

ICS 07.060

P 12

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 278—2020

替代 SL 278—2002

水利水电工程水文计算规范

Specification for hydrologic computation of water
resources and hydropower projects

2020—07—24 发布

2020—10—24 实施

中华人民共和国水利部 发布

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水利水电工程水文
计算规范》等 3 项水利行业标准的公告

2020 年第 11 号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程水文计算规范》
(SL/T 278—2020) 等 3 项为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程水文计算规范	SL/T 278—2020	SL 278—2002	2020. 7. 24	2020. 10. 24
2	水利空间数据交换协议	SL/T 797—2020		2020. 7. 24	2020. 10. 24
3	水利信息产品服务总则	SL/T 798—2020		2020. 7. 24	2020. 10. 24

水利部

2020 年 7 月 24 日

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，对 SL 278—2002《水利水电工程水文计算规范》进行修订。

本标准共 7 章和 3 个附录，主要技术内容包括：

- 基本资料的搜集、整理和复核；
- 径流分析计算；
- 泥沙分析计算；
- 水位分析计算；
- 水位流量关系拟定；
- 气象要素、水面蒸发、水温和冰情分析计算；
- 水文测报系统设计。

本次修订的主要内容有：

- 将“径流还原计算”修订为“径流系列的一致性处理”；
- 适当扩充了泥沙分析计算内容，增加了泥沙来源、人类活动影响调查分析内容；
- 增加了平原水网地区、受顶托影响和受凌汛影响的河流水位分析计算内容；
- 增加了水库形成水面后增加的蒸发损失量计算内容；
- 增加了水文测报系统的公网通信方式以及重要遥测站具备备用通信方式的要求；
- 将原标准附录 A“径流还原计算分项调查法”调整到正文部分；
- 删除了原标准附录 B“主要水文地质参数”中部分水文地质参数；
- 删除了原标准附录 C“E-601 型蒸发器水面蒸发折算系数表”，其内容调整到 6.2.2 的条文说明中。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SDJ 214—83

——SL 278—2002

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：水利部长江水利委员会水文局

本标准参编单位：中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：王 俊 陈剑池 徐高洪 徐长江

邢建平 邵 骏 戴明龙 贾建伟

刘 伟 郭海晋 王铁锋 刘翠杰

本标准审查会议技术负责人：李小燕

本标准体例格式审查人：张平

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈至水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	基本资料	3
2.1	基本资料搜集整理	3
2.2	基本资料复核评价	3
3	径流	5
3.1	径流分析计算的基本要求	5
3.2	径流系列的一致性处理	5
3.3	径流资料插补延长	6
3.4	径流系列代表性分析	7
3.5	径流分析计算	8
3.6	枯水径流分析计算	9
3.7	冰雪融水补给地区径流分析计算	10
3.8	岩溶地区径流分析计算	11
3.9	地下水分析计算	11
4	泥沙	13
4.1	悬移质泥沙分析计算	13
4.2	推移质泥沙分析计算	14
5	水位和水位流量关系	16
5.1	江河水位分析计算	16
5.2	潮水位分析计算	16
5.3	水位流量关系拟定	17
6	气象要素、水面蒸发、水温和冰情	19
6.1	主要气象要素统计分析	19
6.2	水面蒸发分析计算	19
6.3	水温分析计算	20
6.4	冰情分析计算	20

7 水文测报系统.....	23
7.1 施工期水文测报规划	23
7.2 运行期水文自动测报系统	23
附录 A 主要水文地质参数	25
附录 B 水温分析计算	27
附录 C 冰情分析计算	29
标准用词说明	32
标准历次版本编写者信息	33
条文说明	35

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

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，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于大中型水利水电工程的水文计算。

1.0.3 水文计算应根据工程设计要求，包括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，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 本标准主要引用下列标准：

SL 44 水利水电工程设计洪水计算规范

SL 428 凌汛计算规范

1.0.10 水文计算除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 基本资料

2.1 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、冰情及洪水、枯水、潮水位调查考证等资料。

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 流域综合规划、水资源综合规划、防洪规划等相关规划，以及流域供水、用水、耗水和退水等资料。

8 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，应改正并建档备查。对采用资料的可靠性，应做出评价。

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，并复核观测精度较差、断面冲淤变化较大、漫溃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，应从资料来源、水量平衡等方面检查其合理性。

2.2.6 采用分项调查法计算的分项水量，宜从万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量、灌溉定额、灌溉水利用系数、人均生活用水量、供水管网漏损率等指标和定额检查其合理性。

2.2.7 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。

2.2.8 气象资料应查明降水、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 人类活动及下垫面变化对径流的影响分析及径流系列的一致性处理。
- 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。当受人类活动影响较小时可采用实测径流系列，当受人类活动影响较大时可采用经一致性处理后的径流系列。

3.2 径流系列的一致性处理

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。下垫面变化使径流量及其过程发生明显变化时，应进行径流系列的一致性处理。

3.2.2 还原水量应包括工农业及生活耗水量、河道外生态环境耗水量、蓄水工程的蓄变量及蒸发渗漏量、分洪溃口水量、跨流域引（调）水量等。

3.2.3 径流系列的一致性处理，应分析主要影响因素，采用下列方法：

- 1 多种因素综合影响时，径流还原计算可采用分项调查法，应按公式（3.2.3）水量平衡方程式计算。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。

$$W = \sum_{i=1}^{12} W_i \quad (3.2.3)$$

式中 W ——还原后的天然径流量；

W_1 ——实测径流量；

W_2 ——农业灌溉净耗水量；

W_3 ——工业净耗水量；

W_4 ——生活净耗水量；

W_5 ——蓄水工程的蓄水变量，增加为“+”，减少为“-”；

W_6 ——水土保持措施对径流的影响水量；

W_7 ——水面蒸发增损量；

W_8 ——跨流域引（调）水量，引出为“+”，引入为“-”；

W_9 ——河道分洪水量，分出为“+”，分入为“-”；

W_{10} ——水库渗漏水量，坝下游水文站不用还原该项目；

W_{11} ——城镇化、地下水开发等对径流的影响水量；

W_{12} ——河道外生态环境耗水量。

2 当水土保持、地下水和矿产开采、城镇化等下垫面因素引起流域产汇流条件发生明显变化时，可采用成因分析、降水径流关系、径流相关等方法进行径流一致性处理。

3.2.4 径流系列的一致性处理应逐年、逐月（旬）进行。逐年处理所需资料不足时，可按人类活动措施的不同发展时期采用丰、平、枯水典型年进行估算。逐月（旬）处理所需资料不足时，可分主要用水期和非主要用水期进行估算。

3.2.5 对一致性处理成果应从单项指标、定额和分项水量，上下游、干支流和地区间的水量平衡，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应明确成因概念，相关点据散乱时可增加参变量，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且不易延长系列时，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 在连序径流系列中,按大小次序排列的第 m 项的经验频率应按公式 (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 p_m ——第 m 项径流的经验频率;

m ——径流序列中的序位;

n ——连序径流序列项数。

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。当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依据。代表段的径流系列应包含丰、平、枯水年在内的一个或多个完整的周期,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、经验公式等方法估算。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 平原水网区，可采用水文模型推算径流。

3.5.9 根据设计要求，可采用随机模拟法模拟径流系列。

3.5.10 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，应进行一致性处理。径流还原计算可采用分项调查、退水曲线、长短时段或上下游枯水径流量相关等方法。现状条件下的枯水径流计算可采用成因分析、径流相关等方法。

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 3.5 节的规定执行。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3.2节的规定外，尚应调查人工融冰化雪和冰川湖溃决等情况。资料具备时应进行还原计算，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3.4节的规定分析评价。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3.5节的规定执行。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3.5.5条的规定执行外，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, 或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, 人类活动影响等资料。必要时, 可开展连通试验或设站观测。

3.8.3 岩溶地区的径流还原计算, 除按 3.2 节的规定执行外, 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、可开采量及人类活动对地下水资源量的影响。

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，也可按照附录 A 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 不同典型年的年平均含沙量，年输沙量及其年内分配。
- 3 实测最大的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 泥沙来源、地区分布、水沙关系及人类活动影响调查分析。

4.1.2 人类活动对工程地址的输沙量影响显著时，应进行资料一致性分析，分析不同代表时段泥沙特征值。

4.1.3 设计依据站具有 20 年及以上，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采用下列方法：

1 悬移质泥沙系列较长时可按 3.4.2 条 1 款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 4.1.4 条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 采用侵蚀模数估算时，应通过输移比进行改正。

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，按本条 1 款的规定估算。

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 利用推移质输沙试验推算。

5 借用邻近相似流域参证站或已有类似工程的推悬比估算推移质输沙量。

6 采用推移质输沙率公式估算时，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，经综合比较后确定，并检查其合理性。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

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可采用下列方法计算：

- 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。
- 3 受顶托影响的河段和平原水网地区，可采用水力学等方法推求。
- 4 受凌汛影响的河段，按 SL 428 的相关规定执行。

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。

5.1.4 水位经验频率，应按公式 (3.5.2) 计算。

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 受顶托影响的河段，应分析干支流洪水遭遇特性。在沿海地区，应分析洪潮遭遇特性。

5.1.7 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 设计依据站实测潮水位系列有 5 年以上，但不足 30 年时，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，可采用极值同步差比法、相关分析法推求设计潮水位。参证站的气象条件、受河川径流影响、潮汐特性及受增减水影响等应与设计依据站相似。

5.2.4 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。

5.2.5 潮水位的经验频率计算和统计参数确定，应按 SL 44—2006 中 3.1.2、3.1.3、3.1.5 的相关规定执行。

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 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，应拟定河道设计断面的水位流量关系。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、方法与参数等方面，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及有关分析、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下列内容：

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。

3 漂浮蒸发器观测资料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。

6.2.4 水库工程应计算水库形成水面后增加的蒸发损失量,其值为水面蒸发量与陆面蒸发量的差值。

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 年及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。受上游蓄水工程影响河段,应分析工程前后水温变化。无资料时,可进行观测或类比分析。

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水温观测资料,进行类比分析确定,或按附录 B 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、终冰的平均、最早、最晚日期。
- 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 20 年及以上时，可直接统计冰情特征值。不足 20 年或虽有 20 年但仍不满足设计要求时，应进行冰情调查，综合分析确定冰情特征值。

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 采用经主管部门审批的冰情特征值图表查算。
- 3 采用地区经验公式估算时，应对公式中的系数进行分析论证。
- 4 采用热平衡方法估算时，按照附录 C 执行。

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 工程施工导流或排冰建筑物的排冰能力，设计来水、来冰条件下设计断面的壅水高度。
- 3 工程运行期水库冰厚及末端形成冰塞、冰坝的可能性和壅水高度。
- 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，可通过野外调查或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、便于建设和运行管理。
- 7.2.2 水文自动测报系统设计应包括下列主要内容：
 - 1 确定系统目标和任务。
 - 2 拟定水文预报方案。
 - 3 拟定遥测站网规划方案。

- 4 确定系统功能和主要技术要求。
 - 5 初步确定通信组网方案 and 数据处理系统。
 - 6 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，规定数据采集分辨率、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、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，可采用公网、卫星等，也可采用混合方式。重要遥测站应具备备用通信方式。
- 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 主要水文地质参数

A.0.1 各种岩性给水度 μ ，见表 A.0.1。

表 A.0.1 各种岩性给水度 μ

岩性	给水度	岩性	给水度
黏土	0.02~0.035	粉细砂	0.07~0.10
亚黏土	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
黄土状亚黏土	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

A.0.2 不同渠床衬砌、岩性和地下水埋深情况的 η 、 γ 、 m ，见表 A.0.2。

A.0.3 不同岩性渗透系数 K ，见表 A.0.3。

表 A.0.2 不同渠床衬砌、岩性和地下水埋深情况的 η 、 γ 、 m

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	亚黏土、 亚砂土	<4	0.30~0.60	0.55~0.90	0.22~0.60
	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
			>4	0.45~0.80	0.35~0.80	0.16~0.45

表 A.0.2 (续)

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
半干旱 半湿润 地区	未衬砌	亚黏土	<4	0.55	0.32	0.144
		亚砂土		0.40~0.50	0.35~0.50	0.18~0.30
		亚黏、亚砂土		0.40~0.55	0.32	0.14~0.30
	部分衬砌	亚黏土		0.55~0.73	0.32	0.09~0.14
		亚砂土	>4	0.55~0.70	0.30	0.09~0.14
			<4	0.55~0.68	0.37	0.12~0.17
		亚黏、亚砂土	>4	0.52~0.73	0.35	0.10~0.17
				0.55~0.73	0.32~0.40	0.09~0.17
	衬砌	亚黏土	<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 A.0.3 不同岩性渗透系数 K

岩性	黏土	亚黏土	亚砂土	粉砂	粉细砂	细砂	中砂	粗砂	砂砾石	卵石
渗透系数 K / (cm/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 B 水温分析计算

B.0.1 水库水温分布类型可按公式 (B.0.1) 指标判别。

$$\alpha = W/V \quad (\text{B.0.1})$$

式中 α ——判别系数；

W ——多年平均年径流量， m^3 ；

V ——总库容， m^3 。

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

B.0.2 垂向水温分布可按公式 (B.0.2-1)～公式 (B.0.2-4) 计算：

$$T_y = (T_0 - T_b)e^{-(y/z)^n} + T_b \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$n = \frac{15}{m^2} + \frac{m^2}{35} \quad (\text{B.0.2-2})$$

$$x = \frac{40}{m} + \frac{m^2}{2.37(1+0.1m)} \quad (\text{B.0.2-3})$$

$$T_b = T'_b - K'N \quad (\text{B.0.2-4})$$

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

T_b ——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， $m=1, 2, 3, \dots, 12$ ；

n 、 x ——与 m 有关的参数；

T_b ——库底月平均水温， $^{\circ}\text{C}$ ，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，各月库底水温可用公式 (B.0.2-4) 计算，该式适用于 $23^{\circ}\text{N} \sim 44^{\circ}\text{N}$ ；

N ——大坝所在纬度；

T'_b 、 K' ——参数，其值见表 B.0.2。

表 B.0.2 库底水温计算公式中的参数 T'_b 、 K'

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 C 冰情分析计算

C.1 冰厚计算

C.1.1 天然河道冰厚增长可用公式 (C.1.1) 计算:

$$h = k \left(\sum_{i=1}^n |t_i| \right)^{\alpha} \quad (\text{C.1.1})$$

式中 h ——冰厚, cm;

t ——日平均气温, $^{\circ}\text{C}$, 从稳定转负日起算;

n ——计算天数;

k ——经验系数, 东北地区 $k=2.0\sim2.3$, 华北地区 $k=2.6\sim3.0$;

α ——经验指数, 东北地区 $\alpha=0.50\sim0.56$, 华北地区 $\alpha=0.50\sim0.56$ 。

C.1.2 天然河道最大冰厚可用公式 (C.1.2) 计算:

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

式中 h_m ——冰期最大冰厚, cm;

Φ ——纬度, 其范围为 $36^{\circ}\text{N}\sim54^{\circ}\text{N}$ 。

C.2 流冰花总量计算

C.2.1 秋季流冰花总量可按水文学法用公式 (C.2.1-1) ~ 公式 (C.2.1-3) 估算:

$$W_f = 8.64 \sum_{i=1}^n Q_{gi} \quad (\text{C.2.1-1})$$

$$Q_g = K\eta BV_g h_g \quad (\text{C.2.1-2})$$

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

式中 W_f ——秋季流冰花总量, 密实体, 10^4 m^3 ;

Q_g ——计算断面日平均冰花流量, 密实体, m^3/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百分率表示；

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/cm³；

γ_i ——结晶冰容重，一般近似地取 0.917g/cm³；

n ——流冰花天数。

C.2.2 河段日产冰量可按热平衡分析法用公式 (C.2.2-1)、公式 (C.2.2-2) 估算：

$$\overline{Q_i} = \frac{\beta l \overline{B} S}{335 \gamma_i} \quad (\text{C.2.2-1})$$

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

式中 $\overline{Q_i}$ ——计算河段日产冰量，密实体，m³/d；

β ——河段敞露度， $\beta = 1 - \eta$ ；

l ——计算河段长度，m；

$\overline{B}$ ——计算河段平均水面宽，m；

335——结冰潜热，MJ/t；

S ——冬季一昼夜单位水面热损失，MJ/(m²·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。

C.2.3 当流冰历时加长，两岸岸冰不断增宽时，河段敞露度 β 和计算河段平均水面宽 $\bar{B}$ 也应变化。

C.3 零温断面位置的计算

C.3.1 零温断面位置应为出库断面（如水电站尾水断面）至零温断面的距离。

C.3.2 零温断面位置可采用公式 (C.3.2) 计算：

$$L_0 = 86.4 \frac{\bar{Q} C \gamma t_s}{BS} \quad (\text{C.3.2})$$

式中 L_0 ——出库断面至零温断面的距离，km；

$\bar{Q}$ ——水库下泄日平均流量， m^3/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， $^\circ\text{C}$ 。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

标准历次版本编写者信息

SDJ 214—83（试行）

主编部门：水利电力部水利水电规划设计院

SL 278—2002

本标准主编单位：水利部长江水利委员会水文局

本标准参编单位：水利部东北勘测设计研究院

本标准主要起草人：金蓉玲 郭海晋 杨玉荣 熊 明
张有芷 余开金 徐高洪 陈剑池
荣凤聪 蒋 鸣 杨承德 黎书铨
王铁锋 杨 昕 孙双元

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

SL/T 278—2020

条文说明

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1	总则	37
2	基本资料	40
3	径流	42
4	泥沙	55
5	水位和水位流量关系	58
6	气象要素、水面蒸发、水温和冰情	63
7	水文测报系统	78

1 总 则

1.0.1 SL 278—2002《水利水电工程水文计算规范》对指导我国水利水电工程水文计算起到了重要作用。原标准发布至今已有18年，这期间我国水利水电工程建设及运行管理有了很大发展，人类活动影响增强，水文计算也有了新的进展，积累了一些新经验。为指导今后水利水电工程水文计算工作，有必要对原标准进行修订。

1.0.2 本标准适用范围主要是根据SL 618《水利水电工程可行性研究报告编制规程》和SL 619《水利水电工程初步设计报告编制规程》对水文计算的内容和深度要求制定的。可行性研究阶段，需要确定水文计算的主要参数和成果；初步设计阶段，是可行性研究阶段的补充和深化，是对水文计算成果进行复核。本标准也适用于包括蓄水安全鉴定、竣工验收、大坝安全检查和除险加固等运行期的水文分析计算。

1.0.3 水利水电工程所在地点的自然地理、水文气象条件不同，每项工程设计要求也有差异，本条包括我国不同条件、不同类型水利水电工程设计的水文计算内容，并非每项工程都需求全，要根据具体工程的设计要求，酌情取舍。

1 基本资料搜集、整理和复核，是水文计算的基础和成果质量的重要保证，水文计算报告要有阐述，有些工程还需要编写基本资料复核专题报告。

2 径流分析计算，将“径流还原计算”修订为“径流系列的一致性处理”，增加了因下垫面因素引起流域产汇流条件发生明显变化时的径流一致性处理方法。

3 设计洪水计算是水文计算的重要组成部分，其技术要求按SL 44《水利水电工程设计洪水计算规范》的规定执行。

4 泥沙分析计算，适当扩充了泥沙分析计算内容，增加了

泥沙来源、人类活动影响调查分析内容。

5 水位分析计算和水位流量关系拟定，比原标准增加了受顶托影响河段、平原水网地区和受凌汛影响河段的江河水位分析计算内容，增加了干支流洪水遭遇特性和沿海地区的洪潮遭遇特性分析内容。

6 气象要素、水面蒸发、水温和冰情分析计算，比原标准增加了水库形成水面后增加的蒸发损失量计算内容。

7 水文测报系统设计，比原标准增加了公网通信方式和重要遥测站具备备用通信方式的要求。

1.0.4 目前我国已建大型、中型、小型水库达 98000 多座，引水、分滞洪工程和水土保持工程众多，存在河道串流和江湖泥沙冲淤等现象，并偶有发生溃口、垮坝情况，需分析上述各项对水文要素的影响。

1.0.5 水文计算成果的精度，主要取决于基本资料情况及其可靠程度，故需要予以重视。实测水文资料是水文计算的主要依据，要尽量搜集，尤其是近期资料，反映现状的水文规律，对水文计算更为重要。当设计断面及邻近河段缺乏水文资料时，为使成果合理，要根据工程及水文计算要求，设立水文站（水位站）或增加测验项目，分析或检验水文计算成果。

1.0.6 资料系列的可靠性、一致性和代表性，是水文计算对基本资料的共同要求。

资料系列的可靠性是水文计算成果精度的重要保证，在进行水文计算时要复核所用资料，以保证资料正确可靠；资料一致性，是指产生各年水文资料的流域和河道的产流、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，明显影响资料的一致性时，需将资料换算到统一基础上，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很好反映总体的统计特性，需对资料系列的代表性作出评价。

1.0.7 水文要素在各历时之间或在上下游及邻近地区有一定变

化规律，据此综合分析、多方检查，论证计算参数和采用成果的合理性。

1.0.8 资料短缺地区的水文计算，常采用间接方法。如径流量可由降雨径流法、地区综合法、等值线图法等方法推求。各种方法的适用条件不同，影响因素复杂，均具有一定的误差。因此，需要采用多种方法计算，经综合比较后，合理选用成果。

1.0.10 本标准涉及的有关标准主要有：GB 50179《河流流量测验规范》、GB/T 22482《水文情报预报规范》、GB/T 50138《水位观测标准》、GB/T 50159《河流悬移质泥沙测验规范》、GB/T 50805《城市防洪工程设计规范》、GB/T 51015《海堤工程设计规范》、SL 43《河流推移质泥沙及床沙测验规程》、SL 104《水利工程水利计算规范》、SL 196《水文调查规范》、SL 247《水文资料整编规范》、SL 566《水利水电工程水文自动测报系统设计规范》、SL/T 238《水资源评价导则》和 JTS 145《港口与航道水文规范》等。

2 基本资料

2.1 基本资料搜集整理

2.1.1 基本资料是水文计算的基础。本条所列基本资料，是指水利水电工程水文分析与计算所需的主要资料，需根据工程设计要求，有针对性地搜集有关资料。

设计依据站是指位于工程地址或其上下游为工程水文计算提供水文数据的水文站。对设计依据站和主要参证站，需要收集实测水位、潮水位、流量、泥沙等资料，并对历史上发生的洪水、枯水、潮水位等极值事件调查考证。

根据水文计算需求，收集流域综合规划、水资源综合规划、防洪规划等相关规划，水资源公报、水利普查及水资源调查评价等相关成果。

2.2 基本资料复核评价

2.2.1 流域特征和水文测验、整编、调查等资料是水文计算的依据。对有明显错误或存在系统偏差的资料，要会同有关单位共同分析研究，必要时需到现场调查，以取得改正依据。

2.2.2 流域面积（集水面积）、河长、比降等是最基本的流域特征资料，尤其是工程地址和设计依据站的集水面积对水文计算成果有较大影响。当不同时期的数值相差较大时，要重新量算。

2.2.3 高程系统、水尺零点和水尺位置的变动情况，易产生水位资料的差错，要重点复核。需要调查分析断面冲淤变化、漫溃和人类活动对水位的影响。当不同时期断面形态、高程系统、水尺零点、水尺位置有变化时，需要进行现场调查。

2.2.4 我国的流量测验，20 世纪 50 年代中期以前一般采用浮标法，以后虽多采用流速仪法，但在大水时期由于设备等原因，有些测站还是采用浮标法测流，采用的浮标系数多为假定或根据

中低水位分析的浮标系数外延确定。利用借用断面或外延的水位流量关系曲线推流，均可能影响流量的精度。因此，在复核流量资料时，要着重对浮标系数、水面流速系数、借用断面和水位流量关系曲线的合理性进行检查。当资料精度较差时需进行对比测验。

2.2.5 水库水位的代表性和观测时段、库容曲线历次变化、各建筑物过水能力曲线的变动等对水库还原精度影响较大，要重点从这些方面进行复核。

2.2.6 资料来源要具有权威性、可靠性，当采用分项调查法开展径流还原计算时，需要结合区域水资源禀赋条件、水资源开发利用程度等，对分项水量计算中用水指标的区域合理性和指标间的协调性进行检查，如水量数据的统计口径、同一区域用水量与供水量关系。

2.2.8 降水、蒸发中的不合理资料或特异值，一般与观测场地、仪器类型、观测时段等有关，可从这些方面检查。

3 径 流

3.1 径流分析计算的基本要求

3.1.1 径流分析计算一般包括条文所列各项内容，但并不是所有的工程都要完成全部内容，而是可以根据设计要求有所取舍。对径流特性要着重分析径流补给来源、补给方式及其年内、年际变化规律。一致性处理包括还原计算，也包括产汇流条件变化对径流影响的处理。径流系列代表性分析要在系列一致性的基础上进行。

3.1.2 径流统计分析要求径流系列具有一致性。一般认为人类活动或下垫面变化对径流量的影响较小的范围在5%以内。天然径流系列具有随机特性，可开展频率分析计算；受人类活动影响较小的实测径流系列，可近似作为天然径流系列。经一致性处理后的径流系列不完全具有随机特性时，一般采用经验频率计算设计径流。

3.2 径流系列的一致性处理

3.2.1 随着各类水利水电工程的兴建、水土保持措施的逐步实施、经济社会用水量的不断增加、城市化进程的不断推进等，径流及其过程发生明显变化，需要对受影响的部分进行一致性处理。

3.2.2 一般情况下，农业耗水需要根据灌溉面积、灌溉定额、灌溉水利用系数及区域农业耗水率进行估算。工业耗水量可通过工矿企业的产量、产值、单位产品耗水量、污水排放量或水平衡测试等进行调查分析。生活耗水量可通过城镇和农村人口数量、人均生活耗水量等进行调查分析。生态环境耗水量主要包括河道外城镇生态环境、林草植被耗水、湖泊沼泽湿地生态环境补水和地下水回灌补水等水量。如果各项耗水量之和小于河川径流量的

5%，可认为影响较小。蓄水工程的蓄变量可按水位和容积曲线推求。当计算断面含有水库渗漏量时，不必还原水库渗漏量。当水库蒸发损失量较大时，需考虑其对径流的影响。跨流域调出水量为直接计算水量，跨流域引入水量只计算其回归到河川径流的水量。水土保持措施、地下水及矿产开采、城镇化率提高等对径流的影响可根据资料条件分析计算。

3.2.3 分项调查法是以水量平衡为基础。当社会调查资料比较充分，各项人类活动措施和指标比较落实，可获得较满意的结果。一般根据各项措施对径流的影响程度采用逐项还原或对其中的主要影响项目进行还原。

降雨径流模式法适用于人类活动措施难以调查或调查资料不全时，直接推求天然径流量。首先建立未受人类活动等影响的降雨径流模式，再采用受人类活动等对径流有显著影响期间的降水资料，推求天然径流量。

蒸发差值法适用于时段较长情况下的还原计算。还原时可略去流域蓄水量变化，还原量为人类活动前后流域蒸发的变化量。使用时要注意流域平均雨量计算的可靠性、蒸发资料的代表性和蒸发公式的地区适用性。

成因分析法适用于地下水开采、矿产开采、水库蒸发渗漏影响为主的径流一致性处理。降水径流关系法适用于水土保持措施、城镇化等影响为主的径流一致性处理。径流相关法适用于区间产流量较小的流域。

一致性处理后的径流成果即为受该时期（或设计要求的某一时期）水土保持、地下水和矿产开采、城镇化等下垫面因素影响的天然径流成果。

3.2.5 对还原水量和还原后的天然径流量成果，要进行合理性检查。采用分项调查法进行还原计算时，要着重检查和分析各项人类活动措施数量和单项指标的准确性；经还原计算后的上下游、干支流长时段径流量，要基本符合水量平衡原则。可通过点绘还原前后上下游年、月经流相关图，根据降雨分布和下垫面条

件检查还原前后相关关系的合理性。也可通过还原前后的径流深点绘降雨径流关系，通常还原后的相关点据较还原前的相关点据集中，相关系数提高，且符合地区降雨径流关系的一般规律。

对流域产汇流条件变化进行一致性处理后的径流量成果，要从经济社会发展水平、水资源开发利用程度、水土保持措施、地下水开采、矿产开采、城镇化率等方面进行合理性检查。

3.3 径流资料插补延长

3.3.1 随着我国水利水电建设的发展，20 世纪 50、60 年代以来，大多数流域、水系相继设立了水文站，大部分水文站至今已有 30 年以上的实测流量资料。即使设计依据站实测系列不足 30 年，大多数可通过插补延长达到 30 年以上系列的要求。一方面人类活动影响了部分站点径流系列的一致性，另一方面径流分析计算的系列要求有完整的丰枯周期，因此，从系列代表性角度分析，并非系列越长代表性就越好。

3.3.2 径流系列的插补延长，一般根据资料条件采用不同的方法：

1 本站水位资料系列较长，且水位流量关系曲线稳定时，采用水位流量关系插补径流系列一般精度较高。结冰河流冰期水位流量关系与畅流期差异较大时，可采用改正系数法定线推流。

2 上下游或邻近相似流域的参证站资料系列较长，与设计依据站有一定的同步观测系列且丰枯相应、相关关系较好、上下游区间面积较小或邻近流域测站与设计依据站集水面积相近时，可用参证站资料插补延长设计依据站系列。进行相关插补延长时，既可采用水位相关，也可采用径流相关。

3 降雨径流关系较好，可用降雨插补径流，该法较适合于我国南方湿润地区。对于干旱地区，降水径流关系较差，难以利用降雨径流关系来插补径流系列。

3.3.3 进行相关插补是有条件的，除要求参证站与设计依据站相关关系成因概念明确、产汇流条件基本一致外，还要有较好的

相关关系。当相关点据较为散乱时，需要分析其原因，可通过增加参变量的方法改善相关关系。相关关系较好时，外延的幅度可以稍大些，反之就要小些。

利用上下游水位相关插补时要慎重。

3.3.4 相关插补的径流存在一定的误差，因此，需要对其进行合理性分析。用水量平衡、径流模数等进行合理性检查时，需结合流域水文气象和下垫面条件综合分析。

3.4 径流系列代表性分析

3.4.1 径流计算要求系列能反映径流多年变化的统计特性，较好地代表总体分布。系列代表性分析包括设计依据站长系列、代表段系列对其总体的代表性分析。

对大型引调水工程，需要分析水源区和受水区的丰枯遭遇。

3.4.2 径流系列的代表性分析，可根据资料条件采用不同的方法：

1 设计依据站径流系列较长时，其代表性可通过滑动平均，均值、变差系数的累积均值曲线等分析，了解均值、变差系数趋于稳定的系列长度，同时为代表段的选取提供依据。也可通过对系列的差积曲线变化、时间序列分析等，了解该系列或代表段系列是否包含一个或几个完整的周期，是否处于径流的偏大或偏小时期，以及丰、平、枯和连续丰、枯水径流组成等，评价该系列或代表段系列的代表性。

2 设计依据站径流系列较短时，可在邻近地区选取与设计依据站水文气象和下垫面条件相似、有长系列径流资料的参证站，分析参证站与设计依据站的径流丰、枯变化规律，计算参证站长系列与设计依据站同步短系列的均值和变差系数。如果两者大致接近，即认为设计依据站径流系列具有代表性。

3 用降水资料进行代表性分析时，首先分析降水与径流的同步性、降水和径流的相关程度。关系密切时，可比较降水量长、短系列的均值和变差系数，如果两者接近，说明降水的短系

列具有代表性，从而认为与短系列降水资料同步的设计依据站径流系列也具有代表性。

3.4.3 通过分析检查，发现系列偏丰或偏枯时，可参照参证站长、短系列的比例关系，修正径流计算成果。当难以修正时，要对计算成果加以说明。

3.5 径流分析计算

3.5.1 我国现有水文站观测系列多数超过 30 年，即使观测系列不足 30 年，也可通过插补延长达到要求。统计时段根据工程设计的要求确定。对水电工程，年水量和枯水期水量决定着发电效益，采用年或枯水期作为统计时段；而灌溉工程则要求灌溉期或灌溉期各月作为统计时段等。

3.5.2~3.5.4 洪水频率计算中的经验频率公式、频率曲线线型及参数估计方法，在 SL 44 中均有详细说明，其基本原则适用于径流频率计算。唯在适线时，在拟合点群趋势的基础上，洪水频率曲线侧重考虑大洪水点据，而径流频率曲线一般侧重考虑平、枯水年的点据。

对于实测或调查的特枯水年径流，其经验频率 p_M 可按公式 (1) 计算：

$$p_M = \frac{M}{N+1} \times 100\% \quad (M=1, 2, \dots, a) \quad (1)$$

式中 p_M ——第 M 项特枯径流的经验频率；

M ——特枯径流序位；

N ——特枯水年考证期；

a ——特枯径流个数。

3.5.5 推算工程地址设计径流量时，当工程地址和设计依据站集水面积超过 15%，或区间降水、下垫面条件差异较大时，不能简单地按面积比推算工程地址的径流量，需考虑降水和径流系数等的差别进行改正。

3.5.6 本次修订强调了代表段的径流系列要具有完整的周期。

对于年或多年调节的水利水电工程，一般需要长系列年、月径流或代表段系列年、月径流资料。对于无调节或日调节水利水电工程，一般需要代表段或代表年的日径流资料。

代表年一般从测验精度较高的丰、平、枯典型年中选取，代表年、期的年径流量需缩放至与设计频率的径流量一致。所选代表年的径流年内分配，以其供水期径流较小或对工程较为不利为宜。

3.5.7 本条主要适用于资料短缺地区。采用径流参数等值线图估算设计径流量时，需注意图集的适用范围。我国大多地区的水文手册多为1980年之前编制出版，采用资料系列及下垫面条件也多为1980年之前，需注意下垫面条件的变化情况。

采用水文比拟、地区综合等方法时，需注意邻近流域与设计流域间水文气象和下垫面条件的差异。在采用地区经验公式时，需注意其适用条件。随着科学技术发展，我国及欧洲、美国、日本等机构生成了大量的再分析降水数据，当降水资料不足时，可在分析再分析降水数据的适用性基础上，通过水文模型模拟径流。

3.5.9 设计水库调节性能强或与流域内水工程系统联合运行时，调节计算需要模拟长系列径流过程。当流域内具有系列较长、代表性或同步性较好的径流系列时，可采用单站或多站径流随机模型模拟径流序列。

常用的随机模型有平稳自回归模型和解集模型等。

3.5.10 径流的分析计算成果可通过上下游、干支流及邻近流域的径流量对比分析，按水量平衡原则、水文要素地区变化规律等检查其合理性。

3.6 枯水径流分析计算

3.6.1 随着我国国民经济的发展，水资源供需矛盾日益突出，为满足供水、灌溉、航运、发电、环保等需要，需进行枯水径流分析计算。计算内容和统计时段需要根据工程设计要求和设计流

域径流特性确定。

3.6.2 历史枯水资料一般较为短缺，枯水调查与考证是增加系列代表性的有效手段。枯水调查中，要查明最枯水位、最小流量、河道干涸断流的发生原因和出现、持续时间，了解自然事件和人类活动对枯水的影响。历史枯水调查流量可根据河段附近水文资料情况，采用相应的计算方法推求。若设计断面冲淤变化较大时，需进行冲淤变化修正。

3.6.3 采用设计依据站水位流量关系插补延长枯水径流时，要求设计依据站测流断面冲淤变化较小，历年水位流量关系较为稳定。采用与邻近流域参证站枯水相关时，需具有一定的同步观测资料，自然地理条件、降雨径流年内变化、干旱成因、人类活动影响程度等要相似。

3.6.4 人类活动对枯水径流的影响较大，需要查明主要影响因素，提出枯水径流形成条件一致的径流系列。

3.6.5 特枯径流需要与上下游、干支流、邻近流域的特枯径流进行比较，并结合流域雨情、旱情及灾情进行分析，检查其合理性。特枯径流的重现期除依据枯水调查资料及历史文献、枯水石刻、题刻考证外，还可参照本流域、邻近流域长系列资料分析确定。

3.6.6 枯水径流系列出现零值项时，其频率计算方法主要有直接计算法、间接计算法、经验法：

直接计算法，可不管系列零值项，按正常频率计算方法计算。若点据呈负偏分布，可用已有的皮尔逊Ⅲ型负偏离均系数表计算设计值，也可用皮尔逊Ⅲ型正偏离均系数变换计算。

间接计算法又称比例法，先将非零值项系列进行频率计算，再按非零值项的系列长度占全系列长度之比缩减频率。

经验法，按枯水径流点据进行经验配线。

干旱地区也可采用Ⅱ型乘法分布等方法进行频率计算。

3.6.7 枯水径流较年径流更易受人类活动、局部地区自然事件的影响。如灌溉、跨流域引水、水库调节、城市化及土地利用的

改变等均会影响枯水径流量。因此，需根据上下游、干支流及邻近流域的相关成果，分析枯水径流成果的合理性。

3.7 冰雪融水补给地区径流分析计算

3.7.1 冰雪融水补给地区径流由冰雪融水和降水径流混合组成。冰川对径流有明显的调节作用，冰雪融水径流占较大比重时，径流受气温变化影响有明显的日周期变化，其成因和特性与降雨补给的河流有较大的差异。在分析计算冰雪融水补给地区的径流时，根据资料条件采用相应的方法。

3.7.2 有关冰川资料可参考《中国冰川目录》。

3.7.3 人工融冰化雪水量的还原计算，需了解人工融冰化雪的时间、次数、部位和范围，有实测流量资料时，可通过分割径流过程计算；冰川湖溃决洪水量及其过程的还原计算，缺乏实测流量资料时，可通过调查估算。

3.7.4 冰雪融水补给地区径流取决于降水量的多少和冰雪消融期气温的高低。径流成因的相似性，主要是指气温、降水、冰川覆盖率、径流组成等条件基本相似。

冰雪融水补给比重较大的河流，因上下游的自然条件相差较大，产流模数变化较大，采用上下游径流插补时，要重点分析设计依据站与区间径流补给条件的差异。一般冰雪融水补给地区气温与径流的关系密切，以降水补给为主的时段，可建立以气温为参数的降水径流相关关系；以冰雪融水补给为主的时段，可建立以降水量为参数的气温与径流相关关系。也可按径流成因分区分别建立各要素与径流的关系，插补各分区径流后叠加。

3.7.5 缺乏长系列径流资料时，冰雪融水补给地区径流系列代表性，可选用与冰雪融水补给径流关系密切的气温、消融期高空气温零度层的平均高度或汛期高空某一代表层的温度距平指标等间接分析评价。消融期高空气温零度层的平均高度，可选择设计流域或邻近地区有较长系列的探空站资料。

3.7.8 冰雪融水补给地区径流由冰川融水、积雪融水和降水径

流组成。对计算成果的合理性，要尽可能搜集相似地区的分析计算、研究成果以及水文、气象图集等资料，结合影响径流组成的主要因素进行分析。进行上下游径流统计参数分析时，要注意上下游地区的干湿差异，上下游年径流统计参数的沿程变化，及年际间冰雪融水径流、降雨径流的组成和变化等。与邻近流域比较时，对冰川融水的影响，要注意设计流域和邻近流域冰川覆盖率、冰川物质平衡水平、冰川融水径流占总径流的比重、冰川消融集中时间和消融强度等方面的差异；对积雪融水的影响，要注意了解设计流域与邻近流域季节性积雪的积累和消融状况，积雪高程分布和消融面积的季节变化特征等方面的差别。

3.8 岩溶地区径流分析计算

3.8.1 岩溶地区一般暗河、溶洞等地下水系比较发育，地表分水线和地下分水线不吻合，地表水与地下水相互交换，与闭合流域相比，径流系数和径流年内分配差异明显。因此，岩溶地区的水文分析计算，需考虑这些因素对径流的影响。需要注重蓄水工程库周流域的闭合性。

3.8.2 对于复杂的岩溶地区，可通过区域水文地质调查、连通试验等方法确定岩溶区域的水力联系，也可通过设立水文测站进行观测和分析。

3.8.3 岩溶地区的径流还原计算，当水库的地下水库与地表水库连通、且对径流的影响较大时，需考虑地下水库库容曲线，地下水库库容曲线可按水库水量平衡原理进行计算；当溶洞、暗河等有地形资料时，可通过地形法进行估算。

3.8.4 采用上下游参证站径流进行岩溶地区径流插补延长或根据设计依据站径流推求工程地址径流时，需考虑岩溶地区地表与地下分水线常不吻合，流域间水量交换复杂，伏流、暗河发育等导致区间补给或漏失量的变化对径流的影响。

3.8.5 岩溶地下水运动分管道流（南方居多）和渗透流（北方

居多)两种类型。前者地表和地下水转换频繁,储水空间调蓄能力较差;后者径流过程滞后降雨过程的时间较长,调蓄能力较强,年内分配较前者均匀。岩溶地区径流与非岩溶地区径流相比较,具有相对稳定,年内分配相对均匀的特点。因此,在利用上下游及邻近流域参证站推求设计依据站径流年内分配时,需考虑两者径流类型和溶洞、暗河的调蓄能力的差异,特别是对枯季径流的影响。流域内溶洞、暗河的调蓄能力可通过调查、测量等方法确定。

3.8.6 非闭合流域径流参数换算为闭合流域相应参数的计算公式见公式(2)和公式(3):

$$W_0 = W'_0 \pm \Delta W \quad (2)$$

$$C_v = \frac{1}{1 \pm \frac{\Delta W}{W'_0}} C'_v \quad (3)$$

式中 W_0 ——流域闭合情况下的多年平均径流量, m^3 ;

W'_0 ——流域非闭合情况下的多年平均径流量, m^3 ;

ΔW ——流域交换水量, m^3 , 据调查估算, 盈水时取“-”, 亏水时取“+”;

C_v ——流域闭合情况下的变差系数;

C'_v ——流域非闭合情况下的变差系数, 据实测资料计算。

3.9 地下水分析计算

3.9.1 本标准地下水资源量分析计算的对象为与大气降水、地表水有直接联系的潜水(含微承压水), 当工程需要时, 也可包括承压水。分析计算内容为补给量、排泄量和可开采量, 可根据设计要求选定。在北方平原区, 地下水过度开采影响了补给量和排泄量的关系, 需分析其影响。

3.9.2 地下水资源量分析计算所需搜集的资料中, 含水层特征包括地质构造、包气带及开采含水层岩性组成、厚度和空间位置等; 地下水动态观测资料是指地下水水位、水温、水质等。

3.9.3 在地下水资源量计算中，首先按地形地貌特征划分出平原区和山丘区，称一级计算区。再根据次级地形地貌特征、地层岩性及地下水类型，将山丘区划分为一般山丘区和岩溶山区；将平原区划分为一般平原区、内陆盆地平原区、山间平原区和沙漠区，称二级计算区。最后根据水文地质条件将二级计算区划分为若干水文地质单元。以上分区可根据工程的具体情况，简化或合并。

3.9.4 主要水文地质参数包括给水度、降水入渗补给系数、潜水蒸发系数、渠系渗漏补给系数、灌溉入渗补给系数、含水层渗透系数等，其定义如下：

给水度 μ ，是含水层给水和蓄水能力的一个指标，在数值上等于饱和岩土层在重力作用下自由排出的水的体积与岩土层体积的比值。

降水入渗补给系数 α ，是降水入渗补给的地下水量与其相应降水量的比值。

潜水蒸发系数 C ，是潜水蒸发量与其相应水面蒸发量（E-601 型蒸发器观测值）的比值。

渠系渗漏补给系数 m ，是渠系渗漏补给地下水量与渠首引水总量的比值，用公式（4）计算：

$$m = \frac{Q_Y - Q_J - Q_S}{Q_Y} \quad (4)$$

式中 Q_Y ——渠首引水总量， m^3 ；

Q_J ——经由渠系输送到田间的净灌水量， m^3 ；

Q_S ——除补给地下水外的全部损失量， m^3 ；包括水面蒸发损失、滋润土壤损失、浸润带蒸发损失等。

灌溉入渗补给系数 β ，是田间灌溉水入渗补给地下水量与净灌溉水量的比值。

含水层渗透系数 K ，是水力坡度（又称水力坡降）等于1时的渗流速度（ m/d ）。

水文地质参数是地下水资源量计算最主要的基础资料。确定

参数的方法可概括为两类：一类是利用观测的地下水位长系列资料统计分析参数；另一类是通过室内外试验和实验（如给水度的筒测和坑测、潜水蒸发系数的地中渗透仪实验、渗透系数的现场抽水试验等）取得参数。

附录 A 列出了主要水文地质参数值。不同岩性和降水量的平均年降水入渗补给系数 α 值、不同岩性和地下水埋深的潜水蒸发系数 C 值和不同岩性、地下水埋深、灌溉定额的灌溉入渗补给系数 β 值，可参见《中国水资源及其开发利用调查评价》（中国水利水电出版社，2014 年）的附表 5-1、附表 5-2 和附表 5-3。

3.9.5 现状条件是指当前地表水、地下水开发利用状况。在计算地下水资源量时，先按水文地质单元分区，分别计算各区的地下水资源量，然后将其进行汇总，求得总的地下水资源量。在进行分年计算地下水资源量时，只有搞清地表水与地下水的相互关系，才能合理地计算地下水资源量，所以地下水计算要与地表水计算统一考虑，一般情况下采用同步系列。如果资料不足以分年计算时，也可只计算多年平均地下水资源量。

3.9.6 山丘区排泄量计算，在我国南、北方地区计算内容可以不同。南方可仅计算河川基流量，其他各项的数量与基流比较都甚小，可以忽略。北方地区的山丘区，除计算河川基流量，还要计算山前泉水流出量、山前侧渗流出量、河床潜流量和地下水开采量的净消耗量。平原区的地下水补给量包括降水入渗、山前侧渗补给量，河道、水库（湖泊、塘坝）、渠系渗漏补给量，越流补给量，人工回灌、井灌回归量等。沙漠区还包括凝结水补给量。平原、盆地区的地下水排泄量，包括潜水蒸发量、河道排泄量、侧向流出量、越流排泄量和地下水实际开采量。在地下水资源开发利用程度较高的地区通过补给量与排泄量的平衡分析，分析现状条件下地下水开发利用对地下水本身的影响，其目的是了解水文地质参数、补给量、排泄量的变化，通过补排平衡分析，阐明不平衡情况，作出概略预测，从而为地下水的持续开发利用

提供科学依据。

3.9.7 地下水可开采量是指在经济合理、技术可能、不造成地下水位持续下降、水质恶化及其他不良后果条件下，可供开采的地下水量。

4 泥 沙

4.1 悬移质泥沙分析计算

4.1.1 目前我国的水文测站并非都进行泥沙测验，有些测站测验项目也不全。相对降水、水位、流量，泥沙系列较短、精度较差。本条所列内容一般难以全部计算，可根据资料条件和不同工程、不同设计阶段要求，确定计算内容。一般水利水电工程设计均要求提供多年平均含沙量、多年平均年输沙量。按照来水量的丰、平、枯选取典型年可能不能很好地代表来沙量情况，典型年的选取需要包括大水大沙、中水中沙、小水小沙等不同的来水来沙年份。泥沙对水轮机磨损严重的水利水电工程，需分析其矿物组成。我国 20 世纪 80 年代后，泥沙颗粒分析方法有所改变，因此在进行颗分特征值统计时，要对 80 年代以前的资料加以订正。在进行泥沙分析计算时，需要调查了解流域的土壤、岩性、植被、降雨强度、流域坡度等流域特征，以及水利水电工程建设、水土保持措施等人类活动，分析泥沙来源、地区分布和水沙关系。

4.1.2 一般采用滑动平均等方法对泥沙系列进行一致性分析。流域内修建的大中型水库拦沙使下游河流输沙量减少，输沙过程改变，泥沙系列的一致性处理较为困难。根据设计需要，分析不同代表时段的泥沙特征值。

4.1.3、4.1.4 我国有泥沙观测的水文站，其系列大多超过 20 年，有的站系列虽不足 20 年，但可插补延长达到 20 年，因此，统计系列长度定为 20 年。若设计依据站虽有 20 年但缺少丰沙年或少沙年时，需插补延长系列以改善系列代表性。

4.1.6 侵蚀模数是单位面积和单位时间内的土壤侵蚀总量，输沙模数是指流域河道内某一时段输沙量与相应集水面积的比值，两者是不同的概念。通常采用输移比将侵蚀模数转换成输沙

模数。

4.1.7 鉴于我国泥沙测验现状及产沙、输沙影响因素复杂，泥沙年际变化远大于径流，尤其是资料短缺地区，不同方法估算的泥沙特征值差别较大，因此，成果合理性分析尤为重要。

4.2 推移质泥沙分析计算

4.2.1 我国推移质泥沙测验开展较晚，资料系列较短，可根据实际情况确定计算系列长度，但一般不少于10年，以减少误差。

4.2.2 工程地址上游建有较大的蓄水工程时，其上游的推移质基本上被拦截，所以只需计算蓄水工程至工程地址区间的推移质输沙量。

4.2.3 鉴于我国实测推移质资料短缺，测验的手段和方法尚不完善，当工程设计需要时，可根据资料条件选择一种或几种方法估算推移质输沙量。

1、2 利用流量资料估算推移质输沙量，精度相对较高。

3 利用水库泥沙淤积资料，估算粗砂（1.0~2.0mm）、砾石和卵石推移量，长江水利委员会水文局的实践证明具有一定精度。

4 可在水槽内进行正态推移质输沙试验，模拟研究河段天然床沙、单宽水力因素和推移质运动，根据模型比尺建立单宽流量与单宽输沙率的关系，据此计算全断面的推移质输沙率。

5 由推悬比估算推移质输沙量是常用的方法。邻近相似流域有较长系列悬移质、推移质输沙量同步资料或有水库淤积资料分析推悬比时，可借用邻近相似流域的推悬比，估算设计依据站推移质输沙量。

6 采用推移质输沙率公式计算输沙量是目前使用较多的方法，其公式可参照中国环境科学出版社1992年出版的《泥沙手册》，但要注意计算公式的适用条件。为提高估算成果精度，可在设计流域进行野外调查，在设计断面所在河段选点坑测，以便确定合适的估算参数。

4.2.4 由于推移质测验资料少，误差较大，计算方法也不够成熟，所以计算推移质输沙量，需要采用几种方法综合分析，合理选用。计算成果需结合降水、产输沙因素，与上下游、干支流、邻近流域的计算成果进行比较，检查其合理性。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

5 水位和水位流量关系

5.1 江河水位分析计算

5.1.1 设计断面是指坝址、厂址、防洪控制、取水口等断面。

1 设计流量计算按 SL 44 的规定执行。水位流量关系曲线的选取要考虑工程的实际情况，若河段较为稳定，可选用多年综合的水位流量关系曲线，否则，需选择符合设计要求的水位流量关系曲线。

2 水位影响因素复杂，比降、河段断面形态、河道上人工控制工程的运行方式、回水顶托、冲淤变化、河道疏竣等均会对水位产生影响。上述因素对设计断面水位影响较小或影响较稳定时，可直接采用水位资料推求设计水位。

3 受下游干支流、湖泊、水库、潮水等顶托影响的河段，可通过水力学模型推算不同组合情况的河道水面线。平原水网区水系复杂，可通过设计降雨和流域产流、汇流模型分区计算不同频率的产水量，运用水力学模型计算水网区不同控制点的设计水位。对平原河道，设计水位可采用实测水位或历史调查水位。

4 本条为新增条款。对受凌汛影响的河段，在 SL 428《凌汛计算规范》中，分冰塞洪水、冰坝洪水和融冰洪水不同类型，明确规定了设计水位分析计算的方法，按 SL 428 执行。

5.1.2 采用水位相关插补延长资料时，水位相关线的精度十分重要。在实际工程设计中，往往设计断面观测的水位级较低，而上下游参证站水位观测系列较长、水位级较高，用水位相关外延时要慎重，外延幅度不能过大。

5.1.3 根据目前搜集到的各种类型测站的水位资料，分析其水位频率分布曲线线型，一般皮尔逊Ⅲ型分布曲线对水位拟合较好。采用皮尔逊Ⅲ型分布曲线不能很好地拟合水位系列时，经分析论证，也可选用其他线型。频率曲线推求设计水位时，外延要

慎重。

5.1.5 水位数值与基面高程有关，若数值较大，一般不直接采用水位进行频率计算。河底高程接近基面零点高程时，可直接采用水位进行频率计算。

5.1.6 本条为新增条文。受顶托影响河段的洪水遭遇及沿海地区洪潮遭遇规律分析原则和方法，可参照 GB/T 50805《城市防洪工程设计规范》的规定执行。

5.1.7 设计水位计算成果，可从实测或调查的水面线、水位流量关系曲线及不同方法的计算成果等方面分析比较，检查其合理性。

5.2 潮水位分析计算

5.2.2 设计依据站有 30 年以上潮水位资料系列时，需在一致性分析的基础上进行频率计算。潮水位系列的选取需要根据设计要求，按年最大（年最小）值法选取高、低潮水位。对历史上出现的特高、特低潮水位，注意特高潮水位时有无漫溢，特低潮水位时河水与外海有无隔断。

5.2.3 本条参照 GB/T 51015《海堤工程设计规范》编写，采用极值同步差比法应按公式（5）计算：

$$h_{SY} = A_{NY} + \frac{R_Y}{R_X}(h_{SX} - A_{NX}) \quad (5)$$

式中 h_{SX} 、 h_{SY} ——参证站和设计依据站的设计高（低）潮水位，m；

R_X 、 R_Y ——参证站和设计依据站的同期各年年最高（低）潮水位的平均值与平均海平面的差值；

A_{NX} 、 A_{NY} ——参证站和设计依据站的年平均海平面，m。

具有连续 3 个月以上，包含有增水的短期潮水位观测资料，不适合采用极值同步差比法计算时，经过分析论证，可采用相关分析法推求。

5.2.4 根据我国滨海或感潮河段 37 个站潮水位资料分析，皮尔

逊Ⅲ型能较好地拟合大多数较长潮水位系列。

在 GB/T 51015 中,设计潮(水)位频率分析的线型,在受径流影响的潮汐河口地区一般采用皮尔逊Ⅲ型分布曲线,在海岸地区可采用极值Ⅰ型或皮尔逊Ⅲ型分布曲线。

实测潮水位值过小(甚至出现负值),一般将潮水位加上一个常数,使全部数值变为正值,再进行频率计算。

5.2.6 感潮河段工程设计时,往往需要推求设计潮水位过程线。设计潮水位过程可根据分析拟定的设计高高潮水位(或高低潮水位)和相应的高低潮水位(或高高潮水位)及涨潮历时、落潮历时,在历年汛期实测潮水位过程中选取与上述特征相近且偏于不利的潮型,按设计值控制修匀得设计潮水位过程。一般以设计高潮位控制,低潮位不利,其他潮位过程线性内插放大典型潮水位过程。

设计高高潮水位相应的高低潮水位(或设计高低潮水位相应的高高潮水位)的确定:从历年汛期实测潮水位资料中选取与设计高高潮水位值相近的若干次潮水位过程,求出相应的高低潮水位。采用相应的高低潮水位的平均值或采用其中对设计偏于不利的一次高低潮水位作为与设计高高潮水位相应的高低潮水位(设计高低潮水位相应的高高潮水位的确定,方法同上)。

涨潮历时、落潮历时统计:从实测潮水位资料中找出与设计频率高高潮水位(或高低潮水位)相接近的若干次潮水位过程,统计每次潮水位过程的涨潮历时和落潮历时,取其平均值或对设计偏于不利的涨潮历时和落潮历时。

5.2.7 设计高、低潮水位计算成果,可通过本站与地理位置、地形条件相似、潮汐特征一致地区的实测或调查特高(低)潮水位、计算成果等方面分析比较,检查其合理性。

5.3 水位流量关系拟定

5.3.1 设计断面的水位流量关系是水利水电工程规划设计的基本依据。推求水位流量关系时,需要注意河段水流控制条件、断

面形态变化、回水顶托等影响。我国各地水位观测和洪、枯水调查采用的高程系统较多，同一水准点基面平差前后的数值也有差异，水文站、水位站多采用冻结基面和假定基面。拟定水位流量关系曲线时，要查明水位高程的基面系统、平差情况及其换算关系，如与工程设计采用的基面不一致，要予以转换。

5.3.3 水位观测和流量测验需符合 GB/T 50138《水位观测标准》、GB 50179《河流流量测验规范》的相关规定。

5.3.4 设计断面所在河段无实测水文资料时，可利用水文调查资料，在设计断面所在河段施测大断面、调查测量不同水位级的水面比降、临时观测水位、施测流量等，用多种方法推算水位流量关系，相互检验，合理确定。

5.3.5 非单一性的水位流量关系曲线，要针对不同的影响因素分清主、次，选用合适的方法分别进行改正。

1 受洪水涨落而产生附加比降影响的绳套曲线，可通过校正因素、抵偿河长等方法对其进行改正，或依据洪水峰、谷点据拟定其稳定的水位流量关系曲线，也可根据洪水涨落率的变化范围及设计应用条件，分别拟定涨水、落水的外包线或平均线。

2 受下游水库、湖泊、干支流汇入等变动回水顶托影响的河段，拟定以下游顶托水位或流量为参数的一簇水位流量关系曲线时，要分析其间距、疏密程度是否合理。当实测资料不足时，可采用水力学方法拟定水位流量关系曲线簇，但需经实测资料检验。

3 受冲淤变化影响的水位流量关系，可从水位面积关系变化、冲淤变化过程、横断面比较等方面分析冲淤变化的类型，拟定现状或某设计年的水位流量关系曲线。

5.3.7 实测水位流量关系曲线的范围不能满足工程设计要求而需要高水外延时，可用水位面积与水位流速关系曲线法、水力学法（如史蒂文斯法、曼宁公式法等）、顺趋势外延等方法。低水延长时，断流水位可用图解法、试算法推求，也可从河道纵断面

图上的河床凸起处的高程确定，低水延长产生的相对误差一般较大，需要特别慎重。

5.3.8 河道控制条件包括弯道、卡口、滩地等。参数主要包括糙率、比降、流速、过水面积等。检查参数随水位变化的规律性和趋势性。

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

6.1.2 概述流域气候特性时，需了解流域及邻近台站的分布和观测情况，注意所选测站的密度、代表性和地形、地貌对气候特性的影响。

6.1.3 工程地址气象要素特征值为水利水电工程设计常用的气象参数。

多年平均年、月降水量、水面蒸发量是指年、月降水总量、水面蒸发总量的多年平均值。年、月平均气温是指日平均气温的年、月平均值。累年的年、月最高、最低气温，分别从逐日最高、最低气温摘取。

风特征值的统计按矢量计算规则进行。各风向最大风速是指累年定时观测 2min 平均最大风速及其风向；最大风速及其风向为历年 10min 平均最大风速及其风向，摘自自记记录，需要给出该风速风向出现的年、月、日、时；大风日数是指瞬时风速不小于 17m/s 或风力不小于 8 级的日数。

由于工程的类型及所处地理环境的不同，所需要的气象要素也有差异。因此，可根据工程要求，统计其他的气象要素特征值，如气温骤降次数、电缆结冰、沙暴、冻土深度等。

6.2 水面蒸发分析计算

6.2.1 水面蒸发的年际变化较小，一般年水面蒸发量变差系数 C_v 值在 0.08~0.15，用 10 年以上资料系列计算多年平均年、月蒸发量已有一定的精度。

6.2.2 用水面蒸发观测资料计算水库、湖泊水面蒸发量是国内外普遍采用的途径。我国使用的蒸发器主要有 E-601 型、20cm 口径、80cm 口径（20 世纪 50 年代有些站用 ГИ-3000 型）蒸

发器，还兴建了一批包括大型蒸发池和水面漂浮蒸发器的蒸发实验站。

1 实验分析表明， 20m^2 以上大型蒸发池观测的蒸发量可代表天然大水体的水面蒸发量。我国大型蒸发池面积大多为 20m^2 ，因此，规定可用 20m^2 蒸发池资料直接计算水库年、月水面蒸发量。

2 采用 E-601 型观测资料、 20cm 口径和 80cm 口径的蒸发器观测资料计算水库、湖泊的蒸发量时，需折算为 20m^2 蒸发池的蒸发量后，再进行计算。根据中温带、暖温带、北亚热带、中亚热带、南亚热带和高原气候区的不同蒸发代表站 E-601 型和 20m^2 蒸发池同步观测资料分析，E-601 型观测值折算为天然大水体的水面蒸发量折算系数见表 1。从本次延长系列后的营盘、二龙山、巴彦高勒、宜昌、白地、拉萨大桥等站的折算系数与原短系列成果比较来看，该系数较为稳定。折算系数是利用蒸发器观测资料计算蒸发量的重要参数，各蒸发器的折算系数随气候条件有明显的变化，一般秋季高于春季，地区分布由东南沿海向内陆递减。选用折算系数时，要注意蒸发器的型号，折算系数随地理位置和季节变化。

3 漂浮蒸发器受暴雨溅水量和风浪等影响，存在器壁耗水量，计算水库、湖泊水面蒸发量时要注意。必要时，要对漂浮蒸发器的资料进行处理，消除器壁耗水量后，再用于计算水库、湖泊的蒸发量。

6.2.3 水面蒸发观测资料短缺地区，常用已刊布的水面蒸发量等值线图推求水库蒸发量。这些等值线图均系用 E-601 型蒸发器的观测资料或折算成 E-601 的数值后绘制的。鉴于受测站密度及地形条件变化等影响，等值线只能粗略反映 E-601 蒸发值的变化趋势。如果水面面积较小，则只在水库区查其通过的等值线数值即可；如水库面积较大，形状又特殊，则需要查水库区有代表性的几点，取其平均值。

采用地区经验公式估算水面蒸发量，我国水文气象工作者结

表 1 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	—	—	—	—	0.80	0.82	0.88	0.96	1.02	0.97	—	—	—	1965—1979 1983—2015
	黑龙江	二龙山	20	—	—	—	—	0.78	0.81	0.91	0.92	0.99	0.97	—	—	—	1990—2017
	内蒙古	红山	20	—	—	—	—	0.73	0.76	0.77	0.85	0.88	0.85	—	—	—	1980—1982
	巴彥高勒	—	20	0.71	0.71	0.74	0.81	0.79	0.80	0.82	0.87	0.90	0.92	0.82	0.70	0.82	1984—2016
暖温带	新疆	哈地坡	20	—	—	—	0.82	0.8	0.81	0.82	0.84	0.85	0.91	—	—	—	1964—1965
	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 二级湖闸	20	—	—	0.93	0.89	0.91	0.94	1.00	1.04	1.08	1.05	1.08	—	—	1985—1990
	河南	三门峡	20	—	—	—	0.84	0.84	0.88	0.87	0.97	1.02	0.96	1.06	—	—	1965—1967
	湖北	陆水 水库	20	0.85	0.82	0.76	0.79	0.85	0.87	0.91	0.97	1.00	0.99	0.96	0.92	0.90	1987—1999 2002—2013 2015—2016

表 1 (续)

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	0.97	0.87	0.83	0.80	0.88	0.90	0.91	0.99	1.01	1.02	1.05	1.03	0.93	1984—2016
		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	0.96	0.87	0.91	0.93	0.93	0.97	1.05	1.03	1.10	1.10	0.97	1961—1989
中亚 热带	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
		重庆	20	0.84	0.80	0.78	0.8	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
		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
		白地	20	0.82	0.82	0.93	0.89	0.85	0.87	0.88	0.89	0.93	0.91	0.86	0.80	0.87	1978—2016
高原 气候区	西藏	拉萨大桥	20	0.82	0.98	0.81	0.80	0.80	0.84	0.89	0.90	0.93	0.93	0.96	0.89	0.87	1976—2016

合蒸发实验及气象观测资料，建立了地区经验公式，可用于计算不同气候区水库水面蒸发量。

(1) 蒸发实验站资料分析的经验公式。

根据丰满、营盘、桓仁、官厅、三门峡、重庆、东湖、宜兴、太湖、罗桐埠、东溪口、古田、广州等 13 站确定的公式见公式 (6)：

$$E_{20} = 0.22(e_0 - e_{150}) \sqrt{1 + 0.32W_{150}^2} \quad (6)$$

根据红山、三盛公、上铨、哈地坡、白地、拉萨大桥等 6 站确定的公式见公式 (7)：

$$E_{20} = 0.30(e_0 - e_{150}) \sqrt{1 + 0.27W_{150}^2} \quad (7)$$

重庆实验站确定的公式见公式 (8)：

$$E_{20} = 0.18(e_0 - e_{200})(1 + 0.43W_{200}) \quad (8)$$

古田实验站确定的公式见公式 (9)：

$$E_{20} = (e_0 - e_{150})(0.18 + 0.047W_{150}) \quad (9)$$

阳朔实验站确定的公式见公式 (10)：

$$E_{\text{漂}} = 0.21(e_0 - e_{150}) \sqrt{1 + 0.3W_{150}^2} \quad (10)$$

式中 e_0 ——根据水面温度求得的饱和水汽压，hPa；

e_{150} 、 e_{200} ——水面以上 150cm、200cm 处实际水汽压，hPa；

W_{150} 、 W_{200} ——水面以上 150cm、200cm 处风速，m/s；

E_{20} ——20m² 蒸发池的日蒸发量，mm；

$E_{\text{漂}}$ ——漂浮蒸发器日蒸发量，mm。

(2) 普通气象观测资料分析的经验公式。

官厅水库的经验公式见公式 (11)：

$$E = 1.11D^{0.85} \quad (11)$$

式中 E ——E-601 型蒸发器月蒸发量，mm；

D ——月空气饱和差，hPa，为月内饱和差的累积值。

云南滇池的经验公式见公式 (12)：

合蒸发实验及气象观测资料，建立了地区经验公式，可用于计算不同气候区水库水面蒸发量。

(1) 蒸发实验站资料分析的经验公式。

根据丰满、营盘、桓仁、官厅、三门峡、重庆、东湖、宜兴、太湖、罗桐埠、东溪口、古田、广州等 13 站确定的公式见公式 (6)：

$$E_{20} = 0.22(e_0 - e_{150}) \sqrt{1 + 0.32W_{150}^2} \quad (6)$$

根据红山、三盛公、上铨、哈地坡、白地、拉萨大桥等 6 站确定的公式见公式 (7)：

$$E_{20} = 0.30(e_0 - e_{150}) \sqrt{1 + 0.27W_{150}^2} \quad (7)$$

重庆实验站确定的公式见公式 (8)：

$$E_{20} = 0.18(e_0 - e_{200})(1 + 0.43W_{200}) \quad (8)$$

古田实验站确定的公式见公式 (9)：

$$E_{20} = (e_0 - e_{150})(0.18 + 0.047W_{150}) \quad (9)$$

阳朔实验站确定的公式见公式 (10)：

$$E_{\text{漂}} = 0.21(e_0 - e_{150}) \sqrt{1 + 0.3W_{150}^2} \quad (10)$$

式中 e_0 ——根据水面温度求得的饱和水汽压，hPa；

e_{150} 、 e_{200} ——水面以上 150cm、200cm 处实际水汽压，hPa；

W_{150} 、 W_{200} ——水面以上 150cm、200cm 处风速，m/s；

E_{20} ——20m² 蒸发池的日蒸发量，mm；

$E_{\text{漂}}$ ——漂浮蒸发器日蒸发量，mm。

(2) 普通气象观测资料分析的经验公式。

官厅水库的经验公式见公式 (11)：

$$E = 1.11D^{0.85} \quad (11)$$

式中 E ——E-601 型蒸发器月蒸发量，mm；

D ——月空气饱和差，hPa，为月内饱和差的累积值。

云南滇池的经验公式见公式 (12)：

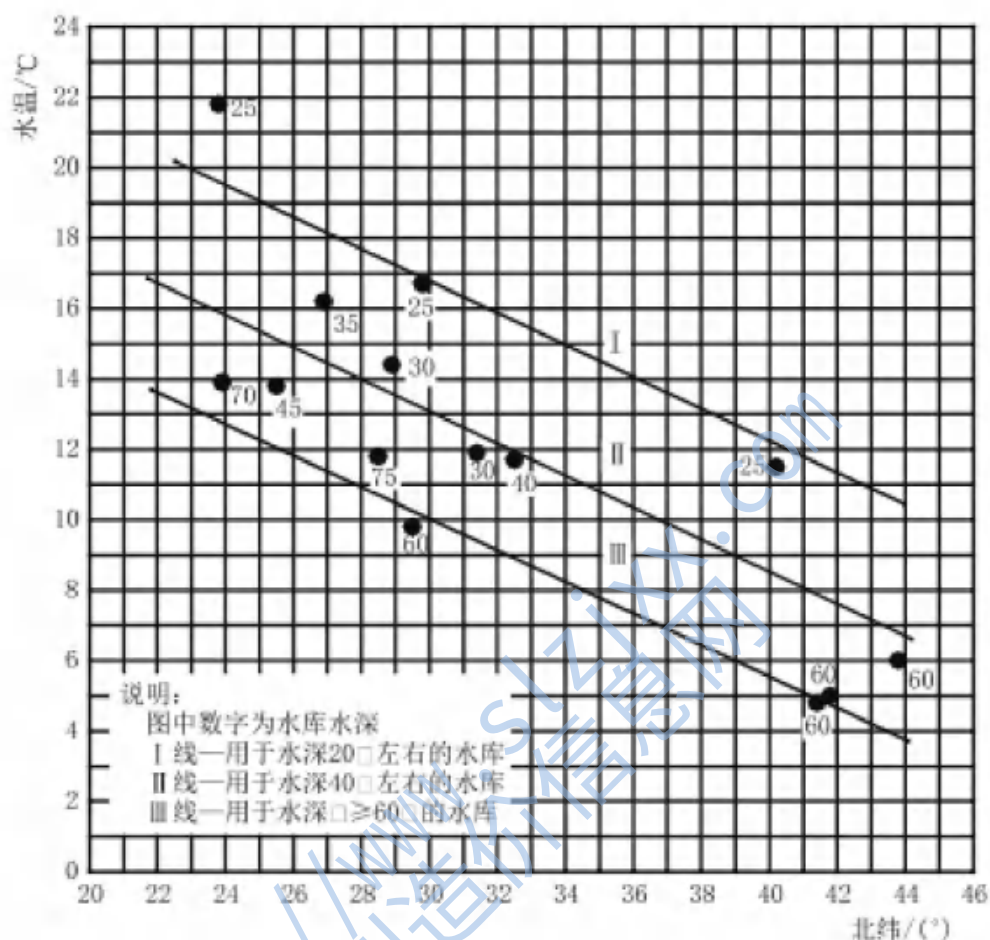


图 1 库底年平均水温沿纬度分布图

$$\bar{T}_y = \bar{T}_b + \Delta T \left(1 - 2.08 \frac{y}{\delta} + 1.16 \frac{y^2}{\delta^2} - 0.08 \frac{y^3}{\delta^3} \right) \quad (14)$$

式中 $\bar{T}_y$ ——从水面算起的计算深度 y 处的多年平均水温,℃;

$\bar{T}_b$ ——库底稳定低温水层的温度,℃;

ΔT ——多年平均库表水温与 $\bar{T}_b$ 之差值,℃;

δ ——计算变温水层的厚度, m。

6.4 冰情分析计算

6.4.1 我国西部和北部地区的河、湖水体, 冬季会出现冰情, 并可能影响水利水电工程的施工和运行, 在工程设计时需要进行

冰情分析计算。

冰情分析计算包括工程地址及有关河段天然冰情特征值的统计、冰情特性的分析和对未来冰情变化的预测。

6.4.3 我国长期进行多项目冰情观测的水文测站不多，有些冰情特征值变化较稳定，20年观测资料已有一定代表性。当系列不足20年，或虽有20年，但设计断面所在河段冰情复杂，观测资料未能观测到有关的冰塞、冰坝和冰情极值等资料时，要进行冰情实地调查。冰情调查内容主要是冰情特征中的极值，不同开河形式的出现几率，冰塞、冰坝发生的时间、地点、规模、灾害及成因，调查时要注意人类活动对冰情的影响。

6.4.4 用上下游或邻近流域参证站资料时，需注意两地水力条件及热力条件的差异。水力条件主要是流速、流量、水深及急滩、弯道、浅滩等；热力条件主要是纬度、河流走向、水温、日照、两岸山体的遮挡程度和泉水等自然因素，以及城镇排污、热电厂热水排放等人类活动影响。我国北方地区有关部门已建立了一些经验公式，但均有一定的地区局限性，使用时，其有关系数需分析论证，不能简单移用。当用冰情特征值图表查算时，需对比工程地址与编制图表依据站之间水力和热力条件差异进行修正。以热力因素为主的冰情特征值，如流冰花总量等可用热平衡法计算，具体计算见附录C。

附录C公式(C.2.2-1)的 S 中，太阳直接辐射热 S_1 、太阳散射辐射热 S_2 两者之和为太阳总辐射，采用设计地区的实测资料计算。无实测资料时可采用公式(15)计算：

$$S_1 + S_2 = 0.46J_1 + (1 - N)J_2 \quad (15)$$

式中 N ——云量，十分率；

J_1 、 J_2 ——随纬度、时间而变化的函数， $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，可分别由图2、图3查得。

公式(15)未考虑高程订正，使用时需要注意。

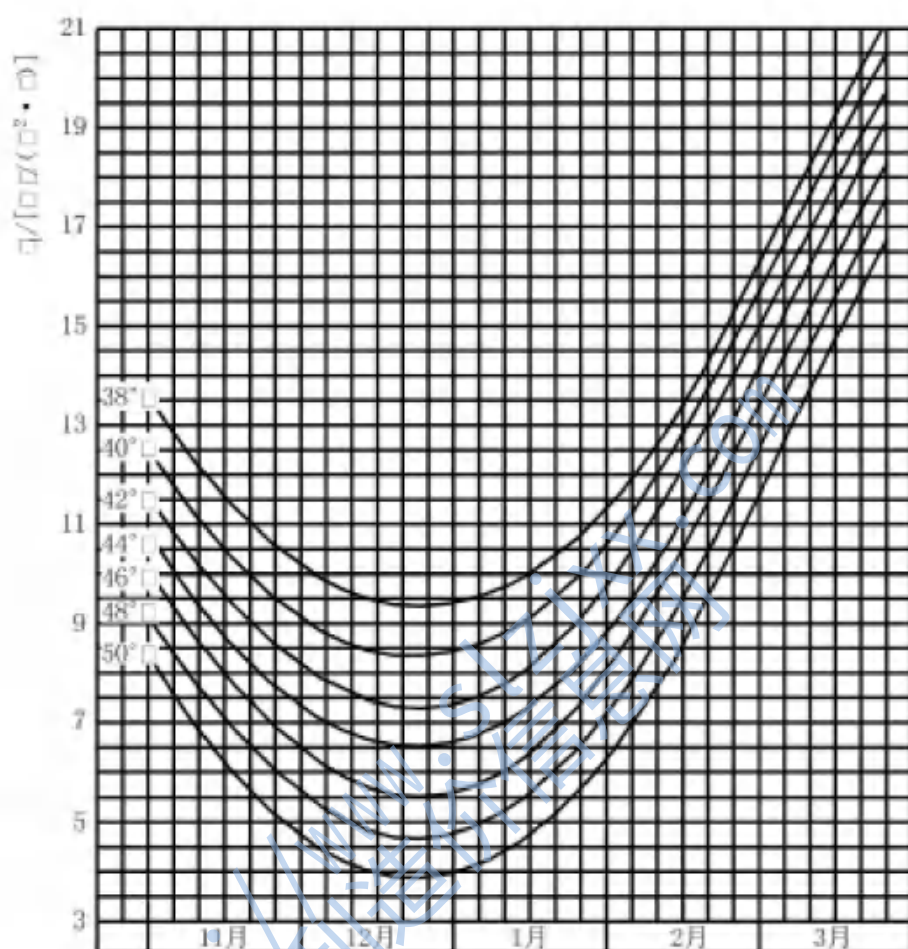


图 2 J_1 —时间、纬度关系图

反射辐射热损失 S_3 ，可用公式 (16) 计算：

$$S_3 = K(S_1 + S_2) \quad (16)$$

式中 K ——反射率，由表 2 查得。

水面有效辐射热 S_4 ，是水面发出的长波辐射和水表面吸收的大气逆辐射之差，可用公式 (17) 计算：

$$S_4 = 10.89(1 - 0.9N) + 0.377(t_s - t_q) \quad (17)$$

式中 t_s ——水温，℃；

t_q ——设计断面所在河段日平均气温，℃。

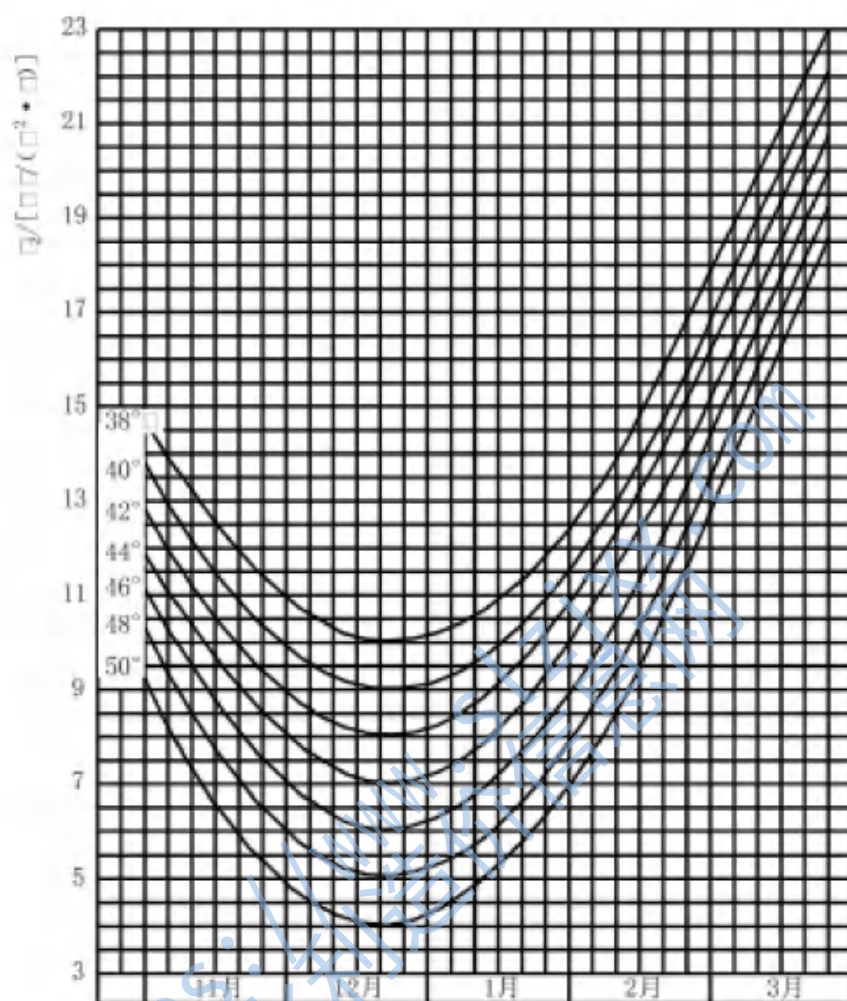


图 3 J_2 —时间、纬度关系图

表 2 不同纬度水面 K 值表

北纬/(°)	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
30	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07
40	0.11	0.12	0.11	0.09	0.08
50	0.14	0.16	0.16	0.12	0.09
60	0.19	0.21	0.20	0.16	0.11
注：摘自 M. H. 布德科著《地表面热量平衡》，科学出版社，1960 年。					

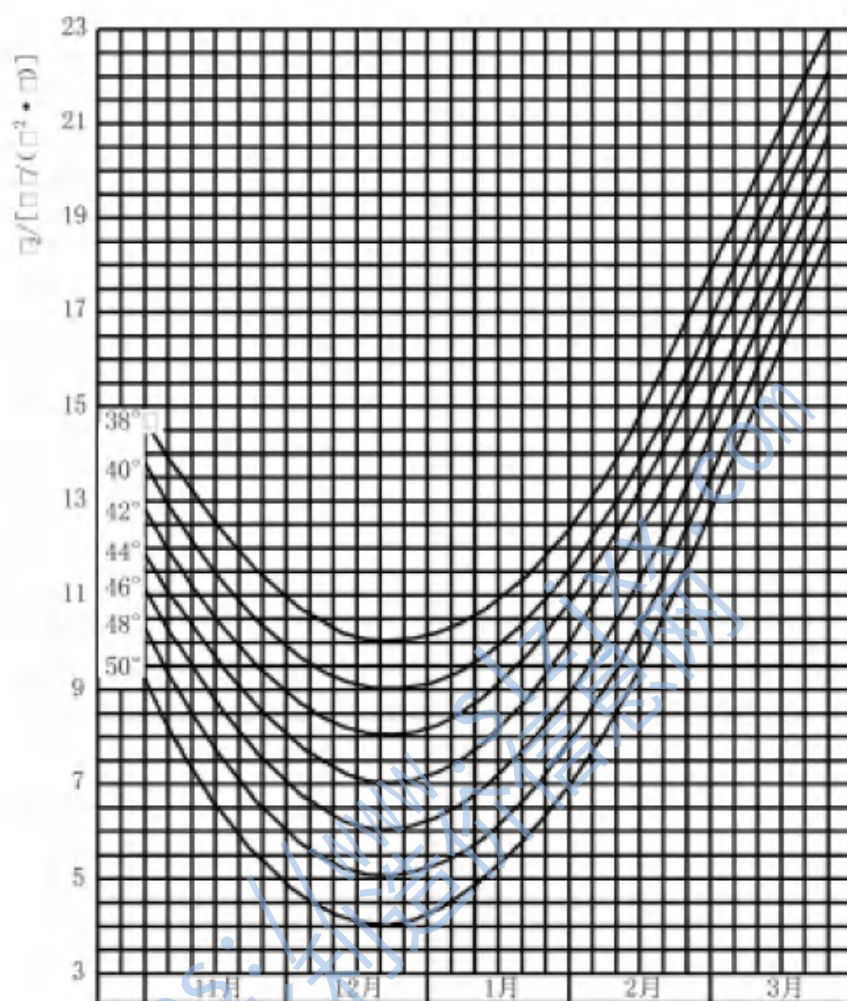


图 3 J_2 —时间、纬度关系图

表 2 不同纬度水面 K 值表

北纬/(°)	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
30	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07
40	0.11	0.12	0.11	0.09	0.08
50	0.14	0.16	0.16	0.12	0.09
60	0.19	0.21	0.20	0.16	0.11
注：摘自 M. H. 布德科著《地表面热量平衡》，科学出版社，1960 年。					

表3 S_9 近似值表 单位: MJ/(m²·d)

北纬 /(°)	冰期不同平均水深 h/m									
	11 月		12 月		1 月		2 月		3 月	
	0~5	10	0~5	10	0~5	10	0~5	10	0~5	10
30	1.38	1.21	1.51	1.34	1.04	0.96	0.59	0.59	-0.33	-0.29
40	1.3	1.13	1.17	1.05	0.92	0.84	0.5	0.46	0.08	0.08
50	1.13	1	0.88	0.42	0.59	0.5	0.38	0.33	0.33	0.29
60	1	0.46	0.59	0.5	0.42	0.38	0.29	0.25	0.25	0.21

水流动力加入热量 S_9 , 用公式 (22) 计算:

$$S_9 = \frac{847\bar{Q}i}{B} \quad (22)$$

式中 $\bar{Q}$ ——计算时段日平均流量, m³/s;

i ——水面比降。

降水进入河中的热量交换 S_{10} , 可用公式 (23) 计算:

$$S_{10} = 0.001PC\gamma(79.6 - 0.5t_q + t_s) \quad (23)$$

式中 P ——日降雪量, 折合成水深, mm。

当气温较低而又大量降雪时, 其对水体的失热作用是明显的, 尤其对引水渠水体热平衡影响较大。

在严寒的冬季, 无论是白昼还是夜间, 水体的收入热量总是小于向外散失的热量, 故 S 一般为负值。因此, 用公式 (C. 2. 2 - 1) 和公式 (C. 3. 2) 时, 公式中的 S 取绝对值。

6. 4. 6 河流冰凌运动是冰、水二相流, 且受热力因素影响, 工程冰情分析的理论 and 计算方法尚不完善, 归纳我国多年来设计、实践经验, 常通过下列途径进行分析计算:

(1) 以热力因素为主的冰情问题, 如水库及引水口下游零温断面位置, 河流、引水渠的冰花量等可采用基于热平衡原理的途径进行估算。对水电站下游不封冻距离估算, 原东北勘测设计研究院在对东北地区 5 个大中型水电站进行调查和观测的基础上提出经验公式, 见公式 (24):

表3 S_9 近似值表 单位: MJ/(m²·d)

北纬 /(°)	冰期不同平均水深 h/m									
	11 月		12 月		1 月		2 月		3 月	
	0~5	10	0~5	10	0~5	10	0~5	10	0~5	10
30	1.38	1.21	1.51	1.34	1.04	0.96	0.59	0.59	-0.33	-0.29
40	1.3	1.13	1.17	1.05	0.92	0.84	0.5	0.46	0.08	0.08
50	1.13	1	0.88	0.42	0.59	0.5	0.38	0.33	0.33	0.29
60	1	0.46	0.59	0.5	0.42	0.38	0.29	0.25	0.25	0.21

水流动力加入热量 S_9 , 用公式 (22) 计算:

$$S_9 = \frac{847\bar{Q}i}{B} \quad (22)$$

式中 $\bar{Q}$ ——计算时段日平均流量, m³/s;

i ——水面比降。

降水进入河中的热量交换 S_{10} , 可用公式 (23) 计算:

$$S_{10} = 0.001PC\gamma(79.6 - 0.5t_q + t_s) \quad (23)$$

式中 P ——日降雪量, 折合成水深, mm。

当气温较低而又大量降雪时, 其对水体的失热作用是明显的, 尤其对引水渠水体热平衡影响较大。

在严寒的冬季, 无论是白昼还是夜间, 水体的收入热量总是小于向外散失的热量, 故 S 一般为负值。因此, 用公式 (C. 2. 2 - 1) 和公式 (C. 3. 2) 时, 公式中的 S 取绝对值。

6.4.6 河流冰凌运动是冰、水二相流, 且受热力因素影响, 工程冰情分析的理论 and 计算方法尚不完善, 归纳我国多年来设计、实践经验, 常通过下列途径进行分析计算:

(1) 以热力因素为主的冰情问题, 如水库及引水口下游零温断面位置, 河流、引水渠的冰花量等可采用基于热平衡原理的途径进行估算。对水电站下游不封冻距离估算, 原东北勘测设计研究院在对东北地区 5 个大中型水电站进行调查和观测的基础上提出经验公式, 见公式 (24):

表 4 我国东北地区 5 个水电站下游不封冻距离 L_f 调查及观测成果表

项 目	桓仁			回龙山			德伯岗			云峰			丰满		
	年	1976	1978	年	1976	1978	年	1978	1978	年	1978	1979	年	1960	年
水电站下游 不封冻距离 L_f/km	24.0	12.5		12.5	9.0	21.6	17.3	105	30.0	66.0	55.0				
出现日期	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬	月 上中旬
相应旬 平均气温 $/^{\circ}\text{C}$	-16.7	-12.8	-16.9	-12.8	-14.0	-16.7	-14.0	-14.5	-20.2	-18.4	-16.9				
尾水水温 $t_s/^{\circ}\text{C}$	3.5	2.5	1.6	2.0	2.0	2.3	2.7	4.4	2.9	3.0	2.9				
月最小旬 平均单宽流量 $q/$ $[\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})]$	0.321	0.531	0.449	0.12	0.317	0.257	0.362	1.03	0.862						

模型试验：原新疆八一农学院等单位曾进行新疆地区亚斯墩、红山嘴四级、卡群等低水头引水式水电站的排冰模型试验，并提出冰水比的概念，用以反映排冰耗水量及排冰效率。以上试验研究成果，可供合理性分析时参考。

目前已建水库较多，可选择气候条件、水库特征相似的水库开展野外冰情调查。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

7 水文测报系统

7.1 施工期水文测报规划

7.1.3 拟定水文预报方案时，需考虑工程施工过程中天然河道过水能力的改变、工程建筑物蓄水等对水文预报方案的影响，北方寒冷地区，要根据施工要求拟定冰情预报方案。

7.1.4 充分利用现有设备可节省费用。现有水情站点数量不足、分布不合理，缺少控制性报讯站或测报项目不足，不能满足水文预报要求时，需适当增设雨量、水位、水文站或增加测报项目。水情站点要结合水文预报方案进行优选。

7.1.5 施工期尽量利用已有的通信方式（如公网、电话、报讯电台、电报等），也可采用超短波、短波等通信方式。重要报讯站需具备恶劣天气条件下保证通信畅通的能力。

7.1.6 对于有些开发程度低、人烟稀少、水文测站少、洪水预见期较短的设计流域，若采用测报方法，测验、报讯、预报作业费时较长，预见期和精度达不到要求时，经分析论证，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 水文自动测报技术发展较快，设计中要切合实际，采用经鉴定的新技术、新产品，选用可靠的定型设备。设计的测报系统要在实用可靠的基础上，实现经济合理、技术先进。

7.2.3 水文预报方案，需满足工程运行调度对水文预报的精度和预见期要求，根据流域水文特性及遥测站网分布等进行方案比较，综合确定。

水文预报方案的编制，要符合 GB/T 22482《水文情报预报规范》的规定。

7.2.4 遥测站网规划要以现有的（包括施工期）水情站网为基

基础，根据需要增加部分雨量站，入库、出库水文站，坝区、坝上下水位站及重要支流控制站等。为节省建设投资和运行费用，遥测站要在满足水文预报和运行调度要求的条件下，力求精简。对于冰雪融水补给地区，根据水文预报方案要求，可增加气温要素观测项目。对大型工程或高含沙量河流，可增加水库泥沙观测规划。

7.2.5 水文要素的自动采集主要是雨量、水位等，其工作体制主要有自报式和查询应答等方式。中心站、中继站和遥测站规模要适当，中继站级数不建议过多。水位计、雨量计的分辨力需满足水文预报的精度要求，按有关规定选取。

7.2.6 公网、卫星等通信方式各有优点和不足，需根据具体情况而定，对于规模较大或较为复杂的系统，当一种通信方式难以满足要求时，可采用两种通信方式进行混合组网。通信线路需满足系统的响应速度、数据传输的误码率及线路的通畅率等要求。现阶段，公网主要指 GPRS 传输方式。考虑到特大暴雨洪水等极端事件，易发生仪器设备失电、数据传输线路损坏等故障，重要遥测站需要具备备用通信方式。