

广东省标准



DBJ/T 15-217-2021

备案号 J 15643-2021

# 装配式建筑混凝土结构耐久性技术标准

Standard for durability design of prefabricated building concrete

structure

(预览版)

2021-2-28 发布

2021-5-1 实施

广东省住房和城乡建设厅 发布

广东省标准

# 装配式建筑混凝土结构耐久性技术标准

Code for durability design of prefabricated building concrete structure

DBJ/T 15-217-2021

住房和城乡建设部备案号：J 15643-2021

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

施行日期：2021 年 5 月 1 日

# 广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准 《装配式建筑混凝土结构耐久性技术标准》 的公告

粤建公告〔2021〕14号

经组织专家委员会审查，现批准《装配式建筑混凝土结构耐久性技术标准》为广东省地方标准，编号为 DBJ/T15-217-2021。本标准自 2021 年 5 月 1 日起实施。

本标准由广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，并在广东省住房和城乡建设厅门户网站（<http://zfcxjst.gd.gov.cn>）公开。

广东省住房和城乡建设厅  
2021 年 2 月 28 日

## 前 言

根据《广东省住房和城乡建设厅关于发布<2017年广东省工程建设标准制修订计划>的通知》（粤建科函〔2017〕2904号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，与国内相关标准协调，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、设计、构件制造、储存与运输、施工安装、预制构件连接与防护、质量检验与验收。

本标准由广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。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州市建筑科学研究院有限公司（地址：广州市白云大道北833号建研大厦，邮编：510440，Email: hesonghu79@126.com）。

主编单位：广州市建筑科学研究院有限公司

参编单位：广州建筑股份有限公司

广东省建筑设计研究院有限公司

广州市设计院

广州市建设科学技术委员会办公室

广州机施建设集团有限公司

广州建设工程质量安全检测中心有限公司

广州市市政工程试验检测有限公司

广州建筑产业开发有限公司

主要起草人：唐孟雄 胡贺松 张楠 邓汉荣 何炳泉 祝雯 卢德辉

王洋 王松帆 杨卓 汤序霖 张硕 张健 纪昀

詹家维 杨军 卞德存

主要审查人：周福霖 吴波 陈星 黄晨光 徐其功 王新祥 李广平



# 目 录

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	3
3.1	环境类别与作用等级.....	3
3.2	设计原则.....	4
3.3	材料要求.....	4
4	设计.....	6
4.1	一般规定.....	6
4.2	构造要求.....	6
4.3	耐久性技术措施.....	8
5	构件制造.....	10
5.1	一般规定.....	10
5.2	原材料选择.....	10
5.3	预制构件生产.....	13
6	储存与运输.....	16
6.1	一般规定.....	16
6.2	成品防护.....	16
6.3	运输与存放.....	16
7	施工安装.....	18
7.1	一般规定.....	18
7.2	施工准备.....	18
7.3	预制构件安装.....	19
7.4	同层施工误差控制.....	20
7.5	成品保护.....	20
7.6	施工环境保护.....	20
8	预制构件连接与保护.....	22
8.1	一般规定.....	22
8.2	预制构件连接.....	23
8.3	套筒连接.....	23
8.4	灌浆技术.....	23
8.5	密封技术.....	25

8.6 防水措施.....	26
9.质量检验与验收.....	27
9.1 一般规定.....	27
9.2 原材料.....	27
9.3 预制构件检验.....	26
9.4 预制构件安装与连接检验.....	31
9.5 质量验收.....	34
附录 A 套筒灌浆饱满度电阻率检测方法.....	37
附录 B 套筒灌浆饱满度电容检测方法.....	40
附录 C 套筒灌浆饱满度压电检测方法.....	42
本规范用词说明.....	44
引用标准名录.....	45
条文说明.....	47

# Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
3	Basic Requirements.....	3
3.1	Design Philosophy.....	3
3.2	Environmental Category and Function Level.....	3
3.3	Material Requirements.....	4
4	Design.....	6
4.1	General Rules.....	6
4.2	Composition Requirements.....	6
4.3	Durability Technical Measures.....	8
5	Component Manufacturing.....	10
5.1	General Rules.....	10
5.2	Raw Materials.....	10
5.3	Prefabricated Component Production.....	13
6	Storage and Transportation.....	16
6.1	General Rules.....	16
6.2	Finished Product Protection.....	16
6.3	Transport and Storage.....	16
7	Construction and Installation.....	18
7.1	General Rules.....	18
7.2	Construction Preparation.....	18
7.3	Prefabricated Component Installation and Connection.....	19
7.4	Same Floor Construction Error Control.....	20
7.5	Finished Product Protection.....	21
7.6	Construction Safety and Environmental Protection.....	21
8	Prefabricated Component Connection and Protection.....	23
8.1	General Rules.....	23
8.2	Prefabricated Component.....	24
8.3	Sleeve Connection.....	24
8.4	Grouting Technology.....	24
8.5	Sealing Technology.....	25
8.6	Waterpro of Measures (connections, roofing, balcony and shear walls).....	26

9. Quality Inspection and Acceptance.....	27
9.1 General Rules.....	27
9.2 Prefabricated Component Inspection.....	27
9.3 Prefabricated Component Installation and Connection Inspection.....	28
9.4 Installation Inspection.....	31
9.5 Acceptance.....	344
Appendix A Resistivity Detection Method for Sleeve Grouting Fullness.....	37
Appendix B Capacitance Detection Method for Sleeve Grouting Fullness.....	40
Appendix C Piezoelectric Sensorfor Detection Method Sleeve Grouting Fullness..	42
Explanation of Wording in This Code.....	44
List of Quoted Standards.....	45
Addition:Explanation of Provisions.....	47

# 1 总则

**1.0.1** 为规范我省装配式建筑混凝土结构的建设，按照安全、适用、经济、绿色、美观的要求，全面提高装配式建筑的环境效益、社会效益和经济效益，保证装配式建筑混凝土结构的耐久性达到设计使用年限要求，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于装配式建筑混凝土结构及构件耐久性的设计、制造、运输、施工安装、质量检验与验收。

**1.0.3** 本标准规定的耐久性设计要求，应为结构达到设计使用年限的最低要求。设计中可根据工程的具体特点、当地的环境条件以及具体的施工条件等适当提高。

**1.0.4** 装配式建筑混凝土结构的耐久性技术要求，除执行本标准的规定外，尚应符合国家及广东省现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 装配式建筑混凝土结构 assembled building with concrete structure

结构系统主要由钢筋混凝土预制构件构成的装配式建筑。

### 2.0.2 环境作用 environmental action

温度、湿度以及二氧化碳、盐、酸等环境因素对装配式建筑混凝土结构或材料性能的作用。

### 2.0.3 结构耐久性 structure durability

在设计确定的环境作用和使用条件下，结构构件在设计使用年限内保持其适用性和安全性的能力。

### 2.0.4 氯离子扩散系数 chloride diffusion coefficient

描述混凝土孔隙水中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散速率的参数。

### 2.0.5 水胶比 water to binder ratio

混凝土拌合物中用水量与胶凝材料总量的重量比。

### 2.0.6 电通量 Electric flux

与穿过一个曲面的电场线的数目成正比，是表征电场分布情况的物理量。

### 2.0.7 钢筋的混凝土保护层 concrete cover to reinforcement

从混凝土表面至钢筋公称直径外边缘之间的最小距离；对后张法预应力筋，为套管或孔道外边缘到混凝土表面的距离。

### 2.0.8 防腐蚀附加措施 additional protective measures

在改善混凝土密实性、增加保护层厚度和利用防排水措施等常规手段的基础上，进一步提高装配式建筑混凝土结构耐久性所采取的补充措施，包括混凝土表面涂层、防腐蚀面层、环氧涂层钢筋、钢筋阻锈剂和阴极保护等。

### 2.0.9 多重防护策略 multiple protective strategy

为确保装配式建筑混凝土结构和构件的使用年限而同时采取多种防腐蚀附加措施的方法。

### 2.0.10 灌浆饱满度 grouting plumpness

钢筋套筒灌浆连接或浆锚搭接连接灌浆结束并稳定后，套筒或孔道内水泥基灌浆料液面到达出浆口的程度。

### 3 基本规定

#### 3.1 环境类别与作用等级

**3.1.1** 建筑结构所处环境按钢筋混凝土的劣化机理可分为 5 类，并按表 3.1.1 确定。

**表3.1.1 环境类别**

环境类别	名称	劣化机理
I	一般环境	保护层混凝土碳化引起钢筋锈蚀
II	冻融环境	反复冻融导致混凝土损伤
III	海洋氯化物环境	氯盐侵入引起钢筋锈蚀
IV	除冰盐等其他氯化物环境	氯盐侵入引起钢筋锈蚀
V	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀

注：一般环境系指无冻融、氯化物和其他化学腐蚀物质作用。

**3.1.2** 装配式工程中环境对配筋混凝土结构的作用程度应采用环境作用等级表达，并应符合表 3.1.2 的规定。

**表 3.1.2 环境作用等级**

环境作用等级 环境类别	A 轻微	B 轻度	C 中度	D 严重	E 非常严重	F 极端严重
一般环境	I-A	I-B	I-C	—	—	—
冻融环境	—	—	II-C	II-D	II-E	—
海洋氯化物环境	—	—	III-C	III-D	III-E	III-F
除冰盐等其他氯化物环境	—	—	IV-C	IV-D	IV-E	—
化学腐蚀环境	—	—	V-C	V-D	V-E	—

**3.1.3** 当装配式建筑混凝土结构构件受到多种环境类别共同作用时，应分别满足每种环境类别单独作用下的耐久性要求。

**3.1.4** 在长期潮湿或接触水的环境条件下，装配式建筑混凝土结构的耐久性设计应考虑混凝土可能发生的碱-骨料反应、钙矾石延迟反应和软水对混凝土的溶蚀，在设计中采取相应的措施。

**3.1.5** 装配式建筑混凝土结构的耐久性设计尚应避免高速流水、风沙等对混凝土表面的冲刷、磨损作用。

## 3.2 设计原则

**3.2.1** 装配式建筑混凝土结构的耐久性应根据结构的设计使用年限、结构所处的环境类别及作用等级进行设计。

**3.2.2** 装配式建筑混凝土结构的设计使用年限应按建筑物的合理使用年限确定，不应低于现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。

**3.2.3** 一般环境下的装配式建筑在设计使用年限内无需大修，其结构构件的设计使用年限不应低于结构整体设计使用年限。

## 3.3 材料要求

**3.3.1** 装配式混凝土材料应根据结构所处的环境类别、作用等级和结构设计使用年限，按同时满足混凝土最低强度等级、最大水胶比和混凝土原材料组成的要求确定。

**3.3.2** 对装配式建筑设计等级为甲级、乙级的工程，应根据具体的环境类别和作用等级，分别提出氯离子扩散系数、电通量等具体量化耐久性指标。

**3.3.3** 设计使用年限为 50 年的混凝土结构，其混凝土材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，并符合表 3.3.3 的要求。

表 3.3.3 结构混凝土材料的耐久性基本要求

环境等级	最大水胶比	最低强度等级 (提高强度等级)	最大氯离子含量 (%)	最大碱含量 (kg/m <sup>3</sup> )
I	0.60	C30	0.30	不限制
II-A	0.55	C30	0.20	3.0
II-B	0.50 (0.55)	C30	0.15	
III-A	0.45 (0.50)	C35	0.15	
III-B	0.40	C40	0.10	

注：1 氯离子含量系指其占胶凝材料总量的百分比，指水溶法硬化混凝土氯离子含量；

2 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%；其最低混凝土强度等级宜按表中的规定提高两个等级；

3 处于寒冷地区 II-B、III-A 类环境中的混凝土应使用引气剂，可采用括号中的有关参数；

4 当使用非碱活性骨料时，对混凝土中的碱含量可不作限制。

**3.3.4** I 类环境中，设计使用年限为 100 年的混凝土结构应符合下列规定：

1 钢筋混凝土结构的最低强度等级为 C35；预应力混凝土结构的最低强度等



级为 C40;

2 混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%;

3 宜使用非碱活性骨料, 当使用碱活性骨料时, 混凝土中的最大碱含量为  $3.0\text{kg/m}^3$ 。

**3.3.5** II、III类环境中, 设计使用年限 100 年的混凝土结构应采取专门的有效措施。

**3.3.6** 装配式建筑构件的混凝土强度等级应同时满足承载能力和耐久性的要求。

**3.3.7** 装配式工程中直径为 6mm 的细直径热轧钢筋作为受力主筋, 应只限在一般环境(I 类)中使用, 且当环境作用等级为轻微(I-A)和轻度(I-B)时, 构件的设计使用年限不得超过 50 年; 当环境作用等级为中度(I-C)时, 不得使用。

## 4 设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 装配式建筑混凝土结构的耐久性设计应包括下列内容：

- 1 确定结构设计使用年限、所处的环境类别及作用等级；
- 2 采用有利于减轻环境作用的结构形式、布置和构造；
- 3 提出对混凝土材料的耐久性基本要求；
- 4 确定构件中钢筋的混凝土保护层厚度；
- 5 确定混凝土裂缝控制要求；
- 6 防水、排水等构造措施；
- 7 严重环境作用下合理采取防腐蚀附加措施或多重防护策略；
- 8 耐久性所需的施工养护制度与保护层厚度的施工质量验收要求；
- 9 结构使用阶段的检测、维护与修复要求。

4.1.2 预应力筋的公称直径不得小于 5mm。冷加工钢筋不宜作为预应力筋使用，也不宜作为按塑性设计构件的受力主筋。

4.1.3 装配式建筑混凝土结构所用灌浆料材料应符合《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB / T 50448、《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中的有关规定，现场搅拌的灌浆用水泥浆中氯离子含量不应超过水泥重量的 0.06%；所用坐浆料氯离子含量应 $\leq 0.03\%$ 。

### 4.2 构造要求

4.2.1 不同环境作用下钢筋主筋、箍筋和分布筋，其混凝土保护层厚度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的有关规定，且满足钢筋防锈、耐火以及与混凝土之间粘结力传递的要求。

4.2.2 一般环境中的钢筋混凝土结构构件，其普通钢筋的保护层最小厚度与相应的混凝土强度等级、最大水胶比应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 中的有关规定，并符合表 4.2.2 的要求。

表 4.2.2 一般环境中混凝土材料与钢筋的保护层最小厚度  $c$  (mm)

设计使 用年限 环境作	100 年			50 年		
	混凝土强 度等级	最大水胶 比	$c$	混凝土强度等级	最大水胶比	$c$

用等级							
板、墙等 面形结 构	I-A	C35	0.55	20	C30	0.60	20
	I-B	C35	0.50	30	C30	0.55	25
		≥C40	0.45	25	≥C35	0.50	20
	I-C	C40	0.45	40	C30	0.50	35
		C45	0.40	35	C40	0.45	30
		≥C50	0.36	30	≥C45	0.40	25
梁、柱等 条形结 构	I-A	C35	0.55	25	C30	0.60	25
		≥C35	0.50	20	≥C30	0.55	20
	I-B	C35	0.50	35	C30	0.55	30
		≥C40	0.45	30	≥C35	0.50	25
	I-C	C40	0.45	45	C35	0.50	40
		C45	0.40	40	C40	0.45	35
		≥C50	0.36	35	≥C45	0.40	30

注:1 I-A 环境中使用年限低于 100 年的板、墙、当混凝土骨料最大公称粒径不大于 15mm 时,保护层最小厚度可降为 15mm,但最大水胶比不应大于 0.55;

2 年平均气温大于 20℃,且年平均湿度大于 75%的环境,除 I-A 环境中的板、墙构件外,混凝土最低强度等级应比表中规定提高一级,或将保护层最小厚度增大 5mm;

3 直接接触土体的构件,其混凝土保护层厚度不应小于 70mm,有混凝土垫层时,可按上表确定;

4 处于流动水中或同时受水中泥沙冲刷的构件,其保护层厚度宜增加 10~20mm。

**4.2.3** 具有连续密封套管的后张预应力钢筋,其混凝土保护层厚度可与普通钢筋相同且不应小于孔道直径的 1/2;否则应比普通钢筋增加 10mm。先张法构件中预应力钢筋在全预应力状态下的保护层厚度可与普通钢筋相同,否则应比普通钢筋增加 10mm。

**4.2.4** 在荷载作用下配筋装配式混凝土构件的表面裂缝最大宽度计算值,应根据结构类型按《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的有关规定取值,并不应超过表 4.2.4 中的限值。对裂缝宽度无特殊外观要求的,当保护层设计厚度超过 30mm 时,可将厚度取为 30mm 计算裂缝的最大宽度。

**表 4.2.4 表面裂缝计算宽度限值(mm)**

环境作用等级	钢筋混凝土构件	有粘结预应力混凝土构件
A	0.40	0.20
B	0.30	0.20
C	0.20	0.10

D	0.20	按二级裂缝控制或按部分预应力 A 类构件控制
E, F	0.15	按一级裂缝控制或按全预应力类构件控制

**4.2.5** 当装配式建筑混凝土结构所处环境作用等级为 D、E、F 级时，应减少装配式建筑混凝土结构构件表面的暴露面积，并应避免表面的凹凸变化；构件的棱角宜做成圆角。

**4.2.6** 装配式建筑混凝土结构构件的形状和构造应有效地避免水、汽和有害物质在混凝土表面的积聚，并应采取以下构造措施：

1 受雨淋或可能积水的露天混凝土构件顶面，宜做成斜面，并应考虑结构挠度和预应力反拱对排水的影响；

2 受雨淋的室外悬挑构件侧边下沿，应做滴水槽、鹰嘴或采取其他防止雨水淌向构件底面的构造措施；

3 屋面应专门设置排水系统，且不得将水直接排向下部混凝土构件的表面；

4 在混凝土结构构件与上覆的露天面层之间，应设置可靠的防水层；

5 装配式混凝土构件施工缝、伸缩缝等连接缝的设置宜避开局部环境作用不利的部位，并做好排水和防水构造，避免水、及有害物质在连接处聚集。

**4.2.7** 处于 II、III 类环境中的装配式建筑混凝土结构悬臂构件宜采用悬臂梁-板的结构形式，或在其上表面增设防护层。

### 4.3 耐久性技术措施

**4.3.1** 装配式建筑混凝土结构暴露在结构构件外的吊环、紧固件、连接件等金属部件，表面应采用可靠的防腐措施；后张法预应力体系应采取多重防护措施，其防护要求应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的有关规定。

**4.3.2** 装配式建筑预应力混凝土中的预应力筋应根据具体情况采取表面防护、孔道灌浆、加大混凝土保护层厚度等措施，外露的锚固端应采取封锚和混凝土表面处理等有效措施。

**4.3.3** 有抗渗要求的装配式建筑混凝土结构，混凝土的抗渗等级应符合有关标准的要求。寒冷地区的潮湿环境中，结构混凝土应满足抗冻要求，混凝土抗冻等级应符合有关标准的要求。

**4.3.4** 处于 II、III 类环境中的结构构件，其表面的预埋件、吊钩、连接件等金属部件应采取可靠的防锈措施；对于后张预应力混凝土外露金属锚具，应采取可靠的防腐及防火措施，并应符合下列规定：

1 无粘结预应力筋外露锚具应采取注有足量防腐油脂的塑料帽封闭锚具端头，并应采用无收缩砂浆或细石混凝土封闭；

2 对于 II-B、III-A、III-B 类环境条件下的无粘结预应力锚固系统，应采用全封闭的防腐蚀体系，其封锚端及各连接部位应能承受 10kPa 的静水压力而不得透水；

3 采用混凝土封闭时，其强度等级宜与构件混凝土强度等级一致，且不应低于 C30。封锚混凝土与构件混凝土应可靠粘结，锚具在封闭前应将周围混凝土界面凿毛并冲洗干净，且宜配置 1~2 片钢筋网，钢筋网应与构件混凝土拉结；

4 采用无收缩砂浆或混凝土封闭保护时，其锚具及预应力筋端部的保护层厚度不应小于：I 类环境时 20mm，II-A、II-B 类环境时 50mm，III-A、III-B 类环境时 80mm。

**4.3.5** 处在 III 类环境中的装配式建筑混凝土结构件，可采用阻锈剂、环氧树脂涂层钢筋或其他具有耐腐蚀性能的钢筋、采取阴极保护措施或采用可更换的构件等措施。

**4.3.6** 耐久性环境类别为 IV 类和 V 类的装配式建筑混凝土结构，其耐久性要求应符合有关标准的规定。

**4.3.7** 装配式建筑混凝土结构在设计使用年限内尚应遵守下列规定：

- 1 建立定期检测、维修制度；
- 2 构件表面的防护层达到使用年限时，应维护或更换；
- 3 结构出现可见的耐久性缺陷时，应及时进行处理。

## 5 构件制造

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 生产单位应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件，建立完善的质量管理体系和制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统。

**5.1.2** 预制构件生产前，应由建设单位组织设计、生产、施工单位进行设计文件交底和会审。应根据批准的设计文件、拟定的生产工艺、运输方案、吊装方案等编制加工详图。

**5.1.3** 预制构件生产前应编制生产方案，生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施，明确混凝土耐久性施工技术要求。

**5.1.4** 生产单位的检测、试验、张拉、计量等设备及仪器仪表均应计量合格，并应在有效期内使用。不具备试验能力的检验项目，应委托有资质的第三方检测机构进行试验。

**5.1.5** 预制构件生产应建立首件验收制度。

**5.1.6** 预制构件的原材料质量、钢筋连接接点的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、装饰材料、保温材料及拉结件的质量等均应根据国家现行有关标准进行检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。

**5.1.7** 预制构件生产的质量应按模具、钢筋、混凝土、预应力、预制构件等项目分别进行检验。预制构件的质量评定应根据钢筋、混凝土、预应力、预制构件的试验、检验资料等项目进行。当上述各检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品。

**5.1.8** 预制构件和部品生产中采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，生产单位应制定专门的生产方案，必要时进行样品试制，经检验合格后方可实施。

### 5.2 原材料选择

**5.2.1** 混凝土预制构件制作宜选用普通硅酸盐或硅酸盐水泥，其质量除应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定外，还应满足下列要求：

- 1 水泥中  $C_3A$  含量不应大于 8%，碱含量应不大于 0.60%；
- 2 水泥进厂应提供检验报告和产品合格证；
- 3 不同生产厂家、不同品种、不同强度等级的水泥不得混合使用；
- 4 水泥存放应标明水泥品种、强度等级、生产厂家、进厂日期、数量，水泥

贮存期不得超过 3 个月。

### 5.2.2 混凝土预制构件制作使用的骨料应符合下列规定：

1 细骨料宜采用洁净的天然硬质中粗砂或人工砂，天然硬质中粗砂细度模数宜为 2.5~3.2，人工砂细度模数可为 2.5~3.5，质量应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定；

2 砂的含泥量不宜大于 1.0%；

3 氯离子含量不应大于 0.02%，硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.5%；

4 符合 II 区颗粒级配要求。

5.2.3 混凝土预制构件制作使用的矿物掺合料应为性能稳定的粉煤灰、矿渣粉或硅灰，应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T1596、《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的要求，并符合下列规定：

1 粉煤灰的技术指标应符合表 5.2.3-1 的规定；

表 5.2.3-1 粉煤灰的技术要求

项目	技术要求（不大于/%）	
	C50 及以上混凝土	C50 以下混凝土
细度（45um 方孔筛筛余），（不大于/%）	12.0	30.0
需水量比，不大于/%	95	105.0
烧矢量，不大于/%	8.0	
含水量，不大于/%	1.0	
三氧化硫，不大于/%	3.0	
游离氧化钙，不大于/%	1.0	
安定性（雷氏夹沸煮后增加距离），不大于/mm	5.0	

2 矿渣粉的技术指标应符合表 5.2.3-2 的规定；

表 5.2.3-2 矿渣粉的技术指标

项目	技术指标
密度/（g/cm <sup>3</sup> ） ≥	2.8
比表面积/（g/cm <sup>3</sup> ） ≥	400

活性指数/% $\geq$	7d	75
	28d	95
流动度比/% $\geq$		95
含水量（质量分数）/% $\leq$		1.0
三氧化硫（质量分数）/% $\leq$		4.0
氧化镁（质量分数）/% $\leq$		14.0
氯离子（质量分数）/% $\leq$		0.06
烧失量（质量分数）/% $\leq$		3.0
玻璃体含量（质量分数）/% $\geq$		85
放射性		合格

3 硅灰的技术要求应符合表 5.2.3-3 的规定；

**表 5.2.3-3 硅灰的技术要求括号内的要注释**

项目	指标
固含量（液料）	按生产厂控制值的 $\pm 2\%$
总碱量	$\leq 1.5\%$
SiO <sub>2</sub>	$\geq 85.0\%$
氯含量	$\leq 0.1\%$
含水率（粉料）	$\leq 3.0\%$
烧失量	$\leq 4.0\%$
需水量比	$\leq 125\%$
比表面积（BET 法）	$\geq 15\text{m}^2/\text{g}$ ( $\geq 18\text{m}^2/\text{g}$ )
活性指数（7d 快速法）、28 天活性指数	$\geq 105\%$ (70%)
放射性	$I_{\text{ra}} \leq 1.0$ 和 $I_{\text{r}} \leq 1.0$
抑制碱骨料反应性	14d 膨胀率降低值 $\geq 35\%$
抗氯离子渗透性	28d 电通量之比 $\leq 40\%$

注：1 硅灰浆折算为固体含量按此表进行检验；

2 抑制碱骨料反应性和抗氯离子渗透性为选择性试验项目。

4 掺合料进厂应有供方提供的该批材料的检验报告和质保书。存放时应挂牌标明品种、生产厂家、数量及进厂日期，掺合料不得混合存放；

5 当采用其他品种的掺合料时，应符合预制构件混凝土质量和耐久性要求。

**5.2.4 混凝土预制构件制作混凝土拌和用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。**

**5.2.5 混凝土预制构件制作的外加剂应符合下列规定：**

1 外加剂的质量和和使用要求应分别符合《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土



土外加剂应用技术规范》GB 50119 的要求；

2 应根据混凝土性能要求，合理选择与混凝土原材料相容的高效或高性能减水剂，预制构件混凝土用减水剂的混凝土减水率宜大于 20%；

3 若使用聚羧酸减水剂，混凝土含气量宜 $\leq 3\%$ ；

4 外加剂中的氯离子的含量应小于 0.6%。

#### 5.2.6 混凝土预制构件制作的钢材应符合下列规定：

1 非预应力(带肋钢筋、光圆钢筋及盘条)的性能应符合设计要求和现行国家标准《钢筋混凝土用钢》第 1 部分 GB 1499.1、《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013 和《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701 的规定；

2 预应力钢绞线的性能应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的规定，预应力筋的性能应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223、《混凝土预应力棒》GB/T 5223.3 的规定。冷加工钢筋不宜作为预应力筋使用。

#### 5.2.7 外墙板接缝处的密封材料应符合下列规定：

1 密封胶应与混凝土具有相容性，以及规定的抗剪切和伸缩变形能力；密封胶尚应具有防霉、防水、耐候等性能；

2 硅酮、聚氨酯、聚硫建筑密封胶应分别符合国家现行标准《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683，《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776，《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482，《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的规定；

3 夹心外墙板接缝处填充用保温材料的燃烧性能应满足国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 A 级的要求。

### 5.3 预制构件生产

5.3.1 预制构件生产应根据生产工艺、产品类型等制定模具方案。应建立健全模具验收、使用制度。模具应具有足够的强度、刚度和整体稳固性。并应符合下列规定：

1 模具应装拆方便。并应满足预制构件质量、生产工艺和周转次数等要求；

2 结构造型复杂、外型有特殊要求的模具应制作样板。经检验合格后方可批量制作；

3 模具各部件之间应连接牢固，接缝应紧密，附带的埋件或工装应定位准确、安装牢固；

4 用作底模的台座、胎模、地坪及铺设的底板等应平整光洁，不得有下沉、裂缝、起砂和起鼓；

5 模具应保持清洁，表面涂刷脱模剂、缓凝剂时应均匀、无漏刷、无堆积，

且不得沾污钢筋，不得影响预制构件外观效果；

6 应定期检查侧模、预埋件和预留孔洞定位措施的有效性，应采取防止模具变形和锈蚀的措施，重新启用的模具应检验合格后方可使用；

7 模具与平模台间的螺栓、定位销、磁盒等固定方式应可靠，防止混凝土振捣成型时造成模具偏移和漏浆。

**5.3.2** 用于生产预制构件的钢筋骨架应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666，并满足以下要求：

1 钢筋骨架尺寸偏差应符合规定，骨架中钢筋、配件和埋件的品种、规格、数量和位置等应符合国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定和设计文件的要求；

2 焊接接头、钢筋机械连接接头、钢筋套筒灌浆连接接头力学性能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 和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定；

3 钢筋骨架在使用时，应按规定要求放置不低于构件混凝土设计强度的水泥基垫块；

4 钢筋骨架不得沾有油污和脱模剂。

**5.3.3** 用于生产预制构件的混凝土拌制应满足以下要求：

1 胶凝材料总量不宜小于  $450\text{kg/m}^3$ ，矿物掺合料用量不宜大于胶凝材料用量的 40%；

2 生产预制构件的混凝土必须采用强制式搅拌机拌制；

3 原材料计量应准确，应严格按设计配合比称量，其允许偏差为：

1) 胶凝材料 $\pm 1\%$ ；

2) 外加剂 $\pm 1\%$ ；

3) 粗、细骨料 $\pm 2\%$ ；

4) 拌和用水 $\pm 1\%$ 。

4 应严格测定粗、细骨料的含水率，宜每工作班抽测 2 次。外加剂宜采用水剂，拌制过程中应从混凝土用水量中扣除溶液中的水量；

5 南方地区夏季搅拌时，水泥温度不应高于  $60^\circ\text{C}$ ，水温不应高于  $30^\circ\text{C}$ ，砂、石料温度不应高于  $30^\circ\text{C}$ ，并适当加大混凝土的坍落度；

6 投料顺序宜为：投入胶凝材料、细骨料、部分水和外加剂，搅拌 0.5min 后投入粗骨料、剩余水和外加剂，再搅拌 1min~1.5min 后出料，搅拌时间的确定应满足混凝土的搅拌均匀。

**5.3.4** 用于生产预制构件的混凝土应满足以下要求：

1 混凝土工作性能指标应根据预制构件产品特点和生产工艺确定，混凝土配

合比设计应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定；

- 2 混凝土坍落度应合理控制，且混凝土应无分层、离析、泌水现象；
- 3 混凝土应连续浇筑，浇筑时不得扰动预埋件，并应根据生产条件选择适当的振捣方式，振捣应密实，不得漏振或过振；
- 4 混凝土入模温度冬季不宜低于 5℃；
- 5 混凝土浇筑成型后，在初凝前应再次进行压面；
- 6 混凝土浇筑期间，混凝土与钢模、邻接的已硬化混凝土间的温度差不得大于 15℃。

#### 5.3.5 混凝土振捣应符合以下要求：

- 1 混凝土宜采用机械振捣方式成型。振捣设备应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格和形状等因素确定，应制定振捣成型操作规程；
- 2 当采用振捣棒时，混凝土振捣过程中不应碰触钢筋骨架、面砖和预埋件；
- 3 混凝土振捣过程中应随时检查模具有无漏浆、变形或预埋件有无移位等现象；
- 4 插入式振动器移动间距不应超过振动器作用半径的 1.5 倍，与侧模应保持 50-100mm 的距离，插入下层混凝土深 50-100mm；
- 5 平板式振动器的移动间距宜覆盖已振实部分不小于 100mm；
- 6 附着式振动器的间距应根据构件形状及振动器(振动棒)性能等情况经过试验确定；
- 7 混凝土振捣应达到混凝土停止下沉，不再冒出气泡，表面呈现平坦、泛浆的要求。

#### 5.3.6 预制构件养护应符合下列规定：

- 1 应根据预制构件特点和生产任务量选择自然养护、自然养护加养护剂或加热养护方式；
- 2 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后应及时覆盖保湿，脱模前不得揭开；
- 3 涂刷养护剂应在混凝土终凝后进行；
- 4 加热养护可选择蒸汽力加热、电加热或模具加热等方式；
- 5 加热养护制度应通过试验确定，宜采用加热养护温度自动控制装置。宜在常温下预养护 2h~6h，升、降温速度不宜超过 20℃/h，最高养护温度不宜超过 75℃。预制构件脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25℃；
- 6 夹芯保温外墙板最高养护温度不宜大于 60℃。

## 6 储存与运输

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 应制定预制构件的储存与运输方案，其内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

**6.1.2** 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；
- 2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施。

### 6.2 成品防护

**6.2.1** 预制构件成品保护应符合下列规定：

- 1 预制构件成品外露保温板应采取防止开裂措施，外露钢筋应采取防弯折措施，外露预埋件和连结件等外露金属件应按不同环境类别进行防护或防腐、防锈；
- 2 宜采取保证吊装前预埋螺栓孔清洁的措施；
- 3 钢筋连接套筒、预埋孔洞应采取防止堵塞的临时封堵措施；
- 4 露骨料粗糙面冲洗完成后应对灌浆套筒的灌浆孔和出浆孔进行透光检查，并清理灌浆套筒内的杂物。

**6.2.2** 冬期生产和存放的预制构件的非贯穿孔洞应采取措施防止雨雪水进入发生冻胀损坏。

### 6.3 运输与存放

**6.3.1** 预制构件存放应符合下列规定：

- 1 存放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2 存放库区宜实行分区管理和信息化台账管理；
- 3 应按照产品品种、规格型号、检验状态分类存放，产品标识应明确、耐久，预埋吊件应朝上，标识应向外；
- 4 应合理设置垫块支点位置，确保预制构件存放稳定，支点宜与起吊点位置一致；

5 与清水混凝土面接触的垫块应采取防污染措施;

6 预制构件多层叠放时,每层构件间的垫块应上下对齐;预制楼板、叠合板、阳台板和空调板等构件宜平放,叠放层数不宜超过 6 层;长期存放时,应采取措施控制预应力构件起拱值和叠合板翘曲变形;

7 预制柱、梁等细长构件宜平放且用两条垫木支撑;

8 预制内外墙板、挂板宜采用专用支架直立存放,支架应有足够的强度和刚度,薄弱构件、构件薄弱部位和门窗洞口应采取防止变形开裂的临时加固措施。

#### 6.3.2 预制构件在运输吊放时应符合下列规定:

1 应根据预制构件种类采取可靠的固定措施;

2 对于大型预制构件的运输吊放应制定专门的质量保证措施。

#### 6.3.3 运输时宜采取如下防护措施:

1 设置柔性垫片避免预制构件边角部位或链索接触处的混凝土损伤;

2 用塑料薄膜包裹垫块避免预制构件外观污染;

3 墙板门窗框、装饰表面和棱角采用塑料贴膜或其他措施防护;

4 竖向薄壁构件设置临时防护支架。当采用装箱运输时,箱内四周采用木材或柔性垫片填实,支撑牢固。

#### 6.3.4 根据构件特点应采用不同的运输方式。托架、靠放架、插放架应进行专门设计,进行强度、稳定性和刚度验算:

1 外墙板宜采用立式运输,外饰面层应朝外,梁、板、楼梯、阳台宜采用水平运输;

2 采用靠放架立式运输时,构件与地面倾斜角度宜大于  $80^{\circ}$ ,构件应对称靠放,每侧不大于 2 层,构件层间上部采用木垫块隔离;

3 采用插放架直立运输时,应采取防止构件倾倒措施,构件之间应设置隔离垫块;

4 水平运输时,预制梁、柱构件叠放不宜超过 2 层,板类构件叠放不宜超过 6 层。

#### 6.3.5 运至现场的预制构件应检查破损程度,出现微裂缝时应修复,影响结构安全和耐久性时应废弃。

## 7 施工安装

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 施工单位应根据装配式建筑混凝土结构特点配置机构和人员。施工作业人员应具备岗位需要的基础知识、技能和特种专业操作证,施工单位应对管理人员、施工作业人员进行质量安全技术交底。

**7.1.2** 装配式建筑混凝土结构施工宜采用工具化、标准化的施工安装流程。

**7.1.3** 装配式建筑施工前,宜选择有代表性的单元进行预制构件试安装,并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案。

**7.1.4** 装配式建筑施工前,应制定施工组织设计、施工方案;施工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502 的规定;施工方案的内容应包括构件安装及节点施工方案、构件安装的质量管理及安全措施等。

**7.1.5** 施工安装用材料、设备及相应施工配件等应符合设计要求及国家现行有关标准的规定,且符合现场施工组织设计实际要求。

**7.1.6** 施工吊装用吊具应按国家现行有关标准的规定进行设计、验算或试验检验。

**7.1.7** 吊装大型构件、薄壁构件或形状复杂的构件时,应根据专项方案设计要求。使用分配梁或分配桁架类吊具,并应采取避免构件变形和损伤的临时加固措施。

**7.1.8** 钢筋套筒灌浆前,应在现场模拟构件连接接头的灌浆方式进行工艺试验,确保套筒质量后方可进行灌浆作业。

**7.1.9** 在装配式结构的施工全过程中,应采取防止预制构件及预制构件上的建筑附件、预埋件、预埋吊件等损伤或污染的保护措施。

**7.1.10** 未经设计允许不得对预制构件进行切割、开洞。

### 7.2. 施工准备

**7.2.1** 构件存放场地应平整坚实,并设有排水措施,雨期和春季融冻期间,构件存放场地应采取防止地面软化下沉有效措施。

**7.2.2** 预制构件露天存放应采取防止开裂措施,外露钢筋应采取防折弯措施,外露金属预埋件和连接件等应采取防止锈蚀的措施。

**7.2.3** 预制构件多层叠放时,每层构件间的垫块上下对齐且宜垂直于 K 支架;预制楼板、叠合板、阳台板等构件宜平放,叠放层数不宜超过 6 层。

**7.2.4** 预制柱、梁等细长构件应平放，且合理设置垫块位置，并宜与起吊点位置一致。

**7.2.5** 预制内外墙板、挂板宜采用专用支架直立存放，构件薄弱部位和门窗洞口应采取防止变形开裂的临时加固措施。

**7.2.6** 构件存放时预埋螺栓孔应采取保证清洁的措施。钢筋连接套筒、预埋孔洞应采取防止堵塞的措施。

**7.2.7** 冬季存放预制构件，对非贯穿孔洞应采取防止雨雪水进入发生冻胀损坏的措施。

**7.2.8** 预制构件宜按产品品种、规格型号、检验状态分类存放，产品信息应标识明确耐久。

**7.2.9** 安装施工前，应核对已施工完成结构、基础的外观质量和尺寸偏差，确认混凝土强度和预留预埋符合设计要求，并应核对预制构件的混凝土强度及预制构件的型号、规格、数量等符合设计要求。

**7.2.10** 安装施工前应备妥安装所需的测量、支撑、吊装等安装设备。

**7.2.11** 采用钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接的预制构件就位前，应检查下列内容：套筒、预留孔的规格位置、数量和深度；被连接钢筋的规格、数量、位置和长度。

**7.2.12** 起吊前作业人员应备好相应图纸，按施工方案的顺序进行吊装，进行吊装过程检查，确保预制构件方向正确。

**7.2.13** 混凝土在浇筑前应进行验收。验收项目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。

### **7.3 预制构件安装**

**7.3.1** 应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊运过程，应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停在空中。

**7.3.2** 预制构件的安装应先调整标高，再调整水平定位，最后调整垂直偏差，并重复上述步骤，直到预制构件的标高、定位、垂直偏差符合要求。调整构件垂直度的缆风绳应在构件起吊前在地面绑扎好。

**7.3.3** 预制构件吊装就位后，应及时校准并采取合理的临时固定措施。

**7.3.4** 预制构件可以采用钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接、焊接、螺栓连接、钢筋机械连接等连接方式。

**7.3.5** 混凝土浇筑施工应满足混凝土结构工程施工规范的相关要求，混凝土浇筑前，构件之间的拼缝应先用微膨胀砂浆封堵后再进行混凝土浇筑。

## 7.4 同层施工误差控制

**7.4.1** 预制构件安装前，应对建筑物的定位轴线、平面闭合差、底层柱的位置线、钢筋混凝土基础的标高进行检查，并考虑温度对构件尺寸的影响，合格后方可开始安装工作。

**7.4.2** 预制构件安装前应根据现场测量基准点分别引测内控和外控测量控制网，作为测量控制的依据，可根据场地条件和周边建筑情况选择内控法或外控法。

**7.4.3** 预制柱吊装前应根据设计图纸进行定位放线，每条预制柱的定位轴线应符合《工程测量规范》GB 50026 要求。

**7.4.4** 在上层预制构件吊装前应对本层每根钢筋的垂直度以及伸出长度复核，是否满足设计要求。

预制柱吊装前应对柱头高程复核，若柱头高程低于设计要求，应在柱头置放铁片调整高差。若柱头高程设计要求，则将柱头修正至设计高程。

**7.4.5** 在一个预制柱高度范围内的全部构件完成安装后要进行验收，验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关要求。验收合格后方可进行下一工序施工。

## 7.5 成品保护

**7.5.1** 预制构件露出的钢筋在接头混凝土浇筑前应采取定位保护措施。

**7.5.2** 与清水混凝土面接触的垫块应采取防污染措施。

**7.5.3** 预制混凝土清水面墙、柱、楼梯等在施工过程中宜采用保护措施。

## 7.6 施工环境保护

**7.6.1** 预制构件采用吊环时，吊环必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，不得以其他钢筋替代，且其使用时的计算拉应力应不大于 50MPa。

**7.6.2** 在雨雪过后或雨雪中作业时，应先进行试吊，确认制动器灵敏可靠后方可进行作业。遇有 6 级及以上大风或大雨、大雪等恶劣天气时，应停止吊装作业。

**7.6.3** 预制构件起吊前，应先将构件吊离地面不大于 200mm~500mm，然后进行下列检查：起重设备的稳定性、制动器的可靠性、重物的平稳性。

**7.6.4** 采用两台或多台起重设备吊运同一个构件时，吊运过程中保持钢丝绳垂直，保持运动同步。

**7.6.5** 楼板面混凝土浇筑前应检查板底支架的可靠性，防止支架变形导致预制构件开裂。



**7.6.6** 现场使用的模板、支架应选用耐用、可靠、装拆方便的周转性的材料。

**7.6.7** 现场预制构件和其他材料的堆放位置应布置合理，占地面积按用地指标所需的最低面积进行面积设计，方便吊装和运输，减少二次搬运。

**7.6.8** 现场后浇混凝土养护时应采取有效的节水措施，严禁无节制、无措施的浇水养护混凝土。

**7.6.9** 装配式建筑混凝土结构应使用 BIM 软件进行场地的合理布置、构件施工工序的模拟、工程量的统计，满足绿色施工的各项指标要求。

## 8 预制构件连接与保护

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 装配式结构预制构件连接用的原材料、构配件的进场验收应符合国家现行《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 及《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 等相关标准的规定。

**8.1.2** 预制构件使用钢质材料作为节点连接时，节点材质及耐久性设计标准应依《钢结构设计规范》GB 50017、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232、《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 等现行规范相关要求。

**8.1.3** 大气环境对钢质连接部位长期作用下的腐蚀性等级可按表 8.1.3 进行确定。

表 8.1.3 大气环境对建筑钢材长期作用下的腐蚀等级

腐蚀类型		腐蚀速率 (mm/a)	腐蚀环境		
腐蚀等级	名称		大气环境气 体类型	年平均环境 相对湿度 (%)	大气环境
I	无腐蚀	<0.001	A	<60	乡村大气
II	弱腐蚀	0.001~0.025	A	60~75	乡村大气
			B	<60	城市大气
III	轻腐蚀	0.025~0.05	A	>75	乡村大气
			B	60~75	城市大气
			C	<60	乡村大气
IV	中腐蚀	0.05~0.2	B	>75	城市大气
			C	60~75	工业大气
			D	<60	海洋大气
V	较强腐蚀	0.2~1.0	C	>75	工业大气
			D	60~75	海洋大气
VI	强腐蚀	1.0~5.0	D	>75	海洋大气

注：1. 在特殊场合与额外腐蚀负荷作用下，应将腐蚀类型提高等级；  
2. 处于潮湿状态或不可避免结露的部位，环境相对湿度应取大于 75%。

**8.1.4** 预制构件及其钢连接部位位于大气环境中的防腐施工、验收和维护应按《建筑钢结构防腐技术规程》JGJT251 的规定执行。

**8.1.5** 预制构件用混凝土现浇进行节点连接时，连接节点材质及耐久性设计标准应符合《混凝土结构设计规范》GB50010、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 等相关要求。

**8.1.6** 预制混凝土构件及其结构在以上多种类环境条件下，其设计原则、设计年限、材料要求、构造规定及施工质量附加要求，应符合《混凝土结构耐久性设计

规范》GB/T 50476 的要求。

**8.1.7** 当预制混凝土构件采用预应力混凝土设计时，应符合《预应力混凝土结构设计规范》JGJ369 的规定。

## **8.2 预制构件连接**

**8.2.1** 预制构件现场钢材料连接件表面防腐工艺及处理应符合《涂装钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923、《钢铁件涂装前除油程度检验方法》GB/T 13312、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 等相关规范要求。

**8.2.2** 预制构件现浇连接段混凝土材料配比、保护层厚度应依据《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 等相关规定，且强度应符合设计要求。

**8.2.3** 预制构件连接节点及界面宜采用微膨胀混凝土浇筑，当空间较小无法使用混凝土浇灌时，应使用微膨胀砂浆填塞、避免产生缝隙，其强度应符合设计要求。

**8.2.4** 预制构件采用套筒及续接砂浆连接时，须符合本章第 8.3 节、第 8.4 节的规定。

**8.2.5** 预制构件连接节点采用钢筋机械连接时，设计与施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

**8.2.6** 预制构件连接节点采用焊接或螺栓连接时，设计与施工符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 60661、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

**8.2.7** 当预制构件钢筋采用环氧树酯防腐工艺时，应符合《钢筋混凝土用环氧树脂涂层钢筋》GB/T 25826、《环氧树脂涂层钢筋》JG/T 502 等标准的规定。

## **8.3 套筒连接**

**8.3.1** 预制构件采用灌浆套筒连接时，采用的灌浆套筒性能应符合设计要求。

**8.3.2** 全灌浆套筒及半灌浆套筒规格、材料性能、力学性能等应符合《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355、《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 等规定。

标准名称及编号

## **8.4 灌浆技术**

**8.4.1** 灌浆技术工艺及浆料要求应满足《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 和《钢筋连接用套筒灌浆料》JGT 408 的要求。

**1** 水泥材料应符合《通用硅酸盐水泥》GB175 或《硫铝酸盐水泥》GB20472 规定；

- 2 细骨料应符合《建筑用砂》GB/T14684 规定，最大粒径不宜超过 2.36mm；
- 3 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土膨胀剂》GB 23439 规定。

**8.4.2 灌浆料 1d 抗压强度不得小于 35MPa，7d 抗压强度不得小于 60MPa，28d 抗压强度不得小于 85MPa。**砂浆的抗压强度应根据标准养护的立方体试块抗压强度测定。

其基本性能及工作性能应符合表 8.4.2-1~8.4.2-3 要求。

**表 8.4.2-1 灌浆料抗压强度要求**

时间(龄期)	抗压强度(MPa)
1d	≥35
3d	≥60
28d	≥85

**表 8.4.2-2 灌浆料竖向膨胀率要求**

项目	竖向膨胀率(%)
3h	≥0.02
24h 与 3h 差值	0.02~0.50

**表 8.4.2-3 灌浆料拌合物的工作性能要求**

项目		工作性能要求
流动度(mm)	初始	≥300
	30min	≥260
泌水率(%)		0

**8.4.3 钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接的灌浆作业应符合下列规定：**

- 1 灌浆操作全过程应有专职检验人员负责现场监督，施工应及时形成施工检查记录，施工记录应体现灌浆仓编号，每个灌浆仓内所包含的套筒规格、数量、对应构件信息；
- 2 灌浆施工时，环境温度应符合灌浆料产品使用说明书要求；环境温度低于 5℃时不宜施工，低于 0℃时不得施工；当环境温度高于 30℃时，应采取降低灌浆料拌合物温度的措施；
- 3 对竖向钢筋套筒灌浆连接，灌浆作业应采用压浆法从灌浆套筒下灌浆孔注入，当灌浆料拌合物从构件其他灌浆孔、出浆孔流出后应及时封堵；
- 4 竖向钢筋套筒灌浆连接采用连通腔灌浆时，宜采用一点灌浆的方式；当一点灌浆遇到问题而需要改变灌浆点时，各灌浆套筒已封堵灌浆孔、出浆孔应重新打开，待灌浆料拌合物再次流出后进行封堵；
- 5 对水平钢筋套筒灌浆连接，灌浆作业应采用压浆法从灌浆套筒灌浆孔注入，当灌浆套筒灌浆孔、出浆孔的连接管或接头处的灌浆料拌合物均高于灌浆套筒外表面最高点时应停止灌浆，并及时封堵灌浆孔、出浆孔；
- 6 灌浆料宜在加水后 30min 内用完；
- 7 散落的灌浆料拌合物不得二次使用；剩余的拌合物不得再次添加灌浆料、

水后混合使用。

**8.4.4** 砂浆成分、碱骨料反应(AAR)、体积稳定性、抗冻融性、氯离子含量、氯离子渗透性及中性化应满足设计指标要求。

**8.5 密封技术**

**8.5.1** 装配预制构件拼缝密封胶应与混凝土具有兼容性，以及满足抗剪切和伸缩变形能力；密封胶上应具有防污、防水、防火、耐候等性能。

**8.5.2** 硅酮、聚氨酯、聚硫建筑密封胶应分别符合国家现行标准《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482、《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的规定。

**8.5.3** 建筑窗用密封胶材料的选用应符合行业标准《建筑窗用弹性密封胶》JCT 485 的规定。

**8.5.4** 密封胶物理性能应符合表 8.5.4 的要求。

表 8.5.4		物理力学性能要求		
序号	项目	1 级	2 级	3 级
1	密度(g/cm <sup>3</sup> )	规定值±0.1		
2	挤出性(ml/min) ≥	50		
3	适用性(h) ≥	3		
4	表干时间(h) ≤	24	48	72
5	下垂度(mm) ≤	2	2	2
6	深粘黏性能(MPa) ≤	0.40	0.50	0.60
7	低温贮存稳定性	无凝胶、离析现象		
8	初期耐水性	不产生浑浊		
9	污染性	不产生污染		
10	热空气-水循环后定伸性能(%)	100	60	25
11	水-紫外线辐照后定伸性能(%)	100	60	25
12	滴温柔应(°C)	-30	-20	-10
13	热空气-水循环后弹性恢复率(%) ≥	60	30	5
14	拉伸-压缩循环性能	9030	8020,7020	7010,7005
	耐久等级 粘黏破坏面积(%) ≤	25		

注：允许承受接缝位移能力，分为 1 级(±30%)、2 级(±20%)、3 级(±5%~±10%)三个级别。

**8.5.5** 密封胶条选用应符合《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498 等相关标准，宜采用硫化橡胶类材料。

**8.5.6** 硫化橡胶类密封胶条所用材料的物理性能应符合表 8.5.6 的规定。

表 8.5.6		硫化橡胶类密封胶条材料物理性能要求	
	项目	试验条件	要求
基本物理性能	硬度(邵氏 A)	按 GB/T 531-1999 规定的条件	合合设计硬度要求 (允许偏差±5)
	拉伸强度(MPa)	按 GB/T 528-1999 规定的条件	≥5.0

	拉断伸 长率(%)	硬度(邵氏 A)<55	按 GB/T 528-1999 规定的 条件	≥300
		硬度(邵氏 A)≥55		≥250
		压缩永久变形(%)		100 <sup>0</sup> C×168h, 25%的压缩率 A 法
热空气老 化性 能	硬度(邵氏 A)变化应在要求范 围内 拉伸强度变化率(%) 拉断伸长率变化率(%) 加热失重(%)		100 <sup>0</sup> C×168h	-5~+10 ＜25 ＜40 ≤3.0
	热老化后回弹恢复(Da)分级		70 <sup>0</sup> C×504h	1 级：30%＜Da≤40% 2 级：40%＜Da≤50% 3 级：50%＜Da≤60% 4 级：60%＜Da≤70% 5 级：70%＜Da≤80% 6 级：80%＜Da≤90% 7 级：90%＜Da
硬度变化应在要求范围内			-20 <sup>0</sup> C~0 <sup>0</sup> C	-10~+10
			0 <sup>0</sup> C~23 <sup>0</sup> C	
			23 <sup>0</sup> C~70 <sup>0</sup> C	
低温脆性温度			-40 <sup>0</sup> C时	不破裂
幕墙用胶条拉伸强度应不小于 10.3MPa				

**8.5.7** 对于特殊环境下材料商宜提供材料年限耐久性试验依据、后续维护方案供设计方及施工方作为选用参考。

强调更换

## 8.6 防水措施

**8.6.1** 预制构件及结构采用现浇湿式结合位置不宜设于常积水或常有水处，采用铁件干式结合位置不应设于常积水或常有水处。

**8.6.2** 室外遇水或室内常有水环境下构件连接点，宜设置挡水、断水、导水或其他隔绝工艺为防水施工的第二保障。

**8.6.3** 装配建筑屋面防水应符合《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的要求，屋面宜设置找坡、排水及防水保护，防水材料依照环境等级按设计使用材料进行施工，且定期巡视及维护。

**8.6.4** 防水措施应针对装配建筑结构变位特性选用，预制外墙拼缝或外墙与结构界面等错动位置，应采用含弹性防水措施，避免因变位产生破坏。

## 9 质量检验与验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 装配式建筑混凝土耐久性检验包括原材料、预制构件和连接检验等。

**9.1.2** 原材料和预制构件进场时，应按规定批次验收型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件。

### 9.2 原材料

**9.2.1** 装配式建筑混凝土的原材料包括用于生产预制构件和现浇混凝土的水泥、砂、石、矿物掺合料、外加剂和混凝土拌和用水等。

**9.2.2** 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的要求。水泥质量的主要控制项目应包括凝结时间、安定性、胶砂强度、氧化镁、氯离子含量和碱含量。水泥中的氯离子含量不应大于 0.06%。若使用活性骨料，水泥中的碱含量不应大于 0.60%。同一品种、强度等级以及生产批次的水泥应至少检验 1 次。

**9.2.3** 混凝土用砂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 的要求；混凝土用海砂应符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 的规定。并应符合下列要求：

1 河砂和海砂应进行碱-硅酸反应活性检验，人工砂应进行碱-硅酸反应活性检验和碱-碳酸盐反应活性检验；

2 砂的氯离子含量和碱活性检验应按每 3000 m<sup>3</sup> 或 4500 吨为一个检验批，不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的砂应作为一个检验批，每个检验批应进行不少于 1 次氯离子含量和碱活性检验。

**9.2.4** 混凝土用石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 的要求。各类混凝土用石均应进行碱-硅酸反应活性检验，碳酸盐类混凝土用石还应进行碱-碳酸盐反应活性检验。石的碱活性检验应按每 3000 m<sup>3</sup> 或 4500 吨为一个检验批，不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的砂应作为一个检验批，每个检验批应进行不少于 1 次碱活性检验。

**9.2.5** 用于混凝土中的矿物掺合料包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等。粉煤灰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 的要求，粒化高炉矿渣粉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 的要求。硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的要求。各类矿物掺合料中的氯离子含量均不应大于 0.02%与前述指标统一。硅灰应按每 30 吨为一个检验批，粉煤灰和粒化高炉矿渣应按每 120 吨为一个检验批，每个检验批应进行不少于 1 次氯离子含量检验。

**9.2.6** 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的要求。外加剂中氯离子含量和总碱量应不超过生产厂控制值。同一品种以及生产批次的外加剂应至少检验 1 次，可进行随机取样但样品须具有代表性。检验方法依据标准《混凝土外加剂匀质性检验方法》GB/T 8077 执行。

**9.2.7** 混凝土拌合用水应满足现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的要求。预应力混凝土和钢筋混凝土拌合用水中的氯离子含量应分别不超过 350 mg/L 和 1000 mg/L、硫酸根离子含量应分别不超过 600 mg/L 和 2000 mg/L、碱含量均应不超过 1500 mg/L。

氯离子含量、硫酸根离子含量和碱含量的检验方法应分别根据现行国家标准《水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法》GB/T 11896、《水质 硫酸盐的测定 重量法》GB/T 11899 和《水泥化学分析方法》GB/T 176 中关于氧化钾、氧化钠测定的火焰光度计法的要求。

### 9.3 预制构件检验

**9.3.1** 预制构件的混凝土耐久性检测主要包括硬化混凝土氯离子含量、混凝土碱含量、混凝土抗渗性、抗氯离子渗透性能、抗硫酸盐侵蚀性能等检测项目。

**9.3.2** 对预制构件进行混凝土氯离子含量检测时，检测样品可采用标准养护试件或同条件养护试件；当缺少标准养护试件或同条件养护试件时，可从预制构件中钻取混凝土芯样检测混凝土中氯离子含量。对预制构件进行抗氯离子渗透性能检测时，检测样品可从标准养护或同条件养护的混凝土试件中钻取符合现行国家规范《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的芯样进行检测。



**9.3.3** 硬化混凝土氯离子含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定，氯离子含量限值根据设计使用年限和环境类别确定，设计使用年限为 50 年的装配式混凝土结构的预制构件氯离子含量应符合表 9.3.3 要求。设计使用年限为 100 年的装配式结构的预制构件的混凝土氯离子含量不应大于 0.06%。

**表 9.3.3 设计使用年限为 50 年预制构件混凝土氯离子含量**

环境类别	条件	最大氯离子含量 (%)
I	室内干燥环境； 无侵蚀性静水浸没环境	0.30
II-A	室内潮湿环境； 非严寒和非寒冷地区的露天环境； 非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境； 严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境	0.20
II-B	干湿交替环境； 水位频繁变动环境； 严寒和寒冷地区的露天环境； 严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境	0.15
III-A	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境； 受除冰盐影响环境； 海风环境	0.15
III-B	盐渍土环境； 受除冰盐作用环境； 海岸环境	0.10
IV	海水环境	0.06
V	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境	0.06

注：1 氯离子含量是指其占胶凝材料总量的百分比；

2 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%。

**9.3.4** 同一配比且用于生产不超过 1000 件预制构件的混凝土为一个检验批，每个检验批应进行至少 1 次氯离子含量检验，并且当使用同一配比时，应至少每 3 个月检验 1 次。

按现行《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 和《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 的检测方法进行检验。当存在争议时，应按《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 进行酸溶性氯离子含量检测，以酸溶性氯离子含量作为最终结果进行评定。

**9.3.5** 混凝土碱含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有

关规定，当使用碱活性骨料时，混凝土碱含量应不高于  $3.0 \text{ kg/m}^3$ 。同一配比且用于生产不超过 1000 件预制构件的混凝土为一个检验批，每个检验批应进行至少 1 次碱含量检验，并且当使用同一配比时，应至少每 3 个月检验 1 次。混凝土总碱含量的检验应符合现行国家标准《水泥化学分析方法》GB/T 176 的有关规定。

**9.3.6 混凝土抗渗性能应满足设计要求。**当有设计要求时，同一配比且用于生产不超过 1000 件预制构件的混凝土为一个检验批，每个检验批应进行至少 1 组混凝土抗渗性能检验，并且当使用同一配比时，应至少每 3 个月检验 1 次。

检验方法按现行国家规范《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 执行。

**9.3.7 混凝土抗氯离子渗透性能检测包含电通量与氯离子扩散系数检测。**电通量应满足表 9.3.7 的要求。氯离子扩散系数应满足现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的要求。同一配比且用于生产不超过 1000 件预制构件的混凝土为一个检验批，每个检验批应进行至少 1 次电通量或氯离子扩散系数检测，并且当使用同一配比时，应至少每 3 个月检验 1 次。

检测方法按现行国家规范《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 执行。

**表 9.3.7 预制构件混凝土电通量基本要求**

混凝土强度等级	设计使用年限	
	100 年	50 年
$\leq \text{C30}$	$\leq 1500$	$\leq 2000$
C30~C45	$< 1200$	$< 1500$
$\geq \text{C50}$	$< 1000$	$< 1200$

**9.3.8 混凝土抗硫酸盐侵蚀性能应满足设计抗硫酸盐等级要求。**当有设计要求时，同一配比且用于生产不超过 1000 件预制构件的混凝土为一个检验批，每个检验批应进行至少 1 次抗硫酸盐等级检测，并且当使用同一配比时，应至少每 3 个月检验 1 次。

检测方法按现行国家规范《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 执行。

**9.3.9 装配式建筑混凝土结构的预制构件检查包括外观缺陷检查、尺寸偏差与变形以及混凝土保护层厚度等。**

**9.3.10** 预制构件外观缺陷检查应包括露筋、孔洞、夹渣、蜂窝、疏松、裂缝、外形缺陷、外表缺陷等项目。检查方式以目测为主，须进行全数检查。

预制构件不得有外观缺陷，对已经出现的严重缺陷应制定技术处理方案进行处理并重新检查，对出现的一般缺陷应进行修整并达到合格。

**9.3.11** 预制构件内部缺陷检测应包括内部不密实区、裂缝深度等检测项目。对怀疑存在内部缺陷的构件应进行检测，对同类构件按日进场数量的 5%，且不少于 3 件抽查，少于 3 件则全数抽查。

检测方法按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 执行。

**9.3.12** 预制构件尺寸偏差与变形检测。预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经原设计单位认可，制定技术处理方案进行处理直至符合要求。对同类构件，按日进场数量的 5%且不少于 3 件抽查，少于 3 件则全数抽查。

检测方法按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 执行。

**9.3.13** 预制构件混凝土保护层厚度判定宜按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定执行。对同类构件按日进场数量的 5%，且不少于 3 件抽查，少于 3 件则全数抽查。

检测方法按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 执行，宜采用钢筋探测仪进行检测并通过剔凿原位检测法进行验证。

**9.3.14** 预制构件若采用混凝土表面涂层、混凝土表面硅烷浸渍、环氧涂层钢筋以及钢筋阻锈剂等防腐蚀附加措施，应按现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ 275 的有关规定进行检测。

## **9.4 预制构件安装与连接检验**

**9.4.1** 预制构件安装与连接检验应包括灌浆料、坐浆料、灌浆连接套筒、机械连接套筒、钢筋锚固板、锚板及锚筋材料、连接用焊接材料以及紧固件材料、波纹管以及拼缝密封胶等。

**9.4.2** 灌浆料的检测应在施工现场制作平行试块进行检测。套筒灌浆料抗压强度

的检测方法与性能要求按现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 执行。浆锚搭接灌浆料抗压强度的检测方法按现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 执行。氯离子含量试验按现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077 进行，所用灌浆料的氯离子含量应 $\leq 0.03\%$ 。

**9.4.3** 坐浆料的检测应在施工现场制作平行试块进行抗压强度检测。检测方法按照现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 执行。

**9.4.4** 钢筋套筒灌浆连接接头采用的套筒的材料性能、尺寸偏差、外观、力学性能等检测应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的规定。

**9.4.5** 钢筋机械连接用套筒的外观、尺寸、螺纹和力学性能等检测应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的规定。

**9.4.6** 钢筋锚固板的检测应按现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 执行。

**9.4.7** 受力预埋件的锚板及锚筋材料检测应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

**9.4.8** 连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件材料的检测应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 执行。材料应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 等的规定。

**9.4.9** 用于钢筋浆锚搭接连接的镀锌金属波纹管力学性能检测应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225 的有关规定。

**9.4.10** 外墙构件接缝密封胶的外观、理化性能检测应符合现行国家标准《建筑密封材料试验方法》GB/T 13477 的有关规定。外观与理化性能指标应符合现行标准《混凝土建筑密封胶》JC/T881 、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T482 、《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 等的规定。

**9.4.11** 装配式建筑混凝土结构构件安装尺寸偏差及检测方法应符合表 9.4.11 的规定。

**表 9.4.11 装配式建筑混凝土结构构件安装尺寸允许偏差及检测方法**

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
构件中心线对轴线位置	基础	15	经纬仪及尺量
	柱、墙、桁架	8	
	梁、板	5	

项目			允许偏差 (mm)	检验方法
构件标高	梁、柱、墙、板底面或顶面		±5	水准仪或拉线、尺量
构件垂直度	柱、墙安装后高度	≤6m	5	经纬仪或吊线、尺量
		>6m	10	
构件倾斜度	梁、桁架		5	经纬仪或吊线、尺量
相邻构件平整度	板端面		5	2m 靠尺和塞尺量测
	梁、板底面	外露	3	
		不外露	5	
	柱、墙侧面	外露	5	
		不外露	8	
构件搁置长度	梁、板		±10	尺量
支座、支垫中心位置	板、梁、柱、墙、桁架		10	尺量
墙板接缝	宽度		±5	尺量

#### 9.4.12 钢筋连接质量检测应符合下列要求：

1 钢筋采用焊接连接时，接头强度应在工地现场制作平行试件进行检测，检测方法应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定。

2 钢筋采用机械连接时，接头强度应在工地现场制作平行试件进行检测，检测方法应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

#### 9.4.13 套筒灌浆饱满度检测应符合下列要求：

1 钢筋采用套筒灌浆连接时，灌浆应饱满、密实，其连接质量应符合国家现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

2 套筒灌浆饱满度可采用电阻率法、电容法或压电法等检测，检测方法的选用应符合下列规定：电阻率法、电容法和压电法可应用于证实灌浆施工前，针对工艺检验使用的平行试件进行的套筒灌浆饱满度检测；也可应用于正式灌浆施工过程中的套筒灌浆饱满度检测。

3 当采用电阻率法、电容法、压电法检测套筒灌浆饱满度时，应符合本标准附录 E、附录 F、附录 G 的规定。

4 当采用预埋阻尼传感器法、X 射线成像法检测、预埋钢丝拉拔法时，应符合行业标准《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T 485 的规定。

5 浆锚搭接灌浆质量可采用 X 射线成像法结合局部破损法检测。采用 X 射线成像法时，应符合行业标准《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T 485 的规定。

#### 9.4.14 套筒灌浆饱满度检测数量应符合下列要求：

1 对重要的构件或对施工工艺、施工质量有怀疑的构件，所有套筒均应进行灌浆饱满度检测。首层装配式混凝土结构，每类采用钢筋套筒灌浆连接的构件，检测数量不应少于首层该类预制构件总数的 20%，且不应少于 2 个。

2 其他层每层每类构件的检测数量不应少于该层该类预制构件总数的 10%，且不应少于 1 个。

3 对采用钢筋套筒灌浆连接的外墙板、梁、柱等构件，每个灌浆仓的套筒检测数量不应少于该仓套筒总数的 30%，且不应少于 3 个；被检测套筒应包含灌浆口处套筒、距离灌浆口套筒最远处的套筒；对受检构件中采用单独灌浆方式灌浆的套筒，套筒检测数量不应少于该构件单独灌浆套筒总数的 30%，且不宜少于 3 个。

4 对采用钢筋套筒灌浆连接的内墙板，每个灌浆仓的套筒检测数量不应少于该仓套筒总数的 10%，且不应少于 2 个；被检测套筒应包含灌浆口处套筒、距离灌浆口套筒最远处的套筒；对受检测构件采用单独灌浆方式灌浆的套筒，套筒检测数量不应少于该构件单独灌浆套筒总数的 10%，且不宜少于 2 个。

5 当检测不合格时，应及时分析原因，改进施工工艺，解决存在的问题；整改后应重新检测，合格后方可进行下道工序施工。

**9.4.15** 预制剪力墙底部接缝灌浆质量宜采用超声法检测，检测方法参照现行中国工程建设标准化协会标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21 执行，其中超声法所用换能器的辐射端直径不应超过 20mm，工作频率不应低于 250kHz。应选用对测方法，初次测量时测点间距宜选择 100mm，对有怀疑的点位可在附近加密测点。

**9.4.16** 叠合构件及双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土质量可采用相控阵成像法、超声法、冲击回波法等非破损方法；必要时可采用局部破损方法对非破损的检测结果进行验证，采用相控阵成像法和超声法检测混凝土内部缺陷时，应符合现行中国工程建设标准化协会标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21 的规定。

## **9.5 质量验收**

**9.5.1** 装配式混凝土结构耐久性应按混凝土结构子分部工程进行验收。当结构部

分采用现浇混凝土结构时，每一层不少于一个检验批。装配式混凝土结构部分可作为混凝土结构子分部工程的分项工程进行验收。

装配式混凝土结构验收除应符合本标准外，尚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 的有关规定。

**9.5.2** 施工单位可根据施工质量控制和专业验收等需要，按楼层、施工段、变形缝划分装配式混凝土结构工程检验批，每一层不少于一个检验批，检验批的划分和验收计划应当在施工前编制。

**9.5.3** 各检验批及其分项工程的验收，应由监理工程师或建设单位项目技术负责人组织施工企业项目专业质量（技术）负责人等进行。

**9.5.4** 各分项工程耐久性的主控项目应包括表 9.5.4 中所列内容，主控项目除应满足本标准相关规定外，还应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》JGJ 1 的相关规定。

**表 9.5.4 分项工程验收主控项目**

分项工程	主控项目
预制构件	混凝土原材料；模具；钢筋及预埋件；钢筋保护层厚度；混凝土力学性能及耐久性能；结构性能；外观质量；位置及尺寸偏差
安装与连接	套筒灌浆连接；套筒机械连接；浆锚搭接连接；焊接连接；螺栓连接；钢企口连接；外墙构件接缝密封胶
后浇部分	模板、钢筋、混凝土

**9.5.5** 装配式建筑混凝土结构应完成隐蔽项目的现场验收。

- 1 与现浇结构连接的预制构件混凝土粗糙面的质量，键槽的尺寸、数量、位置；
- 2 后浇混凝土处钢筋的牌号、规格、数量、位置和间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 3 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
- 4 预埋件、吊环、插筋的规格、数量和位置；
- 5 预制混凝土构件接缝处的防水、防火等构造做法；

6 预留孔洞的规格、数量、位置；

7 其他隐蔽项目。

**9.5.6** 装配整体式混凝土建筑中涉及装饰、保温、防水、防火等性能要求应按设计要求或有关标准规定验收。

**9.5.7** 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

1 分项工程所含的检验批质量均应合格。

2 分项工程所含的检验批的质量验收记录应完整。

**9.5.8** 装配式建筑混凝土结构工程耐久性验收时应提交以下资料：

1 工程设计单位确认的预制构件深化设计图、设计变更文件；

2 预制混凝土构件、主要材料及配件的产品合格证书或质量证明文件、性能测试报告、耐久性测试报告、进场验收记录和抽样复试报告；

3 预制构件安装施工及验收记录；

4 隐蔽工程检查验收文件；

5 后浇混凝土、灌浆料、坐浆材料的强度与耐久性检测报告；

6 分项工程质量验收文件；

7 工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；

8 预制外墙的装饰、保温、接缝防水检测报告；

9 其他质量保证资料。

**9.5.9** 当装配式混凝土结构子分部工程施工质量不符合要求时，应按下列规定进行处理：

1 经返工、返修或更换构件、部件的检验批，应重新进行验收；

2 经有资质的检测机构检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；

3 经有资质的检测单机构检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算并认可能够满足结构安全和使用功能的检验批，可予以验收；

4 经返修或加固处理能够满足结构安全使用功能要求的分项工程，可按技术处理方案和协商文件的要求予以验收；

5 通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的分部工程、单位(子单位)工程，严禁验收。



## 附录 A 套筒灌浆饱满度电阻率检测方法

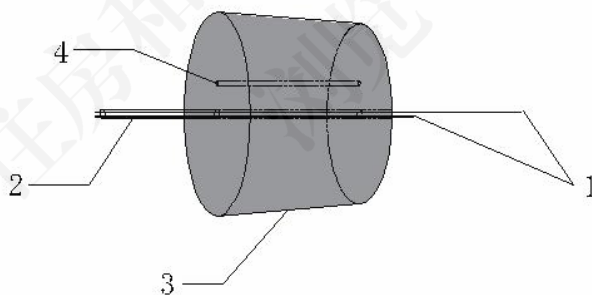
**A.0.1** 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1 灌浆饱满度智能测试仪采用内置电池供电，具有电阻、电容和压电三种测试模式，工作温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；

2 传感器采用电极探头，应具有不粘水以及不粘干湿混凝土的特性；

3 电极探头线缆除电极位置外，其余表面包覆憎水性材料，减少工作时对浆料的粘附，并具有耐压防腐防水功能；

4 传感器和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上线缆穿过孔的孔径应与线缆直径相同，排气孔孔径不应小于 $3.0\text{mm}$ 。



1—电极探头；2—线缆（长度可调，一端与电极探头相连，另一端与灌浆饱满度智能测试仪相连）；3—橡胶塞；4—排气孔

图 A.0.1 传感器示意

**A.0.2** 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。必要时可通过仪器扫入工程编码。

**A.0.3** 采用电阻率法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

1 电极探头宜设置于套筒的出浆口，调节连接线缆长度，传感器端部电极不应接触套筒内部钢筋，线缆应与钢筋连接方向保持垂直。对于全灌浆套筒连接，电极探头应伸至套筒内靠近出浆口一侧的钢筋表面位置；对于半灌浆套筒连接，

电极探头应伸至套筒内靠近远端套筒内壁位置，但不得与套筒内壁或钢筋相接触；

2 电极探头也可通过套筒顶部橡胶塞设置于套筒内预定深度位置，线缆与钢筋连接方向保持平行；对于全灌浆或半灌浆套筒连接，电极探头宜伸至出浆口靠近钢筋表面位置（但不应接触钢筋），也可在套筒内多个深度位置埋设，以实现不同深度灌浆饱满度检测；

3 电极探头就位时，自带橡胶塞的排气孔应位于正上方；橡胶塞应在出浆口紧固到位，出浆时不应被冲出；橡胶塞上的排气孔应保持畅通；

4 灌浆前，可将灌浆饱满度智能测试仪与电极探头相连，开启电源，测试仪启动自检；灌浆过程中，可将灌浆饱满度智能测试仪与电极探头相连，实时监测探头的电阻值，检测灌浆饱满状态；灌浆结束 5min 后，再次通过灌浆饱满度智能测试仪监测探头的电阻值是否发生状态变化，并做好记录，防止操作过程中浆料发生回落。

**A.0.4** 电阻率传感器法可用于套简单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋电极探头；其他套筒的灌浆口和没有预埋电极探头的套筒的出浆口出浆时应及时进行封堵；

2 对于预埋电极探头的套筒，当电极探头自带橡胶塞的排气孔有灌浆料流出时应采用配套细木棒封堵排气孔；

3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

**A.0.5** 套筒灌浆饱满度应根据灌浆饱满度智能测试仪输出的电阻值和监测时程曲线判断，灌浆饱满判断的阈值宜根据平行试件模拟漏浆后测得的电阻值确定，且不宜大于 100MΩ。

**A.0.6** 对判断灌浆不饱满的套筒应立即进行补灌处理，并应符合下列规定：

1 对连通腔灌浆方式，宜优先从原连通腔灌浆口进行补灌；从原连通腔灌浆口补灌效果不佳时，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

2 对于单独灌浆方式，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

3 补灌后应对原灌浆不饱满套筒的灌浆饱满度进行复测，直至灌浆饱满；

4 如套筒灌浆存在不饱满且灌浆料已凝固，可在该套筒外结构表面粘贴二维

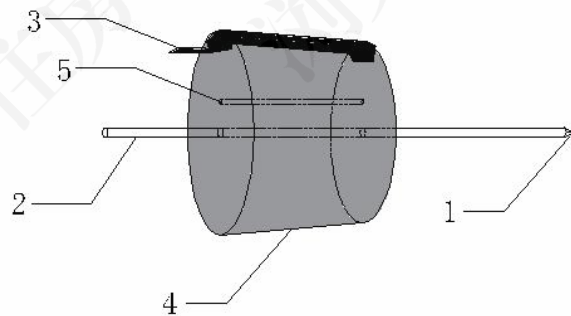
码，同时采用智能测试仪的扫码器扫描该二维码，记录和保存该灌浆套筒编号，为后期加固补强提供位置信息。

广东省住房和城乡建设厅信息公开  
浏览专用

## 附录 B 套筒灌浆饱满度电容检测方法

### B.0.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

- 1 灌浆饱满度智能测试仪采用内置电池供电，具有电阻、电容和压电三种测试模式，工作温度-20℃～60℃；
- 2 传感器采用电容极性探头，应具有不粘水以及不粘干湿混凝土的特性；
- 3 电容极性探头线缆表面包覆憎水性材料，具有耐压防腐防水的功能；
- 4 套筒出浆口或顶部橡胶塞侧面附着薄铜片，应与金属套筒接触，作为电容式外壳电极，并与灌浆饱满度智能测试仪连接；
- 5 传感器和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上线缆穿过孔的孔径应与线缆直径相同，排气孔孔径不应小于 3.0mm。



1—电容极性探头；2—线缆（长度可调，一端与电容极性探头相连，另一端与灌浆饱满度智能测试仪相连）；3—铜片；4—橡胶塞；5—排气孔

图 B.0.1 传感器示意

**B.0.2** 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。

### B.0.3 采用电容法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

- 1 电容极性探头宜设置于套筒的出浆口，线缆与钢筋连接方向保持垂直；对于全灌浆套筒连接，电容极性探头应伸至套筒内靠近出浆口一侧的钢筋表面位置；对于半灌浆套筒连接，电容极性探头应伸至套筒内靠近远端套筒内壁位置，

但不得与套筒内壁或钢筋相接触；

2 电容极性探头也可通过套筒顶部橡胶塞设置于套筒内预定深度位置，线缆与钢筋连接方向保持平行；对于全灌浆或半灌浆套筒连接，电容极性探头宜伸至出浆口靠近钢筋表面位置（但不应接触钢筋）；

3 电容极性探头就位时，自带橡胶塞的排气孔应位于正上方；橡胶塞应在出浆口紧固到位，出浆时不应被冲出；橡胶塞上的排气孔应保持畅通；

4 灌浆前，可将灌浆饱满度智能测试仪与电容极性探头相连，监测探头的初始电容值；灌浆过程中，可将灌浆饱满度智能测试仪与电容极性探头相连，实时监测探头的浆料接触状态；灌浆结束 5min 后，再次通过灌浆饱满度智能测试仪监测探头的浆料位置状态，并做好记录。

**B.0.4** 电容法可用于套简单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋电容极性探头；其他套筒的灌浆口和没有预埋电容极性探头的套筒的出浆口出浆时应及时进行封堵；

2 对于预埋电容极性探头的套筒，当电容极性探头自带橡胶塞的排气孔有灌浆料流出时应采用细木棒封堵排气孔；

3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

**B.0.5** 套筒灌浆饱满度应根据灌浆饱满度智能测试仪输出的电容值和监测时程曲线综合判断，灌浆饱满判断的阈值宜根据平行试件模拟漏浆后测得的电容值确定，且不宜大于  $0.5\mu\text{f}$ 。

**B.0.6** 对判断灌浆不饱满的套筒应立即进行补灌处理，并应符合下列规定：

1 对连通腔灌浆方式，宜优先从原连通腔灌浆口进行补灌；从原连通腔灌浆口补灌效果不佳时，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

2 对于单独灌浆方式，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

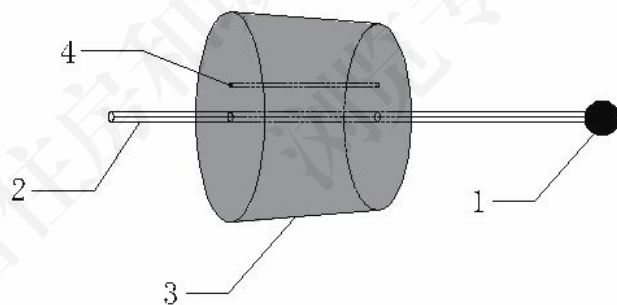
3 补灌后应对原灌浆不饱满套筒的灌浆饱满度进行复测，直至灌浆饱满；

4 如套筒灌浆存在不饱满且灌浆料已凝固，可在该套筒外结构表面粘贴二维码，同时采用智能测试仪的扫码器扫描该二维码，记录和保存该灌浆套筒编号，为后期加固补强提供位置信息。

## 附录 C 套筒灌浆饱满度压电检测方法

### C.0.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

- 1 灌浆饱满度智能测试仪采用内置电池供电，具有电阻、电容和压电三种测试模式，工作温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 压电传感器探头具有不粘水以及不粘干湿混凝土的特性；
- 3 压电传感器探头线缆表面包覆憎水性材料，其具有耐压防腐防水的功能；
- 4 压电传感器和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上线缆穿过孔的孔径应与线缆直径相同，排气孔孔径不应小于 3.0mm。



1—压电传感器探头；2—线缆（长度可调，一端与压电传感器探头相连，另一端与灌浆饱满度智能测试仪相连）；3—橡胶塞；4—排气孔

图 C.0.1 传感器示意

**C.0.2** 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。

### C.0.3 采用压电法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

- 1 压电传感器探头宜设置于套筒的出浆口，调整连接线缆长度位于套筒与钢筋中部，不与套筒内壁及中心钢筋相接触，线缆与钢筋连接方向保持垂直；对于全灌浆套筒连接，压电传感器探头应伸至套筒内靠近出浆口一侧的钢筋表面位置；对于半灌浆套筒连接，压电传感器探头应伸至套筒内靠近远端套筒内壁位置；

压电元件平面方向应与检测浆料面呈垂直关系，以减小浆料回落时粘附的影响；

2 压电传感器探头也可通过套筒顶部橡胶塞设置于套筒内预定深度位置，线缆与钢筋连接方向保持平行；对于全灌浆或半灌浆套筒连接，压电传感器探头宜伸至出浆口靠近钢筋表面位置（但不应接触钢筋）；

3 压电传感器探头就位时，自带橡胶塞的排气孔应位于正上方；橡胶塞应在出浆口紧固到位，出浆时不应被冲出；橡胶塞上的排气孔应保持畅通；

4 灌浆前，可将灌浆饱满度智能测试仪与压电传感器探头相连，监测探头的初始电压值；灌浆过程中，可将灌浆饱满度智能测试仪与压电传感器探头相连，实时监测探头的电压值；灌浆结束 5min 后，再次通过灌浆饱满度智能测试仪监测探头的电压值，并做好记录。

**C.0.4** 压电法可用于套简单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋压电传感器探头；其他套筒的灌浆口和没有预埋压电传感器探头的套筒的出浆口出浆时应及时进行封堵；

2 对于预埋压电传感器探头的套筒，当压电传感器探头自带橡胶塞的排气孔有灌浆料流出时应采用细木棒封堵排气孔；

3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

**C.0.5** 套筒灌浆饱满度应根据灌浆饱满度智能测试仪输出的电压值和监测时程曲线综合判断，灌浆饱满判断的阈值宜根据平行试件模拟漏浆后测得电压与灌浆前初始电压的比值确定，且不宜超过 0.4。

**C.0.6** 对判断灌浆不饱满的套筒应立即进行补灌处理，并应符合下列规定：

1 对连通腔灌浆方式，宜优先从原连通腔灌浆口进行补灌；从原连通腔灌浆口补灌效果不佳时，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

2 对于单独灌浆方式，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

3 补灌后应对原灌浆不饱满套筒的灌浆饱满度进行复测，直至灌浆饱满；

4 如套筒灌浆存在不饱满且灌浆料已凝固，可在该套筒外结构表面粘贴二维码，同时采用智能测试仪的扫码器扫描该二维码，记录和保存该灌浆套筒编号，为后期加固补强提供位置信息。

## 本规范用词说明

**1** 为便于在执行本规范条文时区别对待，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：

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：

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：

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“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 1 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 4 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 5 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 7 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 8 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 9 《钢筋混凝土用钢》 GB 1499
- 10 《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》 GB 13013
- 11 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 12 《建筑用硅酮结构密封胶》 GB 16776
- 13 《涂装钢材表面锈蚀等级和除锈等级》 GB 8923
- 14 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 15 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 16 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB / T 50448
- 17 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 18 《建筑工程施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 19 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 20 《装配式钢结构建筑技术标准》 GB/T 51232
- 21 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 22 《低碳钢热轧圆盘条》 GB/T 701
- 23 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
- 24 《预应力混凝土用钢丝》 GB/T 5223
- 25 《混凝土预应力棒》 GB/T 5223.3
- 26 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 27 《混凝土外加剂匀质性试验方法》 GB/T 8077
- 28 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 29 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 30 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690
- 31 《硅酮建筑密封胶》 GB/T 14683

- 32 《建筑门窗、幕墙用密封胶条》 GB/T 24498
- 33 《钢铁件涂装前除油程度检验方法》 GB/T 13312
- 34 《钢筋混凝土用环氧树脂涂层钢筋》 GB/T 25826
- 35 《水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法》 GB/T 11896
- 36 《水质 硫酸盐的测定 重量法》 GB/T 11899
- 37 《水泥化学分析方法》 GB/T 176
- 38 《混凝土结构现场检测技术标准》 GB/T 50784
- 39 《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》 JTG/T 3310
- 40 《水工混凝土结构设计规范》 DL/T 5057
- 41 《港口工程混凝土结构设计规范》 JTJ 267
- 42 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 43 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》 JGJ 355
- 44 《建筑钢结构防腐技术规程》 JGJ/T 251
- 45 《海港工程混凝土结构防腐技术规程》 JTJ 275
- 46 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 47 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 48 《聚氨酯建筑密封胶》 JC/T 482
- 49 《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483
- 50 《建筑窗用弹性密封胶》 JG/T 485
- 51 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
- 52 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 53 《环氧树脂涂层钢筋》 JG/T 502
- 54 《钢筋连接用灌浆套筒》 JGJ 398
- 55 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 56 《海砂混凝土应用技术规范》 JGJ 206
- 57 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
- 58 《钢筋连接用套筒灌浆料》 JG/T 408
- 59 《钢筋机械连接用套筒》 JG/T 163
- 60 《钢筋锚固板应用技术规程》 JGJ 256
- 61 《预应力混凝土用金属波纹管》 JG 225

广东省标准

# 装配式建筑混凝土结构耐久性技术标准

Code for durability design of prefabricated building concrete structure

DBJ/T 15-217-2021

条文说明

## 制订说明

《装配式建筑混凝土结构耐久性技术标准》DBJ/T 15-217-2021 经广东省住房和城乡建设厅 2021 年 2 月 28 日以第 14 号公告批准、发布。

本标准编制过程中，编制组进行了深入而广泛的调查研究，认真总结实践经验并吸收科研成果，同时参考了大量国内外有关先进技术标准，在广东省内广泛地征求了意见，并对反馈意见进行了汇总和处理。

为便于建设、设计、施工、监理、科研和学校等有关单位人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按照章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解把握标准规定的参考。

# 目 录

1	总则.....	51
2	术语.....	52
3	基本规定.....	53
3.1	环境类别与作用等级.....	53
3.2	设计原则.....	53
3.3	材料要求.....	54
4	设计.....	55
4.1	一般规定.....	55
4.2	构造要求.....	55
4.3	耐久性技术措施.....	56
5	构件制造.....	57
5.1	一般规定.....	57
5.2	原材料选择.....	58
5.3	预制构件生产.....	58
6	储存与运输.....	59
6.1	一般规定.....	59
6.2	成品防护.....	59
6.3	运输与存放.....	59
7	施工安装.....	60
7.1	一般规定.....	61
7.2	施工准备.....	63
7.3	预制构件安装.....	64
7.4	同层施工误差控制.....	64
7.5	成品保护.....	65
7.6	施工环境保护.....	66
8	预制构件连接与保护.....	68
8.1	一般规定.....	68
8.4	灌浆技术.....	68
8.5	密封技术.....	68
8.6	防水措施.....	69
9	质量检验与验收.....	70
9.1	一般规定.....	70

9.2 原材料.....	70
9.3 预制构件检验.....	71
9.4 预制构件安装与连接检验.....	72
9.5 质量验收.....	74
附录 A 套筒灌浆饱满度电阻率检测方法.....	75
附录 B 套筒灌浆饱满度电容检测方法.....	76
附录 C 套筒灌浆饱满度压电检测方法.....	77

# 1 总 则

1.0.1 本标准中的装配式建筑包括住宅和公共建筑，以住宅、宿舍、酒店、教学楼、办公楼、公寓、商业等为主，不含重型厂房。

1.0.2 本标准不适用于轻骨料混凝土、纤维混凝土、蒸压混凝土等特种混凝土，这些混凝土材料在环境作用下的劣化速率与机理不同于普通混凝土。低周期反复荷载和持久荷载的作用也能引起材料的性能劣化，但与材料的力学破坏更加相关，有别于环境作用下的耐久性问题，故不属于本标准应用的范畴。

1.0.3 本标准不涉及高温高湿环境、微生物腐蚀环境、电磁环境、高压环境、杂散电流及特殊腐蚀环境下的装配式混凝土结构耐久性设计。

1.0.4 本条明确了本标准与其他相关规范的关系。我国现行标准中有关混凝土结构耐久性的规定，并不能完全满足结构设计使用年限的要求。对于本标准未提及的与装配式混凝土有关的其他内容，按照国家和广东省现有技术标准的有关规定执行。

## 2 术 语

**2.0.1** 装配式建筑是一个系统工程，由结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统四大系统组成，是将预制部品部件通过模数协调、模块组合、接口连接、节点构造和施工工法等集成装配而成的，在工地高效、可靠装配并做到主体结构、建筑围护、机电装修一体化的建筑。

**2.0.6** 电通量法又称为电量法、导电量法，含义相同，本标准规定以测量通过混凝土试件的电通量来反应混凝土抗氯离子渗透性的试验方法。与美国 ASTM C1202 和 AASHTO T277 规范规定的方法原理相同。

**2.0.7** 术语中的钢筋包括纵向钢筋、箍筋和分布钢筋。不包括不锈钢、或聚酯材料等有机材料制成的钢筋体，也不包括纤维状钢筋。



## 3 基本规定

### 3.1 环境类别与作用等级

**3.1.2** 一类环境的作用是所有结构构件都会遇到和需要考虑的。当同时受到两类或两类以上的环境作用时，通常由作用程度较高的环境类别决定或控制混凝土构件的耐久性要求，但也有例外，例如在冻融环境下可能必须采用引气混凝土，同时在混凝土原材料选择、结构构造、混凝土施工养护等方面也有特殊要求。所以当结构构件同时受到多种类别的环境作用时，原则上均应考虑，需满足各自单独作用下的耐久性要求。

**3.1.4** 混凝土中的碱( $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{K}_2\text{O}$ )与砂、石骨料中的活性硅会发生化学反应，称为碱-硅反应(Aggregate-Silica Reaction, 简称 ASR); 某些碳酸盐类岩石骨料也能与碱起反应，称为碱-碳酸盐反应(Aggregate-Carbonate Reaction, 简称 ACR)。这些碱-骨料反应在骨料界面生成的膨胀性产物会引起混凝土开裂，在国内外都发生过此类工程损坏的事例。环境作用下的化学腐蚀反应大多从表面开始，但碱-骨料反应却是在内部发生的。碱-骨料反应是一个长期过程，其破坏作用需要若干年后才会显现，而且一旦在混凝土表面出现开裂，往往已严重到无法修复的程度。

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；还要有水的参与。限制混凝土含碱量、在混凝土中加入足够掺量的粉煤灰、矿渣或沸石岩等掺合料，能够抑制碱-骨料反应；采用密实的低水胶比混凝土也能有效地阻止水分进入混凝土内部，有利于阻止反应的发生。

混凝土钙矾石延迟生成(Delayed Ettringite Formation, 简写作 DEF)也是混凝土内部成分之间发生的化学反应。混凝土中的钙矾石是硫酸盐、铝酸钙与水反应后的产物，正常情况下应该在混凝土拌合后水泥的水化初期形成。如果混凝土硬化后内部仍然剩有较多的硫酸盐和铝酸三钙，则在混凝土的使用中如与水接触可能会再起反应，延迟生成钙矾石。钙矾石在生成过程中体积会膨胀，导致混凝土开裂。混凝土早期蒸养过度或内部温度较高会增加延迟生成钙矾石的可能性。防止延迟生成钙矾石反应的主要途径是降低养护温度、限制水泥的硫酸盐和铝酸三钙(C3A)含量以及避免混凝土在使用阶段与水分接触。在混凝土中引气也能缓解其破坏作用。

流动的软水能将水泥浆体中的氢氧化钙溶出，使混凝土密实性下降并影响其

他含钙水化物的稳定。酸性地下水也有类似的作用。增加混凝土密实性有助于减轻氢氧化钙的溶出。

## 3.2 设计原则

**3.2.2** 结构设计使用年限是在确定的环境作用和维修、使用条件下，具有规定保证率或安全裕度的年限。设计使用年限应由设计人员与业主共同确定，首先要满足工程设计对象的功能要求和使用者的利益，并不低于有关法规的规定。本条参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 及《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定对混凝土结构的最低设计使用年限做出了规定。

**3.2.3** 一般环境下的装配式建筑在设计使用年限内无需大修，其结构构件的设计使用年限应等于或高于结构整体设计使用年限。

## 3.3 材料要求

**3.3.1** 本条参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 及《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定了混凝土结构设计中混凝土材料选取原则。

**3.3.2** 常用的混凝土耐久性指标包括混凝土抗渗等级、抗冻耐久性指数或抗冻等级、氯化物环境下的氯离子在混凝土中的扩散系数等。这些指标均由实验室标准快速试验方法测定，可用来比较胶凝材料组分相近的不同混凝土之间的耐久性能高低，主要用于施工阶段的混凝土质量控制和质量检验。

如果混凝土的胶凝材料组成不同，用快速试验得到的耐久性指标往往不具有可比性。标准快速试验中的混凝土龄期过短，不能如实反映混凝土在实际结构中的耐久性能。某些在实际工程中耐久性能表现优良的混凝土，如低水胶比大掺量粉煤灰混凝土，由于其成熟速度比较缓慢，在快速试验中按标准龄期测得的抗氯离子扩散指标往往不如相同水胶比的无矿物掺合料混凝土；但实际上，前者的长期抗氯离子侵入能力比后者要好得多。

抗渗等级仅对低强度混凝土的性能检验有效，对于密实的混凝土宜用氯离子在混凝土中的扩散系数作为耐久性能的评定指标。

**3.3.3** I类环境等级最低强度等级 C30，比国标 GB/T50476-2019 要求更高，与广东省标准 DBJ 15-107-2016《装配式混凝土建筑结构技术规程》第 4.1.2 条对预制构件混凝土强度等级要求不宜低于 C30 一致。

**3.3.4** 第 1 款中，设计使用年限 100 年时 I 类环境混凝土最低强度等级 C35，与国家规范《GB/T50476-2008 混凝土结构耐久性设计规范》中 I-B 和 I-C 类的最低混凝土强度等级 C35 保持一致。

## 4 设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 混凝土建筑材料性能劣化的因素比较复杂，其规律不确定性很大，一般建筑结构的耐久性设计只能采用经验性的定性方法解决。参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 及《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，根据调查研究及我国国情，并考虑房屋建筑混凝土结构的特点加以简化和调整，本标准规定了混凝土建筑耐久性设计的基本内容要求。

临时性结构可不用考虑耐久性。

**4.1.2** 冷加工钢筋和细直径钢筋对锈蚀比较敏感，作为受力主筋使用时需要相应提高耐久性要求。细直径钢筋可作为构造钢筋。

本条所指的预应力筋为在先张法构件中单根使用的预应力钢丝，不包括钢绞线中的单根钢丝。

**4.1.3** 装配式建筑混凝土结构结构中灌浆料及坐浆料的耐久性是建筑结构耐久性中很重要的一部分，参考国内外相关研究成果，灌浆材料及座浆材料通过材料成分及施工质量两方面座浆应该满足建筑结构的耐久性要求，因此设计时应应对灌浆材料及座浆材料中氯离子等含量进行限制；根据《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077，可利用电位滴定法和离子色谱法测定材料中氯离子含量。

### 4.2 构造要求

**4.2.1** 由工厂生产的预制混凝土构件，经过检验而有较好质量保证时，可根据相关标准或工程经验对保护层厚度要求适当放松。

**4.2.3** 预应力筋的耐久性保证率应高于普通钢筋。在严重的环境条件下，除混凝土保护层外还应对预应力筋采取多重防护措施，如将后张预应力筋置于密封的波形套管中并灌浆。本标准规定，对于单纯依靠混凝土保护层防护的预应力筋，其保护层厚度应比普通钢筋的大 10mm。

**4.2.5** 棱角部位受到两个侧面的环境作用并容易造成碰撞损伤，在可能条件下应尽量加以避免。

**4.2.7** 对露天环境中的悬臂构件，如不采取有效防护措施，不宜采用悬臂板的结构形式而宜采用梁-板结构。

### 4.3 耐久性技术措施

**4.3.1** 暴露在外的预埋件、吊钩等外露金属件容易引导锈蚀，宜采用内埋式或采取有效的防锈措施。

**4.3.2** 预应力筋存在应力腐蚀、氢脆等不利于耐久性的弱点，且其直径一般较细，对腐蚀比较敏感，破坏后果严重。为此应对预应力筋、连接器、锚夹具、锚头等容易遭受腐蚀的部位采取有效的保护措施。

体外预应力筋可采用填充型环氧涂层钢绞线、无粘结钢绞线或者钢绞线成品索。体内预应力筋（钢绞线、钢丝）和预应力锚头（埋入式、暴露式）应选用多重防护措施，其防护措施类型可参考《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310。

**4.3.3** 提高混凝土抗渗、抗冻性能有利于混凝土建筑在恶劣环境下的耐久性。混凝土抗冻性能和抗渗性能的等级划分、配合比设计及试验方法等，应按有关标准的规定执行。混凝土抗渗和抗冻的设计可参考《水工混凝土结构设计规范》DL/T 5057 的规定。

**4.3.6** 更恶劣环境（海水环境、直接接触除冰盐的环境及其他侵蚀性环境）中混凝土结构耐久性的设计，可参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476。Ⅳ类环境可参考现行国家行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》JTJ 267；Ⅴ类环境可参考现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046。

**4.3.7** 设计应提出设计使用年限内建筑使用维护的要求，使用者应按规定的功能正常使用并定期检查、维修或者更换。

## 5 构件制造

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 预制构件的质量涉及工程质量和结构安全，制作单位应符合国家及地方有关部门规定的硬件设施、人员配置、质量管理体系和质量检测手段等规定。生产单位宜采用现代化的信息管理系统，并建立统一的编码规则和标识系统。信息化管理系统应与生产单位的生产工艺流程相匹配，贯穿整个生产过程。

**5.1.2** 预制构件制作前，建设单位应组织设计、生产、施工单位进行技术交底。如预制构件制作详图无法满足制作要求，应进行深化设计和施工验算，完善预制构件制作详图和施工装配详图，避免在构件加工和施工过程中，出现错、漏、碰、缺等问题。对应预留的孔洞及预埋部件，应在构件加工前进行认真核对，以免现场剔凿，造成损失。

**5.1.3** 生产方案具体内容包括：生产工艺、生产计划、模具方案、模具计划、技术质量控制措施、成品保护、存放及运输方案等内容，必要时，应对预制构件脱模、吊运、码放、翻转及运输等工况进行计算，并明确混凝土耐久性施工技术要求。

**5.1.4** 在预制构件生产质量控制中需要进行有关钢筋、混凝土和构件成品等的日常试验和检测，预制构件企业应配备开展日常试验检测工作的试验室。通常是生产单位试验室应满足产品生产用原材料必试项目的试验检测要求，其他试验检测项目可委托有资质的检测机构进行。

**5.1.5** 首件验收制度是指结构较复杂的预制构件或新型构件首次生产或间隔较长时间重新生产时，生产单位需会同建设单位、设计单位、施工单位、监理单位共同进行首件验收，重点检查模具、构件、预埋件、混凝土浇筑成型中存在的问题，确认该批预制构件生产工艺是否合理，质量能否得到保障，共同验收合格之后方可批量生产。

**5.1.7** 检验时对新制或改制后的模具应按件检验，对重复使用的定型模具、钢筋半成品和成品应分批随机抽样检验，对混凝土性能应按批检验。模具、钢筋、混凝土、预制构件制作、预应力施工等质量，均应在生产班组自检、互检和交接检的基础上，由专职检验员进行检验。

**5.1.8** 采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，应制定可行的技术措施。设计文件中规定使用新技术、新工艺、新材料时，生产单位应依据设计要求进行生产。

生产单位欲使用新技术、新工艺、新材料时，可能会影响到产品的质量，必要时应试制样品，并经建设、设计、施工和监理单位核准后方可实施。

## **5.2 原材料选择**

**5.2.4** 本条规定了外加剂的质量和使用要求。掺外加剂是制备高性能混凝土的关键技术之一,外加剂的性能、匀质性和与水泥的相容性是成功配制高性能混凝土的基本条件。本条规定了混凝土用减水剂的减水率要求。混凝土中氯离子含量是指混凝土中各种原材料带进混凝土的氯离子总量,当氯离子含量在钢筋周围达到某临界值时,钢筋的钝化膜开始破坏进而锈蚀。因此,要求混凝土原材料中的氯离子含量应尽可能地小,本条规定了混凝土外加剂中氯离子的含量上限。

## **5.3 预制构件生产**

**5.3.1** 具是专门用来生产预制构件的各种模板系统，可采用固定在生产场地的固定模具，也可采用移动模具。对于形状复杂、数量少的构件也可采用木模或其他材料制作。清水混凝土预制构件建议采用精度较高的模具制作。流水线平台上的各种边模可采用玻璃钢、铝合金、高品质复合板等轻质材料制作。

**5.3.4** 混凝土的收缩在浇筑早期最为明显，且随着龄期增长，混凝土的收缩率会逐渐减少。当新拌混凝土浇筑于已硬化的混凝土表面时，由于两种混凝土的收缩不能同步，新浇混凝土往往由于收缩受到硬化混凝土的限制而产生开裂，这种现象在两种混凝土温差过大时更为明显。因此，本规范规定混凝土的人模温度与钢模、邻接的已硬化混凝土或岩土介质间的温差不得大于 15℃。

**5.3.6** 条件允许的情况下，预制构件优先推荐自然养护。采用加热养护时，按照合理的养护制度进行温控可避免预制构件出现温差裂缝。对于夹芯外墙板的养护，控制养护温度不大于 60℃是因为有机保温材料在较高温度下会产生热变形，影响产品质量。本规范规定混凝土的人模温度与钢模、邻接的已硬化混凝土或岩土介质间的温差不得大于 15℃。

## 6 储存与运输

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 预制构件的运输和堆放涉及质量和安全要求，应按工程或产品特点制定运输堆放方案，策划重点控制环节，对于特殊构件还要制定专门质量安全保证措施。构件临时码放场地可合理布置在吊装机械可覆盖范围内，避免二次搬运。

### 6.2 成品防护

**6.2.1** 预制构件中外露的保温板，因未与后浇混凝土形成稳定结构，在运输过程中易开裂，且开裂后的处理较为复杂，效果不佳，应加强防开裂的措施。同时，考虑灌浆套筒对结构安全的重点意义，应保持运输过程清洁。

**6.2.2** 本条文规定需考虑雨雪冰胀对预制构件预留孔洞的破坏。一般情况下，广东省内不会出现上述极端天气，主要考虑混凝土预制构件在省外生产、省内安装的情况，在运输的过程中出现该类型破坏。

### 6.3 运输与存放

**6.3.1** 预制构件的存放场地宜全部硬化，并设置良好的排水措施，防止雨水浸泡造成场地的局部软化，出现预制构件倾倒的现象。叠合构件因未形成稳定的构件，在存放、转运的过程中应注意临时支点的布置，防止出现开裂的质量问题。

**6.3.3** 运输过程中混凝土预制构件的边角部位容易磕碰，转运吊装过程中固定的链索易磨损表面，应给予重视。

**6.3.4** 按已有的运输经验，外墙板配合专用的运输架，采用立式或者斜靠运输的效果较好，但对于外墙板数量较少或者单体超大，也可以在合适的措施下，采用水平运输。

## 7 施工安装

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 质量安全技术交底的内容应包括构件的吊装顺序、安装方向吊运和就位安装技术要求、安全防护、测控方法和安装质量标准等。

**7.1.2** 装配式结构施工支撑体系采用工具化，标准化的支撑架，支撑体系。以及标准化吊装工具，见图 7.1.2。



分配桁架



分配梁



手拉葫芦



加固型钢





图 7.1.2 装配式施工示意图

### 7.1.3 施工前的准备包括：

1 由项目总工程师组织质量负责人、技术员、现场安全负责人、构件安装负责人、结构施工负责人、安装工程负责人等成立装配式施工项目技术小组。

2 施工作业人员在施工过程中应备好相应图纸，做好过程检查。

3 根据预制构件深化图纸并结合以往公司类似项目的施工技术资料，优化装配式结构施工专项方案。

4 现场技术人员对预制构件深化图纸进行仔细研究，对发现的各类问题及时组织图纸会审。

5 由项目工程师具体召集各相关岗位人员汇总、讨论图纸问题，设计交底时，与设计院协商切实解决疑难和有效落实现场碰到的图纸施工矛盾，调整施工工艺、完善施工方案。

6 预制构件进场后要进行检验验收。验收项目应满足以下要求：

- 1) 构件种类，数量；
- 2) 表面标识和外观质量；
- 3) 预留钢筋的长度；
- 4) 预制构件的粗糙面质量，键槽的规格、数量、位置；
- 5) 预埋件、预埋管线及预留孔洞等规格和数量；
- 6) 预制构件表面预贴饰面砖、石材等饰面及装饰混凝土饰面的外观质量。

**7.1.7** 施工用吊具应根据预制构件形状、尺寸及重量等参数进行配置，吊索水平夹角不宜小于  $60^\circ$ ，且不应小于  $45^\circ$ ；对尺寸较大或形状复杂的预制构件，宜采用有分配梁或分配桁架的吊具。如预制板，预制外墙，预制楼梯，梁墙一体等构件，采用分配梁和分配桁架吊装。对于预制外墙等薄弱位置构件，采用型钢加固，防止在吊装中出现构件变形损伤。



图 7.1.7-1 大尺寸预制楼梯采用分配桁架进行吊装



图 7.1.7-2 大尺寸预制墙体一体构件采用分配梁进行吊装



图 7.1.7-3 大尺寸预制构件采用拉葫芦进行吊装



图 7.1.7-4 薄弱构件用型钢进行加强

**7.1.8** 灌浆套筒进场后，每种套筒根据不同的尺寸规格，现场制作不少于 3 个套筒灌浆连接接头，进行灌注质量以及接头抗拉强度的检验；将检验合格，后方可进行灌浆作业。

**7.1.10** 为了保证预制构件的整体性以及结构的整体性，在对预制构件进行切割、开洞时必须经由设计复核，确认对结构安全无影响，经设计，现场监理确认后方可进行切割开洞作业。

## 7.2. 施工准备

**7.2.1** 构件场地存放时要求场地平整坚实，不发生沉陷。构件分区码放时，两侧宜设置排水沟，中间留有不少于 1.5m 的通道。对于受雨季和春季融冻影响的区域，事先应对地基进行加固处理。处理后应进行预压试验，检验地基的承载力和沉降状况。

**7.2.4** (1) 用枕木当垫木，枕木的放置约在离构件边缘  $L/5$  处且应在上下一垂直线上。所有与饰材接触的垫木表面衬以橡皮、间隔块。

(2) 构件运输和存放时预制柱、预制梁使用 105\*105\*2400 的枕木；楼梯使用 105\*40\*2400 的枕木，枕木需要放置在板车的骨架之上，这样可以避免因为板车板台下垂跳动，造成构件多点支撑受力而损坏。

**7.2.5** 预制外墙运输及堆放采用专用运输 A 支架运输，支架固定于板车上（焊接固定），两个 A 支架件设置木方条对撑，防止墙体构件往内倾覆；A 支架底部与墙体接触面设置垫木，防止构件磕碰崩角。运输过程中宜设置橡皮绳将装配式墙体构件与 A 支架拉结固定，防止倾覆。



图 7.2.5 预制墙板示意图

**7.2.6** 预制柱吊装前应先将柱底连接套筒内进行清理。





图 7.2.6 预埋螺栓孔清洁图

**7.2.8** 构件库区存放应根据构件的类型、型号、尺寸、重量等进行放置。构件的进出库区均应进行登记和核验,构件入库前应依据构件图纸对构件的型号、规格、尺寸、外观质量进行校验,如有破损、裂缝等现场应如实记录,及时反馈。

**7.2.9** (1) 根据施工图纸和经审批的施工技术方案,对施工作业人员进行安全技术交底。包括:吊装顺序、安装方向吊运和就位安装技术要求、安全防护、测控方法和安装质量标准等;作业人员应备好相应图纸,做好过程检查。

(2) 吊装前应进行定位放线,在柱头位置放出主梁控制边线。

(3) 正式吊装前应检查顶部高程及水平定位是否正确,对主梁钢筋、次梁接合剪力樺位置、方向、编号检查。

(4) 若已知柱头高程误差超过容许值,安装前应于柱头黏贴软性垫片调整高差。

(5) 上层主筋(面筋)若已知穿越错误,应于吊装前将钢筋更正。

(6) 抗震设防地区的梁吊装宜在下层柱灌浆完成,达到设计强度要求后进行,或按灌浆料同条件养护下的试验强度确定。

(7) 安装施工前应检查顶部高程及水平定位是否正确,对主梁钢筋、次梁接合剪力樺位置、方向、编号检查。

**7.2.10** 测量、支撑、吊装等安装设备包括:如激光放线仪、支撑(门型)架、可调支座、枕木小型钢、角钢托座、安全母索、母索套管、平衡吊杆、起吊工具、铝或木梯、工作台、氧气乙炔等。

测量计量设备应按规范要求进行计量检定,使用前检查其检定合格证明,并在有效期内。另需准备卷尺、水平尺、扳手、撬棍等。

### 7.3 预制构件安装

**7.3.2** 主梁安装前需于地面先装好边梁安全栏杆及缆风绳后才能安装,主梁安装位置按柱上的定位线安装,精度要求为 $\pm 5\text{mm}$ ,梁安装按设计顺序、编号进行吊装,并注意梁的方向。有预背梁面筋的预制梁在吊装前应确保其面筋的有效固

定，防止在吊装过程面筋滑落。

**7.3.3** 预制梁吊装施工前应根据设计图纸，在梁相应位置搭设支撑架(图 7.3.3)。支撑架搭设前应清理平台杂物，保证支撑架底平整。架体顶部设可调托座，确保托座螺栓不超过螺杆 2/3 高度，方便调节梁底高程。

预制梁吊装施工前应根据设计图纸要求，在柱头位置放出梁控制边线，将梁定位线控制点标示在柱头位置。检查柱头架梁位置是否安装角钢托座(在柱安装过程完成)，若缺少托座，应及时补充安装。



图 7.3.3 构件吊装完成后应马上在两个方向采取临时支撑措施进行固定

## 7.4 同层施工误差控制

**7.4.1** 现场在构件吊装施工前，利用水准仪和全站仪进行楼面定位轴线，标高复核验收，检查验收合格后可进行构件吊装施工。

**7.4.3** 现场在构件吊装施工前，利用水准仪和全站仪进行楼面定位轴线，标高复核验收，检查验收合格后可进行构件吊装施工。

**7.4.5** 预制柱吊装完成后，应立即在两个方向采取固定措施，利用安装在预制柱两侧的斜撑进行以及校准仪器对预制柱进行柱垂直度校准。

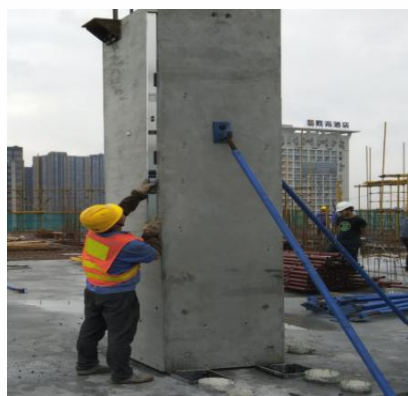


图 7.4.5 使用斜撑调整柱子垂直度

## 7.5 成品保护

**7.5.1** 混凝土浇筑前采取钢套筒将预留钢筋进行固定，以免在混凝土浇筑过程中预留钢筋垂直度产生偏差。



图 7.5.1 露出钢筋定位保护措施

**7.5.2** 垫块（木）可采用薄膜或其他密封材料进行包裹，以防垫块（木）污渍浸入到构件中。

**7.5.3** 预制构件的包裹材料应遵循“整洁、美观、坚固、耐久”的原则选择。

## 7.6 施工环境保护

**7.6.2** 起重设备吊载构件时应坚持“十不吊”的规定，即：超载或被吊物质量不清不吊；指挥信号不明确不吊；捆扎、吊挂不牢或不平衡，可能引起滑动时不吊；被吊物上有人或浮置物件时不吊；结构或零部件有影响安全工作的缺陷或损伤时

不吊；遇有拉力不清的埋置物件不吊；工作场地昏暗，无法看清场地、被吊物和指挥信号时不吊；被吊物棱角处与捆绑钢绳间未加衬垫时不吊；歪拉斜吊重物时不吊；质量不明或超重不吊。

**7.6.4** 采用两台或多台起重设备吊运同一个构件时，每台起重设备的起重量不得超过起重额定起重量的 0.8 倍。

## 8 预制构件连接与保护

### 8.1 一般规定

**8.1.6** 内含不同环境(一般、冻融、氯化物及化学腐蚀等环境)下环境作用等级说明以及材料与保护层厚度。

**8.1.7** 内含不同环境(一般、冻融、氯化物及化学腐蚀等环境)下环境作用等级锚具及预应力筋端部的最小保护层厚度及措施。

### 8.4 灌浆技术

**8.4.4** 某企业对于钢筋续接灌浆料之分析及要求见表 8.4.4。

表 8.4.4 一般混凝土与高强度无收缩灌浆料比较

耐久性评定	一般混凝土	高强度无收缩灌浆料 (NSG 790)
成分	水泥, 炉石粉, 粉煤灰, 河川骨料, 减水剂	主成分为水泥, 硅灰, 石英砂(骨料), 减水剂; 配比与高强度混凝土类似
碱质粒料反应 (AAR)	潮湿、高碱含量与活性骨料都存在的条件下, 有可能发生	一般都在室内, 不属于潮湿环境, 骨料为高纯度石英砂, 不具反应性, 不会发生 AAR。
体积稳定性	胶结料为硅酸盐水泥, 普通混凝土水灰比 0.3-0.6, 其塑性收缩、自体收缩、干燥收缩都较高	胶结料为硅酸盐水泥, 水灰比 0.22-0.25, 又含微量膨胀剂, 总收缩量远低于普通混凝土
抗冻融性	普通混凝土水灰比 0.3-0.6, 含气量 <5%, 抗压强度 20MPa-50MPa。	高强度砂浆, 水灰比 0.22-0.25, 含气量 <4%, 抗压强度 85MPa 以上。
氯离子含量	小于水泥量的 0.06%	小于水泥量的 0.06%
氯离子渗透性	水灰比较高, 渗透性也较高	水灰比较低, 渗透性低
中性化	水灰比越大, 渗透性越大, 碳化作用越深	水灰比越低, 渗透性越低, 碳化作用越低

### 8.5 密封技术

**8.5.4** 密封胶使用要求依《建筑窗用弹性密封胶》JCT 485 内已经有指标性的标准, 对于装配式外墙, 建议至少要使用一级材料。

**8.5.6** 密封胶条使用依据《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498, 建议使用硫化橡胶类密封胶条(不建议热塑性弹性体类材料), 宜使用三元乙丙橡胶及氯丁



橡胶材料，强度要求依照幕墙用胶条规格。

## **8.6 防水措施**

**8.6.1** 预制构件及结构结合位置不设于常积水或常有水处，以避免因渗透影响节点钢筋或铁件长期接触水分导致锈蚀降低其耐久性。

## 9.质量检验与验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 混凝土原材料中的有害组份，如砂的氯离子含量、水泥碱含量等是影响混凝土耐久性的主要因素，控制装配式建筑混凝土结构的耐久性应首先从源头上控制各原材料中的有害组份。同时，预制构件混凝土中的氯离子含量等以及安装与连接的质量也是影响装配式建筑耐久性的重要环节，因此从这三个方面提出装配式耐久性检验涉及的内容。

### 9.2 原材料

**9.2.1** 本条文提出了原材料耐久性检验的控制范围，包括预制构件和现浇混凝土中所涉及到的混凝土原材料。

**9.2.2** 水泥中的氯离子含量是影响混凝土中钢筋锈蚀的因素之一。水泥中的碱含量可与骨料中的活性成分发生碱骨料反应，从而严重影响混凝土的耐久性，因此，应对水泥中的氯离子和碱含量进行严格控制。对水泥产品的取样必须具有代表性和均匀性。氯离子含量可采用（自动）电位滴定法或离子色谱法进行检验。

**9.2.3** 对于长期处于潮湿环境的重要混凝土建筑或有预防混凝土碱骨料反应要求的工程用砂，应采用砂浆棒（快速法）或砂浆长度法进行骨料的碱活性检验。经检验判断为具有潜在碱-硅酸反应活性危害时，应控制混凝土中的碱含量不超过  $3 \text{ kg/m}^3$ ，或采用能抑制碱-骨料反应的有效措施。

**9.2.4** 应采用岩相法、快速法、砂浆法或岩石柱法（适用于检验碳酸盐岩石是否具有碱活性）进行骨料的碱活性检验。经检验判断为具有潜在碱-硅酸反应活性危害时，应控制混凝土中的碱含量不超过  $3 \text{ kg/m}^3$ ，或采用能抑制碱-骨料反应的有效措施。

**9.2.5** 对矿物掺合料中的氯离子含量进行控制可降低混凝土中钢筋的锈蚀概率。对矿物掺合料的取样必须具有代表性和均匀性。氯离子含量可采用（自动）电位滴定法或离子色谱法进行检验。

**9.2.6** 由于配制混凝土时掺入的外加剂量较少，因此由外加剂的掺入带来的混凝土的氯离子含量和总碱量的增加非常有限，因此仅规定外加剂中的氯离子含量和总碱量不超过生产厂控制值即可。

### **9.3 预制构件检验**

**9.3.1** 除了对浇筑预制构件的混凝土所使用的原材料进行耐久性能指标测控，对成型后混凝土进行氯离子含量、碱含量、抗渗性、抗氯离子渗透性能、抗硫酸盐侵蚀性能等进行检测可进一步保障预制构件的耐久性。

**9.3.2** 为避免因抽芯对结构造成的损伤，预制构件中的氯离子含量检测应尽量采用标准养护试件或同条件养护试件。对于预制构件的氯离子扩散系数和电通量检测，可从标准养护或同条件养护的混凝土试件中钻取芯样进行检测。

**9.3.3** 氯离子含量是指混凝土中各种原材料的氯离子含量之和。

**9.3.4** 通过测试样品中氧化钠和氧化钾的含量，并经过换算可得到单位体积混凝土中的总碱含量。

**9.3.5** 通过测试样品中氧化钠和氧化钾的含量，并经过换算可得到单位体积混凝土中的总碱含量。

**9.3.6** 装配式建筑混凝土结构所需的混凝土抗渗等级应根据实际使用环境确定。

**9.3.7** 地铁管片等对耐久性有要求或特殊环境下使用的预制构件在生产过程中应进行氯离子扩散系数和电通量的控制。同一检验批建议同时进行电通量和氯离子扩散系数检测，以便相互验证。电通量限值参考现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的相关规定，其中表 9.3.5 中设计使用年限为 50 年的装配式建筑的电通量限值参考 TB 10005 中 60 年设计使用年限的电通量限值进行设置，相当于提高要求，耐久性更有保障。

**9.3.8** 抗硫酸盐等级应满足的要求需根据建筑使用环境、设计使用年限等因素综合确定。

**9.3.10** 对装配式各外观缺陷的定义及分类可参考现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231。预制构件的内部缺陷可导致其抗侵蚀性能下降，故应开展相应检测。

**9.3.12** 尺寸偏差与变形可引起装配式混凝土结构的安装与连接部位产生缺陷，易

导致装配式混凝土结构的抗侵蚀性能下降，故应开展相应检测。

**9.3.13** 混凝土保护层厚度与预制构件抗不良环境因素侵蚀的能力密切相关，应对其进行严格控制。

**9.3.14** 采用硅烷类液体浸渍混凝土表层，可使表层具有低吸水率、低氯离子渗透率和高透气性特性，防腐效果良好。采用静电喷涂工艺，将填料、热固环氧树脂与交联剂等制成的粉末喷涂于钢筋上，可形成的坚韧、不渗透、连续的绝缘涂层，可以将钢筋与侵蚀环境隔绝，以达到防腐目的。钢筋阻锈剂能够有效抑制钢筋的电化学腐蚀。为保障防腐效果，应加强防腐措施检验。

## **9.4 预制构件安装与连接检验**

**9.4.2** 现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 以附录的形式给出了套筒灌浆料拌合物抗压强度的检测方法，应严格执行；目前还没有专门针对浆锚搭接灌浆料的技术标准，其抗压强度检测按现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 执行。

**9.4.3** 现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 中的验收要求规定，对坐浆料拌合物应制作边长为 70.7mm 的立方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。钢筋锚固板、预埋件和连接件，连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件，应分别符合国家或行业现行相关标准的规定。

**9.4.11** 预制构件安装偏差是施工控制和验收的重要内容。安装过程中，宜采取相应措施从严控制，方可保证完成后的尺寸偏差要求。当预制构件中用于连接的外伸钢筋定位精度有特别要求时，如与灌浆套筒连接钢筋，预制构件安装尺寸偏差尚应与连接钢筋的定位要求相协调。

**9.4.12** 钢筋采用焊接连接时，应按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定进行检测。考虑到装配式建筑混凝土结构中钢筋连接的特殊性，很难做到连接试件原位截取，故要求制作平行试件。平行试件应与实际钢筋连接接头的施工环境相似，并宜在工程结构附近制作。钢筋采用机械连接时，应按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定进行检测。平行试件应与实际钢筋连接接头的施工环境相似，并宜在工程结构附近制作。对于机械连接接头，还应按相关规定检测螺纹接头拧紧扭矩和挤压接头压痕直径。

**9.4.13** 本条规定了装配式建筑混凝土结构中套筒灌浆质量与浆锚搭接灌浆质量的检测方法。现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 以及现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 均要求灌浆应饱满、密实。各检测方法的优缺点见表 9.4.13。

表 9.4.13 套筒灌浆饱满度检测方法的优缺点

检测方法	优点	缺点
预埋传感器法	检测结果易于判别，发现问题可及时进行补灌，实现施工过程控制	回浆后传感器核心元件上残留硬化浆体，可能导致检测结果误判
预埋钢丝拉拔法	检测方法相对简单，拉拔后可通过内窥镜对灌浆缺陷进行校核	检测结果具有一定离散性，且为灌浆施工结束后检测，发现问题无法进行补灌
X 射线成像法	不需预埋检测元件，主要适用于厚度不大于 300mm、套筒单排或梅花状布置的预制剪力墙	检测时有辐射，且不适用于预制柱内套筒灌浆缺陷检测

广州市市政工程试验检测有限公司等检测机构对电学测试方法在套筒灌浆饱满度检测中的应用开展了深入的研究，设计开发了基于电阻、电容和压电测试原理的套筒灌浆饱满度检测设备，并通过 X 射线成像法验证了检测方法的可靠性（如图 9.4.13 所示）。



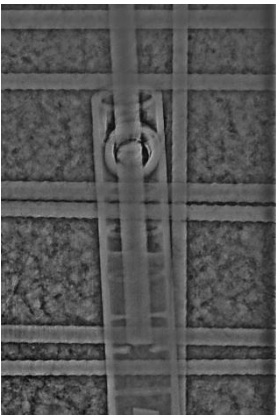
(a) 预制混凝土墙



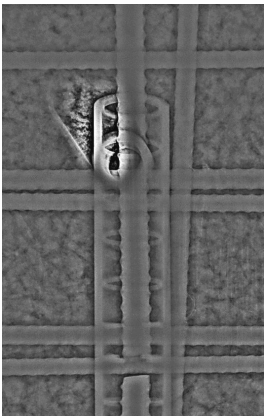
(b) 预制混凝土柱



(c) 套筒灌浆饱满



(d) 套筒灌浆不饱满



(e) 套筒漏灌

图 9.4.13 套筒灌浆饱满度 X 射线成像法验证试验

上述三种检测方法可根据套筒类型、灌浆方式和在预制构件中的布置方式进行选用。例如，电阻率法探针传感器可通过套筒顶部橡胶塞进行预埋，实现套筒内多个液位灌浆饱满度监测，也可在灌浆前通过套筒出浆口进行预埋。电容法和压电法传感器均可在灌浆前通过套筒出浆口进行预埋，实现套筒内部灌浆饱满度监测。对于采用半灌浆套筒的预制墙板构件，套筒出浆口尺寸小且与柔性波纹管连接，不便通过套筒出浆口进行预埋，可将传感器与底部钢筋接头并联，墙体现场拼装后伸入套筒内顶部位置，实现套筒灌浆饱满度监测。

**9.4.15** 本标准建议采用小直径、高频率换能器，换能器的辐射端直径不超过 20mm，工作频率不低于 250kHz，是一种改进的超声法，能较好地适应预制剪力墙底部接缝的构造特点。该方法主要适用于预制剪力墙底部接缝灌浆质量的检测，一般在灌浆 7d 后实施检测，而对于预制夹心保温剪力墙底部接缝的检测不适应。现行中国工程建设标准化协会标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21 建议测点间距为 100~300mm，这里取较小值是为了增强对缺陷测量的准确性。首轮测量后，对有怀疑的点位进一步加密测点，可大致确定缺陷的分布范围。

## 9.5 质量验收

**9.5.1** 装配式混凝土结构工程验收主要依据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定执行。

**9.5.2** 装配式混凝土结构工程质量验收应划分检验批并制订验收计划。施工单位可根据工程结构特点、施工进度要求等设置混凝土结构工程检验批，应做到全面和全过程覆盖。

**9.5.8** 装配式结构工程质量验收时提出应增加提交的主要文件和记录，是保证工程质量实现可追溯性的基本要求。

## 附录 A 套筒灌浆饱满度电阻率检测方法

**A.0.5** 电阻率法的工作原理为通过专用仪表测试套筒与探针传感器两电极间的电阻值，通过电阻值变化是否超过给定阈值判断套筒灌浆饱满度。现场检测时，灌浆前需在套筒出浆口预埋传感器，灌浆过程中采用传感器对灌浆饱满度实时监测。随着灌浆料逐渐发生水化反应，通过传感器监测的电阻信号参数变化情况判断传感器是否被灌浆料包覆，以确定套筒灌浆是否饱满。已开展的电阻率法测试试验表明，灌浆前两电极间初始测量电阻为无穷大，灌浆后电阻值逐渐上升，但通常不超过  $100\text{M}\Omega$ ，若出现灌浆料液面回落的情况，电阻值上升速率明显增大且电阻值迅速超出  $100\text{M}\Omega$ 。因此，电阻率法测试时可将  $100\text{M}\Omega$  作为判断套筒灌浆是否饱满的阈值。

**A.0.6** 对判断灌浆不饱满的套筒，应及时进行补灌以实现套筒灌浆施工过程中的质量控制。若检测时灌浆料已凝固，现场应及时记录灌浆不饱满的套筒位置及相应混凝土预制构件编号，为后期 X 射线、内窥镜检测验证及钻孔补强提供位置信息。

## 附录 B 套筒灌浆饱满度电容检测方法

**B.0.5** 电容法的工作原理为通过专用仪表测试套筒与探针传感器两电极间的电容值，通过电容值变化是否超过给定阈值判断套筒灌浆饱满度。现场检测时，灌浆前需在套筒出浆口预埋电容极性探头，并将另一端与金属套管连接，灌浆过程中采用两探头组成的同轴筒式电容传感器对灌浆饱满度实时监测。随着灌浆料液面变化与水化反应持续进行，通过传感器监测的电容值变化情况判断传感器是否被灌浆料包覆，以确定套筒灌浆是否饱满。已开展的电容法测试结果表明，灌浆前两电容极性探头间初始测试电容值通常大于  $10\mu\text{f}$ ，当灌浆料液面增加并连通探针电极和金属套筒后，电容值将下降到  $0.5\mu\text{f}$  以内，若出现灌浆料液面回落的情况，电容值上升并超出  $0.5\mu\text{f}$ 。因此，电容法测试时可将  $0.5\mu\text{f}$  作为判断套筒灌浆是否饱满的阈值。

**B.0.6** 对判断灌浆不饱满的套筒，应及时进行补灌以实现套筒灌浆施工过程中的质量控制。若检测时灌浆料已凝固，现场应及时记录灌浆不饱满的套筒位置及相应混凝土预制构件编号，为后期 X 射线、内窥镜检测验证及钻孔补强提供位置信息。



## 附录 C 套筒灌浆饱满度压电检测方法

**C.0.5** 压电法的工作原理是采用专用仪表提供一矩形脉冲进行自振激励，传感器表面粘附灌浆料质量将造成测量电压值下降，脉冲结束后读取压电传感器自激振动频率波形的衰减曲线，故可利用接触浆料前后阻尼特性的不同积分判断套筒灌浆饱满度。现场检测时，灌浆前需在套筒出浆口预埋压电传感器，预先测量并记录初始电压值，灌浆过程中通过测量压电传感器电压值对灌浆饱满度实时监测。随着灌浆过程和浆料凝固过程发展，可通过传感器监测的电压值变化情况判断传感器是否被灌浆料包覆，以确定套筒灌浆是否饱满。已开展的压电法测试试验表明，灌浆前传感器电压通常为某一固定值，当套筒内灌浆料液面增加并包覆压电传感器后，电压值将出现显著下降，若出现灌浆料液面回落的情况，测试电压部分得到恢复且通常不小于初始电压的 0.4 倍。因此，压电法测试时可将灌浆后测得电压与灌浆前初始电压的比值取 0.4 作为判断套筒灌浆是否饱满的阈值。

**C.0.6** 对判断灌浆不饱满的套筒，应及时进行补灌以实现套筒灌浆施工过程中的质量控制。若检测时灌浆料已凝固，现场应及时记录灌浆不饱满的套筒位置及相应混凝土预制构件编号，为后期 X 射线、内窥镜检测验证及钻孔补强提供位置信息。