
ICS93.160

P58

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL44—2006

替代 SL44—93

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

前 言

根据水利水电规划设计管理局水总局科[2001]1 号文精神，由水利部水利水电规划设计总院主持，水利部长江水利委员会水文局任主编单位，对原《水利水电工程设计洪水计算规范》（SL44-93）进行了修订。

本次修订针对近 10 多年来，特别是 1998 年大洪水后出现的新问题，充分吸收和总结不同类型水利水电工程规划设计中设计洪水计算的新经验、新成果，对原规范进行适当调整和补（扩）充。修订后的本规范和原规范内容相比较，总体上是一致的。分总则、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、水利和水土保持措施对设计洪水的影响共 7 章 14 节 93 条和 3 个附录。与原规范相比，本规范主要是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，将并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；以及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。

本规范为全文推荐。

本规范替代 SL44-93。

本规范批准部门：中华人民共和国水利部

本规范主持机构：水利部水利水电规划设计管理局

本规范解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本规范主编单位：水利部长江水利委员会水文局

本规范参编单位：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

本规范出版、发行单位：中国水利水电出版社

本规范主要起草人：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

本规范审查会议技术负责人：段红东 孙双元

本规范体例格式审查人：陈登毅

WWW.CWS.NET.CN

目 次

1 总 则.....	1
2 基 本 资 料.....	3
2.1 资料搜集与复核.....	3
2.2 洪水系列的一致性处理.....	3
2.3 洪水、暴雨和潮位资料系列的插补延长.....	4
2.4 历史洪水、潮位和暴雨的调查与考证.....	5
3 根据流量资料计算设计洪水.....	7
3.1 洪水系列、经验频率、统计参数及设计值.....	7
3.2 设计洪水过程线.....	8
3.3 入库设计洪水.....	8
3.4 汛期分期设计洪水.....	9
3.5 施工分期设计洪水.....	10
4 根据暴雨资料计算设计洪水.....	11
4.1 设计暴雨.....	11
4.2 可能最大暴雨.....	12
4.3 产流和汇流计算.....	13
5 设计洪水的地区组成.....	15
6 干旱、岩溶、冰川、平原及滨海地区设计洪水计算.....	16
6.1 干旱、岩溶、冰川地区设计洪水.....	16
6.2 平原及滨海地区设计洪水.....	17
7 水利和水土保持措施对设计洪水的影响.....	18
附录 A 洪水频率计算	19
附录 B 暴雨及产流汇流计算	27
附录 C 可能最大暴雨	32
标准用词说明.....	36
条文说明.....	37

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,特制订本规范。

1.0.2 本规范适用于大、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一种或几种方法:

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，修正值一般不超过计算值的 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 设计洪水计算除应符合本规范外，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 consistency。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、潮位和暴雨的调查与考证

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。

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。

有条件时，可采用上列几种方法计算洪峰流量，经综合比较后合理确定。

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。

WWW.CWS.NET.CN

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）洪峰流量和不同时段의 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。

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。

$n-l$ 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型。对特殊情况，经分析论证后也可采用其它线型。

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 采用矩法或其它参数估计法，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，一般以不短于 1 个月为宜。

3.5.2 施工分期洪水系列选样原则可参照汛期分期设计洪水计算时的选样原则执行。施工期洪水系列跨期选样时，跨期不宜超过 5~10 日，跨期选样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 B1 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 B2 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本规范 3.1 节的有关规定和本条下列规定进行。

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，可按本规范 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。

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。

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。

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 1000km^2 ，暴雨资料又较缺乏时，可根据本地区的可能最大 24 小时点暴雨等值线图 and 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 1000km^2 ，实测资料短缺时，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。

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。

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。

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，应先按本规范 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，可按本规范 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《水利水电工程水文计算规范》（SL278-2002）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 SL278-2002 的 5.2 节有关规定执行。

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

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 $\bar{X}_{N-a} = \bar{X}_{n-l}$, $S_{N-a} = S_{n-l}$ ，可推导出统计参

数的计算公式如下：

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

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

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

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。一般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。

$$S(\bar{X}, C_v, C_s) = \sum_{i=1}^n [X_i - f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)]^2 \quad (\text{A.1.2-1})$$

式 (A.1.2-1) 中， $f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)$ 可简记作 f_i ，为频率 $p = p_i$ ， $i=1, \dots, n$ 时频率曲线的纵坐标。对于皮尔逊 Ⅲ 型曲线，则有：

$$f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s) = \bar{X} [1 + C_v \Phi(p_i; C_s)] \quad (\text{A.1.2-2})$$

式 (A.1.2-2) 中， Φ 为离均系数。

根据数学分析，统计参数的最小二乘估计是方程组

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

的解。式 (A1.2-3) 中, θ 为参数向量, 即 $\theta = (\bar{X}, C_v, C_s)^t$ 。

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:

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

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

$$X = (X_1, \dots, X_m)^t \quad (\text{A.1.2-6})$$

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

上列各式中 上标 “ t ” 和 “ -1 ” 分别为矢量或矩阵的转置和逆, K 为迭代次数。

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 θ_0 (例如用矩法其它估计方法), 利用迭代程序进行迭代时, 应直到相邻两次迭代结果 θ_{k+1} 与 θ_k 差别足够小, 合乎精度要求时为止, 此时可取 θ_{k+1} 作为 θ 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

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

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 $\bar{X}$ 、 C_v 和 C_s 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:

$$S_2(\bar{X}, C_v, C_s) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_i - f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)}{f_i(\theta)} \right]^2 \approx \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_i - f_i(\theta)}{X_i} \right]^2 \quad (\text{A.1.2-9})$$

其参数迭代程序为

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

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

4 经验适线法。采用矩法或其它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（一阶）近似公式为

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

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

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

式中 K_p 为指定频率 P 的模比系数， B 为 C_s 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。

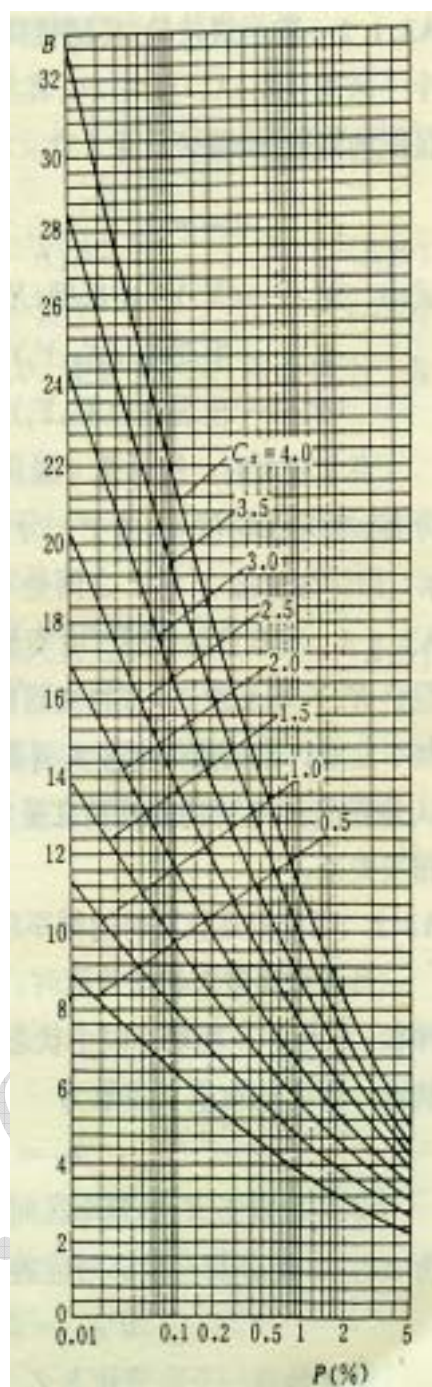


图 A.2 B 值诺模图

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 α 后，由 t —分布表中查得临界值 t_α ；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：

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

式中 η ——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 η 服从自由度为 $(L-1)(K-1)$ 的 χ^2 分布。指定某信度 α ，由 χ^2 —分布表查得临界值 η_α ；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:

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

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:

$$\Delta P_{Z,ij} = \Delta P_{X,i} \cdot \Delta P_{Y,j} \quad (\text{A.3.3-2})$$

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

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

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

式中 E_x 、 E_y 为新构建的随机变量, K_1 、 K_2 为转换系数。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 ——分别为随机变量 X 和 Y 的样本系列变量；

$\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ ——分别为随机变量 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。

WWW.CWS.NET.CN

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,应尽可能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 a_A 求出:

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

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 a_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 1000km^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_a 和 t_b 的设计雨量 H_a 和 H_b ，以及该区间的暴雨递减指数 n_{ab} ，内插所需历时 t_i 相应的雨量 H_i ：

$$H_i = H_a (t_i / t_a)^{1-n_{ab}} \quad (\text{B.1.2-1})$$

或
$$H_i = H_b (t_i / t_b)^{1-n_{ab}} \quad (\text{B.1.2-2})$$

n_{ab} 由下式求出：

$$n_{ab} = 1 - \lg(H_a / H_b) / \lg(t_a / t_b) \quad (\text{B.1.2-3})$$

式中 H_i ——历时 t_i 的设计雨量 (mm)；

H_a 、 H_b ——分别为历时 t_a 、 t_b 内的设计雨量 (mm)；

t_i ——某一设计历时；

t_a 、 t_b ——分别为两个相邻的标准历时；

n_{ab} ——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：

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

式中 $\bar{f}_l$ ——后期平均损失率(mm/h)；

I_f ——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-t_R} ——非产流期内降雨量 (mm) ;

t_R ——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

$$\bar{f}_c = \frac{R_g - R_{t_R-t_c}}{t_c} \quad (\text{B.2.1-4})$$

式中 $\bar{f}_c$ ——流域平均稳定下渗率 (mm/h) ;

R_g ——浅层地下径流量 (mm) ;

$R_{t_R-t_c}$ —— $t_R - t_c$ 时段内不产生地表径流的产流量 (mm) ;

t_c ——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 (m^3/s) ;

Γ ——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, 如

$$m_1 = ai^{-b} \quad (\text{B.2.2-2})$$

式中 m_1 ——瞬时单位线的一阶原点矩;

i ——降雨 (或净雨) 强度 (mm/h) ;

a 、 b ——参数。

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。

公式 (B.2.2-2) 的应用是有限制的，应确定临界雨强 $i_{\text{临}}$ 控制式 (B.2.2-2) 非线性外延的幅度。

3 推理公式。

基本公式：
$$Q_m = 0.278 \frac{h}{\tau} F \quad (\text{B.2.2-3})$$

$$\tau = 0.278 \frac{L}{m J^{1/3} Q_m^{1/4}} \quad (\text{B.2.2-4})$$

式中 Q_m ——洪峰流量 (m^3/s)；

h ——在全面汇流时代表相应于 τ 时段的最大净雨，在部分汇流时代表单一洪峰的净雨 (mm)；

F ——流域面积 (km^2)；

τ ——流域汇流历时 (h)；

m ——汇流参数；

L ——沿主河从出口断面至分水岭的最长距离 (km)；

J ——沿流程 L 的平均比降 (以小数计)。

表 B.2.2 可作为在无资料条件下确定 m 值的参考，表中 $\theta = L/J^{1/3}$ 。

表 B.2.2 小流域下垫面条件分类表

类别	雨洪特性、河道特性、 土壤植被条件的简单描述	m 值			
		$\theta=1\sim10$	$\theta=10\sim30$	$\theta=30\sim90$	$\theta=90\sim400$
	北方半干旱地区、植被条件较差，以荒坡、梯田或少量的稀疏林为主的土石山区，旱作物较多，河道呈宽浅型，间隙性水流，洪水陡涨陡落	1.00~1.30	1.30~1.60	1.60~1.80	1.80~2.20
	南北方地理景观过渡区，植被条件一般，以稀疏、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
	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
	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 η_m 、 η ——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：

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

$$R_m = \left(\frac{V_m}{V}\right)\left(\frac{W_m}{W}\right)R \quad (\text{C.1.2-3})$$

式中 V_m 、 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)_m 或 V_m 与 W_m 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：

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

式中 R —— Δt 时间的面平均雨深 (mm)；

F_w —— Δt 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)；

ρ ——水的密度 (g/cm³)；

g ——重力加速度 (cm/s²)；

A ——计算周界所包围的面积 (km²)；

ΔP ——相邻两层气压差 (hPa)；

ΔL ——计算周界上控制点所代表的步长 (km)；

Δt ——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移到设计区，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

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

$$K_1 = \frac{(W_{Bm})_{ZA}}{(W_{Am})_{ZA}} \quad (C.2.2-2)$$

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_{Am} 、 W_{Bm} ——移置区和设计流域的最大可降水量 (mm) ；

$_{ZA}$ (足标) ——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：

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

$$K_2 = \frac{(W_{Bm})_{ZB}}{(W_{Bm})_{ZA}} \quad (C.2.3-2)$$

式中 K_2 ——高程或入流障碍高程水汽改正系数；

$_{ZB}$ （足标）——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

$$R_B = \frac{(W_{Bm})_{ZB}}{(W_{Am})_{ZA}} R_A \quad (C.2.3-3)$$

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

执行本标准时，标准用词应遵守下表规定。

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	
除非在特定情况下，一般不使用“必须”、“严禁”。		

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程设计洪水计算规范

SLxxx—xxxx

条文说明

目 次

1 总 则.....	39
2 基 本 资 料.....	45
3 根据流量资料计算设计洪水.....	52
4 根据暴雨资料计算设计洪水.....	61
5 设计洪水的地区组成.....	71
6 干旱、岩溶、冰川、平原及滨海地区的设计洪水计算.....	74
7 水利和水土保持措施对设计洪水的影响.....	79

1 总 则

1.0.1 设计洪水是确定河流治理开发方案和水利水电工程规模的重要基础数据。新中国成立以来,我国进行了大规模的水利水电工程建设,设计洪水计算为这些工程提供了设计依据。但我国地域辽阔,暴雨洪水特性差异较大,各地计算设计洪水经验也不尽相同,为了给河流开发及水利水电工程建设提供更为合理、可靠的依据,运用标准化的手段,制订本规范以统一设计洪水计算的原则、要求和方法,是十分必要的。

本次修订时,鉴于原《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44-93)的主体内容仍能代表当前及今后一段时期内本行业的技术水平和方向,因此本次修订仅在原规范的基础上进行,设计洪水计算的主要技术理论和方法仍维持不变;根据近10年来的实践经验及规划设计中出现的新问题,尤其是1998年大洪水后国家加大水利建设的投入,以及考虑到新时期治水新思路和水资源开发利用新战略的需要,对原规范进行适当调整、补充和完善。

1.0.2 本规范的适用范围为大、中型水利水电工程,其划分标准应按《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2000)和《防洪标准》(GB50201-94)中的规定执行。“各设计阶段”主要是指:项目建议书、可行性研究、初步设计等阶段。

设计洪水是水利水电工程规划设计的重要依据。就一个工程而言,不同的设计阶段,设计洪水计算的内容基本相同,但由于资料条件、工作周期、经费等方面的原因,各设计阶段设计洪水计算要求的工作深度不可能相同。在项目建议书阶段,要求基本确定设计洪水成果;在可行性研究阶段要求确定设计洪水成果;而初步设计阶段是可行性研究阶段的补充和深化,是对设计洪水计算成果进行复核。

“运行期设计洪水复核”主要包括水库蓄水安全鉴定、大坝安全鉴定、病险水库除险加固等各种情况下的设计洪水复核,复核的方法与各设计阶段的设计洪水计算方法相同,仅在资料的处理方面有不同的要求,因此本次修订也增加了这方面的有关规定。运行期设计洪水复核的成果与设计阶段采用的成果相差不大

时，一般不宜改动原设计洪水成果。

修订后的本规范适用范围不仅纵向扩展到项目建议书阶段和已建工程运行期设计洪水的复核，而且横向扩展到平原水网区和滨海及河口地区水利水电工程设计洪水计算，因此本次修订时，增加了平原水网区设计洪水、滨海及河口地区设计潮位计算等内容。

至于江河流域规划阶段的设计洪水计算，应遵循本规范规定的原则和方法，其计算工作深度则可根据规划要求调整。而小型水利水电工程的设计洪水计算，可参照本规范的原则执行。

1.0.3 本规范所称的设计洪水是指水利水电工程规划、设计、施工中指定设计标准洪水的总称，其内容可根据工程设计需要、洪水特性等分别提供设计洪峰流量、时段洪量、洪水过程线、洪（潮）水位、洪（潮）水位过程线等。对水库工程，当调节库容较小时，计算设计洪水一般以洪峰流量或短时段洪量作控制；当调节库容较大时，一般以较长时段的洪量作控制；根据设计需要也可以洪峰流量和时段洪量同时控制。平原涝区则应按工程设计要求，提供设计排涝流量及设计排涝流量过程线。

1.0.4 水利水电工程应以工程所在地点设计断面的设计洪水作为设计依据，但对水库工程而言，则存在坝址设计洪水和入库设计洪水的差别问题。我国已建水库大多是以坝址设计洪水作为设计依据。由于建库后库区范围内的天然河道已被淹没，使原有的河槽调蓄已包含在水库容积内，库区产流、汇流条件已发生了改变。建库前流域内的洪水向坝址出口断面的汇流变为建库后洪水沿水库周边向水库汇入，从而造成建库后入库洪水较坝址洪水的洪峰流量、短时段洪量增大，峰现时间提前等。随着设计时段的增长，入库洪量与坝址洪量的差别逐渐减小。根据对 40 余座水库的综合分析，入库与坝址的洪峰流量的比值一般在 1.01~1.54 之间，其差别与水库特征、洪水时空分布特性等有关。

当库区的天然河道槽蓄量较大，干支流洪水易发生遭遇时，应采用入库设计洪水作为设计依据；当库区的天然河道槽蓄量较小，建库前后干支流洪水遭遇特性改变不大时，对于壅水不高、库容较小或壅水虽高、但河道比降较陡、回水距离较短、洪枯水位的河宽变化不大的河道型水库，可采用坝址设计洪水作为设计依据。有的水库虽然入库洪水与坝址洪水差别较大，但水库调洪库容也很大，在这种情况下，仍可采用坝址设计洪水作为设计依据。

对已建水库进行设计洪水复核时,若原设计是采用坝址设计洪水,应分析入库洪水与坝址洪水的差异,若两者差别较大时,宜用入库设计洪水作为设计依据。

1.0.5 实测洪水、暴雨资料是计算设计洪水的主要依据。我国江河部分测站水文观测资料不长,实测大洪水资料更少,雨量观测基本上与水文观测同步,因此不仅要充分利用已观测到的资料,还应广泛搜集各种有关的水文信息。历史上留下了许多有关暴雨和洪水方面的文字记载、民间传说、实地洪痕等,这些宝贵的历史洪水资料,对提高设计洪水成果的质量起着关键作用。因此,无论是采用流量资料还是雨量资料,计算设计洪水均应充分运用历史洪水及暴雨资料。

水文基本资料关系到设计洪水计算方法的选定及成果质量。当工程地址及邻近河段缺乏可以直接引用的水文资料时,必须根据工程要求及设计洪水计算的需要,开展必要的野外调查测量,补充测验项目,尽早设立专用水文(位)测站,以计算或检验设计洪水成果及坝址水位流量关系曲线。

1.0.6 水文资料及其系列的可靠性、一致性和代表性,是设计洪水计算对基本资料的基本要求。资料的可靠性是设计洪水计算成果精度的重要保证,在进行设计洪水计算时应重点复核;资料系列的一致性,是指设计流域和河道的产流、汇流条件在观测和调查期内无根本变化,如上游修建了水库或发生堤防溃决、河流改道等事件,明显影响系列的一致性时,需将资料换算统一到同一基础上,使其具有一致性;资料系列的代表性,是指现有资料系列的统计特性能否较好地反映总体的统计特性,应对资料系列的代表性作出评价。

频率计算成果的质量主要取决于洪水系列的代表性,因此要求系列能较好地反映洪水多年变化的统计特性。调查历史洪水、考证历史文献和洪水系列的插补延长是提高系列代表性的重要手段。应注意参与频率计算的历史洪水必须是稀遇洪水。

当本站洪水系列较长时,其代表性可通过长短系列均值对比、历史和实测洪水的时序分析,论证有无某个时期大洪水出现次数多、量级大,而另一时期大洪水出现次数少、量级小的情况。当本站洪水系列较短,而邻近站洪水系列较长时,可与邻近流域洪水长系列进行比较,这对判断洪水系列的代表性也有所帮助。还应特别注意洪水系列是否处于丰水或枯水比较集中出现的时期,而导致频率计算成果明显偏大或偏小。

1.0.7 根据设计流域的资料条件,设计洪水计算可采用下列方法。

1 大、中型水利水电工程应尽可能采用流量资料来计算设计洪水。当工程地址附近有水文站且与工程控制的集水面积相差较小时,可直接使用其流量资料作为计算设计洪水的依据。据统计,截止 2002 年我国共有水文基本站约 3130 个,其中绝大多数测站的观测系列超过 30 年,即使所依据的水文站观测系列不足 30 年,大多数仍可通过相关插补延长,达到 30 年系列的要求。因此,条文中规定使用流量资料计算设计洪水,应具有 30 年以上的系列。就总体而言,实测洪水系列计算的设计洪水成果仍具有较大的抽样误差,因此应同时具有一定的历史洪水资料,以弥补洪水系列代表性的不足,减少抽样误差。

2 当工程所在河段附近没有可以直接引用的流量资料时,可采用暴雨资料来计算设计洪水。与流量资料相比,我国雨量资料站点相对较多。据统计,我国 1958 年约有雨量站 9500 个,2002 年达到 14454 个,但就全国平均而言,雨量站仍嫌少;主要是占我国国土面积很大的西部地区雨量站稀少,而就经济发展较快地区而言,雨量站的密度还是比较大的。因此,条文中规定使用暴雨资料计算设计洪水,也应具有 30 年以上系列。

由暴雨计算设计洪水时,可认为某一频率的设计暴雨将产生同一频率的设计洪水。用暴雨计算设计洪水,有许多环节,如产流、汇流计算中有关参数的确定,应有多次暴雨洪水实测资料,以分析这些参数随洪水特性变化的规律,特别是大洪水时的变化规律。

3 当工程所在河段流量资料短缺,且流域内暴雨资料也短缺时,采用地区综合法估算设计洪水是目前比较可行的途径;各省(直辖市、自治区)经审定的暴雨径流或暴雨洪水查算图表也是计算无资料地区设计洪水的常用方法。

我国对设计暴雨的研究,积累了丰富的资料与经验,2004 年在过去研究的基础上进一步完成了新的 10 分钟、60 分钟,6 小时、24 小时和 3 天年最大点暴雨量的统计参数等值线图、实测和调查最大点雨量分布图、100 年一遇点雨量等值线图等,水利部于 2005 年 3 月以水文[2005]100 号文正式批准使用。20 世纪 80 年代对暴雨点面关系进行了分析综合,编制完成了设计雨量的时程分配及相应的产流、汇流查算图表,这些早期成果仍是目前地区综合法的重要依据,但由于其应用的水文资料系列较短,在使用时应根据工程所在流域特性,利用近期发生的大暴雨洪水资料予以检验。也可根据洪水统计参数的地区变化规律,并参照设计流域的自然地理特性进行地区综合,确定设计洪水。

1.0.8 根据水利部于 2000 年 8 月颁布实施的《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2000)中的规定,对于大(1)型土石坝工程,按可能最大洪水(PMF)或重现期为 10000 年洪水作为校核洪水。对于混凝土坝、浆砌石坝,如洪水漫顶将造成严重损失时,其 1 级建筑物校核洪水标准,经专门论证并报主管部门批准可取可能最大洪水(PMF)或取重现期 10000 年为标准。另外,改革开放以来,很多国际合作的水利水电工程项目,如世界银行和亚洲银行贷款的水利水电工程项目等,均以可能最大洪水(PMF)作为校核洪水标准。

20 世纪 70 年代以来,我国采用水文气象法对可能最大暴雨进行了研究,如当地暴雨放大法、暴雨移置法、暴雨组合法及暴雨时面深概化法等。应根据本流域特性及资料条件,选用多种方法计算可能最大暴雨,然后综合比较、合理选用。

1.0.9 设计洪水成果是水利水电工程设计的重要依据,若成果偏小,将造成工程失事;若成果偏大,将造成经济上的浪费。

在同一条河流的上、下游或同一地区的洪水具有一定的水文共性,因而应对采用的各种计算参数和计算成果进行地区上的综合分析,多方面检查、论证其合理性。

1.0.10 资料短缺地区的设计洪水,一般由设计暴雨推求,而设计暴雨的确定涉及诸多因素和环节,如点面关系的换算、长短历时设计暴雨的确定、雨型及雨图等。当设计暴雨选定之后,再通过产流、汇流计算设计洪水,其中又有多个环节。用不同方法计算可能最大暴雨和由可能最大暴雨计算可能最大洪水时,中间环节和涉及因素更为复杂,采用的方法又都存在各自的优缺点。因此,资料短缺地区的设计洪水计算和可能最大洪水计算,应尽可能采用几种方法,对成果进行综合分析,合理选用。

1.0.11 影响设计洪水计算精度的因素较多,如果仅根据实测洪水系列和实测暴雨系列而没有历史洪水及大暴雨资料,则计算的设计洪水一般偏小。因此,应从资料条件、参数选用、抽样误差等多方面进行综合分析,判定校核洪水是否需要加安全修正值。

直接用实测流量系列计算设计洪水时,原始资料精度、系列代表性、历史洪水调查考证深度等因素均会影响到统计参数和设计值的合理性;用暴雨资料计算设计洪水,涉及因素和中间环节更多,资料条件和计算方法都会给计算成果带来影响。因此,应对各方面因素和计算环节进行综合分析,认为校核标准的成果有

偏小的可能时应加安全修正值。

安全修正值采用多少,可根据综合分析成果偏小的可能幅度并参考抽样误差计算结果来确定。根据统计学估计的设计洪水抽样误差,与洪水总体分布以及估计方法有关。一般根据样本来估计抽样误差。

当总体分布为皮尔逊 Ⅲ 型分布,根据 n 年连序系列采用绝对值和准则适线估计频率曲线统计参数时,设计洪水的抽样方差也可按附录 A 中所列公式估计。我国大、中型水利水电工程设计洪水计算时所依据的洪水系列中一般有历史洪水,系列是不连序的,适线准则与公式的假设前提可能不相符,但计算结果可以参考。

1.0.13 根据水利水电勘测设计标准体系的总体安排,本规范是以各类水利水电工程设计洪水计算的原则、条件、计算方法等为主要内容。由于设计洪水分析计算涉及的范围广泛,如水文测验、防洪标准、工程规划、水利计算等,因此设计洪水计算还应符合国家现行的相关标准的规定。

2 基本资料

2.1 资料搜集与复核

2.1.1 基本资料是设计洪水分析计算的基础。应当根据流域自然地理特性、工程特点及设计洪水计算方法,广泛搜集整理有关资料。一类是流域自然地理特性及与产流、汇流有关的河道特征等资料,如流域及工程地理位置、流域面积、地形、冰川冻土及冰湖的规模和分布、雪崩、泥石流、岩溶发育情况、河长、坡度等;一类是分析计算设计洪水需直接引用的水文气象资料,如暴雨、洪水、历史洪水调查及潮位资料;还有一类就是以往规划设计报告及产流、汇流分析成果等资料。

当流域治理、开发程度较高或已建工程规模较大,明显影响了洪水资料系列的一致性,需要进行一致性处理时,应搜集流域内已(在)建的大、中型水库资料及蓄水、引水、提水工程、分洪溃口、水土保持等方面的资料。

2.1.2 计算设计洪水所依据的暴雨、洪水资料一般为不同历史时期所积累,其精度各异,因此对有关资料进行合理性检查是必要的,特别是应重点检查和复核测验精度较差的资料、大暴雨洪水资料及明显受自然和人为因素影响时期的资料。当大洪水采用浮标测流、且缺乏高水流速仪比测资料时,应组织进行比测,以分析所采用的浮标系数的合理性。大暴雨洪水资料应着重进行地区上的暴雨洪水的综合分析比较,以论证观测成果的合理性。明显受自然和人为因素影响时期的资料,应分析影响因素和程度。

计算设计洪水采用的水(潮)位、流量资料其重点复核内容如下:

1 水(潮)位观测资料。由于不同时期引用的水准基面、水尺断面、水尺零点高程可能不完全一致,以至影响水(潮)位精度。在汛期,特别是大洪水时,有时存在缺测、漏测以及失真等问题,因此对上述情况应逐项进行了解复查,对存在的问题应进行改正。

2 流量测验资料。由于受测站控制条件、测验设施及方法的影响,存在的问题比较复杂。如高水测洪能力不够,采用浮标测流,浮标系数往往是假定或者根据中低水位的系数加以外延确定;采用水面一点法测流,也存在水面流速系数

的确定问题；还有计算流量断面的借用问题等，因此大洪水的浮标系数、水面流速系数、借用断面、水位流量关系曲线的高水延长及其变化规律等问题应作为复查重点。

2.1.3 对资料复核过程中发现的问题，如是水文测验允许误差，或对水文计算成果影响甚小可不改，情况不明时可暂时不改，但是明显错误或影响较大的系统性偏差，应进行改正，并写出报告建档备查。

2.2 洪水系列的一致性处理

2.2.2 影响洪水系列一致性的因素复杂多变，因此洪水系列的一致性处理极为复杂，具体处理方式和方法应根据影响因素的特点和工程设计需要确定。

1 水库溃坝、堤防溃决、分蓄洪工程启用等都具有突发性，对下游洪水影响较大，应将受这些因素影响的洪水还原到天然状况。

2 实测洪水系列受上游已建的大、中型蓄水工程、引水和提水工程等影响较大时，应将受这些工程影响的洪水还原至天然状况。设计洪水计算时，一般都有历史洪水，而历史洪水发生时往往上游还没有已建工程的影响，属天然洪水，与还原的洪水系列组成不连序系列，以保持洪水系列的一致性。

3 对已建水库工程进行设计洪水复核时，建库前的坝址洪水系列和建库后的入库洪水系列不一致，应将两者处理为具有一致性的洪水系列。处理的基本原则是水量平衡，常用的处理方法是假定建库前后入库与坝址的某一时段洪量相等，分别建立坝址洪峰流量、入库洪峰流量与该时段洪量的相关关系，利用两者洪量相等，从相关线上分别获得入库与坝址洪峰流量或者短时段洪量，从而插补出入库洪峰、短时段洪量的入库或坝址洪水系列。

4 随着堤防防洪标准及防洪能力的逐步提高，原来堤防遇一般洪水就漫溃，目前遇超标洪水才有可能漫溃，在时间序列中，洪水系列就存在不一致性。因此，一方面，应将漫溃洪水还原为受堤防约束的归槽洪水，其还原方法可采用马斯京根法或槽蓄曲线法，将上游入流演进至设计断面，演算时应选用归槽洪水时的参数。另一方面也应将归槽洪水按一定的堤防标准或全部漫溃的堤防水平，将洪水系列还原为无堤防约束的天然洪水，具体还原时，可将演算河段的槽蓄量当作有一定调蓄能力的调蓄容积曲线，用水量平衡方法或马斯京根法演算成天然

洪水。

事实上,需要还原为归槽洪水或天然洪水的年份一般不多,只有比较大的洪水才存在归槽与不归槽的问题,中小洪水可不考虑归槽与还原问题。。

2.2.3 在河流的中、下游,特别是平原地区的河流,河道或堤防大规模进行整治时,改变了河道水位特性,如对有的河段进行裁弯,缩短了河长,有的对河床进行扩宽或缩窄,从而影响了整治前后水位的一致性,在进行水位分析计算时,宜将整治前的观测水位处理成现状条件下的水位。

有的水位站或潮位站,由于周边大量的城市建筑及地下水的过渡开采,地面发生沉降,使观测的水(潮)位产生系统偏高。因此,应逐年将观测的水(潮)位进行改正,处理成现状条件下的水(潮)位。

2.2.4 对洪水一致性处理后的成果应从影响因素、一致性处理方法、有关演算参数等方面进行综合分析,并作合理性检查后予以确定。

2.3 洪水、暴雨和潮位资料系列的插补延长

2.3.1 当设计依据站观测系列较短,或在观测期内有缺测资料时,为了使采用的洪水系列具有代表性、连续性,可根据资料条件采用下列方法对洪水资料进行插补延长。

1 当设计依据站水位观测系列长、流量观测系列短或某些年份流量缺测时,可利用本站水位流量关系插补延长流量系列。

2 如用上、下游站的相应水位或相应流量进行相关插补,只有当区间面积较小才可直接利用两者的相关关系插补;如区间面积较大,则应分析洪水特性,加入适当的参数进行插补延长。

3 设计依据站洪峰流量与洪量之间或不同时段洪量之间的相关关系较好时,可相互插补延长所需要年份的洪峰流量或洪量。

4 对某些缺测年份,可利用暴雨与洪水相关或通过产流、汇流方法计算出洪水过程线,求得洪峰流量和各时段洪量。

5 冰川融雪地区,可通过分析洪水的组成及与其相关的气象影响因素,选择与洪水要素关系较好的气象要素(如气温、降水强度等),建立洪水要素与相关气象要素的相关关系,据以插补延长洪水系列。如冰川、积雪比例较大的流域,

其洪水过程与气温具有较好的关系,可建立气温与洪水要素的相关关系,插补延长洪水系列。

2.3.2 采用点暴雨或面暴雨计算设计洪水,当资料系列不足 30 年或实测系列中有缺测年份时,应进行插补延长。本条中所列的三种方法,第一种方法只适用于插补点暴雨,第二种方法可直接从等值线图上查该处点暴雨,也可量算出面暴雨,第三种方法主要是针对调查洪水或历史洪水而言,且直接插补出的是面暴雨,但该种方法使用较少。

2.3.3 当设计潮位站实测系列较短或实测期内有缺测资料时,为了使所采用的潮位资料系列具有代表性、连续性,应进行插补延长。如设计站潮位资料较短,邻近站潮位资料系列较长,可用邻近站插补设计站潮位资料。但两站之间应符合潮汐性质相似、地理位置邻近、受河流径流(包括汛期)影响和风暴潮增水影响相似等条件,且两站同期潮位资料具有较好的相关关系。

2.3.4 采用相关插补延长洪水、暴雨、潮位资料,相关关系较好时外延幅度可稍大些,反之要小些。

2.3.5 对插补的暴雨、洪水和潮位资料应进行合理性分析。插补延长的暴雨、洪水和潮位资料的可靠程度,受基本资料的精度、实测点据的数量及变幅、相关程度以及外延幅度等多种因素的影响,因此任何一种因素都可能影响插补延长的成果质量。为保证所采用资料的精度,应对相关关系的突出点据进行分析,合理采用。对插补延长的洪水成果应从上、下游的水量平衡,上、下游洪峰流量或时段洪量相关关系,上、下游相应水位相关关系,本站洪峰流量和洪量、长短时段洪量相关关系及降雨径流关系的变化规律等方面进行综合分析,检查插补成果的合理性。对插补的暴雨成果应从暴雨成因、暴雨地区分布规律等方面进行合理性分析。对插补延长的潮位资料应从潮汐过程、逐日、逐月、逐年高低潮位的变化规律、涨落潮差等方面进行合理性分析。

2.4 历史洪水、暴雨和潮位的调查与考证

2.4.1 设计洪水分析计算要求具有较长系列的水文资料作基础。用短期资料计算设计洪水,成果可靠度较差,当充分考虑历史洪水资料后,计算成果可以得到显著改善。根据我国早期 50 座大型水库统计,在使用了历史洪水以后的设计洪

水数据经多次复核计算，始终比较稳定。在设计洪水计算中应充分运用历史洪水资料，这是我国水利水电工程实践所得到的一条重要经验。

全国大多数河流都进行过历史洪水调查，并取得了大量的调查成果。1979年后，水利部组织有关单位将以往调查的洪水资料进行了全面的搜集、整理、汇编。经筛选、率定，全国共有 6500 个河段的调查洪水成果，并由各省（直辖市、自治区）和流域机构分别刊布。

在使用调查洪水资料汇编成果时，应当注意不同河段或同一河段不同年份洪峰流量的精度往往不同，因此在使用之前应对河段资料整编情况进行全面了解，对重大的历史洪水调查成果应作进一步检查、核实。复核的重点应侧重在所选用估算流量的方法及各项计算参数是否适当和合理。有条件时，应根据近期所发生的大洪水，对原采用的水位流量关系曲线、高水糙率、比降等参数进行率定。

除掌握调查洪水资料外，还应通过历史文献、文物资料的考证，进一步了解更长历史时期内大洪水发生的情况和次数，以便合理确定历史洪水的重现期。

由于我国雨量站网密度总体较稀，且分布不均匀，暴雨中心的雨量往往不易观测到，尤其是在干旱地区，经常发生局地性大强度暴雨，而这些地区站网密度更稀，因此用暴雨计算设计洪水时，暴雨调查更有必要。国内一些点暴雨极值也是通过调查获得的。因此，对近期发生的大暴雨进行调查是非常必要的。对近期发生的大洪水，在没有水文测站的河段或由于水文测验设施等限制没有观测到时，还应及时进行洪水调查。对滨海地区近期发生的特大潮也应及时进行调查。

2.4.2 进行历史洪水调查时，不仅要调查最高洪水位、洪水涨落过程和洪水发生日期，还应注意调查洪水成因，对特殊原因造成的洪水（溃坝、冰湖溃决等）应加以说明，以便在设计洪水计算时确定处理办法。另外，还应调查了解与估算流量有关的各项要素。历史洪水年代较远，有的河道自然条件的变化和人类活动的影响，可能使河道的泄洪能力发生变化，在调查洪水中所施测的横断面、河床质的组成等情况，都只反映调查时的状况，与历史洪水发生时期的情况可能有较大的差别，因而影响流量计算的精度。如黄河龙门河段，近 100 年来河床淤高近 10m，这种变化对于合理确定计算参数有很大影响，因此应引起足够重视。对调查到的大洪水，还应从流域雨情、水情、灾情等方面进行综合分析。

平原地区地势平坦，河网密布，湖沼甚多，流向往复，洪水时溃堤破圩，造成洪水过程严重变形。因此，平原地区的洪水调查，应充分了解分洪或滞、蓄洪

的地点、时间、过程及分洪水流的去向等，以便进行还原计算。涝渍地区还应注意了解成灾雨型的特点、最高积水水位和相应影响范围、积水排泄所需时间、以及涝渍地区洪水与承泄区最高水位的遭遇情况等。

滨海及河口感潮段历史潮位的调查，应着重调查最高、最低潮水位及发生日期、持续时间及过程，同时宜收集台风（热带气旋）路径、风向风速、浪高等资料，调查分析天文潮与风暴潮的组合情况。对感潮河段还应调查上游洪水与高潮位的遭遇情况。

2.4.3 调查洪水洪峰流量的推算，常用的有下列三种方法。

1 当调查河段附近有水文站、且河床较稳定时，可将调查洪水位推算至水文站断面，用水位流量关系推求历史洪水洪峰流量。当用此方法时，一般需要将水位流量关系外延。外延时应注意分析水面比降、河床糙率、断面形态等因素随水位升高而变化的情况，如外延幅度较大，应采用其他方法进行验算。

如果河床冲淤变化较大时，则需考虑历史洪水发生时的河床情况。

2 比降法是历史洪水洪峰流量推算中应用较多的一种方法。当河段顺直、河段内断面变化不大时，一般采用稳定均匀流公式。如河段内断面沿水流方向逐渐扩散或逐渐收缩时，应采用非稳定均匀流公式。

采用比降法推算流量时，应注意河床糙率、过水断面面积和水面比降等计算参数的合理确定。

3 采用水面曲线法推算洪峰流量时，应对河段流态的变化进行调查了解，同时应注意各分段糙率值的合理选用。当条件允许时，应采用多种方法推算历史洪水的洪峰洪量，然后进行综合分析，合理确定。

2.4.4 当历史洪水有调查的洪水位过程时，可根据其水位过程推求流量过程和各时段洪量；也可根据实测洪水的峰量关系计算历史洪水的洪量。由于峰量关系受降雨时空分布、流域汇流及洪水地区组成等条件的影响，峰量不一定是单一关系。因此，需要通过调查访问，并结合文献资料，分析判断洪水过程的类型，选择相应类型的峰量关系。

2.4.5 历史洪水的洪峰流量和时段洪量，除了从计算流量时所选用的有关参数及方法进行分析检查外，还应从地区上进行综合分析。暴雨洪水的时空分布在流域面上或一个地区有一定的规律，对同一次洪水可通过本流域的上下游、干支流或相邻流域的资料作对比分析。当成果明显不协调时，应补充分析论证，必要时

予以调整。

2.4.6 古洪水是指发生距今久远，需通过考古方法测定其发生年代的大洪水。当设计流域缺乏久远年份历史洪水调查资料，设计工程为特别重要的大型水库时，可根据工程设计需要开展古洪水调查考证分析，以提高设计洪水成果的精度。我国响洪甸、黄壁庄、三峡、小浪底、恰甫其海等工程曾开展过古洪水的应用研究。

大洪水发生时，常伴随枯枝落叶、孢子、花粉等有机物随水漂浮，并在适当的位置或特殊地形处留存；冲积性河流，常有平流沉积物存在，这为我们确定洪水位和测定洪水发生年代提供了物证。古洪水取样应现场搜取支沟、岩缝、洞穴等处较易留存，且未遭污染和扰动的洪痕特征物，所获得的洪痕样品应注意封存，避免污染。在开展古洪水调查分析时，还应考证流域内地质、地震等活动情况，并特别注意河槽及断面稳定性。

古洪水发生年代是确定本次洪水和其它场次洪水重现期的重要依据，一般通过¹⁴C测定各个洪痕样品的发生年代和误差，条件允许时也可采用光电似年法和其它考古方法。

2.4.7 通过现场调查测量，一般可以取得调查期内若干次历史大洪水的定量资料。调查期的长度在我国人口稠密的中部和东部地区一般可达200年，西部以及边远地区约可达100年。我国历史文献较为丰富，通过文献和文物资料的考证，可以了解到更远年代的大洪水和高潮位情况。文献记载多属于描述性质，大多难以定量，但可以了解到在文献考证期内大洪水和高潮位发生的年份、次数、量级及大小顺位。根据文献记载中有关洪水淹没地、物、建筑物的破坏程度等与已有的文字描述及有定量的调查洪水与潮位的对比，可以分析各次洪水和潮位的量级范围与大小序位，以合理确定历史洪水的重现期。

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 计算年(期)设计洪水,一般采用年(期)最大值选样。洪峰流量每年(期)只选取最大的一个值,洪量采用固定时段独立选取年(期)最大值。时段的选定,应根据汛期洪水过程变化、水库调洪能力和调洪方式以及下游河段有无防洪、错峰要求等因素确定。当有连续多峰洪水、下游有防洪要求、防洪库容较大时,则设计时段较长,反之较短。一般常用时段为12小时、24小时、3天(或72小时)、5天、7天、10天、15天、30天等。

洪水系列的选取应满足频率计算中关于样本独立、同分布的要求,洪水的形成条件应具有同一基础。许多地区的洪水常由不同成因(如融雪、暴雨)、不同类型(如台风、锋面)暴雨形成。一般认为它们是不同分布的,不宜把它们混在一起作为一个洪水系列进行频率计算,也不能把由于垮坝所形成的洪水加入系列作频率计算。

当设计流域内不同时期洪水成因明显不同、且变化规律较明显时,可按季节或成因分期。计算施工分期设计洪水时,分期还要考虑施工分期的需要。确定分期后,各期洪水系列按该期内(分跨期和不跨期)的最大值选样。

3.1.2 为在机率格纸上点绘系列中各项洪水,就需知道它们的频率。由于总体未知,洪水频率也是未知的。为了估计它们,通常将系列中各项洪水按量值从大到小排列。这时,各项洪水和它们的频率都是次序统计量。按照水文频率分析理论,取洪水频率次序统计量的数学期望值 $E(p_m)$,作为各项洪水的经验频率。

近年来,国内外一些研究指出:采用现行数学期望公式会使适线法估计的频率曲线统计参数和设计值含有正的偏差。最近南京水利科学研究院提出了皮尔逊

型分布偏态系数在0~10范围内、样本长度1000以内的任意偏态系数和任意样本长度的纵标期望值绘点位置快速高精度数值计算问题,使纵标期望值绘点位置适线应用于生产实践有望成为可能。但考虑到适线法绘点位置的改变是事关全国工程设计界的关键问题,并且目前纵标期望值绘点位置适线法的实用性研究工作还做得不够,故本规范修订时仍采用数学期望值 $E(P_m)$ 作为适线法的绘点位置。对纵标期望值绘点位置适线法的各个技术环节,仍有待于进一步进行实用性研

究。

3.1.3 我国大、中型水利水电工程设计洪水计算中使用的洪水系列一般都含有历史洪水（或作特大值处理的实测洪水），对于这类不连序系列的洪水经验频率公式，目前国内一般有两种方法。

一种方法是：将已知的 a 个历史洪水和 n 个实测洪水看成是从所研究水文总体中抽出的一个容量为 N （调查期）的系列，其中 a 个历史洪水的序位可通过调查、考证确定，因而是已知的；而 n 个实测洪水的序位是不确定的，尚有 $N-a-n$ 个洪水值未知。在此前提下，已推导出洪水频率次序统计量的数学期望公式，如本规范中式（3.1.3-1）和式（3.1.3-2）。

另一种方法是：将实测系列与特大洪水系列看成是从所研究总体中独立抽出的两个或几个连序系列，故各项洪水可在各个系列中分别进行排位。因此认为，特大洪水和实测洪水的经验频率可分别采用式（3.1.3-1）和式（3.1.3-3）确定。从这些公式可以看出：实测洪水系列和特大洪水系列的容量显然分别被取作 n 和 N 。但是众所周知，调查期 N 是从分析之时起向后追溯计算确定的， N 中包括了实测期 n ，况且年最大值每年只能有一个，因而，上述特大值系列必包含了实测洪水系列，这样的两个系列是不可能相互独立的。这就与本方法的假设前提相抵触。为了使这两个系列能保持相互独立，特大值系列的容量应取 $N-n$ ，而不应是 N 。但这样取时，就不可能得出公式（3.1.3-3）。因此，这一处理方法是有缺陷的。另外，使用这一方法，在机率格纸上可能会引起历史洪水和实测洪水间的重叠，尤其当历史洪水个数较多、实测系列长度较长时更为明显，应引起注意。

最近研究表明，当取特大洪水的系列容量为 $N-n$ 年时，应用统计学方法推导出的洪水频率数学期望和采用前一种方法所推导的公式，即公式（3.1.3-1）和式（3.1.3-2）是相同的。

历史洪水对频率计算成果有重大影响，但历史洪水数值及其序位、重现期等的不确定度又要比实测洪水的大。因此，在适线调整、计算参数时，无论采用何种准则或经验适线，都应慎重对待。不应把一些量值和实测系列中大洪水相差不大的调查洪水也当作历史特大洪水，也不应把那些精度很差、又缺乏根据的历史洪水资料加入系列，重点应放在分析、论证少数特大洪水的定量计算和重现期的确定上，并尽可能估计它们可能的误差，以便提高洪水频率分析的精度。

3.1.4 洪水总体的频率曲线线型是未知的。目前只能选用能较好地拟合大多数

较长洪水系列的线型来分析洪水统计规律。20 世纪 50 年代以来, 根据我国洪水资料的验证, 认为皮尔逊 Ⅲ 型曲线能适合我国大多数洪水系列。此后, 我国洪水频率分析一直采用皮尔逊 Ⅲ 型曲线。但考虑到我国幅员辽阔, 各地水文情势差别甚远, 洪水成因各地不一, 而且皮尔逊 Ⅲ 型曲线也有一定的局限性, 特别当偏态系数 C_s 较大时, 曲线下端过于平坦, 似乎某个小洪水即能代表该站洪水最小值, 而实测最小洪水却又往往要小得多; 又当 $C_s > 2$ 时, 皮尔逊 Ⅲ 型概率密度函数呈“乙”字型, 而许多干旱、半干旱地区的中、小河流洪水, 虽然 C_s 常大于 2, 但经验柱状图仍呈铃形, 这时, 即使调整了参数, 也难以得出满意的适线结果。所以, 对特殊情况, 并经专门的分析论证, 可以采用其它线型。

3.1.5 皮尔逊 Ⅲ 型曲线的三个参数可用均值 $\bar{X}$ 、变差系数 C_v 和偏态系数 C_s 表示, 它们分别有其统计意义: 均值 $\bar{X}$ 表示洪水的平均数量水平; C_v 表示洪水年际变化剧烈程度; C_s 表示年际变化的不对称度。

在频率分析中, 要求估计的频率曲线与经验点据拟合良好, 并希望它具有良好的统计特性。根据我国多年实践经验和目前频率分析学术水平, 估计频率曲线的统计参数可按下列三个步骤进行。

1 初步估计参数。一般首先采用参数估计法, 如采用矩法估计统计参数。由于含有系统的计算误差, 这样得到的频率曲线常与经验点据拟合较差, 并且, 在大多数情况下都是偏小的。但是可将这些参数值作为下一步适线调整的初始值。选择初始值是采用适线法估计参数的重要环节。由于矩法简单易行, 因此使用最广。但有时经验点据规律性较差, 因此也可采用其它方法, 如概率权重矩法、线性矩法等, 以使适线迭代过程能迅速收敛。

2 采用适线法来调整上述初步估计的参数, 以期获得一条与经验点据拟合良好的频率曲线。目前我国实际工作中采用的适线法有两种: 一种是先选择适线目标函数(即适线准则), 然后求解相应的最优统计参数。另一种是经验适线法。

选择适线准则时, 应考虑洪水资料精度, 并且要便于分析、求解。当系列内各项洪水(绝对)误差比较均匀时, 可考虑采用离差平方和准则或离差绝对值和准则; 当不同量级的洪水(尤其是历史洪水)误差差别较大、但相对误差比较均匀时, 可考虑采用相对离差平方和准则, 这种方法不仅较前两种更符合水文资料的误差特点, 而且具有更良好的统计特性。近年研究表明, 当洪水点据准确(即

理想系列)时,适线法能给出参数的准确解;当点据不准确(例如实际使用的洪水系列)时,适线法能给出某种准则下统计参数的最优解。

经验适线法简易、灵活,能反映设计人员的经验,但难以避免设计人员的主观任意性;而且为适线方便,按地区规律,经验拟定 C_s/C_v 值。适线时,应尽量照顾点群的趋势,使曲线通过点群中心。如点线配合不佳时,可侧重考虑上部和中部的点据,并使曲线尽量靠近精度较高的点据。对于特大洪水,应分析它们可能的误差范围,不宜机械地通过特大洪水,而使频率曲线脱离点群。

3 最后确定参数时,为了避免由个别系列引起的任意性,还应与本站长短历时洪量和邻近地区测站统计参数和设计值进行对比分析。分析中应注意各站洪水系列的可靠性、代表性及计算结果的精度。通过上述初估、适线和综合对比分析,就可得到比较合理的、能满足水利水电工程设计要求的洪水频率曲线。

3.1.6 当工程地点及附近没有水文实测资料,或虽有实测资料,但系列太短,又不可能插补延长时,就没有条件采用洪水频率分析方法确定设计洪水。这时,可采用地区综合法。地区综合法应使用暴雨一致区的水文资料及设计洪水成果。

3.1.7 本条一般适用于设计流域及邻近地区都缺乏实测资料、又不能插补延长、且工程设计标准不高、又有比较可靠的调查历史洪水可资应用的情况,这时可直接应用历史洪水或进行适当调整,作为工程设计洪水。

有些特殊情况下,也可直接应用历史洪水或实测典型洪水作为工程设计洪水。如平原地区一般河道比降平缓、河网水系及江湖关系复杂,洪水季节主要靠两岸堤防束水。大洪水或特大洪水时,常遇堤防溃决或人工分洪、蓄洪,加之河道及湖泊逐年冲淤情况不一,致使实测洪水系列不能反映实际的天然洪水特征,并存在严重的洪水系列的不一致性问题,推求控制断面设计洪水的峰量值比较困难,误差也较大。在这种情况下,通常直接采用那些可以较准确确定经验重现期的历史洪水或典型大洪水作为工程设计洪水。

3.1.8 平原地区由于防御洪水的要求和标准逐步提高,堤防是逐步加高加固的,使得洪水系列存在不一致性,需计算归槽洪水系列和堤防溃决后(或无堤防)的天然洪水系列。在计算设计洪水时,应当分别按两种洪水系列计算设计洪水,因而在同一设计断面、同一统计时段的峰或量,具有两条洪水频率曲线,中、小洪水时两条频率曲线是重合的,如5年一遇以下的部分,两者具有同一数值。当洪水增大,便有可能产生堤防溃决,才使两条频率曲线逐渐分开。在低标准与高标

准洪水范围内，归槽洪水与天然洪水频率曲线间应当有一个过渡内插段，以便设计采用。过渡段也可以是高低标准之间的直线连接，也可采用部分归槽分析法，计算不同标准洪水的内插值。

3.2 设计洪水过程线

3.2.1 设计洪水是一种稀遇的洪水，用来确定工程规模，所以应选取资料可靠、具有代表性、对工程防洪又较不利的大洪水作为典型洪水过程线。

在选择典型时，应对设计流域内的洪水，尤其是特大洪水的形成规律和气象条件加以分析。同时，应分析洪水过程线的特征，如大洪水出现的时间、季节、峰型、主峰位置、上涨历时、洪量集中程度等。参照这些规律和特点，选择有代表性的洪水过程线作为典型。

设计洪水复核时，应注意分析增加的洪水系列中新的大洪水典型，必要时应补充新增典型计算设计洪水过程线。

入库典型洪水的选择原则，还应考虑区间出现较大洪水的情况。

3.2.2 放大典型洪水过程线时，应考虑工程防洪设计要求和流域洪水特性。峰、量都对工程防洪安全起作用时，可采用按设计洪峰流量、时段洪量控制放大，即同频率放大。但是，为了不致严重地破坏洪水时程分配特征，控制时段不宜选择过多，以 2~3 个时段为宜。放大过程中，当发生洪水变形时，可适当加以修正，或另寻合适的典型。工程防洪主要由洪峰或某个时段洪量控制时，可采用按设计洪峰或某个时段洪量控制同倍比放大。

3.3 入库设计洪水

3.3.1 计算入库洪水，应合理确定水库周边位置，所确定的干支流入库断面应基本上不受回水影响。根据国内 40 余座大型水库统计，典型年的入库洪水计算，绝大部分采用流量资料计算，也有采用雨量资料计算的。使用的方法有流量叠加法、马斯京根法、槽蓄曲线法和建库后的水量平衡法。

1 当干流及主要支流有实测水文资料，干流水文站以下至坝址未控区间有雨量资料时，可采用流量叠加法计算入库洪水。此法的关键是如何正确地计算区间入库洪水，应将计算的典型区间入库洪水与干支流相应的实测流量叠加，按

天然状态下演算至坝址或坝址上下游附近的水文站断面后与实测流量比较,以检验采用的产流、汇流参数及计算的区间入库洪水的合理性。若依据的干支流水文站距入库断面较远,应将其洪水演算到入库断面处,然后与区间洪水叠加。采用流量叠加法不仅可以计算集中的入库洪水,还可根据水库调洪要求计算分区入库洪水。

2 当资料不能满足用流量叠加法且汇入库区的支流较少时,可采用流量反演法推算入库洪水。用马斯京根法反演时应将其公式变换,按相反的程序演算,由时段末的出流计算时段初的入流,并合理确定演算参数。用槽蓄曲线法反推入库洪水关键是槽蓄曲线的精度。

采用上述方法时,均应将典型年的流量资料按天然状态顺演至坝址与实测流量比较,以检验所选用的参数及槽蓄曲线的合理性。用流量反演法只能计算集中的入库洪水,这种方法只考虑了槽蓄量对入库洪水的影响。

3 已建水库的入库洪水计算适宜于应用水量平衡法,一般用静库容曲线与水库下泄流量计算。当水库动库容较大时,宜采用动库容曲线计算。

当需要而又有条件计算历年入库洪水时,一般通过建立入库与坝址之间的洪峰(洪量)关系,用坝址的峰、量插补出包括历史洪水的历年入库洪峰流量及各时段的洪量。

3.3.2 据调查,采用入库设计洪水作为设计依据的工程,绝大部分采用集中入库设计洪水。这种形式的入库设计洪水,一般能满足设计要求,但有的水库,因库区较长,区间洪水分布不集中,动库容调洪影响较大,或由于设计要求,需采用分区入库洪水。根据设计要求及资料条件,可采用下列方法计算入库设计洪水。

1 有条件计算出包括历史洪水的历年入库洪水系列时,可按本规范 3.1 节的规定,确定入库洪水的统计参数及设计值。然后将已计算的典型入库洪水,按设计倍比放大求得分区或集中的入库设计洪水。

计算集中的入库设计洪水可采用同倍比或峰量同频率放大典型入库洪水。计算分区入库设计洪水时,可按峰或量的同一倍比放大各分区的典型入库洪水;需要按同频率控制放大时,则应按同频率地区组成方法,确定各分区的设计量,然后放大各分区典型洪水。

2 当不能计算出入库洪水系列时,计算集中的入库设计洪水,可按坝址同倍比或峰量同频率控制放大典型入库洪水过程;计算分区入库设计洪水,一般按

坝址洪量的倍比放大各分区入库典型洪水过程。

3 当库区无大支流汇入，且区间面积较小时，可将坝址设计洪水采用流量反演法计算为集中的入库设计洪水。采用这种方法计算入库洪水时，应引起注意的是，当库区回水较长，反演时若以库周边为控制，则夸大了区间入库洪水的槽蓄作用，宜根据具体情况分析反演的终点。

3.4 汛期分期设计洪水

3.4.1 有的地区，汛期内洪水存在明显的季节性特征，洪水成因各异，如嘉陵江和汉江有夏季洪水和秋季洪水之分；东南沿海及长江下游地区有梅雨和台风雨之别；淮河以北地区汛期多为 6~9 月，但大洪水主要分布在 7、8 月。洪水随季节变化的这种特性，仅以年最大设计洪水为依据制定的工程调度运行方案明显不利于发挥工程的最大效益。因此，为适应工程运行需要，应计算更能反映流域洪水特性的分期设计洪水。

3.4.2 我国很多水库都具有防洪任务，设置有防洪库容，但年最大洪水在年内发生的时期及数量具有不确定性，年最大洪水多发生在主汛期，其它时段则多为一般洪水。当汛期均采用根据年最大洪水确定的防洪库容或汛限水位来调度时，可能形成大量库容资源不能得到充分利用。

为了解决防洪与兴利的矛盾，并充分利用汛期洪水资源，拟定设计洪水时，根据年内不同时期洪水发生的特性，计算分期设计洪水，便于水库调度时在不同时期内依据相应的分期设计洪水，预留相应的防洪库容，从而减少防洪与兴利的矛盾。比如在我国东南沿海地区梅雨与台风雨发生的时间与成因具有明显的不同，台风雨要大于梅雨，产生的洪水也是前者大于后者。按梅雨与台风雨发生的时段分期，拟定分期设计洪水，并设置不同防洪库容，以减少防洪与兴利的矛盾。但分期的划分一定要有洪水成因上的明显区别。在划定洪水分期时，可从洪水在各时期的量级变化上进行分析。

3.4.3 汛期分期洪水的样本系列应在分期内选定，当洪水过程跨越了确定的分期界限时，选样时应当考虑洪水过程的完整性。

3.4.4 当上游水库按分期设计洪水调度时，应计算上游水库至设计断面区间相应的分期设计洪水，并与上游水库的下泄流量过程叠加计算设计断面的分期设计

洪水，其分期的起迄日期应与上游水库的分期协调。

3.4.5 历年分期洪水选样原则为分期内最大值，因此在考虑历史洪水时，其重现期应遵循分期洪水系列的选择原则，在分期内考证。分期考证的历史洪水重现期应不短于其在年最大洪水系列中的重现期。

3.4.6 洪水的年际变化较大，分期内的历史洪水调查与考证难度较大，特别是系列较短时，分期洪水频率计算成果的抽样误差要比年最大洪水的大。一般情况下应将分期洪水的均值及各种频率的设计值绘于同一分布图上，分析季节或分期变化规律，并与年最大洪水的频率计算成果加以比较。在使用范围内，各分期的洪水不允许与年最大洪水的频率曲线相互交叉，分期洪水设计值不应超过年最大设计洪水值，如不协调，应加以调整。

3.5 施工分期设计洪水

3.5.1 为了满足工程施工设计的需要，应结合洪水特性和施工期的安排确定施工所需的分期设计洪水。洪水年内变化有一定的规律，而各年洪水季节的起迄日期并不一致，分期内的历史洪水调查与考证难以做到，各施工分期洪水系列的代表性不如年最大洪水系列的代表性好。为了保证施工期最大洪水系列能满足本规范 1.0.6 条的要求及分期设计洪水的精度，分期不应太短，一般不宜短于一个月。施工洪水分期拟定时，可通过最大流量散布图拟定分期时段。

3.5.2 施工分期的起迄日期，应根据流域洪水的季节变化规律，并考虑设计需要确定。由于洪水出现的偶然性，各年分期洪水的最大值不一定正好在所定的分期内，可能往前或往后错开几天。因此，在用分期年最大值选样时，有跨期或不跨期两种选样方法。跨期选样时，为了反映每个分期的洪水特征，跨期选样的日期不宜超过 5~10 日。

跨期选样计算的施工设计洪水，由于系列中已反映了洪水出现时间上一定的偶然性，因此使用时不应再跨期。

3.5.3 当有较长实测水文资料，施工设计标准又较低时，可以按施工设计的要求，直接根据实测系列进行经验频率分析，并以此确定不同设计频率的施工洪水成果。

3.5.4 上游有调蓄影响较大的水库工程时，施工分期设计洪水计算应考虑上游水

库的调蓄影响。汛期施工分期设计洪水，应参照本规范第 5 章所列的方法，根据上游水库调度规程，对上游水库洪水进行调节计算，并与区间洪水进行组合，推求设计断面施工分期设计洪水。

在枯水期，上游水库一般按发电或灌溉、供水等需求下泄流量，水库下泄的流量，可能是水电站装机满发的泄流量或者灌溉、供水等的泄流量，也可能是满足生态用水的泄流量。因此，计算枯水期受上游水库影响的施工分期设计洪水，一般是将上游水库坝址至设计断面区间设计洪水与同期水库最大下泄流量叠加。

3.5.5 施工分期设计洪水应参照本规范 3.4 节规定的合理性分析原则，对施工分期设计洪水成果的合理性进行综合分析。由于施工分期需考虑工程施工工期的合理安排，往往分期较多，因此在合理性分析检查时，还应注意分析年内各分期的洪水参数和设计洪水的变化规律，明显不协调时，应作适当调整。

在分析上游水库调蓄对施工分期设计洪水的影响时，一般还分析天然状态下的施工分期设计洪水，受上游水库调蓄影响的枯水季节施工分期设计洪水一般大于天然情况下的枯水季节施工分期设计洪水。

4 根据暴雨资料计算设计洪水

4.1 设计暴雨

4.1.1 当设计流域内具有一定雨量资料时，一般假定设计暴雨与相应的设计洪水同频率，而由设计暴雨计算设计洪水。对于水利水电工程，设计暴雨包括设计流域各种历时的面雨量、设计暴雨的时程分配、设计暴雨在流域面上的分布图形。对于排涝工程，设计暴雨包括涝区设计暴雨历时、设计面暴雨量、设计暴雨的时程分配。排涝工程设计暴雨历时的取用，应根据排涝面积、地面坡度、植被条件、作物种类分布、暴雨特性及暴雨量等情况决定，一般为 1~3 天。对于涝区面积较大，具有滞涝容积的排涝工程，应采用较长的设计暴雨历时；反之采用较短的设计暴雨历时。根据我国华北平原地区实测暴雨资料分析，对于 $100 \text{ km}^2 \sim 500 \text{ km}^2$ 的排水面积，洪水主要由 1 天暴雨形成；对于 $500 \text{ km}^2 \sim 5000 \text{ km}^2$ 的排水面积，洪水一般由 3 天暴雨形成。

在计算设计暴雨时，应根据流域或涝区特性、资料条件及计算设计洪水需要，确定设计暴雨的计算内容。

4.1.2 由设计暴雨计算设计洪水，一般应采用流域或涝区面暴雨系列，以频率分析方法直接计算设计暴雨。但由于资料条件及流域或涝区面积的不同，也可用间接的方法推求设计面暴雨。因此，可根据具体条件选用设计面暴雨的计算方法。

1 如流域或涝区面暴雨量系列较长，可采用下述方法计算逐年不同历时的年最大面暴雨量。当流域或涝区内雨量站分布较均匀时，可用算术平均法；流域或涝区内雨量站分布不均匀时，可用加权平均法；流域或涝区内雨量站较多但分布不均匀时，可绘制等雨量线图计算面雨量，然后根据面暴雨量系列直接进行各种历时面暴雨量频率分析。

2 当流域面积较小，各种历时面暴雨量系列较短时，可用设计点雨量和暴雨点面关系间接计算设计面暴雨量，暴雨点面关系应考虑不同历时的差别。例如，根据自记雨量站网密度为 $4 \text{ km}^2/\text{站}$ 的江西省德兴雨量站网密度试验区分析的暴雨定点定面关系（见表 1），对于历时为 3 天的暴雨，点面差别很小，当面积为 1000 km^2 时，用点雨代面雨的误差只有 4% 左右。但是，如果计算洪峰所需历时为 1 小时，则点面系数降至 0.5 左右；对于 100 km^2 的小面积，点面系数仍只有

0.7 左右，因此短历时雨量的点面差别是相当突出的。

表 1 江西雨量站网密度试验区暴雨定点定面关系

历时	面积 (km ²)				
	10	30	100	300	1000
3 天	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
1 天	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89
6 小时	0.98	0.97	0.95	0.90	0.83
3 小时	0.94	0.91	0.85	0.79	0.69
1 小时	0.91	0.84	0.74	0.63	0.50

点面关系有定点定面与动点动面之分。定点定面关系符合设计要求。我国对固定测站点雨量的统计参数地区综合作了大量分析工作，取得了不少成果，定点参数的估算比较可靠。设计洪水来源于设计流域面暴雨量，流域是具有固定边界的定面。所以用单站的设计点雨量推求流域的设计面雨量应利用定点定面关系。经华南地区大量资料分析，定点定面关系的地域变化很小，可以在较大地区范围内综合和使用。英国 1975 年出版的《洪水研究报告》也有相同的结论。

动点动面关系是指分析一次暴雨的雨量由暴雨中心向四周递减的分布规律。由于暴雨的地域分布较为复杂，因此当一个省区内各个分区的点面系数相差较大时，从设计要求的角度，不宜使用动点动面关系。

虽然两种点面关系的性质完全不同，但考虑到我国的实际情况，在一定条件下，分析定点定面关系资料条件尚不具备的地区，仍可考虑借用动点动面关系。但应分析若干个与设计流域面积相近的流域或地区及其相应历时的定点定面关系，并验证动点动面关系。如差异较大，应作适当修正。

3 流域面积很小时，较长历时点面雨量的差别一般较小。因此，面雨量可用点雨量代替。

4 涝区内没有足够的测站和较长的降雨资料时，也可采用典型年法，即采用涝区内某个涝灾严重的年份作为典型年，以这一年的某次最大暴雨作为设计暴雨

5 在高程变化很大的流域，地形对降雨量在空间上的分布有较大影响，如雨量站的代表性不足，在计算设计面暴雨量时，应分析降雨随流域高程梯度的变化规律，必要时对设计面暴雨量作适当修正。

4.1.3 对于工程设计所需的各种历时设计点暴雨量，可根据资料条件按下列方法计算。

1 目前国内大多数地区的短历时雨量观测资料已积累了 30~40 年或更长系

列，其系列可供频率分析之用。在这种条件下，不宜再沿用以往将 24 小时设计雨量配暴雨递减指数 n 来推求短历时设计雨量的方法。当缺乏自记雨量记录或人工观测雨量分段较少，需要采用 24 小时设计雨量配 n 值推求设计短历时雨量时，应注意了解雨量随历时变化曲线的拐点数和拐点位置，分析 n 值的合理性，估计常遇暴雨 n 值和稀遇暴雨 n 值的差异及其对推求短历时暴雨的影响。

2 2004 年各省（自治区、直辖市）在过去成果的基础上，经延长系列分析完成了 10 分钟、60 分钟、6 小时、24 小时，3 天等不同历时新的暴雨统计参数图集。流域面积在 1000km^2 以下的中小流域，水利水电工程设计工作中所需各历时设计点雨量都可从几种标准历时暴雨参数等值线图中查读。由于全国各地资料条件存在差异，图集编制完成后每年又有新的暴雨发生，因此在应用该图集之前，首先要了解编图和资料利用情况，查明编图后本地区及邻近地区新出现的大暴雨情况。如有新的大暴雨发生，应对查算成果进行验证；如按新图集查算成果与根据 20 世纪 80 年代图集查算成果差别较大时，应分析其合理性，必要时作适当调整，并分析和协调均值、变差系数与历时的关系。

4.1.4 设计暴雨频率分析方法一般与洪水频率分析方法相同。由于点雨量在短距离内可考虑移用，统计参数的地区综合分析更为重要。

1 我国一般测站的暴雨资料系列在 50 年以下，短历时雨量（自记雨量）资料系列相对较短。但根据地区综合的统计参数估算，已有不少测站特大暴雨的重现期在 100 年以上，有的甚至超过 1000 年，需要作为特大值加以处理。重现期可参照该次暴雨所形成洪水的重现期估算，或者通过邻近地区测站长系列暴雨资料加以确定。

2 设计流域缺乏特大暴雨资料，而邻近地区已发生特大暴雨时，只要地形、气象条件类似，应考虑移用。在平原或高原平坦地区，暴雨统计参数地域变化较小，在直线距离不大时，直接移用特大值可不作修正；如地形条件复杂，暴雨统计参数地域变化较大，则应进行适当改正。如沿山脉走向移用特大暴雨，基本上可不作改正；如在垂直于山脉的方向移动，则移动范围要作严格控制，而且要作数量调整。

如具有 100 多年资料的太湖平原地区某站，本身没有出现特大暴雨，但邻近地区发生了一次特大暴雨，如将该特大值直接加入长系列，并作频率分析，均值比原计算值加大 5%，变差系数加大 0.29，百年一遇雨量加大 61%。

3 大、中型水利水电工程的设计洪水标准比较高，所需推求的暴雨重现期往往高达 100 年、1000 年甚至 10000 年。我国暴雨变差系数很大，在观测系列内是否包含特大暴雨资料，对设计成果有很大影响。因此，必须对较大范围内的雨量资料加以分析，进行地区综合，并对成果作多方面的合理性检查。

与邻近地区实际已发生的特大暴雨作比较，是对设计成果进行合理性检查的重要内容。例如豫西某地区，在 1982 年以前出现的暴雨量级较小，当时估算的 10000 年一遇最大 6 小时点雨量为 290 mm，但在 1982 年 8 月出现了 360 mm 的记录，说明原设计值偏小。各地分析的大批暴雨的时面深关系，可制作分区最大暴雨时面深记录图表，该成果可用于检查设计值。

4.1.5 由于实际发生的降雨过程变化复杂，不同的雨型对洪峰流量的计算影响较大，设计暴雨的时程雨型应采用地区多次大暴雨综合的雨型或具有代表性的大暴雨典型雨型。目前各种历时的设计雨量仍采用同频率控制，但控制时段不宜过多，一般以 2~3 个为宜。对于排涝工程，宜考虑出现机会多、雨峰稍偏后、雨量集中并尽可能接近设计暴雨量的雨型。

4.1.6 中、小流域设计洪水可采用设计流域面雨量计算，并不需要暴雨面分布雨型。当流域面积较大，需采用分单元面积计算设计洪水过程线时，应考虑暴雨的面分布图形，计算方法可采用同倍比放大典型雨图，也可采用几种面积同频率控制放大。

4.1.7 汛期分期暴雨的统计，应依据发生暴雨时的天气系统、暴雨量的大小等情况确定。其分期方法、选样原则、频率计算、合理性检查及成果使用等，可按本规范 3.4 节的有关规定执行。

4.2 可能最大暴雨

4.2.1 暴雨特性分析的内容包括两个方面：一是暴雨的一般特性，即分析暴雨的发生季节、出现频率、中心位置、暴雨强度、持续时间、移动规律和极值分布特性等，以判断发生可能最大暴雨的降水气候背景；二是气象成因，即分析环流形势、影响系统、主要物理条件以及地形对暴雨的影响等，以判断产生可能最大暴雨的气象特征。这是可能最大暴雨计算方法选择及成果合理性分析的基础。

我国许多单位在 1980 年以后，对流域面积在 $686 \text{ km}^2 \sim 100 \text{ 万 km}^2$ 之间的 40

余个工程,使用多种方法计算可能最大暴雨,其中绝大多数都使用了暴雨放大法;半数以上使用了暴雨移置法,移置对象多为“35.7”、“63.8”、“75.8”等罕见特大暴雨。此外,东北、贵州等地及长江委等单位用设计流域及邻近地区的特大暴雨进行移置放大。面积大于1万 km^2 、设计时段超过5天的大流域,半数以上采用暴雨组合法。经过多年实践,已积累了使用以上三种方法的丰富经验。

暴雨时面深概化法,在美国和其它一些国家应用较为广泛。世界气象组织出版的手册中,详细介绍了该方法。国内已在昌化江大广坝、长江支流清江水布垭、黄河小花区间等地使用了该方法。

4.2.2 计算可能最大暴雨时,需对所选典型暴雨进行放大。放大时,应根据所选暴雨的具体情况,确定放大方法。当所选暴雨为罕见特大暴雨时,只作水汽因子放大;当所选暴雨为非罕见特大暴雨,而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。

无论作水汽或水汽动力因子放大,对所选因子及放大指标,应有统一规定,以减少成果的任意性。根据淮河等流域的研究分析,用地面露点推求的可降水,比用探空资料推求的可降水要大,但在雨天时,两者数值比较接近,说明在雨天,大气中的水汽分布接近饱和假绝热直减率的假定是合适的。地面露点观测站站网密、测次多、资料年限较长,又有专用表可查,计算方便,所以确定用地面露点作为水汽因子指标。

风速指标以选离地面1500m以内的风速为宜。地面高程低于1500m的地区,采用850hPa高度上的风速;地面高程超过1500m(或3000m)时,可用700hPa(或500hPa)高度上的风速。

放大指标选取实测资料极值的规定,是根据资料条件和指标的稳定情况而定的。对于露点和风速指标,到目前为止,一般气象站的观测年限已超过40多年。根据分析,地面露点比较稳定,在40年以上记录中的持续最大露点所相应的水汽含量,接近可能最大暴雨发生时的水汽含量。风速指标虽没有露点稳定,但有40年以上资料也基本能满足计算需要。若某站大暴雨情况下风速资料缺测,可用邻近站资料插补。当实测露点或风速资料短于40年时,可用重现期为50年的数值。

当地暴雨不一定正好落在设计流域,一般均需将放大后的暴雨雨轴和暴雨中心稍作调整,才能使设计流域达到可能最大暴雨。

4.2.3 移置暴雨时，对移置的可能性应从天气、气候条件及地形影响等主要因素进行分析论证；在移置时，应注意区别对待。如天气、地形条件相似，可直接移用或略作修改；如地形有一定差别，应进行综合改正或扣除地形雨后移置；如移置高差超过 1000m，移置后的暴雨等值线图及相应的温压场结构变化较大时，则不能移置。在热带地区，当实测雨量资料短缺时，移置范围可适当放宽。

此外，还要根据两地地理位置、流域高程、流域形状等情况，对形状、水汽、高程等进行单项或综合改正，并对典型暴雨进行放大。

4.2.4 组合暴雨法是根据我国工程设计需要发展起来的。该法主要适用于大面积、长历时可能最大暴雨计算。经过对三峡、丹江口、万安、五强溪、小湾、漫湾、石泉等数十个工程的应用，积累了一定的经验。暴雨组合本身就是一种放大，其关键是暴雨大气环流形势及天气系统衔接的可能性。为解决组合可能性问题，可分别采用典型年替换、连续性分析和历史洪水模拟等方法。典型年替换应以典型年为主，替换场次不宜过多。当组合暴雨场次较少或所选暴雨不够大时，需对其中 1~2 场暴雨进行放大。

4.2.5 暴雨时面深概化法是指充分利用可移入设计地区的实测暴雨资料，通过暴雨放大、移置、时面深外包等步骤求得各历时暴雨等值线所包围的各面积上的可能最大暴雨，然后再转换成流域面积所需历时的可能最大暴雨。

使用该方法时，可只对典型暴雨进行水汽放大。外包是该方法的重要环节，在作外包曲线时，需注意不同历时的面深曲线协调一致，小面积及短历时应逐渐靠拢，随着面积的增大和历时的增长，曲线应逐渐趋于平行。推求流域可能最大暴雨，关键是制作所需历时的和流域面积最接近的暴雨等值线所包围的面积（临界面积）以内和以外的面深关系，并使得临界面积的雨量达到可能最大暴雨。

使用该方法既可推求流域的可能最大暴雨，也可推求某地区的可能最大暴雨；可使计算结果在地区上相互协调一致；并能合理解决梯级水库相应暴雨洪水的问题。

4.2.6 我国 1977 年以后已陆续编制出全国及各省区可能最大 24 小时点暴雨等值线图，虽然至今已近三十年，但目前尚无新的成果可以替代，因此仍可供缺乏雨量资料地区的小流域查算，或作分析比较用。但近年来，有些地区出现过罕见特大暴雨，如陕西丹凤县宽坪村 1998 年 7 月出现的 24 小时内 1315mm 的特大暴雨，河南伊河石碣 1982 年 8 月出现的 24 小时 734.3mm 的特大暴雨，甘肃阿克

塞地区 1979 年 7 月出现的 24 小时 123.3mm 的大暴雨，已接近或超过等值线图的可能最大点暴雨。因此，采用此图时，必须首先查明编图后本地区及邻近地区新出现的大暴雨情况，然后进行检验，必要时对采用成果作适当调整。

4.2.7 可能最大暴雨时空分配，一般都是采用对工程防洪运用较不利的暴雨作为典型进行放大。当典型暴雨计算的洪水峰、量不协调时，可采用综合概化的时空分配进行放大。当采用暴雨时面深概化法，或由可能最大点暴雨计算流域可能最大面暴雨时，一般多用综合概化的时空分配进行放大。

4.3 产流和汇流计算

4.3.1 在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，参数率定方法应与使用方法一致。例如在率定瞬时单位线的滞时（ m_1 ）时，采用汇流时间内的平均雨强与 m_1 建立关系，在使用时，就不能根据其它时段的雨强查用 m_1 值。不同方法中的产流和汇流参数不得任意移用，如经验单位线的滞时不能移用瞬时单位线的滞时。暴雨洪水的量级会对计算参数产生影响，故应重视分析大洪水的参数。在评估参数时，应当着重考虑较大洪水的拟合程度，即使在采用流域模型进行连续模拟时，亦应着重检查较大洪峰的拟合程度。

当发现流域内水利与水保措施对参数有明显影响时，则应利用近年内发生的较大洪水分析确定参数。

4.3.2 我国幅员辽阔，产流或设计净雨深、汇流计算方法应根据工程所在地区自然地理、水文气象特征与资料条件合理选用。

在产流或设计净雨深方面，在湿润与半湿润地区，当产流或设计净雨深计算采用暴雨径流相关法时，可用前期影响雨量（ P_a ）或降雨开始时流域蓄水量（ W_0 ）作参数。设计条件下的 P_a 或 W_0 可采用几场实测大暴雨洪水资料得出的分析值。对扣损法中的初损 I_0 进行地区综合时，可采用最大初损值与产流面积建立关系。有条件时，后损 f_{tc} 可与雨强建立关系。在下垫面条件和暴雨分布不均匀的流域，宜采用分区扣损的方法。产流参数，特别是干旱、半干旱地区流域的产流参数，与产流面积关系密切，如采用未扣除不产流面积分析计算的产流参数，则有可能导致计算的径流偏小。

在汇流方面，流域面积在 1000 km^2 以下的山丘地区，可采用单位线；流域

面积在 300 km^2 以下的地区可采用推理公式与单位线。当流域面积在 1000 km^2 以上，且降雨分布很不均匀时，可采用河网汇流曲线或多输入/单输出模型及流量差值演算模型。在水文资料短缺的 500 km^2 以下地区，也可考虑选用地貌单位线计算设计洪水。

在资料较齐全的流域，可结合本流域的自然地理特征、产流与汇流条件，选用新安江模型或其它流域水文模型来推求设计洪水。

4.3.3 在水文资料短缺的 1000 km^2 以下的设计流域，可采用 20 世纪 80 年代经过审定的暴雨径流查算图表计算设计洪水。鉴于上述图表在编制时没有包括 20 世纪 80 年代以来的雨洪资料，因此应收集与分析 20 世纪 80 年代以来的较大洪水资料，以检验并修正设计成果。省界河流还应采用邻省图表综合的产流和汇流参数计算设计洪水，进行综合分析比较。

4.3.4 造成汇流非线性的原因很多，诸如流域非线性的蓄泄关系、降雨的时空变化、径流水源的比例不同以及部分汇流等。目前只能通过某些经验办法对汇流参数作非线性改正，或直接对单位线的峰与滞时进行校正。瞬时单位线中涉及的非线性主要表现为不同雨强对单位线参数（包括峰、滞时）的影响，由于河道往往具有在高水时流速趋于稳定的水力学特征，从而使中、小洪水时的非线性汇流特征在大洪水时转变为线性汇流。转变时的雨强称为临界雨强，应当注意利用临界雨强控制非线性外延的幅度。如流域内有较大暴雨洪水资料时，可直接采用该次大暴雨分析成果，而不作非线性校正。随着流域面积的增大，非线性有变弱的趋势，对大流域可不考虑非线性校正。

当采用瞬时单位线与推理公式时，应注意选用流域内降雨空间分布相对均匀、且系全流域汇流或接近全流域汇流的资料，目的在于缓解非线性干扰，增强汇流参数的稳定性。这是因为部分汇流是造成汇流非线性的原因之一。早在 20 世纪 50 年代末期，原水科院水文所曾在室内进行过实体模型人工降雨试验，研究分析了不同降雨历时与不同降雨强度条件下的单位线，发现在部分汇流条件下，单位线的峰值随雨强的不同而异，表现出强烈的非线性，而在全面汇流条件下，单位线的峰值则几乎恒定不变，表现出线性汇流的特性，如图 1 和图 2 所示。

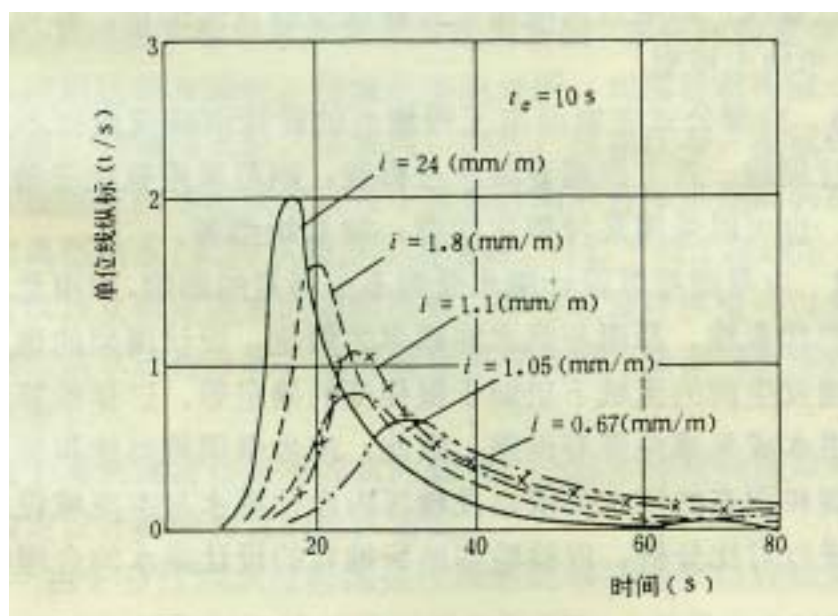


图1 部分汇流条件下的单位线

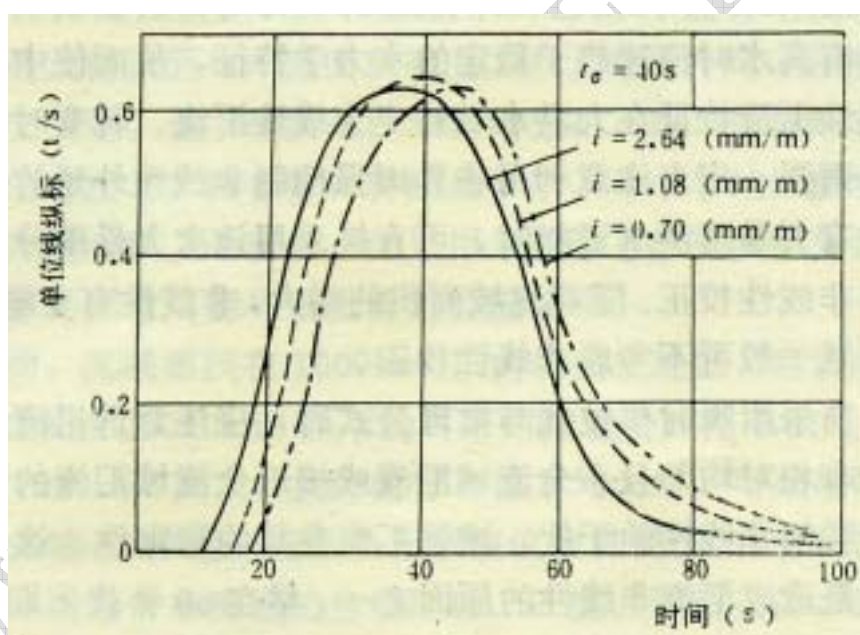


图2 全面汇流条件下的单位线

4.3.5 划分计算单元进行产流和汇流计算，可以在一定程度上缓解降雨空间分布不均匀的影响，计算单元宜按自然水系划分。单元出流到流域出口断面的洪水演进可采用河槽汇流曲线，并用线性叠加原则，将各单元演算到出口的过程线及底水叠加起来合成设计洪水过程线。如果选用河槽汇流曲线参数有困难，亦可采用多输入/单输出模型。

4.3.6 推理公式主要给出工程地点的设计洪峰流量而不能给出洪水过程线。若

工程需要洪水过程线 ,则可采用概化三角形或五角形 ,也可以采用某些概化线型 ,如 Γ 线型等。

4.3.7 由暴雨计算设计洪水或由可能最大暴雨推算可能最大洪水受到多因素及多环节的影响 ,如雨量与洪水资料的代表性、暴雨与洪水同频率的假定、设计雨型的选定、设计暴雨发生前的流域下垫面干湿程度的确定等。这样计算出来的设计洪水成果难免带有误差 ,因此应强调将当地和邻近地区的实测和调查的特大洪水以及地区内设计洪水 ,与本流域设计洪水成果进行对比分析 ,以检验其合理性。

5 设计洪水的地区组成

5.0.1 随着江河治理与开发，水库群的调蓄对下游设计断面洪水的影响愈来愈突出。推求设计断面受上游水库调蓄影响的设计洪水时，应拟定设计断面以上的洪水地区组成。设计水库对下游有防洪任务时，也应计算水库、区间及防洪控制断面设计洪水，拟定防洪控制断面以上的洪水地区组成。

在分析设计洪水地区组成前，应首先分析和了解设计流域的暴雨洪水特性和洪水组成特点，选定对设计断面或防洪控制断面较不利的大洪水组成，以确定设计洪水地区组成计算方法和计算典型。

当上游水库控制面积占设计工程控制总面积比重较小时，可不考虑上游水库的调蓄影响。如在南水北调中线工程输水总干渠交叉建筑物有关设计洪水分析计算时，对上游水库控制面积小于渠河交叉断面以上总控制面积 10% 的情况，不考虑上游水库的调蓄影响。

当上游水库至设计断面的区间面积较小时，可不考虑设计洪水的地区组成，直接以上游水库同频率的下泄流量作为设计断面的设计洪水。

5.0.2 拟定设计洪水的地区组成，即通常先将控制断面设计洪量分配给上游各分区，然后选择典型洪水过程线，以各分区分配到的洪量为控制，放大各分区洪水过程线。本条规定了设计洪量分配时可采用的两种基本方法：一种方法是按典型洪水组成法拟定设计洪水地区组成，即用设计断面的洪量（或洪峰流量）放大倍比放大区间及上游水库同一典型洪水过程，推求区间及上游水库的设计洪水；另一种方法是按同频率洪水组成法拟定设计洪水地区组成，即区间洪水与设计断面洪水同频率，上游水库为相应洪水，或上游水库洪水与设计断面洪水同频率，区间为相应洪水，再按各自的洪量控制放大同一典型洪水，推求区间及上游水库的设计洪水。分洪及滞洪等工程对下游设计断面洪水的影响与水库影响相似，同样可以采用上述方法确定。

1 采用典型洪水组成法时，关键是典型洪水的选择。有代表性的大洪水是指能代表各分区不同来水类型，在设计条件下可能发生的、且对控制断面防洪不利的洪水典型。

典型洪水组成法可适用于分区较多的设计洪水地区组成；当设计对象为下游

防洪时，也可采用典型洪水组成法计算。

2 采用同频率洪水组成法时，可指定某一分区发生与控制断面同频率的洪量，按水量平衡原则计算出其余分区洪量的总数。若其余分区不止一个，可按某一典型洪水在这些分区洪量的相应比例再进行分配。

在梯级水库情况下，典型洪水组成法和同频率洪水组成法仍是基本方法。不过由于梯级水库涉及多控制断面、多区间的复杂情况，在具体应用这些方法时，应做更多的分析，通常同频率地区组成法以应用于两个分区的设计洪水组成为宜。我国目前梯级水库较多的河流，如黄河上游、汉江、红水河、乌江、松花江等，流域面积均较大，在拟定洪水组成中往往不易选择到对各级水库防洪都不利的一次典型洪水。此时从防洪安全考虑，可自下而上逐级分析，每一级可以独立拟定洪水的地区组成，即各级设计洪量可以采用不同的典型洪水进行分配，也可混合采用典型年法及同频率洪水组成法分配洪量。

由于河网调蓄作用等因素影响，一般不能用同频率洪水地区组成法拟定设计洪峰流量的地区组成。

由于分区洪水过程线是控制断面设计洪水过程线的组成部分，因此对控制断面及各分区都应采用同一典型洪水过程线进行放大，才可能使各分区逐时段流量组合后与控制断面相应时段的流量基本一致，以满足上、下游之间的水量平衡。

5.0.3 所拟定的设计洪水地区组成在设计条件下是否合理，需通过分析该组成是否符合控制断面以上各分区大洪水组成规律才能加以判断。由于拟定洪水地区组成时一般是先分配洪量，再放大过程线，如果采用同频率洪水组成法分配洪量，各分区洪水过程线放大倍比是不一样的，虽然总的时段洪量已得到控制，但逐时段流量就不一定都能满足水量平衡要求。因此，从水量平衡方面进行合理性检查是十分必要的。同样，由各分区洪水过程线组合演算到控制断面后，与控制断面设计洪水过程线的形状应进行对比检查。如果差别较大，可以控制断面的设计洪水过程线为准，修正各分区的洪水过程线。

5.0.4 因受上游水库调蓄影响分析设计洪水的地区组成时，应从对下游设计工程的安全是否不利考虑。当用同频率地区组成法计算设计洪水时，可选用以未控区间来水为主、上游水库洪水相应的这种洪水组合。因为这种洪水组成上游水库拦蓄的洪水较小，水库调蓄对下游设计断面的设计洪水影响较小，对设计工程一般是偏于安全的。当上游有多个水库时，也可选择以区间洪水为主的典型年洪水

进行设计洪水地区组成分配,计算受上游水库影响的设计洪水。根据两种洪水地区组成,分别进行上游水库的洪水调节计算,其下泄流量与区间洪水叠加计算出受上游水库调蓄的设计断面的设计洪水,并选择对下游设计断面不利的洪水组成作为设计依据。

5.0.5 受上游水库调蓄影响的设计洪水,常通过拟定设计洪水地区组成的途径推求。国内一些单位还研究了地区洪水频率组合法和洪水随机模拟法。根据对黄河上游兰州断面受上游龙羊峡、刘家峡两座大型水库调蓄影响后设计洪水计算方法的研究表明,这两种新方法具有一定的精度。但由于这两种方法对资料及计算条件的要求较高,因此在有条件时可考虑采用。

采用地区洪水频率组合法需有各分区组合变量的频率曲线,以洪量作为组合变量比以洪峰作为组合变量较易处理各分区与控制断面之间的水量平衡问题。同时,频率组合计算的目的是为了分析不同组成情况下上游水库的调蓄作用,对这种调蓄作用影响较大的也是洪量。当分区较多,即组合变量较多时,不仅大大增加计算量,而且精度难以控制,因此组合变量不宜太多,一般以不超过3个为宜。

采用洪水随机模拟法,应根据工程要求及流域特性和资料条件选择适当的模型。模型的选择应考虑如下主要因素:所选定的模型数学上合理,物理意义明确,概念清楚,能适应流域洪水时空变化规律;基本资料能符合建模要求,且模型的适应性较强,结构简单,参数易于估计;所选用的模型应有一定的使用经验等。分区的原则主要考虑蓄水工程、防洪控制断面及资料条件等因素。有的防洪系统由于工程需要分区面积从数千平方公里到数万平方公里,因此所选定的模型必须有相应的适应性。洪水随机模拟的对象可以是时段洪量,也可以是一次或汛期逐日洪水过程。

对所选定的模型除应进行残差独立性、正态性检验外,还应从水文特性上进行检验。如按日生成,则应对洪水过程各截口的统计参数、洪峰、关键时段洪量的统计参数和分位数、峰现时间、洪水地区组成特性等方面进行实用性检验。

6 干旱、岩溶、冰川、平原及滨海地区的设计洪水计算

6.1 干旱、岩溶、冰川地区的设计洪水

6.1.1 干旱、岩溶、冰川地区的洪水成因和产流、汇流条件有其特殊性。干旱地区暴雨持续时间短、笼罩面积小、具有部分产流和汇流特征；岩溶地区地表与地下流域面积不一致，伏流暗河区具有明显控泄、滞洪作用；在冰川地区由融冰雪洪水和降雨洪水组成的混合型洪水中，融冰雪洪水过程受气温影响有明显的日变化。上述地区设计洪水计算应根据设计流域洪水形成的特征及资料条件拟定。

6.1.2 干旱地区大暴雨发生频次少，暴雨出现位置的偶然性大，且水文站、雨量站稀少，观测系列较短。设计流域一般缺少大暴雨、大洪水资料，尤其是集水面积较小的流域，需搜集邻近流域的大暴雨、大洪水资料，根据自然地理因素的差异，采用地区综合法分析确定设计流域洪水统计参数和设计值。该地区蒸发量、坡面与河道沿程水量损失大，入渗率随产流期暴雨强度的增大而增大，大多为局部产流、汇流。干旱地区大洪水出现频次少，较多序位的洪水在量级上无差异， C_s 值较大。皮尔逊 Ⅲ 型曲线难以拟合时，可考虑采用其它频率曲线线型。

干旱地区暴雨可分为局地对流雨和锋面雨两种，其洪水特性也不同。用设计暴雨计算设计洪水时，可根据水库调洪特性，选用不同的暴雨类型。该地区以超渗产流为主，当产流区面积较大时，入渗率地区变化亦较大。设计条件下的计算时段、产流区分区计算面积可根据雨强时程分配和产流期内时段平均入渗率变化特征合理确定。

移用上、下游洪水资料插补洪峰、洪量，或采用邻近地区产流、汇流参数时，应根据坡面与河道沿程水量损失变化等分析论证其合理性和适用性。清、浑水分别计算的产流、汇流参数和径流深差异较大，用设计暴雨计算设计洪水时，应考虑其影响。

6.1.3 岩溶发育地区，地表水系不完整。当工程设计断面以上伏流暗河区面积占地表集水面积 10%~40%以上时，如设计洪水计算不考虑岩溶影响，有的成果误差可超过 10%，且集水面积愈小，其影响愈显著。

岩溶地区设计洪水计算时，首先应对流域进行水文调查。岩溶地区的水文调

查主要包括：汇水区地表水系、汇水面积、地下分水岭和地下汇水面积及其与地表分水岭的关系等。此外，还应调查汇水区封闭洼地、消水洞的位置、深度及其控制的面积、积水高度和消水能力等。对于溶洞、溶泉还应调查其出水流量的变化幅度与规律、水流的来源、出水流量与地区降水量的关系等。有条件时，应进行必要的水文观测。

当流域内有出水溶洞、泉水、暗河出口时，来自出水溶洞等出口水量应与流域计算流量直接相加。当流域内有消水溶洞时，设计流量应减去洪水时消水溶洞截流入地下的流量，计算流量所用的汇水面积应扣除截流面积。

用流量资料计算设计洪水时，应了解伏流暗河无压、有压出流特征和不同量级洪水的滞洪总量大小、滞洪时间长短、峰现滞时和入流、出流差异及其对设计断面峰、量组成的影响；分析设计条件下伏流暗河区岩溶洼地、岩溶盆地等蓄满漫溢对设计洪水峰量关系的影响。伏流暗河区的滞洪作用，对瞬时最大出流量和短时段洪量影响较大，对长时段洪量的影响较小；出流量与相应入流量的差值，有随洪水量级增大而增大的趋势。因此，应对岩溶地区河流的洪水特性及洪水参数进行对比分析，以论证其设计洪水成果的合理性。一般情况是，岩溶地区河流洪峰流量的均值和 C_v 值要比相邻的非岩溶地区河流小，一次洪水历时要长，随着统计时段的增长，岩溶地区与非岩溶地区的洪量统计参数趋于相近。

用暴雨资料计算设计洪水时，设计条件下的造洪面积可通过水文地质调查和水文测验等方法分析确定。当伏流暗河区面积较大、且汇流条件与明流区差异较大时，有的省区采用分区计算的方法。分区计算时，可根据流域面积大小、伏流暗河区的出流情况等，采用不同的计算方法，然后叠加。当伏流暗河区出流为有压出流时，可分区计算设计洪水，并进行叠加即得设计断面的设计洪水；当伏流暗河接近自由溢流时，可采用同一设计暴雨、同一典型分区计算设计洪水，然后叠加为设计断面的设计洪水。伏流暗河区的设计出流过程，可根据设计暴雨时空分布和实测与调查的洪水资料，运用水文学、水力学方法合理推求。不分区计算时，可选用经岩溶发育程度指标修正的汇流参数计算，如湖北省引用能反映伏流暗河区滞洪特征的岩溶率指标（“天坑漏斗率”大于 10%）进行修正。

6.1.4 当设计流域有冰川、积雪、降雨时，一般有以下类型的洪水：冰雪消融洪水、降雨洪水、冰川湖溃决洪水，以及由降雨与冰雪消融或冰雪消融与冰川湖溃决形成的混合洪水。降雨洪水和冰雪消融洪水一般发生在汛期，而冰川湖溃决

形成的洪水在全年均可能发生。冰雪消融洪水与气温有着密切的关系，其洪水过程有明显的日变化，过程相对平缓，洪水历时较长。降雨洪水有更明显的涨落过程，其量级大小则视暴雨量级和受雨区范围等的不同而不同，如新疆某些地区，只是在接近出山口的中、低山地带才有由降雨产生的洪水，一般降雨范围不大，峰低量小，在与冰雪消融洪水组成的混合洪水中其比重较小。冰川阻塞湖和冰川终碛湖在我国新疆和西藏曾经发生过溃决，由其溃决形成的冰川湖溃决洪水，陡涨陡落，一般峰高量大。冰雪消融洪水与冰川湖溃决形成的混合洪水，是这类河流发生较多的一类洪水，且往往形成历史上最大的洪水；由于洪水过程叠加，与单纯的溃决型洪水相比过程变化趋缓，洪水历时较长，洪水总量较大。

采用年最大混合型洪水系列计算设计洪水时，应了解年最大洪水系列中各类型洪水出现频次、序位及洪水组成遭遇的水文气象条件，调查固态降水量、固态降水区界的变化；分析不同类型洪水过程中不同成因洪水组成的变化特征。有条件时，可将洪水分降雨洪水为主和冰雪消融洪水为主，分别计算设计洪水；当设计流域水文站点较多、且可明显划分为上游以融冰雪洪水为主、下游以降雨洪水为主时，可分区计算设计洪水，通过综合分析，检查年最大混合型洪水计算成果的合理性。

冰川湖溃决形成的洪水不宜加入频率计算。

设计断面上游存在冰川湖溃决可能时，应与有关部门共同调查流域内现存的冰湖数量分布及冰湖的容积，分析其溃决成因和型式，估算冰川湖溃决洪水，供工程设计考虑。

6.2 平原及滨海地区的设计洪水

6.2.1 在平原区，由于人类活动影响较大，设计洪水计算所依据的资料往往不具备一致性条件，因此在计算中应首先对洪水资料进行还原计算和处理，然后计算设计洪水。

1 平原地区的设计洪水计算，主要是洪水系列一致性处理问题。平原河道一般由堤防束水，当堤防设计标准较低，遇较大洪水时，堤防产生溃决或分洪致使洪水系列不一致，因此计算平原地区设计洪水，应首先将溃决的典型洪水过程进行还原。由于发生较大洪水的年份不多，洪水系列中需要还原的年份较少，因

此将少数较大洪水进行还原归槽处理后,即可与没有发生溃决的洪水组成一个归槽洪水系列,采用本规范 3.1 节规定的方法进行归槽设计洪水计算。

2 当设计断面以上因湖泊围垦、江湖变化等对洪水的调蓄影响属渐变过程,取得一致计算条件较为困难时,可采用总入流系列,以取得较好的一致性。设计断面以上总入流是上游干支流各入流站及其至设计断面区间同时汇入设计断面的入流量的总和。上游干支流各入流控制站由实测过程控制;区间入流为上游各控制站以下至设计断面总控制站之间坡面和河道(水网)入流,可通过降雨径流计算。在干支流各入流控制站和区间流量叠加时需考虑传播时间。

设计应用时,可按现状条件将设计总入流洪水过程演算至设计断面。

3 平原地区无实测流量资料的河流,也可采用降雨径流间接法计算。对于无资料地区采用通过降雨径流推求的设计洪水成果,应考虑地下水对产流的影响,以保证设计成果的合理和可靠。

6.2.2 涝区设计排涝流量计算时,首先应调查了解涝区江、河、湖堤的防洪设计标准,地形、地质情况,涝区形状、蓄涝容积,小河沟和湖塘数量,滞洪、蓄洪条件,排涝面积、排灌能力和通道,圩内农田灌溉方式、作物种类,最高内涝水位和相应年份的降雨量等,并依据不同的资料条件采用相应的计算方法。

1 当涝区洪水大部份来自山丘区、且有较好的暴雨资料时,可按产流、汇流方法计算设计排涝流量。设计暴雨历时应采用形成涝区最大排涝流量的降雨历时。

2 经验公式是一种估算方法。要求经验公式中包含的参数不宜过多,一般不超过 3 个,使用时流域面积不宜超出公式的适用范围。对坡水地区的骨干排水河道,可采用由实测暴雨洪水资料分析率定的排涝模数或排涝经验公式估算设计排涝流量。

3 农田的设计排涝流量宜按确定的排涝期内平均排除净雨深至作物允许耐淹水深为原则进行计算。平均排除法适用于田间排水沟,对河网地区也可适用于支沟和干沟的设计。农田积水深度和积水历时超过农作物的耐淹水深及历时时,就会导致作物减产甚至绝收,故排涝天数以不超过农作物允许的耐淹历时为宜。我国各地区排涝天数一般采用 1~5 天,其中旱作物一般采用 1~3 天、水稻一般采用 3~5 天。

4 当涝区有较大蓄涝容积时,应考虑蓄涝容积对排涝流量的影响,此时需

先求出流量过程线，然后通过调蓄计算确定设计排涝流量及蓄涝容积。平原河流洪水过程线的一般特点是洪水涨落缓慢，峰形扁平，可采用概化过程线的方法确定流量过程线。概化过程线的面积系数，可根据流域内或邻近流域实测资料分析建立面积系数与流域面积的关系。确定概化过程线时，应着重考虑出现机会多、主峰稍偏后，洪量集中等因素。

6.2.3 平原河道的设计水位计算，根据资料条件和设计要求，可以采用的方法是多样的。

1 《水利水电工程水文计算规范》（SL278-2002）中已有较详细的规定和说明，计算时应予遵循。

2 当工程设计标准不高，如堤防工程等，可根据实测高水位或历史调查洪水位资料，从中选定设计水位。这种方法在堤防工程的防洪标准选定上使用较多，对一些小型涵闸也可采用这种方法确定设计水位。

3 在平原水网区，水系复杂，水网区内各防洪控制点的设计水位应综合考虑。可首先通过设计暴雨和流域产流、汇流模型分区计算不同频率的产水量，然后运用水文水力学模型综合计算水网区不同控制点的设计水位，并以此作为防洪控制水位。

7 水利和水土保持措施对设计洪水的影响

7.0.1 水利和水土保持措施对中小流域的设计洪水影响较大。水利措施主要是指中、小型水库和塘堰等工程措施；水土保持措施是指对自然因素和人为活动造成水土流失所采取的预防和治理措施，如植树种草、淤地坝、坡改梯、封山育林等。

水利和水土保持措施在一定程度上改变了洪水的时程分配。如重庆市某小流域，集水面积 14.69 km^2 ，1984 年开展了以退耕还林、荒坡造林和疏林补植为主的水土保持综合治理，仅某片区的两期治理就造林 2.063 km^2 。1989~1993 年被纳入长江上游水土保持重点治理工程小流域治理，实行山、水、田、林、路、气综合治理，完成坡改梯 1.128 km^2 ，营造水土保持林 0.547 km^2 ，封禁治理 0.8025 km^2 ，保土补植 0.6489 km^2 。表 2 为流域治理前后两次降雨洪水过程特征值的比较。

表 2 重庆某流域治理前、后两次暴雨洪水特征值比较

时间	降雨量	最大雨强	洪峰流量	峰现时间	洪水总量	洪水历时
	(mm)	(mm/h)	(m^3/s)	(h)	(万 m^3)	(h)
1983.8.19	112.0	33.1	25.65	8.8	124.2	51.78
1993.8.11	100.4	32.6	14.9	13.6	108.3	77.73

从表 2 可以看出，治理前、后发生的两次日雨量约 2~5 年一遇的中、小洪水，水土保持的滞、蓄洪作用明显。水土保持治理后与治理前相比，洪峰削减 42%，洪量削减 13%，峰现时间滞后 4.8 小时。

因此，当设计流域面积不大的中、小河流，且水利和水土保持措施数量较多，在分析计算标准较低的设计洪水时，应估算水利和水土保持措施，特别是水利工程措施对设计洪水的影响。估算方法主要有：

1 流域水文模拟法：即应用不受水利和水土保持措施影响年份的降雨洪水资料建立流域洪水模型，然后将受到影响年份的降雨等资料输入模型，模拟出不受影响的洪水过程，并与流域治理后的实际洪水过程进行对比，以分析水利和水土保持措施对设计洪水的影响。

2 物理成因分析法：即利用实验场地或模型研究水利和水土保持措施的效应，结合产流、汇流理论计算其影响，估算对设计洪水的影响；

3 对比分析法：即将设计流域水利和水土保持措施实施后的洪水资料与本流域治理前的洪水资料进行对比分析，或与未实施水利和水土保持措施的相似流域的同期洪水资料进行对比分析。可假定气象因素不变，通过分析相似暴雨条件下本流域治理前、后或相似流域的同期洪水资料，研究水利和水土保持措施实施后产流、汇流条件的变化，估计其对设计洪水的影响。

7.0.2 各地暴雨的时空分布与水利和水土保持措施的面上分布是不一致的，水利和水土保持措施并非均在暴雨量较大或暴雨出现最多的地区。通常可按暴雨和措施分布划分成若干个计算区，分别计算水利和水土保持措施对洪水的拦蓄量，然后加以综合作为设计成果。

7.0.3 水土保持措施对洪水的影响是一个渐变过程。但水利工程措施对洪水的影响在工程初成时即能反映出来，对洪水的影响较为显著。水利和水土保持措施对洪水的拦蓄作用一般随着雨量的增加而增加，但有限度。当降雨量和降雨强度增大到一定程度时，水利和水土保持措施失去了进一步蓄洪能力，并且有可能超过自身设计标准而发生损毁，从而加大下游洪水。如设计断面上游中、小水库的校核洪水标准低于设计水库的校核洪水标准时，应考虑上游水库失事对设计水库的影响。

7.0.4 水利和水土保持措施对洪水拦蓄的影响随工程措施的不同而不同，其中以水利工程措施的影响较大，水土保持措施的影响相对较小。因此，在估算水利和水土保持措施对设计洪水的影响时，应重点估算已建和在建的中、小型水库和成片的水土保持措施对洪水的影响及损坏时产生的负面影响。