

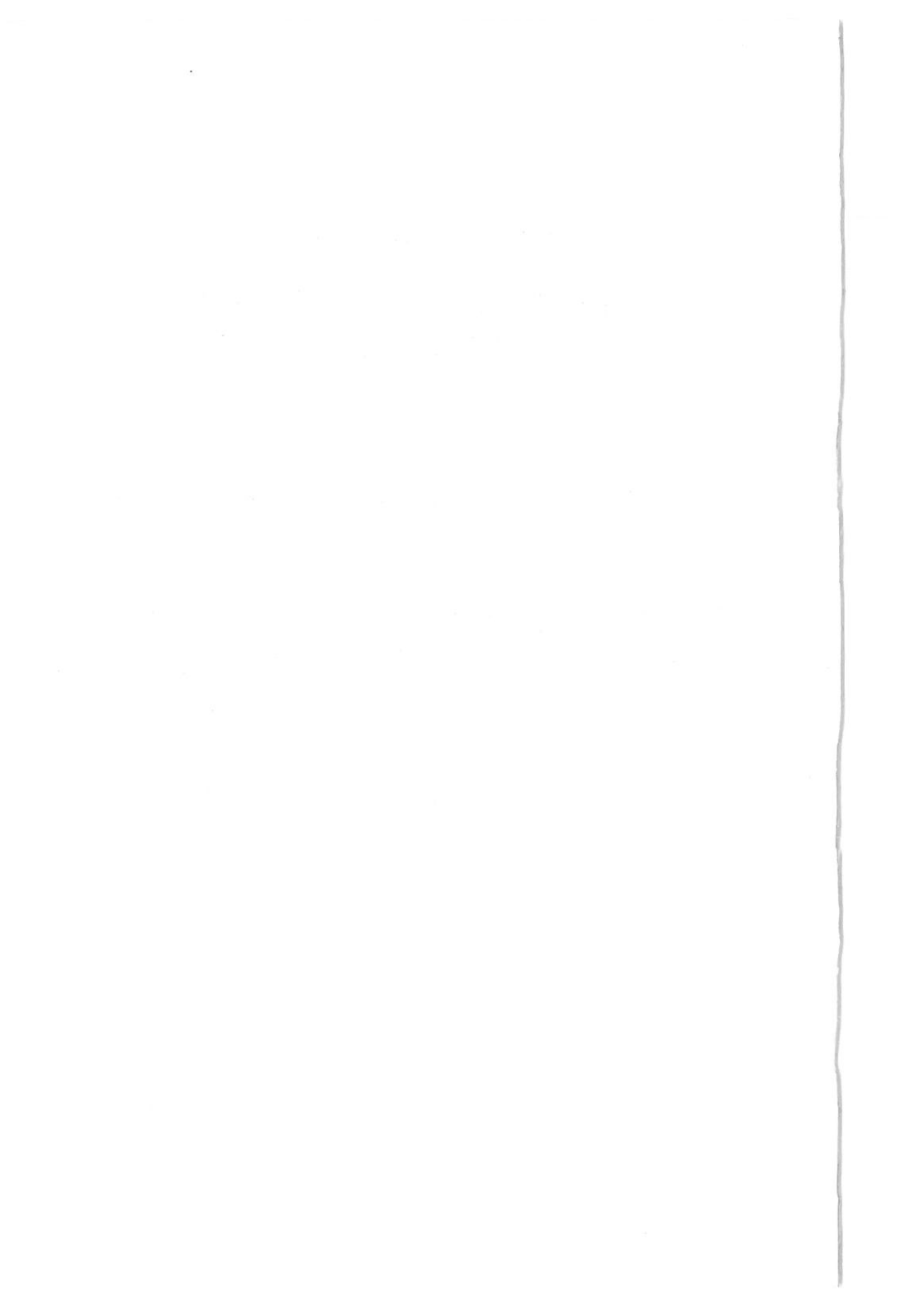
中华人民共和国水利部  
关于批准发布水利行业标准的公告  
(水闸施工规范)

2014 年第 68 号

中华人民共和国水利部批准《水闸施工规范》  
(SL 27—2014)为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水闸施工规范	SL 27—2014	SL 27—91	2014. 11. 21	2015. 2. 21

水利部  
2014 年 11 月 21 日





## 前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，对《水闸施工规范》（SL 27—91）进行修订。

本标准的主要内容包括施工测量，施工导流，土石方开挖和填筑，地基处理，混凝土和钢筋混凝土，混凝土预制构件，砌体，防渗、导渗及永久缝，闸门安装，启闭机安装，电气及自动化设备安装，监测设施和施工期监测，混凝土结构加固等。

《水闸施工规范》共 15 章和 3 个附录。与原规范相比，对水闸施工的技术要求进行了增加和调整，主要内容包括以下几个方面：

- 扩大了本标准适用范围；
- 增加了水泥土搅拌桩、混凝土预制桩、水泥粉煤灰碎石桩等常用基础处理方法的技术要求；
- 增加了预应力构件的技术要求；
- 增加了混凝土预制块的技术要求；
- 增加了混凝土防渗墙等常用防渗处理方法的技术要求；
- 增加了混凝土结构加固的技术要求；
- 增加了附录 B “混凝土配制强度”和附录 C “混凝土强度评定方法”。

本标准为全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL 27—91

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部建设与管理司

本标准解释单位：水利部建设与管理司

本标准主编单位：中水淮河规划设计研究有限公司

安徽水利股份开发有限公司

浙江省第一水电建设集团股份有限公司

本标准参编单位：淮河水利水电开发总公司

河南省水利第一工程局

合肥三立自动化有限公司

中水淮河安徽恒信工程咨询有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：唐 涛 伍宛生 董传明 秦小桥 李向东

余智囊 姚 斌 张绍虎 杨 东 李 兵

陈修翔 袁俊周 丁来格 白彦平 薛永志

蒋厚祥 李仲友 屈学平 彭光华 管宪伟

王 强 孙 锋 苏孝敏

本标准审查会议技术负责人：翟俊奇

本标准体例格式审查人：陈 昊

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和定义 .....	3
3	施工测量 .....	4
3.1	一般规定 .....	4
3.2	施工控制测量 .....	4
3.3	施工放样 .....	5
3.4	竣工测量 .....	7
4	施工导流 .....	8
4.1	一般规定 .....	8
4.2	导流方式 .....	8
4.3	截流 .....	9
4.4	围堰 .....	9
5	土石方开挖和填筑 .....	11
5.1	一般规定 .....	11
5.2	排水和降水 .....	11
5.3	基坑开挖 .....	13
5.4	土石方填筑 .....	15
5.5	基坑防护 .....	16
6	地基处理 .....	18
6.1	一般规定 .....	18
6.2	换土(砂)地基 .....	18
6.3	振冲地基 .....	19
6.4	钻孔灌注桩 .....	20
6.5	混凝土预制桩 .....	23
6.6	水泥土搅拌桩 .....	24
6.7	水泥粉煤灰碎石桩 .....	26

6.8	强夯法	27
6.9	沉井	29
7	混凝土和钢筋混凝土	32
7.1	一般规定	32
7.2	模板工程	32
7.3	钢筋	35
7.4	混凝土	38
7.5	雨天、高温季节施工	47
7.6	低温季节施工	48
8	混凝土预制构件	51
8.1	一般规定	51
8.2	预制构件的制作	51
8.3	预应力张拉与放张	53
8.4	预制构件安装	55
9	砌体	56
9.1	一般规定	56
9.2	材料	56
9.3	浆砌石	56
9.4	干砌石	58
9.5	混凝土预制块	58
9.6	砖砌体	59
10	防渗、导渗和永久缝	60
10.1	一般规定	60
10.2	防渗板桩	60
10.3	防渗铺盖	61
10.4	水泥土搅拌桩连续防渗墙	62
10.5	高压喷射灌浆	63
10.6	水泥灌浆	64
10.7	混凝土防渗墙	67
10.8	导渗	70

10.9	永久缝 .....	72
11	闸门安装 .....	74
11.1	一般规定 .....	74
11.2	埋件安装 .....	75
11.3	闸门安装 .....	75
11.4	拦污栅安装 .....	77
12	启闭机安装 .....	78
12.1	一般规定 .....	78
12.2	固定卷扬启闭机安装 .....	78
12.3	螺杆启闭机安装 .....	79
12.4	液压启闭机安装 .....	79
12.5	移动式启闭机安装 .....	80
12.6	闸门及启闭机运行试验 .....	80
13	电气及自动化设备安装 .....	84
13.1	一般规定 .....	84
13.2	电气设备安装 .....	84
13.3	自动化设备安装 .....	87
13.4	系统调试 .....	89
14	监测设施和施工期监测 .....	92
14.1	一般规定 .....	92
14.2	监测设施安装埋设 .....	92
14.3	施工期监测 .....	94
14.4	监测资料整编 .....	95
15	混凝土结构加固 .....	97
15.1	一般规定 .....	97
15.2	拆除工程 .....	97
15.3	外粘钢板法 .....	98
15.4	粘贴纤维复合材法 .....	98
15.5	置换混凝土法 .....	99
15.6	植筋(锚栓) .....	100

15.7 碳化处理 .....	101
15.8 裂缝补修 .....	102
附录 A 普通模板及支架的计算荷载 .....	105
附录 B 混凝土配制强度 .....	109
附录 C 混凝土强度评定方法 .....	111
标准用词说明 .....	114
条文说明 .....	115

# 1 总 则

1.0.1 为适应水闸工程施工的需要，规范施工技术标准，保证施工质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建、改建及加固水闸工程施工。

1.0.3 水闸施工应编制施工组织设计、施工措施计划、施工进度计划和各类专项施工方案。

1.0.4 应建立健全质量保证体系，加强质量管理，保证工程质量。

1.0.5 应建立健全安全生产管理体系，落实安全生产责任制度和安全生产教育培训制度，评估、排查施工过程中存在的各种潜在风险，确保施工安全。

1.0.6 应建立健全环保管理体系，制定保护环境、节能减排和文明施工的实施方案；施工过程中应积极采取措施减少施工对环境的污染。

1.0.7 应按照经批复的水土保持方案，实施预防和治理水土流失的措施。

1.0.8 应按设计文件施工。如需修改，应履行设计变更手续。

1.0.9 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。

1.0.10 应按规定建立完整的工程档案。

1.0.11 本标准主要引用下列标准：

爆破安全规程（GB 6722）

水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范（GB/T 14173）

湿陷性黄土地区建筑规范（GB 50025）

工程测量规范（GB 50026）

混凝土外加剂应用技术规范（GB 50119）

电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范（GB 50168）

建筑地基基础工程施工质量验收规范 (GB 50202)  
砌体工程施工质量验收规范 (GB 50203)  
混凝土结构工程施工质量验收规范 (GB 50204)  
土工合成材料应用技术规范 (GB 50290)  
建筑电气工程施工质量验收规范 (GB 50303)  
混凝土结构加固设计规范 (GB 50367)  
视频安防监控系统工程设计规范 (GB 50395)  
建设项目水土保持技术规范 (GB 50433)  
混凝土结构工程施工规范 (GB 50666)  
膨胀土地区建筑技术规范 (GB 50112)  
水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范 (SL 47)  
水利水电工程施工测量规范 (SL 52)  
水工建筑物水泥灌浆施工技术规范 (SL 62)  
水工金属结构防腐蚀规范 (SL 105)  
水利水电工程施工质量检验与评定规程 (SL 176)  
水工混凝土结构设计规范 (SL 191)  
水利水电建设工程验收规程 (SL 223)  
水利水电工程等级划分及洪水标准 (SL 252)  
堤防工程施工规范 (SL 260)  
水闸设计规范 (SL 265)  
水利水电工程施工组织设计规范 (SL 303)  
水工混凝土试验规程 (SL 352)  
水利水电工程启闭机制造 安装及验收规范 (SL 381)  
土石坝安全监测技术规范 (SL 551)  
水工混凝土施工规范 (SL 667)

**1.0.12** 水闸施工除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。



## 2 术语和定义

### 2.0.1 施工放样 setting out

把设计图纸上建筑物的平面位置、形状、高程测设到实地的测量工作。

### 2.0.2 建基面 foundation surface

与水工建筑物直接相连的基础面。

### 2.0.3 浇筑温度 concreting temperature

混凝土经过平仓振捣后，覆盖上层混凝土前，在距混凝土表面 10cm 深处的温度。

### 2.0.4 底轴驱动式翻板门 flap gate driven from bottom - shaft

通过驱动安装在闸门门叶底部的轴转动从而带动门叶启闭的闸门。

## 3 施工测量

### 3.1 一般规定

3.1.1 应由专业人员负责施工测量工作，准确提供各施工阶段所需的测量资料，并及时分析与归档。应定期对测量仪器仪表进行检测。

3.1.2 应通过现场交桩的方式接收测量基准点；应对移交的基准点进行复测。

3.1.3 通过基准点建立施工控制网，施工控制网桩点应统一编号后展绘于施工总平面图上，并注明各桩点平面坐标和高程。

3.1.4 施工过程中，应对施工控制网进行定期或不定期的检测；控制桩点位有变化时，应及时复测。

3.1.5 可根据具体施工需要在施工控制网基础上加密建立多级施工控制网。

3.1.6 施工控制网桩点布设测量应由两人进行测量，相互检查核对，并进行记录。

3.1.7 施工控制网桩点的选点、埋设及标志应符合 SL 52 的规定。

### 3.2 施工控制测量

3.2.1 施工控制测量应遵循从整体到局部，先控制后碎部的原则。

3.2.2 平面控制测量应符合下列规定：

1 施工平面控制网的坐标系统，宜与设计坐标系统相一致。

2 平面控制网的建立，可采用全球定位测量（GPS）、三角网测量和导线测量等方法；平面控制网建立方法的选择，应因地制宜。应根据工程规划及放样点的精度要求，做到技术先进、经济合理、确保质量。

3 平面控制网的加密布设，可根据地形条件及放样决定，以 1~2 级为宜。

**3.2.3 高程控制测量应符合下列规定：**

1 施工高程控制网的坐标系统，应与设计坐标系统相一致。

2 高程控制网应布设成环形，加密时宜布设成附合路线或节点网。

3 三等及以上等级高程控制测量宜采用水准测量，四等及以下等级高程控制测量可采用电磁波测距三角高程测量，五等高程控制测量也可采用全球定位测量（GPS）拟合高程测量。

**3.2.4 施工控制网点位的选定除应满足通视良好、交通方便、地基稳定、有利长期保存和加密的条件外，还应符合下列规定：**

1 卫星定位测量控制点位应远离大功率无线电发射源（如电视台、微波站等），其距离不应小于 200m；并应远离高压电线，其距离不应小于 50m；高度角在  $15^\circ$  以上的范围内无障碍物。

2 采用电磁波测距时，导线点位之间应避开烟囱、散热塔等发热体及强电磁场。

3 采用数字水准仪作业时，水准路线还应避开电磁场的干扰。

### 3.3 施工放样

**3.3.1 放样前，应根据设计文件和使用的施工控制网计算放样数据并校核，对已有数据、资料文件中的几何尺寸应校核后使用。**

**3.3.2 施工放样测量应采用重复测量或闭合测量的方法进行。现场放样及检查资料均应记录在规定的放样手簿中，所有栏目应填写完整，不得涂改。放样点线应进行复核后交付使用。**

**3.3.3 平面位置的放样方法应根据放样点精度要求、现场作业条件、仪器设备等因素适宜选择。可分别采用角度前方交会法、极坐标法和轴线交会法等。**

3.3.4 高程放样方法应根据放样点精度要求、现场的作业条件等因素适宜选择。可分别采用水准测量法、电磁波测距三角高程法和视距法等。

3.3.5 基础开挖前应根据设计数据实地测放出控制开挖轮廓的坡顶点、转角点或坡脚点，并用醒目的标志加以标定；开挖过程中，应定期测量收方断面图或地形图。开挖部位接近设计高程位置时，应及时测量基础轮廓点高程，并将欠挖部位及尺寸标于现场。

3.3.6 底板浇筑完成后，应在底板上标定出主轴线、各闸孔中心线和门槽控制线，然后再通过标定的轴线测定闸墩、门槽、翼墙等的立模线。

3.3.7 各种曲线、曲面立模点放样，应根据设计文件和模板制作的不同情况确定放样的密度和位置，曲线起讫点、中点、折线的折点应放出，曲面预制模板宜增放模板拼缝位置点。曲线、曲面放样应预先编制数据表，始终以该部位的固定轴线（固定点）为依据，采用相对固定的测站和方法。

3.3.8 施工放样轮廓点测量允许偏差应符合表 3.3.8 的规定。

表 3.3.8 施工放样轮廓点测量允许偏差 单位：mm

部 位		允许偏差	
		平面	高程
混凝土	闸室底板	±20	±20
	闸墩、岸墙、翼墙	±25	±20
	铺盖、消力池、护底、护坡	±30	±30
浆砌石	闸墩、岸墙、翼墙	±30	±30
	护底、海漫、护坡	±40	±30
干砌石	护底、海漫、护坡	±40	±30
土石方开挖		±50	±50

3.3.9 闸门预埋件安装高程和水闸上部结构高程的测量，应在闸底板上建立初始观测基点，采用相对高程进行测量。其中闸门预埋件的安装放样点测量允许偏差应符合表 3.3.9 的规定。

表 3.3.9 闸门预埋件的安装放样点测量允许偏差

单位：mm

设备种类	细部项目	允许偏差	
		平面	高程
平面闸门安装	主反轨之间的间距和侧轨之间间距	-1~+4	—
弧形门安装	—	±(2~3)	±(1~3)

注 1：平面闸门安装的允许偏差指相对门槽中心线。  
注 2：弧形门安装的允许偏差指相对于安装轴线。

3.3.10 对软土地基的高程测量是否要考虑沉降因素，应与设计单位联系确定。

### 3.4 竣工测量

3.4.1 竣工测量应随着施工的进展，按竣工测量的要求，逐步积累采集竣工资料。待工程完工后，再进行全面的竣工测量和资料整理工作。

3.4.2 竣工测量的施测精度不应低于施工测量放样的精度。

3.4.3 竣工测量应提供下列资料：

1 闸室段、上游连接段和下游连接段基础开挖建基面的 1:200~1:500 地形图（或高程平面图）或纵、横断面图；上下游引河的平面和断面图。

2 闸室段、上游连接段和下游连接段基础处理竣工图及总体平面、断面图。

3 闸孔的门槽附近、闸墩尾部、护坦曲线段、斜坡段、闸室底板及翼墙等部位细部平面和断面图。

4 金属结构、机电设备埋件及监测设施埋设安装竣工图。

5 建筑物内部的各种重要孔、洞的平面和断面图。

6 有特殊要求部位的平面和断面图。

3.4.4 竣工测量所绘图纸应与设计图纸相对应，图表编绘应符合工程档案验收要求。

## 4 施工导流

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 施工导流、截流及度汛应编制专项施工措施计划，并按规定报批。
- 4.1.2 除设计文件另有规定外，导流建筑物的等级划分及设计标准应按相关规范执行。
- 4.1.3 当按规定标准导流有困难时，经充分论证并确保安全度汛，可适当降低标准。
- 4.1.4 导流工程应满足上、下游用水的最低水位和最小流量要求并减少上游淹没损失。
- 4.1.5 在导流期内，应对导流工程定期进行观测、检查，并及时维护。

### 4.2 导流方式

- 4.2.1 分期围堰导流时，一期围堰位置应在分析建筑物布置、纵向围堰所处地形、地质和水力学条件、施工场地及交通条件等因素后确定。在通航河道用分期围堰导流时应满足航运要求。
- 4.2.2 全段围堰法导流时，导流方式应根据河流水文特性、地形条件、工程地质条件、水工建筑物结构型式及布置、施工条件等因素经全面比较后确定选用明渠道流、涵管导流或隧洞导流。
- 4.2.3 明渠道流时应符合下列规定：
- 1 在导流流量大、河床岸坡平缓或有较宽广滩地、垭口或古河道的河流上宜采用明渠道流。
  - 2 明渠道底宽、底坡和进出口高程应使上、下游水流衔接条件良好，满足导流、截流和施工期通航、过木、排冰要求。设在软基上的明渠，应采取有效消能抗冲设施。
  - 3 明渠道断面型式应方便后期填筑。应在分析地质条件、水



力条件并进行技术经济比较后确定衬砌方式。当施工场地狭窄、施工条件受限、无法满足放坡要求时，应对导流明渠两侧进行支护，确保岸坡稳定。

4 导流明渠布置应考虑对周边建筑物安全的影响。

4.2.4 涵管导流时应符合下列规定：

1 在导流流量较小的河流上或只用来担负枯水期的导流任务时可采用涵管导流。

2 导流涵管轴线宜顺水流方向，其位置宜布置在枯水位以上，出口处应设置消能防冲设施。当涵管设在软基上时，应对管道结构或基础采取加固措施。

4.2.5 隧洞导流时应符合下列规定：

1 在河床狭窄，两岸地形陡峻，地形、地质条件良好时可采用隧洞导流。

2 隧洞选线应根据地形、地质及水力条件确定，并保证隧洞施工和运行安全。

## 4.3 截 流

4.3.1 截流方法、龙口位置及宽度应根据水位、流量、流速、河床抗冲刷性能、施工条件、抛投物数量和性质等因素，通过技术经济比较确定。

4.3.2 截流时间宜选择在枯水期、非凌汛期和低潮位时。

4.3.3 对土质河床的截流段，宜在足够范围内采取相应的防冲护底措施，并随龙口缩小及流速增大及时投料加固。

4.3.4 合龙过程中，宜根据龙口的流量、落差、流速等水力参数及其变化规律，适时调整投料种类、抛投强度和改进抛投技术。截流后，应及时对断面进行加固，并有计划地降低堰内水位，完善导渗、防浪等措施。

## 4.4 围 堰

4.4.1 围堰型式选择应符合下列规定：

- 1 安全可靠，能满足稳定、抗渗、抗冲要求。
  - 2 结构简单，施工方便，易于拆除，并能充分利用当地材料或开挖渣料。
  - 3 堰基易于处理，堰体便于与岸坡或已有建筑物连接。
  - 4 在预定施工期内能修筑到需要的断面及高程。
- 4.4.2 不过水围堰堰顶高程和堰顶安全加高值应符合下列规定：
- 1 堰顶高程不低于设计洪水的静水位与波浪高度及堰顶安全加高值之和，其堰顶安全加高应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 不过水围堰堰顶安全加高下限值 单位：m

围堰型式	围堰级别	
	3 级	4~5 级
土石围堰	0.7	0.5
混凝土围堰、浆砌石围堰	0.4	0.3

2 土石围堰防渗体顶部在设计洪水静水位以上的加高值：斜墙式防渗体应为 0.6~0.8m；心墙式防渗体应为 0.3~0.6m。

3 考虑涌浪或折冲水流影响，当下游有支流顶托时，应组合各种流量顶托情况，校核围堰堰顶高程。

4 可能形成冰塞、冰坝的河流应考虑其造成的壅水高度。

4.4.3 围堰拆除应符合下列规定：

1 围堰拆除前应编制拆除方案并根据上下游水位、土质等情况明确堰内充水、闸门开度等方法、程序。

2 围堰拆除前应对围堰保护区进行清理并完成淹没水位以下工程验收。

3 围堰拆除应满足设计要求，土石围堰水下部分宜采用疏浚设备拆除。



## 5 土石方开挖和填筑

### 5.1 一般规定

5.1.1 土石方开挖和填筑，应选择合适的降、排水措施，并进行挖填平衡计算，合理调配。

5.1.2 弃土、弃渣或取土宜与其他建设相结合，对需使用的土、渣料应按要求分类堆放，并注意环境保护与恢复。应按照批复的水土保持方案合理组织施工。

5.1.3 当地质情况与设计文件不符合时，应及时与有关单位协商处理。

发现测绘、地质、地震、通信等部门设置的地下设施或永久性标志时，应妥善保护，及时报请有关部门处理。

5.1.4 发现文物古迹、化石等地下埋藏物时，应暂停施工并妥善保护现场，立即报告当地文物行政部门。

### 5.2 排水和降水

5.2.1 场区排水系统的规划和设置应根据地形、施工期的径流量和基坑渗水量等情况确定，并与场区外的排水系统相适应。

湿陷性黄土和膨胀土地区，为防止基坑受水浸泡造成地基变形，排水、贮水设施应有防止渗水措施，并与建筑物保持安全距离。

5.2.2 基坑的排水设施，应根据坑内的积水量、地下水渗流量、围堰渗流量及降雨量等计算确定。抽水水位下降速率应根据工程具体特点确定，并确保基坑及围堰边坡稳定。

5.2.3 基坑的外围宜在离边坡上沿外侧设置截水沟与围堰，防止基坑以外来水流入基坑。

5.2.4 降低地下水位（简称降水，下同）可根据工程地质和水文地质情况、周边环境 and 建筑物分布情况，选用集水坑或井点

降水。

对基坑附近重要建筑物在降水过程中应实时监测，必要时可配合采用截渗措施。

#### 5.2.5 集水坑降水应符合下列规定：

1 抽水设备能力应不小于基坑渗透流量和施工期最大日降雨径流量总和的 1.5 倍。

2 集水坑底高程应低于排水沟底高程。

3 集水坑和排水沟应布置在建筑物底部轮廓线以外一定距离。

4 挖深超过 5m 以上，宜设置多级平台和排水设施。

5 流砂、管涌部位应采取反滤导渗措施。

#### 5.2.6 井点降水设计应包括下列内容：

1 降水计算，必要时，可做现场抽水试验，确定计算参数。

2 平面布置、井深、结构、管路与施工道路交叉处的保护措施。降水井点宜布置在基坑四周，如需在基坑范围内布置降水井点，应进行技术论证。

3 抽水设备的型号和数量（包括备用量），备用电源的设置。

4 水位观测孔的位置和数量。

5 降水范围内已有建筑物的安全防护措施。

#### 5.2.7 管井施工应符合下列规定：

1 成孔宜采用泥浆护壁，在特殊地质条件下可用清水固壁，采用泥浆护壁时，泥浆应符合有关规定。

2 井管应经清洗，检查合格后使用，各段井管的连接应牢固。

3 滤布、滤料应符合设计文件要求，滤布应与井管紧固；井底应封闭或分层铺填滤料，井侧滤料均匀连续填入。

4 成井后应及时采用分段自上而下和抽停相间的程序抽水洗井。

5 试抽时应检查地下水下降情况，通过试抽确定泵型和抽

水量，达到预定降水高程。

#### 5.2.8 轻型井点施工应符合下列规定：

1 安装顺序宜为敷设集水总管，沉放井管，灌填滤料，连接管路，安装抽水机组。

2 各部件应安装严密，不漏气，集水总管与井点管宜用软管连接。

3 冲孔孔径不应小于 0.3m，孔底应比管底深 0.5m 以上，管距宜为 0.8~1.6m。

4 每根井点管沉放后，应检查渗水性能；井点管与孔壁之间填砂滤料时，管口应有泥浆水冒出，或向管内灌水时，应很快下渗，方为合格。

5 整个系统安装完毕后，应及时试抽，如发现漏水、漏气现象，应及时进行加固或采用黏土封堵处理。

5.2.9 抽水时应监测出水情况，如发现水质混浊时应检测出砂率，出砂率大于 0.3‰~0.5‰时，应停止抽水、分析原因并及时处理。

5.2.10 降水期间，应按时观测，记录水位和流量，观测周期为初时 1~2h 观测一次；待出水稳定后，应在交接班时观测一次。对轻型井点还应观测真空度。

5.2.11 井点拔除后，应按要求填塞。

### 5.3 基坑开挖

5.3.1 土方开挖应制定合理的开挖施工方案，并符合下列规定：

1 基坑边坡应根据工程地质、施工条件和降低地下水位措施等情况，经稳定验算后确定。

2 土方明挖前，应降低地下水位，使其低于开挖面不少于 0.5m。

3 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 根据土质、气候和施工机具等情况，基坑底部应留有一

定厚度的保护层，在底部工程施工前，分块依次挖除。

5 在温度低于 0℃挖除保护层，应采取可靠的防冻措施。

5.3.2 采用水力冲挖时，掌子面高度不宜大于 5m，当掌子面过高时可利用爆破或机械开挖法，先使土体坍塌，再布置水枪冲土；水枪布置的安全距离不宜小于 3m，同层之间距离保持 20~30m，上、下层之间枪距保持 10~15m。应预留足够的保护层厚度。

5.3.3 采用挖泥船施工时，应符合下列规定：

1 泥层厚度超过挖泥船一次最大挖泥厚度时，应分层开挖。开挖时，上层宜厚，下层宜薄。

2 当高潮位水深大于挖泥船最大挖深而低潮位水深又小于挖泥船吃水时，可通过预测潮位具体安排施工时间和程序。

3 应预留足够的保护层厚度。

5.3.4 膨胀土地区施工时，应符合下列规定：

1 基础施工宜采用分段快速作业法。施工过程中不应使基坑曝晒或泡水；应及时采取措施防止边坡坍塌；验基后应及时浇筑混凝土垫层或采取封闭坑底措施。

2 在坡地施工时，挖方作业应由坡上方自上而下开挖；坡面完成后，应立即封闭。

5.3.5 湿陷性黄土地区施工时，应符合下列规定：

1 基坑开挖前和施工期间，应对周围建筑物的情况进行调查与监测；同时对基坑周边外宽度为 1~2 倍开挖深度的平面范围内土体进行垂直节理和裂缝调查，分析其对边坡稳定性的影响，并及时采取措施，防止水流入裂缝内。

2 发现地基浸水湿陷或建筑物产生裂缝时，应暂停施工，查明原因，经处理后方可继续施工。

5.3.6 石方开挖应符合下列规定：

1 岩石基础开挖，宜采用钻爆开挖、机械开挖或静态破碎等方法，不得在设计建基面、设计边坡附近采用洞室爆破法或药壶爆破法施工。

2 开挖应自上而下分层进行施工，不应采取自下而上造成岩体倒悬的开挖方式施工。

3 设计边坡轮廓面的开挖可采用预裂爆破法或光面爆破法施工，对于风化岩石也可采用机械破碎的方法施工。

4 台阶爆破时钻孔孔径不宜大于 150mm；当对紧邻保护层岩石进行台阶爆破及预裂、光面爆破时，钻孔孔径不宜大于 110mm；保护层爆破时钻孔孔径不宜大于 50mm。

5 爆破孔的装药、堵塞、网络的连接以及起爆，应由爆破负责人统一指挥，由爆破员按爆破设计规定实施。

6 接近水平建基面的开挖，宜采用预留保护层的方法开挖。

7 设计边坡开挖前，应做好开挖轮廓线的危石清理、削坡、加固和排水等工作，并注意保护清理区域外的天然植被。

5.3.7 基坑开挖应进行安全检查，必要时应进行安全监测。

5.3.8 安全监测应符合下列规定：

1 主要内容包括基坑边坡稳定监测、爆破开挖的有害效应监测、建基面岩体松弛范围监测、已灌浆部位和已浇筑混凝土质量监测。

2 监测（检测）仪器应满足安全监测要求。

3 基坑边坡稳定监测宜结合边坡的永久监测进行，其他相关监测内容及方法应符合国家现行有关标准的规定。

4 应做好安全监测资料的记录、分析整理工作，用以指导施工，在监测过程中发现异常情况，应及时处理。

## 5.4 土石方填筑

5.4.1 填筑前，应对填筑面进行清理和处理，经隐蔽工程验收合格后开始填筑施工。

5.4.2 填筑材料及压实质量应符合设计要求。

5.4.3 岸、翼墙后的回填施工，应符合下列规定：

1 墙后及伸缩缝应经清理合格后方可回填；混凝土面在填土前，应清除其表面的乳皮、粉尘等并用风枪吹扫干净；岩面直



接填土前，应清扫岩面上的泥土，对松动的岩石等进行处理；岸、翼墙后填土应尽量均衡上升，左右侧填土面高差不宜过大。

2 在混凝土或岩面上填土时，应洒水湿润，并边涂刷浓泥浆、边铺土、边夯实，不应在泥浆干涸后再铺土和压实。泥浆的重量比（土：水）可为 1：2.5～1：3.0，涂层厚度可为 3～5mm；在裂隙岩面上填土时，涂层厚度可为 5～10mm。

3 靠近岸墙（边墩）、翼墙、岸坡的回填土宜用人工或小型机具夯压密实。

4 分段处应留有坡度，错缝搭接。

5 冬季施工土料的温度应在 0℃ 以上。

5.4.4 土工格栅加筋结构施工应符合下列规定：

1 施工工作面应压实平整。

2 格栅铺设应平整，无皱折。格栅主要受力方向宜通长无接头，幅与幅之间的连接可人工绑扎搭接，搭接宽度不小于 150mm。当设置的格栅在两层以上时，层与层之间应错缝。

3 填料应满足设计要求。设计无要求时，填料粒径不宜大于 100mm 并控制级配以保证压实质量。

4 格栅铺设定位后，应及时填土覆盖，裸露时间不宜超过 48h，亦可采取边铺设边回填的流水作业法。采用进占法铺土，碾压应先两侧后中间，车辆和压实机械不应直接碾压格栅。

5 采用反包法时，应在土工格栅包裹层面削坡后，将预留土工格栅翻包到已经压实的土层上面，由坡面向上层包裹形成反包搭接，反包长度（平直段）不应小于 1m。

5.4.5 墙后回填应考虑预加沉降量。

5.4.6 墙后排渗设施的施工，应先回填再开挖槽坑。

## 5.5 基坑防护

5.5.1 当基坑边坡受外界条件影响不能满足设计要求时，应采用适当的防护措施，确保开挖边坡稳定。

5.5.2 周边有建筑物的水闸施工时，应制定包括基坑监测措施

等内容的专项基坑围护方案。

**5.5.3** 坡脚为粉质壤土或细砂土层时，应堆反滤料及砂石袋压脚防护。

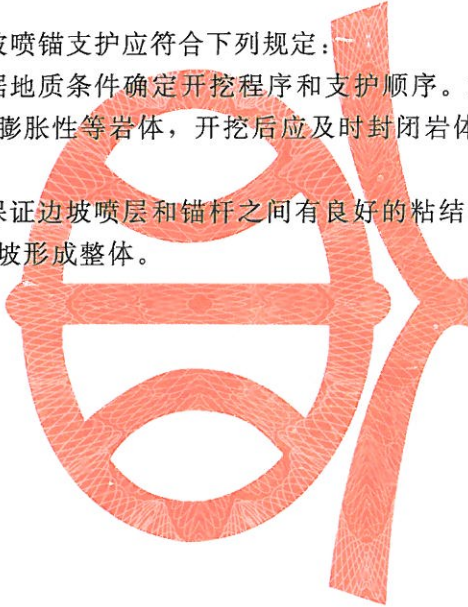
**5.5.4** 基坑开挖后，应加强监测，发现影响安全的情况时应及时处理。

**5.5.5** 石方开挖边坡支护宜与永久支护相结合，需要临时支护的边坡，应根据地质条件、边坡形态、开挖顺序等因素进行支护设计。

**5.5.6** 边坡喷锚支护应符合下列规定：

1 根据地质条件确定开挖程序 and 支护顺序。对易风化、易崩解和具有膨胀性等岩体，开挖后应及时封闭岩体并采取排水、防水措施。

2 应保证边坡喷层和锚杆之间有良好的粘结和锚固，使锚喷支护与边坡形成整体。



## 6 地基处理

### 6.1 一般规定

6.1.1 本章规定了水闸工程常用的几种地基处理方法，其他方法可参照相关规范执行。

6.1.2 地基处理施工应编制专项施工措施计划，明确施工工艺、质量控制和安全技术措施。施工中如遇地质情况与工程勘察设计不符，应按合同规定及时处理。

### 6.2 换土（砂）地基

6.2.1 换填的黏性土应符合设计要求。土料含水量宜控制在最优含水量 $\pm 2\%$ 的范围内，否则应在料场处理。

6.2.2 采用灰土（水泥或石灰）换填时，土料宜用粉质黏土；块状生石灰用水充分分化；水泥应采用普通硅酸盐水泥。灰土应拌和均匀，并及时铺填、碾压完毕。

6.2.3 换填的砂料应符合设计要求或通过试验确定；采用砂、石混合料时，应按设计配比拌和均匀。

6.2.4 挖土和铺料时，应保护建基面，避免扰动下卧软土层，土方挖除后应及时铺料换填。

6.2.5 回填料应按规定分层铺填，上、下层作业区的分缝应相互错开。压实质量应符合设计要求。分层铺填厚度、压实遍数、压实机具应通过碾压试验确定。首层铺填施工应避免扰动下卧软土层。

6.2.6 换填施工应根据不同的换填材料选择施工机械。换填砂料施工宜选用振动碾；使用插振方法时，砂料的含水量宜控制在饱和状态。

6.2.7 换填黏性土、灰土宜用平碾或夯实法压实。填筑时应控制地下水位低于建基面不少于 0.5m。



6.2.8 换填黏性土、灰土施工应有防雨措施。施工过程中，填土面宜中部高周边低，以利排除雨水。

6.2.9 冬季换填施工应符合下列规定：

- 1 压实时，砂料和黏性土的温度应在  $0^{\circ}\text{C}$  以上。
- 2 已压实的土层应做好防冻保温措施，防止冻胀。
- 3 冻结的土层应清除，方可继续填筑。

6.2.10 换填黏性土、灰土施工质量宜采用环刀取样进行检验；换填砂、砂石混合料宜采用灌砂法进行检验；换填地基应按设计要求进行静载荷试验检验地基承载力，检测点不少于 3 个。

### 6.3 振冲地基

6.3.1 振冲置换的填料应符合设计要求。

6.3.2 振冲法的施工设备应满足下列要求：

1 振冲器的功率、振动频率应按土质情况和工程要求选用，施工设备应配有电流、电压和留振时间三种仪表。

2 升降振冲器的起重设备，其起重能力和提升高度，应满足施工和安全要求。

3 振冲器的出口水压宜为  $0.2\sim 0.6\text{MPa}$ ，供水量宜控制在  $200\sim 400\text{L/min}$  之间。

6.3.3 施工前应进行成桩工艺试验，确定水压、振密电流值、留振时间及填料量等施工参数。

6.3.4 造孔时，应保持振冲器处于悬垂状态，振冲器贯入速度宜为  $1\sim 2\text{m/min}$ ，且每贯入  $0.5\sim 1.0\text{m}$  宜悬挂留振。留振时间应根据试验确定，宜为  $5\sim 10\text{s}$ 。

6.3.5 填料制桩应分层，其填料厚度不宜大于  $0.5\text{m}$ ，将振冲器沉入填料中进行振密制桩。当电流达到确定的密实电流值和确定的留振时间后，应将振冲器提升  $0.3\sim 0.5\text{m}$ 。

6.3.6 振冲桩施工，宜沿直线逐点逐行进行。

6.3.7 孔位允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ ，桩顶面中心允许偏差为  $\pm 0.2$  倍的桩孔直径。造孔深度应大于设计深度  $200\text{mm}$  以上。

6.3.8 振冲时应检查填料量、振密电流值、电压和留振时间等是否达到规定要求，并填写施工记录。

6.3.9 制桩完毕应复查，防止漏桩。桩顶不密实部分应挖除或采取其他补救措施。

6.3.10 置换的砂、石桩体可采用动力触探方法进行施工质量检验；对桩间土可采用标准贯入或静力触探等方法进行检验；地基承载力检验可采取静荷载试验，检测点不少于3个。以上检验应待地基中超静孔隙水压力消散后进行。

## 6.4 钻孔灌注桩

6.4.1 钻孔灌注桩的钻孔机具与工艺，应根据工程地质、桩型、钻孔深度、泥浆排放处理条件等综合考虑，可选用旋挖、回转、冲击、冲抓、潜水、钻扩等钻机。

6.4.2 护筒埋设应符合下列规定：

1 用回转钻机时，护筒内径宜大于钻头直径100mm；用冲击、冲抓钻机时，护筒内径宜大于钻头直径200mm。

2 护筒埋置应稳定，其中心线与桩位中心的允许偏差为±50mm；竖直倾斜偏差不大于1%。

3 护筒顶端应高出地面0.3m以上。当桩位土层有承压水时，应保持孔内泥浆面高出承压水位1.5~2.0m。

4 护筒的埋设深度在黏性土中不宜小于1.0m，在砂土中不宜小于1.5m，在回填土中应超过填土层200mm。护筒与坑壁之间应分层回填黏性土并对称夯实。

6.4.3 采用泥浆护壁和排渣，应符合下列规定：

1 在黏性土中成孔时，可注入清水，以原土造浆护壁。排渣泥浆的密度应控制在 $1.1\sim 1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2 在不能自行造浆的土层中成孔时，应制备泥浆。可选用高塑性黏土（ $I_p \geq 17$ ）或膨润土，并根据施工机械、工艺和穿越土层情况进行配合比设计。在砂土和夹砂土层中成孔时，泥浆密度应控制在 $1.1\sim 1.3\text{g}/\text{cm}^3$ ；在砂卵石或易坍孔的土层中成孔

时，泥浆密度应控制在  $1.3 \sim 1.5 \text{g/cm}^3$ 。在易产生泥浆渗漏的土层应采取维持孔壁稳定的措施。

3 制备泥浆的黏度为  $18 \sim 22 \text{s}$ 、含砂率为  $4\% \sim 8\%$ 、胶体率不小于  $90\%$ 。

4 施工中，应经常在孔内取样，测定泥浆的密度。

5 废弃的泥浆、泥渣应进行妥善处理，不应污染环境。

6.4.4 钻机安置应平稳，不应产生沉陷或位移。

6.4.5 钻进时，应注意土层变化情况并填写记录。

6.4.6 当桩孔深度达到要求后，应及时进行孔位、孔径、孔深、垂直度的检测和清孔，并填写检查、清孔记录。清孔应符合下列规定：

1 孔壁土质较好且不易坍孔时，可采用空气吸泥机清孔。

2 用原土造浆的桩孔，可采用清水换浆，清孔后泥浆密度应控制在  $1.1 \text{g/cm}^3$  左右。

3 孔壁土质较差时，宜循环置换泥浆清孔，清孔后的泥浆密度控制在  $1.15 \sim 1.25 \text{g/cm}^3$ 。

4 清孔过程中，必须保持泥浆面稳定。

5 清孔后，孔底以上  $0.2 \sim 0.5 \text{m}$  内的泥浆密度应小于  $1.25 \text{g/cm}^3$ ，含砂率不大于  $8\%$ ，黏度不大于  $22 \text{s}$ 。

6 清孔后孔底沉渣厚度：端承型桩应小于  $50 \text{mm}$ ；摩擦型桩应小于  $100 \text{mm}$ ；对抗拔、抗水平力桩应小于  $200 \text{mm}$ 。

6.4.7 桩机试成孔施工，宜在与桩位相同的土层中进行。

6.4.8 灌注桩钻孔的施工允许偏差应符合表 6.4.8 的规定。

表 6.4.8 灌注桩钻孔的施工允许偏差

项 目	允许偏差
孔的中心位置偏差	单排桩， $100 \text{mm}$ ；群桩， $150 \text{mm}$
孔径偏差	$50 \text{mm}$
孔斜率	$< 1\%$
孔深	不小于设计孔深

6.4.9 钢筋笼制作的允许偏差除按 7.3.4 条执行外，还应满足主筋间距允许偏差为±10mm、螺旋筋螺距允许偏差为±20mm。

6.4.10 钢筋骨架的焊接、固定以及保护层控制应符合下列规定：

1 分段制作钢筋骨架时，应对各段进行预拼接，做好标志；其接头宜采用焊接或机械连接，焊接时两侧钢筋对称施焊，以保持其垂直度。

2 钢筋笼安放应对准孔位，避免碰撞孔壁，不应自由落下，钢筋骨架的顶端应固定，以保持其位置稳定，避免上浮。

3 钢筋保护层的混凝土环形垫块宜设置在加劲箍筋上，加劲箍筋宜设在主筋外侧。

6.4.11 灌注混凝土前应安置导管或气泵管进行二次清孔、检验沉渣厚度等，合格后立即灌注混凝土。

6.4.12 灌注水下混凝土的导管应符合下列规定：

1 导管直径宜为 200~250mm，导管接头处外径应比钢筋笼内径小 100mm 以上，接头宜采用双螺纹方扣快速接头。

2 导管使用前应预拼装和压水试验，试水压力为 0.6~1.0MPa，预拼装后编号堆放。

3 导管安装时应检查导管是否破损或有污垢，按编号拼接，安装严密。

4 拆下的每节导管应及时清洗。

5 使用的隔水栓应有良好的隔水性能，并能顺利排出，可采用与桩身混凝土强度等级相同的细石混凝土制作。

6.4.13 配制水下灌注的混凝土应符合下列规定：

1 配合比应通过试验确定，混凝土应具有良好的和易性。

2 粗骨料最大粒径应不大于导管内径的 1/6 和钢筋最小间距的 1/3，并不大于 40mm。

3 砂率宜为 40%~50%，宜选用中粗砂，宜掺用减水外加剂，水灰比不宜大于 0.6。

4 坍落度宜为 180~220mm，扩散度宜为 340~380mm。

6.4.14 灌注水下混凝土应符合下列规定：

1 初灌混凝土时，导管下部底口至孔底距离宜为 0.3~0.5m。

2 初灌混凝土时，储料斗的混凝土储料量应使导管初次埋入混凝土内深度不小于 1m；初灌的储备量应计算确定。

3 灌注应连续进行，导管理入深度应控制在 2.0~5.0m；混凝土进入钢筋骨架下端时，导管宜深埋，并放慢灌注速度。应及时测量导管理深及管内外混凝土面的高差，并填写灌注记录。

4 灌注的桩顶高程应比设计高程加高 0.5~0.8m；桩头宜人工凿除。

5 应随时测定混凝土的坍落度。

6 桩径大于 1.0m 或桩体混凝土量超过 25m<sup>3</sup> 的单桩，灌注混凝土时应留一组混凝土试块，反之，每个灌注台班留置混凝土试块不应少于一组。

6.4.15 桩基施工完成后，应根据 GB 50202 进行桩身质量检验和承载力检验。

## 6.5 混凝土预制桩

6.5.1 施工前应处理作业面上空和地下障碍物。场地应平整、排水畅通，并满足桩机承载力的要求。

6.5.2 预制桩应在桩身混凝土强度达到设计强度的 70% 时方可起吊，吊索与桩身间应加衬垫，起吊应平稳，防止撞击和振动。

6.5.3 依据工程地质条件、桩型、单桩承载力、桩的密集程度及施工条件选择桩锤。

6.5.4 桩基施工前应做打桩工艺性试验，以检验桩机设备和施工工艺是否满足设计要求，数量不少于 2 根。

6.5.5 预制桩施打宜重锤低击，桩帽或送桩帽与桩周围的间隙为 5~10mm，桩锤与桩帽、桩帽与桩顶之间应有弹性衬垫。

6.5.6 设计桩尖置于坚硬土层时，应以贯入度控制为主，桩尖进入持力层深度或桩尖高程为辅。当贯入度已满足要求而桩尖高



程未达到设计要求时，应继续锤击 3 阵，并以每阵 10 击的贯入度不大于设计规定的数值确认，必要时，施工控制的贯入度应通过试验确定。

**6.5.7** 设计桩尖置于软土层时，应以桩尖设计高程控制为主，贯入度值为辅。

**6.5.8** 预制桩基邻近既有建筑物时，宜由邻近建筑物的一侧向远离一侧施打，可采取适当的隔振措施。

**6.5.9** 群桩施工时，应自中间向两个方向或四边施打，并有减少桩位位移措施。

**6.5.10** 预制桩有多种规格时，沉桩施工宜先大后小，先长后短；桩基高程不同时，宜先深后浅。

**6.5.11** 预制桩入土初始垂直度偏差应小于 0.5%。桩锤重心应与桩身中心重合，开始沉桩时落距宜小，桩身入土稳定后可加大落距，但不宜大于 1.0m。

**6.5.12** 静力压桩施工应符合下列规定：

1 静力压桩宜选择液压力式压桩工艺，压桩机的每件配重应用量具核实。

2 最大压桩力不应小于设计的单桩竖向极限承载力标准值，必要时现场试验确定。

3 宜将每根桩一次性连续压到位，垂直度偏差不应大于 0.5%，依据现场试桩试验确定终压力标准。

**6.5.13** 桩基完成开挖土方时，应制定合理的开挖顺序和控制措施，防止桩的位移和倾斜。

**6.5.14** 施工完成后，应根据 GB 50202 进行桩身质量检验和承载力检验。

## 6.6 水泥土搅拌桩

**6.6.1** 水泥土搅拌桩分为喷浆搅拌法（以下简称湿法）和喷粉搅拌法（以下简称干法）。

**6.6.2** 施工前应处理地上和地下障碍物。场地应平整，遇有注

地积水时应抽水清淤，回填黏性土并压实，不应回填杂填土。

**6.6.3** 施工前应根据设计进行工艺性试桩，数量不少于 2 根。当桩周为成层土时，对软弱土层宜增加搅拌次数或增加水泥掺量。

通过工艺性试桩确定水泥浆的水灰比、泵送时间、搅拌头的提升速度、复搅深度等参数，以保证水泥用量能足额掺入。其提升速度宜控制在  $0.5\sim 0.8\text{m}/\text{min}$ 。

**6.6.4** 搅拌桩机应配置自动记录喷浆（粉）量及搅拌深度的记录仪。搅拌头的直径应定期检查，其磨损量不应大于  $10\text{mm}$ 。

**6.6.5** 施工中应保持搅拌桩机底盘水平和导向架竖直，桩机应设有纠偏系统，确保钻进过程中塔架和钻杆的垂直度，搅拌桩的垂直偏差不大于  $1\%$ ；桩位的允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ ；成桩直径和桩长不小于设计值。

**6.6.6** 施工时，停浆（灰）面应高于桩顶设计标高  $0.3\sim 0.5\text{m}$ 。桩头宜人工凿除。

**6.6.7** 水泥土搅拌桩施工应采取下列主要步骤：

- 1 搅拌机械就位、调平。
- 2 预搅下沉至设计加固深度。
- 3 边喷浆（粉）边搅拌提升直至预定的停浆（粉）面。
- 4 重复搅拌下沉至设计深度。
- 5 根据设计要求，喷浆（粉）或仅搅拌提升直至预定的停浆（粉）面。
- 6 关闭搅拌机械。

**6.6.8** 湿法施工应满足下列规定：

- 1 施工前应校准灰浆泵的压力和输浆量，出浆口压力应在  $0.4\text{MPa}$  以上。

- 2 当水泥浆液到达出浆口，应喷浆搅拌  $30\text{s}$ ，在水泥浆与桩端土充分搅拌后，再开始提升搅拌头。

- 3 施工时因故而停浆，应将搅拌头下沉至停浆面以下  $0.5\text{m}$ ，待恢复供浆，再喷浆搅拌提升。

**6.6.9** 干法施工应满足下列规定：

1 施工前，应检查搅拌桩机的供粉泵、送风（粉）设备及管路的密封性。管路长度不宜大于 60m。送风（粉）的空压机性能：风压应不小于 0.6MPa，风量应不小于  $6\text{m}^3/\text{min}$ 。

2 预搅下沉搅拌头到达设计桩底以上 1.5m 时，应开启喷粉机提前进行喷粉作业。当搅拌头提升至设计桩顶面以上 0.5m 时，喷粉机停止喷粉，并慢速搅拌 1~2min。

3 施工过程中因故停止喷粉，应将搅拌头下沉至停喷面以下 1.0m 处，待恢复喷粉时再喷粉搅拌提升。

4 搅拌头旋转一周的提升高度不应超过 15mm。

**6.6.10** 水泥土搅拌桩施工质量检验应符合下列规定：

1 成桩 7d 后，开挖量测停浆（灰）面下 0.5m 处成桩直径，目测检查搅拌的均匀性，检查数量为总桩数的 5%。

2 成桩 28d 后，采用双管单动取样器钻取芯样做抗压强度检验和桩体标准贯入检验。检查数量为总桩数的 1%，且不少于 3 根。

3 成桩 28d 后，应进行复合地基承载力静载荷试验和单桩载荷试验。检验数量满足设计要求。

## 6.7 水泥粉煤灰碎石桩

**6.7.1** 施工前应根据加固土层的工程地质和水文地质条件选择施工工艺。粉土、黏性土地基宜采用振动沉管灌注成桩；地下水位以上的黏性土、粉土、中密砂土地基宜采用长螺旋钻孔灌注成桩。

**6.7.2** 施工前应按设计要求进行配合比试验，按确定的配合比拌制混合料。长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成桩施工的坍落度宜为 160~200mm；振动沉管灌注成桩施工的坍落度宜为 30~50mm，振动沉管灌注成桩后，桩顶部浮浆厚度不宜超过 200mm。

**6.7.3** 长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成桩施工在钻至设计



深度后，应控制提拔钻杆时间，混合料泵送量应与拔管速度相配合，不应在饱和砂土或饱和粉土层内停泵待料；振动沉管灌注成桩施工应匀速拔管，当混合料加至投料口平齐后，宜在原地留振 10s 后边振边拔管，拔管速度控制在 1.2~1.5m/min，淤泥或淤泥质土中拔管速度可适当放慢。

**6.7.4** 施工的桩顶面应高出设计桩顶面 0.5m 以上。

**6.7.5** 施工应采用隔排、隔桩跳打，施打桩与已打桩的间隔时间不应小于 7d。

**6.7.6** 桩基垂直度偏差应不大于 1%；满堂布置的桩基础，桩位允许偏差为±0.4 倍的桩径；条形布置的桩基础，桩位允许偏差为±0.25 倍的桩径；单排布桩，桩位允许偏差应为±60mm。

**6.7.7** 桩基施工过程中，混合料应取样留置试块，每台机械一个台班应做一组试块，检测其抗压强度。

**6.7.8** 桩基养护应达到设计强度的 70% 以上时，方可进行基槽土方开挖。土方开挖时，桩顶面以上 1.0m 宜用人工开挖。挖土和截桩时，不应造成桩身断裂和扰动桩间土。

**6.7.9** 桩基上部褥垫层的铺设宜采用静力压实法，当桩间土的含水量较小时也可采用动力夯实法，夯填度不大于 0.9。

**6.7.10** 桩基施工完成 28d 后，应进行地基承载力静载荷试验和单桩静载荷试验。地基承载力试验数量不应少于 3 点。单桩静载荷试验不应少于 3 根。采用低应变动力试验检测桩身完整性，数量不应小于总桩数的 10%。

## 6.8 强 夯 法

**6.8.1** 夯击遍数应根据地基土的性质确定，可采用点夯 2~3 遍。对于渗透性弱的细颗粒土，夯击遍数可适当增加，最后再以低能量满夯 2 遍。

**6.8.2** 两遍夯击之间应有一定的间隔时间。间隔时间取决于土中超静孔隙水压力的消散时间。当缺少实测资料时，可根据地基土的渗透性确定，对于渗透性较差的黏性土地基，间隔时间不少

于 21~28d；对于渗透性好的地基可连续夯击。

**6.8.3** 夯击点位置可根据基底平面形状，采用等边三角形、等腰三角形或正方形布置。第一遍夯击点间距可取夯锤底面直径 2.5~3.5 倍，第二遍夯击点位于第一遍夯击点之间。以后每遍夯击点间距可与第一遍相同，也可适当减小。

**6.8.4** 强夯施工处理范围应大于建筑物基础范围。每边超出基础外边线的宽度宜为设计处理深度的  $1/2 \sim 2/3$ ，并不宜小于 3.0m。

**6.8.5** 应制定强夯施工试验方案，进行现场试夯。对不同的土质，试夯结束一至数周后，应进行场地测试，并与强夯前的测试数据进行对比，检验强夯效果，确定强夯施工采用的各项参数。

**6.8.6** 强夯的夯锤质量可取 100~400kN。其底面形式宜采用圆形或多边形。夯锤底面积宜按土的性质确定，锤底静接地压力值可取 25~40kPa，对于细颗粒土锤底静接地压力宜取较小值。夯锤的底面宜对称设置若干个与其顶面贯通的排气孔，孔径可取 0.25~0.3m。

**6.8.7** 强夯施工机械宜采用带有自动脱钩装置的履带式起重机或其他专用设备。采用履带式起重机时，可在臂杆端部设置辅助门架，或采取其他安全措施，防止落锤时机架倾覆。

**6.8.8** 地下水位较高，夯坑底积水影响施工时，地下水位应降低至坑底面以下 2.0m。夯坑内或场地积水应及时排除。

**6.8.9** 强夯施工前，应查明作业场地地下是否存在既有构筑物和各种管线，并采取必要的措施，以免因强夯施工而造成损坏。

**6.8.10** 强夯施工对邻近建筑物或设备产生有害影响时，应采取防振或隔振措施。

**6.8.11** 施工中应检测下列工作，详细记录各项施工参数及施工情况。

1 开夯前应检查夯锤质量和落距，以确保单击夯击能量符合设计要求。

2 每一遍夯击前，应对夯点放线进行复核，夯完后检查夯

坑位置，发现偏差或漏夯应及时纠正。

3 检查每个夯点的夯击次数和每击的夯沉量。

6.8.12 地基承载力检验，应间隔一定时间进行。对于碎石土和砂土地基，其间隔时间可取 14d；低饱和度的粉土和黏性土地基可取 21~28d。

6.8.13 地基承载力检验可采用原位测试和室内土工试验相结合的方法，检验的数量应根据场地复杂程度和建筑物的重要性确定，不宜少于 3 处。地基承载力检验也可采用静载荷试验的方法。

## 6.9 沉 井

6.9.1 施工前，应根据地质资料选定下沉方式，计算沉井各阶段的下沉系数，确定沉井制作、下沉施工方法。

6.9.2 沉井制作至下沉前，应保持地下水位低于基坑底面 0.5m。

6.9.3 采用承垫木枋法制作沉井时，砂垫层应分层铺填密实，铺筑的砂垫层厚度，承垫木的规格、间距和数量应计算确定。

6.9.4 采用无承垫木枋法制作沉井时，可铺垫素混凝土或砂垫层，其厚度由计算确定。

6.9.5 沉井刃脚采用砌砖胎模或土模时，应保证其尺寸准确，可使用水泥砂浆抹面，并采取有效的防水、排水措施。

6.9.6 分节沉井制作的高度应保证其稳定和顺利下沉，沉井制作总高度不宜超过沉井的短边，也不宜超过 12m。沉井下沉总深度超过 12m，宜采用多次制作多次下沉施工工艺，接高沉井的各节竖向中心线应重合。

6.9.7 沉井的刃脚模板应在混凝土达到设计强度的 70% 方可拆除。沉井外壁应平滑。

6.9.8 沉井下沉前应对沉井的整体结构进行验收。应在第一节沉井的混凝土达到设计强度，其余各节达到设计强度的 70% 后，方可下沉。

封底的沉井，在下沉前，应对封底、底板与井壁结合部凿毛处理；井壁上的穿墙孔和对拉螺栓孔应进行封堵防渗处理。

**6.9.9** 抽除承垫木应分组、分区、依次、对称、同步地进行，每抽出一组及时用砂填实。定位支点处的垫木应最后同时抽出。在抽承垫木过程中，应同时进行观测，发现倾斜及时纠正。

**6.9.10** 挖土应符合下列规定：

1 下沉挖土应分层、对称地进行，先挖中部后挖边部，从中间向两端伸展；每层挖深不宜大于 0.5m，使沉井挤土下沉。分格沉井井格之间土面的高差不应超过 1.0m。

2 排水挖土时，地下水位应降至开挖面以下 0.5m。

3 沉井近旁不应堆放弃土、建筑材料等。

4 沉井下沉时应及时纠偏，下至距设计高程 2.0m 左右时，应放慢下沉速率，避免超沉。

**6.9.11** 沉井下沉不排水施工应满足下列要求：

1 不排水下沉时依据施工条件可选择空气吸泥与潜水员配合或水下抓土与潜水员配合等下沉方法，施工时井内水位不宜低于井外水位。防止井内涌砂，并备有向井内补水的设备。

2 采用空气吸泥下沉施工，吸泥装置在水下的深度宜大于 5m，并应保持井内外的水位平衡。

**6.9.12** 沉井下沉困难时可采用触变泥浆套、空气幕、压重等助沉措施。

**6.9.13** 沉井施工的全过程应按时观测，每下沉 1m 观测检查一次，每班至少观测 2 次，发现倾斜、位移应及时进行纠正。

**6.9.14** 并列群井宜同时下沉。如受条件限制，可分组、间隔、对称均衡下沉。

**6.9.15** 沉井下沉至设计高程，经观测，8h 的沉降量小于 10mm 视为稳定，可实施封底工作。

**6.9.16** 干封底应符合下列规定：

1 沉井下沉至设计高程后应清除基底浮泥，排除积水。

2 多格沉井应分格对称地浇筑，防止不均匀下沉。

3 在封底和底板混凝土未达到设计强度时，应控制地下水；停止抽水时，应验算沉井的抗浮稳定性。

6.9.17 采用导管法进行水下混凝土封底时，应符合下列规定：

1 对井底基面、接缝及止水等应进行清理；可加铺毛石、碎石垫层找平，以利于水下混凝土的扩散。

2 水下封底混凝土应连续浇筑，计算浇注混凝土导管的数量和间距，应使浇注的混凝土能相互覆压，表面坡度小于1:5。

3 混凝土达到设计强度后，方可从沉井内抽水，如提前抽水，应经验算。

6.9.18 无底沉井内的填料应按设计要求分层压实。

6.9.19 沉井与沉井间的连接和接缝处理应确保防渗效果，并宜在各沉井全部封底或回填后进行。

6.9.20 钢筋混凝土沉井制作的允许偏差值按 7.2.10 条执行。

6.9.21 沉井施工到位相对稳定后，应检测沉井的位移、扭转、沉降、高程及高差等并填写检测记录。

6.9.22 沉井下沉稳定后的允许偏差应符合下列规定：

1 刃脚平均高程与设计高程的偏差不大于 100mm。

2 沉井四角中任何两个角的刃脚底面高差，不应超过该两个角间水平距离的 0.5%，且不大于 150mm；如其间的水平距离小于 10m，其高差小于 100mm。

3 沉井顶面中心的水平位移（纵横向）不大于下沉总深度（下沉前后刃脚高差）的 1%，下沉总深度小于 10m 时，不宜大于 100mm。沉井的最大倾斜度（纵横向）为沉井高度的 1%。上述偏差应在沉井封顶时，根据水闸上部尺寸的要求，予以调整补救。



## 7 混凝土和钢筋混凝土

### 7.1 一般规定

7.1.1 水闸主体结构混凝土施工宜按照先深后浅、先重后轻、先高后矮、先主后次的原则进行。

7.1.2 混凝土应满足强度、抗冻、抗渗、抗侵蚀、抗冲刷、抗磨损等性能及和易性的要求。

7.1.3 混凝土的施工，应从原材料选择、配合比设计、温度控制、施工安排等方面，采取综合措施，防止产生裂缝。

7.1.4 大体积混凝土、特殊模板、高大模板支撑系统施工，应编制专项施工措施计划。

### 7.2 模板工程

7.2.1 模板及支架应符合下列规定：

- 1 模板的型式应与结构特点和施工条件相适应。
- 2 具有足够的强度、刚度和稳定性。
- 3 保证浇筑后结构物的形状、尺寸和相互位置符合设计文件要求。
- 4 模板表面应光洁平整、接缝严密。
- 5 制作简单，装拆方便，做到系列化、标准化。

7.2.2 模板及支架宜选用钢材或其他新型材料制作，应少用木材，并进行结构设计，对选材、制作、安装、使用及拆除等提出要求。

7.2.3 模板设计应包括以下主要内容：

- 1 根据模板所承受的荷载组合对模板进行验算。
- 2 制定模板安装及拆除的程序和方法。
- 3 编制模板及配件的规格、数量及周转使用计划。
- 4 编制模板施工安全技术措施。

5 编制模板支架施工设计计算书；绘制模板支撑布置图、拼缝及细部构造大样图等。

7.2.4 模板及支架的设计荷载标准值可参照附录 A。荷载计算应考虑下列荷载：

- 1 模板的自身重力。
- 2 新浇筑的混凝土的重力。
- 3 钢筋和预埋件的重力。
- 4 施工人员和机具设备的重力。
- 5 振捣混凝土时产生的荷载。
- 6 新浇筑的混凝土的侧压力。
- 7 新浇筑的混凝土的浮托力。
- 8 倾倒混凝土时产生的荷载。
- 9 风荷载。
- 10 除上列九项荷载以外的其他荷载。

7.2.5 模板及支架的设计计算中选择最不利的荷载组合应符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 各种模板支架的荷载组合

项目	参与组合的荷载类别 <sup>a</sup>	
	计算承载力	验算刚度
现浇桥面、屋面等部位的底模及支架	1、2、3、4、5 或 1、2、3、4、8	1、2、3、4、5
胸墙、连梁的底模及支架	1、2、3、4、5	1、2、3、4、5
梁侧模板	5、6	6
墩、墙、柱等部位侧模	6、8 或 8	6、8
底板、消力池等部位侧模	6、7、8 或 8	8
悬臂模板	1、2、3、4、5、8	1、2、3、4、5、8

a 荷载类别编号的内容见 7.2.4 条。

7.2.6 模板及支架安装应与钢筋绑扎、止水带（片）安装、预埋件安装、混凝土浇筑等工序密切配合。

7.2.7 模板支架的基础面应坚实，且有足够的支承面积与防滑措施。当支承在湿陷性黄土、冻胀土或其他软弱土层上，应加设垫板，采取防积水、防冻融或其他措施，并进行地基承载力计算。

7.2.8 模板支架立杆之间的纵横连接杆件应与立杆连接牢固，纵横杆件的间距通过计算确定。

多层支架的立杆应垂直，上、下层立杆应在同一中心线上，立杆间的垫木应平整，立杆间加设横杆、剪刀撑等构造措施确保稳定。

7.2.9 墩、墙模板采用对拉杆件固定时，宜采用组合式对拉螺杆，对拉杆件的材质与间距应经计算确定。采用普通对拉杆件固定时，杆件两端与模板面相交处宜设置楔形顶帽。

7.2.10 制作和安装模板的允许偏差，应符合表 7.2.10 的规定。

表 7.2.10 模板制作和安装的允许偏差 单位：mm

项 目		允许偏差
钢模板制作	模板的长度和宽度	±2
	模板表面局部不平	2
	连接配件的孔眼位置	±1
木模板制作	模板的长度和宽度	±3
	相邻两板面高差	1
	平面刨光模板局部不平	5
模板安装	模板平整度（含大体积混凝土）	3（钢模 2、隐蔽面 5）
	局部平整度（含大体积混凝土）	5（钢模 3、隐蔽面 10）
	结构物水平断面内部尺寸（含大体积混凝土）	±20
	结构物边线与设计边线	-10~0（外模 0~+10，隐蔽面 15）
	板面缝隙	2（钢模 1、隐蔽面 2）
	结构断面尺寸（排架、梁、板、柱、墙）	±10
	轴线位置（排架、梁、板、柱、墙）	±10
垂直度（排架、梁、板、柱、墙）	±5	



表 7.2.10 (续)

项 目		允许偏差
承重模板底面高程 (含大体积混凝土)		0~+5
预留 孔、洞	尺寸	-10
	位置	±10

7.2.11 模板及支架的拆除应符合下列规定：

1 不承重的侧面模板，混凝土表面及棱角不因拆模而受损坏。

2 承重模板及支架，应按设计要求拆除。无要求时，应符合表 7.2.11 的规定。

3 有温控防裂要求的部位，应考虑拆模后对混凝土内、外温差的影响。

表 7.2.11 承重模板及支架的拆除时混凝土强度标准值

构件类型	构件跨度 $l$ (m)	按达到设计混凝土强度标准值的 百分率计 (%)
悬臂板、梁	$l \leq 2$	75
	$l > 2$	100
其他梁、板、拱	$l \leq 2$	50
	$2 < l \leq 8$	75
	$l > 8$	100

7.2.12 现浇钢筋混凝土梁、板底模板，当跨度大于等于 4m 时，模板应设置预拱；当结构设计无具体要求时，预拱高度宜为全跨长度的 1‰~3‰。

## 7.3 钢 筋

7.3.1 钢筋混凝土结构所用的钢筋种类、牌号、直径等，应符合设计要求。钢筋的力学性能和冷弯应符合相关规范的规定。

7.3.2 钢筋应有出厂合格证或试验报告单，进场后应进行外观

质量检查和重量偏差检验，使用前按规定进行拉力、冷弯试验。需要焊接的钢筋，应做焊接工艺试验。

验收后的钢筋，应按不同等级、牌号、规格及生产厂家分批、分类堆放并标识。

**7.3.3** 以另一种牌号或直径的钢筋代替设计文件规定的钢筋时，应符合下列规定：

1 两者的计算强度进行换算，并对钢筋截面面积作相应的改变。

2 某种直径的钢筋，用同牌号的另一直径钢筋替换时，其直径变更范围不宜超过 4mm；替换后的钢筋总截面面积不应小于设计规定截面面积的 98%，也不应大于设计规定截面面积的 103%。

3 钢筋等级的替换不应超过一级。用高一级钢筋替换低一级的钢筋时，宜采用改变钢筋直径的方法而不宜采用改变钢筋根数的方法。部分构件应进行裂缝和变形验算。

4 以较粗的钢筋替换较细的钢筋时，部分构件应校核握裹力。

**7.3.4** 钢筋加工弯折应一次完成，不应反复弯折。加工钢筋的允许偏差应符合表 7.3.4 的规定。

表 7.3.4 加工后钢筋的允许偏差

偏差名称		允许偏差值
受力钢筋全长净尺寸的允许偏差		±10mm
箍筋各部分长度的允许偏差		±5mm
钢筋弯起点位置的允许偏差	构件	±20mm
	大体积混凝土	±30mm
钢筋转角的允许偏差		±3°
圆弧钢筋径向允许偏差	薄壁结构	±10mm
	大体积混凝土	±25mm

7.3.5 钢筋的接头应按设计要求进行。当设计无要求时，根据施工条件宜采用焊接接头（电弧焊、闪光对焊、电渣压力焊等）或机械连接接头（锥螺纹套筒接头、直螺纹套筒接头、挤压套筒接头等）。钢筋的交叉连接，宜采用接触点焊。

7.3.6 当采用绑扎接头时应符合下列规定：

1 受拉区域内光圆钢筋绑扎接头的末端应做弯钩。

2 梁、柱钢筋绑扎接头的搭接长度范围内应加密箍筋。绑扎接头为受拉钢筋时，箍筋间距不应大于  $5d$ （ $d$  为两搭接钢筋中较小的直径），且不大于 100mm；绑扎接头为受压钢筋时，其箍筋间距不应大于  $10d$ ，且不大于 200mm。箍筋直径不应小于较大搭接钢筋直径的 0.25 倍。

3 搭接长度应符合国家现行有关标准的规定。

7.3.7 轴心受拉构件、小偏心受拉构件或其他混凝土构件中直径大于 25mm 的钢筋接头，均应焊接或机械连接。

7.3.8 钢筋的根数、间距应符合设计规定，并应绑扎牢固，其安装允许偏差应符合表 7.3.8 的规定。

表 7.3.8 钢筋安装允许偏差

偏差名称		允许偏差
钢筋长度方向的偏差		1/2 倍净保护层厚
同一排受力钢筋间距的局部偏差	柱及梁	0.5d
	板、墙	0.1 倍间距
双排钢筋，其排与排间距的局部偏差		0.1 倍排距
梁与柱中钢筋间距的偏差		0.1 倍箍筋间距
保护层厚度的局部偏差		1/4 倍净保护层厚

7.3.9 钢筋安装时，应严格控制保护层厚度。钢筋与底面和钢筋与模板之间，应设置数量足够、强度不低于构件设计强度的混凝土（或砂浆）垫块；侧面使用的垫块应埋设铁丝，并与钢筋扎紧；垫块应均匀布置。

在双层或多层钢筋之间，应采用短钢筋支撑或其它措施，以

保证钢筋位置的准确。

7.3.10 绑扎钢筋的铅丝和垫块上的铅丝不应伸入混凝土保护层内。

## 7.4 混 凝 土

7.4.1 混凝土所用水泥品种应符合国家标准，满足设计要求和  
使用条件，应按下列原则选用：

1 水位变化区或有抗冻、抗冲刷、抗磨损等耐久性设计要求的混凝土，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、低热膨胀水泥或火山灰质硅酸盐水泥。

3 水上部位的混凝土，宜选用普通硅酸盐水泥。

4 受海水、盐雾作用的混凝土，应选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥；受硫酸盐侵蚀的混凝土，宜选用抗硫酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥。

5 受其他侵蚀性介质影响或有特殊要求的混凝土，应按有关规定或通过试验选用。

6 混凝土设计要求预防碱骨料反应的，所用水泥碱含量应不大于0.6%。

7.4.2 水泥应有出厂合格证和品质试验报告，进场后应按规定进行检验。进场的水泥应按标明的品种、强度等级、生产厂家和出厂批号，分别储存。袋装水泥储运时间超过3个月，散装水泥超过6个月时，使用前应重新检验。

7.4.3 一个工程所用水泥品种宜为1~2种，并应固定供应厂家。

7.4.4 水泥的强度等级应与混凝土设计强度相适应，水位变化区的混凝土和有抗冻、抗渗、抗冲刷、抗磨损等要求的混凝土，宜选用较高强度等级的水泥。

7.4.5 砂、石骨料宜先在料场取样，然后通过试验选择。

7.4.6 粗骨料宜用质地坚硬，粒形、级配良好的碎石、卵石，其质量标准按相关的规定执行。

不应使用未经分级的混合石子；当混凝土设计要求预防碱骨料反应时，应采取预防碱骨料反应的技术措施。

7.4.7 粗骨料最大粒径的选定，应符合下列规定：

1 不宜大于 80mm。

2 不应大于结构截面最小尺寸的  $1/4$ ，混凝土板厚的  $1/3$ 。

3 不应大于钢筋净间距的  $2/3$ ；对双层或多层钢筋结构，不应大于钢筋最小净距的  $1/2$ 。

4 经常受海水、盐雾作用或其他侵蚀介质影响的钢筋构件面层，粗骨料最大粒径不宜大于钢筋保护层厚度。

5 施工中宜将粗骨料按粒径分仓堆放，不得混料，混凝土拌和时应按配合比例计量掺配。

6 泵送混凝土，应满足泵送混凝土的技术要求。

7.4.8 细骨料宜采用质地坚硬、颗粒洁净、级配良好的天然砂或机制砂。其质量标准应符合国家现行有关标准的规定。

不应使用未经淡化处理的海砂，经处理的海砂用于钢筋混凝土结构时宜掺加钢筋阻锈剂。

7.4.9 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、细不同的砂料分仓堆放，配合使用。

7.4.10 拌制和养护混凝土用水应符合下列规定：

1 不应使用未经处理的工业废水和生活污水。

2 水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害物质，氯离子含量不超过 200mg/L，硫酸盐含量（以硫酸根离子计）不大于 2200mg/L，pH 值不小于 4。

7.4.11 在进行大体积混凝土、泵送混凝土配合比设计时，宜考虑掺入矿物掺合料。掺合料的品质应符合国家现行有关标准的规定，其掺入量应通过试验确定。

7.4.12 在进行混凝土配合比设计时，宜掺用外加剂。

有抗冻要求的混凝土应掺用引气减水剂，含气量宜为 4%~6%。

7.4.13 混凝土的配合比应通过计算和试验确定，除应满足设计强度、耐久性及施工要求外，还应做到经济、合理。混凝土配制强度计算见附录 B。

7.4.14 混凝土的水胶比、水泥用量应通过试验确定，并应符合表 7.4.14 的规定。遇有下列情况，表列水胶比允许值应分别减小 0.03~0.05。

- 1 严寒地区水位变化区的混凝土。
- 2 受海水、盐雾或其他侵蚀性介质作用的外部混凝土。
- 3 厚度小于 0.6m 的胸墙、薄壁墙等。

表 7.4.14 最小水泥用量、水胶比最大允许值

环境类别	混凝土最低强度等级	最小水泥用量 (kg/m <sup>3</sup> )	最大水胶比
一	C20	220	0.60
二	C25	260	0.55
三	C25	300	0.50
四	C30	340	0.45
五	C35	360	0.40

注 1：当混凝土中加入优质活性掺合料或能提高耐久性的外加剂时，可适当减少最小水泥用量。  
 注 2：素混凝土结构的最小水泥用量可按表适当降低。  
 注 3：大体积常态混凝土的胶凝材料用量不低于 140kg/m<sup>3</sup>，水泥熟料含量不低于 70kg/m<sup>3</sup>。

7.4.15 混凝土的坍落度，应符合表 7.4.15-1 的规定。

表 7.4.15-1 混凝土在浇筑地点的坍落度（使用振捣器）

单位：mm

部位和结构情况	坍落度
基础、混凝土或少筋混凝土	20~40
闸底板、墩、墙等一般配筋	40~60
桥梁，配筋较密，捣实较难	60~80
胸墙、岸墙、翼墙等薄壁墙，断面狭窄，配筋较密，捣实困难	80~100



配制大坍落度混凝土（超过 80mm）宜考虑掺外加剂。高温季节施工和结构钢筋很密时，坍落度宜适当加大。

混凝土坍落度允许偏差应符合表 7.4.15-2 的规定。

表 7.4.15-2 混凝土坍落度允许偏差 单位：mm

坍落度	允许偏差
$\leq 40$	10
50~90	20
$\geq 100$	30

7.4.16 拌制混凝土时，应严格按照施工配合比配料，不得擅自更改。

7.4.17 水泥、砂、石子、掺合料、水及外加剂均以重量计。砂石料计量宜选用自动计量的配料系统，衡器应定期校验。称量允许偏差应符合表 7.4.17 的规定。

表 7.4.17 混凝土各组分称量的允许偏差 %

材料名称	允许偏差
水、水泥、混合料、外加剂溶液	$\pm 1$
骨料	$\pm 2$

7.4.18 混凝土应搅拌均匀。搅拌时间应通过试验确定，且不宜小于表 7.4.18 的规定。

表 7.4.18 混凝土最少拌和时间

拌和机容量 $Q$ ( $m^3$ )	最大骨料粒径 (mm)	最少拌和时间 (s)	
		自落式拌和机	强制式拌和机
$0.75 \leq Q \leq 1$	80	90	60
$1 < Q \leq 3$	150	120	75
$Q > 3$	150	150	90

注 1：延长掺加掺合料、外加剂和加冰的混凝土拌和时间。  
注 2：根据试验确定掺纤维、硅粉的混凝土拌和时间。



**7.4.19** 混凝土运输应符合下列规定：

1 运输设备和运输能力的选定，应与结构特点、仓面布置、拌和及浇筑能力相适应。

2 以最少的周转次数，将拌成的混凝土送至浇筑仓内，混凝土拌和物从拌和机卸出至浇筑仓面的间隔时间不应超过初凝时间。

3 选用汽车运输混凝土，应避免发生离析、漏浆及坍落度损失过大的现象。运至浇筑地点后，如有离析现象，应进行二次拌和。

4 混凝土的自由下落高度，不宜大于 2m；超过时，应采用溜管、串筒、滑槽、负压溜槽或其他缓降措施；对于薄壁结构，可在两侧模板的适当位置均匀布置数个下料口，以利浇捣，防止骨料分离。

5 采用的储料容器使用前用水湿润，但不应留有积水，使用后刷洗干净。

**7.4.20** 浇筑前，应详细检查仓内清理、模板、钢筋、止水带、预埋件、永久缝及浇筑准备工作等，并做好记录，经验收后方可浇筑。

混凝土应分层浇筑。上下相邻两层错距不宜小于 1.5m。

在斜面上浇筑混凝土，应从低处开始，逐层升高，并保持水平分层，采取措施不使混凝土向低处流动。

**7.4.21** 混凝土应随浇随平仓，不应使用振捣器平仓。局部有粗骨料堆集时，应将其均匀地分布于砂浆较多处，不应用砂浆覆压。

混凝土在运输、输送、浇筑过程中不应加水。

**7.4.22** 混凝土浇筑层厚度，应根据搅拌、运输和浇筑能力、振捣器性能、混凝土的初凝时间及气温因素确定，并符合表 7.4.22 的规定。

表 7.4.22 混凝土浇筑层的允许最大厚度

振捣设备类别		浇筑层允许最大厚度
插入式	振捣机	振捣棒（头）长度的 1.0 倍
	电动或风动振捣器	振捣棒（头）长度的 0.8 倍
	软轴式振捣器	振捣棒（头）长度的 1.25 倍
平板式	无筋或单层钢筋结构中	250mm
	双层钢筋结构中	200mm

7.4.23 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，若振捣后能重塑者，仍可继续浇筑上层混凝土。否则应按施工缝处理，

允许间歇时间，应通过试验确定，或符合表 7.4.23 的规定。

表 7.4.23 浇筑混凝土的允许间歇时间

仓面浇筑气温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	允许间歇时间 (min)	
	普通硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥
20~30	90	120
10~20	135	180
5~10	195	—

注：本表未考虑掺用外加剂及其他特殊施工措施的影响。

7.4.24 施工缝的位置应设在结构受力较小的部位，易于凿毛和清理，并考虑对外观质量的影响。

7.4.25 施工缝的处理应符合下列规定：

1 可采用凿毛、冲毛或刷毛等方法处理，清除表层的水泥浆薄膜和松散软弱层，并冲洗干净，排除积水。

2 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；浇筑前，水平缝应铺厚 10~20mm 的同配合比的水泥砂浆，垂直缝应随浇筑层刷素水泥浆或界面剂。

7.4.26 使用振捣器应符合下列规定：

1 振捣器应按一定顺序振捣，防止漏振、过振；振捣点间距应不大于振捣器有效半径的 1.5 倍；当使用表面振捣器时，其振捣边缘应适当搭接。

2 振捣器垂直插入下层混凝土 50mm 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边振边缓慢拔出，不留空洞。

3 振捣器头至模板的距离应大于其有效半径的  $1/2$ ，并不应触动钢筋、止水带（片）及预埋件等。

7.4.27 混凝土浇筑过程中，表面泌水过多时应及时排除，并不应带走灰浆。

7.4.28 浇筑过程中，应安排专人随时检查、维护模板和支架，如有漏浆、变形或沉陷，应立即处理。发现钢筋、止水带（片）和预埋件的位置产生移动时，应及时校正。

7.4.29 浇筑过程中，应及时清除粘附在模板、钢筋、止水带（片）和预埋件表面的干硬灰浆。浇筑完成时，应及时抹平，排除泌水，终凝前再抹压一遍，防止产生表面干缩裂缝。

7.4.30 在地基土层上浇筑底部混凝土时，应做好排水，避免扰动地基土层。在老混凝土或岩基上浇筑混凝土时，基面应避免有过大的起伏，应采取必要的隔离措施，减少对结构的约束。

7.4.31 外露混凝土结构浇筑应符合下列规定：

1 应根据结构特点进行构件分区，同一构件分区应采用同批混凝土，并应连续浇筑。

2 同层或同区内混凝土构件所用材料品种、规格应一致，并应保证结构外观色泽一致。

7.4.32 在同一块底板上浇筑数个闸墩时，各墩的混凝土浇筑面应均衡上升。

7.4.33 混凝土浇筑完毕后，应及时覆盖，面层凝结后，应及时养护，使混凝土面和模板保持湿润状态。

7.4.34 混凝土连续湿润养护时间，在常温下应符合表 7.4.34 的规定。有温控防裂要求的部位，养护时间宜适当延长。

表 7.4.34 混凝土养护时间

单位: d

水泥品种	湿润养护时间
普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、抗硫酸盐水泥	14
矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	28

7.4.35 养护剂的选择、使用方法和涂刷时间应按产品说明并通过试验确定。

7.4.36 混凝土浇筑时的质量检验应符合下列规定:

1 砂、石子的含水量每班至少检验 1 次,湿度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计量,每班应检验 1 次。

3 混凝土拌和时间,每班应检验 1 次。

4 现场混凝土坍落度,每班应在出料口和浇筑仓面各检验 2 次;在制取试件时,应同时测定坍落度。

5 当采用预拌混凝土时,应提交预拌混凝土质量合格证明,并进行现场检验。

7.4.37 混凝土的质量检验应以现场同一储料斗或运输车取样并在标准条件下养护试件的抗压强度为主。试件的组数应按下列规定制取:

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 500m<sup>3</sup> 应成型试件 1 组。

3 非厚大结构物,28d 龄期每 100m<sup>3</sup> 应成型试件 1 组。

4 设计有抗拉、抗冻、抗渗等要求时,每季度应成型试件 1~2 组。

5 每一工作班成型试件应不少于 1 组。

7.4.38 为掌握结构物或构件的拆模、吊运时的强度情况,应成型一定数量试件,与结构物或构件同条件进行养护。

7.4.39 应在仓面取混凝土制作一定组数的试件。一组试件应取自同一盘混凝土中。

7.4.40 混凝土强度评定,应按下列规定统计。混凝土强度检验评定见附录 C。

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，应按分部工程以同强度等级的混凝土作为一个统计单位。

2 每组试件的平均值为一个统计数据。

7.4.41 若对已完工的混凝土工程质量有疑异时，应采取无损检测、钻孔取样、压水试验等方法查明情况及原因。

7.4.42 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，浇筑起止时间，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、发生的日期等情况。

6 其他有关事项。

7.4.43 混凝土结构外观缺陷修整应符合下列规定：

1 对于露筋、蜂窝、孔洞、夹渣、疏松、外表缺陷，应凿除胶结不牢固部分的混凝土，清理表面，洒水湿润后应用 1 : 2 ~ 1 : 2.5 水泥砂浆抹平。

2 混凝土表面裂缝宜采用无机材料修补，并宜在裂缝开度较大的低温季节进行。活动性裂缝宜采用柔性材料修补。

7.4.44 混凝土的表面裂缝应按设计要求进行处理，当设计无要求时，混凝土的表面裂缝宽度小于表 7.4.44 中所列数值者可不予处理。

表 7.4.44 钢筋混凝土结构最大裂缝  
宽度允许值

单位：mm

区域	水上区	水位变动区（包括浪溅区）	水下区
内河淡水区	0.20	0.15	0.20
沿海海水区	0.10	0.10	0.15

#### 7.4.45 大体积混凝土温度控制宜采取以下措施：

1 增加骨料堆高高度。高温季节施工时可采取堆高骨料（堆高不宜低于6m并应有足够的储备空间）、搭设凉棚、风冷、水冷、运输隔热、保温、合理安排混凝土浇筑时间等措施，降低混凝土浇筑温度。

2 降低混凝土水化热。在满足混凝土各项设计指标的前提下，应采用水化热低的水泥，优化配合比设计，采取加大骨料粒径，改善骨料级配，掺用混合材、外加剂和降低混凝土坍落度等综合措施，合理减少混凝土的单位水泥用量。

3 降低混凝土内部温度。采用冷却水管降温时，通水时间由计算确定，宜为10~20d。混凝土温度与水温之差，不宜超过25℃。水流方向应每24h调换1次，日降温不宜超过2℃。

#### 7.4.46 对拉螺杆孔眼的封堵修补应符合下列规定：

1 采用组合式对拉螺杆时，拆除两端的锥形接头，清理孔眼表面，涂刷一层界面剂，调配同配合比除去石子的补偿收缩水泥砂浆封堵，喷水养护。

2 采用普通式对拉螺杆应符合下列规定：

1) 有套管时，拆除套管两端的堵头，管端部采用泡沫棒塞堵，清理孔眼表面，涂刷一层界面剂，调配同配合比除去石子的补偿收缩水泥砂浆封堵，喷水养护。对于有防渗要求的混凝土结构施工，不宜使用有套管的对拉螺杆。

2) 无套管时，采用手持式取芯机，在螺杆部位取出直径35mm、深20mm的孔眼，割除露出部分的螺杆，清理孔眼表面，涂刷一层界面剂，调配同配合比除去石子的补偿收缩水泥砂浆封堵，喷水养护。

### 7.5 雨天、高温季节施工

#### 7.5.1 雨天施工，应采取下列措施：

1 掌握天气预报，避免在大雨时浇筑混凝土。



- 2 加强骨料含水量的检验。
  - 3 砂石堆料场应排水通畅。
  - 4 运输工具及运输道路宜采取防雨、防滑措施。
  - 5 加强水泥仓库的防漏、防潮检查。
  - 6 墩、墙、桥梁混凝土的浇筑仓面上，宜设临时防雨棚。
  - 7 采取必要的防台风和防雷击措施。
- 7.5.2 无防雨棚仓面，在小雨中浇筑，应采取下列措施：
- 1 通过检测，调减混凝土的用水量。
  - 2 防止雨水入仓，仓内及时排水，但不应带走灰浆。
  - 3 及时做好对新浇混凝土的抹面及保护。
- 7.5.3 无防雨棚仓面，在浇筑混凝土过程中，遇大雨应立即停止浇筑，并将仓内的混凝土振捣好后加以遮盖。雨后应先排除仓内积水，清理表面被破坏的混凝土。继续浇筑时，应先铺一层水泥砂浆。如间歇时间超过规定，应按施工缝处理。
- 7.5.4 高温季节施工应严格控制混凝土浇筑温度。混凝土出机口温度不应超过 30℃，混凝土入仓温度不应超过 35℃。
- 7.5.5 为降低混凝土浇筑温度，减少温度上升，宜采取下列措施：
- 1 预冷原材料，骨料适当堆高，堆放时间适当延长，使用时由底部取料；采用低温水喷洒粗骨料和拌制混凝土。
  - 2 宜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 浇筑仓面采取遮阳措施，喷洒水雾，降低周围温度。
- 7.5.6 高温季节混凝土拌制宜掺用缓凝剂或缓凝减水剂。

## 7.6 低温季节施工

- 7.6.1 当室外连续 5d 日平均气温低于 5℃或当日最低气温降至 0℃时，应采取冬期施工方案。除工程特殊需要外，日平均气温 -15℃以下时不宜施工。



7.6.2 冬期施工前，应备足加热、保温和防冻材料。骨料宜在进入冬期前筛洗完毕。

7.6.3 冬期施工应密切注意天气预报，防止遭受寒流、风雪和霜冻袭击。

混凝土浇筑宜安排在寒流前后气温较高的时间进行。

小体积混凝土的浇筑宜安排在白天气温较高时浇筑，并及时进行保温覆盖。

7.6.4 地基基础保护层土方挖除后，应及时采取保温措施，并尽早浇筑混凝土。

低温季节不应在强冻胀性地基土上浇筑混凝土；当在弱冻胀性地基土上浇筑混凝土时，基土不应受冻。

7.6.5 在原有混凝土或岩基上浇筑混凝土，如有冰冻现象，应加热处理，经检验合格后方可浇筑。

7.6.6 冬期浇筑的混凝土，宜使用防冻剂、引气减水剂，引气减水剂含气量宜为4%~6%；有早强要求者，可使用早强剂，但在钢筋混凝土中不应用氯盐作早强剂。

7.6.7 在混凝土强度未达到10MPa时，保温措施不应停止。

7.6.8 当室外日最低气温低于-10℃时，闸底板、消力池等重要开敞部位的混凝土，不宜露天浇筑。

7.6.9 混凝土的浇筑入仓温度不宜低于5℃。浇筑大面积的混凝土时，在覆盖上层混凝土以前，浇筑仓面温度不宜低于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口温度。

7.6.10 为提高混凝土的出机口温度，应首先考虑用热水拌制。不能满足要求时，再考虑加热骨料。水泥不应直接加热。

拌和用水的温度，不宜超过60℃。超过60℃时，应改变拌和加料顺序，将骨料与水先拌和，然后加入水泥，并控制拌和物的温度不应超过35℃。

7.6.11 运输和浇筑混凝土用的容器、混凝土输送泵管等应有保

温措施。

7.6.12 当室外最低气温高于 $-15^{\circ}\text{C}$ 时，表面系数不大于5的结构宜首先采用蓄热法、蓄热和掺外加剂并用或暖棚法。

当蓄热法不能满足强度增长的要求时，可选用蒸汽加热、电流加热或暖棚保温的方法，同时应采取防风措施。

7.6.13 采用蓄热法养护时，应采取下列措施：

1 随浇筑、随捣固、随覆盖，减少热量失散。

2 保温、保湿材料应紧密覆盖模板或混凝土表面，迎风面宜增设挡风措施。

3 对细薄结构的棱角部分，应加强保温。

4 结构上的孔洞应暂时封堵。

7.6.14 应避免在寒流袭击、气温陡降时拆模；当混凝土与外界气温相差 $20^{\circ}\text{C}$ 以上时，应推迟拆模或拆模后加以覆盖。

7.6.15 冬期施工时，应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，每班测量2次。

2 水温和骨料温度，每班测量4次。

3 混凝土出机温度和浇筑温度，每班测量4次。

4 在混凝土浇筑后3~5d内应加强观测混凝土表面温度。用蓄热法养护时，每天测量4次；用蒸汽或电流加热时，在升、降温期间每小时测量1次，在恒温期间每2h测量1次。

5 大气温度每天至少定时定点测量4次。气温骤降和寒潮期间应增加观测次数。

## 8 混凝土预制构件

### 8.1 一般规定

8.1.1 施工中应对预制构件设置标识，并应采取防止预制构件破损。

8.1.2 预应力构件施工，应根据设计确定的张拉方式编制专项施工措施计划。

### 8.2 预制构件的制作

8.2.1 预制场地应平整坚实，宜使用混凝土硬化，排水良好。

8.2.2 浇筑预制构件应符合下列规定：

- 1 浇筑前检查预埋件、预留孔的数量和位置。
- 2 每个构件一次浇筑完成，不应间断，并应振捣密实。
- 3 构件表面平整、密实，无蜂窝麻面。
- 4 重叠法制作构件，下层构件混凝土的强度达到 5MPa 后方可浇筑上层构件，并应有隔离措施。

5 构件浇注完毕应进行标识，标注型号、混凝土强度等级、制作日期、施工人员等。无吊环的构件应标明吊点位置。

8.2.3 小型构件可采用干硬性混凝土，脱模后即进行修整。构件不应有掉角、扭曲和开裂等现象。

8.2.4 预制构件采用蒸汽养护时，应符合下列规定：

- 1 浇筑后，构件应停放 2~6h，停放温度宜为 10~20℃。
- 2 当构件表面系数大于等于 6 时，升温速率不宜大于 15℃/h；当构件表面系数小于 6 时，升温速率不宜大于 10℃/h。
- 3 恒温时的混凝土温度，不宜超过 80℃，相对湿度应为 90%~100%；恒温时间根据水泥品种和混凝土达到 70%设计强度的时间来选定。

4 当构件表面系数大于等于 6 时，降温速率不应大于

10℃/h；当构件表面系数小于 6 时，降温速率不宜大于 5℃/h；出池后构件表面与外界温差不应超过 20℃。

5 蒸汽养护过程应记录。

8.2.5 混凝土拌和物的质量检查，应按第 7 章的有关规定执行。

对桥梁等重要构件应做荷载试验。

8.2.6 构件移运应安全稳定，防止损伤并符合下列规定：

- 1 构件移运时的混凝土强度应符合设计要求。
- 2 构件的移运方法和支承位置，应符合构件的受力情况。

8.2.7 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，堆放稳定。

3 重叠堆放的构件，标志应向外，堆垛高度应按构件强度、地面承载力、垫木强度及堆垛的稳定性确定，各层垫木的位置应在同一垂直线上。

8.2.8 混凝土预制构件的允许偏差应符合表 8.2.8 的规定。

表 8.2.8 混凝土预制构件制作的允许偏差 单位：mm

项目	截面尺寸					侧向弯曲	保护层厚度	对角线差	表面平整	预留孔	预留洞	预埋件		
	长度	宽度	高度	肋宽	厚度							中心线位移	螺栓位移	螺栓露出长度
板、工作桥 检修桥	+10 -5	±5	±5	+4 -2	+4 -2	L/1000 且 不大于 20	+5 -3	10	5					
块体	±5	±5			±5			10	5					
柱	+5 -10	±5	±5			L/750 且 不大于 20	+10 -5			5	15	10	5	+10 -5
梁	+10 -5	±5	±5			L/750 且 不大于 20	+10 -5							

注：L 为构件长度。

## 8.3 预应力张拉与放张

8.3.1 预应力筋的品种、级别、规格、数量应符合设计要求，进场后应按批量进行验收、复试。

8.3.2 锚具、夹具和连接器应按设计要求选用，并按规定进行进场检验。

8.3.3 当采用先张法施工时，预应力筋张拉应符合下列规定：

1 张拉前，应对台座、锚固横梁及张拉设备进行检查。

2 同时张拉多根预应力筋时，应先调整各单根预应力筋的初应力基本一致再整体张拉。张拉过程中，应使活动横梁与固定横梁保持平行，并检查预应力筋的预应力值偏差不大于预应力筋应力总值的5%。

3 先张法预应力筋张拉程序应符合设计规定，设计未规定时，其张拉程序可按表8.3.3的规定进行。

表 8.3.3 先张法预应力筋张拉程序

预应力筋种类		张拉程序
钢丝、 钢绞线	夹片式等具有 自锚性能的锚具	普通松弛预应力筋： $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.03\sigma_{con}$ （锚固） 低松弛预应力筋： $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow \sigma_{con}$ （持荷5min锚固）
	其他锚具	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ （持荷5min） $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ （锚固）
螺旋钢筋		$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ （持荷5min） $\rightarrow 0.9\sigma_{con} \rightarrow \sigma_{con}$ （锚固）

4 先张法预应力筋放张应符合下列规定：

1) 混凝土强度应符合设计要求。

2) 预应力筋放张前，应将限制位移的模板拆除。

3) 预应力筋放张顺序应符合设计要求，设计未要求时，应均匀、对称、交错放张。

4) 预应力筋放张后，对钢丝和钢绞线应采用机械切割的方式进行；对螺旋钢筋可采用氧气-乙炔切割，但应

注意高温产生的不利影响。

- 5) 长线台座上预应力筋的切断顺序，应由放张端开始，依次向另一端切割。

**8.3.4** 采用后张法施工，预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定：

- 1 预应力筋张拉机具设备及仪表，应定期维护和校验。张拉设备应配套检定，并配套使用。

- 2 应确保预留孔（预应力筋）的位置准确、畅通。

- 3 预应力筋下料长度应根据张拉方式计算确定，且应采取切割机或砂轮片切割机。

- 4 预应力张拉时应拆除侧面模板，混凝土强度应达到设计要求。

- 5 张拉时，应校核张拉力下预应力筋伸长值。允许偏差为 $\pm 6\%$ ，否则应查明原因并采取措施后再张拉。

- 6 预应力筋张拉端的设置应符合设计要求，设计未要求时应符合下列规定：

- 1) 直线筋和螺纹筋可在一端张拉。对曲线预应力筋，应根据计算的要求采取两端张拉或一端张拉的方式进行，当锚固损失的影响长度小于等于 $L/2$ （ $L$ 为结构或构件长度）时，应采取两端张拉；当锚固损失的影响长度大于 $L/2$ 时，可采取一端张拉。

- 2) 当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别设置在结构或构件的两端。

- 3) 预应力筋采用两端张拉时，宜两端同时张拉，或先在一端张拉锚固后，再在另一端补足预应力值进行锚固。

- 7 后张法预应力筋张拉程序应符合设计要求，设计未要求时，其张拉程序可按表 8.3.4 的规定进行。

- 8 预应力筋在张拉控制力达到稳定后方可锚固，锚固完毕并经检验合格后方可切割端头多余的预应力筋。



表 8.3.4 后张法预应力筋张拉程序

锚具和预应力筋种类		张拉程序
夹片式等具有自锚性能的锚具	钢绞线束	普通松弛预应力筋: $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.03\sigma_{con}$ (锚固)
	钢丝束	低松弛预应力筋: $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow \sigma_{con}$ (持荷 5min 锚固)
其他锚具	钢绞线束	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
	钢丝束	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
螺母锚固锚具	螺纹钢筋	$0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow \sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)

9 预应力筋张拉后, 应及时进行孔道灌浆。灌浆用水泥浆应满足强度、黏结力、流动性、泌水性要求, 必要时宜采取二次灌浆。

## 8.4 预制构件安装

8.4.1 预制构件安装应制定安装专项施工措施计划。

8.4.2 支承构件部位的混凝土强度应符合设计要求。

8.4.3 安装前, 应对吊装设备、工具的承载能力等作系统检查, 对构件进行外形复查。

8.4.4 安装前, 应标注构件的中心线, 其支承结构也应校测和标划中心线及高程。

8.4.5 构件起吊应符合下列规定:

1 构件应按标明的吊点位置起吊。

2 起吊方法与设计要求不同时, 应复核构件在起吊过程中所产生的内力。

3 起吊绳索与构件水平面的夹角不宜小于  $45^\circ$ 。

8.4.6 构件之间的连接件应焊接牢固, 应采取措施防止混凝土在高温作用下受损。



## 9 砌 体

### 9.1 一 般 规 定

- 9.1.1 砌体施工应在基础验收及结合面处理检验合格后实施。
- 9.1.2 砌筑前，应根据测量成果设立样架，拉线砌筑。
- 9.1.3 砌体施工应平整、稳定、密实和错缝。

### 9.2 材 料

9.2.1 砌体所用材料主要有粗料石、块石、混凝土预制块和砖等。石料质地应坚硬、无风化剥落和裂缝，选用的石料应能耐风化；混凝土预制块形状、尺寸应统一，表面应整齐平整、无裂缝；砖应规格一致、尺寸准确、边角整齐，无掉角、裂缝和翘曲等现象。

9.2.2 混凝土灌砌块石所用的石子粒径不宜大于20mm。

9.2.3 水位变化区、受水流冲刷的部位以及有抗冻要求的砌体，其水泥强度等级应满足设计要求。

9.2.4 使用掺合料和外加剂，应通过试验确定。掺合料宜优先采用粉煤灰，其品质指标应符合国家现行有关标准的规定。

9.2.5 砌筑用的水泥砂浆和细石混凝土应符合下列规定：

1 砂浆和混凝土配合比通过试验确定，当设计有抗冻、抗渗要求时，还应进行抗冻、抗渗试验。

2 应具有适宜的和易性；水泥砂浆的稠度宜为40~70mm；细石混凝土的坍落度宜为70~90mm。

### 9.3 浆 砌 石

9.3.1 砌筑前，应将石料刷洗干净，并保持湿润。砌体的石块间应有胶结材料粘结、密实。

9.3.2 砂石垫层铺设时，应自下而上，分层铺设。垫层铺设应

平整、密实、厚度均匀。

9.3.3 浆砌石宜用铺浆法砌筑，灰浆应饱满。护坡、护底等石块间空隙较大时，应先灌填砂浆或细石混凝土并捣实，再用碎石块嵌实。不应采用先填碎石块，后塞砂浆的方法施工。

9.3.4 浆砌石墩、墙施工应符合下列规定：

1 砌筑应分层，各砌层均匀坐浆，并随铺随砌。

2 每层应依次砌角石、面石，再砌腹石。

3 块石砌筑，应选择较平整的大块石经修整后用作面石，上下两层石块应错缝，内外石块应交错搭接。

4 料石砌筑，按一顺一丁或两顺一丁排列，砌缝应横平竖直，上下层竖缝错开距离不小于100mm，丁石的上下方不应有竖缝；粗料石砌体的砌缝宽度，平缝宜为15~20mm，竖缝可为20~30mm。

5 砌体宜均衡上升，相邻段的砌筑高差和每日砌筑高度，均不宜大于1.2m。

6 砌筑因故停工，砂浆已超过初凝时间，应待砂浆强度达到2.5MPa后方可继续施工；在继续砌筑前，应将原砌体表面的松散软弱层清除并洒水湿润；砌筑时应避免振动下层砌体。

7 混凝土底板的浆砌石工程，基础混凝土面层应进行凿毛或冲毛，并冲洗干净后方可砌筑。基础混凝土面层宜埋设露面块石，露面高度宜为0.15m或相当于块石高的1/2，埋设位置距砌石边线宜为0.4m。

8 墙面垂直度：浆砌料石墙面垂直度应小于墙高的0.5%且不大于20mm；浆砌块石墙面垂直度应小于墙高的0.5%且不大于30mm。

9.3.5 永久缝应平整垂直。

9.3.6 混凝土灌砌块石，块石净距应大于粗骨料粒径，不应采取先嵌填小石块再灌缝的方法，灌入的混凝土应插捣密实。

9.3.7 砌体勾缝应符合下列规定：

1 砌体的外露面和挡土墙的临土面均应勾缝，宜为平缝。

2 勾缝砂浆强度等级应高于砌筑砂浆强度等级，宜用中细砂拌制。

3 砌体勾缝前，应清理缝槽，并用水冲洗湿润。

9.3.8 砌筑过程中，应及时养护。

## 9.4 干 砌 石

9.4.1 具有框格的干砌石工程，宜先砌筑框格再进行砌石。

9.4.2 砂石垫层铺设时，应自下而上，分层铺设。垫层铺设应平整、密实、厚度均匀。

9.4.3 干砌石工程的砌筑应符合下列规定：

1 砌体缝口应砌紧，底部应垫稳填实，不应架空。

2 不应使用翘口石和飞口石。

3 宜采用立砌法，不应叠砌和浮塞。

4 坡面上的干砌石砌筑应采用层间错缝方式，砌石边缘应顺直、整齐牢固。

5 砌体外露面的坡顶和侧边宜选用较大且整齐的石块砌筑平整。

## 9.5 混 凝 土 预 制 块

9.5.1 混凝土预制块尺寸及强度等级应满足设计要求。

9.5.2 混凝土预制块砌筑时强度不宜低于设计强度的70%。

9.5.3 具有框格的混凝土预制块工程，宜先修筑框格再进行砌筑。

9.5.4 砂石垫层铺设时，应自下而上，分层铺设。垫层铺设应平整、密实、厚度均匀。

9.5.5 混凝土预制块护坡砌筑时，不应破坏垫层，砌筑应平整、稳定，砌缝应紧密、缝线应规则，缝宽不宜大于10mm，砌块底部应垫平填实，不得架空。

9.5.6 未被混凝土预制块覆盖的边角部位，应采用同强度等级的现浇混凝土覆盖。

9.5.7 浆砌混凝土预制块墩、墙、柱施工应符合下列规定：

1 砌块在使用前应浇水湿润，表面应清洗干净，砌筑过程中，及时养护。

2 混凝土预制块浆砌时应坐浆砌筑，各砌层的砌块应安放稳固，砌块间应砂浆饱满，黏结牢固，相邻段的砌筑宜均衡上升。

3 各砌层应先砌外层定位行列，后砌筑里层，外层砌块应与里层砌块交错连成一体，砌体外露面应进行勾缝。

4 砌筑上层砌块时，应避免振动下层砌块。砌筑因故停工恢复砌筑时，应将原砌体表面的松散软弱层清除并洒水湿润。

## 9.6 砖 砌 体

9.6.1 砖的品种、规格尺寸、强度应符合设计要求。

9.6.2 砌筑前，砖应提前适度湿润，不应采用干砖或处于饱和状态的砖砌筑。

9.6.3 砖砌体墙、柱施工应符合下列规定：

1 砖砌体砌筑内外搭砌，上、下错缝，砖柱不应采用包心砌法。

2 砖砌体砌筑时，根据砌块规格宜采用随铺浆随砌筑的方法。当采用挤浆法砌筑时，铺浆长度不应大于 0.75m，施工期间气温超过 30℃ 时，铺浆长度不应大于 0.5m。

3 厚度为 240mm 的承重墙每层墙的最上一皮砖，砖砌体的阶台水平面上及挑出层的外皮砖，应整砖丁砌。

4 灰缝不应出现瞎缝、透明缝和假缝。

5 砖砌体的灰缝应横平竖直，厚薄均匀，水平灰缝厚度及竖向灰缝宽度宜为 10mm。水平灰缝的砂浆饱满度不应小于 80%，砖柱水平灰缝和竖向灰缝饱满度不应小于 90%。

6 砖砌体施工临时间断处补砌时，应将接槎处表面清理干净，浇水湿润，并填实砂浆，保持灰缝平直。

## 10 防渗、导渗和永久缝

### 10.1 一般规定

10.1.1 防渗、导渗和永久缝（止水缝、伸缩缝）所用的材料、制品的品种和规格等应符合设计要求。

10.1.2 防渗、导渗施工应根据工程特点和设备要求编制专项施工措施计划。

### 10.2 防渗板桩

10.2.1 防渗板桩主要指钢筋混凝土板桩和钢板桩。其制作允许偏差应符合表 10.2.1 的规定。

表 10.2.1 桩制作的允许偏差

项 目	允许偏差	
钢筋 混凝土 板桩	横截面相对两边之差	5mm
	凸榫或凹榫	±3mm
	保护层厚度	±5mm
	桩尖对桩轴线位移	10mm
	桩身弯曲矢高	桩长的 0.1% 并不应大于 10mm
桩长度	不小于设计长度	
钢板桩	桩垂直度	<1%
	桩身弯曲度	小于桩长的 2%
	齿槽平直度及光滑度	无电焊渣或毛刺
	桩长度	不小于设计长度

10.2.2 钢筋混凝土板桩的角桩或始桩长应加长 1~2m，其横截面宜放大，制成凹榫。

10.2.3 打钢筋混凝土板桩宜凹榫套凸榫。自角桩或始桩接出的第一根板桩制成两面凸榫，两向合拢桩制成两面凹榫。



10.2.4 钢筋混凝土板桩应根据土质情况和施工条件，浇制一定数量的备用桩。施打前，应复查，并清除附着杂污。

钢板桩施打前应将桩尖处的凹槽底口封闭，避免泥土挤入，锁口应涂以黄油或其他油脂。用于永久性工程的桩表面应进行防腐处理。

10.2.5 打桩应符合下列规定：

1 封闭型的板桩应先打角桩；多套桩架施打时，应分别设始桩；角桩和始桩应保持垂直。

2 应设置有足够强度和刚度的导向围檩，以保持桩位正确。

3 板桩顶部宜加卡箍或桩帽，钢筋混凝土板桩顶部应加弹性衬垫。

4 应观测板桩的垂直度，并及时纠正；两向合拢时，按实际打入板桩的偏斜度，可用异形钢板桩封闭。

10.2.6 打入板桩的允许偏差应符合表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 板桩位置的允许偏差

项 目		允许偏差
钢筋混凝土板桩	桩轴线	±20mm
	垂直度	1%
	桩顶高程	-50~100mm
	最大间隙	15mm
钢板桩	桩轴线	±20mm
	垂直度	1%
	桩顶高程	-50~100mm

### 10.3 防 渗 铺 盖

10.3.1 钢筋混凝土铺盖应按分块间隔浇筑。在荷载相差过大的邻近部位，应等沉降基本稳定后，再浇筑交接处的分块或预留的二次浇筑带。

在混凝土铺盖上行驶重型机械或堆放重物，应经过验算。



**10.3.2** 黏土铺盖的填筑应符合下列规定：

1 填筑时，应减少施工接缝，分段填筑时，其接缝的坡度不应陡于 1 : 3。

2 达到填筑高程后，应及时保护，防止晒裂或受冻。

**10.3.3** 用防渗复合土工膜作防渗铺盖时，应符合下列规定：

1 土工膜表面应防止沾染油污。

2 铺设平整，及时覆盖，避免长时间日晒。

3 接缝粘结应紧密牢固，搭接长度不少于 100mm。

4 宜采用热熔焊接方式黏结。施工完成后应进行充气试验以防渗水。

## **10.4 水泥土搅拌桩连续防渗墙**

**10.4.1** 水泥土搅拌桩连续防渗墙单桩施工工序参照 6.6 节执行。

**10.4.2** 水胶比可为 1 : 1，也可根据地质报告反映的土层性质、土的孔隙率、孔洞裂隙情况、土层含水量及室内试验数据初步确定，然后再根据现场施工情况修正。

**10.4.3** 钻头直径应根据桩深和墙厚确定。

**10.4.4** 桩位放线及桩机钻头对位应准确，桩位允许偏差为 ±20mm。桩与桩之间搭接长度应满足设计要求的最小厚度。

**10.4.5** 按二序法施工时，二序间隔时间不应大于 24h；对于要求搭接的桩孔，桩与桩的搭接间歇时间也不应大于 24h，如因特殊原因超过上述时间，应采取局部补桩或注浆等措施。

**10.4.6** 施工过程中质量检验包括桩位、桩顶、桩底高程、桩身垂直度、桩身水泥掺入比、浆液水胶比等；施工完毕后质量检验可采用钻孔取芯检查、开挖检查、注水试验、物探法检查等。

钻孔取芯检查应在成墙后 14d 进行，钻孔位置应选在两桩搭接处，采用钻芯取样检验水泥土的单轴抗压强度及芯样的完整性，并在钻孔中做注水试验以检测渗透系数。

## 10.5 高压喷射灌浆

**10.5.1** 重要的、地层复杂的或深度较大的截渗墙工程，应选择有代表性的地层进行高喷灌浆现场试验。试验宜采用围井方式，不少于4孔，在一个围井中进行不同孔距、排距的群孔进行，确定有效桩径（或喷射范围）、喷射技术参数（包括喷射压力与流量，喷嘴直径与个数，压缩空气的压力、流量与喷嘴间隙，注浆管的提升速度与旋转速度）、浆液性能要求、适宜的孔距排距、墙体防渗性能等。

**10.5.2** 施工的步骤为机具就位、钻孔、下入喷射管、喷射灌浆及提升、冲洗管路、孔口回灌等。采用钻喷一体时也可将喷射管在钻孔时一同沉入孔底，然后直接进行喷射灌浆和提升。多排孔宜先施工下游排，再施工上游排，同一排内的高喷灌浆孔宜分两序施工。

**10.5.3** 宜采用普通硅酸盐水泥；高喷灌浆浆液的水胶比可为 $1.5:1\sim 0.6:1$ （密度约 $1.4\sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ ）。有特殊要求时，可加入掺合料或外加剂，其种类及掺入量应通过试验确定，浆液应在过筛后使用，并定时检测其密度。水泥浆自制备至用完的时间不应大于4h；浆液温度应保持在 $5\sim 40^\circ\text{C}$ ，否则应采取保温或降温措施。

**10.5.4** 高喷灌浆和高压水泵的额定压力不应小于设计压力的1.2倍，并与流量、浆液的类型密度相适应，使用压力宜为各类泵或输送管类型的压力表最大值的 $1/3\sim 3/4$ 。压力表应定期进行检定；搅拌机的性能应与浆液类型和需浆量相适应，宜选用高速搅拌机；高喷台车宜采用高塔架的无极调速型台车。

**10.5.5** 钻孔施工时应采用预防孔斜的措施，孔深小于30m时，钻孔垂直度偏差不应大于1%；孔位允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ，钻孔的有效深度应大于设计深度0.3m；每30m左右应做一先导孔，以核对地层，并采取土样，做详细的钻孔记录。

**10.5.6** 下喷射管前，应进行地面试喷，检查机械及管理运行情

况，并调准喷射方向和摆动角度；当喷头下至设计深度，应先按规定参数进行就位喷射，待浆液返出孔口、情况正常后方可开始提升喷射；需中途拆卸喷射管，搭接段应进行复喷，复喷长度不应小于0.2m。高喷结束后，应利用回浆或水泥浆及时回灌，直至孔口浆面不下降为止。

**10.5.7** 灌浆时因故中断施工，复喷搭接长度不应小于0.5m；在进浆正常情况下，若孔口回浆密度变小，回浆量增大，应降低气压并加大进浆浆液密度或进浆量；若孔内发生严重漏浆，应采取立即停止提升、降低压力、原位灌浆、加大浆液密度、填堵漏材料等措施。在喷射过程中，应定时记录各项参数及异常阻碍处理情况。

**10.5.8** 质量检查应选用钻孔检查法，检查孔孔位宜布置在墙体中心线上的相邻两孔凝结体的搭接处，宜自上而下分段钻孔、取芯和进行静水压水试验。墙体连续性检测可采用地质雷达法等物探方法，也可采用围井检查法。

## 10.6 水泥灌浆

**10.6.1** 下列工程在岩基水泥灌浆施工前或施工初期应进行现场灌浆试验：

- 1 1级、2级水闸的基岩帷幕灌浆。
- 2 地质条件复杂地区或特殊要求的1级、2级水闸基岩固结灌浆。

**10.6.2** 已完成灌浆或正在灌浆的地区，其30m范围以内不应进行爆破作业；如需进行爆破作业，应采取减震和防震措施。

**10.6.3** 对灌浆工程中的各类钻孔应分类统一编号；对施工情况应如实、准确地记录；对资料应及时整理，绘制成图表；灌浆作业结束后，应及时进行质量检查和验收，各种施工参数宜使用自动记录仪采集。

**10.6.4** 宜采用普通硅酸盐水泥。根据需要，可在水泥浆液中添加

入适宜的外加剂。

**10.6.5** 制浆材料应称量，称量允许偏差为 $\pm 5\%$ ，浆液应搅拌均匀，并测定浆液密度。浆液在使用前应过筛，自制备至用完的时间宜小于4h。浆液温度应保持在 $5\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间，否则应采取保温或降温措施。

**10.6.6** 灌浆泵应采用多缸柱塞泵，性能应与浆液的浓度相适应，容许工作压力应大于最大灌浆压力的1.5倍。

灌浆管路应保持浆液流动畅通，并应能承受1.5倍的最大灌浆压力。

灌浆泵和灌浆孔口处均应安设压力表，使用压力宜在压力表最大标值的 $1/4\sim 3/4$ 之间，压力表应经常进行检定。

当灌浆压力大于3MPa时，应配置和采用相适宜的设备、仪表、管路及止塞设备。

**10.6.7** 帷幕灌浆应按分序加密的原则进行。帷幕灌浆各序或各排应设不同的灌浆压力。单排帷幕灌浆孔应分为三序施工。

1 由两排组成的帷幕，宜先进行下游排孔的灌浆，然后进行上游排孔的灌浆。每排孔宜分为三序施工。

2 由三排孔组成的帷幕，应先进行边排孔的灌浆，然后进行中排孔的灌浆。边排孔宜分为三序施工，中排孔可分为二序或三序施工。

**10.6.8** 固结灌浆宜在有混凝土覆盖的情况下进行，钻孔灌浆应在相应部位的混凝土达到50%设计强度后，方可开始。灌浆压力应控制，防止混凝土抬升。固结灌浆应按分序加密的原则进行，可分为二序或三序施工。工程必要时，应安设自动监测装置。

**10.6.9** 帷幕灌浆孔宜采用回转式钻机和金刚石或硬质合金钻头钻进，钻孔直径宜较小，孔位允许偏差为 $\pm 100\text{mm}$ ，应有防孔斜措施，应进行孔斜测量。

垂直的或顶角小于 $5^{\circ}$ 的帷幕灌浆孔，其孔底的允许偏差应符合表10.6.9的规定。

表 10.6.9 钻孔孔底允许偏差

单位: m

孔深	20	30	40	50	60
允许偏差	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50

钻孔如遇特殊情况,可经处理后再行钻进,固结灌浆孔可采用适宜的钻机和钻头钻进。

**10.6.10** 帷幕灌浆、固结灌浆前钻孔均应用压力水进行冲洗,直至回水清净时止。冲洗压力为灌浆压力的 80%,大于 1MPa 时,采用 1MPa。

在裂隙冲洗后,应进行五点法或单点法压水试验,压水试验应符合国家现行有关标准的规定。

**10.6.11** 帷幕灌浆宜采用循环式灌浆,段长宜采用 5~6m,不应大于 10m。固结灌浆可采用纯压式灌浆,基岩灌浆小于 6m 时,可采用全孔一次灌浆。可采用群孔并联灌浆,孔数不宜多于 3 个。

**10.6.12** 灌浆应尽快达到设计压力,但注入率大时应分级升压。

**10.6.13** 灌浆压力宜符合下列规定:

1 帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,在规定的压力下,当注入率不大于 0.4L/min 时,继续灌注 60min;或不大于 1L/min 时,继续灌注 90min,灌浆可以结束。采用自下而上分段灌浆法时,继续灌注的时间可相应地减少为 30min 和 60min,灌浆可以结束。

2 固结灌浆,在规定的压力下,当注入率不大于 0.4L/min 时,继续灌注 30min,灌浆可以结束。

**10.6.14** 帷幕灌浆质量检查应以检查孔的压水试验成果为主。

1 检查孔应布置在中心线上、地质条件复杂、注入量大的孔段附近、孔斜过大、灌浆情况不正常的部位;检查孔数量宜为灌浆孔总数的 10%。压水试验应在灌浆结束 14d 后进行。

2 帷幕灌浆质量与压水试验检查:混凝土与基岩接触段及其下一段的合格率为 100%;再以下的各段的合格率应在 90%以

上，不合格段的透水率值不大于 1.5 倍的设计值，且不集中，灌浆质量可认为合格。

**10.6.15 固结灌浆质量检查应采用下列方法进行：**

1 固结灌浆质量检查宜采用测量岩体波速或静弹性模量的方法，其改善程度应符合设计要求。

2 固结灌浆质量检查宜可采用单点压水试验的方法，检查孔的数量不宜少于总孔数的 5%，孔段合格率应在 80% 以上，不合格孔段的透水率应不大于 1.5 倍的设计值，且不集中，灌浆质量可认为合格。

3 固结灌浆质量压水试验检查、岩体波速检查和静弹性模量检查应分别在灌浆结束 3~7d、14d 和 28d 后进行。

## 10.7 混凝土防渗墙

**10.7.1** 在地质资料不够详尽或地层条件复杂的情况下，应在防渗墙轴线上增加补充勘探；重要的或地质条件复杂的工程，宜在地质条件类似的地点，或在防渗墙中心线上进行施工试验，以取得槽孔建造、固壁泥浆、混凝土浇筑等有关资料。

**10.7.2** 施工平台与导墙应符合下列规定：

1 防渗墙施工平台应坚固、平整，适合于重型设备和运输车辆行走，宽度应满足施工需要，高程应高于施工期最高地下水位 2.0m 以上，能顺畅排出废水、废浆、废渣。

2 建造槽孔前应先修筑导墙。导墙的结构型式、尺寸应根据防渗墙墙体厚度和深度、导墙下土质情况及施工机械等施工荷载综合确定，并符合下列规定：

- 1) 导墙应建造在坚实的地基上，宜用现浇混凝土构筑。
- 2) 导墙高度宜在 0.5~2.0m 之间，顶部高出地面应不小于 0.5m。
- 3) 导墙的中心线与防渗墙轴线重合，导墙内侧间距宜比防渗墙厚度大 80~160mm。
- 4) 导墙外侧填土应夯实，在施工过程中，应对导墙的沉



降、位移进行观测。

### 10.7.3 泥浆的制备应符合下列规定：

1 泥浆应具有良好的流变性、稳定性、抑制性和良好的悬浮、携带岩屑能力。

2 拌制泥浆的土料可选择膨润土、黏土或两者的混合料。

3 应选用洁净的淡水配制泥浆，拌制泥浆的方法及时间应通过试验确定。

### 10.7.4 槽孔建造应符合下列规定：

1 应综合考虑工程地质及水文地质条件、成槽方法等因素确定槽孔长度。合龙槽孔以短槽孔为宜。

2 槽孔宜分期建造，同时施工的相邻槽孔之间应留有足够的安全距离。

3 槽孔建造设备和方法，可采用钻劈法、钻抓法、抓取法、铣削法等。

4 槽孔建造时，固壁泥浆面应保持在导墙顶面以下0.3~0.5m。

5 建造槽孔时遇孤石或硬岩，可采用重凿冲砸或爆破的方法处理。

6 对漏失地层应采取预防措施。发现泥浆漏失应立即堵漏和补浆，施工过程中应及时清除槽孔周围的废水、废浆、废渣。

7 槽孔建造结束后，应进行终孔质量检验，合格后方可进行清孔。

### 8 槽孔建造质量应符合下列规定：

1) 槽壁应平整垂直，不应有梅花孔、小墙等。

2) 孔位允许偏差为±30mm。

3) 槽孔深度（包括入岩深度）满足设计要求。

4) 钻劈法、钻抓法和铣削法施工时孔斜率不应大于4‰；抓取法施工时孔斜率不应大于6‰；钻凿法施工接头套接孔的两次孔位中心在任一深度的偏差值，不得大于设计墙厚的1/3。

9 清孔换浆宜选用泵吸法或气举法。

10 清孔换浆完成 1h 后进行检验，其质量应符合下列规定：

1) 孔底淤积厚度不大于 100mm。

2) 当使用膨润土泥浆时，槽内泥浆密度不大于  $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ ，含砂量不大于 4%；当使用黏土泥浆时，槽内泥浆密度不大于  $1.30\text{g}/\text{cm}^3$ ，含砂量不大于 6%。

泥浆取样位置距孔底 0.5~1.5m。

11 清孔检验合格后，应于 4h 内浇筑混凝土，否则，浇筑前应重新测量淤积厚度，如淤积厚度超过 100mm 应再次清孔。

10.7.5 墙体材料及成墙施工应符合下列规定：

1 防渗墙墙体材料性能应满足设计要求，配制墙体材料的水泥、骨料、水、掺合料及外加剂等应符合国家现行有关标准的规定，其配合比及配制方法应通过试验确定。

2 混凝土墙体材料的人孔坍落度应为 180~220mm，扩散度应为 360~480mm，坍落度保持 150mm 以上的时间应不小于 1h。初凝时间应不小于 6h，终凝时间不宜大于 24h。混凝土的密度不宜小于  $2100\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3 一个槽孔使用两套以上导管浇筑时，中心距不宜大于 4.0m。当采用一级配混凝土时，导管中心距可适当加大，但不得大于 5.0m。导管中心至槽孔端部或接头管壁面的距离宜为 1.0~1.5m。

4 混凝土浇筑过程中应符合下列规定：

1) 导管埋入混凝土的最小深度不宜小于 2.0m，最大深度不宜大于 6.0m。

2) 混凝土面速度不应小于 2m/h。

3) 混凝土面应均匀上升，各处高差应控制在 0.5m 以内。

4) 至少每隔 30min 测量一次槽孔内混凝土面深度，每隔 2h 测量一次导管内的混凝土面深度，并及时填绘混凝土浇筑指示图。

- 5) 混凝土终浇高程应高于设计规定的墙顶高程 0.5m, 但不宜高于冻土层底部高程。

#### 10.7.6 墙段连接应符合下列规定:

- 1 条件许可时, 宜减少墙段连接缝。
- 2 墙段连接可采用平接法、钻凿法、接头管法、铣削法以及其他方法。

#### 10.7.7 钢筋笼及预埋件、预留孔、仪器埋设应符合下列规定:

- 1 钢筋笼的结构尺寸应满足下列规定:
  - 1) 钢筋笼与墙段接缝之间的最小距离为 100mm, 同一槽孔中的两个钢筋笼之间的最小净距为 200mm。
  - 2) 钢筋笼的保护层厚度不小于 75mm。
  - 3) 混凝土导管接头外缘至最近处的钢筋间距应大于 100mm。
- 2 防渗墙墙体内可用预埋管法或拔管法预留孔洞。
- 3 预埋管和拔管管模应有足够的强度和刚度, 管接头应牢固其弯曲度应小于 1%。
- 4 仪器埋设时, 应按设计要求严格控制其位置和方向, 注意对电缆的保护, 防止从槽孔口掉入异物。

## 10.8 导 渗

#### 10.8.1 填筑反滤层应在地基检验合格后进行, 并应符合下列规定:

- 1 反滤层厚度、滤料的粒径、级配和含泥量等, 均应符合设计文件要求。
- 2 铺筑时, 应使滤料处于湿润状态, 以免颗粒分离, 并防止杂物或不同规格的料物混入。
- 3 反滤料铺筑应严格控制铺料厚度。
- 4 分段铺筑时, 应将接头处各层铺筑成阶梯状, 防止层间错位、间断、混杂。

#### 10.8.2 土工织物滤层铺设应符合下列规定:

1 铺设面上应清除树根、杂草和尖石，不应出现凸出及凹陷的部位，并碾压密实。应排除铺设工作范围内的积水。

2 铺设应平整、松紧度均匀，端部锚固应牢固；土工织物与基层之间应压平贴紧。

3 土工织物连接可用搭接或缝接。平地搭接宽度可取 0.3m，不平地面或极软土应不小于 0.5m。对可能发生位移处应缝接。

4 铺设过程中，作业人员不应穿硬底皮鞋及带钉的鞋。不应直接在土工织物上卸放混凝土护坡块体，不应用带尖头的钢筋作撬动工具，不应在土工织物上敲打石料和一切可能引起土工织物损坏的施工作业。

5 进行土工织物上的保护层施工时，应在混凝土块或石料等下面设置砂砾石垫层，并应从坡脚处开始铺设，沿坡向上推进。铺放设备均不应直接在土工织物上行驶或作业，以保证其铺设时不损坏材料。

6 铺设完成后，应及时进行覆盖施工，不宜长时间曝晒。

**10.8.3 滤层与混凝土或浆砌石的交界面应加以隔离，防止砂浆流入。**

**10.8.4 排水暗管及导渗沟施工应符合下列规定：**

1 塑料盲管、软式透水管性能指标应满足符合国家现行有关标准的规定。

2 排水盲管的位置、间距、安装坡度应符合设计文件要求。

3 纵向、横向排水盲管应通过三通连接在一起，接头应牢固、通畅。软式透水管搭接长度不少于 100mm 并捆扎牢固。

4 埋设时，管身不应变形、不应有裂缝，中心排水管（沟）基础的总体坡度、各段坡度、单管坡度应协调一致，并符合设计要求，不应高低起伏，以保证排水通畅。

**10.8.5 减压井施工应符合下列规定：**

1 减压井的位置、井深、井距、井径、滤料级配及其他材料均应符合设计要求。

2 成孔宜采用泥浆护壁，在特殊地质条件下可用清水固壁。

钻进过程中应进行地质描绘、绘制地质柱状图，发现与设计地层资料有较大出入时，应及时处理。

3 钻孔完成经验收合格后安装井管，并封好管底，反滤料回填宜采用导管法以避免分离。

4 洗井时水变清后，再连续抽水 0.5h，如清水保持不变即可结束洗井。洗井后尚应进行抽水试验，测量并记录其抽降、出水量、水的含砂量以及井底淤积。

5 施工过程中和抽水结束后，应及时做好井口保护设施。每眼井均应建立技术档案，并在竣工后移交管理单位。

## 10.9 永久缝

10.9.1 紫铜止水片的制作应符合下列规定：

1 清除表面的油渍、浮皮和污垢。

2 宜用压模压制成型，转角和交叉处接头，宜在加工厂制作，并留有适当长度的直线段，以利现场搭接；接缝应焊接牢固。

3 双面焊其搭接长度不应小于 20mm。

4 长时间外露应加强防护措施。

10.9.2 塑料和橡胶止水带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。橡胶止水带的接头可用氯丁橡胶黏结，其搭接长度不应小于 100mm，重要部位应热压黏接。

10.9.3 止水片的安设宜嵌固，不应使用钉子。紫铜止水片的沉降槽，应用聚乙烯闭孔泡沫板条或沥青灌填密实。

10.9.4 油毡板及聚乙烯闭孔泡沫板条的制作和安设应符合下列规定：

1 应根据气温情况，选用 30 号或 10 号的建筑石油沥青，防止高温流淌。

2 加工时，应场地平整，层毡层油，涂刷均匀。

3 油毡板及聚乙烯闭孔泡沫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板或聚乙烯闭孔泡沫板应在同一立面上。

5 设计要求伸缩缝灌注聚硫密封胶或其他密封材料时，油毡板及聚乙烯闭孔泡沫板上部应预按 20~30mm 可凿除聚乙烯闭孔泡沫板条及油毡条铺设，以便于凿除。

6 伸缩缝灌注聚氨酯、聚硫密封胶或其他密封材料，伸缩缝内应清理干净，表面干燥，利于粘结。表面切缝应顺直，确保外观整洁。

#### 10.9.5 密封胶填缝应符合下列规定：

1 密封胶填缝所需材料系指聚硫密封胶和聚氨酯嵌缝胶或其他新型填缝材料。

2 施工前，先将缝内泥土或杂物清理干净，再用风枪将浮灰吹净。

3 当一条变形缝不能一次性注胶完毕，则第二次注胶可采用湿式连接或干式连接。两次涂胶施工时间间隔不大于 8h，采用湿式连接，湿式连接对胶体接头无特殊要求，可连续涂胶施工。两次涂胶施工时间间隔大于 8h，应采用干式连接方法，前次涂胶结束时应留下斜型毛面搭接面，再次涂胶时先用手或刮刀在原胶体接头斜面上涂胶一层，然后再进行本次涂胶施工。

#### 10.9.6 浇筑止水缝部位的混凝土时，应符合下列规定：

1 水平止水片应在浇筑层的中间，在止水片高程处，不应设置施工缝。

2 浇筑混凝土时，不应冲撞止水片，当混凝土将淹埋止水片时，应再次清除其表面污垢并注意防止止水片向下弯折。

3 振捣器不应触及止水片。

4 嵌固止水片的模板应适当推迟拆模时间。

#### 10.9.7 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，应凿毛，接头封堵密实。

2 预制件宜逐节安设，逐节灌注热沥青，当一次灌注沥青孔，应在孔内设置热元件。



# 11 闸门安装

## 11.1 一般规定

11.1.1 闸门、埋件安装前应具备下列技术资料：

- 1 出厂验收资料。
- 2 制造图纸、安装图纸和技术文件，产品使用和维护说明书。
- 3 产品发货清单。
- 4 现场到货交接清单。

11.1.2 闸门安装所使用的测量工具和仪器，应经计量部门检定。

11.1.3 闸门应按合同要求检查合格后，方可出厂。分节闸门宜在分节处设置定位板（块），分节处打上标记后分解并进行编号。门体在吊运过程中应采取保护措施，防止构件变形和加工面损伤。运到现场后，应对门体做单节或整体复测。

11.1.4 止水橡皮的安装应符合下列规定：

1 止水橡皮的螺栓孔位置应与门叶和止水压板上的螺栓孔位置一致，孔径应比螺栓直径小 1mm。止水橡皮螺栓孔采用空心钻头制孔，不应烫孔，均匀拧紧螺栓后，其端部至少应低于止水橡皮自由表面 8mm。

2 止水橡皮表面应光滑平直，橡塑复合水封运输应保持平直，不应盘折存放。其厚度允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，截面其他尺寸的允许偏差为设计尺寸的 2%。

3 止水橡皮接头可采用生胶热压等方法胶合，胶合接头处不应有错位、凹坑不平和疏松现象。若采用常温粘结剂胶合，抗拉强度应不低于橡胶水封抗拉强度的 85%。

4 安装后，止水间隙、压缩量应按设计要求调整。

11.1.5 闸门安装前，门槽、底坎等应清理干净，止水座板及轨

道面不应有水泥渣、油污、焊疤、凹坑等。

**11.1.6** 分节闸门现场安装焊接时，一类、二类焊缝应做焊接工艺试验，评定合格后方可进行焊接。两侧防腐蚀处理应按相关规范及设计要求进行表面预处理和涂装。节间如采用螺栓连接，则螺栓应均匀拧紧，节间橡皮的压缩量应符合设计要求。

## 11.2 埋件安装

**11.2.1** 埋件进场后，应进行清点，分类妥善堆放。若有变形，应予以矫正。

**11.2.2** 固定埋件的锚栓或锚筋，应按设计要求设置。

**11.2.3** 埋件安装前，应对埋件尺寸、锚栓或锚筋、门槽断面、混凝土结合面进行复验，合格后进行安装。当条件允许时，埋件安装可与主体结构混凝土同期施工。

**11.2.4** 埋件安装完成后浇筑二期混凝土时应采取措施防止埋件发生变形或位移。

**11.2.5** 埋件工作面对接接头的错位、焊疤和焊缝应磨光，凹坑应补焊并磨平。

**11.2.6** 埋件安装完成经检查合格后，应及时浇筑混凝土。如不能及时浇筑，应予复测，复测合格方可浇筑混凝土。

**11.2.7** 工程挡水前，应对门槽进行闸门试槽。

## 11.3 闸门安装

**11.3.1** 平面闸门安装应符合下列规定：

1 分节闸门组装成整体后，应对门体外形尺寸、封水位置、支承中心位置等进行复测。

2 闸门的主支承部件的安装调整工作，应在门体拼装焊接完毕并经复测合格后进行。

3 平面闸门应做静平衡试验。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‰，且不大于8mm；平面链

轮闸门倾斜度不应超过门高的 0.7‰，且不大于 3mm；超过上述规定时，应予配重。

### 11.3.2 弧形闸门安装应符合下列规定：

1 圆柱铰和球铰及其他形式支铰铰座安装允许偏差应符合表 11.3.2 的规定。

2 弧门安装应符合下列规定：

- 1) 支臂两端连接板与门叶、铰链组合面的接触面，臂柱间两连接板的接触面应有 75% 以上的面积接触致密，且边缘最大间隙不应大于 0.8mm。
- 2) 抗剪板和连接板应接触致密后顶紧施焊。
- 3) 连接螺栓应按有关规定进行紧固和检验。连接螺栓紧固后，用 0.3mm 塞尺检查，其塞入面积应小于 25%。
- 4) 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  $\pm 8.0\text{mm}$ ，两侧相对差不大于 5.0mm；潜孔式弧门为  $\pm 4.0\text{mm}$ ，两侧相对差不大于 3.0mm。

表 11.3.2 弧形闸门铰座安装允许偏差

序号	项 目	允许偏差
1	铰座中心对孔口线的距离	$\pm 1.5\text{mm}$
2	里程	$\pm 2.0\text{mm}$
3	高程	$\pm 2.0\text{mm}$
4	铰座轴孔倾斜	$L\%$
5	两铰座轴线的同轴度	1.0mm

注：铰座轴孔倾斜系指任何方向的倾斜， $L$  为轴孔宽度

### 11.3.3 底轴驱动式翻板闸门安装应符合下列规定：

1 底轴轴承座的水平倾斜度应不大于 1‰。底轴轴承座中心垂直流道方向，安装尺寸允许偏差为  $\pm 2.0\text{mm}$ ，且相对差值不大于 2.0mm。底轴中心高程允许偏差为  $\pm 2.0\text{mm}$  且相对差值

不大于 2.0mm。整体转动灵活、无卡滞现象。侧止水座板表面至孔口中心尺寸偏差应不大于 2.0mm。

2 有穿墙封水要求的，支铰座安装时应保证与底轴中心同心度偏差不大于 1.0mm。支铰座焊缝应经渗透检查并合格。

3 拐臂安装时应保证与底轴同心度偏差不大于 1.0mm。并注意拐臂与底轴的周向方位。锁定吊耳板待现场锁定机构安装调试时配合进行拼装。

## 11.4 拦污栅安装

11.4.1 活动式拦污栅埋件安装允许偏差应符合表 11.4.1 的规定。

表 11.4.1 活动式拦污栅埋件安装

允许偏差

单位：mm

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

11.4.2 倾斜设置的拦污栅埋件，其倾斜角度允许偏差为  $\pm 10'$ 。

11.4.3 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，其工作表面最高点和最低点的差值应不大于 3.0mm。

11.4.4 栅体吊入栅槽后，应做升降试验，检查栅槽有无卡滞情况，检查栅体动作和各节的连接是否可靠。使用清污机清污的拦污栅，其栅体结构与栅槽埋件应满足清污机的运行要求。

## 12 启闭机安装

### 12.1 一般规定

12.1.1 启闭机安装所使用的测量工具和仪器，应经计量部门检定。

12.1.2 启闭机进场应按合同要求进行现场验收，方可进行安装。

12.1.3 启闭机安装前，应具备下列技术资料：

- 1 出厂验收资料。
- 2 启闭机产品合格证。
- 3 制造图纸、安装图纸和技术文件，产品使用和维护说明书。
- 4 产品发货清单。
- 5 现场到货交接清单。

### 12.2 固定卷扬启闭机安装

12.2.1 减速器清洗后应注入润滑油，油位不应低于高速级大齿轮最低处的齿高，且不应高于两倍齿高，其油封和结合面处不应漏油。

12.2.2 启闭机安装中心线应根据闸门起吊中心线确定，其纵、横向中心线允许偏差为 $\pm 3.0\text{mm}$ ，其高程允许偏差为 $\pm 5.0\text{mm}$ ，水平偏差应不大于 $0.5\%$ 。

12.2.3 钢丝绳应有序地逐层缠绕在卷筒上，不应挤槽、跳槽或乱槽。当吊点在下极限时，钢丝绳留在卷筒上的缠绕圈数应不小于4圈；当吊点处于上极限时，钢丝绳不应缠绕到卷筒绳槽以外。

12.2.4 采取双卷筒串联的双吊点启闭机，吊距允许偏差为 $\pm 3.0\text{mm}$ 。当闸门处于门槽内的任意位置时，闸门吊耳轴中心

线的水平偏差应满足设计要求。

### 12.3 螺杆启闭机安装

12.3.1 机箱清洗后应注入润滑油，满足油位要求，其油封和结合面处不应漏油。

12.3.2 启闭机平台高程允许偏差为 $\pm 5.0\text{mm}$ ，水平偏差应不大于 $0.5\%$ 。

12.3.3 机座的纵、横向中心线与闸门吊耳的起吊中心线的距离允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

12.3.4 机座与基础板的局部间隙应不超过 $0.2\text{mm}$ ，非接触面应不大于总接触面的 $20\%$ 。

12.3.5 螺杆安装后，其外径母线直线度允许偏差为 $0.6\%$ ，且全长不超过杆长的 $0.25\%$ 。

### 12.4 液压启闭机安装

12.4.1 液压启闭机机架中心线与起吊中心线的距离允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ，高程允许偏差为 $\pm 5.0\text{mm}$ 。双吊点液压启闭机，支承面的高差不超过 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

12.4.2 机架钢梁与推力支座的组合面不应有大于 $0.05\text{mm}$ 的通隙，其局部间隙不应大于 $0.1\text{mm}$ ，宽度不应超过组合面宽度的 $1/3$ ，累计长度不超过周长的 $20\%$ ，推力支座的顶面水平偏差不应大于 $0.2\%$ 。

12.4.3 吊装液压缸时，应采取防止变形的措施，根据液压缸直径、长度和重量决定支点或吊点个数，所有支点处应采用垫木支撑。

12.4.4 现场安装管路进行整体循环油冲洗，冲洗速度宜达到紊流状态，滤网过滤精度应不低于 $10\mu\text{m}$ ，冲洗时间不少于 $30\text{min}$ 。管路系统应按图纸要求做耐压试验。如无规定时，可按 $1.25$ 倍工作压力试压。管件接头处不应有渗漏现象。阀件漏油量应符合设计要求。



12.4.5 现场注入的液压油型号、油量及油位应符合设计要求，液压油过滤精度应不低于  $20\mu\text{m}$ 。

## 12.5 移动式启闭机安装

12.5.1 桥架和门架组装完成后，应按国家现行有关标准的规定进行检测。

12.5.2 大小车轨道安装应符合设计文件和厂家说明书的规定。无规定时应参照国家现行有关标准的规定要求执行。

12.5.3 轨道上连接的接地线应进行接地电阻的测试，接地电阻应小于  $4\Omega$ 。

12.5.4 运行机构应符合下列规定：

1 跨度允许偏差为  $\pm 5.0\text{mm}$ ，跨度的相对差应小于  $5.0\text{mm}$ 。

2 车轮的垂直偏斜量应在车轮架空的情况下测量，垂直偏斜量应小于  $L/400\text{mm}$  ( $L$  为测量长度)。

3 车轮的水平偏斜应小于  $L\%$  ( $L$  为测量长度)，同一轴线上车轮的偏斜方向应相反。

4 同一端梁下，车轮的同位差：两个车轮时应小于  $2.0\text{mm}$ ，两个以上车轮时应小于  $3.0\text{mm}$ ，在同一平衡梁上车轮的同位差不应大于  $1.0\text{mm}$ 。

5 自动抓梁应作平衡试验，抓放过程中动作应准确可靠。

## 12.6 闸门及启闭机运行试验

12.6.1 试验在工地现场进行。试验前应清除门体和门槽内所有杂物，并完成试验记录和质量检测。试运行试验可结合设备安装调试进行。

12.6.2 电气设备接电试验前应检查全部接线并符合图纸规定。线路的绝缘电阻应大于  $0.5\text{M}\Omega$ 。试验中电动机和电气元件温升不应超过允许值。试验应采用该机自身的电气设备。元件触头有烧灼者应予更换。

### 12.6.3 启闭机空载运行试验应符合下列规定：

1 启闭机空载运行试验，应在全行程内往返 3 次。电动机三相电流不平衡度不大于 10%，电气设备应无异常发热现象。

2 启闭机运行到行程的上下极限位置，主令开关能发出信号并自动切断电源，使启闭机停止运转。

3 所有机械部件运转时，应无异常声音，钢丝绳在任何部位，均不应与其他部件相摩擦。

4 制动器松闸时闸瓦应全部打开，闸瓦与制动轮的间隙应符合 0.5~1.0mm 的要求。

5 快速闸门启闭机，利用直流松闸时，松闸电流值应不大于名义最大电流值。松闸持续 2min 时电磁线圈的温度应不超过 100℃。

6 所有轴承和齿轮应有良好的润滑，轴承温度应不超过 65℃。

7 双吊点启闭机，应进行闸门吊耳轴中心线的水平偏差检测或双吊点同步的检测。

8 液压启闭机油泵第一次启动时，应将油泵溢流阀全部打开，连续空转 30min，油泵不应有异常现象。管路充满油后，调整油泵溢流阀，使油泵在其工作压力的 50%、75% 和 100% 的情况下分别连续运转 5min，系统应无振动、杂音和升温过高等现象。检查阀件及管路有无漏油现象。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，应无剧烈振动和杂音。

### 12.6.4 闸门、启闭机联合运行试验应符合下列规定：

1 闸门启闭时，应检查滚轮、支铰及底轴等转动部位运行情况。在进行无水启闭闸门时，应在橡胶水封处浇水润滑，升降机构和行走机构应在行程内往返 3 次；在进行有水试运行时，宜在设计水头工况下进行。对于动水启、闭的工作闸门启闭机或动水闭、静水启的事故闸门启闭机，应在动水工况下闭门 2 次。

2 闸门升降或旋转过程应检查闸门升降或旋转过程中有无卡阻，橡胶水封有无损伤，启闭设备左右两侧是否同步。双吊点

液压启闭机，行程内任意位置的同步偏差大于设计允许值时，应自动投入纠偏装置。

3 快速闸门启闭机，应根据设计要求，进行全行程的快速关闭试验。

4 荷载试验时电动机三相电流不平衡度不大于10%，电气设备应无异常发热现象，所有保护装置和信号应准确可靠。

5 所有机械部件在运转中不应有异响，并检查开式齿轮啮合状态是否满足要求。

6 制动器应无打滑、无焦味和冒烟现象。对于装有荷载控制装置、高度指示装置的螺杆启闭机，应对传感器信号的发送、接收等进行测试，保证动作灵敏，指示正确，安全可靠。

7 手动操作试验无误后，方可进行自动操作试验。

8 记录荷载控制装置显示的闸门在启、闭过程中的启、闭力值，绘出行程～启、闭力关系曲线。

9 试验结束后，机构各部分不应有破裂、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。

10 液压启闭机将闸门提起进行泄漏试验，并满足在24h内，闸门因液压缸的内部漏油而产生的滑移量应不大于100mm；24h后闸门的滑移量大于100mm时，应有警示信号提示；闸门的滑移量大于200mm时，液压系统应具备自动复位的功能；72h内自动复位次数不大于2次。

11 闸门处于挡水工作状态，应用灯光或其他方法检查橡胶水封的压缩程度，不应有透亮或间隙。如闸门为上游止水，则应在支承装置和轨道接触后检查。

12 闸门在承受设计水头压力时，每米长止水范围内漏水量不应大于0.1L/s。

#### 12.6.5 移动式启闭机荷载试验应符合下列规定：

1 工地安装现场应具备满足静载试验所需的配重试块，宜采用专用试块。

2 确定主梁和机架承载最危险断面，布置应力测试点。

3 试验过程中可由 75% 的额定载荷逐步增至 125% 的额定载荷，离地面 100~200mm，停留时间不少于 10min，测量门架或桥架挠度，然后卸去载荷，测量门架或桥架的变形。

4 静载试验中主梁实测的挠度值应小于  $L/700$  ( $L$  为主梁两支点间距离)，悬臂端实测的挠度值应小于  $L_n/350$  ( $L_n$  为悬臂端到支点的距离)。

5 静载试验结束后，各部件和金属结构各部分不应有破裂、永久变形、连接松动或损坏等影响性能和安全的质量问题出现。

6 动载试验，在设计额定载荷起升点，由 75% 的额定载荷逐步增至 110% 的额定载荷，做重复的起升、下降、停车、起升、下降等动作，应延续达 1h。

7 启闭机作为起重机使用时应按起重机的运行工况和额定起重量，在起升 1.1 倍额定载荷后除做起升、下降、停车试验外，还应做大车、小车的行走运行试验。

8 动载试验过程中检查各机构，应动作灵敏、工作平稳可靠，各限位开关、安全保护联锁装置应动作正确、可靠，各连接处不应松动。

9 型式试验应符合特种设备型式试验要求，由有资质的型式试验检测机构承担检测工作。

## 13 电气及自动化设备安装

### 13.1 一般规定

13.1.1 电气及自动化设备安装前，应按批准的设计文件编制专项施工措施计划。

13.1.2 电气及自动化设备进场条件应符合下列规定：

- 1 安装场地的屋顶、楼面、墙体、门窗等均已施工完毕，并且无渗漏。
- 2 有可能损坏设备或安装后不能再进行施工的装饰工作应全部结束。
- 3 室内地面基层施工完毕。
- 4 预埋件、预留孔的位置和尺寸符合要求，预埋件埋设牢固。

### 13.2 电气设备安装

13.2.1 变压器和箱式变电所安装应符合下列规定：

- 1 查验合格证和资料文件，资料文件中应含有出厂试验记录。
- 2 外观检查：有铭牌，附件齐全，绝缘件无缺损、裂纹，充油部分无渗漏，充气高压设备气压指示正常，涂层完整。
- 3 油浸变压器的安装，应能在带电的情况下，便于检查油枕和套管中的油位、上层油温、瓦斯继电器等。
- 4 箱式变电所基础应高于室外地坪；金属箱式变电所的箱体应接地（PE）或接零（PEN）可靠，且有标识。

13.2.2 柜、屏、箱、盘安装应符合下列规定：

- 1 基础槽钢安装不直度偏差不大于1mm，相互间接缝不应大于2mm，成排盘面全长偏差不大于5mm。
- 2 金属框架及基础槽钢必须接地（PE）或接零（PEN），



门和框架的接地端子间应用裸编制铜线连接，且有标识。

13.2.3 架空配电线路与建筑物等地物交叉接近时的最小距离，应按设计要求执行；设计无要求时，应符合表 13.2.3 的规定。

表 13.2.3 架空配电线路与地物交叉时  
允许的最小距离 单位：m

线路通过地区的性质	导线最大弛度下的地物	最小距离	
		导线电压 1kV 以下	导线电压 1~10kV
公路	路面	6	7
铁路	轨顶	7.5	7.5
运河	最高水位	7	7
	最高通航水位船桅顶	1	1.5
弱电线路	导线与导线	1	2
建筑物	屋顶	2.5	3
居民区	地面	6	6.5
行人密度小的区域 (交通不便的地区)	地面	4	4.5
非居民区	地面	5	5.5
架空管道区域	金属管道	1.5	3

13.2.4 接地装置的材料应采用钢材，在有腐蚀的环境中，应采用镀铜或镀锌钢材，不应采用铝导体。

13.2.5 接地线的连接应符合下列规定：

1 宜采用焊接，圆钢的搭接长度为直径的 6 倍，扁钢为宽度的 2 倍。

2 有振动的接地线，应采用螺栓连接，并加设弹簧垫圈，防止松动。

3 钢管接地与电气设备间应有金属连接，当接地线与钢管不能焊接时，应用卡箍连接。

13.2.6 接地电阻值应进行实测，实测电阻值应满足设计和相关规范要求。



13.2.7 不间断电源安装应符合下列规定：

- 1 主机和电源柜应按设计要求和产品技术要求进行固定。
- 2 不间断电源装置间连线的线间、线对地间绝缘电阻值应大于  $0.5\text{M}\Omega$ 。
- 3 引入或引出不间断电源装置的主回路电线、电缆和控制电线、电缆应分别穿保护管敷设，在电缆支架上敷设时平行间距不小于  $150\text{mm}$ 。

13.2.8 电缆桥架的安装应符合下列规定：

- 1 立柱、托臂所用钢材应平直，无扭曲，下料允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ，切口应无卷边毛刺等，焊接后做好防腐工作。
- 2 直线段大于  $30\text{m}$  的钢制梯架、托盘或直线段大于  $15\text{m}$  的铝合金、玻璃钢制梯架、托盘，均应留有不小于  $20\text{mm}$  的伸缩缝。
- 3 吊臂距离上层楼板不小于  $300\text{mm}$ ，距离地面高度不小于  $100\text{mm}$ 。
- 4 桥架及吊臂均应有良好的接地，接地干线与每段桥架应至少有一个可靠连接，包括弯头等。
- 5 桥架在穿过预留孔洞、楼板及墙壁处应采用防火隔板、防火堵料做密封隔离。

13.2.9 直埋电缆的敷设应符合下列规定：

- 1 埋深应符合设计文件要求。
- 2 直埋电缆的上、下部应铺设不小于  $100\text{mm}$  厚的软土砂层，并加盖保护板，其覆盖宽度应大于电缆两侧各  $50\text{mm}$ ，保护板可用混凝土盖板或砖块。
- 3 直埋电缆在直线段每  $50\sim 100\text{m}$  处，电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处，应有明显的方位标志或标桩。
- 4 电缆之间，电缆与其他管道、道路和建筑物等之间平行和交叉时最小净距应符合国家现行有关标准的规定。

13.2.10 电缆穿管内径不应小于电缆外径的  $1.5$  倍，内表面应光滑，管材两端管口应有防止电缆损伤的措施，管口宜做成喇

叭形。

13.2.11 电缆支架的安装应符合下列规定：

- 1 安装前，电缆沟道应清理干净并找出预埋扁铁。支架间距应符合设计要求。
- 2 将符合设计、规格型号的支架运往现场，支架应无显著扭曲、变形，油漆完整。
- 3 电缆支架安装时，最上层横撑至沟顶距离不小于 150~200mm；最下层横撑至沟底距离不小于 50~100mm。
- 4 电缆支架安装后，支架水平和垂直允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 5 电缆支架应与接地网有不小于 2 个明显的接地点并可靠连接。
- 6 支架安装完后，应除去焊渣，做防锈处理。

13.2.12 电缆敷设前检查应符合下列规定：

- 1 电缆型号、电压、规格应符合设计文件要求，电缆外观应无损伤、绝缘良好。
- 2 电缆放线架应放置稳妥，钢轴的强度和长度应与电缆盘重量和宽度相配合。
- 3 敷设前应按设计文件和实际路径计算每根电缆的长度，合理安排每盘电缆，减少电缆接头。
- 4 在带电区域内敷设电缆，应有可靠的安全措施。
- 5 采用机械敷设电缆时，牵引机和导向机构应调试完好。

### 13.3 自动化设备安装

13.3.1 闸控系统安装应符合下列规定：

- 1 控制台、柜内元件和设备应设置编号标识，内部接插件与设备的连接应牢固可靠，安装间距应满足通风散热的要求，发热量大的设备应安装在机柜的上部，并采取通风散热措施。
- 2 接线端子应标明编号，强、弱电端子宜分开排列，最下排距离机柜地板宜大于 0.35m，有触电危险的端子应加盖保护板，并设置警示标记。

3 通信电缆及信号电缆应采用屏蔽电缆，屏蔽电缆（线）屏蔽层应接地，当有防干扰要求时，多芯电缆中的备用芯线应在一点接地。屏蔽电缆的备用芯线与电缆屏蔽层，应在同一侧接地。

4 双绞线布放前应布放平直，不应产生扭绞、打圈等现象，不应受到外力的积压和损伤；在布放前两端应贴有标签，以表明起始和终端的位置，标签书写应清晰、端正和正确，布放时应有冗余。

5 所有的光缆器件，包括光缆、跳线、尾纤、耦合器在进入现场前宜用激光笔打光预测试；光纤连接应按照制造厂规定的工艺方法进行操作，采用专用设备进行熔接，熔接后应对光纤进行测试。

6 闸门限位开关的安装应能使开关动作准确。开度传感器的安装不应阻碍机械部件的运动，同轴连接的应保证一定的同轴度，联轴器应采用弹性联轴器；采用钢丝绳连接的应保持钢丝绳与出绳口不摩擦。

7 闸门荷重传感器的安装应检查重力的作用线是否处在传感器的中心线下，以减少因安装不当而引入的误差；荷重传感器精度测试及检测传感器采样显示值与现场实际值的一致性，应符合设计及产品的技术文件的要求。

### 13.3.2 安全监测系统应符合下列规定：

1 各监测仪器、设施的安装和埋设，必须满足设计要求。安装和埋设完毕后，应绘制竣工图、填写考证表，存档备查。

2 监测自动化设备的安装支架应埋设牢靠，水平度和垂直度应满足设计要求，对扬压力、渗流压力等监测仪器，在安装前应先检查测孔的状态，必要时应进行冲孔及扫孔，然后再安装仪器设备。

3 对于更新改造的监测设施工程，在自动化监测传感器安装时，宜不破坏原有可用的监测设施。

### 13.3.3 视频监控系统的应符合下列规定：

1 摄像机安装前应按下列要求进行检查：

- 1) 将摄像机逐个通电进行检测和粗调，在摄像机处于正常工作状态后，方可安装。
- 2) 检查云台的水平、垂直转动角度，并根据设计要求定准云台转动起点方向。
- 3) 检查摄像机防护罩的雨刷动作。
- 4) 检查摄像机防护罩内紧固情况。
- 5) 检查摄像机机座与支架或云台的安装尺寸。

2 交流电源电缆与视频电缆宜分管敷设。

3 从摄像机引出的电缆宜留有 1m 的裕量，不应影响摄像机的转动。摄像机的电缆和电源线应固定，不应用插头承受电缆的自重。

4 先对摄像机进行初步安装，经通电试看、细调、检查各项功能，观察监视区域的覆盖范围和图像质量，符合要求后方可固定。

5 监视闸门的摄像机应能观测到闸门的全貌，并能看到闸门的止水情况。

## 13.4 系统调试

### 13.4.1 变压器的调试应符合下列规定：

1 变压器冲击合闸试验应在变压器第一次送电时进行，由高压侧投入全电压，观察变压器冲击电流，辨听变压器的声响。变压器冲击应进行 3~5 次，每次冲击间隔时间为 3~5min，冲击电流应不引起保护装置动作。

2 冲击试验后，变压器正式受电，应用相位测量仪测量变压器三相电压与电网相位是否一致，同时注意其空载电流，一次、二次电压有无变化，空载运行 24h，若无异常情况方可投入负荷运行。

### 13.4.2 闸门电气柜的调试应符合下列规定：

1 电气柜在通电测试和调试前应通过最终检查。

- 2 总体上应按照下列顺序调试：
  - 1) 电气设备或装置的单体调整和试验。
  - 2) 配合机械设备的分部试运行。
  - 3) 系统整体启动、调试和调节。
- 3 电气柜的试验项目，应包括下列内容：
  - 1) 测量低压电器连同所连接电缆及二次回路的绝缘电阻。
  - 2) 应对低压电机及低压电器分别送电，送电时应核对所送电压等级、相序。
  - 3) 开启闸门时应注意运行时电压、启动电流及运行电流的变化。
  - 4) 控制闸门电机的接触器动作情况检查。
  - 5) 闸门上升至全开位置及下降至全关位置时接触器动作试验。
  - 6) 电机保护器电流值的整定试验。

13.4.3 自动化系统调试包括闸门开度调试、闸门自动控制调试、安全监测调试和联合调试四个部分。

- 1 闸门开度的调试应符合下列规定：
  - 1) 操作闸门至某一高度，并测量闸门的实际高度，再与开度仪的显示值比较以确定系统高度校准系数。
  - 2) 根据闸门的实际开度设定检测行程的最大值与最小值。
  - 3) 反复操作闸门到全开和全关位置，测量闸门开度检测装置的系统测量误差。
  - 4) 对弧形闸门可利用给定的变比或计算方法换算出闸门的开度。
- 2 闸门自动控制调试应符合下列规定：
  - 1) 对各受控设备的信号校验应正确。
  - 2) 系统通信应畅通。
  - 3) PLC 控制应用软件调试应能符合闸门控制工艺。

- 4) 中控室计算机监控后台数据应与实测数据保持一致，控制准确无误。
- 3 安全监测调试应符合下列规定：
    - 1) 自动化监测设备安装过程中，应对系统设备进行线体试验、参数标定，并做好详细记录。
    - 2) 监测自动化系统调试时，应与人工观测数据进行同步比测，并应将监测自动化的基准调整到与人工观测相一致，应进行整机和取样检验考核。
  - 4 联合调试应按照设计流程，采用闸控系统进行开闸、停、关闸试验。



## 14 监测设施和施工期监测

### 14.1 一般规定

- 14.1.1 监测设施的布置，应密切结合永久监测设施，统筹安排，合理布置。
- 14.1.2 监测设施的选择，应在可靠、耐久、经济、实用的前提下，便于实现自动化监测。
- 14.1.3 各种监测设施埋设前应经检查和检定。
- 14.1.4 监测设施应按设计要求和施工进度及时埋设并确保质量。安装和埋设完毕，应及时测读初始值，并绘制竣工图、填写考证表，存档备查。
- 14.1.5 各类监测设施的安装埋设，应采取必要的保护措施，确保监测设施不被损坏。

### 14.2 监测设施安装埋设

- 14.2.1 水位监测设施安装应符合下列规定：
- 1 应设在水流平顺、水面平稳、受风浪和泄流影响较小处。
  - 2 根据水流监测需要，可在闸前、闸墩侧壁、消力池、弯道两岸等处增设水位测点。
- 14.2.2 表面变形监测设施安装应符合下列规定：
- 1 水闸的表面变形监测内容包括水闸的垂直位移和水平位移。
  - 2 建筑物上各类测点应与建筑物牢固结合，能代表建筑物变形。基准点应尽可能埋设在新鲜或微风化基岩上或稳定土体上。
  - 3 监测设备应有必要的保护装置。
  - 4 位于土基上基点的底座埋入土层的深度不应小于 1.5m，冰冻区应深入冰冻线以下，使其牢固稳定而不受其他外界因素

影响。

5 埋设时,应保持立柱中心线铅直,顶部强制对中基座水平,倾斜度不应大于 $4'$ 。视准线监测墩对中基座中心与视准线的距离允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ;当采用小角法时,对中基座中心与工作基点构成的小角角度不宜大于 $30''$ 。

#### 14.2.3 渗压计安装应符合下列规定:

1 渗压计宜采用钻孔埋设法,钻孔孔径依该孔中埋设的仪器数量而定,可采用 $\phi 90\sim 146\text{mm}$ 。成孔后,应在孔底铺设中粗砂垫层,厚度宜为 $0.3\sim 0.5\text{m}$ 。

2 渗压计的连接电缆,应以软管保护,并铺以钢丝与仪器测头相连。安装埋设时,应自下而上依次进行,并依次以中粗砂封埋仪器测头,在土体内宜采用膨润土干泥球或高崩解性黏土球,在岩体内可采用膨润土、高崩解性黏土与砂的掺合料,或水泥砂浆逐段封孔,封孔段长度应符合设计规定,回填料、封孔料应分段捣实。

3 渗压计安装与封孔埋设过程中,应随时进行检测,不应损坏仪器与连接电缆,一旦发现损坏,应及时处理或重新埋设。

#### 14.2.4 测压管安装应符合下列规定:

1 测压管宜用镀锌钢管或硬塑料管,内径可采用 $50\text{mm}$ 。

2 测压管的透水段应根据监测目的(部位)确定,当用于点压力监测时宜长 $1\sim 2\text{m}$ 。外部包扎无纺土工织物,透水段与孔壁之间用反滤料填满。基岩部位的测压管应在帷幕灌浆和固结灌浆后进行安装,以防被浆液堵塞。

3 测压管的导管段应顺直,内壁光滑无阻,接头应采用外箍接头。管口应加以保护,防止外水进入和人为破坏。

#### 14.2.5 土压力计安装应符合下列规定:

1 土压力计的埋设,应注意减小埋设效应的影响。应做好仪器基床面的制备、感应膜的保护和连接电缆的保护及其与终端的连接、确认、登记。

2 土压力计埋设时，可在埋设点附近适当取样，进行干密度、级配等土的物理性质试验，必要时尚应适当取样进行有关土的力学性质试验。

3 土压力计埋设后应认真保护，当填方不能及时掩盖时应加盖保护罩。当填方即将掩盖时，依覆盖材料的类型、性质应做不同保护。

#### 14.2.6 钢筋计安装应符合下列规定：

1 钢筋计的埋设，应采用焊接法。可在钢筋加工场预焊，亦可在现场截下被测的钢筋就地焊接。焊接时，可在仪器部位浇水冷却，仪器内的温度应不超过 60℃，但不应在焊缝处浇水，同时注意保护监测电缆安全。

2 钢筋计应使用专用电缆，电缆线宜用软管保护。

#### 14.2.7 电阻式温度计安装应符合下列规定：

1 温度计的埋设，可将仪器在埋设点的钢筋网格中固定的方法进行。

2 温度计应使用专用电缆，电缆线均应用软管保护。

### 14.3 施工期监测

14.3.1 监测设施安装后应立即监测初始值。施工期间，应按不同荷载阶段定期监测，通水前后应分别监测一次。其监测频次应符合国家现行有关标准的规定。

14.3.2 施工期应对监测设施进行巡视检查，并由专人负责监测和资料整编。

14.3.3 岸、翼墙墙身的倾斜监测，应在标点埋设后，填土过程中及放水前后进行。

14.3.4 各监测设施应根据仪器类型选取相应测读仪，监测后应按仪器厂家提供的计算公式和检定参数进行物理量计算。

#### 14.3.5 表面变形监测应符合下列规定：

1 变形监测主要精度指标应符合表 14.3.5 的规定。

表 14.3.5 变形监测主要精度指标 单位: mm

项目	精度指标			说明
	内容	平面位置中误差	高程中误差	
施工期外部 变形监测	水平位移测点	±(3~5)		相对于工作基点
	垂直位移测点		±(3~5)	

2 变形监测的正负应按下列规定采用:

- 1) 垂直位移: 下沉为正, 上升为负。
- 2) 水平位移: 向下游为正, 向左岸为正, 反之为负。
- 3) 水闸闸墩水平位移: 向闸室中心为正, 反之为负。
- 4) 倾斜: 向下游转动为正, 向左岸转动为正, 反之为负。
- 5) 接缝和裂缝开合度: 张开为正, 闭合为负。

#### 14.4 监测资料整编

14.4.1 每次仪器监测或巡视检查后应随即对原始记录加以检查和整理, 并及时做出初步分析。每年应进行一次监测资料整编和年度分析。

14.4.2 资料整理和分析中, 如发现异常情况, 应及时做出判断, 有问题的应及时上报。

14.4.3 仪器监测和巡视检查的各种现场原始记录、图表、影像资料、整编和分析报告等, 均应归档保存。

14.4.4 应建立监测资料数据库或信息管理系统。

14.4.5 资料分析宜采用比较法、作图法、特征值统计法及数学模型法。

14.4.6 资料整编包括平时资料整编及定期编印:

- 1 平时资料整编, 查证原始监测数据的正确性与准确性, 进行监测物理量计算; 填好监测数据记录表格; 点绘监测物理量过程线图, 考察监测物理量的变化, 初步判断是否存在变化的异常值。

2 定期编印，应在平时资料整理的基础上进行监测物理量的统计，填制统计表格；绘制各种监测物理量的分布与相互间的相关图线；并编写编印说明书。

14.4.7 资料分析的内容应包括下列内容：

1 对监测物理量的分析，从分析中获得监测物理量变化稳定性、趋向性及其与工程安全的关系等结论。

2 将巡视检查成果、监测物理量的分析成果、设计计算复核成果进行比较，以判断闸的工作状态、存在异常的部位及其对安全的影响程度与变化趋势等。

14.4.8 所有监测设备的埋设、安装记录、检定检验和施工期监测记录均应整理汇编，移交相关单位。





## 15 混凝土结构加固

### 15.1 一般规定

15.1.1 混凝土结构加固的方法可分为外粘钢板法、粘贴纤维复合材法和置换混凝土法等；与结构加固方法配合使用的技术包括植筋（锚栓）、碳化处理和裂缝修补等。

15.1.2 被加固的混凝土构件进行处理前，应清除表面的尘土、浮浆、污垢、油渍和原有饰面层；若构件表面已风化、剥落、腐蚀、严重裂损，尚应剔除至露出混凝土集料新面。对外露钢筋的锈蚀层及其周边粘结失效的混凝土应清除，并打磨钢筋至其表面露出金属光泽。

15.1.3 在加固施工过程中，当发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造与设计不符并有严重缺陷时，应立即停止施工，在采取有效措施补救后方能继续施工。

### 15.2 拆除工程

15.2.1 拆除工程开工前，施工单位应全面了解拆除工程的图纸和资料，进行现场勘察、编制专项施工措施计划和应急救援预案。

15.2.2 当拆除工程对周围相邻建筑物安全可能产生危险时，应采取相应保护措施并加强监测。

15.2.3 人工或机械拆除施工应从上至下、逐层拆除分段进行，不应垂直交叉作业。应先拆除非承重结构，再拆除承重结构。不应采用掏掘或推倒的方法拆除建筑物。进行高处拆除作业时，对较大尺寸的构件或沉重的材料，应采用起重机具及时吊下。不应向下抛掷。

15.2.4 静态破碎拆除施工用于基础工程和局部块体拆除时，在相邻的两孔之间，钻孔与注入破碎剂不应同步进行。



15.2.5 在恶劣的气候条件下，不应进行拆除作业。

### 15.3 外粘钢板法

15.3.1 钢板裁剪加工后按加固构件的尺寸进行焊接，焊接应采用双面对焊，焊接后将钢板与混凝土黏结面打磨平整。

15.3.2 粘贴钢板部位的混凝土在施工前应进行表面干燥处理。

15.3.3 混凝土粘合面上胶前，应进行喷砂糙化或砂轮打磨处理，角部应打磨成圆弧状，糙化或打磨的纹路应均匀，且应尽量垂直于受力方向。

15.3.4 钢板粘合面上胶前，应进行除锈、糙化和展平。打磨后的表面应显露出金属光泽；糙化的纹路应尽量垂直于钢板受力方向；展平后的钢板与混凝土表面应平顺，且轮廓尺寸宜与划线吻合。

15.3.5 拌和好的胶粘剂应依次反复刮压在钢板和混凝土粘合面上，胶层厚度宜为1~3mm。俯贴时，胶层宜中间厚、边缘薄；竖贴时，胶层宜上厚下薄；仰贴时，胶液的下垂度不应大于3mm。经检查胶粘剂无漏抹后即可将钢板与混凝土粘贴。

15.3.6 钢板粘贴应均匀加压，顺序由钢板的一端向另一端加压，或由钢板中间向两端加压，不应由钢板两端向中间加压。

15.3.7 混凝土与钢板粘接的养护温度和固化时间按产品使用说明书的规定执行，若未做具体规定，宜不低于15℃时，固化24h后即可卸除夹具或支撑；72h后可进入下一工序。养护温度低于15℃时，应适当延长养护时间。养护温度低于5℃时，应采取人工升温措施。

### 15.4 粘贴纤维复合材法

15.4.1 粘贴纤维复合材的施工环境应符合下列规定：

1 现场的环境温度应符合胶粘剂产品使用说明书的规定。若未做具体规定，应按不低于15℃进行控制。

2 作业场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

15.4.2 纤维材料应为连续纤维，不应在承重结构上使用单位面积质量大于  $300\text{g}/\text{m}^2$  的碳纤维织物或预浸法生产的碳纤维织物。

15.4.3 裁剪好的碳纤维布不应折叠，应成卷状，编号后妥善保管；裁剪好的碳纤维板应平直存放，避免产生翘曲、变形。不应沾染上灰尘或油污。

15.4.4 已粘贴纤维增强复合材料的构件周围，不应有持续  $100^\circ\text{C}$  以上的高温，不应在粘贴表面焊接施工。

15.4.5 经清理、修整后的混凝土结构、构件，其粘贴部位若有局部缺陷和裂缝应按设计要求进行灌缝或封闭处理；对有高差、错台及内转角的部位应打磨或抹成平滑的曲面；然后对粘贴表面进行打磨和糙化处理。

15.4.6 沿纤维方向应使用特制滚筒在已贴好纤维的面上多次滚压，使胶液充分浸渍纤维织物，并使织物的铺层均匀压实，无气泡发生；多层粘贴纤维织物时，应在纤维织物表面所浸渍的胶液达到指干状态时立即粘贴下一层。若延误时间大于  $1\text{h}$ ，则应等待  $12\text{h}$  后，方可重复上述步骤继续进行粘贴，但粘贴前应重新将织物粘合面上的灰尘擦拭干净。

15.4.7 碳纤维布沿纤维受力方向的搭接长度不应小于  $100\text{mm}$ 。当采用多条或多层碳纤维布加固时，各条或各层碳纤维布的搭接位置宜相互错开。

## 15.5 置换混凝土法

15.5.1 将原结构混凝土缺陷部位凿除至密实混凝土，凿除时应先进行卸载，并设立有效支撑。局部剔除被置换的混凝土时，应在到达缺陷边缘后，再向边缘外延清除一段不小于  $50\text{mm}$  的长度；对缺陷范围较小的构件，应从缺陷中心向四周扩展，逐步进行清除，其长度和宽度均不小于  $0.2\text{m}$ 。

15.5.2 当结构加固工程采用聚合物混凝土、微膨胀混凝土、钢纤维混凝土或喷射混凝土时，应在施工前进行试配，经检验其性能符合设计要求后方可使用，同时不应使用铝粉作为混凝土膨胀

剂。结构加固用的混凝土所掺的粉煤灰应为Ⅰ级灰，且烧失量不应大于5%。

**15.5.3** 新旧混凝土结合面应凿毛或打成沟槽，凿毛深度应达粗骨料新面。采用砂轮打磨的沟槽，其方向应尽量垂直于构件受力方向，深度宜为4~6mm，间距不应大于箍筋间距或0.15m。用压力水将结合面冲洗干净。当采用喷射混凝土技术时，应用压缩空气和水交替冲洗结合面。

**15.5.4** 混凝土模板支架的搭设不应影响原结构的安全，且便于施工操作、拆卸；模板与原构件的搭接周边应封闭密实，防止浆液外漏，混凝土浇筑进料口应设置在便于操作的部位。

**15.5.5** 浇筑混凝土前，原构件混凝土的表面，应按设计要求处理。当设计未提出要求时，应涂刷一遍水泥浆，且应在混凝土浇筑前24h内保持表面湿润。水泥强度等级应不低于42.5级。

**15.5.6** 混凝土浇筑完毕后，应及时采取有效的养护措施，并应符合下列规定：

1 浇筑完毕后24h以内对混凝土加以覆盖并保湿养护，养护时间应按7.4.34执行。

2 当采用塑料布覆盖养护时，其敞露的全部表面应覆盖严密，并保持塑料布内表面有凝结水。

## 15.6 植筋（锚栓）

**15.6.1** 采用植筋锚固时，其锚固部位经凿除处理后混凝土面不应有缺陷，当有局部缺陷时，应先进行补强或加固处理后再植筋。

**15.6.2** 植筋或锚栓钻孔前，应在植筋部位放线定位，避开受力主筋，在钻孔过程中遇到钢筋或预埋件时应立即停钻，并适当调整钻孔位置；在钻孔位置偏离不能满足设计要求时，应立即通知设计单位处理。

施工中钻出的废孔，应采用高于结构混凝土一个强度等级的水泥砂浆、树脂水泥砂浆或锚固胶粘剂进行填充。

15.6.3 锚孔应先用硬毛刷清孔，然后用风枪将孔内粉屑清除干净。植入孔内部分钢筋上的锈迹、油污应打磨清除干净。

15.6.4 清孔后，当因故未能在规定时间内安装锚栓时，应随即暂时封闭锚孔，防止尘土、碎屑、油污和水分等落入孔内影响锚固质量。

15.6.5 注入胶粘剂时，应使用专门的灌注器进行灌注，灌注量应保证在植入钢筋后有少许胶粘剂溢出。

15.6.6 植筋应在胶粘剂初凝前完成。否则，应拔掉钢筋立即清除失效的胶粘剂，按原步骤重新植筋。

15.6.7 化学植筋的安装应根据锚固胶施用形态（管装式、机械注入式、现场配制式）和方向（向上、向下、水平）的不同采用相应的方法。化学植筋的焊接，应考虑焊高温对胶的不良影响，采取有效的降温措施，离开基面的钢筋预留长度应不小于 $20d$ （ $d$ 为钢筋直径），且不小于 $0.2\text{m}$ 。化学锚栓在固化完成前，应按安装要求进行养护，固化期间不得扰动。固化后不应进行焊接。

## 15.7 碳化处理

15.7.1 混凝土基面处理应符合下列规定：

1 应清除混凝土松动层。

2 应凿除或磨掉混凝土表面碳化层和附着物，露出混凝土新鲜面。

3 应对混凝土表面上的麻坑、蜂窝、裂隙等缺陷进行修补，宜采用腻子修补；对缺陷面积较大、较深的混凝土脱落部分应采用高强度混凝土修补和找平。

4 对锈蚀钢筋应进行除锈处理，并应根据锈蚀情况和结构需要加补钢筋。

5 碳化层清除后，宜采用钢丝刷刷糙，砂纸打磨，并用高压水枪将表面完全冲洗干净。

6 混凝土表面不应有积水，并应根据封闭材料要求保持湿

凝土表面干燥或湿润。

**15.7.2** 碳化处理现场的气温应符合表面喷涂材料产品使用说明书的规定；当无规定时，不宜低于 5℃ 或高于 30℃。

**15.7.3** 表面喷涂材料的配制和使用应符合下列规定：

1 应根据设计和喷涂材料产品使用说明书的要求配制表面喷涂材料，应少配快用，拌和好的浆料宜在 25~45min 内用完。

2 材料喷涂的顺序和遍数应根据设计或材料产品使用说明书的要求喷涂，每遍之间的时间间隔应符合相关规定。

3 施工时应向同一个方向括抹，括抹层应平整、不挂浆、无砂眼、无起鼓、无开裂，每遍涂刷完应及时进行养护。

4 每遍涂层的厚度应根据材料性能特点、施工环境和设计要求确定，不宜过厚。

5 应及时检查，防止漏抹、少抹，保证施工质量。

6 未用完的喷涂材料应进行集中处理，不应污染环境。

**15.7.4** 混凝土碳化处理后应进行养护，养护时间不宜少于 7d。对于阳光直射、风口位置或施工温度过高时，应采用湿润养护。

## 15.8 裂缝补修

**15.8.1** 采用有机胶进行裂缝修补前应进行表面干燥处理。

**15.8.2** 修补裂缝现场的气温和湿度应符合修补材料产品使用说明书的规定；当无规定时，不宜低于 15℃，修补过程不宜在露天条件下施工。

**15.8.3** 采用表面封闭法施工时，应符合下列规定：

1 沿裂缝走向，对裂缝两侧各 100mm 范围内的混凝土表面，用喷砂机或砂轮机打磨平整，直至露出坚实的集料新面，经检查无油渍、污迹后用风枪清理干净。

2 封缝胶或封缝胶泥配制好后，立即骑缝涂刷或抹压。采用涂刷方式，应均匀上胶，并且不应少于两遍。采用抹压方式，胶泥应厚薄均匀粘接牢固。

3 封缝胶在固化过程中，胶液流淌或浸润后应及时补刷，

保证封缝胶固化后胶膜覆盖封闭裂缝。采用胶泥抹压方式，在胶泥固化过程中，应保证胶泥与混凝土粘结牢固。

4 采用涂料封缝时，涂料在成膜固化过程中，流淌或浸润应及时补刷，保证涂料固化后涂膜覆盖封闭裂缝和涂膜的均匀性。

15.8.4 采用填充密封法施工时，应符合下列规定：

1 沿裂缝走向骑缝凿槽或钻孔，应按设计文件规定的剖面尺寸或直径进行加工并清理干净。若原构件表面不平时，尚应沿裂缝走向削成便于连续封闭的平顺弧面，不应有局部突起或高差、错台。凿槽或钻孔完成后，应用风枪清理干净。

2 当设置隔离层时，槽底隔离材料应采用不吸潮膨胀，且不与弹性密封胶及结构本体材料相互反应的材料，隔离层应紧贴槽底。

3 槽内灌注密封材料，应灌至微溢出，并抹平。上面粘贴增强纤维织物网。

4 在纤维织物网的面上，应涂刷一道胶粘剂，并撒上石英砂。待胶粘剂完全固化后抹水泥砂浆或其他灰浆，形成防护面层。

5 采用微膨胀水泥浆或聚合物砂浆填缝，首先应用水将槽内润湿，然后再填入砂浆，将混凝土表面抹压平整、养护。

15.8.5 采用注浆法施工时，应符合下列规定：

1 注浆嘴应按裂缝走向设置，间距应根据裂缝的大小、注浆的材料确定，可在0.2~0.5m之间，且应设在裂缝交叉点、裂缝较宽处和端部。

2 封缝胶固化后，应进行压气试验，检查封缝密闭效果，观察注浆嘴之间的连通情况。

3 注浆压力应根据注浆材料的种类、性能以及裂缝或缝隙的大小、深度进行控制。

4 竖向裂缝注浆时，应按从下向上顺序进行；对板面贯穿性裂缝，宜从下向上注浆。



5 加压注胶过程应进行实时控制。压力应保持稳定，且应始终处于设计规定的区间内；当排气孔冒出浆液时，应停止加压，并以胶泥或堵头堵孔，然后稳压 5min 方可停止注浆。

6 待缝内的浆液凝固后，才可拆除注浆嘴。



## 附录 A 普通模板及支架的计算荷载

A.0.1 计算模板和支架时，可采用下列荷载数值：

1 模板和支架的自重，根据模板设计图纸确定；模板自重标准值，木材自重：针叶类按  $6\text{kN/m}^3$  ( $600\text{kg/m}^3$ ) 计，其他松木按  $8\text{kN/m}^3$  ( $800\text{kg/m}^3$ ) 计。肋形楼板及无梁楼板模板的自重标准值，可按表 A.0.1-1 采用。

表 A.0.1-1 楼板模板自重标准值 单位： $\text{kN/m}^2$

模板构件名称	木模板	定型组合钢模板
平板的模板及小楞	0.3	0.5
楼板模板（其中包括梁的模板）	0.5	0.75
楼板模板（楼层高度为 4m 以下）	0.75	1.1

2 钢筋和预埋件重量，根据设计图纸确定。

3 新浇筑混凝土的重量：按  $24\text{kN/m}^3$  ( $2400\text{kg/m}^3$ ) 计算。

4 施工人员和机具设备的荷载：计算模板和直接支承模板的楞木时，每平方米模板或铺板为  $2.5\text{kN}$  ( $250\text{kg}$ )，计算支承楞木的其他结构件时为  $1.5\text{kN}$  ( $150\text{kg}$ )，计算支架立柱和支承楞木的其他结构件时为  $1.0\text{kN}$  ( $100\text{kg}$ )。

注 1：对大型浇筑设备如上料平台、混凝土输送泵等按实际情况计算或以其他方式运输混凝土而造成的集中荷载（但不小于  $1.3\text{kN}$ ）。

注 2：如模板板材宽度小于  $150\text{mm}$ ，则上述集中荷载可分布在相邻的两块板上。

5 振捣混凝土产生的荷载，对水平面模板可采用  $2.0\text{kN/m}^2$ ；对垂直面模板可采用  $4.0\text{kN/m}^2$ 。

6 倾倒混凝土产生的竖向动力荷载，应通过实测确定。当没有实测资料时，对垂直面模板产生的水平荷载标准值可按表

A. 0. 1-2 采用。

表 A. 0. 1-2 倾倒混凝土时产生的水平荷载标准值

单位: kN/m<sup>2</sup>

向模板内供料方法	水平荷载
溜槽、串筒或导管	2
容量小于 1m <sup>3</sup> 的运输器具	6
容量为 1~3m <sup>3</sup> 的运输器具	8
容量大于 3m <sup>3</sup> 的运输器具	10
注: 作用范围在有效压头高度以内。	

7 冬期施工时的保温材料的重量及雪荷载, 按实际情况考虑。

8 新浇筑混凝土对模板的侧压力、浮托力:

1) 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:

$$F = 8 + 24ku^{1/2} \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

式中  $F$ ——混凝土对模板的最大侧压力;

$k$ ——温度校正系数, 可按表 A. 0. 1-3 采用;

$u$ ——混凝土浇筑速度, m/h。

表 A. 0. 1-3 温度校正系数

温度 (°C)	5	10	15	20	25	30	35
$k$	1.53	1.33	1.10	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) 可采用浇筑混凝土的气温。							

侧压力的计算图形见图 A. 0. 1。计算公式如下:

$$h = F/\gamma = (8 + 24ku^{1/2})/24 \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

式中  $\gamma$ ——混凝土容重, kN/m<sup>3</sup>, 取 24。

2) 采用外部振动器时, 在振动影响的高度内, 混凝土对模板的最大侧压力可按下式计算:

$$F = 24H \quad (\text{A. 0.1-3})$$

式中  $F$ ——新浇筑混凝土的最大侧压力；

$H$ ——外部振动器的作用高度，m，宜取 4h 所浇筑的高度。

采用外部振动器时，尚应验算振动器对模板、支架和连接构件的局部作用。

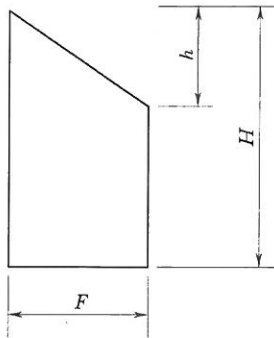


图 A1 侧压力计算图

9 倾倒所产生的水平动力荷载可按表 A. 0.1-4 采用。

表 A. 0.1-4 水平动力荷载值 单位：kN/m<sup>2</sup>

向模板中供料的方法	作用于侧面模板的水平荷载
用溜槽串筒或直接由混凝土导管流出	2
用容量 0.2m <sup>3</sup> 及 0.2m <sup>3</sup> 以下的运输工具倾倒	2
用容量 0.2~0.8m <sup>3</sup> 的运输工具倾倒	4
用容量 0.8m <sup>3</sup> 以上的运输器具倾倒	6

10 风荷载按可能发生的情况进行组合。

11 其他荷载如混凝土与模板的粘结力、摩阻力、混凝土输送泵产生的垂直和水平荷载等。

A. 0.2 计算模板时，可采用下列荷载分项系数：

1 计算模板及支架结构或构件的强度、稳定性和连接强度时，应采用荷载设计值（荷载标准值乘以荷载分项系数）。

- 2 计算正常使用极限状态的变形时，应采用荷载标准值。
- 3 荷载分项系数按表 A. 0. 2 采用。
- 4 钢面板及支架作用荷载设计值乘以系数 0. 95 进行折减。  
当采用冷弯薄壁型钢时，其荷载设计值不应折减。

表 A. 0. 2 荷载分项系数

荷载类型	分项系数
模板及支架自重	永久荷载的分项系数： 1. 当其效应对结构不利时：对由可变荷载效应控制的组合，应取 1. 2；对由永久荷载效应控制的组合，应取 1. 35； 2. 当其效应对结构有利时：应取 1
新浇混凝土自重	
钢筋自重	
新浇筑混凝土对模板的侧压力	1. 对于标准值小于等于 $4\text{kN/m}^2$ 的活荷载应取 1. 4； 2. 对于标准值大于 $4\text{kN/m}^2$ 的活荷载应取 1. 3
施工人员及施工设备荷载	
振捣混凝土时产生的荷载	
倾倒混凝土时产生的荷载	1. 4
风荷载	

A. 0. 3 在荷载作用下，模板构件的挠度不应大于下列规定值：

- 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  $1/250$ 。
- 3 模板构件的弹性变形或支柱的下沉为相应结构的净空跨度的 1%。

## 附录 B 混凝土配制强度

**B.0.1** 混凝土设计抗压强度系指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试件，在设计龄期用标准方法测得的具有设计保证率的抗压强度，以 MPa 计。

**B.0.2** 混凝土的配制强度可按式 (B.0.2) 计算取值：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (\text{B.0.2})$$

式中  $f_{cu,0}$ ——混凝土的配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计龄期的立方体抗压强度标准值，MPa；

$\sigma$ ——混凝土抗压强度标准差，MPa。

**B.0.3** 混凝土抗压强度标准差 ( $\sigma$ )，宜按同品种混凝土抗压强度统计资料确定。

1 当没有近期的同品种混凝土强度资料时， $\sigma$  值可参照表 B.0.3 取用。施工中应根据现场施工时段强度的统计结果调整  $\sigma$  值。

表 B.0.3 标准差  $\sigma$  值

单位：MPa

设计龄期抗压强度标准值	≤15	20~25	30~35	40~45	≥50
混凝土抗压强度标准差	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

2 根据前 1 个月 (或 3 个月) 相同强度等级、配合比的混凝土强度资料，混凝土强度标准差  $\sigma$  按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \quad (\text{B.0.3})$$

式中  $m_{fcu}$ —— $n$  组混凝土试件抗压强度的平均值，MPa；

$f_{cu,i}$ ——第  $i$  组混凝土试件的抗压强度值，MPa；

$n$ ——试件组数，应不少于 30 组。



3 当混凝土设计强度不大于 25MPa 时，其抗压强度标准差  $\sigma$  的计算值小于 2.5MPa 时，计算配制抗压强度用的标准差应不小于 2.5MPa；当混凝土设计强度不大于 30MPa 时，其抗压强度标准差  $\sigma$  的计算值小于 3.0MPa 时，计算配制抗压强度用的标准差应不小于 3.0MPa。

## 附录 C 混凝土强度评定方法

C.0.1 同一标号（或强度等级）混凝土试块 28d 龄期抗压强度的组数  $n \geq 30$  时，混凝土试块强度应满足下列要求：

1 任何一组试块抗压强度最低不低于设计值的 90% 为优良，不低于设计值的 85% 为合格。

2 混凝土的强度保证率  $P$  计算如下：

1) 概率度系数 ( $t$ ) 按下式计算：

$$t = \frac{m_{fcu} - f_{cu,k}}{\sigma} \quad (C.0.1-1)$$

式中  $t$ ——概率度系数；

$m_{fcu}$ ——混凝土试件强度的平均值，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度标准值，MPa；

$\sigma$ ——混凝土强度标准差，MPa。

2) 混凝土强度标准差 ( $\sigma$ ) 按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \quad (C.0.1-2)$$

式中  $f_{cu,i}$ ——统计周期内第  $i$  组试件强度值，MPa；

$m_{fcu}$ ——统计周期内  $n$  组试件的强度平均值，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度标准值，MPa；

$n$ ——试件的组数。

当统计得到的  $\sigma < 2.0$  (或 1.5) MPa 时，应取  $\sigma = 2.0$  MPa ( $f_{cu,k} \geq 20$  MPa)； $\sigma = 1.5$  MPa ( $f_{cu,k} < 20$  MPa)。

3) 保证率  $P$  和概率度系数  $t$  的关系可由附录表 C.0.1-1 查得。

表 C.0.1-1 保证率和概率度系数关系

保证率 $P$ (%)	70.0	75.0	80.0	84.1	85.0	90.0	95.0	97.7	99.9
概率度系数 $t$	0.525	0.675	0.840	1.0	1.040	1.280	1.645	2.0	3.0

3 混凝土抗压强度的离差系数  $C_V$  按下式计算：

$$C_V = \frac{\sigma}{m_{fcu}} \quad (C.0.1-3)$$

式中  $C_V$ ——混凝土强度离差系数；

$\sigma$ 、 $m_{fcu}$  意义同前。

4 以上计算应符合表 C.0.1-2 要求。

表 C.0.1-2 混凝土强度评定对照表

项 目	质量标准		
	优良	合格	
任何一组试块抗压强度最低不应低于设计值的	90%	85%	
无筋（或少筋）混凝土强度保证率 $P$	85%	80%	
配筋混凝土强度保证率 $P$	95%	90%	
混凝土抗压强度的离差系数 $C_V$	$< 20\text{MPa}$	$< 0.18$	$< 0.22$
	$\geq 20\text{MPa}$	$< 0.14$	$< 0.18$

C.0.2 同一标号（或强度等级）混凝土试块 28d 龄期抗压强度的组数  $30 > n \geq 5$  时，混凝土试块强度应同时满足下列要求：

$$m_{fcu} > f_{cu,k} + 0.7\sigma \quad (C.0.2-1)$$

$$m_{fcu} \geq 0.83f_{cu,k} + 1.60\sigma \quad (\text{当 } f_{cu,k} \geq 20) \quad (C.0.2-2)$$

$$m_{fcu} \geq 0.80f_{cu,k} + 1.60\sigma \quad (\text{当 } f_{cu,k} < 20) \quad (C.0.3-3)$$

混凝土平均强度 ( $m_{fcu}$ ) 按下式确定：

$$m_{fcu} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n} \quad (C.0.3-4)$$

式中  $m_{fcu}$ —— $n$  组试件的强度平均值，MPa；

$f_{cu,i}$ ——第  $i$  组试件的强度值，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度标准值，MPa；

$n$ ——试件的组数。

**C.0.3** 同一标号（或强度等级）混凝土试块 28d 龄期抗压强度的组数  $5 > n \geq 2$  时，混凝土试块强度应同时满足下列要求：

$$m_{fcu} \geq 1.15 \quad (\text{C.0.3-1})$$

$$f_{cu, \min} \geq 0.95 f_{cu, k} \quad (\text{C.0.3-2})$$

式中  $m_{fcu}$ —— $n$  组试块强度的平均值，MPa；

$f_{cu, k}$ ——设计 28d 龄期抗压强度值，MPa；

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

**C.0.4** 同一标号（或强度等级）混凝土试块 28d 龄期抗压强度的组数只有一组（即  $n=1$ ）时，混凝土试块强度应满足下列要求：

$$R \geq 1.15 f_{cu, k} \quad (\text{C.0.4})$$

式中  $R$ ——试块强度实测值，MPa；

$f_{cu, k}$ ——设计 28d 龄期抗压强度值，MPa。

## 标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水闸施工规范

SL 27—2014

条文说明



## 目 次

1	总则 .....	117
3	施工测量 .....	119
4	施工导流 .....	122
5	土石方开挖和填筑 .....	126
6	地基处理 .....	133
7	混凝土和钢筋混凝土 .....	138
8	混凝土预制构件 .....	159
9	砌体 .....	163
10	防渗、导渗和永久缝 .....	168
11	闸门安装 .....	176
12	启闭机安装 .....	177
13	电气及自动化设备安装 .....	178
14	监测设施和施工期监测 .....	183
15	混凝土结构加固 .....	184

# 1 总 则

**1.0.2** 本条是对原规范适用范围的重要修订。原规范规定的适用范围是平原区大、中型工程中的1级、2级、3级水闸施工，山区、丘陵区的水闸、平原区的4级、5级水闸施工，可参照使用。根据编制大纲专家审查意见，本次修订时将原规范的适用范围予以拓宽，取消有关地区性的限制，增加了有关岩基上水闸施工的若干技术规定。因此，不论是平原区、山区、丘陵区的水闸，还是土基上或岩基上的水闸，均可按照本标准的规定进行施工。同时对修建在湿陷性黄土、膨胀土等特殊地基上的水闸，也对其地基处理施工进行了若干规定。特别是在针对病险水闸加固处理施工进行了专门的规定。同时，考虑到不论何种类型的水闸，其施工质量验收评定标准是一致的，因此取消了小型水闸施工可参照使用的规定。修订后的本标准适用于新建、扩建、改建及加固的水闸施工。

**1.0.3** 水闸施工前，施工单位要编制施工组织设计。根据合同文件规定或遇到松软地基、严重的承压水、复杂的施工导流（如拦河截流、开挖导流河）、特大构件的制作与安装等重要问题时，要作专门研究，制定专项施工措施计划，用以指导施工。

**1.0.8** 施工单位必须按签发的设计文件施工。由于施工条件、材料规格、品种、质量不符合设计文件要求，或原设计不合理，需要变更设计时。要按合同约定的程序提请相关单位研究解决，并由设计单位作出修改补充图和设计变更通知书，变更后的设计文件按合同约定的程序签发后执行。

**1.0.9** 提倡和鼓励技术创新，对实现水闸施工的现代化、推动技术进步不仅是必要的，同时也是水利工程施工单位自身发展的一种客观要求。但由于种种原因，有些新技术尚不够完善，贸然使用，很可能带来不良后果，为既积极而又慎重地采用新技术，

故本条规定，对采用的新技术（包括新工艺、新材料、新设备）必须通过试验和鉴定。

**1.0.10** 根据《水利水电建设工程验收规程》（SL 223—2008）规定，施工过程中要有完整的档案资料。

## 3 施 工 测 量

### 3.1 一 般 规 定

**3.1.1** 工程测量是对整个水闸工程平面位置和高程进行测设的工作，对整个水闸工程起着宏观控制和微观控制的作用，它贯穿于整个工程施工过程，是工程施工中很重要的工作。施工单位要高度重视工程测量工作，要配置专业人员负责该项工作。

测量仪器设备是测绘工程质量管理的关键，是测量人员对工程施控的有效工具。各种测量仪器设备要符合国家关于计量器具的管理规定，使用前要进行常规检验校正，使用过程做好维护，使用后及时进行维护。同时各种仪器设备要定期送到具有资质的部门进行检定。周期为1年，检定周期一般不超过规定时间，以确保测量的准确和精度。

不要使用未经检验和检定、校正不到出厂精度、超过检定周期，以及零配件缺损和示值难辨的仪器。

**3.1.2** 在收到项目法人（监理）提供的工程施工图纸和有关技术文件后，施工单位要组织工程技术人员熟悉、研究所有技术文件和图纸。为避免出现资料与现场实物对应上出现差错，要由项目法人（监理）和施工单位一起进行现场确认并复核测量基准资料与现场的情况是否相符，各类图纸之间的相关尺寸、坐标、高程等是否一致。

**3.1.4** 水利水电工程施工控制网一般建立于施工初期，处于大规模开挖阶段，同时受地形地貌的限制，控制点位一般布设在距离施工区域较近。由于开挖的影响以及河床开挖后的卸荷变形，会使两岸基岩岸坡产生不可忽视的位移。

复测不仅能表明点位的变化，以保证放样的精度，而且可发现岸坡的稳定情况，防止安全事故的发生。

《水利水电工程施工测量规范》（SL 52—93）的规定，“平面

控制网建立后，应定期进行复测，尤其在建网一年后或大规模开挖结束后，必须进行一次复测。”

3.1.6 由于施工控制点的布设是基础性的工作，重要性突出，因此强调要两人互相检核。

### 3.2 施工控制测量

3.2.2 建筑物总平面布置图系根据设计测放的地形图绘制的，因此规定了施工平面控制网的坐标系，要与设计坐标系相一致或有换算关系，以减少施工误差。

3.2.3 国家水准点的高程，按国家测绘局 1987 年 5 月 26 日国测发〔1987〕198 号通告启用《1985 年国家高程基准》。该基准是采取青岛验潮站高程 1952 年至 1979 年验潮资料为依据，虽然目前全国基本统一，但考虑到大量加固工程中对旧图纸的使用等因素影响，如淮河水系以前沿用废黄河零点，长江水系沿用吴淞零点。因此，本条规定了施工高程控制网要与设计高程系统相一致。强调施工测量时要予以注意，防止发生差错。

3.2.4 定位卫星信号本身是很微弱的，为了保证接收机能够正常工作及观测成果的可靠性，故要注意避开周围的电磁波干扰源。

卫星高度角的限制主要是为了减弱对流层对定位精度的影响，由于随着卫星高度的降低，对流层影响愈显著，测量误差随之增大。因此高度角一般都规定大于  $15^{\circ}$ 。

### 3.3 施工放样

3.3.1 由于收集的图纸、资料与施工放样有关的数据、尺寸可能存在错误，如不进行校核，一旦用错数据、尺寸进行放样，后果严重，特别是在当前广泛使用电子计算机的情况下，要强调对输入原始数据正确性的校核和对计算程序的确认。

3.3.2 放样数据手簿，对于施工测量人员在现场查找有关数据，及时校对现场放样中出现的情况和以后整理资料十分重要。

3.3.8 施工测量的允许偏差指标系根据水闸不同部位和重要程度，根据 SL 52—93，并结合测量放样的实践经验制定的。外部变形观测的要求在第 14 章中另行规定。

3.3.9 对闸门（特别是弧形闸门）预埋和闸门安装高程测量，以底板浇筑后的初始观测点的高程为基准（一般取底板沉降观测的首次观测值），始终采取相对高差进行测放，不再考虑水闸沉降的影响，以保持各工程部位相对几何高差的同一性。

### 3.4 竣工测量

3.4.1 本条系根据多年实践经验制定的。

3.4.2 竣工测量的精度指标，明确指出一般不要低于放样的精度，其目的充分反映施工质量。





## 4 施工导流

### 4.1 一般规定

4.1.1 施工导流、截流要编制导流、截流专项施工方案，度汛要编制度汛措施计划，并按合同文件或规定等要求审核报批。重要的或技术难度较大的要组织专家论证，并根据要求报主管部门审批。

4.1.2 导流建筑物的等级划分及设计标准要遵照设计文件的要求执行，当无具体要求时遵照《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000）及《水利水电工程施工组织设计规范》（SL 303—2004）的相关规定。

4.1.3 对个别工程所处地区特殊以及河道水位、流量变幅大，按规定标准导流不经济，技术上又确有困难时，经过技术论证并报批后，可适当降低围堰标准。

采用降低围堰标准施工时，要准确把握施工进度，在汛期到来之前，工程要达到能安全度汛的程度。

感潮河口建闸由于受潮汐的影响，故一般不降低施工导流建筑的挡潮标准。

4.1.5 大、中型水闸施工中，曾出现围堰出险及溃决事故，造成人力、物力浪费。这些情况多数发生在设计水头以内，因疏于检查、维护，渗流淘空堰体造成，只有个别是由于水位超过设计高程所致。

### 4.2 导流方式

4.2.1 因工程量大，工期较长，分期导流有利于提前受益，因此大中型水利工程施工导流一般优先研究分期导流的可能性和合理性。影响采用分期导流的因素很多，纵向围堰的布置条件是主要因素之一。采用分期导流围堰建闸，束窄河面宽度，势必使水

流集中，流速增大，过大的流速，往往对围堰和堤岸及航运形成威胁。

#### 4.2.3

1、2 导流明渠布置要力求水力条件良好，一般不恶化施工条件，并能减少工程量，特别是水下开挖量。明渠上、下游水流衔接条件以及出口消能设计对运行安全影响甚大。

3 为使明渠后期填筑施工方便，一般避免做成“光板”式，如果明渠内不设闸墩，封堵明渠时要另建围堰，增加了施工麻烦，还会因此拖长工期影响枢纽工程按时受益。

当施工场地狭窄、施工条件受限、无法满足放坡要求时，可采用混凝土预制板桩、钢板桩、水泥土搅拌桩连续墙、混凝土连续墙等对导流明渠两侧进行支护加固，确保明渠两侧岸坡稳定。

4.2.5 相邻导流隧洞间的净距、导流隧洞与永久建筑物之间间距、洞脸与洞顶岩层厚度均要满足围岩稳定及安全运行的要求。有条件时一般与永久隧洞相结合。

导流隧洞进出口的位置要保证水力条件良好；进出口的高程一般兼顾导流、截流及其他需要。要注意出口的消能防冲及对岸坡的冲刷。

### 4.3 截 流

4.3.1 截流方法、龙口位置及宽度要根据水位、流量、流速、河床抗冲刷性能、施工条件和截流难度、抛投物数量和性质等条件研究后确定，一般有立堵、平堵，以及较特殊的定向爆破、截流闸等方式。

截至目前国内不少工程截流实践，均成功地采用了立堵截流的方式，当最大流速约  $7\text{m/s}$  时，立堵要求抛投块体的最大重量  $25\sim 30\text{t}$ ，其装运已不成问题。当水头超过  $3.5\text{m}$ ，流速加大，立堵截流要求的块体重量大大增加，可采用双戽堤或多戽堤进占分担落差，降低抛投块体重量；也可采用先修截流闸分流，以降低戽堤水头，待抛石截流后，再下闸断流。三峡工程明渠截流（三

期截流)设计截流落差约4m,经过大量模型及设计计算证实,落差大于3.5m单戽截流方案很难实施。因此,当截流落差不大于3.5m时,一般选择单戽立堵截流。如龙口水流能量相对较大,流速较高,要制备重大抛投物料。当截流流量大且落差大于3.5m时,一般选择双戽或多戽立堵截流,或其他可靠的方式截流。

**4.3.2 截流时段**要根据河流水文特征、气候条件、工程施工进度及通航等因素综合分析选定。一般安排在汛后枯水时段、非凌汛期和低潮位,严寒地区尽量避开河道流冰和封冻期。

条文中指的“低潮位”具有下述含义:一是在一年中的低潮季节,二是指以15d为周期的低潮时段,两者均属于优选时段,要充分利用优选时段的低潮位。在该时段抢堵合龙,潮位低,到位率最高。利用高平潮时次之,有潮差时投料均须测定流速,定位投料。

**4.3.3 土质河床抗冲能力较低**,需采取护底措施,护底范围可通过水工模型试验或参照类似工程经验拟定。立堵截流的戽堤轴线下游护底长度可按龙口平均水深的2~4倍取值,轴线以上可按最大水深的1~2倍取值,护底宽度根据最大可能冲刷宽度确定。

在土质河床上截流,戽堤常因压缩、冲蚀形成较大的沉降或滑移,计算用料与实际用料往往有较大出入,因此实施时要增加备料量。

## 4.4 围 堰

**4.4.1 围堰工程**系临时性水工建筑物,具有使用期短、修建时间受限制、使用任务完成后往往还需拆除等特点。因此,围堰结构形式要在满足安全运用的基础上,力求结构简单、修筑及拆除方便、造价低廉。设计时要作多种方案比较,经全面论证后,因地制宜地选择适应这些特点的堰型。

**4.4.3 为避免筑堰块石未拆除干净或残留的砂石骨料冲入消力**

池，使消力池混凝土表面磨蚀损坏，严重的竟至露筋，修复较为困难，故围堰拆除前，需要做好各项准备工作，包括围堰拆除方案、围堰保护区的清理。



## 5 土石方开挖和填筑

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 土石方开挖和填筑，要根据工程地质和实际施工条件，通过分析比较，选择合理的施工方案。土方开挖如采用机械化施工方案，需考虑土层的承载能力。当采用水力冲挖时，要考虑土的类别及排泥场地。

正确选定降、排水措施是保证质量和进度的前提。如措施得当，可减少开挖难度，加快施工进度，特别是在有承压水影响的粉细砂或砂壤土地基中，更需高度重视，否则开挖有可能达不到设计高程，甚至使地基发生渗流破坏。

水闸施工中的土石方工程，一般包括基坑开挖与回填、引河段的开挖与筑堤、导流建筑物的开挖与填堵以及施工围堰修筑与拆除等项目，土石方数量大，为此在施工中要对土石方进行综合平衡，做到顺序合理，挖填结合。

**5.1.2** 弃土、弃渣区一般堆填平整，利于造地或绿化造林。对需使用的土渣要分类堆放，对粉细砂、砂壤土、石渣的弃土一般用黏性土覆盖或植物保护，防止水土流失和尘土飞扬。对于取土区，开挖时一般尽量规整，注意环境保护与恢复。

**5.1.3** 由于工程管理制度的变化，有关单位即项目法人、监理、设计等单位。

**5.1.4** 文物考古比较重要，施工中要重视，故修改后专列一条。

### 5.2 排水和降水

**5.2.1** 由于湿陷性黄土的特性，湿陷性黄土地区的基坑边坡和基础容易出现滑坡与湿陷，特别是采用明排降水基坑边坡要做防护处理，在基坑防护范围内的明排沟槽要求不漏水，要做防渗处理并保证沟槽排水畅通，以保证建筑基础的安全。

5.2.2 基坑排水设施的能力，在围堰合拢后的初期，一般按坑内积水量的 2~3 倍来配备。在以后的阶段可结合水文地质情况、围堰渗水量、最大降雨量、施工进度等因素计算确定。

基坑水位的允许下降速率，视围堰型式、地基特性及基坑内外水位确定，对土质围堰一般为 0.5m/d 左右。

5.2.3 对山区高边坡排水，水流比较集中，故规定了排水沟尽量远离边坡开挖线，以保证边坡及基坑安全。

5.2.4 对砂壤土、粉细砂土或有承压水的上层，要根据水头、水量分别选用不同类型的井点降水。根据《建筑地基与基础工程施工及验收规范》(GB 50202—2002)、《公路桥涵施工技术规范》(JGJ/TF 50—2011) 和河南、安徽、江苏等省经验，列出各类井点的适用范围如表 1。

表 1 各类井点的适用范围

井点类别	土壤渗透系数 (m/d)	降低水位深度 (m)
一级轻型井点法	0.1~80	3~6
二级轻型井点法	0.1~80	6~9
喷射井点法	0.1~50	8~20
射流泵井点法	0.1~50	<10
电渗井点法	<0.1	5~6
管井井点法	20~200	3~5
深井井点	10~80	>15

注 1: 降低土层中地下水水位时, 要将滤水管埋设于透水性较大的土层中。  
 注 2: 井点管的下端滤水长度要考虑渗水土层的厚度, 但不得小于 1m。  
 注 3: 管井泵法降水适用于建筑物基础开挖较深的土层。  
 注 4: 截流措施适用于工程地点与相关建筑物较近且不影响该建筑物安全的地点。

5.2.6 在进行井点降水措施设计时，需准确掌握降水地区工程地质和水文地质资料，所采用的土层渗透系数必须可靠。当工程规模较大或土层情况复杂时，要做校核抽水试验。

布置井点时，一般要求将地下水降至基坑底以下 0.5~



1.0m，井点系统要布置成封闭型，井点圈的宽度大于两倍抽水影响半径时，需在基坑中部再布置线状井点系统或布置成上下两个封闭圈。

井点一般不建议在土基坑内设置，如施工降水必须时则要进行专项技术论证。

井点降水特别是采用管井井点降水时，形成的降水漏斗范围大，可能会引起附近建筑物的沉降，要制定观测计划和安全措施。

**5.2.7** 在水闸施工中，管井井点的井管多采用混凝土管，管的内径一般为 300~400mm，分实管和过滤管两种。过滤管多为 10MPa 无砂混凝土管，孔隙率为 20%~25%，裹滤布；实管一般为 20MPa 混凝土管。井底为透水层时，井底要封闭，防止因水头差过大，滤料上翻，井底周围砂料被抽走，导致基坑破坏。

洗井能清除井底淤积沉淀物，破除井壁的附着泥浆和抽出渗入含水层中的黏土颗粒，并使井周围地层成为天然反滤层，故回填滤料完毕后，要及时洗井，否则将影响管井的出水量。每段抽水洗井的长度约为 3~4m，抽停相间，能产生瞬时负水锤，易带动泥沙，效果较好。洗井的主要设备有空气压缩机、风水管和气水混合器等。

**5.2.8** 本条文是根据施工经验等有关规定提出的。

**5.2.9** 建筑物中间一般不要打井管，经专项技术论证可打井点的情况下，则必须严格控制井管的出砂率，不要大于 0.3‰~0.5‰。

## 5.3 基坑开挖

**5.3.1** 基坑土方边坡稳定的安全系数一般不小于 1.05，但在实际施工中，还要考虑施工方法（采用人工或机械开挖）、渗流、降雨等因素。如为减轻对砂性土边坡的冲蚀，可放缓边坡。在粉细砂、砂壤土地层中，若将集水坑降水改为井点降水，使地下水位下降情况发生变化，可取消龙沟，改陡边坡。

江苏省部分涵闸工程采用边坡和坑底工作面放宽尺度见表 2, 可供参考。

表 2 江苏省部分涵闸工程采用边坡和坑底工作面放宽尺度表

工程名称	地质资料	采用边坡	坑底工作面 放宽尺度
斗龙港闸	地面高程 2.2~ -1.5m 重粉质砂壤土淤泥夹层; 高程 -1.5~-5.0m 黄灰色重粉质砂壤土	高程 0.2m 以上 1:3, 高程 0.2m 以下 1:5	留 10m 左右 工作面
淮安一站	高程 5.2m 以上粉质壤土; 高程 5.2~-1.0m 粉质黏土; 高程 -1.0~-3.0m 粉质壤土	1:3 地面高程 7.5m 左右	6m
邵仙闸	地面高程 0.0m 重粉质壤土; 高程 0.0~-6.0m 中粉质壤土 (底板高程 1.0m, 齿槛高程 -3.9m)	考虑地下水位 定 1:2.5	5m
射阳河闸	挖深 12m, 土质系粉砂土, 渗水严重, 排水不良, 极易发生流砂	1:6	10~20m
嶂山闸	黏土夹 50% 的砂礓	1:1.5	0.3m
江都一站	高程 5.5~2.5m 砂壤土; 高程 2.5~-7.0m 极细砂; 高程 -7.0~-15.0m 壤土	高程 0.2m 以上 1:3, 高程 0.2m 以下 1:5	8m

### 5.3.6

2 开挖顺序规定, 目的是为了保证施工安全, 在较狭窄河床段施工尤为突出, 自下而上开挖更不采用。台阶爆破的方法是目前世界上岩石开挖的主要手段。它具有破碎效果好、影响范围小、便于装运和边坡加固等优点。台阶高度主要根据边坡高度及地形、地质、施工进度和机械性能等因素确定。台阶高度根据经验可采取 8~15m。

3 预裂爆破和光面爆破可以形成质量好的边坡轮廓面, 可

减少超（欠）挖。预裂爆破或光面爆破是已成熟的钻孔爆破技术，一般要优先采用。风化岩石则可以用机械破碎的方法施工。

4 做好本条文所述工作才能保证开挖安全，保证边坡的稳定。

钻孔孔径的直径规定，是基于对基础开挖质量的严格要求，若钻孔直径大于 150mm，孔内装药量加大对基础开挖不利，紧邻台阶保护层及光面预裂爆破直径一般不大于 110mm，是为了保护建基面的质量和为了控制不耦合条数在合理范围内。保护层爆破一般不大于 50mm，是为了减少保护层开挖对建基面的损伤。

若不按爆破设计确定钻孔位置，势必影响爆破效果和开挖质量。

钻孔有偏差不可避免，但不建议过大，尤其是在轮廓面上的预裂爆破或光面爆破，以及紧邻设计轮廓面的台阶爆破孔，若开孔偏差大，会造成超（欠）挖，并影响基础和边坡的开挖质量。

5 对多个区域同一时段进行爆破时，要统一成立爆破指挥机构，明确责任，统一信号，避免发生安全事故。

6 预留保护层开挖是保证建基面平整，减少超（欠）挖的有力措施，要认真操作。为了防止其上部台阶爆破对水平建基面岩体造成破坏或不利影响，因此钻孔一般不钻入保护层内，保护层开挖要分层爆破、钻孔均不能穿过建基面，水平建基面高程一般允许超挖 20cm。保护层或建筑物基面的开挖，爆破钻孔的孔向一般与岩层、节理裂隙面有较大的合理夹角，一般为  $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ （陡~缓倾角结构面），爆破起爆顺序要顺势进行。这样的爆破可有效保护建基面，也可减少大量的清基工作。

### 5.3.8

1 施工期安全监测的目的是保证土方开挖和开挖爆破施工安全和开挖施工质量。安全监测内容，其一是土方开挖边坡的稳定，其二是爆破过程的动态监测，其三是测量爆破前后保留岩体的松弛范围及变形变化。

2 监测（检测）仪器的校准是保证成果可靠性的必要条件。

3 施工期监测一般结合永久监测，详细的监测内容参照《水利水电工程爆破安全监测规程》（DL/T 5333—2005）和《土石坝安全监测技术规范》（SL 551—2012）执行。

4 施工期安全监测要及时提交监测简报，分析监测资料，发现异常情况在 24h 内采用口头或书面报告相关部门，必要时立即报告。

## 5.4 土石方填筑

填筑材料要根据设计要求进行各种施工参数试验，以确保施工质量。

5.4.3 墙后的清理工作包括割除墙面露出的钢筋头及涂沥青封闭、填补螺栓孔、浆砌石岸墙、翼墙背的勾缝等等。伸缩缝处最好再铺一层两布一膜土工布隔水。

填土均衡上升，对单孔闸是指两侧岸、翼墙后的填土要同时均衡上升。对多孔闸，由于两侧距离较远，则无此要求。对同一侧的岸翼墙的填土不论单孔闸还是多孔闸，要先深后浅，均衡上升。

5.4.4 土工格栅填土是加筋的一种，通过加筋，增加回填土的抗剪强度、抗拉强度和整体性，从而增加回填土（边坡）的稳定性。

本条是参考《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》（SL/T 225—1998）相关规定并结合南水北调中线工程渠坡换填处理的一些具体做法编制。

5.4.5 预加沉降量要包括地基沉降量和填土的压缩量，如设计无要求时，根据施工经验，预加沉降量一般约为填土高度的 3%，如地基松软、填土要求特殊时，要通过计算确定。

5.4.6 鉴于有的水闸在墙后铺设排渗设施时，边回填边铺设滤料及管线，滤料的层次难于掌握，故加以规定。

## 5.5 基坑防护

5.5.1 当水闸位置地处建（构）筑物比较接近，开挖边坡受到限制时，要对边坡进行钢筋网喷混凝土处理，以保边坡稳定。

5.5.2 位于城市或周边建筑物较多的水闸施工，一般要做基坑围护，以确保安全。

5.5.3 由于地质情况不均，局部出现粉质壤土或细沙土层，要采取堆反滤料及砂、石土袋对坡脚进行压护。

5.5.5 临时支护和永久支护相结合，即可保证施工期安全，又可降低工程费用。当永久支护无法及时实施时，则需增加相应的临时支护。





## 6 地基处理

### 6.1 一般规定

6.1.1 本章较原规范增加了混凝土预制桩、水泥土搅拌桩、水泥土粉煤灰碎石桩、强夯法四种地基处理方法。高压喷射灌浆法移至第9章，其他方法可参照国家现行有关标准的规定执行。

6.1.2 地基处理一般为隐蔽工程、技术性强，施工前要编制专项施工措施计划。

### 6.2 换土（砂）地基

6.2.1 要求在料场处理土料的含水量，以保证工程质量。

6.2.2 粉质黏土易于破碎，对土粒径的要求是保证灰土、拌和均匀，与水泥（石灰）物理、化学反应充分。

6.2.3 砂料一般使用中、粗砂，人工级配的砂石混合料垫层，要求碎石分布均匀。

6.2.5 为避免地基土受到扰动，第一层铺土厚度一般为10cm，要轻夯。使用碾压设备的运行速度一般控制在2~4km/h。

6.2.6 黏性土一般采用静力碾压；砂垫层使用振动碾压效果好。

6.2.8 施工期间，注意防雨保护。

### 6.3 振冲地基

6.3.1 不要使用砂石混合料，因振冲时会使砂粒和石料分离，密实度差。

6.3.2 依据填料粒径选择振冲器的功率，设备要有质量控制指示的电流，电压和留振时间的仪表。振冲碎石桩的质量是以振冲器振动时的工作电流达到规定值为控制标准。

一般情况下，填料粒径20~80mm时选用30kW振冲器，填料粒径30~100mm时选用55kW振冲器，填料粒径40~



150mm 时选用 75kW 振冲器；填料含泥量不要大于 5%，且不要含有黏土块。

6.3.3 一般先进行工艺性试桩、求证施工参数，确认施工质量满足设计后，才能进行工程施工。

6.3.4 振冲器贯入速度对黏性大的地基，贯入速度要慢些，反之可快些。

6.3.5 振密制桩时，如水量或水压过大会使孔中回水量和流速增大，带出大量细颗粒，并不能达到振密的效果。

6.3.7 数值引用《电力工程地基处理技术规程》(DL/T 5024—2005)、《水电水利工程振冲地基处理技术规范》(DL/T 5214—2005)。

6.3.8 振冲时一般要 0.5~1.0m 检查记录一次填料量、水压、反映密实程度的电流值、留振时间。

6.3.9 桩顶部向下 1m 左右侧压力小，填碎石难以振密实。

## 6.4 钻孔灌注桩

6.4.1 旋挖钻机施工时，因泥浆排放量小而被广泛采用。

6.4.2 护筒的直径与钻机的类型有关，即与钻头在桩孔内的摆动程度有关。护筒作用是控制桩位，导正钻具，增高桩孔内水压力。

6.4.3 选用塑性指数  $I_p \geq 17$  的黏土造浆较好，且取材容易。使用膨润土配制泥浆，膨润土用量为水的 6%~8%，实际用量要通过试验确定。

6.4.6 清孔后孔底沉渣厚度允许值引用《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)。

6.4.7 试成孔的目的是为了验证所选钻机、钻具、钻进参数是否适合该处地层，满足设计要求。

6.4.8 一般孔径的负偏差是不允许的，充盈孔数大于 1.0。

6.4.10 钢筋直螺纹连接速度快，目前工程上常用的方法，执行《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107—2010)。

6.4.11 无论安放钢筋笼需要多少时间，灌注混凝土前需二次清孔。

6.4.12 5 隔水栓的做法可参见 DL/T 5024—2005。

6.4.13 4 扩散度适用于大流动度混凝土拌和物稠度试验。试验方法见《水工混凝土试验规程》(SL 352—2006)。

6.4.14 灌注首批混凝土所需要的数量要通过导管内混凝土柱平衡导管外泥浆压力所需的高度进行计算确定。

## 6.5 混凝土预制桩

6.5.1 一般要求场地地面、上空及地下无障碍物，平整无积水。

6.5.2 要求留置同条件养护的混凝土试块。

6.5.3 在硬土层施工时锤重与桩重的比值一般为 1.4~1.8，在软土层施工时锤重与桩重的比值一般为 0.4~1.0。

6.5.4 检验土层情况和桩锤配置的合理性。

6.5.5 桩帽或送桩帽的尺寸要与桩的断面相适应。

6.5.6、6.5.7 停止锤击的控制原则适用于一般情况，对于重要建筑物，强调贯入度和桩端标高均达到设计要求。

6.5.8 采取适当的隔振措施一般有开挖防振沟，增设砂井排水等。

6.5.9 控制打桩速度减少挤土隆起也是一项有效措施。减少桩位位移措施有设置砂井排水、控制打桩速度等。

6.5.11 插桩要控制其垂直度，才能确保沉桩的垂直度。

6.5.13 土方开挖施工要避免施工机械作业，造成桩基位移。

## 6.6 水泥土搅拌桩

6.6.3 工艺性试桩的目的：

(1) 提供满足设计固化剂掺入量的水泥浆配比、提升速度。

(2) 验证搅拌均匀程度及成桩直径。

(3) 掌握钻进及提升的阻力。

6.6.5 一般桩位放线的偏差不要大于 20mm/m。

6.6.6 人工开挖，保护桩头不被损坏。

## 6.7 水泥粉煤灰碎石桩

6.7.1 振动沉管灌注桩，对桩间土具有挤（振）密效应。在饱和黏性土中，可能造成地表隆起，挤断已打桩。

6.7.2 坍落度大，易产生泌水，桩顶泥浆过多；坍落度小，混合料流动性差。碎石粒径一般为8~20mm。

6.7.3 施工要控制拔管速度，速度太快易造成桩径偏小或缩颈断桩。

6.7.4 由于泥浆的影响，接近桩顶的一段桩体强度较差。

6.7.8 桩基强度达到设计的70%以上方可开挖土方。桩顶土方开挖时，要有保护桩头不受损坏的措施。

## 6.8 强 夯 法

6.8.1 由粗颗粒土组成的地基渗透性强，夯击遍数可少些，一般点夯二遍，再以低能量满夯二遍，可取得较好的夯击效果。

6.8.2 两遍夯击之间要有一定的时间间隔，以有利于土中超静孔隙水压力消散。

6.8.3 夯击点位置可根据基底平面形状进行布置。

6.8.4 强夯处理范围要大于建筑物基础范围，是考虑基础的应力扩散作用。

6.8.5 检验夯实效果，确定工程采用的强夯参数。

6.8.6 常用的夯锤质量为10~25t，最大夯锤质量可达40t。圆形锤不会产生起吊时夯锤旋转现象。设排气孔可使用落锤时空气迅速排出。

6.8.11 主要检查夯锤质量和落距。

6.8.12 经强夯处理的地基，其强度随着时间增长而逐步恢复和增长。

## 6.9 沉 井

6.9.1 下沉系数是指沉井的重力与全部侧面摩阻力、刃脚、隔

墙、底梁下土反力之和的比值。不同下沉阶段的下沉系数是不同的。

**6.9.2** 地基无水，便于沉井的制作。

**6.9.3** 为增大沉井下刃脚的支承面积，可在刃脚下铺设承垫木，在承垫木下铺设砂垫层以便抽除。砂垫层的厚度一般不小于500mm。

**6.9.4** 铺一层素混凝土垫层，为便于操作。

**6.9.8** 沉井下沉前，建议先对结构的几何尺寸及混凝土强度进行验收。

**6.9.15** 8h内下沉量小于10mm视为稳定，引用GB 50202—2002。

**6.9.16** 封底预先加铺毛石，碎石不找平，可减少浇筑面的淤泥泛起，利于浇灌的混凝土相互覆压。



## 7 混凝土和钢筋混凝土

### 7.1 一般规定

7.1.1 混凝土工程是水闸施工中的主要环节，闸室是水闸的主体部位，它的施工程序安排是否恰当，施工组织是否紧凑合理，对提高质量、保证安全、缩短工期、降低造价，有着十分重要的影响。

“先深后浅”、“先重后轻”主要出于工程安全考虑，在松软地基上施工，尤须注意。

“先深后浅”指相邻两部位基面深浅不一时，若先浇浅部位的混凝土，则在浇筑深的部位时，可能会扰动已浇部位的基土，导致混凝土沉降、位移或断裂。若必须先浇浅的部位时，要采取适当的技术措施。

“先重后轻”是为了给重的部位有预沉时间，使地基达到相对稳定，以减轻对邻接部位混凝土产生的不良影响。如邻接两岸挡土墙的消力池、铺盖等部位，要尽量推迟到翼墙（或挡土墙）施工完成并回填到一定高度后再开始浇筑，以减轻边载荷影响而造成消力池、铺盖混凝土边缘部位开裂。

“先高后矮”主要是为了平衡施工力量，加速施工进度。处于闸室中心的闸底板及其上部的闸墩、胸墙和桥梁，高度较大、层次较多、工作量较集中，需要的施工时间也较长，在混凝土浇完后，接着就要进行埋件安装、闸门、启闭机安装等工序，因而必须集中力量优先进行。其他如铺盖、消力池、翼墙等部位的混凝土，则可穿插其中施工，以利施工力量的平衡。

“先主后次”一般指先主体部位后次要部位，既基于施工安全考虑，亦从节省投资、缩短工期着眼。但如遇到流砂、渗水特别严重的地基时，为避免地基破坏，节省地基处理费用，可以打破常规，抓住主要矛盾，先集中力量突击下部工程，以后再进行

上部墩、墙和桥梁的施工。总之，施工中要按照具体情况，分清轻重缓急，合理确定施工程序。

**7.1.2 水闸混凝土和钢筋混凝土结构**，在耐久性方面还存在不少薄弱环节。主要是：混凝土碳化问题；沿海水闸受氯离子侵蚀而引起的钢筋锈蚀；寒冷地区包括温和地区，混凝土冻融破坏；尤其普遍而严重的是混凝土裂缝问题。裂缝的性质和分布大体有以下特点：各地区，尤其是沿海地区锈胀裂缝比较普遍；炎热地区、寒冷地区及气温变幅较大的地区，温度裂缝占较大比重。

总之，混凝土裂缝、冻融破坏和钢筋锈蚀是当前我国水闸混凝土和钢筋混凝土结构在耐久性方面存在的主要问题。

本条主要明确了水闸混凝土要满足强度、耐久性等方面的设计指标。

**7.1.3** 调查表明，混凝土裂缝已成为水闸混凝土耐久性中主要病害之一，面广量大，有锈胀缝、温度缝、受力缝等；有在施工期出现的，也有在运行期由于温度、超载等因素出现的。

不少水闸的底板、墩、墙等部位出现了较为普遍的温度裂缝，墩、墙下部尤其严重、原型观测与资料分析结果显示：当底板、墩、墙混凝土任一点的温度应力与收缩应力之和大于混凝土抗裂极限强度时，结构上就可能开始出现裂缝。温度应力包括内外温差应力和基础约束应力，收缩应力包括凝缩应力和干缩应力。显然，采取措施提高混凝土的抗裂能力、减小应力，将可达到限制裂缝发生与发展的目的。通过加强混凝土早期湿养护，可以大大减少收缩应力。土基上的底板，基础约束影响很小，主要是内外温差应力，可通过埋设水管桶水冷却减少内部水化热温升、降低浇筑温度、加强表面保护等措施，以达到减少与控制内外温差的目的。墩、墙部位，尤其是下部，除了控制内外温差外，还必须采取措施，如淮河流域部分大中型水闸采取立吊空模板，即底板以上1m左右墩墙混凝土和底板同时浇筑，减轻基础约束影响，防裂效果明显。通过优化配合比设计、改善施工工艺等都有益于混凝土裂缝的控制。



如上所述，裂缝产生的原因是比较复杂的，往往是多种因素造成的。因此，必须区别情况，因地制宜，采取综合措施，以防止裂缝的发生，限制裂缝的发展，减轻其危害性。

**7.1.4** 水闸混凝土是水闸施工的重要工程，对于大体积混凝土、滑模和爬模等特殊模板、高大模板支撑施工等，根据《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》（建质〔2009〕87号文）要编制专项施工措施计划，做到统筹规划、科学安排，在确保工程质量、安全生产和降低工程成本的前提下，充分利用时间、空间和人员。专项施工措施计划要包括工程任务概况，施工进度计划，施工部署，实物工程量和工作量，质量保证体系和安全措施，原材料、半成品、构件、机械设备计划，劳动力安排计划，施工节能环保计划等。

专项施工措施计划在报请监理单位审核前，要按质量管理体系的要求，经内部审核批准。为保证施工措施计划的准确实施，施工前要对施工人员进行技术交底。

超过一定规模的危险性较大的分部分项工程要组织专家论证。

## 7.2 模板工程

**7.2.1** 本条对水闸混凝土模板及支架的选定进行了一般性规定。

**7.2.2** 长期以来，水闸的模板工程往往是凭木工经验确定的，虽有图纸，但缺少完整的结构计算依据，这不可避免地带来一些损失。为保证模板、支架及脚手架具有 7.2.1 条中规定的各项基本要求，并能节约材料、降低造价、加快进度、保证安全，进行模板工程设计是十分必要的。

我国森林资源贫乏、木材供应短缺，尽量少用木材是完全必要的。目前我国混凝土结构模板材料已向多样化发展，除钢材、木材外，主要还有胶合板（含芬兰板）、塑料板、树脂板、钢筋混凝土薄板、预应力混凝土薄板等。

**7.2.3** 除设计要求对新浇筑混凝土进行防碳化等处理外，水闸

大部分外露表面观感要求高，本条对模板设计提出的具体要求，通过模板设计对模板的拼缝、螺栓孔的位置、异型模板的选择等做出方案指导施工。

**7.2.4** 本条系按照水闸混凝土模板工程可能存在的荷载情况，参照有关国家标准、行业标准的规定拟定。

(1) 冷天施工时，桥梁、顶盖等部位的模板、支架可能存在保温层和雪荷载。

(2) 水闸的桥梁、顶盖等部位的模板及支架，当采用传统的浇筑运输方式时，很可能产生第8款竖向动力荷载。

(3) 墩、墙、柱等部位断面较小，浇筑时上升速度较快，水平动力荷载的影响尚不能完全排除。

(4) 水闸多建于平原地区，并深处地表面以下，突出地表面上以10m部位很少，且两岸多数有堆土或堤身遮挡，受风荷载的影响一般不是太大，但是对沿海、沿江受台风影响的地区，在台风季节施工的高大模板，要适当考虑风荷载，故单列第9项“风荷载”，要按可能发生的情况进行组合。

(5) 消力坎（墩）、重力式挡土墙等部位斜面模板除了需要考虑侧压力还要考虑浮托力。

(6) “其他荷载”主要考虑当采用滑升模板时，混凝土与模板之间的粘结力、摩阻力等。

综上所述，设计时可按照实际可能发生的情况正确选用。

**7.2.5** 表7.2.5参照水利水电工程模板施工规范，同时充分考虑了水闸工程结构特点以及对模板变形的要求编写。

**7.2.6** 在水闸混凝土工程中，模板安装、钢筋架设等工序往往需要平行或交叉作业，以加速施工进度，但若安排不当，则可能引起干扰，造成返工浪费。

**7.2.7** 地基承载力计算是模板与支架设计计算的重点内容之一，当计算的地基承载力不能满足安全要求时，要采取加固地基、加设垫板等措施确保支架稳定。

**7.2.8** 参照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全规程》（JGJ

130—2011) 的规定, 支架的立杆要进行稳定性计算。

**7.2.9** 墩、墙、柱模板采用对拉螺杆套管的固定型式是比较普遍的。其规格、布置间距要经计算确定。

当对拉螺杆不加套管时, 拆模后, 螺杆两端伸进保护层厚度内的部分要截除, 以防止引起钢筋锈蚀。采用定型的楔形块或组合式对拉螺杆(螺杆两端采用套筒螺母), 可减少截除的工作量。要注意对拉螺杆对清水混凝土表面观感的影响。

**7.2.10** 由于适用的范围不同, 国内外有关规范均按照各自的结构特点、工艺要求等规定了不同的模板制作和安装的偏差标准。水闸结构较复杂, 外露表面一般不进行外表粉饰有较高的观感要求, 因此模板的偏差标准要求严格一些, 在混凝土浇筑过程中使模板始终处于正确的位置至关重要, 所以本条参照《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准》(SL 632—2012), 强调混凝土浇筑过程中对模板的检查、调整, 并规定了此过程中模板的允许偏差。

**7.2.11** 模板及支架的拆除期限与构件的种类、混凝土的配合比、水泥品种以及浇筑养护期间的温度等因素有关, 从提高使用次数着眼, 一般尽快地拆除, 但从结构的稳定与安全考虑, 拆除的时间要慎重确定。国内、外有关规范对拆模期限规定不甚一致, 现结合水闸混凝土结构施工的特点, 拟定如本条的要求。

(1) 水闸结构体型比较复杂, 对混凝土外露表面的平整度有较高要求, 为保证混凝土表面及棱角不因过早拆模而损伤, 适当延长拆模期限是必要的, 对施工进度和模板周转亦不致产生太大的影响。

(2) 桥梁、胸墙等重要部位的承重支架的拆除期限, 关系到结构的安全, 除要符合一般强度规定外, 还必须考虑变形的影响。

(3) 温控防裂对拆模期限有一些特殊要求, 如在低温季节拆模, 要避免寒流袭击, 防止“冷击”; 还要控制内外温差, 减少温度裂缝, 故规定对有温控防裂要求的部位, 拆模期限要专门研

究确定。

7.2.12 引自《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)第4.2.2条。原标准第2.3.8条只规定了梁的起拱值一般可为跨长的3‰左右,活动范围较大。本标准增加了板的起拱值,而且明确规定了当梁、板跨度不小于4m时,模板起拱高度一般为全跨长度的1‰~3‰。要注意该起拱高度未包括设计起拱值,而只考虑到模板本身在荷载作用下的向下挠度。因此在使用时要根据模板情况确定起拱高度,如钢模板及跨度较大时可取偏小值(1‰~2‰),木模板及跨度较小时可取偏大值(1.5‰~3‰)。

### 7.3 钢 筋

7.3.2 GB 50204—2002第5.2.1条规定“钢筋进场时,要按国家现行相关标准的规定抽取试件作力学性能和重量偏差检验,检验结果必须符合有关标准的规定”。

7.3.3 施工中,往往由于货源限制,供应的钢筋规格不尽符合设计要求,需要进行代换。对于重要结构,由于钢筋代换可能引起构件在裂缝、变形、内力分布等各方面的改变,影响结构的安全。因此,代换时,要了解设计的意图、代换材料的性能,满足构造要求并要符合现行水工钢筋混凝土设计规范的规定。为了确保构件的质量,要按规定的程序报批并征得设计单位的同意。

7.3.4 钢筋的弯折要采用专用设备、一次到位,对于弯折过度的钢筋,特别是HRB钢筋不要回弯。对于多根钢筋(特别是箍筋)共同弯折的情况,弯折后要及时分开各根钢筋,以便于绑扎、安装施工。

7.3.5 目前,在大中型水闸施工钢筋加工现场,水平钢筋采取场内闪光对焊、现场竖向(斜向)钢筋采取电渣压力焊已较为普遍。

本条增加钢筋的机械连接。近年来钢筋的机械连接接头已在水电水利工程中应用,接头质量完全能够达到水工结构要求,并



且施工速度快，因此在钢筋的接头中除了采用原标准规定的常用焊接方法外，还可选用机械连接接头。

现场对钢筋的交叉连接，目前还是以绑扎为主，少数采用电弧焊，采用接触点焊的还很少。考虑到采用电弧焊进行点焊，可能产生淬断“咬肉”等现象，从而降低钢筋质量，一般不采用。但现场有时受设备条件限制，故对采用接触点焊未作硬性规定。

**7.3.6** 本条规定了不同区域的钢筋采用绑扎接头的要求。采用绑扎接头的要求参照了《水工混凝土钢筋施工规范》（DL/T 5196）的相关规定。

**7.3.7** 本条增加了可以采用机械连接。

**7.3.8** 《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18—2003）对钢筋的焊接接头型式、焊接工艺和质量验收等内容均有较详细而明确的规定，适用于水闸钢筋的焊接。故可按该规范执行。钢筋安装位置允许偏差参照 SL 632—2012 制定。

**7.3.9** 钢筋的混凝土保护层对促进钢筋与混凝土的共同工作，防止钢筋锈蚀，增加耐久性具有重要作用。钢筋保护层的控制已越来越引起人们的重视，水闸在进行水下工程或隐蔽工程验收时，钢筋保护层是必查项目。调查表明，保护层厚度控制不准，垫块制作质量不高，是比较普遍的现象。有的钢筋骨架变形，保护层厚度不匀，甚至局部紧贴模板或露出混凝土表面，设计的保护层厚度原已偏小，再一偏位，问题更加突出。

垫块既有控制保护层厚度的作用，其本身也就是保护层的组成部分，如果垫块的制作质量不高，不能保证尺寸、强度和密实性，则垫块部位就可能成为钢筋锈蚀的突破点。为此，本条特别强调了严格控制保护层厚度和垫块制作质量的重要性。

如何保证水闸底板等厚大结构上下层钢筋位置的准确，是设计、施工共同考虑的问题。

**7.3.10** 绑扎钢筋的铁丝头和垫块上的铁丝头应朝内，不能侵入到混凝土保护层厚度内，对切断渗透通道、防止钢筋锈蚀有重要

意义，但往往被人们所忽视，故专列一条以引起重视。

## 7.4 混 凝 土

**7.4.1** 水泥品种对混凝土性能有重要影响，在水闸工程中常用的水泥品种为普通水泥、硅酸盐水泥、矿渣水泥、火山灰水泥和粉煤灰水泥等。

硅酸盐水泥、普通水泥具有较好的抗冻、抗冲磨和抗碳化性能，早期强度增长快，干缩性小等优点，除由于水化热较高，一般不用于厚大构件内部混凝土外，几乎适用于各种环境条件下的各类构件混凝土。普通水泥价格较低，更具有广泛的适用性。

矿渣水泥水化热较低，抗蚀性能较好，后期强度增长率大，价格也较低，但抗冻、抗冲磨和抗碳化性能不如硅酸盐水泥和普通水泥，一般用于水下不受冲刷的混凝土。或厚大构件内部的混凝土。

火山灰水泥、粉煤灰水泥具有泌水性小、和易性好、抗溶蚀性能较强以及价格低等优点，但存在干缩性大、抗冻和抗碳化性能差的严重缺点，因此，除水下不受冲刷的混凝土或厚大构件内部混凝土外，其他部位一般不使用。

抗硫酸盐水泥因产量少、价格高，多用于受硫酸侵蚀的混凝土中。

各地实践经验进一步说明了水泥品种对混凝土性能的影响，调查表明：从抗碳化的效果比较，普通水泥较高，矿渣水泥次之，火山灰水泥最差；从抗海水侵蚀性能看，硅酸盐水泥、普通水泥都很好。

显然，在混凝土工程中，正确选用水泥品种是十分重要的，故本条根据多年来水闸工程实际使用水泥品种的经验，拟定了水泥品种选用的原则。

本条第6款主要根据《预防混凝土碱骨料反应技术规程》(GB/T 50733—2011)提出来的。

**7.4.2** 本条强调，运到工地的每一批水泥除了要有生产厂家的



品质检验报告以外，使用单位也要按批验收检验，即现场还要进行取样复验。

不同的水泥品种性能不同，因此强调分别储存，不得混装。

袋装水泥储运时间超过3个月，散装水泥超过6个月时可能产生受潮、结块，影响混凝土品质，因此强调使用前重新检验合格后方可使用。

**7.4.3** 由于不同厂家、不同品种、不同强度等级的水泥，其性能存在差异，因此规定了要固定水泥供应厂家、不经过充分的试验论证，不要混合使用。

**7.4.4** 水泥的强度等级是水泥的重要特性之一，水泥在混凝土中的使用效果与采用的强度等级密切相关。水泥作为混凝土强度来源的主要胶凝材料，其品种和强度等级的选择对混凝土性能和结构的耐久性尤为重要，一般情况下，要根据混凝土结构所处的环境选择相应品种的水泥，同时还要兼顾混凝土施工性能。对于有抗渗、抗冻融要求的混凝土，一般都处于潮湿环境中，控制水泥的碱含量有利于提高混凝土抗碱骨料反应能力和抗腐蚀、侵蚀能力。水泥中的混合材种类较多，不同种类的混合材及掺量对混凝土的抗渗性能和抗冻融性能均会产生不同程度的影响，为防止混合材对混凝土的品质造成影响，对于有抗渗和抗冻融要求的混凝土，一般选用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，并根据抗渗和抗冻融要求的级别不同，经试验确定适宜掺量的矿物掺合料，避免盲目选择水泥配制混凝土而带来混凝土耐久性的下降。

**7.4.5** 按照就近取材的原则，可根据工程特点、设计要求等先在砂、石料场取样进行试验。

**7.4.6** 混凝土结构工程用骨料要选用满足《建筑用砂》(GB/T 14684—2011)、《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2011)要求的砂和石。

**7.4.7** 粗骨料最大粒径的确定与结构类型、截面尺寸、钢筋配置以及施工工艺等因素有关。水闸的底板、消力池、闸墩等部位体积较大，但厚度超过3m的极少。从节约水泥，减少水化热温

升出发，粗骨料粒径一般适当放大，但从抗侵蚀、抗碳化、抗冲磨等要求考虑，其外部混凝土的粗骨料粒径又要适当减小。在实践中通常划分为特征层，或内、外层，采用不同的级配进行浇筑，内部采用较大粒径的粗骨料，有效地解决了这一矛盾，但在施工管理和质量控制上增加了一定的困难。因此，本条规定粗骨料最大粒径一般不大于 80mm。

考虑到上述规定是基于大粒径的粗骨料位于保护层范围内，可能成为海水侵蚀的突破点而导致钢筋锈蚀破坏，可通过改进施工工艺，在大面积振捣的基础上，再在保护层范围内辅以人工插边（用竹片或铁签等工具），既可防止表面蜂窝，又可消除石子外露而形成渗透通道的问题，故拟定本条第 4 项的要求。

**7.4.8** 混凝土结构工程所用的细骨料要选用级配良好、质地坚硬、颗粒洁净的天然砂或机制砂，其品质要符合 GB/T 14684—2011 的相关要求。

经处理的海砂不得用于预应力混凝土；为防止钢筋锈蚀，一般在经处理的海砂拌制的混凝土中按相关标准掺入钢筋阻锈剂；其他素混凝土结构如海漫、铺盖、护底、重力式翼墙、路面、预制块、砌体等部位用海砂要经论证后使用。

**7.4.9** 从改善混凝土性能、节约水泥等因素考虑，砂料一般不太细或太粗，一般采用中砂。按照 GB/T 14684—2011 的规定，细度模数为 2.3~3.0，恰为中砂细度模数的上、下限。

为改善砂料级配，将粗细不同的砂料分别堆存，配合使用，可取得较好的效果。

**7.4.10** 为保证混凝土质量，混凝土拌和用水和养护用水所含物质不要对混凝土产生以下有害作用：影响混凝土的和易性及凝结；有损于混凝土强度发展；降低混凝土的耐久性，加快钢筋腐蚀及导致预应力钢筋脆断；污染混凝土表面。因而符合国家标准的饮用水适用于拌和和养护混凝土，未经处理的各种污水不要用于拌和和养护混凝土。

地表水、地下水和其他类型水是否适用于拌和和养护混凝

土,《混凝土拌和用水标准》(JCJ 63—1989)规定检验以下三项限制指标:一是拌和用水对水泥凝结时间影响的限值;二是拌和用水对砂浆或混凝土抗压强度影响的限值;三是对水中有害物质的含量限值。如果满足这三项限制指标,则可用于拌和和养护混凝土。

混凝土的拌和用水不要使水泥的凝结不正常,不要使混凝土有较大的强度损失。JGJ 63—1989 中规定,用被检测水试验所得的水泥初凝与终凝时间,与用符合国家标准的生活饮用水或蒸馏水,在相同水泥、同一配合比时所获得的初凝和终凝时间的差值均不大于 30min,且初凝和终凝时间还要符合水泥国家标准的规定。

凝结时间差、抗压强度比是从拌和用水对混凝土物理力学性能的影响来控制拌和用水品质,但水中某些物质对混凝土其他性能如耐久性、钢筋锈蚀、混凝土饰面等的影响还不能体现出来,标准又规定了水中有害物质含量限值,其中包括水的 pH 值、不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐和硫化物含量,按混凝土类别(素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土)规定不同的限值。

水的 pH 值要大于 4,虽然没有规定上限值,拌和水的品质还是可以保证的。

不溶物、可溶物的含量限值与 ISO 标准一致。

硫酸根离子与水泥中的  $C_3A$  反应生成水化硫铝酸钙,若此反应过程在混凝土塑性状态下进行,不会因反应产物体积的增大产生有害的内应力,否则会发生很大的膨胀变形和有害内应力,降低混凝土耐久性。

《水工混凝土施工规范》(DL/T 5144—2001)对拌和用水规定氯离子含量不超过 1200mg/L,硫酸盐含量不超过 2700mg/L,而《港口工程质量检验评定标准(局部修订)》(JTJ 221—98)规定,水中氯离子含量一般不大于 200mg/L,硫酸盐含量不超过 2200mg/L;沿海水闸,受到海水侵蚀作用,其工作环境和港口工程相同,故按港工规定提出。

7.4.11 水工混凝土中掺入适量的掺合料，具有改善混凝土的性能，提高混凝土质量，减少混凝土水化热，抑制碱骨料反应，节约水泥，降低成本等作用。因而，大中型水利水电工程已普遍掺用掺合料。选用何种掺合料，要遵循就近取材、技术可靠、经济合理的原则。

常用的矿物掺合料主要有粉煤灰、磨细矿渣微粉、硅粉、磨细沸石粉等，以上各种材料掺入混凝土中，对混凝土工作性和物理力学性能、耐久性所产生的作用既有共性，又不完全相同。故选择矿物掺合料时，要依据混凝土所处环境、设计要求、施工工艺要求等因素经试验确定，并要符合相关矿物掺合料应用技术规范以及相关标准的要求。

粉煤灰掺合料一般选用Ⅰ级或Ⅱ级粉煤灰。

7.4.12 混凝土中使用外加剂可提高强度、改善性能、节约水泥，故外加剂已逐渐成为混凝土组成不可缺少的第五种材料。但使用不当，就会出现不凝、强度下降、钢筋锈蚀等质量问题。因此，外加剂选择要根据建筑物所处环境条件、混凝土性能要求、施工需要、并结合工程选定的混凝土原材料进行适应性试验，经可靠性论证和技术经济比较后，选择合适的外加剂种类和掺量。一个工程掺用同种类外加剂的品种一般选用1~2种，并由专门生产厂家供应。还要通过试验确定。

常用的外加剂有：普通减水剂、高效减水剂、缓凝高效减水剂、缓凝减水剂、引气减水剂、缓凝剂、高温缓凝剂、引气剂、泵送剂等。根据特殊需要，也可掺用其他性质的外加剂。外加剂品质必须符合现行的国家和有关行业标准。

外加剂要配成水溶液使用。配制溶液时要称量准确，并搅拌均匀。根据工程需要，外加剂可复合使用，但必须通过试验论证。有要求时，要分别配制使用。

国内外大量试验和实践表明，掺用适量的引气剂或引气减水剂，由于引入一定数量独立微小气泡及减水增强作用，能大大提高混凝土的抗冻、抗渗等性能。

**7.4.13** 要根据工程要求，结构型式，施工条件和原材料状况，进行混凝土配合比设计，通过试验确定各组成材料的用量，配制出既满足工作性、强度及耐久性等要求，又经济合理的混凝土。混凝土施工配合比选择要经综合分析比较，合理地降低水泥用量。室内试验确定的配合比尚需根据现场情况进行必要的调整。

混凝土配合比要由有资质的检测机构根据试配开具配合比通知单，主体工程混凝土配合比要经审查选定。对于没有试验室资质的中小型施工企业要按下述流程选择有资质的检测机构开具配合比通知单或优先考虑使用预拌混凝土。

一般流程简单如下：

(1) 由施工单位提供选定的原材料：包括水泥、砂、石、掺合料、外加剂等。

(2) 施工单位提供设计技术要求、施工要求。

(3) 试验室对原材料进行试验，确定原材料的技术参数。

(4) 根据设计要求和施工要求及规范计算配合比。

(5) 对计算的配合比进行试配。

(6) 根据试配结果对计算配合比进行修正。

(7) 开具施工配合比通知单。

现据国家标准和有关规定，材料强度统一用符号“ $f$ ” (force) 表达，混凝土立方体抗压强度以符号“ $f_{cu,0}$ ”表达，其中“cu”是英文立方体 cube 的缩写。而混凝土立方体抗压强度标准值以符号“ $f_{cu,k}$ ”表达，其中  $k$  是标准值的意思。

本条主要参考了 SL 352—2006 中的相关规定。

**7.4.14** 本条主要依据《水工钢筋混凝土设计规范》(SL 191—2008) 中的相关规定对最大水胶比有明确的要求编写的，同时增加了大体积混凝土最少胶凝材料的用量。

**7.4.15** 混凝土的坍落度，要根据建筑物的结构断面、钢筋含量、运输距离、浇筑方法、运输方式、振捣能力和气候等条件，在选定配合比时综合考虑，并一般采用较小的坍落度。由于大量新型外加剂的使用，可以在不增加水泥用量和在确保设计强度等



级的前提下，达到增大坍落度的目的，故提出配制大坍落度（ $>80\text{mm}$ ）混凝土必须掺外加剂的要求。

在进行混凝土配合比设计时，给定的坍落度一般是个定值，本条给出了不同坍落度范围内的允许偏差。

**7.4.17** 规定了混凝土原材料的称量方法及精度要求。由于重量法配料对混凝土强度的影响比体积法小，故采用重量法配料。表 7.4.17 对拌和称量提出了允许误差范围。

**7.4.18** 鉴于各水电工程所用拌和设备基本淘汰了自落滚筒式搅拌机，多采用强制式搅拌机生产混凝土，混凝土配合比不同，对混凝土施工性能的要求，以及高、低温季节施工的特点等原因，要求拌和时间通过试验确定。混凝土的拌和时间与混凝土坍落度、拌和机的容量有关系，本条按强制式搅拌机对混凝土最少纯拌和时间简化后提出了参考表。当个别项目采用自落式搅拌机时，搅拌时间一般延长 30s。

**7.4.19** 混凝土运输允许时间的确定，即混凝土自加水拌和开始至浇筑完毕并覆盖上层混凝土为止的整个时间要控制不超过混凝土的初凝时间，以保证浇筑质量。拌和时间很短可以略去，主要是运输和浇捣两部分，为了腾出更多时间给混凝土浇筑创造有利条件，尽量压缩运输时间（包括中间停歇）是十分重要的。从水闸混凝土运输的实际情况看，即使采用传统的运输方式，混凝土自出机至浇筑入仓的运输时间超过初凝时间的还不多见。因此，提出以不超过初凝时间为一般规定。

**7.4.21** 本条规定了在浇筑混凝土时，认真做好平仓，对提高混凝土的均质性至关重要。但有的工人为了省力，使用振捣器平仓、不及时平仓或平仓不好会造成骨料分离、泌水、漏振等，影响浇筑质量。有条件时，要采用平仓机平仓。仓内骨料堆叠会造成混凝土不密实。故本条提出禁用要求。

对混凝土在运输、输送、浇筑过程中的注意事项作了规定。在此环节加水会改变混凝土性能，降低混凝土质量，必须严禁。

**7.4.22** 本条规定了混凝土浇筑层厚度。浇筑层厚度指每一铺料



层振捣完成后的厚度，该厚度的确定取决于混凝土浇筑强度和气温等。

**7.4.23** 混凝土浇筑允许间歇时间与水泥品种、气温高低等因素有关，要按照拌和、运输和浇筑的总时间不超过混凝土初凝时间的原则来确定。一般试验室提供的是水泥初凝时间，如何准确测定混凝土的初凝时间，是尚未完全解决的问题。因此，国内外有关规范的规定也就难以完全一致，结合水闸混凝土施工的实际情况，提出了本条的规定。

施工现场管理测定混凝土“初凝”至关重要，采用“重塑”试验的方法一般是可行的，但“重塑”标准要按照原材料情况、配比设计、水泥用量、坍落度大小、振捣器性能以及气温条件等因素，通过现场测试后合理确定。本标准结合水闸混凝土的具体情况，拟定重塑标准为：用振动器振 20s，周围 10cm 内能泛浆且不留空洞者。

**7.4.25** 开始冲毛处理施工缝的时间与气温高低、水泥品种、水压等因素有关，要通过试验确定，即达到冲去表层乳皮，不冲动石子为准。

对开始进行上层混凝土的准备工作时老混凝土需达到的强度标准，规定不一，自 1.2MPa 至 2.5MPa 不等。按照试验资料，在常温下，普通混凝土达到 1.2MPa 和 2.5MPa 的时间分别为一天多至两天多。从水闸混凝土施工的实际情况看，层间间隔时间远超过一至两天，因此规定太紧无实际意义；且水闸主体部位多为钢筋混凝土结构，当进行浇筑上层混凝土的准备工作时，可能扰动老混凝土中的钢筋，损害钢筋的握裹力，为保证质量，故提出要达到 2.5MPa 的要求。

**7.4.26** 本条对混凝土浇筑的振捣进行了全面规定。振捣器头至模板的距离，在《水工混凝土施工规范》（DL/T 5144—2001）中规定为不小于其有效半径的  $1/2$ ，而一般工民建规范中则规定为不大于有效半径的  $1/2$ 。前者似着眼于防止由于振动引起模板变形，后者似着眼于表层混凝土不致漏振。根据施工经验并参考

了一些典型工地的施工规范，认为二者要予兼顾。故本条规定振捣器至模板间的距离要约等于振捣器有效半径的  $1/2$ 。

对于无法振捣或浇筑困难的部位，可采用微型振捣器振捣。

**7.4.27** 仓内泌水会影响混凝土正常凝固，必须及时排除；浇筑中的外来水无异于仓内加水，应避免；赶水浇筑将带走灰浆，造成蜂窝麻面等。

**7.4.28、7.4.29** 模板、钢筋和预埋件表面粘附的混凝土要随时清除，以免造成质量缺陷；浇筑中的模板及支架维护直接影响浇筑质量、安全，要安排专人看护。

**7.4.30** 在土基上浇筑混凝土基础，往往因渗水过多土质松软，或遇到流砂泉眼而不能正常浇筑及准备工作，甚至造成基土破坏。因此，除做好排水降低地下水位外，一般先浇筑薄层混凝土封底。由于封底混凝土紧接结构的底面，与结构连成一体，故规定要与主体混凝土标号相同。

对老混凝土面及岩基面进行整理平整，可防止产生应力集中减轻基础对上部结构的约束影响，有利于温控防裂。

**7.4.31** 水闸闸墩、上下游翼墙迎水面多为不装饰的裸露面，外观质量要求高，不同的水泥、砂石料可能影响混凝土外观，为保证外观色泽一致提出本条要求。

**7.4.34** 混凝土的养护工作，尤其是早期湿养护，对提高混凝土的密实性，增加混凝土的抗蚀、抗裂能力至关重要。

湿养护的时间，与结构特点、性能要求、水泥品种、气温高低及施工条件等因素有关，原标准按水泥品种不同规定了两个标准，即硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥养护期为 10d，矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸水泥、粉煤灰硅酸水泥等其他水泥养护期为 15d。国内外的有关规范很不一致，《大体积混凝土施工规范》(GB 50496—2009) 说明混凝土养护不要少于 14d。DL/T 5144—2001 中规定混凝土养护时间，一般不少于 28d，有特殊要求的部位一般适当延长养护时间。

就水闸混凝土而言，从性能要求看，湿养护时间不要太短，

从施工条件考虑，又不能太长。结合各地区实践情况，并适应对混凝土耐久性要求日益提高的趋势，提出了本条的规定。同时提出了对清水混凝土的养护要求。

必须指出的，在施工中，常在湿养护 2~3d 后，即暂停洒水，使混凝土表面干燥，以进行下一步准备工作，如放样、弹线、整理钢筋、凿毛等，以后再继续进行湿养护，结果使表层混凝土水化过程中断，对混凝土质量带来不利影响，要尽量避免。当受施工条件限制，难以完全保证连续养护时，要考虑采用养护剂或其他措施。

**7.4.36** 本条主要规定了混凝土浇筑时对原材料的检验要求，同时根据各地对使用预拌混凝土的管理要求，增加了采用预拌混凝土时的具体要求。当采用预拌混凝土时，供方要提供混凝土配合比通知单、混凝土抗压强度报告、混凝土质量合格证和混凝土运输单；当需要其他资料时，主要是指当工程结构有要求时，还要提供混凝土氯化物和碱总量计算书、砂石碱活性试验报告等。

**7.4.37** 水闸混凝土耐久性要求较高，当有抗拉、抗渗、抗冻等要求时，为验证其是否符合设计要求，要按照 DL/T 5144—2001 制取相应的试件。

**7.4.40** 本条按照《水利水电工程施工质量评定规范》（SL 176—2007）编写，统一了符号；为便于混凝土强度评定对照表的使用，增加了概率度、强度保证率、离差系数计算公式。

**7.4.41** 若混凝土强度不合格，可钻孔取芯或用超声波、回弹仪复测混凝土强度。若为内部缺陷，一般可做注水、压水试验或用超声波测试。

**7.4.42** 本条是从管理角度做出的规定，目的是使各项质量检查具有可追溯性，避免不负责任、不按照要求对施工过程进行质量控制。做出文字记录可以督促检查者认真履行检查职责，也符合质量管理体系文件中关于对“行为”要“文件化”和“可追溯”的要求。

**7.4.43** 本条规定混凝土结构外表一般缺陷修整方法。

**7.4.44** 钢筋混凝土构件产生裂缝，不仅影响承载能力，还将降低耐久性，加剧混凝土碳化、氯盐侵蚀及钢筋锈蚀。本条给定了混凝土表面裂缝是否需要进行处理指标。

**7.4.45** 本条主要结合大量实践证明提出的对大体积混凝土进行温度控制和预防裂缝产生的主要措施。

## 7.5 雨天、高温季节施工

**7.5.1~7.5.3** 我国水闸比较集中的华东、华南地区，年降雨量较大，从保证混凝土质量考虑，要尽量避开雨天施工，但为加速工程进展，往往需在雨天继续进行，施工单位要按照水闸混凝土结构的特点、降雨情况和施工条件等采取适当的措施，妥善解决好这方面的矛盾。

**7.5.4** 高温季节浇筑的混凝土，由于环境温度高，坍落度损失较大，施工操作困难，易产生收缩裂缝；混凝土入仓后，温升高，易产生温度裂缝。施工中除要尽量降低运输途中及浇筑仓面的环境温度外，还要严格控制混凝土的浇筑温度。

我国水闸分布面广，环境条件迥异，结合水闸混凝土结构特点及施工条件，参照上述标准，提出控制混凝土出机温度不超过 $30^{\circ}\text{C}$ 的要求。混凝土在运输过程中可能产生温升，要采取措施，使现场混凝土浇筑温度不超过 $35^{\circ}\text{C}$ 。

水闸的一些厚大的底板和墩、墙水化热温升较高，散热面积相对较小，这些部位也往往是裂缝比较集中的部位，因此，混凝土浇筑温度一般适当降低。

## 7.6 低温季节施工

**7.6.1** 冬期施工中的冬期划分原则在 GB 50204—2002 与《建筑工程冬期施工规程》(JGJ/T 104—2011)中都有比较统一的定义，即“室外日平均气温连续 5 日稳定低于 $5^{\circ}\text{C}$  (高于 $5^{\circ}\text{C}$ )”为进入 (解除) 冬期施工，此说法是依气象部门术语引进的，而且气象部门可提供这方面的资料。根据我国三北地区气温统计资



料显示，当日平均气温为 $5^{\circ}\text{C}$ 时，气温在 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$ 时会对新浇筑的混凝土产生冻害；而通过对国外规范的查询显示，冬期施工的规定温度大多也在 $5^{\circ}\text{C}$ 附近，因此，将我国冬期施工的起止气温按室外日平均气温 $5^{\circ}\text{C}$ 作为划分原则。

由于我国的气候属于大陆性季风型气候，在秋末冬初和冬末春初时节，常有西伯利亚寒流突袭，气温骤降 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 的现象经常发生，此时会在一两天之内最低气温突然降至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下，寒流过后气温又恢复正常，因此，为防止短期内的寒流袭击造成新浇筑的混凝土发生冻结损伤，特提出“气温骤降至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下或防冻剂规定温度时”的混凝土防护要求。

**7.6.5** 冬期在岩基或老混凝土面上浇筑混凝土时，结合面上往往有冰冻现象，若不处理，将遗留孔穴，影响层面结合。一般采用热水浇或蒸汽喷等加热方法。为确保质量，特提出经检验合格后方可浇筑的要求。

**7.6.6** 我国水闸混凝土冷天施工，较多地采用蓄热法和掺外加剂的方法，水泥的水化速度随温度的降低而减缓。为了使配制的混凝土具有水化热较高、强度发展较快，对抵抗早期冻害有利的特点，故提出优先选用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的要求。

若使用其他品种水泥，如火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥时，由于其早期强度发展较慢，水化热较低，此时受冻，内部将产生 $5\sim 100\mu\text{m}$ 微裂缝，即使化冻后再重新养护，裂缝也无法修补，降低了混凝土的抗冻性和抗渗性。

一般引入混凝土中含气量 $3\%\sim 6\%$ 可减少泌水 $37\%\sim 44\%$ ，减少体积膨胀，减轻冻害，且在混凝土硬化后仍然存在，缓和冻结引起的膨胀应力，从而提高混凝土抗冻耐久性，并减少单位用水量，使混凝土强度增长。含气量以 $4\%\sim 6\%$ 较合适，再增加，耐久性提高不显著，且使强度下降。引气减水剂除具有引气剂的作用外，并减少单位用水量，使混凝土强度增长。

使用氯盐作为早强剂会引起钢筋锈蚀，危害结构安全，故提

出在钢筋混凝土中不准使用氯盐早强剂。

**7.6.7** 水闸混凝土结构、断面较细薄，强度等级一般 20～25MPa，多数有较高的抗冻、抗渗和抗蚀要求，为此，对临界强度提出了较严格的要求，并特别强调在低温季节浇筑混凝土要认真做好预养工作。

由于防冻剂在规定负温下，能显著降低混凝土的液相冰点，保证水泥的水化作用，使之不结冰或部分冻结，并在一定时间内获得预期的强度。因此，掺与不掺防冻剂，对临界强度是应当有所区别的。

**7.6.9** 控制混凝土入仓温度对防止混凝土遭受冻害至关重要。混凝土入仓后至覆盖上层混凝土的过程中，由于仓内混凝土温度与环境温度存在差距，混凝土温度将逐渐下降。而水闸混凝土多薄壁结构，问题尤为突出。为防止仓内混凝土冻结，水闸混凝土冷天施工的大量经验表明，采取热水拌和、骨料防冻、水泥保温、减少拌和物运输途中的温度损失等一系列措施后，一般可达到控制混凝土入仓温度 5℃ 的要求。浇筑大面积的混凝土时，混凝土热量易散失，故特提出在覆盖上层混凝土前底层混凝土的温度一般不低于 3℃。

本条参照 DL/T 5144—2001、《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011) 将混凝土入仓温度按 5℃ 的要求控制。

**7.6.12** 蓄热法比较简单，不需要外加热源，费用较廉。水闸混凝土冬季施工实践表明：当结构表面系数不大于 5，最低气温不低于 -15℃，可以采用这种方法。如同时在混凝土中掺入适当的外加剂来提高混凝土早期强度，增强减水和防冻作用，则效果更为显著。若还不能满足要求，必须采用蒸汽加热、电流加热或暖棚保温等方法。

**7.6.15** 本条对施工期温度观测的内容、观测频率以及注意事项进行具体的说明。

原规范“水温和骨料温度每 2h 至少测一次”，没有考虑外加剂的温度，本条加上外加剂温度测量及水温、外加剂和骨料温度



测量方法。

当出现气温骤降和寒潮时，本条强调了要增加检测次数，具体要根据实际情况加密测量次数。

## 8 混凝土预制构件

考虑到预制装配式水闸仅在 20 世纪 50 年代到 70 年代初期使用过，该设计基本被淘汰，故本章取消了预制装配式水闸的相关内容。修编后的本章适用于钢筋混凝土预制闸门以及水闸工程的上部结构预制构件的施工。

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 为便于对预制构件状态的掌握，要对预制构件的强度等级、预制时间、使用部位等进行标示，同时做好成品保护措施。

**8.1.2** 预应力施工要由相应资质的专业单位实施，实施前编制专项施工措施计划。预应力专项工程施工措施计划一般包括下列内容：

(1) 工程概况、施工顺序、工艺流程。

(2) 预应力施工方法，包括预应力筋制作、孔道预留、预应力筋安装、预应力筋张拉、孔道灌浆和封锚等。

(3) 材料采购和检验、机械配备和张拉设备检定。

(4) 施工进度和劳动力安排、材料供应计划。

(5) 有关工序（模板、钢筋、混凝土等）的配合要求。

(6) 施工质量要求和质量保证措施。

(7) 施工安全要求和安全保证措施。

(8) 施工现场管理机构等。

### 8.2 预制构件的制作

**8.2.1** 在水闸施工中绝大多数是现场预制，因此预制场地要注意平整坚实和排水良好，以免发生不均匀沉陷，否则易使预制构件发生裂缝，影响构件质量。

**8.2.2** 为节约场地采用构件平卧重叠生产工艺时，隔离层要选

用价格便宜、粘结力小、隔离效果好的材料，如选用塑料布、废机油、柴油、石蜡或其他无机涂料等。

**8.2.4** 参照《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)，采用蒸汽养护时，要分为静停、升温、恒温和降温四个养护阶段。混凝土成型后的静停时间一般不少于 2h。在可接受生产效率范围内，混凝土成型后的静停时间长一些有利于减少混凝土在蒸养过程中的内部损伤；控制升温速度和降温速度慢一些，可减小温度应力对混凝土内部结构的不利影响；控制最高和恒温温度一般不超过 65℃ 比较合适，最高不要超过 80℃。

**8.2.7** 本条规定主要是为了保护预制构件避免因污染、开裂、扭曲及翘曲等原因受损。当垫木放置位置与脱模、吊装时的起吊位置一致，可不再单独进行使用验算，否则要根据堆放条件进行验算。

施工现场堆放的构件，一般按吊装顺序和型号分类堆放，堆垛建议布置在吊车工作范围内且不受其他工序施工作业影响的区域。

堆垛间的宽度要考虑通行、安全等因素。堆垛的安全、稳定特别重要，在构件生产企业及施工现场均要特别注意。

**8.2.8** 本条按原条文删除了装配预制构件的相关内容，增加了预制工作桥、检修桥的允许偏差；块体适用于护坡预制块、盖板等小型预制构件。

### 8.3 预应力张拉与放张

本节为新增内容。

**8.3.1** 为保证用于工程中的预应力材料的品质能达到相应国家标准要求，在进场时除对质量保证书、包装、标志和规格等进行质量验收外，还要按批量进行抽检复试，其中钢丝、钢绞线检验批量建议不大于 60t。

**8.3.2** 锚具、夹具和连接器进场时，要核对其型号、规格、数量以及适用的预应力筋品种、规格和强度等级、产品质保书、技

术手册等。

8.3.3 本条主要参考 JTG/TF 50—2011 编写。

8.3.4 本条主要参考 JTG/TF 50—2011 编写。

1 良好的张拉设备和仪表是保证张拉质量的前提。张拉设备由千斤顶、油泵及油管等组成，其输出力需通过油泵中的压力表读值来确定，所以需要使用前进行检定。

2 准确的预留孔（预应力筋）位置是保证预应力筋张拉效应和预制构件质量的重要前提，预应力构件中金属波纹管或塑料波纹管安装以及无粘结预应力筋集束布置前，要按设计要求在箍筋上标出预应力筋的束形坐标，并点焊支托钢筋。支托钢筋的直径一般不小于 10mm。对圆形金属波纹管，支托间距一般不大于 1.5m；对扁形金属波纹管和塑料波纹管，支托间距一般不大于 1.0m。波纹管安装定位后，要与支托钢筋可靠固定。

3 计算预应力筋下料长度时要考虑下列因素：结构的孔道长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、镦头的预留量、冷拉伸长量、弹性回缩量、张拉伸长值和台座长度等。

高强预应力钢材属于高碳钢，局部受高温后急冷会使金属变脆易断。

5 预应力筋的张拉工艺：要从零应力加载至初拉力，测量伸长值初读数，再以均匀速度分级加载并分级测量伸长值至张拉控制力，达到张拉控制力后，一般持荷 2min。当成孔管道为塑料波纹管时，达到张拉控制力后，一般持荷 2~5min。

设计所给张拉控制力（或张拉控制应力）是指预应力筋被千斤顶张拉时，施加在传力垫板上的控制力值，以此为基准进行各项损失计算，并根据有效预应力验算预应力混凝土使用阶段各项控制指标。当张拉工艺能够保证预应力筋的张拉力值全部传递给垫板时，这一力值与预应力筋的张拉控制力是相等的，然而，当无法保证上述条件时，按设计张拉控制力张拉时，传至传力垫板上的力值与张拉控制力值之间是有偏差的，将无法准确建立设计规定的预应力值。事实上，由于施工现场的情况往往比较复杂，

而且存在设计未考虑的额外的影响因素，按设计规定张拉力进行力值控制时，很难准确建立设计规定的预加力值。孔道的实际摩擦往往与设计取值间存在差异，当摩擦系数实测值与设计计算取值偏差较大时，要考虑适当调整张拉力。

实测摩擦系数及张拉力精度控制方法。通过张拉力与伸长值控制张拉力精度的方法。

6 曲线预应力筋锚固时由于孔道内反向摩擦的影响，张拉端的预应力损失最大，并沿构件长度方向逐步减小至零，因此，是否采取两端张拉，主要依照锚固损失的影响长度确定。

9 张拉后的预应力筋处于高应力状态，对腐蚀很敏感，同时全部拉力由锚具承担，故要尽快进行灌浆保护预应力筋，并提供预应力筋与混凝土之间的黏结。对后张预制构件，孔道灌浆且水泥浆达到一定强度后吊装才是安全的。真空灌浆工艺更能保证灌浆质量，所以推荐优先采用。良好的水泥浆的性能指标是保证灌浆质量的重要前提之一。灌浆质量的检测是比较困难的，所以详细的填写有关灌浆记录，标明灌浆日期、水泥品种、强度等级、配合比、灌浆压力、灌浆量及灌浆情况有利于灌浆质量的把握和今后的检查。

## 8.4 预制构件安装

8.4.5 由于装配式结构的特点，预制构件吊运、装配的施工方案要结合设计要求，具体确定吊点位置、吊具设计、吊运方法及顺序、临时支架方法，并进行验算。施工方案要结合设计意图及施工可行性。

预制构件吊运时，吊索夹角过小容易引起非设计状态下的裂缝或其他缺陷。

## 9 砌 体

### 9.1 一 般 规 定

9.1.3 对砌体基本要求的“平整、稳定、密实和错缝”说明如下：

(1) 平整：砌体的外露面要平顺和整齐，同一层面要大致砌平。

(2) 稳定：砌体的安置要自身稳定。

(3) 密实：砌体以大石块为主，选型配砌；必要时，可以小石搭配。浆砌石要保持一定间隙，胶结材料要填实饱满，插捣密实。干砌石要相互卡紧。

(4) 错缝：同一砌层内相邻的和上下相邻的砌石均要错缝。

### 9.2 材 料

9.2.1 常用的砌体材料主要有石料、混凝土预制块和砖等。

石料的质地要坚硬、无裂缝、未风化。在选用石料时要能耐风化，要注意岩石中黏土矿物（如蒙脱石、伊利石、高岭石）和水作用后有泥化、膨胀、崩解等特性。

水闸工程常用的石料主要有粗料石和块石两种，作如下说明：

(1) 粗料石：系用大块石料粗凿而成。一般为长方形，要求棱角分明，五个面基本平整，外露面及相接周边的表面凹入深度不要大于1.5cm，叠砌面和接砌面的表面凹入深度一般不大于2.0cm，其厚度和宽度均一般不小于20cm，长度一般为块厚的1.5~4倍，丁石长度比相邻顺石宽度要大于15cm。

(2) 块石：分大、中、小三种：

1) 大块石：石块的上下面大致平整，无尖角、薄边，块厚一般不小于20cm。



2) 中块石：又称毛石，无一定规格形状，单块重要大于 25kg，中部厚度一般不小于 15cm。

3) 小块石：又称片石，规格小于中块石的石块（又俗称狗头石）。

9.2.2 灌砌块石采用一级配骨料，石子粒径常规一般不大于 2cm。

9.2.4 掺合料有多种，施工时一般常用粉煤灰作为掺合料。砌体工程中如用高标号水泥配制低标号的胶结材料，其和易性差，因粉煤灰的颗粒大部分是光滑的玻璃球状体，可改善和易性，减少水灰比，增加密实性和耐久性。

### 9.3 浆砌石

9.3.1 浆砌石的石块不要直接挨靠，石块之间要有胶结材料黏结、填密，以保证砌体的整体强度和防渗性能。

#### 9.3.4

1、2 规定墩、墙每层的施工程序，以保证砌筑质量，并使外观美观，砌体一般用铺浆法砌筑，灰浆要饱满，铺浆厚度以密实为原则。

3 是对浆砌块石墙的施工要求。砌筑前，要对石料特别是面石要经选择，面石的表面要较平整，尺寸较大并稍加修凿。要求砌石犬牙交错，内外搭接，连成整体。

4 砌筑时按丁顺相间或两顺一丁相间，则结构物内外咬合紧密，以增强其整体强度。

5 砌体分层砌筑可使基底受荷载均匀，避免不均匀沉降。但当砌体较长，第一层砌完再砌第二层时，第一层间的砂浆可能已初凝，在其上面砌筑可能使下面砂浆振动开裂，影响粘结力，故分段分层砌筑。分段位置一般设在变形缝处。为了防止在施工过程中产生过大的不均匀沉降，规定相邻工作段高差不超过 1.2m。

7 大中型水闸岸、翼墙底板多为混凝土构造，为增强底板

与砌体的接合强度，在距砌体底部轮廓线 40cm 左右开始埋设露面块石，块石间净距约为 30~50cm，露面高度约在 15cm 左右或相当于块石高的 1/2 左右。

## 9.4 干 砌 石

9.4.1 框格常用浆砌块石或混凝土建造，其底面一般低于相邻干砌块石垫层的底面。先修造框格，以便干砌时有依循标准。

9.4.3 砌紧、垫稳、填实是干砌石的基本要求之一。翘口石是一边厚一边薄的石料，上下两块薄口部分互相搭接而成。飞口石是石块的边口很薄，未经砸掉即砌上。叠砌即用薄石重叠，双层砌成。浮塞即砌体的缝口加塞时未经砸紧。

水闸干砌石一般护砌厚度在 30~40cm，按大块石尺寸，立砌可满足要求。个别水闸护砌厚度有超过 40cm 的可以叠砌，但不要超过两层。

## 9.5 混 凝 土 预 制 块

9.5.1 混凝土预制块在运输过程中要轻搬轻放，确保其轮廓完好，对连续裂缝、缺损及表面平整度未达标的预制块不得使用。

9.5.4 铺设垫层前要将坡面拍打平整密实，垫层厚度要均匀。

9.5.5 垫层铺设要由坡底逐层向上铺设，不得从高处顺坡倾倒，已铺筑好的垫层要及时进行混凝土预制块施工。

预制块护坡铺砌缝宽主要考虑以下几个方面：一是预制块生产模具长期使用磨损造成的尺寸偏差；二是预制块生产时，为方便脱模，模具上口尺寸较下口尺寸一般偏小 2~3mm；三是预制块生产尺寸允许偏差  $\pm 3\text{mm}$ ；综上原因预制块护坡铺砌缝宽一般不大于 10mm。

## 9.6 砖 砌 体

9.6.2 砖砌筑前浇水是砖砌体施工工艺的一个部分，砖的湿润程度对砌体的施工质量影响较大。对比试验证明，适宜的含水率

不仅可以提高砖与砂浆之间的粘结力，提高砌体的抗剪强度，也可以使砂浆强度保持正常增长，提高砌体的抗压强度。同时，适宜的含水率还可以使砂浆在操作面上保持一定的摊铺流动性能，便于施工操作，有利于保证砂浆的饱满度。这些对确保砌体施工质量和力学性能都是十分有利的。

### 9.6.3

1 本条从确保砌体结构整体性和有利于结构承载出发，对组砌方法提出的基本要求，施工中要予满足。采用包心砌法的砖柱，质量难以控制和检查，往往会形成空心柱，降低了结构安全性。

2 砖砌体砌筑一般随铺砂浆随砌筑，因此建议采用“三一”砌砖法。所谓“三一”砌砖法，就是指砌砖时“一块砖、一铲灰、一挤揉”，并随手将挤出墙面的灰浆刮掉、放入墙中缝或灰桶中的砌筑方法。这种砌砖法的优点是灰浆容易饱满，粘结力好，墙面整洁。

当采用挤浆法砌筑时，铺浆长度对砌体的抗剪强度影响明显。气温较高时砖和砂浆中的水分蒸发较快，影响工人操作和砌筑质量，因而要缩短铺浆长度。

3 从有利于保证砌体的完整性、整体性和受力的合理性出发，强调本条所述部位要采用整砖丁砌。

4 灰缝砂浆的饱满度一般对砌体的抗压强度影响不大，但是对砌体的抗剪强度影响明显。当竖缝砂浆很不饱满甚至完全无砂浆时，其对角加载砌体的抗剪强度约降低 30%。此外，透明缝、瞎缝和假缝对房屋的使用功能也会产生不良影响。

5 灰缝横平竖直，厚薄均匀，不仅使砌体表面美观，又使砌体的变形及传力均匀。此外，灰缝增厚砌体抗压强度降低，反之则砌体抗压强度提高；灰缝过薄将使块体间的粘结不良，产生局部挤压现象，也会降低砌体强度。

砖砌体竖向灰缝宽度过宽或过窄不仅影响观感质量，而且易造成灰缝砂浆饱满度较差，影响砌体的使用功能、整体性及降低

砌体的抗剪强度。

6 砖砌体的施工临时间断处的接槎部位是受力的薄弱点，为保证砌体的整体性，必须强调补砌时的要求。

## 10 防渗、导渗和永久缝

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 永久缝是具有调节沉降和伸缩作用的伸缩缝。按防渗功能可分为有防渗和不防渗两种缝。对于有防渗功能的永久缝，有些大、中型水闸使用镀铜铁片、白铁皮、铝片等不耐腐蚀的材料，少则仅经历数年，多则经历 20 余年，便有严重损坏，为此付出了高昂代价。故本章规定要符合设计要求选择良好耐久性的紫铜片或较耐久的塑料、橡胶止水带。

由于新材料的出现，聚乙烯闭孔泡沫板、聚氨酯和聚硫密封胶，土工织物布、塑料暗管和软式透水管已广泛应用于施工缝处理、防渗和导渗工程，故增加了新材料内容。

由于防渗木板桩已很少在工程中使用所以取消，钢板桩临时防渗工程在工程广泛使用故增加了钢板桩防渗内容。

### 10.2 防渗板桩

**10.2.1** 规定钢板桩及钢筋混凝土板桩制作的允许偏差。

**10.2.2** 板桩根据施工中的实际运用角桩或始桩加长 1~2m，可以节约材料，实践证明也是可行的。对于砂性土地基，使用水冲法施打板桩时，加长尺度一般取 2m，以保持定位桩的稳定性。

**10.2.3** 根据板桩施工经验及相关规定，均认为除与角桩、始桩相邻的第一个板桩接缝以外，将板桩的凹榫套入先打好板桩的凸榫进行，可减少泥土塞入槽缝，有利于板桩向前靠紧。因此，本条规定一般打板桩以凹榫套凸榫。

**10.2.5** 为使角桩或始桩定位准确，桩身垂直，最可靠的方法是定出角桩或始桩相邻两个侧面的中心线，以经纬仪控制其打桩全过程。



继角桩或始桩之后，依次打入的板桩仍一般用经纬仪及足够强度和刚度的围囿控制其垂直度和直线方向，用垂直于围囿的“紧木”来控制桩的紧密程度。其平均间隙是按打桩段实测距离与预测板桩的两侧累计宽度之差除以板桩根数算出。打入地基的桩体还会有上下间隙不等形成的倾斜，最后的封闭桩（包括钢筋混凝土板桩），常须以特制的大小头桩封闭。

**10.2.6** 钢筋混凝土板桩的允许间隙定为“用于防渗时，一般不大于 20mm；用于挡土时，一般不大于 25mm”，用于水闸防渗部位此值偏大，因此规定“最大间隙为 15mm”；增加了钢板桩桩位的允许偏差。

### 10.3 防渗铺盖

**10.3.1** 在水闸建筑中，防渗铺盖与翼墙间荷载一般悬殊较大。施工处理方法是边块铺盖的全部或其邻近翼墙的条形带，待翼墙施工至相当荷载阶段，沉降较稳定后，再行浇筑。为减少施工缝，通常采用边块全部后浇。如水闸设计中消力池或前段有防渗要求，因其两侧一般多设斜坡和平台，施工较复杂，一般采用预留二次混凝土浇筑带施工。

水闸施工时，多有利用防渗铺盖作为预制混凝土场地、堆放或吊装闸门、行走重型机械等情况。如不注意，常使铺盖裂缝或损伤。因此，规定要经核算。

**10.3.2** 第 1 款系根据《碾压式土石坝施工规范》（DL/T 5129—2001）第 10.2.17 条编列；第 2 款系根据《水闸设计规范》（SL 265—2001）第 4.3.10 条列入。

实际施工时，与原土基接触的第一层填料土，为保证干密度能达设计要求，铺土厚度可适当减薄，含水率要调整至含水率上限，一般采用轻型压实机压实。DL/T 5129—2001 第 11.0.4 条明确规定，施工时可参考。

**10.3.3** 本条是参考 SL/T 225—98 第 5.6 节有关规定提出的。

塑料编织布与塑料薄膜组合成为不透水体及复合土工膜作防



渗铺盖，其中塑料编织布提供强度，薄膜提供不透水性，作为防渗材料已广泛使用。

我国于 80 年代引进。其中，北京市永定河闸曾大面积用于水闸的侧向和堤岸防渗。南水北调等大型工程及防洪护堤均已广泛使用防渗土工织物，对防渗膜的接头要引起重视，焊接的材料和工艺要成熟可靠，以保持其相应的强度、耐久性和适应不等沉降等要求。

#### 10.4 水 泥 土 搅 拌 桩 连 续 防 渗 墙

水泥土深层搅拌桩连续防渗墙适用于基础为粉土、饱和黄土、素填土、黏性土以及无流动地下水的饱和松散沙土。该施工技术多在平原地区广泛使用，此次编写参照《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002) 水泥土搅拌桩相关规定及工程实际施工经验编写。

#### 10.5 高 压 喷 射 灌 浆

高压喷射灌浆技术自 20 世纪 70 年代引入我国，后逐渐在行业建筑领域推广，高喷灌浆在水利水电行业除应用于地基加固外，更广泛地应用于水工建筑物的防渗工程中。与一般的地基加固相比较，建造高喷灌浆防渗墙有不同的特点与要求。多年来在各种规模的水工建筑物中，在复杂多样的地质条件下，建成了大量的高喷灌浆防渗墙工程，形成了比较成熟的行业标准。本次新修编水闸规范，仍将此防渗技术列入规范，具体参照《水利水电工程高压喷射灌浆技术规范》(DL/T 5200—2004) 和《高压喷射注浆施工操作技术规程》(HG/T 20691—2006) 编写。

本标准适用于淤泥质土、粉质黏土、粉土、砂土、砾石、卵石(碎)石等松散透水地基或填筑体内的防渗工程的高压喷射灌浆。

#### 10.6 水 泥 灌 浆

本章主要适用于岩基上的水闸，为防止闸基渗漏而采用的防

渗措施帷幕灌浆和固结灌浆技术已在水工建筑物施工使用多年，技术可靠，防渗效果好。本次修编参照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL 62—94、DL/T 5148—2001)，详细施工方法可按上述规范执行。

**10.6.13** 一般帷幕灌浆可用 5 : 1、3 : 1、2 : 1、1 : 1、0.8 : 1、0.6 : 1、0.5 : 1 等七个比级。

当灌浆压力保持不变，注入率持续减少时，或当注入率不变而压力持续升高时，不得改变水胶比。

当某一比级浆液的注入量已达 300L 以上或灌注时间已达 1h，而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时，要改浓一级。

当注入率大于 30L/min 时，可根据具体情况越级变浓。

灌浆过程中，灌浆压力或注入率突然改变较大时，要立即查明原因，如冒浆、漏浆、串浆、漏水，要采取相应的处理措施。如因故中断要采取相应的补救措施。

固结灌浆浆液比级和变换，可参照帷幕灌浆的规定根据工程具体情况确定。

**10.6.14** 由于水闸的防渗对工程的使用安全具有关键性的作用，随着施工技术的进步，施工水平的整体提高，同时参考 DL/T 5148—2012 的相关规定，对帷幕灌浆中不合格段的透水率值的规定在 SL 62 基础上进行了提高。

## 10.7 混凝土防渗墙

**10.7.1** 混凝土防渗墙施工前，了解工程所在地的工程地质和水文资料，有助于确定施工方案及工艺，及时进行充分且必要的施工组织。

**10.7.2** 平台的宽度要满足施工需要，指满足施工设备和运输车辆作业与行走的需要。要高出地下水位 2.0m 以上是因为只有满足此条件，固壁泥浆的静压力才可能支撑土和地下水的侧压力以保持槽孔的稳定。

导墙的功用不仅是在开挖槽孔时给开挖机具导向，以及保护泥浆液面处于波动状态槽口的稳定，还要承受土压及施工机械等荷载，并要支撑混凝土导管、钢筋笼、接头管（板）等临时荷载，因此要求其具有一定强度和刚度，并要建在稳定的地基上。

**10.7.3** 泥浆首先必须具有良好的物理性能，如较小的失水量，能形成稳定致密的泥皮；适当的比重，才能起到支承孔壁、稳定地层的作用。

**10.7.4** 本条为确定槽孔长度时的一般原则。“墙体平面形状”是指墙段的拐弯、分叉等具体形状，此时要根据结构要求和施工方便考虑墙段划分。“条件较好”指成槽难度相对较小和地层渗漏量较小的部位，以减少槽孔建造时间和避免渗透水流对墙壁稳定的影响和对龄期较短混凝土的溶蚀。

如两期槽孔同时施工并相距过近，在成槽或槽孔浇筑过程中，两槽间土体可能因坍塌或被混凝土挤穿，而造成槽孔连通的事故。

钻劈法、钻抓法和抓取法是当前槽孔建造的常用方法。

钻劈法属于传统的槽孔建造方法，对地层适应性强，多用于砂卵石或含漂石地层中，但工效较低，其设备是冲击钻机或冲击反循环钻机。

钻抓法由钻机和抓斗配合施工，适用于多数复杂地层，总体工效高于钻劈法。钻机可以是冲击钻机、冲击反循环钻机或回转钻机等，抓斗可以是液压抓斗或机械抓斗。

抓取法为纯抓斗施工，目前国内属于较新的槽孔建造工艺，多适用于细颗粒地层，工效高于上述两种方法，但成槽精度相对稍低。施工设备可以是液压抓斗或机械抓斗。机械抓斗配以重凿也可用于复杂地基处理甚至嵌岩作业。

铣削法是用液压铣槽机铣削地层形成槽孔的一种方法，是最新的槽孔建造方法，多用于砾石以下细颗粒松散地层和软弱岩层。该法施工效率高、成槽质量好，但成本较高。

槽孔建造是防渗墙施工的关键工序，如质量不合格即进行清

孔换浆，修孔处理又会影响固壁泥浆质量，以后需再次清孔换浆，造成浪费。

清孔换浆方法要根据地层特点、槽孔建造工艺综合确定。泵吸法和气举法相对于传统的抽筒法更能保证清孔质量，所以加以推荐。

清孔合格后于 4h 内浇筑混凝土，是完全可以做到的，对于因吊放钢筋笼等不能在 4h 内浇筑混凝土的工程，为确保浇筑质量可进行再清孔。

**10.7.5** 防渗墙混凝土是用直升导管法在泥浆下浇筑的，据国内外资料，其强度比同等级地面浇筑的混凝土强度有不同程度的降低，仅为后者的 70%~90%。所以考虑到泥浆下浇筑条件对实际强度的不利影响，设计施工配合比时要相应提高混凝土的强度等级。

实践证明，入槽坍落度低于 180mm 浇筑将很困难，因此实际坍落度要以槽孔口测量数据为准。入槽坍落度保持 150mm 以上的时间不小于 1h，对于孔内混凝土的均匀扩散很重要，所以必须同时提出。

**10.7.7** 钢筋笼的结构尺寸不仅要根据墙体应力应变计算的结果，还要充分考虑到防渗墙施工工艺，方便施工，确保墙体的整体质量，从而使钢筋笼真正发挥作用。

## 10.8 导 渗

**10.8.1** 本条是按《碾压式土石坝施工规范》（DL/T 5129—2001）第 12.1 条有关规定编列。适用于水闸反滤层等重要导渗部位施工。

**10.8.2** 本条是参考 SL/T 225—98 第 4.5.4 条有关规定提出的。

土工织物（Geotextiles）是一种用于导渗的新材料、新技术。1958 年首先在国外用于水工建筑。当前已经得到国内外多次学术会议肯定，并被广泛应用。土工织物按制作方法分有纺

型、无纺型及其复合物多种。其作用在水力学方面主要为排水、反滤作用，在力学方面主要为隔离、加强作用。用于导渗的机理是开始时只允许土体中的极细小颗粒通过织物流入排水体，此后紧靠织物一侧的土体中剩下的较粗颗粒的透水性能提高，同时该较粗颗粒层又有阻止其后面的极细颗粒继续被带走的性能，这样就形成一道由粗到细的天然反滤层，保护土体不发生管涌。因此不同的土体要选用与其相适应的土工织物。

**10.8.4** 增加塑料盲沟、软式透水管做为排水的新排水材料，该材料已在各种结构排水沟中广泛使用。

**10.8.5** 减压井是建筑物导渗的有效保护措施。

## 10.9 永久缝

**10.9.1** 根据施工经验编列。紫铜片用压模制作，规格统一，易于吻合。转角及交叉处接缝，受力条件较复杂，要先预拼，可以使用铆接加双面焊接，增加牢固程度。直线段的止水片也要预拼至相当长度。只有少数水平段的接头现场用铆接加顶面单面焊接，以减少薄弱环节。

焊接时使用铜焊条或紫铜片条，不要使用锡焊。

**10.9.2** 塑料止水带的接头参照 1973 年水利水电科学研究院《塑料止水在水利水电工程上的应用》编写。接头采用电热器加热到 180~200℃，使接触面熔化，略加压力，将两端对接压在一起，此法已在水工建筑中广泛应用。

用氯丁橡胶粘接的闸门止水橡胶带，因常与空气接触及温度变化而老化，兼受动力作用，接头容易撕裂。对长期静置于混凝土中的氯丁橡胶接头的耐久性，则少有检验。故文中提出橡胶止水带的接头，一般使用氯丁橡胶粘接。

在江都水利枢纽第三抽水站施工时，曾对粘接法与热压法的接头试样做破损对比试验，证实热压法的接合强度较为可靠。所以条文中规定，重要部位的止水橡胶带的接头要采用热压法。

**10.9.3** 水平止水的紫铜片的凹槽要向上，以便于用沥青灌填

密实。

**10.9.4** 水闸的止水缝和水上部位的伸缩缝所使用的沥青要有良好的塑性，高温不流淌，低温不脆裂。根据我国现行沥青系列标准，要选用条文规定的沥青。

次要部位的伸缩缝，如水下部位、岸、翼墙垂直止水后的临土面等，只有在施工期才有暴露面的部位，为了节约材料，并改善非优选标号的石油沥青的性能，可通过试验掺用石粉、白云粉、矿粉或石棉丝等填充材料。参见《屋面工程施工质量验收规范》（GB 50207—2002）有关规定。

**10.9.5** 聚乙烯闭孔泡沫板、聚氨酯密封胶、聚硫密封胶已在伸缩缝工程中广泛使用，而且施工更加方便质量更有保证。本次修编增加了该部分内容及施工方法。

**10.9.6** 水平止水片下的混凝土难以浇捣密实，因此，止水片翼缘不要在浇筑层的界面处，而要将止水片翼缘置于浇筑层的中间。在浇筑前，要将止水片上的水泥渣等污物清理干净，这点常被忽略，而造成渗漏。另一种情况是即使止水片下混凝土浇筑得较密实，也常因混凝土的沁水收缩，形成微间隙，根据经验，在前段浇埋的混凝土初凝前实行二次振捣，更能保证止水片与混凝土的牢固结合。

嵌固止水片的模板，要适当推迟拆模日期。拆除模板时，要避免冲撞或掀动止水片。拆模后要注意保护。

**10.9.7** 预留沥青孔为水闸通用的方法，即一侧采用每节 1m 长左右的预制混凝土凹形槽，外表凿毛，逐节安装于已浇筑止水片的混凝土墙面上，缝槽用砂浆密封固定，分节从顶端注入热沥青，在常温下，一般可灌填密实。在冷天施工，若不能灌填密实时，仍要采用热元件加温灌填之。通用热元件有电热元件和蒸汽管两种。



## 11 闸门安装

### 11.1 一般规定

11.1.3 原要求规定闸门出厂前，要任抽一孔闸门进行整体组装检查，改为按合同要求检查。一般情况下，闸门制造合同对闸门检测有要求，须由第三方检测在出厂验收时提供报告，对检测数量也有相应规定。

### 11.2 埋件安装

11.2.3 增加埋件安装可与主体结构混凝土同期施工，在满足设计、施工技术条件时可以采用。



## 12 启闭机安装

### 12.2 固定卷扬启闭机安装

- 12.2.1 对固定卷扬式启闭机减速箱加油位做了具体要求。
- 12.2.3 增加固定卷扬式启闭机钢丝绳固定圈及安全圈数要求。

### 12.4 液压启闭机安装

- 12.4.4 增加管路系统耐压试验要求。

### 12.6 闸门及启闭机运行试验

#### 12.6.3

8 原规范要求油泵在工作压力的 25%、50%、75%、100%的情况下，分别连续运转 15min，无振动、杂音、温升过高等现象。根据《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》(SL 387) 修改为油泵在其工作压力的 50%、75%和 100%的情况下分别连续运转 5min，系统要无振动、杂音和升温过高等现象。

#### 12.6.4

10 原规范要求油压启闭机将闸门提起后，油缸持重 24h，闸门沉降量不大于 150mm。根据 SL 381—2007 修改为在 24h 内，闸门因液压缸的内部漏油而产生的沉降量不大于 100mm；24h 后，闸门的沉降量超过 100mm 时，要有警示信号提示，闸门的沉降量超过 200mm 时，液压系统要具备自动复位的功能。72h 内自动复位次数不大于 2 次。

## 13 电气及自动化设备安装

### 13.1 一般规定

13.1.1 强调了按设计进行施工的基本原则。

13.1.2 为了避免现场施工混乱，加强施工的管理，实行文明施工，本条提出低压电器安装前有关的建筑工程要具备的一些具体要求，以便给安装工作创造一个良好的施工条件，这对保证低压电器的安装质量，避免损失、协调电气安装与土建施工的关系是必须的。

### 13.2 电气设备安装

#### 13.2.1

1 制造厂的技术文件根据《电气装置安装工程—电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》（GB 50148—2010）中规定，制造厂每台设备要附有全套的安装使用说明书、产品合格证、出厂试验记录、产品外形尺寸图、运输尺寸图、产品拆卸件一览表、装箱单、铭牌及备件一览表等。

2 开箱检查时，强调型号、规格符合设计要求，设备无损伤，附件和备件的供应范围和数量满足合同要求，检查包装及密封要良好。

4 箱式变电所主要用于室外，箱式变电所本体有较好的防雨雪和通风性能，但其底部不是全密闭的，故而要防止积水入侵，其基础的高度及周围排水通道设置要在施工图上加以明确。同时对于金属外壳的箱式变电所的箱体，根据《电气装置接地装置施工及验收规范》（GB 50169—2006）第 3.1.1 条要求要采取接地或接零保护措施。

#### 13.2.2

1 对基础型钢误差及不平行度限制，以保证盘、柜对整个

控制室或配电室的相对位置。目前国内盘、柜的安装，一般均用基础型钢作底座，盘、柜用螺栓或焊接固定在基础型钢上。基础型钢施工前，首先要检查型钢的不直度并予以校正。

2 基础型钢与接地干线要可靠焊接上，装有电器的可开启的屏、柜门，若无软导线与屏、柜的框架连接接地，则当门上的电器绝缘损坏时，将使屏、柜上带有危险的电位，危及运行人员的人身安全。裸编制铜线要有足够的机械强度，强调用裸线以免断线时不易被发现。

**13.2.4 镀锌钢用作接地网材料**，主要是其造价相对较低，热稳定性较好。

### **13.2.8**

1 本条是桥架安装时需要达到的工艺要求，其要求是一般性规定，旨在使制作的电缆支架牢固、整齐、美观。

2 伸缩缝是为电缆桥架系统热胀冷缩在安装中预留的伸缩间隙。

4 电缆桥架大多数采用钢制电缆桥架，因此其接地或接零极其重要，目的是为了保证供电干线电路的使用安全。

5 要求桥架防火的区段，必须采用钢制或不燃、阻燃材料。

### **13.2.9**

2 对于直埋电缆，铺砂好还是铺软土好，有不同的看法。在南方水位较高的地区，铺砂比铺软土的电缆易受腐蚀。在水位较低的北方地区，因砂松软、渗透性好，电缆经常处于干燥的环境中，从挖出的电缆看，周围的砂总是干的，不怕冻、腐蚀性小。因此采用砂还是软土，要根据各地区的情况而定。混凝土保护板对防止机械损伤效果较好，有条件者要首先采用。

3 本条规定了直埋电缆方位标志的设置要求，以便于电缆检修时查找和防止外来机械损伤。

**13.2.10 电缆管在弯制时**，如弯扁程度过大，将减小电缆管的有效管径，造成穿设电缆困难。

管口打去棱角、毛刺是为了防止在穿电缆时划伤电缆。有时

管口做成喇叭形也是必要的，可以减小直埋管在沉陷时管口处对电缆的剪切力。

### 13.2.11

3 电缆支架最上层和最下层至沟顶、屋顶或沟底、地面的距离，参考《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007)。

4 本条对电缆支架（包括普通型电缆支架和桥架的支吊架）安装位置的误差提出了要求，主要是从美观上考虑。

6 许多地方电缆沟内空气潮湿、积水，有时支架浸泡在水中，致使电缆支架腐蚀严重，强度降低。因此在制作普通钢制电缆支架时，要焊接牢固，并要作良好的防腐处理。

### 13.2.12

2 由于电缆放线架放置不稳，钢轴的强度和电缆盘的重量不配套，常引起电缆盘翻倒事故。为了保证施工人员的安全和电缆施工质量，对本条的要求要予重视。

3 电缆中间接头事故率在电缆故障中占较大比例，电缆中间接头往往是在施工中没有根据电缆长度合理安排敷设造成的。故此增加了合理安排每盘电缆的要求。

## 13.3 自动化设备安装

### 13.3.1

1 元器件和设备要设置编号标识是为便于识别和维护，由于水闸自动化设备中许多元器件都是以插接方式连接的，所以安装后要检查内部接插件与设备的连接是否牢固可靠，并保证通风散热的要求。

2 接线端子要标明编号，强、弱电端子一般分开排列是避免相互间干扰。

3 两点接地存在的问题是当电网上出现短路电流或雷击电流时，由于电缆屏蔽层两点的电位不同，使得屏蔽层内流过电流，可能烧毁屏蔽层，并对每根芯线将产生干扰信号。

6 水闸控制系统安装中，检测与控制启闭机装置的运动状



态至关重要，因此本条款对限位开关、开度仪等检测元件安装要求所做出的规定。

7 闸门荷重传感器的安装，要求重力的作用线处在传感器的中心线下，是使传感器接收垂直力，保证测量准确性。

### 13.3.2

2 监测自动化设备在满足准确度要求的前提下，要力求结构简单、稳定可靠、维护方便。

### 13.3.3

1 要求摄像机安装前进行检查主要是规范安装流程，确保安装质量。

2 交流电源电缆与视频电缆一般分管敷设是为了避免干扰视频信号。

## 13.4 系统调试

### 13.4.1

1 变压器冲击试验主要是为了检验变压器及其附件的绝缘水平、变压器差动保护二次谐波制动系数的整定是否合适、变压器的机械性能是否满足要求。

### 13.4.2

1 主要检查内容包括：器件外观无损坏及变形，安装牢固；柜内连接导线应牢固，接线端子应有必要的紧固扭矩；系统的接地线和盘柜内部的接地线满足标准要求；电气柜接线要与原理接线图一致；核对断路器及电机保护器的保护整定值。

### 13.4.3

1 闸门开度的调试，由于闸门的启闭方式有多种，如：卷扬式启闭机、液压启闭机、蜗杆式启闭机等等，同时测量闸门开度所使用的传感器也有多种，如：光电脉冲计数、旋转编码器、位移传感器等，本条只是介绍常规的一种测量开度的方法。

2 闸门自动控制调试，目前，闸门自动控制系统中核心的



控制器件是可编程序控制器（PLC），其应用软件的可靠性直接影响整个控制系统的稳定性，调试前要根据闸门控制工艺对软件进行多次模拟测试。

## 14 监测设施和施工期监测

### 14.1 一般规定

14.1.1 临时监测设备要和永久监测设备相结合合理布置，所用材料要可靠、耐久、经济，并计划监测自动化控制一并进行。

### 14.2 监测设施安装埋设

14.2.1 水位监测设施要埋设在易于监测的部位。

14.2.3 本条参考《土石坝安全监测技术规范》(DL/T 5259—2010)附录 H 第 H.1.2 条提出。

### 14.3 施工期监测

施工期监测是施工单位必须进行的一项工作，因为各种监测设施在施工时就要埋设，而各种监测设施在施工进行中都在进行变化，故需要进行及时的监测，才能保证各种监测资料的连续性。

### 14.4 监测资料整编

施工单位要对施工期监测的资料及时整理，如发现异常及时上报处理，并把所有监测设备的埋设、安装记录、率定检验和施工期监测记录均整理汇编，移交管理单位。

## 15 混凝土结构加固

### 15.1 一般规定

15.1.1 《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367—2006）规定：混凝土结构的加固可分为直接加固与间接加固两类，设计时，可根据实际条件和使用要求选择适宜的加固方法及配合使用的技术。

直接加固的方法有外粘钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法、置换混凝土加固法、外粘型钢加固法、增大截面加固法、绕丝加固法或高强度钢丝绳网片—聚合物砂浆外加层加固法等。

间接加固的方法有外加预应力加固法或增设支点加固法等。

目前水利行业在水闸加固设计上尚无统一的规范标准，结合近年来水闸除险加固工程的实例，一般采用直接加固方法的较多。在直接加固方法中采用外粘钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法和置换混凝土加固法三种方法的较普遍。

因此本章仅对这三种加固施工方法进行规定。

与混凝土加固方法配合使用的技术一般有裂缝修补技术、植筋（锚栓）技术、阻锈技术和灌浆技术等。

鉴于水闸加固施工的特点和常规做法，本章仅对植筋（锚栓）、碳化处理和裂缝修补技术进行规定。

15.1.2 加固处理的关键点是采取有效措施，保证新增构件和部件与原结构连接可靠，新增截面与原截面粘结牢固，形成整体共同工作。

本条规定就是为了保证加固后钢筋与混凝土的共同工作，不至于在加固后钢筋继续锈蚀，影响结构的耐久性要求。

15.1.3 除险加固工程设计较新建工程项目受原工程现状的制约较大，特别是在原工程竣工资料不完整的情况下，将给设计与施工带来更多的困难。因此，规定施工单位在改造或清理原

结构时有义务对新发现的结构缺陷进行报告。待设计单位评估处理后方可施工，不要在处理结果未确定前继续按原加固方案施工。

## 15.2 拆除工程

15.2.1 拆除工程施工要制定专项措施计划，合理组织施工，不要无序实施。确保人身和保留建筑物部分的安全。

## 15.3 外粘钢板法

15.3.1 粘钢加固是混凝土结构工程常用的加固技术，用特制的结构胶粘剂，将钢板或型钢粘贴在钢筋混凝土结构的表面，补充构件内部的配筋不足，达到增强原结构强度和刚度的目的。粘钢加固适用于钢筋混凝土结构受弯、受拉和受压构件的加固。

15.3.3 混凝土粘合面经修整露出骨料新面后，尚要采用花锤、砂轮机或高压水射流进行打毛；必要时，也可凿成沟槽。建议做法如下：

(1) 花锤打毛：一般用 1.5~2.5kg 的尖头凿石花锤，在混凝土粘合面上凿出麻点，形成点深约 3mm、点数为 600~800 点/m<sup>2</sup> 的均匀分布；也可凿成点深 4~5mm、间距约 30mm 的梅花形分布。

(2) 砂轮机或高压水射流打毛：在混凝土粘合面上打出方向垂直于构件轴线、纹深为 3~4mm、间距约 50mm 的横向纹路。

(3) 人工凿沟槽：一般用尖锐、锋利凿子，在坚实混凝土粘合面上凿出方向垂直于构件轴线、槽深约 6mm、间距为 100~150mm 的横向沟槽。

在完成上述加工后，使用钢丝刷等工具清除原构件混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘，并用清洁的压力水冲洗干净。

15.3.6 加压固定方式可选用夹具加压法、锚栓（或螺杆）加压法、支顶加压法等，但不论采用何种方式，在粘贴的钢板表面上

固定加压时，不要采用点加压或线加压的方法，要在粘贴的钢板面上均匀加压。在粘贴的钢板表面上固定加压时，一些施工单位为图方便和节省材料，常采用支撑直接对粘贴的钢板进行点加压或线加压的方法是错误的。支撑支顶不但是为防止钢板在胶粘剂固化前脱落，更重要是在支顶中对粘贴的钢板均匀加压，钢板周边有少量胶液挤出，能保证胶粘剂的饱满和均匀性，粘接的强度更高，粘接的质量更有保证。

## 15.4 粘贴纤维复合材法

**15.4.1** 纤维复合材料是一种单向受力材料，它具有抗拉强度高、质量轻、施工简便等特点。

夏季户外暴露在空气中的混凝土基材温度往往高于环境温度，对粘贴的效果会产生不利影响，因此粘贴施工时要注意，一般不超过 60℃。

**15.4.2** 本条是引用 GB 50367—2006 第 4.4.6 条。

**15.4.3** 按设计尺寸裁剪纤维织物是不得折叠的；若纤维织物原件已有折痕，要裁去有折痕一段织物。

**15.4.6** 滚压只能沿纤维方向单向压实，不要往返反复滚压，使织物的铺层均匀压实，无气泡发生。对无法排出的气泡，可用针管注射粘胶树脂后，再滚压密实。

## 15.5 置换混凝土法

**15.5.1** 置换混凝土加固法是将原结构、构件中的破损混凝土凿除并用强度高一级的混凝土浇灌置换，使新、老混凝土共同作用。置换混凝土加固法适用于承重构件受压区混凝土强度偏低或有严重缺陷的局部加固。

**15.5.2** 不要使用铝粉作为混凝土膨胀剂主要是因为铝粉遇水立即开始发泡，气温高时发泡更快，从而在浇筑混凝土前，其膨胀作用便已发挥完毕。

膨胀剂能否起到长期的施压作用，直接涉及加固结构的安

全，因此要选择使用后期回缩率小或不回缩的微膨胀水泥或微膨胀剂产品，“粉煤灰要为Ⅰ级灰，且烧失量不要大于5%”是根据GB 50367—2006第4.2.4条的确定。

**15.5.4 置换混凝土加固法施工**，模板支架的搭设往往支撑于原结构的梁、板上，因此要注意安全，必要时要计算复核，达不到要求要考虑其他措施。

## 15.6 植筋（锚栓）

**15.6.1 承重构件植筋部位的混凝土**要坚实、无局部缺陷，且配有适量钢筋和箍筋，才能保证植筋的受力性能。因此，不允许有局部缺陷存在锚固部位；即使处于锚固部位以外，也要先加固后植筋，以确保安全和质量。若局部缺陷为裂缝时，其裂缝宽度要不大于0.3mm，且同时要经处理后再植筋。

**15.6.2 目前确定混凝土结构、构件中的钢筋位置**，常用的仪器是混凝土钢筋检测仪，但该仪器受到的条件限制较多，因此探测也不准确，往往在钻孔过程中还是会碰到钢筋，若有钢筋则要适当调整钻孔位置。

施工中钻出的废孔，如果不填实可能会影响结构构件的受力性能，也会影响已植钢筋的锚固性能。

**15.6.5 采用一般的胶粘剂植筋**，混凝土基材的含湿率要在4%以下；而采用水泥基灌浆材料植筋，混凝土基材需要湿润，因此采用不同的植筋材料对孔壁的要求不同。对于处于潮湿部位的混凝土，需要采用特殊性能的胶粘剂。

**15.6.7 化学锚栓在固化期间禁止扰动**，主要是避免因扰动影响螺杆与胶粘剂间的粘接效果，影响锚固质量。固化后不要进行焊接，主要是螺杆外露部分很短、焊接高温易使胶碳化，失去锚固效果。在施工中，为了使上紧的螺帽不产生位移，采用点焊使螺帽与螺杆固定，若能保证胶不碳化，可以采用这一固定措施，但要谨慎。



## 15.8 裂 缝 补 修

本节是对一般性裂缝的修补方法，对承载力不足引起的裂缝或缝隙，除可按本节的规定进行修补外，尚要采用适当的加固方法进行加固。

**15.8.3** 表面封闭法能否收到预期的封护效果，在很大程度上取决于对混凝土表面的处理是否到位。因为混凝土表面不洁净，或未经糙化处理，便很难保证封闭材料的粘贴质量。容易因脱胶而丧失其防渗、防漏的作用。

**15.8.4** 一般静止裂缝仅需作表面封闭处理即可达到修补目的，但在下列情况下，可以考虑采用填充密封法：

(1) 裂缝宽度很大，需先做填充处理后才能进行封闭。

(2) 被修补的结构构件对裂缝的任何变化极为敏感，加固设计人员为慎重计，要求采用先做弹性填充，再进行表面封闭的双控做法。

**15.8.5** 压力注浆法涉及的技术和设备问题较多，一般由专业组织进行设计和施工，才能确保注浆的质量和安<sub>全</sub>，以注浆的压力为例，当使用不同的注浆材料或注浆设备时，其所选择的注浆压力差别很大。其原因有三：一是所采用的注浆料的粘度相差很大；二是所采用的注浆设备不同；三是裂缝内部情况不同。在这种情况下，设计和监理单位关注的是注浆效果及其所能达到的指标，是否符合厂商原所做的书面承诺，因此，要求进行仪器探测，并对可疑部位取芯检查。

# 水利水电技术标准咨询服务中心 简介

## 中国水利水电出版社标准化出版分社

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其他学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（中国水利水电出版社标准化出版分社）是水利部指定的行业标准出版、发行单位，主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材编辑出版工作。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准、水利水电图书出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的图书出版咨询服务，进一步做好标准和水利水电图书出版、发行及推广工作。

主 任：王德鸿 010—68545951 wdh@waterpub.com.cn  
副 主 任：陈 昊 010—68545981 hero@waterpub.com.cn  
主任助理：王 启 010—68545982 wqi@waterpub.com.cn  
责任编辑：王丹阳 010—68545974 wdy@waterpub.com.cn  
章思洁 010—68545995 zsj@waterpub.com.cn  
覃 薇 010—68545889 qwei@waterpub.com.cn  
刘媛媛 010—68545889 lyuan@waterpub.com.cn  
传 真：010—68317913

