**附件2**

**ICS XXXXX**

**P XX**

团 体 标 准

T/ CWEA XX -201X

**水利水电工程清水混凝土施工规范**

**Specifications for fair-faced concrete constructionof water conservancy and hydropower engineering**

（征求意见稿）

201X-XX-XX发布 201X-XX-XX实施

中国水利工程协会 发布

前 言

根据中国水利工程协会标准编制计划，按照SL1─2014《水利技术标准编写规定》的要求，编制本标准。

本标准共分为7章，主要技术内容有：

——模板工程

——钢筋工程

——混凝土工程

——质量检验与评定。

本标准批准部门：中国水利工程协会

本标准主编单位：安徽水安建设集团股份有限公司

本标准参编单位：安徽省水利水电勘测设计院

珠江水利委员会珠江水利科学研究院

北京翔鲲水务建设有限公司

绵阳佳成建设有限公司

天津科信建设工程检测有限公司

安徽新建控股集团有限公司

本标准主要起草人:

本标准审查会议技术负责人：

本标准体例格式审查人：

本标准内部编号：

目 次

[1 总则 1](#_Toc8631750)

[2 术语 2](#_Toc8631751)

[3 基本规定 3](#_Toc8631752)

[4 模板工程 4](#_Toc8631753)

[4.1 一般规定 4](#_Toc8631754)

[4.2 模板设计 4](#_Toc8631755)

[4.3 模板及支撑材料 4](#_Toc8631756)

[4.4 模板制作 5](#_Toc8631757)

[4.5 模板安装与维护 6](#_Toc8631758)

[4.6 模板拆除 7](#_Toc8631759)

[5 钢筋工程 9](#_Toc8631760)

[6 混凝土工程 10](#_Toc8631761)

[6.1 一般规定 10](#_Toc8631762)

[6.2 混凝土浇筑（结构缝、施工缝） 11](#_Toc8631763)

[6.3 混凝土养护、保护与表面处理 12](#_Toc8631764)

[7 质量检验与评定 13](#_Toc8631765)

[7.1 质量检验 13](#_Toc8631766)

[7.2 质量评定 14](#_Toc8631767)

[标准用词说明 15](#_Toc8631768)

[条文说明 1](#_Toc8631769)6

# 1 总 则

1.0.1 为规范水利水电工程清水混凝土施工，提高混凝土外观质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程的清水混凝土施工。

1.0.3 清水混凝土施工应积极采用新技术、新工艺、新材料和新设备。

1.0.4 清水混凝土施工应满足安全、节能、环保要求。

1.0.5 本标准主要引用下列标准：

GB50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB/T 14902 预拌混凝土国家标准

SL176 水利水电工程施工质量检验与评定规程

SL352 水工混凝土试验规程

SL632 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准（混凝土工程）

SL677 水工混凝土施工规范

SL734 水利工程质量检测技术规程

JGJ169 清水混凝土应用技术规程

1.0.6 清水混凝土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

2.0.1 清水混凝土 fair-faced concrete

利用混凝土成型后的自然质感作为饰面效果的混凝土，分为普通清水混凝土、饰面清水混凝土及装饰清水混凝土。

2.0.2 普通清水混凝土standard fair-faced concrete

表面平整光洁、颜色均匀、对表面无特殊要求的清水混凝土。

2.0.3 饰面清水混凝土finished fair-faced concrete

表面平整光洁、线条顺直，颜色均匀、无明显的色差，由有规律排列的螺栓孔眼、明缝、蝉缝、假眼等组成的、以自然质感为表面效果的清水混凝土。

2.0.4 装饰清水混凝土decorative fair-faced concrete

利用混凝土的拓印特性或采用装饰镶嵌装饰片、掺加颜色添加剂等工艺，在混凝土表面形成具有装饰效果的纹理质感、线条、图案或彩色的清水混凝土。

2.0.5 清水混凝土模板fair-faced concrete formwork

按照清水混凝土要求设计制作、满足清水混凝土质量要求的模板。

2.0.6 孔眼hole of split bolt

在混凝土表面形成有一定规律和饰面效果的孔眼。

2.0.7 明缝visible joint

按照设计要求形成的凹入混凝土表面的分格线或装饰线。

2.0.8 蝉缝 panel joint

模板拼缝在混凝土表面留下的有规则的细小隐缝。

2.0.9 衬模 sheathing mould

在模板内表面设置的用于形成混凝土表面装饰图案的内衬板。

2.0.10 堵头 bulkhead

为增加混凝土外观质量和饰面效果，安装在模板内侧螺栓套管两端的定位、成孔构件。

2.0.11 假眼 artificial eyelet

在没有螺杆位置设计堵头或接头形成与螺栓孔眼饰面效果一致的孔眼。

# 3 基本规定

3.0.1 清水混凝土类型、质量要求及应用范围宜由设计确定，或在合同中加以明确。

3.0.2 清水混凝土强度等级应符合设计要求，不宜低于C30，相邻结构清水混凝土强度等级宜保持一致或相近。

3.0.3 清水混凝土模板构件尺寸宜标准化。

3.0.4 施工前应根据饰面效果设计和构造设计要求制定相应的施工工艺，编制施工方案。

3.0.5 工程施工前宜进行工艺试验，取得清水混凝土施工相关参数。

3.0.6 工艺验证后应根据验证效果确定工艺方案，编写技术交底文件，对管理和施工操作人员进行施工技术交底。

3.0.7 水泥、砂、石等混凝土原材料应满足清水混凝土要求，同一视觉范围内的清水混凝土宜采用同一批次的原材料。

3.0.8 水利水电工程中的房屋建筑、交通等工程的清水混凝土施工执行相应行业的标准。

# 4 模板工程

## 4.1 一般规定

4.1.1 清水混凝土模板设计、制作、安装、拆除等应遵守SL677的相关规定。

4.1.2 施工前应计算清水混凝土模板的强度、刚度及稳定性，计算结果应符合相关规定。

4.1.3 当设置施工缝时，模板应高出施工缝100mm；当不设置施工缝时，模板高度应和结构顶部一致。

4.1.4 同一工程中同类结构及构件宜采用同种面板材料。

4.1.5 采用液压爬模、滑模、预制构件等工艺施工时，清水混凝土模板应进行专业设计。

## 4.2 模板设计

4.2.1 普通清水混凝土模板应符合下列规定：

1 清水混凝土模板宜选用大型整体模板，其分块设计应满足清水混凝土表面效果的设计要求。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1）模板的分块宜定型化、整体化和通用化。

2）模板分块宜以结构物轴线或孔洞中线为对称线。

3）模板上下接缝处、施工缝、梁底标高、轮廓变化位置或其他分割线位置宜设明缝。

4）阴角模与大模板之间不宜留调节余量；当确需留置时，宜采用明缝方式处理。

2 围檩间距大小应通过计算确定。

3 明确模板阴阳角、蝉缝、假眼、堵头、对拉螺栓、龙骨与面板连接等细部构造的布置与做法。

4 结构外露面模板最大变形值不得超过模板构件计算跨度的1/500。

4.2.2 饰面清水混凝土模板除满足普通清水混凝土要求外，还应符合下列规定：

1 模板面板的钉眼、焊缝等部位的处理不得影响混凝土饰面效果。

2 假眼采用同直径的堵头或锥形接头固定在模板上。

4.2.3 装饰清水混凝土模板除满足普通清水混凝土要求外，还应符合下列规定：

1 宜确定装饰图案和装饰片的形状、位置和尺寸。

2 宜确定装饰片与模板的固定措施。

## 4.3 模板及支撑材料

4.3.1 模板材料应符合下列规定：

1 模板面板材质选择时应考虑对清水混凝土表面质感要求。模板面板材料可选用钢板、铝合金板、塑料板、玻璃钢板或覆膜胶合板等材料，同一视觉面应采用相同面板材料。

2 衬模可选用不锈钢板、PVC板、透水模板布、亚克力板、铝合金板、玻璃钢等材料。

3 模板围檩材料可选用金属标准型材、木梁、钢木组合梁、铝梁等材料。

4 面板配置应满足对拉螺栓孔和明、禅缝的排布要求。

4.3.2 模板支撑及配件应符合下列规定：

1 模板支撑材料可采用钢管、型钢等材料。

2 模板配件可采用模板夹具、型材吊具、钩头螺栓、对拉螺栓等金属材料。

3 对拉螺栓在满足设计要求下，最小直径应满足受力要求，宜采用三段式止水螺栓。

## 4.4 模板制作

4.4.1 清水混凝土模板宜采用刚度较大的材料做面板，模板及支撑宜按设计要求制作成若干模块，在安装现场拼接。各种结构清水混凝土模板应符合下列规定：

1 闸墩、翼墙、排架宜采用大面积金属模板制作。

2 混凝土坝体上下游面、溢流面宜使用大面积金属模板制作。

3 泵站流道、输水隧洞叉管等模板宜建立三维模型，宜由专业工厂使用金属材料制作，并在厂内试拼装。

4 渡槽槽身宜使用金属模板制作成分段整体式模块。

5 箱涵及涵洞具备条件情况下宜使用钢模台车。

6 扭面墙体采用两侧模板施工时，宜采用胶合板材料制作。

7 反拱模板宜根据结构尺寸划分成若干个模块，采用钢制面板与围檩，模块间采用螺栓连接形成整体。

8 水利水电工程中的其他类型工程按相关行业清水混凝土模板要求进行设计和制作。

4.4.2 模板后背龙骨接头应分散布置，同一断面的接头数量不应超过主龙骨数量的50%。

4.4.3 模板拼缝处理应符合下列规定：

1 胶合板竖向拼缝宜设在竖肋中心位置，面板边口刨平，接缝处满涂封口胶。

2 胶合板水平拼缝可不设置横肋，接缝处应做密封处理。

3 全钢大模板面板拼缝焊点应打磨平整，水平拼缝背面应加焊扁钢，扁钢与面板间的缝隙宜刮腻子密封。

4.4.4 胶合板面板模板钉眼处理应宜符合下列规定：

1 龙骨与胶合板面板连接，宜采用木螺钉从背面固定。

2 异型模板从背面难以保证面板与龙骨有效连接时，采用正钉连接，钉头宜下沉lmm～2mm，铁腻子刮平并喷涂清漆。

4.4.5 模板后期制作处理应符合下列规定：

1 加工完成后宜预拼装，对模板外形尺寸、平整度、相邻板高差以及螺栓孔眼位置等进行复核，复核后对模板进行编号。

2 胶合板模板面板应贴塑料薄膜或其他隔膜。

3 全钢模板面板及活动部分宜涂防锈漆，面板防锈漆不得影响混凝土表面颜色。

4.4.6 模板制作的允许偏差应符合表4.4.6的规定。

表4.4.6 清水混凝土模板制作尺寸允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 偏差项目 | | 允许偏差（mm） | | |
| 普通清水混凝土 | 饰面清水混凝土 | 装饰清水混凝土 |
| 木模板 | 小型模板：长、宽 | ±2 | — | — |
| 大型模板（长、宽大3m）：长、宽 | ±3 | — | — |
| 模板对角线 | ±3 | — | — |
| 模板面板平整度（用2m直尺检查）：  相邻两面板高差  局部不平  边肋平直度 | 0.5  3  2 | — | — |
| 面板缝隙 | 1 | — | — |
| 模板背肋间距偏差（L为计算跨径） | L/20 | L/20 | L/20 |
| 全钢模板、复合模板及胶木模板（内衬板） | 大型模板（长、宽大3m）：长、宽 | ±2 | ±2 | ±2 |
| 模板对角线 | ±3 | ±2 | ±2 |
| 模板面板平整度（用2m直尺检查）：  相邻两面板高差  局部不平  边肋平直度 | 0.5  2  2 | 0  1  1 | 0  1  1 |
| 面板缝隙（用塞尺检查） | 0.8 | 0.5 | 0.5 |
| 连接孔中心距（用游标卡尺检查） | ±1 | ±1 | ±1 |
| 边框连接孔与面板距离（用游标卡尺检查） | ±0.5 | ±0.5 | ±0.5 |
| 螺栓孔眼位置 | ±1 | ±1 | ±1 |
| 模板背肋间距偏差（L为计算跨径） | L/20 | L/20 | L/20 |
| 注1：异形模板制作允许偏差按设计要求执行，当设计无要求时其曲面半径允许偏差为±2 mm。  注2：表中木模板是指在面板上不敷设隔层的木模板，复合模板指在木模板上敷设隔层的模板。 | | | | |

## 4.5 模板安装与维护

4.5.1 模板安装前应完成下列工作：

1 根据模板安装图复核模板控制线。

2 检查面板是否清洁，是否涂刷脱模剂，涂刷的脱模剂是否完整。

3 检查模板及其附件的型号、数量是否满足安装要求。

4 核对明缝、蝉缝、装饰图案的位置与设计是否相符。

4.5.2 应根据模板安装图编号进行安装，模板之间应连接紧密。

4.5.3 螺栓安装位置应正确，受力应满足设计要求。

4.5.4 模板安装宜采用螺栓或专用卡具连接，模板接缝应紧密，并应采取下列措施防止漏浆：

1 锥套、堵头和面板间宜加橡胶垫圈并接触紧密。

2 上下层结合处、阴阳角模连接处和模板接缝等部位宜贴高密度海绵密封条等材料。

4.5.5 脱模剂的使用应符合下列规定：

1 脱模剂应符合下列规定：

1）应涂刷方便、易干燥，使用后便于清理。

2）不污染、锈蚀模板，不污染混凝土。

3）应有良好的脱模性能，可选用水溶性或油性脱模剂。

2 脱模剂的施工应符合下列规定：

1）初次使用脱模剂或模板形式改变的情况下宜模拟实际施工条件，对脱模剂进行适应性试验。

2）模板基材应干燥，使用前应清除浮尘、去除油污等。

3）应根据脱模剂的黏稠度、模板种类及形状、实际施工条件等因素选择脱模剂涂抹方法，可喷涂或刷涂。

4.5.6 模板安装的允许偏差应符合表4.5.6-1、表4.5.6-2的规定。

1 大体积清水混凝土模板安装的允许偏差应符合表4.5.6-1的规定。

表4.5.6-1 大体积清水混凝土模板安装的允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 偏差项目 | | | | 允许偏差(mm) | |
| 普通清水混凝上 | 饰面/（装饰）清水混凝土 |
| 模板平整度 | 相邻两面板错台 | | | 2 | 1 |
| 局部不平(用2m直尺检查) | | | 5 | 3 |
| 板面缝隙 | | | | 2 | 1 |
| 结构物边线与设计边线 | | | 外模扳 | -10～0 | -10～0 |
| 内模板 | 0～10 | 0～10 |
| 结构物水平截面内部尺寸 | | | 大体积 | ±20 | ±20 |
| 墙、柱、梁 | ±4 | ±3 |
| 承重模板标高 | | | | 0～5 | 0～3 |
| 预留孔洞 | | 中心线位置 | | 5 | 5 |
| 截面内部尺寸 | | 0～6 | 0～4 |
| 模板垂直度高度 | | 高度不大干5m | | 4 | 3 |
| 高度大干5m | | 6 | 5 |
| 阴阳角 | | 方正度(方尺和塞尺检查) | | 3 | 2 |
| 预埋件、管、螺栓中心线位移 | | | | 3 | 2 |
| 模板背肋安装偏差（L为计算跨径） | | | | L/20 | L/20 |
| 注1、表中规定均为外露表面模板安装的允许偏差．隐蔽面模板安装的允许偏差符合SL677的规定。  2、机电安装部位的模板除参照表中要求外，还应符合有关专项设计的要求。 | | | | | |

2 现浇结构模板安装的允许偏差应符合表4.5.6-2的规定。

表4.5.6-2 现浇结构清水混凝土模板安装的允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 偏差项目 | | 允许偏差(mm) | |
| 普通清水混凝土 | 饰面/（装饰）清水混凝士 |
| 轴线位置 | | 4 | 3 |
| 底模上表面标高 | | 0～5 | 0～3 |
| 截面内部尺寸 | 基础 | ±10 | ±10 |
| 柱、梁、墙 | ±4 | ±3 |
| 层高垂直 | 全高≤5m | 4 | 3 |
| 全高＞5m | 6 | 5 |
| 相邻两面板高差 | | 2 | 1 |
| 表面局部不平(用2m直尺检查) | | 3 | 2 |
| 阴阳角 | 方正(用方尺、塞尺检查) | 3 | 2 |
| 顺直(用线尺检查) | 3 | 2 |
| 预留孔洞 | 中心线位置 | 5 | 5 |
| 截面内部尺寸 | 0～8 | 0～4 |
| 埋件、管、螺栓 | 中心线位置 | 3 | 2 |
| 模板背肋安装偏差（L为计算跨径） | | L/20 | L/20 |
| 注： 表中规定值均为水利水电工程主体建筑物混凝土模板安装允许偏差值，水利水电工程中的房屋建筑工程清水混凝土模板安装允许偏差值执行相关技术标准。 | | | |

## 4.6 模板拆除

4.6.1 清水混凝土模板拆除应符合下列规定：

1 应制定拆模措施，加强对混凝土成品的保护。

2 承重和边角部位应适当延长拆模时间。

3 拆除模板时不应采用重锤敲击或利用混凝土作为支点撬动模板。

4 拆除大模板应先松开模板间的螺栓和拉杆，松动斜撑调节丝杆，待模板与墙体完全脱离后，按顺序起吊模板。

4.6.2 采用直通型穿墙螺栓、三节式螺栓和锥形螺栓内拉支撑的模板，拆除时应符合下列规定：

1 直通型穿墙螺栓拆模后，应清除孔中套管，深度与钢筋保护层厚度一致，在孔中放入遇水膨胀防水胶条，采用专用模具封堵修饰。

2 三节式螺栓和锥形螺栓形成的孔眼宜采用砂浆封堵，并用专用封孔模具修饰。

4.6.3 拆下的模板、支架及配件应及时清理、维修、存放。存放区应有排水、防水、防潮、防火等措施。

# 5 钢筋工程

5.0.1 清水混凝土钢筋施工应按SL677的相关规定执行。

5.0.2 钢筋进场时应检验合格后才能使用，制作前宜进行深化设计，合理地排出钢筋、垫块及接头位置图。

5.0.3 钢筋的规格、型号、间距和连接方式应符合设计要求。

5.0.4 钢筋保护层厚度应满足设计要求，其偏差值应在设计规定之内。

5.0.5 双排钢筋间距宜采用梅花形布置的钢筋拉钩或同强度混凝土支撑条进行控制，梅花形布置的间距宜为0.5m~1.0m。

5.0.6 钢筋保护层垫块宜梅花形布置，间距宜为0.5m~1.0m。垫块强度应不低于结构混凝土强度，颜色应与清水混凝土的颜色一致。

5.0.7 钢筋绑扎的每个交叉点应绑扎牢固，扎扣及尾端应朝向构件截面内侧。

5.0.8 饰面清水混凝土螺栓与钢筋发生冲突时，宜遵循钢筋避让对拉螺栓的原则，适当调整钢筋位置，并采取相应的加强措施。

# 6 混凝土工程

## 6.1 一般规定

6.1.1 混凝土材料应符合下列规定：

1 清水混凝土原材料应符合SL677、SL352的相关规定。

2 清水混凝土使用的水泥宜为同一厂家、同一品种、强度等级不低于42.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥与外加剂的颜色应符合清水混凝土要求。

3 粗骨料颜色应均匀、洁净。

4 细骨料应优先选用中粗砂，不宜选用粗砂。

6.1.2 配合比应符合下列规定：

1 清水混凝土配合比设计应符合SL677、SL352的相关规定。

2 宜通过选择原材料、试验室试配、浇筑样板等来确定适宜的混凝土配合比及混凝土表面颜色。

6.1.3 拌和与运输应符合下列规定：

1 清水混凝土拌和应符合下列规定：

1）清水混凝土的拌和能力应满足施工要求。

2）清水混凝土搅拌时间宜比同级别普通混凝土延长20s~30s。

3）清水混凝土拌和物工作性能应稳定，无泌水、离析现象。

2 清水混凝土运输应符合下列规定：

1）清水混凝土拌和物水平运输宜采用专用运输车，且应保证混凝土连续均匀浇筑的要求。

2）清水混凝土应根据结构体型、施工条件、浇筑强度等条件选择相应的入仓设备，如：输送泵、门机、塔机、缆机、塔带机等。

3）进入浇筑现场的清水混凝土坍落度应满足设计要求，且不得有分层、离析现象。

3 预拌混凝土应满足GB/T 14902的要求。

6.1.4 温度控制应符合下列规定：

1 混凝土温度控制措施应符合以下规定:

1）混凝土浇筑因温度控制要求的分缝、分块、分层等除满足设计要求外，还应确保外观图案及色差满足清水混凝土要求。

2）设计龄期内的混凝土，应在气温发生骤降之前对表面采取覆盖保温措施。

3）在满足混凝土各项设计指标前提下，优化配合比设计，加大骨料粒径，改善骨料级配，掺加掺合料、外加剂等综合措施，合理减少混凝土的单位水泥用量。

2 高温条件下的温度控制宜采取下列措施：

1）应制定高温季节混凝土专项施工措施。

2）避免高温时段施工，宜利用早晚和夜间施工。

3）控制原材料温度，宜采取搭盖凉棚、喷洒水雾降温（细骨料除外）等措施。

4）混凝土运输工具应具有隔热遮阳措施，缩短运输及卸料时间。入仓后应及时进行平仓振捣，加快覆盖速度，缩短混凝土暴露时间。

5）浇筑后的混凝土及时洒水养护。

3 低温条件下的温度控制宜采取下列措施：

1）应制定低温季节清水混凝土施工措施。

2）温和地区宜用蓄热法。寒冷地区日平均气温－10℃以上时宜采用蓄热法；日平均气温－20～－10℃时可采用综合蓄热法。

3）掺入混凝土中的防冻剂不得产生明显色差。

4）混凝土浇筑完毕后的外露面应及时覆盖保温，采用对清水混凝土无污染且阻燃的覆盖材料。

## 6.2 混凝土浇筑（结构缝、施工缝）

6.2.1 混凝土浇筑前做好仓内清理工作，模板内表面应保持清洁状态。

6.2.2 混凝土应分层浇筑，层厚控制在500mm以内，严禁出现施工冷缝。

6.2.3 混凝土振捣参数应由试验确定。

6.2.4 混凝土浇筑过程中钢筋的变形应及时纠正。

6.2.5 异形清水混凝土结构还应符合下列规定：

1 水闸墩头等具有圆弧外形的结构应沿圆弧外形均匀布置振捣点，振捣点距离圆弧形模板20cm～25cm。

2 溢流面混凝土应严格按照设计要求的厚度入仓，混凝土振捣点布置应均匀。溢流面顶部振捣后应及时整平、收光。

3 扭面混凝土按照方便施工要求宜在适当位置分成两段，具体分段位置宜通过试验确定。坡比大的扭面段混凝土采用双面模板浇筑，混凝土满足强度要求后及时回填扭面混凝土后背土；坡比小的扭面混凝土按照边坡混凝土方法施工。

4 反拱混凝土上表面按照曲率大小分为有反拱模板和无反拱模板两种施工方法，上表面无模板时应由熟练技术工人用样板整平、收光。

6.2.6 结构缝、施工缝应符合下列要求：

1 结构缝、施工缝设置应符合下列规定：

1）结构缝应严格按照设计要求布置。

2）混凝土施工前应进行规划，拟定施工缝留置位置。施工缝留置的位置应与结构缝、蝉缝、螺栓孔位置相协调。

3）施工缝处的松动石子或浮浆层应清除，凿除后缝面应清理干净，用与混凝土颜色相同的水泥砂浆修补，并保持施工缝处于直线状态。

2 结构缝、施工缝的施工应符合下列规定：

1）结构缝模板断开处应使用具有防漏作用的衬垫，如海绵条、防渗胶、止水带等。

2）后续混凝土浇筑前应对施工缝表面进行凿毛处理，剔除浮动石子，用水冲洗干净后，先浇一层水泥浆，然后继续浇筑混凝土。

## 6.3 混凝土养护、保护与表面处理

6.3.1 混凝土养护应符合下列规定：

1 清水混凝土拆模前后的外露面应及时覆盖洒水养护。初期养护宜以塑料布覆盖保湿为主，随龄期增长适时采取洒水保湿并用措施。

2 混凝土养护时间按设计要求执行，设计未规定则不宜少于28d。

3 不得使用对混凝土有污染的养护材料。

4 同一视觉范围内的清水混凝土应采用相同的养护措施。

6.3.2 混凝土保护应符合下列规定：

1 清水混凝土的后续施工工序，不得损伤或污染前面工序所完成的混凝土成品。

2 当脚手架、吊篮等与成品清水混凝土表面接触时，应使用橡胶板、聚苯板等衬垫材料保护。

3 拆除模板时应对已浇筑混凝土加以保护。严格控制拆模时间和拆模程序，防止因时间把握不准、操作不当造成混凝土板面、棱角和线条等损伤。

4 后续工序严禁随意剔凿成品清水混凝土表面。

6.3.3 混凝土表面处理应符合下列规定：

1 应在养护完毕后去除混凝土表面附着的污染物或印迹。

2 模板拆除后及时封堵混凝土面上的孔眼。

3 混凝土成品缺陷部位修补以后，应及时用塑料薄膜覆盖保湿养护，确保修补后的表面不与主体产生分层、脱皮或开裂，并应在修补部位的水泥浆或砂浆硬化之后，用细砂纸打磨光洁，并用水冲洗干净，修补后的部位应无明显可见的修补痕迹。

4 混凝土成品表面细粒污染物可采用细砂纸打磨清除，应避免损伤混凝土表面光洁度。

# 7 质量检验与评定

## 7.1 质量检验

7.1.1 质量检验除应符合GB50204、SL677、SL176、SL734的相关规定外，尚应满足下列条款要求。

1 混凝土坍落度检查应符合以下规定：

1）坝体、墩、墙等大体积混凝土浇筑时宜每隔2h检查一次。

2）梁、板、柱混凝土宜逐车检查。

2 钢筋质量检查应符合以下规定：

1）混凝土外露面钢筋保护层厚度应符合设计要求，其偏差值应不大于3mm。

2）钢筋绑扎铅丝头应全部位于混凝土内侧，外露面钢筋绑扎应全部进行检查。

3 外观质量要求应符合下列规定：

1）清水混凝土的外观不应有规范中规定的严重缺陷。对已经出现的一般缺陷，应制定处理方案，按照审批流程经批准后进行处理。对已处理的部位，应重新进行检查验收。

2）检验方法：观察，检查处理方案。

3）对颜色、修补、气泡、裂缝、光洁度等外观质量，应由监理单位、施工单位检查，由施工单位记录。

7.1.2 混凝土外观质量与检验方法见表7.1.2。

表7.1.2 清水混凝土外观质量与检验方法

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 普通清水混凝土 | | 饰面/（装饰）清水混凝土 | | 检查方法 |
| 单个平面或曲面评价指标 | 合格标准 | 单个平面或曲面评价指标 | 合格标准 |  |
| 1 | 颜色**＊** | 自然光线下，无明显色差 | ≥60%平面或曲面 | 自然光线下，颜色基本一致，无明显色差。 | ≥80%平面或曲面 | 距离清水面4m-8m观察 |
| 2 | 修补**＊** | 少量修补痕迹 | ≥60%平面或曲面 | 基本无修补痕迹 | ≥80%平面或曲面 | 距离清水面5m观察 |
| 3 | 气泡、孔眼**＊** | 气泡均匀分布 | ≥60%平面或曲面 | 单个气泡表面积小于80mm2，孔眼深度不大于2mm，气泡、孔眼面积不大于2000mm2/m2。 | ≥80%平面或曲面 | 距离墙面5m观察、尺量 |
| 4 | 裂缝**＊** | 每条最大宽度≤0.2mm或长度≤1000mm、裂缝条数≤5条/100m2，且0.2mm＜每条最大宽度≤0.4mm或1000mm＜长度≤1500mm、裂缝条数≤2条/100m2，则该平（曲）面合格，否则该平（曲）面不合格。 | ≥60%平面或曲面 | 每条最大宽度≤0.2mm或长度≤1000mm、裂缝条数≤5条/100m2，且0.2mm＜每条最大宽度≤0.4mm或1000mm＜长度≤1500mm、裂缝条数≤2条/100m2，则该平（曲）面合格，否则该平（曲）面不合格。 | ≥80%平面或曲面 | 尺量、刻度放大镜 |
| 5 | 光洁度**＊** | 无明显漏浆、流淌及冲刷痕迹 | ≥60%平面或曲面 | 无漏浆、流淌及冲刷痕迹，无油迹、墨迹及锈斑，无粉化物。 | ≥80%平面或曲面 | 观察 |
| 6 | 对拉螺栓孔眼**＊** | 排列基本整齐，孔洞封堵密实，凹孔棱角清晰圆滑。 | ≥60%平面或曲面 | 排列整齐，孔洞封堵密实，凹孔棱角清晰圆滑。 | ≥80%平面或曲面 | 观察、尺量 |
| 7 | 明缝**＊** | 线条基本整齐，深度基本一致 | ≥60%平面或曲面 | 线条整齐，深度一致，水平交圈。 | ≥80%平面或曲面 | 观察、尺量 |
| 8 | 蝉缝 | 横平竖直 | ≥60%平面或曲面 | 横平竖直、水平交圈、竖向成线。 | ≥80%平面或曲面 | 观察、尺量 |
| 注：表中带“＊”为主控项目。主控项目全部合格，则整个工程外观质量判定为“合格”，任一主控项目不合格，则判定整个工程外观质量不“合格”。 | | | | | | |

7.1.3 混凝土结构偏差质量要求应符合下列规定：

1 对已经出现的一般缺陷，应由施工单位提出处理方案，按照审批流程经批准后进行处理。对已处理的部位，应重新进行检查验收。

2 清水混凝土结构允许偏差与检查方法应符合表7.1.3的规定。

表7.1.3 清水混凝土结构允许偏差与检查方法

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | | 普通清水混凝土 | | 饰面/（装饰）清水混凝土 | | 检查方法 |
| 允许偏差（mm） | 合格标准 | 允许偏差（mm） | 合格标准 |
|  | 轴线位移**＊** | 坝、墩、柱、墙、梁 | | 6 | 合格率≥60% | 5 | 合格率≥80% | 尺量；  抽查不少于60%轴线 |
|  | 截面尺寸**＊** | 坝、墩、柱、墙、梁、板 | | ±5 | 合格率≥60% | ±3 | 合格率≥80% | 尺量；  抽查不少于60%截面 |
|  | 垂直度**＊** | 全高（H） | | H/1000，且≤30 | 合格率≥60% | H/1000，且≤30 | 合格率≥80% | 全站仪、线坠、尺量；  抽查不少于60%全高 |
|  | 表面平整度**＊** | | | 4 | 合格率≥60% | 3 | 合格率≥80% | 2m靠尺、塞尺；  抽查不少于60%平面 |
|  | 角线顺直**＊** | | | 4 | 合格率≥60% | 3 | 合格率≥80% | 拉线、尺量；  抽查不少于60%角线 |
|  | 预留洞口**＊** | | 中心线位移 | 10 | 合格率≥60% | 8 | 合格率≥80% | 尺量；  抽查不少于60%洞口中心线 |
|  | 标高**＊** | | 全高 | ±30 | 合格率≥60% | ±30 | 合格率≥80% | 水准仪、尺量；  抽查不少于60%全高 |
|  | 阴阳角**＊** | | 方正 | 4 | 合格率≥60% | 3 | 合格率≥80% | 尺量；  抽查不少于60%阴阳角 |
| 顺直 | 4 | 合格率≥60% | 3 | 合格率≥80% |
|  | 明缝直线度 | | | — |  | 3 | 合格率≥80% | 拉5m线，不足5m拉通线，钢尺检查；  抽查不少于60%明缝 |
|  | 蝉缝错台 | | | — |  | 2 | 合格率≥80% | 尺量；  抽查不少于60%蝉缝 |
| 注：1、检查轴线、中心位置时，沿纵、橫两个方向测量，并取其中偏差的较大值。  2、表中带“＊”为主控项目。主控项目全部合格，则整个工程结构偏差质量判定为“合格”，任一主控项目不合格，则判定整个工程结构偏差质量不“合格”。 | | | | | | | | |

## 7.2 质量评定

7.2.1 清水混凝土的评定应按GB50204、SL176和SL632的相关规定执行，清水混凝土质量等级的评定与普通混凝土相同。

7.2.2 表7.1.2、表7.1.3作为是否达到清水混凝土标准的依据。当“清水混凝土外观质量”和“清水混凝土结构偏差”均达到“合格”标准，则判定为清水（饰面或装饰）混凝土；当“清水混凝土外观质量”和“清水混凝土结构偏差”未同时达到“合格”标准，则判定为普通混凝土。

# 标准用词说明

|  |  |
| --- | --- |
| 标准用词 | 严 格 程 度 |
| 必须 | 很严格，非这样做不可 |
| 严禁 |
| 应 | 严格，在正常情况下均应这样做 |
| 不应、不得 |
| 宜 | 允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做 |
| 不宜 |
| 可 | 有选择，在一定条件可以这样做 |

中国水利工程协会标准

水利水电工程清水混凝土施工规范

T/CWEA：AXXX-201X

条文说明

目 次

[1 总 则 18](#_Toc8631770)

[3 基本规定 19](#_Toc8631771)

[4 模板工程 20](#_Toc8631772)

[4.1 一般规定 20](#_Toc8631773)

[4.2 模板设计 20](#_Toc8631774)

[4.3 模板及支撑材料 21](#_Toc8631775)

[4.4 模板制作 22](#_Toc8631776)

[4.5 模板安装与维护 23](#_Toc8631777)

[4.6 模板拆除 24](#_Toc8631778)

[5 钢筋工程 25](#_Toc8631779)

[6 混凝土工程 26](#_Toc8631780)

[6.1 一般规定 26](#_Toc8631781)

[6.2 混凝土浇筑（结构缝、施工缝） 27](#_Toc8631782)

[6.3 混凝土养护、保护与表面处理 28](#_Toc8631783)

[7 质量检验与评定 30](#_Toc8631784)

[7.1 质量检验 30](#_Toc8631785)

[7.2 质量评定 30](#_Toc8631786)

# 1 总 则

1.0.2 本标准用于指导水利水电工程清水混凝土施工及质量检验与评定。

1.0.3 水利水电工程清水混凝土施工应积极采用“四新”技术，通过多种方式方法提高清水混凝土质量。

1.0.4 本条规定了清水混凝土施工应满足安全、节能、环保要求。这是对清水混凝土施工的基本要求，也是安全文明施工、绿色施工的要求。

1.0.5 本条列出了本标准的主要引用标准，便于使用者更好地理解本标准与相关标准的协调关系，在执行本规范时应与这些标准配套使用。

1.0.6 本条为典型用语，明确了本标准与相关标准之间的关系。我国现行标准数量多、覆盖的专业面广，即使是同一专业领域内也有多项标准。技术人员要完成一项工程活动，不可能仅执行一项标准，通常会涉及多项标准，因此在执行某项标准的同时，还需要执行其他相关标准。

需要指出的是，这里的“国家现行有关标准”是指现行的国家标准和行业标准，不包括地方标准。

# 3 基本规定

3.0.1 由于清水混凝土施工成本高、技术难度大、质量要求严，业主方和施工方没有相应的投入难以保证清水混凝土质量。清水混凝土类型、质量要求及应用范围一般由业主方和设计方确定，业主方与施工方应在合同中对清水混凝土类型、质量要求、应用范围及相应工程款加以明确。

3.0.2 规定清水混凝土强度等级应符合设计要求，且不宜低于C30。工程实践表明，不同的强度等级的混凝土外观质量相差较大。强度过低，外观质量过差，难以达到清水混凝土质量要求，因此，规定混凝土强度等级不宜低于C30。相邻结构清水混凝土强度等级宜保持一致或相近，主要是减少不同等级混凝土间的色差。相邻结构不同等级强度的混凝土不宜大于2个强度等级，否则色差过大，达不到清水混凝土外观质量要求。

3.0.3 清水混凝土模板构件尺寸宜标准化。主要是从清水混凝土质量要求、节约资源、施工方便等角度考虑宜采用标准化设计、制作与安装。

3.0.4 由于清水混凝土质量要求高，影响清水混凝土质量的因素多，应对模板制安、钢筋安装、混凝土配比、混凝土浇筑与养护等工艺进行改进，所以施工前应编制清水混凝土专项施工方案。清水混凝土施工专项方案应包括：模板设计方案、模板制作与安装方案、钢筋施工方案、混凝土浇筑方案、混凝土成品保护方案、混凝土表面缺陷处理方法等。

3.0.5 工程施工前进行工艺试验的目的是要取得清水混凝土施工相关参数，在清水混凝土首件工程（或样板工程）中对施工工艺参数进行验证，检查首件工程（或样板工程）的外观是否符合清水混凝土质量要求，只有符合设计要求才能进行后续工程施工。

3.0.6 工艺验证后应根据验证效果确定工艺参数，若验证效果与设计有偏差，则要对工艺参数进行分析和调整，只有符合设计要求才能作为最后的施工工艺。要根据确定的施工工艺编写技术交底文件，对管理和施工操作人员逐级进行施工技术交底，确保清水混凝土施工过程可控。

3.0.7 混凝土中的原材料应满足清水混凝土要求，同一视觉范围内的清水混凝土宜采用同一批次的原材料，这是基本规定。

3.0.8 水利水电工程中的房屋建筑、交通等工程的清水混凝土施工及检验执行相应行业的标准。

# 4 模板工程

## 4.1 一般规定

4.1.1 清水混凝土模板结构设计、制作、安装、拆除等与普通混凝土一样，应遵守SL677相关规定。

4.1.2 应计算清水混凝土模板的强度、刚度及稳定性，其值应符合SL667中相关要求。大体积混凝土模板荷载计算方法可执行SL677附录A相关规定。

4.1.3 当设置施工缝时，模板高出仓位浇筑高度100mm可以确保清水混凝土浇筑面的完整性。当不设置施工缝时，模板高度应和结构顶部一致。

4.1.4 同种面板材料的吸水性、周转次数、表面效果基本能保持一致，容易实现成型后的混凝土表面质感一致。

4.1.5 采用液压爬模、滑模、预制构件等工艺的清水混凝土模板，应进行专业设计和计算，且应满足饰面效果要求。

## 4.2 模板设计

4.2.1 普通清水混凝土模板应符合下列规定：

1 水工混凝土结构体型较大，应采用大型整体模板，采用吊装机械安装。模板设计上要充分考虑到分块效果，要尽可能定型化、整体化和通用化。要充分考虑到与结构轴线、孔洞中心线、轮廓变化位置、其他分割线位置、施工缝位置之间的关系，以确保分块合理，外观效果好。

2 工程实践表明，模板变形主要与模板围檩间距有关。当围檩间距较大，则其模板刚度不足，变形相应较大，且呈波形，外观质量较差。因此，围檩间距应通过计算确定并严格控制，提高模板刚度，减小变形量，保证清水混凝土外观质量。

3 模板设计中的阴阳角处理、蝉缝处理、龙骨与面板连接、假眼处理、堵头处理、对拉螺栓处理等可执行JGJ169-2009第6.1节条文说明图2~图13相关规定。

4 考虑到清水混凝土外观要求高于普通混凝土，对结构表面外露的模板在验算刚度时，其最大变形值要求较普通模板规定值更严格些。普通混凝土规定外露模板最大变形值不得超过模板构件计算跨度的1/400，本标准确定为1/500。

4.2.2 饰面清水混凝土要求高于普通清水混凝土，除了满足普通清水混凝土要求外，还应符合下列规定：

1 模板面板的钉眼、焊缝等部位是影响清水混凝土质量的主要因素，在模板的设计和制作阶段要处理好这些不利因素。

2 假眼宜采用同直径的堵头或锥形接头固定在模板上，主要是通过规范的堵头形成统一的外观，提高外观的整体效果。

4.2.3 装饰清水混凝土要求显著高于普通清水混凝土，除了满足普通清水混凝土要求外，还应符合下列规定：

1 装饰图案和装饰片等的形状、位置和尺寸，既是从设计上确保装饰清水混凝土外观质量，又是模板制作安装时就考虑到装饰图案和装饰片。

2 装饰片宜固定在模板上，清水混凝土模板设计时应绘制结构详图，明确装饰片的布置与做法，主要是保证装饰清水混凝土外观质量。

## 4.3 模板及支撑材料

4.3.1 模板材料应符合下列规定：

混凝土模板的选择可执行JGJ169-2009第5.2.1条条文说明表1和表2的相关规定。

混凝土模板之间的连接可执行JGJ169-2009第5.2.1条条文说明图1的相关规定。

1 模板面板材料可选择钢板、铝合金板、塑料板、玻璃钢板或覆膜胶合板等材料，应满足强度、刚度及周转使用要求，具有较好的加工性能。同一视觉面应采用相同面板材料。

2 衬板可选用不锈钢板、PVC板、透水模板布、亚克力板、铝合金板、玻璃钢等材料；模板面板材质选择时应考虑设计对清水混凝土表面质感要求，表面应平整光滑、无污染、无破损、清洁干净。

3 模板骨架材料可采用金属标准型材、木梁、钢木组合梁、铝梁等材料，应有足够的强度、刚度。模板骨架材料若不符合要求，影响到模板的面板产生较大变形，则直接影响到工程质量。

4 面板配置要满足设计对拉螺栓孔和明、禅缝的排布要求，体现设计意图。

4.3.2 模板支撑及配件应符合下列规定：

1 模板支撑材料可采用钢管、型钢等材料，应具有足够的强度、刚度，且满足整体稳定性要求。

2 模板配件可采用模板夹具、型材吊具、钩头螺栓、对拉螺栓等金属材料，且应满足模板体系的连接加固要求。

3 对拉螺栓宜采用三段式止水螺栓：由一根中间螺杆连接两根对称的端螺杆组成，中间螺杆设有止水片，端螺杆设有紧固螺纹并配置紧固螺母。中间螺杆的两头设有连接外螺纹，端螺杆的一头设有连接内螺纹与中间螺杆的连接外螺纹相配，详见图4.3.2。



图4.3.2 三段式止水螺栓

## 4.4 模板制作

4.4.1 针对水利水电工程特点，清水混凝土模板宜采用刚度大的材料做面板，主要目的是减少模板变形，提高混凝土外露面的外观质量。模板及支撑制作成若干个模块，主要是提高模板安装质量和效率。

1 闸墩、翼墙、排架是水闸的主要结构，是影响混凝土外观质量的主要部位，这些结构尺寸较大，面积也较大，宜采用大面积金属模板制作。

2 混凝土坝体上下游面、溢流面是影响外观的主要部位，宜使用大面积金属模板。

3 泵站流道、输水隧洞叉管模板是异型结构，宜建立三维模板，使用特制的金属模板宜由专业工厂制作。

4 渡槽槽身宜使用分段整体式模板。

5 箱涵及涵洞内表面应采用清水混凝土模板。对于断面适中的长箱涵及涵洞宜使用钢模台车，既能提高混凝土外观质量，又能加快施工进度。

6 扭面墙体采用两侧模板施工时，宜采用胶合板材料制作。

7 反拱模板宜根据结构尺寸划分成若干个模块，采用钢制面板与围檩，模块间采用螺栓连接形成整体。

8 水利水电工程中的其他工程按相关专业清水混凝土模板要求进行设计和制作。

4.4.2 该条规定了模板龙骨接头应分散布置，且提出了同一断面接头主龙骨数量指标值。

4.4.3 该条规定了模板拼缝处理应符合的要求，主要从拼缝位置、封口胶、拼缝焊点、缝隙处理等方面做了具体要求。

4.4.4 该条对胶合板面板模板钉眼处理做了具体规定，主要从龙骨与胶合板面板连接、螺钉间排距、腻子刮平等方面做了具体规定。

4.4.5 该条对模板后期制作处理做了具体规定，主要从模板预拼装、模板外形尺寸、平整度、相邻高差、螺栓孔眼位置、面板贴膜、防锈处理等方面做了具体规定。

4.4.6 模板制作的允许偏差表是根据清水混凝土质量要求制定的，该表指标高于一般混凝土模板制作偏差要求。与其他清水混凝土工程施工规范相比，本表中的木模板和钢模板均增加了“模板背肋间距偏差（L为计算跨径）”指标，设置该指标的目的是控制模板面板的变形值，有利于提高清水混凝土外观质量。

## 4.5 模板安装与维护

4.5.1 该条对模板安装前应完成的工作做了具体规定，主要有模板安装图复核、面板涂刷脱模剂、模板及附件的型号和数量、明缝和图案等方面的具体要求。

模板安装中的木梁胶合板模板之间的连接、木方胶合板模板之间的连接、模板之间夹具连接、全钢大模板之间的连接等可参照JGJ169-2009第6.3.2条条文说明图14~图17。

4.5.2 该条要求对模板进行编号，确保模板拼装正确。

4.5.3 该条强调螺栓安装位置的正确性，满足受力要求。

4.5.4 该条规定了模板安装采用的连接器具，主要有橡胶垫圈、海绵密封条、孔洞周围加设拉杆等。

4.5.5 脱模剂的使用要求

1 选择脱模剂的原则应符合下列规定：

1）涂刷方便、易干燥，使用后便于清理，这是选择脱模剂的基本要求。

2）不污染、锈蚀模板，特别是不污染混凝土，这是清水混凝土的必然要求。

3）应有良好的脱模性能，拆模时脱模剂能使模板顺利地与混凝土脱离、保持混凝土表面光滑平整、棱角整齐无损。

2 脱模剂的施工应符合下列规定：

1）初次使用脱模剂或模板形式改变的情况下宜模拟实际施工条件，对脱模进行适应性检验，包括脱模剂对施工异常温度条件、浇筑及振捣成型条件等适应性，对清水混凝土外观是否有影响进行检验。

2）模板基材应干燥，使用前应清除浮尘（锈）、去除油污（蜡）等，既提高脱模剂对基材的粘结力，又提高清水混凝土表面的平整度。

3）脱模剂涂抹方式的选择需考虑脱模剂的黏稠度、模板种类及形状、实际施工条件等因素，流态脱模剂或异形模板可采用喷雾器；较稠的脱模剂，要用软抹布、海棉、软扫帚等物进行涂抹。涂层应均匀，无漏刷，涂层厚度应适宜，过薄时脱模效果欠佳；过厚则不经济，且易影响混凝土表面质量，清模也困难。

4.5.6 该条规定了清水混凝土模板安装的允许偏差值，分为大体积清水混凝土模板和现浇结构清水混凝土模板两种情况。表中偏差值较JGJ169清水混凝土应用规程更严格。水利水电工程中的房屋建筑清水混凝土执行相关技术标准。

## 4.6 模板拆除

4.6.1 清水混凝土模板的拆除时间和混凝土强度应遵守SL677的规定，除此之外，该条对清水混凝土模板拆除做出了具体规定：制定成品保护措施、承重和边角部位延长拆模时间、不应用重锤敲击模板、应先松开模板间螺栓和拉杆后拆模等措施。

4.6.2 该条对采用直通型穿墙螺栓、三节式螺栓或锥形螺栓内拉支撑的模板，拆除时做出具体规定。拆模后对孔中放入遇水膨胀防水胶条，采用专用模具封堵修饰。三节式螺栓和锥形螺栓形成的孔眼宜采用砂浆封堵，并用专用封孔模具修饰。

4.6.3 该条规定对拆下的模板、支架及配件应及时清理、维修，应采用面对面的插板式存放。存放场地应做好防雨、排水措施。模板存放区应有排水、防水、防潮与防火等措施。

# 5 钢筋工程

5.0.2 钢筋进场时应检验合格后才能使用。钢筋制作前宜利用BIM技术进行深化设计，合理地排出钢筋、垫块及接头位置图，目的是确保钢筋位置、垫块、接头等准确，防止钢筋影响到混凝土的外观。该条要求利用BIM技术深化设计，对提高钢筋的制作质量具有促进作用。

5.0.3 钢筋的规格、型号、间距和连接方式应符合设计要求，这是对钢筋制作的基本要求，也是确保清水混凝土外观质量符合规定。钢筋的主要机械性能及接头检验可执行SL677附录B的相关规定。

5.0.4 钢筋保护层厚度是影响清水混凝土质量的主要因素之一，厚度不足对外观质量影响较大，因此，该条要求严格控制保护层的厚度。

5.0.5 双排钢筋间距宜采用钢筋拉钩或同强度混凝土支撑条进行控制，钢筋拉钩按照梅花形布置，其间距宜为0.5m~1.0m，该条主要是满足钢筋间距要求。

5.0.6 钢筋保护层垫块本身的强度、颜色是影响清水混凝土外观质量的因素，本条对垫层的布置和颜色做出了具体的规定。混凝土垫层数量要充足，其间距宜为0.5m~1.0m。

5.0.7 钢筋绑扎材料是影响清水混凝土外观的因素之一，条文中没有具体规定，但建议采用无锈绑扎铅丝。每个交叉点应绑扎牢固，扎扣及尾端应朝向构件截面内侧，可以减少铅丝对外观的不利影响。

5.0.8 饰面清水混凝土螺栓与钢筋发生冲突时，宜遵循钢筋避让对拉螺栓的原则。这样可以确保螺栓孔排列整齐，但对钢筋应采取相应的加强措施，确保受力钢筋满足设计要求。

# 6 混凝土工程

## 6.1 一般规定

6.1.1 混凝土材料应符合下列规定：

2 对清水混凝土使用水泥的厂家、品种、强度等级、颜色及外加剂等做出具体规定，以满足清水混凝土要求。

3 对粗骨料的各项指标做出具体规定，并满足粗骨料规范的要求，具体指标遵循SL677-2014第5.3.6条的规定。

4 对细骨料的各项指标做出具体规定，遵循SL677-2014第5.3.5条的规定。

6.1.2 配合比设计应符合下列规定：

2 清水混凝土外观颜色十分重要，在配合比设计时就要通过原材料的选择、试验室试配、浇筑样板等来确定适宜的混凝土配合比。

6.1.3 拌和与运输应符合下列规定：

1 混凝土拌和应符合下列规定：

1）清水混凝土拌和能力要满足混凝土施工要求，原材料准备充足，要确保拌制的混凝土能连续施工，确保不间断。

2）适当延长混凝土搅拌时间，可提高混凝土拌和物的匀质性和稳定性，对清水混凝土特别重要，延长时间的规定值来源于多个工程实践。

3）控制坍落度的损失值可减少现场二次掺拌，确保混凝土的匀质性和稳定性。

2 混凝土运输应符合下列规定：

1）为保证清水混凝土质量，混凝土拌和物运输采用专用运输车，且车辆数量应满足连续浇筑要求。

2）选择清水混凝土入仓设备应能满足浇筑要求。

3 预拌混凝土运输应符合有关规范规定。

6.1.4 温度控制应符合下列规定

1 混凝土温度控制措施应符合以下规定:

1）混凝土浇筑的分缝、分块、分层是为了满足温度控制要求，与此同时，要确保外观图案及色差能满足清水混凝土要求。

2）清水混凝土覆盖养护是关键措施之一，可以防止气温发生骤降对混凝土的伤害。

3）该条主要是从原材料、配合比方面进行优化，有利于减少混凝土的水化热，防止产生裂缝，确保清水混凝土质量。对于大体积水工混凝土来说，该条十分重要，大体积混凝土易开裂是工程施工的难点，使用低水化热水泥是减少或消除混凝土裂缝的有效措施之一。

2 高温条件下的温度控制宜采取下列措施:

1）编制清水混凝土专项施工方案是确保高温条件下施工质量的重要措施。

2）早晚和夜间时段浇筑混凝土是为了避免高温、减小温差，是确保混凝土质量的重要措施。

3）采取搭盖凉棚、喷洒水雾降温（细骨料除外）等措施，可以有效控制原材料温度。

4）在运输过程采取隔热遮阳措施，缩短运输及卸料时间，可以减少混凝土熟料的升温。入仓后应及时进行平仓振捣，加快覆盖速度，缩短混凝土暴露时间，是避免高温的有效措施。

5）浇筑后的混凝土及时洒水养护，也是控制温度的有效措施。

3 低温条件下的温度控制宜采取下列措施：

1）编制清水混凝土专项施工方案是确保低温条件下施工质量的重要措施。

2）根据我国不同地区的气候条件制定相应的低温条件下蓄热方法。国内外低温季节混凝土施工气温标准执行SL677-2014第9.1.1条条文说明表6的相关规定。

3）对掺入混凝土中防冻剂的控制措施。

4）低温时期混凝土施工的保温措施。

## 6.2 混凝土浇筑（结构缝、施工缝）

6.2.1 混凝土浇筑前清仓，对模板进行保洁是浇筑清水混凝土基本要求，较之一般混凝土要求更高。

6.2.2 控制混凝土浇筑厚度可以确保浇筑层间振捣密实。严格控制分层间歇时间，防止出现冷缝，保证清水混凝土外露面质量。

6.2.3 本条是强调混凝土振捣质量，混凝土振捣参数应通过现场试验确定。

6.2.4 钢筋保护层厚度是是影响清水混凝土外观质量的因素之一，浇筑清水混凝土过程中防止踩踏钢筋，确保钢筋保护层不发生变化，有变形的钢筋应及时纠正。

6.2.5 本条针对水利水电工程常见的特殊外形混凝土结构制定的要求：

1 圆弧面是水利水电工程中常见结构外形，为保证清水混凝土外观质量，应加强圆弧面混凝土的振捣，主要是沿圆弧面周边控制振捣点间距，防止漏振。

2 溢流面混凝土按设计要求配制，振捣要求高于普通混凝土。要按照溢流面特殊外形制作专用模板，并采用可靠的支撑体系。

3 扭面混凝土要做好分段工作，具体分段位置宜通过试验确定。坡比大的扭面段混凝土采用双面模板浇筑，混凝土满足强度要求后可以拆模，但拆模的同时要及时回填扭面混凝土后背土，起到对扭曲面混凝土挡墙的支撑作用，防止扭面混凝土开裂。两段接头施工缝要采取凿毛处理措施。

4 反拱混凝土浇筑之前要做好基坑的排水，满足干地浇筑混凝土要求。浇筑过程中要采取措施，防止反拱混凝土钢筋受到踩踏变位。无上表面模板的反拱混凝土浇筑后要及时抹平、收光，并采取防止踩踏措施。

6.2.6 结构缝、施工缝

1 结构缝、施工缝设置要求应符合下列规定：

1）结构缝位置应与设计要求一致。

2）留置施工缝应满足清水混凝土外观要求，浇筑混凝土前应规划好，其位置应与变形缝、蝉缝、螺栓孔位置相协调。

3）该条是对施工缝进行处理，确保修补颜色相同，施工缝线条顺直，满足外观设计要求。

2 结构缝、施工缝的施工应符合下列规定

1）结构缝模板断开处应采取相应的密封措施，防止结构缝漏浆，确保结构处混凝土浇筑质量。

2）施工缝留置位置应满足清水混凝土外观要求。水平施工缝处理除了满足一般施工缝要求外，还要进行仔细处理，确保外观满足要求。

## 6.3 混凝土养护、保护与表面处理

6.3.1 混凝土养护应符合下列规定：

1 混凝土拆模后及时采取塑料布覆盖保湿养护措施是为了防止混凝土脱水产生裂缝，确保混凝土表面始终呈湿润状态。

2 混凝土养护时间按设计要求执行，不宜少于28d，这是SL677的规定，清水混凝土养护与普通混凝土养护相同，并不存在差别。

3 不得使用对混凝土有污染的养护材料，主要是确保外观质量。

4 对同一视觉范围内的清水混凝土应采用相同的养护措施，以保证混凝土表面色泽均衡，该条同样是外观质量的保证措施。

6.3.2 混凝土保护应符合下列规定：

1 后续施工工序对已完清水混凝土容易造成损伤或污染前面工序所完成的混凝土成品，施工过程中应采取可靠保护措施。

2 这是具体的保护措施，可以有效保护清水混凝土成品。

3 拆除模板是施工的难点，极易对已完混凝土造成损伤，应采取可靠保护措施，同时控制拆模时间和程序，防止因时间控制不准或操作不当造成混凝土板面、棱角和线条等损伤。

4 后续工序施工时严禁随意剔凿成品清水混凝土表面，这是对已完清水混凝土的保护措施。

6.3.3 混凝土表面处理应符合下列规定：

1 应在养护完毕后去除混凝土表面附着的污染物或印迹，这是清水混凝土基本要求。

2 模板拆除后进行对拉螺栓孔眼封堵处理。封堵材料的颜色要与清水混凝土一致，封堵的孔眼直径、孔眼深度和颜色也要保持一致。封堵材料宜采用与混凝土颜色相同的水泥砂浆，采用专用的封孔模具修饰。

3 混凝土成品缺陷部位修补以后，应及时用塑料薄膜覆盖保湿养护，确保修补后的表面不与主体产生分层、脱皮或开裂，并应在修补部位的水泥浆或砂浆硬化之后，用细砂纸打磨光洁，并用水冲洗干净，保证修补后的部位应无明显可见的修补痕迹。这是对修补部位的质量控制，确保修补符合要求。

4 混凝土成品表面细粒污染物可采用细砂纸打磨清除，但要确保修补的效果符合清水混凝土要求。

# 7 质量检验与评定

## 7.1 质量检验

7.1.1 清水混凝土质量控制应遵守的规范及下列要求：

1 混凝土坍落度检查应符合以下规定：

1）坝体、墩、墙等大体积混凝土按照时间间隔进行检查。

2）梁、板、柱混凝土以车次为单位进行检查。

2 钢筋质量检查应符合以下规定：

1）混凝土外露面钢筋保护层厚度是影响清水混凝土外观质量的关键因素。偏差值应符合设计要求，且不大于3mm，这是工程实践得出的结论。

2）钢筋绑扎铅丝头也是影响清水混凝土的因素之一，施工期间应全部进行检查，且确保铅丝头位于混凝土内侧。

3 外观质量要求应符合下列规定：

1）该条是对清水混凝土的外观质量检查的规定，对缺陷的处理方法及验收要求。

2）外观检查和处理方法。

3）对外观质量检查的要求及记录要求。

7.1.2 混凝土外观质量与检验方法以表格形式列出。清水混凝土与普通混凝土最大区别就是外观，该表是对清水混凝土外观质量进行检验的要求和方法，检查结果分为两种情况，即“合格”与“不合格”。

7.1.3 混凝土结构偏差质量要求应符合下列规定：

1 对已经出现的一般缺陷规定了处理方法。

2 清水混凝土结构允许偏差与检查方法以表格形式列出。检查结果分为两种情况，即“合格”与“不合格”。

## 7.2 质量评定

7.2.1 该条规定了清水混凝土的评定应执行的两项标准，清水混凝土质量等级的评定与普通混凝土要求一致。

7.2.2 表7.1.2、表7.1.3作为是否达到清水混凝土标准的依据。当“清水混凝土外观质量”和“清水混凝土结构偏差”均达到“合格”标准，则为清水（饰面或装饰）混凝土；当“清水混凝土外观质量”和“清水混凝土结构偏差”未同时达到“合格”标准，则是普通混凝土，按照普能混凝土验收。