第十篇

水利工程施工质量管理

第一章　水利工程施工质量检验评定

第一节　评定项目的划分与树结构

一、水利水电工程质量评定项目划分

水利水电工程的质量评定，首先应进行评定项目的划分。划分时，应从大到小的顺序进行，这样有利于从宏观上进行项目评定的规划，不至于在分期实施过程中，从低到高评定时出现层次、级别和归类上的混乱。质量评定时，应从低层到高层的顺序依次进行，这样可以从微观上按照施工工序和有关规定，在施工过程中把好施工质量关，由低层到高层逐级进行工程质量控制和质量检验评定。

(一)基本概念

水利水电工程一般可分为若干个扩大单位工程。

扩大单位工程系指由几个单位工程组成，并且这几个单位工程能够联合发挥同一效益与作用或具有同一性质和用途。

单位工程系指能独立发挥作用或具有独立的施工条件的工程，通常是若干个分部工程完成后才能运行使用或发挥一种功能的工程。单位工程常常是一座独立建(构)筑物，特殊情况下也可以是独立建(构)筑物中的一部分或一个构成部分。

分部工程系指组成单位工程的各个部分。分部工程往往是建(构)筑物中的一个结构部位，或不能单独发挥一种功能的安装工程。

单元工程系指组成分部工程的、由一个或几个工种施工完成的最小综合体，是日常

质量考核的基本单位。可依据设计结构、施工部署或质量考核要求把建筑物划分为层、块、区、段等来确定。

(二)单元工程与国标分项工程的区别

(1)分项工程一般按主要工种工程划分,可以由大工序相同的单元工程组成。如:土方工程、混凝土工程是分项工程,在国标中一般就不再向下分,而水利部颁发的标准中,考虑到水利工程的实际情况,像土坝、砌石、混凝土坝等,如作为分项工程,则工程量和投资都可能很大,也可能一个单位工程仅有这一个分项工程,按国标进行质量检验评定显然不合理。为了解决这个问题,部颁标准规定,质量评定项目划分时可以继续向下分成层、块、段、区等。为便于与国标分项工程区别,我们把质量评定项目划分时的最小层、块、段、区等叫作单元工程。

(2)分项工程这个名词概念,过去在水利工程验收规范、规程中也经常提到,一般是和设计规定基本一致的,而且多用于安装工程。执行单元工程质量检验评定标准以来,分项工程一般不作为水利工程日常质量考核的基本单位。在质量评定项目规划中,根据水利工程的具体情况,分项工程有时划为分部工程,有时又划为单元工程,分项工程就不作为水利工程质量评定项目划分规划中的名词出现,而出现名词单元工程。单元工程有时由多个分项工程组成,如一个钢筋混凝土单元就包括有模板制安、钢筋绑扎和焊接、混凝土拌制和浇筑等多个分项工程;有时由一个分项工程组成。即单元工程可能是一个施工工序,也可能是由若干个工序组成。

(3)国标中的分项工程完成后不一定形成工程实物量,或者仅形成未就位安装的零部件及结构件,如模板分项工程、钢筋焊接、钢筋绑扎分项工程、钢结构件焊接制作分项工程等。单元工程则是一个工种或几个工种施工完成的最小综合体,是形成工程实物量或安装就位的工程。

(三)项目划分原则

质量评定项目划分总的指导原则是:贯彻执行国家正式颁布的标准、规定,水利工程以水利行业标准为主,其他行业标准参考使用。如房屋建筑安装工程按分项工程、分部工程、单位工程划分;水工建筑安装工程按单元工程、分部工程、单位工程、扩大单位工程划分等。

1. 单位工程划分原则

枢纽工程按设计结构及施工部署划分。以每座独立的建筑工程或独立发挥作用的安装工程为单位工程。如厂(站)房、管理房、生活房、办公房、溢洪道、土(石或混凝土)坝、进水闸、进(出)水池等建筑工程分别为单位工程,金属结构、机电设备、电气、通讯等安装工程分别为单位工程。

渠道工程按渠道级别或工程建设期、段划分。以一条干(支)渠或同一建设期、段的渠道工程为单位工程,投资或工程量大的建筑物以每座独立的建筑物为单位工程。

堤坝工程按设计结构及施工部署划分。以堤坝身、堤坝岸防护、交叉连接建筑物等分别为单位工程。

2. 分部工程划分原则

枢纽工程按设计结构的主要组成部分划分。

渠道工程和堤坝工程按设计及施工部署划分。

同一单位工程中,同类型的各个分部工程的工程量不宜相差太大,不同类型的各个分部工程投资不宜相差太大。每个单位工程的分部工程数目不宜少于 5 个。

3. 单元工程划分原则

枢纽工程按设计结构、施工部署或质量考核要求划分。建筑工程以层、块、段为单元工程,安装工程以工种、工序等为单元工程。

渠道工程中的明渠(暗渠)开挖、填筑按施工部署划分,衬砌防渗(冲)工程按变形缝或结构缝划分,单元工程不宜大于 100m。

堤坝工程按施工方法与施工进度划分。

4. 划分注意事项

(1)根据单元工程的概念,单元工程是项目划分的最基本也是最小的项目。一般来说,单元工程是不宜再往下划分的,不能再用子单元、分单元等名词来把单元工程再划分成更小的项目。

(2)顾名思义,分部工程是一个建(构)筑物的一个部位。根据设计结构、施工部署、工程量或投资的大小,可以分成若干个大小不同(即质量评定权重不同)的部位。一个大部位也可以分成若干个小部位,这时,大部位就叫做分部工程,小部位就叫做分分部工程,即项目树结构中分部工程可以是由若干个分分部工程组成的,而不称作由若干个子分部工程组成父分部工程。

(3)单位工程通常是一座独立的建(构)筑物,是评优报优的基本单位,所以,对单位工程来说,在项目树结构中,根据该单位工程(与其他单位工程相比较来说)在运行管理中发挥效益的程度、工程投资、工程量大小等来确定其质量评优报优权重的大小。在评定项目的规划时,为了评定工作不至于出现级别和归类上的混乱,在单位工程上进行一些必要的技术处理,把需要作技术处理的一些单位工程,可分别划分为父单位工程、子单位工程、孙单位工程。

二、项目树结构

对于工程设计比较简单的工程,划分也比较简单,不用项目树结构就条理层次十分

清楚。对于工程设计项目繁多的工程，在项目划分时，可能出现层次较多的现象，也可能工程施工分期实施。为了在分期进行质量检验评定时，前后呼应，自然衔接，统一尺度，总体平衡，这时就要用到项目树结构。根据工程设计项目和分期实施、技术难易程度可把项目树分为简单项目树和复杂项目树两种。

(一)简单项目树结构

简单项目树结构共分 4 层。为了简单起见，每一层只列上一层的一个分支。

第 1 层 扩大单位工程(1……I)

第 2 层 单位工程(1……J)

第 3 层 分部工程(1……K)

第 4 层 单元工程(1……L)

(二)复杂项目树结构

复杂项目树结构共分 4 大层。每一层只列上一层的一个分支。

第 1 层 扩大单位工程(1……I)

第 2 层：* 父单位工程(1……$J0$)

单位工程(1……J)

* 子单位工程(1……$J1$)

* 孙单位工程(1……$J2$)

第 3 层： 分部工程(1……K)

* 分分部工程(1……$K1$)

第 4 层 单元工程(1……L)

(三)项目树结构说明

通常来说，简单项目树工程设计项目比较简单，层次少，设计项目不分期实施，年度内可完工，技术也比较单纯。

复杂项目树工程设计项目和层次都比较复杂，总投资和总工程量都比较大，技术上比较复杂，施工难度也大，施工组织安排分期实施或分年度实施，在质量评定项目规划时要考虑复杂项目树结构。

复杂项目树结构中带 * 号的分支部分，在划分时，应根据质量评定项目的具体情况及其权重，确定是否需要单独提出来特殊处理。

一般情况下，父单位工程比单位工程的投资(或工程量)大，要与扩大单位工程同等对待。在项目划分时，尽量少出现或不出现父单位工程。若出现父单位工程，可作特殊处理，分解为几个单位工程。子单位工程与分部工程的投资或工程量相当，孙单位工程、分分部工程与单元工程的投资或工程量相当。在质量评定时，它们可以和本层不带 * 部

分视为同等权重，也可以视为与上层或下层的权重等价。

特殊情况下，对于子单位工程或孙单位工程来说，由于投资或工程量很小，工序工种也比较单纯，可能出现一个分部工程中只有一个单元工程，或者说一个单元工程就是一个分部工程。

三、项目树举例

(一)简单项目树

某水利工程在建设过程中要进行质量评定，枢纽工程为电灌站工程，装机容量、投资都不大，根据工程等级规范，该工程属于地方小型水利工程，设计项目虽然较多，但工程量都比较小，质量评定项目相对比较简单，应属于简单项目树结构。我们先进行质量评定项目规划，先根据基本概念划清设计(或建设)项目应该属于树结构的哪一层次，层次分清后，简单项目树分支结构就基本形成了。设计(或建设)项目有：①引水闸，包括进口段、闸室、出口段等；②引水渠，包括渠底、渠堤等；③前池，包括扩散段、侧(翼)墙、进水池等；④机房，包括基础、墙体、屋顶、门窗等；⑤出水池，包括胸墙、侧(翼)墙、渐变段等；⑥管道，包括吸水管、压力管等；⑦输水渠，包括渠底、渠堤等。

项目树可以建成表 10－1－1 的形式。

如果上例的水利工程除枢纽工程外还有灌区工程，那么质量评定项目中扩大单位工程就有两个，一个为电灌站工程，另一个为灌区工程。

(二)复杂项目树

如果电灌站工程装机容量、投资都较大，设计项目较多，工程量也较大，在质量评定项目规划时就要考虑各评定项目的投资或工程量之间的平衡，各单位工程之间的投资或工程量悬殊大时，就要建立复杂项目树结构。

若(一)中例子中的引水闸工程的投资和工程量占电灌站工程的比重都很大，它的任何一个分部工程的投资或工程量都比其他任何一个单位工程大很多，这就要合理考虑它的评定权，在项目划分规划时充分肯定其评定权重。建立复杂项目树结构就可解决这一问题。

如果将上例中的引水闸工程的规模扩大，使它的分部工程与其他单位工程的规模相当，那么，这样一个扩大单位(或整体)工程的项目树结构就成为复杂项目树结构。

将上例中的进水闸规模提高，使它的分部工程与其他单位工程的规模相当，则上例中的简单项目树结构就变成复杂项目树结构了。引水闸项目树结构部分如表 10－1－2 所示。

表 10－1－1　简单项目树结构

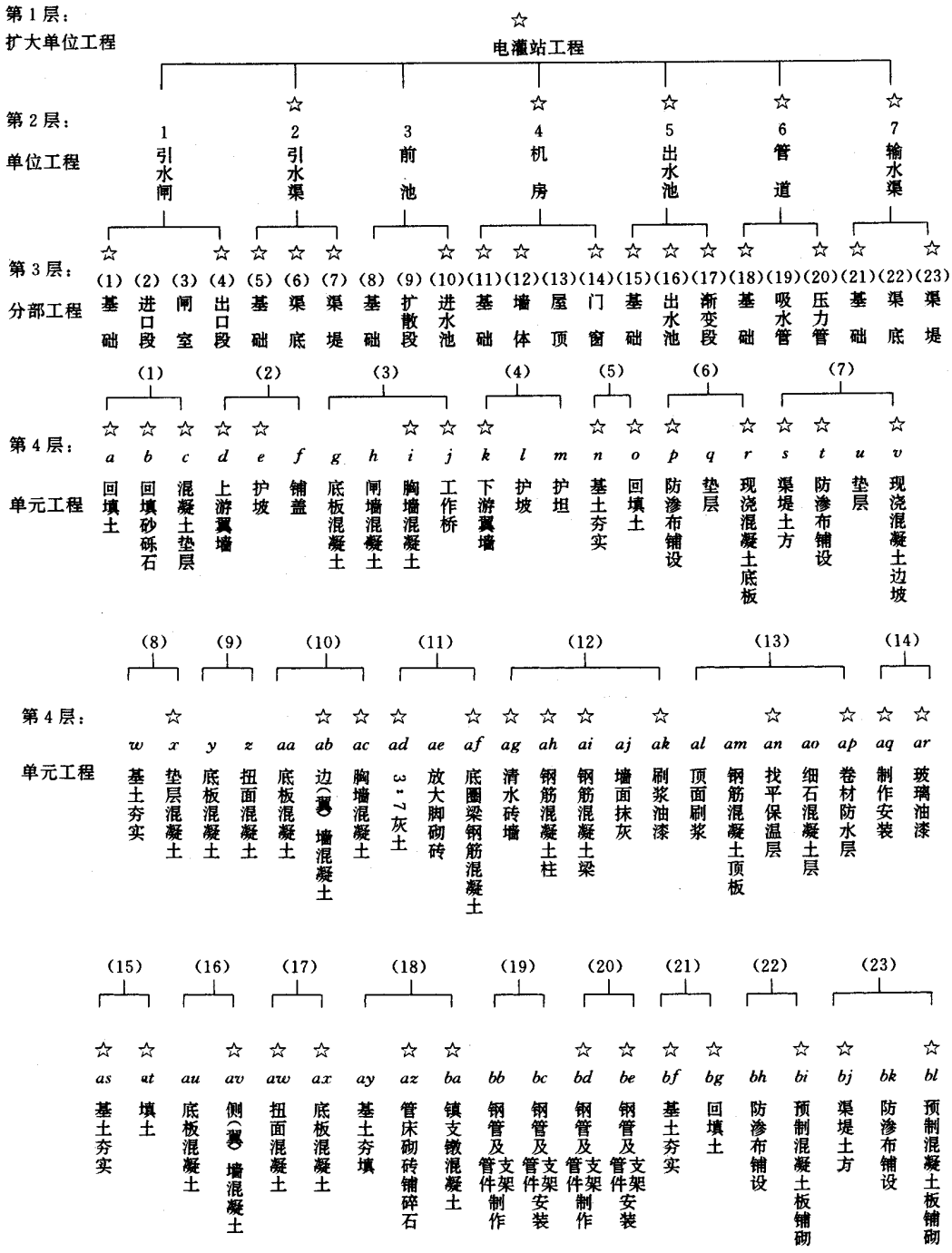
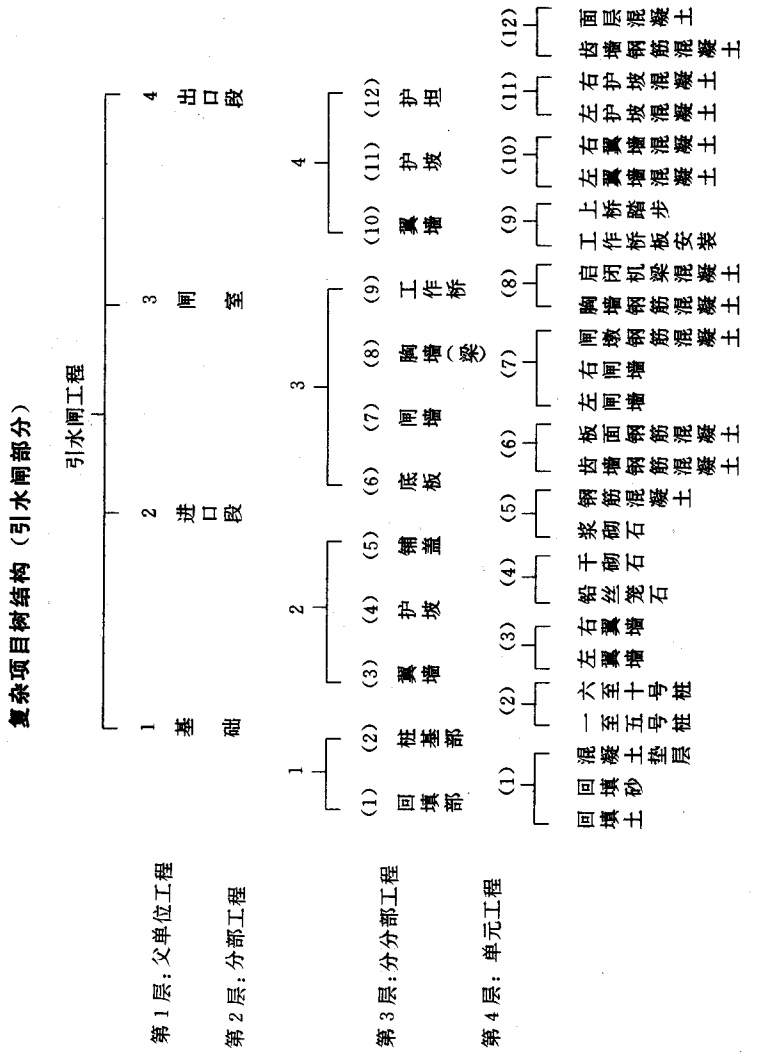


表 10－1－2　复杂项目树结构(引水闸部分)



从例子可以看出，一个扩大单位工程中只要包含父单位工程、子单位工程、孙单位工程中任意一个或一个以上的树结构就是复杂项目树结构。

列入基本建设管理的水利工程相对相说投资和工程量都大，施工技术难度大，工期长，要求在建设过程中按照国家规定的基建程序进行施工，一般施工期都在一年以上。

如果某水利工程建设工期较长，有了项目树划分规划及分期实施计划，不管哪年建设，也不管先建设哪 个单元工程或哪个分部工程，在质量评定时，只要依次由低层到高层(即由第 4 层到第 1 层)的顺序进行，都不会使评定项目的前后纵横出现混淆，不会因为评定项目的投资及工程量的大小、施工技术难度、工期长短及分期(或分年度)考核而出现质量评定不平衡。

第二节　水利工程质量等级及优良品率

一、质量检验评定分类及等级标准

(一)单元工程质量评定分类

水利工程质量等级评定前,有必要了解单元工程质量评定是如何分类的。单元工程质量评定分类有多种,这里仅介绍最常用的两种。

1. 按工程性质分类

按工程性质可分为:①建筑工程质量检验评定;②机电设备安装工程质量检验评定;③金属结构制作及安装工程质量检验评定;④电气通讯工程质量检验评定;⑤其他工程质量检验评定。

2. 按项目划分分类

按项目划分可分为:①单元、分项工程质量检验评定;②分部工程质量检验评定;③单位工程质量检验评定;④扩大单位或整体工程质量检验评定;③单位或整体工程外观质量检验评定。

(二)评定项目及内容

中小型水利工程质量等级仍按国家规定(国标)划分为“合格”和“优良”两个等级。不合格单元工程的质量不予评定等级,所在的分部工程、单位工程或扩大单位工程也不予评定等级。

单元工程一般由保证项目、基本项目和允许偏差项目三部分组成。

保证项目是保证水利工程安全或使用功能的重要检验项目。无论质量等级评为合格或优良,均必须全部满足规定的质量标准。规范条文中用“必须”或“严禁”等词表达的都列入了保证项目,另外,一些有关材料的质量、性能、使用安全的项目也列入了保证项目。对于优良单元工程,保证项目应全部符合质量标准,且应有一定数量的重要子项目达到“优良”的标准。

基本项目是保证水利工程安全或使用性能的基本检验项目。一般在规范条文中使用“应”或“宜”等词表达,其检验子项目至少应基本符合规定的质量标准。基本项目的质量情况或等级分为“合格”及“优良”两级,在质的定性上用“基本符合”与“符合”来区别,并以此作为单元工程质量分等定级的条件之一。在量上用单位强度的保证率或离差系

数的不同要求，以及用符合质量标准点数占总测点的百分率来区别。一般来说，符合质量标准的检测点（处或件）数占总检测数 70％及以上的，该子项目为“合格”；在 90％及以上的，该子项目为优良。在各个子项目质量均达到合格等级标准的基础上，若有 50％及其以上的主要子项目达到优良，该单元工程的基本项目评为“优良”。

允许偏差项目是在单元工程施工工序过程中或工序完成后，实测检验时规定允许有一定偏差范围的项目。检验时，允许有少量抽检点的测量结果略超出允许偏差范围，并以其所占比例作为区分单元工程是“合格”还是“优良”等级的条件之一。

（三）工程质量等级评定标准

1. 单元工程质量等级评定

评定标准见表 10－1－3～表 10－1－6

表 10－1－3　建筑工程质量等级评定标准

评定等级	保证项目	基本项目	允许偏差项目	
			建筑工程	金属结构①
合　格	全部符合	基本符合（实测点≥70％符合标准）	70％以上符合	80％以上符合
优　良	全部符合，重要子项目优良	（1）全部符合 （2）≥50％主要子项目符合优良	90％以上符合	95％以上符合

① 金属结构系指与建筑工程同时施工或互相穿插在一起进行施工的附属金属结构件、预埋零部件等。

表 10－1－4　金属结构及启闭机械安装质量等级评定标准

评定等级	保证项目	基本项目	允许偏差项目
合　格	全部符合	基本符合（实测点 90％以上符合标准）	90％以上符合，其余不影响安全运行
优　良	全部符合，重要子项目优良	（1）全部符合 （2）90％以上主要子项目符合优良	95％以上符合

表 10－1－5　机电设备安装工程质量等级评定标准

评定等级	保证项目	基本项目	允许偏差项目
合　格	全部符合	实测点 90％符合，其余微小出入，不影响使用	90％以上符合
优　良	全部符合，重要子项目优良	（1）全部符合 （2）≥50％主要子项目优良	95％以上符合

表 10－1－6　电气通讯工程质量等级评定标准

评定等级	保证项目	基本项目	操作试验或试运行
合　格	全部符合	基本符合(有微小出入,但不影响安全运行和设计效益)	符合要求
优　良	全部符合,重要子项目优良	全部符合	各种技术指标优于规定

注　中小型工程的电气通讯工程以电力、邮电系统标准进行评定,大型工程可按该表评定

2. 分部工程质量等级评定

评定标准见表 10－1－7。

表 10－1－7　分部工程质量等级评定标准

评定等级	所含单元工程
合　格	质量全部合格,资料收集完成
优良	在合格的基础上,有 50%及其以上优良,且主要单元工程,重要隐蔽工程及关键部位的单元工程质量优良,未发生过质量事故

3. 单位工程质量等级评定

评定标准见表 10－1－8。

表 10－1－8　单位工程质量等级评定标准

评定等级	所含分部工程
合　格	1. 质量全部合格
	2. 外观质量的评定得分率在 70%及其以上
	3. 质量保证资料应基本齐全,并整理成册
优　良	1. 质量全部合格
	2. 50%及其以上质量优良,主要分部工程质量优良,装饰分部工程必须优良
	3. 外观质量的评定得分率达 85%及其以上
	4. 质量保证资料:主体工程齐全,其他工程应基本齐全,并整理成册

4. 工程项目质量评定等级

合格:单位工程质量全部合格。

优良:单位工程质量全部合格,其中有 50%及其以上的单位工程优良,且主要建筑物单位工程优良。

二、质量评定项目的优良品率

水利工程质量评定和申报优质工程项目时，优良品率的计算必须按项目划分层由低层到高层逐级进行。计算优良品率的前题是所有的单元工程必须达到合格的质量标准。

(一)简单项目树结构的优良品率

评定简单项目树结构的优良品率，首先从简单项目树结构的最底层，即第 4 层的单元工程质量等级的检验评定开始，这是评优工作的基础，必须与施工进度同步，并且，参加现场检验评定工作的各方人员必须及时签定，避免事后人为作弊，形成伪造的单元工程质量等级检验评定资料，以确保单元工程质量等级检验评定资料的真实可靠性。

在单元工程质量等级检验评定工作完成的基础上，依次进行简单项目树结构的第 3 层、第 2 层、第 1 层的检验评定工作。

也就是说，先检验每个单元工程的质量等级，由单元工程的优良个数计算所在的分部工程是优良还是合格，接着由分部工程的优良个数计算所在单位工程是优良还是合格，依次类推，计算出扩大单位工程或整体工程项目的质量等级。一般可按如下公式直接计算。

1. 分部工程的单元工程优良品率

$$P_1 = \frac{\text{单元工程优良品个数}}{\text{单元工程总个数}} \times 100\% \qquad (10-1-1)$$

即每个分部工程所含的单元工程总个数中优良品单元工程占的百分比率。若 $P_1 \geqslant 50\%$，且优良单元工程含主要的单元工程，则分部工程为优良等级；若单元工程全部合格，而主要单元工程质量只要有一个未达到优良标准，则分部工程为合格等级。

2. 单位工程的分部工程优良品率

$$P_2 = \frac{\text{分部工程优良品个数}}{\text{分部工程总个数}} \times 100\% \qquad (10-1-2)$$

即每个单位工程所含的分部工程总个数中优良品分部工程占的百分比率。$P_2 \geqslant 50\%$，且优良分部工程含主要的分部工程，这是单位工程质量优良的条件之一，另外，单位工程质量优良的条件还有三个方面：装饰分部工程、观感质量的评定得分率和质量保证资料。在所含分部工程全部合格的基础上，主要分部工程质量只要有一个未达到优良标准，则单位工程为合格等级。

3. 扩大单位(或整体)工程优良品率

$$P_3 = \frac{\text{扩大单位工程的单位工程优良品个数}}{\text{扩大单位工程的单位工程总个数}} \times 100\% \qquad (10-1-3)$$

即每个扩大单位工程所含的单位工程总个数中优良单位工程占的百分比率。$P_3 \geqslant$

50%，且优良单位工程含主要的单位工程，这是扩大单位工程质量优良的条件；在所含单位工程全部合格的基础上，主要单位工程质量只达合格标准的，扩大单位工程为合格等级。

（二）复杂项目树结构的优良品率

复杂项目树结构的优良品率，同简单项目树结构的优良品率计算办法基本相同，所不同的是如何处理好父单位工程、子单位工程、孙单位工程的检验评定。

一般来说，父单位工程与扩大单位工程同样对待，子单位工程与分部工程同样对待，孙单位工程与单元工程同样对待。也就是说，在评定时父单位工程升一档为一个扩大单位工程，子单位工程降一档为一个分部工程，孙单位工程降两档为一个单元工程。优良品率通常按式 10－1－4～式 10－1－8 直接计算

1. 分部工程的单元工程优良品率

$$P_1 = \frac{\text{单元工程优良品个数} + \text{孙单位工程优良品个数}}{\text{单元工程总个数} + \text{孙单位工程总个数}} \times 100\% \quad (10-1-4)$$

在质量评定项目划分规划中，对于某分部工程中出现分分部工程的情况时，分分部工程要与单元工程一样对待。计算分分部工程的单元工程优良品率时，分子要加上“分分部工程优良品个数”，分母要加上“分分部工程总个数”。

2. 单位工程的分部工程优良品率

$$P_2 = \frac{\text{分部工程优良品个数} + \text{子单位工程优良品个数}}{\text{分部工程总个数} + \text{子单位工程总个数}} \times 100\% \quad (10-1-5)$$

3. 扩大单位（整体）工程的单位工程优良品率

$$P_3 = \frac{\text{扩大单位（整体）工程的单位工程优良品个数}}{\text{扩大单位（整体）工程的单位工程总个数}} \times 100\% \quad (10-1-6)$$

4. 对于子单位或孙单位工程中只含一个分部工程，或一个分部工程只含一个单元工程时，其优良品率按式 10－1－7 计算

$$P_4 = \frac{\text{子单位或孙单位工程的单元（或分部）工程优良品个数}}{\text{子单位或孙单位工程的单元（或分部）工程总个数}} \times 100\% \quad (10-1-7)$$

5. 某时间、某施工企业或某单项工程的优良品率

$$P_5 = \frac{\text{相应时间计算范围内优良部分工程项目个数或工程量之和}}{\text{考核期间计算范围内工程项目总数或工程量}} \times 100\% \quad (10-1-8)$$

上述复杂项目树结构的项目优良品率计算公式中的父单位工程、子单位工程或孙单位工程的优良品个数，可根据质量评定项目划分的具体情况，进行具体分析，灵活使用。一般来说，父单位工程出现的机率很小，在优良品率计算时与扩大单位工程属于同一档

次,而扩大单位工程一般很少,不宜再计算其优良品率,所以,父单位工程在项目树规划时,应尽量少出现或不出现。

(三)举例

1. 单元工程优良品率的确定

第一节例 1 中第 4 层的优良单元工程,是根据施工过程中单元工程质量检验评定表中的保证项目、基本项目及允许偏差项目中的子项目,对各工序的质量进行综合评定后得出的。

根据三部分的综合评定情况,可以确定一个单元工程是合格还是优良。第一节例子中第 4 层 $\alpha \sim bJ$ 共 42 个单元工程中,上部标有☆号的表明是通过综合评定为优良的单元工程,未标☆号的为合格单元工程。

2. 分部工程的单元工程优良品率

第一节例子项目树中分部工程有 23 个,为简单起见,仅对有代表性的分部工程的单元工程优良品率的确定作一分析,其他分部工程类推。如:第 3 层中的第(7)分部工程——渠堤分部工程,它包括 4 个单元工程($s \sim v$),其中 s、t、v 3 个单元工程为优良单元工程,按式(10 - 1 - 1)计算,该分部工程的单元工程优良品率为 75%(>50%),且 s、t、v 都是该分部工程中主要的单元工程,按规定,第(7)分部工程即评为优良分部工程。

3. 单位工程的分部工程优良品率

第一节例子项目树中单位工程有 7 个,为简单起见,仅对有代表性的单位工程的分部工程优良品率的确定作一分析,其他单位工程类推。如:第 2 层中的第 7 单位工程——输水渠工程,它包括 3 个分部工程[(21) ~ (23)],其中(21)、(23)两个分部工程为优良分部工程,按式 (10 - 1 - 2)计算,该单位工程的分部工程优良品率为 66.7%(>50%),且(21)、(23)都是该单位工程中主要的分部工程,按规定,这是该单位工程质量优良的条件之一。如输水渠工程的观感质量(堤顶、渠堤内外边坡棱线面)的评定得分率达 85%及其以上,质量保证资料(基础和渠堤工程的检验测试资料)齐全,渠底工程的检验资料基本齐全并整理成册,则第(7)单位工程即评为优良单位工程。

对于含有装饰分部工程的单位工程,如第一节例子中的第 4 单位工程——机房工程,除观感质量和质量保证资料符合优良要求外,还要求装饰分部工程必须优良,第 4 单位工程才能最终评为优良工程。

4. 扩大单位工程的单位工程优良品率

扩大单位工程的单位工程有 7 个,第一节例子中有 5 个单位工程评为优良单位工程,其扩大单位工程——电灌站工程的单位工程优良品率为 71.4%,其中 4、5、6、7 四个单位工程是电灌站主要的单位工程,所以,该扩大单位工程为优良的扩大单位工程。

第三节　质量检验评定程序及质量处理

本节突出了由生产建设者负责直接质量的原则，并规定由质量检查监督部门的专职检查人员核定质量等级，目的是为了严格掌握水利工程的质量标准，从单元工程各工序就开始加强施工的质量控制，最大限度地把质量问题消 灭在施工过程中。

一、质量检验评定程序

(一)单元工程

单元工程的质量检验评定，对国有二级(含二级)以上企业，应由施工企业在班组自检的基础上，再由基层施工队质量检查人员复检，最后由施工企业质检科或技术负责人组织终检。对国有二级以下(不含二级)施工企业和不具备企业内部三检制的单位，由施工企业班组进行初检，企业技术负责人复检，最后由建设单位指定的质量检查或施工技术人员进行终检。建设单位质检科或技术负责人有监督、检查及否决权，可以随时进行抽查、核定。

单元工程质量检验评定表格式见表 10－1－9。

表 10－1－9　单元工程质量检验评定表格

单位工程名称			施工企业名称	
分部工程名称			单元工程工作量	(m^3/万元)
	子　项　目	质　量　标　准		质　量　情　况
保证项目	1.			
	2.			
	3.			
	…			
基本项目	子　项　目	质　量　标　准		
	1.			
	2.			
	3.			
	…			

单位工程名称		施工企业名称	
分部工程名称		单元工程工作量	（m^3/万元）

允许偏差项目	子　项　目	允许偏差（mm）	实测值（mm）
	1.		
	2.		
	…		

检查结果					
	保证项目	合格	子项，其中优良	子项，优良率	%
	基本项目	检查	子项，其中优良	子项，优良率	%
	允许偏差项目	实测	点，其中合格	点，合格率	%

施工企业班组意见	施工企业终检意见	建设（监理）单位核定意见
班组长：　　（签字）	负责人：　　（签章）	不责人　　（签章）

（二）分部工程

分部工程的质量检验评定，由企业的技术负责人组织评定。对国有二级（含二级）以上企业，应由企业基层施工队质量检查人员初检，再由施工企业质检科或技术负责人组织复检，最后由建设单位质检人员审查核定。对国有二级以下（不含二级）施工企业和不具备企业内部三检制的施工企业，应由施工企业班组进行初检，企业技术负责人复检后由建设单位指定的质量检查人员或施工技术人员进行终检，最后由建设单位质检科或技术负责人进行审查核定。对于地基与基础、主体工程以及重要部位或隐蔽的分部工程应由施工企业负责人和建设单位质检科或技术负责人共同核定，重要部位或隐蔽的分部工程，必要时还要请地区水利工程质量监督站或主管部门核定。地区水利工程质量监督站可以随时进行检查、抽样检验、核定，并有监督、检验及否决权。

分部工程质量检验评定表格式见表 10－1－10。

表 10－1－10　分部工程质量检验评定表格

序号	单　元　工　程　名　称	质量核查情况	备　　注
1			
2			
3			
4			
5			
6			

序号	单元工程名称	质量核查情况	备注
7			
…			
…			
…			

单元总项数	其中： 合格单元　　项，合格率　　%。 优良单元　　项，优良率　　%。

（三）单位工程

单位工程的质量检验评定，应由施工企业技术负责人组织企业有关部门进行初检评定，并应将有关评定资料提交建设单位审验复查，地区水利质监站或主管部门核验评定。对于地基与基础、主体分部工程应由施工企业负责人和建设单位质检科或技术负责人共同初检评定，重要部位或隐蔽的单位工程，要请地区水利质监站或主管部门复检核定。

单位工程由几个分包单位施工时，总包单位应对工程质量全面负责，各分包单位应作为二级企业一级基层队按上述规定和质量评定程序检验评定所承建的单元工程、分部工程的质量等级，并将评定结果及资料交总包单位检验核定。

质量保证资料核查表格式见表 10－1－11。

单位工程外观质量评定表格式见表 10－1－12。

单位工程质量综合评定表格式见表 10－1－13。

表 10－1－11　质量保证资料核查表格

序号	项目名称		份数	检查情况
1	建筑工程			
2				
3				
4				
5	机电设备安装工程			
6				
7				
8				
9				

序号	项目名称		份数	检查情况
10	电气工程			
11				
12				
13	金属结构制作及安装工程			
14				
15				
16				
17				
企业技术部门及建设单位检查结果		总份数　　份。 合格　　份， 基本合格　　份。		签字： 年　　月　　日

注　表中的‘序号’和‘项目名称’可根据工程实际情况适当增减。

表 10－1－12　单位工程外观质量评定表格

项目名称		标准分	评定等级						备注
			一级 100%	二级 90%	三级 80%	四级 70%	五级 0		
建筑工程	1. 厂房(室)外墙面	10							
	2. 厂房(室)外大角	2							
	3. 外墙横竖角线	3							
	4. 散水、台阶、明沟	3							
	5. 滴水槽(线)	1							
	6. 变形缝、落水管	2							
	7. 厂房屋面坡向	2							
	8. 厂房防水层	3							
	9. 厂房屋面细部	3							
	10. 厂房屋面保护层	1							
	11. 厂房内顶棚	4/5							
	12. 厂房内墙面	10							
	13. 地面与楼层面	10							
	14. 楼梯、踏步、护栏	2							
	15. 门安装	4							
	16. 窗安装	4							
	17. 玻璃	2							
	18. 油漆	4/6							

项目名称		标准分	评定等级						备注
			一级 100%	二级 90%	三级 80%	四级 70%	五级 0		
建筑工程	19. 机墩外形	3							
	20. 机坑排水坡度	3							
	21. 机坑排水沟(井)	2							
	22. 通风口	2							
	23. 电缆沟	2							
	24. 渠道坡面平整度	5							
	25. 渠道堤防棱线平直度	5							
	26. 渠系建筑物面部	4							
金属结构	1. 大面平整度	4							
	2. 线棱平直度	4							
	3. 焊缝	5							
	4. 止水缝	5							
	5. 圆弧度	4							
	6. 管道坡度	3							
	7. 接口、支架、管件	3							
	8. 阀门配件	2							
	9. 检查口	1							
	10. 除锈、油漆等	2							
机电设备安装工程	1. 机械设备	10							
	2. 电气设备(变送电)	10							
	3. 通讯设备	5							
	4. 交通设备	2							
	5. 供水设备	3							
	6. 排水设备	3							
	7. 通风设备	3							
电气工程	1. 线路敷设(1次) (2次)	10 10							
	2. 配电盘、箱、板	8							
	3. 照明器具	5							
	4. 开关插座	3							
	5. 防雷接地	2							
	6. 电缆装设	2							

注　表中的‘项目名称’和‘标准分’可根据工程实际情况适当增减或调整。

表 10－1－13　单位工程质量综合评定表格

<table>
<tr><td colspan="2">工程名称</td><td colspan="2"></td><td>开工日期</td><td>年　月　日</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工单位</td><td colspan="2"></td><td>竣工日期</td><td>年　月　日</td></tr>
<tr><td colspan="2">结构类型</td><td colspan="2"></td><td>工作量</td><td>（m^3/万元）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">（一）</td><td>1</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">结　果</td><td colspan="4">共　个分部工程，其中　个优良分部工程，优良率　%主体工程中分部工程　个，优良　个，优良率　%</td></tr>
<tr><td>（二）</td><td>质量保证资料</td><td colspan="4">共核查　项，经鉴定符合要求　项。</td></tr>
<tr><td>（三）</td><td>观感质量评定</td><td colspan="4">应得　分，实得　分，得分率　%</td></tr>
<tr><td colspan="3">（四）施工企业评定等级：

企业经理：　（公章）
技术负责人：　年　月　日</td><td colspan="3">工程质量监督站或主管部门核定结果：

（公章）
负责人：　年　月　日</td></tr>
</table>

二、单元工程施工质量处理

单元工程质量不符合质量检验评定标准的合格等级规定时，应进行质量补强处理，甚至返工。经过质量处理的单元工程按以下规定确定其质量等级：

1. 返工重做的可重新评定质量等级。

2. 经过加固补强，并经法定检测单位鉴定能够达到设计要求的，其质量仅能评为合格，不得评为优良。

3. 经法定检测单位鉴定达不到原设计要求，但建设（监理）单位认为能基本满足安全和使用要求的可不加固补强，或经过加固补强后改变外形尺寸或造成永久性缺陷的，经建设（监理）单位认为基本满足设计要求，其质量可定为合格，但所在分部工程不能评为优良。

由于种种原因，某个单位工程施工工序已全部完成，但未按检验评定程序及时检验评定等级，又没有按要求进行单元工程的质量检验评定，即缺乏质检资料的工程，可以按如下情况分别处理：

1. 对于既没有质检资料又没有施工记录的单位工程，在单位工程核验时，除按质量评定程序先进行工程的观感质量评定外，还要对其内部质量进行取样或非破坏性检验评定，必要时也可进行破坏性检验测定。

2. 对于没有质检资料而有施工检测记录的单位工程，在单位工程核验时，除按质量评定程序先进行工程的观感质量评定外，对其内部质量的检验可参考施工检测记录进

行,必要时可进行破坏性检验评定。

第四节　单元工程质量检验评定表

一、检验评定表构成

单元工程质量检验评定表的内容主要由5个部分组成：

1. 表名。一般是以单元工程的工种、工序或层块结构等的综合体来确定的。

2. 表头。主要说明该表所属哪个单位工程、哪个分部工程、工作量大小和施工单位名称。

3. 表体。表体主要包括检查检验评定的保证项目、基本项目及允许偏差项目。表体中列有检验评定的子项目、质量标准或要求检查检验内容以及质量情况等。根据设计、施工等具体情况,发生了的子项目可以列入,不发生的可以去掉,以便于单元工程质量检验评定表符合实际。

4. 检查检验结果。把表体中的保证项目、基本项目、允许偏差项目的质量评等定级情况分别进行汇总和统计计算,并提出检查检验结果。

5. 评定意见及等级核定。评定意见是指施工企业对检查检验结果进行质量终检认证,填写意见并签字 等级核定由建设单位或质量监督机构进行核定,并认证签字。

二、工程质量检验评定表总说明

(一)单元工程质量检验评定表说明

1. 单位工程名称栏

填写总承包企业施工的质量评定项目树结构中的单位工程名称,即该单元工程所在的单位工程名称。

2. 分部工程名称栏

填写质量评定项目树结构中的单位工程包含的分部工程名称,也即该单元工程所在的分部工程名称。

3. 施工企业栏

填写该单元工程总承包企业的名称或分包企业的名称。

4. 单元工作量栏

填写质量评定项目中本分部工程内的该单元工程工作量，工作量的单位可以是 m^3，也可以是万元。

5. 保证项目、基木项目、允许偏差项目栏

保证项目和基本项目栏中的质量情况或等级，填写的主要依据是日常施工记录、设计要求和施工规程规范中规定或要求的常规主控质量标准内容。在施工过程中，对其进行必要的检查、检验或测试，进行统计分析，评定后填写在此栏内。这是施工企业质量检查检验机构的日常工作，是不可推卸的职责和责任，必须认真做好的一项工作。

允许偏差项目中的测点，是对设计要求和施工规程规范中规定的、允许有一定偏差的内容进行抽检，并将其结果或数据进行统计分析，评定其质量等级。

保证项目、基本项目、允许偏差项目中的子项目和质量标准内容及允许偏差值在以后各章节中将分别详细介绍。

6. 检查结果栏

将保证项目、基本项目、允许偏差项目栏的综合性统计分析结果总计后，算出合格率、优良率。

7. 施工单位意见

填写施工企业内基层队和施工企业的终检意见。

8. 建设单位核定等级

建设单位核验施工企业终检意见真实与否的结果，建设单位有否决权。施工企业自检的评定不填在此栏。

9. 质量情况及实测值栏

根据检查、检验、测试等情况填写质量评语或现场实测数据及分析结果，实测值数量根据具体情况确定。

(二)分部工程质量评定表说明

分部工程质量评定表是某分部工程内所含的全部单元工程质量检验评定结果的综合统计表。主要有单元工程名称和质量核查情况等。

(三)单位工程质量评定表说明

单位工程质量评定表由 3 个表组成：

1. 单位工程质量综合评定表。单位工程质量综合评定表是某单位工程内所含的全部分部工程质量评定结果的综合统计表。

2. 质量保证资料检查表。是施工企业的日常施工记录、设计要求和施工规程规范中规定或要求的常规主控质量、检查、检验、测试资料或报告单的汇总表。

3. 单位工程观感质量评定表。单位工程的质量检验评定，外表处理是非常重要的一

个组成部分，观感质量是单位工程质量评定的最后一个程序。一般在一个单位工程施工完成后，由质量监督机构组织建设（监理）、设计及施工等单位组成外观质量评定组，进行现场检验评定。参加外观质量评定的人员，必须具有工程师及其以上技术职称，评定组人员不少于 5 人。特殊情况下，也可在单位工程竣工验收时进行，由施工企业技术负责人和建设单位、质量监督机构、主管部门的技术专家共同评定。

第二章　水利工程施工质量控制

第一节　土石方开挖工程

一、水工建筑物岩石基础开挖工程的质量控制要点

(一)施工测量

(1)施工测量资料应督促施工单位整理齐全,主要内容包括:

1)根据施工图纸和施工控制网点,测量定线并按实际地形测放开口轮廓位置的资料 在施工过程中,测放、检查开挖断面及高程的资料。

2)测绘(或搜集)的开挖前的原始地面线,覆盖层资料,开挖后的竣工建基面等纵、横断面及地形图。

3)测绘的基础开挖施工场地布置图及各阶段开挖面貌图。

4)单项工程各阶段和竣工后的土石方量资料。

5)有关基础处理的测量资料。

(2)开口轮廓位置和开挖断面的放样应保证开挖规格,其精度应符合表 10－2－1 的要求。

表 10－2－1　放样点精度限差表

项　目	分　类	
	覆盖层	岩　石
平面(cm)	50	20
高程(cm)	25	10

(3)断面测量应符合下列规定：

1)断面测量应平行主体建筑物轴线设置断面基线,基线两端点应埋标(桩)。正交于基线的各断面桩间距,应根据地形和基础轮廓确定,一般为 10～15m。混凝土建筑物基础的断面应布设各坝段的中线、分缝线上 弧线段应设立以圆弧中心为准的正交弧线断面,其断面间距的确定,除服从基础设计轮廓外,一般应均分圆心角。

2)断面间距用钢卷尺实量,实量各间距总和与断面基线总长(l)的差值应控制在 $l/500$以内。

3)断面测量需设转点时,其距离可用钢卷尺或皮卷尺实量。若用视距观测,必须进行往测、返测,其校差应不大于 $l/200$。

4)开挖中间过程的断面测量,可用经纬仪测量断面桩高程,但在岩基竣工断面测量时,必须以五等水准测定断面桩高程。

(4)基础开挖完成后,应及时测绘最终开挖竣工地形图以及与设计施工详图同位置、同比例的纵横剖面图。竣工地形图及纵横剖面图的规格应符合下列要求：

1)原始地面(覆盖层和基岩面)地形图比例一般为 1∶200～1∶1000。

2)用于计算工程量(覆盖层和基岩面)的横断面图,纵向比例一般为 1∶100～1∶200,横向比例一般为 1∶200～1∶500。

3)竣工基础横断面图纵、横比例一般为 1∶100～1∶200。

4)竣工建基面地形图比例一般为 1∶200,等高距可根据坡度和岩基起伏状况选用 0.2m、0.5m 或 1.0m,也可仅测绘平面高程图。

(二)岩石基础开挖

(1)一般情况下,基础开挖应自上而下进行。当岸坡和河床底部同时施工时,应确保安全 否则,必须先进行岸坡开挖。未经安全技术论证和监理工程师批准,不得采用自下而上或造成岩体倒悬的开挖方式。

(2)为保证基础岩体不受开挖区爆破的破坏,应按留足保护层的方式进行开挖。在有条件的情况下,则应先采取预裂防震,再进行开挖区的松动爆破。当开挖深度较大时,可分层开挖。分层厚度可根据爆破方式、挖掘机械的性能等因素确定。

(3)基础开挖中,对设计开口线外坡面、岸坡和坑槽开挖壁面等,若有不安全的因素,均必须进行处理,并采取相应的防护措施。随着开挖高程下降,对坡(壁)面应及时测量检查,防止欠挖。避免在形成高边坡后再进行坡面处理。

(4)遇有不良的地质条件时,为了防止因爆破造成过大震裂或滑坡等,对爆破孔的深度和最大一段起爆药量,应根据具体条件由施工、地质和设计单位共同研究,另行确定,实施之前必须报监理工程师审批。

(5)实际开挖轮廓应符合设计要求。对软弱岩石,其最大误差应由设计和施工单位共同议定 对坚硬或中等坚硬的岩石,其最大误差应符合下列规定:

1)平面高程一般应不大于 0.2m。

2)边坡规格依开挖高度而异:

①8m 以内时,一般应不大于 0.2m;

②8 ~ 15m 时,一般应不大于 0.3m;

③16 ~ 30m 时,一般应不大于 0.5m。

(6)爆破施工前,应根据爆破对周围岩体的破坏范围及水工建筑物对基础的要求,确定垂直向和水平向保护层的厚度。

爆破破坏范围应根据地质条件、爆破方式和规模以及药卷直径诸因素,至少用两种方法通过现场对比试验综合分析确定。若不具备对比试验条件时,爆破破坏范围可参照表 10 - 2 - 2 和类似工程实例确定。

表 10 - 2 - 2　保护层厚度与药卷直径的倍数关系

保护层名　称	软弱岩石 $\sigma_{压} < 30MPa$(300 kgf/cm²)	中等坚硬岩石 $\sigma_{压} = 30 \sim 60MPa$ (300 ~ 600kgf/cm²)	坚硬岩石 $\sigma_{压} > 60MPa$ (600kgf/cm²)
垂直保护层	40	30	25
地表水平保护层	200 ~ 100		
底部水平保护层	150 ~ 75		

(7)保护层的开挖是控制基础质量的关键,其垂直向保护层的开挖爆破,应符合下列要求:

1)用大孔径、大直径药卷爆破留下的较厚保护层,距建基面 1.5m 以上部分仍可采用中(小)孔径及相应直径的药卷进行梯段毫秒爆破。

2)对于中(小)直径药卷爆破剩下的保护层厚度,仍应不小于规定的相应药卷直径的倍数,并不得小于 1.5m。

3)紧靠建基面 1.5m 以上的一层,采用手风钻钻孔,仍可用毫秒分段起爆,其最大一段起爆药量应不大于 300kg。

(8)建基面上 1.5m 以内的垂直向保护层,其钻孔爆破应遵守下列规定:

1)采用手风钻逐层钻孔(打斜孔)装药,火花起爆 ;其药卷直径不得大于 32mm(散装炸药加工的药卷直径,不得大于 36mm)。

2)最后一层炮孔孔底高程的确定：

①对于坚硬、完整岩基，可以钻至建基面终孔，但孔深不得超过 50cm；

②对于软弱、破碎岩基，则应留足 20～30cm 的撬挖层。

(9)预裂缝可一次爆到设计高程。预裂爆破可以采用连续装药或间隔装药结构。爆破后，地表缝宽一般不宜小于 1cm，预裂面不平整度不宜大于 15cm，孔壁表层不应产生严重的爆破裂隙。

(10)廊道、截水墙的基础和齿槽等开挖，应做专题爆破设计。尤其对基础防渗、抗滑稳定起控制作用的沟槽，更应慎重地确定其爆破参数。

一般情况下，应先在两侧设计坡面进行预裂，尔后按留足垂直保护层进行中部爆破。若无条件采用预裂爆破时，则应按留足两侧水平保护层和底部垂直保护层的方式，先进行中部爆破，尔后进行光面爆破。沟槽中部的爆破应符合下列要求：

1)根据留足保护层后的剩余中部槽体尺寸决定爆破方式(梯段或拉槽)。

2)当能采用梯段爆破时，可参照规范规定，但最大一段起爆药量应不大于 500kg。邻近设计建基面和设计边坡时，不得大于 300kg。

3)当只能采用拉槽爆破时，可用小孔径钻孔、延长药包毫秒爆破，最大一段起爆药量应不大于 200kg。

4)当留足保护层后，其剩余中部槽体尺寸不能满足梯段或拉槽爆破时，则应参照规定控制。

当不采用预裂爆破和光面爆破的方式进行开挖时，则应用孔深不超过 1.0m 的电炮拉槽，尔后采用火花起爆逐步扩大。

(11)在建筑物及其新浇混凝土附近进行爆破时，必须遵守下列规定：

1)根据建筑物对基础的不同要求以及混凝土不同的龄期，通过模拟破坏试验确定保护对象允许的质点振动速度值(即破坏标准)。若不能进行试验时，被保护对象的允许质点振动速度值，可参照类似工程实例确定。

2)再通过实地试验寻求本工程爆破振动衰减规律，即利用不同药量、测距与相应各测点的质点振动资料应用关系式求得。

3)采用本工程关系式和被保护对象所允许的质点振速值，规定相应的安全距离和允许装药量其中：近距离火炮爆破用火花起爆所求得的关系式计算；远距离毫秒爆破用毫秒起爆所求得的关系式计算。

4)若无条件执行上述规定时，则应参照规定执行。

(12)在邻近建筑物的地段(10m 以内)进行爆破时，必须根据被保护对象的允许质点振动速度值，按本工程实测的振动衰减规律严格控制浅孔火花起爆的最小装药量。当装

药量控制到最小程度仍不能满足要求时，应采取打防震孔或其他防震措施。

(13)不得在灌浆完毕地段及其附近进行爆破，如因特殊情况需要爆破时，必须经监理总工程师和设计单位同意，方可进行少数量的浅孔火花爆破。并应对灌浆区进行爆前爆后的对比检查 必要时，还须进行一定范围的补灌。

(三)基础质量检查处理

(1)开挖后的建基轮廓不应有反坡(结构本身许可者除外)；若出现反坡时，均应处理成顺坡。

对于陡坎，应将其顶部削成钝角或圆滑状。若石质坚硬，撬挖确有困难时，经监理工程师同意，可用密集浅孔装微量炸药爆除，或采取结构处理措施。

(2)建基面应整修平整。在坝基斜坡或陡崖部分的混凝土坝体伸缩缝下的岩基，应严格按设计规定进行整修。

(3)建基面如有风化、破碎，或含有有害矿物的岩脉、软弱夹层和断层破碎带以及裂隙发育和具有水平裂隙等，均应用人工或风镐挖到设计要求的深度。如情况有变化时，经监理工程师同意，可使用单孔小炮爆破，撬挖后应根据设计要求进行处理。

(4)建基面附有的方解石薄脉、黄锈(氧化铁)、氧化锰、碳酸钙和粘土等，经设计、地质人员鉴定，认为影响基岩与混凝土的结合时，都应清除。

(5)建基面经锤击检查受爆破影响震松的岩石，必须清除干净。如块体过大时，经监理工程师同意，可用单孔小炮炸除。

(6)在外界介质作用下破坏很快(风化及冻裂)的软弱基础建基面，当上部建筑物施工覆盖来不及时，应根据室外试验结果和当地条件所制定的专门技术措施进行处理。

(7)在建基面上发现地下水时，应及时采取措施进行处理，避免新浇混凝土受到损害。

二、水工建筑物地下开挖工程的质量控制要点

(一)施工地质

(1)地下建筑物开挖前，监理工程师组织设计单位向施工单位交底并提供工程与水文地质资料着重阐明下列问题：

1)岩石分级及围岩分类。

2)洞口段及其附近边坡、浅埋与傍山洞室的山体稳定性。

3)可能导致岩体失稳地段的岩层特性、风化程度、地质构造、岩体应力状态等及其对建筑物的影响。

4)地下水类型、含水层分布、水位、水质、水温、涌水量、补给来源、动态规律及其影响。

5)有毒气体、放射性元素的性质、含量及其分布范围。

施工期间,设计单位的地质人员应对原来提供的资料进行复核,对尚未阐明或地质条件有变化的地段,应进行补充地质勘察工作。

(2)开挖过程中,设计单位的地质人员,应做好以下主要工作:

1)地质编录和测绘工作。

2)分析影响洞口安全和洞室围岩稳定的不良地质现象,判明其对建筑物的影响程度,及时配合设计、施工人员研究预防措施。必要时,提出专题报告。

3)进行工程地质、水文地质现象的观测及预报工作。

4)对岩性有变化地段、应取样试验,核实原定的地质参数。

(3)施工期间应及时总结在各类典型工程地质条件下的开挖方法、掘进速度、钻爆参数、机具效率等资料。

出现塌方时,应分析原因,记录发生、发展过程及处理经过。

(4)岩石分级及围岩分类。

1)确定施工定额时,岩石等级的划分参照有关规定执行。

2)根据围岩的工程地特征,参照表 10-2-3~表 10-2-6 确定围岩类别。

表 10-2-3　水利水电地下工程围岩工程地质分类表

类别	名称	围岩主要工程特征		地下水活动状态	开挖面毛洞围岩稳定状况	山岩压力计算理论	临时支护措施(建议)
		岩体状况	结构面特征				
Ⅰ	稳定	岩石新鲜完整,受地质构造影响轻微,节理裂隙不发育或稍发育,多系闭合且延伸不长,无或偶有软弱结构面,宽度一般小于 0.1m; 岩体呈现块状整体结构或块状砌体结构	结构面无不稳定组合; 断层走向与洞线近正交	洞壁干燥,或只有轻微潮湿现象,沿个别节理裂隙有微弱渗水	成形好,无坍塌掉块现象	不计山岩压力	一般可不支护
Ⅱ	基本稳定	岩石新鲜或微风化,受地质构造影响一般,节理裂隙稍发育或发育,有少量软弱结构面,宽度小于 0.5m 层间结合差。岩体呈块状砌体结构或层状砌体结构	结构面组合基本稳定,仅局部有不稳定组合,断层等软弱结构面走向与洞线斜交或正交	洞壁潮湿,沿一些节理裂隙或软弱结构面有渗水滴水	开挖中局部有掉块落石现象,局部成形差,长时间暴露,局部有小坍落	须考虑部分落石荷载,可采用极限平衡理论,或结构面分析法进行计算	局部支护

类别	名称	围岩主要工程特征		地下水活动状态	开挖面毛洞围岩稳定状况	山岩压力计算理论	临时支护措施（建议）
		岩体状况	结构面特征				
Ⅲ	稳定性差	岩石微风化或弱风化，受地质构造影响严重，节理裂隙发育部分张开且充泥，软弱结构面分布较多，宽度小于1m； 岩体呈碎石状镶嵌结构	结构面组合不利于围岩稳定者较多； 断层等主要软弱结构面走向与洞线斜交或近平行	地下水活动显著，沿节理裂隙或断层带有渗水，滴水或呈线状涌水	成形稍差，无支撑时产生小规模坍塌，高边墙侧壁有时局部失稳	结合地质分析，采用极限平衡理论或散体理论计算	一般需要支护
Ⅳ	不稳定	同第Ⅲ类岩体状态，但软弱结构面分布较多，宽度小于2m，节理裂隙局部极发育： 岩体呈碎石状镶嵌结构，局部呈碎石状压碎结构	结构面组合不利于围岩稳定： 断层等软弱结构面走向与洞线近平行	地下水活动显著，沿节理裂隙或断层带有渗水，滴水或呈线状涌水	成形差，顶拱一般因坍塌而超挖，无支撑时可产生较大坍塌，边墙有失稳现象	采用散体理论	需支护
Ⅴ	极不稳定	1. 石质围岩：岩石强风化或全风化，受地质构造影响严重，节理裂隙极发育，断层破宽度大于2m，以断层泥、糜棱岩、角砾岩为主，裂隙中多充泥，岩体呈角砾、泥砂、岩屑状散体结构； 2. 构散土层、砂层、滑坡堆积层及一般碎、卵、砾石土等； 3. 挤压强烈的大断层带，裂隙杂乱，呈土夹石或石夹土状	结构面呈零乱状不稳定组合： 断层等主要软弱结构面走向与洞线近平行	地下水活动强烈，有较大涌水量，常引起不断坍塌	成形很差，围岩极易坍塌，甚至出现地表下沉或冒顶	采用散体理论	加强支护

表 10－2－4　岩体的风化程度划分表

风化名称	颜色光泽	岩体组织结构的变化和破坏情况	矿物成分的变化情况	物理力学特征的变化	锤击声
全风化	颜色已完全改变，光泽消失	组织结构已完全破坏，呈松散状或仅外观保持原岩状态，用手可折断、捏碎	除石英晶粒外，其余矿物大部分风化变质，形成风化次生矿物	浸水崩解，与松软土的特性近似	哑声

风化名称	颜　色　光　泽	岩体组织结构的变化和破坏情况	矿物成分的变化情况	物理力学特征的变化	锤击声
强风化	颜色改变，唯岩块的断口中心尚保持原有颜色	外观具有原岩组织结构，但裂隙发育，岩体呈干砌块石状，岩体上裂纹密布，疏松易碎	易风化矿物均已风化变质，形成风化次生矿物，其它矿物仍有部分原矿物特征	物理力学性质显著减弱，具有某些半坚硬岩石的特性，变形模量小承载强主度低	哑声
弱风化	表面和沿节理面大部变色，但断口仍保持新鲜岩石特点	组织结构大部完好，但风化裂隙发育，裂隙面风化剧烈	沿节理裂隙面出现次生，风化矿物	物理力学性质减弱，岩体的软化系数与承载强度变小	发　声不　够清脆
微风化	沿节理面略有变色	组织结构未改变，除构造节理外，一般风化裂隙不易察觉	矿物组织未变，仅沿节理面，有时有铁锰质渲染	物理性质几乎不变，力学强度略有减弱	发　声清脆

表 10－2－5　节理发育分级表

分　　级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
间距(m)	＞2	0.5～2	0.1～0.5	＜0.1
描　述	不发育	较发育	发　育	极发育
完整性	整　体	块　状	碎　裂	破　碎

表 10－2－6　节理宽度分级表

分级	1	2	3	4
节理宽度(mm)	＜0.2	0.2～1	1～5	＞5
描　　述	闭　合	微　张	张　开	宽　张

(二)施工测量

(1)水工建筑物地下工程贯通测量，其容许的误差应参照下述规定：

1)贯通测量极限误差应满足表 10－2－7 要求。

表 10－2－7　贯通测量容许极限误差值

相向开挖长度(km)		＜4	＞4
贯通极限误差	横向的(cm)	±10	±15
	纵向的(cm)	±20	±30
	竖向的(cm)	±5	±7.5

2)计算贯通误差时，可取上述极限误差的一半做为贯通面上的容许中误差，并参照表 10－2－8 的原则分配。

3)对于上下两端相向开挖的竖井，其极限贯通误差不得大于 ±20cm。

表 10－2－8　贯通中误差分配值

部位	贯通中误差分配(cm)					
	横向		纵向		竖向	
	1～4	4～8	1～4	4～8	1～4	4～8
洞　外	3.0	4.5	5.8	8.7	1.4	2.2
洞内	4.0	6.0	8.2	12.2	2.0	3.1
全部遂洞	5.0	7.5	10.0	15.0	2.5	3.8

注　贯通中误差的计算方法可参照《铁路工程施工技术手册》上建议的公式。

(2)施工阶段的平面控制网,按以下原则设计和施测。

1)与勘测阶段的控制网有统一的平面坐标系统。

2)网中三角形的内角一般不小于 30°,个别角不应小于 25°。

3)无法布置三角网(锁)时,用同精度的导线代替。

4)三角网(锁)的等级,应按照相向开挖长度确定,其精度应符合表 10－2－9 的规定。

(3)地下导线的等级,应按相向开挖长度确定,其精度应符合表 10－2－10 的规定。

1)所有洞内导线均应重复测量两次,导线点应改正到设计中心线上。

2)通过竖井进行地下建筑物的相向开挖时,在导线最大长度不变的情况下,应将导线的测角、量边精度提高一倍。

表 10－2－9　各级三角网的精度指标

三角网(锁)等级	二	三	四
三角形平均边长(km)	<3	<2	<1
按三角闭合差计算的测角中误差(″)	±1.0	±1.8	±2.5
基线丈量的相对中误差(1/10000)	1/40	1/30	1/15
扩大边相对中误差(1/10000)	1/20	1/15	1/8
菱形基线网容许扩大倍数	<3	<3	<3
相向开挖面长度(km)	>3	1～3	<1
相邻贯通面间三角网最弱点点位误差(cm)	<3	<3	<3

表 10－2－10　各级地下导线的精度指标

地下导线等级	一	二	三	专门设计
相向开挖长度(km)	2.0	1.5	0.8	大于 2.0 时
一般边长(m)	50～150	50～150	50～150	
测角中误差(″)	3	5	10	
仪　器	J_2 型	J_2 型	J_2 型	

地下导线等级	一	二	三	专门设计
测回数	4	3	2	
量边相对中误差(1/10000)	1/1.5	1/1	1/0.7	
方位角闭合差(″)	$6\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$	

注　n 为导线点的测站数。

3)导线通过弯段时,如果轴线折角大于 30°,量边精度应提高一倍。

4)采用 2m 横基尺配合秒级光学经纬仪量测边长和高程时,应做专门设计。

(4)水平角及其精度指标,应符合表 10－2－11 的规定。

表 10－2－11　地面控制网水平角观测限差

项　目	二等	三等		四等	
	J_1 型	J_1 型	J_2 型	J_1 型	J_2 型
光学测微器两次重合读数之差(″)	1	1	3	1	3
半测回归零差(″)	6	6	8	6	8
2C 互差(″)	9	9	13	9	13
观测值各测回间差(″)	6	6	9	6	9
三角形最大闭合差(″)	3.5	7	7	9	9
测回数	15	9	12	6	9

(5)基线和导线边的距离,可采用铟钢基线尺、普通钢尺、横基尺、中短程红外测距仪测量,各种量具在使用前,应经过率定。

量具的技术要求,可参照相应的规范。

(6)水准测量的等级,应按照相向开挖长度确定,其精度应符合表 10－2－12 的规定。

表 10－2－12　各级水准精度指标

等　级		二 (或专门设计)	三	四
相向开挖面长度(km)		>3.0	1.0～3.0	洞内
往返闭合差或环线闭合差(mm)	平地	$\pm 4\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{L}$
	山地		$\pm 4\sqrt{n}$	$\pm 6\sqrt{n}$
每公里高程中误差(mm)		±2	$\pm\sqrt{6}$	$\pm\sqrt{10}$
水准尺类型		因瓦尺	双面尺	双面尺

注　L——环形或往返路线平均值长度;
n——测站数。

(7)各级控制网应按最小二乘法原理平差。一般以隧洞的平均高程做为投影面高程,如其他工作面高程与投影面高程相差甚大,其值足以影响投影长度时,应计入投影改

正。

(8)开挖放样误差一般不大于 10cm,断面测量相对于中线的误差不大于 ± 5cm,断面间距一般为 5m,对起伏差较大的部位,可适当加测断面。

洞内测量应尽量采用新技术,如光电测距、激光导向、摄影测量、激光投影等。

(三)开挖

(1)洞口削坡应自上而下进行,严禁上下垂直作业。同时应做好危石清理,坡面加固,马道开挖及排水等工作。

(2)进洞前,须对洞脸岩体进行鉴定,确认稳定或采取措施后,方可开挖洞口。

(3)在Ⅳ类围岩中开挖大、中断面隧洞时,宜采用分部开挖方法,及时做好支护工作。在Ⅴ类围岩中开挖隧洞时,宜采用先护后挖或边挖边护的方法。

(4)地下建筑物开挖,一般不应欠挖,尽量减少超挖,其开挖半径的平均径向超挖值不得大于 20cm。

不良地质条件下的容许超挖值,由设计、施工单位商定并经监理工程师核准。

(5)遇到下列情况时,开挖与衬砌应交叉或平行作业。

1)在Ⅳ、Ⅴ类围岩中开挖隧洞或洞室。

2)需要衬砌的长隧洞。

(6)竖井采用自上而下全断面开挖方法时,应遵守下列规定:

1)必须锁好井口,确保井口稳定,防止井台上杂物坠入井内。

2)提升设施应有专门设计。

3)井深超过 15m 时,人员上下宜采用提升设备。

4)涌水和淋水地段,应有防水、排水措施。

5)Ⅳ、Ⅴ类围岩地段,应及时支护。挖一段衬砌一段或采用预灌浆方法加固岩体。

6)井壁有不利的节理裂隙组合时,应及时进行锚固。

(7)竖井采用贯通导井后,自上而下进行扩大开挖方法时,除遵守规范规定外,还应满足下列要求:

1)由井周边至导井口,应有适当的坡度,便于扒渣。

2)采取有效措施,防止石渣打坏井底棚架、堵塞导井和发生人员坠落事故。

(8)在Ⅰ、Ⅱ类围岩中开挖小断面的竖井,挖通导井后亦可采用留渣法蹬渣作业,自下而上扩大开挖。最后随出渣随锚固井壁。

(9)特大断面洞室一般可采用下列方法施工:

1)对于Ⅰ~Ⅲ类围岩,可采用先拱后墙法。

2)对于Ⅲ、Ⅳ类围岩,可采用先墙后拱法。如采用先拱后墙法施工时,应注意保护和

加固拱座岩体。

3)对于Ⅳ、Ⅴ类围岩,宜采用肋墙法与肋拱法,必要时应预先加固围岩。

(10)与特大洞室交叉的洞口,应在特大洞室开挖前挖完并做好支护。如必须在开挖后的高边墙上开挖洞口时,应采取专门措施。

(11)相邻两洞室间的岩墙或岩柱,应根据地质情况确定支护措施,确保岩体稳定。

(12)特大断面洞室(或大断面隧洞),采用先拱后墙法施工时,拱脚开挖应符合下列要求:

1)拱脚线的最低点至下部开挖面的距离,不宜小于 1.5m。

2)拱脚及相邻处的边墙开挖,应有专门措施。

(四)钻孔爆破

(1)光面爆破和预裂爆破的主要参数,应通过试验确定。试验参数可用工程类比法选取。

(2)光面爆破及预裂爆破的效果,应达到下列要求:

1)残留炮孔痕迹,应在开挖轮廓面上均匀分布。炮孔痕迹保存率,一般硬岩不少于 80%,中硬岩不少于 70%,软岩不少于 50%。

2)相邻两孔间的岩面平整,孔壁不应有明显的爆破裂隙。

3)相邻两茬炮之间的台阶或预裂爆破孔的最大外斜值,不应大于 20m。

4)预裂爆破的预裂缝宽度,一般不宜小于 0.5cm。

(3)特大断面洞室中下部开挖,采用深孔梯段爆破法时,应满足下列要求:

1)周边轮廓先行预裂。

2)采用毫秒雷管分段起爆。

3)按围岩和建筑物的抗震要求,控制最大一段的起爆药量。

(4)钻孔爆破作业,应按照爆破图进行。

(5)钻孔质量应符合下列要求:

1)钻孔孔位应依据测量定出的中线、腰线及开挖轮廓线确定。

2)周边孔应在断面轮廓线上开孔,沿轮廓线调整的范围和掏槽孔的孔位偏差不应大于 5cm,其他炮孔的孔位偏差不得大于 10cm。

3)炮孔的孔底,应落在爆破图所规定的平面上。

4)炮孔经检查合格后,方可装药爆破。

(6)炮孔的装药、堵塞和引爆线路的联结,应由经过训练的炮工,按爆破图的规定进行。

(五)锚喷支护

1. 锚杆参数及布置。

1)锚杆参数应根据施工条件,通过工程类比或试验确定。一般可参照下列规定选取:

①系统锚杆,锚入深度 1.5 ~ 3.5m,其间距为锚入深度的二分之一,但不得大于 1.5m;单根锚杆锚固力不低于 5t;局部布置的锚杆,须锚入稳定岩体,其深度和间距,根据实际情况而定;

②大于 5m 的深孔锚杆和预应力锚索,应结合永久支护做出专门设计;

③锚杆直径一般为 16 ~ 25mm。

2)锚杆布置应与岩体主要结构面成较大的角度。当结构面不明显时,可与周边轮廓线垂直。

3)为防止掉块,锚杆间可用钢筋、型钢或金属网联结,其网格尺寸宜为 5cm × 5cm ~ 8cm × 8cm。

2. 敷设金属网(或钢筋网)时,应按下列规定控制质量:

1)金属网应随岩面敷设,其间隙不小于 3cm。

2)喷混凝土的金属网格尺寸宜为 20cm × 20cm ~ 30cm × 30cm,钢筋直径宜为 4 ~ 10mm;

3)金属网与锚杆联结应牢固。

3. 锚杆的质量检查。

1)楔缝式锚杆安装后 24h 应再次紧固,并定期检查其工作状态。

2)锚杆锚固力可采用抽样检查,抽样率不得少于 1%,其平均值不得低于设计值,任意一组试件的平均值不得低于设计值的 90%。

3)施工中,应对其孔位、孔向、孔径、孔深、洗孔质量、浆液性能及灌入密度等分项进行检查。

4. 砂浆锚杆的安设应符合下列质量要求:

1)砂浆:

①砂子宜用中细砂,最大粒径不大于 3mm;

②水泥宜选用标号大于 325 号普通硅酸盐水泥;

③水泥和砂之重量比宜为 1∶1 ~ 1∶2,水灰比宜为 0.38 ~ 0.45。

2)安设工艺:

①钻孔布置应符合设计要求,孔位误差不大于 20mm,孔深误差不大于 5mm;

②注浆前,应用高压风、水冲洗干净;

③砂浆应拌合均匀,随拌随用;

④应用注浆器注浆,浆液应填塞饱满;

⑤安设后应避免碰撞。

5. 喷混凝土的材料及性能应符合下列质量要求：

1)标号不低于 200 号。

2)宜选用不低于 425 号的普通硅酸盐水泥。

3)选用中、粗砂，小石粒径为 5～15mm。骨料的其他要求，应按《水工混凝土施工规范》的有关规定执行。

4)速凝剂初凝时间不大于 5min，终凝时间不大于 10min。

5)配合比可按下列经验数值确定。

①水泥和砂石之重量比宜为 1∶4～1∶4.5；

②砂率为 45%～55%；

③水灰比为 0.4～0.5；

④速凝剂掺量为水泥用量的 2%～4%。

6. 喷射混凝土的工艺要求。

1)喷射前，应将岩面冲洗干净，软弱破碎岩石应将表面清扫干净。

2)喷射作业，应分区段进行，长度一般不超过 6m，喷射顺序应自下而上。

3)后一次喷射，应在前一次混凝土终凝后进行，若终凝后 1h 以上再次喷射，应用风水清洗混凝土表面。

4)一次喷射厚度 边墙 4～6cm，拱部 2～4cm。

5)喷射 2～4h 后，应洒水养护，一般养护 7～14d。

6)混凝土喷射后至下一循环放炮时间，应通过试验确定，一般不小于 4h，放炮后应对混凝土进行检查，如出现裂纹，应调整放炮间隔时间或爆破参数。

7)正常情况下的回弹量，拱部为 20%～30% 边墙为 10%～20%。

(7)喷混凝土的质量标准，应按下列要求控制。

1)喷混凝土表面应平整，不应出现夹层、砂包、脱空、蜂窝、露筋等缺陷。如出现上述情况，应采取补救措施。

2)结构接缝、墙角、洞形或洞轴急变等部位，喷层应有良好的搭接。

3)不存在贯穿性裂缝。

4)出现过的渗水点已作了妥善处理。

5)强度：

①每喷 $50m^3$ 混凝土，应取一组试件，当材料或配合比改变时，应增取一组，每组三个试块，取样要均匀；

②平均抗压强度不低于设计标号，任意一组试件的平均值不得低于设计标号的

85%；

③宜采用切割法取样；

④喷射厚度应满足设计要求。

三、疏浚工程的质量控制要点

(一)挖槽宽度控制

(1)挖泥船操作人员必须严格按照测量人员设置的开挖标志进行定位和施工，并应经常校核和调整船位。

(2)操作人员必须熟悉施工图纸，了解开挖标志的精确度，掌握船舶的横移速度和摆动惯性，选择合理的对标位置和挖宽。

(3)操作人员对开挖标志有疑问或发现有错误时，应及时向施工技术人员或测量人员反映，由测量人员进行复核或校正。

(4)挖槽断面边坡宜按阶梯形开挖，开挖时掌握下超上欠，尽量做到超欠平衡。最大允许及计算超宽值见表 10－2－13。

表 10－2－13　最大允许及计算超宽值

挖泥船类型	机具规格		最大允许及计算超宽(每边 m)
绞吸式	绞刀直径(m)	2 以上	1.5
		1.5～2	1.0
		1.5 以下	0.5
链斗式	斗容量(m^3)	0.5 以上	1.5
		0.5 以下	1.0
铲斗式	斗容量(m^3)	2 以上	1.5
		2 以下	1.0
抓斗式	斗容量(m^3)	4 以上	1.5
		2～4	1.0
		2 以下	0.5

(二)挖槽深度控制

(1)施工前应正确记录测量人员所设置的水位标尺读数，并严格按照水位标尺进行挖槽深度控制。

(2)施工前应检查、校正挖泥船上的挖深指示尺，使绞刀或泥斗最低点至水面的垂直距离与挖深指示尺读数一致。

挖深指示尺的零点可定在挖泥船的正常吃水线上，当水线变化时，应及时计算出挖

深改正值，以便调整绞刀头和泥斗的下放深度。

(3)对挖槽已挖部份要经常进行水深测量，发现欠挖超过允许值时，及时退船处理。

(4)单项疏浚工程完工，施工单位应对挖槽全面进行水深测量，对欠挖处应加密探测。

(5)单项工程验收时，未达到设计深度的欠挖点，应小于施测点总数的 10%，并在满足下列各条规定时可不进行返工处理：

1)欠挖值小于设计水深的 5%，不大于 30cm。

2)一处欠挖面积小于 $5m^2$。

3)横向浅埂长度小于挖槽设计底宽的 5%，不大于 2m。

4)纵向浅埂长度小于 2.5m。

最大允许及计算超深值见表 10－1－14。

表 10－2－14　最大允许及计算超深值

挖泥船类型	机　具　规　格		最大允许超深(m)	计算超深(m)
绞吸式	绞刀直径(m)	2 以上	0.6	0.4
		2～1.5	0.5	0.3
		1.5 以下	0.4	0.3
链斗式	斗容量(m^3)	0.5 以上	0.4	0.3
		0.5 以下	0.3	0.2
铲斗式	斗容量(m^3)	2 以上	0.5	0.3
		2 以下	0.4	0.3
抓斗式	斗容量(m^3)	4 以上	0.8	0.5
		2～4	0.6	0.4
		2 以下	0.4	0.3

第二节　水工混凝土工程

一、配合比选定的质量要求

1. 为确保混凝土的质量，工程所用混凝土的配合比必须通过试验确定。

2. 对于大体积建筑物的内部混凝土，其胶凝材料用量不宜低于 $140kg/m^3$。

3. 混凝土的水灰比应以骨料在饱和面干状态下的混凝土单位用水量对单位胶凝材料用量的比值为准，单位胶凝材料用量为每 m^3 混凝土中水泥与混合材重量的总和。

4. 混凝土的水灰比，应根据设计对混凝土性能的要求，由试验室通过试验确定，并不应超过表 10－2－15 的规定。

表 10－2－15　水灰比最大允许值

混凝土所在部位	寒冷地区	温和地区
上、下游水位以上（坝体外部）	0.6	0.65
上、下游水位变化区（坝体外部）	0.5	0.55
上、下游最低水位以下（坝体外部）	0.55	0.60
基　础	0.55	0.60
内　部	0.70	0.70
受水流冲刷部位	0.50	0.50

注　1. 在环境水有侵蚀性的情况下，外部水位变化区及水下混凝土的最大允许水灰比应减小 0.05。
2. 在采用减水剂和加气剂的情况下，经过试验论证，内部混凝土最大允许水灰比可增加 0.05。
3. 寒冷地区，系指最冷月月平均气温在 －3℃以下的地区。

5. 粗骨料级配及砂率的选择，应考虑骨料生产的平衡，混凝土和易性及最小单位用水量等要求，综合分析确定。

6. 混凝土的坍落度，应根据建筑物的性质、钢筋含量、混凝土的运输、浇筑方法和气候条件决定，尽可能采用小的坍落度。混凝土在浇筑地点的坍落度可参照表 10－2－16 的规定。

表 10－2－16　混凝土在浇筑地点的坍落度（使用振捣器）

建筑物的性质	标准圆锥坍落度（cm）
水工素混凝土或少钢筋混凝土	1～4
配筋率不超过 1%的钢筋混凝土	3～6
配筋率超过 1%的钢筋混凝土	5～9

注　有温控要求或低温季节浇筑混凝土时，混凝土的坍落度可根据具体情况酌量增减。

二、混凝土拌和的质量控制要点

1. 拌制混凝土时，必须严格遵守试验室签发的混凝土配料单进行配料，严禁擅自更改。

2. 水泥、砂、石、掺合料、片冰均应以重量计、水及外加剂溶液可按重量折算成体积。称量的偏差，不应超过表 10－2－17 中规定的数值。

3. 施工前，应结合工程的混凝土配合比情况，检验拌和设备的性能，如发现不相适应时，应适当调整混凝土的配合比 有条件时，也可调整拌和设备的速度，叶片结构等。

表 10－2－17　混凝土各组份称量的允许偏差

材　料　名　称	允　许　偏　差
水泥、掺合料	±1%
砂　石	±2%
水、片冰　外加剂溶液	±1%

4. 在混凝土拌和过程中，应根据气候条件定时地测定砂、石骨料的含水量（尤其是砂子的含水量）在降雨的情况下，应相应地增加测定次数，以便随时调整混凝土的加水量。

5. 在混凝土拌和过程中，应采取措施保持砂、石、骨料含水率稳定，砂子含水率应控制在6%以内。

6. 掺有掺合料（如粉煤灰等）的混凝土进行拌和时，掺合料可以湿掺也可以干掺，但应保证掺和均匀。

7. 如使用外加剂，应将外加剂溶液均匀配入拌和用水中。外加剂中的水量，应包括在拌和用水量之内。

8. 必须将混凝土各组份拌和均匀。拌和程序和拌和时间，应通过试验决定。表10－2－18中所列最少拌和时间，可参考使用。

表 10－2－18　混凝土纯拌和时间　　单位：min

拌和机进料容量（m^3）	最大骨料粒径（mm）	坍　落　度　（cm）		
		2～5	5～8	>8
1.0	80	–	2.5	2.0
1.6	150（或120）	2.5	2.0	2.0
2.4	150	2.5	2.0	2.0
5.0	150	3.5	3.0	2.5

注　1. 入机拌和量不应超过拌和机规定容量的10%。
2. 掺加混合材、减水剂、加气剂及加冰时，宜延长拌和时间，出机的拌和物中不应有冰块。

9. 拌和设备应经常进行下列项目的检验：

（1）拌和物的均匀性。

（2）各种条件下适宜的拌和时间。

（3）衡器的准确性。

（4）拌和机及叶片的磨损情况。

10. 如发现拌和机及叶片磨损，应立即进行处理。

三、混凝土运输的质量控制要点

1. 选择的混凝土运输设备和运输能力，应与拌和、浇筑能力、仓面具体情况及钢筋、

模板吊运的需要相适应，以保证混凝土运输的质量，充分发挥设备效率。

2. 所用的运输设备，应使混凝土在运输过程中不致发生分离、漏浆、严重泌水及过多温度回升和降低坍落度等现象。

3. 同时运输两种以上标号、级配或其他特征不同的混凝土时，应在运输设备上设置标志，以免混淆。

4. 混凝土在运输过程中，应尽量缩短运输时间及减少转运次数。掺普通减水剂的混凝土的运输时间，不宜超过表 10－2－19 的规定。因故停歇过久，混凝土产生初凝时，应作废料处理。在任何情况下，严禁中途加水后运入仓内。

表 10－2－19　混凝土运输时间

气温(℃)	混凝土运输时间(min)
20～30	30
10～20	45
5～10	60

注　本表数值未考虑外加剂、掺合料及其他特殊施工措施的影响。

5. 混凝土运输工具及浇筑地点，必要时应有遮盖或保温设施，以避免因日晒、雨淋、受冻而影响混凝土的质量。

6. 对大体积水工混凝土应优先采用吊罐直接入仓的运输方式。当采用其他运输设备时，应采取措施避免砂浆损失和混凝土分离。

7. 不论采用何种运输设备，混凝土自由下落高度以不大于 2m 为宜，超过此界限时应采取缓降措施。

8. 用皮带机运输混凝土时，应遵守下列规定：

(1)混凝土的配合比设计应适当增加砂率，骨料最大粒径不宜大于 80mm。

(2)宜选用槽形皮带机，皮带接头宜胶结，并应严格控制安装质量，力求运行平稳。

(3)皮带机运行速度一般宜在 1.2m/s 以内。皮带机的倾角应根据所用机型经试测确定。表 10－2－20 的数值可参考使用。

表 10－2－20　皮带机的倾角

混凝土坍落度(cm)	倾　角　(°)	
	向上输送	向下输送
5 以下	16	8
5～10	14	6

(4)混凝土不应直接从皮带卸入仓内，以防分离或堆料集中，影响质量。

(5)皮带机卸料处应设置挡板、溜管和刮板，以避免骨料分离和砂浆损失。同时，还

应设置贮料、分料设施，以适应平仓振捣能力。

(6)混凝土运输中的砂浆损失应控制在1.5%以内。

(7)应装置冲洗设备，以保证能在卸料后及时清洗皮带上所粘附的水泥砂浆，并须采取措施，防止冲洗的水流入新浇的混凝土中。

(8)皮带机上应搭设盖棚，以免混凝土受日照、风、雨等影响。低温季节施工时，并应有适当的保温措施。

9. 用自卸汽车机车、侧翻车、料罐车、搅拌车运输混凝土时，应遵守下列规定：

(1)运输道路应保持平整，以避免混凝土受振后发生严重泌水现象。

(2)装载混凝土的厚度不应小于40cm，车箱应严密平滑；砂浆损失应控制在1%以内。

(3)每次卸料，应将所载混凝土卸净，并应及时清洗车箱，以免混凝土粘附。

(4)当以汽车运输混凝土直接入仓，应取得监理工程师同意，并应有确保混凝土质量的措施。

10. 用混凝土泵运输混凝土时，应遵守下列规定：

(1)混凝土应加外加剂，并应符合泵送的要求，进泵的坍落度一般宜在8～18cm之间。

(2)最大骨料粒径应不大于导管管径的1/3，并不应有超径骨料进入混凝土泵。

(3)安装导管前，应彻底清除管内污物及水泥砂浆，并用压力水冲洗。安装后要注意检查，防止漏浆。在泵送混凝土之前，应先在导管内通过水泥砂浆。

(4)应保持泵送混凝土工作的连续性，如因故中断时，则应经常使混凝土泵转动，以免导管堵塞。在正常温度下，如间歇时间过久(超过45min)，应将存留在导管内的混凝土排出，并加以清洗。

(5)混凝土泵送混凝土工作告一段落后，应及时用压力水将进料斗和导管冲洗干净。

11. 用溜筒、溜槽运输混凝土时，应遵守下列规定：

(1)溜槽(筒)内壁应光滑，开始浇筑混凝土前应用砂浆润滑槽(筒)内壁；当用水润滑时仓面应有排水措施；浇筑结束时要将槽(筒)内混凝土残料清理干净。

(2)溜槽(筒)内必须平直，每节之间要连接牢固，要有防脱落的保护措施。

(3)溜筒运输混凝土适用于竖井、斜管段混凝土运输，施工倾角30°～90°。溜筒落料口要有缓冲装置，连接串筒下料至仓面，最大骨料粒径不应大于溜筒直径的1/3。

(4)垂直运输混凝土，溜筒高度宜在150m以内；倾斜运输混凝土，溜筒长度宜在250m以内；溜筒适宜二级配粒径以下混凝土施工，需三级配时可经过试验确定；混凝土的坍落度要根据试验确定，一般8～12cm。施工要根据进入仓面的混凝土的和易性情况

调整坍落度，必要时要二次搅拌后再行浇筑。

(5)注意及时更换磨损严重的溜筒，要有专用卷扬吊栏处理堵管，堵料不严重时宜敲击，严重时要换管处理。

(6)溜槽运输混凝土适用于倾角 30°～50°施工范围，运输长度在 100m 以内。

(7)溜槽上部要设保护盖，防止骨料溅出伤人。槽内要设缓冲挡板，控制混凝土的下溜速度。混凝土宜用二级配以下混凝土，需要三级配时可经过试验确定。要根据施工试验确定混凝土坍落度，并在施工中随时调整，一般坍落度宜在 14～16cm。

四、混凝土浇筑的质量控制要点

1. 建筑物地基必须验收合格后，方可进行混凝土浇筑的准备工作。

2. 岩基上的杂物、泥土及松动岩石均应清除。岩基应冲洗干净并排净积水 如有承压水，必须由设计与施工单位共同研究，经处理后才能浇筑混凝土。

清洗后的岩基在浇筑混凝土前应保持洁净和湿润。

3. 容易风化的岩基及软基，应作好下列各项工作：

(1)在立模扎筋以前，应处理好地基临时保护层。

(2)在软基上进行操作时，应力求避免破坏或扰动原状土壤。如有扰动，应会同设计人员商定补救办法。

(3)非粘性土壤地基，如湿度不够，应至少浸湿 15cm 深，使其湿度与此土壤在最优强度时的湿度相符。

(4)当地基为湿陷性黄土时，应采取专门的处理措施。

4. 浇筑混凝土前，应详细检查有关准备工作 地基处理情况，混凝土浇筑的准备工作，模板、钢筋、预埋件及止水设施等是否符合设计要求，并应做好记录。

5. 基岩面的浇筑仓和老混凝土上的迎水面浇筑仓，在浇筑第一层混凝土前，必须先铺一层 2～3cm 的水泥砂浆 其他仓面若不铺水泥砂浆，应有专门论证。

砂浆的水灰比应较混凝土的水灰比减少 0.03～0.05。一次铺设的砂浆面积应与混凝土浇筑强度相适应，铺设工艺应保证新混凝土与基岩或老混凝土结合良好。

6. 混凝土的浇筑，应按一定厚度、次序、方向，分层进行。在高压钢管、竖井、廊道等周边浇筑混凝土时，应使混凝土均匀上升。

7. 混凝土的浇筑层厚度，应根据拌和能力、运输距离、浇筑速度、气温及振捣器的性能等因素确定。一般情况下，浇筑层的允许最大厚度，不应超过表 10－2－21 的数值 如采用低流态混凝土及大型强力振捣设备时，其浇筑层厚度应根据试验确定。

8. 浇入仓内的混凝土应随浇随平仓，不得堆积。仓内若有粗骨料堆叠时，应均匀地

分布于砂浆较多处，但不得用水泥砂浆覆盖，以免造成内部蜂窝。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始浇筑，浇筑面应保持水平。

表 10－2－21　混凝土浇筑层的允许最大厚度

项次	振捣器类别		浇筑层的允许最大厚度
1	插入式	电动、风动振捣器	振捣器工作长度的 0.8 倍
		软轴振捣器	振捣器头长度的 1.25 倍
2	表　面 振捣器	在无筋和单层钢筋结构中	250mm
		在双层钢筋结构中	120mm

9. 浇筑混凝土时，严禁在仓内加水。如发现混凝土和易性较差时，必须采取加强振捣等措施，以保证混凝土质量。

10 不合格的混凝土严禁入仓 ;已入仓的不合格的混凝土必须清除。

11. 混凝土浇筑应保持连续性，如因故中止且超过允许间歇时间，则应按工作缝处理，若能重塑者，仍可继续浇筑混凝土。

浇筑混凝土的允许间歇时间（自出料进算起到覆盖上层混凝土时为止）可通过试验确定，或参照表 10－2－22 的规定。

表 10－2－22　浇筑混凝土的允许间歇时间

混凝土浇筑时的气温 （℃）	允许间歇时间（min）	
	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥及火山灰质硅酸盐水泥
20～30	90	120
10～20	135	180
5～10	195	–

注　本表数值未考虑外加剂、混合材及其他特殊施工措施的影响。

12. 混凝土工作缝的处理，应遵守下列规定：

（1）已浇好的混凝土，在强度尚未到达 2.5MPa 前，不得进行上一层混凝土浇筑的准备工作。

（2）混凝土表面应用压力水。风砂枪或刷毛机等加工成毛面并清洗干净，排除积水，再按上文第 5 条规定处理后，方可浇筑新混凝土。压力水冲毛时间由试验确定。

13. 混凝土浇筑期间，如表面泌水较多，应及时研究减少泌水的措施。仓内的泌水必须及时排除。严禁在模板上开孔赶水，带走灰浆。

14. 浇筑混凝土时，宜经常清除粘附在模板、钢筋和埋件表面的砂浆。

15. 混凝土应使用振捣器捣固。每一位置的振捣时间，以混凝土不再显著下沉、不出

现气泡，并开始泛浆时为准。

16. 振捣器前后两次插入混凝土中的间距，应不超过振捣器有效半径的 1.5 倍。振捣器的有效半径根据试验确定。

17. 振捣器宜垂直插入混凝土中，按顺序依次振捣，如略带倾斜，则倾斜方向应保持一致，以免漏振。

18. 浇筑块的第一层混凝土以及两罐混凝土卸料后的接触处，应加强平仓振捣，以防漏振。

19. 振捣上层混凝土时，应将振捣器插入下层混凝土 5cm 左右，以加强上下层混凝土的结合。

20. 振捣器距模板的垂直距离，不应小于振捣器有效半径的 1/2，并不得触动钢筋及预埋件。

21. 在浇筑仓内，无法使用振捣器的部位，如止水片、止浆片等周围，应辅以人工捣固，使其密实。

22. 结构物设计顶面的混凝土浇筑完毕后，应使其平整，其高程应符合设计要求。

23. 浇筑低流态混凝土时，应使用相应的平仓振捣设备，如平仓机、振捣器组等，混凝土必须振捣密实。

五、混凝土养护的质量控制要点

1. 混凝土浇筑完毕后，应及时洒水养护，以保持混凝土表面经常湿润。低流态混凝土浇筑完毕后，应加强养护，并延长养护时间。

2. 混凝土表面的养护：

(1)混凝土浇筑完毕后，早期应避免太阳光曝晒，混凝土表面宜加遮盖。

(2)一般应在混凝土浇筑完毕后 6 ~ 18h 内即开始养护，但在炎热、干燥气候情况下应提前养护。

(3)如采用特种水泥，应按专门规定执行。

3. 混凝土养护时间，根据所用水泥品种而定，但不应少于表 10 – 2 – 23 的数值。重要部位和利用后期强度的混凝土，以及在干燥、炎热气候条件下，应延长养护时间(至少养护 28 天)。

表 10 – 2 – 23　混凝土养护时间

混凝土用水泥的种类	养护时间(d)
硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥	14
火山灰质硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、硅酸盐大坝水泥等	21

六、特殊气候条件下混凝土施工的质量控制要点

(一)低温季节混凝土施工的质量控制要点

1. 低温季节混凝土施工要密切注意天气预报,防止混凝土遭受寒潮和霜冻的侵袭,加强新老混凝土防冻裂的保护措施。

2. 低温季节施工时,必须有专门的施工组织设计和可靠的措施,以保证混凝土满足设计规定的抗压、抗冻、抗渗、抗裂等各项指标。

在施工组织设计中,尚应包括:

(1)充分利用气象资料,科学确定低温季节施工起止日期。

(2)对拟采用的施工方法及施工各环节(加热、保温措施)要进行热工设计。

(3)广泛调查、选用合适的保温材料,降低工程造价。

(4)对施工确定使用的外加剂和配合比,要在施工前试验校核完毕。

(5)对掺用的抗冻剂、早强剂和水泥的总体含碱量要在允许范围内。

(6)要确定施工中的温度观测方法、混凝土的质量检测方法,提前准备好观测仪器及检测设备,绘制供记录用的各种图表、曲线备查。

(7)准备好计算混凝土早期强度的成熟度公式和查用曲线图表。

(8)应付气温骤降和寒潮袭击的措施。

3. 混凝土允许受冻的临界强度,应控制在以下范围:

(1)大体积的混凝土($M<5$):

①受冻期有外来水分时,素混凝土不应低于5.0MPa($\leqslant$F150的混凝土,F为抗冻设计符号)或7.0MPa($\geqslant$F200的混凝土);钢筋混凝土不应低于设计强度等级的85%。

②受冻期可能有外来水时,素混凝土和钢筋混凝土均不应低于设计强度等级的85%。

(2)非大体积混凝土($M\geqslant5$):

①混凝土强度等级大于C10时,硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥混凝土设计强度等级的30%,矿渣硅酸盐混凝土设计强度等级的40%。

②混凝土强度等级小于或等于C10时,素混凝土或钢筋混凝土均不应低于5.0MPa。

4. 低温季节施工,尤其是严寒和寒冷地区,施工的部位不宜分散。当年浇筑的有保温要求的混凝土,在进入低温季节之前,应采取妥善保温措施,防止混凝土产生裂缝。

5. 施工期间采用的加热、保温、防冻材料(包括早强、防冻剂)应事先准备好,并且应有防火措施。

6. 在温和地区和日平均气温在-5~-10℃范围的严寒和寒冷地区,可采用蓄热法

施工，对风沙大的地区可搭设简易防风棚；在预计日平均气温 -10℃或预计最低气温 -15℃以上，可采用综合蓄热法；低于上述气温时不应再在露天施工，宜采用暖棚法，对风沙大，不宜搭设暖棚地区，可采用覆盖保温被下布置供暖设备的办法。日平均气温在 -20℃以下为不宜低温季节施工。

7. 混凝土的浇筑温度应符合温控和设计要求并按下列规定执行：

温和地区不宜低于 3℃；

严寒和寒冷地区蓄热法不宜低于 5℃，暖棚法不宜低于 3℃。

8. 低温季节施工的混凝土外加剂（减水、引气、早强、抗冻型）产品质量应符合国家行业标准，除每批进场检查质量外，还要不定期随机抽检。其掺量要通过混凝土试验确定。

9. 原材料的加热、输送、储存和混凝土的拌和、运输、浇筑设备及设施，均应根据热工计算结合实际气候条件，采取适宜的保温措施。

10. 砂石骨料宜在进入低温季节前筛洗完毕；成品料堆应有足够的储备和堆高，要有必要的措施防止冰雪造成骨料冻结。

11. 提高混凝土拌和物温度的方法：首先应考虑加热拌和用水；当加热拌和用水尚不能满足浇筑温度要求时，再加热砂石骨料。水泥不得直接加热。

12. 加热拌和用水超过 80℃时，应改变加料顺序，将骨料与水拌和，然后加入水泥，以免假凝。

13. 当日平均气温稳定在 -5℃以下时，宜加热骨料。骨料加热方法，宜采用蒸气排管法，粗骨料可以直接用蒸气加热，但不得影响混凝土的水灰比。

砂石骨料不需加热时，应注意不能掺混冰雪，表面不能结冰。

14. 拌和混凝土之前，应用热水或蒸气冲洗拌和机，并将水或冰水排除。混凝土拌和时间应比常温季节适当延长，延长的时间由试验确定。加热过的骨料及混凝土，应尽量缩短运距，减少倒运次数。

15. 在岩石基础或老混凝土上浇筑混凝土前，应检查其温度。如为负温，应将其加热成正温，以浇筑仓面边角（最不利处）表面测温为正温（>0℃）为准，经检验合格后方可浇筑混凝土。

16. 仓面清理宜采用热风枪或机械方法，寒冷期间宜采用蒸气枪，不宜用水枪或风枪。

17. 在软基上浇筑第一层基础混凝土时，必须确保软基没有冻涨变形。

18. 浇筑混凝土前和浇筑过程中，应注意清除钢筋、模板和浇筑设施上附着的冰雪和冰块，严禁将冰雪、冰块带入仓内。

19. 在浇筑过程中，应注意控制并及时调节混凝土的温度，尽量减少波动，保持浇筑

温度均匀。控制方法以调节拌和水温为宜。

20. 混凝土浇筑完毕后，外露表面应及时保温，防冻防风干。新老混凝土连接处和易受冻的边角部分应加强保温，保温层厚度应是其他面保温层厚度的 2 倍，搭接保温层除密实外长度不应少于 50cm。

21. 当采用蒸气加热或电热法施工时，应按专门的设计文件进行。

22. 温和地区和寒冷地区采用蓄热法施工，应注意下列事项：

(1)保温模板应严密，保温层应搭接牢靠，尤其在接头处，应特别注意施工质量。

(2)有孔洞和迎风面的部位，应增设挡风保温设施。

(3)浇筑完毕后应立即覆盖保温。

(4)使用不易吸潮的保温材料。

23. 低温季节施工的保温模板，除应符合一般模板要求外，还必须满足保温效果的要求，所有孔洞缝隙均应填塞封堵，保温层的衔接必须严密可靠。

24. 外挂保温层必须牢固地固定在模板上。内贴保温层的表面应平整，并有可靠措施保证其固定在混凝土表面，不因拆模脱落。

25. 重视低温季节施工混凝土的性能质量及外观质量检查。混凝土的质量检查除按规定成型试验检测外，还要采取无破损手段或用成熟度法随时检查混凝土早期强度(成熟度法见附录)。拆模后混凝土结构发现受冻、低强、脱皮，应及时采取补救措施。

26. 在低温季节施工的模板，一般在整个低温期间不宜拆除。如果需要拆除，必须遵守下列规定：

(1)混凝土强度必须大于允许受冻的临界强度。

(2)具体拆除时间及拆模后的要求，应满足温控防裂要求，并遵守内外温差不大于 20℃或表面温降不超过 6℃的规定。

(3)承重模板的拆除，抗压强度不应小于设计强度等级的 70%并遵守《水工混凝土模板规范》中的有关拆模规定。

27. 低温季节施工期间，应注意各项温度变化，加强测温工作(测试项目及测试方法见有关规范)。

(二)高温季节混凝土施工的质量控制要点

(1)应严格控制混凝土浇筑温度，混凝土最高浇筑温度不得超过 28℃。混凝土最高浇筑温度应符合设计规定。当设计文件未明确混凝土最高浇筑温度时，则施工单位应根据设计规定的混凝土允许最高温度计算最高浇筑温度。

(2)混凝土浇筑的分段、分缝、分块高度及浇筑间歇时间等，均应符合设计规定。

(3)在施工过程中，各坝块尽量均匀上升，相邻坝块的高差不宜超过 10～12m。如因

施工特殊需要，并有专门论证，经设计、监理同意，可适当放宽高差限制。

(4)为了防止裂缝，必须从结构设计、温度控制、原材料选择、配合比优化、施工安排、施工质量、混凝土的表面保护和养护等方面采取综合措施。

施工中严格地进行温度控制，是防止混凝土裂缝的主要措施。混凝土的浇筑温度和最高温升均应满足设计要求，否则不宜浇筑混凝土。如施工单位有专门论证，并经过设计和监理单位同意后，才能变更浇筑块的浇筑温度。在有充分论据的前提下，可使用微膨胀型水泥，对混凝土降温过程的收缩进行补偿。

(5)为提高混凝土的抗裂能力，必须改进混凝土的施工工艺。混凝土的质量除应满足强度保证率的要求外，还应在均匀性方面符合有关规范中的良好标准。

(6)为防止裂缝，应避免基础部位混凝土块体薄块长间歇放置，避免基础部位混凝土块体在早龄期过水 ;其他部位也不宜长间歇放置或过早过水。

(7)对于设计龄期大于 28 天的混凝土，必须在混凝土配合比设计时，就考虑保证混凝土必要的早期(28 天以前)抗裂能力。

(8)降低混凝土浇筑温度的主要措施。

1)为降低骨料温度，料场宜采用下列措施：

①成品料场的骨料，堆高一般不宜低于 8m，并应有足够的储备；

②通过地垅取料；

③搭盖凉棚，喷水雾降温(砂子除外)等。

2)粗骨料预冷可采用风冷法、浸水法、喷洒冷水法等措施。

如用水冷时，应有脱水措施，使骨料含水量保持稳定。在拌和楼顶部料仓使用风冷法时，应采取有效措施防止骨料(尤其是小石)冻仓。

3)为防止温度回升，骨料从预冷仓到拌和楼，应采取隔热降温措施。

4)混凝土拌和时，可采用低温水、加冰等降温措施。加冰时，可用片冰或冰屑，并适当延长拌和时间。

5)在高温季节施工时，应根据具体情况，采取下列措施，以减少混凝土的温度回升：

①缩短混凝土的运输时间，入仓后对混凝土及时进行平仓振捣，加快混凝土的入仓覆盖速度，缩短混凝土的曝晒时间；

②混凝土运输工具应有隔热遮阳措施；

③宜采用喷水雾等方法，以降低仓面周围的气温；

④混凝土浇筑应尽量安排在早晚、夜间以及阴天进行；

⑤当浇筑尺寸较大时，可采用台阶式浇筑法，浇块高度应小于 1.5m；

⑥入仓后的混凝土平仓振捣完至下一层混凝土下料之前，宜采用隔热保温被将其顶

面接头部位覆盖。

6)基础部分混凝土,宜利用有利的的季节进行浇筑。如须在高温季节浇筑,必须经过充分论证,并采取有效措施,经设计、监理同意后方可进行浇筑。

(9)减少混凝土的水化热温升的主要措施。

1)在满足混凝土的各项设计指标的前提下,应采用加大骨料粒径、改善骨料级配、掺用掺合料、外加剂和降低混凝土坍落度等综合措施,合理地减少单位水泥用量,并尽量选用水化热低的水泥。

2)为有利于混凝土浇筑块的散热,基础和老混凝土的约束部位,浇筑块厚以 1～2m 为宜,但若采用浇筑层间埋设冷却水管技术,浇筑块厚也可采用 3m 以上,上下层浇筑间歇时间宜为 5～10 天。在高温季节,有条件时还可采用表面流水冷却的方法进行散热。

3)采用冷却水管进行初期冷却时,通水时间由计算确定,一般为 15～20 天。混凝土温度与水温之差,以不超过 25℃为宜。对于 ϕ25mm 的金属水管,管中流速以 0.6m/s 为宜;对于 ϕ 28mm 聚乙烯水管,管中流速以 0.5～1.0m/s 为宜。水流方向应每天改变 1～2 次,使坝体冷却较均匀,每天降温不超过 1℃。

(10)特殊部位的温控措施。

1)岩基的塘、槽必须用混凝土回填,深度超过 3m 时应分层进行。当与地表齐平后,应采用通水冷却的方法将回填的混凝土温度降低到设计要求的温度,再继续浇筑混凝土。

2)预留槽必须在两侧老混凝土温度达到设计规定后,才能回填混凝土,回填混凝土应控制在有利季节进行,或采用低温混凝土施工。

3)并缝块混凝土浇筑,除应严格控制浇筑温度外,可采用薄块浇筑、短间歇均匀上升的施工方法,并尽量安排在有利的季节进行;必要时,还可采用初期通水冷却或其他措施。

4)坝体的接缝灌浆,当自然冷却不能达到设计的要求时,应埋设冷却水管进行后期冷却。

(11)表面保护和养护的质量控制要点。

1)气温骤降季节,基础混凝土、上游坝面及其他重要部位,应进行早期表面保护。

在高温季节,应对收仓仓面及时进行流水养护;对Ⅰ级建筑物,上、下游坝面宜做到常年流水养护,养护时间不少于设计龄期,水层厚度通过计算确定。

2)在气温变幅较大的地区,长期暴露的基础混凝土及其他重要部位,必须妥加保护。寒冷地区的老混凝土,在冬季停工前,应尽量使各坝块浇筑齐平,其表面保护措施可根据各地具体情况拟定。

3)模板拆除时间应根据混凝土已达到的强度及混凝土的内外温差而定,但应避免在夜间或气温骤降期间拆模。在气温较低的季节,当预计拆模后混凝土表面温降可能超过 6℃时,应推迟拆模时间;如必须拆模,应在拆模后立即采取保护措施。

4)混凝土表面保护,应结合模板类型、材料等综合考虑,必要时应该考虑采用模板内贴保温材料或混凝土预制模板。

5)已浇好的底板、护坦等薄板建筑物,其顶面宜保温到过水前。

对于宽缝重力坝、支墩坝、空腹坝的空腔,在气温骤降频繁的季节,宜将其暴露空腔封闭或进行表面保护。

隧洞、竖井、调压井、廊道、尾水管、泄水孔及其他孔洞的进出口宜封闭,不使空气流通。浇筑块的棱角和突出部分应加强保护。

6)为降低坝体内外的温差,减少表面裂缝,宜采用坝体中期通水冷却,中期通水冷却的时间由计算而定,一般为 30 ~ 60 天。混凝土与水温之差,不应超过 20℃,日降温幅度不超过 1℃。

7)对龄期在 28 天内的新浇混凝土,根据气象预报,如有在 2 ~ 3 天内平均气温下降 6 ~ 8℃的气温骤降情况,应在气温下降之前进行表面保护,保护时间至气温骤降结束后或上层混凝土开仓之前。

8)混凝土表面保护的保护层厚度,应根据不同部位、结构,不同保温材料和气候条件计算确定。

(12)在混凝土施工过程中,应每 1 ~ 3h 测量一次混凝土原材料的温度、机口混凝土温度以及坝体冷却水的温度和气温,并应有专门记录。

(13)混凝土浇筑温度的测量,每 100m^2 仓面面积应不少于 1 个测点,每一浇筑层应不少于 3 个测点。测点应均匀分布在浇筑层面上。

(14)浇筑块内部的温度观测,除按设计规定进行外,应根据混凝土温度控制的需要,补充埋设仪器进行观测。

(三)雨季混凝土施工的质量控制要点

(1)雨季施工应做好下列工作:

1)砂石料场的排水设施应畅通无阻。

2)运输工具应有防雨及防滑措施。

3)浇筑仓面应有防雨措施并备有不透水覆盖材料。

4)增加骨料含水率的测定次数,及时调整拌和用水量。

(2)中雨、大雨、暴雨天气不得进行混凝土施工,有抗冲、耐磨和有抹面要求的混凝土不得在雨天施工。

(3)在小雨进行浇筑时,应采取下列措施:

1)适当减少混凝土拌和用水量。

2)加强仓内排水和防止周围雨水流入仓内。

3)做好新浇筑混凝土面尤其是接头部位的保护工作。

(4)在浇筑过程中,如遇中雨、大雨、暴雨,应将已入仓混凝土振捣密实,立即停止浇筑,并遮盖混凝土表面。雨后必须先排除仓内积水,对受雨水冲刷的部位应立即处理,如停止浇筑的混凝土尚未超过允许间歇时间或还能重塑时,应加铺至少与混凝土同标号砂浆后方可复仓浇筑,否则应停仓并按施工缝处理。

(5)注意天气预报,加强坝区气象观测,合理安排施工。

第三节　水工碾压混凝土工程

一、普查

1. 核查设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围。

2. 认真查阅施工图,参加施工图技术交底。

3. 检查经有关部门认可的水工碾压混凝土工程施工组织设计的执行落实情况。

4. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。

5. 检查水工碾压混凝土工程的几何尺寸和外观质量。

6. 参与水工碾压混凝土工程质量事故的调查与处理。

7. 参与重要隐蔽工程和关键部位单元工程的验收签证。

8. 组织外观质量评定。

9. 对单位工程和重要分部工程的质量等级进行核定。

二、专项检查

(一)原材料

1. 检查水泥的标号和品种是否符合有关规定,水泥是否有出厂合格证,复验报告,水泥的各项技术性能指标是否满足规定要求。

2. 检查细骨料(砂)的细度模数及其它质量指标是否符合有关规定。

3. 检查掺合料的料源是否充足,品质如何,抽查材质试验报告。

(二)配合比

1. 检查碾压混凝土的配合比是否满足工程设计的各项指标及施工工艺要求。

2. 检查碾压混凝土配合比设计方案及其试验报告。

(三)碾压混凝土拌和

1. 检查计量器具及其使用情况,抽查配料各种称量偏差是否在允许值范围内。

2. 检查碾压混凝土拌和质量,投料顺序和拌和时何是否由试验确定。

(四)碾压混凝土的运输

1. 检查运输能力及卸料条件是否满足工程施工要求。

2. 检查运输工具和运输道路是否满足运送碾压混凝土的要求。

(五)碾压混凝土入仓

1. 检查碾压混凝土与基岩结合面的处理情况。

检查碾压混凝土铺筑用的模板是否满足碾压混凝土施工的要求。

检查入仓方式、平仓厚度是否符合有关规定,抽查碾压试验报告。

(六)碾压

1. 检查碾压设备的规格、型号能否满足工程施工要求。

2. 碾压遍数和碾压方式是否达到碾压试验的要求。

3. 检查碾压后的混凝土容重指标是否符合有关规定。

(七)缝面处理

1. 检查造缝是否符合有关规定。

2. 检查填缝材料及其处理方式是否符合规定要求。

3. 检查施工缝或冷缝层面处理是否符合要求。

(八)异种混凝土浇筑

检查常态混凝土与碾压混凝土交接处处理是否满足规定要求。

(九)养护与防护

1. 检查碾压混凝土养护是否符合要求。

2. 冬季施工时,要检查碾压混凝土的保温措施是否可靠。

第四节　灌浆工程

一、普查

1. 核查设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围。

2. 认真查阅施工图,参加施工图技术交底。

3. 检查经有关部门认可的灌浆工程施工组织设计的执行落实情况。

3. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。

4. 参与灌浆工程质量事故的调查与处理。

5. 参与重要隐蔽工程和关键部位单元工程的验收签证。

6. 对单位工程和重要分部工程的质量等级进行核定。

二、专项检查

(一)岩石基础灌浆

1. 检查用于灌浆材料的质量是否符合设计或有关标准的规定,检查品质试验报告。

2. 检查钻孔和灌浆是否按规范或设计要求的顺序进行钻孔和灌浆。

3. 检查孔位、孔深和孔向等偏差是否符合有关规定,对于垂直的或顶角小于 5°的帷幕其孔深偏差值不得大于表 10 – 2 – 24 的规定。

表 10 – 2 – 24　允许偏差值

孔深(m)	20	30	40	50	60
最大允许偏差值(m)	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50

4. 检查钻孔冲洗情况,查阅冲洗记录,审查压水试验报告。

5. 检查灌浆浆液的浓度,抽查水灰比计量情况。

6. 检查灌浆压力控制情况。

7. 检查灌浆过程记录,抽查吸浆量记录资料。

8. 通过查看压水试验成果,灌浆前后物探成果,钻孔取心,孔内摄影,孔内电视资料等方式来检查灌浆效果。检查孔的数量应符合有关规定。

(二)水工隧洞灌浆

1. 检查用于灌浆材料的质量是否符合设计或有关标准的规定,抽查品质试验报告。

2. 检查是否按规范或设计要求的顺序进行钻孔和灌浆。

3. 检查孔位、孔深和孔向等偏差是否符合设计要求和有关规定。

4. 检查钻孔冲洗情况,查阅冲洗记录,审查压水试验报告,压水孔数一般应占灌浆孔总数的 5%。

5. 检查回填灌浆、接触灌浆和固结灌浆的水灰比级数,抽查水灰比计量记录。

6. 检查吸浆量和灌浆压力记录。

7. 通过注入浆液观察吸浆量、测量岩石弹性模量或采用压水试验等方式检查灌浆效果。

(三)混凝土坝接缝灌浆

1. 检查用于灌浆材料的质量是否符合设计或有关标准的规定,细度是否满足要求,抽查品质试验报告。

2. 检查灌浆是否按设计要求的顺序进行,接缝的张开度是否适宜灌浆。

3. 检查灌浆系统布置是否符合要求。

4. 检查灌浆系统加工、安装与埋设是否符合设计要求和有关规定。

5. 检查灌浆前的通水、通风压力试验情况。

6. 检查灌浆过程记录,水灰比改变记录以及计量情况。

7. 检查吸浆量和灌浆过程压力变化的记录。

8. 通过钻孔取心、压水试验、孔内探缝、孔壁摄影和孔内电视等方式来检查灌浆效果。

第五节　土石坝工程

一、普查

1. 核查勘察、设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围。

2. 认真查阅地质勘察资料和基础施工图,重点了解地质结构和水文资料,熟悉有关情况。

3. 检查经有关部门认可的土石坝工程施工组织设计的执行落实情况。

4. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。

5. 检查土石坝工程的几何尺寸和外观质量。

6. 参与土石坝工程质量事故的调查与处理。

7. 参加重要隐蔽工程和关键部位单元工程的验收签证。

8. 组织外观质量评定。

9. 对单位工程和重要分部工程的质量等级进行核定。

二、专项检查

(一)碾压式土石坝

1. 坝基处理。

①检查坝基清理情况,树木、草皮、树根、坟墓等杂物以及粉土、细砂、淤泥等是否已

清除，对水井、泉眼、地道、洞穴或风化石、残积物、滑坡体等是否按设计要求作了认真处理，检查坝基清理记录。

②检查坝基是否按要求进行开挖，开挖时是否预留有足够的保护层，断面形状、尺寸如何。

③检查坝基岩石节理、裂隙、断层或构造破碎带是否按设计要求进行了处理。

④检查坝基渗水是否进行了有效处理，以确保坝基回填土或基础混凝土不在水中施工。

2. 料场质量控制。

①检查开采、坝料加工方法是否符合有关规定。

②检查排水系统、防雨措施、负温下施工措施是否完善。

③检查坝料性质、含水量是否符合规定。

3. 坝体(料)填筑。

(1)均质土坝。

a. 检查基础开挖及处理施工记录和隐蔽工程验收记录。

b. 检查防渗铺盖和均质坝地基是否按规定和设计要求进行了处理。

c. 检查与均质土坝接合的岩面和混凝土面的处理情况。

d. 检查上下层铺土之间的结合面处理，以及接缝和与边坡及岸坡结合面的处理是否符合设计要求和有关规定。

e. 检查上坝土料的粘粒含量、含水量、土块直径等是否符合设计要求和有关规定。

f. 检查卸料、铺料以及铺土厚度等是否满足设计要求和有关规定。

g. 检查是否按要求做了碾压试验，查阅碾压试验记录及其试验报告。

h. 检查碾压机具的数量、型号、性能是否满足施工要求。

i. 查阅干容重试验记录，检查试验结果和检测数量是否满足规定要求。

j. 检查分层上料、分层碾压的工序签证情况。

(2)砂砾坝。

a. 检查填坝砂砾料的颗粒级配、砾石含量、含泥量等是否满足规范规定和设计要求。

b. 检查卸料及铺料情况，铺料厚度和断面尺寸是否符合要求。

c. 检查是否按碾压试验确定的压实参数进行施工。

d. 检查分层验收签证情况。

e. 检查填筑体纵横向结合部位及其与岸坡接合部位的处理情况。

f. 查阅干容重试验记录，检查试验结果和检测数量是否满足规定要求。

(3)堆石坝。

a. 检查填坝材料的级配、软颗粒含量、含泥量等指标是否符合设计要求和有关规定。

b. 检查是否按碾压试验确定的压实参数进行施工。

c. 检查过渡区、主堆石区的铺筑厚度、超径、含泥量和洒水量等是否符合设计要求和规范规定。

d. 检查堆填区与岸坡接合部的处理情况。

e. 检查压实厚度检测情况和干密度检测数量及结果是否符合设计要求和规范规定。

4. 细部工程。

(1)反滤工程。

a. 检查反滤工程的基面处理是否符合设计要求和有关规定。

b. 检查反滤料的粒径、级配、含泥量、硬度、抗冻性和渗透系数是否符合设计要求,检查施工记录和料场验收资料与试验报告。

c. 检查反滤层的碾压情况,是否严格控制其压实参数。

d. 检查反滤层的结构层次、层间系数、铺筑位置和厚度是否符合设计要求。

e. 检查反滤层的铺筑方式、施工顺序等是否符合设计要求和有关规定。

f. 检查反滤层干密度检测结果和检测数量是否符合设计要求和有关规定。

(2)垫层工程。

a. 检查垫层的级配、粒径、含泥量及垫层的铺设厚度、铺设方法是否符合设计要求和有关规定。

b. 检查垫层的压实情况是否符合设计要求和规范规定。

c. 检查垫层接缝处的处理情况是否符合有关规定。

d. 检查垫层干密度检测结果和检测数量是否符合设计要求和有关规定。

(3)排水工程。

a. 检查排水设施的布置位置、断面尺寸以及排水设施所用石料的软化系数、抗冻性、抗压强度和几何尺寸是否符合设计要求。

b. 检查排水设施的渗透系数或排水能力是否符合设计要求,查阅试验记录。

c. 检查排水设施的基底处理情况,滤孔和接头部位的反滤层、减压井的回填以及其他排水设施的施工作业情况。

d. 检查减压井是否按设计和规范要求安设和施工。

e. 检查排水设施的堆石或砌石体的质量是否符合设计要求和有关规定。

f. 检查排水设施的铺筑厚度和断面尺寸是否符合设计要求和有关规定。

g. 检查排水设施的干密度试验资料,其检测结果和检测数量是否满足有关规定。

5. 坝体压实检查项目及取样试验。

坝体压实检查项目及取样试验次数见表 10－2－25。

表 10－2－25　坝体压实检查

坝料类别及部位			试验项目	取样试验次数
防渗体	粘性土	边角夯实部位	干容重、含水量	2～3 次/层
		碾压部位	干容重、含水量、结合层描述	1 次/(100～200m^3)
		均质坝	干容重，含水量	1 次/(200～400m^3)
	砾质土	边角夯实部位	干容重、含水量、砾石含量	2～3 次/(m^3·层)
		碾压部位	干容重、含水量、砾石含量	1 次/(200～400m^3)
反滤料及过渡料			干容重、砾石含量	1 次/1000m^3
			颗粒分析、含泥量	1 次/(1～2m 厚)
坝壳砂砾料			干容重、砾石含量	1 次/(400～2000m^3)
			颗粒分析、含泥量	1 次/5m 厚
坝壳砾质土			干容重、含水量、<5mm 含量上、下限值	1 次/(400～2000m^3)
碾压堆石			干容重、<5mm 含量	1 次/(10000～50000m^3)
			颗粒分析	1 次/(5～10m 厚)

(二)土石坝防渗体

1. 土质防渗体。

①检查基础开挖和处理以及上下层结合面的处理是否满足有关规定和设计要求。

②检查防渗体填筑的卸料及铺填是否满足设计要求和有关规定。

③检查防渗体的压实质量是否满足有关规定和设计要求。

④检查接缝处理情况是否符合有关规定。

2. 混凝土面板。

(1)基面清理

a. 检查趾板基础清理和垫层清理是否符合规定的要求。

b. 检查趾板基础、垫层防护层是否按要求进行了验收。

(2)模板。

a. 检查面板侧模、趾板模板的平整度、刚度及安装质量是否符合要求。

b. 检查滑模结构及其牵引系统是否牢固可靠、施工方便，模板及其支架具有足够的稳定性、刚度和强度。

c. 检查滑模制作及安装质量是否符合规定要求。

d. 检查滑模轨道安装质量是否符合有关规定。

(3)钢筋。

检查钢筋的制作及安装质量是否符合有关规定。

(4)止水及分缝。

a. 检查用作止水及分缝的材料品质和型号是否符合设计要求和有关规定,查阅材质试验报告及出厂证明资料。

b. 检查止水材料的安装位置是否准确、可靠,连接的施工工艺和施工方法是否满足要求,必要时应经试验论证。

c. 检查分缝表面处理及表面嵌缝材料施工工艺是否符合设计要求和有关规定。

(2)混凝土浇筑。

a. 检查原材料质量是否符合设计要求和有关规定,查阅试验报告及原材料出厂证明。

b. 检查混凝土配合比试验报告以及混凝土的抗压、抗渗、抗冻、抗腐蚀等指标是否符合设计要求和有关规定。

c. 检查入仓混凝土坍落度的控制是否符合有关规定。

d. 检查是否按规定要求留足了混凝土试块。

e. 检查混凝土平仓、振捣及滑模提升情况是否符合设计要求和有关规定。

f. 检查混凝土表面的防护及养护情况是否符合有关要求。

3. 沥青混凝土心墙。

(1)基础面处理与沥青混凝土结合层面处理。

a. 检查用于沥青混凝土的沥青、骨料、填料、掺料等是否符合设计要求和有关规定,查阅试验资料和出厂证明。

b. 检查沥青混凝土心墙与基础接合面处理是否符合设计要求和有关规定。

c. 检查沥青混凝土层面处理是否满足规范要求。

(2)模板。

a. 检查沥青混凝土心墙模板是否牢固、不变形且拼接严密。

b. 检查模板架立的缝隙、平直度、表面处理等是否符合有关规定。

c. 检查模板表面是否清理干净且脱模剂涂抹均匀。

(3)沥青混凝土制备。

a. 检查沥青混凝土的生产能力、施工配合比、投料顺序、拌和时间等是否符合有关规定。

b. 检查沥青混凝土机口出料的色泽是否均匀,稀稠是否一致,有无其他异常现象等。

c. 检查制备沥青混凝土原材料加热的温度偏差是否在允许范围内。

d. 检查配制沥青混凝土的各种材料称量偏差是否在允许值范围内。

(4)心墙沥青混凝土的摊铺和碾压。

a. 检查沥青混凝土的摊铺厚度及碾压遍数是否符合设计要求和有关规定。

b. 检查碾压后沥青混凝土表面质量是否符合有关规定。

c. 检查碾压后沥青混凝土的密度、渗透和力学性能是否符合设计要求和有关规定，查阅钻孔取样试验资料。

4. 沥青混凝土面板。

(1)整平层。

a. 检查所用沥青、矿料及乳化沥青的质量是否符合有关规定和设计要求。

b. 检查沥青混合料的原材料配合比以及铺筑工艺是否符合有关规定和设计要求。

c. 检查垫层铺筑的质量是否符合要求。

d. 检查整平层沥青混凝土的渗透系数及孔隙率指标是否符合设计要求和有关规定，查阅有关试验资料。

(2)防渗层。

a. 检查所用沥青、矿料、掺料及乳化沥青的质量是否符合有关规定和设计要求。

b. 检查沥青混合料的原材料配合比以及出机口的沥青混合料质量是否符合有关规定和设计要求。

c. 检查沥青混凝土各铺筑层间的坡向或水平接缝处理是否符合要求。

d. 检查沥青混凝土防渗层表面是否存在裂缝、流淌与鼓包现象。

e. 检查整平层沥青混凝土的渗透系数及孔隙率指标是否符合设计要求和有关规定，查阅有关试验资料。

(3)封闭层。

a. 检查所用的原材料与配合比，以及施工工艺是否符合有关规定与设计要求，查阅有关试验报告和施工记录。

b. 检查沥青胶施工搅拌出料时的温度以及铺抹时的温度是否满足有关规定。

c. 检查封闭层铺抹是否均匀一致，是否存在鼓包、脱层及流淌现象。

d. 检查沥青胶软化点、铺抹量的合格指标是否符合有关规定，查阅有关试验资料。

(4)面板与刚性建筑物的连接。

a. 检查所用沥青砂浆(或细粒沥青混凝土)、橡胶沥青胶(或沥青胶)及玻璃丝布等原材料的质量是否符合设计要求和有关规定，查阅试验报告和出厂证明。

b. 检查沥青砂浆(或细粒沥青混凝土)的配合比及配制工艺是否经试验论证，查阅试验报告和施工记录。

c. 检查刚性建筑物连接面楔形体的浇筑、滑动层与加强层的敷设等处理是否符合设计要求和有关规定。

d. 检查沥青砂浆(或细粒沥青混凝土)的拌制或浇筑温度是否符合有关规定,浇筑质量是否符合设计要求。

(三)浆砌石坝

1. 砂、砾(碎石)、石料的规格与要求。

①检查砂、砾(碎石)、石料料场的分布是否便于施工运输,储量是否满足施工需要。

②检查砂浆和混凝土用砂的质量是否符合设计要求和规范规定,查阅砂的试验报告。浆砌石坝用砂的质量一般应符合表 10－2－26 的要求。

表 10－2－26　砂浆和混凝土用砂质量要求

项　目	指　标	备　注
△天然砂中泥团含量	不允许	
△天然砂中含泥量(%)	砌筑用砂 < 5,其中粘土 < 2 ;防渗体等用砂 < 3,其中粘土 < 1	
人工砂中的石粉含量(%)	6 ~ 12	系指小于 0.15mm 的颗粒,增加石粉含量应经试验论证。
坚固性(%)	< 10	
轻物质含量(%)	< 1	
△云母含量(%)	< 2	
硫化物及硫酸盐含量按重量计折算成 SO_3(%)	< 1	
△有机质含量	浅于标准色	如深于标准色,应配成砂浆进行强度对比试验
容重(t/m^3)	> 2.5	

注　“△”后的项目为主要检查项目。

③检查混凝土所用砾石(碎石)的质量是否符合设计要求和有关规定,查阅砾石(碎石)试验报告。混凝土所用砾石(碎石)的质量一般应符合表 10－2－27 的要求。

表 10－2－27　混凝土所用砾石(碎石)质量要求

项　目	指　标	备　注
△泥团	不允许	
△超径	原孔筛检验 < 5% 超逊径筛检验 0	

项　　目	指　　标	备　　注
逊径	原孔筛检验 < 10% 超逊径筛检验 2%	
△软弱颗粒含量(%)	< 5	
含泥量(%)	< 1	
硫酸盐及硫化物含量按重量折算成 SO_3(%)	< 0.5	
△有机质含量	浅于标准色	如深于标准色,应进行混凝土强度对比试验
容重(t/m^3)	> 2.55	
吸水率(%)	< 2.5	
△针片状颗粒含量(%)	< 15	砾石经过试验论证,可放宽至 25%

注 “△”后的项目为主要检查项目。

④检查砌坝用的粗料石、块石或毛石(包括大的河卵石)的质量是否符合设计要求和有关规定。

2. 胶结材料及其配合比、拌和与运输。

①检查坝体不同部位使用水泥的品种及其质量是否符合设计要求和有关规定,查阅水泥复检报告。

②检查浆砌石坝的水泥砂浆、混凝土和混合水泥砂浆等胶结材料的配合比试验资料,查阅配合比试验报告。

③检查现场计量控制情况,抽查胶结材料所用的水泥、砂、骨料、水及外加剂称量偏差是否符合有关规定。胶结材料各组份的允许偏差一般不应大于表 10 – 2 – 28 的允许值。

表 10 – 2 – 28　胶结材料各组份的允许偏差

材料名称	允许偏差
水泥	± 2%
砂、砾(碎石)	± 3%
水、外加剂溶液	± 1%

④检查胶结材料的强度和易性是否满足设计和规定要求,查阅胶结材料强度试验报告和施工记录。

⑤检查胶结材料的运输工具及运输条件是否影响胶结材料的质量。

3. 砌筑施工。

①检查砌体与基岩连接部位的处理是否符合有关规定。

②检查砌体的砌缝宽是否符合表 10－2－29 的要求。

表 10－2－29　砌缝宽度要求

类　别			砌缝宽度(cm)		
			粗料石	块　石	毛　石
砂浆砌石体	平　缝		1.5～2	2～2.5	–
	竖　缝		2～3	2～4	–
混凝土砌石体	平缝	一级配	4～6	4～6	4～6
		二级配	8～10	8～10	8～10
	竖缝	一级配	6～8	6～9	6～10
		二级配	8～10	8～10	8～10
备　注			当砌石体平缝采用砂浆，竖缝采用混凝土砌筑时，缝宽各见砂浆、混凝土砌石体平缝、竖缝栏		

③检查浆砌石坝结构尺寸和位置的砌筑允许偏差是否符合表 10－2－30 的要求。

表 10－2－30　砌筑允许偏差

类　别	部　位		允许偏差(cm)
平面控制	坝面分层	中心线	±(0.5～1)
		轮廓线	±(2～4)
	坝内管道	中心线	±(0.5～1)
		轮廓线	±(1～2)
竖向控制	重力坝		±(2～3)
	拱坝、支墩坝		±(1～2)
	坝内管道		±(0.5～1)

④检查石料规格及砌筑工序是否符合设计要求和规范规定。

⑤检查砌体的内外搭接及错缝砌筑是否符合规定要求。

⑥检查砌体施工缝的处理是否符合规定要求。

⑦检查砌体的密度、空隙率的质量指标是否符合设计和规范规定，查阅检测试验结果。

⑧检查砌体的密实性是否符合规定要求，检查压水试验指标是否满足有关规定。

4. 防渗体施工。

①检查基坑的开挖与处理是否满足设计要求和有关规定。

②检查混凝土防渗体与砌石的连接方式、施工作业方法是否满足设计要求和有关规定。

③检查混凝土防渗体浇筑质量是否满足有关规定。

④检查混凝土防渗体施工缝的处理是否符合设计要求和有关规定。

⑤检查止水材料的规格、型号、品种及材质是否满足设计要求和有关规定。

⑥检查止水设备的搭接、安装工艺是否符合设计要求和有关规定。

⑦检查沥青井的留置、安设等施工是否符合要求。

5. 冬、夏季和雨天施工。

①冬季施工时,检查是否采取了必要的保温措施。当最低气温在 0～5℃时,砌筑作业是否采取表面保护措施,最低气温在 0℃以下时,是否停止砌筑。

②夏季施工时,检查是否采取了防止表面曝晒、延长养护期等措施,当最高气温超过 28℃时,是否停止砌筑作业。

③雨天施工时,检查对适宜雨天施工的部位是否采取了可靠的防护措施。

(四)混凝土防渗墙

1. 槽(桩)孔建造。

①检查建造槽(桩)的位置、尺寸等偏差是否符合要求。

②检查建造槽(桩)的主要机具、施工工艺、作业次序和作业方法等是否符合设计要求和有关规定。

③检查槽(桩)孔清孔质量是否符合要求。

2. 对泥浆的质量要求。

①检查配制泥浆材料的物理、化学性能指标是否符合规定要求,查阅材料品质试验资料。

②检查泥浆的性能指标是否符合有关规定,查阅泥浆配合比试验等有关资料。

③检查配制泥浆的施工工艺及所用处理剂材料的品质是否符合设计要求和有关规定,查阅工艺评审报告及有关的试验资料。

3. 混凝土浇筑。

①检查用于混凝土的水泥、骨料、水、掺合料及外加剂的质量是否符合设计要求和有关规定。

②检查混凝土配合比是否经过试验论证,其各项性能指标是否符合设计要求和有关规定。

③检查混凝土的运输、平仓、振捣以及施工工序、施工工艺等是否满足设计要求和有关规定。

4. 墙内埋设件的质量要求。

①检查埋设件的品种、型号、质量、尺寸等是否满足设计要求。

②检查埋设件的安置位置、安设方法及施工工艺等是否符合设计要求和有关规定。

第六节　堤防工程

一、普查

1. 核查勘察、设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围。

2. 认真查阅地质勘察资料和基础施工图，重点了解地质结构和水文资料，熟悉有关情况。

3. 检查经有关部门认可的堤防工程施工组织设计的执行落实情况。

4. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。

5. 检查基础开挖及处理施工记录，检查堤基清理情况。

6. 检查堤防工程的几何尺寸和外观质量。

7. 参与堤防工程质量事故的调查与处理。

8. 参加重要隐蔽工程和关键部位单元工程的验收签证。

9. 组织外观质量评定。

10. 检查竣工验收前工程质量抽检情况。

11. 对单位工程的质量等级进行核定。

二、专项检查

(一)土料碾压筑堤

1. 检查用于筑堤的土质是否满足设计要求。

2. 检查防渗铺盖和均质土堤地基是否按规定和设计要求进行了处理。

3. 检查是否按要求做了碾压试验，查阅碾压试验记录及其试验报告。

4. 检查碾压机具的数量、型号、性能是否满足施工要求。

5. 检查上堤土料的粘粒含量、含水量、土块直径等是否符合设计要求和有关规定。

6. 检查卸料、铺料以及铺土厚度等是否满足设计要求和有关规定。

7. 检查上下层铺土之间的结合面处理，以及接缝和与边坡及岸坡结合面的处理是否符合设计要求和有关规定。

8. 检查分层上料、分层碾压的工序签证情况。

9. 查阅干容重试验记录，检查试验结果和检测数量是否满足规定要求。

(二)土料吹填筑堤或土料吹填压渗平台

1. 检查吹填区的基础围堰是否按设计要求修筑。

2. 检查吹填用的船、泵的型号、规格、性能等以及其冲、挖、抽的方式是否满足吹填土质的要求。

3. 检查吹填区的宽度、高度及平整度等是否符合设计要求和有关规定。

4. 检查吹填干密度是否符合设计要求，查阅干密度试验记录。

(三)粘土防渗体填筑或砂质土堤堤坡堤顶填筑

1. 检查用于筑堤的土质是否满足设计要求。

2. 险查是否按要求做了碾压试验，查阅碾压试验记录及其试验报告。

3. 检查上堤土料的粘粒含量、含水量、土块直径等是否符合设计要求和有关规定。

4. 检查上下层铺土之间的结合面处理，以及接缝和与边坡及岸坡结合面的处理是否符合设计要求和有关规定。

5. 检查卸料、铺料以及铺土厚度等是否满足设计要求和有关规定。

6. 检查碾压机具的数量、型号、性能是否满足施工要求。

7. 查阅干容重试验记录，检查试验结果和检测数量是否满足规定要求。

8. 检查分层上料、分层碾压的工序签证情况。

(四)护坡垫层

1. 检查垫层材料的品种、规格、型号等是否满足设计要求。

2. 检查石料的粒径、级配、硬度、渗透性，土工合成材料的保土、透水、防堵性能及抗拉强度，等等是否符合设计要求，检查材质试验报告。

3. 检查护坡垫层的施工方法和工艺是否符合设计要求和规范规定。

4. 检查垫层厚度是否符合设计要求，查阅有关检测记录。

(五)毛石粗排护坡或干砌石护坡

1. 检查石料的质地、块重、形状等是否符合设计要求和有关规定。

2. 检查毛石粗排的施工方式和护砌质量是否符合有关规定，有无通缝、叠砌、浮石、空洞等现象。

3. 检查平整度、缝宽、厚度等指标是否符合有关要求，查阅有关检测资料。

(六)浆砌石护坡

1. 检查制拌砂浆的水泥、砂质量是否符合设计要求和有关规定，查阅水泥和砂的试验报告。

2. 检查砂浆配合比试验资料，抽查现场计量管理情况。

3. 检查砂浆强度，抽查砂浆抗压强度试验记录。

4. 检查浆砌石的砌筑质量和勾缝质量是否符合有关规定。

(七)混凝土预制块护坡

1. 检查混凝土预制块本身的强度、外形尺寸和表面平整度等质量指标是否符合要求。

2. 检查预制块的砌筑方式、砌筑质量以及坡面的平整度等是否满足要求。

(八)堤脚防护

1. 检查用于堤脚防护材料的质量、品种、规格、型号等是否满足设计要求。

2. 检查堤脚防护的施工作业方式、施工质量和断面尺寸等是否满足设计要求。

3. 在水中作业时，应着重检查抛护材料的计量控制和抛护定位措施，抽查有关的施工记录。

第七节　水工建筑物金属结构制造与安装工程

一、普查

1. 核查设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围。

2. 查阅水工金属结构生产许可证是否与承担的工程任务相适应。

3. 认真查阅水工建筑物金属结构制造图纸及相应的装配图，熟悉有关情况。

4. 检查质量检查员、监理工程师、监造工程师及焊工、无损检测等人员的岗位证书。

5. 检查经有关部门认可的水工建筑物金属结构制造、安装工程施工组织设计的执行落实情况。

6. 检查钢材质量是否符合设计要求和有关规定，查阅材质试验报告和出厂证明。

7. 检查水工建筑物金属结构制造、安装工程的几何尺寸和外观质量。

8. 参与水工建筑物金属结构制造、安装工程质量事故的调查与处理。

9. 参加关键部位单元工程的验收签证。

10. 组织外观质量评定。

11. 对单位工程和重要分部工程的质量等级进行核定。

二、专项检查

(一)钢管制造

1. 直管、弯管和渐变管制造。

①检查钢板下料尺寸偏差是否符合设计要求和有关规定。

②检查钢管焊接缝与组焊的允许偏差是否在规定范围内。

③检查焊缝质量是否满足规定要求,查阅无损检测报告和施工记录。

2. 岔管和伸缩节制造。

①检查钢板下料尺寸偏差是否符合设计要求和有关规定。

②检查岔管焊接缝与组焊的允许偏差是否在规定范围内。

③检查伸缩节的内、外套管及止水压环焊接后的弧度、直径及间隙偏差是否在允许值范围内。

④检查焊缝质量是否满足规定要求,查阅无损检测报告和施工记录。

(二)钢管安装

1. 安装。

①检查钢管支墩的强度和稳定性是否满足要求。

②检查钢管安装的管口中心、管口椭圆度及管口直径等的允许偏差是否在规定范围内。

③检查焊缝质量是否满足规定要求。

2. 水压试验。

①检查岔管是否按要求进行了水压试验,试验情况如何。

②参与首次钢管压力试验,检查试压过程记录及相关资料。

(三)闸门和埋件制造

1. 埋件制造。

①检查底槛、主轨、副轨、反轨、止水座板、门楣、侧轨、侧轮导板、铰座钢梁等埋件制造的允许偏差是否在规定值范围内。

②检查止水座板与主轨轨面、止水座板与反轨工作面、护角与主轨等的相对位置偏差是否在规定值范围内。

2. 铸钢件和锻件。

①检查铸件尺寸和筋、壁厚度的允许偏差及表面质量是否符合有关规定。

②检查铸件的热处理质量和表观质量。

③检查对有缺陷的铸钢件、锻件的焊补处理是否符合有关规定。

④检查锻件锻造的质量是否符合设计图纸的要求和 QZ/B71—73《锻件通用技术条件》的规定。

3. 平面闸门制造。

①检查门叶上单个构件制造的允许偏差是否符合有关规定。

②检查平面闸门门叶制造、组装的允许偏差是否符合有关规定。

③检查滚轮或胶木滑道的制造与组装偏差是否符合有关规定。

④检查焊缝的质量是否符合有关规定，查阅无损检测报告和施工记录。

4. 弧形闸门制造。

①检查弧形闸门门叶制造、组装的允许偏差是否符合有关规定。

②检查弧形门吊耳孔的位置偏差、支腿制造与组装的偏差是否符合有关规定。

③检查弧形门出厂前整体组装的尺寸偏差是否符合有关规定。

④检查焊缝的质量是否符合有关规定，查阅无损检测报告和施工记录。

5. 人字闸门制造。

①检查人字门门叶的制造、组装的允许偏差是否符合有关规定。

②检查支、枕垫块的配装研磨及蘑菇头与底枢顶盖轴套的组装研刮是否符合有关规定。

③检查人字门出厂前整体组装的尺寸偏差是否符合有关规定。

④检查焊缝的质量是否符合有关规定，查阅无损检测报告和施工记录。

(四)闸门和埋件安装

1. 埋件安装。

①检查埋件安装前门槽的清理是否符合要求。

②检查埋件安装的方式及其安装位置偏差是否符合有关规定。

③检查二期混凝土浇筑的质量是否符合要求。

④检查二期混凝土拆模后，埋件的位置偏差是否在允许范围之内。

2. 平面闸门安装。

①检查闸门的组装是否符合要求。如采用螺栓连接，其连接质量要符合规定 如采用焊接，则应按已评定合格的焊接工艺编制焊接工艺规程进行焊接，并注意观察变形情况。

②检查安装前是否对有关尺寸进行了复测，查阅检测记录。

③检查止水等配件的安装质量是否符合要求。

④对单吊点的平面闸门是否作了静平衡试验，结果如何。

3. 弧形闸门安装。

①检查圆柱形、球形和锥形铰座安装的允许偏差是否在规定范围之内。

②检查弧形闸门的组装质量是否符合有关规定，变形情况如何。

③检查弧形闸门安装的偏差是否在规定范围之内。

④检查止水等配件的安装质量是否符合要求。

4. 人字闸门安装。

①检查人字闸门的底枢、顶枢装置的偏差是否在允许范围内。

②检查支、枕垫块与支、枕座的浇注填料及其安设偏差是否符合设计要求与有关规定。

③检查安装后运转的最大跳动量及下垂值等指标是否符合有关规定。

④检查止水等配件的安装质量是否符合要求。

5. 闸门试验。

①检查闸门安装完成的试验情况，注意试验过程中发生的一些异常情况，查阅运行试验记录。

②检查闸门漏水量是否符合有关规定。

(五)拦污栅制造和安装

1. 检查拦污栅埋件、单个构件及栅体制造的偏差是否在允许范围内。

2. 检查栏污栅安装质量是否在允许值范围内。

3. 检查栏污栅运行试验是否符合设计要求，查阅有关施工及调试记录。

(六)起重设备安装

1. 轨道安装。

①检查钢轨的外形质量，如有变形应按规定进行矫正处理。

②检查轨道安装及接头的偏差是否在允许范围内。

2. 起重设备零部件组装与调整。

①检查起重设备零部件组装的质量是否符合有关规定。

②检查起重设备零部件调整的质量是否符合规定要求。

③检查钢丝绳等设备的型号、品种、规格、质量是否符合设计要求和有关规定。

④检查起重设备上的电气设备安装是否符合有关规定。

⑤检查起重设备的安装调试情况，查阅有关施工及调试记录。

3. 固定式启闭机安装。

①检查固定式启闭机安装的纵、横向中心线及高程的偏差是否在规定范围内。

②检查螺杆式启闭机安装的偏差是否在允许值之内。

③检查运行调试情况，查阅施工调试记录。

4. 门式和桥式起重机安装。

①检查桥机的桥架与大、小车行走机构组装的偏差是否在允许范围内。

②检查门机组装的质量是否符合设计要求和有关规定。

③检查门式和桥式起重机的运行调试情况，查阅有关施工及调试记录。

5. 油压启闭机安装。

①检查油压启闭机机架的安装质量是否符合有关规定。

②检查油压启闭机各部件的装配质量是否符合规定要求。

③油缸组装后是否按设计要求和有关规定进行了必要的试验，渗油情况如何。

④检查油压启闭机运行调试情况，查阅有关施工及调试记录。

第八节　机电设备安装工程

一、普查

1. 核查设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围。
2. 认真查阅装配施工图和产品安装说明书，熟悉和了解有关技术要求。
3. 检查质量检查员、监理工程师、监造工程师及焊工、无损检测等人员的岗位证书。
4. 检查经有关部门认可的机电设备安装工程施工组织设计的执行落实情况。
5. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。
6. 检查机电设备安装工程的几何尺寸和外观质量。
7. 参与机电设备安装工程质量事故的调查与处理。
8. 参加关键部位单元工程的验收签证。
9. 组织外观质量评定。
10. 对单位工程和重要分部工程的质量等级进行核定。
11. 检查机组运行试验情况。

二、专项检查

(一)立式反击水轮机安装

1. 埋入部件安装。

①检查吸出管里衬、转轮室、基础环和座环等安装的允许偏差是否在规定范围内。

②检查转轮室、基础环和座环组合缝间隙是否符合规定要求。

③检查蜗壳拼装与安装的允许偏差是否符合规定。

④检查蜗壳的焊接是否满足规定要求，焊工应有考试合格证，焊条或焊剂质量应符合规定要求，焊接工序应符合有关规定，焊缝质量应符合规定要求，查阅焊接试验报告。

⑤检查蜗壳安装时的混凝土浇筑是否符合规定要求。

⑥检查机坑里衬及拉力器基础安装的允许偏差是否满足规定要求。

2. 转轮装配。

①检查混流式水轮机分瓣转轮是否按照事先制订的焊接工艺规范进行焊接及热处理。

②检查转轮及止漏环的圆度是否满足规定要求。

③检查转轮静平衡试验的情况，查阅有关试验记录。

④检查转桨式水轮机转轮耐压和动作试验是否符合有关规定。

⑤检查主轴与转轮联接的质量情况，法兰组合缝间隙、转轮止水环圆度等指标是否符合有关规定。

3. 导水机构预装。

①检查座环上平面高程、水平、镗口圆度是否符合有关规定。

②检查分瓣底环、顶盖、支持环等组合缝间隙是否符合规定要求。

③检查导水机构的预装情况。

④检查导水机构的安装质量是否符合规定要求。

4. 转动部件就位安装。

①检查转轮安装的最终高程、各止漏环间隙或桨叶与转轮室间隙的允许偏差是否符合规定要求。

②检查机组联轴后，两法兰组合缝的间隙是否符合规定要求。

③检查操作油管和受油器的安装质量是否符合有关规定。

5. 导叶及接力器安装调整。

①检查导叶端部间隙、导叶止推环轴向间隙、导叶立面间隙、导叶与挡块之间间隙等是否符合设计要求和有关规定。

②检查接力器安装的质量是否符合有关规定。

6. 水导及主轴密封安装。

①检查轴瓦表观质量是否符合要求，是否进行了必要的研刮和试装。

②检查轴瓦、轴承的安装质量是否符合规定要求。

③检查主轴检修密封、主轴工作密封的安装质量是否符合有关规定。

7. 附件安装。

①检查真空破坏阀和补气阀的动作试验和渗漏试验及其起始动作压力和最大开度值是否符合设计要求。

②检查蜗壳及尾水管排水闸阀或盘形阀的接力器是否按规定进行了严密性耐压试验，结果如何。

③检查盘形阀的安装质量是否符合规定要求。

(二)灯泡贯流式水轮机安装

1. 埋入部件安装。

①检查灯泡贯流式水轮机尾水管及座环安装的允许偏差是否符合规定要求。

②检查流道盖板基础框架的中心线、高程及高程差、框边平度等是否符合要求。

③检查灯泡贯流式水轮机接力器基础安装的质量是否符合有关规定。

2. 轴承装配。

①检查推力盘与主轴的垂直度、分瓣推力组合面间隙及摩擦面在接缝处错牙等的偏差是否在允许范围内。

②检查轴瓦的质量及研刮是否符合有关规定。

③检查轴瓦与轴承外壳的配合程度，以及支持环（板、架）及座环（或导水锥）间的组合面间隙是否符合有关规定。

④检查轴瓦间隙，以及有绝缘要求的轴承电阻是否符合设计要求。

3. 导水机构安装。

①检查导叶端部内外间隙是否符合设计要求。

②检查导叶立面允许局部最大间隙是否在规定范围内。

③检查调速环与外配水环（也称顶环）的间隙是否符合设计要求。

4. 主轴和转轮安装。

①检查转轮装配后耐压和动作试验是否符合有关规定，检查有关试验记录。

②检查轴线调整时，轴线位置的变化及座环法兰的倾斜情况是否符合设计要求。

③检查转轮与主轴联接后组合面间隙、受油器瓦座与转轴的同轴度偏差是否符合规定要求。

④检查主轴密封的安装质量是否符合有关规定。

（三）冲击式水轮机安装

1. 机壳安装。

①检查机壳组合缝的质量是否符合有关规定，运行时是否有漏水现象。

②检查机组安装的质量是否在允许偏差范围内。

2. 喷嘴及其接力器安装。

①检查喷嘴接力器是否按要求进行严密性耐压试验，试验结果如何。

②检查喷嘴和接力器组装后的灵活程度及间隙是否符合规定要求。

③检查喷嘴安装的质量是否在允许偏差范围内。

3. 转轮安装。

①检查转轮安装的质量是否在允许偏差范围内。

②检查卧式水轮机轴承装配质量是否符合有关规定。

③检查止漏装置与主轴间隙是否符合规定要求。

4. 控制机构安装与调整。

①检查控制机构各元件的中心偏差、高程偏差、水平或垂直偏差是否符合有关规定。

②检查调整折向器与喷针行程的协联关系是否符合设计要求。

③检查紧急停机模拟试验是否满足设计要求,查阅试验记录。

(四)调速系统安装与调试

1. 压油装置安装与调试。

①检查集油槽、漏油箱、压油罐、安全阀、逆止阀、截止阀的渗漏试验或严密性耐压试验情况,查阅有关试验资料。

②检查集油槽、压油罐的安装质量是否符合有关规定。

③检查油泵、电动机弹性连轴节的偏心和倾斜值等指标是否符合有关规定。

④检查调速系统所用油的牌号是否符合设计要求,其质量是否符合有关规定。

⑤检查油泵电动机是否按要求进行了运转试验,情况是否正常。

⑥检查压油装置各部件的调整情况是否符合设计要求和有关规定。

⑦检查压油罐在工作压力下的油位下降情况。

2. 调速器安装。

①检查调速器柜、回复机构及事故配压阀的安装偏差是否符合有关规定。

②检查分解调速器时各部件的清洗、组装、调整的状态或偏差是否符合规定要求。

3. 调速器机械部分调整试验。

①检查调速器机械部分是否按设计要求和相应参数指标进行调整试验。

②检查试验结果是否符合设计要求,查阅有关试验记录。

4. 调速器电气部分检查与调整。

①检查电气柜的外观质量及元器件有无碰伤、损坏、松动等现象,查阅检查记录。

②检查系统各回路接线方式是否符合设计要求,是否按规定进行了绝缘测定和耐压试验,结果如何。

③检查稳压电源装置的输出电压质量、调速器电气装置各单元回路特性以及电气调节器的输入频率与输出电流的关系曲线等是否符合设计要求。

5. 调速系统整体调整和模拟试验。

①检查调速系统的各项试验指标是否达到设计要求。

②检查模拟调速器在各种故障状态下,保护装置的可靠性。

③检查在以手动、自动方式进行机组开机、停机、调相、紧急停机模拟试验时,调速器是否正常运行。

(五)立式水轮发电机安装

1. 机架组合。

①检查机加组合缝的间隙是否符合有关规定。

②检查轴承安装面的平面度,以及合缝面间隙及合缝处安装面的错牙是否符合有关规定。

2. 轴瓦研刮。

①检查推力轴瓦、轴承的外观质量是否符合规定要求,必要时应进行检测。

②检查推力轴承与导轴瓦应按规定的要求进行研刮,查阅研刮记录。

3. 定子装配。

①检查机座组合缝间隙、铁芯合缝间隙及其线槽底部的径向错牙、线槽宽度以及定子机座与基础板的组合缝间隙等是否符合设计要求和有关规定。

②检查定子圆度及整体定子铁芯的圆度是否符合有关规定。

③检查支持环联接的圆度、高度以及其绝缘包扎的搭接长度等是否符合设计要求和有关规定。

④检查定子线圈是否按有关规定进行嵌装施工。

⑤检查线圈接头的焊接或包扎等是否符合有关规定。

⑥检查汇流母线是否按规定进行安装,质量如何。

⑦检查定子绕组是否按规定的要求进行干燥,并注意干燥时的绝缘电阻变化情况,检查交、直流耐压试验情况,查阅有关试验记录。

4. 转子装配。

①检查转毂是否按规定的要求进行了烧嵌,质量如何。

②检查轮臂组装、键槽立筋安装等是否符合有关规定。

③检查装配式制动闸板是否按规定进行安装。

④检查磁轭冲片的质量以及是否按有关规定进行了叠装,叠装质量如何。

⑤检查磁极本身的质量,挂装前后是否按规定进行了耐压试验,挂装质量也应符合有关规定。

⑥检查磁极接头的联接是否符合有关规定。

⑦检查转子交流耐压试验情况,查阅有关试验记录。

5. 发电机总体安装。

①检查机架安装的中心偏差、水平偏差、高程偏差以及组合缝间隙等是否符合有关规定。

②检查制动器安装质量是否符合规定要求,是否按规定进行了严密性耐压试验,结果如何。

③检查定子安装的质量是否符合规定要求。

④检查转子吊装质量是否在允许偏差范围内。

⑤检查推力头安装是否符合规定要求。

⑥用盘车方法检查调整机组轴线的各部件的摆度、间隙等指标是否符合规定要求。

⑦检查推力油槽的安装是否符合规定要求，是否按规定做了渗漏试验、耐压试验及水压试验，查阅试验记录。

⑧检查推力轴承各部绝缘电阻是否满足规定要求，查阅电阻测量记录。

⑨检查推力瓦在大轴垂直、镜板水平、转子和转轮处于中心位置时的调整情况是否符合设计和规定要求。

⑩检查推力轴承外循环冷却装置和管路的耐压试验情况，查阅有关试验记录。

⑪检查推力轴承高压油顶起装置的安装是否符合设计要求和有关规定，严密性耐压试验情况如何，查阅有关记录。

⑫检查导轴承安装是否符合有关规定。

⑬检查空气冷却器安装的耐压试验情况，查阅有关试验记录。

⑭检查是否按规定进行了发电机测温装置的安装。

⑮检查励磁机的安装质量，有关的电气试验情况怎样，查阅安装和试验记录。

⑯检查永磁发电机与机组同心度、空气间隙和对地绝缘电阻等是否符合规定要求。

(六)卧式水轮发电机安装

1. 轴瓦研刮。

①检查轴瓦的质量是否符合规定要求。

②检查是否按规定要求对座式轴承轴瓦进行研刮，研刮质量如何。

③检查推力瓦的研刮是否符合规定要求。

2. 轴承座安装。

①检查轴承座油室的渗漏试验情况，查阅试验记录。

②检查同轴度、水平度偏差是否控制在允许值范围内。

③检查对地绝缘电阻以及轴承座与基础板间各组合缝间隙是否符合有关规定。

3. 转子和定子安装。

①检查转子主轴法兰的偏心和倾斜偏差是否在允许范围内。

②检查定子与转子空气间隙及端部偏移值是否在规定范围内。

③主轴联接后，检查各部分的摆度是否在规定范围之内。

4. 轴承各部分间隙调整。

①轴线调整后，检查主轴与轴瓦、推力瓦与推力盘的接触面是否符合有关规定。

②检查轴颈与上、下轴瓦的间隙，轴瓦与轴肩的间隙，推力轴承的轴向间隙，密封环与转轴间隙等是否符合规定要求。

③检查轴瓦与轴承外壳的配合质量是否符合有关规定。

5. 风扇安装。

①检查风扇片和导风装置的间隙是否符合规定要求。

②检查风扇端面和导风装置的距离是否在规定范围内。

(七)灯泡式水轮发电机安装

1. 主要部件组装。

①检查定子、机座、转子、顶罩等主要部件组装的间隙、圆度及焊接工艺等是否满足要求。

②检查顶罩的严密性试验情况,查阅有关记录。

2. 发电机整体安装。

①检查发电机机架及轴承、径向轴承高压油顶起装置等的安装是否符合有关规定。

②检查轴线盘车各部分的摆度是否在允许范围内。

③检查定子与转子的空气间隙是否符合规定要求。

④检查挡风板与转子径向、轴向间隙是否符合有关规定。

⑤检查机组整体严密性试验情况,查阅有关试验资料。

(八)管路及附件安装

1. 管子弯制。

①检查管子是否按规定进行弯制。

②检查管子弯制后的质量是否符合规定要求。

2. 管路附件制作。

①检查管子的切口、焊接、弯曲、平面度等质量是否符合有关规定。

②检查各种管子的直径偏差是否符合规定要求。

3. 管道焊接。

①检查焊缝外观质量是否符合规定要求。

②对重要的焊缝,应检查无损检测情况,查阅有关检测试验资料。

4. 管道安装。

①检查管道安装时的焊缝位置、焊缝质量等是否满足规定要求,查阅无损探伤检查资料。

②检查管路的埋设、明管的安装以及法兰的连接等是否符合规定要求。

5. 管道及附件试验。

①检查管件及阀门的强度耐压试验和渗漏试验情况,查阅有关试验记录。

②检查风、水、油系统管路严密性试验情况,查阅试验记录。

(九)蝴蝶阀及球阀安装

1. 蝴蝶阀安装。

①检查蝴蝶阀安装各组合部分的间隙、中心线位置偏差以及水平与垂直度等是否符

合有关规定。

②检查橡胶水封充气试验情况，查阅有关试验记录。

③检查静水严密性试验的漏水情况，查阅有关记录。

2. 球阀安装。

①检查球阀安装各组合部分的间隙、中心线位置偏差以及水平与垂直度等是否符合有关规定。

②检查球阀组装后的静水严密性试验的漏水情况，查阅有关记录。

3. 伸缩节安装。

①检查伸缩节内外套管伸缩距离是否符合有关规定。

②检查盘根槽宽度的允许偏差是否在规定值范围内。

4. 液压操作阀、空气阀安装。

①检查旁通阀安装的垂直度偏差是否在 2mm/m 范围内。

②检查液压阀、旁通阀、空气阀的水压或油压试验情况，查阅有关试验记录。

5. 操作机构安装。

①检查接力器水平度、垂直度、底座高程及其基础板中心的偏差是否在允许值范围内。

②检查接力器和主阀操作系统严密性耐压试验情况，查阅有关试验记录。

③在压力钢管无水情况下，检查动作试验情况，查阅有关试验记录。

第九节　泵站安装工程

一、普查

1. 核查设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围与承担任务是否相适应。

2. 认真查阅施工图，对于施工中可能出现的问题及施工图上的有关问题，在图纸会审中提出。

3. 检查质量检查员、监理工程师、监造工程师及焊工、无损检测等人员的岗位证书。

4. 检查机电设备安装工程的施工组织设计。

5. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。

6. 检查机电设备产品出厂合格证和质量说明书。

7. 参与机电设备安装工程质量事故的调查与处理。

8. 参加关键部位单元工程的验收签证。

9. 组织外观质量评定。

10. 检查竣工验收前机组运行试验情况。

11. 对单位工程和重要分部工程的质量等级进行核定。

二、专项检查

(一)基本要求

1. 设备安装前应对外观质量进行仔细检查并作记录,测量设备组合缝是否符合要求。

2. 机组安装的装置性材料和设备用油应有出厂合格证或材质试验报告。

3. 承压设备及连接件应按标准进行耐压试验。

4. 开敞式容器应进行煤油渗漏试验。

5. 主机组基础的标高、中心位置偏差,主机组的基础与进出水流道的相对位置和空间几何尺寸,以及地脚螺栓预留孔尺寸和位置都应符合设计要求。

6. 预埋件的材质、型号及安装位置应符合设计要求。

7. 垫铁、基础垫板的材质、规格尺寸和安装位置应符合要求。

8. 基础板及其基础螺栓应按规定进行安装。

9. 基础二期混凝土的浇灌和养护应符合要求。

(二)立式机组安装

1. 轴瓦。

①各类轴瓦的外观质量应认真进行检查。

②推力轴瓦应按规定要求研刮。

2. 立式水泵安装。

①泵座、底座等埋入部件的安装位置和组合面偏差应符合有关规定。

②叶轮室是否按规定的技术要求进行装配。

③液压全调节水泵应做叶轮耐压和动作试验,检查试验记录。

④导叶体、泵轴、叶轮、泵轴密封、轴承和受油器等的安装质量是否符合有关规定。

3. 立式电动机安装。

①机架、机架轴承座或油槽安装的位置偏差是否符合规定。

②定子、推力头是否按规定要求进行安装。

③用盘车的方法按规定的技术要求检查调整机组轴线,查有关记录。

④轴承、油槽、电动机测温装置的安装是否符合规定要求。

4. 各类轴瓦间隙、叶片与叶轮室间隙及电动机定转子空气间隙应符合有关规定。

(三)卧式机组安装

1. 轴瓦研刮和轴承装配。

①检查轴瓦的外观质量是否符合要求,是否按规定对其进行研刮。

②滑动轴承和滚动轴承是否按规定要求进行安装。

③对有绝缘要求的轴承,检测装配后的对地绝缘电阻是否符合规定范围。

2. 卧式水泵安装。

①泵座、底座等埋入部件的安装位置和组合面偏差应符合有关规定。

②卧式水泵是否按规定的技术要求进行组装。

③填料密封和联轴器的安装是否符合有关规定。

3. 卧式电动机安装。

①卧式电动机正式安装前,是否进行了必要的解体检查或抽心检查,查有关记录。

②查同轴度偏差、轴承座的水平偏差及定子与转子空气间隙是否在规定范围内。

③检查卧式电动机滑环与电刷的安装是否符合有关规定。

(四)进出管道安装

1. 一般规定。

①检查和测量管床、镇墩、支墩的尺寸、位置、高程等是否符合规定要求。

②检查管子、管件的外观质量、防腐情况、尺寸偏差、品种、型号、数量等是否满足规定要求,是否按规定进行了水压试验。

③管道阀件、伸缩节的品种、规格、型号及有关技术性能指标是否符合要求。

2. 金属管道安装。

①检查管道安装后管口中心位置偏差是否在允许范围内。

②管道焊缝位置和焊缝质量是否符合规定要求。

③铸铁管的安装及其承插口填充料的安装是否符合要求。

④是否按规定进行了水压试验,试验情况如何。

3. 混凝土管道安装。

①管道接口的橡胶圈性能、质量及安装后的压缩率是否符合设计和规定要求。

②安装顺序、施工作业方法及混凝土管与钢管的连接是否符合有关规定。

③是否按规定进行了水压试验,查试验记录。

(五)辅机系统安装

1. 压油装置安装。

①检查回油箱和压力油罐是否按规定要求安装和进行了必要的渗漏或严密性试验。

②油泵电动机组是否按规定要求进行运行试验,查试验记录。

③继电器、减压阀和安全阀等的调整值是否符合设计要求。

2. 空气压缩机安装。

①固定式压缩机的安装位置偏差是否在规定范围。

②储气罐等承压设备是否按规定要求进行强度和严密性试验。

③检查压缩机安装有无完整的安装记录,并按规定进行了各种试验。

3. 供排水泵安装。

①供排水泵的安装应按前述卧式机组安装的有关规定进行。

②供排水泵和系统试运行是否达到规定要求。

4. 辅助管路安装。

①管道和管件是否按规定要求进行制作。

②管路敷设或安装是否符合规定要求。

③管道焊接是否符合有关规定。

④自动化元件是否检验,动作试验结果如何。

(六)机组电气安装

1. 是否按规定要求进行单个定子线圈和定子绕组交流耐压试验,测量定子绕组的绝缘电阻、吸收比和直流电流。

2. 是否按规定要求进行转子绕组交流耐压试验,测量转子绕组的绝缘电阻和直流电阻。

(七)机组试运行

1. 是否按规定编制机组调度运行方案。

2. 是否按规定要求进行机组空载运行。

3. 机组负载试运行,结果如何。

4. 检查机组运行试验记录。

第十节　桩基工程

一、普查

1. 核查设计、施工和监理单位的资质等级及营业范围与承担任务是否适应。

2. 检查质量检查员、监理工程师岗位证书。

3. 重点应加强对强制性条文执行情况的检查。

4. 检查原材料、成品、半成品的合格证及试验报告。

5. 检查桩位轴线平面图和设计轴线平面图。

6. 检查混凝土测试试验报告。

7. 检查设计要求的桩的静荷载试验，动荷载试验，超声波检验和取芯法检验等试验报告。

8. 检查钻孔灌注桩自动测绘仪测定的桩孔形状连续曲线测试报告。

9. 检查施工原始记录。

10. 检查隐蔽工程验收记录（包括桩位实际偏差平面图）。

11. 检查设计变更通知书，质量事故处理记录及有关文件。

二、专项检查

（一）钻孔混凝土灌注桩

1. 检查施工工艺流程和质量保证措施，是否与施工规范要求相符。

2. 检查桩基施工前试成孔完成情况。

3. 检查钻孔灌注桩孔壁形状、直径、桩长、二次清孔时间、测沉渣方法及数值、泥浆密度测定数值，成孔开始到混凝土浇捣完毕各施工阶段时间记录、单桩混凝土实际浇灌数量及充盈系数值。

4. 检查混凝土配合比及现场混凝土搅拌台计量是否满足要求。

5. 检查钢筋笼制作及安放质量，包括钢筋及钢筋焊接合格证和试验报告、隐蔽工程验收，检查固定钢筋笼位置的措施。

（二）混凝土预制打入桩

1. 检查混凝土预制桩外观质量，制桩的质量保证资料，包括混凝土强度、钢材、水泥合格证和试验报告。

2. 检查沉桩顺序、沉桩方法，机械选择和每天沉桩数量，对周围建筑物及道路、管线是否造成影响及采取的措施是否有效。

3. 检查混凝土预制桩沉桩记录，包括单桩从沉桩开始到结束的时间，接头隐蔽工程验收记录，打入标高及最后十击的贯入度。

其它类型的桩基，可参照上述内容，确定具体的质量监督要点。

附 录 一

中华人民共和国

People 's Republic of China

工程建设标准强制性条文

The Compulsory Provisions of Engineering Construction Standards

水利工程部分

Water Engineering

关于发布《工程建设标准强制性条文》（水利工程部分）的通知

建标[2000]234 号

国务院各有关部门，各省、自治区、直辖市建委（建设厅），各计划单列市建委，新疆生产建设兵团：

根据国务院《建设工程质量管理条例》和我部建标[2000]31 号文要求，我们会同有关部门共同编制了《工程建设标准强制性条文》（以下简称《强制性条文》）。《强制性条文》包括城乡规划、城市建设、房屋建筑、工业建筑、水利工程、电力工程、信息工程、水运工程、公路工程、铁道工程、石油和化工建设工程、矿山工程、人防工程、广播电影电视工程和民航机场工程等部分。

《强制性条文》是现行工程建设国家标准和行业标准中直接涉及人民生命财产安全、人身健康、环境保护和其他公众利益的内容，同时考虑了提高经济效益和社会效益等方面的要求。列入《强制性条文》的所有条文都必须严格执行。《强制性条文》是参与建设活动各方执行工程建设强制性标准和政府对执行情况实施监督的依据。

今后新批准发布的工程建设标准，凡有强制性条文的，均在文本中明确表示，并编入《工程建设标准强制性条文》。

《工程建设标准强制性条文》（水利工程部分）已经水利部组织审查，现批准实施，自发布之日起施行。

《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)由水利部负责具体管理、解释和发行。

中华人民共和国建设部

二〇〇〇年十月十八日

前　言

《工程建设标准强制性条文》(以下简称《强制性条文》)是根据建设部建标[2000]31号文的要求,由建设部会同各有关主管部门组织各方面专家共同编制,经各有关主管部门分别审查,由建设部审定发布。《强制性条文》中包括城乡规划、城市建设、房屋建筑、工业建筑、水利工程、电力工程、信息工程、水运工程、公路工程、铁道工程、石油和化工建设工程、矿山工程、人防工程、广播电影电视工程和民航机场工程等部分,覆盖了工程建设的主要领域。

《强制性条文》的内容,是摘录工程建设标准中直接涉及人民生命财产安全、人身健康、环境保护和其他公众利益的、必须严格执行的强制性规定,并考虑了保护资源、节约投资、提高经济效益和社会效益等政策要求。

《强制性条文》是国务院《建设工程质量管理条例》的一个配套文件,是工程建设强制性标准实施监督的依据。

《强制性条文》发布后,被摘录的现行工程建设标准继续有效,两者配套使用。所摘条文的条、款、项等序号,均与原标准相同。

《强制性条文》发布后,每年集中修订和补充一至二次,有关信息将在公开刊物上及时发布。

《强制性条文》(水利工程部分)由水利部国际合作与科技司组织编制。今后,由水利部负责制订和修订的工程建设国家标准和水利行业标准在报送报批稿时,均应同时报送《虽制性条文》中需要修改和补充的条文。

二○○○年八月十五日

目　　录

第一篇　水利工程勘测
1　水文测验
2　工程测量
3　工程地质勘探
第二篇　水利工程规划
1　流域(河流)规划
2　工程规划
第三篇　水利工程设计
1　设计文件编写规定
2　等级划分
3　安全要求
3.1　防洪
3.2　安全超高
3.3　稳定与强度
3.4　防火
3.5　抗震
3.6　抗冰冻
3.7　劳动安全
4　水工建筑物设计
4.1　挡水、蓄水建筑物
4.2　输水、泄水建筑物
4.3　水电站建筑物
5　管理设施设计
第四篇　水利工程施工
1　安全、卫生规定
1.1　安全
1.2　卫生
2　土石方工程

2.1　开挖
2.2　锚固与支护
3　砌石工程
3.1　一般规定
3.2　浆砌石坝
4　混凝土工程
4.1　一般规定
4.2　模板
4.3　钢筋
4.4　浇筑
4.5　温度控制
4.6　止排水、伸缩缝
5　混凝土防渗墙、灌浆工程与土工合成材料应用
5.1　混凝土防渗墙
5.2　灌浆工程
5.3　土工合成材料应用
6　单项工程施工
6.1　堤防
6.2　土石坝
6.3　混凝土面板堆石坝
6.4　碾压混凝土坝
6.5　水闸
6.6　水电站
6.7　泵站
7　工程质量检查及验收
7.1　质量检查
7.2　工程验收
第五篇　水力机械与金属结构
1　水力机械选型与安装
2　金属结构设计、制造与安装
第六篇　水环境影响评价与监测
1　水环境影响评价

2　水环境监测

第一篇　水利工程勘测

1　水文测验

《水文缆道测验规范》SD121－84

1.1.2　建立水文缆道的步骤与要求

建立水文缆道应按下述步骤进行：(1)查勘；(2)设计；(3)施工；(4)验收；(5)比测鉴定；(6)投产。其要求如下：

二、设计

1. 设计标准：缆道各项主要设施，一般应能保证在本站出现的历史最大洪水时(包括调查洪水)不被冲毁为标准；考虑到经济效果与使用条件，对水位变幅大、高洪水持续时间不长的河流，可适当放宽。

通航河流应保证船只航行要求。

2. 测洪标准：一般要求能测到本站 30～50 年一遇洪水或历史最大洪水水位变幅的 70%以上。

4. 荷载组合：荷载组合应根据实际情况，科学分析，合理取用，可选择其中最大的两种不同因素组合，作为设计依据。

超载系数采用 1.1～1.2。

5. 主要构件安全系数：

(1)工作索(循环索、起重索)：不小于 2.5。

(2)主索：不小于 2.5～3.0。

(3)地锚：不小于 2.5～3.0。

(4)支架：钢筋混凝土构件按构件破坏时的应力状态计算，安全系数不小于 2.5～3.0，钢结构等按材料允许应力计算。

(5)拉线：不小于 3.0。

1.2.3　操作规程与管理制度

一、为保证安全生产和测量工作顺利进行，各缆道站必须根据本站缆道情况和运行要求，制定缆道操作规程，主要内容如下：

2. 运行规则：如严禁违章操作，严禁超负荷运行，严禁用缆道作交通工具等。

3. 注意事项：如高空作业应系保险带，注意缆索下的行人，注意上下行船及漂浮物等。

三、为了保证安全操作，各缆道站应根据需要配备下述装置：

1. 水平、垂直运行系统的制动装置；

2. 极高、极远、极近的标志或限位保护装置；

3. 通航河流在进行测验时，必须按航道部门规定，设置明显的测量标志；

4. 夜测时的照明装置。

2.3.4　钢丝绳和滑轮

一、各缆道应选用抗锈蚀、强度高、柔性大的钢丝绳，抗拉强度一般应大于 160kgf/mm^2。对出厂无保证书的钢丝绳，一般应作拉力试验。

二、导向滑轮、行车滑轮：有单轴承和双轴承滑轮两种。受力大的宜采用双轴承的结构形式。导向滑轮直径应大于钢索直径的 20～40 倍，行车滑轮直径应大于主索直径的 10～20 倍，并应有防止“跳槽”的装置。

2.6.1　一般规定

一、高出周围地形地物很多的缆道支架、缆索，在一定条件下易成为雷击的目标。为确保安全，凡属下列情况之一的测站，应考虑装置防雷设施。

1. 年平均可能雷击次数 $S \geqslant 0.03$ 次/年时，按经验公式计算：

$$S = 0.027n(a + 10h)(10h \times 10^{-6}) \quad \text{（次/年）}$$

式中　n——多年年平均雷电日数；

a、h——缆索的长度及高度（m）。

2. 附近属雷害区的测站。

二、不在上述范围内的测站，其支架、主索、副索、工作索等要求接地。为避免减弱测验信号，可加避雷器（如 F_s—0.5），或将它们与接地体之间断开 3～5mm 间隙。

2.6.2　设计标准

一、雷电流的选择：雷电流是毁坏缆道设施、电气设备的根源，是兴建防雷设施必须考虑的重要因素，可由雷电流概率曲线查得，多雷区一般采用概率为 5% 的 140kA 作为设计标准。

三、接地电阻的要求：一般要求接地电阻不大于 10Ω（电子仪器较多的站还应小些），且要以夏季特别干燥（或雨后 20d）时所测之值为准。

《动船法测流规范》SD185－86

4.0.2　每个航次的测点数，一般需要 30～40 个，对于河宽不大的河流，其最少测点数不应少于 20～25 个。河流水道断面形状和流速横向分布不规则时，测点数应适当增加。

8.0.1　操作人员必须熟悉动船法有关技术规定和仪器设备性能，测流人数视设备的自动化程度而定，一般需要 2～3 个有经验的人员，包括操纵测船的驾驶员以及测记数据的观测员或记录员。

10.0.1　采用动船法测流的断面，为了检验其精度，一般要求进行动船法与精测法比测。

对于水位流量关系为稳定单一曲线的,可与已有的水位流量关系曲线比较;没有条件的,也可与常测法或同期的时序水位流量关系曲线比较。比较结果的偶然相对误差应符合下表要求:

对比方法	允许的偶然相对误差(%)	
	累计频率 75%	累计频率 95%
精测法,稳定单一线	±4	±7
常测法,同期的时序曲线	±5	±9

《水文自动测报系统规范》SL61－94

1.0.5　新建水利、水电工程需要建设的水文自动测报系统,应作为工程规划设计的组成部分,并将系统的建设纳入工程建设一并实施。

3.3.3　在系统设计中应按照下列要求,规定系统规模和技术指标:

3.3.3.2　应根据通信方式规定数据传输的误码率,超短波信道应小于 10^{-4};微波和卫星信道应小于 10^{-6};短波信道应小于 10^{-3}。

3.3.3.3　数据传输速率应根据通信方式在下列范围内选择:

(1)超短波信道,可在 300、600、1200bit/s 档次中选择。一般可选用 300bit/s,如数据传输量较大,应在保证可靠的前提下,选用较高的速率。

(2)微波信道,可在 1.2、2.4、4.8、9.6、32、64kbit/s 档次中选择。

(3)卫星信道,应按系统选用的卫星信道关于速率和通信协议的规定设计。

(4)其他信道,在基本系统中一般可按照超短波信道速率标准规定。利用公用信道则要执行该信道有关数据传输速率和通信协议的规定。

3.3.3.5　基本系统完成一次全部遥测站的数据收集所需时间一般应不超过 10min,包括数据处理和预报作业所需的总时间不超过 20min。

3.3.3.6　通信频段和信道带宽。

(1)超短波信道:应在国家无线电委员会分配给水文遥测的专用频率中选用。如确定另选频段时,要报请当地或国家无线电管理委员会批准。

(2)利用公用信道或其他信道时,应根据数据传输要求和信道特点选择频段与频率,并报有关部门批准。

(3)信道带宽:按照国家标准或指定频带进行设计。

3.4.2　网络结构和信道的设计应按下列要求进行:

3.4.2.2　网络结构设计应按下列要求进行:

(1)应优选已建的防汛专用通信网和邮电部门的"公用数据交换网"等现有信道组网。如要新建联机信道则应在满足数据传输速率和可靠性的前提下,按照所选网络结构

选择通信方式，进行信道设计。

(2)组网信道(干线)和基本系统采用同一通信方式时，应合理地进行频点分配，避免各站间同频干扰和组合干扰，采用不同通信方式时，则应注意它们的频道配置。

4.1.2　系统选用的传感器，必须是经过鉴定符合技术标准、计量标准的正规产品，其适用条件、精度、分辨力、技术性能必须符合有关的水文测验国家标准、行业标准的要求。

2　工程测量

《水利水电工程测量规范》(规划设计阶段)　SL197－97

1.0.5　测图比例尺根据规划设计阶段和工程项目的实际需要，可在表 1.0.5 范围内选择。

表 1.0.5　测图比例尺的选用

工程项目	测图比例尺
水库区	1∶5000～1∶25000　1∶1000(土地详查) 1∶10000 摄影比例尺航测遥感(土地详查)
排灌区	1∶2000～1∶10000
坝段	1∶2000～1∶10000
坝址、闸址、渠首、溢洪道、防护工程区、滑坡区	1∶500～1∶2000
隧洞和涵管进出口、调压井、厂房	1∶500～1∶2000
天然料厂、施工场地	1∶1000～1∶5000
铁路、公路、渠道、隧洞、堤线等带状地形	1∶2000～1∶10000
地质测绘	与地质图比例尺相同

2.1.1　平面控制测量应进行基本平面控制、图根平面控制和测站点平面控制等工作，其布设层次、施测方法和精度要求应符合表 2.1.1 的规定。

2.2.45　基本平面控制的原始观测成果应按以下规定记录：

(1)原始观测的数据和记录项目，应在实地直接记入手簿，严禁撕毁手簿中的任何一页。

(2)所记数字和文字应书写准确、清晰、端正、齐全，记错处应整齐划去，并在上方另记正确的数字和文字，不得涂擦、伪造、转抄，对超限或其他原因划去的成果应注明原因和重测成果所在的页数。

2.2.59　GPS 测量的选点和埋石应符合以下规定：

(5)GPS 点的埋石应具有永久性和稳定性，点位确定后，应绘制点之记，其格式见附录 A2。

3.1.2　高程控制可分为基本高程控制、图根高程控制和测站点高程控制。其布设层次及精度要求应符合表 3.1.2 的规定。

3.1.9　高程控制点标石应选埋在土质坚硬、稳定、安全僻静、利于长期保存、便于观测的地方。须永久保留的标石占用的土地必须取得土地管理部门和土地使用单位或个人的

同意，并办理征地手续。

高程控制点标石或标志的埋设规格、材料用量见附录 B1 和附录 B2。

5.1.2　像片控制点相对于最近基本平面控制点的平面位置中误差和相对于最近基本高程控制点的高程中误差；内业加密点、地物、高程注记点相对于最近解析图根点的平面位置中误差和相对于最近解析图根高程控制点的高程中误差；图幅等高线高程中误差（其定义），均不得大于表 5.1.2－1 或表 5.1.2－2 的规定值。

表 2.1.1　平面控制布设层次、施测方法和精度要求

平面控制层次	测图比例尺			精度要求（图上 mm）
	1∶500	1∶1000 1∶2000	1∶5000 1∶10000	
基本平面控制	二、三、四、五等三角、三边、边角、导线和 GPS			三、四、五等基本平面控制最弱相邻点点位中误差不得大于 ±0.05
图根平面控制	解析图根	解析图根 解析图根	解析图根 解析图根 解析图根	最后一次图根点对于邻近基本平面控制点的点位中误差不得大于 ±0.1
测站点平面控制	解析测站	解析测站	解析测站 （图解测站）	测站点对于邻近图根点的点位中误差不得大于 ±0.2

注：①当进行 1∶500 比例尺测图时，其三、四、五等基本平面控制最弱相邻点点位中误差允许放宽到不超过 ±50cm；

②条件有利时，可以在基本平面控制的基础上直接加密测站点测图，较小测区，还可以用图根控制作为首级控制；

③精度要求中不包括展点误差；

④在满足本规范精度指标的前提下，可逐级或越级布网。

表 3.1.2　高程控制的布设层次、施测方法和精度要求

高程控制等级		布设层次			精度要求
		$h=0.5$m	$h=1.0$m	$h\geqslant2.0$m	
基本高程控制（等）	一、二	一、二等水准			最弱点高程中误差不得大于 $\pm h/20$。当 $h=0.5$m 时，不得大于 $\pm h/16$
	三、四、五	三、四、五等水准和电磁波测距三角高程			
图根高程控制（级）	一	图根水准	图根水准	图根水准	最后一次加密的高程控制点对邻近基本高程控制点的高程中误差不得大于 $\pm h/10$，且最大不得大于 ±0.5m
	二	图根水准	图根水准解析高程	图根水准解析高程	
	三			解析高程	
测站点高程控制		测图水准	解析高程	解析高程（图解高程）	测站点高程对邻近图根高程控制点的高程中误差不得大于 $\pm h/6$

注：①h 为地形图的基本等高距，m；

②图根高程可用水准测量、电磁波测距三角高程测量、三角高程测量方法施测；

③解析高程包括：由解析边构成的三角高程、交会点高程及经纬仪视距高程；

④图解高程包括：由图解边构成的交会点高程、平板仪复战导线高程及转点高程（仅适用于航测综合法测图时测定测站点高程）。

《水利水电工程施工测量规范》SL52－93

1.0.4　施工测量主要精度指标应符合表 1.0.4 的规定。

表 1.0.4　施工测量主要精度指标

序号	项目		精度指标			说明
			内容	平面位置中误差(mm)	高程中误差(mm)	
1	混凝土建筑物		轮廓点放样	±(20～30)	±(20～30)	相对于邻近基本控制点
2	土石料建筑物		轮廓点放样	±(30～50)	±30	相对于邻近基本控制点
3	机电设备与金属结构安装		安装点	±(1～10)	±(0.2～10)	相对于建筑物安装轴线和相对水平度
4	土石方开挖		轮廓点放样	±(50～200)	±(50～100)	相对于邻近基本控制点
5	局部地形测量		地物点	±0.75(图上)	—	相对于邻近图根点
			高程注记点		1/3 基本等高距	相对于邻近高程控制点
6	施工期间外部变形观测		水平位移测点	±(3～5)	—	相对于工作基点
			垂直位移测点	—	±(3～5)	相对于工作基点
7	隧洞贯通	相向开挖长度小于 4km	贯通面	横向±50 纵向+100	±25	横向、纵向相对于隧洞轴线。高程相对于洞口高程控制点
		相向开挖长度 4～8km	贯通面	横向±75 纵向±150	±38	

1.0.8　施工测量人员应遵守下列准则。

(3)对所有观测记录手簿,必须保持完整,不得任意撕页,记录中间也不得无故留下空页。

(4)施工测量成果资料(包括观测记簿、放样单、放样记载手簿),图表(包括地形图、竣工断面图、控制网计算资料)应予统一编号,妥善保管,分类归档。

(5)现场作业时,必须遵守有关安全、技术操作规程,注意人身和仪器的安全,禁止冒险作业。

3　工程地质勘探

《水利水电工程钻探规程》DL5013－92

2.2.6　竖立和拆卸钻架必须在机长统一指挥下进行。立架时,左右二边设置牵引绷绳以防翻倒。滑车除检查和加油外,还应设置保护装置。轻型钻架的整体搬迁,只允许在平坦地区进行,高压电线下严禁整体搬迁。

3.3.1　孔内爆破注意事项：

(1)爆破材料必须进行防水处理。本着实用安全的原则,常采用预制的塑料袋,将炸药雷管妥善组装捆牢,外围用牛皮纸包装成圆柱形再捆紧,使药包外径小于套管内径20m即可。

(3)爆破药包的包装必须由有经验的人在远离机场的安全范围外进行作业。

8.3.1　在河谷狭窄,水深流急时,可架设钢索桥,铺设钻场进行钻探。钢索桥的设计要求为:

(1)钢索桥应有专门设计文件,并经上级机关批准后才能施工。

(3)有关安全规定应随钢索桥设计书一并呈报,批准后执行。

8.3.3　钢索桥钻探时设备安装注意事项:

(5)禁止在5级大风和重雾、雨雪天气进行安装。

8.4.1　冰上钻探只能在封冻期进行施工,冰层厚度不小于0.3m(透明冰)。冰冻期应根据历年水文资料和当地群众经验来确定。冰上钻探期间,要掌握水文气象动态,设专人负责观测冰层安全情况。在接近解冰期为最危险,要事先注意开江和冰层发生碎裂的可能,防止发生事故。

8.5.4　近海钻探注意事项:

(5)海上钻探作业,应根据船体或平台的抗风浪能力选择风浪小的时期进行,一般风力大于5级时,钻船和平台不得搬迁和定位。浪高大于1m或钻船横摆角大于3°时,应停止作业。

(6)遇大风浪时,钻船要及时移开孔位避风。钻船移开孔位后,孔位处要留有明显的标志。风力大于5级或浪高大于0.8m时,船只不得靠近平台和接送工作人员,人员应通过悬吊装置进行。

9.5.1　井下排水取芯安全事项:

(1)当井下采用潜水泵排水,或井壁不稳,照明不佳时,工作人员不得在井下作业。使用的电缆必须有良好的绝缘。

(4)禁止井下与井口同时作业,井下作业必须戴好安全帽和系好安全带。

(5)在井下取芯作业,严禁人和物同时起吊。

9.5.3　井口安全事项:

(3)井下有人员作业时,井口应设专人看守。所用工具等,一律系绳或由吊桶运送,不得向井下投放。

11.1.1　钻场安全注意事项:

(1)从事钻探工作人员,必须接受安全教育,经考核合格后方准进入岗位。

(3)在钻塔上工作时,必须系牢安全带。

(5)钻场机器安装之后,须经过安全检查,确认安装合格,才允许开钻。

11.1.2　水上钻探安全守则:

(2)钻船、渡船等必须备有足够数量的救生衣或救生圈,通信设备,船只堵漏和消防器材等,并规定呼救信号。

(3)钻船、渡船和渡口码头均须订有健全的安全制度,过渡时应穿上救生衣。

(4)严禁非驾驶人员操作水上船只。渡口码头在夜间应有良好的照明。

(9)严禁在钻船上游的主锚、边锚范围内进行水上或水下爆破作业。

(10)水深流急时,钻船下游应设有救生安全站,备有救生艇和必要的通信、医疗器材,日夜均有专人值班。

(11)遇有重雾视线不清或 5 级以上大风时,禁止抛锚、起锚和移动钻船、渡船等。

(12)停工停钻时,钻船上必须派专人值班,负责排除船舱积水,监视和排除挂在锚绳和套管上的漂浮物,并注意船上的防火事宜。

(13)海上作业时,钻场要贮存足够的淡水、急救药品,以及配备救生艇。

11.1.4　升降安全规定:

(2)检查钢丝绳的磨损情况,断丝超过规定(每一捻距内断丝数不得超过 1/7)及时更换。

(5)孔口操作人员必须站在钻具起落范围以外。摘挂提引器时,要注意防止回绳碰打。抽插垫叉要防止砸手。

(6)跑钻时严禁抢插垫叉。

(7)提钻后应立即盖好孔口。粗径钻具处于悬吊状态时,不许探视或用手摸管内岩芯。

11.5.3　使用千斤顶起拔钻具时,千斤顶卡瓦应拴绑牢固,并挂好提引器,严防钻杆顶断后窜起或卡瓦飞出伤人。

11.6.1　钻场防火规定:

(1)内燃机排气管或火炉烟筒,要伸出场房之外 0.5m 以上,穿过场房处要安装隔热装置。

(2)钻场火炉应与地板很好隔离。炉灰应倒在指定地点。

(3)草原及林区钻探,钻场周围都应开出宽 3 ~ 8m 的防火道。

(4)现场内备有足够的灭火器材。

11.6.3　钻场防风规定:

(1)凡高 10m 以上的钻塔,必须设安全绷绳。

(2)大风超过 6 级时,要增设绷绳或落下钻塔篷布。

11.6.4　钻场防汛规定：

(1)在汛期,大批物资必须放在洪水位警戒线以上。

(2)在可能受到山洪侵袭及洪水淹没的施工区,事先应作好防洪措施。

12.4.1　钻孔竣工验收后,必须按技术要求进行封孔,一般采用 400 号以上水泥配制砂浆封孔。但小口径钻孔要用水泥浆封孔。

12.5.1　钻探原始报表,各班应指定专人负责,用钢笔在现场随钻探施工,逐项填写。应做到及时,准确,真实,齐全,并保持清洁,不许可事后补写。

原始记录要由班长校核签字,终孔后由机长签字汇订成册上报。

《水利水电工程坑探规程》SL166－96

4.0.0.2　建立和健全各级安全工作机构,设置专职技安人员,负责贯彻执行有关规章制度,制定安全措施,督促和协助解决生产中存在的安全问题。

4.0.0.5　在有瓦斯或可燃性气体的井、硐内作业,必须使用防爆电器设备及材料。

5.3.0.1　禁止采用挖空槽壁底部,使之自然塌落的施工方法。

5.3.0.2　及时清除松石,保持槽壁平整。严禁在悬崖下作业。不得在槽口两侧 0.5m 以内堆放土石和工具。坑井排水距离不应小于 5m。

5.3.0.3　探槽施工现场不准一人作业。槽内有两人以上工作时,应保持适当安全距离。

5.3.0.5　斜坡开挖应自上而下进行,迎坡面应有安全设施,严禁在垂直方向上下同时作业。

6.1.0.4　硐口地处公路或人行道上方陡坡施工时,应采取可靠措施防止出渣、爆破造成事故。硐口地处交通干线以下施工时,应经论证确定硐顶上覆岩体适宜厚度。平硐穿越铁路、公路时,必须征得有关部门同意后方可施工。

6.4.2　爆破材料一般使用规定

6.4.2.1　#1、#2 硝铵岩石炸药适用于一般岩石,严禁在有瓦斯、煤尘及有可燃爆炸性气体的井硐中使用。

6.4.2.4　不得使用受潮变质的炸药、雷管、导火线。不得在同一工作面上使用燃烧速度不同的导火线。

6.4.3　爆破材料加工前的检查

6.4.3.2　雷管：

(1)火雷管发火炮发霉变黑时不得使用。

(2)电雷管阻值:康铜丝电桥超过 0.3Ω,镍铬丝电桥超过 0.8Ω 时不得使用。

(3)电雷管脚线断损,绝缘不良不得使用。

(5)必须使用专用电桥测定电雷管阻值。

6.4.3.3　炸药：

(1)受潮发黑稀化变质的硝铵炸药不得使用。

(2)低温冻结变硬，高温分解渗油的甘油炸药均不得使用。

6.4.4　爆破工作的基本规定

6.4.4.1　爆破器材必须严格按照国家有关规定(爆炸物品管理规则等)进行运输、使用和保管。

6.4.4.2　爆破人员必须经过培训，并经考试合格领证后，才能从事爆破作业。严禁非爆破人员从事爆破工作。爆破工不得从事非生产性的爆破作业。

6.4.4.3　爆破工从事爆破作业时，应将每次消耗的爆破材料登记入册，作到领耗平衡，责任清楚，剩余交库，不得随便存放。爆破器材散失必须及时报告。

6.4.4.5　放炮前应发出信号或悬挂明显警戒标志，在危险边界和各有关通道应派专人警戒，禁止无关人员停留和进入危险区域。

6.4.4.6　爆破后由爆破人员进行检查，确认没有危险时，方可解除警戒。进入工作面时，首先进行安全检查和隐患处理，然后开始正常作业。

6.4.7　爆破材料加工

应在专设的安全场所进行，作业人员必须穿棉质工作服，无关人员不得入内。加工房内严禁烟火，防水处理用的腊锅应在室外，其距离不少于 10m。对炸药加工必须遵守下列规定。

6.4.7.1　炸药加工房与居民点及重要建筑物的距离不得少于 500m。

6.4.7.3　爆破材料储存，不得超过 3d 用量。

6.4.8　导火线、雷管加工注意事项

6.4.8.1　导火线长度，应根据炮眼数量、深度、点火时间再加上躲炮行走时间总和的 2 倍来确定，但最短不得少于 1.2m。

6.4.8.2　在进行逐个点炮时，导火线长度应一致。

6.4.8.3　雷管中如有杂物，应用手指轻轻弹出，禁止用口吹。导火线切口要求整齐垂直插入管中，与加强帽接触，用雷管钳钳紧，严禁用克丝钳或牙齿卡紧。纸雷管用缠纸或缠线等方法紧固。

6.4.9　启爆药卷的加工注意事项

6.4.9.1　加工量不得超过当天需用量，加工后必须妥善保管。

6.4.9.2　加工时用直径约 7mm 竹签或木签插入药卷 70mm 后，将雷管插入，严禁使用金属棍操作。

6.4.10　装炮注意事项

6.4.10.1　炮棍用直径小于药卷直径 6mm 的竹、木质材料制成，端部应平齐，严禁使用金属棍。

6.4.12　火雷管启爆注意事项

6.4.12.2　安全导火线长度根据点炮需用时间而定，一般为最短导火线的 1/3。安全导火线燃尽或中途熄灭时，应立即离开工作面，不得继续点炮。

6.4.12.3　点炮要用电石灯或导火线，按爆发顺序点炮。每炮要有 2s 左右的间隔时间。严禁用香烟点炮。

6.4.12.4　点炮后，爆破工应仔细听记响炮数目是否与装炮数目相符。最后一炮响后至少隔 15min，待炮烟吹散后再进入工作面，检查爆破效果。

6.4.13　电雷管启爆注意事项

6.4.13.1　有涌水或瓦斯的工作面都必须使用电雷管或导爆管启爆，不得使用火雷管。

6.4.13.2　应根据爆发顺序采用延期雷管。杂散电流超过 30mA 时禁止使用普通电雷管。

6.4.13.3　启爆线路应保持良好绝缘，断面应保持并联电流要求，电压应满足雷管串联要求，母线断面最少不得小于 2.5mm^2。

6.4.13.4　爆破线路架设，必须与照明动力线路分开。即平硐一侧架设照明动力线路，另一侧为爆破线路，中途不得交叉。各工作面必须有单独的电力启爆网，并应由炮工亲自架设，每次放炮前均应采用电桥进行检查。

6.4.13.5　启爆开关必须加锁，钥匙必须由炮工保管，其他人员不得动用。

6.4.13.7　在采用电力线路启爆时，若发生拒爆，应首先切断电源，合上短路闸刀，即发雷管过 2min，延期雷管过 5min 后，方可进入工作面进行检查。

6.4.14　露天爆破遵守事项

6.4.14.1　相邻地区同时放炮时，必须统一指挥，统一信号，统一时间，不得各行其是。

6.4.14.3　安全距离 炮眼直径为 42mm 以内，平地水平距离为 200m，山地水平距离为 300m。

6.4.14.5　雷雨天气，不得使用电雷管启爆。在视线不好的大雾天气、黄昏或夜间不得进行露天爆破。

6.4.15　处理瞎炮遵守事项

6.4.15.1　用掏勺轻轻掏出炮泥，到达预定标志应立即停止，装入启爆药引爆。禁止采用强行拉导火线或雷管脚线的办法处理。

6.4.15.3　当班瞎炮应由当班炮工亲自处理，无关人员一律撤到安全地点。若本班来不及处理，应详细移交给下班。瞎炮未经处理，不得进行正常作业。

6.4.16　爆破器材运送注意事项

6.4.16.2　严禁押运人员吸烟和携带发火器物。

6.4.16.3　炸药和雷管必须分开运送,不得与其他物资混装。

6.4.16.7　在工地随身携带的炸药量不得超过 20kg,雷管不得超过 30 发。严禁携带爆破材料搭乘公共交通工具。

6.4.17　爆破材料的保管

6.4.17.3　炸药库内不得同时存放化学性能相互抵触的炸药及雷管,储存数量不得超过规定。

6.4.17.5　药库内不得存放其他易燃、易爆物品,库内及附近严禁烟火。

6.4.18　爆破材料的领发

6.4.18.1　爆破材料应严格遵守领发手续,按出厂日期先后发放。

6.4.18.2　剩余的爆破材料,应及时交回临时库房。

6.4.19　爆破材料的试验和销毁

6.4.19.1　变质失效爆破材料的销毁,必须经过试验并报主管部门批准。

6.6.1　支护安全规定

6.6.1.2　在破碎松散地层中掘进时,必须及时进行支护以保证施工安全。

6.7.1　通风要求

6.7.1.4　工作面有害气体及粉尘含量的规定:

(1)每立方米空气粉尘含量不大于 2mg。

(2)工作面空气按体积计,有害气体限量见表 6.7.1.4。

(3)瓦斯浓度达到 1%,禁止放炮 达到 1.5%,应停止设备运转 达到 2%,工作人员必须撤离。

表 6.7.1.4　地下洞室有害气体最大允许浓度

名　称	符　号	最大允许浓度(按体积,%)
一氧化碳	CO	0.00240
氮氧化物	[NO]	0.00025
二氧化硫	SO_2	0.00050
硫化氢	H_2S	0.00066
氨	NH_3	0.00400

6.7.1.5　有瓦斯或有其他有害气体的平硐,每班最少检查 2 次,若发现有害或可燃气体浓度较大时,除加强监测外,应采取相应措施降低浓度。

6.7.1.6　进入已停止工作的平硐,首先检查有害气体及可燃性气体含量,若超过规定

时,应加强通风,降低浓度而后施工。

7.1.5　提升注意事项

7.1.5.2　提升机运行时,人行道禁止通行。每隔 5 ~ 10m 设安全硐一个,工作人员必须进入安全硐内躲避。矿车禁止乘人。

7.1.5.3　斜井中应设挡车器,矿车必须带有安全装置,以防脱钩、断绳发生坠车事故。

7.1.5.5　井口应设挡车栏杆。矿车上来后,先关好挡车栏杆才准摘钩。空车下放时,应先将矿车与挂钩挂好后再打开挡车栏杆,送下矿车。处理掉道矿车时,矿车下方不得站人。

7.1.5.7　提升机必须由专人操作。

7.2.6　提升作业的一般规定及遵守事项

7.2.6.1　提升钢绳安全系数应大于 8。要随时检查钢绳有无断股及损坏情况。

7.2.6.2　详细检查提升系统各部位(钢绳、吊钩、吊环等)是否牢固,其连接部位的安全系数应大于 8。

7.2.6.3　提升速度应小于 1m/s,升降人员时应减速 50%。

7.2.6.8　竖井临时停工时,井口应加盖板,井口及平台应设安全栏杆。

7.2.6.12　人员上下必须乘坐专用的罐笼,不得使用装岩吊桶上下人员。

7.2.7　排水

7.2.7.3　水泵的排水能力必须大于涌水量一倍,备用水泵比例为 1:1,并设有备用电源。

8.2　河底平硐施工注意事项

8.2.0.2　排水要求:

(4)导井与河底平硐联接处的适当位置应设置安全硐

(5)应建立围岩稳定和地下水监测系统。

8.2.0.3　配置备用电源,并采取有效措施,以备在突发涌水或停电时能将井、硐内工作人员和设备提升到安全地点。

8.2.0.7　河底平硐使用后,经上级主管部门批准,应及时可靠地进行封堵。

《水利水电工程物探规程》DL5010 - 92

4.10.3　环境放射性辐射的检测内容

(4)基础开挖部位、采石场及建筑材料(粘土、砂、砾石等)的辐射水平。花岗岩及含放射性元素的料场,除测量石料本身的放射性辐射水平外,应注意能否在开采中造成环境放射性污染。

4.10.5　环境放射性检测成果

(2)坝址及主要建筑物区环境放射性检测,应根据区域地质情况说明一般辐射水平、

异常和出露范围以及与岩性、地质构造的关系。由地面伽玛测量,射气测量、岩芯测量等分析放射性辐射在垂直地面深度方向上的变化,有无隐伏的辐射场源存在,会否逸散到地面造成环境放射性污染。

花岗岩体出露的坝段及地下厂房、洞室工程部位辐射防护安全检查,如:洞壁的辐射强度、空气中的射气浓度以及对工作台人员(公众)的累积辐射剂量,应以国家标准GB4792－84《放射卫生防护基本标准》中关于一般人员(公众)的年摄入(食入和吸入)量限值为准。

环境放射性辐射防护应以正当化、最优化和个人剂量限值的综合防护为原则。摒弃阈值观念,强调避免不必要的照射。对已出现的放射辐射偏高场,可采取屏蔽法减少辐射损害;对地下厂房应加强通风,保持良好的空气环境。

《水利水电工程施工地质规程》SDJ18－78(试行)

36　爆破后的施工地质工作。

5　爆破后,进入洞室工作时,必须事先检查洞内有无有害气体。

《水利水电工程地质勘察规范》GB50287－99

5.3.1　混凝土坝坝址勘察应包括下列内容:

3　查明对建筑物稳定有影响的断层、破碎带、断层交汇带和裂隙密集带的具体位置、规模和性状,特别是顺河断层和缓倾角断层的分布和特性。

5.4.1　地下洞室勘察应包括下列内容:

2　查明洞室地段的岩性,重点查明松散、软弱、膨胀、易溶和喀斯特化岩层的分布。在某些地区应调查岩层中有害气体或放射性元素的赋存情况。

《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》SL251－2000

4.3.4　勘察储量与实际储量误差,应不超过15%,勘察储量不得少于设计需要量的2倍。

5.1.2　料场勘探应符合下列规定:

1　勘探网(点)间距应按表5.1.2的规定确定。

表5.1.2　勘探网(点)间距　　单位:m

料场类型	勘察级别		
	普　查	初　查	详　查
Ⅰ类	近期开发或控制性工程,每个料场布置1～3个勘探点和1～3个物探物线	200～400	100～200
Ⅱ类		100～200	50～100
Ⅲ类		<100	<50

5.1.3　取样试验应符合下列规定:

2　每个取样点均应作全分析。全分析应取代表性样品，取样最少组数应符合表5.1.3的规定。单层取样初查不少于2组，详查不少于3组。

表5.1.3　全分析取样最少组数

勘察级别 料场储量（$1\ 0^4m^3$）	初　查	详　查
< 50	4	6
50 ~ 200	6	9
> 200	8	12

5.2.2　料场勘探应符合下列规定：

1　勘探网（点）间距应符合表5.2.2的规定。

表5.2.2　勘探网（点）间距　　单位：m

料场类型	勘察级别		
	普　查	初　查	详　查
Ⅰ类	近期开发或控制性工程，每个料场实测2~4个剖面或1~3个勘探点	200 ~ 300	100 ~ 150
Ⅱ类		100 ~ 200	50 ~ 100
Ⅲ类		< 100	< 50

5.3.2　料场勘探应符合下列规定：

1　勘探网（点）间距应符合表5.3.2的规定。初查，每条剖面上不应少于2个坑（孔）；详查，Ⅲ类料场每条剖面上不应少于3个坑（孔）。

表5.3.2　勘探网（点）间距　　单位：m

料场类型	勘察级别		
	普　查	初　查	详　查
Ⅰ类	近期开发或控制性工程，每个料场布置1~3个勘探点和1~3条物探剖面	200 ~ 400	100 ~ 200
Ⅱ类		100 ~ 200	50 ~ 100
Ⅲ类		< 100	< 50

5.4.2　料场勘探应符合下列规定：

1　勘探网（点）间距应符合表5.4.2的规定。初查，每条剖面上不应少于2个坑（孔）；详查，每条剖面上不应少于3个坑（孔）。

表5.4.2　勘探网（点）间距　　单位：m

料场类型	勘察级别		
	普　查	初　查	详　查
Ⅰ类	利用天然露头观察	200 ~ 300	100 ~ 150
Ⅱ类		100 ~ 200	50 ~ 100
Ⅲ类		< 100	< 50

5.6.2　料场勘探应符合下列规定：

1　勘探网(点)间距应符合表 5.6.2 的规定。初查，每条剖面上不应少于 2 个坑(孔)；详查，每条剖面上不应少于 3 个坑(孔)。

表 5.6.2　勘探网(点)间距　　单位：m

料场类型	勘察级别		
	普　查	初　查	详　查
Ⅰ类	利用天然露头，必要时布置少量勘探点	300～500	150～250
Ⅱ类		200～300	100～150
Ⅲ类		＜200	＜100

6.3.1　储量计算范围和边界应符合下列要求：

1　应在有用区圈定范围内计算有用层的总储量和剥离层及夹层体积，并按分区、分层、水上、水下进行储量计算。

2　有用区周边界线应以勘探范围和试验资料为基础，结合地质地貌综合分析圈定，延伸至勘探范围以外的边界线距离，不得大于勘探坑孔间距的 1/2。

3　储量计算中有用层上、下限应以顶底板各扣除 0.2～0.3m 为界；未揭穿有用层其下限应以实际勘探深度为界。

4　水下储量计算下限应不超过最大开采深度。

5　河床漫滩料场水上、水下储量计算的水位选择，应以枯水期水位为标准；严寒地区，宜以平水期水位为标准。如确无水位资料，可采用勘探水位。

6　对无用夹层，可按实际厚度划出；对有害夹层，应按实际边界线多扣除 0.2～0.3m。

6.3.3　混凝土骨料应按下列公式进行净砾石、净砂及砾石分级储量计算：

$$\text{净砾石储量} = \frac{\text{砂砾石储量} \times \text{砂砾石天然密度} \times \text{含砾率}}{\text{砾石堆积密度}}$$

$$\text{净砂储量} = \frac{\text{砂砾石储量} \times \text{砂砾石天然密度} \times \text{含砾率}}{\text{砂堆积密度}}$$

$$\text{砾石分级储量} = \frac{\text{净砾石储量} \times \text{砾石干松密度} \times \text{某级砾石百分含量}}{\text{某级砾石堆积密度}}$$

净砾石、净砂及砾石分级储量计算成果应按本规程附录表 E.2.4 和表 E.2.5 的规定执行。

第二篇　水利工程规划

1　流域(河流)规划

《江河流域规划编制规范》SL201－97

1.0.6　江河流域规划应与国家和地区的国土规划相协调,与涉及的国民经济有关部门的发展规划相适应。

4.0.4　流域总体规划方案,应按拟定的治理开发任务,重点研究干流和主要支流的控制性枢纽、重要综合利用工程以及跨流域调水等影响流域全局的战略措施布局,通过方案比较分析选定。选定的方案应尽可能满足各部门、各地区的基本要求,并具有较大的经济、社会与环境的综合效益。

5.0.1　江河流域规划应在分析流域水资源特性的基础上,结合流域社会经济发展计划,预测不同水平年流域水资源供、需水量,并进行供需分析,提出缓解主要缺水地区和城市水资源供需矛盾的途径。

5.0.3　水资源供需分析与评价,应按现状基准年和近期、远期两个水平年进行。基准年与不同水平年均应分别研究丰、平、枯水等不同年型的水量及相应的水质。现状基准年是预测和评价近、远期水资源供需情况的基础,可选用规划编制期内资料较完整又具有代表性的某一年份。

5.0.8　分析结果,当流域水资源有一定余裕时,可研究向邻近缺水地区实施调水的可能性。

当流域水资源不足,且缺水量难以在本流域调剂解决时,可根据邻近河流的水资源情况和引水条件,研究跨流域调水。

跨流域调水量,应根据调出流域可调水量和调入流域缺水量,结合调水工程的技术、经济特性,综合分析确定。

6.0.2　流域内各防洪保护对象的防洪标准,应根据其重要性及受灾后影响严重程度区别对待,在国家标准 GB 50201－94《防洪标准》规定的范围内,从经济、社会、环境多方面综合论证选定。所要求的防洪标准一时难以达到的,可制定分阶段标准。

特殊重要的、防洪标准要求很高的防洪保护对象,应在考虑本流域整体防洪方案的基础上,采取自保措施。

6.0.11　流域防洪规划中应针对流域特点提出加强管理、通信、预报、预警等防洪非工程措施的意见。

7.0.4　排水河道设计排涝流量应根据治涝标准结合考虑滞、蓄能力和作物类别、生长期与耐淹程度等因素分析确定。

骨干排水河道的设计排涝水位，应根据排涝效益和缓排面积经技术经济比较论证选定。

8.0.6　灌区开发必须有灌有排，防止土壤盐碱化、沼泽化。灌排渠系应根据地形、地质、水系、承泄区等条件，尽量照顾到行政区划合理布置。在条件允许的情况下，灌溉渠系设置应力求扩大自流灌溉面积。排水沟布置应因地制宜采取排、截、滞、抽等方式。

8.0.7　规划大面积井灌区应分析预测长期开采后的地下水动态变化，研究提出实施地上水、地下水联合调度运用的方案，防止过量开采地下水可能对生态和环境造成的不利影响。

8.0.9　灌溉水源的水质要符合灌溉水标准，不能直接引用未经处理、不符合灌溉水标准的城市工业污水，防止污染土壤和地下水。

9.0.5　供水水源，必须符合规定的水质标准。对划定的水源保护区必须提出相应的保护措施，防止污染。

对城市废污水应采取措施处理回用或达标排放。

14.0.4　流域水质保护规划应以保护水源地的地表水、地下水水体和防治主要城镇河段岸边污染带为重点，研究水体功能，区分重点保护区和重点治理区，拟定相应的水质保护目标，根据规划水平年的规划供水量及污染预测，结合水体环境容量和稀释自净特性，实行污染物排放总量控制，拟定综合防治措施意见，并对主要污染源提出治理要求。

流域水质保护规划应干支流、上下游统一考虑，相互协调。

14.0.5　对流域综合治理方案中将较大改变水的天然时空分配的工程，应初步分析其对水质的有利与不利影响，提出消除和缓解不利影响的措施意见。

17.0.1　江河流域规划应将维护和改善流域的生态与环境作为一项重要任务，使经过治理和开发的流域在经济、社会和环境方面得以协调发展。

17.0.3　对拟定的各个江河流域治理开发规划方案，应识别、预估、分析其对生态与环境的有利和不利影响，研究减免不利影响的对策和措施，并纳入规划方案。

18.0.3　江河流域规划应根据流域具体情况，在国家已颁有关法规的基础上，提出需补充制定流域性配套管理条例或实施细则的意见。

《中小河流水能开发规划导则》SL221－98

1.0.3　中小河流水能开发规划必须贯彻《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国电力法》等国家有关法规以及有关方针政策，正确处理好如下关系。

1　水能开发与水利建设、国土治理等综合利用的关系。

2　上下游、左右岸、各地区、各部门之间的关系。

3　电力供需平衡、近期与远期的关系。

4　干支流开发、现有工程与拟建工程之间的关系。

5　河流水能开发与生态环境保护之间的关系。

5.0.1　中小河流水能开发规划应在充分论述分析流域水文水能资料，结合流域综合治理目标，明确开发任务、方针和原则的基础上进行。其开发任务、方针和原则应在流域规划的指导下，根据本流域的实际，经分析论证确定。

6.0.1　有多目标利用要求的中小河流水能开发规划应在合理满足其他部门要求的前提下编制，进行流域水资源供需平衡分析，提出解决流域水资源供需矛盾的措施，合理协调各部门之间的用水关系。

6.0.2　对于有防洪任务的中小河流，应根据防护对象及防护标准，确定防洪方案，阐明防洪效益，对重要的防洪水库应初步制定调度方案与规划。

6.0.3　流域灌溉规划应在调查现有灌溉面积设计标准、用水量及用水时间，预测新增灌溉面积、估算灌溉效益、设计标准、用水量及用水时间的基础上进行，确定引水高程，合理分配水量，明确灌溉与发电之间的用水关系。

7.0.2　中小河流水能开发规划应针对流域存在的问题，依据国家环境保护法规，结合实际条件，对水能开发引起的对自然生态环境有利的和不利的影响作出分析评价，提出保护和改善自然及生态环境的目标和措施。

2　工程规划

《水利水电工程设计洪水计算规范》SL44－93

1.0.5　计算设计洪水必须重视基本资料。当实测水文资料缺乏时，应根据设计需要，设立水文站或水位站。

1.0.6　计算设计洪水，应充分利用已有实测资料，并重视、运用历史洪水、暴雨资料。

1.0.9　对设计洪水计算过程中所依据的基本资料、计算方法及其主要环节、采用的各种参数和计算成果，应进行多方面分析检查，论证其合理性。

4.3.1　由设计暴雨推算设计洪水，应充分利用设计流域或邻近地区实测的暴雨、洪水对应资料，对产流与汇流计算方法中的参数进行率定，并分析参数在大洪水时的特性及变化规律。参数率定与使用方法必须一致。洪水过程线的分割与回加必须一致。不同方法的产流汇流参数不得任意移用。

《水利水电工程水文计算规范》SDJ214－83

1.0.5　水文计算必须以可靠的实测资料为依据。当大型和重要的中型工程所在的河流现有水文测站过少，或测验项目不全，应由设计部门或水文部门共同协商，根据站网规划和设计要求尽早增建水文测站，或增加测验项目。一般中型工程布设水文测站确有困难时，可适当降低要求。

2.2.1　计算所依据的流域特征资料、水文观测资料和整编成果应进行重点复查，并对资料的质量做出评价。

3.1.1　径流计算应在资料复查的基础上进行。计算依据的资料应具有一致性和代表性。

3.5.1　径流频率计算依据的资料系列应在 20 年以上。

4.0.7　当设计站以上有蓄水、引水工程时，应分析其对输沙量和颗粒级配组成的影响。

5.1.1　水库区由陆地变成水面，其蒸发量有明显增加时，应分别计算水库水面蒸发量和陆地蒸发量，以满足库区蒸发增损计算的需要。

6.0.1　厂、坝区水位流量关系曲线的绘制，应以一定的实测资料为依据，绘制所得的为工程修建前天然河道情况下的水位流量关系曲线。

6.0.2　当厂、坝区水位资料短缺时，应设立水尺观测水位，并施测设计河段不同水位级的水面线。如上、下游流量资料短缺或不能移用时，应在厂、坝区施测流量。有条件时还应进行洪、枯水调查。

6.0.6　对提供的厂、坝区水位流量关系曲线，应从基本资料、参数选用、计算方法等方面估计其可能误差范围，并作出适当评价。

《水利工程水利计算规范》SL104－95

1.0.4　进行水利计算，必须加强调查研究，重视基础资料的搜集和整理分析，使计算成果建立在可靠的基础上。

当人类活动或偶发因素对江河水文情势有明显影响时，应将作为设计依据的历年资料修正至统一的基础。若影响一时难以定量，应对影响趋势作出估计，供决策时研究。

2.0.1　水利计算应具备气象水文、地形地质、社会经济及所在河流流域规划或河段规划等基本资料，必要时还应收集邻近流域的相应资料。在进行计算前，应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，检验有关基本资料是否协调，基础是否一致，以及分析数据的合理性、规律性。

3.1.1　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)水位和相应河段的设计水面线，作为堤防工程设计的依据。

3.1.2　江河、湖泊、海塘等堤防工程设计的防洪标准，应根据保护对象的重要性，按国家有关规范的规定，分析选定。

大江、大河、大湖防洪工程体系中堤防工程的防洪标准或作为防洪标准的实际年洪水，按主管部门批准的防洪规划的规定执行。

对重要工程，必要时应进行不同防洪标准的论证，从技术、经济、社会、环境等方面综合考虑加以选定。

3.2.1　分洪工程的水利计算，应根据分洪任务和要求，拟定分洪原则和运用方式，分析确定各种设计水位、分洪水位、分洪流量和分洪量，并验算分洪工程的效能。

3.3.9　水库的防洪库容，应按照流域防洪规划、防护对象的要求和应达到的防洪标准，根据整体防洪设计洪水和下游河道的允许泄量及水库调度运用方式，进行洪水调节计算确定。

3.3.13　水库泄洪建筑物形式、高程、泄洪规模及闸门类型和启闭设备等，应结合有关防洪特征水位、调洪库容及枢纽布置等协调研究选择，并能适应洪水特性和工程防洪安全、下游防洪、水库调度，以及放空和排沙等的要求。

如水库垮坝失事将导致严重后果，泄洪能力宜留有一定余地。

3.4.1　对由多种防洪工程措施组成的防洪工程系统，在满足地区防洪要求的前提下，各项工程的规模和调度运行的规则，应按照实行堤防与分洪区结合、堤库结合、防洪与兴利结合，发挥各项工程措施的效能，以较少的投资取得尽可能大的效益的原则，认真分析论证确定。

4.5.4　蓄涝区设计蓄涝容积，应通过调查分析，根据选定的设计蓄涝水位和汛期限制水位或死水位及蓄涝面积确定。

蓄涝区设计蓄涝水位，应根据涝区内涝水自排或由内排站提排入蓄涝区的情况分析选定。

汛期限制水位或死水位，应根据蓄涝要求，兼顾灌溉、航运、水产、卫生和生活用水等方面的要求分析选定。有防渍或防治盐碱化要求的涝区，其死水位应控制在作物耐渍深度或地下水临界深度以下 0.1～0.3m。

10.0.6　调水过程线应根据拟定的调水量方案和调入、调出流域或地区有关水文资料和需水过程线，研究调水工程与其有关工程的合理运用方式，经联合调节计算拟定。选用的调水过程线宜尽量均匀。

《小型水力发电站水文计算规范》SL77－94

1.0.4　小水电水文分析计算必须在认真调查和搜集水文、气象等基本资料的基础上，根据资料条件和工程特点，正确应用我国现行的中小流域水文分析计算方法和经省级以上行政主管部门审定的区域综合分析研究成果及其配套查算图表。

5.0.2　小水电设计洪水，应按《水利水电工程设计洪水计算规范》的主要原则、内容和方法进行；但可结合小水电特点，适当降低要求和简化。

8.0.1　对设计径流、设计洪水、流量历时曲线和水位流量关系成果，必须进行合理性检查；没有经过合理性检查的单站单次分析计算结果，不得列为正式成果。

8.0.3　成果合理性检查的参数或项目，最主要的应有：年径流均值；设计洪峰流量、洪

量；调查洪水洪峰流量及其比降法计算公式中的河床糙率 n 值；流量历时曲线和水位流量关系曲线形状及其特征；枯水保证流量。

《节水灌溉技术规范》SL207－98

1.0.2　节水灌溉工程建设必须注重效益、保证质量、加强管理，做到因地制宜、经济合理、技术先进、运行可靠。

2.0.3　节水灌溉工程应通过技术经济比较及环境评价确定水资源可持续利用的最佳方案。节水灌溉工程的形式应根据当地自然和社会经济条件、水土资源特点和农业发展要求，因地制宜选择。

5.0.1　渠系水利用系数，大型灌区不应低于 0.55；中型灌区不应低于 0.65；小型灌区不应低于 0.75；井灌区采用渠道防渗不应低于 0.9，采用管道输水不应低于 0.95。

5.0.2　田间水利用系数，水稻灌区不宜低于 0.95；旱作物灌区不宜低于 0.90。

5.0.3　灌溉水利用系数，大型灌区不应低于 0.50；中型灌区不应低于 0.60；小型灌区不应低于 0.70；井灌区不应低于 0.80；喷灌区、微喷灌区不应低于 0.85；滴灌区不应低于 0.90。

《水土保持综合治理规划通则》GB/T15772－1995

5.1.1　在大面积（省、地区、县或大、中流域）水土保持规划中，必须进行水土保持区划，根据规划范围内各地不同的自然条件、自然资源、社会经济情况、水土流失特点，划分不同的类型区，并对各区分别采取不同的生产发展方向（或土地利用方向）和防治措施布局。在此情况下，水土保持区划是水土保持规划一个必不可少的重要步骤和组成部分。

7.2.1　小流域综合治理的措施配置，应遵照以下原则：

7.2.1.4　小流域各项治理措施的平面配置，必须逐项到位，落实到措施规划图上（一般应以土地利用规划为基础，有的可与之结合），明确反映各项措施的具体位置和数量，并作出典型设计，便于实施。

《开发建设项目水土保持方案技术规范》SL204－98

1.0.4　开发建设项目应做好以下几方面的水土流失防治工作：

1　对征用、管辖、租用土地范围内的原有水土流失进行防治。

2　在生产建设过程中必须采取措施保护水土资源，并尽量减少对植被的破坏。

3　废弃土（石、渣）、尾矿渣（砂）等固体物必须有专门存放场地，并采取拦挡治理措施。

4　采挖、排弃渣、填方等场地必须进行护坡和土地整治。

5　开发建设形成的裸露土地，应恢复林草植被并开发利用。

1.0.6　编制水土保持方案，应认真进行调查研究，查清水土流失的现状，预测由于开发

建设新增的水土流失,提出防治水土流失的措施及布局。确定水土保持的主要技术经济指标,编制不同阶段的水土保持方案报告书。

《水电工程水库淹没处理规划设计规范》DL/T5064－1996

1.0.5　移民安置规划是水库淹没处理规划设计的核心,应遵循‘没有移民安置规划的,不得审批工程设计文件、办理征地手续,不得施工’的要求,认真制定切实可行的规划方案,并与枢纽建筑物设计文件同时报主管部门审批。

3.1.3　水库淹没处理的设计洪水标准,应根据淹没对象的重要性、水库调节性能及运用方式,在安全、经济和考虑其原有防洪标准的原则下,因地制宜地在表 3.1.3 所列设计洪水标准范围内选择。

表 3.1.3　不同淹没对象设计洪水标准表

淹没对象	洪水标准(频率,%)	重现期(年)
耕地、园地	50～20	2～5
林地、牧草地	正常蓄水位	–
农村居民点、一般城镇和一般工矿区	10～5	10～20
中等城市、中等工矿区	5～2	20～50
重要城市、重要工矿区	2～1	50～100

表中未列的淹没对象,如铁路、公路、电力及电信线路、文物古迹、水利设施等,其设计洪水标准也应考虑其原有防洪标准并参照专业规范的规定同有关部门协商确定。

7.0.1　在水库临时淹没区或浅水淹没区,如有大片农田、人口密集的村庄、集镇、城镇、工矿企业、铁路、公路、文物等重要淹没对象,具备防护条件且技术经济合理者,应采取防护措施。

7.0.2　防护工程的设计标准应按以下要求选择:

(1)防护工程等级标准:应根据相应专业技术规范选定。

(3)排涝标准:应按防护对象的性质和重要性进行选择。集镇、农田和农村居民点可采用 5～10 年一遇暴雨;城镇及大中型工矿企业等重要防护对象,应适当提高标准。暴雨历时和排涝时间应根据防护对象可能承受淹没的状况分析确定。

(4)防浸(没)标准:应根据气象、水文、地质条件、水库运用方式和防护对象的特点,综合分析地下水位埋藏的临界深度。

9.0.1　在水库蓄水前必须对库底进行清理。

9.0.4　卫生防疫清理应符合下列要求:

(1)卫生防疫清理应在地方卫生防疫部门指导下进行。

(2)对库区内的污染源地如厕所、粪坑(池)、畜厩、垃圾等均应进行卫生防疫清理,将

其污染物尽量运出库外，或薄铺于地面曝晒消毒，对其坑穴应进行消毒，污水坑以净土填塞。

(3)对产生严重污染源的工矿企业、医院、传染病院、兽医院等所在地及堆存有毒物资的场地，要采取有效措施，确保原污染源地及有毒物资场地不产生污染物，保证水库蓄水后水质不受污染。

(4)对埋葬 15 年以内的坟墓，必须迁出库外或就地处理，每一坑穴应消毒处理。对埋葬 15 年以上的坟墓，是否迁移，视当地习俗处理。

(5)埋葬传染病死亡者的墓地和病畜埋葬场，应进行专门清理。

(6)有可能产生钉螺的区域，对库区水深不到 1.5m 的浅水区，应在当地血防部门指导下作专门处理，以防钉螺扩散。

(7)具有供水任务的水库，应调查水库区内的污染源分布、数量、污染程度、传染病菌、病毒种类等，并应在当地卫生和环保部门指导下进行专门防污染处理。

第三篇　水利工程设计

1　设计文件编写规定

《水利水电工程可行性研究报告编制规程》DL5020－93

1.0.3　可行性研究报告应根据江河流域(河段)规划、区域综合规划或水利水电专业规划的要求，贯彻国家基本建设的方针政策，遵循有关规程和规范，对工程项目的建设条件进行调查和必要的勘测，在可靠资料的基础上，进行方案比较，从技术、经济、社会、环境等方面进行全面分析论证，提出可行性评价。

1.0.4　可行性研究报告的主要内容和深度应符合下列要求：

(1)论证工程建设的必要性，确定本工程建设任务和综合利用的主次顺序。

(2)确定主要水文参数和成果。

(3)查明影响工程的主要地质条件和主要工程地质问题。

(4)选定工程建设场址、坝(闸)址、厂(站)址等。

(5)基本选定工程规模。

(6)选定基本坝型和主要建筑物的基本型式，初选工程总体布置。

(7)初选机组、电气主接线及其它主要机电设备和布置。

(8)初选金属结构设备型式和布置。

(9)初选水利工程管理方案。

(10)基本选定对外交通方案，初选施工导流方式、主体工程的施工方法和施工总布置，提出控制性工期和分期实施意见。

(11)基本确定水库淹没、工程占地范围,查明主要淹没实物指标,提出移民安置、专项设施迁建的可行性规划和投资。

(12)评价工程建设对外环境的影响。

(13)提出主要工程量和建材需要量,估算工程投资。

(14)明确工程效益,分析主要经济评价指标,评价工程的经济合理性和财务可行性。

(15)提出综合评价和结论。

《水利水电工程初步设计报告编制规程》DL5021－93

1.0.3　编制初步设计报告时,应认真进行调查、勘察、试验、研究,取得可靠的基本资料。设计应安全可靠,技术先进,密切结合实际,节约投资,注重经济效益。初步设计报告应有分析,有论证,有必要的方案比较,并有明确的结论和意见,文字简明扼要,图纸完整清晰。

1.0.4　初步设计报告的主要内容和深度应符合下列要求:

(1)复核工程任务及具体要求,确定工程规模,选定水位、流量、扬程等特征值,明确运行要求;

(2)复核水文成果;

(3)复核区域构造稳定,查明水库地质和建筑物工程地质条件、灌区水文地质条件及土壤特性,得出相应的评价和结论;

(4)复核工程的等级和设计标准,确定工程总体布置、主要建筑物的轴线、线路、结构型式和布置、控制尺寸、高程和工程数量;

(5)确定电厂或泵站的装机容量,选定机组机型、单机容量、单机流量及台数,确定接入电力系统的方式、电气主接线和输电方式及主要机电设备的选型和布置,选定开关站(变电站、换流站)的型式,选定泵站电源进线路径、距离和线路型式,确定建筑物的闸门和启闭机等的型式和布置;

(6)提出消防设计方案和主要设施;

(7)选定对外交通方案、施工导流方式、施工总体布置和总进度、主要建筑物施工方法及主要施工设备,提出天然(人工)建筑材料、劳动力、供水和供电的需要量及其来源;

(8)确定水库淹没、工程占地的范围,核实水库淹没实物指标及工程占地范围的实物指标,提出水库淹没处理、移民安置规划和投资概算;

(9)提出环境保护措施设计;

(10)拟定水利工程的管理机构,提出工程管理范围和保护范围以及主要管理设施;

(11)编制初步设计概算,利用外资的工程应编制外资概算;

(12)复核经济评价。

2　等级划分

《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252－2000

2.1.1　水利水电工程的等别，应根据其工程规模、效益及在国民经济中的重要性，按表2.1.1确定。

表2.1.1　水利水电工程分等指标

工程等别	工程规模	水库总库容（$10^8 m^3$）	防洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及工矿企业的重要性	保护农田（10^4 亩）	治涝面积（10^4 亩）	灌溉面积（10^4 亩）	供水对象重要性	装机容量（10^4 kW）
Ⅰ	大(1)型	≥10	特别重要	≥500	≥200	≥150	特别重要	≥120
Ⅱ	大(2)型	10～1.0	重要	500～100	200～60	150～50	重要	120～30
Ⅲ	中型	1.0～0.10	中等	100～30	60～15	50～5	中等	30～5
Ⅳ	小(1)型	0.10～0.01	一般	30～5	15～3	5～0.5	一般	5～1
Ⅴ	小(2)型	0.01～0.001		<5	<3	<0.5		<1

注：①水库总库容指水库最高水位以下的静库容；
②治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

2.1.2　对综合利用的水利水电工程，当按各综合利用项目的分等指标确定的等别不同时，其工程等别应按其中最高等别确定。

2.1.3　拦河水闸工程的等别，应根据其过闸流量，按表2.1.3确定。

表2.1.3　拦河水闸工程分等指标

工程等别	工程规模	过闸流量（m^3/s）
Ⅰ	大(1)型	≥5000
Ⅱ	大(2)型	5000～1000
Ⅲ	中　型	1000～100
Ⅳ	小(1)型	100～20
Ⅴ	小(2)型	<20

2.1.4　灌溉、排水泵站的等别，应根据其装机流量与装机功率，按表2.1.4确定。工业、城镇供水泵站的等别，应根据其供水对象的重要性，按表2.1.1确定。

2.2.1　水利水电工程的永久性水工建筑物的级别，应根据其所在工程的等别和建筑物的重要性，按表2.2.1确定。

表 2.1.4　灌溉、排水泵站分等指标

工程等别	工程规模	分等指标	
		装机流量(m^3/s)	装机功率(10^4kW)
Ⅰ	大(1)型	≥200	≥3
Ⅱ	大(2)型	200～50	3～1
Ⅲ	中　型	50～10	1～0.1
Ⅳ	小(1)型	10～2	0.1～0.01
Ⅴ	小(2)型	<2	<0.01

注：①装机流量、装机功率系指包括备用机组在内的单站指标；
②当泵站按分等指标分属两个不同等别时，其等别按其中高的等别确定；
③由多级或多座泵站联合组成的泵站系统工程的等别，可按其系统的指标确定。

表 2.2.1　永久性水工建筑物级别

工程等别	主要建筑物	次要建筑物
Ⅰ	1	3
Ⅱ	2	3
Ⅲ	3	4
Ⅳ	4	5
Ⅴ	5	5

2.2.2　失事后损失巨大或影响十分严重的水利水电工程的 2～5 级主要永久性水工建筑物，经过论证并报主管部门批准，可提高一级；失事后造成损失不大的水利水电工程的 1～4 级主要永久性水工建筑物，经过论证并报主管部门批准，可降低一级。

2.2.3　水库大坝按 2.2.1 规定为 2、3 级的永久性水工建筑物，如坝高超过表 2.2.3 指标，其级别可提高一级，但洪水标准可不提高。

表 2.2.3　水库大坝提级指标

级　别	坝　型	坝高(m)
2	土石坝	90
	混凝土坝、浆砌石坝	130
3	土石坝	70
	混凝土坝、浆砌石坝	100

注　级别指按表 2.2.1 确定的级别。

2.2.4　当永久性水工建筑物基础的工程地质条件复杂或采用新型结构时，对 2～5 级建筑物可提高一级设计，但洪水标准不予提高。

2.2.6　水利水电工程施工期使用的临时性挡水和泄水建筑物的级别，应根据保护对象的重要性、失事后果、使用年限和临时性建筑物规模，按表 2.2.6 确定。

表 2.2.6　临时性水工建筑物级别

级别	保护对象	失事后果	使用年限(年)	临时性水工建筑物规模	
				高度(m)	库容(10^8 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、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
5	3、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

2.2.7　当临时性水工建筑物根据表 2.2.6 指标分属不同级别时,其级别应按其中最高级别确定。但对 3 级临时性水工建筑物,符合该级别规定的指标不得少于两项。

《堤防工程设计规范》GB50286－98

2.1.1　堤防工程防护对象的防洪标准应按照现行国家标准《防洪标准》确定。堤防工程的防洪标准应根据防护区内防洪标准较高防护对象的防洪标准确定。堤防工程的级别应符合表 2.1.1 的规定。

表 2.1.1　堤防工程的级别

防洪标准[重现期(年)]	≥100	<100,且≥50	<50,且≥30	<30,且≥20	<20,且≥10
堤防工程的级别	1	2	3	4	5

2.1.5　堤防工程上的闸、涵、泵站等建筑物及其它构筑物设计防洪标准,不应低于堤防工程的防洪标准,并应留有适当的安全裕度。

《城市防洪工程设计规范》CJJ50－92

2.2.1　防洪建筑物级别,根据城市等别及其在工程中的作用和重要性划分为四级,可按表 2.2.1 确定。

表 2.2.1　防洪建筑物级别

城市等别	永久性建筑物级别		临时性建筑物级别
	主要建筑物	次要建筑物	
一	1	3	4
二	2	3	4

城市等别	永久性建筑物级别		临时性建筑物级别
	主要建筑物	次要建筑物	
三	3	4	4
四	4	4	

注：①主要建筑物系指失事后使城市遭受严重灾害并造成重大经济损失的建筑物，例如堤防、防洪闸等；
②次要建筑物系指失事后不致造成城市灾害或者造成经济损失不大的建筑物，例如丁坝、护坡、谷坊；
③临时性建筑物系指防洪工程施工期间使用的建筑物，例如施工围堰等。

《灌溉与排水工程设计规范》GB50288－99

2.0.2　引水枢纽工程等别应根据引水流量的大小，按表 2.0.2 确定。

表 2.0.2　引水枢纽工程分等指标

工程等别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
规　模	大(1)型	大(2)型	中型	小(1)型	小(2)型
引水流量(m^3/s)	> 200	200 ~ 50	50 ~ 10	10 ~ 2	< 2

2.0.5　灌溉渠道或排水沟的级别应根据灌溉或排水流量的大小，按表 2.0.5 确定。对灌排结合的渠道工程，当按灌溉和排水流量分属两个不同工程级别时，应按其中较高的级别确定。

表 2.0.5　灌排渠沟工程分级指标

工程级别	1	2	3	4	5
灌溉流量(m^3/s)	> 300	300 ~ 100	100 ~ 20	20 ~ 5	< 5
排水流量(m^3/s)	> 500	500 ~ 200	200 ~ 50	50 ~ 10	< 10

2.0.6　水闸、渡槽、倒虹吸、涵洞、隧洞、跌水与陡坡等灌排建筑物的级别，应根据过水流量的大小，按表 2.0.6 确定。

表 2.0.6　灌排建筑物分级指标

工程级别	1	2	3	4	5
过水流量(m^3/s)	> 300	300 ~ 100	100 ~ 20	20 ~ 5	< 5

2.0.7　在防洪堤上修建的引水、提水工程及其它灌排建筑物，或在挡潮堤上修建的排水工程，其级别不得低于防洪堤或挡潮堤的级别。

2.0.8　倒虹吸、涵洞等灌排建筑物与公路或铁路交叉布置时，其级别不得低于公路或铁路的级别。

3　安全要求

3.1　防洪

《防洪标准》GB50201－94

2.0.1　城市应根据其社会经济地位的重要性或非农业人口的数量分为四个等级。各等级的防洪标准按表 2.0.1 的规定确定。

表 2.0.1　城市的等级和防洪标准

等级	重要性	非农业人口(万人)	防洪标准[重现期(年)]
Ⅰ	特别重要的城市	≥150	≥200
Ⅱ	重要的城市	150～50	200～100
Ⅲ	中等城市	50～20	100～50
Ⅳ	一般城镇	≤20	50～20

2.0.5　位于滨海地区中等及以上城市，当按表 2.0.1 的防洪标准确定的设计高潮位低于当地历史最高潮位时，应采用当地历史最高潮位进行校核。

3.0.1　以乡村为主的防护区(简称乡村防护区)，应根据其人口或耕地面积分为四个等级，各等级的防洪标准按表 3.0.1 的规定确定。

表 3.0.1　乡村防护区的等级和防洪标准

等级	防护区人口(万人)	防护区耕地面积(万亩)	防洪标准[重现期(年)]
Ⅰ	≥150	≥300	100～50
Ⅱ	150～50	300～100	50～30
Ⅲ	50～20	100～30	30～20
Ⅳ	≤20	≤30	20～10

3.0.3　蓄、滞洪区的防洪标准，应根据批准的江河流域规划的要求分析确定。

《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252－2000

3.2.1　山区、丘陵区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准，应按表 3.2.1 确定。

表 3.2.1　山区、丘陵区水利水电工程永久性水工建筑物的洪水标准[重现期(年)]

项目		水工建筑物级别				
		1	2	3	4	5
设计		1000～500	500～100	100～50	50～30	30～20
校核	土石坝	可能最大洪水(PMF)或10000～5000	5000～2000	2000～1000	1000～300	300～200
	混凝土坝、浆砌石坝	5000～2000	2000～1000	1000～500	500～200	200～100

3.2.2　对土石坝，如失事下游将造成特别重大灾害时，1 级建筑物的校核洪水标准，应取可能最大洪水（PMF）或重现期 10000 年的标准；2～4 级建筑物的校核洪水标准，可提高一级。

3.2.3　对混凝土坝、浆砌石坝，如洪水漫顶将造成极严重的损失时，1 级建筑物的校核洪水标准，经过专门论证并报主管部门批准，可取可能最大洪水（PMF）或重现期 10000 年标准。

3.2.4　山区、丘陵区水利水电工程永久性水工建筑物的消能防冲设计的洪水标准，可低于泄水建筑物的洪水标准，根据泄水建筑物的级别按表 3.2.4 确定，并应考虑在低于消能防冲设计洪水标准时可能出现的不利情况。对超过消能设计标准的洪水，容许消能防冲建筑物出现局部破坏，但必须不危及挡水建筑物及其它主要建筑物的安全，且易于修复，不致长期影响工程运行。

表 3.2.4　山区、丘陵区水利水电工程消能防冲建筑物洪水标准

永久性泄水建筑物级别	1	2	3	4	5
洪水重现期（年）	100	50	30	20	10

3.2.5　水电站厂房的洪水标准，应根据其级别，按表 3.2.5 的规定确定。河床式水电站厂房，挡水部分的洪水标准，应与工程的主要挡水建筑物的洪水标准相一致。水电站厂房的副厂房、主变压器场、开关站、进厂交通等的洪水标准，可按表 3.2.5 确定。

表 3.2.5　水电站厂房洪水标准[重现期（年）]

水电站厂房级别	设　计	校　核
1	200	1000
2	200～100	500
3	100～50	200
4	50～30	100
5	30～20	50

3.2.6　抽水蓄能电站的上、下调节池，若容积较小，失事后对下游的危害不大，且修复较容易，其水工建筑物的洪水标准，可根据其级别，按表 3.2.5 的规定确定。

3.2.7　坝体施工期临时度汛洪水标准，应根据坝型及坝前拦洪库容，按表 3.2.7 确定。根据其失事后对下游的影响，标准可适当提高或降低。

表 3.2.7　坝体施工期临时度汛洪水标准[重现期（年）]

坝　型	拦洪库容（$10^8\ m^3$）		
	>1.0	1.0～0.1	<0.1
土石坝	>100	100～50	50～20
混凝土坝、浆砌石坝	>50	50～20	20～10

3.2.8　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，坝体度汛洪水标准应通过分析坝体施工和运行要求，按表 3.2.8 规定确定。

表 3.2.8　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

3.3.1　平原区水利水电工程永久性水工建筑物洪水标准，应按表 3.3.1 确定。

表 3.3.1　平原区水利水电工程永久性水工建筑物洪水标准[重现期(年)]

项　目		永久性水工建筑物级别				
		1	2	3	4	5
水库工程	设计	300 ~ 100	100 ~ 50	50 ~ 20	20 ~ 10	10
	校核	2000 ~ 1000	1000 ~ 300	300 ~ 100	100 ~ 50	50 ~ 20
拦河水闸	设计	100 ~ 50	50 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 10	10
	校核	300 ~ 200	200 ~ 100	100 ~ 50	50 ~ 30	30 ~ 20

3.3.2　潮汐河口段和滨海区水利水电工程永久性水工建筑物的潮水标准，应根据其级别，按表 3.3.2 确定。对 1 级、2 级建筑物，若确定的设计潮水位低于当地历史最高潮水位时，应采用当地历史最高潮水位校核。

表 3.3.2　潮汐河口段和滨海区水利水电工程永久性水工建筑物潮水标准

永久性水工建筑物级别	1	2	3	4、5
设计潮水位重现期(年)	≥100	100 ~ 50	50 ~ 20	20 ~ 10

3.3.3　平原区水电站厂房的洪水标准，应根据其级别，按表 3.3.1 确定。

3.3.4　平原、滨海区水利水电工程的永久性泄水建筑物消能防冲洪水标准，应根据泄水建筑物的级别，分别按表 3.3.1 和表 3.3.2 确定。

3.4.1　灌溉和治涝工程永久性水工建筑物洪水标准，应根据其级别，按表 3.4.1 确定。

表 3.4.1　灌溉和治涝工程永久性水工建筑物洪水标准

永久性水工建筑物级别	1	2	3	4	5
洪水重现期(年)	100 ~ 50	50 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 10	10

注：灌溉和治涝工程永久性水工建筑物的校核洪水标准，可视具体情况和需要研究确定。

3.4.2　供水工程永久性水工建筑物洪水标准，应根据其级别，按表 3.4.2 确定。

表 3.4.2　供水工程永久性水工建筑物洪水标准[重现期(年)]

运用情况	永久性水工建筑物级别			
	1	2	3	4
设　计	100 ~ 50	50 ~ 30	30 ~ 20	20 ~ 10
校　核	300 ~ 200	200 ~ 100	100 ~ 50	50 ~ 30

3.4.3　泵站建筑物的洪水标准，应根据其级别，按表 3.4.3 确定。

表 3.4.3　泵站建筑物洪水标准[重现期(年)]

运用情况	永久性水工建筑物级别				
	1	2	3	4	5
设　计	100	50	30	20	10
校　核	300	200	100	50	20

3.5.1　临时性水工建筑物洪水标准，应根据建筑物的结构类型和级别，在表 3.5.1 规定的幅度内，结合风险度综合分析，合理选用。对失事后果严重的，应考虑遇超标准洪水的应急措施。

表 3.5.1　临时性水工建筑物洪水标准[重现期(年)]

临时性建筑物类型	临时性水工建筑物级别		
	3	4	5
土石结构	50 ~ 20	20 ~ 10	10 ~ 5
混凝土、浆砌石结构	20 ~ 10	10 ~ 5	5 ~ 3

《城市防洪工程设计规范》CJJ50 – 92

10.1.2　桥梁的设计洪水标准，不应低于所在河道或排洪沟渠的防洪标准。

3.2　安全超高

《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252 – 2000

4.0.1　水利水电工程永久性挡水建筑物顶部高程，应按工程设计情况和校核情况时的静水位加相应的波浪爬高、风壅增高和安全加高确定。其安全加高应不小于表 4.0.1 中的规定。

4.0.2　当水利水电工程永久性挡水建筑物顶部设有稳定、坚固和不透水的且与建筑物的防渗体紧密结合的防浪墙时，防浪墙顶部高程可按 4.0.1 条确定，但挡水建筑物顶部高程应不低于水库正常蓄水位。

表 4.0.1　永久性挡水建筑物安全加高(m)

建筑物类型及运用情况			永久性挡水建筑物级别			
			1	2	3	4、5
土石坝	设计		1.5	1.0	0.7	0.5
	校核	山区、丘陵区	0.7	0.5	0.4	0.3
		平原、滨海区	1.0	0.7	0.5	0.3
混凝土闸坝、浆砌石闸坝	设　计		0.7	0.5	0.4	0.3
	校　核		0.5	0.4	0.3	0.2

4.0.3　土石坝的土质防渗体顶部在设计静水位以上的超高,应在表 4.0.3 规定的范围内选取,防渗体顶部高程并应不低于校核情况下的静水位。

表 4.0.3　设计情况下土石坝土质防渗体顶部超高(m)

防渗体结构形式	超　高
斜　墙	0.8~0.6
心　墙	0.6~0.3

4.0.5　确定地震区土石坝顶部超高时,应另计入地震坝顶沉陷和地震涌浪高度。地震涌浪高度,可根据坝前水深和设计烈度的大小,采用 0.5~1.5m。当库区有可能发生大体积坍岸或滑坡引起涌浪时,其安全加高应进行专门研究。

4.0.7　不过水的临时性挡水建筑物的顶部高程,应按设计洪水位加波浪高度,再加安全加高确定。安全加高值按表 4.0.7 确定。

过水的临时性挡水建筑物顶部高程,应按设计洪水位加波浪高度确定,不另加安全加高。

表 4.0.7　临时性挡水建筑物安全加高(m)

临时性挡水建筑物类型	建筑物级别	
	3	4、5
土石结构	0.7	0.5
混凝土、浆砌石结构	0.4	0.3

《堤防工程设计规范》GB50286－98

2.2.1　堤防工程的安全加高值应根据堤防工程的级别和防浪要求,按表 2.2.1 的规定确定。1 级堤防重要堤段的安全加高值,经过论证可适当加大,但不得大于 1.5m。

表 2.2.1　堤防工程的安全加高值

堤防工程的级别		1	2	3	4	5
安全加高值（m）	不允许越浪的堤防工程	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5
	允许越浪的堤防工程	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3

6.3.3　当土堤临水侧堤肩设有稳定、坚固的防浪墙时，防浪墙顶高程计算应与第 6.3.1 条堤顶高程计算相同，但土堤顶面高程应高出设计静水位 0.5m 以上。

6.7.4　防渗体的顶部应高出设计水位 0.5m。

《城市防洪工程设计规范》CJJ50－92

2.3.1　防洪建筑物的安全超高应符合表 2.3.1 的规定。

表 2.3.1　安全超高（m）

建筑物名称	建筑物级别			
	1	2	3	4
土堤、防洪墙、防洪闸	1.0	0.8	0.6	0.5
护岸、排洪渠道、渡槽	0.8	0.6	0.5	0.4

注：①安全超高不包括波浪爬高；
②越浪后不造成危害时，安全超高可适当降低。

2.3.2　建在防洪堤上的防洪闸和其它建筑物，其挡水部分的顶部标高不得低于堤防（护岸）的顶部标高。

5.1.5　当堤顶设置防浪墙时，堤顶标高应不低于设计洪（潮）水位加 0.5m。

9.3.5　防洪闸的胸墙和岸墙顶标高不得低于岸（堤）顶标高；泄洪时不得低于设计洪水位加安全超高；关门时不得低于设计挡洪（潮）水位加波浪高和安全超高。

闸顶标高的确定，还应考虑以下因素：

9.3.5.1　在有泥砂淤积的河道上，应考虑泥砂淤积后水位抬高的影响。

9.3.5.2　建在软弱地基上的防洪闸，应考虑地基沉降的影响。

9.3.5.3　挡潮闸还应考虑关闸时潮位壅高的影响。

《溢洪道设计规范》SL253－2000

2.3.7　控制段的闸墩、胸墙或岸墙的顶部高程，在宣泄校核洪水时不应低于校核洪水位加安全超高值；挡水时不应低于设计洪水位或正常蓄水位加波浪的计算高度和安全超高值。安全超高下限值见表 2.3.7。

表 2.3.7　安全超高下限值（m）

运用情况	控制段建筑物级别		
	1	2	3
挡　水	0.7	0.5	0.4
泄　洪	0.5	0.4	0.3

当溢洪道紧靠坝肩时，控制段的顶部高程应与大坝坝顶高程协调一致。

《水闸设计规范》SD133－84

3.1.2　闸顶高程（指胸墙或岸墙顶高），泄洪时应高于设计或校核洪水位加安全超高值；关门时应高于设计或校核洪水位加波浪计算高度和安全超高值。安全超高下限值见表3.1.2所示。

表3.1.2　安全超高下限值（m）

运用条件 / 水闸级别 / 水位	泄洪时			关门时		
	1	2	3	1	2	3
设计洪水位	1.5	1.0	0.7	0.7	0.5	0.4
校核洪水位	1.0	0.7	0.5	0.5	0.4	0.3

闸顶高程的确定，还需考虑下列因素：

1. 在有泥沙沉积的河（渠）道上，应考虑泥沙沉积后水位有可能抬高的影响；

2. 对于挡潮闸应考虑关闸潮位壅高的影响；

3. 修建在软弱地基上的水闸应考虑地基沉降的影响；

4. 防洪大堤上的水闸闸顶高程应不低于两侧堤顶高程。

《泵站设计规范》GB/T50265－97

6.1.3　泵房挡水部位顶部安全超高不应小于表6.1.3的规定。

表6.1.3　泵房挡水部位顶部安全超高下限值（m）

运用情况	泵站建筑物级别			
	1	2	3	4、5
设　　计	0.7	0.5	0.4	0.3
校　　核	0.5	0.4	0.3	0.2

注：①安全超高系指波浪、壅浪计算顶高程以上距离泵房挡水部位顶部的高度；

②设计运用情况系指泵站在设计水位时运用的情况，校核运用情况系指泵站在最高运行水位或洪（涝）水位运用的情况。

3.3　稳定与强度

《堤防工程设计规范》GB50286－98

2.2.3　土堤的抗滑稳定安全系数不应小于表2.2.3的规定。

表2.2.3　土堤抗滑稳定安全系数

堤防工程的级别		1	2	3	4	5
安全系数	正常运用条件	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
	非常运用条件	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05

2.2.4　滨海软弱堤基上的土堤的抗滑稳定安全系数，当难以达到规定数值时，经过论证，并报行业主管部门批准后，可以适当降低。

2.2.5　防洪墙抗滑稳定安全系数不应小于表 2.2.5 的规定。

表 2.2.5　防洪墙抗滑稳定安全系数

地基性质		岩基					土基				
堤防工程的级别		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
安全系数	正常运用条件	1.15	1.10	1.05	1.05	1.00	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15
	非常运用条件	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05

2.2.6　防洪墙抗倾稳定安全系数不应小于表 2.2.6 的规定。

表 2.2.6　防洪墙抗倾稳定安全系数

堤防工程的级别		1	2	3	4	5
安全系数	正常运用条件	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
	非常运用条件	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30

《碾压式土石坝设计规范》SDJ218－84 修改和补充规定

7.3.8　坝坡抗滑稳定的安全系数，应不小于表 7.3.8 规定的数值。

表 7.3.8　坝坡抗滑稳定最小安全系数

运用条件	工程级别			
	1	2	3	4、5
正常运用条件	1.30	1.25	1.20	1.15
非常运用条件	1.20	1.15	1.10	1.05

《小型水利水电工程碾压式土石坝设计导则》SL189－96

7.2.2　采用瑞典圆弧法计算时，坝坡抗滑稳定安全系数应不小于表 7.2.2 规定的数值。

表 7.2.2　坝坡抗滑稳定最小安全系数

运　用　条　件	最小安全系数
正常运用条件（稳定渗流期、库水位正常降落）	1.15
非常运用条件（施工期；库水位非常降落，正常运用条件加地震）	1.05

注：库水位正常降落——水库在正常工作条件下库水位的经常性降落。
库水位非常降落——水库在非常工作条件下库水位的降落（如自校核洪水位的降落、从水库某一水位降落至死水位以下，水库要求短时间内紧急放空等）。

《浆砌石坝设计规范》SL25－91

4.3.3　采用第 4.3.2 条的公式计算时，坝体抗滑稳定安全系数应不小于表 4.3.3 中的

规定值。

表 4.3.3　抗滑稳定安全系数

安全系数	采用公式	荷载组合		2、3 级坝
K_1	(4.3.2-1)	基本		3.00
		特殊	1	2.50
			2	2.30
K_2	(4.3.2-2)	基本		1.05
		特殊	1	1.00
			2	1.00

5.3.5　采用第 5.3.4 条公式计算时，相应安全系数应不小于表 5.3.5 规定的数值。

表 5.3.5　抗滑稳定安全系数

安全系数	荷载组合			建筑物级别	
				2	3
K_1	按公式 (5.3.4-1)	基本		3.25	3.00
		特殊	1	2.75	2.50
			2	2.25	2.00
K_2	按公式 (5.3.4-2)	基本		1.40	1.30
		特殊	1	1.20	1.10
			2	1.10	1.00

《混凝土重力坝设计规范》SDJ21-78(试行)

82　坝体抗滑稳定安全系数不应小于以下规定数值：

1. 按公式 2 计算时，K 值按表 2 采用。

2. 按公式 3 计算时，K'值不分级别，基本组合采用 3.0 特殊组合(1)采用 2.5 特殊组合(2)不小于 2.3。

3. 当考虑排水失效情况或施工期情况作为一种特殊组合时，其安全系数按特殊组合(1)采用。

表 2　抗滑稳定安全系数 K

荷载组合		坝的级别		
		1	2	3
基本组合		1.10	1.05	1.05
特殊组合	(1)	1.05	1.00	1.00
	(2)	1.00	1.00	1.00

《混凝土拱坝设计规范》SD145－85

6.2.7　采用第 6.2.6 条中两个公式进行计算时，相应安全系数应满足表 6.2.7 规定的要求。

表 6.2.7　抗滑稳定安全系数

荷载组合			建筑物的级别		
			1	2	3
按公式(6.2.6－1)	基本		3.50	3.25	3.00
	特殊	无地震	3.00	2.75	2.50
		有地震	2.50	2.25	2.00
按公式(6.2.6－2)	基本		－	－	1.30
	特殊	无地震	－	－	1.10
		有地震	－	－	1.00

《溢洪道设计规范》SL253－2000

4.3.11　堰(闸)沿基底面的抗滑稳定安全系数不得小于表 4.3.11 的规定值：

表 4.3.11　抗滑稳定安全系数 K 值

荷载组合		按抗剪断强度公式计算的安全系数 K
基本组合		3.0
特殊组合	(1)	2.5
	(2)	2.3

注 地震情况为特殊组合(2)，其它情况的特殊组合为特殊组合(1)。

4.7.7　当按式(4.3.10)计算边墙抗滑稳定安全系数 K 时，K 值应不小于表 4.3.11 规定值；当按式(4.7.6)计算边墙抗滑稳定安全系数 K_c 时，K_c 值应不小于表 4.7.7 规定值。

表 4.7.7　边墙抗滑稳定安全系数 K_c 值

荷载组合		按抗剪强度公式计算的安全系数 K_c		
		建筑物级别		
		1	2	3
基本组合		1.10	1.05	1.00
特殊组合	(1)	1.05	1.00	1.00
	(2)	1.00	1.00	1.00

注 地震情况为特殊组合(2)，其它情况的特殊组合为特殊组合(1)。

4.7.11　对于合力偏心距大于等于 1/4 基底宽的边墙，应核算其倾覆稳定。

对于计入地震的特殊荷载组合 $K_o \geqslant 1.3$，其余各种荷载组合 $K_o \geqslant 1.5$。

《水闸设计规范》SD133－84

6.2.1　土基上的闸室稳定计算应满足下列要求：

1. **各种计算情况下要求闸室平均基底压力不大于地基容许承载力；**

2. **基底压力的最大值与最小值之比不大于规定的容许值(见附录五附表** 5.1**)；**

附表 5.1　**闸室基底压力最大值与最小值之比的容许值表**

地基土质	荷载组合	
	基本	特殊
松　　软	1.5	2.0
中等坚硬、紧密	2.0	2.5
坚硬、紧密	2.5	3.0

注：①对于大型水闸，采用值可按表列数值适当减小；
②对于地基较好、结构简单的中型水闸，采用值可按表列数值适当增大，但增大值不应超过 0.5；
③对于地震情况，采用值可按表列数值适当增大。

3. **抗滑稳定安全系数不小于表** 6.2.4 **规定的容许值。**

6.2.4　土基上的闸室沿基础底面的容许抗滑稳定安全系数[K_c]值，见表 6.2.4。

表 6.2.4　[K_c]**值表**

荷载组合		水闸级别		
		1	2	3
基本组合		1.35	1.30	1.25
特殊组合	Ⅰ	1.20	1.15	1.10
	Ⅱ	1.10	1.05	1.05

注：①特殊组合Ⅰ适用于施工情况、检修情况及校核洪水位情况；
②特殊组合Ⅱ适用于地震情况。

6.2.6　土基上的岸墙、翼墙稳定计算应满足下列要求：

1. **各种计算情况下的平均基底压力不大于地基容许承载力；**

2. **基底压力的最大值与最小值之比按附录五附表** 5.1 **的规定值增大** 0.5**；**

3. **抗滑稳定安全系数不小于表** 6.2.4 **规定的容许值。**

《水电站厂房设计规范》SD335－89

3.2.4　厂房整体抗滑稳定安全系数(不分建筑物等级)应满足表 3.2.4 **的规定。**

表 3.2.4　**抗滑稳定安全系数** K、K'

抗滑稳定安全系数	荷载组合		
	基本组合	特殊组合	
		无地震	有地震
K	1.1	1.05	1.0
K'	3.0	2.5	2.3

3.2.5　抗浮稳定性计算可选择表 3.1.9 中特殊组合的(1)机组检修,(2)机组未安装,(3)非常运行三种情况中最不利的情况进行。

《泵站设计规范》GB/T50265－97

6.3.5　泵房沿基础底面抗滑稳定安全系数的允许值应按表 6.3.5 采用。

表 6.3.5　抗滑稳定安全系数允许值

地基类别	荷载组合		泵站建筑物级别				适用公式
			1	2	3	4、5	
地　基	基本组合		1.35	1.30	1.25	1.20	适用于(6.3.4－1)式或(6.3.4－2)式
	特殊组合	Ⅰ	1.20	1.15	1.10	1.05	
		Ⅱ	1.10	1.05	1.05	1.00	
岩　基	基本组合		1.10				适用于(6.3.4－1)式
	特殊组合	Ⅰ	1.05				
		Ⅱ	1.00				
	基本组合		3.00				适用于(6.3.4－2)式
	特殊组合	Ⅰ	2.50				
		Ⅱ	2.30				

注:①特殊组合Ⅰ适用于施工情况、检修情况和非常运用情况,特殊组合Ⅱ适用于地震情况。

②在特殊荷载组合条件下,土基上泵房沿深层滑动面滑动的抗滑稳定安全系数允许值,可根据软弱土层的分布情况等,较表列值适当增加。

③岩基上泵房沿可能组合滑裂面滑动的抗滑稳定安全系数允许值,可根据缓倾角软弱夹层或断裂面的充填物性质等情况,较表列值适当增加。

6.3.7　泵房抗浮稳定安全系数的允许值,不分泵站级别和地基类别,基本荷载组合下为 1.10,特殊荷载组合下为 1.05。

《水利水电工程施工组织设计规范》SDJ338－89(试行)

2.2.27　混凝土围堰与土石围堰的稳定安全系数:

一、重力式混凝土围堰采用抗剪断公式计算时,安全系数 K 大于或等于 3.0,若考虑排水失效情况,K 大于或等于 2.5;按抗剪强度公式计算时,安全系数 K 大于或等于 1.05。

二、土石围堰边坡稳定安全系数:Ⅲ级,K 大于或等于 1.20;Ⅳ、Ⅴ级,K 大于或等于 1.05。

《水工混凝土结构设计规范》SL/T91－96

4.4.5　对于有抗渗性要求的结构,混凝土应满足有关抗渗等级的规定。

混凝土抗渗等级按 28d 龄期的标准试件测定,混凝土抗渗等级分为 W2、W4、W6、W8、W10、W12 六级。

根据建筑物开始承受水压力的时间,也可利用 60d 或 90d 龄期的试件测定抗渗等级。

结构所需的混凝土抗渗等级应根据所承受的水头、水力梯度以及下游排水条件、水质条件和渗透水的危害程度等因素确定，并不得低于表 4.4.5 的规定值。

表 4.4.5　混凝土抗渗等级的最小允许值

项　次	结构类型及运用条件		抗渗等级
1	大体积混凝土结构的下游面及建筑物内部		W2
2	大体积混凝土结构的挡水面	$H < 30$	W4
		$H = 30 \sim 70$	W6
		$H = 70 \sim 150$	W8
		$H > 150$	W10
3	素混凝土及钢筋混凝土结构构件其背水面能自由渗水者	$i < 10$	W4
		$i = 10 \sim 30$	W6
		$i = 30 \sim 50$	W8
		$i > 50$	W10

注：①表中 H 为水头(m)，i 为水力梯度；

②当结构表层设有专门可靠的防渗层时，表中规定的混凝土抗渗等级可适当降低；

③承受侵蚀作用的结构，混凝土防渗等级应进行专门的试验研究，但不得低于 W4；

④埋置在地基中的结构构件(如基础防渗墙等)，可按照表中第 3 项的规定选择混凝土抗渗等级；

⑤对背水面能自由渗水的素混凝土及钢筋混凝土结构构件，当水头小于 10m 时，其混凝土抗渗等级可根据表中第 3 项降低一级；

⑥对严寒、寒冷地区且水力梯度较大的结构，其抗渗等级应按表中的规定提高一个等级。

5.1.1　素混凝土不得用于轴心受拉或偏心受拉构件。当裂缝形成会导致破坏、导致不允许的变形或破坏结构的抗渗性能时，不应采用素混凝土受弯构件或合力作用点超出截面范围的偏心受压构件。

9.6.5　预制构件的吊环必须采用Ⅰ级钢筋制作，严禁采用冷加工钢筋。

《水工钢筋混凝土结构设计规范》SDJ20－78

30　混凝土结构构件的强度安全系数应按表 7 的规定采用。

表 7　混凝土结构构件的强度安全系数

项　次	建筑物级别 / 荷载组合 / 受力特征	1		2、3		4、5	
		基本	特殊	基本	特殊	基本	特殊
1	按抗压强度计算的受压构件、局部承压	1.80	1.65	1.70	1.55	1.60	1.45
2	按抗拉强度计算的受压、受弯、受拉构件	2.80	2.30	2.65	2.20	2.50	2.10

注：①当水工建筑物的专门设计规范对安全系数另有规定时，强度安全系数应按专门规范采用；

②当结构的荷载情况较为复杂、施工特殊困难、缺乏熟练的计算方法或结构有特殊要求时，经论证后，强度安全系数可适当提高；

③对 1、2、3 级建筑物中的某些结构构件，当其强度不影响整个建筑物的安全和稳定时，强度安全系数可适当降低。

31　钢筋混凝土结构构件的强度安全系数应按表 8 的规定采用。

表 8　钢筋混凝土结构构件的强度安全系数

项　次	建筑物级别 / 荷载组合 / 受力特征	1		2、3		4、5	
		基本	特殊	基本	特殊	基本	特殊
1	轴心受压构件、偏心受压构件、局部承压、斜截面受剪、受扭	1.70	1.55	1.60	1.45	1.50	1.40
2	轴心受拉、受弯、偏心受拉构件	1.65	1.45	1.50	1.40	1.40	1.35

32　使用中不允许出现裂缝的钢筋混凝土构件，其抗裂安全系数应按表 9 的规定采用。

表 9　钢筋混凝土结构构件的抗裂安全系数

项　次	建筑物级别 / 受力特征	1	2、3	4、5
1	轴心受拉、小偏心受拉构件	1.25	1.20	1.15
2	受弯、偏心受压、大偏心受拉构件	1.15	1.10	1.05

注：对抗裂有严格要求的构件，抗裂安全系数可适当提高。

33　对需要验算裂缝宽度的钢筋混凝上结构构件，计算所得的最大裂缝宽度不应超过表 10 规定的允许值。

表 10　钢筋混凝土结构构件最大裂缝宽度的允许值(mm)

项　次	结构构件所处的条件			$\delta_{f\max}$
1	经常处于水下的结构	水质无侵蚀性	水力梯度 $i \leqslant 20$	0.30
			水力梯度 $i > 20$	0.20
		水质有侵蚀性	水力梯度 $i \leqslant 20$	0.25
			水力梯度 $i > 20$	0.15
2	水位变动区的结构	水质无侵蚀性	所冻融循环次数小于 50	0.25
			年冻融循环次数大于 50	0.15
		水质有侵蚀性或海水		0.15
3	水　上　结　构			0.30

注：①若构件表面设有专门的防渗层等保护措施，最大裂缝宽度允许值可适当加大，经过论证后，也可不作裂缝宽度验算；

②项次 2 中，水位变动区系包括最高水位以上 2m 的范围。

34　考虑长期荷载作用的受弯构件，其最大挠度计算值不应超过表 11 的允许值。

表 11　钢筋混凝土受弯构件的允许挠度

项　次	构件类型	允许挠度(以跨度 l 计算)
1	吊车梁:手动吊车 电动吊车	$l/500$ $l/600$
2	渡槽槽身:当 $l \leqslant 10\text{m}$ 时 当 $l > 10\text{m}$ 时	$l/400$ $l/500$
3	工作桥及启闭机下大梁	$l/400$
4	闸门主梁	$l/500(l/600)$
5	屋盖、楼盖及楼梯构件: 当 $l < 7\text{m}$ 时 当 $7 \leqslant l \leqslant 9\text{m}$ 时 当 $l > 9\text{m}$	$l/200(l/250)$ $l/250(l/300)$ $l/300(l/400)$

注:①如果构件制作时预先起拱,而且使用上也容许,则在验算最大挠度值时,可将计算所得的挠度减去起拱值;
②表中括号内的数值适用于在使用上对挠度有较高要求的构件;
③悬臂构件的允许挠度值按表中相应数字乘 2 取用。

《水工预应力锚固设计规范》SL212－98

4.1.8　新研制的预应力锚杆,必须经过现场验证后,方可在锚固工程中应用。

4.3.2　锚杆体防腐、防锈处理时,所使用的材料及其附剂中,不得含有硝酸盐、亚硫酸盐、硫氰酸盐。氯离子含量不得超过水泥重量的 0.02%。

6.1.8　预应力闸墩中,锚固区域的混凝土强度等级,不得低于 C30。锚块的混凝土强度等级不得低于 C40。

3.4　防火

《水利水电工程设计防火规范》SDJ278－90

2.0.2　水力发电厂和水泵站建筑物、构筑物生产的火灾危险性类别和耐火等级不应低于表 2.0.2 的规定。

表 2.0.2　建筑物、构筑物生产的火灾危险性类别和耐火等级

序号	建筑物、构筑物名称	火灾危险性类别	耐火等级
一、	主要生产建筑物、构筑物		
1	主、副厂房及其安装间	丁	二
2	油浸式变压器室、油浸式电抗器室、油浸式消弧线圈室	丙	一
3	干式变压器室	丁	二
4	配电装置室		
	单台设备充油量 $\geqslant 100\text{kg}$	丙	二
	单台设备充油量 $< 100\text{kg}$	丁	二

序号	建筑物、构筑物名称	火灾危险性类别	耐火等级
5	母线室、母线廊道和竖井	丁	二
6	中央控制室(含照明夹层)、继电保护盘室、自动和远动装置室、电子计算机房、通信室(楼)	丙	二
7	屋外主变压器场	丙	二
8	屋外开关站、配电装置构架	丁	二
9	SF_6 封闭式组合电器开关站、SF_6 贮气罐室	丁	二
10	高压、超高压充油电力电缆隧道和竖井	丙	二
11	高压、超高压干式充油电力电缆隧道和竖井	丁	二
12	动力电缆室、控制电缆室、电缆隧道和竖井	丙	二
13	蓄电池室		
	防酸隔爆型铅酸蓄电池室	丙	二
	碱性蓄电池室	丁	二
14	贮酸室、套间及其通风机室	丙	二
15	充放电盘室	丁	二
16	柴油发电机室及其检修室	丙	二
17	空气压缩机及其贮气罐室	丁	二
18	通风机室、空气调节设备室	戊	二
19	供排水泵室	戊	三
20	消防水泵室	戊	二
21	水内冷水轮发电机的水处理室	戊	三
22	油压启闭机室	丁	二
23	卷扬启闭机室	戊	三
24	电梯井		二
二、	辅助生产建筑物		
1	绝缘油、透平油的油处理室、油再生室及油罐室	丙	二
2	独立变压器检修室	丙	二
3	继电保护和自动装置试验室	丁	二
4	高压试验室、仪表试验室	丁	二
5	机械试验室	丁	三
6	油化验室	丁	二
7	水化验室	戊	三
8	电工修理间	丁	三
9	机械修配厂	丁	三
10	水工观测仪表室	丁	二
三、	附属建筑物、构筑物		
1	一般器材仓库	三	
2	汽车库(含消防车库)	三	

2.0.3　水力发电厂和水泵站建筑物的耐火等级分为三级，其构件的燃烧性能和耐火极限不应低于表 2.0.3 的规定。

表 2.0.3　建筑物、构筑物构件的燃烧性能和耐火极限

燃烧性能和耐火极限(h)　耐火等级 构件名称		一级	二级	三级
墙	防火墙	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00	非燃烧体 4.00
	承重墙、楼梯间及电梯井的墙	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.50
	非承重外墙、疏散走道两侧的隔墙	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50
	房间隔墙	非燃烧体 0.75	非燃烧体 0.50	非燃烧体 0.50
	防火隔墙	非燃烧体 2.00	非燃烧体 2.00	非燃烧体 2.00
柱	支撑多层的柱	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.50
	支撑单层的柱	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.00	非燃烧体 2.00
梁		非燃烧体 2.00	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00
楼　板		非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50
屋顶承重构件		非燃烧体 1.50	非燃烧体 0.50	燃烧体
疏散楼梯		非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00
吊顶(包括吊顶搁栅)		非燃烧体 0.25	难燃烧体 0.25	难燃烧体 0.15

3.2.2　屋外主变压器场与厂区建筑物、绝缘油和透平油露天油罐的防火间距不应小于表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2　屋外主变压器场与厂区建筑物、绝缘油和透平油露天油罐的防火间距(m)

防火间距(m)　油罐型式 名　称			5 ~ 10	10 ~ 50	> 50
丙、丁、戊类厂房及库房	耐火等级	一、二级	12	15	20
		三级	15	20	25
		四级	20	25	30
其它建筑		一、二级	15	20	25
		三级	20	25	30
		四级	25	30	35
绝缘油、透平油露天油罐	总储油量(m^3)	5 ~ 200	20		
		201 ~ 600	25		

注：①防火间距应从距建筑物、绝缘油或透平油露天油罐最近的变压器外壁算起。

②屋外主变压器场是指电压为 35 ~ 500kV 的屋外主变压器场地。

③水力发电厂、水泵站内的主变压器，其油量可按单台确定。

3.2.3　绝缘油及透平油露天油罐与厂区建筑物、开关站、厂外铁路、公路干线的防火间距不应小于表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3　露天油罐与建筑物等的防火间距

防火间距(m) / 油罐储量(m^3) / 名称	5 ~ 200	201 ~ 600
一、二级耐火等级建筑物	10	12
三级耐火等级建筑物	12	15
开关站	15	20
厂外铁路线(中心线)	30	
厂外公路(路边)	15	

注：与电力牵引机车的厂外铁路线(中心线)防火间距不应小于 20m。

3.2.4　厂房外地面油罐室的耐火等级不应低于二级，与厂区建筑物、屋外主变压器场及厂外铁路、公路干线的防火间距不应小于表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4　厂房外地面油罐室与建筑物等的防火间距

防火间距(m) / 油罐型式 / 名称			厂房外地面油罐室
一、二级耐火等级建筑物			10
三级耐火等级建筑物			12
屋外主变压器场	变压器单台油量(t)	≤10	12
	变压器单台油量(t)	>10 ~ ≤50	15
	变压器单台油量(t)	>50	20
厂外铁路线(中心线)			20
厂外公路(路边)			10

注：当设有固定式灭火装置时，与表 3.2.4 一、二级和三级耐火等级建筑物的防火间距，可分别减少到 8m 和 9m。当开关站电气设备单台油量小于 5t 时，其防火间距可减少到 10m。

3.2.5　绝缘油和透平油露天油罐与电力架空线的最近水平距离不应小于电杆高度的 1.2 倍。

3.2.6　绝缘油和透平油露天油罐以及厂房外地面油罐室与厂区内铁路装卸线(中心线)的距离不应小于 10m，与厂区内主要道路(路边)的距离不应小于 5m。

4.2.1　地面厂房的发电机层或水泵站的电机层，其安全出口不应少于两个，且必须有一个直通屋外地面。

4.2.2　地下厂房的发电机层应设两个通至屋外地面的安全出口，并至少应有一个直通屋外地面。

8.0.5　露天油罐或厂房外地面油罐室应设置消火栓和移动式泡沫灭火设备，并配置砂箱等消防器材。当其充油油罐总容积超过 200m³，同时单个充油油罐的容积超过 80m³ 时，宜设置固定式水喷雾灭火系统。

9.2.1　给水设施应满足消防给水要求的水量和水压。

9.2.2　给水设施采用自流供水方式时，取水口不应少于两个，必须在任何情况下保证消防给水。

10.0.6　防酸隔爆型铅酸蓄电池室、储酸室、油罐室、油处理室和油再生室严禁用明火或敞开式电热器采暖。不应装设照明开关和插座。灯具应采用防爆型。

防酸隔爆型铅酸蓄电池室应采用封闭式电热器采暖，电热器应与通风机电气连锁。电热器两端各 1m 范围内的风管应采用非燃烧保温材料。

《水利水电建筑安装安全技术工作规程》SD267－88

6.2.1　在编制施工组织设计时，应对消防安全要求统一考虑。

3.5　抗震

《水工建筑物抗震设计规范》SL203－97

1.0.4　水工建筑物工程场地地震烈度或基岩峰值加速度应根据工程规模和区域地震地质条件按下列规定确定：

1　一般情况下，应采用《中国地震烈度区划图(1990)》确定的基本烈度。

2　基本烈度为 6 度及 6 度以上地区坝高超过 200m 或库容大于 100 亿 m³ 的大型工程，以及基本烈度为 7 度及 7 度以上地区坝高超过 150m 的大(1)型工程，应根据专门的地震危险性分析提供的基岩峰值加速度超越概率成果，按本规范 1.0.6 的规定取值。

1.0.5　水工建筑物的工程抗震设防类别应根据其重要性和工程场地基本烈度按表 1.0.5 的规定确定。

表 1.0.5　工程抗震设防类别

工程抗震设防类别	建筑物级别	场地基本烈度
甲	1(壅水)	≥6
乙	1(非壅水)、2(壅水)	
丙	2(非壅水)、3	≥7
丁	4、5	

1.0.6　各类水工建筑物抗震设计的设计烈度或设计地震加速度代表值应按下列规定确定：

1　一般采用基本烈度作为设计烈度。

2　工程抗震设防类别为甲类的水工建筑物，可根据其遭受强震影响的危害性，在基本烈度基础上提高 1 度作为设计烈度。

3　凡按本规范 1.0.4 作专门的地震危险性分析的工程，其设计地震加速度代表值的概率水准，对壅水建筑物应取基准期 100 年内超越概率 P_{100} 为 0.02，对非壅水建筑物应取基准期 50 年内超越概率 P_{50} 为 0.05。

4　其他特殊情况需要采用高于基本烈度的设计烈度时，应经主管部门批准。

5　施工期的短暂状况，可不与地震作用组合；空库时，如需要考虑地震作用，可将设计地震加速度代表值减半进行抗震设计。

1.0.7　坝高超过 100m、库容大于 5 亿 m^3 的水库，如有可能发生高于 6 度的水库诱发地震时，应在水库蓄水前就进行地震前期监测。

1.0.9　设计烈度为 8、9 度时，工程抗震设防类别为甲类的水工建筑物，应进行动力试验验证，并提出强震观测设计，必要时，在施工期宜设场地效应台阵，以监测可能发生的强震；工程抗震设防类别为乙类的水工建筑物，宜满足类似要求。

3.6　抗冰冻

《水工建筑物抗冰冻设计规范》SL211－98

4.1.2　各类水工结构和构件的混凝土抗冻等级应根据气候分区、冻融循环次数、表面局部小气候条件、水分饱和程度、构件重要性和检修条件按表 4.1.2 选定。在不利因素较多时，可选用提高一级的抗冻等级。

4.1.3　大体积混凝土分区采用不同抗冻等级时，其分区厚度可根据计入太阳辐射作用的热学计算，或根据类似建筑物运行资料确定的负温区再加 0.5m，温和地区分区厚度不得小于 0.5m。

5.2.7　坝基应防止受冻。施工期有可能受冻时，应采取保温措施。运行期有可能受冻时，可在坝脚堆土石保温。

5.2.10　碾压混凝土坝应做好上游防渗、分缝和内部排水，防止下游面渗水冻胀现象。

5.2.11　浆砌石坝应做好防渗、分缝和内部排水，下游渗水出逸点应堆土石保温。

5.3.1　寒冷和严寒地区土石坝的土心墙、斜墙和防渗铺盖应防止运行和施工期冻结。采用覆土防冻时，覆土厚度应大于当地设计冻深。

5.3.3　土石坝护坡结构除按风浪计算外，还应根据冰压力大小和类似工程经验确定。

5.4.6　严寒地区大中型工程的泄水建筑物上下游冬季水位变化区的岸坡应防止冻融作用引起的崩坍或滑坡。

6.2.3　导凌(冰)筏和排冰闸前的衔接渠(河)段内的流速不得大于 0.7m/s。

6.6.2　无保温措施和冬季不运行的压力钢管，管内的水必须排空。

8.1.5　有过冰要求的拦河闸和渠系水闸，宜采用开敞式。应验算冰压力作用下闸墩的稳定和强度。

表 4.1.2　水工结构和构件混凝土抗冻等级要求

项目 ＼ 气象分区 ＼ 年冻融循环次数（次）	严寒		寒冷		温和
	≥100	<100	≥100	<100	–
1　受冻严重而且难于检修部位 1）水电站尾水部位，蓄能电站进出口冬季水位变化区的构件、闸门槽二期混凝土、轨道基础； 2）坝厚小于混凝土最大冻深 2 倍的薄拱坝、不封闭支墩坝的外露面，面板堆石坝的面板和趾座； 3）冬季通航或受电站尾水位影响的不通航船闸的水位变化区的构件、二期混凝土； 4）流速大于 25m/s、过冰、多沙或多推移质过坝的溢流坝，深孔或其他输水部位的过水面及二期混凝土； 5）冬季有水的露天钢筋混凝土压力水管、渡槽、薄壁充水闸门井	F300	F300	F300	F200	F100
2　受冻严重但有检修条件的部位 1）混凝土坝上游面冬季水位变化区； 2）水电站或船闸尾水渠，引航道的挡墙、护坡； 3）流速小于 25m/s 的溢洪道、输水洞（孔）、引水系统的过水面； 4）易积雪或结霜或饱和的路面，平台栏杆、挑檐、墙、板、梁、柱、墩、廊道或竖井的单薄墙壁	F300	F200	F200	F150	F50
3　受冻较重部位 1）混凝土坝外露阴面部位； 2）冬季有水或易长期积雪结冰的渠系建筑物	F200	F200	F150	F150	F50
4　受冻较轻部位 1）混凝土坝外露阳面部位； 2）冬季无水干燥的渠系建筑物； 3）水下薄壁杆件； 4）水下流速大于 25m/s 的过水面	F200	F150	F100	F100	F50
5　水下土中、大体积内部混凝土	F50	F50	–	–	–

注：①年冻融循环次数分别按一年内气温从 +3℃以上降至 -3℃以下，然后回升到 +3℃以上的交替次数和一年中日平均气温低于 -3℃期间设计预定水位的涨落次数统计，并取其中的大值。

②冬季水位变化区，指运行期内可能遇到的冬季最低水位以下 0.5～1.0m，冬季最高水位以上 1.0m（阳面）、2.0m（阴面）、4.0m（水电站尾水区）。

③阳面，指冬季大多为晴天，平均每天有 4h 以上阳光照射，不受山体或建筑物遮挡的表面，否则均按阴面考虑。

④最冷月平均气温低于 -25℃地区的混凝土抗冻等级宜根据具体情况研究确定。

10.1.6　基础在冻（冰）层内和地（冰）面以上至少 40cm 范围内不得设置横系梁。在其他部位设置横系梁时，应考虑淤积和冲刷对基础与地面相对位置的影响。

3.7　劳动安全

《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》DL5061－1996

4.1.8　厂外独立的油处理室、油罐室(露天油罐)及易燃材料仓库应在直击雷保护范围内,其建筑物或设备上严禁装设避雷针,应用独立避雷针保护,并应采取防止感应雷和防静电的措施。

5.1.1　水利水电工程各类工作场所的噪声宜符合表 5.1.1 **所列噪声** A **声级限制值的要求。**

5.4.11　易发生火灾的部位应设置事故排烟设施。

表 5.1.1　**水利水电工程各类工作场所的噪声限制值(**A **声级)**

序号	场所类别			噪声限制值(dB)
1	夜班人员休息室(室内背景噪声级)			55
2	集中控制室和主要办公场所(室内背景噪声级)	(1)中央控制室,开关站集控室,通信值班室,计算机房 (2)船闸、升船机、泄水闸、冲沙闸集控室 (3)生产管理楼内办公室、会议室、试验室	在机组段外	60
			在机组段内	70
3	一般控制室和附属房间(室内背景噪声级)	(1)机组控制室,空调控制室,深孔、底孔控制室 (2)配电柜室,继电保护屏室,直流柜室,通信设备室 (3)电气试验室,电气检修间 (4)修配厂所属办公室,试验室,会议室		70
4	作用场所和生产设备房间	(1)发电机(泵站机组)层,水轮机层,蜗壳层 (2)空压机室,风机室,水泵房,空调制冷设备室 (3)变压器室,电抗器室,励磁盘室 (4)机修间,油处理室,修配厂车间 (5)启闭机室,充泄水阀门室		85 (每天连续接触噪声 8h)

注:①未列入的场所可参考相类似的场所取噪声限制值。

②对于工作人员每天接触噪声不足 8h 的场所,可根据实际接触噪声的时间,按接触时间减半,噪声限制值增加 3dB 的原则,确定其噪声限制值,但最大值不超过 115dB。

③本表所列的室内背景噪声级,系在室内无声源发声的条件下,从室外经由墙、门、窗(门窗启闭状况为常规状况)传入室内的室内平均噪声级。

4　水工建筑物设计

4.1　挡水、蓄水建筑物

《堤防工程设计规范》GB50286－98

5.1.3　对堤基中的暗沟、故河道、塌陷区、动物巢穴、墓坑、窑洞、坑塘、井窖、房基、杂填土等隐患,应探明并应采取处理措施。

6.2.1　土料、石料及砂砾料等筑堤材料的选择应符合下列规定:

1 **土料　均质土堤宜选用亚粘土,粘粒含量宜为** 15%～30%**,塑性指数宜为** 10～20**,且不得含植物根茎、砖瓦垃圾等杂质;填筑土料含水率与最优含水率的允许偏差为** ±3% **;铺盖、心墙、斜墙等防渗体宜选用粘性较大的土;堤后盖重宜选用砂性土。**

6.2.5　粘性土土堤的填筑标准应按压实度确定。压实度值应符合下列规定：

1　1 级堤防不应小于 0.94；

2　2 级和高度超过 6m 的 3 级堤防不应小于 0.92；

3　3 级以下及低于 6m 的 3 级堤防不应小于 0.90。

6.2.6　无粘性土土堤的填筑标准应按相对密度确定，1、2 级和高度超过 6m 的 3 级堤防不应小于 0.65，低于 6m 的 3 级及 3 级以下堤防不应小于 0.60。

9.1.3　与堤交叉、连接的各类建筑物、构筑物不得影响堤防的管理和防汛运用，不得影响防汛安全。

9.2.1　压力管道和各类热力管道需要穿过堤防时，必须在设计洪水位以上通过。

9.2.2　当堤防工程扩建加高时，必须对穿堤的各类建筑物、构筑物按新的设计条件进行验算。当原有的建筑物、构筑物需要保留利用时，必须符合下列要求：

1　能满足防洪要求；

2　运用工况良好；

3　能满足结构强度要求；

4　外周的覆盖土层能满足设计要求的厚度和密实度；

5　穿堤管道的接头良好；

6　穿堤管道外周与堤防连接处能满足渗透稳定要求。

当不能满足上述要求时，应加固、改建或拆除重建。

《城市防洪工程设计规范》CJJ50－92

3.4.4　当排洪渠道出口受外河洪水顶托时，应设挡洪闸或回水堤，防止洪水倒灌。

5.3.4　防洪墙基础砌置深度，应根据地基土质和冲刷计算确定，要求在冲刷线以下 0.5～1.0m。在季节性冻土地区，还应满足冻结深度的要求。

5.3.5　防洪墙必须设置变形缝，缝距可采用：浆砌石墙体 15～20m，钢筋混凝土墙体 10～15m；在地面标高、土质、外部荷载、结构断面变化处，应增设变形缝。

5.4.5　对判定可能液化的土层，应挖除后换填好土。在挖除困难或不经济时，应采用人工加密措施，使之达到与设计地震烈度相适应的紧密状态，并有排水和增加压重措施。

6.3.5　重力式护岸沿长度方向必须设变形缝，缝距可采用：浆砌石结构为 15～20m，混凝土和钢筋混凝土结构为 10～15m。在下列位置必须设置变形缝：

(1)新旧护岸连接处；

(2)护岸高度或结构型式改变处；

(3)护岸走向改变处；

(4)地基土质差别较大的分界处。

6.3.6　重力式护岸应设排水孔，孔后应设置反滤层或土工织物。

《碾压式土石坝设计规范》SDJ218－84

3.1.4　满足下列要求的粘性土或砾石土（包括风化砾石土、开挖碾压后可破碎为砾石土的风化岩石，人工掺和的砾石土等），一般都可作为防渗土料。

一、渗透系数一般对均质坝不大于 1×10^{-4}cm/s，对心墙或斜墙不大于 1×10^{-5}cm/s。

二、水溶盐含量（指易溶盐和中溶盐的总量，按重量计）不大于 3%；有机质含量（按重量计）对均质坝不大于 5%，对心墙或斜墙不大于 2%；经论证后可适当提高。

3.1.8　用于填筑防渗体的砾石土，其粗料（粒径大于 5mm 的颗粒）含量一般不超过 50%，其最大粒径一般不超过 10～15cm 或铺土厚度的 2/3，且不得发生粗料集中架空现象。

3.1.16　反滤层、过渡层和排水层的土石料，应符合下列要求：

一、具有要求的颗粒级配，且粒径小于 0.1mm 的颗粒含量不大于 5%。

二、具有要求的透水性。

三、质地致密坚硬，具有高度的抗水性和抗风化能力；风化料一般不能用作反滤料，如必须应用时应有充分论证。

四、反滤料宜尽量利用天然砂砾料筛选，在缺乏天然砂砾料时，也可采用人工砂或碎石料，但应选用抗水性和抗风化能力强的母岩轧制。

3.2.4　无粘性土的压实标准按相对密度确定，要求不低于 0.70～0.75。

无粘性土中粗料含量小于 50%时，应保证细料（小于 5mm 的颗粒）的相对密度满足本条要求。

对砂砾料，应按本条要求的相对密度，换算出不同粗料含量的填筑密度值。

4.5.2　坝体排水设备必须满足以下要求：

一、应有充分的排水能力，以保证自由地向下游排出全部渗水。

二、应按排水反滤原则设计，以保证坝体及地基土不发生渗透破坏。

三、便于观测和检修。

4.6.2　土质防渗体（包括心墙、斜墙、铺盖、截水槽等）与坝壳或坝基透水层之间，以及下游渗流逸出处，都必须设置反滤层。当坝基或坝壳为砂性土，层间关系满足反滤要求时，经过论证也可不设置专门的反滤层。

4.7.1　土石坝上游面，为防止波浪淘刷、冰层和漂浮物的损害、顺坝水流的冲刷等对坝坡的危害，必需设置护坡。

4.8.1　为避免雨水漫流而造成坝坡坡面冲刷，应设置坝面排水，其范围包括坝顶、坝坡、坝端及坝下游等部位的集水、节水和排水措施。

4.8.2　坝体与岸坡连接处必须设置排水沟，其集水面积应包括岸坡集水面积在内。

5.1.1　堤基（包括坝头，下同）处理应满足渗流控制（包括渗透稳定和控制渗流量）、静力和动力稳定、容许沉降量和不均匀沉降等方面的要求，保证坝的安全运行和经济效益。

5.1.2　坝基中遇有下列情况时，须特别注意研究加以处理。

一、深厚砂砾石层。

二、软土。

三、湿陷性黄土。

四、疏松砂土及少粘性土（粘粒含量小于 15%）。

五、岩溶。

六、断裂破碎、透水性强或有不稳定泥化夹层的岩石。

七、含有大量可溶盐类的岩石和土。

八、透水坝基下游坝趾处有连续的透水性较差的覆盖层。

6.1.2　坝体与土质地基及岸坡的连接必须做到：

一、清除坝断面范围内地基与岸坡上的草皮、树根、含有植物的表土、蛮石、垃圾及其他废料，并将清理后的地基表面土层压实。

二、对坝断面范围内的低强度、高压缩性软土及地震时易于液化的土层，进行清除或处理。

三、防渗体必须座落在相对不透水的土基上，否则应采取适当的防渗处理措施。

四、地基覆盖层与下游坝壳粗粒料（如堆石等）接触处，应符合反滤要求，否则必须设置反滤层，以防止地基土流失到坝壳中。

6.1.3　坝体与岩石地基与岸坡的连接必须做到：

二、土质防渗体和反滤层应与相对不透水的新鲜或弱风化岩石相连接。在开挖清理完毕后，用混凝土或砂浆封堵清理后的张开节理裂隙和断层。基岩面上一般宜设混凝土盖板、喷混凝土或喷浆层，将基岩与土质防渗体分隔开来，以防止接触冲刷。

6.1.4　为了使防渗体与岸坡紧密结合，防止发生不均匀沉陷而导致裂缝，岸坡开挖的要求如下：

一、岸坡应大致平顺，不应成台阶状、反坡或突然变坡，岸坡上缓下陡时，凸出部位的变坡角应小于 20°。

三、土质岸坡一般不陡于 1∶1.5。

四、压缩性小的坝壳透水料与岸坡连接时，原则上岸坡应能保持自身的稳定。

6.2.1　土石坝与混凝土坝、溢洪道、船闸、涵管等混凝土建筑物的连接，必须防止接触面的集中渗流、因不均匀沉降而产生的裂缝，以及水流对上下游坝坡和坝脚的冲刷等因素

的有害影响。

《碾压式土石坝设计规范》SDJ218－84 修改和补充规定

1.0.6　粘性土的填筑密度按如下要求确定：

(1)对不含砾或少量砾的粘性土料，以干容重为设计指标，按击实试验最大干容重乘以压实系数确定。对 1、2 级坝和高坝应不低于 0.97～0.99；对 3 级及其以下的坝(高坝除外)应不低于 0.95～0.97。

(3)对含砾粘性土料，如果料场细料部分压实性差别较大，难以确定不同含砾量的干容重指标时，可用细粒的压实度作为控制指标。对 1、2 级坝及高坝应不低于 0.97～0.99，对 3 级及其以下的坝(高坝除外)应不低于 0.96。在含砾量大于 30%时，压实度下限值可适当降低。

1.0.7　堆石的压实功能和设计孔隙率可按已有工程经验拟定，一般为 20%～28%，并由碾压试验确定。施工时以施工参数(包括碾压设备的型号、振动频率及重量、铺土厚度、加水量、碾压遍数等项)及干容重同时控制。

1.0.13　与防渗体连接的岩石岸坡坡度，宜不陡于 1∶0.5～1∶0.75，陡于此坡度应有专门论证，并采取相应工程措施。

《混凝土面板堆石坝设计规范》SL228－98

4.1.5　硬岩堆石料压实后应能自由排水，有较高的压实密度和变形模量。

坝料最大粒径应不超过压实层厚度，小于 5mm 的颗粒含量不宜超过 20%，小于 0.075mm 的颗粒含量不宜超过 5%。

4.1.6　软岩堆石料压实后应具有较低的压缩性和一定的抗剪强度，可用于下游堆石区下游水位以上的干燥区，如用于主堆石区时需经专门论证和设计。渗透性不能满足要求时可设置坝内排水。坝坡及周边缝止水结构，应适应软岩堆石料的特性。

4.1.7　砂砾石料压实后具有较高的抗剪强度和较低的压缩性，宜用于填筑主堆石区，应按本规范的规定作好坝体渗流控制设计。

4.1.10　高坝垫层料应具有连续级配，最大粒径为 80～100mm，粒径小于 5mm 的颗粒含量宜为 30%～50%，小于 0.075mm 的颗粒含量宜少于 8%。压实后应具有内部渗透稳定性、低压缩性、高抗剪强度，并应具有良好的施工特性。

4.1.11　周边缝下游侧的特殊垫层区，宜采用最大粒径小于 40mm 且内部稳定的细反滤料，薄层碾压密实，以尽量减少周边缝的位移，同时对缝顶粉细砂、粉煤灰等能起到反滤作用。

4.2.2　各区坝料填筑标准可根据经验初步确定，其值可在表 4.2.2 范围内选用。设计应同时规定孔隙率(或相对密度)、坝料级配范围和碾压参数。设计干密度可用孔隙率和

岩石密度换算。

表 4.2.2　坝料填筑标准

料物或分区	孔隙率(%)	相对密度
垫层料	15 ~ 20	
过渡层细堆石料	18 ~ 22	
主堆石区堆石料	20 ~ 25	
下游区堆石料	23 ~ 28	
砂砾石料		0.75 ~ 0.85

平均干密度应不小于用设计孔隙率(或相对密度)换算的干密度值,其标准差应不大于 $0.1g/cm^3$。

周边缝下游侧的特殊垫层区,应适当提高填筑标准,以减少周边缝的变形量。

软岩堆石料的设计指标和填筑标准,应通过试验和工程类比确定。

5.5.1　混凝土面板砂砾石坝的垫层料应是连接级配且内部渗透稳定,并要符合本规范 4.1.10 条及 4.1.11 条的规定,压实后渗透系数宜为 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$ cm/s。

6.2.2　趾板的岩石地基应进行固结和帷幕灌浆处理。

8.2.1　面板厚度的确定应满足下列要求:

1. 应能便于在其内布置钢筋和止水,其相应最小厚度为 0.30m;

2. 控制渗透水力梯度不超过 200;

3. 在达到上述要求的前提下,应选用较薄的面板厚度,以提高面板柔性,降低造价。

《浆砌石坝设计规范》SL25 – 91

2.1.1　石料。

一、砌体所用石料必须质地坚硬、新鲜、完整。砌体石料按其形状可分为毛石、块石、粗料石三种。

毛石:无一定规则形状,块重应大于 25kg,中部厚不小于 15cm。

块石:上下两面大致平整,无尖角,块厚宜大于 20cm。

粗料石:棱角分明,六面大致平整,同一面最大高差宜为石料长度的 1% ~ 3%。石料长度宜大于 50cm,块高宜大于 25cm,长厚比不宜大于 3。

2.1.2　胶结材料。

一、浆砌石坝的胶结材料宜采用水泥砂浆或混凝土。

三、胶结材料的配合比,必须满足砌体设计标号的要求,并采用重量比。对于 2、3 级浆砌石坝,可初选配合比,但应根据实际所用材料的试拌试验进行调整。

四、胶结材料采用掺合料或外加剂时应专门进行试验研究。

6.2.5　混凝土防渗面板或心墙必须嵌入建基面 1～2m，并与坝基防渗设施连成整体。

6.4.3　混凝土防渗面板或心墙的工作缝除必须按有关规定处理外，竖直工作缝应埋设止水，水平工作缝宜采用键槽连接。

6.4.4　混凝土防渗面板与心墙的伸缩缝，在水头大于 30m 或死水位以下的部位应设两道止水，死水位以上且水头小于 30m 的部位可设一道止水。

8.3.1　浆砌石坝根据地形、地质、温度等因素，可设置沉降或温度横缝。局部施工缝可根据需要设置。拱坝横缝的构造应满足封拱灌浆的要求。重力坝横缝、拱坝底座水平缝应设置可靠的止水。

《混凝土重力坝设计规范》SDJ21－78

5　混凝土重力坝的设计应符合下列要求：

3. 必须重视坝体防洪安全设计。

4. 应重视坝基处理、泄洪消能、降低或放空库水的设计以及在地震区的坝的抗震设计，做到安全可靠。

9　溢流坝段的下游必须采用适当的消能和保护设施，使过坝水流能按设计要求平顺进入下游河道。

38　有压孔孔身或无压孔的进口有压段均应进行压力坡线计算，不得出现负压。

71　混凝土重力坝坝基面的垂直正应力应符合下列要求：

一、运用期

1. 在各种荷载组合情况下（地震荷载除外），坝基面所承受的最大垂直正应力 σ_{ymax} 应小于坝基容许压应力（计算时分别计入扬压力和不计入扬压力）；最小垂直正应力 σ_{ymin} 应大于零（计算时应计入扬压力）。

2. 在地震情况下，坝基面的垂直正应力应符合《水工建筑物抗震设计规范》的要求。

注：①对于计算时考虑两个方向的弯矩和扭矩的岸坡坝段（包括整体式重力坝），可容许 σ_{ymin} 为不大的拉应力。

②计算坝体应力时，一般不考虑纵缝的影响，但对于高坝，如纵缝对坝踵应力有显著的不利影响时，应在设计及施工中采取措施加以限制和改善。

二、施工期

下游坝基面的垂直正应力可允许有不大于 $1.0kgf/cm^2$ 的拉应力。

73　混凝土重力坝坝体的应力应符合下列要求：

一、运用期

2. 坝体最大主压应力，应不大于混凝土的容许压应力值。

3. 在地震情况下，坝体上游面的应力控制标准应符合《水工建筑物抗震设计规范》的要求。

4. 坝体内一般不容许出现主拉应力，但容许有以下例外：

(1)宽缝重力坝离上游面较远的局部区域，可容许出现拉应力，但不得超过混凝土的容许拉应力；

二、施工期

1. 坝体任何截面上的主压应力应不大于混凝土的容许压应力；

2. 在坝体的下游面，可容许有不大于 $2kgf/cm^2$ 的主拉应力。

78　混凝土的容许应力应按混凝土的极限强度及相应的安全系数来确定。

对各级坝体混凝土抗压安全系数在基本组合情况下应不小于 4 特殊组合情况下(地震情况除外)应不小于 3.5。当个别部位对混凝土有抗拉要求时，抗拉安全系数应不小于 4，并提出抗拉标号。

在地震情况下，混凝土容许压应力和抗拉安全系数应符合《水工建筑物抗震设计规范》的要求。

85　混凝土重力坝的基础经处理后必须符合下列要求：

1. 具有足够的强度，以承受坝体的压力；

2. 具有足够的整体性和均匀性，以满足坝基抗滑稳定要求和减少不均匀沉陷；

3. 具有足够的抗渗性，以满足渗透稳定的要求；

4. 具有足够的耐久性，以防止岩体性质在水的长期作用下发生恶化。

102　防渗帷幕的深度，应遵守下列规定：

1. 当坝基下存在明显的相对隔水层时，一般情况下，防渗帷幕应伸入到该岩层内 3～5m；不同坝高的相对隔水层的单位吸水量值(ω)标准，见本规范第 104 条；

2. 当坝基下相对隔水层埋藏较深或分布无规律时，帷幕深度应符合本规范第 101 条的要求，并参照渗流计算和已建工程经验研究确定，通常可在 0.3～0.7 倍坝高范围内选择；

3. 岩溶地区的帷幕深度，应根据溶洞及渗漏通道的分布情况和防渗要求确定；

4. 两岸坝头部位。防渗帷幕伸入岸坡内的范围、深度以及帷幕轴线的方向，应根据工程地质、水文地质条件确定，并应与河床部位的帷幕保持连续性。

为解决岸坡部位的防渗问题，经研究论证可设置明挖或洞挖后回填混凝土的防渗墙等措施。

104　在防渗帷幕体内，岩体的透水性根据不同坝高应降低到下列单位吸水量值：

高坝：单位吸水量值 $< 0.01L/(min\cdot m\cdot m)$

中坝：单位吸水量值 $0.01\sim0.03L/(min\cdot m\cdot m)$

低坝：单位吸水量值 $0.03\sim0.05L/(min\cdot m\cdot m)$

125　坝内必须设置基础灌浆廊道。

137　横缝的上游坝面附近必须设有止水设施，其后可考虑设排水设施。对高坝宜考虑设置能检查和维修的措施。

148　横缝止水必须与坝基岩石妥善连接。

155　对高、中坝，必须进行坝体温度控制设计，提出温度控制标准及防止裂缝的措施。

157　为防止大坝裂缝，除注意分缝、分块及控制温度外，还必须提高混凝土的抗裂性能。温度控制设计，必须提出混凝土的抗裂性能指标，一般采用中心受拉的极限拉伸值。为了便于现场控制，可提出相应的混凝土抗压和抗拉强度作为施工现场的控制指标。

162　采用通仓浇筑的优点是加强了坝体的整体性，毋须进行纵缝灌浆，但由于浇筑块尺寸大，浇筑强度高，温度应力大，必须进行严格的温度控制。当高坝采用通仓浇筑时，必须有专门论证。

《混凝土拱坝设计规范》SD145－85(试行)

3.3.1　泄水建筑物的下游必须采取适当的消能防冲设施，以避免水流的冲刷危及枢纽及下游其它建筑物和岸坡的安全。

3.3.2　挑流消能设计应考虑下列事项：

3. 鼻坎的设置高程应能保证自由挑流。

4. 必须充分估计挑流雾化区对枢纽、电气设备、输电线正常运行和人员通行的影响，并采取适当的措施。

5.3.1　用拱梁分载法计算时，坝体内的主压应力和主拉应力应符合以下应力控制指标的要求：

1. 容许压应力。混凝土的容许压应力等于混凝土的极限抗压强度除以安全系数。对于基本荷载组合，安全系数采用 4.0 对于特殊荷载组合，安全系数采用 3.5；

2. 容许拉应力。在拱坝设计中，应尽可能在保持拱座稳定的条件下，通过调整坝的体形来减小坝内拉应力的作用范围和数值。对于基本荷载组合，拉应力不得大于 12kgf/cm^2 对于特殊荷载组合，拉应力不得大于 15kgf/cm^2。

7.1.1　混凝土拱坝的地基经处理后应达到下列要求：

1. 具有足够的整体性和稳定性，保证抗滑安全。

2. 具有足够的强度和刚度，能承受拱坝传来的力和各种荷载，不发生不能容许的变形。

3. 具有足够的抗渗性和有利的渗流场，满足渗透稳定要求，降低渗透压力。

4. 具有足够的耐久性，以免在水的长期作用下恶化。

5. 坝体与地基接触面的形状适宜，避免不利的应力分布。

7.4.4　防渗帷幕及其下部岩体的透水性。根据不同坝高应达到下列标准：

防渗帷幕的透水性

坝高	单位吸水量 ω[L/(min·m·m)]	渗透系数 K(cm/s)
高坝	≤0.01	$\leqslant 1\times10^{-5}$
中坝	≤0.03	$\leqslant 6\times10^{-5}$
低坝	≤0.05	$\leqslant 1\times10^{-4}$

7.6.5　必须特别重视两岸拱座基岩的加固处理，当两岸拱座岩体内存在断层破碎带、层间错动面等软弱结构面，使拱座岩体的稳定安全受到影响时，应采取适当的处理措施（如抗滑键、预应力锚固和高压固结灌浆等）。如采用高压固结灌浆，应进行现场试验以防止掀起基岩，并取得最好效果。对高坝或重要性较大的工程，处理方案应通过相应的计算或模型试验论证。

8.2.1　为防止混凝土产生裂缝，拱坝坝体必须设置横缝，必要时也可设置纵缝。

8.2.4　横（纵）缝必须进行灌浆。灌浆时坝体温度应降到设计规定值。待水泥浆结石达到一定强度后才能挡水受力。当拱坝横（纵）缝尚未灌浆而需临时拦洪时，必须经过专门论证。

横（纵）缝的灌浆压力应根据块体应力及变形条件确定，层顶压力一般为 1～3kgf/cm^2。

9.2.5　温差控制标准。

1. 基础温差：系指基础约束范围以内，混凝土的最高温度和该部位稳定温度之差。

当基础混凝土 28d 龄期的极限拉伸值不低于 0.85×10^{-4}，基岩和混凝土弹性模量相近，短间歇均匀上升浇注时，基础混凝土的容许温差，可采用表 9.2.5 规定的数值。

表 9.2.5　基础混凝土容许温差（℃）

距基岩面高度 H ＼ 浇注块长边 l	16m 以下	17～20m	21～30m	31～40m	通仓长块
0～0.2l	26～25	25～22	22～19	19～16	16～14
0.2～0.4l	28～27	27～25	25～22	22～19	19～17

当坝块在施工期间或运转期间温度可能低于稳定温度时，（例如深孔、闸墩等）设计中应考虑其影响。

对以下各种情况的基础混凝土允许温差应加以论证：

（1）坝块结构尺寸长宽比小于 0.5；

（2）在基础约束范围内长期间歇的浇注块；

(3)基础弹性模量和混凝土弹性模量相差较大者；

(4)基础的回填混凝土、混凝土塞,及陡坡等浇注块；

(5)试验和实测充分证明混凝土有明显的稳定的自生体积变形膨胀(或收缩)者。

2. 上下层温差：即新老混凝土温差,系指龄期超过 28d 的老混凝土层面上的高度在 1/4 块长范围内,上层混凝土最高平均温度与上层混凝土开始浇注时下层混凝土平均温度之差,上下层混凝土容许温差约为 15～20℃。

各坝块应尽量均匀上升,避免过大的高差,相邻坝块之间浇注时间相隔不宜太久(一般应小于 30d),相邻块高差一般不超过 10～12m,以避免影响坝缝的开度,造成接缝灌浆困难。除施工需要并有充分论证外,在汛期和入冬前坝上下不得留缺口和在浇注块上过水。

4.2　输水、泄水建筑物

《灌溉与排水工程设计规范》GB50288－99

5.2.16　位于多泥沙河流上重要的大型渠首工程,其防沙、排沙设施的设计布置方案,应通过水工模型试验确定。

5.3.2　沉沙池设计应根据灌区的用水要求和输水渠道的具体情况,以水流的允许含沙量和允许进入输水渠道的泥沙粒径为依据。黄河下游自流引水允许含沙量宜小于 50kg/m^3,沉沙池出口允许含沙量不宜大于 10kg/m^3,允许泥沙粒径不宜大于 0.05mm。黄河中游自流引水允许含沙量可根据实际情况和用途确定。

5.4.8　从多泥沙河道取水的灌溉泵站,应采取防沙、沉沙、排沙和抗磨蚀等措施,控制过泵水流挟沙量不超过 7%。不具备自流引水沉沙、冲沙条件时,可在岸边设低扬程泵站并布置相应的沉砂、冲沙设施。

5.4.16　泵房结构布置必须满足泵房内机电设备布置、安装、运行和检修的要求,并应符合通风、采光、防火、防噪声的规定。

6.2.1　土壤渗漏量大、渠系水利用系数不符合本规范第 3.1.11 条规定,以及水资源紧缺地区或有特殊要求的渠道,均应进行防渗衬砌。

6.2.3　渠道衬砌结构的基底应坚实稳定。衬砌渠段无法避开湿陷性黄土、膨胀性土和可溶性盐含量大的土壤,以及裂隙、断层、滑坡体、溶洞或地下水位较高时,应首先采取工程处理措施。

《泵站设计规范》GB/T50265－97

5.1.9　对于水流条件复杂的大型泵站枢纽布置,应通过水工整体模型试验论证。

5.2.9　紧靠山坡、溪沟修建泵站,应设置排泄山洪和防止局部滑坡、滚石等的工程措施。

6.1.17　主泵房顺水流向的永久变形缝(包括沉降缝、伸缩缝)的设置,应根据泵房结构

型式、地基条件等因素确定。土基上的缝距不宜大于 30m，岩基上的缝距不宜大于 20m。缝的宽度不宜小于 2.0cm。

6.1.18　主泵房排架的布置，应根据机组设备安装、检修的要求，结合泵站结构布置确定。排架宜等跨布置，立柱宜布置在隔墙或墩墙上。当泵房设置顺水流向的永久变形缝时，缝的左右侧应设置排架柱。

6.2.1　防渗排水布置应根据站址地质条件和泵站扬程等因素，结合泵房、两岸联接结构和进、出水建筑物的布置，设置完整的防渗排水系统。

6.4.2　泵房地基应优先选用天然地基。标准贯入击数小于 4 击的粘性土地基和标准贯入击数小于或等于 8 击的砂性土地基，不得作为天然地基。

当泵房地基岩土的各项物理力学性能指标较差，且工程结构又难以协调适应时，可采用人工地基。

6.4.3　土基上泵房和取水建筑物的基础埋置深度，应在最大冲刷线以下。

6.4.4　位于季节性冻土地区土基上的泵房和取水建筑物，其基础埋置深度应大于该地区最大冻土深度。

7.3.2　泵站进水流道布置应满足下列要求：

7.3.2.1　流道型线平顺，各断面面积沿程变化应均匀合理。

7.3.2.2　出口断面处的流速和压力分布应比较均匀。

7.3.2.4　在各种工况下，流道内不应产生涡带。

7.3.5　泵站出水流道布置应满足下列要求：

7.3.5.2　流道型线变化应比较均匀，当量扩散角宜取 8°～12°。

7.3.5.4　应有合适的断流方式。

7.4.3　出水管道的出口上缘应淹没在出水池最低运行水位以下 0.1～0.2m。

《农用机井技术规范》SD188－86

3.1.2　滤水结构必须有效地防止涌砂。机泵正常运转后 15min 采取水样，用容积法测定的含砂量：中、细砂含水层不得超过万分之一；粗砂、卵、砾石含水层不得超过五万分之一。

3.3.2　井孔和井管轴线垂直度

井孔必须保证井管的安装；井管必须保证抽水设备的正常工作。泵段以内顶角倾斜：安装长轴深井泵时，不得超过 1°；安装潜水电泵时，不得超过 2°。泵段以下每百米顶角倾斜不得超过 2°。

《节水灌溉技术规范》SL207－98

3.0.3　用微咸水作为灌溉水源时，应采用咸、淡水混灌或轮灌；用工业或生活污废水作

为灌溉水源时，必须经过净化处理，达到灌溉水质标准，方可用于灌溉。

6.0.1　渠道防渗工程应符合下列要求：

5　标准冻深大于 10cm 的地区，应考虑采用防治冻胀的技术措施。

6　渠道防渗率，大型灌区不应低于 40%；中型灌区不应低于 50%；小型灌区不应低于 70%；井灌区如采用固定渠道输水，应全部防渗。

《喷灌工程技术规范》GBJ85－85

3.0.7　在设计风速下，喷灌均匀系数不应低于 75%，但对行喷式喷灌系统，不应低于 85%。

3.0.9　喷灌系统的设计喷灌强度不得大于土壤的允许喷灌强度。

3.0.10　喷灌的雾化指标应根据喷头工作压力水头和主喷嘴直径的比值确定，对于主喷嘴为圆形且不带碎水装置的喷头，设计雾化指标应符合表 3.0.10 的要求。

表 3.0.10　雾化指标

种类	h_p/d 值
蔬菜及花卉	4000～5000
粮食作物、经济作物及果树	3000～4000
牧草、饲料作物、草坪及绿化林木	2000～3000

注：①h_p 为喷头工作压力水头；

②d 为喷头主喷嘴直径。

《微灌工程技术规范》SL103－95

2.2.5　微灌水质除必须符合 GB5084《农田灌溉水质标准》的规定外，还应满足：

(1)进入微灌管网的水应经过净化处理，不应含有泥沙、杂草、鱼卵、藻类等物质。

(2)微灌水质的 pH 值一般应在 5.5～8.0 范围内。

(3)微灌水的总含盐量不应大于 2000ppm。

(4)微灌水的含铁量不应大于 0.4ppm。

(5)微灌水的总硫化物含量不应大于 0.2ppm。

5.1.5　管与管件的选择必须使其公称压力符合微灌系统设计要求，并应不透光、抗老化、施工方便、连接牢固可靠。直径 50mm 以上各级管与管件可选用聚氯乙烯产品；直径 50mm 以下各级管与管件应选用微灌用聚乙烯产品。严禁使用由废旧塑料制造的管与管件。

《低压管道输水灌溉工程技术规范》(井灌区部分)SL/T153－95

5.1.1　低压管道输水灌溉工程所用管材与连接件，必须符合下列规定：

(1)非现场制作的管材与连接件，应为定型产品，或经过技术鉴定并严格按技术要求生产的非定型产品；

(2)现场制作的管材与连接件，应进行技术鉴定，并有相应措施保证其质量不低于鉴

定时的指标。

《水工隧洞设计规范》SD134－84

3.3.3　中小型水电站泄洪与发电共用一条主洞布置时，必须保证各自的运用要求和较好的水力条件，即安全宣泄规定的泄洪流量、保证发电隧洞的压力状态及发电时的最小水头，并采取适当的措施，以防机组振动和分岔附近空蚀破坏。

4.1.4　对高流速的泄水隧洞，在同一段内严禁采用明满流交替的运行方式。

5.1.5　对高流速、大流量、水流条件复杂的水工隧洞，应进行整体或局部的水工模型试验，验证其水力计算和建筑物布置的合理性。

5.2.1　高流速的水工隧洞，应根据试验选定各部位的体形。所选体形最低压力点（或可疑点）的‘初生空化数’应当小于该处的‘水流空化数’，否则必须采取相应的措施。

6.1.4　混凝土和钢筋混凝土的衬砌厚度（不包括围岩超挖部分），应根据强度、抗渗和构造要求，并结合施工方法分析决定。

单筋混凝土衬砌厚度不宜小于 25cm；双层钢筋混凝土衬砌厚度不宜小于 30cm。

6.1.6　若隧洞衬砌开裂后，内水外渗将危及围岩和相邻建筑物的安全时，应按抗裂设计，否则可按限裂设计。按限裂设计时，最大计算裂缝宽度不应超过 0.2～0.3mm。水质有侵蚀性时，最大计算裂缝宽度不应超过 0.15～0.25mm。

6.4.1　混凝土和钢筋混凝土衬砌，在地质条件明显变化处（如通过较大的断层、软弱破碎带等部位）和井、硐等交会处，或其他可能产生较大相对变位处，应设置变形缝，并采取相应的防渗措施。

围岩地质条件比较均一的洞身段，只设置施工缝。

6.4.5　钢筋混凝土衬砌和钢板衬护的连接应有一定搭接长度（按水头大小决定，最少不小于 1m），并在钢板衬护上设置阻水环或其它防渗措施。对内水压力较高的有压隧洞，应研究在钢筋混凝土衬砌末端设置阻水帷幕和排水设施的必要性。

7.1.4　不衬砌隧洞的底部，应用混凝土抹平。

7.2.6　喷混凝土的力学指标应符合下列要求：

一、抗压强度不宜低于 200kgf/cm^2；

二、抗拉强度不宜低于 15kgf/cm^2；

三、抗渗标号不宜低于 8kgf/cm^2。

8.1.1　混凝土、钢筋混凝土衬砌的顶部，必须进行回填灌浆。

8.2.4　对于不衬砌和喷锚衬砌隧洞，在：1）有压隧洞的出口部位；2）Ⅳ、Ⅴ类围岩的洞段，洞顶以上围岩覆盖厚度小于 1 倍内水压力水头处；3）傍山岸边一侧围岩厚度小于 1.5 倍内水压力水头处，应采取必要的防渗措施，并应注意围岩及山坡的失稳问题。

《溢洪道设计规范》SL253－2000

2.1.10　当溢洪道靠近坝肩布置时，其布置及泄流不得影响坝肩及岸坡的稳定。

在土石坝枢纽中，当溢洪道靠近坝肩时，与大坝连接的接头、导墙、泄槽边墙等必须安全可靠。

3.3.5　实用堰堰顶附近堰面压力应符合下列规定：

1　对于常遇洪水闸门全开情况，堰面不应出现负压；

2　对于设计洪水闸门全开情况，堰顶附近负压值不得大于 0.03MPa；

3　对于校核洪水闸门全开情况，堰顶附近负压值不得大于 0.06MPa。

3.7.2　溢洪道各部位的水流空化数 σ 应大于该处体型的初生空化数 σ_i。

5.1.4　溢洪道的边坡必须保持稳定，对可能失稳的边坡应采取适当的处理措施。对地质条件复杂的高边坡尚应进行专门的研究及边坡监测设计。对易风化掉块，易软化或抗冲能力低的稳定边坡也应进行相应的防护。

5.4.2　防渗和排水设施的布设应满足下列要求：

4　具有可靠的连续性和足够的耐久性。

5　防渗帷幕不得设置在建筑物底面的拉力区。

《水闸设计规范》SD133－84

3.1.5　闸室的总净宽必须根据在允许的单宽流量条件下，能安全通过设计和校核流量的要求确定。闸室的总宽度，应与上、下游河(渠)道相适应。

3.2.1　防渗排水布置应根据闸基地质条件和水闸上、下游水位差等因素，结合闸室、消能和两岸布置综合考虑，构成完整的防渗排水系统。

4.0.4　计算闸孔总净宽时，其上、下游水位差应根据上游淹没影响、允许的过闸单宽流量和水闸工程造价等因素综合比较选定，一般采用 0.1～0.3m。

4.0.8　进行水力设计时，应考虑到水闸建成后上、下游河床可能发生淤积或冲刷，闸下水位变动对过水能力和消能防冲设施产生不利影响。

4.0.13　大型水闸的水力设计，在初步设计阶段，应进行水工模型试验验证。

5.0.4　验算闸基抗渗稳定性时，要求水平段和出口段的渗流坡降必须分别小于附表 3.1 规定的水平段和出口段允许坡降值。

5.0.7　位于防渗范围内的永久缝必须设一道止水。重要的大型水闸应设两道止水。

止水的型式应能适应不均匀沉降和温度变化的要求，止水材料应耐久。

垂直止水与水平止水相交处必须构成密封系统。

8.1.3　水闸应避免建造在半岩半土地基上；否则，必须采取严格的工程措施，以防止不均匀沉降。对于半硬半软的土基，也应慎重对待。

附表 3.1　水平段和出口段允许坡降值表

地基类别	允许坡降值	
	水平段	出口段
粉　　砂	0.05～0.07	0.25～0.30
细　　砂	0.07～0.10	0.30～0.35
中　　砂	0.10～0.13	0.35～0.40
粗　　砂	0.13～0.17	0.40～0.45
中砾、细砾	0.17～0.22	0.45～0.50
粗砾夹卵石	0.22～0.28	0.50～0.55
砂壤土	0.15～0.25	0.40～0.50
(粘)壤土	0.25～0.35	0.50～0.60
软(粘)土	0.30～0.40	0.60～0.70
坚硬粘土	0.40～0.50	0.70～0.80

注：①当渗流出口处设反滤层时，表列数值可加大 30%；
②表列出口段的数值系流土破坏时的允许坡降值。

4.3　水电站建筑物

《水电站进水口设计规范》SD303－88(试行)

2.3.2　不应在含有大量推移质的支流或山沟的汇口附近设置进水口。

2.3.3　进水口应避开容易聚积污物的回流区，并应避免流冰或漂木的直接撞击。

3.1.6　多泥沙河流上的大型或重要工程，最终选定的进水口防沙设施应通过水工泥沙试验验证。

《水电站压力钢管设计规范》SD144－85

2.1.6　钢管首端的快速闸阀或事故闸阀必须有远方(中央控制室)和就地操作装置，操作装置必须有可靠电源。

2.1.7　紧靠快速闸阀和事故闸阀下游必须设置通气孔(井)或通气阀，充水阀出水水流不得封堵通气孔口。通气孔上端宜在启闭室之外，高于校核洪水位。

5.1.4　钢管抗外压稳定安全系数不得小于：

(1)明管的管壁和加劲环 2.0；

(2)地下埋管和坝内埋管：

光面管和锚筋加劲管的管壁 2.0；

用加劲环加劲的钢管管壁和加劲环 1.8。

7.3.2　地下埋管(包括岔管)应尽量减小钢管、混凝土和岩石三者之间的施工缝隙。一、平洞、斜井应作顶拱回填灌浆。顶拱回填灌浆压力不得小于 $2kgf/cm^2$，且应在混凝土浇筑后至少 14d 才能开始回填灌浆。

7.3.3　若钢管与混凝土衬砌段连接，在钢管首端必须设止水环。若周围岩石渗透性较强，为防止混凝土衬砌的渗漏水增加钢管的外水压力，还须在钢管首段作环状防渗帷幕及排水。

7.4.4　钢管与混凝土之间必须进行接缝灌浆，灌浆压力宜取 2.0kgf/cm^2。预留灌浆孔周围应补强，灌后应仔细封堵。

7.4.5　与混凝土段连接的钢管管口必须设阻水环，并应设排水设施。

8.0.5　对岔管等重要结构可在作模型水压试验和测量应力、应变后，续作爆破试验。实测整体屈服压力安全系数（折算为原型后）不得低于 2。实测爆破压力安全系数不得低于 3。

9.1.1　凡符合下列情况之一者必须作原型观测：

一、1、2 级钢管；

二、3 级钢管，电站装机容量等于或大于 10 万 kW 者必须作原型观测；10 万 kW 以下者宜作原型观测；

三、采用新材料、新结构、新工艺的钢管。

《水电站厂房设计规范》SD335－89（试行）

2.2.2　主厂房主机间的长度和宽度，应按机组台数、水轮机过流部件、发电机及风道尺寸、起重机吊运方式、进水阀及调速器位置、厂房结构要求、运行维修和厂内交通等确定。

五、当机组段有泄水、排沙孔时，应同时满足各孔口的结构强度、构造及施工要求。

2.2.5　主厂房起重机的工作范围，应满足机组部件吊装的需要。

2.2.6　厂内交通设施，包括楼梯、转梯、爬梯、吊物孔及水平通道、廊道等主要交通设施，应便利管理、检修、处理故障迅速，满足防火、防潮、通风需要。发电机层及水轮机层主要通道尺寸及楼梯宽度、坡度、安全出口应符合机电设计规范的要求。

2.2.7　水轮机机坑的布置及尺寸应满足机组安装、维修要求。封闭式机坑应设进、出通道。

5.1.2　地下厂房洞口位置，应尽量避开风化严重或有较大断层通过的高陡边坡地带；应避开滑坡、危崖、山崩以及其他软弱面形成的坍滑体。

5.1.3　地下厂房主洞室纵轴线选择应综合考虑地质构造面的影响和地应力场。

一、主洞室的纵轴线走向，应尽量与围岩的主要构造弱面（断层、节理、裂隙、层面等）呈较大的夹角。同时，应注意次要构造面对洞室稳定的不利影响；

二、在高地应力地区，洞室纵轴线走向应考虑地应力方向，有利于洞室围岩稳定。

5.1.12　交通运输洞的布置原则：

一、交通运输洞的宽度及高度应满足设备运输要求，如运输洞兼作其它用途时，其断

面尺寸还应考虑其它使用要求；

二、交通运输洞的纵坡和转弯半径可参照公路和铁路的有关规定确定，进入安装间前应有一平直段；

三、交通运输洞的进口一般宜位于非常运用洪水位以上。进口高程若低于非常运用洪水位，则须设置可靠的防洪防淹措施和人员安全进、出口；

五、地下厂房至少应有 2 个进、出通道。

5.1.15　地下厂房设计中，应妥善解决通风、防潮、防火问题。地下厂房各部分的温、湿度控制标准及通风量应满足通风设计要求，通风洞的布置一般应遵循下列原则：

一、通风洞除必须专设者外，一般应充分利用交通运输洞（井）、出线洞（井）、无压尾水洞以及主厂房天棚吊顶上方空间等附属洞室兼作送风道或排风道之用；

二、蓄电池室布置于地下时，必须单独设置专用排风道，以便将有害气体直接排出洞外；

三、主要通风系统的通风机尽可能远离主、副厂房布置（如布置在洞口或单独的洞室内），若布置在主、副厂房内或其邻近地方时，应有防止噪声影响的有效措施。

5.1.16　地下厂房、主变压器及高压开关站等洞室的防渗排水可视工程地质、水文地质条件和工程布置情况采取下列措施：

一、一般在洞室边壁上设防潮隔墙，靠地下水来源一侧增设排水孔，将渗漏水集中排向集水井；

二、洞室距离水库较近时或在地下水丰富地区，应加强前沿部位的防渗、排水措施，必要时可在洞室群外围分层设置排水洞，并在排水洞内设置排水孔，以截断渗水并排出。

5.3.11　抽水蓄能厂房设计除应符合常规水电站有关设计规定之外，尚应注意下列问题：

二、厂房应有可靠的防淹措施，防淹设计标准及可靠性应不低于常规水电站厂房的要求；

四、对于埋深大的地下式厂房，宜加强基础防渗排水措施，当采取强迫排水降低扬压力时，排水泵及电源必须可靠；

五、对于要受到泄洪建筑物泄洪影响的尾水渠，应考虑尾水位的变幅及河道冲刷物淤积对抽水的影响，应保持抽水所必需的工作水深。

《水力发电厂机电设计技术规范》SDJ173－85

4.1.7　屋内、外机电设备的事故油严禁排入河道及主厂房内集水井。

4.1.11　主厂房进厂路面高程应在厂房设计最高尾水位以上。否则，应设置挡水墙或防洪门，以及第二个进厂交通道。

4.1.14　主、副厂房内的安全出口、通道及楼梯应符合以下规定：

一主、副厂房各层、全厂性操作廊道应有两个及以上不相邻的安全出口，安全出口门净宽不应小于 0.8m，并应向外开；

二、一般通道净宽不应小于 1.2m，主要通道净宽不应小于 1.5m，高度均不应小于 2.2m；

三、一般楼梯净宽不应小于 1.0m，主要楼梯净宽不应小于 1.2m。主要楼梯坡度不宜大于 35°（机组段上下楼梯除外）。

大型水电厂每个机组段，宜设一个从发电机层到水轮机层（或中间层）的楼梯。

4.3.4　有爆炸或燃烧危险的副厂房，不得向厂内其他房间或走廊开窗，孔洞也应加以封堵。

4.3.10　蓄电池室应设置泄压设施。泄压面积按每立方米房间容积为 0.05m^2 泄压面计算。泄压设施的布置应不影响邻近建筑物、设备和人身的安全。

5　管理设施设计

《堤防工程管理设计规范》SL171－96

3.0.1　为保证堤防工程安全和正常运行，应根据当地的自然地理条件和土地利用情况，规划确定工程的管理范围和保护范围，作为工程建设和管理运用的依据。

6.1.3　防汛期间堤防通信网的可通率应不低于 99.9%。

6.5.1　堤防通信设备的电源必须稳定可靠。1、2 级堤防工程的 1、2 级管理单位，应采用双回路交流供电方式，并配置通信设备专用蓄电池和柴油机发电机组等备用电源。

8.3.3　生产、生活区必须配置备用电源，备用电源的设备容量，应能满足防汛期间电网事故停电时，防汛指挥中心的主要生产服务设施用电负荷的需要。

《水库工程管理设计规范》SL106－96

3.0.1　根据水库工程管理需要，结合自然地理条件和当地情况，在水库工程设计中，划定工程管理范围和保护范围。

4.0.5　水库内、外通信，应采取先进设施。对外要建立与主管部门和上级防汛指挥部门以及水库上、下游主要水文站和上、下游有关地点的有线及无线通信网络。

4.0.14　工程管理设施，必须与主体工程同时修建，竣工验收时移交管理单位。

5.0.1.1　水库的调度运用，应依据水库工程的任务、防洪兴利调度运用原则和工程建筑物的运用条件，制订水库调度运用规程要点。

《水闸工程管理设计规范》SL170－96

2.0.1　水闸工程管理设计应根据工程管理的需要，规划确定工程管理范围和保护范围。

6.2.2　水闸工程的通信系统，应与邮电通信网连接。特别重要的水闸必须设置与有关

防汛指挥中心以及当地政府联接的专用通信设备。

7.3.3　防汛指挥调度系统、通信系统、闸门启闭设备的动力系统和现场照明，均属一级用电负荷，除正常供电电源外，应设置事故备用电源，以保证正常供电中断时继续供电。

《灌溉与排水工程设计规范》GB50288－99

12.0.1　灌区运行调度、维修管理以及试验观测需要设置的附属工程设施，应与主体工程同步设计。

附属工程设施应包括生产生活用房、试验站、通信系统和必需的交通运输工具等。

第四篇　水利工程施工

1　安全、卫生规定

1.1　安全

《水利水电建筑安装安全技术工作规程》SD267－88

第一篇　总则

0.0.9　对于伤亡事故，职业病的调查和处理，必须认真地贯彻执行国家有关规定。发生事故后，应按照‘三不放过’的原则，认真地从生产、技术、设备、管理制度等方面找出事故原因，查明责任，确定改进措施，指定专人，限期贯彻执行，并按规定上报有关部门。

第二篇　施工现场

1.0.4　施工现场的洞、坑、沟、升降口、漏斗等危险处应有防护设施或明显标志。

1.0.5　交通频繁的交叉路口，应设专人指挥，火车道口两侧应设路杆。危险地段，要悬挂‘危险’或‘禁止通行’标志牌，夜间设红灯示警。

1.0.15　爆破作业，必须统一指挥，统一信号，划定安全警戒区，并明确安全警戒人员。在装药、联线开始前，无关人员一律退出作业区。在点燃开始前，除炮工外其他人员一律退到安全地点隐蔽。爆破后，须经炮工进行检查。确认安全后，其他人员方能进入现场。对暗挖石方爆破尚须经过通风，恢复照明、安全处理后，方可进行其它工作。

1.0.16　施工照明及线路应符合下列要求：

7. 在存有易燃、易爆物品场所，或有瓦斯的巷道内，照明设备必须采取防爆措施。

2.1.2　凡经医生诊断，患高血压、心脏病、贫血、精神病以及其它不适于高处作业病症的人员，不得从事高处作业。

2.1.6　在坝顶、陡坡、屋顶、悬崖、杆塔、吊桥脚手架以及其它危险边沿进行悬空高处作业时，临空一面必须搭设安全网或防护栏杆。工作人员必须拴好安全带，戴好安全帽。

2.1.8　在带电体附近进行高处作业时，距带电体的最小安全距离，必须满足表 2－1 的规定，如遇特殊情况，则必须采取可靠的安全措施。

表 2－1

项目 \ 带电体电压(kV)	10及以下	20～35	44	60～110	154	220	330
工器具、安装构件、接地线等与带电体的距离(m)	2.0	3.5	3.5	4.0	5.0	5.0	6.0
工作人员的活动范围与带电体的距离(m)	1.7	2.0	2.2	2.5	3.0	4.0	5.0
整体组立杆塔与带电体的距离(m)	应大于倒杆距离(自杆塔边缘到带电体的最近侧为塔高)						

6.2.2　施工现场各作业区与建筑物之间的防火安全距离应符合以下要求：

1. 用火作业区距所建的建筑物和其它区域不得小于 25m，距生活区不小于 15m。

2. 仓库区、易燃、可燃材料堆集场距修建的建筑物和其它区域不小于 20m。

3. 易燃废品集中站距所建的建筑物和其它区域不小于 30m。

防火间距中，不应堆放易燃和可燃物质。

第五篇　爆破器材与爆破作业

1.0.6　爆破器材必须储存于专用仓库内，不得任意存放。严禁将爆破器材分发给承包户或个人保存。

2.1.2　仓库和药堆与住宅区或村庄边缘的距离，规定如下：

1. 有土堤和无土堤的地面库房或药堆的安全距离按表 5－1 确定。

表 5－1

距离(m) 库房类别 \ 存药量(t)	150～200	100～150	50～100	30～50	20～30	10～20	5～10	2～5	<2
无土堤库、药堆	1000	900	750	600	400	350	250	200	150
有土堤库	800	700	600	500	350	300	250	170	130

2. 隧道式峒库至住宅区或村庄边缘的最小距离按表 5－2 确定。

表 5－2

距离(m) 与洞口轴线交角α \ 存药量(t)	50～100	30～50	20～30	10～20	5～10	2～5	<2
0°至两侧 70°	1500	1250	1100	1000	850	750	700
两侧 70°～90°	600	500	450	400	350	300	250
两侧 90°～180°	300	250	200	150	120	100	100

3. 由于保护对象不同,因此在使用当中对表 5－1、表 5－2 的数值应加以修正,(保护系数)见表 5－3。

表 5－3

序号	保护对象	保护系数
1	村庄边缘、住宅边缘、乡镇企业围墙区域、变电站围墙	1.0
2	地县级以下公社、通航汽轮的河流航道、铁路支线	0.7～0.8
3	总人数≤50 人的零散住户边缘	0.7～0.8
4	国家铁路线、省级及以上公路	0.9～1.0
5	高压送电线路500kV 220kV 110kV 35kV	2.5～3.0 1.5～2.0 0.9～1.0 0.8～0.9
6	人口≤10 万人的城镇规划边缘、工厂企业的围墙、有重要意义的建筑物、铁路车站	2.5～3.0
7	人口＞10 万人的城镇规划边缘	5.0～6.0

注:上述各项外部距离,适用于平坦地形。当地形条件有利时可适当减少。反之应增加。

2.2.1　爆破器材库的贮存量规定如下:

1. 地面库单一库房允许的最大贮存量不得超过表 5－6 的规定;

表 5－6

爆破器材名称	允许最大贮量(t)
硝化甘油炸药	40(净重)
梯恩梯	120(净重)
硝铵炸药 如 2＃岩石水胶炸药,浆状炸药	200(净重)
导爆索	120(皮重)
导火索	不限
雷管、继爆管、导爆管起爆系列	120(净重)
硝酸铵,硝酸钠	400(净重)

2. 地面总库的容量:炸药不超过本单位半年生产用量,起爆器材不超过一年生产用量。地面分库的总容量:炸药不超过 3 个月生产用量,起爆器材不超过半年生产用量。

2.2.2　库区布局必须符合下列规定:

1. 位置必须选择在远离被保护对象较安全的地方。其外部安全距离和库房彼此间的距离应符合本篇的有关规定;

2. 避免设在有山洪或地下水危害的地方,并充分利用山上等自然屏障;

3. 周围应设围墙，围墙高度不应低于 2.0m，防止人员自由出入。围墙至最近库房墙角的距离应不小于 25m；

4. 库区值班室应设在围墙外侧，距离一般不应小于 25m，食堂、宿舍距危险品库房应不小于 200m。

3.2.2　运输爆破器材必须遵守下列规定：

1. 有押运人员，外部运输必须有警卫人员护送；

2. 按指定路(航)线行驶；

3. 车(船)不准在人多的地方、交叉路口或桥上(下)停留；

4. 车(船)应有帆布覆盖，并设有明显危险警戒标志；

5. 非押运人员不准乘坐；

6. 气温低于 10℃时，运输易冻的硝化甘油炸药，或气温低于 - 15℃运输难冻硝化甘油炸药，必须采取防冻措施；

7. 禁止用翻斗车、自卸汽车、拖车、机动三轮车、人力三轮车、摩托车和自行车等运输爆破器材；

8. 车厢船底应加软垫。

1.2　卫生

《水利水电建筑安装安全技术工作规程》SD267 - 88

第二篇　施工现场

4.1.7　产生有毒、烟雾、粉尘、噪声等有害物质的作业场所，应避开生活区。

4.1.8　为防止污染地下水源，有害工业废水和生活污水不得排入渗坑、渗井或河道。含汞、砷、六价铬、铅、苯、锰、氰化物及其它毒性大的可溶性工业废渣，必须采取净化措施，严禁污染。

4.1.10　生产车间和作业场所工作地点的噪声标准、生产性粉尘和有毒物质的最高允许浓度应分别符合表 2 - 6、表 2 - 7 和表 2 - 8 的规定。

表 2 - 6　噪声标准

每个工作日接触噪声时间(h)	新建、扩建、改建企业允许噪声[dB(A)]	现有企业暂时达不到标准，允许噪声[]dB(A)]
8	85	90
4	88	93
2	91	96
1	94	99
最高不得超过 115		

表 2－7　生产性粉尘的最高允许浓度

编号	粉尘名称	最高允许浓度(mg/m³)
1	含有 10%以上游离二氧化硅的粉尘(石英、石英岩等)	2
2	石棉粉尘(含 10%以上石棉)	2
3	含有 10%以下游离二氧化硅的滑石粉尘	4
4	含有 10%以下游离二氧化硅的水泥粉尘	6
5	含有 10%以下游离二氧化硅的煤尘	10
6	铝、氧化铝、铝合金粉尘	4
7	玻璃棉和矿渣棉粉尘	5
8	其它粉尘	10

表 2－8　常见有毒物质的最高允许浓度

编号	有毒物质名称	最高允许浓度(mg/m³)	编号	有毒物质名称	最高允许浓度(mg/m³)
1	一氧化碳	30	21	氧化锌	5
2	乙醚	500	22	铅烟	0.03
3	二甲苯	100	23	铅尘	0.05
4	二氧化硫	15	24	四乙基铅(皮)	0.005
5	二硫化碳(皮)	10	25	硫化铅	0.5
6	丁二烯	100	26	黄磷	0.03
7	丁醛	10	27	酚(皮)	5
8	五氯酸及其钠盐	0.3	28	硫化氢	10
9	丙酮	400	29	氯化氢及盐酸	15
10	丙烯醇(皮)	2	30	溴化烷(皮)	1
11	甲苯	100	31	溶剂汽油	350
12	甲醛	3	32	滴滴涕	0.3
13	光气	0.5	33	甲醇	50
14	金属汞	0.01	34	氰化氢及氰氢酸盐	0.3
15	有机汞化合物	0.005	35	三氧化铬、铬酸盐 重铬酸盐	0.05
16	松节油	300			
17	环氧乙烷	5	36	敌敌畏(皮)	0.3
18	苯(皮)	40	37	性碱 苯胺、甲苯胺、 二甲苯胺(皮)	0.5 0.5
19	氯	30			
20	臭氧	0.3			

注 :有(皮)标记者为除呼吸道吸收外,尚易经皮肤吸取的有毒物质。

2　土石方工程

2.1　开挖

《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》SL47－94

1.0.4　施工中，勘测单位必须按照现行《水利水电工程施工地质规程》的规定，进行施工地质工作。

施工地质工作中，若发现实际地质情况与前期地质资料和结论有较大出入，或发现新的不良地质因素，建设、勘测、设计单位必须及时与施工单位协商，以便采取补救措施或修改设计。设计上的重大修改，必须报经原设计审批单位批准。

1.0.8　水工建筑物岩石基础开挖，应采用钻孔爆破法施工。

严禁在设计建基面、设计边坡附近采用洞室爆破法或药壶爆破法施工。

其它部位如需采用洞室爆破法或药壶爆破法施工，必须通过专门试验（或安全技术论证）证明可行和制定补充规定，并经上级主管部门批准。

《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》SDJ212－83

5.2.1　钻孔爆破作业，应按照爆破图进行。

5.2.3　炮孔的装药、堵塞和引爆线路的联结，应由经过训练的炮工，按爆破图的规定进行。

5.3.3　洞室群几个洞室同时放炮时，应有专人统一指挥，确保点炮人员全部及时撤离。

5.3.4　相向开挖的两个工作面相距 30m 放炮时，双方人员均须撤离工作面；相距 15m 时，应停止一方工作单向开挖贯通。

竖井或斜井单向自下而上开挖，距贯通面 5m 时，应自上而下贯通。

5.3.5　爆破前应将施工机具撤离至距爆破工作面不少于 100m 的安全地点。对难以撤离的施工机具、设备，应加以妥善防护。

5.3.7　采用电力引爆方法，装炮时距工作面 30m 以内，应断开电流，可在 30m 以外用投光灯照明。

2.2　锚固与支护

《水工预应力锚固施上规范》SL46－94

2.0.8　预应力锚束永久性防护涂层材料必须满足以下各项要求：

(1)对预应力钢材具有防腐蚀作用；

(2)与预应力钢材具有牢固的粘结性，且无有害反应；

(3)能与顶应力钢材同步变形，在高应力状态下不脱壳、不脆裂；

(4)具有较好的化学稳定性，在强碱条件下不降低其耐久性。

2.0.13　锚夹具的强度、精度及材质硬度匹配均应符合设计要求。

6.1.1　预应力钢材在锚束的永久防护完成前,都应作好临时防护。

6.1.2　临时防护应符合以下规定:

(1)切断腐蚀源,避免与有害物质直接接触;

(2)防比受潮、受腐蚀气体侵蚀;

(3)禁止将预应力钢材及锚束直接堆放在地面或露天储存;

(4)锚束安放后,应保持围岩孔内水质的 pH 值大于 10。

6.1.3　锚束安放后,应及时进行张拉和作永久防护。张拉前,对临时防护措施应定期检查,并确保锚束得到可靠的保护。

8.3.1　预应力锚固施工前,必须制定各工序的安全操作规程。

《水利水电地下工程锚喷支护施工技术规范》SDJ57－85

2.1.1　用作锚杆或锚索的钢筋或钢丝,必须符合下列规定:

一、材料性能指标满足设计要求。

二、牌号不明或混合存放的材料,经试验证明其性能指标满足要求后方可使用。

三、使用前经过调直、除锈、去污等处理。

5.1.12　竖井中的锚喷支护施工应遵守下列规定:

一、采用溜筒运送喷混凝土的干混合料时,井口溜筒喇叭口周围必须封闭严密。

二、喷射机置于地面时,竖井内输料钢管宜用法兰联结,悬吊应垂直牢固。

三、采取措施防止机具、配件和锚杆等物件掉落伤人。

四、操作平台应设置栏杆,作业人员必须佩戴安全带。可升降的操作平台必须符合现行《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》的有关规定。

3　砌石工程

3.1　一般规定

《碾压式土石坝施工技术规范》SDJ213－83

10.3.2　护坡石料须选用质地坚硬、不易分化之石料,其抗水性、抗压强度、几何尺寸等均应符合设计要求。

10.3.3　护坡下之垫层材料应按反滤层铺筑规定施工。铺砌块石或其它面层时,不得破坏垫层。

10.3.4　上游块石护坡的砌石应做到:认真挂线,自下而上,错缝竖砌,紧靠密实,塞垫稳固,大块封边,表面平整,注意美观。当上游护坡采用砂浆勾缝时,必须注意预留排水孔。

《堤防工程施工规范》SL260－98

6.4.1　浆砌石墙(堤)宜采用块石砌筑,如石料不规则,必要时可采用粗料石或混凝土预制块作砌体镶面;仅有卵石的地区,也可采用卵石砌筑。砌体强度均必须达到设计要求。

6.4.2　浆砌石砌筑应符合下列要求：

1　砌筑前，应在砌体外将石料上的泥垢冲洗干净，砌筑时保持砌石表面湿润；

2　应采用坐浆法分层砌筑，铺浆厚宜 3～5cm，随铺浆随砌石。砌缝需用砂浆填充饱满，不得无浆直接贴靠，砌缝内砂浆应采用扁铁插捣密实；严禁先堆砌石块再用砂浆灌缝；

3　上下层砌石应错缝砌筑；砌体外露面应平整美观，外露面上的砌缝应预留约 4cm 深的空隙，以备勾缝处理；水平缝宽应不大于 2.5cm，竖缝宽应不大于 4cm；

4　砌筑因故停顿，砂浆已超过初凝时间，应待砂浆强度达到 2.5MPa 后才可继续施工；在继续砌筑前，应将原砌体表面的浮渣清除；砌筑时应避免振动下层砌体；

5　勾缝前必须清缝，用水冲净并保持缝槽内湿润，砂浆应分次向缝内填塞密实；勾缝砂浆标号应高于砌体砂浆；应按实有砌缝勾平缝，严禁勾假缝、凸缝；砌筑完毕后应保持砌体表面湿润做好养护；

6　砂浆配合比、工作性能等，应按设计标号通过试验确定，施工中应在砌筑现场随机制取试件。

6.4.3　混凝土预制块镶面砌筑应符合下列要求：

1　预制块尺寸及混凝土强度应满足设计要求；

2　砌筑时，应根据设计要求布排丁、顺砌块；砌缝应横平竖直，上下层竖缝错开距离不应小于 10cm，丁石的上下方不得有竖缝；

3　砌缝内应砂浆填充饱满，水平缝宽应不大于 1.5cm；竖缝宽不得大于 2cm。

6.4.4　浆砌石防洪墙的变形缝和防渗止水结构的施工，宜预留茬口，按本规范 6.5.4 的规定用浇筑二期混凝土的方式解决。

6.4.5　干砌石砌筑应符合下列要求：

1　不得使用有尖角或薄边的石料砌筑；石料最小边尺寸不宜小于 20cm；

2　砌石应垫稳填实，与周边砌石靠紧，严禁架空；

3　严禁出现通缝、叠砌和浮塞；不得在外露面用块石砌筑，而中间以小石填心；不得在砌筑层面以小块石、片石找平；堤顶应以大石块或混凝土预制块压顶；

4　承受大风浪冲击的堤段，以用粗料石丁扣砌筑。

《泵站施工规范》SL234－1999

6.5.1　砌石工程施工应符合下列规定：

1　砌石工程应在基础验收及结合面处理检验合格后方可施工。

2　砌筑前应放样立标，拉线砌筑。

3　砌石应严整、稳定、密实和错缝。

6.5.2　砌石工程所用材料应符合下列规定：

1　石料应质地坚实，无风化剥落和裂纹。

2　混凝土灌砌块石所用的石子粒径不宜大于 20mm。

3　水泥标号不宜低于 325 号。

4　使用混合材和外加剂，应通过试验确定。混合材宜优先选用粉煤灰，其品质指标参照有关规定确定。

5　配制砌筑用的水泥砂浆和小石子混凝土，应按设计强度等级提高 15%。配合比应通过试验确定，同时应具有适宜的和易性。水泥砂浆的稠度可用标准圆锥沉入度表示，以 40～70mm 为宜，小石子混凝土的坍落度以 70～90mm 为宜。

6　砂浆和混凝土应随伴随用。常温拌成后应在 3～4h 内使用完毕。如气温超过 30℃，则应在 2h 内使用完毕。使用中如发现泌水现象，应在砌筑前再次拌合。

6.5.3　浆砌石施工应符合下列规定：

1　砌筑前应将石料刷洗干净，并保持湿润。砌体石块间应用胶结材料粘结、填实。

2　砌体宜用铺浆法砌筑，灰浆应饱满。护坡、护底和翼墙内部石块间较大的空隙，应先灌填砂浆或细石混凝土并认真捣实，再用碎石块嵌实。不得采用先填碎石块，后塞砂浆的方法。

6.5.8　砌筑过程中如遇中雨或大雨，应停止砌筑，并将已砌石块中的空隙用砂浆或细石混凝土填实，然后加以遮盖。雨后应清除积水再继续砌筑。

6.5.10　干砌石宜用于护坡、护底等部位，并应符合下列规定：

1　砌体缝口应砌紧，底部应垫稳、填实，严禁架空。

2　不得使用翅口石和飞口石。

3　宜采用立砌法，不得叠砌和浮塞 石料最小边厚度不宜小于 150mm。

4　具有框格的干砌石工程，宜先修筑框格，然后砌筑。

5　铺设大面积坡面的砂石垫层时，应自下而上，分层铺设，并随砌石面的增高分段上升。

6.5.11　砌石的质量检验应符合下列规定：

1　材料和砌体的质量应符合设计要求。

2　砌缝砂浆应密实，砌缝宽度、错缝距离应符合要求。

3　砂浆、小石子混凝土配合比应正确，试件强度不应低于设计强度。

4　砌体尺寸和位置的允许偏差应符合表 6.5.11 的规定。

表 6.5.11　砌体尺寸、位置的允许偏差(mm)

项　　目	允许偏差			
	墩、墙		护坡、护底	
	浆砌块石	浆砌料石(预制块)	浆砌块石	干砌块石
轴线位置	±15	±10		
墙面垂直度(全高)	±0.5%H	±0.5%H		
墙身砌层边缘位置	±20	±10		
墙面坡度	不陡于设计规定	不陡于设计规定		
断面尺寸或厚度	+30，-20	±20(±15)	砌体厚度的±15%，且在±30之间	砌体厚度的±15%，且在±30之间
顶面高程	±15	±15		
护底高程			+30，-50	+30，-50

注：①“H”指墩、墙全高。

②墩、墙以每个(段)或每10m长为一检验单位，每一检验单位检验2~4点。

《水闸施工规范》SL27-91

8.3.2　浆砌石墩、墙应符合下列要求：

(1)砌筑应分层，各砌层均应坐浆，随铺浆随砌筑；

(2)每层应依次砌角石、面石，然后砌腹石；

(3)块石砌筑，应选择较平整的大块石经修整后用作面石，上下两层石块应骑缝，内外石块应交错搭接；

(4)料石砌筑，按一顺一丁或两顺一丁排列，砌缝应横平竖直，上下层竖缝错开距离不小于10cm，丁石的上下方不得有竖缝 粗料石砌体的缝宽可为2~3cm；

(5)砌体宜均衡上升，相邻段的砌筑高差和每日砌筑高度，不宜超过1.2m。

8.3.3　采用混凝土底板的浆砌石工程，在底板混凝土浇筑至面层时，宜在距砌石边线40cm的内部埋设露面块石，以增加混凝土底板与砌体间的结合强度。

8.3.4　混凝土底板面应凿毛处理后方可砌筑。砌体间的结合面应刷洗干净，在湿润状态下砌筑。砌体层间缝如间隔时间较长，可凿毛处理。

8.3.8　砌体勾缝应符合下列规定：

(1)砌体的外露面和挡土墙的临土面均应勾缝，并以平缝为宜；

(2)勾缝砂浆标号应高于砌体砂浆标号，宜用中细砂料拌制，灰砂比宜为1∶2；

(3)砌体勾缝前，应清理缝槽，并用水冲洗湿润，砂浆应嵌入缝内约2cm。

8.5.1　砌体尺寸的允许偏差不得超过表8.5.1的规定。

表 8.5.1　砌体尺寸的允许偏差(mm)

项　次	项　　目	允许偏差
1	墙面垂直度 (1)浆砌料石墙 (2)浆砌块石墙临水面	 墙高的 0.5%且不大于 20 墙高的 0.5%且不大于 30
2	护底海漫高程	+50　　-100
3	护坡坡面平整度 (每 10m 长范围内)	100
4	护底、海漫、护坡砌石厚度	厚度的 15%
5	垫层厚度	厚度的 20%
6	齿坎厚度	±50

8.5.2　砌体的质量检验如下：

(1)材料和砌体的质量规格应符合要求；

(2)砌缝砂浆应密实,砌缝宽度、错缝距离应符合要求；

(3)砂浆、小石子混凝土配合比应正确,试件强度不低于设计强度。

《小型水电站施工技术规范》SL172-96

7.6.3　拱石砌筑,必须两端对称进行。各排拱石互相交错,错缝距离不小于 10cm。

当拱跨在 5m 以下,一般可采用块石砌拱,用砌缝宽度调整拱度,要求下缝宽不得超过 1cm。水泥砂浆强度不低于 M7.5 号。拱跨在 10m 以下,可按拱的全宽和全厚,自拱脚同时对称连续地向拱顶砌筑。拱跨在 10m 以上时,应作施工设计,明确拱圈加荷次序,并按此次序施工。

10.2.1　坝体面石与腹石砌筑,一般应同步上升。如不能同步砌筑,其相对高差不宜大于 1m,结合面应作竖向工作缝处理。不得在面石底面垫塞片石。

10.2.3　当坝体外表面为竖直平面时,其面石宜用粗料石,按丁顺交错排列。当为顺坡斜面时,宜用异形石砌筑,如倾斜面允许呈台阶状,可以采用粗料石水平砌筑。

10.2.5　拱坝、连拱坝内外弧面石,可以采用粗料石,调整竖缝宽度成弧形,但同一砌缝两端宽度差 拱坝不宜超过 1cm,连拱坝不宜超过 2cm。

10.2.7　连拱坝砌筑应遵守下列规定：

(1)拱筒与支墩用混凝土连接时,接触面按工作缝处理。

(2)诸拱筒砌筑应均衡上升。当不能均衡上升时,相邻两拱筒的允许高差必须按支墩稳定要求核算。

(3)倾斜拱筒采用斜向砌筑时,宜先在基岩上浇筑具有倾斜面(与拱筒倾斜面垂直)的混凝土拱座,再在其上砌石,石块的砌筑面应保持与斜拱的倾斜面垂直。

10.2.8　坝面倒悬施工，应遵守下列规定：

(1)采用异形石水平砌筑时，应按不同倒悬度逐块加工、编号，对号砌筑。

(2)采用倒阶梯砌筑时，每层挑出方向的宽度不得超过该石块宽度的 1/5。

(3)粗料石垂直倒悬面砌筑时，应及时砌筑腹石或浇筑混凝土。

3.2　浆砌石坝

《浆砌石坝施工技术规定》SD120－84(试行)

2.1.5　砌坝石料必须质地坚硬、新鲜，不得有剥落层或裂纹。

3.4.2　胶结材料的配合比，必须满足设计强度及施工和易性的要求。为确保胶结材料的质量，其配合比必须通过试验确定。

4.1.2　坝基清理后，必须按‘水利基本建设工程验收办法’进行验收。

4.2.5　坝体砌筑应采用铺浆法。

4.2.8　浆砌石坝结构尺寸和位置的砌筑允许偏差，应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8

类　别	部　位		允许偏差(cm)
平面控制	坝面分层	中心线	±0.5～1
		轮廓线	±2～4
	坝内管道	中心线	±0.5～1
		轮廓线	±1～2
竖向控制	重力坝		±2～3
	拱坝，支墩坝		±1～2
	坝内管道		±0.5～1

4.2.11　在胶结料初凝前，允许一次连续砌筑两层石块，应严格执行上下错缝、铺浆及填浆饱满密实的规定。

4.2.21　在坝体砌筑过程中，应对砌体进行质量检查，主要项目有：

一、胶结料强度——检验要求按本规定执行。

二、砌体强度——检查结果必须符合设计要求。

三、砌体容重及空隙率——在坝高三分之一以下，每砌筑 5～10m 高，至少挖试坑一组。坝高三分之一以上的砌体，试坑数量由设计、施工单位共同研究决定。所测得容重、空隙率必须符合设计要求。

四、砌体密实性——每新砌一层次，均须进行简易试验(如插钎灌水试验)。检验数量、部位由设计和施工单位共同研究确定，检查结果应符合设计要求。

有关质量检查方法，参见相关内容。

4.3.9　溢流坝面的头部曲线及反弧段，宜用异形石及高标号砂浆砌筑。廊道顶拱宜用

拱石砌筑。如用粗料石,可调整砌缝宽度砌成拱形。

4.3.10　拱坝、连拱坝内外弧面石,可以采用粗料石,调整砌缝宽度砌成弧形。但同一砌缝两端宽度差:拱坝不宜超过 1cm,连拱坝不宜超过 2cm。

6.1.2　当最低气温在 0～5℃时,砌筑作业应注意表面保护;最低气温在 0℃以下时,应停止砌筑。

6.3.2　无防雨棚的仓面,在施工中遇大雨、暴雨时,应立即停止施工,妥善保护表面。雨后应先排除积水,并及时处理受雨后冲刷的部位。如表层混凝土或砂浆尚未初凝,应加铺水泥砂浆继续浇筑或砌筑,否则应按工作缝处理。

4　混凝土工程

4.1　一般规定

《水工混凝土施工规范》SDJ207－82

1.0.2　水工混凝土应根据其所处部位的工作条件,分别满足抗压、抗渗、抗冻、抗裂(抗拉)、抗冲耐磨、抗风化和抗侵蚀等设计要求。

1.0.4　有关混凝土的试验,按水利电力部颁发的《水工混凝土试验规程》进行。

5.1.5　为了防止裂缝,必须从结构设计、温度控制、原材料选择、施工安排和施工质量等方面采取综合措施。

6.0.2　低温季节施工时,必须有专门的施工组织设计和可靠的措施,以保证混凝土满足设计规定的温度、抗冻、抗裂等各项指标要求。

4.2　模板

《水工混凝土施工规范》SDJ207－82

2.1.2　模板及支架必须符合下列要求:

1)保证混凝土浇筑后结构物的形状、尺寸与相互位置符合设计规定;

2)具有足够的稳定性、刚度和强度;

3)应尽量做到标准化、系列化,装拆方便,周转次数高,有利于混凝土工程的机械化施工;

4)模板表面应光洁平整,接缝严密,不漏浆,以保证混凝土表面的质量。

2.1.3　模板工程采用的材料及制作、安装等工序的成品均应进行质量检查,合格后,才能进行下一工序的施工。

2.2.3　木材种类可按各地区供应情况选用,其质量宜达到Ⅱ、Ⅲ等材的标准。腐朽、严重扭曲或脆性的木材不应使用。

木材宜提前备料,干燥后使用,湿度宜为 18%～23%。水下施工用的木材,湿度宜为 23%～45%。

2.3.2　重要结构物的模板，承重模板，移动式、滑动式、工具式及永久性的模板，均须进行模板设计，并提出对材料、制作、安装、使用及拆除工艺的具体要求。

设计图纸应标明设计荷载及控制条件，如混凝土的浇筑顺序、速度、施工荷载等。

2.3.7　除悬臂模板外，竖向模板与内倾模板都必须设置内部撑杆或外部拉杆，以保证模板的稳定性。

2.4.1　模板制作的允许误差，应符合模板设计规定，一般不得超过表 2.4.1 的规定。

表 2.4.1　模板制作的允许误差

项次	偏差名称	允许偏差(mm)
	一、木模	
1	小型模板：长和宽	±3
2	大型模板(长、宽大于 3m)：长和宽	±5
3	模板面子整度(未经刨光)： 相邻两板面高差 局部不平(用 2m 直尺检查)	 1 5
4	面板缝隙	2
	二、钢模	
5	模板长和宽	±2
6	模板面局部不平(用 2m 直尺检查)	2
7	连接配件的孔眼位置	±1

注：①异型模板(蜗壳、尾水管等)，滑动式、移动式模板，永久性模板等特种模板的允许偏差，按模板设计文件规定执行。

②定型组合钢模板，可按冶金部有关规定执行。

2.5.8　模板安装的允许偏差，应根据结构物的安全、运行条件、经济和美观等要求确定，一般不得超过表 2.5.8 的数值。

表 2.5.8　大体积混凝土木模板安装的允许偏差(mm)

项　次	偏差项目	混凝土结构的部位	
		外露表面	隐藏内面
	模板平整度		
1	相邻两面板高差	3	5
2	局部不平(用 2m 直尺检查)	5	10
3	结构物边线与设计边线	10	15
4	结构物水平截面内部尺寸	±20	
5	承重模板标高	±5	
6	预留孔、洞尺寸及位置	10	

注：一般混凝土及钢筋混凝土梁、柱的模板安装允许偏差，按国家建委《钢筋混凝土工程施工及验收规范》执行。

高速水流区、尾水管和门槽等要求较高的特殊部位，其模板的允许偏差，应由设计、施工单位共同研究决定。

《水工建筑物滑动模板施工技术规范》SL32－92

4.5.8　牵引系统的设计应遵守以下规定：

(1)地锚、岩石锚杆和锁定装置的设计承载能力，应为总牵引力的3～5倍；

(2)牵引钢丝绳的承载能力为总牵引力的5～8倍；

5.4.6　陡坡上的滑模施工，应有保证安全的措施。牵引机具为卷扬机钢丝绳时，地锚要安全可靠。牵引机具为液压千斤顶时，应对千斤顶的配套拉杆作整根试验检查，并应设保证安全的钢丝绳、卡钳、倒链等保险措施。

4.3　钢筋

《水工混凝土施工规范》SDJ207－82

3.1.1　钢筋混凝土结构用的钢筋，其种类、钢号、直径等均应符合有关设计文件的规定。

3.1.3　钢筋应有出厂证明书或试验报告单。使用前，仍应作拉力、冷弯试验。需要焊接的钢筋尚应作好焊接工艺试验。钢号不明的钢筋，经试验合格后方可使用，但不能在承重结构的重要部位上应用。

3.1.6　水工结构的非预应力混凝土中，不应采用冷拉钢筋。

3.3.10　对于直径为10mm或10mm以上的热轧钢筋，其接头采用搭接、帮条电弧焊时，应符合下列要求：

(1)搭接焊、帮条焊的接头应做成双面焊缝。对于Ⅰ级钢筋的搭接或帮条的焊缝长度不应小于钢筋直径的4倍。对于Ⅱ、Ⅲ级钢筋和5号钢筋，其搭接或帮条的焊缝长度不应小于钢筋直径的5倍。只有当不能做双面焊缝时，才允许采用单面焊，其搭接或帮条的焊缝长度应增加1倍。

(2)帮条的总截面面积应符合下列要求：当主筋为Ⅰ级钢筋时，不应小于主筋截面面积的1.2倍；当主筋为Ⅱ、Ⅲ级钢筋和5号钢筋时，不应小于主筋截面面积的1.5倍。为了便于施焊和使帮条与主筋的中心线在同一平面上，帮条宜采用与主筋同钢号、同直径的钢筋制成。如帮条与主筋级别不同时，应按设计强度进行换算。

(3)搭接焊接头的两根搭接钢筋的轴线，应位于同一直线上。

注：在大体积混凝土结构中，直径不大于25mm的钢筋搭接时，钢筋轴线可错开1倍钢筋直径。

(4)对于搭接和帮条焊接，其焊缝高度应为被焊接钢筋直径的0.25倍，并不小于4mm；焊缝的宽度应为被焊接钢筋直径的0.7倍，并不小于10mm。当钢筋和钢板焊接时，焊缝高度应为被焊接钢筋直径的0.35倍，并不得小于6mm。焊缝宽度应为被焊接钢筋直径的0.5倍，并不得小于8mm。

3.3.18　钢筋采用绑扎接头时，应遵守下列规定：

(1)搭接长度不得小于表 3.3.18 规定的数值。

(2)受拉区域内的光面圆钢筋绑扎接头的末端,应做弯钩。螺纹钢筋的绑扎接头末端可不做弯钩。

表 3.3.18　绑扎接头的最小搭接长度

钢筋级别	受拉区	受压区
Ⅰ级钢筋	30d	20d
Ⅱ级钢筋	35d	25d
Ⅲ级钢筋	40d	30d
5 号钢筋	30d	20d

注:①混凝土标号≤150 号时,最小搭接长度应按本表所列数值增加 5d。

②位于受拉区的搭接长度不应小于 25cm,位于受压区的搭接长度不应小于 20cm。当受压钢筋为Ⅰ级钢筋,末端又无弯钩时,其搭接长度不应小于 30d。

③如在施工中分不清受拉区或受压区时,搭接长度应按受拉区的规定办理。

3.3.20　钢筋接头应分散布置。配置在'同一截面内'的下述受力钢筋,其接头的截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率,应符合下列规定:

(1)闪光对焊、熔槽焊、接触电渣焊接头在受弯构件的受拉区,不超过 50%,在受压区不受限制。

(2)绑扎接头,在构件的受拉区中不超过 25%,在受压区中不超过 50%。

(3)焊接与绑扎接头距钢筋弯起点不小于 10 倍钢筋直径,也不应位于最大弯矩处。

注:①在施工中如分辨不清受拉区或受压区时,其接头的设置应按受拉区的规定办理。

②两钢筋接头相距在 30 倍钢筋直径或 50cm 以内,两绑扎接头的中距在绑扎搭接长度以内,均作为同一截面。

3.4.1　钢筋的安装位置、间距、保护层及各部分钢筋的大小尺寸,均应符合设计图纸的规定。其偏差不应超过表 3.4.1 的规定。

表 3.4.1　钢筋安装的允许偏差

项次	偏差名称	允许偏差
1	钢筋长度方向的偏差	±1/2 净保护层厚
2	同一排受力钢筋间距的局部偏差 1)柱及梁中 2)板、墙中	 ±0.5d ±0.1 间距
3	同一排中分布钢筋间距的偏差	±0.1 间距
4	双排钢筋,其排与排间距的局部偏差	±0.1 排距
5	梁与柱中钢箍间距的偏差	0.1 箍筋间距
6	保护层厚度的局部偏差	±1/4 净保护层厚

4.4　浇筑

《水工混凝土施工规范》SDJ207－82

4.1.5　运至工地的水泥，应有制造厂的品质试验报告；试验室必须进行复验，必要时还应进行化学分析。

4.2.2　为确保混凝土的质量，工程所用混凝土的配合比必须通过试验确定。

4.3.8　必须将混凝土各组份拌和均匀。拌和程序和拌和时间，应通过试验决定。

4.5.2　岩基上的杂物、泥土及松动岩石均应清除。岩基应冲洗干净并排净积水；如有承压水，必须由设计与施工单位共同研究，经处理后才能浇筑混凝土。

清洗后的岩基在浇筑混凝土前应保持洁净和湿润。

4.5.4　浇筑混凝土前，应详细检查有关准备工作；地基处理情况，混凝土浇筑前的准备工作，模板、钢筋、预埋件及止水设施等是否符合设计要求，并应做好记录。

4.5.5　基岩面的浇筑仓和老混凝土上的迎水面浇筑仓，在浇筑第一层混凝土前，必须先铺一层 2～3cm **的水泥砂浆；其他仓面若不铺水泥砂浆，应有专门论证。**

砂浆的水灰比应较混凝土的水灰比减少 0.03～0.05**。一次铺设的砂浆面积应与混凝土浇筑强度相适应，铺设工艺应保证新混凝土与基岩或老混凝土结合良好。**

4.5.6　混凝土的浇筑，应按一定的厚度、次序、方向，分层进行。在高压钢管、竖井、廊道等周边浇筑混凝土时，应使混凝土均匀上升。

4.5.7　混凝土的浇筑层厚度，应根据拌和能力、运输距离、浇筑速度、气温及振捣器的性能等因素确定。一般情况下，浇筑层的允许最大厚度，不应超过表 4.5.7 **规定的数值；如采用低流态混凝土及大型强力振捣设备时，其浇筑层厚度应根据试验确定。**

表 4.5.7　**混凝土浇筑层的允许最大厚度**

项　次	振捣器类型		浇筑层的允许最大厚度
1	插入式	电动、风动振捣器	振捣器工作长度的 0.8 倍
		软轴振捣器	振捣器头长度的 1.25 倍
2	表面振捣器	在无筋和单层钢筋结构中	250mm
		在双层钢筋结构中	120mm

4.5.8　浇入仓内的混凝土应随浇随平仓，不得堆积。仓内若有粗骨料堆叠时，应均匀地分布于砂浆较多处，但不得用水泥砂浆覆盖，以免造成内部蜂窝。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始浇筑，浇筑面应保持水平。

4.5.10　不合格的混凝土严禁入仓；已入仓的不合格的混凝土必须清除。

4.5.11　混凝土浇筑应保持连续性，如因故中止且超过允许间歇时间，则应按工作缝处理，若能重塑者，仍可继续浇筑混凝土。

浇筑混凝土的允许间歇时间(自出料时算起到覆盖上层混凝土时为止)可通过试验确定,或参照表 4.5.11 的规定。

注 :混凝土能重塑的标准 :用振捣器振捣 30s,周围 10cm 内能泛浆且不留孔洞者。

表 4.5.11　浇筑混凝土的允许间歇时间

混凝土浇筑时的气温(℃)	允许间隔时间(min)	
	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥及火山灰质硅酸盐水泥
20 ~ 30	90	120
10 ~ 20	135	180
5 ~ 10	195	—

注 本表数值未考虑外加剂、混合材及其他特殊施工措施的影响。

4.5.12　混凝土工作缝的处理,应遵守下列规定:

(1)已浇好的混凝土,在强度尚未到达 25kgf/cm² 前,不得进行上一层混凝土浇筑的准备工作。

(2)混凝土表面应用压力水、风砂枪或刷毛机等加工成毛面并清洗干净,排除积水,在按本章第 4.5.5 条规定处理后,方可浇筑新混凝土。压力水冲毛时间由试验确定。

4.5.13　混凝土浇筑期间,如表面泌水较多,应及时研究减少泌水的措施。仓内的泌水必须及时排除。严禁在模板上开孔赶水,带走灰浆。

4.5　温度控制

《水工混凝土施工规范》SDJ207 – 82

5.1.5　为了防止裂缝,必须从结构设计、温度控制、原材料选择、施工安排和施工质量等方面采取综合措施。

施工中严格地进行温度控制,是防止混凝土裂缝的主要措施。混凝土的浇筑温度和最高温升均应满足设计要求,否则不宜浇筑混凝土。如施工单位有专门论证,并经设计单位同意后,才能变更浇筑块的浇筑温度。

5.1.6　为提高混凝土的抗裂能力,必须改进混凝土的施工工艺。混凝土的质量除应满足强度保证率的要求外,还应在均匀性方面符合本规范第 4.9.17 条中的良好标准。

5.1.7　为防止裂缝,应避免基础部分混凝土块体在早龄期过水,其他部位亦不宜过早过水。

5.2.2　粗骨料预冷可采用浸水法、喷洒冷水法、风冷法等措施。如用水冷时,应有脱水措施,使骨料含水量保持稳定。

5.2.3　为防止温度回升,骨料从预冷仓到拌和楼,应采取隔热降温措施。

5.2.5　在高温季节施工时，应根据具体情况，采取下列措施，以减少混凝土的温度回升：

1）缩短混凝土的运输时间，加快混凝土的入仓覆盖速度，缩短混凝土的曝晒事件；

2）混凝土的运输工具应有隔热遮阳措施；

3）宜采用喷水雾等方法，以降低仓面周围的气温；

4）混凝土浇筑应尽量安排在早晚和夜间进行；

5）当浇筑块尺寸较大时，可采用台阶式浇筑法，浇块高度应小于 1.5m。

5.2.9　采用冷却水管进行初期冷却时，埋管应在被覆盖一层混凝土后开始通水，通水时间由计算确定，一般为 10 ~ 15d。混凝土温度与水温之差，以不超过 25℃为宜。对于 ϕ25mm 水管，管中流速以 0.6m/s 为宜。水流方向应每天改变一次，使坝体冷却较为均匀。

5.2.14　气温骤降频繁季节，基础混凝土、上游坝面及其它重要部位，应按《重力坝设计规范》SDJ21 – 78 第 166 条要求进行早期表面保护。

5.2.15　在气温变幅较大的地区，长期暴露的基础混凝土及其他重要部位，应妥加保护，寒冷地区的老混凝土，在冬季停工前，应尽量使各坝块浇筑齐平，其表面保护措施可根据各地具体情况拟定。

4.6　止排水、伸缩缝

《水工混凝土施工规范》SDJ207 – 82

7.1.1　止水设施的形式、位置、尺寸及材料的品种规格等，均应符合设计规定。

7.1.5　止水设施深入基岩的部分，必须符合设计要求。金属止水片在伸缩缝中的部分应涂（填）沥青，埋入混凝土的两翼部分应与混凝土紧密结合。

7.2.1　为排除建筑物内部和地基的渗透水而设置的排水设施的形式、位置、尺寸及材料规格等均应符合设计规定。

7.4.4　管路安装应牢固可靠，通过伸缩缝的伸缩节，应能自由伸缩，并不得漏气和漏水。

7.4.6　管路安装好后，应以压力水或通气的方法检查管路是否通畅。如发现有堵塞或漏气现象，应进行处理。

7.4.7　混凝土浇筑过程中，应对管路妥加保护，以免管子受到损伤或发生堵塞。

5　混凝土防渗墙、灌浆工程与土工合成材料应用

5.1　混凝土防渗墙

《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》SL174 – 96

2.0.5　重要或有特殊要求的工程，宜在地质条件类似的地点，或在防渗墙中心线上进行施工试验，以取得有关造孔、固壁泥浆、墙体浇筑等资料。

3.0.12　槽孔孔壁应平整垂直，不应有梅花孔、小墙等。

3.0.13　槽孔嵌入基岩的深度必须满足设计要求。基岩面需按下列方法确定：

(1)依照防渗墙中心线地质剖面图,当孔深接近预计基岩面时,即应开始取样,然后根据岩样的性质确定基岩面；

(2)对照邻孔基岩面高程,并参考钻进情况确定基岩面；

(3)当上述方法难以确定基岩面,或对基岩面发生怀疑时,应采用岩芯钻机取岩样,加以确定和验证。

4.0.1　建造槽孔时泥浆的功用是支承孔壁,悬浮、携带钻渣和冷却钻具。泥浆应具有良好的物理性能、流变性能、稳定性以及抗水泥污染的能力。

4.0.12　海水或地下水可能对泥浆产生污染的情况下,应进行水质分析并采取保证泥浆质量的措施。

5.1.3　配置墙体材料的水泥、骨料、水、掺合料及外加剂等应符合有关标准的规定,其配合比及配置方法应通过试验决定。

5.1.5　防渗墙墙体应均匀完整,不得有混浆、夹泥、断墙、孔洞等。

5.1.6　墙体施工的质量事故,承包单位除应按规定及时处理和补救外,并应提供事故发生的时间、位置、原因、补救措施、处理经过等资料。

8.0.2　地层严重漏浆,应迅速填入堵漏材料,必要时可回填槽孔。

8.0.3　混凝土浇筑过程中导管堵塞、拔脱或漏浆需重新下设时,必须采用下列办法：

(1)将导管全部拔出、冲洗、并重新下设,抽净导管内泥浆继续浇筑；

(2)继续浇筑前必须核对混凝土面高程及导管长度,确认导管的安全插入深度。

《土石坝碾压式沥青混凝土防渗墙施工规范(试行)》SD220－87

1.0.6　沥青混凝土防渗墙正式施工前,应进行现场铺筑试验,以确定沥青混混合料的施工配合比、施工工艺参数,并检查施工机械的运行情况等。

2.1.9　在配制与使用稀释沥青时,应特别注意防火。

3.1.1　沥青混合料拌和厂(站)位置的选择应注意以下各点：

一、尽可能靠近铺筑现场,以减少沥青混合料的热量损失与离析,并便于施工管理；

二、在工程爆破危险区之外,远离易燃品仓库,不受洪水威胁,排水条件良好；

三、尽可能设在坝区的下风处,保护坝区的环境卫生；

四、远离生活区,以利于防火及环境卫生。

3.2.1　沥青的溶化、脱水和加热保温场所均必须有防雨、防火设施。

3.2.7　沥青加热宜采用内热式加热锅,加热锅应采取保温措施。内热式加热锅当采用柴油等油料作燃料时,应调节好风压、油压,使油料充分雾化燃烧。油路、风路应经常检查,严防因管路漏油而引起火灾。

3.2.8　当采用外热式加热锅时，加热过程中应防止下部沥青因急骤受热体积膨胀而损坏锅体，并应适时清理锅底，以免沉淀物焦化引起锅底过热而溶裂。

8.2.1　沥青混凝土防渗墙施工系高温作业，必须注意安全，应建立安全组织，订立安全制度，进行安全教育，经常进行安全检查，采取有效措施防止事故发生。

8.2.3　接触沥青的人员，应发给必要的劳保用品和享受保健待遇。

8.2.4　沥青混凝土制备场所，要有除尘、防污、防火、防爆措施，并配备必要的消防器材。

8.2.7　斜坡施工应设置安全绳或其它防滑措施。机械由坝顶下放至斜坡时，应有安全措施，并建立安全制度。对牵引机械和钢丝绳、刹车等，必须经常检查，维修。

5.2　灌浆工程

《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SL62－94

1.0.3　下列灌浆工程在施工前或施工初期应进行现场灌浆试验：

(1)1、2级水工建筑物基岩帷幕灌浆；

(2)地质条件复杂地区或有特殊要求的1、2级水工建筑物基岩固结灌浆和水工隧洞固结灌浆。

1.0.7　已完成灌浆或正在灌浆的地区，其附近30m以内不得进行爆破作业。如必须进行爆破作业，应采取减震和防震措施，并应征得设计或建设、监理部门同意。

3.1.2　同一地段的基岩灌浆必须按先固结灌浆后帷幕灌浆的顺序进行。

3.1.3　帷幕灌浆必须按分序加密的原则进行。

3.4.4　进行帷幕灌浆时，坝体混凝土和基岩的接触段应先行单独灌浆并应待凝，接触段在岩石中的长度不得大于2m。

4.1.1　水工隧洞混凝土衬砌段的灌浆，应按先回填灌浆后固结灌浆的顺序进行。

5.1.1　蓄水前应完成蓄水初期最低库水位以下各灌浆区的接缝灌浆及其验收工作。蓄水后，各灌浆区的接缝灌浆应在库水位低于灌浆区底部高程时进行。

5.1.2　混凝土坝接缝灌浆的施工顺序应遵守下列原则：

(1)接缝灌浆应按高程自下而上分层进行；

(2)拱坝横缝灌浆宜从大坝中部向两岸推进。重力坝的纵缝灌浆宜从下游向上游推进，或先灌上游第一道纵缝后，再从下游向上游顺次灌浆。当既有横缝灌浆又有纵缝灌浆时，施工顺序应按工程具体情况确定。

《土坝坝体灌浆技术规范》SD266－88

3.2.5　造孔深度应大于隐患深度2～3m。如副排孔处无隐患，孔深约为相应主排孔深的1/3。

4.1.3　灌浆施工前应做灌浆试验。选有代表性坝段，按灌浆设计进行布孔、造孔、制浆、

灌浆。观测灌浆压力、吃浆量及泥浆容量、坝体位移和裂缝等。试验孔不少于3个。试验结束后应分析资料,总结经验,修改参数,完善和熟练灌浆工艺,然后方可全面施工。

4.5.5　充填式灌浆应尽量避免坝面出现裂缝。

5.3　土工合成材料应用

《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》SL/T225－98

3.3.3　产品存储时必须避免阳光照射,远离火种,存放期不得超过不同产品的有效期。

6.3.7　排体锚固。岸坡上的排体必须保持稳定,在坡顶与坡底应分别加以锚固。缓坡上排体坡顶锚固可采用锚固桩,即在坡肩稍向里处设挂排桩,用尼龙排挂在桩上。陡坡可采用锚固沟法,即在坡肩向里平行于坡轴,开挖宽、深不应小于0.6m的沟,用石块、砾石或镇压梁回填。

《土工合成材料应用技术规范》GB50290－98

3.1.7　土工合成材料应具有经国家或部门认可的测试单位的测试报告。材料进场时,应进行抽检。

3.1.8　材料应有标志牌,并应注明商标、产品名称、代号、等级、规格、执行标准、生产厂名、生产日期、毛重、净重等。

3.1.9　材料运送过程中应有封盖,在现场存放时应通风干燥,不得受日光照射,并应远离火源。

《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》SL/T231－98

2.3.4　保护层设计应符合下列规定:

1　埋压式PE土工膜防渗层表面必须设保护层。

6　单项工程施工

6.1　堤防

《堤防工程施工规范》SL260－98

2.2.3　堤防基线的永久标石、标架埋设必须牢固,施工中须严加保护,并及时检查维护,定时核查、校正。

2.3.3　应根据设计文件要求划定取土区,并设立标志。严禁在堤身两侧设计规定的保护范围内取土。

5.1.3　当堤基冻结后有明显冰夹层和冻胀现象时,未经处理,不得在其上施工。

5.2.2　堤基表层不合格土、杂物等必须清除,地基范围内的坑、槽、沟等,应按堤身填筑要求进行回填处理。

6.1.1　填筑作业应符合下列要求:

1　地面起伏不平时,应按水平分层由低处开始逐层填筑,不得顺坡铺填;堤防横断

面上的地面坡度陡于 1∶5 时，应将地面坡度削至缓于 1∶5。

3　作业面应分层统一铺土、统一碾压，并配备人员或平土机具参与整平作业，严禁出现界沟。

7　用光面碾磙压实粘性土填筑层，在新层铺料前，应对压光层面作刨毛处理。填筑层检验合格后因故未继续施工，因搁置较久或经过雨淋干湿交替使表面产生疏松层时，复工前应进行复压处理。

8　若发现局部“弹簧土”、层间光面、层间中空、松土层或剪切破坏等质量问题时，应及时进行处理，并经检验合格后，方准铺填新土。

6.1.2　铺料作业应符合下列要求：

1　应按设计要求将土料铺至规定部位，严禁将砂（砾）料或其它透水料与粘性土料混杂，上堤土料中的杂质应予清除；

3　铺料厚度和土块直径的限制尺寸，宜通过碾压试验确定；在缺乏试验资料时，可参照表 6.1.2 的规定取值。

表 6.1.2　铺料厚度和土块直径限制尺寸表

压实功能类型	压实机具种类	铺料厚度（cm）	土块限制直径（cm）
轻型	人工夯、机械夯	15～20	≤5
	5～10t 平碾	20～25	≤8
中型	12～15t 平碾 斗容 2.5m³ 铲运机 5～8t 振动碾	25～30	≤10
重型	斗容大于 7m³ 铲运机 10～16t 振动碾 加载气胎碾	30～50	≤15

6.1.3　压实作业应符合下列要求：

1　施工前应先做碾压试验，验证碾压质量能否达到设计干密度值，方法见附录 B。若已有相似条件的碾压经验也可参考使用。

2　分段填筑，各段应设立标志，以防漏压、欠压和过压。上下层的分段接缝位置应错开。

3　碾压施工应符合下列规定：

1）碾压机械行走方向应平行于堤轴线；

2）分段、分片碾压，相邻作业面的搭接碾压宽度，平行堤轴线方向不应小于 0.5m，垂直堤轴线方向不应小于 3m。

10.4.1　土料碾压筑堤质量控制应符合下列要求：

9　碾压土堤单元工程的压实质量总体评价合格标准，应按表 10.4.1－1 的规定执行：

表 10.4.1－1　碾压土堤单元工程压实质量合格标准

堤　型		筑堤材料	干密度值合格率(%)	
			1、2 级土堤	3 级土堤
均质堤	新筑堤	粘性土	≥85	≥80
		少粘性土	≥90	≥85
	老堤加高培厚	粘性土	≥85	≥80
		少粘性土	≥85	≥80
非均质堤	防渗体	粘性土	≥90	≥85
	非防渗体	少粘性土	≥85	≥80

注 必须同时满足下列条件：

①不合格样干密度值不得低于设计干密度值的 96%；

②不合格样不得集中在局部范围内。

6.2　土石坝

《碾压式土石坝施工技术规范》SDJ213－83

5.1.2　施工单位对勘测设计单位所提供的各料场勘察报告和调查试验资料应进行认真核查。对批准的设计文件中选定的每个料场的储量与质量，应辅以适量的坑探和钻孔取样复核。如发现勘察项目和精度与规定不符，应及时提出意见，并会同勘测设计单位进行复查。

6.1.2　土石坝施工试验的项目，一般有土料、砂砾料及石料的碾压试验；石料场的爆破试验；坝料加工试验；粘性土料含水量调整试验以及混凝土防渗墙、基础灌浆、震动水冲和砂井加固坝基、减压排水井和其它施工试验。

6.1.3　1、2 级坝和高土石坝工程必须在开工前完成有关施工试验项目。

8.0.1　坝体填筑必须在坝基处理及隐蔽工程验收合格后才能进行。

8.0.5　必须严格控制压实参数。压实机具的类型、规格等应符合施工规定。压实合格后始准铺筑上层新料。

坝壳堆石料难以逐层检查，尤须严格控制填筑压实参数。

8.1.14　心墙应同上下游反滤料及部分坝壳平起填筑，按顺序铺填各种坝料。优先采用先填反滤料后填土料的平起填筑法。

斜墙也应同下游反滤料及坝壳平起填筑。斜墙也可滞后于坝体填筑，但需预留斜墙施工场地，且紧靠斜墙的坝体必须削坡至合格面，方允许填筑。

8.1.16　填筑面进料运输线路上散落的松土、杂物以及车辆行驶、人工践踏形成的干硬光面，特别是汽车经常进入防渗体的道路，应于铺土前清除或彻底处理。

10.1.1　反滤层厚度、铺筑位置及反滤料的粒径、级配、不均匀系数、含泥量等，均应符合设计要求。

10.1.8　对已铺好的反滤层应作必要的保护，禁止车辆行人通行、抛掷石料以及其它物件，防止土料混杂、污水浸入。

在反滤层上堆砌石料时，不得损坏反滤层。与反滤层接触的第一层堆石应仔细铺筑，其块径应符合设计要求，且应防止大块石集中。

10.2.1　排水设备所用的石料必须质地坚硬，其抗水性、抗冻性、抗压强度、几何尺寸均应满足设计要求。

6.3　混凝土面板堆石坝

《混凝土面板堆石坝施工规范》SL49－94

2.0.3　当确定未浇筑混凝土面板的坝体挡水时，必须对上游坡面进行碾压砂浆、喷射混凝土或喷洒阳离子乳化沥青等防渗固坡处理。

5.1.2　堆石坝填筑开始前，应进行坝料碾压试验，优化相应的填筑压实参数。碾压试验的压实参数，主要为铺料厚度、碾压遍数、加水量等。

5.1.3　施工中应严格控制填筑压实参数，并应进行抽样检查。对规定的铺料厚度应经仪器检查。

5.2.5　坝料碾压必须采用振动碾，并按材料分区分段进行。碾压过程中应保证振动碾的规定工作参数。

垫层区的水平碾压，振动碾距上游边缘的距离不宜大于40cm。

6.1.2　面板混凝土配合比除满足面板设计性能外，尚应满足施工工艺要求：

(1)水灰比应通过试验确定。

(2)掺用减水、引气、调凝等外加剂及适量的掺合料时，其掺量应通过试验确定。

(3)坍落度应根据混凝土的运输、浇筑方法和气温条件决定。

6.2.1　趾板混凝土浇筑应在基岩面开挖、处理完毕，并按隐蔽工程质量要求验收合格后方可进行。趾板混凝土浇筑，应在相邻区堆石填筑前完成。

7.2.5　金属止水片就位后，与聚氯乙烯垫片接触的缝隙，必须作防止混凝土砂浆浸入其间的封闭处理。金属止水片中心线与设计线的最大偏移量，不得超过5mm。浇筑混凝土时，应防止止水片产生形变、变位或遭到破坏。

6.4　碾压混凝土坝

《水工碾压混凝土施工规范》SL53－94

1.0.3　施工前应通过现场碾压试验验证碾压混凝土配合比的适应性，并确定其施工工艺参数。

4.5.5　每层碾压作业结束后,应及时按网格布点检测混凝土的压实容重。所测容重低于规定指标时,应立即重复检测,并查找原因,采取处理措施。

4.5.6　连续上升铺筑的碾压混凝土,层间允许间隔时间(系指下层混凝土拌和物拌和加水时起到上层混凝土碾压完毕为止),应控制在混凝土初凝时间以内。

4.7.1　施工缝及冷缝必须进行层面处理,处理合格后方能继续施工。

5.4.9　相对压实度是评价碾压混凝土压实质量的指标。对于建筑物的外部混凝土,相对压实度不得小于 98% 对于内部混凝土,相对压实度不得小于 97%。

6.5　水闸

《水闸施工规范》SL27 – 91

4.2.1　场区排水系统的规划和设置应根据地形、施工期的径流量和基坑渗水量等情况确定,并应与场区外的排水系统相适应。

4.2.2　基坑的排水设施,应根据坑内的积水量、地下渗流量、围堰渗流量、降雨量等计算确定。

抽水时,应适当限制水位下降速率。

5.1.2　对已确定的地基处理方法应作现场试验,并编制专项施工措施设计。在处理过程中,如遇地质情况与设计不符时,应及时修改施工措施设计。

5.2.1　砂垫层的砂料应符合设计要求并通过试验确定。如用混合砂料应按优选的比例拌和均匀。砂料的含泥量不应大于 5%。

5.3.1　振冲法适用于砂土或砂壤土地基的加固 软弱粘性土地基必须经论证方可使用。

5.4.7　灌注桩钻孔的质量标准应符合表 5.4.7 的规定。

表 5.4.7　灌注桩钻孔的质量标准

项　次	项　目	质量标准
1	孔的中心位置偏差	单排桩不大于 100mm,群桩不大于 150mm
2	孔径偏差	+ 100mm　　– 50mm
3	孔斜率	< 1%
4	孔　深	不得小于设计孔深

5.5.1　沉井施工前,应根据地质资料编制沉井施工措施设计。选定下沉方式,计算沉井各阶段的下沉系数,再确定制作、下沉等施工方案。

5.5.11　沉井施工的全过程应按时观测。下沉时,每班至少观测两次,及时掌握和纠正沉井的位移和倾斜。

5.5.19　沉井下沉完毕后的允许偏差应符合下列规定:

(1)刃脚平均高程与设计高程的偏差不得超过 100mm;

(2)沉井四角中任何两个角的刃脚底面高差不得超过该两个角间水平距离的0.5%，且不得超过150mm 如其间的水平距离小于10m，其高差可为100mm；

(3)沉井顶面中心的水平位移不得超过下沉总深度(下沉前后刃脚高差)的1%；下沉总深度小于10m 时，不宜大于100m。

上述偏差应在沉井封顶时，根据水闸上部尺寸的要求，予以调整补救。

6.1.2　水闸混凝土必须根据其所在部位的工作条件，分别满足强度、抗冻、抗渗、抗侵蚀、抗冲刷、抗磨损等性能及施工和易性的要求。

9.2.6　打入板桩的允许偏差应符合表9.2.6的规定。

表9.2.6　板桩位置的允许偏差

项　次	项　目	允许偏差
1	木板桩 (1)桩轴线 (2)垂直度 (3)桩顶高程 (4)最大间隙	 +20mm 1% ±50mm 10mm
2	钢筋混凝土板桩 (1)桩轴线 (2)垂直度 (3)桩顶高程 (4)最大间隙	 +20mm 1% －50～+100mm 15mm

9.3.1　钢筋混凝土铺盖应按分块间隔浇筑。在荷载相差过大的邻近部位，应等沉降基本稳定后，再浇筑交接处的分块或预留的二次浇筑带。

在混凝土铺盖上行驶重型机械或堆放重物，必须经过验算。

6.6　水电站

《小型水电站施工技术规范》SL172－96

15.1　调压井施工方法

(1)调压井(下称竖井)施工方法应根据围岩的稳定性，开挖断面尺寸，竖井上、下通道情况，顶部的结构型式，下部扩大开挖后对上部结构施工的影响以及施工设备等因素确定。

15.6.1　竖井混凝土衬砌分段高度，应根据围岩稳定条件，衬砌结构形式及浇筑方法确定。

(1)围岩稳定性差的竖井宜分段开挖、分段衬砌。

(2)衬砌结构型式有变化时，变动处宜分段浇筑。

(3)大断面的竖井采用普通模板浇筑时，可根据模板结构、拌和及运输能力，分成对称的偶数块浇筑。

16.1.1　斜井开挖方法

(1)斜井的开挖方法,可根据其断面尺寸、深度、倾角、围岩特性及施工设备等条件选定。

(2)倾角 6°～25°的斜井,可采用自上而下的全断面开挖方法。

(3)斜角为 25°～45°的斜井,可采用自下而上挖通导井,自上而下扩大开挖的方法,并应有扒渣或溜渣措施。

(4)洞的倾角小于 6°时,可按平洞开挖的规定执行;倾角大于 45°时,可按竖井开挖的规定执行。

16.3.1　钢管安装前,应具备以下条件:

(1)洞内岩石开挖完毕,水平管顶部及两侧宜留 40cm 净空,底部宜留 50cm 净空。斜井钢管四周应留有 40cm 净空;管径小的净空应适当加大。

(2)支持钢管的混凝土支墩或墙具有 70%以上的强度。

(3)钢管四周埋设的锚筋直径不小于 20mm,埋设孔内的砂浆应具有 70%以上的强度。

16.4.1　钢管管线开挖应符合 4.2.10 **有关规定,管槽周边应采用预裂爆破,清除危石,做好排水和边坡处理措施。**

16.5.4　预制钢筋混凝土管。

预制钢筋混凝土管管节长度根据制作、运输和安装条件具体确定,一般不宜超过 5m。管节型式应优先采用承插式管。管节吊装时,混凝土强度应符合设计要求。设计无规定时,不得低于强度的 70%。沉陷缝、伸缩缝的位置、形式、止水材料以及管节接头止水材料均应符合设计要求。止水材料应粘接牢固,封堵严密,无渗漏现象。预制管节安装允许偏差应符合表 16.5.4 的规定。

表 16.5.4　预制管节安装允许偏差　　单位:mm

项　次	项　目	允许偏差
1	管节安装轴线偏移	±5
2	相邻两管内表面高差	3
3	沉陷缝与伸缩缝宽度	±5
4	承插管同一接头缝隙差值	±5

17.1.1　地面厂房开挖宜结合尾水渠开挖进行布置,开挖及地基处理应按本规范 4 **和** 5 **的规定进行。**

17.1.2　地下厂房开挖。

(1)应合理布置施工支洞,并充分利用永久洞作为施工通道。

(2)应首先开挖导洞,其位置可按采用的施工方法确定。

(3)一般可采用下列方法施工:

对于Ⅰ~Ⅲ类围岩,可采用先拱后墙法。

对于Ⅲ~Ⅳ类围岩,可采用先墙后拱法 如采用先拱后墙法,应注意保护和加固拱座岩体。

对于Ⅳ~Ⅴ类围岩,宜采用肋墙法或肋拱法,必要时应预先加固围岩。

中间岩体可采用分层开挖或全断面开挖的方法。

(4)施工期间,应做好施工观测,了解岩体和支护结构的应力,围岩破坏区的范围,量测岩体及支护中的位移及变形。

(5)当有相邻平行洞室时,应先加固岩墙,再往下挖。

(6)在厂房交叉部位施工时,应先对交叉部位进行加固,加固长度应结合围岩条件,控制住软弱面的延伸范围等确定,一般不短于 5m。

17.2.2　厂房水下混凝土应在当年汛前达到相应的安全渡汛高程并封堵与渡汛有关的所有孔洞。

17.4.2　分层分块的形式及要求。

(1)厂房下部结构分层分块一般采用通仓、错缝等形式,小型水电站厂房宜采用通仓浇筑。

(2)宜按底板、尾水管、蜗壳、水轮机层、机墩和发电机层进行分层施工。贯流式和冲击式机组厂房可以参照分层。

(7)错缝分块的上、下层浇筑块搭接长度一般取浇筑厚度的 1/2~1/3,且不宜小于 50cm。错缝施工应采取措施防止施工缝继续延伸。

(8)相邻块应均匀上升,当采用台阶缝施工时,相邻块高差一般不得超过 4~5m。

17.5.3　尾水管模板放样可采用图解法、数解法或放大样制作。数解法可参考附录 R 进行计算。采用图解法应作图精细,误差精度能满足工程设计和表 17.5.2 的要求。

表 17.5.2　蜗壳及尾水管模板制作的允许误差　　单位:mm

项　次	偏差名称	蜗　壳	尾水管
1	模板的长度和宽度	±5	±5
2	相邻两板面高差	3	2
3	局部不平	5	3
4	面板缝隙	2	2

注:局部不平指曲面模板与设计尺寸的误差;平面模板用 2m 直尺检查所得的误差。

17.5.6　模板就位后应测量复核与机组纵横轴线、安装高程的吻合精度,其安装误差不得超过表 17.5.6 的规定。

表 17.5.6　蜗壳及尾水管模板安装的允许偏差　　单位：mm

项　次	偏差项目	蜗　壳	尾水管
1	模板平整度 相邻两面板高差	3	3
2	局部不平	5	5
3	轴线位移	±5	±5
4	模板标高	±5	±5
5	截面尺寸	±10	±10
6	预埋件		5
7	预留孔洞尺寸及位置	5	10

注 蜗壳内部尺寸指径间断面尺寸。

17.6.1　下部混凝土施工应以浇筑混凝土为主，机电安装配合；上部混凝土施工则应以机电安装为主，土建施工配合。

17.6.2　主要运输、浇筑混凝土机械的配备及其可能达到的生产率，应根据厂房结构形状复杂、埋件多、辅助工作量大等特点决定。

17.8.1　厂房二期混凝土除满足本规范 6 规定及设计规定外，还应满足下列要求：

(1)二期混凝土强度宜高于一期混凝土强度 5MPa。

(2)二期混凝土的骨料不得大于二期混凝土最小结构厚度的 1/4 或钢筋(或预埋件)最小净间距的 1/2。

(3)当二期混凝土最小结构厚度小于 30cm 时，与原一期混凝土相邻的二期混凝土最小结构应设置连接钢筋并以之固定二期混凝土预埋件。

(4)二期混凝土浇筑前所有预埋件应按设计和有关规定埋设完毕，其浇筑仓面已按规范作有效处理。

(5)在进行二期混凝土浇筑时，混凝土入仓不得冲击预埋件和模板，尽量避免冲击钢筋。混凝土振捣机械机头不得在与模板、预埋件及支撑的距离为振捣器有效半径的 1/2 范围内振捣，并不得触动预埋件、止水片和与预埋件、止水片相接的钢筋等。无法使用振捣器的部位，应进行人工捣实。

《水工建筑物地下开挖工程施工技术规范》SDJ212－83

4.2.1　洞口削坡应自上而下进行，严禁上下垂直作业。同时应做好危石清理，坡面加固，马道开挖及排水等工作。

4.2.4　进洞前，须对洞脸岩体进行鉴定，确认稳定或采取措施后，方可开挖洞口。

4.4.2　竖井采用自上而下全断面开挖方法时，应遵守下列规定。

一、必须锁好井口，确保井口稳定，防止井台上杂物坠入井内；

二、提升设施应有专门设计；

三、井深超过 15m 时，人员上下宜采用提升设备；

四、涌水和淋水地段，应有防水和排水措施；

五、Ⅳ、Ⅴ类围岩地段，应及时支护。挖一段衬砌一段或采用预灌浆方法加固岩体；

六、井壁有不利的节理裂隙组合时，应及时进行锚固。

10.2.5　洞口应根据地形和水文条件，采用经济合理的排水设施，不得使地表水流倒灌入洞和冲塌洞口及附近路基。

6.7　泵站

《泵立占施工规范》SL234－1999

1.0.4　泵站工程应按监理工程师认可签发的图纸施工。如需修改，应报监理工程师处理。

4.1.2　泵房水下混凝土宜整体浇筑。对于安装大、中型立式机组的泵房工程，可按泵房结构并兼顾进、出水流道的整体性设计分层，由下至上分层施工。

4.1.3　泵房浇筑，在平面上一般不再分块。如泵房较长，需分期分段浇筑时，应以永久伸缩缝为界面，划分数个浇筑单元施工。泵房挡水墙围护结构不宜设置垂直施工缝。泵房内部的机墩、隔墙、楼板、柱、墙外启闭台、导水墙等，可分期浇筑。

4.4.7　隔水墙、胸墙、水池等有防渗要求的构筑物，其厚度小于 400mm 者，应配置防水混凝土。

4.5.13　机、泵座二期混凝土，应保证设计标准强度达到 70%以上，才能继续加荷安装。

4.8.1　缆车式泵房的岸坡地基必须稳定、坚实。岸坡开挖后应验收合格，才能进行上部结构物的施工。

4.8.10　浮船的锚固设施应牢固，承受荷载时不应产生变形和位移。

5.1.1　钢筋混凝土流道应防渗、防漏、防裂和防错位。施工时应采取有效的技术措施，提高混凝土质量，防止各种混凝土缺陷的产生。

7　工程质量检查及验收

7.1　质量检查

《水利水电工程施工质量评定规程》SL176－1996(试行)

4.3.2　施工准备检查。主体工程开工前，施工单位应组织人员对施工准备工作进行全面检查，并经建设(监理)单位确认合格后才能进行主体工程施工。

4.3.3　中间产品与原材料质量检验。施工单位应按《评定标准》及有关技术标准对中间产品与水泥、钢材等原材料质量进行全面检验，不合格产品，不得使用。

4.3.4　水工金属结构、启闭机及机电产品质量检查。安装前，施工单位应检查是否有出厂合格证、设备安装说明书及有关技术文件；对在运输和存放过程中发生的变形、受潮、

损坏等问题应作好记录，并进行妥善处理。无出厂合格证或不符合质量标准的产品不得用于工程中。

4.3.5　单元工程质量检验。施工单位应严格按《评定标准》检验工序及单元工程质量，作好施工记录，并填写《水利水电工程施工质量评定表》。建设（监理）单位根据自己抽检的资料，核定单元工程质量等级。发现不合格单元工程，应按设计要求及时进行处理，合格后才能进行后续单元工程施工。对施工中的质量缺陷要记录备案，进行统计分析，并记入相应单元工程质量评定表‘评定意见’栏内。

5.2.6　质量监督机构应在工程竣工验收前提出工程质量评定报告，向工程竣工验收委员会提出工程质量等级的建议。

《堤防工程施工质量评定与验收规程》SL239－1999（试行）

4.1.3　重要隐蔽工程及工程关键部位经施工单位自评合格后，由项目法人或委托监理单位，质量监督、设计、施工、管理运行等单位组成联合小组，共同核定其质量等级。

4.1.9　工程质量事故处理后，应按照处理方案的质量要求，重新进行工程质量的检测和评定。

7.2　工程验收

《水利水电建设工程验收规程》SL223－1999

1.0.3　水利水电工程验收分为分部工程验收、阶段验收、单位工程验收和竣工验收。按照验收的性质，可分为投入使用验收和完工验收。

1.0.8　当工程具备验收条件时，应及时组织验收。未经验收或验收不合格的工程不得交付使用或进行后续工程施工。

1.0.10　验收工作由验收委员会（组）负责，验收结论必须经 2/3 以上验收委员会成员同意。

3.1.1　根据工程建设需要，当工程建设达到一定关键阶段时（如基础处理完毕、截流、水库蓄水、机组启动、输水工程通水等），应进行阶段验收。

3.3.1　水库等工程蓄引水前，必须进行蓄引水验收。验收前，应按照有关规定，对工程进行蓄水安全鉴定。

3.4.4　机组启动运行的主要试验程序和内容应按国家现行标准 GB8564《水轮发电机组安装技术规范》和 SD204《泵站技术规范》中的有关机组试运行要求进行。试运行过程中，应作好详细记录。

3.4.5　水电站机组验收的各台机组运行时间为投入系统带额定出力连续运行 24h。由于负荷不足或库水位不够等原因造成机组不能达到额定出力时，验收委员会可根据当时的具体情况，确定机组应带的最大负荷。

3.4.6　泵站水泵机组启动验收可参照发电机组启动验收的有关要求进行。水泵机组的各台机组运行时间为带额定负荷连续运行 24h(含无故障停机)或 7d 内累计运行 48h(含全站机组联合运行小时数),全站机组联合运行时间一般为 6h。且机组无故障停机次数不少于 3 次。执行机组运行时间确有困难时,可由验收委员会或上级主管部门根据具体情况适当减少,但最少不宜少于 2h。

4.1.1　在竣工验收前已经建成并能够发挥效益,需要提前投入使用的单位工程,在投入使用前应进行投入使用验收。

5.1.1　工程竣工验收前应进行初步验收。不进行初步验收必须经过竣工验收主持单位批准。

5.2.1　工程在投入使用前必须通过竣工验收。竣工验收应在全部工程完建后 3 个月内进行。进行验收确有困难的,经工程验收主持单位同意,可以适当延长期限。

《堤防工程施工质量评定与验收规程》SL239－1999(试行)

5.0.3　工程竣工验收前,项目法人应委托省级以上水行政主管部门认定的水利工程质量检测单位对工程质量进行一次抽检。工程质量抽检所需费用由项目法人列支。

5.0.13　凡抽检不合格的工程,必须按有关规定进行处理,不得进行验收。处理完毕后,由项目法人提交处理报告连同质量检测报告一并提并竣工验收委员会。

第五篇　水力机械与金属结构

1　水力机械选型与安装

《水力发电厂机电设计技术规范(试行)》SDJ173－85

2.4.6　技术供水系统应能自动操作并有可靠的备用水源。

2.6.6　油系统设备布置应符合如下防火要求:

一、厂内单个油库的油罐总容积不宜超过 200m^3;

当油库布置在厂外时,油库与周围建筑物之间应满足防火安全间距;

二、油库、油处理室宜各自设有安全出口。安全出口应设置向外开启的防火门;

三、油库与油处理室之间,以及与其它房间之间,应有防火墙隔开;

油库和油处理室必须装设灭火设施。油库应设置防火堤及挡油坎,并应有油、水排出设施。油、水排出系统应符合环境保护的有关规定;

四、油罐及其管路均应安全接地;

五、滤纸烘箱应布置在专设的小间里;

六、油库和油处理室应有独立的通风系统。

3.14.3　电缆隧道与电缆室之间,以及电缆隧道、电缆沟由厂外进入厂房的入口处,均应

设置防火隔断。

长电缆道内，每隔 60m 宜设一防火隔断。电缆着火时，应有能及时隔断通风的措施。

电缆穿入控制室、配电装置室以及有防火要求房间的墙壁、楼板的孔洞，均应用耐火材料堵塞。

《水轮发电机组安装技术规范》GB8564－88

2.0.10　现场制造的承压设备及连接件进行强度耐压试验时，试验压力为 1.5 倍额定工作压力，但最低压力不得小于 0.4MPa，保持 10min，无渗漏及裂纹等异常现象。

设备及其连接件进行严密性耐压试验时，试验压力为 1.25 倍实用额定工作压力，保持 30min，无渗漏现象。

单个冷却器应按设计要求的试验压力进行耐压试验，设计无规定时，试验压力一般为工作压力的两倍，但不得低于 0.4MPa，保持 60min，无渗漏现象。

2.0.11　设备容器进行煤油渗漏试验时，至少保持 4h，应无渗漏现象；阀门进行煤油渗漏试验时，至少保持 5min，应无渗漏现象。

13.3.1　机组首次手动起动，应进行下列工作：

c. 观察轴承油面，应处于正常位置。监视各部位轴承温度，不应有急剧升高现象。运行至温度稳定，其稳定温度不应超过设计规定值。

d. 测量机组运行摆度（双幅值），其值应小于轴承间隙。

e. 测量机组振动，其值应不超过表 33 的规定。

表 33　水轮发电机组各部位振动允许值　　单位：mm

序号	项目		额定转速（r/min）			
			≤100	100～250	250～375	375～750
			振动允许值（双振幅）			
1	立式机组	带推力轴承支架的垂直振动	0.10	0.08	0.07	0.06
2		带导轴承支架的水平振动	0.14	0.12	0.10	0.07
3		定子铁芯部分机座水平振动	0.04	0.03	0.02	0.02
4	卧式机组各部轴承垂直振动		0.14	0.12	0.10	0.07

注　振动值系指机组在各种正常运行工况下的测量值。

13.4.8　在额定负载下，机组应进行 72h 连续试运行。

受电站水头和电力系统条件限制，机组不能带额定负载时，可按当时条件在尽可能大的负载下进行上述试验。

13.4.9　机组调相运行试验，应检查、记录下列各项：

a. 记录关闭导叶后转轮在水中空载运行时，机组所消耗的功率；

b. 检查充气压水情况及补气装置动作情况，应正常。记录吸出管内水位压至转轮以

下后机组所消耗的功率；

c. 发电与调相工况互相切换时，自动化元件的动作应正确；

d. 发电机无功功率在设计范围内的调节应平稳，记录转子电流为额定值时的最大无功功率输出。

《水利水电建筑安装安全技术工作规程》SD267－88

第二篇　施工现场

3.1.4　机械的转动带、开式齿轮、电锯、砂轮、接近于行走面的联轴节、转轴、皮带轮和飞轮等危险部分，必须安设防护设置。

3.1.13　在有易燃、易爆气体的场所，电气设备及线路均应满足防爆要求。在有大量蒸汽及粉尘的场所，应满足密封、防尘要求。

3.1.14　能够散发大量热量的电气设备，如电热器、碘钨灯、长弧氙灯等，不得靠近易燃物安装，必须时应采取隔离、隔热措施。

3.1.17　架空线路的路径应选择合理，避开易撞、易碰、潮湿场所及热管道。

线路交叉架设时，最小垂直距离应符合表 2－3 的规定。

表 2－3

线路电压	1kV 以下	1～10kV
最小垂直距离(m)	1	2

架空导线与地面的最小距离，应符合表 2－4 的规定。

表 2－4

最小距离(m) 线路电压 / 区域	1kV 以下	1～10kV
人员频繁活动区	6	6.5
非人员频繁活动区	5	5.5
极偏僻区	4	4.5
公路	6	7.0
铁路轨顶	7.5	7.5
建筑物顶部	2.5	3.0

3.2.8　机械如在高压线下进行工作或通过时，其最高点与高压线之间的垂直距离不得小于表 2－5 的规定。

表 2－5

线路电压	1kV 以下	1～20kV	35～110kV	154kV	220kV	330kV
机械最高点与线路间的垂直距离(m)	1.5	2	4	5	6	7

《泵站设计规范》GB/T50265－97

9.1.10　水泵安装高程必须满足下列要求：

9.1.10.1　在进水池最低运行水位时，必须满足不同工况下水泵的允许吸上真空高度或必需汽蚀余量的要求。当电动机与水泵额定转速不同时，或在含泥沙水源中取水时，应对水泵的允许吸上真空高度或必需汽蚀余量进行修正。

9.1.10.2　轴流泵或混流泵立式安装时，其基准面最小淹没深度应大于 0.5m。

9.1.10.3　进水池内严禁产生有害的漩涡。

10.7.5　站用变压器如布置在主泵房内，其油量为 100kg 以上时，应安装在单独的防爆专用变压器小间内，站用电低压配电装置应靠近站用变压器布置。

专供同步电动机励磁用的油浸变压器亦应安装在单独小间内。

10.7.8　油浸变压器上部空间不得作为与其无关的电缆通道。干式变压器上部可通过电缆，但电缆与变压器顶部距离不得小于 2m。

10.7.12　当采用酸性蓄电池时，必须设单独的蓄电池室，并应布置在地面层，不得布置在中控室和高、低压配电室，电子计算机房和通信室上层。

2　金属结构设计、制造与安装

《水工金属结构焊接通用技术条件》SL36－92

3.3.1　母材和焊接材料应具有出厂合格证明书和质量保证书。

3.3.3　设计选用未列入标准的母材和焊接材料时，应说明该材料的焊接性，并提出满足设计要求的焊接工艺试验资料。

3.3.4　材料进厂时，应按其相应的标准检查验收。对材质有怀疑时，应进行复验，合格后方可使用。

3.3.5　碳素钢、低合金钢及奥氏体不锈钢所用焊条应分别符合 GB5117、GB5118 和 GB983 规定。

3.3.6　焊丝应符合 GB1300 规定。

3.3.7　焊剂应符合 GB5293 规定。

4.1　焊接前必须根据母材的焊接性、结构特点、使用条件、设计要求、设备能力、施工环境和本标准要求拟定焊接工艺方案，并经工艺评定合格后，编制焊接工艺指导书。

5.5.2　焊件组对质量应符合以下要求：

5.5.2.4　焊件组对局部间隙超过 5mm，但长度小于等于焊缝全长的 15%时，允许作堆焊处理，堆焊要求为：

a. 堆焊时严禁填充异物；

b. 堆焊后应修磨平整达到规定尺寸，并保持原坡口的形状；

c. 根据堆焊长度和间隙大小及其焊缝所在部位酌情进行探伤检验。

8.3　外观质量检查合格后应进行内部质量检验。内部质量检验应在焊缝完成 24h 以后进行，其检验方法、检验范围及质量标准应按表 8 选用。

表 8

焊缝类别	检验方法（任选其一）	检验范围	质量标准
一类	超声探伤	大于等于焊缝长度的 50%	JB1152 或 SDJ67　Ⅰ级 GB11345B　Ⅰ级
	射线探伤	大于等于焊缝长度的 20%，且大于等于 300mm	GB3323　Ⅱ级
二类	超声探伤	大于等于焊缝长度的 30%	JB1152 或 SDJ67　Ⅱ级 GB11345B　Ⅱ级
	射线探伤	大于等于焊缝长度的 10%，且大于等于 300mm	GB3323　Ⅲ级
三类	超声、射线探伤	一般不做，但有争议时可做	有争议时按二类焊缝评定

8.3.4　焊缝检验不合格，应按下列要求进行补充检验：

一、二类焊缝探伤发现有不允许缺陷时，应在其延伸方向或可疑部位作补充检验。如补充检验不合格，则应对该焊工在该条焊缝上所有的焊接部位进行检验。

《水利水电工程钢闸门设计规范》SL74－95

2.1.10　为便于制造、运输和安装，设计时应考虑：

(2)运输单元应具有必要的刚度，外形尺寸和重量应满足运输的要求。

2.2.2　在泄水孔工作闸门的上游侧，应设置事故闸门。对高水头长泄水孔的闸门，尚应研究在事故闸门前设置检修闸门的必要性。

2.2.7　大型工程中重要的工作闸门在运行过程中可能产生的空蚀、振动、磨损和启闭力等问题，应作专门研究。通常可从通气孔、底缘型式、门槽型式、止水型式和操作方法等方面采取有效措施，以尽量避免或减轻不利影响。若水流条件复杂，应专门进行模型试验研究。

2.2.9　对于低水头弧形闸门，应特别注意支臂的动力稳定性，除应符合 2.1.1 规定及注

意保养维护和按章操作外，并宜从支臂的结构和构造上予以保证。

2.4.3　快速闸门的关闭时间，应满足机组和钢管的保护要求，快速闸门的下降速度，在接近底槛时，不宜大于 5m/min。

快速闸门启闭机，应能就地操作和远方操作，并应配有可靠电源和准确的开度指示控制器。

5.2.2　强度验算：对于闸门承重构件和连接件，应验算正应力和剪应力。在同时受较大正应力和剪应力作用处，尚应验算折算应力。

计算的最大应力值不得超过容许应力的 5%。

弧形闸门的纵向梁系和面板，可忽略其曲率影响，近似按直梁和平板进行验算。

5.2.3　刚度验算：应验算受弯构件的挠度。最大挠度与计算跨度之比，不应超过下列数值：

(1)潜孔式工作闸门和事故闸门的主梁　1/750

(2)露顶式工作闸门和事故闸门的主梁　1/600

(3)检修闸门和拦污栅的主梁　1/500

(4)次梁　1/250

5.2.4　稳定验算：对受弯、受压和偏心受压构件，应验算整体稳定和局部稳定性。

5.2.8　闸门承重构件的钢板厚度或型钢截面不得小于：

(1)6mm 的钢板；

(2)∟50mm × 6mm 的等边角钢；

(3)∠63mm × 40mm × 6mm 的不等边角钢；

(4)I2.6 的工字钢；

(5)[8 的槽钢。

6.5.1　在设计中，焊缝的布置应尽量对称于构件的重心。不得任意加大焊缝，并应避免焊缝立体交叉和在一处集中多条焊缝。

闸门及埋件结构，不得采用间断焊缝。

6.5.4　承受主要荷载的结构，不得采用塞焊连接。

《水利水电工程启闭机设计规范》SL41 - 93

5.1.11　对用以操作泄洪及其它应急闸门的启闭机，必须设置可靠的备用电源。

5.4.6　液压启闭机应设有行程控制装置，不得用溢流阀来代替行程控制装置。

9.8.5　走台、梯子、栏杆与司机室

9.8.5.4　走台、作业平台和斜梯都必须设置牢固的栏杆，栏杆的垂直高度不得小于 1m，离铺板约 450mm 处应有中间扶杆，底部有不低于 70mm 的挡板。在桥机、门机小车平台

上的栏杆，若条件限制，其高度可低于 1m。

《固定卷扬式启闭机通用技术条件》SD315－89

3.2.1　钢丝绳应符合 GB1102 的有关规定。

3.2.4　钢丝绳长度不够时，禁止接长。

3.3.6　滑轮上有裂纹时，不允许焊补，应报废。

3.4.4　钢丝绳压板用的螺孔必须完整，螺纹不允许破碎、断裂等缺陷。钢丝绳固定卷筒的绳槽，其过渡部分的顶峰应铲平磨光。

3.4.6　卷筒上有裂纹时，不允许焊补，应报废。

3.16.2　所有零部件必须经检验合格，外购件、外协件应有合格证明文件方可进行组装。

《压力钢管制造安装及验收规范》DL5017－93

3.2.1　压力钢管使用的钢板和焊接材料必须符合图样规定，钢板性能和表面质量应符合附录 A 的现行有关标准和图样或设计文件中的有关规定，并应具有出厂质量证明书，如无出厂质量证明书或标号不清、有疑问者应予复验，复验合格，方可使用。

6.3.4　异种钢板焊接时，应采用强度高钢板的焊接工艺施焊。焊接材料按图样规定，并应经焊接工艺试验评定。

6.3.12　一、二类焊缝预热应符合下列规定：

a. 手工焊缝预热温度可进行斜 Y 型焊接裂纹试验，当板厚拘束度大时，还应增作窗型拘束裂纹试验，加以确定，裂纹率应为零，也可参照表 6.3.12 的规定。

表 6.3.12

钢板牌号 / 板厚（mm）	Q235 20R	16Mn 16MnR	15MnV 15MnVR 15MnTi	高强钢
>25～30	—	—	60～80	60～80
>30～38	—	80～100	80～100	80～100
>38～50	80～120	10～120	100～150	100～150

注：①环境气温低于 5℃应采用较高的预热温度；
②对不需预热的焊缝，当环境气温低于 0℃时，也应适当预热；
③手工焊条应采用低氢型焊条。

b. 预热时必须均匀加热。预热区的宽度应为焊缝中心线两侧各 3 倍板厚，且不小于 100mm。其温度测量应用表面测温计，在距焊缝中心线各 50mm 处对称测量，每条焊缝测量点不应少于 3 对。

6.3.14　焊接层间温度和后热消氢处理温度应由焊接工艺评定确定，也可参照下列要求执行：

a. 厚度大于 32mm 的高强钢和低合金钢应作后热消氢处理；

b. 后热温度，低合金钢宜为 200～250℃，高强钢宜为 150℃；保温时间，低合金钢宜为 0.5～1h，高强钢宜为 2h；

c. 层间温度应不低于预热温度，且不高于 230℃。

6.3.15　高强钢和厚度大于 38mm 的碳素钢，厚度大于 25mm 的低合金钢焊接时应按焊接工艺试验评定的线能量范围进行测定和控制，并应作出记录。

6.3.16　双面焊接时，单侧焊接后应用碳弧气刨或砂轮进行背面清根，将焊在清根侧的定位焊缝金属清除。如用碳弧气刨清根，清根后应用砂轮修整刨槽，对高强钢应磨除渗碳层并应认真检查，保证无缺陷。对需预热焊接的钢板，清根前应预热。

6.3.17　焊缝组装局部间隙超过 5mm，但长度不大于该焊缝长的 15%时，允许在坡口两侧或一侧作堆焊处理，但应符合下列规定：

a. 严禁在间隙内填入金属材料；

b. 堆焊后应用砂轮修整；

c. 根据堆焊长度和间隙大小，对堆焊部位的焊缝应酌情进行无损探伤检查。

第六篇　水环境影响评价与监测

1　水环境影响评价

《水利水电工程环境影响评价规范》SDJ302－88（试行）

1.0.1　根据《中华人民共和国环境保护法（试行）》及《建设项目环境保护管理办法》的规定，水利水电工程在可行性研究阶段，必须进行环境影响评价，编制环境影响报告书或环境影响报告表。

1.0.7　水利水电工程环境影响报告书或环境影响报告表的编写，应由取得水利水电工程环境影响评价证书的单位承担，并对评价结论负责。

2.0.5　对环境状况调查资料及测试成果，必须认真进行分析研究和审核，并应分别提出调查报告，作为工程技术档案，长期保存。

4.0.6　对环境影响较大的工程，应编制环境监测规划，其内容包括：监测站网布设原则；监测项目与要求；监测机构的设置与人员编制、设备及费用等。

《江河流域规划环境影响评价规范》SL45－92

1.0.4　对流域规划方案，必须进行环境影响评价。流域环境影响评价是预估、评价江河治理、开发对流域环境的影响，并研究维护和改善环境的对策、措施，完善规划方案。

流域环境影响评价是流域规划的组成部分，评价工作要贯穿于规划的全过程。

3.0.1　流域规划的环境目标，是指维护和改善流域环境质量的预期目标。应针对流域存在的主要环境问题，根据国家环境保护法规，结合技术、经济的能力，合理拟定。一般

应拟定近期和远期两个规划水平年的环境目标，并尽可能规定相应的标准和要求。

3.0.6　要合理开发利用流域的土地资源。对水土流失严重的地区，应提出保护自然植被、种树种草、涵养水源、防治水土流失的目标和要求。

5.0.1　江河流域综合规划和专业规划报告中均应有环境影响评价篇章，对流域环境有较大影响的近期重点工程，必要时应编写环境影响评价专题报告。

2　水环境监测

《水环境监测规范》SL219－98

3.1.2　河流采样断面按下列方法与要求布设：

2　污染严重的河段可根据排污口分布及排污状况，设置若干控制断面，控制的排污量不得小于本河段总量的80%。

4　出入境国际河流、重要省际河流等水环境敏感水域，在出入本行政区界处应布设断面。

8　供水水源地、水生生物保护区以及水源型地方病发病区、水土流失严重区应设置断面。

9　城市主要供水水源地上游1000m处应布设断面。

3.1.4　湖泊（水库）采样断面按以下要求设置：

1　在湖泊（水库）主要出入口、中心区、滞流区、饮用水源地、鱼类产卵区和游览区等应设置断面。

2　主要排污口汇入处，视其污染物扩散情况在下游100～1000m处设置1～5条断面或半断面。

3.3.1　河流、湖泊（水库）采样频次和时间确定的原则与要求。

1　河流采样频次和时间的确定应符合以下要求：

3）流经城市或工业区污染较为严重的河段，采样频次每年不得少于12次，每月采样1次。在污染河段有季节差异时，采样频次和时间可按污染季节和非污染季节适当调整，但全年监测不得少于12次。

2　湖泊（水库）采样频率和时间的确定应符合以下要求：

3）污染严重的湖泊（水库），全年采样不得少于6次，隔月一次。

8.1.1　各级水环境监测中心在开展入河（湖、库）排污口监测与调查时，应符合下列要求：

3　进行入河排污口监测时，应同步测定污废水和主要污染物质的排放量。

4　所监测的各入河排污口排放量之和应占本河段或本区域入河排污总量的80%以上。

5　重点河段和易发生重大水污染事故河段上的主要排污口监视性监测频次与时间,由流域或省级水环境监测中心确定;一般监测频次每年不得少于二次。

6　在对排污口污水进行测量和采集样品时,必须注意安全,加强对有毒有害、放射性物质和热污染的防护。

8.3.3　发生水污染事故后,当地水环境监测中心应尽快向有关主管部门和上一级水环境监测中心报告。对重大水污染事故,应有书面调查报告。

8.4.3　有下列情况,应进行动态监测:

1　发生人畜饮用水中毒。

2　水体受到严重污染,河道(湖、库)出现大面积死鱼。

3　有大量高浓度污废水入境。

4　有大量高浓度污水蓄积的水闸运行前后,或在运行中泄量有大的改变。

5　发生污水坝垮坝、有毒物质大量泄漏。

6　因水质污染使城市生活、生产正常供水受到影响。

《水质采样技术规程》SL187－96

2.1.2　河流采样断面的布设方法应符合以下要求:

(1)流经城市或工业区等污染较重的河流,应根据需要布设对照断面、控制断面和削减断面。

(3)国际河流出、入口的交界处以及省际、市际交界处比较敏感的水域应布设采样断面。

(5)入河排污口下游纳污河流,应布设若干控制断面,以掌握影响区域。污染源对水体影响较小且变化不大的河流,可布设一个采样断面。

2.4.1　地下水采样井的布设原则应符合下列要求:

(1)在以地下水为主要供水水源的农业区、经济开发区和城市区应布设采样井,以掌握地下水供水水源地的补给区、径流区、排泄区及遭受污染地段的地下水水质分布规律及动态特征。

(2)地下水重点污染区、水源性地方病高发区、污水灌溉区、垃圾堆积区及地下水回灌区应布设采样井。

(3)采样井的布设应以易污染的浅层地下水为主,兼顾深层和自流地下水。

9.1.2　如果采样人员不能确定自己的淌河能力或水流较急时,应在河岸一坚固的物体上系一根安全绳,并穿一套经安全检查的救生衣。

9.1.4　在通航河流的桥上采样时,现场作业应特别小心,注意航行来往船只和航行安全。

9.1.5　在船上采样必须有两人以上,船要有良好的稳定性。采样过程中船要悬挂信号旗,以示采样工作正在进行中,防止商船和捕捞船只靠近。

9.1.10　为了保证采样人员作业人身安全,必须考虑气象条件。在大面积水体上采样时,应穿救生衣或戴救生圈。

9.2.1　利用酸或碱来保存水样时,应戴上手套、保护镜,穿上实验服小心操作,避免烟雾吸入或直接与皮肤、眼睛及衣服接触。

9.2.2　酸碱保存剂在运输期间应妥善储存,防止溢出。溢出部分应立即用大量的水冲洗稀释或用化学物质中和。

《灌溉与排水工程设计规范》GB50288－99

11.2.8　地下水开采应遵循采补平衡的原则。已达到采补平衡的地区,没有水量增补措施,不得增加地下水的开采量。

11.2.9　开采具有多个含水层的地下水时,必须封闭水质不符合灌溉要求的含水层。不得开采已被污染的潜水或承压水。

附录二

中华人民共和国水利行业标准

混凝土拱坝设计规范

Design specification for concrete arch dams

SL282—2003

主编单位：上海勘测设计研究院
　　长江水利委员会长江勘测规划设计研究院
批准部门：中华人民共和国水利部
施行日期：2003 年 6 月 1 日

中华人民共和国水利部

关于批准发布《混凝土拱坝设计规范》SL282—2003的通知

水国科[2003]94号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局：

经审查，批准《混凝土拱坝设计规范》为水利行业标准，并予发布。标准编号为SL282—2003，代替原SD145—85。

本标准自2003年6月1日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇三年三月九日

前　言

根据水利部 1997 年下达的技术标准制定、修订计划，水利水电规划设计管理局的水规局（1997）7 号文《关于印发水利水电勘测设计技术标准工作会议有关文件的通知》以及 SL01－97《水利水电技术标准编写规定》，对 SD145－85《混凝土拱坝设计规范》进行修订。

规范修订的理论原则，水利行业暂不按 GB50199－94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》的规定修订，仍按定值安全系数法修订。水利部水利水电规划设计管理局又在水规局技（1999）10 号文《关于印发水利水电工程设计可靠度理论应用研讨会会议纪要的函》中重申了上述原则，并认为对有条件的大型工程，可在设计中用可靠度理论作分析研究，通过工程设计实践，积累经验，待条件成熟后，在规范再次修订时进行研究。

本次修订的 SL282－2003《混凝土拱坝设计规范》主要章节内容有：

——拱坝体形选择、泄洪方式及拱坝布置；

——泄洪、消能及防冲的水力设计；

——作用在拱坝上的荷载及其组合；

——拱坝应力分析内容、方法及其控制标准；

——拱座抗滑稳定、变形稳定及其安全指标；

——坝基开挖、灌浆、防渗、排水及断层和软弱结构岩体的处理；

——坝顶布置、分缝、廊道、止水及排水等构造设计；

——坝体混凝土材料、温控标准及温控措施；

——安全监测设计原则、监测项目及监测设施布置。

对规范 SD145－85 修改补充的主要内容如下：

——增加主要术语与符号一章，取消原规范附录五；

——增加拱坝泄洪布置宜首选坝身泄洪方式，强调工程地质因素对拱坝布置的影响；

——增加体型选择采用变厚度、变曲率拱的几种拱型，增述了合理设计拱冠梁断面与坝顶表孔布置的关系；

——取消拱坝泄洪布置原规范正文中“注⑤”的内容，其余各注释内容列入条文说明中，增补了应重视泄洪雾化造成的不利影响；

——水力设计将洪水标准和泄流能力分别单列，增加了泄洪采用多种泄水建筑物相

结合的布置型式以及坝身泄水孔采用组合消能方式的要求；

——增加消能防冲采用人工水垫塘的设计要求，强调消能工下游河道被冲刷河段的护岸防冲问题；

——增加了含设计正常温升的两组基本荷载组合和两组特殊荷载组合；

——强调有限元法计算成果也应作为衡量拱坝强度安全的主要标准，并增加有限元法计算的应力控制标准；

——明确拱坝在正常工作状态下，不存在沿建基面滑动的危险性，淡化其作为设计控制工况的要求；

——增加岩溶地区坝基处理的原则和防渗帷幕要求；放宽建基面开挖对基岩风化深度的要求；增加断层破碎带、软弱夹层处理时，宜将坝体与岩基连同一起研究的内容；增补高压水泥灌浆、高喷冲洗灌浆等断层破碎带的处理措施；

——强调坝顶最低高程的要求；放宽横缝和纵缝的设置间距；提出圆弧形横缝键槽型式和塑料拔管的施工方法；增加消防的要求；增补了坝体和基础止水的要求；

——取消对坝体混凝土的一般性能要求，明确混凝土标号分区设计应以强度控制指标为主；采用新的温度控制计算方法；增加制定温控标准及温控措施的依据；明确浇筑层厚度确定因素；增补温控具体措施；

——将原“观测设计”一章名称改为“安全监测设计”；取消原规范附录四；修正观测任务的性质划分；明确规定工程监测范围，增补安全监测设计遵循的原则；调整专门监测项目的内容；增加主要监测设施布置要求。

本规范的强制性条文有 1.0.2、4.1.2、4.4.4、6.2.1、6.3.1、6.3.2、6.3.3、7.2.6、7.2.7、8.4.5 第 1 款、8.4.6、8.6.6、9.1.1、9.2.5、9.3.9、10.1.3、10.2.5、11.1.1 第 1 款、11.1.5 第 1 款、11.2.2，以黑体字标识。

本规范解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本规范主编单位：上海勘测设计研究院

长江水利委员会长江勘测规划设计研究院

本规范主要起草人：钟源清　张良骞　刘世康　廖仁强　苗琴生　柏宝忠　曹去修

张芝琪　陈在敏　范五一　张志勇　汤书明　胡中平　万学军

目　　次

1　总则
2　主要术语与符号
2.1　主要术语
2.2　基本符号
3　拱坝布置
3.1　一般规定
3.2　拱坝体形选择
3.3　拱坝泄洪布置
3.4　其他布置要求
4　水力设计
4.1　一般原则
4.2　泄水建筑物水力设计
4.3　消能防冲水力计算
4.4　其他有关水力设计
5　荷载与荷载组合
5.1　荷载
5.2　荷载组合
6　拱坝应力分析
6.1　分析内容
6.2　分析方法
6.3　控制指标及其他规定
7　拱座稳定分析
7.1　一般原则
7.2　抗滑稳定
7.3　变形稳定及其他
8　坝基处理
8.1　一般规定
8.2　坝基开挖

8.3　固结灌浆
8.4　防渗帷幕
8.5　坝基排水
8.6　断层破碎带和软弱夹层处理
9　拱坝构造
9.1　坝顶布置
9.2　横缝和纵缝
9.3　坝内廊道及交通
9.4　坝体止水和排水
10　坝体混凝土和温度控制
10.1　坝体混凝土
10.2　温度控制
11　安全监测设计
11.1　一般原则
11.2　监测项目与主要监测设施布置
附录 A　水力设计计算公式
附录 B　荷载计算公式
附录 C　施工期坝体温度和温度应力计算
本规范的用词和用语说明

1　总　　则

1.0.1　为适应混凝土拱坝建设发展的需要，规范混凝土拱坝设计要求，对 SD145—85《混凝土拱坝设计规范》进行修订，使工程设计做到安全适用、经济合理、技术先进、质量保证，特制定本规范。

1.0.2　混凝土拱坝的级别，应符合 SL252—2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》的规定。

1.0.3 本规范适用于水利水电枢纽中 1、2、3 级混凝土拱坝的设计。4、5 级混凝土拱坝设计可参照使用。坝高大于 200m 或有特殊情况的拱坝工程，应进行专门研究。

1.0.4　混凝土拱坝按其坝高分为低坝、中坝和高坝。低坝高度为 30m 以下，中坝高度为 30～70m，高坝高度为 70m 以上。

1.0.5　混凝土拱坝按其厚高比分为薄拱坝、中厚拱坝和厚拱坝（或称重力拱坝）。薄拱坝厚高比小于 0.2，中厚拱坝厚高比为 0.2～0.35，厚拱坝厚高比大于 0.35。

1.0.6　混凝土拱坝的设计应重视下列问题：

1　充分掌握建坝地区的气象、水文、泥沙、地形、地质、地震、建筑材料、生态、环保、工业卫生、河流规划、施工及运用条件等基本资料，特别是坝址拱座的工程地质和水文地质条件。

2　认真分析拱坝的稳定和应力，合理选择拱坝体形。

3　做好坝体防洪安全设计和泄洪消能防冲设计，并应研究薄拱坝的坝身泄洪产生的结构问题。

4　宜研究降低或放空库水的设施，以及地震区拱坝的抗震设计。

5　研究施工导流和度汛、浇筑设施及交通运输等施工条件，提出对坝体混凝土质量和温度控制的要求，并应研究坝体浇筑和接缝灌浆顺序、施工蓄水过程中坝体自身的稳定和应力及其度汛问题。

6　合理布置安全监测系统，认真做好安全监测设计。

1.0.7　混凝土拱坝设计除应符合本规范规定外，尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2　主要术语与符号

2.1　主要术语

2.1.1　**拱坝** arch dam

在平面上拱向上游，将荷载主要传递给两岸的曲线形坝。

2.1.2　**厚高比** thickness to hight ration

拱坝最大坝高处的坝底厚度与坝高之比。

2.1.3　**拱坝体形** arch dam shape

拱坝所采用的型式、形状和尺寸。它包括两方面的含义，一是竖向拱冠梁截面形状，二是水平拱圈截面形状，即分别被称为“梁型”和“拱型”。

2.1.4　**单曲拱坝** single curvature arch dam

水平截面呈曲线形，而竖向悬臂梁截面不弯曲的拱坝。

2.1.5　**双曲拱坝** double curvature arch dam

水平截面和竖向截面均呈曲线形的拱坝。

2.1.6　**变曲率拱坝** variable curvature arch dam

由抛物线、椭圆、双曲线、多心圆、对数螺线、统一二次曲线或其他变曲率的水平拱圈所组成的拱坝。

2.1.7　**拱圈中心角** central angle of arch

拱坝中心线与拱轴线在拱座交点处半径之间的角度为拱圈半中心角，其左右半中心角之和即为拱圈中心角。

2.1.8　断面平均温度 mean concrete temperature of section

沿水平拱厚度方向的平均温度。

2.1.9　等效线性温差 equivalent linearly – distributed tempera – ture difference

沿水平拱厚度方向，将实际温度分布按分布图形面积矩相等的原则，换算成直线温度分布时的上下游温差。

2.1.10　设计正常温降(温升) normal design temperature drop(temperature rise)

保证率为50%的年最低(最高)月平均气温与多年月平均气温的差值，也可采用多年平均气温年变幅。

2.1.11　拱梁分载法 multi – arch beam method

将整个拱坝分为水平拱和悬臂梁两个系统，根据拱系和梁系在其交点处变位相等的条件来确定拱梁荷载分配的分析方法。

2.1.12　有限元法 finite element method

用有限多个、有限大小、在有限多个连接点处相连接的单元组合而成的离散化模型去逼近由无限多个微小单元组成的连续介质，建立平衡方程式，基于计算机的一种数值分析方法。

2.1.13　有限元等效应力 equivalent stress of finite element method

对有限元法分析所得的坝体有关应力分量，沿坝体厚度方向进行积分，求出截面相应内力，再用材料力学方法求出的坝体应力为有限元等效应力。

2.1.14　刚体极限平衡法 limit equilibrium method

将可能滑动的岩体作为刚体，采用极限平衡原理，计算沿滑动面的抗滑稳定安全系数的分析方法。

2.1.15　拱座 arch dam abutment

拱坝所座落的两岸岩体部分，包括两岸坝体直接浇置的部位和上、下游一定范围内的岩体。

2.1.16　拱座稳定 stability of arch dam abutment

包括拱座的抗滑稳定、拱座的变形稳定和拱座的渗透稳定。

2.1.17　推力墩 abutment block of arch dam

设置在坝体与基岩之间，将拱端推力传至基岩的结构物，地形突然开阔或地质上有缺陷时采用。

2.1.18　拱坝垫座 support cushion of arch dam

设置于拱坝坝体与基岩之间、宽度大于该处坝体厚度的人工地基。

2.1.19　拱坝周边缝 peripheral joint of arch dam

设置于拱坝与河床及岸边混凝土垫座之间的接触缝

2.2　基本符号

2.2.1　荷载

$\sum N$——垂直于滑裂面的合力；

$\sum T$——沿滑裂面的合力；

P_x——溢流反弧段上离心力合力的水平分力；

P_y——溢流反弧段上离心力合力的垂直分力；

P_{sk}——泥沙压力；

P_{wk}——浪压力；

F_{bk}——冰块撞击坝面的动冰压力；

P_m——脉动压力强度；

P_d——消力墩所受冲击力。

2.2.2　材料性能参数

f_1——滑裂面的抗剪断摩擦系数；

c_1——滑裂面的抗剪断凝聚力；

f_2——滑裂面的抗剪摩擦系数；

λ_c——混凝土导热系数；

C_c——混凝土比热；

a_c——混凝土导温系数；

β_c——混凝土表面放热系数；

E_c——混凝土弹性模量；

E_R——基岩变形模量；

γ_c——混凝土重度；

ρ_c——混凝土密度；

μ——混凝土泊松比；

α——混凝土线膨胀系数；

ε_p——混凝土极限拉伸值；

γ_w——水的重度；

ρ_w——水的密度；

C_w——水的比热；

γ_{sb}——泥沙的浮重度；

γ_{sd}——泥沙的干重度；

φ_s——泥沙的内摩擦角。

2.2.3　几何特征

A——计算滑裂面的面积；

A_k——孔口出口面积；

B——溢流孔净宽；

L_c——护坦消力池长度。

2.2.4　计算指标

K_1——按抗剪断强度计算的抗滑稳定安全系数；

K_2——按抗剪强度计算的抗滑稳定安全系数；

K_f——混凝土抗裂安全系数。

2.2.5　计算参数

Δh——防浪墙顶至水库静水位高差；

h_b——波高；

h_z——波浪中心线至水库静水位高差；

h_c——安全超高；

L_m——平均波长；

H_{cr}——使波浪破碎的临界水深；

Q——流量；

H_s——定型设计水头；

Q_0——胶凝材料最终水化热；

θ_0——混凝土最终绝热温升；

Q_τ——胶凝材料在龄期 τ 时的累积水化热；

T_p——混凝土的浇筑温度；

T_f——坝体稳定温度；

T_r——混凝土因水化热和其他原因产生的最高温。

2.2.6　计算系数

σ_k——水流空化数；

Fr——弗氏数；

m_z——溢流堰的流量系数；

σ_m——淹没系数；

R——基础约束系数；

k_p——由混凝土徐变引起的应力松弛系数。

3　拱坝布置

3.1　一般规定

3.1.1　拱坝宜修建在河谷较狭窄、地质条件较好的坝址上。

3.1.2　拱坝坝轴线应选在河谷两岸较厚实的山体上。

3.1.3　拱坝布置应根据坝址地形、地质、水文等自然条件及枢纽的综合利用等要求，进行全面技术经济比较，选择最优方案。

3.1.4　拱坝布置应符合下列要求：

1　泄洪方式的选择，应根据泄洪量大小，结合工程具体情况确定。除有明显合适的岸边泄洪通道外，宜首先研究采用拱坝坝身泄洪的可行性。

2　与拱坝相邻的其他建筑物布置，应分析研究其对拱坝应力及拱座稳定的影响。

3　应分析研究拱坝两岸山体存在不利结构面、缓倾角节理、软弱夹层和下游临空面等因素对拱坝布置的影响，以及采用拱座加固措施的可行性。

4　应分析研究施工导流、工程施工等对拱坝布置的影响。

3.1.5　最终选定的1、2级拱坝布置方案，应进行水工模型试验；3级拱坝必要时也应进行水工模型试验。

3.1.6　拱坝设计应进行优化，在满足坝体应力、拱座稳定的条件下，选择最优体形。

3.2　拱坝体形选择

3.2.1　拱坝体形应根据坝址河谷形状、地质条件、拱座稳定、坝体应力、泄洪布置以及施工条件等因素进行选择。

3.2.2　根据坝址河谷形状选择拱坝体形时，应符合下列规定：

1　V形河谷，可选用双曲拱坝。

2　U形河谷，可选用单曲拱坝。

3　介于V形与U形之间的梯形河谷，可选用单曲拱坝或者双曲拱坝。

4　当坝址河谷的对称性较差时，坝体的水平拱可设计成不对称的拱，或采用其他措施。

5　当坝址河谷形状不规则或河床有局部深槽时，宜设计成有垫座的拱坝。

3.2.3　当地质、地形条件不利时，选择拱坝体形应符合下列要求：

1　可采用两端拱圈呈扁平状、拱端推力偏向山体深部的变曲率拱坝；

2　可采用拱端逐渐加厚的变厚度拱或设垫座的拱坝；

3　当坝址两岸上部基岩较差或地形较开阔时，可设置重力墩或推力墩与拱坝连接。

3.2.4　拱坝体形设计应符合下列要求：

1　必要时采用坝体应力变化平缓的变厚度、变曲率拱，并符合本规范 6.3.1 和 6.3.2 的规定。

2　水平拱圈最大中心角应根据稳定、应力、工程量等因素，选为 75°～110°。

拱端内弧面的切线与利用岩面等高线的夹角不应小于 30°。若夹角小于 30°时，应专门研究拱座的稳定性，调整坝体作用于拱座上的各种作用力的合力方向。

3　合理设计垂直悬臂梁断面，在满足施工期自重拉应力控制标准及坝表孔布置的要求下，可选取较大的下游面倒悬度（水平比垂直）。悬臂梁的上游面倒悬度不宜大于 0.3∶1。

3.2.5　根据坝体应力、拱座稳定及工程具体条件，可采用抛物线、椭圆、双曲线、多心圆、对数螺线、统一二次曲线等变曲率拱型。

3.3　拱坝泄洪布置

3.3.1　拱坝泄洪布置，应根据体形、坝高、泄洪量大小、电站厂房位置、泄洪方式（如溢洪道、泄洪洞等）、坝址地形、地质、施工条件、施工期导流及度汛的要求等，经综合比较选定。

常用的拱坝泄流方式有坝顶泄流、坝身孔口泄流、坝面泄流、坝肩滑雪道泄流、坝后厂顶溢流（厂前挑流）等。

3.3.2　拱坝坝身泄洪，其溢流段的长度、孔数、泄流孔尺寸、位置等，应根据泄洪量和水头大小、对坝体应力及下游冲刷的影响与后果、枢纽运行要求，以及对相邻建筑物的影响等方面研究确定。

3.3.3　当采用拱坝坝身泄洪时，应符合下列要求：

1　下泄水流与坝脚应保持足够的安全距离，下游宜保持足够的水垫深度。

2　应重视泄洪水流挑入河床对两岸山体稳定和其他建筑物运行安全的影响。

3　泄洪量较大时，宜研究落水点纵向拉开、横向扩散或采用对冲消能。

4　应重视泄洪雾化对下游两岸山体、电气设备以及交通等的不利影响，必要时应采取相应的防护措施。

3.3.4　坝身设置的中部偏上的中孔、中部偏下的深孔或底部附近的底孔应符合下列要求：

1　孔口的位置宜避开高应力区和基础约束区。

2　孔口尺寸应根据坝体厚度、应力集中程度、水头大小、闸门允许尺寸等确定。

3　孔口数目应根据所承担的泄洪量大小、坝体应力影响程度等确定。

4　孔口断面宜采用高宽比为 0.8～1.6 的矩形。

3.3.5　当采用坝身孔口泄洪时，宜设置拦（清）、导（泄）等防污排污措施，并参照 SL285—2003《水利水电工程进水口设计规范》的规定执行。

3.4　其他布置要求

3.4.1　当采用坝后式或坝内式厂房时，拱坝坝内或坝面压力管道的布置应根据坝体厚度、压力管道受力状况、施工与运行条件等，经技术经济比较研究确定。布置型式有下列三种：

1　压力管道斜向或垂直布置于坝体内。

2　压力管道从进水口高程水平穿过坝体，再沿下游坝面向下“背管”布置。

3　压力管道贴坝体上游面，垂直下延到机组高程后，再水平穿过坝体布置。

3.4.2　当坝身需要布置供水孔、排沙孔或放水底孔时，其孔口位置、尺寸、数目、位置及形状等，应根据其不同要求和坝体应力情况，参照本规范 3.3.4 的规定执行。

3.4.3　拱坝两岸的连接建筑物（重力墩、推力墩等）的型式、尺寸，应根据地形、地质情况，以及与坝体连接的方式等，通过应力和稳定分析计算确定。

4　水力设计

4.1　一般原则

4.1.1　拱坝泄洪、消能、防冲的水力设计应包括下列内容：

1　泄水建筑物的泄流能力设计；

2　泄水建筑物的进水口和流道体形设计；

3　泄水建筑物下游水流衔接和消能防冲建筑物设计；

4　与高速水流相关的抗空蚀、防雾化设计；

5　其他有关的水力设计。

4.1.2　泄水建筑物和消能防冲建筑物的洪水标准，应按 GB50201—94《防洪标准》和 SL252—2000 的规定执行。

4.1.3　拱坝的水力设计除必须满足泄洪要求外，还应满足汛前预泄、放空库水、施工度汛、排漂、排沙、排冰及下游供水等要求。

4.1.4　水力条件复杂的泄水建筑物和消能防冲建筑物，应经水工模型试验论证，必要时还应进行减压模型试验。水力条件简单的中型工程，其水力设计可参照类似工程经验，经计算分析确定。

4.2　泄水建筑物水力设计

4.2.1　泄水建筑物可分为坝身式、岸边式和隧洞式三类。

坝身式泄水建筑物按其进口所处部位和水力学特性等因素，可分为表孔、浅孔、中孔、深孔和底孔等型式。

岸边式和隧洞式泄水建筑物的水力设计，应符合 SL253—2000《溢洪道设计规范》和 SL279—2002《水工隧洞设计规范》的规定。

4.2.2　坝身表孔和浅孔可设计为坝顶挑流或跌流，也可设计为沿坝面或滑雪道泄流。

表孔设置胸墙且胸墙起挡水作用时，应按浅孔设计。

表孔的堰面曲线宜采用幂曲线，浅孔的堰面曲线宜采用抛物线，可按本规范附录A.1确定。经过数值计算或模型试验论证，也可采用其他堰面曲线。

浅孔出口采用压板时，其体形曲线宜由水工模型试验确定。

4.2.3　在当地大气压条件下宣泄常遇洪水，闸门全开时，表孔和浅孔溢流堰顶附近不宜出现负压；闸门局部开启时，经论证可允许出现不大的负压值；宣泄校核洪水时，其负压值不得超过$(3\sim6)\times9.81$kPa，对薄拱坝及高拱坝应在上述范围内取小值。

堰顶闸门槽负压过大，可能产生空蚀破坏时，应改进门槽型式，或改用无门槽闸门。

4.2.4　采用厂房顶泄流或挑越厂房顶泄流时，应进行水工模型试验，要求在各种运行工况下均不产生危及结构安全的振动，并应采取有效止水措施。

4.2.5　深式泄水孔（包括中孔、深孔和底孔）宜设计成有压孔。对于厚拱坝也可设计成短有压孔接无压孔，但应避免无压孔内出现明、满流交替现象。无压孔在平面上宜作直线布置，其出口宜高出下游水位，并应防止在孔内出现水跃。

有压孔应进行压力坡线计算，不得出现负压。有压孔出口处断面应逐渐收缩，有压孔进、出口面积之比可根据有压段长度及压力分布经综合分析后确定。

4.2.6　深式泄水孔进口段的顶部，宜采用椭圆曲线。孔身底缘线可根据进、出口高差及设计水头等条件采用抛物线或缓坡直线。

无压孔的水面至孔顶间应留有净空，净空高度应根据水流速度及掺气状况确定。在直线段，当孔身为矩形时，最小净空高度取不掺气水深的30%～50%；当孔顶为半圆拱时，其拱脚距水面的高度可取不掺气水深的20%左右；当孔顶为扁圆拱时，可参照半圆拱的要求略予增加。采用掺气设施时，应作专门研究。

4.2.7　深式泄水孔应在进口处设置事故检修门，事故检修门及通气孔设计应符合DL/T5039—95《水利水电工程钢闸门设计规范》的规定。闸门槽负压过大，可能引起空蚀破坏时，应改进门槽型式，或改用无门槽闸门。

4.2.8　导流底孔所在坝段上部，不宜布置施工度汛临时过水缺口。若无法避免，应重视底孔出流被上层缺口泄水封堵的不利情况，并采取适当措施。

应采取措施防止导流底孔进口闸门槽顶部进水。导流底孔出口流速较大时，宜设置出口消能工。

4.2.9　在满足混凝土分层分块及细部构造要求和方便施工的前提下，坝身泄水孔可采用非径向布置、有压段中心线适当偏转等结构措施。采用挑流或跌流消能方式时，出口段可采用扩散、收缩（宽尾墩、窄缝坎等）、差动、斜切或扭曲等结构措施。各种措施的布置及结构尺寸应通过水工模型试验确定。

4.2.10　泄水建筑物出口段反弧半径，可采用(4～10)h(h 为校核洪水位闸门全开时反弧最低点的水深)。经论证，也可采用小于上述的反弧半径或采用变半径曲线。

坝面或滑雪道泄流设施的体形曲线，可根据具体情况采用较陡的坡度，但在宣泄设计洪水时应保证水流不脱离坝面，且不产生引起空蚀或严重振动的其他水流现象，必要时应通过水工模型试验确定。

4.2.11　泄水建筑物的泄流能力，在初步设计阶段可按本规范附录 A.2 确定，必要时应通过水工模型试验论证。

对特殊型式的泄水建筑物，其泄流能力应由水工模型试验确定。

凡有水流向心集中情况者，计算所得流量还应乘以折减系数，其值可取 0.92～0.98，拱半径较小者取小值。

4.3　消能防冲水力计算

4.3.1　泄水建筑物的下游应设置相应的消能防冲设施。长期淹没于水下的消能防冲设施(如消力池、水垫塘、消力戽、短护坦、二道坝等)，应提供检查及维修的方便条件。

4.3.2　拱坝泄洪宜采用多种泄水建筑物相结合的布置型式。

坝身式泄水建筑物，宜采用挑流、跌流消能方式。深式泄水孔也可采用底流、戽流消能方式。

多种坝身泄水孔联合运行时，宜采用同高程孔口泄流左右对冲消能，或不同高程孔口泄流上下对冲消能，或高孔跌流配合低孔的底流、面流消能等组合消能方式。

4.3.3　挑流消能方式适用于坚硬基岩上的高、中坝，其设计应符合下列规定：

1　冲坑深度较大或坝基存在下倾软弱构造，并可能被冲坑切断而危及坝基稳定时，或岸坡可能被冲塌而危及拱座稳定时，应采取有效防冲措施。

2　挑流鼻坎的体形及挑角的大小，宜通过比较确定。采用差动式鼻坎时，应合理选择反弧半径、高低坎宽度比、高程差及挑角差。亦可视需要在鼻坎与反弧段之间接入直线过渡段，或在适当部位采取通气措施。

3　鼻坎的设置高程应能保证自由挑流。

4.3.4　不对冲的普通挑流消能，应对各级流量进行水力计算。在初步设计阶段，其水舌挑距和冲坑水垫厚度等水力要素可按本规范附录 A.3 确定。

对冲挑流消能设计，应对各级流量估算水舌挑距、范围和冲坑水垫厚度，并应符合下列要求：

1　采用左右对冲式挑流消能时，坝身两侧泄水建筑物出口射流的交汇线在设计流量下宜与下游河流中心线基本重合。在各级流量下挑流水舌的挑距和冲坑深度、位置等应通过模型试验确定。对冲消能设计时宜提出闸门启闭方案。

2　采用上下对冲式挑流消能时，对高低坎的相对位置、布置型式以及对冲后的挑距和冲坑深度等，应通过水工模型试验确定。

3　对于安全挑距，宜根据最大冲坑深度和河床基岩节理、裂隙以及层面等软弱构造面发育情况，以不影响坝趾基岩及岸坡稳定为原则研究确定。冲坑上游侧影响范围，与地质条件密切相关，初步设计时可按3倍冲坑深度估算。水舌入水宽度的选定，应不影响冲坑两侧岸坡及有关建筑物的稳定，否则应采取安全措施。

4　按挑流设计的坝顶泄流，在坝顶水头较低时，有可能转变为跌流，应分析研究由此引发的不良后果，并采取适当的工程措施。

4.3.5　跌流消能设计应对各级流量进行水力计算，估算水舌抛射距离、范围和最大冲坑深度等，并应符合下列要求：

1　跌流消能水力要素，在初步设计阶段可按本规范附录A.4确定，必要时应通过水工模型试验论证。

2　采用天然水垫塘时，跌流水舌的安全射距及水舌入水宽度按本规范4.3.4的规定执行。

3　应分析研究水舌下缘的通气条件以及坝基、拱座的防护措施。

4.3.6　挑流或跌流消能，若自然水垫厚度不足时，应根据岸坡和坝址基岩情况采取下列相应措施：

1　岸坡和坝址基岩坚硬完整，在冲刷不影响大坝及其他重要建筑物安全且具有检修条件时，可参照类似工程经验，经研究比较后采取先冲后护的方法。

2　岸坡冲刷威胁拱座稳定时，应调整布置或对岸坡进行可靠的防护。若坝址基岩完整性较差或裂隙较发育，应根据类似工程经验或水工模型试验成果，采用短护坦、二道坝和人工水垫塘等工程措施。

3　在下游尾水位较低的情况下，应先泄放小流量，待具备适当尾水深度后再泄放大流量。

4.3.7　人工水垫塘设计应符合下列规定：

1　对各级流量进行水力计算，估算水垫塘的长度、宽度、深度和动水压力等，并宜通过水工模型试验验证。

2　水垫塘长度，应使出塘水流基本恢复正常缓流状态，根据水流抛射距离和水垫塘中的旋滚长度，或根据二道坝处的动水压力是否已接近下游静水压力来确定。

3　水垫塘宽度及断面型式，应根据水舌入水宽度、地形地质条件、塘内流态及动水压力分布等因素，综合分析后确定。

4　水垫塘深度，应使入塘水流足以形成淹没水跃，同时还应分析研究护坦板的冲击

动水压力允许值、抗浮稳定性及抗振性能等影响因素。

5　水垫塘板块分缝宜采用止水封闭。水垫塘板块稳定条件较差或工程量较大时，可研究采用抽排水垫塘或反拱水垫塘。

6　施工时残留于水垫塘中的石渣、杂物等，应清除干净。

4.3.8　底流消能适用于坝体下游有软弱基岩、下游水位流量关系较稳定的河道，或枢纽设有过船、过木或过鱼等建筑物，而要求下游水流较平稳的情况。底流消能设计应符合下列规定：

1　有排冰或排漂要求时，不宜采用底流消能。

2　地形适宜时，消力池的前段或全段可设计成斜护坦。护坦上是否设置辅助消能工，应结合其工作条件研究确定。当跃前断面平均流速大于 16m/s 时，在消力池前段不宜设置消力墩。

3　施工时残留于消力池中和尾坎下游回流范围内的石渣、杂物等，应清除干净。

4　在寒冷地区，宜保持辅助消能工冬季淹没于水下。

4.3.9　底流消能设计应对各级流量进行水力计算，确定护坦高程、长度、边墙或导墙顶高程及尾水淹没度等，并应符合下列规定：

1　初步设计阶段，护坦长度可根据辅助消能工设置情况及水力特性，按本规范附录 A.5 确定。1、2 级拱坝或高坝以及有水流向心集中情况者，其护坦长度、边墙高度及消能工的体形尺寸和位置等，应经水工模型试验验证。

2　尾水淹没度可取 0.95～1.05。

3　消力池两侧导墙顶的高程可根据跃后水深并计及超高确定。靠河床一侧的导墙，若墙外河床中有一定水深，可适当降低墙高，允许墙顶有不大的漫溢水头。

4.3.10　戽流消能适用于坝体下游尾水较深，且下游河床和两岸有一定的抗冲能力的情况。其设计应根据各级流量选择适当的戽半径、戽底高程、戽唇挑角和坎高等，并经水工模型试验确定。

4.3.11　消能工（消力池、水垫塘等）下游河道的流速仍然较大或流态较建坝前恶化时，应研究确定可能被冲刷的河段范围，并采取相应的防冲护岸措施。

4.4　其他有关水力设计

4.4.1　泄水和消能建筑物应分析研究下列部位或区域发生空蚀破坏的可能性：

1　进出口、闸门槽、弯曲段以及水流边界突变处；

2　反弧段及其附近；

3　异形鼻坎、分流墩；

4　消力池中的趾墩、消力墩；

5　溢流面上和泄水孔内流速大于 20m/s 的区域。

上述部位或区域，宜进行减压模型试验，并根据水力特性和施工条件，确定相应的工程措施。

4.4.2　泄水和消能建筑物各部位的水流空化数宜大于该处的初生空化数。水流空化数 σ_k 按本规范附录 A.6 确定。在多泥沙河流上，还应分析研究挟沙水流磨损、推移质跳跃冲击和空蚀对泄水建筑物表面的联合作用。

4.4.3　容易产生空蚀破坏的部位或区域，应采取下列防空蚀措施：

1　选择合理的建筑物体形尺寸；

2　严格控制过流面的不平整度，局部突体应处理成缓坡；

3　采用抗蚀性能好的护面材料；

4　采用掺气措施；

5　选用合理的运行方式。

4.4.4　拱坝挑流、跌流消能，特别是高拱坝空中对冲消能的泄洪雾化问题，应进行专门研究，确定雾化范围和强度分布。应充分研究泄洪雾化对枢纽建筑物、下游两岸山体、电气设备、输电线路、交通道路和各种洞口等的不利影响，必要时应采取相应的防护措施。

4.4.5　应重视泄洪振动对拱坝等主要建筑物及泄洪建筑物分部结构的不利影响，并采取相应的抗振措施。坝身泄洪功率大的高拱坝，宜进行水弹性模型试验。

4.4.6　计算泄水建筑物边墙或导墙水面线，当弗氏数 $F_r > 2$ 时，应计及波动及掺气的联合影响，并按本规范附录 A.7 确定。

边墙顶高程，应根据波动及掺气后的计算水面线加 1.0～2.0m 的超高确定，对凹曲线段宜适当增加超高。

滑雪道式泄水建筑物，其边墙或导墙高度应计及侧向进水引起的水面壅高，由水工模型试验确定。

4.4.7　底流消力池水平护坦上的时均动水压力，可近似取为计算断面上的水深。不设消力墩的护坦上发生水跃时，可将跃首与跃尾的水面连线作为近似水面线。护坦上设有消力墩时，墩下游水深可按跃后水深计，墩上游水深按跃后水深的一半估算。

初步设计阶段，护坦和尾坎上的脉动压力以及消力墩等辅助消能工所受冲击力，可按本规范附录 A.5 估算。

5　荷载与荷载组合

5.1　荷载

5.1.1　作用在拱坝上的荷载，应包括自重、水压力（静水压力和动水压力）、温度荷载、扬

压力或渗透压力、泥沙压力、浪压力、冰压力、地震荷载和其他可能出现的荷载。

5.1.2　自重：主要为坝体混凝土的重量，其重度应根据选定的混凝土配合比通过试验确定，无试验资料时可采用 23.5～24.0kN/m³。

5.1.3　静水压力：上游静水压力应根据水库功能和荷载组合所规定的水库水位确定，下游静水压力应根据相应的不利下游水位按本规范附录 B.1 计算确定。水的重度宜采用 9.81kN/m³，对于多泥沙河流应根据实际情况确定。

5.1.4　温度荷载：应分别计算设计正常温降和设计正常温升情况，按运行期坝体混凝土温度与封拱温度的差值确定。

5.1.5　温度荷载应对封拱温度场（接缝灌浆时的混凝土温度场）、年平均温度场和表面温度变化引起的变化温度场，根据坝址附近的环境气温、水库水温、日照、坝基岩体地温、坝体厚度、混凝土材料的热学特性等因素，按本规范附录 B.7 确定。

5.1.6　当坝体拱圈厚度 L 与坝体水平拱半径 R 的比值 $L/R \leqslant 0.5$ 时，可忽略坝面曲率的影响，按平板计算拱坝温度场。

根据坝体厚度方向的实际温度分布（见图 5.1.6），可将其分解为三部分：（Ⅰ）断面的平均温度变化；（Ⅱ）等效线性温差；（Ⅲ）非线性温差变化。计算温度荷载时，可仅计及（Ⅰ）和（Ⅱ）。

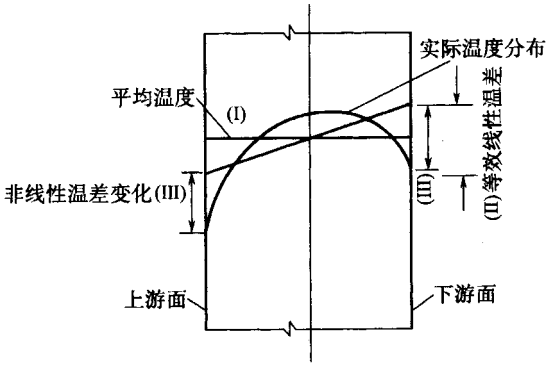


图 5.1.6　坝体温度分布

5.1.7　混凝土材料的热学特性指标，宜由试验确定。初步计算时，可按表 5.1.7 的规定取值。

表 5.1.7　混凝土热学特性指标

序号	热学指标	符号	单　位	数　值
1	导热系数	λ_c	kJ/(m·h·℃)	10.6
2	比　热	C_c	kJ/(kg·℃)	0.96
3	导温系数	a_c	m²/h	0.0045
4	表面放热系数	β_c	J/(m²·s·℃)	空气中：$6.42+3.83V_0$ 流水中：∞

注：表中 V_0 为计算风速，m/s。

5.1.8　扬压力　坝基及拱座稳定分析时，应按全部计算截面积计及扬压力或渗透压力荷载，其计算按本规范附录 B.3 确定。坝体应力分析时，宜考虑扬压力的作用。对于薄拱坝可以不计扬压力。

5.1.9　泥沙压力　应根据坝址处河流的水文泥沙特性、枢纽布置、水库运行方式和泥沙冲淤计算等情况，确定坝前泥沙的淤积厚度，对于多泥沙河流应作专门研究。泥沙冲淤计算的期限，应符合 DL/T5089－1999《水电水利工程泥沙设计规范》的规定。

泥沙压力的计算按本规范附录 B.4 执行。

5.1.10　浪压力　应根据波浪要素（波高、波长）计算。对于山区峡谷水库，按本规范附录 B.5 确定。

不同的荷载组合，宜采用不同的风速。基本组合，可采用重现期为 50 年的年最大风速；特殊组合，可采用多年平均年最大风速。

5.1.11　冰压力　严寒地区水库表面形成较厚的冰层时，应计及冰压力的作用。冰压力应包括静冰压力和动冰压力，按本规范附录 B.6 确定。

5.1.12　动水压力　拱坝采用坝顶或坝面溢流时，应计及溢流段反弧面上的动水压力，计算按本规范附录 B.2 执行。对溢流面的脉动压力和负压力的影响可以不计。

5.1.13　地震荷载　包括坝体地震惯性力和地震动水压力。其计算可参照 SL203－97《水工建筑物抗震设计规范》的规定执行。

5.2　荷载组合

5.2.1　混凝土拱坝设计荷载组合可分为基本组合和特殊组合两类。基本组合由基本荷载组成，特殊组合除相应的基本荷载外，还应包括某些特殊荷载。荷载组合应按表 5.2.1 的规定确定。

表 5.2.1　荷载组合

荷载组合	主要考虑情况		荷载类别									
			自重	静水压力	温度荷载		扬压力	泥沙压力	浪压力	冰压力	动水压力	地震荷载
					设计正常温降	设计正常温升						
基本组合	1. 正常蓄水位情况		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		
	2. 正常蓄水位情况		✓	✓		✓	✓	✓	✓			
	3. 设计洪水位情况		✓	✓		✓	✓	✓	✓			
	4. 死水位（或运行最低水位）情况		✓	✓		✓	✓	✓	✓			
	5. 其他常遇的不利荷载组合											
特殊组合	1. 校核洪水位情况		✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	
	2. 地震情况	1）基本组合 1＋地震荷载	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
		2）基本组合 2＋地震荷载	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓
		3）常遇低水位情况＋地震荷载	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓

荷载组合	主要考虑情况		荷载类别									
			自重	静水压力	温度荷载		扬压力	泥沙压力	浪压力	冰压力	动水压力	地震荷载
					设计正常温降	设计正常温升						
特殊组合	3. 施工期情况	1)未灌浆	√									
		2)未灌浆遭遇施工洪水	√	√								
		3)灌浆	√		√							
		4)灌浆遭遇施工洪水	√	√		√						
	4. 其他稀遇的不利荷载组合											

注：1. 上述荷载组合中，可根据工程的实际情况选择控制性的荷载组合进行计算；

2. 地震较频繁地区，当施工期较长时，应采取措施及时封拱，必要时对施工期的荷载组合尚应增加一项“上述情况加地震荷载”，其地震烈度可按设计烈度降低1度考虑；

3. 表中“特殊组合　施工期情况　3)灌浆”状况下的荷载组合，也可为自重和设计正常温升的温度荷载组合。

5.2.2　基本组合应符合下列规定：

1　自重，水库正常蓄水位及相应的尾水位下的静水压力，设计正常温降的温度荷载，扬压力，泥沙压力，浪压力，冰压力。

2　自重，水库正常蓄水位及相应的尾水位下的静水压力，设计正常温升的温度荷载，扬压力，泥沙压力，浪压力。

3　自重，设计洪水位及相应尾水位下的静水压力，设计正常温升的温度荷载，扬压力，泥沙压力，浪压力。

4　自重，水库死水位（或运行最低水位）及相应的尾水位下的静水压力，设计正常温升的温度荷载，扬压力（或不计），泥沙压力，浪压力。

5　其他常遇的不利荷载组合。

5.2.3　特殊组合应符合下列规定：

1　自重，校核洪水位及相应尾水位下的静水压力，设计正常温升的温度荷载，扬压力，泥沙压力，浪压力，动水压力。

2　基本组合1、2分别加地震荷载。多年调节水库，经论证后可采用低于正常蓄水位的上游水位。

3　自重，常遇低水位及相应尾水位下的静水压力，设计正常温升的温度荷载，扬压力（或不计），泥沙压力，浪压力，地震荷载。

4　施工期接缝未灌浆时的荷载组合：

1）自重。

2）自重，遭遇施工洪水时的静水压力。

5　施工期分期灌浆时的荷载组合：

1）自重，接缝灌浆部分坝体温度荷载（设计正常温降或设计正常温升）。

2)自重,遭遇施工洪水时的静水压力,接缝灌浆部分坝体温度荷载(设计正常温升)。

6　其他稀遇的不利荷载组合。

6　拱坝应力分析

6.1　分析内容

6.1.1　拱坝应力分析应包括下列内容:

1　各计算截面上的应力分布(包括拱端、拱冠和其他需要计算应力的部位);

2　坝体上下游面在各计算点上的主应力;

3　坝体削弱部位(孔洞、泄水管道部位等)的局部应力;

4　必要时尚需分析坝基内部的应力。

设计时可根据工程规模、坝的具体情况和不同的设计阶段,计算上述内容的部分或全部,或另加其他内容。

6.1.2　拱坝应力分析中应根据其重要程度和必要性,研究下列问题:

1　坝体应力对体形布置及拱座稳定的影响,优选体形应符合本规范 3.1.6 的规定;

2　分期蓄水、分期施工和施工程序对坝体应力的影响;

3　坝体内大孔洞对坝体应力的影响;

4　基础变形对坝体应力的影响;

5　封拱温度对坝体应力的影响,并优选对坝体应力有利的封拱温度;

6　混凝土徐变对坝体应力的影响;

7　在坝体横缝灌浆以前,应验算各单独坝段的坝体应力和抗倾复稳定性;

8　拱坝设有重力墩、推力墩或周边缝时对坝体应力的影响。

6.1.3　坝址地质、地形条件比较复杂的 1、2 级拱坝,应对坝基应力和位移作专门研究。必要时,应结合拱座稳定和基础处理方案一并研究。

6.2　分析方法

6.2.1　拱坝应力分析应以拱梁分载法或有限元法计算成果,作为衡量强度安全的主要标准。

1、2 级拱坝和高拱坝或情况比较复杂的拱坝(如拱坝内设有大的孔洞、基础条件复杂等),除用拱梁分载法计算外,还应采用有限元法计算。必要时,应进行结构模型试验加以验证。

6.2.2　用拱梁分载法计算时,拱和梁的布置应保持均匀,并达到设计所要求的精度。

用有限元法计算时,单元的剖分应达到设计所要求的精度,单元的型式应结合拱坝

体形合理选用，计算模型应接近于实际情况，计算坝体自重应计及施工过程。

6.3　控制指标及其他规定

6.3.1　用拱梁分载法计算时，坝体的主压应力和主拉应力，应符合下列应力控制指标的规定：

1　容许压应力。混凝土的容许压应力等于混凝土的极限抗压强度除以安全系数。对于基本荷载组合，1、2 级拱坝的安全系数采用 4.0，3 级拱坝的安全系数采用 3.5；对于非地震情况特殊荷载组合，1、2 级拱坝的安全系数采用 3.5，3 级拱坝的安全系数采用 3.0。

2　容许拉应力。在保持拱座稳定的条件下，通过调整坝的体形来减少坝体拉应力的作用范围和数值。对于基本荷载组合，拉应力不得大于 1.2MPa；对于非地震情况特殊荷载组合，拉应力不得大于 1.5MPa。

注：1. 混凝土极限抗压强度，指 90d 龄期 15cm 立方体的强度，保证率为 80%；

2. 坝体局部结构的设计和计算，应符合 SL/T191—96《水工混凝土结构设计规范》的规定。

6.3.2　用有限元法计算时，应补充计算“有限元等效应力”。按“有限元等效应力”求得的坝体主拉应力和主压应力，应符合下列应力控制指标的规定：

1　容许压应力。按本规范 6.3.1 的规定执行。

2　容许拉应力。对于基本荷载组合，拉应力不得大于 1.5MPa；对于非地震情况特殊荷载组合，拉应力不得大于 2.0MPa。超过上述指标时，应调整坝的体形减少坝体拉应力的作用范围和数值。

6.3.3　拱坝应力分析除研究运行期外，还应验算施工期的坝体应力和抗倾覆稳定性。

在坝体横缝灌浆以前，按单独坝段分别进行验算时，坝体最大拉应力不得大于 0.5MPa，并要求在坝体自重单独作用下，合力作用点落在坝体厚度中间的 2/3 范围内。

坝体横缝灌浆前遭遇施工洪水时，坝体抗倾覆稳定安全系数不得小于 1.2。

6.3.4　地震区的拱坝应力分析及其控制指标，可参照 SL203—97 的规定执行。当拱坝设有重力墩时，重力墩的应力和稳定分析，应符合 SDJ21—78《混凝土重力坝设计规范》(试行)的规定。

6.3.5　1、2 级高拱坝应力分析中所采用的混凝土弹性模量和泊松比，宜通过试验确定。

计算拱坝的基础变位时，应研究综合变形模量及其沿整个基础面上的变化。坝基岩体的变形模量宜通过试验确定。

可行性研究阶段和初步设计阶段，当缺乏上述资料时，可采用类似条件下的经验数据。

6.3.6　拱坝溢流段的闸墩强度计算，应符合 SDJ21—78 的规定。

7　拱座稳定分析

7.1　一般原则

7.1.1　应对两岸拱座的稳定性作出相应于各设计阶段工作深度的分析论证。必要时应采取相应的确保拱座稳定的工程措施。

7.1.2　评价两岸拱座稳定性时，应进行下列基础工作：

1　深入了解两岸岩体的工程地质和水文地质勘探资料；

2　了解岩石、结构面及其填充物的物理力学特性等的试验条件，研究试验成果，合理选用设计数据；

3　确定作用在拱座上的各种作用力；

4　采用合理的稳定分析方法。

7.1.3　研究拱座稳定时，应综合分析研究坝的布置（包括坝轴线、平面布置、拱端构造、体形、泄洪方式等）、坝体应力情况、基础处理和施工方法等影响因素。

7.1.4　拱坝稳定分析所需的地质资料，除应符合 GB50287－99《水利水电工程地质勘察规范》的规定外，尚应查明影响岩体滑动或可能引起拱座较大变形的主要软弱结构面的产状（包括成组不连续裂隙的方向性）、不平整度、密集程度、连通率、填充物和错动情况，以及结构面的可能组合和拱座岩体内地下渗流的性质及其分布特性等。

7.1.5　拱座稳定分析所需岩石力学指标，包括抗压、抗剪、抗拉强度、变形模量、泊松比和渗透系数等，应通过取样进行室内试验取得。1、2 级拱坝，对影响拱座稳定的主要结构面，应进行现场直接试验。岩石试验应按 SL264－2001《水利水电工程岩石试验规程》的规定执行。

7.1.6　拱座稳定分析主要研究岩体的可能滑动问题，但在拱座下游附近如存在较大断层或软弱带而有可能引起较大变形时，也应对拱座变形问题进行专门研究。

7.1.7　地震区的拱座稳定分析，可参照 SL203－97 的规定执行。

7.2　抗滑稳定

7.2.1　抗滑稳定分析中的滑动体边界，常由若干个滑裂面和临空面组成。滑裂面为岩体内的各种结构面，尤其是软弱结构面 ;临空面为地表或软弱结构面。滑裂面应在工程地质勘测的基础上，经过研究得出最可能的滑动破坏形式之后确定。

7.2.2　滑裂面上的抗剪强度参数应根据本规范 7.1.5 规定所取得的试验值，结合岩体实际情况、蓄水后可能的变化以及所采取的工程处理措施，并参照类似工程的经验，由设计、地质、试验人员共同研究确定。

7.2.3　初步设计阶段拱座的抗滑稳定分析，可采用数值计算方法。初步设计以后的阶段，1、2 级拱坝或地质情况复杂的拱坝除采用数值分析方法外，必要时尚应辅以地质力学

模型试验。

7.2.4　拱座抗滑稳定的数值计算方法以刚体极限平衡法为主。1、2 级拱坝或地质情况复杂的拱坝还应辅以有限元法或其他方法进行分析。

7.2.5　拱座稳定计算应包括下列荷载：坝体传来的作用力、岩体自重、渗透压力和地震荷载。荷载组合应符合本规范 5.2 的规定。采用刚体极限平衡法进行抗滑稳定分析时，坝体传来的作用力应采用拱梁分载法的相应计算成果。

7.2.6　采用刚体极限平衡法进行抗滑稳定分析时，1、2 级拱坝及高拱坝，应按公式(7.2.6－1)计算，其他则可按公式(7.2.6－1)或公式(7.2.6－2)进行计算：

$$K_1 = \frac{\Sigma(Nf_1 + c_1 A)}{\Sigma T} \tag{7.2.6-1}$$

$$K_2 = \frac{\Sigma N f_2}{\Sigma T} \tag{7.2.6-2}$$

式中　K_1、K_2——抗滑稳定安全系数；

N——垂直于滑裂面的作用力；

T——沿滑裂面的作用力；

A——计算滑裂面的面积；

f_1——抗剪断摩擦系数；

c_1——抗剪断凝聚力；

f_2——抗剪摩擦系数。

f_1 和 c_1 值应按相应于材料的峰值强度(小值平均值)采用。

f_2 应按材料的不同性质分别取用相应特性值：

对脆性破坏的材料，采用比例极限；

对塑性或脆塑性破坏的材料，采用屈服强度；

对已经剪切错断过的材料，采用残余强度。

7.2.7　按公式(7.2.6－1)或公式(7.2.6－2)计算时，相应安全系数应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7　抗滑稳定安全系数

荷载组合		建筑物级别		
		1	2	3
按公式(7.2.6－1)	基本	3.50	3.25	3.00
	特殊(非地震)	3.00	2.75	2.50
按公式(7.2.6－2)	基本	—	—	1.30
	特殊(非地震)	—	—	1.10

7.2.8　拱座抗滑稳定分析应按空间问题计算可能滑动块体抗滑稳定安全系数。拱座无特定的滑裂面或作初步估算时，可简化为平面问题进行核算。此时如个别断面的安全系数不满足表 7.2.7 的要求，可根据具体情况确定采取处理措施的必要性。

必要时，可分析滑裂面上的局部（点）安全系数，研究可能进入破坏状态的区域、范围及过程。

7.3　变形稳定及其他

7.3.1　拱座下游附近存在较大断层或软弱带可能引起的变形问题，应采用有限元法或模型试验进行专门研究，必要时应采取加固措施控制变形量。加固的必要性和加固方案可通过平面或空间有限元分析或模型试验进行比较论证后确定。

7.3.2　作用在岩体上的渗透压力可按本规范附录 B.3 计算，并应符合下列规定：

1　按照本规范 8.4 及 8.5 的规定布置防渗排水设施。

2　按照本规范 11 的规定设置渗透压力和渗水量的监测系统。地质情况不良的可能滑动区，宜从勘探阶段起即布置地下渗透水压力的观测孔网，长期进行渗透水压力和渗水量的监测。

3　必要时，可在勘测设计阶段利用观测孔群进行渗透性试验，取得可靠的设计依据。

7.3.3　对平面曲率较小、岸坡较平缓或岸坡有顺坡节理等复杂地质构造的拱坝，宜注意坝基浅层抗滑稳定问题。

8　坝基处理

8.1　一般规定

8.1.1　混凝土拱坝的地基处理应符合下列要求：

1　具有整体性和抗滑稳定性；

2　具有足够的强度和刚度；

3　具有抗渗性、渗透稳定性和有利的渗流场；

4　具有在水长期作用下的耐久性；

5　控制地基接触面形状对坝体应力分布的不利影响。

8.1.2　坝基处理设计（包括两岸拱座和河床段的地基）应根据坝址地质条件和基岩的物理力学性质，综合分析坝体和地基之间的相互关系（包括坝轴线的位置、坝体形状与构造等）、泄洪建筑物的布置、施工技术等因素，选择安全、经济和有效的处理方案。

岩溶地区的坝基处理应通过特定的勘测、试验手段，查明坝基范围岩溶洞穴、暗河系统、连通管道以及地下水位等基本情况，进行专门研究。

8.1.3　坝基处理宜采用挖除风化岩石、控制基坑形状、设置相关连接建筑物(如垫座、推力墩、重力墩等)、固结灌浆、接触灌浆、防渗帷幕、坝基排水、断层破碎带与软弱夹层的处理(包括用混凝土置换、高压水泥灌浆等)以及预应力锚固基岩等措施。

8.2　坝基开挖

8.2.1　坝基开挖深度除应符合本规范 8.1.1 的规定外,还应根据坝体传来的荷载、坝基内的应力分布情况、基岩的地质条件和物理力学性质、坝基处理的效果、工期和费用等综合研究确定。根据坝址具体地质情况,结合坝高,选择新鲜、微风化或弱风化中、下部的基岩作为建基面。

坝址位于高地应力地区时,应对初始地应力场及基坑开挖的二次应力场,结合基岩岩性进行研究分析,避免开挖过程中因应力释放严重破坏基岩岩体。

8.2.2　两岸拱座利用岩面宜开挖成径向面。如拱端厚度较大而使开挖量过多时,宜采用非全径向面。经充分论证,拱座利用岩面也可开挖成其他形状。河床段利用岩面的上、下游高差不应过大,宜略向上游倾斜。整个坝基利用岩面的纵坡应平顺,无突变。

8.2.3　坝基开挖爆破设计宜采用预裂爆破的方式。

8.3　固结灌浆

8.3.1　坝基固结灌浆设计应根据基础的工程地质条件,结合坝高,并参照水泥灌浆试验资料确定,并应符合下列规定:

1　基础岩石张开、裂隙发育(包括爆破裂隙)或有松软充填物,且具有可灌性时,应根据受力条件、变形控制和稳定要求,在坝基范围内进行固结灌浆;并应根据坝基应力及地质条件,向坝基外上、下游适当扩大处理范围。

2　防渗帷幕上游区坝基,宜进行固结灌浆。

3　断层破碎带及其两侧影响带,应加强固结灌浆。

8.3.2　固结灌浆孔的孔距、排距,应根据开挖以后的地质条件,并参照灌浆试验确定,宜为 3 ~ 4m。

固结灌浆孔的孔深,应根据坝高和开挖以后的地质条件确定,宜采用 5 ~ 8m。局部地区及坝基应力较大的高坝基础,必要时可适当加深,帷幕上游区根据帷幕深度确定,宜采用 8 ~ 15m。

8.3.3　固结灌浆孔宜布置成梅花形,对于较大的断层和裂隙带应专门布孔。灌浆孔方向应根据主要裂隙产状,穿过较多的裂隙,结合施工条件确定。在混凝土盖重块厚度内,宜预留灌浆孔。

8.3.4　帷幕上游区的固结灌浆应在基础部位混凝土浇筑后进行;其他部位的固结灌浆也可按这种方式进行。

灌浆压力应根据工程和地质情况进行分析计算并结合工程类比拟定，必要时进行灌浆试验论证，而后在施工过程中调整确定。

8.3.5　固结灌浆应合理选择灌浆浆材、浆液水灰比及灌浆工艺，并通过灌浆试验进行优选。

8.3.6　坝基接触面的接触灌浆，宜利用固结灌浆孔及帷幕灌浆孔进行。其他要求按本规范 8.6.3 和 9.4.4 的规定执行。

8.4　防渗帷幕

8.4.1　防渗帷幕应符合下列要求：

1　控制渗漏对坝基及两岸边坡稳定的不利影响；

2　控制坝基软弱夹层、断层破碎带、岩体裂隙充填物以及抗水性能差的岩层不产生管涌；

3　控制坝基面渗透压力和渗流量；

4　具有可靠的连续性和足够的耐久性。

8.4.2　坝基和两岸的防渗帷幕宜采用水泥灌浆 在水泥灌浆达不到设计防渗要求时，可采用化学材料补充灌浆，但应防止污染环境。

8.4.3　帷幕线的位置（包括向两岸延伸的帷幕）应根据拱座和坝基应力情况，以及将来可能需要修补和补强的条件，布置在压应力区，且靠近上游面。

防渗帷幕轴线的方向，以及两岸帷幕伸入岸坡内的范围深度，应根据工程地质、水文地质、地形条件、拱座的稳定情况和防渗要求研究确定。两岸部位的帷幕与河床部位的帷幕应保持连续性。

河床及两岸帷幕灌浆，可分别在基础廊道和灌浆平硐内进行。

8.4.4　岩溶地区的防渗帷幕应在查明坝基范围水文、地质以及两岸地形条件的基础上，选择经济、合理的帷幕线路。帷幕线宜布置在岩溶发育微弱地带。如无法避开岩溶暗河或通道时，帷幕线宜与其垂直，并采用回填、二次灌浆等措施封堵沿线洞穴。

8.4.5　防渗惟幕的深度应符合下列规定：

1　坝基下存在可靠的隔水层时，防渗惟幕孔深应达到基岩透水率标准要求地带，并伸入该岩层不少于 3m。

2　坝基下隔水层埋藏较深或分布无规律时，帷幕深度应符合本规范 8.4.1 的要求，根据工程地质条件、地层的透水性、坝基扬压力、排水设施等因素，参照渗流计算，结合工程经验，在 0.3～0.7 倍水头范围内选择确定。

8.4.6　非岩溶地区岩体相对隔水层的透水率 q，根据不同坝高，应符合下列规定：

坝高在 100m 以上，$q = 1 \sim 3$Lu；

坝高在 50 ~ 100m，q = 3 ~ 5Lu；

坝高在 50m 以下，$q \leqslant 5$Lu；

水源短缺水库可适当提高标准。

8.4.7　防渗帷幕的排数、排距、孔距及孔向，应根据工程地质条件、水文地质条件、作用水头以及灌浆试验资料选定。

帷幕排数 :帷幕上游区的固结灌浆，能加强基础浅层的防渗作用，坝高 100m 以下可采用一排 :对地质条件较差、岩石裂隙特别发育或可能发生渗透变形的地段，可采用两排，但坝高 50m 以下的，仍可采用一排。

帷幕由两排灌浆孔组成时，主帷幕孔宜钻灌至设计深度，副帷幕孔可取主帷幕孔深度的 1/2 左右。

帷幕孔距宜采用 1.5 ~ 3m，排距宜比孔距略小。

钻孔方向倾向上游，可在 0° ~ 15°选择，宜穿过岩体的主要裂隙和层理。

8.4.8　帷幕灌浆应在坝体混凝土浇筑一定厚度作为盖重后施工。灌浆压力应通过试验确定，在帷幕孔顶段不宜小于 1.5 倍坝前静水头，在帷幕孔底段不宜小于 2 倍坝前静水头，均不得抬动岩体。

8.5　坝基排水

8.5.1　正常情况下，防渗帷幕的下游应布置坝基排水，设 1 排主排水孔，必要时加设 1 ~ 3 排辅助排水孔。坝基下存在相对隔水层或缓倾角结构面时，宜根据其分布情况进行合理布置。对于地质条件较差的坝基，设置排水孔时应防止渗透变形。

中、低高度的薄拱坝经论证可不设坝基排水。

8.5.2　高坝以及两岸地形较陡、地质条件较复杂的中坝，宜在两岸布置多层排水平硐，在平硐内钻设排水孔。

8.5.3　排水孔的孔壁有塌落危险或排水孔穿过软弱夹层、夹泥裂隙时，应采取孔内设滤层等保护措施。

8.5.4　主排水孔的孔距宜采用 2 ~ 3m，副排水孔的孔距宜采用 3 ~ 5m。

排水孔孔深应根据基础的工程地质、水文地质条件，结合帷幕和固结灌浆的深度研究确定。主排水孔孔深宜为帷幕深的 0.4 ~ 0.6 倍 :坝高 50m 以上的坝基主排水孔，不应小于 10m。坝基内有裂隙承压水层或较大的成层透水区时，除加强防渗措施外，排水孔宜穿过此部位。副排水孔深宜为 6 ~ 12m。

8.6　断层破碎带和软弱夹层处理

8.6.1　坝基和拱座范围内的断层破碎带或软弱夹层，应根据其所在部位、产状、宽度、断层组成物质以及有关试验资料，分析研究其对坝体和地基的应力、变形、稳定和渗漏的影

响，并结合施工条件，采用适当的方法进行专门处理。

8.6.2　选择断层破碎带和软弱夹层处理方案时，宜将坝体与岩基一起研究。

8.6.3　倾角较陡的断层破碎带，应采用以下处理措施：

1　断层组成物为胶结良好、质地坚硬的角砾岩、片状岩、碎块岩等构造岩，对整个坝基的强度、稳定和变形的影响较小时，可将表层较破碎的部分挖除，并进行固结灌浆。

2　断层组成物为糜棱岩、断层泥等软弱构造岩，对整个坝基的强度、稳定和变形有严重影响时，可采用挖除断层物质、回填混凝土（即置换法）、高压水泥灌浆、高喷冲洗灌浆等处理方法。高坝的处理方案应根据坝高、断层部位、产状、性质和规模等，通过相应的计算或模型试验进行论证 中、低坝可参照其他工程的经验，综合研究后确定。

采用置换法处理断层破碎带，应加强置换混凝土与基岩结合面接触灌浆和围岩的固结灌浆。

注：1. 对由数条断层组成的断层带，可根据各断层的破碎程度、组成物情况，按照其总宽度采用上述原则进行处理；

2. 当混凝土回填规模较大时，应制定相应的温度控制、固结灌浆、接触灌浆与观测等措施。

8.6.4　倾角较平缓的断层破碎带或软弱夹层，应根据其埋藏深浅和力学参数以及对坝体应力、坝基变形和抗滑稳定性的影响程度，进行专门的处理设计，或按本规范 8.6.3 的规定确定处理方法。

8.6.5　断层破碎带或软弱夹层有可能成为坝基渗漏通道时，应根据断层破碎带或软弱夹层的具体情况、作用水头、库水侵蚀性等因素，进行专门的防渗处理（如高压冲洗置换处理、防渗井塞等）。

8.6.6　两岸拱座岩体内存在断层破碎带、层间错动等软弱结构面，影响拱座稳定安全时，必须对两岸拱座基岩采取相应的加固处理措施（如抗滑键、传力墙和高压固结灌浆等）。1、2 级拱坝或高坝工程的处理方案，应通过有限元分析或模型试验论证。

8.6.7　两岸岩体内的顺坡向断层破碎带、节理密集带或软弱夹层，受到库水、地下水、泄洪雾化及泄洪水流冲刷等反复作用后，引发岩体滑坍而危及大坝或其他建筑物的安全时，必须采取相应的防护措施。

9　拱坝构造

9.1　坝顶布置

9.1.1　坝顶高程应不低于校核洪水位。坝顶上游侧防浪墙顶高程与水库正常蓄水位的高差或与校核洪水位的高差，可按公式（9.1.1）计算，应选择两者计算所得防浪墙顶高程的高者作为最终的选定高程。

$$\Delta h = h_b + h_z + h_c \tag{9.1.1}$$

式中　Δh——防浪墙顶与水库正常蓄水位或校核洪水位的高差，m；

h_b——波高，m，按本规范附录 B.5 确定；

h_z——波浪中心线至水库正常蓄水位或校核洪水位的高差 m，按本规范附录 B.5 确定；

h_c——安全超高，按表 9.1.1 的规定取值。

表 9.1.1　安全超高 h_c　（m）

坝的级别	1	2	3
正常蓄水位	0.7	0.5	0.4
校核洪水位	0.5	0.4	0.3

9.1.2　防浪墙宜采用与坝体连成整体的钢筋混凝土结构，墙身应有足够的厚度，墙身高度宜采用 1.2m，在坝体横缝处应留伸缩缝，并设止水。坝顶下游侧应设置栏杆。

9.1.3　非溢流段坝顶宽度应根据剖面设计，满足运行、交通要求确定，不宜小于 3m。坝顶路面应有横向坡度和排水系统。当设人行道时，宜高出坝顶路面 20～30cm。

9.1.4　溢流坝段应结合溢流方式，布置坝顶工作桥、交通桥，其尺寸必须满足泄流、设备布置、运行操作、交通和监测检修等要求。坝顶桥梁宜采用装配式钢筋混凝土结构或预应力钢筋混凝土结构，桥下应有足够的净空。

9.1.5　地震区溢流坝段的坝顶工作桥、交通桥等结构，应减轻自重，加强与闸墩的连接。

9.1.6　坝顶布置应结合工程建筑的总体规划，并与周围环境相协调。

9.2　横缝和纵缝

9.2.1　混凝土拱坝必须设置横缝，必要时亦可设置纵缝。

9.2.2　横缝位置和间距的确定，除应研究混凝土可能产生裂缝的坝基条件、温度控制和坝体内应力分布状态等有关因素外，还应研究坝身泄洪孔口尺寸、坝内孔洞等结构布置和混凝土浇筑能力等因素。横缝间距（沿上游坝面弧长）宜为 15～25m。

9.2.3　横缝宜采用径向或接近径向布置，横缝面可为铅直面，横缝底部缝面与基础面夹角不得小于 60°，宜接近正交。

横缝面应设置键槽，并埋设灌浆系统。键槽应为铅直方向，宜采用梯形槽或圆弧形槽。

9.2.4　拱坝厚度大于 40m 时，可考虑设置纵缝。当施工有可靠的温控措施和足够的混凝土浇筑能力时，可不受此限制。相邻坝块间纵缝应错开，宜采用铅直纵缝，但在下游坝面附近应缓转与坝面正交，也可在某一高程并缝。并缝缝顶可设圆形孔洞，配置并缝钢筋。

纵缝面应设置键槽，并埋设灌浆系统。键槽走向为水平方向，形状宜为三角形。

9.2.5　横缝和纵缝都必须进行接缝灌浆。灌浆时坝体温度应降到设计规定值。缝的张开度不宜小于 0.5mm。缝两侧坝体混凝土龄期，在采取有效措施后，不宜小于 4 个月。灌浆浆液结石达到预期强度后，坝体方能挡水受力。

拱坝横(纵)缝尚未灌浆而需临时拦洪时，必须专门论证。

9.2.6　横(纵)缝缝面应采用止浆片分成若干封闭区进行灌浆。

横缝上游面和下游面止水片可兼作止浆片。每一灌浆区的面积宜为 200～400m^2，其高度宜为 9～15m。

9.2.7　灌浆升浆管路和出浆设施的形成，应优先采用塑料拔管方式，也可采用预埋管和出浆盒方式。

横(纵)缝同一灌浆区的进、出浆管口、排水管出口等布置，宜集中于廊道或下游坝后桥附近。

9.2.8　横(纵)缝的灌浆压力，应根据坝体应力及变形条件确定。除顶层外，灌浆区上部宜有 9m 厚的混凝土盖重。层顶灌浆压力可为 0.1～0.3MPa。

9.2.9　接缝灌浆的具体要求，应按 SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的规定执行。

9.3　坝内廊道及交通

9.3.1　拱坝坝内廊道设置应兼顾基础灌浆、排水、安全监测、检查维修、运行操作和坝内交通等多种用途。

坝内应设置基础灌浆廊道，对于中、低高度的薄拱坝，也可不设廊道。

9.3.2　廊道与坝内其他孔洞间的净距离不宜过小，应通过应力分析确定。

纵向廊道的上游壁离上游坝面的距离，宜为 0.05～0.1 倍坝面作用水头，且不小于 3m。

9.3.3　基础灌浆廊道在平面上沿拱圈弧形或折线形布置，两岸沿岸坡上升至一定高程终止，或向两岸延伸。基础灌浆廊道应与平硐或横向廊道相连，通向下游坝外。廊道坡度较陡时，廊道内应设置平台及扶手。若两岸坡度大于 45°时，基础灌浆廊道可与灌浆平硐结合分层布置。灌浆平硐的断面尺寸，应符合本规范 9.3.5 的规定。

基础灌浆廊道底板混凝土厚度，不宜小于 3m。

9.3.4　当需要布置多层廊道时，层高宜为 20～40m，坝内各层廊道均应相互连通，可采用电梯、坝后桥、两岸坡道等方式。

9.3.5　基础灌浆廊道的断面尺寸，应根据灌浆机具尺寸和工作空间要求确定，宽度宜为 2.5～3.0m，高度宜为 3.0～3.5m。交通及监测廊道最小宽度宜为 1.2m，最小高度宜为 2.2m。

廊道断面形状可为拱顶平底或矩形。

廊道两侧(或一侧)应设排水沟,排水沟尺寸宜为 25cm × 25cm,底坡 3‰ 左右。

9.3.6　廊道内应有足够的照明设施和良好的通风条件。各种电气设备与线路应绝缘良好并易于检修。必要时可设置应急照明。

9.3.7　廊道通向坝外的进、出口,应设门保安防寒。在泄洪和施工度汛时,应有防止廊道进水的措施。

9.3.8　1、2 级拱坝宜在坝后(或坝内)设置电梯。

校核尾水位以上部位的下游坝面,宜分层设置坝后桥。坝后桥应与坝体整体连接,其伸缩缝的位置应与拱坝横缝布置相适应。坝后桥每层间隔应与坝身孔洞和廊道布置相协调。

校核尾水位以下的下游坝面,可设置临时栈桥。

闸门井及闸墩等部位视需要可设置爬梯。

9.3.9　廊道、水泵室、电梯井等部位的消防安全,应按 SDJ278—90《水利水电工程设计防火规范》的规定,采取有效措施。

9.4　坝体止水和排水

9.4.1　横缝上游面、校核尾水位以下的横缝下游面、溢流面以及陡坡段坝体与边坡接触面等部位,均应设置止水片。

9.4.2　止水片应根据其重要性、作用水头、检修条件等因素确定止水材料和布置型式。承受高水头的横缝上游面止水,宜设两道退火紫铜片或不锈钢片;承受中等水头的横缝上游面止水、溢流面止水、陡坡段坝体与边坡接触面止水,宜设一道退火紫铜片或不锈钢片;承受较低水头的横缝上游面止水、校核尾水位以下的横缝下游面止水,宜采用一道塑料止水带或橡胶止水带。

止水铜片或不锈钢片每一侧埋入混凝土内的长度,宜为 20 ~ 25cm,止水片的接头和接缝,应保证焊接质量。

塑料止水带或橡胶止水带应根据工作水头、气候条件、所在部位和施工条件等因素,选用合适的标准型号,并采取控制安装变形的措施。

止水片距离坝面宜为 20 ~ 50cm。

9.4.3　横缝止水或基础止水必须与坝基妥善连接,止水片埋入基岩深度宜为 30 ~ 50cm,必要时止水槽混凝土与基岩之间插锚筋连接。

9.4.4　陡坡段坝体与边坡接触面的基础止水,宜采用以下措施:

1　坝身混凝土浇筑到一定高度、基础混凝土充分收缩以后,并在排水孔钻设之前,进行接触灌浆。有条件时,可利用帷幕孔与部分固结灌浆孔进行接触灌浆。

2　设置铜片或不锈钢片止水。止水片与基岩的连接应符合本规范 9.4.3 的规定；基础止水片与横缝止水片相交处必须密封。

9.4.5　廊道排水系统应由排水管与各层廊道排水沟组成。

坝身宜设置竖向排水管，管距宜为 2.5～3.5m，排水管内径宜为 15～20cm，应与廊道分层连通，不应有急弯。廊道底面高于校核尾水位时，可采用自流排水；廊道底面低于校核尾水位时，应设集水井并由水泵抽排。

无冰冻地区的薄拱坝其坝身可不设置排水管。

10　坝体混凝土和温度控制

10.1　坝体混凝土

10.1.1　坝体混凝土标号分区设计应以强度为主要控制指标。混凝土的其他性能指标应视坝体不同部位的要求作校验，必要时可提高局部混凝土的性能指标，设不同标号分区。高拱坝拱冠与拱端坝体应力相差较大时，可设不同标号区。

坝体厚度小于 20m 时，混凝土标号不宜分区。同一层混凝土标号分区最小宽度不宜小于 2m。

10.1.2　应综合研究混凝土的力学和热学指标，在满足混凝土低热要求的同时，混凝土应有足够的强度，尤其是早期强度。混凝土最大水灰比可按表 10.1.2 的规定取值。

表 10.1.2　混凝土最大水灰比

气候分区	大坝混凝土分区或部位				
	水上	水位变化区	水下	基础	抗冲
严寒和寒冷地区	0.55	0.45	0.50	0.50	0.45
温和地区	0.60	0.50	0.55	0.55	0.45

10.1.3　坝体混凝土质量及其均匀性应符合 SDJ207—82《水工混凝土施工规范》的规定。

10.2　温度控制

10.2.1　对于高拱坝，应根据坝址气温、水温、地温等自然条件，坝体结构特点以及混凝土原材料和混凝土性能等，制定合理的温度控制标准及温控防裂措施。对于中、低坝，可参照类似工程经验进行温度控制。

10.2.2　应搜集整理坝址地区温度资料，并对年平均气温和变幅、多年月平均和旬平均气温、气温骤降的幅度和历时及出现的频率、水库水温、坝基地温、日照等资料进行分析。

10.2.3　高拱坝除进行混凝土力学、热学性能试验外，还应进行混凝土极限拉伸、徐变和

自生体积变形等变形性能的试验研究。

10.2.4　坝体纵缝、横缝的设置应符合本规范 9.2.2～9.2.4 的规定。浇筑层厚应根据温度控制标准、混凝土浇筑能力及温度控制措施等因素，通过计算确定。基础约束区的浇筑层厚度宜采用 1.5～2.0m，应采取短间歇均匀上升的分层浇筑方法，层面不应长期暴露。基础约束区以外的浇筑层厚度，可根据该部位温度控制标准和上下层温差要求，以及混凝土施工机械设备浇筑能力确定，并应做到短间歇均匀上升。

10.2.5　基础温差和上下层新老混凝土温差的控制，应符合下列规定：

1　基础温差：系指浇筑块 $0.4l$（l 为浇筑块长边尺寸）高度范围的基础约束区内，混凝土的最高温度和该部位稳定温度或准稳定温度之差。

当基础约束区混凝土 28d 龄期的极限拉伸值不低于 0.85×10^{-4}、基岩和混凝土弹性模量相近、短间歇均匀上升浇筑时，基础约束区混凝土的容许温差按表 10.2.5 的规定确定。

表 10.2.5　基础约束区混凝土容许温差　　（℃）

距基岩面高度 H	浇筑块长边 l				
	16m 以下	17～20m	21～30m	31～40m	通仓长块
$0\sim0.2l$	26～25	25～22	22～19	19～16	16～14
$0.2l\sim0.4l$	28～27	27～25	25～22	22～19	19～17

对坝身导流底孔、深式泄水孔、闸墩等部位，在施工期或运行期过流受低温水冷冲击，应研究该部位混凝土温度低于稳定温度所产生的影响。

以下各种情况的基础约束区混凝土温差应予论证：

1）坝块结构尺寸高长比小于 0.5；

2）基础约束区内长间歇的浇筑块；

3）基岩弹性模量和混凝土弹性模量相差较大者；

4）基础回填混凝土、混凝土塞及陡坡等浇筑块；

5）试验和实测充分证明混凝土自生体积变形有明显稳定的膨胀或收缩者。

2　上下层温差：系指高度小于 1/4 块长范围内，上层新浇混凝土的最高平均温度与开始浇筑混凝土时下层老混凝土（龄期超过 28d）的平均温度之差，即新老混凝土温差。上下层混凝土容许温差应为 15～20℃。

各坝块应均匀上升，相邻块高差不超过 12m，相邻坝块浇筑时间的间隔宜小于 30d。

10.2.6　应根据当地气候条件，提出各月坝体内外温差或坝体内部最高温度控制标准。

遇气温骤降时，对龄期 2～3d 以上（基础约束区和特殊部位）或 3～4d 以上（普通部位）的新浇混凝土，必须进行表面保护。低温季节也应根据当地气候条件对混凝土外露面进行保护，基础约束区、上游面、结构断面突变部位及孔洞周围等应重点保护。

混凝土表面保护材料应根据当地气候条件按本规范附录 C.2 的规定选用。泄水孔、廊道、竖井等孔洞进出口,在低温季节及气温骤降期间应进行遮闭或封堵。

10.2.7　温控措施的选用应符合下列要求:

1　应采用合适的混凝土原材料,改进混凝土施工管理和施工工艺,改善混凝土性能,提高混凝土抗裂能力。

2　应合理安排混凝土施工程序,在有利季节浇筑基础约束区混凝土,并控制相邻块、相邻坝段高差。基础约束区混凝土应连续均匀上升,不得出现薄层、长间歇情况。控制全年混凝土浇筑量,高温季节宜利用夜间浇筑,严寒地区应避免在冬季浇筑坝体混凝土。

3　应采用低发热量水泥、浇筑低流态混凝土、掺高效外加剂、加大骨料粒径、优选骨料级配、掺适宜的掺和料、控制浇筑层厚和层间间歇期、通水冷却等减少混凝土水化热温升措施。夏季宜减小浇筑层厚,保证正常的间歇时间,并利用天然低温水养护。

4　应采用在粗骨料上洒水喷雾、骨料堆高、地垄取料、混凝土拌和加冰、冷水拌和、预冷骨料等骨料及混凝土简易人工冷却措施,降低混凝土浇筑温度,并对预冷混凝土进行保温。还应降低混凝土出机口温度,严格控制混凝土运输时间和仓面浇筑坯覆盖前的暴露时间,减少混凝土运输和浇筑过程中的温度回升。

5　坝体内应埋设冷却水管通水冷却:初期通制冷水或低温河水,降低混凝土最高温度;中期可通河水冷却,控制低温季节坝体内外温差;后期通制冷水或河水降温,使坝体达到接缝灌浆温度。通水类别和通水时间应通过分析计算确定。

通水时坝体混凝土温度与冷却水之间的温差不宜超过 25℃,坝体降温速度每天不宜大于 1℃。冷却水管,特别是固结灌浆压重块混凝土中的冷却水管,宜符合本规范 8.3.3 的规定,并谨防被打断。

6　坝体表面保护应符合本规范 10.2.6 的规定。

10.2.8　接缝灌浆应按本规范 9.2.5 和 9.2.9 的规定执行。拱坝接缝灌浆时的温度场(即封拱温度场),应根据坝体混凝土温度场进行调整。冷却水管的布置和通水冷却方式选择应有利于降低拱坝温度荷载。有倒悬剖面的拱坝应及时灌浆。高温季节进行坝段接缝灌浆时,应做好坝体表面保温。

11　安全监测设计

11.1　一般原则

11.1.1　混凝土拱坝应根据坝的级别、高度、结构型式与特点、地形与地质条件,设置必要的监测设施。监测工作应符合下列规定:

1　分别监视工程建筑物在施工期、蓄水期和运行期的工作状态与安全;

2　验证设计，指导施工；

3　积累科学研究资料。

11.1.2　混凝土拱坝安全监测设计应符合 SDJ336—89《混凝土大坝安全监测技术规范》(试行)的规定。

11.1.3　混凝土拱坝安全监测范围，应包括坝体、坝基、坝肩以及对拱坝安全有重大影响的近坝区岸坡和其他与大坝安全有直接关系的建筑物和设备。

11.1.4　安全监测设计应遵循下列原则：

1　应能全面、准确地反映工程建筑物在施工期、蓄水期及运行期的实际工作性态。

2　应结合影响工程安全的主要问题，有针对性地设置监测项目和布置监测仪器。监测断面或部位的选择应有代表性，测点布置应突出重点。

3　应选择性能稳定可靠，且适宜在潮湿恶劣环境中长期工作的监测仪器和设备。仪器的量程和精度应满足监测要求。监测精度应与所测物理量值变化幅度大小相适应。采用的监测方法应技术成熟，便于操作。

4　监测项目应统筹安排，配合布置。重要监测断面或部位的重点监测项目，宜采用两种以上监测手段。关键部位用于监测重要物理量的仪器，宜设备份。

5　宜采用先进技术或为后期技术改进留有余地。

6　1、2 级拱坝，宜设置具有数据采集和数据管理功能的自动化监测系统。3 级拱坝，必要时也可设置自动化监测系统。采用自动化监测设备的同时，应具备人工观测条件。

11.1.5　安全监测设计应符合下列要求：

1　应重视施工期和首次蓄水期的安全监测工作，及时取得主要监测项目的基准值。水库首次蓄水前应制订详细的监测工作计划，若首次蓄水前永久性监测设施未完工或不具备监测条件时，应采取相应的临时监测措施。蓄水过程中，应快速整理分析监测资料并及时反馈。

2　在布置安全监测设施的同时，应统筹安排观测站的布设。必要时可设置专门的观测廊道、竖井及洞室。

3　应为监测设施提供良好的交通、照明、防潮、防风、保温及保安条件。

4　监测设施的埋设安装，应减少施工干扰。仪器和电缆应有可靠的保护措施。

5　宜根据理论计算或模型试验成果，并参考类似工程经验，对主要监测项目提出预计的测值变化范围。1、2 级拱坝关键部位的位移值，宜提出技术警戒值。

11.2　监测项目与主要监测设施布置

11.2.1　混凝土拱坝安全监测应设置必要的监测项目，仪器监测应和巡视检查相结合。

11.2.2　巡视检查应符合下列要求：

1　从施工期到运行期，各级混凝土拱坝及其附属建筑物，均应定期进行巡视检查。在水库首次蓄水过程中、水库水位迅速消落期间、大洪水期间、坝区发生有感地震以及发生其他特殊情况时，应增加巡视检查次数。

2　发现大坝及附属建筑物损伤，或近坝区岸坡、地下水位、基础渗流等出现异常迹象时，应立即上报，并分析原因和研究处理措施。

11.2.3　仪器监测分为常规监测和专门监测。各监测项目应符合下列规定：

1　常规监测项目可按工程级别，并结合工程特点和具体地质条件，按表 11.2.1 的规定确定。常规监测项目中，应以坝体和拱座的变形及基础渗流监测为重点。

表 11.2.1　仪器监测的常规项目

序号	监测项目		大坝级别		
			1	2	3
一	变形	1. 坝体位移	●	●	●
		2. 坝基位移	●	●	●
		3. 倾斜	●	○	
		4. 接缝	●	●	○
		5. 裂缝	●	●	●
二	渗流	1. 渗流量	●	●	●
		2. 坝基扬压力及深部渗透压力	●	●	●
		3. 坝体渗透压力	○	○	
		4. 绕坝渗流	●	●	●
		5. 水质分析	●	○	
三	应力	1. 应力	●	○	
		2. 应变	●	○	
		3. 混凝土温度	●	●	○
		4. 坝基温度	●	○	
四	环境量	1. 上、下游水位	●	●	●
		2. 气温	●	●	●
		3. 降水量	●	●	●
		4. 库水温	●	○	
		5. 坝前淤积	●	○	
		6. 下游冲淤	●	○	
		7. 冰冻	○		

注：●为必设项目，○为选设项目。

2　专门监测项目应根据工程级别、重要性、结构型式与施工工艺、地形与地质条件，参照下列项目研究确定：

1)近坝区岸坡稳定性监测；

2)地下洞室稳定性监测；

3)坝体地震反应监测；

4)水力学监测；

5)其他。

11.2.4　环境量监测应符合下列规定：

主要包括水位、库水温、气温、降水量、冰压力、坝前淤积和下游冲刷等项目。监测设施布置除应符合 SDJ336－89 的规定外，还应符合 GBJ1 38－1990《水位观测标准》、SL58－1993《水位普通测量规范》、SL21－1990《降水量观测规范》、SL59－1993《河流冰情观测规范》等水文、气象专业方面的国家及行业标准的规定。

11.2.5　水平位移与挠度监测应符合下列规定：

1　坝体和坝基的水平位移可采用垂线法、准直线法、边角网法、前方交会法、导线法等方法监测。监测精度应符合 SDJ336－89 的规定。宜优先采用垂线法监测坝体和坝基的水平位移。高拱坝的垂线宜布置在拱冠和拱肩等部位，其数量不应少于 3 条。准直线和导线的端点应设置倒垂线作为工作基点。交会法的固定点可用边角网校核。对作为工作基点的倒垂线的稳定性，应由平面监测网定期校核。

2　拱座和近坝区岸坡表层的水平位移，可采用边角网或测边网、交会法、准直线法等方法监测。监测精度应符合 SDJ336－89 的规定。拱座和近坝区岸坡深部的水平位移，以及断层、裂隙等地质缺陷的水平位移，可采用倒垂组监测，或针对不同情况布置基岩变形计、多点位移计、钻孔倾斜仪等电测仪器进行监测。

3　坝体挠度宜采用垂线法监测。监测坝段的挠度测点不应少于 3 点。

11.2.6　垂直位移与倾斜监测应符合下列规定：

1　坝体和坝基的垂直位移，宜采用精密水准法监测。根据具体情况也可采用流体静力水准法监测。精密水准测量的起测基点，宜布置在大坝附近的岸坡基岩上。起测基点的稳定性由水准基点定期检验。水准基点应布设在大坝下游不受库区变形影响或影响很小的地区。垂直位移监测精度应符合 SDJ336－89 的规定。流体静力水准法，适用于在坝体水平廊道内监测坝体和坝基的垂直位移，其测点宜与精密水准点配合布置。

2　近坝区岸坡和滑坡体的垂直位移，宜采用精密水准法监测。高山区也采用三角高程法监测。必要时可将三角高程法与边角网法结合组成“三维网”。

3　重力拱坝坝体和坝基倾斜，应采用精密水准法或流体静力水准法监测。

11.2.7　渗流监测应符合下列规定：

1　重力拱坝坝基扬压力监测，可参照重力坝扬压力监测布置方法，按纵向监测断面和横向监测断面布设测压管或渗压计。纵向监测断面宜布置在防渗帷幕后第一道排水幕线上，每个坝段宜布置 1 个测点。地质条件复杂地段，可适当增加测点数量。横向监测断面沿径向布置，宜根据坝高、坝长、坝厚及地质条件确定断面位置。横向监测断面上的扬压力测点数量不得少于 3 点。必要时可在重要监测坝段的灌浆帷幕前布置测点。地质条件优良的薄拱坝，经论证可少设或不设扬压力监测设施。

2　拱坝坝基深部渗透压力监测可根据坝基地质条件及存在的主要地质缺陷，有针对性地布置测压管或渗压计，监测坝基深部和拱座部位基岩的渗透压力。

3　坝体渗透压力的监测，对薄拱坝坝体可不进行；重力拱坝若需观测坝体排水管效能和坝体渗透压力分布时，可参照重力坝坝体渗透压力监测方法，布置渗压计进行监测。

4　绕坝渗流监测，在两岸坝肩防渗帷幕后，沿流线方向布置 2～3 个监测断面，每个监测断面不少于 3 个观测孔。孔深应达强透水层，并深入到筑坝前地下水位线以下。

5　渗漏量监测，宜在坝基廊道内的排水沟上分段布设量水堰，分别监测坝基和坝体的渗漏量。漏水量较大的排水孔，宜采用容积法进行单孔量测。

11.2.8　应力、应变及温度监测应符合下列规定：

1　坝体监测断面和监测截面选择，宜根据坝高、坝长、体形、坝体结构及地质条件，按照拱和梁两个体系选择监测断面与监测截面。可选择拱冠、1/4 拱弧或布置有大孔口的悬臂梁，沿径向布置垂直于坝轴线的铅直向监测断面。高度在 100m 以上的高拱坝，可沿拱冠梁不同高程，按 20～40m 的间距，布设水平监测截面。应选择最大拱座应力处布置监测截面。

拱坝温度监测坝段应为安全监测系统的重点监测坝段。监测断面宜沿坝段中心断面布置。

2　对监测仪器布置，应力应变监测仪器应根据理论计算和模型试验成果，按照‘少而精’的原则，集中布置于拱坝各监测断面和监测截面。必要时，可在有代表性的孔口、廊道、坝缝等处适当布置测点。坝体温度测点应根据温度场的状态进行布置。

1）拱座的切向推力和径向剪力应为拱坝应力监测的重点。除了布置应变计外，还可在拱推力方向布置压应力计直接监测切向拱推力。

2）应变计组的仪器数量和布置，应根据各测点的应力状态确定。

3）在拱坝拉应力区、坝踵或其他可能出现拉应力的边界部位，除了布置应变计外，还可布置裂缝计监测可能发生的裂缝或混凝土与基岩接合情况。

4）在温度监测坝段，根据坝高不同可布置 3～7 个监测截面。各监测截面与坝段中心断面的交线上可布置 3～5 个测点。温度梯度较大的坝面附近或大孔口周围，可适当

加密测点。拱坝两岸日照相差较大时，左、右拱端下游面宜分别布置温度测点。在拱座应力监测截面上可增设必要的温度测点。

5）坝基温度监测可在温度监测断面的底部布置 5～10m 深的钻孔，沿不同深度埋设温度计。

6）施工期临时性温度监测宜与永久性温度监测相结合。

7）拱坝横缝或纵缝开度变化监测，可选择具有控制性的坝缝于灌浆区中心位置布置测缝计进行监测。

附录 A　水力设计计算公式

A.1　堰面曲线

A.1.1　表孔的堰面曲线采用幂曲线时（见图 A.1.1），可按公式（A.1.1－1）计算：

$$x^n = KH_s^{n-1}y \tag{A.1.1-1}$$

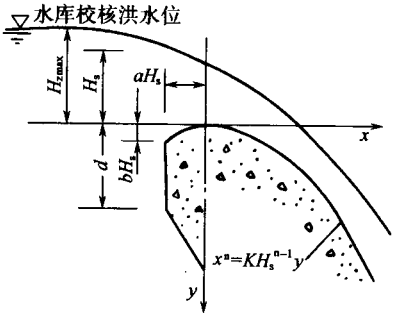


图 A.1.1　表孔堰面曲线

式中　H_s——定型设计水头，m，可根据容许负压的大小按堰顶最大作用水头 H_{max} 的 75%～95%计算；

其余符号见表 A.1.1－1。

表 A.1.1－1　表孔堰面曲线参数

上游坝面坡度	K	n
垂直	2.000	1.850
3∶1	1.936	1.836

原点上游宜用椭圆曲线，其方程式为公式（A.1.1－2）：

$$\frac{x^2}{(aH_s)^2}+\frac{(bH_s-y)^2}{(bH_s)^2}=1 \tag{A.1.1-2}$$

式中　aH_s、bH_s——椭圆曲线的长半轴和短半轴。

若上游面垂直，其长、短半轴可按以下关系选定：

$$a \approx 0.28 \sim 0.30$$

$$b = 0.87 + 3a$$

采用倒悬堰顶时(见图 A.1.1),宜满足 $d > H_{zmax}/2$

定型设计水头 H_s 的选择及堰顶可能出现的最大负压值参照表 A.1.1－2 确定。

表 A.1.1－2　表孔堰顶可能出现的负压值

H_s/H_{zmax}	0.75	0.775	0.80	0.825	0.85	0.875	0.90	0.95	1.00
最大负压值/H_s	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.1	0.0

各种作用水头 H_z 情况下的流量系数 m_z 与定型设计水头 H_s 情况下的流量系数 m 的比值参照表 A.1.1－3 确定。

表 A.1.1－3　表孔流量系数比值

H_z/H_s	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
m_z/m	0.85	0.90	0.95	0.975	1.0	1.025	1.07

A.1.2　浅孔的堰面曲线采用抛物线时,若校核情况下最大作用水头 H_{zmax}(孔口中心线处)与孔口高度 D 的比值 $H_{zmax}/D > 1.5$,或闸门全开仍属孔口泄流,可按公式(A.1.2)计算:

$$y = \frac{x^2}{4\varphi^2 H_s} \tag{A.1.2}$$

式中　H_s——定型设计水头,宜取孔口中心线至水库校核洪水位水头的 75% ~ 95%;

φ——孔口收缩面上的流速系数,可取 $\varphi = 0.96$,若孔前设有检修闸门槽时,可取 $\varphi = 0.95$;

其余符号见图 A.1.2。

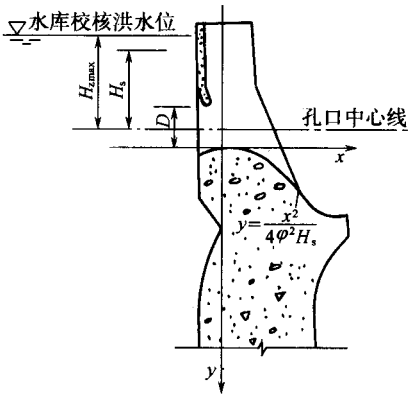


图 A.1.2　浅孔堰面曲线

原点上游可用单圆、复式圆或椭圆曲线。

若 $1.2 < H_{zmax}/D < 1.5$，应通过试验决定。

A.2　泄水建筑物泄水能力计算公式

A.2.1　表孔的泄水能力可按公式(A.2.1)计算：

$$Q = m_z \varepsilon \sigma_m B \sqrt{2gH_z^3} \tag{A.2.1}$$

式中　Q——流量，m^3/s；

B——溢流孔净宽，m；

H_z——溢流孔堰顶作用水头，m；

g——重力加速度，m/s^2；

m_z——流量系数，在定型设计水头下，当 $P/H_z > 3$（P 为堰高，m）时，则 $m_z = 0.47 \sim 0.49$；当 $P/H_z \leqslant 3$ 时，则 $m_z = 0.44 \sim 0.47$；

ε——侧收缩系数，根据墩厚度及墩头形状而定，可取 $\varepsilon = 0.90 \sim 0.95$；

σ_m——淹没系数，视泄流的淹没程度而定，不淹没时，$\sigma_m = 1$。

A.2.2　孔口泄流可按公式(A.2.2)计算：

$$Q = \mu A_k \sqrt{2gH_z} \tag{A.2.2}$$

式中　A_k——出口处的面积，m^2；

H_z——自由泄流时为孔口中心线处的作用水头，淹没泄流时为上、下游水位差，m；

μ——孔口或管道的流量系数，对 $H_z/D = 2.0 \sim 2.4$（D 为孔口高度，m）的浅孔，取 $\mu = 0.74 \sim 0.82$；对深式泄水孔可参照公式(A.2.3-1)～公式(A.2.3-3)估算；当为长有压孔时，μ 值必须计及沿程和局部水头损失后确定。

A.2.3　深式泄水孔流量系数可按公式(A.2.3-1)～公式(A.2.3-3)估算：

1　喇叭形进口

$$\mu = 0.97 - 0.3\frac{D}{H_z} \tag{A.2.3-1}$$

2　非完全喇叭形进口

$$\mu = 0.93 - 0.3\frac{D}{H_z} \tag{A.2.3-2}$$

3　圆形进口

$$\mu = 0.90 - 0.3\frac{D}{H_z} \tag{A.2.3-3}$$

式中符号意义同前。

A.2.4　平顶式或类似于宽顶堰的坝顶泄水建筑物的流量系数，可取 0.35～0.37。

A.3　挑流消能的水力要素

A.3.1　水舌抛距（见图 A.3.1）可按公式（A.3.1）估算：

$$L = \frac{1}{g}\left[v_1^2 \sin\theta\cos\theta + v_1\cos\theta \sqrt{v_1^2\sin^2\theta + 2g(h_1 + h_2)}\right] \tag{A.3.1}$$

$$v_1 = 1.1v = 1.1\varphi \sqrt{2gH_0}$$

$$h_1 = h/\cos\theta$$

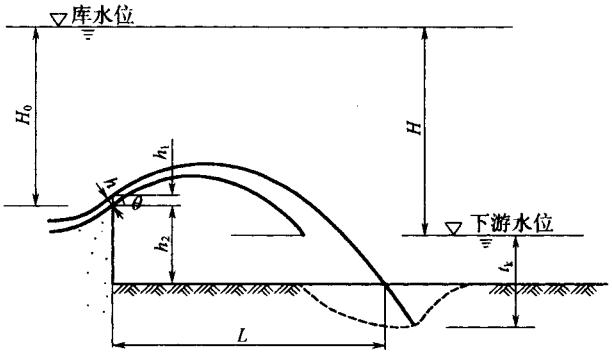


图 A.3.1　挑流消能水力要素

式中　L——水舌抛距，m，如有水流向心集中影响者，则抛距还应乘以 0.90～0.95 的折减系数；

v_1——坎顶水面流速，m/s；

v——坎顶平均流速，m/s；

H_0——水库水位至坎顶的落差，m；

θ——鼻坎的挑角，(°)；

h_1——坎顶竖直方向水深，m；

h——坎顶平均水深，m；

h_2——坎顶至河床面高差，m，如形成冲坑，可算至坑底；

φ——堰面流速系数。

A.3.2　最大冲坑处水垫厚度（见图 A.3.1）根据水流特性可按公式（A.3.2－1）或公式（A.3.2－2）估算：

$$t_k = \alpha_1 q^{0.5} H^{0.25} \tag{A.3.2-1}$$

$$t_k = \alpha_1 \alpha_2 q_1^{0.5} H^{0.25} \tag{A.3.2-2}$$

式中　t_k——最大冲坑水垫厚度，m，由水面算至坑底，若换算为最大冲坑深度，则应

由河床面算至坑底；

q——泄水建筑物出口断面的单宽流量，$m^3/(s\cdot m)$；

q_1——平均入水单宽流量，$m^3/(s\cdot m)$；

H——上、下游水位差，m；

α_1——基岩特性影响系数，坚硬完整的基岩，$\alpha_1 = 0.7 \sim 1.1$；坚硬但完整性较差的基岩，$\alpha_1 = 1.1 \sim 1.4$；软弱破碎、裂隙发育的基岩，$\alpha_1 = 1.4 \sim 1.8$；

α_2——水流分散程度影响系数，分散充分，$\alpha_2 = 0.8 \sim 1.1$；分散较好，$\alpha_2 = 1.1 \sim 1.4$；分散欠佳，$\alpha_2 = 1.4 \sim 1.7$；水分集中，$\alpha_2 = 1.7 \sim 2.0$。

A.4　跌流消能的水力要素

A.4.1　射距可按公式(A.4.1)估算：

$$L_d = 2.3 q^{0.54} z^{0.19} \tag{A.4.1}$$

式中　L_d——射距，m，见图 A.4.1；

z——鼻坎至河床高差，m。

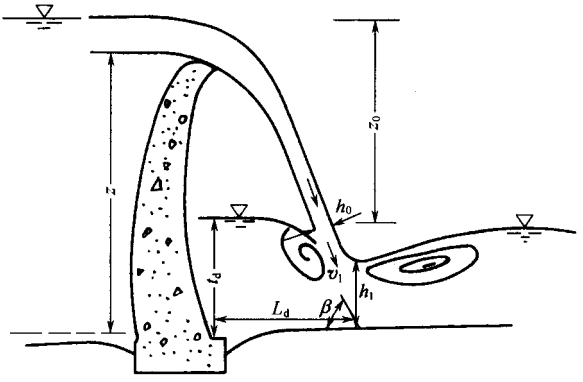


图 A.4.1　跌流消能水力要素

A.4.2　水舌冲击区上游水垫深度，可按公式(A.4.2)估算：

$$t_d = 0.6 q^{0.44} z^{0.34} \tag{A.4.2}$$

式中　t_d——水垫塘底板或护坦上内侧的水垫深度，m；

其余符号意义同前。

A.4.3　水垫塘底板或护坦上的冲击流速；

1　水舌落点上下游有水位差时，如图 A.4.1 所示，按公式(A.4.3－1)估算：

$$v_1 = 4.88 q^{0.15} z^{0.275} \tag{A.4.3-1}$$

式中　v_1——对水垫塘底板或护坦的冲击流速，m/s；

其余符号意义同前。

2　水舌落点上、下游无明显水位差时，按公式(A.4.3－2)估算(适用于水舌基本布满河面时)：

$$v_1 = \frac{2.5 v_0}{\sqrt{\frac{t_d}{h_0 \sin\beta}}} \tag{A.4.3-2}$$

$$v_0 = \varphi \sqrt{2 g z_0} \tag{A.4.3-3}$$

$$\beta = \arccos\left(\frac{2 v_1}{v_0} - 1\right) \tag{A.4.3-4}$$

式中　h_0——水舌落至水面时的厚度，m，$h_0 = q / v_0$；

v_0——水舌落至水面时的平均流速，m/s；

β——水舌入射角，(°)；

z_0——上下游落差，m；

g——重力加速度，m/s^2；

φ——流速系数。

A.4.4　水垫塘底板或护坦上的动水压力，可按公式(A.4.4)估算：

$$P_d = \frac{\gamma_w (v_1 \sin\beta)^2}{2g} \tag{A.4.4}$$

式中　P_d——动水压力强度，kPa；

γ_w——水的重度，kN/m^3；

其余符号意义同前。

A.4.5　水垫塘或护坦上的脉动压力可按公式(A.4.5)估算：

$$P_m = \pm \alpha_m \frac{v_0^2}{2g} \gamma_w \tag{A.4.5}$$

式中　P_m——脉动压力强度，kPa；

v_0——入水流速，m/s；

α_m——脉动压力系数，取 0.05～0.2；

其余符号意义同前。

A.4.6　当下游不设护坦时，最大冲坑处水垫厚度可按公式(A.3.2－1)或公式(A.3.2－2)进行估算。

A.5　底流消能的水力要素

A.5.1　消水池的长度，可按下列公式计算：

1　当弗氏数 $Fr = \frac{v'}{\sqrt{gh'}} \geqslant 4.5$，护坦上不设辅助消能工时：

$$L_c = 6.9(h'' - h') \qquad (A.5.1-1)$$

式中　L_c——消力池长度，m；

h'、h''——跃前、跃后共轭水深，m。

2　当 $Fr > 4.5$，池首断面平均流速 v' 大于 16m/s，护坦上可设梳流坎及尾坎，但不宜设消力墩时：

$$L_c = (3.2 \sim 4.3)h'' \qquad (A.5.1-2)$$

3　当 $Fr > 4.5$，池首断面平均流速 v' 小于 16m/s，护坦上可设梳流坎、消力墩及尾坎时：

$$L_c = (2.3 \sim 2.8)h'' \qquad (A.5.1-3)$$

A.5.2　底流消力池护坦和尾坎上的脉动压力可按公式(A.5.2)估算：

$$P_m = \pm \alpha_m \frac{v^2}{2g}\gamma_m \qquad (A.5.2)$$

式中　P_m——脉动压力强度，沿法线方向作用于建筑物表面，kPa；

v——计算断面处的平均流速，m/s；

α_m——脉动压力系数，根据水流缓急程度分别取 0.05～0.10；

其余符号意义同前。

A.5.3　护坦中设消力墩(包括梳流坎及尾坎)时，其所受冲击力 P_d 可按公式(A.5.3)估算：

$$P_d = \pm k_d \frac{v^2}{2g}\gamma_w A_d \qquad (A.5.3)$$

式中　P_d——消力墩(包括梳流坎及尾坎)所受冲击力，kN；

v——墩、坎附近的流速，m/s，或近似按墩、坎断面处的平均流速计算；

A_d——墩、坎迎水面在流速方向上的投影面积，m^2；

k_d——阻力系数，视墩、坎位置、形状及流速大小，取 $k_d = 1.2 \sim 2.0$；

其余符号意义同前。

A.6　水流空化数估算公式

A.6.1　水流空化数可按公式(A.6.1)估算：

$$\sigma_k = \frac{h_d + h_q - h_v}{\frac{v^2}{2g}} \qquad (A.6.1)$$

式中　σ_k——水流空化数；

h_d——计算断面处的时均动水压力水头，m；

h_q——大气压力水头，m，对于不同高程按 $10.33 - \frac{\nabla}{900}$($\nabla$为海平面以上高度)估算，即相对于海平面每增加高度 900m，较标准大气压力水头降低 1m 水柱；

h_v——水的汽化压力水头，m，对于不同水温可按表 A.6.1 取值；

$v^2/2g$——计算断面处的流速水头，m。

表 A.6.1　不同水温时水的汽化压力水头值

水温(℃)	0	5	10	15	20	25	30	40
h_v(m)	0.06	0.09	0.13	0.17	0.24	0.32	0.43	0.75

A.7　波动及掺气水深估算公式

A.7.1　明流泄水建筑物(不包括孔中明流)的波动及掺气水深可按公式(A.7.1)估算：

$$h_b = \left(1 + \frac{\zeta_v}{100}\right) h \tag{A.7.1}$$

式中　h——不计入波动及掺气的水深，m；

h_b——计入波动及掺气的水深，m；

v——不计入波动及掺气的计算断面上平均流速，m/s；

ζ——修正系数，通常 $\zeta = 1.0 \sim 1.4$，视流速和断面收缩情况而定；对于设在坝身一侧的滑雪道式泄水建筑物，应考虑侧向进水造成的水面壅高，此时可取 $\zeta = 1.5 \sim 2.5$ 估算；当流速大于 20m/s，宜采用各种情况中的较大值。

附录 B　荷载计算公式

B.1　静水压力

B.1.1　垂直作用于坝体表面某点处的静水压力强度，可按公式(B.1.1)计算：

$$p = \gamma_w H \tag{B.1.1}$$

式中　p——计算点处静水压力强度，kPa；

H——计算点处的作用水头，m；

γ_w——水(或含泥沙水)的重度，kN/m^3。

B.2　动水压力

B.2.1　溢流坝反弧段上的动水压力强度，近似取均匀分布，可按公式(B.2.1)计算：

$$p = q\rho_w v / R \tag{B.2.1}$$

式中　p——水流离心压力强度，Pa；

q——相应泄洪设计状况下反弧段上的单宽流量，$m^3/(s \cdot m)$；

ρ_w——水的密度，kg/m^3；

v——反弧段最低点处断面水的平均流速，m/s；

R——反弧半径，m。

B.2.2　溢流坝反弧段上的离心力合力的水平分力及垂直分力，可按公式(B.2.2-1)、公式(B.2.2-2)计算：

$$P_x = q\rho_w v(\cos\phi_2 - \cos\phi_1) \qquad (B.2.2-1)$$

$$P_y = q\rho_w v(\sin\phi_2 + \sin\phi_1) \qquad (B.2.2-2)$$

式中　P_x——单元宽度上离心力合力的水平分力，N/m；

P_y——单元宽度上离心力合力的垂直分力，N/m；

ϕ_1、ϕ_2——反弧段的夹角(见图 B.2.2，取绝对值)，(°)。

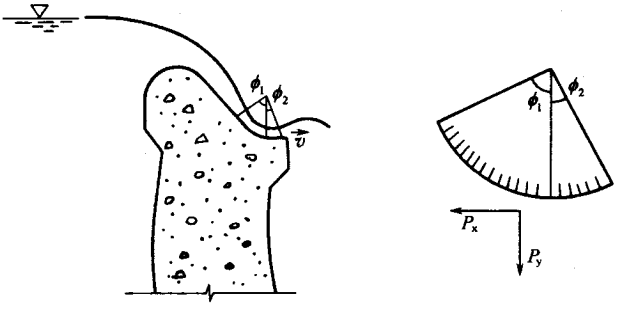


图 B.2.2　反弧段上水流离心力示意图

B.2.3　作用于反弧段边墙上水流离心力压力强度，在水面处为零，在墙底处为 p，其间应沿径向管似采用线性分布。p 可按公式(B.2.1)计算，并垂直作用于墙面。

B.3　扬压力

B.3.1　作用于坝基面的扬压力的计算应符合下列规定：

1　坝基设有防渗帷幕和排水孔时，在坝踵处的扬压力作用水头为 H_1(上游水深)，排水孔中心线处为 $H_2+\alpha(H_1-H_2)$，坝趾处为 H_2(下游水深)，其间依次直线连接，折减系数 α 可采用 0.25(见图 B.3.1-1)。

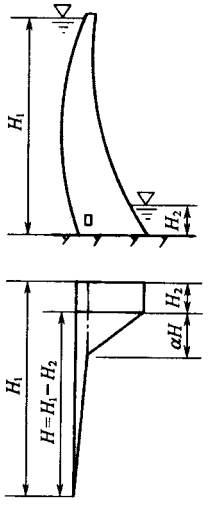


图 B.3.1-1　设防渗帷幕和排水孔时坝基扬压力分布

2　坝基未设防渗帷幕仅设排水孔时，在坝踵处的扬压力作用水头为 H_1，排水孔中心线处为 $H_2+\alpha(H_1-H_2)$，坝趾处为 H_2，其间依次以直线连接，折减系数 α 可采用 0.30～0.45（见图 B.3.1－2）

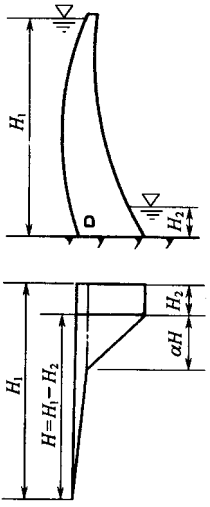


图 B.3.1－2　未设防渗帷幕仅设排水孔时坝基扬压力分布

3　坝基仅设防渗帷幕未设排水孔时，在坝踵处的扬压力作用水头为 H_1，帷幕中心线处为 $H_2+\alpha_1(H_1-H_2)$，坝趾处为 H_2，其间依次以直线连接，折减系数 α_1 可采用 0.50～0.70（见图 B.3.1－3）。

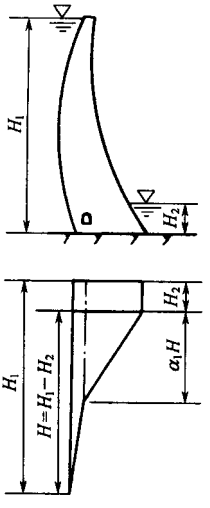


图 B.3.1－3　设防渗帷幕未设排水孔时坝基扬压力分布

4　坝基未设防渗帷幕和排水孔时，在坝踵处的扬压力作用水头为 H_1，坝趾处为

H_2，其间以直线连接（见图 B.3.1－4）。

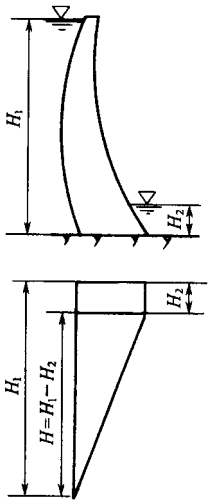


图 B.3.1－4　未设防渗帷幕和排水孔时坝基扬压力分布

B.3.2　拱座稳定分析中岸坡拱座侧面的渗透压力计算应符合下列规定：

1　拱座侧面设置防渗透帷幕和排水孔时，在拱端上游点处为 $H_1 - H_2$，排水孔中心线处折减系数 α_2 可采用 0.35，拱端下游点处为 0，其间以直线连接。对于复杂地质条件的重要工程，应由三向渗流计算或试验确定。

2　拱座侧面未设防渗帷幕和排水孔，或虽设排水孔但易于失效时，拱座侧面上、下游端自 $H_1 - H_2$ 至 0 以直线连接计算。

3　拱座侧面未设防渗帷幕仅设排水孔或仅设防渗帷幕未设排水孔时，因受岸坡地下水和三向渗流的影响，折减系数较本规范附录 B.3.1 相应情况适当提高。

B.3.3　厚拱坝和中厚拱坝坝体内部的扬压力计算应符合下列规定：

1　坝内设有排水管时，在上游坝面处的扬压力作用水头，为计算截面以上的上游水深 H_1'，在排水管中心线上为 $H_2' + \alpha_3 (H_1' - H_2')$（当计算截面在下游水位以上时，取 $H_2' = 0$），在下游坝面处的扬压力作用水头为计算截面以下的下游水深 H_2'，其间以直线连接，折减系数 α_3 可采用 0.20（见图 B.3.3－1）。

2　坝内未设排水管时，在上游坝面处的扬压力作用水头为 H_1'，下游坝面处为 H_2'，其间以直线连接（见图 B.3.3－2）。

B.4　泥沙压力

B.4.1　作用于坝面单位宽度上的水平泥沙压力，可按下列公式计算：

$$P_{sk} = \frac{1}{2}\gamma_{sb} h_s^2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi_s}{2}\right) \qquad \text{(B.4.1－1)}$$

$$\gamma_{sb} = \gamma_{sd} - (1 - n)\gamma_w \qquad (B.4.1-2)$$

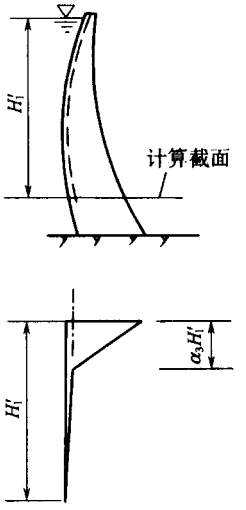


图 B.3.3－1　设排水管时坝内扬压力分布

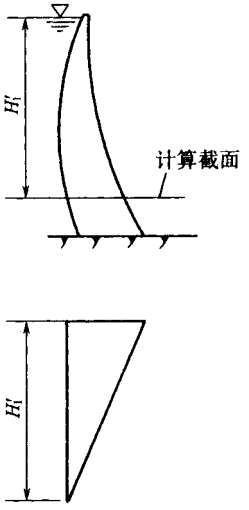


图 B.3.3－2　未设排水管时坝内扬压力分布

式中　P_{sk}——泥沙压力，kN/m；

γ_{sb}——泥沙的浮重度，kN/m³；

γ_{sd}——泥沙的干重度，kN/m³；

γ_w——水的重度，kN/m³；

n——泥沙的孔隙率；

h_s——坝前泥沙淤积厚度，m；

φ_s——泥沙的内摩擦角，(°)。

B.5　浪压力

B.5.1　波高、波长可按官厅水库公式(B.5.1－1)、公式(B.5.1－2)计算(适用于 $V_0 < 20\text{m/s}$ 及 $D < 20\text{km}$ 的山区峡谷水库)：

$$\frac{gh_b}{V_0^2} = 0.0076\,V_0^{-\frac{1}{12}}\left(\frac{gD}{V_0^2}\right)^{\frac{1}{3}} \tag{B.5.1-1}$$

$$\frac{gL_m}{V_0^2} = 0.331\,V_0^{-\frac{7}{15}}\left(\frac{gD}{V_0^2}\right)^{\frac{4}{15}} \tag{B.5.1-2}$$

式中　h_b——波高，m，当 $\frac{gD}{V_0^2} = 20 \sim 250$ 时，为累积频率 5%的波高 $h_{5\%}$；当 $\frac{gD}{V_0^2} = 250 \sim 1000$ 时，为累积频率 10%的波高 $h_{10\%}$；

L_m——平均波长，m；

V_0——计算最大风速，m/s；

D——风区长度，m；

g——重力加速度，m/s^2。

B.5.2　浪压力近似按直墙式挡水建筑物的情况进行计算：

1　坝前水深 $H_1 \geqslant H_{cr}$，$H_1 \geqslant \frac{L_m}{2}$ 时，浪压力分布如图 B.5.2(a)，单位长度上的浪压力可按公式(B.5.2－1)计算：

$$P_{wk} = \frac{1}{4}\gamma_w L_m (h_{5\%\sim10\%} + h_z) \tag{B.5.2-1}$$

$$h_z = \frac{\pi h_{5\%\sim10\%}^2}{L_m}\operatorname{cth}\frac{2\pi H_1}{L_m} \tag{B.5.2-2}$$

$$H_{cr} = \frac{L_m}{4\pi}\ln\frac{L_m + 2\pi h_{5\%\sim10\%}}{L_m - 2\pi h_{5\%\sim10\%}} \tag{B.5.2-3}$$

式中　P_{wk}——单位宽度坝面上的浪压力，kN/m；

$h_{5\%\sim10\%}$——累积频率 5%～10%的波高，m；

h_z——波浪中心线至计算水位的高差，m；

H_{cr}——使波浪破碎的临界水深，m。

2　坝前水深 $H_1 \geqslant H_{cr}$，$H_1 \leqslant \frac{L_m}{2}$ 时，浪压力分布如图 B.5.2(b)，单位宽度上的浪压力按公式(B.5.2－4)计算：

$$P_{wk} = \frac{1}{2}[(h_{5\%\sim10\%} + h_z)(\gamma_w H_1 + p_{lf}) + H_1 p_{lf}] \tag{B.5.2-4}$$

$$p_{lf} = \gamma_w h_{5\%\sim10\%} \operatorname{sech} \frac{2\pi H}{L_m} \qquad (B.5.2-5)$$

式中　p_{lf}——坝底面处的剩余浪压力强度，kPa；

其余符号意义同前。

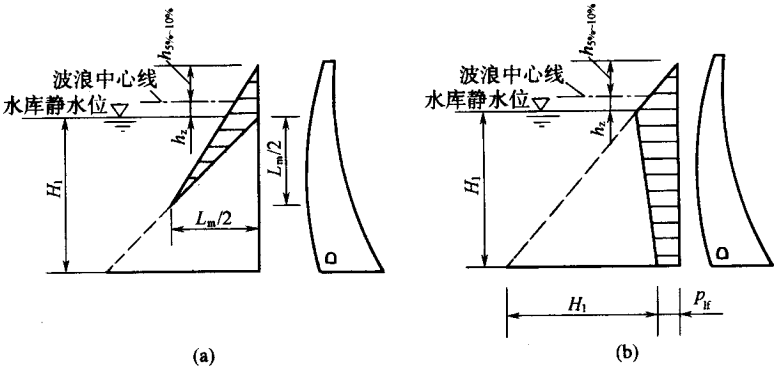


图 B.5.2　浪压力分布图

B.6　冰压力

B.6.1　作用于坝面单位宽度上静冰压力可按表 B.6.1 的规定取值。

表 B.6.1　静冰压力值

冰层厚度(m)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
静冰压力值(kN/m)	85	180	215	245	280

注：1. 冰层厚度取多年平均年最大值；

2. 对于小型水库应将表中静冰压力乘以 0.87 后采用；对于库面开阔的大型平原水库，应乘以 1.25 后采用；

3. 表中静冰压力适用于结冰期内水库水位基本不变的情况；结冰期内水库水位变动情况下的静冰压力应专门研究；

4. 表中静冰压力值可按冰层厚度相应计算取值。

B.6.2　动冰压力计算应符合以下规定：

1　冰块撞击在铅直或接近铅直坝面上所产生的动冰压力可按公式(B.6.2-1)计算：

$$F_{bk} = 0.07 V d_i \sqrt{A f_{ic}} \qquad (B.6.2-1)$$

式中　F_{bk}——冰块撞击坝面的动冰压力，MN；

V——冰块流速，m/s，按实测资料确定，当无实测资料时，可取冰块运动期内最大风速的 3%，但不宜大于 0.6m/s；

d_i——计算冰厚，m，可取当地最大冰厚的 0.7～0.8 倍，流冰初期取大值；

A——冰块面积，m^2，可由当地或邻近地点的实测或调查资料确定；

f_{ic}——冰块的抗压强度，MPa，宜由试验确定，当无试验资料时，可采用 0.3MPa。

2　作用于独立墩柱上的动冰压力，可按公式(B.6.2－2)计算：

$$F_{pl} = mf_{ib}d_i b \tag{B.6.2-2}$$

式中　F_{pl}——冰块切入三角形墩柱或作用于前沿垂直的矩形、多边形、圆形独立墩柱的动冰压力，MN；

m——墩柱前沿的平面形状系数，按表 B.6.2 的规定取值；

f_{ib}——冰块的挤压强度，MPa，流冰初期可取 0.75MPa，后期可取 0.45MPa；

b——冰作用高程处的墩柱前沿宽度，m。

表 B.6.2　形状系数 m 值

平面形状	夹角 2α 的三角形					矩形	多边形或圆形
	45°	60°	75°	90°	120°		
m	0.54	0.59	0.64	0.69	0.77	1.0	0.9

注：α为三角形夹角的一半。

B.7　温度荷载

B.7.1　温度荷载计算应符合下列规定：

1　坝体内温度分布可分解为三部分，即平均温度 T_m、等效线性温差 T_d 和非线性温差 T_n，见图 B.7.1，三者可按公式(B.7.1－1)～公式(B.7.1－3)计算：

$$T_m = \frac{1}{L}\int_{-L/2}^{L/2} T\,dx \tag{B.7.1-1}$$

$$T_d = \frac{12}{L^2}\int_{-L/2}^{L/2} Tx\,dx \tag{B.7.1-2}$$

$$T_n = T - T_m - \frac{T_d x}{L} \tag{B.7.1-3}$$

式中　L——坝体厚度，m；

T——温度，℃，为坐标 x 的函数。

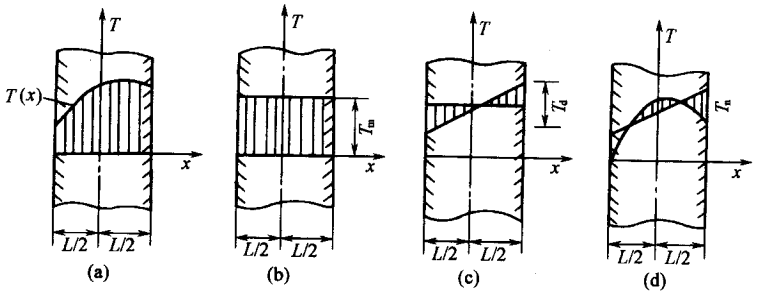


图 B.7.1　坝体温度分布示意图

(a)实际温度；(b)平均温度 T_m；(c)等效线性温差 T_d；(d)非线性温差 T_n

2　拱坝运动期温度荷载可按公式(B.7.1－4)、公式(B.7.1－5)计算：

$$T_m = T_{m1} + T_{m2} - T_{m0} \tag{B.7.1-4}$$

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} - T_{d0} \tag{B.7.1-5}$$

$$T_{m1} = \frac{1}{2}(T_{me} + T_{mi}) \tag{B.7.1-6}$$

$$T_{d1} = T_{me} - T_{mi} \tag{B.7.1-7}$$

式中　T_m、T_d——截面平均温度变化值和截面等效线性温差变化值；

T_{m0}、T_{d0}——由坝体封拱温度场确定的截面平均温度和等效线性温差，由封拱时的实际温度分布按公式(B.7.1－1)、公式(B.7.1－2)计算；

T_{m1}、T_{d1}——由坝体多年年平均温度场确定的截面平均温度和等效线性温差，按公式(B.7.1－6)、公式(B.7.1－7)计算；

T_{m2}、T_{d2}——由坝体多年平均变化温度场确定的截面平均温度和等效线性温差，按附录 B.7.3 确定，当封拱温度等于坝体多年年平均温度时，即 $T_{m0} = T_{m1}$，$T_{d0} = T_{d1}$，则 $T_m = T_{m2}$，$T_d = T_{d2}$；

T_{mi}、T_{me}——上、下游表面多年年平均温度，按附录 B.7.2 确定。

B.7.2　边界温度的确定应符合下列要求：

1　下游面温度的年变化过程可按公式(B.7.2－1)～(B.7.2－3)计算：

$$T_a = T_{am} + A_a \cos\omega(\tau - \tau_0) \tag{B.7.2-1}$$

$$T_{am} = \frac{1}{12}\sum_{i=1}^{12} T_{ai} \tag{B.7.2-2}$$

$$A_a = (T_{a7} - T_{a1})/2 \tag{B.7.2-3}$$

$$\omega = 2\pi/p$$

式中　T_a——多年月平均气温，℃；

T_{am}——多年年平均气温，℃，由当地实测多年月平均气温按公式(B.7.2－2)计算，若考虑日照影响，增加 2～4℃；

A_a——多年平均气温年变幅，℃，由当地实测多年月平均气温按公式(B.7.2－3)计算，若考虑日照影响，增加 1～2℃，尾水位以下等于水温年变幅；

τ——时间变量，月；

τ_0——初始相位，月，纬度高于 30°地区，取 $\tau_0 = 6.5$ 月，纬度低于或等于 30°地区，取 $\tau_0 = 6.7$ 月；

ω——圆频率；

p——温度变化周期，月，取 $p=12$；

T_{ai}——i 月多年平均气温，℃；

T_{a1}、T_{a7}——1 月、7 月多年平均气温，℃。

2　上游面温度的年变化过程的表示：

1）水上部分的温度等于气温，可按公式（B.7.2－1）计算。

2）水下部分坝前水温年变化过程，在初步设计阶段可按公式（B.7.2－4）表示；在技施设计阶段，可根据条件相近、已建水库的实测水温资料研究确定。

$$T_w(y,\tau)=T_{wm}(y)+A_w(y)\cos\omega[\tau-\tau_0-\varepsilon(y)] \tag{B.7.2-4}$$

式中　$T_w(y,\tau)$——水深 y 处、τ 时的多年平均水温；

y——水深，m；

τ——时间，月；

τ_0——气温年周期变化过程的初始相位，按本条 1 款确定；

$T_{wm}(y)$——水深 y 处的多年年平均水温，按本条 3 款确定；

$A_w(y)$——水深 y 处的多年年平均水温年变幅，按本条 4 款确定；

$\varepsilon(y)$——水深 y 处的水温年周期变化过程与气温年周期变化过程的相位差，月，按本条 5 款确定。

3　水库的多年平均水温，可根据水库特性分别按下列公式计算：

1）$H_n\geqslant y_0$ 的多年调节水库（H_n——水库坝前正常水深，m）：

$$T_{wm}(y)=\begin{cases}C_1e^{-0.015y} & y<y_0\\ C_1e^{-0.015y_0} & y\geqslant y_0\end{cases} \tag{B.7.2-5}$$

$$C_1=7.77+0.75T_{am} \tag{B.7.2-6}$$

式中　y_0——多年调节水库的变化温度层深度，m，可取 $y_0=50\sim60$m；

C_1——拟合参数；

T_{am}——坝址多年年平均气温，按公式（B.7.2－2）计算。

2）$H_n\geqslant y_0$ 的非多年调节水库：

$$T_{wm}(y)=C_1e^{-0.010y} \tag{B.7.2-7}$$

3）$H_n<y_0$ 的水库：

$$T_{wm}(y)=C_1e^{-0.005y} \tag{B.7.2-8}$$

4　水库的多年平均水温年变幅，可根据水库特性分别按下列公式计算：

1）$H_n\geqslant y_0$ 的多年调节水库：

$$A_w(y)=\begin{cases}C_2e^{-0.055y} & y<y_0\\ C_2e^{-0.055y_0} & y\geqslant y_0\end{cases} \tag{B.7.2-9}$$

$$C_2 = 0.778A_a' + 2.94 \tag{B.7.2-10}$$

$$A_a' = \begin{cases} T_{a7}/2 + \Delta a & T_{am} < 10 \\ A_a & T_{am} \geqslant 10 \end{cases} \tag{B.7.2-11}$$

式中　C_2——拟合参数，按公式(B.7.2-10)计算；

A_a'——修正后的气温年变幅，℃，按公式(B.7.2-11)计算；

A_a——坝址多年平均气温年变幅，℃，可按公式(B.7.2-3)计算；

T_{a7}——7月份多年平均气温，℃，可取 $T_{a7} = T_{am} + A_a$；

Δa——太阳辐射所引起的温度增量，可取 $\Delta a = 1 \sim 2$℃。

2) $H_n \geqslant y_0$ 的非多年调节水库：

$$A_w(y) = C_2 e^{-0.025y} \tag{B.7.2-12}$$

3) $H_n < y_0$ 的水库：

$$A_w(y) = C_2 e^{-0.012y} \tag{B.7.2-13}$$

5　水库水温年变化过程与气温年变化过程的相位差，可根据水库特性分别按下列公式计算：

1) $H_n \geqslant y_0$ 的多年调节水库：

$$\varepsilon(y) = \begin{cases} 0.53 + 0.059y & y < y_0 \\ 0.53 + 0.059y_0 & y \geqslant y_0 \end{cases} \tag{B.7.2-14}$$

2) $H_n \geqslant y_0$ 的非多年调节水库：

$$\varepsilon(y) = 0.53 + 0.030y \tag{B.7.2-15}$$

3) $H_n < y_0$ 的水库：

$$\varepsilon(y) = 0.53 + 0.008y \tag{B.7.2-16}$$

B.7.3　多年平均变化温度场的 T_{m2}、T_{d2} 按公式(B.7.3-1)、公式(B.7.3-2)计算：

$$T_{m2} = \frac{\rho_1}{2}[A_e\cos\omega(\tau - \theta_1 - \tau_0) + A_i\cos\omega(\tau - \theta_1 - \varepsilon - \tau_0)] \tag{B.7.3-1}$$

$$T_{d2} = \rho_2[A_e\cos\omega(\tau - \theta_2 - \tau_0) - A_i\cos\omega(\tau - \theta_2 - \varepsilon - \tau_0)] \tag{B.7.3-2}$$

其中

$$\rho_1 = \frac{1}{\eta}\sqrt{\frac{2(\operatorname{ch}\eta - \cos\eta)}{\operatorname{ch}\eta + \cos\eta}}$$

$$\rho_2 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$

$$\theta_1 = \frac{1}{\omega}\left[\frac{\pi}{4} - \arctan\left(\frac{\sin\eta}{\operatorname{sh}\eta}\right)\right]$$

$$\theta_2 = \frac{1}{\omega}\arctan\left(\frac{b_1}{a_1}\right)$$

$$a_1 = \frac{6}{\rho_1 \eta^2}\sin(\omega\theta_1)$$

$$b_1 = \frac{6}{\rho_1 \eta^2}[\cos(\omega\theta_1) - \rho_1]$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\pi}{a_c p}}L$$

$$\omega = \frac{2\pi}{p}$$

式中　p——温度变化周期，月，取 $p = 12$；

L——坝体厚度，m；

a_c——混凝土的导温系数，可按表 5.1.7 的规定取值；

ε——上、下游坝面温度年周期变化过程的相位差，当上游面为库水，下游面为空气时，按附录 B.7.2 确定；

A_i、A_e——上、下游坝面多年平均温度年变幅，℃；

τ——温度荷载最不利组合的计算时点，可取 $\tau = 7.5$(8 月中)或 8.0(8 月底)计算与温升值相应的 T_{m2}、T_{d2}，可改变符号作为与温降值相应的 T_{m2}、T_{d2}；

τ_0——初始相位，按附录 B.7.2 确定；

ρ_1、ρ_2、θ_1、θ_2 也可从图 B.7.3 中查取。

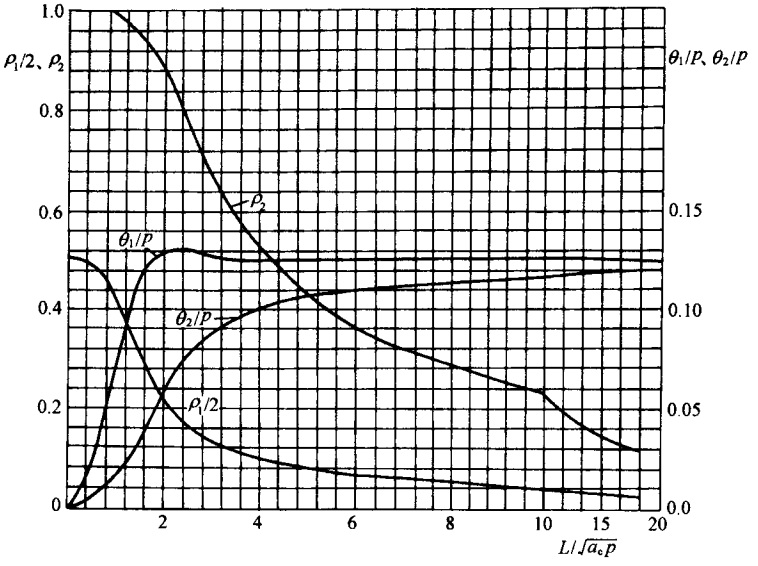


图 B.7.3　$\rho_1/2$、ρ_2、θ_1/p、θ_2/p 与 $L/\sqrt{a_c p}$ 的关系

B.7.4　多年平均变化温度场的 T_{m2}、T_{d2} 在初步计算阶段可按下列公式简化计算：

1　库水位以上：

$$T_{m2} = \pm \rho_1 A_e \tag{B.7.4-1}$$

$$T_{d2} = 0 \tag{B.7.4-2}$$

2　库水位以下

$$T_{m2} = \pm \frac{\rho_1}{2}\left(A_e + \frac{13.1 A_a}{14.5 + y}\right) \tag{B.7.4-3}$$

$$T_{d2} = \pm \rho_3 \left[A_e - A_a \left(\xi + \frac{13.1}{14.5 + y}\right)\right] \tag{B.7.4-4}$$

式中　y——水深，m。

ρ_1、ρ_3、ξ 按公式(B.7.4-5)～公式(B.7.4-10)计算：

当 $L \geqslant 10$m 时

$$\frac{\rho_1}{2} = \frac{2.33}{L - 0.90} \tag{B.7.4-5}$$

$$\rho_3 = \frac{18.76}{L + 12.6} \tag{B.7.4-6}$$

$$\xi = \frac{3.80 e^{-0.022y} - 2.38 e^{-0.081y}}{L - 4.50} \tag{B.7.4-7}$$

当 $L < 10$m 时

$$\frac{\rho_1}{2} = 0.50 e^{-0.00067 L^{3.0}} \tag{B.7.4-8}$$

$$\rho_3 = e^{-0.00186 L^{2.0}} \tag{B.7.4-9}$$

$$\xi = (0.069 e^{-0.022y} - 0.0432 e^{-0.081y}) L \tag{B.7.4-10}$$

式中　L——坝体厚度，m。

公式(B.7.4-1)～公式(B.7.4-4)中，夏季取正号，冬季取负号。按此公式计算相当于 8 月底和 2 月底的温度荷载。

附录 C　施工期坝体温度和温度应力计算

C.1　混凝土温度计算

C.1.1　稳定温度场。

拱坝稳定温度是确定运转期温度荷载、封拱灌浆时机及施工期控制基础混凝土温差，防止贯穿裂缝的重要依据。

稳定温度场计算可用平面有限元法或双向差分法计算，必要时可用三维有限元法计算。

稳定温度场边界温度，包括坝体边界的气温、水温、地温，示意图见图 C.1.1。下游面

气温 T_1，可根据气象资料取当地多年年平均气温，并根据日照方向考虑太阳辐射升温；上游水库水温 T_2，按不同深度取多年年平均水温，根据工程所在地区气候特点、天然水温、水库运行条件，选取条件相近的水库资料，确定各高程多年年平均水温和变幅；下游水位以下水温 T_3，可取河水多年年平均水温；地温 T_4，宜考虑地热，若无地温资料时可取上游库底水温和下游库底水温，中间直线连接。

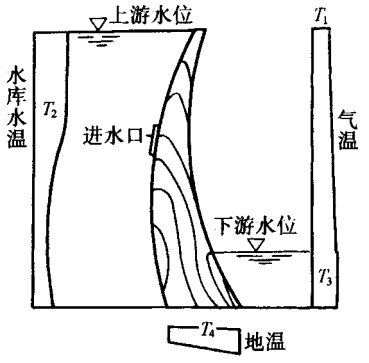


图 C.1.1　稳定温度场边界温度示意图

C.1.2　准稳定温度场。

当拱坝坝体较薄时，受年变化气温及年变化水温影响将不存在稳定温度场，但存在施工期或运行期的准稳定温度场（年变化气温或水温条件下出现的最低温度）。准稳定温度场的计算方法与稳定温度场基本相同，仅边界温度按年变化取值。

C.1.3　坝体混凝土初期温度计算。

坝体混凝土初期温度计算，主要是比较各种温控措施条件下混凝土浇筑后出现的最高温度，判别混凝土温度是否控制在基础容许温差、上下层温差及内外温差或坝体内部最高温度等控制标准范围内，为温控措施提供依据。最高温度 T 可按公式（C.1.3－1）计算：

$$T = T_p + T_r \tag{C.1.3-1}$$

式中　T_p——混凝土浇筑温度，℃；

T_r——坝体稳定温度，℃。

混凝土初期温度计算可用差分法，对于边界条件复杂者可用有限元法。差分法按下列公式计算：

1　单向差分法：

$$T_{n,\tau+\Delta\tau} = T_{n,\tau} + \frac{a_c \Delta\tau}{\delta^2}(T_{n-1,\tau} + T_{n+1,\tau} - 2T_{n,\tau}) + \Delta\theta_\tau \tag{C.1.3-2}$$

式中　$T_{n,\tau+\Delta\tau}$——计算点计算时段的温度，℃；

$T_{n,\tau}$——计算点前一时段的温度，℃；

$T_{n-1,\tau}$、$T_{n+1,\tau}$——与计算点相邻的上下两点在前一时段的温度，℃；

δ——计算点间距，m；

τ——时间，d；

$\Delta\tau$——计算时段时间步长，d；

$\Delta\theta_\tau$——计算时段混凝土绝热温升增量，℃；

a_c——混凝土导温系数，m^2/d。

混凝土绝热温升用公式 $\theta_\tau = \dfrac{\theta_0 \tau}{DN + \tau}$ 表示时，绝热温升增量可按公式(C.1.3-3)计算：

$$\Delta\theta_\tau = \theta_0 \left(\frac{\tau + \Delta\tau}{DN + \tau + \Delta\tau} - \frac{\tau}{DN + \tau} \right) \qquad \text{(C.1.3-3)}$$

$$\theta_0 = \frac{Q_0 W}{C_c \rho_c}$$

混凝土绝热温升也可用公式 $\theta_\tau = \theta_0 (1 - e^{-m\tau^b})$ 表示，此时绝热温升增量可按公式(C.1.3-4)计算：

$$\Delta\theta_\tau = \theta_0 \left[e^{-m\tau^b} - e^{-m(\tau+\Delta\tau)^b} \right] \qquad \text{(C.1.3-4)}$$

式中　DN——混凝土水化热产生一半时的龄期，d；

m——胶凝材料水化热发散速率，d^{-1}；

τ——混凝土龄期，d；

b——胶凝材料水化热发散参数；

θ_τ——龄期 τ 时的绝热温升，℃；

θ_0——混凝土的最终绝热温升，℃；

Q_0——胶凝材料最终水化热，kJ/kg；

W——每立方混凝土胶凝材料用量，kg/m^3；

C_c——混凝土比热，kJ/(kg·℃)；

ρ_c——混凝土密度，kg/m^3。

2　双向差分法：

$$T_{0,\tau+\Delta\tau} = T_{0,\tau} + \frac{2a_c\Delta\tau}{\delta^2}\left[\frac{1}{L_1 + L_2}\left(\frac{T_{1,\tau}}{L_1} + \frac{T_{2,\tau}}{L_2} \right) + \frac{1}{L_3 + L_4} \times \left(\frac{T_{3,\tau}}{L_3} + \frac{T_{4,\tau}}{L_4} \right) - T_{0,\tau}\left(\frac{1}{L_1 L_2} + \frac{1}{L_3 L_4} \right) \right] + \Delta\theta_\tau \qquad \text{(C.1.3-5)}$$

式中　$T_{0,\tau+\Delta\tau}$——计算点计算时段温度，℃；

$T_{0,\tau}$——计算点前一时段温度，℃；

$T_{1,\tau}$、$T_{2,\tau}$——与计算点相邻的左右计算点前一时段温度，℃；

$T_{3,\tau}$、$T_{4,\tau}$——与计算点相邻的上下计算点前一时段温度，℃；

L_1、L_2——和计算点相邻的左右两点到计算点的间距与平均点距之比；

L_3、L_4——和计算点相邻的上下两点到计算点的间距与平均点距之比；

δ——计算点平均点距，m；

a_c——混凝土导温系数，m^2/d。

采用差分法计算时，混凝土表面温度通常可按第三类边界条件处理。表面流水养护时，混凝土表面温度可取水温与气温的平均值。对于初期通水冷却者，可将差分法与C.1.5中一期通水冷却计算相结合进行。

C.1.4　混凝土块后期温度计算。

混凝土浇筑块后期水化热已不再发生，且已浇至一定高度，主要通过侧表面和顶面与周围环境作热交换，属于无热源温度场计算。为了判断混凝土内外温差及由此而产生的温度应力，估算降温速度，决定坝体接缝灌浆时间，都需要作此计算。计算可采用差分法或有限元法。

C.1.5　冷却水管降温计算。

1　一期水管冷却。

1)混凝土一期水管冷却(有热源)由于是线性问题，可分为两部分，第一部分是温差影响，第二部分是绝热温升影响，可按公式(C.1.5-1)计算：

$$T_m = T_w + X(T_0 - T_w) + X_1\theta_0 \qquad \text{(C.1.5-1)}$$

$$X = f\left(\frac{a_c\tau}{D^2}, \frac{\lambda_c L}{C_w\rho_w q_w}\right)$$

$$X_1 = f\left(\frac{a_c\tau}{b^2}, b\sqrt{\frac{m}{a_c}}, \frac{b}{c}, \frac{\lambda_c L}{C_w\rho_w q_w}\right)$$

式中　T_m——混凝土平均温度，℃；

T_0——开始冷却时混凝土初温，℃；

T_w——冷却水水温，℃；

θ_0——混凝土绝热温长，℃；

X、X_1——水管散热残留比，见图C.1.5-1、图C.1.5-2；

a_c——混凝土导温系数，m^2/h；

τ——混凝土浇筑后历时，h；

b、D——冷却圆柱体的半径、直径，m；

λ_c——混凝土导热系数，kJ/(m·h·℃)；

L——单根水管总长，m；

C_w——水的比热，kJ/(kg·℃)；

ρ_w——水的密度，kg/m³；

q_w——水管通水流量，L/min；

m——水泥水化热发散系数，d^{-1}；

c——冷却水管半径，m。

当 $b/c \neq 100$ 时，可按下式计算等效导温系数 a'_c，仍可采用图 C.1.5-1、图 C.1.5-2 和公式(C.1.5-1)。

$$a'_c = a_c \frac{\ln 100}{\ln(b/c)}$$

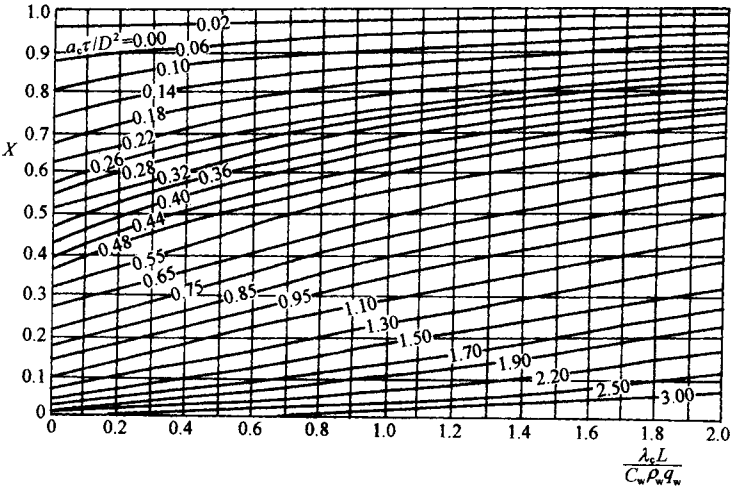
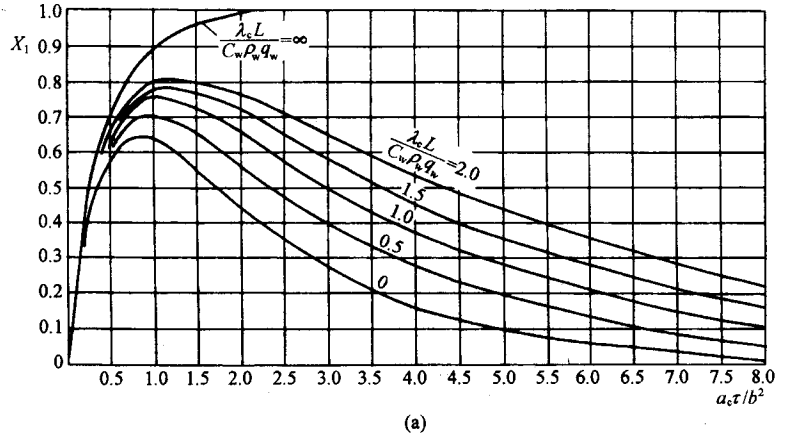


图 C.1.5-1　水管冷却混凝土圆柱体平均温度散热残留比 $X(b/c=100)$



(a)

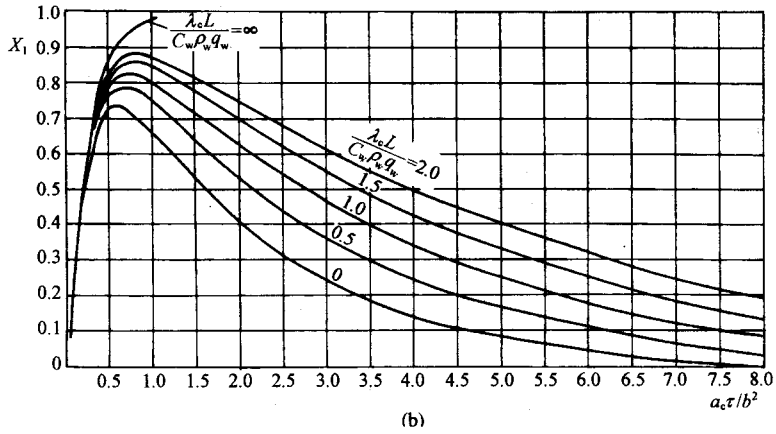


图 C.1.5－2　**水管散热残留比** X_1（$b/c=100$）

（a）$b\sqrt{m/a_c}=1.5$；（b）$b\sqrt{m/a_c}=2.0$

2）**等效热传导方程。设混凝土绝热温升为** $\theta(\tau)=\theta_0(1-e^{-mr})$，**采用公式**（C.1.5.2）**计及水管冷却效果的等效热传导方程，可用有限元网格计算层面和水管共同散热问题。**

$$\frac{\partial T}{\partial \tau}=a_c\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)+(T_0-T_w)\frac{\partial \phi}{\partial \tau}+\theta_0\frac{\partial \psi}{\partial \tau} \qquad (C.1.5-2)$$

其中

$$\phi=e^{-pr} \qquad (C.1.5.3)$$

$$\psi(\tau)=\frac{m}{m-p}(e^{-p\tau}-e^{-m\tau}) \qquad (C.1.5-4)$$

$$p=\frac{a_c k}{D^2}$$

$$k=2.09-1.35\xi+0.320\xi^2$$

$$\xi=\frac{\lambda_c L}{C_w \rho_w q_w}$$

式中　T_0——**混凝土初温，**℃；

T_w——**水管进口水温，**℃。

3）**单向差分法。采用差分法计算一期通水冷却及层面散热时，混凝土温度可按公式**（C.1.5－5）**计算：**

$$T_{n,\tau+\Delta\tau}=T_{n,\tau}+\frac{a_c\Delta\tau}{\delta^2}(T_{n-1,\tau}+T_{n+1,\tau}-2T_{n,\tau})+(T_0-T_w)\Delta\phi+\theta_0\Delta\psi \qquad (C.1.5-5)$$

其中

$$\Delta\phi=\phi(\tau+\Delta\tau)-\phi(\tau)$$

$$\Delta\psi=\psi(\tau+\Delta\tau)-\psi(\tau)$$

2　二期水管冷却。二期水管冷却(无热源),由于水化热已基本散发完毕,可作为初温均匀分布、无热源的温度场,只考虑温差影响,可按公式(C.1.5-6)计算:

$$T_m = T_w + X(T_0 - T_w) \tag{C.1.5-6}$$

C.2　混凝土表面保温

C.2.1　寒潮期间混凝土表面保温。

新浇混凝土遇寒潮时,因表面急剧降温,温度梯度大,而混凝土强度较低,混凝土表面易出现裂缝,因而寒潮期间须对混凝土表面进行保温。越冬期间外部气温较低,且寒潮频繁,在混凝土内部温度较高,内外温差较大时也要对混凝土表面进行保温。混凝土表面保温后,需达到的等效放热系数及保温层厚度,可按下述方法进行计算。

单向散热混凝土表面抵御寒潮所需表面等效放热系数 β 为:

$$\beta = \frac{\lambda_c}{2u}\sqrt{\frac{\pi}{a_c Q}} \tag{C.2.1-1}$$

$$u = 0.9449\sqrt{b^2 - 0.2360} - 0.8259 \tag{C.2.1-2}$$

$$b = \frac{\rho_1 E(\tau_m)\alpha A}{(1-\mu)(\sigma_a - \sigma_0)} \tag{C.2.1-3}$$

$$\rho_1 = \frac{0.830 + 0.051\tau_m}{1 + 0.051\tau_m} e^{-0.095(P-1)^{0.60}} \tag{C.2.1-4}$$

$$P = Q + \Delta \tag{C.2.1-5}$$

$$\Delta = 0.4gQ \tag{C.2.1-6}$$

$$g = \frac{2}{\pi}\arctan\left[\frac{1}{1 + \frac{1}{u'}}\right] \tag{C.2.1-7}$$

$$u' = \frac{\lambda_c}{2\beta_{效}}\sqrt{\frac{\pi}{a_c Q}} \tag{C.2.1-8}$$

$$\tau_m = \tau_1 + \Delta + \frac{1}{2}P \tag{C.2.1-9}$$

式中　a_c——混凝土导温系数,m^2/d;

λ_c——混凝土导热系数,kJ/(m·h·℃);

ρ_1——考虑徐变影响的系数;

$E(\tau_m)$——寒潮降温期间混凝土平均弹性模量,MPa;

α——混凝土线膨胀系数,1/℃;

A——气温降幅,℃;

μ——混凝土泊松比;

σ_a——混凝土允许拉应力,MPa;

σ_0——其他因素引起的初始应力，MPa；

τ_m——寒潮降温期间混凝土的平均龄期，d；

τ_1——遭遇寒潮时混凝土龄期，d；

Q——寒潮降温历时，d；

$\beta_{效}$——混凝土表面等效放热系数，kJ/(m²·h·℃)。

保温材料厚度可按公式(C.2.1－10)计算：

$$h = k_1 k_2 \lambda_s \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\beta_0} \right) \qquad (C.2.1-10)$$

式中　h——保温材料厚度，m；

λ_s——保温材料导热系数，kJ/(m·h·℃)，见表 C.2.1－1；

β_0——不保温时混凝土表面放热系数，kJ/(m²·h·℃)；

k_1——风速修正系数，见表 C.2.1－2；

k_2——潮湿程度修正系数，潮湿材料取 3～5，干燥材料取 1。

表 C.2.1－1　各种保温材料导热系数 λ_s　[kJ/(m·h·℃)]

材料名称	λ_s	材料名称	λ_s
泡沫塑料	0.1256	膨胀珍珠岩	0.1675
玻璃棉毡	0.1674	沥　青	0.938
木　板	0.837	干棉絮	0.1549
木　屑	0.628	油毛毡	0.167
稻草或麦秆席	0.502	干　砂	1.172
炉　渣	1.674	湿　砂	4.06
甘蔗板	0.167	矿物棉	0.209
石棉毡	0.419	麻　毡	0.188
泡沫混凝土	0.377	普通纸板	0.628

表 C.2.1－2　风速修正系数 k_1

保温层透风性		k_1	
		风速 < 4m/s	风速 > 4m/s
易透风保温层(稻草、锯末等)	不加隔层	2.6	3.0
	外面加不透风隔层	1.6	1.9
	内面加不透风隔层	2.0	2.3
	内外加不透风隔层	1.3	1.5
不透风保温层		1.3	1.5

开始计算时可先假定 $\beta_{效}$ 值进行试算，求得 β 值后，再根据保温材料性能求出所需厚

度。对于棱角等多向散热部位保温层应适当加厚。

C.2.2　越冬期间混凝土表面保温

单向散热表面越冬期间混凝土表面等效放热系数可按公式(C.2.1－1)～公式(C.2.1－9)计算,其中 b、ρ_1 按公式(C.2.2－1)公式(C.2.2－2)计算：

$$b = \frac{r\rho_1 E(\tau_m)\alpha A}{(1-\mu)(\sigma_a - \sigma_0)} \tag{C.2.2-1}$$

$$\rho_1 = \frac{0.830 + 0.051\tau_m}{1.00 + 0.051\tau_m} e^{-0.104P^{0.35}} \tag{C.2.2-2}$$

式中　r——约束系数,与坝块长度有关,由图 C.2.2 查取。

C.3　温度应力

C.3.1　基础浇筑块温度应力。

基础浇筑块温度应力计算,主要是验证浇筑块中央断面上的水平应力,以及沿基础面剪应力、浇筑块边缘以下基岩的正应力。温度应力可用有限元法计算,将前述温度场计算成果和边界条件根据程序要求输入相应数据后,由计算机进行计算。也可用影响线法计算,即假定基础块温度应力为单连域线性弹性应力问题,分别计算浇筑温度与稳定温度之差所引起的温度应力 σ_1 和水化热温度引起的温度应力 σ_2,然后按公式(C.3.1－1)叠加计算：

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \tag{C.3.1-1}$$

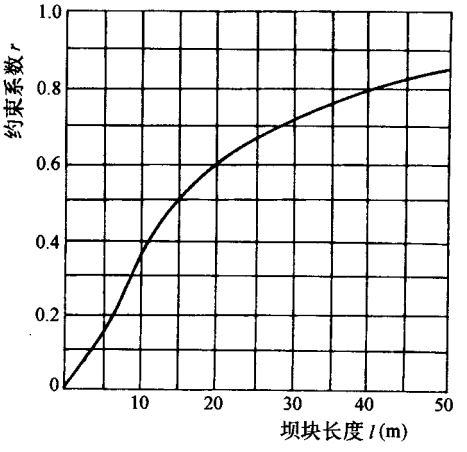


图 C.2.2　约束系数 r

1　浇筑温度和稳定温度的温差,为均匀温差,其应力 σ_1 由约束系数法可按公式(C.3.1－2)计算：

$$\sigma_1 = K_p \frac{RE_C\alpha}{1-\mu}(T_p - T_f) \qquad (C.3.1-2)$$

式中　K_p——由混凝土徐变引起的应力松弛系数，在缺乏试验资料时，可取 0.5；

R——基础约束系数，当混凝土弹模 E_C 和基岩弹模 E_R 相近时，R 可按表 C.3.1－1 取值；当混凝土弹模 E_C 和基岩弹模 E_R 不相等时，建基面处 R 可按表 C.3.1－2 取值，建基面以上 R 值可按比例折算；

E_C——混凝土弹性模量，MPa；

μ——混凝土的泊松比；

α——混凝土线膨胀系数，1/℃；

T_p——混凝土浇筑温度，℃；

T_f——坝体稳定温度，℃。

表 C.3.1－1　基础约束系数 R

$\frac{y}{l}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
R	0.61	0.44	0.27	0.16	0.10	0

注：y——计算点离建基面的高度，m；

l——浇筑块长边尺寸，m。

表 C.3.1－2　建基面基础约束系数 R

$\frac{E_C}{E_R}$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
R	1.0	0.72	0.61	0.51	0.44	0.36	0.32

2　水化热温度应力 σ_2，可根据基础块各层水化热最高温升包络图计算温差，由影响线法按公式(C.3.1－3)计算：

$$\sigma_2 = \frac{K_p E_C\alpha}{1-\mu}\left[T(y) - \frac{1}{l}\Sigma A_y(\xi)\,T(\xi)\Delta y\right] \qquad (C.3.1-3)$$

式中　$T(y)$——应力计算点 y 处的温度值，℃；

$A_y(\xi)$——在 $y=\xi$ 处加一对单位荷载 $P=1$，对计算点 y 所产生的正应力影响系数，可由图 C.3.1－1 和图 C.3.1－2 查取；

$T(\xi)$——在 $y=\xi$ 处的温度，℃；

Δy——坐标 y 的增量，m；

l——浇筑块长边尺寸，m；

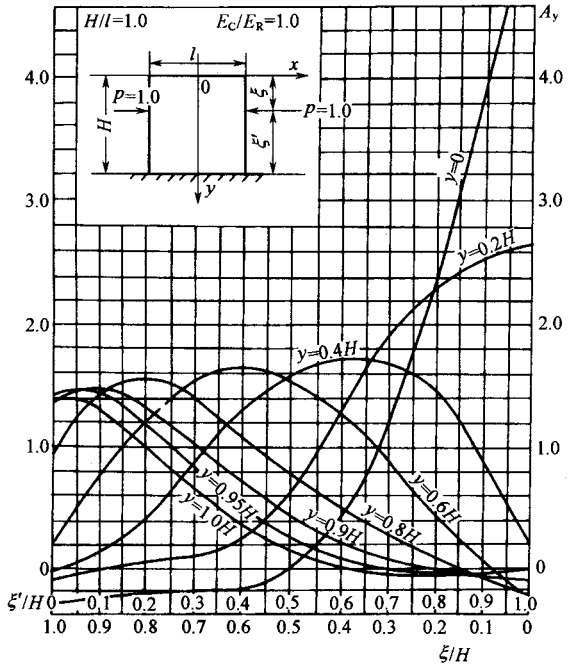


图 C.3.1－1　**浇筑块温度应力影响线** $E_C = E_R$

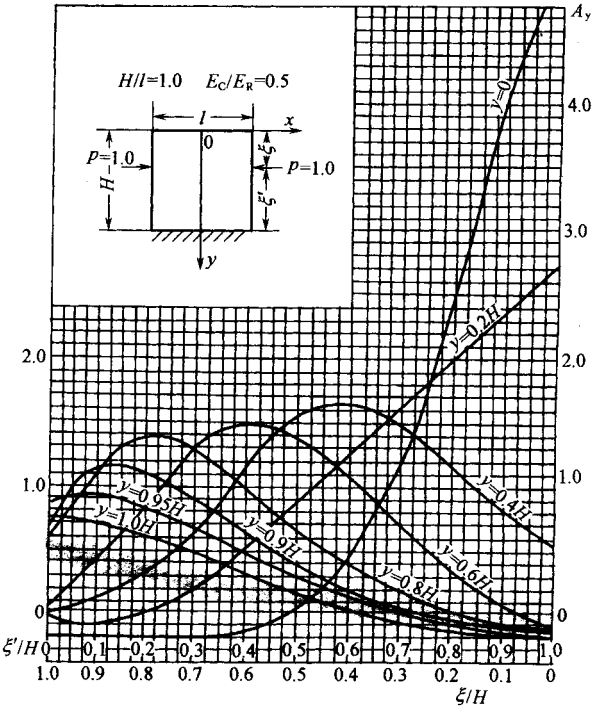


图 C.3.1－2　**浇筑块温度应力影响线** $E_C = E_R/2$

由于基础浇筑块影响高度只有浇筑块长度 l 的一半，公式(C.3.1－3)中温度变化范围取 $H=l$ 已足够，在计算基础约束应力时，可以将 $H>l$ 的浇筑块简化为 $H=l$ 的块体计算。在 $H>l$ 以上的部分，则可按不受基础约束影响的高浇筑块计算。

C.3.2　表层温度应力。

可根据表层温度场各时段的温差值分布图，用有限元法或影响线法计算浇筑块水平剖面或浇筑块垂直剖面自表面向内部的应力分布。影响线法计算表层应力公式同公式(C.3.1－3)，其影响线可采用图 C.3.2－1 和图 C.3.2－2。温度场分布可取自差分法计算结果。

C.3.3　温度应力的控制按公式(C.3.3)确定：

$$\sigma \leqslant \frac{\varepsilon_p EC}{K_f} \tag{C.3.3}$$

式中　σ——各种温差所产生的温度应力之和，MPa；

ε_p——混凝土极限拉伸值，重要工程须通过试验确定，其他工程可取$(0.7\sim1.0)\times10^{-4}$；

E_c——混凝土弹性模量，MPa；

K_f——安全系数，宜采用 1.3～1.8，视开裂的危害性而定。

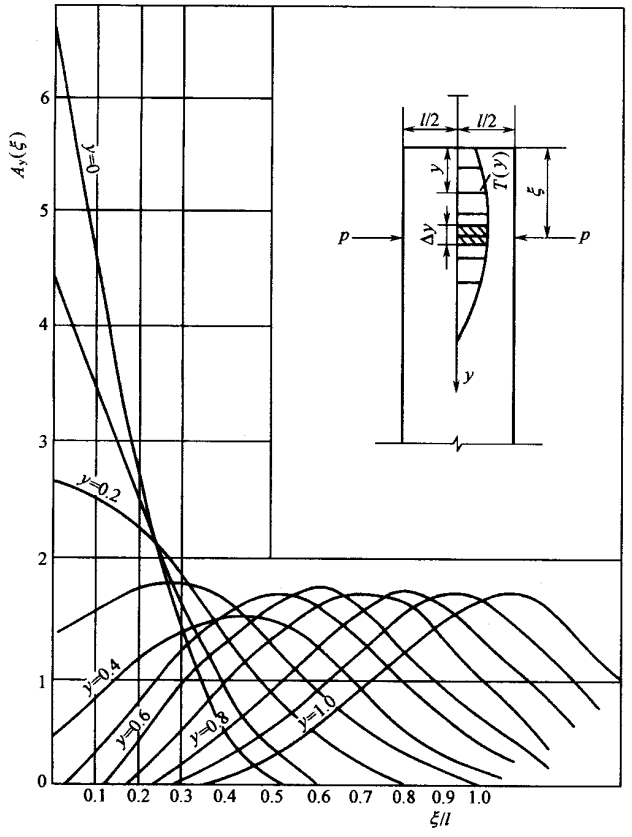


图 C.3.2－1　矩形高浇筑块中央截面应力影响线

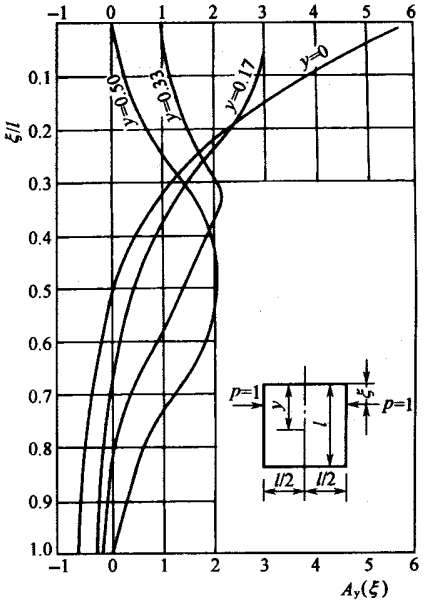


图 C.3.2-2　方形高浇筑块中央截面应力影响线

本规范的用词和用语说明

为便于执行本规范，对要求严格程度不同的用词说明如下：

——表示很严格，非这样做不可的：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

——表示严格，在正常情况均应灾样做的：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

——表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

本规范用词说明如下：

规范条文中，“条”、“款”之间承上启下的连接用语写法，宜采用“符合下列规定”、“遵守下列规定”或“符合下列要求”等。

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

在规范条文中引用本规范中的其他表、公式时，应采用“按本规范表×.×.×的规定取值”或“按本规范公式（×.×.×）计算”等典型用语。

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

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 5144－2001

水工混凝土施工规范

Specifications for hydraulic concrete construction

主编单位：中国长江三峡工程开发总公司
中国葛洲坝水利水电工程集团公司
批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会
批准文号：国家经济贸易委员会公告二○○一年第31号

DL/T5144－2001

前　言

本标准是根据原电力工业部科技司《关于下达1996年制定、修订电力行业标准计划项目(第一批)的通知》(技综[1996]40号文)要求修订的。

SDJ207－1982《水工混凝土施工规范》(简称“原标准”,下同)自1982年4月颁布至今,已实施19年,它对保证我国水工混凝土工程施工质量、推动其技术的发展,起到了很好的作用。随着科学技术的进步,施工装备水平的提高,国外先进技术的引进以及我国建设管理体制的变化等因素,有必要对原标准进行修订。

修订工作从1998年10月开始,专门组成“修订组”,修订组充分利用三峡工地集中全国众多具有国内先进水平的水电施工、设计、监理和建设管理单位的优势,就近召开修订讨论会,广泛吸收全国有关单位和专家的有益建议和宝贵经验,加上修订人员外出调研,收集资料,于1999年7月完成初稿,9月邀请专家进行审查讨论,根据专家的意见和建议,再次作了修改,于1999年11月完成征求意见稿,2000年5月根据征求意见进行修订形成送审稿,2000年11月,在宜昌召开送审稿审查会。2001年8月形成报批稿。

按照主管部门“关于修订《水工混凝土施工规范》的通知”及“关于修订《水工混凝土施工规范》的几点意见”,在这次修订时,将原标准中“模板工程”和“钢筋工程”两章及“特种混凝土的施工”一节独立出去,另成标准。原标准的第一、四、五、六、七章及附录等废

止。

根据 DL/T600—1996《电力标准编写的基本规定》中的规定，本次修订时，增加了“范围”、“引用标准”及“主要术语与符号”三章，原标准中第四章“混凝土工程”中的材料、配合比选定、施工（包括拌和、运输、浇筑、雨季施工和养护）、质量控制与检查均独立成章，连同原标准的总则、混凝土温度控制的措施、低温季节混凝土的施工、预埋件施工等章，共计 11 章 4 个附录。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D 都是提示的附录。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会提出、归口并负责解释。

本标准的主编单位：中国长江三峡工程开发总公司、中国葛洲坝水利水电工程集团公司。

本标准的参编单位：长江水利委员会、中国水利水电第四工程局。

本标准主要起草人：陈福厚、周厚贵、史振寰、刘文彦、刘松柏、曾广耀、张小厅、刘玉山、周世明、陈果清、胡兴娥、张佑明、周　俊、严四海、席　浩、周幼林、李百胜、孙明伦

DL/T5144—2001

目　　次

前言
1　范围
2　引用标准
3　总则
4　术语、符号
4.1　术语
4.2　符号
5　材料
5.1　水泥
5.2　骨料
5.3　掺合料
5.4　外加剂
5.5　水
6　配合比选定
7　施工
7.1　拌和
7.2　运输
7.3　浇筑
7.4　雨季施工
7.5　养护
8　温度控制
8.1　一般规定
8.2　温度控制措施
8.3　温度测量
9　低温季节施工
9.1　一般规定
9.2　施工准备

9.3　施工方法、保温措施
9.4　温度观测
10　预埋件施工
10.1　一般规定
10.2　止水、伸缩缝、排水
10.3　冷却、接缝灌浆管路
10.4　铁件
10.5　内部观测仪器
11　质量控制与检查
11.1　一般规定
11.2　原材料的质量控制
11.3　混凝土拌和与混凝土拌和物的质量控制
11.4　浇筑质量检查与控制
11.5　强度检验与评定
附录 A(标准的附录)　混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$、标准差 σ、强度保证率 P 和盘内变异系数 δ_b 计算方法
附录 B(提示的附录)　混凝土碱含量的计算方法
附录 C(提示的附录)　用成熟度法计算混凝土早期强度
附录 D(提示的附录)　接缝止水材料性能指标

1　范　　围

本标准规定了水工混凝土施工行为和质量的基本要求,适用于大、中型水电水利工程中 1、2、3 级水工建筑物的混凝土和钢筋混凝土的施工。

2　引用标准

下列标准所包含的条文,在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 175—1999　硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
GB/T 176—1996　水泥化学分析方法
GB 200—1989　中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥
GB 748—1996　抗硫酸盐硅酸盐水泥

GB/T 750—1992　水泥压蒸安定性试验方法

GB 1344—1999　矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥

GB/T 1345—1991　水泥细度检验方法(80μm 筛筛析法)

GB/T 1346—2001　水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

GB/T 2022—1980　水泥水化热试验方法(直接法)

GB/T 2059—2000　铜及铜合金带材

GB/T 2847—1996　用于水泥中的火山灰质混合材料

GB 2938—1997　低热微膨胀水泥

GB 5749—1985　生活饮用水水质标准

GB/T 6645—1986　用于水泥中的粒化电炉磷渣

GB 8076—1997　混凝土外加剂

GB/T 9142—2000　混凝土搅拌机

GB 12573—1990　水泥的取样方法

GB/T 12959—1991　水泥水化热测定方法(溶解热法)

GB/T 14684—2001　建筑用砂

GB/T 14685—2001　建筑用卵石、碎石

GB/T 17671—1999　水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)

GB 50164—1992　混凝土质量控制标准

GBJ 80—1985　普通混凝土拌和物性能试验方法

GBJ 107—1987　混凝土强度评定标准

GBJ 119—1988　混凝土外加剂应用技术规范

GBJ 146—1990　粉煤灰混凝土应用技术规范

CECS 03∶1988　钻芯法检测混凝土强度技术规程

CECS 38∶1992　钢纤维混凝土设计与施工规程

DL 5017—1993　压力钢管制造安装及验收规范

DL/T 5055—1996　水工混凝土掺用粉煤灰技术规范

DL/T 5057—1996　水工混凝土结构设计规范

DL/T 5082—1998　水工建筑物抗冰冻设计规范

DL/T 5100—1999　水工混凝土外加剂技术规程

HG 2288—1992　橡胶止水带

JGJ/T 10—1995　混凝土泵送施工技术规程

JGJ 52—1992　普通混凝土用砂质量标准及检验方法

JGJ 53—1992　普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法

JGJ/T 55—1996　普通混凝土配合比设计规程

JGJ 63—1989　混凝土拌和用水标准

JGJ 104—1997　建筑工程冬期施工规程

SD 105—1982　水工混凝土试验规程

SDJ 12—1978　水利水电枢纽工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区部分)

SDJ 17—1978　水利水电工程天然建筑材料勘察规程

SDJ 249.1—1988　水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准

SDJ 336—1989　混凝土大坝安全监测技术规范(试行)

SDJ 338—1989　水利水电工程施工组织设计规范(试行)

SL 62—1994　水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

SL 172—1996　小型水电站施工技术规范

SL 176—1996　水利水电工程施工质量评定规范(试行)

AC 1211.1—1995　普通混凝土、重质混凝土及大体积混凝土配合比选择的标准方法

AC 1214—1989　混凝土强度试验结果评定推荐方法

3　总　　则

3.0.1　本标准规范了水工建筑物混凝土的材料、配合比选定、施工、温度控制、低温季节施工、预埋件施工、质量控制与检查的基本要求。

3.0.2　水工混凝土应满足抗压、抗拉、抗渗、抗冻、抗裂、抗冲耐磨和抗侵蚀等设计要求。

3.0.3　水工混凝土的施工应采用新技术、新工艺、新材料和新设备。应建立完善的质量保证体系。

3.0.4　本标准未规定的其他混凝土施工,按现行的有关国家标准或行业标准执行。

4　术语、符号

4.1　术语

4.1.1　**掺合料**　extender

用于拌制水泥混凝土和砂浆时,掺入的粉煤灰等混合材料。

4.1.2　**强度等级**　class of cube strength

按标准条件下的立方体抗压强度分成若干级别,称为强度等级。

4.1.3　**水胶比**　ratio of water to cementitious material

每立方米混凝土用水量与所用胶凝材料用量的比值。

4.1.4　胶凝材料用量　cementitious material consumption

每立方米混凝土中水泥和掺合料质量的总和。

4.1.5　拌和时间　mixing time

全部材料加入后经过拌和至出料开始的时间。

4.1.6　混凝土运输时间　concrete transportation time

从机口全部卸料完到混凝土卸入仓内的时间。

4.1.7　浇筑间歇时间　concreting intermission time

混凝土振捣作业完毕至覆盖上层混凝土的时间。

4.1.8　毛面　rough surface

经过处理、无乳皮、微露粗砂的混凝土表面。

4.1.9　浇筑温度　concreting temperature

混凝土经过平仓振捣后，覆盖上层混凝土前，在距混凝土面 10cm 深处的温度。

4.1.10　气温骤降　suddenly drop in air temperature

日平均气温在 2d ~ 3d 内连续下降累计 6℃以上。

4.1.11　寒潮　cold wave

日平均气温 5℃以下时的气温骤降。

4.1.12　混凝土成熟度　maturity degree of concrete

混凝土养护时间(h)和等效养护温度(℃)的乘积，用符号“N”表示。

4.1.13　表面积系数　coefficient of superficial area

结构物的表面积与体积之比，用符号“M”表示。

4.1.14　严寒地区　severe cold region

最冷月平均气温低于 -10℃的地区。

4.1.15　寒冷地区　cold region

最冷月平均气温在 -10℃与 -3℃之间的地区。

4.1.16　温和地区　mild region

最冷月平均气温高于 -3℃的地区。

4.1.17　蓄热法　method of heat accumulation

采用保温措施，利用原材料加热和水泥水化热的热量，以保证混凝土强度正常增长的施工方法。

4.1.18　综合蓄热法　comprehensive method of heat accumulation

“蓄热法”加早强或抗冻外加剂的施工方法。

4.2　符号

α_T　温度为 T 的等效系数

t_T　温度为 T 的养护时间

$C_{90}20$　设计龄期 90d，强度标准值为 20MPa 的水工混凝土强度等级

$f_{cu,k}$　混凝土设计强度标准值

$f_{cu,0}$　混凝土的配制强度

m_{fcu}　混凝土强度平均值

σ　混凝土强度标准差

σ_0　验收批混凝土强度标准差

δ　混凝土强度变异系数

δ_b　盘内混凝土强度变异系数

$f_{cu,i}$　第 i 组混凝土试件的强度

$\Delta_{fcu,i}$　第 i 组三个试件中最大值与最小值之差

$f_{cu,min}$　n 组强度中的最小值

F100　表示抗冻为 100 级的抗冻等级

W2　表示抗渗为 2 级的抗渗等级

5　材　　料

5.1　水泥

5.1.1　每一个工程所用水泥品种以 1～2 种为宜，并应固定供应厂家。

5.1.2　选择水泥品种应符合下列原则：

1　水位变化区外部混凝土、溢流面和经常受水流冲刷部位的混凝土及有抗冻要求的混凝土，宜选用中热硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，也可选用普通硅酸盐水泥。

2　内部混凝土、水下混凝土和基础混凝土，宜选用中热硅酸盐水泥，也可选用低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和低热微膨胀水泥。

3　环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀性时，应选择抗硫酸盐硅酸盐水泥。

5.1.3　选用的水泥强度等级应与混凝土设计强度等级相适应。水位变化区、溢流面及经常受水流冲刷部位、抗冻要求较高的部位，宜使用较高强度等级的水泥。

5.1.4　选用的水泥必须符合现行国家标准的规定。并可根据工程的特殊需要对水泥的化学成分、矿物组成和细度等提出专门要求。

5.1.5　运至工地的每一批水泥，应有生产厂的出厂合格证和品质试验报告，使用单位应

进行验收检验(按每 200t ~ 400t 同厂家、同品种、同强度等级的水泥为一取样单位,如不足 200t 也作为一取样单位),必要时应进行复验。

5.1.6　水泥品质的检验,按现行的国家标准进行。

5.1.7　水泥的运输、保管及使用,应遵守下列规定:

1　优先使用散装水泥。

2　运到工地的水泥,应按标明的品种、强度等级、生产厂家和出厂批号,分别储存到有明显标志的储罐或仓库中,不得混装。

3　水泥在运输和储存过程中应防水防潮,已受潮结块的水泥应经处理并检验合格方可使用。罐储水泥宜一个月倒罐一次。

4　水泥仓库应有排水、通风措施,保持干燥。堆放袋装水泥时,应设防潮层,距地面、边墙至少 30cm,堆放高度不得超过 15 袋,并留出运输通道。

5　散装水泥运至工地的入罐温度不宜高于 65℃。

6　先出厂的水泥应先用。袋装水泥储运时间超过 3 个月,散装水泥超过 6 个月,使用前应重新检验。

7　应避免水泥的散失浪费,做好环境保护。

5.2　骨料

5.2.1　使用的骨料应根据优质、经济、就地取材的原则进行选择。可选用天然骨料、人工骨料,或两者互相补充。选用人工骨料时,有条件的地方宜选用石灰岩质的料源。

5.2.2　骨料料源在品质、数量发生变化时,应按现行建筑材料勘察规程进行详细的补充勘察和碱活性成分含量试验。未经专门论证,不得使用碱活性骨料。

5.2.3　应根据粗细骨料需要总量、分期需要量进行技术经济比较,制定合理的开采规划和使用平衡计划,尽量减少弃料。覆盖层剥离应有专门弃渣场地并采取必要的防护和恢复环境措施,避免产生水土流失。

5.2.4　骨料加工的工艺流程、设备选型应合理可靠,生产能力和料仓储量应保证混凝土施工需要。

5.2.5　根据实际需要和条件,可将细骨料分成粗细两级,分别堆存,在混凝土拌和时按一定比例掺配使用。

5.2.6　成品骨料的堆存和运输应符合下列规定:

1　堆存场地应有良好的排水设施,必要时应设遮阳防雨棚。

2　各级骨料仓之间应设置隔墙等有效措施,严禁混料,并应避免泥土和其他杂物混入骨料中。

3　应尽量减少转运次数。卸料时,粒径大于 40mm 骨料的自由落差大于 3m 时,应

设置缓降设施。

4　储料仓除有足够的容积外，还应维持不小于 6m 的堆料厚度。细骨料仓的数量和容积应满足细骨料脱水的要求。

5　在粗骨料成品堆场取料时，同一级料应注意在料堆不同部位同时取料。

5.2.7　细骨料（人工砂、天然砂）的品质要求：

1　细骨料应质地坚硬、清洁、级配良好；人工砂的细度模数宜在 2.4～2.8 范围内，天然砂的细度模数宜在 2.2～3.0 范围内。使用山砂、粗砂、特细砂应经过试验论证。

2　细骨料在开采过程中应定期或按一定开采数量进行碱活性检验，有潜在危害时，应采取相应措施，并经专门试验论证。

3　细骨料的含水率应保持稳定，人工砂饱和面干的含水率不宜超过 6%，必要时应采取加速脱水措施。

4　细骨料的其他品质要求应符合表 5.2.7 的规定。

5.2.8　粗骨料（碎石、卵石）的品质要求：

1　粗骨料的最大粒径：不应超过钢筋净间距的 2/3、构件断面最小边长的 1/4、素混凝土板厚的 1/2。对少筋或无筋混凝土结构，应选用较大的粗骨料粒径。

表 5.2.7　细骨料的品质要求

项　目		指　标		备　注
		天然砂	人工砂	
石粉含量 %		—	6～18	
含泥量 %	≥C_{90}30 和有抗冻要求的	≤3	—	
	<C_{90}30	≤5		
泥块含量		不允许	不允许	
坚固性 %	有抗冻要求的混凝土	≤8P	≤8	
	无抗冻要求的混凝土	≤10	≤10	
表观密度 kg/m³		≥2500	≥2500	
硫化物及硫酸盐含量 %		≤1	≤1	折算成 SO_3，按质量计
有机质含量		浅于标准色	不允许	
云母含量 %		≤2	≤2	
轻物质含量 %		≤1	—	

2　施工中，宜将粗骨料按粒径分成下列几种粒径组合：

1）当最大粒径为 40mm 时，分成 D_{20}、D_{40} 两级；

2）当最大粒径为 80mm 时，分成 D_{20}、D_{40}、D_{80} 三级；

3）当最大粒径为 150（120）mm 时，分成 D_{20}、D_{40}、D_{80}、D_{150}（D_{120}）四级。

3　应控制各级骨料的超、逊径含量。以原孔筛检验，其控制标准：超径小于 5%，逊径小于 10%。当以超、逊径筛检验时，其控制标准：超径为零，逊径小于 2%。

4　采用连续级配或间断级配，应由试验确定。

5　各级骨料应避免分离。D_{150}、D_{80}、D_{40} 和 D_{20} 分别用中径（115mm、60mm、30mm 和 10mm）方孔筛检测的筛余量应在 40% ~ 70% 范围内。

6　如使用含有活性骨料、黄锈和钙质结核等粗骨料，必须进行专门试验论证。

7　粗骨料表面应洁净，如有裹粉、裹泥或被污染等应清除。

8　碎石和卵石的压碎指标值宜采用表 5.2.8 - 1 的规定。

表 5.2.8 - 1　粗骨料的压碎指标值

骨料类别		不同混凝土强度等级的压碎指标值 %	
		$C_{90}55 \sim C_{90}40$	$\leqslant D_{90}35$
碎石	水成岩	≤10	≤16
	变质岩或深成的火成岩	≤12	≤20
	火成岩	≤13	≤30
卵石		≤12	≤16

9　粗骨料的其他品质要求应符合表 5.2.8 - 2 的规定。

表 5.2.8 - 2　粗骨料的品质要求

项目		指标	备注
含泥量 %	D_{20}、D_{40} 粒径级	≤1	
	D_{80}、D_{150}（D_{120}）粒径级	≤0.5	
泥块含量		不允许	
坚固性 %	有抗冻要求的混凝土	≤5	
	无抗冻要求的混凝土	≤12	
硫化物及硫酸盐含量 %		≤0.5	折算成 SO_3，按质量计
有机质含量		浅于标准色	如深于标准色，应进行混凝土强度对比试验，抗压强度比不应低于 0.95
表观密度 kg/m^3		≥2550	
吸水率 %		≤2.5	
针片状颗粒含量 %		≤15	经试验论证，可以放宽至 25%

5.2.9　取样与检验方法按 SD105 和有关标准执行。

5.3　掺合料

5.3.1　水工混凝土中应掺入适量的掺合料。其品种有粉煤灰、凝灰岩粉、矿渣微粉、硅粉、粒化电炉磷渣、氧化镁等。掺用的品种和掺量应根据工程的技术要求、掺合料品质和资源条件，通过试验论证确定。

5.3.2　掺合料的品质应符合现行的国家和有关行业标准。

5.3.3　粉煤灰掺合料宜选用Ⅰ级或Ⅱ级粉煤灰。

5.3.4　掺合料每批产品出厂时应有产品合格证，主要内容包括：厂名、等级、出厂日期、批号、数量及品质检验结果等。

5.3.5　使用单位对进场使用的掺合料应进行验收检验。粉煤灰等掺合料以连续供应 200t 为一批（不足 200t 按一批计），硅粉以连续供应 20t 为一批（不足 20t 按一批计），氧化镁以 60t 为一批（不足 60t 按一批计）。掺合料的品质检验按现行国家和有关行业标准进行。

5.3.6　掺合料应储存在专用仓库或储罐内，在运输和储存过程中应注意防潮，不得混入杂物，并应有防尘措施。

5.4　外加剂

5.4.1　水工混凝土中必须掺加适量的外加剂。

5.4.2　常用的外加剂有：普通减水剂、高效减水剂、缓凝高效减水剂、缓凝减水剂、引气减水剂、缓凝剂、高温缓凝剂、引气剂、泵送剂等。根据特殊需要，也可掺用其他性质的外加剂。外加剂品质必须符合现行的国家和有关行业标准。

5.4.3　外加剂选择应根据混凝土性能要求、施工需要、并结合工程选定的混凝土原材料进行适应性试验，经可靠性论证和技术经济比较后，选择合适的外加剂种类和掺量。一个工程掺用同种类外加剂的品种宜选用 1～2 种，并由专门生产厂家供应。

5.4.4　有抗冻性要求的混凝土应掺用引气剂。混凝土的含气量应根据混凝土的抗冻等级和骨料最大粒径等，通过试验确定。表 5.4.4 的规定供参考。

表 5.4.4　掺引气剂型外加剂混凝土的含气量

骨料最大粒径 mm		20	40	80	150(120)
含气量 %	≥F200 混凝土	5.5	5.0	4.5	4.0
	≤F150 混凝土*	4.5	4.0	3.5	3.0

* F150 混凝土掺用与否，根据试验确定。

5.4.5　外加剂应配成水溶液使用。配制溶液时应称量准确，并搅拌均匀。根据工程需

要，外加剂可复合使用，但必须通过试验论证。有要求时，应分别配制使用。

5.4.6　外加剂每批产品应有出厂检验报告和合格证。使用单位应进行验收检验。

5.4.7　外加剂的分批以掺量划分。掺量大于或等于1%的外加剂以100t为一批，掺量小于1%的外加剂以50t为一批，掺量小于0.01%的外加剂以1t～2t为一批，一批进场的外加剂不足一个批号数量的，应视为一批进行检验。

5.4.8　外加剂的检验按现行的国家和行业标准进行。

5.4.9　外加剂应存放在专用仓库或固定的场所妥善保管，不同品种外加剂应有标记，分别储存。粉状外加剂在运输和储存过程中应注意防水防潮。当外加剂储存时间过长，对其品质有怀疑时，必须进行试验认定。

5.5　水

5.5.1　凡符合国家标准的饮用水，均可用于拌和与养护混凝土。未经处理的工业污水和生活污水不得用于拌和与养护混凝土。

5.5.2　地表水、地下水和其他类型水在首次用于拌和与养护混凝土时，须按现行的有关标准，经检验合格方可使用。检验项目和标准应符合以下要求：

1　混凝土拌和养护用水与标准饮用水试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于30min。

2　混凝土拌和养护用水配制水泥砂浆28d抗压强度不得低于用标准饮用水拌和的砂浆抗压强度的90%。

3　拌和与养护混凝土用水的pH值和水中的不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐的含量应符合表5.5.2的规定。

表5.5.2　拌和与养护混凝土用水的指标要求

项　目	钢筋混凝土	素混凝土
pH值	>4	>4
不溶物 mg/L	<2000	<5000
可溶物 mg/L	<5000	<10000
氯化物（以Cl^-计） mg/L	<1200	<3500
硫酸盐（以SO_4^{2-}计） mg/L	<2700	<2700

6　配合比选定

6.0.1　为满足混凝土设计强度、耐久性、抗渗性等要求和施工和易性需要，应进行混凝土施工配合比优选试验。混凝土施工配合比选择应经综合分析比较，合理地降低水泥用量。主体工程混凝土配合比应经审查选定。

6.0.2　混凝土配制强度：

1　混凝土配制强度按下式计算：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + t\sigma \tag{6.0.2-1}$$

式中　$f_{cu,0}$——混凝土的配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$——混凝土设计龄期的强度标准值，MPa；

t——概率度系数，依据保证率 P 选定，其值见附录 A 表 A1；

σ——混凝土强度标准差，MPa。

2　混凝土强度标准差（σ）按以下规定确定：

1）当没有近期的同品种混凝土强度资料时，σ 可参照表 6.0.2 取用。

表 6.0.2　标准差 σ 值

混凝土强度标准值	≤$C_{90}15$	$C_{90}20 \sim C_{90}25$	$C_{90}30 \sim C_{90}35$	$C_{90}40 \sim C_{90}45$	≥$C_{90}50$
σ，(90d) MPa	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

2）根据前一个月（或三个月）相同强度等级、配合比的混凝土强度资料，混凝土强度标准差 σ 按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} f_{cu,i}^2 - n m_{fcu}^2}{n-1}} \tag{6.0.2-2}$$

式中　$f_{cu,i}$——第 i 组的试件强度，MPa；

m_{fcu}——n 组试件的强度平均值，MPa；

n——试件组数，n 值应大于 30。

σ 的下限取值：对小于和等于 $C_{90}25$ 级混凝土，计算得到的 σ 小于 2.5MPa 时，σ 取 2.5MPa；对大于和等于 $C_{90}30$ 级混凝土，计算得到的 σ 小于 3.0MPa 时，σ 取 3.0MPa。

施工中应根据施工时段强度的统计结果，调整 σ 值，进行动态控制。

6.0.3　混凝土设计强度标准值，按设计龄期提出的混凝土强度标准，以按标准方法制作养护的边长为 150mm 立方体试件的抗压强度值确定，用 MPa 表示。混凝土强度等级和保证率应符合设计的规定。

6.0.4　大体积内部混凝土的胶凝材料用量不宜低于 $140kg/m^3$。水泥熟料含量不宜低于 $70kg/m^3$。

6.0.5　混凝土的水胶比(或水灰比),根据设计对混凝土性能的要求,应通过试验确定,并不应超过表 6.0.5 的规定。

表 6.0.5　水胶比最大允许值

部　位	严寒地区	寒冷地区	温和地区
上、下游水位以上(坝体外部)	0.50	0.55	0.60
上、下游水位变化区(坝体外部)	0.45	0.50	0.55
上、下游最低水位以下(坝体外部)	0.50	0.55	0.60
基　础	0.50	0.55	0.60
内　部	0.60	0.65	0.65
受水流冲刷部位	0.45	0.50	0.50

注 在有环境水侵蚀情况下,水位变化区外部及水下混凝土最大允许水胶比(或水灰比)应减小 0.05。

6.0.6　粗骨料级配及砂率的选择应根据混凝土的性能要求、施工和易性及最小单位用水量并尽量充分利用所生产的骨料、减少弃料等原则,通过试验进行综合分析确定。

6.0.7　混凝土的坍落度,应根据建筑物的结构断面、钢筋含量、运输距离、浇筑方法、运输方式、振捣能力和气候等条件决定,在选定配合比时应综合考虑,并宜采用较小的坍落度。混凝土在浇筑地点的坍落度,可参照表 6.0.7 选用。

表 6.0.7　混凝土在浇筑地点的坍落度

混凝土类别	坍落度 cm
素混凝土或少筋混凝土	1～4
配筋率不超过 1%的钢筋混凝土	3～6
配筋率超过 1%的钢筋混凝土	5～9

注 有温度控制要求或高、低温季节浇筑混凝土时,其坍落度可根据实际情况酌量增减。

6.0.8　混凝土使用有碱活性反应的骨料时,配合比选择必须控制混凝土中的总含碱量(混凝土含碱量的计算方法见附录 B),以保证混凝土的耐久性。

6.0.9　混凝土配合比设计方法和混凝土试验按 SD105—1982《水工混凝土试验规程》的规定进行。抗冻性能以快冻法试验确定。

7　施　工

7.1　拌和

7.1.1　拌和设备投入混凝土生产前,应按经批准的混凝土施工配合比进行最佳投料顺

序和拌和时间的试验。

7.1.2　混凝土拌和必须按照试验部门签发并经审核的混凝土配料单进行配料，严禁擅自更改。

7.1.3　混凝土组成材料的配料量均以重量计。称量的允许偏差，不应超过表 7.1.3 的规定。

表 7.1.3　混凝土材料称量的允许偏差

材　料　名　称	称量允许偏差(%)
水泥、掺合料、水、冰、外加剂溶液	±1
骨　　料	±2

7.1.4　混凝土拌和时间应通过试验确定。表 7.1.4 中所列最少拌和时间，可供参考。

表 7.1.4　混凝土最少拌和时间

拌和机容量 $Q(m^3)$	最大骨料粒径 (mm)	最少拌和时间(s)	
		自落式拌和机	强制式拌和机
$0.8 \leqslant Q \leqslant 1$	80	90	60
$1 < Q \leqslant 3$	150	120	75
$Q > 3$	150	150	90

注

1　入机拌和量应在拌和机额定容量的 110%以内。

2　加冰混凝土的拌和时间应延 K30s(强制式 15s)，出机的混凝土拌和物中不应有冰块。

7.1.5　每台班开始拌和前，应检查拌和机叶片的磨损情况。在混凝土拌和过程中，应定时检测骨料含水量，必要时应加密检测。

7.1.6　混凝土掺合料在现场宜用干掺法，且必须拌和均匀。

7.1.7　外加剂溶液中的水量，应在拌和用水量中扣除。

7.1.8　拌和楼进行二次筛分后的粗骨料，其超逊径应控制在要求范围内。

7.1.9　混凝土拌和物出现下列情况之一者，按不合格料处理：

1　错用配料单已无法补救，不能满足质量要求；

2　混凝土配料时，任意一种材料计量失控或漏配，不符合质量要求；

3　拌和不均匀或夹带生料；

4　出机口混凝土坍落度超过最大允许值。

7.2　运输

7.2.1　选择混凝土运输设备及运输能力，应与拌和、浇筑能力、仓面具体情况相适应。

7.2.2　所用的运输设备，应使混凝土在运输过程中不致发生分离、漏浆、严重泌水、过多

温度回升和坍落度损失。

7.2.3　同时运输两种以上强度等级、级配或其他特性不同的混凝土时，应设置明显的区分标志。

7.2.4　混凝土在运输过程中，应尽量缩短运输时间及减少转运次数。掺普通减水剂的混凝土运输时间不宜超过表 7.2.4 的规定。因故停歇过久，混凝土已初凝或已失去塑性时，应作废料处理。严禁在运输途中和卸料时加水。

表 7.2.4　混凝土运输时间

运输时段的平均气温 ℃	混凝土运输时间 min
20 ~ 30	45
10 ~ 20	60
5 ~ 10	90

7.2.5　在高温或低温条件下，混凝土运输工具应设置遮盖或保温设施，以避免天气、气温等因素影响混凝土质量。

7.2.6　混凝土的自由下落高度不宜大于 1.5m。超过时，应采取缓降或其他措施，以防止骨料分离。

7.2.7　用汽车、侧翻车、侧卸车、料罐车、搅拌车及其他专用车辆运送混凝土时，应遵守下列规定：

1　运输混凝土的汽车应为专用 运输道路应保持平整。

2　装载混凝土的厚度不应小于 40cm，车箱应平滑密闭不漏浆。

3　每次卸料，应将所载混凝土卸净，并应适时清洗车箱(料罐)。

4　汽车运输混凝土直接入仓时，必须有确保混凝土施工质量的措施。

7.2.8　用门式、塔式、缆式起重机以及其他吊车配吊罐运输混凝土时，应遵守下列规定：

1　起重设备的吊钩、钢丝绳、机电系统配套设施、吊罐的吊耳及吊罐放料口等，应定期进行检查维修，保证设备完好。

2　吊罐不得漏浆，并应经常清洗。

3　起重设备运转时，应注意与周围施工设备保持一定距离和高度。

7.2.9　用各类皮带机(包括塔带机、胎带机等)运输混凝土时，应遵守下列规定：

1　混凝土运输中应避免砂浆损失 必要时适当增加配合比的砂率。

2　当输送混凝土的最大骨料粒径大于 80mm 时，应进行适应性试验，满足混凝土质量要求。

3　皮带机卸料处应设置挡板、卸料导管和刮板。

4　皮带机布料应均匀，堆料高度应小于 1m。

5　应有冲洗设施及时清洗皮带上粘附的水泥砂浆，并应防止冲洗水流入仓内。

6　露天皮带机上宜搭设盖棚，以免混凝土受日照、风、雨等影响；低温季节施工时，应有适当的保温措施。

7.2.10　用溜筒、溜管、溜槽、负压（真空）溜槽运输混凝土时，应遵守下列规定：

1　溜筒（管、槽）内壁应光滑，开始浇筑前应用砂浆润滑筒（管、槽）内壁；当用水润滑时应将水引出仓外，仓面必须有排水措施。

2　使用溜筒（管、槽），应经过试验论证，确定溜筒（管、槽）高度与合适的混凝土坍落度。

3　溜筒（管、槽）宜平顺，每节之间应连接牢固，应有防脱落保护措施。

4　运输和卸料过程中，应避免混凝土分离，严禁向溜筒（管、槽）内加水。

5　当运输结束或溜筒（管、槽）堵塞经处理后，应及时清洗，且应防止清洗水进入新浇混凝土仓内。

7.3　浇筑

7.3.1　建筑物地基必须经验收合格后，方可进行混凝土浇筑仓面准备工作。

7.3.2　岩基上的松动岩块及杂物、泥土均应清除。岩基面应冲洗干净并排净积水；如有承压水，必须采取可靠的处理措施。清洗后的岩基在浇筑混凝土前应保持洁净和湿润。

7.3.3　软基或容易风化的岩基，应作好下列工作：

1　在软基上准备仓面时，应避免破坏或扰动原状土壤。如有扰动，必须处理。

2　非黏性土壤地基，如湿度不够，应至少浸湿 15cm 深，使其湿度与最优强度时的湿度相符。

3　当地基为湿陷性黄土时，应采取专门的处理措施。

4　在混凝土覆盖前，应做好基础保护。

7.3.4　浇筑混凝土前，应详细检查有关准备工作，包括地基处理（或缝面处理）情况，混凝土浇筑的准备工作，模板、钢筋、预埋件等是否符合设计要求，并应作好记录。

7.3.5　基岩面和新老混凝土施工缝面在浇筑第一层混凝土前，可铺水泥砂浆、小级配混凝土或同强度等级的富砂浆混凝土，保证新混凝土与基岩或新老混凝土施工缝面结合良好。

7.3.6　混凝土的浇筑，可采用平铺法或台阶法施工。应按一定厚度、次序、方向，分层进行，且浇筑层面平整。台阶法施工的台阶宽度不应小于 2m。在压力钢管、竖井、孔道、廊道等周边及顶板浇筑混凝土时，混凝土应对称均匀上升。

7.3.7　混凝土浇筑坯层厚度，应根据拌和能力、运输能力、浇筑速度、气温及振捣能力等因素确定，一般为 30cm ~ 50cm。根据振捣设备类型确定浇筑坯层的允许最大厚度可参

照表 7.3.7 规定 如采用低塑性混凝土及大型强力振捣设备时,其浇筑坯层厚度应根据试验确定。

表 7.3.7　混凝土浇筑坯层的允许最大厚度

振捣设备类别		浇筑坯层允许最大厚度
插入式	振捣机	振捣棒(头)长度的 1.0 倍
	电动或风动振捣器	振捣棒(头)长度的 0.8 倍
	软轴式振捣器	振捣棒(头)长度的 1.25 倍
平板式	无筋或单层钢筋结构中	250mm
	双层钢筋结构中	200mm

7.3.8　入仓的混凝土应及时平仓振捣,不得堆积。仓内若有粗骨料堆叠时,应均匀地分布至砂浆较多处,但不得用水泥砂浆覆盖,以免造成蜂窝。在倾斜面上浇筑混凝土时,应从低处开始,浇筑面应水平,在倾斜面处收仓面应与倾斜面垂直。

7.3.9　混凝土浇筑的振捣应遵守下列规定:

1　混凝土浇筑应先平仓后振捣,严禁以振捣代替平仓。振捣时间以混凝土粗骨料不再显著下沉,并开始泛浆为准,应避免欠振或过振。

2　振捣设备的振捣能力应与浇筑机械和仓位客观条件相适应,使用塔带机浇筑的大仓位,宜配置振捣机振捣。使用振捣机时,应遵守下列规定:

1)振捣棒组应垂直插入混凝土中,振捣完应慢慢拔出。

2)移动振捣棒组,应按规定间距相接。

3)振捣第一层混凝土时,振捣棒组应距硬化混凝土面 5cm。振捣上层混凝土时,振捣棒头应插入下层混凝土 5cm ~ 10cm。

4)振捣作业时,振捣棒头离模板的距离应不小于振捣棒的有效作用半径的 1/2。

3　采用手持式振捣器时应遵守下列规定:

1)振捣器插入混凝土的间距,应根据试验确定并不超过振捣器有效半径的 1.5 倍。

2)振捣器宜垂直按顺序插入混凝土。如略有倾斜,则倾斜方向应保持一致,以免漏振。

3)振捣时,应将振捣器插入下层混凝土 5cm 左右。

4)严禁振捣器直接碰撞模板、钢筋及预埋件。

5)在预埋件特别是止水片、止浆片周围,应细心振捣,必要时辅以人工捣固密实。

6)浇筑块第一层、卸料接触带和台阶边坡的混凝土应加强振捣。

7.3.10　混凝土浇筑过程中,严禁在仓内加水;混凝土和易性较差时,必须采取加强振捣等措施;仓内的泌水必须及时排除;应避免外来水进入仓内,严禁在模板上开孔赶水,带

走灰浆，应随时清除粘附在模板、钢筋和预埋件表面的砂浆。

7.3.11　混凝土浇筑应保持连续性。

1　混凝土浇筑允许间歇时间应通过试验确定。掺普通减水剂混凝土的允许间歇时间可参照表 7.3.11。如因故超过允许间歇时间，但混凝土能重塑者，可继续浇筑。

表 7.3.11　混凝土的允许间歇时间

混凝土浇筑时的气温 ℃	允许间歇时间 min	
	中热硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥
20 ~ 30	90	120
10 ~ 20	135	180
5 ~ 10	195	—

2　如局部初凝，但未超过允许面积，则在初凝部位铺水泥砂浆或小级配混凝土后可继续浇筑。

7.3.12　浇筑仓面出现下列情况之一时，应停止浇筑：

1　混凝土初凝并超过允许面积；

2　混凝土平均浇筑温度超过允许偏差值，并在 1 小时内无法调整至允许温度范围内。

7.3.13　浇筑仓面混凝土料出现下列情况之一时，应予挖除：

1　出现 7.1.9 第 1、2、3 款情况的不合格料；

2　下到高等级混凝土浇筑部位的低等级混凝土料；

3　不能保证混凝土振捣密实或对建筑物带来不利影响的级配错误的混凝土料；

4　长时间不凝固、超过规定时间的混凝土料。

7.3.14　混凝土施工缝处理，应遵守下列规定：

1　混凝土收仓面应浇筑平整，在其抗压强度尚未到达 2.5MPa 前，不得进行下道工序的仓面准备工作。

2　混凝土施工缝面应无乳皮，微露粗砂。

3　毛面处理宜采用 25MPa ~ 50MPa 高压水冲毛机，也可采用低压水、风砂枪、刷毛机及人工凿毛等方法。毛面处理的开始时间由试验确定。采取喷洒专用处理剂时，应通过试验后实施。

7.3.15　结构物混凝土达到设计顶面时，应使其平整，其高程必须符合设计要求。

7.4　雨季施工

7.4.1　雨季施工应做好下列工作：

1　砂石料仓应排水畅通；

2　运输工具应有防雨及防滑措施；

3　浇筑仓面应有防雨措施并备有不透水覆盖材料；

4　增加骨料含水率测定次数，及时调整拌和用水量。

7.4.2　中雨以上的雨天不得新开混凝土浇筑仓面，有抗冲耐磨和有抹面要求的混凝土不得在雨天施工。

7.4.3　在小雨天气进行浇筑时，应采取下列措施：

1　适当减少混凝土拌和用水量和出机口混凝土的坍落度，必要时应适当缩小混凝土的水胶比；

2　加强仓内排水和防止周围雨水流入仓内；

3　做好新浇筑混凝土面尤其是接头部位的保护工作。

7.4.4　在浇筑过程中，遇大雨、暴雨，应立即停止进料，已入仓混凝土应振捣密实后遮盖。雨后必须先排除仓内积水，对受雨水冲刷的部位应立即处理，如混凝土还能重塑，应加铺接缝混凝土后继续浇筑，否则应按施工缝处理。

7.4.5　及时了解天气预报，合理安排施工。

7.5　养护

7.5.1　混凝土浇筑完毕后，应及时洒水养护，保持混凝土表面湿润。

7.5.2　混凝土表面养护的要求：

1　混凝土浇筑完毕后，养护前宜避免太阳光曝晒。

2　塑性混凝土应在浇筑完毕后 6～18h 内开始洒水养护，低塑性混凝土宜在浇筑完毕后立即喷雾养护，并及早开始洒水养护。

3　混凝土应连续养护，养护期内始终使混凝土表面保持湿润。

7.5.3　混凝土养护时间，不宜少于 28d，有特殊要求的部位宜适当延长养护时间。

7.5.4　混凝土养护应有专人负责，并应作好养护记录。

8　温度控制

8.1　一般规定

8.1.1　有温度控制要求的混凝土应符合本章规定。有关低温季节混凝土施工的温度控制规定见第 9 章。

8.1.2　混凝土浇筑的纵横缝设置、分层厚度及浇筑间歇时间等，应符合设计规定。

8.1.3　为了防止混凝土裂缝，必须从结构设计、原材料选择、配合比设计、施工安排、施工质量、混凝土温度控制、养护和表面保护等方面采取综合措施。混凝土应避免薄块长

间歇和块体早期过水，基础部位必须从严控制。经试验论证后，可使用微膨胀型水泥。

8.1.4　为提高有抗裂要求工程部位混凝土的抗裂能力，混凝土的质量除应满足强度保证率的要求外，施工质量均匀性应达到表 11.5.11 中的良好以上标准。

8.1.5　设计龄期大于 28d 的混凝土，选择混凝土施工配合比时，应考虑早期抗裂能力要求。

8.1.6　应控制混凝土的出机口温度及运输、浇筑过程中的温度回升。混凝土允许浇筑温度应符合设计规定。设计文件未规定允许浇筑温度时，可根据混凝土内部允许最高温度计算允许浇筑温度。混凝土浇筑温度不宜大于 28℃。应采取综合措施，使混凝土最高温度控制在设计允许范围内。

8.1.7　施工过程中，坝块宜均匀上升，相邻坝块的高差不宜超过 10m ~ 12m。如因施工特殊需要，应论证并经批准后可适当放宽。

8.2　温度控制措施

8.2.1　降低混凝土浇筑温度

1　采取下列措施降低料仓骨料温度：

1)成品料仓骨料的堆高不宜低于 6m，并应有足够的储备；

2)通过地弄取料；

3)搭盖凉棚，喷洒水雾降温(砂子除外)等。

2　粗骨料预冷可采用风冷、浸水、喷洒冷水等措施。采用水冷法时，应有脱水措施，使骨料含水量保持稳定。采用风冷法时，应采取措施防止骨料(尤其是小石)冻仓。

3　为防止温度回升，骨料从预冷仓到拌和楼，应采取隔热、保温措施。

4　混凝土拌和时，可采用冷水、加冰等降温措施。加冰时，宜用片冰或冰屑，并适当延长拌和时间。

5　在高温季节施工时，应根据具体情况，采取下列措施减少混凝土的温度回升：

1)缩短混凝土运输及等待卸料时间，入仓后及时进行平仓振捣，加快覆盖速度，缩短混凝土的暴露时间；

2)混凝土运输工具有隔热遮阳措施；

3)采用喷雾等方法降低仓面气温；

4)混凝土浇筑宜安排在早晚、夜间及利用阴天进行；

5)当浇筑块尺寸较大时，可采用台阶式浇筑法，浇筑块分层厚度小于 1.5m；

6)混凝土平仓振捣后，采用隔热材料及时覆盖。

6　基础部位混凝土，应在有利季节进行浇筑。如需在高温季节浇筑，必须经过论证，并采取有效的温度控制措施，经批准后进行。

8.2.2　降低混凝土的水化热温升

1　在满足混凝土各项设计指标的前提下，应采用水化热低的水泥，优化配合比设计，采取综合措施，减少混凝土的单位水泥用量。

2　基础混凝土和老混凝土约束部位浇筑层厚以 1m～2m 为宜，上下层浇筑间歇时间宜为 5d～10d。若在浇筑层中埋设冷却水管，分层厚度可采用 3m，层间间歇时间可适当延长。在高温季节，可采用表面流水养护混凝土，有利于表面散热。

3　采用冷却水管进行初期冷却，通水时间由计算确定，一般为 15d～20d。混凝土温度与水温之差，不宜超过 25℃，管中水的流速以 0.6m/s 为宜。水流方向应每 24h 调换 1 次，每天降温不宜超过 1℃。

8.2.3　降低坝体内外温差

为降低坝体内外温差，防止或减少表面裂缝，应在低温季节前，将坝体温度降至设计要求的温度。如采用坝体中期通水冷却，通水冷却时间由计算确定，一般为 2 个月左右。通过水温与混凝土内部温度之差，不应超过 20℃，日降温不超过 1℃。

8.2.4　表面保护

1　在低温季节和气温骤降季节，混凝土应进行早期表面保护。

2　在气温变幅较大的季节，长期暴露的基础混凝土及其他重要部位混凝土，必须加以保护。寒冷地区的老混凝土，其表面保护措施和时间可根据具体情况确定。

3　模板拆除时间应根据混凝土强度及混凝土的内外温差确定，并应避免在夜间或气温骤降时拆模。在气温较低季节，当预计拆模后有气温骤降，应推迟拆模时间 如必须拆模，应在拆模的同时采取保护措施。

4　混凝土侧面保护，应结合模板类型、材料性能等综合考虑，必要时采用模板内贴保温材料或混凝土预制模板。

5　混凝土表面保护层材料及其厚度，应根据不同部位、结构的混凝土内外温度和气候条件，经计算、试验选择确定。

6　已浇好的底板、护坦、闸墩等薄板（壁）建筑物，其顶（侧）面宜保护到过水前。对于宽缝重力坝、支墩坝、空腹坝的空腔，在进入低温、气温骤降频繁的季节前，宜将空腔封闭并进行表面保护。

隧洞、竖井、调压井、廊道、尾水管、泄水孔及其他孔洞的进出口在进入低温季节前应封闭。浇筑块的棱角和突出部分应加强保护。

7　28d 龄期内的混凝土，应在气温骤降前进行表面保护。浇筑面顶面保护至气温骤降结束或上层混凝土开始浇筑前。

8.2.5　特殊部位的温度控制措施

1　对岩基深度超过 3m 的塘、槽回填混凝土，应采用分层浇筑或通水冷却等温控措施，控制混凝土最高温度，将回填混凝土温度降低到设计要求的温度后，再继续浇筑上部混凝土。

2　预留槽必须在两侧老混凝土温度达到设计规定后，才能回填混凝土。回填混凝土应在有利季节进行或采用低温混凝土施工。

3　并缝块浇筑前，下部混凝土温度应达到设计要求。并缝块混凝土浇筑，除应必须控制浇筑温度外，可采用薄层、短间歇均匀上升的施工方法，并应安排在有利季节进行。必要时，采用初期通水冷却或其他措施。

4　自然冷却不能达到坝体的接缝灌浆温度要求时，应在混凝土浇筑时埋设冷却水管进行后期冷却。

5　孔洞封堵的混凝土宜采用综合温控措施，以满足设计要求。

8.3　温度测量

8.3.1　在混凝土施工过程中，应至少每 4h 测量一次混凝土原材料的温度、机口混凝土温度以及坝体冷却水的温度和气温，并做好记录。

8.3.2　混凝土浇筑温度的测量，每 $100m^2$ 仓面面积应不少于一个测点，每一浇筑层应不少于 3 个测点。测点应均匀分布在浇筑层面上。

8.3.3　浇筑块内部的温度观测，除按设计规定进行外，可根据混凝土温度控制的需要，补充埋设仪器进行观测。

9　低温季节施工

9.1　一般规定

9.1.1　日平均气温连续 5d 稳定在 5℃以下或最低气温连续 5d 稳定在 -3℃以下时，按低温季节施工。

9.1.2　低温季节施工，必须编制专项施工组织设计和技术措施，以保证浇筑的混凝土满足设计要求。

9.1.3　混凝土早期允许受冻临界强度应满足下列要求：

1　大体积混凝土不应低于 7.0MPa（或成熟度不低于 1800℃·h）；

2　非大体积混凝土和钢筋混凝土不应低于设计强度的 85%。

9.1.4　低温季节，尤其在严寒和寒冷地区，施工部位不宜分散。已浇筑的有保温要求的混凝土，在进入低温季节之前，应采取保温措施。

9.1.5　进入低温季节，施工前应先准备好加热、保温和防冻材料（包括早强、防冻外加剂），并应有防火措施。

9.2　施工准备

9.2.1　原材料的储存、加热、输送和混凝土的拌和、运输、浇筑仓面，均应根据气候条件通过热工计算，选择适宜的保温措施。

9.2.2　骨料宜在进入低温季节前筛洗完毕。成品料应有足够的储备和堆高，并要有防止冰雪和冻结的措施。

9.2.3　低温季节混凝土拌和水宜先加热。当日平均气温稳定在 -5℃以下时，宜将骨料加热。骨料加热方法，宜采用蒸汽排管法，粗骨料可以直接用蒸汽加热，但不得影响混凝土的水灰比。

骨料不需加热时，应注意不要结冰，也不应混入冰雪。

9.2.4　拌和混凝土之前，应用热水或蒸汽冲洗拌和机，并将积水排除。

9.2.5　在岩基或老混凝土上浇筑混凝土前，应检测表面温度，如为负温，应加热至正温，加热深度不小于 10cm 或加热至仓面边角（最冷处）表面正温（大于 0℃）为准，经检验合格后方可浇筑混凝土。

9.2.6　仓面清理宜采用热风枪或机械方法，不宜用水枪或风水枪。

9.2.7　在软基上浇筑第一层基础混凝土时，基土不能受冻。

9.3　施工方法、保温措施

9.3.1　低温季节混凝土的施工方法遵照下列要求：

1　在温和地区宜采用蓄热法，风沙大的地区应采取防风设施。

2　在严寒和寒冷地区预计日平均气温 -10℃以上时，宜采用蓄热法；预计日平均气温 -15℃～-10℃时可采用综合蓄热法或暖棚法；对风沙大，不宜搭设暖棚的仓面，可采用覆盖保温被下面布设暖气排管的办法；对特别严寒地区（最热月与最冷月平均温度差大于 42℃），在进入低温季节施工时要制订周密的施工方案。

3　除工程特殊需要，日平均气温 -20℃以下不宜施工。

9.3.2　混凝土的浇筑温度应符合设计要求，但温和地区不宜低于 3℃；严寒和寒冷地区采用蓄热法不应低于 5℃，采用暖棚法不应低于 3℃。

9.3.3　当采用蒸汽加热或电热法施工时，应进行专门设计。

9.3.4　温和地区和寒冷地区采用蓄热法施工，应遵守下列规定：

1　保温模板应严密，保温层应搭接牢靠，尤其在孔洞和接头处，应保证施工质量；

2　有孔洞和迎风面的部位，应增设挡风保温设施；

3　浇筑完毕后应立即覆盖保温；

4　使用不易吸潮的保温材料。

9.3.5　外挂保温层必须牢固地固定在模板上。模板内贴保温层表面应平整，并有可靠

措施保证在拆模后能固定在混凝土表面。

9.3.6　混凝土拌和时间应比常温季节适当延长，具体通过试验确定。已加热的骨料和混凝土，宜缩短运距，减少倒运次数。

9.3.7　在施工过程中，应控制并及时调节混凝土的机口温度，尽量减少波动，保持浇筑温度均匀。控制方法以调节拌和水温为宜。提高混凝土拌和物温度的方法：首先应考虑加热拌和用水；当加热拌和用水尚不能满足浇筑温度要求时，应加热骨料。水泥不得直接加热。

9.3.8　拌和用水加热超过 60℃时，应改变加料顺序，将骨料与水先拌和，再加入水泥，以免假凝。

9.3.9　混凝土浇筑完毕后，外露表面应及时保温。新老混凝土接合处和边角处应做好保温，保温层厚度应是其他面保温层厚度的 2 倍，保温层搭接长度不应小于 30cm。

9.3.10　在低温季节浇筑的混凝土，拆除模板应遵守下列规定：

1　非承重模板拆除时，混凝土强度必须大于允许受冻的临界强度或成熟度值。

2　承重模板拆除应经计算确定。

3　拆模时间及拆模后的保护，应满足温控防裂要求，并遵守内外温差不大于 20℃或 2d～3d 内混凝土表面温降不超过 6℃。

9.3.11　混凝土质量检查除按规定成型试件检测外，还可采取无损检测手段或用成熟度法随时检查混凝土早期强度（用成熟度法计算混凝土早期强度见附录 C）。

9.4　温度观测

9.4.1　施工期间，温度观测规定如下：

1　外界气温宜采用自动测温仪器，若采用人工测温，每天应测量 4 次。

2　暖棚内气温每 4 小时一次，以距混凝土面 50cm 的温度为准，测四边角和中心温度的平均数为暖棚内气温值。

3　水、外加剂及骨料的温度每小时测一次。测量水、外加剂溶液和砂的温度，温度传感器或温度计插入深度不小于 10cm，测量粗骨料温度，插入深度不小于 10cm 并大于骨料粒径 1.5 倍，且周围用细粒径充填。用点温计测量，应自 15cm 以下取样测量。

4　混凝土的机口温度、运输过程中温度损失及浇筑温度，根据需要测量或每 2h 测量一次。温度传感器或温度计插入深度不小于 10cm。

5　已浇混凝土块体内部温度，可用电阻式温度计或热电偶等仪器观测或埋设测温孔（孔深应大于 15cm，孔内灌满液体介质），用温度传感器或玻璃温度计测量。

9.4.2　大体积混凝土浇筑后 3d 内应加密观测温度变化：外部混凝土每天应观测最高、最低温度；内部混凝土 8h 观测一次。其后宜 12h 观测一次。

9.4.3　气温骤降和寒潮期间,应增加温度观测次数。

10　预埋件施工

10.1　一般规定

10.1.1　预埋件的结构型式、位置、尺寸以及所用材料的品种、规格、性能指标必须符合设计要求和有关标准。

10.1.2　预埋件所用材料应有生产厂家的性能检测报告和出厂合格证。在使用前,应对其进行抽样(或全部)检测。不合格者严禁使用。

10.1.3　预埋件材料及构件均不宜露天堆存,要防晒防潮。各种内部观测仪器应有库房存放和专人管理。

10.1.4　对已安装的埋件设施,在施工中应做好保护,保证不受损、不移位、不变形。

10.2　止水、伸缩缝、排水

10.2.1　止水片(带)连接与安装

1　铜止水片应平整,表面的浮皮、锈污、油渍均应清除干净,如有砂眼、钉孔、裂纹应予补焊。

2　铜止水片的现场接长宜用搭接焊接。搭接长度应不小于 2cm,且应双面焊接(包括'鼻子'部分)。经试验能够保证质量亦可采用对接焊接,但均不得采用手工电弧焊。

3　焊接接头表面应光滑、无砂眼或裂纹,不渗水。在工厂加工的接头应抽查,抽查数量不少于接头总数的 20%。在现场焊接的接头,应逐个进行外观和渗透检查合格。

4　铜止水片安装应准确、牢固,其鼻子中心线与接缝中心线偏差为 ±5mm。定位后应在鼻子空腔内满填塑性材料。

5　不得使用变形、裂纹和撕裂的聚氯乙烯(PVC)或橡胶止水带。

6　橡胶止水带连接宜采用硫化热粘接;PVC 止水带的连接,按厂家要求进行,可采用热粘接(搭接长度不小于 10cm)。接头应逐个进行检查,不得有气泡、夹渣或假焊。

7　对止水片(带)接头必要时进行强度检查,抗拉强度不应低于母材强度的 75%。

8　铜止水片与 PVC 止水带接头,宜采用螺栓栓接法(俗称塑料包紫铜),栓接长度不宜小于 35cm。

9　止水带安装应由模板夹紧定位,支撑牢固。

10　水平止水片(带)上或下 50cm 范围内不宜设置水平施工缝。如无法避免,应采取措施把止水片(带)埋入或留出。

10.2.2　止水基座施工

1　接缝止水基座,应按设计要求的尺寸挖槽,并按建基面要求清除松动岩块和浮

渣,冲洗干净。基座混凝土必须振捣密实,混凝土抗压强度达 10MPa 后,方可浇筑上部混凝土(混凝土抗压强度达 2.5MPa 后可开始下道工序准备工作)。

2　坝基止水槽、止水堤(埂)基础,应按建基面要求验收合格。在混凝土面上应刷隔离剂,但不得污染其他部位。

10.2.3　沥青止水井制作和安装

1　沥青止水井(简称沥青井)内所用沥青和沥青混合物(简称填料)的配合比应按设计要求通过试验确定。同一口沥青井内填料的材料和配合比应一致。

2　宜采用预制的止水沥青(填料)柱。

3　采用预留沥青井时,应做到:

1)混凝土预制井壁内、外面应是粗糙面,并保持干燥清洁,各节头处应座浆严密;

2)电热元件(或蒸汽管道)的位置应埋设准确,固定牢靠,逐段灌注填料。

4　沥青井全部形成后,沥青填料应通电(或蒸汽)加热熔化一次,再加满填料,井口加盖,并详细记录各项资料。

10.2.4　伸缩缝缝面填料施工

1　伸缩缝缝面应平整、洁净,如有蜂窝麻面,应填平,外露铁件应割除。

2　缝面填料的材料、厚度应符合设计要求。

3　缝面应干燥,先刷冷底子油,再按序粘贴。其高度不得低于混凝土收仓高度。

4　贴面材料要粘贴牢靠,破损的应随时修补。

10.2.5　排水设施施工

1　坝基排水孔的施工应在相邻 30m 范围内的帷幕灌浆施工完毕后进行。排水孔的钻进应按设计图纸及有关文件要求统一编号并作好原始记录。

2　岩基排水孔的允许偏差,按设计要求控制,当设计未作规定时,应按表 10.2.5 的规定控制。

表 10.2.5　基岩排水孔的允许偏差

分　项	孔口位置	孔的倾斜度		孔的深度
		孔深 > 8m	孔深 < 8m	
允许偏差	10cm	1%	2%	±0.5%

3　坝基排水孔钻好后,应进行冲洗,直至回水澄清并持续 10min 方可结束。应做好孔口保护,防止污水、污物等流进孔内。

4　排水孔的孔口装置应按设计要求加工、安装,并进行防锈处理。孔口装置连接件应安装牢固,不得有渗水、漏水现象。

5　岩基水平排水管(道)和岩基排水廊道的接头及与基岩面的接触处必须密合。接

头密合连接前应将管(道)内清除干净,保证通畅。

6　坝体排水孔宜采用拔管法造孔。拔管时间由试验确定。平面位置应符合设计规定。

7　当坝体排水孔采用预制无砂混凝土管时,应达到设计强度后才能安装。应做好管段接头的密封,施工中应有专人维护,管身不得淤堵、碰撞。

10.3　冷却、接缝灌浆管路

10.3.1　埋设的管子应无堵塞现象。管子表面的锈皮、油渍等应清除干净。

10.3.2　管子的接头必须牢固,不得漏水、漏气,宜选用丝扣连接。不同形状的管、盒的连接可用包扎的方法,不得漏入水泥浆。

10.3.3　管路安装应牢固、可靠。经过伸缩缝的管道,应设置伸缩节或过缝处理。

10.3.4　所有埋管出口应妥善保护,埋管出口集中处,应作好识别标志。出口段宜露出模板外面 30cm ~ 50cm。

10.3.5　管路安装完毕,应以压力水或通气的方法检查是否通畅。如发现有堵塞或漏水(气)现象,应进行处理,直至合格。

10.3.6　管路在混凝土浇筑过程中,应有专人维护,以免管路变形或发生堵塞。在埋入混凝土 30cm ~ 50cm 后,应通水(气)检查,发现问题,应及时处理。

10.3.7　各种预埋管路的位置、高程、进出口等均应作好详细记录并绘图说明。

10.4　铁件

10.4.1　各类预埋铁件,应按图加工、分类堆放。

10.4.2　各类预埋铁件,在埋设前,应将表面的锈皮、油污等清除干净。

10.4.3　各种预埋铁件的规格、数量、高程、方位、埋入深度及外露长度等均应符合设计要求,安装必须牢固可靠,精度应符合有关规程、标准的要求。

10.4.4　在混凝土浇筑过程中,各类埋设的铁件不得移位或松动。周围混凝土应振捣密实。

10.4.5　安装螺栓或精度要求高的铁件,可采用样板固定,或采用二期混凝土施工方法。

10.4.6　锚固在岩基或混凝土上的锚筋,应遵守下列规定:

1　钻孔位置允许偏差 柱子的锚筋不大于 2cm 钢筋网的锚筋不大于 5cm。

2　钻孔底部的孔径以 $d_0 + 20\text{mm}$ 为宜(d_0 为锚筋直径)。

3　在岩石部分的钻孔深度,不得浅于设计孔深。

4　钻孔的倾斜度对设计轴线的偏差在全孔深度范围内不得超过 5%。

5　锚筋埋设后不得晃动,应在孔内砂浆强度达到 2.5MPa 时,方可进行下道工序。

10.4.7　用于起重运输的吊钩或铁环,应经计算确定,必要时应做荷载试验。其材质应

满足设计要求或采用未经冷处理的Ⅰ级钢材加工。埋入的吊钩、铁环，在混凝土浇筑过程中，应有专人维护，防止移动或变形。待混凝土达到设计强度后，方可使用。

10.4.8　各种爬梯、扶手及栏杆预埋铁件，埋入深度应符合设计要求。未经安全检查，不得启用。

10.5　内部观测仪器

10.5.1　各种观测仪器的安装，应按照设计图纸和 SDJ336 及制造厂家的说明书进行，如需变更，应经过论证和批准。

10.5.2　所有观测仪器在埋设之前，均应按 SDJ336 的规定对厂家提供的仪器（设备）重新率定或检验，合格后方可进行埋设。

10.5.3　仪器电缆应采用专用电缆和硫化仪硫化连接。接头应绝缘、不透气、不渗水。

10.5.4　仪器按图在电缆上编号，每个仪器的电缆上编号不得少于 3 处，再根据电缆长度每 20m 结标一个编号，埋设前必须逐个查对，做到准确无误。

10.5.5　仪器埋设前，应清查仪器及其附件的数量、规格、尺寸是否符合设计要求；需用的工具和材料应满足埋设安装的需要。

10.5.6　埋设仪器应轻拿轻放。安装时，要保证仪器位置、方向和角度准确。仪器安装定位后，应检查合格，方可浇筑混凝土，并将周围混凝土中粒径大于 4cm 的骨料剔除，再振捣密实。

10.5.7　仪器的电缆走向，在平面上按平行于坝轴线和垂直于坝轴线呈直线进行埋设。电缆应距施工缝面 15cm 以上，上游面仪器电缆应分散进行埋设。电缆过缝、进观测站应分别进行过缝、防剪切和防渗处理。

10.5.8　仪器和电缆在埋设中应有专人看护，埋入后应提供仪器编号、坐标和方向、埋设日期、埋设前后观测数据及环境情况等资料，及时绘制竣工图。

11　质量控制与检查

11.1　一般规定

11.1.1　混凝土原材料、配合比、施工各主要环节及硬化后的混凝土质量均应进行控制与检查。

11.1.2　在混凝土施工过程中，应进行质量检验，掌握质量动态信息，应采用质量管理图表进行统计分析，及时制定改进与提高质量的措施。

11.1.3　应建立和健全质量管理和保证体系，并根据工程规模和质量控制及管理的需要，配备相应的技术人员和必要的检验、试验设备，建立健全必要的技术管理与质量控制制度。

11.2　原材料的质量控制

11.2.1　混凝土的各种原材料，应经检验合格后方可使用。

11.2.2　混凝土生产过程中，必要时在拌和楼抽样检验水泥的强度、凝结时间和掺合料的主要品质。

11.2.3　拌和与养护混凝土用水，在水源改变或对水质有怀疑时，应随时进行检验。

11.2.4　对配制外加剂溶液的浓度，每天应检测 1～2 次。必要时可采用水泥净浆（或砂浆）流动度检测减水剂溶液的减水率和引气剂溶液的表面张力。

11.2.5　骨料品质检验：

1　骨料生产成品的品质检验

1）骨料生产成品的品质，每 8h 应检测一次。检测项目：细骨料的细度模数、石粉含量（人工砂）、含泥量和泥块含量；粗骨料的超径、逊径、含泥量和泥块含量。

2）成品骨料出厂品质检测：细骨料应按同料源每 600t～1200t 为一批，检测细度模数、石粉含量（人工砂）、含泥量、泥块含量和含水率；粗骨料应按同料源、同规格碎石每 2000t 为一批，卵石每 1000t 为一批，检测超径、逊径、针片状、含泥量、泥块含量和 D_{20} 粒级骨料的中径筛筛余量。

3）每批产品出厂时，应有产品品质检验报告（内容应包括产地、类别、规格、数量、检验日期、检测项目及结果、结论等）。

4）使用单位每月按表 5.2.7、表 5.2.8－1 和表 5.2.8－2 中的指标进行 1～2 次抽样检验。必要时应定期进行碱活性检验。

2　在拌和楼抽样检测：

1）砂子、小石的含水量每 4h 检测 1 次，雨雪后等特殊情况应加密检测。

2）砂子的细度模数和人工砂的石粉含量、天然砂的含泥量每天检测 1 次。

当砂子细度模数超出控制中值 +0.2 时，应调整配料单的砂率。

3）　粗骨料的超逊径、含泥量每 8h 应检测 1 次。

4）每月应在拌和楼取砂石骨料按表 5.2.7、表 5.2.8－1 和表 5.2.8－2 所列项目进行一次检验。

11.3　混凝土拌和与混凝土拌和物的质量控制

11.3.1　混凝土施工配合比必须通过试验，满足设计技术指标和施工要求，并经审批后方可使用。混凝土施工配料单必须经校核后签发，并严格按签发的混凝土施工配料单进行配料，严禁擅自更改。

11.3.2　混凝土拌和楼（站）的计量器具应定期（每月不少于一次）检验校正，在必要时随时抽验。每班称量前，应对称量设备进行零点校验。

11.3.3　在混凝土拌和生产中，应定期对混凝土拌和物的均匀性、拌和时间和称量衡器的精度进行检验，如发现问题应立即处理。

11.3.4　在混凝土拌和生产中，应对各种原材料的配料称量进行检查并记录，每 8h 不应少于 2 次。

11.3.5　混凝土组成材料计量的允许偏差按表 7.1.3 控制。

11.3.6　混凝土拌和时间，每 4h 应检测 1 次。

11.3.7　混凝土拌和物应拌和均匀，其检测方法应按 GB/T 9142 和 SD105—1982 进行。

11.3.8　混凝土坍落度每 4h 应检测 1～2 次。其允许偏差应符合表 11.3.8 的规定。

11.3.9　引气混凝土的含气量，每 4h 应检测 1 次。含气量允许的偏差范围为 ±1.0%。

11.3.10　混凝土拌和物温度、气温和原材料温度，每 4h 应检测 1 次。

11.3.11　混凝土拌和物的水胶比（或水灰比）在必要时按 GBJ80 和 SD105—1982 进行检测。

表 11.3.8　坍落度允许偏差

坍落度 cm	允许偏差 cm
≤4	±1
4～10	±2
>10	±3

11.4　浇筑质量检查与控制

11.4.1　混凝土浇筑前准备工作检查

1　应按 SDJ 249.1—1988 的要求对基础面或混凝土施工缝面进行处理；对模板、钢筋、预埋件质量进行检查，取得开仓证方可进行混凝土浇筑。

2　有金属结构、机电安装和仪器埋设时，签发开仓证前，应按相关规程或标准进行验收。

11.4.2　混凝土拌和物入仓后，应观察其均匀性与和易性，发现异常应及时处理。

11.4.3　浇筑混凝土时，应有专人在仓内检查并对施工过程与出现的问题及其处理进行详细记录。

11.4.4　混凝土拆模后，应检查其外观质量。有混凝土裂缝、蜂窝、麻面、错台和模板走样等质量问题或事故时应及时检查和处理。对混凝土强度或内部质量有怀疑时，可采取无损检测法（如回弹法、超声回弹综合法等）或钻孔取芯、压水试验等进行检查。

11.5　强度检验与评定

11.5.1　现场混凝土质量检验以抗压强度为主，并以 150mm 立方体试件的抗压强度为标准。

11.5.2　混凝土试件以机口随机取样为主，每组混凝土的 3 个试件应在同一储料斗或运输车箱内的混凝土中取样制作。浇筑地点试件取样数量宜为机口取样数量的 10%，并按下列规定确定其强度代表值。

1　以每组 3 个试件的算术平均值为该组试件的强度代表值。

2　当一组试件中强度的最大值或最小值与中间值之差超过 15%时，取中间值作为该组试件的强度代表值。

3　当一组试件中强度的最大值和最小值与中间值之差均超过 15%时，该组试件的强度不应作为评定的依据。

11.5.3　同一强度等级混凝土试件取样数量应符合下列规定：

1　抗压强度：大体积混凝土 28d 龄期每 500m³ 成型一组，设计龄期每 1000m³ 成型一组；非大体积混凝土 28d 龄期每 100m³ 成型一组，设计龄期每 200m³ 成型一组。

2　抗拉强度：28d 龄期每 2000m³ 成型一组，设计龄期每 3000m³ 成型试件一组。

3　抗冻、抗渗或其他主要特殊要求应在施工中适当取样检验，其数量可按每季度施工的主要部位取样成型 1～2 组。

11.5.4　为预测混凝土的强度，宜采用快速测强法，或进行 7d 龄期强度试验。

11.5.5　混凝土试件的成型、养护及试验，按 SD105—1982 进行。

11.5.6　混凝土强度的检验评定：验收批混凝土强度平均值和最小值应同时满足下列要求：

$$m_{fcu} \geqslant f_{cu,k} + Kt\sigma_0 \qquad (11.5.6-1)$$

$$f_{cu,min} \geqslant \begin{cases} 0.85 f_{cu,k} & (\leqslant C_{90}20) \qquad (11.5.6-2) \\ 0.90 f_{cu,k} & (> C_{90}20) \qquad (11.5.6-3) \end{cases}$$

式中　m_{fcu}——混凝土强度平均值，MPa；

$f_{cu,k}$——混凝土设计龄期的强度标准值，MPa；

K——合格判定系数，根据验收批统计组数 n 值，按表 11.5.6 选取；

t——概率度系数，取用值见附录 A 表 A1；

σ_0——验收批混凝土强度标准差，MPa；

$f_{cu,min}$——n 组强度中的最小值，MPa。

表 11.5.6　合格判定系数 K 值表

n	2	3	4	5	6～10	11～15	16～25	>25
K	0.71	0.58	0.50	0.45	0.36	0.28	0.23	0.20

注

1　同一验收批混凝土，应由强度标准相同、配合比和生产工艺基本相同的混凝土组成，对现浇混凝土宜按单位工程的验收项目或按月划分验收批。

2　验收批混凝土强度标准差 σ_0 计算值小于 $0.06 f_{cu,k}$ 时，应取 $\sigma_0 = 0.06 f_{cu,k}$。

11.5.7　混凝土质量验收取用混凝土抗压强度的龄期应与设计龄期相一致。混凝土生产质量的过程控制应以标准养护 28d 试件抗压强度为准。混凝土不同龄期抗压强度比值由试验确定。

11.5.8　混凝土抗压强度试件的检测结果未满足 11.5.6 合格标准要求或对混凝土试件强度的代表性有怀疑时，可从结构物中钻取混凝土芯样试件或采用无损检验方法，按有关标准规定对结构物的强度进行检测 如仍不符合要求，应对已完成的结构物，按实际条件验算结构的安全度，根据需要采取必要的补救措施或其他处理措施。

11.5.9　混凝土设计龄期抗冻检验的合格率不应低于 80%，混凝土设计龄期的抗渗检验应满足设计要求。

11.5.10　混凝土强度除应分期分批进行质量评定外，尚应对每一个统计周期内的同一强度标准和同一龄期的混凝土强度进行统计分析，统计计算混凝土强度平均值（m_{fcu}）、标准差（σ）及保证率（P），并计算出不低于设计强度标准值的百分率（P_s），计算方法见附录 A。

11.5.11　衡量混凝土生产质量水平以现场试件 28d 龄期抗压强度标准差 σ 值表示，其评定标准见表 11.5.11。

表 11.5.11　混凝土生产质量水平

评定指标		质量等级			
		优秀	良好	一般	差
不同强度等级下的混凝土强度标准差 MPa	≤C_{90}20	<3.0	3.0～3.5	3.5～4.5	>4.5
	C_{90}20～C_{90}35	<3.5	3.5～4.0	4.0～5.0	>5.0
	>C_{90}35	<4.0	4.0～4.5	4.5～5.5	>5.5
强度不低于强度标准值的百分率 P_s %		≥90		≥80	<80

11.5.12　衡量试验系统误差的盘内混凝土强度的变异系数（δ_b）不应大于 5%。计算方法和评定标准见附录 A.0.4 和 A.0.5。当 δ_b 大于 5%时，应查明原因并采取改进措施。

11.5.13　在混凝土施工期间，各项试验结果应及时整理，并按月报主管部门。出现重要质量问题应及时上报。

11.5.14　已建成的混凝土建筑物，应适量地进行钻孔取芯和压水试验。大体积混凝土取芯和压水试验可按每万立方米混凝土钻孔 2m～10m，具体钻孔取样部位、检测项目与压水试验的部位、吸水率的评定标准，应根据工程施工的具体情况确定。钢筋混凝土结构物应以无损检测为主，在必要时采取钻孔法检测混凝土。

混凝土芯样的钻取、加工和试验，可按照 CECS03 进行。

混凝土平均强度 m_{fcu} 标准差 σ、强度保证率 P 和盘内变异系数 δb 计算方法

附录 A
（标准的附录）

A.0.1　混凝土平均强度（m_{fcu}）按下式确定：

$$m_{fcu} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_{cu,i}}{n} \tag{A1}$$

式中　m_{fcu} ——n 组试件的强度平均值，MPa；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组试件的强度值，MPa；

n ——试件的组数。

A.0.2　混凝土强度标准差（σ）和强度不低于设计强度标准值的百分率（P_s），按下列公式计算：

1　标准差

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} f_{cu,i}^2 - n m_{fcu}^2}{n-1}} \tag{A2}$$

2　百分率

$$P_s = \frac{n_0}{n} \times 100\% \tag{A3}$$

式中　$f_{cu,i}$ ——统计周期内第 i 组混凝土试件强度值，MPa；

n ——统计周期内相同强度标准值的混凝土试件组数；

m_{fcu} ——统计周期内 N 组混凝土试件的强度平均值，MPa；

n_0 ——统计周期内试件强度不低于要求强度标准值的组数。

验收批混凝土强度标准差 σ_0 的计算公式和 σ 计算公式相同。

A.0.3　强度保证率 P：

1　计算概率度系数 t

$$t = \frac{m_{fcu} - f_{cu,k}}{\sigma} \tag{A4}$$

式中　t ——概率度系数；

m_{fcu} ——混凝土试件强度的平均值，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度标准值，MPa；

σ——混凝土强度标准差，MPa。

2　保证率 P 和概率度系数 t 的关系

可由表 A1 查得。

表 A1　保证率和概率度系数关系

保证率 P %	65.5	69.2	72.5	75.8	78.8	80.0	82.9	85.0	90.0	93.3	95.0	97.7	99.9
概率度系数 t	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.84	0.95	1.04	1.28	1.50	1.65	2.0	3.0

A.0.4　盘内混凝土变异系数（δ_b）按下列公式确定：

$$\delta_b = \frac{\sigma_b}{m_{fcu}} \tag{A5}$$

盘内混凝土强度均值（m_{fcu}）及其标准差（σ_b）可利用正常生产连续积累的强度资料，按下列公式确定：

$$m_{fcu} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_{cu,i}}{n} \tag{A6}$$

$$\sigma_b = \frac{0.59}{n} \sum_{i=1}^{n} \Delta f_{cu,i} \tag{A7}$$

式中　δ_b——盘内混凝土强度的变异系数；

σ_b——盘内混凝土强度的标准差，MPa；

m_{fcu}——n 组混凝土试件强度的平均值，MPa；

$\Delta f_{cu,i}$——第 i 组三个试件中强度最大值与最小值之差，MPa；

n——试件组数，该值不得小于 30 组；

$f_{cu,i}$——第 i 组混凝土试件的强度值，MPa。

A.0.5　用盘内混凝土强度变异系数（δ_b）评定试验水平等级见表 A2。

表 A2　试验水平等级

试验水平		优秀	良好	一般	差
盘内变异系数 δ_b %	现场	< 4	4 ~ 5	5 ~ 6	> 6
	室内	< 3	3 ~ 4	4 ~ 5	> 5

混凝土碱含量的计算方法

附录 B
（提示的附录）

B.0.1　中热水泥混凝土碱含量

混凝土碱含量（kg/m^3）= 中热水泥碱含量（%）× 水泥用量（kg/m^3）+ 0.2 × 粉煤灰碱含量（%）× 粉煤灰用量（kg/m^3）+ 外加剂中碱含量（%）× 外加剂用量（kg/m^3）

B.0.2　低热水泥混凝土碱含量

混凝土碱含量（kg/m^3）= 低热水泥熟料中碱含量（%）× 水泥熟料用量（kg/m^3）+ 0.5 × 矿渣中碱含量（%）× 矿渣用量（kg/m^3）+ 0.2 × 粉煤灰碱含量（%）× 粉煤灰用量（kg/m^3）+ 外加剂中碱含量（%）× 外加剂用量（kg/m^3）

用成熟度法计算混凝土早期强度

附录 C
（提示的附录）

C.0.1　成熟度法：

混凝土的强度是其养护龄期和温度乘积的函数，不同的龄期与温度的乘积相等时其强度亦大致相同。用这一乘积计算混凝土强度的方法称为成熟度法。

成熟度法有多种表现形式。本标准推荐使用等效龄期法和成熟度法计算混凝土强度。

等效龄期法是成熟度法的具体应用。低温季节施工期混凝土养护温度是变化的，在相同的混凝土原材料、外加剂、配合比条件下，通过试验分析找出施工养护温度与标准养护温度（20℃）之间的关系，即为等效系数。将实际养护温度、时间乘以等效系数之积，就是等效龄期，利用试验室提供的标准养护试件的各龄期强度资料，可以求出所要知道的混凝土强度。

混凝土的成熟度，只要将等效龄期与标准温度乘积累计起来，即是所要知道的混凝土的成熟度。成熟度法计算混凝土强度更适合蓄热法和综合蓄热法施工。

C.0.2　成熟度法的适用范围及条件：

1　本法适用于蓄热法、暖棚法或综合蓄热法施工的混凝土。

2　本法适用于预测混凝土强度标准值 60% 以内的强度。

3　使用本法预测混凝土强度，需用实际工程使用的混凝土原材料和配合比，制作不

少于 5 组混凝土立方体标准试件在标准条件下养护，得出 3d、5d、7d、14d、21d 的强度值。

4　使用本法需取得现场养护混凝土时间和温度实测资料（温度、时间）。

C.0.3　用等效龄期法测算混凝土强度宜按下列步骤进行：

1　用标准养护试件的各龄期强度数据，经回归分析拟合成下列形式曲线方程：

$$f_{cu} = a e^{-\frac{b}{d}} \tag{C1}$$

式中　f_{cu}——混凝土立方体抗压强度，MPa；

d——混凝土养护龄期，d；

a、b——参数，利用标准养护试验结果，经回归分析得到。

2　根据现场的实测混凝土养护温度资料，用公式（C2）计算混凝土已达到的等效龄期（相当于 20℃标准养护的时间）。

$$t = \sum \alpha_T t_T \tag{C2}$$

式中　t——等效龄期，h；

α_T——温度为 T 的等效系数，按表 C1 采用；

t_T——温度为 T 的持续时间，h。

3　以等效龄期 t 作为 d 代入公式（C1）可算出强度。

C.0.4　当采用蓄热法或综合蓄热法施工时，成熟度法计算混凝土强度可按以下步骤。

1　用标准养护试件各龄期强度数据，经回归分析拟合成成熟度一强度曲线方程：

$$f_{cu} = a e^{-\frac{b}{N}} \tag{C3}$$

$$N = \sum (T + 15) t \tag{C4}$$

式中　f_{cu}——混凝土抗压强度，MPa，当采用综合蓄热法时，f_{cu} 需乘以调整系数 0.8；

N——混凝土成熟度，℃·h；

T——在时间段 t 内混凝土平均温度，℃；

t——温度为 T 的持续时间，h。

2　取成熟度 N 代入公式（C3）可算出强度 f_{cu}。

表 C1　温度 T 与等效系数 α_T 表

温度 T ℃	等效系数 α_T	温度 T ℃	等效系数 α_T	温度 T ℃	等效系数 α_T
50	3.16	28	1.45	6	0.43
49	3.07	27	1.39	5	0.40
48	2.97	26	1.33	4	0.37

温度 T ℃	等效系数 α_T	温度 T ℃	等效系数 α_T	温度 T ℃	等效系数 α_T
47	2.88	25	1.27	3	0.35
46	2.80	24	1.22	2	0.32
45	2.71	23	1.16	1	0.30
44	2.62	22	1.11	0	0.27
43	2.54	21	1.05	-1	0.25
42	2.46	20	1.00	-2	0.23
41	2.38	19	0.95	-3	0.21
40	2.30	18	0.91	-4	0.20
39	2.22	17	0.86	-5	0.18
38	2.14	16	0.81	-6	0.16
37	2.07	15	0.77	-7	0.15
36	1.99	14	0.73	-8	0.14
35	1.92	13	0.68	-9	0.13
34	1.85	12	0.64	-10	0.12
33	1.78	11	0.61	-11	0.11
32	1.71	10	0.57	-12	0.11
31	1.65	9	0.53	-13	0.10
30	1.58	8	0.50	-14	0.10
29	1.52	7	0.46	-15	0.09

接缝止水材料性能指标

附录 D

（提示的附录）

D1　金属止水片

铜带不同状态下的主要特性见表 D1。

表 D1　铜带不同状态下特性

型　号	状　态	厚　度 mm	抗拉强度 MPa	延伸率 %	宽　度 mm
T2、T3	M（软）	0.5～1.0	≥196	≥32	≤600
TPl、TP2	Y（半硬）	0.5～1.0	245～343	≥8	

紫铜片的物理力学指标见表 D2。

表 D2　紫铜片物理力学指标

项　　目	单　位	指　　标
抗拉强度	MPa	≥240
延伸率	%	≥30
冷　弯		冷弯 180°,不出现裂缝 在 0°～60°范围内连续张闭 50 次不出现裂缝
相对密度		8.89
熔　点	℃	1084.5

D2　橡胶止水带

橡胶止水带的性能指标见表 D3。

表 D3　橡胶止水带胶料和成品性能指标

项　　目			单位	天然橡胶	合成橡胶	橡胶止水带成品
硬度(邵氏 A)			度	60±5	60±5	60±5
拉伸强度			MPa	≥18	≥16	14
扯断伸长率			%	≥450	≥400	≥450
定伸永久变形			%	≤20	≤25	28±2
撕裂强度			kN/m	≥35	≥35	
脆性温度			℃	≤－45	≤－40	
热空气老化	70℃×72h	硬度变化(邵氏 A)	度	≤＋8		
		拉伸强度变化率(降低)	%	≤10		
		伸长率变化率(降低)	%	≤20		
臭氧老化 50pphm　20%　48h				2 级	0 级	

D3　PVC 止水片

PVC 止水带的物理力学性能见表 D4。

表 D4　PVC 止水带物理力学性能

项　目	单　位	测　试　方　法	性能指标
拉伸强度	MPa	GB1040	>14
断裂伸长率	%	GB1040	≥300
硬度(邵氏)		GB2411	>65

项　目		单　位	测　试　方　法	性能指标
相对密度			ASTM D792	1.07
脆性温度		℃	ASTM D746	≤ -37.2
吸水率		%	GB1034	< 0.5
挥发损失		%	ASTM D1023 ~ 89	< 0.5
加速耐碱	质量变化率	%	JIS K6773	± 5
	强度变化率	%	JIS K6773	± 20
	伸长变化率	%	JIS K6773	± 20
加速耐盐	质量变化率	%	JIS K6773	± 5
	强度变化率	%	JIS K6773	± 10
	伸长变化率	%	JIS K6773	± 10

表 5.1.2－1　1:500、1:1000、1:2000 航测成图精度规定

测图比例尺		1:500				1:1000							1:2000					
地形类别		平地	丘陵地	山地	高山地	平地		丘陵地		山地	高山地		平地		丘陵地	山地		高山地
基本等高距(m)		0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	2.0	0.5	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
像片控制点	平面位置中误差(图上 mm)	±0.1				±0.1							±0.1					
	高程中误差(m)	±0.05	±0.05	±0.10	±0.10	±0.05	±0.10	±0.05	±0.10	±0.10	±0.10	±0.20	±0.05	±0.10	±0.10	±0.10	±0.20	±0.20
内业加密点	平面位置中误差(图上 mm)	±0.40		±0.55		±0.40				±0.55			±0.40			±0.55		
	高程中误差(m)	–	–	±0.45	±0.65	–	–	–	±0.30	±0.45	±0.65	±1.30	–	–	±0.30	±0.45	±0.90	±1.30
地物平面位置中误差(图上 mm)		±0.60		±0.80		±0.60				±0.80			±0.60			±0.80		
高程注记点的高程中误差(m)		±0.14	±0.20	±0.60	±0.80	±0.14	±0.30	±0.20	±0.40	±0.60	±0.80	±1.60	±0.14	±0.30	±0.40	±0.60	±1.20	±1.60
图幅等高线高程中误差(m)		±0.17	±0.25	±0.70	±1.00	±0.17	±0.35	±0.25	±0.50	±0.70	±1.00	±2.00	±0.17	±0.35	±0.50	±0.70	±1.40	±2.00

表 5.1.2－2　1:5000、1:10000 航测成图精度规定

测图比例尺		1:5000							1:10000						
地形类别		平地		丘陵地		山地		高山地	平地		丘陵地			山地	高山地
基本等高距(m)		0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	5.0	5.0	0.5	1.0	1.0	2.0	2.5	5.0	5.0(10.0)
像片控制点	平面位置中误差(图上 mm)	±0.10							±0.10						
	高程中误差(m)	±0.05	±0.10	±0.10	±0.20	±0.20	±0.50	±0.50	±0.05	±0.10	±0.10	±0.20	±0.25	±0.50	±0.50
内业加密点	平面位置中误差(图上 mm)	±0.35				±0.50			±0.35					±0.50	
	高程中误差(m)	–	–	±0.3	±0.6	±0.9	±2.0	±3.0	–	–	–	±0.6	±0.8	±2.0	±3.0
地物平面位置中误差(图上 mm)		±0.50				±0.75			±0.50					±0.75	
高程注记点的高程中误差(m)		±0.14	±0.30	±0.40	±0.80	±1.20	±2.50	±4.00	±0.14	±0.30	±0.40	±0.80	±1.00	±2.50	±4.00
图幅等高线高程中误差(m)		±0.17	±0.35	±0.50	±1.00	±1.40	±3.00	±5.00	±0.17	±0.35	±0.50	±1.00	±1.25	±3.00	±5.00

注：①1:10000 高山地测图，当图幅内大部分地面倾斜角大于 40°时，应采用 10m 等高距；小于或等于 40°时，可按实际需要选用 5m 或 10m 等高距；

②1:10000 测图，0.5m 等高距应在地面倾斜角小于 1°，并确有必要时，才允许使用。