

ICS 99.160  
P 58

**SL**

中华人民共和国水利行业标准

SL44—2006  
替代 SL44—88

## 水利水电工程设计洪水计算规范

**Regulation for calculating design flood  
of water resources and hydropower projects**

2006-09-09 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国水利部 发布

https://www.sljzjxx.com  
水利造价信息网

中华人民共和国水利部  
关于批准发布水利行业标准的公告

2006 年第 4 号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），  
各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水务局；

中华人民共和国水利部批准以下 9 项标准为水利行业标准，  
现予以公告（见附件）。

二〇〇六年九月九日

<http://www.sizjxx.com>  
水利造价信息网

## 附件

序号	标准编号	标准名称	替代标准号	发布日期 (年.月.日)	实施日期 (年.月.日)
1	SL 21—2006	降水量观测规范	SL 21—90	2006.09.09	2006.10.01
2	SL 23—2006	渠系工程抗冻胀设计规范	SL 23—01	2006.09.09	2006.10.01
3	SL 44—2006	水利水电工程设计洪水计算规范	SL 44—98	2006.09.09	2006.10.01
4	SL 211—2006	水工建筑物抗冰冻设计规范	SL 211—98	2006.09.09	2006.10.01
5	SL 341—2006	水土保持信息管理技术规程		2006.09.09	2006.10.01
6	SL 342—2006	水土保持监测设施通用技术条件		2006.09.09	2006.10.01
7	SL 343—2006	风力提水工程技术规范		2006.09.09	2006.10.01
8	SL 344—2006	水利水电工程电缆设计规范		2006.09.09	2006.10.01
9	SL/Z 345—2006	水利信息系统项目建议书编制规定		2006.09.09	2006.10.01

## 前 言

根据水利水电规划设计管理局水总局科 [2001] 1 号文件精神，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002) 的要求，对原《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44—93) 进行了修订。

本标准共 7 章 14 节 94 条和 3 个附录，主要技术内容包括：总则、基本资料、根据流量资料计算设计洪水、根据暴雨资料计算设计洪水、设计洪水的地区组成以及干旱、岩溶、冰川、平原及滨海地区设计洪水计算、水利和水土保持措施对设计洪水的影响。本次修订的主要内容有：

——将适用范围纵向扩大到项目建议书阶段和已建工程运行期的设计洪水复核，横向扩大到平原河网区和滨海及河口地区水利水电工程设计洪水计算；

——更加强调设计洪水计算方法的科学性、实用性和可操作性，提倡新理论、新方法在实际操作中的应用；

——相对淡化了对基本资料进行复核的要求；

——扩展了洪水系列一致性处理的有关方法，并将古洪水纳入历史洪水的范畴；

——对汛期分期和施工分期的设计洪水计算分别作出规定；

——增加了平原河网区设计洪水、滨海及河口地区设计潮位计算等。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

**SL44—93。**

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计管理局

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：水利部长江水利委员会水文局

本标准参编单位：中水东北勘测设计研究有限责任公司（原水利部东北勘测设计研究院）

水利部交通部电力工业部南京水利科学研究院

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：王 俊 陈剑池 郭海晋 张明波

郭一兵 徐高洪 王政祥 蒋 鸣

黄 燕 徐德龙 沙志贵 王 辉

陈桂亚 李明新

王铁锋 刘翠杰 段元胜 金德泽

邹 鹰 沈国昌 陆卫鲜

赵学民 李爱玲

本标准审查会议技术负责人：段红东 孙双元

本标准体例格式审查人：陈登毅

<https://www.sizjxx.com>  
水利造价信息网

## 目 次

1	总则	7
2	基本资料	9
2.1	资料搜集与复核	9
2.2	洪水系列的一致性处理	9
2.3	洪水、暴雨和潮位资料系列的插补延长	10
2.4	历史洪水、暴雨和潮位的调查与考证	11
3	根据流量资料计算设计洪水	13
3.1	洪水系列、经验频率、统计参数及设计值	13
3.2	设计洪水过程线	14
3.3	入库设计洪水	15
3.4	汛期分期设计洪水	15
3.5	施工分期设计洪水	16
4	根据暴雨资料计算设计洪水	17
4.1	设计暴雨	17
4.2	可能最大暴雨	18
4.3	产流和汇流计算	19
5	设计洪水的地区组成	21
6	干旱、岩溶、冰川、平原及滨海地区设计洪水计算	22
6.1	干旱、岩溶、冰川地区设计洪水	22
6.2	平原及滨海地区设计洪水	23
7	水利和水土保持措施对设计洪水的影响	25
附录 A	洪水频率计算	26
附录 B	暴雨及产流汇流计算	34
附录 C	可能最大暴雨	40
	标准用词说明	44

## 1 总 则

**1.0.1** 为满足水利水电工程设计需要，统一设计洪水计算的基本原则和方法，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于大、中型水利水电工程各设计阶段设计洪水计算和运行期设计洪水复核。

江河流域规划阶段和小型水利水电工程的设计洪水计算可参照执行。

**1.0.3** 水利水电工程设计所采用的各种标准的设计洪水，包括洪峰流量、时段洪量、洪水过程线，洪（潮）水位、洪（潮）水位过程线，最大排涝流量及其过程线等，可根据工程设计需要计算其相应内容。

**1.0.4** 水利水电工程应以设计断面的设计洪水作为设计依据。对于水库工程，当建库后产流、汇流条件有明显改变，采用坝址设计洪水对调洪计算结果影响较大时，应采用入库设计洪水作为设计依据。

**1.0.5** 设计洪水计算应重视基本资料，广泛搜集有关水文信息，充分利用历史暴雨、洪水资料。当实测水文资料缺乏时，应根据设计需要补充观测或设立专用站。

**1.0.6** 设计洪水计算所依据的水文资料及其系列应具有可靠性、一致性和代表性。

**1.0.7** 根据工程所在地区或流域的资料条件，设计洪水计算可采用下列方法。

**1** 工程地址或其上、下游邻近地点具有**30**年以上实测和插补延长的流量资料，应采用频率分析法计算设计洪水。

**2** 工程所在地区具有**30**年以上实测和插补延长的暴雨资料，并有暴雨洪水对应关系时，可采用频率分析法计算设计暴雨，并由设计暴雨计算设计洪水。



3 工程所在流域内洪水和暴雨资料均短缺时，可利用邻近地区实测或调查洪水和暴雨资料，进行地区综合分析，计算设计洪水。

**1.0.8** 当工程设计需要时，可用水文气象法计算可能最大洪水。

**1.0.9** 对设计洪水计算过程中所依据的基本资料、计算方法及其主要环节、采用的各种参数和计算成果，应进行多方面分析检查，论证成果的合理性。

**1.0.10** 资料短缺地区的设计洪水计算和可能最大洪水计算，应采用多种方法；对计算的成果，应进行综合分析，合理选定。

**1.0.11** 对大型工程或重要的中型工程，用频率分析法计算的校核标准设计洪水，应对资料条件、参数选用、抽样误差等进行综合分析检查，如成果有偏小可能，应加安全修正值，修正值不宜超过计算值的**20%**。

**1.0.12** 设计洪水计算应积极、慎重地采用新理论和新方法。

**1.0.13** 本标准的引用标准主要有：《水利水电工程水文计算规范》(SL 278—2002)

**1.0.14** 设计洪水计算除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 基本资料

### 2.1 资料搜集与复核

**2.1.1** 根据设计洪水计算的需要，应搜集和整理流域自然地理概况、流域和河道特征，暴雨、洪水、潮汐，水库运行、堤防溃决、分滞洪，既往规划设计成果等资料。

**2.1.2** 对计算设计洪水所依据的暴雨、洪水、潮位资料和流域、河道特征资料应进行合理性检查；对水尺零点高程变动情况及大洪水年份的浮标系数、水面流速系数、推流借用断面情况等应重点检查和复核，必要时还应进行调查和比测。

**2.1.3** 资料复核中，对有明显错误或存在系统偏差的资料，应予改正。

### 2.2 洪水系列的一致性处理

**2.2.1** 洪水系列应具有-致性。当流域内因修建蓄水、引水、提水、分洪、滞洪等工程，大洪水时发生堤防溃决、溃坝等，明显改变了洪水过程，影响了洪水系列的一致性；或因河道整治、水尺零点高程系统变动影响水（潮）位系列一致性时，应将系列统一到同一基础。

**2.2.2** 根据影响因素的特点和工程设计要求，洪水系列的一致性处理应重点考虑下列情况。

**1** 洪水系列受分洪、滞洪、堤防溃决、水库或湖泊溃坝等影响时，应予以还原。

**2** 洪水系列受上游已建的大、中型蓄水、引水、提水工程等影响较大时，应还原至天然状况。

**3** 已建水库工程设计洪水复核时，应对工程兴建前后的洪水系列进行一致性处理。

**4** 当堤防防洪能力发生变化，明显影响洪水系列的一致性

时，可分别计算归槽与天然状态下的洪水系列。

**2.2.3** 因河道整治等而影响设计依据站水位系列的一致性时，应将整治前的水位处理成现状条件下的水位。

当水（潮）位站零点高程发生系统改变时，应将观测的水（潮）位逐年订正至现状条件下的水（潮）位。

**2.2.4** 对洪水系列一致性分析处理的成果，应进行综合分析，检查其合理性。

## **2.3 洪水、暴雨和潮位资料系列的插补延长**

**2.3.1** 实测洪水系列较短或实测期内有缺测时，可用下列方法进行洪水资料的插补延长。

**1** 当设计依据站水位观测系列长、流量观测系列短，且该站水位流量关系较稳定时，可根据水位和水位流量关系插补延长流量系列。

**2** 当上、下游或邻近流域测站有较长实测资料，且与设计依据站同步资料相关关系较好时，可据以插补延长设计依据站资料系列。

**3** 当洪峰流量和时段洪量之间或不同时段洪量之间的相关关系较好时，可相互插补延长。

**4** 本流域暴雨资料系列较长，且暴雨与洪水的关系较好时，可根据暴雨系列插补延长洪水系列。

**5** 冰川融雪地区，气象要素与洪水要素关系较密切时，可根据气象要素插补延长洪水系列。

**2.3.2** 实测暴雨系列较短或实测期内有缺测年份时，可用下列方法进行暴雨资料的插补延长。

**1** 设计依据站与邻近站距离较近，地形差别不大时，可直接移用邻近站暴雨资料。

**2** 设计依据站邻近地区测站较多时，可绘制同次暴雨等值线图进行插补，一般年份也可采用邻近各站暴雨量的平均值。

**3** 本流域暴雨与洪水的相关关系较好时，可利用洪水资料

插补延长流域面雨量。

**2.3.3** 设计依据站潮位资料系列较短或实测期内有缺测年份，邻近站具有较长潮位资料系列，且潮位特性相似，并与设计站同步资料关系较好时，可根据邻近站资料进行插补延长。

**2.3.4** 采用相关法插补延长洪水、暴雨、潮位资料时，相关线的外延幅度不宜过大。

**2.3.5** 对插补延长的洪水、暴雨和潮位资料，应进行多方面的分析论证，检查其合理性。

## **2.4 历史洪水、暴雨和潮位的调查与考证**

**2.4.1** 对搜集的历史洪水、潮位、暴雨资料及其汇编成果，应进行合理性检查；对历史洪水洪峰流量应进行复核，必要时应补充调查和考证；对近期发生的特大暴雨、洪水及特大潮，应进行调查。

**2.4.2** 历史洪水的调查，应着重调查洪水发生时间、成因、洪水位、洪水过程、主流方向、断面冲淤变化及影响河道糙率的因素等，并应了解雨情、灾情、洪水来源、有无漫流、分流、壅水、死水，以及流域自然条件变化等情况。平原地区还应注意调查溃堤破坏、分蓄洪情况；涝渍地区还应调查了解洪涝降雨量、最高积水水位及相应影响范围、排涝时间、外江最高水位等。

滨海及河口感潮段历史高潮位的调查，应重点调查最高潮位、发生日期、持续时间、过程和成因；对感潮河段还应调查洪潮遭遇情况，同时宜搜集台风（热带气旋）路径、风向风速、浪高等资料。

**2.4.3** 根据资料条件，调查洪水的洪峰流量可采用下列方法推算。有条件时，可采用下列几种方法计算洪峰流量，经综合比较后合理确定。

**1** 当调查河段附近有水文站时，可将调查洪水位推算至水文站，用水位流量关系曲线推求洪峰流量。

**2** 当调查河段无水文测站、河床稳定时，可用比降法推算

洪峰流量。

**3** 当调查河段较长、河道比降及过水断面变化较大、洪痕点据沿程均有分布时，可采用水面曲线法推算洪峰流量。

**2.4.4** 历史洪水的洪量可根据调查的洪水过程估算，也可根据历史文献中有关水情、雨情和灾情的描述，判断洪水类型，参照同类型实测洪水的峰量关系估算。

**2.4.5** 对历史洪水的洪峰流量和洪量，应与上下游、干支流及相邻流域的洪水进行对比分析，检查其合理性。

**2.4.6** 可根据工程设计需要，开展古洪水调查，并进行考证分析。

**2.4.7** 应根据调查资料和历史文献、文物等，分析大洪水、大暴雨及特大潮发生的次数和量级，合理确定历史洪水、暴雨及潮水位的重现期。

### 3 根据流量资料计算设计洪水

#### 3.1 洪水系列、经验频率、统计参数及设计值

**3.1.1** 频率计算中的年(期)洪峰流量和不同时期的洪量系列,应由每年(期)内最大值组成。

**3.1.2** 在  $n$  项连序洪水系列中,按大小顺序排位的第  $m$  项洪水的经验频率  $P_m$ ,可采用下列数学期望公式计算:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (3.1.2)$$

式中  $n$ ——洪水序列项数;

$m$ ——洪水连序系列中的序位;

$P_m$ ——第  $m$  项洪水的经验频率。

**3.1.3** 在调查考证期  $N$  年中有特大洪水  $a$  个,其中  $l$  个发生在  $n$  项连序系列内,这类不连序洪水系列中各项洪水的经验频率可采用下列数学期望公式计算。

1  $a$  个特大洪水的经验频率为:

$$P_M = \frac{M}{N+1} \quad M = 1, 2, \dots, a \quad (3.1.3-1)$$

式中  $N$ ——历史洪水调查考证期;

$a$ ——特大洪水个数;

$M$ ——特大洪水序位;

$P_M$ ——第  $M$  项特大洪水经验频率。

2  $n-l$  个连序洪水的经验频率为:

$$P_m = \frac{a}{N+1} + \left(1 - \frac{a}{N+1}\right) \frac{m-l}{n-l+1} \quad m = l+1, \dots, n \quad (3.1.3-2)$$

或  $P_m = \frac{m}{n+1} \quad m = l+1, \dots, n \quad (3.1.3-3)$

式中  $l$ ——从  $n$  项连序系列中抽出的特大洪水个数。



**3.1.4** 频率曲线的线型应采用皮尔逊Ⅲ型。对特殊情况，经分析论证后也可采用其他线型。

**3.1.5** 频率曲线的统计参数采用均值  $\bar{X}$ 、变差系数  $C_v$  和偏态系数  $C_s$  表示。统计参数的估计可按附录 A 进行，步骤如下：

1 采用矩法或其他参数估计法，初步估算统计参数。

2 采用适线法调整初步估算的统计参数。调整时，可选定目标函数求解统计参数，也可采用经验适线法。当采用经验适线法时，应尽可能拟合全部点据；拟合不好时，可侧重考虑较可靠的大洪水点据。

3 适线调整后的统计参数应根据本站洪峰、不同时段洪量统计参数和设计值的变化规律，以及上下游、干支流和邻近流域各站的成果进行合理性检查，必要时可作适当调整。

**3.1.6** 当设计流域的洪水和暴雨资料短缺时，可利用邻近地区分析计算的洪峰、洪量统计参数，或相同频率的洪峰模数等，进行地区综合，用于设计流域。

**3.1.7** 当设计流域缺乏洪水和暴雨资料，但工程地点附近已调查到可靠的历史洪水，其重现期又与工程的设计洪水标准接近时，可直接采用历史洪水或进行适当调整，作为该工程的设计洪水。

**3.1.8** 当设计依据站存在归槽与天然状态两种洪水系列时，可分别计算设计洪水。

## 3.2 设计洪水过程线

**3.2.1** 设计洪水过程线应采用放大典型洪水过程线的方法推求，并应选择能反映洪水特性、对工程防洪运用较不利的大洪水作为典型。

**3.2.2** 放大典型洪水过程线时，可根据工程和流域洪水特性，采用下列方法。

1 同频率放大法。按设计洪峰及一个或几个时段洪量同频率控制放大典型洪水过程，也可按几个时段洪量同频率控制放

大，所选用的时段以**2~3**个为宜。

**2** 同倍比放大法。按设计洪峰或某一时段设计洪量控制，以同一倍比放大典型洪水过程。

### **3.3 入库设计洪水**

**3.3.1** 历年或典型年的入库洪水，可根据资料条件选用下列方法分析计算。

**1** 流量叠加法。当水库周边附近有水文站，其控制面积占坝址以上面积比重较大、资料较完整可靠时，可分干支流、区间陆面和库面分别计算分区的入库洪水，再叠加为集中的入库洪水。

**2** 流量反演法。当汇入库区的支流洪水所占比重较小时，可采用马斯京根法或槽蓄曲线法反演推算入库洪水。

**3** 水量平衡法。对于已建水库，可根据水库下泄流量及水库蓄水量的变化反推入库洪水。

**3.3.2** 根据资料条件及工程设计需要，可采用下列方法计算集中的或分区的入库设计洪水。

**1** 当有较长的入库洪水系列时，可采用频率分析法计算入库设计洪水。

**2** 当入库洪水系列较短，不能采用频率分析法时，可采用坝址设计洪水的放大倍比放大典型入库洪水，作为入库设计洪水。

**3** 当汇入库区的支流洪水所占比重较小时，可采用流量反演法由坝址设计洪水推求入库设计洪水。

### **3.4 汛期分期设计洪水**

**3.4.1** 当汛期洪水成因随季节变化具有显著差异时，可根据水库运行调度需要，分析计算分期设计洪水。

**3.4.2** 汛期分期的划分，应有较明显的洪水成因变化规律，各分期洪水量级应有明显差别，以划分**2~3**个分期为宜。



**3.4.3** 分期洪水系列由每年期内最大值组成，选样时应保持洪水过程的完整性。

**3.4.4** 当上游水库采用分期设计洪水调度时，应计算区间相应的分期设计洪水，并与上游水库相应的下泄洪水过程组合计算设计断面的设计洪水。

**3.4.5** 分期设计洪水计算时，历史洪水重现期应在分期内考证，其重现期不应短于在年最大洪水系列中的重现期。

**3.4.6** 对计算的分期设计洪水，应分析各分期的洪水统计参数和同频率设计值的年内变化规律，并与年最大值洪水统计参数和同频率设计值进行比较，检查其合理性。

### **3.5 施工分期设计洪水**

**3.5.1** 计算施工分期设计洪水时，分期应既要考虑工程施工设计的要求，又要使起讫时期基本符合洪水成因变化规律和特点，分期不宜太短，不宜短于1个月。

**3.5.2** 施工分期洪水系列选择原则可参照汛期分期设计洪水计算时的选择原则执行。施工期洪水系列跨期选择时，跨期不宜超过5~10日，跨期选择计算的施工分期设计洪水不应跨期使用。

**3.5.3** 当设计依据站实测流量系列较长、且施工设计标准较低时，施工分期设计洪水可根据经验频率曲线确定。

**3.5.4** 当上游有调蓄作用较大的水库工程时，应分析计算受其调蓄影响后的施工分期设计洪水。

**3.5.5** 对计算的施工分期设计洪水，应分析各施工期洪水的统计参数和同频率设计值的年内变化规律，检查其合理性，必要时可适当调整。

## 4 根据暴雨资料计算设计洪水

### 4.1 设计暴雨

**4.1.1** 水利水电工程各种标准的设计暴雨包括设计流域各种历时点或面暴雨量、暴雨的时程分配和面分布等。

**4.1.2** 流域各种历时设计面暴雨量，可根据流域面积大小和资料条件采用下列方法和附录 B.1 的有关规定计算。

1 当流域各种历时面暴雨量系列较长时，可采用频率分析的方法计算。

2 当流域面积较小，各种历时面暴雨量系列短缺时，可用相应历时的设计点暴雨量和暴雨点面关系间接计算。暴雨点面关系，应采用本地区综合的定点定面关系；当资料条件不具备时也可借用动点动面关系，但应作适当修正。

3 当流域面积很小时，可用设计点暴雨量作为流域设计面暴雨量。

4 当涝区内暴雨资料短缺时，可采用典型年法计算。

5 当设计流域高程梯度变化较大时，设计面暴雨量应根据雨量随高程变化的规律进行合理性检查，必要时作适当修正。

**4.1.3** 各种历时设计点暴雨量可采用下列方法和附录 B.2 的有关规定计算。

1 在流域内及邻近地区选择若干个测站，对所需各种历时的暴雨量作频率分析，并进行地区综合。根据测站位置、资料系列的代表性等情况，合理确定流域的设计点暴雨量。

2 从经过审批的暴雨统计参数等值线图上查算工程所需历时的设计点暴雨量。当本地区及邻近地区近期发生大暴雨，或依据不同年代图集查算的成果差别较大时，应对查算成果进行合理性检查，必要时作适当调整。

**4.1.4** 设计暴雨频率分析可按 3.1 节的有关规定和下列规定

进行。

**1** 特大暴雨的重现期可根据该次暴雨的雨情、水情和灾情以及邻近地区的长系列暴雨资料分析确定。

**2** 当设计流域或涝区缺乏大暴雨资料，而邻近地区已出现大暴雨时，可移用邻近地区的暴雨资料加入设计流域或涝区暴雨系列进行频率分析。但对移用的可行性及重现期应进行分析，并注意地区差别，作必要的改正。

**3** 设计暴雨的统计参数及设计值应进行地区综合分析和合理性检查。

**4.1.5** 设计暴雨量的时程分配应根据符合大暴雨雨型特性的综合或典型雨型，采用不同历时设计暴雨量同频率控制放大。

**4.1.6** 设计暴雨量的面分布，应根据符合大暴雨面分布特性的综合或典型面分布，以流域设计面雨量为控制，进行同倍比放大计算。也可采用分区的设计面雨量同频率控制放大计算。

**4.1.7** 汛期分期设计暴雨计算有关分期的规定，可按 3.4 节的有关规定执行。

## 4.2 可能最大暴雨

**4.2.1** 采用水文气象法推求可能最大暴雨时，应分析设计流域和邻近地区暴雨特性及成因，并根据资料条件和设计要求，采用下列方法：

- 1** 设计流域有特大暴雨资料时，可用暴雨放大法。
- 2** 邻近地区有特大暴雨资料时，可用暴雨移置法。
- 3** 流域面积大、设计历时长时，可用暴雨组合法。
- 4** 设计流域及气候一致区内有较多特大暴雨资料时，可用暴雨时面深概化法。

**4.2.2** 放大暴雨时，应根据所选暴雨的具体情况，按附录 C 有关规定确定放大方法和放大指标。放大时应根据因子的物理特性，选用暴雨过程中实测资料的最大值或重现期为 50 年的数值作为放大指标。

**1** 当所选暴雨为罕见特大暴雨时，可只作水汽因子放大。以地面露点作为水汽因子指标时，应分析地面露点在时间和地区上的代表性。

**2** 当所选暴雨为非罕见特大暴雨，动力因子与暴雨有正相关趋势时，可作水汽和动力因子放大。放大时应分析上述因子的合理组合。以风速作为动力因子指标时，应分析代表站风速在时间和空间上的代表性。

**4.2.3** 移置暴雨时，应研究移置的可能性。设计流域与被移置暴雨发生地区应有相似的天气、气候、地形条件。暴雨移置时，应根据地理位置、地形条件的差异对暴雨进行移置改正。

**4.2.4** 组合暴雨时，应分析形成暴雨的大气环流形势及天气系统衔接演变的可能性，并分析论证组合方式的合理性。

**4.2.5** 暴雨时面深概化时，应分析分区综合的可能最大暴雨时面深外包线的合理性。转换为设计流域可能最大暴雨时，应符合设计流域的暴雨特性。

**4.2.6** 当流域面积小于  $1000\text{km}^2$ ，暴雨资料又较缺乏时，可根据本地区的可能最大  $24\text{h}$  点暴雨等值线图和点面关系查算设计流域的可能最大暴雨。如本地区及邻近地区近期发生特大暴雨，应对查算的成果进行检查，必要时作适当调整。

**4.2.7** 可能最大暴雨的时程分配和流域面分布，可采用典型或综合概化的雨型放大确定。

### **4.3 产流和汇流计算**

**4.3.1** 由设计暴雨计算设计洪水或由可能最大暴雨计算可能最大洪水时，应充分利用设计流域或邻近地区实测的暴雨、洪水对应资料，对产流和汇流计算方法中的参数进行率定，并分析参数在大洪水时的特性及变化规律。参数率定与使用方法应一致；洪水过程线的分割与回加应一致。不同方法的产流和汇流参数不应任意移用。

**4.3.2** 产流和汇流计算应根据设计流域的水文特性、流域特征

和资料条件，采用与其相适应的计算方法。产流计算可采用暴雨径流相关、扣损等方法。汇流计算可采用单位线等方法，如流域面积较小可用推理公式计算。当资料条件允许时，也可采用流域水文模型进行计算。

**4.3.3** 当流域面积小于  $1000\text{km}^2$ ，实测资料又短缺时，可采用经审批的暴雨径流查算图表作为计算设计洪水的一种依据。如设计流域或邻近地区近期发生大暴雨洪水，应对产流和汇流参数进行合理性检查，必要时可对参数作适当修正。

**4.3.4** 当单位线的峰值、滞时或汇流参数有随雨强或暴雨中心位置而变化的趋势时，应作非线性校正。校正时应分析高水位的河槽蓄泄关系的变化规律，拟定控制非线性外延的临界雨强或临界流量。

**4.3.5** 当流域面积较大、暴雨在面上的分布不均匀、产流和汇流条件有较大差异时，可将流域划分成几个计算单元，分别进行产流和汇流计算，再经河道演算并与底水组合叠加后，作为设计断面的洪水过程线。

**4.3.6** 用推理公式计算设计洪峰流量后，如工程设计需要，可采用概化方法计算设计洪水过程线。

**4.3.7** 由设计暴雨计算的设计洪水或由可能最大暴雨计算的可能最大洪水成果，应分别与本地区实测、调查的大洪水和设计洪水成果进行对比分析，以检查其合理性。



## 5 设计洪水的地区组成

**5.0.1** 当设计断面上游有调蓄作用较大的水库或设计水库对下游有防洪任务时，应对大洪水的地区组成进行分析，并拟定设计断面以上或防洪控制断面以上设计洪水的地区组成。

**5.0.2** 设计洪水的地区组成可采用典型洪水组成法和同频率洪水组成法拟定。两种洪水组成法的各分区设计洪水过程均应采用同一次洪水过程线为典型。

**1** 典型洪水组成法。从实测资料中选择有代表性的大洪水作为典型，按设计断面洪峰或洪量的倍比，放大各区典型洪水过程线。

**2** 同频率洪水组成法。指定某一分区发生与设计断面同频率的洪水，其余分区发生相应洪水。

**5.0.3** 对拟定的设计洪水地区组成和各分区的设计洪水过程线，应符合大洪水地区组成的一般规律，并从水量平衡及洪水过程线形状等方面进行合理性检查；必要时可适当调整。

**5.0.4** 计算受上游水库影响的设计洪水时，可根据拟定的各分区不同洪水地区组成的设计洪水过程线，经上游水库调洪后与区间洪水叠加，得到设计断面不同组合的设计洪水过程线，从中选取对工程较不利的组合成果。

设计水库对下游有防洪任务时，下游防洪控制断面设计洪水过程线可按上述原则分析确定。

**5.0.5** 有条件时，可采用地区洪水频率组合法或洪水随机模拟法推求受上游工程调蓄影响的设计洪水。

采用地区洪水频率组合法时，可以各分区对工程调节起主要作用的时段洪量作为组合变量，分区不宜太多。

采用洪水随机模拟法时，应合理选择模型，并对模拟成果进行统计特性及合理性检验。

## 6 干旱、岩溶、冰川、平原及滨海地区设计洪水计算

### 6.1 干旱、岩溶、冰川地区设计洪水

**6.1.1** 当计算干旱、岩溶、冰川等地区的设计洪水时，应考虑流域特殊的自然条件和水文特性。

**6.1.2** 用流量资料计算干旱地区设计洪水时，应充分搜集和调查设计流域及邻近地区的洪水、暴雨资料，采用地区综合分析方法进行论证，合理确定设计洪水。

用暴雨资料计算设计洪水时，应合理选定计算时段，分析产流期雨强与下渗的关系，当流域面上产流和汇流条件差异较大时，可采用局部产流与局部汇流方法计算设计洪水。

**6.1.3** 计算岩溶地区设计洪水时，应调查了解设计流域与相邻流域之间的水量交换、伏流暗河区的范围及滞洪与泄流情况等。

用流量资料计算设计洪水时，应分析明流区与伏流暗河区出流组成及其在设计条件下的变化，检查设计洪水成果的合理性。

用暴雨资料计算设计洪水时，应分析确定设计条件下的造洪面积，按明流区、伏流暗河区分别计算。

在天坑、漏斗等较多的岩溶发育地区，也可采用反映岩溶特征的产流、汇流综合参数计算。

**6.1.4** 计算冰川融雪地区设计洪水时，应了解降水、冰雪消融和冰川湖溃决等形成洪水的类型、季节特征等，并分析降雨洪水、冰雪消融和冰川湖溃决洪水的变化规律。

当流域仅有降雨洪水和冰雪消融洪水或两者形成的混合洪水时，可采用年最大洪水系列计算设计洪水，也可按洪水成因分别计算设计洪水。

冰川湖溃决的洪水，不宜直接加入频率计算。可通过调查确定工程以上流域现存的冰川湖数量、分布情况及容积等，估算其溃决洪水。

## 6.2 平原及滨海地区设计洪水

**6.2.1** 平原地区的设计洪水，可根据不同情况，采用下列方法计算。

- 1 洪水系列受分洪溃口影响时，应计算归槽设计洪水。
- 2 湖泊围垦等对洪水调节程度各年不同，逐年还原困难时，可按控制断面以上总入流洪水系列计算设计洪水。
- 3 缺乏实测流量资料时，可采用雨量资料计算设计洪水，计算时宜考虑地下水位对产流的影响。

**6.2.2** 涝区的设计排涝流量，应先按 4.1 节有关规定确定设计暴雨，再根据所在地区水文资料条件和涝区特点，采用下列方法计算。

- 1 涝区洪水主要来自山丘区、且有对应的暴雨资料时，可按 4.3 节的有关规定，采用产、汇流方法计算设计排涝流量。
- 2 涝区面积较大、且区域内暴雨洪水资料短缺时，可采用排涝模数经验公式计算设计排涝流量，但应对有关参数进行地区综合分析。
- 3 涝区面积较小、在不超过农作物耐淹历时条件下，可采用平均排除法确定设计排涝流量。
- 4 涝区蓄涝容积较大时，可采用概化方法计算涝区设计洪水过程线，经排涝演算后确定设计排涝流量。

**6.2.3** 平原河道的设计水位，应根据资料条件和设计要求，采用下列方法计算。

- 1 平原河道的设计洪水位，可按 SL 278—2002 的 5.1 节有关规定执行。
- 2 当工程设计标准不高、且具有实测高水位资料或历史调查洪水位时，可选用典型年水位或实测最高水位作为设计水位，



也可将此水位适当调整作为设计水位。

3 平原水网区，可根据设计暴雨计算分区产水量，并通过水文水力学方法计算控制断面的设计洪水位。

**6.2.4** 滨海及河口地区设计潮水位，可按 **SL 278—2002** 第 5.2 节的有关规定执行。

## 7 水利和水土保持措施对设计洪水的影响

**7.0.1** 当设计流域内的水利和水土保持措施使产流、汇流条件有明显改变时，应估算其对设计洪水的影响。

**7.0.2** 水利和水土保持措施在流域面上分布不均匀时，可分区估算其对设计洪水的影响。

**7.0.3** 水利和水土保持措施对不同量级洪水的影响不同，除应估算其对中小洪水的削减作用外，还应估算遇大洪水时水利和水土保持措施损毁对下游设计洪水的影响。

**7.0.4** 估算水利和水土保持措施对设计洪水的影响时，应以对洪水影响较大的已建、在建水利工程及成片的水土保持措施为主。

## 附录 A 洪水频率计算

### A.1 洪水频率曲线统计参数的估计和确定

**A.1.1 参数估计法。**洪水系列统计参数可采用矩法估计，也可采用概率权重矩法、双权函数法、线性矩法等估计。本附录仅列出矩法基本公式如下：

1 对于  $n$  年连序系列，可采用下列公式计算各统计参数：

均值 
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{A.1.1-1})$$

均方差 
$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{A.1.1-2})$$

或 
$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right]} \quad (\text{A.1.1-3})$$

变差系数 
$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (\text{A.1.1-4})$$

偏态系数 
$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)\bar{X}^3 C_v^3} \quad (\text{A.1.1-5})$$

或 
$$C_s = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n X_i^3 - 3n \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i^2 + 2 \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^3}{n(n-1)(n-2)\bar{X}^3 C_v^3} \quad (\text{A.1.1-6})$$

式中  $\bar{X}$ ——系列均值；

$S$ ——系列均方差；

$C_v$ ——变差系数；

$C_s$ ——偏态系数；

$X_i$ ——系列变量 ( $i=1, \dots, n$ )；

$n$ ——系列项数。

2 对于不连序系列，其统计参数的计算公式与连序系列的计算公式有所不同。如果在迄今的  $N$  年中已查明有  $a$  个特大洪水（其中有  $l$  个发生在  $n$  年实测或插补系列中），假定  $(n-l)$  年系列的均值和均方差与除去特大洪水后的  $(N-a)$  年系列的均值和均方差分别相等，即  $\bar{X}_{n-l} = \bar{X}_{N-a}$ ,  $S_{n-l} = S_{N-a}$ ，可推导出统计参数的计算公式如下：

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \left[ \sum_{j=1}^a X_j + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=l+1}^n X_i \right] \quad (\text{A.1.1-7})$$

$$\sigma_x = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{j=1}^a (X_j - \bar{X})^2 + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=l+1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]} \quad (\text{A.1.1-8})$$

$$C_x = \frac{N \left[ \sum_{j=1}^a (X_j - \bar{X})^3 + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=l+1}^n (X_i - \bar{X})^3 \right]}{(N-1)(N-2)\bar{X}^3 \sigma_x^3} \quad (\text{A.1.1-9})$$

式中  $X_j$ ——特大洪水变量 ( $j=1, \dots, a$ )；  
 $X_i$ ——实测洪水变量 ( $i=l+1, \dots, n$ )；  
 $N$ ——历史洪水调查考证期；  
 $a$ ——特大洪水个数；  
 $l$ ——从  $n$  项连序系列中抽出的特大洪水个数。

**A.1.2 适线法。** 适线法的特点是在一定的适线准则下，求解与经验点据拟合最优的频率曲线的统计参数。可根据洪水系列的误差规律，选定适线准则。当系列中各项洪水的误差方差比较均匀时，可考虑采用离（残）差平方和准则；当绝对误差比较均匀时，可考虑采用离（残）差绝对值和准则；当各项洪水（尤其是历史洪水）误差差别比较大时，宜采用相对离差平方和准则，也可采用经验适线法。

1 离差平方和准则（也称最小二乘估计法）。频率曲线统计参数的最小二乘估计使经验点据和同频率的频率曲线纵坐标之差（即离差或残差）平方和达到极小：

$$S(\bar{X}, \sigma_x, C_x) = \sum_{j=1}^n [X_j - F(x_j; \bar{X}, \sigma_x, C_x)]^2 \quad (\text{A.1.2-1})$$

式中  $f(\bar{x}_i, \bar{X}, \sigma_v, \sigma_e)$  —— 频率  $p = \bar{x}_i, i = 1, \dots, n$  时频率曲线的纵坐标。可简记作  $f_i$ 。

对于皮尔逊 III 型曲线，则有：

$$f(\bar{x}_i, \bar{X}, \sigma_v, \sigma_e) = \bar{X} [1 + \sigma_v \phi(\bar{x}_i, \sigma_e)] \quad (\text{A.1.2-2})$$

式中  $\phi$  —— 离均系数。

根据数学分析，统计参数的最小二乘估计是方程组 (A.1.2-3) 的解：

$$\frac{\partial S}{\partial \theta} = 0 \quad (\text{A.1.2-3})$$

式中  $\theta$  —— 参数向量， $\theta = (\bar{X}, \sigma_v, \sigma_e)'$ 。

由于式 (A.1.2-2) 对参数是非线性的，所以只能通过迭代法求解。求解式 (A.1.2-1) ~ 式 (A.1.2-3) 的最基本方法是高斯-牛顿法，其迭代程序为：

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \left[ \left( \frac{\partial F}{\partial \theta} \right)' \frac{\partial F}{\partial \theta} \right]^{-1} \left( \frac{\partial F}{\partial \theta} \right)' (X - F) \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (\text{A.1.2-4})$$

$$F = (f_1, \dots, f_n)' \quad (\text{A.1.2-5})$$

$$X = (X_1, \dots, X_n)' \quad (\text{A.1.2-6})$$

$$\frac{\partial F}{\partial \theta} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \bar{X}} & \frac{\partial f_1}{\partial \sigma_v} & \frac{\partial f_1}{\partial \sigma_e} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial \bar{X}} & \frac{\partial f_n}{\partial \sigma_v} & \frac{\partial f_n}{\partial \sigma_e} \end{bmatrix} \quad (\text{A.1.2-7})$$

上列各式中 上标“ $t$ ”和“ $-1$ ”—— 矢量或矩阵的转置和逆；

$k$  —— 迭代次数。

式 (A.1.2-4) 中的  $F$  和  $\frac{\partial F}{\partial \theta}$  都在  $\theta = \theta_k$  处计值。

当选定一组参数初值  $\theta_0$  (例如用矩法其他估计方法)，利用迭代程序进行迭代时，应直到相邻两次迭代结果  $\theta_{k+1}$  与  $\theta_k$  差别足够小，合乎精度要求时为止，此时可取  $\theta_{k+1}$  作为  $\theta$  的估计。

2 离差绝对值和准则。使估计的频率曲线统计参数值

$$S_1(\bar{X}, a, c) = \sum_{i=1}^n |X_i - f(\bar{X}, a, c)| \quad (\text{A.1.2-8})$$

达到极小。对式 (A.1.2-8) 可采用直接方法 (即搜索法) 求得参数  $\bar{X}$ 、 $a$  和  $c$  的数值解。

3 相对离差平方和准则。考虑洪水误差和它的大小有关, 而它们的相对误差却比较稳定, 因此以相对离差平方和最小更符合最小二乘估计的假定。适线准则可写成:

$$\begin{aligned} S_2(\bar{X}, a, c) &= \sum_{i=1}^n \left[ \frac{X_i - f(\bar{X}, a, c)}{f(\bar{X}, a, c)} \right]^2 \\ &\approx \sum_{i=1}^n \left[ \frac{X_i - f(\theta)}{X_i} \right]^2 \end{aligned} \quad (\text{A.1.2-9})$$

其参数迭代程序为

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \left[ \left( \frac{\partial F}{\partial \theta} \right)' G^{-1} \frac{\partial F}{\partial \theta} \right]^{-1} \left( \frac{\partial F}{\partial \theta} \right)' G^{-1} (X - F) \quad k=0, 1, \dots \quad (\text{A.1.2-10})$$

$$G = \begin{bmatrix} f(\bar{X}, \theta) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & f(\bar{X}, \theta) \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} X_1^2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & X_n^2 \end{bmatrix} \quad (\text{A.1.2-11})$$

4 经验适线法。采用矩法或其他方法估计一组参数作为初值, 通过经验判断调整参数, 选定一条与经验点据拟合良好的频率曲线。适线时应注意:

- 1) 尽可能照顾点群的趋势, 使频率曲线通过点群的中心, 但可适当多考虑上部和中部点据。
- 2) 应分析经验点据的精度 (包括它们的横、纵坐标), 使曲线尽量地接近或通过比较可靠的点据。
- 3) 历史洪水, 特别是为首的几个历史特大洪水, 一般精度较差, 适线时, 不宜机械地通过这些点据, 而使频率曲线脱离点群; 但也不能为照顾点群趋势使曲线离开特大值太远, 应考虑特大历史洪水的可能误差范

围，以便调整频率曲线。

### A.2 设计洪水估计值的抽样误差

当总体分布为皮尔逊Ⅲ型分布，根据  $n$  年连序系列，用矩法估计参数时，设计洪水值  $X_p$  的均方误差（一阶）近似公式为：

$$\sigma_{x_p} = \frac{\bar{X}C_v}{\sqrt{n}}B(\text{绝对误差}) \quad (\text{A.2-1})$$

或

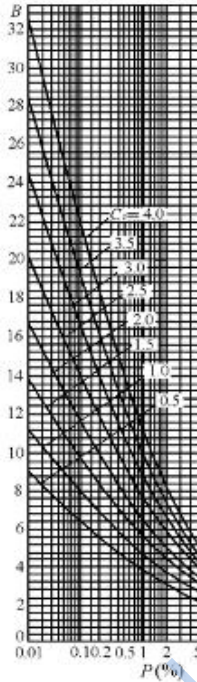
$$\delta'_{x_p} = \frac{\delta_{x_p}}{X_p} \times 100\%(\text{相对误差}) \quad (\text{A.2-2})$$

或

$$\delta'_{x_p} = \frac{C_v}{K_p\sqrt{n}}B \times 100\%(\text{相对误差}) \quad (\text{A.2-3})$$

式中  $K_p$ ——为指定频率  $P$  的模比系数；

$B$ —— $C_v$  和  $P$  的函数，并已制成诺模图。图 A.2 中的  $B$  值是采用离差绝对值和适线准则，由统计试验法求得的。



图A.2 B值诺模图

### A.3 地区洪水的频率组合

**A.3.1** 对于控制断面以上有两个分区的情况，可按下列方法计算：

设控制断面时段洪量为  $Z$ ，上游水库断面相应的洪量为  $X$ ，区间相应的洪量为  $Y$ ，则：

$$Z = X + Y \quad (\text{A.3.1})$$



多个分区的情况，可参照两个分区的计算原则进行。

**A.3.2 独立性检验。**在对  $X$  与  $Y$  进行频率组合计算之前，应对  $X$  与  $Y$  是否相互独立作检验。可采用相关系数、联列表、实测资料检验等方法。

1 相关系数检验。构造统计量：

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \quad (\text{A.3.2-1})$$

式中  $t$ ——构造统计量；  
 $n$ ——样本容量；  
 $r$ ——相关系数。

当指定某一信度  $\alpha$  后，由  $t$ —分布表中查得临界值  $t_\alpha$ ；若计算的  $|t| > t_\alpha$ ，则认为  $X$  与  $Y$  是不独立的。

2 联列表检验。将随机向量  $(X, Y)$  的样本空间分为  $L \times K$  个子区间  $\{(X_i, Y_j) | 1 \leq i \leq L, 1 \leq j \leq K\}$ ，计算同时出现在各子区间的频数。构造统计量：

$$\eta = n \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^K \left( \frac{n_{ij}}{n} - \frac{n_i m_j}{n} \right)^2 / (n_i m_j) \quad (\text{A.3.2-2})$$

式中  $\eta$ ——构造统计量；  
 $n_{ij}$ —— $(X, Y)$  在区间  $(X_i, Y_j)$  内的频数；  
 $n_i$ ——出现在  $\{(X_i, Y_j) | 1 \leq j \leq K\}$  内的频数；  
 $m_j$ ——出现在  $\{(X_i, Y_j) | 1 \leq i \leq L\}$  内的频数。

当  $n$  较大时，统计量  $\eta$  服从自由度为  $(L-1)(K-1)$  的  $\chi^2$  分布。指定某信度  $\alpha$ ，由  $\chi^2$ —分布表查得临界值  $\eta_\alpha$ ；若计算值  $\eta > \eta_\alpha$ ，则认为变量  $X$  与  $Y$  之间是不独立的。

3 实测资料检验。由实测资料求得  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  的频率曲线。假定  $X$ 、 $Y$  相互独立，按独立随机变量作频率组合计算，求得  $Z$  的频率曲线。若该曲线与按实测资料求得的频率曲线吻合较好，则认为假定  $X$  与  $Y$  的相互独立是成立的，反之则认为它们之间存在相关关系。

**A.3.3 变量相互独立时的频率组合计算。**当采用离散求和法计



算时，可将  $X$  与  $Y$  的频率曲线离散成阶梯状， $X$  与  $Y$  只能取有限个状态值。设  $X$  取  $n_x$  个状态， $Y$  取  $n_y$  个状态，则  $Z$  的取值状态数为：

$$n_z = n_x n_y \quad (\text{A.3.3-1})$$

式中  $n_z$ ——离散随机变量  $Z$  的状态数；  
 $n_x$ ——离散随机变量  $X$  的状态数；  
 $n_y$ ——离散随机变量  $Y$  的状态数。

设  $X$  取状态  $X_i$  的频率区间为  $\Delta P_{x,i}$ ， $Y$  取状态  $Y_j$  的频率区间为  $\Delta P_{y,j}$ ，则  $Z$  相应状态对应的频率区间为：

$$\Delta P_{z,ij} = \Delta P_{x,i} \Delta P_{y,j} \quad (\text{A.3.3-2})$$

式中  $\Delta P_{z,ij}$ —— $Z$  在状态  $Z_{i,j}$  的频率区间；  
 $\Delta P_{x,i}$ —— $X$  在状态  $X_i$  的频率区间；  
 $\Delta P_{y,j}$ —— $Y$  在状态  $Y_j$  的频率区间。

对  $Z$  的每一个取值状态  $Z_{i,j}$ ，选择一个典型年洪水过程线，按  $X_i$  与  $Y_j$  控制缩放水库断面及区间的洪水过程线，将水库断面的洪水过程线经调洪后得到下泄流量过程线，再与区间洪水过程线组合后，就得到控制断面在该状态下受到上游水库调蓄影响的洪水过程线。对  $Z$  的所有取值状态重复上述计算，可得到  $n_z$  条洪水过程线及每一状态相应的频率区间，据此可直接统计出控制断面受上游水库调蓄影响的洪水峰、量频率曲线及其设计值。

**A.3.4 变量不独立时的频率组合计算。**当  $X$  与  $Y$  不独立时，应进行独立性处理。一般采用变量代换。如  $X$  与  $Y$  存在线性相关，可采用：

$$E_x = Y - K_1 X \quad (\text{A.3.4-1})$$

或 
$$E_y = X - K_2 Y \quad (\text{A.3.4-2})$$

式中  $E_x$ 、 $E_y$ ——新构建的随机变量；  
 $K_1$ 、 $K_2$ ——转换系数。

以新变量  $E_x$  或  $E_y$  代替  $Y$  和  $X$ 。系数  $K_1$ 、 $K_2$  可由最小二乘法确定：

$$K_1 = \frac{\sum X_i Y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum X_i^2 - n\bar{x}^2} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (\text{A.3.4-3})$$

$$K_2 = \frac{\sum X_i Y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum Y_i^2 - n\bar{y}^2} \quad (\text{A.3.4-4})$$

式中  $X_i$ 、 $Y_i$ ——随机变量  $X$  和  $Y$  的样本系列变量；

$\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ ——随机变量  $X$  和  $Y$  的样本均值。

在变量代换中，一般对均值较小的变量作代换。经独立性处理后，就可按独立随机变量进行频率组合计算。

33  
<http://www.sljzjxx.com>  
 水利造价信息网

## 附录 B 暴雨及产流汇流计算

### B.1 设计暴雨计算

**B.1.1** 设计面暴雨量可按下列规定进行计算。

**1** 如雨量站网较密，观测系列又较长，应直接根据设计流域的逐年最大面雨量系列作频率分析，以推求流域的设计面雨量。

**2** 如流域面积较小，直接进行面暴雨频率分析的资料统计有困难时，可用相应历时的设计点雨量和点面关系间接计算设计面雨量。设计面雨量  $H_A$  可用设计点雨量  $H_0$  和点面换算系数  $\alpha_A$  求出：

$$H_A = \alpha_A H_0 \quad (\text{B.1.1})$$

**3** 点面关系应采用流域所在地区雨量资料分析的固定地点雨量和固定流域面雨量的综合关系（即定点定面关系）。点面换算系数  $\alpha_A$  应考虑不同历时、频率（或雨量大小）的差异。与定点定面关系相配套的设计点雨量，应采用流域内某固定地点设计值。在点雨量统计参数比较一致的流域，可采用流域中心测站的设计点雨量；如流域内各测站的点雨量统计参数变幅较大，设计点雨量可采用流域内接近平均情况的单站值。

**4** 如分析设计流域所在地区综合定点定面关系的资料尚不具备，也可借用动点动面关系推求设计面雨量，但应在设计流域附近选择若干个与设计流域面积相近的流域或地区，对所需历时制作有限面积和历时范围的定点定面关系，以检验该地区动点动面关系的代表性。如动点动面关系与定点定面关系出入较大，则应作适当修正。

**B.1.2** 各种历时设计暴雨量可按下列规定进行计算。

**1** 对于工程规模较大、要求计算的历时较多、雨量资料条件又较好的流域，可对本流域及附近的若干个雨量站，分别统计

设计所需的各历时年最大点雨量进行频率分析，并对较大地区范围的资料作地区综合与合理性检查。

2 当流域面积小于  $1000\text{km}^2$  时，可根据经过审批的各历时点暴雨统计参数等值线图查读计算几种标准历时的设计点雨量。对于流域面积特小、又处于暴雨统计参数高值中心地区的工程，应对中心地区的统计参数作大比例尺的补充分析，防止遗漏大暴雨资料。

3 为计算任意历时的设计雨量，可先计算  $n$  种标准历时的设计雨量，然后在双对数纸上绘制雨量历时曲线，从中内插所需历时的设计雨量。当分段雨量历时关系接近直线时，也可采用暴雨递减指数公式，根据相邻两个标准历时  $t_1$  和  $t_2$  的设计雨量  $H_1$  和  $H_2$ ，以及该区间的暴雨递减指数  $n_b$ ，内插所需历时  $t$  相应的雨量  $H_t$ ：

$$H_t = H_1(t_1/t)^{1/n_b} \quad (\text{B.1.2-1})$$

或 
$$H_t = H_2(t_2/t)^{1/n_b} \quad (\text{B.1.2-2})$$

其中 
$$n_b = 1 - \lg(H_1/H_2)/\lg(t_1/t_2) \quad (\text{B.1.2-3})$$

式中  $H_t$ ——历时  $t$  的设计雨量  $\text{mm}$ ；

$H_1$ 、 $H_2$ ——历时  $t_1$ 、 $t_2$  内的设计雨量  $\text{mm}$ ；

$t$ ——某一设计历时；

$t_1$ 、 $t_2$ ——两个相邻的标准历时；

$n_b$ ——暴雨递减指数。

4 暴雨递减指数的移用适用于地形变化不大的地区。该指数一般随频率而变化，设计条件下不宜直接采用常遇暴雨分析的指数。面暴雨指数也不宜直接移用点暴雨指数。

**B.1.3 设计雨型可按下列规定分析选用。**

1 设计暴雨的时程分配雨型可采用综合或典型雨型，用几种历时的设计雨量同频率控制缩放计算设计暴雨过程。综合雨型应在多次大暴雨雨型特征分析的基础上选用。雨型特征分析的内容应包括雨峰个数、雨峰持续时间、两次雨峰之间的间隔时间、主雨峰出现时序等。综合时还应考虑雨量量级、天气条件的

影响。

2 设计暴雨的面分布图形可根据当地综合或典型面分布图形确定。综合面雨型应在面雨型特征分析的基础上进行。面雨型特征应包括形状比率（等雨深线概化为椭圆形的长短轴之比）和雨轴方位（等雨深线长轴与经线的夹角）。综合雨型还应考虑雨量量级、地形、天气系统的影响。

## B.2 暴雨洪水的产流、汇流计算

B.2.1 降雨产流按下列方法计算。

1 降雨径流相关法（包括相关曲线）：

$$R = f(P, P_a, t_r) \quad (\text{B.2.1-1})$$

式中  $R$ ——径流深，mm；

$P$ ——降雨量，mm；

$P_a$ ——前期影响雨量或雨前流域包气带含水量，mm；

$t_r$ ——降雨历时，h。

2 扣损法：

1) 初损后损法：

$$\bar{f}_1 = \frac{I_t - I_0 - P_{t-t_0-t_r}}{t_r} \quad (\text{B.2.1-2})$$

式中  $\bar{f}_1$ ——后期平均损失率，mm/h；

$I_t$ ——流域总损失量，mm；

$I_0$ ——初期损失量，mm；

$P_{t-t_0-t_r}$ ——时段（ $t - t_0 - t_r$ ）内不产流的降雨量，mm；

$t_0$ —— $I_0$  相应的历时，h；

$t_r$ ——产流历时，h。

2) 初损法：总损失量全部发生在降雨初期，满足总损失量后的降雨全部变成径流。

3) 平均损失率法：

$$\bar{f} = \frac{P - R - P_{t-t_r}}{t_r} \quad (\text{B.2.1-3})$$

式中  $\bar{f}$ ——平均损失率, mm/h;

$P_{t_1-t_2}$ ——非产流期内降雨量, mm;

$t_2$ ——产流历时, h。

3 地表径流(净雨)过程。地表径流过程可采用产流过程扣除地下径流时程分配的方法加以区分。地下径流  $R_g$  的时程分配可以采用平均分配的形式, 即:

$$\bar{f}_g = \frac{R_g - R_{g-t_1}}{t_1} \quad (\text{B.2.1-4})$$

式中  $\bar{f}_g$ ——流域平均稳定下渗率, mm/h;

$R_g$ ——浅层地下径流量, mm;

$R_{g-t_1}$ —— $t_2 - t_1$  时段内不产生地表径流的产流量, mm;

$t_1$ ——净雨历时, h。

**B.2.2 洪水汇流可按下列规定计算。**

1 经验单位线。应尽量选用降雨比较均匀、净雨历时较短、雨强较大的独立洪峰资料, 采用割除地下径流后的地面径流过程线与相应的净雨过程推求单位线。单位线时段宜采用单位线的上涨历时或洪峰滞时的  $1/3$  左右。由于分析出的单位线常随实测暴雨时空分布的不同而有相当的差别, 因此使用时应尽量选择符合设计雨型的单位线。

2 瞬时单位线。

1) 基本公式:

$$U(0, t) = \frac{1}{k\Gamma(n)} (t/k)^{n-1} e^{-t/k} \quad (\text{B.2.2-1})$$

式中  $U(0, t)$ ——瞬时单位线,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\Gamma$ ——伽马函数;

$n, k$ ——参数, 通常采用矩法计算, 或以此作为初值, 优选确定。

2) 非线性改正: 建立  $n, k$  或  $m_1(nk)$  同雨强的关系, 雨强的计算时段可按流域汇流时间、产流时段、洪峰上涨历时、流域面积大小等诸因素之一确定。



影响。

2 设计暴雨的面分布图形可根据当地综合或典型面分布图形确定。综合面雨型应在面雨型特征分析的基础上进行。面雨型特征应包括形状比率（等雨深线概化为椭圆形的长短轴之比）和雨轴方位（等雨深线长轴与经线的夹角）。综合雨型还应考虑雨量量级、地形、天气系统的影响。

## B.2 暴雨洪水的产流、汇流计算

B.2.1 降雨产流按下列方法计算。

1 降雨径流相关法（包括相关曲线）：

$$R = f(P, P_a, t_r) \quad (B.2.1-1)$$

式中  $R$ ——径流深，mm；

$P$ ——降雨量，mm；

$P_a$ ——前期影响雨量或雨前流域包气带含水量，mm；

$t_r$ ——降雨历时，h。

2 扣损法：

1) 初损后损法：

$$\bar{f}_1 = \frac{I_t - I_0 - P_{t-t_0-t_r}}{t_r} \quad (B.2.1-2)$$

式中  $\bar{f}_1$ ——后期平均损失率，mm/h；

$I_t$ ——流域总损失量，mm；

$I_0$ ——初期损失量，mm；

$P_{t-t_0-t_r}$ ——时段（ $t - t_0 - t_r$ ）内不产流的降雨量，mm；

$t_0$ —— $I_0$  相应的历时，h；

$t_r$ ——产流历时，h。

2) 初损法：总损失量全部发生在降雨初期，满足总损失量后的降雨全部变成径流。

3) 平均损失率法：

$$\bar{f} = \frac{P - R - P_{t-t_r}}{t_r} \quad (B.2.1-3)$$

表 B.2.2 (续)

类别	雨洪特性、河道特性、 土壤植被条件的简单描述	数 值			
		$\theta=1\sim 30$	$\theta=30\sim 35$	$\theta=35\sim 40$	$\theta=40\sim 45$
I	南北方地理景观过渡区,植被条件一般,以稀疏林、针叶林、幼林为主的土石山区或流域内耕地较多	0.60~0.70	0.70~0.80	0.80~0.90	0.90~1.30
II	南方、东北湿润山丘区,植被条件良好,以灌木林、竹林为主的石山区,或森林覆盖度达40%~50%、或流域内多为水稻田、卵石,两岸滩地杂草丛生,大洪水多为尖瘦型,中小洪水多为矮胖型	0.30~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60	0.60~0.90
IV	雨量丰沛的湿润山区,植被条件优良,森林覆盖度可高达70%以上,多为深山原始森林区,枯枝落叶层厚,壤中流较丰富,河床呈山区型,大卵石,大砾石河槽,有跌水,洪水多为陡涨缓落	0.20~0.30	0.30~0.35	0.35~0.40	0.40~0.80



## 附录C 可能最大暴雨

### C.1 放大方法

#### C.1.1 水汽放大：

$$R_m = \frac{W_m}{W} R \quad (\text{C.1.1})$$

式中  $R_m$ 、 $R$ ——可能最大暴雨及典型暴雨，mm；  
 $W_m$ 、 $W$ ——最大可降水及典型暴雨可降水，mm。

- 1 适用条件：适用于罕见特大暴雨的放大。
- 2 可降水计算：可按地面露点由专用表查算。
- 3 可能最大露点确定。
  - 1) 按历史最大露点：当露点资料系列在 30 年以上时，可取历年露点的最大值。
  - 2) 按露点频率：当资料系列不足 30 年时，可采用 50 年一遇的露点。
  - 3) 按地理分布：可从全国最大露点等值线图上查读，但应注意采用编图后新出现的最大值检验。热带地区可采用最大海表水温查算。

#### C.1.2 水汽和动力因子放大。

- 1 水汽效率放大。

$$R_m = \frac{\eta_m W_m}{\eta W} R \quad (\text{C.1.2-1})$$

式中  $\eta_m$ 、 $\eta$ ——最大暴雨效率及典型暴雨效率。

- 1) 适用条件：设计流域及邻近地区缺乏特大暴雨资料而有较大的实测暴雨或特大历史洪水资料。
- 2) 典型暴雨效率计算：可根据实测暴雨，用雨湿比  $R/W$  表示其一定面积上某一时段的效率。
- 3) 可能最大暴雨效率的估算：可取实测暴雨效率的外包

值，或根据本流域历史特大洪水资料反推。

2 水汽输送率放大及水汽风速联合放大：

$$R_n = \frac{(VW)_n}{(VW)} R \quad (\text{C.1.2-2})$$

或

$$R_n = \left[ \frac{V_n}{V} \right] \left[ \frac{W_n}{W} \right] R \quad (\text{C.1.2-3})$$

式中  $V_n$ 、 $V$ ——最大风速及典型暴雨的风速，m/s。

- 1) 适用条件：入流指标  $VW$  或  $V$  与相应的  $R$  呈正相关趋势，且暴雨期间入流风向和风速较稳定。
- 2) 典型暴雨指标选择。代表站：应选取本地区暴雨的水汽入流方向的测站；风指标：应选取暴雨发生时间前一个时段，离地面 1500m 以内的风速。
- 3) 极大化指标：应从与典型暴雨降水影响系统相似的实测暴雨中选取  $(VW)_n$  或  $V_n$  与  $W_n$  的乘积。可在水汽入流方向一定范围内选择，也可分析  $VW$  的季节变化曲线，由此取用典型暴雨发生时前后 15 天之内的最大值。

3 水汽净输送放大。

1) 基本公式：

$$R \approx \frac{F_w}{A\rho} = \frac{10^{-2}}{A\rho g} \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m v_{kj} q_{kj} \Delta L \Delta P \Delta t \quad (\text{C.1.2-4})$$

式中  $R$ —— $\Delta t$  时间的面平均雨深，mm；

$F_w$ —— $\Delta t$  时间的水汽输送净量，g；

$v_{kj}$ ——第  $k$  层计算周界上第  $j$  个控制点的垂直于周界的风速分量，m/s，向内为正，向外为负；

$q_{kj}$ ——第  $k$  层计算周界上第  $j$  个控制点的比湿，g/kg；

$\rho$ ——水的密度，g/cm<sup>3</sup>；

$g$ ——重力加速度，cm/s<sup>2</sup>；

$A$ ——计算周界所包围的面积，km<sup>2</sup>；

$\Delta P$ ——相邻两层气压差，hPa；

$\Delta L$ ——计算周界上控制点所代表的步长，km；

$\Delta t$ ——计算历时, s;

$m$ ——计算周界上的控制点数;

$n$ ——气层数。

- 2) 适用条件: 设计流域面积大、计算时段长、暴雨天气系统稳定。
- 3) 实测资料检验: 选用流域内典型暴雨资料检验, 如计算值与实测值相对误差在 15% 以内, 则此法在该流域对所选典型暴雨适用。
- 4) 极大化: 以较恶劣的实测暴雨天气形势为模式。若典型暴雨辐合流场很强, 则只放大水汽场, 否则将 850hPa (或 700hPa) 层水汽场、流场替换, 并保持 500hPa 和 700hPa (或 850hPa) 两层不变, 再进行放大。

## C.2 暴雨移置改正

**C.2.1 流域形状改正:** 移置区与设计区暴雨天气形势相似, 地形、地理条件基本相同, 可直接将拟移置的暴雨等值线搬到设计区, 再按设计区的边界, 量算面平均雨量。若两地区的地形、地理条件差异显著, 则应进行水汽或高程等改正。

**C.2.2 水汽改正:** 位移水汽改正系指两地高差不大、但位移距离较远、致使水汽条件不同所作的改正, 暴雨由 A 地移到 B 地, 可用下式表示:

$$R_B = K_1 R_A \quad (\text{C.2.2-1})$$

$$K_1 = \frac{(W_m)_{Z_A}}{(W_m)_{Z_B}} \quad (\text{C.2.2-2})$$

式中  $R_B$ ——移置后暴雨量, mm;

$K_1$ ——位移水汽改正系数;

$R_A$ ——移置前暴雨量, mm;

$W_m$ 、 $W_m$ ——移置区和设计流域的最大可降水量, mm;

$Z_A$ (脚标)——移置区地面高程, m。

热带地区水汽改正主要是海表水温的调整。

**C.2.3** 高程或入流障碍高程水汽改正：系指移置前后两地区地面平均高程不同或水汽入流方向障碍高程差异使入流水汽增减而作的改正。若流域入流边界的高程接近流域平均高程，采用高程改正；若高于流域平均高程，采用障碍高程改正。其计算式如下：

$$R_B = K_2 R_A \quad (\text{C.2.3-1})$$

$$K_2 = \frac{(W_m)_B}{(W_m)_A} \quad (\text{C.2.3-2})$$

式中  $K_2$ ——高程或入流障碍高程水汽改正系数；

$ZB$  (脚标)——设计区地面或障碍高程， $m$ 。

实际进行暴雨移置时，往往兼有位置和高程的差异，此时，可综合考虑进行改正，即：

$$R_B = \frac{(W_m)_B}{(W_m)_A} R_A \quad (\text{C.2.3-3})$$

**C.2.4** 综合改正：当两地地形等条件差异较大时，可用等百分数法、直接对比法、以当地暴雨为模式的改正法及雨量分割法进行综合改正。

## 标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	