

SL

中华人民共和国行业标准

P

SL 44—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**

1993—03—11 发布

1993—12—20 实施

中华人民共和国水利部
能源部 发布

中华人民共和国行业标准

水利水电工程设计洪水计算规范

SL 44—93

主编单位:水利部长江水利委员会

批准部门:水利部
能源部

中华人民共和国水利部
能源部

关于发布《水利水电工程设计 洪水计算规范》**SL44—93** 的通知

水规 [1993] 134 号

根据部水利水电技术标准制(修)订计划的要求,由水利水电规划设计总院委托长江水利委员会等单位,对《水利水电工程设计洪水计算规范》**SDJ22—79**(试行)进行修订,经审查批准为强制性行业标准,其名称与代号为:《水利水电工程设计洪水计算规范》**SL44—93**,现予以发布。

本《规范》自 1993 年 12 月 20 日起实施。在实施中如有问题,请函告水利水电规划设计总院,并由该院负责解释。

本《规范》由水利电力出版社出版发行。

1993 年 3 月 11 日

目 次

1 总则	(4)
2 基本资料	(4)
3 根据流量资料计算设计洪水	(6)
4 根据暴雨资料推算设计洪水	(7)
5 设计洪水的地区组成	(9)
6 干旱、岩溶、冰川地区设计洪水	(10)
7 水利和水土保持措施对设计洪水的影响	(10)
附录 A 洪水频率计算	(11)
附录 B 暴雨及产流汇流计算	(16)
附录 C 可能最大暴雨	(20)
附加说明	(23)

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的设计洪水计算。河流规划或小型水利水电工程的设计洪水计算可参照本《规范》执行。

1.0.3 水利水电工程设计所依据的各种标准的设计洪水,包括洪峰流量、时段洪量、洪水过程线等,可根据工程设计要求计算其全部或部分内容。

1.0.4 水利水电工程设计洪水一般可采用坝址洪水。对具有水库的工程,当建库后产汇流条件有明显改变,采用坝址设计洪水对调洪结果影响较大时,应以入库设计洪水作为设计依据。

1.0.5 计算设计洪水必须重视基本资料。当实测水文资料缺乏时,应根据设计需要,设立水文站或水位站。

1.0.6 计算设计洪水,应充分利用已有的实测资料,并重视、运用历史洪水、暴雨资料。

1.0.7 根据资料条件,设计洪水可采用以下一种或几种方法进行计算。

(1)坝址或其上、下游邻近地点具有 30 年以上实测和插补延长洪水流量资料,并有调查历史洪水时,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,推算设计洪水。

(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暴雨和洪水资料,进行地区综合分析,估算设计洪水。

1.0.8 当工程设计需要时,可用水文气象法估算可能最大暴雨,再推算可能最大洪水。

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,论证其合理性。

1.0.10 计算短缺资料地区设计洪水和可能最大洪水时,应尽可能采用几种方法。对各种方法计算的成果,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,应计算抽样误差。经综合分析检查后,如成果有偏小的可能,应加安全修正值,一般不超过计算值的 20 %。

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、流域的暴雨和洪水特性、流域内水利和水土保持措施等资料。

2.1.2 对计算设计洪水所依据的暴雨洪水资料和流域特征资料应重点复核,必要时进行现场调查和比测试验。资料复核中发现对计算成果影响较大或系统性的问题,应予改正,并写出说明备查。

2.1.3 水位、流量资料应重点复核以下内容。

(1)水位资料应了解水准基面的变动情况和换算关系,并重点复核观测精度较差、水尺位置和水尺零点高程变动较多和大洪水时期的资料。

(2)流量资料应重点复核大洪水年份的浮标系数、水面流速系数、计算流量时借用断面的合理性,以及水位流量关系曲线的可靠性。

2.1.4 洪水系列应具有 consistency。当流域内修建蓄水、引水、分洪、滞洪等工程,或发生决口、溃坝等情况,明显影响各年洪水的一致性时,应将资料还原到同一基础,对还原资料应进行合理性检查。

2.2 洪水和暴雨资料的插补延长

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

(1) 当上、下游或邻近流域测站有较长实测资料,且与本站同步资料具有较好的关系时,可据以插补延长。

(2) 当洪峰和洪量关系以及不同时段洪量之间的关系较好时,可相互插补延长。

(3) 本流域暴雨与洪水的关系较好时,可根据暴雨资料插补延长洪水资料。

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

(1) 邻站与本站距离较近,地形差别不大时,可直接移用邻站资料。

(2) 本站邻近地区测站较多时,大水年份可绘制同次暴雨等值线图进行插补,一般年份可采用邻近各站的平均值。

(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面平均暴雨资料。

2.2.3 对插补延长的洪水、暴雨资料,应进行多方面分析论证,检查其合理性。

2.3 历史洪水和暴雨的调查与考证

2.3.1 计算设计洪水时,对搜集的历史洪水、暴雨调查资料及其汇编成果,应进行复核,必要时应补充调查和考证。

2.3.2 历史洪水调查应着重调查洪水发生时间、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,并了解雨情、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。

2.3.3 调查洪水的洪峰流量可采用下列方法估算。

(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、洪痕测点较多、河床稳定时,一般可用比降法推算洪峰流量。

(3) 当调查河段较长、洪痕点较少、河底坡降及过水断面变化较大时,一般可采用水面曲线法推算洪峰流量。

有条件时,可采用几种方法估算洪水的洪峰流量,经综合比较,合理确定。

2.3.4 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。

2.3.5 对历史洪水的洪峰和洪量,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。

2.3.6 对近期发生的特大暴雨和特大洪水,应根据设计洪水计算需要,及时进行调查。

2.3.7 历史洪水、暴雨的重现期,应根据调查资料和历史文献、文物等资料,分析调查期或考证期内大洪水、暴雨发生的次数和量级,合理确定。

3 根据流量资料计算设计洪水

3.1 洪水系列

3.1.1 频率计算中的洪峰流量和不同时段洪量系列,应由每年最大值组成。当洪水特性在一年内随季节或成因明显不同时,可分别进行选择统计,但划分不宜过细。

3.1.2 对洪水系列,应在可靠性和一致性分析的基础上,进行代表性分析。

3.2 经验频率、统计参数及设计值

3.2.1 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:

$$p_m = \frac{m}{n+1} \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (3.2.1)$$

3.2.2 在调查考证期 N 年中有特大洪水 a 个,其中有 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

$$p_M = \frac{M}{N+1} \quad M = 1, 2, \dots, a \quad (3.2.2-1)$$

(2) $n-l$ 个连序洪水的经验频率为

$$p_m = \frac{a}{N+1} + \left[1 - \frac{a}{N+1} \right] \frac{m-l}{n-l+1} \quad m = l+1, \dots, n \quad (3.2.2-2)$$

或

$$p_m = \frac{m}{n+1} \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (3.2.2-3)$$

3.2.3 频率曲线的线型一般应采用皮尔逊Ⅲ型。特殊情况,经分析论证后也可采用其它线型。

3.2.4 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下列步骤进行。

(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。

3.2.5 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。

3.2.6 对设计洪水标准较低的工程,如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。

3.3 设计洪水过程线

3.3.1 设计洪水过程线应选资料较为可靠、具有代表性、对工程防洪运用较不利的大洪水作为典

型,采用放大典型洪水过程线的方法推求。

3.3.2 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,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。

3.4 入库设计洪水

3.4.1 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。当在水库周边附近有水文站,其控制面积占坝址以上面积的比重较大、资料较完整可靠时,可分干支流、区间陆面和库面分别推算分区的入库洪水,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,可采用马斯京干法或槽蓄曲线法推算入库洪水。

(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。

3.4.2 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,可将坝址设计洪水采用流量反演法推求入库设计洪水。

3.5 分期设计洪水

3.5.1 计算分期设计洪水时,分期既要考虑工程的设计要求,又要使起讫日期基本符合洪水的季节性变化规律及成因特点,分期不宜太短,一般以不短于 1 个月为宜。

3.5.2 分期洪水系列一般由规定分期时段内选取的年最大值组成。年最大值也可适当跨期选取,跨期不宜超过 5~10 日。

3.5.3 采用不跨期选样计算的分期设计洪水,可跨期使用;跨期选样计算的分期设计洪水,不宜跨期使用。

3.5.4 对计算的分期设计洪水,应分析各分期洪水的统计参数和同频率设计值的年内变化规律,并与年最大洪水的统计参数和同频率设计值进行比较,检查其合理性,必要时可适当调整。

4 根据暴雨资料推算设计洪水

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面平均暴雨量、暴雨的时程分配和面分布等。根据计算设计洪水的需要,可计算其全部或部分内容。

4.1.2 流域各种历时设计面平均暴雨量,根据流域面积大小和资料条件,可采用以下方法计算。

(1)当流域各种历时面平均暴雨量系列较长时,应采用暴雨频率分析的方法直接计算。

(2)当流域面积较小,各种历时面平均暴雨量系列短缺时,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,一般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,但应设法作适当修正。

(3)当流域面积很小时,可用设计点暴雨量作为流域设计面平均暴雨量。

4.1.3 各种历时设计点暴雨量可采用以下方法计算。

(1)在流域内及邻近地区选择若干个测站,对所需的各种历时暴雨作频率分析,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时,应对查算成果进行检查,必要时作适当调整。

4.1.4 设计点暴雨量和面暴雨量的频率分析,可按本《规范》3和以下规定进行。

(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暴雨系列进行频率分析。但对移用的可能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必须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。也可采用几种面积的设计面雨量同频率控制放大计算。

4.1.7 分期设计暴雨计算可按本《规范》3.5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,应分析流域和邻近地区暴雨特性及成因,根据资料条件和设计要求一般可采用下列方法。

(1)设计流域有特大暴雨资料时,可用当地暴雨法。

(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,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,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。对风速指标应分析代表站风速在时间及空间上的代表性。

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 移置暴雨时必须研究移置的可能性。设计流域与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 组合暴雨时必须分析暴雨的大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 应用暴雨时面深概化法时,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 km^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 当设计流域所在地区有一定数量的大暴雨资料而缺乏气象资料时,也可采用统计估算法推求可能最大暴雨。

4.2.8 资料条件具备,天气、气候和暴雨的季节变化明显,工程设计需要时,可推求分期可能最大暴雨。

4.2.9 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 由设计暴雨推算设计洪水,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,对产流与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必须一致。洪水过程线的分割与回加必须一致。不同方法的产流汇流参数不得任意移用。

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,选用不同的方法。产流计算可采用暴雨径流相关与扣损等方法。汇流计算可采用单位线、河网汇流曲线等方法。如流域面积较小可用推理公式计算。当资料条件允许时,也可采用流域模型进行计算。

4.3.3 当流域面积小于 1000 km^2 ,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。如当地或邻近地区近期发生大暴雨洪水,应对查算的产流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 如单位线的峰值、滞时或汇流参数有随雨强或暴雨中心位置而变化的趋势,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,分别进行产流汇流计算,再经河道演算、并与底水组合叠加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,可采用概化方法推算设计洪水过程线。

4.3.7 由设计暴雨推算的设计洪水成果,应与本地区实测和调查的特大洪水以及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 设计洪量的地区组成可采用下列方法拟定。

(1)典型洪水组成法。从实测资料中选择几次有代表性的大洪水作为典型,以设计断面的设计洪量作为控制,按典型洪水的各区洪量组成的比例,计算各分区相应的设计洪量。

(2)同频率组成法。指定某一分区发生与设计断面同频率的洪量,其余分区发生的相应洪量用典型洪水的组成比例进行分配。

5.0.2 各分区的设计洪水过程应采用同一次洪水过程线为典型,以分配到各分区的洪量控制放大。

5.0.3 对拟定的设计洪量地区组成和各分区的设计洪水过程线,应从洪水地区组成规律、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 当设计断面上游有调蓄作用较大的工程时,一般应拟定设计洪量的地区组成,计算工程以上和区间的洪水过程线,经工程调洪后的洪水与区间洪水组合,推求受上游工程调蓄影响的设计洪水。

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,一般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、冰川地区设计洪水

6.0.1 当工程位于干旱、岩溶、冰川地区时,应根据流域特殊的自然条件和水文特性计算设计洪水。

6.0.2 用流量资料计算干旱地区设计洪水时,应充分搜集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。

用暴雨资料推算设计洪水时,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。

6.0.3 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。

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。

用暴雨资料推算设计洪水时,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。也可采用反映岩溶特征的产流汇流综合参数计算。

6.0.4 计算冰川地区设计洪水时,应了解降水和冰雪混合洪水组成的类型、季节特征,并分析降雨洪水和融冰雪洪水组成的变化规律。

当资料条件较好,洪水的类型、成因可明显划分时,可按不同类型洪水进行计算。如洪水的类型、成因难以区分,可采用年最大洪水进行计算。

冰川湖等溃泄形成的洪水,不应直接加入频率计算。

7 水利和水土保持措施对设计洪水的影响

7.0.1 当设计流域内大量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及暴雨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洪水的影响不同,应估算其对中小洪水的削减作用,也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,应以对洪水影响较大的已建、在建工程措施为主,适当考虑近期的发展。

附录 A 洪水频率计算

A1 洪水频率曲线统计参数的估计和确定

A1.1 参数估计法

A1.1.1 矩法。对于 n 年连序系列,可采用下列公式计算各统计参数:均值

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{A1})$$

均方差

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

或

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right]} \quad (\text{A2})$$

变差系数

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (\text{A3})$$

偏态系数

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \bar{X}^3 C_v^3}$$

或

$$C_s = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n X_i^3 - 3n \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 + 2 \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^3}{n(n-1)(n-2) \bar{X}^3 C_v^3} \quad (\text{A4})$$

式中 X_i ——系列变量($i = 1, \dots, n$);

n ——系列项数。

对于不连序系列,其统计参数的计算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:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^a X_j + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=l+1}^n X_i \right] \quad (\text{A5})$$

$$C_v = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{j=1}^a (X_j - \bar{X})^2 + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=l+1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]} \quad (\text{A6})$$

$$C_s = \frac{N \left[\sum_{j=1}^a (X_j - \bar{X})^3 + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=l+1}^n (X_i - \bar{X})^3 \right]}{(N-1)(N-2) \bar{X}^3 C_v^3} \quad (\text{A7})$$

式中 X_j ——特大洪水变量($j = 1, \dots, a$);

X_i ——实测洪水变量($i = l+1, \dots, n$)。

A1.1.2 概率权重矩法。概率权重矩定义为

$$M_j = \int_0^1 x F^j(x) dF \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (A8)$$

皮尔逊Ⅲ型频率曲线的三个统计参数不能用概率权重矩的显式表达。但经推导有:

$$\bar{X} = M_0 \quad (A9)$$

$$C_v = H \left(\frac{M_1}{M_0} - \frac{1}{2} \right) \quad (A10)$$

$$R = \frac{M_2 - M_0/3}{M_1 - M_0/2} \quad (A11)$$

式中, H 和 R 都和 C_s 有关, 并已有近似的经验关系如下:

$$\begin{cases} C_s = 16.41u - 13.51u^2 + 10.72u^3 + 94.54u^4 \\ u = \frac{R-1}{(4/3-R)^{0.12}} \quad \left[1 \leq R < \frac{4}{3} \right] \end{cases} \quad (A12)$$

$$\begin{cases} H = 3.545 + 29.85V - 29.15V^2 + 363.8V^3 + 6093V^4 \\ V = \frac{(R-1)^2}{(4/3-R)^{0.14}} \quad \left[1 \leq R < \frac{4}{3} \right] \end{cases} \quad (A13)$$

为保证 C_v 和 C_s 有二位小数准确, 要求在用式(A11) 计算 R 时, M_0, M_1 和 M_2 的计算值至少达到 5 位有效数定。

(1) 根据连序系列计算概率权重矩。将洪水系列按从大到小顺序排列, 样本概率权重矩按下式计算:

$$\begin{cases} M_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \\ M_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \frac{n-i}{n-1} \\ M_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \frac{(n-i)(n-i-1)}{(n-1)(n-2)} \end{cases} \quad (A14)$$

(2) 根据含历史洪水特大值的不连序样本计算概率权重矩。

$$\begin{cases} M_0 = \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^a X_j + \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=1}^{n-l} X_i \right] \\ M_1 = \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^a \frac{N-j}{N-1} X_j + c_1 \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=1}^{n-l} \frac{n-l-i}{n-l-1} X_i \right] \\ M_2 = \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^a \frac{(N-j)(n-j-1)}{(N-1)(N-2)} X_j + c_2 \frac{N-a}{n-l} \sum_{i=1}^{n-l} \frac{(n-l-i)(n-l-i-1)}{(n-l-1)(n-l-2)} X_i \right] \end{cases} \quad (A15)$$

式中, c_1, c_2 都是对不连序系列中实测洪水概率权重的修正系数。

$$\begin{cases} c_1 = \frac{N-a+1}{N+1} \\ c_2 = \left[\frac{N-a+1}{N+1} \right]^2 \end{cases} \quad (A16)$$

A1.1.3 双权函数法。均值仍用矩法, 如式(A1)计算。而 C_v 和 C_s 的计算公式为

$$C_s^2 = \frac{\frac{1}{h\bar{X}} - \frac{E_1}{k^2 H_1}}{-\frac{A_1}{D_1} + \frac{E_1}{H_1}} \quad (\text{A17})$$

$$C_s = -\frac{2}{C_v} \left[\bar{X} C_v^2 \frac{A_1}{D_1} + \frac{1}{h} \right] \quad (\text{A18})$$

式中, k, h 是待优选的系数,可采用未加权的、数值积分计算的 C_v 按下式选定: $h = C_v, K = 1/C_v$ 。

$$E_1 = \int_{\delta}^{\infty} (X - \bar{X}) \Phi_1(x) f(x) dx \quad (\text{A19})$$

$$H_1 = \int_{\delta}^{\infty} (X - \bar{X})^2 \Phi_1(x) f(x) dx \quad (\text{A20})$$

$$A_1 = \int_{\delta}^{\infty} \psi_1(x) f(x) dx \quad (\text{A21})$$

$$D_1 = \int_{\delta}^{\infty} (X - \bar{X}) \psi_1(x) f(x) dx \quad (\text{A22})$$

第一权函数

$$\Phi(x) = \frac{k}{\bar{X}\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{k^2(X - \bar{X})^2}{2\bar{X}^2}\right] \quad (\text{A23})$$

第二权函数

$$\psi_1(x) = \exp\left[-\frac{h(X - \bar{X})}{\bar{X}}\right] \quad (\text{A24})$$

积分式(A19)~式(A22)可用数值积分公式计算。例如,当 n 为奇数时,采用权积分系数:8, -4, 8, 1, 4, 2, 4, 2, ..., 2, 4, 1, 8, -4, 8, 总权数 = $3(n+1)$;当 n = 偶数时,采用 64, -32, 64, 8, 32, 16, 32, 16, ..., 32, 17, 27, 27, 17, 32, 16, 32, ..., 16, 32, 8, 64, -32, 64, 总权数 = $24(n+1)$ 。

A1.2 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。

一般地,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,以采用相对离差平方和准则为宜,或采用经验适线法。

A1.2.1 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。

$$S(\bar{X}, C_v, C_s) = \sum_{i=1}^n [X_i - f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)]^2 \quad (\text{A25})$$

式中, $f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)$ 或简记作 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,有:

$$f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s) = \bar{X}[1 + C_v \Phi(p_i; C_s)] \quad (\text{A26})$$

式中 Φ ——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

$$\frac{\partial S}{\partial \theta} = 0 \quad (\text{A27})$$

的解。式中, θ 为参数向量, 即 $\theta = (\bar{X}, C_v, C_s)^t$ 。

由于式(A26)对参数是非线性的, 所以, 只能通过迭代法求解。求解式(A25)~式(A27)的最基本方法是高斯—牛顿法, 其迭代程序为

$$\begin{aligned}\theta_{k+1} &= \theta_k + \left[\left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right)^t \frac{\partial F}{\partial \theta} \right]^{-1} \left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right)^t (X - F) \quad k = 0, 1, 2, \dots \\ F &= (f_1, \dots, f_n)^t \\ X &= (X_1, \dots, X_n)^t \\ \frac{\partial F}{\partial \theta} &= \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \bar{X}} & \frac{\partial f_1}{\partial C_v} & \frac{\partial f_1}{\partial C_s} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial \bar{X}} & \frac{\partial f_n}{\partial C_v} & \frac{\partial f_n}{\partial C_s} \end{bmatrix}\end{aligned}\quad (\text{A28})$$

式中 上标“t”和“-1”——分别表示矢量或矩阵的转置和逆;

K ——迭代次数。

式(A28)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 (例如用矩法或上述其它估计方法), 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。这时就可取 θ_{k+1} 作为 θ 的估计。

A1.2.2 离差绝对值和准则。 使估计的频率曲线统计参数值

$$S_1(\bar{X}, C_v, C_s) = \sum_{i=1}^n |X_i - f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)| \quad (\text{A29})$$

达到极小。

对式(A29)一般可采用直接方法(即搜索法)求得参数 \bar{X} 、 C_v 和 C_s 的数值解。

A1.2.3 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:

$$\begin{aligned}S_2(\bar{X}, C_v, C_s) &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_i - f(p_i; \bar{X}, C_v, C_s)}{f_i(\theta)} \right]^2 \\ &\approx \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_i - f_i(\theta)}{X_i} \right]^2\end{aligned}\quad (\text{A30})$$

其参数迭代程序为

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \left[\left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right)^t G^{-1} \frac{\partial F}{\partial \theta} \right]^{-1} \left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right)^t G^{-1} (X - F) \quad k = 0, 1, \dots \quad (\text{A31})$$

式中

$$G = \begin{bmatrix} f^2(p_1; \theta) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & f^2(p_n; \theta) \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} X_1^2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & X_n^2 \end{bmatrix}$$

A1.2.4 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。

A2 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

$$\sigma_{X_p} = \frac{\bar{X} \cdot C_v}{\sqrt{n}} \cdot B(\text{绝对误差}) \tag{A32}$$

或

$$\delta'_{X_p} = \frac{\delta_{X_p}}{X_p} \times 100\% = \frac{C_v}{K_p \sqrt{n}} \cdot B \times 100\%(\text{相对误差}) \tag{A33}$$

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 A1 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。

A3 地区洪水的频率组合

对于控制断面以上有两个分区的情况,可按下列方法计算。多个分区的情况,可参照两个分区的计算原则进行。

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

$$Z = X + Y \tag{A34}$$

A3.1 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。

A3.1.1 相关系数检验。构造统计量

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \tag{A35}$$

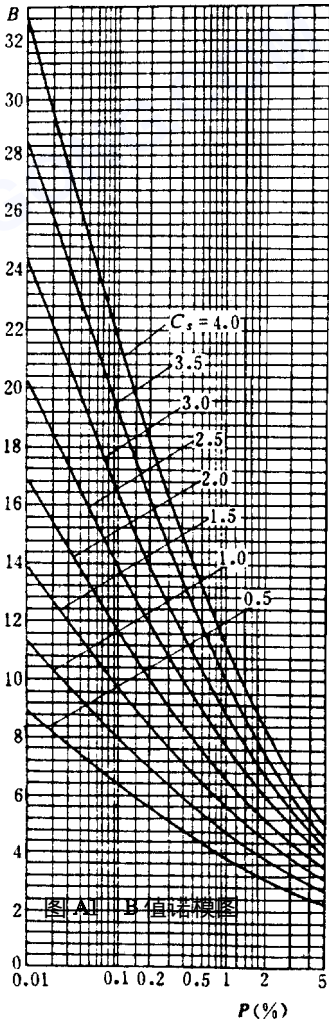
式中 n ——样本容量;
 r ——相关系数。

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。

A3.1.2 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

$$\eta = n \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^K \left[\frac{n_{ij} - \frac{n_i m_j}{n}}{n} \right]^2 / \left(\frac{n_i m_j}{n} \right) \tag{A36}$$

式中 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 $\{(X_i, Y_j) \mid 1 \leq i \leq L\}$ 内的频数。

当 n 较大时, 统计量 η 从自由度为 $(L-1)(K-1)$ 的 χ^2 分布。指定某信度 α , 由 χ^2 一分布表查得临界值 η_α , 若计算值 $\eta > \eta_\alpha$, 则认为变量 X 与 Y 之间是不独立的。

A3.1.3 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。

A3.2 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

$$n_z = n_x \cdot n_y \quad (\text{A37})$$

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

$$\Delta P_{Z,ij} = \Delta P_{X,i} \cdot \Delta P_{Y,j} \quad (\text{A38})$$

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后的洪水峰、量频率曲线及其设计值。

A3.3 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

$$E_X = Y - K_1 X \quad (\text{A39})$$

或

$$E_Y = X - K_2 Y \quad (\text{A40})$$

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:

$$K_1 = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum X_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{A41})$$

$$K_2 = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum Y_i^2 - n \bar{y}^2} \quad (\text{A42})$$

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。

附录 B 暴雨及产流汇流计算

B1 设计暴雨计算

B1.1 设计面暴雨量计算

B1.1.1 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。

B1.1.2 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推算设计面雨量。

设计面雨量 H_A 可用设计点雨量 H_0 和点面换算系数 α_A 求出:

$$H_A = \alpha_A H_0 \quad (B1)$$

B1.1.3 点面关系一般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 α_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的设计值。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。

B1.1.4 如设计流域所在地区分析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,但需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。

B1.2 各种历时设计暴雨量计算

B1.2.1 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,可以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。

B1.2.2 当流域面积小于 1000 km^2 时,一般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。

B1.2.3 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 应的雨量 H_i :

$$H_i = H_a (t_i / t_a)^{1-n_{ab}} \quad (B2)$$

或

$$H_i = H_b (t_i / t_b)^{1-n_{ab}} \quad (B3)$$

n_{ab} 由下式求出:

$$n_{ab} = 1 - \lg(H_a / H_b) / \lg(t_a / t_b) \quad (B4)$$

B1.2.4 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。

B1.3 设计雨型

B1.3.1 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推算设计暴雨过程。综合雨型需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有雨峰个数、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。综合时还要考虑雨量量级、天气条件的影响。

B1.3.2 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。综合面雨型需在面雨型特征分析的基础上进行。面雨型特征包括形状比率(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)。综合雨型还需考虑雨量量级、地形、天气系统的影响。

B2 暴雨洪水的产流汇流计算

B2.1 产流计算

B2.1.1 降雨径流相关法(包括相关曲线)。

$$R = f(P, P_a, t_r) \quad (\text{B5})$$

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。

B2.1.2 扣损法。

(1)初损后损法:

$$\bar{f}_l = \frac{I_f - I_0 - P_{t-t_0-t_r}}{t_r} \quad (\text{B6})$$

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:

$$\bar{f} = \frac{P - R - P_{t-t_R}}{t_R} \quad (\text{B7})$$

式中 \bar{f} ——平均损失率,mm/h;

P ——降雨量,mm;

R ——径流深,mm;

P_{t-t_R} ——非产流期内降雨量,mm;

t_R ——产流历时,h。

B2.1.3 地表径流(净雨)过程。地表径流过程一般采用产流过程扣除地下径流时程分配的方法区分开。地下径流 R_g 的时程分配可以采用平均分配的形式,即

$$\bar{f}_c = \frac{R_g - R_{t_R-t_c}}{t_c} \quad (\text{B8})$$

式中 \bar{f}_c ——流域平均稳定下渗率,mm/h;

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

t_c ——净雨历时,h。

B2.2 汇流计算

B2.2.1 经验单位线。应尽量选用降雨比较均匀、净雨历时较短、雨强较大的孤独洪峰资料,用割

除了地下径流以后的地面径流过程线与相应的净雨过程推求单位线。单位线时段一般以单位线的上涨历时或洪峰滞时的 1/3 左右为宜。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。

B2.2.2 瞬时单位线。

(1)基本公式:

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

(B9)

式中 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

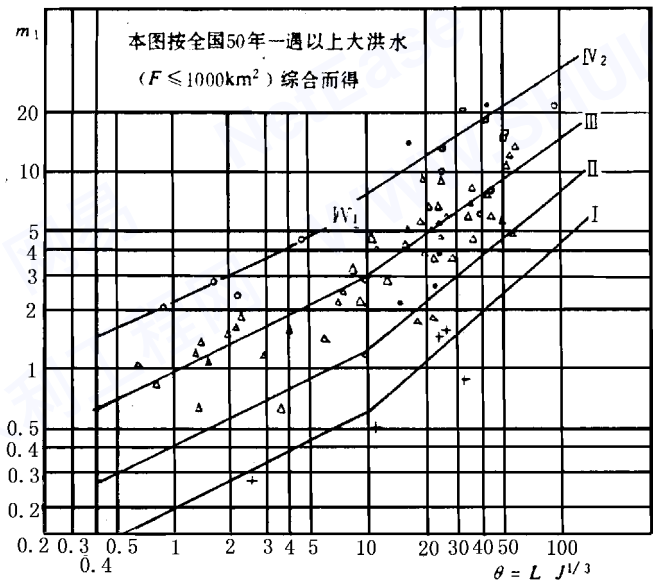
$$m_1=at^{-b}$$

(B10)

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以下因素之一确定:流域汇流时间;产流时段;洪峰上涨历时;流域面积大小。

公式(B10)的应用是有限制的,应确定临界雨强 $i_{\text{临}}$ 控制式(B10)非线性外延的幅度。图 B1 可作为在确定稀遇洪水的 m_1 值时的参考。



L —干流河长,km;
 J —干流纵坡降(%)。

- I 区—干旱、半干旱土石山区,黄土地区,这些地区多荒坡、旱作,且植被覆盖条件很差,如西北广大地区。
- II 区—植被较差,杂草不茂盛,有稀疏树木,如河南豫西山丘及南方水土保持条件差的地区。
- III 区—植被良好,有疏林灌丛。草地覆盖较厚,有水稻田或有一定岩溶,如南方及东北湿润区。
- IV₁ 区—森林面积比重大的小流域,如海南省、湖南省部分地区。
- IV₂ 区—强岩溶地区,暗河面积超过 50 %,如广西部分地区。

图 B1 大洪水条件下的 $m_1 \sim \theta$ 关系

B2.2.3 推理公式。

基本公式：

$$Q_m = 0.278 \frac{h}{\tau} F$$

(B11)

$$\tau = 0.278 \frac{l}{mJ^{1/3} Q_m^{1/4}}$$

(B12)

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 B1 可作为在无资料条件下确定 m 值的参考,表中 $\theta = L/J^{1/3}$, L 、 J 定义同上。

表 B1 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	推理公式洪水汇流参数 m 值		
		$\theta=1\sim10$	$\theta=10\sim30$	$\theta=30\sim90$
I	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	1.0~1.3	1.3~1.6	1.6~1.8
II	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	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.95
III	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,或森林覆盖率达 40 %~50 %、或流域内多为水稻田、或以优良的草皮为主,河床多砾石、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	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6
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	0.2~0.3	0.3~0.35	0.35~0.4

附录 C 可能最大暴雨

C1 放大方法

C1.1 水汽放大

$$R_m = \frac{W_m}{W} R$$

(C1)

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

C1.1.1 适用条件。适用于罕见特大暴雨的放大。

C1.1.2 可降水计算。按地面露点由专用表查算。

C1.1.3 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,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:从全国最大露点等值线图上查读,应注意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。

C1.2 水汽和动力因子放大

C1.2.1 水汽效率放大,

$$R_m = \frac{\eta_m W_m}{\eta W} R$$

(C2)

式中 η_m 及 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。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。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。

C1.2.2 水汽输送率放大及水汽风速联合放大。

$$R_m = \frac{(VW)_m}{(VW)} R$$

(C3)

$$R_m = \left[\frac{V_m}{V} \right] \left[\frac{W_m}{W} \right] R \quad (C4)$$

式中 V_m 及 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:选取本地区暴雨的水汽入流方向的测站。

风指标:选择暴雨发生时间前一个时段,离地面 1500 m 以内的风速。

(3)极大化指标。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。

C1.2.3 水汽净输送放大。

(1)基本公式。

$$R \approx \frac{F_W}{A \cdot \rho} = \frac{10^{-2}}{A \rho g} \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m v_{kj} q_{kj} \Delta L \Delta P \Delta t \quad (C5)$$

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, 向内为正, m/s;

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 850 hPa(或 700 hPa)层水汽场、流场替换,并保持 500 hPa 和 700 hPa(或 850 hPa)两层不变,再进行放大。

C2 暴雨移置改正

C2.1 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,则必须进行水汽或高程等改正。

C2.2 水汽改正

位移水汽改正,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,用下式表示

$$R_B = K_1 R_A \quad (C6)$$

$$K_1 = \frac{(W_{Bm})_{ZA}}{(W_{Am})_{ZA}} \quad (C7)$$

式中 K_1 ——位移水汽改正系数;
 R_A ——移置前暴雨量;
 W_{Am} 、 W_{Bm} ——移置区和设计流域的最大可降水;
 ZA(足标)——移置区地面高程。

热带地区水汽改正主要是海表水温的调整。

C2.3 高程或入流障碍高程水汽改正

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。流域入流边界的高程若接近流域平均高程,采用高程改正;若高于流域平均高程,用障碍高程改正。其计算式如下:

$$R_B = K_2 R_A \quad (C8)$$

$$K_2 = \frac{(W_{Bm})_{ZB}}{(W_{Bm})_{ZA}} \quad (C9)$$

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。

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

$$R_B = K_1 K_2 R_A = \frac{(W_{Bm})_{ZB}}{(W_{Am})_{ZA}} R_A \quad (C10)$$

C2.4 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、以当地暴雨为模式改正法及雨量分割法进行综合改正。

附加说明

主 编 单 位:水利部长江水利委员会

水利部南京水文水资源研究所

参 加 单 位:水利部松辽水利委员会

能源部水利部西北勘测设计研究院

能源部水利部成都勘测设计研究院

主要起草人:时文生 郭一兵 王善序 罗钟毓 金蓉玲 张有芷 杨远东 谢汉彪

王 俊

汪德宇 宋德敦 文 康 王家祁 骆承政

刘蕴天 张大发

王锐琛

杜修荣