quad (5)$$

式(4)、(5)中, $R'$ 为理论降雨量, $R$ 为P-i-t曲线确定的降雨量, $t$ 为降雨历时, $n$ 为样本数。

## 6 短历时暴雨雨型确定

6.1.1 可根据本地条件和需要,研究确定设计暴雨统计模型。暂推荐采用芝加哥法确定短历时暴雨雨型。

6.1.2 芝加哥法雨型分析确定的技术流程详见附录D。

6.1.3 将各降雨历时的逐年最大降雨过程样本,以5min为间隔进行分段,统计降雨过程的雨峰位置系数。

$$r_i = \frac{t_i}{T_i} \quad (6)$$

式(6)中, $r_i$ 为雨峰位置系数, $t_i$ 为降雨峰值时刻, $T_i$ 为降雨历时。

6.1.4 先将历时相同的逐年最大降雨样本的雨峰位置系数进行算术平均,再将各历时的雨峰位置系数按照各历时的长度进行加权平均,求出综合雨峰位置系数 $r$ 。

6.1.5 根据综合雨峰位置系数 $r$ ,设计暴雨重现期( $P$ )、设计降雨历时( $t$ ),代入根据暴雨强度公式导出的芝加哥法雨型公式,计算出雨峰前后瞬时降雨强度及各个时段内的平均降雨强度,最终确定出对应一定重现期及降雨历时的芝加哥法雨型,详见附录D。

## 7 图表绘制

7.1.1 常用查算图表包括:暴雨强度查算表、暴雨强度曲线图、降雨量曲线图、短历时暴雨过程降雨强度查算表、短历时暴雨雨型图。

7.1.2 可根据暴雨强度公式或单一重现期暴雨强度公式和重现期区间参数公式,计算编制暴雨强度常用查算图表、绘制暴雨强度曲线、降雨曲线图。曲线图格式可参照附录E常用图表格式。

7.1.3 短历时暴雨过程降雨强度查算表、短历时暴雨雨型图以暴雨强度公式为基础进行计算编制,雨型图格式可参照:附录E常用图表格式。

7.1.4 单一重现期暴雨强度公式拟合

暴雨强度公式的表达形式为:

$$q = \frac{167A_1(1+C\lg P)}{(t+b)^n} \quad (7)$$

令 $A=167A_1(1+C\lg P)$ ,则得到一个简化的表达式(8),即为单一重现期公式:

$$q = \frac{A}{(t+b)^n} \quad (8)$$

式(8)中 $A$ 为雨力参数,即不同重现期下1min的设计降雨量(mm)。

对式(8)两边取对数,并令: $y = \ln q$ ,  $b_0 = \ln A$ ,  $b_1 = -n$ ,  $x = \ln(t+b)$ ,

则公式(8)可简化为一个一元线性方程形式:

$$y = b_0 + b_1x \quad (9)$$

采用最小二乘法,可求出式(9)中的 $b_0$ 和 $b_1$ ,则可求出 $A$ 、 $n$ 。

由于式(8)中的 $b$ 也是未知数,在此,推荐采用“数值逼近法”来处理:先

给定一个b值，采用最小二乘法进行计算，得出相应的 A 、 n 值，同时求出其均方根误差σ，不断调整 b 值，直至使其σ 值达到最小时，从而得到最为合理的A 、 b 、 n 值。同理，以此方法，可将11个降雨历时的单一重现期暴雨强度公式逐个推算出来。

7.1.5 若根据实际需求，要计算两个单一重现期之间的暴雨强度，可引入重现期区间参数公式： $y = b_1 + b_2 \ln(P + C)$ 。式中y为A 、 b 、 n 参数中的任一个，P为重现期，C为常数。

各地可根据实际情况，在满足工程设计计算精度的前提下，可将2~100年重现期划分为若干区间。如：2~10年和10~100年。

将A、 b 、 n代入区间参数公式，得到：

$$A = A_1 + A_2 \ln(P + C_A) \quad (10)$$

$$b = b_1 + b_2 \ln(P + C_b) \quad (11)$$

$$n = n_1 + n_2 \ln(P + C_n) \quad (12)$$

三式中，A、 b、 n和P是已知数，A<sub>1</sub>、 A<sub>2</sub>、 C<sub>A</sub>、 b<sub>1</sub>、 b<sub>2</sub>、 C<sub>b</sub>及n<sub>1</sub>、 n<sub>2</sub>、 C<sub>n</sub>都是未知数。根据求得的单一重现期P下的A、 b、 n值，利用二分搜索法和最小二乘法，可解得未知数A<sub>1</sub>、 A<sub>2</sub>、 C<sub>A</sub>、 b<sub>1</sub>、 b<sub>2</sub>、 C<sub>b</sub>及n<sub>1</sub>、 n<sub>2</sub>、 C<sub>n</sub>，从而得到2~10年和10~100年二个区间的A、 b、 n值，即可得到任意区间单一重现期暴雨强度综合公式。

7.1.6 为确保计算结果的准确性，在合理取舍有效数字的同时，需对单一重现期暴雨强度计算结果进行精度检验，其绝对均方差应小于0.05mm/min。

$$\text{绝对均方差: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (i_g - i_j)^2} \quad (\text{mm/min}) \quad (13)$$

式(13)中i<sub>g</sub>为P-i-t关系表中给定值，i<sub>j</sub>为公式计算值，m为历时的项数。

7.1.7 常用查算图表宜包括：2年、3年、5年、10年、20年、30年、50年、100年等8个重现期。

7.1.8 暴雨强度公式是基于曲线拟合得到的 P-i-t 表，经最小二乘法和数理方程求解获得，与单一重现期暴雨强度公式相比精度略有差异。各地在编制暴雨强度公式及图表时，须统筹协调，并规定适用范围和条件。

## 8 适用性分析

### 8.1 时间分布特征分析

8.1.1 分析降雨的长年代变化特征，合理确定暴雨强度公式编制的降雨资料年限。

8.1.2 可通过绘制各历时暴雨（纳入了暴雨公式编制的样本）出现日（次）数的年际变化图，分析各历时暴雨的逐年或年代变化特征，以描述各历时暴雨年际变化特征。

8.1.3 可以各年降雨数据入选各历时有效暴雨资料样本的占比作为评价指标，分析城市暴雨的时间变化特征。

8.1.4 可以各历时降雨量的前10个最大值在各年代的分布特征，分析城市强暴雨的时间变化特征。

8.1.5 可以本地代表性站点，对采用不同年限降雨资料编制的暴雨强度公式结果进行差异性分析，论证降雨资料年限选择的合理性。

### 8.2 空间分布特征分析

8.2.1 对于地形地貌差异较大或涵盖范围大的城市，宜补充利用本地加密观测的其它降雨资料，分析本地强降雨的区域分布特征，为编制的暴雨强度公式的适用范围提供依据。

8.2.2 可对比代表性站点与加密观测站点降雨资料，绘制部分典型历时的暴雨事件发生次数、最大降雨量分布图，以及代表性站点与加密观测站点特征参数的比值或差值等，分析暴雨的区域分布特征。

8.2.3 基础资料条件许可的城市，可编制不同分区代表性站点的暴雨强度公式，并通过其差异性分析，确定暴雨分区的合理性。

### 8.3 社会影响分析

8.3.1 依据空间分布特征分析结论，说明是否需要划分暴雨分区、站点代表性以及新编暴雨强度公式的适应地域范围。

8.3.2 依据气候变化、城市化发展和强暴雨时间分布特征，说明样本年限确定的

合理性和适用性，并提出当地暴雨强度公式修编年限。

8.3.3 将周边城市已经批准实行的暴雨强度公式作为参考，评估当地新编暴雨强度公式的区域适用性。

8.3.4 通过排水系统实例计算结果，论证新编暴雨强度公式对排水系统规划建设的安全性、经济性影响。

8.3.5 新编暴雨强度公式与原采用的暴雨强度公式的对比分析，应注意代表性站点选择、样本年限、以及年最大值法与年多个样法等不同采样方法产生的差异。

8.3.6 提出推荐编制成果（含公式、图表），并说明其适应范围和条件。

## **9 编制成果**

### **9.1 编制成果**

9.1.1 城市暴雨强度公式。

9.1.2 短历时设计暴雨雨型。

9.1.3 常用图表，其中包括：暴雨强度查算表、暴雨强度曲线图、降雨量曲线图、短历时暴雨过程降雨强度查算表、短历时暴雨雨型图。

9.1.4 附加说明，其中包括：资料说明、方法说明、适用性说明。

### **9.2 问题与建议**

9.2.1 结合地区特点，对暴雨强度公式的下次修编时间提出建议，一般建议5~10年对暴雨强度公式进行误差复核或修编。

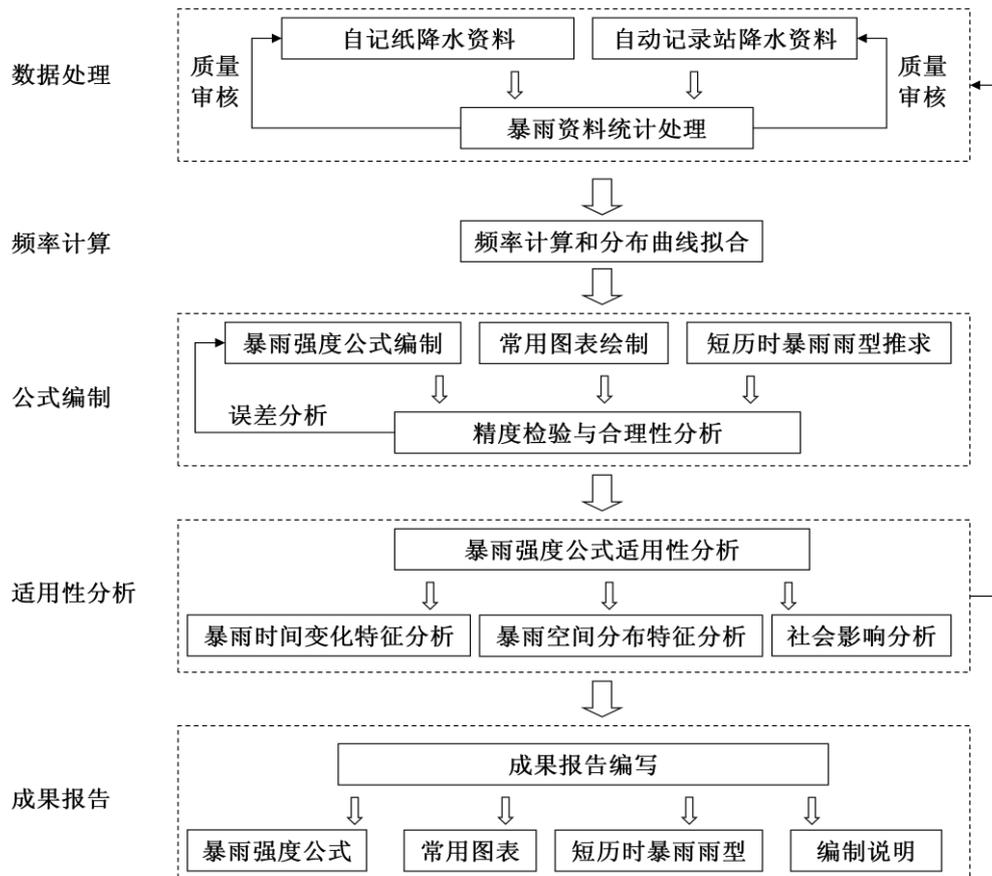
9.2.2 结合地区特点，对暴雨强度公式的实际应用提出建议。

9.2.3 说明其它需要说明的问题。

## 附录

### 附录 A 暴雨强度公式编制技术流程

暴雨强度公式编制的主要内容包括资料处理、单一重现期暴雨强度公式拟合、区间参数公式拟合、暴雨强度总公式拟合、常用查算图表编制、精度检验、各强度暴雨时间变化特征和暴雨强度空间分布特征分析等内容，具体流程如下：



### 附录 B 自记纸降雨记录资料处理

对以自记纸形式保存的历史降雨自记记录资料，推荐使用中国气象局组织编制的“降雨自记纸彩色扫描数字化处理系统”进行数字化处理。该系统通过计算机扫描、图像处理、数据处理，将气象站降雨自记纸图像进行数字化转换，成为逐分钟降雨量，并需要经人工审核或修正后，录入数据库，具体处理过程如下：

### （1）降雨自记纸预处理

在自记纸扫描前，需将装订好的自记纸拆开，挑选出有降雨过程的自记纸，并标注起止日期，使时间清晰地写在可扫描区域内。

### （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）降雨自记迹线的跟踪

降雨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；在强降雨时，采用强降雨跟踪方法（在非强降雨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，输入这段时间的降雨量；无降雨时的处理方法是从小最早出现降雨的地方开始跟踪，将尾部无降雨的迹线删除；注意与状态库或地面气象观测记录月报表文件中的日降雨量及逐时降雨量进行比对。

### （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

降雨自记纸数字化处理应得到3 个数据集：图像数据集、降雨强度数据集和迹线文件数据集。每个数据集应包括：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，每个数据集应按规范和格式要求制作说明文档、备注说明文件和元数据说明文档。

## 附录 C 理论频率曲线类型

### 1 皮尔逊III型曲线

皮尔逊III型曲线是一端有限的不对称单峰、正偏曲线，其概率密度的数学表达式为：

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - a_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-a_0)} \quad (a_0 < x < \infty, \alpha > 0, \beta > 0) \quad (1)$$

式中： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $a_0$ ——表示皮尔逊III型分布包含的参数；

$\Gamma(\alpha)$ —— $\alpha$  的伽玛函数， $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ ；

三个原始参数 $\alpha$ ， $\beta$ ， $b$ 经适当换算，可以用3个统计参数 $\bar{x}$ ， $C_v$ ， $C_s$ 表示：

$$\alpha = \frac{4}{C_s^2} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{2}{x C_v C_s} \quad (3)$$

$$b = \bar{x} \left( 1 - \frac{2C_v}{C_s} \right) \quad (4)$$

式中， $C_v$ 为离差系数； $C_s$ 为偏差系数； $\bar{x}$ 为均值。

这3个统计参数可以通过矩法进行初步确定。使用矩法计算3个统计参数公式如下：

$$\bar{x} = 1/n \sum x_i \quad (5)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k_i - 1)^2}{n-1}} \quad (6)$$

$$C_s = \frac{\sum (k_i - 1)^3}{(n-3)C_v^3} \quad (7)$$

将这些待定参数用统计参数表示代入 P-III型曲线的方程式中，则方程式可

以写成：

$$y = f(\bar{x}, C_v, C_s, x)$$

P-III型概率密度函数就确定了，给一个  $x$  值，可以计算一个  $y$  值，从而可以绘出概率密度曲线见图 1。

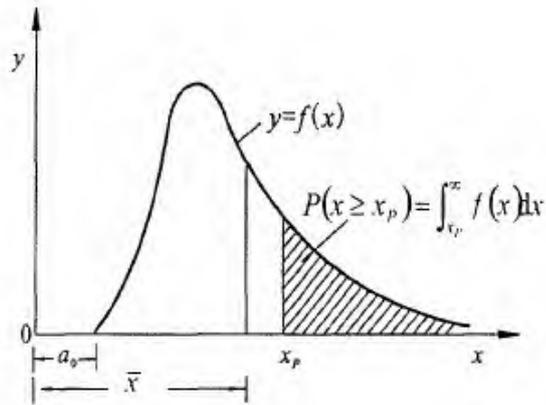


图 1 P-III型密度曲线

## 2 耿贝尔 (Gumbel) 分布曲线

耿贝尔曲线是根据极值定理导出的，频率分布形态为偏态铃形分布，降雨强度与重现期在其频率格纸中呈一直线。当有  $n$  年年最大值就有  $n$  个最大项  $x$ ，组成一个分布，因最大项是极值，因此其分布又称为极值分布。Gumbel 分布频率曲线实际上是 P-III 曲线的一个特例其， $C_s$  固定为 1.140，所以只有均值、 $C_v$  两个参数，计算简便，其概率密度的数学表达式为：

$$f(x) = a \exp(-y^{-e^{-y}}) \quad (1)$$

其中  $y = a(x - b)$

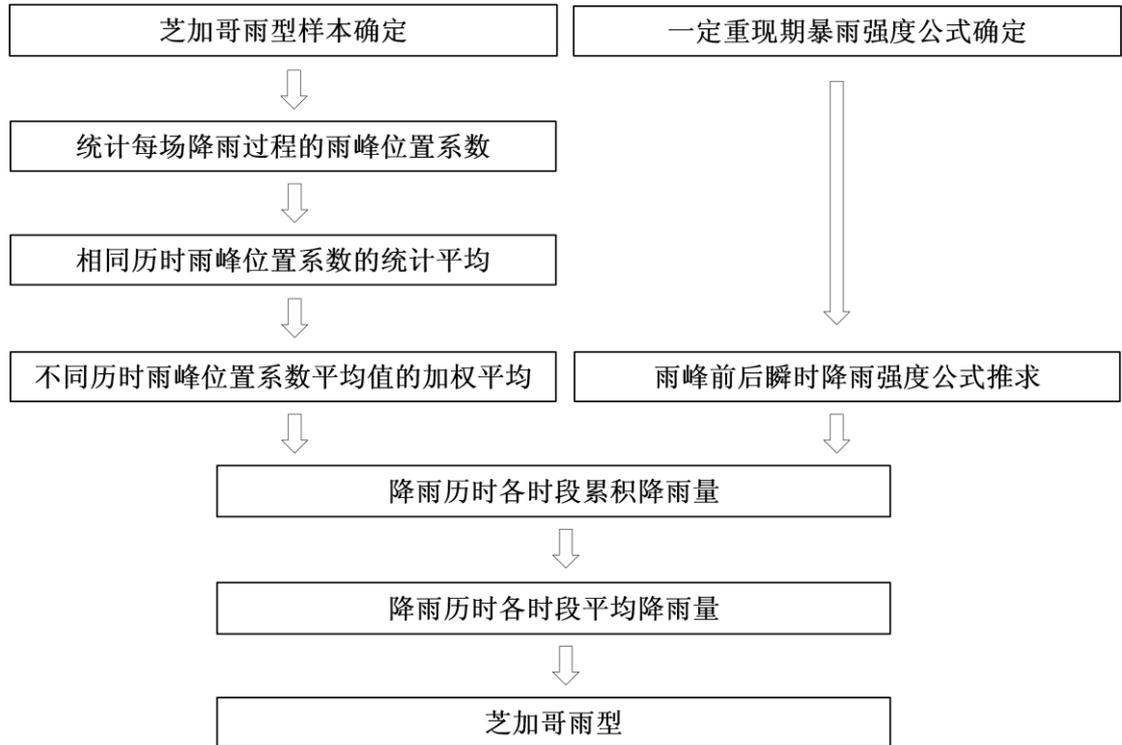
式中： $a$  为尺度参数， $b$  为分布密度的众数。

## 附录 D 短历时暴雨雨型

### 芝加哥法雨型

#### ①芝加哥法雨型技术流程

芝加哥法雨型与复合雨型相当,均为一定重现期下不同历时最大雨强复合而成,雨型的确定同样基于特定重现期下的IDF关系曲线。芝加哥法雨型确定包括综合雨峰位置系数确定及芝加哥降雨过程线模型确定,具体流程如下:



#### ②芝加哥降雨过程线模型

芝加哥法雨型以统计的暴雨强度公式为基础设计典型降雨过程。通过引入雨峰位置系数 $r$ 来描述暴雨峰值发生的时刻,将降雨历时时间序列分为峰前和峰后两个部分。

令峰前的瞬时强度为 $i(t_b)$ ,相应的历时为 $t_b$ ,峰后的瞬时强度为 $i(t_a)$ ,相应历时为 $t_a$ 。取一定重现期下暴雨强度公式形式为: $i = \frac{A}{(t+b)^n}$ ,雨峰前后瞬时降雨强度可由下式计算:

$$i(t_b) = \frac{A \left[ \frac{(1-n)t_b + b}{r} \right]}{\left[ \left( \frac{t_b}{r} \right) + b \right]^{n+1}} \quad (1)$$

$$i(t_a) = \frac{A \left[ \frac{(1-n)t_a}{1-r} + b \right]}{\left[ \left( \frac{t_a}{1-r} \right) + b \right]^{n+1}} \quad (2)$$

式（1）、（2）中， $A$ 、 $b$ 、 $n$ 为一定重现期下暴雨强度公式中的参数， $r$ 为综合雨峰位置系数，是根据每场降雨不同历时峰值时刻与整个历时的比值而加权平均确定的， $r$ 位于0~1之间。

在求出综合雨峰位置系数 $r$ 之后，可利用公式（1）、（2）计算芝加哥合成暴雨过程线各时段（以5min计）的累积降雨量及各时段的平均降雨量，进而得到每个时段内的平均降雨强度，最终确定出对应一定重现期及降雨历时的芝加哥降雨型。

附录 E 常用图表格式样张

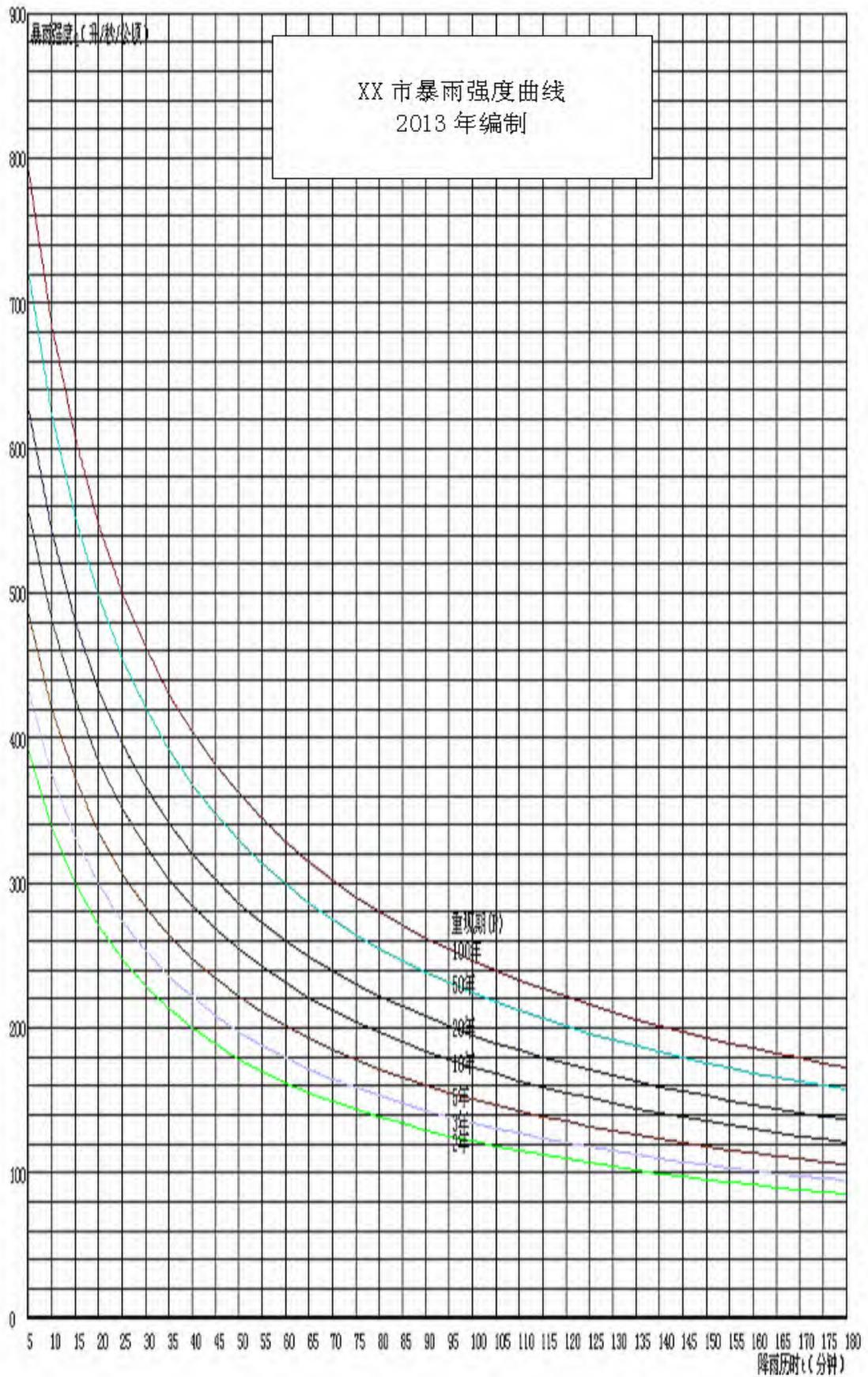
暴雨强度查算表样张

P=2a

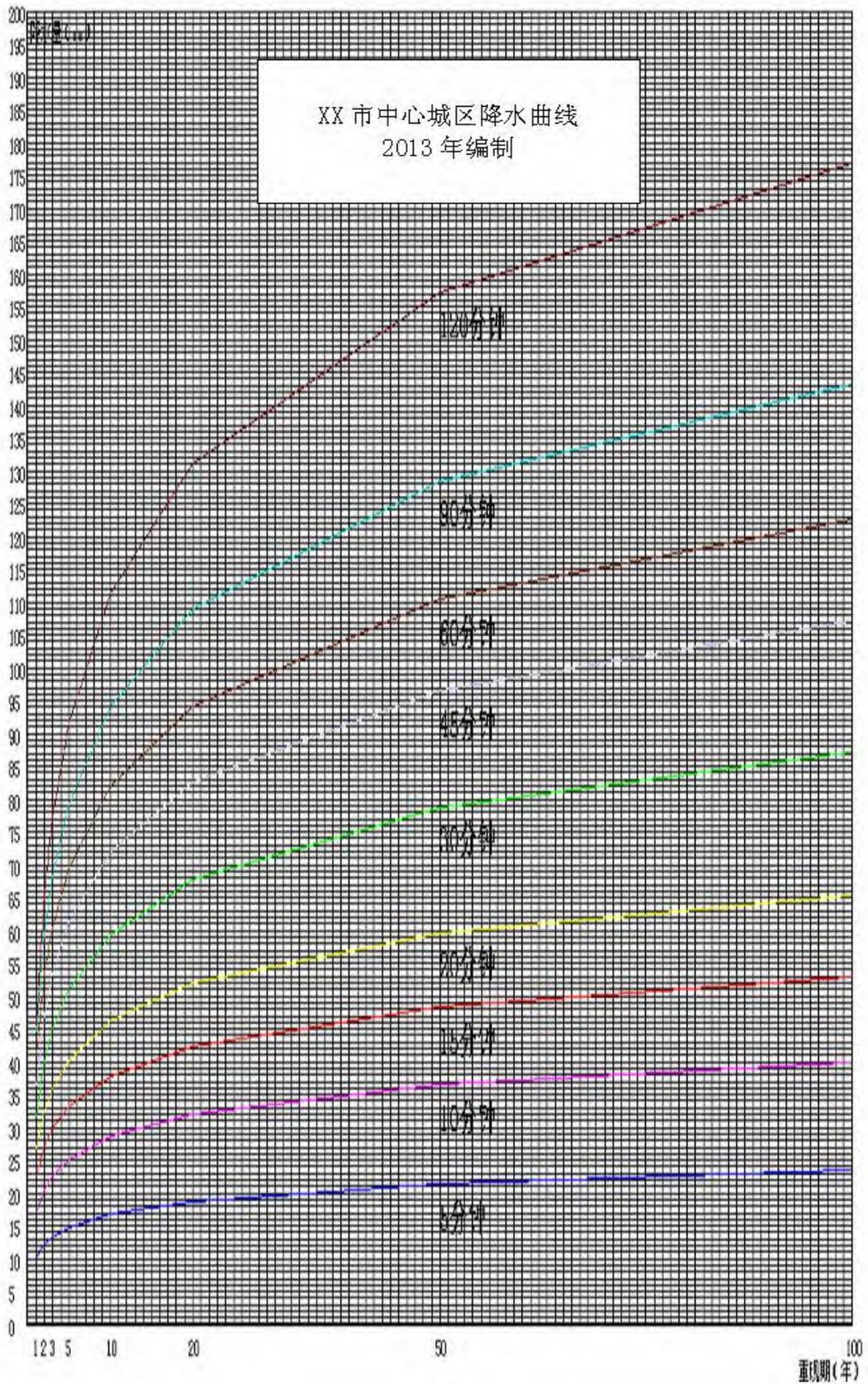
t (min)      q= L/ (s • hm<sup>2</sup>)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	512.212	27	198.256	53	136.587	79	107.856	105	90.696	131	79.089	157	70.622
2	474.126	28	194.522	54	135.114	80	107.041	106	90.169	132	78.715	158	70.341
3	442.462	29	190.960	55	133.680	81	106.242	107	89.649	133	78.346	159	70.062
4	415.645	30	187.558	56	132.285	82	105.457	108	89.137	134	77.981	160	69.787
5	392.585	31	184.306	57	130.925	83	104.687	109	88.632	135	77.620	161	69.514
6	372.503	32	181.192	58	129.600	84	103.931	110	88.135	136	77.264	162	69.244
7	354.827	33	178.207	59	128.309	85	103.189	111	87.644	137	76.911	163	68.977
8	339.126	34	175.344	60	127.049	86	102.459	112	87.160	138	76.563	164	68.712
9	325.068	35	172.594	61	125.820	87	101.743	113	86.683	139	76.219	165	68.449
10	312.393	36	169.950	62	124.621	88	101.039	114	86.212	140	75.878	166	68.190
11	300.897	37	167.406	63	123.450	89	100.347	115	85.748	141	75.541	167	67.932
12	290.412	38	164.956	64	122.307	90	99.668	116	85.290	142	75.208	168	67.677
13	280.802	39	162.595	65	121.190	91	98.999	117	84.838	143	74.879	169	67.425
14	271.957	40	160.317	66	120.098	92	98.342	118	84.392	144	74.553	170	67.175
15	263.783	41	158.118	67	119.031	93	97.696	119	83.952	145	74.231	171	66.927
16	256.202	42	155.994	68	117.988	94	97.060	120	83.518	146	73.913	172	66.681
17	249.148	43	153.940	69	116.967	95	96.435	121	83.090	147	73.597	173	66.438
18	242.565	44	151.953	70	115.968	96	95.820	122	82.667	148	73.286	174	66.197
19	236.404	45	150.030	71	114.991	97	95.214	123	82.249	149	72.977	175	65.958
20	230.623	46	148.167	72	114.034	98	94.619	124	81.836	150	72.672	176	65.722
21	225.186	47	146.361	73	113.097	99	94.032	125	81.429	151	72.370	177	65.487
22	220.061	48	144.610	74	112.179	100	93.455	126	81.027	152	72.071	178	65.255
23	215.221	49	142.911	75	111.279	101	92.886	127	80.630	153	71.775	179	65.024
24	210.641	50	141.261	76	110.398	102	92.326	128	80.238	154	71.482	180	64.796
25	206.299	51	139.659	77	109.534	103	91.775	129	79.850	155	71.193		
26	202.177	52	138.101	78	108.687	104	91.231	130	79.467	156	70.906		

暴雨强度~历时~重现期关系曲线图



不同历时的暴雨强度频率曲线（样张）

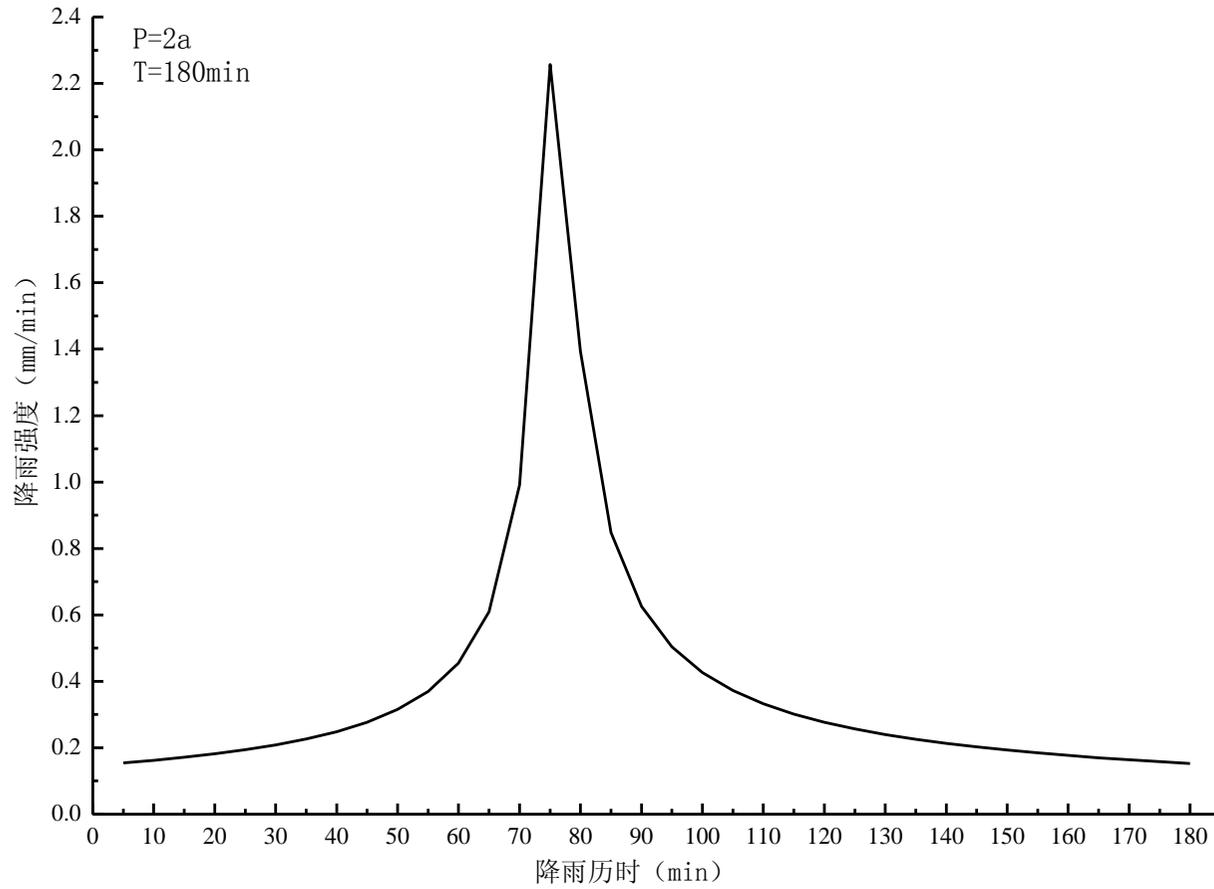


暴雨强度~历时~重现期关系表（样张）

T=180min      t (min)      i (mm/min)

历时 (min)	重现期 (P)				
	2a	3a	5a	10a	20a
5	0.154	0.173	0.196	0.228	0.260
10	0.162	0.182	0.207	0.240	0.274
15	0.171	0.192	0.218	0.254	0.289
20	0.182	0.204	0.232	0.269	0.307
25	0.194	0.218	0.247	0.288	0.328
30	0.209	0.234	0.266	0.309	0.353
35	0.226	0.254	0.289	0.336	0.383
40	0.249	0.279	0.317	0.368	0.420
45	0.277	0.311	0.353	0.411	0.468
50	0.315	0.353	0.402	0.467	0.533
55	0.370	0.415	0.471	0.548	0.625
60	0.455	0.510	0.579	0.674	0.768
65	0.609	0.683	0.776	0.903	1.029
70	0.991	1.111	1.263	1.469	1.674
75	2.257	2.531	2.877	3.346	3.814
80	1.394	1.563	1.777	2.066	2.356
85	0.848	0.951	1.081	1.257	1.434
90	0.626	0.702	0.797	0.927	1.057
95	0.504	0.565	0.642	0.747	0.851
100	0.426	0.478	0.543	0.632	0.720
105	0.372	0.418	0.475	0.552	0.629
110	0.332	0.373	0.424	0.493	0.562
115	0.302	0.338	0.384	0.447	0.510
120	0.277	0.311	0.353	0.411	0.468
125	0.257	0.288	0.327	0.381	0.434
130	0.240	0.269	0.306	0.356	0.406
135	0.226	0.253	0.288	0.335	0.381
140	0.213	0.239	0.272	0.316	0.360
145	0.202	0.227	0.258	0.300	0.342
150	0.193	0.216	0.246	0.286	0.326
155	0.184	0.207	0.235	0.273	0.312
160	0.177	0.198	0.225	0.262	0.299
165	0.170	0.191	0.217	0.252	0.287
170	0.164	0.184	0.209	0.243	0.277
175	0.158	0.177	0.202	0.234	0.267
180	0.153	0.172	0.195	0.227	0.258

芝加哥法雨型图 (样张)



t (min)	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
i (mm/min)	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.23	0.25	0.28	0.32	0.37	0.45	0.61	0.99	2.26	1.39	0.85	0.63	0.5	0.43	0.37	0.33	0.3	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.2	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15

## 附录 F 有效数字

参照《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170-2008)的要求,合理修约并保留有效数字。

一般地,降雨历时以分钟(min)计,取整数;降雨量以(mm)计,保留2位小数;降雨强度,如5分钟降雨强度以(mm/5 min)计,保留2位小数;暴雨重现期以年(a)计,取整数。经验参数 $A_1$ 保留3位小数;经验参数 $c$ 保留3位小数;经验参数 $b$ 保留1位小数;经验参数 $n$ 保留3位小数。

# 编制说明

## 1 总则

### 1.1 编制的必要性和目的

城市暴雨强度公式编制是城市室外排水工程规划设计的重要基础性工作。我国已经进入高速城市化时期，特大城市和城市群的出现，城市“热岛效应”凸现。城市降雨特征会发生局地性变化。已有数据表明，部分城市每隔10年左右出现超过历史记录的特大暴雨。依据水文气象频率分析的理论，基于已有的降雨记录数据，采用数理统计的方法得到的城市暴雨量、暴雨强度、降雨历时、时间空间的分布等，是科学表达城市降雨规律的一种方法。暴雨强度公式编制工作者需要认识到这种方法的科学性和局限性，以指导具体工作。

城市财富的聚集和市民生活水平的提高、城市地下空间的开发利用等因素使得城市对灾害的承受能力趋弱，降雨特征的趋势性变化对城市的防灾减灾提出挑战。新建、扩建城市室外排水设施的规划建设以及已建城市排水设施历史欠账问题的解决，都需要对城市降雨规律进行科学表达和定量分析。因此，开展城市暴雨强度公式的编制及修编是非常必要的。

为了适用国家需求和地方需求，指导城市暴雨强度公式的编制及修编，特编制本技术导则。本导则经广泛征求意见并试行后可进一步完善。

总则部分对技术导则编制的目的意义、总体原则和要求、编制依据、批准颁布作了规定。

### 1.2 条款涉及的国家颁布的有关标准如下（但不限于）

- (1) 《室外排水设计规范》（GB50014—2006，2013年版）
- (2) 《地面气象观测规范》（QX/T 52-2007）
- (3) 《地面气候资料30年整编常规项目及其统计方法》（QX/T 22-2004）
- (4) 《地面气象观测资料质量控制》（QX/T 118-2010）
- (5) 《数值修约规则与极限数值的表示和判定》（GB/T 8170-2008）
- (6) 《水利水电工程设计洪水计算规范》（SL44-93）
- (7) 《城市排水工程规划规范》（GB 50318-2000）

(8)《建筑给水排水设计规范》(GB 50015-2003)

(9)《公路排水设计规范》(JTJ 018-97)

### 1.3 条款涉及暴雨强度公式编制需要遵循的原则

#### (1) 资料准确可靠

降雨资料是暴雨强度公式推算的基础，暴雨强度公式及查算图表编制应以国家气象站自记降雨资料为依据，并结合周边地区区域自动气象站降雨资料，对所采用的降雨资料进行完整性、合理性和一致性检验，确保所用资料真实可靠。

新建城市以及国家气象站自记降雨资料已设站点不满足资料年限要求的地区，可考虑选择其他自动记录站（如：水文站）作为代表性站点，但应依据国家有关标准规范进行科学论证。

#### (2) 推算方法科学合理

暴雨强度公式及计算图表的编制应在国家相关规范推荐的方法基础上进行推算，推算方法及过程科学合理。

#### (3) 编制成果规范表达

暴雨强度公式的格式、采样方法、计算结果的精度需达到国家标准《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2013版)规定的要求。

## 2 术语和符号

本部分规定了主要的术语、符号、量纲单位。

## 3 降雨资料和统计样本

### 3.1 站点选择

基于资料准确可靠的原则，本部分重点强调了站点选择、原始资料要求、统计样本确立三方面的问题。

可选择的站点种类包括：国家气象站地方基站、地方自动气象站、地方水文站、其它类型雨量站。国家气象站依据国家相关规范标准设置，代表城市降雨特点，可作为推荐代表性站点。地方自动气象站、地方水文站、其它类型雨量站等

作为补充代表性站点时，应依据国家有关标准规范对站点选择和数据样本进行科学论证，其中包括：可靠性分析、一致性分析、趋势性分析、周期性分析、相关性分析、代表性分析。国家气象站地方基站周边环境以及其它影响条件发生显著性变化时，亦需要作相同论证。

降雨时空特征分析，是确定代表性站点资料数据年限、代表地域范围的关键工作，在技术导则的第6部分适应性分析中作了明确的要求。但实际情况复杂，各地专业归口管理部门应组织论证，统筹把握。

原始数据质量的影响因素很多，如：站点位置、周边地形地貌、站址是否迁移、观测仪器设备型号及变更、资料系列年限、资料缺测或中断、资料整编中的人为因素等，暴雨强度公式编制人员应深入了解实际情况并科学评估，结合实际情况合理应对。

### 3.2 原始资料

一般地，降雨原始记录包括两种：自记纸降雨记录资料、自动记录站的降雨资料逐分钟数据。

自记纸降雨记录资料具有直观的特点，但纸质记录资料量大，进行整理获得统计样本的工作量很大。为提高资料整理工作效率，各地有自行开发“扫描-识别”数字化系统者，为规范此阶段工作，推荐使用中国气象局组织开发的“降水自记纸彩色扫描数字化处理系统”进行纸质记录资料的数字化，对间断记录的处理时，应注意满足短历时降雨特征。详细见附录B。

自动记录站的降雨资料逐分钟数据是直接入计算机数据库的，由于没有自记纸降雨记录资料直观性识别的特点，大量数据的审核难度相当大。数据审核需要有经验的专业数据审核分析人员承担。

由自记纸降雨记录和自动记录混合的站点，应进行两类数据的一致性分析。

### 3.3 统计样本选取

在原始资料的准备和审核基础上，建立统计样本是暴雨强度公式编制的关键步骤。

随机事件序列的频率分析理论和方法是建立在随机、独立样本的基础上，因此统计样本建立须满足随机性、独立性、代表性原则。样本的随机性、独立性、代表性受站点选择、原始数据处理、样本采样等过程影响。

样本建立涉及以下特殊和关键问题的处理方法：

### 1) 数据筛选

一般地，1440分钟（24小时）降雨量 $\leq 10.0\text{mm}$ 的降雨过程不纳入统计样本遴选范围。

选取样本时，偶遇特大值时，需要进行专门分析确认。一般地，特大值是指比相应的历史资料序列的平均值（计入特大值后的均值）大2倍以上的稀遇暴雨值，例如，在50年记录资料中出现500年一遇的暴雨，该特大值数据与其它数据相比存在明显偏离。合理取舍特大值有利于理论频率曲线拟合的精度控制。

### 2) 降雨历时

降雨历时选定主要考虑统计数据密度和实际工程规划设计需要。暴雨强度公式实际应用时，降雨历时应与雨水径流时间一致。导则中给出了11个降雨历时，单个排水系统泄水范围面积过大将导致排水系统建设的经济性不合理、水力学特征难于保证良好，并影响管道排水效果。从理论上讲，暴雨强度公式属于“短历时暴雨强度公式”。

实际工程中，如雨水口、屋面、广场、地道及下立交等雨水量的计算，雨水汇流时间常小雨5分钟，由于降雨历时越短降雨强度越大，经过理论频率拟合的暴雨强度公式可以外延计算，但计算结果偏小，导致设计偏不安全。各地应注意超短历时（小于5分钟）降雨强度的计算问题，合理设置安全系数。条件具备的可以基于降雨资料分析当地超短历时的雨强计算。

陆域防涝系统校核时，防涝分区大的地方，有时需要长历时雨强数据，各地应根据需要另行统计。

### 3) 滑动统计法

滑动统计法的目的是搜寻对应降雨历时的年度最大值雨量。选定降雨历时，设定滑动步长（如：1min），不受日、月界的限制（不跨年界），滑动搜寻该降雨历时内的最大值雨量。同一场次降雨过程中同一种历时降雨不可交叉。

### 4) 采样方法

可分为年最大值法和非年最大值法，非年最大值法又分为年超大值法、超定量法和年多个样法。

我国在20世纪80年代以前，排水系统设计重现期较低，如：0.25年、0.33年、

0.5年。部分城市降雨资料观测年限较少。城市暴雨强度公式采用年多个样法的较多。尽管年多个样法可涵盖低重现期，但采用年最大值法更适合以年为重现期的周期性水文气象规律的表达，还可使统计样本的随机性、独立性较好。另外，我国城市排水系统的设计重现期已趋于提高到2年以上。发达国家均推荐年最大值法。本导则推荐采用年最大值法编制暴雨强度公式。

即使利用同一站点同一质控水平的降雨记录原始资料，并采用同样的频率计算和理论频率适线拟合，同样的误差控制，采用年最大值法和年多个样法编制的暴雨强度公式所得到的重现期与降雨强度的对应关系也有不同程度的差异。鉴于目前国内大多城市的现行暴雨强度公式多采用年多个样法编制，本导则推荐年最大值法，有必要进行两种采样方法编制的暴雨强度公式的对应关系分析，以合理评价已建排水系统。

#### 5) 样本年限

样本年限的确定应综合考虑降雨规律的代表性、统计误差控制、采样方法等因素。本导则明确提出年最大值法和年多个样法的最小资料年限，并建议对降雨资料进行时间分布特征分析，以确定样本年限。

6) 短历时暴雨雨型确定，需要统计代表性降雨过程，统计给定降雨历时的雨量分布和雨峰位置，对降雨资料的需求与暴雨公式样本不同，本导则对此作了技术规定。

## 4 频率计算和分布曲线

经验频率计算是数理统计理论的基本数学方法，经验频率与重现期具有倒数关系。重现期可兼顾统计学和以年为周期的特征表达，物理意义较清晰。

特大城市应有效应对50年一遇的灾害性降雨，对高重现期降雨的科学表达提出要求，暴雨强度公式编制时应予以兼顾。

理论分布曲线拟合的作用之一是将分散的数据拟合出内在趋势，为暴雨强度公式的外延计算创造条件。理论频率曲线包括：皮尔逊-III型和耿贝尔型分布函数曲线。在缺少经验时，可进行多种频率分布函数的拟合试验，从中选取拟合效果较好的理论频率曲线函数类型。当拟合精度差异不大时推荐采用皮尔逊-III型

分布函数。从理论上讲，耿贝尔型分布是皮尔逊-III型分布的特例。皮尔逊-III型分布的总体参数 $C_v$ 、 $C_s$ 具有较清晰的物理意义。

适线过程可以人工适线、也可通过最优计算适线。推荐采用人工适线和最优计算适线相结合。

适线过程对最终暴雨强度公式影响很大，适线过程注意以下几点：

- (1) 同一站点不同历时的频率曲线不能相交；
- (2) 不同历时、不同频率的降雨强度计算均值，与地区水文参数对照不能出现明显不合理；
- (3) 不同频率的曲线应总体协调；
- (4) 妥善处理分散的极大值、极小值数据；
- (5) 拟合曲线能较好地代表分散数据的趋势分布。

根据拟合确定的频率分布曲线，得出重现期( $P$ )、降雨强度( $i$ )和降雨历时( $t$ )三者关系值，即 $P$ - $i$ - $t$ 关系表。

## 5 暴雨强度公式

### 5.1 暴雨强度公式拟合

暴雨强度公式的拟合过程是：采用适线后得到的 $P$ - $i$ - $t$ 关系表中数据，建立联立数理方程组，采用优化算法求解暴雨强度公式参数，进行误差检验。

暴雨强度公式数据整理、审核、理论频率曲线拟合、参数确定过程，应参照《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170-2008)的要求，合理修约并取舍有效数字。

采用优化方法，如蚁群算法率定参数暴雨强度公式时，可建立 $A_1$ 与均方根误差最小值的关系曲线，辅助确定 $A_1$ 、 $C$ 、 $b$ 、 $n$ 的取值区间，在取值区间内按 $A_1$ 、 $C$ 、 $b$ 、 $n$ 循环顺序并由小到大取值循环搜索，避免最优解遗漏，便于求解收敛。

### 5.2 暴雨强度公式拟合精度检验

精度控制和误差检验是数理统计的经典方法，确定保证率、查算偏差分布、控制允许绝对偏差和相对偏差。不得为保证统计精度而导致理论频率曲线拟合过程出现明显的不合理。按照规定的样本个数和原始数据质量，推荐重现期2~20

年的平均绝对均方根误差不超过 $0.05\text{mm} / \text{min}$ 、平均相对均方根误差不大于5%是可行的。

涵盖低重现期和高重现期、低降雨历时和长降雨历时的总公式，精度控制较困难。

## 6 短历时暴雨雨型

短历时暴雨雨型在排水管道系统计算机模型建立时是必须的。研究雨水调蓄系统时，最好用雨型进行设计校核。

短历时暴雨雨型主要用于确定设计暴雨的时间变化过程，设计暴雨量按暴雨强度公式进行计算。

短历时暴雨雨型可采用芝加哥法雨型。可从三方面理解短历时暴雨雨型的特征：雨峰类型、雨峰位置、雨量分布。

芝加哥法雨型从暴雨强度公式导出，是在暴雨强度公式的基础上，统计综合雨峰位置系数确定，工程应用方便。

短历时暴雨雨型研究工作国内开展较少，本导则提出的方法供参考，并经试行后完善。

## 7 图表绘制

查算图表在计算机尚不普及的时候应用较普遍。目前工程师多采用暴雨强度公式计算。但图表很直观，供管理人员参考仍然很适用。建议依据单一重现期暴雨强度公式绘制，注意图表格式和坐标选定。

单一重现期暴雨强度公式因其忽略不同重现期之间的影响，拟合结果比暴雨强度公式更精确。但实际工作中采用单一重现期暴雨强度公式比较繁琐，各地多采用统一的暴雨强度公式。但单一重现期暴雨强度公式可有利于确定同时涵盖短历时、长历时的单一重现期暴雨强度公式，用于绘制暴雨强度曲线图、降雨量曲线图，图表具有直观的优点。

单一重现期暴雨强度公式拟合应基于适线的基础上，并注意与暴雨强度总公

式的协调。

推荐的分段确定区间参数的方法是为了依据已经拟合好的单一重现期暴雨强度公式，确定两个重现期之间其它重现期的对应单一重现期暴雨强度公式。分区间的目的是提高拟合精度。

## 8 适用性分析

适应性分析的目的在于论证资料年限选取、公式适应地域范围、以及新编制的暴雨强度公式在安全、经济方面的影响。其中时间、空间分布特征分析工作在站点选择、资料年限选取时就应同步进行。社会影响分析是对新编制的暴雨强度公式的适应性评估。

时间空间适应性分析给出了两个工作思路，其一是分析特征参数并进行评估判断，其二是编制不同年限的暴雨强度公式，然后比较其差异性。后者工作量很大，建议根据实际情况合理开展工作。

社会影响分析主要是指对安全、经济的影响，可结合实际案例比较分析。

## 9 编制成果

提出符合《室外排水设计规范》(GB50014—2006, 2013版)规定的公式格式要求的地区暴雨强度公式，并对基础数据来源、参数、符号、单位予以说明。

短历时暴雨雨型横坐标为降雨历时 (min)，纵坐标为降雨强度 (mm/min)，注明编制年份、重现期、降雨历时。

暴雨过程降雨强度查算表按照降雨历时分页，列表对应时间分段、重现期和降雨强度，注明编制年份、重现期、降雨历时。

暴雨强度查算表按照重现期分页，列表对应降雨历时和降雨强度，为统一并便于管道设计，降雨强度单位换算成公顷面雨量，即： $L/(S \cdot hm^2)$ 。注明编制年份、重现期。

暴雨强度曲线图是以降雨历时 (min) 为横坐标的对数曲线，纵坐标为降雨量 ( $L/(S \cdot hm^2)$ )，按照重现期绘制，注明编制年份、重现期。

降雨量曲线图是以重现期( $a$ )为横坐标的对数曲线,纵坐标为降雨量( $mm$ ),按照降雨历时( $min$ )绘制,注明编制年份、降雨历时。

对编制年限、采用资料、编制方法、适应条件附加说明。

对暴雨强度公式修编年限提出建议,对暴雨强度公式的实际应用(如:设计重现期选择)提出建议。给出必要说明的其它问题。