

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程施工组织设计规范

SL 303—2017

条文说明

目次

1 总则	153
2 施工导流	154
3 料源选择与料场开采	278
4 主体工程施工	284
5 施工交通运输	332
6 施工工厂设施	345
7 施工总布置	374
8 施工总进度	386
9 施工劳动力及主要技术供应	445
附录 A 施工组织设计工作的依据和所需资料	446
附录 B 导流标准确定的风险度分析法	447
附录 C 天然建筑材料设计需要量计算	449
附录 D 岩土开挖级别划分及洞室开挖通风指标	450
附录 E 混凝土施工温度控制	451
附录 F 施工交通运输主要技术标准	454
附录 G 施工工厂设施	458
附录 H 施工总布置堆场和仓库面积计算	466
附录 I 土石方填筑工程和混凝土工程受气象 因素影响的停工标准	467

1 总 则

1.0.1 施工组织设计是水利水电工程设计文件的重要组成部分；是编制工程投资概（估）算的主要依据和编制招标设计阶段设计文件的主要参考，是工程建设和施工管理的指导性文件。认真做好施工组织设计对正确选定坝址、坝型、枢纽布置、整体优化设计方案、合理组织工程施工、保证工程质量、缩短建设周期、降低工程造价都有十分重要的作用。本标准是在总结 SL 303—2004《水利水电工程施工组织设计规范》颁布 10 余年来我国水利水电工程施工组织设计实践经验的基础上，对原标准修订而成的。修订的目的是为了适应市场经济条件下水利水电工程施工组织设计的需要，统一设计标准和技术要求。为此要求水利水电工程施工组织设计做到安全可靠、技术先进、经济合理、实用性强等几个方面的要求。但对这几个方面的要求，不能只强调其中某个方面而忽视其他几个方面。

1.0.2 本标准沿用了原标准的适用范围，项目建议书、可行性研究设计阶段和招标设计阶段的施工组织设计时，可参照执行。条文中提到的大、中型水利水电工程，其划分标准按 SL 252 中的规定执行。

1.0.3 强调水利水电工程施工组织设计需积极推广新技术、新材料、新工艺和新设备；凡经实践证明技术经济效益显著的科研成果，最好采用。

1.0.5 水利水电工程施工组织设计中需全面掌握工作依据、所需资料，为此专门将其列入附录 A。

2 施 工 导 流

2.1 一 般 规 定

2.1.1 本条主要强调施工导流设计的重要性。施工导流是水利水电枢纽工程总体设计的重要组成部分，是选择枢纽布置、永久建筑物型式、施工程序和施工总进度的重要因素。施工导流是水利水电工程施工过程中对江河水流进行控制的简称，是为了创造干地施工条件，将原河水通过适当的方式导向下游的工程措施。施工导流设计包括导流、截流、拦洪度汛、下闸蓄水等，其内容多、程序复杂，与枢纽布置和主体工程施工密切相关。因此，在坝址比较和枢纽布置方案研究时，需将施工导流视为总体设计的重要组成部分；在编制施工总进度时，需要首先研究导流方案，并控制好截流、度汛、下闸蓄水、封堵等关键环节。在充分掌握基本资料进行导流方案比较的基础上，选择出技术可行、经济合理的设计方案，使工程达到安全可靠、工期短、投资省、效益高等目标。

2.1.2 施工导流从时间上可分为初期导流、中期导流和后期导流三个阶段，通常将坝体临时挡水以前时段划入初期导流阶段（即围堰挡水阶段），坝体临时挡水至导流泄水建筑物完全封堵时段划入中期导流阶段，导流泄水建筑物完全封堵后、永久泄洪设施具备运用条件至工程完建划入后期导流阶段。施工导流设计不仅要解决初期导流问题，而且要妥善解决施工全过程的挡水、蓄水、泄水问题，初期、后期导流密切相关，既要重视初期导流也需要重视后期导流。中、后期导流设计涉及的内容往往随工程情况不同而异，对大中型拦河坝一般包括坝体临时挡水、导流泄水建筑物封堵和水库蓄水等几个阶段；对中小型闸、坝工程，可能不存在坝体临时挡水问题。但工程施工导流全过程是一个不可分割的有机整体，设计中需要统筹规划、合理安排，才能设计出安

全可靠、技术可行、经济合理、实用性强的导流方案。

2.1.3 与原规范相比,对于大型工程及水力条件复杂或有综合利用要求的中型工程,仅靠水力计算难以准确反映导流建筑物运用过程中的情况,或在导流期间有其他特殊要求时,则需要在设计过程中进行必要的导流模型试验,以验证和改善工程布置。

2.2 施工导流标准

2.2.1 条文中导流建筑物级别划分与 SL 252 的规定一致。本标准划分导流标准的特点主要有:导流建筑物划级不划等,并将导流建筑物划分为三级;在划分级别时,各施工阶段导流建筑物的级别需要视其服务对象的重要性不同而有所区别,并严格控制最高级别出现。导流建筑物属短期使用的临时性工程。为了节约投资,在拟定划级所依据各种指标时,指导思想是将绝大部分导流工程划为 4 级或 5 级,对划为 3 级导流建筑物的指标控制较严格。具体导流建筑物划分时可按照表 1 进行选择。

表 1 导流建筑物级别划分

级别	保护对象	失事后果	使用年限 /年	导流建筑物规模	
				围堰高度/m	库容 / 亿 m ³
3	有特殊要求的 1 级永久性水工建筑物	淹没重要城镇、工矿企业、交通干线或推迟工程总工期及第一台(批)机组发电,造成重大灾害和损失	>3	>50	>1.0
4	1 级、2 级永久性水工建筑物	淹没一般城镇、工矿企业或影响工程总工期及第一台(批)机组发电而造成较大经济损失	≤3, ≥1.5	≤50, ≥15	≤1.0, ≥0.1

表 1 (续)

级别	保护对象	失事后果	使用年限 /年	导流建筑物规模	
				围堰高度/m	库容 / 亿 m ³
5	3 级、4 级永久性水工建筑物	淹没基坑,但对总工期及第一台(批)机组发电影响不大,经济损失较小	<1.5	<15	<0.1

注 1: 导流建筑物包括挡水和泄水建筑物,两者级别相同;
 注 2: 表列四项指标均按导流分期划分,保护对象一栏中所列永久性水工建筑物级别系按 SL 252 划分;
 注 3: 有、无特殊要求的永久性水工建筑物均系针对施工期而言,有特殊要求的 1 级永久性水工建筑物系指施工期不应过水的土石坝及其他有特殊要求的永久性水工建筑物;
 注 4: 使用年限系指导流建筑物每一导流分期的工作年限,两个或两个以上导流分期共用的导流建筑物,如分期导流一期、二期共用的纵向围堰,其使用年限不能叠加计算;
 注 5: 导流建筑物规模一栏中,围堰高度指挡水围堰最大高度,库容指堰前设计水位所拦蓄的水量,两者应同时满足。

对表 1 中四项指标说明如下:

(1) 保护对象是永久建筑物,其级别作为划分导流建筑物级别的依据之一,各级永久建筑物相应的临时建筑物级别一般划为 4~5 级;只有同时满足表 1 中 3 级导流建筑物一栏两项以上指标,其导流建筑物级别才有条件研究提高到 3 级的可能性。

(2) 失事后果一栏很难用定量指标体现。美国土木工程学会大坝分级标准,将失事后果按人口死亡和灾害划分三级。英国土木工程学会按人口死亡和财产损失划分为四级。俄罗斯等一些国家提出施工期按成本分类划分等级。本标准将围堰失事后带来的经济损失按其程度划为重大、较大和较小三级。失事后果的定量分析方法尚不成熟,暂不列入标准。

(3) 使用年限系指各施工阶段导流建筑物的运用年限,围堰挡水期越长,遭遇洪水破坏的可能性越大,承担的风险也就越

大。目前，国内外大型水利水电工程主体工程施工期（从基坑开挖到发电）为5~7年，一般工程大约为3年。故将3级导流建筑物使用年限定在3年以上，4级导流建筑物的使用年限框为1.5~3年，5级导流建筑物使用年限定为1.5年以内。在以往使用过程中，曾出现这样的问题：某工程是汛前完成截流，围堰使用不到1.5年就失去作用。虽然使用时间短，但却跨越了两个主汛期。导流建筑物的最危险工况一般出现在汛期，导流建筑物经过一个完整的汛期定为一个使用年。

(4) 围堰工程的规模用围堰高和堰前库容来衡量，本标准规定工程规模的上限为围堰高大于50m、库容大于1亿 m^3 ，两项指标要同时满足。在使用时，实质上是由较低指标控制，在平原地区河流上往往是堰高控制，高山峡谷区河流则多受库容控制。导流泄水建筑物的规模实际上受围堰规模控制。对于覆盖层上修围堰的情况，基坑开挖后覆盖层的厚度不计入堰高，围堰堰高采用覆盖层建基面以上堰体最大填筑高度。但需要根据围堰堰脚至基坑边缘的距离，具体分析复核基坑覆盖层开挖边坡对围堰边坡稳定性的影响，研究处理措施。

(5) 同一导流建筑物的不同部位因作用不同应有差别，如混凝土纵向围堰的上段、中段和下段，若中段与坝体结合，上段、下段则需要分别拟定不同的级别。

2.2.3 本标准规定临时建筑物划分为3个级别，但大江大河上修建的巨型水利水电工程，由于导流建筑物规模大，允许个别特殊工程经充分论证，报主管部门批准后可另行确定。例如：长江三峡工程二期上游土石围堰最大高度达82.5m，拦蓄洪水量达20亿 m^3 ，使用年限为5年，围堰失事后将威胁下游葛洲坝工程和宜昌市的安全，并延误三峡工程建设工期，推迟发电和造成长江断航，后果严重，经论证和批准，二期土石围堰按2级建筑物设计。

2.2.4 本条规定有下列几个方面的含义：

(1) 在不同导流分期，导流建筑物可能有不同级别。

(2) 同一导流分期（阶段）的导流建筑物，可能因作用和型式不同，其级别也可能不一样，如上游围堰、下游围堰、纵向围堰就可能采用不同级别。

2.2.5 本条规定调整导流建筑物结构设计级别需要具备的条件。

本条第1款对于导流建筑物级别提高至2级时，按照2.2.3条的规定其洪水标准需要经充分论证后报主管部门批准。

本条第3款说明在特殊情况下不要限制过死。仅从下列两种特殊情况阐明：

(1) 长距离引水式电站。例如宝兴水电站为长距离引水式电站，引水枢纽至电站厂房相距18km，其间河道无重要城镇，其拦河坝枢纽工程施工工期为2年，但厂房及引水洞工程施工工期3年，故坝体施工不占直线工期，其围堰堰高不到10m。按原标准表2.2.1划分除使用年限大于1.5年以外，其他指标均为5级建筑物，但“以最高级别为准”则导流标准应为4级建筑物，洪水重现期10~20年。然而实际选择5级建筑物，洪水重现期为5年，其导流量和导流工程规模比前者可减少一半，而且若遇超标洪水时，除需重建围堰，清理基坑，延长3个月工期外不会影响第一台机组发电，也无其他不利，尚可节约大量投资。类似的工程还有西藏沃卡水电站等。

(2) 抽水蓄能电站。抽水蓄能电站水库往往利用山区垭口围建而成，无天然径流，洪水由暴雨汇集而成，坝体和进出口施工期如修建围堰，其级别则不要限制过死。

2.2.6 采用过水围堰允许基坑淹没的导流方式在国内外得到广泛运用，让河流最大洪峰流量通过围堰或施工中的坝体，事实证明是既经济又可行的。

过水围堰特点是既挡水又泄水，过水围堰的级别，我国惯例的设计方法是对应永久建筑物的等级即可确定围堰级别，此标准主要用于堰体稳定和结构计算。本条规定按表1确定过水围堰级别，一般情况下因挡水期围堰较低，库容较小，所定级别不会高于4级，这符合我国实际设计施工情况。

2.2.7 导流泄水建筑物的永久封堵体实际上是枢纽挡水建筑物的组成部分。在确定导流隧洞施工支洞封堵体的建筑物级别时，共分为下列两种情况：

(1) 穿过大坝防渗帷幕的支洞封堵体级别需与坝体相同。

(2) 其余情况下，支洞封堵体的设计级别需与所在的泄水建筑物相同。

2.2.8 导流泄水建筑物为临时建筑物，保护其施工的进出口围堰使用时间一般较短，且围堰挡水期间通过原河床过流，因此选用较低的设计级别比较符合实际。

2.2.9 库水位以下的预留岩塞是一种特殊围堰。一般适用于已建水库内新建供水取水口、排沙或泄洪洞进口时，水库水位无法降低，或降低对周边环境、经济效益影响较大，且修建围堰的难度大，经专题论证可采用预留岩塞挡水，最终采用水下爆破拆除。

2.2.10 按照施工导流的挡水、泄水和封堵蓄水等特点划分，设计洪水标准主要分导流建筑物设计洪水标准、坝体施工期临时度汛设计洪水标准、导流泄水建筑物封堵后坝体度汛设计洪水标准等情况。按照 SL 252 的规定，具体参照表 2 进行划分。

表 2 导流建筑物洪水标准划分

导流建筑物类型	导流建筑物级别		
	3	4	5
	洪水重现期/年		
土石结构	50~20	20~10	10~5
混凝土、浆砌石结构	20~10	10~5	5~3

在整个施工导流期，与施工设计洪水标准有关的设计工况有：围堰挡水期，过水围堰的基坑过流期，蓄水前坝体临时挡水度汛期（围堰已失去作用，汛后坝前基坑不再抽水），导流建筑物封堵期，水库蓄水后坝体挡水度汛期等。导流建筑物设计洪水标准做以下几方面说明：

(1) 设计洪水标准：根据导流建筑使用时间较短的特点，采用一个设计标准，使用起来方便。

(2) 导流建筑物类型的影响：混凝土结构抵御洪水的能力远比土石结构强，因而土石围堰的设计洪水标准较同级混凝土围堰要求高。1988 年 8 月，广西岩滩水电站二期碾压混凝土围堰经受了 $19100\text{m}^3/\text{s}$ 的超标洪水考验。福建水口水电站三期碾压混凝土围堰也在 1992 年 7 月经受了 50 年一遇的大洪水考验。由于两个工程的洪水预报比较及时，基坑过水后损失甚微。相反，龙羊峡水电站的土石围堰在 1981 年遇到 100 年一遇的特大洪水时，堰顶溢洪道下游出现了较大的险情。

(3) 强调初期导流阶段，导流泄水建筑物与围堰的设计洪水标准应相同，同一导流阶段采用相同的设计洪水标准以统一各导流建筑物的设计高程，按主要挡水建筑物统一确定设计洪水标准是通常采用的方法。只有上、下游围堰的规模相差悬殊，承受的安全风险相差很大时，上、下游围堰才采取不同的设计洪水标准，如三峡、二滩、水口等工程的上游围堰设计洪水标准均高于下游围堰。

(4) 从经济和安全因素考虑，围堰的设计洪水标准要考虑运行时间因素。两个同等规模的围堰工程，使用时间分别为 1 年和 2 年时，对应的设计洪水标准有差别。

(5) 导流洪水设计标准是确定导流建筑物规模的依据，其选择原则是：在主体工程施工期，要有一定的安全向，同时又要经济合理。

(6) 同一导流泄水建筑物分属于不同导流阶段时，要根据其所处的导流阶段选用相应的设计洪水标准。

(7) 对于大型或有特殊要求的水利水电工程可参照附录 B 的方法进行分析。导流标准风险决策的内容主要有最大单位风险度效益率法和最小期望损失决策法等，目前由于施工导流风险度理论在实践中并未完全成熟因此本标准未作强制性规定。

我国若干已建和在建水利水电工程导流标准统计见表 3。

表 3 我国已建和在建水利水电工程导流标准统计表

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
1	丹江口	混凝土宽缝重力坝	1	分期导流	IV	一期低土石围堰	13	初期	8060	5590
								20(5月)	34500	5770
								20(全年)	47000	—
2	富春江	混凝土重力坝	2	分期导流	IV	二期土石围堰	45	中期	52000	—
								设计20(全年)	18400	10800
								校核50(全年)	10160	—
3	刘家峡	混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	三期木笼戗石围堰	—	20(枯水期)	8550	—
								10(全年)	4700	5350
								20(全年)	9650	5680
4	龚嘴	混凝土重力坝	1	明渠导流	IV	木板心墙堆石围堰	35	初期	10600	—
								50(全年)	2130	—
								10(枯水期)	5450	4200
5	青铜峡	混凝土重力坝	2	分期导流	IV	二期草土、土石混合围堰	17.5	设计20(全年)	5450	5940
								校核50(全年)	6200	—
								10(枯水期)	—	—

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
6	碧口	黏土心墙坝	1	隧洞导流	IV	围堰与坝体结合	—	初期	14年实测最大	1310
7	八盘峡	混凝土闸坝	2	分期导流	IV	一期土石围堰	—	初期	经刘家峡调查后	3680
								设计20(全年)	5500	—
								校核50(全年)	2910	—
8	白山	混凝土重力拱坝	1	明渠导流	IV	土石围堰	28	初期	10(枯水期)	—
								10(全年)	5800	—
								100(全年)	11800	—
9	葛洲坝	混凝土闸坝	1	分期导流	IV	二期上游土石围堰	42	设计10(全年)	66800	72000
								校核20(全年)	71100	—
								保堰125(全年)	86000	—
10	鲁布革	心墙堆石坝	2	隧洞导流	IV	围堰与坝体结合	—	初期	20(全年)	—
								50(全年)	4260	—
								100(全年)	4910	—

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
11	乌江渡	混凝土拱形重力坝	1	隧洞导流	IV	混凝土拱围堰	38	初期	挡水 10 (11月—4月) 1500	—
									过水 10 (全年) 9700	
								中期	20 (全年) 11000	
									50 (全年) 13000	
								后期	20 (全年) 14600	
	50 (全年) 15100									
12	铜街子	混凝土重力坝	1	明渠导流	IV	一期土石围堰 二期土石围堰	17 29		20 (全年) 9200	—
								中期	50 (全年) 10300	
								后期	500 (全年) 13100	
13	安康	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	一期土石围堰 二期混凝土拱围堰	— 32		10 (11月 1 日— 5 月 15 日) 4700	19200
									10 (11月 1 日— 5 月 15 日) 4700	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
13	安康	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流		三期			10 (11月 1 日— 6 月 30 日) 9200	19200
								中期	20 (全年) 22200	
									50 (全年) 25200	
								后期	设计 100 (全年) 28100	
									校核 200 (全年) 35700	
14	江垓	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	碾压混凝土过水围堰	20.5	初期	挡水 10 (10月—4月) 2100	
								中期	过水 10 (全年) 5870	
									50 (全年) 8470	
								后期	100 (全年) 9380Z	
15	东风	混凝土双曲拱坝	1			土石过水围堰	17.5	初期	挡水 10 (11月—4月) 1350	5140
									过水设计 10 (全年) 7290	
								校核 20 (全年) 8430		

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
15	东风	混凝土 双曲拱坝	1			土石过水围堰	17.5	设计 20 (全年)	8430	
								校核 50 (全年)	9880	
								设计 50 (全年)	9880	
								校核 100 (全年)	11000	
16	砂溪口	混凝土重力坝	2	分期导流		混凝土与砌石 上游土石围堰 下游土石围堰	40.9	一期	13900	
								二期	18500	
17	隔河岩	混凝土 重力拱坝	1	隧洞导流	IV	碾压混凝土 过水围堰	43.5	初期	3000	
								中期	12000	
18	漫湾	混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰	64.3	初期	9500	8300
								中期	11600	
								后期	5650	
19	龙羊峡	混凝土 重力拱坝	1	隧洞导流	III	混凝土心墙 堆石围堰	53	初期	4100	5570
								中期	4720	
								后期	4720	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
20	水口	混凝土重力坝	1	明渠导流	IV	三期上游横向 碾压混凝土围堰 四期封堵导流底孔	39	枯期 10 (10月—2月)	7000	10750
								设计 20 (全年)	28400	
								校核 50 (全年)	32200	
								保堰 100 (全年)	35000	
21	二滩	混凝土重力坝	1	隧洞导流	III	土石围堰	56	10 (全年)	25200	31300
								3月上、下旬, 10%	3110~ 3730	
								二期 100 (全年)	35000	
								三期设计 20 (全年)	28400	10500
								校核 50 (全年)	32200	
								设计 30 (全年)	13500	
								保堰 50 (全年)	14600	
								100 (全年)	16000	
								200 (全年)	17300	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
22	万家寨	混凝土重力坝	1	分期导流	IV	一期土石围堰	12	20 (全年)	8350	—
						二期土石围堰	25.6	20 (全年)	8350	—
23	三峡	混凝土重力坝	特	二期明渠导流三期导流底孔导流	IV	一期土石围堰	42	20 (全年)	72300	—
						二期上游横向土石围堰	82.5	设计 100 (全年)	83700	—
						二期下游横向土石围堰	68.5	保堰 100 (全年)	88400	—
						三期上游横高碾压混凝土围堰	121	20 (全年)	72300	—
三峡	混凝土重力坝	特	二期明渠导流三期导流底孔导流	III	三期下游横向土石围堰	36.5	20 (全年)	72300	—	
					中期	设计 50 (全年)	83700	—		
								后期	校核 100 (全年)	—
									200 (全年)	88400

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)	
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)		
24	小浪底	黏土斜墙堆石坝	特	隧洞导流	III	均质土围堰	59	初期	100 (全年)	17340	4000
								中期	500 (全年)	24760	
								后期	1000 (全年)	26640	
25	拉西瓦	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰	45.3	初期	20 (全年)	2000	龙羊峡按后 1200
								中期	100 (全年)	2500	
								后期	设计 100 (全年)	3000	
								后期	校核 200 (全年)	3770	
26	李家峡	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰		初期	20 (全年)	2000	龙羊峡按后 1500
								中期	50 (全年)	2500	
								后期	100 (全年)	3000	
27	公伯峡	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰	38	初期	20 (全年)	2000	龙羊峡按后 1200
								中期	50 (全年)	2500	
								后期	200 (全年)	3770	
								后期	设计 200 (全年)	3770	
								校核 500 (全年)	4070		

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计			实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	导流设计	
28	溪洛渡	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	Ⅲ	碎石土斜心墙土石围堰	78	初期	32000		
								中期	34800		
								后期	37600		
29	小湾	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	Ⅲ	黏土心墙土石围堰	60.59	初期	10300		
								中期	11500		
									12500		
								100 (全年)	13100		
									14600		
								后期	14600		
30	锦屏一级	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	Ⅲ	复合土工膜斜墙土石围堰	64.5	初期	9370		
								中期	10900		
								后期	11700		

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计			实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	导流设计	
31	龙潭	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	Ⅲ	碾压混凝土围堰	82.7	初期	14700		8890
								中期	23200		
								后期	25100		
32	构皮滩	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	Ⅳ	碾压混凝土围堰	72.6	初期	13500		
								中期	21000		
									23200		
								200 (全年)	23200		
									27900		
								后期	27900		
33	大岗山	混凝土双曲拱坝	1	隧洞导流	Ⅲ	土工膜心墙土石围堰	51	初期	6190		
								中期	7040		
								后期	8120		
34	金安桥	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	Ⅲ	复合土工膜堆石围堰	62	初期	10600		
								中期	11400		
									12400		
								后期	14600		

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
35	糯扎渡	砾石土心墙堆石坝	1	隧洞导流	III	黏土斜墙土石围堰	74	初期	17400	
								中期	22000	
								后期	25100	
36	水布垭	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石过水围堰	33	初期	4190	
								中期	11600	
								后期	15500	
37	瀑布沟	砾石土心墙堆石坝	1	隧洞导流	III	复合土工膜斜墙土石围堰	47.5	初期	7320	
								中期	8230	
								后期	8770	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
38	双江口	砾石土心墙堆石坝	1	隧洞导流	III	土工膜心墙土石围堰	51	初期	4840	
								中期	5330	
								后期	5810	
								设计 200 (全年)	5810	
39	两河口	砾石土心墙堆石坝	1	隧洞导流	III	复合土工膜斜墙土石围堰	64.5	初期	5240	
								中期	6110	
								设计 300 (全年)	6080	
40	功果桥	碾压混凝土重力坝	2	隧洞导流	IV	土石过水围堰	22.5	初期	2030	
								中期	7710	
								设计 500 (全年)	6430	
41	蜀河	混凝土重力坝	1	分期明渠导流	IV	纵向草土围堰一期土石围堰二期土石围堰	8~10 27 34	初期	10300	13000
								中期	19700	
								设计 1000 (全年)	6900	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
42	梨园	混凝土面板堆石坝	2	隧洞导流	Ⅲ	土石围堰	65.5	初期	8950	
								中期	10400	
								后期	12200	
43	阿海	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	Ⅳ	土石围堰	69	初期	9800	
								中期	11200	
								后期		
44	龙开口	碾压混凝土重力坝	1	分期明渠导流	Ⅳ	一期上、下游土石围堰, 纵向混凝土围堰	55	10 (全年)	9640	
								5 (全年)	8360	
								20 (全年)	10800	
								枯期 10 (11月—4月)	2480	
								二期 30 (全年)	11500	
三期 100 (全年)	13400									

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
45	鲁地拉	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	Ⅳ	土石—碾压混凝土混合过水围堰	33.5	初期	2170	
								过水 20 (全年)	10700	
								设计 50 (全年)	12200	
								校核 100 (全年)	13400	
								200 (全年)	14500	
46	观音岩	碾压混凝土重力坝	1	分期明渠导流	Ⅳ	二期上游土石围堰	52	20 (全年)	11400	
								30 (全年)	12100	
								枯期 20 (11月—5月) 鲁地拉满发	3320	
								100 (全年)	14200	
								设计 200 (全年)	15400	
				校核 500 (全年)	16900					

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
47	景洪	碾压混凝土重力坝	1	分期底孔和缺口导流	IV	一期纵向围堰	65	10 (全年)	12700	
								20 (全年)	15100	
								100 (全年)	20800	
48	天生桥一级	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石过水围堰		挡水 20 (11月11日—5月20日)	1670	4430
								过水 30 (全年)	10800	
								设计 300 (11月—4月)	17400	
49	天生桥二级	混凝土重力坝	1	明渠导流	IV	土石过水围堰		挡水 20 (11月—4月)	1230	4310
								过水 20 (全年)	7310	
								校核 500 (全年)	18800	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
50	岩滩	混凝土重力坝	1	分期明渠底孔导流	IV	二期厂房基坑上游碾压混凝土围堰		5 (12月1日—4月15日)	1340	19100
								20 (12月1日—4月15日)	2220	
								5 (全年)	15100	
								20 (12月1日—4月15日)	2220	
51	锦屏二级	混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	土石过水围堰	堰高/过水堰高 24.5/21	中期	19700	6960
								后期	30500	
								挡水 20 (11月—4月)	1450	
								过水 20 (全年)	8850	
								20 (全年)	8850	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)	
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)		
52	珊溪	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石过水围堰	20	初期	挡水 10 (11月—4月)	1100	
								中期	过水 20 (全年)	7790	
								后期	100 (5—6月)	4890	
									100 (全年)	11500	
								设计 500 (全年)	15200		
校核 1000 (全年)	16700										
53	滩坑	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石过水围堰	堰高/ 过水 堰高 23.5/ 18	初期	挡水 10 (11月—4月)	2420	
								中期	过水 20 (全年)	10400	
								后期	200 (11月—4月)	10100	
									200 (全年)	17500	
									设计 500 (全年)	20300	
校核 1000 (全年)	22500										

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)	
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)		
54	三板溪	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰	30	初期	枯水期 20 (10月—4月)	3370	5250
								中期	设计 100 (全年)	12600	
								校核 200 (全年)	14300		
55	碗米坡	混凝土重力坝	2	隧洞导流	IV	土石围堰	28	初期	枯水期 5 (11月 1 日— 4 月 15 日)	1830	1640
								中期	设计 20 (全年)	10900	
								50 (全年)	13000		
56	向家坝	混凝土重力坝	1	分期底孔导流	IV	一期纵向围堰	20.5		20 (全年)	28200	
								二期土石围堰	50 (全年)	3200	
									100 (全年)	34800	
									200 (全年)	37600	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
57	光照	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	土石过水围堰	22	初期	挡水 10 (枯水期)	1120
								中期	过水 10 (全年)	5470
								后期	设计 200 (全年)	8740
58	洪家渡	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	上游围堰 (枯水期)	16	初期	10 (枯水期)	1260
						下游围堰 (全年)	19.6	中期	10 (全年)	3250
								后期	100 (全年)	5210
59	引子渡	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰	23.5	初期	10 (10月16日—5月5日)	1170
								中期	50 (全年)	5780
								后期	100 (全年)	6390
								设计 500 (全年)	6390	
								校核 1000 (全年)	6980	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
60	大朝山	碾压混凝土重力坝	1	隧洞导流	IV	碾压混凝土拱围堰	53	初期	挡水 5 (10月—6月)	3940
								中期	过水 20 (全年)	10300
									50 (全年)	12600
61	喜河	碾压混凝土重力坝	2	分期明渠导流	IV	一期土石草土围堰	8.5	10 (11月1日—3月31日)	880	
						二期上游土石围堰	21	10 (全年)	15000	
						三期上游土石围堰		10 (11月1日—5月15日)	3310	
								10 (全年)	15000	
								设计 50 (全年)	18900	
								校核 100 (全年)	21800	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
62	土卡河	混凝土重力坝	3	分期枯期隧洞导流	V	一期土石围堰	9.9	10 (12月-4月)	1230	6880
						一期上游碾压混凝土围堰	25.8	10 (全年)	5730	
						二期上游土石围堰	17.5	5 (12月-4月)	730	
63	天花板	碾压混凝土双曲拱坝	3	隧洞导流	IV	土石围堰	40.5	初期	2130	
								中期	2730	
64	大华桥	碾压混凝土重力坝	2	隧洞导流	IV	胶凝砂砾石过水围堰	49	挡水 10 (10月16日-5月31日)	2060	
								过水 20 (全年)	6950	
								50 (全年)	8300	
								100 (全年)	9310	
								20 (12月1日-4月30日)	1420	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
65	五强溪	混凝土重力坝	1	分期底孔导流	IV	一期上游混凝土过水围堰 二期上游碾压混凝土过水围堰	18.6 40.8	挡水	16000	21200
								过水 20 (全年)	31800	
								过水 20 (全年)	31800	
66	枕头坝一级	混凝土重力坝	2	分期明渠导流	IV	一期预留岩坝 二期上游土石围堰 三期上游土石围堰	28 30	中期	36600	30000
								后期	43400	
								10 (全年)	6080	
								20 (12月1日-5月25日)	3510	
67	沙坪二级	混凝土闸坝	2	分期明渠导流	IV	截流前预留岩坝 一期上游土石围堰 二期上游土石围堰	44.6 37 19	后期	8150	
								5 (全年)	6600	
								10 (全年)	7490	
						二期上游土石围堰		20 (全年)	8250	

表 3 (续)

序号	工程名称	坝型	永久建筑物级别	导流方式	导流建筑物级别	围堰形式	堰高/m	导流设计		实际最大流量/(m ³ /s)
								重现期/年	设计流量(调查流量)/(m ³ /s)	
68	藏水	混凝土重力坝	2	分期明渠导流	IV	一期纵向围堰	15	10 (全年)	7760	
						二期上游土石围堰	40	20 (全年)	8870	
						三期上游土石围堰	6	20 (11月—6月)	955	
69	银盘	混凝土重力坝	2	分期明渠导流	IV	一期预留岩坝	19.5	50 (全年)	10300	
						二期上游土石围堰	42.4	3 (全年)	12700	
						三期上游土石围堰	40	20 (全年)	20800	
70	卡基娃	混凝土面板堆石坝	1	隧洞导流	IV	土石围堰	42	后期	20800	
								初期	27100	
								中期	973	
71	立洲	碾压混凝土双曲拱坝	2	隧洞导流	IV	土石过水围堰	堰高 14, 过水堰高 10.7	设计 100 (全年)	1220	
								校核 200 (全年)	1320	
								后期	152	
								初期	161	
								挡水 10 (11月—5月)	1120	
								过水 10 (全年)	1260	
								20 (全年)	225	
								100 (3—5月)		

2.2.11 同期导流建筑物中如其中一部分利用永久建筑物,利用部分的结构设计标准需按永久建筑物采用,但其作为担负导流任务而言,与其他临时导流建筑物组合成一个整体,其导流设计级别需与其他临时导流建筑物级别相同,即仍需要参照表 1 进行划分,亦即导流设计洪水标准不因其为永久建筑物而提高。

2.2.12 本条主要基于考虑降低施工导流的风险。

2.2.13 位于梯级开发河流上的工程当上游有大型水库控制时坝址处的水文特点有:

(1) 年流量分配趋于均匀,枯水期的来流量较天然状态增加,但汛期的来流量较天然减少。

(2) 受上游水库的调蓄影响同频率下的天然设计洪水流量得到大幅度的削减,度汛压力得到减轻。

(3) 通过和下游区间洪水的错峰调度,达到调蓄目的。

1986 年 10 月龙羊峡水库蓄水后,黄河上游的拉西瓦、尼那、李家峡、康扬和公伯峡等水电站其 20 年重现期的施工洪水流量较天然状态下降了约 40%。贵州的构皮滩水电站在施工期通过上游的乌江渡水库预留防洪库容较天然降低洪峰流量约 2610m³/s。丰满水电站下游的永庆反调节水库施工洪水为丰满水库泄流(发电)+区间洪水组合。在建的丰满水电站全面治理(重建)工程,其施工导流标准为 20 年重现期洪水,经丰满水库调蓄的出库施工洪水流量为 2500m³/s,大幅度降低了洪峰流量。

本条在使用过程中某种频率下的水库下泄流量是否要与区间同频率的洪水叠加要分析:

(1) 两个位置是否处于同一暴雨中心。

(2) 区间发生暴雨时上游水库能否错峰调度等。

2.2.14 围堰的基础防渗墙施工大都安排在枯水期完成(一般不超过 6 个月),持续时间较短。混凝土围堰一般都在基坑抽水完成后开始浇筑,持续时间更短。不少工程的实践证明,在枯水季节围堰施工期,上游的来水设计标准适当降低(如围堰的设计标准为 20 年重现期洪水,防渗墙施工期的设计标准可取 10 年

重现期洪水),可以减少部分防渗工程量,缩短施工工期,有利围堰的度汛安全。

2.2.15、2.2.16 在我国的水利水电工程施工中,也常根据工程的水文特性和具体情况,采用枯水流量作为导流建筑物设计洪水流量。该类导流标准的围堰型式又可分为两种情况:

(1) 采用枯水期流量挡水的挡水围堰。系指工程规模小,坝基开挖、处理及坝体下部混凝土,在一个枯水期抢筑到常水位以上,在汛前坝体可达到替代围堰的挡水高程或达到拦洪度汛高程。此方法节省工期、降低设计难度、施工程序简单,工程能够顺利进行。

(2) 采用枯水期流量挡水的过水围堰。指工程规模较大,工程所在河流洪枯流量、水位变幅很大,采用全年洪水标准导流工程规模太大,费用太高,在工期上、技术上都难以实现的工程,采用低导流标准挡水的过水围堰,即只拦挡枯水期一定标准流量,超过标准允许淹没基坑的过水围堰,待坝体达到一定高程时再用坝体拦洪度汛,以降低导流建筑物规模、消减导流工程量,获得较好的经济效益。如隔河岩、岩滩、万滩、万安、五强溪、普定等工程都获得成功。

过水围堰的特点是枯水期挡水,汛期泄水。根据我国近几十年来的水利水电建设经验,土石过水围堰的高度一般不超过35m,混凝土过水围堰的高度一般不超过50m,过水围堰的级别一般为4级或5级。但过水围堰的挡水标准不要过低,以避免基坑频繁过水,保证大坝等永久建筑物有足够长的有效工期,对高坝或工程量较大的工程更要尽可能争取有较长的工期。若挡水流量降低太多,围堰过水频繁,损失工期太多以致影响施工总进度会更不经济。例如,东风、安康、乌江渡等工程均因基坑过水次数偏多,或造成工程施工困难或延长了工期。相比之下,五强溪工程导流标准选用的就比较恰当,导流标准采用枯水期(9月至次年4月)20年重现期洪水标准,流量相当全年2年重现期洪水流量,工程经过6年施工,基坑一年只过一次水,达到了工程

建设预期的目的。

在使用中要注意下列几点:

(1) 为使选定的流量符合河流的水文特性,满足安全、经济和工期要求,除按重现期确定外,当水文系列较长时也可在分析实测资料的基础上确定。

(2) 围堰过水的最危险状况不一定发生在最大洪水期,需要找出最危险流量作为控制标准。国内过水围堰设计情况汇总见表4。

2.2.17 本条主要针对天然来流情况的工程,提出有关截流设计标准。三峡工程大江截流设计流量 $Q=14000\sim 19400\text{m}^3/\text{s}$,相当于11月月平均及11月上旬 $P=10\%$ 频率最大日平均流量,实际截流流量 $Q=8480\sim 11600\text{m}^3/\text{s}$,小湾工程截流时段为2004年11月上旬(旬平均),截流标准 $P=10\%$,相应的设计流量 $Q=1320\text{m}^3/\text{s}$ 。实践证明,我国不少工程的截流标准选用相对较高,在实际中允许采用频率法以外的其他方法。

由于施工管理、施工技术和机械化水平的提高,截流经验不断丰富,目前大流量的河道截流标准有下降趋势。以往国内外多选用5~20年一遇月或旬平均流量作为截流标准,我国实际截流情况是:除极个别工程外,设计截流流量一般为实际发生的流量的1~3倍。说明我国以往截流标准普遍偏高,因此本条文未将截流标准限制过死,使用本标准时需要注意到这一点。国内外若干截流工程设计流量与实际流量对比见表5和表6。

考虑到截流戽堤不同于围堰挡水,而采用频率法确定的设计流量又往往大于实际流量,有的甚至相差悬殊,因此,有的工程采用统计分析法确定设计流量。这种方法的实质是根据历年水位资料统计出该时段内(月或旬)的历年最大、最小及平均流量,也可以根据该年的水文特性按典型年(丰水年、平水年或枯水年等)求出该时段的流量。然后,通过综合分析,确定其设计流量。也可以根据历年实测资料统计结果,选取几个可能流量,分析在其时段内出现的天数,最后确定设计流量。对于水文系列长的河流可考虑独立使用此法,一般总是和频率法配合使用。

表 4 部分过水围堰设计情况汇总表

工程名称	挡水标准	过水标准	围堰设计指标		备注
			上游土石围堰用楔形体保护, 高度 14.7m, 设计落差 2.7m, 堰顶最大水深 10m, 最大流速 9.02m/s, 单宽流量 36m ³ /(s·m)	上游土石围堰高度 17.5m, 用混凝土楔形体保护。设计落差 4.5m, 堰顶最大水深 15.6m, 最大流速 11.6m/s, 单宽流量 10m ³ /(s·m)	
天生桥二级	P=5% (枯水期) Q=1230m ³ /s	P=5% (汛期) Q=1230m ³ /s		实际过流 17 次; 累计过流 360h; 最大洪峰流量 4310m ³ /s; 过堰流量 2715m ³ /s; 最大过堰流速 9m/s	
东风	P=5% (枯水期) Q=919m ³ /s	P=5% (汛期) Q=8420m ³ /s		实际过流 18 次; 累计过流 220h; 最大洪峰流量 5140m ³ /s; 过堰流量 4250m ³ /s; 单宽流量 57m ³ /(s·m); 最大过堰流速 11.6m/s	
天生桥一级	P=5% (枯水期) Q=1670m ³ /s	P=3% (汛期) Q=10800m ³ /s	上游土石围堰高度 21m, 设计落差 5m, 最大流速 10.9m/s	1995 年过水 12 次, 历时 1926h, 1996 年过水 7 次	
隔河岩	P=5% (枯水期) Q=3000m ³ /s	P=10% (汛期) Q=12000m ³ /s	上游 RCC 围堰最大高度 43.5m, 堰顶水深 11m, 单宽流量 31m ³ /s	下游为 16m 高的过水土石围堰, 实际最大单宽流量 50.4m ³ /(s·m), 流速 11.5m/s	
岩滩	P=20% (枯水期) Q=15100m ³ /s P=58.8% (相当于 1.7 年一遇) Q=16000m ³ /s	P=10% (全年) Q=19700m ³ /s P=5% (全年) Q=31800m ³ /s	上游 RCC 围堰最大高度 52.3m 上游 RCC 围堰最大高度 40.8m	汛期基坑过水 1 次 下游为过水土石围堰, 最大堰高为 33m	
五强溪二期 蒲石河抽水蓄能电站下水库大坝二期	P=10% (汛期) Q=360m ³ /s	P=10% (大汛) Q=4180m ³ /s	上游土石围堰高度 11.5m, 用 1.5m 厚混凝土板保护。设计落差 7.3m, 堰顶最大水深 6.75m, 最大单宽流量 25m ³ /(s·m)	下游为土石围堰, 最大堰高 5.0m, 采用 1.0m 厚钢筋石笼防护	

表 5 国内部分工程设计截流流量与实际截流流量对比

工程名称	河流	设计截流流量		实际截流流量 (m ³ /s)	截流日期 (年-月)
		流量频率	流量 (m ³ /s)		
三门峡(神门)	黄河	5%中水年月平均	1000	2030	1958-11
盐锅峡	黄河	10%旬平均	860	447	1959-04
丹江口	汉江	5%最大瞬时	640	310	1959-12
刘家峡	黄河	10%旬平均	500	220	1960-01
青铜峡	黄河	统计分析结合预报	320	325	1960-10
西津	郁江	10%旬平均	1300	594	1968-02
龚嘴	大渡河	统计分析结合预报	420	448	1968-02
白山	松花江	20%旬平均	440~260	118	1976-10
大化	红水河	10%旬平均	1500	1390~1210	1980-10
铜街子	大渡河		750	850	1986-11
岩滩	红水河	10%旬平均	1900	1160	1987-11
隔河岩	清江	10%月平均	425	210	1987-11
浸湾	澜沧江		922	436	1987-11
水口	闽江		1620	1133	1989-09
李家峡	黄河	龙羊峡水电站下泄	300	620~262	1991-10
五强溪	沅水		1400	613	1991-11
大朝山	澜沧江	10%旬平均 加浸湾下泄	873~522	618	1997-11
葛洲坝大江截流	长江	统计分析结合预报	7300~5200	4800~4400	1981-01
三峡大截流	长江	频率结合统计分析	19400~14000	11600~8480	1997-11
三峡明渠截流	长江	频率结合统计分析	12200~10300	10300~8600	2002-11

表 6 国外部分工程设计截流流量与实际截流流量对比

国家	工程名称	河流名称	设计截流流量		实际截流流量 /(m ³ /s)
			流量频率	流量/(m ³ /s)	
巴西、巴拉圭	伊泰普	巴拉那河	5%	17000	8100
前南斯拉夫、 罗马尼亚	铁门	多瑙河	5%	7000	3300
波兰	符沃次瓦维克	维斯拉安河	10%月平均	1000	840~870
俄罗斯	布拉茨克	安加拉河	5%月平均	6300	2800~3500
	乌斯季伊里姆	安加拉河	5%月平均	6300	2970
	占比雪夫	安加拉河	5%月平均	12000	3600~3800

三峡大江截流与二期围堰招标设计阶段，将大江截流合龙期由 1997 年 12 月上旬提前至 11 月中旬，截流设计流量 $Q=14000\sim 19400\text{m}^3/\text{s}$ （相应于 11 月下旬及中旬 5% 频率旬最大日平均流量）。根据坝址下游宜昌水文站 1877—1996 年共 120 年实测水文资料统计资料分析，10 月 26—31 日和 11 月 1—5 日出现小于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 的年数分别为 96 年和 111 年，比例分别为 80% 和 92.5%（见表 7），说明大江截流龙口合龙时段提前到 10 月底至 11 月上旬是有可能的。1997 年 11 月 8 日，成功实现了大江截流。

表 7 宜昌站 1977—1996 年 10 月下旬—11 月上旬
实测流量统计资料

项目	日 期			
	10 月 21—25 日	10 月 26—31 日	11 月 1—5 日	11 月 6—10 日
小于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 的年数	80	96	111	119
所占百分比/%	66.7	80.0	92.5	99.2

目前水文预报科学日臻成熟，特别在枯水期，流量稳定，预报值有较高的准确性。青铜峡、刘家峡、龚嘴等工程都曾采用预报法确定截流流量。

以青铜峡水电站为例，确定截流设计流量时，既分析了实测水文资料，又考虑了预报值。根据水文预报，1960 年为中水年，2 月流量为 $210\sim 320\text{m}^3/\text{s}$ ，结合实测资料的统计分析，确定设计流量为 $300\text{m}^3/\text{s}$ 。龚嘴水电站根据 12 月下旬截流，又根据预报确定截流设计流量为 $420\text{m}^3/\text{s}$ ，实际截流时，流量为 $448\sim 420\text{m}^3/\text{s}$ ，与设计值相近。

采用预报法可取得较接近实际的结果，但是由于水文气象条件影响因素复杂，特别是长期预报尚难做到准确无误。因此，一般都是配合其他方法，通过综合分析，确定截流设计流量。

在梯级河流上截流，综合分析水文、施工、水库调度运行、发电、通航、防凌等因素后确定截流设计流量。对于上游有水库控制的情况，合龙设计流量可取上游电站的控泄流量与区间 5~10 年重现期的旬平均流量之和。以黄河公伯峡水电站为例，由于上游有龙羊峡和李家峡水库调节，2003 年 3 月中旬截流期的流量按下列要求控制：初期进占期流量取 $360\text{m}^3/\text{s}$ （李家峡一台机组发电），合龙流量取 $10\text{m}^3/\text{s}$ （李家峡水电站关机，仅考虑少量河槽渗流量），戽堤闭气后的挡水流量取 $720\text{m}^3/\text{s}$ 。

2.2.18 位于库区内的进出水口围堰具有设计水头高、拦截库容大、持续挡水等特点，这类工程设计洪水标准需要取上限值。进出水口施工期通过引水发电系统及其他泄水建筑物与下游有连通时，将危及下游城镇等安全，需要提高相应挡水建筑物的设计洪水标准。

2.2.19 根据 SL 252 的规定，当坝体填筑高程超过围堰堰顶高程时，坝体临时度汛洪水标准参照表 8 的规定选择。

表 8 坝体施工期临时度汛洪水标准（重现期/年）

坝型	拦洪库容/亿 m ³			
	≥ 10.0	$< 10.0, \geq 1.0$	$< 1.0, \geq 0.1$	< 0.1
土石坝	≥ 200	200~100	100~50	50~20
混凝土坝、 浆砌石坝	≥ 100	100~50	50~20	20~10

本条细分了临时度汛时的库容大小指标。结合近年来部分工程的实际度汛情况，将施工期混凝土坝的最高度汛标准由不小于50年重现期改为100年重现期；将施工期土石坝的最高度汛标准由不小于100年重现期改为不小于200年重现期。部分面板堆石坝采用临时度汛断面设计情况见表9。

表9 部分面板堆石坝采用临时度汛断面设计情况汇总表

工程名称	大坝设计指标	临时度汛断面设计指标	度汛标准
天生桥一级	坝高：178m； 库容：102.57亿 m ³ ； 1级建筑物	一汛临时度汛断面高程：111m； 拦蓄库容：大于20亿 m ³ ； 填筑时间：1995年5月21日至1996年5月20日； 填筑量：761m ³	$P=0.33\%$
		二汛临时度汛断面高程：121m； 拦蓄库容：大于20亿 m ³ ； 填筑时间：1996年5月21日至1996年5月20日； 填筑量：1154m ³	$P=0.2\%$
洪家渡	坝高179.5m； 库容：49.47亿 m ³ ； 1级建筑物； 500年重现期洪水	临时度汛断面高程：57m； 拦蓄库容：1.5亿 m ³ ； 填筑时间：2003年1月16日至5月26日； 填筑量：87万 m ³	$P=1\%$ ； $Q=5210\text{m}^3/\text{s}$
引子渡	坝高129.5m； 库容：5.31亿 m ³ ； 2级建筑物； 100年重现期洪水	临时度汛断面高程：70m； 拦蓄库容：0.5亿 m ³ ； 填筑时间：2001年12月3日至2002年5月20日； 填筑量：120万 m ³	$P=2\%$ ； $Q=5780\text{m}^3/\text{s}$

表9 (续)

工程名称	大坝设计指标	临时度汛断面设计指标	度汛标准
三板溪	坝高185.5m； 库容：37.48亿 m ³ ； 1级建筑物； 500年重现期洪水	临时度汛断面高程：93m； 拦蓄库容：3.7亿 m ³ ； 填筑时间：2003年12月30日至2004年4月30日； 填筑量：201万 m ³	$P=0.5\% \sim 1\%$ ； $Q=12600\text{m}^3/\text{s}$
东津	坝高88.5m； 库容：7.98亿 m ³ ； 2级建筑物	临时度汛断面高程：56.7m； 拦蓄库容：大于1亿 m ³ ； 填筑时间：1992年12月30日至1993年4月27日； 填筑量：87万 m ³	$P=1\%$ ； $Q=3630\text{m}^3/\text{s}$
公伯峡	坝高132.2m； 库容：6.3亿 m ³ ； 1级建筑物； 500年重现期洪水	一汛临时度汛断面高程：36.5m； 填筑时间：2003年8月至2004年5月	$P=2\%$ ； $Q=2500\text{m}^3/\text{s}$ ；
		二汛	$P=0.5\%$ ； $Q=3770\text{m}^3/\text{s}$
察汗乌苏	坝高110m； 库容：1.25亿 m ³ ； 2级建筑物； 500年重现期洪水	临时度汛断面高程：80m； 拦蓄库容：0.5亿 m ³ ； 填筑时间：2005年3月至2006年6月； 填筑量：344万 m ³	$P=2\%$ ； $Q=1390\text{m}^3/\text{s}$
糯扎渡	坝高261.5m； 库容：227.41亿 m ³ ； 1级建筑物； 1000年重现期洪水	临时度汛断面高程：115m； 拦蓄库容：12.83亿 m ³ ； 填筑量：1168.66万 m ³	$P=0.5\%$ ； $Q=22000\text{m}^3/\text{s}$

表 9 (续)

工程名称	大坝设计指标	临时度汛断面设计指标	度汛标准
梨园	坝高 155m; 库容: 7.27 亿 m ³ ; 1 级建筑物; 500 年重现期洪水	临时度汛断面高程: 85m; 拦蓄库容: 1.0 亿 m ³ ; 填筑时间: 第 3 年 5 月至第 5 年 5 月; 填筑量: 431.8 万 m ³	$P=1\%$; $Q=10400\text{m}^3/\text{s}$
珊瑚溪	坝高 132.5m; 库容: 18.24 亿 m ³ ; 1 级建筑物; 500 年重现期洪水	临时度汛断面高程: 78m; 填筑时间: 1998 年 1 月至 1999 年 6 月; 填筑量: 570 万 m ³	$P=1\%$; $Q=11500\text{m}^3/\text{s}$
滩坑	坝高 162m; 库容: 41.55 亿 m ³ ; 1 级建筑物; 500 年重现期洪水	临时度汛断面高程: 89m; 填筑时间: 2006 年 1 月至 2007 年 6 月; 填筑量: 405 万 m ³	$P=2\%$; $Q=17500\text{m}^3/\text{s}$

注: P 为洪水频率, Q 为洪峰流量。

本条在使用过程中要把握好以下 3 个原则:

(1) 与同等规模的围堰相比提高一个量级, 与下闸发电后坝体的度汛标准相比可下降一个量级。

(2) 下游洪水影响区分布有重要城镇或交通设施时, 坝体的度汛标准不允许低于城镇或交通设施的设防标准。

(3) 当坝体填筑高度超过围堰顶高程时, 按坝体临时度汛确定洪水设计标准。汛前或汛期内部分时段坝体未超过围堰顶高程, 仍按围堰挡水标准度汛, 围堰需考虑其运行使用期。

2.2.20 按照 SL 252 的规定, 导流泄水建筑物封堵后, 如永久泄洪建筑物尚未具备设计泄洪能力, 坝体度汛洪水标准参照表 10 进行选择。

表 10 导流泄水建筑物封堵后坝体度汛洪水标准 (重现期/年)

坝型		大坝级别		
		1	2	3
混凝土坝、浆砌石坝	设计	200~100	100~50	50~20
	校核	500~200	200~100	100~50
土石坝	设计	500~200	200~100	100~50
	校核	1000~500	500~200	200~100

水库蓄水阶段或大坝施工期运用阶段导流泄水建筑物封堵后, 水库下闸蓄水后的第一个汛期, 坝体仍处于初级运行阶段, 泄水建筑物尚未具备设计的过水能力, 因此坝体度汛设计洪水标准比建成后的大坝正常运用洪水标准低, 用正常运用时的下限值作为施工期运用的上限值。由于混凝土坝施工期运用的标准需比土石坝低, 故取土石坝的下限值作混凝土坝的上限值。

2.2.21 部分充蓄水库及抽水蓄能电站的上、下水库所处的环境比较特殊, 有山间小溪、人工库盆、天然湖泊、已有水库等。对于开挖围填形成的库盆选用 24h 洪量作为标准 (需根据水文气象条件, 分析降雨历时及过程); 降雨量大, 且汇流面积较大时, 仍选用洪峰流量作为设计标准。

2.2.22 下闸时间一般持续时间较短, 当出现短时间的大流量时, 可滞后下闸, 因此下闸设计标准不要太高。

2.2.23 在导流泄水建筑物下闸后, 确定导流标准的目的: 一是确定坝前水位, 对坝体的收尾进度计划提出要求; 二是确定导流泄水建筑物进出水口封堵闸门或围堰的规模。与原规范规定有所不同, 根据 SL 252 的规定, 本标准提高了导流隧洞 (底孔) 的进口闸门的设计洪水标准, 即: 导流隧洞 (底孔) 的进口闸门采用与封堵施工时段的大坝施工期洪水标准。但封堵工程出口的临时挡水设施的设计洪水标准沿用了原规范的规定, 根据以往经验, 导流隧洞 (底孔) 的出口围堰采用 5~20 年重现期的导流设

计标准能满足要求。当封堵需要跨汛期或导流泄水建筑物的进出口土石围堰使用时间超过一年时，需要适当提高设计标准。

2.2.24 水库蓄水期间需保证河流生态水量和环境保护的基本要求，满足下游必需的供水、生态保护需要的最小流量。参考 SL 322《建设项目水资源论证导则》，北方河流生态基流指标原则上不允许小于多年平均流量的 10%，枯水时段不允许低于同期流量均值的 20%。参考《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》，下游生态最小需水流量标准可按多年月平均流量的 10% 或多年实测最小月平均流量确定。水库蓄水期维持下游生态系统稳定的最小需水量，是以历史实测流量为基础，根据简单的水文指标确定的，必要时可通过生态保护专题论证或环境影响评价确定。

水库蓄水期的来水保证率与河流的来水特点有关，对于上游有大型水库控制、水量稳定、蓄水历时较短的情况，可选用较高的保证率。当发电、灌溉、通航、供水等对蓄水进度的要求高时，也需选用较高的保证率。

2.2.25 对于施工导流风险度分析方法的应用，本标准未作硬性规定，对大型或有特殊要求的水利水电工程必要时可酌情采用。

2.3 施工导流方式及导流程序

2.3.1 导流方式是指主体工程工期控制水流的方法。不同的施工阶段对应不同的控制水流方法，导流方式大体分为两类：

(1) 采用一次拦断河床围堰将河水引向河床外的明渠或隧洞导向下游的导流方式。

(2) 采用分期围堰使河道水流先通过被束窄的河床下泄，再永久通过明渠、底孔或其他永久泄水建筑物导向下游的导流方式。

根据导流泄水建筑物的型式和汛期基坑的施工特点，导流方式分类见表 11。

表 11 导流方式分类表

基本分类	按导流建筑物的名称和基坑的施工特点分类	工程实例
围堰一次拦断河床的导流方式	围堰一次断流，基坑全年施工的隧洞（明渠）导流方式	刘家峡、龙羊峡、鲁布革、漫湾、二滩、小湾、拉西瓦、龙滩、小浪底、溪洛渡、锦屏一级、瀑布沟、大岗山、两河口、公伯峡、察汗乌苏、糯扎渡、阿海、金安桥、天花板、梨园、双江口等
	枯水期围堰断流，汛期过水围堰及基坑过水的隧洞导流方式	乌江渡、东江、大朝山、东风、隔河岩、普定、天生桥一级、鲁地拉、功果桥、滩坑、水布垭、珊溪、锦屏二级、光照、大华桥等
	枯水期围堰断流，汛前坝体临时断面超过度汛水位，汛期基坑过水的隧洞导流方式	碗米坡等
	枯水期围堰断流，汛前坝体临时断面挡水的隧洞导流方式	三板溪、洪家渡、引子渡等
	枯水期围堰断流，汛前坝体临时断面挡水的明渠导流方式	白山、映秀湾等
	涵洞、渡槽等导流方式	琅琊山抽水蓄能电站上水库工程采用涵洞导流，湖南金江工程采用渡槽导流
围堰分期围护河床的导流方式	截流前围堰挡水、束窄的原河床过水，截流后围堰断流、明渠过水的导流方式	三峡、水口、宝珠寺、观音岩、龙开口、龚嘴、铜街子、岩滩、大峡、喜河、银盘、蜀河、天生桥二级、藏木等
	截流前围堰挡水、束窄的原河床过水，截流后围堰断流、导流底孔和坝体缺口过水的导流方式	向家坝、景洪等

表 11 (续)

基本分类	按导流建筑物的名称和基坑的施工特点分类	工程实例
围堰分期围护河床的导流方式	截流前枯期围堰挡水、束窄的原河床过水, 汛期基坑过水, 截流后枯期围堰断流、导流底孔过水、汛期导流底孔和坝体缺口过水的导流方式	五强溪等
	截流前围堰挡水、束窄的原河床过水, 截流后枯水期围堰断流、隧洞过水、汛期束窄的河床坝段基坑和隧洞联合过流的导流方式	土卡河等
	在河床较窄、水位变幅大的河流上, 枯水期围堰断流, 汛期基坑过水的明渠道导流方式	安康等

2.3.2 导流建筑物一般属临时建筑物, 但在条件具备时, 和永久建筑物结合布置, 除节省临建费用外, 还可使枢纽总布置更紧凑、更合理。常见的结合型式有: 心墙堆石坝可以和围堰结合布置, 导流隧洞和龙抬头泄洪洞结合布置, 导流明渠和泄水闸结合布置, 发电尾水隧洞(包括低水头的引水发电隧洞)和导流隧洞结合布置, 坝身永久底孔和导流底孔结合布置等。

2.3.3 采用围堰一次拦断河床导流方式, 导流泄水建筑物布置河床外, 围堰一次性拦断河床, 导流程序相对简单。河床内枢纽建筑物施工从时间上分为初期导流、中期导流和后期导流三个阶段。

(1) 初期导流为围堰挡水阶段, 水流由导流泄水建筑物下泄。

(2) 中期导流为坝体临时挡水阶段, 坝体填筑高度超过围堰堰顶高程, 洪水由导流泄水建筑物下泄, 坝体满足安全度汛条件。

(3) 后期导流为坝体挡水阶段, 导流泄水建筑物下闸封堵,

水库开始蓄水, 永久泄水建筑物尚未具备设计泄流能力。

坝体临时挡水以前时段划入初期导流阶段, 坝体临时挡水至导流泄水建筑物完全封堵时段划入中期导流阶段, 导流泄水建筑物完全封堵后、永久泄洪设施具备运用条件至工程完建划入后期导流阶段。导流程序设计时, 要统筹安排好开工、导流泄水建筑物施工、截流、导流挡水建筑物施工, 大坝临时断面挡水度汛、导流建筑物封堵和蓄水发电等施工工序和关键点。已建工程刘家峡、龙羊峡、鲁布哥、漫湾、二滩、小湾、拉西瓦、龙滩、构皮滩、小浪底、寺坪、溪洛渡、锦屏一级、瀑布沟、大岗山、两河口、公伯峡、察汗乌苏、糯扎渡、阿海、金安桥、天花板、梨园、双江口等, 均采用围堰一次性拦断河床、隧洞导流方式。

2.3.4 主要是几十年来我国若干工程采取隧洞导流的经验总结。国内部分导流隧洞设计情况见表 12。

表 12 国内部分导流隧洞设计情况汇总表

工程名称	初期导流方式	设计流量 (实际过流量) /(m ³ /s)	设计尺寸	过流日期 (年-月)
龙羊峡	土石围堰一次断流的隧洞导流方式	3340 (5570)	L=661m 15m×18m(方型)	1979-12— 1986-10
拉西瓦		2000	L=1436m D=14m(有压段) 11.5m×14m(无压段)	2004-01— 2008-10
李家峡		2000 (约 1500)	L=1147m 11m×(14~15)m (无压洞)	1991-10— 1996-12
公伯峡		3510 (约 1200)	L=1005m 12m×15m(有压洞) 后期改建为泄洪洞	2002-03— 2004-08

表 12 (续)

工程名称	初期导流方式	设计流量 (实际过流量) /(m ³ /s)	设计尺寸	过流日期 (年-月)
二滩	土石围堰 一次断流 的隧洞 导流方式	13500 (10500)	L=1090m (左) L=1168m (右) 17.5m×23m 部分和尾水洞结合布置	1993-11— 1997-11
小湾		10300	L=891~983m (2条) 16m×19m (有压洞)	2004-11— 2008-10
龙滩		14700	L=598~849m (2条) 16m×21m (有压洞)	2003-10— 2006-07
漫湾		9500	L=423~458m (2条) 15m×18m (有压洞)	1987-12— 1993-03
隔河岩	枯水期围堰 断流, 汛期 基坑过水的 隧洞导流 方式	3000	L=695m 13m×16m (有压洞)	1987-10— 1991-01
东风		1350	L=600m 12m×13.3m (有压洞)	1989-11— 1993-12
大朝山		3940 (4900)	L=644m 15m×18m (有压洞)	1997-11— 2001-10
小浪底	土石围堰 一次断流 的隧洞 导流方式	8740 (约 4000)	L=1149~1220m (3条) D=14.5m	1997-10— 1999-12

在表 12 中, 隔河岩、东风和大朝山工程选择了汛期基坑过水方案。对于隧洞导流情况, 是否要选择汛期基坑过水方案, 需结合洪枯流量比、河床覆盖层的厚度和坝型特点, 从安全、进度和投资等方案进行综合比较。

2.3.5 主要对我国部分工程采用明渠进行分期导流的经验总结。 河流流量大、河床一侧有较宽台地、汊河、堰口或古河道的坝址

一般优先选用明渠导流方式。分期围堰导流方式一般要减少分期数, 且各期工程量需大体平衡。部分导流明渠设计情况见表 13。选用与明渠配合的分期导流方案时, 纵向围堰的布置需要考虑 4 个因素:

- (1) 纵向围堰施工难度。
- (2) 河床砂砾石覆盖层的抗冲能力。
- (3) 水位壅高引起的防洪问题。
- (4) 一二期基坑施工强度均衡性等。

大中型水利水电工程施工导流一般优先研究分期导流的可能性和合理性, 分期导流有利于提前受益, 且对施工期通航、排冰影响较小。影响采用分期导流的因素较多, 纵向围堰的布置条件是主要因素之一, 布置纵向围堰的一期基坑所占河床宽度与原河床宽度比可采用 0.3~0.7, 束窄后的河道设计平均流速不要大于原河床的抗冲流速, 且各期工程量一般要大体平衡。表 13 为部分工程一期基坑对原河床的束窄影响情况。

表 13 国内外部分工程分期导流一期基坑对河床的束窄影响汇总表

工程名称	一期基坑束窄 河床程度 /%	工程名称	一期基坑束窄 河床程度 /%
新安江	60	三峡	30
盐锅峡	67	景洪	44.68
青铜峡	70	向家坝	46
桓仁	55	喜河	30
三门峡	58	蜀河	43
富春江	37	藏木	40
古田一级	27	西津	60
大化	40	红石	70
葛洲坝	25	丹江口	50
五强溪	66	回龙山	35

表 13 (续)

工程名称	一期基坑束窄 河床程度 /%	工程名称	一期基坑束窄 河床程度 /%
沙溪口	72	别尔木	60
高尔可夫	60	伏尔谢	52
萨扬-舒申斯克	58	齐雅	50
布拉茨克	30	齐姆良	49
克拉斯诺雅尔斯克	50	铁门	35
乌格里却	47	卡霍夫卡	40

2.3.6 分期围堰导流程序相对复杂,一般适用于混凝土重力坝。河床内枢纽建筑物施工不仅从时间上分期,还需从空间上分期,导流程序设计时,大多分为二期导流或三期导流。导流分期越多,导流工程量相对越大,主体工程(如大坝)施工连续性较差,对主体工程施工特别是施工进度产生不利影响。二期导流方式一般先修建混凝土纵向围堰和永久泄水建筑物,同时兼顾提前发电,一期修建的永久泄水建筑物规模需满足二期过流及度汛要求。三期导流方式一般先修建导流明渠和混凝土纵向围堰,第二期修建永久泄水建筑物和发电厂房,永久泄水建筑物规模满足三期过流和度汛要求,第三期在导流明渠里修建非溢流坝段或少量溢流坝段。采用二期导流的工程有:五强溪、凌津滩、丹江口等,采用三期导流的工程有富春江、三峡、银盘、亭子口、水口和高坝洲等。采用分期围堰导流方式时,虽有时分三期以上也是必要的,但分期越多,左右河床交替导流,挡水围堰需反复拆除、填筑,如富春江工程导流分三期、八盘峡工程导流分四期、三峡工程亦分为三期导流,但从实践总结说明,分期越多导流工程费用越高,故一般尽量以分两期导流为宜。

国内部分分期围堰导流方式特性见表 14。

表 14 国内部分分期围堰导流方式特性统计表

工程名称	河床宽度 /m	导流方式	挡水标准		上游围堰		下游围堰		纵向围堰		泄水建筑物
			重现期 /年	流量 / (m^3/s)	形式	高度 /m	形式	高度 /m	形式	高度 /m	
桓仁	200	二期导流、 梳齿导流	一期 20 (全年)	7600	一期混凝土 二期混凝土	13	一期混凝土 二期土石	10.5 7.5	一期混凝土	13	梳齿 5 个, 8~7 m, 底孔 8-3.5m×4m
			二期 10 (6月)	1660							
			二期 10 (全年)	6200							
三门峡	300	二期梳齿、 底孔	设计 20 (全年)	16500	一期土石 二期土石	24 47	一期土石 二期土石	14 25	一期土石 二期混凝土	5~7 17.5	底孔 12-3m ×8m
			校核 100 (全年)	22500							
新安江	180	二期底孔 导流	一期 20 (9月-4月)	4600	一期过水 木笼 二期不过水 木笼、土石	16 22	木笼	15	一期木笼 二期块石混 凝土	12	底孔 3-10m ×13m
			二期 20 (2月)	3000							
盐锅峡	300	二期底孔 导流	一期 10 (11月-4月)	1470	一期草土 二期土石	6 28	一期草土 二期土石	12.5	一期草土 二期混凝土 导墙	22	底孔 6-5m ×9m, 2-4m ×9m, 坝顶溢 洪道宽 32m
			二期 100 (全年)	5870							
西津	400	二期厂房 导流	一期 10 (全年)	15700	一期土石 二期土石	28 9	一期土石 二期土石	4 6	一期木笼 堆石 二期木笼 堆石	26 26	3号、4号机 组段及 2号机 尾水管
			二期 10 (11月-3月)	1300							

表 14 (续)

工程名称	河床宽度/m	导流方式	挡水标准		上游围堰		下游围堰		纵向围堰		泄水建筑物
			重现期/年	流量/(m ³ /s)	形式	高度/m	形式	高度/m	形式	高度/m	
红石	200	二年底孔导流	一期利用上游白山水库控制泄流量	1300	一期土石	10.5	一期土石	7.4	一期土石	10.5	底孔 6-4m × 7.5m
			二期 2 (全年)	1820	二期土石	14.1	二期土石	8.6	二期混凝土	15.1	
葛洲坝	大江 880	二期江水闸孔导流	一期 10 (全年)	66800	一期土石	14	一期土石	20	一期土石	21	二江流水闸 27孔, 12m × 12m; 二江电站 7 台机组; 三江冲砂闸 6孔 × 12m × 10.5m
			二期 100 (全年)	71100	二期土石	38	二期土石	28	二期钢板柱	19.5	
沙溪口		二期厂房导流	一期 10 (全年)	13900	一期混凝土与卵石混合	40.9					10 个溢流坝段; 2 台机组段
			二期 50 (全年)	18500	一期混凝土与卵石	44.2	二期土石	25			

表 14 (续)

工程名称	河床宽度/m	导流方式	挡水标准		上游围堰		下游围堰		纵向围堰		泄水建筑物
			重现期/年	流量/(m ³ /s)	形式	高度/m	形式	高度/m	形式	高度/m	
水口	380	二期明渠导流 三年底孔导流	一期 10 (10月-2月)	7000	二期土石	44.55	二期土石	31.9	一期土石	11	明渠底宽 75m, 10-8m × 15m 导流底孔和溢流坝孔口
			二期设计 20 (全年)	28400	三期碾压混凝土	39	二期土石	28.3	二期混凝土	48	
			二期校核 50 (全年)	32200							
			三期 10 (全年)	25200							
五强溪	330	二年底孔、缺口导流	二期 10 (3月)	3730							3-7.5m × 10m 和 2-8.5m × 10m 导流底孔及底孔顶部缺口宽 81.25m
			一期挡水	16000	一期混凝土	18.6	一期混凝土	13.5	一期、二期共用混凝土围堰		
			一期过水 20 (全年)	31800	二期碾压混凝土	40.8	二期土石过水围堰	32			
			二期挡水	18000							
岩滩	100	二期明渠导流 三年底孔导流	二期过水 20 (全年)	31800							明渠底宽 51~62m, 8-4m × 10m 导流底孔及底孔顶部缺口宽 75m
			一期 5 (12月 1日-4月 15日)	1340	二期土石	27.5	二期土石	23	一期混凝土、浆砌石	2~9	
			二期 20 (12月 1日-4月 15日)	2220	二期碾压混凝土	52.3	二期碾压混凝土	39.2	二期混凝土	10~20	
			二期 5 (全年)	15100					二期混凝土	6~9	
			三期 20 (12月 1日-4月 15日)	2220							

表 14 (续)

工程名称	河床宽度/m	导流方式	挡水标准		上游围堰		下游围堰		纵向围堰		泄水建筑物	
			重现期/年	流量/(m ³ /s)	形式	高度/m	形式	高度/m	形式	高度/m		
三峡	1000	二期明渠导流 三期底孔导流	一期 20 (全年)	72300	一期土石	42	一期草土	68.5	一期土石	94	二期明渠 350m宽,三期 22-6m×9m底 孔,23-7m× 9m永久泄水孔 5-8m×14m 导流底孔,开 船机坝段缺口 宽30m	
			二期 100 (全年)	83700	二期土石	82.5	二期土石	36.5	二期、三期 共用碾压混 凝土			
			三期 20 (全年)	72300	三期碾压混 凝土	121	三期土石					
景洪	70 ~ 100	二期底孔 导流	一期 10 (全年)	12700	一期土石	30	一期预留 岩坝	42.5	混凝土	49		
			二期 20 (全年)	15100	二期土石	65	二期土石					
银盘	253	二期明渠 导流 三期缺口 导流	一期 3 (全年)	12700	一期预留岩 坝	19.5	一期预留 岩坝	17	混凝土	39	二期明渠底 宽90m,三期 缺口宽17.5m	
			二期 20 (全年)	20800	二期土石	42.4	二期土石	50.8				
			三期 20 (全年)	20800	三期土石	40	三期土石	38				
晋河	100 ~ 180	分期明渠 导流	一期 10 (11月-3月)	880	一期混凝土	28	一期混凝土	9	一期草土	8.5	二期明渠底 宽35.5m,三 期5-14m× 22m表孔	
			一期 10 (全年)	15000	二期土石	21	二期土石	13	二期混凝土	左 22		
			二期 10 (11月-5月)	3380	二期土石 (明渠封堵 门)		三期土石	14	三期土石	右 26		
			三期 10 (11月1日-5 月15日)	3310								

表 14 (续)

工程名称	河床宽度/m	导流方式	挡水标准		上游围堰		下游围堰		纵向围堰		泄水建筑物
			重现期/年	流量/(m ³ /s)	形式	高度/m	形式	高度/m	形式	高度/m	
蜀河	140 ~ 160	一期明渠 导流 二期泄洪闸 导流	5 (4月)	2730	一期土石	27	一期土石	24.2	草土	8~10	一期明渠底 宽148m,二期 5-13m× 27.6m,泄洪 闸和9m× 16.1m表孔
			一期 10 (全年)	19700	二期土石	34	二期土石	23.7	一期、二期 共用混凝土 导墙		
			二期 10 (全年) (安康 电站控制泄流量)	17000							
土卡河	130	分期枯期 隧洞导流	一期 10 (12月-4月)	1230	一期碾压混 凝土	28.5	一期土石	18	一期土石	9.9	6m×8m和 6m×6m导流 隧洞及溢流坝 缺口
			一期 10 (全年)	5730	二期土石	17.5	二期土石	4	二期混凝土 导墙	35	
			二期 5 (12月-4月)	730							
			二期 10 (全年)	5730							
向家坝	160 ~ 220	二期底孔和 缺口导流	一期 20 (全年)	28200	一期土石	59	一期土石	45	一期土石	20.5	二期6-10m ×14m导流底 孔和11.5m宽 缺口
			二期 50 (全年)	32000	二期土石		二期土石		二期混凝土	94	

表 14 (续)

工程名称	河床宽度 /m	导流方式	挡水标准			上游围堰		下游围堰		纵向围堰		泄水建筑物
			重现期 /年	流量 /(m^3/s)	形式	高度 /m	形式	高度 /m	形式	高度 /m		
龙开口	80 ~ 110	二期明渠导流	一期 10 (全年)	9640	一期土石 二期土石 三期钢闸门	55	一期土石 二期土石 三期土石	30	一期混凝土 二期混凝土 导墙	47.5	二期明渠底宽 40m, 三期明渠底宽 10m × 14m, 底部缺口顶部缺口宽 40m	
			二期 20 (全年)	10800								
			三期 10 (10月—4月)	2490								
观音岩	70 ~ 160	二期明渠导流 三期底孔导流	一期 20 (全年)	11400	一期预留 二期土石 三期土石	18 52 37	一期预留 二期土石 三期土石	22 32 6.8	一期预留 二期混凝土 导墙	52	二期明渠底宽 45m, 三期 2-6m × 13.5m 导流底孔和 2-6m × 9m 泄洪中孔	
			二期 30 (全年)	12100								
			三期 20 (11月—5月)	3320								
霖木	100 ~ 150	二期明渠导流 三期底孔导流	一期 10 (全年)	7760	二期土石 三期土石	40 6	二期土石 三期土石	15 7	一期土石 二期混凝土 导墙	15 45	二期明渠底宽 45m, 三期 6-7m × 11.5m 导流底孔, 4m × 5m 和 5m × 6m 冲沙底孔	
			二期 20 (全年)	8870								
			三期 20 (11月—6月)	950								
枕头坝一级	70 ~ 130	分期明渠导流	一期 10 (全年)	6080	二期土石 三期土石	28 30	二期土石 三期土石	17 13	一期土石子堰及预留岩坝 二期混凝土	30	二期明渠底宽 30.4m, 三期 6-8m × 16m 泄洪洞	
			二期 20 (全年)	6600								
			三期 20 (11月—5月)	3510								

2.3.7、2.3.8 面板堆石坝是我国近 30 年来发展最为迅速的一种坝型, 具有施工方便、填筑上升速度快等优点。尤其是对于流量较大的河流, 利用枯水期围堰断流, 在截流后的第一年采用坝体临时断面挡水度汛, 可以减少围堰工程量。如三板溪、洪家渡、引子渡、东津等面板堆石坝。根据以往工程经验, 坝体开始填筑时间主要受三个因素的制约:

(1) 河床覆盖层的薄厚及围堰的防渗设计特点。

(2) 截流前两岸趾板的开挖情况和基坑抽水结束后趾板线的调整幅度。

(3) 基坑内趾板混凝土的开始浇筑时间等。

汛前坝体临时断面所能达到的填筑高度主要从填筑工期、上坝道路布置情况和料场布置情况等三个方面进行论证。

关于土石坝的初期导流方式, 在设计中把握好以下三点:

(1) 流量较小的河流, 从方便坝体填筑出发, 一般选用围堰全年挡水的导流方式。

(2) 流量较大的河流, 经过分析地质地形条件, 可选用坝体临时断面挡水度汛的导流方式。

(3) 流量很大的河流, 经方案比较, 面板堆石坝可选用汛期基坑过水的导流方式, 如天生桥一级、珊溪和滩坑等工程。

采用枯水期围堰挡水、汛期围堰过水导流方式时, 需拟定围堰挡水、过水断面、提出坝体度汛形象要求。

位于山区性河流上的混凝土坝工程, 当河床覆盖层浅、汛期流量比较大时, 可提出研究过水围堰方案。如安康、东风、隔河岩、大朝山、功果桥、锦屏二级、光照、鲁地拉和大华侨等。

湖南省的碗米坡混凝土重力坝, 坝址处河床水面宽度约 65m, 河床砂砾石覆盖层厚度为 3~5m, 采用枯水期围堰断流, 导流隧洞泄流的导流方式, 围堰挡水设计标准为 11 月至次年 4 月 15 日 5 年重现期洪水, 相应流量 1830m³/s; 2002 年汛前, 大坝浇筑至高程 215m, 汛期利用洪水间隙继续坝体施工。大坝度汛标准采用全年 20 年重现期, 相应洪峰流量 10900m³/s。

随着大型施工机械的发展,使土石坝建设速度明显加快,在截流以后的第一个汛期到来之前可将坝体抢筑至拦挡大汛水位。三板溪 185.5m 高的混凝土面板堆石坝,采用枯水期围堰断流,在第一个汛期之前将坝体临时断面抢填至拦挡 100 年重现期洪水水位高程,三板溪大坝于 2003 年 12 月 17 日正式开始填筑,至 2004 年 4 月 30 日,坝体临时断面填筑到高程 390m,可以拦挡 100 年重现期洪水,确保坝体安全度汛,在 4.5 个月坝体填筑施工中,坝体临时断面上升 93m,平均月上升 20.7m,最高月上升 25m,坝体堆石填筑 230.7 万 m^3 ,平均月填筑 51.3 万 m^3 ,最大月填筑 71.7 万 m^3 。东津(坝高 88.5m)、引子渡(坝高 129.5m)和洪家渡(坝高 179.5m)等混凝土面板堆石坝,也都采用枯水期围堰断流,在第一个汛期之前抢填至坝体临时断面拦洪度汛。

国内部分土石坝工程第一个汛前坝体抢筑至拦洪的实例见表 15。

表 15 国内部分土石坝工程第一个汛前坝体抢筑至拦洪的实例统计表

工程名称	总工程量 /万 m^3	最大坝高 /m	设计拦洪标准		开工至拦洪日期 (年-月-日)	拦洪 坝高 /m	填筑量 /万 m^3
			重现期 /年	流量 /(m^3/s)			
密云	1105	66.0	100	8910	1958-09-1959-08	49.0	—
清河	773.5	39.4	100	5944	1958-05-1959-07	28.5	—
岗南	1447	63.0	100	6260	1958-03-1959-07	51.0	—
松涛	447.1	80.1	100	7100	1958-07-1959-08	55.0	—
黄壁庄	1930.1	30.7	100	9050	1958-10-1959-07	—	—
王快	861.4	52	100	7860	1958-06-1959-06	35.0	—
西大洋	1198.3	54.8	100	6490	1958-07-1959-07	35.8	—
山美	154	74.5			1971-10-1972-07	74.0	—
察尔森	621.6	40.0	100	2280	1988-09-1989-06	28.0	—
东津	170	88.5	100	3630	1992-12-30-1993-04-27	57	70
引子渡	310	129.5	50	5780	2001-12-03-2002-05-20	70	87
洪家渡	902.6	179.5	100	5210	2003-01-16-2003-05-26	55	120
三板溪	871.4	185.5	100	12600	2003-12-17-2004-04-30	93	230.7

2.3.9 对于开挖围填形成的库盆,如:抽水蓄能电站上下水库所处的环境比较特殊,有天然沟谷(有小溪或泉眼)、人工库盆、天然湖泊、已有水库等,需根据水文气象条件,分析降雨历时及过程选用 24h 洪量作为标准;对于降雨量大,且汇流面积较大、有天然径流时,仍选用洪峰流量作为标准。

2.3.10 在水利水电工程设计时,导流程序需根据总进度、主要关键节点及其相应施工度汛形象编制的施工导流次序安排。导流程序是施工导流规划的主线,与枢纽布置、永久建筑物型式、导流方式、施工程序和施工总进度直接相关;是导流建筑物布置、截流时段选择和施工总进度控制的重要因素。在进行导流程序规划时,要根据枢纽布置和河床地形特征等首先研究导流方式,包括一次拦断河床围堰导流方式和分期围堰导流方式,并控制好截流、度汛、下闸蓄水、封堵等关键环节。

2.3.11 导流程序规划不是孤立的,与导流建筑物施工工期、截流时段、各年度汛前永久建筑物施工形象等因素相互制约。因此,要求根据各期导流特点和相互关系进行系统分析、全面规划、统筹安排。导流程序需明确各关键进度节点的起止时间和工程施工形象等,为了表达清晰,要列出施工导流程序表。

2.4 围 堰

2.4.1 围堰工程系临时性水工建筑物,具有使用期短、修建时间受限制、使用任务完成后往往还需拆除等特点,但对于永久工程的施工建设关系甚大。因此,围堰结构型式需在满足安全运用的基础上,力求结构简单,方便施工,尽量利用当地材料,充分进行技术、经济比较后选择合理的堰型。本条主要为围堰型式选择需遵循的原则。

(1) 为降低造价,利于环保,缩短工期,围堰型式选择需充分利用当地材料和主体建筑物基础开挖料,在大中型水利水电工程中需优先选用土石围堰,以便于填筑和拆除。

(2) 为确保围堰基础满足堰体稳定和防渗要求,围堰型式选择时,需结合围堰基础地质(含堰基覆盖层及基岩)条件,确定符合实际地质条件的可靠处理方案。基础处理方案需尽量简化,在保证施工质量的前提下,有利于加快围堰施工进度。对深覆盖上的高围堰,工期紧张问题突出,围堰防渗型式选择时需考虑围堰施工工期的影响。围堰与岸坡或建筑物连接需满足防渗和稳定要求。需视岸坡地形、地质条件和建筑物的结构特点选择连接简便的接头型式。

(3) 围堰为临时建筑物,通常围堰施工安排在一个枯水期修筑至设计高程或度汛高程,以保安全度汛,因此,围堰施工工期紧,故在选择围堰型式时,需考虑堰体结构简单、施工方便,在保证围堰施工质量和安全的前提下,有利于加快施工进度。

(4) 按照筑堰材料的不同,围堰可分为土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰、浆砌石围堰及其他特种围堰等。不同的围堰型式有其不同的使用条件,围堰型式必须与地基的地形地质条件相适应。

(5) 围堰是临时建筑物,设计标准不要太高。在围堰型式选择时要能适应防汛抢险施工需要。

2.4.2 围堰型式可分为土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰等。对不同围堰型式的适应性阐述如下:

(1) 土石围堰是水利水电工程施工中广泛采用的围堰形式,其优点是能够适应不同的地质条件,可充分利用当地材料和工程开挖渣料等各种物料,并利于机械化施工,堰基易于处理,施工和拆除都较简单,需优先选用。

(2) 混凝土围堰具有断面小、工程量少,利于过水并易与混凝土建筑物结合和连接,具有较强的抗冲能力等优点,因此,纵向围堰常采用这种堰型。当过水围堰单宽流量较大时也要采用。混凝土围堰常用重力式和拱型,拱型混凝土围堰对两岸拱座的地质条件要求比重力式围堰严格,适合于岸坡稳定、岩石坚硬完整的地基,以及两岸地形陡峻的峡谷河床。

碾压混凝土施工技术近年来发展较快,造价低、施工速度快,利于在短时间内抢滩到设计高程,因此在有条件时需优先选用。我国在沙溪口、岩滩、隔河岩、大朝山、龙滩、三峡等工程中均采用碾压混凝土围堰以缩短围堰施工工期。

(3) 胶凝砂砾石坝(CSG)是介于混凝土面板堆石坝和碾压混凝土重力坝之间的一种新坝型,是利用天然砂砾石混合料或开挖弃渣料,掺入少量胶凝材料,胶结成具有一定强度的干硬性坝体。其显著的特点是:胶凝材料用量少,对筑坝材料要求低,坝体和地基受力条件好,具有一定的抗冲能力。胶结砂砾石坝(CSG)起源于欧洲,在法国、希腊和土耳其等国家已建成10余座,其中土耳其的两座坝坝高都超过了100m。日本至今已有10余座CSG坝(围堰)建成。我国贵州松桃道塘水库、福建尤溪街面大坝、宁德洪口水电站、大花桥水电站等工程上游围堰均采用了CSG围堰,取得了较好的效果,积累了一定的工程经验,因此在工程具备条件时可以采用。

洪口水电站、大花桥水电站的上游围堰为CSG过水围堰。洪口水电站上游围堰设计挡水标准为枯水时段10年重现期洪水,相应流量 $1350\text{m}^3/\text{s}$,过水标准为全年10年重现期洪水,相应流量 $4180\text{m}^3/\text{s}$;围堰堰顶轴线长87m,顶宽4m,高度35.5m,上、下游坡比分别为1:0.3和1:0.75;坝顶设常态混凝土保护层50cm,上游面和基础设置50~80cm厚富浆混凝土防渗层;围堰基础位于基岩上;堰体胶凝材料用量 $70\sim 90\text{kg}/\text{m}^3$,其中水泥 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 。2006年6月洪峰过堰流量达到 $5400\text{m}^3/\text{s}$,堰顶水头达8m左右,总过水时间44h。洪峰过后经检查,CSG围堰无裂缝,只是最大渗漏量达到8L/s,围堰经受住超标准洪水的考验。

(4) 堆石混凝土技术(Rock Filled Concrete, RFC)是一种新型大体积混凝土施工技术,利用自密实混凝土的高流动、抗分离性能好以及自流动的特点,在粒径较大的块石(30cm以上)内随机充填自密实混凝土而形成的混凝土堆石体。堆石混凝土突

破传统施工工艺的限制，堆石比例一般在 55%~60%，可大大减少混凝土的生产浇筑量。通过堆石的加入降低了水泥水化热，增大了坝体容重，极大降低了浇筑纯自密实材料的施工成本。主要具有简化温控措施，机械化程度高，质量易于控制，施工成本低，施工进度快等特点。从技术的研究、发展和工程应用实践来看，堆石混凝土已经是相对成熟的新技术。在陕西百佳水电站、云南松林水库工程坝体设计，大渡河沙坪二级水电站基础回填工程设计，新疆山口电站围堰工程均采用了堆石混凝土。在有条件时可以采用。

(5) 钢板桩格型围堰是一系列彼此连接的钢板桩格体所组成的临时挡水建筑物，格体钢板桩的锁口互相扣接形成一定形态的封闭空间，内回填砂砾石以保持格体稳定。钢板桩格型围堰在岩石基础、混凝土基座上修建较为简单。在软基上也可修建，但板桩须有一定的入土深度或打到岩层内；对于含有大量漂砾石的覆盖层，打桩极为困难，适用性较差。按格体形状，钢板桩格型围堰有圆筒形、鼓形、花瓣形等型式，圆筒形格体最高挡水水头可达 15~18m；花瓣形格体最高挡水位水头可达 30m 左右。美国马克兰德水电站厂房施工围堰采用双排圆筒形格体，圆筒形格体直径 18.90m，高度达 35m；美国肯塔基水电站采用花瓣形格体最大宽度 30.67m，高度为 29.87m。葛洲坝工程二期纵向围堰采用干地施工，现浇筑混凝土基座，上接钢板桩格型围堰，圆筒形格体直径 19.87m，高 19.5m，在混凝土面上插打钢板桩形成圆筒格体，再回填砂砾石料。

(6) 浆砌石、钢筋石笼等低水头围堰在中小型工程中使用较多。

(7) 新安江、水口工程的坝身导流底孔封堵采用混凝土叠梁型式；甘肃大峡水电站的导流明渠封堵采用钢叠梁方式；三门峡泄水底孔的改建采用特种钢围堰型式。这些围堰的设计和施工之所以比较成功，关键在于细部结构设计和工序环节控制做得比较好。

2.4.3 围堰布置要满足围护建筑物的施工及围堰自身的稳定、防渗及防冲等要求，尽可能利用地形地质及工程条件，减小围堰工程量。

1 围堰布置要满足围护的建筑物基础开挖、施工机械、施工道路及施工场地布置，基坑排水系统布置等要求。

2 围堰与岸坡接头设计要保证堰体与岸坡结合面具有良好的防渗性能，并防止岸坡附近的堰体因不均匀沉陷而开裂。土石围堰与混凝土建筑物的连接型式，要防止与防渗体接触带产生渗透变形破坏，以保证围堰稳定，并使结合面具有良好的防渗性能。

3 围堰布置要考虑围堰稳定及堰后基坑开挖边坡稳定等因素。对堰基地质条件复杂及深厚覆盖层的基坑开挖边坡，围堰布置要考虑为堰后基坑边坡需要的工程处理措施留出位置；若布置有困难，可在背水坡脚处设置临时挡墙。对永久建筑物基础开挖较深时，要对围堰基础岩层和覆盖层中的软弱层面稳定进行核算。

4 围堰布置需满足水力学条件及防冲要求：

(1) 纵向围堰布置既要考虑沿线堰体坡脚附近水流平顺，还需兼顾上、下游横向围堰坡脚附近的流态、流速情况，避免水流紊乱对横向围堰坡脚造成危害性冲刷。

葛洲坝水电站一期土石围堰因围护二期纵向围堰上、下游端部弯段施工的需要，上游横向段与纵向段的相接处、下游横向段与纵向段的相接处形成凸出部位（称矾头），起到挑流作用，矾头部位坡脚流速达 5~7m/s；纵向段沿线及下横段坡脚处为回流区，流速 1~2m/s；对矾头部位进行重点防冲保护，运行实践证明此设计是成功的。

三峡水利工程一期土石围堰主要保护右岸导流明渠、混凝土纵向围堰和三期碾压混凝土围堰基础部分施工。围堰纵向段坡脚已伸入大江主流区，根据水工模型试验资料，设计流量 72300m³/s，河道平均流速 3~3.5m/s，围堰束窄河床约 30%，

上、下游转角起挑流作用，迎水侧坡脚处流速达 $4\sim 5\text{m/s}$ ，纵向段及下游横向段存在不同程度的回流。参照葛洲坝水电站工程实践经验，确定围堰防冲“守点顾线”设计方案，在围堰上、下游转角处设防冲矶头，作为重点防护，采用堆石体护脚，围堰顺水流向沿线迎水坡设一般块石及石渣护坡。

三峡工程混凝土纵向围堰，其上、下游端部均采用曲线布置，主要考虑了以下水力条件：上、下游纵向围堰的形状、长度，尤其是上游纵向围堰上端弯曲部位必须满足二期工程施工期明渠通航条件要求；上、下游纵向围堰平面布置要使二期导流期间水流平顺，以保围堰防冲安全；上游纵向围堰布置要尽量减少对导流底孔泄流的影响，减小三期截流难度；下游纵向围堰对水流起导向作用，使主流尽快归槽，避免主流直冲右岸。

(2) 围堰与导流泄水建筑物（包括临时的导流建筑物和永久泄水建筑物）进出口的距离要考虑导流泄水建筑物泄流的流态及流速情况，必要时在导流泄水建筑物进出口修筑一定长度的导墙，以防止导流泄水建筑物泄流对围堰坡脚造成危害性冲刷。

(3) 围堰布置要尽量避开两岸溪沟进入基坑，同时堰体与岸坡接头需防止两岸溪沟的水流对围堰坡脚的冲刷。围堰布置若较难避开两岸溪沟对堰体的影响，可研究采用排水洞（沟）、撇洪沟等措施将溪沟改道引至基坑外，或采用强排水、挡墙防护等措施。例如：葛洲坝水电站大江下游土石围堰与右岸坡接头位于紫阳河（实测最大流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ ）出口处，设计采用一条长 138m 的改道隧洞（宽 4m 、高 4.5m 的圆拱直墙断面）将紫阳河出口向下游移 200m 引入长江，避免了紫阳河出口水流对围堰坡脚的冲刷，运行效果很好。

5 围堰位置要考虑基础覆盖层及基岩条件，围堰防渗轴线一般选择在覆盖层较薄和基岩条件较好的部位，以减少围堰基础防渗处理工程量。

2.4.4 本条为防渗土料、堰壳料、反滤料和过渡料、水下堆石体等土石围堰填筑材料要求。由于围堰为临时工程，为充分利用

当地材料及开挖料，围堰堰体堆在水下部分的软化系数适当降低，采用大于 0.7 的标准。

2.4.5 本条为水泥、骨料、水、掺合料、外加剂等混凝土围堰材料的要求，满足 SL 677 的相关规定。

2.4.6 土石围堰按填筑材料可分为均质土围堰和土石混合围堰；按堰体防渗体可分为斜墙围堰、心墙围堰等。土石围堰堰体防渗布置型式主要有心墙和斜墙。斜墙与堰体施工干扰小，基础防渗处理与堰体填筑可同时进行，以利基坑提早抽水，但围堰断面较大，往往增加了纵向围堰或隧洞、明渠的长度；心墙围堰其断面尺寸较斜墙围堰小，心墙和堰壳填筑需循序升高，其高差不要过大，基础防渗处理与心墙填筑也不能同时进行。

2.4.7 围堰基础处理主要满足强度和防渗要求。围堰基础覆盖层防渗处理可采用下列方式：

(1) 截水墙适用于堰基砂砾石覆盖厚度 15m 以内的土石围堰，采用开挖至基岩或相对不透水层，回填防渗土料或其他防渗材料。截水墙的底宽根据挡水水头、回填土料及其与基岩接触面的允许渗透坡降和开挖施工条件确定。对于黏土截水墙，截水墙底宽一般为 $3\sim 5\text{m}$ ，边坡 $1:1\sim 1:1.5$ ，土料和基岩接触面的允许坡降，一般砂壤土取 3 ，壤土取 $3\sim 5$ ，黏土取 $5\sim 10$ 。

(2) 高压喷射灌浆由于施工方便、施工速度快，造价低等优势，目前已在堰基防渗中大量应用。高压喷射灌浆适用于粉土、砂土、砾石、卵（碎）石等松散透水地层。根据一些工程实践经验与试验资料，堰基砂砾石层采用高压喷射灌浆一般控制砂砾石厚度小于 40m ，且卵石最大粒径小于 40cm 。

高压喷射灌浆有旋喷、摆喷和定喷三种基本形式。目前常用的高压喷射灌浆结构布置型式有 4 种：定喷折接、摆喷折接或对接、旋喷搭接、旋喷套接。选择时需注意以下几点：

①定喷和小角度摆喷适用于粉土和砂土地层，大角度摆喷和旋喷适用于淤泥质土、粉质黏土、粉土、砂土、砾石、卵（碎）石等松散透水地层和石渣填筑体。

②承受水头较小的或水头虽较大但历时短暂的地层，可采用摆喷折接或对接、定喷折接型式。

③在卵（碎）石地层，深度小于 20m 时，可采用摆喷对接或折接型式，对接摆角不要小于 60° ，折接摆角不要小于 30° ；当深度大于 30m 时，一般采用双排或三排旋喷套接型式或其他形式。

(3) 在可灌性较好的砂砾石地基上也可采用灌浆防渗帷幕防渗。砂砾石地基采用灌浆防渗帷幕防渗技术曾一度因混凝土防渗墙技术的发展，使用逐渐减少，但近年来随着技术的进步和工程建设的需要，在江河堤防、病险水库的防渗加固和围堰工程中防渗帷幕灌浆应用逐渐增多。目前灌浆技术发展了控制性帷幕灌浆、膏状浆液灌浆等技术。控制性帷幕灌浆技术是利用水泥浆液和化学浆液分别从孔内灌入加固处理的基础中，使两浆液产生速凝化学作用，从而达到防渗目的，是浅层灌浆加固技术、精确控制水泥浆液凝固技术和水泥灌浆防水堵漏技术等三项新技术的组合，具有施工快、造价低等优点。

(4) 采用铺盖防渗处理时，堰基覆盖层渗透系数不要太大，且无大的集中渗漏带和通道，因为覆盖层地层如有透镜体、夹层，纵向、横向、深度方向不均匀，甚至有架空情况，铺盖各部位承受渗透压力不同，容易遭受破坏；渗透系数太大的堰基渗流已不符合达西定律，而类似于管道的压力流，此时，渗透途径已不起作用，只有作垂直防渗才能防止渗透破坏。铺盖可减少渗流量和渗透水压力，常与下游排水减压设施联合作用，以有效控制堰基渗流。铺盖设计需在保证渗透稳定的前提下经济合理，同时要兼顾施工的要求。

(5) 钢板桩防渗墙是采用振动沉拔桩机将钢板桩打入堰基覆盖层至基岩，靠钢板桩连成封闭的防渗墙，钢板桩防渗墙适用于堰基为砂土冲积层或砂砾石层，卵石含量小于 40%，无大漂石的覆盖层，且厚度小于 15m，以利于钢板桩施工。

(6) 深厚覆盖层上的低水头围堰由于其水头较低，渗透压力

不大，经稳定分析和经济比较后，可采用铺盖或悬挂式防渗形式，以节省围堰工程量及投资。如：新疆察汗乌苏水电站围堰基础采用悬挂式高喷防渗墙，瀑布沟水电站围堰堰基采用悬挂式混凝土防渗墙。

(7) 由于防渗墙具有施工简单、速度快、质量易于控制、防渗效果好等优点，其应用范围不断扩大。我国水利水电工程围堰基础多为透水性较强的第四系覆盖层。因此，堰体及基础防渗措施极为重要。但实践证明，在第四季覆盖层中帷幕灌浆因砂砾石地层可灌性差和漂卵石地层浆体流失量大，难以形成完整的防渗帷幕，影响防渗效果。垂直防渗的防渗墙技术能有效控制堰体和堰基的渗漏，且能使围堰施工程序简化，便于机械化施工，加快速度，围堰挡水运行安全度增大。近年来，成槽技术发展较快，新的钻孔机械造孔深度超过 100m，且钻孔精度可控制在槽孔深度的 0.5% 以内。实践证明，在深厚覆盖层堰基防渗处理措施中，防渗墙比灌浆防渗优越，使用灌浆方法处理深厚覆盖层防渗的不确定因素较多，其造价大多超过混凝土防渗墙。

防渗墙造孔机具一般为冲击式钻机、回转式钻机、液压铰钻机和抓斗，防渗墙材料主要有普通混凝土和塑性混凝土。水利水电工程防渗墙一般采用普通混凝土标号为 C20、抗渗标号 W8、允许水力坡降 80~100，在防渗墙拉力较大部位布设钢筋。但在覆盖层地基中混凝土防渗墙因其弹性模量高，与地基变形不相适应，导致防渗墙产生裂缝，引起墙体破坏，从而大大降低防渗效果，国内外已有不少防渗墙破坏的实例。近年来，发展塑性混凝土作为防渗墙材料，即在混凝土拌和时掺黏土或膨润土，以减少水泥用量，其抗压强度 2~10MPa，变形模量 200~1000MPa。塑性混凝土能适应水下堰体填料的地基变形，因而使墙体应力状态好、抗震性能较好的结构性能。目前，塑性混凝土防渗墙在围堰堰体和基础防渗中越来越得到广泛的应用。

2.4.8 本条为土石围堰堰体防渗材料的选择要求，说明如下：

1 土石围堰防渗体的水上部位优先选用土工膜防渗。土工

膜具有性能可靠、变形能力强、施工方便、造价低廉等优点，而且避免了防渗土料开采对当地土地的侵占和环境破坏，有利于环保，近年被广泛应用于水利水电工程的土石围堰中。土工膜有单层土工膜、加筋土工膜和复合土工膜，工程应用较多的为复合土工膜。目前围堰工程的土工膜的挡水水头大部分在 40m 以下，部分围堰工程如雅砻江锦屏一级上游围堰（44m）挡水水头超过 40m，目前尚未有超过 50m 的。对于挡水水头大于 50m 的围堰采用土工膜防渗时，需参照 GB/T 50290《土工合成材料应用技术规范》的规定进行专题论证。因此采用土工膜防渗其挡水水头不要太高。

2 防渗土料作为传统防渗材料，防渗效果好，挡水水头高，施工方法成熟。造价比较低，但其开采必然会对当地环境造成一定破坏。如果坝址附近土料分布零星、弃料较多、有用层少、可采比低，对当地环境破坏就会较大，此时尽量避免使用。若坝址附近有渗透系数小于 1×10^{-5} cm/s 的土料，且分布集中、储量丰富、可采比高、开采条件良好、对环境影响也不大时，可优先用作防渗土料。若坝址附近有砂壤土、砾石土料或风化物，碾压密实后渗透系数大于 1×10^{-4} cm/s，可用做防渗料，采用加大防渗断面以满足围堰防渗要求。

3 除土工膜和土料防渗体以外，其他材料防渗体还有混凝土心墙、沥青混凝土斜墙和心墙、钢板桩心墙、混凝土防渗墙、高压喷射灌浆防渗墙、控制性帷幕灌浆等。

(1) 现浇混凝土心墙主要用于堰体水上部位，堰体水下部位因水下清基、立模、混凝土浇筑难度大而很少采用，常结合围堰基础防渗墙采用泥浆固壁冲击钻造孔成槽，浇筑水下混凝土。混凝土心墙也可用于堰基防渗。

(2) 沥青混凝土斜墙和心墙可用于围堰防渗体的水上部位，沥青混凝土斜墙下接黏土斜墙铺盖，其插入黏土斜墙的深度为 $(1/2 \sim 1/3)H$ （水头）。沥青混凝土心墙下接混凝土防渗心墙，通常在接缝处设止水片，也可采用铺设沥青含量较高的沥青混

土加厚层或填以沥青玛蹄脂等填料，以防止接缝脱开。沥青混凝土防渗墙须干地施工，受降雨影响大，目前在围堰中较少采用。

(3) 钢板桩心墙因其施工简单，且钢板桩可重复使用，故在国外工程应用较广泛。通常钢板桩高度 12~15m 为宜，适合于砂质基础。对于砂砾石覆盖层和堰体填料，如果堰体或堰基中颗粒粒径过大或密实度过大，打钢板桩不易成功。

(4) 混凝土防渗墙、高压喷射灌浆防渗墙、控制性帷幕灌浆主要用于堰体水下部分和堰基的防渗处理。因工程造价相对较高，围堰工期相对较长，不利于及早闭气，大型工程围堰水上部分采用的较少。

2.4.9 围堰软基处理的方法，也可以多种方法结合使用。振冲法是快速加固软弱地基的技术方法之一，可以广泛应用于松散砂层和黏土地基。其功能是提高地基的承载力，减少沉降量。控制不均匀沉陷，增强地基的抗滑稳定以及提高地基抗地震液化能力，振冲技术具有施工简单、功效高等特点。对于软基处理还可以根据覆盖层地质条件和承载力要求，结合稳定分析成果，选用置换回填、排水固结、反滤围压、沉井、高喷桩、灌浆和预应力锚索等处理措施。

2.4.10 本条结合近 10 年来我国水利水电工程的建设经验，对土石围堰的结构设计提出了要求。

1 土石围堰的碾压指标，高度不小于 30m 的 4 级围堰可参照 SL 274《碾压式土石坝设计规范》的有关规定控制；高度小于 30m 的 4 级及 5 级围堰可参照 SL 189《小型水利水电工程碾压式土石坝设计规范》的有关规定控制。

2 土料防渗体及其反滤层的设置可参照 SL 274 的有关规定。

当围堰堰体采用复合土工膜防渗时，防渗结构一般包括复合土工膜两侧垫层。复合土工膜的布置可参照 GB/T 50290《土工合成材料应用技术规范》的有关规定。

当围堰堰体采用混凝土防渗墙、高压喷射灌浆等防渗型式

时, 防渗体需满足 SL 174《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》和 DL/T 5200《水电水利工程高压喷射灌浆技术规范》的有关规定。混凝土防渗墙、高压喷射灌浆等防渗型式, 需先形成防渗体施工平台进行钻孔或成槽施工, 填料粒径较大时影响造孔效率, 而且对孔壁稳定和防渗体的质量也不利, 因此, 需控制防渗体部位的填筑材料粒径。同样, 在确定截流戗堤位置时也要考虑上述因素, 为防止截流戗堤抛投材料流失到防渗体部位, 截流戗堤一般布置在防渗体下游侧。

3 堰体防渗体与堰基及岸坡需形成封闭防渗体系。混凝土防渗墙、高喷防渗墙、钢板桩与土料防渗体的连接, 一般只要插入一定长度即可; 混凝土防渗墙、高喷防渗墙、灌浆帷幕与土工膜的连接一般采用混凝土连接板的方式。土工膜与两岸基岩需通过混凝土基座连接, 连接处需设伸缩节, 混凝土基座需置于基岩上。

2.4.11 本条款为围堰防护设计要求。水下防护材料可用抛石、钢筋石笼、合金网石兜或混凝土柔性排等; 水上防护材料可用砌石、合金网石兜或钢筋石笼等。钢筋石笼、合金网石兜为采用新材料、新工艺编制而成, 装上石块使用, 具有施工方便, 整体性好, 抗冲能力强等特点。

2.4.12 本条为土石过水围堰的防护设计要求。土石过水围堰单宽流量小于 $40\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$, 流速在 5m/s 以内, 可采用铅丝石笼或大块石 (粒径 $0.5\sim 0.8\text{m}$) 保护; 流速 $5\sim 7\text{m/s}$, 可采用钢筋笼块石、加筋块石、特大块石 (重 $3\sim 5\text{t}$) 保护; 流速 $7\sim 10\text{m/s}$, 可采用浆砌块石、混凝土块保护。

根据近年工程经验增加了土石过水围堰的型式选择的要求。土石过水围堰的型式按消能防冲方式主要有镇墩挑流式、顺坡护底式、坡面平台消能式三种。镇墩挑流式是在围堰下游坡脚设置镇墩, 利用镇墩挑流消能, 镇墩一般采用混凝土结构, 建在基岩上, 并与混凝土面板溢流面结合布置, 具有结构可靠、整体性好、宣泄流量大的优点, 在堰后水深较小, 不能形成面流衔接时

较为适用。有时虽然堰后水深较大, 为保护堰脚不受冲刷, 也常采用此种型式 (如上犹江、柘溪水电站的土石过水围堰)。其缺点是, 镇墩施工对堰体填筑施工干扰较大, 施工速度较慢, 在覆盖层较厚的河床上修建时围堰施工工期较长。顺坡护底式是在围堰下游坡脚及下游河床设置混凝土面板、钢筋石笼等措施, 保护堰体坡脚及下游河床覆盖层, 围堰下游溢流面水流与下游水流形成底流水跃衔接, 利用底流消能, 因此, 水流对堰体坡脚及下游河床覆盖层冲刷较大, 增加了防冲保护工程量, 但可避免镇墩挑流式的镇墩浇筑和堰体填筑的施工干扰问题, 如黄龙滩水电站土石过水围堰采用此种堰型。坡面平台消能式是在围堰下游溢流面的下部设置平台, 借助平台挑流与下游水流形成面流水跃衔接, 利用面流消能, 因此, 可减少水流对平台下游堰坡和堰后基础的冲刷, 降低平台下游的防护难度, 而且施工速度也比较快, 目前运用较多, 如富春江水电站二期上游土石过水围堰、功果桥上游土石过水围堰、鲁地拉下游土石过水围堰、大朝山下游土石过水围堰等均采用了此种堰型, 国外莫桑比克的卡博拉巴萨的下游围堰也采用了此种堰型。

溢流面、堰趾下游基础和两岸接头的防冲保护是土石过水围堰的设计重点, 必须深入分析围堰过水水力条件, 找出最不利的过流流量作为防冲保护的设计流量, 分析其单宽流量和过流流速, 并考虑流速分布、流态、脉动压力等, 必要时通过施工导流水力学模型试验研究验证, 提出可靠的防冲保护措施。

国内、国外部分土石过水围堰工程运用状况见表 16、表 17。
2.4.13 混凝土围堰堰体分缝布置需综合考虑堰基地形地质条件、堰体布置、堰体断面尺寸、温度应力和施工条件等因素。条件允许时, 尽量采用通仓浇筑。由于碾压混凝土采用大面积摊铺碾压的施工方式, 国内外已建的碾压混凝土重力坝大多数均不设纵缝, 考虑到围堰运行期较短, 碾压混凝土围堰不宜设纵缝, 且少设横缝, 以利于快速施工。混凝土拱围堰的堰体分缝尚需按 SL 282 的有关规定进行接缝灌浆。

表 16 国内部分水利水电工程土石过水围堰运用状况

工程名称	堰高/m	护面类型与材料尺寸	过水状况	损坏状况
上犹江	14.0	混凝土板 (厚 1.5m)	$q=27.0, v_m=5.0$	
柘溪	28.0	混凝土板 (厚 0.5m) 和 $\phi 1.0m$ 石笼	$q=10.0, H=3.08$ 水跃跃首 $v_m=14.5$	铅丝石笼有损坏, 抗滑差 (笼内石料大小)
庙岭	20.3	沥青混凝土护面	$q=11.0$ $v_m=16.0\sim 17.0$	表面轻度损坏 (糙率由 0.0167 增至 0.0189)
石桥	20.3	沥青混凝土护面	$q=12.5$	完好无
高斯	19.4	干砌、浆砌石	$q=6.0, h=2.6$	
王家园	36.8	混凝土护面	$q=24.6$	
故县	14.0	混凝土护面	$q=11.0$	
天生桥	14.7	堰顶混凝土班, 护坡为混凝土楔体 ($3.5m \times 2.0m \times 0.7m$)	$v_m=9.0, H=5.7$	模型上 $q=40, Z=4$ 仍安全 (坡面 1:6)
东风	14.7	堰顶混凝土板, 护坡为混凝土楔体 (厚 0.7m)	$q=10.5, v_m=11.2, H=8.6,$ $v_m=8.0, Z=4.0$	完好无损 (坡面 1:6.5, 边坡 上水跃)

表 16 (续)

工程名称	堰高/m	护面类型与材料尺寸	过水状况	损坏状况
流溪河	14.0	混凝土板	$q=30.0, H=3.8, v_m=8.0$	安全度汛
楠木峡	20.0	混凝土板 (厚 0.4m), 毛石镇墩	$q=6.7$	正常 (下游坡 1:1.5)
普定	13.0	键槽楔形体, 互相搭接	$H=12.5, Z=5.4$	(下游坡 1:6)
新丰江	25.0	块石	$q=31.0, v_m=15.0$	楔体稳定, 仅尾部两排楔体上 抬 10cm
大朝山	17.0	碾压混凝土 (厚 0.9m)	$q=12.9, v_m=9.0$	完好无损
锦屏二级	21	混凝土板 (厚 1.2m)	$Q=6960, q=40.0$ $v_m=10.2$	完好无损
鲁地拉	33.5	碾压混凝土 (厚 4.0m)	$Q=5225$ $q=32.3, v_m=13.3$ $H=6.29, h=4.95$	完好无损
功果桥	22.5	混凝土楔型面板	$Q=2200, q=12.5$ $v_m=12.7$ (接近最大)	完好无损

注: q 为实际过水单宽流量, $m^3/(s \cdot m)$; v_m 为实际堰面最大流速, m/s ; H, h, Z 为堰上水头、堰面水深和水头, m ; Q 为实际过水流量, m^3/s

表 17 国外部分水利水电工程土石过水围堰运用状况

工程名称	国名	堰高 /m	护面类型与材料尺寸 / (m×m×m 或 m)	围堰过流情况	护面损坏状况
卡博拉 巴萨	莫桑比克	37.0	3~5t 块石 混凝土板 (7×7×2.5 透水)	$q = 50.0, h = 4.0,$ $v_m = 9.0$	未发生严重损坏 (设计 $q = 100.0, v_m = 23$)
阿克姆博	加纳	68.0	铅丝笼 (0.92×0.92×2.75)	$q = 67.0, h = 5.12,$ $v_m = 13.0$	正常 ($q = 69.3$)
德麦泊	苏联		混凝土楔形板 (3×2×0.7)	$q = 36, v_m = 11.0 \sim 12.0$	获得成功
阿马内昌	苏联	20.0	混凝土楔形板 (2×2×0.25)	$q = 60.0$ $v_m = 17.0 \sim 23.0$ $H = 37.0, Z = 35.0$	出现沉陷, 仍每年过水, 排水 (下游边坡 1:2)
努列克	苏联	20.5	混凝土板 (1.5×1.5×0.8)	$q = 40.0$ 面流消能	坝体沉陷 1m, 部分混凝土 班, 砾石冲走
德聂斯特 罗夫斯克	苏联	20.0	混凝土楔形板 (1×1×0.25) 铰接	$q = 20.0$	护面作用明显

表 17 (续)

工程名称	国名	堰高 /m	护面类型与材料尺寸 / (m×m×m 或 m)	围堰过流情况	护面损坏状况
托克 托古丽	苏联	25	钢筋混凝土陡槽	$q = 12.0,$ 淹没水跃, 底流 消能	除消力池有变形, 无大损坏 (下游坡面 1:3.7)
汉塔依	苏联		大块石, 块石护面	$q = 66.7$ 底面消能	完全冲毁
亚库梯	苏联	22.0	块石 (0.5) 护面	$q = 3.08$ 面流消能	正常
奥尔特	澳大利亚	31.8	块石 (1.0) 砌护钢筋锚固	$q = 46.0$ $v_m = 4.5$	总体完好, 少量小块石 冲失
阿里德 阿达维拉	西班牙	30.0	混凝土护面 (6×6, 厚 0.8)	$q = 40.0$	安全度汛
露色雷斯	苏丹		石笼块石	$q = 40.0$	正常
依尔—克久	洪都拉斯	40		$q = 30.6$	下游坡度 1:2, 模型成果

注: q 为实际过水单宽流量, $m^3 / (s \cdot m)$; v_m 为实际堰面最大流速, m/s ; H, h, Z 为堰上水头、堰面水深和水头, m 。

混凝土围堰需根据堰基灌浆、排水孔设置、堰体高度及排水、堰体灌浆等条件确定堰体内是否设置廊道。如需设置廊道，其设置需符合 SL 319、SL 282 的有关规定。重力式围堰横缝的上游面、溢流面、下游面最高尾水位以下及堰内廊道和孔洞穿过分缝处的四周等部位需布置止水设施。横缝止水片必须与堰基岩石妥善连接。

重力式混凝土围堰用作过水围堰，为了利于溢流堰面消能和碾压混凝土施工，通常做成台阶式。混凝土过水围堰需通过分析计算，确定下游消能防冲措施，以保护下游河床及两岸基础，必要时需经过施工导流水力学模型试验验证。对上游过水围堰尚需要考虑大坝形象面貌对围堰下游消能工的影响，并按下游水力衔接最不利的工况进行防冲设计。若围堰基础地质、地形条件较好，可采用挑流消能，以减少下游防护工程量，简化施工；若围堰基础地质、地形条件较差，一般采用底流消能，但下游防护工程量大，需视施工条件及工期的可行性，进行综合分析比较。

2.4.14 胶凝砂砾石技术目前正处于发展阶段，工程应用上不多，但从已建胶凝砂砾石工程来看，其结构设计主要有如下基本特征：

1 胶凝砂砾石是在天然砂砾石料或石渣料中掺入少量胶凝材料并经碾压形成的，其力学性能介于堆石料（包括砂砾石料）和混凝土之间，比堆石料的强度要高，但比混凝土的强度低。这种材料性质上的特点决定了胶凝砂砾石围堰堰体内一般不允许出现拉应力，堰体断面介于重力式围堰和土石围堰之间，一般采用梯形断面，对地基的适应能力较强。

2 胶凝砂砾石中胶凝材料掺量低，胶凝砂砾石抗渗性较差且离散性较大，如贵州松桃道塘大坝现场抗渗试验表明，28d 龄期的胶凝砂砾石渗透系数为 $10^{-5} \sim 10^{-2}$ cm/s，因此迎水面一般设置富胶凝砂砾石护面、混凝土面板等防渗措施。

3 胶凝砂砾石的一个特点是就地取材，骨料为工程附近易于获得的天然砂砾石或工程开挖渣料等，一般不进行特殊加工，

力学性能差异性较大，对胶凝砂砾石材料的性能影响较大，因此，堰体胶凝砂砾石材料的强度等级一般根据材料试验并结合堰体剖面确定。

4 水泥用量少是胶凝砂砾石的主要特征之一，低水泥用量意味着水化热较小，温升较小，而且对于围堰堰体，即使出现微量裂缝也不致于对结构性能产生过大影响，故胶凝砂砾石围堰可不设纵、横缝。

2.4.15 围堰结构设计基本与坝工设计相同，由于围堰具有使用期短，堰前水位时涨时落、高水位持续时间短等特点，设计荷载只需按正常情况计算就可满足要求。若遇到超标准荷载，可采取临时措施解决。围堰设计荷载一般包括围堰自重、设计洪水位的静水压力、浮托力、渗透压力、土压力、泥沙压力、风浪压力等，根据围堰型式及其运用条件确定。对属 3 级建筑物的围堰，尚需核算校核洪水位（或保堰洪水位）的静水压力和施工荷载作用下围堰的稳定。作用在围堰上的荷载计算可采用 SL 744《水工建筑物荷载设计规范》中荷载计算中的计算公式。

围堰顶宽主要考虑施工和防汛抢险要求。土石围堰堰顶宽度一般取为 4~15m，对部分围堰高度大和有特殊要求的工程，堰顶宽度可适当增加；混凝土围堰、浆砌石围堰堰顶宽度一般取为 3~7m，若有交通要求，其顶宽度一般不小于 5m，对小型工程可适当放宽要求；钢板桩格型围堰平均宽度为 0.85D（圆筒格体直径），框架填石围堰宽度一般为高度的 1.0~1.3 倍，竹笼围堰高度一般为 10~15m，顶宽 5~10m。

2.4.16 对 3 级和失事后果较严重的 4 级围堰，混凝土围堰和土石围堰分别在材料力学法和土力学计算的基础上，要求用有限元法复核计算围堰应力、变形。对于围堰基础中存在断层破碎带或软弱结构面的围堰，尚需用有限元法复核堰基深层抗滑稳定。

2.4.17 关于土石围堰、混凝土围堰与浆砌石围堰稳定安全系数的要求说明如下：

1 关于土石围堰堰坡及地基抗滑稳定计算方法及稳定安全

系数选取。根据 SL 274 的规定，确定相应的安全系数。围堰堰坡及堰基的极限平衡稳定分析，常用的方法为条分法，有不计条块间作用力和计及条块间作用力两类，按滑动面形状分圆弧法和折线法两种。最早的瑞典圆弧法是不计条块间作用力的方法，计算简单，已积累了丰富的经验，但理论上存在缺陷，且当孔隙压力较大和地基软弱时误差较大。简化毕肖普圆弧法或其他计及条块间作用力的方法，由于“计及条块间作用力”能反映土体滑动土条之间的客观状况，但计算比瑞典圆弧法复杂。由于计算机的广泛应用，使得计及条块间作用力方法的计算容易实现，近 20 多年来已积累了很多经验。大量计算及实践表明，简化毕肖普圆弧法计算数值比瑞典圆弧法计算数值大 8%。

当采用滑楔法进行稳定计算时，若假定滑楔之间作用力为水平方向，其安全系数取值同瑞典圆弧法；若假定滑楔之间作用力平行于坡面和滑底斜面的平均坡度，其安全系数取值同简化毕肖普圆弧法。

2 混凝土围堰抗滑稳定采用抗剪强度公式或抗剪断强度公式，当存在两侧向同时挡水工况时（如混凝土纵向围堰与横向混凝土围堰衔接段），需复核两向同时挡水条件下围堰的稳定与应力。

2.4.18 本条为混凝土围堰安全核算的规定。

1 混凝土重力式围堰应力计算通常采用材料力学公式计算。对于按 3 级建筑物设计的围堰一般用平面问题的有限元法求解堰体和基础的应力及位移，计算公式参见有关混凝土坝的应力计算公式。围堰系临时建筑物，具有使用期短，特别是洪水时涨时落、最高水位持续时间不长等特点，混凝土重力式围堰施工期堰趾垂直应力允许有小于 0.1MPa 的拉应力，运行期堰基截面允许主拉应力 0.1~0.15MPa，堰体截面允许主拉应力 0.2MPa。

2 混凝土稳定计算内容及计算方法可参照混凝土重力坝、混凝土拱坝等相关设计规范执行。

3 混凝土围堰由于施工期紧，施工期间降温措施不太完善，

完工后立即投入使用等因素，运行期间会受到外部荷载和内部温度应力的双重作用，计算时一般考虑施工期温度应力。

4 混凝土纵向围堰在围堰挡水发电期间会发生双向挡水的工况，结构计算中需对双向挡水的部位进行复核。

2.4.19 围堰拦蓄库容较大时，考虑调蓄作用，同频率下的天然洪水流量得到了较大幅度的消减，可达到缩小导流工程规模，节约工程投资的目的。

2.4.20 强调 3 级土石围堰的防渗体顶部需预留竣工后的沉降超高。在确定围堰顶部高程时，需要考虑波浪高度、沉陷量、安全加高和其他水力因素。其中，波浪高度和沉陷量可按 SL 274 计算选取。其他类型围堰如钢板桩格型围堰、框架填石围堰、竹笼围堰、草土围堰等安全加高值可按土石围堰值取用，折冲水流和冰塞等引起的水位攀高可结合试验和现场等实际情况确定。

2.4.21 强调过水围堰堰顶高程按围堰挡水期设计洪水的静水位加波浪高度确定，不计安全加高值。为了降低过水围堰的保护难度和工程量，过水围堰上部经常设置子堰，此时子堰堰顶高程按照 2.4.20 条确定，过水堰体顶高程根据子堰高度相应降低。子堰高度不要太高，否则会增加度汛风险。国内部分工程过水围堰设计挡水位与子堰高度见表 18。

表 18 国内部分工程过水围堰设计挡水位与子堰高度

围堰名称	项 目 名 称			
	设计挡水位 /m	过水围堰顶高程 /m	子堰顶高程 /m	子堰高度 /m
皂市水利枢纽上游土石过水围堰	96.33	92.0	98.0	6.0
普定水电站上游土石过水围堰	1100.7	1098.0	1101.2	3.2
桥巩水电站上游过水土石与橡胶坝组合围堰	78.0	73.5	78.5	5