

中华人民共和国水利行业标准

SL 104—2015

替代 SL 104—95

水利工程水利计算规范

**Regulation for water conservancy
computation of water projects**

2015-05-21 发布

2015-08-21 实施

中华人民共和国水利部 发布

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
(水利工程水利计算规范)

2015 年第 40 号

中华人民共和国水利部批准《水利工程水利计算规范》
(SL 104—2015)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	水利工程水利计算规范	SL 104—2015	SL 104—95	2015. 5. 21	2015. 8. 21

水利部

2015 年 5 月 21 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 104—95《水利工程水利计算规范》进行修订。

本标准共 14 章和 1 个附录，主要技术内容有：

- 总则；
- 术语；
- 基本资料；
- 防洪工程水利计算；
- 治涝工程水利计算；
- 城乡供水工程水利计算；
- 灌溉工程水利计算；
- 水电站水利计算；
- 水利工程航运水利计算；
- 综合利用水库水利计算；
- 河道整治工程水利计算；
- 调水工程水利计算；
- 水库群水利计算；
- 水库及河道水力学计算；
- 径流调节计算方法。

本次修订的主要内容有：

- 增加了第 2 章“术语”、第 11 章“河道整治工程水利计算”和第 13 章“水库群水利计算”。
- 原规范第 2 章“基本资料”没有分节，修订分为：“基本资料收集与整理”、“基本资料复核评价”两节。
- 原规范第 6 章“城镇供水工程的水利计算”，修订为“城乡供水工程水利计算”。

- 原规范第 8 章“航运工程的水利计算”，修订为“水利工程航运水利计算”。
- 原规范第 10 章“跨流域调水工程的水利计算”，修订为“调水工程水利计算”。
- 原规范第 11 章“水库水力学计算”，修订为“水库及河道水力学计算”。
- 原规范第 12 章“感潮河段水力学计算”，修订为“14.6 感潮河段水力学”。
- 调整和简化了部分章节的结构。
- 全面总结我国近 20 年来水利计算新理念与新方法，依据我国新近出台的相关法律法规、规程规范，对部分条文进行了修改。

本标准为全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本发布情况为：

——SL 104—95

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：水利部水利水电规划设计总院
长江勘测规划设计研究院

本标准参编单位：四川省水利水电勘测设计研究院
湖北省水利水电规划勘测设计院

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：梅锦山 仲志余 安有贵 杨 晴
胡向阳 陈永生 徐照明 李文俊
徐学军 覃绍一 唐景云 周 健
刘 伟 罗 斌 尹维清 曹正浩
李 林 赵 伟 雷新华 李建华
李安强 游中琼 李盛青 孟晓亮
张利升 李学通 周 琴

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：**牟广丞**

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给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：010-63204565；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	术语	3
3	基本资料	4
3.1	基本资料收集与整理	4
3.2	基本资料复核评价	5
4	防洪工程水利计算	6
4.1	堤防	6
4.2	分洪工程	8
4.3	水库	10
4.4	防洪工程体系	13
5	治涝工程水利计算	15
5.1	一般规定	15
5.2	排水河(沟)道	15
5.3	排水闸	17
5.4	排水泵站	17
5.5	承泄区与蓄滞区	19
6	城乡供水工程水利计算	21
6.1	一般规定	21
6.2	供水水库	21
6.3	引水工程	22
6.4	供水泵站	23
6.5	城乡供水工程系统	24
7	灌溉工程水利计算	26
7.1	一般规定	26
7.2	灌溉水库	26
7.3	引水工程	27

7.4	提灌泵站	28
7.5	灌排工程系统	29
8	水电站水利计算	31
8.1	一般规定	31
8.2	径流调节	31
9	水利工程航运水利计算	34
10	综合利用水库水利计算	36
10.1	一般规定	36
10.2	径流调节及水库调度图	37
10.3	初期蓄水	38
10.4	泥沙冲淤	39
11	河道整治工程水利计算	40
11.1	一般规定	40
11.2	整治流量及水位	40
11.3	整治参数	41
12	调水工程水利计算	42
12.1	一般规定	42
12.2	调入区和调出区水资源供需分析	42
12.3	调水规模	42
13	水库群水利计算	45
14	水库及河道水力学计算	47
14.1	一般规定	47
14.2	水库回水	47
14.3	水电站日调节下游非恒定流	49
14.4	水库溃坝洪水	50
14.5	河道洪水演进	51
14.6	感潮河段水力学	52
附录 A	径流调节计算方法	54
	标准用词说明	63
	标准历次版本编写者信息	64
	条文说明	65

1 总 则

1.0.1 为了统一水利工程水利计算的原则、范围和技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于大中型水利工程规划、设计、运行中的水利计算，小型水利工程水利计算可参照执行。

1.0.3 水利计算应遵照国家有关法律法规、方针政策，根据工程所在河流自然条件和特点及所涉及地区的经济社会发展要求，按照保证工程安全及综合利用水资源，尽可能获得最佳总体效益的原则，计算提出各项水利指标，为优选规划和设计方案，确定工程规模、效益、运用方式和特征值等提供依据。

1.0.4 水利计算工作应重视资料的收集、整理、评价和复核修正，使计算成果建立在可靠的基础上。

1.0.5 水利工程水利计算，应协调各项开发任务的要求。防洪、治涝、供水、灌溉、发电、航运、河道整治等开发任务的设计标准或设计保证率，应根据标准规定和各项任务要求，进行分析论证后合理选定。

1.0.6 水利工程的设计水平年，应根据其重要程度、影响范围和发挥效益的时间合理确定。

1.0.7 水利计算所采用的计算方法应科学合理，与所采用的基本资料相对应，并符合工程实际情况；参与工程规模和特征值比选的方案应合理可行。

1.0.8 水利工程水利计算，应重视分析与其他相关工程的相互影响，统筹协调好相互之间的关系，注重生态和环境保护的要求。

1.0.9 进行水利计算，应重视使用先进技术；对所采用的方法、参数和模型应进行检验；对计算成果应检查其合理性。

1.0.10 本标准主要引用下列标准：

GB 50201 防洪标准

GB 50265 泵站设计规范

GB 50288 灌溉与排水工程设计规范

GB 50707 河道整治设计规范

SL 44 水利水电工程设计洪水计算规范

1.0.11 进行水利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 术 语

2.0.1 允许泄量 maximum allowable discharge

河道（或堤防）能够安全通过的最大流量。

2.0.2 动库容 dynamic storage

水库末端和坝址之间水库水面以下的容积。

2.0.3 河道整治参数 river regulation parameters

河道整治规划设计中的河道宽度、深度、曲率半径、纵比降等特征参数。

2.0.4 径流调节计算 computation of runoff regulation

根据工程开发任务要求，对水利工程重新调配河川径流过程所进行的计算。

2.0.5 水库优化调度 optimal operation of reservoirs

基于一定系统优化理论，对水库运行规则进行优化调整，寻求得到入库径流过程与水库运行方式最佳匹配调度方案的过程。

2.0.6 感潮河段 tidal reach

河流水位受潮汐影响的河段。

3 基本资料

3.1 基本资料收集与整理

3.1.1 水利计算应收集整理气象水文、地形地质、社会经济及规划、工程特性等基本资料。

3.1.2 水利计算所需的气象水文资料应包括下列内容：

- 1 工程涉及流域或区域的江河、湖泊水系资料。
- 2 气象资料，主要包括降水、风向、风速、蒸发、气温等。
- 3 水文资料，主要包括设计依据站实测的水（潮）位、流量、泥沙、冰情、水温等资料或分析成果，洪、枯水水面线调查考证资料，以及坝址及入库设计洪水和设计洪水的地区组成、设计暴雨和设计涝水、设计径流、坝（站、闸）址水位流量关系曲线等设计成果。

4 岸滩演变及河道冲淤变化资料。

5 人类活动对来水来沙影响的资料。

3.1.3 水利计算所需的地形地质资料应包括下列内容：

- 1 满足精度和范围要求的实测地形图（含水下地形图）。
- 2 满足精度和范围要求的实测纵、横断面成果。
- 3 相关工程地质资料。

3.1.4 水利计算所需的社会经济及规划资料应包括下列内容：

1 农业、工矿企业、交通、能源、通信、文化教育等社会经济统计资料，历史洪、潮、旱灾害情况，以及工程设计水平年相应的社会经济发展规划资料。

2 工程涉及区域的面积、人口、房屋、耕地、城镇、文物古迹等社会经济统计资料，以及工程设计水平年相应的社会经济发展规划资料。

3 工程涉及区社会经济和生态环境用水需求资料。

4 国家或地方政府及其授权部门批准或正式审查通过的工

程所在河流的流域综合规划和专业规划资料，以及规划实施情况及调整情况。

3.1.5 水利计算所需的相关工程特性资料应包括下列内容：

- 1 水库、蓄滞洪区、蓄滞区等水利工程水位与面积、容积曲线。
- 2 水闸、堰坝和水库泄洪建筑物的泄流能力曲线。
- 3 水力发电机组、泵站的运行特性曲线。
- 4 工程布置及结构型式、渗漏损失资料。
- 5 调度运行要求及已有的调度规则。

3.2 基本资料复核评价

3.2.1 在进行水利计算前，应对照相关规范，检查基本资料是否符合设计任务、工程特点、设计阶段及设计精度要求，并了解资料来源，检验基本资料基础是否一致，相互之间是否协调，分析数据的合理性、规律性。

3.2.2 复核评价气象水文资料时，应检查资料系列的长度、上下游水量平衡、上下游水位过程连续性、与邻近地区同步观测数据的一致性。

3.2.3 复核评价地形地质资料时，应查明所用地形图的精度、比例尺和测绘时间，河道地形突变（如跌坎、分汜等）部位横断面布置的控制性。

3.2.4 基本资料复核评价时应分析人类活动可能的影响。

4 防洪工程水利计算

4.1 堤 防

4.1.1 堤防工程水利计算，应分析选定防洪标准，计算确定主要控制站的设计洪（潮）水位和流量，推求河段允许泄量和设计流量、设计洪（潮）水水面线，作为堤防工程设计的依据。

4.1.2 江河、湖泊堤防工程和海堤工程的设计防洪标准，应符合下列要求：

1 保护区仅依靠堤防工程达到其防洪标准时，堤防工程的防洪标准应根据保护区内防洪标准较高的保护对象的防洪标准，按 GB 50201 的规定分析选定。

2 保护区依靠包括堤防工程在内的多项防洪工程组成的防洪工程体系达到其防洪标准时，堤防工程的防洪标准应按经审批的流域、区域防洪规划中堤防工程所承担的防洪任务确定。

3 蓄滞洪区堤防工程的防洪标准应根据主管部门批准的防洪规划确定。

4.1.3 江河、湖泊主要控制站的设计洪水位，应根据洪水资料和工程情况，采用下列方法分析计算确定：

1 当控制站实测和调查的年最高洪水位资料系列较长，且资料可靠、基础一致、代表性好时，可据此进行频率分析，根据选定的防洪标准计算相应的设计洪水位。

2 当控制站洪峰流量资料系列较长时，可根据控制站洪峰流量系列进行频率分析，按选定的防洪标准计算设计洪峰流量，根据该站的水位流量关系推算设计洪水位。

3 当流域内的人类活动或分洪溃口、河道冲淤对水文情势有明显影响时，应将历年流量（水位）资料还原，使资料具有一致性后再进行频率分析。

4 以某一实际年洪水作为防洪标准的堤防，可根据该年实

测或调查的最高洪水位，考虑防洪工程体系对堤防工程的要求，合理选定设计洪水位；或根据该年实测或调查的洪水流量推算设计洪水位。

5 对河道冲淤变化较大的河流，应推求考虑河道冲淤变化后的设计洪水位。

4.1.4 感潮河段主要控制站的设计潮位，应根据实测资料情况，采用下列方法计算：

1 有实测长系列潮位资料时，可直接进行频率分析计算推求。

2 无实测长系列潮位资料时，宜通过分析江河洪水与天文潮、风暴潮的组合关系，按较不利组合确定。

4.1.5 海堤的设计潮位，应符合下列要求：

1 工程所在地区有长系列潮位观测资料时，利用所在地区测站历年实测高潮位资料进行频率分析，根据设计防洪（潮）标准确定。频率分析时应重视稀遇高潮位的调查和成因分析，必要时可适当留有余地。

2 工程所在地区缺乏长系列潮位观测资料时，可参照邻近地区的设计潮位，采用极值同步差比法进行同步相关分析，考虑两地区自然条件的差异进行适当修正后确定。

4.1.6 河段的允许泄量，可根据控制站的设计洪水位，按该断面的水位流量关系及上下游防洪要求，考虑壅水顶托、分流降落、断面冲淤变化以及河床演变等因素的影响分析确定。河段的设计流量是相应于河段设计防洪标准时的允许泄量，设计流量沿程变化较大时，应分段推算，并进行上下游河段的协调。

4.1.7 治理河段的设计洪水水面线推算，应符合下列要求：

1 根据治理河段的设计流量及控制站或防洪控制断面的设计洪水位，考虑区间入流、分洪和建堤后的河道变化等影响因素进行推算。

2 对于缺乏控制站流量资料的治理河段，可利用控制站或控制断面的设计洪水位，通过内插确定设计水面线。

3 对于干支流洪水、河湖（水库）洪水相互顶托的河段，应分析其洪水组合和遭遇规律，进行不同组合情况的水面线推算，以上包线作为设计水面线。

4 分汊河道的设计洪水水面线，应根据主要控制站（或控制断面）的设计流量、洪水位，按符合分流规律的各分汊流量分别进行推算。

5 应考虑涉水工程壅水对设计洪水水面线的影响。

4.1.8 推算设计洪水水面线采用的河道糙率等参数，应根据实测或调查洪水资料率定；无资料时可参考类似河道选取。推算的水面线成果，宜与实测或调查的洪水水面线进行比较验证。

4.1.9 有凌汛的河流，除考虑汛期设计洪水位外，尚应根据历史凌汛水位情况，综合确定堤防设计水位。

4.2 分洪工程

4.2.1 分洪工程水利计算，应根据分洪任务和要求，拟定分洪原则和运用方式，分析确定启用条件、分洪量及蓄滞洪区的有效容量、设计水位、进（退）洪流量，并验算分洪工程的效能。

4.2.2 分洪工程的运用原则、方式和启用条件，应根据流域或区域防洪要求、洪水特性、河道（湖泊）情况，以上下游控制站或防洪控制断面的水位、流量等作为控制条件分析拟定。

4.2.3 分洪工程理想情况下的分洪量，应考虑多种洪水地区组成进行洪水演算，根据防洪控制断面设计防洪标准，按超过控制断面允许泄量的超额洪水量求得。

4.2.4 蓄滞洪区的有效容量，应考虑分洪口门的位置及型式、分洪道水面比降，以及洪水与蓄滞洪区内涝水量的不利组合等计算确定；防洪规划时，安排的蓄滞洪区有效容量宜适当大于理想情况下的分洪量。多沙河流应考虑分洪运用后泥沙淤积对有效容量的影响。

4.2.5 分洪工程的设计水位应根据不同情况进行计算：

1 蓄滞洪区蓄洪水位可根据分洪量，考虑内涝水量查算蓄

滞洪区水位容积曲线求得，并参照流域或区域防洪规划确定。

2 分洪道、行洪区或蓄滞洪区采用行洪道方式运用时，应采用洪水演进方法计算分洪工程设计水面线。计算时应合理确定行洪道的糙率和有效行洪断面，洪水在蓄滞洪区内的扩散情况宜参照已有蓄滞洪区运用的观测资料拟定参数进行计算；对重要蓄滞洪区，有条件时宜采用二维非恒定流洪水演进计算方法推求水面线。

4.2.6 分洪工程的设计分洪流量应根据流域或区域防洪总体安排，依据设计洪水、河段控制水位或允许泄量，考虑蓄满历时等要求计算确定，并应符合下列要求：

1 分洪闸（堰、口门）的过流能力，应考虑分洪后闸（堰、口门）上游水位降落、流态变化和闸（堰、口门）下游泥沙冲淤等影响，并留有一定余地。水流流态复杂、规模较大分洪闸的过流能力宜采用模型试验验证。

2 采取扒口分洪时，对其口门尺寸及分洪作用，应根据扒口方法和控制条件，考虑难以适时适量分洪的影响。

4.2.7 分洪闸的设计洪水位，应根据需分洪河段上下游控制站的设计洪水位及不利来水组合，按照未分洪情况所推算的水面线确定。

4.2.8 退水工程的运用规则及规模，应按照充分发挥分洪工程作用及不加重下游防洪负担的原则，考虑蓄滞洪区内耕种时间要求及下游河道允许退水时间要求，根据洪水特性分析制定。退水工程规模计算应符合下列要求：

1 退水工程上游初始水位应取蓄滞洪区蓄洪水位，下游水位应取河道典型年水位过程。

2 退水工程的过流能力，应根据分洪工程的任务和退水要求，经过退水过程的演算综合比选后确定。

3 退水闸具有反向进洪功能时，工程规模需要综合进洪、退洪两方面要求确定。

4.2.9 分洪工程的分洪、退洪过程计算应考虑分洪、退洪引起

的江河水情变化对其的影响。

4.2.10 入湖、入海分洪道设计水面线的计算，应符合下列要求：

1 入口的设计水位，应根据所在河道的设计水面线，考虑分洪后水位降落影响确定。

2 出口的设计水位，应在分析出口洪水与湖、海水位遭遇规律基础上，按偏安全的情况确定。

3 根据出口设计水位和分洪道内设计流量计算设计水面线。

4.2.11 分洪工程规模及运用规则确定后，应根据实测或调查的洪水资料进行洪水演算，计算已有资料系列内的分洪次数和分洪流量、退水流量过程，检验分洪工程的规模及运用规则的合理性。

4.2.12 有防凌任务的分洪工程，应根据设计河段的防凌要求，结合凌汛期上游来水、来冰情况，进行分洪工程防凌方面的水利计算。

4.3 水 库

4.3.1 水库工程防洪水利计算，应根据其承担的防洪任务和设计洪水的地区组成，拟定防洪调度的判别条件；通过试算提出满足防洪要求的防洪调度方式，进行洪水调节计算，确定防洪库容和防洪特征水位。

4.3.2 水库防洪调度方式应符合下列要求：

1 根据防洪任务、洪水特性、洪水标准、下游河道特征及允许泄量、枢纽泄流能力等，结合水库其他综合利用要求，在不同调度方式进行比较分析的基础上合理选择。

2 调度方式和判别条件应适合于不同防洪保护对象及其防洪要求，同时应适用于各种典型洪水的调度。调度方式应简便可行、安全可靠、具有可操作性。与调度方式相应的判别条件应明确、具体。

4.3.3 对于承担下游防洪任务的水库，应在大坝安全运行的前

提下，依据水库泄洪设施运用条件、上游洪水及与下游区间洪水的遭遇组合特性、防洪保护对象的防洪标准、防御能力及允许泄量情况，分别选择调度方式：

1 当坝址至防洪控制断面的区间面积较小、防洪控制断面洪水主要由水库下泄流量组成时，可采用固定泄量（含一级或多级）调度方式。

2 当坝址至防洪控制断面的区间面积较大、防洪控制断面洪水的遭遇组合多变时，宜采用补偿调度方式。

3 其他情形，可视资料情况，选择固定泄量调度、补偿调度或组合调度等方式。

4.3.4 洪水预报方案精度达到甲级、合格率较高，且预见期大于坝址至防洪控制断面洪水传播时间的水库，经充分论证后，可采用考虑洪水预报许可误差后的预报调度方式。水利工程规划设计中，不采用气象预报进行调度。

4.3.5 承担下游直接保护对象防洪任务、同时还配合其他防洪工程承担下游共同保护对象防洪任务的水库，宜分别拟定直接保护对象和共同保护对象的调度方式。两种调度方式应明确防洪保护对象的主次关系和防洪调度运用条件，划分出各自的防洪库容、水位运用范围等，并应处理好两种调度方式的衔接过渡。

4.3.6 对于承担下游防洪任务的水库，应明确水库由下游防洪调度方式转为大坝安全防洪调度方式时的判别条件，处理好两者的衔接过渡，减少因泄量大变化对下游河道、堤防、航道等的不良影响。

4.3.7 对于设置有水库调度分级流量和运行控制水位的水库，拟定的防洪调度方式应包含水库调度分级流量和运行控制水位的要求。

4.3.8 在汛期防洪调度中，当发生下游保护对象防洪标准以内的洪水时，水库下泄流量与区间洪水组合后不应超过下游河道允许泄量；对于超过下游保护对象防洪标准的洪水，水库下泄流量不应超过本次洪水的入库洪峰流量。

4.3.9 水库洪水调节计算根据水库特性应采用下列方法：

1 对于湖泊型水库，可采用静库容进行调洪计算。

2 对于楔形库容较大的水库，可采用入库设计洪水、动库容进行调洪计算。

3 对于水库淹没问题突出的低水头河道型水库，可采用分散入流和非恒定流计算沿程水面线、坝前水位和出库流量的方法进行调洪计算。

4 对于特别重要的大型水库，应研究是否需同时采用静库容调洪、入库设计洪水和动库容调洪、分散入流和非恒定流调洪等方法进行计算，并对各种方法的计算结果进行对比分析，选用调洪计算成果。

4.3.10 多沙河流上水库的防洪调度方式，应有利于水库排沙调度要求。

多沙河流上的防洪水库，应采用一定淤积年限的库容曲线进行洪水调节计算。泥沙冲淤过程对防洪库容影响较大时，还应考虑水库蓄泄过程中泥沙冲淤对洪水调节计算结果的影响。

4.3.11 进行水库洪水调节计算时，除主要考虑泄洪建筑物泄洪外，可考虑水电站部分机组参与泄洪。但如遇某一设计洪水水头超出机组安全运行范围、或超过水电站厂房校核洪水标准时，不应考虑水电站机组参与泄洪。

船闸、灌溉渠首等建筑物，不宜参与泄洪。

4.3.12 水库的防洪库容，应按照防护对象的要求和应达到的防洪标准，根据设计洪水的地区组成、下游河道允许泄量及水库满足防洪任务要求的调度方式，通过洪水调节计算确定。

4.3.13 对承担防洪任务的综合利用水利枢纽，防洪库容确定后，应根据防洪和兴利尽可能结合的原则，经技术经济综合比较，合理安排防洪库容的位置和相应的汛限制水位、防洪高水位。

4.3.14 承担防洪任务的水库，汛限制水位相应的水库泄流能力应按照不影响发挥防洪库容防洪作用的要求确定。

4.3.15 水库的设计洪水位及校核洪水位，应根据工程等级和设计、校核洪水标准，以相应的设计洪水过程线和调度运用方式，进行洪水调节计算确定。

4.3.16 进行洪水调节计算确定水库设计、校核洪水位时，其起调水位根据水库情况按下列原则确定：

1 承担防洪任务的水库，以汛期限制水位作为起调水位；对洪水地区组成和调度运用复杂的防洪水库，可以防洪高水位作为起调水位。

2 不承担防洪任务的水库，可以正常蓄水位作为起调水位。为满足库区防洪要求、降低大坝高度、减少最大泄量或减少水库泥沙淤积等原因而设置有汛期限制水位或汛期运行控制水位时，可采用汛期限制水位或运行控制水位作为起调水位。

4.3.17 当汛期洪水的洪峰、洪量具有明显分期变化规律时，可根据汛期各分期设计洪水及防洪要求，在满足大坝防洪安全和下游防洪需求前提下，拟定水库汛期分期限制水位，进行水库洪水调度。

1 根据各分期设计洪水及分期时间，可分别拟定分期防洪调度方式，确定各分期的防洪库容、汛期限制水位、防洪高水位以及水库最大下泄流量。

2 各分期洪水之间的库水位过渡方式应明确，过渡段的水库蓄水量不应侵占较低汛期限制水位控制期的防洪库容。

4.3.18 有防凌任务的水库，应根据防凌要求拟定防凌调度方式，分析计算防凌库容和防凌运行控制水位。

4.4 防洪工程体系

4.4.1 对由多种防洪工程措施组成的防洪工程体系，应按照多种防洪工程措施相结合、防洪与兴利结合，发挥河湖蓄泄能力及各项工程措施的效能，以较少的投资取得尽可能大的防洪效益的原则，经多方案比选论证后制定防洪工程体系总体布局，明确各工程措施承担的防洪任务。

4.4.2 防洪工程体系水利计算，应根据工程体系情况及相互关系，分析防洪区干支流、上下游可能的洪水遭遇组合或河口地区洪潮遭遇组合，选择不同类型、不同量级具有代表性的典型洪水，拟定多种防洪工程体系联合调度方案，通过洪水演算对不同方案的防洪减灾效果进行分析、比较，确定各工程的规模及调度方案。

4.4.3 拟定防洪工程体系联合调度方案时，应符合下列原则：

1 对防护区防护标准以内洪水，宜利用河道的泄流能力，适时利用水库调蓄能力，必要时启用蓄滞洪区蓄洪。

2 对相当于防护区防洪标准的洪水，应充分发挥河道的泄流能力和水库的调蓄作用，适时启用蓄滞洪区。

3 对超标准洪水（或特大洪水），应充分发挥各类防洪工程措施的蓄滞洪、泄洪作用，必要时运用蓄滞洪区的保留区分蓄洪水，保障重要保护对象的防洪安全。

4.4.4 若干防洪水库联合运用时，应符合下列要求：

1 水库群联合防洪调度的洪水调节计算中，应深入分析各防洪控制断面的设计洪水地区组成情况，选取具有代表性的典型设计洪水过程，进行多方案试算确定各水库防洪调度方式。

2 按照各水库对防洪控制断面洪水的控制能力、水库建设条件以及其他综合利用要求进行防洪库容分配，并对防洪库容分配成果进行合理性检查。

3 在各水库满足各自防洪安全的前提下，应使上下游水库的设计洪水、泄洪措施、最大下泄流量等相互协调。

4.4.5 若干分洪工程联合运用时，应分析进洪、退洪过程对河道洪水的影响，复核相应河段的防洪能力。

5 治涝工程水利计算

5.1 一般规定

5.1.1 治涝工程水利计算应在合理确定治涝分区、治涝（渍）标准及治涝布局的基础上，分析计算涝区和治涝工程的设计排涝（渍）流量与水位等特征指标，为治涝工程布置及建筑物设计提供依据。

5.1.2 治涝分区应统筹考虑涝区自然地理特点、河流水系特征及水利工程布局等情况，按照“高水高排、低水低排”的原则进行划分，分区确定治涝标准和治涝布局。

5.1.3 治涝标准应根据涝区的治理要求，分析涝区的作物种类、土壤特性、水文地质和气象条件等因素，统筹协调治涝与防洪、水资源综合利用、生态环境保护等关系，结合当地社会经济发展现状和中长期发展要求，通过综合分析确定。

5.1.4 治涝布局应考虑不同分区的治理要求和涝区特点，综合分析沟渠自流、泵站抽排、河湖调蓄等治理措施的可能性和合理性，按照“排蓄结合、因地制宜”的原则，通过技术经济比较选定。

5.2 排水河（沟）道

5.2.1 排水河（沟）道应根据需要分别计算设计排涝（渍）流量和水位。

5.2.2 排水河（沟）道的设计排涝流量可根据涝区特点、资料条件和设计要求，选用下列方法计算：

- 1 采用产流、汇流方法推算。
- 2 按排涝模数经验公式估算。
- 3 按排涝期平均排除法估算。
- 4 按水量平衡法进行调蓄演算。

5 采用水力学模型法计算。

5.2.3 采用产流、汇流方法推算设计排涝流量时，应根据涝区特点、暴雨特性确定设计暴雨历时、设计雨型和设计净雨深，并考虑人类活动对流域产流、汇流条件的影响。具体计算可根据涝区所在地区的暴雨径流查算图表，采用综合单位线法和推理公式法进行计算，也可按 SL 44 规定的方法推算。

5.2.4 坡水地区排水河（沟）道的设计排涝流量可采用地区排涝模数经验公式估算，有条件时应对经验公式中的参数进行检验，必要时可做修正。

5.2.5 平原圩区排水河（沟）道的设计排涝流量可采用排涝期间涝水量平均排除法估算或水量平衡法进行调蓄计算。排涝天数可根据作物耐淹历时确定。

5.2.6 蓄涝容较大的地区或河网地区可采用水量平衡法或水力学模型法，通过蓄排涝计算推求排水河（沟）道设计排涝流量。

5.2.7 采用各种方法计算的设计排涝流量，都应与本流域实测调查资料，以及相似地区计算成果进行比较，检查其合理性。

5.2.8 对有排渍要求的涝区，应根据地区气象、土壤、水文地质等因素，计算排水河（沟）道的设计排渍流量。当土壤含水量达到田间最大持水量，入渗的水全部补给地下水，渗入土壤的总水量减去土壤中的含水量即为排渍流量。当排水沟兼有排地表涝水时，则总的设计排水流量为设计地表排涝流量和地下排水流量之和。

5.2.9 排水河（沟）道的设计排涝水位，应根据涝区地形、排水条件和排涝要求计算分析确定，以作物不致因涝受灾作为控制，局部河（沟）段必要时可略高出地面。

5.2.10 排水河（沟）道的设计排渍水位，应根据地下水位控制要求分析确定。

5.2.11 排水河（沟）道的设计断面，应根据设计排涝流量和设计排涝水位，统筹考虑防洪、供水、灌溉、航运、水利血防、生

态保护以及城镇发展等综合利用要求，经综合分析确定。

5.3 排水闸

5.3.1 排水闸的设计排涝流量应根据排水工程系统情况和设计要求确定。有蓄涝区时，应进行蓄排涝计算推求设计排涝流量；无蓄涝区或蓄涝区很小时，宜以排水河（沟）道设计排涝流量作为设计的依据。

5.3.2 排水闸的闸上设计水位应根据涝区特点分析确定。无蓄涝区或蓄涝区很小的排水闸可采用排水河（沟）道设计排涝流量相应的闸前水位；有蓄涝区的排水闸的闸上设计水位可采用蓄涝区设计蓄涝水位。

5.3.3 排水闸的闸下设计水位，可采用蓄涝区、闸下排水河（沟）道或承泄区设计水位。汛期宜按抢排要求确定，冬春季可采用多年枯季平均水位。

5.3.4 具有挡潮作用的排水闸的闸下设计水位应考虑天文潮的周期性、台风、洪水、河道冲淤变化等因素的影响，采用实测典型潮位过程线法或潮位分离法推求。

具有挡潮作用的排水闸的闸上设计水位，可结合闸底板高程和闸宽比选，按设计排涝流量过程和闸下潮水位过程，通过蓄排涝计算确定。

5.3.5 排水闸底板高程和闸宽应根据设计排涝流量、闸上闸下设计水位、蓄涝区运用方式等，进行蓄排涝计算并经过方案比较确定。大型排水闸的规模可选择相应于治涝标准的典型年流量过程和相应的闸下设计水位过程进行蓄排涝计算确定，必要时可采用长系列资料进行蓄排涝计算来确定排水闸的规模。

5.4 排水泵站

5.4.1 排水泵站的设计排涝流量，应根据排水要求计算确定。

1 通过排水河道直接排除涝区涝水的泵站，宜按排水河（沟）道设计排涝流量的计算方法确定。

2 从蓄涝区向外排水的泵站，应根据设计暴雨、相应蓄涝区的入流过程线 and 设计排涝历时进行调蓄计算，以最大出流量作为设计排涝流量。

3 对既排涝区涝水又排蓄涝区积水的泵站，可先排涝区涝水、后排蓄涝区积水，按本条 1 款、2 款所述方法分别计算排涝流量，以其大者作为设计排涝流量。

4 闸站结合的排水泵站的设计排涝流量应按充分利用排水闸自流抢排、余水由排水泵站抽排的原则确定。

5.4.2 排水泵站进水池水位应按下列规定确定：

1 设计水位应取由涝区设计排涝水位推算到站前的水位；对有蓄涝区或与内排站联合运行的泵站，设计水位应取由蓄涝区设计水位或内排站出水池设计水位推算到站前的水位。

2 最高水位应取由涝区允许最高涝水位推算到站前的水位；对有蓄涝区或与内排站联合运行的泵站，最高水位应取由蓄涝区最高蓄涝水位或内排站出水池最高水位推算到站前的水位。

3 最低水位应取按降低地下水埋深或蓄涝区允许最低水位的要求推算到站前的水位。

4 平均水位可取与设计水位相同的水位。

5.4.3 排水泵站出水池水位应按下列规定确定：

1 设计水位可取与涝区排涝期间相同标准的承泄区平均水位。对于重要的排水泵站，经论证可适当提高。承泄区水位受潮汐影响时，可采用排涝期多年平均高潮位。

2 最高水位可取历年排涝期间承泄区最高水位的平均值。对重要的排水泵站，经论证可适当提高。承泄区水位受潮汐影响时，应分析涝区涝水与天文潮、风暴潮遭遇情况，选取较不利组合分析确定。

3 最低水位应取承泄区历年排涝期最低水位的平均值或最低潮水位的平均值。

4 平均水位应取排涝期承泄区多年日平均水位或多年日平均潮位。

5.4.4 排水泵站的设计洪水位按泵站建筑物相应的防洪标准和泵站所在堤防的防洪标准经综合比较确定。

5.4.5 排水泵站的特征扬程，按下列规定计算：

1 设计扬程应按泵站出水池、进水池设计水位差并计入水力损失确定。在设计扬程下泵站排水能力应满足设计流量要求。

2 平均扬程可按加权平均净扬程计入水力损失计算；或按泵站进水池、出水池平均水位差并计入水力损失确定。在平均扬程下水泵应在高效区工作。

3 最大扬程宜按泵站出水池最高水位与进水池最低水位之差并计入水力损失确定；当出水池最高水位与进水池最低水位遭遇的几率较小时，经技术经济比较后，最大扬程可适当降低。

4 最小扬程宜按泵站出水池最低水位与进水池最高水位之差并计入水力损失确定；当出水池最低水位与进水池最高水位遭遇的几率较小时，经技术经济比较后，最小扬程可适当提高。

5.4.6 排水泵站每天正常开机小时数，电排泵站可采用 22~24h，机排泵站可采用 20~22h。

5.5 承泄区与蓄涝区

5.5.1 承泄区的设计水位，应根据承泄区特点、排水系统与承泄区联接形式、承泄区与涝区暴雨的遭遇关系，并考虑涝区排水时壅高水位的影响等合理选定。

5.5.2 排水系统出口位置及与承泄区的联接方式，应根据排水系统出口设计水位与承泄区设计水位，通过分析比较确定。

5.5.3 涝区内应安排一定的蓄涝区，蓄涝容积可根据选定的设计蓄涝水位和蓄涝起始水位及蓄涝区水位—容积曲线确定。

5.5.4 蓄涝区设计蓄涝水位应根据蓄涝区淹（浸）没情况、涝区内涝水自排要求和由内排站提排入蓄涝区的情况综合分析选定。

5.5.5 蓄涝起始水位应根据蓄涝及供水、灌溉、航运、水产、生态、水利血防等要求，经综合分析选定。有防渍和防治盐碱化

要求的涝区，蓄涝起始水位应考虑作物耐渍深度或地下水临界深度的要求。

5.5.6 有闸控制的蓄涝区运用方式应根据排水系统与承泄区联接方式和综合利用要求合理拟定。汛期应尽可能抢排；非汛期应考虑蓄涝区水土资源综合利用及防渍、防治次生盐碱化的要求将水位控制在合理高程。

5.5.7 有闸控制的蓄涝区的设计排涝流量，应根据设计暴雨推求相应的入流过程线，并按照拟定的运用方式，进行蓄涝区的调蓄计算，以其排涝流量过程线的最大流量确定。无控制的蓄涝区的设计排涝流量，应通过自然滞蓄演算计算确定。

6 城乡供水工程水利计算

6.1 一般规定

6.1.1 城乡供水工程水利计算应根据供水水源特点、供水对象用水要求，进行来水、用水及水量平衡等计算分析，通过径流调节计算确定供水工程特征指标和运用方案。

6.1.2 设计水平年各用水户的需水量应在调查历史和现状用水量的基础上，综合考虑人口增长、经济发展、生活水平提高以及节约用水和加强用水管理等因素进行需水预测分析。

6.1.3 城乡供水工程设计保证率应采用历时保证率，并根据供水对象所属行业、区域的有关规定确定，取值范围可为 95%~97%。对调节性能较高的供水水库，可以旬或月为计算时段；对无调节能力的引水工程、供水泵站，应以日或旬为计算时段。

6.1.4 城乡供水工程供水量不足时，其破坏深度不应大于 30%，并优先考虑居民生活用水要求。

6.1.5 城乡供水工程水利计算应分析特枯年、连续枯水年情况下的供水量和破坏深度，为制定应急供水方案提供依据。

6.2 供水水库

6.2.1 供水水库的水利计算，应通过水库调节计算，分析供水量、调节库容与供水保证率之间的相互关系，为选择水库特征指标和制定运用方案提供依据。

6.2.2 供水水库径流调节计算应采用长系列法，径流系列资料缺乏时也可采用代表年法。必要时采用概率法对计算成果进行检查。概率法计算公式见附录 A。

6.2.3 供水水库的径流调节计算，应进行水库的来水过程、各用户的需水过程和水库水量损失等计算，通过水量平衡分析，计算不同特征水位方案的水库供水量、供水保证率和破坏深度，通

过技术经济比较选定水库死水位、正常蓄水位等特征指标。

6.2.4 调节性能为年调节及以上的供水水库应编制水库调度图，水库调度图应按下列规定分区：

1 保证供水区：上限为防破坏线，下限为降低供水线。

2 降低供水区：上限为降低供水线，下限可为死水位。若水库死库容较大时，可在死水位以下增设限制供水区。

3 若用水地区有利用余水的需要，可增设加大供水区。加大供水区的上限为正常蓄水位（汛期为汛期限制水位），下限为防破坏线。

6.2.5 调节性能为年调节及以上的供水水库应按照调度图，采用长系列来水和需水过程进行调节计算，检验能否满足设计供水保证率和破坏深度要求。如不能满足要求，应修改水库调度图及计算成果，必要时调整水库特征水位。

6.3 引水工程

6.3.1 引水工程应通过引水口断面水量平衡计算，分析引水流量、引水量和设计供水保证率之间的关系，为选择引水工程的特征指标提供依据。

6.3.2 引水工程的引水流量和引水量应根据来水和需水过程，采用长系列法计算，以与设计供水保证率相应的供水流量作为设计引水流量。如缺乏长系列来水量资料，可采用代表年法计算。

6.3.3 计算分析设计引水流量时，应充分考虑下游河道内外的用水要求，包括为避免河道淤积而必须下泄的流量。无坝引水时，还应考虑引水河段河势条件对引水流量的限制。

6.3.4 引水闸（涵）前设计水位应根据取水方式、取水河道特性等分析确定。

1 无坝引水时，闸（涵）前设计水位应采用满足供水保证率要求的河道内引水期最低日（或旬）平均水位确定，并应考虑大量引水后河道内水位下降、上游水库调节、下游湖库顶托、河道外用水、河道冲淤变化和闸（涵）前引水渠内水面比降等因素

对水位的影响。

2 有坝引水时，闸（涵）前设计水位应根据闸后设计水位加过闸设计水头损失确定。

6.3.5 引水闸（涵）的防洪特征水位按下列规定确定：

1 无坝引水时，位于防洪堤上的引水闸（涵）的防洪特征水位应根据引水闸（涵）的防洪标准和所在堤防的防洪标准分析确定，且不低于防洪堤的防洪特征水位；其他位置的引水闸（涵）的防洪特征水位应按其相应的防洪标准分析确定。

2 有坝引水时，引水闸（涵）的防洪特征水位应与拦河坝的防洪特征水位一致。

6.4 供水泵站

6.4.1 供水泵站进水池的设计水位，应符合下列要求：

1 从河流或湖泊取水时，设计水位应取泵站供水期相应设计保证率的最低日平均水位。

2 从水库取水时，设计水位应取水库死水位。

3 从渠道取水时，设计水位应取设计提水流量时的相应水位，并考虑渠道运行水位降落的影响。

4 从感潮河段取水时，设计水位应取相应设计保证率的最低日平均潮位。

6.4.2 供水泵站进水池的最高水位，应符合下列要求：

1 从河流、湖泊、感潮河段取水时，最高水位应取泵站相应设计防洪标准的日平均水位。

2 从水库取水时，最高水位应根据泵站的防洪标准、泵站与水库坝址相对位置关系分析确定。

3 从渠道取水时，最高水位应取渠道的最高运行水位。

6.4.3 供水泵站进水池的最低水位，应符合下列要求：

1 从河流、湖泊取水时，最低水位应取泵站供水期水源保证率为 97%~99% 的最低日平均水位。

2 从水库取水时，最低水位为水库最低控制水位。

3 从渠道取水时，最低水位为渠道的最低运行水位。

4 从感潮河段取水时，最低水位应取水源保证率为 97%~99% 的日最低潮水位。

6.4.4 供水泵站出水池设计水位、最高水位和最低水位应分别取与泵站设计流量、泵站最大流量、泵站最小流量相应的出水池水位。

6.4.5 供水泵站的特征扬程，应符合下列要求：

1 设计扬程应按泵站进水池、出水池设计水位差，并计入水力损失确定。

2 平均扬程可由加权平均净扬程计入水力损失计算，或按泵站进水池、出水池平均水位差，并计入水力损失确定。

3 最大扬程宜按泵站出水池最高水位与进水池最低水位之差，并计入水力损失确定；当出水池最高水位与进水池最低水位遭遇的几率较小时，经技术经济比较后，最大扬程可适当降低。

4 最小扬程宜按泵站出水池最低水位与进水池最高水位之差，并计入水力损失确定；当出水池最低水位与进水池最高水位遭遇的几率较小时，经技术经济比较后，最低扬程可适当提高。

6.4.6 以地下水为水源的供水泵站，应利用水文地质资料，分析地下水位变幅，确定泵站的特征水位和扬程。

6.4.7 供水泵站的装机容量应根据设计供水流量、设计扬程以及机组机型确定。

6.5 城乡供水工程系统

6.5.1 城乡供水工程系统的水源工程由多个水源组成时，应研究各水源的联合运用方案，合理拟定各供水水源的设计供水量、供水过程，统一安排各供水水源的运用时序和运行方式，使供水系统达到整体效益最优的目标。

6.5.2 城乡供水工程系统应根据供水对象分布及供水工程布局特点，先进行分区供水计算，再按供水工程系统整体进行计算。

6.5.3 城乡供水工程系统应分区计算设计流量、设计供水保证

率、破坏深度与调蓄容积的关系，整体供水量应与分区供水量相协调。供水系统供水量应考虑水源到用水户的输水损失以及未预见用水量。

6.5.4 输水工程系统的分段设计流量，宜考虑各分段用户需求水量的变幅，若输水工程上段有降低供水情况时，下段设计流量可适当留有余地，并注意上下段设计流量的相互协调。

6.5.5 单水源或特别重要的供水工程采用长距离管道输水时，输水管道数量不宜小于两条，当一条发生事故时，另一条管道的输水能力不应小于设计流量的70%。当供水工程系统采用多水源供水或具备应急水源、安全水池等条件时，也可采用单管道输水。

6.5.6 北方寒冷地区输水工程采用明渠全年输水时，应考虑冬季冰情对渠道设计输水能力的影响。

7 灌溉工程水利计算

7.1 一般规定

7.1.1 灌溉工程水利计算应根据灌溉水源特点和灌溉用水特征，分析工程供水和当地水源的关系，选择合理的取水方式、设计灌溉面积和灌溉设计保证率，为确定工程规模、工程特征指标和工程运用方案提供依据。

7.1.2 灌溉设计保证率应按水利计算年度进行统计分析；灌溉工程水利计算年度应按灌溉用水季节的起始月份进行划分。灌溉设计保证率应符合 GB 50288 的规定。

7.1.3 灌溉需水量与水源供水量宜采用同步水利年系列。灌溉需水量和需水过程应根据灌溉面积、种植结构、灌溉制度和灌溉水利用系数计算确定。

7.1.4 设计灌溉面积应根据灌区土地资源开发利用规划、当地水源及其他水源、水土资源平衡等，经综合分析论证确定。

7.1.5 各种作物（包括林草）的灌溉制度，应根据灌区自然条件，通过田间水量平衡分析计算确定，也可参照灌溉试验及灌溉用水调查资料合理确定。计算参数的选取应考虑农业技术、灌水方法和灌水技术水平提高等因素。在水资源紧缺地区，经论证可采用非充分灌溉方式确定适合当地水土资源条件的灌溉制度。

7.1.6 灌溉水利用系数，应根据灌溉输水方式、输水流量及长度、输水工程地质条件、地下水位、防渗措施和管理水平等因素，在分析计算田间和渠系水利用系数的基础上确定。

7.1.7 灌区应结合地形特点及需要，设置排水系统，做到有灌有排、灌排并重，同时满足灌溉和排水两者的要求。

7.2 灌溉水库

7.2.1 灌溉水库应通过径流调节计算，分析调节库容、灌溉面

积、灌溉供水量和灌溉设计保证率之间的关系，为选择水库的特征指标和制定运用方案提供依据。

7.2.2 灌溉水库的死水位应根据地形地质、泥沙淤积等条件，结合灌区工程总体布局进行综合比较选定，达到水库工程和灌区工程总费用最小的目的。灌溉水库的死水位应满足从水库直接取水的灌溉流量达到设计流量要求。

7.2.3 灌溉水库径流调节计算应采用长系列法，并应检验能否满足灌溉供水设计保证率和破坏深度要求。长系列计算方法参见附录 A。

7.2.4 允许灌溉破坏深度应根据当地降雨条件、作物种植结构分析确定，不宜大于 50%。

7.2.5 灌溉水库应拟定灌溉供水原则，调节性能为年调节及以上的水库应绘制水库调度图。水库调度图可分为三个区：

1 加大供水区：上限为汛期限制水位或正常蓄水位，下限为防破坏线。

2 保证供水区：上限为防破坏线，下限为降低供水线。

3 降低供水区：上限为降低供水线，下限为死水位。

7.2.6 调节性能为年调节及以上的灌溉水库应按照调度图，采用长系列来水及灌溉需水过程进行调节计算，检验能否满足灌溉设计保证率和破坏深度要求。如不能满足要求，应进一步修改水库调度图及调节计算成果。

7.3 引水工程

7.3.1 引水工程应通过渠首水量平衡计算，分析引水流量、灌溉引水量、灌溉面积和灌溉设计保证率之间的关系，为选择引水渠首工程的规模和特征指标提供依据。

7.3.2 灌溉引水工程渠首的引水流量和灌溉引水量应根据长系列来水量和灌溉需水量资料，采用长系列法计算，以与灌溉设计保证率相应的供水流量作为设计引水流量，并根据实际情况，考虑是否设置加大流量。如缺乏长系列来水量资料，可采用代表年

法计算，根据灌溉引水特点，选取不同类型典型年进行计算，选取对灌溉要求高的年型作为设计代表年。

7.3.3 无坝引水进水闸闸前设计水位，可采用满足灌溉设计保证率要求的设计枯水年灌溉期河道的最枯日或旬平均水位，并应考虑大量引水后河道内水位下降、上游水库调节、下游湖库顶托、河道外用水、河道冲淤变化等因素对水位的影响。对引渠较长或引水流量较大的工程，还应考虑引渠比降和引水时闸前水头损失。

有坝（闸）引水渠首进水闸的闸前设计水位应根据闸后设计水位加过闸水头损失确定。

7.3.4 引水闸闸后设计水位，应采用根据灌区高程要求和设计引水流量推算至闸后水位。

7.3.5 进水闸闸底板高程和闸孔宽度，应根据进水闸闸前及闸后设计水位，设计引水流量计算确定。当灌溉高峰期不止一个时，应分别确定不同灌溉高峰期的进水闸尺寸，以不利的组合方案作为设计方案。

7.3.6 引水工程渠首的防洪特征水位，应根据其相应的防洪标准和工程所在河段防洪标准分析确定。无坝引水时，可按设计洪峰流量查水位流量关系确定；有坝（闸）引水时，应通过调洪演算确定。确定的防洪特征水位应与所在河段的防洪特征水位相协调。

7.4 提灌泵站

7.4.1 提灌泵站应通过渠首断面水量平衡计算，分析提水流量、提水量、提水扬程、灌溉面积和灌溉设计保证率之间的关系，为选择提灌泵站的规模提供依据。

7.4.2 提灌泵站的设计流量，应根据灌区水量平衡计算成果，按满足灌溉设计保证率所需的时段最大平均提水流量确定。

7.4.3 提灌泵站的设计扬程和出水池、进水池的运行水位及泵站的防洪特征水位应根据工程布置和泵站运行情况按 GB 50265

的相应规定予以确定。

1 提灌泵站的设计扬程应按出水池、进水池设计水位之差，并计入水力损失确定；最大扬程按出水池最高水位与进水池最低水位之差，并计入水力损失计算；最小扬程按出水池最低水位和进水池最高水位之差，并计入水力损失计算。

2 出水池设计水位应取按灌溉设计流量和灌区控制高程的要求推算到出水池的水位；出水池最低水位可取泵站最小流量相应的水位。

3 进水池设计水位应根据泵站水源情况分析确定：当水源为灌溉渠道时，应取提灌设计流量相应的渠道水位，并考虑渠道运行水位降落的影响；当以水库为水源时，取水死水位。当以河流或湖泊为水源时，取满足灌溉设计保证率的灌溉期日（或旬）平均水位。进水池最低水位可取历年灌溉期水源的最低日（或旬）平均水位。进水池最高水位可取历年灌溉期水源的最高日（或旬）平均水位。

7.4.4 提灌泵站的装机容量应根据设计流量、设计扬程以及机组机型等确定。

7.4.5 灌排结合泵站的特征参数应根据提灌和排水要求综合分析确定。

7.5 灌排工程系统

7.5.1 具有蓄、引、提、排工程设施的灌排工程系统，应统筹安排系统各组成部分的运用时序和运行方式，优先调蓄利用灌区当地水资源，合理引用区外水量，使系统达到整体效益最优的目标。

7.5.2 井渠结合的灌溉工程，应根据灌区的水文地质条件、地下水补给条件，分析计算单井控制灌溉面积、井距和井的数量等，经技术经济比较确定灌溉工程建设方案。

7.5.3 灌排工程系统应根据灌区自然地理条件、灌溉供水对象及其分布以及工程布局特点等因素进行灌溉和排水分区，先分区

调节计算，再按整个灌溉系统进行统一调节计算。

7.5.4 灌排工程系统应根据灌溉水源、水系、工程布局、耕地高程与分布，并考虑各类工程的作用及渠道输水期流量尽可能均匀等因素，按照合理利用水资源及灌区运行费用最小为原则制定水量统一调配方式。

7.5.5 灌排工程系统应根据灌区特点，结合工程布置及灌区管理方案，采取综合节水措施，提高水资源利用效率。

7.5.6 灌排工程系统的灌溉渠道设计流量可根据灌溉渠道运用方式确定。续灌渠道应根据水量平衡成果和逐级（段）渠道流量推算分析确定；轮灌渠道可根据轮灌方式、轮灌灌溉面积和灌水率综合分析确定。

灌排工程系统的排水沟（渠）设计流量，应根据排水区面积、排水模数、产流与汇流历时、地下水位控制要求及排水系统布置情况等分析计算确定。

对兼有灌排功能的渠道，设计流量和水位应同时考虑灌溉和排水要求，综合分析确定。

7.5.7 用排渍模数推求排渍流量时，排渍模数应采用当地或邻近地区的实测资料确定。无实测资料时可根据土壤质地、地下水设计降低深度、排渍历时计算确定。防治盐碱化的排水模数应根据地下水临界深度、脱盐要求，通过水盐平衡计算确定。

8 水电站水利计算

8.1 一般规定

8.1.1 水电站水利计算应根据开发任务要求，考虑上下游梯级水库的相互影响，进行径流调节计算，研究水库调度运用方案，绘制水库调度图，分析水电站多年运行特性，为选择水电站特征参数提供依据。

8.1.2 水电站的设计保证率应根据水电站规模、运行特性及其在电力系统中的作用等因素合理选定。

8.1.3 以灌溉或供水为主、兼有发电任务的综合利用水库，应在满足灌溉和供水等要求基础上进行水电站的水利计算。

8.2 径流调节

8.2.1 水电站径流调节计算应采用长系列法。资料缺乏时也可采用代表年法进行计算，代表年应包括丰、平、枯典型年。对调节性能好的大型水电站，必要时可采用概率法或随机模拟法进行对比分析。长系列法和随机模拟法的计算公式见附录 A。

8.2.2 采用长系列法进行径流调节计算时，应合理选择起讫点，按时序逐时段进行计算，计算起始点和终止点水位应一致。

8.2.3 径流调节计算时段，应根据水库调节性能、水头变化情况及相关兴利任务的要求等因素拟定。

1 对于调节性能为年调节及以上的水库，可以月为计算时段；对月内流量或水头变化较大的时期，且水库调节能力有限时，宜采用旬为计算时段。

2 对调节性能为日、周调节或无调节的水电站，宜以日为计算时段。

3 若上游有调节性能为年调节及以上的水库，且区间径流较小，宜与上游水库计算时段一致。

4 其他兴利任务对计算时段有要求时，应按其要求选择计算时段。

8.2.4 对于调节性能为年及以上的水电站，应根据长系列径流调节计算成果，以各计算时段平均出力绘制保证率曲线，按选定的发电设计保证率确定水电站保证出力；对于无调节或日调节水电站，应选择日平均出力系列中相应于设计保证率的日平均出力作为水电站保证出力。水电站的出力计算应合理选择出力系数。

8.2.5 水电站多年平均年发电量，应按水库调度规则进行长系列或代表年径流调节计算后，以各年发电量的平均值作为多年平均年发电量。在计算多年平均年发电量时，还应分别计算系列的丰、枯水期发电量的多年平均值。

8.2.6 发电保证出力破坏深度的拟定，应满足工程综合利用和不少于机组允许的最小出力要求。对于装机规模大、对电力系统影响大的水电站，破坏期的出力宜采取逐时段均匀降低的方式，尽量避免集中大幅度下降。

8.2.7 设计水电站具有日调节以上能力时，应分析计算对下游梯级的调节作用。当下游衔接梯级的库水位与设计水电站发电尾水重叠时，应分析计算下游梯级的顶托影响；当设计水电站与上游已建、在建衔接梯级的发电尾水重叠时，应分析计算对上游梯级的顶托影响。

8.2.8 承担日调节任务的低水头水电站，应分析水电站承担日负荷曲线中峰、腰荷情况，以及对水头、出力和发电量的影响。

8.2.9 对于设置了水库调度分级流量和运行控制水位的水电站，应分析水库调度分级流量、运行控制水位对运行方式和发电指标的影响，必要时可根据影响情况调整运行方式和发电指标。

8.2.10 对于调节性能为年调节及以上的水电站，应绘制水库调度图，并根据调度图规定的运行方式，进行径流调节计算，复核提出水电站动能指标和多年运行特性。水库调度图可划分为预想出力区、加大出力区、保证出力区和降低出力区，并拟定相应的运行方式。

8.2.11 径流调节计算成果应包括各计算时段的发电水头、发电流量、发电出力、多年平均年发电量、逐年发电量以及出力保证率曲线和保证出力等，并分析电站的多年运行特性。

8.2.12 水电站最大水头、最小水头、算术平均水头及加权平均水头等特征值，均应按径流调节计算成果结合可能遭遇的各种运行工况确定。

9 水利工程航运水利计算

9.0.1 水利工程兼有航运任务时，应分析计算通航特征水位、流量和航运水流要素等，为确定水利工程通航特征指标、分析航运效益提供依据。

9.0.2 通航历时保证率可根据水利工程承担任务的主次关系，考虑所在河流的通航现状、河道水文特征、调度运行条件以及本工程满足航运要求的技术经济条件分析确定。

9.0.3 设计最大通航流量应在满足防洪调度和综合利用要求的前提下，考虑技术经济条件综合分析确定。设计最小通航流量可采用综合历时曲线法或保证率频率法计算确定。

9.0.4 拦河闸（坝）上、下游通航特征水位应按下列原则确定：

1 上游设计最高通航水位可采用正常蓄水位和最大通航流量相应水位中的高值，并考虑泥沙冲淤的影响。

2 上游设计最低通航水位可采用满足综合利用要求的死水位、运行控制水位、汛限制水位中的低值。多沙河流还应考虑泥沙冲淤的影响。

3 下游设计最高通航水位可采用设计最大通航流量相应的下游水位。

4 下游设计最低通航水位可采用设计最小通航流量相应的下游水位，并考虑河道冲淤等因素引起的水位变化。

5 下游有梯级衔接时，应考虑回水和泥沙冲淤的影响，使相邻梯级间最高通航水位和最低通航水位相协调。

9.0.5 水库上、下游航道应在满足防洪调度要求的前提下，分析确定通航最大流速、最大水位变幅等水流要素；水库枯水期调度运用方式，应在满足其他综合利用要求的同时，兼顾上、下游航道的航深要求。

9.0.6 发电与航运结合的水库，水电站进行日调节时，宜根据

水电站典型日出力过程进行非恒定流计算，分析其对航运的影响，为确定电站调峰幅度和航道整治措施提供依据。

9.0.7 有航运要求的反调节水库应根据发电与航运效益兼顾的原则，经多方案比较，确定其调度运用方式。

9.0.8 过坝通航设施的用水量，应根据过坝通航设施的型式、规模和调度运用方式选择适当的经验公式计算。

9.0.9 灌溉和排水渠道通航时，应在不影响渠道主要功能的前提下确定设计最高和最低通航水位。

灌溉和排水渠道的设计最高通航水位可按相应渠道设计流量的水面线确定；设计最低通航水位可根据长系列灌溉或排水流量统计分析水位历时保证率曲线，按相应通航历时保证率时的流量推算水面线确定。

对于特别重要的通航渠道，在不影响渠道其他输水功能的前提下，必要时可研究设置通航节制闸等措施，以保障通航水位要求。

10 综合利用水库水利计算

10.1 一般规定

10.1.1 综合利用水库水利计算应根据开发任务的主次关系、河流水文特性、工程自然条件，协调各水利任务之间的关系，拟定库容及水量分配原则与方案，绘制水库调度图，为确定水库特征指标提供依据。

10.1.2 承担防洪任务的综合利用水库，宜以保证设计枯水年汛后主要兴利任务正常供水且可充满的库容作为防洪和兴利结合的重叠库容。当重叠库容不能满足下游防护对象的防洪要求时，可研究设置专门防洪库容。

10.1.3 对兼有防洪和兴利任务的综合利用水库，应拟定不同汛期限制水位和相应兴利特征水位进行径流和洪水调节计算，并对各方案的防洪和兴利任务满足情况及技术经济指标等进行综合分析比较，选择合理的汛期限制水位。

10.1.4 承担多项兴利任务的水库，其调节库容和供水量分配应遵循“一水多用、先用后耗”的原则。在库容和供水量分配时，应首先保证城乡居民生活用水，再根据开发任务主次关系协调其他方面用水需求。

10.1.5 综合利用水库运用方式，应综合考虑工程开发条件、开发任务的主次关系、设计保证率的高低、供水量的变化范围和供水目标之间可否结合等因素，并兼顾冲沙、旅游等方面的要求，经比较拟定。

10.1.6 初期蓄水时间较长、对下游用水影响较大的水库，应进行初期蓄水计算。

10.1.7 多沙河流或泥沙问题严重的水库，应进行泥沙冲淤计算。

10.2 径流调节及水库调度图

10.2.1 综合利用水库径流调节计算宜采用长系列法，资料缺乏时也可采用代表年法。对于调节性能好的大型水库，必要时可采用随机模拟法或概率法进行对比分析。

对设计保证率以外的特枯年份，应根据开发任务的主次关系或不同用户设计保证率的高低，按不同的破坏深度向不同用水部门供水。对于无替代措施的供水对象，可预留一定的保证供水量。

10.2.2 综合利用水库应绘制水库调度图，水库调度图由协调综合利用主要任务的调度线组成。

10.2.3 防洪与兴利相结合的水库调度图绘制时，应着重研究和明确防洪与兴利调度的分界线。

10.2.4 承担两种或两种以上兴利任务的水库，宜根据兴利任务的主次、用水量比重、用水保证率要求，绘制一级或多级调度图：

1 当兴利任务主次关系明确、次要任务用水量不大时，可按主要任务要求绘制一级调度图。

2 当两种或两种以上兴利任务并重，或当次要任务的用水量所占比重较大时，宜绘制多级调度图。

10.2.5 绘制综合利用水库调度图时，还应根据需要对下列运用条件进行研究：

1 当承担生活供水任务时，应绘制其他用水部门的减少或停止用水线，以保障生活供水。

2 当库内灌溉引水位高于死水位时，宜绘制满足灌溉季节用水要求的水位限制线。

3 当下游河道有防凌要求时，应根据冰凌期对泄量的要求，绘制保证防凌要求的调度线。

4 对于泥沙淤积严重的水库，宜考虑设置排沙运行控制水位；对于多沙河流上的水库，还可根据水库泥沙调度的要求设置

调水调沙区。

5 航运、生态环境、旅游等其他方面对水深、水面面积、泄水过程有要求时，可绘制控制水位调度线或拟定必要的调度规则。

10.2.6 绘制调度图后，应检验水库调度运行方式、设计指标和技术参数是否满足要求，必要时进行修正；应按照确定的调度图进行长系列径流调节计算，提出水库多年运行特征指标。

10.3 初期蓄水

10.3.1 水库初期蓄水计算可采用代表年法，按丰、平、枯代表年（或年组）的入库径流过程和下游河道内外用水过程进行径流调节，推求水库初期蓄水过程。

10.3.2 初期蓄水计算时，对初期蓄水时间小于等于 12 个月的水库，可采用蓄水期的代表径流过程或代表年的入库径流过程；对初期蓄水时间超过 12 个月的水库，宜采用代表年组的入库径流过程。

10.3.3 初期蓄水计算的入库径流应考虑上游耗水影响和已建水库的调蓄作用。必要时，可考虑调整已建水库的运行方式以配合本水库初期蓄水。

10.3.4 初期蓄水时间较长时，应考虑水库的蒸发、渗漏损失。

10.3.5 水库初期蓄水期的下泄流量应满足下游基本用水要求。不能满足要求时，应提出临时供水措施或解决方案。

10.3.6 水库初期蓄水计算中的下闸蓄水时机，应综合考虑工程施工进度安排、库区移民搬迁进度、初期效益以及对下游用水户的影响等，经多方案比较后确定。

10.3.7 汛期进行初期蓄水的水库，应选择丰水年的入库径流进行蓄水调节计算，确定蓄水期间调洪计算的起调水位；应按照不同度汛标准的设计洪水进行调洪计算，为编制防洪度汛方案提供依据。

10.4 泥沙冲淤

10.4.1 水库泥沙冲淤计算应根据资料条件、水库特性等因素选择适当的计算方法，分析预测水库的泥沙淤积量及分布情况、出库沙量等。

10.4.2 入库水沙系列可根据计算要求和资料条件，采用长系列、代表系列或代表年。代表系列或代表年的平均年径流量、年输沙量应接近多年平均值。

10.4.3 水库泥沙冲淤计算的入库泥沙应考虑上游梯级水库拦沙、排沙和水土保持等措施减沙的影响。

10.4.4 水库泥沙冲淤计算年限应按下列规定确定：

1 当水库冲淤相对平衡年限长于主要挡水建筑物设计基准期时，计算年限为建筑物的设计基准期。

2 当水库冲淤相对平衡年限短于主要挡水建筑物设计基准期时，计算年限为相对平衡年限。

10.4.5 对水库泥沙冲淤计算成果应进行合理性检查。检查的方法可参照类似水库的实测资料进行对比分析，或采用多种方法进行计算、相互验证。

10.4.6 水库进行径流调节、洪水调节、水库回水等水利计算时，应考虑泥沙淤积影响，选取相应的冲淤计算成果。

11 河道整治工程水利计算

11.1 一般规定

11.1.1 河道整治工程应根据整治目的，针对洪水河床、中水河床和枯水河床分别进行水利计算，主要计算内容包括整治流量、水位以及河道宽度、深度、弯曲半径等整治参数。

11.1.2 河道整治工程水利计算可分河段进行，上下游河段的治导线应平顺衔接，洪水、中水、枯水河床的整治参数应统筹协调。

11.1.3 河道整治工程水利计算应以河床演变分析为基础。河床演变分析应符合 GB 50707 的有关规定。

11.1.4 对于河道冲淤变化较大或来水来沙条件较为复杂的河段，宜采用实测资料分析、河流数学模型计算或河工模型试验进行综合分析，制定整治方案。

11.2 整治流量及水位

11.2.1 洪水整治流量及水位计算可采用下列方法：

1 洪水整治流量应按照河段的防洪标准通过水文分析计算确定，主管部门批准的防洪规划对河段允许泄量有明确规定的，宜采用规划成果。

2 洪水整治水面线可根据河段防洪标准，采用控制站或控制断面的设计洪水位分析计算确定，或根据洪水整治流量查算考虑河道冲淤变化后的水位流量关系确定。

11.2.2 中水整治流量可选用马卡维也夫法或平滩流量法等方法计算，经综合分析后确定。

11.2.3 枯水整治流量与水位可根据整治任务要求，结合整治河段的情况计算确定。

11.2.4 承担排涝或灌溉任务的河段整治流量和水位可根据相应

的任务要求确定。

11.2.5 河道整治工程设计枯水位可采用工程所在河段枯水期水位的多年平均值，也可采用多年平均最低水位加 0.3m 确定。当工程附近无水位站时，可根据上下游测站的设计枯水位推求。

11.2.6 规划设计中应对整治方案实施后河段的水位进行计算，并复核其是否满足各项整治任务的要求。

11.3 整治参数

11.3.1 洪水的整治参数，宜根据设计洪水流量，采用洪水演进计算确定。

1 对于相对单一的较长河段，可采用一维河流数学模型；对于水面宽阔的河段、洪泛区和潮汐河口段等，宜采用二维河流数学模型。

2 模型计算时采用的河道糙率可通过洪水水文观测或水面线调查资料推求；无实测资料时，可参考类似河段类比确定，或查阅相关手册确定。

11.3.2 中水整治参数可根据整治流量、来水来沙条件、河床边界条件进行河相关系分析，按照河势控制的要求综合分析确定。河道弯曲半径可参考有关经验，考虑上下游平顺衔接确定。

11.3.3 枯水整治参数宜结合航道整治、供水等要求，采用具有代表性的水沙系列进行河流数学模型计算或河工模型试验确定。

11.3.4 复杂河段的整治或裁弯、滩涂圈围等规模较大河道整治工程的整治参数应采用多方案比选确定。

11.3.5 在河道综合整治中，可分别计算洪水、中水、枯水整治参数，再采用河流数学模型或河工模型试验对方案实施后的河道水动力条件和冲淤变化进行分析，综合考虑整治方案对工程河段及其上下游河段在防洪、河势、通航、供水等方面的影响，经全面比选和相互协调后确定。

11.3.6 整治参数计算应考虑工程方案实施后对河道糙率、河床边界条件的影响。

12 调水工程水利计算

12.1 一般规定

12.1.1 调水工程水利计算，应分析调入区、调出区设计水平年的水资源供需关系，预测调入区需调水量和调出区可调水量，进行外调水与调入区水资源联合调节计算，研究水资源配置方案、调水规模、供水保证率三者之间的关系，确定调水工程调水量、水源水库特征指标、输水工程设计流量和输水工程控制点设计水位。

12.1.2 进行调入和调出区水资源联合调节计算时，应采用调入、调出区不少于 30 年的同步长系列径流资料。

12.1.3 调水工程供水设计保证率，应按调入区供水对象的类型分析确定。

12.1.4 调水工程水利计算应分析调水工程实施前后调入区、调出区的水文情势变化及其影响。

12.2 调入区和调出区水资源供需分析

12.2.1 调入区需调水量，应根据经济社会发展规划，按照节水优先的原则合理预测需水量，在充分利用当地水资源和合理利用过境水量的基础上，通过水资源供需平衡分析计算确定。需水预测和供需平衡分析宜分区进行。

12.2.2 调出区可调水量，应充分考虑当地经济社会发展及河道内外用水对水资源的要求，并考虑天然来水受人类活动影响衰减或增长的可能性，合理分析拟定。

12.2.3 受水区范围应根据调入区水资源供需分析成果，结合调出区可调水量，通过多种水资源配置方案的技术经济比较确定。

12.3 调水规模

12.3.1 设计调水量应通过拟定水资源配置规则，绘制供用水网

络图，考虑受水区内调蓄水库作用，进行调出区与受水区水资源长系列联合调节计算，分析受水区各用水户供水保证率，经多方案技术经济比较分析确定。

12.3.2 水资源配置规则应考虑不同用水户供水顺序、不同水源供水次序、不同地区供水方式，以及调出区与受水区径流的丰枯遭遇等情况制定。水资源配置方案应符合水资源合理高效利用的原则及各用水户设计供水保证率要求。

12.3.3 供用水网络图可根据受水区各用水户、区内水源工程、外调水水源工程和输水工程之间的供水、用水、退水的相互水力联系进行概化绘制。

12.3.4 调水过程线应根据水资源配置规则，通过外调水与受水区水资源的长系列联合调节计算确定。

12.3.5 作为调水水源的水库，应研究调节库容与调水量、输水工程设计流量、设计供水保证率之间的关系，经技术经济比较，合理确定水库调节库容和特征水位。

12.3.6 调水工程各级输水系统的设计流量，应根据受水区需水量和可供水量，结合调蓄工程的调蓄作用进行综合分析确定。调水工程输水距离较长时，应根据沿线水量损失和分水口门分布情况，合理确定输水总干渠（管）的分段设计流量。各级输水系统设计流量确定时应综合考虑下列因素：

1 满足各用水户供水过程和设计供水保证率要求。

2 直接向水厂供水的输水渠（管）道的设计流量，应计入水厂以下用水户用水日变化系数的影响。

3 分水口门之间有水量调配需要时，输水总干渠（管）分段设计流量应经过技术经济比较确定。

4 输水系统中有调蓄水库时，应考虑水库调蓄对各级输水系统设计流量的影响。

5 输水系统设计流量还应考虑总干渠（管）检修对工程规模的影响。

12.3.7 调水工程输水系统分水口门设计流量应考虑口门以下用

水户需求、调蓄水库的调蓄能力等综合分析确定。

12.3.8 输水工程控制点设计水位应结合水资源配置方案，考虑各受水点的位置、高程以及输水系统的水头分配，经综合技术经济比较确定。

1 输水工程末端为灌区时，其末端设计水位应满足灌溉要求；输水工程末端为城乡用水户时，设计水位为水厂前池的设计水位。

2 输水工程经过调蓄水库时，入库和出库控制点水位应与调蓄水库的运用条件相协调。

3 输水工程起点、分水点的设计水位应根据地形高程、输水工程水头分配等条件，经综合分析确定。

13 水库群水利计算

13.0.1 水库群水利计算，应在选定的水库群范围和组合方案基础上，制定联合防洪调度和兴利调度的原则与方式，进行联合调洪和径流调节计算，提出各水库预留的防洪库容、兴利库容、蓄放水次序和水库群优化调度成果，为确定水库特征指标和运用方案提供依据。

13.0.2 水库群水利计算范围应包括设计水平年已建、在建和拟建，承担共同任务或有密切水力、电力联系的全部水库。

13.0.3 水库群水利计算应在满足各水库承担任务要求前提下，以水库群整体效益最优为计算目标。

13.0.4 水库群防洪水利计算的主要内容应包括：分析防洪保护对象的防洪要求，拟定水库群的联合防洪调度方式，计算确定各水库防洪库容和预留时间；确定新建水库的防洪特征水位等。

1 对共同承担同一防洪保护对象防洪任务的水库群，应依据防洪控制断面的设计洪水地区组成成果，拟定多组满足防洪控制断面防洪要求的防洪库容和调度方式的组合方案，进行水库群联合调洪计算，经综合分析，确定水库群预留防洪库容及其分配方案。

2 当水库群承担两个及以上防洪保护对象的防洪任务时，应先分析各防洪保护对象各自所需的防洪库容，并根据洪水地区组成与遭遇情况，分析各防护对象在水库群中的共用防洪库容，然后再确定水库群的总防洪库容及各水库的防洪库容。

13.0.5 水库群发电水利计算的主要内容应包括：拟定各水库蓄放水次序和水库群发电调度规则，计算水库群最小出力、保证出力和发电量等指标，编制水库群总调度图及各水库调度图。

1 串联水库群，应考虑上游水库调蓄对下游水库运行方式的影响、下游水库库水位对上游水库发电尾水位的顶托影响，分

析水库群间的库容补偿作用。

2 并联水库群，应考虑流域间水文特性差异，分析水文补偿作用。

3 混联水库群，宜先进行串联水库的径流调节计算，再进行并联水库的径流调节计算，并考虑水库群间的补偿作用。

4 跨流域和跨电网水库群补偿调节计算应考虑各水库水文特性、水库调节性能，以及计算范围内的水库水力联系、电网网络布局及输送能力等，拟定补偿调节计算的原则、方法和约束条件。

13.0.6 水库群供水（或灌溉）水利计算的主要内容应包括：分析各水库的供水（或灌溉）水量、运行方式及设计供水（或灌溉）保证率的关系，确定新建水库的兴利特征水位，绘制各水库调度图，编制水库群应急供水调度方案。

13.0.7 水库群补偿调节计算宜根据各水库同期长系列径流资料采用时历法进行，系列长度不应少于 30 年。水库群中各水库径流系列年份不一致时，应以主要补偿水库的径流系列为基准，插补延长、调整其他水库的径流系列。时历法的计算公式见附录 A。

13.0.8 水库群补偿调节计算的方法可根据参与计算的水库群组成特征情况确定。

13.0.9 水库群补偿调节计算可采用逐级补偿或联合一次补偿方法进行。当采用逐级补偿时，各补偿水库参加调节计算的补偿次序，可按补偿能力大小决定。应先补偿补偿能力小的水库，后补偿补偿能力大的水库。跨流域水库群的补偿调节计算，应按先本流域补偿、后跨流域补偿的次序进行。

13.0.10 对水库群的水利计算成果，应采取实际运行资料或按各开发任务的要求进行合理性检查和复核。

14 水库及河道水力学计算

14.1 一般规定

14.1.1 水库及河道水力学计算应根据地形特点、计算目的及计算精度要求，合理划分计算河段和布设计算断面，并符合下列要求：

1 在沿河城镇、工矿企业、港口、险滩、河槽断面突变、主要支流入汇口或分流口及水文站等处，应布设计算断面。

2 计算河段划分应考虑水力因素的均一性，同一计算河段内河床纵坡、断面面积、形状、河床糙率及水力因素等应无较大变化。

3 每一计算河段上下游水位差不宜过大，对河道断面急剧变化、存在桥涵等阻水建筑物的河段应适当加密计算断面。

14.1.2 水库及河道水力学计算中采用的糙率，应根据下列方法确定：

1 根据计算河段的实测水面线推求。

2 当实测水文资料不足时，应进行包括计算河段在内的历史洪水调查，并对调查成果进行合理性分析，拟定调查洪水水面线，以此作为率定计算河段糙率的依据。

3 当缺乏实测水文资料且无重要淹没或防护对象时，可根据河道形态、河床质组成、断面形状、两岸植被条件等情况，参照类似河道选取。

4 当河槽为复式断面时，宜分别选取各级水位（或流量）的主槽、边滩糙率，分析各级水位（或流量）的综合糙率。

14.2 水库回水

14.2.1 水库回水计算应根据河道条件、水库特性、水库运用方式、不同来水和坝前水位，推求建库前的天然水面线、建库后未

淤积时和淤积一定年限后的库区回水水面线。

为适应库区重要防洪保护对象的需要，应计算相应防洪标准的各控制断面回水水位过程线及淹没历时；为满足库区航运、灌溉、供水等取用水水位需要，应计算相应其设计保证率的回水水面线，推求有关引水渠首的洪水水位；对分期施工、分期蓄水的水利工程，应根据需要计算分期蓄水的回水水面线。

14.2.2 水库回水计算应根据不同来水条件和下游防洪要求进行洪水调节计算，推求用于回水计算的坝前水位；选取坝前水位与来水流量的较不利组合应推算水库回水水面线，取其上包线作为回水成果。

1 当水库调洪库容小、调洪时间很短时，回水曲线可采用设计洪水标准的洪峰流量与同标准的坝前最高水位推算。

2 当调洪库容较大、调洪时间较长时，或当库区存在重要的淹没对象、问题复杂、影响工程规模和效益时，应推算下面几种情况的回水水面线，然后取其上包线：坝址流量为某一标准洪水的洪峰流量，坝前水位为调洪过程中相应于洪峰流量时刻的坝前水位值。坝前水位为某一标准洪水调洪过程中最高坝前水位值，坝址流量为相应于此时的洪水流量。当库区淹没问题十分敏感时，根据调洪计算成果，应在上述两种情况之间增加推算 1~2 组库区水面线。坝前水位为正常蓄水位，来水为某一标准非汛期洪峰流量。

3 库区航运、灌溉、供水等所需的回水曲线计算，坝前水位可采用死水位和运行控制水位中的低值，库区流量应采用相应设计保证率的流量。

14.2.3 计算干流回水水面线时的流量应采用库区主要控制断面与坝址发生同频率洪水的流量。

14.2.4 支流回水计算的起始水位应采用汇口处相应设计标准的干流水位；支流回水水面线应分别计算支流与坝址洪水同频率、干流相应和干流与坝址洪水同频率、支流相应的水面线，取安全值。

14.2.5 水库回水计算可采用分段恒定流方法，自库尾断面至坝址应分段考虑流量的沿程变化，各河段的流量可采用上、下断面的平均值。对于重要水库，可采用非恒定流方法计算回水，并与分段恒定流方法的计算成果相互验证。

14.2.6 水库回水计算应考虑泥沙淤积的影响。泥沙淤积的年限可根据河流泥沙特性、水库运行方式、上游有无调节水库以及库区淹没或防护对象的重要程度等分析确定。水库淤积后的河道糙率，可根据河床颗粒级配变化，参照类似已建水库分析选用。

14.2.7 在严寒地区应研究库区形成冰塞、冰坝的可能性，并分析计算冰塞、冰坝壅水对回水水面线的影响。

14.2.8 对推算的各种回水计算成果，应进行合理性检查。

14.2.9 水库回水水面线的末端可计算至回水水位不高于同一断面同频率天然水位的 0.1~0.3m 处。

14.3 水电站日调节下游非恒定流

14.3.1 水电站日调节下游非恒定流计算，应根据受影响区内各部门的要求，选择设计水平年水电站可能遭遇不利的典型日负荷过程及相应的库水位，计算水电站泄放非恒定流所引起的水库下游水流流态的变化，作为研究对防洪、航运、灌溉和供水等方面影响的依据。

14.3.2 水电站日调节下游非恒定流计算方法应按下列条件选择：

1 当水电站日负荷较平缓，下泄流量波动产生的附加比降较小时，可采用略去圣维南方程组惯性项的非恒定流计算方法计算；当电站日负荷变化剧烈时，应采用包含惯性项的非恒定流计算方法计算。

2 如仅需概略计算某一特定断面的水深或估算影响范围时，可根据河道水力要素，采用水文学方法近似求解。

3 水电站日调节运行影响河段的某一断面的表面最大流速，可依据计算河段的平均流速和水力因素采用简化方法推算。

14.3.3 水电站日调节下游非恒定流计算条件宜按下列因素考虑：

1 近坝区计算河段的断面间距宜小一些、远离坝区的可大一些。

2 初始沿程水位可采用相应日平均流量的沿程水面线；下游河道非恒定流计算的上边界条件可采用电站相应日负荷的逐时下泄流量，下边界条件可采用日调节影响接近消失河段的代表断面的水位流量关系曲线或水位过程。

3 计算时段可采用1h，当河段水力因素变化复杂，日负荷变化剧烈且对河段内流态计算精度要求较高时，宜采用更短的计算时段。

14.3.4 日调节非恒定流计算结果应取连续演算至出流断面相差24h的始末流态趋近相等时的水流要素变化值。

对日调节非恒定流的计算成果，可绘制各断面水流要素过程及沿程水流要素变化图，分析计算成果的合理性和对各用水部门的影响，必要时宜采用模型试验进行校验。

14.4 水库溃坝洪水

14.4.1 水库溃坝洪水计算应研究坝体溃决时下游洪水传播规律，为溃坝风险评估以及应急预案、洪水风险图编制提供依据。

14.4.2 水库坝体溃决形式可根据坝体类型、溃决原因等分为瞬时全溃、瞬时局部溃决、逐步全溃和逐步局部溃决等四种。

溃坝口门型式可拟定为矩形或梯形，溃决口门的宽度、深度及其发展过程可根据筑坝材料性质、坝址地形及溃决原因，参照以往坝体溃决的统计资料综合分析拟定。

14.4.3 水库溃坝洪水计算应根据洪水特性及水库特点，考虑下列坝前水位与下游水位可能的不利组合确定计算的边界条件和初始条件：

1 坝体在供水期溃决，水库采用正常蓄水位以下水体计算，不考虑溃坝后的上游来水，下游初始水位采用与调节流量对应的

水位。

2 坝体在汛期溃决，应根据工程本身及下游防护目标的重要性，水库水位由水库洪水调节计算确定，溃坝后上游来水可根据引起溃坝的洪水条件选用，下游初始水位采用一定标准洪水对应的水位。

14.4.4 水库溃坝洪水计算应根据资料条件采用下列方法：

1 资料具备时，可采用数学模型法；资料缺乏时，可采用简单公式法。

2 坝址溃口流量过程可采用经验公式法或数学模型法推算，坝址下游的溃坝洪水可采用非恒定流法进行演算，资料缺乏时可采用经验公式法。

3 库内水体可采用水位容积曲线进行概化，当需要研究库内水流运动时可采用水力学模型法模拟。

4 对于重要的或溃坝后可能造成较大不利影响的水库，宜按照相关规范规定采用溃坝模型试验研究，必要时还应进行溃坝负波在库区的上溯演算。

14.4.5 梯级水库群应自上至下依次分析上游溃坝对下游水库的影响，研究连续溃坝的可能性和溃决形式，并进行计算。

14.5 河道洪水演进

14.5.1 河道洪水演进计算应研究天然或水库调节后的洪水在河道、湖泊、蓄滞洪区内的传播规律，为防洪工程的规划设计和防洪调度提供依据。

14.5.2 河道洪水演进计算应根据资料条件和计算要求，结合洪水和河道特性选取水文学方法或水力学方法。

1 当缺乏河道地形资料时，可采用水文学方法。水文学方法计算模型的参数应采用实测洪水资料推算；当河道治理或自然演变导致河道特性发生较大变化后，模型的参数应重新推算。

2 当具备满足计算要求的河道地形资料时，可采用水力学方法，并根据河道水系特征、规划设计要求等，选用一维、二

维、一二维联解、河网等非恒定流数学模型进行计算。

14.5.3 水文学方法中计算河段的划分应与计算时段相协调。一维水力学方法计算河段的划分应避免相邻两个河段长度变化过大，并应避免过小的河段长度影响模型的稳定性和收敛性。二维水力学模型的网格剖分应根据规划设计要求，反映计算区域河（湖）地形的变化。

14.5.4 河道洪水演进计算时段应按照下列方法选取：

1 水文学方法的计算时段应根据洪水过程线形状和河道特性，考虑计算河段长度，综合考虑计算精度后确定。

2 水力学方法的计算时段除应满足第1款要求外，还应满足模型收敛性、稳定性的要求，并尽量提高计算效率。

14.5.5 计算的初始条件宜采用洪水发生前河道同时刻的水位、流量资料。计算的上边界条件应为入流断面的流量过程线，流程内有区间洪水加入时还应考虑区间入流过程；下边界条件可采用水位流量关系，或下边界为感潮河段或海域时，可采用潮位过程线；下边界为湖泊时，下边界条件也可采用水位过程线。

14.5.6 计算模型应采用不少于两场实际洪水的资料进行校验，对洪水演进结果进行水量平衡检查和修正。

14.6 感潮河段水力学

14.6.1 感潮河段水力学计算，应在分析河段内径流、潮波运动特性基础上，计算潮位、流速、流向、流量、汉道分流比等水力要素及水工建筑物对水力要素的影响，为规划设计提供计算河段的水力学参数。

14.6.2 感潮河段水力学计算应采用非恒定流计算方法，可根据规划设计要求和区域河道水系特征分别建立一维、二维、一二维联解或河网的非恒定流数学模型。

14.6.3 感潮河段非恒定流计算应符合下列规定：

1 空间网格：网格尺度应反映河道地形空间变化，并能模拟规划设计工程的几何特征，必要时采用嵌套网格和局部加密网

格；二维矩形网格的长宽比不宜过大。

2 时间步长：应满足模型收敛性、稳定性和精度要求，并以满足计算要求进行选取。显式差分法必须满足柯朗条件。

3 初始条件：应根据初始时刻上、下游边界估算给定。

4 边界条件：计算边界应位于规划设计工程影响范围之外，外海边界缺乏实测数据时可采用调和常数法或大范围潮汐模型法计算确定。

5 计算中应选用各种典型的水文系列，以分析大中小潮、洪枯水等不同情况下规划设计工程对水力要素的影响。

6 若有需要，应考虑降雨产水的影响。

14.6.4 感潮河网非恒定流计算区域内主要的排水河道、湖荡、塘坝等应包括在河网概化图中，概化河网的槽蓄曲线应与实际区域的槽蓄曲线基本一致。河道断面概化可采用流量等效法或流量模数叠加法。

14.6.5 感潮河段非恒定流数学模型应经过验证后使用。验证项目应包括计算河段内重要控制点（或断面）的水位、流速、流向、流量过程以及汊道分流比，验证条件应满足相关标准的要求，工程附近应有验证点。验证误差标准可根据实测资料精度、潮汐特性、设计阶段精度要求等确定。

附录 A 径流调节计算方法

A.1 基本资料

A.1.1 径流调节计算应使用下列基本资料：

1 时历法调节计算应具有 30 年及以上的径流系列和综合利用各部门相应的用水系列。

2 概率法及随机模拟法应具有年、月（或旬）的径流及综合利用各部门用水量的概率分布（可采用 P-Ⅲ 分布）、统计参数、序列相关系数及径流与用水量的相关系数。

3 水库水位面积与容积关系曲线，以及坝下游水位流量关系曲线。

4 水库蒸发、渗漏、结冰等损失水量资料。

A.1.2 径流调节计算中使用的基本资料应满足规划设计阶段有关深度的要求，径流系列应具有代表性。当径流系列中存在周期变化趋势时，应通过概率统计分析方法进行处理。在采用概率法及随机模拟法时，对年、月（或旬）径流及用水量的概率分布、统计参数、相关系数等应进行合理性分析。

A.2 时历法

A.2.1 长系列法计算应符合下列要求：

1 应根据各年分时段的来水量及初步确定的同步用水量（或出力），按设定的调节计算顺序进行径流调节计算。第 i 时段的计算公式为：

$$V_{i+1} = V_i + W_{*i} - \sum W_{用i} - W_{损i} \quad (A.2.1-1)$$

式中 V_i ——水库第 i 时段初的蓄水量；

V_{i+1} ——水库第 i 时段末的蓄水量；

W_{*i} ——第 i 时段来水量；

$\sum W_{用i}$ ——第 i 时段综合利用各部门用水量之和；

$W_{损i}$ ——第 i 时段水库蒸发、渗漏、结冰等损失水量之和。
采用公式 (A. 2. 1 - 1) 计算时, 上一时段末蓄水量即为本时段初的蓄水量。

2 进行水库调节计算时应先分析确定计算的起始时刻。可取连续丰水年最后一年丰水季节结束后水库蓄满 (对于有汛期限制水位的水库, 也可采用蓄水至汛期限制水位) 的时刻。

3 正常供水保证率应根据计算系列中水库满足正常供水的年数 (或时段数) 与计算系列年数 (或时段数) 加 1 的比值表示, 按期望值经验公式计算:

$$P = \frac{m}{n + 1} \quad (\text{A. 2. 1 - 2})$$

式中 P ——供水保证率;
 m ——正常供水年数 (或时段数);
 n ——计算系列年数 (或时段数)。

灌溉工程宜按水利年度计算灌溉供水保证率, 城乡生活和工业供水宜按旬或日计算供水保证率。

4 当推求的 P 与规划设计所要求的正常供水设计保证率 $P_{设}$ 一致时, 则设定的水库调节库容及各部门用水量可作为采用值; 否则应重新调整水库调特征水位、节库容或 (和) 各部门用水量, 重复进行上述计算, 直到 P 与 $P_{设}$ 一致时为止。

A. 2. 2 代表年法计算应符合下列要求:

1 应最少选择枯水年、平水年、丰水年等三个典型年作为设计代表年。枯水年的保证率应与供水设计保证率 $P_{设}$ 接近; 平水年的平均流量应大致接近多年平均流量; 丰水年的来水频率应接近 $1 - P_{设}$ 。径流调节计算方法参见 A. 2. 1 条长系列法。

2 代表年选择应满足下列要求:

- 1) 三个代表年应具有较好的代表性, 三年的平均流量应接近多年平均流量; 代表年 (特别是设计枯水年) 的年内分配尽可能接近长系列的平均年内分配。
- 2) 尽可能选择具有实测资料及年代较近年份。

- 3) 对灌溉供水工程, 应结合水源来水、用户需水情况进行选择, 使来水与用水的代表年一致。
- 4) 代表年选择具有一定的难度及偶然性, 宜多选几个典型年 (特别是枯水年) 进行比较以提高计算精度。

A. 3 概 率 法

A. 3. 1 库容相加法计算应符合下列要求: 应先分别求出年调节库容 V 及多年调节库容 W , 再相加求出总调节库容 S , 即:

$$S = V + W \quad (\text{A. 3. 1 - 1})$$

式中, S 的供水保证率采用 W 的供水保证率。

1 年调节库容计算, 可选取年来水量接近年需水量的若干个典型年, 按时历法求得若干个年调节库容。对调节程度较高的水库, 可选取平均或略偏大值作为设计年调节库容; 对调节程度较低的水库, 可选取偏大值作为设计年调节库容。

2 多年调节库容计算应考虑下列因素:

- 1) 固定供水的情况: 当年径流过程为 P -III 分布且年径流序列独立时, 可根据已知的 $P_{\text{设}}$ 、变差系数 C_v 、偏态系数 C_s 、调节系数 α 由普列什可夫多年调节线图求解出库容系数 β , 再计算多年调节库容。当年径流存在序列相关时, 可采用斯瓦尼泽多年调节线图求解多年调节库容。
- 2) 灌溉变动供水并兼有固定供水的情况: 可采用多年调节线图求解多年调节库容, 但应采用相应的变差系数 C'_v 、调节系数 α 、库容系数 β' 查多年调节线图求解。
- 3) 当年径流 X 和年灌溉用水量 Y 均服从 P -III 分布, 且其均值, 均方差, 偏态系数分别为 \bar{X} 、 \bar{Y} 、 σ_x 、 σ_y 、 C_{sx} 、 C_{sy} , 以及 X 与 Y 的相关系数 r 均已知时, 则年径流 X 与年灌溉用水量 Y 的差值 $Z = X - Y$ 序列的均方差 σ_z 及偏态系数 C_{sz} 可按公式 (A. 3. 1 - 2) 及公式 (A. 3. 1 - 3) 计算:

$$\sigma_z = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\gamma\sigma_x\sigma_y)^{1/2} \quad (\text{A. 3.1-2})$$

$$C_{sz} = \frac{(\sigma_x^3 - 3\gamma\sigma_x^2\sigma_y)C_{sx} + (\sigma_y^3 - 3\gamma\sigma_y^2\sigma_x)C_{sy}}{\sigma_z^3} \quad (\text{A. 3.1-3})$$

- 4) 查多年调节计算线图解的调节参数按公式 (A. 3.1-4) ~ 公式 (A. 3.1-6) 计算:

$$C'_v = C_{sz}/2 \quad (\text{A. 3.1-4})$$

$$a' = 1 - C_{sz}(\bar{X} - \bar{Y} - G)/2 \quad (\text{A. 3.1-5})$$

$$\beta' = C_{sz}W/2 \quad (\text{A. 3.1-6})$$

式中 W ——多年调节库容;

G ——固定供水量, 无固定供水要求时, $G=0$ 。

- 5) 当 Z 序列独立时, 采用普列什可夫线图解; 当 Z 序列存在序列相关时, 采用斯瓦尼泽线图解 ($C_s = 2C_v$) 求多年调节库容。具体方法如 1) 项所述。

A. 3.2 频率组合法 计算应符合下列要求: 采用本方法计算应分别求出年调节库容概率分布 $F_{\text{年}}(V)$ 及多年调节库容概率分布 $F_{\text{多}}(W)$, 再应用全概率公式计算多年调节总库容 S 的概率分布 $F(S)$ 。

1 年调节库容概率分布。 分别计算丰水年 (年来水量大于年用水量的年份) 枯水期为满足正常供水要求所需年调节库容的概率分布 $F_{\text{丰}}(V)$ 和枯水年 (年来水量小于年需水量的年份) 丰水期为满足正常供水要求所需年调节库容的概率分布 $F_{\text{枯}}(V)$ 。当丰水期径流与枯水期径流相互独立时, 可根据频率组合原理求出年部分库容 V 的概率分布 (频率曲线) $F_{\text{年}}(V)$:

$$F_{\text{年}}(V) = F_{\text{丰}}(V) + F_{\text{枯}}(V) - F_{\text{丰}}(V)F_{\text{枯}}(V) \quad (\text{A. 3.2-1})$$

2 多年调节库容概率分布。 可采用多年调节线图解求 $F_{\text{多}}(W)$ (见 A. 3.1 条 2 款)。对于复杂情况也可采用蓄水保证率曲线法求 $F_{\text{多}}(W)$, 其基本计算原理见 A. 3.3 条。

3 多年调节总库容概率分布。 从 $F_{\text{年}}(V)$ 中取 n 个年调节库

容 V_1, V_2, \dots, V_n , 并求出相应的概率 $P_{\text{年}}(V_1), P_{\text{年}}(V_2), \dots, P_{\text{年}}(V_n)$, 然后按全概率公式计算多年调节总库容 S 的概率分布 $F(S)$:

$$F(S) = \sum_{i=1}^n F_{\text{多}}(S - V_i) P_{\text{年}}(V_i) \quad (\text{A. 3. 2-2})$$

按公式 (A. 3. 2-2) 确定的 S 与 $F(S)$ 的关系, 然后由已知的供水设计保证率 $P_{\text{设}}$ (或设计的 S) 求出 S (或 $P_{\text{设}}$)。

A. 3. 3 综合法计算应符合下列要求: 采用本方法计算可将已知的总库容 S , 分为若干个 (设为 n 个) 由不同的多年调节库容 W_i 与相应的年调节库容 $V_i (S = W_i + V_i)$ 和水库供水量调度图等组成若干个比较方案进行径流调节计算, 求出各方案的供水保证率 $F_{\text{多}}(W_0)$, 并据此进行综合分析比较合理确定调节方案。

1 具体计算时, 可将全部多年调节库容 W_n 划分为两等分 (划分为多等分的计算方法可类推, 通常可以 $0.1 \sim 0.2$ 计为一等分), 每一等分为 $W_n/2$, 并记 $W_0 = 0, W_1 = (0 + W_n/2)/2 = W_n/4, W_2 = (W_n/2 + W_n)/2 = 3W_n/4$ 。以 $F_{\text{多}}(W_0), F_{\text{多}}(W_1), F_{\text{多}}(W_2), F_{\text{多}}(W_n)$ 分别表示 W_0, W_1, W_2, W_n 的概率分布, 其与 $P(W_0), P(W_1), P(W_2), P(W_n)$ 的关系应近似满足公式 (A. 3. 3-1) (见图 A. 3. 3. 1)。

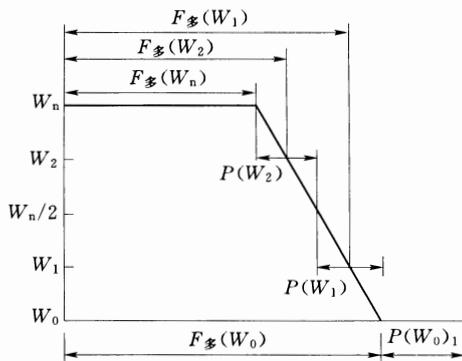


图 A. 3. 3. 1

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{多}}(W_0) &= 1 - P(W_0) \\ F_{\text{多}}(W_1) &= P(W_n) + P(W_2) + P(W_1)/2 \\ F_{\text{多}}(W_2) &= P(W_n) + P(W_2)/2 \\ F_{\text{多}}(W_n) &= P(W_n) \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 3.3-1})$$

以 W_0 、 W_1 、 W_2 、 W_n 为初蓄库容，并根据实际长系列年月（或旬）径流按调度图进行长系列调节计算，求出不同初蓄库容的条件概率分布： $F_{\text{多}}(W_j/W_0)$ 、 $F_{\text{多}}(W_j/W_1)$ 、 $F_{\text{多}}(W_j/W_2)$ 、 $F_{\text{多}}(W_j/W_n)$ ， $j=0, 1, 2, \dots, n$ 。当年径流序列独立时，可建立下列方程组：

$$\sum_{i=0}^n F_{\text{多}}(W_j/W_i) P(W_i) = F_{\text{多}}(W_j) \quad (\text{A. 3.3-2})$$

式中， $i, j=0, 1, 2, \dots, n$ 。

2 从方程组 (A. 3.3-1) 可解出 $P(W_0)$ ， $P(W_1)$ ， $P(W_2)$ ， \dots ， $P(W_n)$ ；再由方程组 (A. 3.3-2) 求出 $F(W_0)$ ， $F(W_1)$ ， $F(W_2)$ ， \dots ， $F(W_n)$ ，其中 $F(W_0) = F(0)$ 即为水库的正常供水保证率。

A. 4 随机模拟法

A. 4.1 采用本法计算应根据年、月（或旬）径流（或灌溉用水量）的概率分布、统计参数、序列相关系数及径流特性，建立径流时间序列模型，并随机模拟出足够长（可取 10000 年）的径流序列，再据此进行径流调节，具体计算方法见 A. 2.1。

A. 4.2 径流序列模型可采用线性分解模型，按公式 (A. 4.2-1) 计算：

$$X_i = T_i + S_i + K_i + \epsilon_i \quad (\text{A. 4.2-1})$$

式中 T_i ——趋势成分；
 S_i ——周期成分；
 K_i ——相依成分；
 ϵ_i ——随机成分。

对公式 (A. 4. 2 - 1), 应进行物理成因分析及统计分析检验, 当确认不存在趋势成分或 (和) 周期成分时, 应采用公式 (A. 4. 2 - 2) 进行模拟:

$$X_i = K_i + \epsilon_i \quad (\text{A. 4. 2 - 2})$$

当确认存在趋势成分或 (和) 周期成分时, 应先从实测径流序列中将其提取出去, 然后按公式 (A. 4. 2 - 2) 进行模拟, 最后再将预先提取出去的趋势成分及周期成分加进模拟序列中, 即可得到考虑趋势成分或 (和) 周期成分的径流模拟序列。

A. 4. 3 径流序列模型公式 (A. 4. 2 - 2), 可按下述方法进行径流序列的模拟:

1 对不完全年调节的调节计算宜通过对径流序列的统计分析检验采用一阶或多阶自回归模型, 用以进行年、月 (或旬) 径流序列的模拟。

2 对完全年调节及多年调节计算宜采用双层模型, 即由自回归模型分别模拟出 n 年的年径流序列 X_i 和月径流序列 $Y_{i,j}$, $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, 12$ 。并要求该两序列的统计参数分别与历史径流序列的年统计参数及月统计参数保持一致。在此基础上, 按一定的原则将 $Y_{i,j}$ 进行修正, 使修正后序列 $Y'_{i,j}$ ($Y'_i = \sum_{j=1}^{12} Y'_{i,j}$) 的年统计参数与历史年径流序列 X_i 的统计参数保持一致, 而修正后的月径流统计参数的精度则可能稍有降低。

A. 4. 4 模拟序列的检验包括径流统计参数的检验和实用性检验。

1 径流统计参数的检验, 模拟径流序列的统计参数, 如均值、方差、偏态系数与序列相关系数, 应与历史径流序列的统计参数保持一致或基本接近。

2 实用性检验:

1) 将模拟径流序列划分为与历史径流序列等长的 K 个子模拟径流序列。其所求得各保证供水量 (或保证出力) 的平均值应与按历史径流系列求得的保证供水量

- (或保证出力)大致接近。
- 2) 在 K 个子模拟径流序列所求得的多年平均供水量(或平均发电量)中,应大致有 $(1 - \alpha)K$ 个落入由历史径流序列所求得的多年平均供水量(或平均发电量)的 t 统计量(显著水平 α 取 0.05 或 0.01)的置信区间内。
 - 3) 当上述全部检验通过时,可接受所模拟的径流序列作为径流调节计算的依据。否则,应重新选择模型,调整模型参数或改变模拟技术,直至上述全部检验均得到满足为止。

A.5 各种方法的适用性

A.5.1 时历法适用下列情况:

1 适用于需水量随来水、水库水位及用户要求变化而变化的调节计算,特别是复杂的综合利用水库调节计算。

2 可与调度图的编制及运用相结合。计算成果可提供水库各种调节要素(如供水量、蓄水量、弃水量、损失水量、库水位及水头等)的全部过程。

3 当径流系列较短,不能很好反映径流在时序上的各种可能组合情况时,应用于多年调节计算应慎重,求得的成果应与采用概率法或随机模拟法的成果相互验证。

4 在具备长系列资料时应采用长系列法;代表年法仅适用于年调节计算,且只有当资料缺乏需通过间接途径插补获得时,才允许采用。

5 把以上所述的水库等同于能调蓄的塘堰后,本方法可用于各种水利工程的水量平衡计算。

A.5.2 概率法只应用于多年调节,特别适用于调节程度较高的情况。

1 库容相加法。计算方法简便,可用于资料短缺的情况。方法中多年调节库容具有严格的理论依据,但年调节库容的保证

率概念欠明确。总库容的供水保证率直接采用多年调节库容的供水保证率，也不够严谨。

2 频率组合法。考虑了年调节库容与多年调节库容的各种可能组合情况。但年调节库容与多年调节库容相互兼用，具体运用中很难分出年调节库容与多年调节库容，水库调节计算方法不能与调度图的编制及运用相结合，难以用于处理综合利用水库中防洪与兴利库容的结合使用。

3 综合法。兼有频率组合与时历法两种方法的特点。可与调度图的编制和运用相结合，尤其适用于多年调节程度较高并具有高度复杂的综合利用要求的情况；主要缺点是计算过于复杂。

A. 5. 3 随机模拟法可给出与历史径流系列在统计特性上基本保持一致的足够长的模拟径流序列，反映径流在时序上的各种可能组合情况，兼有时历法与概率法的优点。

1 较适用于综合利用要求及水库调度复杂的各种年调节及多年调节计算；可据以编制更加完善合理的调度图。

2 需合理选择模型并采用适当的模拟技术，计算工作量较大。

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

SL 104—95

本标准主编单位：水利部长江水利委员会

本标准参编单位：水利部
上海勘测设计研究院
电力工业部

本标准主要起草人：蒋光明 谭培伦 陈雪英 周棣华
覃爱基 陈瑞方

中华人民共和国水利行业标准

水利工程水利计算规范

SL 104—2015

条 文 说 明

目 次

1	总则	67
2	术语	69
3	基本资料	70
4	防洪工程水利计算	73
5	治涝工程水利计算	85
6	城乡供水工程水利计算	93
7	灌溉工程水利计算	98
8	水电站水利计算	105
9	水利工程航运水利计算	110
10	综合利用水库水利计算	112
11	河道整治工程水利计算	119
12	调水工程水利计算	122
13	水库群水利计算	126
14	水库及河道水力学计算	128

1 总 则

1.0.1 水利计算是确定河流治理开发方案、水利工程规模和效益，保障工程安全运行和科学管理的重要环节。为更好地满足国家对水利规划和水利工程设计管理的新要求，针对由过去单一功能水利工程到现在逐渐形成多功能水利工程体系的特点，结合水利计算基本资料的增加、计算手段的进步，本次对水利计算工作的范围、计算原则、方法和内容及提交成果等进行相应修订。

1.0.3 本条拟定了水利计算应遵循的总原则和完成的基本任务。水利工程总体效益包括工程直接效益和社会、经济、环境等各方面间接效益。与水利计算有关的水利工程规模指标和特征值主要有：

(1) 水库工程的校核洪水位、设计洪水位、防洪高水位、正常蓄水位、汛限制水位、运行控制水位、死水位、库容、泄洪建筑物尺寸及高程等。

(2) 水闸工程的校核洪水位、设计洪水位、正常运行水位、设计流量、闸孔尺寸与高程等。

(3) 泵站工程的校核洪水位、设计洪水位、正常运行水位、设计流量、装机容量、扬程等。

(4) 水电站工程的装机容量、特征水头等。

(5) 堤防工程的设计水位、设计流量等。

(6) 开发任务相应指标，如供水量、灌溉面积、发电量、受益人口等。

1.0.4 水利计算成果的可靠性，在很大程度上取决于基本资料的精度。由于江河自然演变、人类活动（如围垦、兴建工程等），或大水年的分洪溃口、山体滑坍造成壅阻等，对基本资料造成明显影响时，需要对这些资料进行复核修正。

1.0.5 水利工程各种开发任务的设计标准或设计保证率，一般

在相应专业标准中有规定，见表 1。这些规范中的取值往往有一定幅度，需要通过分析论证后选定。

表 1 有关设计标准或设计保证率所涉及标准

类 别	标 准 名 称	编 号
水利水电工程防洪标准	《水利水电工程等级划分及洪水标准》	SL 252
防护对象的防洪标准	《防洪标准》	GB 50201
农田治涝标准	《农田排水工程技术规范》	SL 4
灌溉设计保证率	《灌溉与排水工程设计规范》	GB 50288
通航历时保证率	《内河通航标准》	GB 50139
供水设计保证率	《室外给水设计规范》	GB 50013
	《村镇供水工程技术规范》	SL 310

1.0.6 设计水平年是经济合理地确定工程规模的重要依据，一般根据工程的重要性，选择国家中长期发展规划的规划水平年作为设计水平年（也可以取工程产生效益后 5~10 年为设计水平年）。对特别重要、影响范围大的工程，需要尽量考虑更长远一些，可以再拟定远景水平年，比如取工程建成后 20~30 年为远景水平年。

1.0.7 水利工程特征值之间带有一定关联性，组合起来方案很多，一般情况下采用逐个特征值进行比选，这时相关的其他特征值就要采用相应的合理数值，使水利计算成果具有可比性。在拟定比较方案时，需要注意分析上限、下限和各方案的代表性和典型性，方案不宜太多，但重要的代表性方案不能遗漏。

1.0.8 水利工程之间往往因水力联系而相互影响，工程设计中需要考虑已建及在建工程与设计工程的相互影响；特别是大型工程的影响范围更广、影响时间更远，例如设计工程上游已建、在建的较大水库、跨流域引水等，这些工程会在较大范围内对径流过程产生影响，故在水利计算中需要考虑它们所造成的影响，以真实反映设计工程的长远效益和作用。

2 术 语

2.0.1 允许泄量也称为河道安全泄量，是河道、堤防等防洪工程规模计算的主要参数，也是洪水调度及判断堤防安危程度的关键数据。允许泄量有现状实际条件下的允许泄量与设计条件下的允许泄量之分，相应于河段设计防洪标准时的允许泄量通常称为设计流量。影响河道（或堤防）允许泄量的主要因素有断面形状和大小、河道比降、河床糙率、干支流相互顶托、分洪溃口、涨落变化、泥沙冲淤等。进行防洪工程规划设计时，需要进行河道（堤防）控制断面允许泄量的复核，分析河道演变以及其他影响因素变化对允许泄量的影响。

2.0.2 水库运用中，特别是洪水期的蓄泄过程中，库区洪水实际水面呈抛物线形状，实际水面以下的容积为相应坝前水位以下的动库容，其中，实际水面与相应坝前水位水平面之间的容积为楔形库容；水平面以下的容积为静库容。

动库容的大小，不仅取决于坝前水位，还与入库流量、出库流量、库区地形等直接相关；同一坝前水位的动库容随入库流量、出库流量变化而变化，不是固定值。

2.0.4 水利工程径流调节计算的主要内容有：进行水量供需平衡计算，得到工程供水量等特征值；推求水位、蓄水量、弃水量等的过程，分析调节流量、调节库容和供水保证率三者之间的关系；进行水库群之间的水文补偿、库容补偿、电力补偿等的蓄泄计算等。

3 基本资料

3.1 基本资料收集与整理

3.1.1 本条将水利计算所需收集整理的基本资料概括为四类，部分章节特有的资料在相应条文中另做规定。

3.1.2 人类活动对来水来沙资料的影响大体可以分为两大类：一类是水库工程、引调水工程、分蓄洪工程等，它们对观测结果的影响比较明显；另一类是水土保持、矿山开采、农田水利、铁路公路等基础设施建设、生态修复等，这些工程点多面广，它们对来水来沙资料的影响难以量化计算。收集并分析人类活动对来水来沙的影响，可以更好地为水利计算服务。

3.1.3 本条对水利计算所需主要地形地质资料提出了内容要求。

1 实测地形图（含水下地形图），是量算水利工程面积和容积曲线、河道水力学计算的重要基础资料，要求达到相应的精度；通常河道两岸地形图的高程范围比设计涉及范围要略大一些。

2 水库区和坝址下游河道纵、横断面主要用于水库回水计算、冲淤计算、日调节非恒定流计算等，一般要达到五等以上水准测量的精度要求。

3 地质资料是水利计算方案拟定、分析水库渗漏损失水量等所依据的资料。

3.1.4 水利计算所需社会经济及规划资料说明如下：

1 为保证精度，农业、工矿企业、交通、能源、通信、文化教育等国民经济统计资料以及相应于工程设计水平年的经济社会发展规划资料，一般从相关权威部门收集。历史洪、潮、旱灾害情况，是论证水利工程必要性、分析工程效益的基础资料，尤其应当注意收集。

2 社会经济统计资料是水資源综合利用规划和水利工程设计

计的基本资料。水利工程尤其要注意收集可能影响的敏感对象（如河道两岸城镇、大型工矿企业、铁路、高速公路等）的防洪现状、不同水位条件下的淹没、浸没损失等基本资料，为详细分析工程对各敏感对象的影响提供依据。

3 社会经济和生态环境用水包括工程所在河段河道内、外的用水要求，通常依据相关规划或通过水资源供需平衡分析合理拟定。除此之外，必要时，还需要收集与排污相关的污染源、排污口、排污量等资料。

4 水利计算所依据的规划，一般是指国家或地方政府及其授权部门正式批准的流域综合规划和专业规划。考虑到流域综合规划在审批阶段协调工作量较大、周期较长，故本条规定正式审查通过的规划也可作为水利计算的基本资料。规划资料的主要内容如下：

防洪：防洪对象及范围，可能采取的防洪措施及防洪工程的运用条件，洪灾损失，要求达到的防洪标准以及对本工程的要求等。

治涝：涝区分布现状、治涝措施及标准，治涝对本工程的要求等。

城乡供水：近期及设计水平年的供水保证率、供水量及供水方式、取水口的高程与位置等。

灌溉：坝址上下游地区近期和远景的灌区分布、灌溉面积、作物组成、灌溉引水方式、取水地点及高程、设计保证率，以及破坏年份允许降低供水的程度和方式。

发电：电力系统现状和发展规划，现有、拟建电源情况，近期及远景用电要求和负荷特性等。

航运：近期及远景航运运量，航道等级，通航季节以及船舶吨位、吃水深度，船队的型式、尺寸、数量，航运对水库蓄放水及上下游水位变化的要求及航运保证率等。

3.1.5 水利计算所需主要工程特性资料说明如下：

1 量算水库、蓄滞洪区、蓄涝区等水利工程面积和容积曲

线地形图比例一般为 1/1000~1/10000。

2、3 泄流能力曲线、机组运行特性曲线，在规划和项目建议书阶段的方案比选中一般用经验公式计算成果，在可行性和初步设计阶段一般有模型试验的成果。

4 工程渗漏损失包括水库渗漏损失以及水工建筑物止水不严实处的渗漏损失，一般根据库区及坝址水文地质条件、坝型和止水措施确定；无资料时可以按经验值估计。我国已建成的大量水库中，部分有渗漏量的监测数据，可供参考。

3.2 基本资料复核评价

3.2.2 本条提出了检验气象水文资料的要求。国内目前通常做法是：水位、潮位资料，采用上下游水位相关、水位过程对比以及本站水位过程的连续性分析等方法进行复核；流量资料，采用历年水位流量关系曲线比较、流量与水位过程线对比、上下游水量平衡分析等方法进行检查；悬移质泥沙资料，采用设计依据站水沙关系分析、上下游含沙量或输沙率过程线对比、颗粒级配曲线比较等方法进行检查。

3.2.3 河道地形发生突变（如跌坎、分汊等）部位的横断面布置是否合适，不仅可能影响水库回水、非恒定流、泥沙冲淤的迭代计算能否收敛、并且直接影响计算成果的精度，因此做本条规定。

4 防洪工程水利计算

4.1 堤 防

4.1.2 堤防工程是为保护对象的防洪安全而修建的，防洪标准由保护对象的重要性确定。除 GB 50201 外，本规范主要引用了 GB 50286《堤防工程设计规范》的相关规定。对于特定的堤防（如海堤、城市堤防等），还要根据相关规范要求合理确定。

4.1.3 江河、湖泊堤防设计洪水位的分析计算需要注意下列情况：

2 由于现代人类活动频繁等原因，河流变化较大，对水位进行还原处理比较困难，常用的做法是对流量进行还原修正，由流量通过水位流量关系曲线推求设计洪水位。拟定水位流量关系曲线、特别是非单一性水位流量关系曲线时要注意满足 SL 278《水利水电工程水文计算规范》的相关要求。

3 随着我国大规模的水利工程建设，河湖状况已有较大变化，不少河湖调蓄能力下降、洪水位有明显抬高。有些大水年份发生了分洪溃口，实测的水文数据已受其影响。从样本一致性要求考虑，不能直接采用实测的水位、流量系列资料来推求设计频率的洪水位和流量，而需要将受水库调蓄、分洪、溃口影响的数据还原改正为水库运用前、不分洪、不溃口条件下的数据，再进行计算。

4 对于以实际年洪水作为防洪标准的河流，其设计洪水位一般以实测最高洪水位为基础，考虑防洪工程体系对堤防的要求、堤防加高的经济合理性等进行论证后确定。作为设计标准年份的洪水如发生溃口、分洪等情况，最高洪水位还应考虑这些因素进行必要的还原改正。

5 由于河道水沙条件的变化，河道可能发生较大幅度的冲淤变化，导致同等洪水流量下洪水位发生较大变化。在计算这些

河段的堤防设计洪水位时需要考虑河道冲淤的影响，避免堤防不能达到规划的防洪标准。

4.1.4 感潮河段越往下游，洪水径流的影响越小，而天文潮与风暴潮的影响越大，河口段潮位则基本上取决于天文潮与风暴潮，如长江口高潮位一般发生在天文大潮和风暴潮“两碰头”或洪水、天文大潮、风暴潮“三碰头”时。洪水与潮水的组合十分复杂，设计潮位还难以完全从理论上分析确定，目前通常的做法为：

1 当工程区域有长系列的实测潮位资料和调查潮位资料时，由于潮位资料已包含洪水、天文大潮、风暴潮等多种因素的作用，可以采用频率分析方法计算确定设计潮位。具体的计算方法见 GB 50286《堤防工程设计规范》附录 B。

2 当工程区域缺乏长系列的实测潮位资料和调查潮位资料时，需利用区域洪水、天文潮、风暴潮的资料分析三种因素的遭遇规律，特别是分析出现稀遇高潮位的原因，将天文大潮、风暴潮和洪水按照较不利组合进行分析计算。采用此种方法计算的设计潮位需要进行合理性分析，经综合论证后合理选定。

4.1.5 一般来说，河口和沿海地区水域比较开阔，河床冲淤变化对潮位的影响较小，实测潮位资料基本符合水文频率分析对资料一致性及随机性的要求，可以直接进行频率分析推求设计频率的潮位。当潮位资料长度不满足规范要求时，同步差比法是插补延长潮位资料的常用方法，具体的计算方法参见 SL 435《海堤工程设计规范》。

4.1.6 河段的允许泄量或设计流量一般是与控制站的设计洪水位相对应的，一般可以考虑采用下列途径确定：

(1) 凡控制站有较稳定的水位流量关系者，允许泄量可以根据设计洪水位查水位流量关系求得。

(2) 防洪控制断面不止一处时，如河段内有较大支流入汇或有分洪工程、防洪水库等，需要分段推算允许泄量，并对上下河段的允许泄量进行平衡后拟定全河段或分段的允许泄量。

(3) 对于控制性防洪工程，在规划设计中采用的下游河段的允许泄量还要考虑较长时期内河道演变可能带来的影响。

4.1.7 推算河段设计洪水水面线时需要考虑下列因素：

(1) 推算河段设计洪水水面线时，如河段洪水受到下游干支流的顶托影响，需要考虑本河段洪水与控制断面同频率，干流、支流来水相应以及干支流来水与控制断面同频率，本河段洪水相应两种组合情况，取其上包线。

(2) 随着我国经济社会的快速发展，河道内建设了大量的跨河、穿河、临河等涉水工程，如桥梁、码头、取水口、航道整治工程等，在计算河段设计洪水水面线时要考虑这些工程群的壅水作用；当河段岸线开发利用强度大时，还需考虑涉水工程的累积影响。

4.1.9 冰塞、冰坝、融冰洪水的计算方法可以采用 SL 428《凌汛计算规范》的相关规定。计算时需要考虑堤防建设后冰情的变化。

4.2 分洪工程

4.2.1 分洪工程主要包括蓄滞洪区、分洪道、行洪区等，是防洪工程体系的重要组成部分，目前我国主要的分洪工程为蓄滞洪区。蓄滞洪区一般包括围堤、隔堤、分洪控制工程、退洪控制工程、排涝泵站和安全建设工程等。分洪工程设计条件下的各种水位、容量及进退洪流量等，均需要通过水利计算加以确定。

4.2.2 分洪工程的启用条件、运用原则及方式，关系到分洪工程的有效使用及防洪保护对象的防洪安全，一般需根据上下游控制断面的水位或河道的允许泄量，按照偏安全确定。当分洪工程为防洪工程体系的组成部分时，分洪工程的分洪运用条件还可能需以其他工程的水位或流量作为判别条件之一。

当流域防洪工程体系建设导致防洪形势发生较大变化时，经过论证和相关防汛主管部门批准，可以对分洪工程的分洪运用条件进行调整。

4.2.3 理想分洪量是整体防洪规划中的重要数据，需要选取不同标准、不同年型的地区组成设计洪水，考虑河道的过流能力及河湖、水库的调蓄能力，对防洪工程体系进行洪水演进计算，求得不同标准、年型设计洪水情况下超出控制断面允许泄量的部分水量作为超额洪量，也就是在理想条件下所需要的分洪量。当河湖发生冲淤变化，河道过流能力及河湖的蓄泄能力发生变化后，或者河道发生裁弯等较大变化后，理想分洪量及其时空分布可能会发生变化，因此理想分洪量的计算还需要考虑这些因素变化的影响。

4.2.4 在实际分洪时，特别是扒口分洪时，影响分洪工程及时、有效运用的因素很多，使得实际分洪量不一定等于理想分洪量，故防洪规划中所安排的蓄滞洪区总的有效分洪容量一般要大于理想分洪量，以保障防洪安全。

对每一个具体的蓄滞洪区，其有效分洪容量受到多种因素的制约（如分洪口门位置、进洪方式、蓄洪前蓄滞洪区内涝水位等），特别是分洪口门的位置影响较大，应该偏安全加以确定。内涝水量的计算可以采用实测蓄涝资料或暴雨洪水蓄涝演算的方法，选取内涝严重的典型年，根据蓄滞洪区内的规划排涝能力进行计算。蓄滞洪区设计时，需要根据新的地形图和安全建设工程方案，对蓄滞洪区的蓄洪容积进行复核计算，使有效蓄洪容积适当大于理想分洪量。

4.2.5 蓄滞洪区蓄洪水位根据拟定的分洪量、蓄滞洪区的水位容积曲线等进行计算。计算中需要考虑洪水与蓄滞洪区内涝水的不利组合。

分洪道、行洪区或当蓄滞洪区内有行洪道或蓄滞洪区采用上进下吐方式运用时，分洪工程内可能存在较大的水位差，需要根据分洪过程的洪水演进计算，取相应位置洪水过程的最高水位作为分洪工程的设计水位。当分洪道或蓄滞洪区地形变化较大，区域最高水位存在较大的平面变化时，一般需要采用二维洪水演进计算来确定其设计水位。

当行洪区（或蓄滞洪区）内有隔堤、圩堤等工程，分洪运用时水流走向比较复杂。洪水演进计算过程中，需要根据分洪工程实际情况及分洪过程，合理确定分（行）洪道的糙率和有效行洪断面，并对参数进行敏感性分析。

4.2.6 设计分洪流量一般是由防洪方案中对需分洪河段上下游泄量情况进行分析计算后确定的。当分洪口门在防洪控制断面以上，理想分洪情况下的分洪流量一般为防洪控制断面设计洪水过程的洪峰流量与河道允许泄量的差值；当分洪口门在防洪控制断面下游时，是通过降低分洪口位置的水位来增加防洪控制断面泄量，因此分洪口的设计分洪流量一般大于防洪控制断面的流量增加值。实际设计过程中，需要考虑分洪后上游水位的降落以及蓄滞洪区内水位的逐渐升高，进行不同设计分洪流量条件下的分洪过程演算及蓄满历时验算，经综合比选确定。

由于分洪后将引起水位降落，验算分洪闸规模不能用第4.2.2条所述分洪工程启用时的闸上水位，而需要采用考虑分洪降落影响后的相应水位。分洪闸的过流计算需要考虑不同上下游水位情况判别过闸水流到底是堰流还是闸孔出流，并考虑下游淹没对过流能力的影响。分洪闸过流的计算方法见GB 50773—2012《蓄滞洪区设计规范》及其条文说明。

扒口分洪受到许多不可预见因素的影响，在确定口门尺寸及分洪作用时，不能设想得太理想，要适当留有余地。

4.2.7 分洪闸的设计洪水位是作为分洪闸工程防洪安全的设计条件，故需要考虑到在设计范围内可能出现的最高水位。这一水位一般出现在即将要分洪的时刻。工程设计时需要考虑挡水和分洪两种情况计算闸顶高程，分洪闸闸顶高程的计算方法见GB 50773—2012第6.2.9条。

4.2.9 河道分洪、退洪后，水流条件将发生很大变化，河道水流与分洪水流互相干扰、相互影响，可能影响到分、退洪效果。分洪工程水利计算中还需要考虑下列对计算结果有影响的情况：

(1) 分洪闸上游如有分流河道，分洪后因水位降低会使分流

河道泄量减少。

(2) 分入分洪工程的水量，如在蓄滞洪区下游流回本河道会引起下游河道水位抬高。

(3) 分洪闸闸址以下河段的水位、泄量会受到较近的人江支流、湖泊或大海潮汐顶托的影响。

(4) 河道整治工程（裁弯、疏浚等）可能对分洪量产生影响。

(5) 分洪闸上下游泥沙冲淤可能对分洪量产生影响。

4.2.10 入湖、入海的分洪道设计水位的确定条件，进口端是比较明确的，出口端则较为复杂，需要根据分出河道来水与分入湖、海的水位情况，考虑一定的遭遇组合确定出口端设计水位。

4.2.11 为了验证分洪闸的规模选择是否得当，需要根据水文系列、河道泄洪能力、河湖调蓄能力等进行洪水演进计算，分析是否达到了预期的目标，据以计算分洪工程的经济效益及论证运用规则的合理性。

按分洪效果是否满足要求和是否经济合理的原则检验分洪工程规模合理性，内容需要包括设计分洪流量、进退洪口门规模、分洪区蓄泄能力等。

按损失最小与适应各种洪水典型的原则检验分洪工程运用规则合理性，内容包括原河道防洪控制断面水位、泄流能力，以及蓄滞洪区蓄洪容积的利用是否充分等。

4.2.12 分洪工程防凌方面的水利计算主要包括凌汛期的设计分洪流量、分洪水位及调度运用方式等内容，详见 SL 428《凌汛计算规范》的相关规定。

4.3 水 库

4.3.1 水库洪水调节计算分下列两种情况：

(1) 对于不承担下游防洪任务的水库，主要是配合枢纽布置对泄洪建筑物型式、尺寸和坝高的选择进行洪水调节计算，提出设计洪水位、校核洪水位及相应最大下泄流量、下游水位等。

(2) 对于承担下游防洪任务的水库，除了上述内容以外，还需要重点研究下游防洪保护对象的范围、重要性、防洪标准和对水库防洪运用的要求，选取合适的防洪控制断面，确定防洪控制断面的允许泄量，分析洪水地区组成，考虑与其他防洪措施配合，拟定水库的防洪调度运行方式，进行洪水调节计算，确定水库的防洪库容。

4.3.2、4.3.3 防洪调度方式的可操作性和防洪效果至关重要，需要针对水库特点和工程条件，考虑防洪任务要求和各种影响因素合理选择。水库防洪调度方式一般由判别条件和水库调度分级流量构成。防洪调度的判别条件，包括入库流量、水库水位，防洪控制断面的流量、流量涨率和水位等。防洪调度方式需要涵盖水库及防洪保护对象可能遭遇的各种类型洪水，并从洪水起涨至消落的全过程中均要有明确的判别条件和水库控泄流量值。各种调度方式见 GB/T 50587—2010《水库调度设计规范》。

4.3.4 一般情况下，中、小洪水的预报准确率较高，信息可利用条件较好；大洪水预报的误差则较大。为保证水库防洪调度安全，若利用洪水预报信息进行防洪调度时，预报信息误差不能大于 20%，否则水库不能利用预报信息进行防洪调度。

规划设计阶段，需要对预报条件、预报方案、各种可能的洪水遭遇和组成等进行专门论证与审查后，才能采用洪水预报调度方式，并考虑洪水预报误差的影响。鉴于水库工程规划设计时往往对气象预报条件及合格率尚未进行检验，不推荐采用气象预报结果进行水库调度。

4.3.5 在一个流域或一条河流上，有多座水库共同组成防洪体系中的拦蓄洪措施、对下游重要的防洪保护对象联合进行防洪调度时，设计水库往往除了承担对下游直接保护对象的防洪任务外，还需要配合其他水库进行洪水调度，以使共同保护对象达到防洪标准。对于承担这种双重防洪保护对象任务的水库，防洪调度方式需要分别适合于不同保护对象的防洪调度。一般情况下，设计水库需首先按满足直接防护对象要求拟定防洪调度方式，再

与防洪体系中其他水库配合进行共同防洪保护目标的调度；按照满足共同防洪保护目标防洪控制断面允许泄量的要求，试算拟定各水库合理的控泄流量及相应调度线。

4.3.6 对于承担下游防洪任务的水库，当下游防洪对象和大坝的防洪标准相差较大时，要注意调度方式的转换和衔接，可以采用下泄流量从小到大或从大到小分级逐渐变化的方法，尽量减小或避免因下泄流量一次变化过大对下游产生的不利影响。

4.3.8 汛期水库洪水调度中，当采用加大泄量或敞泄的调度方式时，有可能出现最大下泄流量大于本次洪水入库洪峰流量的情况，这就人为加大了水库下游的洪水，是不合理的，也是不允许的。

4.3.9 水库洪水调节计算是水库防洪水利计算的主要工作，其成果对水库能否安全运行和充分发挥防洪作用关系重大。在重视基本资料基础上，需要选择合适的计算方法，并注意下列情况：

(1) 静库容法。

采用坝址设计洪水、静库容进行调洪计算的方法，简称静库容法。为复核水库的安全性，有些工程采取入库洪水静库容进行调洪计算，确定设计和校核洪水位。

坝前比较开阔的湖泊型水库，实际观测资料证明仅考虑静库容进行洪水调节计算已基本反映了实际情况、成果已较可靠，一般采用静库容法进行洪水调节计算，但要注意：计算时段长短一般按时段内入库流量与库水位近似呈线性变化为条件进行选择；当水库由几个分库连通组成时，需要从偏于安全出发考虑连通通道的过水能力，分别求出各分库的调洪最高水位，并用以选择水库设计、校核洪水位。

(2) 动库容法。

采用入库设计洪水、动库容进行调洪计算的方法，简称动库容法。动库容法常应用于：地理位置十分重要，或承担下游某些重要防洪任务的水库；库尾开阔、楔形库容占库容比重较大的水库；采用补偿调洪方式，且泄洪流量过程呈现“前大后小”等情况的水库。

(3) 非恒定流法。

采用分散入流和非恒定流计算沿程水面线、坝前水位和出库流量进行调洪计算的方法，简称非恒定流法。

非恒定流法是动库容调洪计算的水力学方法，对圣维南方程组进行数值求解，采用洪流演进的方法进行水库调洪计算。这种方法理论上比较严谨，但需要有库区较多的纵横断面、河道糙率等基本资料。

采用非恒定流法调洪计算时，上边界条件为入库洪水过程线、下边界条件为由水库防洪调度方式所给定的泄量过程线或水库泄流能力曲线，并注意：根据具体情况选择合适的差分格式，并相应确定计算时段长度和河段长度；用纵横断面计算的各河段静库容值与利用地形图量算的静库容值相近；河道糙率应采用实测洪水资料率定；采用几种典型的实测洪水过程资料对计算模型和参数加以验证，达到要求的精度后才能在设计中使用。

(4) 其他注意事项。

对于建库前天然河道槽蓄量较大的水库，一般采用入库设计洪水进行洪水调节计算。如因资料条件不具备而采用坝址设计洪水时，需要估计改为入库设计洪水后可能产生的影响，在应用洪水调节计算成果时留有余地。

4.3.10 多沙河流上的水库，为保持库容能长期使用，防洪调度方式采用下列措施：①洪水来临时，在满足下游防洪要求的前提下，尽可能减少洪水滞蓄，以减少库容淤积；②必要时，研究洪水消落期按有利于泄洪设施形成异重流排沙的流量下泄洪水，尽可能排出淤积在水库中的泥沙。

多沙河流发生大洪水时，泥沙量也是很大的。在水库对洪水的调蓄过程中，泥沙会有明显的冲淤，当泥沙冲淤量较大时，就可能影响到洪水调节计算成果，这与少沙河流有明显不同，需要考虑这种影响。

4.3.11 发生大洪水时，水电站参与泄洪的能力一般根据装机台数的多少采用机组额定流量的 $2/3 \sim 1/2$ ，但如果发生的洪水已

使电站不能安全运行（如水头大于最大发电水头或小于最小发电水头、洪水标准超过厂房校核洪水标准等），则在进行这一标准洪水的调洪计算时就不能计入电站的过流能力。

船闸、灌溉引水渠首，一般过水能力不大，要用来泄洪还需要采取一定的工程措施，故通常不予考虑。

4.3.12 水库防洪库容的确定牵涉到诸多因素。一般来说，很少有仅用水库来解决防洪问题的，往往采用堤防、河道整治、分洪工程、水库群等多种措施组成的防洪工程体系来共同达到一定的防洪标准。因此，在保护对象防洪标准确定后，要考虑下游河道允许泄量的可能变化、水库的调度方式，以及防洪与兴利可能结合的程度，通过多方案比较，综合考虑各种因素后选择防洪库容。必要时，需要对防洪标准和防洪库容同时进行论证，计算不同防洪标准的防洪库容，并进行不同方案及其洪灾风险的技术经济比较，经综合比较后确定防洪保护对象的防洪标准及相应的水库防洪库容。

4.3.13 汛限制水位是协调防洪与兴利的关键水位。汛限制水位高低，主要取决于水库汛后的蓄水是否能满足兴利的需要，此外还要考虑水库淹没对工程投资的影响。汛限制水位确定后，在汛限制水位以上叠加防洪库容对应的水位即为防洪高水位。当下游有多个不同防洪标准的防洪保护对象时，需计算不同标准的防洪高水位。

4.3.14 本条规定汛限制水位条件下水库要有足够的泄流能力，避免因水库自身滞洪而占用防洪库容，影响水库发挥防洪作用。如嘉陵江亭子口水利枢纽汛限制水位相应的泄流能力按5年一遇洪峰流量设计。一般情况下，水库汛限制水位相应的泄流能力需要和防洪调度方式相协调，以削减洪峰流量发挥防洪作用的水库，汛限制水位相应的泄流能力可以考虑大一些。

4.3.15 水库设计洪水位和校核洪水位是复核大坝安全、确定坝顶高程的重要依据。需要注意的是：水库的设计、校核洪水位是汛期和非汛期洪水位的上包值，其校核洪水位不低于正常蓄水

位。设计、校核洪水标准见 SL 252《水利水电工程等级划分及洪水标准》。

4.3.16 水库洪水调节计算时起调水位的选取，当水库为满足下游防洪要求而调洪，确定水库防洪高水位时，需以汛期限制水位作为洪水调节计算的起调水位。在计算水库的设计和校核水位时，为保证工程安全，一般要考虑下列情况：

1 承担防洪任务的水库，有些水库防洪任务是与其他工程联合承担的，如果洪水地区组成复杂时，防洪库容的蓄水情况较难掌握；有些地区洪过程较长，常出现双峰或多峰洪水，前一洪水尚未完全消退，后一洪水接踵而至，后一洪水的实际起调水位可能或高于汛期限制水位，在这种情况下可以考虑不计防洪库容的作用，直接以防洪高水位作为设计、校核洪水水位调洪计算的起调水位，以保证大坝安全。故本条规定对洪水地区组成复杂的防洪水库，可以防洪高水位作为起调水位。

2 不承担防洪任务的水库，水位在正常蓄水位以下时一般不会泄洪，故需以从正常蓄水位起调。但有些水库为降低大坝高度或减少库区淹没移民数量而在正常蓄水位以下设有汛期限制水位；有些水库因地质、库区防洪、泄洪消能、排沙等原因而在正常蓄水位以下设置有汛期运行控制水位，对这些类型的水库可以汛期限制水位或运行控制水位作为洪水调节计算的起调水位。

4.3.17 分期防洪调度有利于防洪与兴利结合、挖潜提高水库综合效益，目前在部分已建水库的运行管理中开始应用。设计阶段，在基本资料条件具备时，也可以研究分期调度方式。分期要符合气象成因和洪水季节变化规律，各分期洪水量级要有明显差别，分期数量不宜过多，一般以 2~3 个分期为宜。分期设计洪水需按照有关规范进行分析计算，其中主汛期一般采用按年最大值法取样计算的设计洪水。

4.4 防洪工程体系

4.4.1 防洪工程体系一般包括堤防、分洪工程、水库（群）、河

道整治工程等，其工程任务和标准是根据整体防洪规划确定的。

4.4.2 拟定防洪工程体系的联合调度方案时需要进行下列几个方面工作：

(1) 对防洪工程体系各部分的现状防洪能力（如河道允许泄量、控制站的水位流量关系）需要进行复核。

(2) 采用的地区组成设计洪水除不同典型的设计标准洪水外，还需要包括设计标准以内洪水和超设计标准洪水（或特大洪水）。

(3) 考虑洪水预报的水情时，其预报方案需要长期的实践检验，并考虑预报误差的可能影响。

4.4.3 本条主要阐述拟定防洪工程体系联合调度方案时的原则，各类防洪工程的调度原则详见 SL 596《洪水调度方案编制导则》。

4.4.4 水库群的洪水调节计算，需要研究多种洪水典型，特别是不利的洪水典型（如库容小的河流来水偏大的典型），以使得拟定的调度方式适应各种情况。梯级水库中的下级水库的洪水调节计算，特别是设计、校核洪水的洪水调节计算，如果上游水库的设计标准低于本级，则在本级校核洪水调洪计算中需要考虑上游水库在遇到超标准洪水时可能失事的溃决水体进入本级水库，再进行调洪计算。如果发生这种情况的后果很严重，则要考虑提高上游水库的防洪标准。

4.4.5 分洪后上下游水面线一般是降低的，但有若干蓄滞洪区联合运用并进行“上吞下吐”时，可能会对局部水流产生壅高，这种情况需要进行分析并对河段的设计洪水位进行校核。

5 治涝工程水利计算

5.1 一般规定

5.1.1 治涝工程水利计算与治理区涝渍防治总体规划方案是密不可分的。治涝分区、治涝（渍）标准及治涝布局是开展水利计算的前提条件，而水利计算成果是优化治涝规划布局 and 合理确定治涝工程体系各部分技术参数的重要支撑。

5.1.2~5.1.4 这三条阐述了治涝分区、选定治涝标准和确定治涝工程体系布局的总体思路、基本原则和需要考虑的重要技术因素。SL 4 对排涝、治渍和防治盐碱化的治理标准都有明确规定，计算中可以按该规范执行。

5.2 排水河（沟）道

5.2.1 设计排涝流量指满足一定治涝标准要求的排水河（沟）道的最大设计流量，是确定排水河（沟）道规模的重要参数之一；设计排渍流量是指为满足控制地下水位要求的、防止作物受渍所需排除的地下水流量，又称为日常流量。

排涝水位是排水河（沟）道宣泄设计排涝流量（或满足滞涝要求）时的水位；排渍水位是排水河（沟）道经常维持的水位，主要由控制地下水位的要求（防渍或防止盐碱化）所决定。

5.2.2 排水河（沟）道的设计排涝流量与涝区暴雨、涝区面积、河网密度、排水河（沟）道坡降、植被情况、土壤质地等多种因素有关，本条推荐了 5 种常用的方法，可以根据涝区特点、资料条件和设计要求，采用不同的方法计算。各种方法计算的设计排涝流量，都应与本地区实测调查资料以及相似地区已有成果进行比较，检查其合理性。

5.2.3 推算设计排涝流量的产流、汇流方法适用于降雨、流量资料比较齐全，计算精度要求较高的涝区。由设计暴雨间接推求

设计排涝流量时，需要根据涝区特点、暴雨特性合理拟定设计暴雨历时、设计暴雨量、设计雨型和设计净雨深。通常的做法是：

(1) 设计暴雨历时：与涝区暴雨特性、面积、蓄涝区大小及作物种类有关，形成涝区最大排涝流量的降雨历时一般为1~3d；当涝区面积和蓄涝区较大时，需要采用较长的设计暴雨历时；反之则采用较短的设计暴雨历时。根据我国华北平原地区的实际资料分析，100~500km²的涝区，最大排涝流量主要由1d暴雨形成；500~5000km²的涝区，最大排涝流量由3d暴雨形成。湖北省平原湖区100~200km²的涝区一般取1d暴雨，200~2000km²的涝区一般取3d暴雨。涝区蓄涝能力较大时，也可视涝区实际成灾暴雨选择设计暴雨历时。

(2) 设计暴雨量：一般是采用典型年法或频率法确定。当涝区面积较大时，需要采用面设计暴雨量；面积较小时，则采用点设计暴雨量。按典型年法确定设计暴雨量时，取涝灾较严重年份的实际雨量作为设计雨量；或选择降雨时空分布符合涝区基本降雨规律的典型年雨量。频率法是以涝区雨量频率曲线为依据，取相当于治涝标准的雨量为设计暴雨量。

(3) 设计雨型：首先考虑治涝工程的安全性，适当照顾代表性。一般选择出现机会多、雨峰稍偏后、雨量集中并尽可能接近设计暴雨量的雨型。

(4) 设计净雨深：一般是早作物采用降雨径流相关法、水稻采用扣损法。

5.2.4 在SL 4中对排涝模数计算公式有详细规定，具体计算公式如下：

1 10km²<F<100km²时的经验公式：

$$q_m = K_a P_s F^{1/3} \quad (1)$$

式中 q_m ——排涝模数，m³/(s·km²)；

K_a ——流量参数，可以按表2选取；

P_s ——设计暴雨强度，mm/h；

F ——汇水面积，km²。

表 2 流量参数 K_a 值

汇水区类别	地面坡度/%	K_a
石山区	>15	0.60~0.55
丘陵区	>5	0.50~0.40
黄土丘陵区	>5	0.47~0.37
平原坡水区	>1	0.40~0.30

2 $F \leq 10\text{km}^2$ 时的经验公式:

$$q_m = K_b F^{n-1} \quad (2)$$

式中 K_b ——径流模数，各地不同设计暴雨频率的径流模数可以按表 3 选用；

n ——汇水面积指数，各地可以按表 3 选用，当 $F \leq 1\text{km}^2$ 时，取 $n=1$ 。

表 3 山丘区的 K_b 和 n 值

地区	不同设计暴雨频率的 K_b 值			n
	20%	10%	4%	
华北	13.0	16.5	19.0	0.75
东北	11.5	13.5	15.8	0.85
东南沿海	15.0	18.0	22.0	0.75
西南	12.0	14.0	16.0	0.75
华中	14.0	17.0	19.5	0.75
黄土高原	6.0	7.5	8.5	0.80

5.2.5 对平原圩区的设计排涝流量通常是按排涝天数期间平均排除净雨深至作物允许的耐淹水深（旱作物一般可以考虑排干）以下进行计算。

农田积水深度和积水历时超过农作物的耐淹水深及耐淹历时，就会导致作物减产，为了保证农作物不减产，排涝天数以不超过作物允许的耐淹历时为宜。我国各地区几乎均采用 1~5d 的排涝天数在 GB 50288 中有具体规定。SL 4 也提出了不同排水区

常用的设计排涝模数计算公式，计算时可以根据涝区实际情况选用。

5.2.6 蓄涝容积的大小和排水时间的长短是确定设计排涝流量的主要因素。蓄涝容积较大或河网地区的排涝流量可以结合河（沟）道与蓄涝区联接方式、蓄涝区控制运用要求及河（沟）道出口控制情况，采用水量平衡方程进行蓄排涝计算；河网地区由于水力联系比较复杂，需建立河网水力学演算模型来推求各分叉河（沟）道和出口的设计排涝流量和设计水位，此时需要特别重视河（沟）道水力学参数的选用与验证。

5.2.8 SL 4 对地下水排水流量计算方法有明确规定，可以根据各地区具体情况选用。考虑到我国地域差异较大，资料获取的难易程度不一，也可以根据调查或试验资料估算，缺乏资料时可以参照类似地区经验数据确定。

5.2.9、5.2.10 关于排水河（沟）道设计排涝水位和排渍水位，本标准只提出应遵循的主要原则，具体的确定方法可以参考 GB 50288 中的相应规定。

5.3 排 水 闸

5.3.1 对于有蓄涝容积的排水闸蓄排涝计算通常采用水闸的出流公式和水量平衡方程联合求解。当排水闸内具有较大的蓄涝容积时，根据设计蓄涝水位、蓄涝运行控制水位及水资源综合利用要求，进行蓄排涝计算求出设计排涝流量。通常计算方法是先假定不同闸孔宽度及闸底高程，按照闸上、闸下不同的设计水位组合进行蓄排涝计算来确定排水闸的设计流量。根据经验，当排水闸闸下为大江大湖时，排水闸闸下水位一般不受排水闸出流的影响或影响不大；当排水闸闸下水位与其出流有关时，考虑闸下水位对出流的顶托影响。

对闸上无蓄涝容积的排水闸设计排涝流量通常根据选定的治涝标准和控制的排涝面积，采用地区排涝模数经验公式法或平均排除法推算。对蓄涝容积较小的情况，按无蓄涝容积的方法计算

设计排涝流量。

在方案比较时，一般可以选相应于设计排涝标准的典型年进行蓄排涝计算。但由于排水闸内涝水与外水位遭遇组合的复杂性，一般需要有长期的涝区雨量与外水位资料，通过逐年蓄排涝计算，校核初选闸孔宽度和各种控制水位是否都能满足排涝要求。

5.3.2 无蓄涝区或蓄涝区很小的排水闸，由于无法对涝水进行调蓄，排水闸的水位不可能高于排水河（沟）道或闸前引渠的水位，故排水闸设计水位可采用排水河道或引渠的设计水位。有蓄涝区的排水闸，排水闸前最高蓄水位等于蓄涝区设计蓄涝水位，故排水闸闸上设计水位为蓄涝区设计蓄涝水位。

5.3.3 汛期有抢排要求的排水闸，为了最大限度地抢排涝水，总是在闸下承泄区水位退落到略低于闸上水位时开闸，以抓住承泄区水位短暂回落的有利时机排水，一般以 0.1~0.2m 的排水闸落差相应的抢排流量确定闸下设计水位。为了满足冬春季耕作要求需在枯水期经常性排涝的排水闸，由于承泄区（闸下）枯水期水位比较稳定，一般按承泄区多年枯水期平均水位确定闸下设计水位。

5.3.4 挡潮闸通常是具有防潮、除涝、御咸、蓄淡的综合利用工程。挡潮闸的水利计算与排水闸相似，只是上下游计算边界条件有差别，即首先要确定设计来水过程线和闸下设计潮位过程线，再按排水闸设计流量计算方法进行水利计算。

(1) 设计来水过程线。

在有实测流量资料的情况下，挡潮闸上游设计来水过程线可以直接采用相应于一定排涝设计标准的实测来水过程。由于我国沿海地区感潮河道（或河网）水流复杂，往往缺乏实测流量资料，加上建闸前后水文情势变化较大，因此挡潮闸上游设计来水过程线通常由涝区相应设计标准的暴雨进行推算。

(2) 闸下设计潮位过程线。

典型潮位过程线法是根据涝区实际发生的相应设计排涝标准

的某年的一场暴雨（或洪水）作为设计暴雨（或设计洪水），选用这次暴雨（或洪水）发生时的同期闸下潮位过程为设计潮型；或者综合考虑设计暴雨（或设计洪水）、潮位两方面因素，选择一个闸上水位比较接近于排涝设计标准，而闸下潮位较高，对排水较不利的潮型作为设计潮型。

潮位分离法是考虑到天文潮具有明显的周期性规律，一般可以选择受涝季节天文潮的潮型曲线为基本潮型，再考虑洪水、台风、河道冲淤变化等因素的影响，对闸下潮型进行修正。

设计来水过程线、闸下设计潮位过程线确定以后，初拟闸底板高程和闸门宽度进行蓄排涝演算，并统筹考虑综合利用要求，通过经济技术比较确定闸上设计水位过程。

5.3.5 当排水闸设计排涝流量及闸上、下设计水位确定后，即可据以确定闸底高程和闸孔宽度。闸底高程和闸孔宽度除考虑河道地形条件外，还需要考虑综合利用各部门的要求。一般较高的闸底高程需要较大的闸宽，反之需要较小的闸宽，需通过方案比较，合理确定闸底高程及闸孔宽度。确定闸底高程及闸孔宽度还要考虑下游消能防冲问题，单宽流量过大，会造成下游消能防冲的困难。根据实践经验，在消能防冲条件允许时，以选择较大的单宽流量比较经济。在进行方案比较时，可以取多个相应于治涝标准的典型年进行蓄排涝计算以确定排水闸规模。由于典型年不能很好反映涝区涝水量与承泄区水位组合遭遇的各种可能情况，有条件的地区可以采用长系列实测的涝区涝水过程及承泄区水位过程进行蓄排涝计算可以取得更为合理的计算成果。

5.4 排水泵站

5.4.2 泵站的特征水位包含防洪特征水位和抽水时的运行特征水位。本标准中泵站的最高水位、最低水位、设计水位、平均水位均是指抽水时的运行特征水位。

5.4.3 排水泵站出水池水位需要针对排涝期进行计算。

(1) 泵站出水池设计水位与涝区暴雨存在内外组合问题，多

数地方采用相应治涝标准的承泄区最高 3~5d 平均水位，也可以进行涝区暴雨与承泄区水位的遭遇分析。当两者遭遇时，按不利组合确定设计水位；当两者不遭遇时，取涝区暴雨出现几率最多的月份内承泄区最高 3~5d 的多年平均水位。由于各地治涝标准不同，本标准规定采用相应涝区治涝标准的排水时段承泄区平均水位作为设计水位。

(2) 最高水位的确定与承泄区水位变化幅度有关，但其重现期的采用需保证泵站机组在最高水位工况下能安全运行。

5.5 承泄区与蓄涝区

5.5.1 我国大多数涝区一般以江河、湖泊、海域作为承泄区。承泄区选择需要尽量满足下列要求：具有足够的输水能力及容蓄能力，以确保排泄或容纳由涝区排出的涝水；位于较低处，并有适宜的排水出口，以争取有较大的自排面积；排水河道进入承泄区处需要稳定的岸坡，并尽量避免排水河道出口处产生淤积，以保证排水出口水流畅通。

江河承泄区水位变化快，湖泊承泄区水位变化缓慢，海域承泄区水位呈周期性变化，在确定承泄区设计水位时，需要考虑上述特点，并根据涝区暴雨与承泄区遭遇的可能性确定。

汛期大量涝水排入，使江河湖泊等承泄区水位抬高，如高水位持续时间较长，对排水不利。据分析，洞庭湖装机 43.5 万 kW，江汉平原装机 65 万 kW，如果 50% 机组同步开机，将增加江湖流量 $6000\text{m}^3/\text{s}$ 以上，约抬高武汉关水位 0.7m 左右。因此，在确定承泄区设计水位时需要考虑涝区排水对承泄区水位抬高的影响。

5.5.2 排水系统与承泄区的联接方式有下列几种情况：

(1) 畅排情况：当排水出口设计水位等于或高于该处承泄区设计水位时，可以采用排水闸或涵洞联接。

(2) 顶托情况：当排水出口设计水位低于该处承泄区设计水位时，排水出口将受顶托，其联接有下列几种方式：

建排水站与排水闸：汛期排水系统设计水位长期低于承泄区

设计水位，要以修建排水泵站为主；如有机会自排，可以配合修建排水闸利用承泄区水位短期回落抢排，以降低排水泵站规模，在枯水期还可以利用排水闸自流排水。

修回水堤：排水河（沟）道受顶托影响较轻时，可以在排水河（沟）两侧修回水堤。回水影响范围以外的涝水可以自排入承泄区；回水影响范围内不能自排的涝水，可以建小型排水站抽排入排水河（沟）道。

下延排水出口：当承泄区河道下游水位较低时，可以考虑下延排水系统出口，争取扩大自流排水范围和机会。

5.5.3~5.5.5 蓄涝区是指涝区内的天然湖泊、河流、沟渠、坑塘或人工形成的洼地等可以滞蓄涝水的地方，我国各地蓄涝水面率和蓄涝容积差异较大，总体看南方大于北方，东部大于西部。一般来说，水域广阔的涝区蓄涝水面率可以大一些，水域较小或需采用人工开辟水域的涝区蓄涝水面率可以小一些，如长江中下游圩垸区蓄涝水面率约5%左右，湖南省洞庭湖区规划蓄涝水面率为10%~15%。

蓄涝区设计蓄涝水位与蓄涝起始水位之间的容积为设计蓄涝容积。设计蓄涝水位一般是指蓄涝区相应治涝标准的最高水位，蓄涝起始水位是指蓄涝区汛期预降水位或运行控制水位，可以采用蓄涝区汛期限制水位、死水位，或根据需要另行分析确定。

在可能产生次生盐碱化的涝区，采用蓄涝措施应十分慎重，蓄涝起始水位需要控制在地下水临界深度以下0.1~0.3m。有防渍要求的地区，一般要求雨后及灌水后地下水水位在作物耐渍时间以内下降到作物耐渍深度以下。SL 4 列出几种主要作物耐渍深度和时间，可根据治理区实际情况选用。

5.5.6 有闸控制的蓄涝区，运用方式灵活，可以有计划地根据实际情况及要求进行运用。汛期由于承泄区水位比较高，主要作用是利用承泄区水位短暂回落期间抢排，适当腾空蓄涝区容积，以充分发挥蓄涝区的作用削减最大排涝流量。非汛期承泄区水位已降低，有利于开闸运用以满足各方面的要求。

6 城乡供水工程水利计算

6.1 一般规定

6.1.1 本标准所述的城乡供水工程指解决城乡居民生活、工业和公共设施与环境用水的供水工程，主要包括供水水库、引水工程、供水泵站。引水工程特征参数包括设计水位、设计引水流量、供水量等。

6.1.2 不同用水户的需水预测方法不同，同一用水户也可以采用多种方法进行预测。需水预测方法有定额法、趋势法、弹性系数法、人均综合用水量法等，SL 429 对各类用水户的需水量预测方法有详细的规定。对各种方法的预测成果，需要进行相互比较和检验，经综合分析后提出需水预测成果。需水预测成果要与类似地区进行对比，进行合理性检查，并符合流域和区域水资源管理的有关规定。

6.1.3 城乡供水工程是保障城乡居民生活和国民经济发展的基础设施，对供水保证率的要求较高。GB 50282《城市给水工程规划规范》规定我国城市地表水水源供水保证率一般为 90%~97%，单水源地区及大中城市一般取上限，多水源及干旱地区、山区及小城镇可以取下限；GB 50013《室外给水设计规范》规定城市地表水水源供水保证率为 90%~97%，一般城镇的设计供水保证率可以适当降低；SL 310《村镇供水工程技术规范》要求严重缺水地区村镇供水设计保证率不低于 90%，其他地区不低于 95%。考虑我国经济社会发展要求和城乡供水一体化进程以及近年来城乡供水工程的实际情况，本条取城乡供水工程供水保证率不低于 95%。

6.2 供水水库

6.2.3 供水水库的特征水位和取水建筑物尺寸、取水高程是通

过多方案综合比较确定，供水水库调节计算的供水量、供水保证率、破坏深度是确定上述特征参数的重要依据之一。

6.2.4、6.2.5 编制水库供水调度图的目的是对选定方案的径流调节计算成果进行复核，并为制定水库调度运用方案提供依据。

当引水工程在水库下游时，引水流量取决于水库调节下泄流量，可以采用类似发电水库调度图编制方法；当引水工程位于水库内或水库上下游都有供水要求时，可以拟定多组调度线经试算后确定。

水库水位位于降低供水区时，优先考虑满足居民生活用水，减少工业企业、公共设施与环境等用水户水量，供水量一般不小于设计供水量的70%~80%。

6.3 引水工程

6.3.3 无论无坝引水或有坝引水，在计算引水闸（涵）引水流量时，都需要考虑下游河道生活、生产、生态需要以及避免河道淤积而必须下泄的流量。无坝引水时，可从河道引取的流量的比例与引水河段的河势有关，河势有利则可引取的流量比例较大。当引取流量占河道流量比例较大时，需要充分论证，必要时通过模型试验确定。

6.3.4 城乡用水的季节性变化一般没有河道径流变化大，且两者有一定的同步性，通常是枯水季节的供水要求控制引水工程的规模，无坝引水时一般是采用引水闸（涵）前河道内引水期最低日或旬平均水位频率曲线推算引水闸（涵）前设计水位，当取水口上游有调蓄工程时可采用最低旬平均水位计算确定，否则采用最低日平均水位计算确定。河道水位受上下游工程条件或河道冲淤变化影响较大时，需要对河道水位资料进行修正，以保持资料的一致性。

当引水流量占河道内流量的比例较大时，要分析引水后河道内水位降落的影响。当闸前引渠较长，可采用水力学方法或经验公式计算引渠内水位降落。

用邻近站实测资料推算无坝引水闸（涵）前河道内水位时，常用水力学方法或水位相关法推算。

6.3.5 位于防洪堤上的引水闸（涵），按照 GB 50201、SL 252《水利水电工程等级划分及洪水标准》确定工程级别及防洪标准，当引水闸（涵）的防洪标准高于所在堤防防洪标准时，其防洪特征水位按建筑物防洪标准对应的水位确定；当引水闸（涵）的防洪标准低于所在堤防防洪标准时，引水闸（涵）的设计洪水位取防洪堤的设计洪水位。由于堤上涵闸今后再加高不容易，根据许多堤防设计经验，一般采取涵闸的设计洪水位比相同地点堤防设计洪水位高 0.5m 的办法处理。

6.4 供水泵站

6.4.1 供水泵站进水池的设计水位是计算确定泵站设计扬程的依据。从河流、湖泊或水库取水的供水泵站，确定其设计水位时，供水期水源保证率需要满足供水设计保证率的要求。

6.4.2 供水泵站进水池的最高水位是计算确定泵站最低扬程的依据。从河流、湖泊取水的供水泵站，直接用长系列洪水位资料统计计算年最高日平均水位频率曲线，根据设计洪水频率推算最高水位；若泵站站址处洪水位资料系列较短但有洪峰流量资料时，可以推求年最大日平均洪峰流量频率曲线，根据水位流量关系曲线与设计洪水频率曲线推算最高水位。从水库取水的供水泵站，若泵站位于近坝段时，可以取正常蓄水位与相应设计标准的调洪最高水位中的较高值作为最高水位；若泵站位于库尾段时，一般根据调洪成果，采用推算水库回水方法确定最高水位。

关于泵站抽水时的运行特征水位说明见条文说明 5.4.2。

6.4.3 供水泵站进水池的最低水位是确定水泵安装高程的依据。最低水位确定的合理与否关系到水泵的运行和泵站工程的投资。对于从河道取水的泵站，如河床冲淤变化大，水位与流量关系不稳定而当没有条件进行水位频率分析时，可以进行控制站流量频率的分析，由流量推求水位并计入河床变化等因素的影响。当泵

站从水库取水而水库设计有极限死水位（低于正常死水位）时，可以采用此水位作为进水池设计最低水位。

6.4.5 设计扬程是选择水泵型式的主要依据，在设计扬程条件下，泵站需满足设计流量的要求。平均扬程是泵站运行历时最长的工作扬程，在平均扬程条件下，水泵需要在高效区工作。最高扬程是泵站正常运行的上限扬程，在最高扬程条件下，水泵需保证平稳运行。最低扬程是泵站正常运行的下限扬程，在最低扬程条件下，水泵也需保证平稳运行。

6.4.6 以地下水为水源的泵站，其特征水位和扬程一般是采用地下水动态均衡法计算地下水的供水量和水位变幅，在此基础上分析确定。

6.5 城乡供水工程系统

6.5.1 城乡供水工程系统一般由水源工程、输水工程、调蓄工程、配水工程等组成。水源工程包括供水水库、引水工程、供水泵站，输水工程包括渠道、管道、隧洞等。多个供水水源的联合调度运用方案需要经过比选后确定，选定的调度方案需是满足供水保证率要求下供水量较大的方案。确定各水源工程的供水时序和供水方式需要考虑下列要求：①充分发挥已建水源工程的供水作用；②调节性能差的水源工程优先供水；③地下水的开采量和开采强度要适度。

6.5.3 水源到用水户的输水损失包括水源工程、输水工程、配水工程的水量损失。水源工程、输水工程的水量损失可以采用水力学方法计算确定；配水工程的水量损失可以根据资料分析确定，如无资料一般可以采用用水户用水量的10%~12%。未预见用水量需根据难以预见因素出现的程度分析确定，一般可以取用水户用水量与输水损失水量之和的8%~12%。城乡供水工程系统的总供水量是根据调度运行方案，采用水量平衡分析计算确定的，其成果一般要提供多年平均和不同频率年（ $P=50\%$ 、75%、95%）的供水量。

6.5.4 为了充分发挥输水系统的输水效率，在输水工程下段适当留有余地，可以在上段供水对象用水量小于设计需求时，承接其富余水量至下段用户，这样可以减少不必要的弃水。预留的余度可以根据上段、下段用水过程及变幅分析确定。

6.5.5 城乡输水工程采用长距离管道时，为保证供水安全，输水管道一般布置两条。输水管道事故输水流量一般按照城乡事故供水要求取设计流量的 70%，确有困难时可以降低标准。

7 灌溉工程水利计算

7.1 一般规定

7.1.1 灌溉面积较小的工程往往水源单一，通过灌区需水与水源供水计算，即可确定灌区面积、各级渠系流量等工程特性指标。而灌溉面积较大的工程，灌溉水源工程除灌区内部已建水利设施外，还需新建或扩建骨干水源及输水工程，对这类灌溉工程的水利计算，要在计算当地水源可供水量的基础上，研究新建扩建水源可用水量与灌溉面积、灌溉设计保证率的关系，经技术经济比较确定灌溉工程建设方案。

灌溉水源包括地表水、地下水及其他水源。地表水是指降水形成的地表径流，可以通过蓄、引、提工程或其相结合的方式灌溉；地下水一般指浅层地下水和层间水，通过机电井进行灌溉。其他灌溉水源主要指城市工业废水和生活污水经过净化处理后用于灌溉的中水。本章主要针对蓄、引、提工程的水利计算，地下水及其他水源的灌溉工程一般规模较小，可以按照有关规范和标准计算。

计算从河道蓄、引、提工程的供水量时，需要考虑河道最小下泄流量的要求。

计算井渠结合的灌区地下水供水量时，需要考虑地下水动态均衡和防治土壤盐渍化、沼泽化的要求。

需水量预测可以参照 SL 429 中的相关条文。

7.1.2 由于我国各地气候存在差异，各地种植结构和复种指数也有较大差异，因此，灌溉起始和终止的时间往往有一定的区别。

农作物生长的季节性很强，在作物整个生育期的任何一个生育阶段，只要缺乏足够的水量都会引起减产甚至绝产，因此在计算灌溉设计保证率时，一般不以历时表示，要以水利年度为计算

单位。

需要注意的是，水利年度的选择，要包括完整的灌溉季节。比如，我国北方一些地区有冬灌保墒的要求，在进行灌溉水利计算时需与灌溉季节统筹考虑。若硬性将一个灌溉季节划分为两个水利年度，则一个灌溉季节供水不足，就会得出破坏两年的错误结论。

按照 SL 424《旱情等级标准》的规定，当缺水率大于 5% 且小于等于 20% 时为轻度干旱，因此，在统计破坏年数时，一般可以把缺水率小于等于 5% 的年份不作为破坏年统计。

7.1.3 灌溉需水量主要以灌溉试验参数、土壤理化指标和气象资料计算。按系列年操作一般需要有最近 30 年以上的资料；当气象资料不足时，可以采用相关参数或邻近地区资料进行插补，若仍不能满足要求，则可选择典型年进行计算。

灌溉需水量及需水过程可按照 GB 50288、GB/T 50363《节水灌溉工程技术规范》、GB/T 50509《灌区规划规范》中的规定进行计算。

7.1.5 农作物灌溉制度设计可执行 GB 50288 的规定。灌溉工程设计阶段尽可能采用充分灌溉制度进行工程规模论证。

非充分灌溉是针对水资源的紧缺性而采取的一种灌溉方式。一般是在水资源紧缺地区建立合理的水量与产量关系模式，不是在单位面积上追求高产，而是通过增加灌溉面积获得大面积总量的均衡增产，力求在水分利用效率—产量—经济效益三方面达到有效统一。因此，采用非充分灌溉需进行技术经济论证，一般情况下不要减少对作物产量影响较大的灌水时间和灌水定额。

7.1.6 灌溉水利用系数在 GB 50288、GB/T 50363、GB/T 50509 中有具体规定。

7.1.7 平原地区的灌区一般具有易旱、易涝、易碱的特点，灌溉与排水系统一般分开布置，不仅可以利用排水系统及时排除涝水和有效地控制地下水，起到排涝、防渍、防止土壤盐碱化和次生盐碱化的作用，而且可以通过灌溉系统引水进行灌溉或洗盐，

再利用深沟排水达到改良土壤和淡化地下水的目的。

7.2 灌溉水库

7.2.2 灌溉水库死水位是水库满足灌溉要求的最低运行水位，因此，在死水位时，直接从水库取水的灌溉引水工程仍需要满足按设计流量引水的要求。

7.2.3 灌溉水库要根据河流来水量、灌溉需水量及河段最小下泄流量进行调节计算。一般以旬或月为计算时段。

河流来水量与灌溉需水量视水源区流域与灌区是否处于相同气候区而存在着不同的相关关系。根据我国 20 多个灌溉水库的分析，河流年来水量与年灌溉需水量呈负相关关系，相关系数为 $-0.8\sim 0$ ，平均约为 -0.47 ，而且历年灌溉需水量及年内分配都是变化的，年来水量与灌溉需水量时空组合关系存在多变性。

7.2.4 为避免水库在破坏年出现灌溉供水严重不足，造成灌区缺水减产损失过大，有必要对调节过程中水库灌溉供水最大破坏程度做出要求。在水库径流和灌区需水确定的条件下，对给定的灌溉设计保证率而言，灌溉供水允许破坏程度越小，满足设计灌溉保证率的水库规模越大；反之亦然。由于灌溉水量是补充农作物正常生长在利用有效降雨量和地下水量后土壤水分不足的水量，降水量不同的地区，灌溉供水对农业生产的影响不同。一般来说，多年平均降雨量小于 400mm 的地区，年灌溉破坏深度一般不大于 30%；多年平均降雨量大于等于 400mm 且小于 800mm 的地区，年灌溉破坏深度一般不大于 40%；多年平均降雨量大于等于 800mm 的地区，年灌溉破坏深度一般不大于 50%。

7.2.5 灌溉水库调度图可以分为三个区：保证供水区即按灌溉需水供水的调度区；降低供水区是水库来水不足为防止深度破坏，有计划地减少灌溉供水的调度区；加大供水区是在水库余水较多时，把水输送到灌区蓄水工程囤蓄，以减少水库弃水的调度区。

在绘制灌溉水库调度图时，调度年度采用水利年度。调度图要根据长系列资料计算，一般采用逆时序调节计算方法连续计算出历年逐月（或旬）的库水位过程，取灌溉设计保证率以内各年份中月（或旬）的上包线为防破坏线；再对全部破坏年份按满足特枯水年灌溉用水量的要求进行逆时序调节计算，求出各月（或旬）的上包线作为降低供水线。当降低供水线高于防破坏线时，要减少特枯水年的灌溉用水量，使降低供水线低于防破坏线，对这种情况，要分析研究合理的保证供水区及降低供水区。

灌溉设计保证率以外特枯年的灌溉供水量，可以采取挖掘灌区水源潜力、节约用水、采用非充分灌溉以降低作物用水量或减少灌溉面积等措施，经方案比较确定。

7.2.6 按水库调度图进行验算的调节原则是：水库水位在降低供水线和防破坏线之间时，水库按保证正常灌溉需要供水；水库水位高于防破坏线时，除按灌溉需要供水外，还可以根据灌区工程蓄水情况适当加大向灌区的输水量，用于灌区囤蓄；当水库水位在降低供水线和死水位之间时，按设计降低的特枯年灌溉水量供水。

7.3 引水工程

7.3.2 当河流流量较丰且流量和水位均能满足灌溉引水要求时，一般采用无坝引水。无坝引水灌溉的设计引水流量，一般是每年取灌溉过程中连续 20~30d 的最大灌溉流量作为该年的灌溉最大引水流量，据此进行频率分析，选出符合灌溉设计保证率的年最大引水流量作为设计引水流量。

当河流流量能满足灌溉需水要求，而河流水位较低，不能满足灌溉引水高程要求时，可以采用筑坝（闸）抬高水位引水。有坝（闸）引水灌溉的设计引水流量，是将河流长系列来水过程扣除河道最小下泄流量，然后与灌溉需水过程逐时段进行对比，把来水量小于灌溉引水量的时段作为破坏时段，据此求出破坏年数及灌溉保证率。当灌溉保证率与灌溉设计保证率不一致时，可以

调整灌溉面积或种植结构，重新计算灌溉需水量过程，通过试算达到两者一致时为止。最终取保证年份中连续 20~30d 的最大灌溉流量为设计引水流量。

由于典型年的选择具有一定的偶然性，一般根据实际情况多选几个典型年进行分析计算，以较不利的典型年引水流量作为设计引水流量。

7.3.3 无坝引水进水闸的闸前设计水位，可以选取每年灌溉季节中的最低旬平均水位，通过频率分析求出相应于灌溉设计保证率的水位作为闸前设计水位。若进水闸引水流速引起的水面降落较大时，还要考虑由于引水所造成的水面降落。闸前水面降落一般可以采用经验公式进行计算。对于大江大河，当引水流量较小时，水位降落一般较小，可以忽略不计。无坝和有坝进水闸的过闸设计水头一般可以采用 0.1~0.3m。

7.3.4 渠首进水闸闸下水位，一般要求按能控制大部分灌区自流灌溉的原则确定。当灌区不能实现大部分自流灌溉时，可以考虑缩小灌区范围或采取部分自流与部分提灌相结合的灌溉方案，也可以采用有坝（闸）引水或将引水渠首位置上移等方式加以解决，具体方式可以通过技术经济比较分析确定。

7.3.5 在确定进水闸闸底板高程和闸孔净宽时，要考虑它们之间的相互影响关系。在满足灌区高程控制要求的前提下，对于相同的闸前、闸后设计水位和设计引水流量，若闸底板高程定得低些，闸孔净宽可以小一些；相反，若闸底板高程定得高，则闸孔净宽就增大。计算时要综合考虑建闸地形、地质条件等因素，通过方案比较以确定经济合理的闸孔尺寸。

7.3.6 灌溉引水工程渠首的防洪标准执行 GB 50288 的规定。通常无坝引水时，引水工程对河段洪水位影响很小，可以直接根据设计洪峰流量查水位流量关系求防洪特征水位。而有坝引水时则要根据拦河坝（闸）的洪水调节方式通过洪水演算推求防洪特征水位。

无坝引水时，位于防洪堤上的渠首防洪特征水位不得低于防

洪堤的防洪特征水位，其他位置的渠首防洪特征水位按其相应的防洪标准分析确定。有坝引水时，渠首防洪特征水位需要与拦河坝（闸）的防洪特征水位一致。

7.4 提灌泵站

7.4.1 在江河提水的提灌泵站以取水断面的来水量和灌区需水量进行平衡，提取地下水的提灌泵站以水井的出水量和灌区需水量进行平衡。

7.4.3 关于泵站抽水时的运行特征水位说明见条文说明 5.4.2。

7.4.4 电力提灌泵站运用比机械提灌泵站可靠，故前者开机小时高于后者。泵站采用较低的开机小时，可以保证运行更加安全。装机容量具体的确定方法可以参考 GB 50265 中有关条文及条文说明。

7.5 灌排工程系统

7.5.1 蓄、引、提、排灌排系统由于地形条件、水源分布、工程布局、供水对象及运用方式比较复杂，水利计算的一般原则为：

(1) 先利用灌区内的水库、塘堰及引水工程的水资源进行灌溉，再利用灌区外的水资源进行灌溉。

(2) 灌溉季节来水首先用于灌溉，多余水量及非灌溉季节的来水尽量充蓄水库及塘堰。

(3) 先利用塘堰及中小型水库和引水工程供水，后利用骨干水库补水。

(4) 部分高地可以利用提灌站提水灌溉，提灌面积、扬程通过经济比较确定。

7.5.2 在地表水资源不足而地下水资源丰富的地区，可以采用井渠结合的灌溉方式。井渠结合灌溉工程的地下水供水量，要先根据采补平衡的原则，计算允许开采量；再根据开采设施的取水能力分析确定可供水量，可供水量需小于允许开采量。

7.5.3 灌区面积较大、地形多变、水源情况比较复杂的灌区，可以因地制宜先分区进行调节计算。分区调节计算时首先利用引水枢纽的引水、坡面径流、塘堰、高程较低的水库进行灌溉，再利用高程较高的水库灌溉供水。当高库供水后仍有余水时，尽量用于充蓄低处塘堰，减少弃水。

在分区调节基础上，再求出全区的缺水过程作为骨干水库调节计算的需水过程。骨干水库的调节计算与单一水库调节计算方法相同。

7.5.4 灌排工程系统由于各地情况差异较大，一般按水源先地表后地下、距离先近后远、调节性能先低后高、工程规模先小后大的原则进行水量统一调配。

7.5.5 灌排工程系统要符合 GB/T 50363 要求。节水灌溉的主要措施有渠道防渗、管道输水、喷灌、微灌和农业节水技术等。

7.5.6 灌溉渠道设计流量根据渠道灌溉面积、设计灌水率和灌区围蓄水库充水要求及输水损失计算确定。先根据灌溉面积和设计灌水率计算末级渠道末端的净流量，再自下而上逐级计入输水损失，并结合工程实际计算当地水利设施供水流量和灌区围蓄水库充水流量，然后推算各级灌溉渠道设计流量。

灌排工程排水沟（渠）道设计流量的推算根据排水区域面积的大小及产、汇流条件确定。对于产汇流历时大于排水设计历时的排水沟（渠），可以按其控制面积乘以相应的排水模数求得。对于产汇流历时小于排水设计历时的排水区的沟（渠），则按其汇流条件推算相应流量。

8 水电站水利计算

8.1 一般规定

8.1.1 本条规定了水电站水利计算的内容和目的，主要针对对水电站径流调节计算进行规定，水电站洪水调节计算及其他水力学计算见本标准其他相关章节。

8.1.2 水电站发电设计保证率可以根据电力系统中水电容量比重按表 4 进行选择。水库调节性能好、装机规模及其在电力系统中的作用较大的水电站，发电设计保证率可以适当取高值；反之，则可以取低值。若系统内有多座水电站时，也可以按水电站群统一选择设计保证率。

表 4 水电站发电设计保证率 %

电力系统中水电容量比重	<25	25~50	>50
水电站发电设计保证率	80~90	90~95	95~98

8.2 径流调节

8.2.2 时历法径流调节计算的计算起点，一般根据水库的调节性能分别拟定：

(1) 对于年调节水库，一般选择径流系列第一年丰水期初为计算起点，从死水位开始顺时序进行计算，计算到径流系列最后一年的枯水期末为止，并使库水位消落到死水位。

(2) 对于多年调节水库，一般可以选择连续丰水年的丰水期末为计算起点，从正常蓄水位开始顺时序进行计算；也可以选择连续枯水年的枯水期末为计算起点，从死水位开始计算；到径流系列最后时段的水位应该等于计算起点的水位。

8.2.4 出力系数在设计阶段一般采用经验值，可以根据水电站平均工作水头、机组机型及单机容量等因素选用。如适用于中高

水头的混流式及中低水头的轴流式机组可以取 8.2~8.6；适用于高水头的冲击式机组可以取 7.0~8.0；适用于低水头的贯流式机组可以取 7.0~8.5，对于大型机组一般取大值。

8.2.6 遭遇发电设计保证率以外的枯水时段时，大型、重要的水电站一般采用出力逐步减小、均匀破坏的运行方式，以维持电力系统运行相对平稳，节省电力系统总费用。对于一般水电站，保证出力破坏深度可以考虑在保证出力的 10%~40% 范围内取值；对于承担系统调峰、调频的大型骨干电站，可以参考在电力系统典型日负荷图尖峰负荷工作求得能基本发挥其容量效益的出力值，确定破坏期电站出力。

对于以灌溉或供水为主的综合利用水库，若没有为发电设置专用库容时，一般根据灌溉、供水的用水过程分析确定保证出力破坏深度；若为发电设置有专用库容时，可以绘制多级调度图，并结合电力系统需求分析确定保证出力破坏深度。

8.2.7 上游有调节能力水库对下游梯级水库的调节作用体现为：上游具有调节性能为年调节及以上的水库，利用其调节库容对其来水过程进行调蓄会均化下游电站的入库径流过程，使下游电站的保证出力和枯水期电量增加、丰水期电量或弃水电量减少。

水位衔接的梯级水电站，下游梯级对上游梯级有顶托影响。设计精度要求不高时（如规划阶段），可以简化为下游库水位水平延伸到坝下，与上游梯级电站发电尾水位（下泄流量查水位~流量关系曲线）进行比较，取高值来计算上游梯级电站的发电水头；设计精度要求较高时，则需要用考虑泥沙淤积后、下游梯级水库至上游梯级厂址处的回水位，与上游梯级电站发电尾水位进行比较，取高值来计算上游梯级电站的发电水头。再通过有无下游水电站对比的方法，分析下游梯级对上游梯级电站能量指标及机组运行条件的影响。

8.2.8 当水电站在电力系统日负荷曲线中腰、峰荷运行时，尤其是承担调峰任务的电站，日内水头变化较大，采用日（旬、月）平均发电流量和发电水头计算的能量指标与实际有差别。实

实践经验表明，对于高水头水电站这些差别较小，可以忽略不计；对于低水头水电站这些差别相对较大，日调节损失电量占比最大可达3%以上。因此对于承担日调节任务的低水头水电站，需根据水电站在系统中的工作位置，计算不同季节多个典型日水电站24h出力过程，并与日（旬、月）平均发电流量和发电水头计算结果进行对比。

8.2.9 设置有水库调度分级流量和运行控制水位的水电站，有时无法在调度图中合理反映这些流量和水位的调度情况，比如有些排沙运行控制水位是在有利于冲沙排沙时，临时降低的坝前水位，在调度图中无法准确表示；在径流调节计算中，无法准确反映按水库调度分级流量和运行控制水位运行对发电指标的影响，从而造成径流调节计算成果存在一定偏差（与实际相比，一般是计算的旬或月平均发电水头偏高、停机时段偏少等），因此做本条规定。

水库调度分级流量，主要有排沙分级流量，调度判别流量，最大、最小通航流量，停机流量等。一般有五种情况需要分析计算分级流量：第一种是泥沙问题严重的水库，可以根据输沙量累计曲线，选择累计输沙量占总输沙量一定比例（一般取75%左右）对应的坝址流量，作为降低库水位排沙的分级流量；第二种是承担防洪、灌溉、供水等任务的水库，需要分析计算满足这些任务要求的分级调度流量值；第三种是承担航运任务的水库，需要分析计算各种通航流量；第四种是低水头水电站受机组最小水头限制时，需要分析计算水库各种低水位时的停机流量；第五种是设置运行控制水位的水库，需要分析计算开始分级预泄、停止预泄、开始蓄水等的调度判别流量值。

8.2.10 根据长系列径流资料绘制水库调度图后，复核提出动能指标和多年运行特性，主要内容有：①统计电站保证出力、预想出力的历时，以检查供电可靠性；②检查设计保证率以外年份的出力降低程度；③检查电站遭遇丰水年份的加大出力情况；④复核多年平均年发电量；⑤检查是否满足其他综合利用部门的

要求。

水库调度图纵坐标为水库水位或蓄水量，横坐标为一个水文年的月或旬。图 1 为单一发电水库调度图示意图，由正常蓄水位和防弃水线、防破坏线、限制出力线和死水位，将水库划分成四个运行区。运用中可以根据面临时间库水位的所在区域拟定运行方式。

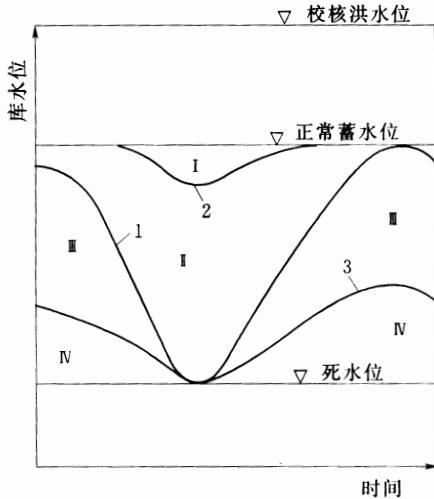


图 1 水电站水库（年调节）调度示意图

1—防破坏线；2—防弃水线；3—限制出力线；

I—预想出力区；II—加大出力区；III—保证出力区；IV—降低出力区

I 预想出力区：位于正常蓄水位水平线以下，下限由防弃水线组成。库水位或蓄水量位于此区时，水电站按预想出力工作。

II 加大出力区：位于防弃水线以下，下限由防破坏线组成。库水位或蓄水量位于此区时，水电站按加大出力工作。

III 保证出力区：位于防破坏线以下，下限由限制出力线组成。库水位或蓄水量位于此区时，水电站按保证出力工作。

IV 降低出力区：位于限制出力线以下，下限为死水位水平

线，库水位或蓄水量位于此区时，水电站按低于保证出力工作。

对于大型水电站的初步设计阶段，必要时可以在加大出力区和降低出力区绘制几条辅助线，研究拟定不同的加大出力方式和降低出力方式。

8.2.12 水电站的特征水头是机组设备选型的重要参数，它不仅包括径流调节计算中的各种水头，还包括可能遭遇的极限运行工况。一般采用下列方法拟定：

(1) 最大水头：水电站上下游水位在各种组合下出现的最大水位差。最大水头计算不考虑输水水头损失。各种运行工况一般包括：正常蓄水位与最小出力时发电流量的下游尾水位之差；防洪调度过程中可能出现的最大水位差等。

(2) 最小水头：一般为水库死水位（包括发电运行中最低运行水库水位）和水电站最大过水能力（包括机组以外的泄水流量）相应的下游尾水位之差，并按遭遇大流量的工况扣除输水水头损失。对于水位变动幅度大的水电站还需要考虑机组运行条件对最小水头的要求。

(3) 算术平均水头：长系列计算成果中各计算时段平均水头的算术平均值。

(4) 加权平均水头：取长系列计算成果中各计算时段平均水头与平均出力乘积之和、与各计算时段平均出力之和的比值。

9 水利工程航运水利计算

9.0.1 在本标准中主要是规定有通航任务的拦河闸（坝）、河道整治工程、灌溉和排水渠道等水利工程规划设计中有关航运问题的水利计算。

9.0.2 通航历时保证率是反映航道满足航运要求保障程度的指标，也是计算通航特征流量和水位的重要参数，需要在水利计算中首先确定。一般可以按航运部门的有关规定和流域综合规划要求分析确定。

9.0.3、9.0.4 对于有防洪任务的闸坝，防洪调度时上下游流量和水位变幅较大，不利于航运安全，因此确定最大通航流量时要充分考虑防洪调度的要求。

综合历时曲线法以长系列的日平均流量（水位）资料为基础，将系列中的流量（水位）进行分级，统计各级流量（水位）出现天数的累积值，计算各级流量（水位）对应的历时保证率，按选定的各级航道相应的多年历时保证率要求，确定设计最小（低）通航流量（水位）值。

保证率频率法是把每年的逐日平均流量（水位）资料从大（高）到小（低）排序，按历时曲线法统计相应年保证率的流量（水位），将这些流量（水位）组成的样本系列进行频率计算，得到经验频率点据；再进行理论频率曲线与经验频率点据的适线，按规定的重现期在拟合的理论频率曲线上求出相应流量（水位），即设计最低通航流量（水位）。

在 GB 50139《内河通航标准》中，对综合历时曲线法的多年历时保证率和保证率频率法的年保证率、重现期取值进行了规定，分别见表 5 和表 6。保证率的选用还要考虑工程综合利用任务主次关系、调度运行情况等因素。

表 5 设计最小（低）通航流量（水位）的多年历时保证率

航道等级	I、II	III、IV	V~VII
多年历时保证率/%	≥98	98~95	95~90

表 6 设计最小（低）通航流量（水位）的年保证率及重现期

航道等级	I、II	III、IV	V~VII
年保证率/%	99~98	98~95	95~90
重现期/年	10~5	5~4	4~2

水文资料年限较长的高等级航道，一般同时使用以上两种方法分析计算，结合实际情况选用；低等级航道一般可以选用综合历时曲线法进行分析计算。

9.0.5 最大流速与水面比降、最高和最低通航水位、最大和最小通航流量等航运条件与防洪、供水、发电等调度存在矛盾时，拟定洪、枯水期的调度方式需优先满足防洪、供水等需要，兼顾航运要求。

9.0.6 水库日调节运行引起的非恒定流对上、下游航道通航水流条件的影响，主要是对近坝河段、险滩河段、港区河段、桥区河段航道的影 响。解决电站调峰运行与航运要求矛盾的途径有：①调整水库运行方式；②降低航运条件的要求；③采取航道整治措施；④建设反调节水库。采取何种途径较合理，需要经过分析论证和技术经济比较确定。

9.0.8 过坝通航设施的用水量计算，主要是对采用船闸和湿运升船机过坝的通航设施进行耗水量计算。湿运方式升船机过坝的耗水量较少，一般可以忽略不计。JTJ 305《船闸总体设计规范》对船闸一天内平均耗水量有具体规定。

10 综合利用水库水利计算

10.1 一般规定

10.1.1 综合利用水库工程的开发任务和主次关系一般根据当地国民经济的要求，结合工程开发条件，在进行必要的技术经济论证基础上由有关部门协商确定。综合利用水库水利计算的目标是协调各水利任务之间的用水要求，尽量重复利用入库水量和调节库容，使工程能发挥其最大的综合效益。

10.1.2 防洪和兴利关系协调的关键在于确定库容分配方案。按照条文规定的原则，确定的重叠库容（也称结合库容、重复库容或共用库容）设于正常蓄水位与汛期限制水位之间，这部分库容汛期用于防洪，汛后充蓄增加枯水期供水量，达到一库两用，可以兼顾防洪和兴利要求的目的。

对于不同时期降雨成因各异，洪水周期明显的水库，一般首先考虑利用重叠库容为下游防洪，将汛期限限制水位设置在正常蓄水位以下；对于洪水周期不稳定或可以结合库容很小的水库，才考虑在兴利库容以外安排防洪库容。

由于水库防洪库容是根据下游防洪要求确定的，当所需防洪库容大于重叠库容时，可以考虑在正常蓄水位以上预留专门防洪库容（防洪高水位高于正常蓄水位）。一般根据下游防洪要求和水库开发条件，拟定几组防洪库容方案，进行防洪和调洪计算，求出各方案的防洪效益和水库规模，综合比较后选择防洪库容方案。

10.1.3 汛期限限制水位对工程发电效益、库内引水位高程、通航水深、泥沙淤积以及水库淹没指标等均有直接影响，需要结合工程开发条件综合分析比较后选定。

10.1.4 2002年10月1日起实施的《中华人民共和国水法》第二十一条：开发、利用水资源，应当首先满足城乡居民生活用

水，并兼顾农业、工业、生态环境用水以及航运等需要。据此，本条规定综合利用水库在库容和供水量分配时需首先保证城乡居民生活用水，其他各项任务的用水按照任务主次和要求进行分配。

10.1.5 综合利用水库的运用方式与兴利库容分配方案和径流调节方式直接相关，拟定时可以参照 GB/T 50587，并考虑下列因素：

(1) 当各兴利任务主次明确，首先按主要任务要求和对其有利的方式确定调节库容，并兼顾次要任务的要求。

(2) 当两种或两种以上兴利任务并重，或当次要任务用水量所占比重较大时，要着重研究各任务间库容的合理分配，在径流调节计算时考虑它们各自的保证率要求，进行水量分配。

(3) 对于可以相互结合的用水要求，在尽量结合的基础上根据开发任务主次关系拟定水量分配和径流调节方式。

(4) 对那些重要的或不易替代的用水要求，尽量优先满足。

10.1.6 GB/T 50587—2010 对初期蓄水期的定义为“水库从封堵导流设施并开始蓄水至水库水位达到初期运用起始水位的蓄水时段”。初期运用起始水位包括：灌溉或供水的最低引水水位、发电最低水位、航运的最低通航水位等。

10.2 径流调节及水库调度图

10.2.3 防洪和兴利相结合的调度图绘制，关键是防洪和兴利调度分界线的绘制，此线以上水库按防洪调度方式控制运用，以下按兴利要求控制运用。

分界线的形式，由防洪库容和兴利库容的结合（重叠）形式决定，以下列举六种常见的结合形式供参考使用：

(1) 如图 2 a) 所示，防洪和兴利库容完全分开，汛期限制水位和正常蓄水位重合，分界线为正常蓄水位水平线。

(2) 如图 2 b) 所示，防洪和兴利库容部分重叠，除重叠库容外，还有部分专门的防洪库容和兴利库容，分界线为 *abcdef*。

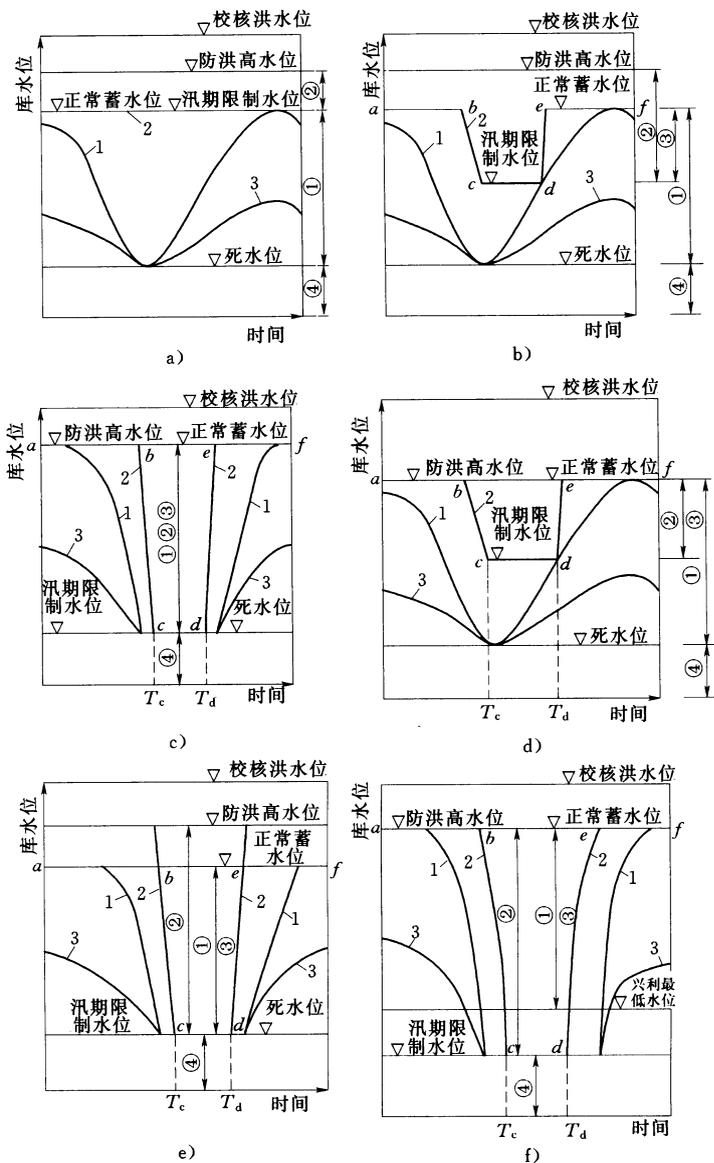


图 2 不同防洪库容和兴利库容结合形式水库调度示意图

1—防破坏线；2—防洪和兴利分界调度线；3—限制供水线；

①—兴利库容；②—防洪库容；③—重叠库容；④—死库容

(3) 如图 2 c) 所示, 防洪和兴利库容完全重叠, 分界线为 *abcdef*。

(4) 如图 2 d) 所示, 防洪库容仅是兴利库容的一部分, 没有专门的防洪库容, 但有专门的兴利库容, 分界线为 *abcdef*。

(5) 如图 2 e) 所示, 兴利库容仅是防洪库容的一部分, 没有专门的兴利库容, 但有专门的防洪库容, 分界线为 *abcdef*。

(6) 如图 2 f) 所示, 兴利库容仅是防洪库容的一部分, 在兴利最低水位以下有专门的防洪库容, 分界线为 *abcdef*。

10.2.4 多级调度图的绘制以灌溉和发电两任务并重的两级调度图为例说明。图 3 为年调节水库灌溉 (代表低保证率的任务) 和发电 (代表高保证率的任务) 两任务并重的两级调度的示意图, 其中图 3 a) 为供需水量平衡图, 图 3 b) 为调度图。图 3 b) 由防破坏线、分界调度线 (划分保证供水区和低保证供水区的界线)、防弃水线、限制供水线将调节库容划分为 5 个区:

(1) I 区为保证供水区, 发电和灌溉均按正常用水量供水。

(2) II 区为低供水区, 发电 (高保证率的任务) 按正常用水量供水, 灌溉 (低保证率的任务) 按正常用水量的一定折扣 (如七折、八折等) 供水。

(3) III 区为限制供水区, 发电和灌溉均按正常用水量的一定折扣供水。

(4) IV 区为加大供水区, 灌溉一般按正常用水量供水, 发电供水量超过其正常用水量 (保证出力)。

(5) V 区为预想出力区, 灌溉一般按正常用水量供水, 发电按水电站预想出力工作。

10.2.5 当水库承担的任务较多时, 为了保证这些任务的用水要求, 需要考虑在调度图中依据其对水位或水量的要求绘制出有关的调度线或调度区。在绘制时, 注意这些调度线与主要任务调度线的协调, 并用长系列径流调节计算进行复核。

10.2.6 主要检验的内容有: ①各项任务是否达到设计保证率的要求; ②设计保证率以外时段各项供水的破坏深度; ③防洪和兴

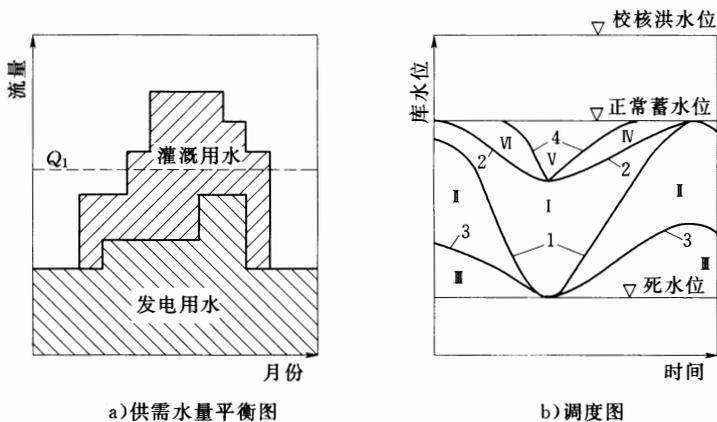


图3 两级调节调度示意图

1—分界调度线；2—防破坏线；3—限制供水线；4—防弃水线

利库容结合时，控制水位是否满足历年运行要求；④对其他综合利用要求的满足程度。

10.3 初期蓄水

10.3.1 采用代表年进行初期蓄水计算，基本能反映遭遇不同来水条件下的初期蓄水情况。一般可以选 25%、50%、75% 代表年，用于估算初期蓄水时间、初期效益以及对下游用水部门的影响。75% 代表年反映初期蓄水期间可能遭遇的不利水文条件，作为估算较长初期蓄水时间的依据；50% 代表年反映遭遇平均来水情况，作为估算平均初期蓄水时间的依据。

10.3.2 对于初期蓄水时间小于 12 个月的水库提供了两种选择，是考虑到有些水库初期蓄水时间较短，按蓄水对应时段选择的入库径流代表性更好。例如某水库初期蓄水时间为 10 月至次年 5 月，对于径流系列 1950.6—2010.7，则蓄水时间对应时段的系列为 1950.10—1951.5，1951.10—1952.5，…，2009.10—2010.5，然后按照水量排频选择相应频率的代表径流。

10.3.3 为了设计水库顺利下闸蓄水和满足下游用水要求，可以调整上、下游已建水库运行方式，常见的调整方式为：上游水库加大下泄流量、下游水库抬高运行水位避免局部河段脱水等。

10.3.4 水库蒸发水量根据水库增加的水面面积和陆地、水面蒸发量差别进行计算；渗漏水量在设计阶段无法引用实测资料确定，可以根据库区水文地质和坝址工程地质条件，挡水建筑物形式和建设情况，参照已建类似水库的观测数据拟定。

10.3.5 水库初期蓄水时，一方面要求设计水库尽快充蓄、早日发挥效益，另一方面又要求保证下游用水部门的需求，减少初期蓄水对下游的影响。初期蓄水方案需要在协调两者关系的基础上拟定。

10.3.6 在初期蓄水期间，水库工程一般还不具备正常运用条件，需要根据施工进度安排和工程形象进度、度汛标准确定不同蓄水阶段的最高允许蓄水水位。然后拟定不同的水库下闸蓄水时机方案进行径流和相应洪标准的洪水调节计算，经综合比较后确定下闸蓄水时机。

10.3.7 水库初期蓄水期的工程防洪度汛方案一般是通过初期蓄水期的洪水调节计算成果确定。洪水调节计算的起调水位要考虑蓄水期遭遇丰水年水库水位上升较快的影响，一般丰水年频率可以选择 25%；为安全起见，也可以分别考虑 5% 或 10%。度汛设计洪水标准一般按坝体、各单项工程、库区淹没等不同防护对象分别确定。洪水调节计算成果包括坝前最高洪水位、最大出库流量和坝下最高洪水位，以此评价坝体高程、泄洪设施、导流洞进口闸门、库区移民搬迁进度等是否满足工程防洪度汛要求。

10.4 泥沙冲淤

10.4.1 水库泥沙冲淤一般采用一维或二维泥沙冲淤计算数学模型和典型泥沙系列进行计算，资料缺乏或水库泥沙淤积影响不大时可以采取经验公式、或类比法等进行分析计算。

10.4.6 水库泥沙淤积一段时间后，库区河道地形、库容发生变

化，会对径流调节、洪水调节、水库回水等计算成果产生影响，设计时要予以重视。泥沙问题严重的水库，径流调节可以采用不同淤积年限的库容曲线进行计算；洪水调节涉及工程安全，冲淤平衡年限超过 50 年的，一般采用淤积 50 年的库容曲线，不足 50 年的，采用冲淤平衡后的库容曲线；水库回水计算和径流调节计算可以采用 10~30 年的淤积成果。

11 河道整治工程水利计算

11.1 一般规定

11.1.1 本条列举了河道整治的三种类型：洪水河床整治主要考虑防洪的要求，以利于河道行洪，对应的整治对象是堤防、两岸山地和河漫滩，一般主要确定的是堤距和洪水主流线。中水河床整治主要考虑河势控制的需要，以利于维持河势的稳定，通过计算确定中水治导线。枯水河床整治主要是满足航运、取水、引水、生态环境等方面的要求。这三种河道整治类型既相对独立，又相互联系，不可截然分开。如在进行中水河床整治时，需要兼顾洪水河床和枯水河床整治的要求；进行枯水河床整治时，也需要兼顾中水河床整治的要求，不得影响河势稳定和防洪安全。

11.1.2 根据河型、平面形态和河段特点，整治河段可以分为顺直型、弯曲线型、分汊型、游荡型和潮汐河口等典型河段，各典型河段的整治原则见 GB 50707《河道整治设计规范》。治导线是河道（口）整治规划拟定的满足设计流量和控制河势要求的平面轮廓线，考虑到上游河段整治可能对下游河床演变产生影响以及洪水、中水、枯水河床整治之间的相互影响，在拟定治导线和河段整治参数时需要与上下游、左右岸相协调。

11.1.3 河床演变规律是河道整治的基础。根据国内外的河道整治经验，河道整治只有深入分析和认识河道的演变规律，才能因势利导，制定切合实际的整治方案，达到整治目的。在 SL 383《河道演变勘测调查规范》及 GB 50707 中对河床演变分析的方法有具体规定。

11.1.4 实测资料分析、数学模型计算和河工模型试验是进行河床演变分析和河道整治方案研究的常用方法，三种方法各有其特点和长处。河道演变分析和河道整治设计目前还处于半经验、半

理论的阶段，对于一些重要的、复杂的河道整治，需要采用多种方法研究，相互印证，取长补短。

11.2 整治流量及水位

11.2.1 洪水整治流量与水位与堤防设计相关，相关的计算方法可以参照 4.1 节的相关规定。

11.2.2 中水整治流量为河段的造床流量。在 GB 50707—2011 中对造床流量的计算方法有具体规定。

11.2.4 在 GB 50707—2011 中对排涝和灌溉任务河道整治工程的流量和水位计算有具体规定。

11.2.5 设计枯水位是护岸等河道整治工程护坡和护脚的分界点。设计枯水位以下的护脚工程是防护工程的根基，在工程规划设计时需要考虑护岸工程实施后，近岸河床冲淤的变化且留有较大的余度，以保证工程安全。当缺乏水位资料时，也可以根据枯水期平均流量，查工程河段枯水期水位流量关系曲线确定设计枯水位。

11.3 整治参数

11.3.2 河相关系是指在相对平衡状态下河流河槽的纵横断面形态与流域来水、来沙及周界条件等因素之间的某种定量关系，通常以中水的河相系数 \sqrt{B}/H 表示（ B 、 H 分别为中水河槽的河宽和平均水深，单位为 m）。目前确定河相系数的常用做法是：分析本河段河势基本稳定、河床冲淤基本平衡时期的河相系数，或参照类比其他相似河段的河相系数综合分析选定。

11.3.3 枯水经历了河流洪、中、枯水的所有水沙过程，河床冲淤变化频繁而又复杂，相对于洪水和中水而言，枯水整治的难度更大。为达到整治工程的目的，一般通过长系列水沙过程的河流数学模型计算或河工模型试验确定整治参数。

11.3.4、11.3.5 基于河相关系计算的河道整治参数是河道整治方案拟定的基础。根据河道整治目的，拟定多组河道洪水、中

水、枯水整治导线，然后采用河流数学模型计算及河工模型试验对方案的整治效果和影响进行比选，通过综合比较确定合适的整治方案。综合整治方案要考虑洪水、中水和枯水河道整治之间的协调以及上下游河段之间的平顺衔接，并留有余地。

12 调水工程水利计算

12.1 一般规定

12.1.1 本章标题 SL 104—95 版本中为“跨流域调水工程的水利计算”。跨流域调水工程系指不同流域如长江、黄河之间的调水工程，也包括同一流域不同支流间的调水工程。跨流域调水工程是调水工程的一部分，本次标准修订时改为“调水工程水利计算”。

调入区的范围要有利于清晰地分析调水工程供水范围内的水资源供需状况，因此，除与调水工程初拟的供水范围有直接关系的地区和流域外，必要时还需包括可能涉及的与供水范围有供水关联的地区和流域。调入区范围一般比最后确定的受水区范围大。

调出区范围一般选择调水工程初拟取水点断面以上流域的范围作为水资源分析范围。为分析调水对取水点断面以下影响，还要根据可能影响对象涉及的区域扩大调出区的分析范围。调水工程影响整个流域或同级水系的，可以将整个流域或水系作为调出区进行研究。

12.1.3 调水工程供水对象的类型一般有城镇生活、工业、农业、生态环境等用水户，调水工程需要根据受水区各用水户类型分别制定设计供水保证率，设计供水保证率按第 6 章和第 7 章的规定执行。

12.1.4 调水工程实施后，将改变调出区、调入区的水文情势，可能对已建、在建、规划待建工程以及河道内外用水产生影响。对此，需要协同有关专业进行分析研究。

12.2 调入区和调出区水资源供需分析

12.2.1 调入区需调水量计算，需要充分挖掘调入区当地水资源

的开发利用潜力，除充分利用常规水源外，也需要尽量利用再生水、海水淡化等非常规水源；利用过境水量时要统筹考虑下游的用水需求。

在进行调入区水资源供需分析时，要对调入区进行分区。供水分区（计算单元）一般是按供水系统划分，同时还要考虑水资源分区、河流水系、行政区划、骨干工程供水范围的完整性等因素。分区大小要适宜，要有利于分析各分区的水资源供需状况。在 SL 429《水资源供需预测分析技术规范》中对需水量预测和水资源供需分析有具体规定。

12.2.3 调水工程受水区可以是调入区的部分范围或全部范围，可以分为直接受水区和间接受水区。直接受水区为调水工程直接供水的范围；间接受水区为水资源配置方案中与直接受水区发生水源置换关系的供水范围，调水工程不向其直接供水。受水区范围需要根据各分区缺水量、用水户的重要性、调入区本区内水资源进一步开发的可能性、外调水配套工程难度等因素，制定多种水资源配置方案，进行技术经济比较后确定。

12.3 调水规模

12.3.1 设计调水量是调水工程的重要特征指标。设计调水量为相应于设计供水保证率要求的年调水量，一般是通过多种水资源配置方案的调节计算，对调水工程及其配套工程进行综合技术经济比较确定。

12.3.2 不同的水资源配置规则，受水区内有、无调蓄水库以及调蓄库容大小等，都会产生不同的水资源配置方案，需要针对调水工程的特性，分析调水工程涉及区域的水资源状况，结合供水目标制定水资源配置规则。在此规则下，进行外调水与受水区水资源长系列联合调节计算，得到水资源配置方案。

12.3.3 与单独进行调入区水资源供需分析计算不同的是，进行外调水与受水区水资源联合调节计算时，需要将外调水水源工程纳入受水区，将初拟的调水工程输水线路与受水区用水户联接起

来，建立涵盖外调水水源工程、受水区水源工程、用水户的供水网络图，模拟调水后的供用水关系进行计算。

供用水网络图由不同的符号表示供水工程、用水户、分水与汇入等节点，由带箭头的线段表示河流、供水渠道、退水等，体现用水与供水节点之间供、用、耗、排的水力联系，反映各分区上下游之间、干流与支流之间、各水源工程与用水户之间、用水与退水之间的关系，箭头方向为水流方向。各分区用水户一般可归并为城乡生活、工业、农业灌溉及生态环境等用水户。水资源联合调节计算中需要考虑各用水户退水对径流的影响。

12.3.4 调水过程线是调出区与受水区水资源联合调节计算后得到的成果，不是简单的可调水与需调水的过程匹配。外调水与受水区水资源长系列联合调节计算成果需要满足各用水户供水设计保证率要求。

12.3.6 调水工程各级输水系统的设计流量计算时需要考虑下列因素：

1 调水工程与受水区水源工程联合向用水户供水时，各级输水工程设计流量为联合调节计算后满足各用水户设计供水保证率要求相应的流量，并计入各级输水系统的输水损失量。

2 直接向水厂供水的输水渠（管）道设计流量，可以在上述计算值基础上考虑水厂以下用水户日变化系数的影响作为设计流量。

3 由于用水户需水增长与水资源配置方案的差异导致分水口门水量有可能增加时，需要研究水量增加与输水工程设计流量增加之间的关系，经过技术经济比较确定受影响的总干渠（管）分段设计流量。

4 各级输水系统设计流量的计算中，需要考虑受水区水库调蓄作用。受水区中有位置低于输水总干渠（管）的水库、湖泊时，需要分析其作为外调水反调节水库的合理性和可能性；受水区中有位置高于输水总干渠（管）的水库、湖泊时，需要分析其作为补偿水库的合理性和可能性。

5 设计流量计算中还需要验算输水总干渠（管）进行全线检修时受水区供水量的保证程度。当总干渠（管）检修期间受水区供水量低于受水区用水量时，需要适当加大总干渠（管）设计流量，使外调水在检修前向受水区内的调蓄水库提前加大充水，从而满足总干渠（管）检修期间受水区基本用水量的要求。

12.3.7 分水口门设计流量首先要满足该分水口门以下各用水户供水保证率的要求。分水口门直接向水厂供水时，分水口门设计流量要考虑日变化系数影响；有调蓄水库时，还要考虑水库充水时对分水口门设计流量的要求。

12.3.8 调水工程水利计算中，输水工程控制点设计水位是指与水资源配置用户相关的供水水位，包括与调蓄水库运用水位相关的输水工程控制点水位，以及部分输水工程末端控制点设计水位。控制点设计水位需要结合输水工程布置和设计，进行技术经济比较后确定。

13 水库群水利计算

13.0.1 近几十年来，我国逐步形成了多个大型水库群，对流域径流过程及时空分布改变较大。一方面，水库规划设计工作中工程规模和运行方式的确定越来越需要考虑水库之间的关系；另一方面，大规模的水量时空调配对各方面产生的影响需要通过水库群联合水利计算才能反映。由于我国国民经济的持续发展，对水资源和电力需求越来越大，开展水库群优化调度可提高整体防洪效益，增加流域的供水量和发电量，而水库群的优化调度就需要通过水库群的水利计算来实现。

13.0.2 以防洪、供水为主的水库群水利计算，主要考虑有水力联系密切的相关水库；对于以发电为主的水库群水利计算，除考虑水力联系，还要考虑电力联系。实际的计算范围一般根据具体情况和要求合理拟定。

13.0.3 水库群按照各水库的位置关系分为串联型、并联型、混联型三类，按照工程开发任务分为水力发电水库群、防洪水库群、灌溉水库群、供水水库群和综合利用水库群等五类。进行水库群水利计算时，需要满足水库群中各水库规划设计中已经确定的任务的要求。

13.0.8 水库群补偿调节计算目前通常的做法是：

(1) 根据计算目标，将各水库划分为补偿水库和被补偿水库两大类。一般把调节性能较低、规模较小，或综合利用要求复杂的水库划分为被补偿水库；把调节库容大、调节性能好、综合利用约束条件较少的控制性水库划分为补偿水库。往往仅针对补偿水库进行联合运行计算，以达到降维目的。

(2) 水库群水利计算的常规方法是不改变各水库原定的各自调度方式，自上而下逐级进行计算，考虑上游对下游水库的调蓄或者拦洪作用。

(3) 水库群优化计算方法很多，大致分为纯数值优化和具有一定物理意义寻优两种。纯数值优化的代表性算法有动态规划法、遗传算法等，其特点是只能获取最优结果，但无法有效指导水库运行调度。具有一定物理意义寻优算法的代表性算法主要是与蓄供水控制线相结合的判别式算法，其特点是寻优后，可以优化出水库调度控制线，能够指导水库实际调度，参见《水工设计手册》第二卷第5章。

13.0.9 梯级水库群补偿调节计算可以自上而下依次进行，下一梯级水库入库流量等于上游梯级各水库调节后的下泄量和区间来水量之和；对于相距较远的间断梯级，上一梯级水库下泄量和区间来水量可以考虑分别进行水流演进后再相加。

14 水库及河道水力学计算

14.1 一般规定

14.1.1 计算河段的划分和断面布设，是水力学计算中一项十分重要的基础工作。本条对水库及河道水力学计算河段的划分和断面布设提出了一些共性的原则要求，主要目的是为了保障计算精度和提高计算效率，使计算成果尽可能符合实际。

14.1.2 水库及河道水力学计算中糙率的选取直接影响计算成果的精度。糙率反映河流阻力的一个综合性系数，多年实践经验证明，较可靠的方法是根据实测的河道水面线率定。当实测资料不足时，一般采用沿程历史洪水（特别是近代的）的调查资料，并注重各调查洪水成果（水位和流量）的合理性分析，拟定调查洪水水面线，以此作为率定河段糙率的依据。当实测和调查水面线资料都缺乏时，一般根据河道地形、地貌、河床组成等实际情况或对照类似河道的资料分析选用。

当河道较长，各河段的实际情况差异较大时，需分段确定河道的糙率。对于同一个断面，不同水位条件下的河床组成差异较大，有条件时需研究不同水位（流量）条件下的糙率。对于复式断面，一般要分别确定主槽和滩地的糙率。

14.2 水库回水

14.2.1 水库回水曲线是库区淹没实物指标调查的依据，不同淹没对象的设计洪水标准可见 SL 290《水利水电工程建设征地移民安置规划设计规范》中的规定。

14.2.2 移民安置规范 SL 290 规定水库移民安置迁安的洪水标准为 20 年一遇。故当水库承担下游的防洪任务小于等于 20 年一遇时，一般按下游的防洪要求进行水库调洪计算，据以推求用于回水计算的坝前水位。当水库承担下游的防洪任务高于 20 年一

遇洪标准时，需研究水库因承担下游较高防洪标准的防洪任务而增加的临时淹没对库区移民的影响，分析增加临时淹没的概率、范围和实物指标，经比较论证后选择用于回水计算的坝前水位。

14.2.5 流量的沿程变化，通常可以按下列方法进行计算：

(1) 坝址流量减去库区有流量资料的所有支流流量和库尾断面流量后的差值（以下简称流量差值），按下列三种情况进行各断面之间下游断面流量增加值的计算：

若库区水面宽度沿程变化不大，则两断面间距与库区长度的比值乘以流量差值为两断面间下游断面的流量增加值。

若河宽沿程变化较大，则两断面间水面面积与全库区水面面积的比值乘以流量差值为两断面间下游断面的流量增加值。本方法中的水面面积不包括支流水面面积。

若沿程水库槽蓄量变化较大，则两断面间的楔形库容与全库区楔形库容的比值乘以流量差值为两断面间下游断面的流量增加值。

(2) 两相邻计算断面间有支流汇入，下游断面的流量值等于上游断面流量、支流流量与断面间流量增加值三者之和；两相邻计算断面间无支流汇入，则下游断面的流量值等于上游断面流量与断面间流量增加值两者之和。

14.2.6 多沙河流特别是淤积影响严重的水库，不同淤积水平年的淤积量和沿程回水水位均有较大的变化，库区淹没处理也可能采用分期处理方案，因此需要做几个不同水平年的淤积回水计算。泥沙淤积严重的水库，回水计算采用的糙率一般通过对类似河道上已建工程的实测或调查资料分析确定。

14.2.8 一般可以用实测和调查洪水水面线与推算的建库前天然水面线进行对比，分析所用资料及计算方法的合理性，并根据回水计算成果，点绘回水水面线，分析检查各种坝前水位及库区流量组合条件下的回水曲线变化趋势的合理性，以下是归纳的一般规律可供检查时参考：

(1) 建库后，库区回水位应高于天然情况下同一流量的水

位，而水面比降则相对平缓。

(2) 同一坝前水位，较小流量的水面线应低于较大流量的水面线。同一坝前水位，流量愈大，坡降愈陡，回水末端距坝愈近；流量愈小，坡降愈缓，回水末端距坝愈远。

(3) 同一流量，坝前水位较高的水面线应高于坝前水位较低的水面线，且坡降较缓、回水末端距坝较远。

(4) 同一流量、两个不同坝前水位时，距坝愈远，两种水面线的水位差愈小。

(5) 同一坝前水位和流量时，回水水面线愈近坝址愈平缓，愈远离坝址愈急陡。

14.2.9 由于水库回水和天然水面线是无限渐近的关系，加上水文资料、河道断面、糙率、计算方法等都影响回水计算的精度，所以本条规定了回水末端的截止范围。对于淹没处理中如何确定回水末端位置，按有关的规定执行。一般来说，回水末端需位于计算范围内，否则需增加向上游的计算范围和断面。

14.3 水电站日调节下游非恒定流

14.3.1 水电站日调节下游非恒定流计算，是确定堤岸、取水口高程，论证发电、航运、供水、灌溉等安全运行的根据，需要考虑到各种较恶劣的组合情况拟定计算条件。

(1) 为分析对下游航运的影响，一般选择设计水平遭遇枯水年份，水电站担任最大工作容量月份的典型日负荷和月平均出力最小月份的典型日负荷作为依据，以分别求得下游航道受非恒定流影响范围及变幅的最大值和下游航深的最小值。

(2) 为分析对下游引水渠首的影响，一般选取引水量最大月份及水电站月平均出力最小月份的典型日负荷为依据。

为了分析可能遭遇的极限情况，一般以正常蓄水位和死水位作为日调节计算所采用的水位；当水库调节能力为年调节或多年调节时，可以不考虑日调节中库水位的变化，对于仅有日调节能力的水电站，需要考虑日调节库水位变化对下泄量的影响。典型

日逐时流量过程的计算，可以依据典型日负荷给定的电站日出力过程和库水位，按水电站出力计算公式推求；当需考虑库水位变化、下游水位顶托或降落影响时，需要进行试算求解。

14.3.3 计算条件直接影响非恒定流计算结果的精度，需要慎重分析选取。

(1) 断面间距的选取，一般情况下，近坝段可以按 0.1~2km 选取，远坝段可以按 1~3km 选取，视具体情况与要求而定。

(2) 一般情况下，水位低时糙率随着水位变动有较大的变化，为力求计算结果的合理、准确，需要分析河段糙率随河段水位（流量）变化而变化的关系。

14.3.4 对计算成果，需要进行合理性检查，并且分析是否满足影响范围内堤防安全、航运、引水渠首等的要求。若不能满足要求，可以研究采取降低水电站日调峰幅度或其他工程措施。当影响河段水力因素复杂，电站日负荷变化剧烈且有关部门对河段内局部流态或瞬时极限流态要求较高时，需要进行模型试验并与计算成果相互校验。

14.4 水库溃坝洪水

14.4.1 根据水利部印发的《水库大坝安全管理应急预案编制导则（试行）》（水建管〔2007〕164号），溃坝是水库大坝突发事件之一，溃坝后果分析是应急预案编制的重要内容。

溃坝风险可以采用洪水风险图进行评估，洪水风险图可按照 SL 483—2010《洪水风险图编制导则》中的相关要求进行绘制。

14.4.2 瞬时溃决，一般发生在重力坝或拱坝，其溃决时间很短。重力坝溃决原因以基础破坏为多，其溃口形状呈矩形；拱坝破坏最初发生在基岩地质薄弱处，继而导致全部溃决；连拱坝一般由于支墩不起支撑作用时而全部溃决。逐渐溃决一般发生在土石坝，主要由管涌和漫顶的冲蚀引起。根据有关调查，发生的溃坝事件中，土石坝约占 1/2，重力坝约占 1/4，拱坝等其他结构

坝型占 1/4。

关于溃口的形状大都根据经验确定。对于土石坝的溃口宽度，有铁道科学研究院推荐的经验公式、黄河水利委员会经验公式、中国水利水电科学研究院经验公式等供参考选用，详见 SL 451—2009《堰塞湖应急处置技术导则》附录 A。

14.4.3 若溃决原因由洪水引起，一般根据洪水与溃坝量级的比较，分析溃坝后是否要计入上游来水；若溃坝原因不是由洪水引起，溃坝流量可以不计入上游来水。

14.4.4 溃口水流条件模拟是溃坝洪水计算的重要内容。计算中口门水流流态有临界流和淹没流两种情况，各个时段需要根据上游、下游水位与流量进行流态判别，然后分别进行计算。

水库溃坝洪水计算一般采用数学模型法，若资料缺乏时可以采用简单公式法。坝址溃口最大流量计算的公式较多；溃口流量过程线的计算有概化流量过程线法和模型法，目前大多采用模型方法，概化流量过程线法根据溃口最大流量、溃坝前下泄流量和可泄库容将流量过程线概化为四次抛物线。上述具体的计算方法可以参考武汉大学主编的《水力计算手册（第二版）》（中国水利水电出版社 2006 年出版）。

目前解决水库溃坝洪水问题有数学模型、溃坝模型试验以及两者相结合等三种途径。数学模型法具有简捷、经济的优点，并能近似地解决水库坝体溃决后的有关问题，因此是目前常用的方法。水工模型试验一般能得到较可靠的成果，而正态模型试验成果又较变态模型试验更接近实际情况，但所需要的场地和费用较多。溃坝模型试验的方法、条件等可参考 SL 164《溃坝洪水模拟技术规程》及 DL/T 5360《水电水利工程溃坝洪水模拟技术规程》中的相关规定。

14.5 河道洪水演进

14.5.1 河道洪水演进计算主要解决洪水向下游传播过程中的变形问题，即由入流断面的流量过程，考虑沿程河道形态变化以及

涉水工程、分洪工程、涵闸等对水流的影响，求解河道内沿程流量（或水位）过程；当洪水演进存在明显的二维特征时，需要求解平面上水位、流速的分布情况。河道洪水演进计算成果可以作为防洪工程规划设计的基本条件之一，也是防洪工程体系调度方案研究中的重要依据。洪水演进计算也是洪水风险分析计算的主要手段之一。

14.5.2 河道洪水演进计算本质上属于明渠非恒定流计算问题。水文学方法是圣维南方程组的简化求解方法，主要是依据已有实测洪水资料，分析其变化规律，建立数学模型并推算相关参数求解，如马斯京根法、连续平均法、特征河长法、汇流曲线法等；一维水力学方法本质上是通过各种数值计算方法求解圣维南方程组；二维洪水演进模型方法是对流速垂向平均的 Navier - Stokes 方程进行数值求解。

水文学方法具有概括性强、较直观、易于掌握等优点；水力学方法模拟结果更精细，但资料要求高，糙率取用的难度大，其计算精度取决于观测资料的精度。目前随着数值计算技术的快速发展和地形、水文等资料的积累，水力学方法已得到大量应用。

计算方法的选择，一方面要考虑河道特性和依托资料的精度，另一方面要考虑计算成果的要求及计算结果的可靠性。

14.5.3 由于平面二维水力学模型计算量随着网格个数增加而成倍增加，所以网格剖分需要根据计算目的和精度的要求，考虑到计算工作量（效率）和计算精度之间的平衡。

14.5.4 计算时段的选取需要考虑洪水特征，洪水过程变化剧烈时，计算时段应尽量短；洪水过程变化平缓时，计算时段可以长一些，但一个计算时段不能跨越涨水和退水过程。

14.5.5 采用水文学方法时，可能出现部分控制断面初始条件缺乏的情况，一般根据对以往洪水过程的分析，合理推算确定，但所有计算断面初始条件应满足同时性。采用水力学方法时，当缺乏可靠的初始值时，可以采用初始时刻边界条件进行恒定流计算的水位和流速结果作为初始值。

14.5.6 河道洪水演进模型的适用性及其计算精度的提高，有赖于实测资料的校验。一般采用汛期的实测水位过程线和整编流量过程线进行校验，资料缺乏时也可以采用控制站的水位流量关系进行检验。校验的主要参数包括洪水过程的一致性、洪峰水位（流量）的误差、洪峰出现时间的误差、洪水过程中时段洪量的误差等。当误差出现系统性偏差时（沿程均偏大或偏小），需要检查模型概化是否合适，必要时需对概化方法进行改进。

14.6 感潮河段水力学

14.6.1 感潮河段水力学计算的内容一般有：

（1）模拟潮汐、潮流和径流在河段内的运动和分布，研究潮波运动特性。

（2）复演计算河段内的潮位、流量、流速、潮量、汊道分流比等水力要素过程，反映水力要素的规律。

（3）计算河道整治、码头等水利工程对河段水力要素的影响。

（4）预报和插补水力资料，为规划和设计提供水力学参数。

14.6.2 感潮河段非恒定流计算数学模型、计算方法及需要的专用资料说明如下：

（1）各种数学模型的适用对象为：①一维模型一般用以求解河段内水力要素的纵向分布和治理工程或其他水工建筑实施后河道内水力要素的沿程变化，计算结果可以提供各断面的潮位和流量过程；②二维模型用以解决一维不能或难以反映的水力学问题，可以求解水力要素的平面分布，分析治理工程或其他水工建筑物实施后河道内水力要素在平面上的分布变化，提供各网格点（或单元）的水力要素过程；③一维、二维联解模型用以同时求解河口及其上游河段或河网的水力要素，一般在河口地区按二维计算，在上游河段或河网按一维计算，一二维模型连接处需要进行水量和动量交换。

（2）感潮河段非恒定流计算方法，可以根据不同的计算条件

进行选择：①一维模型常用的计算方法有显式差分法、隐式差分法和特征线法等；②二维模型常用的计算方法有显式差分法、隐式差分法、交替方向隐格式法（ADI法）和特征线法等；③在有涌潮发生的感潮河段一般优先采用特征线法；一维感潮河网计算中一般采用四点隐式差分格式；④当计算河段存在侧向旁流时，需要在连续方程中考虑旁流量的影响；对于分汊河段和河网计算，需要在汇流点和汊点补充潮位、流量相容方程，一般可以按水位相等、水流连续考虑；⑤对某些特殊情况的计算，也可以采用其他水力学计算方法。

（3）感潮河段非恒定流计算要求的资料较多，除本标准第3章中的相关规定外，另外需要的专用资料如下：①地形资料：二维数学模型需要具有与研究时段同期的河道地形图，其范围应包括数学模型的计算区域，两岸范围需要包括最高潮位之下区域，计算边界基本不受规划设计工程实施的影响。地形图的比例尺可以根据要求的计算精度和河流的大小、数学模型的网格尺度选定，一般可以采用1:1000~1:25000，计算范围越小，比例尺度越大。②水文资料：需要有能反映感潮河段水文特征的若干站、各测流断面的同步潮位、断面流速、流向、流量过程及汊道分流比，并需满足相关规范的要求。③气象资料：计算区域范围同步的风、降雨、蒸发过程。

14.6.3 感潮河段非恒定流计算的时间、空间步长一般根据计算方法、计算精度要求等确定。

1 空间步长：一维计算中相邻河段长度之比一般应小于5；二维计算中允许采用不等边的矩形网格，也可以采用不等距网格，网格长宽比一般小于5；同方向相邻大、小网格边长之比一般小于1.5；任意三角形、四边形网格应避免网格角度过小、网格畸形等情况。

2 时间步长：以能正确反映潮波的传播变化为宜。显式差分法在满足柯朗条件下，时间步长宜尽量加大以提高计算效率。

4 边界条件不能全部采用流量或流速过程。

14.6.4 感潮河网内河道复杂，在进行非恒定流计算时常需加以概化，但需要注意不能忽略主要的部分。河网槽蓄曲线是计算中应用的重要数据，概化时需要使其与实际的槽蓄曲线基本一致，这也是模型验证的重点。

14.6.5 通常情况下，验证不少于两组水文组合，并包含与计算目的相同或相类似的水文条件，模型验证精度采用：

(1) 潮位：相位误差小于潮汐周期的 $1/12$ 或 1h，峰谷值误差不大于 10~20cm，单站检验合格率不低于 85%。

(2) 流速：相位误差小于潮汐周期的 $1/8$ 或 1.5h，峰谷值误差绝对值一般不大于涨落潮最大流速绝对值之和的 10%~20%，单站检验合格率不低于 80%。