

ICS 35.240.01
L 07

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 428—2008

凌汛计算规范

Specification for ice flood computation

2008-07-22 发布

2008-10-22 实施

中华人民共和国水利部 发布

https://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

中华人民共和国水利部
关于批准发布水利行业标准的公告

2008 年第 18 号

中华人民共和国水利部批准《凌汛计算规范》（SL 428—2008）等 3 项标准为水利行业标准，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	凌汛计算规范	SL 428—2008		2008.07.22	2008.10.22
2	水资源供需预测分析技术规范	SL 429—2008		2008.07.22	2008.10.22
3	调水工程设计导则	SL 430—2008		2008.07.22	2008.10.22

二〇〇八年七月二十二日

http://www.slzxjxx.com
水利造价信息网

前 言

根据水利部水利水电规划设计管理局文件《关于配合做好2002和2003年度水利水电勘测设计标准编制工作的通知》（水总局科[2004]2号文）的工作安排以及《水利技术标准编写规定》（SL1—2002）的要求，制定了本标准。

本标准吸收了近年来我国寒冷地区凌汛计算的经验和较成熟的科研成果。根据凌汛计算的主要内容，分为总则、术语、基本资料、河流凌汛分析计算和工程凌汛分析计算，共5章19节97条和4个附录，主要技术内容有：

——提出了收集整理的基本资料内容和对基本资料复核评价的要求；

——提出了河流凌汛分析计算的内容和方法，重点对热平衡因素计算、冰塞洪水分析计算、冰坝洪水分析计算、凌峰流量分析计算作了规定；

——提出了工程凌汛分析计算的内容和方法，所涉及工程主要有水库工程、引水明渠工程、堤防工程、分水防凌工程、施工导流工程及其他跨河工程。

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：黄河勘测规划设计有限公司

本标准参编单位：合肥工业大学

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：张志红 高治定 李海荣 王 军

雷 鸣 赵咸榕 饶素秋 王玉峰

李保国 贺顺德 李伟佩 刘红珍

宋伟华 张晓艳 张锁成

本标准审查会议技术负责人：侯传河

本标准体例格式审查人：窦以松

<http://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1	总则	7
2	术语	8
3	基本资料	9
3.1	基本资料收集整理	9
3.2	基本资料复核评价	10
4	河流凌汛分析计算	11
4.1	一般规定	11
4.2	河流冰情特征值的统计与计算	11
4.3	河流凌汛的热力条件分析计算	12
4.4	河流凌汛的动力条件分析计算	13
4.5	河流凌汛的河道边界条件分析计算	13
4.6	冰塞洪水分析计算	14
4.7	冰坝洪水分析计算	15
4.8	融冰洪水分析计算	16
4.9	水位与流量关系拟定	17
4.10	冰下过流能力计算	17
5	工程凌汛分析计算	18
5.1	一般规定	18
5.2	水库工程	18
5.3	输水明渠工程	20
5.4	堤防工程	20
5.5	分水防凌工程	21
5.6	施工导流工程	21
5.7	其他跨河工程	22
附录 A	热平衡因素计算	23
附录 B	冰塞洪水分析计算	32

附录 C 冰坝洪水分析计算	36
附录 D 凌峰流量分析计算	39
标准用词说明	40

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为适应有凌汛影响的水利水电工程及其他跨河工程设计需要，统一凌汛分析计算的技术要求，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可行性研究和初步设计阶段的凌汛计算。大中型水利水电工程项目建议书阶段、小型水利水电工程、其他跨河工程及江河流域规划的凌汛计算，可参照执行。

1.0.3 根据工程设计要求，凌汛计算应包括河流凌汛分析计算及工程凌汛分析计算。

1.0.4 凌汛计算应符合下列要求：

1 深入调查研究，收集、整理基本资料及有关信息，分析冰情特性及人类活动对冰情要素的影响。

2 工程地址和河段缺乏实测冰情资料及有关水文、气象资料时，应根据设计要求，进行专项观测，必要时可进行冰情实验。

3 计算依据的资料系列应具有可靠性、一致性和代表性。

4 计算方法应科学、实用，对计算成果进行多方面分析、检查，论证其合理性。

1.0.5 本标准的引用标准有：

《水利水电工程水文计算规范》(SL 278—2002)

1.0.6 进行凌汛计算，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 凌汛 ice flood

凌汛也称冰凌洪水，是由冰凌融化或阻塞所形成的洪水。按凌汛成因，可分为冰塞洪水、冰坝洪水和融冰洪水等。

2.0.2 冰塞洪水 ice-jam flood

封冻冰盖下面，大量冰花堆积，堵塞了部分水道断面并显著壅高上游水位，造成的洪水现象。

2.0.3 冰坝洪水 ice-dam flood

大量流冰至浅滩、弯道、卡口及在未解体的冰盖前缘受阻，形成横跨河面的冰块堆积体并显著壅高上游水位，造成的洪水现象。

2.0.4 融冰洪水 ice-melt flood

开河（江）期，因热力与动力因素共同作用，致使冰盖消融、破裂，河道中槽蓄水量集中释放而导致流量急剧增加、水位显著上涨，造成的洪水现象。

2.0.5 凌峰流量 ice peak discharge

凌汛期因受上游来水及河道槽蓄水量急剧释放的影响，导致流量突增所形成的瞬时最大流量。

2.0.6 槽蓄水增量 channel detention increment

凌汛期因冰凌的阻水作用而增蓄在河槽中的水量。

2.0.7 冰下过流能力 subglacial carrying capacity

江河（或渠道）封冻期冰盖下通过水流的能力。

2.0.8 分水防凌工程 separation ice control works

河道沿岸，当凌汛期河道槽蓄水增量比较大且封冻河段较长时，为避免引发凌汛灾害，特定设置可用于分水防凌的水利工程。

3 基本资料

3.1 基本资料收集整理

3.1.1 根据凌汛计算需要，应收集、整理江河沿线及工程所涉及地区、河段的下列全部或部分基本资料：

1 地区及河段自然地理概况，主要包括水系、地理位置、高程、地形、地貌、土壤、气候等。

2 水文站及气象站点位置、高程、级别，观测起始时间、观测项目。

3 河道的冰情观测资料，包括初冰、流冰花、流冰、终冰、封冻、解冻等冰情现象的特征日期，流冰花的疏密度、总量和最大冰花流量，流冰的疏密度、总量和最大冰流量、最大流冰块的尺寸和冰速，最大冰厚、冰花厚及其发生日期，河流封冻长度，稳封期的冰盖厚度等。

4 冰塞、冰坝的观测资料，包括冰塞、冰坝的发生位置、时间、流量、壅水位、历史凌汛决口与灾害情况，以及冰塞、冰坝的其他专门观测资料（冰塞、冰坝体的范围、体积及厚度，冰塞、冰坝下过流量，冰情图）。

5 影响凌汛成因的河道特征、热力因素、动力因素等资料。

6 用于输水渠道凌汛计算模型验证及参数率定的专项观测资料。

7 流域已建和在建的蓄引提水工程，堤防、分洪（凌）、蓄滞凌水工程的凌汛观测资料。

8 水利水电工程及其他跨河建筑物等工程设计指标。

9 有关调查资料、研究成果、专项及实验报告等资料。

3.1.2 对收集的资料、分析计算和研究成果，应说明其来源、计算方法、存在的问题和适用范围。

3.2 基本资料复核评价

3.2.1 凌汛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。对采用水文、气象资料的可靠性、一致性和代表性应作出评价。

3.2.2 当河道凌汛基本资料受已建工程影响明显时，应按工程影响前后分别进行评价。

3.2.3 当借用相似地区水文资料分析计算时，应对借用资料进行评价。

3.2.4 当在使用各种实验资料时，应注意其初始条件与边界条件，以及实验成果在实际运用中的局限性。在应用于工程设计时，应对其合理性、实用性作出评价。

4 河流凌汛分析计算

4.1 一般规定

4.1.1 河流凌汛分析计算应根据工程设计需要，选择以下部分或全部内容：

- 河流冰情特征值。
- 河流凌汛的热力条件。
- 河流凌汛的动力条件。
- 河流凌汛的河道边界条件。
- 冰塞洪水。
- 冰坝洪水。
- 融冰洪水。
- 水位流量关系。
- 冰下过流能力。

4.1.2 凌汛期的起止时间应根据河段多年冰情特征日期及影响凌汛因素的发生时间综合分析。分析计算时段宜按月或旬，必要时可按候或日。

4.1.3 当设计河段凌汛规律因人类活动影响而产生明显变化时，应对人类活动影响前后冰情特征分别进行统计计算。

4.2 河流冰情特征值的统计与计算

4.2.1 为研究设计河段凌汛规律，应首先统计冰情特征值。河流冰情特征值可包括下列内容：

- 初冰、流冰花、封冻、开河、流冰和终冰的平均、最早、最晚日期。
- 平均冰厚，最大冰厚、冰花厚及发生日期。
- 流冰花的疏密度、流冰花总量和最大冰花流量。
- 流冰的疏密度、流冰总量、最大冰流量、最大流冰块的

尺寸和冰速。

- 不同开河形式的出现几率。
- 冰塞、冰坝发生的时间、地点和规模。

4.2.2 设计依据站冰情观测系列在 20 年以上时，可直接统计冰情特征值。不足 20 年或虽有 20 年但仍不能满足设计要求时，应进行冰情调查。

4.2.3 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 设计河段与临近参证站所代表的河段水力条件、气温、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 冰厚计算、流冰花总量计算及零温断面位置计算，有关公式见 **SL 278—2002** 的附录 **E**，其中所用的热平衡因素计算部分应按本标准附录 **A** 的规定执行。

3 应采用经主管部门审批的冰情特征值图表查算。

4.3 河流凌汛的热力条件分析计算

4.3.1 河流凌汛的热力条件分析计算可包括以下内容：

- 气温特征指标。
- 水温特征指标。
- 水流热平衡因素。

4.3.2 凌汛计算中气温特征指标分析统计可包括以下内容：

- 凌汛期多年平均月、旬、日平均气温，相应时段最高及最低平均气温，极端最高、最低气温和出现时间。
- 日平均气温稳定转负日期、转正日期。
- 累积日平均负气温值。
- 整个凌汛期及其各阶段气温的变化过程特征。

4.3.3 各代表站气温特征值指标采用的系列不应少于 30 年。在分析凌汛形成规律的气温条件时，应根据分析统计内容、方法和

深度要求，有针对性的选择相应的气温指标进行分析。对缺少气温观测资料的地区，可借用临近地区气象站观测资料，但应根据高程、地理位置、山脉等影响因素进行适当修正。

4.3.4 水温应统计凌汛期多年平均月、旬平均值，凌汛期月、旬平均值的最大、最小值，实测最大、最小值和出现时间。水温观测系列具有20年以上时，可直接统计有关特征值；水温观测系列不足20年时，可插补延长。

4.3.5 水流热平衡因素计算应按本标准附录A执行。

4.4 河流凌汛的动力条件分析计算

4.4.1 河流凌汛的动力条件分析计算可包括以下内容：

- 流量特征值、流量过程及其变化原因。
- 断面平均流速及其沿程变化。
- 河段槽蓄水增量及其时空变化。

4.4.2 流量特征值应包含测站凌汛期逐月、逐旬平均、最大、最小流量。流量统计采用的资料系列应不少于30年；不足30年时，应插补延长。

4.4.3 流量过程及其变化原因，应从冰情、降水、水库调蓄以及上游引水、退水等方面分析。

4.4.4 断面平均流速及其沿程变化，应根据代表站实测资料，按畅流期、流凌期、封冻期及开河期的不同流量级别进行统计分析；当无实测流速资料时，可采用水力学方法计算。

4.4.5 河段槽蓄水增量，可根据资料条件采用水量平衡法、断面法或流量差积法计算。

4.5 河流凌汛的河道边界条件分析计算

4.5.1 河流凌汛的河道边界条件分析计算可包括以下内容：

- 设计河段的走向及山脉屏障对热力因素的影响。
- 河道比降及纵、横断面特征（包括河段长度、宽度、水力半径、湿周、面积等）。

- 河相系数、河道弯曲系数、束窄系数、分汊系数。
- 设计河段支流汇入情况。
- 河道工程阻水、阻冰情况。

4.5.2 河道边界条件分析计算应采用满足设计要求的测量成果。河道纵横断面应根据河道地形和水流特性等因素选定。

4.5.3 重要河段应对易形成冰塞、冰坝的河道边界条件进行分析计算，必要时宜通过试验分析论证。

4.5.4 多泥沙河流河道边界条件分析计算，应考虑河道冲淤变化及河势变化情况。

4.6 冰塞洪水分析计算

4.6.1 冰塞洪水分析计算可包括以下内容：

- 来水流量、流冰花总量。
- 热力条件、动力条件及河道边界条件。
- 冰塞洪水水位。
- 冰塞规模及影响范围。

4.6.2 来水流量分析计算可按本标准 4.4.2 条的和 4.4.3 条的规定，根据形成冰塞最不利的情况，确定冰塞稳定期流量。

4.6.3 流冰花总量分析计算，可采用本标准 4.2.2 条和 4.2.3 条规定的方法。

4.6.4 冰塞形成的动力条件可用冰盖前缘水流的临界佛汝德数 Fr_c 或临界流速判别。

4.6.5 冰塞洪水水位分析计算，根据资料条件可采用下列方法：

1 当有 30 年以上冰塞洪水水位观测资料时，可根据设计要求，分析确定设计断面冰塞洪水水位。

2 当实测冰塞洪水水位系列不足 30 年，但有相应 30 年以上气温、流量资料时，可通过建立冰塞洪水水位与气温、流量等影响因素的相关关系，进行插补延长，采用插补延长后的冰塞洪水水位系列，分析确定设计断面冰塞洪水水位。

3 当实测冰塞洪水水位资料短缺时，可用相似类比法、水

力学法或经验相关法计算。在用相似类比法计算时，对借用的参证站气象条件、河道边界条件、水力条件等应与设计站相似。水力学法或经验相关法可按本标准附录 B 执行。

4.6.6 冰塞规模及影响范围可通过水力学法计算确定，也可通过模型试验进行模拟。

4.6.7 冰塞洪水分析计算成果宜通过对计算中采用的经验参数及冰塞规模、形态等进行综合分析，检查其合理性，也可通过相似河段实测冰塞洪水类比或模型试验进行验证。

4.7 冰坝洪水分析计算

4.7.1 冰坝洪水分析计算可包括以下内容：

- 来水流量、流冰总量。
- 热力条件、动力条件及河道边界条件。
- 冰坝洪水水位。
- 冰坝规模及影响范围。

4.7.2 来水流量分析计算应按本标准 4.4.2 条的、4.4.3 条的和 4.4.5 条的规定，根据形成冰坝最不利的情况，确定冰坝稳定期的流量。

4.7.3 冰坝洪水水位分析计算，根据资料条件可采用下列方法：

1 当有 30 年以上冰坝洪水水位观测资料时，可根据设计要求，分析确定设计断面冰坝洪水水位。

2 当设计断面实测冰坝洪水水位系列不足 30 年，但有相应 30 年以上气温、流量资料时，可通过建立冰坝洪水水位与气温、流量、上游河道槽蓄水增量、开河前期降水量等影响因素的相关关系，进行插补延长，采用插补延长后的冰坝洪水水位系列，分析确定设计断面冰坝洪水水位。

3 当实测冰坝洪水水位资料短缺时，可用相似类比法、水力学法或经验相关法计算。在用相似类比法计算时，对借用的参证站气象条件、河道边界条件、水力条件等应与设计依据站相似。经验相关法或水力学法可按本标准附录 C 执行。

4.7.4 冰坝规模及影响范围可通过水力学法计算确定，也可通过模型试验进行模拟。

4.7.5 冰坝洪水计算成果宜通过对计算中采用的经验参数及冰坝规模、形态等进行综合分析，检查其合理性，也可通过模型试验进行验证。

4.7.6 当冰坝下游有重要保护对象时，应分析冰坝溃决的影响。

4.8 融冰洪水分析计算

4.8.1 融冰洪水计算可包括以下内容：

- 凌峰流量、洪量及过程。
- 融冰洪水最高水位。

4.8.2 凌峰流量、洪量及过程计算，根据资料条件可采用下列方法：

1 当临近水文站有**30**年以上实测资料时，可根据水文站的融冰洪水推算设计断面凌峰流量、洪量及过程。

2 当临近水文站实测资料不足**30**年时，可进行插补延长，采用插补延长后的洪水资料，推算设计断面凌峰流量、洪量及过程。

3 当资料短缺时，可借用参证站资料推算，凌峰流量还可采用本标准附录**D**方法计算。

4.8.3 设计断面融冰洪水最高水位分析计算，根据资料条件可采用下列方法：

1 根据凌峰流量，通过水位流量关系推求设计断面融冰洪水最高水位。

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，可根据实测资料分析确定设计断面融冰洪水最高水位。

3 实测水位系列不足**30**年时，可插补延长，采用插补延长后的水位资料，分析确定设计断面融冰洪水最高水位。

4.9 水位与流量关系拟定

4.9.1 有实测水位、流量以及冰情资料时，可根据实测资料拟定水位与流量关系曲线。有冰凌影响的实测水位资料、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与流量关系曲线。

4.9.2 凌汛期设计断面无实测水文资料时，应进行冰期水文调查和临时测流，用多种方法综合拟定水位与流量关系曲线。

4.9.3 凌汛期水位与流量关系由于受凌汛期不同阶段的凌情影响，可分别拟定流凌期、封河期和开河期的水位与流量关系曲线。

4.9.4 推算水位与流量关系时应考虑断面冲淤变化、下游工程等因素的影响。

4.9.5 拟定的水位与流量关系曲线应从依据资料、河段控制条件以及凌汛期不同阶段的冰情特点等方面，检查其合理性。

4.10 冰下过流能力计算

4.10.1 根据设计河段的防凌要求，对封冻河段进行工程防凌设计时，宜进行冰下过流能力计算。

4.10.2 冰下过流能力计算应符合下列要求：

1 可根据设计断面或河段的资料条件，分别采用流量改正系数法、水力学法或经验公式法。

2 应考虑河道冲淤变化的影响。

3 应从依据的资料、采用的参数以及计算方法等方面，检查其合理性。

5 工程凌汛分析计算

5.1 一般规定

5.1.1 工程凌汛分析计算涉及水库、输水明渠、堤防、分水防凌、施工导流及其他跨河工程。

5.1.2 工程凌汛分析计算的目的是通过分析计算，合理确定工程设计指标及运用方式。

5.1.3 工程凌汛分析计算成果，应从计算方法、地区综合分析等方面进行合理性检查。对重要工程的凌汛，可通过野外调查和模型试验验证成果的合理性。

5.2 水库工程

5.2.1 水库工程凌汛计算的任务应根据水库所在河流凌汛期气象、来水情况及冰情特点，分析水库工程建成后，库区及下游河道冰情变化规律，结合水库其他开发任务，合理拟定水库防凌调度运用方式。

5.2.2 水库工程凌汛分析计算可包括以下内容：

- 设计来水、来冰花、来冰过程。
- 库区冰厚及水库末端形成冰塞、冰坝的可能性及其壅水高度。
- 水库下游零温断面位置、不封冻距离及下游河道冰情。
- 水库下游河道形成冰塞、冰坝的可能性及其壅水高度。
- 凌汛期水库下游河道冰下过流能力及防凌安全泄量。
- 防凌库容及防凌限制水位。
- 水库防凌运用方式。

5.2.3 设计来水计算依据的资料系列应在 30 年以上。流量的统计时段可根据设计要求及凌汛问题选用月、旬、日等。

5.2.4 设计来冰花量、来冰量可采用本标准 4.2.2 条和 4.2.3

条规定的方法进行分析计算。

5.2.5 水库冰厚受气温、库容大小等因素影响，可采用经验公式法计算。

5.2.6 水库末端形成冰塞、冰坝的可能性及其壅水高度分析计算应在分析水库建库前库区河段天然河道冰情特点的基础上，结合水库末端河段的纵横断面形态以及水库凌汛期运用方式，采用本标准 4.6 节和 4.7 节规定的方法进行分析计算。建库后对凌汛影响较大的重要水库工程，宜结合模型试验进行分析估算。

5.2.7 水库下游零温断面位置可采用 SL 278—2002 附录 E.3 的方法进行计算，其中热平衡因素计算部分应按本标准附录 A 的规定执行。当相似水库下游沿程具有 10 年以上水温资料时，可根据设计出库水温过程及气温条件，借用相似水库下游实测水温过程沿程递减关系推算。

5.2.8 水库下游河道形成冰塞、冰坝的可能性及其壅水高度分析计算应在分析水库建库前下游河段天然河道冰情特点的基础上，结合水库凌汛期运用方式、水库下游零温断面位置以及凌汛期水库下泄流量过程，采用本标准 4.6 节和 4.7 节规定的方法进行分析计算。对水库建成后影响下游河道冲淤变化的河段，还应分析其下游河道冲淤变化对凌汛的影响。

5.2.9 水库下游河道冰下过流能力可按本标准 4.10 节规定的方法进行分析计算。水库防凌安全泄量应根据水库下游河道过流能力以及冰情影响程度综合确定。

5.2.10 防凌库容及防凌限制水位应按大坝本身及库区上游河段、下游河道的防凌要求和其他综合利用要求，根据水库防凌运用期设计来水、来冰过程，分析确定；多泥沙河流还应结合设计水平年水库库容的冲淤变化进行分析。

5.2.11 水库防凌运用方式应根据凌汛期冰情、水情、气象等因素，按水库所承担的防凌任务，考虑综合利用要求合理拟定。

5.2.12 水库工程凌汛分析计算成果，应从观测资料、地区综合等方面进行合理性分析。

5.3 输水明渠工程

5.3.1 输水明渠凌汛分析计算可包括以下内容：

——渠道沿线自然地理、气候条件以及冰情特征值的分析与整理。

——引水口、输水渠道沿程以及输水渠道末端凌汛分析计算。

——冬季输水渠运行方式分析。

5.3.2 引水口、输水渠沿线以及输水渠道末端冰情特征值，应采用本标准 4.2 节规定的方法进行分析计算。

5.3.3 输水明渠工程凌汛分析计算应结合输水工程布置形式、取水方式、输水规模、输水过程等进行。计算方法可根据冰凌洪水类型，分别采用本标准 4.6 节、4.7 节和 4.8 节的规定计算，必要时可结合模型试验进行分析验证。

5.3.4 输水渠道冬季运行方式，应根据引水口、输水渠沿线以及输水渠道末端的冰情特点以及各环节可能发生的凌汛情况，结合工程特点和引水要求，分别按冰盖下运行和输冰运行两种运行方式考虑。

5.3.5 对分析计算成果，可结合原型观测资料、模型试验资料，进行合理性分析。

5.4 堤防工程

5.4.1 堤防工程凌汛分析计算的主要内容可包括设计河段堤防工程修建前、后冰情特征值及凌汛最高水位。

5.4.2 设计河段堤防工程修建后，应结合堤防工程的布置情况，分析冰情变化情况以及凌汛最高水位。对可能发生的冰塞洪水、冰坝洪水、融冰洪水，可采用本标准 4.6 节、4.7 节和 4.8 节规定的方法进行计算。

5.4.3 堤防工程的设计水位应综合分析暴雨洪水和冰凌洪水的影响，合理选定。

5.5 分水防凌工程

5.5.1 分水防凌工程凌汛分析计算可包括以下内容：

- 河道冰情特征值。
- 分水防凌工程位置。
- 设计断面凌汛最高水位、凌峰流量及凌汛来水过程。
- 设计断面冰下过流能力。
- 分水流量。
- 分水防凌工程运用方式。

5.5.2 分水防凌工程位置应在设计河段凌汛分析计算的基础上，按防凌要求，结合涵闸与蓄滞洪（凌）区布置条件、功能及运用条件进行分析。

5.5.3 设计分水流量应根据设计河段可能发生的冰塞、冰坝规模和蓄滞洪（凌）区的地形条件等因素，结合上游来水、来冰情况以及下游防凌要求综合确定。

5.5.4 分水防凌工程运用方式，应结合上游来水、来冰条件以及分水、蓄滞洪（凌）工程具体情况，综合考虑设计河段防凌要求及其他兴利需求，合理拟定。

5.6 施工导流工程

5.6.1 施工导流工程凌汛分析计算可包括以下内容：

- 导流建筑物建成前所在河段冰情特征值。
- 导流建筑物建成后所在河段冰塞、冰坝形成的可能性。
- 施工导流设施排冰能力。
- 施工导流期凌汛最高水位。

5.6.2 导流建筑物建成后所在河段冰塞、冰坝形成可能性分析应在冰情特征值统计与分析的基础上，结合导流工程特点与运用情况综合分析，必要时可通过模型试验进行论证。

5.6.3 施工导流设施排冰能力，应根据来水、来冰情况，结合施工导流工程的布置型式，进行综合分析，必要时提出防凌措

施的建议。

5.6.4 施工导流期凌汛最高水位应根据来水、来冰和工程情况分析计算。

5.7 其他跨河工程

5.7.1 应根据工程情况分析计算以下内容：

- 河道冰情特征值。
- 工程所在位置的来水、来冰过程。
- 工程阻冰壅水影响。

5.7.2 工程阻冰壅水后的水位及影响范围，应在冰情分析的基础上，根据来水、来冰条件，结合工程类型、布置及所在河段河势特点进行分析计算。对设计河段布置有多座跨河建筑物工程时，应分析工程对凌汛的综合影响，必要时提出防凌措施的建议。

5.7.3 应对采用的有关参数及工程与凌汛的相互影响进行综合分析，检查计算成果的合理性，必要时应结合模型试验进行验证。

附录 A 热平衡因素计算

A.1 冬季敞露水面水流热平衡因素分析

A.1.1 影响水流热平衡的因素很多，从其作用性质可分为增热因素和失热因素两种。图 A.1.1 展示了冬季白昼和夜间的水流热量收支情况。

图中实线箭头 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 表示增热因素，虚线箭头 S_5 、 S_6 、 S_7 表示失热因素，双向箭头 S_8 、 S_9 、 S_{10} 表示在不同的水温和气象条件下可为增热或失热因素。

各水流热平衡因素常用单位水面上、单位时间内热的交换量来度量。为了计算方便，宜采用一昼夜为一个计算单位时段，其单位是 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

A.1.2 根据热量平衡原理，冬季一昼夜的单位水面热损失 ΣS 可用公式 (A.1.2) 计算。

$$\Sigma S = (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) - (S_5 + S_6 + S_7) \pm (S_8 + S_9 + S_{10}) \quad (\text{A.1.2})$$

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

S_1 ——太阳直接辐射热， $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ；

- S_2 ——太阳散射辐射热, MJ/ (m²·d);
- S_3 ——反射辐射热损失, MJ/ (m²·d);
- S_4 ——水面有效辐射热, MJ/ (m²·d);
- S_5 ——水面蒸发热损失, MJ/ (m²·d);
- S_6 ——水面对流热损失, MJ/ (m²·d);
- S_7 ——旁侧入流的热量交换, MJ/ (m²·d);
- S_8 ——河床与水体间的热量交换, MJ/ (m²·d);
- S_9 ——水流动力加入热量, MJ/ (m²·d);
- S_{10} ——降水进入河中的热交换量, MJ/ (m²·d)。

在严寒冬季, 水体的收入热量宜小于实际向外散失的热量, 故 ΣS 多为负值。

A.2 热平衡诸因素的计算方法

A.2.1 太阳总辐射 $S_1 + S_2$ 也称之为短波辐射。太阳总辐射是水体最重要的增热因素。可根据计算需要收集有关台站总辐射量资料。

当设计地区无总辐射资料时, 可借助经验公式 (A.2.1-1) 计算。

$$S_1 + S_2 = (S_1 + S_2)_0 (a + bR) \quad (\text{A.2.1-1})$$

式中 $S_1 + S_2$ ——日总辐射量, MJ/ (m²·d);

$(S_1 + S_2)_0$ ——理想大气中的日总辐射量, MJ/ (m²·d);

R ——日照百分率;

a 、 b ——系数。

我国北方地区部分台站 a 、 b 应按表 A.2.1-1 取值。

表 A.2.1-1 我国北方地区部分台站 a 、 b 值

系数	爱辉	哈尔滨	沈阳	二连	烟台	太原	银川	民勤	郑州
a	0.15	0.15	0.17	0.23	0.14	0.21	0.21	0.17	0.19
b	0.77	0.70	0.68	0.64	0.61	0.66	0.68	0.74	0.55
系数	西宁	昌都	玉树	格尔木	乌鲁木齐	阿勒泰	喀什	库车	西安
a	0.18	0.20	0.17	0.27	0.30	0.37	0.33	0.34	0.17
b	0.75	0.82	0.83	0.63	0.49	0.46	0.47	0.49	0.65

理想大气中的各月平均日总辐射量可根据所在地点的纬度和高度查表 A.2.1-2。

表 A.2.1-2 冬季各气压层面、纬度、月份的理想
大气日总辐射量 [MJ/(m²·d)]

纬度 (°N)	11月	12月	1月	2月	3月	11月	12月	1月	2月	3月
	1000hPa					900hPa				
30	20.16	17.63	18.98	23.12	28.47	20.30	17.77	19.02	23.27	28.65
32	19.12	16.61	17.78	22.15	27.78	19.25	16.63	17.92	22.31	27.95
34	18.04	15.38	16.68	21.16	27.05	18.13	15.50	16.80	21.30	27.21
36	16.96	14.25	15.66	20.15	26.27	17.09	14.37	15.68	20.29	26.44
38	15.88	13.11	14.43	19.12	25.47	16.00	13.23	14.55	19.26	25.63
40	14.70	11.98	13.31	18.04	24.63	14.89	12.09	13.42	18.21	24.79
42	13.67	10.86	12.14	17.00	23.77	12.78	10.95	12.29	17.13	23.98
44	12.58	9.74	11.07	15.92	22.88	12.67	9.82	11.16	16.05	22.91
46	11.45	8.64	9.95	14.84	21.96	11.54	8.72	10.05	14.95	22.11
48	10.34	7.43	8.85	13.73	21.01	10.44	7.63	8.93	13.85	21.16
50	9.25	6.49	7.78	12.63	20.03	9.34	6.56	7.54	12.74	20.18
52	8.17	5.46	6.70	11.52	19.05	8.24	5.52	6.77	11.62	19.18
54	7.10	4.47	5.67	10.41	18.02	7.18	4.52	5.73	10.52	18.16
纬度 (°N)	11月	12月	1月	2月	3月	11月	12月	1月	2月	3月
	800hPa					700hPa				
30	20.45	17.90	19.16	23.44	28.83	20.62	18.05	19.32	23.61	29.03
32	19.39	16.77	18.06	22.46	28.13	19.55	16.91	18.20	22.63	28.32
34	18.31	15.63	16.94	21.46	27.38	18.47	15.78	17.08	21.63	27.58
36	17.22	14.48	15.81	20.44	26.62	17.36	14.61	15.94	20.60	26.80
38	16.12	13.27	14.68	19.40	25.80	16.26	13.46	14.81	19.56	25.99
40	15.00	12.19	13.54	18.35	24.97	15.14	12.31	13.67	18.50	25.15
42	13.90	11.06	12.40	17.27	24.10	14.02	11.17	12.52	17.42	24.27

表 A.2.1-2 (续)

纬度 (°N)	11月	12月	1月	2月	3月	11月	12月	1月	2月	3月
		800hPa					700hPa			
44	12.78	9.98	11.26	16.19	23.20	12.90	10.08	11.38	16.33	23.38
46	11.65	8.80	10.14	15.08	22.27	11.77	8.90	10.24	15.21	22.45
48	10.54	7.71	9.02	13.96	21.32	10.66	7.79	9.12	14.10	21.48
50	9.43	6.63	7.92	12.82	20.33	9.54	6.71	8.01	12.99	20.51
52	8.34	5.59	6.84	11.74	19.34	8.44	5.66	6.92	11.85	19.50
54	7.26	4.58	5.79	10.62	18.31	7.34	4.63	5.86	10.72	18.46
纬度 (°N)	11月	12月	1月	2月	3月	11月	12月	1月	2月	3月
		800hPa					600hPa			
26	22.86	20.46	21.67	25.68	30.54	23.05	20.64	21.86	25.88	30.76
28	21.83	19.34	20.59	24.75	29.90	22.02	19.51	20.76	24.94	30.12
30	20.78	18.21	19.47	23.79	29.23	20.96	18.37	19.65	23.98	29.45
32	19.70	17.06	18.30	22.81	28.52	19.88	17.22	18.53	23.00	28.74
34	18.62	15.91	17.23	21.81	27.78	18.79	16.07	17.40	21.99	28.00
36	17.52	14.75	16.10	20.78	27.00	17.69	14.90	16.25	20.96	27.21
38	16.42	13.60	14.96	19.72	26.19	16.57	13.74	15.10	19.90	26.41
40	15.29	12.44	13.80	18.66	25.34	15.44	12.58	13.95	18.84	25.55

注：表中数据取自朱瑞兆主编的《应用气候手册》气象出版社，1990年9月。

利用公式 (A.2.1-1) 计算具体河段日总辐射量，可根据河段位置、高程、时间，利用表 A.2.1-1~表 A.2.1-2 数据，内插选用。

日总辐射量也可采用经验公式 (A.2.1-2) 计算。

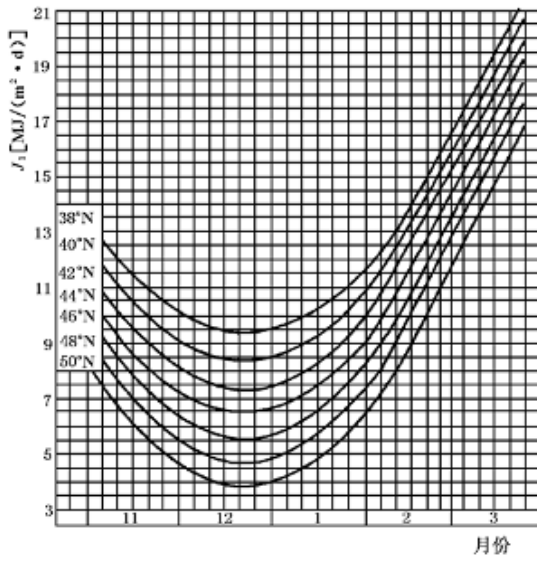
$$S_1 + S_2 = 0.46N_1 + (1 - N)J_2 \quad (\text{A.2.1-2})$$

式中 $S_1 + S_2$ ——日总辐射量，MJ/(m²·d)；

N ——云量 (十分率)；

J_1 、 J_2 ——随纬度、时间而变化的函数，可分别由图

A.2.1-1和图**A.2.1-2**查得, $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
公式**(A.2.1-2)**未考虑海拔高度订正,使用时应予以注意。



图A.2.1-1 J_1 与时间、纬度关系

A.2.2 反射辐射 S_3 可采用公式**(A.2.2)**计算。

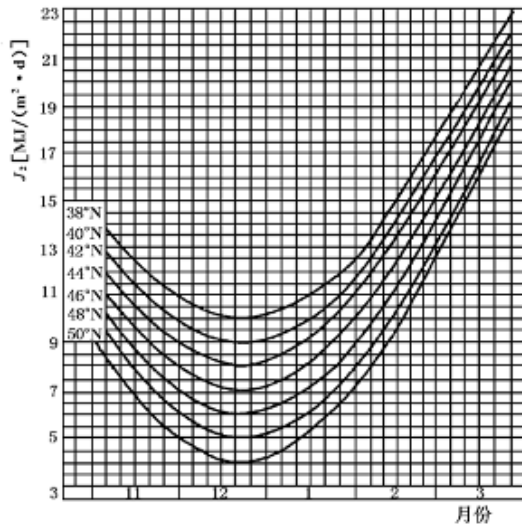
$$S_3 = K(S_1 + S_2) \quad (\text{A.2.2})$$

式中 S_3 ——日反射辐射量, $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;
 K ——反射率, 可由表**A.2.2**查得。

A.2.3 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, 可用经验公式**(A.2.3)**计算。

$$S_4 = 10.89(1 - 0.9N) + 0.577(t_s - t_a) \quad (\text{A.2.3})$$

式中 S_4 ——日有效辐射量, $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;
 t_s ——水温, $^{\circ}\text{C}$;
 t_a ——设计断面所在河段日平均气温, $^{\circ}\text{C}$ 。



图A.2.1-2 J_2 与时间、纬度关系图

表 A.2.2 不同纬度水面 K 值

纬度 (°N)	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。

A.2.4 蒸发热损失 ΔQ_e 可引用经验公式 (A.2.4-1) 和公式 (A.2.4-2) 计算。

$$\Delta Q_e = EL\rho \times 10^{-6} \quad (\text{A.2.4-1})$$

$$L = 2500 - 2.39 t_e \quad (\text{A.2.4-2})$$

式中 ΔQ_e ——日蒸发热损失量, MJ/(m²·d);

E ——蒸发量, 可取用冬季实测日蒸发量资料, mm/d;

L ——汽化潜热, MJ/t, 用公式 (A.2.4-2) 计算可得;

ρ ——水的容重, t/m³。

S_2 也可以用经验公式计算, 见公式 (A.2.4-3);

$$S_2 = 0.732(1 + 0.134W)(f_m - f) \quad (\text{A.2.4-3})$$

式中 W ——计算河段代表性日平均风速, m/s;

f_m ——与水温相同温度下的空气饱和水汽压, hPa;

f ——大气中的水汽压, hPa。

A.2.5 对流热损失 S_3 可引用经验公式 (A.2.5) 计算。

$$S_3 = 0.481(1 + 0.3W)(t_s - t_a) \quad (\text{A.2.5})$$

式中 S_3 ——日对流热损失量, MJ/(m²·d)。

A.2.6 旁侧入流热交换 S_7 可采用公式 (A.2.6-1) 和公式 (A.2.6-2) 计算。

$$S_7 = \frac{86400 Q' \rho' C (t'_s - t_s)}{F} \quad (\text{A.2.6-1})$$

$$F = 86400 \bar{v} \bar{B} \quad (\text{A.2.6-2})$$

式中 S_7 ——旁侧入流日热交换量, MJ/(m²·d);

Q' ——旁侧入流量, m³/s;

C ——水的热容量, 4.19 MJ/(t·°C);

t'_s ——旁侧入流水温, °C;

t_s ——干流河流水温, °C;

F ——计算时段水面面积, m²;

\bar{v} ——计算河段平均流速, m/s;

\bar{B} ——计算河段平均宽度, m。

A.2.7 河床与水流间的热量交换量 S_8 , 可从表 A.2.7 查得。

A.2.8 水流动力加热 S_9 可引用经验公式 (A.2.8) 计算。

$$S_9 = \frac{847 \bar{Q} \rho i}{B} \quad (\text{A.2.8})$$

式中 S_9 ——水流动力日加热量, MJ/(m²·d);

\bar{Q} ——计算时段日平均流量, m³/s;

i ——水面比降。

表 A.2.7 S_9 近似值 [MJ/(m²·d)]

纬度 (°N)	11月		12月		1月		2月		3月	
	h (m)		h (m)		h (m)		h (m)		h (m)	
	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	0.69	0.69	-0.33	-0.29
40	1.30	1.13	1.17	1.05	0.92	0.84	0.60	0.46	0.08	0.08
50	1.13	1.00	0.88	0.42	0.59	0.50	0.38	0.33	0.33	0.29
60	1.00	0.46	0.59	0.50	0.42	0.38	0.29	0.25	0.25	0.21

注：h 为冰期不同平均水深。

A.2.9 降水进入河中的热量交换量 S_9 可引用经验公式 (A.2.9) 计算。

$$S_9 = 0.001 P C_p (79.6 - 0.5 t_a + t_w) \quad (\text{A.2.9})$$

式中 S_9 ——降水进入河中的日热量交换量, MJ/(m²·d);

P ——日降雪量, 折合为水深, mm/d。

当气温较低又有大量降雪时, 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。

A.3 冰期河流的热交换计算

A.3.1 在冰期, 河流的热交换条件受水面状况的影响而发生变化。随着水面逐渐被冰覆盖, 不仅反射率发生变化, 而且吸收、蒸发和紊流交换等系数都发生变化。水与大气的热交换随着水面被冰替代而减少。因此, 在同样气象条件下, 冰与大气的热交换小于水面与大气的热交换。冰与大气热交换和水与大气热交换之比决定于冰厚与冰覆盖水面的程度, 其比值变化在 0.2 ~ 0.9 之间。

A.3.2 冰期河流一昼夜热交换量可引用公式 (A.3.2) 计算。

$$\Sigma S_{\text{冰}} = K_1 \Sigma S_{\text{水}} \quad (\text{A.3.2})$$

式中 $\Sigma S_{\text{冰}}$ ——结冰期一昼夜单位水面热损失, MJ/(m²·d);

$\Sigma S_{\text{水}}$ ——畅流期一昼夜单位水面热损失, MJ/(m²·d);

K_1 ——折减系数，即冰与大气热交换和水与大气热交换之比值。

折减系数 K_1 应按表 A.3.2 取值。

表 A.3.2 随冰情现象发展而变化的热交换系数 K_1 值

冰厚 (cm)	冰覆盖水面程度 (等级)			
	3	5	8	10
1	0.97	0.95	0.92	0.90
3	0.96	0.93	0.88	0.85
5	0.91	0.85	0.76	0.70
10	0.88	0.80	0.68	0.60
20	0.83	0.71	0.54	0.42
30	0.81	0.68	0.49	0.36
40	0.79	0.65	0.44	0.30
50	0.78	0.63	0.41	0.26
60	0.75	0.60	0.38	0.20

注：摘自 P. B. 多钦科《苏联河流冰情》，中国科学技术出版社，1991年。

附录 B 冰塞洪水分析计算

B.1 水力学的计算方法

B.1.1 根据水流挟冰特性建立的方法，冰塞洪水分析计算的方法如下。

1 冰塞洪水分析计算时，应采用的基本公式为式 (B.1.1-1) 和式 (B.1.1-2)。

$$Q = A_s v \quad (\text{B.1.1-1})$$

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} \quad (\text{B.1.1-2})$$

$$n = \left(\frac{x_s n_s^{\frac{1}{2}} + x_i n_i^{\frac{1}{2}}}{x_s + x_i} \right)^{\frac{2}{3}}$$

一般天然河槽 $x_s \approx x_i$ ，则

$$n = \left(\frac{n_s^{\frac{1}{2}} + n_i^{\frac{1}{2}}}{2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

稳定流速与流量、水面宽的关系应采用公式 (B.1.1-3) 计算。

$$v = \frac{0.49 Q^{\frac{1}{3}}}{B} \quad (\text{B.1.1-3})$$

式中 Q ——相应冰塞最高壅水时的流量， m^3/s ；

A_s ——冰盖下断面面积， m^2 ；

v ——断面稳定平均流速， m/s ；

R ——断面稳定水力半径， m ；

J ——冰塞稳定水面比降；

B ——稳定河宽， m ；

n ——冰花与河床综合糙率；

x_s ——河床湿周；

n_s ——河床糙率，可根据畅流期资料确定；

x_i ——冰盖湿周；

- n_i ——冰盖糙率，可根据黄河中游和上游、松花江、牡丹江、嫩江等共 13 年的资料综合了有冰花堆积和无冰花堆积的冰盖糙率确定，具体可按表 B.1.1 取值；
- a ——经验系数，与河道边界条件有关，刘家峡冰塞河段为 0.71，万家寨冰塞河段为 0.58；
- b 、 c ——经验指数，根据黄河刘家峡河段、海勃湾河段以及万家寨河段的冰塞分析计算， $b = 0.35$ ， $c = 0.36$ 。

表 B.1.1 冰盖糙率表

时 段	封冻后天数 (d)			
	1~10	11~30	31~50	51 以后
无冰花堆积时段	0.080~0.040	0.050~0.020	0.030~0.015	0.025~0.015
有冰花堆积时段	0.100~0.050	0.060~0.030	0.040~0.025	0.030~0.020

水位与面积、河宽、水力半径的关系，可根据所选断面的实测大断面资料，求得各断面不同水位下的断面要素（面积、河宽、水力半径）。

2 冰塞洪水分析计算应按以下步骤进行：

- 1) 分析确定冰花总量（即冰塞体冰量）及最高壅水位出现时期的平均流量。
- 2) 初步确定冰塞头部及尾部的位置。冰塞头部可取断面平均流速 $v = 0.3 \sim 0.4 \text{ m/s}$ 的位置，尾部可根据地形、流速条件判定，宜在比降陡、流速大，且下游冰塞壅水后又难以改变其水力条件的位置。
- 3) 将冰塞河段划分成若干计算河段，选用合适的冰盖糙率及河床糙率，并计算各断面的综合糙率。
- 4) 联立公式 (B.1.1-1) 和公式 (B.1.1-3)，结合各断面水位与断面面积、断面河宽的关系，可推算出各断面冰盖下稳定水位和稳定流速，再根据公式 (B.1.1-2) 求得稳定比降。
- 5) 从假定头部位置的水位、按各断面计算的稳定比降向

上游推得各断面的冰塞洪水水位。

- 6) 据推算得的冰塞洪水水位减去冰盖下稳定水位, 采用式 (B.1.1-4) 可求出各断面的冰塞厚度。

$$h_i = \frac{Z - Z_1}{0.92} \quad (\text{B.1.1-4})$$

式中 h_i ——冰塞体厚度, m;

Z ——冰塞洪水水位, m;

Z_1 ——冰盖下稳定水位, m。

- 7) 据各断面冰塞厚度计算冰塞总冰量, 并与分析确定的总冰量比较, 一般不超过 5% 为限, 否则重新假定头部位置, 重复上述计算步骤。

B.1.2 利用能量守恒方程推求的方法, 其方法如下。

采用连续方程、能量守恒方程和稳定流速公式。连续方程即为公式 (B.1.1-1), 能量守恒方程为公式 (B.1.2-1)。

$$Z_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + h_w \quad (\text{B.1.2-1})$$

$$h_w = h_f + h_j$$

$$h_f = \frac{Q^2 \Delta L}{K^2}$$

$$h_j = \zeta \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

$$K = C v_0 R^{2/3}$$

式中 Z ——冰塞洪水水位, m;

h_w ——上下断面之间的水头损失, m;

h_f ——沿程水头损失, m;

h_j ——局部水头损失, m;

K ——断面 1 和 2 的平均流量模数;

C ——谢才系数;

ΔL ——断面 1 和 2 的间距, m;

ζ ——河段平均局部阻力系数, 与河道断面变化情况有关

[顺直河段, $\zeta=0$; 收缩河段, 局部水头损失很小,

可忽略,取 $\zeta=0$; 在扩散河段, $\zeta=- (0.3 \sim 1.0)$];

其他符号意义同前,脚标 1 表示下断面,脚标 2 表示上断面。

稳定流速与流量、水面宽的关系应采用公式 (B.1.2-2) 计算。

$$v = f(B, Q, J) \quad (B.1.2-2)$$

B.2 经验相关法

冰塞最高洪水位主要与冰花总量有关,而冰花总量又决定于流冰期的流量和气温,故其经验关系常有公式 (B.2-1) 和公式 (B.2-2) 两种形式。

$$Z_{\text{冰}} = f(W) \quad (B.2-1)$$

或
$$Z_{\text{冰}} = f(Q, t) \quad (B.2-2)$$

式中 $Z_{\text{冰}}$ ——冰塞洪水水位, m;

W ——冰花总量, 万 m^3 ;

Q ——流凌期流量, m^3/s ;

t ——流凌期气温, $^{\circ}\text{C}$ 。

B.3 成果的合理性检查

B.3.1 应对采用的各计算方法的实用性做必要检查,对各计算成果的可靠性作出评价。

B.3.2 应结合设计河段实际发生的冰塞洪水情况或相似河段实测冰塞洪水资料,并在分析冰塞形成的水文、气象条件的基础上,对成果的合理性进行检查。

附录 C 冰坝洪水分析计算

C.1 经验相关法

C.1.1 冰坝壅高水位取决于设计河段的流量、冰堆积厚度,以及水力和地形特性。经验相关法宜考虑的相关因子有凌峰流量、河道槽蓄水增量、冰厚、开河期气温、开河前期降水量等。

C.1.2 P. B. 多钦科(前苏联)认为冰坝壅高水位是冰堆积上游边缘水深的函数见公式(C.1.2-1)和公式(C.1.2-2)。

$$H = f(h) \quad (\text{C.1.2-1})$$

$$h = \sigma \epsilon^{0.3} h_0 \quad (\text{C.1.2-2})$$

式中 H ——冰坝壅高水位, m;

h ——冰坝上游水深, m;

h_0 ——畅流期平均水深, m;

ϵ ——冰坝河段的河底比降;

σ ——经验系数,宜取 2.85 ± 0.15 ,在冰塞和冰坝形成地点一致的河段取 3.0 。

C.1.3 利用公式(C.1.2-1)和公式(C.1.2-2)计算设计河段的冰坝壅高水位,应经实测资料验证。

C.2 利用渐变非恒定流理论计算(水力学法)

C.2.1 水力学法的计算原理是认为凌洪进入形成的冰坝后和洪水进入水库的洪水波运动基本相同,冰凌流的水力学性质接近渐变非恒定流。它的特点是冰坝壅水河段各断面水力要素(流速、流量、比降等)随时间变化,其变化规律可用下列方程组(圣维南偏微分方程组)表示:

$$\left. \begin{array}{l} \text{动力平衡方程} \quad -\frac{\partial H}{\partial L} = \frac{v^2}{C^3 R} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial L} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} \\ \text{连续方程} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial L} = 0 \end{array} \right\} \quad (\text{C.2.1})$$

式中 H ——断面水位, m ;
 L ——断面间距离, m ;
 v ——平均流速, m/s ;
 C ——谢才系数;
 R ——水力半径, m ;
 A ——断面过水面积, m^2 ;
 Q ——流量, m^3/s ;
 t ——时段, s ;
 g ——重力加速度, m^2/s 。

C.2.2 主要特征值应按以下原则选定:

1 冰坝发生地点,应根据历史上设计河段已出现的冰坝位置和比降转折或弯曲、束窄河段等因素确定。

2 冰坝形成日期与持续时间,应根据历史实测、调查资料和临近河段、流域相似河段的资料综合确定。

3 冰坝上游水面比降,应选取实测规模最大冰坝资料比降值。

C.2.3 冰坝库容曲线与泄流曲线应按以下方法计算:

1 库容曲线,应根据河道大断面或地形资料计算静库容,按冰坝壅水水面比降计算其动库容,同水位下静、动库容之和即为设计的库容曲线。

2 泄流曲线,应根据实测冰坝年凌汛期产生冰坝后与无冰坝的过流能力之比乘以凌汛期无冰坝时泄流能力求得。凌汛期无冰坝时泄流曲线可根据断面要素和率定的有关水力因子计算。

C.2.4 凌洪调算法应按以下主要步骤进行计算:

1 选定冰坝发生地点和主要特征值。

2 拟定入流、出流断面(冰坝头部作为出流),确定入流断面的设计入流过程。

3 计算冰坝头部(出流断面)泄流曲线即水位流量关系。

4 利用冰坝头部的库容曲线与冰坝头部的泄流曲线,按渐变非恒定流方程简化制作工作曲线,采用半图解法或试算法进行

冰坝调洪计算，即可得出冰坝头部及冰坝影响范围内的最高水位。

C.3 成果的合理性检查

C.3.1 对采用的各计算方法的实用性作必要检查，对各计算成果的可靠性作出评价。

C.3.2 结合设计河段实际发生的冰坝壅水情况或相似河段实测冰坝壅水资料，并在分析冰坝形成的水文、气象条件的基础上，对成果的合理性进行检查。

38
http://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

附录 D 凌峰流量分析计算

D.0.1 凌峰流量的大小主要与开河速度、槽蓄水增量等有关。开河速度快，则槽蓄水增量释放得快而集中，凌峰流量就越大；槽蓄水增量越多，则开河期释放得越多，凌峰流量也越大。开河速度与水力、热力因素有关。凌峰流量可按公式 (D.0.1) 确定：

$$Q_m = \beta_s Q_0 \quad (\beta_s \geq 1) \quad (D.0.1)$$

式中 Q_m ——凌峰流量， m^3/s ；

Q_0 ——用水文学法按畅流期计算上游入流断面流量演进至设计断面的流量， m^3/s ；

β_s ——开河期流量修正系数， β_s 与开河期气温 T ($^{\circ}C$) 有关，黄河内蒙古河段有关水文站 β_s 用流量资料和气温资料拟合的各站 β_s 与 T 的关系如下：

石嘴山站	$\beta_s = e^{0.042(T+10)}$
巴彦高勒站	$\beta_s = 0.98e^{0.085(T+10)}$
三湖河口	$\beta_s = 0.54e^{0.22(T+10)}$
头道拐	$\beta_s = 0.60e^{0.045(T+10)}$

D.0.2 经验相关法宜根据设计河段的实测资料，建立凌峰流量与开河期气温、上游来水、河槽蓄水增量等影响因素的相关关系，可以单因素相关，也可以多因素相关。

标准用词说明

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