

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 4184—2021

清水混凝土应用技术规程

Technical specification for application of fair-faced concrete

2021-12-31 发布

2022-06-01 实施

目 次

前言 错误!未定义书签。

1 范围 错误!未定义书签。

2 规范性引用文件 错误!未定义书签。

3 术语和定义 2

4 基本规定 3

5 设计 3

 5.1 建筑设计 错误!未定义书签。

 5.2 结构设计 错误!未定义书签。

6 模板工程 4

 6.1 模板选择 4

 6.2 模板设计 5

 6.3 模板制作 6

 6.4 脱模剂 6

 6.5 模板安装 6

 6.6 模板拆除与维护 7

7 钢筋工程 7

8 混凝土工程 8

 8.1 混凝土原材料 8

 8.2 配合比和性能指标 9

 8.3 生产和运输 9

 8.4 泵送、浇筑和运输 10

 8.5 养护 11

9 成品保护 12

 9.1 模板成品保护 12

 9.2 钢筋成品保护 12

 9.3 混凝土成品保护 12

10 质量验收 12

 10.1 混凝土原材料 12

 10.2 模板 13

 10.3 钢筋 15

 10.4 清水混凝土实体 16

附录 A（规范性） 粉体原材料外观图像采集和分析方法 18

附录 B（规范性） 清水混凝土外观质量图像采集和评价方法 19

附录 C（规范性） 微生物抗泛碱剂 22

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅提出。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅归口。

本文件起草单位：东南大学、江苏新筑同创土木工程有限公司、江苏建宇建设集团有限公司、中电建铁路建设投资集团有限公司、江苏奥莱特新材料股份有限公司。

本文件主要起草人：钱春香、郑春扬、蒋亚清、芮雅峰、张永胜、郭景强、李伟、王成、管民良、龚斌文、李进、麻秀星、韩向朝、潘毅。

清水混凝土应用技术规程

1 范围

为规范清水混凝土应用，保证工程质量，特制定本规程。

本规程适用于新建和改扩建房屋建筑、市政和轨道交通等工程。

清水混凝土的设计、制备、施工与质量验收，除应执行本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
GB/T 50214 组合钢模板技术规范
GB/T 17656 混凝土模板用胶合板
GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB 8076 混凝土外加剂
GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
GB/T 23439 混凝土膨胀剂
GB 15193.3 食品安全国家标准 急性经口毒性试验
GB/T 21603 化学品 急性经口毒性试验方法
GB/T 1863 氧化铁颜料
GB/T 20785 氧化铬绿颜料
GB/T 14902 预拌混凝土
GB/T 5950 建筑材料与非金属矿产品白度测量方法
GB/T 5451 农药可湿性粉剂润湿性测定方法
GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
GB/T 9142 混凝土搅拌机
GB/T 17626 电磁兼容 试验和测量技术
JGJ/T 74 建筑工程大模板技术标准
JGJ 96 钢框胶合板模板技术规程
JGJ 169 清水混凝土应用技术规程
JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JC/T 539 混凝土和砂浆用颜料及其试验方法
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规范
JGJ 1 装配式混凝土结构技术规程

JG/T 335 混凝土结构防护用成膜型涂料
 JG/T 337 混凝土结构防护用渗透型涂料
 JC/T 949 混凝土制品用脱模剂
 JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
 JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
 JG/T 3033 试验用砂浆搅拌机
 CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求
 CH/Z 3005 低空数字航空摄影规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

清水混凝土 fair-faced concrete

直接利用混凝土成型后的自然质感作为饰面效果的混凝土。

3.2

普通清水混凝土 normal fair-faced concrete

表面无明显气孔和色差，对饰面效果无特殊要求的清水混凝土。

3.3

饰面清水混凝土 decorative fair-faced concrete

表面颜色基本一致，无明显气孔，对拉螺栓孔眼、明缝、蝉缝、假眼等规律排列，以自然质感为饰面效果的混凝土。

3.4

装饰清水混凝土 architectural concrete

表面装饰图案或镶嵌装饰片的清水混凝土。

3.5

彩色清水混凝土 colored fair-faced concrete

具有特定外观颜色的清水混凝土。

3.6

抗泛碱剂 anti-efflorescence agent

用于抑制混凝土泛碱的外加剂。

3.7

清水混凝土设计颜色 designed color of fair-faced concrete

清水混凝土的预期外观颜色。

3.8

外观颜色偏离度 deviation degree of appearance color

清水混凝土外观图像各像素点灰度值与设计颜色的色卡图像灰度值的偏离程度。

3.9

自比色差标准差 standard deviation of self-comparison chromatic aberration

外观图像全部像素点灰度值的标准差。

3.10

粉体原材料色差 chromatic aberration of powdered materials

粉体原材料的自比色差标准差。

4 基本规定

- 4.1.1 清水混凝土分为普通清水混凝土、饰面清水混凝土、装饰清水混凝土和彩色清水混凝土。
- 4.1.2 清水混凝土工程应进行全过程质量控制。同一工程、饰面效果要求相同的清水混凝土，原材料和施工工艺应保持一致。
- 4.1.3 防裂、防渗、防污染等措施不应影响混凝土饰面效果。
- 4.1.4 处于潮湿环境或干湿交替环境的混凝土，应选用非碱活性骨料，掺加抗泛碱剂。
- 4.1.5 清水混凝土工程应在上一道施工工序质量验收合格后再进行下一道施工工序。应建立各施工工序自检和交接管理制度，对施工操作和管理人员逐级进行详细施工技术交底。
- 4.1.6 清水混凝土关键工序应编制施工指南，并在实施过程中进一步优化。
- 4.1.7 清水混凝土施工前应做样板。

5 设计

5.1 建筑设计

- 5.1.1 清水混凝土建筑设计应确定清水混凝土类型及应用范围。清水混凝土构件尺寸宜标准化和模数化。
- 5.1.2 对于饰面清水混凝土和装饰清水混凝土，应绘制详图，确定明缝、蝉缝、对拉螺栓孔眼、装饰图案和装饰片等的形状、位置和尺寸。
- 5.1.3 清水混凝土施工缝宜与明缝位置一致。
- 5.1.4 对影响清水混凝土饰面效果的预留预埋部位，应出具设计文件。

5.2 结构设计

- 5.2.1 清水混凝土结构的环境分类按表 5.2.1 的规定执行。

表 5.2.1 清水混凝土结构的环境分类

环境类别		条 件
一		室内干燥环境
二	a	室内潮湿环境；非寒冷地区的露天环境；非寒冷地区与非侵蚀性水或土壤直接接触环境
	b	干湿交替环境；水位频繁变动环境；寒冷地区的露天环境

- 5.2.2 清水混凝土强度等级应符合下列规定：
 - a) 清水混凝土强度等级不宜低于 C30；
 - b) 相邻结构的清水混凝土强度等级应一致。
- 5.2.3 对于不同服役环境的清水混凝土结构，其纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度应符合表 5.2.3 的规定，允许偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定，且不应出现负值。

表 5.2.3 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度

设计使用年限	100年			50年		
	强度等级	保护层最小厚度 (mm)	偏差	强度等级	保护层最小厚度 (mm)	偏差

环境作用等级								
板、墙 等面形 构件	一		≥C30	25	+10, 0	≥C30	25	+10, 0
	二	a	C35	35	+10, 0	≥C30	30	+10, 0
			≥C40	30				
		b	C45	40	+10, 0	C45	35	+10, 0
≥C50	35	≥C50	30					
梁、柱 等条形 构件	一		C30	35	+8, 0	≥C30	25	+8, 0
			≥C35	30				
	二	a	C35	40	+8, 0	C30	35	+8, 0
			≥C40	35		≥C35	30	
		b	C45	45	+8, 0	C45	40	+8, 0
≥C50	40	≥C50	35					

- 5.2.4 预应力清水混凝土的钢筋保护层厚度宜在表 4.2.3 的规定值基础上增加 5mm。
- 5.2.5 当采用后浇带分段浇筑混凝土时，后浇带施工缝宜设在明缝处，且后浇带宽度宜为相邻两条明缝的间距。

6 模板工程

6.1 模板选择

- 6.1.1 模板体系应根据设计文件、施工技术要求和施工工艺等要求进行专项设计。模板可采用钢模、木模等，模板面板可采用不锈钢板、带装饰纹理木板等，强度、刚度和周转应满足施工要求，且加工性能好。
- 6.1.2 模板选型可参考表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 清水混凝土模板选型表

序号	模板类型	清水混凝土分类		
		普通清水混凝土	饰面/彩色清水混凝土	装饰清水混凝土
1	木梁胶合板模板	√	√	√
2	铝梁胶合板模板		√	√
3	木框胶合板模板	√		√
4	钢框胶合板模板（包边）	√		√
5	钢框胶合板模板（不包边）		√	√
6	全钢大模板	√	√	√
7	全钢不锈钢贴面模板		√	√
8	全钢不锈钢装饰模板			√
9	50mm 厚木板模板			√
10	铸铝装饰内衬模板			√
11	胶合板装饰模板			√
12	玻璃钢模板	√	√	√
13	塑料模板	√	√	√

- 6.1.3 模板面板选材需兼顾面板材料的吸水性、清水混凝土饰面效果影响程度等因素，可参考表 6.1.3。

表 6.1.3 清水混凝土模板面板选材表

面板材料	吸水性能	混凝土饰面效果	注意事项
------	------	---------	------

原木板材，表面不封漆	吸水性 面板	粗糙模板纹理	色差大，有斑纹
锯木板材，表面不封漆		粗糙模板纹理，暗色调	多次使用后，纹理和吸水性会减退
表面刨平の木板材		平滑模板纹理，暗色调	多次使用后，纹理和吸水性会减退
普通胶合板或松木板	弱吸水性 面板	粗糙木板纹理，暗色调	多次使用后，纹理和吸水性会减退
表面封漆的平木板		平滑木板纹理，深色调	多次使用后，纹理和吸水性会减退
木制光面、多层板、三合板		平滑木板纹理	多次使用后，纹理和吸水性会减退
压实处理的三合板		平滑表面，没有纹理	面层不均匀性和覆膜色调差异
覆膜多层板	非吸水性 面板	平滑发亮的混凝土表面	/
平面塑料板材		根据设计选择制作	/
塑料、塑胶、聚氨酯内衬膜		平滑表面	混凝土表面易形成气孔和石状 纹理
玻璃钢			混凝土表面易形成气孔和石状纹理 甚至锈痕
金属模板			

6.1.4 模板骨架材料可采用标准型材、木梁、钢木组合梁、铝梁等材料，应顺直、规格一致，应有足够的强度、刚度，满足受力要求。

6.1.5 模板之间的连接可采用模板夹具、螺栓等连接件。

6.1.6 对拉螺栓的规格、品种应根据混凝土侧压力、墙体防水、人防要求和模板面板等情况选用，且应有足够强度。无特殊要求的墙体宜选用通丝型对拉螺栓与相匹配的套管及套管堵头，有防水和人防等要求的墙体宜选用三节式对拉螺栓，三节式螺栓的锥接头与模板面板接触端宜采用塑料套保护，保证混凝土表面效果。

6.1.7 对拉螺栓套管及堵头应根据对拉螺栓的直径确定，可选用塑料、橡胶、尼龙等材料。套管应满足强度要求，堵头不变形，易于拆卸，不应损坏清水混凝土表面。

6.1.8 明缝条可选用硬木、铝合金、塑料等材料，截面宜为梯形。

6.1.9 清水混凝土模板除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《组合钢模板技术规范》GB/T 50214、《混凝土模板用胶合板》GB/T 17656 和现行行业标准《建筑工程大模板技术标准》JGJ/T 74、《钢框胶合板模板技术规程》JGJ 96 的规定。

6.2 模板设计

6.2.1 板分块设计应满足饰面设计要求。当饰面无具体要求时，模板分块应符合下列规定：

- 外墙模板分块宜以轴线或门窗口中线为对称中心线，内墙模板分块宜以墙中线为对称中心线；
- 外墙模板上下接缝位置宜设于明缝处，明缝宜设置在楼层标高、窗台标高、窗过梁梁底标高、框架梁梁底标高、窗间墙边线或其他分格线位置处；
- 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；
- 梁、板构件底、侧模板分块宜以构件中线为对称中心线，对称、均匀布置；侧模板水平接缝位置应在同一标高，竖向接缝应与梁底分缝贯通布置。

6.2.2 单块模板的面板分割设计应与蝉缝、明缝等清水混凝土饰面效果一致。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

- 墙模板的分割应依据墙面的长度、高度、门窗洞口的尺寸、梁的位置和模板的配置高度、位置等确定，所形成的蝉缝、明缝水平方向应交圈，竖向应顺直有规律；
- 当模板接高时，拼缝不宜错缝排列，横缝应在同一标高位置；
- 群柱竖缝方向宜一致。当矩形柱较大时，其竖缝宜设置在柱中心。柱模板横缝宜从楼面标高开始向上均匀布置，余数宜放在柱顶；
- 水平模板排列设计应均匀对称、横平竖直；对于弧形平面宜沿径向辐射布置；

- e) 装饰清水混凝土内衬模板面板分割应保证装饰图案的连续性、施工的易操作性；
- f) 应根据市场现有模板尺寸情况选取分割尺寸，钢模板面板分割缝一般竖向布置，同一块模板上的面板分割缝一般对称均匀布置。

6.2.3 模板设计除应符合本规程规定，尚应符合现行行业标准《建筑工程大模板技术标准》JGJ/T 74、《钢框胶合板模板技术规程》JGJ 96 和《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 的规定。

6.3 模板制作

6.3.1 模板应按照加工设计图和工艺文件进行制作，控制加工精度，模板表面应平整、方正，拼缝严密。

6.3.2 模板龙骨不宜有接头，确需接头时主龙骨数量不应超过主龙骨总数的 50%。

6.3.3 木模板材料应干燥，切口宜刨光。

6.3.4 金属模板制作应符合下列规定：

- a) 金属模板周边加工应采用铣边工艺，确保模板面板拼接和连接严密；
- b) 面板宜经抛光处理，对已抛光的钢模板表面，应及时涂刷脱模剂进行保护；
- c) 模板组拼、焊接后的变形应进行校正。

6.3.5 模板加工后宜预拼，对模板平整度、外形尺寸、相邻板面高低差以及对拉螺栓组合情况等进行检查，校核后应对模板进行编号。

6.3.6 模板应置于平整场地堆放，避免变形和污染，若发生变形破损应及时更换。

6.4 脱模剂

6.4.1 脱模剂应符合下列要求：

- a) 同一工程使用的脱模剂应为同一厂家、同一品种；
- b) 脱模剂不应引起混凝土表面起粉和产生气泡，不改变混凝土表面颜色，且不污染或锈蚀模板；
- c) 脱模剂应具有改善混凝土表面质量的功能，且容易脱模、涂刷方便、保护模板光洁、易干燥、抗雨淋和便于用后清理；
- d) 脱模剂的选用应考虑模板的种类、混凝土表面效果设计要求和现场施工条件；
- e) 脱模剂在模板表面的接触角宜不低于 75° 。

6.4.2 脱模剂的施工应符合下列要求：

- a) 施工前应对模板表面质量进行检查，确认表面质量符合要求后方可施工，与混凝土接触的模板内表面不应有任何污渍；
- b) 脱模剂的施工可采用喷涂或刷涂，涂层应薄而均匀，无漏涂、无挂流；
- c) 涂完脱模剂的模板宜采取覆盖措施防止板面污染；
- d) 涂过脱模剂的模板遇雨淋或其他因素失效后必须补涂；
- e) 脱模剂施工时必须避免涂在钢筋或预埋件上。

6.5 模板安装

6.5.1 模板安装前，应进行下列工作：

- a) 检查面板清洁度；
- b) 清点模板和配件的型号、数量；
- c) 核对明缝、蝉缝、装饰图案的位置；
- d) 检查模板内侧附件连接情况，附件连接应牢固；
- e) 复核基层上内外模板控制线和标高。

6.5.2 模板安装应符合设计要求，位置准确、稳定牢固，接缝严密，不应存在漏浆缝隙。

- 6.5.3 模板安装时，配板应确保清水混凝土表面蝉缝呈规律性排列，模板应遵循先下后上的原则，按顺序逐一安装。
- 6.5.4 对拉螺栓安装应位置准确，紧固对拉螺栓时应使模板受力均匀，不得使模板产生局部变形。
- 6.5.5 模板安装就位后，应对接缝缝隙及连接部位采取密封措施。
- 6.5.6 合模前应清理干净模板内部杂物。
- 6.5.7 模板安装后，应对模板面板和边角采取保护措施。

6.6 模板拆除与维护

6.6.1 模板拆除应符合下列规定：

- a) 应适当延长带模养护时间，确保混凝土有足够强度，拆模过程不损伤混凝土表面及棱角；
- b) 拆模时混凝土温度不宜过高，应避免混凝土表面接触空气时降温过快产生开裂。大风或温度急剧变化天气不宜拆模，炎热或干燥季节，拆模同时应及时覆膜养护；
- c) 拆除顺序应按模板设计要求进行。

6.6.2 模板维护应符合下列要求：

- a) 拆除或转运时，应慢起轻放，尽量减少面板与其他材料的摩擦、碰撞；
- b) 拆除后，应及时清理面板上残渣和污物，涂刷脱模剂，变形面板应及时修复或更换；
- c) 模板堆放时，应注意保护面板，严禁面板接触地面；
- d) 模板存放时，应采取必要的防潮、防晒措施，防止模板变形、锈蚀或其他损伤。

6.6.3 模板拆除与维护除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和现行行业标准《建筑工程大模板技术规程》JGJ 74、《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 的规定。

7 钢筋工程

7.1.1 钢筋品种、规格、型号、连接方式应符合设计要求，连接方式不应影响保护层厚度。

7.1.2 钢筋原材料及半成品、成品均应表面清洁、无浮锈，存放应上盖下垫，避免造成钢筋锈蚀或污染。

7.1.3 钢筋设计时，应根据清水混凝土饰面效果对螺栓孔位的要求确定。

7.1.4 钢筋加工时，应注意叠放位置和穿插顺序；应注意钢筋接头形式、接头位置、搭接长度、锚固长度对钢筋绑扎的影响；通长钢筋应注意端头弯钩方向，保证钢筋总长度、钢筋位置和保护层厚度符合设计规定。

7.1.5 钢筋安装时，应兼顾预应力筋位置与钢筋保护层厚度。

7.1.6 钢筋绑扎材料宜选用 20#~22# 无锈绑扎钢丝；每个钢筋交叉点均应绑扎，绑扎钢丝不得少于两圈，扎扣和扎丝尾端应朝向构件截面内侧。

7.1.7 不宜在已搭设的模板上进行焊接施工，必须现场焊接时，应对模板做好保护措施，以免损伤、污染模板。

7.1.8 定位钢筋的端头应涂刷防锈漆，并应套上与混凝土颜色接近的护套。

7.1.9 钢筋安装后，应校正钢筋尺寸，避免触碰模板和对拉螺栓，做好防雨雪冲淋、防污染、防变形等措施。

7.1.10 钢筋垫块应有足够的强度、刚度，颜色应与清水混凝土外观颜色接近，宜呈梅花形布置，减小与模板的接触面积，同一部位垫块形状、尺寸应保持一致，布置均匀、间距一致。

7.1.11 当纵向受力钢筋保护层厚度大于 50mm 时，宜采取有效的防裂构造措施，当层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋保护层厚度不应小于 25mm。

8 混凝土工程

8.1 混凝土原材料

- 8.1.1 应选用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、白色硅酸盐水泥或彩色硅酸盐水泥。
- 8.1.2 同一清水混凝土工程的水泥宜为同一厂家、同一品种、同一强度等级。
- 8.1.3 宜选用低碱且试配混凝土初始含气量不大于 3% 的水泥。
- 8.1.4 同批次水泥自比色差标准差宜小于 6，同一视域清水混凝土用不同批次水泥自比色差标准差偏差宜小于 0.5。
- 8.1.5 水泥标准稠度用水量不宜大于 28%，比表面积宜控制在 $300\text{m}^2/\text{kg} \sim 350\text{m}^2/\text{kg}$ ，烧失量不宜大于 3.0%。
- 8.1.6 矿物掺合料宜选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉，同一工程用同一类矿物掺合料宜为同一厂家、同一品种、同一等级。
- 8.1.7 同批次粉煤灰或粒化高炉矿渣粉自比色差标准差宜小于 6，同一视域清水混凝土用不同批次矿物掺合料自比色差标准差偏差宜小于 0.5。
- 8.1.8 宜采用 I 级或 II 级粉煤灰，并符合下列规定：
- 选用 II 级粉煤灰时，烧失量不宜大于 5.0%；
 - 掺用粉煤灰的试配混凝土初始含气量不宜大于 3.0%；
 - 其他性能指标应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定。
- 8.1.9 粒化高炉矿渣粉宜采用 S95 级，并符合下列规定：
- 比表面积宜为 $400\text{m}^2/\text{kg} \sim 500\text{m}^2/\text{kg}$ ；
 - 掺用粒化高炉矿渣粉的试配混凝土初始含气量不宜大于 3.0%；
 - 其他性能指标应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定。
- 8.1.10 当同时掺加符合 7.1.8 和 7.1.9 规定的粉煤灰和粒化高炉矿渣粉时，复合矿物掺合料的自比色差标准差宜小于 6，同一视域清水混凝土用不同批次矿物掺合料自比色差标准差偏差宜小于 0.5。
- 8.1.11 当掺用其他矿物掺合料时，应符合现行相关标准规定，并经过充分试验验证，确定满足清水混凝土要求后使用。
- 8.1.12 同一工程宜选用同一料源和岩石种类的粗骨料，性能指标应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。
- 8.1.13 粗骨料颜色应基本一致，表面应洁净。
- 8.1.14 表观密度宜为 $2600\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2800\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- 8.1.15 粗骨料宜为 5mm~25mm 连续级配。
- 8.1.16 同一工程宜选用同一料源的河砂，性能指标应符合现行国家标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。当使用人工砂时，应充分进行试验验证，确定满足清水混凝土要求后使用。
- 8.1.17 宜选级配 II 区的中砂，细度模数宜为 2.4~2.8。
- 8.1.18 同一工程应选用同一厂家、同一品种的外加剂，性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定，膨胀剂应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB/T 23439 的规定。
- 8.1.19 严禁使用含有氯盐、硫酸盐的早强剂。
- 8.1.20 宜采用聚羧酸系高性能减水剂，减水率应大于 25%。
- 8.1.21 处于二-b 类环境的清水混凝土，宜掺加三萜皂甙类引气剂，以提高混凝土抗冻性能。
- 8.1.22 同批次膨胀剂自比色差标准差宜小于 6，同一视域清水混凝土用不同批次膨胀剂自比色差标准

差偏差宜小于 0.5。

8.1.23 外加剂不应影响混凝土颜色，不应促进泛碱现象的产生。

8.1.24 掺用外加剂的试配清水混凝土初始含气量不宜大于 3.0%；清水混凝土需控制含气量时，宜选用聚醚类消泡剂。

8.1.25 抗泛碱剂分为基于微生物矿化的微生物抗泛碱剂和其他抑制泛碱作用的抗泛碱剂。同一工程使用的抗泛碱剂应为同一类型、同一厂家。

8.1.26 微生物抗泛碱剂不应影响混凝土颜色，同批次抗泛碱剂自比色差标准差宜小于 6，同一视域清水混凝土用不同批次抗泛碱剂自比色差标准差偏差宜小于 0.5。

8.1.27 微生物抗泛碱剂其他指标应符合附录 C 的规定。

8.1.28 其他类型抗泛碱剂的使用应充分进行试验验证，在确定满足清水混凝土要求后使用。

8.1.29 同一工程使用的颜料应为同一品种、同一厂家、同一规格。

8.1.30 颜料应符合现行国家标准《氧化铁颜料》GB/T 1863、《氧化铬绿颜料》GB/T 20785 和现行行业标准《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T 539 的规定。

8.1.31 同批次颜料自比色差标准差宜小于 6，同一视域清水混凝土用不同批次颜料自比色差标准差偏差宜小于 0.5。

8.1.32 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

8.2 配合比与性能指标

8.2.1 配合比设计时应考虑混凝土颜色，同一视域清水混凝土颜色应一致。同一构件自比色差标准差宜不大于 2.4，外观颜色偏离度宜不大于 6，不同构件自比色差标准差偏差宜不大于 0.5。

8.2.2 混凝土配合设计时应符合下列规定：

- a) 固体原材料密度差宜不大于 1000kg/m³，且原材料间不应发生会产生气泡的化学反应；
- b) 应根据工程服役环境，对抗碳化、抗冻害进行验证；

8.2.3 处于二-b 类环境的清水混凝土，宜先消泡再引气，含气量不宜大于 3.0%。

8.2.4 按设计要求确定清水混凝土外观颜色在 RAL 色卡中的色号，并据此选材、试配，制作清水混凝土样板，按附录 B 进行气孔和色差评级。清水混凝土与所选色卡的外观颜色偏离度不宜大于 6，气孔质量宜达到 P-I 级或 P-II 级，气孔分布宜达到 P-A 级或 P-B 级，色差的质量宜达到 C-I 级或 C-II 级，色差分布宜达到 C-A 级或 C-B 级。

8.2.5 清水混凝土拌合物性能除应符合《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定外，尚应符合下列规定：

- a) 拌合物颜色应均匀一致，无可见色差；
- b) 入模坍落度宜为 160mm~200mm；
- c) 泌水率宜控制在 5.0%~10.0%；
- d) 初始含气量不宜大于 3.0%；
- e) 初凝、终凝时间应满足现场施工要求。

8.3 生产与运输

8.3.1 混凝土原材料进场和贮存应符合下列规定：

- a) 原材料进场时，供方应按规定批次向需方提供质量证明文件，包括型式检验报告、出厂检验报告与合格证等；
- b) 水泥、掺合料等胶凝材料宜采用独立、专用的储备仓；
- c) 水泥、掺合料应按品种、等级、生产厂家等分别入库，并采取防雨、防尘等措施；
- d) 骨料应按料源、品种、规格等分别堆存在可排水硬质地面，并采取遮雨、防晒、防尘等措施；
- e) 外加剂、抗泛碱剂、颜料应按品种、生产厂家分别贮存，贮存容器和管道不宜采用铁质材料，

并有遮雨、防尘、防晒和防冻等措施。液态外加剂使用前应搅拌均匀；

f) 现场原材料应有明确标识，标明材料名称、品种、生产厂家、生产日期、进场时间、有效期。

8.3.2 混凝土生产时，原材料计量应采用检定合格的电子自动计量设备，严格按施工配合比进行准确称量，计量偏差应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

8.3.3 清水混凝土生产应符合下列规定：

- a) 宜采用专用生产线，不宜与其他品种混凝土交替生产；
- b) 搅拌时间宜延长 20~30s，确保拌和均匀；
- c) 水泥入机温度不宜大于 55℃；
- d) 混凝土出机口温度高于 30℃时，宜采取加冰降低拌合水温度、风冷骨料等措施进行温度控制；当混凝土出机口温度低于 5℃时，宜采用不高于 60℃的拌合水、骨料预热等措施进行温度控制；
- e) 抗泛碱剂与颜料应与水泥等一同投入搅拌机，并拌和均匀；
- f) 生产不同颜色混凝土前，应将搅拌机清洗干净。

8.3.4 拌合物性能应符合 7.2.4 的规定。

8.3.5 清水混凝土拌合物的运输应符合下列规定：

- a) 宜采用专用搅拌运输车，装料前容器内应清洁、无积水；
- b) 运输车应采取防冻、防晒等措施；
- c) 运输过程应防止发生分层、离析等，严禁添加配合比以外的水或外加剂；
- d) 泵送施工时，运输能力应保证混凝土连续泵送，运输时间不宜超过 90min。

8.4 泵送、浇筑和振捣

8.4.1 混凝土泵送按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10 执行。

8.4.2 混凝土浇筑除应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定外，尚应符合下列规定：

- a) 清水混凝土浇筑前应先清理接触混凝土一侧的模板表面，保持模板表面清洁、无积水；
- b) 入模时拌合物颜色应均匀，无明显色差；
- c) 预留预埋件和钢筋过密处，应预先制定浇筑方案；
- d) 同一区域混凝土的浇筑宜先竖向结构后水平结构，连续进行，分层厚度不宜超过 500mm，前后两次浇筑间隔时间严禁超过混凝土初凝时间；
- e) 墙、柱浇筑，在根部宜先铺设厚度 30mm~50mm 同配合比水泥砂浆，再浇筑混凝土；
- f) 门窗洞口混凝土浇筑，应从洞口两侧对称下料、同时浇筑，避免窗模偏位或压力不均匀产生变形；
- g) 混凝土强度等级有差异的构件交接部位，应在交界区域采取分隔措施；分隔措施应牢固可靠，防止不同强度等级混凝土相互流淌，分隔位置应符合设计要求；
- h) 后浇带清水混凝土浇筑前，应先剔除施工缝处松动石子或浮浆层，并清理干净；
- i) 雨季施工应制定相应防护及排水措施，严禁暴雨时浇筑混凝土。

8.4.3 混凝土振捣应符合以下规定：

- a) 应采用机械振捣；
- b) 采用振捣棒振捣时，宜采用二次振捣法，振捣时做到“快插慢拔”，每次插入振捣的时间宜为 20s~25s，频率宜为 10000 次/min~12000 次/min，幅度宜为 1.0mm~1.2mm，并以混凝土不再显著下沉、不出现气泡，表面不泛出灰浆为准；
- c) 混凝土振点应从中间开始向边缘分布，且布棒均匀，层层搭扣，遍布浇筑各部位，并应随浇筑连续进行，且插入下层混凝土的深度宜为 50mm~100mm；

- d) 振捣时不得碰撞钢筋、模板、预埋件和止水带等；振捣棒移位间距不宜超过振动半径 1.5 倍，与侧模保持 50mm~100mm 距离；
- e) 门窗洞口混凝土振捣时，振动棒距洞边不宜小于 300mm，宜从两侧同时振捣；
- f) 预应力混凝土预制梁、板宜采用附着式振捣器并辅以插入式振捣器方式振捣。

8.5 养护

8.5.1 当环境温度不低于 5℃时，混凝土终凝后先带模淋水养护，上表面覆盖或喷雾保湿养护；当环境温度低于 5℃时，不宜采用洒水自然养护方式，可采用表面覆盖塑料薄膜、阻燃草帘等保温、保湿、防风养护。养护用水应洁净、养护用覆盖物不得掉色。

8.5.2 当环境温度不低于 5℃时，养护时间宜达到 24h 或强度超过 10MPa 后拆模；当环境温度低于 5℃时，养护时间宜达到 48h 或强度超过 10MPa 后拆模。拆模后应立即对新暴露表面采取养护措施，同一视域清水混凝土养护措施应相同。

8.5.3 混凝土芯部与表面、表面与环境温差均不宜大于 20℃，当预测温差过大时，应合理设计混凝土配合比，控制绝热温升，混凝土表面采取保温、防晒、保湿等养护措施。养护水与混凝土表面温差宜大于 15℃。

8.5.4 现浇清水混凝土养护时长不宜小于 14d。

8.5.5 预制清水混凝土制品蒸汽养护应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定，掺微生物抗泛碱剂清水混凝土不宜采用蒸汽养护。

8.5.6 局部不符合外观设计要求时应进行修补，编制专门处理方案并制作样板验证后实施。

8.5.7 修补可采用以下工艺：

- a) 外观气孔处理：采用与原混凝土同配比减砂石的水泥浆刮补墙面，待硬化后，用细砂纸均匀打磨，用水冲洗洁净；
- b) 螺栓孔眼处理：清理螺栓孔眼表面，将原堵头放回孔中，采用专用刮刀取界面剂稀释液调制同配比减石子水泥砂浆刮平周边混凝土面，待砂浆终凝后擦拭混凝土表面浮浆，取出堵头，喷水养护；界面剂应符合现行行业标准《混凝土界面处理剂》JC/T 907 的规定；
- c) 漏浆部位处理：清理混凝土表面松动的砂，用刮刀取界面剂、颜料、水调制成水泥腻子，颜色与混凝土基本相同，抹于漏浆部位，刮至表面平整。待腻子终凝后用砂纸打磨至阳角顺直，平面一致，喷水养护；
- d) 明缝处胀模、错台处理：用铲刀铲平，打磨后用水泥浆修复平整；明缝处拉通线，切割超出部分；对明缝上下阳角损坏部位先清理浮渣和松动混凝土；再用界面剂、颜料、砂和水调制颜色与混凝土基本相同的砂浆，将明缝条平直嵌入明缝内，将砂浆填补到处理部位，用刮刀压实刮平，待砂浆终凝后，取出明缝条，及时清理被污染混凝土表面，喷水养护；
- e) 螺栓孔的封堵：采用三节式螺栓时，中间一节螺栓留在混凝土内，两端的锥形接头拆除后用补偿收缩防水水泥砂浆封堵，并用专用封孔模具修饰，使修补的孔眼直径、孔眼深度与其他孔眼一致，并喷水养护；采用通丝型对拉螺栓时，螺栓孔用补偿收缩水泥砂浆和专用模具封堵，取出堵头后，喷水养护。

9 成品保护

9.1 模板成品保护

9.1.1 模板面板应采取防护措施，防止污染或损坏；堆放和运输过程中模板边角应采取保护措施。

9.1.2 模板应堆放在专用场地，并采取排水、防水、防潮、防锈、防火等措施。大模板堆放场地宜设置模板插架，采用面对面插板式存放，模板上不得堆放重物。

9.1.3 清水混凝土木质模板面板切口处应涂刷封边漆，螺栓孔眼处应有保护垫圈。

9.1.4 吊装过程中应采取隔离防护措施，防止钢筋、钢管脚手架等损伤模板面板，避免绳索等损坏模板边角。

9.2 钢筋成品保护

9.2.1 钢筋半成品应分类摆放、及时使用，存放环境应干燥、清洁；露天堆放时应有防雨雪措施，预留插筋及墙体钢筋应有临时防雨雪措施。

9.2.2 对于钢筋、垫块、预埋件等，浇筑前应对其位置进行复核，浇筑时不应对其位置造成影响，且安排专人看护。

9.2.3 主筋采用直螺纹连接时，丝头应带好保护帽。

9.2.4 脱模剂不得涂刷在钢筋上。

9.3 混凝土成品保护

9.3.1 清水混凝土浇筑完成后，清水墙、柱水平施工缝处宜采取截水引流措施，保护新浇清水混凝土。

9.3.2 底模内混凝土满足强度要求后方可拆模；拆模前应先拆卸对拉螺栓的两端配件再拆模，模板应轻拆轻放；拆模时不得碰撞混凝土表面。

9.3.3 拆模后应对易磕碰的阳角部位采用多层板、塑料等硬质材料进行保护。严禁随意剔凿成品清水混凝土表面，确需剔凿时，应制定专项施工方案。

9.3.4 拆模后应及时封堵螺栓孔，封堵应密实、平整、规则，整体观感符合设计要求。

9.3.5 挂架、脚手架、吊篮等与成品清水混凝土表面接触时，应使用垫衬保护。

9.3.6 清水混凝土成品应挂设明显保护标识，防止人为涂抹、乱写、乱画。

9.3.7 清水混凝土表面应喷涂透明保护涂料，涂料应符合现行行业标准《混凝土结构防护用成膜型涂料》JG/T 335、《混凝土结构防护用渗透型涂料》JG/T 337 的规定。

9.3.8 保护涂料施工应按产品说明书要求执行，同一视域涂料及施工工艺应一致。

9.3.9 刚施工的涂层，应确保 5h 内不受雨淋、强风和日光曝晒。

10 质量验收

10.1 混凝土原材料

10.1.1 水泥、矿物掺合料、颜料等粉体原材料验收应符合现行国家有关标准规定。粉体原材料色差检验按照本规程附录 A 的规定执行。同批次水泥、矿物掺合料、颜料等粉体原材料色差应符合本规程 8.1 节的规定。

检查数量：按同一厂家、同一品种、同一强度等级、同一批号连续进场的水泥，袋装不超过 200t 为一批，散装不超过 500t 为一批，每批抽样不应少于一次；按同一厂家、同一品种、同一批号连续进场的矿物掺合料，粉煤灰不超过 200t 为一批，粒化高炉矿渣粉和复合掺合料不超过 500t 为一批，每批抽样不应少于一次；按同一厂家、同一品种、同一批号连续进场的颜料，不超过 5t 为一批，每批抽样不应少于一次。

检验方法：检验质量证明文件和抽样检查报告。

10.1.2 粗、细骨料、外加剂和水的验收应符合现行国家相关标准规定，固体原材料密度差应符合本规程 8.2 节的规定。

检查数量：粗、细骨料取样按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定执行；外加剂取样按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定执行；水取样按现行国家标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定执行。

检验方法：抽样检查报告。

10.1.3 抗泛碱剂进场时，应提供质量检验证明文件，包括出厂检验报告、型式检验报告和合格证等；性能检测和指标要求按附录 C 执行。

检查数量：粗、细骨料取样按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定执行；外加剂取样按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定执行；水取样按现行国家标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定执行。

检验方法：抽样检查报告。

10.2 模板

10.2.1 模板验收应符合现行国家有关标准规定。模板制作尺寸允许偏差与检验方法应符合表 9.2.1 的规定。

检查数量：全数检查。

表10.2.1 清水混凝土模板制作尺寸允许偏差与检验方法

项 目	允许偏差 (mm)		检验方法
	普通/装饰清水混凝土	饰面/彩色清水混凝土	
模板高度	±2	±2	尺量
模板宽度	±1	±1	尺量
整块模板对角线	≤3	≤3	塞尺、尺量
单块板面对角线	≤3	≤2	塞尺、尺量
板面平整度	3	2	2m 靠尺、塞尺
边肋平直度	2	2	2m 靠尺、塞尺
相邻面板拼缝高低差	≤1.0	≤0.5	平尺、塞尺
相邻面板拼缝间隙	≤0.8	≤0.8	塞尺、尺量
连接孔中心距	±1	±1	游标长尺
边框连接孔与板面距离	±0.5	±0.5	游标卡尺

10.2.2 柱头模板组拼尺寸允许偏差与检验方法应符合表 10.2.2 的规定。

检查数量：全数检查。

表10.2.3 柱头模板组拼尺寸允许偏差与检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
模板标高	+3, 0	尺量
立面垂直度	2	用 2m 垂直检测尺检查
平面平整度	2	2m 靠尺，塞尺量
模内阴角方正	2	直角检测尺检查
柱头模板与柱表面缝隙	1	塞尺量

10.2.3 梁、顶板模板组拼尺寸允许偏差与检验方法应符合表 9.3.3 的规定。

检查数量：全数检查。

表10.2.3 梁、顶板模板组拼尺寸允许偏差与检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
梁底模板标高	+3, 0	尺量

模板宽度	± 1	尺量
模板平整度	2	2m 靠尺, 塞尺量
边肋平直度	2	2m 靠尺, 塞尺量
相邻面板拼缝高度差	≤ 1	平尺或塞尺量
相邻面板拼缝间隙	≤ 1	塞尺量
连接孔中心距	± 1	游标卡尺量

10.2.4 拼装式大模板组拼尺寸允许偏差与检验方法应符合表 10.2.4 的规定。

检查数量: 全数检查。

表10.2.4 拼装式大模板组拼尺寸允许偏差与检验方法

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
模板标高	+1、-2	尺量
模板宽度	± 2	尺量
相邻面板拼缝高低差	≤ 0.5	平尺、塞尺
模板平整度	2	2m 靠尺, 塞尺量
相邻面板拼缝高度差	≤ 0.8	平尺或塞尺量
相邻面板拼缝间隙	≤ 0.8	塞尺量

10.2.5 模板安装尺寸允许偏差与检验方法应符合表 10.2.5 的规定。

检查数量: 全数检查。

表10.2.5 清水混凝土模板安装尺寸允许偏差与检验方法

项 目		允许偏差 (mm)		检验方法
		普通/装饰清水混凝土	饰面/彩色清水混凝土	
轴线位移	墙、柱、梁	4	3	尺量
截面尺寸	墙、柱、梁	± 4	± 3	尺量
标高		± 5	± 3	水准仪、尺量
相邻板面高低差		3	2	尺量
模板垂直高度	不大于 5m	4	3	经纬仪、线坠 尺量
	大于 5m	6	5	
表面平整度		3	2	塞尺、尺量
阴阳角	方正	3	2	方尺、塞尺
	顺直	3	2	线尺
预留洞口	中心线位移	8	6	拉线、尺量
	孔洞尺寸	+8, 0	+4, 0	
预埋件、管、螺栓	中心线位移	3	2	拉线、尺量
门窗洞口	中心线位移	8	5	拉线、尺量
	宽、高	± 6	± 4	
	对角线	8	6	

10.2.6 脱模剂进场时, 应按规定批次验收出厂检验报告、型式检验报告。性能指标应符合《混凝土制品用脱模剂》JC/T 949 的规定。

检查数量: 按同一厂家、同一品种、同一批号连续进场的脱模剂, 不超过 2t 为一批, 每批抽样不应少于 3 次。

检验方法: 检验质量证明文件和抽样检查报告。

10.2.7 模板安装后,板面应干净,无变形,脱模剂应涂刷均匀、无流坠。浇筑清水混凝土前,脱模剂应无污染、无漏刷。模板间的拼缝应平整、严密,模板支撑应设置正确、连接牢固。

检查数量:全数检查。

检查方法:观察。

10.3 钢筋

10.3.1 钢筋验收应符合现行国家相关标准规定。钢筋加工允许偏差与检验方法应符合表 10.3.1 的规定。

检验数量:同一设备加工的同一类型钢筋,每工作班抽查 10%,且不应少于 3 件。

表10.3.1 钢筋加工允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差(mm)	检验方法
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10	尺量
弯起钢筋的弯折位置	±15	尺量
箍筋内净尺寸	-3、+2	尺量

10.3.2 钢筋应平直、无损伤,钢筋表面不得有裂纹、起皮、油污、颗粒状或片状老锈等;钢筋保护层垫块颜色应与混凝土表面颜色接近,位置、间距应准确;钢筋绑扎钢丝扎扣和尾端应弯向构件截面内侧。

检查数量:全数检查。

检查方法:观察。

10.3.3 钢筋安装允许偏差和检验方法应符合表 10.3.3 规定。

检查数量:在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的 10%,且不应少于 3 件;对墙、板,应按有代表性的自然间(段)抽查 10%,且不应少于 3 间(段);对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度 5 米左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查 10%,且均不应少于 3 面。

表10.3.3 钢筋安装允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	检验方法
绑扎钢筋网	长、宽	±10
	网眼尺寸	±20
绑扎钢筋骨架	长	±10
	宽、高	±5
纵向受力钢筋	间距	±10
	排距	±5
	锚固长度	-20
箍筋间距		±10
横向钢筋、分布钢筋间距		±10
钢筋起弯点位置		±15
预埋件	中心线位置	5
	水平高差	+3, 0

10.4 清水混凝土实体

主控项目

10.4.1 清水混凝土实体外观质量验收应符合表 10.4.1 的规定。

检查数量:同一类型梁、柱等条形构件,宜以 100 件为一批,不足 100 件的按一批次计,每批应抽查构件数量的 10%,且不应少于 5 件;同一类型墙、板等面形构件,宜以 1000m²为一批,不足 1000m²

时按一批次计，每批应抽查构件面积的 10%，且不应少于 50m²。

表10.4.1 清水混凝土外观质量控制与检验方法

项目	普通/装饰清水混凝土	饰面/彩色清水混凝土	检查方法
颜色	无明显色差	无明显色差，色差质量宜达到 C-I 或 C-II 级，色差分布宜达到 C-A 或 C-B 级	距混凝土 5m 处观察/按附录 B 执行，检查色差检验报告
气孔	气孔分散、细小、数量少	气孔质量宜达到 P-I 或 P-II 级，气孔分布宜达到 P-A 或 P-B 级，且深度不大于 2mm	尺量/按附录 B 执行，检查气孔检验报告
裂缝	宽度应小于 0.2mm	表面裂缝宽度应小于 0.15mm，且单条长度不应大于 1000mm	尺量/按附录 B 执行，检查裂缝分析报告
光洁度	无漏浆、流淌及冲刷痕迹	无漏浆、流淌及冲刷痕迹，无油迹、墨迹及锈斑，无粉化物	观察
对拉螺栓孔眼	/	排列整齐，孔洞封堵密实，凹孔棱角清晰圆滑	观察/尺量
明缝	/	位置规律、整齐，深度一致，水平交圈	观察/尺量

一般项目

10.4.2 有蝉缝或经修补的清水混凝土验收应符合表 10.4.2 的规定。

检查数量：同一类型梁、柱等条形构件，宜以 100 件为一批，不足 100 件的按一批次计，每批应抽查构件数量的 10%，且不应少于 5 件；同一类型墙、板等面形构件，宜以 1000m²为一批，不足 1000m²时按一批次计，每批应抽查构件面积的 10%，且不应少于 50m²。

表10.4.2 清水混凝土外观质量验收与检查方法

项目	普通/装饰清水混凝土	饰面/彩色清水混凝土	检查方法
修补	少量修补痕迹	基本无修补痕迹	距混凝土 5m 处观察
蝉缝	/	横平竖直，水平交圈，竖向成线	观察/尺量

10.4.3 清水混凝土结构尺寸偏差验收应符合表 10.4.3 的规定。

检查数量：同一类型梁、柱等条形构件，宜以 100 件为一批，不足 100 件的按一批次计，每批应抽查构件数量的 10%，且不应少于 5 件；同一类型墙、板等面形构件，宜以 1000m²为一批，不足 1000m²时按一批次计，每批应抽查构件面积的 10%，且不应少于 50m²。

表10.4.3 清水混凝土外观质量验收与检查方法

项 目		允许偏差（mm）		检查方法
		普通/装饰清水混凝土	饰面/彩色清水混凝土	
轴线位移	柱、墙、梁	6	5	尺量

截面尺寸	柱、墙、梁	± 5	± 3	
标高	层高	± 8	± 5	水准仪、尺量 经纬仪、线坠、尺量 2m 靠尺、塞尺
	全高	± 30	± 30	
垂直度	层高	8	5	
	全高 (H)	$H/1000$, 且 ≤ 30	$H/1000$, 且 ≤ 30	
表面平整度		4	3	
角线顺直		4	3	拉线、尺量
阴阳角	方正	4	3	尺量
	顺直	4	3	
阳台、雨罩位置		± 8	± 5	
明缝直线度		—	3	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线钢尺检查
蝉缝错台		—	2	尺量
蝉缝交圈		—	5	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线钢尺检查
预留洞口	中心线位移	10	8	尺量
	洞口尺寸	+8, -0	+5, -0	
	门窗洞口对角线	4	2	拉线、尺量
预埋设施 中心位移	预埋件	3	2	
	预埋螺栓	5	2	
	预埋管	3	3	尺量

附 录 A

(规范性)

粉体原材料外观图像采集和分析方法

- A. 1. 1 本方法适用于粉体原材料的外观图像采集和分析。
- A. 1. 2 图像采集用设备宜选用轨道式扫描仪或数码相机，且应符合下列规定：
- a) 轨道式扫描仪扫描精度不宜低于300dpi×300dpi，最快扫描速度不宜低于15cm/s；扫描仪应具备扫描图像预览功能，配备自光源并能有效遮蔽外界光；
 - b) 数码相机有效像素不应小于2000万，最小快门时间不应高于1/1000s。
- A. 1. 3 图像采集步骤：
- a) 待测样品制备：粉体原材料待测样品的制备按现行国家标准《建筑材料与非金属矿产品白度测量方法》GB/T 5950执行；
 - b) 外观图像采集：同批次粉体原材料的外观图像采集应使用同一设备；使用数码相机采集图像时，应保持采集高度、环境光照强度、设备参数一定，拍摄方向应垂直于待测样品外表面，待测样品外表面应完全处于拍摄视野内，且拍摄距离不宜大于27cm；使用扫描仪采集图像时，应保持扫描过程的扫描速度一致。
- A. 1. 4 粉体原材料色差计算方法：
- 将图像导入图像分析软件。在软件中编辑灰度标准差公式，公式如1所示，运行软件输出自比色差标准差 S_{rm} 。

$$S_{rm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (G(i,j) - \bar{G})^2}{M \times N}} \dots\dots\dots (1)$$

式中： S_{rm} 为粉体原材料自比色差标准差； M 、 N 分别为粉体原材料灰度图像像素点的总行数和总列数； $G(i,j)$ 为粉体原材料灰度图像各像素点的灰度值； $\bar{G}$ 为全部像素点灰度值平均值。

附录 B

(规范性)

清水混凝土外观质量图像采集和评价方法

- B.1.1 本方法适用于清水混凝土平整表面的外观质量图像采集和评价。
- B.1.2 图像采集用设备宜选用无人机或轨道式扫描仪。
- B.1.3 现场清水混凝土图像采集用无人机宜选用小型四轴飞行器，应包含以下部分：
- 飞行控制系统，用于控制并获取无人机飞行状态；
 - 图像采集装置，用于获取目标区域内目标对象的图像信息；
 - 图像预处理器，避免由焦距、景深等造成的图像失真和变形；
 - 导航装置，与图像采集装置耦合连接，用于获取目标区域的坐标信息；
 - 触发装置，与图像采集装置和导航装置耦合连接，能产生用于触发图像采集装置和导航装置同时工作的触发信号，并将该信号发送至图像采集装置和导航装置；
 - 空管应答机。
- B.1.4 无人机的功能要求应符合现行行业标准《无人机航摄安全作业基本要求》CH/Z 3001和《低空数字航空摄影规范》CH/Z 3005的规定，系统电磁兼容性应符合现行国家标准《电磁兼容 试验和测量技术》GB/T 17626的规定。
- B.1.5 图像采集装置性能指标应符合下列规定：
- 面阵传感器，有效像素大于2000万；
 - 最小快门时间快于1/1000s；
 - 连续工作时间大于2h；
 - 具备电子快门；
 - 机身与镜头之间应固定安装；
 - 具备定点、等时间间隔、等距离间隔曝光控制功能；
 - 能记录曝光时刻影像的经度、纬度、高度、横滚角、俯仰角、航向角等数据，能存储1000个曝光点的以上数据；
 - 图像采集装置可单独配置，也可与飞行控制系统一体化设计。
- B.1.6 无人机操作应符合下列规定：
- 空机重量大于4kg、起飞重量大于7kg的无人机驾驶员需持有无人机驾驶执照飞行；
 - 专机专人负责，不得转借。驾驶员对本人负责的无人机有维修、组装、调试及地勤服务的责任；
 - 驾驶员应熟悉掌握外作业方法、作业注意事项、作业条件、无人机管理、存放取用制度、冲放电制度等标准。
- B.1.7 无人机图像采集步骤：
- 制定航拍方案：作业前应充分了解拍摄区地形地貌、气候条件及重要设施等情况，并进行分析研究，确定飞行区域的空域条件、设备对任务的适应性，制定详细的项目实施方案。
 - 作业前检查：每次作业前应检查设备状态是否正常，按检查内容逐项进行，对直接影响飞行安全的无人机动力系统、电气系统、执行机构以及航路点数据等应重点检查，每项内容应两名操作员同时检查或交叉检查。
 - 调试参数，且调试设置好的参数不得更改。
 - 布设像控点（线）：清水混凝土外观图像采集面宜使用激光打标机布设像控点或激光水平仪布设像控线，上下、左右一对像控点（线）距离不宜大于4m；布设像控点（线）与图像采集交替进行时，每张图像应至少包含2组像控点（线）。
 - 设置标尺：同一构件的外观图像采集区内应至少设置一个精度为0.1mm的标尺。

- f) 图像采集：色卡与实际清水混凝土表面应在相同环境条件下采集；摄像头与清水混凝土表面的垂直距离不宜大于4m；每幅图像采集区域不宜大于5m×5m。

B.1.8 轨道式扫描仪应符合下列规定：

- a) 扫描精度不应低于300dpi×300dpi，最快扫描速度不宜低于15cm/s；
- b) 扫描仪应具备扫描图像预览功能，避免因扫描速度过快、表面平整度过差等原因造成的扫描图像不清晰；
- c) 扫描仪应配备自光源并能有效遮蔽外界光，使扫描图像不受外界光强、光线照射角度等影响。

B.1.9 轨道式扫描仪图像采集步骤：

- a) 将清水混凝土待测表面划分区域，架设扫描轨道；
- b) 选定扫描精度后，按设备要求扫描速度沿轨道依次扫描，扫描过程应保持匀速。

B.1.10 清水混凝土外观图像采集应符合下列规定：

- a) 采集范围：选取构件视野可见区域进行采集，采集区域环境条件应保持一致；
- b) 无人机采集时的环境条件：温度应为-10℃~40℃，环境照度应为5000~20000Lux，光线照射角度应保持一致；风速不应高于5m/s，不应在雨、雪、雾、雷电等天气进行，采集面表面潮湿度不应大于5%；
- c) 扫描仪采集时的环境条件：温度应为10℃~40℃；采集面表面潮湿度不应大于5%。

B.1.11 图像拼接：同一构件，采用图像处理软件在像控点或像控线的区域内选取一条直线，使不同图像中对应的直线重叠以拼接图像，去除重复部分，获得构件全表面展开图像。

B.1.12 尺寸校正：根据标尺，采用图像分析软件对清水混凝土外观图像进行尺寸校正，将清水混凝土实际尺寸值输入代替软件中的图像尺寸。

B.1.13 表面裂缝分析：采用图像分析软件将清水混凝土外观图像二值化处理后读取裂缝最大长度、最大宽度，计算裂缝面积和平均宽度。

B.1.14 气孔分析步骤：

- a) 采用图像分析软件对构件图像进行二值化处理，使气孔与孔壁呈现黑色或白色，提高测量识别度，选择气孔灰度值，区分混凝土与表观气孔，标注表面气孔直径；
- b) 气孔分析：输出统计结果，表面气孔面积率 P 、最大气孔直径 d_{max} ；
- c) 气孔分布标准差计算：将图像均匀划分为5×5份，输出每个子图像的表面气孔面积率后，通过式(2)计算标准差：

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 (P(i,j) - \bar{P})^2}{5 \times 5}} \quad (2)$$

式中： S_p 为外观图像的气孔分布标准差， $P(i,j)$ 为混凝土外观图像第*i*行第*j*列子图像的表面气孔面积率； $\bar{P}$ 为子图像表面气孔面积率的平均值。

- d) 对于同一批次不同构件，选取各构件的最大气孔直径作为本批次构件气孔最大直径 D_{max} ；计算该批次构件表面气孔面积率平均值 P_a 和该批次构件气孔分布标准差的标准差 S_{Pa} 。

$$S_{Pa} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (S_{pj} - \bar{S_p})^2}{n}} \quad (3)$$

式中： S_{Pa} 为*n*个构件的气孔分布标准差的标准差； S_{pj} 为第*j*个构件的外观图像气孔分布标准差； $\bar{S_p}$ 为*n*个构件气孔分布标准差的平均值；*n*为该批次构件抽检个数。

B.1.15 气孔质量评级可按表B.1.15规定进行。

表 B. 1. 15 清水混凝土外观气孔评级

气孔质量	等级	P-I 级	P-II 级	P-III 级
	标准	$D_{\max} \leq 4\text{mm}$ 且 $Pa \leq 0.2\%$	$4\text{mm} < D_{\max} \leq 8\text{mm}$ 且 $Pa \leq 0.2\%$	$D_{\max} > 8\text{mm}$ 或 $Pa > 0.2\%$
气孔分布	等级	P-A 级	P-B 级	P-C 级
	标准	$S_{p0} \leq 0.10$	$0.10 < S_{p0} \leq 0.15$	$S_{p0} > 0.15$

B. 1. 16 色差分析步骤:

- a) 色差计算: 将图像导入图像分析软件, 在软件中编辑灰度标准差公式, 运行后输出计算结果。
自比色差标准差 S_0 和外观颜色偏离度 S_1 计算公式为:

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (G(i,j) - \bar{G})^2}{M \times N}} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (G(i,j) - G_R)^2}{M \times N}} \dots\dots\dots (5)$$

式中: S_0 为混凝土自比色差标准差; S_1 为外观颜色偏离度; M 、 N 分别为混凝土灰度图像像素点的总行数和总列数; $G(i,j)$ 为混凝土灰度图像各像素点的灰度值; $\bar{G}$ 为全部像素点灰度值平均值; G_R 为与混凝土同屏采集的设计颜色色卡图像的灰度值平均值。

- b) 同一批次不同构件, 通过下式计算自比色差标准差的标准差 S_{0a} 和外观颜色偏离度的标准差 S_{1a} , 对清水混凝土外观质量进行评级。

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (G(i,j) - \bar{G})^2}{M \times N}} \dots\dots\dots (6)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (G(i,j) - G_R)^2}{M \times N}} \dots\dots\dots (7)$$

式中: S_{0a} 为 n 个构件的自比色差标准差的标准差; S_{0j} 为第 j 个构件的自比色差标准差; $\bar{S}_0$ 为 n 个构件自比色差标准差的平均值; S_{1a} 为 n 个构件的外观颜色偏离度的标准差; S_{1j} 为第 j 个构件的外观颜色偏离度; $\bar{S}_1$ 为 n 个构件外观颜色偏离度的平均值; n 为该批次构件抽检个数。

B. 1. 17 色差评级按表 B. 1. 17 规定进行。

表 B. 1. 17 清水混凝土外观色差评级

色差质量	等级	C-I 级	C-II 级	C-III 级
	标准	$S_{0a} \leq 1.6$	$1.6 < S_{0a} \leq 2.4$	$S_{0a} > 2.4$
色差分布	等级	C-A 级	C-B 级	C-C 级
	标准	$S_{1a} \leq 4$	$4 < S_{1a} \leq 6$	$S_{1a} > 6$

附 录 C
(规范性)
微生物抗泛碱剂

- C. 1. 1** 使用的菌种应安全有效，不应采用基因工程等手段改造的微生物，不宜使用脲酶水解类微生物。
- C. 1. 2** 抗泛碱试验时，掺微生物抗泛碱剂试验组和基准组配合比应符合以下规定：
- a) 基准砂浆配合比按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671规定执行，水泥：砂：水=1：3：0.5。
 - b) 基准混凝土配合比按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55进行设计；水泥种类及用量：应采用42.5级P·I型硅酸盐水泥，用量为 $330 \pm 5 \text{ kg/m}^3$ ；砂种类及砂率：应采用天然河砂，砂率为36%~40%；水灰比为0.5。
 - c) 微生物抗泛碱剂掺量宜为胶凝材料质量的0.4%~0.8%。掺微生物抗泛碱剂后的水泥基材料，水胶比宜降低0.01~0.03，并通过水泥胶砂强度试验验证，试验方法应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671规定执行；
 - d) 基准砂浆和受检砂浆搅拌、试件制备及养护应符合现行国家相关标准。
- C. 1. 3** 加速泛碱试验方法应符合下列规定：
- a) 加速泛碱试验所用砂浆搅拌机和混凝土搅拌机应符合现行国家标准《试验用砂浆搅拌机》JG/T 3033和《混凝土搅拌机》GB/T 9142的规定。
 - b) 砂浆加速泛碱试验步骤：
 - 1) 试件尺寸宜为 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ ，3块为一组；
 - 2) 砂浆或砂浆制品试件在标准条件下养护7d；
 - 3) 养护完成后将试件置于 $20 \pm 2^\circ \text{C}$ ，半浸水（浸水高度为试件高度一半）、 $2 \sim 3 \text{ m/s}$ 风速下加速泛碱7d。
 - c) 混凝土加速泛碱试验步骤：
 - 1) 试件尺寸宜为 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ，3块为一组；
 - 2) 混凝土试件在标准条件下养护7d；
 - 3) 养护完成后将试件置于 $20 \pm 2^\circ \text{C}$ ，半浸水（浸水高度为试件高度一半）、 $2 \sim 3 \text{ m/s}$ 风速下加速泛碱7d。
- C. 1. 4** 微生物抗泛碱剂性能指标应符合表C. 1. 4的规定。

表 C. 1. 4 微生物抗泛碱剂性能指标

项目		指标	试验方法
外观		无结块	观察
砂浆或混凝土 抗泛碱性能	自比色差标准差	2.4	按 C. 1. 2、C. 1. 3 和附录 B 的规定执行
	外观颜色偏离度	6.0	
润湿时间（s）		≤ 60	按现行国家标准《农药可湿性粉剂润湿性测定方法》GB/T 5451 执行
细度（0.315mm 方孔筛筛余量，%）		≤ 5.0	按现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077 执行
含水率（%）		1.0~3.0	
有害物 质	硫酸根离子含量（%）	≤ 1.0	
	氯离子含量（%）	≤ 0.06	
	总碱量（%）	≤ 0.1	
毒性检验		无毒	按现行国家标准《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》GB 15193.3 执行
毒性剂量 LD50（mg/kg 体重）		> 5000	按现行国家标准《化学品 急性经口毒性试验方法》GB/T 21603 执行

C.1.5 掺微生物抗泛碱剂水泥基材料拌合物性能应符合表C.1.5的规定，配合比按照本规程C.1.2条的规定执行。

表C.1.5 掺微生物抗泛碱剂砂浆拌合物性能

项目	砂浆		混凝土	
	指标	试验方法	指标	试验方法
初凝时间差 ^a （min）	-20～+40	按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70执行	-20～+30	按现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076执行
终凝时间差（min）	-20～+40		-30～+60	
含气量（%）	≤5.0		≤7.0	
a. 凝结时间差中的“－”号表示提前，“＋”号表示延缓。				

C.1.6 掺微生物抗泛碱剂的水泥基材料强度、干燥收缩和抗气体渗透性应符合表C.0.6的规定，配合比按照本规程C.0.2条的规定执行。

表 C.1.6 掺微生物抗泛碱剂的水泥基材料性能要求

项目	砂浆		混凝土	
	指标	试验方法	指标	试验方法
28d 抗压强度比 (%)	≥100.0	按现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 执行	≥100.0	按现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 执行
90d 收缩值比 (%)	≤115.0		≤110.0	