

长治市城区暴雨强度公式 编修规划

山西省气象科学研究所

二〇一八年一月

前 言

近年来，受全球气候变化的影响，暴雨等极端天气越来越频繁，由暴雨引发的城市内涝已成为影响城市发展、威胁城市安全的突出问题。为提高城市防灾减灾能力、保障人民群众的生命财产安全、促进城镇化健康发展、建设生态文明社会，国务院办公厅下发了《关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》。中国气象局、住房和城乡建设部联合签署了《关于联合开展城市内涝预报预警与防治工作的合作框架协议》，制定了《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》，下发了全国《关于做好暴雨强度公式修订有关工作的通知》，相应地 2014 年山西省住房和城乡建设厅、山西省气象局联合下发了《山西省住房和城乡建设厅、山西省气象局关于转发〈关于做好暴雨强度公式修订有关工作的通知〉的通知》(晋建城字〔2014〕131 号)，并对山西省暴雨强度公式修订的有关工作进行了部署，明确要求各地编制和修订暴雨强度公式，作为城市排水防涝设施规划、设计的重要依据。

受长治市气象局委托，山西省气象科学研究所承担了长治暴雨强度公式编修工作。项目组在对长治县 1981 年以来降水资料统计、分析、处理的基础上，对暴雨极值进行了研究，建立了暴雨强度公式，分析了其适用性，确定了短历时暴雨雨型，汇总了常用图表，完成了长治市城区暴雨强度公式编修规划。

项目编制过程中，得到了长治市政府、长治市住房保障和城乡建设管理局、长治市气象局、山西省气象局、山西省气象信息中心等单位有关领导和专家的指导、支持和帮助。在此一并表示诚挚的感谢！

长治市城区暴雨强度公式编修规划项目组

二〇一八年一月

项目名称：长治市城区暴雨强度公式编修规划

委托单位：长治市气象局

编制单位：山西省气象科学研究所

(法人代表：郝寿昌 所长/高级工程师)

(单位地址：山西省太原市新建路 65 号)

	姓名	职称/职务	签名
项目负责人：	王振华	正研级高级工程师	
项目组成员：	韩照宇	高级工程师/室主任	
	张岳军	工程师	
	周 静	工程师	
审核：	朱凌云	高级工程师/副所长	
审定：	郝寿昌	高级工程师/所长	

目 录

1 总则	1
1.1 背景及意义.....	1
1.2 编制依据	1
1.3 遵循原则要求.....	2
1.4 内容和方法.....	2
2 术语和符号.....	3
2.1 术语	3
2.2 符号	4
3 降雨资料和统计样本.....	4
3.1 站点情况和降雨资料年限的确定	4
3.2 原始资料的取得及可靠性、一致性分析	5
3.3 统计样本选取及分析	6
3.4 强暴雨时间分布特征	9
4 频率计算和分布曲线确定	11
4.1 经验频率和重现期计算.....	11
4.2 分布曲线	13
4.2.1 耿贝尔频率曲线.....	13
4.2.2 皮尔逊III型曲线.....	17
5 暴雨强度公式	22
5.1 雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系表确定	22
5.2 暴雨强度公式的表达形式.....	22
5.3 暴雨强度公式拟合	23
5.4 暴雨强度公式拟合精度检验	24
5.5 新、旧规范取得的暴雨强度公式结果比较分析.....	24
6 短历时暴雨雨型确定.....	29
6.1 雨峰位置系数的计算	29
6.2 芝加哥法雨型确定	30
7 常用图表.....	32
8 适用性分析.....	46
8.1 时间变化特征.....	46
8.2 新、旧暴雨强度公式的比较分析	48
8.3 暴雨强度公式修编的必要性	50
8.4 社会影响分析	50
9 编制成果.....	50
9.1 编制成果	50

9.2 问题与建议.....	51
附图表	53
附表 1 各降雨历时逐年最大降雨样本每 5 分钟雨	53
附表 1(1) 长治逐年历时 30min 各段雨量	53
附表 1(2) 长治逐年历时 60min 各段雨量	54
附表 1(3) 长治逐年历时 90min 各段雨量	55
附表 1(3) 长治逐年历时 90min 各段雨量(续 1).....	56
附表 1(4) 长治逐年历时 120min 各段雨量	57
附表 1(4) 长治逐年历时 120min 各段雨量(续 1)	58
附表 1(5) 长治逐年历时 150min 各段雨量	59
附表 1(5) 长治逐年历时 150min 各段雨量(续 1)	60
附表 1(5) 长治逐年历时 150min 各段雨量(续 2)	61
附表 1(6) 长治逐年历时 180min 各段雨量	62
附表 1(6) 长治逐年历时 180min 各段雨量(续 1)	63
附表 1(6) 长治逐年历时 180min 各段雨量(续 2)	64
附表 2 各历时不同重现期芝加哥法雨型各时段平均雨强.....	65
附图 1 不同重现期各历时暴雨雨型图	68
附图 2	69
附图 2-1 长治转换后单一重现期公式暴雨强度曲线.....	69
附图 2-2 长治转换后降水强度曲线	70
附图 2-3 长治转换后降水量曲线	71
附图 2-4 长治转换后总公式暴雨强度曲线.....	72
附表 3 转换为年多个样法暴雨强度~历时~重现期关系	73
附表 4 转换为年多个样法暴雨强度查算表.....	74
附表 4(1) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=2a)	74
附表 4(2) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=3a)	75
附表 4(3) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=5a)	76
附表 4(4) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=10a)	77
附表 4(5) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=20a)	78
附表 4(6) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=30a)	79
附表 4(7) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=50a)	80
附表 4(8) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=100a)	81

1 总则

1.1 背景及意义

城市暴雨强度公式编制是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，使城市降雨特征发生变化。已有数据表明，部分城市每隔 10 年左右就出现超过历史记录的特大暴雨。依据水文气象频率分析理论，基于已有的降雨记录数据，采用数理统计的方法拟合出的城市暴雨量、暴雨强度等曲线函数，是科学表达城市降雨规律的一种方法。

根据国家建设部《室外排水设计规范》(GB50014—2006，2014 年版)规定，在进行室外排水设计时，雨水管网的设计排水量应通过当地的暴雨强度公式计算求得。设计暴雨强度是计算雨水排水设计流量的基本依据，它直接影响到排水工程的投资预算和可靠性。我国幅员辽阔，各地降雨强度不一。城市排水工程的可靠性、经济性与采用的暴雨强度公式有直接的关系。因此，编制适合各地实际情况的暴雨强度公式是一项重要的基础工作。

目前，气象台(站)、水文站等单位采用自记雨量记录降雨过程，已经积累了数十年，利用这些资料编制暴雨强度公式已成为可能。目前，推求城市暴雨强度公式已经成为各地政府十分重视的一项重要工作，全国已有一些城市完成或正在开展暴雨强度公式的编制工作。长治现有的暴雨强度公式是上世纪 80 年代由太原工业大学编制完成。其公式为： $q = \frac{3340(1 + 1.4lgP)}{(t + 15.8)^{0.93}}$ 。由于降雨情况发生了变化，旧的暴雨强度公式已经不能反映现在城市真实降雨的特点。沿用旧暴雨强度公式的做法可能会造成工程的浪费或人们的财产损失。根据长治的实际情况，推求暴雨强度公式，对科学计算雨水排水设计流量具有重大的现实意义。

本报告是采用长治县国家基本气象站 1981-2016 年的雨量资料，根据《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》要求完成的。

1.2 编制依据

本报告引用了下列法规、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报告。

《室外排水设计规范》(GB50014-2006)2014 年修订版(简称《规范》)

《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》(住房城乡建设部、中国气象局，2014 年 4 月)(简称《导则》)

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T8170-2008)

《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/T22-2004)

《地面气象观测资料质量控制》(QX/T118-2010)

《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44-2006)

《城市排水工程规划规范》(GB50318-2000)

《建筑给水排水设计规范》(GB50015-2003)

《公路排水设计规范》(JTG/TD33-2012)

《住房城乡建设部、中国气象局关于做好暴雨强度公式修订有关工作的通知》(建城〔2014〕66 号)

《山西省住房城乡建设厅、山西省气象局关于转发〈关于做好暴雨强度公式修订有关工作的通知〉的通知》(晋建城字〔2014〕131 号)

1.3 遵循原则要求

本工作按照《导则》要求的技术流程、降雨资料和统计样本、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、适用性分析和成果表达格式等方面的技术要求完成。并遵循：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

根据《导则》，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、精度检验、各历时暴雨变化特征等。

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进行的。具体流程如下：

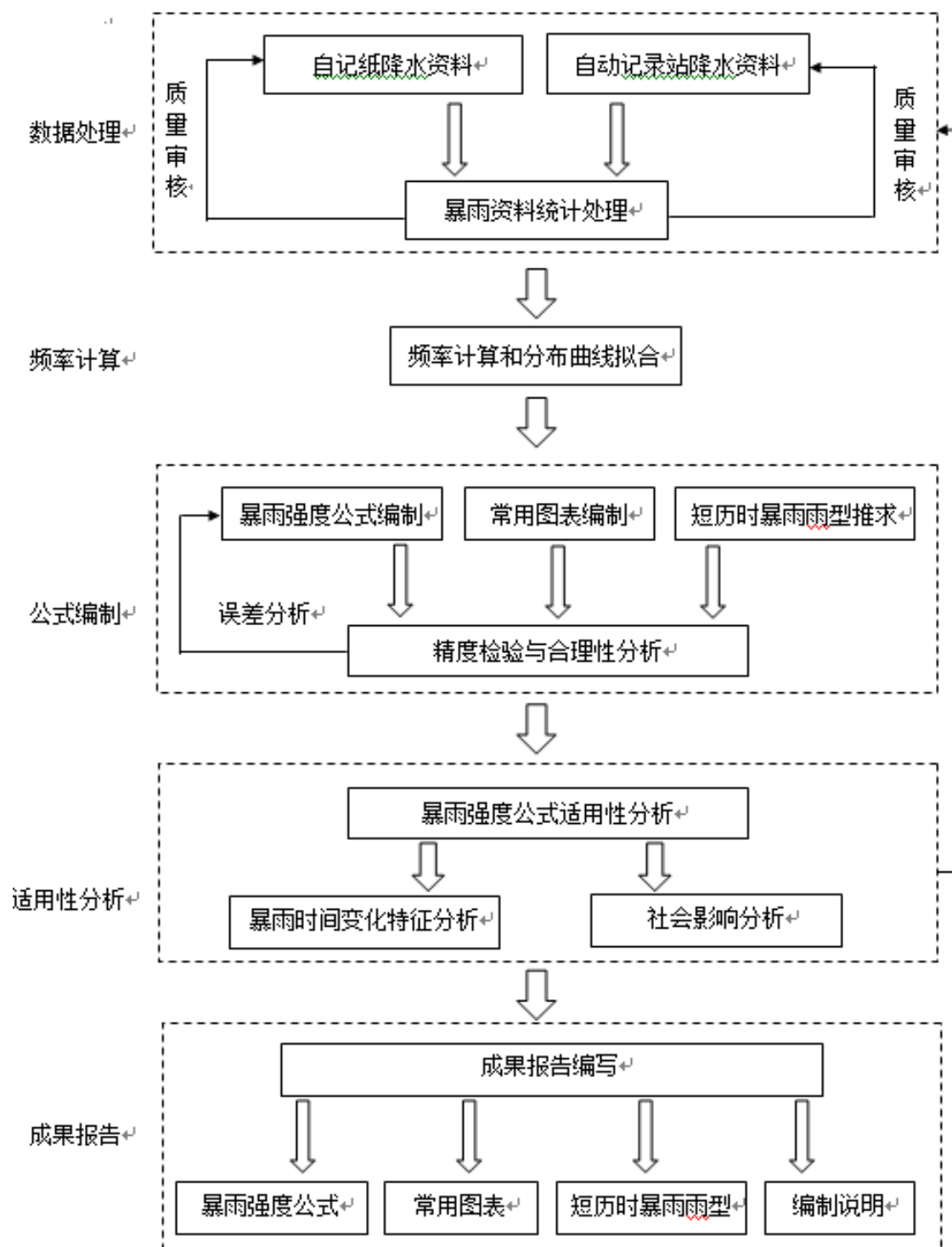


图 1.1-1 暴雨强度公式编制流程图

2 术语和符号

2.1 术语

(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) 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。

- (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。
- (4) 短历时降雨 short duration precipitation 指降雨历时小于 180 分钟的降雨。
- (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。
- (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。
- (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。
- (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(i--mm/min; q--L/(s·hm²);

P--设计暴雨重现期(a);

ρ--经验频率(无量纲参数);

t--降雨历时(min);

A₁--雨力参数(经验参数);

C--雨力变动参数(经验参数);

b--降雨历时修正参数(经验参数);

n--暴雨衰减指数(经验参数);

r_i--雨峰位置系数(无量纲参数)。

3 降雨资料和统计样本

3.1 站点情况和降雨资料年限的确定

长治市区和长治县境内现有一个国家基本气象观测站, 即长治县气象站。长治县地面气象观测站站址位于长治市区南部, 与长治市中心距离 16.5km, 虽然长治县与长治市区下垫面有些区别, 每场降水过程也有不同, 极端降水等气候要素极值作为随机变量在一般数学意义上是不稳定的, 但在概率意义上却可以说是稳定的。通过分析, 两地暴雨强度的概率分布是一致的。长治县地面气象观测站气象条件可以代表本区域(长治市区、长治县)情况。

长治县气象站始建于 1971 年, 1973 年 1 月正式开展地面气象观测业务, 站址在长治县韩店镇经坊村北, 观测场位于北纬为 36°03′, 东经 113°04′, 海拔高度 985.7 米, 区

站号为 53882。

基于以下 3 个方面原因, 本项目采用 1981-2016 年的 36 年降水资料。

(1) 规范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 20 年, 有条件的地区可用到 30 年以上系列; 导则对选择资料年限做了进一步说明, 要求"合理选择资料年限, 但需包括最近年份的降水资料";

(2) 气候平均状态一般是指持续 30 年的气候变动;

(3) 山西省建站时间不一致, 有许多县(市)气象观测站始建于上世纪 70 年代末。

为了做出的暴雨强度公式即能满足《规范》和导则要求, 也能反映目前气候态下的极值规律, 做出的暴雨强度公式也与周边站暴雨强度公式使用的资料基本一致, 综合考虑最终确定本报告采用 1981-2016 年的 36 年降水资料。

3.2 原始资料的取得及可靠性、一致性分析

按照《导则》, 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。对以自记纸形式保存的历史降雨自记记录资料, 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。

1981-2016 年间本站仪器有变更，1981-2003 年为人工站，从 2004 年至今开始使用自动观测记录。但根据《地面气象观测规范》，仪器更新、调整、维护时应做精度对比，测量数据与实际数据误差小于 $\pm 4\%$ 。这也就是说，通过气象数据审核规范取得的数据与仪器无关，只与实际降水量有关。

本站有迁址，2014 年长治县气象站迁往长治县韩店镇黎岭村黎都公园北最高处，观测场位于北纬 $36^{\circ}03'37''$ ，东经 $113^{\circ}01'58''$ ，海拔高度 1046.9 米。长治县新旧站之间距离 3.5km。

图 3.3-1 为各历时年最大降水强度变化曲线，可见，迁址前后，各历时雨强没有明显的突变，可以认为 1981 年以来资料是一致的，不做均一化处理。本工作采用的数据全部来自山西省气象信息中心，数据通过审核，是可靠一致的。

3.3 统计样本选取及分析

按照《规范》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。

表 3.3-1 为长治各历时年最大降雨量资料，表 3.3-2 是根据各历时年最大降雨量资料计算得到各历时年最大降水强度资料。图 3.3-1 是各历时年最大降水强度变化曲线。从图表可见，降雨强度年际变化较大，如历时 30 分钟最大可达到 1.85mm/min (1988 年)，而最小则只有 0.28mm/min (1981 年)，最大值是最小值的 6 倍多。

表 3.3-1 长治各历时年最大降水量数据(单位: mm)

年份	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
1981	6.88	7.86	8.18	8.29	8.35	8.99	9.05	9.18	9.30	9.43	9.56
1982	8.73	14.83	20.54	25.47	32.00	36.39	43.55	48.01	50.19	52.28	53.26
1983	4.84	5.74	8.26	9.33	13.74	15.72	19.67	25.73	27.05	27.99	30.19
1984	9.38	15.90	22.24	28.22	38.80	53.63	55.39	63.30	63.71	64.93	65.59
1985	7.54	13.62	17.32	19.18	20.04	20.47	22.87	29.12	32.47	33.39	33.44
1986	12.89	20.85	24.13	26.91	31.51	35.45	36.21	36.30	36.30	40.29	42.20
1987	6.82	10.88	13.43	14.27	15.64	17.00	19.38	25.35	27.95	29.56	32.80
1988	13.46	24.84	33.96	41.74	55.43	69.35	74.25	90.47	94.52	97.43	99.11
1989	8.42	11.73	15.28	16.91	19.25	21.65	24.20	31.23	33.74	36.51	39.78
1990	7.29	12.70	15.51	16.80	17.65	17.75	17.87	27.00	28.45	28.80	28.80
1991	9.38	14.75	18.93	19.24	19.30	23.03	25.38	25.80	25.80	25.80	25.80
1992	8.09	12.59	16.22	18.40	20.67	21.55	21.83	22.13	22.77	23.01	23.02
1993	4.18	6.51	7.99	9.49	13.32	16.64	18.52	20.88	21.74	21.90	22.01
1994	7.33	12.12	14.36	15.01	15.78	19.55	22.07	29.41	32.21	34.56	35.62
1995	10.56	19.41	26.50	33.31	47.74	58.52	67.22	97.18	116.72	126.01	127.29
1996	10.24	15.56	19.21	23.86	31.04	42.29	49.39	55.82	57.61	58.74	59.59
1997	4.51	7.47	9.76	11.92	16.25	19.71	25.10	30.42	32.42	32.73	32.83
1998	7.51	11.70	15.71	17.83	24.73	28.75	30.38	31.66	32.65	33.54	34.67
1999	11.49	19.82	26.78	32.79	41.40	47.00	48.20	48.88	50.21	50.33	50.40
2000	5.49	9.89	14.16	16.24	18.17	18.51	18.54	23.27	31.86	31.93	31.95
2001	6.23	10.83	14.86	18.05	22.52	25.01	25.10	25.10	25.11	25.54	27.18
2002	10.04	13.84	16.61	19.25	19.96	21.69	23.44	26.03	27.35	28.07	28.60
2003	13.95	23.00	29.40	31.99	32.60	32.69	32.69	32.69	32.69	32.70	32.70
2004	9.80	15.50	18.30	24.90	27.90	28.90	32.90	36.40	38.00	39.20	39.90
2005	13.00	24.40	31.10	37.50	45.40	68.20	82.00	87.70	88.10	88.20	88.20
2006	8.00	12.90	16.60	19.30	26.70	31.80	32.90	34.30	36.50	37.50	41.00
2007	9.80	16.70	19.20	21.10	25.20	26.70	28.00	30.60	31.10	31.20	31.20
2008	9.80	16.50	20.60	22.60	23.70	25.40	26.40	28.60	30.60	31.10	31.20
2009	7.80	12.80	14.80	16.60	18.60	18.90	18.90	18.90	19.00	19.20	21.60
2010	11.60	19.40	24.80	30.20	38.30	48.00	53.80	55.70	55.70	55.70	55.70
2011	11.10	18.40	24.10	29.80	35.70	40.60	44.60	48.70	48.70	50.10	54.20
2012	7.60	11.90	13.90	16.10	20.60	23.30	24.50	32.70	41.10	48.00	52.90
2013	7.20	11.40	14.20	16.40	18.20	18.90	22.00	26.10	30.40	33.80	38.40
2014	7.50	13.80	20.10	24.60	31.80	37.60	43.20	51.20	51.30	51.30	51.30
2015	7.20	11.10	14.50	17.60	23.20	32.90	34.60	34.80	34.80	34.80	34.80
2016	11.20	22.00	31.50	41.00	55.10	62.60	68.00	68.40	68.50	68.50	68.60
平均	8.80	14.53	18.70	22.01	26.84	31.53	34.50	39.14	41.29	42.61	43.76

表 3.3-2 长治各历时年最大降水强度(单位: mm/min)

年份	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
1981	1.37600	0.78600	0.54533	0.41450	0.27833	0.19978	0.15083	0.10200	0.07750	0.06287	0.05311
1982	1.74600	1.48300	1.36933	1.27350	1.06667	0.80867	0.72583	0.53344	0.41825	0.34853	0.29589
1983	0.96800	0.57400	0.55067	0.46650	0.45800	0.34933	0.32783	0.28589	0.22542	0.18660	0.16772
1984	1.87600	1.59000	1.48267	1.41100	1.29333	1.19178	0.92317	0.70333	0.53092	0.43287	0.36439
1985	1.50800	1.36200	1.15467	0.95900	0.66800	0.45489	0.38117	0.32356	0.27058	0.22260	0.18578
1986	2.57800	2.08500	1.60867	1.34550	1.05033	0.78778	0.60350	0.40333	0.30250	0.26860	0.23444
1987	1.36400	1.08800	0.89533	0.71350	0.52133	0.37778	0.32300	0.28167	0.23292	0.19707	0.18222
1988	2.69200	2.48400	2.26400	2.08700	1.84767	1.54111	1.23750	1.00522	0.78767	0.64953	0.55061
1989	1.68400	1.17300	1.01867	0.84550	0.64167	0.48111	0.40333	0.34700	0.28117	0.24340	0.22100
1990	1.45800	1.27000	1.03400	0.84000	0.58833	0.39444	0.29783	0.30000	0.23708	0.19200	0.16000
1991	1.87600	1.47500	1.26200	0.96200	0.64333	0.51178	0.42300	0.28667	0.21500	0.17200	0.14333
1992	1.61800	1.25900	1.08133	0.92000	0.68900	0.47889	0.36383	0.24589	0.18975	0.15340	0.12789
1993	0.83600	0.65100	0.53267	0.47450	0.44400	0.36978	0.30867	0.23200	0.18117	0.14600	0.12228
1994	1.46600	1.21200	0.95733	0.75050	0.52600	0.43444	0.36783	0.32678	0.26842	0.23040	0.19789
1995	2.11200	1.94100	1.76667	1.66550	1.59133	1.30044	1.12033	1.07978	0.97267	0.84007	0.70717
1996	2.04800	1.55600	1.28067	1.19300	1.03467	0.93978	0.82317	0.62022	0.48008	0.39160	0.33106
1997	0.90200	0.74700	0.65067	0.59600	0.54167	0.43800	0.41833	0.33800	0.27017	0.21820	0.18239
1998	1.50200	1.17000	1.04733	0.89150	0.82433	0.63889	0.50633	0.35178	0.27208	0.22360	0.19261
1999	2.29800	1.98200	1.78533	1.63950	1.38000	1.04444	0.80333	0.54311	0.41842	0.33553	0.28000
2000	1.09800	0.98900	0.94400	0.81200	0.60567	0.41133	0.30900	0.25856	0.26550	0.21287	0.17750
2001	1.24600	1.08300	0.99067	0.90250	0.75067	0.55578	0.41833	0.27889	0.20925	0.17027	0.15100
2002	2.00800	1.38400	1.10733	0.96250	0.66533	0.48200	0.39067	0.28922	0.22792	0.18713	0.15889
2003	2.79000	2.30000	1.96000	1.59950	1.08667	0.72644	0.54483	0.36322	0.27242	0.21800	0.18167
2004	1.96000	1.55000	1.22000	1.24500	0.93000	0.64222	0.54833	0.40444	0.31667	0.26133	0.22167
2005	2.60000	2.44000	2.07333	1.87500	1.51333	1.51556	1.36667	0.97444	0.73417	0.58800	0.49000
2006	1.60000	1.29000	1.10667	0.96500	0.89000	0.70667	0.54833	0.38111	0.30417	0.25000	0.22778
2007	1.96000	1.67000	1.28000	1.05500	0.84000	0.59333	0.46667	0.34000	0.25917	0.20800	0.17333
2008	1.96000	1.65000	1.37333	1.13000	0.79000	0.56444	0.44000	0.31778	0.25500	0.20733	0.17333
2009	1.56000	1.28000	0.98667	0.83000	0.62000	0.42000	0.31500	0.21000	0.15833	0.12800	0.12000
2010	2.32000	1.94000	1.65333	1.51000	1.27667	1.06667	0.89667	0.61889	0.46417	0.37133	0.30944
2011	2.22000	1.84000	1.60667	1.49000	1.19000	0.90222	0.74333	0.54111	0.40583	0.33400	0.30111
2012	1.52000	1.19000	0.92667	0.80500	0.68667	0.51778	0.40833	0.36333	0.34250	0.32000	0.29389
2013	1.44000	1.14000	0.94667	0.82000	0.60667	0.42000	0.36667	0.29000	0.25333	0.22533	0.21333
2014	1.50000	1.38000	1.34000	1.23000	1.06000	0.83556	0.72000	0.56889	0.42750	0.34200	0.28500
2015	1.44000	1.11000	0.96667	0.88000	0.77333	0.73111	0.57667	0.38667	0.29000	0.23200	0.19333
2016	2.24000	2.20000	2.10000	2.05000	1.83667	1.39111	1.13333	0.76000	0.57083	0.45667	0.38111
平均	1.76028	1.45344	1.24637	1.10028	0.89471	0.70070	0.57505	0.43490	0.34413	0.28409	0.24312

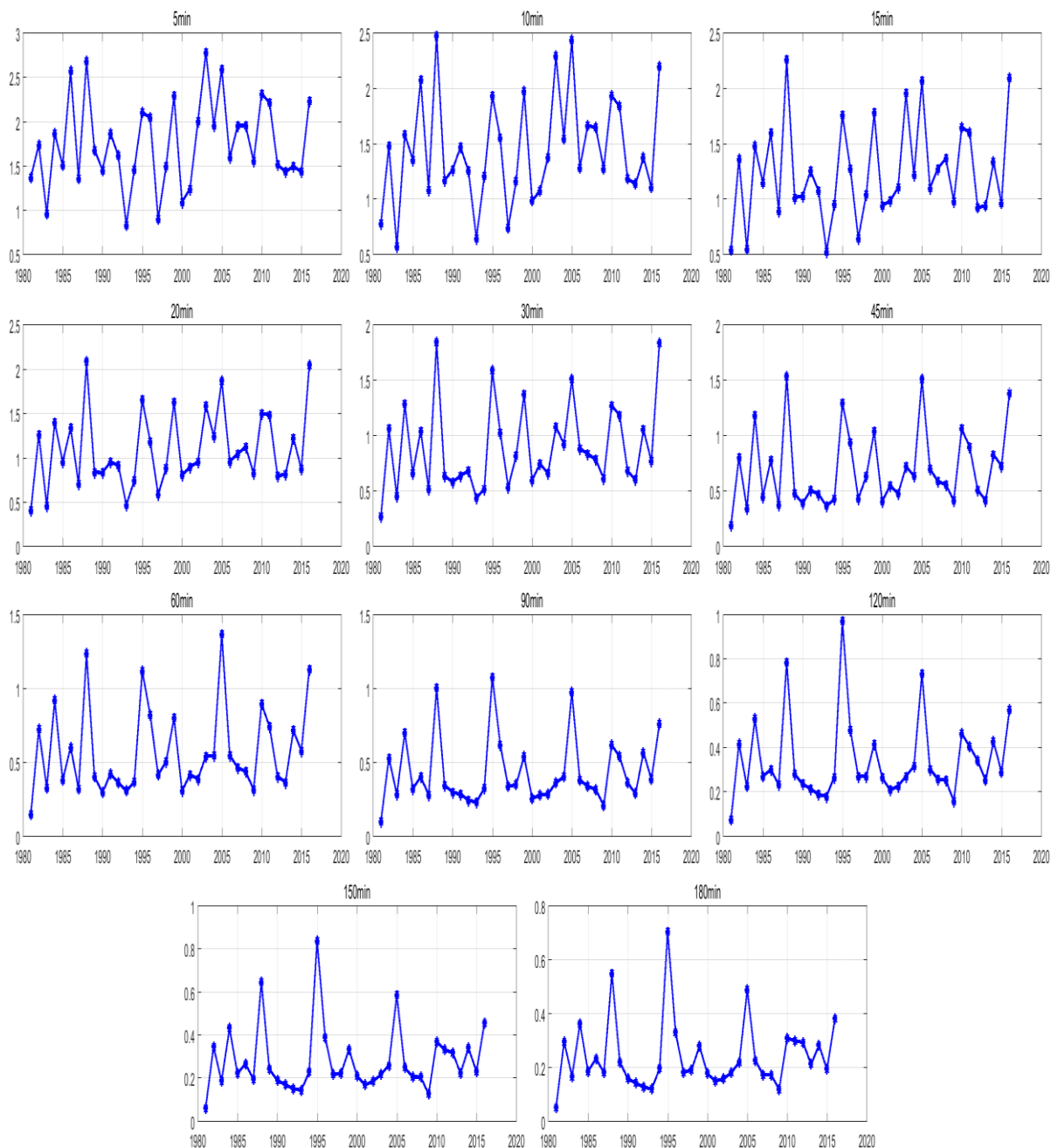


图 3.3-1 长治各历时年最大降水强度变化曲线

3.4 强暴雨时间分布特征

根据《导则》要求，确定短历时暴雨雨型，降雨历时采用 30 min、60 min、90 min、120 min、150 min、180 min 共 6 个历时；选取降雨资料样本中各降雨场次，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。表 3.4-1 给出了长治历时 30min、60min、90 min、120min、150min、180min 选定降雨场次过程开始日期和开始的时刻。附表 1 给出了选定降雨场次过程中每 5min 雨量。

图 3.4-1 是根据表 3.4-1 绘制的各历时选定降雨场次多年平均的逐时出现的频次，可见，年最强降水日变化比较明显，上午 7、8 点前后出现次数最少，午后出现次数相

对多，图 3.4-2 是根据表 3.4-1 绘制的选定降雨场次多年平均逐旬出现频次，可见，年最强降水比较集中，大多数出现在 6 至 8 月，7 月中旬出现次数最多。

表 3.4-1 长治年最大降水场次过程开始时间

年	30min	60min	90min	120min	150min	180min
	日期-时间	日期-时间	日期-时间	日期-时间	日期-时间	日期-时间
1981	0916-1701	0913-1042	0913-1042	0913-1042	0913-1042	0913-1042
1982	0809-1705	0809-1705	0809-1702	0809-1701	0809-1701	0809-1656
1983	0425-1304	0425-1304	0425-1244	0425-1230	0907-1817	0907-1817
1984	0701-1533	0812-1758	0812-1757	0812-1751	0812-1757	0812-1751
1985	0615-1621	0726-1536	0726-1519	0726-1519	0726-1509	0726-1509
1986	0724-1820	0724-1817	0724-1809	0724-1809	0626-1732	0626-1718
1987	0605-0927	0605-0854	0826-1014	0826-0959	0605-1647	0605-1637
1988	0718-1903	0718-1837	0718-1806	0718-1759	0718-1708	0718-1704
1989	0718-1439	0816-0329	0816-0324	0816-0327	0816-0329	0816-0315
1990	0613-1645	0613-1643	0613-1648	0613-1648	0613-1640	0613-1640
1991	0717-1404	0811-1421	0811-1417	0811-1417	0811-1417	0811-1417
1992	0626-1239	0626-1231	0626-1228	0626-1231	0626-1228	0626-1228
1993	0715-0201	0715-0151	0715-0150	0715-0145	0715-0118	0715-0112
1994	0703-0001	0702-2340	0702-2306	0702-2244	0702-2244	0702-2242
1995	0811-1913	0811-1912	0811-1824	0811-1825	0811-1824	0811-1824
1996	0714-1347	0714-1347	0714-1346	0714-1328	0714-1328	0714-1327
1997	0807-0630	0807-0624	0807-0608	0807-0547	0807-0541	0807-0510
1998	0706-0229	0706-0206	0706-0136	0706-0121	0706-0121	0706-0157
1999	0714-1644	0714-1640	0714-1638	0714-1631	0714-1631	0714-1631
2000	0727-1911	0727-1904	0727-1923	0727-1904	0727-1904	0727-1904
2001	0724-0000	0723-2351	0723-2351	0723-2306	0723-2206	0723-2135
2002	0719-1500	0805-1553	0805-1537	0805-1509	0805-1505	0805-1435
2003	0707-1709	0707-1708	0707-1708	0707-1708	0707-1708	0707-1708
2004	0724-1407	0724-1407	0724-1407	0724-1407	0724-1407	0724-1407
2005	0716-1214	0716-1214	0716-1209	0716-1207	0716-1207	0716-1207
2006	0628-1727	0628-1712	0628-1716	0628-1707	0828-2332	0828-2318
2007	0629-1453	0629-1453	0629-1453	0629-1453	0629-1453	0629-1453
2008	0714-2019	0714-2008	0714-1937	0714-1923	0714-1852	0714-1852
2009	0509-1651	0509-1651	0509-1651	0509-1523	0509-1523	0510-0258
2010	0713-1443	0713-1443	0713-1441	0713-1441	0713-1441	0713-1441
2011	0825-1714	0825-1640	0825-1639	0825-1639	0509-0021	0509-0019
2012	0702-1952	0702-1952	0709-0343	0709-0323	0709-0244	0709-0240
2013	0607-1757	0704-0255	0704-0256	0704-0249	0704-0153	0704-0151
2014	0812-1739	0628-1332	0628-1330	0628-1330	0628-1330	0628-1330
2015	0719-1605	0719-1602	0719-1602	0719-1602	0719-1602	0719-1602
2016	0604-1752	0604-1745	0604-1745	0604-1745	0604-1745	0604-1745

注：日期-时间格式为 YYRR-SSFF；0819-0213 表示 8 月 19 日 02 时 13 分

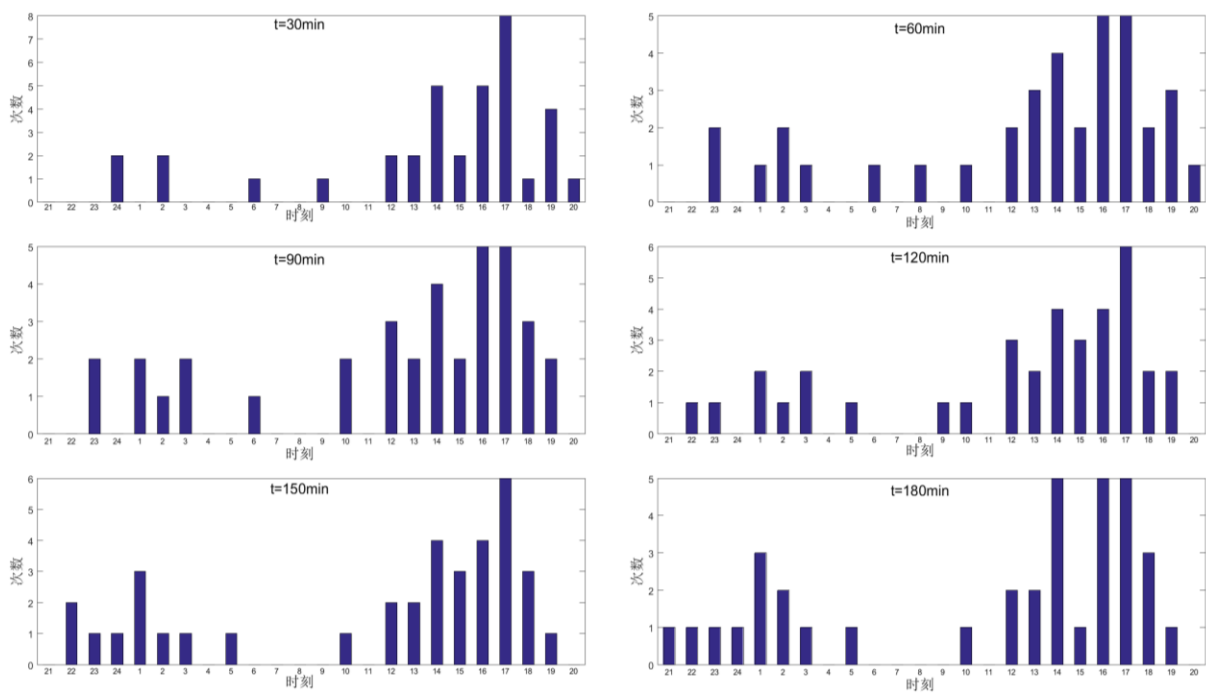


图 3.4-1 长治年最强降水逐时出现次数

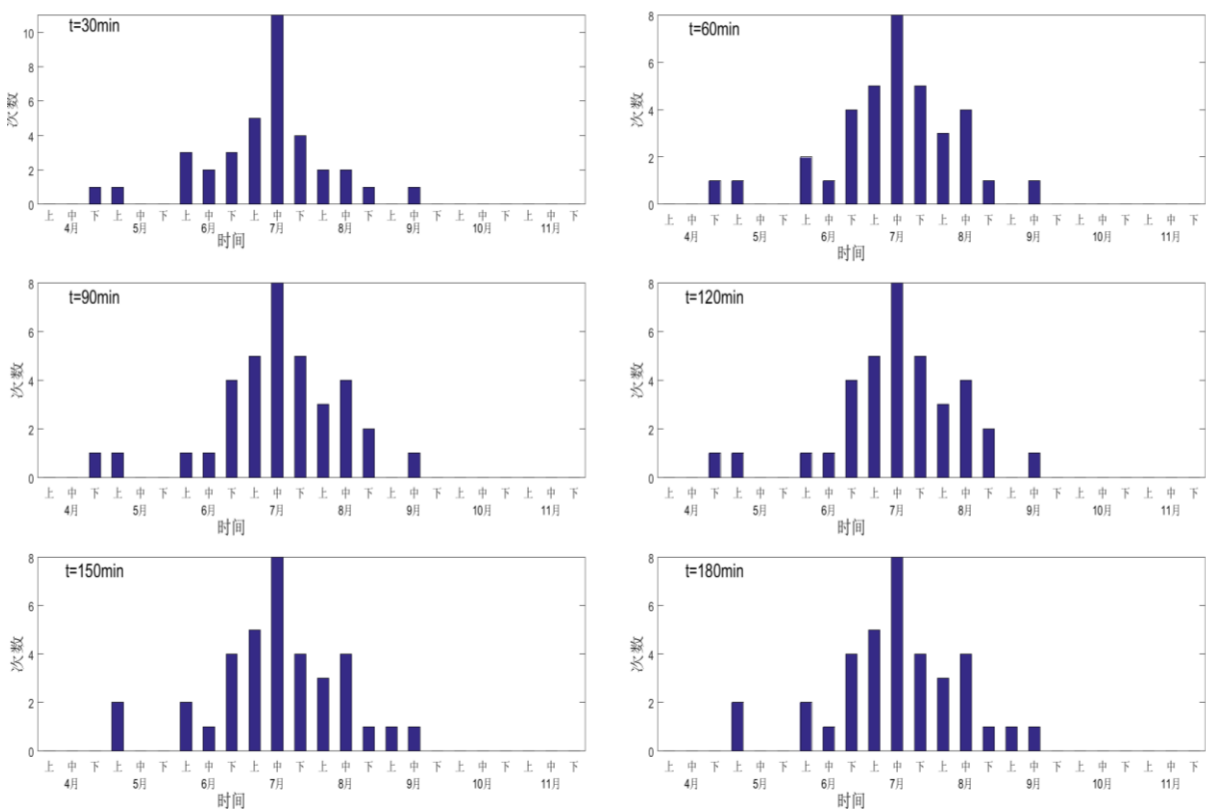


图 3.4-2 长治年最强降水逐旬出现次数

4 频率计算和分布曲线确定

4.1 经验频率和重现期计算

经验频率计算是数理统计理论的基本数学方法，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。根据《导则》经验频率和重现期按下列方法计算。

(1) 样本按照降序排列，样本经验频率按以下公式计算：

$$\rho=m/(n+1)$$

其中， ρ 为经验频率， m 为排序数， n 为样本容量，即样本总数。

(2) 重现期与经验频率按照以下公式换算：

$$P=1/\rho$$

其中， P 为重现期， ρ 为经验频率(%)。

把降水强度不同历时不论年次按照降序排列，计算各历时暴雨强度的经验频率、年重现期，结果如表 4.1-1。

表 4.1-1 不同经验频率(重现期)下各历时降雨强度(mm/min)

频率	重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
0.027	37.000	2.79000	2.48400	2.26400	2.08700	1.84767	1.54111	1.36667	1.07978	0.97267	0.84007	0.70717
0.054	18.500	2.69200	2.44000	2.10000	2.05000	1.83667	1.51556	1.23750	1.00522	0.78767	0.64953	0.55061
0.081	12.333	2.60000	2.30000	2.07333	1.87500	1.59133	1.39111	1.13333	0.97444	0.73417	0.58800	0.49000
0.108	9.250	2.57800	2.20000	1.96000	1.66550	1.51333	1.30044	1.12033	0.76000	0.57083	0.45667	0.38111
0.135	7.400	2.32000	2.08500	1.78533	1.63950	1.38000	1.19178	0.92317	0.70333	0.53092	0.43287	0.36439
0.162	6.167	2.29800	1.98200	1.76667	1.59950	1.29333	1.06667	0.89667	0.62022	0.48008	0.39160	0.33106
0.189	5.286	2.24000	1.94100	1.65333	1.51000	1.27667	1.04444	0.82317	0.61889	0.46417	0.37133	0.30944
0.216	4.625	2.22000	1.94000	1.60867	1.49000	1.19000	0.93978	0.80333	0.56889	0.42750	0.34853	0.30111
0.243	4.111	2.11200	1.84000	1.60667	1.41100	1.08667	0.90222	0.74333	0.54311	0.41842	0.34200	0.29589
0.270	3.700	2.04800	1.67000	1.48267	1.34550	1.06667	0.83556	0.72583	0.54111	0.41825	0.33553	0.29389
0.297	3.364	2.00800	1.65000	1.37333	1.27350	1.06000	0.80867	0.72000	0.53344	0.40583	0.33400	0.28500
0.324	3.083	1.96000	1.59000	1.36933	1.24500	1.05033	0.78778	0.60350	0.40444	0.34250	0.32000	0.28000
0.351	2.846	1.96000	1.55600	1.34000	1.23000	1.03467	0.73111	0.57667	0.40333	0.31667	0.26860	0.23444
0.378	2.643	1.96000	1.55000	1.28067	1.19300	0.93000	0.72644	0.54833	0.38667	0.30417	0.26133	0.22778
0.405	2.467	1.87600	1.48300	1.28000	1.13000	0.89000	0.70667	0.54833	0.38111	0.30250	0.25000	0.22167
0.432	2.313	1.87600	1.47500	1.26200	1.05500	0.84000	0.64222	0.54483	0.36333	0.29000	0.24340	0.22100
0.459	2.176	1.74600	1.38400	1.22000	0.96500	0.82433	0.63889	0.50633	0.36322	0.28117	0.23200	0.21333
0.486	2.056	1.68400	1.38000	1.15467	0.96250	0.79000	0.59333	0.46667	0.35178	0.27242	0.23040	0.19789
0.514	1.947	1.61800	1.36200	1.10733	0.96200	0.77333	0.56444	0.44000	0.34700	0.27208	0.22533	0.19333
0.541	1.850	1.60000	1.29000	1.10667	0.95900	0.75067	0.55578	0.42300	0.34000	0.27058	0.22360	0.19261
0.568	1.762	1.56000	1.28000	1.08133	0.92000	0.68900	0.51778	0.41833	0.33800	0.27017	0.22260	0.18578
0.595	1.682	1.52000	1.27000	1.04733	0.90250	0.68667	0.51178	0.41833	0.32678	0.26842	0.21820	0.18239
0.622	1.609	1.50800	1.25900	1.03400	0.89150	0.66800	0.48200	0.40833	0.32356	0.26550	0.21800	0.18222
0.649	1.542	1.50200	1.21200	1.01867	0.88000	0.66533	0.48111	0.40333	0.31778	0.25917	0.21287	0.18167
0.676	1.480	1.50000	1.19000	0.99067	0.84550	0.64333	0.47889	0.39067	0.30000	0.25500	0.20800	0.17750
0.703	1.423	1.46600	1.17300	0.98667	0.84000	0.64167	0.45489	0.38117	0.29000	0.25333	0.20733	0.17333
0.730	1.370	1.45800	1.17000	0.96667	0.83000	0.62000	0.43800	0.36783	0.28922	0.23708	0.19707	0.17333
0.757	1.321	1.44000	1.14000	0.95733	0.82000	0.60667	0.43444	0.36667	0.28667	0.23292	0.19200	0.16772
0.784	1.276	1.44000	1.11000	0.94667	0.81200	0.60567	0.42000	0.36383	0.28589	0.22792	0.18713	0.16000
0.811	1.233	1.37600	1.08800	0.94400	0.80500	0.58833	0.42000	0.32783	0.28167	0.22542	0.18660	0.15889
0.838	1.194	1.36400	1.08300	0.92667	0.75050	0.54167	0.41133	0.32300	0.27889	0.21500	0.17200	0.15100
0.865	1.156	1.24600	0.98900	0.89533	0.71350	0.52600	0.39444	0.31500	0.25856	0.20925	0.17027	0.14333
0.892	1.121	1.09800	0.78600	0.65067	0.59600	0.52133	0.37778	0.30900	0.24589	0.18975	0.15340	0.12789
0.919	1.088	0.96800	0.74700	0.55067	0.47450	0.45800	0.36978	0.30867	0.23200	0.18117	0.14600	0.12228
0.946	1.057	0.90200	0.65100	0.54533	0.46650	0.44400	0.34933	0.29783	0.21000	0.15833	0.12800	0.12000
0.973	1.028	0.83600	0.57400	0.53267	0.41450	0.27833	0.19978	0.15083	0.10200	0.07750	0.06287	0.05311

4.2 分布曲线

由于实测系列的样本数 n 较小，直接用经验频率点绘出的曲线往往不能满足推求稀有频率极值的要求，目估适线或外延会产生较大的误差，需要借助于理论频率曲线作为定线和外延的依据。从而得出重现期、降雨强度和降雨历时三者的关系，即 P 、 i 、 t 的关系表。

《导则》指出，分布曲线拟合应基于选取的统计样本，采用理论频率曲线进行拟合调整，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。《导则》推荐的理论频率曲线包括：皮尔逊III型和耿贝尔型分布函数曲线。并指出可根据本地降雨特点，选取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。拟合精度差异不大时推荐采用皮尔逊III型函数曲线。本报告根据《导则》采用皮尔逊III型和耿贝尔型分布函数曲线进行拟合试验，最终根据误差和适线图结果综合考虑，确定理论频率曲线函数类型。根据皮尔逊III型和耿贝尔型函数分布原理，皮尔逊III型适线过程需要在海森频率格纸上进行(海森频率格纸特点：正态随机变量的经验频率点子散布在其上成为直线，非正态变量的点子在其上散布不成为直线，但曲率较小，便于内差或外延)，但对耿贝尔型函数来说 p 及对应的 x_p 在包伟尔频率纸上成一条直线。为了方便皮尔逊III型和耿贝尔型分布拟合结果比较，我们把两种方法拟合情况都绘制在海森频率格纸上。

4.2.1 耿贝尔频率曲线

根据统计学理论，原始分布为偏态铃型的，其极大值 x 的分布应属耿贝尔分布(Gumbe1，即第 I 极值分布)，分布函数为：

$$F(X) = \exp(-\exp(-\alpha(X - \beta))) \quad (\alpha > 0, -\infty < \beta < \infty)$$

公式中 α 为尺度参数， β 是位置参数，反映频率分布集中在数轴上的位置。它们与平均值和均方差 S 的关系是：

$$\alpha = \frac{\pi}{S\sqrt{6}} \quad \beta = \bar{x} - 0.5772 \frac{\sqrt{6}}{\pi} S$$

在实际中我们需要的是设计频率 $p=F(x \geq x_p)$ 所对应极值 x_p ，通过推算，可解出下式：

$$X_p = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln[-\ln(1-p)] \quad \text{或} \quad X_p = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln[\ln(\frac{P}{P-1})]$$

耿贝尔法是一种直接与经验概率相结合的参数估计方法。根据耿贝尔分布原理确定的参数见表 4.2-1。图 4.2-1 给出了耿贝尔法拟合雨强频率图，可见耿贝尔法拟合出了

雨强经验频率的平均趋势。

表 4.2-1 耿贝尔分布的参数

项目	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
Ex	1.760	1.453	1.246	1.100	0.895	0.701	0.575	0.435	0.344	0.284	0.243
α	2.299	2.365	2.604	2.688	2.945	3.299	3.889	5.005	6.210	7.426	8.885
β	1.525	1.225	1.039	0.899	0.711	0.537	0.436	0.327	0.257	0.211	0.182

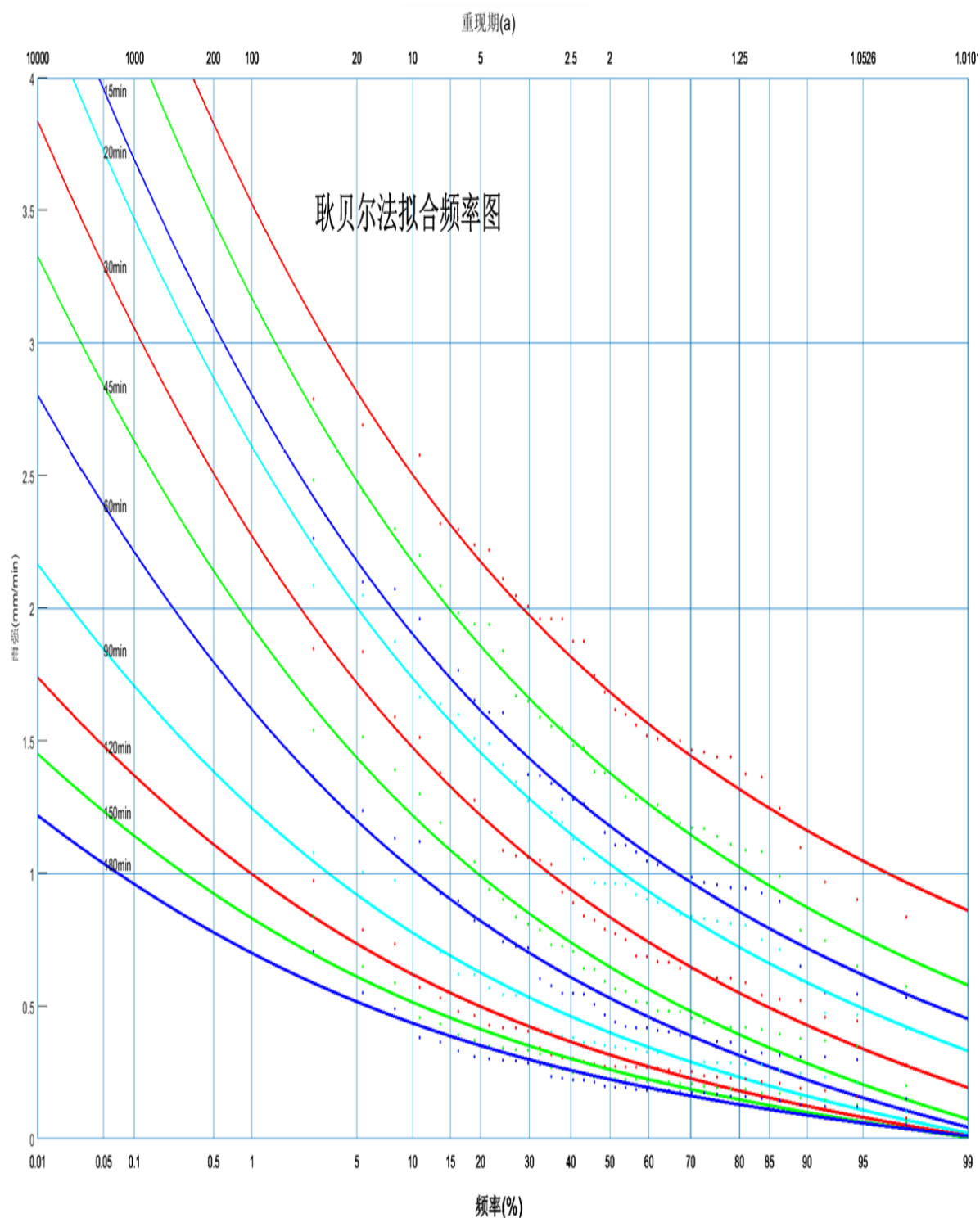


图 4.2-1 耿贝尔法拟合雨强频率图

利用确定的参数结果，计算得到与表 4.1-1 中经验频率相应的暴雨强度(表 4.2-2)。

表 4.2-2 耿贝尔分布拟合雨强 (单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
37.000	3.090	2.746	2.420	2.237	1.932	1.627	1.361	1.045	0.836	0.696	0.587
18.500	2.782	2.447	2.149	1.974	1.692	1.413	1.179	0.904	0.722	0.600	0.507
12.333	2.600	2.269	1.987	1.818	1.550	1.286	1.071	0.820	0.655	0.544	0.460
9.250	2.468	2.141	1.871	1.705	1.447	1.194	0.993	0.760	0.606	0.503	0.426
7.400	2.364	2.041	1.780	1.617	1.366	1.122	0.932	0.712	0.568	0.471	0.399
6.167	2.278	1.957	1.704	1.543	1.299	1.062	0.881	0.673	0.536	0.444	0.377
5.286	2.204	1.885	1.638	1.480	1.241	1.010	0.838	0.639	0.509	0.422	0.358
4.625	2.139	1.822	1.581	1.424	1.190	0.965	0.799	0.609	0.484	0.401	0.341
4.111	2.081	1.765	1.529	1.374	1.145	0.924	0.764	0.582	0.463	0.383	0.326
3.700	2.027	1.713	1.482	1.329	1.103	0.887	0.733	0.558	0.443	0.367	0.312
3.364	1.978	1.665	1.439	1.287	1.065	0.852	0.704	0.535	0.425	0.352	0.299
3.083	1.932	1.621	1.398	1.247	1.029	0.821	0.677	0.514	0.408	0.337	0.288
2.846	1.889	1.579	1.360	1.210	0.995	0.791	0.651	0.494	0.392	0.324	0.276
2.643	1.848	1.539	1.324	1.176	0.963	0.762	0.627	0.475	0.377	0.311	0.266
2.467	1.809	1.501	1.290	1.142	0.933	0.735	0.604	0.457	0.362	0.299	0.256
2.313	1.772	1.465	1.257	1.110	0.904	0.709	0.582	0.440	0.349	0.288	0.246
2.176	1.736	1.430	1.225	1.080	0.876	0.684	0.561	0.424	0.335	0.277	0.237
2.056	1.701	1.396	1.194	1.050	0.849	0.660	0.540	0.408	0.322	0.266	0.228
1.947	1.667	1.363	1.164	1.021	0.822	0.636	0.520	0.392	0.310	0.255	0.219
1.850	1.634	1.331	1.135	0.993	0.796	0.613	0.501	0.377	0.297	0.245	0.211
1.762	1.602	1.299	1.106	0.965	0.771	0.590	0.481	0.362	0.285	0.235	0.202
1.682	1.569	1.268	1.078	0.937	0.746	0.568	0.462	0.347	0.273	0.225	0.194
1.609	1.537	1.237	1.050	0.910	0.721	0.545	0.443	0.333	0.262	0.215	0.185
1.542	1.505	1.206	1.021	0.882	0.696	0.523	0.424	0.318	0.250	0.205	0.177
1.480	1.473	1.175	0.993	0.855	0.671	0.501	0.405	0.303	0.238	0.195	0.169
1.423	1.441	1.143	0.964	0.827	0.645	0.478	0.386	0.288	0.226	0.185	0.160
1.370	1.408	1.111	0.935	0.799	0.620	0.455	0.367	0.273	0.214	0.175	0.152
1.321	1.374	1.078	0.906	0.770	0.593	0.432	0.347	0.258	0.201	0.165	0.143
1.276	1.340	1.044	0.875	0.740	0.566	0.408	0.326	0.242	0.188	0.154	0.134
1.233	1.303	1.009	0.843	0.709	0.538	0.382	0.305	0.225	0.175	0.143	0.125
1.194	1.265	0.972	0.809	0.676	0.508	0.355	0.282	0.207	0.161	0.131	0.115
1.156	1.223	0.931	0.772	0.641	0.475	0.326	0.258	0.188	0.145	0.118	0.104
1.121	1.177	0.887	0.731	0.602	0.440	0.294	0.230	0.167	0.128	0.104	0.092
1.088	1.124	0.835	0.685	0.556	0.398	0.257	0.199	0.143	0.109	0.087	0.079
1.057	1.059	0.772	0.627	0.501	0.347	0.212	0.161	0.113	0.085	0.067	0.062
1.028	0.966	0.682	0.545	0.421	0.275	0.148	0.106	0.070	0.050	0.038	0.038

根据表 4.2-2 和表 4.1-1 得到耿贝尔分布拟合误差结果见表 4.2-3。

表 4.2-3 耿贝尔分布拟合误差(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
37.000	0.300	0.262	0.156	0.150	0.085	0.086	-0.006	-0.034	-0.136	-0.144	-0.120
18.500	0.090	0.007	0.049	-0.076	-0.144	-0.103	-0.058	-0.101	-0.065	-0.049	-0.043
12.333	-0.000	-0.031	-0.086	-0.057	-0.042	-0.106	-0.062	-0.154	-0.079	-0.044	-0.030
9.250	-0.110	-0.059	-0.089	0.040	-0.066	-0.107	-0.127	-0.000	0.035	0.047	0.045
7.400	0.044	-0.044	-0.006	-0.023	-0.014	-0.070	0.009	0.009	0.037	0.038	0.035
6.167	-0.020	-0.025	-0.063	-0.056	0.006	-0.005	-0.015	0.053	0.056	0.053	0.046
5.286	-0.036	-0.056	-0.015	-0.030	-0.035	-0.034	0.014	0.020	0.044	0.050	0.049
4.625	-0.081	-0.118	-0.028	-0.066	0.000	0.025	-0.004	0.040	0.057	0.053	0.040
4.111	-0.031	-0.075	-0.077	-0.037	0.058	0.022	0.021	0.039	0.044	0.041	0.030
3.700	-0.021	0.043	-0.001	-0.017	0.036	0.051	0.007	0.016	0.025	0.031	0.018
3.364	-0.030	0.015	0.065	0.013	0.005	0.044	-0.016	0.001	0.019	0.018	0.014
3.083	-0.028	0.031	0.029	0.002	-0.021	0.033	0.073	0.109	0.065	0.017	0.008
2.846	-0.071	0.023	0.020	-0.020	-0.039	0.059	0.075	0.091	0.075	0.055	0.042
2.643	-0.112	-0.011	0.043	-0.017	0.033	0.036	0.079	0.089	0.073	0.050	0.038
2.467	-0.067	0.018	0.010	0.012	0.043	0.028	0.056	0.076	0.060	0.049	0.034
2.313	-0.104	-0.010	-0.005	0.055	0.064	0.067	0.037	0.077	0.059	0.044	0.025
2.176	-0.010	0.046	0.005	0.115	0.052	0.045	0.055	0.061	0.054	0.045	0.024
2.056	0.017	0.016	0.040	0.087	0.059	0.066	0.074	0.056	0.050	0.035	0.030
1.947	0.049	0.001	0.057	0.059	0.049	0.072	0.080	0.045	0.038	0.030	0.026
1.850	0.034	0.041	0.028	0.034	0.046	0.057	0.078	0.037	0.027	0.021	0.018
1.762	0.042	0.019	0.025	0.045	0.082	0.072	0.063	0.024	0.015	0.012	0.016
1.682	0.049	-0.002	0.030	0.035	0.059	0.056	0.044	0.020	0.005	0.007	0.011
1.609	0.029	-0.022	0.016	0.018	0.053	0.063	0.035	0.009	-0.004	-0.003	0.003
1.542	0.003	-0.006	0.003	0.002	0.030	0.042	0.021	0.000	-0.009	-0.008	-0.005
1.480	-0.027	-0.015	0.002	0.009	0.027	0.022	0.015	0.003	-0.017	-0.013	-0.009
1.423	-0.025	-0.030	-0.022	-0.013	0.004	0.023	0.005	-0.002	-0.027	-0.022	-0.013
1.370	-0.050	-0.059	-0.031	-0.031	-0.000	0.017	-0.001	-0.016	-0.023	-0.022	-0.021
1.321	-0.066	-0.062	-0.052	-0.050	-0.013	-0.003	-0.020	-0.029	-0.032	-0.027	-0.024
1.276	-0.100	-0.066	-0.072	-0.072	-0.039	-0.012	-0.037	-0.044	-0.040	-0.033	-0.026
1.233	-0.073	-0.079	-0.101	-0.096	-0.050	-0.038	-0.023	-0.057	-0.051	-0.044	-0.034
1.194	-0.099	-0.111	-0.118	-0.074	-0.034	-0.056	-0.041	-0.072	-0.054	-0.041	-0.036
1.156	-0.023	-0.058	-0.123	-0.073	-0.051	-0.068	-0.057	-0.070	-0.064	-0.052	-0.039
1.121	0.079	0.101	0.081	0.006	-0.082	-0.083	-0.079	-0.079	-0.062	-0.050	-0.036
1.088	0.156	0.088	0.134	0.082	-0.060	-0.112	-0.110	-0.089	-0.073	-0.059	-0.044
1.057	0.157	0.121	0.082	0.034	-0.097	-0.137	-0.137	-0.097	-0.074	-0.061	-0.058
1.028	0.130	0.108	0.013	0.007	-0.003	-0.052	-0.045	-0.032	-0.027	-0.025	-0.015
绝对误差			0.06								

由上分析可知，耿贝尔法拟合总体误差为 0.06mm/min。

耿贝尔法拟合得到的雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系见表 4.2-4。

表 4.2-4 耿贝尔法雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系表(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.684	1.380	1.179	1.035	0.835	0.648	0.530	0.400	0.316	0.261	0.223
3a	1.918	1.606	1.385	1.235	1.018	0.810	0.668	0.507	0.402	0.333	0.284
5a	2.177	1.859	1.615	1.457	1.220	0.991	0.822	0.626	0.499	0.413	0.351
10a	2.504	2.176	1.903	1.736	1.475	1.219	1.015	0.776	0.619	0.514	0.435
20a	2.817	2.480	2.179	2.004	1.719	1.437	1.200	0.920	0.735	0.611	0.517
30a	2.997	2.656	2.338	2.158	1.860	1.563	1.306	1.003	0.802	0.667	0.563
50a	3.222	2.874	2.537	2.351	2.036	1.719	1.439	1.106	0.885	0.737	0.621
100a	3.526	3.170	2.805	2.610	2.273	1.931	1.619	1.246	0.998	0.831	0.700

4.2.2 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：

$$f(\alpha, x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - x_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-x_0)} \quad (x_0 < x < +\infty, \alpha > 0, \beta > 0)$$

式中： $\Gamma(\alpha)$ 为伽玛函数； α 、 β 、 x_0 分别为关于形状、尺度和位置的参数。显然 α 、 β 、 x_0 确定以后，该密度函数也随之确定。可以推证这三个参数与总体的三个统计参数 $\bar{x}$ 、 C_v 、 C_s 具有如下关系：

$$\alpha = 4 / C_s^2 ; \quad \beta = 2 / (\bar{x} C_v C_s) ; \quad x_0 = \bar{x} (1 - 2 C_v / C_s)$$

$\bar{x}$ 为均值、 C_v 为离差系数、 C_s 为偏差系数。

$\bar{x}$ 、 C_v 、 C_s 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：

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

在实际计算中并不需要计算出 α 、 β 、 x_0 ，只要计算出 $\bar{x}$ 、 C_v 、 C_s ，就可以求出频率 ρ 对应的 x_ρ ，其关系式为：

$$x_\rho = (1 + \phi \cdot C_v) \cdot \bar{x}$$

离均系数 Φ_ρ 可以根据 C_s 、 ρ 查统计表或计算取得。由此可知，在已知 $\bar{x}$ 、 C_v 、 C_s 情况下，则可得出 P-III型拟合分布曲线。

由于这些参数的估值都是以有限的样本值为基础的，存在着抽样误差，实际计算

只能提供参考，通常是使用最小二乘法约束准则和目估适线相结合的综合适线方法确定。即以经验点的散布为依据，调整 C_v 、 C_s ，协调各历时频率曲线之间的间距，使拟合曲线误差较小并且合理。

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。《导则》对适线过程和方法也做了具体规定，推荐采用人工适线 and 最优计算适线相结合。适线过程应注意以下几点：

- (1) 同一站点不同历时的雨量和雨强频率曲线不能相交；
- (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。

本项目根据选取的 11 个历时的经验频率强度，采用皮尔逊III型频率分布曲线，用最小二乘法约束准则和目估适线相结合综合适线，协调各历时频率曲线之间的间距，最终确定了各历时的频率曲线，得到各历时参数。表 4.2-5 给出了适线得到的最终参数。

表 4.2-5 皮尔逊-III型分布适线参数结果

项目	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
E_x	1.760	1.453	1.246	1.100	0.895	0.701	0.575	0.435	0.344	0.284	0.243
C_v	0.334	0.359	0.372	0.402	0.421	0.474	0.474	0.475	0.495	0.515	0.534
C_s	0.745	0.800	0.830	0.895	1.005	1.178	1.152	1.061	1.105	1.148	1.189
C_s/C_v	2.230	2.230	2.230	2.230	2.390	2.490	2.430	2.230	2.230	2.230	2.230

图 4.2-2 为皮尔逊-III型适线拟合雨强频率图，可见，适线后各历时频率曲线互相之间间隔合理，不产生相交，并且根据《导则》对特大值数据以及与其它数据相比存在明显偏离的数据进行合理处理。拟合出的雨强频率间融合理。

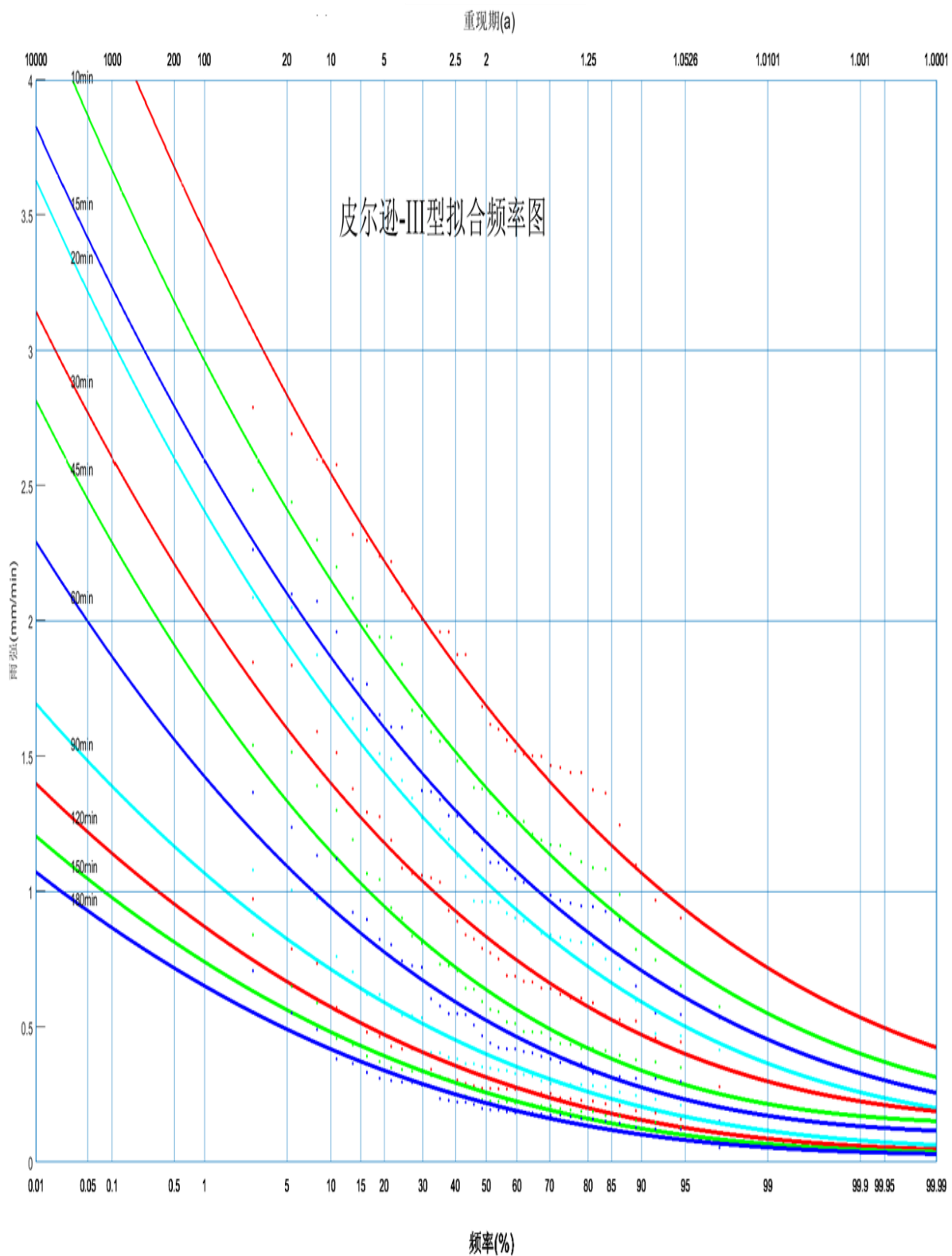


图 4.2-2 皮尔逊-III型分布拟合雨强频率图

利用表 4.2-5 确定的参数结果，计算得到与表 4.1-1 中经验频率相应的暴雨强度见表 4.2-6。

表 4.2-6 皮尔逊-III型拟合暴雨强度(单位: mm/min)

重现期	频率	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
37.000	0.027	3.074	2.630	2.297	2.113	1.773	1.494	1.223	0.920	0.746	0.632	0.553
18.500	0.054	2.803	2.384	2.076	1.896	1.580	1.314	1.077	0.813	0.656	0.553	0.483
12.333	0.081	2.635	2.232	1.939	1.763	1.463	1.204	0.988	0.747	0.601	0.505	0.440
9.250	0.108	2.510	2.119	1.838	1.665	1.376	1.125	0.923	0.699	0.561	0.471	0.408
7.400	0.135	2.409	2.028	1.757	1.586	1.307	1.061	0.871	0.660	0.529	0.443	0.384
6.167	0.162	2.324	1.952	1.688	1.520	1.249	1.008	0.828	0.628	0.503	0.420	0.363
5.286	0.189	2.249	1.885	1.628	1.462	1.199	0.962	0.790	0.600	0.479	0.399	0.345
4.625	0.216	2.182	1.825	1.575	1.410	1.154	0.922	0.757	0.575	0.459	0.382	0.329
4.111	0.243	2.122	1.770	1.526	1.363	1.113	0.885	0.727	0.553	0.440	0.366	0.315
3.700	0.270	2.065	1.720	1.481	1.320	1.076	0.852	0.700	0.533	0.423	0.351	0.302
3.364	0.297	2.013	1.673	1.439	1.280	1.042	0.821	0.674	0.514	0.407	0.337	0.290
3.083	0.324	1.964	1.629	1.400	1.242	1.009	0.792	0.651	0.496	0.393	0.325	0.278
2.846	0.351	1.917	1.587	1.363	1.207	0.979	0.765	0.629	0.479	0.379	0.313	0.268
2.643	0.378	1.872	1.547	1.327	1.173	0.950	0.739	0.608	0.463	0.366	0.302	0.258
2.467	0.405	1.829	1.509	1.293	1.140	0.922	0.715	0.588	0.448	0.353	0.291	0.248
2.313	0.432	1.787	1.472	1.261	1.109	0.896	0.692	0.569	0.433	0.341	0.281	0.239
2.176	0.459	1.747	1.436	1.229	1.079	0.870	0.669	0.550	0.419	0.330	0.271	0.230
2.056	0.486	1.707	1.401	1.198	1.049	0.845	0.648	0.533	0.406	0.319	0.261	0.222
1.947	0.514	1.668	1.367	1.167	1.021	0.821	0.627	0.515	0.393	0.308	0.252	0.214
1.850	0.541	1.630	1.333	1.138	0.992	0.797	0.606	0.498	0.380	0.297	0.243	0.206
1.762	0.568	1.592	1.300	1.108	0.964	0.774	0.586	0.482	0.367	0.287	0.234	0.198
1.682	0.595	1.555	1.267	1.079	0.937	0.751	0.567	0.466	0.354	0.277	0.225	0.190
1.609	0.622	1.517	1.234	1.050	0.910	0.728	0.548	0.450	0.342	0.267	0.217	0.183
1.542	0.649	1.480	1.201	1.021	0.882	0.705	0.528	0.434	0.330	0.257	0.208	0.175
1.480	0.676	1.442	1.168	0.992	0.855	0.683	0.509	0.418	0.318	0.247	0.200	0.168
1.423	0.703	1.404	1.134	0.962	0.827	0.660	0.490	0.403	0.305	0.237	0.191	0.161
1.370	0.730	1.364	1.100	0.932	0.799	0.637	0.471	0.387	0.293	0.227	0.183	0.153
1.321	0.757	1.324	1.065	0.901	0.770	0.613	0.452	0.371	0.280	0.216	0.174	0.146
1.276	0.784	1.282	1.029	0.869	0.741	0.589	0.432	0.354	0.267	0.206	0.166	0.138
1.233	0.811	1.239	0.991	0.836	0.710	0.564	0.412	0.338	0.254	0.195	0.157	0.130
1.194	0.838	1.192	0.951	0.801	0.677	0.538	0.391	0.320	0.240	0.184	0.147	0.122
1.156	0.865	1.142	0.908	0.763	0.643	0.510	0.369	0.302	0.226	0.172	0.137	0.114
1.121	0.892	1.087	0.860	0.722	0.605	0.480	0.346	0.282	0.210	0.160	0.127	0.105
1.088	0.919	1.023	0.806	0.674	0.562	0.446	0.320	0.261	0.192	0.146	0.115	0.095
1.057	0.946	0.946	0.740	0.617	0.510	0.406	0.290	0.236	0.171	0.129	0.102	0.083
1.028	0.973	0.837	0.649	0.538	0.439	0.353	0.252	0.203	0.144	0.108	0.084	0.068

根据表 4.2-6 和表 4.1-1 得到皮尔逊-III型分布拟合误差(见表 4.2-7)。

表 4.2-7 皮尔逊-III型分布拟合误差计算(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
37.000	0.284	0.146	0.033	0.026	-0.075	-0.047	-0.143	-0.159	-0.226	-0.208	-0.154
18.500	0.111	-0.056	-0.024	-0.154	-0.256	-0.202	-0.161	-0.193	-0.131	-0.096	-0.068
12.333	0.035	-0.068	-0.134	-0.112	-0.129	-0.187	-0.146	-0.227	-0.133	-0.083	-0.050
9.250	-0.068	-0.081	-0.122	-0.000	-0.137	-0.176	-0.198	-0.061	-0.009	0.014	0.027
7.400	0.089	-0.057	-0.029	-0.053	-0.073	-0.131	-0.052	-0.043	-0.002	0.010	0.019
6.167	0.026	-0.030	-0.079	-0.080	-0.044	-0.059	-0.069	0.008	0.022	0.028	0.032
5.286	0.009	-0.056	-0.025	-0.048	-0.078	-0.082	-0.033	-0.019	0.015	0.028	0.035
4.625	-0.038	-0.115	-0.034	-0.080	-0.036	-0.018	-0.046	0.007	0.031	0.033	0.028
4.111	0.010	-0.070	-0.081	-0.048	0.027	-0.017	-0.016	0.010	0.022	0.024	0.019
3.700	0.017	0.050	-0.002	-0.026	0.009	0.016	-0.026	-0.009	0.005	0.015	0.008
3.364	0.005	0.023	0.066	0.006	-0.018	0.012	-0.046	-0.020	0.002	0.003	0.005
3.083	0.004	0.039	0.031	-0.003	-0.041	0.004	0.047	0.091	0.050	0.005	-0.002
2.846	-0.043	0.031	0.023	-0.023	-0.056	0.034	0.052	0.076	0.062	0.044	0.033
2.643	-0.088	-0.003	0.047	-0.020	0.020	0.013	0.059	0.076	0.062	0.040	0.030
2.467	-0.047	0.026	0.013	0.010	0.032	0.008	0.039	0.067	0.051	0.041	0.027
2.313	-0.089	-0.003	-0.001	0.054	0.056	0.050	0.024	0.070	0.051	0.037	0.018
2.176	0.001	0.052	0.009	0.114	0.046	0.031	0.044	0.056	0.049	0.039	0.017
2.056	0.023	0.021	0.043	0.087	0.055	0.055	0.066	0.054	0.046	0.031	0.024
1.947	0.050	0.005	0.060	0.059	0.048	0.062	0.075	0.046	0.036	0.027	0.021
1.850	0.030	0.043	0.031	0.033	0.046	0.051	0.075	0.040	0.027	0.019	0.013
1.762	0.032	0.020	0.027	0.044	0.085	0.069	0.064	0.029	0.017	0.012	0.012
1.682	0.035	-0.003	0.032	0.034	0.064	0.055	0.047	0.028	0.008	0.007	0.008
1.609	0.009	-0.025	0.016	0.018	0.060	0.066	0.041	0.019	0.001	-0.001	0.001
1.542	-0.022	-0.011	0.002	0.002	0.040	0.047	0.031	0.012	-0.003	-0.004	-0.006
1.480	-0.058	-0.022	0.001	0.009	0.039	0.030	0.028	0.018	-0.008	-0.008	-0.009
1.423	-0.062	-0.039	-0.025	-0.013	0.018	0.035	0.021	0.015	-0.017	-0.016	-0.013
1.370	-0.094	-0.070	-0.035	-0.031	0.017	0.033	0.019	0.004	-0.010	-0.014	-0.020
1.321	-0.116	-0.075	-0.056	-0.050	0.006	0.017	0.004	-0.006	-0.017	-0.018	-0.022
1.276	-0.158	-0.081	-0.078	-0.071	-0.017	0.012	-0.009	-0.019	-0.022	-0.022	-0.022
1.233	-0.137	-0.097	-0.108	-0.095	-0.024	-0.008	0.010	-0.028	-0.030	-0.030	-0.029
1.194	-0.172	-0.132	-0.126	-0.073	-0.004	-0.020	-0.003	-0.039	-0.031	-0.025	-0.029
1.156	-0.104	-0.081	-0.132	-0.071	-0.016	-0.025	-0.013	-0.033	-0.037	-0.033	-0.030
1.121	-0.011	0.074	0.071	0.009	-0.041	-0.032	-0.027	-0.036	-0.030	-0.027	-0.023
1.088	0.055	0.059	0.124	0.087	-0.012	-0.050	-0.048	-0.040	-0.036	-0.031	-0.028
1.057	0.044	0.089	0.072	0.043	-0.038	-0.059	-0.062	-0.039	-0.029	-0.026	-0.037
1.028	0.001	0.075	0.006	0.025	0.074	0.052	0.052	0.042	0.030	0.021	0.015
绝对误差	0.06										

由上分析可知，皮尔逊III型总体拟合误差为 0.06mm/min。

皮尔逊-III型法拟合得到的雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系见表 4.2-8。

表 4.2-8 皮尔逊-III型雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.688	1.384	1.183	1.035	0.833	0.637	0.524	0.399	0.313	0.257	0.218
3a	1.948	1.615	1.387	1.230	0.999	0.783	0.643	0.490	0.388	0.321	0.275
5a	2.222	1.860	1.606	1.440	1.180	0.945	0.776	0.590	0.471	0.392	0.338
10a	2.545	2.150	1.866	1.692	1.400	1.146	0.940	0.712	0.572	0.480	0.417
20a	2.835	2.412	2.101	1.921	1.603	1.334	1.093	0.825	0.667	0.562	0.491
30a	2.994	2.557	2.231	2.049	1.716	1.440	1.180	0.888	0.720	0.608	0.532
50a	3.187	2.733	2.389	2.204	1.854	1.571	1.285	0.966	0.784	0.665	0.583
100a	3.438	2.961	2.595	2.406	2.035	1.743	1.425	1.068	0.870	0.740	0.651

5 暴雨强度公式

5.1 雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系表确定

由上分析可知, 皮尔逊III型拟合误差与耿贝尔法拟合误差都为 0.06mm/min, 皮尔逊-III型分布的拟合和耿贝尔拟合总体精度相同。《导则》规定, 可进行皮尔逊-III型和耿贝尔型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。本项目根据绝对误差和适线图结果综合考虑, 选择使用皮尔逊-III型拟合得到的雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系推算暴雨强度公式。雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系表见 5.1-1。

表 5.1-1 雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.688	1.384	1.183	1.035	0.833	0.637	0.524	0.399	0.313	0.257	0.218
3a	1.948	1.615	1.387	1.230	0.999	0.783	0.643	0.490	0.388	0.321	0.275
5a	2.222	1.860	1.606	1.440	1.180	0.945	0.776	0.590	0.471	0.392	0.338
10a	2.545	2.150	1.866	1.692	1.400	1.146	0.940	0.712	0.572	0.480	0.417
20a	2.835	2.412	2.101	1.921	1.603	1.334	1.093	0.825	0.667	0.562	0.491
30a	2.994	2.557	2.231	2.049	1.716	1.440	1.180	0.888	0.720	0.608	0.532
50a	3.187	2.733	2.389	2.204	1.854	1.571	1.285	0.966	0.784	0.665	0.583
100a	3.438	2.961	2.595	2.406	2.035	1.743	1.425	1.068	0.870	0.740	0.651

5.2 暴雨强度公式的表达形式

暴雨强度总公式的表达形式为:

$$q = \frac{167A_1(1+CLgP)}{(t+b)^n} ; \quad i = \frac{A_1(1+CLgP)}{(t+b)^n}$$

单一重现期暴雨强度公式形式为:

$$q = \frac{167A_1}{(t+b)^n} ; \quad i = \frac{A_1}{(t+b)^n}$$

i --设计暴雨强度(单位: mm/min);

q --设计暴雨强度(单位: L/(s·hm²));

式中 A_1 、 c 、 b 、 n 为地区参数，其值随地区差异而不同。

5.3 暴雨强度公式拟合

暴雨强度公式参数的求解过程是整个暴雨强度公式编制的核心。本报告按《导则》要求，根据雨强~历时~重现期($i \sim t \sim P$)关系表，由数学优化求解参数方法得到暴雨强度公式中参数值，从而得到暴雨强度公式为：

$$q = \frac{3450.721(1+0.873LgP)}{(t+21.176)^{0.847}}$$

根据暴雨强度公式得到的理论雨强见表 5.3-1。

表 5.3-1 暴雨强度公式的理论雨强(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.643	1.417	1.249	1.119	0.931	0.749	0.630	0.483	0.394	0.335	0.292
3a	1.843	1.589	1.401	1.255	1.044	0.840	0.707	0.541	0.442	0.376	0.328
5a	2.095	1.806	1.593	1.427	1.187	0.955	0.803	0.615	0.503	0.427	0.372
10a	2.437	2.101	1.852	1.660	1.381	1.111	0.934	0.716	0.585	0.497	0.433
20a	2.778	2.396	2.112	1.893	1.575	1.267	1.065	0.816	0.667	0.566	0.494
30a	2.978	2.568	2.264	2.029	1.688	1.358	1.142	0.875	0.715	0.607	0.529
50a	3.230	2.786	2.456	2.201	1.831	1.473	1.239	0.949	0.775	0.658	0.574
100a	3.572	3.081	2.716	2.434	2.024	1.628	1.370	1.049	0.857	0.728	0.635

同时我们也计算了单一重现期暴雨强度公式。结果见下表。

表 5.3-2 年最大值法暴雨强度公式

重现期	$q(L/(s \cdot hm^2))$	$i(mm/min)$	绝对误差
总公式	$q = \frac{3450.721(1+0.873LgP)}{(t+21.176)^{0.847}}$	$i = \frac{20.663(1+0.873LgP)}{(t+21.176)^{0.847}}$	0.05
P=2a	$q = \frac{4340.163}{(t+15.827)^{0.901}}$	$i = \frac{25.989}{(t+15.827)^{0.901}}$	0.01
P=3a	$q = \frac{4869.052}{(t+16.858)^{0.878}}$	$i = \frac{29.156}{(t+16.858)^{0.878}}$	0.01
P=5a	$q = \frac{5551.414}{(t+18.129)^{0.863}}$	$i = \frac{33.242}{(t+18.129)^{0.863}}$	0.01
P=10a	$q = \frac{6550.241}{(t+19.849)^{0.853}}$	$i = \frac{39.223}{(t+19.849)^{0.853}}$	0.02
P=20a	$q = \frac{7663.463}{(t+21.587)^{0.851}}$	$i = \frac{45.889}{(t+21.587)^{0.851}}$	0.02
P=30a	$q = \frac{8378.223}{(t+22.615)^{0.852}}$	$i = \frac{50.169}{(t+22.615)^{0.852}}$	0.03
P=50a	$q = \frac{9355.34}{(t+23.926)^{0.855}}$	$i = \frac{56.02}{(t+23.926)^{0.855}}$	0.03
P=100a	$q = \frac{10834.793}{(t+25.735)^{0.861}}$	$i = \frac{64.879}{(t+25.735)^{0.861}}$	0.04

5.4 暴雨强度公式拟合精度检验

按《室外排水设计规范》(GB50014—2006(2014 年版))和《导则》的要求，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，宜按绝对均方差计算，也可以辅以相对均方差计算。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%。平均绝对均方差(α_1)和平均相对均方差(α_2)表达式如下：

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{\sum (i_g - i_j)^2}{m}} \ ; \ \alpha_2 = \sqrt{\frac{1}{m} \sum (\frac{i_g - i_j}{i_g})^2}$$

i_g -- $i \sim t \sim P$ 关系表中暴雨强度值，(mm/min)
 i_j ---基于暴雨强度公式的理论暴雨强度值，(mm/min)
 m --- $m=k \cdot s$ ， k 为历时总数； s 为重现期总数；

根据表 5.3-1 和表 5.1-1 得到暴雨强度公式误差见表 5.4-1。可见，我们最终确定的暴雨强度公式绝对误差为 0.05 mm/min，满足《规范》要求。

表 5.4-1 暴雨强度公式误差(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	-0.045	0.032	0.066	0.084	0.098	0.112	0.106	0.083	0.081	0.078	0.074
3a	-0.105	-0.026	0.014	0.025	0.045	0.057	0.063	0.051	0.054	0.055	0.053
5a	-0.127	-0.053	-0.013	-0.013	0.007	0.009	0.027	0.025	0.032	0.035	0.034
10a	-0.108	-0.049	-0.013	-0.032	-0.019	-0.036	-0.006	0.004	0.012	0.016	0.016
20a	-0.056	-0.016	0.011	-0.028	-0.028	-0.068	-0.028	-0.009	0.000	0.004	0.003
30a	-0.016	0.011	0.033	-0.019	-0.028	-0.083	-0.038	-0.013	-0.005	-0.001	-0.003
50a	0.043	0.053	0.067	-0.003	-0.023	-0.098	-0.047	-0.017	-0.009	-0.007	-0.009
100a	0.134	0.120	0.121	0.028	-0.011	-0.115	-0.056	-0.018	-0.013	-0.012	-0.016
绝对误差			0.05			重现期在 2-20 年间绝对误差			0.05		

在表 5.3-2 中我们也列出了拟合的单一重现期暴雨强度公式绝对误差，可见无论是暴雨强度总公式还是单一重现期公式，他们的绝对误差都小于 0.05mm/min，满足规范要求。

5.5 新、旧规范取得的暴雨强度公式结果比较分析

现有国家规范的暴雨强度公式取样方法是年最大值法取样，在 2011 年前，国家规范的取样法是年多个样法取样。有研究表明，年最大值法取样统计的暴雨强度公式强度值要小于年多个样法推求的强度值，这是由于某个年份的最大降雨强度可能小于另外一个年份的第二大值或第三大值，这一点尤为体现在短历时高强度雨强值上。

邓培德教授在《暴雨选样与频率分布模型及其应用》一文中论证了年最大值和非年最大值选样方法的关系及其相应频率计算，并提出了年最大值法重现期的修正公式和经验关系。年最大值法与年多个样法重现期有如下关系：

$$T_E = \frac{1}{\ln T_M - \ln(T_M - 1)} \quad ; \quad T_M = \frac{e^{\frac{1}{T_E}}}{e^{\frac{1}{T_E}} - 1}$$

其中，T_E为年多个样法重现期，T_M为年最大值法重现期

表 5.5-1 给出了 9 个重现期年多个样法选样与年最大值法选样重现期转换关系表，可见，低重现期时，重现期差别明显。因此在低重现期时，应该根据上述关系适当提高重现期雨强值。

表 5.5-1 年多个样法选样与年最大值法选样重现期转换关系 (单位： a)

T _E	1	2	3	5	10	20	30	50	100
T _M	1.582	2.541	3.528	5.517	10.508	20.504	30.503	50.502	100.501

我国现有的规范虽然规定使用年最大值法取样编制暴雨强度公式，2011 年以前的规范规定使用年多个样法推算暴雨强度公式，目前设计人员还是习惯按使用以往规范得到的公式来使用新规范得到的公式，在有旧的暴雨强度公式的地区，还需对新旧暴雨强度公式进行比较。为了工程设计人员和管理人员使用方便，与旧的暴雨强度公式比较以及对现有室外排水设施的评估，我们在这里也推算了转换为年多个样法得到的暴雨强度公式。

使用上述年最大值法与年多个样法重现期关系式将年最大值法的年重现期转换为非年最大值法重现期，然后重新建立(i ~ t ~ P)关系表(表 5.5-2)，根据表 5.5-2 得到的暴雨强度公式见表 5.5-3。

表 5.5-2 转换为年多个样法雨强~历时~重现期(i ~ t ~ P)关系表 (单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2	1.848	1.526	1.308	1.155	0.934	0.726	0.596	0.455	0.359	0.296	0.252
3	2.039	1.697	1.460	1.300	1.059	0.836	0.687	0.523	0.415	0.344	0.296
5	2.270	1.903	1.645	1.478	1.213	0.975	0.801	0.608	0.486	0.405	0.350
10	2.566	2.170	1.883	1.709	1.415	1.160	0.952	0.720	0.579	0.486	0.422
20	2.845	2.421	2.109	1.929	1.610	1.341	1.099	0.829	0.670	0.565	0.493
30	3.001	2.563	2.237	2.054	1.720	1.445	1.183	0.891	0.722	0.610	0.534
50	3.191	2.736	2.392	2.207	1.856	1.573	1.287	0.967	0.786	0.666	0.584
100	3.439	2.963	2.597	2.408	2.036	1.744	1.426	1.068	0.871	0.740	0.651

表 5.5-3 转换为年多个样法暴雨强度公式

重现期	$q(L/(s \cdot hm^2))$	$i(mm/min)$	绝对误差
总公式	$q = \frac{3907.633(1+0.726LgP)}{(t+21.457)^{0.851}}$	$i = \frac{23.399(1+0.726LgP)}{(t+21.457)^{0.851}}$	0.05
P=2a	$q = \frac{4652.954}{(t+16.44)^{0.886}}$	$i = \frac{27.862}{(t+16.44)^{0.886}}$	0.01
P=3a	$q = \frac{5081.977}{(t+17.263)^{0.872}}$	$i = \frac{30.431}{(t+17.263)^{0.872}}$	0.01
P=5a	$q = \frac{5687.185}{(t+18.373)^{0.861}}$	$i = \frac{34.055}{(t+18.373)^{0.861}}$	0.01
P=10a	$q = \frac{6625.725}{(t+19.973)^{0.853}}$	$i = \frac{39.675}{(t+19.973)^{0.853}}$	0.02
P=20a	$q = \frac{7705.881}{(t+21.649)^{0.851}}$	$i = \frac{46.143}{(t+21.649)^{0.851}}$	0.02
P=30a	$q = \frac{8408.784}{(t+22.658)^{0.852}}$	$i = \frac{50.352}{(t+22.658)^{0.852}}$	0.03
P=50a	$q = \frac{9375.213}{(t+23.952)^{0.855}}$	$i = \frac{56.139}{(t+23.952)^{0.855}}$	0.03
P=100a	$q = \frac{10846.149}{(t+25.748)^{0.861}}$	$i = \frac{64.947}{(t+25.748)^{0.861}}$	0.04

表 5.5-4、表 5.5-5 给出了转换前后暴雨强度总公式计算的雨强,表 5.5-6 给出了转换前后公式雨强差值,表 5.5-7 为转换后各重现期雨强提高的幅度,图 5.5-1、图 5.5-2 为年最大值法和转换为年多个样法暴雨强度公式的计算雨强图和转换后雨强提高幅度。由图表显示,在重现期 $>20a$ 时,两者差距不大。但是当重现期 $T<10a$ 时,两者差距随重现期的减小而越来越显著。

表 5.5-4 转换为年多个样法总公式计算雨强(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.756	1.515	1.336	1.198	0.997	0.802	0.674	0.516	0.422	0.358	0.312
3a	1.940	1.674	1.477	1.324	1.101	0.886	0.745	0.571	0.466	0.395	0.345
5a	2.172	1.874	1.653	1.482	1.233	0.992	0.834	0.639	0.522	0.443	0.386
10a	2.487	2.146	1.893	1.697	1.412	1.136	0.955	0.731	0.597	0.507	0.442
20a	2.802	2.418	2.133	1.912	1.591	1.279	1.076	0.824	0.673	0.571	0.498
30a	2.986	2.577	2.273	2.037	1.695	1.364	1.147	0.878	0.717	0.609	0.531
50a	3.218	2.777	2.450	2.196	1.827	1.470	1.236	0.946	0.773	0.656	0.572
100a	3.533	3.049	2.689	2.411	2.006	1.613	1.357	1.039	0.848	0.720	0.628

表 5.5-5 年最大值法总公式计算雨强(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.643	1.417	1.249	1.119	0.931	0.749	0.630	0.483	0.394	0.335	0.292
3a	1.843	1.589	1.401	1.255	1.044	0.840	0.707	0.541	0.442	0.376	0.328
5a	2.095	1.806	1.593	1.427	1.187	0.955	0.803	0.615	0.503	0.427	0.372
10a	2.437	2.101	1.852	1.660	1.381	1.111	0.934	0.716	0.585	0.497	0.433
20a	2.778	2.396	2.112	1.893	1.575	1.267	1.065	0.816	0.667	0.566	0.494
30a	2.978	2.568	2.264	2.029	1.688	1.358	1.142	0.875	0.715	0.607	0.529
50a	3.230	2.786	2.456	2.201	1.831	1.473	1.239	0.949	0.775	0.658	0.574
100a	3.572	3.081	2.716	2.434	2.024	1.628	1.370	1.049	0.857	0.728	0.635

表 5.5-6 年最大值法与转换为年多个样法暴雨强度公式雨强差值(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	0.113	0.099	0.088	0.079	0.066	0.053	0.044	0.034	0.027	0.023	0.020
3a	0.097	0.085	0.076	0.068	0.057	0.046	0.038	0.029	0.024	0.020	0.017
5a	0.077	0.068	0.061	0.055	0.046	0.037	0.031	0.023	0.019	0.016	0.014
10a	0.050	0.045	0.041	0.037	0.031	0.025	0.021	0.016	0.012	0.010	0.009
20a	0.023	0.022	0.020	0.019	0.016	0.013	0.011	0.008	0.006	0.005	0.004
30a	0.008	0.009	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.003	0.002	0.002	0.001
50a	-0.012	-0.008	-0.006	-0.005	-0.004	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002
100a	-0.039	-0.032	-0.027	-0.023	-0.019	-0.015	-0.013	-0.010	-0.009	-0.008	-0.007

表 5.5-7 转换后雨强提高的幅度(%)

2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
7	5	4	2	1	0	0	0

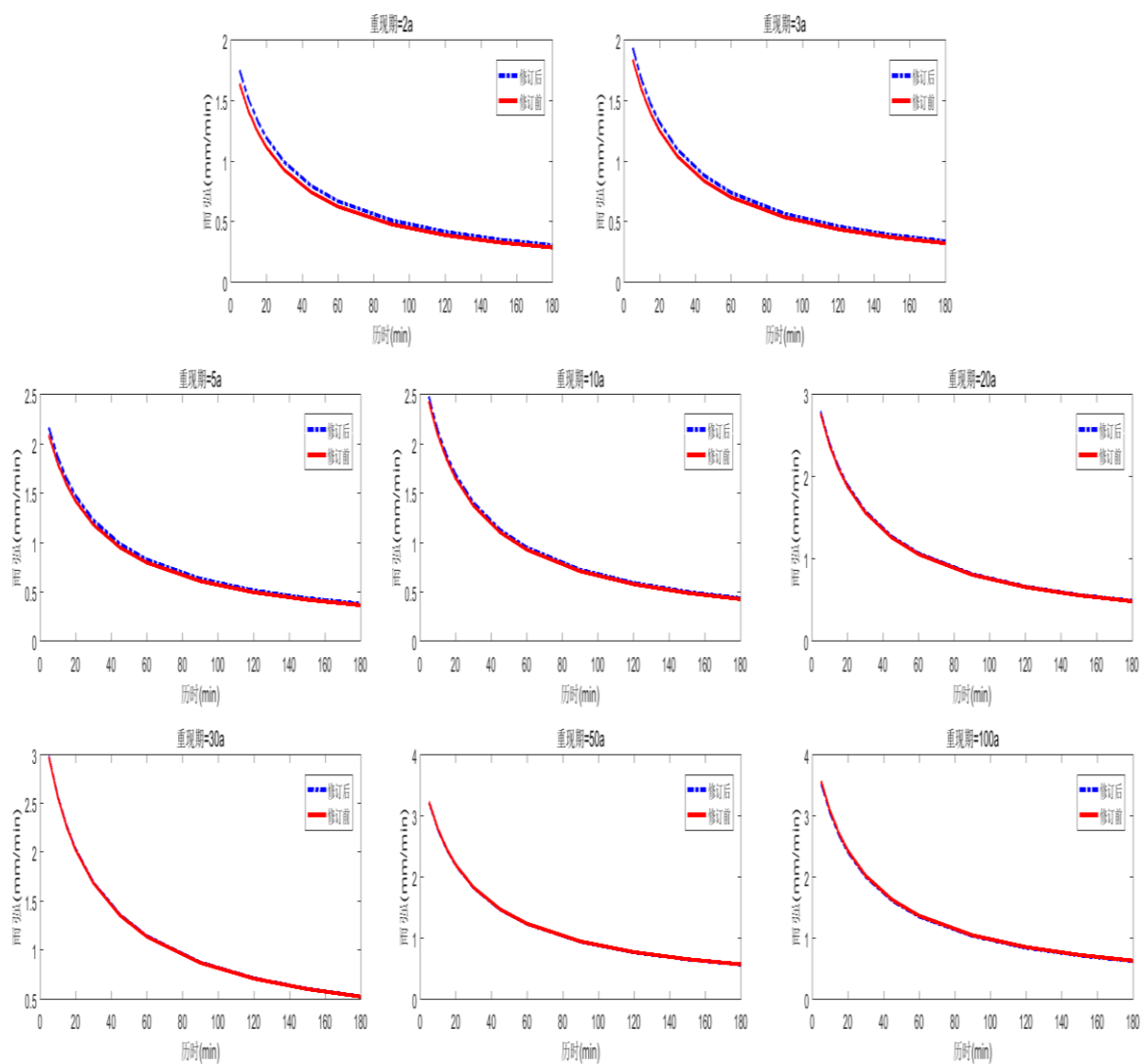


图 5.5-1 各重现期转换前后雨强值

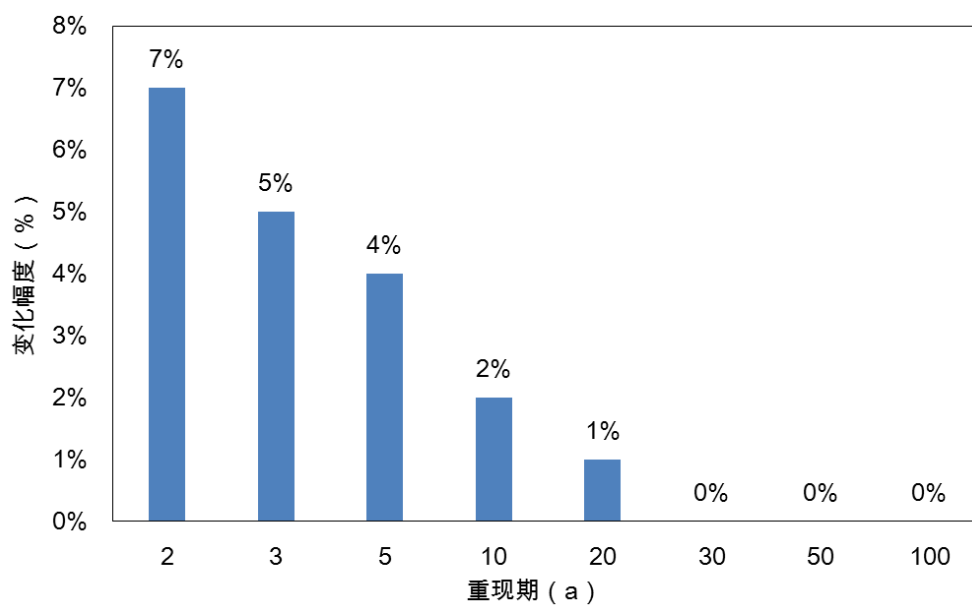


图 5.5-2 各重现期转换后雨强值提高幅度

6 短历时暴雨雨型确定

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。《导则》推荐短历时暴雨雨型可采用芝加哥法雨型。芝加哥法雨型是在暴雨强度公式的基础上，根据统计综合雨峰位置系数确定，工程应用方便。

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模型确定，具体流程如下：

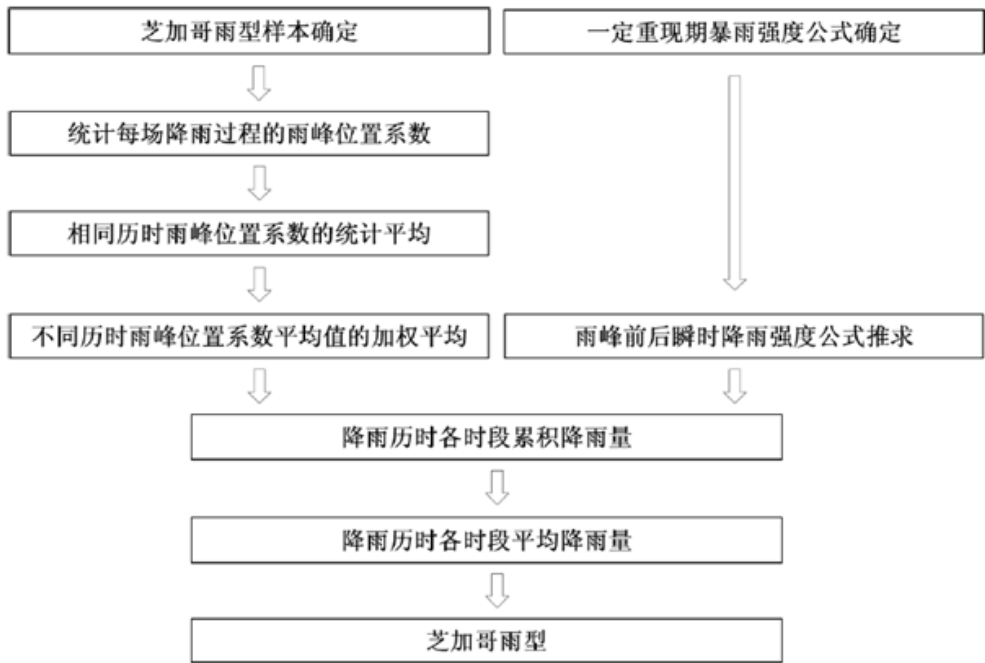


图 6-1 芝加哥法雨型确定流程

6.1 雨峰位置系数的计算

- (1) 根据《导则》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；
- (2) 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；
- (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。

$$r_i = \frac{t_i}{T_i}$$

式中， 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。

- (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。

下表给出了各降雨历时的逐年选定降雨过程的雨峰位置系数及综合雨峰位置系数。

表 6.1-1 各历时雨峰位置系数

年	30min	60min	90min	120min	150min	180min
1981	0.333	0.500	0.333	0.250	0.200	0.167
1982	0.500	0.250	0.222	0.167	0.133	0.139
1983	0.333	0.167	0.333	0.375	0.500	0.417
1984	0.500	0.417	0.333	0.292	0.200	0.194
1985	0.500	0.833	0.500	0.375	0.367	0.306
1986	0.500	0.333	0.333	0.250	0.833	0.778
1987	0.667	0.917	0.889	0.792	0.600	0.556
1988	0.833	0.833	0.889	0.750	0.933	0.806
1989	0.667	0.417	0.333	0.208	0.167	0.222
1990	0.667	0.333	0.167	0.125	0.167	0.139
1991	0.500	0.250	0.222	0.167	0.133	0.111
1992	0.333	0.333	0.222	0.167	0.133	0.111
1993	0.333	0.333	0.222	0.208	0.367	0.333
1994	1.000	0.833	0.944	0.875	0.700	0.611
1995	0.500	0.500	0.167	0.125	0.100	0.083
1996	0.667	0.333	0.556	0.250	0.200	0.222
1997	0.833	0.500	0.556	0.583	0.500	0.583
1998	0.500	0.667	0.778	0.708	0.567	0.278
1999	0.667	0.333	0.278	0.250	0.200	0.167
2000	0.500	0.333	1.000	0.917	0.733	0.611
2001	1.000	0.583	0.389	0.667	0.933	0.972
2002	0.500	0.417	0.444	0.583	0.467	0.556
2003	0.667	0.333	0.222	0.167	0.133	0.111
2004	0.167	0.083	0.056	0.042	0.033	0.028
2005	0.333	0.167	0.167	0.125	0.100	0.083
2006	0.333	0.417	0.278	0.250	0.600	0.583
2007	0.333	0.167	0.111	0.083	0.067	0.056
2008	0.333	0.333	0.611	0.542	0.667	0.556
2009	0.667	0.333	0.222	0.917	0.733	0.139
2010	0.500	0.250	0.167	0.125	0.100	0.083
2011	0.500	0.833	0.556	0.417	0.133	0.111
2012	0.333	0.167	0.778	0.750	0.867	0.750
2013	0.500	0.333	0.167	0.208	0.533	0.444
2014	0.500	0.083	0.500	0.375	0.300	0.250
2015	0.500	0.333	0.222	0.167	0.133	0.111
2016	0.333	0.333	0.222	0.167	0.133	0.111
平均	0.523	0.405	0.400	0.373	0.380	0.327
综合雨峰系数		0.375				

6.2 芝加哥法雨型确定

芝加哥法雨型是以统计的暴雨强度公式为基础设计的典型降雨过程。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 $i(t_b)$ ，相应的时刻为 t_b ，峰后的强度为 $i(t_a)$ ，相应时刻为 t_a 。取一定重现期下暴雨强度公式形式为：

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

雨峰前后降雨强度可由下式计算：

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

从而确定出对应一定重现期及降雨历时的芝加哥法雨型。表 6.2-1 中给出了各历时 2a 重现期芝加哥法雨型每个时段内的平均降雨强度，附表 2 给出了其他重现期芝加哥法雨型每个时段内的平均降雨强度，图 6.2-1 是根据表绘制的芝加哥雨型图。由计算公式知,当重现期相同时, 芝加哥雨型雨强值只与峰前或峰后时刻有关，与历时无关。

表 6.2-1 各历时 P=2a 时芝加哥法雨型各时段平均雨强

			t=180min P=2a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.040	0.044	0.049	0.056	0.063	0.074
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.087	0.106	0.133	0.174	0.246	0.385
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	0.732	2.158	1.041	0.629	0.430	0.316
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.246	0.198	0.164	0.139	0.120	0.106
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.094	0.084	0.076	0.069	0.063	0.059
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.054	0.051	0.047	0.044	0.042	0.040

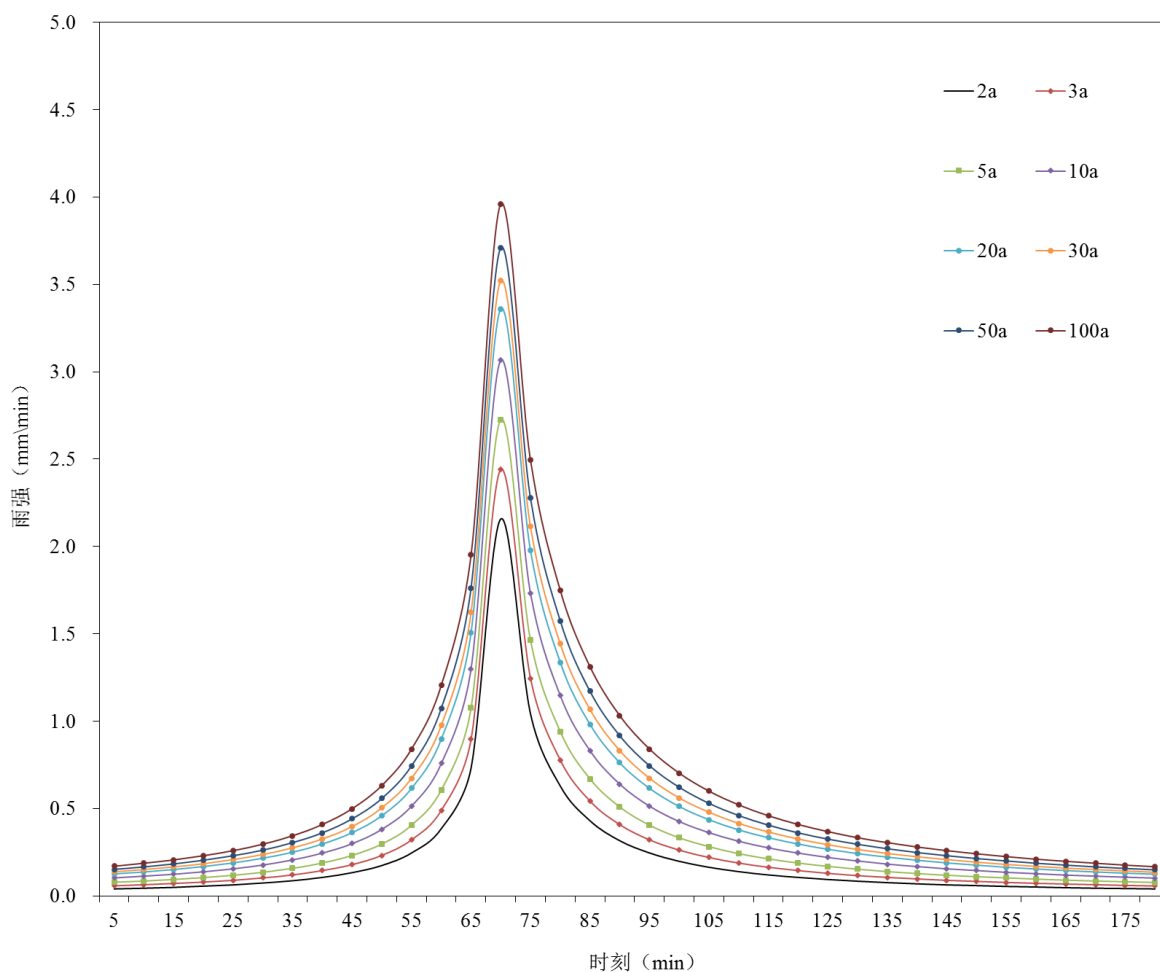


图 6.2-1 重现期为 2a 时各历时芝加哥雨型图

7 常用图表

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。本节给出常用查算图表。根据《导则》规定，本章节中查算图表是根据年最大值法得到的单一重现期公式制作的。为了方便使用，我们在附图表中给出了转换为多个样法单一重现期公式制作的查算图表。

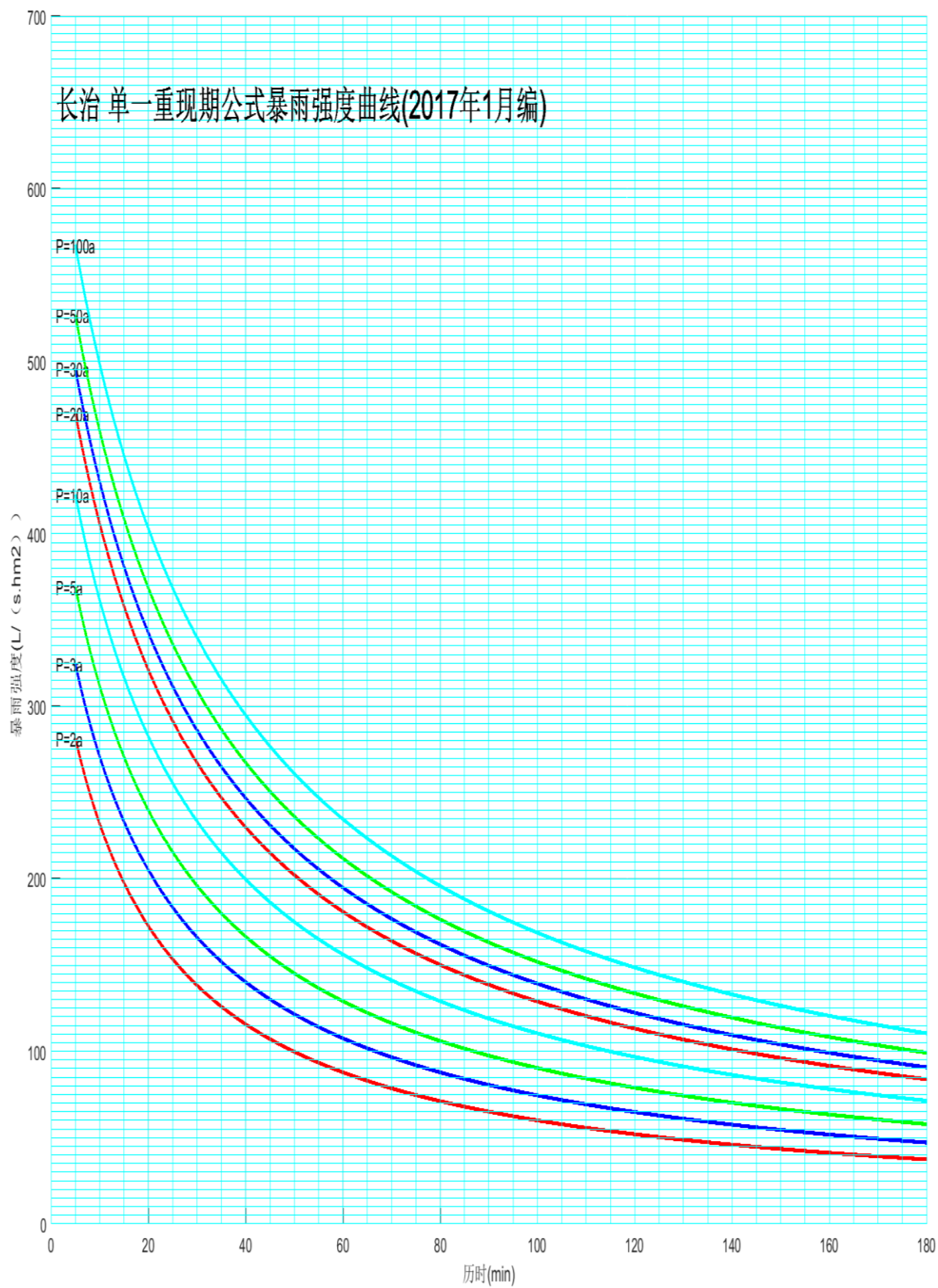


图 7-1 长治单一重现期公式暴雨强度曲线

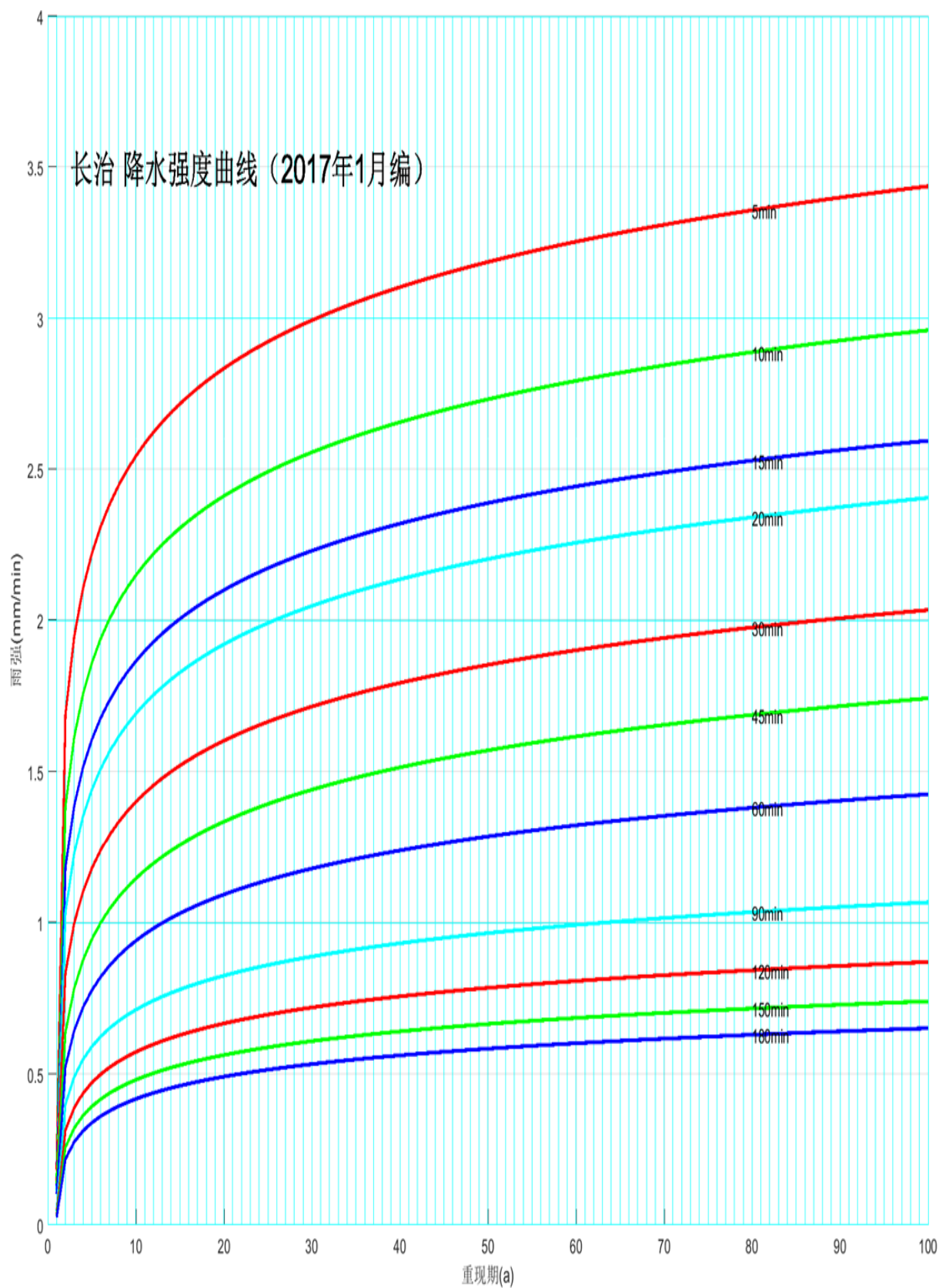


图 7-2 长治降水强度曲线

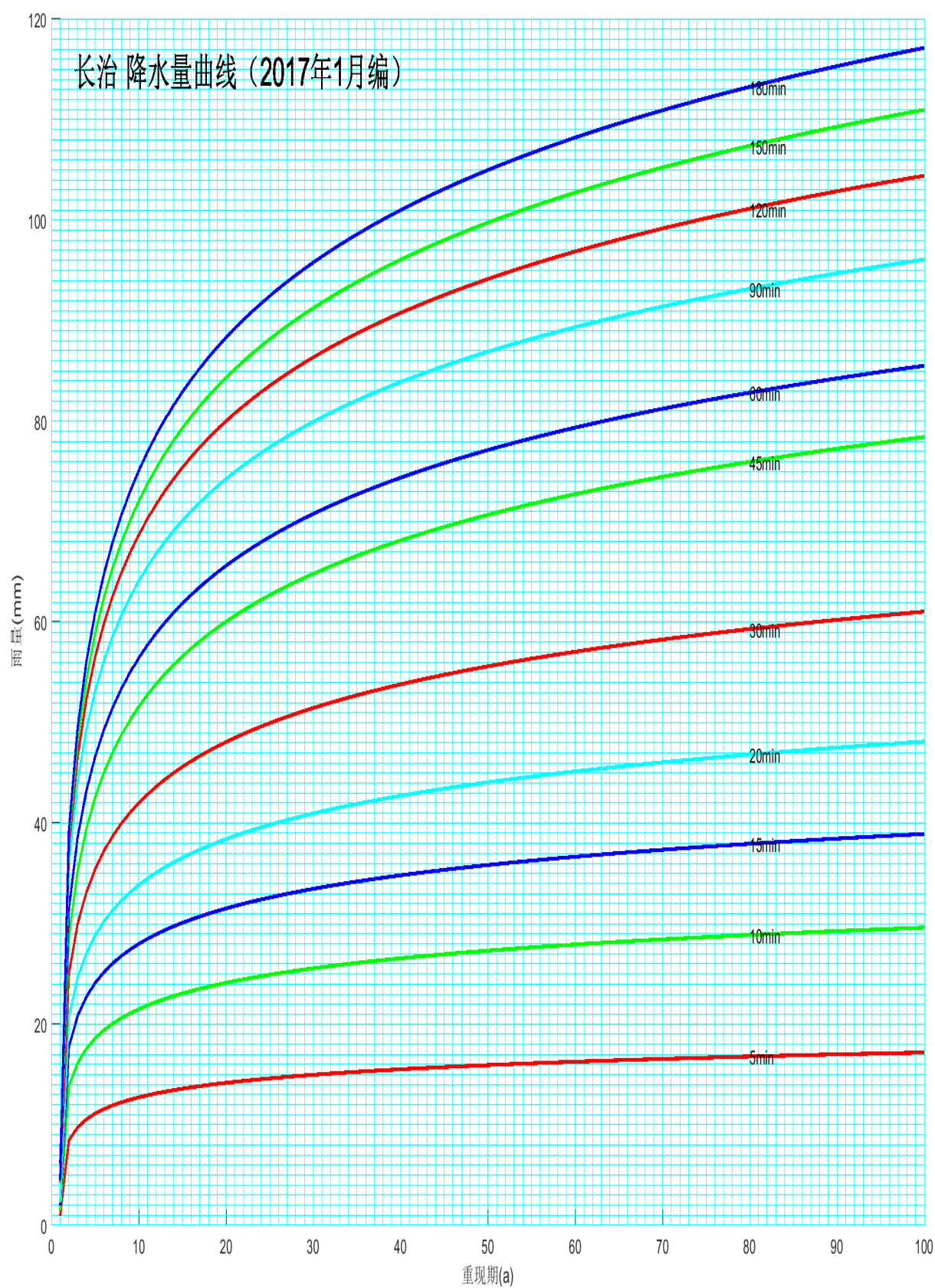


图 7-3 长治降水曲线

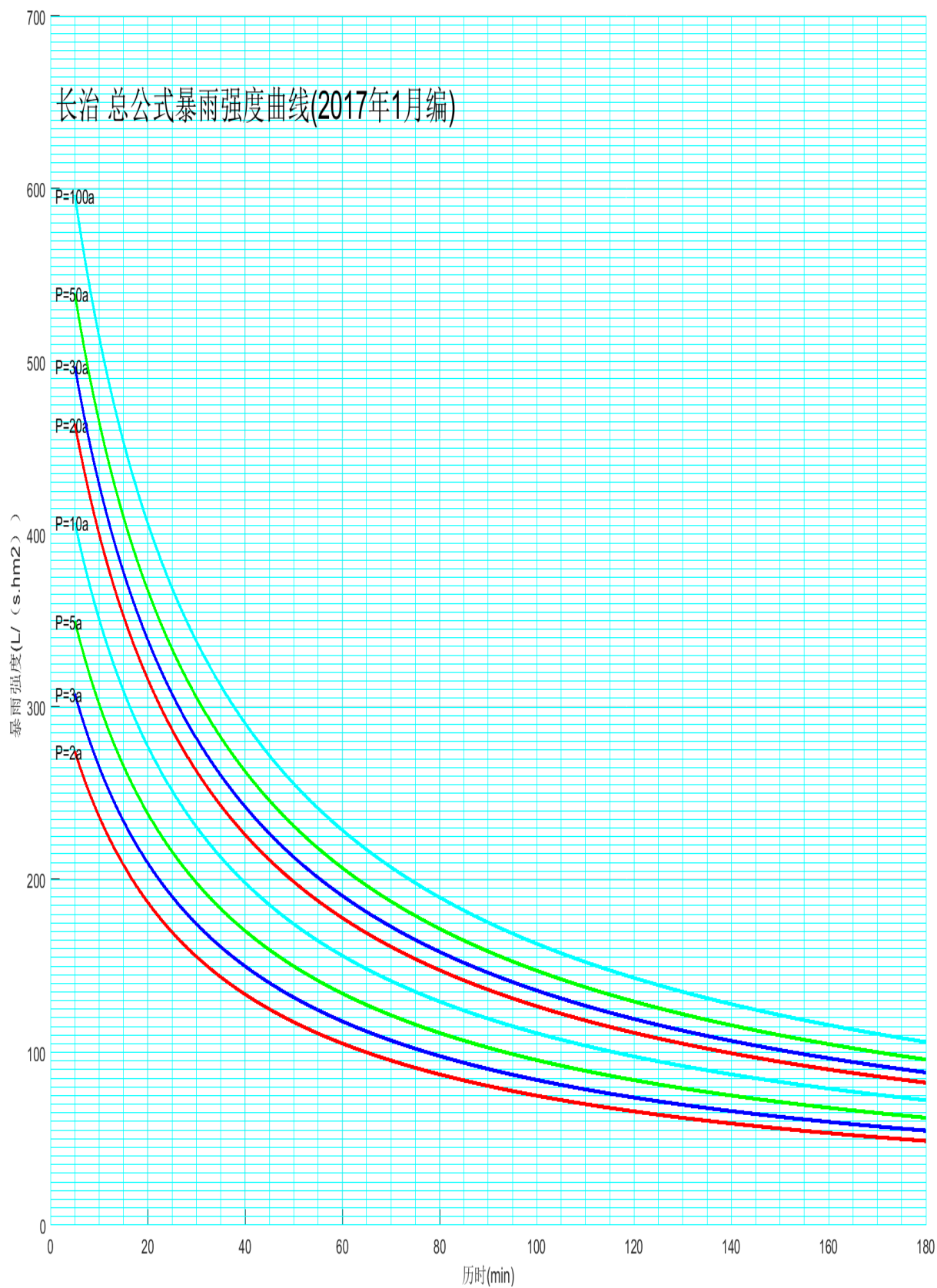


图 7-4 长治总公式暴雨强度曲线

表 7-1 暴雨强度~历时~重现期关系(mm/min)

历时(min)	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5	1.685	1.943	2.210	2.531	2.814	2.969	3.155	3.398
10	1.388	1.622	1.867	2.165	2.430	2.576	2.753	2.985
15	1.184	1.396	1.621	1.897	2.144	2.282	2.447	2.666
20	1.034	1.228	1.436	1.692	1.923	2.051	2.207	2.413
25	0.919	1.099	1.291	1.530	1.746	1.866	2.013	2.207
30	0.828	0.995	1.174	1.398	1.601	1.714	1.852	2.036
35	0.754	0.910	1.078	1.288	1.480	1.587	1.717	1.890
40	0.693	0.840	0.998	1.196	1.377	1.478	1.601	1.766
45	0.642	0.780	0.929	1.117	1.288	1.384	1.502	1.658
50	0.598	0.728	0.870	1.048	1.211	1.303	1.414	1.563
55	0.559	0.684	0.818	0.988	1.144	1.231	1.337	1.480
60	0.526	0.644	0.773	0.935	1.084	1.167	1.269	1.405
65	0.497	0.610	0.733	0.888	1.030	1.110	1.208	1.338
70	0.471	0.579	0.697	0.846	0.982	1.059	1.152	1.278
75	0.447	0.551	0.664	0.807	0.939	1.012	1.102	1.223
80	0.426	0.526	0.635	0.773	0.899	0.970	1.057	1.173
85	0.407	0.503	0.608	0.741	0.863	0.932	1.015	1.127
90	0.390	0.482	0.584	0.712	0.830	0.896	0.977	1.085
95	0.374	0.463	0.562	0.686	0.800	0.864	0.942	1.046
100	0.359	0.446	0.541	0.661	0.772	0.834	0.909	1.010
105	0.346	0.430	0.522	0.639	0.746	0.806	0.879	0.977
110	0.333	0.415	0.504	0.618	0.722	0.780	0.851	0.946
115	0.322	0.401	0.488	0.598	0.699	0.756	0.825	0.917
120	0.311	0.388	0.473	0.580	0.678	0.733	0.800	0.890
125	0.301	0.376	0.458	0.563	0.658	0.712	0.777	0.864
130	0.292	0.365	0.445	0.547	0.640	0.692	0.755	0.840
135	0.283	0.354	0.432	0.532	0.622	0.673	0.735	0.818
140	0.275	0.344	0.421	0.517	0.606	0.655	0.716	0.797
145	0.267	0.335	0.410	0.504	0.590	0.639	0.698	0.776
150	0.260	0.326	0.399	0.491	0.576	0.623	0.681	0.757
155	0.253	0.318	0.389	0.479	0.562	0.608	0.664	0.739
160	0.247	0.310	0.380	0.468	0.549	0.594	0.649	0.722
165	0.240	0.302	0.371	0.457	0.536	0.580	0.634	0.706
170	0.235	0.295	0.362	0.447	0.524	0.567	0.620	0.690
175	0.229	0.289	0.354	0.437	0.513	0.555	0.607	0.675
180	0.224	0.282	0.346	0.428	0.502	0.543	0.594	0.661

表 7-2(1) 暴雨强度查算表(P=2a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	341.094	37	121.678	73	76.185	109	56.070	145	44.625
2	323.806	38	119.640	74	75.420	110	55.669	146	44.376
3	308.268	39	117.672	75	74.671	111	55.273	147	44.131
4	294.224	40	115.771	76	73.938	112	54.883	148	43.888
5	281.464	41	113.934	77	73.220	113	54.499	149	43.648
6	269.819	42	112.157	78	72.517	114	54.121	150	43.411
7	259.145	43	110.438	79	71.827	115	53.748	151	43.176
8	249.325	44	108.773	80	71.152	116	53.380	152	42.944
9	240.259	45	107.161	81	70.489	117	53.018	153	42.715
10	231.861	46	105.598	82	69.840	118	52.661	154	42.488
11	224.059	47	104.082	83	69.203	119	52.309	155	42.264
12	216.791	48	102.612	84	68.578	120	51.962	156	42.043
13	210.004	49	101.184	85	67.965	121	51.620	157	41.823
14	203.649	50	99.798	86	67.363	122	51.282	158	41.606
15	197.687	51	98.452	87	66.772	123	50.949	159	41.392
16	192.082	52	97.143	88	66.193	124	50.621	160	41.180
17	186.802	53	95.871	89	65.624	125	50.297	161	40.970
18	181.819	54	94.633	90	65.065	126	49.977	162	40.762
19	177.109	55	93.428	91	64.516	127	49.662	163	40.557
20	172.648	56	92.255	92	63.976	128	49.351	164	40.354
21	168.419	57	91.113	93	63.446	129	49.043	165	40.152
22	164.402	58	90.000	94	62.926	130	48.740	166	39.953
23	160.582	59	88.916	95	62.414	131	48.441	167	39.756
24	156.944	60	87.859	96	61.911	132	48.146	168	39.562
25	153.477	61	86.828	97	61.416	133	47.854	169	39.369
26	150.167	62	85.822	98	60.930	134	47.566	170	39.178
27	147.004	63	84.840	99	60.451	135	47.282	171	38.989
28	143.978	64	83.882	100	59.981	136	47.001	172	38.802
29	141.081	65	82.946	101	59.518	137	46.724	173	38.616
30	138.304	66	82.033	102	59.063	138	46.450	174	38.433
31	135.640	67	81.140	103	58.615	139	46.180	175	38.252
32	133.082	68	80.267	104	58.174	140	45.913	176	38.072
33	130.624	69	79.414	105	57.740	141	45.649	177	37.894
34	128.260	70	78.580	106	57.313	142	45.388	178	37.718
35	125.984	71	77.764	107	56.892	143	45.131	179	37.543
36	123.792	72	76.966	108	56.478	144	44.876	180	37.370

表 7-2(2) 暴雨强度查算表($P=3a$) $t(\text{min})$ $q=L/(s \cdot \text{hm}^2)$

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	387.557	37	147.030	73	93.804	109	69.783	145	55.953
2	369.453	38	144.674	74	92.897	110	69.300	146	55.651
3	353.067	39	142.398	75	92.008	111	68.824	147	55.353
4	338.161	40	140.197	76	91.138	112	68.354	148	55.058
5	324.539	41	138.067	77	90.285	113	67.892	149	54.767
6	312.039	42	136.005	78	89.449	114	67.436	150	54.478
7	300.526	43	134.008	79	88.629	115	66.987	151	54.193
8	289.885	44	132.073	80	87.825	116	66.544	152	53.911
9	280.018	45	130.196	81	87.036	117	66.107	153	53.633
10	270.843	46	128.376	82	86.263	118	65.677	154	53.357
11	262.288	47	126.609	83	85.504	119	65.252	155	53.084
12	254.291	48	124.894	84	84.759	120	64.833	156	52.814
13	246.798	49	123.227	85	84.028	121	64.420	157	52.548
14	239.762	50	121.607	86	83.310	122	64.013	158	52.284
15	233.141	51	120.032	87	82.606	123	63.611	159	52.023
16	226.899	52	118.501	88	81.914	124	63.214	160	51.764
17	221.005	53	117.010	89	81.234	125	62.823	161	51.509
18	215.428	54	115.559	90	80.566	126	62.436	162	51.256
19	210.144	55	114.146	91	79.910	127	62.055	163	51.005
20	205.130	56	112.769	92	79.265	128	61.679	164	50.758
21	200.365	57	111.427	93	78.631	129	61.308	165	50.513
22	195.831	58	110.119	94	78.008	130	60.941	166	50.270
23	191.510	59	108.844	95	77.395	131	60.579	167	50.030
24	187.389	60	107.599	96	76.793	132	60.221	168	49.792
25	183.452	61	106.385	97	76.200	133	59.868	169	49.557
26	179.689	62	105.200	98	75.618	134	59.520	170	49.324
27	176.086	63	104.042	99	75.044	135	59.176	171	49.093
28	172.635	64	102.911	100	74.480	136	58.835	172	48.865
29	169.325	65	101.807	101	73.925	137	58.500	173	48.639
30	166.148	66	100.727	102	73.379	138	58.168	174	48.415
31	163.096	67	99.672	103	72.841	139	57.840	175	48.193
32	160.162	68	98.640	104	72.311	140	57.516	176	47.974
33	157.338	69	97.630	105	71.790	141	57.196	177	47.757
34	154.618	70	96.643	106	71.277	142	56.880	178	47.541
35	151.997	71	95.676	107	70.771	143	56.567	179	47.328
36	149.470	72	94.730	108	70.273	144	56.258	180	47.117

表 7-2(3) 暴雨强度查算表(P=5a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	434.814	37	174.419	73	113.037	109	84.809	145	68.389
2	416.107	38	171.733	74	111.977	110	84.237	146	68.030
3	399.055	39	169.136	75	110.939	111	83.674	147	67.674
4	383.444	40	166.622	76	109.921	112	83.119	148	67.322
5	369.093	41	164.187	77	108.923	113	82.571	149	66.975
6	355.854	42	161.828	78	107.944	114	82.032	150	66.631
7	343.599	43	159.541	79	106.985	115	81.500	151	66.291
8	332.221	44	157.322	80	106.043	116	80.975	152	65.954
9	321.625	45	155.169	81	105.119	117	80.458	153	65.621
10	311.733	46	153.079	82	104.213	118	79.947	154	65.292
11	302.476	47	151.048	83	103.323	119	79.444	155	64.967
12	293.792	48	149.075	84	102.449	120	78.947	156	64.645
13	285.629	49	147.157	85	101.591	121	78.457	157	64.326
14	277.940	50	145.291	86	100.749	122	77.974	158	64.011
15	270.685	51	143.475	87	99.921	123	77.497	159	63.699
16	263.826	52	141.708	88	99.108	124	77.026	160	63.390
17	257.332	53	139.987	89	98.309	125	76.562	161	63.084
18	251.174	54	138.310	90	97.524	126	76.103	162	62.782
19	245.325	55	136.677	91	96.752	127	75.650	163	62.483
20	239.762	56	135.084	92	95.994	128	75.203	164	62.187
21	234.465	57	133.531	93	95.248	129	74.762	165	61.893
22	229.414	58	132.016	94	94.514	130	74.326	166	61.603
23	224.592	59	130.537	95	93.793	131	73.896	167	61.316
24	219.983	60	129.094	96	93.083	132	73.471	168	61.032
25	215.575	61	127.685	97	92.385	133	73.051	169	60.750
26	211.352	62	126.309	98	91.698	134	72.636	170	60.471
27	207.304	63	124.964	99	91.022	135	72.227	171	60.195
28	203.420	64	123.650	100	90.357	136	71.822	172	59.922
29	199.690	65	122.365	101	89.702	137	71.423	173	59.651
30	196.104	66	121.109	102	89.057	138	71.028	174	59.383
31	192.654	67	119.880	103	88.422	139	70.637	175	59.118
32	189.333	68	118.678	104	87.797	140	70.252	176	58.855
33	186.133	69	117.501	105	87.181	141	69.871	177	58.594
34	183.048	70	116.350	106	86.575	142	69.494	178	58.336
35	180.070	71	115.222	107	85.977	143	69.121	179	58.081
36	177.196	72	114.118	108	85.389	144	68.753	180	57.828

表 7-2(4) 暴雨强度查算表(P=10a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	490.996	37	208.679	73	137.323	109	103.838	145	84.156
2	471.761	38	205.598	74	136.074	110	103.156	146	83.723
3	454.092	39	202.614	75	134.849	111	102.483	147	83.294
4	437.799	40	199.723	76	133.648	112	101.820	148	82.871
5	422.726	41	196.920	77	132.470	113	101.166	149	82.452
6	408.736	42	194.201	78	131.314	114	100.520	150	82.038
7	395.714	43	191.562	79	130.180	115	99.884	151	81.628
8	383.561	44	189.000	80	129.068	116	99.257	152	81.223
9	372.191	45	186.511	81	127.975	117	98.638	153	80.822
10	361.528	46	184.092	82	126.902	118	98.027	154	80.425
11	351.508	47	181.740	83	125.849	119	97.425	155	80.032
12	342.071	48	179.453	84	124.815	120	96.830	156	79.644
13	333.168	49	177.227	85	123.799	121	96.243	157	79.260
14	324.754	50	175.061	86	122.800	122	95.664	158	78.879
15	316.788	51	172.951	87	121.819	123	95.093	159	78.503
16	309.235	52	170.895	88	120.855	124	94.528	160	78.131
17	302.062	53	168.892	89	119.907	125	93.972	161	77.762
18	295.241	54	166.940	90	118.976	126	93.422	162	77.397
19	288.746	55	165.035	91	118.060	127	92.879	163	77.036
20	282.554	56	163.177	92	117.159	128	92.343	164	76.678
21	276.643	57	161.364	93	116.272	129	91.813	165	76.324
22	270.994	58	159.595	94	115.401	130	91.290	166	75.974
23	265.590	59	157.867	95	114.543	131	90.774	167	75.627
24	260.415	60	156.179	96	113.699	132	90.264	168	75.283
25	255.454	61	154.529	97	112.869	133	89.760	169	74.943
26	250.693	62	152.917	98	112.051	134	89.262	170	74.606
27	246.122	63	151.342	99	111.246	135	88.770	171	74.273
28	241.727	64	149.801	100	110.454	136	88.284	172	73.942
29	237.500	65	148.293	101	109.674	137	87.803	173	73.615
30	233.430	66	146.819	102	108.906	138	87.329	174	73.291
31	229.508	67	145.375	103	108.149	139	86.860	175	72.970
32	225.727	68	143.963	104	107.404	140	86.396	176	72.652
33	222.079	69	142.579	105	106.670	141	85.937	177	72.337
34	218.556	70	141.225	106	105.946	142	85.484	178	72.025
35	215.152	71	139.898	107	105.233	143	85.036	179	71.716
36	211.862	72	138.597	108	104.531	144	84.593	180	71.410

表 7-2(5) 暴雨强度查算表(P=20a) t(min) $q=L/(s \cdot hm^2)$

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	539.873	37	239.898	73	159.585	109	121.281	145	98.584
2	520.332	38	236.467	74	158.163	110	120.497	146	98.084
3	502.267	39	233.142	75	156.769	111	119.723	147	97.588
4	485.513	40	229.916	76	155.401	112	118.960	148	97.098
5	469.928	41	226.786	77	154.058	113	118.207	149	96.614
6	455.392	42	223.748	78	152.741	114	117.465	150	96.134
7	441.800	43	220.796	79	151.447	115	116.732	151	95.660
8	429.060	44	217.928	80	150.178	116	116.010	152	95.191
9	417.093	45	215.140	81	148.931	117	115.297	153	94.727
10	405.829	46	212.428	82	147.707	118	114.594	154	94.268
11	395.207	47	209.789	83	146.504	119	113.900	155	93.813
12	385.171	48	207.221	84	145.322	120	113.215	156	93.363
13	375.673	49	204.720	85	144.161	121	112.539	157	92.918
14	366.671	50	202.284	86	143.020	122	111.872	158	92.478
15	358.124	51	199.910	87	141.899	123	111.213	159	92.042
16	350.000	52	197.596	88	140.796	124	110.562	160	91.610
17	342.266	53	195.339	89	139.712	125	109.920	161	91.183
18	334.894	54	193.137	90	138.646	126	109.286	162	90.760
19	327.859	55	190.989	91	137.597	127	108.660	163	90.342
20	321.138	56	188.892	92	136.565	128	108.041	164	89.927
21	314.710	57	186.845	93	135.550	129	107.431	165	89.517
22	308.555	58	184.845	94	134.552	130	106.827	166	89.111
23	302.656	59	182.892	95	133.569	131	106.231	167	88.708
24	296.997	60	180.982	96	132.602	132	105.642	168	88.310
25	291.563	61	179.116	97	131.650	133	105.060	169	87.916
26	286.340	62	177.290	98	130.712	134	104.485	170	87.525
27	281.317	63	175.505	99	129.789	135	103.917	171	87.138
28	276.482	64	173.758	100	128.880	136	103.356	172	86.755
29	271.824	65	172.049	101	127.985	137	102.801	173	86.375
30	267.333	66	170.376	102	127.103	138	102.253	174	85.999
31	263.001	67	168.738	103	126.234	139	101.710	175	85.627
32	258.819	68	167.134	104	125.379	140	101.175	176	85.258
33	254.778	69	165.563	105	124.535	141	100.645	177	84.892
34	250.872	70	164.023	106	123.704	142	100.121	178	84.530
35	247.095	71	162.514	107	122.885	143	99.603	179	84.172
36	243.438	72	161.035	108	122.077	144	99.091	180	83.816

表 7-2(6) 暴雨强度查算表(P=30a) $t(\text{min})$ $q=L/(s \cdot \text{hm}^2)$

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	566.495	37	257.365	73	172.085	109	131.070	145	106.669
2	546.827	38	253.743	74	170.567	110	130.228	146	106.130
3	528.585	39	250.230	75	169.077	111	129.397	147	105.596
4	511.616	40	246.821	76	167.615	112	128.577	148	105.069
5	495.788	41	243.511	77	166.180	113	127.769	149	104.547
6	480.988	42	240.297	78	164.772	114	126.972	150	104.031
7	467.115	43	237.173	79	163.389	115	126.185	151	103.520
8	454.084	44	234.136	80	162.032	116	125.409	152	103.015
9	441.818	45	231.183	81	160.699	117	124.644	153	102.515
10	430.249	46	228.309	82	159.389	118	123.888	154	102.020
11	419.320	47	225.512	83	158.102	119	123.142	155	101.530
12	408.977	48	222.788	84	156.838	120	122.406	156	101.046
13	399.173	49	220.135	85	155.595	121	121.680	157	100.566
14	389.865	50	217.549	86	154.374	122	120.962	158	100.092
15	381.017	51	215.029	87	153.173	123	120.254	159	99.622
16	372.594	52	212.571	88	151.993	124	119.555	160	99.157
17	364.565	53	210.173	89	150.832	125	118.865	161	98.697
18	356.904	54	207.834	90	149.690	126	118.183	162	98.241
19	349.584	55	205.550	91	148.566	127	117.510	163	97.790
20	342.582	56	203.321	92	147.461	128	116.844	164	97.343
21	335.878	57	201.143	93	146.374	129	116.188	165	96.901
22	329.454	58	199.015	94	145.304	130	115.539	166	96.463
23	323.290	59	196.935	95	144.251	131	114.897	167	96.029
24	317.372	60	194.903	96	143.214	132	114.264	168	95.600
25	311.684	61	192.915	97	142.193	133	113.638	169	95.175
26	306.213	62	190.971	98	141.188	134	113.020	170	94.754
27	300.947	63	189.069	99	140.198	135	112.408	171	94.337
28	295.873	64	187.207	100	139.224	136	111.804	172	93.923
29	290.982	65	185.385	101	138.263	137	111.207	173	93.514
30	286.264	66	183.601	102	137.318	138	110.617	174	93.109
31	281.709	67	181.854	103	136.386	139	110.034	175	92.707
32	277.308	68	180.143	104	135.467	140	109.457	176	92.309
33	273.054	69	178.466	105	134.562	141	108.887	177	91.915
34	268.939	70	176.823	106	133.670	142	108.323	178	91.525
35	264.957	71	175.213	107	132.791	143	107.765	179	91.138
36	261.101	72	173.634	108	131.925	144	107.214	180	90.754

表 7-2(7) 暴雨强度查算表(P=50a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	598.304	37	278.646	73	187.350	109	143.012	145	116.514
2	578.516	38	274.795	74	185.713	110	142.099	146	115.928
3	560.096	39	271.056	75	184.107	111	141.198	147	115.348
4	542.903	40	267.427	76	182.530	112	140.309	148	114.774
5	526.815	41	263.901	77	180.983	113	139.433	149	114.206
6	511.727	42	260.475	78	179.463	114	138.568	150	113.644
7	497.545	43	257.144	79	177.972	115	137.714	151	113.089
8	484.190	44	253.904	80	176.506	116	136.873	152	112.539
9	471.589	45	250.751	81	175.067	117	136.042	153	111.995
10	459.678	46	247.681	82	173.653	118	135.222	154	111.456
11	448.402	47	244.693	83	172.264	119	134.412	155	110.924
12	437.709	48	241.781	84	170.898	120	133.614	156	110.396
13	427.554	49	238.943	85	169.556	121	132.825	157	109.874
14	417.896	50	236.177	86	168.236	122	132.046	158	109.358
15	408.700	51	233.479	87	166.938	123	131.277	159	108.846
16	399.932	52	230.848	88	165.662	124	130.518	160	108.340
17	391.562	53	228.280	89	164.407	125	129.769	161	107.839
18	383.563	54	225.773	90	163.173	126	129.028	162	107.343
19	375.910	55	223.325	91	161.958	127	128.297	163	106.852
20	368.581	56	220.933	92	160.763	128	127.575	164	106.366
21	361.555	57	218.597	93	159.586	129	126.861	165	105.884
22	354.813	58	216.314	94	158.429	130	126.156	166	105.407
23	348.338	59	214.081	95	157.289	131	125.459	167	104.935
24	342.114	60	211.899	96	156.167	132	124.771	168	104.467
25	336.127	61	209.763	97	155.062	133	124.091	169	104.004
26	330.362	62	207.674	98	153.974	134	123.419	170	103.545
27	324.808	63	205.630	99	152.902	135	122.755	171	103.091
28	319.452	64	203.629	100	151.847	136	122.098	172	102.641
29	314.284	65	201.669	101	150.807	137	121.449	173	102.195
30	309.294	66	199.750	102	149.782	138	120.807	174	101.754
31	304.473	67	197.871	103	148.773	139	120.173	175	101.316
32	299.813	68	196.029	104	147.778	140	119.546	176	100.883
33	295.304	69	194.224	105	146.797	141	118.926	177	100.453
34	290.940	70	192.454	106	145.831	142	118.313	178	100.028
35	286.713	71	190.720	107	144.878	143	117.707	179	99.606
36	282.617	72	189.018	108	143.939	144	117.107	180	99.188

表 7-2(8) 暴雨强度查算表(P=100a) t(min) $q=L/(s \cdot hm^2)$

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	639.889	37	307.019	73	207.769	109	158.978	145	129.655
2	619.974	38	302.866	74	205.974	110	157.969	146	129.005
3	601.352	39	298.834	75	204.212	111	156.974	147	128.362
4	583.898	40	294.916	76	202.483	112	155.992	148	127.726
5	567.503	41	291.107	77	200.785	113	155.024	149	127.096
6	552.072	42	287.402	78	199.117	114	154.068	150	126.473
7	537.520	43	283.799	79	197.479	115	153.125	151	125.857
8	523.773	44	280.291	80	195.870	116	152.194	152	125.247
9	510.764	45	276.876	81	194.289	117	151.276	153	124.643
10	498.433	46	273.550	82	192.735	118	150.369	154	124.046
11	486.728	47	270.308	83	191.208	119	149.474	155	123.455
12	475.602	48	267.149	84	189.707	120	148.591	156	122.869
13	465.011	49	264.068	85	188.231	121	147.719	157	122.290
14	454.917	50	261.064	86	186.780	122	146.857	158	121.717
15	445.285	51	258.132	87	185.352	123	146.007	159	121.150
16	436.084	52	255.270	88	183.948	124	145.167	160	120.588
17	427.283	53	252.476	89	182.567	125	144.337	161	120.032
18	418.858	54	249.747	90	181.208	126	143.518	162	119.481
19	410.784	55	247.082	91	179.871	127	142.708	163	118.936
20	403.038	56	244.477	92	178.555	128	141.909	164	118.396
21	395.602	57	241.930	93	177.259	129	141.119	165	117.861
22	388.456	58	239.441	94	175.984	130	140.338	166	117.332
23	381.583	59	237.006	95	174.728	131	139.567	167	116.807
24	374.968	60	234.623	96	173.491	132	138.805	168	116.288
25	368.596	61	232.293	97	172.274	133	138.052	169	115.774
26	362.453	62	230.011	98	171.074	134	137.307	170	115.264
27	356.528	63	227.778	99	169.893	135	136.571	171	114.759
28	350.808	64	225.590	100	168.729	136	135.844	172	114.260
29	345.282	65	223.448	101	167.582	137	135.125	173	113.764
30	339.942	66	221.349	102	166.452	138	134.414	174	113.274
31	334.776	67	219.293	103	165.338	139	133.711	175	112.788
32	329.778	68	217.277	104	164.240	140	133.016	176	112.306
33	324.938	69	215.301	105	163.158	141	132.329	177	111.829
34	320.249	70	213.363	106	162.091	142	131.650	178	111.356
35	315.704	71	211.462	107	161.039	143	130.978	179	110.888
36	311.296	72	209.598	108	160.001	144	130.313	180	110.424

8 适用性分析

8.1 时间变化特征

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。为了分析本报告确定的暴雨强度公式适用性，我们分析了降雨的长年代变化特征。图 8.1-1 给出了各历时年最大降雨量的年际变化，可见，各历时降水量年际变化与降水强度相似，年际变化较大，如历时 30 分钟最大可达到 55.43mm(1988 年)，而最小则只有 8.35mm(1981 年)，最大值是最小值的 6 倍多。年代际变化也比较明显，表 8.1-1 给出了长治年最大降水的年代际变化，可见，各历时进入本世纪以来大多数历时最大降水年代际平均大于多年平均。图 8.1-2 给出各历时年最大降雨量出现时间的年变化，可见，年最大降雨量出现时间年际变化相对比较大，最早出现在 4 月下旬，最晚出现在 9 月下旬。年代变化比较明显。表 8.1-2 长治给出了年最大降水不同年代出现日期，可见，各历时在本世纪平均出现时间偏早。可见，无论是年最大降水量还是其出现时间都发生了明显变化，这可能是由于高速城市化以及气候变暖所致。降雨特征的趋势性变化对城市的防灾减灾提出挑战，暴雨强度公式应该随着数据的积累，定期进行修订。

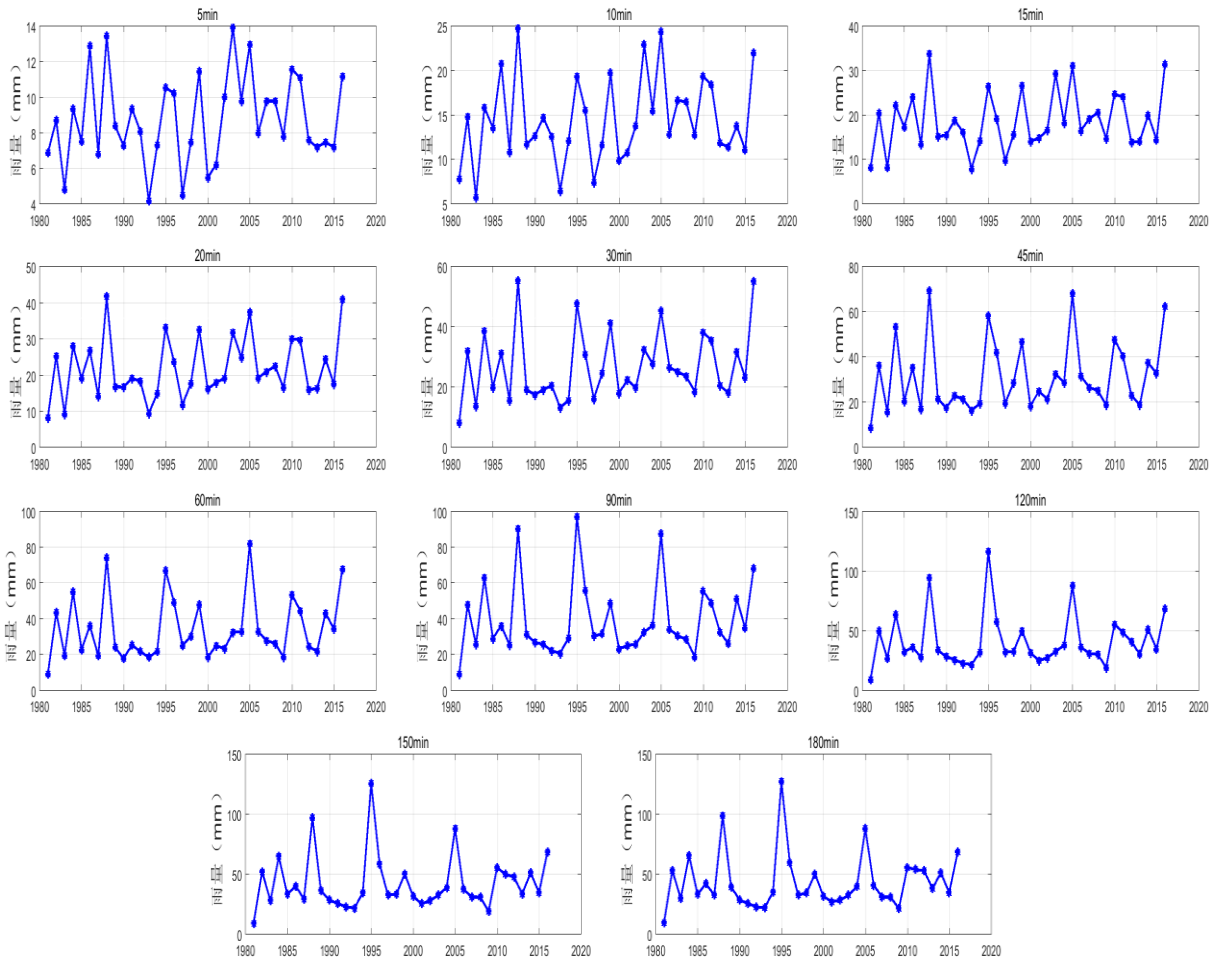


图 8.1-1 各历时年最大降雨雨量年际变化

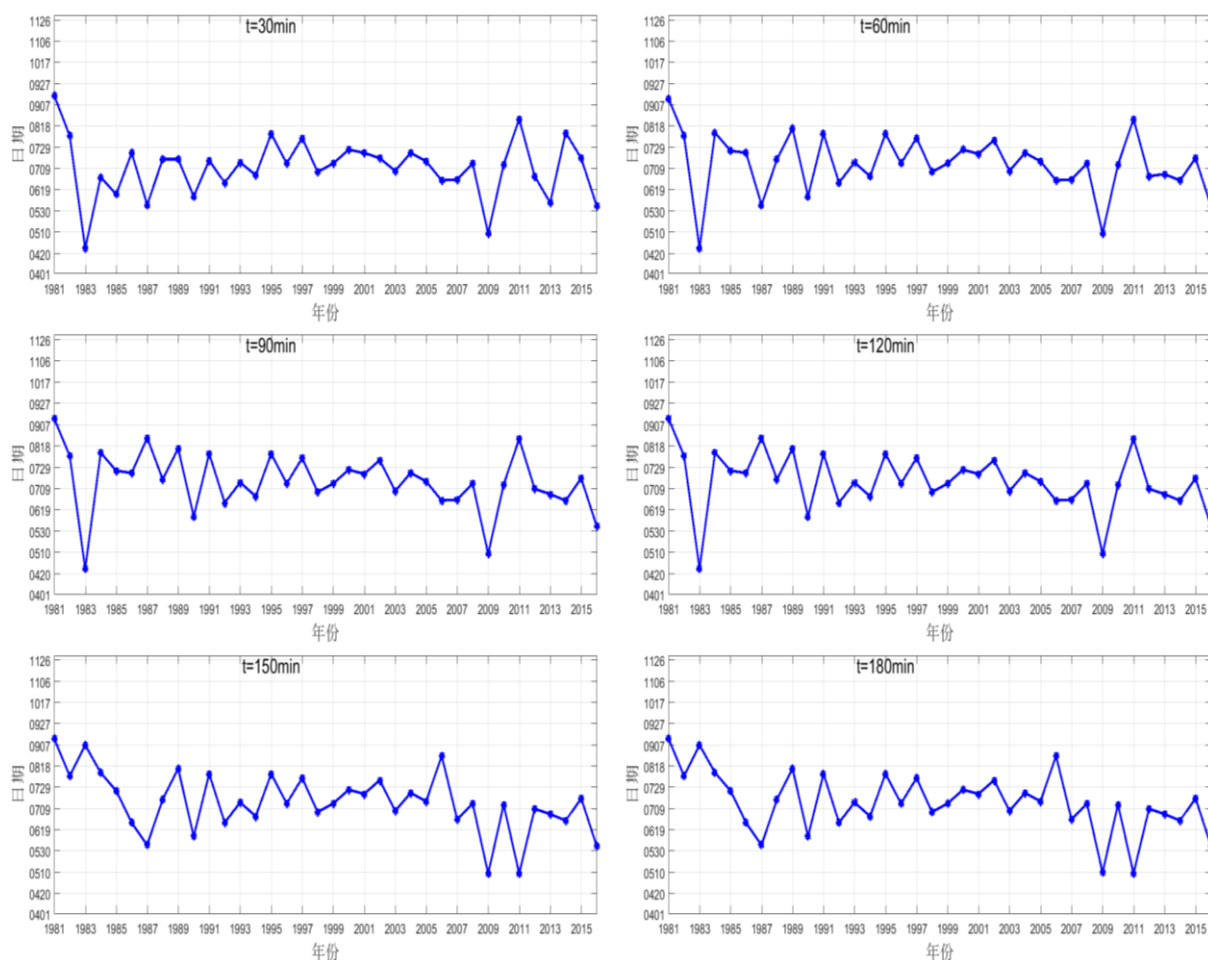


图 8.1-2 各历时年最大降雨量出现时间年际变化

表 8.1-1 长治年最大降水的年代际变化(mm)

年代	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
1981-1990	8.625	13.895	17.885	20.712	25.241	29.640	32.244	38.569	40.368	42.061	43.473
1991-2000	7.878	12.982	16.962	19.809	24.840	29.555	32.663	38.545	42.399	43.855	44.318
2001-2010	10.002	16.587	20.627	24.149	28.088	32.729	35.613	37.602	38.415	38.841	39.728
2011-2016	8.633	14.767	19.717	24.250	30.767	35.983	39.483	43.650	45.800	47.750	50.033
平均	8.801	14.534	18.696	22.006	26.841	31.532	34.503	39.141	41.295	42.613	43.761

表 8.1-2 长治年最大降水不同年代出现日期

年	30min	60min	90min	120min	150min	180min
1981-1990	0706	0717	0725	0725	0727	0727
1991-2000	0717	0720	0720	0720	0720	0720
2001-2010	0706	0708	0708	0708	0714	0714
2011-2016	0712	0709	0710	0710	0622	0622
平均	0710	0714	0716	0716	0716	0716

注：月日格式为 YYRR；0819 表示 8 月 19 日

8.2 新、旧暴雨强度公式的比较分析

本节根据《导则》对新、旧暴雨强度公式进行比较。本区域以往使用的暴雨强度公式是上世纪 80 年代由太原工业大学编制完成的长治暴雨强度公式，前面我们说过,旧的暴雨强度公式是根据年多个样法得到的暴雨强度公式，本节是对转换为年多个样法的新暴雨强度公式与以前沿用的旧暴雨强度公式进行比较分析。转换为年多个样法的新暴雨强度公式为：

$$q = \frac{3907.633(1 + 0.726LgP)}{(t + 21.457)^{0.851}}$$

以前沿用的旧暴雨强度公式为：

$$q = \frac{3340(1 + 1.43LgP)}{(t + 15.8)^{0.93}}$$

为了比较新、旧公式在暴雨强度值推求上的差别，固定重现期，依次计算在不同历时下由两公式得到的雨强差异。表 8.2-1 是转换为年多个样法的新暴雨强度公式暴雨强度，表 8.2-2 是以往沿用的旧暴雨强度公式暴雨强度，表 8.2-3 是新、旧公式暴雨强度差值，表 8.2-4 是新公式比旧公式雨强提高的幅度，图 8.2-1、图 8.2-2 是不同重现期下新、旧暴雨强度设计值比较和新公式计算结果比旧公式计算结果提高幅度。可见，各历时新公式雨强值比旧公式得到的雨强值大。

表 8.2-1 转换为年多个样法新公式雨强(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.756	1.515	1.336	1.198	0.997	0.802	0.674	0.516	0.422	0.358	0.312
3a	1.940	1.674	1.477	1.324	1.101	0.886	0.745	0.571	0.466	0.395	0.345
5a	2.172	1.874	1.653	1.482	1.233	0.992	0.834	0.639	0.522	0.443	0.386
10a	2.487	2.146	1.893	1.697	1.412	1.136	0.955	0.731	0.597	0.507	0.442
20a	2.802	2.418	2.133	1.912	1.591	1.279	1.076	0.824	0.673	0.571	0.498
30a	2.986	2.577	2.273	2.037	1.695	1.364	1.147	0.878	0.717	0.609	0.531
50a	3.218	2.777	2.450	2.196	1.827	1.470	1.236	0.946	0.773	0.656	0.572
100a	3.533	3.049	2.689	2.411	2.006	1.613	1.357	1.039	0.848	0.720	0.628

表 8.2-2 旧暴雨强度公式计算雨强(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	1.612	1.212	0.987	0.841	0.659	0.508	0.419	0.317	0.259	0.221	0.194
3a	1.820	1.369	1.115	0.949	0.744	0.574	0.474	0.358	0.293	0.250	0.219
5a	2.082	1.566	1.275	1.086	0.851	0.656	0.542	0.410	0.335	0.286	0.251
10a	2.438	1.833	1.493	1.272	0.997	0.768	0.634	0.480	0.392	0.335	0.294
20a	2.793	2.101	1.711	1.457	1.142	0.881	0.727	0.550	0.449	0.384	0.337
30a	3.001	2.257	1.838	1.566	1.227	0.946	0.781	0.591	0.483	0.412	0.362
50a	3.263	2.454	1.999	1.702	1.334	1.029	0.849	0.643	0.525	0.448	0.393
100a	3.619	2.721	2.216	1.888	1.479	1.141	0.942	0.713	0.582	0.497	0.436

表 8.2-3 新公式与旧公式雨强差值(单位: mm/min)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min
2a	0.144	0.303	0.349	0.357	0.338	0.294	0.255	0.199	0.162	0.137	0.118
3a	0.120	0.305	0.362	0.374	0.357	0.312	0.271	0.212	0.173	0.145	0.125
5a	0.090	0.309	0.378	0.396	0.382	0.336	0.292	0.229	0.186	0.157	0.135
10a	0.049	0.313	0.400	0.425	0.415	0.367	0.321	0.251	0.205	0.172	0.148
20a	0.008	0.317	0.422	0.455	0.449	0.399	0.349	0.274	0.223	0.188	0.161
30a	-0.015	0.320	0.435	0.472	0.468	0.417	0.366	0.287	0.234	0.197	0.169
50a	-0.045	0.323	0.451	0.494	0.493	0.441	0.387	0.304	0.248	0.208	0.179
100a	-0.086	0.328	0.473	0.523	0.526	0.473	0.415	0.326	0.266	0.223	0.192

表 8.2-4 新公式比旧公式雨强提高的幅度(%)

重现期	5min	10min	15min	20min	30min	45min	60min	90min	120min	150min	180min	平均
2a	9	25	35	42	51	58	61	63	63	62	61	48
3a	7	22	32	39	48	54	57	59	59	58	57	45
5a	4	20	30	36	45	51	54	56	56	55	54	42
10a	2	17	27	33	42	48	51	52	52	51	50	39
20a	0	15	25	31	39	45	48	50	50	49	48	36
30a	-1	14	24	30	38	44	47	49	48	48	47	35
50a	-1	13	23	29	37	43	46	47	47	46	45	34
100a	-2	12	21	28	36	41	44	46	46	45	44	33

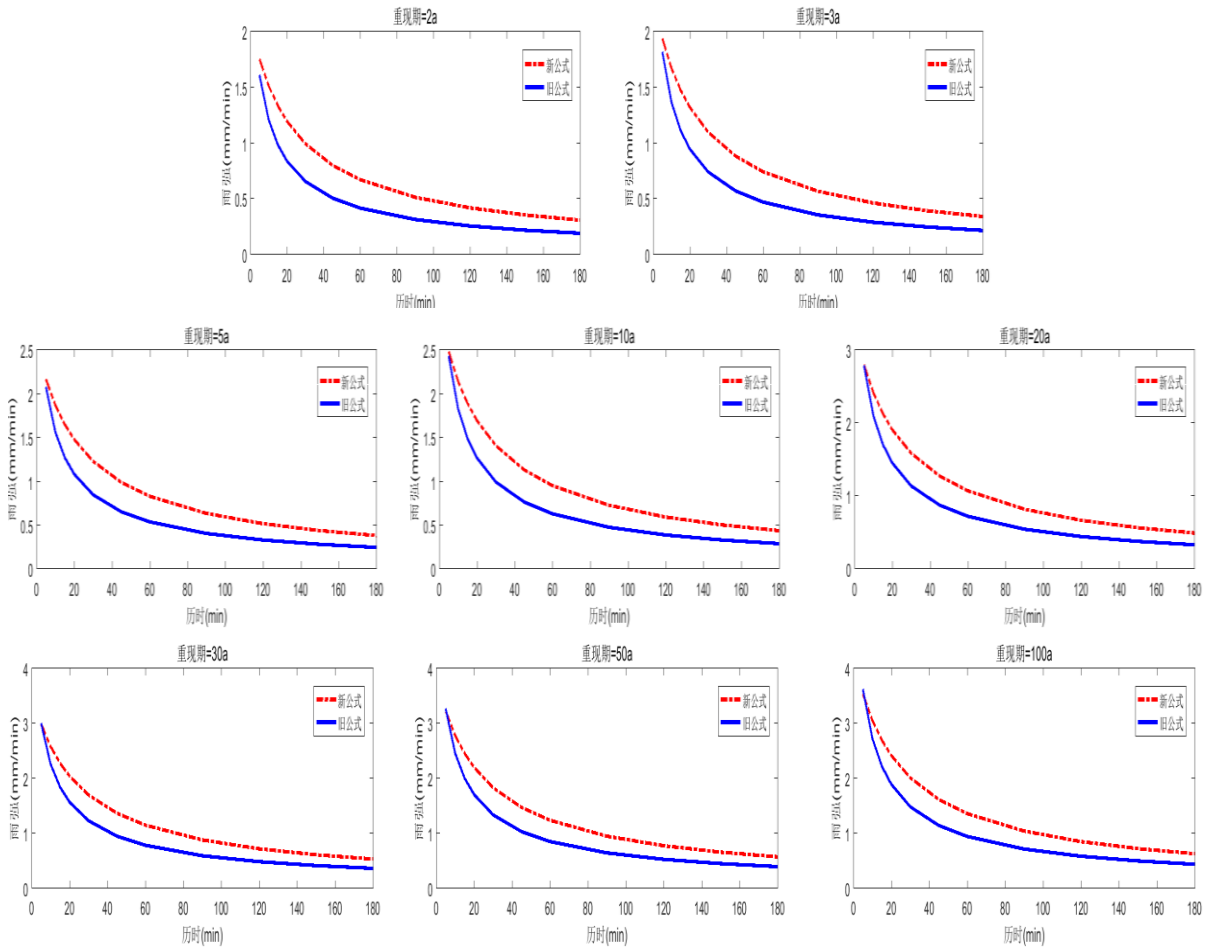


图 8.2-1 不同重现期下新公式雨强与旧公式雨强

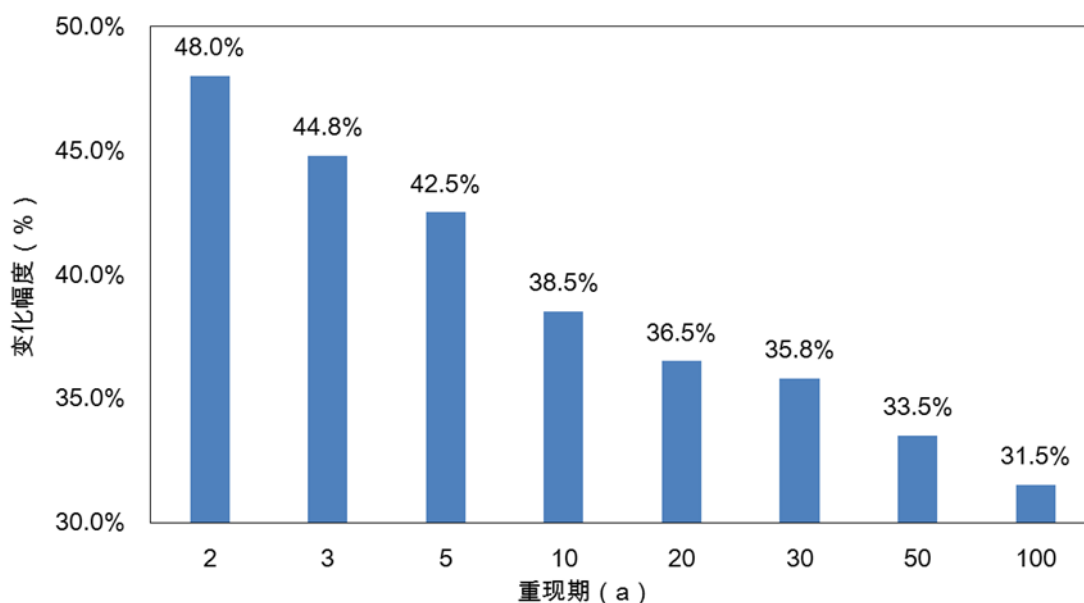


图 8.2-2 不同重现期下新公式雨强比旧公式雨强提高幅度

8.3 暴雨强度公式修编的必要性

(1) 暴雨强度公式与城市排水设施的建设密切相关，根据国家建设部《室外排水设计规范》(GB50014—2006，2014 年版)规定，在进行室外排水设计时，雨水管网的设计排水量应通过当地的暴雨强度公式计算求得；

(2) 随着数据的积累，降水强度极端大的记录和极端小的记录都在刷新，由本站的降雨的长年代变化分析来看也有此特征，因此暴雨强度公式以及由他们计算得到的设计雨强也在变化。因此有必要定期对暴雨强度公式进行复核或修编。

8.4 社会影响分析

依据上述对降雨的长年代变化特征分析，暴雨强度公式应该随着数据的积累，定期进行修订。建议 5~10 年对暴雨强度公式进行误差复核或修编。

暴雨强度公式与城市排水设施的建设密切相关，如果设计值偏低，则据此设计的城市排水设施抵御短历时暴雨和特大暴雨的能力降低，容易造成城市内涝，威胁到居民的生命财产安全。设计值偏高，则产生不必要的浪费。

9 编制成果

9.1 编制成果

(1) 目前国家最新规范和导则要求暴雨强度公式的推算方法是年最大值法，长治年最大值法得到的暴雨强度公式见表 9.1-1。

表 9.1-1 长治年最大值法暴雨强度公式

重现期	$q(L/(s \cdot hm^2))$	$i(mm/min)$	绝对误差
总公式	$q = \frac{3450.721(1+0.873LgP)}{(t+21.176)^{0.847}}$	$i = \frac{20.663(1+0.873LgP)}{(t+21.176)^{0.847}}$	0.054
P=2a	$q = \frac{4340.163}{(t+15.827)^{0.901}}$	$i = \frac{25.989}{(t+15.827)^{0.901}}$	0.004
P=3a	$q = \frac{4869.052}{(t+16.858)^{0.878}}$	$i = \frac{29.156}{(t+16.858)^{0.878}}$	0.005
P=5a	$q = \frac{5551.414}{(t+18.129)^{0.863}}$	$i = \frac{33.242}{(t+18.129)^{0.863}}$	0.009
P=10a	$q = \frac{6550.241}{(t+18.849)^{0.853}}$	$i = \frac{39.223}{(t+18.849)^{0.853}}$	0.015
P=20a	$q = \frac{7663.463}{(t+21.587)^{0.851}}$	$i = \frac{45.889}{(t+21.587)^{0.851}}$	0.022
P=30a	$q = \frac{8378.223}{(t+22.615)^{0.852}}$	$i = \frac{50.169}{(t+22.615)^{0.852}}$	0.026
P=50a	$q = \frac{9355.340}{(t+23.926)^{0.855}}$	$i = \frac{56.02}{(t+23.926)^{0.855}}$	0.031
P=100a	$q = \frac{10834.793}{(t+25.735)^{0.861}}$	$i = \frac{64.879}{(t+25.735)^{0.861}}$	0.038

(2) 重现期 2a 芝加哥暴雨雨型图，见图 9.1-1。

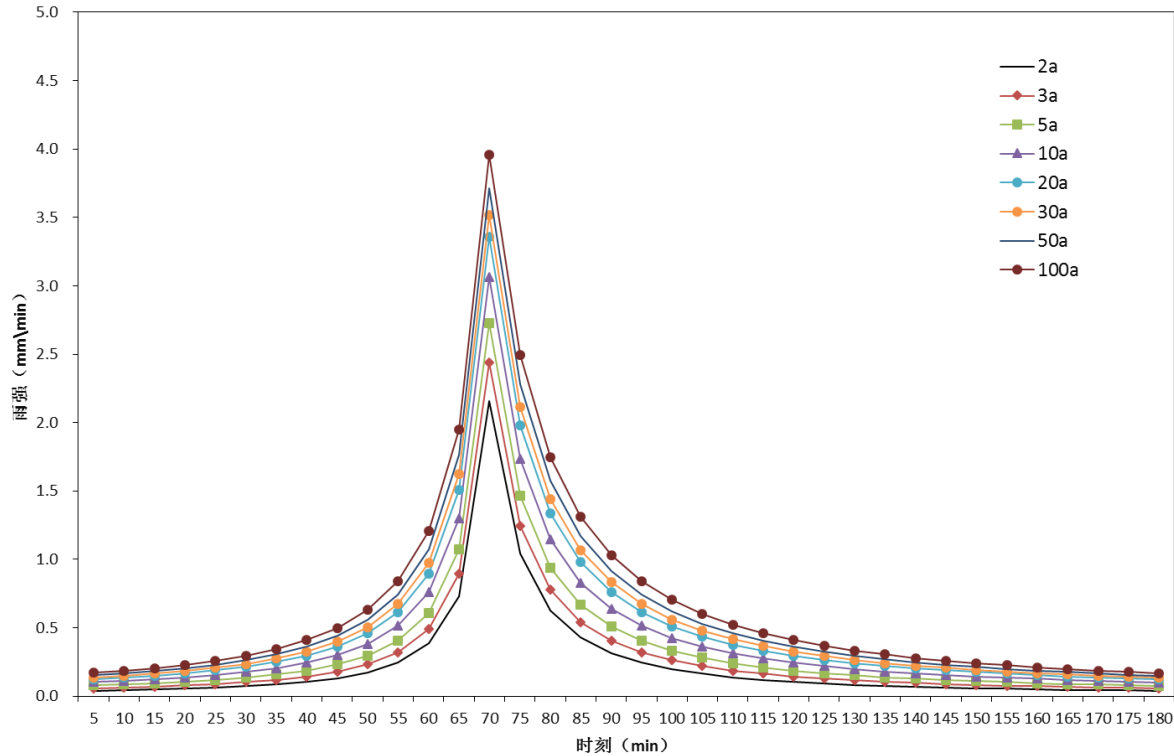


图 9.1-1 芝加哥暴雨雨型图

9.2 问题与建议

(1) 依据本区域降水的年际变化分析，暴雨强度公式应该随着数据的积累，定期进行修订。建议每 5~10 年对暴雨强度公式进行误差复核或修编。

(2) 本报告中的暴雨强度公式是依据长治县国家气象观测站观测资料得到的，在目前周边县(市)还没有编制暴雨强度公式的情况下，本公式可用于长治市城区和长治县境内。随着暴雨强度公式工作的推进，距离气象站距离较远的乡镇可以在分析的基础上采用周边县的暴雨强度公式。

(3) 本报告中的暴雨强度公式适用于重现期 $\leq 100a$ 、历时 $\leq 180min$ 的情况。

附图表

附表 1 各降雨历时逐年最大降雨样本每 5 分钟雨

附表 1(1) 长治逐年历时 30min 各段雨量(每段 5min)

年份	5	10	15	20	25	30
1981	0.42	5.03	2.70	0.14	0.03	0.03
1982	3.36	4.77	8.45	6.38	5.71	3.33
1983	1.55	3.56	0.37	2.58	2.82	2.86
1984	6.69	7.19	7.57	6.68	4.49	6.18
1985	0.88	4.02	7.34	5.79	1.69	0.32
1986	2.96	1.77	10.82	9.28	4.03	2.65
1987	0.91	0.46	1.66	5.67	5.21	1.73
1988	8.05	6.16	8.66	11.20	13.39	7.97
1989	1.16	1.39	4.18	5.84	5.21	1.47
1990	0.40	2.30	5.41	7.29	1.69	0.56
1991	0.05	0.53	9.38	5.37	3.91	0.06
1992	2.58	7.77	3.82	3.68	1.78	1.04
1993	2.11	4.18	1.37	1.34	1.97	2.35
1994	1.57	1.57	2.16	3.11	3.29	4.08
1995	6.96	7.61	8.88	8.08	7.38	8.83
1996	4.38	6.57	5.04	7.54	2.98	4.53
1997	2.16	2.17	2.16	2.41	4.22	3.13
1998	3.37	4.03	6.80	3.63	2.81	4.09
1999	5.91	7.84	8.31	10.10	5.58	3.66
2000	0.41	4.55	4.71	4.65	2.33	1.52
2001	2.49	2.12	3.14	3.94	5.01	5.82
2002	3.23	2.06	8.33	5.51	0.62	0.21
2003	0.36	1.92	8.99	13.83	6.36	1.14
2004	8.60	6.70	3.00	6.30	2.60	0.70
2005	7.70	11.90	10.40	6.50	5.70	3.20
2006	3.70	5.90	5.00	3.70	4.40	4.00
2007	5.50	9.70	3.60	2.00	1.70	2.70
2008	1.20	5.90	5.40	5.50	4.50	1.20
2009	1.20	1.80	3.00	7.00	4.80	0.80
2010	5.00	6.00	11.60	6.30	5.00	4.40
2011	3.00	8.60	9.80	5.70	5.40	3.20
2012	4.10	6.90	2.40	2.50	2.60	2.10
2013	0.90	3.00	6.40	4.80	2.10	1.00
2014	5.50	6.70	7.10	5.20	4.00	3.30
2015	4.50	3.40	6.60	2.30	0.80	5.60
2016	8.30	11.20	10.60	9.60	9.00	6.40

本报告中所有资料都是根据山西省信息中心提供的逐分钟降水资料整理而得，使用中应满足《气象法》和相关的保密规定。

附表 1(2) 长治逐年历时 60min 各段雨量(每段 5min)

年份	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1981	0.62	0.09	0.10	0.63	1.01	3.68	2.75	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	3.36	4.77	8.45	6.38	5.71	3.33	0.53	1.03	1.98	3.67	2.99	1.35
1983	1.55	3.56	0.37	2.58	2.82	2.86	0.79	0.56	0.46	1.46	1.45	1.21
1984	7.08	5.25	4.89	5.94	7.38	6.41	0.99	1.61	7.19	2.18	3.88	2.59
1985	1.05	1.71	1.43	2.03	3.08	2.95	0.94	0.76	1.39	3.12	2.07	2.34
1986	0.93	3.24	3.23	12.89	7.55	2.58	1.70	1.28	1.65	0.72	0.23	0.21
1987	2.76	0.33	0.26	0.21	0.20	0.21	0.77	0.69	0.53	3.60	5.74	4.08
1988	1.80	1.37	1.88	1.55	8.55	7.93	5.26	8.30	10.49	13.46	9.29	4.37
1989	2.12	2.07	1.40	1.36	3.57	1.58	2.69	2.23	2.50	2.34	1.20	1.14
1990	0.05	1.35	5.16	6.64	3.59	0.78	0.12	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08
1991	0.25	0.83	4.36	2.09	2.07	1.83	3.33	2.74	0.84	1.43	4.25	1.36
1992	0.10	0.52	5.14	7.45	3.20	2.56	1.34	0.88	0.34	0.10	0.09	0.11
1993	0.59	1.22	2.11	4.18	1.37	1.34	1.97	2.35	0.90	1.16	0.81	0.52
1994	1.18	0.83	1.12	1.57	1.57	1.56	2.02	2.91	3.30	4.03	1.36	0.62
1995	6.73	7.46	8.49	8.65	7.01	9.16	6.03	3.27	1.40	2.79	3.08	3.15
1996	4.38	6.57	5.04	7.54	2.98	4.53	2.14	2.11	4.37	6.82	1.49	1.42
1997	1.31	1.89	2.30	2.13	2.29	3.87	3.60	1.29	0.70	0.62	1.84	3.26
1998	0.24	0.71	1.34	1.37	1.82	4.01	4.27	7.43	1.82	4.13	2.48	0.76
1999	2.33	6.10	7.93	10.29	8.47	4.69	3.62	1.96	1.45	0.74	0.38	0.24
2000	0.15	0.25	2.69	4.89	4.82	3.38	1.80	0.49	0.04	0.01	0.01	0.01
2001	0.42	1.33	2.41	1.93	3.67	3.91	5.49	4.98	0.87	0.08	0.01	0.00
2002	0.75	1.21	1.94	2.10	6.10	4.46	3.08	1.09	0.96	0.43	0.49	0.83
2003	0.32	0.86	7.64	13.95	7.81	2.01	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	8.60	6.70	3.00	6.30	2.60	0.70	0.90	0.10	0.00	1.50	2.20	0.30
2005	7.70	11.90	10.40	6.50	5.70	3.20	2.30	6.20	11.70	8.70	4.90	2.80
2006	0.30	1.50	2.40	3.70	5.90	5.00	3.70	4.40	4.00	1.10	0.60	0.30
2007	5.50	9.70	3.60	2.00	1.70	2.70	0.50	0.60	0.30	0.40	0.50	0.50
2008	0.40	0.30	0.80	5.40	5.30	5.30	5.10	1.70	0.30	0.40	1.00	0.40
2009	1.20	1.80	3.00	7.00	4.80	0.80	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	5.00	6.00	11.60	6.30	5.00	4.40	1.80	4.60	3.10	2.20	2.60	1.20
2011	3.30	1.50	0.60	1.80	1.30	1.70	1.70	4.10	8.90	9.00	6.10	4.60
2012	4.10	6.90	2.40	2.50	2.60	2.10	0.20	0.80	1.40	0.90	0.50	0.10
2013	1.40	1.50	3.20	3.60	2.00	1.20	1.20	2.00	2.20	1.90	1.00	0.80
2014	7.50	2.10	0.30	0.20	4.20	4.50	3.20	6.40	5.70	3.80	3.30	2.00
2015	4.30	3.60	3.30	6.00	1.40	2.30	5.40	2.80	3.30	1.10	0.70	0.40
2016	1.40	5.20	10.70	11.00	9.70	8.80	8.80	2.40	3.80	1.50	3.10	1.60

附表 1(3) 长治逐年历时 90min 各段雨量(每段 5min)

年份	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1981	0.62	0.09	0.10	0.63	1.01	3.68	2.75	0.09	0.02
1982	1.12	4.49	6.01	8.29	5.75	5.41	1.61	0.65	1.18
1983	2.66	1.05	0.04	0.28	1.55	3.56	0.37	2.58	2.82
1984	6.19	5.45	4.89	5.61	6.71	8.29	0.63	1.80	5.76
1985	0.62	1.61	1.55	1.38	1.45	1.22	2.16	2.38	3.14
1986	0.05	0.16	2.47	2.09	8.10	10.75	5.13	2.87	0.91
1987	1.39	1.54	1.08	0.36	4.17	4.26	0.22	0.01	0.02
1988	2.24	3.24	1.53	2.91	3.49	2.95	1.98	1.33	1.97
1989	0.81	2.12	2.07	1.40	1.36	3.57	1.58	2.69	2.23
1990	1.35	5.16	6.64	3.59	0.78	0.12	0.02	0.02	0.02
1991	0.22	0.25	1.28	4.27	2.20	1.68	2.12	3.50	2.48
1992	0.08	0.13	1.51	7.10	5.10	3.81	1.97	1.09	0.58
1993	0.55	1.02	1.81	4.04	1.90	1.21	2.13	2.13	1.14
1994	2.06	2.85	0.90	0.66	0.45	0.51	0.52	1.25	0.80
1995	5.69	8.73	10.03	5.08	3.35	2.30	1.02	1.27	1.27
1996	3.76	5.56	6.01	7.16	3.32	5.21	2.09	2.17	3.10
1997	0.84	0.55	0.61	1.32	1.61	2.36	2.16	2.34	3.30
1998	0.19	0.25	0.17	0.15	0.26	0.26	0.24	0.71	1.34
1999	0.70	5.41	6.77	7.94	10.67	6.65	3.83	2.84	1.37
2000	4.83	3.96	1.81	0.85	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
2001	0.42	1.33	2.41	1.93	3.67	3.91	5.49	4.98	0.87
2002	0.40	0.40	0.49	0.68	1.03	1.91	1.90	6.39	4.05
2003	0.32	0.86	7.64	13.95	7.81	2.01	0.09	0.01	0.00
2004	8.60	6.70	3.00	6.30	2.60	0.70	0.90	0.10	0.00
2005	0.70	7.70	11.90	10.40	6.50	5.70	3.20	2.30	6.20
2006	0.90	2.70	3.10	5.50	5.70	3.50	4.40	4.40	1.30
2007	5.50	9.70	3.60	2.00	1.70	2.70	0.50	0.60	0.30
2008	0.60	0.20	0.20	0.20	0.60	0.50	0.20	0.40	0.60
2009	1.20	1.80	3.00	7.00	4.80	0.80	0.30	0.00	0.00
2010	2.10	5.40	11.10	8.30	4.90	5.90	1.60	3.70	3.70
2011	3.20	1.70	0.70	1.20	1.80	1.40	1.70	3.00	8.60
2012	2.70	1.80	1.90	2.10	1.30	2.50	2.20	0.80	0.80
2013	1.60	1.90	3.30	3.20	1.90	1.00	1.50	2.00	2.20
2014	4.40	5.60	0.60	0.20	2.10	5.10	3.50	4.90	6.70
2015	4.30	3.60	3.30	6.00	1.40	2.30	5.40	2.80	3.30
2016	1.40	5.20	10.70	11.00	9.70	8.80	8.80	2.40	3.80

附表 1(3) 长治逐年历时 90min 各段雨量(续 1)(每段 5min)

年份	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1981	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
1982	3.00	3.30	2.56	0.98	1.15	0.94	0.58	0.49	0.50
1983	2.86	0.79	0.56	0.46	1.46	1.45	1.21	1.28	0.75
1984	3.42	3.54	3.09	1.64	2.00	2.29	1.10	0.64	0.25
1985	2.12	0.35	1.19	2.85	2.23	2.19	1.25	0.97	0.46
1986	1.61	1.52	0.28	0.23	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
1987	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	2.81	4.40	3.57	1.46
1988	1.18	8.68	7.09	4.97	8.05	9.90	13.25	10.54	5.17
1989	2.50	2.34	1.20	1.14	1.17	1.59	0.92	1.49	1.05
1990	0.04	0.08	0.05	0.09	0.80	1.98	3.42	2.30	0.54
1991	0.62	2.10	4.06	0.81	0.09	0.12	0.00	0.00	0.00
1992	0.25	0.08	0.09	0.12	0.06	0.06	0.07	0.01	0.02
1993	1.08	0.89	0.59	0.49	0.11	0.08	0.10	0.63	0.98
1994	1.27	1.57	1.57	1.57	2.16	3.11	3.29	4.08	0.79
1995	3.77	7.01	7.71	9.29	7.51	7.88	8.13	5.35	1.79
1996	7.67	2.05	1.27	1.64	1.43	0.92	0.82	0.82	0.82
1997	4.01	1.61	0.75	0.59	1.44	3.51	0.92	1.27	1.23
1998	1.37	1.82	4.01	4.27	7.43	1.82	4.13	2.48	0.76
1999	1.22	0.49	0.24	0.23	0.20	0.11	0.08	0.06	0.07
2000	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.54	2.91	2.93	5.31
2001	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	3.45	1.21	1.06	0.47	0.44	0.81	0.50	0.40	0.44
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	1.50	2.20	0.30	0.20	1.60	0.90	0.10	0.20	0.50
2005	11.70	8.70	4.90	2.80	2.00	1.00	1.10	0.40	0.50
2006	0.80	0.30	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.50	0.40
2007	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.30	0.40	0.30
2008	4.30	5.60	5.10	5.60	2.40	0.40	0.40	0.70	0.60
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	2.50	2.70	1.80	0.70	0.40	0.40	0.30	0.10	0.10
2011	9.80	5.70	5.40	3.20	1.20	0.10	0.00	0.00	0.00
2012	0.90	1.30	1.70	1.70	2.90	2.20	1.60	2.60	1.70
2013	1.70	0.90	0.80	0.50	0.50	0.40	0.80	0.90	1.00
2014	4.00	3.60	2.40	2.40	1.90	2.60	0.80	0.20	0.20
2015	1.10	0.70	0.40	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
2016	1.50	3.10	1.60	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

附表 1(4) 长治逐年历时 120min 各段雨量(每段 5min)

年份	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1981	0.62	0.09	0.10	0.63	1.01	3.68	2.75	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	0.71	4.06	5.25	8.68	5.90	5.64	2.44	0.53	1.08	2.52	3.49	2.87
1983	0.27	0.37	0.82	2.79	0.46	0.02	0.74	1.72	3.04	0.62	2.78	2.83
1984	0.08	4.93	5.75	4.89	5.29	6.52	9.38	0.79	1.82	3.95	5.17	3.03
1985	0.62	1.61	1.55	1.38	1.45	1.22	2.16	2.38	3.14	2.12	0.35	1.19
1986	0.05	0.16	2.47	2.09	8.10	10.75	5.13	2.87	0.91	1.61	1.52	0.28
1987	0.05	0.05	0.13	1.39	1.54	1.08	0.36	4.17	4.26	0.22	0.01	0.02
1988	0.82	2.84	2.40	2.41	1.75	3.79	3.30	2.30	1.45	1.65	1.43	5.41
1989	1.54	2.16	1.69	1.06	3.06	2.27	2.40	2.18	2.50	2.50	1.57	1.17
1990	1.35	5.16	6.64	3.59	0.78	0.12	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08	0.05
1991	0.22	0.25	1.28	4.27	2.20	1.68	2.12	3.50	2.48	0.62	2.10	4.06
1992	0.10	0.52	5.14	7.45	3.20	2.56	1.34	0.88	0.34	0.10	0.09	0.11
1993	0.05	0.55	1.02	1.81	4.04	1.90	1.21	2.13	2.13	1.14	1.08	0.89
1994	0.41	0.66	0.26	0.37	1.01	3.21	1.45	0.85	0.41	0.50	0.51	1.02
1995	6.72	9.52	9.67	3.66	3.69	1.70	1.11	1.27	1.27	4.91	7.14	7.83
1996	0.42	0.08	0.13	0.92	4.65	7.40	4.87	6.94	3.97	3.20	2.23	1.91
1997	0.15	0.24	0.35	0.54	0.83	0.63	0.58	1.26	1.38	2.33	2.16	2.29
1998	0.22	0.28	0.23	0.19	0.25	0.17	0.15	0.26	0.26	0.24	0.71	1.34
1999	0.05	0.16	3.37	5.84	8.33	11.49	6.96	4.23	3.67	1.62	1.49	0.59
2000	0.15	0.25	2.69	4.89	4.82	3.38	1.80	0.49	0.04	0.01	0.01	0.01
2001	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.33	2.41
2002	0.19	0.19	0.06	0.11	0.40	0.39	0.40	0.40	0.55	0.82	1.42	1.94
2003	0.32	0.86	7.64	13.95	7.81	2.01	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	8.60	6.70	3.00	6.30	2.60	0.70	0.90	0.10	0.00	1.50	2.20	0.30
2005	0.30	3.70	12.20	12.20	6.50	6.10	4.10	1.90	4.90	8.60	11.70	6.40
2006	0.10	0.30	1.50	2.40	3.70	5.90	5.00	3.70	4.40	4.00	1.10	0.60
2007	5.50	9.70	3.60	2.00	1.70	2.70	0.50	0.60	0.30	0.40	0.50	0.50
2008	0.90	0.70	0.20	0.50	0.10	0.20	0.30	0.70	0.30	0.40	0.30	0.80
2009	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	2.10	5.40	11.10	8.30	4.90	5.90	1.60	3.70	3.70	2.50	2.70	1.80
2011	3.20	1.70	0.70	1.20	1.80	1.40	1.70	3.00	8.60	9.80	5.70	5.40
2012	1.00	1.70	2.10	1.60	2.70	1.80	1.90	2.10	1.30	2.50	2.20	0.80
2013	0.40	1.10	1.50	3.00	3.60	2.10	1.40	1.10	1.90	2.40	1.80	1.20
2014	4.40	5.60	0.60	0.20	2.10	5.10	3.50	4.90	6.70	4.00	3.60	2.40
2015	4.30	3.60	3.30	6.00	1.40	2.30	5.40	2.80	3.30	1.10	0.70	0.40
2016	1.40	5.20	10.70	11.00	9.70	8.80	8.80	2.40	3.80	1.50	3.10	1.60

附表 1(4) 长治逐年历时 120min 各段雨量(续 1) (每段 5min)

年份	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
1981	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	1.07	1.11	1.03	0.64	0.48	0.50	0.50	0.29	0.35	0.35	0.35	0.35
1983	2.60	0.59	0.56	0.45	1.76	1.27	1.25	1.24	0.62	0.16	0.06	0.03
1984	3.56	1.59	1.90	2.45	1.16	0.83	0.27	0.15	0.08	0.09	0.01	0.02
1985	2.85	2.23	2.19	1.25	0.97	0.46	0.44	0.44	0.62	0.70	0.73	0.42
1986	0.23	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1987	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	2.81	4.40	3.57	1.46	1.18	0.89	0.30
1988	6.51	7.11	7.09	9.05	11.96	12.88	6.72	2.55	0.71	0.22	0.10	0.07
1989	1.04	1.64	1.13	1.20	1.29	0.69	0.36	0.14	0.16	0.19	0.83	0.97
1990	0.09	0.80	1.98	3.42	2.30	0.54	0.18	0.45	0.22	0.10	0.17	0.33
1991	0.81	0.09	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.08	0.06	0.06	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02	0.10	0.15	0.20	0.18
1993	0.59	0.49	0.11	0.08	0.10	0.63	0.98	0.44	0.12	0.08	0.08	0.09
1994	0.93	0.96	1.57	1.57	1.57	1.88	2.71	3.29	3.69	2.24	0.62	0.52
1995	9.47	7.07	8.40	7.37	4.82	1.40	2.37	3.01	3.09	4.58	4.24	2.41
1996	5.64	5.65	1.28	1.54	1.64	1.19	0.84	0.82	0.82	0.78	0.41	0.28
1997	3.00	4.18	2.01	0.78	0.69	1.10	3.22	1.46	1.14	1.35	0.66	0.09
1998	1.37	1.82	4.01	4.27	7.43	1.82	4.13	2.48	0.76	0.08	0.06	0.12
1999	0.32	0.25	0.19	0.14	0.10	0.06	0.06	0.12	0.41	0.40	0.26	0.10
2000	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.11	2.93	3.08	5.49	0.61	0.04
2001	1.93	3.67	3.91	5.49	4.98	0.87	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	3.05	5.46	4.48	2.57	1.10	0.83	0.43	0.56	0.78	0.40	0.41	0.41
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.20	1.60	0.90	0.10	0.20	0.50	0.30	0.20	0.20	0.40	0.40	0.10
2005	3.10	2.40	1.40	0.80	1.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
2006	0.30	0.20	0.10	0.20	0.10	0.20	0.50	0.40	0.50	0.40	0.60	0.30
2007	0.50	0.50	0.60	0.30	0.40	0.30	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10
2008	5.40	5.30	5.30	5.10	1.70	0.30	0.40	1.00	0.40	0.10	0.10	0.10
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.00	1.20	5.50	7.20	2.10	0.50
2010	0.70	0.40	0.40	0.30	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	3.20	1.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012	0.80	0.90	1.30	1.70	1.70	2.90	2.20	1.60	2.60	1.70	1.10	0.90
2013	0.70	0.70	0.60	0.30	0.70	0.70	1.20	0.80	0.80	0.80	0.70	0.90
2014	2.40	1.90	2.60	0.80	0.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00

附表 1(5) 长治逐年历时 150min 各段雨量(每段 5min)

年份	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1981	0.62	0.09	0.10	0.63	1.01	3.68	2.75	0.09	0.02	0.02
1982	0.71	4.06	5.25	8.68	5.90	5.64	2.44	0.53	1.08	2.52
1983	1.29	0.73	0.78	0.79	0.42	1.28	2.23	0.70	1.01	0.89
1984	6.19	5.45	4.89	5.61	6.71	8.29	0.63	1.80	5.76	3.42
1985	0.05	0.10	0.62	1.61	1.55	1.38	1.45	1.22	2.16	2.38
1986	1.02	3.21	5.38	0.39	0.06	0.00	0.03	0.06	0.50	1.07
1987	0.64	0.64	0.88	1.11	1.10	1.14	1.20	1.20	1.20	1.20
1988	1.20	1.79	1.02	0.06	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
1989	2.12	2.07	1.40	1.36	3.57	1.58	2.69	2.23	2.50	2.34
1990	0.05	0.40	2.30	5.41	7.29	1.69	0.56	0.02	0.03	0.02
1991	0.22	0.25	1.28	4.27	2.20	1.68	2.12	3.50	2.48	0.62
1992	0.08	0.13	1.51	7.10	5.10	3.81	1.97	1.09	0.58	0.25
1993	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.37	0.68	1.53	3.05
1994	0.41	0.66	0.26	0.37	1.01	3.21	1.45	0.85	0.41	0.50
1995	5.69	8.73	10.03	5.08	3.35	2.30	1.02	1.27	1.27	3.77
1996	0.42	0.08	0.13	0.92	4.65	7.40	4.87	6.94	3.97	3.20
1997	0.02	0.13	0.19	0.35	0.47	0.85	0.67	0.49	1.24	1.17
1998	0.22	0.28	0.23	0.19	0.25	0.17	0.15	0.26	0.26	0.24
1999	0.05	0.16	3.37	5.84	8.33	11.49	6.96	4.23	3.67	1.62
2000	0.15	0.25	2.69	4.89	4.82	3.38	1.80	0.49	0.04	0.01
2001	0.22	0.21	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.09	0.20	0.17	0.04	0.19	0.40	0.39	0.40	0.42	0.58
2003	0.32	0.86	7.64	13.95	7.81	2.01	0.09	0.01	0.00	0.00
2004	8.60	6.70	3.00	6.30	2.60	0.70	0.90	0.10	0.00	1.50
2005	0.30	3.70	12.20	12.20	6.50	6.10	4.10	1.90	4.90	8.60
2006	1.20	2.00	1.80	0.90	0.30	0.00	0.10	0.30	0.60	1.20
2007	5.50	9.70	3.60	2.00	1.70	2.70	0.50	0.60	0.30	0.40
2008	0.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.60	0.20	0.60
2009	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	2.10	5.40	11.10	8.30	4.90	5.90	1.60	3.70	3.70	2.50
2011	1.10	2.00	5.50	5.60	2.30	1.60	1.20	1.20	2.00	1.80
2012	1.80	1.50	0.80	1.10	1.50	0.60	0.70	0.80	1.00	2.10
2013	1.30	1.60	1.20	0.80	0.60	0.40	0.20	0.30	0.40	0.50
2014	4.40	5.60	0.60	0.20	2.10	5.10	3.50	4.90	6.70	4.00
2015	4.30	3.60	3.30	6.00	1.40	2.30	5.40	2.80	3.30	1.10
2016	1.40	5.20	10.70	11.00	9.70	8.80	8.80	2.40	3.80	1.50

附表 1(5) 长治逐年历时 150min 各段雨量(续 1) (每段 5min)

年份	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1981	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	3.49	2.87	1.07	1.11	1.03	0.64	0.48	0.50	0.50	0.29
1983	1.24	1.43	1.12	0.73	3.20	1.88	1.14	0.68	0.40	0.64
1984	3.54	3.09	1.64	2.00	2.29	1.10	0.64	0.25	0.12	0.09
1985	3.14	2.12	0.35	1.19	2.85	2.23	2.19	1.25	0.97	0.46
1986	2.05	2.03	0.31	0.07	0.05	0.05	0.04	0.35	0.46	1.42
1987	1.20	1.20	1.10	0.85	0.98	1.19	1.18	1.96	1.66	0.92
1988	0.43	2.93	2.04	2.84	1.28	4.05	3.13	2.49	1.58	1.51
1989	1.20	1.14	1.17	1.59	0.92	1.49	1.05	0.55	0.19	0.16
1990	0.02	0.06	0.07	0.05	0.36	1.34	2.25	3.72	1.17	0.33
1991	2.10	4.06	0.81	0.09	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.08	0.09	0.12	0.06	0.06	0.07	0.01	0.02	0.02	0.02
1993	3.41	1.05	1.93	1.67	1.94	0.86	1.13	0.70	0.53	0.23
1994	0.51	1.02	0.93	0.96	1.57	1.57	1.57	1.88	2.71	3.29
1995	7.01	7.71	9.29	7.51	7.88	8.13	5.35	1.79	2.05	2.94
1996	2.23	1.91	5.64	5.65	1.28	1.54	1.64	1.19	0.84	0.82
1997	2.29	2.13	2.20	2.76	4.21	2.58	0.84	0.72	0.92	2.55
1998	0.71	1.34	1.37	1.82	4.01	4.27	7.43	1.82	4.13	2.48
1999	1.49	0.59	0.32	0.25	0.19	0.14	0.10	0.06	0.06	0.12
2000	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.11	2.93
2001	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.87	1.63	1.93	4.76	4.50	4.06	2.08	1.10	0.69	0.44
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	2.20	0.30	0.20	1.60	0.90	0.10	0.20	0.50	0.30	0.20
2005	11.70	6.40	3.10	2.40	1.40	0.80	1.00	0.30	0.30	0.00
2006	0.50	0.70	1.10	1.00	1.80	1.50	2.10	3.90	3.10	2.00
2007	0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.30	0.40	0.30	0.20	0.00
2008	0.20	0.20	0.20	0.60	0.50	0.20	0.40	0.60	4.30	5.60
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.00	1.20
2010	2.70	1.80	0.70	0.40	0.40	0.30	0.10	0.10	0.00	0.00
2011	2.70	1.70	3.10	0.80	1.10	1.20	2.50	0.20	0.40	2.10
2012	2.00	1.70	2.60	1.50	2.20	2.00	1.60	2.10	2.00	0.90
2013	0.30	0.40	0.80	1.50	2.80	3.30	2.60	1.60	1.00	1.70
2014	3.60	2.40	2.40	1.90	2.60	0.80	0.20	0.20	0.10	0.00
2015	0.70	0.40	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	3.10	1.60	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

附表 1(5) 长治逐年历时 150min 各段雨量(续 2) (每段 5min)

年份	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
1981	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35
1983	0.41	0.69	0.55	0.51	0.41	0.64	0.53	0.53	0.50	0.64
1984	0.07	0.02	0.01	0.02	0.17	0.24	0.24	0.25	0.21	0.19
1985	0.44	0.44	0.62	0.70	0.73	0.42	0.20	0.26	0.19	0.12
1986	3.29	2.52	2.27	3.40	6.25	1.72	0.01	0.01	0.71	1.56
1987	0.91	0.58	0.53	0.45	0.19	0.64	0.93	0.94	0.93	0.91
1988	1.63	3.01	7.52	8.05	6.16	8.66	11.20	13.39	7.97	3.39
1989	0.16	0.29	1.05	0.78	0.17	0.13	0.09	0.27	0.60	1.65
1990	0.29	0.40	0.14	0.11	0.20	0.37	0.08	0.03	0.03	0.01
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.02	0.14	0.22	0.12	0.18	0.09	0.06	0.00	0.00	0.01
1993	0.09	0.09	0.24	1.13	0.55	0.26	0.07	0.08	0.09	0.06
1994	3.69	2.24	0.62	0.52	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.40
1995	3.08	3.98	5.20	2.10	3.34	3.04	1.24	0.90	0.50	0.46
1996	0.82	0.78	0.41	0.28	0.21	0.20	0.20	0.21	0.13	0.18
1997	2.29	1.03	1.43	0.77	0.14	0.03	0.03	0.08	0.10	0.05
1998	0.76	0.08	0.06	0.12	0.11	0.01	0.01	0.01	0.34	0.41
1999	0.41	0.40	0.26	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2000	3.08	5.49	0.61	0.04	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
2001	0.00	0.42	1.33	2.41	1.93	3.67	3.91	5.49	4.98	0.87
2002	0.64	0.69	0.40	0.42	0.35	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
2004	0.20	0.40	0.40	0.10	0.30	0.20	0.20	0.00	0.30	0.20
2005	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
2006	1.00	0.90	0.70	0.90	1.90	1.50	1.10	1.30	1.40	0.70
2007	0.20	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	5.10	5.60	2.40	0.40	0.40	0.70	0.60	0.20	0.10	0.10
2009	5.50	7.20	2.10	0.50	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	0.70	0.70	1.00	0.90	2.40	2.10	0.80	0.20	0.60	0.60
2012	0.70	1.10	1.40	1.70	1.90	2.70	1.90	2.00	2.50	1.60
2013	2.30	1.80	1.60	0.70	0.70	0.60	0.30	0.50	0.80	1.20
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

附表 1(6) 长治逐年历时 180min 各段雨量 (每段 5min)

年份	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1981	0.62	0.09	0.10	0.63	1.01	3.68	2.75	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	0.15	0.71	4.06	5.25	8.68	5.90	5.64	2.44	0.53	1.08	2.52	3.49
1983	1.29	0.73	0.78	0.79	0.42	1.28	2.23	0.70	1.01	0.89	1.24	1.43
1984	0.08	4.93	5.75	4.89	5.29	6.52	9.38	0.79	1.82	3.95	5.17	3.03
1985	0.05	0.10	0.62	1.61	1.55	1.38	1.45	1.22	2.16	2.38	3.14	2.12
1986	0.28	0.53	0.85	1.16	4.16	4.33	0.15	0.04	0.00	0.04	0.09	0.66
1987	0.59	0.64	0.64	0.64	0.88	1.11	1.10	1.14	1.20	1.20	1.20	1.20
1988	0.62	1.19	1.82	0.74	0.06	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.82
1989	0.38	0.68	0.95	2.26	1.92	1.38	1.87	3.23	1.63	2.52	2.42	2.50
1990	0.05	0.40	2.30	5.41	7.29	1.69	0.56	0.02	0.03	0.02	0.02	0.06
1991	0.22	0.25	1.28	4.27	2.20	1.68	2.12	3.50	2.48	0.62	2.10	4.06
1992	0.08	0.13	1.51	7.10	5.10	3.81	1.97	1.09	0.58	0.25	0.08	0.09
1993	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.25	0.60	1.41	2.45	4.06
1994	0.37	0.40	0.52	0.37	0.46	2.58	2.40	0.87	0.54	0.50	0.51	0.62
1995	5.69	8.73	10.03	5.08	3.35	2.30	1.02	1.27	1.27	3.77	7.01	7.71
1996	0.40	0.10	0.12	0.52	4.38	6.57	5.04	7.54	2.98	4.53	2.14	2.11
1997	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.10	0.16	0.35	0.41	0.81
1998	0.31	0.20	0.27	0.91	1.35	1.38	2.31	4.05	4.95	6.42	1.80	4.64
1999	0.05	0.16	3.37	5.84	8.33	11.49	6.96	4.23	3.67	1.62	1.49	0.59
2000	0.15	0.25	2.69	4.89	4.82	3.38	1.80	0.49	0.04	0.01	0.01	0.01
2001	0.62	0.61	0.08	0.09	0.11	0.16	0.21	0.24	0.08	0.03	0.00	0.00
2002	0.06	0.02	0.20	0.17	0.01	0.07	0.09	0.20	0.17	0.04	0.19	0.40
2003	0.32	0.86	7.64	13.95	7.81	2.01	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	8.60	6.70	3.00	6.30	2.60	0.70	0.90	0.10	0.00	1.50	2.20	0.30
2005	0.30	3.70	12.20	12.20	6.50	6.10	4.10	1.90	4.90	8.60	11.70	6.40
2006	0.80	0.30	0.60	1.60	1.50	1.80	0.80	0.30	0.10	0.00	0.30	0.90
2007	5.50	9.70	3.60	2.00	1.70	2.70	0.50	0.60	0.30	0.40	0.50	0.50
2008	0.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.60	0.20	0.60	0.20	0.20
2009	0.60	0.20	0.40	0.40	2.80	2.30	1.20	0.60	0.80	0.40	0.60	0.30
2010	2.10	5.40	11.10	8.30	4.90	5.90	1.60	3.70	3.70	2.50	2.70	1.80
2011	1.20	1.70	2.60	6.70	4.40	0.90	1.30	1.40	1.90	1.40	3.10	1.30
2012	1.10	1.90	1.30	0.70	1.30	1.30	0.60	0.90	0.70	0.90	2.40	2.00
2013	1.40	1.10	1.40	0.90	0.80	0.40	0.30	0.30	0.20	0.50	0.50	0.40
2014	4.40	5.60	0.60	0.20	2.10	5.10	3.50	4.90	6.70	4.00	3.60	2.40
2015	4.30	3.60	3.30	6.00	1.40	2.30	5.40	2.80	3.30	1.10	0.70	0.40
2016	1.40	5.20	10.70	11.00	9.70	8.80	8.80	2.40	3.80	1.50	3.10	1.60

附表 1(6) 长治逐年历时 180min 各段雨量(续 1) (每段 5min)

年份	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
1981	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1982	2.87	1.07	1.11	1.03	0.64	0.48	0.50	0.50	0.29	0.35	0.35	0.35
1983	1.12	0.73	3.20	1.88	1.14	0.68	0.40	0.64	0.41	0.69	0.55	0.51
1984	3.56	1.59	1.90	2.45	1.16	0.83	0.27	0.15	0.08	0.09	0.01	0.02
1985	0.35	1.19	2.85	2.23	2.19	1.25	0.97	0.46	0.44	0.44	0.62	0.70
1986	1.23	2.11	1.77	0.18	0.05	0.05	0.05	0.05	0.42	0.46	1.84	3.60
1987	1.20	1.20	1.10	0.85	0.98	1.19	1.18	1.96	1.66	0.92	0.91	0.58
1988	2.84	2.40	2.41	1.75	3.79	3.30	2.30	1.45	1.65	1.43	5.41	6.51
1989	2.10	1.17	1.11	1.33	1.42	0.99	1.46	0.97	0.48	0.14	0.16	0.16
1990	0.07	0.05	0.36	1.34	2.25	3.72	1.17	0.33	0.29	0.40	0.14	0.11
1991	0.81	0.09	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.12	0.06	0.06	0.07	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.14	0.22	0.12
1993	1.07	1.64	1.72	2.26	0.86	1.17	0.75	0.50	0.32	0.09	0.09	0.16
1994	1.21	0.80	1.43	1.56	1.57	1.63	2.31	3.25	3.29	3.71	0.62	0.60
1995	9.29	7.51	7.88	8.13	5.35	1.79	2.05	2.94	3.08	3.98	5.20	2.10
1996	4.37	6.82	1.49	1.42	1.63	1.32	0.88	0.82	0.82	0.81	0.46	0.32
1997	0.76	0.42	1.05	1.16	2.16	2.17	2.16	2.41	4.22	3.13	1.00	0.69
1998	1.70	0.60	0.06	0.08	0.11	0.10	0.01	0.01	0.01	0.42	0.35	0.10
1999	0.32	0.25	0.19	0.14	0.10	0.06	0.06	0.12	0.41	0.40	0.26	0.10
2000	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1.11	2.93	3.08	5.49	0.61	0.04
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.39	0.40	0.42	0.58	0.87	1.63	1.93	4.76	4.50	4.06	2.08	1.10
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.20	1.60	0.90	0.10	0.20	0.50	0.30	0.20	0.20	0.40	0.40	0.10
2005	3.10	2.40	1.40	0.80	1.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
2006	0.90	0.60	0.90	0.90	1.20	2.10	1.10	2.80	3.70	2.70	2.00	0.90
2007	0.50	0.50	0.60	0.30	0.40	0.30	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10
2008	0.20	0.60	0.50	0.20	0.40	0.60	4.30	5.60	5.10	5.60	2.40	0.40
2009	0.30	0.80	0.50	0.60	0.60	0.30	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.30
2010	0.70	0.40	0.40	0.30	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	3.30	1.50	0.90	0.70	2.80	0.70	0.30	1.30	1.40	0.70	0.90	0.70
2012	1.90	2.40	1.40	2.40	1.70	2.00	2.00	1.60	1.10	0.50	1.30	1.30
2013	0.30	1.60	1.90	3.30	3.20	1.90	1.00	1.50	2.00	2.20	1.70	0.90
2014	2.40	1.90	2.60	0.80	0.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00

附表 1(6) 长治逐年历时 180min 各段雨量(续 2) (每段 5min)

年份	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
1981	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
1982	0.35	0.35	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.13	0.00	0.00
1983	0.41	0.64	0.53	0.53	0.50	0.64	0.38	0.36	0.32	0.41	0.28	0.45
1984	0.02	0.13	0.24	0.24	0.24	0.22	0.19	0.20	0.12	0.12	0.12	0.04
1985	0.73	0.42	0.20	0.26	0.19	0.12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
1986	2.13	2.34	4.31	5.45	1.11	0.01	0.05	0.99	1.38	0.13	0.11	0.09
1987	0.53	0.45	0.19	0.64	0.93	0.94	0.93	0.91	0.54	0.52	0.52	0.43
1988	7.11	7.09	9.05	11.96	12.88	6.72	2.55	0.71	0.22	0.10	0.07	0.07
1989	0.43	1.08	0.61	0.18	0.11	0.12	0.29	0.69	1.63	0.64	0.49	0.28
1990	0.20	0.37	0.08	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.18	0.09	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
1993	1.04	0.63	0.35	0.08	0.08	0.08	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1994	0.40	0.39	0.39	0.39	0.40	0.39	0.39	0.39	0.16	0.06	0.06	0.08
1995	3.34	3.04	1.24	0.90	0.50	0.46	0.32	0.16	0.17	0.17	0.23	0.23
1996	0.21	0.20	0.20	0.21	0.15	0.15	0.20	0.25	0.10	0.06	0.13	0.14
1997	0.77	2.13	2.87	0.91	1.45	0.90	0.22	0.03	0.04	0.05	0.11	0.07
1998	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.12	0.34	0.33	0.33	0.34	0.48	0.50
1999	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
2000	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2001	0.00	0.00	0.00	0.32	0.88	2.49	2.12	3.14	3.94	5.01	5.82	1.22
2002	0.69	0.44	0.64	0.69	0.40	0.42	0.35	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12
2003	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.30	0.20	0.20	0.00	0.30	0.20	0.30	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006	0.90	0.80	0.70	2.10	1.40	1.20	1.50	1.00	0.60	0.70	0.80	0.50
2007	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.40	0.70	0.60	0.20	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
2009	0.40	0.90	0.90	0.90	0.80	0.30	0.50	0.40	0.30	0.40	0.70	0.50
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	1.40	3.10	1.00	0.50	0.50	0.30	1.00	1.50	1.10	0.40	0.10	0.20
2012	2.00	1.90	2.80	1.50	2.40	2.20	1.40	1.20	0.80	0.30	0.40	1.30
2013	0.80	0.50	0.50	0.40	0.80	0.90	1.00	0.80	0.80	0.80	0.90	0.50
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00

附表 2 各历时不同重现期芝加哥法雨型各时段平均雨强

			t=180min P=2a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.040	0.044	0.049	0.056	0.063	0.074
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.087	0.106	0.133	0.174	0.246	0.385
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	0.732	2.158	1.041	0.629	0.430	0.316
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.246	0.198	0.164	0.139	0.120	0.106
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.094	0.084	0.076	0.069	0.063	0.059
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.054	0.051	0.047	0.044	0.042	0.040
			t=180min P=3a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.058	0.064	0.071	0.079	0.089	0.103
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.120	0.145	0.179	0.232	0.321	0.490
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	0.896	2.441	1.245	0.778	0.543	0.408
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.321	0.262	0.220	0.188	0.164	0.145
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.129	0.116	0.106	0.097	0.089	0.083
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.077	0.072	0.068	0.064	0.060	0.057
			t=180min P=5a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.078	0.085	0.094	0.105	0.118	0.135
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.158	0.188	0.232	0.297	0.405	0.607
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	1.075	2.727	1.464	0.941	0.670	0.509
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.405	0.333	0.282	0.242	0.212	0.188
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.169	0.153	0.139	0.128	0.118	0.110
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.103	0.096	0.090	0.085	0.081	0.077
			t=180min P=10a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.103	0.113	0.124	0.138	0.155	0.177
时段	35	40	45	50	55	60

雨强	0.206	0.245	0.299	0.381	0.514	0.758
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	1.300	3.066	1.734	1.147	0.831	0.640
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.514	0.426	0.362	0.313	0.275	0.245
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.220	0.200	0.182	0.168	0.155	0.145
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.135	0.127	0.119	0.113	0.107	0.102
			t=180min P=20a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.126	0.137	0.151	0.168	0.189	0.216
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.250	0.297	0.362	0.459	0.616	0.898
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	1.506	3.360	1.978	1.337	0.982	0.762
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.616	0.512	0.436	0.378	0.333	0.297
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.267	0.242	0.222	0.204	0.189	0.176
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.164	0.154	0.145	0.137	0.130	0.124
			t=180min P=30a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.138	0.151	0.166	0.184	0.208	0.237
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.275	0.326	0.397	0.504	0.674	0.977
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	1.622	3.520	2.114	1.443	1.067	0.832
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.674	0.561	0.479	0.415	0.366	0.326
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.293	0.266	0.243	0.224	0.208	0.193
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.180	0.169	0.159	0.151	0.143	0.135
			t=180min P=50a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.152	0.166	0.183	0.204	0.230	0.262
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.305	0.361	0.441	0.558	0.745	1.074
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	1.763	3.710	2.278	1.574	1.171	0.917
时段	95	100	105	110	115	120

雨强	0.745	0.622	0.530	0.460	0.405	0.361
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.325	0.295	0.270	0.248	0.230	0.214
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.200	0.187	0.176	0.166	0.157	0.149
			t=180min P=100a			
时段	5	10	15	20	25	30
雨强	0.170	0.187	0.206	0.230	0.259	0.296
时段	35	40	45	50	55	60
雨强	0.344	0.409	0.499	0.632	0.841	1.206
时段	65	70	75	80	85	90
雨强	1.952	3.960	2.496	1.749	1.312	1.032
时段	95	100	105	110	115	120
雨强	0.841	0.703	0.600	0.521	0.459	0.409
时段	125	130	135	140	145	150
雨强	0.368	0.333	0.305	0.280	0.259	0.241
时段	155	160	165	170	175	180
雨强	0.225	0.210	0.198	0.187	0.176	0.167

附图 1 不同重现期各历时暴雨雨型图

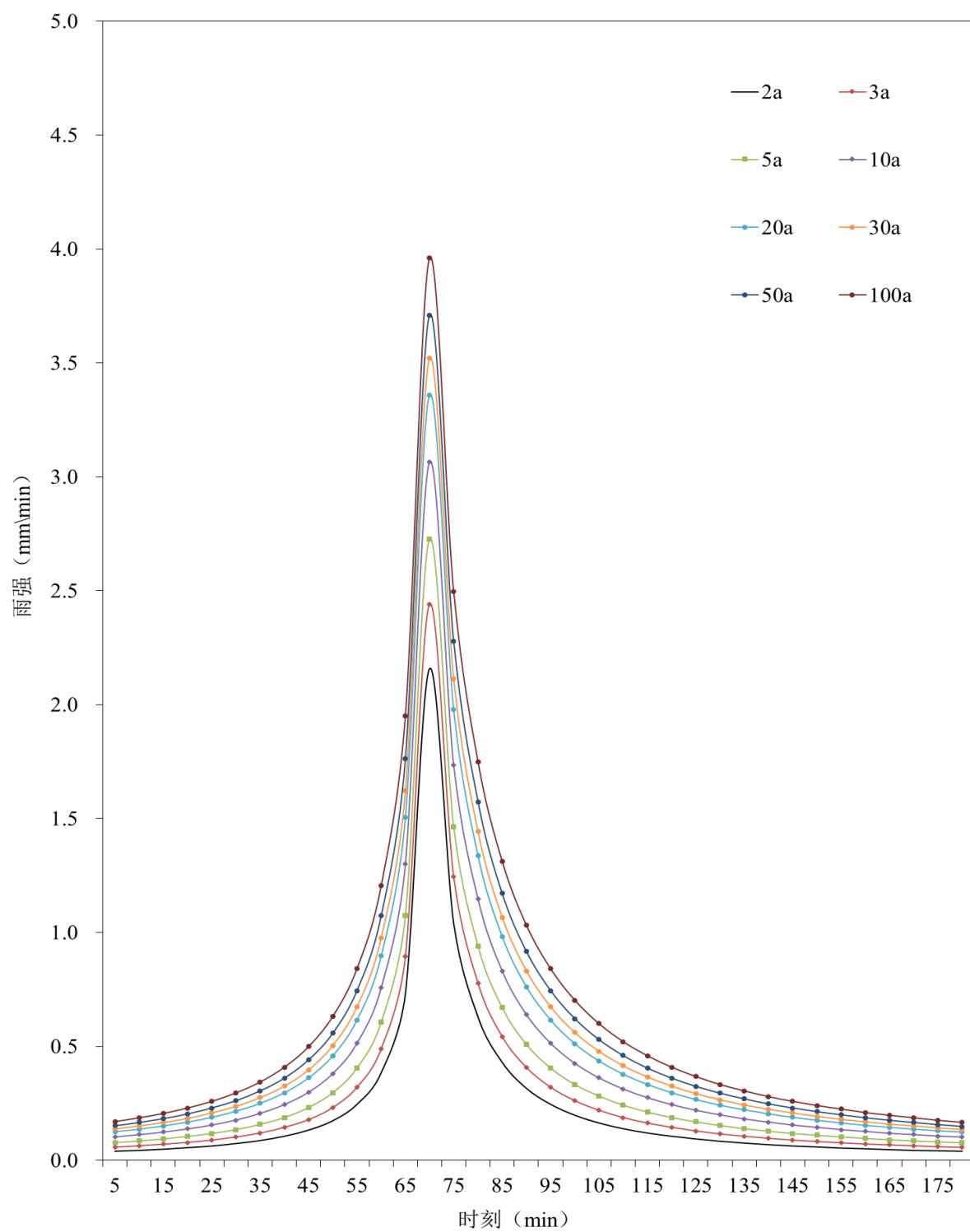
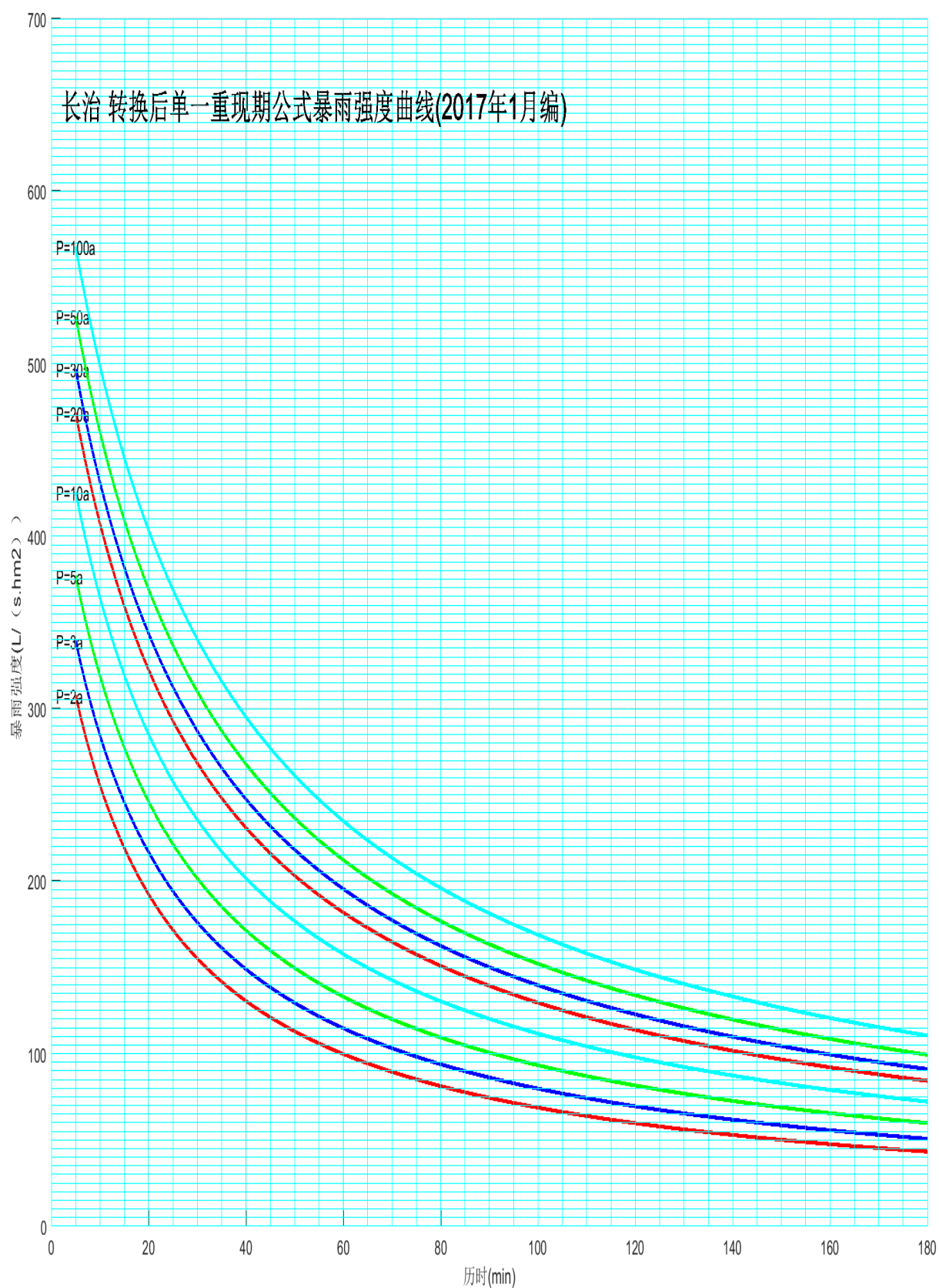
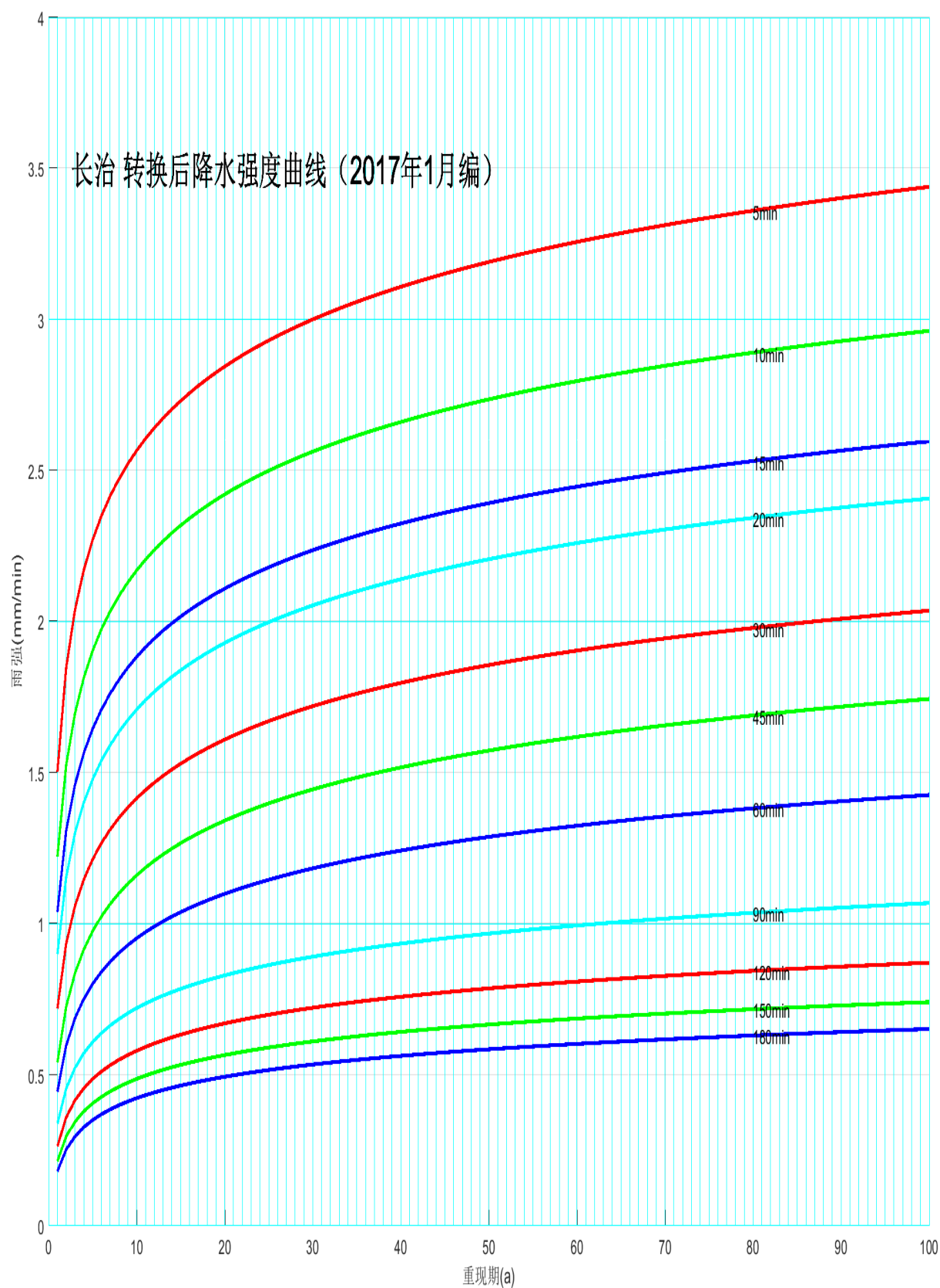


图 9.1-1 芝加哥暴雨雨型图

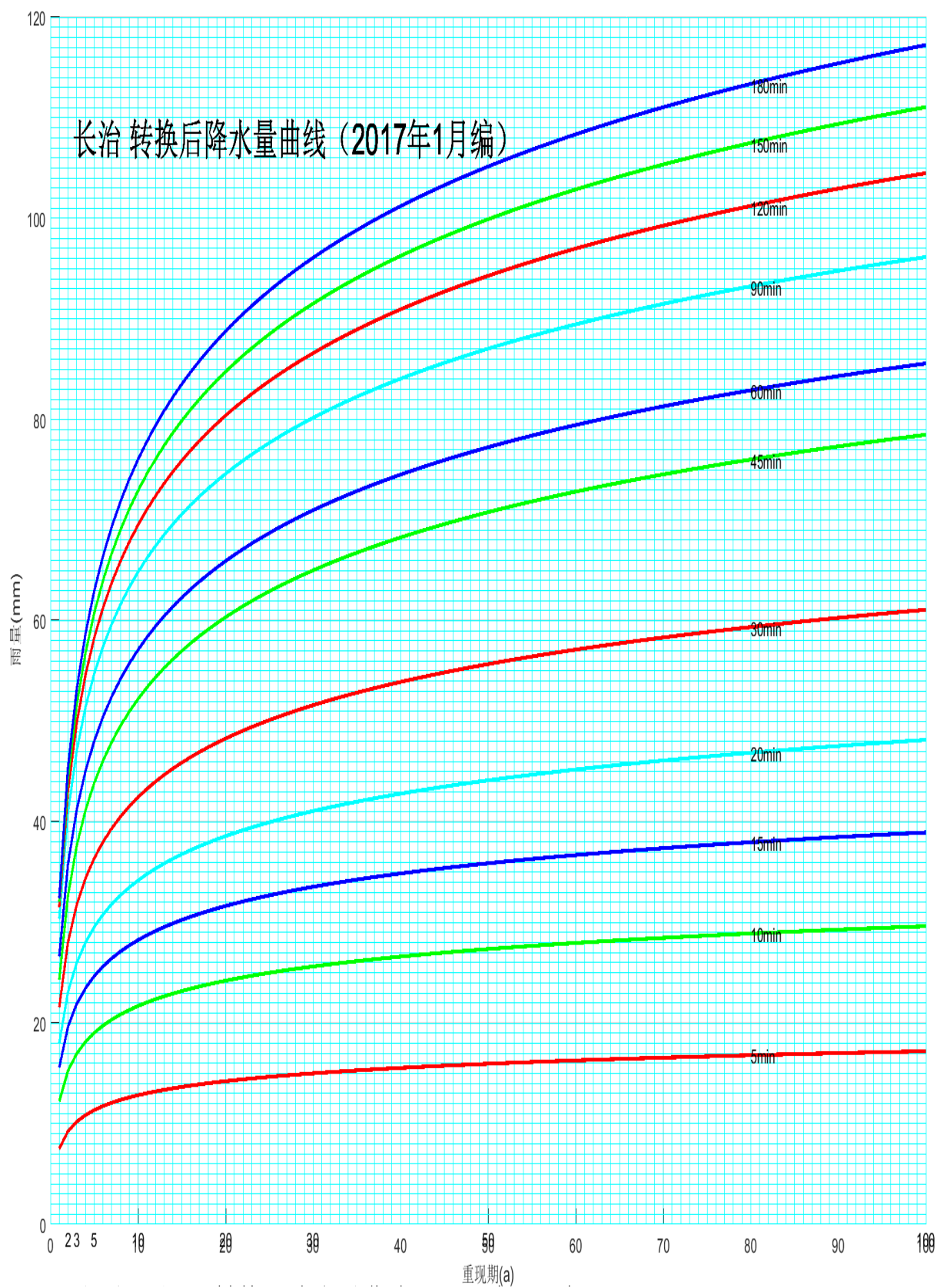
附图 2



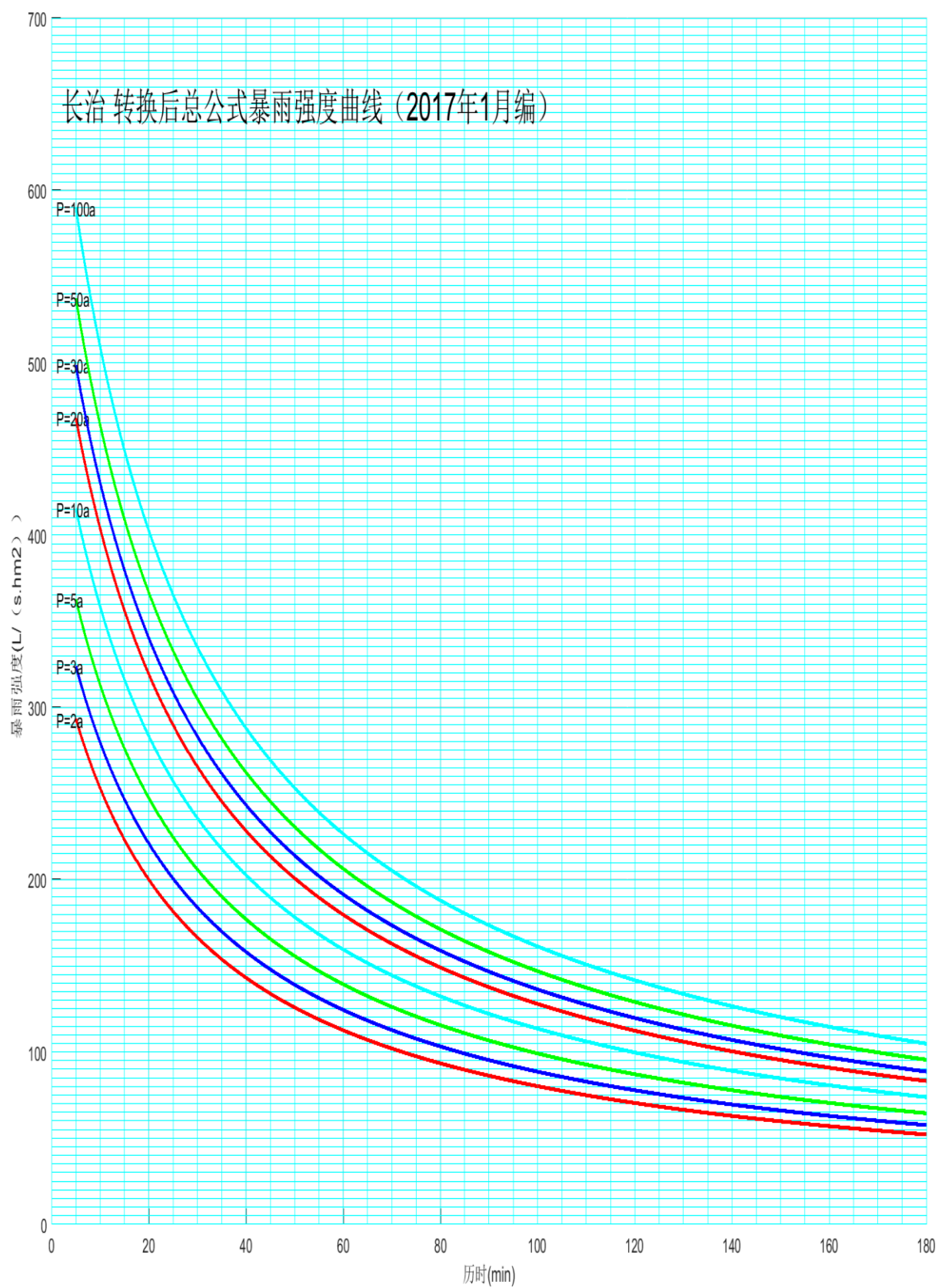
附图 2-1 长治转换后单一重现期公式暴雨强度曲线



附图 2-2 长治转换后降水强度曲线



附图 2-3 长治转换后降水量曲线



附图 2-4 长治转换后总公式暴雨强度曲线

附表 3 转换为年多个样法暴雨强度~历时~重现期关系(mm/min)

历时(min)	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5	1.843	2.033	2.258	2.550	2.824	2.976	3.159	3.401
10	1.531	1.704	1.911	2.182	2.439	2.583	2.757	2.987
15	1.313	1.471	1.662	1.913	2.153	2.288	2.451	2.668
20	1.152	1.298	1.473	1.707	1.931	2.057	2.211	2.415
25	1.028	1.163	1.326	1.544	1.754	1.872	2.016	2.209
30	0.929	1.055	1.207	1.411	1.608	1.719	1.855	2.037
35	0.849	0.966	1.109	1.301	1.486	1.591	1.720	1.892
40	0.782	0.892	1.027	1.208	1.383	1.482	1.604	1.768
45	0.725	0.829	0.957	1.128	1.294	1.389	1.504	1.659
50	0.677	0.775	0.896	1.059	1.217	1.307	1.417	1.565
55	0.634	0.728	0.843	0.998	1.149	1.235	1.340	1.481
60	0.598	0.687	0.797	0.945	1.089	1.171	1.271	1.406
65	0.565	0.651	0.755	0.897	1.035	1.114	1.210	1.339
70	0.536	0.618	0.718	0.854	0.987	1.062	1.155	1.279
75	0.510	0.589	0.685	0.816	0.943	1.016	1.105	1.224
80	0.486	0.562	0.655	0.781	0.904	0.973	1.059	1.174
85	0.465	0.538	0.628	0.749	0.868	0.935	1.017	1.128
90	0.446	0.516	0.603	0.720	0.834	0.899	0.979	1.086
95	0.428	0.496	0.580	0.693	0.804	0.867	0.944	1.047
100	0.412	0.478	0.559	0.668	0.776	0.836	0.911	1.011
105	0.397	0.460	0.539	0.646	0.750	0.808	0.881	0.978
110	0.383	0.445	0.521	0.624	0.725	0.782	0.853	0.947
115	0.370	0.430	0.504	0.605	0.703	0.758	0.826	0.918
120	0.358	0.416	0.488	0.586	0.681	0.735	0.802	0.891
125	0.346	0.403	0.474	0.569	0.662	0.714	0.779	0.865
130	0.336	0.392	0.460	0.553	0.643	0.694	0.757	0.841
135	0.326	0.380	0.447	0.537	0.625	0.675	0.737	0.819
140	0.317	0.370	0.435	0.523	0.609	0.658	0.717	0.797
145	0.308	0.360	0.423	0.509	0.593	0.641	0.699	0.777
150	0.300	0.350	0.412	0.497	0.579	0.625	0.682	0.758
155	0.292	0.341	0.402	0.484	0.565	0.610	0.666	0.740
160	0.285	0.333	0.392	0.473	0.551	0.596	0.650	0.723
165	0.278	0.325	0.383	0.462	0.539	0.582	0.635	0.706
170	0.271	0.317	0.374	0.452	0.527	0.569	0.621	0.691
175	0.265	0.310	0.366	0.442	0.515	0.557	0.608	0.676
180	0.259	0.303	0.358	0.432	0.505	0.545	0.595	0.662

附表 4 转换为年多个样法暴雨强度查算表

附表 4(1) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=2a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	369.589	37	137.037	73	86.830	109	64.345	145	51.455
2	351.775	38	134.805	74	85.979	110	63.894	146	51.175
3	335.694	39	132.648	75	85.146	111	63.449	147	50.897
4	321.102	40	130.564	76	84.329	112	63.012	148	50.623
5	307.796	41	128.548	77	83.529	113	62.580	149	50.352
6	295.612	42	126.597	78	82.745	114	62.155	150	50.083
7	284.411	43	124.708	79	81.976	115	61.736	151	49.818
8	274.076	44	122.878	80	81.223	116	61.322	152	49.556
9	264.509	45	121.105	81	80.484	117	60.915	153	49.297
10	255.626	46	119.385	82	79.759	118	60.514	154	49.041
11	247.355	47	117.716	83	79.048	119	60.118	155	48.787
12	239.633	48	116.096	84	78.350	120	59.727	156	48.536
13	232.407	49	114.523	85	77.665	121	59.342	157	48.288
14	225.630	50	112.994	86	76.993	122	58.962	158	48.043
15	219.260	51	111.508	87	76.333	123	58.587	159	47.800
16	213.261	52	110.064	88	75.686	124	58.217	160	47.560
17	207.601	53	108.658	89	75.049	125	57.852	161	47.323
18	202.251	54	107.290	90	74.424	126	57.492	162	47.088
19	197.187	55	105.959	91	73.810	127	57.137	163	46.855
20	192.385	56	104.662	92	73.207	128	56.787	164	46.625
21	187.825	57	103.398	93	72.614	129	56.441	165	46.397
22	183.489	58	102.166	94	72.031	130	56.099	166	46.172
23	179.361	59	100.966	95	71.458	131	55.762	167	45.949
24	175.426	60	99.795	96	70.895	132	55.429	168	45.728
25	171.670	61	98.652	97	70.341	133	55.100	169	45.509
26	168.081	62	97.537	98	69.796	134	54.775	170	45.293
27	164.649	63	96.448	99	69.260	135	54.455	171	45.079
28	161.362	64	95.385	100	68.733	136	54.138	172	44.867
29	158.212	65	94.347	101	68.214	137	53.825	173	44.657
30	155.189	66	93.332	102	67.703	138	53.516	174	44.449
31	152.288	67	92.340	103	67.201	139	53.211	175	44.243
32	149.499	68	91.371	104	66.706	140	52.910	176	44.040
33	146.817	69	90.423	105	66.219	141	52.612	177	43.838
34	144.235	70	89.495	106	65.740	142	52.318	178	43.638
35	141.748	71	88.588	107	65.268	143	52.027	179	43.440
36	139.350	72	87.700	108	64.803	144	51.739	180	43.244

附表 4(2) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=3a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	403.591	37	156.151	73	100.191	109	74.769	145	60.079
2	385.260	38	153.684	74	99.233	110	74.256	146	59.758
3	368.627	39	151.300	75	98.294	111	73.751	147	59.440
4	353.463	40	148.993	76	97.375	112	73.253	148	59.127
5	339.578	41	146.761	77	96.473	113	72.763	149	58.816
6	326.814	42	144.599	78	95.590	114	72.279	150	58.510
7	315.037	43	142.504	79	94.723	115	71.802	151	58.206
8	304.135	44	140.474	80	93.873	116	71.332	152	57.906
9	294.012	45	138.505	81	93.040	117	70.869	153	57.610
10	284.585	46	136.594	82	92.222	118	70.412	154	57.316
11	275.785	47	134.738	83	91.419	119	69.961	155	57.026
12	267.549	48	132.936	84	90.632	120	69.516	156	56.739
13	259.823	49	131.185	85	89.858	121	69.078	157	56.455
14	252.561	50	129.483	86	89.099	122	68.645	158	56.174
15	245.721	51	127.827	87	88.353	123	68.218	159	55.896
16	239.267	52	126.216	88	87.621	124	67.797	160	55.621
17	233.166	53	124.648	89	86.902	125	67.381	161	55.349
18	227.389	54	123.122	90	86.195	126	66.971	162	55.079
19	221.912	55	121.635	91	85.500	127	66.566	163	54.813
20	216.710	56	120.186	92	84.817	128	66.166	164	54.549
21	211.763	57	118.773	93	84.146	129	65.771	165	54.288
22	207.052	58	117.396	94	83.486	130	65.382	166	54.030
23	202.560	59	116.053	95	82.837	131	64.997	167	53.774
24	198.273	60	114.742	96	82.199	132	64.617	168	53.521
25	194.176	61	113.462	97	81.572	133	64.242	169	53.270
26	190.256	62	112.213	98	80.954	134	63.871	170	53.022
27	186.503	63	110.993	99	80.347	135	63.505	171	52.776
28	182.905	64	109.801	100	79.749	136	63.144	172	52.533
29	179.452	65	108.636	101	79.160	137	62.787	173	52.292
30	176.137	66	107.498	102	78.581	138	62.434	174	52.054
31	172.950	67	106.384	103	78.011	139	62.085	175	51.817
32	169.885	68	105.295	104	77.450	140	61.741	176	51.584
33	166.934	69	104.230	105	76.897	141	61.401	177	51.352
34	164.091	70	103.188	106	76.353	142	61.064	178	51.123
35	161.349	71	102.168	107	75.817	143	60.732	179	50.895
36	158.705	72	101.169	108	75.289	144	60.404	180	50.670

附表 4(3) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=5a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	443.222	37	179.439	73	116.582	109	87.584	145	70.689
2	424.425	38	176.695	74	115.495	110	86.996	146	70.318
3	407.271	39	174.040	75	114.429	111	86.417	147	69.952
4	391.548	40	171.470	76	113.384	112	85.846	148	69.590
5	377.081	41	168.981	77	112.360	113	85.283	149	69.232
6	363.721	42	166.568	78	111.356	114	84.728	150	68.877
7	351.345	43	164.229	79	110.370	115	84.181	151	68.527
8	339.844	44	161.959	80	109.403	116	83.641	152	68.181
9	329.126	45	159.756	81	108.455	117	83.109	153	67.838
10	319.114	46	157.617	82	107.524	118	82.584	154	67.499
11	309.738	47	155.539	83	106.610	119	82.066	155	67.164
12	300.937	48	153.519	84	105.713	120	81.555	156	66.832
13	292.659	49	151.555	85	104.832	121	81.051	157	66.504
14	284.859	50	149.645	86	103.966	122	80.554	158	66.179
15	277.494	51	147.786	87	103.116	123	80.063	159	65.857
16	270.529	52	145.976	88	102.281	124	79.579	160	65.539
17	263.931	53	144.213	89	101.460	125	79.100	161	65.225
18	257.672	54	142.496	90	100.654	126	78.628	162	64.913
19	251.724	55	140.822	91	99.861	127	78.163	163	64.605
20	246.066	56	139.190	92	99.081	128	77.703	164	64.300
21	240.675	57	137.599	93	98.315	129	77.248	165	63.998
22	235.534	58	136.046	94	97.561	130	76.800	166	63.699
23	230.624	59	134.531	95	96.820	131	76.357	167	63.403
24	225.930	60	133.052	96	96.091	132	75.920	168	63.110
25	221.438	61	131.607	97	95.373	133	75.488	169	62.820
26	217.134	62	130.196	98	94.667	134	75.061	170	62.533
27	213.007	63	128.817	99	93.972	135	74.639	171	62.248
28	209.047	64	127.470	100	93.288	136	74.223	172	61.967
29	205.242	65	126.152	101	92.615	137	73.811	173	61.688
30	201.583	66	124.864	102	91.952	138	73.405	174	61.411
31	198.063	67	123.603	103	91.299	139	73.003	175	61.138
32	194.673	68	122.370	104	90.657	140	72.606	176	60.867
33	191.406	69	121.163	105	90.024	141	72.213	177	60.599
34	188.255	70	119.982	106	89.400	142	71.826	178	60.333
35	185.214	71	118.825	107	88.786	143	71.442	179	60.070
36	182.277	72	117.692	108	88.181	144	71.063	180	59.809

附表 4(4) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=10a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	494.148	37	210.692	73	138.747	109	104.949	145	85.071
2	474.900	38	207.588	74	137.487	110	104.260	146	84.633
3	457.209	39	204.581	75	136.251	111	103.580	147	84.201
4	440.890	40	201.668	76	135.039	112	102.910	148	83.773
5	425.786	41	198.843	77	133.851	113	102.250	149	83.350
6	411.762	42	196.103	78	132.684	114	101.599	150	82.931
7	398.704	43	193.444	79	131.540	115	100.956	151	82.518
8	386.514	44	190.861	80	130.417	116	100.322	152	82.108
9	375.105	45	188.353	81	129.314	117	99.697	153	81.703
10	364.403	46	185.915	82	128.232	118	99.081	154	81.302
11	354.344	47	183.544	83	127.169	119	98.472	155	80.906
12	344.868	48	181.238	84	126.125	120	97.872	156	80.513
13	335.926	49	178.995	85	125.099	121	97.279	157	80.125
14	327.474	50	176.810	86	124.091	122	96.695	158	79.741
15	319.469	51	174.683	87	123.101	123	96.117	159	79.361
16	311.878	52	172.611	88	122.128	124	95.548	160	78.984
17	304.669	53	170.591	89	121.171	125	94.985	161	78.612
18	297.811	54	168.622	90	120.231	126	94.430	162	78.243
19	291.281	55	166.702	91	119.306	127	93.881	163	77.878
20	285.053	56	164.828	92	118.397	128	93.340	164	77.517
21	279.108	57	163.000	93	117.502	129	92.805	165	77.160
22	273.426	58	161.215	94	116.622	130	92.277	166	76.806
23	267.989	59	159.472	95	115.756	131	91.756	167	76.455
24	262.782	60	157.769	96	114.904	132	91.240	168	76.108
25	257.790	61	156.106	97	114.066	133	90.731	169	75.764
26	252.999	62	154.480	98	113.241	134	90.228	170	75.424
27	248.397	63	152.890	99	112.428	135	89.732	171	75.087
28	243.974	64	151.336	100	111.629	136	89.241	172	74.753
29	239.718	65	149.816	101	110.841	137	88.755	173	74.423
30	235.620	66	148.328	102	110.065	138	88.276	174	74.095
31	231.671	67	146.872	103	109.301	139	87.802	175	73.771
32	227.864	68	145.447	104	108.549	140	87.334	176	73.450
33	224.189	69	144.051	105	107.808	141	86.871	177	73.132
34	220.641	70	142.684	106	107.077	142	86.413	178	72.816
35	217.213	71	141.345	107	106.357	143	85.960	179	72.504
36	213.898	72	140.033	108	105.648	144	85.513	180	72.195

附表 4(5) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=20a) $t(\text{min})$ $q=L/(\text{s}\cdot\text{hm}^2)$

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	541.596	37	241.009	73	160.379	109	121.903	145	99.099
2	522.045	38	237.566	74	158.951	110	121.115	146	98.595
3	503.966	39	234.228	75	157.550	111	120.338	147	98.098
4	487.196	40	230.991	76	156.176	112	119.571	148	97.605
5	471.594	41	227.850	77	154.828	113	118.815	149	97.119
6	457.039	42	224.800	78	153.505	114	118.069	150	96.637
7	443.427	43	221.837	79	152.206	115	117.333	151	96.160
8	430.667	44	218.958	80	150.931	116	116.607	152	95.689
9	418.680	45	216.159	81	149.679	117	115.891	153	95.222
10	407.395	46	213.437	82	148.449	118	115.185	154	94.761
11	396.752	47	210.788	83	147.241	119	114.487	155	94.304
12	386.695	48	208.210	84	146.054	120	113.799	156	93.852
13	377.177	49	205.699	85	144.888	121	113.120	157	93.405
14	368.154	50	203.254	86	143.741	122	112.450	158	92.962
15	359.588	51	200.870	87	142.615	123	111.788	159	92.524
16	351.444	52	198.547	88	141.507	124	111.134	160	92.091
17	343.691	53	196.281	89	140.418	125	110.489	161	91.661
18	336.300	54	194.071	90	139.347	126	109.852	162	91.236
19	329.246	55	191.914	91	138.294	127	109.223	163	90.816
20	322.507	56	189.809	92	137.257	128	108.601	164	90.399
21	316.060	57	187.753	93	136.238	129	107.987	165	89.987
22	309.888	58	185.745	94	135.235	130	107.381	166	89.579
23	303.971	59	183.784	95	134.248	131	106.782	167	89.174
24	298.295	60	181.866	96	133.276	132	106.190	168	88.774
25	292.845	61	179.992	97	132.319	133	105.606	169	88.378
26	287.606	62	178.159	98	131.378	134	105.028	170	87.985
27	282.568	63	176.367	99	130.450	135	104.457	171	87.596
28	277.717	64	174.613	100	129.537	136	103.893	172	87.211
29	273.044	65	172.896	101	128.638	137	103.336	173	86.830
30	268.539	66	171.216	102	127.752	138	102.785	174	86.452
31	264.192	67	169.571	103	126.879	139	102.240	175	86.078
32	259.995	68	167.960	104	126.020	140	101.701	176	85.707
33	255.941	69	166.382	105	125.172	141	101.169	177	85.340
34	252.022	70	164.836	106	124.337	142	100.643	178	84.976
35	248.231	71	163.321	107	123.514	143	100.122	179	84.615
36	244.562	72	161.835	108	122.703	144	99.608	180	84.258

附表 4(6) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=30a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	567.680	37	258.145	73	172.647	109	131.512	145	107.034
2	548.006	38	254.515	74	171.124	110	130.667	146	106.494
3	529.755	39	250.993	75	169.630	111	129.833	147	105.959
4	512.776	40	247.576	76	168.164	112	129.011	148	105.429
5	496.938	41	244.259	77	166.725	113	128.200	149	104.906
6	482.125	42	241.037	78	165.313	114	127.401	150	104.388
7	468.240	43	237.905	79	163.926	115	126.612	151	103.876
8	455.195	44	234.861	80	162.565	116	125.833	152	103.369
9	442.916	45	231.900	81	161.228	117	125.065	153	102.867
10	431.334	46	229.019	82	159.914	118	124.307	154	102.371
11	420.392	47	226.215	83	158.624	119	123.559	155	101.880
12	410.035	48	223.485	84	157.356	120	122.821	156	101.393
13	400.217	49	220.825	85	156.110	121	122.092	157	100.912
14	390.896	50	218.233	86	154.885	122	121.373	158	100.436
15	382.035	51	215.706	87	153.681	123	120.663	159	99.965
16	373.599	52	213.242	88	152.496	124	119.961	160	99.499
17	365.557	53	210.838	89	151.332	125	119.269	161	99.037
18	357.883	54	208.492	90	150.187	126	118.585	162	98.580
19	350.550	55	206.203	91	149.060	127	117.909	163	98.127
20	343.536	56	203.967	92	147.952	128	117.242	164	97.679
21	336.821	57	201.784	93	146.861	129	116.583	165	97.235
22	330.384	58	199.650	94	145.788	130	115.932	166	96.796
23	324.209	59	197.565	95	144.732	131	115.289	167	96.361
24	318.279	60	195.527	96	143.692	132	114.654	168	95.930
25	312.580	61	193.534	97	142.668	133	114.026	169	95.504
26	307.099	62	191.584	98	141.660	134	113.405	170	95.081
27	301.822	63	189.677	99	140.667	135	112.792	171	94.663
28	296.738	64	187.811	100	139.690	136	112.186	172	94.248
29	291.837	65	185.984	101	138.727	137	111.587	173	93.838
30	287.108	66	184.195	102	137.778	138	110.995	174	93.431
31	282.543	67	182.443	103	136.843	139	110.410	175	93.028
32	278.133	68	180.727	104	135.922	140	109.831	176	92.629
33	273.870	69	179.046	105	135.014	141	109.259	177	92.234
34	269.746	70	177.398	106	134.120	142	108.694	178	91.842
35	265.755	71	175.783	107	133.238	143	108.134	179	91.454
36	261.890	72	174.200	108	132.369	144	107.581	180	91.069

附表 4(7) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=50a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	599.040	37	279.136	73	187.705	109	143.292	145	116.746
2	579.249	38	275.279	74	186.065	110	142.377	146	116.159
3	560.823	39	271.536	75	184.456	111	141.474	147	115.578
4	543.623	40	267.902	76	182.877	112	140.584	148	115.003
5	527.529	41	264.371	77	181.327	113	139.706	149	114.434
6	512.433	42	260.940	78	179.805	114	138.840	150	113.871
7	498.244	43	257.604	79	178.311	115	137.985	151	113.314
8	484.881	44	254.360	80	176.843	116	137.142	152	112.764
9	472.272	45	251.202	81	175.402	117	136.309	153	112.219
10	460.353	46	248.129	82	173.985	118	135.488	154	111.679
11	449.068	47	245.136	83	172.594	119	134.677	155	111.145
12	438.367	48	242.220	84	171.226	120	133.877	156	110.617
13	428.204	49	239.378	85	169.881	121	133.087	157	110.094
14	418.539	50	236.608	86	168.559	122	132.307	158	109.577
15	409.334	51	233.906	87	167.259	123	131.536	159	109.064
16	400.558	52	231.270	88	165.981	124	130.776	160	108.557
17	392.180	53	228.698	89	164.724	125	130.025	161	108.055
18	384.174	54	226.188	90	163.487	126	129.283	162	107.558
19	376.513	55	223.736	91	162.270	127	128.551	163	107.066
20	369.177	56	221.341	92	161.073	128	127.827	164	106.579
21	362.144	57	219.001	93	159.895	129	127.112	165	106.096
22	355.395	58	216.714	94	158.735	130	126.406	166	105.619
23	348.913	59	214.479	95	157.593	131	125.708	167	105.146
24	342.682	60	212.292	96	156.470	132	125.018	168	104.677
25	336.688	61	210.154	97	155.363	133	124.337	169	104.213
26	330.917	62	208.062	98	154.273	134	123.664	170	103.753
27	325.356	63	206.014	99	153.199	135	122.998	171	103.298
28	319.994	64	204.010	100	152.142	136	122.340	172	102.847
29	314.820	65	202.047	101	151.100	137	121.690	173	102.401
30	309.824	66	200.125	102	150.074	138	121.048	174	101.958
31	304.997	67	198.242	103	149.063	139	120.412	175	101.520
32	300.330	68	196.398	104	148.066	140	119.784	176	101.086
33	295.816	69	194.590	105	147.084	141	119.163	177	100.655
34	291.446	70	192.818	106	146.116	142	118.549	178	100.229
35	287.214	71	191.080	107	145.161	143	117.941	179	99.807
36	283.112	72	189.376	108	144.220	144	117.340	180	99.388

附表 4(8) 转换为年多个样法暴雨强度查算表(P=100a) t(min) q=L/(s·hm²)

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
1	640.292	37	307.285	73	207.963	109	159.132	145	129.783
2	620.373	38	303.131	74	206.167	110	158.122	146	129.132
3	601.748	39	299.095	75	204.404	111	157.126	147	128.488
4	584.290	40	295.174	76	202.673	112	156.143	148	127.851
5	567.891	41	291.363	77	200.973	113	155.174	149	127.221
6	552.456	42	287.656	78	199.304	114	154.217	150	126.597
7	537.900	43	284.050	79	197.665	115	153.273	151	125.981
8	524.148	44	280.540	80	196.055	116	152.342	152	125.370
9	511.134	45	277.122	81	194.472	117	151.423	153	124.766
10	498.799	46	273.794	82	192.917	118	150.515	154	124.168
11	487.090	47	270.550	83	191.389	119	149.619	155	123.576
12	475.959	48	267.388	84	189.886	120	148.735	156	122.991
13	465.364	49	264.306	85	188.409	121	147.862	157	122.411
14	455.266	50	261.299	86	186.957	122	147.000	158	121.837
15	445.630	51	258.364	87	185.528	123	146.149	159	121.269
16	436.424	52	255.501	88	184.123	124	145.308	160	120.707
17	427.619	53	252.705	89	182.741	125	144.478	161	120.150
18	419.190	54	249.974	90	181.380	126	143.658	162	119.599
19	411.111	55	247.306	91	180.042	127	142.847	163	119.053
20	403.362	56	244.699	92	178.725	128	142.047	164	118.513
21	395.922	57	242.151	93	177.428	129	141.256	165	117.978
22	388.772	58	239.659	94	176.152	130	140.475	166	117.448
23	381.896	59	237.223	95	174.895	131	139.703	167	116.923
24	375.277	60	234.839	96	173.657	132	138.940	168	116.403
25	368.901	61	232.506	97	172.438	133	138.187	169	115.888
26	362.755	62	230.223	98	171.238	134	137.441	170	115.378
27	356.826	63	227.987	99	170.055	135	136.705	171	114.873
28	351.102	64	225.799	100	168.890	136	135.977	172	114.373
29	345.574	65	223.655	101	167.743	137	135.257	173	113.877
30	340.230	66	221.554	102	166.611	138	134.546	174	113.386
31	335.061	67	219.496	103	165.497	139	133.842	175	112.900
32	330.060	68	217.478	104	164.398	140	133.147	176	112.418
33	325.216	69	215.501	105	163.315	141	132.459	177	111.940
34	320.524	70	213.561	106	162.247	142	131.779	178	111.467
35	315.976	71	211.660	107	161.194	143	131.106	179	110.998
36	311.565	72	209.794	108	160.156	144	130.441	180	110.533