



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



小水电技术导则 施工

第1部分：土建及金属结构

SHP/TG 004-1: 2019



免责声明

本导则未经联合国正式编辑。本导则内采用的名称和资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。本导则中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。本导则尽可能保持内容的准确性，但联合国工业发展组织及其成员国均不对使用本导则可能产生的结果承担任何责任。本导则可被自由引用或转载，但需注明出处。

© 2019 UNIDO/INSHP – 版权所有

小水电技术导则 施工

第 1 部分：土建及金属结构

鸣 谢

本导则是联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电联合会（INSHP）共同合作努力的成果，约 80 名国际专家和 40 家国际机构参与了导则的编制、同行审查，并提出了具体意见和建议，使导则更具实用性和专业性。

UNIDO 和 INSHP 非常感谢许多机构在制定本导则期间作出的贡献，特别是以下国际组织：

——东南部非洲共同市场（COMESA）

——全球区域可持续能源中心网（GN-SEC），特别是西非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心（ECREEE）、东非可再生能源和能源效率中心（EACREE）、太平洋可再生能源和能源效率中心（PCREEE）和加勒比可再生能源和能源效率中心（CCREEE）。

中国政府推动了本导则的最终定稿，对其完成具有重要意义。

以下人士为编制本导则作出了贡献，包括有价值的投入、审查和提供建设性意见：Mr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Mr. Adoyi John Ochigbo, Mr. Arun Kumar, Mr. Atul Sarthak, Mr. Bassey Edet Nkposong, Mr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Ms. Chang Fangyuan, Mr. Chen Changjun, Ms. Chen Hongying, Mr. Chen Xiaodong, Ms. Chen Yan, Ms. Chen Yueqing, Ms. Cheng Xialei, Ms. Chileshe Kapaya Matantilo, Ms. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Mr. Deogratias Kamweya, Mr. Dolwin Khan, Mr. Dong Guofeng, Mr. Ejaz Hussain Butt, Ms. Eva Kremere, Ms. Fang Lin, Mr. Fu Liangliang, Mr. Garaio Donald Gafiye, Mr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Mr. Guo Chenguang, Mr. Guo Hongyou, Mr. Harold John Annegam, Ms. Hou ling, Mr. Hu Jianwei, Ms. Hu Xiaobo, Mr. Hu Yunchu, Mr. Huang Haiyang, Mr. Huang Zhengmin, Ms. Januka Gyawali, Mr. Jiang Songkun, Mr. K. M. Dharesan Unnithan, Mr. Kipyego Cheluget, Mr. Kolade Esan, Mr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Mr. Li Zhiwu, Ms. Li Hui, Mr. Li Xiaoyong, Ms. Li Jingjing, Ms. Li Sa, Mr. Li Zhenggui, Ms. Liang Hong, Mr. Liang Yong, Mr. Lin Xuxin, Mr. Liu Deyou, Mr. Liu Heng, Mr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Ms. Lu Xiaoyan, Mr. Lv Jianping, Mr. Manuel Mattiat, Mr. Martin Lugmayr, Mr. Mohamedain Seif Elnasr, Mr. Mundia Simainga, Mr. Mukayi Musarurwa, Mr. Olumide TaiwoAlade, Mr. Ou Chuanqi, Ms. Pan Meiting, Mr. Pan Weiping, Mr. Ralf Steffen Kaeser, Mr. Rudolf Hüpfel, Mr. Rui Jun, Mr. Rao Dayi, Mr. Sandeep Kher, Mr. Sergio Armando Trelles Jasso, Mr. Sindiso Ngwenga, Mr. Sidney Kilmete, Ms. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Mr. Shang Zhihong, Mr. Shen Cunke, Mr. Shi Rongqing, Ms. Sanja Komadina, Mr. Tareqemtairah, Mr. Tokihiko Fujimoto, Mr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Mr. Tan Xiangqing, Mr. Tong Leyi, Mr. Wang Xinliang, Mr. Wang Fuyun, Mr. Wang Baoluo, Mr. Wei Jianghui, Mr. WU Cong, Ms. Xie Lihua, Mr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Ms. Xu Xiaoyan, Mr. XuWei, Mr. Yohane Mukabe, Mr. Yan Wenjiao, Mr. Yang Weijun, Ms. Yan Li, Mr. Yao Shenghong, Mr. ZengJingnian, Mr. Zhao Guojun, Mr. Zhang Min, Mr. Zhang Liansheng, Mr. Zhang Zhenzhong, Mr. Zhang Xiaowen, Ms. Zhang Yingnan, Mr. Zheng Liang, Mr. Zheng Yu, Mr. Zhou Shuhua, Ms. Zhu Mingjuan.

使用中如有其他意见和建议，欢迎提供，以便再版更新。

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 施工测量	1
4.1 基本规定	1
4.2 平面控制测量	1
4.3 高程控制测量	4
4.4 建筑安装施工测量	6
5 施工导流	7
6 土建工程施工基本规定	9
6.1 土石方开挖与填筑	9
6.2 洞室开挖	13
6.3 地基与基础处理	17
6.4 防渗处理	18
6.5 混凝土工程	23
6.6 砌石工程	41
6.7 混凝土构件的预制与吊装	45
7 水工建筑物施工	48
7.1 碾压式土石坝	48
7.2 砌石坝	56
7.3 混凝土坝	57
7.4 进水口、明渠与前池	64
7.5 隧洞	67
7.6 渡槽	71
7.7 调压井	72
7.8 压力管道	74
7.9 厂房	75
8 水工金属结构安装	78
8.1 基本规定	78
8.2 闸门及埋件	79
8.3 启闭及起重设备	86
8.4 压力钢管	95
9 施工环境保护	102
9.1 基本规定	102

9.2	污染防治	102
9.3	生态保护	103
9.4	环境管理与监测	104
9.5	职业健康与安全	104
附录 A (资料性附录)	岩石基础开挖预裂爆破参数	105
附录 B (资料性附录)	水利水电地下工程围岩工程地质分类表	106
附录 C (资料性附录)	隧洞开挖光面爆破和预裂爆破参数	107
附录 D (资料性附录)	隧洞喷锚支护	108
附录 E (资料性附录)	普通模板及支架的计算荷载	110
附录 F (资料性附录)	混凝土平均强度 m_{fcu} 、标准差 S_{fcu} 和强度保证率 P 计算方法	112

前 言

联合国工业发展组织(UNIDO)是旨在促进全球包容和可持续工业发展(ISID)的联合国专门机构。为联合国和各国未来 15 年可持续发展提供框架的《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标,已将 ISID 列为其可持续发展的三大支柱之一。能源对经济、社会发展和提高生活质量不可或缺,UNIDO 的 ISID 任务明确将支持建立可持续能源体系。过去 20 年里,国际社会对能源的关注和讨论越来越多,扶贫、环境风险和气候变化等问题正成为焦点。

国际小水电联合会(INSHP)是一个协调和促进全球小水电发展的国际组织,各区域、次区域和国家对口单位、相关机构、公共单位和企业自愿加入,以社会效益为其主要目标。INSHP 旨在通过发达国家、发展中国家和国际组织间的三方经济技术合作促进全球小水电发展,为广大发展中国家的农村提供环保、负担得起、充足的能源,从而增加就业机会、改善生态环境、减少贫困、提高农村生活文化水平和经济发展水平。

UNIDO 和 INSHP 自 2010 年起合作编制的《世界小水电发展报告》显示,全球对小水电的需求和其发展程度并不匹配,技术缺乏是大多数国家发展小水电的主要障碍之一。UNIDO 和 INSHP 决定基于成功发展经验并通过全球专家合作,共同编制《小水电技术导则》(简称导则)以满足各成员国的需求。

本导则根据 ISO/IEC 指令第二部分(详见 www.iso.org/directives)的编制规则起草。

提请注意,本导则中的一些内容可能涉及专利权问题。UNIDO 和 INSHP 不负责识别任何此类专利权问题。

引 言

小水电是广泛认可的解决偏远农村地区电气化问题的重要可再生能源。尽管欧洲、北美、南美和中国等大多数国家都拥有很高的装机容量,但许多发展中国家受到许多因素的阻碍(包括缺乏全球认可的小水电好案例或标准),仍有大量小水电资源未得到开发。

本导则将通过应用全球现有的专门知识和最佳实践,解决目前缺乏适用于小型水电站的技术导则的问题,让各国利用这些达成共识的导则来支持他们目前的政策、技术和生态环境。对于机构和技术能力有限的国家,将夯实他们发展小水电的知识基础,从而制定鼓励小水电发展的优惠政策和吸引更多的小水电投资,以促进国家经济发展。本导则对所有国家都是有益的,特别是在技术知识比较缺乏的国家中分享经验和最佳实践。

本导则适用于装机容量 30 MW 及以下的小型水电站,可作为小型水电站规划、设计、建设和管理的技术性指导文件。

- 《小水电技术导则 术语》给出了小型水电站常用的专业技术术语和定义。
- 《小水电技术导则 设计》给出了小型水电站设计的基本技术要求、方法学和程序,专业涵盖了电站选址规划、水文、工程地质、工程布置、动能计算、水工、机电设备选型、施工、工程造价估算、经济评价、投资、社会与环境评价等。
- 《小水电技术导则 机组》对小型水电站水轮机、发电机、调速系统、励磁系统、主阀和监控保护及直流电源系统设备提出了具体的技术要求。
- 《小水电技术导则 施工》对小型水电站施工技术提出了规范性指导意见。
- 《小水电技术导则 管理》对小型水电站项目管理、运行维护、技术改造和工程验收等技术方面提出了规范性指导意见。

小水电技术导则 施工

第 1 部分:土建及金属结构

1 范围

本部分根据小型水电站工程的施工特点,规定了土建施工及金属结构安装的原则、施工条件、作业方法、工序步骤、工艺要求、质量标准等方面的技术要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改)适用于本文件。

SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义

3 术语和定义

SHP/TG 001 界定的术语和定义适用于本文件。

4 施工测量

4.1 基本规定

4.1.1 小型水电站工程施工测量工作应符合下列规定:

a) 在施工准备阶段及施工过程中,应进行下列测量工作:

- 1) 对主要水工建筑物的轴线桩(坝、闸等)、中心线桩(机组中心线等)、三角网基点桩等及其测量资料应进行检查、校对,发现不稳妥或测量精度不符合要求时,由原测量单位进行校测、加密或重新测量。
- 2) 在施工过程中,测定不同施工阶段的水工建筑物的位置和标高,并经检查校验后,方可开挖、立模、填筑和金属结构机电设备安装。

b) 长度 1 km 以上的水工隧洞,其平面和高程控制测量宜作专门技术设计。

4.1.2 施工平面、高程控制网系统,宜与规划设计阶段的坐标、高程系统一致,也可根据需要建立与规划设计有换算关系的施工坐标、高程系统。施工平面及高程控制网宜与邻近控制点进行联测,其联测精度不低于本工程首级控制的要求。

4.1.3 施工测量开展前,作业单位应收集设计文件和施工图纸,提出施工测量方案。

4.1.4 用于施工测量的各类仪器设备应经过法定计量单位的检定,并在检定有效期内使用。

4.2 平面控制测量

4.2.1 平面控制网宜布设为全球定位系统(GPS)网、三角形网或导线网。

4.2.2 GPS 测量应符合下列规定:

a) 小型水电站施工 GPS 网按相邻点的精度应符合表 1 的要求。

表 1 GPS 网精度分级

项目	固定误差 ^a /mm	比例误差系数 ^b /(mm/km)	最弱边相对中误差
技术要求	≤10	≤20	≤1/20 000
	≤10	≤40	≤1/10 000

b) GPS 网基线测量中误差应采用固定误差和比例误差,边长值取实际平均边长,基线长度中误差应按公式(1)计算。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bD)^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- σ ——基线长度中误差,mm;
- a ——固定误差,mm;
- b ——比例误差系数,mm/km;
- D ——平均边长,km。

c) GPS 测量的技术要求应符合表 2 的规定。

表 2 GPS 测量技术要求

项目	技术要求
GPS 接收机类型	双频或单频
同步观测的接收机数量	≥2
卫星高度角/(°)	≥15
同时观测有效卫星数	≥4
观测时段数	≥1
观测时段时间/min	≥30
两次观测的数据采样间隔/s	10~30
点位几何图形强度因子 PDOP	≤8

注: 观测时段数≥1.6,采用网观测模式时,每站至少观测一时段,其中二次设站点数不小于 GPS 网总点数的 60%。

4.2.3 三角形网布设应符合下列技术要求:

a) 测角和测边的精度匹配应满足公式(2)的要求:

$$\frac{m_{\beta}}{\sqrt{2}\rho} = \frac{m_s}{s \times 10^3} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- m_{β} ——控制网的测角中误差,(");
- m_s ——测距中误差,mm;
- S ——测距边长,m;
- $\rho=206\ 265''$ 。

b) 技术指标应符合表 3 的规定。

c) 仪器高、棱镜高(觇牌高)的量取至 1 mm。

d) 可用不同时段单向测距代替往返测。

表 3 三角形网技术要求

项目	平均边长/m	测角中误差 /(")	三角形最大 闭合差/(")	平均边长 相对中误差	测回数						
					边长	水平角			天顶角		
						0.5" 级	1" 级	2" 级	0.5" 级	1" 级	2" 级
技术要求	100~500	±5	15	1:5 万	往返各 2	1	2	4	1	1	2

注：光电测距一测回为：照准 1 次，读数 4 次。

4.2.4 光电测距导线测量的技术指标应符合表 4 的规定。

表 4 光电测距导线测量技术要求

项目	导线 总长 /km	平均 边长 /m	方位角 闭合差 /(")	测角 中误差 /(")	测距 中误差 /mm	全长相对 闭合差	测回数						
							边长	水平角			天顶角		
								0.5" 级	1" 级	2" 级	0.5" 级	1" 级	2" 级
技术 要求	2.0 2.4 3.0	200 300 500	±10 \sqrt{n}	±5.0	±10 ±10 ±7	1:18 000 1:20 000 1:25 000	往返各 2	1	2	4	1	1	2

4.2.5 水平角观测应符合下列规定：

a) 水平角观测宜采用方向观测法。采用方向观测法的主要技术要求应符合表 5 的规定。

表 5 水平角方向观测法主要技术要求

项目	仪器类型	光学测微器两 次重合读数差 /(")	两次照准 读数差/(")	半测回归零差 /(")	一测回中 2C 较差/(")	同方向值各测 回互差/(")
技术要求	1"级	1	4	6	9	6
	2"级	3	6	8	13	9
	6"级	—	12	18	—	24

注：当观测方向的垂直角超过±3°时，该方向的 2C 较差，按相邻测回同方向进行比较，其差值仍符合本表规定。

b) 水平角观测结束后，其测角中误差应按公式(3)、(4)、(5)计算。

1) 三角形网测角中误差：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \dots\dots\dots (3)$$

2) 导线网测角中误差的计算分两种情况：

——按左、右角闭合差计算：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\Delta\Delta}{2n}} \dots\dots\dots (4)$$

——按导线方位角闭合差计算：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta}^2}{n} \right]} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- W ——三角形闭合差, (");
- Δ ——左、右角之和与 360°之差, (");
- f_{β} ——附和导线(或闭合导线)的方位角闭合差, (");
- n ——三角形个数或计算 f_{β} 的测站数;
- N ——符合导线或闭合导线环的个数。

4.2.6 光电测距作业应符合下列要求:

- a) 光电测距作业技术要求应符合表 6 的规定。

表 6 光电测距作业技术要求

项目	气象数据测定				一测回读数 较差 /mm	测回间较差 /mm	往返或光段 较差 /mm
	温度最小 读数/℃	气压最小 读数/Pa	测定时间 间隔	数据取用			
	1.0	100	每边测定 一次	测站端观 测值	5	7	2(a+bD)
注 1: 将斜距化算到同一高程面上后再比较往返较差。 注 2: a——固定误差, mm; b——比例误差系数, mm/km; D——测距长度, km。							

- b) 测边距的精度评定, 应按公式(6)、(7)计算:

- 1) 一次测量观测值中误差:

$$m_D = \pm \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \dots\dots\dots (6)$$

- 2) 对向观测平均值中误差:

$$m_{\bar{D}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- d ——各边往返测水平距离的较差, mm;
- n ——测边数;
- P ——各边距离测量的先验权, 令 $P = \frac{1}{m_D^2}$, m_D 可按测距仪的标称精度计算。

- c) 任一边的实际测距中误差按公式(8)计算:

$$m_{si} = \pm m_D \sqrt{\frac{1}{P_{Di}}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- P_{Di} ——第 i 边距离测量的先验权。

4.3 高程控制测量

- 4.3.1 高程控制网测量可采用水准测量、光电测距三角高程测量或 GPS 拟合高程测量等方法。
- 4.3.2 高程控制测量的精度, 最末级高程控制点相对于首级高程控制点的高程中误差, 混凝土建筑物不应大于 ±10 mm, 土石建筑物不应大于 ±20 mm。
- 4.3.3 水准测量应符合下列要求:

a) 水准测量的主要技术要求应符合表 7 的规定。

表 7 水准测量的主要技术要求

项目		技术要求
偶然中误差 M_{Δ} /mm		± 10
全中误差 M_w /mm		± 20
仪器型号		DS3
水准标尺		双面尺
观测方法		中丝读数法
水准观测		单程
观测顺序		后后前前
往返测较差和路线闭合差/mm	平丘地	$\pm 30\sqrt{L}$
	山地	$\pm 10\sqrt{n}$

注：n 为水准路线单程测站数，每千米多于 16 站时按山地计算闭合差；L 为闭合或附合路线长度，km。

b) 水准测量测站的技术要求应符合表 8 的规定。

表 8 水准测量测站的技术要求

项目	技术要求
仪器型号	DS3
视线长度/m	≤ 150
前后视距差/m	大致相等
前后视距累积差/m	≤ 10
视线离地面最低高度/m	三丝能读数
数字水准仪重复测量次数/次	≥ 1
基辅分划(黑红面)读数较差/mm	3.0
基辅分划(黑红面)所测高差较差/mm	5.0

注：相位法数字水准仪重复测量次数可以为表中数值减少 1 次。所有数字水准仪在地面振动较大时，暂时停止测量，直至振动消失，无法回避时随时增加重复测量次数。

c) 水准测量路线跨越江河、湖泊、洼地和山谷等障碍物，当测站视线长度超过表 8 的要求时，应按表 9 的要求执行。

表 9 跨河水准测量测站技术要求

项目	仪器型号	视线长度 /m	仪器高变换次数 /次	两次高差较差 /mm
技术要求	DS3	≤ 200	1	≤ 7

4.3.4 光电测距三角高程测量技术要求应符合表 10 的规定。

表 10 光电测距三角高程测量技术要求

项目	使用仪器	最大边长/m			斜距测回数	天顶距观测				仪器高棱镜高丈量精度/mm	对向观测高差较差/mm	隔点设站两次观测高差较差/mm	附和或环线闭合差/mm
		单向	对向	隔点设站		测回数		指标差较差/(")	测回差/(")				
						中丝法	三丝法						
技术要求	DJ3	1 000	800	500	2	2	1	10	10	±2	±70D	±20 \sqrt{D}	±30 \sqrt{L}

注：D 为平距,km;L 为线路总长,km;斜距观测一测回为照准一次测距离 4 次,同时读取气象数据。

4.3.5 GPS 拟合高程测量宜与 GPS 平面控制测量一起进行,可适用于平原或丘陵地区的高程测量。其主要技术要求应符合下列规定。

- a) 联测的 GPS 点,宜分布在测区的四周和中央。若测区为带状地形,则联测的 GPS 点应分布于测区两端及中部。
- b) 联测点数宜大于选用计算模型中未知参数个数的 1.5 倍,点间距宜小于 10 km。
- c) 地形高差变化较大的地区,应适当增加联测的点数。
- d) 地形趋势变化明显的大面积测区,宜采取分区拟合的方法。

4.4 建筑安装施工测量

4.4.1 开挖阶段测量精度,应符合表 11 的规定。

表 11 开挖轮廓点点位中误差

工程部位	点位中误差 (mm)		备注
	平面	高程	
主体工程部位的基础轮廓点、预裂爆破孔定位点	±(50~100)	±100	±50 mm 的误差仅指有密集钢筋网的部位、点位误差值均相对于邻近控制点或测站点、轴线点而言。
主体工程部位的坡顶点、中间点、非主体工程部位的基础轮廓点	±100	±100	
土、砂、石覆盖面开挖轮廓点	±200	±200	

4.4.2 立模、填筑阶段测量精度,应符合表 12 的规定。

表 12 立模、填筑轮廓点点位中误差及分配

建筑材料	建筑物名称	点位中误差 (mm)		平面位置误差分配 (mm)	
		平面	高程	轴线点或测站点	细部放样
混凝土	各种主要水工建筑物(坝、闸、厂房)船闸及泄水建筑物等坝内正、倒垂孔等	±20	±20	±17	±10
	各种导墙及井、洞衬砌、坝内其他孔洞	±25	±20	±23	±10
	其他(副坝、围堰、心墙、护坦、护坡、挡墙等)	±30	±30	±25	±17

表 12 (续)

建筑材料	建筑物名称	点位中误差 (mm)		平面位置误差分配 (mm)	
		平面	高程	轴线点 或测站点	细部放样
土石料	碾压式坝(堤)上、下游边线、心墙面板、堆石坝及各种观测孔位等	±40	±30	±30	±25
	各种坝(堤)内设施定位、填料分界线等	±50	±30	±30	±40

注：点位中误差均相对于邻近控制点或测站点、轴线点而言。

4.4.3 高层建筑物混凝土浇筑及预制构件拼装的竖向测量偏差限值,应符合表 13 的规定。

表 13 竖向测量偏差限值

工程项目	相邻两层对接 中心线的偏差(mm)	相对基础 中心线的偏差(mm)	累计偏差(mm)
厂房、开关站等各种构架、立柱	±3	$H/2\ 000$	±20
闸墩、栈桥墩、船闸、厂房等侧墙	±5	$H/1\ 000$	±30

注： H 为总高度。

4.4.4 建筑物的模板架设后,应利用测放轮廓点进行检查,其偏差应符合表 18 的规定。

5 施工导流

5.1 施工导流应符合下列规定：

- 导流工程施工应妥善解决从初期导流到后期导流施工全过程中挡、泄水问题,处理好洪水与施工的矛盾,保证工程施工安全可靠。
- 导流工程应按已批准的设计文件选定导流标准。当按规定标准导流有困难时,经充分论证并报主管部门批准,可适当降低标准,但应加强气象与水情预报,在汛期前,工程应达到安全度汛的要求。
- 整个施工过程中应按主管部门审批后的设计规定,妥善处理通航、过木、向下游供水与排泄冰凌等问题。
- 施工过程中应编制天然来水流量超过导流设计洪水标准时的应急预案,报有关部门批准后实施。

5.2 围堰施工应符合下列要求：

- 围堰施工及拆除进度应满足工程施工总进度的要求。围堰堰体及防渗体宜与导流泄水建筑物协调施工,并应在汛前修筑到设计度汛高程。
- 建筑材料、备料场和填筑道路的规划和材料应平衡,应充分利用永久建筑物基础开挖料。堰体填料的规划量不宜少于实际用量的 150%。围堰可与永久建筑物相结合。
- 围堰基础应进行防渗处理。围堰基础覆盖层防渗处理方式应安全可靠,并宜简单易行。
- 围堰拆除应符合设计要求,筑堰的块石、杂物等应拆除干净。拆除范围及拆除断面(宽度及高程)应满足永久建筑物的运行要求,对分期导流的一期围堰拆除还应满足二期导流及截流泄水

要求。对前期导流的一期围堰拆除料宜尽量考虑用于二期围堰提前进占抛填的部位。

e) 可考虑基坑淹没导流的可行性。

5.3 截流施工应符合下列要求：

- a) 在施工截流前应确定截流设计标准,进行周密设计,应做好水情预报,并做好人力、物力与技术上的准备。
- b) 截流时间的选择应综合分析水文、气象、河道综合利用要求、前期工程的实际进度、汛前围堰及基坑的施工强度后确定。
- c) 截流方式宜采用立堵方式。
- d) 非岩基河床截流段,宜事先在整个龙口部位或困难区段进行平抛护底。立堵截流的戗堤轴线下游护底长度可按龙口平均水深的 2 倍~4 倍取值,轴线以上可按最大水深的 1 倍~2 倍取值。龙口抛投时可用石串、块体串联或栓锚大块石抛投进占。截流备料总量应根据截流料物堆存条件、运输条件,可能流失量及戗堤沉降量等因素综合分析,并适当增加备料量,其增量系数可为 0.2~0.3。
- e) 合龙过程中,应随时测量龙口的水力特征值,适时改换抛投料种类、抛投强度,改进抛投方法。
- f) 应做好闭气的备料工作,保证闭气的质量。用土料闭气时,在戗堤迎水坡应按反滤层的铺料原则抛填闭气料。抛填各层填料时,应使各层填料铺设稳定、均匀。可采用铺油布、帆布、土工合成材料后再抛填土闭气。多砂性河流截流后的闭气,可采用人工造淤或放淤办法闭气。

5.4 施工度汛应符合下列要求：

- a) 当坝体顶填筑高程超过围堰堰顶高程时,坝体临时度汛设计洪水标准应根据坝型和坝前拦洪库容,合理确定坝体施工期临时度汛洪水标准。
- b) 受洪水影响的建筑物的度汛高程和形象面貌应在汛前达到设计要求。
- c) 除混凝土面板堆石坝外,土石坝的围堰工程,上游围堰宜与坝体相结合,以坝体拦挡第一个度汛洪水。
- d) 混凝土面板堆石坝,在未浇筑混凝土面板之前,应对上游坝坡采取碾压砂浆或喷混凝土水泥砂浆或混凝土挤压边墙等固坡处理措施。若采用坝体过流,对坝面和下游坝坡宜分别采用大块石、钢筋石笼等加固。
- e) 混凝土坝及浆砌石坝可利用坝体临时断面或预留底孔、缺口等或与其他泄水建筑物组合导流。
- f) 电站厂房可采用围堰或坝体临时断面形成小基坑度汛。采用厂房结构挡水时,应校核厂房围护结构的稳定和应力,做好进水口及尾水管出口处的封堵设施。
- g) 围堰拆除前,应对围堰保护区进行清理。

5.5 导流建筑物封堵施工应符合下列要求：

- a) 导流建筑物封堵应在工程形象已达到封堵的设计挡水标准,具备可靠的度汛泄洪措施、满足下游生态用水要求并经主管部门通过蓄水验收后方可进行。
- b) 下闸封孔宜在枯水期进行。应选择适当的下闸封孔时机和设计流量,为下闸封孔作业留足够的时间,确保作业和撤离安全。
- c) 封孔方式应按设计要求和工程条件采用闸门封孔或者围堰封孔。
- d) 堵头施工应按设计要求进行,确保工程质量与施工进度。堵头应满足稳定、抗裂、与围岩或老混凝土结合紧密、抗渗等要求。堵头宜分段施工,分段长度宜为 10 m~15 m。堵头内宜埋设灌浆管及冷却水管,必要时设置灌浆冷却廊道。可采用低热微膨胀水泥或外掺氧化镁混凝土。混凝土浇筑层厚宜为 1.5 m。当温度达到年平均温度后应进行接触灌浆。堵头封堵前,应按设计做好堵头段围岩的处理。

5.6 基坑排水应符合下列要求：

- a) 基坑排水应分初期排水和经常性排水,并满足下列要求：

- 1) 初期排水总量计算应包括围堰闭气后的基坑积水量、抽水过程中围堰及基础渗水量、堰身及基坑覆盖层的含水量,以及可能的降水量。可能的降水量可采用抽水时段的多年日平均降水量计算。初期排水应控制基坑水位下降速度,宜为 0.5 m/d~1.0 m/d。
 - 2) 经常性排水最大抽水强度应根据围堰和基础在设计水头的渗漏量、覆盖层中的含水量、排水时降水量及施工弃水量确定。其中,计算经常性排水强度的降水量应按抽水时段最大日降水量在 24 h 内抽干计算,施工弃水量与降水量不应叠加。
- b) 建筑物基础置于土壤及细砂等透水软基土层,基坑开挖时,应采用人工降低地下水位的办法。

6 土建工程施工基本规定

6.1 土石方开挖与填筑

6.1.1 土石方工程施工前,对达到一定规模的危险性较大的土石方工程应编制专项施工方案,对超过一定规模的危险性较大的土石方工程,应组织专家对专项施工方案进行审查论证。

6.1.2 软基开挖应遵守下列规定:

- a) 软基开挖应优化施工方案,正确选定降、排水措施,做好挖、填平衡计算,并合理调配。
- b) 基坑边坡应根据工程地质、水文地质、降低地下水位措施和施工条件等情况,经稳定验算后确定,应制定保护边坡稳定措施和切实有效的应急预案。
- c) 开挖前应降低地下水位,使其低于开挖面 0.5 m。
- d) 基坑开挖应自上而下,分层、分段和分区依次进行,逐层设置排水沟、层层下挖。
- e) 根据土质、气象和施工机具等情况,基坑底部应留有一定厚度的保护层,宜为 0.3 m~0.5 m,在基础部位施工前,分块依次挖除。
- f) 水力冲挖适用于粉砂、细砂、砂壤土、中轻质壤土、淤土和易崩解的黏性土。
- g) 在负温下,挖除保护层后应立即采取可靠的防冻措施。
- h) 当地质情况与设计不符合时,应会同有关单位及时研究处理。发现文物古迹、化石及测绘、地质、地震、通信等部门设置的地下设施和永久性标志时均应妥善保管,及时报请有关部门处理。
- i) 弃土不应妨碍开挖基坑及其他工作,或影响边坡稳定并应避免二次出渣。弃渣场地应结合当地条件合理布局。不应恶化水流条件或造成下游河道淤积;宜不占或少占耕地;在施工安排有条件时,弃渣应结合造田,以利农业耕作。弃土宜与其他建设相结合,并注意环境保护与恢复。
- j) 软基开挖工程,宜在雨季前或地基冻结前完成。雨季施工时,对保证工程质量所采取的技术措施等,均应在施工组织设计中明确。雨季前,应根据地形将施工场地的排水系统进行疏浚、加固或修建,应保证水流畅通,不应形成积水,并应防止四周邻近地带的地面水流入场内。
- k) 耕作土的开挖、存放、保护和复耕应符合设计要求。

6.1.3 岩石基础开挖应遵守下列规定:

- a) 应采用自上而下、分层进行台阶爆破的施工方法。当岸坡和河床底部同时施工时,应进行安全技术论证。不应采用自下而上造成岩体倒悬的开挖方式施工。
- b) 应根据不同部位采用不同的方法。
 - 1) 设计边坡轮廓线开挖,应采用预裂爆破或光面爆破。
 - 2) 基础岩石开挖,应采用分层的浅孔台阶爆破方法。
 - 3) 紧邻水平建基面,应采用预留保护层的开挖方法。
- c) 基础面的开挖偏差,应符合下述规定:
 - 1) 对节理裂隙不发育、较发育、发育和坚硬、中等坚硬的岩体,水平建基面高程的开挖偏差,不应大于 ± 200 mm;设计边坡轮廓面的开挖偏差,在一次钻孔深度条件下开挖时,不应大于其开挖高度的 $\pm 2\%$;在分台阶开挖时,其最下部一个台阶坡脚位置的偏差,以及整个边

坡的平均坡度,均应符合设计要求。

- 2) 对节理裂隙极发育和软弱的岩体、不良地质地段的岩体,以及在坑槽部位和有特殊要求的部位,其开挖偏差应符合设计要求。
- 3) 对破碎、极破碎和较软岩、软岩及极软岩,不良地质地段的岩体,以及设计另有要求的部位,其开挖偏差应符合设计要求。
- d) 出渣运输应按施工组织设计要求进行,并符合 6.1.2 条的规定。
- e) 紧邻设计建筑基面、设计边坡、建筑物或防护目标,应采用中小孔径钻孔的浅孔爆破方法。
- f) 钻孔质量应符合下列要求。
 - 1) 钻孔孔位应根据爆破设计确定;其开孔位置的偏差,不应影响和改变爆破设计。
 - 2) 钻孔角度和孔深,应符合爆破设计的规定。爆破孔钻孔角度偏差不宜大于 2° ,预裂和光面爆破孔钻孔角度偏差不宜大于 1° ;爆破孔孔深允许偏差宜为 $0\text{ mm}\sim+200\text{ mm}$,预裂和光面爆破孔孔深允许偏差宜为 $\pm 50\text{ mm}$ 。
 - 3) 已造好的钻孔,孔内岩屑在装药前应予以清除,孔口应做好防护。钻孔经检查合格方可装药。
- g) 预裂爆破和光面爆破应符合下列要求。
 - 1) 爆破效果,除其开挖偏差应符合本条 c) 的规定外,还应符合下述要求:
 - 在开挖轮廓面上,残留炮孔痕迹应均匀分布。
 - 残留炮孔痕迹保存率,对完整的岩体,应达到 80% 以上;对较完整的岩体,应达到 50% 以上;对破碎的岩体,应达到 10% 以上。
 - 相邻两残留爆破孔间的不平整度,不应大于 150 mm 。
 - 炮孔壁不应有明显的爆破裂隙。
 - 2) 对于倾斜、垂直建基面上的预裂爆破参数,可结合工程实际参照附录 A 选定,并在生产性试验中验证与调整。光面爆破的参数,应根据地质条件通过试验确定,或参照同类工程的经验数值。
 - 3) 对主要水工建筑物的设计建基面进行预裂爆破时,预裂范围应超出梯段爆破区,并满足下列要求:
 - 当预裂孔与梯段爆破孔方向平行时,两者间的距离宜取梯段爆破孔排距的 $50\%\sim 70\%$ 。当预裂孔与梯段爆破孔方向不平行时,两孔距离最小处的孔底装药部位的距离应不小于 $(10\sim 30)D$ (D 为预裂孔孔径)。
 - 当孔底距满足 $(10\sim 30)D$ 时,若孔口距过大,则应增加辅助孔以保证上层岩石的破碎,辅助孔孔底与预裂孔的距离应不小于 1.0 m 。
 - 预裂缝深度宜等于梯段孔孔底垂直破坏深度,可按表 14 选取。预裂缝两端的超长宜为 $(100\sim 200)d$ (d 为炮孔装药直径)。预裂缝宽度,对坚硬岩石,应为 5 mm ;对中等坚硬岩石与松软岩石,不宜小于 10 mm ,并应根据爆破试验确定。
 - 4) 预裂炮孔和梯段炮孔若在同一爆破网络中起爆,预裂炮孔先于同一梯段相邻炮孔起爆的时间,不应小于 $75\text{ ms}\sim 100\text{ ms}$ 。
 - 5) 预裂爆破和光面爆破均应采用不耦合装药结构,缓冲孔可采用不耦合装药和间隔装药,预裂爆破和光面爆破均应按设计要求进行填塞。
- h) 梯段爆破应符合下列要求:
 - 1) 梯段爆破的效果,应符合下述要求:
 - 爆破石渣的块度和爆堆,应能适合挖掘机械作业。
 - 爆破石渣如需利用,其块度或级配还应符合有关要求。
 - 爆破对紧邻爆区岩体的破坏范围小,爆区底部炮根少。

- 爆破振动效应和空气冲击波(或噪音)小,爆破飞石少。
- 2) 紧邻设计边坡的一排梯段炮孔,其孔距、排距和每孔装药量,应较其他梯段炮孔的小。临近永久边坡和堑沟、基坑、基槽爆破,应采用预裂或光面爆破,且在主爆破孔和预裂孔(光面孔)之间布设缓冲孔。
 - 3) 若采用预留岩体保护层开挖方法,其上部的梯段、炮孔不应穿入保护层。
 - 4) 梯段爆破的最大一段起爆药量,不应大于 300 kg,邻近设计建基面和设计边时,不应大于 100 kg。在建筑物或防护目标附近,以及在坑、槽部位或有特殊要求的部位,水下开挖等进行爆破,最大一段起爆药量,应经爆破试验确定。
- i) 紧邻水平建基面的爆破应遵守下列规定。
- 1) 紧邻水平建基面的岩体保护层厚度,应由爆破试验确定,无条件进行试验,表 14 可供参考。

表 14 保护层厚度

岩体特性	节理裂隙不发育和坚硬的岩性	节理裂隙较发育、发育和中等坚硬的岩体	节理裂隙极发育和软弱的岩体
保护层厚度	25d	30d	40d
注: d 为炮孔装药直径。			

- 2) 紧邻水平建基面的保护层宜选用下列一次爆破法予以挖除:
 - 岩建基面采取水平预裂爆破,上部采用水平孔台阶或浅孔台阶爆破法;
 - 沿建基面进行水平光面爆破,上部采用浅孔台阶爆破法;
 - 孔底无水时,可采用垂直(或倾斜)浅孔,孔底加柔性或复合材料垫层的台阶爆破法。
 - 以上任何一种爆破方法均应经过试验证明可行后才可实施。
 - 3) 经爆破使用证明可行,水平建基面也可采用深孔台阶一次爆破法,该方法应采取以下措施:
 - 水平建基面应采用水平预裂爆破方法;
 - 台阶爆破的爆破孔底与水平预裂面应有合适距离。
 - 4) 紧邻水平建基面的保护层也可采用分层爆破。
- j) 沟槽爆破应采用以下措施:
- 1) 宜采用小直径炮孔分层爆破开挖,周边应采用光面爆破或预裂爆破。
 - 2) 对于宽度小于 4 m 的沟槽,炮孔直径应小于 50 mm,炮孔深度宜小于 1.5 m。
 - 3) 沟槽两侧的预裂爆破不应同时起爆,如两侧的预裂爆破在同一网路中起爆,则其中一侧应至少滞后 100 ms。
- k) 不良地质地段的高边坡,在开挖过程中,应满足下列要求:
- 1) 应提出相应解决的办法:
 - 岩质边坡加固可采用挂网喷锚方式;
 - 强风化与土质边坡可采用混凝土或砌石网格架内镶砌石或填土,并在网格节点设深锚杆或锚索;
 - 可按设计要求分别采取重力挡墙和坡脚压重、抗滑桩、预应力锚索或锚杆、沉井等处理方法。
 - 2) 应注意以下问题:
 - 应选择合理的开挖施工程序。
 - 应选择合理的梯段开挖高度。

- 应采取预裂等防震措施。
- 应确定合理的爆破参数；应严格控制最大单响药量和一次起爆的装药量。
- 对局部受构造影响、切割严重的岩体应研究采取适宜的开挖方法及加固处理措施。
- 对已挖的坡面应采取合理、有效的措施，及时加固。
- 应加强地面与地下排水，降低外水压力。

1) 在建筑物或新浇筑混凝土附近进行爆破时，建筑物或新浇混凝土基础面上的质点振动速度不应大于爆破振动安全允许标准，爆破振动安全允许标准应由爆破试验确定，并在钻孔爆破施工中按质点振动速度进行预报和控制。如需在新灌浆区、新预应力锚固区、新喷锚(或喷浆)支护区等部位附近进行爆破，应通过试验论证后才能实施，特殊情况下也可按已有工程实例类比法经论证后确定。

6.1.4 土石方填筑应符合下列要求：

- a) 填方基底的处理，应符合设计要求，开挖到设计基底后清除杂物，排除积水，在基础处理及隐蔽工程经验收合格后才能填筑。
- b) 填筑土石料的种类、级配、含水量、土块大小、超径颗粒等均应符合设计规定。
- c) 黏性土料填筑应严格控制含水量：
 - 1) 当土料天然含水量大于施工控制含水量的上限时，应采取下列措施：
 - 应做好料场四周的截流沟及料场内的纵横排水沟；
 - 应采取分层取土或用机械松土等措施翻晒土料；
 - 可利用含水量低的土料掺入含水量高的土料进行调整。
 - 2) 对于土料天然含水量小于施工控制含水量的下限时，宜采用料场加水或坝面洒水调整含水量。凡不符合要求的土料，不应运入填筑面。
- d) 各层填筑前，应对各料填筑部位的设计尺寸和外边坡测量放样，确保其断面尺寸符合设计要求。
- e) 施工前应根据工程特点、填料种类、设计压实系数、施工条件等合理选择压实机具，并确定土料含水量控制范围，进行铺土厚度和压实遍数等参数试验。无试验条件可参照表 15 选用。
- f) 振动平碾适用于填料为开挖石渣、碎石、卵石类土。使用 80 kN~130 kN 重的振动平碾压实时，铺土厚度宜为 0.6 m~1.0 m，最大粒径不应大于铺料层厚的 2/3，并应根据料质、岩性适当洒水。碾压时，宜先静压，后振压，碾压遍数由现场试验确定，宜碾压 4~6 遍。对于黏性土，宜采用静碾。
- g) 机械碾压应控制行驶速度。平碾、振动碾不宜超过 2 km/h；羊足碾不宜超过 3 km/h。

表 15 填方每层铺土厚度的压实遍数

压实机具	每层铺土厚度 (mm)	每层压实遍数 (遍)
平碾(80 kN~130 kN)	200~300	6~8(矿渣 10~12)
羊足碾(75 kN~160 kN)	200~350	8~16
蛙式打夯机 2 kN	200~250	3~4
人工打夯	不大于 200	10~12
振动碾(80 kN~130 kN)	600~1 000	6~8
平板式振动器	150~250	—

^a 人工打夯时，土块粒径不应大于 50 mm。

- h) 施工中应严格控制压实参数。压实合格后方可铺筑上层新料。分段填筑时,相邻两段交接带碾迹应彼此搭接,垂直碾压方向搭接带宽度不应小于 0.3 m~0.5 m;平行碾压方向搭接带宽度应为 1 m~1.5 m。上下层分段位置应错开,错缝距离不应小于 1 m。土料填筑层之间的结合应良好,除用羊角碾或凸块碾压实外,其他机具压实的层面都应进行刨毛和洒水润湿处理,才能铺筑新料。
- i) 防渗土料的填筑应符合下列要求:
- 1) 防渗土料的铺筑应沿坝轴线方向进行,铺料应及时,宜采用定点测量方式,严格控制铺土厚度,不应超厚。防渗土料铺筑宜增加平地机平整工序。
 - 2) 防渗体土料应用进占法卸料,汽车不应在已压实土料面上行驶。
 - 3) 防渗体土料宜采用振动凸块碾压实。碾压应沿坝轴线方向进行。如特殊部位只能垂直坝轴线方向碾压时,铺料和碾压应现场监控,不应超厚、漏压或欠压。
 - 4) 防渗体分段碾压时,相邻两段交接带碾迹应彼此搭接,垂直碾压方向搭接带宽度不应小于 0.3 m~0.5 m;平行碾压方向搭接带宽度应为 1 m~1.5 m。
- j) 填筑时,每层内外边坡应按规定留足余量,填筑至设计高程后削坡到设计要求断面。各层预留压实超填宽度宜为 300 mm~500 mm。
- k) 填方应按设计要求预留沉陷量。如设计无规定时,可根据工程性质、填方高度、填料种类、压实系数和地基情况等与设计单位共同确定。
- l) 质量控制与检查应贯穿整个填筑过程。检查填筑料、检测含水量变化、铺土厚度、碾压遍数、层间结合、接头处理、压实后的干密度,以及边坡尺寸等,均应达到批准的碾压试验参数要求或设计要求。

6.2 洞室开挖

6.2.1 地下洞室施工测量应符合第 4 章的规定。

6.2.2 在洞室开挖前应编制施工组织设计,并组织专家对施工组织设计进行审查论证,批准同意后才能开工。洞室开挖施工组织设计至少应包括以下内容:

- a) 工程概况。
- b) 施工布置及辅助设施。
- c) 施工方法。
- d) 施工进度计划。
- e) 施工资源配置。
- f) 安全及质量保证措施。
- g) 施工安全监测及防护。
- h) 环境保护及水土保持措施。

6.2.3 洞室开挖应符合下列要求:

- a) 地下洞室开挖方法应根据地质条件、工程规模、支护方式、工期要求、施工资源配置及施工条件等选定,宜采用“新奥法”施工。水利水电地下工程围岩工程地质分类见附录 B。
- b) 地下洞室不宜欠挖,其开挖半径的平均径向超挖值,平洞不应大于 150 mm,斜井、竖井不应大于 200 mm。地质条件较差时,应共同协商确定。
- c) 施工过程中应根据工程实际地质情况及施工特点,采取有效的支护措施,保证施工安全。
- d) 根据地下洞室开挖尺寸和断面大小,洞室规模可划分为以下几种:
 - 1) 特小断面:面积(指设计开挖面积,下同)小于 10 m² 或跨度小于 3.0 m;
 - 2) 小断面:面积为 10 m²~30 m² 或跨度为 3.0 m~5.5 m;
 - 3) 中断面:面积为 30 m²~60 m² 或跨度为 5.5 m~7.5 m;

- 4) 大断面:面积为 $60\text{ m}^2\sim 120\text{ m}^2$ 或跨度为 $7.5\text{ m}\sim 12.0\text{ m}$;
- 5) 特大断面:面积大于 120 m^2 或跨度大于 12.0 m 。

6.2.4 洞口开挖应符合下列要求:

- a) 地下开挖工程施工前,应对地下洞室洞口岩体稳定性进行分析,确定开挖方法、支护措施和洞口边坡加固方案等。
- b) 洞口削坡应自上而下分层进行,不应上下垂直作业。洞口边坡危石应清理干净,排水设施通畅。
- c) 进洞前应组织参建各方对洞脸岩体进行鉴定,确认稳定后方可进洞。
- d) 应根据洞口断面大小、地质情况等确定进洞方式、是否进行支护。
- e) 洞口应设置防护棚等安全措施。在不稳定和极不稳定的Ⅳ类、Ⅴ类围岩中,开挖前可先将附近一定范围的山体加固或浇筑明拱,然后再开挖洞口。

6.2.5 平洞开挖应遵守下列规定:

- a) 在Ⅰ~Ⅲ类围岩中,当开挖洞径小于 10 m 时,宜采用全断面开挖方法;当开挖洞径在 10 m 及以上时,可采用台阶法开挖。
- b) 在Ⅳ类围岩中,当开挖断面为中断面以上时,宜采用分部开挖,开挖后应立即进行临时支护。
- c) 在Ⅴ类围岩中开挖平洞时,应按 6.2.13 条的规定进行。

6.2.6 竖井与斜井开挖应遵守下列规定:

- a) 倾角小于 30° 的斜井,可采用自上而下全断面开挖;倾角为 $30^\circ\sim 45^\circ$ 的斜井,可采用自上而下全断面开挖或自下而上开挖,若采用自下而上开挖时,应有扒渣和溜渣措施;倾角大于 45° 的斜井和竖井,可采用自下而上先挖导井、再自上而下扩挖或自下而上全断面开挖。
- b) 竖井与斜井采用自上而下全断面开挖时,应锁好井口,确保井口稳定,并防止杂物坠落井内;当存在不利地质条件时应及时支护。
- c) 当采用贯通导井后再自上而下进行扩大开挖时,除应遵守上面条款规定外,还应采取有效措施防止导井堵塞和发生人员坠落事故。
- d) 在Ⅰ类、Ⅱ类围岩中开挖小断面竖井,可采取吊罐法、爬罐法或反井钻机法自下而上全断面开挖。
- e) 在Ⅰ类、Ⅱ类围岩中,开挖中断面以上的竖井时,可采用先挖导井再自上而下扩大开挖的施工方法,导井断面宜为 $4\text{ m}^2\sim 5\text{ m}^2$ 。

6.2.7 地下厂房岩壁吊车梁、岩台吊车梁、高压岔管、拱脚及相邻处的边墙、岩塞和在成型后的高墙上开挖洞口等特殊部位开挖应遵守下列规定:

- a) 特殊部位的开挖,应做专门设计。
- b) 特殊部位开挖应合理分块,采用控制爆破技术开挖。开挖前应通过爆破试验确定满足设计要求的爆破参数。
- c) 岩壁吊车梁开挖应严格控制开挖岩面的起伏差,如开挖岩面的起伏差不符合设计要求,应采取必要的措施,以改善结合面受力条件。
- d) 特殊部位开挖保护层厚度不宜小于 2 m 。
- e) 分层开挖时,岩壁吊车梁最低点距所在开挖层面的高度宜控制在 2 m 以上。开挖采用光面爆破技术。

6.2.8 施工支洞施工应遵守下列规定:

- a) 施工支洞的设置,应根据地下建筑物的布置、工程量、总进度、地形、地质条件、施工方法、施工道路布置及施工机械等因素经技术经济比较确定,并应遵守下列规定:
 - 1) 采用钻孔爆破法开挖时,支洞的间距宜在 3 km 以内;竖井与斜井的施工支洞,高差宜在 200 m 以内;

- 2) 需自内向外开挖或衬砌洞口时,可在洞口附近设置施工支洞;
 - 3) 地下厂房分层开挖,应利用永久隧洞作为施工支洞,或从永久隧洞内分岔施工支洞,必要时另增设施工支洞。
- b) 支洞布置应遵守下列规定:
- 1) 沿洞线的地质条件较好。
 - 2) 洞线短。
 - 3) 通向支洞口的交通运输线路工程量小。
 - 4) 各支洞承担的工程量大体平衡。
 - 5) 洞外有适宜的弃渣场地。
 - 6) 洞口高程应满足相应的防洪标准等。
- c) 支洞断面尺寸应满足运输、支护、各种管线布置及人行安全的要求。采用单车道时,每 200 m 宜设一个错车道。
- d) 支洞洞线宜与主洞正交,交叉口应满足运输线路最小转弯半径的要求。有条件时,支洞应有向洞外 3‰ 左右的下坡,排水沟应保持畅通,并设置排水井。
- e) 地形条件限制,支洞出现倒坡时,应制定专项排水措施。

6.2.9 钻孔爆破应遵守下列规定:

- a) 地下洞室设计轮廓线的开挖,应采用光面爆破或预裂爆破技术。
- b) 开挖施工前,应进行爆破参数的试验。
- c) 根据设计图纸、地质情况、爆破材料性能及钻孔机械等条件,应进行钻爆设计。
- d) 钻孔爆破作业,应按照批准的爆破设计图进行。
- e) 钻孔质量应符合下列要求:
 - 1) 钻孔孔位应根据测量定出的中线、腰线及孔位轮廓线确定;
 - 2) 周边孔在断面轮廓线调整的范围和掏槽孔的孔位偏差宜不大于 ± 50 mm,其他炮孔的炮位偏差不应大于 ± 100 mm;
 - 3) 炮孔的孔底应落在爆破图所规定的平面上;
 - 4) 炮孔方向应一致,钻孔过程中,应经常进行检查,对周边孔和预裂爆破孔应控制好钻孔角度;
 - 5) 炮孔经检查合格后,方可装药爆破。
- f) 炮孔的装药、堵塞和引爆线路的联接,应由取得爆破员资格证的作业人员按爆破图进行。
- g) 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或参照附录 C 选取。
- h) 光面爆破和预裂爆破的效果,应采用下列标准进行检验:
 - 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:完整岩石应不小于 80%,较完整和完整性差的岩石应不小于 50%,较破碎和破碎岩石应不小于 20%。
 - 2) 相邻两孔间的岩面平整,孔壁不应有明显的爆震裂隙;
 - 3) 相邻两茬炮之间的台阶或预裂爆破的最大外斜值,应小于 100 mm;
 - 4) 预裂爆破后应形成贯穿连续性的裂缝。

6.2.10 出渣与运输应符合下列要求:

- a) 按照确定的施工方法,选择出渣、运输方式及设备。
- b) 石渣的堆放和利用,应满足工程需要,保证工程安全,并满足环境保护、水土保持等要求,减少对自然环境的破坏。
- c) 中小型隧洞出渣,宜采用有轨运输方式。当使用机车牵引,宜优先采用电瓶机车。
- d) 采用装岩机装渣时,应使轨道紧跟开挖面,调车设施亦应及时向前移动。

- e) 洞内运输宜设双道。用单车道时,应设错车道,其有效长度应满足列车车组的要求,间距应按行车密度确定。
- f) 在开挖断面、通风条件、运输距离允许时,可采用装载机或挖掘机配自卸汽车出渣方式。道路最大纵坡应根据运输车辆性能和出渣设备工作条件确定,宜为9%,最大纵坡限长150 m,会车视距宜为40 m。局部最大纵坡不宜大于14%。
- g) 斜井、竖井出渣运输时,提升设备的钢丝绳安全系数应符合下列要求:
 - 1) 用于载人的升降机、吊篮绳,其安全系数不应低于14。
 - 2) 用于绑扎起重物的绑扎绳、升降物料的升降机,其安全系数应大于8。
- h) 斜井采用卷扬机出渣运输时,应符合下列条件:
 - 1) 铺设大于15°的斜坡轨道时,应有防止轨道下滑措施。
 - 2) 轨道斜坡段与平段应以竖曲线连接,在竖曲线与平直段相接处应设倒坡,并在适当位置上设置能够控制的挡车装置。
 - 3) 牵引绳应与斜坡段轨道中心线一致,并设地滑轮承托。
 - 4) 车辆运行速度,不宜超过2 m/s。
 - 5) 斜坡段应设置人行道与安全扶手,人行道边缘与车辆外缘的距离不应小于300 mm;
 - 6) 斜井内每隔100 m宜设一个避车洞。
- i) 斜井采用泄槽溜渣时,应根据斜井倾角确定泄槽形式,采取严格的安全保护设施。
- j) 竖井采用吊罐出渣运输时应符合下列要求:
 - 1) 井深大于40 m时,应设吊罐导向装置。
 - 2) 吊罐装渣重量不应超过设计值。
- k) 斜井和竖井运输,应有可靠的通信和信号联系,信号应声光兼备。
- l) 提升设备应有防止过卷、超速、过电流和失电压等保险装置及可靠的制动系统,并加强维护检查工作。

6.2.11 临时支护应遵守下列规定:

- a) 开挖后需要支护的地段,应根据围岩条件、洞室断面型式、断面尺寸、开挖方法、围岩自稳时间等因素,确定以锚杆、喷射混凝土为主的临时支护方案。
- b) 锚喷支护类型应根据围岩特性、断面尺寸、施工方法,通过工程类比或现场监测结果确定。
- c) 构架支撑与锚喷支护应在Ⅳ类、Ⅴ类围岩中使用,并应进行设计确定。

6.2.12 断层及破碎带、缓倾角节理密集带、岩溶发育、地下水丰富及膨胀岩体地段等不良地质地段开挖应遵守下列规定:

- a) 在不良地质地段中开挖洞室时,应制定制定专项保证安全措施的工程措施和切实可行的施工方案,采取切实可行的支护方案,并经批准。
- b) 在不良地质地段开挖洞身时,应通过隧洞开挖面内的导洞超前开挖或采用大口径水平钻机在掌子面沿掘进方向钻水平孔等超前勘探方法,加强地质预报。应做好排水、锁好洞口、尽早衬砌,采用短进尺、弱爆破、强支护的方法,勤检查、勤观测、勤反馈,及时采取加固等措施。
- c) 应从工作面加固围岩,主要使用超前支护方法,即插入超前锚杆、管棚、超前灌浆加固措施。
- d) 对于破碎和软弱的粘土岩等,对岩体可采用预灌浆加固、先护后挖、边挖边护等方法施工。可从施工支洞加固主洞周边围岩,再进行主洞开挖。加固范围根据工程地质条件决定。加固措施可采用锚杆、板被或钻孔桩等,应视工程具体条件决定。
- e) 根据不良地质地段的工程地质及水文地质情况,可采用灌浆达到加固围岩、止水及止水兼加固三种目的。
- f) 当洞室围岩被不利组合的结构面切割成不稳定块体时,应采用边挖、边锚的施工方法。
- g) 地下水活动较严重地段,应探明地下水活动规律、涌水量大小、地下水位及补给来源,宜采用

排、堵、截、引的综合治理措施。

- h) 在岩溶地段开挖时,应先查明岩溶类型、溶蚀形态、充填及堆积物性质、分布范围及地下水的活动规律。应根据岩溶的规模、稳定程度,确定开挖方法和处理措施。穿过溶洞时,不应破坏其稳定性。宜采用封堵、隔离、清除或支护方法处理溶洞中的危石。对漏水通道,必要时可采用弱透水材料回填或水泥灌浆封堵。
- i) 在不良地质条件洞段的洞室开挖与支护后,应加密布置监测断面,增加观测频次,及时通报监测结果,遇有异常情况,应立即采取加固措施。
- j) 塌方发生后,应查明塌方原因及其规模、规律,提出措施,合理处置,防止塌方范围的延伸和扩大。对裂隙扩张造成的小塌方,宜采用喷锚法、挑梁法、替换支撑法等进行处理;对塌方体窄长的小塌方,可采用对顶支撑法、挑梁法等进行处理;对中塌方宜用喷锚法、插筋排架法、护顶法、钢管棚架法等进行处理;对大塌方可采用灌浆法,环形导洞法,混凝土纵梁法等进行处理;地下水活动强烈时,宜先治水后治塌。

6.2.13 应根据工程地形、地貌、围岩条件和施工方法,确定洞室开挖的安全监测项目、数量和选择监测仪器,并做好安全监测数据的采集、整理和分析。变形异常时,应及时采取处理措施。

6.2.14 地下洞室施工应做好通风、防尘、防有害气体、防岩爆工作。

6.2.15 地下洞室开挖施工过程中,洞内氧气体积不应少于 20%,有害气体和粉尘含量应符合卫生规定。

6.2.16 通风方式应根据地下洞室的布置、洞室规模及尺寸、施工程序、施工方法、工作面有害气体和粉尘含量及其危害程度等因素综合确定。

6.3 地基与基础处理

6.3.1 基础面清理及处理应符合下列要求:

- a) 地基开挖达到建基面,应对基础面进行清理及处理。
- b) 清理建筑物基础面时,应将地面上的草皮、竹、木、树根、乱石、淤泥、腐植土、泥炭、坟墓及各种建筑物全部清除。对坡残积物、滑坡体等,应按设计要求清除。
- c) 对岩石基础面欠挖的处理,应符合 6.1.3 条的相关规定。
- d) 基础面沿流向倾斜时,应向上游方向缓倾,其坡度不宜大于 1:10,岸坡基础有反坡,应处理成为顺坡。尖角应处理成钝角。其他情况应采取结构措施,用浆砌块石或混凝土填平补齐。
- e) 开挖后建基面应满足设计要求,无松动岩块和破碎岩石,表面清洁、无泥垢、油污。
- f) 前期地质勘探和试验中遗留的钻孔、平洞、竖井、探槽等,应按设计要求回填和处理。
- g) 开挖之后基础面暴露出来的节理、裂隙、断层破碎带、溶洞、岩穴和软弱夹层等不良地质问题,应按设计要求及时处理。当设计无规定时,应参照下列措施处理:
 - 1) 对节理裂隙可喷砂浆或喷混凝土封闭。对于较宽的裂隙,应将裂隙充填物清除一定深度,再回填水泥砂浆或混凝土。
 - 2) 对断层破碎带的处理,应视其具体情况,在清除一定深度后,宜先浇筑混凝土板、混凝土塞或用浆砌石封堵,再作固结灌浆处理。
 - 3) 对溶洞、岩穴宜用混凝土塞堵塞洞穴,再进行充填灌浆或固结灌浆。
 - 4) 软弱夹层埋深浅,应将软弱层挖除。软弱夹层倾角较陡,嵌入较深,应在清除一定深度后,回填混凝土封闭。
- h) 基础面出现涌水或渗水,应妥善封堵和导排。不应因渗水而影响清基、回填或浇筑质量,而进一步恶化基础条件。
- i) 对极易风化、软化和冻裂的软弱基础面,在上部结构暂不施工覆盖时,应及时用砂浆或混凝土封闭。或按设计要求进行处理。

- j) 基础处理结束后,应进行重要隐蔽工程验收。未经验收签证,不应进行下一道工序的回填或浇筑等作业。

6.3.2 软土地基处理有换填、加筋、预压、夯实及钻孔灌注桩、预制桩等方法。

6.3.3 预应力锚固主要用于建筑物地基锚固、挡土边墙锚固、高边坡山体锚固以及地下洞室岩体锚固等。

6.4 防渗处理

6.4.1 土石坝坝体防添加固宜采用套井、和劈裂灌浆等;坝基及坝肩防渗宜采用帷幕灌浆、防渗墙等。

6.4.2 土石坝套井防渗处理应符合下列要求:

- a) 土石坝防渗套井所需黏土料场复查应符合下列要求:
 - 1) 开工前应对土料场进场复查,复查主要包括土料质量、储藏量等。
 - 2) 土料质量指标应符合设计要求,宜包括土料的种类、颗粒大小、粘粒含量、含水率、渗透系数、最大干密度等。
 - 3) 储藏量应与地勘报告基本相同,不宜小于设计用量 2.5 倍以上。
- b) 套井开挖应遵守下列规定:
 - 1) 应按施工图放样确定套井开挖轴线,套井中心线宜在坝轴线偏上游原防渗体内,在不良地质情况下可适当调整,应保证搭接厚度。套井轴线延长两端应设立固定基桩,套井开挖前应复核井中心点位置。
 - 2) 套井开挖所用设备应满足设计孔径要求,并满足设计要求的垂直度。
 - 3) 套井应严格按先主井、后副井(套井)的顺序施工。
 - 4) 套井开挖深度或底部地质条件应达到设计要求。
- c) 套井回填前,孔底应无杂物、无积水。开挖完成后应及时做好隐蔽工程验收记录(包括孔号、时间、底高程、孔斜率、搭接厚度、孔底地质描述、造孔过程异常情况)。应根据试验孔确定的施工参数进行套井回填施工。
- d) 套井渗水或坍孔处理应符合下列规定:
 - 1) 如有少量渗水,应采用回填黏土料夯实固壁,重新开挖。对于透水地基,套井底部 1 m 宜采用 1:4~1:5 水泥石土回填。
 - 2) 局部段坍塌,宜下套筒支护井孔。
 - 3) 对于坍塌孔套井,宜采用在该孔上下游增设补强孔进行加固处理,排除孔内积水,然后在套井轴线段开挖。
 - 4) 因特殊地质原因需局部调整套井轴线时,应由设计出具设计修改通知进行明确。
- e) 套井回填应符合下列要求:
 - 1) 回填土料应符合设计及相关规范要求。
 - 2) 回填施工前应做好夯实试验,根据试验成果确定铺土厚度、锤重、落锤高度、夯实次数等施工指标。当回填距坝顶 2 m 以内时,夯锤高度宜小于 2 m。
 - 3) 套井施工完成后,应清除坝顶(套井顶部)200 mm~300 mm 土层,再填筑砂壤土保护层。
- f) 套井施工质量应符合下列要求:
 - 1) 回填土料应作土样试验,内容包括颗粒分析、最大干密度、最优含水量、渗透系数等,以此确定土料回填控制参数。土料粘粒含量宜在 25%~50%,塑性指数不宜大于 20,渗透系数不应大于 1×10^{-4} mm/s,填筑含水量应控制在最优含水量附近,上下偏差宜不超过 $\pm(2\% \sim 3\%)$,土料外观松散、不结块。
 - 2) 套井开挖井中心定位偏差应不大于 ± 30 mm,井孔孔斜率应不大于 0.4%。孔底高程应符合设计要求,宜达到强风化下限或相对不透水层。

- 3) 填筑压实度不宜小于 96%，不合格压实度应不小于设计值的 98%，且不合格样不应集中。
- 4) 每孔套井应在套井底部、中部和顶部分别检测回填土干密度(压实度)，宜每 10 孔作为一个单元，检测回填土渗透系数。

g) 套井安全施工应遵守下列规定：

- 1) 套井施工安全主要包括人员、设备及用电安全。设备操作人员应经过培训，并持证上岗。施工设备应可靠，钢缆无破损和瑕疵，转动部分应有防护。
- 2) 套井施工时，无关人员严禁靠近；施工间隙休息时，套井口应覆盖并设立安全警示牌。
- 3) 套井填土取样时应采用专用设备。

6.4.3 坝基帷幕灌浆应符合下列要求：

a) 灌浆材料和浆液：

- 1) 灌浆工程所采用的水泥品种，应根据灌浆目的和环境水的侵蚀作用等由设计确定。
- 2) 灌浆用水泥必须符合质量标准，不得使用受潮结块的水泥。灌浆用水应符合拌制水工混凝土用水的要求。
- 3) 水工建筑物水泥灌浆宜使用纯水泥浆液。在特殊地质条件下或有特殊要求时，根据需要，通过现场灌浆试验论证。
- 4) 根据灌浆需要，可在水泥浆液中掺入下列掺合料：
 - 砂：应为质地坚硬的天然砂或人工砂，粒径不宜大于 2.5 mm，细度模数不宜大于 2.0， SO_3 含量宜小于 1%，含泥量不宜大于 3%，有机物含量不宜大于 3%；
 - 粘性土：塑性指数不宜小于 14，粘粒(粒径小于 0.005 mm)含量不宜低于 25%，含砂量不宜大于 5%，有机物含量不宜大于 3%；
 - 粉煤灰：应为精选的粉煤灰，不宜粗于同时使用的水泥，烧失量宜小于 8%， SO_3 含量宜小于 3%；
 - 水玻璃：模数宜为 2.4~3.0，浓度宜为 30~45 波美度；
 - 其他掺合料。
- 5) 根据灌浆需要，可在水泥浆液中加入速凝剂、减水剂、稳定剂等外加剂。
- 6) 各类浆液掺入掺合料和加入外加剂的种类及其掺加量应通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定。

b) 制浆：

- 1) 制浆材料必须称量，称量误差应小于 5%。水泥等固相材料宜采用重量称量法。
- 2) 各类浆液必须搅拌均匀并测定浆液密度。
- 3) 纯水泥浆液的搅拌时间，使用普通搅拌机时，应不少于 3 min；使用高速搅拌机时，宜不少于 30 s。浆液在使用前应过筛，自制备至用完的时间宜小于 4 h。
- 4) 拌制细水泥浆液和稳定浆液应加入减水剂和采用高速搅拌机。高速搅拌机搅拌转速应大于 1 200 r/min。搅拌时间宜通过试验确定。细水泥浆液自制备至用完的时间宜小于 2 h。
- 5) 集中制浆站宜制备水灰比为 0.5 : 1 的纯水泥浆液。输送浆液流速宜为 1.4 m/s~2.0 m/s。各灌浆地点应测定来浆密度，调制使用。
- 6) 寒冷季节施工应做好机房和灌浆管路的防寒保暖工作。炎热季节施工应采取防热和防晒措施。浆液温度应保持在 5℃~40℃之间。若用热水制浆，水温不得超过 40℃。

c) 灌浆设备和机具：

- 1) 搅拌机的转速和拌和能力应分别与所搅拌浆液类型和灌浆泵的排浆量相适应，并能保

证均匀、连续地拌制浆液。

- 2) 灌浆泵性能应与浆液类型、浓度相适应,容许工作压力应大于最大灌浆压力的 1.5 倍,并应有足够的排浆量和稳定的工作性能。灌注纯水泥浆液应采用多缸柱塞式灌浆泵。
- 3) 灌浆管路应保证浆液流动畅通,并能承受 1.5 倍的最大灌浆压力。
- 4) 灌浆泵和灌浆孔口处均应安设压力表。使用压力宜在压力表最大标值的 $1/4 \sim 3/4$ 之间。压力表应经常进行检定,不合格的和已损坏的压力表严禁使用。压力表与管路之间应设有隔浆装置。
- 5) 灌浆塞应和采用的灌浆方式、方法、灌浆压力及地质条件相适应。胶塞(球)应具有良好的膨胀性和耐压性能,在最大灌浆压力下能可靠地封闭灌浆孔段,并且易于安装和卸除。
- 6) 灌浆压力大于 3 MPa 时,应配制和采用下列灌浆设备和机具:
 - 高压灌浆泵,其压力摆动范围不大于灌浆压力的 20%;
 - 耐蚀灌浆阀门;
 - 钢丝编织胶管;
 - 大量程压力表;
 - 其最大标值宜为最大灌浆压力的 2.0~2.5 倍;
 - 孔口封闭器或专用高压灌浆塞。

d) 灌浆:

- 1) 蓄水前应完成蓄水初期最低库水位以下的帷幕灌浆及其质量检查和验收工作。蓄水后,帷幕灌浆应在库水位低于孔口高程时施工。
- 2) 同一地段的基岩灌浆必须先固结灌浆后帷幕灌浆的顺序进行。
- 3) 帷幕灌浆必须按分序加密的原则进行。由三排孔组成的帷幕,应先进行边排孔的灌浆,然后进行中排孔的灌浆;边排孔宜分为三序施工,中排孔可分为二序或三序施工。由两排孔组成的帷幕,宜先进行下游排孔的灌浆,然后进行上游排孔的灌浆;每排孔宜分为三序施工。单排帷幕灌浆孔应分为三序施工。
- 4) 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,一个坝段或一个单元工程内,后序排上的第一序孔宜在前序排上最后次序孔在岩石中均灌完 15 m 后再开始钻进。同一排上相邻的两个次序孔之间,以及后序排上第一次序孔与其相应部位前序排上最后次序孔之间,在岩石中钻孔灌浆的间隔高差不得小于 15 m。
- 5) 帷幕后的主排水孔和扬压力观测孔必须在相应部位帷幕灌浆检查合格后,方可开始钻进。
- 6) 施工中不得在帷幕线上进行可能导致不良后果的灌浆试验。

e) 钻孔:

- 1) 帷幕灌浆孔宜采用回转式钻机和金刚石钻头或硬质合金钻头钻进。
- 2) 帷幕灌浆钻孔位置与设计位置的偏差不得大于 100 mm。因故变更孔位时,应征得设计同意。实际孔位应有记录;孔深应符合设计规定。
- 3) 帷幕灌浆孔宜选用较小的孔径,钻孔孔壁应平直完整。
- 4) 帷幕灌浆钻孔必须保证孔向准确。钻机安装必须平正稳固;钻孔宜埋设孔口管;钻机立轴和孔口管的方向必须与设计孔向一致;钻进应采用较长的粗径钻具并适当地控制钻进压力。
- 5) 帷幕灌浆孔应进行孔斜测量,发现偏斜超过要求应及时纠正或采取补救措施。
- 6) 垂直的或顶角小于 5° 的帷幕灌浆孔,其孔底的偏差值不得大于 0.25 m(孔深 20 m)、0.50 m(孔深 30 m)、0.80 m(孔深 40 m)。

- 7) 顶角大于 5° 的斜孔,孔底最大允许偏差值可根据实际情况适当放宽,方位角偏差值不宜大于 5° 。
 - 8) 钻灌浆孔时应对岩层、岩性以及孔内各种情况进行详细记录。
 - 9) 钻孔遇有洞穴、塌孔或掉块难以钻进时,可先进行灌浆处理,而后继续钻进。如发现集中漏水,应查明漏水部位、漏水量和漏水原因,经处理后,再行钻进。
- f) 钻孔冲洗、裂隙冲洗和压水试验:
- 1) 灌浆孔(段)在灌浆前应进行钻孔冲洗,孔内沉积厚度不得超过 200 mm。
 - 2) 帷幕灌浆孔(段)在灌浆前宜采用压力水进行裂隙冲洗,直至回水清净时止。冲洗压力可为灌浆压力的 80%,该值若大于 1 MPa 时,可采用 1 MPa。
 - 3) 在岩溶、断层、大裂隙等地质条件复杂地区,帷幕灌浆孔(段)是否需要进行裂隙冲洗以及如何冲洗,应通过现场灌浆试验或由设计确定。
 - 4) 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,先导孔应自上而下分段进行压水试验,各次序灌浆孔的各灌浆段在灌浆前宜进行简易压水。
 - 5) 帷幕灌浆采用自下而上分段灌浆法时,先导孔仍应自上而下分段进行压水试验。各次序灌浆孔在灌浆前全孔应进行一次钻孔冲洗和裂隙冲洗。除孔底段外,各灌浆段在灌浆前可不进行裂隙冲洗和简易压水。
- g) 灌浆方法和灌浆方式:
- 1) 灌浆孔的基岩段长小于 6 m 时,可采用全孔一次灌浆法;大于 6 m 时,可采用自上而下分段灌浆法、自下而上分段灌浆法、综合灌浆法或孔口封闭灌浆法。
 - 2) 帷幕灌浆应优先采用循环式,射浆管距孔底不得大于 500 mm。
 - 3) 帷幕灌浆段长度宜采用 5 m~6 m,特殊情况下可适当缩减或加长,但不得大于 10 m。
 - 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 2 m。
 - 5) 采用自上而下分段灌浆法时:灌浆塞应塞在已灌段段底以上 0.5 m 处;孔口无涌水的孔段,灌浆结束后可不待凝。但在断层、破碎带等地质条件复杂地区则宜待凝,待凝时间应根据地质条件和工程要求确定。
 - 6) 采用自下而上分段灌浆法时,灌浆段的长度因故超过 10 m,对该段宜采取补救措施。
- h) 灌浆压力和浆液变换:
- 1) 灌浆压力宜通过灌浆试验确定,也可通过公式计算或根据经验先行拟定,而后在灌浆施工过程中调整确定。
 - 2) 采用循环式灌浆,压力表应安装在孔口回浆管路上;采用纯压式灌浆,压力表应安装在孔口进浆管路上。压力读数宜读压力表指针摆动的中值,当灌浆压力为 5 MPa 或大于 5 MPa 时,也可读峰值。压力表指针摆动范围应小于灌浆压力的 20%,摆动幅度宜做记录。
 - 3) 灌浆应尽快达到设计压力,但注入率大时应分级升压。
 - 4) 灌浆浆液的浓度应由稀到浓,逐级变换。帷幕灌浆浆液水灰比可采用 5:1、3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.6:1、0.5:1 等七个比级。开灌水灰比可采用 5:1。
 - 5) 帷幕灌浆浆液变换:当灌浆压力保持不变,注入率持续减少时,或当注入率不变而压力持续升高时,不得改变水灰比;当某一比级浆液的注入量已达 300 L 以上或灌注时间已达 1 h,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,应改浓一级;当注入率大于 30 L/min

时,可根据具体情况越级变浓。

i) 灌浆结束标准和封孔方法:

- 1) 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,在规定的压力下,当注入率不大于 0.4 L/min 时,继续灌注 60 min;或不大于 1 L/min 时,继续灌注 90 min,灌浆可以结束;采用自下而上分段灌浆法时,继续灌注的时间可相应地减少为 30 min 和 60 min,灌浆可以结束。
- 2) 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,灌浆孔封孔应采用“分段压力灌浆封孔法”;采用自下而上分段灌浆时,应采用“置换和压力灌浆封孔法”或“压力灌浆封孔法”。

j) 特殊情况处理:

- 1) 灌浆过程中,发现冒浆、漏浆,应根据具体情况采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆等方法进行处理。
- 2) 帷幕灌浆过程中发生串浆时,如串浆孔具备灌浆条件,可以同时进行灌浆,应一泵灌一孔。否则应将串浆孔用塞塞住,待灌浆孔灌浆结束后,串浆孔再行扫孔、冲洗,而后继续钻进和灌浆。
- 3) 灌浆工作必须连续进行,若因故中断,可按照下述原则进行处理:
 - 应及早恢复灌浆,否则应立即冲洗钻孔,而后恢复灌浆,若无法冲洗或冲洗无效,则应进行扫孔,而后恢复灌浆;
 - 恢复灌浆时,应使用开灌比级的水泥浆进行灌注,如注入率与中断前的相近,即可改用中断前比级的水泥浆继续灌注,如注入率较中断前的减少较多,则浆液应逐级加浓继续灌注;
 - 恢复灌浆后,如注入率较中断前的减少很多,且在短时间内停止吸浆,应采取补救措施。
- 4) 孔口有涌水的灌浆孔段,在灌浆前应测记涌水压力和涌水量,根据涌水情况,可选用下列措施综合处理:
 - 自上而下分段灌浆;短的段长;高的灌浆压力;浓浆结束;屏浆;闭浆;纯压式灌浆;速凝浆液;待凝;压力灌浆封孔。
- 5) 灌浆段注入量大,灌浆难于结束时,可选用下列措施处理:低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆;浆液中掺加速凝剂;灌注稳定浆液或混合浆液。该段经处理后仍应扫孔,重新依照技术要求进行灌浆,直至结束。
- 6) 灌浆过程中如回浆变浓,宜换用相同水灰比的新浆进行灌注,若效果不明显,延续灌注 30 min,即可停止灌注。

k) 工程质量检查:

- 1) 质量检查应以检查孔压水试验成果为主,结合对竣工资料和测试成果的分析,综合评定。
- 2) 检查孔应在下述部位布置:
 - 帷幕中心线上;
 - 岩石破碎、断层、大孔隙等地质条件复杂的部位;
 - 注入量大的孔段附近;
 - 钻孔偏斜过大、灌浆情况不正常以及经分析资料认为对帷幕灌浆质量有影响的部位。
- 3) 检查孔的数量宜为灌浆孔总数的 10%。一个坝段或一个单元工程内,至少应布置一个检查孔。
- 4) 检查孔压水试验应在该部位灌浆结束 14 d 后进行。

- 5) 检查孔应自上而下分段卡塞进行压水试验,试验采用五点法或单点法。
- 6) 检查孔应采取岩芯,计算获得率并加以描述。
- 7) 质量压水试验检查,坝体混凝土与基岩接触段及其下一段的合格率应为 100%;再以下的各段的合格率应在 90%以上,不合格段的透水率值不超过设计规定值的 100%,且不集中,灌浆质量可认为合格。
- 8) 对帷幕灌浆孔的封孔质量宜进行抽样检查。

6.5 混凝土工程

6.5.1 模板

6.5.1.1 模板型式的选择应符合下列要求:

- a) 模板的型式应与建筑物结构特点和施工方法相适应。
- b) 对结构比较简单的大体积混凝土(重力坝、重力拱坝等)宜采用大型组合模板,并宜优先选用悬臂式模板;对板、梁、柱结构,亦宜采用组合模板。
- c) 对曲线断面且要求表面光滑平整的结构(闸墩、薄拱坝、溢流坝面、井筒等)宜优先选用滑动钢模板。
- d) 对建筑物较长且断面不变(隧洞、厂房顶拱等)的,宜采用移动式模板(如隧洞钢模台车)。
- e) 对非标准异形结构(进水口扭曲面、蜗壳、肘管等)无法采用组合钢模板时,可采用木模。
- f) 对闸墩过流面抗冲耐磨损部位、有美观要求部位和坝体内廊道的承重等部位,可选用预制钢筋混凝土模板。
- g) 在条件适宜处,可使用土胎修建拱圈或盖板。填土应密实,土的压实度应在 90%以上;土胎表面应设保护层,具有一定的强度和光滑度并易于脱膜;应防止土胎被水侵蚀。

6.5.1.2 模板及支架应符合下列要求:

- a) 应具有足够的强度、刚度和稳定性。
- b) 应能够保证混凝土浇筑后结构物的形状、尺寸和相互位置符合图纸规定,各项误差在允许范围之内。
- c) 模板表面光洁平整、接缝严密。
- d) 应制作简单、装拆方便、经济耐用,宜做到系列化、标准化。
- e) 模板及支架的材料宜选用钢材、木材或其他新型材料制作,且宜少用木材。钢材可使用碳素结构钢。木材不宜低于Ⅲ等材,腐朽、严重扭曲或脆性木材不应使用。

6.5.1.3 模板及支架的设计应符合以下规定:

- a) 重要结构物的模板、承重模板、移动式、滑动式及永久性模板,均应进行模板设计,并应提出对材料、制作、安装、使用及拆除工艺的具体要求。
- b) 设计模板及支架时,应考虑下列荷载,荷载的计算,见附录 E。
 - 1) 模板自身重力。
 - 2) 新浇混凝土的重力。
 - 3) 钢筋和预埋件的重力。
 - 4) 工作人员及仓面机具的重力。
 - 5) 振捣混凝土时产生的荷载。
 - 6) 新浇混凝土的侧压力。
 - 7) 新浇混凝土的浮托力。

- 8) 混凝土卸料时产生的荷载。
- 9) 风荷载。
- 10) 其他荷载。
- c) 在计算模板及支架的强度和刚度时,应根据模板种类,按表 16 选择可能发生的最不利的荷载组合进行。

表 16 常用模板的荷载组合

项次	模板种类	荷载组合(按 6.5.1.3(b)中的荷载编号)	
		计算强度用	计算刚度用
1	板和薄壳的底模板	1)+2)+3)+4)	1)+2)+3)+4)
2	厚板、梁和拱的底模板	1)+2)+3)+4)+5)	1)+2)+3)+4)+5)
3	梁、拱、柱(边长 ≤ 300 mm)、 墙(厚 ≤ 400 mm)的侧面垂直模板	5)+6)	6)
4	大体积结构、厚板、柱(边长 > 300 mm)、 墙(厚 > 400 mm)的垂直侧面模板	6)+8)	6)+8)
5	悬臂模板	1)+2)+3)+4)+5)+8)	1)+2)+3)+4)+5)+8)
6	隧洞衬砌模板台车	1)+2)+3)+4)+5)+6)+7)	1)+2)+3)+4)+6)+7)

注 1: 当底模板承受倾倒混凝土时产生的荷载对模板的承载能力和变形有较大影响时,应考虑荷载 8)。
注 2: 根据工程实践情况,合理考虑荷载 9)和 10)。

- d) 验算承重模板及支架的抗倾稳定性应该核算倾覆力矩、稳定力矩和抗倾稳定系数。应分别计算风荷载、实际可能发生的最大水平作用力和作用于承重模板边缘 1.5 kN/m 的水平力产生的倾覆力矩,并采用其中的最大值。在计算稳定力矩时,模板及支架的自重应取 0.8 的折减系数,如同时安装钢筋时,应包括钢筋的重力。抗倾稳定系数应大于 1.4。
- e) 验算模板及其支架的刚度时,其变形值不应超过下列数值:
 - 1) 结构外露表面的模板,为模板构件跨度的 1/400。
 - 2) 结构隐蔽表面的模板,为模板构件跨度的 1/250。
 - 3) 支架的压缩变形或弹性挠度,为相应的结构计算跨度的 1/1 000。

6.5.1.4 模板制作的允许误差,应符合模板设计规定,不宜超过表 17 的规定。

6.5.1.5 模板的安装应符合下列规定:

- a) 模板安装应按设计图纸测量放样,重要结构应多设控制点。
- b) 支架应支承在坚实的基础或老混凝土上,并应有足够的支承面积,斜撑应防止滑动。在湿陷性黄土地区,应有防水措施;如系冻胀土时,应有防冻融措施。
- c) 支架、脚手架各立柱之间,应有足够数量的杆件牢固连接。
- d) 模板的钢拉条不应弯曲,直径宜大于 8 mm,拉条与锚环的连接应牢固。锚固件(螺栓、钢筋环等)在受荷载时,应有足够的锚固强度。
- e) 多层支架的支柱应垂直,上下层支柱应在同一中心线上,支架的横垫木应平整,并应采取有效的构造措施,确保稳定。

表 17 模板制作的允许误差

单位: mm

项次	项目	允许误差
1	木模	
	1) 模板的长度和宽度;	±3
	2) 相邻两板面高差;	1
	3) 平面刨光模板局部不平(用 2 m 直尺检查)	5
	4) 面板缝隙	2
2	钢模、胶合模板及竹胶模板	
	1) 模板的长度和宽度;	±2
	2) 模板局部不平(用 2 m 直尺检查);	2
	3) 连接配件的孔眼位置	±1
注: 异形模板(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, 按模板设计的文件执行。		

- f) 现浇钢筋混凝土梁、板跨度不小于 4 m 时, 模板应起拱; 当设计无具体要求时, 起拱高度宜为全跨长度的 1/1 000~3/1 000。
- g) 模板接缝要严密不漏浆。模板与混凝土接触面应涂脱模剂。重复使用的模板, 应将模板上的泥浆、水泥浆、油污清除干净。
- h) 浇筑时, 应有专职值班人员随时检查模板, 如有走样或漏浆应及时采取措施处理。
- i) 模板安装的允许偏差, 当设计无规定时, 应符合表 18 的规定。

表 18 模板安装的允许偏差

单位: mm

项次	项目		外部表面	隐蔽内面
1	模板平整度	相邻两板面高低差	2	5
		表面平整(2 m 直尺检查)	5	10
2	大体积混凝土结构	结构物边线与设计边线	10	15
		水平截面内部尺寸	±20	
3	非大体积混凝土结构	轴线位置		5
		截面内部尺寸	基础	±10
			墩、墙、柱、梁	±5
		竖向偏差	高度 ≤ 5 m	6
高度 > 5 m	8			
4	承重底模板底面标高		0~+5	
5	预留孔、洞	中心线位置	±10	
		截面内部尺寸	-10	

6.5.1.6 现浇混凝土拆除模板的期限, 应符合设计规定。当设计无规定时, 应符合下列规定:

- a) 不承重的侧面模板, 应在混凝土强度达到 2.5 MPa 以上或能保证其表面及棱角不因拆模而损伤时, 方可拆除。

- b) 现浇结构承重模板及支架拆模时所需混凝土强度应达到表 19 的规定。
- c) 有温控防裂要求的部位,拆除期限应专门确定。

表 19 现浇结构承重模板及支架拆模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度(m)	按设计的混凝土强度标准值的百分率计(%)
板	≤2	50
	>2, ≤8	75
	>8	100
梁、拱、壳	≤8	75
	>8	100
悬臂构件	≤2	75
	>2	100

注：表中“设计的混凝土强度标准值”系指与设计混凝土强度等级相应的混凝土立方体抗压强度标准值。

6.5.2 钢筋

6.5.2.1 钢筋材料的要求应符合下列规定：

- a) 钢筋混凝土结构所用的钢筋牌号、规格等,应符合设计文件的规定,热轧钢筋的质量应符合规定。
- b) 钢筋应有出厂质量保证书;使用前,应按规定作屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和冷弯试验。对牌号后加“E”的钢筋,应补充最大力总伸长率检测项,并确认其实测抗拉强度与实测屈服强度之比不小于 1.25;实测屈服强度与屈服强度特征值之比不大于 1.30;最大力总伸长率不小于 9%。需要焊接的钢筋,应对焊接接头进行抽样检验。牌号不明或使用中发现性能异常的钢筋,应经复验合格后方可使用,但不应在承重结构的重要部位上使用。
- c) 钢筋需要代换时,应符合现行水工钢筋混凝土结构设计规范的规定,并应征得设计同意。

6.5.2.2 钢筋的加工应符合下列要求：

- a) 钢筋表面应洁净,加工前应将表面的油渍、浮皮等清除干净;钢筋应平直,无局部曲折;加工后的钢筋表面伤痕不应使钢筋截面面积减少 5%以上;钢筋弯曲角度、半径及形状应符合设计图纸的要求。如设计未作规定,所有受拉光面圆钢筋的末端应作 180°的半圆弯钩,其弯钩的内径不应小于钢筋直径的 2.5 倍,平直部分长度不宜小于钢筋直径的 3 倍。
- b) 钢筋加工的允许误差,应符合表 20 的规定。

表 20 加工后钢筋的允许误差

单位:mm

项次	项目	允许偏差
1	受力钢筋顺长度方向全长净尺寸	±10
2	钢筋弯起点位置	±20
3	箍筋各部分长度	±5

6.5.2.3 钢筋的接头应符合以下规定：

- a) 设计有专门要求时,应按设计要求进行,纵向受力钢筋接头位置宜设置在构件受力较小处并错

开。钢筋接头的连接方式根据钢筋材料特性选择,可采用焊接接头或机械连接接头或绑扎接头。轴心受拉构件、小偏心受拉构件和承受振动的构件,纵向受力钢筋接头不应采用绑扎接头;双面配置受力钢筋的焊接骨架,不应采用绑扎接头;受拉钢筋直径大于 28 mm 或受压钢筋直径大于 32 mm 时,不宜采用绑扎接头。

- b) 加工厂加工钢筋接头应采用闪光对焊。不能进行闪光对焊时,宜采用电弧焊(搭接焊、帮条焊、熔槽焊等)和机械连接(墩粗锥螺纹接头、墩粗直螺纹接头、剥肋滚压直螺纹接头等):
- 1) 直径大于 28 mm 的热轧钢筋接头,可采用熔槽焊、窄间隙焊或帮条焊连接。直径小于等于 28 mm 的热轧钢筋接头,可采用手工电弧搭接焊和闪光对焊焊接(工厂加工)。
 - 2) 直径为 20 mm~40 mm 的钢筋接头宜采用接触电渣焊(竖向)和气压焊连接,但直径大于 28 mm 时,应经试验论证后使用。可焊性差的钢筋接头不宜采用接触电渣焊和气压焊。
 - 3) 直径为 16 mm~40 mm 的 HRB335、HRB400 钢筋接头,可采用机械连接。采用直螺纹连接时,相连两钢筋的螺纹旋入套筒的长度应相等。
- c) 现场施工可采用绑扎搭接、手工电弧焊(搭接焊、帮条焊、熔槽焊、窄间隙焊)、气压焊和机械连接等。现场竖向或斜向(倾斜度在 1:0.5 的范围内)钢筋的焊接,宜采用接触电渣焊。
- d) 钢筋的交叉连接,宜采用接触点焊,不宜采用手工电弧焊。
- e) 采用机械连接的钢筋接头的性能指标应达到 I 级标准,经论证确认后,方可采用 II 级、III 级接头。
- 1) I 级:接头的抗拉强度不应小于被连接钢筋的实际拉断强度或不应小于 1.1 倍抗拉强度标准值,残余变形小并具有高延性及反复拉压性能。
 - 2) II 级:接头的抗拉强度不小于被连接钢筋的抗拉强度标准值,残余变形较小并具有高延性及反复拉压性能。
 - 3) III 级:接头的抗拉强度不小于被连接钢筋屈服强度标准值的 1.25 倍,残余变形较小并具有一定的延性及反复拉压性能。
- f) 当施工条件受限制,或经专门论证后,钢筋连接型式可根据现场条件确定。
- g) 焊接钢筋前应将施焊范围内的浮锈、漆污、油渍等清除干净。
- h) 负温下焊接钢筋应有防风、防雪措施。手工电弧焊应选用优质焊条,接头焊毕后避免立即接触冰、雪。在 -15°C 以下施焊时,应采取专门保温防风措施。雨天进行露天焊接,应有可靠的防雨和安全措施。低于 -20°C 时不宜焊接。
- i) 焊接钢筋的工人应持证上岗。

6.5.2.4 钢筋安装应符合下列规定。

- a) 钢筋的安装位置、间距、保护层及各分部钢筋的大小尺寸,均应符合设计规定。其偏差不应超过表 21 的规定。
- b) 钢筋安装时,应严格控制保护层厚度。钢筋下面或钢筋与模板间,应设置数量足够、强度高于构件设计强度、质量合格的混凝土或砂浆垫块。侧面使用的垫块应埋设铁丝,并与钢筋扎紧;所有垫块互相错开,分散布置。
- c) 在双层或多层钢筋之间,应用短钢筋支撑或采取其他有效措施。
- d) 现场焊接或绑扎的钢筋网,其钢筋交叉的连接,应按设计文件的规定进行。如设计文件未做规定,且钢筋直径在 25 mm 以下时,除楼板和墙内靠近外围两行钢筋之相交点应逐点扎牢外,其余按每隔一个交叉点扎结一个进行绑扎。

表 21 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	$\pm 1/2$ 净保护层厚
2	同一排受力钢筋的局部偏差： 1) 柱及梁 2) 板、墙	$\pm 0.5d$ (d 为钢筋直径) ± 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，其排与排局部偏差	± 0.1 排距
5	梁与柱中钢箍间距的偏差	0.1 钢箍间距
6	保护层厚度的局部偏差	$\pm 1/4$ 净保护层厚

- e) 板内双向受力钢筋网，应将钢筋全部交叉点扎牢。柱与梁的钢筋，其主筋与箍筋的交叉点在拐角处应全部扎牢，其中间部分可每隔一个交叉点扎结一个。
- f) 钢筋安装中交叉点的绑扎，HRB235、HRB335 钢筋，直径在 16 mm 以上且不损伤钢筋截面时，可采用手工电弧焊进行点焊来代替，但应采用细焊条、小电流进行焊接，并应严加外观检查，钢筋不应有明显的咬边和裂纹。
- g) 钢筋安装前应设架立筋，架立筋宜选用直径不小于 22 mm 的钢筋。安装后的钢筋，应有足够的刚性和稳定性。预制的绑扎和焊接钢筋网及钢筋骨架，运输和安装过程中应采取措施防止变形、开焊及松脱。
- h) 钢筋架设完毕，应及时妥加保护，防止发生错动、变形和锈蚀。浇筑混凝土之前，应进行详细检查，并填写检查记录。检查合格的钢筋，如长期暴露，应在混凝土浇筑之前重新检查，合格后方可浇筑混凝土。
- i) 混凝土浇筑施工中，应安排值班人员经常检查钢筋架立位置，如发现变动应及时矫正，不应擅自移动或割除钢筋。

6.5.3 混凝土

6.5.3.1 水泥的质量技术要求应符合以下规定：

- a) 水泥品质应符合标准。运至工地的水泥，应有生产厂的品质试验报告。试验室还应对水泥的安定性及强度进行复验，其检验方法应符合下列规定：
- 1) 每 200 t 同品种同强度等级的水泥为一取样单位，不足 200 t 也作为一取样单位，可从 20 个不同部位水泥中等量取样，混合均匀后作为样品，其总量至少 12 kg。
 - 2) 根据需要可采用水泥快速检验方法预测水泥 28 d 强度，作为混凝土生产控制和进行配合比设计的依据。
- b) 水泥品种按设计要求和条件进行选择，其原则如下：
- 1) 水位变化区外部、溢流面及经常受水流冲刷、有抗冻要求的部位，宜选用中热硅酸盐水泥或低热硅酸盐水泥，也可选用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。
 - 2) 水下不受冲刷部位或厚大构件内部混凝土，宜选用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥或火山灰硅酸盐水泥。
 - 3) 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、低热硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，也可选用低热微膨胀水泥、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、粉煤灰硅酸盐水泥。

- 4) 环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀性时,宜选用抗硫酸盐硅酸盐水泥。
- c) 水泥强度等级应与混凝土设计强度相适应,且不低于 32.5 MPa。水位变化区的混凝土和有抗冻、抗渗、抗冲刷、抗磨损等要求混凝土,强度等级不宜低于 42.5 MPa。
- d) 水泥应按不同品种、强度等级及牌号按批分别存储在水泥库房内。运输、保管过程注意防雨、防潮,如因存储不当引起质量有明显降低或袋装水泥出厂超过三个月,散装水泥超过六个月,应在使用前对其质量进行复验,并按复验的结果使用。
- e) 每一分部工程所用水泥品种不宜多于三种。未经试验论证,不同品种的水泥不应混合使用。
- 6.5.3.2 混凝土粗骨料可采用碎石或卵石,其品质要求应符合以下规定。
- a) 粗骨料应质地坚硬、清洁、级配良好,如有裹粉、裹泥或污染等应清除。
- b) 粗骨料最大粒径不应大于混凝土结构截面尺寸的 1/4 及钢筋最小净距的 2/3;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。
- c) 施工中宜将粗骨料按粒径分成下列几个粒径级:
- 1) 当最大粒径为 40 mm 时,分成 5 mm~20 mm 和 20 mm~40 mm 二级。
 - 2) 当最大粒径为 80 mm 时,分成 5 mm~20 mm、20 mm~40 mm 和 40 mm~80 mm 三级。
 - 3) 当最大粒径为 150(或 120)mm 时,分成 5 mm~20 mm、20 mm~40 mm、40 mm~80 mm 和 80 mm~150(或 120)mm 四级。
- d) 应控制各级骨料的超逊径含量。以原孔筛检验,其控制标准:超径不大于 5%,逊径不大于 10%。当以超逊径筛(方孔)检验时,其控制标准:超径为零,逊径不大于 2%。
- e) 碎石或卵石含有活性骨料、黄锈等应进行专门论证。
- f) 粗骨料的压碎指标值应符合表 22 的规定,其他品质要求应符合表 23 的规定。
- 6.5.3.3 混凝土细骨料可采用天然砂或人工砂,其质量技术要求应符合下列规定:
- a) 细骨料应质地坚硬、清洁、级配良好,质量符合表 24 的规定。
- b) 细骨料的表面含水率不宜超过 6%,并保持稳定,必要时应采取加速脱水措施。
- c) 使用山砂、海砂及粗砂、特细砂应经试验论证。
- d) 细骨料中有活性骨料时,应进行专门试验论证。

表 22 粗骨料的压碎指标值

项次	骨料类别		设计龄期混凝土抗压强度等级	
			≥30 MPa	<30 MPa
1	碎石	沉积岩	≤10%	≤16%
		变质岩	≤12%	≤20%
		岩浆岩	≤13%	≤30%
2	卵石		≤12%	≤16%

表 23 粗骨料的其他品质要求

项次	项目		指标
1	含泥量(%)	D20、D40 粒径级	≤1
		D80、D150(D120)粒径级	≤0.5
2	坚固性(%)	有抗冻和抗侵蚀要求的混凝土	≤5
		无抗冻要求的混凝土	≤12

表 23 (续)

项次	项目		指标
3	软弱颗粒含量(%)	设计龄期强度等级 ≥ 30 MPa 和有抗冻要求的混凝土	≤ 5
		设计龄期强度等级 < 30 MPa	≤ 10
4	吸水率(%)	有抗冻和抗侵蚀要求的混凝土	≤ 1.5
		无抗冻要求的混凝土	≤ 2.5
5	针片状颗粒含量(%)	设计龄期强度等级 ≥ 30 MPa 和有抗冻要求的混凝土	≤ 15
		设计龄期强度等级 < 30 MPa	≤ 25
6	表观密度(kg/m^3)		$\geq 2\ 550$
7	硫酸盐及硫化物含量(%)		≤ 0.5
8	有机质含量		浅于标准色
9	泥块含量		不允许

表 24 细骨料的品质要求

项次	项目		指标	
			天然砂	人工砂
1	表观密度(kg/m^3)		2 500	
2	细度模数		2.2~3.0	2.4~2.8
3	石粉含量(%)		—	6~18
4	表面含水率(%)		≤ 6	
5	含泥量(%)	设计龄期强度等级 ≥ 30 MPa 和有抗冻要求的混凝土	≤ 3	—
		设计龄期强度等级 < 30 MPa	≤ 5	
6	坚固性(%)	有抗冻和抗侵蚀要求的混凝土	≤ 8	
		无抗冻要求的混凝土	≤ 10	
7	泥块含量		不允许	
8	硫化物及硫酸盐含量(%)		≤ 1	
9	云母含量(%)		≤ 2	
10	轻物质含量(%)		≤ 1	—
11	有机质含量		浅于标准色	不允许

6.5.3.4 混凝土拌和用水应符合下列规定：

- a) 凡符合饮用水标准的水均可使用, 未经处理的工业污水和生活污水不应使用。
- b) 经检验符合标准的地表水、地下水和其他类型水均可作为混凝土拌和、养护用水。检验项目和标准应同时符合下列要求：
 - 1) 混凝土拌和用水与饮用水样进行水泥凝结时间对比试验。对比试验的水泥初凝时间差及终凝时间差均不应大于 30 min。
 - 2) 混凝土拌和用水与饮用水样进行水泥胶砂强度对比试验。被检验水样配制的水泥胶砂

3 d 和 28 d 龄期强度不应低于饮用水配制的水泥胶砂 3 d 和 28 d 龄期强度的 90%。

3) 混凝土拌和用水应符合表 25 的规定。

6.5.3.5 混凝土掺合料应符合下列规定：

- a) 掺入混凝土内的掺合料,其质量应符合标准的规定,其掺量应通过试验确定。
- b) 除常用的粉煤灰外,可因地制宜选择其他掺合料(如硅粉、凝灰岩、磷渣等)。

表 25 混凝土拌和用水要求

项目	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	≥4.5	≥4.5
不溶物(mg/L)	≤2 000	≤5 000
可溶物(mg/L)	≤5 000	≤10 000
氯化物,以 CL^- 计(mg/L)	≤1 200	≤3 500
硫酸盐,以 SO_4^{2-} 计(mg/L)	≤2 700	≤2 700
碱含量(mg/L)	≤1 500	≤1 500

注：碱含量按 $Na_2O+0.658K_2O$ 计算值来表示。采用非碱性骨料时,可不检验碱含量。

6.5.3.6 使用外加剂应符合下列规定：

- a) 掺用外加剂的品种,应按照建筑物所处环境条件、混凝土性能要求和施工需要合理选用。
- b) 外加剂的技术指标应符合规定。非正式产品,又无充分的试验论证,不应在工程中使用。

6.5.3.7 混凝土配合比的选定应符合下列规定：

- a) 混凝土配合比应通过计算和试验选定,除应满足设计强度、耐久性及施工和易性外,还应做到经济合理。
- b) 混凝土的水胶比应根据设计要求通过试验确定,且不宜超过表 26 的规定。

表 26 水灰比最大允许值

混凝土所在部位	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应减小 0.05。

- c) 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 27 的规定。

表 27 混凝土在浇筑地点的坍落度

混凝土类别	坍落度(mm)
素混凝土或少筋混凝土	10~40
配筋率不超过 1% 的钢筋混凝土	30~60
配筋率超过 1% 的钢筋混凝土	50~90
泵送混凝土	140~220

6.5.3.8 混凝土拌制应符合下列规定：

- 拌制混凝土时,应按照经试验室签发并经审核的混凝土配料单进行配料,不应擅自更改。
- 水泥、砂、石、混合材均应以重量计,水及外加剂溶液可按重量折成体积。称量的偏差:骨料运行偏差 $\pm 2\%$;水泥、混合材、水及外加剂溶液运行偏差 $\pm 1\%$ 。
- 混凝土拌和时间应通过试验确定。如无试验,可参考表 28 中所列最少拌和时间。

表 28 混凝土最少拌和时间

拌和机容量 (m^3)	粗骨料最大粒径 (mm)	最少搅拌时间(s)	
		自落式拌和机	强制式拌和机
0.8~1.0	80	90	60
1.0~3.0	150	120	75
>3.0	150	150	90

6.5.3.9 混凝土运输应符合下列要求：

- 运输设备和运输能力的选定应与拌和、浇筑能力、仓面具体情况及钢筋、模板吊运的需要相适应。
- 应以最少的转运次数,将拌成的混凝土送至浇筑仓内;如因故停歇过久,混凝土产生初凝时,应作废料处理。
- 运输道路宜平坦,避免发生离析、漏浆及坍落度损失过大的现象;如运至浇筑地点有离析现象,应进行二次拌和。
- 混凝土的自由下落高度,不宜大于 2 m;超高时,应采用溜管、串筒或其他缓降措施。
- 应采用不漏浆、不吸水的盛器。盛器用前要用水润湿,用后应清洗干净。

6.5.3.10 混凝土浇筑应符合下列要求：

- 浇筑前应详细检查仓内清理、模板、钢筋、预埋件、永久缝、预留孔洞及浇筑准备工作等,并做好记录,验收合格后方可浇筑。基岩面的浇筑仓和老混凝土上迎水面浇筑仓,在浇筑第一层混凝土前,宜铺一层水泥砂浆或富浆混凝土,其水灰比应较混凝土水灰比小 0.03~0.05。
- 混凝土浇筑应按一定的厚度、顺序和方向,分层浇筑,浇筑面应大致水平。混凝土应随浇随平,不应使用振动器平仓;有粗骨料堆叠时,应将其均匀地分布于砂浆较多处,不应用砂浆覆盖;在斜面上浇筑混凝土,应从低处开始,逐渐升高,保持水平分层。
- 混凝土浇筑层厚度,应根据搅拌、运输和浇筑能力、振捣器性能及气温因素确定,不应超过表 29 的规定。

表 29 混凝土浇筑层的允许最大厚度

单位: mm

捣实方法和振捣器类别		允许最大厚度
插入式	软轴振捣器	振捣器头长度的 1.25 倍
表面式	在无筋或少筋结构中	250
	在钢筋密集或双层钢筋结构中	150

- d) 混凝土浇筑应连续进行。如因故中断,且超过允许的间歇时间,应按施工缝处理,若能重塑者,仍可继续浇筑上层混凝土;允许间歇时间(自加水搅拌时起,到覆盖上层混凝土时为止)应控制在混凝土初凝前并通过试验确定,或参照表 30 的规定执行。

表 30 浇筑混凝土允许间歇时间

浇筑仓面的气温(°C)	允许间歇时间(min)	
	硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐 水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
20~30	90	120
10~19	135	180
5~9	195	—

注: 本表未考虑掺用外加剂及其他特殊措施的影响。

- e) 施工缝应符合下列要求:
- 1) 施工缝的位置和形式应在无害于结构的强度及外观的原则下设置。
 - 2) 应按混凝土的硬化程度,采用凿毛、冲毛或刷毛等方法,清除老混凝土表层的水泥浆薄膜和松弱层,并冲洗干净,排除积水。
 - 3) 混凝土强度达到 2.5 MPa 后,方可进行浇筑上层混凝土的准备工作;临浇筑前,按本条 a) 规定铺筑水泥砂浆。
 - 4) 新老结合面的混凝土应细致捣实。
- f) 捣实混凝土应以使用振捣器为主,并应符合下列要求:
- 1) 振捣器应按一定顺序振捣,防止漏振、重振;移动间距不应大于振捣器有效半径的 1.5 倍;当使用表面振动器时,其振捣边缘应适当搭接。
 - 2) 振捣器头宜垂直插入并深入下层混凝土中 50 mm 左右,振捣至混凝土无显著下沉、不出现气泡、表面泛浆并不产生离析后徐徐提出,不留空洞。防止欠振、漏振或过振。
 - 3) 振捣器头到模板的距离应约等于其有效半径的 1/2,并不应触动钢筋、止水片及预埋件等。
 - 4) 在无法使用振捣器或浇筑困难的部位,可采用人工捣固。
- g) 在混凝土中埋块石应符合下列要求:
- 1) 凡在大体积混凝土结构和设计文件允许埋放块石的混凝土或钢筋混凝土结构中埋放块石,其施工方法与操作程序应能保证混凝土与块石之间紧密结合和混凝土本身的密实性,不应单纯为了提高埋石率而降低混凝土的浇筑质量。
 - 2) 块石尺寸宜为 300 mm~400 mm。最大尺寸不应大于混凝土浇筑块的最小尺寸的 1/4,长条状或片状(长宽比大于 2.5:1)不宜采用。凡质地脆弱、风化、有裂缝、夹砂泥层以及强度低于混凝土粗骨料的块石均不应采用。

3) 块石应均匀埋放在新浇筑的混凝土层上,不应抛扔。块石与模板及结构的边界的净距离不宜小于 300 mm,在距基础 1 m,距迎水面 2 m 以内以及受拉区混凝土中不宜埋放块石。块石与块石之间的距离(水平的和垂直的)应以不影响对混凝土进行充分振捣为原则。

4) 块石四周的混凝土应仔细振捣,施工时应视振捣设备的强度选择最优的施工方法。

h) 浇筑中应做好下列事项:

1) 应及时排除泌水,但不应带走灰浆。

2) 应随时检查模板、支架等稳固情况,如有漏浆、变形或沉陷,应立即处理。相应检查钢筋、止水片及预埋件的位置,如发现移动时,应及时校正。

3) 应及时清除粘附在模板、钢筋、止水片和预埋件表面的灰浆,浇筑到顶时,应即抹平,排除泌水,待定浆后再抹一遍,防止产生松顶和表面干缩裂缝。

6.5.3.11 混凝土养护应符合下列要求:

a) 混凝土浇筑完毕后,应及时覆盖以防日晒,面层凝固后,应即洒水养护,使混凝土面和模板经常保持湿润状态。

b) 混凝土连续湿润养护时间,不宜少于 28 d,有特殊要求的部位宜适当延长养护时间。

6.5.3.12 混凝土施工质量检验与控制应符合下列规定:

a) 混凝土制备时原材料检验应符合下列要求:

1) 运到工地的砂石料应检验,每批至少一次。

2) 水泥、外加剂和混合材等应有质量证明书,并应取样检验。袋装水泥储运时间超过 3 个月,使用前应重新检验。袋装水泥进库前应抽样检查包重。

3) 混凝土拌和及养护用水如水源改变或对水质有怀疑时,应重新检验。

b) 混凝土浇筑时的质量检验应符合下列规定:

1) 砂、小石子的含水量每班应至少检验一次,气温变化较大或雨天应增加检验次数,应根据实测含水量随时调整配料单。

2) 混凝土各种原材料的配合量,每班应至少检验 2 次,衡器应随时抽查,定期校正。

3) 混凝土拌和时间,每班应至少检验 2 次。

4) 现场混凝土坍落度,每班应在机口至少检验 2 次,在仓面至少检验 2 次;在制取试件时,应同时测定坍落度。

5) 外加剂溶液的浓度,应每天检测 1~2 次;掺引气剂混凝土的含气量,每 4 h 应检测 1 次。混凝土含气量的允许偏差为 1.0%。

c) 固化后混凝土的质量检验以在标准条件(即温度 20 °C ± 3 °C 和相对湿度 95% 以上的潮湿环境或水中)下养护 28 d 的试件抗压强度为主,并根据设计要求作抗拉、抗冻、抗渗等试验,抗压试件的组数应按下列规定留置:

1) 不同强度等级、不同配合比的混凝土,应分别制取试件。

2) 厚大结构物,28 d 龄期应每 500 m³ 成型试件 1 组。

3) 非厚大结构物,28 d 龄期应每 100 m³ 成型试件 1 组,每一分部工程应至少成型试件 1 组。

4) 每一工作班应至少成型试件 1 组。

5) 混凝土试件应在机口随机取样、成型,不应任意挑选。一组 3 个试件应取自同一盘混凝土中。

d) 混凝土试件强度的评定,应符合如下规定,其中 σ 、 m_{fcu} 和 P 的计算方法见本标准附录 F。

1) 同一标号(或强度等级)混凝土试块 28 天抗压强度的组数 $n \geq 30$ 时,应符合表 31 的要求。

表 31 混凝土试块 28 天抗压强度质量标准

项目		质量标准	
		优良	合格
任何一组试块抗压强度最低不得低于设计值的		90%	85%
无筋(或少筋)混凝土强度保证率		85%	80%
配筋混凝土强度保证率		95%	90%
混凝土抗压强度的离差系数	<20 MPa	<0.18	<0.22
	≥20 MPa	<0.14	<0.18

2) 同一标号(或强度等级)混凝土试块 28 天龄期抗压强度的组数 $30 > n \geq 5$ 时,混凝土试块强度应同时满足公式(9)、(10)、(11)要求:

$$m_{fcu} - 0.7\sigma > R_d \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$m_{fcu} - 1.6\sigma \geq 0.83R_d (R_d \geq 20) \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{或} \geq 0.80R_d (R_d < 20) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

σ ——混凝土强度标准差,计算方法见附录 F;

m_{fcu} —— n 组试件强度的平均值,MPa;

R_d ——设计 28 天龄期抗压强度值,MPa;

n ——样本容量。

3) 同一标号(或强度等级)混凝土试块 28 天龄期抗压强度的组数 $5 > n \geq 2$ 时,混凝土试块强度应同时满足公式(12)、(13)要求:

$$m_{fcu} \geq 1.15R_d \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$m_{fcu,i,\min} \geq 0.95R_d \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$m_{fcu,i,\min}$ —— n 组试块中强度最小一组的值,MPa。

4) 同一标号(或强度等级)混凝土试块 28 天龄期抗压强度的组数只有一组时,混凝土试块强度应满足公式(14)要求:

$$m_{fcu,i} \geq 1.15R_d \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$m_{fcu,i}$ ——试块强度实测值,MPa。

e) 当混凝土的试块强度不符合上述规定时,可以从结构中钻取混凝土试样或采取非破损检验方法进行检查。如仍不符合要求,应对已完成的结构,按实际条件验算结构的安全度,或采取必要的补强措施。

f) 非大体积现浇混凝土结构的允许偏差,应符合表 32 的规定。当有专门规定时,尚应符合相应的规定。

g) 混凝土出现缺陷后应加强检查观测,分析成因、性质、危害程度,作为制定修补加固方案的依据。混凝土缺陷处理应符合下列要求:

1) 混凝土的微细表面裂缝、钢筋混凝土的浅层缝宽度小于表 33 中所列数值者可不予处理。缝宽大于允许值的裂缝及影响结构性能的蜂窝和缺陷等应按规定处理。

2) 修补混凝土缺陷所用材料的强度应高于原混凝土,其变形性能宜与混凝土接近。活动性

裂缝应采用柔性材料修补。

- 3) 混凝土裂缝应在基本稳定后修补,并宜在开度较大的低温季节进行。
- 4) 混凝土缺陷处理完成后应做好缺陷备案记录。

表 32 非大体积现浇混凝土结构的允许偏差

单位:mm

项目		允许偏差
轴线位置	基础	15
	独立基础	10
	墙、柱、梁	8
垂直度(H 为结构全高)	$H \leq 5$ m	6
	$H > 5$ m	$H/1\ 000, < 5$
标高		±10
截面尺寸		+8, -5
表面平整(2 m 长度上)		8
预埋设施中心线位置	预埋件	10
	预埋螺栓	5
	预埋管	5
预埋洞中心线位置		10

表 33 钢筋混凝土结构最大裂缝宽度允许值

单位:mm

水上区	水位变动区		水下区
	寒冷地区	温和地区	
0.20	0.15	0.25	0.30

h) 混凝土施工期间,应及时做好以下记录:

- 1) 每一构件、块体的混凝土数量,原材料的质量,混凝土强度等级、配合比。
- 2) 各构件、块体的浇筑顺序,浇筑起迄时间,发生的质量事故以及处理情况,养护及表面保护时间、方式等。
- 3) 浇筑地点的气温,原材料和混凝土的浇筑温度,各部位模板拆除日期。
- 4) 混凝土试件的试验结果及其分析。
- 5) 混凝土缺陷的部位、范围、发生的日期及发展情况。
- 6) 其他有关事项。

6.5.3.13 混凝土低温季节施工应符合下列规定:

a) 一般规定

- 1) 日平均气温连续 5 d 稳定在 5 °C 以下或最低气温连续 5 d 稳定在 -3 °C 以下时,按低温季节施工。
- 2) 低温季节施工时,必须编制专项施工组织设计和技术措施,浇筑的混凝土应满足设计要求。
- 3) 混凝土早期允许受冻临界强度应满足下列要求:
——大体积混凝土不应低于 7.0 MPa(或成熟度不低于 1 800 °C · h);

——非大体积混凝土和钢筋混凝土不应低于设计强度的 85%。

- 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。
- 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。

b) 施工准备

- 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。
- 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。
- 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°C 以下时,宜将骨料加热。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。骨料不需加热时,应注意不要结冰,也不得混入冰雪。
- 4) 拌和混凝土之前,应用热水或蒸气冲洗拌和机,并将积水排除。
- 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,应加热成正温,加热深度不小于 100 mm 或加热至仓面边角(最冷处)表面正温(大于 0°C)为准,经检验合格后方可浇筑混凝土。
- 6) 仓面清理宜采用热风枪或机械方法,不宜采用水枪或风水枪。
- 7) 在软基上浇筑第一层基础混凝土时,基土不能受冻。

c) 施工方法、保温措施

- 1) 低温季节混凝土的施工方法遵照下列要求:
 - 在温和地区采用蓄热法;
 - 风沙大的地区应采取防风设施,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;
 - 在严寒和寒冷地区预计日平均气温 -10°C 以上时,宜采用蓄热法;
 - 预计日平均气温 $-15^{\circ}\text{C}\sim-10^{\circ}\text{C}$ 以上时可采用综合蓄热法或暖棚法;
 - 特别严寒地区(最热月与最冷月平均温度差大于 42°C),在进行低温季节施工时,要制订周密的施工方案。
 - 除工程特殊需要,日平均气温 -20°C 以下不宜施工。
- 2) 混凝土的浇筑温度应符合设计要求,但温和地区不应低于 3°C ;严寒和寒冷地区采用蓄热法不应低于 5°C ,采用暖棚法不应低于 3°C 。
- 3) 当采用蒸气加热或电热法施工时,应进行专门设计。
- 4) 温和地区和寒冷地区采用蓄热法施工,应遵守下列规定:
 - 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;
 - 有孔洞和迎风面的部位,应增设挡风保温设施;
 - 浇筑完毕后应立即覆盖保温;
 - 使用不易吸潮的保温材料。
- 5) 外挂保温层必须牢固地固定于模板上。模板内贴保温层的表面应平整,并有可靠措施保证在拆模能固定在混凝土表面。
- 6) 混凝土的拌和时间应比常温季节适当延长,具体通过试验确定。已加热骨料和混凝土,宜缩短运距,减少倒运次数。
- 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应满足下列要求:

- 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；
- 水泥不得加热。

- 8) 拌和用水加热超过 60 °C 时,应改变拌和加料顺序,将骨料与水先拌和,然后加入水泥。
- 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保温层厚度的 2 倍,保温层搭接长度不应小于 300 mm。
- 10) 在低温季节浇筑的混凝土,拆除模板应遵守下列规定:
 - 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。
 - 承重模板的拆除应经过计算确定。
 - 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 °C 或 2 d~3 d 内混凝土表面温降不超过 6 °C。
- 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。

d) 温度观测

- 1) 施工期间,温度观测应满足下列规定:
 - 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。
 - 及暖棚内气温每 4 h 一次,以距混凝土面 500 mm 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。
 - 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 100 mm,测量粗骨料温度,插入深度不小于 100 mm 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 150 mm 以下取样测量。
 - 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 2 h 测量一次。温度传感器或温度计插入深度不小于 100 mm。
 - 已浇筑混凝土块体内部温度,可用电阻式温度计或热偶等仪器观测或埋设测温孔(孔深应大于 150 mm,孔内灌满液体介质),用温度传感器或玻璃温度计测量。
- 2) 大体积混凝土浇筑后 3 d 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 8 h 观测一次。其后宜 12 h 观测一次。
- 3) 气温骤降和寒潮期间,应增加温度观测次数。

6.5.3.14 混凝土高温季节施工应符合下列规定:

- a) 应严格控制混凝土浇筑温度,混凝土最高浇筑温度不应超过 28 °C。
- b) 为降低混凝土浇筑温度,减少温度回升,宜采取下列措施:
 - 1) 宜预冷原材料,骨料适当堆高(宜高于 6 m~8 m),堆放时间宜延长,使用时由底部取料;采用地下水喷洒粗骨料;采用地下水或掺冰的低温水拌制混凝土。
 - 2) 宜安排在早晚或夜间浇筑。
 - 3) 宜缩短混凝土运输时间,加快混凝土入仓覆盖速度。
 - 4) 混凝土运输工具宜设置必要的隔热遮阳措施。
 - 5) 宜仓面采取遮阳措施,喷洒水雾降低周围温度。
- c) 可采用发热量小的水泥和采取综合措施减少单位水泥用量。综合措施应包括使用外加剂、加掺合料、加大骨料粒径、改善骨料级配,以及低流态或干硬性混凝土等。
- d) 混凝土浇筑完后宜及早覆盖养护,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。

6.5.3.15 止水片(带)连接与安装应符合下列规定:

- a) 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、裂纹应予焊补。
 - b) 铜止水片现场接长宜用搭接焊。搭接长度应不小于 20 mm,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,但均不应采用手工电弧焊。
 - c) 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。
 - d) 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 ± 5 mm。定位后应在鼻子空腔内满填塑性材料。
 - e) 不应使用变形、裂纹和撕裂的聚氯乙烯(PVC)或橡胶止水带。
 - f) 橡胶止水带连接宜采用硫化热粘接;PVC 止水带的连接,应按厂家要求进行,可采用热粘接(搭接长度不小于 100 mm)。接头应逐个进行检查,不应有气泡、夹渣或假焊。
 - g) 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%。
 - h) 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 350 mm。
 - i) 止水带安装应由模板夹紧定位,支撑牢固。
 - j) 水平止水片(带)上或下 500 mm 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。
- 6.5.3.16 油毡板的制作和安装应符合下列规定:
- a) 根据气温情况,选用 30 甲或 10 号的建筑石油沥青,防止高温流淌。
 - b) 预制时,场地应平整,一层毛毡一层沥青应涂刷均匀。
 - c) 油毡板宜安设在先浇筑部位的模板上,使其与两次浇筑的混凝土都能紧密结合。
 - d) 止水片的鼻子和油毡片应在同一立面上。
- 6.5.3.17 预留沥青孔的安装,应符合下列规定:
- a) 孔柱混凝土预制件的外壁,应凿毛,接头封堵密实。
 - b) 预制件宜逐节安设,逐节灌注热沥青,如一次灌注沥青孔,应在孔内设置加热元件。
- 6.5.3.18 埋入混凝土内的管道应符合下列要求:
- a) 各种管道应按设计文件规定的规格、型式、数量和位置进行埋设。
 - b) 埋设的管道应没有砂眼及堵塞现象。管道表面的浮锈、油渍、浮皮或油漆等要清除干净。
 - c) 管道的联接可用丝扣、法兰、焊接等方法。联接接头应牢固。焊接时爆渣不应堵塞管路或减小管路截面。
 - d) 管道埋设好后应以压力水或压风检查管道是否畅通或有否漏水漏气现象,如有应即处理完好。
 - e) 各种管道进出口应作好识辩标志,如油漆颜色、编号挂牌。特别对成组集中的管道应仔细核对避免发生错误。管道口应临时妥善封闭(木塞、焊封、丝扣盖等),防止杂物掉入管内堵塞。
 - f) 管道弯曲部分的截面应不小于原截面。
 - g) 管道埋设安装应牢固,避免混凝土浇筑过程中受震或碰撞损坏。
 - h) 混凝土浇筑时,应有专人看管,发现问题及时处理。
- 6.5.3.19 水下混凝土宜采用直升导管法灌注,应遵守下列规定:
- a) 导管的数量与位置,应根据浇筑范围和导管作用半径确定。导管的作用半径不宜大于 3 m。
 - b) 在浇筑过程中,导管应上下升降,不应左右移动。
 - c) 开始浇筑时,导管底部应接近地基面 50 mm~100 mm,并应尽量安置在地基的低洼处。
 - d) 混凝土的粗骨料的最大粒径不应大于导管内径的 1/4 或钢筋净间距的 1/4,亦不宜超过 60 mm;坍落度宜为 150 mm~180 mm,开始时可较小,结束时酌量放大,以使混凝土表面能自动坍平。
 - e) 浇筑过程中,导管内应始终充满混凝土,并保持导管插入已浇筑的混凝土内,使混凝土与水

隔离。

- f) 如混凝土的供应因故中断,则应设法防止管内出空。如中断时间较长,则应待其浇筑的强度达到 2.5 MPa 及清理混凝土表面软弱部分后,才宜继续浇筑。
- g) 浇筑的混凝土表面应高于设计标高约 100 mm,以便清除强度低的表层混凝土。
- h) 所有导管应在使用前进行密闭试验,密闭情况良好才可投入使用。
- i) 水下混凝土浇筑应有详尽的施工记录。

6.5.3.20 预填骨料压浆混凝土(压浆混凝土)应符合下列规定:

- a) 压浆混凝土的施工,应按设计规定和操作规程进行。
- b) 待压浆的工程部位应清理干净,修补工程应将其松动部分凿除。
- c) 压浆混凝土使用的模板,除遵守本标准有关规定外,尚应有专门设计,保证不漏浆和在压浆时不发生过大变形。
- d) 压浆混凝土所用的骨料,其最小粒径不应小于 20 mm;应按设计级配填放密实,尽量减少空隙率。采用的细砂,其粒径超过 2.5 mm 者,应予筛除。
- e) 压浆混凝土之砂浆,应掺入掺合料和外加剂,使其具有良好的流动性,在较低压力下,砂浆尚宜掺入适量膨胀剂(其掺量应通过试验确定),使其在初凝前略有膨胀性。砂浆在入泵前应通过 5 mm×5 mm 筛网。
- f) 压浆程序应由下而上,逐渐上升,不应间断。灌浆压力采用 0.1 MPa~0.5 MPa,浆体上升速度以 500 mm/h~1 000 mm/h 为宜。在灌浆过程中,应加强对模板变形的观测。
- g) 压浆部位应埋设观测管、排气管,以检查压浆进行情况。压浆混凝土凝固后应按设计规定钻孔压水检验,并取样(或留样)进行物理力学性能试验。

6.5.3.21 泵送混凝土应符合下列规定:

- a) 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。砂率宜控制在 40%~50%。
- b) 混凝土内宜掺加适量的外加剂。
- c) 最小胶材(包括水泥及掺合料)用量宜为 300 kg/m³。
- d) 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;在泵送混凝土前,应先在导管内通过水泥砂浆。
- e) 应保持泵送混凝土工作的连续性,受料台应有足够的混凝土。如因故中断时,则应经常使混凝土泵转动。在正常温度下,如间歇时间超过 45 min 时,应将留存在导管内的混凝土排出,并加以清洗。

6.5.3.22 碾压混凝土应符合下列规定:

- a) 碾压混凝土配合比设计参数选定:
 - 1) 水胶比:应根据设计提出的混凝土强度、抗渗性、抗冻性、拉伸变形等要求确定,其值宜不大于 0.65。
 - 2) 砂率:应通过试验选取最佳砂率值。使用天然粗骨料时,三级配碾压混凝土的砂率为 28%~32%,二级配为 32%~37%;使用人工粗骨料时,砂率应增加 3%~6%。
 - 3) 单位用水量:可根据碾压混凝土 VC 值、骨料种类、最大粒径、砂率、石粉含量、掺合料和外加剂等选定。
 - 4) 掺合料:掺合料种类、掺量应通过试验确定,掺量超过 65%时,应做专门试验论证。
 - 5) 外加剂:外加剂品种和掺量应通过试验确定。
- b) 碾压混凝土拌合物的 VC 值现场宜选用 2 s~12 s。机口 VC 值应根据施工现场的气候条件变化,动态选用和控制,宜为 2 s~8 s。
- c) 永久建筑物碾压混凝土的胶凝材料用量不宜低于 130 kg/m³。当低于 130 kg/m³ 时应专题试

验论证。

6.6 砌石工程

6.6.1 砌体所用石料应质地坚硬、新鲜、完整。砌体石料按其形状可分为毛石、块石、粗料石和卵石四种：

- a) 毛石：无一定规则形状，块重应大于 25 kg，中部厚不小于 150 mm。规格更小的也称片石，可用于塞缝，但其用量不应超过该砌体重量的 10%。
- b) 块石：上下两面大致平整，无尖角，块厚宜大于 200 mm。
- c) 粗料石：包括条石及异形石，要求棱角分明，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 500 mm，块高宜大于 250 mm，长厚比不宜大于 3。
- d) 卵石：要求外形以椭球形为宜，其长轴不小于 200 mm。

6.6.2 砌筑石料的物理力学性质应符合表 34 的规定。

表 34 砌筑石料物理力学性质标准

项目	质量标准
天然密度	不小于 2.4 t/m ³
饱和极限抗压强度	设计规定限值
最大吸水率	不大于 10%
软化系数	符合设计要求，当设计无要求时，不宜小于 0.7
抗冻标号	达到设计标号

6.6.3 石料使用前，应鉴定其标号，同时宜进行有关物理力学指标的测定。

6.6.4 浆砌石的胶结材料应有水泥砂浆和混凝土。不重要的砌石工程可用水泥混合砂浆和石灰砂浆。

6.6.5 浆砌石体常用的水泥砂浆强度等级为 M5、M7.5、M10、M12.5 四种，混凝土强度等级为 C10、C15 两种，水泥混合砂浆等级为 M2.5、M5、M7.5、M10 四种，石灰砂浆强度为 0.1 MPa~1.0 MPa。

6.6.6 胶结材料使用的水泥、砂、石和水应符合 6.5.3.1~6.5.3.4 条的规定（其中水对氯离子含量不作规定）。水泥混合砂浆和石灰砂浆中使用的石灰，生石灰应加水熟化成灰，再用孔径 6 mm~8 mm 的筛子过筛。

6.6.7 胶结材料的配合比应通过试验确定，并应符合下列规定：

- a) 应采用重量比。当采用水泥混合砂浆和石灰砂浆时可由重量折算为体积。
- b) 配制原则、配制强度和水灰比应符合 6.5.17 条的规定。
- c) 混凝土配合比中的含砂率应略高于试验的含砂率。
- d) 胶结材料的和易性，应采用沉入度（或坍落度）、泌水性、离析及可砌性综合评定。水泥砂浆沉入度宜为 40 mm~60 mm，混凝土坍落度宜为 50 mm~80 mm。

6.6.8 胶结材料的拌和及运输应符合下列规定：

- a) 配料单、称量允许偏差应符合 6.5.3.8 条的相关规定，其他材料允许偏差应符合下列规定：
 - 土为 5%；
 - 石灰为 3%。
- b) 机械拌和不应少于 2 min，人工拌和应至少干拌三遍，再湿拌至色泽均匀方可使用。工程集中且量大的工程，应采用机械拌和，以保证胶结材料的均匀性。
- c) 胶结材料应随拌随用。其允许间歇时间（自出料时算起至砌筑完时为止），应符合表 30 的规定。

6.6.9 胶结材料质量控制与检查应符合下列规定：

- a) 水泥的检查除应符合 6.5.3.1、6.5.3.12 条规定外，试验检查项目应有水泥强度等级、凝固时间、标准稠度及细度等。
- b) 砂、石、水的检验及砂浆与混凝土制备时质量检验除应符合 6.5.3.12 条规定外，对砂浆沉入度每班至少抽查 2 次。
- c) 胶结材料试件留置为同一强度等级的 28 d 龄期每 100 m³~200 m³ 砌体成型试件 1 组；每一分部工程至少成型试件 1 组。
- d) 试件强度的合格标准应符合 6.5.3.12 条的有关规定。

6.6.10 砌体与基岩的联接及层面处理应符合设计规定，设计无规定时，宜按下列规定执行：

- a) 砌体基础按设计要求开挖后，应进行清理，敲除尖角，清除松动石块和杂物，并用水冲洗干净，积水排干。
- b) 浇筑基础垫层混凝土前，应先湿润基岩表面，铺设一层厚 30 mm~50 mm 大于 M10 的水泥砂浆，铺设面积应以混凝土浇筑强度相适应，再按设计规定浇筑垫层混凝土。
- c) 已浇好的垫层混凝土，或层面上的胶结材在抗压强度未达 2.5 MPa 前不应进行上层砌石的准备工作。
- d) 砌体层面表面的浮渣应冲洗干净，且无积水，对光滑的胶结材料表面应凿毛处理。

6.6.11 浆砌石施工应符合下列规定：

- a) 砌石结构物放样测量的精度应符合 4.1.1 条的规定。
- b) 浆砌石应采用座浆法砌筑，应满足下列要求：
 - 1) 平整。应分层砌筑，同一层面要大致砌平，相邻砌石块高差宜小于 20 mm~30 mm。
 - 2) 稳定。石块安置应自身稳定，要求大面朝下，适当摇动或敲击，使其平稳。
 - 3) 密实。不应石块直接接触，座浆及竖缝砂浆或混凝土填塞应饱满密实。混凝土砌石座浆（平缝）要防止缝间被大骨料架空，铺浆应均匀，竖缝填塞砂浆后应插捣；混凝土用机械振捣，相邻两振点间的距离不宜大于振捣作用半径的 1.5 倍。当竖缝宽度在 50 mm 以上时，可填浆后塞片石。
 - 4) 错缝。同一砌筑层内，相邻石块应错缝砌筑，不应存在顺流向通缝。上下相邻砌筑的石块，也应错缝搭接，避免竖向通缝。可每隔一定距离，立置丁石。
- c) 墩、墙、坝及拱圈砌体的砌缝宽宜符合表 35 的规定。
- d) 浆砌石体结构尺寸和位置的砌筑允许偏差，应符合表 36 的规定。
- e) 砌体外露面宜在砌筑后 12 h~18 h 之内及时养护，经常保持外路面的湿润。养护时间：水泥砂浆砌体宜为 14 d，混凝土砌体宜为 21 d。

表 35 浆砌石缝宽度

单位：mm

类别		墩、墙、坝			拱圈
		粗料石	块石	毛石	粗料石
砂浆砌石体	平缝	15~20	20~25	—	15~20
	竖缝	20~30	20~40	—	10~20

6.6.12 浆砌石墩、墙的砌筑应符合下列要求：

- a) 浆砌石墩、墙的临时间断处高低差应不大于 1.0 m，并留有平缓阶台。
- b) 浆砌石墩、墙的砌筑顺序应先砌角石，再砌镶面石，最后砌筑填腹石；镶面石的厚度应不小于 300 mm。

表 36 浆砌石体的尺寸和位置允许偏差

单位: mm

项目	毛石、块石			粗料石			拱圈砌体	砌石坝	
	基础	墙、墩	挡土墙	基础	墙、墩	挡土墙		溢流坝	非溢流坝
轴线位移	20	15	50	15	10	30	跨度 L 允许偏差; $\pm L/1\ 000$ 矢高允许 偏差: $\pm L/3\ 000$	10	10
基础和顶面标高	± 25	± 15	± 20	± 15	± 15	± 15	+0, -5	堰顶面 标高 ± 10	顶面 标高 ± 30
砌体厚度	+30	+2 -10	不小于 设计	+15	+10 -5	不小于 设计	不小于设计值, 超厚 不大于设计值 3%	平面轮廓 线 ± 20	分层平面 轮廓线 ± 40
墙面垂直度或坡度	—	30	0.5% H	—	25	0.5% H	拱圈和拱上砌体 侧面位置与设计 位置偏差 +30, -010	—	—
表面平整度 (2 m 长度上)	—	20	30	—	15	30	侧面镶面两邻接砌块 表面彼此错位不大于 5	20	30

c) 浆砌石墩、墙的组砌形式应内外搭砌, 上下错缝; 丁砌石分布均匀, 面积不少于墩墙砌体全部面积的 1/5, 且长度大于 600 mm; 毛块石分层卧砌, 不应采用外面侧立石块中间填心的砌法; 每砌筑 700 mm~1 200 mm 高度找平一次, 毛石挡土墙错缝间距应大于 80 mm。

6.6.13 当设计无规定时, 浆砌石拱施工应符合下列规定:

- 拱圈石料均需用样板加工, 按排按位编号。拱石厚度不应小于 200 mm, 宽度不应小于 300 mm, 长度不应小于 500 mm。
- 拱架应经过计算, 按设计规定架立, 经检查合格, 才开始砌筑。
- 拱石砌筑, 应两端对称进行。各排拱石互相交错, 错缝距离不小于 100 mm。当拱跨在 5 m 以下, 应采用块石砌拱, 用砌缝宽度调整拱度, 下缝宽不应超过 10 mm, 水泥砂浆强度不低于 M7.5 号。拱跨在 10 m 以下, 应按拱的全宽和全厚, 自拱脚同时对称连续地向拱顶砌筑。拱跨在 10 m 以上时, 应作施工设计, 明确拱圈加荷次序, 并按此次序施工。
- 拱架的拆除, 需待砂浆达到静荷强度, 并在拱顶回填完毕后始能进行。拱架拆除时间应符合 6.5.6 条的有关规定。

6.6.14 浆砌卵石应用于靠挤浆法, 即先铺 30 mm~50 mm 厚砂浆, 后将卵石挤浆嵌砌, 互相靠紧。卵石长轴应与砌筑坡面垂直。勾缝时应使水泥砂浆低于卵石 20 mm~30 mm。

6.6.15 混凝土灌砌石施工应符合下列规定:

- 应采用铺浆法分层砌筑, 同一层面要大致砌平, 相邻砌石块高差宜小于 20 mm~30 mm, 石块安置应自身稳定, 大面朝下, 适当摇动或敲击, 使其平稳, 石块之间的缝宽应满足表 37 的要求, 不应石块面接触;
- 座浆及竖缝混凝土铺设应均匀、饱满、密实, 要防止缝间被大骨料架空, 混凝土铺设后用机械振捣, 相邻两振点间的距离不宜大于振捣器作用半径的 1.5 倍。
- 同一砌筑层内, 相邻石块应错缝砌筑, 不应存在顺流向通缝, 上下相邻砌筑的石块, 也应错缝搭接, 避免竖向通缝。可每隔一定距离, 立置丁石。

表 37 混凝土灌砌石缝宽度

单位: mm

类别			墩、墙、坝			拱圈
			粗料石	块石	毛石	粗料石
混凝土砌石体	平缝	一级配	40~60	40~60	40~60	40
		二级配	80~100	80~100	80~100	80
	竖缝	一级配	60~80	60~90	60~100	50
		二级配	80~100	80~100	80~100	70

6.6.16 干砌石施工应符合下列规定:

- a) 具有框格的干砌石工程,宜先修筑框格,然后砌筑。
- b) 干砌石工程的砌筑应符合下列要求:
 - 1) 砌体缝口应砌紧,底部应垫稳填实,不应架空。
 - 2) 不应使用翘口石和飞口石。
 - 3) 采用立砌法,不应叠砌和浮塞;石料最小边厚度不宜小于 150 mm。
- c) 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。

6.6.17 浆砌料石水泥砂浆勾缝应符合下列规定:

- a) 防渗用的勾缝砂浆应单独拌制,不应与砌筑砂浆混用。超过初凝时间的砂浆不应使用。
- b) 水泥宜采用普通硅酸盐水泥;砂料宜用细砂;灰砂比可选用 1:1.0~1:2.0。
- c) 清缝宜在料石砌筑 24 h 以后进行,缝宽不小于砌缝宽度,缝深不小于缝宽的二倍(水平缝深度不小于 40 mm,竖缝深度不小于 50 mm)。勾缝前应将槽缝冲洗干净,不应残留灰渣和积水,并保持缝面湿润。
- d) 应将拌制好的砂浆向缝内分几次填充压实,直至与外表齐平,然后抹光。勾缝面应保持 21 d 湿润。

6.6.18 混凝土预制块砌筑应符合下列要求:

- a) 预制块尺寸及混凝土强度应满足设计要求;
- b) 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 100 mm,丁石的上下方不应有竖缝;
- c) 砌缝内应砂浆填充饱满,水平缝宽应不大于 15 mm;竖缝宽不应大于 20 mm。

6.6.19 砌体冬、夏季和雨天施工应符合下列规定:

- a) 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,在养护期内砌石体的外露表面,应采取保温措施;
- b) 对大体积的重要砌体最高气温超过 30℃时,应停止砌筑作业。夏季施工应加强砌体的养护,外露面在养护期应保持湿润,宜加草袋等物遮盖。
- c) 雨天施工应符合下列要求:
 - 1) 无防雨棚的仓面,遇小雨砌石时,应适当减小水灰比,及时排除仓内积水,做好表面保护。
 - 2) 无防雨棚的仓面,遇大雨、暴雨施工时,应立即停止施工,妥善保护表面。雨后应先排除积水,并及时处理受雨水冲刷的部位,如表层砂浆或混凝土尚未初凝,应加铺水泥砂浆继续砌筑,否则应按工作缝处理。
 - 3) 抗冲、抗磨或需要抹面等部位的砌体和混凝土,不应在雨天施工。

6.6.20 砌体的质量应符合下列要求：

- a) 胶结材料的质量检验应符合 6.6.9 条的规定。
- b) 砌体尺寸及位置的允许偏差应符合表 36 的规定。
- c) 砌缝砂浆应密实,砌缝宽度应符合表 35 的规定。

6.7 混凝土构件的预制与吊装

6.7.1 构件预制应符合下列要求：

- a) 预制和堆放构件场地应平整坚实,注意排水畅通,防止地基沉陷变形,如采用土模预制,应有压实指标要求;其表面应作专门处理;并防止水对土模浸湿沉陷,引起构架变形开裂。
- b) 构件预制场的位置,应按材料路线、作业顺序、堆放场地结合吊装和运输路线妥善安排,避免材料或构件的不合理运输和工序间的干扰,并尽可能设立集中预制场地生产,减少现场设施并提高质量。宜采用重叠法预制。构件重叠预制的层间隔离材料可采用塑料布、油毛毡、废机油等粘结力较小的材料。
- c) 重量较大的构件预制场地,应从运输和吊装方便出发,优先安排。转向困难的大型构件,场地位置应注意浇筑方向。大跨度拱肋宜采用立式预制。
- d) 预制构件的吊环或扣环,宜采用性能不低于 HPB300 级钢制造,不应采用冷拉钢筋,多个吊点应考虑吊环拉力的不均匀性。吊环在混凝土中的锚固长度应不少于 30d(d——吊环钢筋直径)。
- e) 预制构件浇筑应符合下列规定：
 - 1) 浇筑前,应检查预埋件的数量和位置。
 - 2) 每件构件应一次浇筑完成,不应中断,并应采用机械捣实。
 - 3) 构件外露的表面应平整、光滑、无蜂窝麻面。
 - 4) 重叠法预制时,其下层构件混凝土强度应达到 5 MPa,方可浇筑上层构件,层间应有隔离措施。
 - 5) 构件浇筑完毕,应标注型号、混凝土强度、预制日期和上下面,无吊环的构件应标明吊点位置。
- f) 小型定型构件,可采用干硬性混凝土,脱模后应及时进行修整,构件不应有掉角、扭曲和开裂等缺陷。
- g) 预制构件的混凝土质量检查,除按 6.5 节的规定执行外,对于重要构件,必要时应作荷载试验。
- h) 预制构件允许偏差,当设计无规定时应符合表 38 规定。

6.7.2 构件移位和堆放应遵守下列规定：

- a) 构件移位时的混凝土强度应不低于设计强度的 70%。
- b) 长构件移位时,一端撬起的高度宜限在 2 m 以内,先松后撬,边撬边垫,防止构件开裂。
- c) 构件移位方法和吊点支承位置,应符合构件的受力情况,防止损伤。
- d) 构件堆放应符合下列规定：
 - 1) 堆放场地应平整夯实,并有排水措施。
 - 2) 构件应按吊装顺序以刚度较大的方向堆放。
 - 3) 重叠堆放的构件,标志应向外,堆放高度应按构件强度、地面承载力、垫块强度和堆垛的稳定性确定,各层垫块的位置应一致,上下层垫块应相互对齐。
 - 4) 构件的堆放应考虑吊装的先后次序。

表 38 预制构件允许误差表

单位: mm

项目	截面尺寸				侧向弯曲	对角线	表面平整	预留孔	预留洞	预埋件		
	长度	宽度	高度	厚度						中心线位移	螺栓位置	螺栓露出长洞
板	+10 -5	±5	±5	+4 -2	$L/1\ 000$ $\nlessgtr 20$	10	5	5	15	10	5	+10 -5
钢架、桁架、排架	±10	±5	±5		$L/1\ 000$ $\nlessgtr 20$	—	—					
柱、块体	+5 -10	±5	±5		$L/750$ $\nlessgtr 20$	—	—					
梁	+10 -5	±5	±5		$L/750$ $\nlessgtr 20$	—	—					
U型、箱型、壳体	±5	±5	±5	+4 -2	$L/1\ 000$ $\nlessgtr 20$	10	5					

6.7.3 混凝土预制构件吊装应遵守下列规定：

- a) 吊装方法应根据工程规模、地形、设备条件、技术水平和经济合理综合考虑优选决定。
- b) 吊装前应根据吊装部位、构件长度、重量、运输道路和吊装设备制定吊装措施计划。
- c) 吊装前,应对吊装设备、工器具的承载能力作系统检查(负荷试吊试验);并对构件进行外形复查,标注纵横中心线;支承结构也应校测并标划中心线及高程。
- d) 水利水电无支架施工通常采用缆索吊装。缆索吊装应对地锚、塔架、主索、牵引索卷扬设备进行计算确定,其安全系数应符合表 39 的规定。

表 39 安全系数表

安全系数	地锚			主索	牵引、起重索
	抗拔力	抗倾覆	抗滑力		
K	≥2	≥1.5	≥1.3	≥3~4	≥5~6

- e) 构件吊装的支承结构的混凝土强度不应低于设计强度的 70%。
- f) 构件起吊应符合下列规定：
 - 1) 构件应按标明的吊点位置或埋设的吊环起吊。
 - 2) 起重绳索与构件水平夹角不宜小于 45°。
 - 3) 构件起吊要求平稳并能正确就位。
- g) 模壳或砌体预制构件吊装应符合下列规定：
 - 1) 构件的层间接触面应凿毛并刷洗干净。
 - 2) 构件层间缝隙宽度应为 20 mm~30 mm,应用不低于构件的混凝土强度的水泥砂浆填塞密实。
 - 3) 构件安装砌筑 1~3 层时,应及时浇筑混凝土。
 - 4) 各层混凝土接触面应按工作缝处理。
- h) 刚架构件吊装应符合下列要求：
 - 1) 埋插构件的杯形基穴在平面上的位置和底部高程应符合设计要求。在基础杯口上应标出

纵横轴线,底板高程应低于设计高程 20 mm~50 mm,以适应预制构件难以避免的长度误差留有调整余地。

- 2) 杯槽的四壁与构件柱脚四边之间应留出不少于 30 mm 的间隙;如果浇筑二期混凝土,留出的间隙应不小于 60 mm。
- 3) 埋插构件的杯形基穴应凿毛并清洗干净。
- 4) 构件定位后应及时支撑牢固并锚固方可脱钩。
- i) 薄壳槽身吊装应符合下列要求:
 - 1) 应对支座顶面的高程进行测量校正,并划出纵横中心线。
 - 2) 对槽底高程和平面位置的检测校正。
 - 3) 槽身接头缝隙应满足设计止水材料的安设要求,最小缝隙不低于 20 mm。
- j) 拱形预制构件吊装应符合下列要求:
 - 1) 吊装前,应校核净跨径,起拱线位置、标高和拱座倾斜面,并应在拱座处标出起拱线及拱轴线位置。
 - 2) 检查各拱形构件弦长及接头倾角,在拱块上应设置标尺。
 - 3) 端段拱块吊至安装位置后应检查水平和轴线位置端头中轴位置,左右偏移应不大于 30 mm,高程比设计值高 20 mm~30 mm,后用墩扣或悬扣固定,并用横向浪风固牢。
 - 4) 拱肋接头应采用粘接力强、稳定性高、收缩率小的高分子化学粘合剂如环氧树脂水泥砂浆充填。应正确掌握配方,严格控制配料温度(不高于 30 ℃),构件接头处应干燥、无水、洁净。
- k) 构件与构件的外露主筋应焊接牢固,防止焊接高温对混凝土的损坏。
- l) 装配式构件的接头和接缝应采用不低于构件设计强度的混凝土或砂浆填筑,并可掺用适量的快硬水泥或膨胀水泥。
- m) 构件安装允许偏差应符合表 40 的规定。
- n) 做好构件安装的技术安全工作,安(吊)装前应完成以下准备工作:
 - 1) 吊装方案应经审查批准,技术交底应已经完成。
 - 2) 吊装各类人员应落实,分工应明确,起重工、信号工等特殊工种应持证上岗。
 - 3) 起吊设备应经有关部门检验合格,必要时应到当地安监部门备案。
 - 4) 各项安全措施应落实。
 - 5) 吊装时应做到统一指挥,服从命令,各负其责。

表 40 构件安装允许偏差

单位:mm

项目		允许偏差	
杯形基础	中心线对轴线位置	10	
	杯底安装标高	0,-10	
柱(H 为柱的全高)	中心线对轴线的位置		5
	垂直度	≤5 m	5
		>5, <10	10
		≥10	H/1 000, ≤20
	牛腿上表面和桩顶标高	≤5 m	0,-5
		>5 m	0,-8

表 40 (续)

单位: mm

项目		允许偏差	
梁或吊车梁	中心线对轴线位置	5	
	梁上表面标高	0, -5	
墙板	中心线对轴线位置	3	
	垂直度	≤5 m	3
		>5 m	5
	相邻楼板构件表面的误差		5
拱肋	中心线对轴线位置	10	
	接头点和拱顶标高	30	
	两对称接头点高差	20	
渡槽槽身	平面位置轴向偏差	5	
	跨度偏差	15	
	两相邻槽身底板高程偏差	10	

7 水工建筑物施工

7.1 碾压式土石坝

7.1.1 坝基与岸坡施工应遵守下列规定:

- a) 坝基处理应参照 6.3 节的规定执行。
- b) 坝基与岸坡施工应符合下列要求:
 - 1) 宜自上而下依次进行坝肩岸坡的开挖清理工作,特殊情况下需先开挖岸坡下部时,应进行论证,提出可靠的安全保证措施。
 - 2) 应按设计要求对坝基进行清理、清除和处理。
 - 3) 坝肩与岸坡的开挖和清理,应在填筑前完成,不宜边清理边填筑。
 - 4) 清理坝基、岸坡和铺盖地基时,应将树木、草皮、树根、乱石、坟墓以及其他建筑物等全部清除,并做好水井、泉眼、洞穴等处理,且记录备案。与岩基结合的防渗体和坝体应采用斜面联结,不应以直立面台阶、反坡联结。
 - 5) 凡清理后不能立即填筑而又易于风化的坝基,应预留保护层或喷水泥砂浆保护。
 - 6) 有防渗灌浆应与水库蓄水过程相协调,蓄水位以下的灌浆应提前完成。
- c) 铺盖施工应符合下列要求:
 - 1) 利用天然土层做铺盖,应查明有否透水层存在,已确定为天然铺盖的区域,不应取土或破坏。
 - 2) 人工铺盖地基应按设计要求清理、平整和压实;砂砾地基应做好反滤层,有贯通上下游的通道应截断。
 - 3) 应根据设计要求对人工或天然铺盖的表面设置保护层。
- d) 坝基及岸坡处理及其他隐蔽工程应验收合格后,方可进行大坝填筑。

7.1.2 填筑前应完成下列前期工作:

- a) 调查及防治白蚁危害:

- 1) 在气候温暖、雨量充沛地区,应预防白蚁孳生繁殖及其危害中小土石坝的安全运行。
 - 2) 在坝基岸坡开挖时,应组织专业人员观察,查找泥线、泥被、蚁路、菌圃等。
 - 3) 应制定防治白蚁措施,如设置毒土沟,喷洒药液和投放毒饵诱杀等。
- b) 复查料场坝料:
- 1) 料场复查应包括以下内容:
 - 覆盖层或剥离层厚度、料层的地质变化及夹层的分布情况。
 - 坝料分布、开采、加工及运输条件。
 - 料场的水文地质条件与汛期水位的关系。
 - 料场的开采范围、占地面积、弃料数量以及可用料层厚度和有效储量。
 - 坝料的物理力学性质及压实特性。
 - 料场地质灾害和环境问题的调查和分析。
 - 2) 经过复查的料场,应提出料场复查报告,其内容包括料场地形图、地质剖面图、试坑或钻孔平面图、试验分析成果、有效开采面积及可开采数量计算成果、所有可使用料使用说明、不适用料的处理方法、开采运输条件等内容。
- c) 料场规划应遵守下列规定:
- 1) 基本原则:
 - 不占或少占耕地,利用库内淹没区料场;
 - 充分利用建筑物开挖料;
 - 枯水季多利用河滩料;
 - 合理使用上下游料场,尽可能做到高料高用、低料低用;
 - 充分考虑机械作业条件,发挥机械最佳效能。
 - 2) 料场规划与坝料填筑的数量比例:
 - 土料宜为 2.0~2.5;
 - 砂砾料宜为 1.5~2.0;
 - 水下砂砾料宜为 2.0~2.5;
 - 石料宜为 1.2~1.5;
 - 天然反滤料不宜小于 3.0。
 - 3) 料场规划:
 - 优先选用土质均匀,含水量适宜的料场;
 - 含水量偏大料场,宜安排在干燥季节使用,含水量偏小料场,宜安排在潮湿季节使用。
 - 4) 砂砾石料规划:填筑料、筛分料和反滤料应统一规划,合理安排开采;水上、水下分别开采或混合开采,应选择适用的开采设备和方法。
 - 5) 石料开采规划:岩性单一,覆盖层较薄,开采运输条件较好,施工干扰较小的料场应优先开采。
 - 6) 场规划应考虑必要的加工和储备料场。
- d) 编制施工试验大纲应遵守下列规定:
- 1) 施工试验宜在坝外试验场进行。
 - 2) 施工前应进行现场施工试验,确定施工工艺,优化设备配置、工艺流程及施工参数。施工试验的内容应包括:复核设计确定的有关技术指标、施工工艺及施工参数;提出质量控制的技术要求和检验方法;制定有关施工技术措施。
- e) 坝料开采应遵守下列规定:
- 1) 土料开采方式:

- 丘陵或山坡取土,可自上而下,由近而远,采用立面开采;
 - 料场开阔平坦,土层较厚,宜采用平面开采;
 - 土层厚、土质变化大、含水量不匀,宜采用立面开采;
 - 含水量高宜采用平面开采,含水量低宜采用立面开采。
- 2) 砂砾石开采方式:
- 水上开采可采用推土机平集料,装载机挖装;
 - 水下开采可采用反向铲立面开采;
 - 混合开采可采用反向铲或索铲开采。
- 3) 石料开采宜采用钻爆法和洞室爆破法。两种方法宜采用台阶开采,爆破参数应通过试验确定。
- 4) 料场开采结束后,应注意平整还耕和危岩处理,并做好水土保持和环境保护工作。
- f) 坝料运输应符合下列要求:
- 1) 运输方式的选择,应考虑下列因素:
- 直接上坝,减少倒运环节;
 - 注意挖、装、运、卸四个环节的合理匹配,发挥机械最佳效能和提高机械利用率;
 - 应与坝料性质和上坝强度相适应;
 - 机型尽可能少,方便管理与维修。
- 2) 运输路线规划应考虑下列因素:
- 各阶段运输道理布置,应与上坝填筑相协调;
 - 应充分考虑由坝坡上坝方案的合理性;
 - 充分利用地形,宜使重车下坡;
 - 施工道路尽可能与永久道路相结合;
 - 道路宽度、坡度、弯道和视距应符合行车要求,并宜避免平面交叉;
 - 加强道路的保养维护工作。

7.1.3 土料防渗体施工应符合下列要求:

- a) 土料防渗体施工除应执行 6.1.4 条的规定外,尚应符合下列规定:
- 1) 用汽车运输上坝卸料时,应采用“进占法”卸料。
- 2) 防渗体可不分区或分段填筑,宜全面平行上升,并应同上下游反滤层、过渡带和部分坝壳料平起填筑,跨缝碾压。
- b) 防渗体与岩石地基、岸坡和混凝土结合时,应按下列要求施工:
- 1) 清除表面的泥土、污物、粉尘、松动岩石等;
- 2) 接触面应洒水湿润,并边涂刷浓泥浆,边填筑,边夯实。
- 3) 邻近坝基 0.5 m~1 m 的防渗体填筑,与岸坡结合处 1.5 m 范围内或边角处和混凝土齿墙周围及其顶部 0.5 m 范围内填土,都应薄层填筑并使用轻型机具压实,齿墙两侧填土应平行上升。
- c) 风化石料防渗体施工应遵守下列规定:
- 1) 风化石料应按设计规定的料场开采,料质应符合设计要求。
- 2) 风化石料与岩基(基础、岸坡)之间填筑一层 0.5 m 的黏性料,其压实干密度应符合设计要求。
- 3) 风化石料应采用凸块振动碾压实。
- 4) 风化石料的施工参数,可参照下列经验参数试验调整:最大粒径应小于 150 mm;含水量控制在 8%~12%;铺层厚度 300 mm~400 mm;碾压遍数宜为 10~14 遍。
- e) 土料防渗体雨季施工应注意下列事项:

- 1) 填筑表面的松土层,应用平碾压实,保持光面平整,并略向上游倾斜。
- 2) 对狭窄填筑面,可采用塑膜或帆布遮盖。
- 3) 雨中和雨后严禁车辆通行和行人践踏。
- 4) 施工机械应停置填筑面之外。

7.1.4 钢筋混凝土面板防渗体施工应符合下列要求:

- a) 坝高低于 100 m 时,面板混凝土宜一次浇筑完成;坝高大于等于 100 m 时,根据施工安排或提前蓄水需要,面板可分期浇筑。分期浇筑接缝应按施工缝处理。设计有要求时按设计要求处理。
- b) 面板应在达到预沉降期及月沉降率的设计要求后施工,面板分期施工时,先期施工的面板顶部填筑应有一定超高,坝高大于 100 m 时,分期面板顶部以上超填高度不应少于 10 m。
- c) 面板施工前,应对垫层坡面布置方格网进行测量与放样。外边线与设计边线偏差应符合设计要求。混凝土浇筑前应对坡面保护(含挤压边墙)进行检查,发现脱空、坡面局部损坏等应及时处理。
- d) 面板混凝土浇筑宜使用无轨滑模,跳仓浇筑,起始三角块宜与主面板一起浇筑。
- e) 设计滑动模板应遵循下列原则:
 - 1) 适应面板条块宽度和滑模平整度要求。
 - 2) 有足够的强度和刚度。
 - 3) 有足够的配重。
 - 4) 满足施工振捣和压面的需要。
 - 5) 安装、运行、拆卸方便灵活。
 - 6) 应有安全措施,滑模上应设有挂在钢筋网上的制动装置,牵引机具为卷扬机时,地锚等应安全可靠。
- f) 垂直缝下水泥砂浆垫的宽度、厚度和坡面平整度应满足设计要求。
- g) 面板钢筋宜采用现场绑扎、焊接或机械连接,也可采用预制钢筋网片现场整体拼装的办法。
- h) 浇筑面板的侧模,可为组合钢模板或带防护角的木模板。侧模的高度应适应面板厚度需要。其分块长度、锚固方式应便于在斜坡面上安装和拆卸。当侧模兼做滑模支持结构时,应按受力结构设计。
- i) 侧模安装,应坚固牢靠,内侧面平整,并将止水设施固定就位,不应破坏止水设施。其允许安装偏差如下:
 - 1) 偏离分缝设计线为 ± 3 mm。
 - 2) 垂直度为 ± 3 mm。
 - 3) 2 m 范围内起伏差为 ± 5 mm。
- j) 混凝土浇筑应遵守下列规定:
 - 1) 混凝土入仓应均匀布料,每层布料厚度宜为 250 mm~300 mm。止水片周围混凝土应辅以人工布料,不应产生骨料分离。
 - 2) 布料后,应及时振捣密实。振捣时,振捣器不应触及滑动模板、钢筋、止水片。振捣器不应靠在滑动模板上或靠近滑动模板顺坡插入浇筑层。振捣器应在滑模范围内振捣,振捣间距不应大于 400 mm,振捣器垂直插入下层混凝土深度宜为 50 mm,使用的振捣器直径不宜大于 50 mm,靠近侧模的振捣器直径不应大于 30 mm。止水片周围的混凝土应振捣密实。
 - 3) 浇筑过程中,及时清除粘在模板、钢筋上的混凝土。每次滑升前,应清除前沿超填混凝土。
 - 4) 对脱模后的混凝土表面,应及时整平和适时压面。接缝侧各 1 m 内的混凝土表面,用 2 m 长直尺检查,不平直度不应超过 5 mm。

- 5) 每次滑升距离不应大于 300 mm,每次滑升间隔时间不宜超过 30 min。面板浇筑滑升平均速度宜为 1.5~2.5 m/h,最大滑升速度不宜超过 3.5 m/h。
- k) 面板分期浇筑时,施工缝混凝土面在不小于 1/2 断面厚度按面板法线方向留设,其他部位可按水平方向留设。先浇筑面板的钢筋应穿过施工缝,露出施工缝的钢筋长度不应小于其锚固长度。

7.1.5 土工合成材料防渗体施工应符合下列要求:

- a) 土工合成材料的材质、连接和运输保管应遵守下列规定:
 - 1) 应根据设计文件的要求,选择合成材料;合成材料应符合有关标准要求。
 - 2) 运至工地的合成材料应复测其主要物理力学性能指标。
 - 3) 应进行粘接试验,试验应满足下列要求:
 - 施工现场按不同温度条件下进行室内外的试验。
 - 冬季施工为了加快粘固时间,还应进行粘结剂中加入固化剂的粘接试验。
 - 粘接的固化时间应满足施工强度的要求。
 - 当变换粘结剂时,应重新进行粘接试验。
 - 土工隔膜为热塑性材料时,可用热熔粘接,也可用脉冲热合焊接器进行热熔接。
 - 反滤层的土工织物采用缝接法连接。
 - 4) 应妥善运输保管,不应露天堆放,防止土工膜日晒老化,并做好防潮工作。富余量宜为铺设面积的 25%~100%。
 - 5) 应进行原材料的表面检查、观察,发现有破损,应进行修补或更换,破损严重的不应使用。在施工中应避免人为损坏。
- b) 土工隔膜和复合土工膜的铺设应符合下列要求:
 - 1) 施工前应做好准备工作,对土工隔膜、土工织物进行清理丈量、裁剪、卷叠,搭设粘合平台,按现场的实际需要进行加工制作,粘合时保证接头的宽度和接头平整。
 - 2) 整平膜基,应按设计要求将铺膜基底修整成一定形状或坡度,并要求碾压平整,地基上应无积水,无杂草,无碎石,没有棱角的硬物。若基底设保护层时,应先铺筑,防止刺穿土工隔膜。
 - 3) 正确定位,宜自下而上进行铺设,留出应有的放松量和接缝重叠量。
 - 4) 现场拼接粘接缝宽度应按设计要求进行,但不应少于 80 mm。粘接时应将粘结剂拌匀刮平,粘缝中不应混入砂石、土粒等杂物。接缝粘接后应立即加压静置自然凉干。如因天气寒冷影响施工进度要求,粘结剂可适当加温,但不应超过 60 ℃。
 - 5) 心墙土工隔膜垂直铺设时,应按“之”字形折曲铺置。如设计上要求沿坝轴线设有纵向伸缩节时,应尽可能采用复合土工隔膜。如采用单一土工隔膜,应在土工隔膜两侧采取适当保护措施(如加细颗粒过渡层或加土工织物)。回填两侧填料在距土工膜 500 mm~1 000 mm 范围内不应用振动机械碾压,可采用蛙式打夯机夯实。土工隔膜一侧为黏土时,可采用“挡板法”施工。土工隔膜轴线偏差应不大于 100 mm。
 - 6) 土工膜采用热接时,应按下列要求进行施工:
 - 根据气温和材料性能,随时调整和控制焊机工作温度、速度,焊机工作温度应为 180 ℃~200 ℃。
 - 焊缝处土工膜应熔结为一个整体,不得出现虚焊、漏焊或超量焊。
 - 出现虚焊、漏焊时,必须切开焊缝,使用热熔挤压机对切开损伤部位用大于破损直径一倍以上的母材补焊。
 - 焊缝双缝宽度宜采用 2 mm×10 mm。
 - 横向焊缝间错位尺寸应大于或等于 500 mm。

——T 字形接头宜采用母材补疤,补疤尺寸可为 300 mm×300 mm。疤的直角应修圆。

——焊接中,必须及时将已发现破损的土工膜裁掉,并用热熔挤压法焊牢。

——联接的两层土工膜必须搭接平展、舒缓。

c) 坝坡及斜墙上土工合成材料的铺设应符合下列要求:

1) 在坝坡上铺设时宜将卷材自上向下滚铺,并做好接缝处理。

2) 铺设土工隔膜时,工作人员应穿软底鞋。铺好后应及时覆盖覆盖应满足下列要求:

——坝坡上的土工隔膜可用混凝土板护坡或块石护坡。

——库盘或池底的土工隔膜可用土砂砾石、碎石等覆盖,覆盖厚度应不小于 300 mm~400 mm。

——在严寒地区,土工隔膜铺设后应迅速覆盖防冻。

——在坝坡和库盘的死水位以上范围,还应采用永久性的防冻覆盖措施。

——冬季水位变动区,需较厚的保护层,其厚度宜等于地面冻层深度。覆盖材料宜选用粗颗粒骨料,如碎石、碎砾、卵砾石等。

——在坝坡或库盘较陡岸坡上,不宜用黏性土做保护层。

d) 土工隔膜的周边连接施工应符合下列要求:

1) 土工隔膜应铺设至周边不透水层上。

2) 土工隔膜与下部防渗墙的连接,当设计上要求土工隔膜与下部混凝土防渗墙连接时,应将土工隔膜直接埋入,埋入深度不小于 100 mm~300 mm,并将土工隔膜呈“弓”字形状折皱,埋设土工隔膜部位的混凝土也可按二期混凝土施工。当土工隔膜直接与坝基岩石基础连接时,应清除基岩上的风化层并深入到完整的不透水基岩内 300 mm~500 mm,浇筑混凝土将土工隔膜埋设在内。当基础为黏土齿槽时,土工隔膜应呈“弓”字形折曲状埋设,人工分层夯实。

3) 土工隔膜与岸坡连接:当设计无规定时,可采用先浇混凝土刺墙埋设土工隔膜,或深入岩基不透水层埋设土工隔膜。

e) 保护层施工。当土工隔膜用于斜墙防渗时,应在铺设好的土工隔膜上铺设保护层。

1) 土保护层铺筑,应自下而上分层填筑。其铺土厚度、干密度按设计要求施工。

2) 硬质材料(如混凝土、石板、块石等)保护层的铺筑,应处理好硬质材料的基础,以控制基础变形,防止保护层滑动而拉裂膜料,并做好周围铺设和顶部压力的结合施工,以确保铺设工程的完整性。如采用喷混凝土护面,应保证混凝土厚度均匀一致。

f) 施工质量检验应遵守下列规定:

1) 建立质量检验制度,应有专职人员对原材料、材料试验、粘结剂配制及使用、接缝、铺设面的平整度、周边连接等作经常性的检查和控制。

2) 随着土工隔膜两侧填料每升一层,均应进行外观检查,如发现异常现象,应及时处理。坝高每上升 2 m~4 m,应沿膜两侧抽样开挖探坑槽检查土工隔膜的平整度、褶皱、顶破、断线、漏缝、粘缝脱裂等情况,如发现情况严重,应研究补救措施。探孔深 1.0 m~1.5 m,沿坝线不少于 2~4 个探孔。

3) 应做好施工记录,质量检查施工资料、气温、各种原材料试验以及质量事故报告等。

4) 施工期间应对土工膜铺设、周边连接等分部工程进行中间验收。

7.1.6 坝壳料施工应遵守下列规定:

a) 当用汽车上坝时,砂砾石或堆石料应用“退铺法”或综合法(先退铺后进占)卸料。

b) 坝壳料铺料后应充分洒水,洒水量砂砾料约为 15%~25%,堆石料(含石渣)约为 12%~30%。

c) 铺料应平整,并严格控制铺料厚度。

d) 最大坝料块径不应超过层厚的 2/3。

- e) 坝壳料宜选用振动碾压实,压实遍数应由试验确定。
- f) 坝壳设计断面的边坡填筑,应留有 300 mm~500 mm 余量,紧靠边坡 300 mm~500 mm 范围内宜填筑坝壳细料。
- g) 振动碾压实不到的岸边和边角部位,宜填筑 1.0 m~1.5 m 宽的细料,使用夯板压实或薄层填筑,蛙夯压实。边角压实干密度不应低于设计干密度的 96%。

7.1.7 反滤料施工应符合下列要求:

- a) 砂料反滤层施工应符合下列要求:
 - 1) 砂料的级配、含泥量、细度模数应符合设计规定。
 - 2) 砂料反滤层宜由装载机运输卸料,人工整坡平料,充分洒水后,振动平板夯或平板振动器压实。
- b) 土工织物反滤层参照 7.1.5 条的规定施工。

7.1.8 面板防渗体的垫层料、过渡料施工应符合下列要求:

- a) 垫层料、过渡料的铺筑宽度、级配、不均匀系数、渗透系数应符合设计要求。
- b) 每层铺料厚度应为堆石料的 1/2,牵引式振动碾压实;每填筑两层应与坝壳料骑缝碾压一次;边坡应留有 300 mm~500 mm 余量;每填筑 10 m~15 m 高度后进行坡面修整和压实。修正后的坡面应高出设计线 50 mm~100 mm。坡面碾压宜采用 80 kN~100 kN 牵引式振动碾,先静碾后振碾,上振下不振,碾压遍数由试验确定。
- c) 经压实后的上游坡应用人工摊铺 50 mm~80 mm 厚、5.0 MPa~7.5 MPa 的水泥砂浆固坡护面,其不平度不应大于 50 mm。
- d) 水泥砂浆应与座块周边的止水铜片下的沥青材料严密结合,不应出现漏铺部位。
- e) 砂浆护面应注意保护,并洒水养护不少于 15 d。
- f) 面板防渗体的垫层料施工时应积极采用碾压砂浆固坡防护、阳离子乳化沥青坡面保护及混凝土挤压式边墙等技术。

7.1.9 排水设备和护坡施工应符合下列要求:

- a) 排水设备施工应注意下列事项:
 - 1) 用于排水设备的石料应质地坚硬,其力学指标及几何尺寸应满足设计要求。
 - 2) 人工堆筑石料的厚度不应大于 1 m,上下层面应犬牙交错,不应有水平通缝;分区堆筑的应逐层错缝,不应垂直相接;表面砌石应平整美观。
 - 3) 坝内排水设施的地基应夯实;排水设施的纵坡应符合设计要求,其接头应接好并应铺设反滤层;坝外排水设施的接头应不漏水并有防冻措施。
 - 4) 减压井和深式排水沟等其他方式排水设备的施工应遵照设计要求进行。
- b) 上游护坡应遵守下列规定:
 - 1) 护坡石料应质地坚硬,抗压强度和几何尺寸符合设计要求。
 - 2) 抛石护坡应与坝体填筑配合进行,随抛筑随整坡。
 - 3) 砌石护坡应自下而上,错缝竖砌,密实稳固,大块封边,表面平整。
 - 4) 混凝土预制块护坡应自下而上,错缝安砌,表面平顺,并做好排水孔。
- c) 下游草皮护坡宜选用易生根、能蔓延、耐干旱的草类,铺植要均匀,并洒水养护。无粘性土护面,应先铺镇一层腐植土,再种草皮。

7.1.10 雨季填筑和负温下填筑应符合下列要求:

- a) 雨季填筑应符合下列要求:
 - 1) 应分析当地水文气象资料,确定雨季各种坝料施工天数,合理选择施工机械设备的数量,制定雨季施工措施。
 - 2) 应根据水文气象预报,合理安排填筑时段,提前做好防雨准备,把握好雨季复工时机。

- 3) 宜将心墙坝的心墙和两侧反滤料与部分坝壳料在晴天筑高,雨天继续填筑坝壳料,保持坝面稳定上升。
 - 4) 心墙和斜墙的填筑面应向上游倾斜,宽心墙和均质坝填筑面应中央凸起并向上下游倾斜。
 - 5) 应适当缩小防渗体填筑区域,土料应及时平整、压实。
 - 6) 应将已平整但尚未碾压的松土在降雨前用振动平碾快速碾压形成光面,并将防渗体填筑面上的机械设备撤离停至坝壳区。
 - 7) 做好下雨至复工前坝面保护,施工机械和人员不得穿越防渗体和反滤料。
 - 8) 雨后复工应先排除防渗体表层积水,若防渗体未压实表土含水率过大,可分别采用翻松、晾晒或清除处理;应将被泥土混杂和污染的反滤料予以清除,不得在有积水、泥泞的坝面上填土。
 - 9) 砂砾料和堆石区雨天可以继续施工,但应防止料物被泥沙污染。
- b) 负温下填筑应符合下列要求:
- 1) 应编制专项施工措施,并根据气象预报,做好坝料选择、保温和防冻措施。
 - 2) 应在坝基冻结前预先填筑 1.0 m~2.0 m 松土层或采取其他防冻措施,坝基冻结后无显著冰夹层和冻胀现象,可进行填筑。
 - 3) 应缩小露天土料施工填筑区,并使铺土、碾压、取样作业快速连续,压实时土料温度应在 -1°C 以上。当日最低气温在 -10°C 以下,或在 0°C 以下且风速大于 10 m/s 时,应停止施工。
 - 4) 黏性土含水率不大于塑限的 90%,砂砾料中粒径小于 5 mm 的细料含水率应小于 4%。
 - 5) 应做好压实土层的防冻保温工作,避免土层冻结。均质坝体及心墙、斜墙等防渗体冻结部分应挖除。砂砾料及堆石料压实层,冻结后干密度达到设计要求的可继续填筑。
 - 6) 停止填筑时,防渗体表面应加以保护,防止冻结,在填筑时清除。
 - 7) 填土中不得夹有冰雪、冻块。
 - 8) 土、砂、砂砾料与堆石不得加水,必要时采取减薄层厚、加大压实功能等措施,保证质量要求。
 - 9) 如因下雪停工,复工前应清理坝面积雪,检查合格后复工。

7.1.11 施工质量控制应遵守下列规定:

- a) 质量控制应按本标准及有关标准、技术文件执行。
- b) 加强工序、工艺管理,施工中坚持上道工序不合格,下道工序不进行。
- c) 料场设立质控站,对坝料质量进行监控,凡不合格坝料不应装运上坝。料场质量检测以目测、手试为主,并取一定代表样进行检验,其鉴别项目与指标为:
 - 1) 防渗土料:含水量上、下限,粘粒含量下限,土质和粒径。
 - 2) 反滤料:级配、含泥量、风化颗粒含量。
 - 3) 过渡料:级配、最大粒径、含泥量。
 - 4) 坝壳砂砾料:含砾量、含泥量。
 - 5) 堆石料:最大块径、小于 5 mm 含量、风化软弱颗粒含量。
- d) 坝体填筑质量控制,重点检查下列项目:
 - 1) 土料防渗体:层间刨毛、含水量、铺土厚度,碾压参数、光面、剪力破坏、“弹簧”土、漏压或欠压,与坝基岸坡混凝土等结合及坝坡控制情况。
 - 2) 反滤层、过渡带、坝壳料:主要控制压实参数,接缝情况和保护措施,应经常对铺层厚度和碾压遍数进行检查统计分析,研究改进措施。坝体压实检查项目及取样试验项目,见表 41。

表 41 坝体压实检查项目表

坝料类别及部位		检查项目	取样(检测)次数
防 渗 体	粘性土	边角夯实部位	2~3 次/层
		碾压面	1 次/100 m ³ ~200 m ³
		均质坝	1 次/200 m ³ ~500 m ³
	砾质土	边角夯实部位	2~3 次/层
碾压面		1 次/200 m ³ ~500 m ³	
反滤料		干密度、颗粒级配、含泥量	1 次/200 m ³ ~500 m ³ , 每层至少一次
过渡料		干密度、颗粒级配	1 次/500 m ³ ~1 000 m ³ , 每层至少一次
坝壳砂砾(卵)料		干密度、颗粒级配	1 次/5 000 m ³ ~10 000 m ³
坝壳砾质土		干密度、含水率、小于 5 mm 含量	1 次/3 000 m ³ ~6 000 m ³
堆石料		干密度、颗粒级配	1 次/10 000 m ³ ~100 000 m ³
注:堆石料颗粒级配试验组数可比干密度试验适当减少。			

- e) 应对土料防渗体选定若干个固定取样断面,沿坝高 10m 取代表性试验大样进行室内物理力学性能试验,作为校核设计及工程管理之依据。

7.2 砌石坝

7.2.1 砌石坝施工应遵守下列规定:

- a) 砌石坝施工除遵守本节规定外,还应符合 6.6 节的规定。
- b) 砌石坝基础处理应符合 6.3 节的规定。
- c) 砌石作业应根据胶结材料凝固情况进行:
 - 1) 在胶结材料初凝前,允许一次砌筑两层石块。
 - 2) 胶结材料介于初凝至终凝之间的砌体不允许扰动。
 - 3) 砌体胶结材料终凝以后,若需继续砌筑,对胶结材料强度及砌体层面的要求,应符合 6.6.10 条的规定。
- d) 砌体应按设计要求分块施工,同一坝块内的坝体砌筑,宜逐层全面连续上升,相邻砌体高差宜在 1.5 m 以内,且按石料规格及上下错缝要求砌成阶梯形。

7.2.2 面石及有关细部结构砌筑应符合下列要求:

- a) 坝体面石与腹石砌筑,宜同步上升。如不能同步砌筑,其相对高差不宜大于 1 m,结合面应作竖向工作缝处理。不应在面石底面垫塞片石。
- b) 坝体腹石与混凝土结合面,宜用毛面结合。
- c) 当坝体外表面为垂直平面时,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。
- d) 溢流坝面的头部曲线及反弧段,宜用异形石及高强度等级砂浆砌筑。廊道顶拱宜用拱石砌筑,如用粗料石,可调整砌缝宽度成拱形。
- e) 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 10 mm,连拱坝不宜超过 20 mm。

- f) 坝体模缝(沉陷缝)表面应保持平整竖直。
- g) 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) 各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应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。
- h) 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应超过该石块宽度的 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。

7.2.3 混凝土防渗体施工应符合下列要求:

- a) 浆砌石坝的防渗,可采用混凝土防渗面板、混凝土防渗心墙、浆砌料石水泥砂浆勾缝和土工隔膜等型式。
- b) 混凝土防渗体,应按设计要求伸入基岩。齿槽开挖,应采用小爆破结合撬挖的方法,距设计基础面 500 mm 内的岩石,应采用撬挖。
- c) 混凝土防渗体与砌石的施工顺序,应先砌石,后浇防渗体。防渗体的浇筑,宜略低于砌石面。
- d) 防渗体混凝土,应满足抗裂、抗渗、抗冻、抗侵蚀和强度等方面的设计要求。对混凝土施工技术要求应遵守 6.5 节的规定。
- e) 不应在防渗体混凝土中埋石。

7.2.4 溢洪道溢流面的砌筑应符合下列要求:

- a) 溢流面砌体所用的石料强度应符合设计要求,粗料石要求应符合 6.6.1 条的规定,对外露面宜修琢加工,其平面高差宜小于 2 mm。
- b) 砌体组砌形式应上下错缝,全部丁砌(与坝体接触面不应形成平顺面)或丁顺相间;相邻砌面高差小于 5 mm;灰缝宽度一致,且不大于 20 mm;砌缝砂浆饱满、密实。
- c) 溢流面砌体结构尺寸和位置的砌筑允许偏差应符合表 36 的要求。

7.2.5 施工质量控制应符合下列要求:

- a) 在砌石坝施工中应建立完善的质量保证体系,健全各级技术责任制。
- b) 质量控制应按有关标准、施工图、合同技术条款的技术要求进行。
- c) 质量检查记录应及时进行整理、分析、汇总、归档。
- d) 砌石坝原材料的质量控制应符合 6.6 节的规定。
- e) 现场混凝土的质量检验应符合 7.3 节的规定,砂浆或砌石混凝土的质量检验应符合 6.6 节的规定。

7.2.6 坝体的质量检查应符合下列规定:

- a) 砌体质量检查应符合 6.6.20 条的规定。
- b) 坝体砌体密度的检查,宜在坝高 1/3 以下,每砌筑 5 m~10 m 高,至少挖试坑一组;坝高 1/3 以上砌体,试坑数量共同协商研究决定。密度测定宜优先采用灌水法。
- c) 坝体砌体密实性的检查,每新砌一层次,均宜进行简易试验(如插钎灌水试验)。

7.3 混凝土坝

7.3.1 混凝土坝浇筑前应完成的前期工作:

- a) 编制施工组织设计。应根据坝型特点和现场实际适应各期导流度汛、基础处理、金属结构安装和蓄水发电等要求。应特别重视第一个枯水期的坝体混凝土施工进度。应优先安排与导流和

度汛有关的部位、结构复杂和控制工期的部位、有温控要求的接触灌浆部位、与帷幕灌浆有压重要求等部位的施工。

- b) 混凝土砂石骨料系统、拌和系统、混凝土温度控制系统和运输系统,应按 7.3.3.2 条~7.3.3.9 条的规定安装调试完成并开始试生产。
- c) 坝基开挖处理应符合设计要求并经验收合格。

7.3.2 混凝土分缝分块和浇筑厚度应遵守下列规定:

- a) 分缝分块应符合下列原则:
 - 1) 分缝位置应符合结构布置要求和地质条件。
 - 2) 纵缝布置应符合坝体断面应力要求,并使分块较均匀和便于并仓浇筑。
 - 3) 分块大小应与浇筑能力相适应。
 - 4) 分块大小除应满足质量和进度要求外,尚应符合经济原则。
- b) 混凝土浇筑分段、分缝分块均应符合设计的规定。设计无规定时,横缝间距宜采用 15 m~20 m,在电厂坝段可放宽到 20 m~25 m;纵缝间距宜采用 15 m~30 m。
- c) 混凝土浇筑层厚度应根据允许温差,通过计算确定。在基础约束范围内层厚宜为 1 m~2 m,基础约束区范围以外宜为 3 m~6 m。同一块段相邻浇筑块水平施工缝的高程应错开。当水平施工缝与廊道顶拱相交时,宜以 1:1~1:1.5 的坡度与拱座连接,或廊道以上的水平施工缝离廊道顶不小于 1.5 m。
- d) 上下层混凝土间歇时间宜控制在 5 d~7 d,最大不宜超过 10 d。
- e) 在施工过程中各坝块应尽量均匀上升,相邻坝块的高差不宜大于 6 m,最大不应超过 10 m。对特殊部位(如钢管埋设仓号)预计会超过规定时,要采用保温措施,如在顶加钢筋网或加强保温等。夏季施工要持续养护至覆盖上层混凝土为止。

7.3.3 砂石料生产系统布置应符合下列要求:

- a) 砂石料生产系统主要由料场和砂石加工厂组成:
 - 1) 砂石原料需用量应根据混凝土和其他砂石用料计及开采加工运输损耗和弃料量确定。
 - 2) 砂石加工处理能力可按混凝土高峰时段月平均骨料所需用量及其他砂石需用量计算。
- b) 砂石原料的质量应符合 6.5.3.3 条、6.5.3.2 条的规定。有碱活性的骨料宜避免使用,当采用低碱水泥或掺粉煤灰等掺合料经试验证明对混凝土不致产生有害影响时,也可选用。
- c) 砂石料场的选择应遵循优质、经济、就近取材的原则。当在主体工程附近无足够合格天然砂石料时,应研究就近开采加工人工骨料的可能性和合理性;应尽量利用质量符合要求的渣料;料场选择应尽量不占或少占耕地。
- d) 砂石加工厂址选择原则如下:
 - 1) 宜设在料场附近;当砂石利用率高、运距近、场地许可时,亦可设在混凝土工厂附近。
 - 2) 人工砂石骨料加工的粗碎车间宜尽可能靠近混凝土系统。
 - 3) 主要设备的地基稳定,有足够的承载能力。
 - 4) 与居住区保持必要的防护距离,以减少噪声和粉尘的影响。
- e) 砂石料成品堆料场的容积可按高峰时段月平均值的 50%~80%考虑,汛期、冰冻期停采时应按采期需用量外加 20%裕度考虑。成品堆料场容量尚应满足砂石自然脱水要求。当堆料场总容量较大时,宜多堆存毛料或半成品;毛料或半成品可采用较大的堆料高度。
- f) 成品骨料堆存和运输应符合下列要求:
 - 1) 堆场应有良好的排污和排水系统。
 - 2) 应设置隔墙避免各级骨料混杂,隔墙高度可按骨料动摩擦角 $34^{\circ}\sim 37^{\circ}$ 加高 0.5 m 确定。
 - 3) 尽量减少转运次数,粒度大于 40 mm 的骨料抛料落差大于 3 m 时,宜设缓降设备。

7.3.4 混凝土制备系统应遵守下列规定:

a) 混凝土系统小时生产能力计算

1) 混凝土系统小时生产能力按公式(15)计算:

$$P = \frac{q}{nm}k \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

 P ——混凝土小时生产能力, m^3/h ; q ——高峰月混凝土浇筑强度, $m^3/月$; m ——每天工作小时数, h , 可取 $m=20$; n ——每月工作日, d , 可取 $n=25$; k ——不均匀系数, 即高峰月内实际最高小时浇筑强度与全月平均小时浇筑强度之比, 可取 $k=1.5$ 。

2) 当浇筑仓面较大时, 混凝土小时生产能力应能确保不致发生初凝现象。对平铺法浇筑, 应按公式(16)计算:

$$P \geq (1.1 \sim 1.2) \frac{\sum(F \cdot \delta) \max}{t_1 - t_2} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

 $\sum(F \cdot \delta) \max$ ——各浇筑层同时浇筑的最大混凝土量, F 为浇筑面积, δ 为浇筑层厚; t_1 ——浇筑混凝土允许间歇时间; t_2 ——混凝土由出机口运到浇筑仓面最远点所需时间。b) 对于小时生产能力 $50 m^3$ 以上的宜选用自动化操作的拌和楼, 对于小时生产能力小于 $50 m^3$ 的, 宜设简易拌和站。

c) 混凝土系统布置应遵守如下原则:

- 1) 拌和楼(站)尽可能靠近浇筑地点, 并应满足爆破安全距离要求。
- 2) 妥善利用地形减少工程量, 拌和站应设在稳定、坚实的地基上。
- 3) 统筹兼顾前、后期施工需要, 尽量避免中途搬迁, 不与永久性建筑物干扰。

d) 混凝土系统应尽可能集中布置, 下列情况可考虑分散设站:

- 1) 水工建筑物分散或高差悬殊、浇筑强度过大, 集中布置使混凝土运距过远、供应有困难。
- 2) 两岸混凝土运输线不能连通。
- 3) 砂石料场分散, 集中布置时骨料运输不便或不经济。

e) 混凝土系统砂石成品堆料场总储量宜不超过混凝土浇筑月高峰日平均 $3 d \sim 5 d$ 的需用量, 特别困难时可减少到 $1 d$ 的需用量。水泥在工地的储备量陆运时为混凝土浇筑月高峰日平均 $4 d \sim 7 d$ 用量, 水运时为 $5 d \sim 15 d$, 当中转仓库距工地较远时, 可增加 $2 d \sim 3 d$ 。f) 水泥应力求固定厂家计划供应, 品种以 1 种 ~ 2 种为宜, 应积极创造条件, 多用散装水泥。

7.3.5 混凝土运输应遵守下列规定:

a) 混凝土运输应符合 6.5.3.9 条的规定。

b) 选择混凝土运输方式宜根据工程量的大小、供料地点的分布与远近、浇筑场地的大小及条件等因素确定。

c) 混凝土运输的入仓方式宜根据浇筑部位的具体条件选择:

- 1) 浇筑面积不大和结构较简单的低层坝段及基础部位混凝土, 宜采用汽车栈桥或汽车皮带机入仓。
- 2) 有较好地地形利用的紧邻两岸坝段, 宜采用汽车转溜槽、溜筒入仓。
- 3) 地形狭窄的拱坝和河床式闸坝, 宜优先考虑采用简易缆索吊运混凝土罐入仓。
- 4) 重力坝和宽敞河床式闸坝, 宜采用起重机吊混凝土罐入仓。

- 5) 有条件时,隧洞混凝土衬砌、钻孔灌注桩以及其他非大体积混凝土等宜采用泵送混凝土入仓。

7.3.6 混凝土温度控制措施应遵守下列规定:

- a) 高温季节温度控制的要求除符合 6.5.3.14 条的规定外,尚应符合本节的规定。低温季节的温度控制符合 6.5.3.13 条的规定。
- b) 应从结构设计、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。施工中应严格控制温度,防止混凝土裂缝。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。
- c) 应改进混凝土的施工工艺,提高混凝土质量。混凝土除应满足强度保证率、避免过分超强的要求外,还应满足施工质量均质性指标。均质性指标以现场试件 28 d 龄期抗压强度标准差 S_{fcu} 值表示,其值宜小于 0.18,计算方法见附录 F。在选择混凝土配合比时,应妥善解决泌水问题,施工中应严格控制仓面泌水。在施工缝处理时,对仓面乳皮、油渍、结合不良的骨料及泌水造成的软弱层均应清除干净。
- d) 混凝土浇筑的分段、分缝和分块,均应符合设计及 7.3.2 条的规定。
- e) 混凝土浇筑应尽量采用平浇法。使用台阶法施工时,要保持明显平台及较缓的台坡(宜不大于 1:2),平台接合面应注意振捣。
- f) 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,宜为 10 d~15 d。混凝土温度与水温之差,不宜超过 25 °C。对于直径为 25 mm 水管,管中流速宜为 0.6 m/s。水流方向应每天改变一次,使坝体冷却比较均匀。初期冷却日降温速度不应超过 1 °C,连续通水 10 d~15 d,降温幅度以 6 °C~8 °C 为宜。
- g) 有条件时,宜配制外掺氧化镁混凝土或采用低热微膨胀水泥等新技术,防止混凝土产生裂缝。

7.3.7 混凝土坝接缝灌浆应符合下列要求:

- a) 混凝土坝接缝灌浆时间,宜在坝体内部温度达到稳定温度以后进行,常在坝体混凝土温度最低的冬末春初施工。
- b) 蓄水前应完成蓄水初期最低库水位以下各灌区的接缝灌浆及验收工作。蓄水后,各灌区的接缝灌浆应在库水位低于灌浆底部高程时进行。
- c) 混凝土坝接缝灌浆的技术要求按设计的规定执行。

7.3.8 混凝土坝基础处理应符合设计的要求,并按 6.1.3 条及 6.3 节的规定;混凝土坝的模板型式可按 6.5.1 条的规定选择。

7.3.9 混凝土闸坝施工可参照水闸施工的规定进行。

7.3.10 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。施工质量控制应符合下列要求:

- a) 混凝土原材料、配合比、施工各环节及硬化后的混凝土质量均应进行控制与检查。
- b) 原材料的质量取(抽)样检验应符合 6.5.3.12 条的规定,混凝土的各种原材料,应经检验合格后方可使用。
- c) 混凝土施工配合比应试验确定,满足设计技术指标和施工要求,并经审批后方可使用。
- d) 混凝土拌和站的计量器具应定期检验校正,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。
- e) 混凝土组成材料计量的允许偏差应符合 6.5.3.8 条的规定。
- f) 混凝土拌和物应拌和均匀。
- g) 混凝土塌落度每 4 h 应检测 1~2 次。其允许偏差应符合表 42 的规定。

表 42 塌落度允许偏差

塌落度 (mm)	允许偏差 (mm)
≤40	±10
40~100	±20
>100	±30

h) 混凝土浇筑前准备工作检查

- 1) 应按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。
- i) 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。
- j) 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。
- k) 现场混凝土质量检验以抗压强度为主,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%。
- l) 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。
- m) 混凝土强度的检验评定按6.5.3.12条执行。
- n) 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。

7.3.11 碾压混凝土坝施工应符合下列要求:

a) 铺筑前的准备

- 1) 应对砂石料生产及贮存系统,原材料供应,混凝土制备、运输、铺筑、碾压和检测等设备的能力、工况以及施工措施等,结合现场碾压试验进行检查,符合有关技术文件要求后,方能开始施工。
- 2) 应对施工人员进行技术培训。
- 3) 每个仓位应有仓面施工组织设计。
- 4) 基础块铺筑前,应在基岩面上先铺砂浆,再浇筑垫层混凝土或变态混凝土,也可在基岩面是直接铺筑小骨料混凝土或富砂浆混凝土。除有专门要求外,其厚度以找平后便于碾压作业为原则。
- 5) 模板、止水、钢筋、埋件、孔洞、进出仓口等准备工作,应满足快速和连续铺筑施工要求,必要时需进行专门设计。

b) 拌和

- 1) 拌制碾压混凝土宜优先选用强制式搅拌设备,也可采用自落式等其他类型搅拌设备。
- 2) 搅拌设备的称量系统应灵敏、精确、可靠,并应定期检定,保证在混凝土生产过程中,满足称量精度要求。
- 3) 碾压混凝土的拌和时间、投料顺序、拌和量,都应通过现场混凝土拌和均匀性检验确定。
- 4) 搅拌设备宜配备细骨料的含水率快速测定装置,并应具有相应的拌和水量自动调整功能。
- 5) 卸料斗的出料口与运输工具之间的自由落差不宜大于 1.5 m。
- 6) 砂浆和灰浆的配料精度及拌和质量与混凝土拌制质量要求相同。灰浆应由机械拌制,大型工程宜设置集中制浆站,并配有维持浆体均质的装置。

c) 运输

- 1) 运输碾压混凝土宜采用自卸卡车、皮带输送机、负压溜槽(管)、专用垂直溜管,运输机具应在使用前进行全面检查清洗。必要时也可采用缆机、门机、塔机等机械。
- 2) 采用自卸汽车运输混凝土时,车辆行走的道路必须平整;自卸汽车入仓前应将轮胎清洗干净,并防止将泥土、水带入仓内;在仓面行驶的车辆应避免急刹车、急转弯等有损混凝土层面质量的操作。
- 3) 采用皮带输送机运输混凝土时,应采取措施以减少骨料分离,降低灰浆损失率,并应有遮阳、防雨设施。
- 4) 采用负压溜槽(管)运输混凝土时,应在负压溜槽(管)出口设置垂直向下的弯头;负压溜槽(管)盖带的局部破损处,应及时修补,盖带破损到一定程度时应及时更换。负压溜槽(管)的坡度和防分离措施应通过现场试验确定。
- 5) 专用垂直溜管应具有抗分离的功能,必要时可设置防止堵塞的控制装置。
- 6) 各种运输机具在转运或卸料时,出口处混凝土自由落差均不宜大于 1.5 m,超过 1.5 m 宜加设专用垂直溜管或转料漏斗;连续运输机具与分批运输机具联合运用时,应在转料处设置容积足够的贮料斗;使用转料漏斗时应有解决混凝土起拱的措施;从搅拌设备到仓面的连续封闭式运输线路,应设置弃料及清洗废水出口。
- 7) 输送灰浆应有防止浆液沉淀和泌水的措施,保证运送到现场的浆液均匀。砂浆运输可采用混凝土运输机具,也可采用专门的砂浆运输机具。

d) 卸料和平仓

- 1) 碾压混凝土宜采用大仓面薄层连续铺筑或间歇铺筑,铺筑方法宜采用平层通仓法,也可采用斜层平推法、台阶法。铺筑面积应与铺筑强度及碾压混凝土允许层间间隔时间相适应。
- 2) 采用斜层平推法铺筑时,宜从下游向上游铺筑,使层面倾向上游,坡度不应陡于 1 : 10,坡脚部位应避免形成薄层尖角,施工缝面在铺砂浆前应严格清除二次污染物,铺浆后应立即覆盖碾压混凝土。
- 3) 碾压混凝土铺筑层应以固定方向逐条带铺筑;坝体迎水面 3 m~5 m 范围内,平仓方向宜与坝轴线方向平行。
- 4) 采用自卸卡车直接进仓卸料时,应控制料堆高度,卸料堆旁出现的分离骨料,应在平仓过程中均匀散布到混凝土内。
- 5) 严禁不合格的混凝土拌和物进仓;已进仓的,应做处理。
- 6) 当压实厚度为 300 mm 左右时,可一次平仓铺筑;为了改善分离状况或压实厚度较大时,可分 2 次~3 次铺筑。
- 7) 平仓后混凝土表面应平整,碾压厚度应均匀。

e) 碾压

- 1) 振动碾机型的选择,应考虑碾压效率、激振力、滚筒尺寸、振动频率、振幅、行走速度、维护

要求和运行的可靠性。

- 2) 建筑物的周边部位,宜采用与内部相同型号的振动碾直接靠近模板碾压,无法靠近的部位,可采用小型振动碾压实,其允许压实厚度和碾压遍数,应经试验确定。
 - 3) 振动碾行走速度应控制在 1.0 km/h~1.5 km/h 范围内。
 - 4) 施工中采用的碾压厚度及碾压遍数宜经过试验确定,并与铺筑的综合生产能力等因素一并考虑,根据气候、铺筑方法等条件的不同,可选用不同的碾压厚度。碾压厚度宜不小于混凝土最大骨料粒径的 3 倍。
 - 5) 坝体迎水面 3 m~5 m 范围内,碾压方向应垂直于水流方向。碾压作业宜采用搭接法,碾压条带间搭接宽度为 100 mm~200 mm;端头部位搭接宽度宜为 1 000 mm 左右。
 - 6) 每个碾压条带作业结束后,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。碾压后出现弹簧土现象的部位,如果检测的压实容重满足要求,可不进行处理。
 - 7) 需作为水平施工缝停歇的层面或冷缝,达到规定的碾压遍数及压实容重后,宜进行 1~2 遍的无振碾压。
 - 8) 各种设备在碾压完毕的混凝土层面上行走时,应避免损坏已成型的层面。已造成损坏的部位,应及时采取修补措施。
 - 9) 碾压混凝土入仓后应尽快完成平仓和碾压,从拌和到碾压完毕的最长允许历时,应根据不同季节、天气条件及碾压混凝土工作度变化规律,经过试验或类比其他工程实例来确定,不宜超过 2 h。碾压层内铺筑条带边缘、斜层平推法的坡脚边缘和台阶法的台阶边缘,碾压时应预留 200 mm~300 mm 宽度与下一条带同时碾压,这些部位最终完成碾压的时间应控制在直接铺筑允许时间内。
- f) 成缝
- 1) 横缝可采用切缝机具切制、设置诱导孔或隔板等方法形成。缝面位置、缝的结构形式及缝内填充材料均应满足设计要求。
 - 2) 切缝机切制,宜根据工程具体情况采用“先切后碾”或“先碾后切”的方式。
 - 3) 设置诱导孔,宜在层间间歇期内完成。成孔后孔内应及时用干砂填塞。
 - 4) 设置隔板时,隔板衔接处的间距不得大于 100 mm,隔板高度应比压实厚度低 30 mm~50 mm。
 - 5) 有重复灌浆要求的横缝,其制作和安装,均应满足设计要求。
- g) 层、缝面处理
- 1) 连续上升铺筑的碾压混凝土,层间间隔时间应控制在直接铺筑允许时间以内。超过直接铺筑允许时间的层面,应先在层面上铺垫层拌和物,再铺筑上一层碾压混凝土。超过了加垫层铺筑允许时间的层面即为冷缝。
 - 2) 直接铺筑允许时间和加垫层铺筑允许时间,应根据工程结构对层面抗剪能力和结合质量的要求,综合考虑拌和物特性、季节、天气、施工方法、上下游不同区域等因素经试验确定。
 - 3) 施工缝及冷缝必须进行缝面处理,缝面处理可用刷毛、冲毛等方法清除混凝土表面的浮浆及松动骨料。层面处理完成并清洗干净,经验收合格后,先铺垫层拌和物,然后立即铺筑上一层混凝土继续施工。
 - 4) 冲毛、刷毛时间可根据施工季节、混凝土强度、设备性能等因素,经现场试验确定。不得过早冲毛。
 - 5) 垫层拌和物可使用与碾压混凝土相适应的灰浆、砂浆或小骨料混凝土。灰浆的水胶比应与碾压混凝土相同,砂浆和小骨料混凝土的强度等级应提高一级。垫层拌和物应与碾压混凝土一样逐条带摊铺,其中,砂浆的摊铺厚度为 10 mm~15 mm,并立即在其上摊铺碾

压混凝土,且在砂浆初凝前碾压完毕。

- 6) 因施工计划的改变、降雨或其他原因造成施工中断时,应及时对已摊铺的混凝土进行碾压。停止铺筑处的混凝土面宜碾压成不大于 1:4 的斜坡面,并将坡脚处厚度小于 150 mm 的部分切除。当重新具备施工条件时,可根据中断时间采取相应的层缝面处理措施后继续施工。

7.4 进水口、明渠与前池

7.4.1 进水口施工应符合下列要求:

- a) 进水口的开挖与浇筑符合 6.1 节、6.5 节和 6.7 节的规定。
- b) 对于在水库取水的水工隧洞首部修建的深式进水口,应根据其地形、地质和建筑物的特点,处理好防洪度汛、高边坡开挖和混凝土浇筑的关系。
- c) 深式进水口防洪度汛应符合下列要求:
 - 1) 水下混凝土应在一个枯水季内汛前完成。
 - 2) 闸门应具备在汛期运行的条件。
 - 3) 施工围堰应在汛前拆除。
- d) 深式进水口高边坡开挖宜参照 6.1.3 条的规定,结合工程特点进行开挖与加固,并采取保护措施。
- e) 深式进水口混凝土浇筑宜充分利用地形条件,优先选用由上而下溜筒简易方式输送混凝土;也可结合上部预制构件吊装,采用塔式、履带式等其他运输工具。
- f) 进水闸在松软地基上浇筑混凝土,宜先浇筑基面较深的,后浇筑较浅的;先浇筑重大结构,后浇筑轻薄结构。

7.4.2 挖方明渠施工应符合下列要求:

- a) 挖方渠道应根据地形、地质、施工等条件,宜分区分段开挖,并应正确选择开挖程序。
- b) 土方渠道开挖应预防边坡失稳。在坡顶不应堆渣;坡顶排水应畅通,不应有水流流入坡内,破坏边坡结构;应采用边挖边砌快速施工。
- c) 土方渠道宜全断面开挖一次成型。大型渠道机械化开挖宜采用先挖中间槽,后挖左、右边坡,最后人工检底削坡成渠。
- d) 软基渠道(指承载力很低的流沙或淤泥质地层)开挖时应加强排水,使地下水位保持低于开挖面 0.5 m~1.0 m。机械化施工时,宜采用垫钢板或用石渣换基方法,使大型机械置于其上,采用后退法开挖,边开挖边削坡,一次成型。
- e) 石方渠道应遵循边坡预裂、由上而下开挖、每隔一定高度设置马道的原则进行开挖施工。渠槽中部宜采用水平分层、松动爆破。水平分层厚度按满足挖装机械发挥效率等因素确定。中槽到渠底时,预留 200 mm~300 mm 人工检底。傍山渠道先开挖渠道平台以上边坡,做好边坡处理,保证边坡稳定。

7.4.3 填方明渠施工应符合下列要求:

- a) 全填方渠道。全填方渠道清基后,可采用全断面回填至渠底以上一定高度,中槽石渣可不振动压实,再开挖中间槽,将渣弃于左、右岸渠堤上,分层碾压密实,最后正向削内外坡。全断面回填的高度,以中槽弃渣满足左右渠堤需渣为宜。
- b) 半挖半填渠道。半挖半填渠道清基后,应先将填方区地基先用平碾碾压密实,将开挖区内的土弃于填方上,进行分层振动压实。
- c) 填筑要求应符合 6.1.4 条的规定。

7.4.4 渠道防渗工程施工应符合下列要求：

- a) 渠道防渗材料主要包括土料、水泥土、砌石、混凝土、土工膜料、沥青混凝土等。材料技术要求见有关规定。
- b) 渠道基槽断面的高程、尺寸和平整度,其偏差值应满足表 43 的要求。

表 43 渠槽断面的允许偏差值

项目	允许偏差 (mm)	
	土渠	石渠
渠底高程	±(20~30)	±(30~50)
渠道中心线	20~30	30~50
渠底宽度	+(30~50)	+(40~100)
堤顶高程	+(20~30)	+(50~100)
渠槽上口宽度	+(40~80)	+(50~100)
渠底及内边坡平整度(用 2 m 直尺检查)	±(20~30)	凸不大于 30 凹不大于 100
注：大、中型渠道可取大值,小型渠道可取小值。		

- c) 渠道防渗工程平整度和尺寸的允许偏差见表 43。

7.4.5 水泥土防渗应符合下列要求：

- a) 土料应风干、粉碎,并过 5 mm 孔径的筛;水泥应采取防雨、防潮措施。
- b) 水泥土防渗结构现场铺筑,应按下列步骤进行：
 - 1) 按设计配合比配料,其称量允许偏差值应符合规定。水泥土拌料与铺筑,或装模成型的时间不应大于 60 min。
 - 2) 拌和水泥土时,宜先干拌,再湿拌均匀。
 - 3) 铺筑塑性水泥土前,应先洒水润湿渠基,安设伸缩缝模板,然后按先渠坡后渠底的顺序铺筑。水泥土料应摊铺均匀,浇捣拍实。初步抹平后,宜在表面撒一层厚度 1 mm~2 mm 的水泥,随即揉压抹光。应连续铺筑,每次拌和料从加水至铺筑宜在 1.5 h 内完成。

表 44 防渗渠道断面尺寸和防渗结构尺寸的允许偏差

项目	允许偏差值 (mm)	
	现场浇筑施工	预制铺砌施工
渠底高程	±(10~30)	±(10~20)
渠道中心线	±(10~30)	±(10~20)
渠底宽度	+(20~40)	+(30~50)
断面上口宽度	+(30~50)	+(40~60)
平整度	±(10~20)	±(10~20)
伸缩缝间距	现场浇筑施工	±20
	预制铺砌施工	±50
边坡防渗结构斜长度	+(10~20)	+(10~20)

表 44 (续)

项目		允许偏差值 (mm)	
现浇施工,渠坡、渠底防渗结构纵向分块长度		±(5~10)	±(5~10)
现浇施工,渠坡、渠底防渗结构横向分块长度		+(30~50)	+(10~60)
预制板两对角线长度差值		±7	—
防渗结构厚度	现场浇筑施工	±5%	-5%~-15%
	砌石防渗及预制铺砌施工	±(5%~10%)	—

注:大、中型渠道可取大值,小型渠道可取小值。

- c) 铺筑干硬性水泥土,应先立模,后分层铺料夯实。每层铺料厚度宜为 100 mm~150 mm,层间应刨毛、洒水。
- d) 铺设保护层的塑性水泥土,其保护层应在塑性水泥土初凝前铺设完毕。

7.4.6 砌石防渗应符合下列要求:

- a) 砌筑顺序:梯形明渠宜先砌渠底后砌渠坡。砌渠坡时,应从坡脚开始,由下而上分层砌筑。U型和弧形明渠、拱形暗渠,应从渠底中线开始,向两边对称砌筑。矩形明渠,可先砌两边侧墙,后砌渠底;拱形和箱型暗渠,可先砌侧墙和渠底,后砌顶拱或加盖板。各种明渠渠底和渠坡砌完后,应及时砌好封顶石。
- b) 石料安放要求:浆砌块石应选择较大,较规整的块石砌在渠底和渠坡下部。浆砌料石和石板,在渠坡应纵砌(料石或石板长边平行水流方向);在渠底应横砌。应错缝砌筑,料石错缝距离宜为料石长的 1/2。浆砌卵石相邻两排应错开茬口,并选择较大的卵石砌于渠底和渠道坡脚。大头朝下,挤紧靠实。
- c) 石料砌筑要求符合 6.6 节的规定。

7.4.7 混凝土防渗应符合下列要求:

- a) 模板、钢筋、混凝土等施工要求,符合 6.5 节及 6.7 节的规定。
- b) 现浇混凝土。宜采用滑动或移动式(翻板)模板,并按分块跳仓法施工。混凝土浇筑完毕,应及时抹面。细砂及特细砂混凝土还应进行二次抹面。抹面后,混凝土表面应密实、平整、光洁,且无石子外露。
- c) 喷射混凝土防渗。喷射混凝土的强度、厚度按设计要求施工。
- d) 混凝土预制板防渗应符合下列要求:
- 1) 混凝土预制板砌筑应预防砌缝开裂。对填方渠堤宜在填方体沉陷基本终止后开始砌筑;砌缝砂浆强度不宜低于 M10;分块尺寸不宜过大,长宽比宜为 1:1~1:1.5。
 - 2) 混凝土预制板应用水泥砂浆或水泥混合砂浆砌筑,水泥砂浆勾缝。安砌应平整、稳固,砌筑缝砂浆应填满、捣实、压平和抹光。
 - 3) 安砌预制板前应先挖基槽并安基石后,才能安砌。对土坡渠道,安砌时预制板与土坡之间宜用山砂或壤土筑实,对石坡渠道,预制板与石坡间宜用砂浆或混凝土填实。顶上的一块预制板应用砂浆填平,再安封顶石。

7.4.8 膜料防渗按照设计要求进行施工。

7.4.9 沥青混凝土防渗应遵守下列规定:

- a) 沥青混合料的拌制应根据选定的沥青混凝土配合比。
- b) 现场铺筑施工,应符合下列规定:

- 1) 有整平胶结层的防渗结构,可先铺筑整平胶结层,再铺筑防渗层。
 - 2) 沥青混合料的运输工具应采取保温措施,保持沥青混合料到达摊铺现场温度不低于摊铺温度。
 - 3) 铺筑防渗层,应按现场试验选定的摊铺厚度均匀摊铺。压实系数宜通过试验确定,可采用1.2~1.5。
 - 4) 宜采用振动碾压实沥青混合料。可先静压1~2遍,再振动压实。压实渠道边坡时,上行振动,下行不振动。应按试验选定的压实温度和遍数进行压实,不应漏压。
 - 5) 防渗层与建筑物连接处和机械难以压实的部位,应辅以人工压实。
 - 6) 沥青混凝土防渗层应连续铺筑,减少冷接缝。
 - 7) 采用双层铺筑时,结合面应干燥、洁净,并均匀涂刷一薄层热沥青或稀释沥青。其涂刷量不超过 1 kg/m^2 。上、下层冷接缝的位置应错开。
 - 8) 施工过程中,应采取适当措施,避免混合料离析和降温过大。
- c) 封闭层的涂刷应符合下列要求:
- 1) 在洁净、干燥的防渗层面上涂刷沥青玛蹄脂,涂层应厚薄均匀。涂刷量宜为 $2\text{ kg/m}^2\sim 3\text{ kg/m}^2$ 。涂刷时,沥青玛蹄脂的温度不应低于 $160\text{ }^\circ\text{C}$ 。
 - 2) 涂刷后禁止人、畜和机械通行。
- d) 施工中,应备有防火设备及必备的劳保用品。
- 7.4.10 伸缩缝填充应符合下列要求:
- a) 伸缩缝填充前,应将缝内杂物、粉尘清除干净,并保持缝壁干燥。
 - b) 伸缩缝宜用弹塑性止水材料,如焦油塑料胶泥填筑,或缝下部填焦油塑料胶泥,上部用沥青砂浆填筑。有特殊要求的伸缩缝,宜用高分子止水管(带)等材料,高分子止水管配用专用胶填塞入缝内,与缝壁挤紧粘牢;高分子止水带在防渗结构现场浇筑时,按设计要求浇筑于缝壁内。
 - c) 伸缩缝填充施工中,应做到缝形整齐、尺寸合格、填充紧密、表面平整。
- 7.4.11 前池施工应符合下列要求:
- a) 前池的开挖及处理应符合设计要求,并符合6.1节、6.3节的规定。
 - b) 前池的高边坡开挖,应按6.1.3条的规定进行处理,采取保护措施,使其稳定与安全。
 - c) 布置在山坡上的前池,应注意做好防止山坡坍塌、石崩以及暴雨洪水冲蚀。
 - d) 前池混凝土、砌石等施工应按设计要求进行,并符合6.5节及6.6节的规定。
 - e) 前池土建施工应与金属结构等相关专业配合。

7.5 隧洞

7.5.1 隧洞开挖应符合6.2节的规定。

7.5.2 现浇混凝土衬砌应符合下列规定:

- a) 隧洞衬砌作业可与开挖作业顺序进行或与其平行交叉进行,采用何种方式应根据隧洞长度、断面尺寸、围岩特性、施工设备与工期要求等因素具体分析确定。
- b) 混凝土浇筑分段应根据围岩条件、混凝土供应能力、浇筑速度和模板结构,以及水工结构要求等综合分析确定。当设计无规定时,可采用 $8\text{ m}\sim 12\text{ m}$ 。
- c) 隧洞衬砌断面上的分块,应根据围岩条件,隧洞断面型式及大小、模板结构、施工方法和施工组织等条件确定。
 - 1) 全断面不分块一次衬砌:适于要求浇筑速度快、地质条件好的中小型断面隧洞;地质条件差时,可先进行喷锚支护,再行全断面衬砌(二次衬砌)。
 - 2) 分底拱及边顶拱两块:先浇底拱,后浇边顶拱适合于地质条件好的各种断面隧洞;先浇边顶拱,后浇底拱适合于各种地质条件和大断面隧洞。

- 3) 分顶拱、边墙、底拱四块；在地质条件差，需边挖边拱时，则先浇顶拱（设有托梁）后浇边墙和底拱。
- d) 衬砌的接缝处理应遵守下列规定：
 - 1) 环向缝：
 - 无防渗要求的无压隧洞的环向工作缝，分布筋可不穿过缝面，不设止水，但缝面应作凿毛处理；
 - 有防渗要求的无压隧洞及有压隧洞的环向工作缝，缝面要求作凿毛处理，分布筋应穿过缝面，并应设置止水；
 - 环向伸缩缝应按设计要求处理。
 - 2) 纵向缝：圆形隧洞衬砌分块的底拱圆心角应控制在 100°左右；纵向施工缝应进行凿毛处理，设置在衬砌结构拉应力及剪应力较小的部位，并应设键槽，如有防渗要求，应设置止水片；先衬砌边顶拱后衬砌底拱时，应对反缝缝面妥善处理。
- e) 钢筋施工应符合下列要求：
 - 1) 钢筋分段：圆形隧洞环向筋可按顶拱、边拱、底拱三部分分段。对大直径断面，还应根据加工、运输、安装条件再行分段；门洞型隧洞环向筋可按顶拱、边墙、底板水平筋加边墙“L”筋分段。高边墙钢筋可按每层浇筑高度分段；轴向筋应按浇筑段长分段。
 - 2) 钢筋安装：钢筋均应在现场安装。顶拱及圆形隧洞边拱钢筋，宜在模板架立后安装钢筋。门洞形隧洞边墙和圆形隧洞底拱，宜在模板架立前安装钢筋。
- f) 模板施工应符合下列要求：
 - 1) 隧洞衬砌模板应根据衬砌施工程序、施工条件、设计要求、围岩情况和断面形状与尺寸，分别采用普通模板、钢模台车、滑模、拉模、刮板模等。围岩较好的长隧洞，宜采用全断面钢模台车。
 - 2) 计算模板荷载时，应将允许超挖值或塌方段超填混凝土的重力计入，用混凝土泵封拱时，应计及泵送混凝土传给模板的附加压力。
 - 3) 钢模拆除时间除应符合 6.5.1.6 条的规定外，还应考虑隧洞围岩稳定程度、断面形状、跨度及外部荷载等因素；在有计算试验论证时，拆模时间可适当提前。
- g) 混凝土浇筑应符合下列要求：
 - 1) 入仓方式：边顶拱混凝土入仓应优先选择泵送方式；底拱混凝土可用运输车辆直接入仓或通过带式输送机送料入仓。
 - 2) 泵送混凝土浇筑应符合 6.5.3.21 条的规定。
 - 3) 带式输送机运输混凝土时，最大倾角不应超过表 45 所列数值。混凝土配合比中应适当增加砂率，骨料最大粒径不宜超过 80 mm。带式输送机运行速度不宜大于 1.0 m/s~1.2 m/s。

表 45 带式输送机输送混凝土时最大倾角

混凝土塌落度 (mm)	向上传送 (°)	向下传送 (°)
<50	16	8
50~100	14	6
100~160	12	4

- 4) 混凝土浇筑应注意下列事项：
 - 边墙拱浇筑时应分层，两边应对称均匀上升；
 - 浇筑因故中断，工作面应打凿成径向缝面；

——底拱采用拉模施工时,应有防止浮起的措施。

7.5.3 浆砌块石(料石、混凝土预制块)衬砌应符合下列要求:

- a) 浆砌施工应符合 6.6 节的规定。边墙上下层砌体的垂直错缝不应小于 100 mm。墙后超挖部分用砌体填实。
- b) 先墙后拱法砌筑拱圈时,宜在边墙顶部左右两侧伸出丁石或留出孔洞或设立柱作为安设拱架的支承。砌筑时应从两侧拱脚开始对称安砌,拱顶超挖部分应填塞密实。
- c) 先拱后墙法砌筑拱圈时,宜在拱脚处浇筑钢筋混凝土托梁作为拱圈的支承。

7.5.4 混凝土预制构件衬砌应符合下列要求:

- a) 构件的分块:构件在横向或纵向宽度的分块应根据围岩的稳定性、构件的受力状况、预制构件的预制、运输、安装及背面回填等因素综合分析确定。
- b) 混凝土预制构件的安装,应用安装台车进行。运输时,构件应合拢放在台车的低部位,至安装地点后升高撑开安装。
- c) 预制构件的接头应按设计要求进行施工。构件接头处允许微小压缩或转动变形的宜用柔性接头。对刚性接头,施工时应在接头处预留台阶缺口,伸出钢筋,构件就位后,钢筋对中焊接,再灌注二期混凝土。
- d) 止水施工应符合设计要求并参照 6.5.3.15 条的规定执行。
- e) 缝的接触面在安装前应凿毛、清洗,填筑与构件混凝土同强度等级的砂浆,并在环缝表面勾缝。

7.5.5 隧洞灌浆应符合下列要求:

- a) 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。回填灌浆应在衬砌混凝土达到 70% 设计强度后进行。固结灌浆宜在该部位的回填灌浆结束 7 d 后进行。当隧洞中布置有帷幕灌浆时,应按照先回填灌浆,再固结灌浆,后帷幕灌浆的顺序施工。
- b) 水工隧洞钢板衬砌段各类灌浆的顺序应按设计规定进行。钢衬接触灌浆应在衬砌混凝土浇筑结束 60 d 后进行。
- c) 灌浆结束时,有往外流浆或往上返浆的灌浆孔应闭浆待凝。
- d) 必要时安设变形监测装置,进行观测和记录。
- e) 回填灌浆应符合下列要求:
 - 1) 顶拱回填灌浆应分成区段进行,每区段长度不宜大于 3 个衬砌段,区段端部应在混凝土施工时封堵严密。
 - 2) 灌浆孔应布置在隧洞顶拱中心线上和顶拱中心角 $90^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 范围内。灌浆孔排距可为 3 m~6 m, 每排可为 1~3 孔。
 - 3) 灌浆孔在混凝土衬砌中宜采用直接钻设的方法;在钢筋混凝土衬砌中应采用从预埋导向管中钻孔的方法。钻孔孔径不宜小于 $\phi 38$ mm,孔深应钻透空腔或进入围岩 100 mm,并应测记混凝土厚度和混凝土与围岩之间的空腔尺寸。
 - 4) 遇有围岩塌陷、溶洞、超挖较大等部位的回填灌浆,应在浇筑该部位的混凝土时预埋灌浆管路和排气管路,通过管路进行灌浆。埋管数量不应少于 2 个,位置在现场确定。
 - 5) 灌浆前应对衬砌混凝土的施工缝和混凝土缺陷等进行全面检查,对可能漏浆的部位应先行处理。
 - 6) 灌浆采用纯压式灌浆法,宜分为两个次序进行,后序孔应包括顶孔。
 - 7) 回填灌浆施工应自较低的一端开始,向较高的一端推进。同一区段内的同一次序孔可全部或部分钻出后,再进行灌浆。也可单孔分序钻进和灌浆。
 - 8) 低处孔灌浆时,高处孔可用于排气、排水。当高处孔排出浆液(接近或等于注入浆液的水灰比)后,可将低处孔堵塞,改从高处孔灌浆,依次类推,直至结束。
 - 9) 浆液的水灰比可采用 1、0.5 两级,一序孔可直接灌注 0.5 级浆液。空隙大的部位应灌注水

泥基混合浆液或回填高流态混凝土,使用水泥砂浆时掺砂量不宜大于水泥重量的 200%。全强风化或松散软弱岩体中隧涵的回填灌浆,宜采用水泥黏土浆液或其他复合浆液灌浆。

- 10) 灌浆压力应视混凝土衬砌厚度和配筋情况等确定。在素混凝土衬砌中可采用 0.2 MPa~0.3 MPa;钢筋混凝土衬砌中可采用 0.3 MPa~0.5 MPa。
 - 11) 灌浆应连续进行,因故中止灌浆的灌浆孔,应扫孔后再进行复灌,直至达到结束条件。
 - 12) 灌浆结束条件:在规定的压力下,灌浆孔停止吸浆,延续灌注 10 min 即可结束。
 - 13) 灌浆孔灌浆完成后,应使用水泥砂浆将钻孔封填密实,孔口压抹齐平。
 - 14) 回填灌浆质量检查,可采用检查孔注浆试验或取芯检查的方法,检查时间分别在该部位灌浆结束 7 d 或 28 d 以后。检查孔应布置在顶拱中心线、脱空较大、和灌浆情况异常的部位,孔深应穿透衬砌深入围岩 100 mm。压力隧洞每 10 m~15 m 宜布置 1 个或 1 对检查孔,无压隧洞的检查孔可适当减少。
 - 15) 回填灌浆质量检查应满足下列合格标准,根据工程条件可选用其中一种或两种检查方法。对于不要求将空腔填满的部位,浆液充填厚度应满足设计要求。
 - 单孔压浆试验。向检查孔内注入水灰比为 2 的水泥浆,压力与灌浆压力相同,初始 10 min 内注入浆量不大于 10 L 为合格。
 - 双孔连通试验。在指定部位布置 2 个间距为 2 m 的检查孔,向其中一孔注入水灰比为 2 的水泥浆,压力与灌浆压力相同,若另一孔出浆流量小于 1 L/min 为合格。
 - 检查孔及芯样检查。探测钻孔及观察岩芯,浆液结石充填饱满密实满足设计要求为合格。
- f) 固结灌浆应符合下列要求:
- 1) 灌浆可采用纯压式灌浆法,按环间分序、环内加密的原则进行。Ⅳ级、Ⅴ级围岩环间宜分为二序或三序,Ⅱ级、Ⅲ级围岩环间可不分序。
 - 2) 灌浆孔可采用风钻或其他型式钻机钻孔,终孔直径不宜小于 $\phi 38$ mm,孔位、孔向和孔深应满足设计要求。
 - 3) 固结灌浆孔在灌浆前应用压力水进行裂隙冲洗,冲洗时间不大于 15 min 或至回水清净时止。冲洗压力可为灌浆压力的 80%,并不大于 1 MPa。地质条件复杂或有特殊要求时,是否需要冲洗以及如何冲洗,宜通过现场试验确定。
 - 4) 固结灌浆宜采用单孔灌浆的方法,但在注入量较小地段,同一环上的灌浆孔可并联灌浆,并联灌浆的孔数不宜多于 3 个,孔位宜保持对称。
 - 5) 固结灌浆孔基岩段长小于 6 m 时,可全孔一次灌浆。当地质条件不良或有特殊要求时,可分段灌浆。
 - 6) 隧洞固结灌浆压力可为 0.3 MPa~2.0 MPa;高水头压力隧洞灌浆压力应根据工程要求为围岩地质条件经灌浆试验确定。
 - 7) 灌浆浆液水灰比、浆液变换和结束条件应符合下列要求:
 - 灌浆浆液水灰比可采用 3、2、1、0.5 四级,开灌浆液水灰比选用 3,其浆液变换原则为:当灌浆压力保持不变,注入率持续减少时,或注入率不变而压力持续升高时,不应改变水灰比;当某级浆液注入量已达 300 L 以上时,或灌浆时间已达 30 min 时,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,应改浓一级水灰比;当注入率大于 30 L/min 时,可根据具体情况越级变浓。
 - 各灌浆段灌浆的结束条件应根据地质条件和工程要求确定。当灌浆段在最大设计压力下,注入率不大于 1 L/min 后,继续灌注 30 min,可结束灌浆。
 - 8) 灌浆孔灌浆结束后,应排除钻孔内的积水和污物,采用“全孔灌浆法”或“导管注浆法”封口,孔口空余部分用干硬性砂浆填实抹平。

- 9) 围岩固结灌浆工程质量检查,应以测定灌后岩体弹性波速为主,压水试验透水率为辅。弹性波测试宜采用声波法或地震波法。压水试验为单点法。
 - 10) 围岩弹性波速测试,应在该部位灌浆结束 14 d 后进行,其检查孔的布置、测试仪器的选用和合格的标准,应按设计规定执行。
 - 11) 固结灌浆压水试验检查的时间宜在该部位灌浆结束 3 d 以后,检查孔的数量不宜少于灌浆孔总数的 5%。合格标准为 80%以上试段的透水率不大于设计规定,其余试段的透水率不超过设计规定值的 150%,且分布不集中。压水试验采用单点法。
- g) 钢衬接触灌浆应符合下列要求:
- 1) 钢衬接触的区域和灌浆孔的位置可在现场经敲击检查确定。面积大于 0.5 m² 的脱空区宜进行灌浆,每一个独立的脱空区布孔不应少于 2 个,最低处和最高处都应布孔。
 - 2) 钢衬接触灌浆孔可在钢板上预留,孔内宜有丝扣,在预留孔钢衬外侧宜补焊加强钢板。灌浆短管与钢衬间可采用丝扣连接,也可焊接。
 - 3) 在钢衬的加劲环上应设置连通孔,孔径不宜小于 $\phi 16$ mm。
 - 4) 在钢衬上钻灌浆孔宜采用磁座电钻,孔径不宜小于 $\phi 12$ mm。每孔宜测记钢衬与混凝土之间的间隙尺寸。
 - 5) 灌浆前应使用洁净的压缩空气检查缝隙串通情况,并吹除空隙内的污物和积水。风压应小于灌浆压力。
 - 6) 灌浆压力应以控制钢衬变形不超过设计规定值为准。可根据钢衬的形状、厚度、脱空面积的大小以及脱空的程度等情况确定,不宜大于 0.1 MPa。当脱空区高度很大时,灌浆压力应考虑浆液自重的影响。
 - 7) 灌浆浆液水灰比可采用 0.8、0.5 两个比级,浆液中宜加入减水剂。
 - 8) 灌浆应自低处孔开始,并在灌浆过程中敲击震动钢衬,待各高处孔分别排出浓浆后,依次将其孔口阀门关闭。同时应测量和记录各孔排出的浆量和浓度。
 - 9) 在设计规定的压力下灌浆孔停止吸浆,延续灌注 5 min,即可结束灌浆。
 - 10) 如一次灌浆未能满足设计要求,可采取复灌、改用细水泥浆液或化学浆液等措施处理。
 - 11) 灌浆孔灌浆结束后应用丝堵加焊或焊补法封孔,孔口用砂轮磨平。
 - 12) 钢衬接触灌浆也可采用预埋专用灌浆管或灌浆盒的无钻孔方式进行,其技术和质量要求按设计规定执行。
 - 13) 灌浆工程质量检查应在灌浆结束 7 d 后进行,采用敲击法或其他方法,钢板脱空范围和程度应满足设计要求。

7.5.6 隧洞施工作业安全应遵守下列规定:

- a) 爆破材料的运输、储存、加工、现场装药以及瞎炮处理等,均应按有关的安全操作规程执行。选用的爆破材料,应符合相关标准的规定,使用前应进行性能检查。新型的爆破材料,经验证其性能符合规定,并经安全技术部门同意后,方能使用。
- b) 放炮后应保证足够的通风量和通风时间,不应过早进入爆破工作面,不应打残眼,并应有防止杂散电流和静电造成危害的措施。
- c) 放炮后,进洞作业前,应检查岩石及岩层的稳定性。在洞顶衬砌完成前,均应检查危石情况,并处理。
- d) 通过特殊地层或在施工中发现异常征兆时,应结合具体施工条件,编制预防灾害的专门技术措施。

7.6 渡槽

7.6.1 渡槽基础施工应符合下列要求:

- a) 基础开挖、回填及处理应符合设计要求,并符合 6.1 节和 6.3 节的规定。
- b) 砌石基础或混凝土重力墩式基础允许偏差应符合表 36 的要求。
- c) 挖孔桩、灌注桩施工应符合 6.3 节的规定。

7.6.2 渡槽支承结构应符合下列要求:

- a) 混凝土墩或浆砌石墩应符合设计要求及 6.5 节和 6.6 节的规定,其允许偏差应符合表 36 的要求。
- b) 现浇混凝土排架应妥善安排浇筑顺序,控制好混凝土塌落度(80 mm~120 mm),适当控制混凝土上升速度,宜为 1.0 m/h。排架混凝土浇筑前,应对模板基底进行清洗并保持湿润,应加强模板支撑,保持模板稳定,确保模板能够承受施工过程中可能产生的各项荷载。浇筑过程中,应随时观测。如有偏斜,应随时纠正。
- c) 预制吊装排架。排架吊装应符合 6.7 节的规定。
- d) 现浇与预制排架安装的允许偏差应符合 6.5.3.12 条及 6.7.3 条的规定。
- e) 浆砌石或混凝土预制块拱砌筑要求应符合 6.6.12 条及有关规范的规定。
- f) 装配式肋拱的预制、运输、吊装应符合 6.5 节、6.7 节的规定。

7.6.3 现浇混凝土槽身应符合下列要求:

- a) 现浇混凝土槽身的模板支承结构应符合 6.5.1 条的规定。
- b) 槽身混凝土浇筑顺序可从槽身的一端浇向另一端,也可从两端浇向中部或从中部浇向两边。浇筑时应保证均匀对称进行,不应因高差引起不均匀沉降或模板侧压力不均匀导致支撑变形。断面较小的渡槽则应均匀平起浇筑。
- c) 施工中应根据槽身型式,分别采用不同的方式分层。应慎重确定槽身浇筑分层高度,宜少分层,不宜超过四层,并应提高第一层的浇筑高度。

7.6.4 预制混凝土槽身应符合下列要求:

- a) 预制场地选择宜考虑地形地貌、交通道路、运输距离等因素。
- b) 槽身模板支撑及混凝土浇筑同现浇混凝土槽身。
- c) 槽身混凝土养护时间不宜少于 28 d。
- d) 起吊槽身时,混凝土强度应达到设计强度。

7.6.5 渡槽施工属高空作业,应根据每座渡槽的实际情况选择起吊运输设备。有条件时,应优先选用缆索。

7.6.6 渡槽进出口与填方渠道相接时,接头处的填筑质量除符合规定外,尚应进行填土的预沉。应重视槽端截水环与填土接触面的施工质量。

7.6.7 伸缩缝止水型式应符合设计要求并符合 6.5.3.15 条的规定;支座型式应符合设计要求。

7.6.8 应加强渡槽施工、吊装安全技术管理,做到施工方案报经批准、人员分工明确、措施责任到位、组织有序、统一指挥、施工安全。

7.7 调压井

7.7.1 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。应包括以下内容:

- a) 流水作业适用于 I 类、II 类围岩或 III 类围岩采用喷锚支护可保持围岩稳定的中、小断面竖井或稳定性好的大断面竖井。
- b) 分段流水作业适用于 III 类、IV 类围岩的大中断面竖井或局部条件差需要及时衬砌的竖井或 II 类、III 类及 IV 类围岩大断面竖井。

7.7.2 竖井开挖应符合 6.2 节的规定。

7.7.3 露天井口加固应符合下列要求：

- a) 井口边坡应按照围岩稳定边坡要求进行加固。井台开挖尺寸应根据施工条件及上部建筑需要确定。每边宜留 3 m~5 m 台地。边坡坡脚处应设排水沟,地表水不应排入井内。
- b) 大断面竖井井口上部开挖到一定深度后,应根据围岩稳定条件加固或按永久建筑物要求,预先衬砌,下挖时上部围岩应稳定。

7.7.4 埋藏式井口加固应符合下列要求：

- a) 竖井上部采用混凝土结构时,宜在下部开挖前,进行顶部混凝土施工。
- b) 竖井与高压管道斜井连接段处的围岩,通常受力条件较差,应在井身施工前加固。

7.7.5 临时支护应遵守下列规定：

- a) 竖井开挖后的临时支护应符合 6.2 节的规定。
- b) 小断面竖井岩石破碎时,可采用现浇混凝土井筒护壁方法。
- c) IV类、V类围岩地段,应及时支护。可边挖边衬或预灌浆加固岩体。
- d) 井壁有不利的节理组合时,应及时进行锚固。

7.7.6 钢筋分段施工应符合下列要求：

- a) 用普通模板施工时,环向钢筋应按实际分块大小分段,竖筋应按每次模板支立高度分段。
- b) 用滑模施工时,竖筋(或轴向筋)不宜超过 6 m,环向筋不宜超过 7 m。

7.7.7 钢筋安装应符合下列要求：

- a) 用普通模板施工时,竖向钢筋应在模板支立前安装;环向钢筋应在模板支立后安装。
- b) 用滑模施工时,竖井井身钢筋应分段安装,环向筋应边浇筑边安装。

7.7.8 混凝土衬砌应遵守下列规定：

- a) 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。
- b) 混凝土入仓方式应按施工条件确定。当井深在 15 m 以内时,可采用直接利用缓降筒输送混凝土入仓;井深为 15 m~100 m 时,宜用振动溜管输送混凝土至下部架设的浇筑平台,再经缓降筒入仓;井深过深时,或混凝土拌和站布置于井下时,宜采用吊罐输送混凝土。
- c) 竖井混凝土衬砌宜采用滑动模板。模板可按照竖井直径及断面形状做成整体或装配结构,并用围圈固定在一起。模板高度应取决于混凝土凝结时间和模板滑升速度,滑升速度宜为 1.0 m/d~1.4 m/d。模板应做成上大、下略小的锥体,锥度宜采用 1%,脱模时的混凝土强度宜为 0.1 MPa~0.3 MPa。
- d) 混凝土衬砌的环向及纵向工作缝,除应按普通施工缝的规定作凿毛处理外,并应设键槽;如有防水要求,应设置止水片。

7.7.9 施工安全作业应符合下列要求：

- a) 竖井导井和井身或井口同时作业时,应采取可靠的封闭措施。
- b) 竖井采取提升设施时应设置井深指示器,不应过卷、过速,并应设过电流和失电压等保护装置及制动系统。应设置可靠的通讯和信号联系,信号应声光兼备。
- c) 竖井内应设置有护栏的人行爬梯,每隔 8 m 设一个休息平台。

7.8 压力管道

7.8.1 地下埋管开挖应符合 6.2 节的规定。

7.8.2 无钢板衬砌的地下埋管混凝土施工应符合下列要求：

- a) 斜井混凝土衬砌宜用滑模浇筑。钢模板应做成前端大、尾端略小的锥形，圆锥度为 3‰~8‰，面板应平整，凹凸度允许偏差为 2 mm~3 mm。滑模启衬方式分为套模启衬与对口启衬，宜优先采用套模启衬。
- b) 混凝土初凝时间应不小于 1.5 h，终凝时间不大于 4 h，坍落度 40 mm~60 mm。
- c) 斜井坡度为 30°~45°时，利用溜槽浇筑混凝土，溜槽应加盖，每隔 5 m~8 m 加一金属挡板，溜槽尾部也应加设挡板。斜井长度较大时，应采用斗车或箕斗输送混凝土至浇筑仓顶部，再利用溜槽入仓。
- d) 用滑模浇筑混凝土。应注意以下事项：
 - 1) 宜先浇筑顶拱；左、右两边应对称浇筑。
 - 2) 滑模滑动间隔时间应通过试验确定，应保持在 0.5 h 左右，最大不应超过 1 h。每次拉模行程宜为 50 mm~100 mm、日进尺 2 m。
 - 3) 滑模时应随时调整模板位置，但每次不宜超过 100 mm(径向)。
 - 4) 模板表面应保持光滑，防止滑模时刮掉混凝土。

7.8.3 地下埋管钢管安装的条件与程序应符合下列要求：

- a) 钢管安装，应具备以下条件：
 - 1) 洞内岩石开挖完毕，地下洞室洞径应满足管道净空设计要求。
 - 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 20 mm，埋设孔内的砂浆应具有 70% 以上的强度。
 - 4) 测量控制点要设置牢固，标志明显。控制点设置数量与位置应满足安装要求。
 - 5) 搭设脚手架，设置安全防护装置，设立明确的联络讯号。斜井较长时，应采取有效的通风排烟措施。
- b) 安装程序及安装原则应符合下列要求：
 - 1) 钢管安装程序应考虑钢管运入、混凝土进料方向、作业面个数、施工期及地质条件等因素确定。
 - 2) 在吊装、运输条件允许时，宜采用大节安装。钢管安装和混凝土浇筑宜分段交替进行，每段长度应以保证混凝土浇筑质量为前提。宜采用泵送混凝土入仓。
 - 3) 钢管安装时应采取防止钢管浮动和变形的措施。

7.8.4 明钢管施工应符合下列要求：

- a) 钢管管线开挖应符合 6.1.3 条的规定，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。
- b) 镇、支墩施工应按设计要求并符合 6.5 节、6.6 节和 6.1.3 条的规定。
- c) 钢管安装的程序与要求应遵守下列规定：
 - 1) 压力钢管在制造及安装过程中，应避免发生变形或损伤。
 - 2) 应选择正确的安装程序，即先安装并固定弯管，再根据伸缩节的位置，由下而上(伸缩节紧临镇墩下游时)或向上、下游侧(伸缩节在两个镇墩中间时)安装。
 - 3) 安装中应及时测定钢管的温度，据以正确确定伸缩节的余裕长度。
 - 4) 相邻管节的纵向缝不应排列在一条直线上。

- 5) 钢管安装可根据施工条件选用索道吊装或钢管轨道平车运输钢管。
- 6) 钢管底部应高出地面至少 600 mm。
- 7) 施工时宜采用定时或日照不强时进行测量。
- 8) 其他要求应符合 8.4 节的规定。

7.8.5 钢筋混凝土压力管道施工应遵守下列规定：

- a) 管床与管座施工应符合下列要求：
 - 1) 管床开挖应遵照 6.1 节的规定。
 - 2) 土基管床应分层夯压密实。刚性管床座垫应坐落在良好的岩基上。混凝土或浆砌块石施工应遵照 6.5 节和 6.6 节的规定。埋式管管顶填土质量应符合设计要求。
 - 3) 管道与管座间涂抹的沥青或敷设的沥青油毡应符合设计要求。
- b) 镇墩施工应符合 7.8.4 条的规定。
- c) 现浇钢筋混凝土伸缩缝缝距,对土基宜为 15 m~20 m,对岩基宜为 10 m~15 m。管道接头分开口式与套管式两种,宜优先采用套管式接头。伸缩缝宽度宜为 15 mm~20 mm,管道接头及伸缩缝质量应符合设计要求和 6.5 节的规定,密封止水。
- d) 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,不宜超过 5 m。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,不应低于设计强度的 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 46 规定。

表 46 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

7.8.6 其他材料压力管道施工应符合下列要求：

- a) 其他材料压力管道的土建部分施工应按设计要求进行。
- b) 应根据不同管道材质和性能,按照设计和厂家要求进行其他材料管道的连接和安装,并应进行检测和耐压试验。

7.9 厂房

7.9.1 开挖与地基处理应符合下列要求：

- a) 地面厂房开挖宜结合尾水渠开挖进行布置,开挖及地基处理应符合 6.1 节和 6.3 节的规定。
- b) 地下厂房开挖除应符合 6.2 节的相关规定外,还应遵守下列规定：
 - 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) 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；如采用先拱后墙法时,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,必要时应领先加固围岩；

——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,不宜短于 5 m。

7.9.2 厂房度汛应符合下列要求:

- a) 度汛措施除应符合相关规定外,还应经过计算选择方法可靠、经济合理的度汛措施,保证汛期安全。
- b) 如利用厂房挡水时,厂房水下混凝土应在当年汛前达到相应的安全度汛高程并封堵与度汛有关的所有孔洞。
- c) 尾水检修闸门不宜用于汛期的孔口封堵。如需使用,应按封堵条件,进行加固处理。
- d) 汛期前应完成对地下厂房施工面上渗漏涌水的处理,并做到堵排结合。

7.9.3 厂区排水应符合下列要求:

- a) 厂区排水应按设计图施工。在永久排水系统未形成以前,应做好施工期间厂区临时排水系统的布设。
- b) 厂区界外临时排水宜直接引入上下游围堰之外。
- c) 厂房永久渗漏集水井宜在厂房施工时提前施工,并作为厂房施工排水的主要措施。

7.9.4 厂房混凝土的分层分块应遵守下列规定:

- a) 分层分块应符合下列原则:
 - 1) 应根据设计要求和厂房结构特点、形状、应力情况和设备安装等因素进行分层分块,避免在应力集中、结构薄弱部位分缝,几何形状应力求避免锐角和薄片;分块时应尽量使施工缝与结构缝相协调,力求不削弱结构的完整性。分层分块还应考虑到模板、钢筋、预埋件、混凝土振捣及二期混凝土施工方便。
 - 2) 分层厚度应根据结构特点和温度控制要求确定,基础约束区层厚宜不大于 2 m,约束区以上可适当加厚,但不宜超过 3.5 m,散热面大的部位,可视具体情况适当增加分层厚度,但不宜超过 4.0 m。
 - 3) 根据混凝土施工能力、温度控制要求确定分块面积的大小,尽量减少不必要的施工缝。块体的长宽比不宜过大,宜小于 2.5 : 1。
 - 4) 对于确需分缝且可能产生裂缝的薄弱部位,应布置防裂钢筋。
- b) 分层分块的形式及要求:
 - 1) 厂房下部结构分层分块宜采用通仓、错缝等形式,小型水电站厂房宜采用通仓浇筑。
 - 2) 分层宜按底板、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。
 - 3) 纵向宜以机组为单元进行分缝。
 - 4) 下部结构的上下游和左右侧墙混凝土可分块浇筑,有防渗要求部位的缝面应设止水设施。
 - 5) 分期安装水轮机埋件的发电机层可以机组为单元分块浇筑。
 - 6) 分缝缝口应横平竖直,在外露面不应形成可见的不规则接缝。
 - 7) 错缝分块的上、下层浇筑块搭接长度宜取浇筑厚度的 1/2~1/3,且不宜小于 500 mm。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,相邻块高差不宜超过 4 m~5 m。

9) 蜗壳的边墙与顶板不宜一次浇筑。

7.9.5 钢筋混凝土蜗壳及尾水管模板施工应符合下列要求：

- a) 蜗壳及尾水管正圆锥管、弯管模板宜采用木模，尾水管扩散段模板可采用钢木模板或其他材料代替，钢模与木模结合部位应有可行的详细措施，在模板安装、混凝土施工等过程中不产生超过表 47 的规定的偏差。尾水管在底板混凝土浇筑完成后的直线段可用混凝土模板、砖或砌石代替钢木模板。尾水管扩散段顶板，在具备吊装条件时，宜采用预制倒 T 型梁进行吊装施工。
- b) 木模应在加工场内制作，避免日晒雨淋，模板长度根据模板大小、制作、起吊、运输、安装施工能力确定，可采用整体或分段制作。应优先采用整体制作，蜗壳锥体可按 1/4 圆锥面制作。模板制作的允许误差，应符合模板设计规定，不应超过表 48 的规定。

表 47 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	预留空洞尺寸及位置	5	10

注：蜗壳内部尺寸指径向断面尺寸。

表 48 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	±3	±3
2	相邻两板面高差	1	1
3	局部不平	5	3
4	板面缝隙	2	2

注：局部不平指曲线模板与设计尺寸的误差；平面模板用 2 m 直尺检查所得的误差。

- c) 尾水管模板放样可采用图解法、数解法或放大样制作。
- d) 模板运输应注意避免碰撞和变形，模板尺寸较大时应有加固措施。
- e) 蜗壳锥体模板安装应在座环安装完成后进行，其模板上口应紧贴座环。
- f) 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，其安装误差不应超过表 47 的规定。
- g) 模板拆除应符合 6.5.1.6 条的规定。

7.9.6 下部混凝土施工应符合下列要求：

- a) 下部混凝土施工应以浇筑混凝土为主，机电安装配合。
- b) 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。

- c) 下部混凝土的温控措施应符合 6.5.3.13 条、6.5.3.14 条和 7.3.6 条的规定。
- d) 下部混凝土施工过程中遇到气温骤降时,应加强已浇混凝土结构暴露表面的保护,在低温季节应封闭已浇筑的孔洞。

7.9.7 上部混凝土施工应符合下列要求:

- a) 上部混凝土施工则应以机电安装为主,土建施工配合。上部结构应在吊车运行前完成。
- b) 安装间宜超前主机房施工,在封顶前利用外部设备使行车吊入就位,为机组部件的检测和预组装创造条件。
- c) 与第一期发电有关的部位应提前施工。
- d) 钢筋混凝土梁、板以及排架当采用吊装施工时应符合 6.7 节的有关要求。
- e) 采用劲性骨架自承法或承重构架施工时,应对劲性骨架和构架进行强度设计、刚度校核,保证有足够的稳定性和施工方便。施工时还应按设计要求设置施工预拱度。

7.9.8 厂房二期混凝土施工应符合下列要求:

- a) 厂房二期混凝土除满足 6.5 节的规定及设计规定外,还应满足下列要求:
 - 1) 二期混凝土的强度宜高于一期混凝土强度 5 MPa。
 - 2) 二期混凝土的骨料不应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 300 mm 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,混凝土入仓不应冲击预埋件和模板,尽量避免冲击钢筋。混凝土振捣机械机头不应在与模板、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,并不应触动埋件、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。
- b) 厂房二期混凝土施工,应注意以下问题:
 - 1) 模板安装和钢筋绑扎与预埋件安装交叉作业时,应注意对预埋件进行保护。
 - 2) 在厂房封顶后浇筑二期混凝土应注意解决好混凝土的运输和入仓方法,应避免混凝土运输通过已经运行或正在安装机组的上空。
 - 3) 座环安装应在尾水管层混凝土完成后进行,使水轮机层、机墩和发电机层依次序施工。
 - 4) 锥管里衬、转轮室和座环预埋件宜一次安装完成,便于整体安装精度调控,其二期混凝土也宜一次浇筑完成。
 - 5) 二期混凝土与一期混凝土不能很好结合部位应在二期混凝土达到设计强度,对缝面进行水泥灌浆,灌浆时应注意避免灌浆压力对预埋件产生抬动。
 - 6) 狭窄断面和混凝土不易到达部位的二期混凝土可采用预留进料孔、预填骨料压浆混凝土法(此法应符合 6.5.3.20 条的规定)、自密实混凝土法等方法施工。
 - 7) 预留的二期混凝土尺寸应满足机组和预埋件安装作业的所需空间。

8 水工金属结构安装

8.1 基本规定

8.1.1 技术资料应遵守下列规定:

- a) 金属结构安装前,应具备下列资料:
 - 金属结构制造、安装的有关图样和技术文件;
 - 产品出厂合格证;
 - 有关水工建筑物布置和测点图。
- b) 金属结构安装应按设计图样和有关技术文件进行,如有修改应有设计修改通知书或经设计部门书面同意。

8.1.2 所用材料应符合下列要求:

- a) 金属结构安装使用的材料,应符合图样规定,其性能应符合现行有关标准的规定,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应予复验,复验合格方可使用。
- b) 焊接材料应具有出厂质量证明书,其化学成分、机械性能和扩散氢含量等各项指标应符合规定。

8.1.3 基准点和测量工具应符合下列要求:

- a) 用于测量高程和安装轴线的基准点及安装用的控制点,均应明显、牢固和便于使用,应由测量部门在现场向安装单位交清,并提供简图。
- b) 金属结构安装所用的钢尺和测量仪器的精度应达到下述规定:
 - 精度为万分之一的钢尺;
 - J2 型经纬仪;
 - S3 型水准仪。
- c) 金属结构安装所用量具和仪表应在使用前送法定计量部门予以检定。

8.1.4 金属结构连接应遵守下列规定:

- a) 金属结构的重要连接焊缝(如分段闸门的工地拼接焊缝、压力钢管的工地纵缝和环缝等),其焊接要求与制造的同类焊缝等同,应符合相应的规范。
- b) 永久性螺栓连接,其螺孔和螺栓制备及螺栓紧固,应符合有关规定。

6.1.5 金属结构防腐蚀应符合下列要求:

- a) 金属结构的表面预处理、涂料涂装及金属热喷涂应按照设计图样要求由制造单位完成。安装焊缝两侧 100 mm~200 mm 范围内的涂装工作,应在焊缝质量检查合格后进行。
- b) 被涂装工件表面温度低于露点以上 3 °C 或相对湿度大于 85% 时不应进行涂装。如涂料说明书另有规定时,则应按其要求施工。
- c) 涂料涂层和金属涂层的质量检查,应符合有关规定。

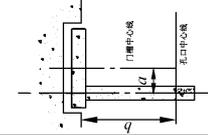
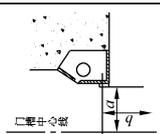
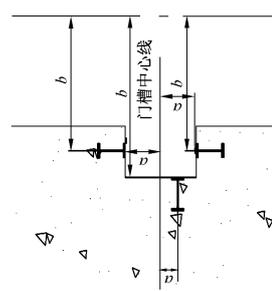
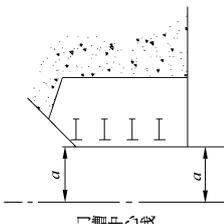
8.2 闸门及埋件

8.2.1 埋件安装应符合下列要求:

- a) 预埋在一期混凝土中的锚板(栓)、锚筋应按设计图样制造,应根据施工图在模板上划线并固定锚板(栓)锚板应与模板密贴,在混凝土开仓浇筑之前应对预埋的锚板(栓)锚筋位置进行检查、核对。
- b) 埋件安装前,门槽中的模板等杂物及有油污的地方应清除干净。一、二期混凝土的结合面应全部凿毛,二期混凝土的断面尺寸和预埋锚板(栓)、锚筋的位置应符合图样要求。
- c) 平面闸门埋件安装的允许偏差应符合表 49 的规定。
- d) 平面链轮闸门埋件安装除满足表 49 规定外,主轨承压面接头处的错位应不大于 0.2 mm,并应磨成缓坡;孔口两侧主轨承压面应在同一平面之内,其平面度应符合表 50 的规定。

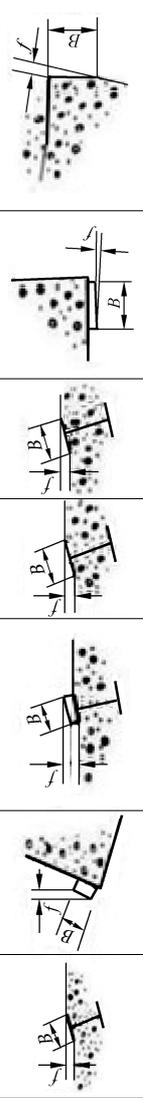
单位: mm

表 49 平面闸门门槽埋件安装的允许偏差

埋件名称	底槛	门楣	主轨		侧轨	反轨	侧止水座板	护角兼作侧轨	胸端			
			加工	不加工					兼作止水 上部	兼作止水 下部	不兼作止水 上部	不兼作止水 下部
序号												
1	工作范围内	±5	+2	+3	±5	+3	+2	±5	+5	+2	+8	+2
	工作范围外		-1	-1		-1	-1		-0	-1	-0	-1
2	工作范围内	±5	+3	+5	±5	+5		±5				
	工作范围外		-1	-2		-2						
3	高程	±5										
4	门楣中心对底槛面的距离 h						±3					
5	工作表面一端对 另一端的高差	3										
		2										
6	工作表面	2					2		2	2	4	4
	平面度											

单位: mm

表 49 (续)

7	工作表面组合处的错位		1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	1	1	1		
	工作范围内 工作范围外		1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	1	1	1		
8	表面 扭曲 f	简图 	$B < 100$	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	1	1		
			$B = 100 \sim 200$	1.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	
			$B > 200$	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
			工作范围外允许增加值		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

注: ① L 为宽门宽度; ② 构件每米至少应测一点; ③ 胸墙下部是系指和门楣组合处; ④ 门槽工作范围高度, 静水启闭闸门为孔口高; 动水启闭闸门为承压主轨高度; ⑤ 侧轮如为预压式弹性装置, 则侧轨偏差按图样规定; ⑥ 组合处错位应磨成缓坡; ⑦ 左、右侧门槽埋件安装的允许偏差方向, 应尽量保持一致。

表 50 主轨承压面平面度

主轨长度(mm)	公差(mm)
≤1 000	0.4
>1 000~2 500	0.5
>2 500~4 000	0.6
>4 000~6 300	0.8
>6 300~10 000	1.0

- e) 升卧式闸门埋件安装的允许偏差还应符合下列规定：
 - 主轨的转弯半径安装偏差不应大于转弯半径的 1/1 000,且不大于 2 mm,圆弧中心位置允许偏差 2 mm；
 - 主轨垂直平面度误差应符合图样规定,无规定时应小于 2 mm；
 - 止水座板宜凸出混凝土表面 3 mm~5 mm,其平面度允许误差为 2 mm。
- f) 弧形闸门铰座的基础螺栓中心和设计中心的位置偏差不应大于 1 mm。
- g) 弧形闸门埋件安装的公差或极限偏差应符合表 51 的规定。

表 51 弧形闸门埋件安装的允许偏差

单位:mm

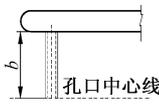
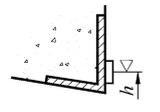
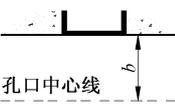
序号	埋件名称		门槛	门楣	侧止水座板		侧轮导板
					潜孔式	露顶式	
	简图						
1	里程		±5	+2 -1			
2	高程		±5				
3	门楣中心至门槛面的距离 h			±3			
4	对孔口中心线 b	工作范围内	±5		±2	+3 -2	+3 -2
		工作范围外			-4 -2	+6 -2	+6 -2
5	工作表面一端对另一端的高差	L ≥ 10 000	3				
		L < 10 000	2				
6	工作表面平面度		2	2	2	2	2
7	工作表面组合处的错位		1	0.5	1	1	1
8	侧止水座板和侧轮导板中心线的曲率半径				±5	±5	±5

表 51 (续)

单位: mm

9	工作面 扭曲 f	简图						
		工作范围 表面宽度	$B < 100$	1	1	1	1	2
			$B = 100 \sim 200$	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5
			$B > 200$	2		2	2	3
工作范围外允许增加值				2	2	2		

注 1: L 为闸门宽度;
 注 2: 安装时门楣宜为最后固定,故门楣位置宜按门叶实际位置进行调整;
 注 3: 工作范围指孔口高度;
 注 4: 构件每米至少测一点。

- h) 采用充压式、压紧式水封的弧形闸门,埋件的止水座基面中心线至孔口中心线的距离极限偏差为 ± 2 mm;埋件的止水座基面的曲率半径极限偏差为 ± 3 mm,其偏差方向应与门叶面板外弧的曲率偏差方向一致;埋件的止水座基面至弧形闸门外弧面间隙尺寸极限偏差应不大于 1.5 mm;潜孔式侧止水座如为不锈钢,其组合错位 0.5 mm,并应磨光。
- i) 弧形闸门铰座钢梁单独安装时,钢梁中心的里程、高程和对孔口中心线距离的极限偏差为 ± 1.5 mm。铰座钢梁的倾斜示意图(见图 1),按其水平投影尺寸 L 的偏差值来控制,要求 L 的偏差应不大于 $L/1\ 000$ 。
- j) 水平钢衬高程极限偏差为 ± 3 mm。侧向钢衬至孔口中心线距离极限偏差为 $^{+6.0}_{-2.0}$ mm,表面平面度公差为 4.0 mm,垂直度公差为高度的 1/1 000 且不大于 4.0 mm,组合面错位应不大于 2.0 mm。
- k) 埋件安装调整后,应将调整螺栓与锚板(栓)焊牢,埋件在浇筑二期混凝土过程中不应变形或位移。

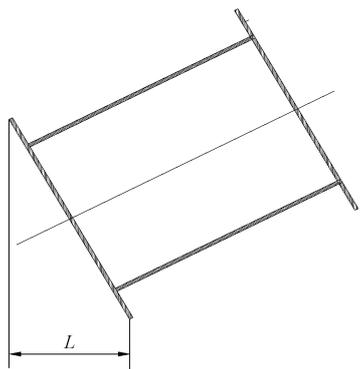


图 1 铰座钢梁的倾斜示意图

- l) 埋件工作面对接接头的错位均应进行缓坡处理,过流面及工作面的焊疤和焊缝高应铲平磨光,凹坑应补焊平并磨光。
- m) 埋件安装完,经检查合格后,应及时浇筑二期混凝土。如间隔 5 d 及以上或有碰撞,应予复测,复测合格方可浇筑混凝土。二期混凝土一次浇筑高度不宜超过 5.0 m,浇筑时,应注意防止撞

击埋件和模板,并采取措施捣实混凝土,应防止二期混凝土离析、跑模和漏浆。

- n) 埋件的二期混凝土强度达到 70%以后方可拆模,拆模后应对埋件进行复测,并作好记录。同时检查混凝土尺寸,清除遗留的外露钢筋头和模板等杂物,以免影响闸门启闭。
- o) 工程挡水前,应对全部检修门槽和共用门槽进行试槽。

8.2.2 平面闸门安装应符合下列要求:

- a) 整体闸门在安装前,应对各项尺寸进行复测,并符合本标准有关规定的要求。
- b) 分节闸门在组装成整体后,除应按本标准有关规定对其各项尺寸进行复测外,并应满足下列要求:节间如采用螺栓连接,螺栓应均匀拧紧,节间橡皮的压缩量应符合设计要求;节间如采用焊接,则应按已经评定合格的焊接工艺,按本标准有关焊接的规定进行焊接和检验,焊接时应采取措施控制变形。
- c) 充水阀的尺寸应符合设计图样,其导向机构应灵活可靠,密封件与座阀应接触均匀,并满足止水要求。
- d) 止水橡皮的物理力学性能应符合设计规定。
- e) 止水橡皮的螺孔位置应与门叶及水封压板上的螺孔位置一致;孔径应比螺栓小 1.0 mm,应采用专用空心钻头掏孔,不应烫孔,均匀拧紧螺栓后,其端部至少应低于橡胶水封自由表面 8.0 mm。
- f) 止水橡皮表面应光滑平直,橡塑复合水封应保持平直运输,不应盘折存放。其厚度极限偏差为 ±1.0 mm,截面其他尺寸的允许偏差为设计尺寸的 2%。
- g) 止水橡皮接头可采用生胶热压等方法胶合,胶合接头处不应有错位、凹凸不平和疏松现象;若采用常温粘接剂胶合,抗拉强度应不低于橡胶水封抗拉强度的 85%。
- h) 止水橡皮安装后,两侧止水中心距离和顶止水至底止水底缘距离的极限偏差为 ±3.0 mm。止水表面的平面度为 2.0 mm。闸门处于工作状态时,橡胶水封的压缩量应符合设计图样规定,并进行透光检查或冲水试验。
- i) 平面闸门应作静平衡试验,试验方法为:将闸门吊离地面 100 mm,通过滚轮或滑道的中心测量上、下游与左、右方向的倾斜,宜单吊点平面闸门的倾斜不应超过门高的 1/1 000,且不大于 8.0 mm;平面链轮闸门的倾斜应不超过门高的 1/1 500,且不大于 3.0 mm;当超过上述规定时,应予配重。

8.2.3 弧形闸门安装应遵守下列规定:

- a) 圆柱铰、球铰及其他型式支铰铰座安装公差或极限偏差应符合表 52 的规定。

表 52 弧形闸门铰座安装公差或极限偏差

序号	项目	公差与极限偏差(mm)
1	铰座中心对孔口中心线的距离	±1.5
2	里程	±2.0
3	高程	±2.0
4	铰座轴孔倾斜	L/1 000
5	两铰座轴孔的同轴度	1.0

注:铰座轴孔倾斜系指任何方向的倾斜,L为轴孔宽度。

- b) 分节弧形闸门门叶组装成整体后,应按本标准有关规定对各项尺寸进行复测,复测合格后采用评定合格的焊接工艺,按本标准的有关规定进行门叶结构焊接和检验,焊接时应采取措施控制变形。当门叶节间采取螺栓连接时,应遵照螺栓连接有关规定进行紧固和检验。

- c) 弧形闸门安装应符合以下规定：
- 1) 支臂两端的连接板若需在安装时焊接，应采取措施减少变形，以保证焊接后其组合面符合本标准有关规定要求。
 - 2) 抗剪板应和连接板顶紧施焊。
 - 3) 连接螺栓应遵照螺栓连接有关规定进行紧固和检验，连接面间隙应有 75% 以上的面积紧贴，且边缘最大间隙不应大于 0.8 mm。
 - 4) 铰轴中心至面板外缘的曲率半径 R 的极限偏差：露顶式弧门应为 ± 8.0 mm，两侧相对差应不大于 5.0 mm；潜孔式弧门应为 ± 4.0 mm，两侧相对差应不大于 3.0 mm；采用充压式、压紧式水封弧形闸门为 ± 3.0 mm，其偏差方向应与埋件的止水座基面的曲率半径偏差方向一致，埋件的止水座基面至弧形闸门外弧面的间隙公差应不大于 3.0 mm，同时两侧半径的相对差应不大于 1.5 mm。
 - 5) 止水橡胶的质量应符合有关技术标准的规定，顶、侧止水橡皮安装质量应符合 8.2.2 有关规定。

8.2.4 闸门试验应符合下列要求：

- a) 闸门安装好后，应在无水情况下作全程启闭试验。试验前应检查自动挂脱梁挂脱钩是否灵活可靠；充水阀在行程范围内的升降是否自如，在最低位置时止水是否严密；同时还须清除门叶上和门槽内所有杂物并检查吊杆的连接情况。启闭时，应在止水橡胶处浇水润滑。有条件时，工作闸门应作动水启闭试验，事故闸门应作动水关闭试验。
- b) 闸门启闭过程中应检查滚轮、支铰及顶、底枢等转动部位运行情况，闸门升降或旋转过程有无卡阻、启闭设备左右两侧是否同步，橡胶水封有无损伤。
- c) 闸门全部处于工作部位后，应用灯光或其他方法检查橡胶水封的压缩程度，不应有透亮或间隙。如闸门为上游止水，则应在支承装置和轨道接触后检查。
- d) 闸门在承受设计水头压力时，通过任意 1 m 长止水范围内漏水量每秒钟不应超过 0.1 L。

8.2.5 拦污栅及埋件安装应符合下列要求：

- a) 活动式拦污栅埋件安装公差或极限偏差应符合表 53 的规定。

表 53 活动式拦污栅埋件安装的允许偏差

单位：mm

序号	项目	底槛	主轨	反轨
		允许偏差		
1	里程	± 5.0		
2	高程	± 5.0		
3	工作表面一端对另一端的高差	3		
4	对栅槽中心线	—	+3.0 -2.0	+5.0 -2.0
5	对孔口中心线	± 5.0	± 5.0	± 5.0

- b) 对于倾斜设置的拦污栅埋件，其倾斜角的允许偏差为 $\pm 10'$ 。回转式拦污栅按设计图样要求执行。
- c) 固定式拦污栅埋件安装时，各横梁工作表面应在同一平面内，其工作表面的最高点或最低点的差值应不大于 3.0 mm。
- d) 栅体吊入栅槽后，应作升降试验，检查栅槽有无卡滞情况，检查栅体动作和各节的连接是否可靠。

- e) 使用清污机清污的拦污栅,其栅体结构与栅槽埋件应满足清污机的运行要求。

8.3 启闭及起重设备

8.3.1 起重设备轨道安装应符合下列要求:

- a) 钢轨如有弯曲、歪扭等变形,应按下列规定矫形,合格后方可安装:
- 1) 钢轨正面、侧面的不直度不应大于全长 $1/1500$,全长不应大于 2 mm;
 - 2) 钢轨的两端面应平直,其倾斜值不应大于 1 mm。
- b) 轨道基础螺栓对轨道中心线距离的偏差不应超过 ± 2 mm。轨道安装后,螺纹应出露 2 扣~5 扣。
- c) 轨道安装的允许偏差应符合表 54 的规定。

表 54 轨道安装的允许偏差

单位:mm

序号	项目及代号	允许偏差	备注
1	轨道实际中心线对轨道设计中心线的偏移: $L \leq 10\ 000$ $L > 10\ 000$	2 3	轨道设计中心线应根据启闭机起吊中心线、坝轴线或厂房中心线测定
2	轨距: $L \leq 10\ 000$ $L > 10\ 000$	± 3 ± 5	—
3	轨道纵向直线度	构件长度的 $1/1500$ 且不超过 10	—
4	轨道横向倾斜度	轨宽的 $1/100$	每根轨道两端和中间测量
5	同一断面上两轨道的标高相对差	$L/800$ 且不超过 10	—
注: L ——轨距。			

- d) 轨道接头应符合下列规定:
- 1) 接头左、右、上三面的错位均不应大于 1 mm。
 - 2) 两平行轨道接头的位置应错开,其错开距离不应等于起重机前后车轮的轮距。
 - 3) 接头间隙应为 1 mm~3 mm。伸缩接头间隙应符合图样规定,其偏差不应超过 ± 1 mm。

8.3.2 起重设备组装应符合下列要求:

- a) 产品应在工厂进行组装,如果设备较大,工厂组装有困难,也可放到现场进行组装。
- b) 所有零部件应经检验合格,外购件、外协件应有合格证明文件方可进行组装。
- c) 各零部件就位准确后,拧紧所有的紧固螺钉,弹簧垫圈应整圈与螺母及零件支承面相接触。
- d) 松动的键应更换,防止壳部产生裂纹,禁止在键槽内放置垫片。
- e) 制动器的铰轴不应有锈住现象,制动轮和闸瓦之间的间隙应符合要求。
- f) 快速启闭机的离心式调速器制动推面的间隙应四周均匀,其初始值为 0.75 mm。
- g) 制动器和离心式调速器的摩擦面不应有油污,其接触面应均匀,并不应少于全面积的 75%。
- h) 减速器加油前,应进行清洗检查。减速器内润滑油的质量应符合厂家设计要求,油位应与油标尺的刻度相符,无油标尺时,其油位不应低于大齿轮最低齿的齿高,但亦不应过高。减速器应转动灵活,运转时其油封和接合面处不应漏油。
- i) 固定钢丝绳用的螺钉和卷筒上螺孔的螺纹均应完好无损,螺钉上应有防松装置。
- j) 钢丝绳表面应涂防锈油脂,不应有腐蚀、硬弯、扭结和被夹或被砸成扁平状等缺陷,其型号、长度均应符合图样规定,并应具有出厂合格证。如无合格证,应切下一段长 1500 mm 左右的钢

钢丝绳,作单丝的抗拉强度试验,再算出整绳的抗拉强度,其强度符合图样要求,方可使用。

- k) 卷筒上缠绕多层钢丝绳时,钢丝绳应有顺序地逐层缠绕在卷筒上,不应挤叠和乱槽。
- l) 过负荷装置或荷重指示器,其主要零部件在出厂前应进行调试。对于采用弹簧杠杆式的过负荷装置,其杠杆应动作灵活,弹簧应进行刚度试验,并将试验数据作为技术文件提供用户,以便现场安装调整;对于采用荷重指示器——电子称,其杠杆压力中心线应通过传感器的轴线,避免产生水平推力。传感器应单独装箱出厂。
- m) 组装车轮时,车轮的位置应对称于轴承箱的垫板。轴承箱两支承面应放在互相平行于车轮中心的两垂直面上,其不平行差不超过 0.09 mm。轴承处应注满黄油。
- n) 电气设备安装应符合有关规定。

8.3.3 固定卷扬机启闭机安装应符合下列要求:

- a) 产品到达现场应进行现场验收,方可进行安装。
- b) 减速器清洗后应注入新的润滑油,油位不应低于高速级大齿轮最低处的齿高,但不应高于其两倍齿高,其油封和结合面处不应漏油。
- c) 检查基础螺栓埋设位置及螺栓伸出部分的长度是否符合安装要求。
- d) 检查启闭机平台,其高程偏差不应超过 ± 5 mm,水平偏差不应大于 0.5/1 000。
- e) 启闭机的安装应根据起吊中心线找正,其纵、横向中心线偏差不应超过 ± 3 mm。
- f) 当吊点在下极限时,钢丝绳留在卷筒上的缠绕圈数应不少于 4 圈,其中 2 圈作固定用,另外 2 圈为安全圈。当吊点在上极限时,钢丝绳不应缠绕到卷筒绳槽以外。
- g) 采取双卷筒串联的双吊点启闭机,吊距偏差 ± 3 mm,当闸门处于门槽内的任意位置时,闸门吊耳轴中心线的水平偏差应满足设计要求,超出设计允许值时,启闭机应提示报警信号或投入纠偏功能。
- h) 钢丝绳应有序地逐层缠绕在卷筒上,不应挤叠、跳槽或乱槽。
- i) 无排绳机构的启闭机,螺旋绳槽卷筒、折线卷筒钢丝绳的返回角,应符合设计要求。
- j) 采用排绳机构的启闭机,应保证其运动协调,折返平顺。
- k) 高度指示装置的示值精度不低于 1%,应具有可调节定值极限位置、自动切断主回路及报警功能,仪表的显示应具有纠正指示及调零功能,行程检测元件应具有防潮、抗干扰功能。
- l) 荷载控制装置的系统精度不低于 2%,传感器精度不低于 0.5%,当荷载达到 110%额定启门力时,应自动切断主回路并报警。仪表的显示应满足启闭机容量的要求。两个以上吊点时,仪表应能分别显示各吊点启闭力,传感器及其线路应具有防潮、抗干扰性能。
- m) 减速器、开式齿轮箱、轴承、液压制动器等转动部位的润滑油应根据使用工况和气温条件,选择合适的润滑油。
- n) 电气设备安装应满足有关规定。

8.3.4 液压启闭机安装应符合下列要求:

- a) 产品到达现场应经检查、开箱验收后,方可进行安装。
- b) 液压启闭机机架的横向中心线与实际起吊中心线的距离不应超过 ± 2 mm;高程偏差不应超过 ± 5 mm。双吊点液压启闭机,支承面高差不应超过 ± 0.5 mm。
- c) 机架钢梁与推力支座的组合面不应有 0.05 mm 的通隙,其局部间隙不应大于 0.1 mm,深度不应超过组合面宽度的 1/3,累计长度不超过周长的 20%,推力支座顶面水平偏差不应大于 0.2/1 000。
- d) 吊装液压缸时,应采取防止变形的措施,根据液压缸直径、长度和重量决定支点和吊点个数,所有支点处应采用垫木支撑。
- e) 现场安装管路进行整体循环油冲洗,冲洗速度宜达到紊流状态,滤网过滤精度应不低于 10 μ m,冲洗时间不少于 30 min。

- f) 调整上下限位及充水接点,高度指示装置显示的数据能正确表示出闸门所处位置。
- g) 现场注入的液压油型号、油量及油位应符合设计要求,液压油过滤精度应不低于 $20\ \mu\text{m}$ 。

8.3.5 台车式启闭机、桥式起重机和门式启闭机等移动式启闭机安装应符合下列要求:

- a) 桥架和门架组装完成后,应符合以下要求:
 - 1) 主梁跨中上拱度 $F=(0.9\sim 1.4)L/1\ 000$,且最大上拱度应控制在跨度中部的 $L/10$ 范围内(见图 1 和图 2)。悬臂端上翘度 $F_0=(0.9\sim 1.4)L_1/350$ (或 L_2)。上拱度与上翘度应在无日照温度影响的情况下测量。
 - 2) 主梁的水平弯曲 $f\leq L/2\ 000$,但最大不应超过 $20\ \text{mm}$ (见图 2),此值在离上盖板约 $100\ \text{mm}$ 的腹板处测量。

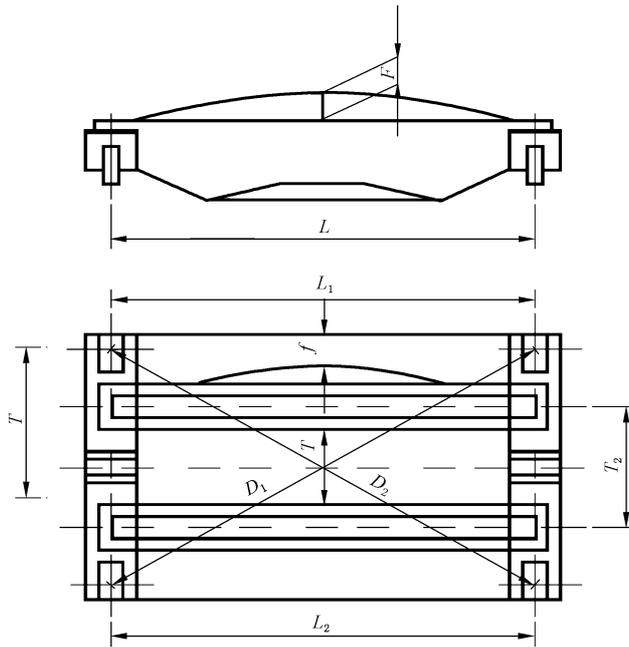


图 2 移动式启闭机主梁上拱度、水平弯曲等示意图

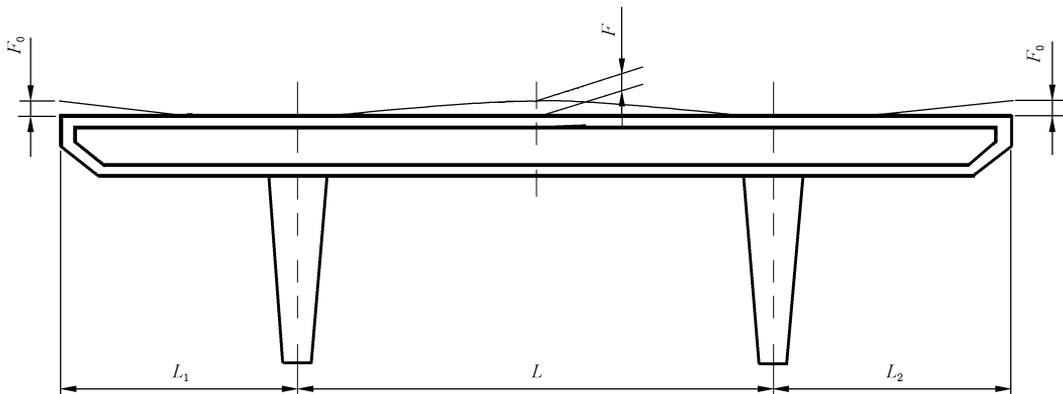


图 3 移动式启闭机主梁上拱度示意图

- 3) 主梁上翼板的水平偏斜 $b\leq B/200$ (见图 4),测量位置位于筋板处测量。
- 4) 主梁腹板的垂直偏斜 $b\leq H/500$ (见图 5)。测量位置位于长筋板处测量。
- 5) 桥架对角线差 $|D_1 - D_2|\leq 5\ \text{mm}$ (见图 2)。

- 6) 主梁主腹板的波浪度,以 1 m 平尺检查,在离上盖板 $1/3H$ 以内的区域小于 0.7δ ,其余区域小于 1.0δ (见图 6)。

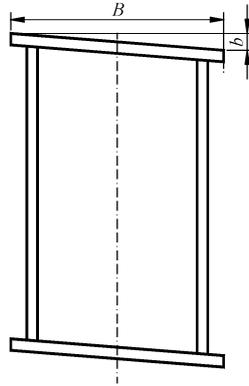


图 4 移动式启闭机主梁上盖板水平偏斜示意图

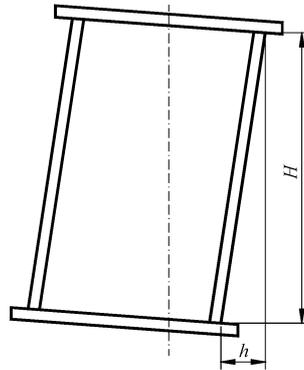


图 5 移动式启闭机主梁腹板垂直偏斜示意图

- 7) 支腿在跨度方向的垂直度 $h_1 \leq H_1/2000$ (见图 7),其倾斜方向互相对称。如用其他方法能保证启闭机跨度时,此项可不作考查项目。
- 8) 两个支腿,从车轮工作面算起到支腿上法兰平面的高度相对差不大于 8 mm。

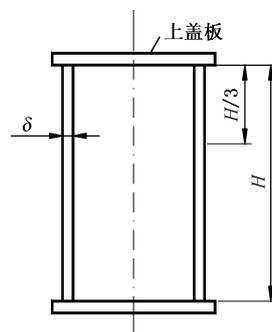


图 6 移动式启闭机主梁主腹板波浪度示意图

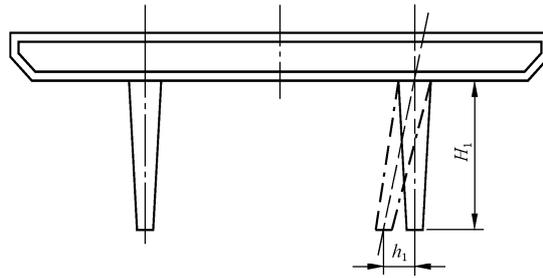


图7 移动式启闭机支腿跨度方向垂直度示意图

b) 小车(或移动台车)轨道安装应满足下列要求:

- 1) 小车轨距偏差值(见图2)应不超过 $\pm 3\text{ mm}$ 。
- 2) 小车跨度 T_1 、 T_2 的相对差(见图3)应小于 3 mm 。
- 3) 同一横截面上小车轨道的标高相对差(图8),应小于 3 mm 。
- 4) 小车轨道中心线与轨道梁腹板中心线的位置偏差(见图9),应小于 0.5δ , δ 为轨道梁腹板厚度。
- 5) 小车轨道在侧向的局部弯曲,在任意 2 m 范围内不大于 1 mm 。
- 6) 小车轨道应与主梁上翼缘板紧密贴合,当局部间隙大于 0.5 mm ,长度超过 200 mm 时,应加垫板垫实。
- 7) 小车轨道接头处的高低差和侧面错位均应小于 1 mm ,接头间隙应小于 2 mm 。

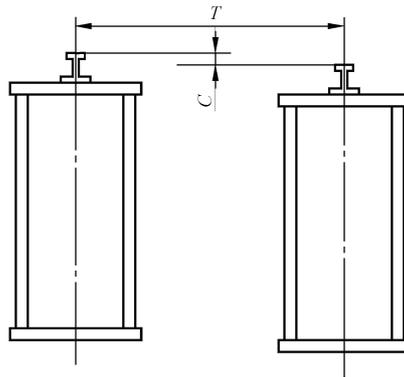


图8 移动式启闭机同一截面上小车轨道标高相对差示意图

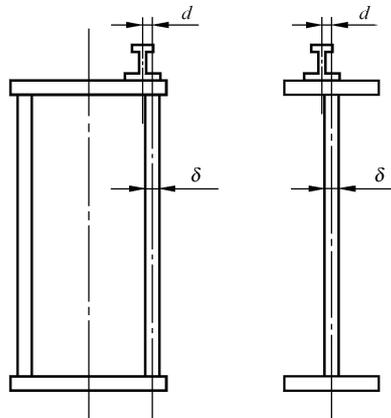


图9 移动式启闭机小车轨道中心线与轨道梁腹板中心线位置偏差示意图

- c) 大车轨道安装应满足下列要求:
- 1) 大车车轮应与轨道面接触,不应有悬空现象。
 - 2) 钢轨铺设前,应检查钢轨出厂证明和合格证,合格后方可铺设。
 - 3) 吊装轨道前,应确定轨道的安装基准线、轨道实际中心线与基准偏差应小于 2 mm。
 - 4) 轨距偏差不超过 ± 5 mm。
 - 5) 轨道在侧向的局部弯曲,在任意 2 m 范围内不大于 1 mm。
 - 6) 每条轨道在全行程上最高点与最低点之差应小于 2 mm。
 - 7) 同一横截面上轨道的标高相对差,应小于 5 mm。
 - 8) 两平行轨道的接头位置应错开,其错开距离应大于前后车轮的轮距。接头处高低差和侧面错位均应小于 1 mm,接头间隙应小于 2 mm。
- d) 走行机构安装应满足下列要求:
- 1) 跨度偏差 ± 5 mm,跨度的相对差应小于 5 mm。
 - 2) 车轮的垂直偏斜量应在车轮架空的情况下测量,垂直偏斜量应小于 $L/400$ mm(L 为测量长度)。
 - 3) 车轮的水平偏斜应小于 $L/1000$ (L 为测量长度),同一轴线上车轮的偏斜方向应相反。
 - 4) 同一端梁下,车轮的同位差:两个车轮时应小于 2 mm,两个以上车轮时应小于 3 mm,在同一平衡梁上车轮的同位差不应大于 1 mm。

8.3.6 螺杆式启闭机安装应符合下列要求:

- a) 螺杆式启闭机运到现场后,应检查、开箱验收后,方可进行安装。
- b) 机箱清洗后应注入新的润滑油,满足油位要求,其油封和结合面处不应漏油。
- c) 检查基础螺栓埋设位置,螺栓伸出部分的长度应符合安装要求。
- d) 启闭机平台高程偏差不应超过 ± 5 mm,水平偏差不应大于 $0.5/1000$ 。
- e) 机座的纵、横向中心线与闸门吊耳的起吊中心线的距离偏差不应超过 ± 1 mm。
- f) 机座与基础板的局部间隙不应超过 0.2 mm,非接触面不应大于总接触面的 20%。

8.3.7 固定卷扬式启闭机试运行应符合下列要求:

- a) 试运行试验:在工地现场进行,并完成试验记录和质量检测。试运行试验可结合设备安装调试进行。
- b) 电气设备的试验要求:接电试验前应检查全部接线并符合图纸规定,整个线路的绝缘电阻应大于 0.5 M Ω 。试验中各电动机和电气元件温升不能超过各自的允许值。试验应采用该机自身的电气设备,试验中若有触头等元件有烧灼者应予更换。
- c) 无负荷试验:启闭机无负荷试验共上下全行程往返三次,检查并调整下列电气和机械部分:
 - 1) 电动机运行应平稳,三相电流不平衡度不超过 $\pm 10\%$,电气设备应无异常发热现象。
 - 2) 启闭机运行到行程的上下极限位置,主令开关能发出信号并自动切断电源,使启闭机停止运转。
 - 3) 所有机械部件运转时,应无冲击声和其他异常声音。
- d) 荷载试验。
 - 1) 启闭机带闸门的运行试验,宜在设计水头工况下进行,应在动水工况下闭门 2 次。
 - 2) 传动零件运转平稳,无异常声音、发热和漏油现象。
 - 3) 行程开关动作应灵敏可靠。
 - 4) 对于装有荷载控制装置、高度指示装置的螺杆式启闭机,应对传感器信号的发送、接收等进行专门测试,保证动作灵敏,指示正确,安全可靠。
 - 5) 双吊点启闭机同步升降应无卡阻现象。
 - 6) 电机驱动运行应平稳,传动皮带应无打滑现象。

8.3.8 液压启闭机试运转应符合下列要求：

- a) 油缸试运转前运行区域内的一切障碍物应清理干净,保证闸门及油缸运行不受卡阻。
- b) 滤油芯清洗或更换,试运行前液压系统的污染度等级应不低于 NAS9 级。
- c) 环境温度应不低于设计工况的最低温度。
- d) 机架采用焊接固定的,应检查焊缝是否达到要求。对采用地脚螺栓固定的,应检查螺母是否松动。
- e) 电器回路中的单个元件和设备均应进行调试,并应符合有关规定。
- f) 油泵第一次启动时,应将油泵溢流阀全部打开,连续空转 30 min,油泵不应有异常现象。
- g) 油泵空转正常后,将溢流阀逐渐旋紧使管路系统充油,充油时应排除空气,管路充满油后,调整油泵溢流阀,使油泵在其工作压力的 50%、75%和 100%的情况下分别连续运转 5 min,系统应无振动、杂音和升温过高等现象,检查阀件及管路有无漏油现象。
- h) 调整油泵溢流阀,使其压力达到工作压力的 1.1 倍时动作排油,此时也应无剧烈振动和杂音。
- i) 启闭闸门,检验液压缸缓冲装置减速情况和闸门有无卡阻现象,并记录运行水头、闸门全开过程的系统压力值。
- j) 手动操作实验无误后,方可进行自动操作试验。
- k) 快速关闭闸门试验时,记录闸门提升、快速关闭、持住力、缓冲的时间和当时库水位及系统压力值,其快速关闭时间应符合设计规定。快速关闭闸门试验时,应做好切断油路的应急准备,以防闸门过速下降。
- l) 液压启闭机将闸门提起进行沉降试验,并应满足以下规定:
 - 在 24 h 内,闸门因液压缸的内部漏油而产生的沉降量不应大于 100 mm;
 - 在 24 h 后,闸门的沉降量超过 100 mm 时,应有警示信号提示,闸门的沉降量超过 200 mm 时,液压系统应具备自动复位的功能。72 h 内自动复位次数不大于 2 次。
- m) 双吊点液压启闭机,如有自动纠偏功能时,同一台启闭机的两套油缸在行程内任意位置的同步偏差大于设计值时,应自动投入纠偏装置。

8.3.9 移动式启闭机试运转应符合下列要求：

- a) 试运转前应检查以下各项:
 - 1) 检查所有机械部件、连接部件、各种保护装置及润滑系统等的安装、注油情况,其结果应符合设计要求,并清除轨道两侧所有杂物。
 - 2) 检查钢丝绳绳端的固定应牢固,在卷筒、滑轮中缠绕方向应正确。
 - 3) 检查电缆卷筒、中心导电装置、滑线、变压器以及各电机的接线是否正确和是否有松动现象存在,并检查接地是否良好。
 - 4) 对于双电机驱动的起升机构,应检查电动机的转向是否正确;双吊点的起升机构应检查吊点的同步性能。
 - 5) 检查走行机构的电动机转向是否正确。
 - 6) 用手转动各机构的制动轮,使最后一根轴(如车轮轴、卷筒轴)旋转一周,不应有卡阻现象。
- b) 试运转应符合下列要求:
 - 1) 起升机构和走行机构应分别在行程内往返三次,电动机三相电流不平衡度不超过 10%,电气设备应无异常发热现象,控制器的触头应无烧灼现象。
 - 2) 限位开关、保护装置及联锁装置等动作应正确可靠。
 - 3) 大、小车行走时,车轮不允许有啃轨现象。
 - 4) 大、小车行走时,导电装置应平稳,不应有卡阻、跳动及严重冒火花现象。
 - 5) 所有机械部件运转时,均不应有冲击声和其他异常声音。
 - 6) 运转过程中,制动闸瓦应全部离开制动轮,不应有任何摩擦。

- 7) 所有轴承和齿轮应有良好的润滑,轴承温度不应超过 65 °C。
 - 8) 在无其他噪声干扰的情况下,在司机座测量(不开窗)测得的噪声不应大于 85 dB(A)。
 - 9) 带有挂脱梁的启闭机应做挂脱闸门的试验。
 - 10) 双吊点启闭机,应进行闸门吊耳轴中心线的水平偏差检测或双吊点同步的检测。
- c) 静荷载试验应符合下列要求:
- 1) 检验启闭机各部件和金属结构的承载能力。
 - 2) 测量主梁实际上拱度和悬臂端的实际上翘度。
 - 3) 确定主梁和机架承载最危险断面,布置应力测试点。
 - 4) 工地安装现场应具备满足静载试验所需的配重试块,宜采用专用试块。
 - 5) 试验过程中可由 75% 的额定载荷逐步增至 125% 的额定载荷,离地面 100 mm~200 mm,停留时间不少于 10 min,测量门架或桥架挠度,然后卸荷,测量门架或桥架的变形。
 - 6) 静载试验中主梁实测的挠度值应小于 $L/700$,悬臂端实测的挠度值应小于 $L_n/350$ 。
 - 7) 静载试验结束后,各部件和金属结构各部分不能有破裂、永久变形、连接松动或损坏等影响性能和安全的质量问题出现。
- d) 动荷载试验应符合下列要求:
- 1) 检查机构和制动器的工作性能。
 - 2) 在设计额定载荷起升点,由 75% 的额定载荷逐步增加至 110% 的额定载荷,作重复的起升、下降、停车、起升、下降等动作,应延续达 1 h。
 - 3) 启闭机作为起重机使用时应按起重机的运行工况和额定起重量,在起升 1.1 倍额定载荷后除做起升、下降、停车试验外,还应做大车、小车的行走运行试验。
 - 4) 动荷载试验过程中检查各机构,应动作灵敏、工作平稳可靠,各限位开关、安全保护联锁装置应动作正确、可靠,各连接处不应松动。

8.3.10 桥式起重机起升荷载试验应符合下列要求:

- a) 起升荷载试验应包括以下内容:
- 静载试验;
 - 动载试验;
 - 稳定性试验(需要时)。
- b) 静载试验应符合下列要求:
- 1) 静载试验的目的是检验起重机以及各结构件的承载能力,如果未见到裂纹、永久变形、油漆剥落或对起重机的性能与安全有影响的损坏,连接处也没有出现松动或损坏,则认为该项试验的结果合格
 - 2) 各起升机构的静载试验应分别进行,如果起重机的规范允许,还应作起升机构联合动作的静载试验。试验时应根据实际使用情况使起重机处于主要部件承受最大钢丝绳载荷、最大弯矩和/或最大轴向力的位置和状态。试验载荷应被逐渐地加上,起升至离地面 100 mm~200 mm 处,悬空时间不应少于 10 min,更高值由国家法规要求或订货合同中规定。一次静载试验使起重机的每一个主要部件都能承受最大弯矩和/或最大轴向力不可能时,应进行附加的静载试验或使这些部件承受所需力的试验。
 - 3) 如果国家法规或订货合同中无更高值要求,所有起重机的试验载荷都应为 1.25P,其中 P 定义为:对于流动式起重机,为额定起重量(起升机构上载荷的质量,包括有效起重量和吊钩滑轮组的质量);对于其他类型的起重机,为制造商规定的最大起重量。
- c) 动载试验应符合下列要求:
- 1) 动载试验的主要目的是验证起重机各机构和制动器的功能。
 - 2) 除起升机构外,起重机的各机构都应按制造商规定的低速进行 1.25P 的承载试验。起重

机的各机构应分别进行 1.1P 的动载试验,如果在起重机规范中有规定时,应作联合动作试验,试验应在各机构承受最大载荷的位置和状态下进行。试验应包括对各机构在其整个运动范围内作反复启动和制动,还应包括对悬挂着的试验载荷作空中启动,此时试验载荷不应发生不受控制的运动。

- 3) 如果各部件能完成其功能试验,并在随后进行的目测检验中未发现机构或结构部件有损坏,且连接处也没有松动或损坏,则认为该项试验的结果合格。
 - 4) 动载试验时,起重机应按照操作手册的规定进行控制,且应注意把加速度、减速度和速度限制在起重机正常工作的范围内。
- d) 稳定性试验
- 1) 稳定性试验的目的是检验起重机抵抗倾覆力矩的能力。在起重机吊钩上无冲击地施加试验载荷时,起重机能够保持稳定,则认为该项试验的结果合格。
 - 2) 稳定性试验应在规定工作区域内稳定性最不利的位置或状态下进行。如果不同位置或工作区域规定的载荷不同,则应对这些条件有选择地进行稳定性检验。
 - 3) 试验载荷应被逐渐地加上去,起升至离地面 100 mm~200 mm 处,悬空时间不应少于 5 min,更高值由国家法规要求或订货合同中规定。
 - 4) 对于流动式起重机以外的其他起重机,试验载荷都应为 1.25P,更高值由国家法规要求或订货合同中规定,其中 P 由制造商规定。
- e) 试验条件
- 1) 起重机应根据规范的规定安装适用于操作的工作装置。
 - 2) 对于在轨道上运行的起重机,应在按照起重机规范制造和铺设的轨道上进行试验。
 - 3) 对于轨道上运行的起重机以外的其他起重机,应按国家法规或订货合同进行试验。
 - 4) 试验时,风速不应大于 8.3 m/s(30 km/h)。除订货合同中有规定外,不需要起重机处于最不利风作用的方位上。

8.3.11 螺杆式启闭机试运转应符合下列要求:

- a) 试运行试验。在工地现场进行,并完成试验记录和质量检测。试运行试验可结合设备安装调试进行。
- b) 电气设备的试验应符合下列要求:
 - 1) 接电试验前应检查全部接线并符合详图规定。
 - 2) 线路的绝缘电阻应大于 0.5 MΩ。
 - 3) 试验中各电动机和电气元件升温不能超过各自的允许值。
 - 4) 试验应采用该机自身的电气设备。
 - 5) 元件触头有烧灼者应予更换。
- c) 无负荷试验应符合下列要求:
 - 1) 启闭机不带闸门的运行试验,应在全行程内往返 3 次。
 - 2) 电动机运行三相电流不平衡度不超过±10%,电气设备应无异常发热现象。
 - 3) 启闭机运行到行程的上下极限位置,行程限位开关能发出信号并自动切断电源,使启闭机停止运转。
 - 4) 所有机械部件运转时,应无冲击声和其他异常声音。
- d) 荷载试验应符合下列要求:
 - 1) 启闭机带闸门的运行试验,宜在设计水头工况下进行,应在动水工况下闭门 2 次。
 - 2) 传动零件运转平稳,无异常声音、发热和漏油现象。
 - 3) 行程开关动作应灵敏可靠。
 - 4) 对于装有荷载控制装置、高度指示装置的螺杆启闭机,应对传感器信号发送、接收等进行

专门测试,保证动作灵敏,指示正确,安全可靠。

- 5) 双吊点启闭机同步升降应无卡阻现象。
- 6) 电动机运行应平稳,传动皮带应无打滑现象。

8.4 压力钢管

8.4.1 压力钢管安装应符合下列要求:

- a) 钢管安装前,钢管中心、高程和里程等控制点宜永久保留,并作明显标记。
- b) 凑合节现场安装时的余量宜采用半机械化热切割,切割质量和尺寸偏差应符合有关规定。切割面的氧化层、熔渣、毛刺应用砂轮磨去,切割时造成的坡口沟槽深度不大于 0.5 mm,否则应进行修磨。当坡口沟槽深度大于 2 mm 时应进行焊补并修磨至规定要求,补焊区域及周边 20 mm 内应进行渗透检测,缺欠显示的验收等级为 2 级。
- c) 钢管在安装过程中应采取可靠措施,支撑的强度、刚度和稳定性应经过设计计算,不应出现倾覆和垮塌。
- d) 钢管制作安装用高空操作平台应符合下列规定:
 - 1) 操作平台、钢丝绳及锁定装置等应经设计计算确定。
 - 2) 应有安全保护装置。
 - 3) 钢丝绳严禁经过尖锐部位。
 - 4) 电焊机电气装置应电气绝缘和可靠接地,严禁用操作平台作为接地电路。
 - 5) 应采取可靠的防火和防坠落措施。
- e) 钢管支墩应有足够的强度和稳定性,钢管在安装过程中不发生位移和变形。
- f) 钢管管壁上不宜随意焊接支撑或脚踏板等其他临时构件。

8.4.2 压力钢管埋管安装应符合下列要求:

- a) 埋管安装中心的允许偏差应符合表 55 的规定。
- b) 始装节的里程偏差不应超过 ± 5 mm。弯管起点的里程偏差不得超过 ± 10 mm。始装节管口垂直度为 3 mm。

表 55 埋管安装中心允许偏差

单位:mm

钢管内径 D	始装管节口中心的允许偏差 (mm)	与蜗壳、伸缩节、蝴蝶阀、球阀、岔管连接的管节及弯管起点的管口中心允许偏差 (mm)	其他部位管节的管口中心允许偏差 (mm)
$D \leq 2\,000$	± 5	± 6	± 15
$2\,000 < D \leq 5\,000$		± 10	± 20
$5\,000 < D \leq 8\,000$		± 12	± 25
$D > 8\,000$		± 12	± 30

- c) 钢管横截面的形状偏差应符合下列规定:
 - 1) 圆形截面的钢管,圆度不应大于 $5D/1\,000$,且不应大于 40 mm(每端口应测两对直径)。
 - 2) 非圆形截面的钢管,其尺寸偏差不应大于设计尺寸的 5%,且绝对值不应大于 8 mm。
- d) 钢管管口的平面度不应大于 6 mm。
- e) 环缝焊接除图样有规定者外,应逐条焊接,不应跳越,不应强行组装。管壁上不应随意焊接临时支撑或脚踏板等构件,不应在混凝土浇筑后再焊接环缝。
- f) 拆除钢管上的工卡具、吊耳、内支撑和其他临时构件时,不应使用锤击,应用碳弧气刨或热切割

在离管壁 3 mm 以上处切除,切除后应将钢管上残留的痕迹和焊疤磨平,并检查确认无裂纹。对高强钢应采用磁粉方法或采用渗透方法进行检测。如发现裂纹应进行处理。对后续工序无妨碍的临时构件和埋管外壁的一些临时构件,可不拆除。

- g) 钢管安装后,应与支墩和锚栓焊牢,防止浇筑混凝土时位移。
- h) 钢管内、外壁的局部凹坑深度不应大于钢管壁厚 10%,当局部凹坑深度不大于 2 mm 时,应采用砂轮打磨,平滑过渡;当局部凹坑深度大于 2 mm 时,应进行补焊。
- i) 灌浆孔的螺纹孔应在加装了空心螺纹护套后方可进行后续施工。
- j) 灌浆孔堵头采用熔化焊封堵时,堵头的焊缝坡口深度宜为 7 mm~8 mm。灌浆孔堵头采用粘接或其他方法封堵时,应进行充分论证和试验。
- k) 钢管安装后,应与支墩和锚栓焊牢。弹性垫层管安装后,应将外支撑去除并打磨光滑。
- l) 埋管宜采用活动内支撑,当采用固定支撑时,固定支撑与钢管的连接宜使用与钢管材质相同的过渡板进行焊接。

8.4.3 压力钢管明管安装应符合下列要求:

- a) 鞍式支座的顶面弧度,用规定的样板检查,其间隙不应大于 2 mm。
- b) 滚轮式、摇摆式和滑动式支座支墩垫板的纵向倾斜度和横向倾斜度均不应大于 2 mm,其高程、纵向中心和横向中心的允许偏差均为 ±5 mm,与钢管设计轴线的平行度不应大于 2/1 000。
- c) 滚轮式、摇摆式和滑动式支座安装完后,应能灵活动作,不应有卡阻现象。接触面不小于 75%,垫板局部间隙不应大于 0.5 mm。
- d) 明管安装中心允许偏差应符合表 55 的规定,明管安装后,管口圆度和形状偏差应符合 8.4.2 条的规定。
- e) 钢管的内支撑、工卡具、吊耳和其他临时构件的清除及钢管内、外壁表面凹坑的处理和焊补,应符合 8.4.2 条的规定。
- f) 伸缩节安装时,其伸缩量的调整应考虑环境温度的影响。受环境温度影响钢管伸缩量的计算应符合规定。
- g) 波纹管伸缩节安装时,应按产品技术要求进行。
- h) 波纹管伸缩节焊接时,焊机地线不允许焊接在波纹体上。
- i) 在焊接两镇墩之间的最后一道合拢焊缝时,应解除伸缩节的约束。

8.4.4 压力钢管焊接应遵照下列规定执行:

- a) 所有焊接接头均应进行外观检测,外观质量应符合表 56 的规定。

表 56 焊接接头外观检测

单位:mm

序号	项目	焊缝类别		
		一	二	三
		允许缺欠尺寸		
1	裂纹	不允许		
2	表面夹渣	不允许		深度不应大于 0.1δ,长度不应大于 0.3δ,且不应大于 10
3	咬边	深度不大于 0.5		深度不应大于 1
4	未焊满	不允许		不应大于 0.2+0.02δ 且不应大于 1,每 100 焊缝内缺欠总长不应大于 25

表 56 (续)

单位:mm

序号	项目	焊缝类别		
		一	二	三
		允许缺欠尺寸		
5	表面气孔	不允许		直径小于 1.5 的气孔 每米范围内允许有 5 个,间距不应小于 20
6	焊瘤	不允许		—
7	飞溅	不允许		—
8	焊缝余高 Δh	手工焊	$\delta \leq 25$ $\Delta h = 0 \sim 2.5$ $25 < \delta \leq 50$ $\Delta h = 0 \sim 3$ $\delta > 50$ $\Delta h = 0 \sim 4$	—
		自动焊	0~4	—
9	对接接头 焊缝宽度	手工焊	盖过每边坡口宽度 1~2.5,且平缓过渡	
		自动焊	盖过每边坡口宽度 2~7,且平缓过渡	
10	角焊缝焊脚 K	$K \leq 12, K^{+2}; K > 12, K^{+3}$		
<p>注 1: δ 是钢板厚度代号。</p> <p>注 2: 手工焊是指焊条电弧焊、CO₂ 半自动气保焊、自保护药芯半自动焊以及手工 TIG 焊等。而自动焊是指埋弧自动焊、MAG 自动焊、MIG 自动焊和自保护药芯自动等。</p>				

- b) 焊接接头内部质量检测可选用超声波检测(UT)或射线检测(RT);焊接接头表面质量检测选用磁粉检测(MT)或渗透检测(PT),铁磁性材料应优选磁粉检测(MT)。当其中一种无损检测方法检测有疑问时,应采用另一种无损检测方法复查。超声检测包括脉冲反射法超声检测(UT)、相控阵超声检测(PA—UT)和衍射时差法超声检测(TOFD)。
- c) T 形接头或空间狭窄处可采用相控阵超声检测(PA—UT)。
- d) 焊接接头内部无损检测长度占焊缝全长的百分比不应少于表 57 中的规定。

表 57 无损检测长度占焊缝全长百分数

序号	钢种	脉冲反射法超声检测(UT)或 相控阵超声检测(PA—UT)(%)		衍射时差法超声检测 (TOFD)或射线检测(RT)(%)	
		一类焊缝	二类焊缝	一类焊缝	二类焊缝
1	低碳钢和低合金钢	100	50	25	10
2	高强钢不锈钢不锈钢复合钢板	100	100	40	20
<p>注 1: 抽检时,应选择 T 字对接焊缝等易产生焊接缺欠的部位进行,每条焊缝抽检部位不少于 2 处,相邻抽检部位的间距不小于 300 mm。</p> <p>注 2: 衍射时差法超声检测(TOFD)或射线检测(RT)抽检长度不应小于 150 mm,应选择脉冲反射法检测(UT)或相控阵超声检测(PA—UT)发现缺欠较多的部位或需进一步判定缺欠性质的部位。</p> <p>注 3: 焊接接头用脉冲反射法检测(UT)或相控阵超声检测(PA—UT)有疑问时,可用衍射时差法超声检测(TOFD)或射线检测(RT)进行复验。</p>					

- e) 无损检测应符合下列规定:
 - 1) 射线检测(RT)应按有关规定执行,检测技术等级为 B 级,一类焊缝不低于 I 级为合格,二

类焊缝不低于Ⅱ级为合格。

- 2) 脉冲反射法超声检测(UT)和相控阵超声检测(PA—UT)应按有关规定执行,检测技术等级为B级,一类焊缝Ⅰ级为合格,二类焊缝不低于Ⅱ级为合格。
- 3) 衍射时差法超声检测(TOFD)应按有关规定执行,或应按现行行业标准有关规定执行,一类焊缝和二类焊缝均不低于Ⅱ级为合格。
- 4) 磁粉检测(MT)应按有关规定执行,一类焊缝Ⅱ级为合格,二类焊缝Ⅲ级为合格。
- 5) 同一焊接接头部位或同一焊接缺欠,使用两种及以上的无损检测方法进行检测时,应按各自标准分别评定合格。
- f) 焊接接头局部无损检测当发现有不允许缺欠时,应在缺欠的延伸方向或在可疑部位做补充无损检测,补充检测的长度不小于250 mm。当经补充无损检测仍发现有不允许缺欠时,则应对该焊工在该条焊接接头上所施焊的焊接部位或整条焊接接头进行100%无损检测。
- g) 焊接接头缺欠返工后应按原无损检测工艺进行复检,复检范围应向返工部位两端各延长至少50 mm。

8.4.5 压力钢管防腐应遵守下列规定规定执行:

- a) 表面预处理应符合下列要求:
 - 1) 钢管表面预处理前应将铁锈、油污、积水、遗漏的焊渣和飞溅等附着污物清除干净。
 - 2) 表面预处理采用局部喷射或抛射除锈,所用的磨料应清洁、干燥,用金属磨料、氧化铝、石榴石、铜矿渣、碳化硅和金刚砂等磨料,金属磨料粒度范围宜为0.5 mm~1.5 mm,人造矿物磨料和天然矿物磨料应根据表面粗糙度等级技术要求选择,粒度范围宜为0.5 mm~3.0 mm。潮湿环境中不得使用钢质磨料。
 - 3) 局部喷射用的压缩空气应经过滤除去油和水。
 - 4) 钢管内壁经局部喷射或抛射除锈后,表面清洁度应符合PSa2.5级。除锈后,厚浆型重防腐涂料及金属热喷涂表面粗糙度数值应达到Rz60 μm~Rz100 μm,其他应达到Rz40 μm~Rz70 μm。表面粗糙度用触针式的轮廓仪检测或比较样板目视评定。
 - 5) 钢管外壁经局部喷射或抛射除锈后,采用水泥浆或涂料防腐时,应达到表58中所规定的除锈后表面清洁度。

表 58 钢管外壁表面预处理质量要求

序号	部位	涂装配套	表面清洁度	表面粗糙度 Rz (μm)
1	明管外壁	喷涂涂料	PSa2.5	40、70
2	埋管外壁	改性水泥胶浆或苛性钠水泥浆	PSa2	—

- 6) 钢管除锈后,应用干燥的压缩空气或用吸尘器清除灰尘,涂装前当发现钢板表面污染或返锈时,应重新处理到原除锈等级。
- 7) 当空气相对湿度大于85%,环境温度低于5℃和钢板表面温度低于大气露点以上3℃时,不得进行除锈。
- b) 涂料涂装应符合下列要求:
 - 1) 防腐涂料涂层配套系统宜选由底漆、中间漆和面漆组成。底漆应具备良好的附着力和防锈性能,中间漆应具有屏蔽性能且与底漆、面漆结合性能良好,面漆应具有耐磨性能、耐候性能或耐水性能。
 - 2) 涂层配套系统的选择应根据所处环境按下列要求选用:
 - 埋管外壁涂层通常为改性水泥胶浆或苛性钠水泥浆,明管外壁处于空气环境下时应

选用耐候性能良好的涂层配套系统。

——钢管内壁应选用耐磨性能和耐水性能良好的涂层配套系统。

——输水工程钢管道内壁涂层除应具备耐磨性能和耐水性能外,还应符合卫生标准要求。

- 3) 经除锈后的钢材表面宜在 4 h 内涂装,晴天和正常大气条件下,最长不应大于 12 h。
- 4) 使用的涂料应符合图样规定,涂装层数、每层厚度、每层涂装间隔时间、涂料调配方法和涂装注意事项,应按设计文件或有关规定进行。
- 5) 钢管管节应在安装环缝两侧各 200 mm 范围内和灌浆孔及排水孔周边 100 mm 范围内,涂装车间底漆,如无机富锌底漆。安装焊接完成后,按规定进行表面预处理,并进行涂装。
- 6) 当空气中相对湿度大于 85%,钢板表面温度低于大气露点以上 3 °C 或高于 60 °C 以及环境温度低于 10 °C 时,均不得进行涂装。

c) 涂料涂层质量检测应符合下列要求:

- 1) 每层涂装前应对上一层涂层外观进行检测,当发现漏涂、流挂、皱皮等缺欠应及时处理。涂装后应用湿膜测厚仪测量湿膜厚度。
- 2) 涂装后应进行外观检测。涂层表面应光滑、颜色均匀一致,无皱皮、起泡、流挂、针孔、裂纹、漏涂等缺欠。水泥浆涂层厚度应基本一致,粘着牢固,不起粉。
- 3) 涂层内部质量应符合下列规定:

——涂层厚度用涂镀层测厚仪检测。在 0.01 m² 的基准面上测量 3 次,每次测量的位置应相距 25 mm~75 mm,取 3 次测量值的算术平均值为该基准面的一个测点厚度测量值。对于涂装前表面粗糙度大于 Rz100 μm 的涂层进行测量时,应取 5 次测量值的算术平均值为测点厚度值。

——单节钢管内表面积大于或等于 10 m² 时,每 10 m² 表面不应少于 3 个测点;单节钢管内表面积小于 10 m² 时,每 2 m² 表面不应少于 1 个测点。在单节钢管的两端和中间的圆周上每隔 1.5 m 测一点。涂层厚度应满足 85% 的测点厚度达到设计要求,达不到厚度的测点,其最小厚度值不应低于设计厚度的 85%。

——不含导电元素涂料的涂层用针孔检测仪,侧重于安装环缝两侧的涂层检测。应符合表 59 规定的电压值检测针孔,发现针孔,用砂纸、弹性砂轮片打磨处理后补涂。

表 59 涂层厚度与检测电压关系

涂层厚度 (μm)	100	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1 000
电压 (kV)	≥1.0	≥1.2	≥1.5	≥1.7	≥2.0	≥2.2	≥2.4	≥2.9	≥3.3	≥4.0	≥4.7

4) 涂层厚度不足或有针孔,返工固化后,应复查。

5) 采用划格法进行附着力检测时:

——当涂层厚度大于 120 μm 时,在涂层上用硬质刀具划两条夹角为 60° 的切割相交线进行抽查,切割相交线应划透涂层至基材,用胶带粘牢划口部分,然后沿垂直方向快速撕起胶带,涂层无剥落为合格。

——当涂层厚度小于或等于 120 μm 时,可用专用刀具在涂层表面以 3 mm~5 mm 等距离划出相互垂直的两簇平行线,构成若干方格,应符合表 60 规定检测涂层附着力等级,0 级~2 级为合格涂层。

表 60 涂层划格法附着力检测

级别	检测结果
0	切割的边缘完全是平滑的,没有一个方格脱落
1	在切割交叉处涂层有少许薄片分离,划格区受影响明显不大于 5%
2	涂层沿切割边缘或切口交叉处脱落明显大于 5%,但受影响明显不大于 15%
3	涂层沿切割边缘,部分和全部以大碎片脱落或在格子的不同部位上部分和全部剥落,明显大于 15%,但划格区受影响明显不应大于 35%
4	涂层沿切割边缘大碎片剥落或者一些方格部分或全部出现脱落,明显大于 35%,但划格区受影响明显不大于 65%
5	甚至按第 4 类也识别不出其剥落程度

6) 采用拉开法(亦称拉拔法)进行附着力定量检测时,附着力指标可按表 61 或由供需双方商定。拉开法可选用拉脱式涂层附着力测试仪,检测方法按仪器说明书的规定进行。

表 61 涂层拉开法附着力检测

单位: N/mm²

涂料类型	附着力
环氧类、聚氨酯类、氟碳涂料	≥5.0
氯化橡胶类、丙烯酸树脂、乙烯树脂类、无机富锌类、环氧沥青、醇酸树脂类	≥3.0
酚醛树脂、油性涂料	≥1.5

7) 采用划格法或拉开法进行涂层附着力检测时,任选一种方法均可。

d) 金属喷涂应符合下列要求:

1) 金属喷涂用的金属丝应符合下列规定:

- 锌丝应符合质量要求,且 Zn≥99.99%。
- 铝丝应符合质量要求,且 Al≥99.5%。
- 锌铝合金丝的含铝量应为 13%~35%,其余为锌。
- 铝镁合金丝的含镁量应为 4.8%~5.5%,其余为铝。
- 金属丝应光洁、无锈、无油、无折痕,直径为 φ3.0 mm。

2) 喷涂宜采用电弧喷涂,电弧喷涂无法实施的部位可采用火焰喷涂。

3) 金属喷涂可根据不同喷涂材料结合工作环境按下述厚度施工:

- 喷锌层或喷铝层厚度宜为 120 μm~150 μm。
- 锌铝合金层、铝镁合金层、稀土铝合金层宜取 100 μm~120 μm。

4) 钢材表面预处理后,宜在 2 h 内喷涂,在晴天和正常大气条件下最长不应大于 8 h。

5) 当空气相对湿度大于 85%,钢板表面温度低于大气露点以上 3 °C 以及环境温度低于 5 °C 时,均不得进行喷涂。

6) 喷涂应均匀,分多次喷涂,每次喷涂层厚 25 μm~60 μm 为宜,相邻两次喷涂的喷束应垂直交叉。

7) 金属喷涂层经检测合格后,应及时用有机涂料进行封闭。涂装前将金属喷涂层表面灰尘清理干净,涂装宜在金属喷涂层尚有一定温度时进行。

e) 金属涂层质量检测应符合下列要求:

1) 金属喷涂层应进行外观检测。涂层表面应均匀,无杂物、起皮、鼓泡、孔洞、凹凸不平、附着

不牢固的金属熔融粗颗粒、掉块、底材裸露的斑点及裂纹等现象。当喷涂时发现涂层外观有明显缺欠应停止喷涂,遇有少量夹杂可用刀具剔刮,当缺欠面积较大时,应铲除重喷。

- 2) 金属涂层的厚度检测和结合性能检测方法应符合规定。
- f) 牺牲阳极阴极保护系统施工应符合下列要求:
 - 1) 牺牲阳极阴极保护应与涂料保护联合作用。
 - 2) 牺牲阳极阴极保护的钢管应与水中其他金属结构电绝缘。
 - 3) 牺牲阳极阴极保护系统施工前应符合下列规定:
 - 测量钢管的自然电位。
 - 确认现场环境条件与设计文件一致。
 - 确认保护系统使用的仪器和材料与设计文件一致。
 - 4) 牺牲阳极的布置和安装应符合下列规定:
 - 牺牲阳极的工作表面不应粘有油漆和油污。
 - 牺牲阳极的布置和安装方式不应影响钢管的正常运行,并能满足钢管各处的保护电位均应符合设计的要求。
 - 牺牲阳极与钢管的连接位置应除去涂层并露出金属基底,其面积宜为 0.01 m² 左右。
 - 牺牲阳极应通过钢芯与钢管短路连接,宜优先采用焊接方法,亦可采用电缆连接或机械连接。
 - 牺牲阳极应避免安装在钢管的高应力和·高疲劳荷载区域。
 - 采用焊接方法安装牺牲阳极时,焊接接头应无毛刺、锐边、虚焊。
 - 牺牲阳极安装后应将安装区域表面处理干净,并按技术要求重新涂装,补涂时不得污染牺牲阳极表面。
- g) 牺牲阳极阴极保护系统质量检测应符合下列要求:
 - 1) 牺牲阳极阴极保护系统施工结束后,应提交牺牲阳极安装竣工图,应核查阳极的实际安装数量、位置分布和连接是否符合规定。
 - 2) 保护系统安装完成交付使用前,应测量钢管的保护电位,确认钢管各处的保护电位应符合设计规定。
 - 3) 牺牲阳极正常使用后,应定期对保护系统的设备和部件进行检测和维护,确保在使用年限内有效运行。
 - 4) 使用单位应至少每半年测量一次并记录钢管的保护电位,当测量结果不满足要求时,应及时查明原因,采取措施。

8.4.6 压力钢管的水压试验应遵守下列规定执行:

- a) 钢管、岔管水压试验和试验压力值应按图样或设计技术文件规定执行。
- b) 钢管、岔管水压试验前,应制订安全措施和安全预案。
- c) 试验用闷头应通过设计计算确定。
- d) 试压时水温应在 5 ℃ 以上。
- e) 呼吸管的一端应安装在钢管、岔管内试验状态下的最高位置。
- f) 当高程差大于 100 m 的钢管段做水压试验时,宜在钢管段上端顶部设置真空破坏阀。
- g) 水压试验应在钢管、岔管制作或安装完成及质量检测合格后进行。充水前,应对工卡具、临时支撑件、支托、起重设备等解除拘束处理,且应对结构上的焊疤、划痕等缺欠进行修补打磨处理。
- h) 钢管、岔管水压试压时,应分级加载,每级均应做检测。加载至额定工作压力,保持 30 min 以上,检测压力表指针保持稳定,无指针颤动现象等异常情况,才允许继续加压。加压速度以不大于 0.3 MPa/min 为宜,当压力大于 10 MPa 以上时,加压速度不大于 0.2 MPa/min 为宜。升

至最大试验压力,保持 30 min 以上,此时压力表指示的压力应无变动。然后下降至工作压力,保持 30 min 以上。整个试验过程中应无渗水、混凝土裂缝、镇墩异常变位和其他异常情况。

- i) 钢管、岔管水压试验完成后,通过增压系统的溢流控制阀以不大于 0.5 MPa/min 的速度分级卸至钢管内水的自重压力,再打开钢管段上端的呼吸管阀门后,进行排水作业。
- j) 试验系统在试验过程中出现问题需要处理时,应通过增压系统的溢流控制阀将系统压力卸至自重压力后再根据具体情况进行。
- k) 需要焊接、热切割、碳弧气刨、热矫形等作业时,应先将管内水排空。

9 施工环境保护

9.1 基本规定

9.1.1 施工环境保护内容应包括污染防治、生态保护、职业健康保护、环境管理与监测等。

9.1.2 施工环境保护应落实工程环境影响评价、水土保持方案、环境保护设计和水土保持措施设计提出的环境保护措施,并针对施工具体情况,在满足环境保护要求的前提下进行优化。

9.2 污染防治

9.2.1 污染防治措施应因地制宜、整体协调,符合环境功能和敏感目标保护的要求。

9.2.2 废污水、废气、固体废物和噪声污染防治设施应结合施工总布置、污染源强、排放方式、工程周边环境情况等合理布置。

9.2.3 废污水处理应遵守下列规定:

- a) 小型水电站施工废污水包括砂石料加工废水、混凝土拌和冲洗废水、水泥灌浆废水、基坑废水(混凝土冲毛废水、冲仓废水、养护废水)、基础造孔废水、机械设备冲洗维护废水等生产废水和施工人员生活污水。
- b) 施工生产废水和生活污水排放应符合环保要求。
- c) 施工废(污)水处理率不应低于工程所在地政府规定,无规定时不应低于 80%。
- d) 施工区附近为饮用水水源保护区,施工废污水排放口设置应符合有关规定。饮用水水源保护区内,禁止设置排污口;保护区附近设置排污口,应保证保护区内水体不受污染。
- e) 采用自然沉淀法对砂石料加工系统产生的废水进行处理时,应保证有足够沉淀时间,沉淀池应定期清理;泥浆宜干化处理运至弃渣场填埋。
- f) 混凝土拌和系统废水处理应结合工程布置,宜就近设置冲洗废水沉淀池。上清液可循环使用,废水宜进行中和处理。
- g) 生产和生活区排水系统应保持顺畅,排水主干渠应硬化。雨水不应汇入沉淀池、化粪池、隔油池、垃圾堆放处、干化泥浆堆储场所。
- h) 生产和生活区存放油类、电解液等场地,应采取防水、防渗、防流失措施。
- i) 食堂、盥洗室废水宜设置拦截装置,经隔油池(含成套油水分离装置)或化粪池排放。
- j) 生活污水不应随意排放,采用化粪池处理污水时,应及时清运;采用移动环保型厕所时,污水和粪便应集中回收进行无害化处理。

9.2.4 废气污染防治应遵守下列规定:

- a) 施工大气污染防治应落实土石方开挖、爆破、砂石料加工、混凝土拌和、物料运输和贮存及废渣运输等产生粉尘、扬尘防治措施,沥青加工、燃油、施工机械、车辆及生活燃煤排放废气的防治措施。
- b) 经采取防治措施后,工程影响区环境空气质量应达到相应功能区要求。
- c) 地下厂房、引水隧洞施工区应采用喷水、通风措施,改善地下洞室空气扩散条件。施工作业人

员的防护应执行劳动保护的有关规定。

- d) 骨料加工宜采用湿法破碎工艺,降低转运落差,密闭尘源。
- e) 水泥、石灰、粉煤灰等细颗粒材料运输宜采用密封罐车。采用敞篷车运输时应用篷布遮盖。装卸、堆放中应防止物料流散。
- f) 施工道路应定期养护,配备洒水车或采用人工洒水防尘。
- g) 钻爆作业宜优先采用带捕尘装置的钻孔设备。使用不具备捕尘装置的设备时,应采用湿钻或孔口喷水雾措施。露天爆破作业应采用松动爆破、喷水降尘等措施;地下工程应采用洒水喷雾等措施。

9.2.5 固体废物处置应遵守下列规定:

- a) 固体废物的处置对象应包括生活垃圾、建筑垃圾、生产废料,应做到资源化、减量化与无害化。
- b) 施工营地应设置垃圾箱或垃圾集中堆放点。生活垃圾应分类集中收集、定期清运,集中处置,宜采用填埋方式。填埋地点应避开生活饮用水源、渔业用水水域。
- c) 建筑垃圾应集中处置,其中可再生资源宜回收利用;危险固体废物应执行有关危险废物处理的规定。

9.2.6 噪声控制应遵守下列规定:

- a) 施工噪声控制应落实施工机械设备、骨料加工设备、运输车辆、爆破等噪声控制措施。
- b) 噪声控制应维护工程影响区域声环境功能要求。
- c) 噪声控制应根据噪声源类型、噪声强度及噪声影响对象采取噪声源控制、噪声传播途径控制,必要时辅以个人防护措施。
- d) 施工场界环境噪声控制应符合昼间 70 dB(A)、夜间 55 dB(A)的要求,施工影响区的敏感建筑物噪声控制应符合昼间 55 dB(A)、夜间 45 dB(A)的要求。
- e) 优先选用噪声较小的设备。机械噪声的控制,应加强机械设备的维护和保养。主要机械设备的布置应远离敏感建筑物,并采取减噪、减振措施。
- f) 控制运输车辆的噪声,应加强施工道路的养护和管理,在敏感区路段设置限速、禁止鸣笛等标志;无法避开学校、医院等噪声敏感区时,应设置隔声屏障。
- g) 工程爆破应采用低噪声爆破工艺,不应夜间露天爆破。
- h) 应根据岩石特性进行爆破设计,合理控制单响药量;宜采用台阶爆破施工,合理设计爆破抵抗线;禁止使用裸露药包进行解炮作业。
- i) 在施工场界处,夜间突发噪声最大声级超过场界噪声限值的幅度不得大于 15 dB(A)。
- j) 高噪声岗位施工作业人员,应执行有关劳动保护的规定,配备个人防护措施。

9.3 生态保护

9.3.1 生态保护应综合考虑生态环境保护与社会经济的协调发展,应遵循维护生态功能的原则,满足区域可持续发展要求。

9.3.2 生态保护措施在实施阶段,宜根据施工特点、施工区生态条件进行优化,并与主体工程同步实施。

9.3.3 施工区及施工影响区禁止超越生态保护红线边界,破坏施工场界外生态环境。

9.3.4 水土流失防治应遵守下列规定:

- a) 施工区水土流失防治措施应根据水土保持方案和设计,落实各防治分区水土保持措施。
- b) 施工场地应合理利用施工区内的土地,控制和减少对原地貌、地表植被、水系的扰动和损毁,保护原地表植被、表土和结皮层。
- c) 应按照设计开口线和边坡坡比有序开挖、及时支护,防治边坡失稳造成开口线外植被破坏。
- d) 弃土(石、渣)场和取土(石、料)场选址应符合水土保持要求。

- e) 工程弃土(渣)应采用先拦后弃,合理利用工程渣料,减少弃渣量。
- f) 开挖、排弃、堆垫的场地应采取拦挡、护坡、截排水等措施。
- g) 料场取料应将剥离的表层熟土,临时堆存,留作回填覆土。取料结束应及时进行土地平整,因地制宜恢复植被或复耕。
- h) 大坝、厂房基础开挖弃渣应及时清运至指定渣场,不应倾入河道。堆渣应采用“先拦后弃”的施工方法,各种理化性状的土渣、石渣宜分区堆放;弃渣结束应对渣场顶部平台、马道平台和坡面进行平整和覆土,恢复植被或复耕。
- i) 引水系统施工沿线开挖弃渣,应按水土保持设计要求堆置,根据地形、土壤条件恢复植被。
- j) 施工道路应按水土保持要求,进行护坡、排水。永久道路两侧宜栽种行道树。
- k) 施工迹地应及时进行土地整治,采取水土保持措施,恢复其利用功能。大坝、电站厂房、引水系统及办公生活区应进行绿化和景观建设。

9.3.5 动植物保护应遵守下列规定:

- a) 陆生植物保护与恢复对象应包括工程影响区内的植被、森林、草原、湿地等重要生态系统、自然保护区、森林公园、天然林保护工程及珍稀、濒危植物等。
- b) 工程施工不应损毁施工区外植被。施工区内珍稀濒危植物,采取迁地保护措施时,应根据生态适宜性要求,迁至区外移栽;采取就地保护措施时,应挂牌登记,建立警示标识。
- c) 工程施工不应伤害受保护的野生动物。禁止非法捕杀、驯养、繁殖、出售珍稀、濒危野生动物和破坏重点保护野生动物主要生息、繁衍场所。
- d) 在具有重要经济价值和珍稀濒危特有水生生物分布区域施工以及截流期影响鱼类生存、繁殖、洄游,应根据环境保护设计要求,落实保护措施。
- e) 禁止采用禁用渔具、禁捕方法捕鱼和在禁渔区、禁渔期捕鱼;禁止在候鸟迁徙路径设网捕鸟和在湿地抓捕幼鸟、捡拾鸟蛋。
- f) 工程区附近发现受威胁或伤害的受保护野生动物应给予帮助,及时报告当地环境或林业部门。
- g) 工程施工影响自然保护区应执行有关自然保护区的规定。

9.4 环境管理与监测

9.4.1 施工环境管理应与施工期的工程管理同步进行。

9.4.2 施工环境管理主要内容应包括:

- a) 编制施工环境保护实施方案,落实各项环境保护措施。
- b) 建立污染物排放控制、生态保护、环境监测规章制度。
- c) 根据规定,控制污染物排放、保护生态环境。
- d) 检查环境保护措施的实施进度和质量。
- e) 开展环境监测、分析施工区及施工影响区环境质量及发展趋势,并根据监测评估结果,开展环境影响后评价或提出优化环境保护措施的要求。
- f) 应制订环境风险污染事故处置计划,并对环境污染和生态破坏事故进行调查处理。

9.4.3 施工过程中应及时开展环境监测。监测单位应根据项目进度按监测实施计划及时进行;监测结果应及时整理分析、反馈、存档、上报。对突发污染事件或严重生态破坏事故应及时监测、上报。

9.4.4 在环境保护措施实施过程中,应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况。

9.5 职业健康与安全

9.5.1 职业健康与安全应满足国家职业健康与安全规定。

9.5.2 应根据工程特点编制施工期职业健康与安全的专项计划。

附 录 A
(资料性附录)
岩石基础开挖预裂爆破参数

A.1 炮孔孔距按公式(A.1)确定:

$$a = (7 \sim 12)D \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

a ——炮孔孔距,mm;

D ——钻孔直径,mm。

A.2 不耦合系数按公式(A.2)确定:

$$D_d = D/d = 2 \sim 5 \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

或 $D = (2 \sim 5)d$

式中:

D_d ——不耦合系数;

d ——药卷直径,mm,宜为 20 mm~30 mm。

A.3 线装药密度的经验公式应公式(A.3)、(A.4)计算:

a) 根据岩石的极限抗压强度和相邻孔间距计算:

$$Q_x = 0.589a\sigma_p^{0.5} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

Q_x ——线装药密度,g/m,以全孔长度计;

a ——炮孔孔距,mm;

σ_p ——岩石极限抗压强度,MPa。

适用范围:

$$\sigma_p = 20 \sim 150 \quad (\text{MPa})$$

$$a = 45 \sim 120 \quad (\text{mm})$$

b) 根据岩石的极限抗压强度和钻孔半径计算(Q_x 以扣除孔口堵塞长度的余留孔深计):

$$Q_x = 9.22r^{0.38}\sigma_p^{0.53} \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

式中:

r ——钻孔半径,mm。

适用范围:

$$\sigma_p = 10 \sim 150 \quad (\text{MPa})$$

$$D = 2r = 46 \sim 170 (\text{mm})$$

附录 B
(资料性附录)

水利水电地下工程围岩工程地质分类表

表 B.1 水利水电地下工程围岩工程地质分类表

类别	名称	围岩主要工程特性		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,宽度宜小于 0.1 m; 岩体呈块状整体结构或块状砌体结构。	结构面组合; 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	不宜 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,有少量软弱结构面,宽度小于 0.5 m;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。	开挖中局部有掉石现 象,局部成形差,长时 间暴露,局部有小 坍塌。	应考虑部分落石 荷载,可采取极 限平衡理论,或 结构面分析法进 行计算。	局部 支护
III	稳定 性较 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 1 m; 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 边坡侧壁有时局部 失稳。	结合地质分析, 采取极限平衡理 论或散体理论 计算。	需要 支护
IV	稳定 性差	同 III 类岩体状态,但软弱结构面分布较多,宽度小于 2 m,节理裂隙局部发育;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,顶拱般因坍 塌而超挖,无支撑时 可产生较大坍塌,边 墙有失稳现场。	采用散体理论	需 支护
V	不 稳定	1. 石质围岩:岩石强烈风化或全风化,受地质构造影响严重,节理裂隙极发育,断层破碎带宽度大于 2 m,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. 松散土层、砂层、滑坡堆积层及碎、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

附 录 C

(资料性附录)

隧洞开挖光面爆破和预裂爆破参数

表 C.1 光面爆破参数

岩石类别	周边孔间距 (mm)	周边孔抵抗线 (mm)	线装药密度 (g/m)
硬岩	550~650	600~800	300~350
中硬岩	450~600	600~750	200~300
软岩	350~450	450~550	70~120

注：炮孔直径为 40~50 mm；药卷直径为 20~25 mm。

表 C.2 浅孔预裂爆破参数(孔深 5 m 以内)

岩石类别	周边孔间距 (mm)	周边孔抵抗线 (mm)	线装药密度 (g/m)
硬岩	400~500	400	350~400
中硬岩	400~450	400	200~250
软岩	350~400	350	70~120

注：炮孔直径为 40 mm~50 mm；药卷直径为 20 mm~25 mm。

附 录 D
(资料性附录)
隧洞喷锚支护

D.1 喷锚支护类型,应依据围岩特性、断面尺寸、施工方法等,通过现场应变观测确定。

D.2 锚杆材料及类型选择:

- a) 杆体材料宜选用 20 锰硅钢或 5 号钢。
- b) 应优先选用钢筋砂浆锚杆,亦可根据施工条件选用楔缝式、胀壳式或树脂锚杆等类型。

D.3 锚杆参数及布置:

- a) 锚杆参数应根据施工条件,通过工程类比或试验确定。宜参照下列规定选取:
 - 1) 系统锚杆,锚入深度为 1.5 m~3.5 m,其间距为锚入深度的 1/2,但不应大于 1.5 m。
 - 2) 单根锚杆锚固力不低于 50 kN。局部布置的锚杆,应锚入稳定岩体,其深度和间距,根据实际情况而定。
 - 3) 大于 5 m 的深孔锚杆和预应力锚索,应结合永久支护做出专门设计。
 - 4) 锚杆直径宜为 16 mm~25 mm。
- b) 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。
- c) 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 50 mm×(50~80)mm×80 mm。

D.4 敷设金属网(或钢筋网)时应遵守下列规定:

- a) 金属网应随岩面敷设,其间隙不小于 30 mm。
- b) 喷混凝土的金属网格尺寸宜为 200 mm×(200~300)mm×300 mm,钢筋直径宜为 4 mm~10 mm。
- c) 金属网与锚杆联结应牢固。

D.5 检查锚杆应符合下列要求:

- a) 楔缝式锚杆安装后 24 h 应再次紧固,并定期检查其工作状。
- b) 锚杆锚固力可采用抽样(抽样是每 300 根锚杆为一组,每组抽取 3 根,当围岩条件或原材料变更时应另做一组)检查,抽样率不应少于 1%,其平均值不应低于设计值,任意一组试件的平均值不应低于设计值的 90%。
- c) 施工中,应对其孔位、孔向、孔径、孔深、洗孔质量、浆液性能及灌入密实度等分项进行检查。

D.6 砂浆锚杆的安设应符合下列要求:

- a) 砂浆
 - 1) 砂子宜用中细砂,最大粒径不大于 3 mm。
 - 2) 水泥宜选用强度等级大于 32.5 级的普通硅酸盐水泥。
 - 3) 水泥和砂之重量比宜为 1:1~1:2,水灰比宜为 0.38~0.45。
- b) 安设工艺
 - 1) 钻孔布置应符合设计要求,孔位误差不大于 200 mm,孔深误差不大于 50 mm。
 - 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。

D.7 喷混凝土的材料及性能应符合下列要求:

- a) 混凝土强度等级不应低于 C20。

- b) 宜选用不低于 32.5 级的普通硅酸盐水泥。
- c) 应选用中、粗砂,小石粒径为 5 mm~15 mm。骨料的其他要求,应按 4.5.12~4.5.13 条有关规定执行。
- d) 速凝剂初凝时间应不大于 5 min,终凝时间应不大于 10 min。
- e) 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) 砂率宜为 45%~55%。
 - 3) 水灰比宜为 0.4~0.5。
 - 4) 速凝剂掺量宜为水泥用量的 2%~4%。

D.8 喷射混凝土的工艺应符合下列要求:

- a) 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。
- b) 喷射作业,应分区段进行,长度宜不超过 6 m。喷射顺序应自下而上。
- c) 后一次喷射,应在前一次混凝土终凝后进行。若终凝后 1 h 以上再次喷射,应用风水清洗混凝土表面。
- d) 一次喷射厚度:边墙应为 40 mm~60 mm,拱部 20 mm~40 mm。
- e) 喷射 2 h~4 h 后,应洒水养护,宜养护 7 d~14 d。
- f) 混凝土喷射后至下一循环放炮的时间,应通过试验确定,不宜小于 4 h。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。
- g) 正常情况下的回弹量,拱部应为 20%~30%;边墙应为 10%~20%。

D.9 喷混凝土的质量标准,应符合下列要求:

- a) 喷混凝土表面应平整,不应出现干斑、疏松、脱空、裂隙、露筋等现象。如出现上述情况,应采取补救措施。喷射厚度应满足设计要求。
- b) 喷射混凝土强度,应按下列要求控制:
 - 1) 每喷 50 m³ 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,取样应均匀。
 - 2) 平均抗压强度不应低于设计的强度标准值,任意一组试件的平均值不应低于设计的强度标准值的 85%。
 - 3) 宜采用切割法取样。

附录 E
(资料性附录)

普通模板及支架的计算荷载

- E.1 模板及支架的自重,应根据设计图纸确定。木材容重:针叶类按 6 kN/m³ 计,其中落叶松按 8 kN/m³ 计;阔叶类按 8 kN/m³ 计。
- E.2 钢筋自重,应按设计图纸确定。板梁结构每立方米钢筋混凝土可取:板:1.1 kN/m³;梁:1.5 kN/m³。
- E.3 新浇混凝土的自重:按 24 kN/m³ 计算。
- E.4 人和运输工具的荷载。计算模板或直接支承模板的小楞时,均布荷载为 2.5 kN/m²,另应以集中荷载 2.5 kN 再进行验算,比较两者所得弯矩值取其大者采用;计算直接支承小楞的结构构件时,均布活荷载取 1.5 kN/m²;计算支架立柱及其他支承结构构件时,均布活荷载取 1.0 kN/m²。
- E.5 振捣混凝土时产生的水平、垂直荷载均取 1.0 kN/m²。
- E.6 新浇混凝土对模板的侧压力:采用插入式振捣器时,混凝土对模板的侧压力可按公式(E.1)计算:

$$P = 8 + 24Kv^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (E.1)$$

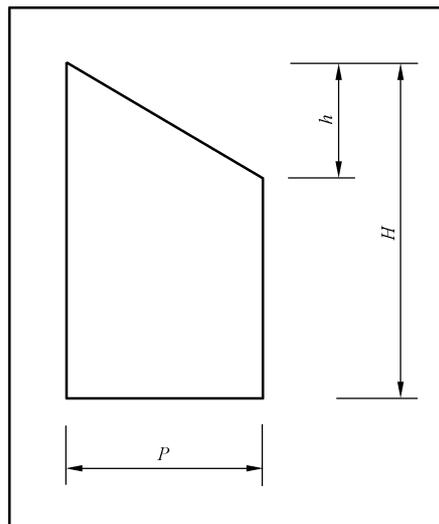
式中:

- P ——混凝土对模板的最大侧压力, kN/m²;
- K ——温度校正系数,可按表 E.0.6 采用;
- v ——混凝土浇注速度, m/h。

表 E.1 温度校正系数

温度(°C)	5	10	15	20	25	30	35
K	1.53	1.33	1.16	1.00	0.86	0.74	0.65
注: 温度系指混凝土的温度,在正常情况下(即没有改变混凝土入模温度的其他措施),可采用浇筑混凝土时的气温。							

侧压力的计算分布图形如图 E.1 所示。



H ——流态混凝土浇筑层厚度, m;
 $h = P/\gamma$, 其中 γ 为混凝土容重, 取 24 kN/m³。

图 E.1 侧压力的计算分布图

E.7 倾倒混凝土所产生的水平动力荷载可按表 E.2 采用。

表 E.2 水平动力荷载值

单位:kN/m²

向模板中供料的方法	作用于侧面模板的水平荷载
用溜槽串筒或直接用混凝土导管流出	2
用容量小于 0.2 m ³ 的运输器具倾倒	2
用容量小于 0.2 m ³ ~0.8 m ³ 的运输器具倾倒	4
用容量 0.8 m ³ 以上的运输器具倾倒	6

附录 F
(资料性附录)

混凝土平均强度 m_{fcu} 、标准差 S_{fcu} 和强度保证率 P 计算方法

F.1 混凝土平均强度 (m_{fcu}) 按公式(F.1)确定:

$$m_{fcu} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

- m_{fcu} —— n 组试件强度的平均值, MPa;
- $f_{cu,i}$ —— 第 i 组试件强度值, MPa;
- n —— 试件的组数。

F.2 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, 均按公式(F.2)计算:

$$\sigma_0 \text{ 或 } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (F.2)$$

式中:

- $f_{cu,i}$ —— 第 i 组试件强度值, MPa;
- m_{fcu} —— n 组试件强度平均值; MPa;
- n —— 试件的组数。

其抗压强度标准差(σ)计算值小于 2.5 MPa 时, 计算当统计混凝土设计强度标准值($f_{cu,k}$) \geq C20 的 $\sigma < 2.0$ MPa 时, 应取 $\sigma = 2.0$ MPa; 又当统计混凝土设计强度标准值($f_{cu,k}$) $<$ C20 的 $\sigma < 1.5$ MPa 时, 应取 $\sigma = 1.5$ MPa。

F.3 强度保证率 P 应按公式(F.3)计算:

a) 概率度系数 t 按公式(F.3)计算:

$$t = \frac{m_{fcu} - f_{cu,k}}{\sigma} \dots\dots\dots (F.3)$$

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。

b) 保证率 P 和概率度系数 t 的关系, 由表 F.1 和图 F.1 查得。

表 F.1 保证率和概率度系数的关系

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	2.00	3.00

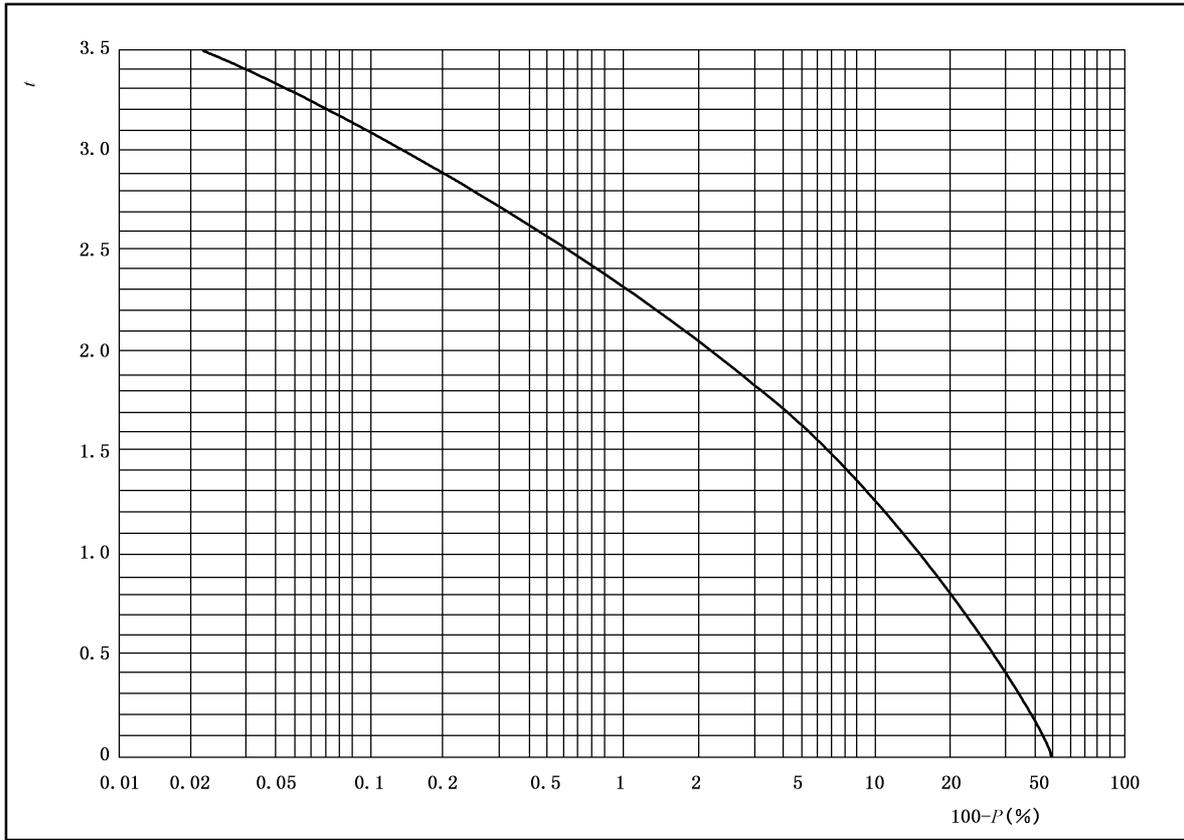


图 F.1 概率度系数(t)与保证率(P)关系曲线图



**UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

Vienna International Centre
P.O. Box 300 · 1400 Vienna · Austria
Tel.: (+43-1) 26026-0
E-mail: info@unido.org
www.unido.org



**INTERNATIONAL NETWORK
ON SMALL HYDROPOWER**

136 Nanshan Road
Hangzhou · 310002 · P.R.China
Tel.: (+86-571)87132793
E-mail: secretariat@inshp.org
www.inshp.org