

中华人民共和国行业标准

P

SL 172—96

小型水电站施工技术规范

Technical code for construction of
Smallhy dropower station

SL 172—96

主编单位: 四川省水利电力厅
批准部门: 中华人民共和国水利部

1996-07-30 发布

1996-11-01 实施

中华人民共和国水利部发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布《小型水电站施工技术规范》 SL 172—96的通知

水科技[1996]327号

根据部1992年水利水电技术标准制订计划, 由水电及农村电气化司主持, 四川省水利电力厅主编制订的《小型水电站施工技术规范》, 经审查批准为水利行业标准, 并予以发布。标准的名称和编号为:

《小型水电站施工技术规范》SL172—96

本标准自1996年11月1日起实施。在实施过程中各单位应注意总结经验, 如有问题请函告水电及农村电气化司, 并由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

一九九六年七月三十日

目 次

1 总则

第一篇 土建工程的基本规定

- 2 施工测量
- 3 施工导流
- 4 土石方开挖与填筑
- 5 地基处理
- 6 混凝土工程
- 7 砌石工程
- 8 混凝土构件的预制与吊装

第二篇 水工建筑物施工

- 9 碾压式土石坝
- 10 砌石坝
- 11 混凝土坝
- 12 进水口及明渠
- 13 隧洞
- 14 渡槽
- 15 调压井
- 16 压力管道
- 17 厂房

第三篇 金属结构和水轮发电机组安装

- 18 水工金属结构安装
- 19 水轮发电机组安装
- 20 水力机械辅助设备及系统管路安装

附 录

- 附录A 钢尺量距改正及长度和量距的精度计算
- 附录B 岩石基础开挖预裂爆破参数
- 附录C 灌浆工程压水试验
- 附录D 普通模板及支架的计算荷载
- 附录E 水泥砂浆、混凝土抗压强度达到2.5MPa的参考时间
- 附录F 温度、龄期对混凝土强度影响曲线
- 附录G 热轧钢筋的力学性能
- 附录H 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
- 附录I 几种石料的物理力学试验成果表
- 附录J 砌石用混凝土配合比参考表
- 附录K 水泥砂浆配合比参考表
- 附录L 水泥混合砂浆及石灰砂浆的配合比参考表
- 附录M 水利水电地下工程围岩工程地质分类表
- 附录N 隧洞开挖光面爆破和预裂爆破参数
- 附录P 隧洞喷锚支护
- 附录Q 隧洞构架支撑
- 附录R 尾水管模板数解法放样
- 附录S 水轮发电机组交接验收应提供的技术资料

附录T 计量名称、单位名称、单位符号及换算

附录U 本规范用词说明

附加说明

1 总则

1.0.1 为加强小型水电站的施工技术管理, 加快施工速度, 达到优质、安全、经济的目的, 特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于装机容量50000~500kW及坝高50m以下、库容1000万m³以下的4、5级水工建筑物。装机容量小于500kW及4、5级临时水工建筑物可参照执行。

1.0.3 小型水电站电气装置安装工程按现行国家标准执行; 工程地质按SL55—93《中小型水利水电工程地质勘察规范》的规定执行; 施工安全按SLJ53—89《水电施工技术安全操作规程》的规定执行; 水工混凝土试验按SD105《水工混凝土试验规程》的规定执行; 凡本规范未规定的部分, 应按现行有关规范执行。

1.0.4 小型水电站施工前, 应根据批准的设计文件编制施工组织设计; 施工中应建立施工质量保证体系, 加强质量控制; 施工中应积极采用经过试验和鉴定的新技术、新工艺、新材料、新设备。

1.0.5 必须按设计图纸施工, 如需修改, 应有设计单位的修改补充图及修改通知书。

1.0.6 工程质量评定与工程验收, 应按本规范及《小型水电站建设工程验收规程》的规定执行。

凡本规范未作规定的按现行SDJ249—88《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》的规定执行。

第一篇 土建工程的基本规定

2 施工测量

2.1 一般规定

2.1.1 小水电工程平面控制测量应采用五等, 高程控制测量应采用四等, 1km以上的水工隧洞, 其平面和高程控制测量应作专门技术设计。

2.1.2 在施工准备阶段及施工过程中, 应进行下列测量工作:

(1)对设计所交付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进行检查、校对, 发现不稳妥或测量精度不符合要求时, 应按规范要求进行补测加固、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。

2.2 平面控制测量

2.2.1 一、二级小三角测量, 三角网主要技术要求, 应符合表2.2.1的规定(注: 一级小三角即为水电五等控制网)。

表2.2.1 三角网的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	测角中误差 (")	基线丈量的 相对中误差	起始边边长 相对中误差	最弱边边长 相对中误差
一级小三角	1	±5	1/100000	1/40000	1/20000
二级小三角	0.3~0.8	±10	1/40000	1/20000	1/10000

2.2.2 一、二级小三角三边网的光电测距主要技术要求, 应符合表2.2.2的规定。

表2.2.2 三边网的主要技术要求

等级	平均边长(km)	测距中误差(mm)	测距相对中误差
一级小三角	0.5~1	±16	1/60000
二级小三角	0.3~0.8	±16	1/30000

2.2.3 一、二、三级光电测距导线的主要技术要求, 应符合表2.2.3的规定。(注: 一级导线即为水电五等控制网)

表2.2.3 光电测距导线的主要技术要求

等级	符合导线总长 (km)	平均边长 (m)	每边测距中误差 (mm)	测角中误差 (°)	导线全长 相对闭合差
一级	3.6	300	±15	±5	1/14000
二级	2.4	200	±15	±8	1/10000
三级	1.5	120	±15	±12	1/6000

2.2.4 一、二、三级导线, 普通钢带尺量距的主要技术要求, 应符合表2.2.4的规定。

表2.2.4 钢尺量距导线的主要技术要求

等级	符合导线长度 (km)	平均边长 (m)	往返丈量较差 相对误差	测角中误差 (°)	导线全长 相对闭合差
一级	2.5	250	1/20000	±5	1/10000
二级	1.8	180	1/15000	±8	1/7000
三级	1.2	120	1/10000	±12	1/5000

2.2.5 测角中误差的计算, 光电测距任一边精度的评定按下列公式计算:

(1)三角网测角中误差计算:

$$m_B'' = \pm \sqrt{\frac{WW}{3n}}$$

(2.2.5—1)

式中 W ——三角形闭合差;

n ——三角形个数。

(2)按左、右角观测的导线测角中误差计算:

$$m_B'' = \pm \sqrt{\frac{\boxed{\triangle \triangle}}{2n}} \quad (2.2.5-2)$$

式中 \triangle ——左、右角之和与 360° 之差;

n —— \triangle 的个数。

(3)按导线方位角闭合差计算测角中误差:

$$m_B'' = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_B f_B}{n} \right]} \quad (2.2.5-3)$$

式中 f_B ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差;

n ——计算 f_B 时的测站数;

N —— f_B 的个数。

(4)光电测距单位权中误差:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\boxed{Pdd}}{2n}} \quad (2.2.5-4)$$

式中 d ——往返测距离的差数;

n ——测距边边数;

P ——距离测量的先验权。

令 $P_i = \frac{1}{m_D^2}$, m_D 可按测距仪标称精度计算。

(5)光电测距任一边的实际测距中误差:

$$m_{si} = \pm \mu \sqrt{\frac{1}{P_{Di}}} \quad (2.2.5-5)$$

2.2.6 钢尺量距改正、长度和量距的精度计算见附录A。

2.3 高程控制测量

2.3.1 四、五等水准测量的主要技术要求,应符合表2.3.1的规定。

表2.3.1 四、五等水准测量的主要技术要求

等级	偶然中误差 M_{Δ} (mm)	全中误差 M_W (mm)	往返附和路线或环形闭合差 (mm)
四等	± 5	± 10	$\pm 20\sqrt{L}$
五等	± 10	± 20	$\pm 30\sqrt{L}$

2.3.2 四、五等水准测量测站的主要技术要求, 应符合表2.3.2的要求。

表2.3.2 四、五等水准测量站的主要技术要求

等级	视线长度 (m)	前后视 距离差 (m)	前后视距 累积差 (m)	视线离地面 最低高度 (m)	红、黑面 读数差 (mm)	红、黑面所测 高差较差 (mm)
四等	<80	3	<10	能读数	3	5
五等	<100	大致相等				

注: 四、五等测量闭合差计算分别采用 $\pm 20\sqrt{L}$ 和 $\pm 30\sqrt{L}$, L 为往返测量平均距离, 单位以km计。

2.4 建筑安装施工测量

2.4.1 开挖阶段测量精度, 应符合表2.4.1的规定。

2.4.2 立模、浇注、填筑阶段测量精度, 应符合表2.4.2的规定。

2.4.3 高层建筑物混凝土浇筑及预制构件拼装的竖向测量偏差, 应符合表2.4.3的规定。

2.4.4 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6.1.6的规定。

表2.4.1 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	$\pm 50 \sim \pm 100$	± 100	$\pm 50\text{mm}$ 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	

表2.4.2 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 (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	±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(坝、围堰、心墙、扩坦、扩坡、挡墙等)	±30	±30	±25	±17
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

2.4.5 金属结构、机电设备安装阶段测量精度, 应符合本规范18、19的规定。

表2.4.3 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)	备注
厂房、开关站等各种构架、立柱	±3	$H/2000$	±20	H 总高度
闸墩、栈桥墩、船闸、厂房等侧墙	±5	$H/1000$	±30	

3 施工导流

3.1 一般规定

3.1.1 施工导流贯穿工程施工的全过程。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。

3.1.2 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, 工程应达到安全渡汛的要求。

3.1.3 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。

3.1.4 施工过程中应拟定天然来水流量超过导流设计洪水标准时的应急措施, 尽量减少失事损失。

3.2 围堰施工

3.2.1 围堰施工及拆除进度应满足工程施工总进度的要求。导流泄水建筑物施工时宜提前施工围堰部分堰体及防渗体,以利于均衡围堰施工强度。并应在汛前修筑到设计渡汛高程。

3.2.2 围堰施工宜充分利用永久建筑物施工机械设备和劳力,堰体填料要尽量使用永久建筑物基础开挖料。围堰宜尽可能与永久建筑物相结合。

3.2.3 应重视围堰基础防渗处理。围堰覆盖层防渗处理方式应安全可靠,并尽可能简单易行。

3.2.4 围堰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。

3.3 截流

3.3.1 在施工截流前应周密设计,做好水情预报,并做好人力、物力与技术上的准备。

3.3.2 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经论证确定。

3.3.3 截流方式宜采用立堵方式。

3.3.4 非岩基河床截流段,一般应事先在整个龙口部位或困难区段进行平抛护底。护底长度在戗堤轴线以上可取最大水深的2倍;在戗堤轴线以下,可取最大水深的3~4倍。龙口抛投时可用石串、块体串联或栓锚大块石抛投进占,以保证抛投料投到需要位置,防止流失。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0.15~0.25。

3.3.5 合龙过程中,应随时测定龙口的水力特征值,适时改换抛投料种类、抛投强度,改进抛投技术,以改善截流条件。

3.3.6 应做好闭气的备料工作,保证闭气的质量。用土石料闭气时,在戗堤迎水坡应按反滤层的铺料原则抛填闭气料,直到基本堵死为止。抛填各层填料时,应使各层填料铺得稳定、均匀。也可采用铺油布、帆布、土工合成材料再抛填土闭气。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。

3.4 安全渡汛

3.4.1 受洪水影响的建筑物应在汛前达到设计要求的渡汛高程和形象面貌。

3.4.2 土石坝型的围堰工程,除混凝土面板堆石坝外,上游围堰应尽可能与坝体相结合,以坝体拦挡第一个夏汛洪水。

3.4.3 混凝土面板堆石坝,当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等固坡处理措施,使坝体提前拦洪渡汛。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。

3.4.4 混凝土坝及浆砌石坝无论采用断流围堰或分期围堰,均可利用坝体临时断面或预留底孔、缺口等或与其它导流泄水建筑物组合导流。

3.4.5 电站厂房可以用围堰或坝体临时断面形成小基坑渡汛。当用厂房结构挡水时,应校核厂房围护结构的稳定和应力,并应作好进水口及尾水管出口处的封堵设施。

3.4.6 围堰拆除前,需由坝体或厂房等建筑物直接挡水时,必须对建筑物挡水位以下部分进行阶段(中间)工程验收。

3.5 导流建筑物封堵施工

3.5.1 导流建筑物封堵应在工程已具备可靠的渡汛泄洪措施、可满足下游用水要求并经主管部门在蓄水前中间验收通过后方可进行。

3.5.2 下闸封孔宜在枯期进行,设计流量采用重现期5~10年的当月或旬平均流量。

3.5.3 封孔方式可采用闸门封孔,也可用围堰封孔。采用何种方式,应按设计要求和工程条件具体选定。

3.5.4 堵头施工必须按设计要求进行,并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。堵头应分段施工,分段长度以10~15m为宜。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。也可采用低热微膨胀水泥或外掺氧化镁混凝土。混凝土层厚一般以1.5m为宜。当温度达到年平均温度后应进行接触灌浆。

3.6 基坑排水

3.6.1 初期排水应控制基坑水位下降速度,一般为0.5~1.0m/d,以保证围堰及地基的稳定性。基坑排水设备容量可用试抽法确定。应充分利用地形布置排水泵站,避免施工干扰,并应与永久排水统一考虑。对过水围堰,泵站的布置与结构形式,应有利于渡汛和从基坑撤退。

3.6.2 开挖施工前应进行周密的排水系统布置和合理选择排水设备。排水系统布置应兼顾基坑开挖与主体建筑物施工两个时期使用。

3.6.3 建筑物基础置于土壤及细砂等透水软基土层,基坑开挖时,宜采用人工降低地下水位的方法。

4 土石方开挖与填筑

4.1 软基开挖

4.1.1 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。

4.1.2 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,并应制定保护边坡稳定措施。

4.1.3 开挖前应降低地下水位,使其低于开挖面0.5m。

4.1.4 基坑开挖宜分层、分段依次进行,逐层设置排水沟、层层下挖。

4.1.5 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,一般为0.3~0.5m,在底部工程施工前,分块依次挖除。

4.1.6 水力冲挖适用于粉砂、细砂、砂壤土、中轻质壤土、淤土和易崩解的粘性土。

4.1.7 在负温下,挖除保护层后应即采取可靠的防冻措施。

4.1.8 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、通讯等部门设置的地下设施和永久性标志时,均应妥善保护,及时报请有关部门处理。

4.1.9 弃土不得妨碍开挖基坑及其他工作,或影响坑壁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。不得恶化水流条件或造成下游河道淤积;力求不占或少占耕地;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。

4.1.10 软基开挖工程,应尽量在雨季或冬季前完成。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规定。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,以保证水流畅通,不形成积水,并须防止四周邻近地带的地面水流入场内。

4.2 岩石基石出开挖

4.2.1 基础开挖应自上而下进行。

当岸坡和河床底部同时施工时,应确保安全。否则,必须先进行岸坡开挖。未经安全技术论证和主管部门批准,严禁采用自下而上的开挖方式。

4.2.2 岩石基础开挖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方法。

(2)基础岩石开挖,应主要采用分层的梯段爆破方法。

(3)紧邻水平建基面,应采用预留岩体保护层并对其进行分层爆破的开挖方法。

4.2.3 基础面的开挖偏差,应符合下述规定。

对节理裂隙不发育、较发育、发育和坚硬、中等坚硬的岩体:

(1)水平建基面高程的开挖偏差,不应大于 $\pm 200\text{cm}$ 。

(2)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。

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,其开挖偏差均应符合设计要求。

4.2.4 出渣运输应按施工组织设计要求进行,并符合4.1.9要求。

4.2.5 紧邻设计建筑基面、设计边坡、建筑物或防护目标,应采用中小孔径爆破方法。

4.2.6 钻孔质量应符合下述要求:

(1)钻孔孔位应根据爆破设计确定;其开孔位置的偏差,不宜大于钻头直径的尺寸,实际孔位应有记录。

(2)钻孔角度和孔深,应符合爆破设计的规定。

(3)已造好的钻孔,孔内岩粒应予清除,孔口必须盖严。

钻孔经检查合格才可装药。

4.2.7 预裂爆破和光面爆破。

4.2.7.1 爆破效果,除其开挖偏差应符合4.2.3的规定外,还应符合下述要求:

(1)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,对节理裂隙不发育的岩体,应达到80%以上;对节理裂隙较发育和发育的岩体,应达到80%~50%;对节理裂隙极发育的岩体,应达到50%~10%。

(2)相邻两炮孔间岩面的不平整度,不应大于20cm。炮孔壁不应有明显的爆破裂隙。

4.2.7.2 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B的经验确定,并在生产性试验中验证与调整,以确保预裂效果。

光面爆破的参数,亦需根据地质条件通过试验确定,或参照同类工程的经验数值。

4.2.7.3 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。

(1)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%~70%。

(2)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)。

(3)预裂缝深度宜等于梯段孔孔底垂直破坏深度,可按表4.2.9选取。预裂缝两端的超长宜为 $(100\sim 200)d$ (d 为炮孔装药直径)。

(4)预裂缝缝宽度应符合以下规定:对坚硬岩石应为0.50cm;对中等坚硬岩石与松软岩石不宜小于1.0cm。并应根据爆破试验确定。

4.2.7.4 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,不得小于75~100ms。

4.2.8 梯段爆破。

4.2.8.1 梯段爆破的效果,应符合下述要求:

(1)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。

(2)爆破对紧邻爆区岩体的破坏范围小,爆区底部炮根少。

(3)爆破地震效应和空气冲击波(或噪音)小,爆破飞石少。

4.2.8.2 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。

4.2.8.3 若采用预留岩体保护层开挖方法,其上部的梯段、炮孔不得穿入保护层。

4.2.8.4 梯段爆破的最大一段起爆药量,不得大于500kg,邻近设计建基面和设计边坡时,不得大于300kg。

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,应由爆破设计规定。

4.2.9 紧邻水平建基面的爆破。

(1)紧邻水平建基面的岩体保护层厚度, 应由爆破试验确定, 五条件进行试验, 表4.2.9可供参考。

表4.2.9 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)对岩体保护层应分层进行小爆破。对节理裂隙不发育、较发育和坚硬、中等坚硬的岩体, 炮孔不得穿过建基面; 对节理裂隙极发育和软弱的岩体, 炮孔不得穿入距水平建基面0.2m的范围, 剩余0.2m厚的岩体进行撬挖。

4.2.10 沟槽爆破。

对廊道、截水墙、齿槽和渠槽等开挖应慎重地确定其爆破参数。一般应先在两侧设计坡面进行预裂, 随后按留足底部保护层进行中部开挖。五条件采用预裂爆破时, 则应按留足两侧保护层和底部保护层的方式, 进行光面爆破。沟槽中部的爆破, 应符合下列要求:

(1)留足保护层的剩余中部槽体尺寸决定爆破方式(梯段或拉槽)。

(2)采用梯段爆破时, 最大一段起爆药量应不大于300kg。

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

(4)当留足保护层后, 其剩余中部槽体尺寸不能满足梯段或拉槽爆破时, 应采用手风钻逐层钻孔爆破, 其药卷直径不得大于32mm(散装药卷不得大于36mm)。

4.2.11 高边坡开挖与处理。

不良地质地段的高边坡, 在开挖过程中, 应提出相应解决的办法, 并注意以下问题:

(1)选择合理的开挖施工程序。

(2)选择合理的梯段开挖高度。

(3)必须采取预裂等防震措施。

(4)确定合理的爆破参数, 严格控制一次起爆的装药量。

(5)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。

(6)对已开挖的坡面应采取合理、有效的措施, 及时加固。

(7)加强地面与地下排水, 降低外水压力。

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梁内镶砌石或填土, 并在网格节点设深锚杆或锚索。还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。

4.2.12 在建筑物及其新浇筑混凝土附近进行爆破时, 必须遵守表4.2.12中的规定进行施工, 减小爆破震动的影响。

表4.2.12 距离与爆破方式及装药量关系

项目	混凝土龄期(d)			允许的爆破方式与装药量 (kg)
	小于7	7~14	14~28	
	15	13	10	0.5m孔深, 火花起爆
	30	25	15	1.0m孔深, 火花起爆
	50	35	25	一般手风钻钻孔, 火花起爆

允许的最小距离 (m)	80	50	35	一般手风钻钻孔爆破, 最大一段起爆药量不大于20
	90	55	40	延长药包, 最大一段起爆药量不大于25
	105	70	45	延长药包, 最大一段起爆药量不大于50
	120	80	50	延长药包, 最大一段起爆药量不大于80
	130	85	55	延长药包, 最大一段起爆药量不大于100
	150	95	65	延长药包, 最大一段起爆药量不大于150
	165	105	70	延长药包, 最大一段起爆药量不大于200
	180	110	75	延长药包, 最大一段起爆药量不大于250
	190	120	80	延长药包, 最大一段起爆药量不大于300
	210	130	90	延长药包, 最大一段起爆药量不大于400
	220	140	100	延长药包, 最大一段起爆药量不大于500

在邻近建筑物10m以内进行爆破时, 必须严格控制浅孔火花起爆的最小装药量, 并采取打防震孔或其他防震措施。

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, 必须通过试验证明可行, 并经主管部门批准。

4.3 土石方填筑

4.3.1 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。

4.3.2 填筑土石料的种类、级配、含水量、土块大小、超径颗粒等均须符合设计规定。

4.3.3 粘性土料填筑应严格控制含水量。当土料天然含水量大于施工控制含水量的上限时, 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; 也可利用含水量低的土料掺入含水量高的土料进行调整。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, 不得运入填筑面。

4.3.4 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。

4.3.5 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4.3.5选用。

表4.3.5 填方每层铺土厚度的压实遍数

压实机具	每层铺土厚度 (cm)	每层压实遍数 (遍)
平碾(8~13t)	20~30	6~8
羊足碾(7.5~16t)	25~35	16~20
蛙式打夯机280kg	20~25	6~8
人工打夯	不大于20	10~12
震动凸块碾	30~40	12~16

注: 人工打夯时, 土块粒径不应大于5cm。

4.3.6 振动平碾适用于填料为开挖石渣、碎石、卵石类土。使用80~130kN重的振动平碾压实时,铺土厚度一般为0.6~1.0m。最大粒径不得大于铺料层厚的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,一般碾压4~6遍。

4.3.7 机械碾压应控制行驶速度。一般不宜超过下列规定:

平碾、振动碾 2km/h;

羊足碾 3km/h。

4.3.8 施工中必须严格控制压实参数。压实合格后始准铺筑上层新料。分段填筑时,每层接缝处应做成斜坡形,碾迹重叠0.5~1.0m,上下层分段位置应错开,错缝距离不小于1m。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,其它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。

4.3.9 土料的碾压,应平行填筑体轴线方向进行,不得垂直其轴线方向碾压。填筑面如出现“弹簧”、层间光面、松土层等现象时,应认真处理并经检验合格后始准铺筑新料。

4.3.10 填筑时,每层内外边坡必须按规定留足余量,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一般为了30~50cm。

4.3.11 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建设单位共同确定。

4.3.12 质量控制与检查必须贯穿整个填筑过程。检查填筑料、检测含水量变化、铺土厚度、碾压遍数、层间结合、压实后的干密度,以及边坡尺寸等,应达到设计的要求。

5 地基处理

5.1 基础面的清理及处理

5.1.1 地基开挖达到建基面,必须对基础面进行认真地清理及处理。

5.1.2 清理建筑物软土地基时,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。

5.1.3 对基础面欠挖的处理,应符合4.2.3规定。

5.1.4 基础面沿流向倾斜时,只允许向上游方向缓倾,其坡度以不大于1:10为宜,岸坡基础如有反坡,应处理成为顺坡。尖角应处理成钝角。按此确实不易处理,则应采取结构措施,用浆砌块石或混凝土填平补齐,以满足上述要求。

5.1.5 基础面上的松动岩块和破碎岩石以及不符合质量要求的岩体,必须清除或处理。

5.1.6 前期地质勘探和试验中遗留的钻孔、平硐、竖井、探槽等,应按设计要求回填和处理。

5.1.7 开挖之后基础暴露出来的裂隙、断层破碎带、溶洞、岩穴、软弱夹层等不良地质问题,应按设计要求认真处理。当设计无规定时,可参照下列措施处理:

(1)对一般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。

5.1.8 基础面出现泉眼或渗水,应妥善封堵和导排。不得因基础渗水而影响清基、回填或浇筑质量,更不得因渗水而进一步恶化基础条件。

5.1.9 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。

5.1.10 基础工程属隐蔽工程。基础处理结束后,必须及时进行基础检查验收。基础验收合格以后,勘

测、施工单位应及时测绘基础竣工地质图。未经验收签证, 施工单位不得进行下一道工序的回填或浇筑等作业。

5.2 换土地基

5.2.1 适用条件。

建筑物基础系塑性粘土层、粉细砂层、淤泥层或流砂层等不良地基时, 宜采用换基方法处理。砂(垫层)基础、碎石基础、石渣基础、灰渣基础、砂砾石基础等换土地基宜用于埋深不大的浅层基础。

5.2.2 换基土料。

- (1)换基土应为规划勘探料场质量相同的土料、砂砾料和石渣料。储量应能满足要求。
- (2)换基土的颗粒粒径级配曲线应与设计的理论粒径级配曲线基本一致。
- (3)换基土的干密度、含水量、含泥量及有机物含量应符合设计规定。

5.2.3 换基施工应按清基开挖、回填压实两道工序进行。

(1)在开挖线范围进行清基开挖, 清除被置换的地层。根据开挖的长度和面积, 确定采取分段开挖或全面开挖。

当开挖达到设计高程, 被置换地层还未完全挖除, 应征求设计意见, 确定是否继续开挖。

- (2)换基回填应符合4.3的规定。

若清基面需设反滤层、过渡带时, 应按设计要求铺填。

5.2.4 换基开挖和回填的质量应符合本规范4和9.10有关规定。

5.2.5 换基回填应尽量避免雨季施工, 在不能避开时, 应符合9.3.4的有关规定。

5.3 振冲地基

5.3.1 振冲法适用条件。

振冲碎石桩法适用于砂土、砂砾石和不排水抗剪强度不小于0.2MPa的粘性土、粉土、饱和黄土及人工填土(一种或几种)组成的建筑物地基的加固。振冲加密法应适用于含泥量小于10%的中、粗砂和砂砾石地基加固。

5.3.2 振冲施工机械设备。

- (1)振冲器的功率和频率、振幅、振动力应满足设计要求。
- (2)起重设备的起重能力应根据振冲器、土质和孔深来选定, 宜为50~200kN。
- (3)水泵应与振冲器、土质和孔深配套。宜选用流量20~70m³/h、扬程40~80m的水泵。
- (4)根据工艺、单位填料耗量和运距选择填料机具。宜用铲斗载重8~30kN的单斗轮胎式或履带式装载机填料, 也可用翻斗车、皮带运输机和手推车填料。
- (5)控制质量的装置必须灵敏、准确, 应定期进行校核。

5.3.3 振冲施工顺序。

按设计桩孔布置图, 宜采用由里向外或由一边向另一边的顺序施工。当加固区附近有建筑物时, 应先从建筑物这边制桩; 若加固土的抗剪强度很低时, 宜采用“间隔跳打”法制桩。

5.3.4 施工要求。

(1)振冲碎石桩法应按成孔、清孔、填料和振密的工艺流程施工, 振冲加密法应按成孔、振密两道工序施工。

(2)成孔。成孔速度宜为1~2m/min, 密实电流不得超过振冲器电机的额定电流, 在成孔过程中必须使振冲器自由悬垂, 否则应适当降低成孔速度。

成孔水压力宜为0.4~0.6MPa, 水量为200~500L/min。

振冲碎石桩法应重复造孔1~2次, 振冲器的提升速度宜为5~8m/min。

易垮孔的软弱土层宜采用边造孔边固壁的方法成孔。

孔位偏差应小于10cm, 桩顶中心偏差应小于20cm。振冲碎石桩成孔深宜小于设计孔深0.3~0.5m, 振

冲加密法在达到设计深度时, 应关小水量, 再振至设计孔深0.5m以下。

(3)振冲碎石桩法必须清孔1~2min。

(4)填料。根据土质不同, 粘性土宜用振冲器提出孔口的间断加料法; 孔壁不稳定的其他土层, 宜用振冲器不提出孔口的连续加料法。

碎石、卵石、砂砾、矿渣、碎砖、粗砂等填料, 粒径宜不大于5cm, 含泥量应不大于10%。

每次填料应均匀对称, 填料量应控制在 $0.15\sim 0.5\text{m}^3$ /次或孔内厚度不大于1m。

(5)振密。填料、振密过程中, 必须减少供水量, 以维持孔口有一定的回水即可。

振冲器每次提升高度不得超过振冲器锥头长度, 宜为0.3~0.5m。

振冲加密法每提升一次必须留振30~60s。

密实电流和留振时间必须符合设计要求。

(6)振冲加固完工后, 必须按设计要求进行场地平整和表层处理。

(7)施工时, 必须使水(压力、流量)、电(密实电流、留振时间)、填料(每次填料量、每米桩长填料量)符合设计要求。

5.3.5 质量检查要求。

(1)检查施工质量的三要素: 填料量、密实电流和留振时间应符合规定。对于砂砾石或砂性地基应着重检查留振时间和填料量, 对于软弱粘土地基应着重检查密实电流。

(2)加固效果检查。每300~500根桩应抽样1根进行检查, 不足300根时至少抽检一根。重要部位, 应增加抽检数量。

粘土、砂壤土和砂砾石地基分别在加固20d、15d、7d后, 方可进行效果检查。

5.3.6 施工记录和资料整理。

施工记录应有专门的表格, 采用等距孔深或等距间隔时间记录。

资料整理的内容包括:

(1)原始记录资料。

(2)效果检查资料。

(3)制桩成果统计图。

(4)桩体施工电流图。

(5)竣工报告。

5.4 钻孔灌注桩

5.4.1 适用范围。

钻孔灌注桩适用于各种松散砂层、淤泥层、土层等软基加固; 各类级别的岩石和砂砾石、卵石等地基加固。

5.4.2 施工准备。

(1)按照工程的设计文件和图纸, 进行施工设计。确定成孔机械、配套设备、合理选择工艺方法。编制工程进度计划和施工顺序。

(2)根据场地条件, 合理布置供水、排水、供电和混凝土拌制、钢筋笼制作等临时设施。

5.4.3 造孔方法。

钻孔灌注桩常用螺旋钻、冲击钻、冲抓锥、振动沉管、潜水电钻、正循环和反循环钻进等成孔方法。本规定仅侧重正循环钻进和泵吸反循环钻进成孔。其它钻进成孔方法可参照执行。

5.4.4 正循环钻进成孔法。

(1)钻机安置应平稳, 不得产生位移或沉陷。

(2)根据岩土情况, 合理选择钻头和调配泥浆性能。

(3)正常钻进时, 合理调整和掌握钻进参数, 应注意岩土变化情况并作记录。

(4)在同一桩孔中采用多种方法钻进时, 应注意使孔内条件与换用的工艺方法相适应。

(5)加接钻杆时, 应先将钻具提离孔底50~80mm, 待冲洗液循环3~5min后, 再拆卸加接钻杆。

5.4.5 泵吸反循环钻进成孔法。

- (1)钻机安置应平稳牢固, 地面管路和孔内钻具不漏气、不堵塞。
- (2)钻进时应合理掌握钻进速度和砂石泵的排水出渣情况。
- (3)钻进参数应根据不同的地层、桩孔直径、深度, 并以砂石泵的排量和钻速进行选择 and 调整。
- (4)加接钻杆时, 应先将钻具提离孔底80~100mm, 待循环液循环1~2min后, 以清洗孔底并将管道内的钻渣携出排净后, 再停泵加接钻杆。

5.4.6 护筒埋设。

- (1)在土层、砂砾层和卵石层等软基造孔, 应埋设护筒。正、反循环钻进时, 护筒内径宜大于钻头直径20cm; 用冲击、冲抓钻机时, 宜大于30cm。
- (2)护筒中心线与桩位中心的允许偏差不应大于5cm, 护筒埋设深度不宜小于1~3m, 护筒埋设应稳定, 四周应分层回填粘性土, 对称夯实。
- (3)护筒顶端应高出地面30cm以上; 当有承压水时, 应高出承压水1.5~2.0m。

5.4.7 泥浆护壁和排渣。

- (1)在粘土和壤土中造孔时, 可注入清水以原土造浆护壁。排渣泥浆的比重应控制在1.1~1.2; 容易坍孔的地段, 排出泥浆的比重可增大至1.2~1.4。
- (2)在砂土、夹砂土层、砂砾层、卵石层中成孔时, 排渣泥浆的比重应控制在1.2~1.5。
- (3)护壁泥浆宜选用塑性指数 $I_p \geq 18$ 的粘土调制, 泥浆控制指标: 粘度18~26s; 含砂率不大于4%~8%; 胶体率不小于90%。

5.4.8 清孔。

- (1)孔壁岩土较好不易坍孔时, 可用真空吸泥泵或潜水抽砂泵清孔。
- (2)用原土造浆的孔, 清孔后泥浆的比重应控制在1.1左右。
- (3)孔壁岩土较差易坍孔时, 宜用泥浆循环清孔, 清孔后的泥浆比重应控制在1.15~1.25; 泥浆含砂率控制在8%。
- (4)清孔过程中, 必须保持浆面稳定。
- (5)清孔标准: 摩擦桩的沉渣厚度应小于30cm, 端承桩的沉渣厚度应小于10cm。

5.4.9 钢筋笼制作及安装。

- (1)钢筋笼的制作尺寸应符合设计要求, 分段制作的钢筋笼放入孔中适当位置后, 应从钢筋笼两侧对称施焊, 并保持其垂直度。
- (2)钢筋笼下放到设计位置后, 顶端必须固定, 并保持其垂直和稳定, 避免上浮。
- (3)必须满足保护层厚度, 可在钢筋笼的加强箍筋上设置定位钢筋环、混凝土垫块。

5.4.10 水下混凝土浇筑。

水下混凝土浇筑除应符合6.3有关规定外, 还应符合下列规定:

- (1)导管下口至孔底间距宜为30~50cm, 初灌混凝土时, 宜先灌少量水泥砂浆, 导管和储料斗的混凝土储料量应使导管初次埋深不小于1.0m。
- (2)灌注应连续进行, 导管埋入深度应不小于2.0m, 并不应大于6.0m, 混凝土进入钢筋骨架下端时, 导管宜深埋, 并放慢灌注速度。
- (3)随时测定坍落度, 每根桩留取试块不得少于一组。
- (4)终灌时, 混凝土的最小灌注高度应能使泥浆顺利排出。桩顶灌注高程应高于设计标高10~30cm。

5.4.11 钻孔灌注桩质量控制。

钻孔灌注桩的质量标准应符合表5.4.11的规定。

表5.4.11 钻孔灌注桩质量标准

项次	项目	质量标准	备注
1	孔位中心偏差	不大于100mm	

2	桩径偏差	+100mm, -50mm	
3	孔斜率	不大于1/100	
4	孔深	不小于设计深度	
5	孔底沉渣厚度	摩擦桩30cm, 端承桩10cm	
6	桩身混凝土强度	满足 $m_{fcu} - KS_{fcu} > 0.85f_{cu, k}$ 和 $f_{cu, min} \geq 0.85f_{cu, k}$	公式意义见6.8.12

5.4.12 常见事故的处理。

当发现坍孔、钻孔偏斜、堵管、断桩等事故时, 应查明情况, 分析原因, 制定事故处理方案, 有条不紊地排除故障。

孔内事故重在预防。处理事故应谨慎从事, 要防止事故套事故, 增大处理难度。

5.5 挖孔桩

5.5.1 适用范围。

在软基地段, 建筑物的基础多设计为桩式基础。基础桩一般要求嵌入基岩, 并扩大桩脚, 以改善基础的传力条件。挖孔桩适用于:

- (1) 承载桩、抗滑桩。
- (2) 基础覆盖层较浅, 深度不宜超过20m。
- (3) 基础地质情况比较简单, 不存在厚度较大的淤泥质土层和流砂层。地下水位较低。
- (4) 开挖直径1m以上, 便于人力施工。

5.5.2 施工方法。

(1) 孔桩施工按“分段开挖, 分段护壁, 循环深入”的原则进行。在桩孔开挖到底后, 一次浇筑桩身混凝土。

(2) 桩孔开挖采用人力施工。在软基中, 开挖分段宜为圆。5~1.0m。

在基岩中开挖桩孔同一般竖井施工。挖到设计高程后, 再清基并用混凝土封闭。

孔内废渣, 利用井口提升架提升出孔外, 再运至弃渣地点。

出渣的提升设备可选用调度绞车或人力绞磨。

(3) 桩孔可采用现浇混凝土井筒护壁或砖砌体护壁, 护壁厚度宜为15~20cm。井筒尺寸必须保证孔桩断面要求。

在基础比较软弱, 地下水比较丰富, 特别是存在淤泥、流沙的不良地质地段开挖桩孔时, 护壁方式难以奏效, 宜采用沉井施工方法建造桩孔。

5.5.3 施工排水。

在富水地层开挖桩孔, 必须认真做好排水工作, 若地下水连通性较好, 应设置专门集水井, 集中排水, 降低地下水位。或将一个桩孔作为集水井, 待其余桩孔施工完成后, 最后再浇筑该桩孔。

5.5.4 桩身混凝土浇筑。

桩身混凝土浇筑前, 应对桩孔进行检查验收。孔桩混凝土应自桩底一次连续浇筑到桩顶, 以保证孔桩质量。

渗透水严重的桩孔, 应按照6.3.19水下混凝土施工工艺浇筑桩身混凝土。

5.5.5 质量控制应符合:

- (1) 桩位纵横轴线偏差不得超过±5cm。
- (2) 桩孔深度应达到设计高程。嵌入基岩的孔桩, 嵌入深度应满足设计要求。桩顶标高误差不得超过±

5cm。

(3)桩孔开挖、护壁施工中,每段均应校正桩孔中心,检查桩孔垂直度。桩孔偏斜不得超过0.5%(桩长比)。

桩孔偏移超过允许值时,应采取技术措施进行纠偏。

(4)桩身混凝土强度必须达到设计指标。桩身混凝土浇筑应按设计规定取样。每桩取样不得少于1组。

5.5.6 施工安全应注意:

(1)防止井内坠物,井口应作围栏并锁定。

(2)防止孔内涌水涌沙,应加强排水,降低地下水位。

(3)防触电。井下应采用36V低压照明。灯具应有防护罩。

(4)防窒息。桩孔开挖较深时,应加强通风排烟。

5.5.7 挖孔桩施工应作好施工原始记录和井下地质素描。及时进行资料编录工作。

5.6 高压喷射灌浆

5.6.1 适用范围。

高压喷射灌浆适用于粘性土、壤土、砂土、砂砾石类土层或由几种土层组成复合地基的防渗和加固。并要求:

(1)卵(漂)石粒径不宜大于40cm,且不得集中。

(2)地下水应处于静止状态或流速较小。

(3)用于防渗工程,喷灌的深度超过40m、承受的压力水头超过30m时,必须经过试验研究论证。

5.6.2 高压喷射灌浆材料。

(1)高压喷射灌浆宜用325号或425号普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,其水泥浆的水灰比为1:1~0.6:1,常用1:1。

(2)灌浆用水应符合6.3.4要求并经筛网过滤。

(3)根据需要可加入速凝剂、减水剂、防冻剂等外加剂和粘性土、粉煤灰等掺合料。所加外加剂和掺合料应符合SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的规定,其掺量应通过试验确定。

(4)钻孔护壁的泥浆,其性能指标,必须根据地层特性、施工部位、造孔方法等,通过试验加以选定。在砂卵石地层中造孔时,可参照表5.6.2的标准。

表5.6.2 砂卵石层护壁泥浆性能指标

粘度 (St)	比重	含砂量 (%)	胶体率 (%)	稳定性	失水量 (mL/30min)	静切力 (1/10pa) (mgf/cm ²)		泥饼厚 (mm)	pH
						1min	10min		
18~25	1.1~1.2	≤5	≥96	≤0.03	20~30	20~30	50~100	2~4	7~9

5.6.3 高喷灌浆机具设备。

高压喷射灌浆钻孔、灌浆设备除应满足规定外,其数量应与工程量和施工进度相适应,同时设备配套应尽可能优化。

(1)高压泵、空气压缩机的压力和排量,应能满足高压喷射灌浆设计要求。

(2)拌浆机必须装筛网,且在整个灌浆过程中,应能连续均匀地拌合浆液,其拌合能力应大于最大设计灌浆量。

(3)灌浆机应优先选用多缸活塞式,并有足够的排浆量,其压力应不小于最大设计压力的1.5倍。

(4)喷塔必须牢固、平稳,制成高架,宜保证整个钻孔能连续喷灌结束。

(5)喷杆必须平直,接头处应有锁紧装置,并有足够的强度,其总长度应大于最大设计孔深0.5m以上,且应有长度、定向标记。

(6)水、气嘴的直径和加工、装配精度应符合规定。浆嘴必须设在水、气嘴的下方,并隔一定的距离。

(7)提升装置应有足够的提升能力,保证喷杆能匀速、平稳提升,并能在0~25cm/min间实现无级或多级调速。

(8)孔口装置应有足够的输出扭矩,保证喷杆在孔内能平稳旋转或摆动,并能在0~20r/min和0~25次/min实现无级或多级调速,摆动角也应在0~50°间无级或多级调控。

(9)高压水、气、浆系统分别应有压力、流量监测仪表,提升装置应有提升速度仪表或标记,孔口装置应有旋转速度、摆动频率、摆动角度的仪表或标记。

(10)提升装置与高压泵、空气压缩机、拌浆机、灌浆机、孔口装置间宜设联动装置。

5.6.4 喷灌方式。

高压喷射灌浆按防渗和加固的不同要求分别采用旋喷、定喷和摆喷三种方式。

防渗板墙的联接宜采用折线型,也可采用直线型。

5.6.5 施工程序。

高压喷射灌浆施工分为四个程序:造孔、试喷和下喷杆、喷射灌浆和喷射结束静压灌浆。

5.6.6 造孔作业。

(1)钻孔宜分为二序施工,先钻一序,后钻二序。

(2)钻孔方法和护壁方式的选择,应与地层条件和处理要求相适应。

(3)钻孔孔径必须大于喷杆直径,以能使喷杆顺利下至设计深度。

(4)孔位偏差:防渗板墙应不大于50cm,旋喷桩应不大于10cm。孔斜率应不大于1%。

(5)钻孔过程中应对漂(块)石、腐木、洞穴、涌水、漏水等层段作好详细记录。

5.6.7 试喷和下喷杆。

(1)喷塔就位后,必须试喷1~2min,待水嘴、气嘴、水、气、浆路及监测装置和其他机具均正常后,才能向孔内下喷杆。

(2)下喷杆时,应对水、气、浆嘴采用保护措施。

(3)喷杆必须下至设计深度。

(4)高压胶管及接头,其承受的极限压力应不小于工作压力的三倍。

(5)水、气、浆路必须畅通无阻,输送距离不宜大于50m。水、气必须同轴喷射。

(6)摆(定)喷的喷射方向角误差应不大于1°。

5.6.8 喷射灌浆。

(1)先向孔内送浆,待浆液冒出孔口,并达到规定的浓度或送入不少于1.0m³浆量后,才可依次送入高压水和压缩空气。

(2)必须在水、气、浆压力和流量及旋转速度或摆动频率、摆动角度、喷射方向均达到设计要求后,才能按要求提升喷杆。

(3)水泥浆必须搅拌均匀,随拌随用,超过4h的余浆不宜使用。

(4)不同地层的提升速度,应通过试验确定,宜取6~150cm/min。

(5)喷灌作业应连续进行,如喷杆分段提升,其搭接长度应不小于10cm。

(6)喷灌至设计高程后,应用水灰比为0.5:1~0.8:1的浆液进行静压灌浆,直至终喷高程浆液不下降为止。

(7)喷灌结束后,应将所有设备、机具清洗干净。

(8)喷灌过程中,应有专人控制、观测和记录。对施工工艺参数和施工过程中的各种异常现象应作详细记载。

5.6.9 喷灌中断的处理。

(1)尽可能缩短中断时间,及早恢复喷灌。

(2)中断时间较短,且中断时未变换浆液,恢复喷灌时,应搭接10cm以上。

(3)中断时间较长,但未超过24h,恢复喷射灌浆时,应搭接100cm以上。

(4)中断时间超过24h, 应会同设计单位一起研究处理办法。

5.6.10 漏失孔段的处理。

(1)喷射灌浆前, 应先作静压灌浆, 待漏浆停止才进行正常喷射灌浆。

(2)喷射灌浆过程中发现漏失孔段, 则应降低提升速度或停止提升, 进行静灌或在漏浆地段重复喷射灌浆, 直至恢复正常为止。

(3) 若漏失严重, 应加浓浆液或经设计同意加入速凝剂或河沙、粉煤灰、碳灰等掺合料。

5.6.11 墙(桩)缺陷的处理。

(1)缺陷部位喷灌后时间未超过24h, 可将喷杆下至该部位进行重复喷射灌浆, 其上、下的搭接长度应不小于100cm。

(2)缺陷部位喷灌后时间超过24h, 应采取加孔的方法处理, 加孔位置和数量与设计研究确定。

5.6.12 墙(桩)体质量检查。

5.6.12.1 灌浆过程经常性质量检查内容包括: 钻孔和喷灌过程中的各参数及各种特殊情况的处理是否符合要求。

5.6.12.2 高压喷射灌浆结束28d后, 应对墙(桩)进行质量检查。

(1)检查项目有:

开挖检查: 对桩、柱、板墙的形状、尺寸、整体性和均匀性观测和量测。

抗渗性检查: 围井、钻孔压(抽)水试验。

物理力学性检查: 取样或钻孔取芯的密度、比重、抗压和抗剪强度、声波和标准贯入法检测。

以上检查项目可根据工程的具体情况和重要性, 有针对性地进行一项或数项的检查。

(2)检查部位: 帷幕中心线上; 建筑荷载大的部位; 施工过程中出现异常情况的部位; 地质复杂的部位。

(3)检查点数量应为喷灌孔数的5%~10%, 但应不少于2个检查点。

5.6.13 施工记录和资料整理。

(1)施工记录应有专门的表格。施工记录应如实、准确、完整。

(2)资料整理内容主要包括: 原始资料成果; 竣工总平面图及剖面图; 质量检查验收资料; 质量评定资料; 竣工报告。

5.7 水泥灌浆

5.7.1 一般要求。

(1)本规定适用于小型水电站基岩帷幕灌浆、固结灌浆、建筑物与基岩接触灌浆和水工隧洞灌浆。混凝土坝接缝灌浆可参照SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》执行。

(2)水工建筑物基岩水泥灌浆, 应在蓄水和电站运行前完成。部分灌浆工作如需延至蓄水和电站运行之后施工, 设计和施工单位必须采取相应措施, 确保灌浆质量。

(3)基础表层段的固结灌浆和接触灌浆, 必须按设计要求, 在有足够的盖重下进行, 混凝土覆盖重必须达到50%以上的设计强度, 才允许进行钻孔灌浆工作。

(4)灌浆试验工作不得在帷幕中心线上进行。

(5)在灌浆地段应安设一定数量的抬动变形观测装置。灌浆过程中加强观测记录, 对抬动变形进行监控。

(6)坝基排水孔、扬压力观测孔必须在相应部位的灌浆质量检查合格后才能施工。

5.7.2 灌浆施工程序。

各类灌浆必须严格按灌浆程序进行。

(1)同一地段的基岩灌浆必须按先固结后帷幕的顺序施工。

(2)固结灌浆按围、挤、压的原则, 先周边孔后中间孔, 逐排逐序加密施工。

(3)帷幕灌浆必须按分次序加密的原则进行。单排帷幕应按三次序加密施工。由双排孔组成的帷幕, 应先灌下游排, 后灌上游排, 每排孔宜分为三次序施工。由三排孔组成的帷幕, 应先灌下游排, 再灌上游排, 最后灌中间排。上、下游排宜分为三次序施工, 中间排可分为两次序施工。

(4) 水工隧洞灌浆包括回填灌浆、固结灌浆和钢衬接触灌浆。隧洞灌浆应按照先回填灌浆后固结灌浆的顺序进行。有钢板衬砌的隧洞, 各类灌浆的顺序按设计规定进行。

隧洞顶拱回填灌浆宜分两次序进行。斜洞应自较低的一端向较高的一端推进。

隧洞固结灌浆应按环间分序、环内加密的原则进行。环间可分为二次序, 地质不良地段可分为三次序。环内宜为二次序加密。

5.7.3 灌浆材料及设备

(1) 水泥灌浆宜采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐大坝水泥, 标号不低于425号。其细度要求为通过80 μm 方孔筛的筛余量不大于5%。

灌浆水泥应保持新鲜, 受潮结块和仓储超过三个月不得使用。不同生产厂、不同标号、不同品种的水泥不得混杂储存、混合使用。

基岩裂隙宽度小于0.2mm的微细裂隙及设计对基础有特殊要求的部位, 可采用超细水泥灌浆处理。超细水泥比面积应在8500 cm^2/g 以上, 平均粒径为2.3 μm 。

(2) 灌浆用水的水质应符合拌制混凝土用水的要求。

(3) 灌浆使用掺合料应通过试验论证确定。掺合用砂、粘性土、粉煤灰等的质量应满足设计要求。

在浆液中掺入外加剂时, 外加剂凡能溶于水者, 均应以水溶液状态加入, 其最优掺量应通过试验确定。

(4) 水泥浆液搅拌时间不得少于3min。水泥浆从制备到用完时间不得超过4h。

(5) 在基岩中钻孔, 宜选用体积小、重量轻、组装紧凑、便于搬迁的回转式油压钻机。孔深较浅的固结孔和隧洞灌浆孔可用风钻造孔。

(6) 灌浆机应优先选用多缸活塞式, 并配有双层搅拌机和筛网, 有足够的排浆量, 灌浆机压力应大于最大灌浆压力的1.5倍。

使用超细水泥灌浆时, 应配备高速搅拌机拌制浆液。

(7) 灌浆管路应能承受最大灌浆压力的1.5倍, 宜选用铠装胶管或钢丝编织胶管。管径选择应能保证浆液流动通畅, 不至发生沉淀堵管。

(8) 灌浆机与灌浆孔口处安装的压力表, 使用压力应在压力表最大标值的1/4~3/4之间。压力表使用前应进行检校, 精度不合格和已有损坏的压力表严禁使用。

压力表与管路之间应装有隔浆装置。

(9) 灌浆栓塞之胶球(塞)应具有良好的压缩性能和膨胀性能, 栓塞应有可靠的止浆、止水效果。

5.7.4 钻孔作业

(1) 所有钻孔应按灌浆分类统一编号, 并注明施工次序。

(2) 钻孔工艺应优先选用硬质合金和金刚石钻进, 也可采用碾砂钻进。

(3) 钻孔的孔位、孔斜、孔深的偏差, 应符合设计规定。

(4) 钻进中, 应对孔内混凝土厚度、岩层变化、断层破碎带、洞穴、裂隙、涌水、漏水等情况进行详细记录, 作为分析孔内情况的依据。

(5) 钻孔穿过松软地层或遇有洞穴、塌孔、掉块、集中漏水等情况, 应立即停钻, 查明部位, 必要时先做灌浆处理, 然后再继续钻进。

(6) 钻孔结束待灌浆或灌浆结束待加深时, 孔口均应妥加保护。

5.7.5 钻孔及裂隙冲洗和压水试验。

(1) 灌浆前应进行钻孔及裂隙冲洗, 将孔壁、裂隙、洞穴中的岩粉、碎屑、充填杂物冲洗出孔外, 或推移到灌浆范围以外, 以提高灌浆效果。

(2) 帷幕灌浆孔冲洗, 可根据不同地层情况, 选用压力水冲洗、脉动冲洗、风水联合冲洗等方法, 直到孔内回水澄清为止。总的冲洗时间不得少于30min。冲洗压力可为灌浆压力的80%, 该压力若大于1MPa时, 采用1MPa。

岩溶、断层破碎带、大裂隙等地质复杂地段, 帷幕灌浆孔的冲洗方法, 应根据试验确定。如不冲洗, 应有专门论证。

固结灌浆(包括隧洞固结灌浆, 下同)的冲洗要求同帷幕灌浆孔。

隧洞回填灌浆不要求进行钻孔和衬砌与基岩触面的冲洗。

(3) 钻孔及裂隙冲洗之后, 在灌浆之前应进行压水试验。帷幕灌浆的先导孔各灌浆段须进行五点正规压水试验; 各次序孔的各灌浆段可作单点简易压水试验。简易压水试验的压力为灌浆压力的80%, 若该值大于1MPa采用1MPa。五点法和单点法压水试验方法按附录C执行。

固结灌浆的简易压水试验应在裂隙冲洗之后进行。试验孔数不少于总数的5%。

5.7.6 灌浆方法和注浆方式。

5.7.6.1 灌浆施工方法有以下几种:

- (1) 自上而下分段灌浆法。
- (2) 自下而上分段灌浆法。
- (3) 综合灌浆法。
- (4) 全孔一次灌浆法。
- (5) 孔口封闭自上而下分段灌浆法。

应优先选用自上而下分段灌浆法。

5.7.6.2 注浆方式有循环式和纯压式两种。帷幕灌浆和固结灌浆应优先采用循环式。采用循环式灌浆, 射浆管距离孔底不得大于0.5m。水工隧洞灌浆可采用纯压式。

5.7.6.3 灌浆段按地质条件和设计要求划分。

帷幕灌浆, 段长一般控制在5m。如遇特殊地质情况, 可以缩短或加长, 但不得大于10m。

固结灌浆在基岩内的深度小于8m时, 可全孔一次灌浆; 大于8m时, 应分段灌浆。

坝体与基岩接触段的段长不得大于2m, 并应单独进行灌浆, 灌浆塞应于基岩以上0.5m。

5.7.6.4 采用自上而下分段灌浆法时, 孔口无涌水的孔段, 灌浆结束后可不待凝。在断层破碎带及涌水等地质条件复杂的孔段, 灌浆后必须待凝, 其待凝时间应根据孔段具体情况确定。

5.7.7 灌浆压力和浆液变换。

(1) 灌浆压力必须严格按照设计规定控制。各灌浆段的压力值系指安装在孔口回浆管上的压力表所指示的压力值。一般情况下, 压力读数为压力表指针摆动の中值。在灌浆压力超过5MPa时, 可读峰值。

(2) 帷幕灌浆和固结灌浆应在灌浆开始后较短时间内达到设计压力。由于注入率大等原因不能立即达到设计压力, 则应在保证正常操作的条件下, 尽快达到设计压力。

(3) 隧洞回填灌浆压力视混凝土衬砌厚度和配筋情况确定。素混凝土衬砌可采用0.2~0.3MPa; 钢筋混凝土衬砌可采用0.3~0.5MPa。

钢衬接触灌浆压力必须以控制钢衬变形不超过设计规定值为准。可根据钢衬壁厚、脱空面积和脱空程度等情况确定。一般不宜大于0.1MPa。

(4) 灌浆浆液的浓度应遵循由稀变浓、逐级改变的原则变换。浆液的水灰比可采用5:1、3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.6:1、0.5:1(重量比)七个比级。开灌浓度可用5:1。

采用高速搅拌和掺外加剂的稳定浆液, 其水灰比为2:1、1:1、0.8:1、0.6:1四个比级。

(5) 灌浆过程中, 当灌浆压力保持不变, 注入率均匀减小, 或注入率不变, 压力均匀升高时, 灌浆工作应持续下去, 不得改变水灰比。

当某一水灰比的浆液注入量已达400L以上, 而灌浆压力与注入率无改变或变化不明显时, 应加浓一级浆液灌注。当注入率大于30L/min时, 应视其情况越级变浓; 当改变浆液浓度后, 灌浆压力突增, 或注入率突减, 应查明原因进行处理。

5.7.8 灌浆结束标准和封孔。

帷幕灌浆和固结灌浆, 在规定压力下, 孔段的注入率不大于0.4L/min, 持续30min灌浆即可结束。

隧洞回填灌浆和钢衬接触灌浆, 在规定压力下, 灌浆孔停止吸浆, 延续灌注5min, 灌浆即可结束。

全孔灌浆工作完成之后应及时封孔, 宜采用“机械压浆封孔法”或“压力灌浆封孔法”进行封孔。

隧洞灌浆孔可采用“喷浆法”封孔。

5.7.9 特殊情况处理。

5.7.9.1 地表冒浆的处理。灌浆过程中, 发现地表冒浆、漏浆, 应根据具体情况采用表面封堵、嵌缝、降低压力、加浓浆液、限流限量、加速凝剂、停灌等措施处理。

5.7.9.2 串浆的处理。

(1)如串浆孔具备灌浆条件, 可对串浆孔同时灌浆。

(2)串浆孔不具备灌浆条件, 则应将串浆孔堵塞, 待灌浆孔灌浆结束后, 对串浆孔扫孔冲洗后, 再继续钻进和灌浆。

5.7.9.3 灌浆中断的处理。灌浆工作必须连续进行, 若因故中断, 可按下述原则处理:

(1)应及早恢复灌浆。否则应立即冲洗、扫孔, 而后恢复灌浆。

(2)恢复灌浆时, 应使用开灌比级浆液进行灌注。如注入率与中断前相近, 即可用中断前的浆液比级继续灌注; 如注入率减少较多, 则按逐级加浓继续灌注。

(3)恢复灌浆后, 如注入率减少很多, 且在短时间内停止吸浆, 应采取补救措施。

5.7.9.4 孔口涌水孔段的处理。

对孔口有涌水的孔段, 在灌浆前应测记涌水压力和涌水量, 根据情况可选用下述措施处理:

(1)自上而下分段灌浆。

(2)采用较短的段长、较高的灌浆压力。

(3)掺速凝剂, 浓浆灌注。

(4)适当延长屏浆、闭浆、待凝时间。

(5)压力灌浆封孔。

5.7.9.5 特大耗浆孔段的处理。灌浆孔段注入量特大, 灌浆难于结束, 可采用下列措施处理:

(1)低压、浓浆、限流、限量、间隙灌浆。

(2)浆液中掺速凝剂。

(3)灌注稳定浆液或掺入沙、灰渣的混合浆液。

经以上措施处理后, 仍应扫孔, 重新按技术要求进行灌浆。

5.7.10 灌浆质量检查。

基岩灌浆质量应以检查孔压水试验成果为主, 结合分析各序孔的透水率与单位水泥注入量成果、灌浆前后物探成果和钻孔岩芯、大口径钻孔观测、孔内电视摄像资料等综合评定。

帷幕灌浆检查孔压水试验在该部位灌浆结束14d后进行。

固结灌浆检查孔压水试验、岩体波速检查、静弹性模量检查应分别在灌浆结束7d、14d、28d后进行。

隧洞回填灌浆质量检查应在该部位灌浆结束7d后进行; 钢衬接触灌浆结束7~14d后进行质量检查。

各类灌浆孔的封孔质量应进行抽样检查。

5.7.11 检查孔布置的原则应包括以下内容。

(1)帷幕中心线上, 沿轴线20m范围应布置有一个检查孔。

(2)岩石破碎、断层、大孔隙等地质情况复杂的部位。

(3)注入量大的孔段附近。

(4)钻孔偏斜过大, 灌浆情况不正常和灌浆过程发生事故及资料分析认为对灌浆质量有影响的部位。

(5)帷幕灌浆检查孔的数量宜为总孔数的10%, 一个坝段或一个单元工程内, 至少应有一个检查孔。

固结灌浆检查孔的数量不宜少于灌浆孔总数的5%。

隧洞回填灌浆检查孔数量为灌浆孔总数的5%。

5.7.12 检查孔压水试验及质量标准。

5.7.12.1 帷幕灌浆、固结灌浆检查孔的压水试验按五点法或单点法压水试验的方法和要求进行。隧洞回填灌浆质量检查可采用压浆法, 也可以采用压水试验法。

5.7.12.2 各类灌浆质量合格的标准:

(1)帷幕灌浆质量的压水试验检查, 坝体与基岩接触段及其下一段的合格率应为100%; 再以下各孔段的合格率应为90%以上。不合格段的透水率值不超过设计值100%, 且不得集中。

(2)固结灌浆质量的压水试验检查, 孔段合格率应在80%以上, 不合格孔段的透水率值不超过设计规定值的50%, 且不得集中。

(3)隧洞回填灌浆质量的注浆法检查, 用2:1的浆液灌注, 在规定压力下, 初始10min内的注入量不超过10L, 即认为合格。孔段合格率应在90%以上。

(4)隧洞钢衬接触灌浆采用锤击法进行质量检查,脱空范围和脱空程度满足设计规定即为合格。

5.7.13 施工记录和资料整理。

5.7.13.1 钻孔灌浆施工过程,必须用规定的记录表格进行如实、准确的记录;对灌浆资料必须及时整理,绘制成图表;单元工程结束后,应及时进行质量检查、评定和验收。

5.7.13.2 灌浆工程施工记录资料和成果资料应包括以下内容:

- (1)钻孔、测斜、钻孔冲洗、裂隙冲洗、压水试验和简易压水试验记录,灌浆记录等。
- (2)抬动变形观测记录,灌浆材料试验资料。
- (3)灌浆成果一览表。
- (4)灌浆孔分序统计表,各次序孔灌浆成果表。
- (5)灌浆完成情况表。
- (6)灌浆孔平面布置图(展开图)。
- (7)帷幕灌浆综合剖面图。
- (8)各序孔透水率频率曲线和累积频率曲线图。
- (9)各序孔单位水泥注入量频率曲线和累积频率曲线图。
- (10)检查孔压水试验成果一览表。
- (11)检查孔岩芯素描图。
- (12)岩石波速检查成果资料,静弹性模量检查成果资料。
- (13)工程录像、照片和岩芯实物等。

5.8 其他方法处理地基

5.8.1 混凝土防渗墙。

主要用于透水地层的防渗,其技术要求按SDJ82—79《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》的规定执行。

5.8.2 预应力锚固。

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,其施工要求按SL46—94《水工预应力锚固施工规范》的规定执行。

5.8.3 化学灌浆

化学灌浆主要用于防渗堵漏和补强,适用于粉细砂土、岩石及混凝土的细小裂隙。其施工技术要求可参考已建工程的经验自行编制。报主管部门批准后执行。

6 混凝土工程

6.1 模板

6.1.1 模板型式的选择。

- (1)模板的型式应与建筑物结构特点和施工方法相适应。
- (2)对结构比较简单的大体积混凝土(重力坝、重力拱坝等)宜采用大型组合钢模板,并宜优先选用悬臂式钢模板;对板、梁、柱结构,亦宜采用组合钢模板。
- (3)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。
- (4)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)。
- (5)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,方采用木模。
- (6)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。
- (7)在条件适宜处,可使用土胎修建拱圈或盖板。

(8)组合钢模板的设计、制作和施工应符合现行GBJ214《组合钢模板技术规范》的规定,滑动模板设计和施工应符合SL32—92《水工建筑物滑动模板施工技术规范》的规定。

6.1.2 对模板及支架的要求。

模板及支架应符合下列要求:

- (1)具有足够的强度、刚度和稳定性。
- (2)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。
- (3)模板表面光洁平整、接缝严密。
- (4)制作简单、装拆方便、经济耐用,尽量做到系列化、标准化。

6.1.3 模板及支架材料。

模板及支架的材料宜选用钢材、木材或其他新型材料制作。应尽量少用木材。钢材可使用3号钢。木材不宜低于III等材,腐朽、严重扭曲或脆性木材不得使用。

6.1.4 模板及支架设计。

模板及支架设计应符合以下规定。

6.1.4.1 重要结构物的模板,承重模板,移动式、滑动式及永久性模板,均需进行模板设计,并提出对材料、制作、安装、使用及拆除工艺的具体要求。

6.1.4.2 设计模板及支架时,应考虑下列荷载:

- (1)模板及支架自重;
- (2)钢筋的重量;
- (3)新浇混凝土的重量;
- (4)人、浇筑设备、运输工具等荷载;
- (5)振动混凝土时产生的荷载;
- (6)新浇混凝土对模板的侧压力;
- (7)倾倒混凝土时产生的水平动力荷载;
- (8)风荷载;
- (9)其他荷载。

荷载标准值的计算,可参考附录D。

6.1.4.3 在计算模板及支架的强度和刚度时,应根据模板种类,按表6.1.4选择可能发生的最不利的荷载组合进行。

表6.1.4 各种模板结构的基本荷载组合

项次	模板种类	基本荷载组合(按6.1.4.2的顺序)	
		计算强度用	计算刚度用
1	承重模板		
	1)板、薄壳底模板及支架	(1)+(2)+(3)+(4)	(1)+(2)+(3)
	2)梁、其他混凝土结构(厚于0.4m)的底模板及支架	(1)+(2)+(3)+(5)	(1)+(2)+(3)
2	竖向模板	(6)或(6)+(7)	(6)

6.1.4.4 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1.5kN/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。

6.1.4.5 验算模板及其支架的刚度时,其变形值不得超过下列数值:

- (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1/1000。

6.1.5 模板制作的允许误差, 应符合模板设计规定, 一般不得超过表6.1.5的规定。

表6.1.5 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2m直尺检查)	5
2	钢模	
	1)模板的长度和宽度;	±2
	2)模板局部不平(用2m直尺检查);	2
	3)连接配件的孔眼位置	±1

注: 异形模板(吊壳、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。

6.1.6 模板的安装。

模板的安装应符合下列规定:

(1)模板安装必须按设计图纸测量放样, 重要结构应多设控制点, 以利检查校正。

(2)支架必须支承在坚实的地基或老混凝土上, 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, 必须有防水措施; 如系冻胀土时, 尚必须有防冻融措施。

(3)支架、脚手架各立柱之间, 应有足够数量的杆件牢固连接。

(4)模板的钢拉条不应弯曲, 直径宜大于8mm, 拉条与锚环的连接必须牢固。锚固件(螺栓、钢筋环等)在受荷载时, 必须有足够的锚固强度。

(5)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。

(6)现浇钢筋混凝土梁、板跨度等于或大于4m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2/1000~3/1000。

(7)模板接缝要严密不漏浆。模板与混凝土接触面应涂肥皂水等脱模剂, 以利拆模。重复使用的模板, 必须将模板上的泥浆、水泥浆、油污清除干净。

(8)浇筑时, 应有专职值班人员随时检查模板, 如有走样或漏浆必须及时采取措施处理。

(9)模板安装的允许偏差, 当设计无规定时, 应符合表6.1.6的规定。

表6.1.6 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(2m直尺检查)	5	10
2	大体积混凝土结构	边线与设计边线	10	15
		水平截面内部尺寸	±20	
		轴线位置	5	

3	非大体积混凝土结构	截面内部尺寸	基础	±10
			墩、墙、柱、梁	±5
		竖向偏差	高度≤5m	6
			高度>5m	8
4	承重底模上表面高程			±5
5	预留孔、洞尺寸及位置			10

6.1.7 模板拆除。

拆除模板的期限,设计无规定时,应符合以下规定。

6.1.7.1 不承重的侧面模板,应在混凝土强度达到2.5MPa以上,能保证其表面及棱角不因拆模而损伤时,方可拆除。混凝土强度达到2.5MPa所需的时间参考附录E。

6.1.7.2 承重模板及支架,应在混凝土达到下列强度后(按设计强度的百分率计算)方可拆除。

(1)悬臂梁、悬臂板:

跨度 $\leq 2\text{m}$ 70%

跨度 $> 2\text{m}$ 100%

(2)其他梁、板、拱:

跨度 $\leq 2\text{m}$ 50%

2m $<$ 跨度 $\leq 8\text{m}$ 70%

跨度 $> 8\text{m}$ 100%

(3)桥梁、胸墙等重要部位的承重支架,除强度应达到以上规定外,龄期不得少于7d。

6.1.7.3 有温控防裂要求的部位,拆除期限应专门确定。

温度、龄期对混凝土强度影响参考附录F。

6.2 钢筋

6.2.1 钢筋材料。

钢筋材料的要求应符合下列规定:

(1)钢筋混凝土结构所用的钢筋种类、钢号、直径等,应符合设计文件的规定,热轧钢筋的质量必须符合现行国家标准的规定。热轧钢筋的力学性能见附录G。

(2)钢筋应有出厂质量保证书;使用前,仍应按规定作拉力、延伸率、冷弯试验。需要焊接的钢筋,应作焊接工艺试验,钢号不明或使用中发现性能异常的钢筋,经复检合格后方可使用,但不得在承重结构的重要部位上使用。

(3)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,并应征得设计单位的同意。

6.2.2 钢筋工加。

钢筋的加工应符合下列要求:

(1)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得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,其弯钩的内径不得小于钢筋直径的2.5倍,平直部分长度不宜小于钢筋直径的3倍。

(2)钢筋加工的允许误差,应符合表6.2.2的规定。

6.2.3 钢筋接头。

钢筋的接头应符合以下规定。

6.2.3.1 直径10mm以上的热轧钢筋,可采用焊接。在加工厂中,钢筋的接头应采用闪光对焊,无条件采用闪光对焊时,宜采用电弧焊(搭接焊、帮条焊、熔槽焊等);钢筋的交叉连接,宜采用电阻点焊;现场竖向和斜向直径大于25mm的钢筋在条件许可时,宜采用电渣压力焊;现场焊接钢筋直径在28mm以上时,宜用

熔槽焊或帮条焊接, 气压焊应用于直径40mm以下I、II级的钢筋纵向联接, 其技术要求执行GB12219—89《钢筋气压焊》的规定。

表6.2.2 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

6.2.3.2 轴心受拉构件、小偏心受压构件和承受震动荷载的构件, 钢筋接头均应焊接。

6.2.3.3 钢筋焊接的接头形式、焊接工艺和质量验收, 应符合JGJ18—84《钢筋焊接及验收规程》的规定。

电弧焊常采用搭接焊和帮条焊。当采用双面焊缝时, I级钢筋的焊缝长度应不小于 $4d$ (d 为钢筋直径), II、III级钢筋应不小于 $5d$; 采用单面焊时, 焊缝长度加倍。一般宜采用双面焊。焊缝高度应不小于 $0.3d$, 焊缝宽度不小于 $0.7d$ 。帮条焊时, 两主筋端头之间, 应留 $2\sim5\text{mm}$ 的间隙。搭接焊时, 钢筋宜预弯, 以保证两钢筋的轴线在一直线上。电弧焊接头的外观检查, 要求焊缝表面平整, 不得有较大的凹陷、焊瘤、咬边和气孔, 不得有裂缝, 用小锤敲击接头时, 应发出清脆声。

6.2.3.4 钢筋焊接前, 必须根据施工条件进行试焊, 合格后方可施焊。焊工必须有考试合格证明。

6.2.3.5 直径在25mm以下的钢筋接头, 可采用绑扎接头。绑扎接头, 应遵守下列规定:

(1)搭接长度不得小于表6.2.3规定的数值。

表6.2.3 绑扎接头最小搭接长度

钢筋级别	受拉区	受压区	钢筋级别	受拉区	受压区
I级钢筋	$30d$	$20d$	III级钢筋	$40d$	$30d$
II级钢筋	$35d$	$25d$	5号钢筋	$30d$	$20d$

注: ① d 为两搭接钢筋中较小的直径。位于受拉区的搭接长度不应小于25cm, 位于受压区的搭接长度不应小于20cm。受压钢筋为I级钢筋, 末端又无弯钩时, 其搭接长度不应小于 $30d$ 。

②如在施工中分不清受拉区或受压区时, 搭接长度应按受拉区的规定办理。

(2)受拉区域内的光面圆钢筋绑扎接头的末端, 应做弯钩。带肋钢筋的绑扎接头末端可不作弯钩。

(3)对梁、柱钢筋的绑扎接头, 其搭接长度范围内应加密钢箍: 当搭接钢筋为受拉钢筋时, 箍筋间距不应大于 $5d$ (d 为两搭接钢筋中较小的直径); 当搭接钢筋为受压钢筋时, 其箍筋间距不应大于 $10d$ 。

(4)受力钢筋的绑扎接头位置应互相错开。在受力钢筋直径30倍区段范围内(不小于500mm), 有绑扎接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总面积的百分率, 在受拉区不得超过25%, 受压区不得超过50%。

6.2.4 钢筋安装。

(1)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。其偏差不得超过表6.2.4的规定。

(2)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。

表6.2.4 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	$\pm \frac{1}{2}$ 净保护层厚
2	同一排受力钢筋的局部偏差： 1)柱及梁中； 2)板、墙中；	$\pm 0.5d$ (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	梁与柱中钢筋间距的偏差	0.1钢筋间距
6	保护层厚度的局部偏差	$\pm \frac{1}{4}$ 净保护层厚

(3)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，以保护钢筋位置的准确。

6.3 混凝土

6.3.1 水泥。

水泥的质量技术要求应符合以下规定。

6.3.1.1 水泥品质应符合现行国家标准。运至工地的水泥，应有制造厂的品质试验报告。试验室还应对水泥的安定性及强度进行复验，其检验方法应符合现行国家标准。

注：

①每200t同品种同标号的水泥为一取样单位，不足200t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10kg。

②根据需要可采用水泥快速检验方法预测水泥28d强度，作为混凝土生产控制和进行配合比设计的依据。

6.3.1.2 水泥品种按设计要求和条件进行选择，其原则如下：

(1)水位变化区或有抗冻抗冲刷、抗磨损等要求的混凝土，应优先选用硅酸盐水泥、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)水上部位的混凝土，宜选用普通硅酸盐水泥。

6.3.1.3 水泥标号应与混凝土设计强度相适应，且不低于325号。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，标号不宜低于425号。

6.3.1.4 水泥应按不同品种、标号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。

6.3.1.5 每一分部工程所用水泥品种不宜多于三种。未经试验论证，不同品种的水泥不得混合使用。

6.3.2 碎石或卵石。

碎石或卵石粗骨料质量技术要求应符合以下规定。

6.3.2.1 碎石或卵石宜质地坚硬、粒形、级配良好，不得使用未经分级的混合石子。其质量标准应符合表6.3.2的规定。

表6.3.2 碎石或卵石的质量技术要求

项次	项目	≥C20 混凝土	<C20 混凝土	备注
1	含泥量(%)	<1	<2	1)不应含有粘土块; 2)有抗冻、抗渗要求的混凝土, 不应超过1%; 3)如含泥量基本上是非粘土质的石粉时, 可分别提高到1.5%、3.0%; 4)C10混凝土可放宽到2.5%
2	坚固性(%) (按硫酸钠溶液法五次循环后损失)	<5 <12		有抗冻要求的混凝土 无抗冻要求的混凝土
3	硫酸盐及硫化物含量按重量折算成 SO ₃ (%)	<0.5		
4	有机质含量	浅于 标准色		如深于标准色, 应做混凝土强度对比 试验其强度降低不应大于15%
5	比重(t/m ³)	2.55		
6	吸水率(%)	<2.5		
7	针片状颗粒含量(%)	15		碎石经试验论证, 可以放宽至25%

6.3.2.2 碎石或卵石最大粒径不得大于混凝土结构截面尺寸的1/4及钢筋最小净距的3/4; 素混凝土板厚的1/2。对少筋或无筋混凝土结构, 应选用较大的粗骨料粒径。

6.3.2.3 施工中宜将碎石或卵石按粒径分成下列几个粒径级:

(1)当最大粒径为40mm时, 分成5~20mm和20~40mm两级。

(2)当最大粒径为80mm时, 分成5~20mm、20~40mm和40~80mm三级。

(3)当最大粒径为150(或120)mm时, 分成5~20mm、20~40mm、40~80mm和80~150(或120)mm四级。

6.3.2.4 应严格控制各级骨料的超逊径含量。以原孔筛检验, 其控制标准: 超径小于5%, 逊径小于10%。

6.3.2.5 碎石或卵石含有活性骨料、黄锈等必须进行专门论证。

6.3.3 砂料。

砂料质量技术要求应符合下列规定:

(1)砂料应质地坚硬、粒径洁净、级配良好, 质量符合表6.3.3的规定。

表6.3.3 砂料的质量技术要求

项次	项目	≥C20 混凝土	<C20 混凝土	备注
1	天然砂含泥量(%)	<3	<5	1)含泥量系指粒径小于0.08mm的细屑、淤泥和粘土的总量; 2)不应含有粘土团粒; 3)对有抗冻抗渗要求的混凝土含泥量不得超3%;

			4)C10混凝土, 可酌情放宽
2	人工砂的石粉含量(%)	8~17	1)石粉系指小于0.15mm的颗粒; 2)对于等于及小于C15混凝土石粉含量可放宽至25%
3	坚固性(%)	<10	系指硫酸钠溶液法5次循环后的重量损失
4	云母含量(%)	<2	
5	比重(t/m^3)	>2.5	
6	轻物质含量	<1	视比重小于 $2.0g/cm^3$
7	硫化物及硫酸盐含量, 按重量计(折成 SO_3)(%)	<1	
8	有机质含量	浅于标准色	如深于标准色, 应配成砂浆, 进行强度对比试验

(2)砂的细度模数宜在2.3~3.0范围内。为改善砂料级配, 可将粗细不同的砂料分别堆放, 配合使用。

(3)对于用细度模数为0.7~1.5或平均粒径为0.15~0.25mm的特细砂配制C20及以下混凝土时, 其细度模数不得小于0.7且通过0.15mm筛的量不得大于30%, 或平均粒径小于0.15mm。配制C25或C30混凝土时, 宜采用细度模数等于或大于0.9且通过0.15mm筛的量不大于15%, 或平均粒径大于0.18mm。

(4)砂中有活性骨料时, 必须进行专门试验论证。

6.3.4 水。

拌制和养护混凝土用水应符合下列规定:

(1)凡适宜饮用的水均可使用, 污水未经处理的工业废水不得使用。

(2)水中不得含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质, 氯离子含量不超过300mg/L, 硫酸盐含量(以硫酸根离子计)不大于2700mg/L, pH值不小于4。

6.3.5 掺合料。

(1)掺入混凝土内的掺合料, 其质量应符合国家现行标准的规定, 其掺量应通过试验确定。

(2)当掺用粉煤灰时, 应符合GRJ146—90《粉煤灰混凝土应用技术规范》的规定。对于一些小型建筑物粉煤灰的掺量可按表6.3.5选用。

表6.3.5 粉煤灰掺量

水泥标号	混凝土等级		粉煤灰掺量 (%)	水泥标号	混凝土等级		粉煤灰掺量 (%)
	强度 (MPa)	抗冻			强度 (MPa)	抗冻	
325号	10	25	20~25	425号	15	25	30
425号	10	25	20~40	425号	20	25	25

注: ①粉煤灰掺量为水泥与粉煤灰总量的百分数; ②抗冻标号的单位为冻融循环次数。

(3)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)。

6.3.6 外加剂。

使用外加剂的技术要求应符合下列规定:

(1)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。

(2)外加剂的技术指标应符合GB8076—87《混凝土外加剂》及SD108《水工混凝土外加剂技术标准》的规定; 对其选择及正确使用按GBJ119—88《混凝土外加剂应用技术规范》的规定执行。正式产品。又无充分的试验论证, 不得在工程中使用。

(3)对于小型建筑物外加剂的掺量可按表6.3.6选用。

表6.3.6 常用的混凝土外加剂及其掺量

类型代号	主要成分	主要性能和用途	掺量 (占水泥重百分数) (%)
M型减水剂等	木质素、碳酸钙	减水5%~10%，含气量3%~4%，龄期28天的抗压强度提高10%~15%，或相应强度下可节省水泥用量10%左右	0.2~0.7
PC—2型引气剂等	松香皂及其热聚合物	引气、减水，适用于有抗冻、防渗要求的水工混凝土工程	0.006~0.010
红星I型速凝型等	铅氧熟料烧碱、石灰	适用于喷射混凝土工程	2.0~6.0
F型早强剂等	氯化钠、碳酸钠	早强、减水、防冻，适用于冬季施工的混凝土及蒸养混凝土	2.0~5.0
3FG—2型缓凝减水剂等	蔗糖酒精废液、烤胶废液、磺化物	缓凝、减水、后期增强，适用于夏季施工的混凝土工程	0.2~0.3
萘系DH—3型减水剂	磺酸盐类物质	减水16.3%~27%，含气2%~3%，节省水泥15.9%~27.4%，龄期28天的抗压强度提高5%~20%，抗冻性好	0.5~0.7

6.3.7 混凝土强度等级与配合比。

6.3.7.1 混凝土强度等级应按立方体的抗压强度标准值划分。混凝土强度等级，采用符号C与立方体抗压强度标准值(以MPa计)表示。

立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作和养护的、边长为150mm的立方体试件，在28d龄期，用标准方法测得的具有95%保证率的抗压强度。

常用的混凝土强度等级有C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40等。

对按SDJ20—78《水工钢筋混凝土结构设计规范》设计的工程(采用混凝土标号)，使用本规范进行混凝土强度检验评定时，应按表6.3.7—1的规定，将设计采用的混凝土标号换算为混凝土强度等级，施工时的配制强度，也应按同样原则进行换算。

表6.3.7—1 混凝土强度等级与混凝土标号的换算关系

混凝土标号	100	150	200	250	300	350	400
过渡性的混凝土强度等级	C9	C14	C19	C24	C29	C34	C39

6.3.7.2 混凝土配合比应通过计算和试验选定，除应满足设计强度、耐久性和施工和易性外，还应做到经济合理。

混凝土配制强度可按下式计算：

$$f_{cu, o} = f_{cu, k} + t\sigma$$

(6.3.7—1)

式中 $f_{cu, o}$ ——混凝土的施工配制强度, MPa;

$f_{cu, k}$ ——设计的混凝土强度标准值, MPa;

t ——保证率系数, 其值见表6.3.7—2;

σ ——施工单位的混凝土强度标准差, MPa。

表6.3.7—2 保证率和保证率系数的关系

保证率 <i>P</i> (%)	80	85	90	95
保证率系数 <i>t</i>	0.84	1.04	1.28	1.65

施工单位的混凝土强度标准差按下列规定确定:

(1)当施工单位具有近期(1~3个月)的同一品种(强度等级、配合比相同)混凝土强度资料时, 其混凝土强度标准差, 按下列公式计算:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu, i}^2 - n u_{fcu}^2}{n - 1}}$$

(6.3.7—2)

式中 $f_{cu, i}$ ——第*i*组的试块强度, MPa;

u_{fcu} ——*n*组试块强度的平均值, MPa;

n——试件总组数, $n \geq 25$ 。

σ 的下限取值为: 对C20~C25级混凝土, 计算得到的 $\sigma < 2.5\text{MPa}$ 时, 取 $\sigma = 2.5\text{MPa}$; 对高于C25级混凝土, 计算得到的 $\sigma < 3.0\text{MPa}$ 时, 取 $\sigma = 3.0\text{MPa}$

(2)当施工单位不具有近期的同一品种混凝土强度资料时, 可按表6.3.7—3取用。

表6.3.7—3 σ 值

混凝土强度等级	<C20	C20~C35	>C35
$\sigma(\text{MPa})$	4.0	5.0	6.0

6.3.7.3 混凝土的水灰比应通过试验确定, 不得超过表6.3.7—4的规定。

表6.3.7—4 水灰比最大允许值

混凝土所在部位	寒冷地区	温和地区
---------	------	------

水位以上	0.70	0.75
水位变化区	0.60	0.65
最低水位以下(包括基础)	0.65	0.65
内部	0.80	0.80
受水冲刷部位	0.50	0.50

注: ①水灰比系指水与水泥(包括外掺合料如粉煤灰)用量的比值;

②温和地区系指最冷月平均气温在 -3°C 以上; 寒冷地区系指最冷月平均气温在 $-3\sim-10^{\circ}\text{C}$; -10°C 以下属严寒地区;

③严寒地区水灰比最大允许值按本表寒冷地区水灰比的各项相应减小0.05;

④在环境有侵蚀性的情况下, 外部水位变化区及水下混凝土最大允许水灰比应减小0.05;

⑤在温和地区, 不受环境侵蚀及冲刷的情况下, 水灰比取决于强度及抗渗要求, 水灰比由试验决定, 但最大不宜超过0.8。

6.3.7.4 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6.3.7—5的规定。

表6.3.7—5 混凝土在浇筑地点的坍落度(使用振捣器)

建筑物的性质	坍落度(cm)
素混凝土	3~5
配筋率不超过1%的钢筋混凝土	5~7
配筋率超过1%的钢筋混凝土	7~9

6.3.8 混凝土拌制。

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

6.3.8.2 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: 骨料不得超过3%; 水泥、混合材、水及外加剂溶液不得超过2%。

6.3.8.3 混凝土应搅拌至组成材料混合均匀, 颜色一致。

加料程序和拌和时间应通过试验确定。表6.3.8所列自落式搅拌机的连续搅拌最短时间, 可参照使用。当采用强制性搅拌机时, 表列时间可适当缩短。

掺加混合材、外加剂或冰屑时, 宜适当延长搅拌时间。

表6.3.8 自落式搅拌机最短搅拌时间单位: min

拌和机容量(L)	坍落度(cm)		粗骨料最大粒径(mm)
	<4	>4	
150~350	1.5	1.5	60
500	2.0	1.5	80
750~1000	2.5	2.0	80

6.3.9 混凝土运输。

运输混凝土应符合下列要求:

- (1)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。
- (2)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。
- (3)运输道路力求平坦,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。
- (4)混凝土的自由下落高度,不宜大于2m;超高时,应采用溜管、串筒或其他缓降措施。
- (5)采用不漏浆、不吸水的盛器。盛器用前要用水润湿,用后应洗刷干净。

6.3.10 混凝土浇筑。

6.3.10.1 浇筑前应详细检查仓内清理、模板、钢筋、预埋件、永久缝及浇筑准备工作等,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,必须铺一层2~3cm的水泥砂浆,其水灰比应较混凝土水灰比小0.03~0.05。

6.3.10.2 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,不得使用振动器平仓。有粗骨料堆叠时,应将其均匀地分布于砂浆较多处,严禁用砂浆覆盖。

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。

6.3.10.3 混凝土浇筑厚度,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6.3.10—1的规定。

表6.3.10—1 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

6.3.10.4 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。(注:混凝土能重塑的标准:用振捣器振捣30s,周围10cm内能泛浆且不留孔洞者。)

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6.3.10—2的规定执行。

表6.3.10—2 浇筑混凝土的允许间歇时间

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	150	180
5~9	180	210

注: 本表未考虑掺用外加剂及其他特殊措施的影响。

6.3.10.5 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2.5MPa后,方可进行浇筑上层混凝土的准备工作引临浇筑前,按6.3.10.1规定铺筑水泥砂浆。
- (4)新老结合面的混凝土应细致捣实。

6.3.10.6 捣实混凝土应使用振捣器为主,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5cm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。
- (3)振捣器头到模板的距离应约等于其有效半径的1/2,并不得触动钢筋、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,可采用或辅以人工捣固。

6.3.10.7 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,不允许单纯为了提高埋石率而降低混凝土的浇筑质量。
- (2)块石尺寸一般以30~40cm为宜。最大尺寸不得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得采用。
- (3)块石应均匀埋放在新浇筑的混凝土层上,不得抛扔。块石与模板及结构的边界的净距离不小于30cm,在距基础1m,距迎水面2m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。

6.3.10.8 浇筑中应做好下列事项:

- (1)应及时排除泌水,但不得带走灰浆。
- (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。

6.3.11 养护。

- (1)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。
- (2)混凝土连续湿润养护时间,在常温下,可按表6.3.11执行。重要部位的混凝土以及干燥、炎热气候条件下应延长养护时间。

表6.3.11 混凝土养护时间单位: d

水泥品种	养护时间
硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	10
矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	15

6.3.12 质量控制与评定。

6.3.12.1 混凝土制备时原材料检验应符合下列要求:

- (1)运到工地的砂石料必须检验, 每批至少一次。
- (2)水泥、外加剂和混合材等应有质量保证书, 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。

6.3.12.2 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至少检验一次, 气温变化较大或雨天应增加检验次数, 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, 每班至少检验2次, 衡器随时抽查, 定期校正。
- (3)混凝土拌和时间, 每班至少检验2次。
- (4)现场混凝土坍落度, 每班在机口至少检验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, 每班至少检验2次, 引气剂还应检验含气量, 其变化范围应控制在 $\pm 0.8\%$ 以内。

6.3.12.3 固化后混凝土的质量检验以在标准条件(即温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度95%以上的潮湿环境或水中)下养护28d的试件抗压强度为主。必要时尚需作抗拉、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, 28d龄期每 $200 \sim 500\text{m}^3$ 成型试件1组。
- (3)非厚大结构物, 28d龄期每 $50 \sim 100\text{m}^3$ 成型试件1组, 每一分部工程至少成型试件1组。
- (4)每一工作班至少成型试件1组。

混凝土试件应在机口随机取样、成型, 不得任意挑选, 并宜在浇筑地点取一定组数的试件。一组3个试件应取自同一盘混凝土中。

6.3.12.4 评定混凝土强度的混凝土试件, 应按下列规定统计:

- (1)现场混凝土试件28d抗压强度按强度等级以配合比相同的一批混凝土作为一个统计单位; 工程验收时, 可按部位以强度等级相同的混凝土作为一个统计单位。
- (2)除非查明原因, 确系操作失误, 不得任意抛弃一个数据。
- (3)每组三个试件的平均值作为一个统计数据。当一组三个试件强度中的最大值或最小值之一与中间值之差超过中间值的15%时, 取中间值作为该组试件强度的代表值。当一组三个试件中的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的15%时, 该组试件的强度不应作为评定的依据。

6.3.12.5 混凝土试件强度评定标准: 根据每批试件组数, 按表6.3.12—1列出的五种情况, 如某种情况中的两式能同时满足, 则该统计单位的混凝土强度应判为合格。

表6.3.12—1 混凝土试件强度评定标准公式

试件组数(组)	适用情况	合格标准
>30	素(或少筋)混凝土	$P \geq 80\%$ $f_{\text{cu}, \min} \geq 0.85f_{\text{cu}, k}$
	钢筋混凝土	$P \geq 85\%$ $f_{\text{cu}, \min} \geq 0.85f_{\text{cu}, k}$
		$m_{\text{fcu}} - K S_{\text{fcu}} \geq 0.85f_{\text{cu}, k}$

29~10	混凝土	$f_{cu, \min} \geq 0.85f_{cu, k}$
9~1	一般结构混凝土	$m_{fcu} \geq 1.05f_{cu, k}$ $f_{cu, \min} \geq 0.90f_{cu, k}$
	重要结构混凝土	$m_{fcu} \geq 1.10f_{cu, k}$ $f_{cu, \min} \geq 0.90f_{cu, k}$

上表中 P ——混凝土强度保证率, %;

$f_{cu, \min}$ —— n 组试件强度中最小一组的值, MPa;

$f_{cu, k}$ ——设计的混凝土强度标准值, MPa;

m_{fcu} —— n 组试件强度的平均值, MPa;

K ——合格判定系数, 取值为: 当组数 $n=10\sim 14$, $K=1.7$; $n=15\sim 24$, $K=1.65$; $n=25\sim 29$, $K=1.6$;

S_{fcu} —— n 组试件强度标准差, MPa.

m_{fcu} 、 S_{fcu} 和 P 的计算方法见附录H.

6.3.12.6 非大体积现浇混凝土结构的允许偏差, 应符合表6.3.12—2的规定。当有专门规定时, 尚应符合相应的规定。

表6.3.12—2 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	$H \leq 5m$	8
	$H > 5m$	$H/1000, \leq 30$
标高		± 10
截面尺寸		+8, -5
表面平整(2m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		15

注: H 为结构全高。

6.3.12.7 当混凝土的试块强度不符合表6.3.12—1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。

6.3.12.8 混凝土缺陷处理应符合下列要求:

- (1)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。
- (2)混凝土的微细表面裂缝、钢筋混凝土的浅层缝宽度小于表6.3.12—3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。

表6.3.12—3 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

(3)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。

(4)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。

6.3.12.9 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。

6.3.13 雨季施工。

6.3.13.1 雨季施工应做好下列工作:

- (1)掌握天气预报, 避免在大雨、暴雨时浇筑混凝土。
- (2)砂石料场的排水设施应畅通无阻。
- (3)运输工具及道路宜采取防雨、防滑措施。
- (4)浇筑仓面宜有防雨设施。
- (5)加强骨料的测定工作。

6.3.13.2 无防雨棚仓面, 在小雨中浇筑, 应采取下列措施:

- (1)减少混凝土拌和的用水量。
- (2)加强仓内的积水的排除工作, 但不得带走灰浆。
- (3)防止外水入仓。
- (4)做好新浇混凝土面的保护工作。

6.3.13.3 无防雨仓面, 在浇筑混凝土过程中, 如遇大雨或暴雨, 应立即停止浇筑, 并将仓内的混凝土振捣好, 使仓面规整后遮盖。雨后须先排除仓内积水, 清理表面软弱层, 继续浇筑时应铺一层水泥砂浆。如间歇时间超过规定, 应按施工缝处理。

6.3.14 低温季节施工。

6.3.14.1 当室外连续五天日平均气温低于5℃或最低气温稳定在-3℃以下时, 混凝土的施工应符合本条规定。

当日最低气温至0℃时, 即应采取防护措施。

6.3.14.2 必须有专门的施工组织设计和可靠的措施。

6.3.14.3 未加抗冻剂的外部混凝土或钢筋混凝土允许受冻的临界强度不低于10MPa。大体积内部混凝土不

低于5MPa。

6.3.14.4 注意天气预报, 混凝土浇筑宜安排在寒流前后气温较高的时间进行。

6.3.14.5 在岩基或老混凝土上浇筑混凝土, 如有冰冻现象, 必须加热处理, 经检验合格后方可浇筑。

6.3.14.6 应优先选用硅酸盐或普通硅酸盐水泥。

6.3.14.7 低温季节浇筑的混凝土, 宜使用引气型减水剂, 含气量宜为4%~6%; 有早强要求者, 可使用早强剂, 但在钢筋混凝土中不得用氯盐作早强剂。

6.3.14.8 低温季节混凝土的施工, 在温和地区可以不采用暖棚法; 寒冷地区在日平均气温为-5℃以下时, 不应露天浇筑。

6.3.14.9 混凝土浇筑入仓温度不宜低于10℃。浇筑大面积的混凝土时, 在覆盖上层混凝土以前, 底层混凝土的温度不宜低于3℃。施工时, 应综合考虑气候条件、材料温度、保温方法、运输过程的热量损失等因素, 通过计算和试验, 合理确定混凝土的出机温度。

6.3.14.10 为提高混凝土的出机温度, 应首先考虑用热水拌制。不能满足要求时, 再考虑加热骨料。水泥不得直接加热。

拌和用水的温度一般不宜超过80℃; 骨料加热不宜超过60℃。

拌和混凝土时, 应先将热水与骨料混合, 然后再加水泥, 并控制拌和物的温度不超过35℃。

6.3.14.11 当室外最低气温高于-15℃时, 表面系数不大于5的结构宜首先采用蓄热法或蓄热和掺外加剂并用的方法。

当蓄热法不能满足强度增长的要求时, 可选用蒸气加热、电流加热或暖棚保温的方法。

6.3.14.12 采用蓄热保温时, 应注意下列事项:

- (1)随浇筑、随捣固、随覆盖, 减少热量失散。
- (2)保温保湿材料必须紧密覆盖模板或混凝土表面, 迎风面宜增设挡风措施, 形成不透风的围护层。
- (3)对细薄结构的棱角部分, 应加强保温。
- (4)结构上孔洞应暂时封堵。

6.3.14.13 避免在寒流袭击、气温陡降时拆模; 当混凝土与外界气温相差20℃以上时, 拆模后的混凝土表面, 应加以覆盖。

6.3.14.14 冷天施工时, 必须做好下列各项温度的观测和记录:

- (1)室外气温和暖棚内气温每个工作班测量2次。
- (2)水温和骨料温度每个工作班测量4次。
- (3)混凝土出机温度和浇筑温度每个工作班至少测量4次。
- (4)在混凝土浇筑后3~5d内尤须加强观测其养护温度, 并注意边角最易降温的部位。用蓄热法养护时, 每昼夜测量4次; 用蒸气或电流加热时, 在升降温期间每小时测量1次, 在恒温期每两小时测量1次。室外气温及周围环境温度每昼夜至少定时定点测量4次。

6.3.15 高温季节施工。

6.3.15.1 应严格控制混凝土浇筑温度。混凝土最高浇筑温度不得超过28℃。

6.3.15.2 为降低混凝土浇筑温度, 减少温度回升, 宜采取下列措施:

- (1)预冷原材料, 骨料适当堆高(一般高于6~8m), 堆放时间适当延长, 使用时由底部取料; 采用地下水喷洒骨料; 采用地下水或掺冰的低温水拌制混凝土。
- (2)尽量安排在早晚或夜间浇筑。
- (3)缩短混凝土运输时间, 加快混凝土入仓覆盖速度。
- (4)混凝土运输工具设置必要的隔热遮阳措施。
- (5)仓面采取遮阳措施, 喷洒水雾降低周围温度。

6.3.15.3 为降低混凝土水化热温升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。

6.3.15.4 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。

6.3.15.5 结合实际并参照11.6规定执行。

6.3.16 永久缝。

6.3.16.1 紫铜止水片应符合下列规定：

(1)止水片应平整，表面的浮皮、锈污、油漆、油渍均应清除干净。如有砂眼、钉孔，应于焊补。

(2)宜用压模压制成型，转角和交叉处接头，应在场内制作，并留有适当长度的直线段，以利现场搭接；接缝必须焊接牢固，焊前宜用紫铜铆钉铆定，焊后应检验是否漏水。搭接长度不得小于20mm。

6.3.16.2 塑料和橡胶止水片应避免油污和长期曝晒。塑料止水片的接头宜用电热熔接牢固。橡胶止水片的接头可用氯丁橡胶粘接，重要部位应热压粘接。

6.3.16.3 止水片的安装可用模板嵌固，不得留有钉孔，紫铜止水片的沉降槽，应用沥青灌填密实。

6.3.16.4 油毡板的制作和安装应符合下列规定：

(1)根据气温情况，选用30号或10号的建筑石油沥青，防止高温流淌。

(2)预制时，要求场地平整，一层毛毡一层沥青应涂刷均匀。

(3)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。

(4)止水片的沉降槽和油毡片应在同一立面上。

6.3.16.5 浇筑止水缝部位的混凝土时，应注意下列事项：

(1)水平止水片应在浇筑层的中间，在止水片高程处不得设置施工缝。

(2)浇筑混凝土时，不得冲撞止水片，当混凝土将淹埋止水片时，应再次清除其表面污垢。

(3)振捣器不得触及止水片。

(4)嵌固止水片的模板应适当推迟拆模时间。

6.3.16.6 预留沥青孔的安装，应符合下列规定：

(1)孔柱混凝土预制件的外壁，必须凿毛，接头封堵密实。

(2)预制件宜逐节安设，逐节灌注热沥青，如一次灌注沥青孔，应在孔内设置热元件。

6.3.17 管道埋设。

埋入混凝土内的管道应符合下列要求：

(1)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。

(2)埋设的管子应没有砂眼及堵塞现象。管子表面的浮锈、油渍、浮皮或油漆等要清除干净。

(3)管子的联接可用丝扣、法兰、焊接等方法。联接接头必须牢固。焊接时焊渣不得堵塞管路或减小管路截面。

(4)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。

(5)各种管道进出口应作好识辨标志，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。

(6)管道弯曲部分的截面应不小于原截面。

(7)管道埋设安装必须牢固，避免混凝土浇筑过程中受震或碰撞损坏。

(8)混凝土浇筑时，当班有专人看管。发现问题及时处理。

6.3.18 预制混凝土及预应力混凝土。

(1)预制混凝土技术要求见8.1～8.3。

(2)预应力混凝土的施工遵照国家规范GB50204—91《混凝土结构工程施工及验收规范》的有关规定执行。

6.3.19 水下混凝土。

6.3.19.1 水下混凝土适用于围堰、水下建筑物局部破坏后的修补、防渗防漏和墩台基础等工程(不宜在动水流速大于1m/s情况下采用)。水下混凝土的施工，除应按设计要求进行外，并应有专门的操作规程。

6.3.19.2 水下混凝土一般均采用直升导管法灌注水下混凝土。为保证工程质量，应遵守下列规定：

(1)导管的数量与位置，应根据浇筑范围和导管作用半径确定。一般导管的作用半径不大于3m。

(2)在浇筑过程中，导管只应上下升降，不得左右移动。

(3)开始浇筑时，导管底部应接近地基面5～10cm，并应尽量安置在地基的低洼处。

(4)混凝土的粗骨料的最大粒径不得大于导管内径的1/4或钢筋净间距的1/4，亦不宜超过6cm；坍落度

以15~18cm为宜,开始时可较小,结束时可酌量放大,以使混凝土表面能自动坍平。

(5)浇筑过程中,导管内应经常充满混凝土,并保持导管插入已浇筑的混凝土内,使混凝土与水隔离。

(6)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2.5MPa及清理混凝土表面软弱部分后,才允许继续浇筑。

(7)浇筑的混凝土表面应高于设计标高约10cm,以便清除强度低的表层混凝土。

6.3.19.3 待浇区的基础应清理干净,旁侧岸坡应稳定。

6.3.19.4 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。

6.3.19.5 水下混凝土应有详尽的施工记录。

6.3.20 预填骨料压浆混凝土(压浆混凝土)。

6.3.20.1 压浆混凝土适用下列情况:

- (1)结构物钢筋稠密、埋设件复杂的部位。
- (2)水下浇筑混凝土。
- (3)修补、加固混凝土和钢筋混凝土结构物。
- (4)其他不易浇筑和捣固的部位。

注: 在寒冷地区使用压浆混凝土时,应通过试验,证实其抗冻性合格后,才能使用。

6.3.20.2 压浆混凝土的施工,应按设计规定和操作规程进行。

6.3.20.3 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。

6.3.20.4 压浆混凝土使用的模板,除遵守本规范有关规定外,尚需有专门设计,保证不漏浆和在压浆时不发生过大变形。

6.3.20.5 压浆混凝土所用的骨料,其最小粒径不应小于20mm;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2.5mm者,应予筛除。

6.3.20.6 压浆混凝土之砂浆,应掺入混合料和外加剂,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(其掺量通过试验确定),使其在初凝前略有膨胀性。为防止杂质混入砂浆,砂浆在入泵前应通过5mm×5mm筛网。

6.3.20.7 压浆程序应由下而上,逐渐上升,不得间断。灌浆压力采用0.1~0.5MPa,浆体上升速度以50~100cm/h为宜。在灌浆过程中,应加强对模板的观测。

6.3.20.8 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。

6.3.21 泵送混凝土。

(1)最大骨料粒径应不大于导管管径的1/3,并不得有超径骨料进入混凝土泵。砂率宜控制在40%~50%。

(2)混凝土坍落度宜在8~18cm。

(3)混凝土内宜掺加适量的外加剂。

(4)最小胶材(包括水泥及掺合料)用量宜为300kg/m³。

(5)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。

(6)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,以防吸入空气产生阻塞。如因故中断时,则应经常使混凝土泵转动,以免导管堵塞。在正常温度下,如间歇时间超过45min时,应将留存在导管内的混凝土排出,并加以清洗。

6.3.22 碾压混凝土。

碾压混凝土的施工与试验,按SL53—94《水工碾压混凝土施工规范》和SL48—94《水工碾压混凝土试验规程》的规定执行。

7 砌石工程

7.1 石料

7.1.1 砌体所用石料必须质地坚硬、新鲜、完整。砌体石料按其形状可分为毛石、块石、粗料石和卵石四种。

毛石：无一定规则形状，块重应大于25kg，中部厚不小于15cm，规格更小的也称片石，可用于塞缝，但其用量不得超过该砌体重量的10%。

块石：上下两面大致平整，无尖角，块厚宜大于20cm。

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50cm，块高宜大于25cm，长厚比不宜大于3。

卵石：要求外形以椭圆形为宜，其长轴不小于20cm。

7.1.2 砌筑石料的物理力学性质应符合表7.1.2的规定。

表7.1.2 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2.4t/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	一般岩石不小于0.7或符合设计要求
抗冻标号	达到设计标号

7.1.3 石料使用前，必须鉴定其标号，同时宜进行有关物理力学指标的测定，无试验资料时，可参照附录I选用。

7.2 胶结材料

7.2.1 浆砌石的胶结材料主要有水泥砂浆和混凝土。此外用于不重要的砌石工程还有水泥混合砂浆和石灰砂浆。

7.2.2 水泥砂浆强度等级采用符号M与立方体抗压强度标准值(以MPa计)表示。浆砌石体常用的水泥砂浆强度等级有M5、M7.5、M10、M12.5四种。

砌石体常用的混凝土强度等级有C10、C15两种。

水泥混合砂浆有水泥石灰砂浆和水泥粘土砂浆两种，常用的强度等级有M2.5、M5、M7.5、M10四种。

石灰砂浆强度为0.1~1.0MPa。

7.2.3 胶结材料使用的水泥、砂、石和水应遵守本规范6.3.1~6.3.4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，生石灰必须加水熟化成灰，再用孔径6~8mm的筛子过筛。

7.2.4 胶结材料的配合比。

- (1)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。
- (2)对配制原则、配制强度和水灰比应符合6.3.7的规定。
- (3)混凝土配合比中的含砂率应略高于试验的含砂率。
- (4)胶结材料的和易性，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4~60cm，混凝土坍落度宜为5~8cm。
- (5)砌石用混凝土配合比可参考附录J、水泥砂浆的配合比，可参考附录K、水泥混合砂浆及石灰砂浆配

合比可参考附录L, 但均应根据试拌试验进行调整。

7.2.5 拌和及运输。

(1)配料单、称量允许偏差应符合6.3.8.1及6.3.8.2的规定, 其他材料允许偏差: 土为5%, 石灰为3%。

(2)胶结材料的拌和时间: 机械拌和不得少于2min, 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。

(3)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6.3.10—2的规定。

7.2.6 胶结材料质量控制与检查。

(1)水泥的检查除应符合6.3.1、6.3.12.1规定外, 试验检查项目应有: 水泥标号、凝固时间、标准稠度及细度等。

(2)砂、石、水的检验及砂浆与混凝土制备时质量检验除应符合6.3.12.1、6.3.12.2规定外, 对砂浆沉入度每班至少抽查2次。

(3)胶结材料试件留置为同一强度等级的28d龄期每100~200m³砌体成型试件1组; 每一分部工程至少成型试件1组。

(4)试件强度的合格标准应符合6.3.12.5的规定。

7.3 砌体与基岩的联接及层面处理

7.3.1 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。

7.3.2 浇筑基础垫层混凝土前, 应先湿润基岩表面, 铺设一层厚3~5cm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。若设计无规定, 垫层混凝土面层应大致平整, 厚度宜大于0.3m, 强度等级不宜低于C15号。

7.3.3 已浇好的垫层混凝土, 或层面上的胶结材在抗压强度未达2.5MPa前不得进行上层砌石的准备工作。混凝土强度达到2.5MPa所需的时间见附录E。

7.3.4 砌体层面表面的浮渣必须冲洗干净, 且无积水, 对光滑的胶结材料表面应凿毛处理。

7.4 浆砌石一般规定

7.4.1 砌石结构物放样测量的精度应遵守2.1的有关规定。

7.4.2 浆砌石应采用铺浆法。其基本要求是平整、稳定、密实和错缝。

(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2~3cm。

(2)稳定: 石块安置必须自身稳定, 要求大面朝下, 适当摇动或敲击, 使其平稳。

(3)密实: 严禁石块直接接触。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器作用半径的1.5倍。当竖缝宽度在5cm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, 不得存在顺流向通缝。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。

7.4.3 一般墩、墙、坝及拱圈砌体的砌缝宽, 应符合表7.4.3规定。

表7.4.3 砌缝宽度 单位: cm

类别		墩、墙、坝			拱圈
		粗料石	块石	毛石	粗料石
砂浆砌石体	平缝	1.5~2.0	2.0~2.5	—	1.5~2
	竖缝	2~3	2~4	—	1~2
	一级配	4~6	4~6	4~6	4

混凝土砌石体	平缝	二级配	8~10	8~10	8~10	8
	竖缝	一级配	6~8	6~9	6~10	5
		二级配	8~10	8~10	8~10	7
备注	当砌石体平缝采用砂浆, 竖缝采用混凝土砌筑时, 缝宽各见砂浆、混凝土砌石体平缝、竖缝栏					

7.4.4 浆砌石体结构尺寸和位置的砌筑允许偏差, 应符合表7.4.4的规定。

表7.4.4 砌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: $\pm L/1000$ 矢高允许偏差: $\pm L/3000$	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 ± 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, -10	—	—
表面平整度(2m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

7.4.5 砌体外露面宜在砌筑后12~18h之内及时养护, 经常保持外露面的湿润。养护时间: 水泥砂浆砌体, 一般为14d, 混凝土砌体, 一般为21d。

7.5 浆砌石墩、墙的砌筑

7.5.1 浆砌石墩、墙的临时间断处高低差应不大于1.0m, 并留有平缓阶台。

7.5.2 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30cm。

7.5.3 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60cm毛块石分层卧砌, 不得采用外面侧立石块中间填心的砌法; 每砌筑70~120cm高度找平一次, 砌缝一致, 宽度符合表7.4.3规定; 毛石挡土墙错缝间距应大于8cm。

7.6 浆砌石拱

当设计无规定时,按本规定执行。

7.6.1 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20cm,宽度不应小于30cm,长度不应小于500cm。

7.6.2 拱架经过计算,按设计规定架立,经检查合格,才开始砌筑。

7.6.3 拱石砌筑,必须两端对称进行。各排拱石互相交错,错缝距离不小于10cm。

当拱跨在5m以下,一般可采用块石砌拱,用砌缝宽度调整拱度,要求下缝宽不得超过1cm,水泥砂浆强度不低于M7.5号。拱跨在10m以下,可按拱的全宽和全厚,自拱脚同时对称连续地向拱顶砌筑。拱跨在10m以上时,应作施工设计,明确拱圈加荷次序,并按此次序施工。

7.6.4 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6.1.7的规定。

7.7 浆砌卵石

浆砌卵石应用于靠挤浆法,即先铺3~5cm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2~3cm。

7.8 干砌石

7.8.1 具有框格的干砌石工程,宜先修筑框格,然后砌筑。

7.8.2 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,严禁架空。
- (2)不得使用一边厚一边薄和石块边口很薄而未修整掉的石料。
- (3)宜采用立砌法,不得叠砌和浮塞;石料最小边厚度不宜小于15cm。

7.8.3 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。

7.9 浆砌料石水泥砂浆勾缝

7.9.1 防渗用的勾缝砂浆必须单独拌制,不得与砌筑砂浆混用。超过初凝时间的砂浆严禁使用。

7.9.2 砂浆材料:水泥宜采用425号以上普通硅酸盐水泥;砂料宜用细砂;灰砂比可选用1:1.0~1:2.0。

7.9.3 清缝宜在料石砌筑24h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4cm,竖缝深度不小于5cm)。勾缝前必须将槽缝冲洗干净,不得残留灰渣和积水,并保持缝面湿润。

7.9.4 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21d湿润。

7.10 冬、夏季和雨天施工

7.10.1 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。

7.10.2 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,外露表面在养护期必须保持湿润,宜加草袋等物遮盖,以防日晒。

7.10.3 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，不得在雨天施工。

7.11 砌体的质量检验

- 7.11.1 胶结材料的重量检验应符合7.2.6条的规定。
- 7.11.2 砌体尺寸及位置的允许偏差应符合表7.4.4的规定。
- 7.11.3 砌缝砂浆应密实，砌缝宽度符合表7.4.3的规定。

8 混凝土构件的预制与吊装

8.1 一般规定

- 8.1.1 本节适用于中小型重力装配式水闸。现浇混凝土水闸的上部构件、渠系建筑物的渡槽排架、薄壳槽身、拱形结构的装配构件、小型桥涵及倒虹管、电站预制梁板、升压站发输配构架及混凝土模板等预制构件的施工。
- 8.1.2 混凝土执行本规范6的有关规定。

8.2 构件预制

- 8.2.1 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。
- 8.2.2 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。
- 8.2.3 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。
大跨度拱肋以采用立式预制为宜。
- 8.2.4 预制构件的吊环或扣环，一般用3号钢制造，不许采用冷拉钢筋，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)。
- 8.2.5 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，不得中断，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5MPa，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。
- 8.2.6 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，构件不得有掉角、扭曲和开裂等缺陷。
- 8.2.7 预制构件的混凝土质量检查，除按本规范6有关规定执行外，对于重要构件，必要时，应作荷载试验。
- 8.2.8 预制构件允许偏差，当设计无规定时，应符合表8.2.8规定。

表8.2.8 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	$L/1000$ ≥ 20	10	5	5	15	10	5	+10 -5
钢架、桁架、排架	±10	±5	±5		$L/1000$ ≥ 20							
柱、块体	+5 -10	±5	±5		$L/750$ ≥ 20							
梁	+10 -5	±5	±5		$L/750$ ≥ 20							
U型、箱型、壳体	±5	±5	±5	+4 -2	$L/1000$ ≥ 20	10	5					

8.3 构件移位和堆放

8.3.1 构件移位时的混凝土强度应不低于设计强度的70%。

8.3.2 长构件移位时,一端撬起的高度一般限在2cm以内,先松后撬,边撬边垫,防止构件开裂。

8.3.3 构件位移方法和吊点支承位置,应符合构件的受力情况,防止损伤。

8.3.4 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。

8.4 混凝土预制构件吊装

8.4.1 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。

8.4.2 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。

8.4.3 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。

8.4.4 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8.4.4的规定。

表8.4.4 安全系数表

用 途 安 全 系 数 K	地 锚			主索
	抗拔力	抗倾覆	抗滑力	
	≥ 2	≥ 1.5	≥ 1.3	$\geq 3 \sim 4$

8.4.5 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%。

8.4.6 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。

8.4.7 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 $2\sim 3\text{cm}$,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 $1\sim 3$ 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。

8.4.8 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 $2\sim 5\text{cm}$,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 3cm 的间隙,以便校正位置和灌注二期水泥砂浆或混凝土。
- (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。

8.4.9 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 20mm 。

8.4.10 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不大于 30mm ,高程比设计高程高 $20\sim 30\text{mm}$,后用墩扣或悬扣固定并用横向浪风固牢。
- (4)拱肋接头采用粘接力强、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。要正确掌握配方,严格控制配料温度(不高于 30°C),构件接头处应干燥、无水、洁净。

8.4.11 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。

8.4.12 装配式构件的接头和接缝应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。

8.4.13 构件安装允许偏差见表8.4.13。

表8.4.13 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	中心线对轴线的位置		5
	垂直度	$\leq 5\text{m}$	5
		$>5\text{m}, <10\text{m}$	10
		$\geq 10\text{m}$	$H/1000, \leq 20$
	牛腿上表面和桩顶标高	$\leq 5\text{m}$	0, -5
		$>5\text{m}$	0, -8

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	$\leq 5\text{m}$	3
		$> 5\text{m}$	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

注: H 为柱的全高。

8.4.14 认真做好构件安装的技术安全工作。安(吊)装前,应对所使用的工具设备及构件等进行详细检查。现场安(吊)装必须统一指挥,各项工作均应有专人负责。

第二篇 水工建筑物施工

9 碾压式土石坝

9.1 基础处理

9.1.1 坝基处理应参照本规范5有关规定执行。

9.1.2 坝基和岸坡。

- (1)坝肩和岸坡的开挖和清理,应在填筑前完成,不宜边清理边填筑。
- (2)与岩基结合的防渗体和坝体必须采用斜面联结,不得以台阶、反坡联结。
- (3)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。
- (4)坝基防渗灌浆应在水库蓄水前完成。

9.1.3 铺盖。

- (1)利用天然土层作铺盖,应查明有否透水层存在,已确定为天然铺盖的区域,严禁取土或破坏。
- (2)人工铺盖地基应按设计要求清理、平整和压实;砂砾地基必须做好反滤层,有贯通上下游的通道应截断。
- (3)铺盖建成后,应及时进行表面保护。

9.1.4 大坝填筑前,坝基处理及隐蔽工程应验收合格。

9.2 填筑前应完成的前期工作

9.2.1 白蚁危害调查及防治。

- (1)在气候温暖、雨量充沛地区,应注意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)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。

9.2.2 坝料复查。

9.2.2.1 料场复查应有下列内容：

(1)土料：天然含水量、颗粒组成、土层结构、储量、压实特性和物理力学指标。

(2)砂砾石料：级配、含泥量、物理力学指标、料场分布及储量、开采条件。

(3)石料：岩性、节理、强风化层、软弱夹层分布、物理力学指标、开采运输条件。

9.2.2.2 经过复查的料场，应提出料场地形图、地质剖面图，试坑或钻孔平面图，试验分析成果，有效开采量和适用填筑范围的结论说明。

9.2.3 料场规划。

9.2.3.1 一般原则：

(1)少占耕地，多用库内淹没区料场。

(2)充分利用建筑物开挖料。

(3)枯季多利用河滩料。

(4)合理使用上下游料场，尽可能做到高料高用，低料低用。

(5)充分考虑机械作业条件，发挥机械最佳效能。

9.2.3.2 土料场规划：

(1)优先选用土质均匀，含水量适宜的料场。

(2)含水量偏大料场，宜安排在干燥季节使用，含水量偏小料场，宜安排潮湿季节使用。

9.2.3.3 砂砾石料规划：

(1)填筑料、筛分料和反滤料应统一规划，合理安排开采。

(2)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。

9.2.3.4 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。

9.2.3.5 料场规划应考虑必要的加工和储备料场。

9.2.4 施工试验。

9.2.4.1 施工试验宜在坝外试验场进行。

9.2.4.2 坝面试验，应在已选定压实机具和设计有关技术指标的前提下，调整施工方法和施工参数。

9.2.4.3 通过施工试验，应确定铺料厚度、压实方法和遍数，施工控制含水量和最优干密度等施工参数。

9.2.5 坝料开采。

9.2.5.1 土料开采方式：

(1)丘陵或山坡取土，可自上而下，由近而远，采用立面开采。

(2)料场开阔平坦，土层较薄，宜采用平面开采。

(3)土层厚、土质变化大、含水量不匀，宜采用立面开采。

9.2.5.2 砂砾石开采方式：

(1)水上开采可采用推土机平集料，装载机挖装。

(2)水下开采可采用反向铲立面开采。

(3)混合开采可采用反向铲或索铲开采。

9.2.5.3 石料开采一般采用钻爆法和洞室爆破法。两种方法宜采用台阶开采，爆破参数通过试验确定。

9.2.5.4 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。

9.2.6 坝料运输。

9.2.6.1 运输方式的选择，应考虑下列因素：

(1)直接上坝、减少倒运环节。

(2)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。

(3)应与坝料性质和上坝强度相适应。

(4)机型尽可能少，方便管理与维修。

9.2.6.2 运输道路规划应考虑下列因素：

(1)各阶段运输道路布置，应与上坝填筑相协调。

- (2)应充分考虑由坝坡上坝方案的合理性。
- (3)充分利用地形, 尽可能使重车下坡。
- (4)施工道路尽可能与永久道路相结合。
- (5)道路宽度、坡度、弯道和视距应符合行车要求, 并尽量避免平面交叉。
- (6)加强道路的保养维护工作。

9.3 土料防渗体施工

9.3.1 土料防渗体施工除应执行本规范4.3有关规定外, 尚应符合下列规定:

- (1)当用汽车运输上坝卸料时, 必须采用“进占法”卸料。
- (2)防渗体一般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, 骑缝碾压。

9.3.2 防渗体与岩石地基、岸坡和混凝土结合时, 必须按下列要求施工:

- (1)清除表面的泥土、污物、粉尘、松动岩石等。
- (2)接触面应洒水润湿, 并边涂刷浓泥浆, 边填筑、边夯实。
- (3)邻近坝基0.5~1m的防渗体填筑, 与岸坡结合处1.5m范围内或边角处和混凝土齿墙周围及其顶部0.5m范围内填土, 都必须薄层填筑和使用轻型机具压实, 齿墙两侧填土尚应平行上升。

9.3.3 风化料防渗体施工。

9.3.3.1 风化料应按设计规定的料场开采, 料质应符合设计要求。

9.3.3.2 风化料与岩基(基础、岸坡)之间填筑一层0.5m的粘性料, 其压实干密度应符合设计要求。

9.3.3.3 风化料应采用凸块振动碾压实。

9.3.3.4 风化料的施工参数, 可参照下列经验参数试验调整:

- (1)最大粒径应小于15m。
- (2)含水量控制在8%~12%。
- (3)铺层厚度30~40cm。
- (4)碾压遍数一般为10~14遍。

9.3.4 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, 防止雨水下渗利于排水。
- (2)对狭窄填筑面, 可采用塑膜或帆布遮盖。
- (3)雨中和雨后禁止车辆通行和行人践踏。
- (4)施工机械停置填筑面之外。

9.4 钢筋混凝土面板防渗体施工

9.4.1 钢筋。

- (1)钢筋制造安装的规格、位置、间距、保护层均应符合设计图纸和6.2的规定。
- (2)应按设计要求设置趾板锚筋, 趾板锚筋可用作面板钢筋网的架立筋。锚筋应用膨胀水泥砂浆或预缩砂浆紧密填塞, 先注浆后插筋, 水泥砂浆强度不应低于M20。
- (3)钢筋安装宜采用手工操作。为准确固定钢筋位置, 须沿坡面有规则地增设插筋, 使之形成架立筋, 增强稳定, 避免变形。
- (4)现场绑扎好的钢筋网, 应对全部钢筋交叉点扎牢, 部分交叉点的连接在不损坏钢筋截面时, 可采用细焊条手工电弧点焊代替绑扎, 以增强其整体刚度。

9.4.2 模板。

9.4.2.1 面板混凝土浇筑应首先选用无轨滑模施工。滑模须经专门设计, 滑模可分段组合, 以适应不同尺寸的条块浇筑要求。

9.4.2.2 滑模制造偏差, 一般不得超过表9.4.2的规定。

表9.4.2 面板坝滑模允许偏差 差单位：mm

项序	偏差名称	允许偏差
1	长度和宽度	±10
2	板面局部不平(2m直尺检查)	5
3	整体刚度	L/500

注： L为滑模长度。

9.4.2.3 滑模设计应考虑：

- (1)各种最不利施工荷载组合下保持整体刚度和稳定，面板坡度较陡时，应有配重。
- (2)混凝土运输、入仓、操作、辅助作业等布置。
- (3)组装、移动、拆除及安全措施。
- (4)滑模宽度必须与提升速度及混凝土凝结脱模时间相适应。

9.4.2.4 无轨滑模的侧模宜由型钢或钢木加工制造，其设计应考虑：

- (1)方便止水设施的安装。
- (2)面板的厚度变化。
- (3)适应坡面人力搬运的单件重量。
- (4)拆装灵便。
- (5)侧向稳定。

9.4.2.5 侧模宜加工一定数量，在混凝土浇筑滑升中边拆除边安装，以充分提高其周转次数。

侧模的固定可在坝面浇筑或预制混凝土垫梁，在垫梁上立柱安轨或在坡面打钢钎固定。侧模安装，应坚固牢靠并不得破坏止水设施。其允许偏差：偏离设计线为3mm；不垂直度为3mm；20m范围内起伏差为5mm。

9.4.2.6 滑模浇筑混凝土，应注意下列各点：

- (1)在正式浇筑之前，应先对滑模系统进行空滑试验。
- (2)拉动模板时不得振捣混凝土。
- (3)模板滑升速度应与混凝土达到预定脱膜强度的时间相适应，且滑升速度不能过大，以免拉裂混凝土表面。
- (4)拉模的牵引动力可采用慢速卷扬机，手动葫芦、液压千斤顶和爬轨器等。
- (5)拉模边缘与老混凝土接触时，宜采用薄扁钢铺垫作滑道，防止卡模。

9.4.3 混凝土。

面板混凝土除参照本规定6有关规定外，尚应满足如下要求：

- (1)面板混凝土应具有良好的和易性和适当的凝结时间，并应在长距离坡面输送不分离，滑模不拉裂，出模不泌水、不下坍等特性。
- (2)面板混凝土一般采用二级配，并须渗入适量掺和料和外加剂，坍落度宜控制在5～7cm，水灰比一般为0.55～0.60。
- (3)面板混凝土一般采用坡面溜槽输送的方法。溜槽输送混凝土宜增设阻滑板，减缓混凝土在溜槽中的速度，防止混凝土分离。
- (4)混凝土入仓应按一定厚度、方向、秩序薄层进行，每次铺料厚度以不超过滑模高度的1/3为宜，随铺随振。
- (5)混凝土振捣宜选用小直径插入式振捣器，防止直接振捣钢筋和模板，振捣器插入深度以不超过前一层混凝土内5～10cm为限。

(6)出模后的混凝土表面应润湿,不变形,有外软里硬的手感。每次滑升高度以1/3滑模宽度和滑升速度以1~2.5m/h为宜。

(7)脱模后的混凝土表面,应及时辅以人工抹平整修。

(8)面板混凝土以纵向分成若干条块,由下而上浇筑。

(9)面板混凝土宜选取在降雨量小,气温不高于30℃时浇筑。

(10)面板混凝土浇筑后至水库蓄水浸没之前应当覆盖湿润全期养护。

9.4.4 止水和伸缩缝。

9.4.4.1 止水设施的形式、位置、尺寸及材料的品种规格等,均应符合设计规定。

9.4.4.2 紫铜止水的制作与安装除符合6.3.16.1规定外,还应符合下列要求:

(1)搭接长度不得少于20mm。金属止水片中心线与设计的最大偏移量不得超过5mm。止水片的平面应平行于面板,其翼缘端部的上下倾斜值应不大于10mm。

(2)不能弯曲撕裂、折断、扭压变形。

(3)对后浇块和预留外露的止水铜片和橡皮,应先进行清刷干净修补完整后再行浇筑,以保证止水的完好性。

(4)对外露的铜片或橡皮应进行保护。防止被填筑垫层时的石块滚落击破。

(5)安装好的止水片应加强保护。架立金属止水片时,不得在金属止水片上穿孔,应用焊接铅丝或其他方法加以固定。

9.4.4.3 塑料和橡胶止水带除符合6.3.16.2外,塑料止水片的连接按厂家技术资料要求进行。橡胶止水带的接头宜采用硫化热粘合。橡胶塑料止水片应利用模板固定。其中线与设计线的最大偏差不得大于5mm。

9.4.4.4 面板垂直缝的施工,应先铺设5~10cm砂浆垫层,人工抹平,其表面平整度宜用经纬仪控制,拉钢丝检查。待垫层砂浆凝固后,将胶带粘结在砂浆平面,再在胶带上涂刷3mm粘胶,将“W”型紫铜片压平,使其牢固粘贴在胶带上,不留空隙。

9.4.4.5 周边伸缩缝止水的施工顺序,宜先清理洗净和吹干预留槽,涂刷冷底子油,嵌入具有适度塑性的填料,夯击密实并堆高成圆弧状,再覆盖平板橡皮,后用压条和螺栓固定

9.4.4.6 嵌缝填料:

(1)成品嵌缝填料,应抽样检验其主要技术指标。就地配制的应对原材料与加工成品抽样检验。

(2)同嵌缝填料接触的混凝土表面,必须平整、密实、洁净、干燥。充填填料之前,应在缝槽混凝土表面涂刷与嵌缝填料相同基料的稀释材料,干燥后方可进行热法或冷法嵌填。

(3)当采用热法施工时,应有加热、保温措施,并严格控制加热温度,注意操作安全。

(4)热浇填料时应由下向上逐段进行,并尽量减少接头,浇筑过程随时驱赶气泡,使其充填密实。

(5)填缝表面,应及时加设密封塑胶盖片保护。

9.4.4.7 浇筑止水缝部位的混凝土时,应注意下列事项:

(1)要有专人负责保护。

(2)混凝土不得冲撞和振捣器不得触及止水片,防止轧破、变形或错位。

(3)大径骨料不能靠近止水片,避免产生蜂窝、麻面或空洞。

9.5 土工合成材料防渗体施工

9.5.1 一般规定。

(1)根据设计文件的要求,进行合成材料的选择。

(2)运至工地的合成材料对重要工程应复测其物理力学性能指标。

(3)进行粘接试验: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)妥善运输保管, 严禁露天堆放, 防止土工膜日晒老化, 并做好防潮工作。土工合成材料, 富余量一般为铺设面积的25%~100%。

(5)认真进行原材料的表面检查、观察。发现有破损, 必须进行修补或更换, 破损严重的不得使用。在施工中应避免人为的损坏。

9.5.2 土工隔膜和复合土工膜的铺设。

(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的平整。

(2)平整膜基: 应按设计要求将铺膜基底整修成一定形状或坡度, 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。若基底需设保护层时, 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, 留出必须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, 但不得少于8cm。粘接时将粘结剂拌匀刮平, 粘缝中严禁混入砂石、土粒等杂物。接缝粘结后立即加压静置自然晾干。如因天气寒冷影响施工进度要求, 粘结剂可适当加温, 但不得超过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, 为减少伸缩节被拉开时层面之间的摩擦, 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(如加颗粒过渡层或加工土工织物)。回填两侧填料在距土工隔膜50~100cm范围内不许用振动机械碾压, 可采用蛙式打夯机夯实。土工隔膜一侧为粘土时, 可采用“挡板法”施工。土工隔膜轴线偏差不大于10cm。

9.5.3 坝坡及斜墙上土工合成材料的铺设。

(1)在坝坡上铺设时一般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, 以免光照老化或风吹撕破。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, 覆盖厚度至少30~40cm。

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, 还要采用永久性的防冻覆盖措施。冬季水位变动区, 需要较厚的保护层, 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, 不宜用粘性土做保护层。

9.5.4 土工隔膜的周边连接施工。

(1)土工隔膜必须铺设在周边不透水层上。

(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10~30cm, 并将土工隔膜呈“弓”字形折皱, 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, 必须清除基岩上的风化层并深入到完整的不透水基岩内30~50cm, 浇筑混凝土将土工隔膜埋设在内。

当基础为粘土齿槽时, 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。

9.5.5 保护层的施工。

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。

9.5.6 施工质量检验。

(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2~4m, 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1~1.5m, 沿坝线不少于2~4个探孔。

(3)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。

9.6 坝壳料施工

9.6.1 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。

9.6.2 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%。

9.6.3 铺料应平整, 并严格控制铺料厚度。

9.6.4 最大坝料块径不得超过层厚的2/3。

9.6.5 坝壳料宜选用牵引式振动碾压实, 压实遍数由试验确定, 一般为6~8遍。

9.6.6 坝壳设计断面的边坡填筑, 应留有30~50cm余量, 为方便削坡, 紧靠边坡30~50cm范围内宜填筑坝壳细料。

9.6.7 振动碾压实不到的岸边和边角部位, 宜填筑1~1.5m宽的细料, 使用夯板压实或薄层填筑, 蛙夯压实。边角压实干密度不得低于设计干密度的95%。

9.7 反滤料施工

9.7.1 砂料反滤层。

(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。

9.7.2 土工织物反滤层: 参照9.5有关条款规定施工。

9.8 面板防渗体的垫层料、过渡料施工

9.8.1 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。

9.8.2 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30~50cm余量; 每填筑10~15m高度后进行坡面修整和压实。修正后的坡面应高出设计线5~10cm。坡面碾压宜采用80~100kN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。

9.8.3 经压实后的上游坡应用人工摊铺5~8cm厚、5.0~7.5MPa的水泥砂浆固坡护面, 其不平度不应大于50cm。

9.8.4 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, 不得出现漏铺部位。

9.8.5 砂浆护面应注意保护, 并洒水养护不少于15d。

9.9 排水设备和护坡施工

9.9.1 排水设备施工应注意下列事项:

(1)用于排水设备的石料必须质地坚硬, 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1m, 上下层面应犬牙交错, 不得有水平通缝; 分区堆筑的应逐层错缝, 不得垂直相接; 表面砌石应平整美观。

(3)坝内排水设施的地基必须夯实; 排水设施的纵坡必须符合设计要求, 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。

9.9.2 上游护坡应遵守下列规定:

(1)护坡石料须质地坚硬, 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。

9.9.3 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。如无粘性土护面, 应先铺填一层腐植土, 再种草皮。

9.10 施工质量控制

9.10.1 质量控制应按本规范及有关标准、技术文件执行, 质检仪器和操作方法应遵照SD128—84《土工试验规程》进行。

9.10.2 强化工序、工艺管理, 施工中坚持上道工序不合格, 下道工序不进行。

9.10.3 料场设立质控站, 对坝料质量进行监控, 凡不合格坝料不得装运上坝。料场质量检测以目测、手试为主, 并取一定代表样进行试验, 其鉴别项目与指标是:

(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5mm含量, 风化软弱颗粒含量。

9.10.4 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9.10.4。

9.10.5 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。

表9.10.4 坝体压实检查项目表

坝料类别及部位			试验项目	取样试验次数
防 渗 体	粘性土	边角夯实部位	干密度、含水量	每一压实层三组
		碾压部位	干密度、含水量、结合层描述	每一压实层不少于三组
	砾质土 风化料	边角夯实部位	干密度、含水量、砾石含量	每一压实层三组
		碾压部位	干密度、含水量、砾石含量	每一压实层不少于三组
反滤料及过渡带			干密度、砾石含量、级配、含泥量	每一压实层各三组
坝壳砂砾料			干密度、含砾量级配、含泥量	每区每层不少于三组
坝壳堆石料			干密度、<5mm含量颗粒分析	每区每层不少于三组

10 砌石坝

10.1 一般规定

10.1.1 砌石坝施工除遵守本章规定外, 还应符合本规范7的规定。

10.1.2 砌石坝基础处理应符合本规范5的规定。

10.1.3 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, 见7.3.3和7.3.4的规定。

10.1.4 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1.5m以内, 且按石料规格及上下错缝要求砌成阶梯形。

10.2 面石及有关细部结构砌筑

10.2.1 坝体面石与腹石砌筑, 一般应同步上升。如不能同步砌筑, 其相对高差不宜大于1m, 结合面应作竖向工作缝处理。不得在面石底面垫塞片石。

10.2.2 坝体腹石与混凝土结合面, 宜用毛面结合。

10.2.3 当坝体外表面为竖直平面时, 其面石宜用粗料石, 按丁顺交错排列。当为顺坡斜面时, 宜用异形石砌筑, 如倾斜面允许呈台阶状, 可以采用粗料石水平砌筑。

10.2.4 溢流坝面的头部曲线及反弧段, 宜用异形石及高标号砂浆砌筑。廊道顶拱宜用拱石砌筑, 如用粗料石, 可调整砌缝宽度成拱形。

10.2.5 拱坝、连拱坝内外弧面石, 可以采用粗料石, 调整竖缝宽度成弧形, 但同一砌缝两端宽度差: 拱坝不宜超过1cm, 连拱坝不宜超过2cm。

10.2.6 坝体横缝(沉陷缝)表面应保持平整竖直。

10.2.7 连拱坝砌筑应遵守下列规定:

(1)拱筒与支墩用混凝土连接时, 接触面按工作缝处理。

(2)诸拱筒砌筑应均衡上升。当不能均衡上升时, 相邻两拱筒的允许高差必须按支墩稳定要求核算。

(3)倾斜拱筒采用斜向砌筑时, 宜先在基岩上浇筑具有倾斜面(与拱筒倾斜面垂直)的混凝土拱座, 再在其上砌石, 石块的砌筑面应保持与斜拱的倾斜面垂直。

10.2.8 坝面倒悬施工, 应遵守下列规定:

(1)采用异形石水平砌筑时, 应按不同倒悬度逐块加工、编号, 对号砌筑。

(2)采用倒阶梯砌筑时, 每层挑出方向的宽度不得超过该石块宽度的1/5。

(3)粗料石垂直倒悬面砌筑时, 应及时砌筑腹石或浇筑混凝土。

10.3 混凝土防渗体施工

10.3.1 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。

10.3.2 混凝土防渗体, 必须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, 距设计基面50cm内的岩石, 应采用撬挖, 以避免振裂基岩。

10.3.3 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。

10.3.4 防渗体混凝土, 必须满足抗裂、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必须遵守本规范6的规定。

10.3.5 严禁在防渗体混凝土中埋石。

10.4 溢洪道溢流面的砌筑

10.4.1 溢流面砌体所用的石料强度应符合设计要求, 粗料石要求见7.1.1, 对外露面宜修琢加工, 其平面

高差宜小于0.2cm。

10.4.2 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0.5cm;灰缝宽度一致,且不大于2.0cm,砌缝砂浆饱满、密实。

10.4.3 溢流面砌体结构尺寸和位置的砌筑允许偏差应符合表7.4.4的要求。

10.5 坝体的质量检查

10.5.1 砌体质量检查应符合7.11的规定。

10.5.2 坝体砌体密度的检查,宜在坝高1/3以下,每砌筑5~10m高,至少挖试坑一组;坝高1/3以上砌体,试坑数量由设计、施工单位共同研究决定。

10.5.3 坝体砌体密实性的检查,每新砌一层次,均需进行简易试验(如插钎灌水试验)。

11 混凝土坝

11.1 混凝土坝浇筑前应完成的前期工作

11.1.1 施工组织设计的编制应根据坝型特点和现场实际适应各期导流渡汛、基础处理、金属结构安装和蓄水发电等要求。

应特别重视安排好第一个枯水期的坝体混凝土施工进度。

应优先安排浇筑下述混凝土的部位,包括与导流和渡汛有关的部位;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的部位等。

11.1.2 混凝土砂石骨料系统、拌和系统和运输系统,应按11.3~11.5的要求安装调试完成并开始试生产。

11.1.3 混凝土温控系统应按11.6的要求已经准备完毕。

11.1.4 坝基开挖处理应符合设计要求并经验收合格。

11.2 混凝土分缝分块和浇筑厚度

11.2.1 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。

11.2.2 混凝土浇筑分段、分缝分块应符合设计的规定。设计无规定时,横缝间距一般可采用15~20m,在电厂坝段可放宽到20~25m,纵缝间距一般可采用15~30m。

11.2.3 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一般宜为1~2m,基础约束区范围以外一般为3~6m。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,一般应以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1.5m。

11.2.4 上下层混凝土间歇时间一般宜控制在5~7d,最大不宜超过10d。

11.2.5 在施工过程中各坝块应尽量均匀上升,相邻坝块的高差一般不宜大于6m,最大不得超过10m。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。

11.3 砂石料生产系统

11.3.1 砂石料生产系统主要由料场和砂石加工厂组成。

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。

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。

11.3.2 砂石原料的质量应符合6.3.2、6.3.3的规定。有碱活性的骨料一般应避免使用,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。

11.3.3 砂石料场的选择应本着优质、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。

11.3.4 砂石加工厂址选择原则如下:

- (1)一般宜设在料场附近;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)砂石人工骨料加工的粗碎车间宜尽可能靠近混凝土系统,以便共用成品堆料场。
- (3)主要设备的地基稳定,有足够的承受能力。
- (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。

11.3.5 砂石料的总储量一般可按高峰时段月均值的50%~80%考虑,汛期、冰冻期停采时须按停采期骨料需用量外加20%裕度校核。

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,宜多堆毛料或半成品;毛料或半成品可采用较大的堆料高度。

11.3.6 成品骨料堆存和运输应符合下列要求:

- (1)有良好的排水系统。
- (2)必须设备隔墙避免各级骨料混杂,隔墙高度可按骨料动摩擦角34~37加超高0.5m确定。
- (3)尽量减少转运次数,粒度大于40mm的骨料抛料落差大于3m时,宜设缓降设备。

11.4 混凝土制备系统

11.4.1 混凝土系统小时生产能力可按式(11.4.1—1)计算:

$$P = \frac{q}{nm} k \quad (11.4.1-1)$$

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, $\text{m}^3/\text{月}$;

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 $k=1.5$ 。

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,应按式(11.4.1—2)计算:

$$P \geq (1.1 \sim 1.2) \frac{\Sigma(F \cdot \sigma)_{\max}}{t_1 - t_2} \quad (11.4.1-2)$$

式中 $\Sigma(F \cdot \sigma)_{\max}$ ——各浇筑层同时浇筑的最大混凝土量, F 为浇筑面积, σ 为浇筑层厚度;

t_1 ——浇筑混凝土允许间歇时间;

t_2 ——混凝土由出口口运到浇筑仓面最远点所需时间。

11.4.2 对于小时生产能力 50m^3 以上的一般宜选用自动化操作的拌和楼,对于小时生产能力小于 50m^3 的,一般宜设简易拌和站,用若干台小型拌和机组成。

11.4.3 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。

11.4.4 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沟通。
- (3)砂石料场分散, 集中布置时骨料运输不便或不经济。

11.4.5 混凝土系统砂石成品堆料场总储量一般不超过混凝土浇筑月高峰日平均3~5d的需用量, 特别困难时可减少到1d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4~7d, 水运时为5~15d, 当中转仓库距工地较远时, 可增加2~3d。

11.4.6 水泥应力求固定厂家计划供应, 品种以2~3种为宜, 应积极创造条件, 多用散装水泥。

11.5 混凝土运输

11.5.1 混凝土运输应符合6.3.9的要求。

11.5.2 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。

混凝土供料的水平运输对于工程量较大的工程宜采用汽车运输、铁路运输等; 对于工程量较小的工程可考虑窄轨铁路翻斗车和手推架子车等方式。对于供料集中运距短的情况, 可考虑皮带输送机运输。

11.5.3 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。

11.6 混凝土温度控制措施

11.6.1 高温季节温度控制的要求除符合6.3.15外, 尚应符合本节的规定。低温季节的温度控制见6.3.14。

11.6.2 为了防止裂缝, 必须从结构设计、温度控制、原材料选择、施工安排和施工质量等方面采取综合措施。

施工中应以严格的温度控制, 作为防止混凝土裂缝的主要措施。混凝土的浇筑温度和最高温升均应满足设计要求, 否则不宜浇筑混凝土。

11.6.3 必须改进混凝土的施工工艺, 提高混凝土质量。混凝土除满足强度保证率的要求外, 离差系数应尽量小于0.18。并应避免过分超强。

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。

11.6.4 混凝土浇筑的分段、分缝和分块, 应符合设计及11.2的规定。

11.6.5 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(一般不大于1:2), 平台接合面应注意振捣。

1.6.6 采用冷却水管进行初期冷却时, 埋管应在被覆盖一层混凝土后开始通水, 通水时间由计算确定, 一般为10~15d。混凝土温度与水温之差, 以不超过25℃为宜。对于直径为25mm水管, 管中流速以0.6m/s为宜。水流方向应每天改变一次, 使坝体冷却比较均匀。初期冷却日降温速度不应超过1℃, 连续通水10~15d, 降温幅度以6~8℃为宜。

11.6.7 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, 以防混凝土产生裂缝。

11.7 混凝土坝接缝灌浆

11.7.1 混凝土坝接缝灌浆时间,一般应在坝体内部温度达到稳定温度以后进行,常在气温最低的冬末春初施工。

11.7.2 蓄水前应完成蓄水初期最低库水位以下各灌区的接触灌浆及验收工作。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。

11.7.3 混凝土坝接触灌浆的技术要求按SL62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的规定执行。

11.8 混凝土坝基础处理与模板

11.8.1 混凝土基础处理应符合设计的要求,并按本规定4.2及5的有关规定执行。

11.8.2 混凝土坝的模板的型式可按6.1.1的规定选择。

11.9 混凝土闸坝施工

混凝土闸坝施工,可参照SL 27—91《水闸施工规范》的规定进行。

12 进水口及明渠

12.1 进水口

12.1.1 进水口的开挖与浇筑按本规范4、6和8的规定执行。

12.1.2 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,处理好防洪渡汛、高边坡开挖和混凝土浇筑。

12.1.3 深式进水口防洪渡汛。

(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。

12.1.4 深式进水口高边坡开挖。

(1)深式进水口高边坡开挖,必须采取保护措施,使其稳定与安全。

(2)宜参照4.2.11的规定结合工程特点进行开挖与加固。

12.1.5 深式进水口混凝土浇筑。

(1)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。

(2)结合上部预制构件吊装,也可采用塔式、履带式等其他运输工具。

12.1.6 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。

12.2 明渠

12.2.1 挖方渠道。

(1)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。

(2)土方渠道开挖必须预防边坡失稳。在坡顶不得堆渣;坡顶排水必须畅通,不得有水流流入坡内,破坏边坡结构;应采用边挖边砌快速施工。

(3)一般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。

(4)软基渠道(指承载力很低的流沙或淤泥质土层)开挖时应加强排水,使地下水位保持低于开挖面0.5~

1.0m。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。

(5)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20~30cm人工检底,以免造成超挖。

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。

12.2.2 填方渠道。

(1)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。

(2)半挖半填渠道。半挖半填渠道清基后,在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。

(3)填筑要求按4.3执行。

12.2.3 渠道防渗工程施工一般要求。

(1)渠道防渗主要包括土料、砌石、土工隔膜、混凝土等。材料技术要求见有关规定。

(2)渠道基槽断面的高程、尺寸和平整度,其偏差值应满足表12.2.3—1的要求。

表12.2.3—1 渠槽断面的允许偏差值

单位: cm

项目	允许偏差	
	土渠	石渠
渠底高程	±(2~3)	±(3~5)
渠道中心线	2~3	3~5
渠底宽度	3~5	5~10
堤顶高程	2~3	5~10
渠槽上口宽度	4~8	5~10
渠底及内边坡平整度(用2m直尺检查)	±(2~3)	凸不大于3凹不大于10

注: 大、中型渠道可取大值,小型渠道可取小值。

(3)渠道防渗工程平整度和尺寸的允许偏差见表12.2.3—2。

表12.2.3—2 防渗渠道断面尺寸和防渗层尺寸的允许偏差值

单位: cm

项目	允许偏差值	项目	允许偏差值
渠底高程	±(1~3)	断面上口宽度	4~6
渠道中心线	±(1~3)	平整度	±(1~2)
渠底宽度	3~5		

注: 大中型渠道取大值,小型渠道取小值。

12.2.4 砌石防渗。

(1)砌筑顺序。梯形明渠宜先砌渠底后砌渠坡。砌渠坡时,应从坡角开始,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,后砌拱顶或加盖板。

各种明渠渠底和渠坡砌完后,应及时砌好封顶石。

(2)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。必须错缝砌筑,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。

(3)石料砌筑要求可按本规范7有关要求执行。

12.2.5 混凝土防渗。

12.2.5.1 模板、钢筋、混凝土等施工要求,参照本规范6及8有关规定执行。

12.2.5.2 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。

12.2.5.3 喷射混凝土防渗。

喷射混凝土的强度、厚度按设计要求施工。喷射混凝土的施工可参考附录P7~P9的规定。

12.2.5.4 混凝土预制板防渗。

(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。

12.2.5.5 土工隔膜防渗。施工工艺可参照9.5执行。

12.2.5.6 伸缩缝。

(1)当设计无规定时,可按下列规定施工:现浇钢筋混凝土及预制板横向伸缩缝间距宜采用8~10m。现浇混凝土横缝间距宜用5~8m。

(2)伸缩缝宜用粘结力强、变形性能大、耐老化的材料。有特殊要求的伸缩缝,宜采用塑料止水带等材料处理。

13 隧洞

13.1 隧洞开挖

13.1.1 超挖允许值。

地下建筑物开挖,不应欠挖,尽量减少超挖,其开挖半径的平均径向超挖值当隧洞开挖直径大于3m时,不得大于20cm,隧洞开挖直径小于或等于3m时,不得大于150cm。不良地质条件下的容许值可由业主(监理)、设计和施工单位商定。

13.1.2 施工支洞。

13.1.2.1 施工支洞的数量应依据地下建筑物的布置、工程量、总进度、地形、地质、施工方法及机械化程度等因素确定。一般支洞间距宜在2km内;竖井与斜井的施工支洞,高差宜在100m以内。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。

13.1.2.2 支洞断面尺寸,应满足支护、运输、各种管线布置尺寸及人行安全的要求。支洞洞线一般应与主洞正交,交叉洞口应满足运输线路最小转弯半径要求。有条件时,支洞应有向外3%左右的下坡。

13.1.2.3 因受地形限制, 必须采用竖井或斜井时, 应遵守下列规定:

- (1)斜井的倾角不宜大于25°, 井身纵断面不宜变坡与转弯, 下水平段长度不宜小于20m。
- (2)竖井一般设在隧洞一侧, 与隧洞的净距宜为15~20m。
- (3)斜井或竖井井底, 应布置回车场及集水井。

13.1.3 洞口开挖。

洞口削坡开挖应自上而下进行。严禁上、下垂直作业。做好危石清理、坡面加固、马道开挖及排水。

洞口应设置防护棚等安全措施。在不稳定和极不稳定的IV、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。围岩分类见附录M。

洞口施工宜在雨季之前完成。当洞口明挖量大或岩体稳定性差时, 可利用施工支洞或导洞自内向外开挖。

13.1.4 洞身开挖。

13.1.4.1 洞身开挖的方法应在保证安全和质量的前提下, 根据围岩类别、断面尺寸、支护方式、工期要求、施工机械化程度和施工技术水平等因素选定。中、小隧洞应优先采用全断面开挖方法。

13.1.4.2 IV类围岩中开挖大、中断面隧洞时, 宜采用分部开挖方法, 及时做好支护工作。

13.1.4.3 在下列情况下开挖隧洞时, 可采用预先贯通导洞法施工。

- (1)地质条件复杂, 需要进一步查清时。
- (2)为解决通风、排水和运输时。
- (3)断面大、长度短、机械化程度较低时。
- (4)经论证确有经济效益又不影响总工期时。

13.1.5 不良地质地段开挖。

13.1.5.1 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。一般应做好排水、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。

13.1.5.2 从工作面加固围岩主要使用超前支护方法, 即插入锚杆、钢管(有时兼作灌浆管)、钢板或木板, 以防止掘进时顶拱围岩失稳坍塌。

13.1.5.3 对于破碎和软弱的粘土岩等, 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。加固措施为锚杆、板桩或钻孔桩等, 视工程具体条件决定。

13.1.5.4 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。

13.1.5.5 地下水活动较严重地段, 宜采用排、堵、截、引的综合治理措施。

13.1.5.6 在岩溶地段开挖时, 应查明岩溶类型、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。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, 不要破坏其稳定性。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, 应采用弱透水材料回填或水泥灌浆封堵。

13.1.5.7 发生塌方时, 应查明塌方原因及其规模、规律, 提出措施, 迅速处理。防止塌方范围的延伸和扩大。

- (1)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。
- (2)对塌方体窄长的小塌方, 可采用对顶支撑法、挑梁法等处理。
- (3)对中塌方宜用喷锚法、插筋排架法、护顶法、钢管棚架法等处理。
- (4)对大塌方可采用灌浆法, 环形导洞法, 混凝土纵梁法等处理。
- (5)地下水活动强烈时, 宜先治水后治塌。

13.1.6 钻孔爆破。

13.1.6.1 隧洞开挖, 应采用光面爆破或预裂爆破技术。其效果应达到下列要求:

- (1)残留炮孔痕迹应在开挖面上均匀分布。炮孔痕迹保存率, 一般硬岩不小于80%, 中硬岩不小于70%, 软岩不小于50%。
- (2)相邻两孔间的岩石平整, 孔壁不应有明显的爆破裂隙。
- (3)相邻两茬炮之间的台阶或预裂爆破的最大外斜值, 不应大于20cm。

(4)预裂缝的宽度,一般不应小于0.5cm。

13.1.6.2 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N选取。

13.1.6.3 施工前应作出施工布置图,确定合理的掏槽形式,严格控制钻孔质量,并应根据围岩情况及时调整爆破参数。

13.1.7 临时支护。

(1)需要支护的地段,除特殊地段外,应优先采用锚喷支护。锚喷支护可按SDJS7—85《水利水电地下工程锚喷支护施工技术规范》及附录P的规定执行。

(2)构架支撑,包括木支撑、钢支撑、混凝土支撑及混合支撑,其技术要求见附录Q。

(3)开挖与支护的间隔时间、施工顺序及相隔距离,应根据地质条件、爆破参数、支护类型等因素确定。一般应在围岩出现有害松动变形之前支护完毕。稳定性差的围岩,应先护后挖或支护紧跟工作面。

13.1.8 出渣运输。

13.1.8.1 有轨运输:

(1)小断面隧洞出渣,宜采用有轨运输方式。当使用机车牵引时,应优先采用电瓶车。

(2)采用装岩机装渣时,应使轨道紧跟开挖面,调车设备亦应及时向前移动。

(3)洞内运输一般宜设双道。如用单道时,须设错车道。

(4)机车在洞内行驶的时速不得超过10km,在调车或人员稠密地段行驶,时速应减至3km,通过弯道、道岔或视线不良地段,时速不得超过5km。两列列车同方向行驶时,列车间距不应小于60m。

(5)纵坡一般为3%~10%,洞外运渣轨道为3%~20%,会车、编组站 $i \leq 5\%$,卸渣线终端上坡道 $i \geq 10\%$ 。

13.1.8.2 无轨运输:

(1)在开挖断面容许时,宜采用装载机或挖掘机配自卸汽车的出渣方式。

(2)出渣道路行车路面宽度,应按所用设备型号和车型确定。当采用单车道时,应间隔适当距离(150~300m)设置错车道,其长度应为4~6倍车长。

道路最大纵坡不应超过9%,最大纵坡限长150m,会车视距宜为40m。

(3)汽车在洞内行驶时速不得超过10km。

13.1.9 通风与防尘。

根据开挖洞的布置特点、选用的施工程序及施工方法、洞的长度、断面尺寸、使用的施工设备等因素,选择适宜的通风方式和防尘措施。

工作面最小风速不小于0.15m/s。最大风速不得超过4m/s。噪音最高不大于115dB(A),有害气体容许浓度 CO_2 小于0.5%、CO不大于30mg/m³、NO₂不大于5mg/m³、SO₂不大于15mg/m³、H₂S不大于10mg/m³。

13.2 现浇混凝土衬砌

13.2.1 洞身衬砌施工程序。

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。

13.2.2 混凝土浇筑分段。

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,一般可采用9~15m。

13.2.3 混凝土分块。

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。

13.2.4 衬砌的接缝处理。

13.2.4.1 环向缝：

(1)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。

(2)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。

(3)环向伸缩缝应按设计要求处理。

13.2.4.2 纵向缝：

(1)圆形隧洞衬砌分块的底拱圆心角应控制在100°左右。

(2)纵向施工缝必须进行凿毛处理，并应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。

(3)先衬砌边顶拱后衬砌底拱时，应对反缝缝面妥善处理。

13.2.5 钢筋施工。

13.2.5.1 钢筋分段：

(1)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。

(2)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。

(3)轴向筋应按浇筑段长分段。

13.2.5.2 钢筋安装：钢筋均应在现场安装。顶拱及圆形隧洞边拱钢筋，一般应在模板架立后安装钢筋。门洞形隧洞边墙和圆形隧洞底拱，一般应在模板架立前安装钢筋。

13.2.6 模板。

(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，应尽可能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)钢模拆除时间除应遵守6.1.7的有关规定外，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；在有计算及试验论证时，拆模时间可适当提前。

13.2.7 混凝土浇筑。

13.2.7.1 入仓方式：

(1)边顶拱混凝土入仓应优先选择泵送或气送方式。

(2)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。

13.2.7.2 泵送混凝土的要求见6.3.21。

13.2.7.3 带式输送机运输混凝土时，最大倾角不应超过表13.2.7所列数值。

表13.2.7 带式输送机输送混凝土时最大倾角

混凝土坍落度 (cm)	向上传送	向下传送
<5	16	8
5~10	14	6

10~16	12	4
-------	----	---

混凝土配合比中应适当增加砂率, 骨料最大粒径不宜超过80mm, 水泥用量可比泵送混凝土低50~75kg/m³。带式输送机运行速度一般不应大于1~1.2m/s。

13.2.7.4 混凝土浇筑宜注意下列事项:

- (1)边墙拱浇筑时应分层, 两边应对称均匀上升。
- (2)浇筑因故中断, 工作面应打凿成径向缝面。
- (3)底拱采用拉模施工时, 应有防止浮起的措施。

13.3 浆砌块石(料石、混凝土预制块)衬砌与混凝土预制构件衬砌

13.3.1 浆砌块石(料石、混凝土预制块)衬砌。

(1)浆砌施工应符合本规范7的有关规定。边墙上下层砌体的垂直错缝不得小于10cm。墙后超挖部分用砌体填实。

(2)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。

(3)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。

13.3.2 混凝土预制构件衬砌。

(1)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。

(2)混凝土预制构件的安装, 宜用安装台车进行。运输时, 构件合拢放在台车的低部位, 至安装地点后升高撑开安装。

(3)预制构件的接头应按设计要求进行施工。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, 接头处灌注二期混凝土。构件接头处允许微小压缩或转动变形的宜用柔性接头。

(4)止水施工应符合设计要求并参照6.3.16有关规定执行。

(5)缝的接触面在安装前应打毛、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。

13.4 隧洞灌浆

隧洞灌浆按5.7的规定执行。

13.5 隧洞施工作业安全

13.5.1 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, 必须符合国家的有关技术标准, 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。

13.5.2 放炮后应保证足够的通风量和通风时间, 不得过早进入爆破工作面, 不得打残眼, 并应有防止杂散电流和静电造成危害的措施。

13.5.3 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, 均应认真检查危石情况, 并认真处理。

13.5.4 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。

14 渡槽

14.1 渡槽基础

14.1.1 基础开挖、回填及处理应符合设计要求,并按本规范4和5有关规定处理。

14.1.2 砌石基础及混凝土重力墩式基础允许偏差应符合7.4.4的规定。

14.1.3 挖孔桩、灌注桩,施工应按本规范5有关规定处理。

14.2 支承结构

14.2.1 墩式支承。

混凝土墩或浆砌石墩应符合设计要求及本规范6和7有关规定。其允许偏差应符合7.4.4的规定。

14.2.2 现浇混凝土排架。

排架混凝土浇筑应妥善安排浇筑顺序,适当控制混凝土上升速度,一般为1.0m/h。排架混凝土浇筑前,应加强模板支撑,保持模板稳定。浇筑过程中,应随时观侧。如有偏斜,应随时纠正。

14.2.3 预制吊装排架。

排架吊装应符合本规范8的有关规定。

14.2.4 现浇与预制排架安装的允许偏差应符合6.3.12.6及8.4.13的规定。

14.2.5 浆砌石或混凝土预制块拱砌筑要求见7.6及有关规范的规定。

14.2.6 装配式肋拱。

肋拱预制、运输、吊装应遵照本规范6、8有关规定。

14.3 槽身施工

14.3.1 现浇混凝土槽身。

(1)现浇混凝土槽身的模板支承结构应符合6.1的有关规定。

(2)槽身混凝土浇筑顺序可以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。断面较小的渡槽则应均匀平起浇筑。

(3)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,尽量少分层,一般不宜超过四层,并应提高第一层的浇筑高度。

14.3.2 运输设备选择。

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

14.3.3 渡槽两岸接头及伸缩缝止水施工。

(1)渡槽两岸进出口接头: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。必须重视槽端截水环与填土接触面的施工质量。

(2)伸缩缝止水:伸缩缝止水型式应符合设计要求并符合6.3.16有关规定。

15 调压井

15.1 调压井施工方法

(1)调压井(下称竖井)施工方法应根据围岩的稳定性,开挖断面尺寸,竖井上、下通道情况,顶部的结构型式,下部扩大开挖后对上部结构施工的影响以及施工设备等因素确定。

(2)流水作业适用于I、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。

(3)分段流水作业适用于III、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、II及IV

类围岩, 开挖大断面竖井。

15.2 竖井开挖

15.2.1 竖井的开挖方法, 可根据其断面尺寸、深度、围岩特性及施工设备等条件选定。

15.2.2 小断面竖井及导井。

15.2.2.1 自上而下开挖适用于深度小于30m的小断面的竖井或井的下部通道未形成的深井。

15.2.2.2 自下而上开挖适用于下列情况:

(1)深孔分段爆破法适用于井深30~80m, 下部有运输通道的竖井。

(2)爬罐法适用于上部没有通道的盲井或深度大于80m的竖井。

15.2.3 大、中断面竖井扩大开挖。

(1)自上而下分段扩挖方法适用于各类岩体的大断面竖井。

(2)自下而上辐射孔扩挖方法适用于I、II类围岩的中、大断面竖井。

(3)竖井通过不良地质地段或因施工需要可采用在导井开挖后, 根据地质条件分段开挖, 上部扩挖一段先行衬砌, 待围岩稳定后, 再自上而下爆破开挖的施工程序。

(4)竖井扩挖可以采用全断面扩挖或分台阶扩挖等方式, 视竖井断面尺寸、围岩状况及机械设备等情况综合确定。

15.3 井口加固

15.3.1 露天井口。

(1)井口边坡应按照围岩稳定边坡要求进行加固。井台开挖尺寸根据施工条件及上部建筑需要确定。一般每边应留3~5m台地。边坡坡脚处设排水沟, 防止地表水排入井内。

(2)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, 以保证下挖时上部围岩稳定。

15.3.2 埋藏式井口。

(1)竖井上部采用混凝土结构时, 为便于支立模板及下部施工安全, 宜在下部开挖前, 进行顶部混凝土施工, 有利于围岩稳定。

(2)竖井与高压管道斜井连接段处的围岩, 一般受力条件较差, 应在井身施工前加固。

15.4 临时支护

15.4.1 竖井开挖后的临时支护应遵循13.1.7的有关规定。

15.4.2 小断面竖井岩石破碎时, 可采用现浇混凝土井筒护壁方法, 参见5.5.2(3)。

15.4.3 IV、V类围岩地段, 应及时支护。可边挖边衬或预灌浆加固岩体。

15.4.4 井壁有不利的节理组合时, 应及时进行锚固。

15.5 钢筋施工

15.5.1 钢筋分段。

(1)用普通模板施工时, 环向钢筋按实际分块大小分段, 竖筋按每次模板支立高度分段。

(2)用滑模施工时, 竖筋(或轴向筋)不宜超过6m, 环向筋不宜超过7m。

15.5.2 钢筋安装。

(1)用普通模板施工时, 竖向钢筋在模板支立前安装; 环向钢筋在模板支立后安装。

(2)用滑模施工时, 竖井井身钢筋分段安装, 环向筋边浇筑边安装。

15.6 混凝土衬砌

15.6.1 竖井混凝土衬砌分段高度,应根据围岩稳定条件,衬砌结构形式及浇筑方法确定。

(1)围岩稳定性差的竖井宜分段开挖、分段衬砌。

(2)衬砌结构型式有变化时,变动处宜分段浇筑。

(3)大断面的竖井采用普通模板浇筑时,可根据模板结构、拌和及运输能力,分成对称的偶数块浇筑。

15.6.2 混凝土入仓方式应按施工条件确定。当井深在15m以内时,可采用直接利用缓降筒输送混凝土入仓;井深为15~100m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。

15.6.3 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。模板高度取决于混凝土凝结时间和模板滑升速度,滑升速度一般宜为1.0~1.4m/d。模板应做成上大、下略小的锥体,锥度一般采用1%,滑模的脱模混凝土强度宜为0.1~0.3MPa。

15.6.4 混凝土衬砌的环向及纵向工作缝,除按一般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。

15.7 施工安全作业

15.7.1 竖井导井和井身或井口同时作业时,必须采取可靠的封闭措施,防止物体落入导井,影响作业安全。

15.7.2 竖井采取提升设施时应设置井深指示器,防止过卷、超速,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。

15.7.3 竖井内应设置有护栏的人行爬梯,每隔8m设一个休息平台。

16 压力管道

16.1 地下埋管开挖

16.1.1 斜井开挖方法。

(1)斜井的开挖方法,可根据其断面尺寸、深度、倾角、围岩特性及施工设备等条件选定。

(2)倾角6~25的斜井,可采用自上而下的全断面开挖方法。

(3)倾角为25~45的斜井,可采用自下而上挖通导井,自上而下扩大开挖的方法,并应有扒渣或溜渣措施。

(4)洞的倾角小于6时,可按平洞开挖的规定执行;倾角大于45时,可按竖井开挖的规定进行。

16.1.2 斜井出渣。

(1)自上而下掘进时,装渣机械宜采用耙斗式装岩机,斜井倾角小于12时宜用带式输送机提升;斜井倾角小于25时,宜采用斗车提升出渣;倾角大于25的斜井宜采用箕斗提升出渣。

(2)自下而上掘进时,重力自动溜渣的最小倾角为45,倾角小于45时,应采用钢溜槽、振动溜槽、水力冲渣等辅助设施。

(3)斜井的井底出渣可采用平洞装渣运输方式或竖井棚架漏斗装渣运输方式。

16.1.3 斜井的临时支护可参照附录P和附录Q施工。

16.1.4 斜井通过稳定性差、不稳定的III~IV类围岩时,参照13.1.5的规定以保证围岩稳定。

16.1.5 斜井井口加固与施工安全作业要求参照15.3和15.7的规定。

16.1.6 有钢板衬砌的斜井应安排好开挖、钢管安装、混凝土回填和灌浆的施工程序。

16.2 无钢板衬砌的地下埋管混凝土施工

16.2.1 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2~3mm。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。

16.2.2 混凝土性能除满足设计要求外,初凝时间应不小于1.5h,终凝时间不大于4h,坍落度4~6cm。

16.2.3 斜井坡度为30~45°时,利用溜槽浇筑混凝土,溜槽应加盖,每隔5~8m加一金属挡板,溜槽尾部也应加设挡板,防止混凝土分离。

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。

16.2.4 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)滑模间隔时间应通过试验确定,一般应保持在0.5h左右,最大不得超过1h。每次拉模行程5~10cm、日进尺2m为宜。

(3)滑模时应随时调整模板位置,但每次不宜超过10cm(径向)。

(4)模板表面必须保持光滑,防止滑模时刮掉混凝土。

16.3 地下埋管钢管安装的条件与程序

16.3.1 钢管安装前,应具备以下条件。

(1)洞内岩石开挖完毕,水平管顶部及两侧宜留40cm净空,底部宜留50cm净空。斜井钢管四周应留有40cm净空;管径小的净空应适当加大。

(2)支持钢管的混凝土支墩或墙具有70%以上的强度。

(3)钢管四周埋设的锚筋直径不小于20mm,埋设孔内的砂浆应具有70%以上的强度。

(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。

16.3.2 安装程序及安装原则。

(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,宜尽量采用大节安装。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)钢管安装技术要求按18.5的规定执行。

16.4 明钢管

16.4.1 钢管管线开挖应符合4.2.10有关规定,管槽周边应采用预裂爆破,清除危石,做好排水和边坡处理措施。

16.4.2 镇、支墩施工应按设计要求并符合本规范6、7和4.2的有关规定。

16.4.3 钢管安装的程序与要求。

(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)为了便于安装和检修,钢管底部应高出地面至少60cm。

(7)为了减少日照(温差)造成的误差,施工时宜采用定时或日照不强时进行测量。

(8)其他要求应按18.5规定执行。

16.5 钢筋混凝土压力管道

16.5.1 管床与管座施工。

- (1)管床开挖应遵照本规范4的有关规定。
- (2)土基管床应分层夯压密实。刚性管床座垫应座落在良好的岩基上。混凝土或浆砌块石施工应遵照本规范6和7有关规定。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。

16.5.2 镇墩施工要求参见16.4.2。

16.5.3 管道的分段及接头。

现浇钢筋混凝土伸缩缝缝距，对土基宜为15~20m，对岩基宜为10~15m。管道接头分平口式与套管式两种，宜优先采用套管式接头。伸缩缝宽度宜为1.5~2cm，管道接头及伸缩缝质量应符合设计要求和本规范6的有关规定，做到密封止水。

16.5.4 预制钢筋混凝土管。

预制钢筋混凝土管管节长度根据制作、运输和安装条件具体确定，一般不宜超过5m。管节型式应优先采用承插式管。管节吊装时，混凝土强度应符合设计要求。设计无规定时，不得低于设计强度的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16.5.4规定。

表16.5.4 预制管节安装允许偏差 单位： mm

项次	项目	允许偏差
1	管节安装轴线偏移	±5
2	相邻两管内表面高差	3
3	沉陷缝与伸缩缝宽度	±5
4	承插管同一接头缝隙差值	±5

17 厂房

17.1 开挖与地基处理

17.1.1 地面厂房开挖宜结合尾水渠开挖进行布置，开挖及地基处理应按本规范4和5的规定执行。

17.1.2 地下厂房开挖。

- (1)应合理布置施工支洞，并充分利用永久洞作为施工通道。
- (2)应首先开挖导洞，其位置可按采用的施工方法确定。
- (3)一般可采用下列方法施工：
对于I~III类围岩，可采用先拱后墙法。
对于III~IV类围岩，可采用先墙后拱法；如采用先拱后墙法时，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，必要时预先加固围岩。
中间岩体可采用分层开挖或全断面开挖的方法。
- (4)施工期间，应做好施工观测，了解岩体和支护结构的应力，围岩破坏区的范围，量测岩体及支护中的位移及变形。
- (5)当有相邻平行洞室时，应先加固岩墙，再往下挖。
- (6)在厂房交叉部位施工时，应先对交叉部位进行加固，加固长度应结合围岩条件，控制住软弱面的延伸范围等确定，一般不短于5m。

17.2 渡汛

17.2.1 渡汛措施除应符合3.4的有关规定外还应经过计算确定, 保证汛期安全。

17.2.2 厂房水下混凝土应在当年汛前达到相应的安全渡汛高程并封堵与渡汛有关的所有孔洞。

17.2.3 尾水检修闸门不得用于汛期的孔口封堵。如需使用, 必须按封堵条件, 进行加固处理。

17.3 厂区排水

17.3.1 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排水系统的布设。

17.3.2 厂区界外临时排水宜直接引入上下游围堰之外。

17.3.3 厂房渗漏集水井宜在厂房施工时提前施工, 并做为厂房施工排水的主要措施。

17.4 厂房混凝土的分层分块

17.4.1 分层分块的原则。

(1)根据厂房结构特点、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2m, 约束区以上可适当加厚, 但不得超过3.5m, 散热面大的部位, 可视具体情况适当增加分层厚度, 但不得超过4.0m。

(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, 一般以小于2.5:1为宜。

(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。

17.4.2 分层分块的形式及要求。

(1)厂房下部结构分层分块一般采用通仓、错缝等形式, 小型水电站厂房宜采用通仓浇筑。

(2)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须设止水设施。

(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)分缝缝口应做到横平竖直, 避免在外露面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一般取浇筑厚度的1/2~1/3, 且不宜小于50cm。错缝施工应采取防止施工缝继续延伸。

(8)相邻块应均匀上升, 当采用台阶缝施工时, 相邻块高差一般不得超过4~5m。

(9)蜗壳的边墙与顶板不宜一次浇筑。

17.5 钢筋混凝土蜗壳及尾水管模板

17.5.1 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, 但钢模与木模结合部位必须有可行的详细措施, 以保证在模板安装、混凝土施工等过程中不产生超过表17.5.6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。

17.5.2 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。一般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, 一般不得超过表17.5.2的规定。

17.5.3 尾水管模板放样可采用图解法、数解法或放大样制作。数解法可参考附录R进行计算。采用图解法应作图精细，误差精度能满足工程设计和表17.5.2的要求。

表17.5.2 蜗壳及尾水管模板制作的允许误差 单位： mm

项次	偏差名称	蜗壳	尾水管
1	模板的长度和宽度	±5	±5
2	相邻两板面高差	3	2
3	局部不平	5	3
4	面板缝隙	2	2

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

- 17.5.4 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。
- 17.5.5 蜗壳锥体模板安装应在座环安装完成后进行，其模板上口须紧贴下锥体。
- 17.5.6 模板就位后应测量复核与机组纵横轴线、安装高程的吻合精度，其安装误差不得超过表17.5.6的规定。

表17.5.6 蜗壳及尾水管模板安装的允许偏差 单位： mm

项次	偏差项目	蜗壳	尾水管
1	模板平整度：相邻两面板高差	3	3
2	局部不平	5	5
3	轴线位移	±5	±5
4	模板标高	±5	±5
5	截面尺寸	±10	±10
6	预埋件		5
7	预留孔洞尺寸及位置	5	10

注： 蜗壳内部尺寸指径向断面尺寸。

17.5.7 模板的拆除应符合6.1.7的规定。

17.6 下部混凝土施工

- 17.6.1 下部混凝土施工应以浇筑混凝土为主，机电安装配合；上部混凝土施工则应以机电安装为主，土建施工配合。
- 17.6.2 主要运输、浇筑混凝土机械的配备及其可能达到的生产率，应根据厂房结构形状复杂、埋件多，辅助工作量大等特点决定。
- 17.6.3 下部混凝土的温控措施可参照6.3.14、6.3.15和11.6的有关规定执行。
- 17.6.4 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。

17.7 上部混凝土施工

17.7.1 上部结构应在吊车运行前完成。

17.7.2 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。

17.7.3 与第一期发电有关的部位应提前施工。

17.7.4 行车梁宜采用简支梁结构,便于预制吊装施工,吊装要求按本规范8的规定执行。

17.7.5 屋顶大梁宜采用劲性骨架自承法、上承式承重构架或下承式承重构架施工。具有吊装条件时,应优先采用预制吊装施工。

17.7.6 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。

17.7.7 屋面宜采用钢筋混凝土预制板,并做好屋面防水。

17.7.8 升压站发输配钢筋混凝土排架宜采用预制吊装施工。

17.8 厂房二期混凝土施工

17.8.1 厂房二期混凝土除满足本规范6规定及设计规定外,还应满足下列要求。

(1)二期混凝土的强度宜高于一期混凝土强度5MPa。

(2)二期混凝土的骨料不得大于二期混凝土最小结构厚度的1/4或钢筋(或预埋件)最小净间距的1/2。

(3)当二期混凝土最小结构厚度小于30cm时,与原一期混凝土相邻的二期混凝土最小结构应设置连接钢筋并以之固定二期混凝土预埋件。

(4)二期混凝土浇筑前所有预埋件应按设计和有关规定埋设完毕,其浇筑仓面已按规范作有效处理。

(5)在进行二期混凝土浇筑时,混凝土入仓不得冲击预埋件和模板,尽量避免冲击钢筋。混凝土振捣机械机头不得在与模板、预埋件及支撑的距离为振捣器有效半径的1/2范围内振捣,并不得触动埋件、止水片与与预埋件、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。

17.8.2 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)在厂房顶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。水轮机层预留的二期混凝土尺寸应满足座环安装作业的足够空间。

(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达到部位的二期混凝土可采用预填骨料压浆混凝土法施工,此法见6.3.20的规定。

17.9 厂房其他房建工程

凡设计无特殊要求的木结构、钢结构、砌体、楼地面、屋面、装饰等工程按国家现行有关标准执行。

第三篇 金属结构和水轮发电机组安装

18 水工金属结构安装

18.1 一般规定

18.1.1 技术资料。

18.1.1.1 金属结构安装前, 应具备下列资料:

- (1)金属结构制造、安装的有关图样和技术文件。
- (2)产品出厂合格证。
- (3)有关水工建筑物布置和测点图。

18.1.1.2 金属结构安装必须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。

18.1.2 材料。

18.1.2.1 金属结构安装使用的材料, 必须符合图样规定, 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。

18.1.2.2 焊接材料必须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GB5117《碳钢焊条》、GB5118《低合金钢焊条》、GB983《不锈钢焊条》的规定。

18.1.3 基准点和测量工具。

18.1.3.1 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和质量检查部门交清, 并提供简图。

18.1.3.2 金属结构安装所用的钢尺和测量仪器的精度必须达到下述规定:

- (1)精度为万分之一的钢尺。
- (2)J2型经纬仪。
- (3)S3型水准仪。

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。

18.1.4 连接。

18.1.4.1 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, 必须符合相应的规范。

18.1.4.2 永久性螺栓连接, 其螺孔和螺栓制备及螺栓紧固, 应符合DL/T5018—94《水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范》的有关规定。

18.1.5 金属结构防腐蚀。

18.1.5.1 金属结构的表面预处理、涂料涂装及金属热喷涂必须按照设计图样要求由制造单位完成。安装焊缝两侧100~200mm范围内的涂装工作, 应在焊缝质量检查合格后进行。

18.1.5.2 被涂装工件表面温度低于露点以上3℃或相对湿度大于85%时不得进行涂装。如涂料说明书另有规定时, 则应按其要求施工。

18.1.5.3 涂料涂层和金属涂层的质量检查, 应符合DL5017《压力钢管制造安装及验收规范》和DL/T5018《水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范》的有关规定。

18.2 闸门及埋件安装

18.2.1 埋件安装。

18.2.1.1 预埋在一期混凝土中的锚板、锚筋应按设计图样制造和埋设。土建施工单位在混凝土开仓浇筑之前应通知安装单位进行检查、核对。

18.2.1.2 埋件安装前, 门槽中的模板等杂物必须清除干净。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、锚筋的位置应符合图样要求。

18.2.1.3 平面闸门埋件安装的允许偏差应符合表18.2.1—1(见条文说明后插页)的规定。

18.2.1.4 升卧式闸门埋件安装的允许偏差还应符合下列规定:

- (1)主轨的转弯半径安装偏差不应大于转弯半径的1/1000, 且不大于2mm, 圆弧中心位置允许偏差

2mm。

(2)主轨垂直平面度误差应符合图样规定,无规定时应小于2mm。

(3) 止水座板宜凸出混凝土表面3~5mm, 其平面度允许误差为2mm。

18.2.1.5 弧门铰座的基础螺栓中心和设计中心的位置偏差不应大于1mm。

18.2.1.6 弧形闸门埋件安装的允许偏差应符合表18.2.1—2的规定。

18.2.1.7 深孔弧门的止水装置若设置在门槽周边上,侧止水座基面中心线至孔口中心线的距离允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$;侧止水座基面的曲率半径允许偏差 $\pm 3\text{mm}$,并与门叶面板外弧的曲率半径偏差方向一致。

18.2.1.8 埋件安装调整后，应将调整螺栓与锚板和锚筋焊牢，并将螺母点焊住。若设计要求另行加固，应按设计图样执行。

18.2.1.9 埋件过流面、工作面上的焊疤和焊缝加强高应铲平磨光，凹坑应补平磨光。

18.2.1.10 埋件安装完，经检查合格后，应在5~7天内浇筑二期混凝土。如过期或有碰撞，应予复测，复测合格方可浇筑混凝土。浇筑时应注意防止撞击。

18.2.1.11 埋件的二期混凝土拆模后，应对埋件进行复测，并作好记录。同时检查混凝土面尺寸，清除遗留的钢筋头和杂物，以免影响闸门启闭。

18.2.1.12 工程挡水前，应对全部检修门槽和共用门槽进行试槽。

18.2.2 平面闸门安装。

18.2.2.1 整体到货的闸门在安装前, 应对其各项尺寸按闸门制造的有关规定进行复查。

18.2.2.2 分节到货的闸门组装成整体后,除应按有关规定对各项尺寸进行复查外,并应满足下列要求:

(1)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。

(2)节间如采用焊接,则应按闸门制造有关焊接的规定进行焊接和检验,焊接时应监视变形。

表18.2.1—2 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 面 简 图
					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	
		工作范围外			-4 -2	+6 -2	
5	工作表面一端对另一端的 高差	$L \geq 10000$	3				
		$L < 10000$	2				
6	工作表面平面度		2	2	2	2	
7	工作表面组合处的错位		1	0.5	1	1	
8	侧止水座板和侧轮导板中心线的曲率半径				±5	±5	
9	简图						
	工作范围 表面宽度	$B < 100$	1	1	1	1	
		$B = 100 \sim 200$	1.5	1.5	1.5	1.5	
		$B > 200$	2		2	2	
	工作范围外允许增加值				2	2	

注： ①L为闸门宽度；②安装时门楣一般为最后固定，故门楣位置宜按门叶实际位置进行调整；③工作范围指孔口高度；④构件每米至少测一点；⑤潜孔式侧止水座板如为不锈钢，其组合错位为0.5mm；⑥组合处错位应磨成缓坡。

- 18.2.2.3 止水橡皮的物理机械性能应符合GB10706《水封橡胶密封件》的规定。
- 18.2.2.4 止水橡皮的螺孔应按门叶或止水压板上的位置定出，然后进行冲孔或钻孔，孔径应比螺栓直径小1mm，严禁烫孔。当螺栓均匀拧紧后，其端头应低于止水橡皮自由表面8mm以上。
- 18.2.2.5 止水橡皮表面应光滑平直，不得盘折存放。其厚度允许偏差为±1mm，其余外形尺寸的允许偏差为设计尺寸的2%。
- 18.2.2.6 止水橡皮接头可采用生胶热压等方法胶合，胶合接头处不得有错位、凹凸不平 and 疏松现象。
- 18.2.2.7 止水橡皮安装后，两侧止水中心距离和顶止水中心至底止水底缘距离的允许偏差为±3mm，止水面的平面度为2mm。闸门处于工作部位后，止水橡胶的压缩量应符合设计图样规定，其允许偏差为

+2
-1_{mm}。

18.2.2.8 平面闸门应作静平衡试验，试验方法为：将闸门吊离地面100mm，通过滚轮或滑道的中心测量上、下游与左、右方向的倾斜，倾斜度不应超过门高的1/1000，且不大于8mm；当超过上述规定时，应予配重。

18.2.3 弧形闸门安装。

18.2.3.1 圆柱形、球形铰座安装的允许偏差应符合表18.2.3的规定。

表18.2.3 圆柱形、球形铰座安装的允许偏差 单位：mm

序号	项目	允许偏差
1	铰座中心对孔口中心线的距离	±1.5
2	里程	±2
3	高程	±2
4	铰座轴孔倾斜度	0.1%
5	两铰座轴线相对位置的偏差	2

注： 铰座轴孔倾斜度系指任何方向的倾斜。

18.2.3.2 分节到货的弧门门叶组装成整体后，除按有关规定对各项尺寸进行复查外，并按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。

18.2.3.3 弧门安装应符合下列规定：

- (1)支臂两端的连接板和铰链、主梁组装焊接时，应采取措施减少变形，焊接后其组合面应接触良好。抗剪板应和连接板顶紧。
- (2)铰轴中心至面板外缘的曲率半径R的允许偏差：露顶式弧门为±8mm，两侧相对差不应大于5mm；潜孔式弧门为±4mm，两侧相对差不应大于3mm。
- (3)顶、侧止水安装的允许偏差和止水橡皮的质量要求应符合18.2.2.3～18.2.2.7的有关规定。

18.2.4 闸门试验。

- 18.2.4.1 闸门安装好后，应在无水情况下作全行程启闭试验。试验前应检查挂钩梁自动挂钩脱钩是否灵活可靠，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。启闭时应在止水橡皮的滑动摩擦面浇水润滑。有条件时工作闸门应作动水启闭试验。
- 18.2.4.2 闸门启闭过程中应检查滚轮、支铰等转动部位的情况，闸门升降有无卡阻，止水橡皮有无损伤现象。
- 18.2.4.3 闸门全部处于工作部位后，应用灯光或其他方法检查止水橡皮的压紧程度，不应有透亮或有间隙。如闸门为上游止水，则应在支承装置和轨道接触后检查。
- 18.2.4.4 闸门在承受设计水头的压力时，通过橡皮止水每米长度的漏水量不应超过0.1L/s。

18.3 拦污栅及埋件安装

- 18.3.1 活动式拦污栅埋件安装的允许偏差应符合表18.3.1的规定。
- 18.3.2 对于倾斜设置的拦污栅埋件，其倾斜角的允许偏差为±10°。
- 18.3.3 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

值不得超过3mm。

18.3.4 活动式拦污栅的栅体吊入栅槽后, 应作升降试验, 检查栅槽有无卡滞, 栅体动作和各节间的连接是否可靠。

18.3.5 使用清污机清污的拦污栅应满足设计图样的规定。

表18.3.1 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		
2	高程	±5		
3	工作表面一端对另一端的高差	3		
4	对栅槽中心线		+3 -2	+5 -2
5	对孔口中心线	±5	±5	±5

18.4 起重设备安装

18.4.1 轨道安装。

18.4.1.1 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1/1500, 全长不应大于2mm。

(2)钢轨的两端面应平直, 其倾斜值不应大于1mm。

18.4.1.2 轨道基础螺栓对轨道中心线距离的偏差不应超过±2mm。轨道安装后, 螺纹应露出2~5扣。

18.4.1.3 轨道安装的允许偏差应符合表18.4.1的规定。

表18.4.1 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: $L \leq 10000$ $L > 10000$	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: $L \leq 10000$ $L > 10000$	±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。

18.4.1.4 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1mm。

(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1~3mm。伸缩接头间隙应符合图样规定,其偏差不应超过±1mm。

18.4.2 起重设备组装的一般要求。

18.4.2.1 产品一般均应在工厂进行组装,如果设备较大,工厂组装有困难,也可放到现场进行组装。

18.4.2.2 所有零部件必须经检验合格,外购件、外协件应有合格证明文件方可进行组装。

18.4.2.3 各零部件就位准确后,拧紧所有的紧固螺钉,弹簧垫圈必须整圈与螺母及零件支承面相接触。

18.4.2.4 松动的键应更换,以防止壳部产生裂纹,禁止在键槽内放置垫片。

18.4.2.5 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。

18.4.2.6 快速启闭机的离心式调速器制动锥面的间隙应四周均匀,其初始值为0.75mm。

18.4.2.7 制动器和离心式调速器摩擦擦面不应有油污,其接触面应均匀,并不得少于全面积的75%。

18.4.2.8 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,其油位不得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得漏油。

18.4.2.9 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。

18.4.2.10 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1500mm左右的钢丝绳,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。

18.4.2.11 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,不得挤叠和乱槽。

18.4.2.12 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,以便现场安装调试;对于采用荷重指示器——电子称,其杠杆压力中心线必须通过传感器的轴线,避免产生水平推力。为保护传感器不受损伤,应单独装箱出厂。

18.4.2.13 组装车轮时,车轮的位置应对称于轴承箱的垫板。轴承箱两支承面必须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0.09mm。轴承处应注满黄油。

18.4.2.14 电气设备安装应符合现行国家标准的有关规定。

18.4.3 固定卷扬式启闭机安装。

18.4.3.1 产品到达现场后,应进行全面检查,其内容包括:

(1)对因包装、运输等原因造成锈蚀、变形、碰伤和动作不灵活的零部件等缺陷时,必须进行清洗和矫正,经检查合格后,方可进行安装。

(2)检查机器各部件的装配质量是否符合要求。

(3)仔细清除机件上的积灰、油污、铁屑等杂物。

(4)检查所有电气设备和电线是否完整无损,绝缘是否良好。

18.4.3.2 检查基础螺栓埋设位置是否准确。

18.4.3.3 检查启闭机平台高程,其偏差不应超过±5mm,水平偏差不应大于0.5/1000。

18.4.3.4 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±3mm。

18.4.3.5 根据设计图样穿绕钢丝绳,钢丝绳端部的固定必须符合设计要求。采用锥形套筒灌铅或锌,应经拉力试验。采用绳卡固定,其数量应符合设计要求。

18.4.3.6 缠绕在卷筒上的钢丝绳长度,当吊点在下极限时,留在卷筒上的钢丝绳圈数一般不少于4圈(其中2圈作固定用,另外2圈为备用圈数)。当吊点在上极限时,卷筒上的空槽不得少于1圈。

18.4.3.7 钢丝绳的极限导角不得超过±6°;多层缠绕时,出绳角应在0.5°~2.5°范围内;每层返回角应在0.5°~2.5°范围内。

18.4.3.8 双吊点启闭机,吊距误差一般不超过±3mm,钢丝绳拉紧后,两吊轴中心线应在同一水平上,其高差不得超过5mm。

18.4.3.9 快速启闭机过速限制器上离心飞摆弹簧的长度及摩擦片间隙,应按图样尺寸进行初调。试运转时,再按实际关闭时间,最后调整弹簧的松紧。

18.4.4 液压启闭机安装。

- 18.4.4.1 液压启闭机机架的纵、横向中心线与从门槽实际位置测得的起吊中心线的距离偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$, 高程偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。双吊点液压启闭机, 支承面高差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 18.4.4.2 机架钢梁与推力支座的组合面不应有 0.05mm 的通隙, 其局部间隙不应大于 0.1mm , 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 $0.2/1000$ 。
- 18.4.4.3 存放、运输和吊装活塞杆时, 应根据活塞杆直径和长度决定支点和吊点个数, 以防止变形。
- 18.4.4.4 在活塞杆竖直状态下, 测定活塞杆的直线度, 其值应符合图样规定。如无规定, 则其直线度不应大于 $0.5/1000$ (每米测一点), 且全长不超过杆长的 $1/4000$ 。
- 18.4.4.5 活塞上的缓冲套筒与活塞杆之间的间隙以及缓冲套筒的节油孔, 均应清洗, 使其畅通。
- 18.4.4.6 缓冲环应灵活动作, 其限位压环螺栓应有防松装置。
- 18.4.4.7 检查缸体、活塞杆、吊头连接器等部件上的螺纹, 要求其表面光滑, 不允许有裂纹、凹陷和断扣, 局部微小的崩扣不得超过两圈, 螺纹和螺母的支承面在安装前应涂防锈润滑脂。
- 18.4.4.8 安装油封时, 油封应压缩至设计尺寸, 相邻两圈的油封接头应错开 90° 以上。
- 18.4.4.9 油缸组装后, 应按图样规定的压力和稳压时间试压。如无规定, 则按额定压力(启门力或持住力)试压 10min , 活塞沉降量不应大于 0.5mm , 上、下盖法兰不应漏油, 缸壁不得有渗油现象。
- 18.4.4.10 活塞杆与闸门吊耳连接时, 在活塞与油缸下端盖之间应留有 50mm 左右的间隙, 以保证闸门能严密关闭。
- 18.4.4.11 径向柱塞油泵或径向叶片油泵等, 根据情况需分解清洗时, 柱塞或叶片严禁互换。装配后, 以手转动泵轴, 应灵活而无别劲现象。
- 18.4.4.12 电磁操作阀、差动配压阀、逆止阀、起动阀及手动阀等, 根据情况需分解清洗时, 则在分解、清洗所测出的各阀的行程值应符合图样规定。阀内弹簧不得有断裂, 阀体应能自由升降而无别劲现象。装配后, 各阀应按图样规定试压, 如无规定, 则可按 1.25 倍工作压力试压, 其漏油量应符合图样要求。
- 18.4.4.13 油桶和贮油箱的渗漏试验以及管道弯制、清洗和安装均应符合SDJ81《电力建设施工及验收技术规范》中的有关规定, 管道设置应尽量减少阻力, 管道布局应清晰合理。
- 18.4.4.14 初调高度指示器和主令开关的上下断开接点及充水接点。
- 18.4.4.15 试验油过滤精度: 柱塞泵不低于 $20\mu\text{m}$, 叶片泵不低于 $30\mu\text{m}$ 。
- 18.4.5 移动式启闭安装。

本标准适用于台车式启闭机、桥式起重机和门式启闭机。

- 18.4.5.1 桥架和门架的组装完成后, 必须达到以下要求:

(1) 主梁跨中上拱度 $F=(0.9\sim 1.4)L/1000$, 且最大上拱度应控制在跨度中部的 $L/10$ 范围内(见图18.4.5-1和图18.4.5-2)。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五日照温度影响的情况下测量。

(2) 主梁的水平弯曲 $f \leq \frac{L}{2000}$, 但最大不得超过 20mm (见图18.4.5-1), 此值在离上盖板约 100mm 的腹板处测量。

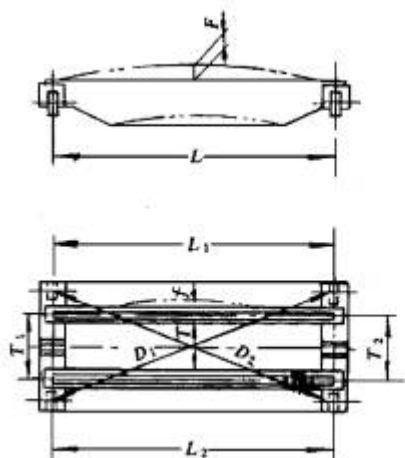


图18.4.5-1

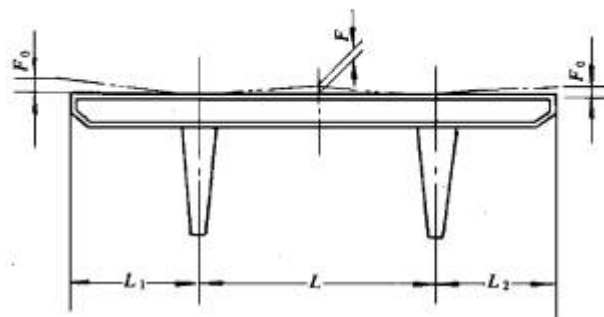


图18.4.5-2

(3)主梁上盖板的水平偏斜 $b \leq \frac{1}{200}B$ (见图18.4.5-3)。此值允许未上轨道前于筋板处测量。

(4)主梁腹板的垂直偏斜 $b \leq \frac{1}{500}H$ (见图18.4.5-4)。此值在长筋板处测量。

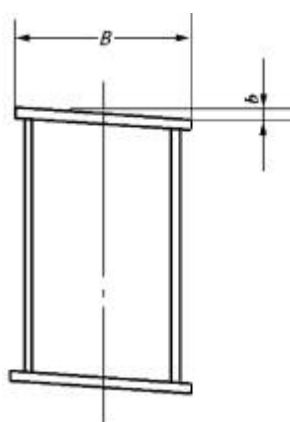


图18.4.5-3

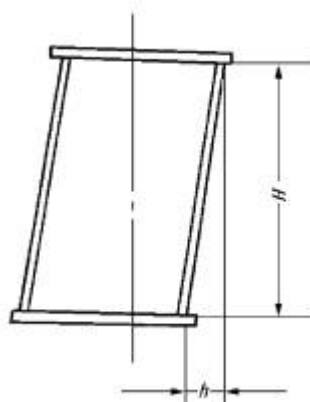


图18.4.5-4

(5)桥架对角线差 $|D_1 - D_2| \leq 5\text{mm}$ (见图18.4.5-1)。

(6)主梁主腹板的波浪度, 以1m平尺检查, 在离上盖板 $1/3H$ 以内的区域不大于 0.7σ , 其余区域不大于 1.0σ (见图18.4.5—5)。

(7)支腿在跨度方向的垂直度 $h_1 \leq \frac{1}{2000}H_1$ (见图18.4.5-6), 其倾斜方向互相对称。如用其他方法能保证启闭机跨度时, 此项可不作为考查项目。

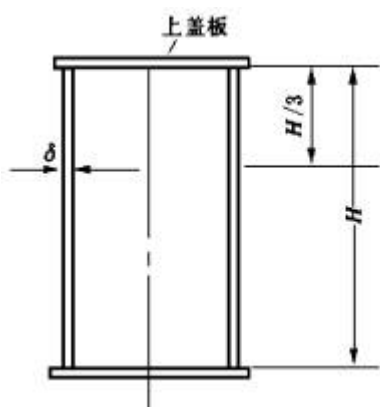


图18.4.5-5

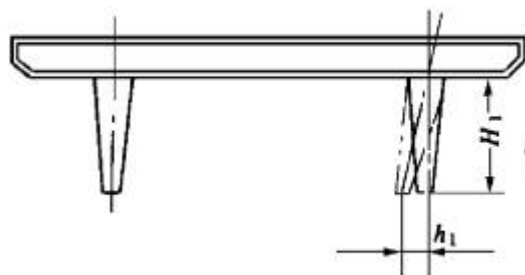


图18.4.5-6

(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8mm。

18.4.5.2 小车(或移动台车)轨道安装应满足下列要求:

(1)小车轨距公差值(见图18.4.5—1):当轨距(T)小于或等于2.5m时,不超过 $\pm 2\text{mm}$;当轨距大于2.5m时,不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

(2)小车跨度 T_1 、 T_2 的相对差(见图18.4.5—1):当轨距(T)小于或等于2.5m时,不超过2mm;当轨距大于2.5m时,不超过3mm。

(3)同一横截面上小车轨道的高低差:当轨距 $T \leq 2.5\text{m}$ 时, $C \leq 3\text{mm}$, 当 $T > 2.5\text{m}$ 时, $C \leq 5\text{mm}$ (图18.4.5—7)。

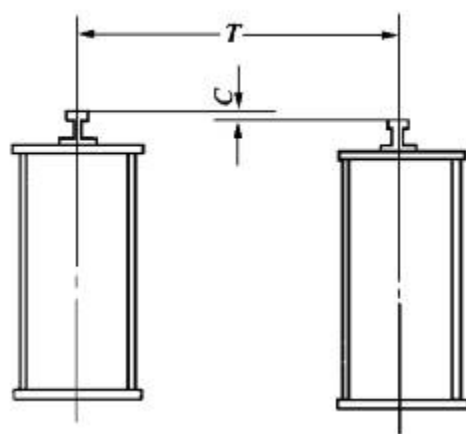


图18.4.5-7

(4)小车轨道中心线与轨道梁腹板中心线的位置偏差:对偏轨箱形梁 $d < 12\text{mm}$ 时, $d \leq 6\text{mm}$, $\sigma \geq 12\text{mm}$

时, $d \leq \frac{1}{2} \sigma$ 。对单腹板梁及桁架梁 $d \leq \frac{1}{2} \sigma$ (见图18.4.5-8)。

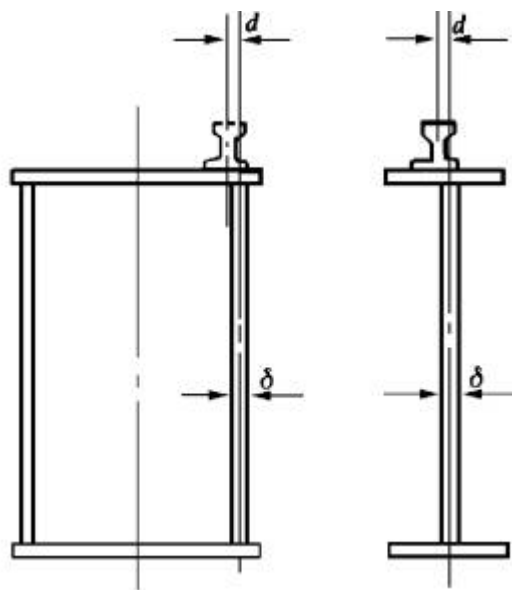


图18.4.5-8

(5)轨道居中的对称箱形梁, 小车轨道中心线直线度不大于3m(带走台时, 只许向走台侧凸曲)。

(6)小车轨道应与大车主梁上翼缘板紧密贴合, 当局部间隙大于0.5mm, 长度超过200mm时, 应加垫板垫实。

(7)小车轨道接头应满足18.4.1.4要求。

(8)小车轨道在侧向的局部弯曲, 在任意2m范围内不得大于1mm。

18.4.5.3 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, 应进行检查, 合格后方得铺设。

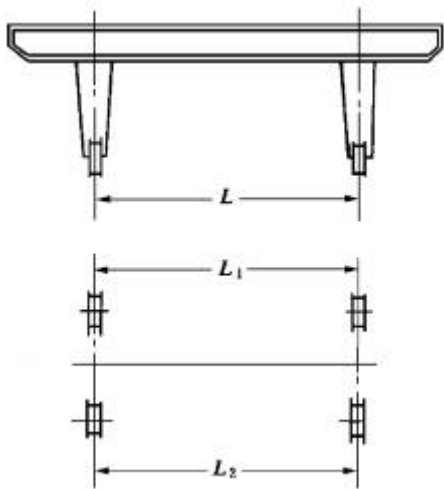
(3)轨道安装符合要求, 应全面复查各螺栓的紧固情况。

(4)轨道上的车挡应在吊装桥机(门机)前装妥; 同一跨度的两车挡与缓冲器均应接触, 如有偏差应进行调整。

18.4.5.4 走行机构安装应满足下列要求:

(1)当桥机跨度小于或等于10m, 其跨度偏差不大于 $\pm 3\text{mm}$, 且两侧跨度(L_1 、 L_2)的相对差不大于3mm; 当跨度大于10m, 其跨度偏差不大于 $\pm 5\text{mm}$, 且两侧跨度的相对差不大于5mm(见图18.4.5-1)。

(2)当门机跨度小于或等于10m, 其跨度偏差不大于 $\pm 5\text{mm}$, 且两侧跨度(L_1 、 L_2)的相对差不大于5mm; 当跨度大于10m, 其跨度偏差不大于 $\pm 8\text{mm}$, 且两侧跨度的相对差不大于8mm(见图18.4.5-9)。



见图18.4.5-9

(3)跨度的测量点见图18.4.5-10，测量跨度采用的拉力，值和修正值，应参照有关规定执行。

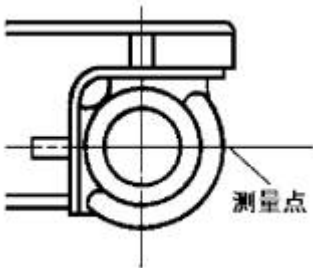
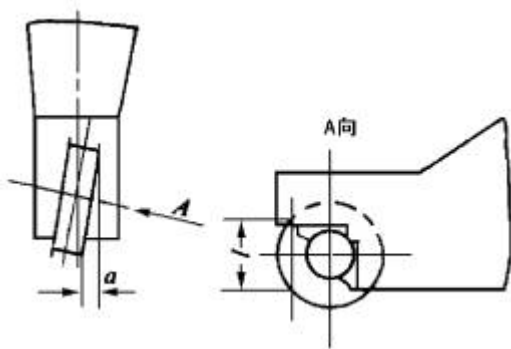


图18.4.5-10

(4)车轮的垂直偏斜 $a \leq \frac{1}{400}L$ ， L 为测量长度(见图18.4.5-11)，在车轮架空的情况下测量。



见图18.4.5-11

(5)车轮的水平偏斜 $P \leq \frac{1}{1000}L$ ， L 为测量长度，且同一轴线上一对车轮的偏斜方向应相反(图18.4.5-12)。

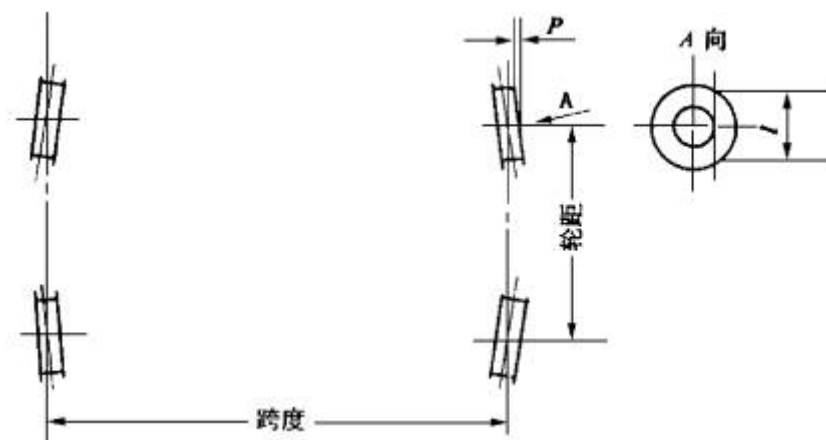
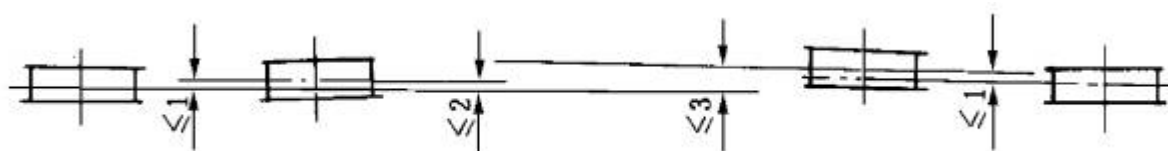


图18.4.5-12

(6)同一端梁下, 车轮的同位差: 两个车轮时不得大于2mm; 三个或三个以上车轮时不得大于3mm; 在同一平衡梁上时不得大于1mm(见图18.4.5—13)。



见图18.4.5-13

18.4.6 螺杆式启闭机安装。

18.4.6.1 螺杆式启闭机运到现场后, 应对其主要零部件进行复测, 必要时, 应对设备进行分解、清洗、检查。

18.4.6.2 螺杆式启闭机安装应根据起吊中心线找正, 其纵、横中心线偏差不应超过 $\pm 3\text{mm}$, 高程偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$, 水平偏差不应大于 $0.5/1000$ 。

18.4.6.3 螺杆与闸门连接前, 其不垂直度不应大于 $2/1000$, 螺杆下端如与滑块装置连接时, 其倾斜方向应与滑块槽倾斜方向一致。

18.4.6.4 对于装有过载保护装置和行程开关的螺杆式启闭机, 该装置的动作应灵敏、准确、可靠。

18.4.7 试运转。

18.4.7.1 固定卷扬式启闭机试运转。

(1)电气设备的试验要求。接电试验前应认真检查全部接线并符合图样规定, 整个线路的绝缘电阻必须大于 $0.5\text{M}\Omega$ 才可开始接电试验。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。

(2)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 $\pm 10\%$, 并测出电流值。
- 2)电气设备应无异常发热现象。
- 3)检查和调试限位开关(包括充水平压开度节点), 使其动作准确可靠。
- 4)高度指示和荷重指示准确反映行程和重量, 到达上下极限位置, 主令开关能发出信号并自动切断电源, 使启闭机停止运转。

5)所有机械部件运转时,均不应有冲击声和其他异常声音,钢丝绳在任何部位,均不得与其他部件相摩擦。

6)制动闸瓦松闸时应全部打开,间隙应符合要求,并测出松闸电流值。

7)对快速闸门启闭机,利用直流电源松闸时,应分别检查和记录松闸直流电流值和松闸持续2min时电磁线圈的温度。

(3)负荷试验。启闭机的负荷试验,应在设计水头工况下进行,先将闸门在门槽内无水或静中全行程上下升降两次;对于动水启闭的工作闸门或动水闭静水启的事故闸门,还应在设计水头动水工况下升降两次;对于快速闸门,应在设计水头动水工况下机组导叶开度100%甩负荷工况下,进行全行程的快速关闭试验。

负荷试验运转时应检查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 $\pm 10\%$,并测出电流值。

2)电气设备应无异常发热现象。

3)所有保护装置和信号应准确可靠。

4)所有机械部件在运转中不应有冲击声,开放式齿轮啮合工况应符合要求。

5)制动器应无打滑、无焦味和冒烟现象。

6)荷重指示器与高度指示器其读数能准确反应闸门在不同开度下的启闭力值,误差不得超过 $\pm 5\%$ 。

7)对于快速闸门启闭机,快速闭门时间不得超过设计允许值,宜为2min。

快速关闭的最大速度不得超过5m/min;电动机(或调速器)的最大转速一般不得超过电动机额定转速的两倍。

离心式调速器的摩擦面,其最高温度不得超过200℃。

采用直流电源松闸时,电磁铁圈的最高温度应不得超过100℃。

(4)在上述试验结束后,机构各部分不得有破裂、永久变形、连接松动或损坏。电气部分应无异常发热现象等影响性能和安全的质量问题出现。

18.4.7.2 液压启闭机试运转。

(1)试运转前的检查:

1)门槽内的一切杂物应清除干净,保证闸门和拉杆不受卡阻。

2)机架固定是否牢固,对采用焊接固定的,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。

3)电气回路中的单个元件和设备均应进行调试,并应符合GB1497《低压电器基本标准》的有关规定。

(2)油泵第一次启动时,应将油泵溢流阀全部打开,连续空转30~40min,油泵不应有异常现象。

(3)油泵空转正常后,在监视压力表的同时,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25%、50%、75%和100%的情况下分别连续运转15min,应无振动、杂音和温升过高等现象。

(4)上述试验完毕后,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。

(5)油泵阀组的启动阀应在油泵开始转动后3~5s内动作,使油泵带上负荷,否则应调整弹簧压力或节流孔的孔径。

(6)在无水时先手动操作升降闸门一次,以检验缓冲装置减速情况和闸门有无卡阻现象,并记录闸门全开时间和油压值。

(7)调整主令控制器凸轮片,使主令控制器的电气接点接通,断开时,闸门所处的位置应符合图样要求,但门上充水阀的实际开度应调至小于设计开度30mm以上。

调整高度指示器,使其指针能正确指出闸门所处位置。

(8)第一次快速关闭闸门时,应在操作电磁阀的同时,做好手动关闭阀门的准备,以防闸门过速下降。

(9)将闸门提起,在48h内,闸门因活塞油封和管路系统的漏油而产生的沉降量不应大于200mm。

(10)手动操作试验合格,方可进行自动操作试验。提升和快速关闭闸门一次试验时,准确记录闸门提

升、快速关闭、缓冲的时间和当时库水位及油压值,其快速关闭时间应符合设计规定。

18.4.7.3 移动式启闭机试运转。

(1)试运转前的检查:

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重机构,应检查电动机的转向是否正确和转速是否同步;双吊点的起重机构应使两侧钢丝绳尽量调至等长。

5)检查走行机构的电动机转向是否正确和转速是否同步。

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。

(2)空载试运转。起升机构和走行机构应分别在行程内上、下往返三次,并检查下列电气和机械部分:

1)电动机运行应平稳,三相电流应平衡。

2)电气设备应无异常发热现象,控制器的触头应无烧灼现象。

3)限位开关、保护装置及联锁装置等动作应正确可靠。

4)当大、小车行走时,车轮不允许有啃轨现象。

5)当大、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。

6)所有机械部件运转时,均不应有冲击声和其他异常声音。

7)运转过程中,制动闸瓦应全部离开制动轮,不应有任何摩擦。

8)所有轴承和齿轮应有良好的润滑,轴承温度不得超过65℃。

9)在无其他噪声干扰的情况下,各项机械产生的噪声,在司机座测量(不开窗)测得的噪声不得大于85dB(A)。

(3)静荷载试验。静荷载试验的目的是检验启闭机各部件和金属结构的承载能力。

起升额定荷载(可逐渐增至额定荷载),在门架或桥架全长上往返运行,检查门机和桥机性能应达到设计要求。卸去荷载,使小车分别停在主梁跨中和悬臂端,定出测量基准点,再分别起升1.25倍额定荷载,离地面100~200mm,停留不少于10min。然后卸去荷载,检查门架或桥架是否有永久变形。如此重复三次,门架或桥架不应再产生永久变形。将小车开至门机支腿处或桥机跨端,检查实际上拱值和上翘值应不小于:

跨中 $\frac{0.7}{1000} L$; 悬臂端 $\frac{0.7}{350} L_1$ 与(或 L_2),最后使小车仍停在跨中和悬臂端,起升额定荷载检查主梁挠度值

(由实际上拱值和上翘值算起)不大于:跨中 $\frac{1}{700} L$; 悬臂端 $\frac{1}{350} L_1$ (或 L_2)。

在上述静荷载试验结束后,起重机各部分不能有破裂、连接松动或损坏等影响性能和安全的质量问题出现。

(4)动荷载试验。动荷载试验的目的主要是检查启闭机构及其制动器的工作性能。

起升1.1倍额定荷载作动荷载试验。试验时按设计要求的机构组合方式应同时开动两个机构,作重复的起动、运转、停车、正转、反转等动作延续至少应达1h。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、防爬装置应动作正确可靠,各零部件应无裂纹等损坏现象,各连接处不得松动。

(5)荷载试验用的试块,一般采用专用试块,当额定荷载超过2000kN,若采用试块有困难时,可用液压测力器只作静荷载试验。

(6)凡未在制造厂进行试验的启闭机,出厂前应符合下列要求:

1)总体预装。小车(除钢丝绳、吊钩外)、支腿与下横梁、支腿与主梁、走行机构等,应分别进行预装,检查零部件的完整性和几何尺寸的正确性,并标有预装标记。支腿与主梁如不进行预装,则应采取可靠的工艺方法,保证其几何尺寸的正确性。

2)空运转试验，对走行机构是在将车轮架空的情况下进行试验，对起升机构则是在不带钢丝绳及吊钩的情况下进行试验。

进行空运转试验，分别开动各机构，作正、反向运转，试验累计时间各30min以上，各机构应运转正常。

18.4.7.4 螺杆式启闭机试运转。

(1)空载试验一般在工厂进行，若螺杆太长，厂内试运转有困难，经双方协议，也可到使用现场进行，但出厂前，应将螺母绕螺杆全行程旋转，保证良好接触，无卡阻现象。空载试验应检查：

- 1)零部件组装是否符合图样及通用技术标准的要求。
- 2)手摇部分应转动灵活平稳、无卡阻现象，手电两用机构，其电气闭锁装置应完全可靠。
- 3)检查行程开关动作是否灵敏准确。
- 4)检查机箱接触面有否漏油现象。
- 5)电动机正反转运行时，有否振动或其它不正常现象。
- 6)对双电机驱动的启闭机，应分别通电，使其旋转方向与螺杆升降方向一致。

(2)负荷试验是将闸门在全行程内启闭两次。

制造厂一般不进行负荷试验，只有在新产品试制或用户有要求时，根据双方协议，可以在工厂内或在使用现场进行负荷试验，试验时应检查：

- 1)手摇部分应转动灵活，无卡阻现象。
- 2)传动零件运转平稳，无异常声音、发热和漏油现象。
- 3)高度指示刻度是否准确，上下行程开关动作应灵敏可靠。

4)对于装有超载保护装置、高度显示装置的螺杆启闭机，应对发送、接收等进行专门测试，保证动作灵敏，指示正确，安全可靠。

5)对于双吊点启闭机，两螺杆同步运行应进行测试，应确保两螺杆升降行程一致。对于双电机驱动启闭机，应检查运行是否平稳，电流是否平衡。

18.5 压力钢管安装

18.5.1 埋管安装。

18.5.1.1 钢管支墩应有足够的强度和稳定性，以保证钢管在安装过程中不发生位移和变形。

18.5.1.2 埋管安装中心的允许偏差应符合表18.5.1—1的规定。

表18.5.1—1 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	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	其他部位管节的 管口中心允许偏 差
$D \leq 2000$	5	6	15
$2000 < D \leq 5000$		10	20
$D > 5000$		12	25

始装节的里程偏差不应超过±5mm。弯管起点的里程偏差不得超过±10mm。始装节管口垂直度偏差不超过±3mm。

18.5.1.3 钢管安装后，管口圆度偏差"旨相互垂直两直径之差的最大值)不应大于5D/1000，至少测量2对直径。

18.5.1.4 钢管环缝对口错边量的允许偏差应符合表18.5.1—2的规定。

表18.5.1—2 钢管环缝对口错边量的允许偏差 单位: mm

板厚 δ	允许偏差
$\delta \leq 30$	15% δ , 且不大于3 10% $\delta \leq 6$
$60 > \delta > 30$	
$\delta \geq 60$	

18.5.1.5 环缝焊接除图样有规定者外, 应逐条焊接, 不得跳越, 不得强行组装。管壁上不得随意焊接临时支撑或脚踏板等构件, 不得在混凝土浇筑后再焊接环缝。

18.5.1.6 拆除钢管上的工卡具、吊耳、内支撑和其他临时构件时, 严禁使用锤击, 应用碳弧气刨或氧—乙炔火焰在其离管壁3mm以上处切除, 严禁损伤母材。切除后钢管内壁上残留的痕迹和焊疤应再用砂轮磨平, 并认真检查有无微裂纹。

18.5.1.7 钢管安装后, 必须与支墩和锚栓焊牢, 防止浇筑混凝土时位移。

18.5.1.8 钢管内、外壁的局部凹坑深度不超过板厚10%且不大于2mm的可用砂轮打磨, 平滑过渡, 凹坑深度超过2mm的应用碳弧气刨或砂轮将凹坑刨成或修磨成便于焊接的凹槽, 再行补焊。

18.5.1.9 灌浆孔应在制作过程中完成。堵焊灌浆孔前应将孔口周围的积水、水泥浆、铁锈等清理干净, 焊后不得有渗水现象。

18.5.1.10 土建施工和机电安装时, 未经允许不得在管壁上焊接任何构件。

18.5.2 明管安装。

18.5.2.1 鞍式支座的顶面弧度, 用规定的样板检查, 其间隙不应大于2mm。

18.5.2.2 滚轮式和摇摆式支座支墩垫板的高程和纵、横向中心的偏差, 不应超过 $\pm 5\text{mm}$, 与钢管设计轴线的平行度不应大于2/1000。如图样对垫板高程偏差另有规定, 则应按图样规定执行。

18.5.2.3 滚轮式和摇摆式支座安装完后, 应能灵活动作, 无任何卡阻现象。各接触面应接触良好, 局部间隙不应大于0.5mm。

18.5.2.4 明管安装中心允许偏差应符合表18.5.1—1的规定, 相邻管节的纵缝距离应大于板厚的5倍且不小于100mm。明管安装后管口圆度应符合18.5.1.3规定, 环缝对口错边量允许偏差应符合18.5.1.4的规定。

18.6.2.5 环缝的焊接和内支撑、工卡具、吊耳等的清除检查, 以及钢管内、外壁表面凹坑的处理、补焊应遵守18.5.1节埋管安装中的有关规定。

18.5.3 压力钢管焊接。

遵照DL5017《压力钢管制造安装及验收规范》第6章压力钢管焊接的规定执行。

18.5.4 水压试验。

18.5.4.1 水压试验的基本规定如下:

(1) 试验压力值按图样或设计文件规定执行。

(2) 明管或岔管试验时, 应缓缓升压至工作压力, 保持10min, 对钢管进行检查, 情况正常, 继续升至试验压力, 保持5min, 再下降至工作压力, 保持30min, 并用0.5~1kg小锤在焊缝两侧各15~20mm处轻轻敲击, 整个试验过程中应无渗水和其他异常情况。

(3) 试压时水温应在5℃以上。

18.5.4.2 岔管水压试验。

新型结构的岔管、高水头岔管和用高强度或首次使用新钢种制造的岔管应作水压试验。

一般岔管是否需作水压试验, 按设计规定执行。

18.5.4.3 明管水压试验。

(1) 明管应作水压试验, 可作整体或分段水压试验。分段试验时, 分段长度和试验压力由设计单位提供。

(2)明管安装后,作整体或分段水压试验确有困难,当采用的钢板性能优良、低温韧性高,施工时能严格按评定的焊接工艺施焊,纵、环缝按100%无损探伤,需焊后热处理的焊缝进行了热处理,并经上级主管部门批准,可以不作水压试验。

19 水轮发电机组安装

19.1 适用范围

19.1.1 本章适用于下列条件的水轮发电机组的安装及验收:

- (1)单机容量3000kW以下。
- (2)其水轮机为混流式、冲击式时,转轮名义直径1.0m以下。
- (3)其水轮机为轴流式、斜流式、贯流式时,转轮名义直径1.4m以下。

当水轮发电机组等于和大于上列三个条件之一者,按GB8564—88《水轮发电机组安装技术规范》的规定执行。

19.1.2 水轮发电机组和它的主要附属设备,设备制造厂由整装部件(如蜗壳、轴承、水轮发电机、调速设备、主阀等)运往工地的,其设备按本规范要求安装及验收。

19.1.3 水轮发电机组及主要附属设备在电站组合安装时,应根据制造厂已审批的安装图样及有关技术文件的要求及本规范进行。凡本规范和制造厂技术文件均未涉及者,应有建设单位会同制造厂及有关单位拟定补充规定,并报主管部门备案。

19.2 一般规定

19.2.1 水轮发电机组设备,应符合国家现行的技术标准(包括本规范)和订货合同规定,应有出厂检验记录和合格证件,设备到达接收地点后,应在与制造厂商定的期限内组织有关人员进行开箱、清点、检查,并按“水轮发电机组包装、运输、保管条件”执行。

19.2.2 水轮发电机组安装所用的装置性材料,应符合设计要求。对主要部位的主要材料,必须有检验或出厂合格证明书。

19.2.3 安装场地应能防风、防雨、防火,并保持清洁和有足够的照明,受温度影响的部件及设备,其安装场地的温度,不宜低于5℃。对湿度有要求的设备,其安装场地的空气相对湿度一般不高于75%。

19.2.4 设备在安装前应进行全面清扫、检查。对重要部件的主要尺寸及配合公差应进行校核,具有制造厂保证的整装到货设备可不分解。

19.2.5 设备基础垫板的埋设,其高程偏差一般不超过 ± 5 mm,中心和分布位置偏差一般不大于10mm,水平偏差一般不大于1mm/m。

19.2.6 埋设部件安装后应加固牢靠。基础螺栓、千斤顶、拉紧器、楔子板、基础板等均应点焊固定。埋设部件与混凝土结合面,应无油污和严重锈蚀。

19.2.7 调整用的楔子板应成对使用,搭接长度在2/3以上。

19.2.8 设备安装应在基础混凝土强度达到设计值的70%后进行。基础板二期混凝土应浇筑密实,一般宜使用微膨胀水泥。

19.2.9 设备组合面应光洁无毛刺。合缝间隙用0.05mm塞尺检查,不能通过;允许有局部间隙,用0.1mm塞尺检查,深度不应超过组合面宽度的1/3,总长不应超过周长的20%;组合螺栓及销钉周围不应有间隙。组合缝处的安装面错牙一般不超过0.10mm。

19.2.10 部件的装配应注意配合记号。多台机组在安装时,每台机组应用标有同一系列号码的部件进行装配。

同类部件或测点在安装记录里的顺序编号,对固定部件,应从+x开始,顺时针编号;对转动部件,应从对应于转子磁极两引线中间的位置开始,除轴上盘车测点为反时针顺序外,其余的为顺时针编号;与这规定

不一致的制造厂标号应注明。

19.2.11 细牙连接螺栓安装时应涂润滑剂；连接螺栓应分次均匀紧固；有预紧力要求的螺栓应测量紧度，与设计值的偏差不应超过 $\pm 10\%$ 。采用热把合工艺紧固的螺栓，紧固后应在室温时抽查20%左右。螺栓、螺母、销钉均应按设计要求锁紧或点焊牢固。

各部件安装定位后，应按设计要求钻铰销钉孔。

19.2.12 机组安装用的x、y基准线标点及高程点，测量误差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 。中心测量所使用的钢琴线直径一般为0.3~0.4mm，其拉应力不小于1200MPa。

19.2.13 现场制造的承压设备及连接件进行强度耐压试验时，试验压力为1.5倍额定工作压力，但最低压力不得小于0.4MPa，保持10min，无渗漏及裂纹等异常现象。

设备及其连接件进行严密性耐压试验时，试验压力为1.25倍实用额定工作压力，保持30min，无渗漏现象。

冷却器应按设计要求的试验压力进行耐压试验，设计无规定时，试验压力一般为工作压力的两倍，保持60min。

19.2.14 设备容器进行煤油渗漏试验时，至少保持4h，应无渗漏现象；阀门进行煤油渗漏试验时，至少保持5min，应无渗漏现象。

19.2.15 单根键应与键槽配合检查，其公差应符合设计要求；成对键配合后，平行度应符合设计要求。

19.2.16 轴承安装后，在转动部件上进行电焊时，应把电焊机地线直接联到要焊的零件上，并采取安全防护措施，保证电焊飞溅物不掉入轴承。

19.2.17 水轮发电机组各部件，均应按要求涂漆防护。

19.3 立式反击式水轮机安装

19.3.1 埋入部件安装。

(1)吸出管里衬安装其允许偏差应符合表19.3.1—1的要求。

表19.3.1—1 吸出管里衬安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	管口直径	$\pm 0.0015D$	D ——管口直径设计值，至少等分测八点
2	相邻管口内壁周长差	$0.001L$	L ——管口周长
3	上管口中心及方位	4	测量管口上x、y标记与机组x、y基准线间距离
4	上管口高程	+8 -0	
5	下管口中心	10	吊线锤测量

(2)转轮室、基础环、座环安装的允许偏差应符合表19.3.1—2的要求。

表19.3.1—2 转轮室、基础环、座环安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	中心及方位	2	测量埋件上x、y标记与机组x、y基准线间的距离
2	高程	± 3	

3	水平	径向侧0.07mm/m	
4	转轮室圆度	各半径与平均半径之差, 不应超过设计平均间隙的 $\pm 10\%$	轴流式测量上、中、下三个断面, 斜流式测量上止口和下口, 至少测八点
5	基础环、座环圆度	1.0	测机组中心线至镗口半径; 轴流式机组以转轮室定该机组中心线; 至少测八点

(3)蜗壳的安装与焊接应符合设计要求, 设计无规定时, 按GB8564—88的要求执行。

(4)埋设件与混凝土过流表面应平滑过渡。

(5)机坑里衬、接力器基础安装允许偏差应符合表19.3.1—3的要求。

表19.3.1—3 机坑里衬、接力器基础安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	机坑里衬中心	5	测量里衬法兰与座环上部法兰镗口间距离
2	机坑里衬上口直径	± 5	等分八点测
3	接力器里衬法兰垂直度	0.3mm/m	
4	接力器里衬中心及高程	± 1.0	根据座环上法兰面测量
5	接力器里衬与机组基准线平行度	1.0	
6	接力器里衬中心至机组基准线距离	± 3	与设计值的偏差

19.3.2 转轮装配。

(1)转轮应无裂缝, 必要时用超声波检查。叶型应符合设计要求。

(2)主轴与转轮联结后, 应无间隙。转轮各部位的同轴度和圆度, 以主轴为中心进行检查, 各半径与平均半径之差应符合表19.3.2要求。

表19.3.2 转轮各部位的同轴度及圆度允许偏差

单位: mm

工作水头	部位	允许偏差	说明
<200m	1. 止漏环	$\pm 10\%$ 设计间隙值	
	2. 浆叶外缘	$\pm 10\%$ 设计间隙值	
	3. 引水板止漏圈	$\pm 20\%$ 设计间隙值	
	4. 兼作检修密封的法兰保护罩	$\pm 20\%$ 设计间隙值	
$\geq 200m$	1. 上冠外缘、下冠外缘	$\pm 5\%$ 设计间隙值	对应固定部位为顶盖及底环
	2. 止漏环	$\pm 0.10mm$	

19.3.3 导水机构及接力器安装。

(1)导水机构预装前, 复测座环上平面高程、水平、镗口圆度, 应符合19.3.1—2的要求。

(2)导叶机构安装应符合表19.3.3—2的要求。

(3)导水机构装配后, 动作应平稳灵活。

(4)接力器应进行分解、清洗、检查各配合间隙和行程应符合设计要求。活塞移动平稳灵活。

组装后按19.2.13要求进行严密性耐压试验。接力器安装的水平偏差不应大于0.10mm/m, 压紧行程一般为2~4mm。

(5)调速轴垂直误差应不大于1mm/m。上、下轴颈与轴套和配合间隙符合设计要求。调速轴应转动灵活。

表19.8.8—2 导水机构安装允许偏差

单位: mm

序号	项目		允许偏差		说明
1	各组合缝间隙		符合第19.2.9要求		
2	各止漏环圆度及同轴度		符合第19.3.2要求		
3	下锥体法兰止口与转轮室同轴度		0.25		
4	导叶端面总间隙		不超过设计间隙		
5	导叶局部 立面间隙	导叶高度	≤600	>600 ≥1200	
		无密封条导叶	0.05	0.10	间隙总长度, 不应超过 导叶高度的25%
		带密封条导叶(不 装)	0.15		密封条装入后, 应无间隙

19.3.4 转动部件就位安装。

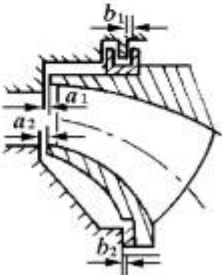
19.3.4.1 主轴和转轮吊装的放置高程, 一般应较设计高程略低, 其主轴顶面与吊装后的发电机轴法兰止口底面, 应有2~6mm的间隙。对于推力头装在水轮机轴上的机组, 则应较设计高程略高, 使推力头套装后与镜板背面有2~5mm的间隙。主轴垂直度偏差一般不大于0.05mm/m。

当水轮机或发电机按实物找正安装时, 应调整转轮中心和主轴垂直, 使其止漏环间隙符合19.3.4.2款的要求, 其主轴垂直度偏差不应大于0.02mm/m。

19.3.4.2 转轮安装的最终高程, 各止漏环间隙或浆叶与转轮室间隙的允许偏差, 应符合表19.3.4—1的要求。

表19.3.4—1 转轮安装高程及间隙允许偏差


单位: mm

序号	项目		允许偏差	说 明
1	高程	混流式	± 1.5	测固定与转动止漏环高
		轴流式	$+2.0$ 0	测底环至转轮顶面距
		斜流式	$+0.8$ 0	测叶片与转轮室间
2	间隙	工作水头 $<200\text{ m}$	各间隙与平均间隙之差不应超过 实际平均间隙值的 $\pm 20\%$	浆叶与转轮室间隙,在全 测进水,出水和中间三
		工作 水头 $\geq 200\text{ m}$	a_1 a_2 各间隙与设计间隙之差 不应超过设计间隙值的 $\pm 10\%$	
			b_1 b_2 各间隙与设计间隙 之差不应超过 0.20 mm	

19.3.4.3 机组联轴后,两法兰组合缝应无间隙,用0.05mm塞尺检查,不能塞入。

19.3.5 水导及主轴密封安装。

19.3.5.1 轴瓦应符合下列要求:

(1)橡胶轴瓦表面应平整,无裂纹及脱壳等缺陷。巴氏合金轴瓦应无密集气孔、裂纹、硬点及脱壳等缺陷,瓦面粗糙度应优于  。

(2)橡胶瓦和筒式瓦应与轴试装,总间隙应符合设计要求。每端最大与最小总间隙之差及同一方位的上下端总间隙之差,均不应大于实测平均总间隙的10%。

(3)筒式瓦符合(1)、(2)两点要求时,不再进行研刮。分块轴瓦除设计要求不研刮外,一般应研刮。
轴瓦研刮后,瓦面接触应均匀,每平方厘米面积上至少有一个接触点;每块瓦的局部不接触面积每处不应大于5%,其总和不应超过轴瓦总面积的15%。

(4)轴瓦的抗重垫块与轴瓦背面垫块座,抗重螺母与螺母支座间应接触严密。

19.3.5.2 轴瓦安装应符合下列要求:

(1)轴瓦安装应在机组轴线及推力瓦受力调整合格、水轮机止漏环间隙及发电机空气间隙符合要求的条件下进行。

(2)轴瓦安装时,一般应根据主轴中心位置并考虑盘车的摆度方位和大小进行间隙调整,安装总间隙应符合设计要求,但对只有两部导轴承的机组,可不考虑摆度而调间隙。

(3)分块式导轴瓦间隙允许偏差不应超过 $\pm 0.02\text{mm}$ 。筒式导轴瓦间隙允许偏差,应在分配间隙值的 $\pm 20\%$ 以内,瓦面应保持垂直。

19.3.5.3 轴承安装应符合下列要求:

- (1)稀油轴承油箱,不允许漏油,一般应按19.2.14条要求作煤油渗透试验。
- (2)轴承冷却器应按19.2.13条要求作耐压试验。
- (3)油质应合格,油位高度应符合设计要求,偏差一般不超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

19.3.5.4 主轴检修密封应符合下列要求:

- (1)空气围带在装配前,应通0.05MPa的压缩空气,在水中做漏气试验,应无漏气现象。
- (2)安装后,径向间隙应符合设计要求,偏差不应超过设计间隙值的 $\pm 20\%$ 。

19.3.5.5 主轴工作密封安装应符合下列要求:

- (1)平板橡胶密封安装的轴向、径向间隙应符合设计要求, 允许偏差不应超过实际平均间隙值的±20%。
- (2)轴向端面密封安装, 其转环密封面应与大轴垂直; 密封件应能上下自由移动, 与转环密封面接触良好; 供排水管路应畅通。
- 19.3.6 附件安装。
 - 19.3.6.1 真空破坏阀和补气阀应做动作试验和渗漏试验, 其起始动作压力和最大开度值应符合设计要求。
 - 19.3.6.2 蜗壳及尾水管排水闸阀或盘形阀的阀座安装, 其水平偏差不应大于0.2mm/m。
- 盘形阀安装后, 检查密封面应无间隙, 阀组动作应灵活。

19.4 卧式水轮机安装

- 19.4.1 安装前应检查一期混凝土基础预留孔位置、高程、尺寸应符合设计要求。
- 19.4.2 设备安装应符合下列要求。
 - (1)蜗壳垂直度偏差不超0.06mm/m, 偏斜小于0.05mm/m。
 - (2)水轮机主轴水平度允许偏差不应超过0.02mm/m。转轮端面跳动量不应超过0.05mm/m。
 - (3)转轮与转轮室间隙应符合设计要求, 其偏差不应超过设计间隙10%。
 - (4)导水机构全关闭后, 导叶密封面局部间隙不应超过0.08mm。
 - (5)导叶密封与前后盖板之间的端面间隙不应超过0.25mm。
- 19.4.3 轴瓦检查与研刮, 应符合19.9.1的要求。
- 19.4.4 轴瓦与轴承外壳的配合应符合19.9.7.4的要求。
- 19.4.5 轴瓦间隙应符合设计要求, 密封良好, 回油畅通。

19.5 轴伸贯流水轮机安装

- 19.5.1 需在现场预装的部件, 在翻转90° 吊装时应防止变形和倾覆。埋设部件在安装调整后应加固牢靠。混凝土应分层浇筑并控制上升速度以防止部件变形。
- 19.5.2 有配合关系的部件在吊装前应进行预装或配合尺寸检查, 超过允许的偏差应在安装前修正。
- 19.5.3 尾水管安装应符合表19.5.3的要求。

表19.5.3 尾水管安装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	管口法兰最大与最小直径差	3	有基础环的结构, 指基础环上法兰测管口水平标记的高程和垂直标记的左右偏差
2	中心及高程	±1.5	(1)若先装座环, 应以座环法兰面位置为基准
3	管口法兰至转轮中心距离	±2.0	(2)测上、下、左、右四点
4	法兰面垂直度及平面度	0.4	
5	相邻两节管口内壁周长	不超过10	
6	各大节同心度	0.002D	D为管内径设计值mm

- 19.5.4 座环(管形壳)安装应符合表19.5.4的要求。

表19.5.4 座环(管形壳)安装允许偏差 单位: mm

--	--	--	--

序号	项目	允许偏差	说明
1	中心及方位	2.0	测部件上 x 、 y 标记与相应基准线之距离。 (1)若先装尾水管双基础环,应以尾水管法兰或基础环法兰为基准; (2)测上、下、左、右四点
2	法兰至转轮中心距离	± 2.0	
3	前锥体法兰垂直度及平面度	0.4	
4	法兰圆度	1.0	
5	内管形壳组合面高程	± 0.8	
6	流道盖板基础框架中心至机组中心距	± 5	
7	接力器基础至基准线距离	± 3	

19.5.5 轴承安装允许偏差应符合表19.5.5的要求。

表19.5.5 轴承安装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	镜板与主轴垂直度	0.05	
2	分瓣推力盘组合缝	局部间隙不超过0.05, 错牙不超过0.02	按机组旋转方向检查
3	轴瓦与轴承座配合承力面	大于60%接触面积	
4	轴瓦与轴颈端面间隙	符合设计要求	
5	轴瓦间隙	符合设计要求	
6	下轴瓦与轴颈接触角	大于60°	
7	下轴瓦与轴颈接触点	1~3点/cm ²	
8	轴承体各组合缝间隙	符合19.2.9要求	
9	轴承体对地绝缘	不低于1M Ω	

19.5.6 导水机构。

(1)内配水环(也称底环)与主轴距离应考虑主轴承受转轮重量后引起的变化,一般上部较下部小,两侧相等。

(2)导叶端部间隙调整,在关闭位置时测量,内外端间隙分配应符合设计要求,导叶每端两边间隙要基本相等,导叶转动灵活。

(3)导叶立面允许局部间隙0.25mm,其总长度不应超过导叶高度的25%。

19.5.7 主轴和转轮安装。

(1)主轴及转轮安装应符合表19.5.7的要求。

表19.5.7 主轴及转轮安装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	转轮与主轴法兰组合缝	无间隙	

2	转轮与转轮室间隙	±20%实际平均间隙	
3	主轴密封间隙	符合19.3.5.4及15.3.5.5要求	

(2)主轴水平度不应超过0.04mm/m。

19.6 冲击式水轮机安装。

19.6.1 机壳安装。

19.6.1.1 机壳组合时,组合面应涂铅油或密封胶,不加垫的组合缝应符合19.2.9的要求,运行时不得漏水。

19.6.1.2 机壳安装时,与机组x、y基准线偏差不应大于1mm,高程偏差不应超过±2mm,机壳上法兰面水平偏差不应大于0.05mm/m。

19.6.2 喷嘴及其接力器安装。

19.6.2.1 喷嘴、接力器应按19.2.13条的要求做严密性耐压试验。

19.6.2.2 喷嘴和接力器组装后,在16%额定工作压力作用下,喷针及接力器的动作应灵活,在接力器关闭腔通入额定工作压力,喷针头与喷针口间应无间隙,用0.02mm塞尺检查不能通过。

19.6.2.3 喷嘴的安装,应符合下列要求:

(1)喷嘴中心线应与转轮节圆相切,径向偏差不大于2mm,与水斗分刃的轴向偏差不应超过±1mm。

(2)折向器中心与喷嘴中心偏差,一般不大于4mm。

(3)缓冲弹簧压缩长度对设计值的偏差,不应超过±1mm。

(4)各喷嘴的喷针行程的同步偏差,不应大于设计行程的2%。

19.6.3 转轮安装。

转轮安装应符合下列要求:

(1)转轮水斗分刃旋转平面应通过机壳上装喷管的法兰中心,其偏差不大于2mm。

(2)轴水平或垂直偏差不应大于0.02mm/m。

(3)转轮端面跳动量不应大于0.05mm/m。

(4)转轮与挡水板间隙,一般为4~10mm。

19.6.4 卧式水轮机轴承装配,应符合19.9.1、19.9.2、19.9.7的有关要求。

19.6.5 止漏装置与主轴间隙应大于轴承间隙0.3~0.5mm安装后各间隙与实际平均间隙之差,不应超过实际平均间隙值的±40%,其排水孔应畅通。

19.6.6 控制机构的安装与调整。

(1)控制机构各元件的中心偏差,不应大于2mm,高程偏差不应超过±1.5mm,水平或垂直偏差不应大于0.10mm/m,安装后动作应灵活。

(2)调整折向器与喷针行程的协联关系使之符合设计要求,保证喷针在任意行程时,折向器开口都大于该行程时射流半径3mm,但不超过6mm,各折向器动作应同步,其偏差不应超过设计值的2%。绘制调速器开度与喷针行程、喷针行程与折向器开口的关系曲线。

(3)做紧急停机模拟试验,记录喷针和折向器自全开至全关的动作时间,其数值应符合设计要求。

19.7 调速系统的安装

19.7.1 油压装置的安装应符合表19.7.1的要求。

表19.7.1 油压装置安装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
----	----	------	----

1	集油槽、压油罐中心	不超过5.0	
2	集油槽、压油罐高程	±5	
3	集油槽水平度	不超过1.0mm/m	
4	压油罐垂直度	不超过2.0mm/m	
5	集油槽、漏油箱注水渗漏试验	保持12h无渗漏	
6	压油罐严密性试验	符合19.2.13要求	

19.7.2 油泵、电动机弹性联轴节安装找正,其偏心和倾斜值不应大于0.08mm,在油泵轴向电动机侧轴向窜动量为零的情况下,两靠背轮间应有1~3mm间隙。全部柱销装入后,两靠背轮应能稍许相对转动。

19.7.3 调速系统所用油的牌号应符合设计规定,经过化验,质量必须符合GB2537—81《汽轮机油》的要求才能使用,使用油温不得高于50℃。

19.7.4 油泵电动机试运转,应符合下列要求:

- (1)电动机的检查试验,应符合现行国家标准关于电气装置安装工程施工及验收规范的有关要求。
- (2)油泵一般空载运行1h,并分别在50%、100%的额定压力下各运行15min,应无异常现象。
- (3)运行时,油泵外壳振动不应大于0.05mm,轴承处外壳温度不应大于60℃。
- (4)在额定压力下,测量并记录油泵输油量(取三次平均值)不应小于设计值。

19.7.5 压油装置各部件的调整,应符合下列要求:

- (1)安全阀、压力信号器的调整,应符合表19.7.5的要求,压力信号器的动作偏差不得超过整定值的±2%。
- (2)安全阀动作时,应无剧烈振动和噪音。
- (3)油压降低到事故低油压时,紧急停机的压力信号器应立即动作,其整定值应符合设计要求,其动作偏差不得超过整定值的±2%。
- (4)连续运转的油泵,其溢流阀的动作压力,应符合设计要求。
- (5)压油罐的自动补气装置和集油槽的油位发讯装置,动作应准确可靠。
- (6)压油泵及漏油泵的起动和停止动作,应正确可靠,不得有反转现象。

表19.7.6 安全阀、压力信号器整定值

单位: MPa

项目	安全阀			工作油泵		备用油泵	
额定油压	整定值						
	开始排油压力	全部开放压力不大于	全部关闭压力不低于	起动压力	复归压力	起动压力	复归压力
2.5	±0.05～±0.10	±0.40	－0.25	－0.20～－0.30	额定值	－0.35～－0.45	额定值
4.0	±0.08～±0.16	±0.60	－0.40	－0.3～－0.45	额定值	－0.50～－0.70	额定值

注: 表中正值为高于额定压力的值;负值为低于额定压力的值。

19.7.6 压油罐在工作压力下,油位处于正常位置时,关闭各连通阀门,保持8h,油压下降值不应大于0.15MPa,并记录油位下降值。

19.7.7 调速器柜安装允许偏差应符合表19.7.7的规定。

表19.7.7 调速器柜安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	调速器柜中心	5.0mm	
2	调速器柜高程	±5.0mm	
3	调速器柜水平度	不超过0.15mm/m	
4	回复机构支座水平度	不超过1.0mm/m	

19.7.8 凡需进行分解的调速器, 其各部件清洗组装、调整后, 应符合下列要求:

(1) 飞摆电动机和离心飞摆连接应同心, 转动应灵活, 菱形离心飞摆弹簧底座相对于钢带上端支座的摆度, 径向和轴向均不应大于0.04mm。

(2) 缓冲器活塞上下动作时, 回复到中间位置最后1mm所需时间, 应符合设计要求, 上下两回复时间之差, 一般不大于整定时间值的10%。

测量调速器的缓冲托板位于中间及两端三个位置时的回复时间, 缓冲器支持螺钉与托板间应无间隙。

缓冲器从动活塞动作应平稳, 其回复到中间位置的偏差不应大于0.02mm。

(3) 调速柜内各指示器及杠杆, 应按图纸尺寸进行调整, 各机构位置误差一般不大于1mm。

(4) 导叶和转轮接力器处于中间位置时(相当于50%开度), 回复机构各拐臂和连杆的位置, 应符合设计要求, 其垂直或水平偏差不应大于1mm/m。

19.7.9 调速器机械部分调整试验。

(1) 调速系统第一次充油应缓慢进行, 充油压力一般不超过额定油压的50%, 接力器全行程动作数次, 应无异常现象。

压油装置各部油位, 应符合设计要求。

(2) 手动操作导叶接力器开度限制机构, 指示器上红针与黑针指示应重合, 其偏差不应大于2.0%, 调速器柜上指示器的指示值应与导叶接力器的行程一致, 其偏差不应大于活塞全行程的1%。

(3) 导叶、轮叶之紧急关闭时间及轮叶的开启时间与设计值的偏差, 不应超过设计值的±5%, 但最终应满足调节保证计算的要求。

导叶的开启时间一般比关闭时间短20%~30%。

关闭与开启时间一般取开度75%~25%之间所需时间的二倍。

(4) 事故配压阀关闭导叶的时间与设计值的偏差, 不应超过设计值的±5%, 但最终应满足调节保证计算的要求。

(5) 从开关两个方向测绘导叶接力器行程与导叶开度的关系曲线, 每点应测4~8个导叶开度, 取其平均值, 在导叶全开时, 应测量全部导叶的开度值, 其偏差一般不超过设计值的±2%。

(6) 从开关两个方向测绘在不同水头协联关系下的导叶接力器和轮叶接力器行程关系曲线, 应符合设计要求, 其随动系统的不准确度, 应小于全行程的1.5%。

(7) 检查回复机构死行程, 其值一般不大于接力器全行程的0.2%。

(8) 在额定油压及无振荡电流的情况下, 检查电液转换器差动活塞应处于全行程的中间位置, 其行程应符合设计要求, 活塞上下动作后, 回复到中间位置的偏差, 一般不大于0.02mm。

(9) 电液转换器在实际负载下, 检查其受油压变化的影响, 在正常使用油压变化范围内, 不应引起接力器位移。

(10) 在蜗壳无水时, 测量导叶操作机构的最低操作油压, 一般不大于额定油压的16%。

19.7.10 调速器电气部分的检查与调整。

19.7.10.1 电气柜应进行下列检查:

(1) 检查所有元件有无碰伤及损坏, 固定螺丝及端子接线是否松动。

(2) 检查变压器、电感及电位器等可调元件的调整位置是否符合出厂标记。

- 19.7.10.2 系统各回路接线应符合设计要求,其绝缘测定和耐压试验,应按现行GB10150—91《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》有关要求进行。
- 19.7.10.3 检查稳压电源装置的输出电压质量,应符合设计要求,其输出电压变化一般不应超过设计值的±1%。
- 19.7.10.4 调速器电气装置各单元回路特性,如制造厂有要求或按19.7.10.1条检查中发现异常现象,则应根据需要进行有关单元的调整试验使其特性符合设计要求。
- 19.7.10.5 检查电气调节器的输入频率与输出电流的关系曲线,其死区、放大系数、线性度应符合设计要求。
- 19.7.11 调速系统整体调整和模拟试验。
- (1)接入振荡电流,检查电液转换器(包括电液伺服阀结构的)活塞的振荡应符合设计要求。
 - (2)录制电液转换器的静特性曲线,其死区和放大系数应符合设计要求。
 - (3)测定反馈送讯器的输出电压与接力器行程关系曲线,在接力器全行程范围内应为线性。
 - (4)按设计要求调整开度限制机构,频率给定、功率给定电位器的行程接点,并测量其电动机全行程的时间,应符合设计要求。
 - (5)调速器应进行手动、自动切换试验,其动作应正常。
 - (6)校验永态转差系数和暂态转差系数的方向应正确。
 - (7)缓冲装置特性应为指数衰减曲线,线形应平滑。时间常数偏差和两个方向输出值的偏差,应符合设计要求。
 - (8)录制调速系统的静态特性曲线,其试验方法和特性要求(转速死区、非线性度永态转差系数)应符合《水轮机调速器与油压装置技术条件》的要求。
 - (9)对有起动线圈的电液转换器,应调整起动电流,使之符合设计要求。
 - (10)模拟调速器各种故障、保护装置应可靠动作。
 - (11)以手动、自动方式进行机组开停机和紧急停机模拟试验,调速系统的动作应正常。

19.8 立式水轮发电机安装

- 19.8.1 轴瓦研刮。
- 19.8.1.1 推力轴瓦应无裂纹、夹渣及密集气孔等缺陷;轴承合金局部脱壳面积总和不超过瓦面的5%,必要时可用超声波检查。
- 镜板工作面应无伤痕和锈蚀,粗糙度和硬度应符合设计要求。必要时应按图纸检查两平面的平行度和工作面的平面度。
- 19.8.1.2 推力轴承的研刮应符合下列要求:
- (1)瓦面每1cm²内应有1~3个接触点。
 - (2)瓦面局部不接触面积,每处不应大于轴瓦面积的2%,其总和不应超过轴瓦面积的5%。
 - (3)进油边按设计要求刮削。
 - (4)支柱螺栓式推力轴承瓦面的刮低,可在支柱螺栓周围约占总面积1/3~1/2的部位,先刮低约0.01~0.02mm,然后再缩小范围,从另一个方向再刮低约0.01~0.02mm。
- 无支柱螺栓的轴瓦可不刮低。
- (5)机组盘车后,应抽出推力瓦检查其接触情况,如发生磨平及连点现象,应加以修刮。
- 19.8.1.3 导轴瓦的研制,应符合19.3.5.1的有关要求。
- 19.8.2 定子安装允许偏差应符合表19.8.2的要求。

表19.8.2 定子安装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	定子机座组合缝间隙	局部不超过0.10, 螺栓周围不超过0.05。	

2	定子铁芯合缝间隙	加垫后无间隙, 线槽底部径向错牙不超过0.50。槽宽应符合设计要求。	
3	机架与基础板组合缝	符合19.2.9要求	
4	定子圆度(各半径与平均半径之差)	±5%设计空气间隙	
5	定子铁芯中心高程	0~+0.4%铁芯有效长度值, 且不超过6.0	

19.8.3 测量定子绕组对机壳和绕组间绝缘电阻, 当满足下列条件时, 可不进行干燥或停止干燥, 按表19.8.3要求进行交、直流耐压试验。

(1) 定子绕组每相绝缘电阻值, 在换算至100℃时, 不得低于按下式计算的数值

$$R = \frac{U_N}{1000 + \frac{S_N}{100}} (M\Omega)$$

式中 U_N ——电机额定线电压, V;

S_N ——电机额定容量, kVA。

(2) 在40℃以下时, 测得的绝缘电阻吸收比 R_{60}/R_{15} 对沥青云母绝缘不小于1.3, 对环氧粉云母绝缘不小于1.6。

(3) 进行干燥的定子, 其绝缘电阻稳定时间一般为4~8h。

19.8.4 定子绕组干燥时, 应逐步升温, 每小时不超过8℃。线圈最高温度, 以酒精温度计测量时, 不应超过70℃, 以埋入式电阻温度计测量时, 不应超过80℃。干燥时定子电流在额定值的25%~50%为宜。

表19.8.3 定子试验项目及标准

序号	项目	标准	说明
1	测量定子绕组的绝缘电阻和吸收比	1. 绝缘电阻值和吸收比应符合19.8.3(1)(2)规定; 2. 各相绝缘电阻不平衡系数不应大于2	用2500V及以上的兆欧表
2	测量定子绕组的直流电阻	各相、各分支的直流电阻, 校正由于引线长度不同而引起的误差后, 相互间差别不应大于最小值的2%, 此种差别(%)与制造厂测量的差别(%)比较, 相对变化也不应大2%	1. 在冷态下测量, 绕组表面温度与周围空气温度之差不应超过±3℃; 2. 当采用压降法时, 通入电流不应大于额定电流的20%; 3. 超过标准者, 应查明原因
3	定子绕组的交流耐压试验	试验电压(kV)	1. 转子吊入前, 按本标准进行耐压试验; 2. 进行耐压试验前, 必须测量绝缘电阻和吸收比; 3. 应分相进行交流耐压试验, 升压时起始压一般不超过试验电压值的1/3, 然后逐步连续升压至满值, 升压速度从1/3至满值, 一般应历时10~15s为宜;
		$2U+1.0$	

4. 整机起晕电压另定

注: U 为发电机额定线电压(kV)。

19.8.5 转子装配应符合设计要求。检查转子圆度, 各半径与平均半径之差不应大于设计空气隙的 $\pm 5\%$ 。转子吊入机坑前, 绝缘电阻组合合格后, 应按表19.8.5的要求作交流耐压试验。

表19.8.5 转子试验项目及标准

序号	项目	标准		说明
1	测量转子绕组的绝缘电阻	一般不小于0.05M Ω		用1000V或5000V兆欧表
2	测量单个磁极的直流电阻	相互比较, 其差别一般不超过2%		通入电流不应超过额定电流的20%
3	测量转子绕组的直流电阻	测量值与制造厂测量值相比, 一般不超过2%		应在冷态下进行, 同时测量并记录磁极接头接触电阻, 以便今后比较
4	测量单个磁极线圈的交流阻抗	相互比较不应有显著差别		在挂装后进行, 试验所加电压不应超过额定励磁电压
5	转子绕组交流耐压试验	额定励磁电压(V)	试验电压(v)	按出厂试验电压标准乘以0.8; 转子吊入后或机组升压前, 一般不再进行交流耐压试验
		≤ 500	10U但不得低于1500	
		>500	2U+4000	

19.8.6 上下机架安装允许偏差应符合表19.8.6的要求。

表19.8.6 上下机架安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	各组合缝间隙	符合19.2.9的要求	
2	挡风板、消火水管与定子线圈及转子风扇距离	0~+20%设计值	
3	机架中心	0.5	
4	机架水平	不超过0.10mm/m	
5	机架高程	± 1.5	
6	机架与基础板组合缝	符合19.2.9的要求	

19.8.7 制动器安装允许偏差应符合表19.8.7的要求。

表19.8.7 制动器安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	制动器严密性耐压试验	持续30min压力降不超过3%	
2	制动器顶面高程	± 1.0	
3	制动器与转子闸板间隙	$\pm 20\%$ 设计间隙	
4	制动器径向位置	± 3.0	
5	制动系统管路严密性耐压试验	无渗漏	

19.8.8 转子安装允许偏差应符合表19.8.8的要求。

表19.8.8 转子吊装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	镜板水平度	不超过0.02mm/m	
2	推力头卡环轴向间隙	小于0.03	卡环受力后检查
3	空气间隙	$\pm 10\%$ 平均间隙	

19.8.9 用盘车方法检查调整机组轴线应符合下列要求:

- (1)盘车前, 大轴应垂直, 机组转动部分处于中心位置。
- (2)调整靠近推力头的导轴瓦或临时导轴瓦的单侧间隙, 一般为0.03~0.05mm。
- (3)盘车前, 推力瓦面应涂上无杂质猪油(室温高于25℃时, 可用牛羊油)或二硫化钼润滑剂。
- (4)推力轴承刚性盘车前, 各瓦受力应初调均匀、镜板水平一般应符合19.8.8条的要求。轴线调整完毕后, 机组各部摆度值, 应不超过表19.8.9的要求。

表19.8.9 机组轴线的允许摆度值(双振幅)

轴的名称	测量部位	摆度允许值				
		轴每分钟转速r/min				
		100	250	375	600	1000
发电机轴	发电机上、下导轴承处轴颈及法兰	相对摆度mm/m				
		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
水轮机轴	水轮机轴承处的轴	相对摆度mm/m				
		0.05	0.05	0.04	0.03	0.02
发电机	集电环	绝对摆度mm				
		0.50	0.40	0.30	0.20	0.10

注: ①相对摆度= $\frac{\text{绝对摆度(mm)}}{\text{测量部位至镜板距离(m)}}$;

②绝对摆度是指在测量部位测出的实际摆度值。

19.8.10 推力瓦受力应在大轴处于垂直、镜板水平、转子和转轮处于中心位置的情况下进行调整。各瓦受力均匀，其误差不应超过平均值的±10%，推力轴瓦最终调整定位后，各部间隙均应符合设计要求。

19.8.11 推力油槽安装应符合下列要求：

- (1)推力油槽应按19.2.14的要求进行煤油渗漏试验。
- (2)油槽冷却器应按19.2.13的要求进行耐压试验。
- (3)油槽内转动部分与固定部分的轴向间隙，应满足顶转子的要求，其径向间隙应符合设计规定，沟槽式密封毛毡装入槽内应有1mm左右的压缩量。
- (4)挡油管外圆应与机组同心，中心偏差不大于0.3～1.0mm。
- (5)油槽油面高度应符合设计要求，偏差一般不大于±5mm。润滑油牌号应符合设计要求。
- (6)悬吊式机组推力轴承各部绝缘电阻应不小于表19.8.11的规定。

表19.8.11 悬吊式机组推力轴承各部绝缘

序号	推力轴承部件	绝缘电阻 (MΩ)	绝缘电阻 测量仪器	说明
1	推力轴承底座及支架	5	1000V	在底座及支架安装后测量
2	推力轴承总体	1	1000V	轴承总装完毕，顶起转子，注入润滑油前，温度在10～30℃
3	埋入式温度计	50	500V	注入润滑油前，测每个温度计芯线对推力轴瓦的绝缘电阻

19.8.12 导轴承安装应符合下列要求：

- (1)机组轴线及推力瓦受力调整合格。
- (2)水轮机止漏环间隙和发电机空气间隙合格。
- (3)分块式导轴承的每块导轴瓦在最终安装时，绝缘电阻一般在50MΩ以上。
- (4)轴瓦安装，应根据主轴中心位置并考虑盘车的摆度方位和大小进行间隙调整，安装总间隙应符合设计要求。对采用弹性推力轴承的发电机，其中一部导轴承轴瓦间隙的调整可不考虑摆度值。
- (5)分块式导轴瓦间隙允许偏差不应大于±0.02mm。
- (6)油槽安装应符合19.8.11条的有关规定。

19.8.13 发电机测温装置的安装，应符合下列要求：

- (1)测温装置的总绝缘电阻，一般不小于0.5MΩ，有绝缘要求的轴承，在每个温度计安装后，对瓦的绝缘电阻应符合表19.8.11之3的要求。
- (2)定子线圈测温装置的端子板，应有放电空气间隙，一般为0.3～0.5mm。
- (3)轴承油槽封闭前，应对测温装置进行检查，各电阻温度计应无开路、短路、接地现象，信号温度计指示应接近当时的轴承温度，测温引线应固定牢靠。
- (4)温度计及测温开关标号，应与瓦号、冷却器号、线圈槽号一致。

19.8.14 永磁发电机与机组同心，各空气间隙与平均间隙之差，不应超过平均空气间隙值的±5%。机座装配后，对地绝缘电阻一般不应小于0.3MΩ。

19.9 卧式水轮发电机安装

19.9.1 轴瓦研刮。

19.9.1.1 轴瓦按19.8.1要求进行检查。其研刮工作,一般分两次进行,初刮在转子穿入前进行,精刮在转子中心找正后进行。

19.9.1.2 座式轴承轴瓦研刮,应符合下列要求:

(1)轴瓦与轴颈的间隙应符合设计要求。一般顶部间隙为轴颈直径的 $(0.3 \sim 1)/1000$, (较大的数值适用于较小的直径), 两侧间隙各为顶部间隙的一半, 两端间隙差, 不应超过该间隙的10%。

(2)下部轴瓦与轴颈的接触角, 一般为60°左右, 沿轴瓦长度应全部均匀接触, 每平方厘米应有1~3个接触点。

(3)采用压力油循环润滑系统的轴承, 油沟尺寸应符合设计要求, 合缝处纵向油沟两端的封头长度不应小于15mm。

19.9.1.3 推力瓦研刮, 应符合下列要求:

(1)每平方厘米应有1~3个接触点, 接触面积应达75%。

(2)无调节螺栓的推力瓦厚度应一致, 同一组各块瓦的厚度差不应大于0.02mm。

19.9.2 轴承座安装应符合表19.9.2的要求。

表19.9.2 轴承座安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	轴承座油室应作煤油渗漏试验	符合19.2.14的要求	
2	轴承座中心	0.10	
3	轴承座横向水平度	不超过0.20mm/m	
4	轴承座轴向水平度	不超过0.10mm/m	
5	轴承座与基础板组合缝	符合19.2.9的要求	

19.9.3 转子主轴法兰按水轮机主轴法兰找正, 其偏心不应大于0.04mm, 倾斜不应大于0.02mm。

19.9.4 定子与转子空气间隙应均匀, 每个磁极的间隙值应取3~4次(每次将转子旋转90°)测量值的算术平均值; 各间隙与平均间隙值之差, 不应超过平均间隙值的±10%。

19.9.5 定子与转子的轴向中心调整, 应使定子相对转子向永磁机端偏移1.0~1.5mm。

19.9.6 主轴联接后, 盘车检查各部分摆度, 应符合表19.9.6的要求。

表19.9.6 各部分摆度值

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	各轴颈处	0.03	
2	推力盘端面跳动	0.02	
3	联轴法兰处	0.10	
4	滑环整流子处	0.20	

19.9.7 轴承各部分间隙调整。

19.9.7.1 轴线调整后, 盘车检查轴瓦的接触情况, 应符合下列要求:

(1)主轴与下轴瓦的接触面, 应符合19.9.1.2的要求, 不合格时应进行修刮。

(2)推力瓦与推力盘的接触面, 应符合19.9.1.3的要求, 不合格时应进行修刮。

19.9.7.2 轴颈与下轴瓦的侧面间隙, 轴颈与上轴瓦的顶部间隙应符合19.9.1.2项的要求, 轴瓦两端与轴肩

的轴向间隙, 应按每米热膨胀0.5mm考虑, 保持足够间隙, 以保证运行时转子能自由膨胀。

19.9.7.3 推力轴承的轴向间隙(主轴窜动量)一般为0.3~0.6mm(较大值适用于较大的轴径)。

19.9.7.4 轴瓦与轴承外壳的配合应符合下列要求:

(1)圆柱面配合的, 上轴瓦与轴承盖间应无间隙, 且应有0.05mm紧量; 下轴瓦与轴承座接触严密, 承力面应达60%以上。

(2)球面配合的, 球面与球面座的接触面积为整个球面的75%左右, 且分布均匀, 轴承盖把紧后, 瓦与球面座之间间隙一般为±0.03mm(即有紧力或留有间隙)。

19.9.7.5 密封环与转轴间隙, 一般为0.2mm左右, 安装时, 其分半对口间隙不应大于0.1mm且无错牙。

19.9.8 风扇安装。

(1)风扇片与导风装置的间隙应均匀, 其偏差不应超过实际平均间隙值的±20%。

(2)风扇端面和导风装置的端面距离应符合设计要求, 无规定时, 一般不小于5mm。

19.10 轴伸贯流水轮发电机安装

19.10.1 主要部件的组合允许偏差应符合表19.10.1的要求。

表19.10.1 主要部件组合允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	定子铁芯组合缝间隙	加垫后应无间隙, 铁芯线槽底部径向错牙不大于0.5	
2	定子机座组合缝间隙	局部不超过0.10, 螺栓周围不超过0.05	
3	定子铁芯圆度	设计空气间隙的±5%	
4	机壳、顶罩各法兰圆度	+0.1%~-0.1%设计直径且最大不超过5.0	
5	顶罩各组合缝间隙	符合19.2.9要求	
6	机壳、顶罩焊缝	按JB1152—81《钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》, 级焊缝要求	

19.10.2 发电机正式安装。

19.10.2.1 轴承装配应符合19.9.2的要求。

19.10.2.2 主轴联接后, 盘车检查各部分摆度, 应符合下列要求:

(1)各轴颈处的摆度应小于0.03mm。

(2)推力盘的端面跳动量应小于0.05mm。

(3)联轴法兰的摆度不应大于0.10mm。

(4)滑环处的摆度应小于0.20mm。

19.10.2.3 调定空气间隙, 使各间隙与平均间隙之差, 不超过平均间隙值的±10%。

19.10.3 水轮发电机安装完毕, 要求机组两轴的同轴度不大于0.05mm。联轴器的轴向间隙不大于8mm。

19.11 管子及附件安装

19.11.1 管子弯制后的质量应符合下列要求:

(1)无裂纹、分层、过烧等缺陷。

(2)管子截面的最大与最小外径差, 一般不超过管径的8%。

(3)弯曲角度应与样板相符。

(4)弯管内侧波纹褶皱高度一般不大于管径的3%，波距不小于4倍波纹高度。

(5)环形管弯制后，应进行预装，其半径偏差，一般不大于设计值的2%；管子应在同一平面上，偏差

不大于40mm。

19.11.2 焊接三通的支管垂直偏差一般不大于其高度的2%。

19.11.3 管道安装时，焊缝位置应符合下列要求：

- (1)直管段两环缝间距不小于100mm。
- (2)对接焊缝距弯管起弯点不得小于100mm，且不小于管外径。
- (3)焊缝距支、吊架净距不小于50mm；穿过隔墙和楼板的管道，在隔墙和楼板处不得有焊口。
- (4)在管道焊缝上不得开孔，如必须开孔时，焊缝应经无损探伤检查合格。

19.11.4 焊接弯管的曲率半径，一般不小于管径的1.5倍。90°弯头的分节数，一般不小于4节；焊后弯头轴线角度应与样板相符。

19.11.5 埋设管路应符合下列要求：

- (1)管路不宜采用丝扣和法兰联接。
- (2)油、气管路一般采用埋设套管的办法。

19.11.6 明管安装应符合下列要求：

- (1)安装位置(坐标及标高)的偏差，一般不大于10mm。
- (2)水平弯管弯曲和水平偏差，一般不超过0.15%，立管垂直度偏差，一般不超过0.2%。
- (3)成排管应在同一平面上，偏差
- (4)自流排水管和排油管的坡度应与液流方向一致，坡度一般在0.2%~0.3%。

19.11.7 法兰密封垫的材质应与工作介质及压力要求相符。

19.11.8 管子、管件及阀门安装前，内部应清洗干净。调速系统管路及机组润滑油管路必须严格清洗干净，用白布检查不应有污垢。安装后，应保证管内无脏物。

19.11.9 埋设的压力管路，在混凝土浇筑前，应按19.2.13条要求作严密性试验。

19.11.10 风、水、油系统管路安装后，一般应进行通气、通水或充油试验，试验时逐步升至工作压力，应无渗漏现象。

19.12 蝶阀、球阀及伸缩节安装。

19.12.1 蝶阀安装。

(1)蝶阀上、下游侧的压力钢管或蜗壳管口，露出混凝土墙面的长度，一般不小于500mm。

(2)蝶阀安装时，沿水流方向中心线，应根据蜗壳及钢管中心确定；横向中心线(上、下游位置)与设计中心线的偏差，一般不大于15mm；蝶阀的水平

(3)为便于检修时将蝶阀向伸缩节方向移动，基础螺栓与螺孔间应有足够距离，其值不应小于法兰之间橡胶盘根的直径。

(4)蝶阀组装允许偏差应符合表19.12.1的要求。

表19.12.1 蝶阀组装允许偏差 单位: mm

序号	项目		允许偏差	说明
1	阀座与基础板组合缝		符合19.2.9的要求	
2	阀壳各组合缝		符合19.2.6的要求	
3	橡胶水封充气试验		通0.05MPa压气无漏气	
4	活门关闭时间隙	水封充气状态	无间隙	
		水封未充气状态	±20%~ -20%设计值	
5	静水密封性试验		漏水量不超过设计值	

19.12.2 球阀安装。

- (1)球阀安装允许偏差应符合表19.12.2的要求。
- (2)球阀的活门转动应灵活，与固定部件应有足够间隙，一般不小于2mm。

19.12.3 伸缩节安装。

- (1)伸缩节的内外套管间隙，应调整均匀，不应有卡阻现象。
- (2)伸缩节与内外套管的伸缩距离，应符合设计要求，其偏差一般不超过±6mm，并应考虑凑合节焊接的收缩尺寸。

表19.12.2 球阀安装允许偏差 单位：mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	阀座与基础板组合缝	符合19.2.9的要求	
2	阀体中心	+5	
3	阀体横向中心	15	
4	阀体水平度及垂直度	1.0mm/m	
5	阀体各组合缝	符合19.2.9的要求	
6	活门与阀体间隙	符合设计要求	
7	工作与检修密封间隙	不超过0.05	
8	密封盖行程	不小于设计值的80%，动作应灵活	
9	静水严密性试验	保持30min漏水量不超过设计值	

19.13 水轮发电机组试运行

19.13.1 一般规定。

- (1)根据有关技术文件和本规范的规定，结合电站具体情况，编制机组试运行程序，试验检查项目和安全措施。
 - (2)对机组及有关辅助设备，应进行全面清理、检查，其安装质量应合格。
- 水轮机、发电机、调速系统及其有关附属设备系统，必须处于可以随时起动的状态。
- (3)输水及尾水系统闸门、阀门均应试验合格，处于关闭位置。进人门、闷头等应可靠封堵，有关机组起动的各项安全措施应准备就绪，以确保机组安全运行。

19.13.2 机组充水试验。

- (1)向尾水充水至平压，检查各部位，应无异常现象。
- (2)分阶段向引水、输水系统充水，监视、检查各部位变化情况，应无异常现象。
- (3)静水下进行工作闸门或蝴蝶阀球阀的手动、自动启闭试验，启闭时间应符合设计要求。
- (4)检查机组供、排水系统，其工作应正常。

19.13.3 机组空载试运行。

19.13.3.1 机组首次手动起动应进行下列工作：

- (1)记录起动开度、空载开度及上下游水位。机组起动过程中，监视各部位，应无异常现象。
- (2)测量各部轴承瓦温、油温及水温，记录轴承油面波动情况。
- (3)测量水导、上导摆度应小于轴承间隙；支持盖、上机架、推力支架、定子铁芯机座的振动值不超过表19.13.3的规定。

表19.13.3 机组各部位振动允许值 单位：mm

		额定转速(r/min)	
--	--	-------------	--

序号	项目		<100	100~250	>150~375	>375~750
			振动允许值(双振幅)			
1	立式机组	带推力轴承的支架垂直振动	0.10	0.08	0.07	0.06
2		带导轴承的支架水平振动	0.14	0.12	0.10	0.07
3		定子铁芯机座水平振动	0.04	0.03	0.02	0.02
4	卧式机组各部轴承振动		0.14	0.12	0.10	0.07

- (4)记录水轮机各部压力值和真空值。
- (5)测定顶盖排水泵运行周期,检查水导主轴密封工作情况(漏水量)。
- (6)测定油压装置油泵输油周期。
- (7)测量手动运行时的机组周波摆动值。
- (8)测量永磁机电压和频率关系曲线,在额定转速下,测量绕组电压。
- (9)测量发电机残压及相序。
- (10)检查自动控制回路和温度巡检回路应正常工作。
- (11)打磨某电环使之平整。

19.13.3.2 机组空载运行下调速器的调整和试验应符合下列要求:

- (1)飞摆电液转换器工作应正常。
- (2)测定导叶接力器摆动值及摆动周期。记录油压装置油泵输油时间及工作周期。
- (3)在自动调节状态下,机组转速波动相对值,不应超过额定转速的 $\pm 0.3\%$ 。
- (4)进行手动和自动切换时,接力器应无明显摆动。
- (5)频率给定(变速机构)调整范围,应符合设计要求。

19.13.3.3 调速器空载扰动试验应符合下列要求:

- (1)扰动量一般为 $\pm 8\%$ 。
- (2)转速最大超调量,不应超过转速扰动量的30%。
- (3)超调次数,不应超过2次。

19.13.3.4 停机过程及停机后应检查下列各项:

- (1)记录从加闸开始至机组停止转动的时间。
- (2)转速继电器动作应正常。
- (3)机组各部位无异常现象。

19.13.3.5 机组应根据设计规定的超速保护整定值进行超速试验,并检查下列各项:

- (1)测量各部位运行摆度及振动值。
- (2)监视并记录各部轴承温度。
- (3)整定超速保护装置的动作值。
- (4)停机后检查机组各部位应无异常现象。

19.13.3.6 机组的自动起动,应检查下列各项:

- (1)记录从发出开机脉冲到机组达到额定转速的时间。
- (2)调速器和自动化元件的动作情况应正常。

19.13.3.7 录制励磁空载特性曲线,并测定强励顶值电压。

19.13.3.8 在发电机短路试验应检查试验下列各项:

- (1)逐步升流,各电流回路不应开路,各继电保护装置接线及工作情况和电气测量仪表指示应正确。
- (2)录制发电机短路特性曲线,在额定电流下测量发电机轴电压。
- (3)在发电机额定电流情况下,跳开灭磁开关,其灭磁情况应正常。

(4)进行自动励磁调节器的复励和调差部分的调整试验。

19.13.3.9 机组自动停机, 应检查下列各项:

- (1)记录自停机脉冲发出至机组停止转动的的时间。
- (2)当机组转速降至规定加闸转速时, 转速继电器的动作应正确。
- (3)停机过程中, 调速器及各自动化元件的动作应正确。

19.13.3.10 发电机的升压试验, 应符合下列要求:

- (1)在额定转速下测量发电机残压。
- (2)分阶段升压至额定电压, 发电机及发电机电压设备带电情况均应正常。
- (3)二次回路的电压、相序及仪表指示应正确, 继电保护装置工作应正常。
- (4)在50%、100%额定电压下, 跳开灭磁开关, 其灭磁情况应正常, 录取发电机在额定电压下的灭磁示波图, 并求取时间常数。
- (5)在额定电压下测量发电机轴电压, 观察励磁换向情况应正常。
- (6)机组运行摆度、振动值应符合19.13.3.3规定。

19.13.3.11 在额定转速下, 录制励磁负载特性及发电机空载特性, 当发电机的励磁电流升至额定值时, 测量定子最高电压。

对有匝间绝缘的电机, 最高电压持续时间为5min。

19.13.3.12 发电机空载情况下励磁调节器的调整试验, 应符合下列要求:

- (1)具有起励装置的可控硅励磁调节器, 起励工作应正常。
- (2)检查励磁调节系统的电压调整范围, 应符合设计要求。
- (3)测量励磁调节器的开环放大倍数。
- (4)在等值负载情况下, 录制和观察励磁调节器各部特性, 对于可控硅励磁, 还应在额定转子电流情况下, 检查整流桥的均流系数和均压系数, 其值应符合设计要求, 设计无规定时, 均流系数一般不小于0.85, 均压系数一般不小于0.9。
- (5)检查励磁调节器投入, 上下限调节, 手动和自动切换(以额定励磁电压的10%为阶跃量作干扰), 带励磁调节器开停机等情况下的稳定性和超调量, 其摆动次数一般为2~3次, 超调量, 对可控硅励磁一般不超过10%, 调节时间一般不超过5s。
- (6)改变转速, 测量发电机端电压的变化, 频率变化1%时, 自动励磁调节系统应保证发电机电压变化符合下列要求:
对半导体型, 不超过额定电压的 $\pm 0.25\%$;
对电磁型, 不超过额定电压的2%。
- (7)可控硅励磁调节器应进行低励磁, 过励磁、断线、过电压、均流等保护的调整及模拟动作试验, 其动作应正确。
- (8)对于采用三相全控整流桥的静止励磁装置, 还应进行逆变灭磁试验。

19.13.3.13 发电机应做单相接地试验及消弧线圈的补偿试验。

19.13.4 机组并列及负载下的试验。

19.13.4.1 机组并列试验应具备下列条件:

- (1)发电机对变压器高压侧经短路升流试验应正常。
- (2)发电机对变压器递升加压及系统对变压器冲击合闸试验应正常。
- (3)用相同的一次电压检查同期回路应正确。
- (4)与机组投入有关的电气设备的一次和二次回路均已试验合格。

19.13.4.2 以手动和自动准同期方式进行并列试验应正常。

19.13.4.3 机组带负荷试验, 有功负荷应逐步增加, 各仪表指示正确, 机组各部位运转应正常。

19.13.4.4 机组负载下励磁调节器的试验应符合下列要求:

- (1)在负载工况下, 励磁调节器的调节范围, 应满足运行需要, 同时, 观察调节过程中负荷分配的稳定性。
- (2)测定并计算发电机电压调差率, 应符合设计要求, 调差率整定范围分档数不小于10点, 调差特性应

有较好的线性度。

(3)测定并计算发电机电压静差率,应符合设计要求,当设计无规定时,对半导体型,不应大于0.2%~1.0%;对电磁型,不应大于1.0%~3.0%。

(4)可控硅励磁调节器应分别进行各种限制器及保护的试验和整定。

19.13.4.5 机组甩负荷试验,应在额定负荷的50%、100%下分别进行,按表19.13.4所示表格形式记录有关参数值。

表19.18.4 机组甩负荷试验记录表

机组 负荷 (kW)	记 录 时 间	机组 转速 (r/min)	导叶 开度 (%)	导 叶 关 闭 时 间 (s)	接 力 器 活 塞 往 返 次 数 (次)	调 器 调 节 时 间 (s)	蜗壳 实际 压力 (MPa)	上 导 轴 承 处 运 行 摆 度	水 导 轴 承 处 运 行 摆 度	承重机 架振动		转速 升高 率 (%)	水压 升高 率 (%)
										水 平	垂 直		
								(mm)					
	甩 前												
	甩 时												
	甩 后												
	甩 前												
	甩 时												
	甩 后												

观察励磁调节器的稳定性和超调量,甩去100%负荷时,发电机电压超调量不大于15%~20%额定值,调节时间不大于5s,电压摆动次数不超过3~5次。

调速器的调节性能,应符合下列要求:

(1)校核导叶接力器紧急关闭时间,蜗壳水压上升率及机组转速上升率,均不应超过设计规定值。

(2)甩去100%负荷时,在转速变化过程中超过稳态转速3%以上的波峰,一般不应超过2次。

(3)机组甩满负荷后,从接力器开始关闭动作到机组转速摆动值不超过 $\pm 0.5\%$ 为止的调节时间,一般不应大于40s。

(4)轴流式水轮机协联关系,分段关闭时间的应符合设计要求。抬机量不应超过机组转动部件与固定部件的轴向配合间隙。

19.13.4.6 在额定负载下一般应进行下列试验:

(1)低油压关闭导叶试验。

(2)事故配压阀关闭导叶试验。

(3)根据设计要求和电站具体情况,进行动水关闭工作闸门或主阀试验。

19.13.4.7 在额定负载下, 机组应进行72h连续运行。

受电站水头和电力系统条件限制, 机组不能带额定负载时, 可按当时条件在尽可能大负载下进行上述试验。

19.14 工程验收

19.14.1 水轮发电机组安装达到本规范规定的质量要求, 并经试运行合格后, 应进行交接验收。

19.14.2 水轮发电机组交接验收时, 应按照附录S的要求移交资料。

20 水力机械辅助设备及系统管路安装

20.1 辅助设备安装

20.1.1 一般规定。

20.1.1.1 辅助设备基础的质量要求, 应符合GB50204《混凝土结构工程施工及验收规范》的规定。

20.1.1.2 设备就位前, 必须将设备底座面的油污、泥土等脏物擦净, 地脚螺栓预留孔中的模板及杂物除去, 并凿出麻面, 以保证灌浆质量。

20.1.1.3 地脚螺栓和灌浆应符合下列要求:

(1)地脚螺栓的不垂直度应小于1/100。

(2)地脚螺栓离孔壁的距离应大于15mm。

(3)地脚螺栓上的油脂和污垢应清理干净, 但螺纹部分应涂油脂。

(4)螺母与垫圈间和垫圈与设备底座间的接触应良好。

(5)拧紧地脚螺栓应在混凝土达到规定强度的75%后进行。待拧紧螺母后, 螺纹必须露出2~5扣。

(6)灌浆前, 灌浆处应清洗洁净。灌浆一般宜用细碎石混凝土(或水泥砂浆)。其强度应比基础混凝土强度高一级。当其要求较高时, 应尽量采用膨胀水泥拌制的混凝土(或水泥砂浆)。

(7)辅助设备安装位置允许偏差按表20.1.1的规定。

表20.1.1 辅助设备安装位置允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	设备平面位置	±10	
2	高程	+20 -10	

20.1.2 空气压缩机安装。

20.1.2.1 空气压缩机在安装前应对机体进行检查和更换润滑油, 必要时进行拆卸检查。

20.1.2.2 整体安装空气压缩机的允许偏差按表20.1.2的规定。

表20.1.2 整体安装空气压缩机的允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	机身纵、横向水平度	0.1mm/m	
2	皮带轮端面垂直度	0.5mm/m	
3	两皮带轮端面在同一平面内	0.50mm	

20.1.2.3 空气压缩机的附属设备(如冷却器、气水分离器、储气罐)就位前,应按施工图样核对管口方位,地脚螺栓孔和基础的位置是否相符。

20.1.2.4 承受压力的附属设备应按设备图样或设备技术文件规定的压力进行强度的严密性试验。无规定时,强度试验压力可按1.25倍额定压力进行,严密性试验压力可按额定压力进行。

20.1.2.5 空气压缩机试运转。

(1)空气压缩机试运转前应符合下列要求:

- 1)气缸盖、气缸、机身、十字头、连杆、轴承盖等的紧固件,应全面复查是否紧固。
- 2)仪表和电气设备应调整正确,电动机的转向应符合空气压缩机的要求。
- 3)润滑油脂的规格数量,应符合设备技术文件的规定,供油情况应正常。
- 4)进、排气管路应清洁。
- 5)进、排水管路应畅通。
- 6)盘动压缩机数转,应灵活无阻滞现象。
- 7)各级安全阀应灵敏。

(2)空气压缩机无负荷试运转4~8h,应符合下列要求:

- 1)润滑油压不低于0.1MBa。
- 2)曲轴箱油温不超过60℃。
- 3)运转部件声音正常,无较大振动。
- 4)各连接部件无松动。

(3)空气压缩机带负荷试运转按额定压力25%运转1h,50%、75%各运转2h,额定压力下运转4~8h。

除达到无负荷运转的要求外,还必须符合下列要求:

- 1)无渗油、漏气、漏水等现象。
- 2)冷却水排水温度不超过40℃。
- 3)各级排气温度和压力符合设计规定。
- 4)各级安全阀动作压力正确,动作灵敏。
- 5)自动控制装置灵敏可靠。

20.1.2.6 空气压缩机试运转合格后,应换润滑油。

20.1.3 水泵安装。

20.1.3.1 水泵设备完整,不应有缺件、损坏和锈蚀等情况,管口保护物和堵盖应完好。

20.1.3.2 离心水泵允许偏差应符合表20.1.3—1的要求。

表20.1.3—1 离心水泵允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	泵体纵、横向水平度	0.1mm/m	
2	叶轮和密封环间隙	符合设计规定	
3	多级泵叶轮轴向间隙	大于推力头轴向间隙	
4	主、从动轴中心	0.10mm	
5	主、从动轴中心倾斜	0.2mm/m	

20.1.3.3 深井水泵允许偏差应符合表20.1.3—2的规定。

表20.1.3—2 深井水泵允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	各级叶轮与密封环间隙	符合设计规定	
2	叶轮轴向间隙	符合设计规定	
3	泵轴提升量	符合设计规定	
4	泵轴与电动机轴线偏心	0.15mm	
5	泵轴与电动机轴线倾斜	0.5mm/m	
6	泵座水平度	0.1mm/m	

20.1.3.4 离心水泵就位应符合下列要求：

- (1)电动机与泵连接前，应先单独试验电动机的转向，确认无误后再连接。
- (2)主动轴与从动轴找正、连接后，应盘车灵活。
- (3)管路与泵连接时，法兰中心应对准，不应强行连接，产生别劲现象。

20.1.3.5 深井水泵就位应作下列检查：

- (1)井管内径和不垂直度应符合泵入井部分外形尺寸的要求；井管内径一般应比泵入井部分最大外形尺寸大50mm左右，使泵体在井内能自由上下。
- (2)井管管口伸出基础相应平面不应小于25mm，井管与基础间应放软质隔离层。
- (3)井管内应无露出的钢管头和杂物。
- (4)泵的动轴端面应平整，传动轴在两端支承的情况下，中部的径向跳动不应大于0.2mm。纹不应碰伤，并应清洗干净。
- (5)轴承支座和橡胶轴承应完好无损。橡胶轴承不应沾染油脂。

20.1.3.6 水泵试运转前应作下列检查：

- (1)电动机的转向应符合泵的转向要求。
- (2)各紧固连接部位不应松动。
- (3)润滑油脂的规格、质量和数量应符合设备技术文件的规定。
- (4)橡胶轴承应按设备技术文件的规定用水预润滑。
- (5)管路应冲洗干净，保持畅通。
- (6)安全、保护装置应灵敏、可靠。
- (7)深井水泵按设备技术文件的规定调整叶轮与导流壳之间的轴向间隙。
- (8)深井水泵检查止退机构是否灵活、可靠。
- (9)水泵出口阀门应处于开启位置(离心水泵出口处于关阀位置，先冲水至泵壳顶以上)。
- (10)盘车应灵活、正常。

(11)水泵试运转应在各独立的附属系统运转正常后进行。

20.1.3.7 水泵在额定负荷下试运转不小于2h, 并必须符合下列要求:

- (1)填料函压盖松紧适当, 只有滴状泄漏。
- (2)运转中无异常振动和响声, 各连接部分不应松动及渗漏。
- (3)滚动轴承温度不超过70℃, 滑动轴承不超过70℃。
- (4)电动机电流不超过额定值。
- (5)水泵压力、流量符合设计规定。
- (6)水泵轴的径向振动不超过表20.1.3—3的规定。

表20.1.11—3 水泵径向振动允许值

转速(r/min)	>750~1000	>1000~1500	>1500~3000
径向振幅(双向)(mm)	不超过0.10	不超过0.08	不超过0.06

20.1.3.8 深井水泵试运转后20min, 应停泵再次调整叶轮与导流壳之间的轴向间隙。

20.1.3.9 离心水泵不应在出口阀门全关情况下长期运转。

20.1.3.10 水泵试运转结束后, 应作好下列工作:

- (1)关闭出口阀门。
- (2)放净泵内积水, 防止锈蚀和冻裂。

20.1.4 齿轮油泵安装。

20.1.4.1 齿轮油泵安装应符合表20.1.4的规定。

表20.1.4 齿轮油泵安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	泵体水平度	0.20mm/m	
2	齿轮与泵体径向间隙	0.13~0.16mm	
3	齿轮与泵体轴向间隙	0.02~0.03mm	
4	主、从动轴中心	0.10mm	
5	主、从动轴中心倾斜	0.20mm/m	

20.1.4.2 齿轮油泵在无压情况下运行1h及额定负荷的50%、100%各运行15min必须符合下列要求:

- (1)运转中无异常振动及响声, 各连接部分不应松动及渗漏,
- (2)齿轮油泵外壳振动不大于0.05mm, 油泵轴承处外壳温度不超过60℃。
- (3)齿轮油泵的压力波动小于设计值的±1.5%。
- (4)齿轮油泵输油量不小于设计值。
- (5)齿轮油泵电动机电流不超过额定值。

20.1.5 水力量测仪表安装。

水力量测仪表安装应符合表20.1.5的规定。

表20.1.5 水力量测仪表安装允许偏差

--	--	--	--

序号	项目	允许偏差	说明
1	仪表安装位置	10mm	
2	仪表盘安装位置	20mm	
3	仪表盘垂直度	3mm/m	
4	仪表盘水平度	3mm/m	
5	仪表盘高程	±5mm	
6	取压管位置	±10mm	

20.1.6 油箱、气罐等容器安装。

20.1.6.1 箱、罐等容器上附件齐备,其型号、规格符合设计要求。

20.1.6.2 箱、罐等容器进、出口规格、位置应符合设计要求。

20.1.6.3 油箱出厂前必须作渗漏试验,并具有合格证。

20.1.6.4 气罐出厂前必须按设备技术要求作渗漏试验和耐压试验,并具有合格证。

20.1.6.5 箱、罐等容器就位前内部应清洗干净,无杂物。

20.1.6.6 箱、罐等容器安装应符合表20.1.6的规定。

表20.1.6 箱、罐等容器安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	卧式容器水平度	不大于 $1/1000L$	L —容器长度
2	立式容器垂直度	不大于 $1/1000H$,且不超过10	H —容器高度
3	高程	±10	
4	中心线位置	10	

20.1.7 通风机安装。

20.1.7.1 通风机安装前应作下列检查:

(1)核对叶轮机壳和其它部位(如地脚孔中心距,进、排气口法兰孔径和方位及中心距、轴的中心、标高等)的主要安装尺寸是否与设计相符。

(2)进、排风口应有盖板严密遮盖,防止尘土和杂物进入。

(3)叶轮旋转方向应符合设备技术文件的规定。

(4)检查通风机转子是否发生明显的变形或严重锈蚀、碰伤,如有上述情况应会同有关单位研究处理。

20.1.7.2 离心通风机安装允许偏差应符合表20.1.7—1的规定。

表20.1.7—1 离心通风机安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	轴承纵横向水平度	0.20mm/m	
2	机壳与转子同轴度	2mm	
3	叶轮与机壳轴向间隙	符合设计规定或 $1/100D$	D —叶轮直径
4	叶轮与机壳径向间隙	符合设计规定或 $1.5\sim 3/100D$	
5	主、从动轴中心	0.05mm	

6	主、从动轴中心倾斜	0.20mm/m	
7	皮带轮端面垂直度	0.50mm/m	
8	两皮带轮端面在同一平面内	0.50mm	

20.1.7.3 轴流式通风机安装允许偏差应符合表20.1.7—2的规定。

表20.1.7—2 轴流式通风机安装允许偏差

序号	项目	允许偏差	说明
1	机身纵、横向水平度	0.20mm/m	
2	叶轮与主体风筒间隙或对应两侧间隙差	符合设计要求或 $D \leq 600\text{mm}$ 不大于 $\pm 0.5\text{mm}$, $D > 600 \sim 1200\text{mm}$, 不大于 $\pm 1.0\text{mm}$	D —叶轮直径

20.1.7.4 通风机安装完毕应作下列检查:

(1)风机的进、排风管, 阀件、调节装置等均应有单独的支撑并与基础或其他建筑物牢固联接各管路与风机联接时法兰面应对中贴平, 不应硬拉和别劲。

(2)风机机壳不应承受其他机件的重量, 以防止机壳变形。

20.1.7.5 通风机试运转不小于2h, 并应符合下列要求:

(1)叶轮旋转方向正确, 运行平稳, 转子与机壳无摩擦声音。

(2)转动部分径向振动不超过表20.1.7—3的规定。

表20.1.7—3 风机径向振动允许值

转速(r/min)	>750~1000	>1000~1450	>1450~3000
径向振幅(双向)(m)	不超过0.10	不超过0.08	不超过0.05

(3)轴承温度对滑动轴承不超过 60°C , 滚动轴承不超过 80°C 。

(4)电动机电流不超过额定值。

20.2 系统管路安装

20.2.1 管子材料应符合设计规定, 当无明确规定时, 则工作压力在1.6MPa以上的管路应采用无缝钢管。

20.2.2 管路制作标准。

20.2.2.1 系统管路的管件制作允许偏差应符合表20.2.2—1的要求。

表20.2.2—1 管件制作允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	管截面最大与最小管径差	不大于8%	
2	弯曲角度	$\pm 3\text{mm/m}$, 且全长不大于10	

3	折皱不平度	不大于 $3\%D$	D —管子、锥形管公称直径
4	环形管半径	不大于 $\pm 2\%R$	R —环管曲率半径
5	环形管平面度	不大于 ± 20	
6	形伸缩节尺寸	± 10	
7	形伸缩节平直度	3mm/m, 且全长不超过10	
8	三通主管与支管垂直度	不大于 $2\%H$	H —三通支管高度
9	锥形管两端直径	不大于 $\pm 1\%D$	D —锥形管公称直径
10	卷制焊管端面倾斜	不大于 $1/1000D$	D —管子公称直径
11	卷制焊管周长	不大于 $\pm 1/1000L$	L —焊管设计周长

20.2.2.2 管路冷弯时, 弯曲半径不小于管径的4倍, 热弯时则不小于3.5倍。热弯应用木炭、焦炭、石油或煤气加热, 不得使用煤炭加热, 加热温度不得超过850℃。

20.2.2.3 通风管制作安装允许偏差应符合表20.2.2—2的要求。

表20.2.2—2 通风管路制作安装允许偏差 单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	风管直径或边长	-2	
2	风管法兰直径或边长	± 2	
3	风管与法兰垂直度	2	
4	横管水平度	3mm/m, 且全长不大于20	
5	立管垂直度	2mm/m, 且全长不大于20	

20.2.3 焊接要求。

20.2.3.1 管路与管件焊接应符合表20.2.3—1的规定。

表20.2.3—1 焊接规定

序号	项目	允许偏差	说明
1	焊缝外观检查	表面应无裂纹、夹渣和气孔等缺陷	
2	重要焊缝无损检查 (工作压力 $\geq 6\text{MPa}$)	符合SD143—85《电力建设施工及验收技术规范》(钢制承压管道对接焊缝射线检验篇)II级焊缝	

20.2.3.2 焊接后法兰盘与管子中心线应垂直, 偏斜值不大于表20.2.3—2的规定。

表20.2.3—2 法兰盘与管子中心线垂直偏斜值

管子公称直径(mm)	小于100	小于250	小于300	小于350	小于400	小于500
法兰盘外沿最大偏						

斜 (mm)	± 1.5	± 2	± 2.5	± 2.5	± 3	± 3
-----------	-----------	---------	-----------	-----------	---------	---------

20.2.4 管路安装。

20.2.4.1 管路安装前应采取喷砂法或其他方法清洗管内壁, 不允许管内有杂物和锈。油管路更应要求清洁, 用白布检查管内壁清洁程度。

20.2.4.2 埋于混凝土内的管路, 管口端部露出的中心与标高应符合设计要求, 并设置临时管口封堵, 防止浇筑过程中杂物进入。

20.2.4.3 管路安装允许偏差应符合表20.2.4的要求。

表20.2.4 管路安装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	说明
1	明管平面位置(每10m内)	± 10 , 且全长不大于20	
2	明管高程	± 5	
3	立管垂直度	2mm/m, 且全长不大于15	
4	排管平面度	不超过5	
5	排管间距	0~+5	
6	与设备连接的预埋管出口位置	± 10	

20.2.4.4 安装后的管路内不应有任何杂物和阻塞情况。

20.2.4.5 埋设管路安装完毕, 应进行规定的压力试验合格后才允许进行浇筑混凝土。

20.2.4.6 发电机风洞内部水管路应该用白布带缠绕两层, 以防止外壁凝水和滴水现象。

20.2.5 管路支架的设置, 一般在管道转弯处应增设一支架, 在建筑物的每个间隔内至少应设一个支架。管路支架间距不得小于表20.2.5的规定。

表20.2.5 管子支架最小间距

管子公称直径 (mm)	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
支架间距 (m)	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0

20.2.6 管件、阀门及管路系统水压试验应符合表20.2.6的规定。

表20.2.6 水压试验标准

序号	试验项目	试验性质	试验压力 (MPa)	试压时间 (min)	要求标准	备注
1	1.0MPa以上阀门	严密性	1.25P	5	无渗漏	P—额定工作压力

2	自制有压力容器及管件	强度	$1.5P$ 并大于0.4	10	无渗漏	
3	自制有压力容器及管件	严密性	$\frac{1.25P}{1P}$	$\frac{30}{12h}$	无渗漏 且压降小于5% P	
4	无压容器	渗漏	注水	12h	无渗漏	
5	系统管道	强度	$1.25P$	5	无渗漏	
6	系统管道	严密性	$1P$	10	无渗漏	
7	通风系统	漏风率	额定风压		不大于设计风量10%	

20.2.7 管路和管路支架安装完成后，应按表20.2.7规定颜色涂漆。

表20.2.7 规定涂漆颜色

序号	管路名称	管路颜色
1	操作系统压力油及净润滑油管路	红色
2	操作系统排油及污润滑油管路	黄色
3	净绝缘油管路	红色
4	污绝缘油管路	黄色
5	技术用水供水管路	天蓝色
6	技术用水排水管及排水泵管路	绿色
7	技术用水及消防用水合用管	天蓝色
8	消防水管	橙黄色
9	卫生用上下水管	银色
10	厂房下水道及排污泵管路	黑色
11	压缩空气管路及其他空气管路	白色
12	管子支架及阀门	浅灰色

20.2.8 在建筑物每个单独间隔内的管段上，和在每个分支管段上均用黑色磁漆标明管中介质的规定流动方向，在有两个相反流动方向时，则标注两个相反方向的箭头。

20.2.9 介质流动方向的箭头后面还应该用文字注明管路的去向。字体尺寸为管子外径的0.6倍。阀门的手轮上应标明开关的方向。

附 录

附录A 钢尺量距改正及长度和量距的精度计算

A1 距离测量改正

A1.1 尺长改正数(Δl):

$$\Delta l = \frac{ll}{L}$$

$$l' = L - L_0 \quad (\text{A1.1})$$

式中 L ——钢尺总长(刻度数);
 L_0 ——钢尺检定时标准长度;
 l ——实测尺段长度。

A1.2 温度改正数(Δt):

$$\Delta t = lR(t - t_0) \quad (\text{A1.2})$$

式中 l ——实测尺段长度;
 t_0 ——钢尺标准长度时的温度;
 t ——测量的实际平均温度;
 R ——经检定的钢尺线膨胀系数, 如不确知时可用: $0.000017/1^\circ\text{C}$ 。

A1.3 垂度(悬链)改正数(Δf):

$$\Delta f = \frac{d}{24} \left(\frac{WD}{P} \right)^2 \quad (\text{A1.3})$$

式中 D ——量距时钢尺两端支点间距离;
 W ——钢尺每单位长度的质量, m ;
 P ——测量时的实际拉力。

A1.4 倾斜改正数(Δh):

$$\Delta h = \frac{h^2}{2L} + \frac{h^4}{8L^3} \quad (\text{A1.4})$$

式中 L ——倾斜尺段长度;
 h ——两端高差。

A2 尺长计算

A2.1 每一尺段实际长度(d_n):

$$d_n = l \pm \Delta l \pm \Delta t - \Delta f - \Delta h \quad (\text{A2.1})$$

注: 当 $t > t_0$ 时, Δt 为正值;

当 $L > L_0$ 时, Δl 为正值。

A2.2 距离全长(d):

$$d = \sum d_n = \sum (l \pm \Delta l \pm \Delta t - \Delta f - \Delta h) \quad (\text{A2.2})$$

A3 量距的精度计算

A3.1 每个观测值的中误差(m_d):

$$m_d = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} \quad (\text{A3.1})$$

A3.2 算术平均值的中误差(m_D):

$$m_D = \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A3.2})$$

式中 $\sum v^2$ ——各次丈量值与算术平均值之差的平方和;
 n ——丈量次数。

A3.3 全距离中误差(m):

$$m = \pm \sqrt{m_{D_1}^2 + m_{D_2}^2 + \cdots + m_{D_i}^2} \quad (\text{A3.3})$$

式中 $m_{D_1}^2$ 、 $m_{D_2}^2$ 、 \cdots 、 $m_{D_i}^2$ ——各尺段中误差, 由式(A3.2)算出。

A3.4 量距之精度(E):

$$E = \frac{m}{D} \quad (\text{A3.4})$$

式中 D ——距离丈量 n 次的算术平均值。

附录B 岩石基础开挖预裂爆破参数

B1 炮孔孔距

炮孔孔距按下式确定:

$$a = (7 \sim 12)D$$

式中 a ——炮孔孔距, mm;
 D ——钻孔直径, mm。

B2 不偶合系数

不偶合系数按下式确定:

$$D_d = D/d = 2 \sim 5$$

$$\text{或 } D = (2 \sim 5)d$$

式中 D_d ——不偶合系数;

d ——药卷直径, mm, 一般为20~30mm。

B3 线装药密度的经验公式

B3.1 根据岩石的极限抗压强度和相邻孔间距计算:

$$Q_x = 0.589 a \sigma_{\text{压}}^{0.5}$$

式中 Q_x ——线装药密度, g/m, 以全孔长度计;

a ——炮孔孔距, cm;

$\sigma_{\text{压}}$ ——岩石极限抗压强度, MPa。

适用范围:

$$\sigma_{\text{压}} = 20 \sim 150 (\text{MPa})$$

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

B3.2 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):

$$Q_x = 9.22 \gamma^{0.38} \sigma_{\text{压}}^{0.53}$$

式中 γ ——钻孔半径, mm。

适用范围:

$$\sigma_{\text{压}} = 10 \sim 150 (\text{MPa})$$

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

附录C 灌浆工程压水试验

C1 压水试验方法

使用单点法或三级压力五个阶段的五点法。

C2 压水试验压力

压力宜选用表C2中的规定值。

C3 压入流量稳定标准

在稳定的压力下, 每3~5min测读一次压入流量。连续四次读数中最大值与最小值之差小于最终值的10%, 或最大值与最小值之差小于1L/min时, 本阶段试验即可结束, 取最终值作为计算值。

表C2 压水试验压力值选用表

灌浆工程类别	钻孔类型	坝高(m)	灌浆压力(MPa)	单点法压水试验压力	五点法压水试验压力	备注
基岩帷幕灌浆	先导孔	—	≥ 1	1MPa	0.3, 0.6, 1.0, 0.6, 0.3 (MPa)	H_0 、 H 为坝前水头(m), 均以正常蓄水位为准, 分别从河床基岩面和帷幕所在部位基岩面算起; 1m水头 ≈ 0.01 MPa; 1.5 H 大于2MPa时采用2MPa
		—	< 1	0.3MPa	0.1, 0.2, 0.3, 0.2, 0.1 (MPa)	
		—	< 0.3	灌浆压力	—	
	质量检查孔	< 70	—	H_0 或1.5 H_0 (m)	单点法压水试验压力的0.3, 0.6, 1.0, 0.6, 0.3倍	
		70~100	—	1MPa		
		> 100	—	MPa或1.5 H (m)		
基岩固结灌浆和水工隧洞围岩固结灌浆	灌浆孔和质量检查孔		1~3	1MPa		灌浆压力大于3MPa时, 压水试验压力由设计按地质条件和工程需要确定
			≤ 1	灌浆压力的80%		

C4 单点法压水试验成果计算和表示的方法

压水试验成果以透水率 q 表示, 单位为吕容(Lu)。定义为: 压水压力为1MPa时, 每米试段长度每分钟注入水量1L时, 称为1Lu。若压水压力小于1MPa时, 按直线延伸方式换算。

压水试验成果按公式(C4)计算

$$q = \frac{Q}{PL}$$

(C4)

式中 q ——透水率, Lu;
 Q ——压入流量, L/min;
 P ——作用于试段内的全压力, MPa.;
 L ——试段长度, m。

C5 五点法压水试验成果计算和表示的方法

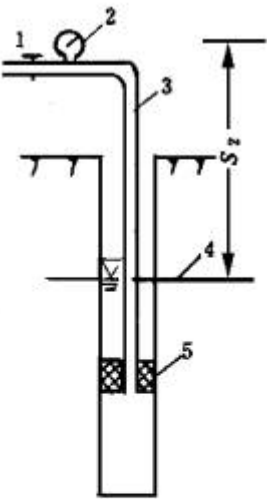
以压水试验三级压力中的最大压力值(P)及其相应的压入流量(Q)代入公式(C4), 即可求出透水率值(Lu)。

根据五个阶段的压水试验资料绘制 $P \sim Q$ 曲线, 而后参照表C5确定 $P \sim Q$ 曲线类型。

压水试验的成果用透水率和 $P \sim Q$ 曲线的类型表示。例如, 2.3(A)、8.5(D)等, 2.3和8.5为试段的透水率值(Lu); (A)和(D)表示该试段 $P \sim Q$ 曲线为A(层流)型和D(冲蚀)型。

C6 坝基岩石压水试验全压力的组成和计算

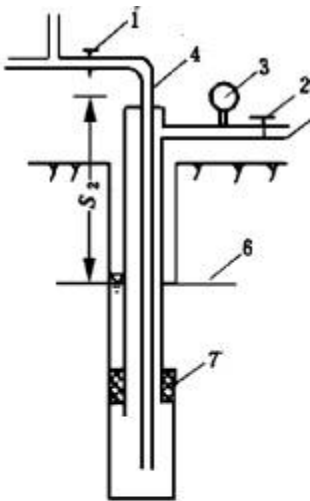
C6.1 压力表安设在孑L口处的进水管上, 如图C6.1所示。



安设压力表示意图
1—进水阀门; 2—压力表;
3—进水管; 4—地下水位;
5—橡胶塞
图 C6.1 进水管上

$$S=S1+S2-S3$$

C6.2 压力表安设在孑L口处的回水管上, 如图C6.2所示。



安设压力表示意图

1—进水阀门; 2—回水阀门; 3—压力表; 4—进水管; 5—回水管; 6—地下水位; 7—橡胶塞

图 C6.2 回水管上

$$S=S_1+S_2+S_f'$$

式中 S ——作用于试段内的实际压水压力, MPa;

S_1 ——压力表指示压力, MPa;

S_2 ——压力表中心至压力起算零线的水柱压力, MPa;

S_f 、 S_f' ——压力损失, MPa。

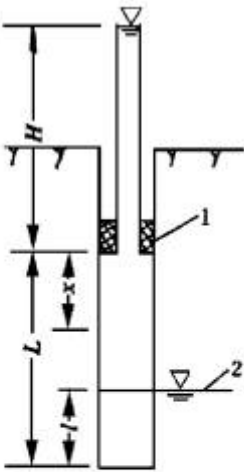
一般情况下, S_f 、 S_f' 均可略而不计。所以, 在两种情况下, 均以 $S=S_1+S_2$ 式计算。

C6.3 压力起算零线的确定方法如下:

当地下水位在试段以上时, 压力起算零线为地下水位线;

当地下水位在试段以下时, 压力起算零线为通过试段中点的水平线;

当地下水位在试段以内时, 压力起算零线为通过地下水位以上试段中点的水平线, 即图C6.3中 $x=(L-l)/2$ 。



在试验段内示意图
H—橡胶塞底以上的水柱高; 1—橡胶塞; 2—地下水位

图 C6.3 地下水位

C7 三级压力五个阶段压水试验的P~Q曲线类型及曲线特点

三级压力五个阶段压水试验的P—Q曲线类型及曲线特点, 见表C7。

表C7 三级压力五个阶段压水试验的P—Q曲线类型及曲线特点表

类型名称	A(层流)型	B(紊流)型	C(扩张)型	D(冲蚀)型	E(充填)型
P~Q 曲线					
曲线特点	升压曲线为通过原点的直线, 降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 Q 轴, 降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 P 轴, 降压曲线与升压曲线基本重合	升压曲线凸向 P 轴, 降压曲线与升压曲线不重合, 呈顺时针环状	升压曲线凸向 Q 轴, 降压曲线与升压曲线不重合, 呈逆时针环状

附录D 普通模板及支架的计算荷载

D1 计算模板和支架荷载

在计算模板和支架时，可采用下列荷载数值：

- D1.1 模板及支架的自重，根据设计图纸确定。木材容重：针叶类按6kN/m³计，其中落叶松按8kN/m³计；阔叶类按8kN/m³计。
- D1.2 钢筋自重，按设计图纸确定。一般板梁结构每立方米钢筋混凝土可取：

板 1.1kN/m³；
梁 1.5kN/m³。
- D1.3 新浇混凝土的自重：按24kN/m³计算。
- D1.4 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2.5kN/m²，另应以集中荷载2.5kN再进行验算，比较两者所得的弯矩值取其大者采用；计算直接支承小楞结构构件时，均布活荷载取1.5kN/m²；计算支架立柱及其他支承结构构件时，均布活荷载取1.0kN/m²。
- D1.5 振捣混凝土时产生的水平、垂直荷载均取1.0kN/m²。
- D1.6 新浇筑混凝土对模板的侧压力：

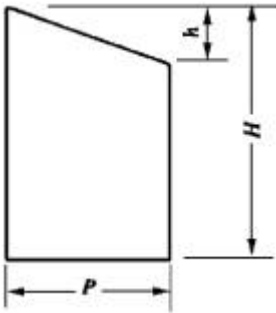
采用插入式振捣器时，混凝土对模板的侧压力可按下式计算：

$$P=8+24Kv^{1/2}$$

(D1.6)

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D1.6采用；
 v ——混凝土浇筑速度，m/h。

侧压力的计算分布图形如图D1.6所示。



图D1.6

图中： h —— $h=P/r$ ；
 H ——流态混凝土浇筑层厚度，m。

式中 r ——混凝土容重，取24kN/m³。

表D1.6 温度校正系数

温度(℃)	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，在一般情况下(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。

D1.7 倾倒混凝土所产生的水平动力荷载可按表D1.7采用。

表D1.7 水平动力荷载值

单位: kN/m^2

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

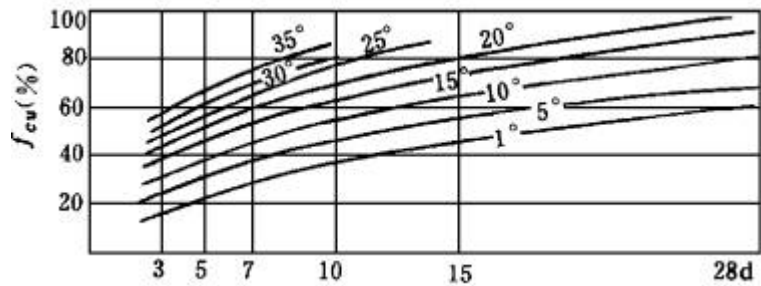
D1.8 风荷载, 按现行GBJ9—87《建筑结构荷载规范》确定。

附录E 水泥砂浆、混凝土抗压强度达到 2.5MPa 的参考时间

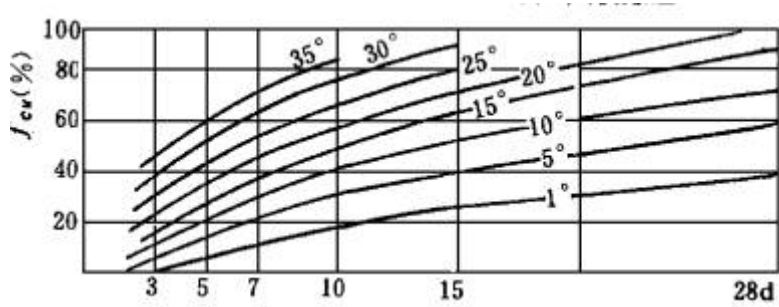
单位:d

水泥品种	砂浆或混凝土强度标准值(MPa)	砂浆或混凝土硬化时平均气温($^{\circ}\text{C}$)							
		1	5	10	15	20	25	30	35
硅酸盐水泥	20	4.0	3.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
	15	4.5	3.5	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	10	8.0	6.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	7.5	10.0	8.0	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
	5	20.0	13.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.5	2.5
矿渣或火山灰水泥	20	6.5	4.5	3.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
	15	8.0	6.0	4.5	3.6	2.5	2.0	1.5	1.0
	10	12.0	7.5	6.0	4.5	3.5	2.5	2.0	1.5
	7.5	15.0	12.0	9.0	6.0	4.5	3.5	3.0	2.0
	5	26.0	20.0	15.0	10.0	8.0	6.5	5.0	3.5

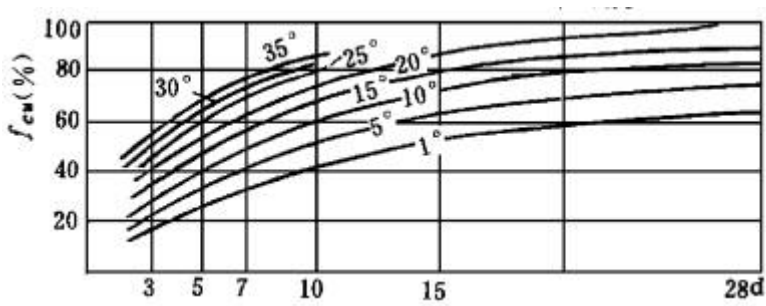
附录F 温度、龄期对混凝土强度曲线



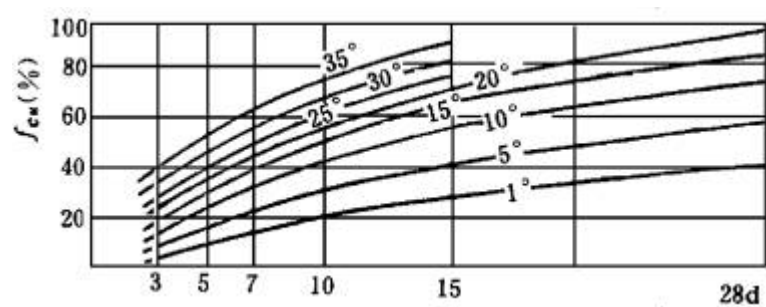
图F1 用325号普通水泥拌制的混凝土



图F2 用325号矿渣水泥拌制的混凝土



图F3 用425号普通水泥拌制的混凝土



图F4 用425号矿渣水泥拌制的混凝土

注: f_{cu} 为混凝土强度

附录G 热轧钢筋的力学性能

表面形状	钢筋级别	强度等级代号	牌号	公称直径 (mm)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_s (%)
					不小于		
光圆	I	R ₂₃₅	Q ₂₃₅	8~20	235	370	25
月牙肋	II	RL ₂₃₅	20MnSi 20MnNb(b)	$\frac{8\sim25}{28\sim40}$	335	$\frac{510}{490}$	16

续表

表面形状	钢筋级别	强度等级代号	牌号	公称直径 (mm)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ_s (%)
					不小于		
月牙肋	III	RL ₄₀₀	20MnSiV 20MnTi 25MnSi	$\frac{8\sim25}{28\sim40}$	400	570	14
等高肋	IV	RL ₅₄₀	40Si ₂ MnV 45SiMnV 45Si ₂ MnTi	$\frac{10\sim25}{28\sim32}$	540	835	10

注： d 为弯芯直径， a 为钢筋公称直径。

附录H 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

H1 平均强度 m_{fcu}

平均强度 m_{fcu} ——总体强度的特征值，指同一标号的混凝土 n 组试件抗压强度的算术平均值：

$$m_{fcu} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n}$$

(H1)

式中 m_{fcu} —— n 组试件强度的平均值，MPa；

$f_{cu, i}$ ——每组试件的平均抗压强度值，MPa；

n ——试件的组数。

H2 标准差 S_{fcu}

标准差 S_{fcu} 公式：

$$S_{f_{cu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm^2 f_{cu}}{n-1}} \text{ (MPa)} \quad (H2)$$

式中 $f_{cu, i}$ ——第*i*组的试件强度值, MPa;

$S_{f_{cu}}$ ——*n*组强度标准差, MPa。

当统计 $f_{cu, k} \geq C20$ 的 $S_{f_{cu}}$ 小于2.0MPa时, 应取 $S_{f_{cu}}=2.0\text{MPa}$; 又当统计 $f_{cu, k} < C20$ 的 $S_{f_{cu}}$ 小于1.5MPa时, 应取 $S_{f_{cu}}=1.5\text{MPa}$ 。

H3 强度保证率*P*

(1)计算强度保证率系数*t*

$$t = \frac{m_{f_{cu}} - f_{cu,k}}{S_{f_{cu}}} \quad (H3)$$

(2)由*t*查表H3, 得出*P*。

表H3 保证率和保证率系数的关系

保证率系数 <i>t</i>	0.60	0.70	0.80	0.842	0.95	1.04	1.282	1.50	1.645	2.0	3.0
保证率 <i>P</i> (%)	73	76	79	80	83	85	90	93.3	95	97.5	99.9

附录 I 几种石料的物理力学试验成果表

石料类别	干密度 (t/m^3)	膨胀系数 ($10^{-6}/^{\circ}C$)	极限强度(MPa)				弹性模量 (10^9Pa)	备注
			干抗压	湿抗压	抗拉	抗弯		
砂岩	2.1~2.4	9.02~11.2	45~100	40~60	1~3	4~8	4~12	主要参照四川红色砂岩试验资料
石灰岩	2.6~2.8	6.75~6.77	110~150	80~140	4~6	13~28	50~70	主要参照河南、湖南试验资料
花岗岩	2.5~2.7	5.6~7.34	90~160	70~150	4~8	10~22	30~60	主要参照湖南、广西、山东试验资料
石英								

大理 石	2.7~2.8	6.5~10.12	100~ 120	80~ 100	4.5~6	6~16	20~30	主要参照陕西试 验资料
---------	---------	-----------	-------------	------------	-------	------	-------	----------------

附录J 砌石用混凝土配合比参考表

水泥品种与 标号	混凝土 强度 等级	砂 子 粒 度	水灰 比	坍落 度 (cm)	砂率 (%)	每立方米材料用量(kg)				
						水	水泥	砂	卵石(mm)	
									5~20	20~40
普通硅酸盐 水泥 或矿渣水泥 #325	C10	粗	0.73	6~8	43	182	249	827	1096	
		中			40	186	255	763	1145	
		细			37	192	263	697	1187	
	C10	粗	0.73	6~8	38	162	222	760	558	682
		中			35	165	226	696	581	711
		细			32	170	236	630	603	736
	C15	粗	0.59	6~8	41	182	308	767	1104	
		中			38	186	315	705	1150	
		细			35	192	825	641	1190	
	C15	粗	0.59	6~8	36	162	275	708	563	687
		中			33	165	280	642	585	715
		细			30	170	288	576	605	739
普通硅酸盐 水泥 或矿渣水泥 #425	C10	粗	0.83	6~8	44	182	219	858	1092	
		中			41	186	224	793	1142	
		细			38	192	231	727	1186	
	C10	粗	0.83	6~8	39	162	195	789	5H	679
		中			36	165	199	724	580	708
		细			33	170	205	658	610	735
	C15	粗	0.69	6~8	42	182	264	802	1108	
		中			39	186	270	739	1156	
		细			36	192	278	674	1198	
	C215	粗	0.69	6~8	37	162	235	736	564	689
		中			34	165	239	672	587	718
		细			31	170	246	607	608	743

注: ①坍落度在本表范围外增减1cm, 1m³混凝土用水量需增减1%;

②卵石改用碎石时, 表中水灰比应乘以1.03~1.05, 砂率增加3%~5%, 1m³混凝土用水量增加10~15kg;

③若用火山灰质硅酸盐水泥时, 1m³混凝土用水量需增加10~20kg。

附录K 水泥砂浆配合比参考表

水泥品种与标号	砂浆强 度等级	砂子 粒度	水灰 比	稠度 (cm)	水泥: 砂 (重量)	每立方米材料用量(kg)		
						水	水泥	砂

					比)			
普通硅酸盐水泥 或矿渣水泥 ^{#325}	M5	粗 中 细	1.04	4~6	1 : 6.3 1 : 5.8 1 : 5.1	275 290 313	264 279 301	1663 1618 1535
	M7.5	粗 中 细	0.89	4~6	1 : 5.3 1 : 4.8 1 : 4.3	274 391 311	308 327 349	1632 1570 1501
	M10	粗 中 细	0.78	4~6	1 : 4.5 1 : 4.1 1 : 3.7	275 291 308	353 373 395	1589 1529 1462
	M12.5	粗 中 细	0.70	4~6	1 : 4.0 1 : 3.6 1 : 3.3	274 290 307	391 415 439	1560 1494 1427
普通硅酸盐水泥 或矿渣水泥 ^{#425}	M5	粗 中 细	1.13	4~6	1 : 6.9 1 : 6.4 1 : 5.6	276 289 313	244 256 277	1684 1638 1551
	M7.5	粗 中 细	0.99	4~6	1 : 6.0 1 : 5.5 1 : 4.8	273 289 314	276 292 317	1656 1606 1522
	M10	粗 中 细	0.89	4~6	1 : 5.3 1 : 4.8 1 : 4.3	274 291 311	308 327 349	1632 1570 1501
	M12.5	粗 中 细	0.80	4~6	1 : 4.7 1 : 4.3 1 : 3.8	274 290 310	342 362 387	1600 1538 1467

注: 稠度在本表范围外增减1cm, 1m³砂浆用水量需增减8kg左右。

附录L 水泥混合砂浆及石灰砂浆的配合比参考表

表L1 水泥石灰(或粘土)砂浆配合比

砂浆种类	水泥标号 (硬练)	砂浆强度等级			
		M10	M7.5	M5	M2.5
		砂浆配合比: 水泥: 石灰(或粘土): 砂(体积比)			
水泥石灰砂浆 或 水泥粘土砂浆	600	1 : 0.4 : 4.5	1 : 0.7 : 6	1 : 0.7 : 8	
	500	1 : 0.3 : 4.0	1 : 0.5 : 5	1 : 0.7 : 7	
	400	1 : 0.2 : 3.0	1 : 0.3 : 4	1 : 0.7 : 6	1 : 0.7 : 8
	300		1 : 0.2 : 3	1 : 0.4 : 5	1 : 0.7 : 8

注: 水泥容重按1100kg/m³计算。

表L2 石灰砂浆配合比

强度(MPh)	石灰:砂
0.5~1.0	1:2~3

附录M 水利水电地下工程围岩工程地质分类表

类别	名称	围岩主要工程特征		地下水活动状态	开挖面毛洞围岩稳定状况	山岩压力计算理论	临时支护措施(建议)
		岩体状况	结构面特征				
I	稳定	岩石新鲜完整, 受地质构造影响轻微, 节理裂隙不发育或稍发育, 多系闭合且延伸不长, 无或偶有软弱结构面, 宽度一般不小于0.1m; 岩体呈块状整体结构或块状砌体结构	结构面无不稳定组合; 断层走向与洞线近正交	洞壁干燥, 或只有轻微潮湿现象, 沿个别节理裂隙有微弱渗水	成形好, 无坍塌掉块现象	不计山岩士压力	一般可不支护
II	基本稳定	岩石新鲜或微风化, 受地质构造影响一般, 节理裂隙稍有发育或发育, 有少量软弱结构面, 宽度小于0.5m; 层间结合差; 岩体呈块状砌体结构或层状砌体结构	结构面组合基本稳定, 仅局部有不稳定组合, 断层等软弱结构面走向与洞线斜交或正交	洞壁潮湿, 沿一些节理裂隙或软弱结构面有渗水滴水	开挖中局部有掉块落石现象, 局部成形差, 长时间暴露, 局部有小坍塌	须考虑部分落石荷载, 可采用极限平衡理论, 或结构面分析法进行计算	局部支护
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1m; 岩体呈碎石状镶嵌结构	结构面组合不利于围岩稳定者较多 断层主要软弱结构面走向与洞线斜交或近平行	地下水活动显著, 沿节理裂隙或断层带有渗水、滴水或呈线状涌水	成形稍差, 无支撑时产生小规模坍塌, 高边墙侧壁有时局部失稳	结合地质分析, 采用极限平衡理论或散体理论计算	一般需要支护
IV	稳定性	同第III类岩体状态, 但软弱结构面分布较多, 宽度小于2m, 节理裂隙局部极发育; 岩体呈碎石状镶嵌结构	结构面组合不利于围岩稳定; 断层等软弱结	地下水活动显著, 沿节理裂隙或断层带有渗	成形差, 顶拱一般因坍塌而超挖, 无支撑时可产生较大	采用散体理论	需支护

	差	构, 局部呈碎石状压碎结构	构面走向与洞线近平行	水、滴水或呈线状涌水	坍塌, 边墙有失稳现象		
V	不稳定	1.石质围岩: 岩石强风化或全风化, 受地质构造影响严重, 节理裂隙极发育, 断层破碎带宽大于2m, 以断层泥、糜棱岩、角砾岩为主, 裂隙中多充泥; 岩体呈角砾、泥砂、岩屑状散体结构; 2. 松散土层、砂层、滑坡堆积层及一般碎、卵、砾石土等; 3. 挤压强烈的大断层带, 裂隙杂乱, 呈土夹石或石夹土状	结构面呈零乱状不稳定组合; 断层等主要软弱结构面走向与洞线近平行	地下水活动强烈, 有较大涌水量, 常引起不断坍塌	成形很差, 围岩极易坍塌, 甚至出现地表下沉或冒顶	采用散体理论	加强支护

附录N 隧洞开挖光面爆破和预裂爆破参数

表N1 光面爆破参数

岩石类别	周边孔间距 E (cm)	周边孔抵抗线 W (cm)	线装药密度 g (g/m)
硬岩	55~65	60~80	300~350
中硬岩	45~60	60~75	200~300
软岩	35~45	45~55	70~120

注: 上表适用范围: 炮孔直径为40~50mm, 药卷直径为20~25mm。

表N2 浅孔预裂爆破参数(孔深4m以内)

岩石类别	周边孔间距 (cm)	崩落孔至预裂面距离 (cm)	线装药密度 (g/m)
硬岩	40~50	40	350~400
中硬岩	40~45	40	200~250

软岩	35~40	35	70~120
----	-------	----	--------

注： 上表适用范围：炮孔直径为40~50mm，药卷直径为20~25mm。

附录P 隧洞喷锚支护

P1 喷锚支护类型

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。

P2 锚杆材料及类型选择

- (1)杆体材料宜选用20锰硅钢或5号钢。
- (2)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。

P3 锚杆参数及布置

P3.1 锚杆参数应根据施工条件，通过工程类比或试验确定。一般可参照下列规定选取：

- (1)系统锚杆，锚入深度为1.5~3.5m，其间距为锚入深度的1/2，但不得大于1.5m。单根锚杆锚固力不低于50kN。局部布置的锚杆，须锚入稳定岩体，其深度和间距，根据实际情况而定。
- (2)大于5m的深孔锚杆和预应力锚索，应结合永久支护做出专门设计。
- (3)锚杆直径一般为16~25mm。

P3.2 锚杆布置应与岩体主要结构面成较大的角度。当结构面不明显时，可与周边轮廓线垂直。

P3.3 为防止掉块，锚杆间可用钢筋、型钢或金属网联结，其网格尺寸宜为5cm×(5~8)cm×8cm。

P4 敷设金属网(或钢筋网)时应遵守下列规定

P4.1 金属网应随岩面敷设，其间隙不小于3cm。

P4.2 喷混凝土的金属网格尺寸宜为20cm×(20~30)cm×300cm，钢筋直径宜为4~10mm。

P4.3 金属网与锚杆联结应牢固。

P5 锚杆的检查

P5.1 楔缝式锚杆安装后24h应再次紧固，并定期检查其工作状态。

P5.2 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须另做一组)检查，抽样率不得小于1%，其平均值不得低于设计值，任意一组试件的平均值不得低于设计值的90%。

P5.3 施工中，应对其孔位、孔向、孔径、孔深、洗孔质量、浆液性能及灌入密实度等分项进行检查。

P6 砂浆锚杆的安设应符合下列要求

P6.1 砂浆。

- (1)砂子宜用中细砂，最大粒径不大于3mm。
- (2)水泥宜选用标号大于325号的普通硅酸盐水泥。
- (3)水泥和砂之重量比宜为1：1~1：2，水灰比宜为0.38~0.45。

P6.2 安设工艺。

- (1)钻孔布置应符合设计要求, 孔位误差不大于20cm, 孔深误差不大于5cm。
- (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。

P7 喷混凝土的材料及性能应符合下列要求

P7.1 混凝土强度等级不低于C20。

P7.2 宜选用不低于425号的普通硅酸盐水泥。

P7.3 选用中、粗砂, 小石粒径为5~15mm。骨料的其他要求, 应按6.3.2~6.3.3有关规定执行。

P7.4 速凝剂初凝时间不大于5min, 终凝时间不大于10min。

P7.5 配合比可按下列经验数值确定:

- (1)水泥和砂石之重量比宜为1:4~1:4.5。
- (2)砂率为45%~55%。
- (3)水灰比为0.4~0.5。
- (4)速凝剂掺量为水泥用量的2%~4%。

P8 喷射混凝土的工艺要求

P8.1 喷射前, 应将岩面冲洗干净, 软弱破碎岩石应将表面清扫干净。

P8.2 喷射作业, 应分区段进行, 长度一般不超过6m。喷射顺序应自下而上。

P8.3 后一次喷射, 应在前一次混凝土终凝后进行。若终凝后1h以上再次喷射, 应用风水清洗混凝土表面。

P8.4 一次喷射厚度: 边墙4~6cm, 拱部2~4cm。

P8.5 喷射2~4h后, 应洒水养护, 一般养护7~14d。

P8.6 混凝土喷射后至下一循环放炮的时间, 应通过试验确定, 一般不小于4h。放炮后应对混凝土进行检查, 如出现裂纹, 应调整放炮间隔时间或爆破参数。

P8.7 正常情况下的回弹量, 拱部为20%~30%; 边墙为10%~20%。

注: 80年代在四川渔子溪二级电站引水隧洞的喷锚衬砌中, 采用水泥裹沙法、双裹并列法和潮料掺浆法喷射混凝土的新工艺, 具有明显降尘、减弹效果, 生产效率高、施工质量稳定等显著优点。

P9 喷混凝土的质量标准, 应按下列要求控制

P9.1 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。

P9.2 强度。

- (1)每喷50m³混凝土, 应取一组试件。当材料或配合比改变时, 应增取一组。每组三个试块, 取样要均匀。
- (2)平均抗压强度不低于设计的强度标准值, 任意一组试件的平均值不得低于设计的强度标准值的85%。
- (3)宜采用切割法取样。
- (4)喷射厚度应满足设计要求。

附录Q 隧洞构架支撑

Q1 构架支撑

构架支撑应符合设计规定。架设时, 应满足下列要求:

- (1)支撑应有足够的整体性, 接头要牢固可靠, 各排之间应用剪刀撑、水平撑及拉条连接。
- (2)每排支撑应保持在同一平面上, 在平洞中应与洞轴线相垂直。
- (3)支撑柱基应放在平整的岩面上。在斜井中架设支撑时, 应挖出柱脚平台或加设垫梁。
- (4)支撑和围岩之间应用板、楔等背材塞紧。
- (5)支撑应定期检查, 发现杆件破裂、倾斜、扭曲、变形及其他异常征状时, 应立即加固。
- (6)预计难以拆除的支撑, 宜采用钢支撑, 其位置应在衬砌断面以外, 需侵占衬砌断面时, 应与设计商定。
- (7)支撑拆除时, 应采取可靠的安全措施。
- (8)采用棚架漏斗出碴时, 下导洞支撑应按棚架需要的高度和间距一次架好, 且横梁端部应与岩壁顶紧。

Q2 斜井支撑

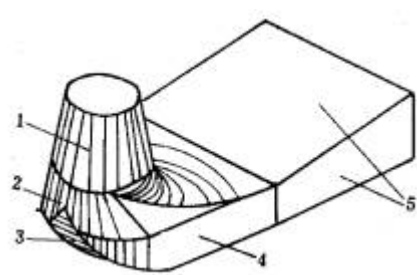
斜井支撑除满足Q1有关的要求外, 尚须遵守下列规定:

- (1)应加设纵梁或斜撑防止其下滑。
- (2)在倾角大于30℃的斜井中, 支撑杆件连接宜用夹板, 倾角大于45° 时, 支撑应采用框架结构。
- (3)当斜井倾角大于底板岩层的稳定坡角时, 底板应加设底梁。
- (4)柱腿与基岩应结合稳固。

附录R 尾水管模板数解法放样

R1 组成

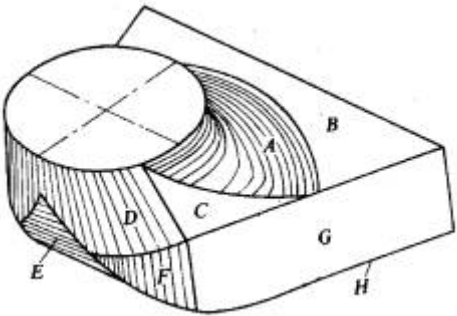
肘形尾水管由正圆锥管、弯管段(包括上弯段、下弯段上游部分和下游部分)、水平扩散段三大部分组成, 见图R1—1。



1—正圆锥管; 2—上弯段; 3—下弯段上游部分; 4—下弯段下游部分; 5—水平扩散段
图R1-1肘形尾水管示意图

正圆锥管和水平扩散段结构简单。数解法主要用于弯管段模板放样。

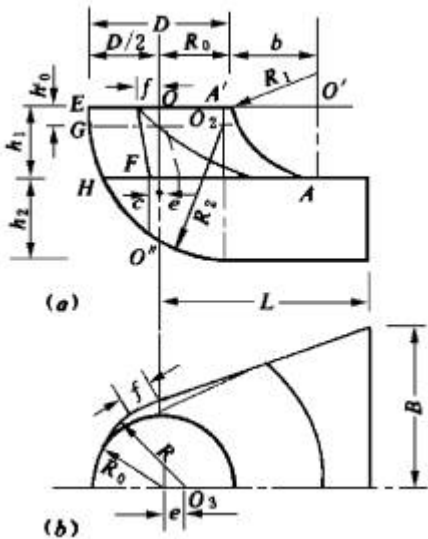
弯管段结构复杂, 由圆环面、水平面(平台)、斜平面、斜圆锥面、水平圆柱面(或称正垂圆柱面)、垂直圆柱面、垂直面及水平面(底板)所组成。见图R1—2。



A—圆环面；B—水平面(平台)；C—斜平面；D—斜圆锥面；E—水平圆柱面；F—垂直圆柱面；G—垂直面；H—水平面(底板)
R2求解的基本尺寸

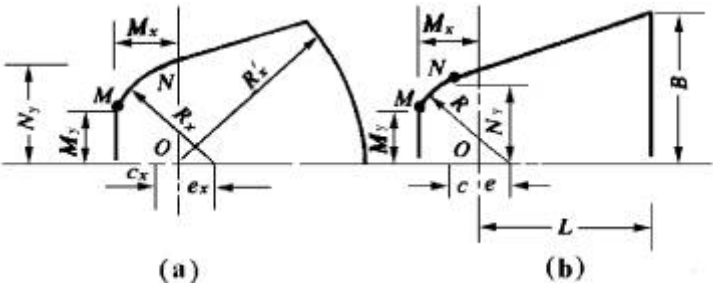
R2 求解的基本尺寸

水轮机制造厂家提供尾水管的主要参数，见图R2—1。



图R2—1

根据这些参数计算尾水管施工放样或制作钢筋所需的剖面尺寸，并绘制成单线图，见图R2—2。



(a)上弯段；(b)下弯段

图R2—2

R3 求解的基本尺寸

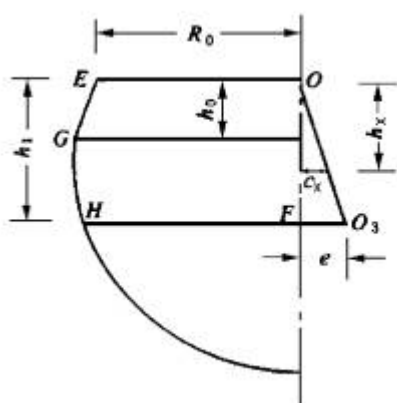
水轮机制造厂家提供尾水管的主要参数, 见图R2—1。

根据这些参数计算尾水管施工放样或制作钢筋所需的剖面尺寸, 并绘制成单线图, 见图R2—2。

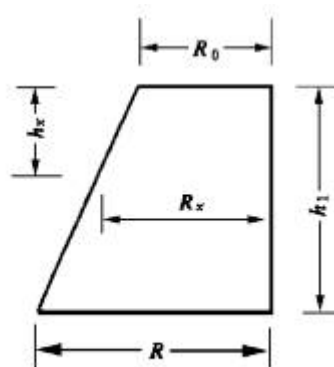
R3 计算公式

R3.1 斜椭圆锥面。

斜椭圆锥面是以斜圆锥体的中心轴 OO_3 为圆心, 以 R_x 为半径的水平圆弧组合而成, 见图R3.1—1; R_x 在 $R_0 \sim R$ 间呈线性变化, 见图R3.1—2。



图R3.1-1



图R3.1-2

(1) 圆心距 e_x : 各剖面之圆心距在 $o \sim e$ 值之间线性变化。

$$e_x = \frac{eh_x}{h_1} \quad (R3.1-1)$$

式中 e ——斜圆锥体中心与尾水管纵轴之偏距;

h_1 ——弯段尾管上半部高度;

h_x ——所求任一剖面高度。

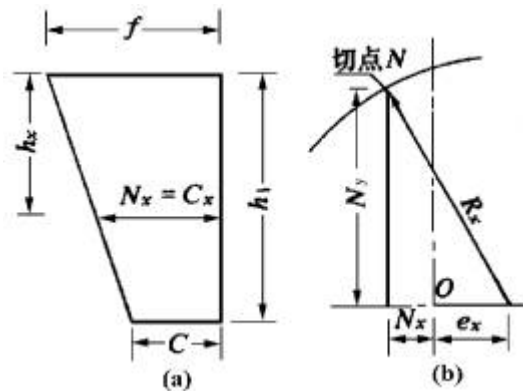
(2) 半径 R_x : 斜圆锥体系由上口半径 R_0 线性递增至下口半径 R 见图R3.1—2, 故所求任一剖面半径 R_x 为:

$$R_x = R_0 + h_x(R - R_0)/h_1 \quad (R3.1-2)$$

(3) 切点坐标: 圆锥面与斜平面相切, 切线交点在 $c \sim f$ 值之间线性变化, 见图R3.1—3。切点坐标 N 为:

$$N_x = c_x = f - (f - c)h_x/h_1 \quad (R3.1-3)$$

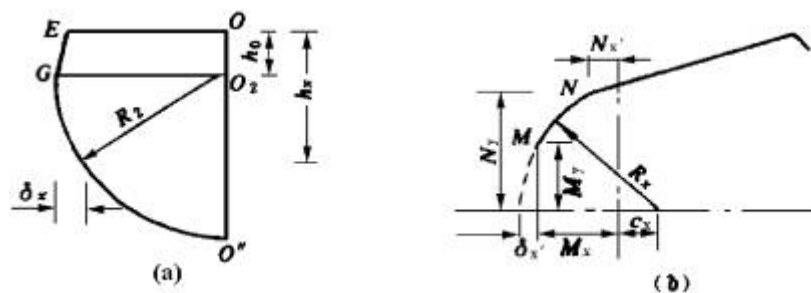
$$N_y = \sqrt{R_x^2 - (e_x + c_x)^2} \quad (\text{R3.1—4})$$



图R3.1—3

R3.2 水平圆柱面。

水平圆柱面系以 O_2 为圆心以 R_2 为半径的圆柱面(图R3.2)。



图R3.2

水平圆柱面与斜圆锥面相交, 其交点 M 的坐标:
因为

$$\delta_x = R_2 - \sqrt{R_2^2 - (h_x - h_0)^2}$$

所以

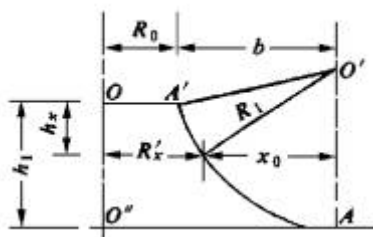
$$M_x = R_x - e_x - R_2 + \sqrt{R_2^2 - (h_x - h_0)^2} \quad (\text{R3.21—1})$$

$$M_y = \left[R_x^2 - \left(R_x - R_2 + \sqrt{R_2^2 - (h_x - h_0)^2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{R3.2—2})$$

式中 h_0 系水平圆柱面圆心 O_2 至斜面圆锥体上口的高度。

R3.3 圆环面。

圆环面系以 O' 为圆心, 以 R_1 为半径的圆弧 AA' , 绕纵轴 $O-O''$ 旋转而成的曲面(图R3.3—1)。



图R3.3—1

因为

$$x_0 = \sqrt{R_1^2 - [R_1 - (h_1 - h_x)]^2}$$

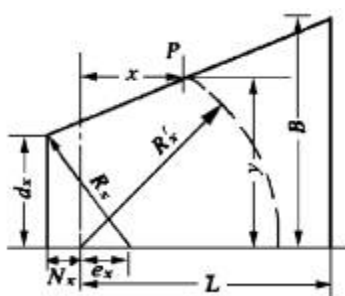
所以

$$R'_x = R_0 + b - \sqrt{R_1^2 - (R_1 - h_1 + h_x)^2} \quad (\text{R3.3—1})$$

(1)任一剖面半径的 R'_x :

(2)圆心在 $O-O''$ 纵轴上。

(3)与斜平面交点坐标: 因斜平面系与斜圆锥面相切而与圆环面相交, 所以可利用圆环面圆方程与斜平面线性方程联立求解其交点户之坐标(图R3.3—2)。



图R3.3—2

直线方程: $Y = K(X - L) + B$ (R3.3—2)

式中直线斜率: $K = (B_1 - d_x) / (N_x + L)$

而

$$d_x = \sqrt{R_x^2 - (e_x + N_x)^2}$$

圆方程:

$$x^2 + y^2 = R_x'^2 \quad (\text{R3.3—3})$$

注: 由于下弯段下游部分不一定对称, 对于不对称结构应分别用不同的 B 值进行计算。

R3.4 垂直圆柱面。

垂直圆柱面是以 O_3 为圆心 R 为半径的圆柱面, 见图R2—1(b)。

(1)与水平圆柱面的交点 M 的坐标: 参考图R3.2, $R_x=R$, $e_x=e$, 代入公式(R3.2—1)、(R3.2—2)可求得:

$$M_x = R - e - R_2 + \sqrt{R_2^2 - (h_x - h_0)^2} \quad (\text{R3.4—1})$$

$$M_y = \left[R^2 - \left(R - R_2 + \sqrt{R_2^2 - (h_x - h_0)^2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{R^2 - (M_x + e)^2} \quad (\text{R3.4—2})$$

(2)与垂直面之切点 N 的坐标[参见图R2—2(b)]:

$$N_x = C \quad (\text{R3.4—3})$$

$$N_y = \sqrt{R^2 - (c + e)^2} \quad (\text{R3.4—4})$$

附录S 水轮发电机组交接验收应提供的技术资料

S1 竣工图及资料

- (1)水轮发电机组(包括调速系统和励磁系统)安装竣工图。
- (2)风、水、油系统及辅助设备安装竣工图。
- (3)随设备到货的出厂记录、证明书、技术说明书等。
- (4)设计修改文件。
- (5)主要设备缺陷处理一览表及有关设备缺陷处理的会议文

S2 水轮机部分安装及测验记录

- (1)吸出管里衬安装记录。
- (2)座环蜗壳安装记录。
- (3)接力器安装记录。
- (4)转轮上下止漏环圆度记录。

- (5)固定止漏环安装圆度及中心记录。
- (6)导叶上下端部及立面间隙记录。
- (7)水轮机各部止漏环间隙记录。
- (8)水导轴承安装间隙记录。
- (9)转轮室安装记录。
- (10)转轮与转轮室间隙记录。
- (11)冲击式水轮机机壳安装记录。
- (12)冲击式水轮机喷嘴安装记录。
- (13)斜流式水轮机转轮与转轮室间隙记录。

S3 调速系统部分安装试验记录

- (1)导叶接力器耐压试验记录。
- (2)导叶接力器压紧行程记录。
- (3)压油罐耐压试验记录。
- (4)导叶紧急关闭时间记录。
- (5)事故配压阀试验记录。
- (6)导水机构最低动作油压记录。
- (7)导叶开度与接力器行程关系曲线。
- (8)压油装置试运行记录。
- (9)频率与输出电压、电流关系曲线。
- (10)调速系统静特性。
- (11)调速器开度与喷针行程关系曲线。
- (12)喷针行程与折向器开口关系记录。
- (13)喷针、折向器全开关时间记录。

S4 发电机部分安装试验记录

- (1)机架安装记录。
- (2)定子组装记录。
- (3)转子组装记录。
- (4)推力轴瓦装配间隙记录。
- (5)机组轴线调整记录。
- (6)各部空气间隙记录。
- (7)导轴瓦间隙记录。
- (8)制动器耐压试验记录。
- (9)制动器安装高程记录。
- (10)轴承绝缘电阻测量记录。
- (11)冷却器耐压试验记录。
- (12)卧式机组轴承安装记录。
- (13)永磁机安装记录。

S5 蝶阀、球阀安装试验记录

- (1)阀体安装记录。
- (2)橡胶水封耐压试验记录。

- (3)止水装置间隙记录。
- (4)旁通阀水压试验记录。
- (5)接力器行程、安装记录。
- (6)无水及静水下操作试验记录。
- (7)伸缩节焊缝检查记录。

S6 其他安装试验记录

- (1)油质化验记录。
- (2)风、水、油系统试验记录。

S7 机组电气部分试验记录

S 8试运转部分试验记录

附录T 计量名称、单位、名称、单位符号及换算

序	量的名称	单位名称	单位符号	换算及说明
1	长度	千米(公里)	km	1km=1000m
		百米	hm	
		米	m	1m=10dm=100cm
		分米	dm	
		厘米	cm	1cm=10mm
		毫米	mm	
		微米	μm	1μm=1/1000mm
2	面积	平方米	m ²	
		平方厘米	cm	
		平方毫米	mm ²	
3	体积	立方米	m ³	1m ³ =1000L
		升	L, (l)	1L=1000ml
		毫升	ml, mL	1L=1dm ³
4	质量	吨	t	1t=1000kg
		千克(公斤)	kg	1kg=1000g
		克	g	1g=1000mg
		毫克	mg	
5	密度	吨每立方米	t/m ³	单位体积内物质的质量
		千克每立方米	kg/m ³	
		克每立方厘米	g/cm ³	
6	力 重力	兆牛[顿]	MN	1kgf=9.80665N≈10N
		千牛[顿]	kN	1tf=9.80665kN≈10kN
		牛[顿]	N	

7	压力 压强	帕[斯卡]	pa	$1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$
		兆帕[斯卡]	MPa	$M=10^6$, $1\text{kgf/cm}^2\approx 0.1\text{MPa}$
		牛[顿]每平方米	N/cm^2	
		牛[顿]每平方毫米	N/mm^2	$1\text{N/mm}^2=\text{MPa}$
8	时间	日(天)	d	
		[小]时	h	$1\text{h}=60\text{min}$
		分	mm	$1\text{min}=60\text{s}$
		秒	S	

续表

9	温度	摄氏温度	$^{\circ}\text{C}$	
10	平面角 (角度)	度	$^{\circ}$	$1\text{rad}=57.2958^{\circ}$
		[角]分		$1^{\circ}=60'=(\pi/180)\text{rad}(\pi\text{为圆周率})$
		[角]秒		$1'=60''=(\pi/10800)\text{rad}$
		弧度	rad	
11	速度	米每秒	m/s	
		米每[小]时	m/h	
12	装机容量 (功率)	千瓦[特]	kW	
		万千瓦[特]	万kW	$1\text{万kW}=10\text{MW}$
		兆瓦[特]	MW	$1\text{MW}=1000\text{kW}$
13	旋转速度	转每分	r/min	

附录U 本规范用词说明

U1.1 为便于在执行本规范条文时区别对待, 对要求严格程度不同的用词说明如下:

U1.0.1 表示很严格、非这样作不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

U1.0.2 表示严格, 在正常情况下均应这样作的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

U1.0.3 表示允许稍有选择, 在条件许可时首先应这样作的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

U2.1 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时, 写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

附加说明

主管单位: 水利部水电及农村电气化司

主编单位: 四川省水利电力厅

参加单位: 四川省水利水电勘测设计研究院

四川省水利电力工程局

编委会主任: 谢成荣

编委会副主任: 秦寿远

主要起草人: 贝权清 叶俊美 骆继明 何荣凡 胡振华 沈亨荣 钟维昭 钟国林

刘定亨 黄永沾 阳举平 刘昭宗