

山东省工程建设标准 DB

DB37/T 5099-2024

J*****-2024

城市轨道交通清水混凝土施工 技术规程

Technical specification for fair-faced concrete
construction in urban rail transit

2024-07-12 发布

2024-09-01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

山东省工程建设标准

城市轨道交通清水混凝土施工 技术规程

Technical specification for fair-faced concrete
construction in urban rail transit

DB37/T 5099-2024

住房和城乡建设部备案号：J*****-2024

主编单位：济南交通发展投资有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

实施日期：2024年09月01日

*****出版社

2024年 济南

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

关于批准发布《智慧工地建设技术标准》等 5
项山东省工程建设标准的公告

鲁建标字〔2024〕7 号

各市住房城乡建设局、市场监管局，各有关单位：

《智慧工地建设技术标准》《建筑工程机械拆除安全管理标准》《城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程》《城市轨道交通清水混凝土施工技术规范》《城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁施工技术规范》等 5 项山东省工程建设标准，业经审定通过，批准为山东省工程建设标准，现予以发布，自 2024 年 9 月 1 日起施行。原《城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程》DB37/T 5100-2017、《城市轨道交通清水混凝土施工技术规范》DB37/T 5099-2017、《城市轨道交通预制简支 U 型梁施工技术规范》DB37/T 5098-2017 同时废止。

以上标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。

附件：山东省工程建设标准发布名单

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

2024 年 7 月 12 日

附件

山东省工程建设标准发布名单

序号	标准名称	标准编号	主编单位
1	智慧工地建设技术标准	DB37/T 5287-2024	山东省建设工程质量安全中心 清华大学
2	建筑工程机械拆除安全管理标准	DB37/T 5288-2024	山东建筑大学 山东三箭建设工程股份有限公司
3	城市轨道交通桥墩预制拼装技术规程	DB37/T 5100-2024	济南交通发展投资有限公司
4	城市轨道交通清水混凝土施工技术规程	DB37/T 5099-2024	济南交通发展投资有限公司
5	城市轨道交通预应力混凝土预制 U 型梁施工技术规程	DB37/T 5098-2024	济南交通发展投资有限公司

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发 2022 年第二批山东省工程建设标准制修订计划的通知》（鲁建标字〔2022〕14号）要求，编制组不断总结实践经验，吸取有关国内、国际先进技术，并在广泛征求意见基础上，参考国内外有关规范，对山东省工程建设标准《城市轨道交通清水混凝土施工技术规范》DB37/T 5099-2017进行修订。

本规程主要包括：总则、术语、基本规定、工程设计、施工准备、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、后张法预应力工程、混凝土表面处理、成品保护及质量检验等内容。

本规程修订的主要技术内容是：

- 1.调整了章节顺序。
- 2.修改补充了术语。对“对拉螺栓孔眼”定义进一步明确。
- 3.增加了地下工程清水混凝土的有关技术要求。
- 4.修改了清水混凝土原材料的技术指标。进一步明确水泥、砂、粉煤灰等原材料的技术要求。
- 5.增加了清水混凝土模板的技术要求。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南交通发展投资有限公司负责具体内容的解释。本规程在执行过程中，如发现需要修改和补充之处，请将有关的意见和建议反馈给济南轨道交通集团有限公司（地址：济南市历下区解放东路5号济南轨道交通大厦，邮编250101，联系电话：0531-59998814，jnjtgs2019@126.com），以供今后修订时参考。

主 编 单 位： 济南交通发展投资有限公司

参 编 单 位： 北京交通大学

中建八局第二建设有限公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

中交第三公路工程局有限公司工程总承包分公司

济南轨道交通集团有限公司

济南市交通工程质量与安全中心

兆丰工程咨询有限公司

主要起草人员：潘 军 路林海 刘瑞琪 解庆贺 刘 伟 卢伟晓
姚 非 龚 娟 张慧芳 王治国 闵凡文 纪 方
周立民 曹 峰 刘 颖 张书香 李 罡 罗绪昌
胡永利 刘 彪 韩 帅 杨振宇 孙捷城 肖传晶
王永吉 李圣岩 赵建彪 李泉荃 刘永涛
主要审查人员：文望青 嵇 飙 刘甲荣 李虚进 周广强 徐常泽
尚 勇 李磊磊 杨荣泉

目 次

1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	3
4 工程设计	4
4.1 建筑设计	4
4.2 结构设计	4
5 施工准备	5
5.1 技术准备	5
5.2 材料准备	5
5.3 样板	7
6 模板工程	8
6.1 模板设计	8
6.2 模板制作、运输与验收	9
6.3 脱模剂	9
6.4 模板安装	10
6.5 模板拆除	10
7 钢筋工程	12
8 混凝土工程	13
8.1 混凝土配合比	13
8.2 混凝土制备与运输	14
8.3 混凝土浇筑	15
8.4 混凝土养护	15
8.5 雨期施工	16
8.6 冬期施工	16
9 后张法预应力工程	18
10 混凝土表面处理	19

11 成品保护	20
11.1 模板成品保护	20
11.2 钢筋成品保护	20
11.3 混凝土成品保护	20
12 质量检验	22
12.1 模板工程	22
12.2 钢筋工程	24
12.3 混凝土工程	27
本规程用词说明	29
引用标准目录	30
附：条文说明	31

Contents

1 General provisions.....	1
2 Terms.....	2
3 Basic requirements	3
4 Engineering design	4
4.1 Architectural design.....	4
4.2 Structural design.....	4
5 Construction preparation.....	5
5.1 Technical preparation	5
5.2 Material preparation	5
5.3 Samples.....	7
6 Formwork engineering	8
6.1 Formwork design	8
6.2 Formwork fabrication, transportation, and acceptance	9
6.3 Release agents	9
6.4 Formwork installation	10
6.5 Formwork dismantling.....	10
7 Reinforcement engineering.....	12
8 Concrete engineering.....	13
8.1 Concrete Mix Design	13
8.2 Concrete Preparation and Transportation	14
8.3 Concrete Pouring	15
8.4 Concrete Curing	15
8.5 Construction During Rainy Season	16
8.6 Construction During Winter.....	16
9 Post-tensioned prestressed engineering.....	18
10 Concrete surface treatment.....	19
11 Finished Products Protection.....	20
11.1 Finished products protection of formwork.....	20
11.2 Finished products protection of reinforcement	20
11.3 Finished products protection of concrete	20
12 Quality Inspection.....	22
12.1 Formwork engineering	22
12.2 Reinforcement engineering	24
12.3 Concrete engineering	27

Explanation of wording.....	29
List of quoted standards.....	30
Addition: Explanation of Provisions.....	31

1 总 则

1.0.1 为了指导城市轨道交通清水混凝土施工，做到安全适用、经济合理、技术先进、确保施工质量和安全，统一验收标准，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省城市轨道交通工程清水混凝土的设计、施工与质量验收。

1.0.3 城市轨道交通工程清水混凝土设计、施工与质量验收，除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家及山东省有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 清水混凝土 fair-faced concrete

同饰面清水混凝土，指表面颜色基本一致，由有规律的对拉螺栓孔眼、明缝、禅缝、假眼等组合形成的，以自然质感为饰面效果的混凝土。

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

按照清水混凝土技术要求进行设计制作的模板，表面平整、光洁，几何尺寸准确，拼缝严密，满足清水混凝土质量要求。

2.0.3 对拉螺栓孔眼 eyelet of tie rod

按照设计要求，将对拉螺栓孔进行封堵处理后，形成的规则排列，满足清水混凝土饰面效果的印迹。

2.0.4 明缝 visible joint

凹入混凝土表面的风格条或装饰线。

2.0.5 禅缝 panel joint

模板表面拼缝在混凝土表面留下的细小痕迹。

2.0.6 堵头 bulkhead

模板内侧对拉螺栓套管两端的定位、成孔配件。

2.0.7 假眼 artificial eyelet

在没有对拉螺杆的位置放置堵头或接头而形成的有饰面效果的孔眼。

3 基本规定

3.0.1 设计单位应于设计文件中明确城市轨道交通工程清水混凝土的使用范围和质量要求。

3.0.2 清水混凝土结构应满足所处环境的耐久性要求，应进行全过程施工质量控制，保持材料和施工工艺的一致性。

3.0.3 有防水和人防等要求的清水混凝土构件，应采取防裂、防渗、防污染及密闭等措施，其措施不得影响混凝土饰面效果。

3.0.4 清水混凝土施工前应编制专项施工方案，施工前应做样板。

4 工程设计

4.1 建筑设计

4.1.1 建筑设计应明确清水混凝土的应用范围，清水混凝土构件尺寸宜标准化和模数化。

4.1.2 应绘制清水混凝土构件详图，并应明确明缝、禅缝、对拉螺栓孔眼等形状、位置和尺寸。

4.1.3 清水混凝土的施工缝宜与明缝的位置一致。

4.1.4 对于影响清水混凝土饰面效果的关键或重要部位，应出具预留预埋专项设计文件。

4.1.5 地下工程采用清水混凝土时，应加强防水技术措施，减少渗漏对表面观感的影响。

4.2 结构设计

4.2.1 清水混凝土的强度等级应符合下列规定：

- 1 清水混凝土结构强度等级不宜低于C30；
- 2 相邻清水混凝土的强度等级宜一致。

4.2.2 清水混凝土保护层厚度应由设计确定；设计无要求时，最外层钢筋保护层厚度应符合现行国家及山东省有关标准的规定。

4.2.3 当采用预应力混凝土时，应考虑预应力锚具封锚方式对外观的影响。

5 施工准备

5.1 技术准备

5.1.1 施工前应熟悉设计图纸、应用范围和技术要求，并确定施工工艺。

5.1.2 应综合考虑各施工工序对清水混凝土饰面效果的影响，对于存在的问题，应由建设单位组织设计、监理、施工共同协商解决，必要时由设计单位出具深化设计文件。

5.1.3 应根据施工图深化文件和清水混凝土工程施工工艺，编制清水混凝土工程专项施工方案，经审批后实施。

5.1.4 施工前应编制预留预埋手册，经相关单位确认后实施。

5.1.5 宜使用BIM等信息化技术，对清水混凝土相关设计图纸、施工方案进行深化或优化。

5.2 材料准备

5.2.1 模板的材料性能应符合下列规定：

1 模板面板应满足清水混凝土外观质量效果，所选择的模板体系应技术先进、构造简单、支拆方便、经济合理；

2 模板支撑系统应具有足够的强度、刚度和稳定性，且满足受力要求；

3 模板系统固定可采用模板夹具、吊具、螺栓等连接件；

4 对拉螺栓套管及堵头可选用塑料、橡胶、尼龙等材料；

5 明缝条可选用硬木、铝合金、塑料等材料，截面宜为梯形。

5.2.2 钢筋的材料性能应符合下列规定：

1 钢筋品种、规格、型号应符合设计要求；

2 钢筋连接方式应符合设计要求，且不得影响混凝土保护层厚度；

3 钢筋绑扎材料宜选用20号~22号无锈绑扎钢丝；

4 钢筋保护层垫块应有足够的强度、刚度，颜色应与清水混凝土的颜色接近。

5.2.3 混凝土的材料性能应符合下列规定：

1 施工前应选定清水混凝土原材料的产地、规格，并保证储量充足。

2 清水混凝土中使用的水泥除应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175和现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275的规定外，还应满足以下要求：

1) 应选用强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，同一工程的水泥宜为同一生产厂家、同一生产线、同一规格、同一强度等级。

2) 不同批次水泥的颜色、碱含量应基本一致，并满足清水混凝土要求；不同批次水泥颜色应取样比对后进场。

3) 宜使用水化热、收缩率、泌水率低的水泥品种，并应进行泌水率试验。

3 粗骨料应选用同一料源、级配良好、颜色均匀、表面洁净、质地坚硬的碎石，并符合表 5.2.3-1 的规定。

表 5.2.3-1 粗骨料质量指标

混凝土强度等级	≥C50	<C50
泥粉含量（按质量计，%）	≤0.5	≤1.0
泥块含量（按质量计，%）	≤0.2	≤0.5
针、片状颗粒含量（按质量计，%）	≤8	≤15

4 细骨料应采用同一料源、级配良好、颜色均匀、质地坚硬、吸水率低、孔隙率小的洁净天然中砂，并符合表 5.2.3-2 的规定。不得使用铁矿砂。

表 5.2.3-2 细骨料质量指标

混凝土强度等级	≥C50	<C50
含泥量（按质量计，%）	≤1.5	
泥块含量（按质量计，%）	≤0.5	≤1.0

5 潮湿环境和干湿交替环境的混凝土，应选用非碱活性骨料。

6 拌合及养护用水宜采用饮用水，应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63、《铁路混凝土》TB/T 3275 的有关规定。

7 应选用符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 和现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275 要求的磨细矿渣粉和粉煤灰，不得含有对混凝土及钢材有害的成分；同一工程所用的掺合料应为同一生产厂家、同一规格、色度相近。

8 外加剂应性能稳定，符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 和现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275 的要求，不得使用含有氯盐的外加剂。同一工程所使用的外加剂应为同一生产厂家、同一规格的产品。

5.3 样板

5.3.1 典型、关键、复杂构件应现场制作清水混凝土实体样板，经建设、设计、监理和施工等单位确认其观感质量、施工工艺、节点构造符合要求后，作为指导后续施工的依据。

5.3.2 为检验混凝土配合比、模板体系和施工工艺，施工单位应编制样板施工方案，经监理单位审批后实施。

6 模板工程

6.1 模板设计

6.1.1 模板加工前，施工单位应绘制模板加工图，并满足清水混凝土设计要求。

6.1.2 同一工程中同类构件应选用同种模板。模板应具有满足施工要求的强度、光洁度、平整度和稳定性，做到不渗水、不粘模，具有良好的脱模性能和可重复使用性。

6.1.3 模板主次楞宜选用定型化产品。

6.1.4 清水混凝土的模板系统除应符合现行国家和行业标准外，尚应符合下列规定：

1 模板应牢固稳定，规格尺寸准确，拼缝严密，拼缝处的平整度符合禅缝要求；

2 竖向结构的模板宜高出结构浇筑高度不低于 50mm；

3 模板体系应具有足够的承载力、刚度和稳定性，满足自重及施工荷载的要求；

4 对于异形结构、预制构件，应编制模板专项方案；

5 新旧混凝土接槎处应进行细部处理，保证混凝土不漏浆、无错台；

6 清水混凝土范围的梁底、板底模板宜采用双层模板；

7 模板设计时，清水混凝土施工缝宜与明缝位置一致。

6.1.5 模板制作应满足禅缝、明缝等清水混凝土饰面效果设计要求。当设计无要求时，应符合下列要求：

1 禅缝、明缝应均匀、对称、美观，规律布置；

2 模板分割宜定型化、模数化、通用化和整体化，应尽量减少模板拼缝；

3 构件阴角部位的模板应做成阴角模或角模连接件，阴角模需与相邻的模板有可靠的连接；

4 模板拼缝宜设在背楞处，水平方向应在同一水平位置；若在无背楞处设置，应采取防止漏浆措施；

5 清水混凝土墙体端头模板宜嵌于墙面模板内；

6 同一工程对拉螺栓孔眼宜均匀布置；

7 应严格控制清水混凝土预留洞口模板尺寸及位置，模板应固定牢靠、接缝严密；

8 对拉螺栓可选用三节型、锥型、通丝型，选用通丝型对拉螺栓时，应做好拆模后对拉螺栓孔的封堵。

6.1.6 对拉螺栓排布应避让预应力筋或成孔管道；有防水要求的地下结构应采用有止水构造的对拉螺栓。

6.1.7 模板应便于制作、安装和拆除。

6.2 模板制作、运输与验收

6.2.1 钢模板应铣边、抛光，并应对抛光处理的模板内表面采取有效防护措施。

6.2.2 模板应尺寸准确、切口平整，组装前应调平、调直。

6.2.3 模板龙骨接头应分散布置，同一断面有接头的主龙骨数量，不应超过主龙骨总数量的 50%。

6.2.4 模板安装前应进行试拼装，检验平整度、阴阳角、相邻面板高低差及对拉螺栓、明缝位置。

6.2.5 模板拼缝应严密、平整、顺直、无错台、无漏浆，模板支撑应设置准确、连接牢固。

6.2.6 模板运输时，各层模板间应放置垫木，堆放成垛时应用绳索或卡具固定，模板与绳索或卡具接触的部位应采用柔性材料防护，防止弯曲变形、损伤边楞、磨损板面；竖向装车时，应设置模板支架，并逐块插入支架进行固定。

6.2.7 模板进场时，应对模板尺寸、平整度、平直度、连接孔、损伤情况进行验收，其允许偏差应符合有关标准的要求。

6.2.8 模板存放宜设置堆放平台，放置时宜正面向上，相邻模板之间应放置垫木，不得随意堆砌。

6.3 脱模剂

6.3.1 脱模剂应根据混凝土浇筑时间、季节环境条件、工程结构形式等因素选择，不得污染清水混凝土表面。

6.3.2 脱模剂施工前应对模板进行全面清理，并经监理人员确认。

6.3.3 脱模剂的施工宜采用喷涂或擦涂，涂层应薄而均匀，无漏涂、无流坠。

6.4 模板安装

6.4.1 模板安装前准备工作应包括以下内容：

- 1 检查模板控制线，并控制好高程；
- 2 核对模板几何尺寸及技术参数；
- 3 核对明缝、禅缝的位置；
- 4 检查模板内侧附件连接情况，附件应连接牢固；
- 5 验收对拉螺栓及杯口；
- 6 脱模剂应涂刷均匀。

6.4.2 模板验收合格后方可进行安装，模板之间应连接紧密，接缝处应设置防漏措施，宜在拼装位置粘贴密封条。

6.4.3 模板安装前应对模板边角和模板面板采取保护措施。

6.4.4 模板安装后，应按照本规程第 12.1 节的规定进行质量检验。

6.5 模板拆除

6.5.1 清水混凝土模板的拆除，应考虑不同拆模时间对外观效果的影响。除应符合国家现行标准的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 模板拆除应遵循从上而下、先支后拆、后支先拆的顺序，先拆非承重模板、后拆承重模板；
- 2 拆除承重模板及支（拱）架时，混凝土强度应符合设计和有关专业验收标准的要求；无要求的，混凝土同条件养护试件的抗压强度应符合表 6.5.1 的规定；

表 6.5.1 拆除承重模板时的混凝土强度要求

构件类型	构件跨度(m)	达到设计混凝土强度等级值的百分率(%)
板	≤2	≥50
	> 2， ≤8	≥75
	> 8	≥100
梁、拱、壳	≤8	≥75
	> 8	≥100

悬臂结构	≥ 100
------	------------

3 拆除非承重模板时，应保证其表面与棱角不受损伤；

4 对于后张法预应力混凝土结构构配件，侧模宜在预应力张拉前拆除，底模及支架不得在结构构件建立预应力前拆除；

5 模板拆除时，应采取措施防止损伤、污染相邻清水混凝土构件；

6 拆除后的模板应及时清理、修复，堆放整齐，损伤严重的模板不得重复使用。

6.5.2 模板拆除时，应将模板轻轻撬离混凝土表面，确认模板与混凝土结构之间无任何连接后，方可拆除模板。

7 钢筋工程

7.0.1 钢筋原材料及半成品、成品均应表面清洁、无浮锈、无片状或颗粒状老锈，存放过程中应上盖下垫，避免雨水造成钢筋锈蚀或污染。

7.0.2 钢筋保护层垫块宜呈梅花形布置，颜色宜与混凝土表面颜色一致，并减小与模板的接触面积。同一部位的垫块形状、尺寸应保持一致，布置均匀、间距一致。

7.0.3 钢筋绑扎应满绑，扎丝的扎扣与尾端应朝向构件截面内侧。

7.0.4 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。

7.0.5 钢筋加工应考虑叠放位置和穿插顺序；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，保证钢筋总长度、钢筋位置准确和保护层厚度。

7.0.6 钢筋下料及成型的首件产品应经施工单位自检、监理单位验收合格。

7.0.7 浇筑混凝土之前，应按照国家现行标准的要求，进行钢筋隐蔽工程验收。

7.0.8 钢筋绑扎前，先标识出对拉螺栓孔眼的位置，避免对拉螺栓与钢筋位置冲突。

7.0.9 钢筋安装后应做好防雨雪冲淋、防污染、防变形的措施。

7.0.10 钢筋安装后应校正钢筋尺寸，避免触碰模板和对拉螺栓。

7.0.11 钢筋安装时，应综合考虑预应力管道和锚具位置与钢筋保护层厚度；为避让预应力管道和锚具、预埋件，钢筋位置需要微调时，应满足保护层厚度的要求。

7.0.12 预埋件品种、规格、数量、位置应准确，固定牢固，无锈蚀、无污染。

7.0.13 钢筋连接不宜在已搭设的模板上进行焊接施工。必须现场焊接时，应做好保护措施。焊接过程中，不得损伤、污染模板。

7.0.14 当梁、柱、墙中纵向受力钢筋的保护层厚度大于 50mm 时，宜对保护层采取有效的构造措施。当在保护层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋的保护层厚度不应小于 25mm。

8 混凝土工程

8.1 混凝土配合比

8.1.1 配合比设计原则应符合下列规定：

1 清水混凝土的配合比设计除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 和现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定外，还应根据设计使用年限、环境条件和施工工艺等进行设计，并通过计算、试配、试件检测和试浇筑等步骤确定；

2 清水混凝土耐久性设计应符合现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 和《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的有关规定。

8.1.2 混凝土配合比控制参数应满足设计要求；当设计无要求时，应符合下列规定：

1 混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%，并不得采用含有氯盐配制的早强剂及早强减水剂；

2 混凝土水胶比宜控制在 0.32~0.45 的范围内；

3 在满足技术要求的前提下，宜降低低胶凝材料用量；

4 配制清水混凝土时，应掺入部分矿物掺合料，掺量宜符合下列要求：粉煤灰不大于 30%，磨细矿渣粉不大于 40%，当采用两种或多种矿物掺合料复合掺用时，混凝土中掺合料总量不宜超过胶凝材料总量的 60%，不同矿物掺合料的掺量经试验确定；

5 混凝土用水量不宜超过 180kg/m³，混凝土施工前应根据骨料的实际含水率调整拌合物的用水量；

6 用于混凝土中的外加剂掺量，应经试验确定，并根据实际生产过程中原材料品质及时调整；

7 混凝土含气量应满足设计要求，设计无要求时，混凝土的含气量应满足表 8.1.2 的规定。

表 8.1.2 混凝土含气量的最低限值

环境类别	环境作用等级	含气量 (%)
冻融环境	D1	4.0

	D2	5.0
	D3	5.0
	D4	6.0
	Y1	4.0
盐类结晶破坏环境	Y2	4.0
	Y3	4.0
	Y4	4.0
	—	2.0
其他环境	—	2.0

注：环境类别参照现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的有关规定。

8.2 混凝土制备与运输

8.2.1 清水混凝土制备宜自建搅拌站，采用商混站时，应使用专用料仓。

8.2.2 搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定，宜比普通混凝土延长 20s~30s。

8.2.3 混凝土的计量允许偏差应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 混凝土原材料计量允许偏差

原材料品种	水泥(%)	骨料(%)	水(%)	外加剂(%)	掺合料(%)
每盘计量允许偏差	2	3	1	1	2
累计计量允许偏差	1	2	1	1	1
累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。					

8.2.4 混凝土拌合物应颜色均匀，同一视觉范围内所用混凝土拌合物的制备环境、技术参数应一致。

8.2.5 混凝土拌合物应工作性能优良，无离析泌水现象。在保证混凝土匀质性的前提下，宜通过配合比设计、验证及样板施工，确定混凝土坍落度及坍落度损失值。

8.2.6 混凝土拌合物的运输应采用专用运输车，装料前容器内应清洁、无积水。

8.2.7 混凝土拌合物从搅拌结束到施工现场使用不宜超过 90min，不得添加配合比以外用水或外加剂。

8.2.8 进入施工现场的清水混凝土应逐车检查坍落度，不得有分层、离析等现象。

8.3 混凝土浇筑

8.3.1 清水混凝土浇筑前应确保模板内清洁、无积水。

8.3.2 混凝土浇筑宜连续进行，每层浇筑高度不宜超过500mm；前后两次浇筑的间隔时间不得超过混凝土初凝时间。

8.3.3 混凝土的入模温度不宜高于30℃。冬期施工时，混凝土的出机温度不宜低于10℃，混凝土的入模温度不应低于5℃。

8.3.4 新浇筑混凝土入模温度与邻接的已硬化混凝土表面温度的温差不得大于15℃。与新浇筑混凝土接触的已硬化混凝土、钢筋和模板的温度不得低于2℃。

8.3.5 混凝土浇筑应按样板构件试验确定的方法和工艺进行，如采用分层下料时，宜使用专用标尺辅助控制。

8.3.6 应采取有效措施避免振捣棒触碰模板、钢筋，振捣应均匀，不得过振、欠振、漏振。振捣棒插入下层混凝土表面的深度应大于 50mm。

8.3.7 混凝土浇筑过程中，应减少砂浆的飞溅，并及时清理模板内侧的砂浆。

8.3.8 墙、柱浇筑时，宜先在根部铺厚度为 30mm~50mm 的同配合比水泥砂浆，再浇筑混凝土。

8.3.9 门窗洞口的混凝土浇筑，应从洞口两侧对称下料、同时浇筑。

8.3.10 当构件交接部位混凝土强度等级有差异时，应在交界区域采取分隔措施。分隔措施应牢固可靠，防止不同等级混凝土相互流淌，分隔位置应符合设计要求。

8.3.11 在施工缝处浇筑混凝土之前，应对已硬化混凝土表面进行凿毛处理并充分湿润，但不得有积水。凿毛后露出的新鲜混凝土面积不低于总面积的 75%。人工凿毛时，混凝土不低于 2.5MPa，机械凿毛时，不低于 10MPa。

8.4 混凝土养护

8.4.1 清水混凝土拆模后应立即养护，对同一视觉范围内的清水混凝土应采用相同的养护措施。

8.4.2 清水混凝土养护时间不宜少于 14d。

8.4.3 养护用水应洁净，养护用的覆盖物不得掉色，防止对混凝土的颜色产生污染，并保证混凝土的强度与颜色均匀。

8.4.4 混凝土宜用塑料薄膜进行保湿养护，并定期检查薄膜的完整情况和混凝土的保湿效果。

8.4.5 养护期间，混凝土芯部温度与表面温度、表面温度与环境温度之差均不应大于 20℃。混凝土表面温度与养护水温度之差不应大于 15℃。

8.5 雨期施工

8.5.1 雨期施工应编写专项方案，包括施工措施和注意事项等，施工前对操作人员进行交底。

8.5.2 雨期施工期间，应对粗细骨料含水率实时监测，及时调整混凝土施工配合比。

8.5.3 雨期施工期间，对混凝土搅拌、运输设备和浇筑作业面应采取防雨措施。

8.5.4 雨期施工期间，除采用防护措施外，小雨、中雨天气不宜进行混凝土露天浇筑，且不应开始大面积作业面的混凝土露天浇筑；大雨、暴雨天气不应进行混凝土露天浇筑。

8.5.5 新浇筑的混凝土终凝前，不得被雨水冲淋。

8.6 冬期施工

8.6.1 冬期施工应编写专项方案，包括施工措施和注意事项等，施工前对操作人员进行交底。

8.6.2 冬期施工搅拌时间宜比其他季节延长 15s~30s。

8.6.3 混凝土所用骨料应清洁，不得含有冰、雪、冻块及其他易冻裂物质，必要时应对拌合用水采取加温措施，提高混凝土拌合物温度。

8.6.4 外加剂的选用应经试验对比，不得对混凝土产生明显色差。

8.6.5 不得使用含有氯盐类的防冻减水剂和早强减水剂，当采用蒸汽养护时，不得使用防冻剂。

8.6.6 混凝土在运输、浇筑过程中的温度和覆盖的保温材料，应通过热工计算后确定，且入模温度不应低于 5℃。

8.6.7 混凝土浇筑前，应清除模板和钢筋上的积雪和污垢。

8.6.8 冬期浇筑的混凝土，其受冻临界强度应符合下列规定：

1 当室外最低气温不低于 -15°C ，采用综合蓄热法、负温养护法施工时，混凝土受冻临界强度不应小于 4.0MPa ；

2 对强度等级等于或高于 C50 的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 30%；

3 对有抗渗要求的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级的 50%；

4 对有抗冻耐久性要求的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 70%；

5 当施工需要提高混凝土强度等级时，应按提高后的强度等级确定受冻临界强度。

9 后张法预应力工程

9.0.1 后张法预应力工程施工与验收应符合现行国家、行业有关标准的规定。

9.0.2 预应力筋、锚具、夹具、连接器、锚垫板、成孔管道安装前，表面应保持清洁、无锈蚀和污染。

9.0.3 预应力筋、锚垫板等易锈蚀材料，安装后应及时采取防锈和除锈措施。

9.0.4 预应力张拉时，应采取保护措施，防止张拉设备破坏、污染清水混凝土成品构件。

9.0.5 预应力管道压浆时，应采取浆液收集和防污染措施，灌浆料不得污染清水混凝土成品构件。

9.0.6 混凝土浇筑前，应清除锚具、夹具、连接器等表面锈迹，并避免对模板造成污染。

9.0.7 预应力封锚（端）防水涂料或防水保护层颜色，应与清水混凝土颜色相近。

9.0.8 封锚（端）混凝土施工与养护期间，应采取清水混凝土成品构件防污染措施。

10 混凝土表面处理

10.0.1 应对局部不满足清水混凝土要求的部位应进行表面处理，并应由施工单位编写方案、做样板，经监理单位、设计单位、建设单位同意后实施。

10.0.2 对混凝土成品缺陷部位的修补，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，修补后的部位无明显修补痕迹。

10.0.3 清水混凝土表面宜喷涂透明保护涂层。选择的保护剂应有渗透性，在露天环境下有良好的抗老化性，且对混凝土无腐蚀。

10.0.4 涂层应色泽均匀、平整光滑、无流坠、刷痕。

10.0.5 同一视觉范围内的涂层及施工工艺应一致。

11 成品保护

11.1 模板成品保护

11.1.1 模板面板不得被污染或损坏，模板边角和面板应有保护措施。清水混凝土模板上不得堆放重物，临时放置轻质材料或物品时，应采取保护措施，防止划伤、磕碰模板。

11.1.2 堆放清水混凝土模板时，相邻模板间宜采取隔离措施，防止模板在搬运或挪动过程中，相互磕碰、摩擦。

11.1.3 运输及吊装模板时，应采取保护措施，慢起轻放，防止损伤、污染。

11.1.4 模板存放应设置专用场地，存放区应有良好的防水、防火、防潮、防尘、排水等设施。

11.1.5 木模板切口处应涂刷封边漆，螺栓孔眼处应有保护垫圈。

11.1.6 浇筑混凝土前，应彻底清理模板表面附着的锈迹、标记、污物，清理过程中应避免损伤面板。

11.1.7 浇筑混凝土时，应避免混凝土直接冲击模板，振捣棒不得与模板直接接触。

11.1.8 模板使用完成后，应及时清理板面浮灰、混凝土附着物等污物或杂物，并做好保护。

11.2 钢筋成品保护

11.2.1 钢筋原材料、半成品应分类摆放、及时使用，存放环境应干燥、清洁，不宜露天堆放。

11.2.2 露天摆放的钢筋应采取防雨、雪措施。

11.2.3 钢筋机械连接丝头应安装保护帽。

11.2.4 对于钢筋、垫块、预埋件等，操作时不得对其位置造成影响。

11.3 混凝土成品保护

11.3.1 各项施工工序不得损伤或污染已完成的清水混凝土成品；清水混凝土墙、柱的水平施工缝处，每次混凝土浇筑完成后宜采取截水引流措施，保护已浇筑完的混凝土成品。

11.3.2 清水混凝土易破损、磕碰的部位，在拆模后应采用多层板、塑料板等硬

质材料进行保护。易污染的部位，应及时采取防护措施。

11.3.3 挂架、脚手架、吊篮等与成品清水混凝土表面接触时，应使用衬垫保护。

11.3.4 不得随意剃凿成品清水混凝土表面；确需剃凿时，应制订专项施工方案。

11.3.5 拆除模板后，应及时封堵对拉螺栓孔，封堵应密实、平整、规则，整体观感效果应符合规范及设计要求。

11.3.6 应及时对已浇筑完成的清水混凝土构件进行成品保护。

12 质量检验

12.1 模板工程

12.1.1 清水混凝土模板制作与组拼尺寸的允许偏差与检验方法应符合表 12.1.1-1~表 12.1.1-4 的规定，组拼合格的模板应在其背面进行编号。

检查数量：全数检查。

表 12.1.1-1 清水混凝土拼装式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
模板高度	± 2	尺量
模板宽度	± 1	尺量
整块模板对角线	≤ 3	塞尺、尺量
单块板面对角线	≤ 2	塞尺、尺量
板面平整度	2	2m 靠尺、塞尺
边肋平直度	2	2m 靠尺、塞尺
相邻面板拼缝高低差	≤ 0.5	平尺、塞尺
相邻面板拼缝间隙	≤ 0.6	塞尺、尺量
连接孔中心距	± 1	游标卡尺
边框连接孔与板面距离	± 0.5	游标卡尺

表 12.1.1-2 清水混凝土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	尺量
立面垂直度	+3	用 2m 垂直检测尺检查
平面平整度	+3	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	0.6	塞尺量

表 12.1.1-3 清水混凝土梁、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	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
相邻面板拼缝高低差	≤ 1	平尺及塞尺量
相邻面板拼缝间隙	≤ 1	塞尺量
连接孔中心距	± 1	游标卡尺量

表 12.1.1-4 清水混凝土拼装式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	-2, +1	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
相邻面板拼缝高低差	≤ 0.8	平尺及塞尺量
相邻面板拼缝间隙	≤ 0.8	塞尺量

12.1.2 模板安装尺寸允许偏差与检验方法应符合表 12.1.2 的规定。

检查数量：全数检查。

表 12.1.2 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
轴线位移	墙、柱、梁	3	尺量
截面尺寸	墙、柱、梁	-3, 0	尺量
标高		± 3	水准仪、尺量
相邻板面高低差		2	2m 靠尺、塞尺量
模板垂直度	不大于 5m	3	经纬仪、线坠、尺量
	大于 5m	5	

表面平整度		2	塞尺、尺量
阴阳角	方正	2	方尺、塞尺
	顺直	2	5m 线尺量
预留洞口	中心线位移	2	拉线、尺量
	孔洞尺寸	0, +4	
预埋件、管、螺栓	中心线位移	2	拉线、尺量
	螺栓外露长度	0, +5	拉线、尺量
门窗洞口	中心线位移	2	拉线、尺量
	宽、高	±3	
	对角线	2	

12.1.3 模板板面应干净，脱模剂应涂刷均匀、无流坠。浇筑混凝土前，脱模剂应无失效、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。

检查方法：观察。

检查数量：全数检查。

12.2 钢筋工程

12.2.1 进场钢筋质量与检验方法应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1 和《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 等的规定和设计要求。

12.2.2 钢筋连接质量与检验方法应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定和设计要求。

12.2.3 钢筋加工主控项目的质量与检验方法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、现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的要求。加工尺寸应符合设计要求，其允许偏差与检验方法应符合表 12.2.3 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 12.2.3 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

12.2.4 钢筋成品表面应清洁、无浮锈、无颗粒状或片状老锈，不应被模板脱模剂污染；钢筋保护层垫块颜色应与混凝土颜色表面颜色接近，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。

检查方法：观察。

检查数量：全数检查。

12.2.5 钢筋安装主控项目质量及检验方法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 和现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的有关规定。钢筋安装允许偏差和检验方案应符合表 12.2.5 的规定：

表 12.2.5 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	尺量
	网眼尺寸	±20	尺量连续三档，取最大偏差值
绑扎 钢筋骨架	长	±10	尺量
	宽、高	±5	尺量
纵向 受力钢筋	间距	±10	尺量两端、中间各一点，取最大偏差值
	排距	±5	
	锚固长度	-20	尺量
箍筋间距		±10	尺量连续三档，取最大偏差值
横向钢筋、分布钢筋间距		±10	尺量连续三档，取最大偏差

			值
钢筋弯起点位置		± 15	尺量
预埋件	中心线位置	5	尺量
	水平高差	0, 3	塞尺量测

注：检查中心线位置时，沿纵、横两个方向量测，并取其中偏差的较大值。

检查数量：同一检验批，对梁、柱，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 5m 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。

12.2.6 钢筋保护层厚度允许偏差和检验方法应符合设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 和现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424、《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的有关要求，且受力钢筋保护层厚度偏差不应大于 3mm。

12.3 混凝土工程

12.3.1 清水混凝土外观质量与检验方法应符合表 12.3.1 的规定。

检查数量：抽查各检验批的 30%，且不应少于 5 件。

表 12.3.1 清水混凝土外观质量与检查方法

项 目	清水混凝土	检查方法
颜色	颜色基本一致，无明显色差	距离墙面 4m 观察
修补	基本无修补痕迹	距离墙面 5m 观察
气泡	最大直径不大于 4mm，深度不大于 3mm，每平方米气泡面积不大于 2.5cm ²	尺量
裂缝	宽度小于 0.15mm，且长度不大于 1000mm	尺量、刻度放大镜
光洁度	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，孔眼颜色一致	观察、尺量
明缝	位置规律、整齐，深度一致，水平交圈	观察、尺量
禅缝	横平竖直，水平交圈，竖向成线，印迹宽度不大于 2mm	观察、尺量

12.3.2 清水混凝土结构允许偏差与检查方法应符合表 12.3.2 的规定。

检查数量：抽查各检验批的 30%，且不应少于 5 件。

表 12.3.2 清水混凝土结构允许偏差与检查方法

项 目	允许偏差 (mm)	检查方法
轴线位移	5	尺量
截面尺寸	0, +3	尺量
层高垂直度	层高	水准仪、线坠、尺量
	全高 (H)	
表面平整度	2	2m 靠尺、塞尺

角线顺直		3	拉线、尺量
预留洞口	中心线位移	8	拉线、尺量
	内孔洞尺寸	0, +5	
标高	层高	±5	水准仪、尺量
	全高	-20, +10	
阴阳角	方正	3	尺量
	顺直	3	
阳台、雨罩位置		±5	尺量
预埋设施 中心位置	预埋板	2	拉线、尺量
	预埋螺栓	2	
	预埋管	3	
门窗洞口	中心线位置	3	拉线、尺量
	宽、高	±3	
	对角线	2	
明缝直线度		3	拉 5m 线，不足 5m 拉通线，钢尺检查
禅缝错台		2	尺量
禅缝交圈		5	拉 5m 线，不足 5m 拉通线，钢尺检查

注：检查轴线、中心位置时，沿纵、横两个方向测量，并取其中偏差的较大值。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。

引用标准目录

1. 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
2. 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
3. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
4. 《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1
5. 《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2
6. 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 GB/T 18736
7. 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
8. 《铁路混凝土结构耐久性设计规范》 TB 10005
9. 《铁路混凝土工程施工质量验收标准》 TB 10424
10. 《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》 TB/T 3192
11. 《铁路混凝土》 TB/T 3275
12. 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
13. 《清水混凝土应用技术规程》 JGJ 169
14. 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
15. 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
16. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
17. 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193

山东省工程建设标准

城市轨道交通清水混凝土施工 技术规程

**Technical specification for fair-faced concrete
construction in urban rail transit**

DB37/T 5099-2024

条文说明

目 次

1 总 则.....	34
2 术 语.....	35
3 基本规定.....	36
4 工程设计.....	37
4.1 建筑设计.....	37
4.2 结构设计.....	37
5 施工准备.....	38
5.1 技术准备.....	38
5.2 材料准备.....	38
5.3 样板.....	39
6 样板工程.....	40
6.1 模板设计.....	40
6.2 模板制作、运输与验收.....	42
6.3 脱模剂.....	42
6.4 模板安装.....	43
6.5 模板拆除.....	43
7 钢筋工程.....	44
8 混凝土工程.....	45
8.1 混凝土配合比.....	45
8.2 混凝土制备与运输.....	45
8.3 混凝土浇筑.....	45
8.4 混凝土养护.....	45
8.5 雨期施工.....	46
8.6 冬期施工.....	46
9 后张法预应力工程.....	47

10 混凝土表面处理.....	48
11 成品保护.....	49
11.1 模板成品保护.....	49
11.2 钢筋成品保护.....	49
11.3 混凝土成品保护.....	49

1 总 则

1.0.1 结合山东地区特点，依托城市轨道交通清水混凝土工程实例，总结城市轨道交通清水混凝土工程的施工与质量验收的实践经验，参考有关国家、行业和地方标准，制订本规程。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围，即适用于山东省轨道交通清水混凝土工程的设计、施工与质量验收。本规程的规定是最低标准，当承包合同和设计文件对质量验收的要求高于本规程的规定时，验收时应当以承包合同和设计文件的要求为准。

1.0.3 本条提出了本规程编制的依据是国家和山东省现行有关标准。

2 术语

对本规程中所用的部分重要的术语进行了解释。城市轨道交通建设用清水混凝土主要同现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 中的饰面清水混凝土。

3 基本规定

3.0.1 根据轨道交通工程实践经验，清水混凝土主要应用于车站，且大多属于饰面清水混凝土范畴，因此，从实际情况出发，在本规程中将轨道交通清水混凝土规定为饰面清水混凝土，规程中的相关参数也多是围绕饰面清水混凝土制订。

3.0.2 耐久性是清水混凝土的一个重要指标，为确保不同环境下清水混凝土结构的耐久性，设计人员应结合实际工程的重要性、作用环境、作用等级、施工条件以及实践经验等，进一步细化相应的技术要求，满足环境所需耐久性要求。

3.0.3 对于有防水功能要求的地下室外墙及人防墙体，除采取抗渗、抗裂措施外，该部位的穿墙螺栓应采用中间焊止水钢板的三节式对拉螺栓；对于墙体与楼板之间、墙体施工缝之间设置钢板止水带等防水措施，并在混凝土表面进行渗透结晶等刚性防水处理措施。

3.0.4 清水混凝土施工专项施工方案包括模板施工方案、混凝土施工方案、预留预埋施工方案、成品保护施工方案、雨期和冬期施工方案等。通过制作样板构件，可以对模板工程、混凝土工程及相关施工工艺进行验证，对施工人员进行培训和技术交底。

4 工程设计

4.1 建筑设计

4.1.1 设计图纸中明确标出清水混凝土的类型及应用范围，可以合理安排施工，减少工作量。清水混凝土构件尺寸做到标准化和模数化，节约成本。

4.1.2、4.1.3 本条是为了保证清水混凝土表面装饰效果。

4.1.4 轨道交通车站涉及风、水、电、系统、控制、信号、照明等诸多专业，各专业在清水混凝土结构上都有预留预埋的孔洞、器件等，为避免预留预埋的遗漏，应进行专项设计。

4.2 结构设计

4.2.3 本条要求充分考虑锚具、钢绞线、钢筋等保护层的厚度，并采取有效措施确保封锚混凝土与主体混凝土颜色一致，避免影响清水混凝土饰面效果与耐久性。

5 施工准备

5.1 技术准备

5.1.2 结构、建筑、设备、电气、水暖等各工序施工，都有可能对清水混凝土饰面效果造成影响。为降低施工风险，减少破坏清水混凝土成品构件情况，应做好事前控制，在施工前，充分研究可能出现的施工问题，需要修改设计的，由设计单位进行深化设计文件。

5.1.4 轨道交通涉及风、水、电、通信、信号、照明、电力、系统等诸多专业，每个专业都有自己专业的预留预埋的需求，土建施工单位应根据设计图纸梳理各位置预留预埋的数量和位置，确保施工不遗漏、不错留。

5.1.5 BIM 信息技术可进行施工预演、可对管线、预留预埋件进行碰撞检查，施工中，还可以对照 BIM 模型对各构件进行检查验收。

5.2 材料准备

5.2.1 模板

1 清水混凝土用模板是保证清水混凝土外观质量的关键因素，清水混凝土模板较普通混凝土模板更为严格，除了应满足必要的强度和刚度之外，还应对模板的材质和模板表面的质量提出严格的要求。清水混凝土模板面板质量直接影响混凝土外观质量，以钢模和覆膜木质材料为面板材料，能够更好地保证混凝土的外观质量。模板推荐使用大模板，能够避免由于模板拼接留下的拼缝，拼缝宜留置在明缝处；

2 模板体系的骨架材料应具有足够的强度、刚度，整体稳定性也应满足设计要求。骨架材料应顺直，以确保能和模板接触紧密，保证清水混凝土外观成型质量。

5.2.2 钢筋

3 钢筋扎丝不应太粗和太细，不得外露，不能锈蚀，以免影响混凝土外观效果；

4 钢筋垫块与模板的接触面积应尽量减小，颜色与清水混凝土外观相似，以免对混凝土外观效果产生影响。

5.2.3 混凝土

1 原材料的成分将对清水混凝土外观产生影响，对首批进场的原材料进行取样检测，合格后封存作为对比样本，后续进场的原材料与之进行对比分析，颜色和技术参数差别较大禁止使用，以保持外观的一致性；

6 拌合和养护用水应保持一致，以免在后期混凝土外观颜色不一致，产生色差；

7 矿物掺合料可以改善混凝土性能，但也会对混凝土外观产生影响，因此应控制掺合料应来自同一厂家、同一型号、色度相近。

5.3 样板准备

5.3.1、5.3.2 通过样板构件的制作，对模板的安装、模板的拆除、钢筋绑扎、混凝土配合比设计、施工工艺等进行验证，经建设、监理、设计、四方确认后，作为指导后续施工的依据。样板可同比例制作，也可缩比例制作，但应能与实际工程效果一致。

6 模板工程

6.1 模板设计

6.1.1 施工单位在确保能够保证清水混凝土施工质量的前提下，宜在施工之前，对模板加工出具专门图纸，根据现场实际情况需要，可对模板工程进行适当调整。为确保清水混凝土的质量，对模板工程进行深化设计之后，应经设计方进行确认，确认之后方可实施。

6.1.2 不同材质的清水混凝土模板，会对混凝土的外观质量产生不同程度的影响。因为不同材质的模板吸水率不同，极易造成混凝土外观质量不一。对于相同部位、相同构件应采用相同材质的模板，以保证清水混凝土的外观均一性。

6.1.3 清水混凝土成型之后是以混凝土表面作为装饰面，混凝土表面无其他装饰装修工艺，所以对模板支撑体系要求较高，强度、刚度和稳定性应符合要求。除此之外，要求支撑体系与模板紧密结合，避免出现起鼓、胀模等质量缺陷，根据实际工程情况，宜选用定型化加工制作的龙骨组成模板支撑体系。

6.1.4 模板工程除了符合现行有关规范之外，还应该满足以下的具体规定：

1 为保证清水混凝土的外观成型质量，模板结构应具有足够的强度、刚度和稳定性，模板拼缝应严密，保证混凝土浇筑过程中不漏浆、不失水，模板拼缝留置应充分考虑其装饰效果。清水混凝土模板拼缝细节处理如图 1 所示；

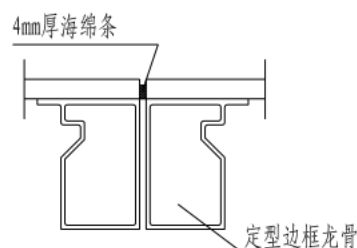


图 1 清水混凝土模板拼缝细节处理

2 基于工程实际的需求，多数清水混凝土不能够一次浇筑成型，当必须采用分次浇筑的工艺进行施工时，应考虑高出浇筑高度不低于 50mm，这样不仅能够保证混凝土的强度要求、预留出足够的剔凿高度，便于剔凿水平施工缝时仍能保持结构的浇筑高度，又不影响明缝的布置；

3 模板支撑体系应具有足够的刚度、强度和稳定性，在考虑所要承受的模板、混凝土自重的同时，还应考虑施工荷载等因素的综合影响。模板支撑体系

应经过严格的力学计算确定；

4 倾斜梁、柱等异形结构及预制构件，为了能够更好的控制模板加工的精度，清水混凝土模板应采用工厂定型化加工。并对模板及支撑体系建立力学模型，进行受力和计算，确保整个体系安全、可靠；

5 施工缝应留置在尽量不影响外观观感的位置，除此之外，还应进行细部处理，以保证清水混凝土外观质量，新旧混凝土接槎处应做密封处理，防止漏浆、挂壁等；

7 此款是从清水混凝土外观一致性出发。

6.1.5 本条规定要求模板设计时，既要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，还需满足不同平面的组合拼装，提高模板的利用率，降低成本。

3 在清水混凝土车站梁柱、主次梁和梁板交界处阴角部位的模板应做成阴角模，并与相邻的模板紧密连接，模板与模板拼缝处有防止漏浆的处理措施，保证阴角处混凝土观感质量；

4 模板面禅缝设置在背楞处，相对方便施工，不易漏浆，质量容易控制，水平方向应在同一高度处设置，以保证清水装饰效果；

5 清水混凝土墙体端头模板相对于墙面模板面积较小，施工过程中属于薄弱环节，易出现质量缺陷，将端面模板嵌于墙体侧面模板内，可以有效防止漏浆等现象的发生；

6 清水混凝土就是依靠其自身原色起到装饰效果，对拉螺栓孔眼也应具有装饰效果，故对对拉螺栓孔的成型质量要求极其严苛，不仅要求对称布设，孔眼处应用杯口做细部处理，防止漏浆影响外观质量。杯口设计做法如图 2 所示；

8 对拉螺栓应根据现场实际施工情况的需要进行选择，对拉螺栓杆外侧为 PVC 套管，防止因锈蚀而影响混凝土质量。

6.1.6 在设计阶段，设计人员应考虑清水混凝土效果，调整预应力位置，但在施工阶段，施工人员应微调对拉螺栓的位置，保证清水混凝土效果的同时，满足结构要求。在施工阶段，需要调整预应力位置时，应经设计人员确认。

6.1.7 清水混凝土模板宜为工厂定型化加工，现场拼装使用，安装、拆除较为方便，施工效率高。

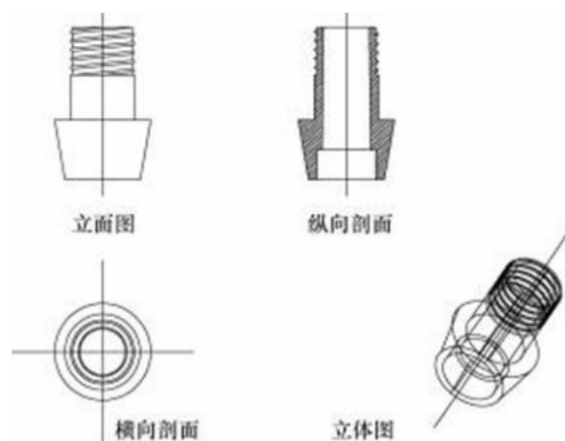


图 2 杯口设计做法

6.2 模板制作、运输与验收

6.2.1 钢模板表面经过抛光处理，保证与混凝土接触面平整、光滑，模板拼缝处通过铣边、抛光等工艺进行细部处理，为防止钢模板因锈蚀而影响混凝土外观质量，钢模板应涂刷防护涂料。

6.2.2 为保证清水混凝土外观成型质量，对模板加工的精度要求较高，尺寸应准确，切口处应平整，并且能够拼接密实不漏浆。

6.2.3 模板龙骨接头应做抛光处理，使龙骨与模板结合紧密，但是接头不宜承受振动荷载，应严格控制龙骨接头所占的百分比，宜保证模板支撑体系的稳定性。

6.2.4 模板在安装之前要进行预拼装，防止加工过程精度控制不精确，使模板出现拼缝不严、平整度不符合要求等质量缺陷。

6.2.5 在模板进行预拼装之后，若拼装效果较好，拼缝严密，平整度符合要求，还应对模板的支撑设置数量和位置进行检查，对拉螺栓孔眼设置位置是否对称进行检查。

6.2.6 模板在运输和堆放时极易发生损坏，或者模板之间相互摩擦也会损坏模板表面影响混凝土外观质量。模板堆放时，层间应设置垫木，吊装时防止绳索或者夹具对模板造成损伤，应使用柔性材料保护，避免碰撞等造成模板损坏。

6.2.7 模板验收从模板外观尺寸、对角线、平整度、拼缝间隙等方面进行控制，也要重点验收是否出现损伤边角、面板问题，对于损伤严重的，应禁止使用或修复后使用。

6.3 脱模剂

6.3.1 脱模剂的选择以满足清水混凝土表面质量为根本出发点，根据不同的模板材质、不同的温湿度等条件进行选择。实际选择时，应进行试涂比较，最后由监理、施工共同确定。

6.3.3 脱模剂擦涂应均匀，且不可漏涂，由于涂刷不均匀，造成厚薄不一，或者有漏涂现象发生，会直接导致清水混凝土外观不一。

6.4 模板安装

6.4.2 模板安装前，应由施工单位自检、监理单位验收模板材料合格后使用。

6.4.3 模板加工后会集中放置在现场，未安装前应做好成品保护工作。

6.5 模板拆除

6.5.1 在侧模拆除时，注意积累经验，通过试验确定拆模时间。适当延长混凝土的拆模时间，可以提高混凝土的强度，减轻拆模时对混凝土边角、棱角的破坏。

6.5.2 拆除的模板要及时进行清理、维护，以提高周转次数，降低造价。

7 钢筋工程

7.0.1 钢筋存放应做好保护，保持清洁，以保证清水混凝土外观效果。

7.0.2 钢筋外露、保护层垫块外露，均会不同程度地影响清水混凝土观感效果。
钢筋保护层过小则会影响结构安全性和耐久性。

7.0.3 扎扣是为了防止绑扎点松动造成钢筋保护层变小或钢筋外露，扎扣尾端朝向构件截面内侧是为了防止扎丝外露生锈。

7.0.4 防止定位钢筋外露部位生锈影响清水混凝土观感质量。

7.0.5 端头弯钩方向控制是为了避免出现钢筋外露、钢筋保护层过小问题，以免影响结构安全性和清水混凝土观感质量。

7.0.7 可参照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424、《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 等要求。

7.0.8 本条是为了避免钢筋影响对拉螺栓的安装和清水混凝土孔眼布局。规范技术要求不一致时，应按最小允许偏差和最严格检验方法进行验收。

7.0.11 本条是为了防止钢筋安装过程中产生累计偏差造成钢筋外露或保护层不符合要求，防止损伤模板或造成对拉螺栓偏位，影响清水混凝土观感质量。

7.0.12 本条是为了防止预埋件出现错、漏、污等现象，影响清水混凝土观感质量以及一次性成优率，应避免在清水混凝土部位后置预埋件和开凿洞或槽。

7.0.13 本条是为了防止破坏或污染模板，防止焊渣清理不到位，影响清水混凝土外观质量。

8 混凝土工程

8.1 配合比设计

8.1.1 轨道交通清水混凝土配合比设计时要考虑当地的环境条件，针对性地提出清水混凝土耐久性要求；通过原材料选择、样板施工、试验室验证，确定表面颜色均匀的清水混凝土配合比。

8.1.2 本条参照现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 和《铁路混凝土》TB/T 3275 中对于混凝土结构的性能指标的规定提出；

8.2 制备与运输

8.2.2 各地区搅拌时间应根据实际试验确定，适当延长混凝土搅拌时间可提高混凝土拌合物的匀质性和稳定性。

8.2.4 为保证混凝土表面颜色均匀无色差，混凝土拌合物的出机温度、运输距离及拌合物状态应保持一致。

8.2.6 本条是为了防止混凝土拌合物因运输容器不洁净而发生污染现象。

8.2.7 本条是为了防止现场调整混凝土状态而使混凝土表面产生色差。

8.3 混凝土浇筑

8.3.1 本条为保证清水混凝土表面的清洁和色泽。

8.3.3 本条参照现行行业标准《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定提出。

8.3.6 振捣棒触碰模板后，容易引起清水混凝土表面斑点；过振、欠振、漏振将会改变清水混凝土的外观效果。

8.3.7 飞溅到模板内侧的砂浆会凝结在模板内侧，当混凝土浇筑到这一部位时，模板内侧是不平整的，成型混凝土结构表面就不平整。

8.3.8 该项措施主要是为防止出现烂根现象。

8.3.9 规定门窗洞口的浇筑方式，避免窗模偏位或压力不均匀产生变形。

8.3.10 不同标号混凝土存在较大色差，采取良好的分隔措施，有利于保证清水混凝土的观感质量，而且有利于保证结构安全性。

8.4 混凝土养护

8.4.1 混凝土浇筑后及时采取覆盖保温保湿养护，防止混凝土表面因快速失水而产生裂缝，养护措施相同是为了保证混凝土结构表面颜色均匀、无色差。

8.4.4 采用安全、无污染的养护材料和养护剂，可以有效防止混凝土结构表面污染，保证颜色的均一性。

8.5 雨期施工

8.5.1 专项方案是保证雨期施工质量的关键，在进入雨期前，应制订、审批雨期施工专项方案。

8.5.2 混凝土拌制前，应根据实际含水率及时调整混凝土施工配合比，保证混凝土拌合物性能符合施工要求。雨期施工时适当增加含水率检测频率，若是露天料场，应停止混凝土拌制。

8.5.2 雨期空气湿度大，容易引起混凝土原材料的性质改变，应定期检查骨料含水率。

8.5.4 雨期施工应关注天气预报，避免雨天施工，但突遇雷雨天气，应采取可靠的防雨措施和清水混凝土质量保证措施，防止雨水淋、泡混凝土，影响混凝土性能与观感质量。

8.5.5 雨水流淌容易污染清水混凝土构件，因此清水混凝土成品及相邻部位应做好防止雨水污染措施，保持清水混凝土的外观效果。

8.6 冬期施工

8.6.1 专项方案是保证冬期施工质量的关键，在进入冬期前，应制定、审批冬期施工专项方案。

8.6.2 ~8.6.3 冬期施工适当延长搅拌时间和采取加热措施，是为了使混凝土拌合物充分拌合均匀，防止出现冻结，影响工作性能。

8.6.5 防冻剂一般会含有氯盐成分，有可能将氯离子带入混凝土，引起混凝土结构中钢筋的锈蚀，应严格控制其氯离子含量。冬期施工时，对防冻减水剂和早强减水剂进行试验对比是为了防止混凝土表面泛碱，影响清水混凝土的效果以及耐久性。

9 后张法预应力工程

9.0.1 可参照执行国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424、《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》TB/T 3192 等有关要求。

9.0.2 本条是为了防止预应力材料产生锈蚀、污迹，影响清水混凝土观感质量。

9.0.5 预应力管道压浆时，在进浆口和出浆口容易出现浆液外流污染清水混凝土成品问题，因此，应提前做好防污染措施。

9.0.6 防止预应力筋、锚垫板锈蚀后，在雨水、混凝土养护用水等冲刷时锈迹污染清水混凝土构件。

9.0.7 本条是为保证清水混凝土外观的整体一致性，避免出现明显的色差问题。

9.0.8 封锚（端）混凝土施工与养护期间，可能会发生碎浆液外泄、养护用水流淌水印、混凝土返碱等情况，将会影响清水混凝土外观效果。

10 混凝土表面处理

10.0.1 清水混凝土是混凝土表面作为饰面，追求的是一次成型的原始效果。结合近年施工的清水混凝土实例，大面积的清水混凝土施工中很难做到表面效果一致。所以本条提出了表面处理。但表面处理以越少越好为原则，这里强调了由设计、监理、建设单位共同确定标准和工艺。

10.0.3 在清水混凝土表面涂刷保护涂料的目的是增强混凝土的耐久性。

10.0.5 本条规定是为保证清水混凝土表面颜色的一致性。

11 成品保护

11.1 模板成品保护

11.1.1 ~11.1.4 本条说明了清水混凝土模板存放的重要性，水平叠放时，采取面对面、背靠背的方式；模板竖向存放时，使用专用插放架，面对面的插入存放，并采用顶部覆盖、底部垫高方式防止模板受潮及污染。

11.1.5 采用封边漆封边和保护垫圈是为了防止雨水等从模板面板的切口和侧面渗入，木模板吸收翘曲变形，影响清水混凝土表面效果。

11.2 钢筋成品保护

11.2.1 本条是为了防止锈蚀的钢筋对混凝土表面颜色的一致性产生影响。

11.2.4 本条是为了保证钢筋保护层厚度、垫块痕迹的一致性、预埋件位置准确性。

11.3 混凝土成品保护

11.3.1 、11.3.2 混凝土浇筑过程采取专人监控方式进行，从浇筑部位流淌下的水泥浆和洒落的混凝土及时清理干净，成品混凝土用保护措施封严保护，防止污染；材料运输通道等易破坏的地方用硬质材料进行保护，防止磕碰。

11.3.3 使用挂架、脚手架、吊篮时，与混凝土构件的接触点应采用垫橡胶板、木方或聚苯板等材料，是为了防止破坏清水混凝土表面及边楞。