ICS 

点击此处添加中国标准文献分类号

|  |
| --- |
|  |

DB36

江西省地方标准

DB 36/ T —2018

|  |
| --- |
|  |

桥梁工程清水混凝土施工技术规程

Technical Specification for Construction of Fair-faced Concrete Structure of Bridge Engineering in Jiangxi Provine

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
|  |

2018 - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

江西省质量技术监督局   发布

目  次

[前言 II](#_Toc497225436)

[引言 III](#_Toc497225437)

[1 范围 1](#_Toc497225438)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc497225439)

[3 术语和定义 2](#_Toc497225440)

[4 基本规定 3](#_Toc497225451)

[5 模板工程 3](#_Toc497225462)

[6 钢筋工程 8](#_Toc497225471)

[7 混凝土工程 10](#_Toc497225475)

[8 混凝土施工缝的留设与施工 15](#_Toc497225483)

[9 混凝土成品保护 16](#_Toc497225486)

[10 混凝土成品修补与表面保护涂料施工 16](#_Toc497225496)

[11 混凝土质量验收标准 17](#_Toc497225499)

[附　录　A （资料性附录） 清水混凝土模板用脱模剂选用一览表 19](#_Toc497225503)

[附　录　B （资料性附录） 清水混凝土常用透明保护涂料品种与特点 20](#_Toc497225504)

[条文说明 21](#_Toc497225505)

前  言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准由江西省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：江西省高速公路投资集团有限责任公司、武汉理工大学、江西省交通科学研究院、中交第二公路工程局有限公司、中交第二航务工程局有限公司、中交路桥华南工程有限公司、中铁二十三局集团第一工程有限公司、中铁大桥局集团有限公司、中铁一局集团有限公司。

本标准主要起草人：江祥林、薛志辉、李北星、王运金、何伟兵、尹夏明、费伦林、刘礼辉、刘卫华、蒋王清、李娟燕、胡 星、张 钊、徐 刚、张 羽、潘学忠、曾长栋、赵云峰。

引  言

为推动江西省桥梁工程清水混凝土技术发展，规范清水混凝土的设计与施工过程中的质量控制，统一技术要求及质量验收标准，结合江西省公路桥梁工程建设实际，制定本标准。

本标准是在进行广泛调查研究、收集和分析资料，认真总结国内外桥梁工程清水混凝土质量控制技术与验收标准的研究成果、实践经验，以国家现行有关标准为依据，进行了必要的试验，在广泛征求意见基础上制定的。

在本标准执行过程中，希望各单位结合桥梁工清水混凝土应用实践，认真总结经验，注意积累资料，随时将有关意见和建议反馈给江西省交通运输厅。

本标准由江西省交通运输厅归口并负责解释（地址：南昌市红谷滩新区红角洲片区卧龙路1号）。

桥梁工程清水混凝土施工技术规程

1. 范围

本标准规定了桥梁工程清水混凝土的模板工程、钢筋工程与混凝土工程的材料选择、设计与施工工艺的技术要求，以及混凝土成品保护、表面修补与保护涂料施工、质量验收标准等。

本标准适用于江西省公路、市政桥梁工程清水混凝土结构施工质量的控制与验收。工业与民用建筑工程清水混凝土结构可参考本标准执行。

1. 规范性引用文件

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

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 1499.1 钢筋混凝土用钢第1部分：热轧光圆钢筋

GB 1499.2 钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋

GB 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 5224 预应力混凝土钢绞线

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 9142 混凝土搅拌机

GB/T 14902 预拌混凝土

GB/T 17656 混凝土模板用胶合板

GB 18046 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂

GB/T 30190 石灰石粉混凝土

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准

GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50164 混凝土质量控制标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50214 组合钢模板技术规程

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范

GB 50496 大体积混凝土施工规范

JTG E 30 公路工程水泥及混凝土试验规程

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG/T F 50 公路桥涵施工技术规范

JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

JTG/T B07–01 公路工程混凝土结构防腐蚀技术规程

JTS 202–1 水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程

JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程

JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ 74 建筑工程大模板技术规程

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

JG/T 188 混凝土节水保湿养护膜

JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。



清水混凝土 Fair-faced concrete

直接利用混凝土成型后的的本色和自身质感作为装饰效果的混凝土。按其表面质感分为普通清水混凝土和饰面清水混凝土。



普通清水混凝土 Ordinary fair-faced concrete

表面颜色无明显色差，对饰面效果无特殊要求，表现混凝土的自然质朴、平整光滑、色泽协调美观和浑然天成的清水混凝土，其外观质量明显优于普通混凝土。



饰面清水混凝土 Decorative fair-faced concrete

表面颜色基本一致，且呈现有规律排列的对拉螺栓孔眼、明缝、禅缝，不仅表现混凝土本身的自然质感、色泽均匀美观，而且外观整齐美观、细部精致的清水混凝土。



清水混凝土模板面板 Surface panel of formwork for fair-faced concrete

模板体系中与新浇混凝土直接接触，承受混凝土侧压力且能满足清水混凝土质量要求和外观效果的承力板。



内衬板 Sheathing Surface panel

设置在模板内表面，用于改善混凝土表面成型质量的衬板材料。



对拉螺栓孔眼 Eyelet of tie rod

对拉螺栓在混凝土表面形成的有规则排列，对清水混凝土起装饰效果的凹印或孔洞。



明缝 Visible joint

凹入混凝土表面有一定深度与宽度的分隔缝或装饰线，设计整齐、均匀的明缝是清水混凝土装饰效果的组成部分之一。



禅缝 Trace of assembling panel joint

模板面板拼缝在混凝土表面留下的整齐、均匀、细小的印迹，是对清水混凝土表面起装饰效果的组成部分之一。



线外试验 Off-line experiment

清水混凝土正式施工前，用以检验混凝土配合比及其拌合物性能、模板体系和施工工艺，以及作为混凝土成品修补和质量验收的参照物而在实体工程外现场进行的清水混凝土样板构件试验。



首件工程 First article

清水混凝土大面积施工或批量生产前，在实体工程中现浇的首件工程或制作的首个实体构件，用以验证和完善清水混凝土正式施工方案，以及作为清水混凝土成品质量检验和示范的参照物。

1. 基本规定
   1. 本标准对桥梁工程清水混凝土的外观质量要求均指外露面。
   2. 桥梁结构工程清水混凝土的强度等级不宜低于C30。
   3. 处于潮湿环境和干湿交替环境的清水混凝土应选用非碱活性骨料，同时还应控制混凝土中的碱含量。
   4. 桥梁工程清水混凝土施工应进行全过程质量控制。对于相同饰面效果的面层清水混凝土，其材料和施工工艺应保持一致。
   5. 清水混凝土施工必须编制专项施工方案，并在实施过程中进一步优化提高。
   6. 清水混凝土工程应建立各项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。
   7. 清水混凝土工程所用模板宜使用钢模板或覆膜木胶合板作面板材料。
   8. 清水混凝土施工前，应先进行线外试验，并通过首件工程进行示范。
   9. 清水混凝土的质量检验评定，应包括混凝土强度、耐久性、裂缝、钢筋的保护层厚度、外观质量。
   10. 桥梁工程清水混凝土的施工与质量验收，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。
2. 模板工程
   1. 一般规定
      1. 用于清水混凝土的模板除应满足本规程的规定外，还应符合现行标准GB 50204、GB 50214、GB/T 17656、JTG/T F 50、JGJ 74、JGJ 96等的相关规定。
      2. 模板体系材料的选用应符合下列规定：
3. 模板面板材料可选择钢模板或覆膜木胶合板，并应满足强度、刚度和周转使用要求，且加工性能好, 抵抗变形的能力强；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。
4. 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。
5. 模板支撑材料可采用钢管、型钢等材料，应有足够的强度、刚度，且满足整体稳定性要求；
6. 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；
7. 对拉螺栓套管及堵头应根据对拉螺栓的直径进行确定，可选用塑料、橡胶、尼龙等材料；
8. 明缝条材质可选用硬木、铝合金、塑料、不锈钢等材料，截面形式宜为梯形；
9. 模板内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。
   * 1. 模板的设计应满足清水混凝土饰面效果的设计要求。
     2. 同一工程中同类构件宜采用同种面板材料。
   1. 模板设计
      1. 应根据清水混凝土外观质量要求、施工方法、施工流水段划分、模板周转次数等要求确定模板类型和对拉螺栓的类型，可参照表1的类型选择，对模板周转次数要求高的工程(一般应达到20次以上)，宜选用全钢大模板。
10. 清水混凝土模板类型选择

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 清水混凝土类型 | 可供采用的模板类型 |
| 1 | 普通清水混凝土 | 木梁木胶合板模板、钢框胶合板模板、木框胶合板模板、全钢大模板、组合钢模板 |
| 2 | 饰面清水混凝土 | 木梁木胶合板模板、钢框胶合板模板、全钢大模板、不锈钢或PVC板等贴面模板 |

* + 1. 清水混凝土模板设计应包括以下主要内容：

1. 模板结构设计和模板加工图设计；
2. 模板的平面配模设计、面板分割设计和对拉螺栓排布设计；
3. 模板面板的拼缝和相邻模板接缝的构造密封或材料密封设计；
4. 节点设计详图和设计说明。
   * 1. 清水混凝土模板结构设计应符合下列规定：
5. 对模板应进行详尽精确的设计，使其能表现清水混凝土表面质感，满足清水混凝土工程的几何尺寸的精度要求，同时符合经济性与合理性的原则；
6. 模板结构设计宜构造简单、支撑牢固、安拆方便，尺寸标准化，尽量减少模板拼缝且应拼缝严密；
7. 对于多跨简支或连续的桥梁，应采用定型组合钢面板模板，面板厚不宜小于6mm、模板背楞间距不宜大于30cm；
8. 液压爬模、移动模架、挂篮悬臂浇筑、预制梁板构件等施工工艺的清水混凝土，应进行专业设计和计算，模板及支架应具有足够的强度、刚度和稳定性，且应满足饰面效果要求。
   * 1. 清水混凝土模板配板设计、模板分块、面板分割设计应符合下列规定：
9. 在起重荷载允许的范围内，模板的分块应定型化、整体化、模数化和通用化，按大模板工艺进行配模设计；
10. 模板分割所形成的禅缝、明缝水平方向应交圈，竖向应顺直有规律；
11. 梁、板构件底、侧模板分块宜以结构中线为对称中心线，对称、均匀布置；侧模板上下接缝位置宜设于明缝或其他分割线位置；
12. 当模板接高时，拼缝不宜错缝排列，横缝应在同一标高位置；
13. 柱模不宜出现竖向拼缝，无法避免时，竖向拼缝宜对称。圆柱模板的两道竖缝应设于轴向位置，群墩竖缝方向应一致。方形柱、矩形柱模板一般不设竖缝，当墩柱宽度较大时，其竖缝宜设置在墩宽中心位置；
14. 墩柱模板横缝应从墩底标高开始向上作均匀布置，余数宜设在墩顶；
15. 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；
16. 阴角部位应配置阴角模，角模面板之间宜斜口连接；
17. 阳角部位宜两面模板之间直接搭接。
    * 1. 饰面清水混凝土模板面板的拼缝、装饰线条与对拉螺栓孔排布设计应符合下列规定：
18. 应对模板面板拼缝进行设计，并绘制排板图，对于饰面清水混凝土和普通清水混凝土，拼缝应使混凝土饰面形成线宽分别不大于0.5mm和1mm，且水平交圈、竖向垂直有规律的装饰性线条。
19. 模板面板的拼缝和相邻模板支模接缝处，应进行节点的构造密封或材料密封设计。
20. 模板面板缝宜设置在肋处，无肋处接缝处应有防止漏浆措施；
21. 模板面板的钉眼、焊缝等部位的处理不应影响混凝土饰面效果；
22. 对拉螺栓孔的排布应达到规律性和对称性的装饰效果。
    * 1. 对拉螺栓的节点构造应符合下列规定：
23. 有自防水要求的清水混凝土构件的对拉螺栓应采用带有止水板的三节式穿墙锥体螺栓，中间加海绵垫圈防止漏浆。锥体对拉螺栓两侧加设竖龙骨，可用对其他竖龙骨进行微调的方法来保证板面平整；
24. 非自防水清水混凝土构件宜采用可循环使用的直通型对拉螺栓，在截面内的螺栓应加塑料套管，两端附加锥形塑料堵头和海绵垫圈。
    1. 模板体系的材质要求
       1. 钢木结构大模板体系应符合下列规定：
25. 模板面板应质地坚硬、表面平整光洁、色泽一致、厚薄均匀，并有足够的刚度，遇水膨胀率低于0.5mm；
26. 模板面板应无裂纹和龟纹，表面覆膜应层厚均匀、平整光滑、耐磨性好；宜采用厚度15mm以上，表面覆膜质量不应小于120g/m2的多层木胶合板；
27. 模板面板应具有均匀的透气性、吸水性，良好的耐水性和阻燃性能，且重复利用次数高；
28. 次龙骨应外观顺直、规格一致；宜采用木梁、钢木组合梁、铝梁等龙骨，长度方向表面用2m 靠尺检查误差不超过2mm；
29. 背楞可采用φ48mm×3.6mm的钢管或8#槽钢。
    * 1. 钢框木胶合板大模板体系应符合下列规定：
30. 覆膜木胶合板的性能要求应与钢木模板体系中的膜板面板基本相同，但耐磨性应优于前者，按泰柏法测定应不小于 300 转；
31. 钢框应保证模板的侧向刚度，宜采用热轧型钢，材质不宜低于Q235；
32. 模板的中间肋可选用40mm×60mm×3mm的焊接方管或43mm×3mm的扁钢焊接在模板边框上，焊缝应平整光滑。
    * 1. 全钢大模板体系应符合下列规定：
33. 全钢大模板所用钢材材质不宜低于Q235，对于不同使用条件的受力构件，所选用的材质由设计确定；
34. 全钢大模板宜采用厚度不小于6mm厚的钢板做面板，表面应平整、光滑、清洁。
35. 模板竖背楞可采用8#槽钢，横背楞可采用10#槽钢；
    * 1. 对拉螺栓应符合下列规定：
36. 对拉螺栓的最小直径应满足承载力要求，宜采用辊压螺栓。同一工程宜采用同一规格的螺栓；
37. 宜选用锥型接头连接的三节式对拉螺栓，亦可采用可循环使用的直通型对拉螺栓。选用后者时，应作好拆模后的对拉螺栓孔眼的防水处理。
    1. 模板制作
       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。模板面板间拼缝应严密、平整且无错台。
       2. 钢模板模板制作应符合下列规定：
38. 钢模板周边加工应采用铣边工艺，确保模板面板拼接和模板连接严密；
39. 对饰面清水混凝土的钢模板，面板宜经抛光处理。对已经抛光处理的钢模板表面，应及时涂刷防水涂料；
40. 模板组拼组焊应采用合理的焊接顺序和方法。组拼焊接后的变形应进行校正；
41. 钢模板出厂前应按设计要求做好背面的底漆、面漆，以免因模板锈蚀污染混凝土面。
    * 1. 木胶合板模板制作应符合下列规定：
42. 木模板加工时，龙骨之间、龙骨与面板之间、相邻面板之间的侧面接触面应刨平刨直，接触应严密；
43. 面板开孔应有可靠的工艺措施，保证孔周边整齐和面膜无裂纹，不得损坏胶合板层间的粘结；
44. 面板的切边和孔壁应采用封边漆密封以防止受潮膨胀，且对拉螺栓孔宜采用孔塞保护；
45. 模板龙骨不宜有接头，当确需接头时，有接头的主龙骨数量不应超过主龙骨总数量的50%，且接头部位必须错开；
46. 木胶合板面板与龙骨的连接，可采用面板背面加设角码及自攻螺钉反钉连接的方式；也可采用沉头螺钉、抽芯拉铆钉正钉连接，钉头沉进板面1～2mm，并用铁腻子将钉眼凹坑补平，待干燥后在钉眼位置喷清漆，以免在混凝土表面留下痕迹。
    * 1. 模板在加工完成后或安装前宜进行预拼装，并对其面板平整度、阴阳角、相邻面板高低差及对拉螺栓的组合安装进行校核，经组拼合格的模板应在背面进行编号。
      2. 清水混凝土模板制作尺寸按其对模板制作质量影响的重要程度分为主控项目和一般项目，各项目的允许偏差和检验方法应符合表2和表3要求。
47. 清水混凝土模板制作主控项目允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 允许偏差（mm) | | 检验方法 |
| 普通清水混凝土 | 饰面清水混凝土 |
| 1 | 模板宽度 | ±1 | ±1 | 卷尺量 |
| 2 | 板面平整度 | ≤3 | ≤2 | 2m靠尺及塞尺量 |
| 3 | 相邻面板拼缝高低差 | ≤1 | ≤0.5 | 平尺及塞尺量 |
| 4 | 相邻面板拼缝间隙 | ≤0.8 | ≤0.8 | 塞尺量 |
| 5 | 预留孔中心线位移 | ±1 | ±1 | 拉线及钢尺量 |
| 6 | 连接孔中心与板面间距 | ±0.8 | ±0.5 | 游标卡尺量 |

1. 清水混凝土模板制作一般项目允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 允许偏差（mm) | | 检验方法 |
| 普通清水混凝土 | 饰面清水混凝土 |
| 1 | 模板高度 | ±2 | ±2 | 卷尺量 |
| 2 | 模板长度 | －1 | －1 | 卷尺量 |
| 3 | 模板板面对角线差 | ≤2 | ≤2 | 卷尺量 |
| 4 | 边肋平直度 | ≤2 | ≤2 | 2m靠尺及塞尺量 |
| 5 | 预留孔尺寸 | ≤1 | ≤1 | 钢尺量 |
| 6 | 连接孔中心距 | ±1 | ±1 | 游标卡尺量 |

* 1. 脱模剂的选用与施工
     1. 脱模剂的选用应符合下列要求：

1. 脱模剂应满足清水混凝土表面质量的要求，不引起混凝土表面起粉和产生气泡，不改变混凝土表面的本色，且不污染和锈蚀模板；
2. 脱模剂应具有改善混凝土表面质量效果的功能，且容易脱模、涂刷方便、保护模板光洁、易干燥和便于用后清理；
3. 脱模剂的选用应考虑模板的种类、所要求的混凝土表面效果和现场施工条件，相同构件宜选用同种脱模剂，可参考附录A选用；
4. 钢模板应优先选用模板漆，也可选用液体石蜡、液压油、变压器油、清机油与柴油的混合油等油性脱模剂、水性脱模剂等常用脱模剂；
5. 低温或负温施工宜选用油类脱模剂，但在负温下明显变稠的油类脱模剂不应使用。
   * 1. 脱模剂的施工应符合下列要求：
6. 脱模剂施工前应对模板表面质量进行检查，应在确认表面质量符合要求后开始施工，与混凝土接触的模板内表面不得有任何污损；
7. 模板表面质量经检查符合要求后，开始施工适宜的脱模剂，脱模剂的施工可采用喷涂或刷涂，涂层应薄而均匀，无漏刷、无流挂，大面、小面、夹角处不得漏涂；模板漆的施工应按产品说明书要求进行，应待模板漆表面干燥后方可安装模板；
8. 暂时不用的模板宜覆盖保护面板，防止板面受到二次污染；
9. 涂过脱模剂的模板遇雨淋或其他因素失效后必须补涂；
10. 脱模剂涂刷施工时必须避免脱模剂涂刷在钢筋、预埋件上；
11. 同一视觉面工程应采用相同的脱模剂；一套模板其脱模剂的周转次数应一致，要重涂时必须一起重涂。
    1. 模板安装
       1. 模板安装前，应进行下列准备工作：
12. 模板进现场后，应依据配板设计要求清点模板和配件的型号、数量；检查模板内侧附件连接牢固情况；核对明缝、禅缝位置；
13. 模板安装前应进行试拼装，经验收合格后方可正式进行模板安装；
14. 模板安装前，应放出模板外侧控制线作为安装基准线；调整影响模板安装的钢筋。
    * 1. 模板安装工艺应符合下列规定：
15. 模板安装应符合模板配板设计要求，要求粗活细作，确保清水混凝土表面的模板痕迹呈规律性排列。
16. 应根据模板编号进行安装，遵循先侧模、后端模，先下、后上的原则安装就位。
17. 模板之间应连接可靠；模板面板间拼缝应严密平整、无错台，拼缝处应有防漏浆措施。
18. 固定在模板上的预埋件、预留孔应位置准确、安装牢固，不得遗漏。
19. 对拉螺栓安装应位置正确，紧固对拉螺栓时应用力得当、受力均匀，不得使模板表面产生局部变形。
20. 安装过程中，应对模板面板、边角和已浇清水混凝土表面进行保护，防止污染和损伤。
21. 模板安装就位后，应对接缝缝隙及连接部位采取堵缝措施，不得漏浆。
22. 合模前必须将模板内部杂物清理干净。
23. 模板安装完毕后应用高精密仪器进行安装质量检查验收。
    * 1. 模板的安装质量应满足下列要求：
24. 模板板面应干净，脱模剂应涂刷均匀。模板面板间的拼缝应严密、平整且无错台，模板支撑应设置正确、连接牢固。
25. 模板安装尺寸允许偏差与检验方法应符合表4的规定。
26. 清水混凝土模板安装允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差（mm) | | 检验方法 |
| 普通清水混凝土 | 饰面清水混凝土 |
| 1 | 模板高程 | | ±5 | ±3 | 水准仪或拉线、 尺量 |
| 2 | 模板内部截面尺寸 | 上部构造 | ＋5，－0 | ＋3，－0 | 尺量 |
| 下部构造 | ±5 | ±3 |
| 3 | 轴线偏位 | | 5 | 4 | 尺量 |
| 4 | 模板相邻两板面高低差 | | 2 | 2 | 尺量 |
| 5 | 模板垂直度 | ≤5m | 4 | 3 | 经纬仪、尺量 |
| ＞5m | 6 | 5 |
| 6 | 模板表面平整度 | | 2 | 2 | 2m靠尺和塞尺量 |
| 7 | 模板拼缝宽度 | | 2 | 1 | 塞量量 |
| 8 | 预埋件中心线位置 | | 3 | 2 | 拉线、尺量 |
| 9 | 预留孔洞 | 中心线位置 | 8 | 6 | 拉线、尺量 |
| 内部截面尺寸 | ＋8，－0 | ＋4，－0 |
| 10 | 预埋螺栓 | 中心线位置 | 3 | 2 | 拉线、尺量 |
| 外露长度 | ＋5，－0 | ＋5，－0 |

* 1. 模板拆除
     1. 清水混凝土模板拆除除应符合现行标准JGJ 74、GB 50204、JTG/T F 50的规定外，尚应符合下列规定：

1. 应适当延长拆模时间，以确保其表面及棱角不会因拆模而受损。
2. 应制订清水混凝土墙身、梁体、柱和模板面板等的保护措施。
3. 模板拆除后应及时清理，对影响观感的缺陷进行修复。
   * 1. 模板的拆除顺序应按模板设计要求进行，各紧固件依次拆除后，应轻轻将模板撬离混凝土面，并注意对拉螺栓孔眼的保护；必须在确认模板与混凝土结构之间的连接全部拆除后，方可起吊模板，模板吊离模位时不得碰撞混凝土成品。
   1. 模板保养
      1. 模板上下车装卸时应有保护措施，防止模板变形、损坏。
      2. 模板吊装过程中必须慢起轻放，避免模板的机械性损害和安全事故。
      3. 模板安装过程中，尽量减少面板与钢筋的摩擦；混凝土浇筑过程中，振捣棒应避免与模板直接接触；模板拆除过程中，应尽量避免对面板的碰撞，减少对模板边缘的磨损。
      4. 模板拆除后，应及时清理粘结在板面的残渣和污物，并均匀涂刷脱模剂；对变形与板面凹凸部位应及时修整。
      5. 模板堆放时，应注意对面板的保护，最下层模板背楞向下，面对面或背对背堆放，严禁面板朝下接触地面，叠放高度不得超过2m和6层。必要时，模板跟部位置垫海绵，面板之间垫棉毡保护。
      6. 成品模板存放时应采取必要的防潮、防晒措施，防止模板变形、锈蚀和损伤。
      7. 控制模板的周转次数，定期检查模板质量、维修和保养，对于损伤严重影响到混凝土外观质量的模板应立即停止使用。
4. 钢筋工程
   1. 钢筋工程的材质要求
      1. 钢筋进场时，应有出厂合格证和出厂检验报告，并按现行标准GB 1499.1、GB 1499.2和GB/T 5224等的规定抽取试样作物理、力学性能检验，其质量必须符合有关标准的规定。
      2. 钢筋的交叉点绑扎的扎丝宜为20～22号防锈镀锌钢丝。
      3. 钢筋保护层垫块应符合下列规定：
5. 保护层垫块应采用专业厂家生产的定型化、标准化的细石混凝土或纤维砂浆垫块产品，并附出厂合格证，不允许自己生产。不宜采用塑料制作的垫块；
6. 保护层垫块应有足够的强度、刚度，垫块强度不应低于构造物本体混凝土设计强度，颜色应与清水混凝土的颜色接近；
7. 保护层垫块的外形应有利于钢筋的定位及受钢筋骨架等力后不易压碎，可为梅花形、锥形、工字形、圆形，垫块与模板接触应采用“点接触”或“线接触”；
8. 保护层垫块尺寸应根据被保护钢筋的直径、保护层厚度的结构特点选定，尺寸允许偏差±1mm。
   1. 钢筋下料与加工
      1. 钢筋应表面清洁、无明显锈蚀和污染；
      2. 钢筋加工时应考虑其叠放位置和穿插顺序，并应根据钢筋的占位避让关系确定加工尺寸；还应考虑钢筋接头形式、接头位置、搭接长度、锚固长度对钢筋绑扎的影响，通长钢筋应考虑端头弯钩方向控制，确保钢筋总长度、钢筋位置准确和保护层厚度符合要求；
      3. 钢筋宜在符合要求的胎膜上绑扎成型制作成钢筋骨架，再运至现场整体吊装。
   2. 钢筋绑扎与安装
      1. 钢筋的绑扎与安装工艺应符合下列规定：
9. 钢筋安装应保证钢筋级别、规格、直径、形状、尺寸、位置、排距、根数、锚固长度、节点构造、绑扎搭接接头和保护层厚度等符合设计规范要求，并应做到措施可靠、绑扎牢固，钢筋安装后应对钢筋尺寸进行校正；
10. 饰面清水混凝土的对拉螺栓与钢筋发生冲突时，宜遵循钢筋避让对拉螺栓的原则，将相邻的几排钢筋位置进行适当调整，但调整幅度必须在规范允许范围内；
11. 钢筋安装时应保证钢筋在模板中的位置和保护层厚度符合设计要求。钢筋保护层垫块宜梅花形布置，纵、横向布置间距一般不大于80cm，变截面部位和主筋部位适当加密，并与钢筋绑扎牢固，与模板接触呈点接触或线接触；
12. 每一钢筋交叉点均应绑扎，绑扎钢丝拧紧不应少于两圈，扎扣及扎丝尾端应全部折向钢筋骨架内部；
13. 定位钢筋的端头应涂刷防锈漆，并宜套上与混凝土颜色接近的塑料套；
14. 预埋件的埋设必须准确、牢固；外露预埋件使用前宜进行热镀锌防锈处理；
15. 钢筋及预埋件电焊施工时，应采取保护措施防止焊渣灼伤模板和塑料波纹管，焊点处焊渣应及时清理干净；
16. 钢筋绑扎完成后，不得受到推、拉、碰、撞等外力作用，以免发生变形或其他损伤，并应有防雨水冲淋措施；
17. 钢筋、预埋件入模、安装过程中，严禁碰伤、刮花模板面板。
    * 1. 钢筋的安装质量应满足下列要求：
18. 钢筋表面应清洁无浮锈；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；钢筋和垫款的绑扎钢丝扣和尾端应弯向钢筋骨架内侧；绑扎或焊接的钢筋网和钢筋骨架不得有变形、松脱和开焊。
19. 钢筋工程安装尺寸的允许偏差应符合表5的规定。
20. 清水混凝土钢筋安装允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | | 允许偏差(mm) | 检验方法 |
| 1 | 受力钢筋 | 间距 | ±10 | 钢尺量两端，中间各一点，取最大值 |
| 排距 | ±5 |
| 弯起点位置 | ±15 | 钢尺量 |
| 2 | 箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距 | | ±10 | 钢尺量连续三档，取最大值 |
| 3 | 钢筋骨架尺寸 | 长 | ±10 | 钢尺量 |
| 宽、高或直径 | ±5 |
| 4 | 绑扎钢筋网尺寸 | 长、宽 | ±8 | 钢尺量 |
| 网眼尺寸 | ±15 | 钢尺量连续三档，取最大值 |
| 5 | 保护层厚度 | 墩柱、梁、索塔、拱肋 | ±5 | 钢尺量 |
| 锚碇、承台、墩台 | ±10 |
| 板、墙 | ±3 |

1. 混凝土工程
   1. 混凝土原材料质量要求
      1. 水泥的选用应符合下列规定：
2. 水泥宜选用质量稳定的硅酸盐水泥（P·Ⅱ）、普通硅酸盐水泥（P·O），其质量应符合GB 175的技术要求；
3. C50及以下强度等级混凝土宜选用42.5 级P·O或42.5 级P·Ⅱ水泥42.5级水泥，C55 及以上混凝土宜选用42.5级P·Ⅱ水泥或52.5级P·O水泥；
4. 选用水泥时，应考虑水泥的颜色、水化热、保水性、碱含量的影响，水泥熟料中的C3A含量不宜超过8%，水泥比表面积不宜超过350m2/kg，碱含量不宜大于0.6%；
5. 同一工程同类构件宜选用同一生产厂家、同一品种、同一强度等级、同一混合材料的水泥。
   * 1. 集料的选用应符合下列规定：
6. 粗集料应采用质地均匀坚硬、表面洁净、色泽均匀、粒形良好、最大粒径不大于26.5mm的碎石，且应根据混凝土工程用粗集料最大粒径要求采用二个或三个单粒级碎石合理级配成5～20mm或5～25mm连续级配碎石。
7. 细集料应质地均匀坚硬、颜色一致、级配合理，细集料可选用中粗砂河砂或专门机组生产的优质机制砂，细度模数宜为2.6～3.1；
8. 粗、细集料不应具有潜在碱活性。
9. 粗集料的压碎指标、坚固性、针片状颗粒含量、含泥量和泥块含量应符合表6的要求；细集料的含泥量（机制砂的石粉含量）、泥块含量应符合表7的要求。
10. 同一工程应分别选用同一料源的粗、细集料。
11. 清水混凝土用粗集料的质量要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | C30～C45 | ≥C50 |
| 压碎指标 (%) | 20% | 18% |
| 坚固性 (%) | ≤8 | ≤5 |
| 针片状颗粒含量 (%) | ≤10 | ≤5 |
| 含泥量 (%) | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 泥块含量 (%) | ≤0.5 | ≤0.25 |

1. 清水混凝土用细集料的质量要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | | C30～C45 | | ≥C50 |
| 河砂 | 含泥量 (%) | | ≤2.5 | | ≤2.0 |
| 泥块含量 (%) | | ≤1.0 | | ≤0.5 |
| 机制砂 | 石粉含量（%） | MB＜1.4 | ≤7.0 | | ≤5.0 |
| MB≥1.4 | 不得采用 | 不得采用 | |
| 泥块含量 (%) | | ≤1.0 | | ≤0.5 |

* + 1. 矿物掺合料的选用应符合下列规定：

1. 矿物掺合料可采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、石灰石粉和硅灰等。矿物掺合料的品质应稳定、颜色应均匀稳定，同一工程所用矿物掺合料应来自同一厂家、同一规格型号。
2. 粉煤灰应的性能应符GB/T 1596中F类粉煤灰的技术规定。强度等级C50及以上混凝土应选用Ⅰ级粉煤灰，C50以下混凝土可选用Ⅱ级粉煤灰。
3. 粒化高炉矿渣粉的性能应符合GB/T 18046的规定，且其比表面积宜在350～450m2/kg。C50及以上混凝土宜选用S95级矿渣粉，C50以下混凝土可选用S75级矿渣粉。
4. 石灰石粉的性能应符合GB/T 30190的规定。
5. 硅灰的性能应符合GB/T 18736的规定。硅灰宜用于配制特殊早强、高强或高耐磨、耐久性混凝土，且应与其他矿物掺合料复合使用。
6. 矿物掺合料的选用和掺量应根据混凝土的性能要求通过试验确定，并宜经线外试验样板构件确认。
   * 1. 化学外加剂的选用应符合下列规定：
7. 混凝土使用的外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076的要求，严禁使用含有氯盐、硫酸盐的早强剂、防冻剂；外加剂应不改变混凝土的颜色，在混凝土硬化后表面不应出现析霜或返潮现象。
8. 减水剂宜选用减水率高、坍落度损失小、引气量小、收缩率比低、碱含量低的聚羧酸类高性能减水剂，减水剂的减水率不低于25%，引气量不宜大于3%，且与所用水泥、集料、矿物掺合料之间应有良好的相容性。
9. 对抗冻要求较高的工程混凝土还应掺用引气剂。
10. 同一工程所用的减水剂、引气剂均应来自同一厂家的同一品种。
    * 1. 混凝土拌合用水和养护用水应无色无味，并应符合JGJ 63的规定。当采用饮用水作为混凝土用水时可不检验。
    1. 混凝土配合比设计
       1. 清水混凝土配合比除应满足普通混凝土拌合物工作性能、硬化混凝土力学性能和耐久性的设计要求外，还应使混凝土具有良好的表面色均性。
       2. 清水混凝土配合比的性能设计指标应符合下列规定：
11. 清水混凝土配制强度标准差的取值、配制强度的确定按JGJ 55的规定执行。从抗裂与耐久性出发，配制的混凝土实际强度不宜高于混凝土配制强度两个等级，即10MPa；
12. 清水混凝土拌合物应具有符合施工要求的流动性。一般情况下，用于桥梁结构各部位浇筑的清水混凝土拌合物的入模坍落度/扩展度宜为（单位：mm）：承台、锚碇、墩台身180±20/450±30，预制梁、板、现浇护栏160±20/380±30，现浇箱梁200±20/490±30，索塔220±20/520±30；
13. 清水混凝土拌合物的凝结时间应满足运输、浇筑和养护工艺的要求及混凝土早期性能要求。一般情况下，混凝土的初凝时间宜大于每次混凝土连续的浇筑时间，以减少层间施工冷缝发生机会；
14. 对于有抗裂要求的清水混凝土，应通过混凝土早期抗裂性能试验和收缩性能试验确定配合比。其56d收缩率不应大于400×10-6，7d龄期加载360d的徐变系数不应大于2.0或14d龄期加载90d的徐变系数不应大于1.0；
15. 对于有抗渗、抗冻、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗硫酸盐腐蚀等耐久性要求的清水混凝土，其耐久性能指标应满足表8的要求，且其配合比设计尚应符合国家现行标准GB/T 50476和JTG/T B07—01的相关规定。
16. 无抗冻要求的混凝土含气量不应大于3.0%，当混凝土有抗冻要求时，混凝土的含气量应根据抗冻等级的要求，宜在4%～5.5%范围经试验确定。
17. 清水混凝土耐久性能设计指标要求

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | 28d龄期抗渗 等级 | 快速碳化28d深度（mm） | 56d龄期 6h电通量（C） | 碱集料反应 | 28d龄期抗硫酸盐侵蚀等级 | 28d龄期抗冻 等级 |
| C30～C45 | ≥P12 | ≤10 | ＜1200 | 无碱集料反应 | ≥KS90 | ≥F150 |
| ≥C50 | ≥P12 | ≤5 | ＜1000 | 无碱集料反应 | ≥KS120 | ≥F300 |

* + 1. 清水混凝土的配合比设计应遵循低水泥用量、低用水量、水胶比适当、骨料堆积密度最大、高性能减水剂与矿物掺合料双掺的原则，配合比设计基本参数的选择应符合下列规定：

1. C30～C45清水混凝土的单位用水量不宜超过165kg/m3，C50及以上清水混凝土单位用水量不应超过155 kg/m3；
2. 在满足技术要求的前提下，宜采用较低的胶凝材料用量和适宜的水胶比。不同强度等级清水混凝土的水胶比和胶凝材料用量范围宜按表9的要求进行选取；
3. 清水混凝土中应掺加矿物掺合料，不同矿物掺合料的掺量应根据混凝土的性能通过试验确定。一般大气环境作用下，用于混凝土中的矿物掺合料占胶凝材料总量的最大百分率宜按表10控制；
4. 砂率宜在36%～45%范围内，在满足施工性能的前提下，尽量提高粗集料含量；
5. 除冬季施工或预制构件外，一般宜选用缓凝型聚羧酸系高性能减水剂，以推迟和削减水化热温峰，减少分层施工冷缝。减水剂的掺量应根据混凝土流动性要求、施工气温通过试验确定。
6. 清水混凝土的水胶比与胶凝材料的选取范围(kg/m3)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | C30、C35 | C40、C45 | C50 | C55、C60 |
| 水胶比 | 0.36～0.44 | 0.34～0.40 | 0.30～0.34 | 0.28～0.32 |
| 胶凝材料用量(kg/m³) | 350～~410 | 400～460 | 450～500 | 470～520 |

1. 清水混凝土中矿物掺合料取代水泥的最大用量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 矿物掺合料 | 粉煤灰 | 矿渣粉 | 石灰石粉 | 硅灰 | 复合矿物掺合料 |
| 取代硅酸盐水泥 (% ) | 30 | 50 | 25 | 8 | 50 |
| 取代普通硅酸盐水泥 (% ) | 25 | 40 | 20 | 8 | 40 |

注：复合掺合料中各组分的掺量不宜超过任一组分单掺时的上限掺量。

* + 1. 清水混凝土配合比的计算、试配、调整与确定除应符合国家现行标准JGJ 55规定外，尚应符合下列规定：

1. 应按照设计要求进行试配，确定混凝土表面颜色；
2. 混凝土拌合物中水溶性氯离子总含量，对于钢筋混凝土不应超过胶凝材料总量的0.10%，对于预应力混凝土不应超过胶凝材料总量的0.06%；
3. 混凝土拌合物的总碱含量不应超过3.0kg/m3。
4. 混凝土配合比初步确定后，宜在现场进行线外足尺模型或缩尺模型样板构件试验，观察表面色泽、气泡分布是否合乎对清水混凝土表面效果的要求，根据线外试验情况进一步优化调整，最终确定清水混凝土施工采用的配合比。
   1. 混凝土拌制
      1. 混凝土配料的原材料计量应采用电子自动计量设备，并严格按施工配合比要求进行准确称量，原材料的计量允许偏差应符合GB/T14902中所规定的要求。
      2. 搅拌清水混凝土应采用双卧轴强制式搅拌机，选用的搅拌机应符合GB/T9142中规定技术标准。
      3. 原材料投料前，必须确认搅拌机内是清洁的，且拌合物的搅拌时间应比普通混凝土延长20～30s。
      4. 搅拌混凝土前，应提前测定粗、细集料含水率，一般情况下，每工作班抽测2次含水率，雨天应随时抽测，并按测定结果及时调整混凝土施工配合比。
      5. 同一构筑物、同一视觉空间内所用混凝土原材料应保持一致，拌合物的制备环境和拌合制度应一致。
      6. 在生产供应清水混凝土的台班内，不得在同一生产线上穿插其他规格、品种的混凝土。
      7. 制备的清水混凝土拌合物性能应工作性能优良、稳定，无分层、板结、离析、泌水现象，90min的坍落度经时损失值宜小于30mm。
      8. 清水混凝土拌合物应颜色均匀一致，能保证同一视觉范围内工程的混凝土无可见颜色差别。
   2. 混凝土拌合物运输
      1. 清水混凝土拌合物的运输宜采用搅拌罐车，装料前罐内必须清洗干净并排净积水。
      2. 搅拌罐车运输混凝土途中，搅拌罐车应以2～4r/min 的慢速进行搅动，混凝土卸料前，搅拌罐车应采用快速档高速旋转20s以上方可卸料，保证混凝土不分层、不离析。
      3. 混凝土拌合物运输到施工现场，应逐车检查坍落度是否符合设计要求，目测混凝土颜色有无变化，不得有无分层、离析现象，并作好记录。
      4. 采用泵送施工时，其运输能力应能保证混凝土泵送工作的连续。混凝土泵送操作应符合JGJ/T 10的有关规定。
      5. 混凝土拌合物从搅拌结束至入模前的时间不宜超过90min，严禁向混凝土拌合物中添加配合比以外的用水或外加剂。
      6. 在运输供应清水混凝土的台班内，运输车不得穿插运输其他规格、品种的混凝土。
   3. 混凝土浇筑
      1. 混凝土浇筑前应确保模板的支撑稳定以及接缝严密，并保持模板内清洁、无积水。
      2. 混凝土浇筑时，应按线外试验或首件工程确定的布料、振捣方法和工艺进行。
      3. 大体积清水混凝土结构施工时，应进行温控设计，制订温控施工方案，采取合理的温控措施，防止温度裂缝的产生，其施工工艺、温控指标与温控措施应符合国家现行标准GB 50496、JTS 202–1、JTG/T F 50的规定。
      4. 混凝土浇筑时的自由倾落高度不得大于2m；当大于2m时，应采用溜槽(管)、串筒、漏斗等器具辅助下料，保证混凝土不出现分层离析现象。
      5. 混凝土应按一定厚度、顺序和方向合理分段分层浇筑，分层厚度一般不宜超过300mm。浇筑竖向尺寸较大的结构物或大体积混凝土时，分层厚度不应超过500mm。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。
      6. 竖向构件混凝土浇筑应首先在底部浇筑厚度小于30mm的去碎石砂浆，再浇筑混凝土。
      7. 上下层同一位置混凝土先后两次浇筑的间隔时间，应小于上层混凝土能重塑时间，一般不宜超过120min，不得出现影响外观质量的分层缝痕迹、冷缝，严禁随意预留施工缝。
      8. 高而窄的墩柱等构件混凝土的浇筑，宜采用数根柱为一组依次循环浇筑，各柱分层下料、分层振捣，延长每一根的浇筑速度，使每层浇筑的混凝土略微沉实，改善砂浆持续上浮的情况。
      9. 洞口的混凝土浇筑应从洞口两侧同时浇筑，避免洞模偏位或压力不均匀产生变形。
      10. 预应力混凝土预制梁、板应一次浇筑成型，每片梁、板的浇筑时间不宜超过6h，最长不得超过混凝土的初凝时间。
   4. 混凝土振捣
      1. 清水混凝土应采用机械振捣。振捣必须做到混凝土应能充满模板，达到流平、均匀、密实的程度，减少表面气泡。
      2. 采用振捣棒进行振捣时，混凝土振点应从中间开始向边缘分布，且应布棒均匀，并应随浇筑连续进行，严禁漏振。
      3. 振捣棒移位间距应不超过振动器作用半径的1.5 倍，与侧模应保持50～l00mm 的距离，且插入下层混凝士中的深度宜为50～100mm，变换插点时，应做到“快插慢拔”。
      4. 每一振点的振捣时间，以混凝土表面平坦泛浆，基本无气泡溢出为度，一般宜为20s～35s，严禁过振、欠振。
      5. 预应力混凝土预制梁、板宜采用附着式振捣器侧振并辅以插入式振捣器的方式振捣。
      6. 振捣过程中应尽量避免碰撞钢筋、模板、对拉螺栓和波纹管、钢绞线、锚垫板等预埋件。
      7. 混凝土布料、振捣过程中，应尽可能减少砂浆的飞溅，并及时清理掉溅于未浇段模板内侧的砂浆。
   5. 混凝土养护
      1. 对混凝土暴露表面的养护，应在其初凝之前进行，混凝土浇筑完成、收浆后即开始覆盖塑料薄膜或喷雾等进行保湿养护，防止混凝土表面失水。混凝土终凝以后，混凝土暴露表面换作土工布覆盖晒水进行补水养护。
      2. 清水混凝土拆模后应，应立即对新暴露的混凝土表面采用自动喷淋水雾、土工布覆盖喷淋晒水、覆贴节水保湿养护膜、严密包裹塑料薄膜等养护措施进行补水或保湿养护。不宜采用喷涂养护剂养护。
      3. 养护水应洁净，并符合JGJ 63的规定，不得采用泥沙含量大的混浊江河水或含有铁锈的冷却水管出水等，防止混凝土表面着色污染；混凝土表面养护覆盖物，不得直接用草帘或草袋覆盖等有可能褪色或对混凝土表面污染的材料，以免造成着色污染。
      4. 对同一视觉范围内的清水混凝土尽可能施以相同的养护条件，以保证混凝土表面色均性。
      5. 在任意养护时间，淋注于混凝土表面的养护水温度低于混凝土表面的温度差值不得大于15℃。
      6. 在暴晒、气温骤降等情况下，应采取覆盖保温措施防止混凝土表面温度受环境因素影响而发生剧烈变化，保证养护期间混凝土的内部与表面、表面与环境之间的温差不应超过20℃。
      7. 冬期施工时，应在混凝土表面覆盖塑料和对清水混凝土无污染且阻燃的保温材料进行保湿保温养护，不得对混凝土表面洒水。
      8. 清水混凝土浇筑完毕后的持续湿养护时间宜满足表11的要求。湿养护期间，混凝土表面应始终保持润湿状态而不得形成干湿交替。
5. 清水混凝土持续湿养护的最低期限

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 日平均气温T (℃) | T≥20 | 10≤T＜20 | 5≤T＜10 | T＜5 |
| 湿养护期限 (d) | 7 | 10 | 14 | 21 |

注：1) 结束湿养护时的现场混凝土强度不应低于28d强度的75%。

2）掺有超缓凝剂的混凝土，以及掺有大掺量矿物掺合料的混凝土，湿养护时间应在上述基础上延长3d。

3) 大体积混凝土养护时间不应少于21d。

* + 1. 对于混凝土预制梁构件的蒸汽养护，可分静停、升温、恒温、降温四个阶段。梁体成型后静停时间为4～6h，静停环境温度不低于5℃；升温期升温速度不宜大于10℃/h；恒温期间蒸汽温度不应超过50℃，恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定；降温期降温速度控制10℃/ h以内。蒸汽养护的预制梁脱模后的保温保湿养护时间不宜短于7d。

1. 混凝土施工缝的留设与施工
   1. 施工缝的留设
      1. 施工缝的位置应在混凝土浇筑前按设计要求和施工技术方案确定，并宜与明缝设置相协调。
      2. 施工缝的平面应与结构物的轴线垂直，并宜留置在结构受剪力和弯矩较小且便于施工的部位。
      3. 所有水平施工缝应保持水平，竖向施工缝应有钢筋通过，以构成为整体。当施工缝为斜面时，应浇筑成或凿成规律的台阶状。
   2. 施工缝的施工
      1. 为使拆模后混凝土表面接缝美观，应采取可靠措施确保混凝土相邻节段间的暴露在可见面的施工缝边线平整顺直。
      2. 竖向施工缝应剔除松散石子，露出密实混凝土；水平施工缝应剔除浮浆层，清理干净，露出石子。
      3. 模板与结构实体接触处（模板压脚位置) 应粘贴防渗漏作用的衬垫，如海绵条、止水带、防渗胶、粘合剂等，以保证模板的密封性。
      4. 混凝土浇筑前，再次对施工缝表面进行检查清理，若有杂物，应清理干净，以防夹渣。
      5. 混凝土浇筑前，施工缝表面混凝土应洒水充分湿润，使先后浇筑的混凝土结合密实。
      6. 从施工缝处开始继续浇筑混凝土时，接缝两侧的混凝土应充分振捣，以使缝线饱满密实，并加强养护,防止施工缝处混凝土收缩开裂。
2. 混凝土成品保护
   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. 现场必须建立严格有效的混凝土成品保护制度，明确保护内容和责任，对易于污染和碰撞损坏的部位应制定专项保护措施；并设专职质检员对已浇筑的混凝土结构进行巡查，发现问题应及时处理，并对施工人员进行技术交底，要求施工人员自觉保护工程成品。
   3. 当挂架、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，避免划伤混凝土面。
   4. 清水墙、柱水平施工缝处，每次混凝土浇筑完成后宜采取截水引流措施，保护已浇筑混凝土成品。
   5. 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，防止因时间控制不当或操作粗犷造成混凝土板面、棱角和线条等损伤。
   6. 清水混凝土容易受冲击部位应借助螺栓眼固定多层板硬质防护，有防火要求时应固定镀锌铁皮。
   7. 拆模后宜对墙柱阴阳角、预留洞口洞口、板边等易碰磕的阳角等部位，采用粘贴薄木条或塑料条等硬质材料进行护角。
   8. 后续工序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. 在工程交工前，混凝土成品宜用塑料薄膜覆盖封严，以防混凝土表面污染。
3. 混凝土成品修补与表面保护涂料施工
   1. 成品修补
      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，应对拉螺栓孔眼进行封堵处理。封堵材料宜采用混凝土原配合比的水泥与白色硅酸盐水泥、砂、建筑胶乳调制成颜色与混凝土基本相同、适宜稠度的水泥砂浆，水泥砂浆向孔眼里灌至孔深，并采用平头钢筋捣实，然后采用专用的封孔模具修饰，使封堵的孔眼直径、孔眼深度和颜色一致。
      3. 混凝土拆模以后，应对影响成品表面质量的局部缺陷及时修补。修补材料宜采用混凝土原配合比的水泥与白色硅酸盐水泥、建筑胶乳调制成颜色与混凝土基本相同的水泥浆（或砂浆)，且应首先在样板构件上做试验，优选适宜的修补方法和材料配比。
      4. 封堵、修补材料应与主体混凝土强度相同、结合紧密，色泽基本一致；封堵、修补时应对混凝土成品进行保护，防止成品污染。
      5. 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。
      6. 混凝土成品表面细粒污染物可采用细砂纸打磨清除，并应避免损伤混凝土表面光洁度。
   2. 表面喷涂施工
      1. 普通清水混凝土的外表面宜喷涂透明或着色透明保护涂料，饰面清水混凝土的外表面应喷涂透明或着色透明保护涂料。
      2. 清水混凝土保护涂料的选用应符合下列规定：
4. 涂料应选用对混凝土表面具有保护的透明涂料，且不应对原清水混凝土表面感观质量有明显改变。
5. 涂料应有防污染性、憎水性（疏水性）、防水性。
6. 涂料应与混凝土表面有良好的粘结性，在露天环境下应有良好的耐老化性，且不得对混凝土有腐蚀性。
   * 1. 保护涂料的选用应考虑工程的类别、所处的环境、喷涂后的美学效果和成本等因素，宜在氟碳树脂系涂料和硅烷系涂料中选择其一，两种涂料的特点见附录B。
     2. 清水混凝土保护涂料的喷涂施工应符合下列规定：
7. 清水混凝土的外表面透明保护涂料的喷涂施工宜先做样板。
8. 喷涂施工前，应将整个混凝土外露面清理干净，可采用干净水冲洗或湿抹布擦洗，如遇油污、铁锈等，可先采用草酸、柠檬酸、洗涤剂等稀释液除污，再用干净水彻底冲洗干净，待干燥后方可进行喷涂施工。
9. 喷涂施工应按照保护涂料产品说明书的要求进行。喷涂应均匀、无遗漏，喷涂后面层装饰效果明显，膜层应色泽均匀、平整光洁、无流坠、刷痕。
10. 同一视觉范围内的保护涂料及施工工艺应一致，以保证清水混凝土表面颜色的一致性。
11. 混凝土质量验收标准
    1. 实体质量
       1. 清水混凝土的实体质量除满足现行国家标准JTG/T F 50和JTG F80–1的规定外，还应满足工程所处条件下的耐久性的要求。
       2. 钢筋的混凝土保护层厚度允许偏差的合格率，对于饰面清水混凝土不应小于85%，对于普通清水混凝土不应小于70%。保护层厚度宜采用满足精度要求的钢筋保护层厚度检测仪现场测定。
    2. 外观质量
       1. 清水混凝土的外观质量评定标准和检验方法如表12所示。
12. 清水混凝土外观质量评定标准和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | 普通清水混凝土 | 饰面清水混凝土 | 检验方法 |
| 1 | 颜色 | 局部有少量色差 | 自然光下，同一视觉空间内，表面颜色基本一致，无明显色差 | 距离混凝土面 5m 观察 |
| 2 | 表面质量 | 无孔洞、砂带、冷接缝和表面损伤，蜂窝、麻面面积≤该面面积的0.5% | 无蜂窝、麻面、孔洞、砂带、冷接缝和表面损伤等 | 近处观察、尺量 |
| 3 | 气泡 | 气泡应分散，无大片气泡 | 最大气泡直径≤5mm，深度≤3mm，面积≤10cm2/m2 | 近处观察、尺量 |
| 4 | 裂缝 | 无受力裂缝，非受力裂缝宽度≤0.15mm | 无裂缝 | 近处观察、裂缝宽度测试仪 |
| 5 | 光洁度 | 无明显漏浆、流淌及冲刷痕迹，无明显油迹、污迹及锈斑，无明显粉化物和粉饰 | 无漏浆、流淌及冲刷痕迹，无油迹、污迹及锈斑，无粉化物和粉饰 | 距离混凝土面 5m 观察 |
| 6 | 修补 | 有少量修补痕迹 | 基本无修补痕迹 | 距离混凝土面 5m 观察 |
| 7 | 表面 平整度 | ≤4mm | ≤3mm | 2m靠尺、塞尺 |
| 8 | 明缝 | 位置规律、整齐，深度一致，且明缝缝直线度偏差每米≤4mm | 位置规律、整齐，深度一致，且明缝缝直线度偏差每米≤2mm | 拉5m线，不足5m拉通线，钢尺检查 |
| 9 | 禅缝 | 模板拼接缝印迹整齐、均匀，错台≤3mm，印迹宽度≤3mm | 模板拼缝印迹整齐、均匀，横平竖直，同一视觉空间水平交圈、竖向成线，且错台≤2mm，印迹宽度≤2mm。 | 距离混凝土面 5m 观察、尺量 |
| 10 | 对拉螺栓 孔眼 | — | 分布规则，排列整齐，拆模后封堵密实，凹孔棱角清晰圆滑；颜色应同混凝土面基本一致，如封堵的孔眼颜色与混凝土面不一致，孔眼应呈同一颜色，形成有规律性的装饰效果。 | 距离混凝土面 5m 观察、尺量 |

* 1. 结构外形尺寸允许偏差
     1. 桥梁工程普通清水混凝土结构外形尺寸偏差应小于JTG F80/1规定的允许偏差值，饰面清水混凝土结构外形尺寸偏差应小于JTG F80/1规定的允许偏差值的1/2。
     2. 桥梁工程各部位清水混凝土结构外形尺寸的检查方法和频率按JTG F80/1的相关规定执行。

1. （资料性附录）  
   清水混凝土模板用脱模剂选用一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 模板面板类别 | 适用的脱模剂 |
| 1 | 木模板 | 宜用加表面活性剂的油类、化学类、油漆类、石蜡乳类。 |
| 2 | 胶合板 | 可用油漆类（模板漆)、油类及化学脱模剂。 |
| 3 | 玻璃钢 | 宜用油包水乳液和化学脱模剂，或使用以水为介质的聚合物乳液 |
| 4 | 橡胶内衬 | 宜用石蜡乳，禁用油类脱模剂 |
| 5 | 钢模板 | 宜用油漆类（模板漆)、加表面活性剂的油类、石蜡乳或溶剂石蜡和化学活性脱模剂；慎用水包油型乳液，若采用，应加防锈剂。 |

1. （资料性附录）  
   清水混凝土常用透明保护涂料品种与特点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 保护涂料类别 | 性能特点 | 备 注 |
| 1 | 氟碳树脂系 | 耐候性、耐化学腐蚀性优，介电性能和耐热性能良好，不易粘附污物，一般美观效果可保持15～20年以上；5℃以下不能施工，成本较高。 | 涂膜型涂料，分水性与油性，分完全透明、着色透明。 |
| 2 | 硅烷化合物类 | 渗透进入混凝土内部孔隙形成憎水界面，成膜具有防水性、透气性，不改变基层的颜色和外观，防止霉菌、苔藓产生、减少风化、盐渍和返碱、免受污染保持洁净等功效。 | 浸渍渗透防水性涂料，分完全透明、着色透明。 |

条文说明

1 范围

近年来，桥梁工程清水混凝土施工技术在国内外取得成功应用，范围逐渐扩大。清水混凝土技术与桥梁工程的结合相得益彰，建设清水混凝土桥梁将结构与装饰功能合二为一，不仅增强了桥梁的艺术美感，而且有利于延长桥梁结构的服役寿命，同时可以推动桥梁施工技术的进步和管理水平的提高。

清水混凝土施工技术是一个系统工程，涉及混凝土施工的各个环节，需要对混凝土的原材料、混凝土拌合物配合比设计与制备、模板体系设计与施工、钢筋施工、混凝土浇筑、振捣、养护与防裂、成品保护、修补与表面透明保护喷涂等全过程的材料与工艺进行选择和精心质量控制。为更好地规范和指导清水混凝土工程的设计、施工与质量验收，保证采用清水混凝土技术施工的公路与市政桥梁工程建设质量，推动我省桥梁工程清水混凝土技术发展，编制组在总结现有应用及研究成果的基础上，编制了本标准。

3 术语和定义

3.1 本条说明了桥梁工程清水混凝土的定义与分类情况，分为普通清水混凝土和饰面清水混凝土两类。饰面清水混凝土的外观质量和外形尺寸允许偏差的质量验收标准高于普通清水混凝土。所谓清水混凝土，系一次成型，外表不加任何装饰，直接采用混凝土原浇筑表面作为外表面，有时以透明保护涂料做保护性处理后的混凝土表面作为外表饰面，通过混凝土的本色和自身质感实现美观效果的混凝土。清水混凝土消除了普通混凝土的外表质量通病(蜂窝、麻面、水线、砂带、气泡、裂缝、冷缝、露筋、孔洞等)，大面平整、棱角分明、线条顺直、表面光洁、色泽均匀，无碰损和污染，因此可直接作为饰面层，减少了二次装饰工序，降低了工程造价，提高了工程的经济效益。在倡导低碳经济的今天，这也是桥梁结构实现其低碳技术的有效途径之一。

3.9 线外试验样板构件结构形式应与实体工程构件相同或类似，外形尺寸可按比例制作，其体量应能起到检验模板体系、混凝土配合比、生产工艺和成品验收参照的作用。

3.10 首件工程经相关方验收合格后，方可大面积施工或批量生产。

4 基本规定

4.3 混凝土中的碱-骨料反应能引起混凝土的开裂，其原因是混凝土中的碱与骨料中活性成份的反应物吸水产生膨胀应力所致。发生“碱-骨料反应”的充分条件是：混凝土有较高的碱含量，骨料有较高的活性，还有水的参与。所以本条规定了潮湿环境和干湿交替环境的混凝土，应选用非碱活性骨料。另外，在潮湿环境和干湿交替环境下，制备的混凝土中宜掺加高活性矿物掺合料，减小混凝土的碱含量，提高混凝土的致密性，避免析盐和析碱造成的混凝土色差。

4.4 本条对清水混凝土的施工提出了全过程控制管理的要求，具体包括对模板的设计、面板选材、节点型式、模板加工、制作、验收、安装、拆除等环节的质量控制；对混凝土的原材料选用、配合比的设计、混凝土制备、运输、浇筑、振捣、养护、成品保护等环节进行质量控制；以及对清水混凝土独有的成品保护、修补与表面透明保护涂料喷涂等施工工艺的质量控制。

同一工程、相同表观要求的清水混凝土工程，所使用的原材料其厂家、产地、品种和规格应保持不变，性能应保持稳定，施工工艺应保持一致，且同一视觉面工程应采用相同的模板和脱模剂。保证模板、脱模剂、混凝土原材料与配合比、混凝土表面保护涂料等材料的一致性，保证模板的支拆程序、拆模时间、混凝土浇筑、养护条件以及表面修复、喷涂等工艺的一致性，这些都是保持混凝土表面色泽和表面效果一致性的保证措施。保证模板的支拆程序、混凝土的养护条件以及表面修复等工艺的一致性。

4.5 编制清水混凝土专项施工方案是技术准备的最重要内容。清水混凝土技术施工前应熟悉设计图纸，明确清水混凝土表面类型及施工范围，按设计要求进行细部深化设计，并应综合考虑各施工工序对清水混凝土饰面效果的影响，确定清水混凝土施工工艺。再根据清水混凝土工程情况和已确定的施工工艺，编制清水混凝土专项施工方案。专项施工方案内容包括：模板施工方案、钢筋及预埋件施工方案、混凝土施工方案、混凝土成品保护措施、混凝土表面修补措施、混凝土表明透明保护涂料喷涂施工方案等。清水混凝土工程专项施工方案应经过审批后，方可用于指导施工。

4.6 清水混凝土工程的三检制是保证混凝土施工质量的重要管理措施，对管理人员和操作人员进行交底能够更好地促进清水混凝土的施工过程质量，严格按照专项施工方案施工，达到保证最终质量的目的。

4.8 通过墩、梁、柱等样板构件的线外试验，对混凝土的配合比、模板选型、施工工艺等进行验证，并进行详细的技能培训和技术交底，同时样板构件的外观可作为质量验收的样板依据。

5 模板工程

5.1 一般规定

5.1.2

a）模板面板材料需兼顾面板材料的吸水性、周转使用次数、清水饰面效果等因素。模板面板质量直接影响清水混凝土表面质量，因此对面板材料的选择必须予以重视。不同类别、不同结构、不同施工工艺的清水混凝土都有与之相对应相匹配的模板材料，科学、合理地选择与之相适应的模板材料，是确定清水混凝土模板方案、进行模板设计的核心工作。目前，市场上可选择的模板面板主要为钢板、覆膜木胶合板、覆膜竹胶合板、塑料面板、玻璃钢模板等。实践证明，以钢板或覆膜木胶合板作面板的材料施工的混凝土表面质量较好，应作为有严格外观质量要求的清水混凝土模板的优选材料。为避免模板拼接后留下较多的拼缝，造成接缝处理技术上的困难，推荐选用整体装拆大模板。根据一些工程实践经验，塑料板在防火性、脆裂性、价格等方面存在诸多不利因素，还很难得以推广应用；覆膜竹胶合板在平整度和连接性能上也存在弱势，所得到的混凝土表面效果不太理想，混凝土施工时，长时间水浸会使表面产生分层，造成清水混凝土的表面色差，在有严格要求的清水混凝土中不应选用竹胶合板，因此本标准中仅规定了钢模板和覆膜木胶合板作为清水混凝土用模板。为保证工期，避免出现施工过程中的大批调换体系化模板的面板，具体面板的选择还应考虑模板在项目工程内周转次数的要求。

b）模板骨架应具有足够的强度和刚度，全钢大模板的设计应符合《建筑工程大模板技术规程》JGJ74的规定。

c）、d）模板配件采用金属材料结实耐用，采用操作简便、三维受力好的模板夹具，能够降低操作难度，减少漏浆，避免模板错台。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，选用的对拉螺栓应有足够的强度。

e）套管需满足强度要求，堵头不变形，易于拆卸，不损坏混凝土表面。

f）眀缝条材质不易损坏，便于固定安装，截面为梯形有利拆卸，利于观感。

g）考虑到钢模板表面光洁度较差，表面除锈不干净、平整度差、油污以及透气性差等缺陷，普通覆膜木胶合板表面耐磨性、平整性、光洁度的缺陷，使得一些待模时间或周转时间较长的清水混凝土的外观质量较差，加上钢模、覆膜木胶合板表面不便于进行凹凸造型加工，因此工程实践中，常利用钢模板及普通覆膜木胶合板表面粘贴衬板材料的措施，实现整体安装、整体拆除、整体转移的“三整体措施”，综合模板面板材料和衬板材料共同的优势，实现“清水混凝土”的饰面或装饰效果，已成功应用于多个清水混凝土工程。目前常用的衬板材料有不锈钢板、PVC板、透水模板布、亚克力板、铝板、塑料板、玻璃钢等。

5.1.3 模板的设计包括模板分块设计、面板的分割设计、眀缝与蝉缝的设计等，通过详尽设计来实现清水混凝土桥梁饰面效果。

5.1.4 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。采用不同的面板材料施工的混凝土表面质感亦不同，因此同一工程中同类构件或同一视觉面工程中不应采用多种面板材料。

5.2 模板设计

5.2.1 本条给出了不同清水混凝土类型建议选择的各类模板体系，在实际施工中因地制宜的选择。清水混凝土施工对模板要求高，不仅模板面板要有足够的强度和刚度，板面平整度必须达到要求，而且板面还必须具有极高的耐磨性，能抵抗混凝土对模板的磨损，同时还应具有较好的耐水、耐热、耐碱、耐老化和防锈性能。模板类型选择需兼顾模板面板材料对清水混凝土饰面效果影响程度、混凝土施工方法、模板周转次数等因素，可参照正文中表1所示的类型进行选择。

5.2.2、5.2.3 清水混凝土的模板设计必须具体和细致，本条规定了清水混凝土模板设计的主要内容和应遵循的主要原则。

模板及支撑结构设计计算应符合下列要求：a）应根据其结构构造形式和使用工况，综合分析模板结构特点，选择合理的计算方法，并应在满足强度要求的前提下，计算其变形值；b）当计算模板的变形时，应以满足清水混凝土表面要求的平整度为依据；c）设计时应根据构件的结构形式及混凝土施工工艺的实际情况计算其承载能力。当按承载能力极限状态计算时，应考虑参与模板部件荷载效应组合的各项荷载。计算模板的结构和构件的强度、稳定性及连接强度应采用荷载的设计值，计算正常使用极限状态下的变形时应采用荷载标准值；d）验算模板、支架的刚度时，其最大变形值不得超过模板构件计算跨度的1/400和2mm（钢模板面板变形不得超过1.5mm)二者的最小值。

模板节点和细部设计应符合下列要求：a）符合模板设计的整体构思，确保模板施工拆装、拼接、错让等关系上具有可操作性；b）设计应遵循通配通用的原则，保持施工方法的一致性，减少材料浪费；c）设计方法应构思合理，确保足够的强度和刚度。

5.2.4 本条规定要求模板设计时既要充分考虑模板的合理配置，又要兼顾模板的通用性；既要满足施工条件，还要满足不同的平面组合，提高模板的利用率，降低成本。

5.2.5 饰面清水混凝土模板的拼缝、装饰线条与对拉螺栓孔排布设计，应充分考虑到混凝土表面的装饰效果，模板设计完成后，应写出仔细的设计说明，以便指导施工。模板拼缝和装饰线的设计主要是为了满足设计效果的同时，尽量减少拼缝、保持线条的对称、保持线条方向的一致等，同时还要满足便于施工的要求，尽量使线条与施工缝统一起来。

5.2.6 采用三节式锥体螺栓是为了保证墙体的密封，满足防水和防爆的要求；加设海绵垫圈是为了避免混凝土浆体进入锥体螺栓，拆除锥体螺栓时破坏墙面观感效果。

5.3 模板体系材质要求

5.3.1～5.3.3 对清水混凝土用模板体系提出了材质要求。规定了覆膜木胶合板宜采用15mm以上的多层木胶合板，主要是为保证足够的强度、刚度；规定表面覆膜质量≥120g/m2，是要保证板面的耐久性，良好的脱膜性能和平整光滑性能。规定了钢材材质不宜低于Q235，钢板厚度不应小于5～6mm。同时，对模板的支撑体系也作了一般建议性规定，以保证具有足够的强度和刚度。钢框木胶合板大模板体系材质参照《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 62标准选用。

5.3.4 三节式螺栓的锥形接头与模板面板接触面积大，加海绵垫圈或塑料垫圈防止漏浆，可以有效地保证混凝土表面效果。直通型对拉螺栓与相配套的穿墙套管及套管堵头施工比较方便，穿墙套管采用硬质塑料管或PVC管，套管堵头与套管相配套，有一定强度，应避免穿墙螺栓孔眼变形或漏浆。为防止漏浆和保护面板，施工时，在套管度头上粘贴密封条或橡胶垫圈，并使之与模板面板接触紧密。

5.4 模板制作

5.4.2 选用面板光滑、棱角平顺的钢模板能够更好地满足饰面清水混凝土的表面效果要求，及时涂刷防水涂料目的是为了防止锈蚀。铣边工艺目的是确保模板面板拼接和模板连接严密。

5.4.3 对接触面进行刨平刨直处理可以保证加工的木模板尺寸准确、平整度好、拼缝严密，更好地保证成型混凝土质量。

5.4.5 模板制作允许偏差的数值参照《清水混凝土施工技术规程》JGJ169和《建筑工程大模板技术规程》JGJ 74选用，并结合实际所能达到的技术标准规定的。

5.5 脱模剂的选用与施工

5.5.1 脱模剂选择正确与否对提高及改善清水混凝土的外观质量尤为重要。脱模剂选用时，首先要保证容易脱模，涂刷方便，易干燥和便于用后清理；其次，选用的脱模剂不要引起混凝土表面起粉和产生气泡，不要改变混凝土表面的本色，不应污染和锈（溶）蚀模板。 目前我国脱模剂技术一般有油脂类脱模剂、水性脱模剂、油漆类脱模剂、石蜡类脱模剂等。混凝土与模板分离必须克服模板与硬化混凝土之间的粘合力或者是混凝土表面内聚力，脱模剂通过物理润滑作用、成膜隔离作用、化学反应作用等几种方式消减这种作用，无论脱模剂是何种形态，无论其具备上述任何一种单一作用或复合作用，从本质上来讲，混凝土与模板之间都是以一薄层憎水性物质存在，形成易于分离的界面，从而脱模。因此需要根据不同的模板种类和模板体系，选择优质的脱模剂，以保证成品混凝土的饰面效果，保持混凝土的原色基调。另外，脱模剂的选择还应考虑脱模剂的特点、施工季节、气候、混凝土表面质量效果等因素，应通过线外试验确定。

5.5.2 模板面板不清洁或脱模剂喷涂不均匀，将影响清水混凝土饰面效果。补刷遭雨淋、水浇或脱模剂失效的模板。清洗清水混凝土模板面板上的墨线痕迹、油污、铁锈等。

5.6 模板安装

5.6.2 模板之间的连接易产生漏浆、错台等现象，影响清水混凝土的饰面效果，因此本条规定了模板安装就位后，应做好防漏浆措施。对拉螺栓安装不正确，易造成模板的损伤和对拉螺栓孔眼处漏浆。安装时调整位置，并确保每个孔位都装有塑料垫圈，避免螺纹损伤模板面板上的对拉螺栓孔眼。拧紧对拉螺栓和模板夹具等连接件时用力均匀，保证塑料垫圈与模板板面正确接触，避免混凝土浇筑后孔眼不规则变形。

5.6.3

a）对木模板面板的拼缝应进行防漏浆处理，处理后的拼缝应保持面板的平整度，且不得使混凝土表面着色。全钢模板平接和阳角面板的拼缝可采用模板硬拼接缝加止水泡沫棒双重措施保证接缝严密，避免漏浆。面板平口连接时，切口处刨光并涂刷防水材料，保证接缝不漏浆。

b）结合桥梁工程施工和管理水平的实际，分别规定了普通清水混凝土和饰面清水混凝土模板安装和预留、预埋的允许偏差。模板安装允许偏差参照《建筑工程大模板技术规程》JGJ 74和《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F 50中的相关规定，提高了清水混凝土模板的安装质量标准。预留预埋的允许偏差参照《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F 50中的偏差要求，并有所提高。

5.7 模板拆除

5.7.1 适当延长清水混凝土养护时间可提高混凝土的强度，减轻拆模时对清水混凝土表面和棱角的破坏。另外，混凝土的拆模时间除需要考虑拆模时的混凝土强度外，还应考虑到拆模时的混凝土水化热温度不能过高，以免混凝土接触空气时降温过快而开裂，更不能在此时浇注凉水养护。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得拆模，以避免其接触空气时降温过快而开裂。在炎热和大风干燥季节，应采取有效措施防止混凝土在拆模过程中或拆模后的初期开裂，如采取逐段拆模，边拆边盖的拆模工艺。大风或气温急剧变化时不宜拆模。在寒冷季节，若环境温度低于0℃时不宜拆模。

5.7.2 现场拆除所作的各项规定对保证新浇筑混凝土表面质量、保护与方便模板和配件的周转使用有重要指导作用。

5.8 模板保养

5.8.1～5.8.7 模板运输、安装、混凝土施工、模板拆除和存放过程中，应注重模板的保护、维修和保养，以改善模板使用时所施工的清水混凝土表面质量，提高模板的使用寿命。尤其是施工过程中，模板面板极易与钢筋、混凝土表面等发生碰撞而破损，影响清水混凝土的饰面效果，可采用地毯、木方或胶合板等与钢筋隔离，牵引入模等措施。

6 钢筋工程

6.1 钢筋材料质量要求

6.1.5 采用的保护层垫块要选用足够的强度、颜色与清水混凝土基本一致的成品细石混凝土、砂浆垫块。专业厂家生产的高强细石混凝土垫块是由机械压制而成，强度可达60~70MPa，不易压碎，外形尺寸精确，误差不超过1mm。混凝土垫块的主要优点是强度高于本体混凝土的强度，材质同结构混凝土一致，膨胀系数与混凝土相同，耐久性高，即使蒸汽养护也不产生间隙，完全能与混凝土融合为一体；采用大型压力机压制，形状规则，厚度一致，能很好的控制保护层的各部尺寸，确保工程质量。塑料垫块优点是成本低廉、形状规则、易于固定，其缺点是材质与混凝土完全不同，膨胀系数差别较大，不能和混凝土结合在一起，且强度较低，容易被压碎,长期抗腐蚀能力无法保证。目前，大部分桥梁、地铁等重要工程项目禁止使用塑料垫块。

垫块的规格尺寸，应根据被保护钢筋的直径、保护层厚度的结构特点选定。考虑到混凝土垫块在施工中极易被压坏，且混凝土成型后易在表面留下疤痕，为保证清水混凝土的饰面效果，选用的垫块应有足够的强度，且颜色应尽量接近清水混凝土的颜色。

6.2 钢筋下料与加工

6.2.1 钢筋宜随进随用，避免因在现场放置时间长产生浮锈，防止雨雪天气造成钢筋锈蚀，污染模板进而影响清水混凝土的饰面效果。钢筋锈水一方面会污染模板，会使混凝土表面出现锈斑痕迹；另一方面，钢筋锈蚀会降低混凝土与钢筋的粘着力及混凝土与钢筋的机械嵌固形成的握裹力。

6.3 钢筋绑扎与安装

6.3.1 钢筋安装应符合设计和规范要求，保证混凝土的结构安全。钢筋绑扎的一般规定与普通混凝土混凝土的要求相同。钢筋绑扎点扎扣和绑扎钢丝尾端朝向内侧是为了防止露头扎丝划伤模板、外露生锈，影响混凝土饰面效果。钢筋外露或保护层过小，将影响结构安全及混凝土饰面效果。对拉螺栓孔位置按照设计要求，避免钢筋影响对拉螺栓的安装，影响混凝土的饰面效果。

保护层厚度控制过厚，结构物截面有效尺寸降低，影响结构承载力，过薄则不能有效保护钢筋，影响结构安全性及混凝土饰面效果。保护层垫块没有统一布置，以及垫块因强度不够而压碎，也将造成保护层的质量得不到保证，从而无法保证清水混凝土的安全服役和外观质量。因此，应充分重视钢筋保护层厚度的均匀性和合格率，防止钢筋外露和钢筋可能的锈蚀对混凝土表面的污染。一般而言，桥梁墩柱每断面不少于6个，上下间距不大于1.5m；预制板梁箱梁、现浇箱梁、桥梁墩帽、桥面铺装层、挡墙等构件按不少于4个/m2布置，钢筋骨架重量较大的箱梁横梁部位垫块布设密度6个/m2。施工时，垫块应安放稳定，与钢筋接触紧密，无悬空翘角等现象，与钢筋固定牢固，保证垫块不易在混凝土浇筑振捣过程中发生移位，且绑扎垫块和钢筋丝头一律弯折到钢筋骨架内侧，一律不得进入保护层内。

6.3.2 本条参照《清水混凝土应用技术规程》JG 169和《桥涵施工技术规范》JTG/T F 50，规定了钢筋安装的尺寸允许偏差。

7 混凝土工程

7.1 混凝土原材料质量要求

7.1.1 清水混凝土使用的水泥，应具有以下特性：（1）不使清水混凝土具有表面色的色差。水泥色泽是由水泥熟料、混合材料种类和掺量、石膏以及外加剂等多种因素所决定的，水泥颜色的不稳定使清水混凝土工程不能达到外观色泽一致的要求。因此，出于清水混凝土表面色差的考虑，应优先选用Ⅰ型或Ⅱ型硅酸盐水泥，因为这两种水泥不掺或仅掺5%的粒化高炉矿渣或石灰石，色泽的均匀性和一致性易控制。考虑到普通硅酸盐水泥应用的广泛性（在我国水泥生产中的约占50%以上），其次可选用普通硅酸盐水泥。水泥一旦选定，就应要求施工始终不能更换水泥厂家、品种、强度等级以及改变混合材料的品种和掺量，以控制水泥颜色尽量一致。（2）水泥的强度等级应与混凝土强度等级相适应，且水泥质量应稳定。（3）水化热低，不至于使混凝土混凝土由于水化热而开裂。（4）水泥的碱含量要低，按Na2O当量计不应超过水泥质量的0.6%，不至于发生碱集料反应或混凝土表面泛碱使混凝土表面产生色差。

7.1.2 集料在混凝土中构成骨架，在混凝土的整个体积中，集料要占2/3～3/4，所以集料的质量对清水混凝土来说是相当重要的。集料一般不与水泥浆起化学作用（石灰岩集料和碱活性集料除外），本身比较坚实，能减少混凝上由于水泥硬化而引起的收缩。集料的强度、硬度、颗粒大小形状和分布以及化学耐久性对混凝土性能起着重要的作用，也影响着混凝土的经济。集料在选材上应贯彻就地取材的原则。集料不仅能够限定清水混凝土的强度，集料的性质尤其是有害物质含量也能大大地影响混凝土拌合物性能和外观质量。集料，特别是细集料对混凝土色泽有一定影响，要求颜色和色调一致的清水混凝土还应要求粗、细集料颜色均匀。因此，同一工程所用的粗细集料，应在相近产地选用同一材质、同一品种、规格、颜色接近的材料，并有足够的储备，保持原材料的颜色和技术参数一致。集料的质量要求参考了《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F 50–2011）中的指标要求，并有所提高。

机制砂石粉含量过高，将吸附大量外加剂，导致混凝土外加剂掺量高、气泡多、气泡大，影响表面质量。

7.1.3 　粉煤灰、矿渣粉、石灰石等矿物掺和料的掺入，有利于改善混凝土的和易性或提高清水混凝土的耐久性，但单一的掺合料的掺入量一旦掺量过高则对清水混凝土的表面色泽有一定的影响，因此应根据使用性能要求和应用环境不同，推荐采用两种不同矿物掺合料复掺并通过试验优化其掺配比例，以调和混凝土的颜色均匀性。同时，应保证矿物掺合料的质量均匀稳定。同一工程应使用同一厂家的同一品种。

7.1.4 　为提高清水混凝土拌合物的工作性、可泵性及硬化混凝土的外观质量和抗裂性，所选用的聚羧酸系减水剂实际上需要采用高减水、高保塑、低碱特性的聚羧酸系减水剂母液与消泡剂、引气剂、缓凝剂甚至增粘剂等组分复合制备，是一种具有高减水、高保塑、低含气量等特性，能提高混凝土的工作性能、耐久性能，并改善混凝土表面宏观可见气孔的清水混凝土专用外加剂。对于处于寒冷地区的工程的混凝土还应掺用引气剂以提高混凝土的抗冻性。冻融破坏环境条件下，掺用引气剂的混凝土拌合物的含气量根据抗冻等级的要求宜在4%～5.5%范围经试验确定。

7.1.5 拌合水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质及油脂、糖类、游离酸类、碱、盐、有机物或其他有害物质。混凝土拌合用水的主要控制项应包括pH 值、不溶物含量、可溶物含量、硫酸根离子含量、氯离子含量、水泥凝结时间差和水泥胶砂强度比。混凝土养护用水除不溶物、可溶物、凝结时间差和胶砂抗压强度比可不作要求外，其他性能应满足拌合用水的要求。养护用水应洁净，不得采用污水、泥沙含量大的混浊江河水、江水或含有铁锈的水等，防止混凝土表面着色污染。

7.2 混凝土配合比设计

7.2.1 清水混凝土的配合比设计非常重要，除应具备良好的工作性和致密的、内在匀质性性能、力学性能、体积稳定性和耐久性等要求外，还应满足混凝土均匀一致的外观质感要求。清水混凝土配合比设计时重点是考虑混凝土的耐久性和外观观感效果，其中外观质量控制的关键工作是控制混凝土的外观色泽，提高表面的光洁度和密实度，减小表面气泡的数量和表面微小裂缝的产生，这需要通过原材料的选择、实验室试配优化出工作性良好和适宜的混凝土表面颜色的配合比以及生产过程的有效控制，以达到最佳的预期效果。

7.2.2

b）本款根据桥梁混凝土施工工艺，结合桥梁混凝土实际施工经验，提出了桥梁清水混凝土拌合物施工的工作性指标要求。清水混凝土拌合物应具有施工要求的流动性，以符合施工所需要的工作度，但应通过控制使用较低用水量，搭配使用高效减水剂，以避免产生泌水、浮浆及离析现象而损及耐久性。优良的工作性能是保证混凝土浇捣均匀成型密实，具有优良外观质量和良好耐久性的前提。

e）江西省混凝土桥梁结构所处环境条件为一般环境（无冻融、除冰盐等氯化物和其他化学腐蚀物质作用），混凝土的耐久性能应控制在正常大气作用下混凝土碳化、渗水引起的内部钢筋锈蚀。本款根据江西省桥梁工程的环境作用等级及结构使用性能要求，基于100年设计使用年限设计要求，提出了桥梁工程高性能清水混凝土的耐久性设计应该达到的基本参数指标。混凝土的耐久性指标主要包括：碱集料反应、抗碳化、抗硫酸盐、抗渗、抗冻和氯离子渗透等。对于一般大气环境下的混凝土结构，混凝土表面直接与大气接触，当水胶比不大于0.38，可不考虑混凝土结构的碳化问题。当混凝土设计强度等级小于等于C35，且结构或构件所处环境有抗渗要求时，混凝土应进行抗渗性实验，满足抗渗性等级P12的要求。

f）混凝土的含气量应满足设计要求。当设计无明确要求时，对于无抗冻要求的一般环境条件，高性能结构混凝土的含气量（入模时，以下类同）不应大于3.0%；当采用引气剂用于改善新拌混凝土工作性时，新拌混凝土含气量宜控制在3.0%～4.5%。冻融破坏环境条件下，掺用引气剂或引气型外加剂高性能结构混凝土拌合物的含气量根据抗冻等级的要求宜在4.0%~5.5%范围经试验确定；盐类结晶破坏环境下，掺用引气剂或引气型外加剂高性能混凝土拌合物的含气量宜在4.0～5.0%范围；冻融破坏环境或盐类结晶破坏环境下，预应力梁混凝土含气量应为2.0%～4.0%。

7.2.3 清水混凝土配合比设计应遵循低水泥用量、低用水量、水胶比适当、骨料堆积密度最大、高性能减水剂与矿物掺合料双掺的原则进行设计，目的是最大程度地降低浆骨比，提高混凝土的体积稳定性和密实性。减少胶凝材料中的硅酸盐水泥组分用量，是为了提高混凝土体积稳定性和抗裂性。控制最大用水量既提高混凝土均质性，又维持强度及与混凝土体积稳定性相关的耐久性。过小水胶比，塑性收缩和自收缩增大，过大水胶比，增大混凝土收缩徐变、降低耐久性，因此水胶比应适当。优化骨料级配和粒形，使骨料获取最大堆积密度和最小空隙率，可以进一步减少胶凝材料用量。聚羧酸减水剂与粉煤灰、矿粉等矿物掺合料双掺，可以达到减少水泥用量和用水量、推迟并削减水化热温峰、密实混凝土内部结构，使混凝土强度持续稳定地发展，耐久性得以改善的多重目的。

根据江西省桥梁工程的环境作用等级和结构使用性能要求，提出了桥梁工程高性能清水混凝土配合比设计参数选取的建议值。

a）、b)为满足清水混凝土工作性、体积稳定性和耐久性的要求，规定了桥梁结构常用的各等级清水混凝土的最大用水量控制值及水胶比范围。

c）为提高混凝土的耐久性，改善混凝土的施工性能和抗裂性能，混凝土中应适量掺加优质的粉煤灰、磨细矿渣粉等矿物掺合料或二者的复合矿物掺合料。矿物掺合料的掺量应根据混凝土的性能要求（如各龄期强度、混凝土的工作性）及施工条件和工程特点（如环境气温、混凝土拌和物温度、构件尺寸等）通过试验确定。但为保证清水混凝土外观色泽的均匀一致及混凝土的抗中性化性能，同时规定了混凝土中矿物掺合料取代水泥的最大用量。在配合比设计时要坚持降低胶凝材料用量的设计原则，且骨料的用量不宜过低，主要是为保证混凝土的体积稳定性，胶结材用量大和骨料用量小，必会增加混凝土的开裂倾向；水泥用量过低，粉煤灰和磨细矿渣粉掺量过大时，降低混凝土早期强度和抗中性化性能。因此参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55和《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F 50，规定了清水混凝土的矿物掺合料的最大掺量。但是对于承台、锚锭等大体积或超大体积混凝土配合比设计时，可不受本条矿物掺合料掺量限值的限制，其中，单掺粉煤灰的掺量最大可达40%；复掺粉煤灰与矿粉的矿物掺合料最大掺量可达60%。

d）砂率宜适中，采用中粗河砂配制的混凝土的砂率一般为36%～45%，当配制的混凝土坍落度大于220mm或扩展度大于550mm时，砂率可取上限值；对于C50及以上强度等级的预应力结构用混凝土，用中砂配制的C50及以上预应力混凝土砂率一般不宜大于40%或粗集料用量不宜小于1100kg/m3。

e）减水剂品种与掺量 除冬季施工或预制构件对脱模要求较早外，其他季节或其他结构部位混凝土使用的高效减水剂宜选用缓凝型高效减水剂，以推迟和削减水化热温峰，减少分层施工冷缝。减水剂的掺量应根据混凝土坍落度要求、施工气温通过试验确定，不能随意减少或超掺，以防出现流动性过小、坍落度损失过大或离析泌水。

7.2.4 优选最佳配合比是高性能清水混凝土配合比设计的关键环节。本条建议了清水混凝土配合比试配与优选步骤，主要包括采用选定的原材料对计算的理论配合比进行试配和配合比调整，根据试配调整结果，优选出工作性优良、耐久性好、满足试件强度要求、符合经济性和环保要求的配合比，并进行线外墩或梁试验验证外观质量效果。

b）混凝土拌合物中水溶性氯离子总含量是指水泥、矿物掺合料、粗、细集料、水、外加剂等所含氯离子含量之和。混凝土的氯离子含量可根据各种原材料的氯离子含量检验结果按配合比计算得到，也可按现行行业标准《混凝土氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322的相关规定检测混凝土拌合物中水溶性氯离子含量得到。

c）混凝土拌合物的总碱含量是指水泥、矿物掺合料、外加剂及水的碱含量之和。其中水泥、外加剂和水的碱含量用实测值计算；矿物掺合料碱含量以其所含可溶性碱计算，粉煤灰的可溶碱含量取粉煤灰总碱量的1/6，矿渣粉的可溶性碱量取矿渣总碱量的1/2，硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的1/2。

7.3 混凝土拌制

7.3.1～7.3.3 搅拌时原材料与配合比的控制、拌合物的制备环境和拌合制度的控制，都是保证清水混凝土均匀一致外观质量的重要手段。较长的拌合时间，能保证普通清水混凝土拌合均匀，避免混凝土不匀质带来色差。一般而言，清水混凝土拌合物的搅拌时间，对于C50以下混凝土不得少于1.5min，C50及以上混凝土不得少于2min，冬季还应相应延长0.5min。

7.3.4 清水混凝土拌合站宜在集料堆场搭设遮雨棚，避免雨水导致集料堆内外含水差异过大。

7.3.5 同一视觉范围是指水平距离清水混凝土构件表面5m，平视清水混凝土表面所观察的范围。混凝土拌合物的制备环境、拌合制度一致是指混凝土的出机温度（受制于原材料温度、拌合站环境温度影响）、投料顺序、搅拌时间一致，主要是为控制混凝土拌合物的状态一致。

7.3.7 控制混凝土的坍落度的经时损失可减少现场二次增加混凝土外加剂而改变混凝土匀质性和稳定性的发生。控制混凝土工作性的稳定主要是为减少两次浇筑的清水混凝土拌合物由于工作性偏差大而导致硬化后出现可见色差。

7.4 混凝土拌合物运输

混凝土运输对质量的影响：一是在运输过程中造成混凝土离析、分层和坍落度损失过大，不能保证混凝土入模时的工作性能，将影响到清水混凝土的浇筑质量和外观色均性。因此，混凝土运输时间不能过长，对混凝土运输距离和场地平整度也要进行严格控制。二是混凝土运输罐车在运输清水混凝土前必须清洗干净，运输过程中应保持罐体运转，中途不得运送其它品种混凝土，以防混凝土污染，造成混凝土产生色差。三是运输过程中不能随意加水和外加剂，防止现场调整混凝土而产生饰面效果差异。

7.5 混凝土浇筑

7.5.3 本条规定了大体积机制砂混凝土施工时温控防裂的技术依据。

7.5.4～7.5.5 混凝土浇筑布料过程中应注意以下几个方面：1）浇筑高度：如果倾落的自由高度超过2m，会发生混凝土离析，从而导致清水混凝土表面发生分层、色泽不均匀的现象。因此，当自由下落高度超过2m时，应使用串筒、斜槽、溜管、漏斗等。2）分层下料的厚度：如果下料过厚，一方面增加了对模板的侧压力，有可能出现模板变形、漏浆甚至爆模的情况；即使不出现上述情况，也会因为振捣机械的性能达不到影响深度，容易出现振捣不足影响或者的内在质量，导致后不密实甚至出现蜂窝麻面；有时即使混凝土厚度不是很大，但是配筋密实影响振捣时，如果不合理进行分层浇筑，就不能保证混凝土振捣密实，清水混凝土拆模后也很可能会出现蜂窝、麻面等质量缺陷。因此，清水混凝土应严格控制每次下料的高度和厚度，分层厚度一般不宜大于30cm。浇筑清水混凝土的竖向构件如墩柱，考虑到分层浇筑次数多，即使为加快浇筑进度，分层下料的厚度控制也不应超过50cm，并应逐层振捣。3）浇筑顺序：采用分层浇筑工艺时，如果浇筑顺序选择不当，会导致下层混凝土重塑性变差甚至初凝时上层混凝土尚未浇筑完毕，清水混凝土表面将会有明显的分层线痕迹甚至出现施工冷缝，影响外观质量。一个施工节段的混凝土必须连续浇筑，不得随意留置施工缝。4）浇筑速度：对于截面尺寸不大的单个构件，如墩柱，不可过快浇筑。浇筑过快时，新浇的混凝土对模板的侧压力加大，会引起模板变形甚至爆模。而且在浇筑过程中，下部的混凝土尚未沉实即已浇筑上的混凝土，对上层混凝土的振捣会因影响到下层混凝土，有如过振一般，严重时会出现粗骨料下沉、砂浆上浮、气泡集中，影响结构的匀质性和外观情况。因此，墩柱的浇筑宜采用数根柱为一组，依次循环浇筑，各柱分层下料、分层振捣的办法施工，延长每一根的浇筑速度，使每层浇筑的混凝土略微沉实，使砂浆持续上浮的情况在一定程度上得以改善，同时在可能条件下混凝土的坍落度值宜以允许值的下限控制。

7.5.6 严格控制分层浇筑的间隔时间是为了防止冷缝、分层缝印痕的出现。

7.5.9 本条是为了防止洞口模板被一侧混凝土挤压变形及位移。

7.6 混凝土振捣

7.6.1 本条为了保证浇筑的混凝土形成均匀密实的结构。机械振捣更容易使混凝土密实，从而保证混凝土硬化后质量。

7.6.2～7.6.4 清水混凝土在浇筑时需要严格振捣管理，在振捣过程中应注意以下几个方面： 1）振捣时间：振捣时间不够时，混凝土不能充分充满模型，且混凝土内部还存在很多孔隙和气泡，此时清水混凝土会产生缺角、蜂窝和表面气孔的质量缺陷；若混凝土过振，会造成混凝土离析泌水，因翻砂在表面隐约出现“水波纹”状的轻微色差或有偏大气泡积聚，影响清水混凝土的表面效果。同时，过振还可能造成胀模，影响清水混凝土的外观尺寸不合格。在施工实践中，可以根据以下特征判断混凝土振捣是否密实饱满：混凝土表面不再冒出气泡；混凝土不再显著下沉；表面不再泛浆；表面基本形成水平面。 2）振捣方法：振动器在操作过程中如果碰撞钢筋、模板、波纹管、钢绞线、锚垫板、回浆管和定位螺栓等，将会造成混凝土露筋、跑模和预埋件位置不准确。因此，在振捣时要注意内部振动器与侧模保持5～10cm的距离，并注意振动器插入位置。混凝土振点应从中间开始向边缘分布，且振捣棒各插点的布置间距应均匀，交错式布点，层层搭扣，遍布浇筑的各个部位，并应随浇筑连续进行，严禁漏振。振捣棒插点间距不宜大于振捣棒有效作用半径的1.5倍，且保证插入下层混凝土内的深度宜为5cm～10cm。对于边角要多插，同时保证每一振点表面呈现浮浆和不再下沉，防止混凝土构件缺角及蜂窝的发生。插入式振捣变换插点时，应做到“快插慢拔”，不得将振捣棒放在拌和物内平拖，不得用振捣棒驱赶混凝土。3）二次振捣： 采用二次振捣法，可以减少表面气泡，即第一次在混凝土浇筑时振捣，第二次待混凝土静置一段时间再振捣（在第2层混凝土摊铺前进行），而顶层一般在0.5h后进行第二次振捣。4）其他：混凝土在保证振捣密实的情况下，不宜长时间振捣，防止过振发生泌水、气泡聚集，掺粉煤灰混凝土振捣时，振捣后的混凝土表面不应出现明显的粉煤灰浮浆层。若因构件表面浮浆较厚，可采用加入适当清洁小石子再适度二次振捣的办法，避免表面层混凝土与下部混凝土颜色不一致。

7.7 混凝土养护

7.7.1 混凝土暴露面收浆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。采用塑料薄膜养护时保持膜内潮湿，采喷雾养护时混凝土表面保持湿润。

7.7.2～7.7.4　清水混凝土的养护较普通混凝土严格，避免由于养护对混凝土表面污染，形成色差。

为避免形成清水混凝土表面色差，模板拆除后其表面养护的遮盖物不得直接用草垫或草包铺盖，以免造成永久性黄颜色污染。为了避免出现水印或使混凝土面发花，色泽不均，不宜采用水管直接水管直接淋水养护，避免滴水、冲水给混凝土表面造成划痕，洒水量以不造成流水为宜。采用自动喷淋养护时，宜喷晒成雾状水，并确保混凝土面所有位置均能充分润湿。喷淋养护过程中应经常喷淋保持润湿，频次多少以能保持混凝土表面经常的湿润状态为宜。养护过程中的其他注意事项还有：

　　（1）如用非饮用水或地下水养护，应做水质化验合格才能使用。对于上部有盖梁的柱，将其外漏钢筋逐根用塑料薄模包裹，以防钢筋生锈雨天锈水流至柱立面形成色斑。

　　（2）一般养护14天后可将塑料薄膜揭掉，若包裹时间太长，由于包扎不均匀或雨天局部浸水长期包裹形成养护色差。离地2m以内宜用塑料布包裹保护，以防雨天泥巴飞溅在柱上。

（3）大体积混凝土大体积混凝土的养护应通过热工计算，确定其保温、保湿或降温措施，并宜设置测温点测定混凝土的内部温度、表面温度和环境温度，温度应控制在设计要求的温差内。设计无要求时，混凝土内部和表面的温差不应超过25℃，混凝土表面与环境的温差不宜大于20℃。保温覆盖层的撤除应分层逐步进行，当混凝土的表面温度与环境最大温差小于20℃时，可全部拆除。

（4）冬期施工的清水混凝土，养护时有保温、防冻措施。应符合下列规定：1）混凝土浇筑后，应及时进行保湿保温养护。2）当日均气温低于+5℃或最低温度低于－3℃时，不得采取洒水自然养护方法，应采用混凝土表面覆盖洁净塑料薄膜保湿，并在其上严密覆盖保温材料进行蓄热养护。混凝土保温层厚度按JTS 202–1–2010附录E计算确定。塑料薄膜、加厚土工布、麻袋、泡沫塑料板、阻燃保温被等，可作为保温材料覆盖混凝土和模板，必要时，可搭设挡风保温棚。3）当用蓄热法养护达不到要求时，可采用蒸汽加热、电加热或暖棚加热等外部热源加热养护方法。4）混凝土受冻前的强度不得低于5MPa。5）模板和保温层应在混凝土表面冷却到5℃以后，方可拆除。拆除后当混凝土表面温度与环境温度相差大于20℃时，仍应对混凝土表面加以覆盖保温，使其缓慢冷却。6）混凝土强度达到设计强度等级的50%以上时，方可撤除养护措施。

8混凝土施工缝的留设与施工

8.1 施工缝的留设

8.1.1 桥梁结构深化设计及编制混凝土施工技术方案时，应充分考虑水平、竖向施工缝的位置。由于混凝土施工缝处接缝质量控制难度较大，因此施工缝的位置应尽量与明缝条的位置重合，当不能重合时，也可设置在禅缝位置。

8.1.2 本条为清水混凝土施工缝设置的基本原则。

8.2 施工缝的施工

8.2.1 为使拆模后混凝土表面接缝美观，针对桥梁工程不同结构部位的施工缝可采取以下措施确保混凝土相邻节段间的暴露在可见面的施工缝边线平整顺直：1）墩柱、主塔等水平施工缝，宜在下节段混凝土浇筑完毕后，以模板顶口线为基准，将钢筋外围与模板之间宽10～15mm混凝土顶面修整、压平，并将混凝土面形成一个倾向钢筋侧的小斜坡，使流体无法沿着外壁流出。凿毛时，在混凝土保护层外侧保留宽10～15mm的完整边界，严禁破坏该接缝，以免影响接缝美观；或在下节段拆模后，在分缝处弹墨线，重新切割出水平施工缝，以确保上下节段混凝土接缝顺直。2）预制梁体湿接头、湿接缝，宜在拆模后及时对翼缘板、横隔板横向端部、结构连续梁端等现浇混凝土连接处的混凝土进行凿毛，凿毛前应先将凿毛范围用墨线标出，墨线宜距外边20mm左右，在弹线区域内分块自下往上凿毛，凿毛深度一般4～6mm，以完全去除浮浆和露出分布均匀的粗集料，形成凹凸麻面为准。3）现浇梁、板竖向施工缝，宜在分段处端模拆除后，对施工缝处混凝土表面人工凿毛，剔除浮浆和浮动石子形成麻面，并用水冲洗干净，人工凿除时，处理层混凝土强度必须达到2.5MPa。

8.2.2 施工缝处剔凿浮浆层有利于结构安全和保证清水混凝土的饰面效果。

8.2.3 模板与结构实体接触处封堵应采用柔性且对清水混凝土表面无污染的材料。

9 混凝土成品保护

9.1 混凝土成品保护应全程进行，防尘、防油、防污染、防损伤，对于有外露易锈蚀部分的预埋件或连接件要特别加强保护。清水混凝土后续施工过程中，应防止前面施工所完成的混凝土成品被泥水、油污染以及被钢筋、模板、设备等碰撞损伤，必要时应采取保护措施。

9.2 桥梁工程混凝土施工节段多且工序复杂，经历的时间较长，因而导致已浇混凝土外表面受损的几率随之加大，破坏的因素随之增多。为了确保混凝土在交工时其混凝土外观完好，在施工期间，应特别加强对混凝土外观的保护，施工现场必须建立严格有效的混凝土成品保护制度，对易于污染和碰撞损坏的部位应制定专项保护措施，采取专人监控方式进行，发现问题应及时处理，成品保护和处理措施可参考采用以下方法：

1）吊装钢筋、模板等物质以及桥下倒车时，应注意防止碰伤已经浇筑的混凝土成品。2）墩柱、主塔等混凝土浇筑过程中，应防止水泥浆垢污染已完工的下层节段。上层浇筑混凝土时，模板下口宜设置挡板或用塑料薄膜兜底，避免水泥流浆污染下层节段成品；对流淌下的水泥浆应及时清洗干净。3）预应力张拉时应缓慢进行，保护好梁底、端部，避免掉角；孔道压浆时，应确保油管接头密封以及油泵、压浆设备及千斤顶完好，以防压浆时的浆液及液压油污染混凝土面，对于已经附着的水泥浆要立即用清水进行冲洗。4）混凝土预制梁构件在堆放、运输、安装过程中必须采取适当的防护措施，防止被碰撞损坏或泥水、水泥流浆污染其表面。5）箱梁混凝土强度达到2.5MPa之前，严禁人或机械在其上行走，防止薄板、变截面处混凝土产生裂缝；应按设计要求在箱梁翼缘板位置设置滴水槽，以防止桥面雨（水)污染箱梁底面。6）移动模架行走、挂篮移位时，应对称匀速进行，防止因大的冲击造成对梁的损伤。7）应保持清水混凝土表面的清洁，不得在混凝土表面做测量标记，严禁乱写乱画及用脏手或其他污物擦摸混凝土面；不得用尖利的硬物刮刻混凝土面，严禁用重物撞击及敲打混凝土面。

10 混凝土成品修补与表面保护涂料施工

10.1 成品修补

10.1.1 表面污染物指混凝土流坠、水流痕迹，油漆及墨线等。基底处理严禁用角磨机等划伤混凝土表面的机械。

10.1.2～10.1.5 为使清水混凝土达到完整的饰面效果，对混凝土表面的局部观感缺陷有针对性地进行修复。修补遵循以下几个原则：只修补必要的缺陷部位，修补量越少越好，避免水泥浆、砂浆等污染物二次污染混凝土表面，般的观感缺陷可以不进行修补；修补的方法应针对不同部位及不同的缺陷采取有针对性的修补方法；修补时要注意对清水混凝土的成品保护，修补处应保持与原混凝土面色泽一致，做到不留痕迹。修补材料及基本处理原则：清水混凝土修补面是比较小的，一般采用混凝土原配合比的普通水泥和建筑胶乳配成水泥胶泥修补，修补面稍大时，可适当加入筛过的细砂，配成水泥砂浆修补。胶泥和砂浆需与混凝土基层色调保持一致，可采用掺配不同比例白水泥进行调配。尽量不破坏混凝土表面，颜色调整应尽量不破坏混凝土自然花纹和美感。修补前必须充分润湿待修补面，在修补面润湿而不留积水的条件下修补，修补后应及时进行保湿养护，使修补材料与基层紧密结合，强度能正常发展。

混凝土修补部位可采用调色的方法淡化修补痕迹，无明显的修补痕迹。混凝土色差调整剂宜采用专用材料，避免使用涂料型产品调色造成混凝土表面污染。

　　混凝土成品表面修补工艺可参考以下方法：

1）错台的修补

①错台小于5mm时，用角磨机将错台位置打磨平整。②错台大于等于5mm时, 先用角磨机将错台位置打磨平整，再用聚合物水泥净浆对打磨位置进行修补，待水泥浆硬化后，用砂纸均匀打磨光洁，使打磨位置与周围色泽一致，完成用水冲洗洁净。

2）气泡的修补

①用聚合物水泥净浆或腻子对气泡进行充填，将气泡充填密实。②养护1d后，聚合物水泥净浆由于收缩会在气泡内形成微小的凹陷，再次用聚合物水泥净浆进行充填，并将表面收光，使修饰后的部位与原混凝土保持一致。③待浆体硬化后，用细砂纸仔细打磨，使修饰区域与周围区域色泽一致。④以上步骤可重复进行，直到修补的部位与周围混凝土的颜色一致为止。

3）表面裂缝的修补

①对于只影响混凝土外观质量的较细、较浅裂缝，可将裂缝用水冲洗后，采用聚合物水泥净浆抹补。修补的表面应用细砂纸打磨平整，并使该部位与周围混凝土的颜色一致。②如裂缝开裂较大较深时，则应根据实际情况，按要求采用压力注浆法灌入改性环氧树脂注缝胶进行补强，并用聚合物改性白水泥浆修饰表面。

4）蜂窝、麻面的修补

①采用钢丝刷将表面存在的蜂窝、麻面部位松散的混凝土层及浮浆凿掉冲洗干净，直到密实的混凝土面。②然后用钢丝刷和压力水洗刷表面，将接触面清洗干净及润湿；③刷较释的聚合物水泥浆液界面结合层一道。④用聚合物水泥砂浆分层压实、抹平、收光；⑤用混凝土养护液或塑料薄膜覆盖养护。⑥采用砂纸打磨，使其与周围结构混凝土的颜色一致。若不存在松软层(属小蜂窝、小麻面)，先将缺陷部位清洗干净，然后进行修补，其修补修饰的方法同气泡处理。

5）锈迹的修饰

模板安装后，由于各种原因混凝土不能及时浇筑，钢模上可能会有少量锈迹污染混凝土面，锈迹采用以下方法修饰：①如果是轻微锈迹，用软布擦拭即可。②如果锈迹较多并渗进混凝土孔隙，则先用细砂纸打磨后再用软布擦拭即可。

6）对拉螺栓孔的修补

（1）对于螺纹钢外套PVC管作对拉螺杆的孔眼：①割除PVC管，将拉杆孔清洗干净。②采用聚合物水泥砂浆进行填充。③待凝固干缩后视情况再用聚合物水泥砂浆或聚合物水泥净浆进行表面补填。④最后用调好色泽的聚合物水泥浆液抹面。⑤用塑料薄膜或喷涂混凝土养护液进行养护。⑥待凝固后，用砂纸反复打磨，直至表面光滑整洁。

（2）对于拉杆采用锥形螺母固定的孔眼：拆模后及时取出或凿出锥形螺母，为方便封堵施工，将拉杆孔眼扩大切割成规则矩形，切缝内的混凝土凿深2cm，然后采用聚合物水泥砂浆按上述封堵步骤进行处理。对于一些锥形螺母难以取出的死拉杆，也可通过在拉杆位置钻芯取出端头死拉杆，然后采用聚合物水泥砂浆对钻眼孔按上述拉杆孔封堵步骤进行处理。

7）封锚处的修补

在预应力孔洞修饰工艺上，可通过加工成型深埋套筒保证预留孔洞的规则和美观。①拆模后先将预应力套筒凿出。②在混凝土上弹出要切割矩形的切割线，矩形边距离深埋套筒边不大于5cm（有压浆管一侧可适当增大，使压浆管在矩形内），同一型号锚具对应矩形尺寸应一致，且同一区域上的矩形应保证切缝整齐。③用切割机沿切割线对混凝土进行切缝。④对切缝内的混凝土进行凿除，凿除深度为3cm左右。⑤将封锚处清洗干净。⑥用与梁体强度等级相同的细石混凝土进行填充，人工插捣密实。⑥待凝固干缩后视情况再用聚合物水泥砂浆或水泥浆进行补填。⑦最后用调好色泽的聚合物水泥浆液抹面。⑧用塑料薄膜覆盖或喷晒混凝土养护液进行养护。⑨待凝固后，用砂纸反复打磨，直至表面光滑整洁。

10.2 表面保护涂料施工

10.2.1 清水混凝土外表面长期暴露于自然环境中，极易受雨水、大气等外界环境的而破坏，因此建议清水混凝土尤其是处于酸雨环境地区的清水混凝土或对装饰要求较高的饰面清水混凝土应采用疏水性的透明保护剂或着色透明保护涂料进行喷涂，以在混凝土表面形成均匀透明的保护性膜层，起到防止清水混凝土表面污染，减少外界有害物质的侵害，延缓混凝土表面碳化速度，从而起到长久保持混凝土本身的自然质感和增强混凝土的耐久性作用。为保持混凝土表面自然的机理及质感，应选用透明保护涂料。采用着色透明保护涂料，可以进一步改善混凝土表面的色均性。

10.2.2 选用透明涂料的目的是为了防止清水混凝土表面污染，减少外界有害物质的侵害，延缓混凝土表面碳化速度。

清水混凝土外表面喷涂常用的保护性涂料品种有用氟碳树脂系、聚氨酯树脂系、丙烯树脂系、硅烷化合物类以及复合型，优先推荐选用硅烷涂料作底涂、水性硅丙涂料作中涂、水性氟碳树脂涂料作面涂的三层配套涂层体系。底涂的技术指标可参考《建筑内外墙用底漆》JG/T 210和《合成树脂乳液外墙涂料》GB/T9755；中涂的技术指标可参考《合成树脂乳液外墙涂料》GB/T9755；面涂的技术指标可参考《建筑用水性氟碳涂料》HG/T 4104。

11 混凝土质量验收标准

11.1～11.3 由于桥梁工程清水混凝土目前还没有统一的验收标准，本条结合江西省公路与市政桥梁工程施工和管理水平的实际，将清水混凝土工程分为普通清水混凝土和饰面清水混凝土进行验收和评定。清水混凝土的质量标准包括实体质量（力学指标、耐久性指标、保护层厚度指标）、外观质量和结构外形尺寸。清水混凝土的力学指标要符合设计要求的承载力，这与普通混凝土结构没有差异。耐久性应满足工程所处条件下的耐久性要求，当清水混凝土的耐久性指标设计无要求时，可参考正文中的表8执行。本条中的清水混凝土外观质量检验项目和指标要求，包括颜色、表面质量、气泡、裂缝、光洁度、表面平整度、修补、模板拼接缝（禅缝）、分层缝（明缝）直线度、对拉螺栓孔眼等十个方面的外观质量指标，具体数值参照《清水混凝土施工技术规程》JGJ169制订，并参考了九江长江公路大桥工程清水混凝土外观质量验收标准，并对各检查项目提出了切实可行的检验方法，具有较强的可操作性和科学性。清水混凝土结构外形尺寸允许偏差检验项目和方法，依据《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1)执行，同时，可参照本标准正文中提出的清水混凝土结构外形尺寸允许偏差等级评定标准进行分级评价。