

UDC

SL

中华人民共和国水利行业标准

P

SL278—2002

水利水电工程水文计算规范

**Regulation for hydrologic computation of
water resources and hydropower projects**

2002-09-19 发布

2002-12-01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程水文计算规范

Regulation for hydrologic computation of
water resources and hydropower projects

SL278—2002

主编单位:水利部长江水利委员会水文局

批准单位:中华人民共和国水利部

施行日期:2002年12月1日

中华人民共和国水利部
关于批准发布《水利水电工程
水文计算规范》的通知

水国科[2002]407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利局：

经审查，批准《水利水电工程水文计算规范》为水利行业标准，并予发布。标准编号为 SL278—2002，代替原 SDJ214—83。

本标准自 2002 年 12 月 1 日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇二年九月十九日

前 言

根据水利部水利水电技术标准修订计划和 SL 01—97《水利水电技术标准编写规定》，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 SDJ214—83《水利水电工程水文计算规范》进行了修订。

修订的《水利水电工程水文计算规范》，吸收了近年来工程水文计算的新经验和较成熟的科研成果，根据水利水电工程水文计算的主要内容，分为总则，基本资料，径流，泥沙，水位和水位流量关系，气象要素、水面蒸发、水温和冰情，水文测报系统共 7 章 22 节 134 条和 5 个附录。本规范与原规范比较，适用阶段由初步设计阶段扩充到可行性研究阶段，适用范围由山丘区扩大到兼顾平原区和沿海地区；强调了水文计算方法的科学性、实用性和计算成果的合理性分析；补充了径流、推移质泥沙的计算方法，枯水径流、冰雪融水补给地区及岩溶地区径流、水温、冰情分析计算的规定；增加了地下水的分析计算，江河水位、潮水位分析计算，主要气象要素的统计分析和运用期水文自动测报系统等内容。

本规范的 1.0.4、1.0.5、1.0.6、1.0.7、1.0.8、2.2.1、3.5.1、5.3.1、5.3.7 条为强制性条文，用黑体字表示，其余为推荐性条文。

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：水利部东北勘测设计研究院

本规范主要起草人：金蓉玲 郭海晋 杨玉荣 熊 明
张有芷 余开金 徐高洪 陈剑池
荣风聪 蒋 鸣 杨永德
黎书铨 王铁峰 杨 昕
孙双元

目 次

1	总则	(8)
2	基本资料	(10)
2.1	基本资料搜集整理	(10)
2.2	基本资料复核评价	(10)
3	径流	(12)
3.1	径流分析计算的基本要求	(12)
3.2	径流还原计算	(12)
3.3	径流资料插补延长	(13)
3.4	径流系列代表性分析	(13)
3.5	径流分析计算	(14)
3.6	枯水径流分析计算	(15)
3.7	冰雪融水补给地区径流分析计算	(16)
3.8	岩溶地区径流分析计算	(17)
3.9	地下水分析计算	(17)
4	泥沙	(19)
4.1	悬移质泥沙分析计算	(19)
4.2	推移质泥沙分析计算	(20)
5	水位和水位流量关系	(22)
5.1	江河水位分析计算	(22)
5.2	潮水位分析计算	(22)
5.3	水位流量关系拟定	(23)
6	气象要素、水面蒸发、水温和冰情	(25)
6.1	主要气象要素统计分析	(25)
6.2	水面蒸发分析计算	(25)
6.3	水温分析计算	(26)

6.4 冰情分析计算	(26)
7 水文测报系统	(29)
7.1 施工期水文测报规划	(29)
7.2 运行期水文自动测报系统	(29)
附录 A 径流还原计算分项调查法	(31)
附录 B 主要水文地质参数	(32)
附录 C E—601 型蒸发器水面蒸发折算系数表	(35)
附录 D 水温分析计算	(37)
附录 E 冰情分析计算	(39)
本规范用词和用语说明	(42)

1 总 则

1.0.1 为适应水利水电工程设计需要,统一水文计算的技术要求,保证成果质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于大中型水利水电工程可行性研究和初步设计阶段的水文计算。大中型水利水电工程项目建议书阶段、小型水利水电工程及江河流域规划的水文计算,可参照执行。

1.0.3 水文计算应根据工程设计要求,分析计算下列全部或部分内容:

- 1 基本资料的搜集、整理和复核;
- 2 径流分析计算;
- 3 设计洪水计算;
- 4 泥沙分析计算;
- 5 水位分析计算和水位流量关系拟定;
- 6 气象要素、水面蒸发、水质、水温和冰情分析计算;
- 7 水文测报系统设计;
- 8 其他水文要素分析计算。

1.0.4 水文计算应深入调查研究,搜集、整理、复核基本资料及有关信息,并分析水文特性及人类活动对水文要素的影响。

1.0.5 水文计算必须重视基本资料。工程地址和邻近河段缺乏实测水文资料时,应根据设计要求,及早设立水文测站或增加测验项目。

1.0.6 水文计算依据的资料系列应具有可靠性、一致性和代表性。

1.0.7 水文计算方法应科学、实用,对计算成果应进行多方面分析,检查论证其合理性。

1.0.8 水文资料短缺地区的水文计算,应采用多种方法,对计算

成果应综合分析,合理选定。

1.0.9 进行水文计算,除应符合本规范外,尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2 基本资料

2.1 基本资料搜集整理

2.1.1 根据工程设计需要，应搜集整理工程所在流域、地区、河段的下列基本资料：

1 流域的地理位置、地形、地貌、地质、土壤、植被、气候等自然地理资料；

2 流域的面积、形状、水系，河流的长度、比降，工程所在河段的河道形态和纵、横断面等特征资料；

3 降水、蒸发、气温、湿度、风向、风速、日照时数、地温、雾、雷电、霜期、冰期、积雪深度、冻土深度等气象资料；

4 水文站网分布，设计依据站和主要参证站实测的水位、潮水位、流量、水温、冰情及洪、枯水调查考证等资料；

5 设计依据站和主要参证站的悬移质含沙量、输沙率、颗粒级配、矿物组成，推移质输沙量、颗粒级配等泥沙资料，设计断面或河段床沙的组成、级配及泥石流、滑坡、塌岸等资料；

6 流域已建和在建的蓄、引、提水工程，堤防、分洪、蓄滞洪工程，水土保持工程及决口、溃坝等资料；

7 流域及邻近地区的水文分析计算和研究成果。

2.1.2 对搜集的基本资料、分析计算和研究成果，应查明其来源、精度、计算方法和存在问题，并进行系统整理。

2.2 基本资料复核评价

2.2.1 水文计算依据的流域特征和水文测验、整编、调查资料，应进行检查。对重要资料，应进行重点复核。对有明显错误或存在系统偏差的资料，应予改正，并建档备查。对采用资料的可靠性，应作出评价。

2.2.2 流域面积等重要特征资料，应查明量算所依据地形图的比

例尺和测绘时间,必要时应进行复核。

2.2.3 水位、潮水位资料,应查明高程系统、水尺零点、水尺位置的变动情况,并重点复核观测精度较差、断面冲淤变化较大和受人类活动影响显著的资料。可采用上下游水位相关、水位过程对照以及本站水位过程的连续性分析等方法进行复核,必要时应进行现场调查。

2.2.4 流量资料应着重复核测验精度较差的资料。主要检查浮标系数、水面流速系数、借用断面、水位流量关系曲线等的合理性。可采用历年水位流量关系曲线比较、流量与水位过程线对照、上下游水量平衡分析等方法进行检查,必要时应进行对比测验。

2.2.5 水库径流还原资料,应着重从库水位、库容曲线、各种建筑物过水能力曲线等方面检查其合理性。其他蓄、引、提水工程,堤防、分洪、蓄滞洪工程,水土保持工程及决口、溃坝等资料,应着重从资料来源、水量平衡等方面检查其合理性。

2.2.6 泥沙资料应着重复核多沙年份和测验精度较差的资料。悬移质泥沙资料可采用本站水沙关系分析、上下游含沙量或输沙率过程线对照、颗粒级配曲线比较等方法进行检查。推移质泥沙资料可从测验方法和采样器效率系数等进行检查。

2.2.7 气象资料应着重查明降水、蒸发的观测场址,仪器类型,观测方法及时段,检查资料的代表性和可靠性。

3 径 流

3.1 径流分析计算的基本要求

3.1.1 径流分析计算应包括下列内容：

- 1 径流特性分析；
- 2 人类活动对径流的影响分析及径流还原；
- 3 径流资料插补延长；
- 4 径流系列代表性分析；
- 5 年、期径流及其时程分配的分析计算；
- 6 计算成果的合理性检查。

3.1.2 径流分析计算应采用天然径流系列，也可采用径流形成条件基本一致的实测径流系列。

3.2 径流还原计算

3.2.1 人类活动使径流量及其过程发生明显变化时，应进行径流还原计算。

3.2.2 还原水量应包括工农业及生活耗水量、蓄水工程的蓄变量、分洪溃口水量、跨流域引水量及水土保持措施影响水量等项目，应对径流量及其过程影响显著的项目进行还原。

3.2.3 径流还原计算可采用分项调查法，分项调查法应符合本规范附录 A 的规定；也可采用降雨径流模式法、蒸发差值法等方法。集水面积较大时，可根据人类活动影响的地区差异分区调查计算。

3.2.4 还原计算应逐年、逐月（旬）进行。逐年还原所需资料不足时，可按人类活动措施的不同发展时期采用丰、平、枯水典型年进行还原估算。逐月（旬）还原所需资料不足时，可分主要用水期和非主要用水期进行还原估算。

3.2.5 对还原计算成果，应从单项指标和分项还原水量，上下游、干支流水量平衡及降雨径流关系等方面，检查其合理性。

3.3 径流资料插补延长

3.3.1 设计依据站实测径流系列不足 30 年,或虽有 30 年但系列代表性不足时,应进行插补延长。插补延长年数应根据参证站资料条件、插补延长精度和设计依据站系列代表性要求确定。

3.3.2 径流系列的插补延长,根据资料条件可采用下列方法:

1 本站水位资料系列较长,且有一定长度流量资料时,可通过本站的水位流量关系插补延长;

2 上下游或邻近相似流域参证站资料系列较长,且与设计依据站有一定长度同步系列时,可通过水位或径流相关关系插补延长;

3 设计依据站径流资料系列较短,而流域内有较长系列雨量资料时,可通过降雨径流关系插补延长。

3.3.3 采用相关关系插补延长时,其成因概念应明确。相关点据散乱时,可增加参变量改善相关关系;个别点据明显偏离时,应分析原因。相关线外延的幅度不宜超过实测变幅的 50%。

3.3.4 对插补延长的径流资料,应从上下游水量平衡、径流模数等方面进行分析,检查其合理性。

3.4 径流系列代表性分析

3.4.1 径流系列应通过分析系列中丰、平、枯水年和连续丰、枯水段的组成及径流的变化规律,评价其代表性。

3.4.2 设计依据站径流系列代表性分析,根据资料条件可采用下列方法:

1 径流系列较长时,可采用滑动平均、累积平均、差积曲线等方法,分析评价该系列或代表段系列的代表性;

2 径流系列较短,而上下游或邻近地区参证站径流系列较长时,可分析参证站相应短系列的代表性,评价设计依据站径流系列的代表性;

3 径流系列较短,而设计流域或邻近地区雨量站降水系列较

长时，可分析雨量站相应短系列的代表性，评价设计依据站径流系列的代表性。

3.4.3 设计依据站径流系列代表性不足而又难以延长系列时，可参照参证站长、短系列的统计参数或通过地区综合，对设计依据站的径流计算成果进行调整或加以说明。

3.5 径流分析计算

3.5.1 径流频率计算依据的资料系列应在 30 年以上。径流的统计时段可根据设计要求选用年、期等。

3.5.2 在 n 项连序径流系列中，按大小次序排列的第 m 项的经验频率 p_m ，应按式 (3.5.2) 数学期望公式计算：

$$p_m = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (3.5.2)$$

式中 $m = 1, 2, \dots, n$ 。

当实测或调查的特枯水年，经考证确定其重现期后，仍可采用数学期望公式计算经验频率 p_M 。

3.5.3 径流频率曲线的线型，应采用皮尔逊 III 型。经分析论证，也可采用其他线型。

3.5.4 径流频率曲线的统计参数，采用均值、变差系数 C_v 和偏态系数 C_s 表示。统计参数可用矩法等方法初估，用适线法调整确定。适线时，应在拟合点群趋势的基础上，侧重考虑平、枯水年的点据。

3.5.5 当工程地址与设计依据站的集水面积相差不超过 15%，且区间降水、下垫面条件与设计依据站以上流域相似时，可按面积比推算工程地址的径流量。若两者集水面积相差超过 15%，或虽不足 15%，但区间降水、下垫面条件与设计依据站以上流域差异较大时，应考虑区间与设计依据站以上流域降水、下垫面条件的差异，推算工程地址的径流量。

3.5.6 根据资料条件 and 设计要求，可采用长系列或选用代表段、代表年的径流资料作为设计的依据。代表段的径流系列中应包括丰、平、枯水年，且其年径流的均值、变差系数应与长系列接近。

代表年应选择测验精度较高的年份，其年、期的径流量应与设计频率的径流量接近。

3.5.7 径流资料短缺时，工程地址径流量可根据设计流域降水资料，采用设计流域或邻近相似流域的降雨径流关系估算，也可采用经主管部门审批的最新水文图集或水文比拟、地区综合等方法估算。设计年径流的年内分配，可参照邻近相似流域的资料，采用水文比拟、地区综合等方法分析确定。

3.5.8 根据设计要求，可采用随机模拟法模拟径流系列。

3.5.9 径流的分析计算成果，应与上下游、干支流和邻近流域的计算成果比较，分析检查其合理性。

3.6 枯水径流分析计算

3.6.1 枯水径流应根据设计要求，分析计算其最小流量、最小日平均流量、时段径流量及其过程线等。

3.6.2 枯水径流分析计算，应调查历史枯水水位、流量及其出现与持续时间，河道变化、干涸断流情况及人类活动对枯水径流的影响等。

3.6.3 枯水径流系列的插补延长，可采用水位流量关系、上下游或邻近相似流域参证站与设计依据站的流量相关等方法。

3.6.4 人类活动使工程地址枯水径流发生明显变化时，应进行枯水径流的还原。可采用分项调查、退水曲线、长短时段或上下游枯水径流量相关等方法进行还原计算。

3.6.5 特枯径流的重现期应根据调查资料，结合历史文献、文物，设计流域和邻近流域长系列枯水径流、降水等资料，综合分析确定。

3.6.6 枯水径流的分析计算，应结合枯水径流特性，按本规范3.5的规定执行。枯水径流系列中出现零值时，可采用包含零值项的频率计算方法计算。

3.6.7 枯水径流的分析计算成果，应与上下游、干支流及邻近流域的计算成果比较，分析检查其合理性。

3.7 冰雪融水补给地区径流分析计算

3.7.1 设计流域冰川覆盖率大于 5% 或受冰雪融水影响的设计依据站,其水位、流量夏季有明显日周期变化时,应根据冰雪融水补给特性进行径流分析计算。

3.7.2 冰雪融水补给地区径流分析计算,应搜集设计流域冰川面积和储量,季节性积雪,冰川区降水,冰川站和邻近地区探空站气温,冰川湖容积,冰坝溃决及冰川考察研究成果等资料。

3.7.3 冰雪融水补给地区径流还原计算,除应符合本规范 3.2 的规定外,尚应着重调查人工融冰化雪和冰川湖溃决等情况。有条件时应进行还原计算,还原计算困难时,应加以说明。

3.7.4 冰雪融水补给地区径流资料短缺时,应进行插补延长。采用上下游径流插补延长时,应分析设计依据站与区间径流补给条件的差异。采用邻近流域的径流资料插补延长时,应分析设计依据站与参证站径流成因的相似性。当径流与气温关系较好时,可用气温与径流相关,或降水、气温等与径流相关进行插补延长。

3.7.5 冰雪融水补给地区径流系列代表性分析,可根据设计依据站或气候一致区内邻近流域的长系列径流资料,按本规范 3.4 的规定分析评价。冰雪融水比重较大且无长系列径流资料时,也可采用与径流关系密切的气温资料等分析评价。

3.7.6 冰雪融水补给地区径流分析计算,可按本规范 3.5 的规定执行。频率曲线线型,除采用皮尔逊 III 型外,经分析论证也可采用适合冰雪融水补给地区的线型。

3.7.7 工程地址设计径流量推算,除按本规范 3.5.5 的规定执行外,尚应考虑设计依据站与区间径流补给条件的差异。

3.7.8 冰雪融水补给地区径流计算成果,应充分利用已有的水文、气象图集等资料,分析冰雪融水补给地区的水文规律,根据冰雪融水补给条件,通过上下游及邻近流域成果比较,分析检查其合理性。

3.8 岩溶地区径流分析计算

3.8.1 岩溶地区设计依据站与邻近非岩溶地区水文站的年径流系数相差 20% 以上,且径流年内分配有明显差异,经调查设计依据站以上流域地下分水线与地面分水线的控制面积相差 20% 以上时,应根据岩溶地区的径流特性进行径流分析计算。

3.8.2 岩溶地区径流的分析计算,应调查搜集设计依据站以上地下分水线及其控制面积,漏斗、溶洞、泉水出露及伏流、暗河的水文特征等资料。

3.8.3 岩溶地区的径流还原计算,除按本规范 3.2 的规定执行外,对于水库尚应采用包括地下库容在内的库容曲线。

3.8.4 采用上下游参证站径流插补延长设计依据站径流,或根据设计依据站径流推算工程地址径流时,应考虑区间岩溶对径流的影响。

3.8.5 采用上下游或邻近流域参证站的径流年内分配推求设计依据站的年内分配时,应分析溶洞、暗河等的调蓄作用对径流年内分配的影响。

3.8.6 岩溶地区径流计算成果,可通过上下游、邻近流域参数比较,降雨径流关系对比分析及径流参数等值线图查算等,检查其合理性。对比分析时,应将非闭合流域计算成果换算成闭合流域相应成果。

3.9 地下水分析计算

3.9.1 地下水资源量应根据设计要求,分析计算补给量、排泄量和可开采量。

3.9.2 地下水资源量分析计算,应搜集含水层特征、水文地质参数、地下水开发利用情况和地下水动态观测等资料。

3.9.3 地下水资源量计算时,应根据设计要求和区域地形地貌特征、地层岩性、地下水类型和矿化度等进行分级、分区。

3.9.4 水文地质参数应根据地下水动态观测和室内外试验资料

分析确定。资料短缺时，可移用岩性、水文和水文地质条件相似的邻近地区参数，并分析其合理性，也可参照本规范附录 B 取值。

3.9.5 地下水资源量应以现状条件为基础，按水文地质单元分区、分年计算。资料不足时，可仅计算多年平均地下水资源量。

3.9.6 山丘区地下水资源量可只计算排泄量。平原、盆地区地下水资源量，应以计算补给量为主。地下水开发利用程度较高地区，应利用排泄量法结合地下水动态资料，进行补给量与排泄量的平衡分析。

3.9.7 潜水与承压水的可开采量的计算应符合下列规定：

- 1 潜水可开采量应在地下水区域性评价基础上确定；
- 2 承压水可开采量应在满足开采量和水位变化不得超过规定要求、不影响已建水源地的正常开采、不发生危害性的环境地质问题等条件下确定。

4 泥 沙

4.1 悬移质泥沙分析计算

4.1.1 悬移质泥沙分析计算,根据工程设计要求和资料条件可包括下列内容:

- 1 多年平均含沙量、多年平均年输沙量及其年内分配;
- 2 丰、平、枯不同典型年的年平均含沙量,年输沙量及其年内分配;
- 3 实测最大断面平均含沙量及其出现时间,最大、最小年输沙量及其出现年份;
- 4 多年平均和多年汛期平均颗粒级配,平均粒径、中数粒径、最大粒径及矿物组成;
- 5 泥沙地区分布。

4.1.2 人类活动对工程地址的输沙量影响显著时,应进行资料一致性改正。改正方法可采用输沙率法、地形法和分项调查法等。

4.1.3 设计依据站具有 20 年以上、且有一定代表性悬移质泥沙资料时,可统计泥沙特征值。

4.1.4 设计依据站实测悬移质泥沙资料系列不足 20 年、或虽有 20 年但代表性不足时,可用下列方法进行插补延长:

- 1 流量资料系列较长时,可采用流量与悬移质输沙率的关系插补延长;
- 2 上下游或邻近流域参证站有较长悬移质泥沙资料时,可建立设计依据站与参证站悬移质输沙量的相关关系,并考虑区间或邻近流域产输沙特性的差异插补延长。

4.1.5 悬移质泥沙系列的代表性分析,可根据资料条件采用下列方法:

- 1 悬移质泥沙系列较长时,可按本规范 3.4.2 之 1 的规定评价长系列或代表段系列的代表性;

2 悬移质泥沙系列较短、而径流系列较长且水沙关系较好时,可分析径流相应短系列的代表性,评价泥沙系列的代表性;

3 悬移质泥沙系列较短、而上下游或邻近相似流域参证站有较长悬移质泥沙系列时,可分析参证站相应短系列的代表性,评价设计依据站泥沙系列的代表性。

4.1.6 无实测悬移质泥沙资料时,可用下列方法估算多年平均输沙量:

1 进行短期悬移质泥沙测验,可按本规范 4.1.4 的规定插补延长泥沙系列后进行估算;

2 上下游或降水、产沙条件相似的邻近流域有径流、泥沙资料时,可采用类比法估算;

3 采用经主管部门审批的输沙模数图估算;

4 采用遥感分析法估算。

4.1.7 悬移质输沙量计算成果,可通过上下游沙量平衡和降水、产沙条件相似的邻近流域输沙量的对比分析,检查其合理性。

4.2 推移质泥沙分析计算

4.2.1 设计依据站具有较长系列的推移质泥沙实测资料时,可统计下列特征值:

1 多年平均和不同典型年推移质年输沙量及其年内分配;

2 颗粒级配及平均粒径、中数粒径和最大粒径。

4.2.2 上游有较大的蓄水工程时,可只计算蓄水工程至工程地址区间的推移质输沙量。

4.2.3 推移质泥沙实测资料短缺时,根据设计要求和资料条件,可采用下列方法估算多年平均推移质输沙量:

1 推移质泥沙实测系列较短、而流量系列较长时,可建立流量或断面平均流速与推移质输沙率的关系估算;

2 无推移质泥沙实测资料时,可进行短期推移质测验,按本规范 4.2.3 之 1 的规定估算;

3 利用上下游或邻近流域已建水库的泥沙淤积量和颗粒级

配估算入库推移质输沙量,并考虑地区产沙和推移因素的差异,估算设计依据站推移质输沙量;

4 采用水槽试验方法估算;

5 沙质河床设计依据站有悬移质输沙量及级配资料,且与有实测推移质资料参证站的水深、流速、床沙质级配组成相近时,可用参证站推移质与悬移质中床沙质输沙率的比例关系,估算设计依据站推移质输沙量;

6 采用经验公式估算,应查明公式的适用条件和范围,选用两种以上公式,并合理选用其成果。

4.2.4 推移质输沙量计算成果,应采用多种方法,综合比较,检查其合理性。

5 水位和水位流量关系

5.1 江河水位分析计算

- 5.1.1** 设计断面的设计水位根据资料条件,可采用下列方法:
- 1** 根据设计流量,通过水位流量关系推求;
 - 2** 设计断面所在河段河势较为稳定,河道冲淤变化、人类活动等因素对水位影响较小,且有 30 年以上水位资料时,可采用水位频率计算法推求。
- 5.1.2** 实测水位系列不足 30 年时,可用下列方法插补延长:
- 1** 上下游测站有较长水位系列、且与设计依据站水位关系较好,可采用水位相关插补延长;
 - 2** 采用设计断面所在河段调查、实测的水面线插补延长。
- 5.1.3** 水位经验频率,应按本规范式 (3.5.2) 计算。
- 5.1.4** 水位频率曲线线型,可采用皮尔逊Ⅲ型。经分析论证,也可采用其他线型。设计重现期与水位观测年限相近或小于水位观测年限时,可采用经验频率曲线。
- 5.1.5** 水位频率计算,可采用实测水位减断流水位或历年河底最低点高程后的数值进行,再加上减去的数值推求设计水位。
- 5.1.6** 设计水位计算成果,应根据河段特性,结合上下游站计算成果,检查其合理性。

5.2 潮水位分析计算

- 5.2.1** 潮水位应根据设计要求,分析计算设计高、低潮水位,设计潮水位过程线。
- 5.2.2** 设计依据站有 30 年以上潮水位资料系列时,可直接进行潮水位分析计算。
- 5.2.3** 潮水位频率曲线线型可采用皮尔逊Ⅲ型。经分析论证,也可采用其他线型。

5.2.4 潮水位的经验频率计算和统计参数确定,应按 SL44 — 93 《水利水电工程设计洪水计算规范》3.2.1、3.2.2、3.2.4 的规定执行。

5.2.5 设计依据站实测潮水位系列有 5 年以上、但不足 30 年时,其设计潮水位可用邻近地区有 30 年以上资料,且与设计依据站有同步系列的潮位站作为参证站,采用极值同步差比法推求。参证站的气象条件、受河川径流影响、潮沙特性及受增减水影响等应与设计依据站相似。

5.2.6 设计潮水位过程线可采用典型的或平均偏于不利的潮水位过程。

5.2.7 挡潮闸(坝)设计潮水位的确定,应分析计算建闸(坝)后形成反射波对天然高潮位壅高和低潮位落低的影响。

5.2.8 设计潮水位计算成果应通过多种途径综合分析,检查其合理性。

5.3 水位流量关系拟定

5.3.1 根据工程设计要求,应拟定设计断面工程修建前天然河道的水位流量关系。水位高程系统应与工程设计采用的高程系统一致。

5.3.2 设计断面实测水位、流量资料较充分时,可根据实测资料拟定水位流量关系曲线。设计断面有实测水位资料、上下游有可供移用的流量资料时,可根据实测水位和移用流量拟定水位流量关系曲线。

5.3.3 上下游有可供移用的流量资料,设计断面无实测水位资料时,应设站观测水位。设计断面有实测水位资料、上下游无可供移用的流量资料时,应在设计断面所在河段施测流量。

5.3.4 设计断面所在河段无实测水文资料时,应进行水文调查和临时测流,用多种方法综合拟定水位流量关系曲线。

5.3.5 非单一性的水位流量关系曲线,应分析其成因,提出反映不同影响因素的下列水位流量关系曲线:

1 受洪水涨落影响的河段,可拟定稳定的水位流量关系曲线,也可分别拟定涨水及落水部分的外包线或平均线;

2 受下游变动回水影响的河段,可拟定以下游顶托水位(流量)为参数的一簇水位流量关系曲线;

3 断面冲淤变化较大的河段,可拟定现状水位流量关系曲线。也可根据设计要求,预估某设计年的水位流量关系曲线。

5.3.6 设计断面位于河湾、分汊等河段时,应分析横比降或分流的影响,可分别拟定左、右岸或各河汊的水位流量关系曲线。

5.3.7 水位流量关系曲线的高水外延,应利用实测大断面、洪水调查等资料,根据断面形态、河段水力特性,采用多种方法综合分析拟定。低水延长,应以断流水位控制。

5.3.8 拟定的水位流量关系曲线应从依据资料、河段控制条件、拟定方法等方面,检查其合理性。

6 气象要素、水面蒸发、水温和冰情

6.1 主要气象要素统计分析

6.1.1 应根据工程设计要求,概述流域主要气候特性,统计工程地址的主要气象要素特征值。

6.1.2 流域气候特性,可利用流域内气象观测资料和相关分析、研究成果,概述流域的气候背景和降水、气温、水面蒸发等要素的时空分布。

6.1.3 工程地址气象要素特征值,应采用工程地址邻近且有代表性台站的观测资料统计。气象要素特征值可包括以下内容:

1 多年平均年、月降水量及各等级降水量出现日数,累年时段最大降水量及出现时间;

2 多年平均年、月平均气温、地温、湿度和气温累年年、月极值及其出现时间;

3 多年平均年、月水面蒸发量;

4 多年平均年、月平均风速,年、月最多风向及其频率,累年年、月最大风速及其出现时间,多年平均年、月大风日数;

5 多年平均年、月霜、雪、雾、雷暴等天气现象出现日数及霜、雪、雷暴的初、终期;

6 工程需要的其他气象要素特征值。

6.1.4 气象要素特征值的统计系列不宜少于 30 年。系列较短时,宜插补延长。

6.2 水面蒸发分析计算

6.2.1 水库、湖泊平均年、月水面蒸发量,应采用 10 年以上、观测精度较高且有一定代表性的水面蒸发观测资料计算。

6.2.2 利用水面蒸发观测资料计算水库、湖泊蒸发量,应符合下列规定:

1 20m²以上蒸发池观测资料,可直接用于计算水面蒸发量。水库、湖泊与蒸发池所在地区自然地理条件有较大差异时,应通过有关气象要素的对比分析,对成果加以修正。

2 E-601型蒸发器和口径为20cm、80cm蒸发器观测资料,应折算至20m²蒸发池蒸发量后,再用于计算水面蒸发量。E-601型蒸发器水面蒸发折算系数可参照本规范附录C取值。

3 漂浮蒸发器观测资料也可用于计算水面蒸发量。但应查明浮筏结构、安装方式、观测方法,分析暴雨溅水、风浪等影响。

6.2.3 水面蒸发观测资料短缺时,可采用经主管部门审批的水面蒸发量等值线图或地区水面蒸发经验公式估算水面蒸发量。

6.3 水温分析计算

6.3.1 水温分析计算应包括天然河道水温特征值统计和建库后水库水温分布分析。

6.3.2 天然河道水温应统计多年平均年、月平均值,年、月平均值的最大、最小值,实测最大、最小值和出现时间,以及工程设计要求的其他特征值。

6.3.3 设计依据站具有10年以上水温观测系列时,可直接统计有关特征值。水温观测系列不足10年时,可插补延长。

6.3.4 水库水温分析计算应包括水库水温分布类型判别和库表水温、库底水温、水库垂向水温分布的估算等。

6.3.5 水库水温分布和各项特征值,可采用自然地理条件、水库特性相似的已建水库的水温观测资料,进行类比分析确定,或按本规范附录D的规定估算。

6.4 冰情分析计算

6.4.1 对有冰情的工程地址及有关河段,应统计冰情特征值,分析冰情特性和工程施工期、运行期可能出现的冰情问题。

6.4.2 河流冰情特征值可包括下列内容:

1 初冰、流冰花、封冻、开河、流冰和终冰的日期;

- 2 最大冰厚、冰花厚及其发生日期；
- 3 流冰花的疏密度、流冰花总量和最大冰花流量；
- 4 流冰的疏密度、流冰总量和最大冰流量、最大流冰块的大小和冰速；

- 5 不同开河形式的出现几率；

- 6 冰塞、冰坝发生的时间、地点和规模。

6.4.3 设计依据站冰情观测系列在 10 年以上时,可直接统计冰情特征值;不足 10 年或虽有 10 年但仍不能满足设计要求时,应进行冰情调查。

6.4.4 设计断面所在河段无冰情资料时,可采用下列方法估算冰情特征值:

- 1 工程地址与邻近参证站水力条件、日照和其他热力条件相似时,可移用参证站的统计资料。水力和热力条件差异较大时,应结合调查和对比观测资料进行修正。

- 2 地区经验公式估算,应对公式中的系数进行分析论证,有关经验公式见本规范附录 E。

- 3 采用经主管部门审批的冰情特征值图表查算。

- 4 采用热平衡方法估算。

6.4.5 工程冰情分析计算可包括下列内容:

- 1 设计来水、来冰过程;

- 2 导流或排冰建筑物的排冰能力和设计来水、来冰条件下设计断面的壅水高度;

- 3 水库冰厚及水库末端形成冰塞、冰坝的可能性及其壅水高度;

- 4 输水渠道沿程冰情变化及其对输水能力的影响;

- 5 抽水蓄能电站上下库结冰特性及对库容的影响,冰盖的形成和破碎对抽水、放水的影响;

- 6 水库下游或输水渠道零温断面位置及不封冻距离;

- 7 工程需要的其他冰情分析内容。

6.4.6 工程冰情可采用下列途径分析计算:

- 1 有实测资料时,可根据水力学、热力学原理分析计算;
 - 2 缺乏实测资料时,可参照邻近地区工程兴建前后冰情变化规律及其分析研究成果进行类比估算。
- 6.4.7** 冰情分析计算成果,应从计算方法、地区综合分析等方面进行合理性检查。对重要工程的冰情,应通过模型试验验证成果的合理性。

7 水文测报系统

7.1 施工期水文测报规划

- 7.1.1** 施工期水文测报规划应根据施工对水文预报的要求编制。
- 7.1.2** 施工期水文测报规划应包括下列内容：
- 1 初步拟定水文预报项目和方案；
 - 2 规划水情站网；
 - 3 初步拟定通信方式；
 - 4 编制投资概(估)算。
- 7.1.3** 施工期水文预报项目和方案,应根据工程施工对水文预报的要求及流域暴雨洪水、产汇流、冰情等特性拟定。
- 7.1.4** 施工期水情站网规划时,应利用现有的水情站。现有的水情站或其观测项目不能满足水文预报的要求时,应提出增加的测报项目或增建的水情站点的数量及位置。
- 7.1.5** 通信方式应根据施工水文预报要求、现有通信设施状况、所在地区地形、运行维护条件等结合通信方式的特点拟定。重要报讯站应有应急措施。
- 7.1.6** 人工测报难以满足工程施工要求时,可结合运行期的要求建立施工期水文自动测报系统。

7.2 运行期水文自动测报系统

- 7.2.1** 水文自动测报系统可根据工程任务和运行调度的要求进行设计。水文自动测报系统应实用可靠、技术先进、经济合理。
- 7.2.2** 水文自动测报系统设计应包括下列主要内容：
- 1 拟定水文预报方案；
 - 2 拟定遥测站网规划方案；
 - 3 确定系统功能和主要技术要求；
 - 4 初步确定通信组网方案 and 数据处理系统；

5 编制投资概算。

7.2.3 水文预报方案应根据工程运行要求和流域水文特性分析拟定。

7.2.4 遥测站网规划应满足水文预报和运行调度的要求,充分利用现有的水情站网。现有水情站网不能满足要求时,应增设遥测站。

7.2.5 水文自动测报系统应具有数据采集、传输、处理和水文预报及调度作业等基本功能,并确定系统规模,规定数据采集分辨力、通信频段和信道带宽、系统响应速度、可靠性等技术指标。

7.2.6 通信方式应根据系统设计要求和所在地区地形、运行维护条件等,结合通信方式特点分析确定,可采用超短波、卫星、短波等,也可采用混合方式。

7.2.7 数据处理系统应具有数据接收、处理、存贮、查询、计算、编制水情图表和成果输出等功能。

附录 A 径流还原计算分项调查法

径流还原计算分项调查法采用的水量平衡方程式为式(A)：

$$W_{\text{天然}} = W_{\text{实测}} + W_{\text{农业}} + W_{\text{工业}} \pm W_{\text{生活}} \pm W_{\text{调蓄}} \pm W_{\text{水保}} + W_{\text{蒸发}} \\ \pm W_{\text{引水}} \pm W_{\text{分洪}} + W_{\text{渗漏}} \pm W_{\text{其他}} \quad (\text{A})$$

- 式中 $W_{\text{天然}}$ ——还原后的天然径流量；
 $W_{\text{实测}}$ ——实测径流量；
 $W_{\text{农业}}$ ——农业灌溉净耗水量；
 $W_{\text{工业}}$ ——工业净耗水量；
 $W_{\text{生活}}$ ——生活净耗水量；
 $W_{\text{调蓄}}$ ——蓄水工程的蓄水变量（增加为“+”，减少的“-”）；
 $W_{\text{水保}}$ ——水土保持措施对径流的影响水量；
 $W_{\text{蒸发}}$ ——水面蒸发增损量；
 $W_{\text{引水}}$ ——跨流域引水量（引出为“+”，引入为“-”）；
 $W_{\text{分洪}}$ ——河道分洪水量（分出为“+”，分入为“-”）；
 $W_{\text{渗漏}}$ ——水库渗漏水量；
 $W_{\text{其他}}$ ——包括城市化、地下水开发等对径流的影响水量。

附录 B 主要水文地质参数

表 B.1 各种岩性给水度 μ 值

岩 性	给 水 度	岩 性	给 水 度
粘 土	0.02~0.035	粉细砂	0.07~0.10
亚粘土	0.03~0.045	细 砂	0.08~0.11
亚砂土	0.035~0.06	中细砂	0.085~0.12
黄 土	0.025~0.05	中 砂	0.09~0.13
黄土状亚粘土	0.02~0.05	中粗砂	0.10~0.15
黄土状亚砂土	0.03~0.06	粗 砂	0.11~0.15
粉 砂	0.06~0.08	砂卵石	0.13~0.20

表 B.2 不同岩性和降水量的平均年降水入渗补给系数 α 值

平均年降水量 (mm)	平 均 年 α 值				
	粘 土	亚粘土	亚砂土	粉细砂	砂卵石
50	0~0.02	0.01~0.05	0.02~0.07	0.05~0.11	0.08~0.12
100	0.01~0.03	0.02~0.06	0.04~0.09	0.07~0.13	0.10~0.15
200	0.03~0.05	0.04~0.10	0.07~0.13	0.10~0.17	0.15~0.21
400	0.05~0.11	0.08~0.15	0.12~0.20	0.15~0.23	0.22~0.30
600	0.08~0.14	0.11~0.20	0.15~0.24	0.20~0.29	0.26~0.36
800	0.09~0.15	0.13~0.23	0.17~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1000	0.08~0.15	0.14~0.23	0.18~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1200	0.07~0.14	0.13~0.21	0.17~0.25	0.21~0.29	0.27~0.37
1500	0.06~0.12	0.11~0.18	0.15~0.22		
1800	0.05~0.10	0.09~0.15	0.13~0.19		

注：东北黄土平均年 α 值与表中亚粘土平均年 α 值相近；陕北黄土有裂隙发育，其平均年 α 值与表中亚砂土平均年 α 值相近。

表 B.3 不同岩性和地下水埋深的潜水蒸发系数 C 值

地区	年水面蒸发量 (E-601, mm)	包气带 岩性	地下水埋深 (m)							
			0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
黑龙江流域季节冻土区	600~1200	亚粘土		0.01~0.15	0.08~0.12	0.06~0.09	0.04~0.08	0.03~0.06	0.02~0.04	0.01~0.03
		亚砂土	0.21~0.26	0.16~0.21	0.13~0.17	0.08~0.14	0.05~0.11	0.04~0.09	0.03~0.08	0.03~0.07
		粉细砂	0.23~0.37	0.18~0.31	0.14~0.26	0.10~0.20	0.06~0.15	0.03~0.10	0.01~0.07	0.01~0.05
内陆河流域严重干旱区	1200~2500	亚粘土	0.22~0.37	0.09~0.20	0.04~0.10	0.02~0.04	0.02~0.03	0.01~0.02	0.01~0.02	0.01~0.02
		亚砂土	0.26~0.48	0.19~0.37	0.15~0.26	0.08~0.17	0.05~0.10	0.03~0.07	0.02~0.05	0.01~0.03
其它地区	800~1400	亚粘土	0.40~0.52	0.16~0.27	0.08~0.14	0.04~0.08	0.03~0.05	0.02~0.03	0.02~0.03	0.01~0.02
		亚砂土	0.54~0.62	0.38~0.48	0.26~0.35	0.16~0.23	0.09~0.15	0.05~0.09	0.03~0.06	0.01~0.03
		砂砾石	0.50左右	0.07左右	0.02左右	0.01左右				

表 B.4 不同渠床衬砌、岩性和地下水埋深情况的 η 、 γ 、 m 值

分区	衬砌情况	渠床下岩性	地下水埋深(m)	渠系有效利用系数 η	修正系数 γ	渠系渗漏补给系数 m
长江以南地区和内陆河流域农业灌溉区	未衬砌	亚粘土、亚砂土	<4	0.30~0.60	0.55~0.90	0.22~0.60
	部分衬砌		>4	0.45~0.80	0.35~0.85	0.19~0.50
			<4	0.40~0.70	0.30~0.80	0.18~0.45
	衬砌		<4	0.50~0.80	0.35~0.85	0.17~0.45
半干旱半湿润区	未衬砌	亚粘土		0.55	0.32	0.144
		亚砂土	<4	0.40~0.50	0.35~0.50	0.18~0.30
		亚粘、亚砂土		0.40~0.55	0.32	0.14~0.30
	部分衬砌	亚粘土	>4	0.55~0.73	0.32	0.09~0.14
		亚砂土	<4	0.55~0.68	0.37	0.12~0.17
			>4	0.52~0.73	0.35	0.10~0.17
	衬砌	亚粘、亚砂土		0.55~0.73	0.32~0.40	0.09~0.17
		亚粘土	<4	0.65~0.88	0.32	0.04~0.11
	亚砂土		0.57~0.73	0.37	0.10~0.16	

表 B.5 不同岩性、地下水埋深、灌水定额的灌溉入渗补给系数 β 值

地下水埋深 (m)	灌水定额 (m ³ 亩)	岩 性		
		亚粘土	亚砂土	粉细砂
<4	40~70	0.10~0.17	0.10~0.20	
	70~100	0.10~0.20	0.15~0.25	0.20~0.35
	>100	0.10~0.25	0.20~0.30	0.25~0.40
4~8	40~70	0.05~0.10	0.05~0.15	
	70~100	0.05~0.15	0.05~0.20	0.05~0.25
	>100	0.10~0.20	0.10~0.25	0.10~0.30
>8	40~70	0.05	0.05	0.05~0.10
	70~100	0.05~0.10	0.05~0.10	0.05~0.20
	>100	0.05~0.15	0.10~0.20	0.05~0.20

表 B.6 不同岩性渗透系数 K 值

岩 性	粘 土	亚 粘 土	亚 砂 土	粉 砂	粉 细 砂	细 砂	中 砂	粗 砂	砂 砾 石	卵 砾 石
渗透 系数 K (m/d)	0.001 ~ 0.054	0.02 ~ 0.5	0.2 ~ 1.0	1~5	3~8	5~15	10~25	20~50	50 ~ 150	80 ~ 300

附录 C E—601 型蒸发器水面蒸发折算系数表

气候区	省(自治区、直辖市)	站名	标准蒸发池面积(m ²)	月份												全年	统计年份	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
中温带	吉林	丰满	20					0.74	0.81	0.91	0.97	1.03	1.04				1965~1979	
	辽宁	营盘	20					0.88	0.89	0.95	1.06	1.10	1.12				1965~1979	
	黑龙江	二龙山	20					0.83	0.87	0.92	0.99	1.03					1991~1993	
	内蒙	红山	20					0.73	0.76	0.77	0.85	0.88	0.85					1980~1982
		巴彦高勒	20	0.73	0.73	0.74	0.80	0.76	0.77	0.81	0.86	0.91	0.92	0.80	0.73	0.81		1984~1993
	新疆	哈地坡	20				0.82	0.80	0.81	0.82	0.84	0.85	0.91					1964~1965
南温带	北京	官厅	20				0.82	0.81	0.86	0.95	1.02	1.01	0.97					1964~1970
	山东	南四湖	20			0.93	0.89	0.92	0.94	1.00	1.04	1.08	1.05	1.08				1985~1990
		二级湖闸																
河南	三门峡	20				0.84	0.84	0.88	0.87	0.97	1.02	0.96	1.06					1965~1967

续表

气候区	省(自治区、直辖市)	站名	标准蒸发池面积(m ²)	月份												全年	统计年份
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
北亚热带	湖北	宜昌	20	1.03	0.87	0.84	0.80	0.91	0.93	0.92	0.97	1.05	1.03	1.00	1.02	0.95	1984~1994
		东湖	10	0.98	0.97	0.88	0.92	0.93	0.95	0.98	0.99	1.04	1.05	1.06	1.04	0.98	1960~1961 1965~1977
	江苏	太湖	20	1.02	0.94	0.90	0.86	0.88	0.92	0.95	0.97	1.01	1.03	1.06	1.09	0.97	1957~1966
		宜兴	20	1.09	1.02	0.90	0.87	0.91	0.93	0.93	0.97	1.05	1.03	1.10	1.10	0.97	1961~1969
	浙江	东溪口	20	0.92	0.85	0.78	0.83	0.87	0.89	0.91	0.94	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90	1966~1973
中亚热带	重庆	重庆	20	0.84	0.80	0.78	0.80	0.89	0.90	0.90	0.92	0.97	1.02	1.00	0.97	0.90	1961~1968
	福建	古田	20	1.04	0.96	0.92	0.87	0.95	0.94	0.99	1.01	1.03	1.07	1.10	1.07	0.99	1963~1979
	云南	滇池	20	0.91	0.89	0.89	0.87	0.90	0.97	0.95	0.96	1.04	1.02	1.01	0.98	0.93	1984~1989
南亚热带	广东	广州	20	0.91	0.87	0.84	0.89	0.96	0.99	1.03	1.03	1.05	1.05	1.02	0.97	0.97	1963~1977
高原气候区	西藏	白地	20					0.87	0.86	0.92	0.93	0.96	1.03				1977
		拉萨大桥	20	0.74	1.03	0.90	0.85	0.88	0.84	0.89	0.94	0.97	1.00	0.99	0.80	0.90	1976~1981

附录 D 水温分析计算

D.1 水库水温分布类型判别

采用式(D.1)指标大致判别水库水温分布类型:

$$\alpha = W V_{\text{总}} \quad (\text{D.1})$$

式中 α ——判别系数;

W ——多年平均年径流量(m^3);

$V_{\text{总}}$ ——总库容(m^3)。

当 $\alpha < 10$ 时为分层型; $\alpha > 20$ 时为混合型; $10 \leq \alpha \leq 20$ 时为过渡型。

D.2 垂向水温分布计算

估算垂向水温分布可按经验公式式(D.2-1)~式(D.2-4)计算:

$$T_y = (T_0 - T_b) e^{-(y/x)^n} + T_b \quad (\text{D.2-1})$$

$$n = \frac{15}{m^2} + \frac{m^2}{35} \quad (\text{D.2-2})$$

$$x = \frac{40}{m} + \frac{m^2}{2.37 \times (1 + 0.1m)} \quad (\text{D.2-3})$$

$$T_b = T_b' - K'N \quad (\text{D.2-4})$$

式中 T_y ——从库水面计水深为 y 处的月平均水温($^{\circ}\text{C}$);

T_0 ——库表面月平均水温($^{\circ}\text{C}$),可根据设计水库库区的气温并利用气候条件相似同类水库的气温~库表水温关系求得,也可用已建水库库表水温与纬度的关系插补;

m ——月份,1、2、3、...、12月;

n 、 x ——与 m 有关的参数;

T_b ——库底月平均水温 (°C)；对于分层型水库，各月库底水温与其年值差别甚小，可用年值代替；对于过渡型和混合型水库，各月库底水温可用式(D.2-4)计算，该式适用于 23°~44°N 地区；

N ——大坝所在纬度；

T_b' 、 K' ——参数，其值见表 D。

表 D 库底水温计算公式中的 T_b' 、 K' 值表

月 份	1~3	4~5			6~8			9		
水深(m)		20	40	60	20	40	60	20	40	60
T_b'	24.0	30.4	25.6	23.6	35.4	29.9	22.9	37.3	30.0	23.6
K'	0.49	0.48	0.48	0.47	0.42	0.43	0.44	0.44	0.43	0.44
月 份	10			11			12			
水深(m)	20	40	60	20	40	60				
T_b'	33.1	28.0	23.6	37.4	30.9	24.1	31.5			
K'	0.45	0.43	0.44	0.61	0.52	0.44	0.64			

附录 E 冰情分析计算

E.1 冰厚计算

E.1.1 天然河道冰厚增长可用式(E.1.1)计算:

$$h_i = k(\Sigma t)^\alpha \quad (\text{E.1.1})$$

式中 h_i —— Σt 时的冰厚(cm);

k ——经验系数;

Σt ——累积日平均气温(绝对值,℃),从稳定转负日起算;

α ——经验系数。

根据我国东北和华北的资料分析, k 、 α 的变幅如下:

东北地区 $\alpha = 0.50 \sim 0.56$, $k = 2.0 \sim 2.3$;

华北地区 $\alpha = 0.50 \sim 0.56$, $k = 2.6 \sim 3.0$ 。

E.1.2 天然河道最大冰厚可用式(E.1.2)计算:

$$h_m = 8.3 \Phi - 278 \quad (\text{E.1.2})$$

式中 h_m ——冰期最大冰厚(cm);

Φ ——纬度,其范围为(36°~54°N)。

E.2 流冰花总量计算

E.2.1 水文学法

秋季流冰花总量可用式(E.2.1-1)~式(E.2.1-3)估算:

$$W_f = 8.64 \sum_1^{n_s} Q_g \quad (\text{E.2.1-1})$$

$$Q_g = K \eta B V_g h_g \quad (\text{E.2.1-2})$$

$$K = \frac{\gamma_g}{\gamma_i} \quad (\text{E.2.1-3})$$

式中 W_f ——秋季流冰花总量(密实体, 10^4m^3);

Q_g ——计算断面日平均冰花流量(密实体, $\text{m}^3 \text{s}$);

- K ——冰花密实体折算系数；
 η ——日平均流冰疏密度，以冰花面积占敞露河面面积十分率表示；
 B ——断面敞露水面宽(m)；
 V_g ——日平均冰花流动速度，可用平均水面流速代替(m s)；
 h_g ——平均冰花厚度(m)；
 γ_g ——冰花容重(g cm^3)；
 γ_i ——结晶冰容重，一般近似地取 0.917g cm^3)；
 n_t ——流冰花天数。

E.2.2 热平衡分析法

根据热量平衡原理，计算河段日产冰量可用式(E.2.2-1)、式(E.2.2-2)估算：

$$\bar{Q}_t = \frac{\beta \bar{B} \Sigma S}{335 \gamma_i} \quad (\text{E.2.2-1})$$

$$\Sigma S = S_1 + S_2 - S_3 - S_4 - S_5 - S_6 + S_7 + S_8 + S_9 - S_{10} \quad (\text{E.2.2-2})$$

式中 \bar{Q}_t ——计算河段日产冰量(密实体, $\text{m}^3 \text{ d}$)；

β ——河段敞露度($\beta = 1 - \eta$)；

l ——计算河段长度(m)；

\bar{B} ——计算河段平均水面宽(m)；

335——结冰潜热(MJ t)；

ΣS ——冬季一昼夜单位水面热损失 [$\text{MJ (m}^2 \cdot \text{d)}$]；

S_1 ——太阳直接辐射热；

S_2 ——太阳散射辐射热；

S_3 ——反射辐射热损失；

S_4 ——水面有效辐射热；

S_5 ——水面蒸发热损失；

S_6 ——水面对流热损失；

- S_7 ——旁侧入流的热量交换；
- S_8 ——河床与水流间的热量交换；
- S_9 ——水流动力加入热量；
- S_{10} ——降水进入河中的热交换量。

计算时应注意,随着流冰历时的加长,两岸岸冰不断增宽, β 和 \bar{B} 也应变化。

出口断面逐日流冰花量 \bar{Q}_t 之和即为流冰花总量。

E.3 零温断面位置的计算

零温断面位置用出库断面(如水电站尾水断面)至零温断面的距离 L_0 (km) 来表示。根据热量平衡原理,用式(E.3)计算:

$$L_0 = 86.4 \times \frac{\bar{Q} C \gamma t_s}{B \sum S} \quad (\text{E.3})$$

- 式中 \bar{Q} ——水库下泄日平均流量($\text{m}^3 \text{ s}$);
- C ——水的热容量[$\text{MJ} (\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$];
- γ ——水的容重(t m^3);
- t_s ——出库水温($^\circ\text{C}$)。

本规范用词和用语说明

为了便于执行本规范,对要求严格程度不同的用词说明如下:

——表示很严格、非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

——表示严格,在正常情况均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

——表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

本规范用语说明如下:

在规范条文中引用本规范中的其他条文时,采用“符合本规范×.×.×的规定”等典型用语。

在规范条文中引用本规范中的其他公式时,采用“按本规范式(×.×.×)计算”等典型用语。

相关规范应采用“……,除应符合本规范外,尚应符合国家现行的有关标准的规定”典型用语。