

城市暴雨强度公式编制技术规范

Technical Specification for Establishment of Urban Rainstorm Intensity Formula

2020-12-24 发布

2021-01-24 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 暴雨样本的选样和资料处理方法 2

5 城市暴雨强度公式参数推求方法 3

6 常用查算图表编制 4

7 暴雨强度公式适用性分析 5

附录 A（规范性）暴雨强度公式参数求解方法..... 6

附录 B（资料性）常用查算图表格式..... 9

参考文献 12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由内蒙古自治区气象局提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区气候中心。

本文件主要起草人：马玉峰、高春香、孙玉。

城市暴雨强度公式编制技术规范

1 范围

本文件规定了城市暴雨强度公式编制的降雨资料 and 统计样本、频率分布曲线、暴雨强度公式参数求解方法、图表绘制、适用性分析和成果表达格式等方面的技术要求。

本文件适用于内蒙古自治区境内新建、改建和扩建的城镇以及工业区、居民区的暴雨强度公式编制工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 35228 地面气象观测规范 降水量
- GB 50014 室外排水设计规范
- QX/T 118 气象观测资料质量控制 地面
- QX/T 341 降雨过程强度等级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

降雨量 rainfall

从天空降到地面上的雨，未经蒸发、渗透、流失而在水平面上积聚的深度。

注：以毫米（mm）为单位。

[来源：QX/T 341，2.1]

3.2

降雨强度 rainfall intensity

某一历时长单位时间（每分钟或每小时）的降雨量。

注：以毫米/分钟（mm/min）或毫米/小时（mm/h）为单位。

[来源：城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则，2.1.3]

3.3

降雨历时 duration of rainfall

降雨过程中的任意连续时段。

注：以分钟（min）为单位。

[来源：GB 50014，2.1.19]

3.4

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。

注：以年（a）为单位。

[来源：城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则，2.1.6]

3.5

暴雨强度公式 rainstorm intensity formula

表征暴雨强度、降雨历时和重现期三者之间函数关系的数学表达式，反映一定频率的暴雨在规定时段的最不利时程分配的平均强度，是计算暴雨地面径流和确定防止暴雨灾害工程设计流量的重要依据。

3.6

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。

[来源：城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则，2.1.5]

4 暴雨样本的选样和资料处理方法

4.1 站点选择

4.1.1 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。

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

4.1.3 选择站点在资料年限内发生迁址、雨量记录仪更换时，应对降雨资料进行一致性检验，并对降雨资料的代表性和一致性进行论证和说明。

4.1.4 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，应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。

4.1.5 选择当地国家气象站作为代表性站点。

4.1.6 应通过降雨时间变化特征分析，合理选择资料年限，至少需要近 30 年以上降雨资料。

4.2 原始数据

4.2.1 原始降雨资料采用逐分钟自动记录的基础数据，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。

4.2.2 按照 GB/T 35228 和 QX/T 118 的规定，对原始资料进行数据质量检查、审核。

4.2.3 应收集并给出基础资料涉及的各个观测站的降雨观测历史沿革。

4.2.4 对以自记纸形式保存的历史降雨自记记录资料，应采用经中国气象局审核后的标准分钟降水数据集资料。

4.2.5 由自记纸记录和自动记录混合形成的原始降雨基础数据，应进行两类数据的一致性分析。

4.3 统计样本

4.3.1 计算降雨历时应采用 5 min、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。

4.3.2 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)。

4.3.3 暴雨样本选择方法采用年最大值法，即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。

4.4 特殊问题的处理方法

4.4.1 一般选择 1440 min (24 h) 降雨量大于或等于 10.0 mm 为指标，筛选出场次降雨过程，纳入统计样本遴选范围。各地降雨量年际变化大，尤其西部干旱地区在少雨年份难以选出足够样本，一些短历时（如 5 min）强降水过程可能丢失，根据当地降雨特点，降雨过程可选择 1440 min (24 h) 降雨量大于或等于 5.0 mm 为选取指标。

4.4.2 选取样本时，偶遇特大值时，需要进行专门分析确认。一般采用样本均值加上 3 倍样本标准差作为判定标准，大于判定标准可确定为特大值。

4.4.3 一般不建议舍弃特大值，宜采用皮尔逊Ⅲ型分布函数进行人工适线，妥善处理离群数据。如果舍弃特大值，需要单独进行说明，论证舍弃特大值可能导致的不确定性。

5 城市暴雨强度公式参数推求方法

5.1 暴雨强度公式的表达形式

$$q = \frac{167A_1(1+C \log_{10} P)}{(t+b)^n} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 q ——暴雨强度，单位为升/(秒·公顷) [L/(s·hm²)]；
 A_1 ——雨力参数；
 C ——雨力变动参数；
 P ——暴雨重现期，单位为年；
 t ——降雨历时，单位为分钟（min）；
 b ——降雨历时修正参数；
 n ——暴雨衰减指数。

5.2 暴雨强度重现期和频率

计算暴雨强度重现期应按2年、3年、5年、10年、20年、30年、50年、100年统计，相对应的频率为50%、33.3%、20%、10%、5%、3.3%、2%、1%。

5.3 理论频率分布曲线拟合

5.3.1 选取的各历时统计样本，应用理论频率曲线进行趋势性拟合调整。理论频率曲线类型一般采用皮尔逊Ⅲ型分布曲线、耿贝尔分布曲线和指数分布曲线。根据确定的频率分布曲线，得出重现期、降雨强度和降雨历时三者的关系，即 $P-i-t$ 关系表。

注：本文件所列举的皮尔逊Ⅲ型分布曲线、耿贝尔分布曲线和指数分布曲线的函数表达式可参照相关文献，不作具体规定。

5.3.2 应根据当地降雨特点，选取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。

5.3.3 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，在控制拟合精度的同时，注意频率曲线的总体协调。

5.3.4 根据编制暴雨强度公式重现期的范围要求，需对拟合确定的频率分布曲线进行适线外延。

5.4 暴雨强度公式参数求解方法

5.4.1 暴雨强度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。推荐采用数值逼近法和高斯-牛顿法，详见附录 A。

5.4.2 将求得的各参数最优解代入公式(1)，即得到当地的暴雨强度公式。

5.4.3 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。

5.5 精度检验

5.5.1 按 GB50014 的要求，需计算抽样误差和暴雨公式均方差。应按绝对均方差计算，也可以辅以相对均方差计算。计算重现期在 2~20 年时，平均绝对均方差不得大于 0.05 mm/min，平均相对均方差不得大于 5%。

5.5.2 误差计算表达式

平均绝对均方根误差：

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

平均相对均方根误差：

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\bar{X}$ ——平均绝对均方根误差，单位为毫米/分钟（mm/min）；

$\bar{U}$ ——平均相对均方根误差，单位为%。

R' ——理论降雨量，单位为毫米（mm）；

R —— $P-i-t$ 曲线确定的降雨量，单位为毫米（mm）；

t ——降水历时，单位为分钟（min）；

i ——第 i 个样本；

n ——样本总数。

6 常用查算图表编制

6.1 常用图表和格式

6.1.1 常用查算图表包括：暴雨强度查算表、暴雨强度曲线图和不同历时的暴雨强度频率曲线图。

6.1.2 常用查算图表格式见附录 B。

6.2 图表编制说明

6.2.1 采用数值逼近法可拟合出暴雨强度总公式、单一重现期暴雨强度公式和重现期区间参数公式，

三者计算得出常用查算图表的计算精度和数值略有差异，在编制暴雨强度公式及图表时，应规定适用范围和条件，并标注说明。

6.2.2 编制暴雨强度查算图表时应明确标注不同变量单位，注意不同单位之间的转换。

7 暴雨强度公式适用性分析

7.1 时间分布特征分析

7.1.1 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。

7.1.2 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。

7.1.3 可以把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。

7.1.4 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。

7.1.5 根据当地暴雨变化特征，采用代表性气象站点不同时期基础资料，编制不同时段暴雨强度公式，并对计算结果进行差异性分析，论证降雨资料年限选择的合理性。

7.2 空间分布特征分析

7.2.1 对于地形地貌差异较大或涵盖范围大的城市，应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。

7.2.2 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。

7.2.3 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。

7.3 社会影响分析

7.3.1 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。

7.3.2 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。

7.3.3 将同一气候区域内的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。

7.3.4 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。

7.3.5 提出推荐编制成果（含公式、图表），并说明其适应范围和条件。

注：一般建议5~10年对暴雨强度公式进行误差复核或修编。若在最近时段内出现了超过历史极值的暴雨，应对暴雨强度公式进行复核修正。

附录 A

(规范性)

暴雨强度公式参数求解方法

A.1 数据逼近法

A.1.1 单一重现期公式参数拟合

暴雨强度公式的表达形式为：

$$q = \frac{167A_1(1+C\log_{10}P)}{(t+b)^n} \dots\dots\dots (A.1)$$

令 $A = 167A_1(1 + C \log_{10} P)$ ，则得到一个简化的表达式，即为单一重现期公式：

$$q = \frac{A}{(t+b)^n} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

A ——雨力参数，即不同重现期下1min的设计降水量（mm）。

对其两边取对数，并令： $y = \ln q$ ， $b_0 = \ln A$ ， $b_1 = -n$ ， $x = \ln(t+b)$ ，则公式进一步简化为一个一元线性方程形式：

$$y = b_0 + b_1 x \dots\dots\dots (A.3)$$

采用最小二乘法，可求出（A.3）式中的 b_0 和 b_1 ，则可求出 A 、 n 。

由于（A.2）式中的 b 也是未知数，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，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。

A.1.2 区间参数公式拟合

为计算两个单一重现期之间的暴雨强度，引入重现期区间参数公式：

$$y = b_1 + b_2 \ln(P + C) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

y —— A 、 b 、 n 参数中的任一个；

P ——重现期；

C ——常数。

首先把 2~100 年划分为二个区间：

I：2~10 年

II：10~100 年

将 A 、 b 、 n 代入区间参数公式得到：

$$A = A_1 + A_2 \ln(P + C_A) \dots\dots\dots (A.5)$$

$$b = b_1 + b_2 \ln(P + C_b) \dots\dots\dots (A.6)$$

$$n = n_1 + n_2 \ln(P + C_n) \dots\dots\dots (A.7)$$

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_1 、 A_2 、 C_A 、 b_1 、 b_2 、 C_b 及 n_1 、 n_2 、 C_n ，从而得到 2~10 年和 10~100 年二个区间的 A 、 b 、 n 值，即可得到 2~100 年任意区间单一重现期暴雨强度公式。

A.1.3 总公式参数拟合

对公式 (A.1) 的两端求对数:

$$\ln q = \ln 167A_1 + \ln(1 + C \log_{10} P) - n \ln(t + b) \dots\dots\dots (A.8)$$

设 $y = \ln q - \ln(1 + C \log_{10} P)$, $b_0 = \ln 167A_1$, $b_1 = -n$, $x = \ln(t + b)$, 则上式可写为:

$$y = b_0 + b_1 x \dots\dots\dots (A.9)$$

以最小二乘法求出 b_0 、 b_1 , 从而可求出 A_1 、 n 以及 q' (拟合值), 同时求出总公式的均方根误差 $\bar{\sigma}$:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{m_0} \sum_{j=1}^{m_0} \left(\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (q_{ij} - q'_{ij})^2} \right) \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

$\bar{\sigma}$ ——均方根误差, 单位毫米/分钟 (mm/min);

q ——实际降雨强度, 单位为毫米/分钟 (mm/min);

q' ——拟合降雨强度, 单位为毫米/分钟 (mm/min);

m ——11 个降雨历时;

m_0 ——8 个重现期。

取使 $\bar{\sigma}$ 最小的一组参数 A_1 、 b 、 n , 即为最佳拟合参数。

A.2 高斯-牛顿法

高斯-牛顿法的基本思想是使用泰勒级数展开式去近似地代替非线性回归模型, 然后通过多次迭代, 多次修正回归系数, 使回归系数不断逼近非线性回归模型的最佳回归系数, 最后使原模型的残差平方和达到最小。

a) 初始值的选择有三种方法:

— 根据以往的经验选定初始值;

— 用分段法求出初始值;

— 对于可线性化的非线性回归模型, 通过线性变换, 用最小平方法求出初始值。

b) 泰勒级数展开式。

设一般的非线性回归模型为:

$$y = f(x, \theta) + \varepsilon \dots\dots\dots (A.11)$$

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_r) \dots\dots\dots (A.12)$$

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p) \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

f ——一般函数;

x ——可以是单个自变量, 也可以是 r 个自变量;

θ —— p 维参数向量;

ε ——随机误差项, 且 $\varepsilon \in N(0, \sigma^2)$ 。

设对 y 和 x 通过 m 次观测, 得到 m 组数据:

$$(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ir}; y_i) i=1, 2, \dots, m$$

x_{ij} 的两个角标, 第一个代表观测序号, $i=1 \dots m$; 第二个代表自变量序号 $j=1 \dots r$ 。求“最小二乘”拟合曲线, 就是求 θ 的估计值 θ' , 使得公式 (A.14) 为最小。

$$S(\theta) = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^m [y_i - f(x_i, \theta)]^2 \dots\dots\dots (A.14)$$

对于非线性模型, 无法直接求“最小二乘”解, 若把它对待定参数 $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)'$ 在 $\theta_{(0)} = (\theta_{1(0)}, \theta_{2(0)}, \dots, \theta_{p(0)})'$ 处展开成只包括一次项的泰勒级数, 从而使非线性模型线性化。为方便起见, 以下用 $f_i(\theta)$ 代替 $f(x_i, \theta)$, 导出公式 (A.14) 中 $S(\theta)$ 为最小的参数递推公式, 并写成矩阵形式:

$$\theta_{(k+1)} = \theta_{(k)} + [J'(\theta_{(k)})J(\theta_{(k)})]^{-1} J'(\theta_{(k)}) [y - f(\theta_{(k)})] \dots\dots\dots (A.15)$$

式中：

k ——递推次数。

$$J(\theta_{(k)}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(\theta)}{\partial \theta_1} & \frac{\partial f_1(\theta)}{\partial \theta_2} & \cdots & \frac{\partial f_1(\theta)}{\partial \theta_p} \\ \frac{\partial f_2(\theta)}{\partial \theta_1} & \frac{\partial f_2(\theta)}{\partial \theta_2} & \cdots & \frac{\partial f_2(\theta)}{\partial \theta_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f_m(\theta)}{\partial \theta_1} & \frac{\partial f_m(\theta)}{\partial \theta_2} & \cdots & \frac{\partial f_m(\theta)}{\partial \theta_p} \end{bmatrix}_{\theta=\theta_{(k)}} \cdots \cdots \cdots \text{(A. 16)}$$

$y = (y_1, y_2, \cdots, y_m)'$, $f(\theta_{(k)}) = [f_1\theta_{(k)}, f_2\theta_{(k)}, \cdots, f_m\theta_{(k)}]'$ 。用公式 (A. 15) 从 $\theta_{(0)}$ 开始, 一步步递推下去, 直到 $\theta_{(k)}$ 收敛稳定, 即 $|\theta_{(k+1)} - \theta_{(k)}|$ 的值小于或等于预先指定的小正数 δ , 从而得到 θ 的估计值 θ' 。

c) 采用高斯-牛顿法确定暴雨强度公式参数的具体算例, 参见文献[2]。

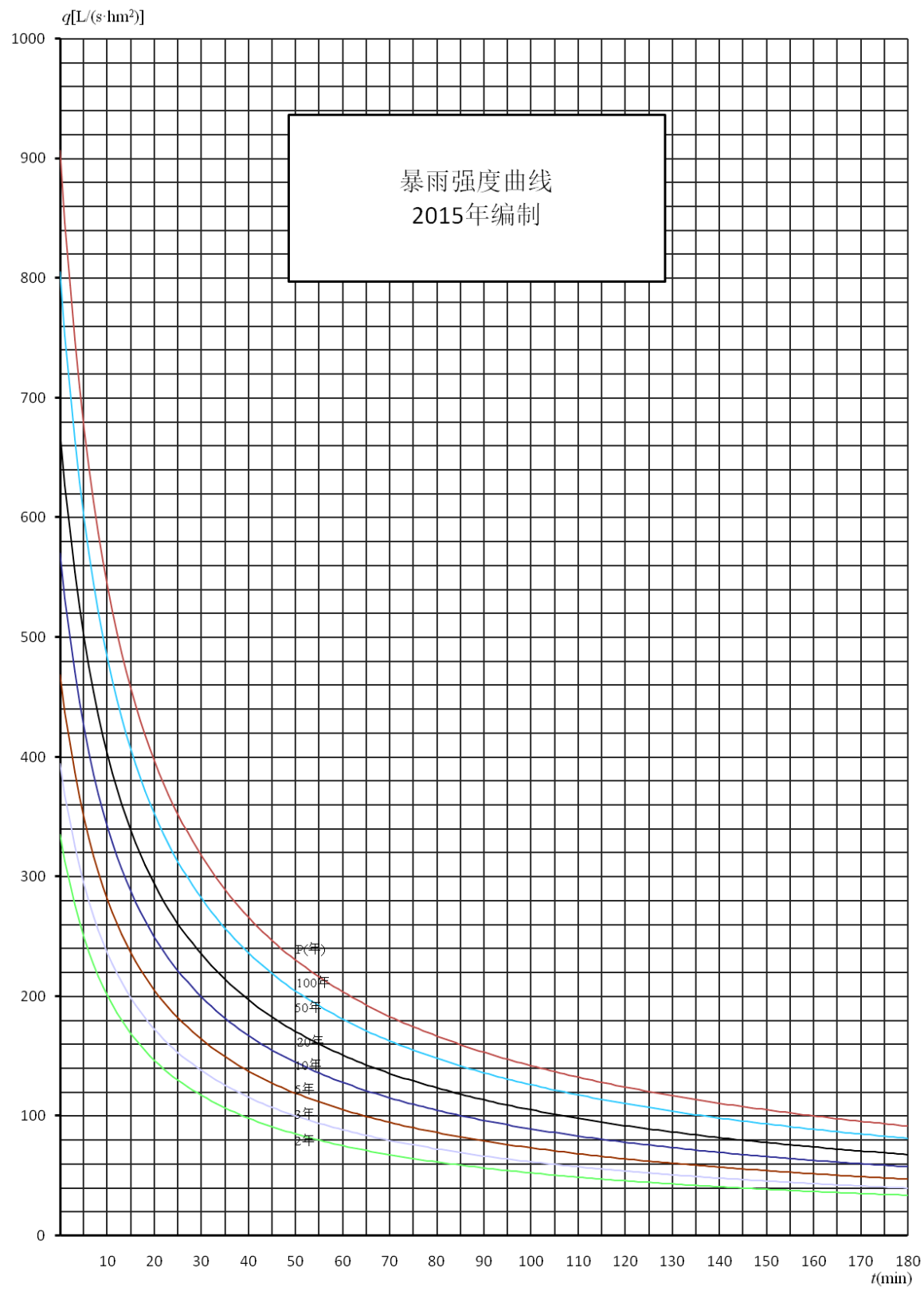
附 录 B
(资料性)
常用查算图表格式

B.1 暴雨强度查算表样张

表B.1 暴雨强度查算表样张

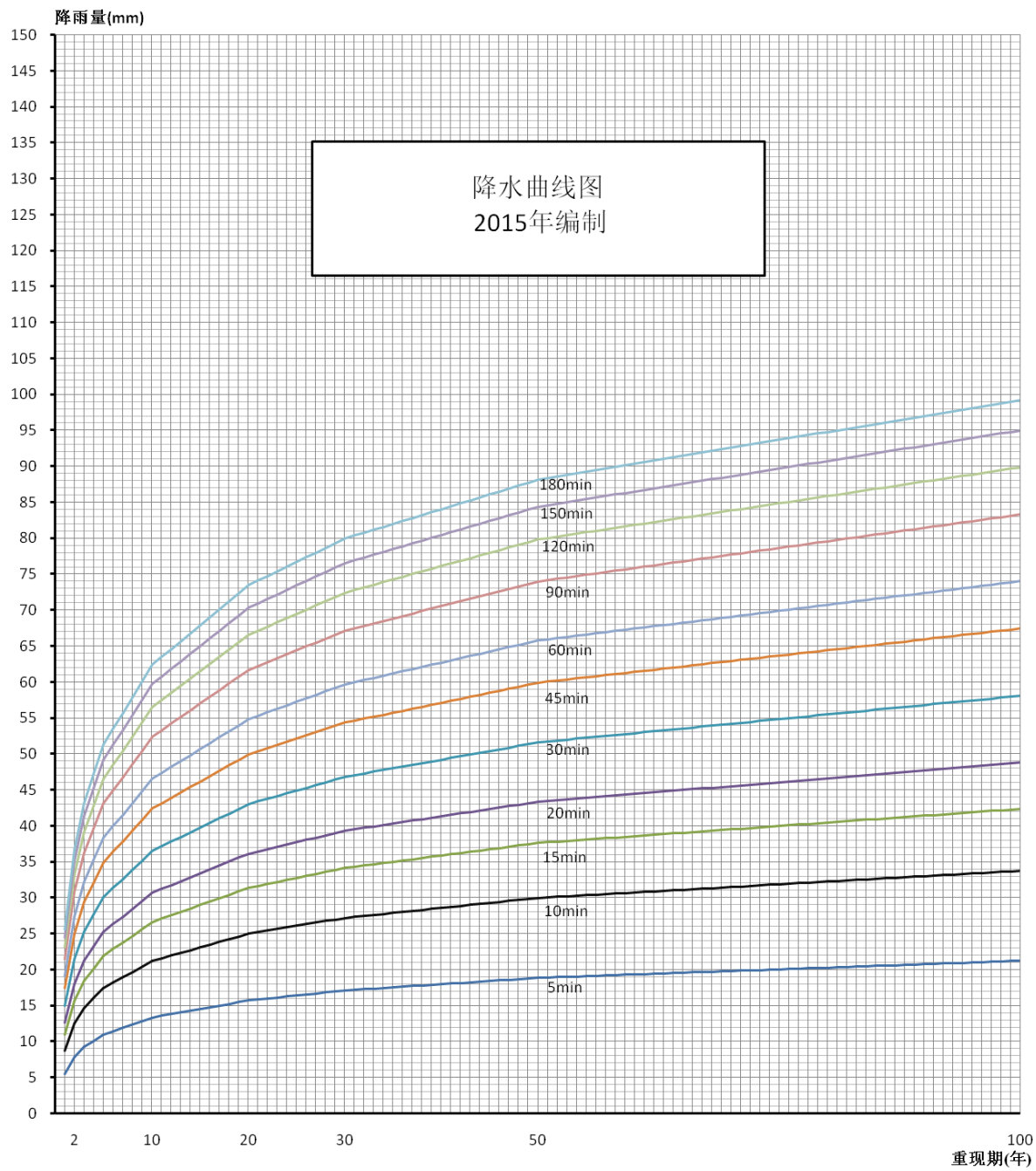
P=2(a)										t: min		q: L/(s hm ²)	
t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	335.025	27	127.250	53	82.925	79	62.765	105	51.039	131	43.295	157	37.764
2	312.741	28	124.553	54	81.879	80	62.202	106	50.683	132	43.048	158	37.582
3	293.520	29	121.980	55	80.863	81	61.650	107	50.333	133	42.805	159	37.402
4	276.755	30	119.523	56	79.874	82	61.109	108	49.989	134	42.565	160	37.225
5	261.989	31	117.174	57	78.912	83	60.578	109	49.650	135	42.328	161	37.049
6	248.877	32	114.926	58	77.975	84	60.058	110	49.315	136	42.093	162	36.875
7	237.146	33	112.772	59	77.063	85	59.547	111	48.986	137	41.862	163	36.702
8	226.584	34	110.706	60	76.175	86	59.046	112	48.662	138	41.633	164	36.532
9	217.019	35	108.723	61	75.309	87	58.554	113	48.342	139	41.408	165	36.363
10	208.312	36	106.818	62	74.464	88	58.072	114	48.027	140	41.184	166	36.196
11	200.349	37	104.986	63	73.641	89	57.598	115	47.717	141	40.964	167	36.031
12	193.036	38	103.222	64	72.838	90	57.133	116	47.411	142	40.746	168	35.867
13	186.294	39	101.524	65	72.054	91	56.676	117	47.109	143	40.531	169	35.705
14	180.057	40	99.886	66	71.289	92	56.227	118	46.812	144	40.318	170	35.545
15	174.269	41	98.307	67	70.541	93	55.786	119	46.518	145	40.108	171	35.386
16	168.881	42	96.782	68	69.811	94	55.353	120	46.229	146	39.900	172	35.229
17	163.851	43	95.310	69	69.098	95	54.927	121	45.944	147	39.695	173	35.073
18	159.144	44	93.886	70	68.400	96	54.509	122	45.663	148	39.492	174	34.919
19	154.730	45	92.509	71	67.719	97	54.097	123	45.386	149	39.291	175	34.767
20	150.580	46	91.177	72	67.052	98	53.693	124	45.112	150	39.093	176	34.616
21	146.671	47	89.886	73	66.400	99	53.295	125	44.842	151	38.897	177	34.466
22	142.982	48	88.636	74	65.761	100	52.903	126	44.575	152	38.703	178	34.318
23	139.494	49	87.424	75	65.137	101	52.518	127	44.313	153	38.511	179	34.171
24	136.191	50	86.249	76	64.525	102	52.140	128	44.053	154	38.321	180	34.026
25	133.058	51	85.108	77	63.926	103	51.767	129	43.797	155	38.133		
26	130.082	52	84.000	78	63.340	104	51.400	130	43.544	156	37.947		

B.2 暴雨强度曲线图



图B.1 暴雨强度曲线图（样张）

B.3 不同历时的暴雨强度频率曲线图



图B.2 不同历时的暴雨强度频率曲线图（样张）

参 考 文 献

- [1] 邓培德, 韦鹤平, 俞庭康, 等. 城市暴雨公式统计方法的研究[J]. 同济大学学报, 1985, (1): 17-29
 - [2] 张子贤. 用高斯-牛顿法确定暴雨公式参数[J]. 河海大学学报, 1995, 23(5): 106-111
 - [3] 邓培德. 城市暴雨两种选样方法的概率关系与应用评述[J]. 给水排水, 2006, 32(6): 39-42
 - [4] 陈正洪, 王海军, 张小丽. 水文学中雨强公式参数求解的一种最优化方法[J]. 应用气象学报, 2007, 18(2): 237-241
 - [5] 邵尧明, 邵丹娜, 马锦生. 城市新一代暴雨强度公式编制实践及建议[J]. 中国给水排水, 2012, 28(8): 19-22
 - [6] 住房和城乡建设部, 中国气象局. 城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则[M]. 北京: 气象出版社, 2014
-