福建省工程建设地方标准 **DB**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **工程建设地方标准编号** | **：DBJ 13-XXX-202X** |  |
| **住房和城乡建设部备案号** | ：**JXXXXX-202X** |  |

福建省预制装配式混凝土结构

技术标准

Technical Standard for precast concrete structures in Fujian

（征求意见稿）

202X-XX-XX发布202X-XX-XX实施

|  |  |
| --- | --- |
| 福建省住房和城乡建设厅 | 发 布 |

福建省工程建设地方标准

福建省预制装配式混凝土结构

技术标准

Technical Standard for precast concrete structures in Fujian

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工程建设地方标准编号 | ：DBJ/T XX-XXX-20XX |  |
| 住房和城乡建设部备案号 | ：JXXXXX-20XX |  |

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 福建省建筑设计研究有限公司 |
|  | 福建建工装配式建筑研究院有限公司 |
| 批准部门： | 福建省住房和城乡建设厅 |
| 实施日期： | 20XX年XX月XX日 |

202X年 福 州

福建省住房和城乡建设厅关于发布工程建设

地方标准《福建省预制装配式混凝土结构技术标准》的通知

闽建科〔20XX〕XX号

各设区市建设局（建委），平潭综合实验区交通与建设局，各有关单位：

由福建省建筑设计研究院有限公司、福建建工装配式建筑研究院有限公司共同编制的《福建省预制装配式混凝土结构技术标准》，经组织审查，批准为福建省工程建设地方标准，编号DBJ/T 13-XXX-XXXX，自20XX年XX月XX日起实施，原《福建省预制装配式混凝土结构技术规程》DBJ 13-216-2015同时废止。在执行过程中，有何问题和意见请函告省厅科技与设计处。

该标准由省厅负责管理，具体技术内容由主编单位负责解释。

**福建省住房和城乡建设厅**

202X年XX月XX日

**前 言**

根据福建省住房和城乡建设厅《关于公布全省工程建设地方标准复审修编项目计划的通知》（闽建科〔2020〕13号）的要求，标准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，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准的主要技术内容是：1．总则；2．术语和符号；3．基本规定；4．材料；5．建筑设计；6．结构设计基本规定；7．框架结构设计；8．剪力墙结构设计；9．外挂墙板设计；10．预制混凝土构件深化设计；11．BIM技术应用；12．构件制作与运输；13．施工；14．安全技术措施；15．检测检验。

本标准的修订主要技术内容是：1．增加了叠合板密拼式接缝处材料的物理力学性能；2．增加了双面叠合剪力墙结构体系的最大适用高度、抗震等级；3．删除了压型钢板组合楼板与预制混凝土梁的组合；4．框架结构主次梁连接的规定与现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231；5．删除第16章；6．删除了附录A、B。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由福建建工装配式建筑研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处（地址：福州市北大路242号，邮编：350001）和福建建工装配式建筑研究院有限公司（地址：福州市鼓楼区陆庄庭苑4号楼17层，邮编：350001），以供今后修订时参考。

|  |  |
| --- | --- |
| 本标准主编单位： | 福建省建筑设计研究院有限公司 |
| 福建建工装配式建筑研究院有限公司 |
|  |
| 本标准参编单位： |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
| 本标准主要起草人： | 任 彧 吕胜利 |
|  |
|  |
|  |
|  |
| 本标准主要审查人： |  |
|  |
|  |

目 次

1 总则 1

2 术语和符号 2

2. 1 术语 2

2. 2 符号 4

3 基本规定 6

4 材料 8

4. 1 混凝土 8

4. 2 钢筋与钢材 8

4. 3 连接材料 9

4. 4 其它材料 9

5 建筑设计 11

5. 1 一般规定 11

5. 2 平面设计 11

5. 3 立面设计 11

5. 4 内装修设计 12

5. 5 设备管线设计 12

6 结构设计基本规定 14

6. 1 一般规定 14

6. 2 作用及作用组合 17

6. 3 预制构件设计 17

6. 4 连接设计 18

6. 5 楼盖设计 20

6. 6 消能减震和隔震 25

7 框架结构设计 28

7. 1 一般规定 28

7. 2 承载力计算 28

7. 3 构造设计 30

8 剪力墙结构设计 38

8. 1 一般规定 38

8. 2 预制剪力墙构造 39

8. 3 连接设计 40

9 外挂墙板设计 46

9. 1 一般规定 46

9. 2 外挂墙板设计 46

9. 3 外挂墙板构造要求 48

9. 4 连接节点设计 49

10 预制混凝土构件深化设计 50

11 BIM技术应用 52

12 构件制作与运输 54

12. 1 一般规定 54

12. 2 构件生产准备与制作 54

12. 3 预制构件的混凝土养护 58

12. 4 运输与堆放 58

13 施工 61

13. 1 一般规定 61

13. 2 安装准备 61

13. 3 预制柱、预制剪力墙的安装施工 62

13. 4 叠合梁、板的安装施工 64

13. 5 外挂墙板的安装施工 65

13. 6 其他构件的安装施工 65

14 安全技术措施 67

14. 1 一般规定 67

14. 2 生产安全 67

14. 3 运输安全 68

14. 4 施工安全 68

15 检测检验 70

15. 1 一般规定 70

15. 2 生产检测 70

15. 3 进场检测 71

15. 4 连接检测 72

15. 5 结构实体检测 73

本标准用词说明 75

引用标准名录 76

附：条文说明 78

Contents

1 General 1

2 Terms and Symbols 2

2. 1 Terms 2

2. 2 Symbols 4

3 Basic Requirements 6

4 Materials 8

4. 1 Concrete 8

4. 2 Reinforcing Bar and Steel 8

4. 3 Connection Materials 9

4. 4 Other Materials 9

5 Architectural Design 11

5. 1 General Requirements 11

5. 2 Plan Design 11

5. 3 Elevation Design 11

5. 4 Internal Fitting Design 12

5. 5 Conduit Design 12

6 Structural Design 14

6. 1 General Requirements 14

6. 2 Loadings and Combination 17

6. 3 Precast Component Design 17

6. 4 Connection Design 18

6. 5 Floor System Design 20

6. 6 Seismic Energy Dissipation and Seismic-Isolation Design 25

7 Frame Sturture Design 28

7. 1 General Requirements 28

7. 2 Capacity Calculation 28

7. 3 Detailing 30

8 Shear Wall Structure Design 38

8. 1 General Requirements 38

8. 2 Precast Shear Wall Detailing 39

8. 3 Connection Design 40

9 Facade Panel Design 46

9. 1 General Requirements 46

9. 2 Facade Panel Design 46

9. 3 Facade Panel Detailing 48

9. 4 Connection Joint Design 49

10 Detailed Design of Precast Component 50

11 Application of BIM 52

12 Manufacturing and Transportation 54

12. 1 General Requirements 54

12. 2 Production Preparation and Manufacturing 54

12. 3 Concrete curing of Precast Component 58

12. 4 Transportation and Storage 58

13 Construction 61

13. 1 General Requirements 61

13. 2 Erection Preparation 61

13. 3 Erection of Precast Column and Shear Wall 62

13. 4 Erection of Composite Beam and Slab 64

13. 5 Erection of Facade Panel 65

13. 6 Erection of Other Components 65

14 Safety measures 67

14. 1 General Requirements 67

14. 2 Production Safety 67

14. 3 Transportation Safety 68

14. 4 Construction Safety 68

15 Inspection and Testing 70

15. 1 General Requirements 70

15. 2 Production Testing 70

15. 3 Entry Testing 71

15. 4 Connection Testing 72

15. 5 Structure Testing 73

Explanation of Wording in This Specification 75

List of Quoted Standards 76

Addition：Explanation of Provisions 78

**1** 总 则

**1. 0. 1** 为促进建筑产业现代化的发展，在装配式混凝土结构的设计、制作、施工及验收中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠，制定本标准。

**1. 0. 2** 本标准适用于福建省民用建筑非抗震设计及抗震设防烈度为6度至8度抗震设计的装配式混凝土结构的设计、施工及验收。

**1. 0. 3** 装配式混凝土结构的设计、制作、施工及验收除应符合本标准外，尚应符合国家及福建省现行有关标准的规定。

**2** 术语和符号

**2. 1** 术语

**2. 1. 1**  预制混凝土构件 precast concrete component

在工厂或现场预先制作的混凝土构件。简称预制构件。

**2. 1. 2** 装配式混凝土结构 precast concrete structure

由预制混凝土构件或部件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构。简称装配式结构。

**2. 1. 3** 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接，并与现场浇筑的混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。简称装配整体式结构。

**2. 1. 4** 装配整体式混凝土框架结构 monolithic precast concrete frame structure

全部或部分柱、梁、板采用预制构件构建成的装配整体式混凝土结构。简称装配整体式框架结构。

**2. 1. 5** 装配整体式混凝土剪力墙结构 monolithic precast concrete shear wall structure

全部或部分剪力墙采用预制墙板构建成的装配整体式混凝土结构。简称装配整体式剪力墙结构。

**2. 1. 6** 混凝土叠合受弯构件 composite concrete flexural components

在预制混凝土梁、板安装就位后，在其上部浇筑混凝土而形成的整体受弯构件。简称叠合板、叠合梁。

**2. 1. 7** 预制外挂墙板 precast concrete facade panel

安装在主体结构上，起围护、装饰作用的非承重预制混凝土外墙板。简称外挂墙板。

**2. 1. 8** 预制混凝土夹心保温外墙板 precast concrete sandwich facade panel

中间夹有保温层的预制混凝土外墙板。简称夹心外墙板。

**2. 1. 9** 混凝土粗糙面 rough surface

采用特殊的工具或工艺形成混凝土凹凸不平或骨料显露的表面，以实现预制构件与后浇混凝土的牢固结合。简称粗糙面。

**2. 1. 10** 钢筋套筒灌浆连接 rebar splicing by grout-filled coupling sleeve

通过灌注在金属套筒中水泥基灌浆料的传力作用，将带肋钢筋对接连接，所形成的可靠的钢筋连接方式。

**2. 1. 11** 钢筋连接用灌浆套筒 the grouting coupler for rebars splicing

钢筋套筒灌浆连接所用的金属套筒，通常采用铸造工艺或者机械加工工艺制造。简称灌浆套筒。

**2. 1. 12** 套筒灌浆料 grout

一种以水泥为基本材料，配以适当的细骨料，以及少量的混凝土外加剂和其它材料组成的干混料，可填充于钢筋连接用灌浆套筒和带肋钢筋间隙内，形成钢筋套筒灌浆连接接头。

**2. 1. 13** 连续复合箍筋 continuous stirrups

由一根钢筋连续弯折缠绕而成的复合箍筋。

**2. 1. 14** 组合封闭箍筋 bended wire mesh hoops

由U形开口箍筋及箍筋帽组合而成的封闭型梁箍筋；其中U形开口箍两肢上端带135°弯钩，箍筋帽两端带135°弯钩或者一端90°弯钩一端135°弯钩。

**2. 2** 符号

**2. 2. 1**  材料性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 混凝土轴心抗拉、抗压强度设计值； |
|  | —— | 普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值。 |

**2. 2. 2**  作用和作用效应

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 施加于外挂墙板重心处的水平地震作用标准值； |
|  | —— | 外挂墙板的重力荷载标准值； |
|  | —— | 轴向力设计值； |
|  | —— | 荷载组合的效应设计值； |
|  | —— | 水平地震作用组合的效应设计值； |
|  | —— | 竖向地震作用组合的效应设计值； |
|  | —— | 水平地震作用效应标准值； |
|  | —— | 竖向地震作用效应标准值； |
|  | —— | 永久荷载效应标准值； |
|  | —— | 风荷载效应标准值； |
|  | —— | 持久设计状况下接缝剪力设计值； |
|  | —— | 地震设计状况下接缝剪力设计值； |
|  | —— | 被连接构件端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计值； |
|  | —— | 持久设计状况下接缝受剪承载力设计值； |
|  | —— | 地震设计状况下接缝受剪承载力设计值； |
|  | —— | 水平地震作用分项系数； |
|  | —— | 竖向地震作用分项系数； |
|  | —— | 永久荷载分项系数； |
|  | —— | 风荷载分项系数； |
|  | —— | 风荷载组合系数。 |

**2. 2. 3**  几何参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 建筑平面宽度； |
|  | —— | 建筑平面长度； |
|  | —— | 叠合面以上混凝土受压区面积； |
|  | —— | 各剪跨区段的叠合面面积； |
|  | —— | 穿过水平接缝的钢筋面积； |
|  | —— | 抗剪钢筋与叠合面的夹角。 |

**2. 2. 4**  计算系数及其他

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 水平地震影响系数最大值； |
|  | —— | 承载力抗震调整系数； |
|  | —— | 结构重要性系数； |
|  | —— | 楼层层间最大位移； |
|  | —— | 接缝受剪承载力增大系数； |
|  | —— | 与叠合面粗糙度相关的系数； |
|  | —— | 柱箍筋加密区的体积配筋率； |
|  | —— | 最小配箍特征值。 |

**3** 基本规定

**3. 0. 1** 在装配式建筑方案设计阶段，应协调建设、设计、制作及施工单位各方之间的关系。

**3. 0. 2** 在装配式建筑设计、制作、施工阶段，应加强建筑、结构、设备、装修等专业间的配合。

**3. 0. 3** 装配式建筑设计应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的规定。在满足建筑功能和结构安全要求的前提下，确定建筑平立面的基本构成单元；遵循少规格、多组合的原则，实现建筑构配件的标准化与系列化。

**3. 0. 4** 装配式结构设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的基本要求，并应符合下列规定：

**1** 应采取有效措施加强结构的整体性；

**2** 装配式结构宜采用高强混凝土、高强钢筋；

**3** 装配式结构的节点和接缝应受力明确、构造可靠，并应满足承载力、延性和耐久性等要求；对重要且复杂的连接节点构造，宜通过专门试验确定；

**4** 应根据连接节点和接缝的构造方式和性能确定结构的整体计算模型。

**3. 0. 5** 抗震设防的装配式结构，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223确定抗震设防类别及抗震设防标准。

**3. 0. 6** 装配式建筑的结构设计可分为施工图设计和预制构件制作详图设计两个阶段，并应满足下列要求：

**1** 施工图设计阶段，应完成装配式结构的整体计算分析、结构构件的平立面布置、结构构件的截面和配筋设计、节点连接构造设计等，其内容和深度应满足预制构件制作详图深化设计的要求；

**2** 预制构件制作详图设计阶段，应综合建筑、结构和设备等专业的施工图以及制作、运输、堆放、施工等环节的要求进行构件深化设计，其内容和深度应符合本标准相关章节的要求。

当上述两阶段设计由不同的单位完成时，预制构件制作详图需经施工图设计单位审核通过。

**3. 0. 7** 应根据预制构件的功能、安装部位、加工制作及施工精度等要求，确定合理的公差。

**4** 材 料

**4. 1** 混凝土

**4. 1. 1** 混凝土的力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**4. 1. 2** 混凝土的配合比应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定。混凝土所用的水泥、砂石骨料、外加剂及掺合料等应符合国家现行相关标准的规定。

**4. 1. 3** 预制构件的混凝土强度等级不应低于C30，预应力混凝土预制构件的强度等级不应低于C40。节点及接缝处的后浇混凝土强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级。

**4. 2** 钢筋与钢材

**4. 2. 1** 普通钢筋和预应力钢筋的力学性能指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。当采用套筒灌浆连接时，钢筋应采用热轧带肋钢筋。

**4. 2. 2** 钢材的力学性能指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。当结构构件处于外露情况和低温环境时，所使用的钢材性能尚应满足耐大气腐蚀和避免低温冷脆的要求。

**4. 2. 3** 钢筋焊接网应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114的规定。

**4. 2. 4** 预制构件的吊环应采用未经冷加工的HPB300级钢筋制作。预制构件吊装用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应符合国家现行相关标准的规定。

**4. 3** 连接材料

**4. 3. 1** 钢筋套筒灌浆连接接头采用的套筒应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398的规定。

**4. 3. 2** 钢筋套筒灌浆连接接头采用的灌浆料应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408的规定。

**4. 3. 3** 连接用焊接材料、螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18等的规定。

**4. 3. 4** 钢筋锚固板的材料应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的规定。

**4. 3. 5** 受力预埋件的锚板及锚筋材料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。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行相关标准的规定。

**4. 3. 6** 夹心外墙板中内外叶墙板的拉结件应符合下列规定：

**1** 金属及非金属材料拉结件均应具有规定的承载力、变形和耐久性能，并应经过试验验证；

**2** 拉结件应满足夹心外墙板的节能设计要求。

**4. 4** 其它材料

**4. 4. 1** 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、防火、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、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482、《聚硫建筑密封胶》JC/T 483的规定；用于外墙板的硅酮结构密封胶还应有证明无污染的试验报告；

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

**4. 4. 2** 外墙板接缝中的背衬宜采用发泡氯丁橡胶或聚乙烯塑料棒等软性材料。

**4. 4. 3** 预制外墙板可采用涂料饰面，也可采用面砖或石材饰面。当采用石材饰面时，应对石材背面进行处理，并安装不锈钢卡勾，卡勾直径不应小于4mm。

**4. 4. 4** 夹心外墙板夹心层中的保温材料，宜采用挤塑聚苯乙烯板（XPS）等轻质高效保温材料，其导热系数不宜大于0.040 W/（m•K），体积比吸水率不宜大于0.3%，燃烧性能不应低于国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2012中B2级的要求。夹心墙板整体的耐火极限应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016要求。

**4. 4. 5** 叠合板密拼式接缝处的填缝材料应具有良好的粘结强度和防水抗渗性能。填缝材料可采用益胶泥或聚合物改性水泥砂浆，表面可黏贴纤维网格布等柔性材料，填充前拼缝内应清理干净。

**4. 4. 6** 密拼式接缝嵌缝用聚合物改性水泥砂浆的物理力学性能应符合表4.4.6的规定。

表**4. 4. 6** 聚合物改性水泥砂浆物理力学性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 技术指标 | 试验方法标准 |
| 保水率（%） | ≥92 | 现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 |
| 凝结时间（h） | ≤5 |
| 2h稠度损失率（%） | ≤20 |
| 14d拉伸粘结强（MPa） | ≥0.6 |
| 28d收缩率（%） | ≤0.12 |
| 质量损失率（%） | ≤2 |
| 28d抗压强度（MPa） | ≥20 |

**4. 4. 7** 密拼式接缝嵌缝用益胶泥的物理力学性能应符合现行地方标准《益胶泥通用技术条件》DB35/T 516的相关规定。

**5** 建筑设计

**5. 1** 一般规定

**5. 1. 1** 装配式建筑设计应满足建筑功能和性能要求，宜采用结构主体部件、内装修部品和设备管线的装配化集成技术。

**5. 1. 2** 装配式建筑的围护结构、楼梯、阳台、隔墙、空调板以及管道井等配套构件宜采用工业化、标准化产品。

**5. 1. 3** 装配式建筑的外围护结构应按建筑围护结构热工设计要求确定保温隔热措施。屋面、外墙、楼板、门窗等围护结构传热系数、遮阳系数、窗墙面积比等应符合国家现行相关标准的规定。

**5. 1. 4** 装配式建筑防火设计应符合现行国家标准《建筑防火设计规范》GB 50016的有关规定。

**5. 2** 平面设计

**5. 2. 1** 装配式建筑平面布置宜简单、规则，长宽比及高宽比宜满足结构设计要求，结构竖向构件布置宜上下连续。

**5. 2. 2** 门窗洞口宜上下对齐，其平面位置和尺寸应满足结构受力和构件预制设计的要求。装配式剪力墙结构不宜采用转角窗。

**5. 2. 3** 装配式建筑宜采用标准化的整体卫浴；厨卫间的水电设备管线宜采用管井集中布置。

**5. 3** 立面设计

**5. 3. 1** 装配式建筑外墙的设计应结合装配式混凝土建筑的特点，通过基本单元组合满足建筑外立面多样化和经济美观的要求，宜优先选用预制外墙板。

**5. 3. 2** 建筑外墙饰面材料宜结合当地条件，采用耐久、不易污染的材料；宜采用反打一次成型的饰面混凝土外墙板，确保建筑外墙的装饰性和耐久性要求。

**5. 3. 3** 预制外墙板及其接缝应能满足水密性能、气密性能、耐火性能、隔音性能、保温隔热性能要求。

**5. 3. 4** 预制外墙板的接缝及门窗洞口等防水薄弱部位宜采用材料防水和构造防水相结合的做法，并应符合下列规定：

**1** 墙板水平接缝宜采用高低缝或企口缝构造；

**2** 墙板竖向接缝宜采用平口或槽口构造；

**3** 当板缝空腔需设置导水管排水时，板缝室内一侧应设置气密条密封构造。

**5. 3. 5** 门窗应采用标准化部件，并宜采用缺口、预留副框或预埋件等方法与墙体可靠连接。

**5. 3. 6** 空调板宜集中布置，并宜与阳台合并设置。

**5. 3. 7** 女儿墙板内侧在要求的泛水高度处应设凹槽、挑檐或其他泛水收头等构造。

**5. 4** 内装修设计

**5. 4. 1** 装配式建筑采用的室内装修材料应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325和《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222的有关规定。

**5. 4. 2** 装配整体式建筑室内装修宜采用工厂化加工的标准构配件与部品现场组装，尽量减少施工现场的湿作业。

**5. 4. 3** 装配式建筑的厨卫间楼板及墙体潮湿部位应采取可靠防水措施。

**5. 5** 设备管线设计

**5. 5. 1** 装配式建筑的设备管线应进行综合设计，减少平面交叉；竖向管线宜集中布置，并满足维修更换的要求。

**5. 5. 2** 装配式建筑应根据装修和设备要求预先在预制构件中预留孔洞、沟槽，预留埋设必要的电器接口及吊挂配件。

**5. 5. 3** 竖向电气管线宜统一设置在预制板内或装饰墙面内；墙板内竖向电气管线布置应保持安全间距。

**5. 5. 4** 设备管线穿过楼板的部位，应采取防水、防火、隔声等措施。

**5. 5. 5** 设备管线宜与预制构件上的预埋件可靠连接。

**5. 5. 6** 装配式建筑宜采用同层排水设计，并应结合房间净高、楼板跨度、设备管线等因素综合考虑降板方案。

**6** 结构设计基本规定

**6. 1** 一般规定

**6. 1. 1** 符合本标准规定的装配整体式混凝土结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构整体分析。

**6. 1. 2** 装配式整体结构的房屋最大适用高度应符合表6.1.2的规定。

表**6. 1. 2** 装配整体式结构房屋的最大适用高度（**m**）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构类型 | 非抗震设计 | 抗震设防烈度 | | |
| 6度 | 7度 | 8度（0.2g） |
| 装配整体式框架结构 | 70 | 60 | 50 | 40 |
| 装配整体式框架-现浇剪力墙结构 | 150 | 130 | 120 | 100 |
| 双面叠合剪力墙结构 | 120（110） | 110（100） | 100（90） | 90（80） |
| 装配整体式剪力墙结构 | 120（110） | 110（100） | 100（90） | 90（80） |

注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面的高度，不包括局部突出屋顶的部分；

2 当结构中仅水平构件采用叠合梁、板，而竖向构件全部为现浇时，其最大适用高度同现浇结构；

3 框架结构加设钢支撑或消能减震装置时，最大适用高度可以按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011附录G有关规定计算；

4 内、外墙均预制的装配整体式剪力墙结构的最大适用高度应取表6.1.2中括号内的数值；当不规则建筑采用装配整体式剪力墙结构时，其最大适用高度宜适当降低。

**6. 1. 3 装配整体式结构构件的抗震设计，应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类装配整体式结构的抗震等级应按表6.1.3确定。**

表**6. 1. 3** 丙类装配整体式结构的抗震等级

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **结构类型** | | **抗震设防烈度** | | | | | | | | | |
| **6度** | | **7度** | | | | **8度** | | | |
| **装配整体式**  **框架结构** | **高度（m）** | **≤24** | **>24** | **≤24** | | **>24** | | **≤24** | | **>24** | |
| **框架** | **四** | **三** | **三** | | **二** | | **二** | | **一** | |
| **大跨度框架** | **三** | | **二** | | | | **一** | | | |
| **装配整体式**  **框架-现浇剪力墙结构** | **高度（m）** | **≤60** | **>60** | **≤24** | **>24且≤60** | | **>60** | **≤24** | **>24且≤60** | | **>60** |
| **框架** | **四** | **三** | **四** | **三** | | **二** | **三** | **二** | | **一** |
| **剪力墙** | **三** | **三** | **三** | **二** | | **二** | **二** | **一** | | **一** |
| **双面叠合**  **剪力墙结构** | **高度（m）** | **≤70** | **>70** | **≤24** | **>24且≤70** | | **>70** | **≤24** | **>24且≤70** | | **>70** |
| **剪力墙** | **四** | **三** | **四** | **三** | | **二** | **三** | **二** | | **一** |
| **装配整体式**  **剪力墙结构** | **高度（m）** | **≤70** | **>70** | **≤24** | **>24且≤70** | | **>70** | **≤24** | **>24且≤70** | | **>70** |
| **剪力墙** | **四** | **三** | **四** | **三** | | **二** | **三** | **二** | | **一** |

**注：大跨度框架指跨度不小于18m的框架。**

**6. 1. 4** 乙类装配整体式结构应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；当本地区抗震设防烈度为8度且抗震等级为一级时，应采取比一级更高的抗震措施；当建筑场地为I类时，仍可按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

**6. 1. 5** 装配整体式结构平面布置宜符合下列规定：

**1** 平面形状宜简单、规则、对称，质量、刚度分布宜均匀，不应采用严重不规则的平面布置；

**2** 平面尺寸及突出部位尺寸的比值限值按现行行业标准《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3有关规定执行；

**3** 建筑平面不宜采用角部重叠或细腰形平面布置。

**6. 1. 6** 装配整体式结构竖向体型应规则、均匀，并应避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力沿竖向突变。

**6. 1. 7** 抗震设计的装配式混凝土结构，宜根据结构的特点，选择适宜的隔震、消能减震措施。

**6. 1. 8** 抗震设计的高层装配式结构，当其房屋高度、规则性、结构类型等超过本标准的规定或者抗震设防标准有特殊要求时，可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3的有关规定进行结构抗震性能设计。

**6. 1. 9** 高层装配整体式结构应符合下列规定：

**1** 宜设置地下室，地下室应采用现浇混凝土结构；

**2** 剪力墙结构底部加强部位的剪力墙宜采用现浇混凝土；

**3** 框架结构的首层柱宜采用现浇混凝土。

**6. 1.10** 转换梁以及与转换梁相连接的竖向构件不应采用预制构件。

**6. 1. 11** 装配式结构的构件及节点应进行承载能力极限状态及正常使用极限状态设计，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666等的有关规定。

**6. 1. 12** 抗震设计时，构件及节点的承载力抗震调整系数应按表6.1.12 采用；当仅考虑竖向地震作用组合时，承载力抗震调整系数应取为1.0。预埋件锚筋截面计算的承载力抗震调整系数应取为1.0。

表**6. 1. 12** 构件及节点承载力抗震调整系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 构件及接缝类型及受力性质 | |  |
| 梁、外挂墙板 | 受弯 | 0.75 |
| 轴压比小于0.15 的柱 | 偏压 | 0.75 |
| 轴压比不小于0.15 的柱 | 偏压 | 0.80 |
| 剪力墙 | 偏压 | 0.85 |
| 各类构件及框架节点 | 受剪、偏拉 | 0.85 |
| 接缝 | 受弯、偏拉、受剪 | 0.85 |

**6. 1. 13** 按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下，装配整体式混凝土结构的层间位移角限值宜按表6.1.13采用。

表**6. 1. 13** 楼层层间最大位移与层高之比的限值

|  |  |
| --- | --- |
| 结构类型 | 限值 |
| 装配整体式框架结构 | 1/550 |
| 装配整体式框架-现浇剪力墙结构 | 1/800 |
| 装配整体式剪力墙结构 | 1/1000 |

**6. 1. 14** 进行结构整体计算时，叠合楼盖在其自身平面内可视为无限刚性。楼面梁的刚度可计入翼缘作用予以增大。

**6. 2** 作用及作用组合

**6. 2. 1** 装配式结构的作用及作用组合应根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666等确定。

**6. 2. 2** 预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取1.2。

**6. 2. 3** 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的1.5倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

**1** 动力系数不宜小于1.2；

**2** 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于1.5kN/m2。

**6. 2. 4** 进行后浇叠合层混凝土施工阶段验算时，叠合楼盖的施工活荷载取值可按实际情况计算，且不宜小于1.5kN/m2。

**6. 3** 预制构件设计

**6. 3. 1** 预制构件的设计应符合下列规定：

**1** 对持久设计状况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；

**2** 对地震设计状况，应对预制构件进行承载力验算；

**3** 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件验算，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

**6. 3. 2** 预制构件应合理选择吊具、吊点的数量与位置，使其在脱模、翻转、运输及安装阶段符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

**6. 3. 3** 当预制构件中钢筋的混凝土保护层厚度大于50mm时，宜对钢筋的保护层采取有效的构造措施。

**6. 3. 4** 预制构件中的预埋件验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

**6. 3. 5** 预制板式楼梯板底、板面均应配置通长的纵向钢筋。

**6. 4** 连接设计

**6. 4. 1** 装配式整体结构中，接缝的正截面承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。接缝的受剪承载力应符合下列规定：

**1** 持久设计状况：

 （6.4.1-1）

**2** 地震设计状况：

 （6.4.1-2）

在梁、柱端部箍筋加密区尚应符合下式要求：

 （6.4.1-3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 结构重要性系数，按国家现行相关标准规定取用； |
|  | —— | 持久设计状况下接缝处剪力设计值； |
|  | —— | 地震设计状况下接缝处剪力设计值； |
|  | —— | 持久设计状况下接缝处受剪承载力设计值； |
|  | —— | 地震设计状况下接缝处受剪承载力设计值； |
|  | —— | 预制构件端部按照实配钢筋计算的斜截面受剪承载力设计值； |
|  | —— | 接缝受剪承载力增大系数，抗震等级为一、二级取1.2，抗震等级为三、四级取1.1。 |

**6. 4. 2** 装配整体式结构中，节点及接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、施工工艺等要求选用机械连接、套筒灌浆连接、焊接连接、绑扎搭接连接等连接方式，并应符合国家现行相关标准的规定

**6. 4. 3** 纵向钢筋采用套筒灌浆连接时，应符合下列规定：

**1** 接头应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107中I级接头的性能要求，并应满足国家现行相关标准的要求；

**2** 预制剪力墙中钢筋接头处套筒外侧钢筋的混凝土保护层厚度不应小于15mm，预制柱中钢筋接头处套筒外侧箍筋的混凝土保护层厚度不应小于20mm；

**3** 套筒之间的净距不应小于25mm。

**6. 4. 4** 预制构件与后浇混凝土、灌浆料的结合面应设置粗糙面、键槽，并应符合下列规定：

**1** 预制梁、板与后浇混凝土之间的水平结合面应设置粗糙面；

**2** 预制梁端面应设置键槽；预制柱底部端面应设置键槽，顶部端面应设置粗糙面；预制剪力墙的顶部和底部与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面；侧面与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面或键槽；

**3** 预制梁端面设置键槽时，键槽的尺寸和数量应按照本标准第7.2.2条的规定计算确定；键槽的深度不宜小于30mm，键槽宽度不宜小于深度的3倍且不宜大于深度的10倍。槽口距离截面边缘不宜小于50mm；键槽间距宜等于键槽宽度，键槽端部斜面倾角不宜大于30°；

**4** 预制板的粗糙面凹凸深度不应小于4mm，其余构件的粗糙面凹凸深度不应小于6mm。

**6. 4. 5** 预制构件纵向受力钢筋宜在后浇混凝土内直线锚固，当直线锚固长度不足时可采用弯折、机械锚固方式，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的规定。

**6. 4. 6** 预制楼梯与支承构件之间宜采用简支连接。采用简支连接时，应符合下列规定：

**1** 预制楼梯宜一端设固定铰，另一端设滑动铰；支座变形能力应与结构在水平力作用下的层间位移相适应。预制楼梯在支承构件上的搁置长度，当抗震设防烈度为8度时不应小于100mm，其它情况时不应小于75mm；

**2** 预制楼梯设置滑动铰的端部应有防滑落的构造措施。

**6. 5** 楼盖设计

**6. 5. 1** 装配整体式结构的楼盖可采用混凝土叠合楼板和钢筋桁架组合楼板等形式。

**6. 5. 2** 混凝土叠合板应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010进行设计，并应符合下列规定：

**1** 叠合板的预制板厚度不宜小于60mm，后浇层厚度不应小于60mm；

**2** 板跨大于3m的叠合板宜采用钢筋桁架混凝土叠合楼板；

**3** 预制板块的短边边长不宜大于3500mm。

**6. 5. 3** 叠合梁水平叠合面的受剪承载力验算应符合下列规定：

**1** 叠合面的受剪承载力验算应以支座点、弯矩绝对值最大点和零弯矩点为界限，划分为若干剪跨区分别进行（图6.5.3）。



图6. 5. 3 叠合梁剪跨区段的划分示意

**2** 每个剪跨区段内，叠合面上的纵向剪力可按下式计算：

当叠合面在混凝土受压区范围之外时：

 （6.5.3-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 各剪跨区段梁纵向受力钢筋配筋面积； |
|  | —— | 纵向受力钢筋抗拉强度设计值。 |

当叠合面在混凝土受压区范围之内时：

 （6.5.3-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 叠合面以上混凝土受压区面积； |
|  | —— | 混凝土轴心抗压强度设计值。 |

**3** 各剪跨区段内的水平叠合面受剪承载力应按以下规定验算：

 （6.5.3-3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 混凝土轴心抗拉强度设计值； |
|  | —— | 各剪跨区段的水平叠合面面积； |
|  | —— | 各剪跨区段内，穿过叠合面的抗剪钢筋截面面积，箍筋可计入抗剪钢筋； |
|  | —— | 抗剪钢筋抗拉强度设计值，且不大于360N/mm2； |
|  | —— | 抗剪钢筋与水平叠合面的夹角 ； |
|  | —— | 与水平叠合面粗糙度相关的系数，本标准第6.4.4条规定时可取。 |

**4** 抗剪钢筋配筋率不应低于0.2%，配筋率按下式计算：

 （6.5.3-4）

**5** 抗剪钢筋在叠合面两侧均应有可靠锚固且锚固长度不应小于15*d*；*d*为抗剪钢筋直径。

**6. 5. 4** 未配置抗剪钢筋的叠合板，当水平叠合面符合本标准第6.4.4条关于粗糙度的构造规定时，可按下列公式进行水平叠合面的抗剪验算：

 （6.5.4）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 叠合板支座处剪力； |
|  | —— | 叠合板宽度； |
|  | —— | 叠合板有效高度。 |

**6. 5. 5** 叠合板可根据预制板接缝构造、支座构造、长宽比按单向板或双向板设计。当预制板之间采用分离式接缝（图6.5.5a）时，宜按单向板设计。对长宽比不大于3的四边支承叠合板，当其预制板之间采用整体式接缝（图6.5.5b）或无接缝（图6.5.5c）时，可按双向板设计。整体式接缝宜设置在叠合板的次要受力方向上且宜避开最大弯矩截面。



（a）单向叠合板 （b）整体式接缝双向板 （c）无接缝双向板

图6. 5. 5 预制板布置形式示意

1—预制叠合板；2—梁或墙；3—板侧分离式接缝；4—板端；

5—板侧；6—板侧整体式接缝

**6. 5. 6** 叠合板支座处的纵向钢筋应符合下列规定：

**1** 板端支座处，预制板端部纵向受力钢筋宜伸出并锚入支承梁或墙的后浇混凝土中，锚固长度不应小于5*d*（*d*为纵向受力钢筋直径），且宜伸至支座中心线（图6.5.6a）；

**2** 单向叠合板的板侧支座处，当预制板的板底分布钢筋伸入支承梁或墙时，应符合本条第1款的规定；当板底分布钢筋不伸入支承梁或墙时，宜在紧邻预制板顶面的后浇混凝土中设置附加钢筋；附加钢筋截面面积不宜小于预制板内同向板底分布钢筋面积，附加钢筋在预制板后浇叠合层内锚固长度不应小于15*d*，在支座内的锚固长度不应小于15*d*（*d*为附加钢筋直径），且宜伸过支座中心线（图6.5.6b）；



（a）板端支座 （b）板侧支座

图6. 5. 6 叠合板支座构造示意

1—支承梁或墙；2—预制板；3—纵向受力钢筋；4—附加钢筋；5—支座中心线

**6. 5. 7** 单向叠合板板侧的分离式接缝宜配置附加钢筋（图6.5.7），并应符合下列规定：

**1** 接缝处紧邻预制板顶面宜设置垂直于板缝的附加钢筋，附加钢筋伸入两侧后浇混凝土叠合层的锚固长度不应小于15*d*（*d*为附加钢筋直径）；

**2** 附加钢筋截面面积不宜小于预制板中该方向钢筋面积，且钢筋直径不宜小于6mm，间距不宜大于250mm。



图6. 5. 7 单向叠合板板侧分离式拼缝构造示意

1—后浇混凝土叠合层；2—预制板；3—附加钢筋；4—后浇层内钢筋

**6. 5. 8** 钢筋桁架混凝土叠合板应符合以下规定：

**1** 钢筋桁架应沿主要受力方向布置；

**2** 钢筋桁架距板边不应大于300mm，间距不宜大于600mm；

**3** 钢筋桁架的上弦杆钢筋直径不宜小于8mm，腹杆钢筋直径不应小于4mm；

**4** 钢筋桁架的弦杆钢筋的混凝土保护层厚度不应小于15mm。

**6. 5. 9** 当未设置钢筋桁架时，在下列情况下，叠合楼板的预制板和后浇混凝土间应设置抗剪构造钢筋：

**1** 单向叠合板跨度大于4.0m时，在距支座1/4跨范围内；

**2** 双向叠合板短向跨度大于4.0m时，在距四边支座1/4短跨范围内；

**3** 悬挑叠合板及悬挑板上部纵向受力钢筋在相邻叠合板的后浇混凝土锚固范围内。

**6. 5. 10** 叠合板的预制板和后浇混凝土之间设置的抗剪构造钢筋应符合下列规定：

**1** 抗剪构造钢筋宜采用马镫形状，间距不宜大于400mm，钢筋直径*d*不应小于6mm；

**2** 马镫筋宜伸至叠合板上、下部纵向钢筋处，预埋在预制板内的总长度不应小于15*d*，水平段长度不应小于50mm。

**6. 5. 11** 阳台板、空调板宜采用预制构件或预制叠合构件。预制构件应与主体结构可靠连接；叠合构件的板面钢筋应在相邻叠合板的后浇混凝土中可靠锚固，叠合构件中预制板板底钢筋的锚固应符合下列规定：

**1** 当板底为构造配筋时，其钢筋锚固应符合本标准第6.5.6条第1款的规定；

**2** 当板底为计算要求配筋时，钢筋应满足受拉钢筋的锚固要求。

**6. 6** 消能减震和隔震

**6. 6. 1** 本节适用于设置隔震层以隔离水平地震动的装配整体式结构隔震设计，以及设置消能部件吸收与消耗地震能量的装配整体式结构消能减震设计。

**6. 6. 2** 装配整体式结构的隔震及消能减震设计应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定。

**6. 6. 3** 消能减震设计时，应根据多遇地震下的预期减震要求及罕遇地震下的预期结构位移控制要求，适当设置消能部件。消能部件可由消能器及斜撑、墙体、梁等支承构件组成。消能器可采用速度相关型、位移相关型或其它类型。

**6. 6. 4** 消能减震设计的计算分析，应符合下列规定：

**1** 当主体结构基本处于弹性工作阶段时，可采用线性分析方法作简化估算。消能减震结构的自振周期应考虑消能部件有效刚度的影响。消能减震结构的总阻尼比应为结构阻尼比和消能部件附加给结构的有效阻尼比的总和；多遇地震和罕遇地震下的总阻尼比应分别计算；

**2** 对主体结构进入弹塑性阶段的计算，可采用静力非线性分析方法或非线性时程分析方法。在非线性分析中，消能减震结构的恢复力模型应包括结构恢复力模型和消能部件的恢复力模型；

**3** 消能减震结构的弹塑性层间位移角限值，应符合预期的变形控制要求，宜比非消能减震结构适当减小。

**6. 6. 5** 采用消能减震设计的主体结构的楼、屋盖宜满足其在自身平面内无限刚性的计算假定；当不满足该要求时，应考虑楼、屋盖平面内的弹性变形。

**6. 6. 6** 消能部件的布置应符合下列规定：

**1** 消能部件的布置宜使结构在两个主轴方向的动力特性相近；

**2** 消能部件的竖向布置宜使结构沿高度方向刚度均匀；

**3** 消能部件宜布置在层间相对位移或相对速度较大的楼层，同时可采用合理形式增加消能器两端的相对变形或相对速度，以提高消能器的减震效率；

**4** 消能部件的布置不应使结构出现薄弱构件或薄弱层。

**6. 6. 7** 消能部件的布置宜使消能减震结构的设计参数符合下列规定：

**1** 各楼层的消能部件有效刚度与主体结构层间刚度的比值宜接近；

**2** 各楼层的消能部件的最大阻尼力与主体结构的层间剪力和层间位移的乘积之比的比值宜接近；

**3** 消能减震结构布置消能部件的楼层中，消能器的最大阻尼力在水平方向上分量之和不宜大于楼层层间屈服剪力的60%。

**6. 6. 8** 结构采用消能减震设计时，消能部件的相关部位应符合下列规定：

**1** 在消能器施加给主结构的最大阻尼力作用下，消能器与主结构之间的连接部件应保持在弹性范围内工作；

**2** 与消能部件相连的主体构件设计时应计入由消能部件传递的附加内力。

**6. 6. 9** 与位移相关型或速度相关型消能器相连的预埋件、支撑和支墩、剪力墙及节点板的作用力取值应为消能器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的1.2倍。

**6. 6. 10** 消能器应符合下列规定：

**1** 消能器的性能参数应符合现行行业标准《建筑消能减震技术规程》JGJ 297的相关规定，并应经试验确定；

**2** 消能器的设置应采取便于检查和替换的措施；

**3** 设计文件上应注明对消能器的性能要求；安装前应按规定进行检测，确保性能符合要求。

**6. 6. 11** 装配整体式混凝土结构采用的隔震系统可由隔震支座及阻尼装置组成，以延长整个结构体系的自振周期，减少上部结构的地震响应。隔震系统需满足以下要求：

**1** 隔震支座应进行竖向承载力验算和罕遇地震下水平位移验算；

**2** 宜设置消能器以控制结构因周期延长可能导致的位移增加；

**3** 隔震支座应具有足够的水平抗风刚度；

**4** 隔震支座应具有复位功能，使得结构在地震后能回复到原位；

**5** 隔震系统应考虑老化、蠕变、疲劳、温度及潮湿等因素的影响；

**6** 隔震系统应采取防火保护措施，耐火极限不应低于3h；

**7** 隔震层结构设计应考虑隔震系统的检测、检查、维护及更换。

**6. 6. 12** 隔震系统所采用的隔震支座及消能器性能参数应经试验确定。

**7** 框架结构设计

**7. 1** 一般规定

**7. 1. 1** 除本标准另有规定外，装配整体式框架结构可按现浇混凝土框架结构进行设计。

**7. 1. 2** 装配整体式框架结构中，预制柱的纵向钢筋连接宜采用套筒灌浆连接。

**7. 1. 3** 装配整体式框架结构中，预制柱水平接缝处不宜出现拉力。

**7. 2** 承载力计算

**7. 2. 1** 对一、二、三级抗震等级的装配整体式框架，应进行梁柱节点核心区抗震验算；对四级抗震等级的装配整体式框架可不进行验算。梁柱节点核心区的验算方法和构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《建筑抗震设计规范》GB 50011中的相关规定。

**7. 2. 2** 叠合梁竖向接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

**1** 持久设计状况

 （7.2.2-1）

**2** 地震设计状况

 （7.2.2-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 叠合梁梁端后浇层截面面积； |
|  | —— | 预制构件混凝土轴心抗压强度设计值； |
|  | —— | 穿过竖向结合面的钢筋抗拉强度设计值； |
|  | —— | 穿过竖向结合面的钢筋在结合面上投影面积之和； |
|  | —— | 后浇键槽根部面积与预制键槽根部面积的较小值。 |



图7. 2. 2 叠合梁端受剪承载力计算参数示意

1—后浇节点区；2—后浇混凝土叠合层；3—预制梁；

4—预制键槽根部截面；5—后浇键槽根部截面

**7. 2. 3** 在水平力作用工况下，预制柱底水平接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

当预制柱底水平接缝为承压状态时：

 （7.2.3-1）

当预制柱底水平接缝为受拉状态时：

 （7.2.3-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 预制柱混凝土轴心抗压强度设计值； |
|  | —— | 穿过水平接缝的钢筋抗拉强度设计值； |
|  | —— | 水平接缝处的轴向力设计值，取绝对值进行计算； |
|  | —— | 穿过水平接缝的钢筋在结合面上投影面积之和； |
|  | —— | 预制柱底水平接缝的受剪承载力设计值。 |

**7. 2. 4** 混凝土叠合梁和预制框架柱的设计应符合本标准和现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011中的有关规定。

**7. 3** 构造设计

**7. 3. 1** 预制框架柱及节点区的钢筋配置、构造要求应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，并应满足以下要求：

**1** 矩形柱截面宽度或圆柱直径不宜小于400mm，且不宜小于同方向梁宽的1.5倍；

**2** 柱的纵向受力钢筋可集中于四角对称配置。当纵向受力钢筋的间距不满足最大间距要求时，可设置辅助纵向钢筋；辅助纵向钢筋的直径不宜小于10mm及纵向受力钢筋直径的1/2；正截面承载力计算不计入辅助纵向钢筋时，辅助纵向钢筋可不伸入框架节点；

**3** 预制柱箍筋可采用连续复合箍筋；

**4** 柱纵向受力钢筋在柱底采用套筒灌浆连接时，柱箍筋加密区长度不应小于纵向受力钢筋连接区域长度与500mm之和；套筒上端第一道箍筋距离套筒顶部不应大于50mm（图7.3.1）。



图7. 3. 1 钢筋采用套筒灌浆连接时柱底箍筋加密区域构造示意

1—预制柱；2—套筒灌浆连接接头；3—箍筋加密区（阴影区域）；4—加密区箍筋

**7. 3. 2** 底层预制柱与现浇基础连接时，基础内的框架柱插筋下端宜做成直钩，并伸至基础底部钢筋网上，同时应满足锚固长度的要求，宜设置主筋定位架辅助主筋定位；在基础顶面处伸出钢筋并与上层预制柱内纵筋采用套筒灌浆连接，预制柱底宜设置抗剪凹槽，柱底接缝厚度宜为15mm，并应采用灌浆料填实（图7.3.2）。

****

图7. 3. 2 预制柱与基础的连接示意

1—预制柱；2—灌浆套筒；3—主筋定位架

**7. 3. 3** 预制柱与下层现浇结构连接时，下层柱应在节点顶面处伸出钢筋并与上层预制柱内纵筋采用套筒灌浆连接，预制柱底宜设置抗剪凹槽，柱底接缝厚度宜为15mm，并应采用灌浆料填实（图7.3.3a）。当上下层柱变截面时，柱纵筋可在节点区内弯折（图7.3.3b）。

****

（a）等截面柱 （b）变截面柱

图7. 3. 3 预制柱连接示意

1—上层预制柱主筋；2—下层预制柱主筋；3—灌浆套筒

**7. 3. 4** 装配整体式框架结构中，当采用叠合梁时，框架梁的后浇混凝土叠合层厚度不宜小于150mm（图7.3.4），次梁的后浇混凝土叠合层厚度不宜小于120mm；当采用凹口截面预制梁时（图7.3.4b），凹口深度不宜小于50mm，凹口边厚度不宜小于60mm。



（a）矩形截面预制梁 （b）凹口截面预制梁

图7. 3. 4 叠合框架梁截面示意

1—后浇混凝土叠合层；2—预制梁；3—预制板

**7. 3. 5** 叠合梁的钢筋配置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，并满足以下要求：

**1** 抗震等级为一、二级的框架梁端部加密区宜采用整体封闭箍筋（图7.3.5a）；

**2** 承受扭矩的叠合梁应采用整体封闭箍筋；

**3** 采用组合封闭箍筋的形式时，梁箍筋可采用焊接钢筋网弯折成U形，端部应采用135°弯钩，箍筋帽可采用焊接钢筋网弯折，端部应采用135°弯钩。非抗震设计时，弯钩端头平直段长度不应小于5*d*（*d*为箍筋直径）；抗震设计时，弯钩端头平直段长度不应小于10*d*（图7.3.5b）；

**4** 叠合梁预制部分的腰筋不承受扭矩时，可不伸入梁柱节点。



（a） 采用整体封闭箍筋的叠合梁



（b） 采用组合封闭箍筋的叠合梁

图7. 3. 5 叠合梁箍筋构造示意

1—预制梁；2—开口箍筋；3—上部纵向钢筋；4—箍筋帽

**7. 3. 6** 采用预制柱及叠合梁的装配整体式框架梁柱节点宜现浇。对于中间层节点，梁纵向受力钢筋应伸入后浇节点区内锚固，柱纵向钢筋穿过节点区；对于顶层节点，梁、柱纵向受力钢筋应伸入后浇节点区内锚固。钢筋可采用直线锚固、弯折锚固或机械锚固的方式，其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中的有关规定；当采用锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256中的有关规定。

**7. 3. 7** 中间层梁柱节点梁下部纵筋可在节点区内交错式锚固（图7.3.7），并应符合下列规定：

**1** 节点两侧梁的纵筋宜反对称布置，相邻钢筋的净间距不应小于10mm；

**2** 没有纵向受力钢筋的梁箍筋角部应设置辅助纵向钢筋，辅助纵向钢筋直径不宜小于10mm，可不伸入梁柱节点；

**3** 边节点处，梁上部纵筋可采用锚固板锚固。



（a）中柱节点 （b）边柱节点

图7. 3. 7 中间层框架节点构造示意

1—柱主筋；2—梁箍筋；3—梁面钢筋；4—预制梁；5—预制柱；6—梁底钢筋

**7. 3. 8** 顶层梁柱节点处钢筋连接及锚固应满足下列要求：

**1** 对顶层中节点，柱纵向受力钢筋宜采用直线锚固；当梁截面尺寸不满足直线锚固要求时，宜采用锚固板锚固（图7.3.8-1）；

**2** 钢筋端锚固板中钢筋混凝土保护层厚度小于3*d*（*d*为锚固钢筋直径）时，在其埋入长度范围内应配置横向箍筋，其直径不小于1/4 *d*，且不小于10mm；横向箍筋间距不大于5*d*，且不大于100mm；第一根横向箍筋应配置在离端锚固板承压面1*d*的范围内；离柱筋端锚固板最近的水平箍筋应采用并列的双层箍筋；

**3** 对顶层端节点，梁下部纵筋应锚固在后浇节点区内；其他受力钢筋的锚固应符合下列规定：

**1）**柱宜伸出屋面并将柱纵向受力钢筋锚固在伸出段内（图7.3.8-2a），伸出段长度不宜小于500mm，伸出段内箍筋间距不应大于5*d*（*d*为柱纵向受力钢筋直径），且不应大于100mm；柱纵向钢筋宜采用锚固板锚固，锚固长度不应小于40*d*；

**2）**柱外侧纵向受力钢筋也可与梁上部纵向受力钢筋在后浇节点区搭接（图7.3.8-2b），其构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中的规定；柱内侧纵向受力钢筋宜采用锚固板锚固。



图7. 3. 8-1 顶层中柱节点构造示意

1—柱主筋；2—梁箍筋；3—梁面钢筋；4—预制梁；5—预制柱；6—梁底钢筋；

7—钢筋端锚固板；8—加强箍筋



（a）柱向上伸长 （b）梁柱外侧钢筋搭接

图7. 3. 8-2 顶层边柱节点构造示意

1—柱主筋；2—梁箍筋；3—梁面钢筋；4—预制梁；5—预制柱；6—梁底钢筋；

7—钢筋端锚固板；8—加强箍筋；9—柱延伸段

**7. 3. 9** 次梁与主梁宜采用铰接连接，也可采用刚接连接。当采用刚接连接并采用后浇段连接的形式时，应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1的有关规定。当采用铰接连接时，可采用企口连接或钢企口连接形式；采用企口连接时，应符合国家现行标准的有关规定；当次梁不直接承受动力荷载且跨度不大于9m时，可采用钢企口连接（图7.3.9-1），并应符合下列规定：

**1** 钢企口两侧应对称布置抗剪栓钉，钢板厚度不应小于栓钉直径的0.6倍；预制主梁与钢企口连接处应设置预埋件；次梁端部1.5倍梁高范围内，箍筋间距不应大于100mm；



图7. 3. 9-1 钢企口接头示意

1—预制次梁；2—预制主梁；3—次梁端部加密箍筋；4—钢板；

5—栓钉；6—预埋件；7—灌浆料

**2** 钢企口接头的承载力验算（图7.3.9-2），除应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定外，尚应符合下列规定：



图7. 3. 9-2 钢企口示意

1—栓钉；2—预埋件；3—截面A；4—截面B

**1）**钢企口接头应能够承受施工及使用阶段的荷载；

**2）**应验算钢企口截面A 处在施工及使用阶段的抗弯、抗剪强度；

**3）**应验算钢企口截面B处在施工及使用阶段的抗弯强度；

**4）**凹槽内灌浆料未达到设计强度前，应验算钢企口外挑部分的稳定性；

**5）**应验算栓钉的抗剪强度；

**6）**应验算钢企口搁置处的局部受压承载力。

**3** 抗剪栓钉的布置，应符合下列规定：

**1）**栓钉杆直径不宜大于19mm，单侧抗剪栓钉排数及列数均不应小于2；

**2）**栓钉间距不应小于杆径的6倍且不宜大于300mm；

**3）**栓钉至钢板边缘的距离不宜小于50mm，至混凝土构件边缘的距离不应小于200mm；

**4）**栓钉钉头内表面至连接钢板的净距不宜小于30mm；

**5）**栓钉顶面的保护层厚度不应小于25mm。

**4** 主梁与钢企口连接处应设置附加横向钢筋，相关计算及构造要求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。

**8** 剪力墙结构设计

**8. 1** 一般规定

**8. 1. 1** 装配整体式剪力墙结构宜选择规则、均匀的建筑体型，不应采用特别不规则的建筑体型。剪力墙的布置尚应符合下列规定：

**1** 剪力墙应双向布置，且两个主轴方向的侧向刚度不宜相差过大；

**2** 剪力墙自下而上宜连续布置，避免层间抗侧刚度突变，不应采用装配整体式框支剪力墙结构；

**3** 门窗洞口宜上下对齐、成列布置，形成明确的墙肢和连梁；抗震设计时剪力墙底部加强部位不应采用错洞墙，结构全高范围内均不应采用叠合错洞墙；

**4** 剪力墙墙肢长度不宜大于8m，各墙肢高度与长度的比值不宜小于3；

**5** 当同一层既有预制墙肢又有现浇墙肢时，宜在电梯筒、楼梯间处布置现浇剪力墙。

**8. 1. 2** 抗震设计时，对同一层内既有现浇墙肢也有预制墙肢的装配整体式剪力墙结构，现浇墙肢水平地震作用弯矩、剪力宜乘以不小于1.1的增大系数。

**8. 1. 3** 抗震设计时，内、外墙均预制的装配整体式剪力墙结构不应采用短肢剪力墙；对于外墙预制、内墙现浇的装配整体式剪力墙结构，在规定的水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不应大于结构底部总地震倾覆力矩的30%。

**8. 1. 4** 在风荷载效应起控制作用的持久设计状况或多遇地震设计状况下，装配整体式剪力墙结构中预制墙肢接缝处应避免出现全墙肢受拉。

**8. 2** 预制剪力墙构造

**8. 2. 1** 预制剪力墙墙板宜采用一字形，也可采用L形、T形或U形。预制剪力墙墙板尚应符合下列规定：

**1**  预制墙板的划分应考虑制作、运输、吊运、安装的条件；

**2**  预制墙板厚度不宜小于200mm；

**3** 开洞预制剪力墙洞口宜在宽度方向居中布置，洞口两侧的墙肢宽度不应小于200mm，洞口上方的连梁高度不应小于250mm。

**8. 2. 2** 预制剪力墙的连梁不宜开洞；当需开洞时，洞口宜预埋套管，洞口上下截面的有效高度不宜小于梁高的1/3，且不宜小于200mm；被洞口削弱的连梁截面应进行承载力验算，洞口处应配置补强纵向钢筋和箍筋，补强纵向钢筋的直径不应小于12mm。

**8. 2. 3** 预制剪力墙开有边长小于800mm的洞口且在结构整体计算中不考虑其影响时，应沿洞口周边配置补强钢筋；补强钢筋的直径不应小于12mm，截面面积不应小于同方向被洞口截断的钢筋面积；该钢筋自孔洞边角算起伸入墙内的长度，非抗震设计时不应小于，抗震设计时不应小于（图8.2.3）。



图8. 2. 3 预制剪力墙洞口补强钢筋配置示意

1—洞口补强钢筋

**8. 2. 4** 当采用套筒灌浆连接时，自套筒底部至套筒顶部并向上延伸300mm范围内，预制剪力墙的水平分布筋应加密（图8.2.4），加密区水平分布筋的最大间距不应大于100mm，最小直径不应小于8mm。套筒上端第一道水平分布钢筋距离套筒顶部不应大于50mm。



图8. 2. 4 钢筋套筒灌浆连接部位水平分布钢筋的加密构造示意

1—灌浆套筒；2—水平分布钢筋加密区域（阴影区域）；

3—竖向钢筋；4—水平分布钢筋

**8. 2. 5** 端部无边缘构件的预制剪力墙，宜在端部配置2根直径不小于12mm的竖向构造钢筋；沿该钢筋竖向应配置拉筋，拉筋直径不宜小于6mm、间距不宜大于250mm。

**8. 2. 6** 当预制外墙采用夹心墙板时，应满足下列要求：

**1**  外叶墙板厚度不应小于50mm，且外叶墙板应与内叶墙板可靠连接；

**2**  夹心外墙板的夹层厚度不宜大于120mm；

**3** 当作为承重墙时，内叶墙板应按剪力墙进行设计。

**8. 3** 连接设计

**8. 3. 1** 同一楼层内相邻预制剪力墙间应采用整体式接缝连接，且应符合下列规定：

**1**  当接缝位于约束边缘构件区域时，约束边缘构件的阴影区域（图8.3.1）宜全部采用后浇混凝土，并应在后浇段内设置封闭箍筋；

**2**  当接缝位于构造边缘构件区域时，构造边缘构件宜全部采用后浇混凝土；

**3** 当接缝位于非边缘构件区域时，相邻预制剪力墙间应设置后浇段，后浇段的宽度不应小于墙厚且不宜小于200mm；后浇段内应设置不少于4根竖向钢筋，钢筋直径不应小于墙体竖向分布筋直径且不应小于8mm；

**4** 预制剪力墙的水平分布钢筋在后浇段内的锚固、连接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。



图8. 3. 1 约束边缘构件阴影区域示意

—约束边缘构件沿墙肢的长度；1—后浇段；2—预制剪力墙

**8. 3. 2** 装配式剪力墙结构各层楼面处均应设置封闭的后浇钢筋混凝土圈梁（图8.3.2），并应符合下列规定：

**1**  圈梁截面宽度不应小于剪力墙的厚度，截面高度不宜小于楼板厚度及250mm的较大值；圈梁应与楼、屋盖浇筑成整体；

**2**  圈梁内配置的纵向钢筋不应少于4φ12，且按全截面计算的配筋率不应小于0.5%和墙体水平分布筋配筋率的较大值；纵向钢筋竖向间距不应大于200mm；箍筋间距不应大于200mm，且直径不应小于8mm。



（a）端部节点 （b）中间节点

图8. 3. 2 后浇钢筋混凝土圈梁构造示意

1—后浇混凝土叠合层；2—预制板；3—后浇圈梁；4—预制剪力墙

**8. 3. 3** 预制剪力墙底部接缝宜设置在楼面标高处，并应符合下列规定：

**1**  接缝高度宜为20mm；

**2**  接缝宜采用灌浆料填实；

**3**  接缝处后浇混凝土上表面应设置粗糙面。

**8. 3. 4** 上下层预制剪力墙的竖向钢筋，当采用套筒灌浆连接时，应符合下列规定：

**1**  边缘构件竖向钢筋应逐根连接；

**2**  预制剪力墙的竖向分布钢筋，当仅部分连接时（图8.3.4），被连接的同侧钢筋间距不应大于600mm，且在剪力墙构件承载力设计和分布钢筋配筋率计算中不得计入不连接的分布钢筋；不连接的竖向分布钢筋直径不应小于6mm。



图8. 3. 4 预制剪力墙竖向分布钢筋连接构造示意

1—不连接的竖向分布钢筋；2—连接的竖向分布钢筋；3—连接接头

**8. 3. 5** 预制剪力墙相邻下层为现浇剪力墙时，预制剪力墙与下层现浇剪力墙中竖向钢筋的连接应符合本标准第8.3.4条的规定，下层现浇剪力墙顶面应设置粗糙面。

**8. 3. 6** 在地震设计状况下，剪力墙水平接缝的受剪承载力设计值应按下式计算：

 （8.3.6）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 穿过水平接缝的钢筋抗拉强度设计值； |
|  | —— | 垂直穿过结合面的抗剪钢筋面积； |
|  | —— | 与剪力设计值V相应的垂直于结合面的轴向力设计值，压力时取正，拉力时取负。 |

**8. 3. 7** 预制剪力墙洞口上方的预制连梁宜与后浇圈梁形成叠合连梁，叠合连梁的配筋及构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定，跨高比小于2.5的连梁宜采用现浇。

**8. 3. 8** 当预制叠合连梁端部与预制剪力墙在平面内拼接时，接缝构造应符合下列规定：

**1**  当墙端边缘构件采用后浇混凝土时，连梁纵向钢筋应在后浇段中可靠锚固（图8.3.8-1）；



图8. 3. 8-1 预制连梁钢筋在后浇段内锚固构造示意

1—预制剪力墙；2—预制连梁；3—边缘构件箍筋；4—连梁下部纵向受力钢筋锚固

**2**  当预制剪力墙端部预留局部后浇节点区时，连梁的纵向钢筋应在局部后浇节点区内可靠锚固（图8.3.8-2）；



图8. 3. 8-2 预制连梁钢筋在局部后浇节点区内锚固构造示意

1—预制剪力墙；2—预制连梁；3—边缘构件箍筋；4—连梁下部纵向受力钢筋锚固

**3**  应按本标准第6.5.4条的规定进行叠合连梁水平叠合面的受剪承载力计算；

**4**  应按本标准第7.2.2条的规定进行叠合连梁端部接缝的受剪承载力计算。

**8. 3. 9** 当采用后浇连梁时，宜在预制剪力墙端伸出预留纵向钢筋，并与后浇连梁的纵向钢筋可靠连接（图8.3.9）。



图8. 3. 9 后浇连梁与预制剪力墙连接构造示意

1—预制剪力墙；2—后浇连梁；3—预制剪力墙伸出纵向受力钢筋

**8. 3. 10** 当预制剪力墙洞口下方有混凝土墙时，宜将洞口下墙作为单独的连梁进行设计。

**8. 3. 11** 楼面梁不宜与预制剪力墙在墙平面外单侧连接；当楼面梁与剪力墙在平面外单侧连接时，应采用铰接构造。

**9** 外挂墙板设计

**9. 1** 一般规定

**9. 1. 1** 外挂墙板应采用合理的连接节点并与主体结构可靠连接。有抗震设防要求时，外挂墙板及其与主体结构的连接节点，应进行抗震设计。

**9. 1. 2** 外挂墙板结构分析可采用线性弹性方法，其计算简图应符合实际受力状态。

**9. 1. 3** 对外挂墙板和连接节点进行承载力计算时，其结构重要系数应取不小于1.0，连接节点的承载力抗震调整系数应取1.0。

**9. 1. 4** 外挂墙板与主体结构宜采用柔性连接，连接方式可分为点支承方式、线支承方式；连接节点应具有足够的承载力和适应主体结构变形的能力，并应采取可靠的防腐、防锈和防火措施。

**9. 1. 5** 外挂墙板之间的接缝应满足力学、耐候、耐久、环保和防火性能；应同时采用材料防水和构造防水的方式，保证接缝的防水、防潮性能。

**9. 1. 6** 支承外挂墙板的结构构件应具有足够的承载力和刚度。

**9. 2** 外挂墙板设计

**9. 2. 1** 计算外挂墙板及连接节点的承载力时，荷载组合的效应设计值应符合下列规定：

**1**  持久设计状况：

当风荷载效应起控制作用时：

 （9.2.1-1）

当永久荷载效应起控制作用时：

 （9.2.1-2）

**2**  地震设计状况：

在水平地震作用下：

 （9.2.1-3）

在竖向地震作用下：

 （9.2.1-4）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 基本组合的效应设计值； |
|  | —— | 水平地震作用组合的效应设计值； |
|  | —— | 竖向地震作用组合的效应设计值； |
|  | —— | 永久荷载的效应标准值； |
|  | —— | 风荷载的效应标准值； |
|  | —— | 水平地震作用的效应标准值； |
|  | —— | 竖向地震作用的效应标准值； |
|  | —— | 永久荷载分项系数，按本标准第9.2.2条规定取值； |
|  | —— | 风荷载分项系数，取1.5； |
|  | —— | 水平地震作用分项系数，取1.3； |
|  | —— | 竖向地震作用分项系数，取1.3； |
|  | —— | 风荷载组合系数。在持久设计状况下取0.6，地震设计状况下取0.2。 |

**9. 2. 2** 在持久设计状况、地震设计状况下，进行外挂墙板和连接节点的承载力设计时，永久荷载分项系数应按下列规定取值：

**1**  进行外挂墙板平面外承载力设计时，应取为0；进行外挂墙板平面内承载力设计时，应取为1.2；

**2**  进行连接节点承载力设计时，在持久设计状况下，当风荷载效应起控制作用时，应取为1.2，当永久荷载效应起控制作用时，应取为1.35；在地震设计状况下，应取为1.2。当永久荷载效应对连接节点承载力有利时，应取为1.0。

**9. 2. 3** 外挂墙板计算水平地震作用标准值时，可采用等效侧力法，并应按下式计算：

 （9.2.3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： | —— | 施加于外挂墙板重心处的水平地震作用标准值； |
|  | —— | 动力放大系数，可取5.0； |
|  | —— | 水平地震影响系数最大值，应按表9.2.3采用； |
|  | —— | 外挂墙板的重力荷载标准值。 |

表**9. 2. 3** 水平地震影响系数最大值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 抗震设防烈度 | 6度 | 7度 | 8度（0.2g） |
|  | 0.04 | 0.08（0.12） | 0.16 |

注：抗震设防烈度为7度时括号内数值用于设计基本地震加速度为0.15g的地区。

**9. 2. 4** 竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的0.65倍。

**9. 2. 5** 风荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009有关围护结构的规定确定。

**9. 2. 6** 外挂墙板在正常使用阶段的挠度容许值不应超过墙板计算跨度的1/200，裂缝控制等级为三级，最大裂缝宽度允许值为0.2mm。

**9. 3** 外挂墙板构造要求

**9. 3. 1** 外挂墙板最外层钢筋的混凝土保护层厚度除有专门要求外，表面有饰面的外挂墙板混凝土保护层厚度不应小于15mm，表面没有饰面的清水墙板混凝土保护层厚度不应小于20mm。

**9. 3. 2** 外挂墙板构造宜符合下列规定：

**1**  外挂墙板的高度不宜大于一个层高，厚度不宜小于100mm；

**2**  外挂墙板宜采用双层、双向配筋，竖向和水平钢筋的配筋率均不应小于0.15%；且钢筋直径不宜小于6mm，间距不宜大于200mm；

**3**  外挂墙板开有洞口时，应沿洞口周边、角部根据计算配置加强钢筋。

**9. 4** 连接节点设计

**9. 4. 1** 外挂墙板连接节点的构造设计应符合下列规定：

**1**  连接节点可适应的最大层间位移角：主体结构为混凝土结构时不应小于1/200；主体结构为钢结构时不应小于1/100；

**2**  连接节点应具有消除外挂墙板施工误差的三维调节能力；

**3**  连接节点应具有适应外挂墙板温度变形的能力。

**9. 4. 2** 外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，节点构造应符合下列规定：

**1**  应根据外挂墙板的形状、尺寸，确定连接点的数量和位置，连接点不应少于4个，承重连接点不应多于2个；

**2**  在外力作用下，外挂墙板相对主体结构可水平滑动或转动；

**3**  连接件的滑动孔尺寸应根据穿孔螺栓直径、层间位移值和施工误差等因素确定。

**9. 4. 3** 外挂墙板与主体结构采用线支承连接时，节点构造应符合下列规定：

**1**  外挂墙板与梁的固定连接区段应避开梁端1.5倍梁高区域；

**2**  外挂墙板与梁的结合面应做成粗糙面并宜设置键槽；接缝处应设置连接钢筋，连接钢筋数量应经过计算确定且钢筋直径不宜小于 8，间距不宜大于200mm；连接钢筋两端应分别锚固在外挂墙板和梁中，锚固长度均不应小于；

**3**  外挂墙板的非固定端应至少设置2个仅承受平面外水平荷载的连接节点。

**9. 4. 4** 外挂墙板连接节点中的预埋件、连接件、焊缝及螺栓的设计，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《钢结构设计标准》GB 50017的相关规定。外挂墙板连接节点的外露铁件应进行表面防腐处理。

**10** 预制混凝土构件深化设计

**10. 0. 1** 预制混凝土构件深化设计应依据施工图进行，结合建筑、结构、设备各个专业，考虑生产、运输、吊运、安装等因素，绘制外挂墙板、预制剪力墙板、叠合楼板、叠合梁、预制柱、预制楼梯等构件的制作详图，为预制构件的制作提供依据。

**10. 0. 2** 预制构件深化设计应符合下列规定：

**1**  预制外挂墙板、剪力墙板、叠合楼板深化设计应包含：板片分割和厚度验算、钢筋排布、端部钢筋连接设计、管线排布、预留孔洞定位、预埋件设计及预制剪力墙支撑验算等内容。采用预嵌瓷砖或石材饰面的预制外挂墙板时，还应进行饰面排版设计；

**2**  叠合梁深化设计应包含：梁段分割、梁端钢筋连接设计、纵筋和箍筋排布、搁置长度设置、管线排布、预留孔洞定位、预埋件设计等内容；

**3**  预制柱深化设计应包含：纵筋和箍筋排布、柱端纵筋连接设计、底层柱及顶层柱纵筋锚固设计、柱端接合面剪切构造、灌浆孔及沟槽、柱边导角、管线排布、预埋件设计等内容；

**4**  预制楼梯深化设计应包含：钢筋排布、端部钢筋连接、预埋件设计等内容。

**10. 0. 3** 预制构件深化设计应验算以下内容：

**1**  预制构件脱模、翻转、堆放、运输、吊运、安装等验算；

**2**  叠合梁板施工阶段承载力及支撑架验算；

**3**  叠合次梁企口和主梁挑耳、缺口验算；

**4**  叠合次梁牛担板和主梁开槽验算。

**10. 0. 4** 钢筋套筒灌浆连接（图10.0.4）应符合下列规定：

**1**  套筒和钢筋应配套使用；

**2**  预留钢筋伸入套筒内长度的允许偏差范围应为0~+15mm；

**3**  相邻套筒的净距宜大于25mm。



图10. 0. 4 钢筋套筒灌浆连接示意图

*L*1—连接钢筋锚固长度；*L*2 —预留钢筋锚固长度；*L* —套筒长度

**10. 0. 5** 构件深化设计中，对吊点设计及吊装验算应符合以下规定：

**1**  应设计吊点及支撑位置的加强措施；

**2**  吊装设计时，构件强度验算应考虑不同施工阶段的混凝土实际强度；

**3**  设置多个吊点时，应考虑吊装荷载在各吊点间可能的非均匀分布；

**4**  外挂墙板吊装时，吊索与外挂墙板水平面夹角宜为90度。

**11** BIM技术应用

**11. 0. 1** 装配式混凝土结构的规划、设计、制作、运输、施工、竣工交付及运营维护管理等过程宜采用BIM技术。

**11. 0. 2** BIM模型应采用统一的数据格式，满足各专业、各阶段的信息交流要求。选用的BIM平台软件应支持国家现行的相关标准，可实现专业软件间信息的无损传递，支持的数据格式应包含国际通用的IFC标准。

**11. 0. 3** BIM模型的建模深度应满足现行《建筑工程设计文件编制深度规定》中的相关要求，可划分为以下5个建模深度等级：

**1**  A级：满足规划设计的深度要求；

**2**  B级：满足施工图设计的深度要求；

**3**  C级：满足预制构件深化设计阶段的深度要求；

**4**  D级：满足现场信息化施工的要求，最终形成完整的竣工交付模型；

**5**  E级：满足运营维护的要求，为信息化的运维管理系统提供基础数据。

构件信息详细程度应与建模深度等级具有对应关系。

**11. 0. 4** 在建筑的全寿命周期内，各参与方应用的BIM模型应具有唯一标识性。模型文件名称宜按以下规则命名：编号（专业）+项目（+区域+系统）+日期，中间用（-）符号连接。编号与专业对应关系如表11.0.4所示。

表**11. 0. 4** 编号与专业对应表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | C | A | S | W | M | E | G | I |
| 专业 | 综合 | 建筑 | 结构 | 给排水 | 暖通 | 电气 | 勘察 | 内装 |

**11. 0. 5** 施工图设计阶段可应用BIM模型进行建筑物的性能分析，如日照性能分析、采光性能分析、风环境分析、节能分析、噪音分析等，以满足绿色建筑的要求。

**11. 0. 6** 预制构件深化设计阶段可应用BIM模型对预制构件中的钢筋、连接件、预埋件、机电管线等进行碰撞检查。叠合板后浇层、预制外挂墙板中的机电管线宜在BIM模型中进行综合布线设计。

**11. 0. 7** 预制构件生产阶段可基于BIM模型的整体数据库，在预制构件上附加二维信息码或RFID无线射频芯片，内置信息宜包含以下内容：

**1**  工程信息：工程名称，栋号；

**2**  设计信息：构件的几何、非几何信息（包含定位尺寸和坐标）；

**3**  生产信息：包含材料信息、批次、生产人员、质检等信息；

**4**  运输信息：包含运输班次、交接人员等信息；

**5**  施工信息：包含交接信息、测量及安装信息、竣工信息、质检信息等；

**6**  监理信息：监理人员信息。

现场安装前应扫描构件的二维码或者射频芯片获取相关信息，确认无误后方可开始安装。

**11. 0. 8** 现场施工阶段可应用BIM模型进行施工模拟，确定构件的吊运、装配顺序；并形成现场施工阶段的风险防控文档。

**12** 构件制作与运输

**12. 1** 一般规定

**12. 1. 1** 预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

**12. 1. 2** 预制构件制作前，应对其技术要求和质量标准进行技术交底，并应制定生产方案；生产方案应包括生产工艺、模具方案、生产计划、技术质量控制措施、成品保护、堆放及运输方案等内容。

**12. 1. 3** 预制构件用混凝土的工作性能应根据产品类别和生产工艺要求确定，构件用混凝土原材料及配合比设计应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55和《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281等的规定。

**12. 1. 4** 预制构件用钢筋的加工、连接与安装应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204等的有关规定。

**12. 1. 5 预制结构构件采用钢筋套筒灌浆连接时，应在构件生产前进行钢筋套筒灌浆连接接头的抗拉强度试验，每种规格的连接接头试件数量不应少于3个。**

**12. 1. 6** 预制构件的生产场地及设施应符合下列规定：

**1**  预制构件的制作应在工厂或符合生产条件的现场进行；

**2**  制作预制构件的场地应平整坚实，并有排水措施，可采用混凝土台座或钢台座，台座表面应平整；

**3**  行车、锅炉、叉车等预制生产设备应符合现行国家、行业相关规定。

**12. 2** 构件生产准备与制作

**12. 2. 1** 预制构件模具除应满足承载力、刚度、精度和整体稳定性的要求外尚应符合下列规定：

**1**  预制构件生产的模具应易于拆组，并能可靠抵抗浇筑混凝土时的冲击力、侧压力、振动力以及蒸汽养护所产生的膨胀、收缩而不变形；

**2**  宜采用定型钢模；对于形状复杂或数量少的构件也可采用木模或其它材料制作模具；

**3**  进行柱底套筒固定时，应先在柱底模板上固定橡胶环和螺杆，再将连接用灌浆套筒套在橡胶环上，拧紧螺杆，套筒与柱底模板应垂直；

**4**  叠合梁预制部分的梁端模板应满足梁预留主筋的定位要求；

**5**  模具表面应均匀涂刷脱模剂。但在预嵌式外饰材（如瓷砖、石材）及预埋件等与混凝土的接触面上不应涂刷脱模剂；

**6**  结合面除设计图纸有特别规定外，应进行粗糙面处理。

**12. 2. 2** 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法应符合表12.2.2规定。

表**12. 2. 2** 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 允许偏差（mm） | 检 验 方 法 |
| 长（宽）度 | ≤ 6m | 1，-2 | 用钢尺量平行构件高度方向，  取其中偏差绝对值较大处 |
| ＞6m | 2，-4 |
| 截面尺寸 | 墙板 | 1，-2 | 用钢尺测量两端或中部，  取其中偏差绝对值较大处 |
| 其他构件 | 2， -4 |
| 对角线差 | | 3 | 用钢尺量纵、横两个方向对角线 |
| 侧向弯曲 | | *l*/1500且≤5 | 拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处 |
| 翘曲 | | *l*/1500 | 对角拉线测量交点间距离值的两倍 |
| 底模表面平整度 | | 2 | 用2米靠尺和塞尺量 |
| 组装缝隙 | | 1 | 用塞片或塞尺量 |
| 端模与侧模高低差 | | 1 | 用钢尺测量 |

注：*l*为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

**12. 2. 3** 带饰面材料的预制混凝土构件宜采用水平浇筑反打一次成型工艺制作，并应满足下列要求：

**1**  饰面材料的图案、分格、色彩、尺寸应满足设计要求；

**2**  饰面材料铺贴之前应清理模具，并按照外装饰敷设图的编号分类摆放；

**3**  饰面材料与底模之间宜设置垫片保护；

**4**  饰面材料敷设前，应按尺寸和标高在模具上设置控制标记，并按标记固定和校正饰面材料，石材背面应用不锈钢卡勾与混凝土进行机械连接；

**5**  饰面材料敷设后，表面应平整，接缝的宽度和深度应满足设计要求。

**12. 2. 4** 钢筋的加工、安装应满足下列要求：

**1**  钢筋的品种、级别、规格和数量应满足设计要求；

**2**  钢筋的接头方式、位置应满足设计和规范的要求；

**3**  叠合梁、柱钢筋的下料误差应依据表12.2.4-1的要求执行；

表**12. 2. 4-1** 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 | 允许偏差（mm） |
| 受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸 | ±10 |
| 弯起钢筋的弯折位置 | ±20 |
| 箍筋内净尺寸 | ±5 |
| 柱主筋长度 | +10，0 |
| 梁主筋长度 | ±10 |

**4**  柱主筋安装时，宜逐根插入套筒连接器连接用灌浆套筒内，主筋插入套筒内的深度应符合设计规定；套筒上的注浆管应定位准确、安装稳固，防止漏浆；

**5**  钢筋安装应符合表12.2.4-2的规定；

**6**  钢筋笼吊运及入模时应注意避免变形，必要时可采用平衡吊架多点吊具，使钢筋笼受力均匀，保证安装精度；

**7**  入模前应先安装预制构件钢筋笼的钢筋间隔件，以确保钢筋的保护层厚度。

表**12. 2. 4-2** 钢筋安装的允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | | 允许偏差（mm） | 检 验 方 法 |
| 预制柱、梁  绑扎钢筋网 | 长 | | ±10 | 钢尺检查 |
| 宽、高 | | ±5 | 钢尺检查 |
| 预制板、墙  绑扎钢筋网 | 长、宽 | | ±10 | 钢尺检查 |
| 高（厚） | | ±5 | 钢尺检查 |
| 受力钢筋 | 间距 | | ±10 | 钢尺量两端、中间各一点，  取最大值 |
| 排距 | | ±5 |
| 梁端部锚固长度 | | ±10 | 钢尺检查 |
| 保护层  厚度 | 柱、梁 | ±5 | 钢尺检查 |
| 板、墙 | ±3 | 钢尺检查 |
| 绑扎箍筋、横向钢筋间距 | | | ±20 | 钢尺量连续三档，取最大值 |
| 组装成形多螺箍筋的圆形直径、  箍筋间距 | | | ±5 | 钢尺量连续三档，取最大值 |
| 钢筋弯起点位置 | | | 20 | 钢尺检查 |

**12. 2. 5** 钢筋笼入模后应及时固定预埋件，预埋件的安装偏差应符合表12.2.5的规定。

表**12. 2. 5** 预埋件安装的允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 允许偏差（mm） | 检 验 方 法 |
| 连接预埋件 | 中心线位置 | 5 | 钢尺检查 |
| 水平高差 | +3，0 | 钢尺和塞尺检查 |
| 制作安装用预埋件 | 中心线位置 | 10 | 钢尺检查 |
| 水平高差 | 0，-5 | 钢尺和塞尺检查 |

**12. 2. 6** 混凝土预制构件的浇筑应符合下列要求：

**1**  混凝土浇筑时应采用机械振捣，根据工艺要求可选择插入式振捣棒、平板振动器、附着式振动器或振动台等方式；

**2**  浇筑混凝土时应避免单点振动过久，振动时间应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定；

**3**  应避免振捣棒直接作用在预埋件或钢筋笼上，防止预埋件或钢筋脱离、偏位；

**4**  浇筑混凝土前，预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的保护措施。

**12. 2. 7** 夹心外墙板采用平模工艺生产时，应先浇筑外叶墙体混凝土层，再安装保温材料和拉结件，最后浇筑内叶墙体混凝土层；当采用立模工艺生产时，应同步浇筑内外叶墙体混凝土层，并应采取可靠措施保证保温材料及拉结件的位置准确。

**12. 3** 预制构件的混凝土养护

**12. 3. 1** 预制构件混凝土浇筑应按规定留置同条件养护试块和标准养护试块。

**12. 3. 2** 混凝土浇筑完毕后应及时采取有效的养护措施，可根据需要选择自然养护、热模养护、覆盖养护或蒸汽养护等方式。预制构件混凝土自然养护的要求与现浇混凝土一致。

**12. 3. 3** 蒸汽养护应由构件生产企业根据具体情况确定养护制度，并按要求严格控制升降温速度和最高温度，并应满足以下要求：

**1**  构件混凝土宜在初凝完成或静停2～6h后，再进行加热升温；

**2**  控制升温及降温速度不应超过20℃/h；

**3**  养护阶段最高温度不宜超过70℃；

**4**  停止加热后，应让构件缓慢降温，避免混凝土构件因温度突变产生收缩裂缝，降温速度不宜大于升温速度；

**5**  构件离开蒸汽房或掀开覆盖膜时与外界环境温差不宜大于20℃。

**12. 3. 4** 预制构件在脱模起吊、厂内转运时，混凝土立方体抗压强度应满足设计要求且不应小于15N/mm2。

**12. 4** 运输与堆放

**12. 4. 1** 应制定预制构件的运输与堆放方案，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。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

**12. 4. 2** 存放构件的场地应平整坚实并保持排水良好。堆放构件时应使构件与地面之间留有空隙，堆垛之间宜设置通道，必要时应设置防止构件倾覆的支撑架。

**12. 4. 3** 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求。

**12. 4. 4** 堆放构件时应保证最下层构件垫实，预埋吊环向上，标识宜朝向堆垛间的通道。

**12. 4. 5** 垫木或垫块在构件下的位置应与脱模、吊装时的起吊位置一致。重叠堆放构件时，每层构件间的垫木或垫块应在同一垂直线上。

**12. 4. 6** 堆垛层数应根据堆放场地的地基承载力和构件、垫木或垫块的强度及堆垛的稳定性确定，并应符合下列规定：

**1**  预制柱堆置层数不宜超过3层，且高度不宜超过2.0m；

**2**  预制梁堆置层数不宜超过2层，且高度不宜超过2.0m；

**3**  预制墙、预制板堆置层数不宜超过6层，且高度不宜超过2.0m。

**12. 4. 7** 预制构件的出厂运输应符合下列规定：

**1**  厂内有起吊作业时，吊索与构件水平面所成夹角不宜小于60°，不应小于45°；

**2**  构件支承的位置和方法，应根据计算确定，预制构件出厂时应有支承位置的明确标示；

**3**  构件装运时应绑扎牢固，防止移动或倾倒；

**4**  在运输细长构件时，行车应平稳，并可根据需要对构件采取临时固定措施；

**5**  构件出厂前，应将杂物清理干净。

**12. 4. 8** 装卸构件的顺序应考虑车体平衡，避免因构件重量和冲击作用造成车体倾覆。

**12. 4. 9** 预制构件成品保护应符合下列规定：

**1**  在运输过程中，宜对预制构件及其上的建筑附件、预埋件等采取施工保护措施，避免出现破损或污染现象；

**2**  在装卸构件时，对构件边角部及链索接触处的混凝土宜采用垫衬加以保护。

**13** 施 工

**13. 1** 一般规定

**13. 1. 1** 装配式结构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。

**13. 1. 2** 进入现场的预制构件，其外观质量、尺寸偏差及结构性能应符合设计要求，并通过进场验收。

**13. 1. 3** 装配式结构施工前应编制专项施工方案和相应的计算书，并经监理审核批准后方可实施。计算书应包含以下内容：

**1**  预制墙、柱垫片下方混凝土的局部受压承载力验算；

**2**  预制构件支撑体系的设计；

**3**  预制构件安装吊点、吊具的设计；

**4**  危险性较大的装配式工程，其专项施工方案应按规定组织专家论证。

**13. 2** 安装准备

**13. 2. 1** 装配式结构施工前，应先复核测量控制点。测量控制点闭合差应符合下列规定：

**1**  标高闭合差应小于2mm；

**2**  距离闭合差应小于3mm与*D*/15000（*D*为导线全长）的较小值；

**3**  角度闭合差应小于20秒与 10（*n*为测量控制点数）的较小值。

**13. 2. 2** 预制构件在施工现场堆放时的支承位置和方法应符合本标准第12.4.6要求。

**13. 2. 3** 预制构件安装前应按设计要求在构件和相应的支承结构上标识中心线、标高等内容，并校核预埋件及连接钢筋的定位。

**13. 2. 4** 预制构件应按深化设计图纸要求进行安装。安装起吊时，吊索与构件水平面所成夹角不宜小于60°，不应小于45°，否则应采用吊架或进行验算。

**13. 2. 5** 预制构件安装就位后，应采取临时固定措施保证构件的稳定性，并应根据水准点和轴线进行校正。

**13. 2. 6** 预制构件的吊装应满足下列要求：

**1**  应采用半自动脱勾吊具或吊篮载人脱勾，减少作业人员登高次数；

**2**  当临时支撑高度超过3.5m时，可调顶撑应加设纵横向水平杆件。

**13. 3**  预制柱、预制剪力墙的安装施工

**13. 3. 1** 预制柱安装施工前的基础处理应符合下列规定：

**1**  当采用杯口基础时，在预制柱安装前应先以垫块垫至设计标高；

**2**  当采用筏式基础、桩基承台或预制结构与现浇结构转换时，预埋的柱主筋平面定位误差宜控制在5mm以内，标高误差宜控制在0~15mm以内；

**3**  可采取定位架或格栅网等辅助措施，以确保预埋柱主筋定位误差符合规定。

**13. 3. 2** 预制柱、预制剪力墙安装应符合下列规定：

**1**  安装前应清洁预制柱、墙的结合面及预留钢筋，并确认连接用灌浆套筒内无异物；

**2**  安装前应放样出边线以保证预制柱、墙就位准确；

**3**  预制柱、墙安装的平面定位误差不得超过10mm，预制柱、墙就位后应立即用可调斜撑作临时固定；

**4**  当预制柱、墙就位后，应使用防风型垂直尺或其它仪器检测垂直度，并用可调斜撑调整，垂直度偏差应不大于预制构件高度的1/500且构件顶部偏移不应大于5mm，预制柱、墙完成垂直度调整后，应在构件四角加塞垫片；

**5**  连接用灌浆套筒内的灌浆料强度达到35MPa后，方可拆除预制柱、墙的支撑。

**13. 3. 3** 预制柱、墙底套筒灌浆施工应符合下列规定：

**1**  施工前准备工作：

**1）**柱、墙底周边封模可采用砂浆、钢材或木材材质，围封材料宜能承受1.5MPa的灌浆压力；封模不宜减小接缝处柱的受压截面面积；

**2）**量测当日气温、水温及无收缩灌浆料温度。冬季施工，宜选用低温型无收缩灌浆料；

**3）**施工前应检查套筒并清洁干净。应使用压力不小于1.0MPa的灌浆机，且灌浆管内不应有水泥硬块。

**2**  灌浆施工：

**1）**无收缩灌浆料应按照生产厂家规定的用水量拌制；

**2）**无收缩灌浆料应在搅拌均匀后再持续搅拌2min；

**3）**灌浆时由柱底套筒下方灌浆口注入，待上方出浆口连续流出圆柱状浆液，再采用橡胶塞封堵。如出现无法出浆的情况，应立即停止灌浆作业，查明原因及时排除障碍；

**4）**冬季施工时，低温型无收缩灌浆料应用温水拌和，使搅拌后的灌浆料温度不低于15℃不高于35℃。灌注后，连接处应采取保温措拖，使连接处温度维持10℃以上，不少于7天；

**5）**灌浆料拌合物应在制备后30min内用完。

**13. 3. 4** 连接用灌浆套筒灌浆作业所需材料、机具和人员应满足专项控制要求。

**13. 4**  叠合梁、板的安装施工

**13. 4. 1** 叠合梁的安装施工应符合下列规定：

**1**  叠合梁安装前应检查柱顶标高，当同一节点的框架梁梁底标高不一致时，应依照设计标高在柱顶安装梁底调整托座；

**2**  叠合框架梁安装时，叠合梁预制部分伸入支座的长度不宜小于10mm；

**3**  叠合次梁安装时，搁置长度应满足本标准相关规定并应满足设计要求；

**4**  压型钢板或预制楼板固定完成后，叠合次梁与预制主梁之间的凹槽应采用灌浆料填实。

**13. 4. 2** 预制楼板的安装施工应符合下列规定：

**1**  安装预制楼板前应检查框架梁、次梁的梁面标高及支撑面的平整度，并检查结合面粗糙度是否符合设计要求；

**2**  预制楼板之间的缝隙应满足设计要求；

**3**  预制楼板吊装完后应有专人对板底接缝高差进行校核；如叠合楼板板底接缝高差不满足设计要求，应将构件重新起吊，通过可调托座进行调节。

**13. 4. 3** 叠合受弯构件的施工应符合下列规定：

**1**  应根据设计要求设置叠合构件的临时支撑；

**2**  施工荷载不应超过设计规定，并应避免单个预制楼板承受较大的集中荷载；

**3**  未经设计允许不得对预制楼板进行切割、开洞；

**4**  在混凝土浇筑前，应校正预制构件的外露钢筋并检查结合面粗糙度。

**13. 4. 4** 叠合梁、板应待后浇混凝土强度达到设计要求后，方可拆除临时支撑。

**13. 5**  外挂墙板的安装施工

**13. 5. 1** 外挂墙板的施工可按下列施工流程进行：

**1**  测量及板块放样，测定垂直面控制线；

**2**  应在吊装前统计墙体预埋件的埋设误差，若偏差过大则需与设计单位确认修改方案；

**3**  进行角部板块安装与固定；

**4**  依次进行其他板块的安装，并逐面逐层进行调整；

**5**  节点连接固定；

**6**  室内外接缝密封防水作业。

**13. 5. 2** 外挂墙板的吊运、翻转应根据深化设计的要求进行。大型外挂墙板吊装时，应使用平衡杆起吊并设置揽风绳，以免翻转。

**13. 5. 3** 外挂墙板接缝防水施工应符合下列规定：

**1**  防水施工前，应将墙体接缝空腔清理干净；

**2**  应按设计要求填塞背衬材料；

**3**  密封材料填嵌应饱满、密实、均匀、顺直、表面光滑，厚度应满足设计要求。

**13. 6**  其他构件的安装施工

**13. 6. 1** 梁柱节点的施工应符合下列规定：

**1**  梁柱节点内钢筋绑扎完成后，应将节点内的杂物清理干净，经隐蔽验收合格后方可封模；

**2**  二次浇筑面应洒水湿润后方可浇筑节点混凝土；

**3**  节点与楼面的混凝土强度等级不同时，宜设置钢丝网；

**4**  节点混凝土浇筑后，应及时采取养护措施；

**5**  梁柱节点混凝土强度未达到设计要求时，不得安装后续的预制构件。

**13. 6. 2** 预制楼梯的施工应符合下列规定：

**1**  预制楼梯安装前应检查楼梯构件平面定位及标高；

**2**  预制楼梯就位后应立即调整并固定，避免因人员走动造成的偏差及危险；

**3**  预制楼梯端部安装应考虑建筑标高与结构标高的差异，确保踏步高度一致。

**13. 6. 3** 预制叠合阳台板、空调板的施工应符合下列规定：

**1**  预制板安装前应检查梁面标高及支撑面的平整度；

**2**  预制板吊装完后应有专人对板底接缝高差进行校核；如板底接缝高差不满足设计要求，应将构件重新起吊，通过可调托座进行调节；

**3**  预制板应待后浇混凝土强度达到设计要求后，方可拆除临时支撑；

**4**  预制板就位后应立即调整并固定，避免因震动造成的偏差及危险。

**14** 安全技术措施

**14. 1** 一般规定

**14. 1. 1** 在预制混凝土构件的制作、运输、安装等过程中，生产经营单位均应遵守《中华人民共和国安全生产法》，采取必要的安全生产技术措施，确保安全生产。

**14. 1. 2** 预制构件生产单位应建立安全生产管理制度；预制构件运输单位应制定安全运输管理措施；预制装配式混凝土结构施工前，施工单位应编制安全施工、环境保护专项方案和安全应急预案。

**14. 1. 3** 预制构件制作过程应符合现行国家标准《机械安全防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》GB/T 8196、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《特种设备安全监察条例》、《起重机械安全监察规定》的有关规定。

**14. 1. 4** 预制构件运输应严格遵守现行《中华人民共和国道路交通安全法》、《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》的有关规定。

**14. 1. 5** 作业人员应进行安全生产教育和培训，未经安全生产教育和培训合格的作业人员不得上岗作业。

**14. 1. 6** 预制装配式混凝土结构施工过程中应采取安全措施，并应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59、《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46等的有关规定。

**14. 1. 7** 高空作业的各项安全措施经检查不合格时，严禁进行高空作业。

**14. 2** 生产安全

**14. 2. 1** 外露的机械转动设备、皮带传动部位以及输送流体管道接口法兰处应设置安全防护装置，且于明显处设立安全警示标志。

**14. 2. 2** 混凝土布料完成后，当60分钟内不再进行布料时，应对输送料斗及布料机进行清洗，清洗时应关掉油泵并挂停机警示牌。

**14. 2. 3** 电气控制柜门或按钮箱柜门必须上锁并挂记铭牌，由电气维修人员或专业操作人员打开进行相应的工作，其它人员严禁私自打开柜门进行作业。

**14. 2. 4** 气动管路、各接头等气动系统相关部件应确保无漏气现象，气管应固定牢靠。

**14. 3** 运输安全

**14. 3. 1** 构件运输宜选用低平板车，车上应设有专用固定支架或采用钢丝绳、夹具固定构件，且固定位置不应少于三处。

**14. 3. 2** 预制柱、梁、楼板等构件宜平放，且上层构件的长度不宜大于下层构件的长度。

**14. 3. 3** 预制外挂墙板、剪力墙、楼梯等构件宜立放，且应有防移动、防倾倒的技术措施。

**14. 3. 4** 施工现场宜设置起吊设备及运输车辆可进出的道路、场地。道路、场地应平整坚实，并有可靠的排水措施。

**14. 4** 施工安全

**14. 4. 1** 吊装作业前的准备工作应符合下列规定：

**1**  吊装作业人员应持证上岗，作业前应逐级进行书面安全交底；

**2**  起吊前应检查起重机械、吊具、钢索是否完好。

**14. 4. 2** 预制构件、操作架、围档在吊升时，应在吊装区域下方设置安全警示区域，安排专人监护，非作业人员严禁入内。

**14. 4. 3** 吊运预制构件时，构件下方禁止站人，应待吊物降落至离地lm以内方准靠近，就位固定后方可脱钩。

**14. 4. 4** 起吊构件时，应采取避免预制混凝土构件变形及倾覆的措施。

**14. 4. 5** 构件起吊时应平稳，规格较大的预制梁、楼板、墙板等构件应采用专用多点吊架进行起吊。

**14. 4. 6** 外挂墙板等竖向构件吊装下降时，构件底部应系好缆风绳控制构件转动，保证构件就位平稳。竖向构件基本就位后，应立即利用斜向支撑将竖向构件与楼面临时固定，确保竖向构件稳定后方可摘除吊钩。斜向支撑应安装在竖向构件的同一侧面。

**14. 4. 7** 遇到雨、雾等恶劣天气，或者风力大于6级时，不得吊装预制构件。

**14. 4. 8** 当外挂式作业平台位于施工作业面以下时，应分别在作业平台外侧和施工作业面的外临边位置加设施工安全维护，安全维护应符合下列规定：

**1**  禁止施工作业面高于外挂式作业平台2层；

**2**  维护立杆间距不宜大于3m，转角必设，高度不应小于1.2m。

**14. 4. 9** 施工作业层不得超载，作业层四周应有可靠的安全防护措施。

**14. 4. 10** 高空操作人员必须穿戴好安全帽、防滑鞋，系好安全带。在进行电、气焊作业时，必须有专人看守，并采取有效的防火措施。

**15** 检测检验

**15. 1** 一般规定

**15. 1. 1** 涉及结构安全的预制构件应按规定进行结构性能检验；柱、墙、梁等重要节点部位应进行结构实体检验。

**15. 1. 2** 同一项目中由相同施工单位施工的多个单位工程，当使用同一生产厂家的同品种、同规格、同批次的预制构件、连接材料、防水材料时，可合并进行进场验收。

**15. 2** 生产检测

**15. 2. 1** 制作预制构件的钢筋、水泥、砂、石、掺合料、水、保温材料、装饰材料、套筒、灌浆材料、防水材料和外加剂等原材料应提供产品合格证明文件，并应按国家现行标准进行复验，合格后方可使用。

检查数量和检验方法：按现行行业标准的相关规定进行。

**15. 2. 2** 预制构件钢筋连接用套筒，应按规定提供型式检验报告。

检查数量和检验方法：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的相关规定进行。

**15. 2. 3** 制作预制构件的混凝土强度应符合设计文件及国家现行相关标准的要求。

检查数量：按构件生产批次在混凝土浇筑地点随机抽取标准养护试件，取样频率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的相关规定。

检验方法：按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的相关规定进行。

**15. 2. 4** 出厂的预制构件应按设计要求的试验参数及检验指标进行结构性能检验，结构性能检验不合格的预制构件不得出厂。

检查数量：对成批生产的构件，应按同一生产工艺正常生产的不超过1000件且不超过3个月的同类产品为一批。当连续检验10批且每批的结构性能检验结果均符合要求时，对同一工艺正常生产的构件，可改为不超过2000件且不超过3个月的同类型产品为一批，在每批中应随机抽取一个构件，作为试件进行检验。当扩大检验批后的检验出现一次不合格情况时，应按扩大前的检验批容量重新验收。

检验方法：按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的相关规定进行。

**15. 2. 5** 预制构件已安装好饰面层、保温层、门窗及设备管线的，其性能和安装质量应符合国家现行相关标准的规定。

检查数量和检验方法：按国家现行相关规定进行。

**15. 3** 进场检测

**15. 3. 1** 进入现场的预制构件强度应按规定进行复验。

检查数量：混凝土生产工艺、强度等级相同的同类构件的检测应采用批量检测。按批量进行检测时，应随机抽取构件，抽检数量不宜少于同批构件总数的10%且不宜少于5件。当检验批构件数量大于30个时，构件抽样数量可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344进行调整，但抽取的构件总数不宜少于5件，并应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344进行检验批混凝土的强度推定。

检验方法：按现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23的相关规定进行。

**15. 3. 2** 进入现场的预制构件中主要受力钢筋保护层厚度应按规定进行复验。

检查数量：对框架柱类、梁类、板类及剪力墙类构件应各抽取构件数量的2%，且不少于5个构件进行检验；当有悬挑构件时，抽取的构件中悬挑梁类、板类构件所占比例不宜小于50%。对选定的框架柱类、梁类构件，应对全部纵向受力钢筋的保护层厚度进行检验；对选定的板类、剪力墙类构件，应抽取不少于6根纵向受力钢筋的保护层厚度进行检验。

检验方法：按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204附录E进行钢筋保护层厚度检验。

**15. 3. 3** 水泥基灌浆料应按规定进行材料性能复验。

检查数量和检验方法：按现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448相关规定进行。

**15. 3. 4** 连接螺栓、锚栓、铆钉、套筒和焊接材料应按规定进行进场复验。

检查数量和检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205相关规定进行。

**15. 4** 连接检测

**15. 4. 1** 预制构件的连接检测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和相关标准的规定。

**15. 4. 2** 钢筋套筒灌浆连接的灌浆料强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一个检验批；每工作班应制作一组且每层不应少于3组40mm×40mm×160mm的长方体试件，标准养护28d后进行抗压强度试验。

检验方法：按现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408的相关规定进行。

**15. 4. 3** 钢筋套筒灌浆连接前，应在现场模拟构件连接接头的灌浆方式，制作套筒灌浆连接接头进行工艺检验，经检验合格后，方可进行灌浆作业。

检查数量：每层或同规格500个接头为一个检验批，每个检验批检测数量不应少于3个。

检验方法：按现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408的相关规定进行。

**15. 4. 4** 后浇混凝土强度应符合设计要求。

检查数量：同一配合比、每个工作班且建筑面积不超过1000m2应制作一组标准养护试件，同一楼层应制作不少于3组标准养护试件。

检验方法：按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的相关规定进行。

**15. 4. 5** 预制构件与结构之间的连接应符合设计要求，连接处钢筋或埋件采用焊接或机械连接时，接头质量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的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：焊接连接按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的相关规定进行，机械连接按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的相关规定进行。

**15. 4. 6** 外墙板接缝的防水性能应符合设计要求。

检查数量：按批检验。每1000m2外墙面积应划分为一个检验批，不足1000 m2时也应划分为一个检验批；每个检验批每100 m2应至少抽查一处，每处不得少于10m2。

检验方法：现场淋水试验。

**15. 5** 结构实体检测

**15. 5. 1** 对涉及结构安全的柱、墙、梁等重要节点部位应进行结构实体检验。结构实体检验应在监理工程师见证下，由施工项目技术负责人组织实施。承担结构实体检验的实验室应具有相应资质。

**15. 5. 2** 结构实体检验内容应包括连接节点部位的后浇混凝土强度、钢筋套筒连接灌注浆体强度、构件接缝部位灌注浆体强度以及工程合同约定的项目；必要时可作结构原位加载检验。

**15. 5. 3** 对连接节点后浇混凝土或灌注浆体的强度检验，应以在浇注地点制备并与结构实体同条件养护的试件强度为依据。也可按国家现行标准规定采用非破损或局部破损的检测方法检测。

**15. 5. 4** 对连接节点同条件养护试件的强度等检验应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及相关标准的有关规定进行。

**15. 5. 5** 对于按规定可不进行结构性能检验或者可不进行承载力检验的预制构件，应由建设单位或监理单位代表驻厂监督制作过程，并参加预制构件的隐蔽验收。

本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待，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，在条件允许时首先这样做的：

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** 《住宅建筑模数协调标准》GB/T 50002

**2** 《建筑结构荷载规范》GB 50009

**3** 《混凝土结构设计规范》GB 50010

**4** 《建筑抗震设计规范》GB 50011

**5** 《建筑设计防火规范》GB 50016

**6** 《钢结构设计标准》GB 50017

**7** 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

**8** 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

**9** 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

**10** 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

**11** 《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210

**12** 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222

**13** 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223

**14** 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325

**15** 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

**16** 《建筑工程施工组织设计规范》GB 50502

**17** 《钢结构焊接规范》GB 50661

**18** 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

**19** 《钢结构工程施工规范》GB 50755

**20** 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624

**21** 《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683

**22** 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1

**23** 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

**24** 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

**25** 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33

**26** 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

**27** 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

**28** 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80

**29** 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

**30** 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114

**31** 《外墙面砖工程施工及验收规范》JGJ 126

**32** 《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256

**33** 《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281

**34** 《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482

**35** 《聚硫建筑密封胶》JC/T 483

**36** 《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398

**37** 《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408

福建省工程建设地方标准

福建省预制装配式混凝土结构技术标准

**DBJ 13-XXX-202X**

条 文 说 明

**修 订 说 明**

《福建省预制装配式混凝土结构技术标准》DBJ 13-XXX-202X，经福建省住房和城乡建设厅20XX年XX月XX日以闽建科〔202X〕XX号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为：J1XXXX-20XX。

本标准是在《福建省预制装配式混凝土结构技术规程》DBJ 13-216-2015的基础上修订而成，上一版的主编单位是福建省建筑设计研究院、润铸建筑工程（上海）有限公司、厦门合道工程设计集团有限公司，参编单位是中建海峡建设发展有限公司、厦门市建筑科学研究院集团股份有限公司、福建省建设工程质量监督总站、福建建超建设集团有限公司、福建建工集团总公司、福建省建筑科学研究院福建工程学院、福建六建集团有限公司、福建建工建材科技开发有限公司，主要起草人员是任彧、张树传、詹耀裕等。

本标准的修订主要技术内容是：1．增加了叠合板密拼式接缝处材料的物理力学性能；2．增加了双面叠合剪力墙结构体系的最大适用高度、抗震等级；3．删除了压型钢板组合楼板与预制混凝土梁的组合；4．框架结构主次梁连接的规定与现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231；5．删除第16章；6．删除了附录A、B。

本标准修订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，查阅了大量国外相关文献，认真总结了装配式混凝土结构在工程实践中的经验和教训，开展了多项相关的试验研究和专题研究工作，参考国外先进标准，与我国相关标准进行了协调，完成本标准修订。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《福建省预制装配式混凝土结构技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但条文说明不具备与标准正文同等的效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总则 84](#_Toc144481725)

[2 术语和符号 86](#_Toc144481726)

[2. 1 术语 86](#_Toc144481727)

[2. 2 符号 88](#_Toc144481728)

[3 基本规定 89](#_Toc144481729)

[4 材料 92](#_Toc144481730)

[4. 1 混凝土 92](#_Toc144481731)

[4. 2 钢筋与钢材 92](#_Toc144481732)

[4. 3 连接材料 92](#_Toc144481733)

[4. 4 其它材料 94](#_Toc144481734)

[5 建筑设计 95](#_Toc144481735)

[5. 1 一般规定 95](#_Toc144481736)

[5. 2 平面设计 95](#_Toc144481737)

[5. 3 立面设计 96](#_Toc144481738)

[5. 4 内装修设计 96](#_Toc144481739)

[5. 5 设备管线设计 97](#_Toc144481740)

[6 结构设计基本规定 98](#_Toc144481741)

[6. 1 一般规定 98](#_Toc144481742)

[6. 2 作用及作用组合 100](#_Toc144481743)

[6. 3 预制构件设计 101](#_Toc144481744)

[6. 4 连接设计 102](#_Toc144481745)

[6. 5 楼盖设计 103](#_Toc144481746)

[6. 6 消能减震和隔震 109](#_Toc144481747)

[7 框架结构设计 113](#_Toc144481748)

[7. 1 一般规定 113](#_Toc144481749)

[7. 2 承载力计算 113](#_Toc144481750)

[7. 3 构造设计 114](#_Toc144481751)

[8 剪力墙结构设计 116](#_Toc144481752)

[8. 1 一般规定 116](#_Toc144481753)

[8. 2 预制剪力墙构造 117](#_Toc144481754)

[8. 3 连接设计 117](#_Toc144481755)

[9 外挂墙板设计 120](#_Toc144481756)

[9. 1 一般规定 120](#_Toc144481757)

[9. 2 外挂墙板设计 122](#_Toc144481758)

[9. 3 外挂墙板构造要求 123](#_Toc144481759)

[9. 4 连接节点设计 123](#_Toc144481760)

[10 预制混凝土构件深化设计 125](#_Toc144481761)

[11 BIM技术应用 126](#_Toc144481762)

[12 构件制作与运输 129](#_Toc144481763)

[12. 1 一般规定 129](#_Toc144481764)

[12. 2 构件生产准备与制作 129](#_Toc144481765)

[12. 3 预制构件的混凝土养护 132](#_Toc144481766)

[12. 4 运输与堆放 132](#_Toc144481767)

[13 施工 133](#_Toc144481768)

[13. 3 预制柱、预制剪力墙的安装施工 133](#_Toc144481769)

[13. 4 叠合梁、板的安装施工 133](#_Toc144481770)

[14 安全技术措施 134](#_Toc144481771)

[14. 1 一般规定 134](#_Toc144481772)

[14. 2 生产安全 134](#_Toc144481773)

[14. 3 运输安全 134](#_Toc144481774)

[14. 4 施工安全 134](#_Toc144481775)

[15 检测检验 136](#_Toc144481776)

[15. 1 一般规定 136](#_Toc144481777)

[15. 2 生产检测 136](#_Toc144481778)

[15. 3 运输安全 137](#_Toc144481779)

[15. 4 连接检测 138](#_Toc144481780)

[15. 5 结构实体检测 138](#_Toc144481781)

**1** 总 则

**1. 0. 1** 为落实“节能、降耗、减排、环保”的基本国策，实现资源、能源的可持续发展，推动福建省建筑产业现代化的进程，提高工业化水平，特制订本标准。

装配式建筑具有工业化水平高、施工现场湿作业量少、材料消耗小、可减少工地扬尘和建筑垃圾等优点，它有利于实现提高建筑质量、提高生产效率、降低成本、实现节能减排和保护环境的目的。

装配式建筑在许多国家和地区，如美国、日本得到了广泛的应用，并经受了实际地震的考验。近年来由于节能减排要求的提高，以及劳动力价格的大幅度上涨等因素，我国的预制混凝土构件的应用呈现迅速上升的趋势。

与上一代的装配式结构相比，新一代的装配式结构采用了许多先进技术。本标准以润泰体系为基础，综合反映了国内外近几年来在装配式结构领域的最新科研成果和工程实践经验；要求装配整体式结构的可靠度、耐久性及整体性等基本上与现浇混凝土结构等同；所提出的各项要求与国家现行相关标准协调一致。

本标准是对装配式结构设计的最低限度要求，设计者可根据具体情况适当提高设计的安全储备。

**1. 0. 2** 本标准采用的预制构件受力钢筋的连接方式，主要推荐了在美国和日本等地震多发国家得到普遍应用的钢筋套筒灌浆连接的技术。这种连接技术，在美国被视为是一种可靠的机械连接接头，因此被广泛地应用于建筑工程。

根据结构的整体性和抗震性能的要求，本标准还强调了预制构件和后浇混凝土相结合的结构措施。本标准的基本设计概念，是在采用上述各项技术的基础上，通过合理的构造措施，提高装配式结构的整体性，使装配整体式混凝土结构的整体性能与现浇混凝土结构基本等同。

本标准适用于非抗震设计及抗震设防烈度为6度-8度抗震设计地区的乙类及乙类以下的各种民用建筑，其中包括居住建筑和公共建筑。结构体系主要包括：装配整体式框架结构、装配整体式剪力墙结构、装配整体式框架一现浇剪力墙结构。对装配式筒体结构、装配整体式部分框支剪力墙结构、板柱结构、梁柱节点为铰接的框架结构等，由于研究工作尚未深入，工程实践较少，本次编制工作暂未纳入。

本标准也未包括甲类建筑，如需采用，应进行专门论证。由于工业建筑的使用条件差别很大，本标准原则上不适用于排架结构类型的工业建筑。但是，使用条件和结构类型与民用建筑相似的工业建筑，如轻工业厂房等可以参照本标准执行。

本标准的内容反映了目前装配式结构设计的成熟做法，及其一般原则和基本要求。设计者应根据国家现行相关标准的要求，结合工程实践，进行技术创新，推动装配式结构技术的不断进步。

**1. 0. 3** 装配式结构仍属于混凝土结构。因此，装配式结构的设计、施工与验收除执行本标准外，尚应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1等与混凝土相关的国家和行业现行标准的要求，以及《建筑结构荷载规范》GB 50009等国家和行业现行相关标准的要求。

**2** 术语和符号

**2. 1** 术语

本节对装配式结构特有的常用术语进行定义。在《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083以及其他国家和行业现行相关标准中已有表述的，基本不重复列出。

**2. 1. 1** 本标准涉及的预制构件是指不在现场原位支模浇筑的构件。它们不仅包括在工厂制作的预制构件，还包括由于受到施工场地或运输等条件限制，而又有必要采用装配式结构时，在现场制作的预制构件。

**2. 1. 2~ 2. 1. 4** 装配式结构可以包括多种类型。当主要受力预制构件之间的连接（如：柱与柱、墙与墙、梁与柱或墙等预制构件之间的连接）通过后浇混凝土和钢筋套筒灌浆连接等技术进行连接时，装配式结构的整体性能可以得到保证。使得装配式结构的性能与现浇混凝土结构基本等同，此时称其为装配整体式结构。

装配整体式结构是装配式结构的一种特定的类型。当主要受力预制构件之间的连接，如：墙与墙之间通过干式节点进行连接时，此时，结构的受力特性和设计方法总体刚度与现浇混凝土结构区别较大。根据我国目前的研究工作水平和工程实践经验，本标准暂不涉及此类结构。

**2. 1. 7** 非承重外墙板在国内外都得到广泛的应用。在国外，外墙板有多种类型，主要包括墙板、梁板和柱板等。鉴于我国目前对外墙板的研究水平，本标准仅涉及高度方向跨越一个层高、宽度方向跨越一个开间的起围护作用的非承重预制外挂墙板。

**2. 1. 8** 预制夹心外墙板在国外称之为“三明治”墙板。根据其受力情况可分为承重和非承重墙板，根据内外叶墙体共同工作的情况，又可分为组合墙板和非组合墙板。根据我国目前对预制夹心外墙板的研究水平和工程实践的实际情况，本标准仅涉及内叶墙体承重的非组合夹心外墙板。

**2. 1. 10~ 2. 1. 12** 钢筋套筒灌浆连接接头的技术在美国和日本己经有近四十年的应用历史，在我国台湾地区也有多年的应用。上述国家和地区对钢筋套筒灌浆连接的技术进行了大量的试验研究，采用这项技术的建筑物也经历了多次地震的考验，包括日本一些大地震的考验。美国ACI明确地将这种接头归类为机械连接接头，并将这项技术广泛用于预制构件受力钢筋的连接，同时也用于现浇混凝土受力钢筋的连接，是一项十分成熟和可靠的技术。

在我国，这种接头在电力和冶金部门有过二十余年的成功应用。近年来，开始引入建工部门。许多科研单位都对这种接头进行了一定数量的试验研究工作，证实了它的安全性。受力钢筋套筒灌浆连接接头的技术是本标准重要的技术基础。

**2. 1. 13** 连续复合式箍筋是我国台湾地区常用的箍筋形式，系利用自动弯折机将一根钢筋连续缠绕制作而成。润泰集团进行了传统箍筋柱与连续复合式箍筋柱的对比试验。结果表明：连续复合式箍筋柱的轴压强度比传统箍筋柱高，且延性改善。在轴向荷载作用下，传统柱箍筋的绑扎接头往往因混凝土膨胀而松脱，柱主筋因箍筋约束不足而屈曲，导致柱身轴压强度大幅下降，而连续复合式箍筋可以避免该问题。在施工工艺上，传统的箍筋、拉筋需采用人工绑扎，十分费工；还易出现绑扎不牢固、振捣时松动移位的问题，构件质量难以保证；使用连续复合式箍筋可加快生产速度，提高绑扎质量。

**2. 1. 14** 参照ACI 318-08第21.5.3条规定，本标准提出了“组合式封闭箍”概念。组合式封闭箍是指U型的开口箍和П型的帽盖共同组成的组合式封闭箍。叠合梁采用组合式封闭箍有利于后浇区域钢筋放置就位。

**2. 2** 符号

本标准中与《混凝土结构设计规范》GB 50010等国家现行标准相同的符号基本沿用，并增加了本标准专用的符号。

**3** 基本规定

**3. 0. 1、3. 0. 2** 装配式混凝土结构与现浇混凝土结构的设计和施工过程是有一定区别的。建设、设计、施工、制作各单位在装配式结构的方案阶段就需要进行协同工作，根据标准化原则共同对建筑的平、立面进行优化，对应用装配式结构的可行性和经济性进行论证，提出综合性能最佳方案。在施工图设计阶段，建筑、结构、设备、装修等各专业也应密切配合，对预制构件的尺寸和形状、节点构造等提出具体技术要求，并对制作、运输、安装和施工全过程的可行性以及造价等作出评估。此项工作对装配式结构的建筑功能及结构布置的合理性、对工程造价都会产生显著的影响，需要加以重视。

**3. 0. 3** 装配式建筑设计应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的规定。模数协调的目的是实现建筑部件的通用性和互换性，使规格化、通用化的部件适用于各类常规建筑。同时，大批量的规格化、定型化部件的生产可稳定质量，降低成本。通用化部件所具有的互换能力，可促进市场的竞争和部件生产水平的提高。

建筑模数协调工作涉及的行业与部件种类很多，需各方共同遵守协调原则，制定各种部件或组合件的协调尺寸和约束条件。装配式结构的建筑设计，在满足建筑功能的前提下，应实现基本单元的标准化定型，以提高标准化建筑构配件的使用率，这将非常有利于降低造价。

**3. 0. 4** 装配式结构的设计首先应满足国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010第三章“基本设计规定”的各项要求。本标准的各项基本规定主要是根据装配式结构自身的特点，强调提出的附加要求，保证装配式结构的性能基本等同现浇结构。对于在偶然作用下，可能导致连续倒塌的装配式结构，应根据国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求，进行防连续倒塌设计。

装配式结构的设计应注重概念设计并建立相应的结构分析模型，同时应重视预制构件的连接设计。本标准对于装配式结构设计的主要技术路线，是在可靠的受力钢筋连接技术的基础上，采用预制构件与后浇混凝土相结合的方法，通过连接节点合理的构造措施，将装配式结构连接成整体，保证其结构性能具有与现浇混凝土结构等同的延性、承载力和耐久性能，达到与现浇混凝土结构等同的效果。

装配式结构成败的关键在于预制构件之间，以及预制构件与现浇、后浇混凝土之间的连接技术。该关键技术包括连接接头的选用和连接节点的构造设计。欧洲FIB标准将装配式结构中预制构件的连接设计要求归纳为：标准化、简单化、抗拉能力、延性、变形能力、防火、耐久性和美学等八个方面的要求。节点连接构造不仅应满足结构的力学性能，尚应满足建筑物理性能的要求。

**3. 0. 5** 在抗震设防地区，装配式结构的抗震设防类别及相应的抗震设防标准与现浇混凝土相同，应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223的规定。

**3. 0. 6** 在预制构件加工制作阶段，应将各专业、工种所需的预留孔洞、预埋件等一次性完成，避免在施工现场进行剔凿、切割影响质量及观感。因此在装配式建筑的结构施工图完成后，还需要进行预制构件的制作详图设计，以确保预制构件的加工制作的精度。在制作详图设计阶段，尚需考虑预制构件的生产、运输和安装等条件。这项工作可委托施工图设计单位完成，也可委托具有相应设计资质的其他单位完成。

**3. 0. 7** 与传统的建造方法相比，装配式建筑有更多的连接界面。因此，对工业化生产的预制件需要选择合适的公差。规定公差的目的就是为了建立预制构件之间的协调标准。一般来说，基本公差主要包括制作公差、安装公差、位形公差和连接公差。公差提供了对预制构件推荐的尺寸和形状的边界，构件制作、施工单位需根据这些边界制作和安装预制构件，以保证各种预制构件能合理地装配在一起，并保证构件制作、放线定位和安装中发生的误差在允许的范围内，使连接界面的功能、质量和美观均能达到预期要求，并不致过高地增加制造成本。

**4** 材 料

**4. 1** 混凝土

**4. 1. 1~ 4. 1. 3** 提高产品质量是新型建筑工业化的目的之一。预制构件在工厂内生产，生产质量易于控制，因此对其采用的混凝土的最低强度等级的要求高于现浇混凝土。

**4. 2** 钢筋与钢材

**4. 2. 3** 应鼓励在预制构件中采用钢筋焊接网，可提高建筑的工业化生产水平。

**4. 2. 4** 本条与国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010的第9.7.5条的规定保持一致。为了达到节约材料、方便施工、吊装可靠的目的，并避免外露金属件的锈蚀，预制构件的吊装方式宜优先采用内埋式螺母、内埋式吊杆或预留吊装孔。这些部件及配套的专用吊具等所采用的材料，应根据相应的产品标准和应用技术规程选用。

**4. 3** 连接材料

**4. 3. 1、4. 3. 2** 预制构件连接技术是装配式结构的关键、核心技术。钢筋套筒灌浆连接接头技术是本标准所推荐的主要接头技术，也是研发各种装配整体式混凝土结构的重要技术基础。

钢筋套筒灌浆连接接头的工作机理如下：套筒内的灌浆料在具有较高的抗压强度的同时还具有微膨胀特性。灌浆料膨胀时受到套筒的约束作用，在灌浆料与套筒内壁间将产生较大的压应力。压应力存在使得带肋钢筋的粗糙表面与灌浆料间具有较大的摩擦力；被连接钢筋的轴向拉力通过摩擦力来传递。因此，灌浆套筒连接接头要求灌浆料有较高的抗压强度，同时灌浆套筒应具有较大的刚度。

制作灌浆套筒采用的材料可以是碳素结构钢、合金结构钢或球墨铸铁等。传统的灌浆套筒内侧筒壁的凹凸构造复杂，采用机械加工工艺制作的难度较大。因此，日本和我国台湾地区多年来一直使用球墨铸铁采用铸造工艺制造灌浆套筒。近年来，我国在已有的钢筋机械连接技术的基础上，研发出使用碳素结构钢或合金结构钢采用机械加工方法制作的灌浆套筒。多年的工程实践证实了这些产品具有良好、可靠的连接性能。

目前，由中国建筑科学研究院主编完成的建筑工业产品标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398已由住房和城乡建设部正式批准，并已发布实施。装配式结构中所用钢筋连接用灌浆套筒应符合该标准的规定。

灌浆料是钢筋套筒灌浆连接接头的另一个关键技术。灌浆料应具有高强、早强、无收缩和微膨胀等基本特性，以使其能与套筒、被连接钢筋更有效地结合在一起共同工作，同时可以满足装配式结构快速施工的要求。《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408已由住房和城乡建设部正式批准，并已发布实施。装配式结构中钢筋套筒连接用灌浆料应符合该标准的要求。

**4. 3. 3~ 4. 3. 5** 装配式结构预制构件的连接方式，根据建筑物的不同的层高、不同的抗震设防烈度等条件，可以采用各种形式。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、行业现行相关标准的规定。

**4. 3. 6** 夹心外墙板可以作为结构构件承受荷载和作用，同时又具有保温节能功能。它集承重、保温、防水、防火、装饰等多项功能于一体。因此，夹心外墙板在美国、欧洲等发达国家得到广泛的应用，在我国也得到越来越多的推广。

保证夹心外墙板内外叶墙板拉结件的性能是十分重要的。目前，内外叶墙板的拉结件在美国多采用高强玻璃纤维制作，欧洲则采用不锈钢丝制作。由于我国目前尚缺乏相应的产品标准，本标准仅参考美国和欧洲的相关标准，定性地提出拉结件的基本要求。我国有关预制夹心外墙板内外叶墙板拉结件的建工行业产品标准的编制工作正在进行，待相关标准颁布后，应按相关标准执行。

**4. 4** 其它材料

**4. 4. 1** 外墙板接缝处的密封材料，除应满足抗剪切和伸缩变形能力等力学性能要求外，尚应满足防霉、防水、防火、耐候等建筑物理性能要求。密封胶的宽度和厚度应通过计算决定。鉴于我国目前研究工作的水平，本标准仅对密封胶提出基本的、定性的要求，其他定量的要求还有待于进一步研究工作的成果。

**4. 4. 4** 《福建省建设工程常用建筑节能工程材料和产品质量检测管理暂行办法》中常用建筑节能工程材料列举了聚苯乙烯板（EPS）、挤塑聚苯乙烯板（XPS）、硬泡聚氨酯板（PUR）等三种轻质保温材料。根据《福建省建筑节能材料和产品备案管理暂行办法》，福建省住房和城乡建设厅开始进行建筑节能材料和产品备案。自2009年开始统计，至今有29项外墙保温产品的备案项目。其中使用EPS的有3项，使用XPS的有9项，使用PUR的有11项，使用酚醛泡沫板的有6项。由此可见，福建省轻质外墙保温材料中PUR和XPS所占比例较大。

酚醛泡沫板作为新一代保温防火隔音材料，具有轻质、防火、遇明火不燃烧、无烟、无毒、无滴落，使用温度范围广（-196℃～+200℃），低温环境下不收缩、不脆化的特点。目前在发达国家中，酚醛发泡材料发展迅速，已广泛应用于建筑等领域。目前，采用较光滑的覆面材料的PUR板的材料选择和生产工艺问题还在研究之中，尚不成熟，使用不当会引发夹心外墙板外叶墙板的开裂，建议谨慎选择。

本标准根据福建省的实际情况，建议夹心外墙板夹心层中的保温材料宜采用挤塑聚苯乙烯板（XPS）等轻质高效保温材料。本标准条文仅涉及非组合式夹心外墙板。

**5** 建筑设计

**5. 1** 一般规定

**5. 1. 1~ 5. 1. 4** 装配式建筑设计除应符合建筑功能的要求外，还应符合建筑防火、安全、保温、隔热、隔声、防水、采光等建筑物理性能要求。

目前的建筑设计，尤其是住宅建筑设计，一般将设备管线埋在现浇混凝土楼板或墙体中，使得使用年限不同的主体结构和管线设备难以分离。若干年后，虽然建筑主体结构性能尚可，但设备管线老化却无法进行改造更新，导致建筑物不得不拆除重建，缩短了建筑使用寿命。

提倡采用主体结构构件、内装修部品和管线设备的三部分装配化集成技术系统，实现室内装修、管道设备与主体结构的分离，从而使住宅兼具结构耐久性、使用空间灵活性以及良好的可维护性等特点，同时兼备低能耗、高品质和长寿命的优势。

**5. 2** 平面设计

**5. 2. 1~ 5. 2. 3** 装配式建筑的设计与建造是一个系统工程，需要整体设计的思想。平面设计应考虑建筑各功能空间的使用尺寸，并应结合结构构件受力特点，合理地拆分预制构配件。在满足平面功能需要的同时，预制构配件的定位尺寸还应符合模数协调和标准化的要求。

装配式建筑平面设计应充分考虑设备管线与结构体系之间的协调关系。例如：住宅卫生间涉及建筑、结构、给排水、暖通、电气等各专业，需要多工种协作完成；平面设计时应考虑卫生间平面位置与竖向管线的关系、卫生间降板范围等问题。同时还应充分考虑预制构件生产的工艺需求。

**5. 3** 立面设计

**5. 3. 1、5. 3. 2** 预制混凝土具有可塑性，便于实现不同形状的外挂墙板。同时，建筑物的外表面可以通过饰面层的凹凸、虚实、纹理、色彩、质感等手段，实现多样化的外装饰需求；结合外挂墙板的工艺特点，建筑面层还可方便地处理为露骨料混凝土、清水混凝土，从而实现建筑立面标准化与多样化的结合。在生产预制外挂墙板的过程中可将外墙饰面材料与预制外墙板同时制作成型。带有门窗的预制外墙板，其门窗洞口与门窗框间的密闭性不应低于门窗的密闭性。

**5. 3. 3、5. 3. 4** 预制外墙板的各类接缝设计应构造合理、施工方便、坚固耐久，并结合本地材料、制作及施工条件进行综合考虑。

外挂墙板的板缝处，应保持墙体保温性能的连续性。对于夹心外墙板，当内叶墙体为承重墙板，相邻夹心外墙板间浇筑有后浇混凝土时，在夹心层中保温材料的接缝处，应选用A级不燃材料保温材料，如岩棉等填充。

材料防水是靠防水材料阻断水的通路，以达到防水的目的。用于防水的密封材料应选用耐候性密封胶；接缝处的背衬材料宜采用发泡氯丁橡胶或发泡聚乙烯塑料棒；外墙板接缝中用于第二道防水的密封胶条，宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶或硅橡胶。

构造防水是采取合适的构造形式阻断水的通路，以达到防水的目的。如在外墙板接缝外口设置适当的线型构造（立缝的沟槽，平缝的挡水台、披水等）形成空腔，截断毛细管通路，利用排水构造将渗入接缝的雨水排出墙外，防止向室内渗漏。

**5. 4** 内装修设计

**5. 4. 1** 室内装修所采用的构配件、饰面材料，应结合本地气候条件及房间使用功能要求采用耐久、防水、防火、防腐及不易污染的材料与做法。

**5. 5** 设备管线设计

**5. 5. 1~ 5. 5. 5** 住宅建筑设备管线的综合设计应特别注意住宅套内管线的综合设计。每套住宅单元的管线应户界分明。装配式建筑不应在预制构件安装完毕后剔凿孔洞、沟槽等。

**5. 5. 6** 一般建筑的排水横管布置在本层的称为同层排水；排水横管设置在楼板下的称为异层排水。住宅建筑卫生间、经济型旅馆宜优先采用同层排水方式。

**6** 结构设计基本规定

**6. 1** 一般规定

**6. 1. 1** 本标准对于装配式结构设计的主要技术路线，是在可靠的受力钢筋连接技术的基础上，采用预制构件与后浇混凝土相结合的方法，通过连接节点合理的构造措施，将装配式结构连接成整体，保证其结构性能具有与现浇混凝土结构等同的延性、承载力和耐久性能，达到与现浇混凝土结构等同的效果。因此，满足本标准有关要求的装配整体式结构可以按照现浇结构进行整体计算。当同一结构层内既有预制又有现浇抗侧力构件时，在地震设计状况下，宜对现浇抗侧力构件在地震作用下的弯矩和剪力进行适当的放大。

**6. 1. 2** 装配整体式结构的适用高度参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中的规定并适当调整。根据国内外多年的研究成果，位于地震区的装配整体式框架结构，当采取了可靠的节点连接方式和合理的构造措施后，装配整体式框架的结构性能可以等同现浇混凝土框架结构。因此，对于装配整体式框架结构，当节点及接缝处采用了适当的构造并满足本标准中有关条文的要求时，可认为其性能与现浇结构基本一致，其最大适用高度与现浇结构相同。如果装配式框架结构中节点及接缝构造措施的性能达不到等同现浇结构的要求，则其最大适用高度应适当降低。

装配整体式剪力墙结构中，墙体间的接缝数量多且构造复杂，接缝的构造措施及施工质量对结构整体的抗震性能影响较大，使得装配整体式剪力墙结构抗震性能很难完全等同于现浇结构。世界各地对装配式剪力墙结构的研究相对较少。我国近年来，对装配式剪力墙结构进行了大量的研究工作，但由于福建省内装配整体式剪力墙结构尚缺少实践经验，本标准对于该结构体系适用高度适当从严。

框架-剪力墙结构是当前得到广泛应用的结构体系。考虑到当前的研究水平，本标准建议装配整体式框架-剪力墙结构的剪力墙构件采用现浇，以保证结构整体的抗震性能。装配整体式框架-现浇剪力墙结构中，装配式框架的性能与现浇框架等同，因此整体结构的适用高度与现浇的框架-剪力墙结构相同。本标准暂不涉及框架与剪力墙均采用装配式结构体系。

考虑到钢支撑和消能减震装置，具有构件性能好、自重小、便于安装等特点，与装配式结构的技术路线较为切合，因此参照《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定，将设置钢支撑或消能减震装置的框架、框架-剪力墙结构列入本标准。

**6. 1. 3** 本条为强制性条文。本条引自现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014第6.1.3条强制性条文。丙类装配整体式结构的抗震等级参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3中的规定制定并适当调整。装配整体式框架结构及装配整体式框架-现浇剪力墙结构的抗震等级与现浇结构相同；由于装配整体式剪力墙结构在福建省工程实践的数量还不够多，也未经历实际地震的考验，因此对其抗震等级的划分高度从严要求，比现浇结构适当降低。

**6. 1. 4** 乙类装配整体式结构的抗震设计要求参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中的规定提出要求。

**6. 1. 5、6. 1. 6** 装配式结构的平面及竖向布置要求，应严于现浇混凝土结构。特别不规则的建筑在地震作用下受力复杂，且会出现较多的非标准构件，不适宜采用装配式结构。

**6. 1. 7** 装配式结构需要进行预制构件的运输和吊装，过大的结构自重将对工程的造价和进度产生不利的影响。因此，在确保结构安全的前提下，应结合装配式结构的技术特点，利用现代的隔震和消能减震技术，达到节材、减重、提高大震安全性的效果。采用隔震和消能减震技术的高层装配式结构在发达国家，特别是日本，获得了广泛的应用，并经受了高烈度地震的考验。相对于单纯增加竖向构件面积，通过增大结构刚度来抵抗水平作用的方法，隔震和消能减震技术显然更符合可持续发展的需要。

**6. 1. 8** 装配式结构目前在我国方兴未艾，大量的新型体系和节点不断出现。标准是当前成熟经验的总结，但不能成为新技术发展的障碍。因此，对于标准未涉及的新型结构体系可以使用抗震性能化设计的方法，对结构的抗震安全性进行评价。结构抗震性能设计应根据结构方案的特殊性、选用适宜的结构抗震性能目标，并应论证结构方案能否满足预期的抗震性能目标要求。

**6. 1. 9** 考虑到福建地区地下水位较高，为确保地下室的功能性要求，在没有可靠实践经验和成熟构造做法的情况下，装配式结构暂时不用于地下室范围。结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层对整体性和传递水平力的要求较高，宜采用现浇楼盖。

**6. 1. 10** 转换构件受力较大且在地震作用下容易破坏。为加强结构的整体性，建议转换层及相邻上一层采用现浇混凝土结构。转换梁、转换柱是保证结构抗震性能的关键部位。这些构件往往截面大、配筋多，节点构造复杂，不适合采用预制构件。

**6. 1. 11** 在装配式结构构件及节点的设计中，除对使用阶段进行验算外，还应重视施工阶段的验算，即短暂设计状况的验算。

**6. 1. 12** 装配式结构构件的承载力抗震调整系数与现浇混凝土结构相同。

**6. 1. 13** 装配整体式结构的层间位移角限值均与现浇结构相同。

**6. 1. 14** 叠合楼盖和现浇楼盖对梁刚度均有增大作用，装配式楼盖中的预制部分由于连接构造的原因对梁刚度增大作用难以定量测算，建议在结构设计中忽略该区域对梁刚度的影响。

**6. 2** 作用及作用组合

**6. 2. 1** 对装配式结构进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算时，荷载和地震作用的取值及其组合均应按国家现行相关标准执行。

**6. 2. 2** 标准条文的规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666相同。

**6. 2. 3** 脱模验算往往是预制构件的控制工况。预制构件进行脱模时受到的荷载包括：自重，脱模起吊瞬间的动力效应，脱模时模板与构件表面的吸附力。其中，动力效应采用构件自重标准值乘以动力系数计算；脱模吸附力是作用在构件表面的均布力，与构件表面和模具表面状况有关，根据经验其一般不小于1.5kN/㎡。等效静力荷载标准值取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力叠加。本条文对于脱模验算要求双控，平面型构件通常是由吸附力控制，线型构件通常是由动力效应控制。

**6. 3** 预制构件设计

**6. 3. 1** 设计中应特别注意预制构件在短暂设计状况下的承载能力验算。在制作、施工、安装阶段，预制构件的荷载条件、受力状态和计算模式通常与使用阶段不同；同时预制构件的混凝土强度在此阶段往往尚未达到设计强度。因此，需要对预制构件在脱模、翻转、起吊、运输、堆放、安装等生产和施工过程中的安全性进行验算。预制构件的截面及配筋往往不是使用阶段的计算起控制作用，而是制作、施工安装阶段的计算起控制作用。

**6. 3. 3** 预制梁、柱构件由于节点区钢筋布置的空间需要，混凝土保护层往往较大。当保护层厚度大于50mm时，宜采取增设钢筋网片等措施，以控制混凝土构件的裂缝，避免保护层在施工过程中由于受力而剥离脱落。

**6. 3. 5** 预制板式楼梯在生产、运输、吊装过程中，受力状况比较复杂。因此，梯板板面宜配置通长钢筋，配筋数量可根据相应阶段的抗弯承载力及裂缝控制验算结果确定，最小配筋率可参照楼板的相关规定。当楼梯两端均不能滑动时，在侧向力作用下楼梯梯板中会产生轴向力，因此规定其板面和板底均应配置通长钢筋。

**6. 4** 连接设计

**6. 4. 1** 装配整体式结构中的接缝主要指预制构件之间的接缝、预制构件与现浇和后浇混凝土之间的结合面。它主要包括梁端接缝、柱顶底接缝、墙体的竖向接缝和水平接缝等。在装配整体式结构中，接缝是影响结构受力性能的关键部位。

接缝处的压力通过后浇混凝土、灌浆料直接传递；接缝处的拉力主要通过钢筋、预埋件传递；接缝处的剪力由结合面的混凝土粘结强度、键槽、粗糙面、钢筋的摩擦抗剪作用、钢筋的销栓抗剪作用承担；接缝处于受压、受弯状态时，静摩擦可承担部分剪力。

预制构件连接接缝一般采用强度等级高于预制构件的后浇混凝土、灌浆料。当穿过接缝的钢筋不少于构件内钢筋并且符合本标准的构造规定时，节点及接缝的正截面受压及受弯承载力不低于构件，可不必进行相应承载力的验算。需要进行验算时，可按照混凝土构件正截面的计算方法进行，设计混凝土强度取接缝及构件混凝土材料强度的低值，钢筋只考虑穿过接缝且有可靠锚固的部分。

接缝处的抗剪强度往往低于预制构件抗剪强度。因此，接缝需要进行受剪承载力的计算。本条对各种接缝的受剪承载力提出了总的要求。

对于装配整体式结构的控制区域，即梁、柱的箍筋加密区及剪力墙底部加强部位，接缝要求实现强连接，确保不在接缝处发生破坏。因此，要求接缝的承载力设计值大于被连接构件的承载力设计值乘以强连接系数。强连接系数应根据抗震等级、连接的重要性以及连接类型，参照行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014的规定确定。对于其他区域的接缝，可采用延性连接，允许连接部位产生塑性变形，但要求接缝的承载力设计值大于设计内力，以保证接缝的安全。

**6. 4. 2** 装配整体式框架结构中，框架柱的纵筋连接宜采用套筒灌浆连接，梁的水平钢筋连接可根据实际情况选用机械连接、焊接连接或者套筒灌浆连接。装配式剪力墙结构中，预制剪力墙竖向钢筋宜采用套筒灌浆连接，水平分布筋的连接可采用焊接、搭接等形式。

**6. 4. 3** 本条直接引用行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014的规定。

**6. 4. 4** 试验表明，预制梁端采用键槽构造时，其接缝受剪承载力通常大于粗糙面处理的接缝。键槽构造易于控制生产质量并方便检验。当键槽深度太小时，易发生承压破坏；如不会发生承压破坏，则增加键槽深度对增加受剪承载力没有明显帮助。因此，键槽深度一般控制在30mm左右。梁端键槽数量通常较少，一般为1～3个，其试验结果与计算公式吻合较好。预制墙板侧面的键槽数量相对较多，连接面的工作机理与粗糙面类似，键槽深度及尺寸可适当减小。

**6. 4. 5** 预制构件纵向钢筋的锚固多采用锚固板的机械锚固方式，使得伸出构件的钢筋长度较短且不需弯折，便于构件加工及安装。

**6. 5** 楼盖设计

**6. 5. 1** 压型钢板组合楼板是指在压型钢板上浇筑混凝土形成的组合楼板；根据是否考虑压型钢板与混凝土的共同工作可分为组合板和非组合板。压型钢板的运输、储存、堆放和装卸都极为方便，可大大加快工程进度。压型钢板组合楼板在美、日等发达国家得到广泛的应用，是一种适合装配式结构的楼盖形式。

**6. 5. 2** 叠合板后浇层最小厚度的规定考虑了楼板整体性要求以及管线预埋、面筋铺设、施工误差等方面的因素。预制板最小厚度的规定考虑了脱模、吊装、运输、施工等因素。当采用可靠的构造措施（如设置钢筋桁架或增设板肋）后，可以考虑将预制板厚度适当减少。

当板跨度较大时，为了增加预制板的整体刚度和水平叠合面抗剪性能，可在预制板内设置钢筋桁架，见图1；钢筋桁架的下弦钢筋可作为楼板下部受力钢筋使用。施工阶段验算预制板的承载力及变形时，可考虑钢筋桁架的作用，以减少预制板下的临时支撑数量。

当板跨度超过6m时，采用预应力混凝土预制板可取得较好的经济性；板厚大于180mm时，为了减轻楼板自重，推荐采用空心楼板，可在钢模板中设置各种轻质模具，浇筑混凝土后形成空心。

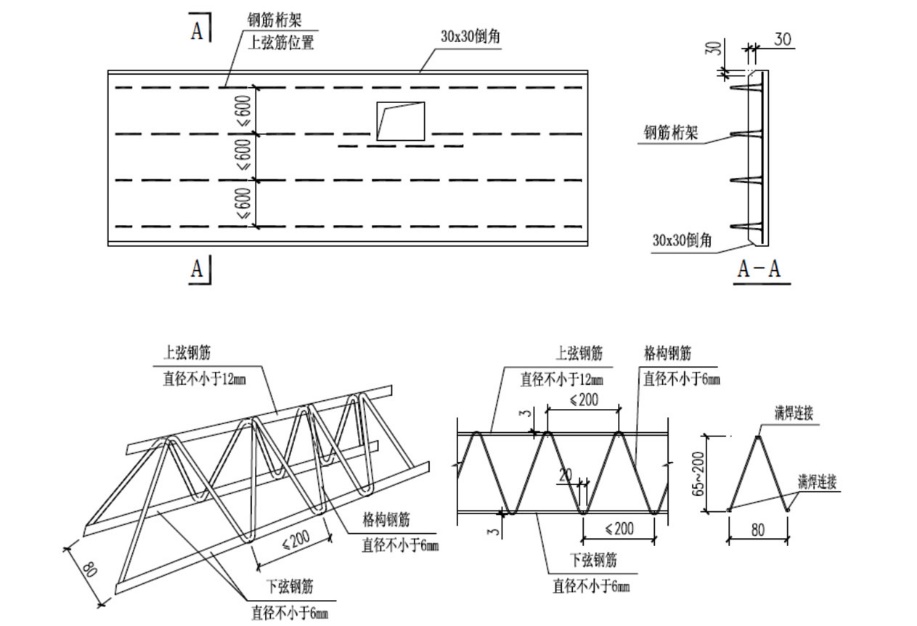


图1 叠合楼盖的预制板钢筋桁架构造示意

**6. 5. 3、6. 5. 4** 进行受弯构件的水平叠合面抗剪验算首先要明确验算的对象。受弯构件叠合面抗剪失效的后果必然是新旧混凝土界面间发生了相对水平错动。因此，取叠合面以上的现浇区域作为计算隔离体显然是合适的。问题在于该隔离体在纵向上的长度应如何取值。



图2 单跨简支梁内力变形图

以承受均布荷载的单跨简支梁为例，图2给出了叠合面失效时叠合梁的变形以及相应的内力图。我们不难发现在弯矩极值点两侧的剪力反号，说明弯矩极值点两侧的错动变形趋势的方向相反，两侧结合面的抗剪验算并无关联。因此，对于简支梁应该以弯矩极值点为界，对两侧分别进行叠合面抗剪验算。对于多跨连续叠合梁，水平叠合面的抗剪承载力验算应以支座点、弯矩绝对值最大点和零弯矩点为界限，划分为若干剪跨区段分别进行验算（图3）。各剪跨区段内，叠合面上的剪应力均同向。



图3 叠合梁剪跨区段的划分

弯矩为零的截面处，混凝土受压区压应力为零。如果隔离体在长度方向上取点至弯矩零点（图4），可以利用水平方向力的平衡条件建立如下公式

 （1）

式中：为水平叠合面剪应力；为叠合面以上混凝土等效截面的受压区面积；为叠合面面积；为混凝土压应力。公式（1）等号左侧即为剪跨内水平叠合面处的总剪力。



图4 计算隔离体

由公式（1）可知，可以通过剪跨区内处，叠合面以上的混凝土受压区总压力来求得水平叠合面的总剪力。叠合面抗剪承载力的设计目标应该是：该破坏模式不应先于其他破坏模式出现。所以，（1）式等号右侧的可用混凝土抗压强度设计值替代。水平叠合面抗剪验算中，剪跨单元的水平总剪力可按下式计算：

 （2）

利用（2）式可以避免对剪应力进行复杂的积分运算。现行《钢结构设计标准》GB 50017-2017第14.3.4条的正文及条文解释中指出：“栓钉等柔性抗剪连接件具有很好的剪力重分布能力，可按剪跨区段均匀布置连接件”。叠合梁中的箍筋显然属于柔性抗剪连接件，因此以剪跨划分计算隔离体，对各隔离体分别进行叠合面抗剪验算是可行的。

对于叠合面抗剪承载力的计算，Birkeland最早提出的摩擦抗剪模型。该模型认为：沿着剪切平面的裂缝先于剪力作用形成；当剪力作用时，由于裂缝处凹凸不平，裂缝两侧在发生滑移的同时也产生分离，使得穿过剪切平面的钢筋产生拉力，从而在钢筋附近的混凝土中产生压力，沿着剪切平面就产生了摩擦抗剪强度。在抗剪钢筋适当锚固且配筋率适当的条件下，当钢筋中的拉应力达到屈服强度时，认为抗剪承载力失效。



图5 修正的摩擦剪切模型

部分学者对摩擦抗剪模型提出了修正：穿过剪切平面的钢筋中产生的拉力的水平分量即为钢筋的销栓作用，可直接抵抗剪力；拉力的垂直分量在钢筋附近的混凝土中产生压力，通过摩擦作用抗剪；裂缝处突出物咬合点的直接承压也是剪力传递的重要途径（图5）。当以上三者的抗剪能力之和小于作用剪力时，即认为抗剪承载力失效。

**1**

图6 摩擦抗剪钢筋与叠合面交角示意

根据修正剪切摩擦理论，并考虑摩擦抗剪钢筋与叠合面斜交的情形，可以获得摩擦抗剪验算的通式：，式中第1项体现咬合点的直接承压；第2项体现摩擦剪切效应；第3项体现钢筋的销栓作用。

标准编制组查阅了《混凝土结构设计规范》GB 50010公式H.0.4-1的原始试验数据，并参考ACI规范，欧洲规范的相关公式中计算系数的取值，通过大量的试算对比，同时考虑到与标准公式6.5.5（该公式直接引用GB 50010-2010公式H.0.4-2）的衔接，最终确定推荐的计算系数取值。

**6. 5. 5** 目前已有的叠合板整体式接缝构造存在传力机制不明确、接缝对极限承载力存在不利影响、施工效率低、施工质量不易保证等问题。建议预制叠合板采用单向板计算模式，并对板缝进行构造处理，以保证使用阶段的观感。

**6. 5. 6~ 6. 5. 8** 为保证楼板的整体性及传递楼层面内水平力的需要，预制板内的纵向受力钢筋在板端宜伸入支座，并应符合现浇楼板下部纵向钢筋的构造要求。在预制板侧面，为了生产及安装的方便，可不伸出构造钢筋，但应设置附加钢筋以保证楼面的整体性。

**6. 5.9~ 6. 5. 12** 在叠合板跨度较大、有相邻悬挑板的上部钢筋锚入等情况下，叠合面内会产生较大的水平剪力，需配置界面抗剪钢筋来保证水平界面的抗剪能力。当有钢筋桁架时，可不单独配置抗剪钢筋；当没有钢筋桁架时，配置的抗剪钢筋可采用马蹬形状，钢筋直径、间距及锚固长度应满足叠合面抗剪的需求。阳台板、空调板等采用悬臂预制构件或叠合构件时，负弯矩钢筋应可靠锚固在相邻叠合板的后浇层中。

**6. 6** 消能减震和隔震

**6. 6. 1~ 6. 6. 10** 建筑产业现代化的目标包括：提升建筑品质、减少施工现场湿作业量、减少材料消耗、减少工地扬尘和建筑垃圾等内容，以落实“节能、降耗、减排、环保”的基本国策，实现资源、能源的可持续发展。

中国城市的人口密度大，需要高层集合式住宅。在现浇结构中，剪力墙体系可以较为经济合理地满足高层集合式住宅的需求。但是对于装配式结构而言，剪力墙体系具有竖向构件多、结构自重大的缺点，既不利于构件的吊运、安装，也不利于抗震。同时，剪力墙墙体之间的接缝数量众多且构造复杂，接缝的构造措施及施工质量对结构整体的抗震性能影响较大。如何可靠、经济地处理好装配式剪力墙的接缝，仍是一个需要继续研究的课题。因此，我国的装配式结构的结构选型必须考虑到社会的实际需求和装配式结构自身的特点，探索适合装配式结构的高层体系。

对于一般的抗震结构，为保证在遭受不可预见的强烈地震时，结构不致产生严重的破坏和倒塌，其抗震设计原则是允许结构中部分次要构件产生一定的塑性变形，利用主体结构的延性和塑性变形来耗散地震输入能量，防止结构倒塌。这种结构抗震理念和设计方法完全依靠结构构件自身的强度和塑性变形能力来抵抗地震作用，是所谓的“硬抗”地震的方法。

对于消能减震结构，采用的是减震控制的设计思想。通过附加的消能减震装置使得主结构承受的地震作用显著减小，从而达到控制结构地震反应，降低主结构损伤程度的目的。减震控制技术主要包括消能减震、隔震减震、质量调谐减震和主动控制减震。消能减震结构具有以下的特点和优势：（1）消能减震结构更为安全；（2）消能减震在某些情况下可能更经济且性能更优越。

消能减震结构在美、日等发达国家得到广泛的应用，并经受了高烈度地震的考验。大量的工程实践证明了消能减震技术路线的可靠性和先进性。消能构件均采用工厂化生产、现场安装的形式，与装配式结构在建造模式上完全契合；装配式结构在安装精度上的控制要求，使得消能构件的安装难度必然低于现浇结构。消能减震技术与混凝土预制装配式技术相结合的高层建筑体系，可以较好地满足我国当前的社会需求，有助于实现建筑产业现代化的目标。

隔震技术可应用于各种类型的装配整体式混凝土结构，但用于高宽比较大的装配整体式结构时，应进行专门研究，控制隔震支座中的拉力。防屈曲支撑、粘滞阻尼器、阻尼墙等耗能构件更适用框架结构，可增大框架结构的适用高度，减小地震力，且安装方便。

消能减震结构最基本的特点是：（1）消能装置可同时减少结构的水平和竖向的地震作用，适用范围较广，结构类型和高度均不受限制；（2）消能装置使结构具有足够的附加阻尼，可满足罕遇地震下预期的结构位移要求；（3）由于消能装置不改变结构的基本形式，除消能部件和相关部件外的结构设计仍可按本标准各章对相应结构类型的要求执行。消能减震房屋的抗震构造与普通房屋相比不降低，其抗震安全性可有明显的提高。

消能减震设计需解决的主要问题是：消能器和消能部件的选型；消能部件在结构中的分布和数量；消能器附加给结构的阻尼比估算；消能减震体系在罕遇地震下的位移计算以及消能部件与主体结构的连接构造和其附加的作用等。

消能减震结构的计算方法，与消能部件的类型、数量、布置及所提供的阻尼大小有关。理论上，大阻尼比的阻尼矩阵不满足振型分解的正交性条件，需直接采用恢复力模型进行非线性静力分析或非线性时程分析计算。从实用的角度，ATC 33建议适当简化，特别是主体结构基本控制在弹性工作范围内时，可采用线性计算方法估计。

消能器的类型甚多，按ATC 33的划分，主要分为位移相关型、速度相关型和其他类型。金属屈服型和摩擦型消能器属于位移相关型，当位移达到预设的启动限值后才能发挥消能作用，摩擦型消能器的性能有时不够稳定。粘滞型和粘弹性型消能器属于速度相关型。消能器的性能主要用恢复力模型表示，应通过试验确定，并需根据结构预期位移控制等因素合理选用。位移要求愈严，附加阻尼愈大，对消能部件的要求愈高。

**6. 6. 11~ 6. 6. 12** 国外强震记录已证实，隔震体系通过延长结构的自振周期能够减少结构的水平地震反应。国内外的大量试验和工程经验表明：隔震体系一般可使结构的水平地震加速度反应降低60% 左右，从而消除或有效地减轻了结构构件和非结构构件的地震损坏，提高建筑物及其内部设施和人员的地震安全性，增加了震后建筑物继续使用的功能。

隔震技术对低层和多层建筑比较合适。日本和美国的经验表明，不隔震时基本周期小于1.0s的建筑结构效果最佳。根据橡胶隔震支座抗拉屈服强度低的特点，需限制非地震作用的水平荷载，结构的变形特点需符合剪切变形为主且房屋高宽比应受一定的限制。对高宽比大的结构，需进行整体倾覆验算，防止支座压屈或出现超过1MPa的拉应力。

国外对隔震工程的考察发现：硬土场地较适合于隔震房屋；软弱场地滤掉了地震波的中高频分量，延长结构的周期将增大而不是减小其地震反应，墨西哥地震就是一个典型的例子。隔震层防火措施和穿越隔震层的配管、配线，应符合隔震体系的变形要求。

目前，设置隔震层的装配式结构在日本和我国台湾地区均有大量的应用。润泰集团在台湾大学8层教学楼（2008年）、2013年汐止29层住宅（2013年）等项目中均成功建造了设置隔震层的装配式结构。

**7** 框架结构设计

**7. 1** 一般规定

**7. 1. 1** 根据国内外的研究成果，在采取了可靠的节点连接方式和合理的构造措施后，装配整体式框架结构的抗震性能可等同于现浇混凝土框架结构。因此，可采用和现浇结构相同的方法进行装配式框架的结构分析和设计。

**7. 1. 2** 钢筋套筒灌浆连接技术是本标准所推荐主要的连接技术，也是形成各种装配整体式混凝土结构的重要技术基础。

**7. 1. 3** 试验研究表明，预制柱的水平接缝处，受剪承载力受轴力影响较大。当柱受拉时，水平接缝的抗剪能力较差，易发生接缝的滑移错动。因此，应通过合理的结构布置，避免柱的水平接缝处出现拉力。

**7. 2** 承载力计算

**7. 2. 1** 根据本标准推荐的节点做法，装配式框架结构节点核心区的抗震要求应与现浇框架结构完全相同。

**7. 2. 2** 叠合梁端结合面主要包括框架梁与节点区的结合面、梁自身连接的结合面以及次梁与主梁的结合面等几种类型。结合面的受剪承载力的组成主要包括：新旧混凝土结合面的粘结力、键槽的抗剪承载力、后浇混凝土叠合层的抗剪承载力、梁纵向钢筋的销栓抗剪作用。

本标准不考虑新旧混凝土粘结作用是偏于安全的。取抗剪键槽的受剪承载力、后浇区域混凝土的受剪承载力、穿过结合面的钢筋的销栓抗剪作用之和作为结合面的受剪承载力。在地震往复作用下，需对混凝土部分的受剪承载力进行折减，参照混凝土斜截面受剪承载力设计方法，折减系数取0.6.

研究表明，混凝上抗剪键槽的受剪承载力一般为（0.15～0.2）。由于混凝土抗剪键槽的受剪承载力和钢筋的销栓抗剪作用难以同时达到最大值，因此需对混凝土抗剪键槽的受剪承载力进行折减，取0.1。抗剪键槽的受剪承载力取各抗剪键槽根部受剪承载力之和；梁端抗剪键槽数量一般不会超过3个，可不考虑群键作用。抗剪键槽破坏时，可能沿现浇键槽或预制键槽的根部破坏。因此，计算抗剪键槽受剪承载力时应按现浇键槽和预制键槽根部剪切面分别计算，并取二者的较小值。设计中，应尽量使现浇键槽和预制键槽根部剪切面面积相等。

钢筋销栓作用的受剪承载力计算公式主要参照日本的装配式框架设计规程中的规定，以及中国建筑科学研究院的试验研究结果，同时考虑混凝土强度及钢筋强度的影响。

**7. 2. 3** 预制柱底结合面的受剪承载力主要包括：新旧混凝土结合面的粘结力、粗糙面或键槽的抗剪承载力、静摩擦力、纵向钢筋的销栓抗剪、摩擦抗剪作用，其中后两者为结合面受剪承载力的主要组成部分。

在地震往复作用下，新旧混凝土粘结力及粗糙面的受剪承载力丧失较快，计算中不予考虑。由于柱底接缝灌浆层上下混凝土表面均有粗糙面或键槽构造，因此摩擦系数可取0.8。钢筋销栓作用的受剪承载力计算公式与第7.2.2条相同。当框架柱受拉时，由于接触面存在脱离的趋势，不产生静摩擦力；同时，由于钢筋受拉，在计算钢筋销栓作用时，需要根据钢筋中的拉应力大小对销栓受剪承载力进行折减。

**7. 3** 构造设计

**7. 3. 1** 考虑到预制装配式框架安装的需要，在结构设计中应注意协调框架节点处梁柱的尺寸。同时在梁柱钢筋的配筋方案的选择上，需考虑框架柱纵筋采用套筒灌浆连接所需的构造空间。选用较大直径钢筋，可减少钢筋根数，增大钢筋间距，便于钢筋连接及节点区钢筋的空间避让。套筒连接区域柱截面刚度及承载力较大，框架柱的塑性铰区可能会上移到套筒连接区域以上，因此至少应将套筒连接区域以上500mm高度区域内需将柱箍筋加密。

**7. 3. 2~ 7. 3. 8** 标准条文给出的框架柱的接续构造、框架节点构造是基于润泰集团多年工程实践的总结。在中国建筑科学研究院、同济大学、台湾大学等研究机构的协助下，这些节点构造均经过足尺节点试验的验证，试验结果证实这些装配式节点具有和现浇结构相当的抗震性能。采用这些节点构造的装配式建筑经受了台湾9•21大地震的检验，证实了这些节点构造达到了预期的性能。

**7. 3. 5** 梁箍筋形式可以采用单根钢筋弯折，也可以采用钢筋焊接网弯折的型式，钢筋焊接网的材料和弯折的型式可参照现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114。参照ACI 318-08 第21.5.3条规定，本标准提出了“组合式封闭箍”概念。组合式封闭箍便于提升现场钢筋安装效率与质量，但使用范围需加以限制。

**7. 3. 9** 本条与现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016的条文5.5.5协调一致。

**8** 剪力墙结构设计

**8. 1** 一般规定

**8. 1. 1** 高层建筑的建筑规则性与结构的抗震性能、经济性关系密切。不规则的建筑方案会导致结构的应力集中，传力途径复杂，扭转效应增大等问题。这些问题对装配式剪力墙结构是十分不利的，应尽量避免。目前，装配式剪力墙结构还处于发展阶段，设计、施工单位的实践经验尚不丰富；为了使装配式剪力墙体系的推广应用更加顺利，适度控制其适用范围是必要的。

**8. 1. 2** 预制剪力墙的接缝会造成墙肢抗侧刚度的削弱；应考虑对弹性计算的内力进行调整，适当放大现浇墙肢在水平地震作用下的剪力和弯矩；同时，预制墙肢的剪力和弯矩不减小。这样处理偏于安全。

**8. 1. 3** 短肢墙的轴压比通常较大，延性相对较差；装配式剪力墙结构对连接、延性、计算和构造等方面的要求均高于现浇结构。因此，在高层装配式剪力墙结构中应避免过多采用短肢墙。此外，短肢墙的预制墙板拆分较为困难，生产和运输效率相对较低，对经济性、制作和安装施工的便捷性影响较大。

**8. 1. 4** 预制剪力墙墙肢出现全截面受拉时，易出现墙身水平通缝，从而严重削弱水平接缝处的抗剪承载力，同时接缝处的抗剪刚度也会严重退化。因此，应避免出现预制剪力墙墙肢全截面受拉。编制组根据福建地区的抗震设防情况、风荷载条件进行了大量的试算。试算结果表明，当设防烈度为7度和8度时，若建筑物高宽比分别大于5和4时，建筑外围的剪力墙较易在非加强区出现墙肢全截面受拉，不宜采用预制装配式剪力墙结构。

福建地区为台风高发区域，当采用预制装配式剪力墙结构时，应对预制剪力墙接缝在风荷载作用下的受力情况进行慎重的验算，确保不出现墙肢全截面受拉的情况。风荷载效应起控制作用的持久设计状况或多遇地震设计状况的荷载组合应按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的相关规定执行

**8. 2** 预制剪力墙构造

**8. 2. 1** 可结合建筑功能和结构平立面布置的要求，根据构件的生产、运输和安装能力，确定预制构件的形状和大小。

**8. 2. 2、8. 2. 3** 墙板开洞的规定参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的要求确定。预制墙板的开洞应在工厂完成。

**8. 2. 4** 万科企业股份有限公司及清华大学的实验研究结果表明，剪力墙底部竖向钢筋连接区域的裂缝较多且较为集中，因此，对该区域的水平分布筋应予以加强，以提高墙肢的抗剪能力和变形能力，并使该区域的塑性铰可以充分发展，提高结构的抗震性能。

**8. 2. 5** 对预制墙板边缘配筋应适当加强，以形成边框，保证预制墙板在形成整体结构之前具有必要的刚度和承载力。

**8. 2. 6** 预制夹心外墙板根据其在结构中的作用，可以分为承重墙板和非承重墙板两类。当其作为承重墙板时，与其他结构构件共同承担垂直力和水平力；当其作为非承重墙板时，仅作为外围护墙体使用。鉴于我国目前对预制夹心外墙板的科研成果和工程实践经验还较少的实际情况，当作为承重墙时，本标准仅涉及内叶墙体承重的非组合夹心外墙板，此时，内叶墙板的要求与普通剪力墙板的要求完全相同。

**8. 3** 连接设计

**8. 3. 1** 确定剪力墙竖向接缝位置的主要原则是便于标准化生产，方便吊装、运输和就位，并应尽量避免接缝对结构整体性能产生不良影响。

边缘构件是保证剪力墙抗震性能的重要部位，通常具有较高的配筋率和配箍率，在该区域采用套筒灌浆连接往往遇到空间不足的困难。为确保装配式剪力墙结构的整体性，提高结构的整体延性，本标准推荐约束边缘构件阴影区域和构造边缘构件全部采用现浇混凝土。在非边缘构件区域的剪力墙拼接位置，剪力墙水平钢筋在后浇段内可采用锚环的形式锚固，两侧伸出的锚环宜相互搭接：

**8. 3. 2** 本标准突出对装配式剪力墙结构整体性的要求。封闭连续的后浇钢筋混凝土圈梁是保证装配式剪力墙结构整体性和稳定性的关键构件。

**8. 3. 3** 预制剪力墙竖向钢筋一般采用套筒灌浆连接，在灌浆时宜采用灌浆料将墙底水平接缝同时灌满。灌浆料强度较高且流动性好，有利于保证接缝承载力。灌浆时，预制剪力墙构件下表面与楼面之间的缝隙周围可采用封边砂浆进行封堵和分仓，以保证水平接缝中灌浆料填充饱满。

**8. 3. 4** 套筒灌浆连接方式在日本、欧美等国家已经有长期、大量的实践经验，国内也已有充分的实验研究和相关的标准，可以用于剪力墙竖向钢筋的连接。

边缘构件是保证剪力墙抗震性能的重要构件，且钢筋较粗，每根钢筋应逐根连接。剪力墙的分布钢筋直径小且数量多，全部连接会导致施工繁琐且造价较高，连接接头数量太多对剪力墙的抗震性能也有不利影响。根据有关单位的研究成果，可在预制剪力墙中设置部分较粗的分布钢筋并在接缝处仅连接这些钢筋，被连接钢筋的数量应满足剪力墙的配筋率和受力要求；为了满足分布钢筋最大间距的要求，在预制剪力墙中可再设置一部分较小直径的竖向分布钢筋，但其最小直径也应满足有关规范的要求。

**8. 3. 7** 本条对带洞口预制剪力墙的预制连梁与后浇圈梁组成的叠合连梁的构造进行了说明。跨高比小于2.5的连梁受到的剪力较大，受力性能受叠合面影响较大，为确保连梁的抗剪承载力建议采用现浇方式。

**8. 3. 8** 连梁端部钢筋锚固构造复杂，要尽量避免预制连梁在端部与预制剪力墙墙身钢筋进行直接连接。

**8. 3. 9** 当采用后浇连梁时，纵筋可在连梁范围内与预制剪力墙预留的钢筋连接，可采用搭接、机械连接、焊接等方式。

**8. 3. 10** 开洞预制剪力墙洞口下墙的构造有三种做法：

**1** 预制连梁向上伸出竖向钢筋并与洞口下墙内的竖向钢筋连接，洞口下墙、后浇圈梁与预制连梁形成一根叠合连梁。该做法施工比较复杂，而且洞口下墙与后浇圈梁、预制连梁组合在一起形成的叠合构件受力性能未经试验验证，受力和变形特征不明确，纵筋和箍筋的配筋也不好确定。不建议采用此做法。

**2** 将洞口下墙采用轻质填充墙，或者采用混凝土墙但与结构主体采用柔性材料隔离时，在计算中可仅作为荷载，洞口下墙与下方的后浇混凝土及预制连梁之间不连接，墙内设置构造钢筋。当计算中不需要洞口下墙刚度时，可采用此种做法。

**3** 预制连梁与上方的后浇混凝土形成叠合连梁；洞口下墙与下方的后浇混凝土之间连接少量的竖向钢筋，以防止接缝开裂并抵抗必要的平面外荷载。洞口下墙内设置纵筋和箍筋，作为单独的连梁进行设计，相当于带缝连梁。建议采用此做法。

**8. 3. 11** 楼面梁与预制剪力墙在面外连接时，宜采用铰接，可采用在剪力墙上设置挑耳的方式。

**9** 外挂墙板设计

**9. 1** 一般规定

**9. 1. 1** 外挂墙板与主体结构的可靠连接始终是墙板设计中最重要的问题。外挂墙板与主体结构应采用合理的连接节点，以保证荷载传递路径简捷，并符合计算假定。同时，对外挂墙板除应进行截面设计外，还应重视连接节点设计。连接节点包括预埋件及连接件。其中预埋件包括主体结构支承构件中的预埋件，以及在外挂墙板中的预埋件，通过连接件与这两种预埋件的连接，将外挂墙板与主体结构连接在一起。对有抗震设防要求的地区，应对外挂墙板和连接节点进行抗震设计。

**9. 1. 2** 外挂墙板与主体结构之间可采用多种连接方式，应根据建筑类型、功能特点、施工吊装能力以及外挂墙板的形状、尺寸以及主体结构层间位移量等特点，确定外挂墙板的类型，以及连接件的数量和位置。对外挂墙板和连接节点进行设计计算时，所取用的计算简图应与实际连接构造相一致。

**9. 1. 4** 外挂墙板的连接形式可按下表分A、B、C、D四种类型。

表**1** 外挂墙板的连接形式分类

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | A类 | B类 | C类 | D类 |
| 按施工方式 | 湿式连接 | 干湿组合连接 | 干式连接 | 干式连接 |
| 按变形方式 | 固定连接 | 滑动连接 | 转动连接 | 固定连接 |
| 按支承方式 | 线式支承 | 点线组合支承 | 点式支承 | 点式支承 |

**1** 滑动型连接：外挂墙板的承重边固定于主体构件上，非承重边与主体可以相对错动，连接形式可采用单边线支承、点支承或点线组合支承；

**2** 转动型连接：外挂墙板相对于主体结构能绕其中一个承重固定点发生相对转动，连接形式可采用点支承；

**3** 固定型连接：当外挂墙板形式对主体结构影响相对较小时，连接形式可采用固定线支承或固定点支承。



图7 墙板与主体结构变形示意

干式连接与湿式连接为我国台湾地区的习惯叫法，干式连接即为点支承连接，湿式连接即为线支承连接；采用湿式连接时，外挂墙板上侧或下侧预留钢筋应锚入楼板现浇层内，待墙板安装就位后，浇筑混凝土进行固定；采用干式连接时，外挂墙板通过连接铁件与主结构构件上预留铁件进行连接。各种连接方式均应满足外挂墙板与主体结构可相对变形的要求。

外挂墙板为结构围护结构，当与主体结构采用点支承连接时，在主体结构分析时可不计入外挂墙板的刚度。

**9. 1. 5** 外挂墙板板缝中的密封材料，处于复杂的受力状态下。由于目前相关的研究工作相对较少，本版标准未提出定量的计算方法。设计时应使得接缝构造满足各种功能要求。板缝不应过宽，以减少密封胶的用量，降低造价。

**9. 2** 外挂墙板设计

**9. 2. 1** 计算外挂墙板和连接节点上的作用与作用效应时应注意：

**1** 对外挂墙板进行持久设计状况下的承载力验算时，应计算外挂墙板在平面外的风荷载效应；当进行地震设计状况下的承载力验算时，除应计算外挂墙板平面外水平地震作用效应外，尚应分别计算平面内水平和竖向地震作用效应。特别是对开有洞口的外挂墙板，更不能忽略后者。

**2** 承重节点应能承受重力荷载、平面外风荷载和地震作用、平面内的水平和竖向地震作用；非承重节点承受除重力荷载外的各项荷载与作用。

**3** 在一定的条件下，转动型外挂墙板可能出现重力荷载仅由一个承重节点承担的工况，应特别注意分析。

**4** 计算重力荷载效应标准值时，除应计入外挂墙板自重外，尚应计入依附于外挂墙板的其他部件和材料的自重。

**5** 计算风荷载效应标准值时，应分别计算风吸力和风压力在外挂墙板及其连接节点中引起的效应。

**6** 不应忽略由于各种荷载和作用对连接节点的偏心在外挂墙板和连接节点中产生的效应。

**7** 外挂墙板和连接节点的截面和配筋设计应根据各种荷载和作用组合效应设计值中的最不利组合进行。

**9. 2. 2~ 9. 2. 4** 由于外挂墙板与其连接节点不在同一平面内，外挂墙板的重力荷载会对连接节点存在偏心，从而在连接节点中不仅会产生垂直反力，还会产生面外的水平力（拉力或压力）。应重视重力荷载的偏心对连接件及其锚固设计的影响。

在计算风荷载时，一般将其假定为均布荷载。在进行连接件及其锚固的设计计算时，为便于计算偏心影响，可将风荷载假定为作用在外挂墙板形心处的集中力。当外挂墙板形心与连接件几何中心不在同一位置时，应计算风荷载对连接节点的偏心影响。风吸力和风压力应分别进行计算，以便于随后的荷载组合。

外挂墙板的地震作用是依据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011对于非结构构件的规定，并参照现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102的规定，对计算公式进行了一定的简化。地震作用会在外挂墙板和连接节点处引起平面外水平地震力，以及平面内水平和垂直地震力，应分别进行计算，以便于随后的荷载组合。

**9. 2. 6** 同现行国家建筑标准设计图集08SJ110-2的要求。

**9. 3** 外挂墙板构造要求

**9. 3. 1** 外挂墙板的饰面可以有多种做法，应根据外挂墙板饰面的不同做法，确定其钢筋混凝土保护层的厚度。当外挂墙板饰面的表面露出不同深度的骨料时，其最外层钢筋的保护层厚度，应从最凹处混凝土表面计起。

**9. 3. 2** 外考虑到我国目前吊车的起重能力、卡车的运输能力、施工单位的施工水平以及连接节点构造的成熟程度，目前还不宜将构件做得过大。构件尺度过长或过高，如跨越两个层高后，主体结构层间位移对外挂墙板内力的影响较大，有时甚至需要考虑构件的P-Δ效应。由于目前相关试验研究工作做的还比较少，本标准条文仅适用于跨越一个层高、一个开间的外挂墙板。

由于外挂墙板受到平面外风荷载和地震作用的双向作用，因此应双层双向配筋，且应满足最小配筋率的要求。

**9. 4** 连接节点设计

**9. 4. 1** 同现行国家建筑标准设计图集08SJ110-2的要求。

**9. 4. 2 ~ 9. 4. 2** 外挂墙板与主体结构的连接节点应采用预埋件，不得采用后锚固的方法。不同用途的预埋件应分别设置。例如，用于连接节点的预埋件一般不同时作为用于吊装外挂墙板的预埋件。

根据日本和我国台湾的工程实践经验，点支承的连接节点一般采用在连接件和预埋件之间设置带有长圆孔的滑移垫片，形成平面内可滑移的支座。当外挂墙板相对于主体结构可能产生转动时，长圆孔宜按垂直方向设置；当外挂墙板相对于主体结构可能产生平动时，长圆孔宜按水平方向设置。

用于连接外挂墙板的型钢、连接板、螺栓等零部件的规格应加以限制，力争做到标准化，使得整个项目中，各种零部件的规格统一化，数量最小化，避免施工中可能发生的差错，以便保证和控制质量。

**10** 预制混凝土构件深化设计

**10. 0. 1** 预制构件的深化设计是装配式建筑实施的重要环节。深化设计阶段需将各专业的施工图进行整合，并根据预制工厂生产工艺的特点，对结构进行构件拆分设计。深化设计的目标是确保连接可靠、提升生产效率、降低材料损耗并提升建筑品质。

**10. 0. 2** 由于深化设计图纸的使用单位为预制构件加工厂，因此深化设计的图纸深度及内容与现浇结构的施工图存在较大的差别。构件制作前应进行构件的钢筋排布设计，在满足构件力学性能要求的同时，也应满足安装要求；深化阶段应进行管线预留孔洞设置，通过管线预埋设计可以减少现场开孔作业，加快施工速度。

**10. 0. 3** 预制构件在制作、运输、安装各阶段的内力分布与构件在结构整体分析中的情况差别较大，按相应阶段分别进行验算，必要时应根据施工验算调整施工图设计的配筋方案，以满足构件在不同阶段的强度、刚度要求。

**10. 0. 4** 灌浆套筒均规定了连接钢筋的适用直径规格。在施工中不得采用适用规格小于连接钢筋的套筒；可采用适用规格大于连接钢筋的套筒，但相差不宜大于一级。本条中关于灌浆套筒最小间距的要求，系参照相关施工规范及《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》的规定。

**10. 0. 5** 吊具选用应按起重吊装工程的技术和安全要求执行。为提高施工效率，可以采用多功能专用吊具，以适应不同类型的构件吊装。施工验算可依据本标准及相关技术标准。特殊情况，且无参考依据时，需进行专项设计计算分析或必要试验研究。

**11** BIM技术应用

**11. 0. 1** 建筑信息模型（Building Information Modeling）是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型基础，建立的建筑数字化模型。BIM模型通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。BIM模型具有可视性、协调性、模拟性、优化性和可出图性五大特点。

BIM技术是一种应用于工程设计建造管理的信息化工具，通过参数模型整合项目的相关信息，在项目策划、勘察、设计、施工、运行和维护的全生命周期过程中进行共享和传递，使工程技术人员对各种建筑信息作出正确理解和高效应对，为设计团队以及各方建设主体提供协同工作的基础。BIM技术在提高生产效率、节约成本和缩短工期方面可发挥重要作用。

新一代装配式建筑的技术路线强调设计与建造是一个系统工程，需要整体设计的思想。对于装配式结构，建设、设计、制作、施工各单位在方案阶段就需要进行协同工作，共同对建筑平面和立面根据标准化原则进行优化，对应用预制构件的技术可行性和经济性进行论证，共同进行整体策划，提出最佳方案。在设计的各个阶段，建筑、结构、设备、装修等各设计专业间也应更加密切地进行配合。

BIM技术的快速发展为新一代装配式结构的应用提供了必要的技术基础。BIM技术可以大大提升专业间、单位间的协同水平，减少差错，提高效率。BIM技术是建筑产业现代化的关键性技术。装配式建筑项目参与各方应正确理解BIM的技术特点和应用价值，提高BIM应用的技术水平。

**11. 0. 2** 建模软件是BIM技术应用的首要条件。设计单位应根据实际需求选择合适的建模软件，并遵循一定的方法和程序开展BIM应用。考虑到不同软件间的数据交换要求，在软件选择时，应特别注意文件交换格式的兼容性，避免由于文件交换格式兼容性不足所带来的数据损失或增加不必要的数据交换工作。

**11. 0. 3** 模型深度等级可根据不同的设计专业，划分为建筑、结构、机电三类模型深度类别。在BIM应用实施中，设计单位可根据自身的业务特点，根据模型类别划分更为详细的专业深度等级。各专业深度等级划分时，应注意使每个后续等级都包含前一等级的全部特征，以保证各等级之间模型和信息的内在逻辑关系。

本标准的BIM等级区间的划分是根据目前我国装配式建筑的管理流程和发展现状，并充分考虑与国际通用的模型深度等级的对应关系，重点关注建筑全生命周期各阶段的应用需求，强调各等级区间内在的逻辑联系。

**11. 0. 4** 工程项目在不同阶段的BIM应用中将使用不同的软件平台，因此需事先做好文件格式的规定，以保证数据的共享和流转。创建标准模板、命名规则和项目手册等公共数据环境是十分必要的。

在模型创建时，应制定文件（构件）的命名规则，以便快速识别模型及其内容。科学合理地统一命名规则，可以明显提高团队协同工作的效率。本标准条文基于福建省建筑设计研究院的内部标准，已在多个实际工程中得到成功应用，可以参照执行。

**11. 0. 5** BIM技术的应用使得建设项目的预期结果可以在数字环境下提前实现，从而使得设计意图和理念能在实施前被各相关方理解和评价。BIM技术在设计领域主要应用有：参数化设计、基于BIM的协同设计、基于BIM的建筑模型检查、基于BIM模型的各种性能分析。本条文重点强调对于BIM模型的应用，BIM建模本身不是目的，关键在于直观、高效地使用集成数据。

**11. 0. 6** 装配式建造方式与传统的建造方式相比，其重点在于以工厂化的生产方式低成本、高效率地制造结构构件。为提升生产效率、降低材料损耗、提升建筑品质，装配式建筑对设计的深度和协调性提出了更高的要求。BIM技术在预制构件深化设计阶段的应用，使得高度集成、空间协调的预制构件设计成为可能，可以大大降低深化阶段人为错误。

**11. 0. 7**、**11. 0. 8** BIM技术是先进信息技术在建筑领域的综合应用，是我国建筑行业信息化的重要支撑技术。建筑行业信息化正是我国建筑产业现代化的重要特征。将BIM技术与预制构件的工厂化生产、吊运以及现场安装相结合，可以使得装配式建筑的建造过程全程受控，可以提高生产的周转率，显著降低施工风险。

**12** 构件制作与运输

**12. 1** 一般规定

**12. 1. 5** 本条为强制性条文。本条引自现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014第11.1.4条强制性条文。预制构件的连接技术是本标准关键技术。其中，钢筋套筒灌浆连接接头技术是本标准推荐采用的主要钢筋接头连接技术，也是保证各种装配整体式混凝土结构整体性的基础。必须制定质量控制措施，通过设计、产品选用、构件制作、施工验收等环节加强质量管理，确保其连接质量可靠。

预制构件生产前，要求对钢筋套筒进行检验，检验内容除了外观质量、尺寸偏差、出厂提供的材质报告、接头形式检验报告等，还应按要求制作钢筋套筒灌浆连接接头试件进行验证性试验。钢筋套筒验证性试验可按随机抽样方法抽取工程使用的同牌号、同规格钢筋，并采用工程使用的灌浆料制作三个钢筋套筒灌浆连接接头试件，如采用半套筒连接方式则应制作成钢筋机械连接和套筒灌浆连接组合接头试件，标准养护28d后进行抗拉强度试验，试验合格后方可使用。

**12. 1. 6** 起吊预制构件的行车或吊车应满足构件的起重要求。制作预制构件的台座，表面平整度可使用2m靠尺和塞尺量测，在2m长度范围内表面平整度不应大于2mm。

**12. 2** 构件生产准备与制作

**12. 2. 1** 模具精度是保证预制构件质量的关键。按设计要求及现行国家标准验收合格的模具才可用于预制构件的制作。改制模具使用前的验收标准同新制模具。对于重复使用的模具，在每次浇筑混凝土前应核对模具的关键尺寸，并应针对模具的磨损情况进行及时、有效的修补。为提高预制构件的品质，建议使用定型钢模生产。

进行柱底套筒固定时，可采用图8所示的方式施工；前端板开孔尺寸应根据主筋直径及橡胶半月牙套规格确定；橡胶半月牙套的主要功能是固定柱主筋，并确保钢模具易于拆除（图9）。

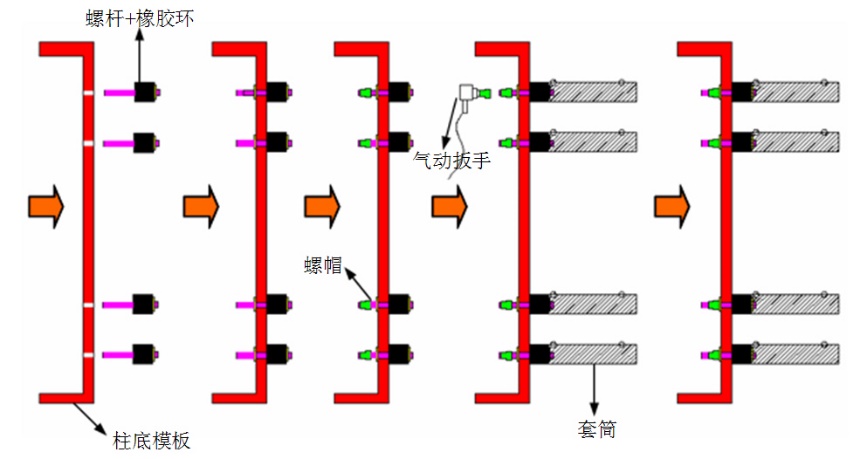


图8 固定套筒的柱底模板示意

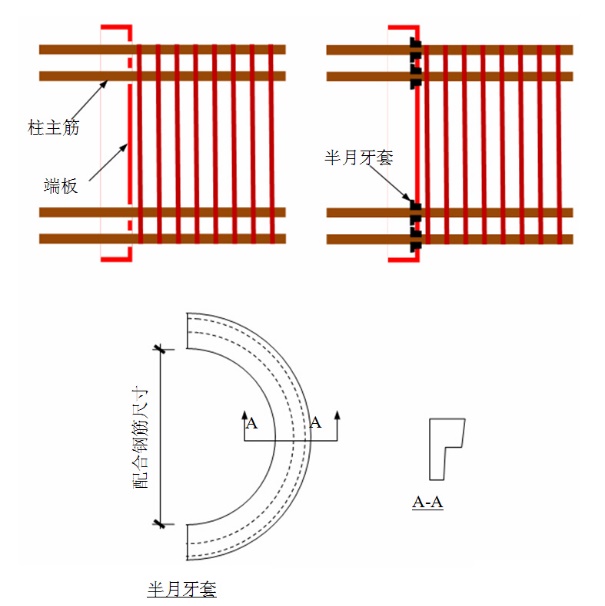


图9 固定钢筋的柱顶模板

预制框架梁的端模板可参照图10制作。

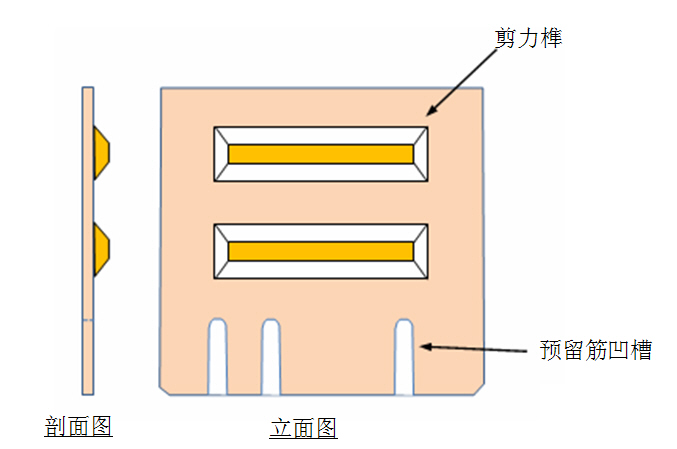


图10 固定钢筋的前端板

为确保预制构件与现浇混凝土的结合面的粗糙度，应在梁柱节点的梁端采用齿槽设计，叠合梁的二次浇筑面可采用压花钢板或拉毛处理（图11）。

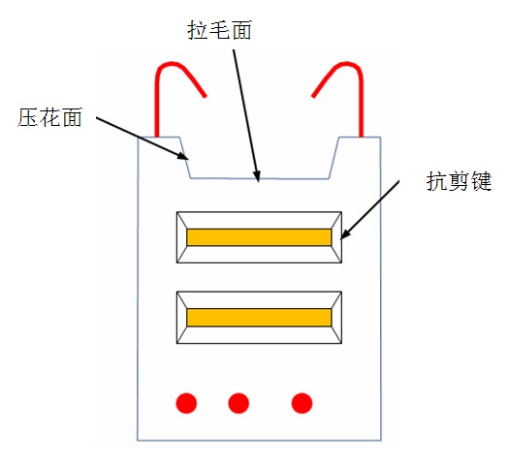


图11 预制梁结合面的建议做法示意

**12. 2. 4** 预制柱主筋的定位精度应比现浇柱更严格，建议采用精度较高的钢筋加工设备。宜以间距器、垫块或辅助固定件将柱钢筋及预埋组件准确固定，并确保浇筑混凝土时不产生移位。

**12. 3** 预制构件的混凝土养护

**12. 3. 3** 本条文建议的养护制度是根据润泰集团的工程实践总结，可参照执行。

**12. 4** 运输与堆放

**12. 4. 1** 预制构件由生产场地到施工现场的运输路线应事先制定。运输路线、运输工具应符合当地交通管理部门要求，并应符合运输道路的荷重要求。运输时使用的临时支架在功能上应与堆放设置相同，应满足承载能力、刚度及稳定性的要求，且应能保持构件运输过程中平稳、防止侧翻及运输途中移动碰撞。

**12. 4. 2** 本条规定主要是为了避免预制构件因污染、开裂、扭曲及翘曲等原因而受损。

**12. 4. 5** 堆垛的安全、稳定特别重要，在构件生产场地及施工现场均应特别注意。当垫木放置位置与脱模、吊装时的起吊位置一致时，可不需单独验算；否则应根据堆放条件进行堆放验算。堆垛间的通道宽度应考虑通行、安全等因素。

**12. 4. 8** 预制构件的运输、吊装应编制专项方案，应结合设计要求确定吊点位置、吊具设计、吊运方法及顺序、临时支撑布置，并进行相应验算。在预制构件吊运时，如吊索夹角过小容易引起非设计状态下的开裂或其它缺陷。

**13** 施 工

**13. 3** 预制柱、预制剪力墙的安装施工

**13. 3. 1** 混凝土杯形基础、筏式基础和其它形式基础以现浇方式施工，在基础顶面需考虑转换至预制装配方式施工。预留插筋应采用定位底座及格栅网准确定位。定位底座是为了精准控制柱主筋位置而固定在基础垫层上的构造铁件；格栅网则是用光圆钢筋经电焊固定形成的纵横交错的网片。

**13. 3. 2** 预制柱安装前，应先验算搁置面混凝土局部受压承载力，以避免安装预制构件造成搁置面混凝土下陷、开裂。预制柱安装时，柱底下方须配置至少4处垫片。垫片为正方形薄铁板，尺寸不小于55mm×55mm，应验算垫片下方的混凝土局部受压承载力。

**13. 3. 3** 柱底套筒灌浆需确认每个出浆孔均已流出圆柱状浆液，才能保证每个套筒内均已充满灌浆料。

**13. 4** 叠合梁、板的安装施工

**13. 4. 1** 当预制框架梁搁置长度少于25mm时，应采取适当的辅助支承措施。采用牛担板企口接头的预制次梁搁置长度少于50mm时，应在预制次梁下方另外加设一组支撑架。

**13. 4. 2** 当预制楼板搁置接缝过大时，浇筑混凝土之前可用砂浆或泡棉条或其它方式填塞，防止漏浆。

**14** 安全技术措施

**14. 1** 一般规定

**14. 1. 3** 输送料斗及布料机中散装水泥的输送应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33-2012中6.5条的规定。生产过程使用的锅炉、压力管道、蒸养窑、厂内专用机动车辆、起重机械等均属于特种设备，应符合《特种设备安全监察条例》的有关规定。

**14. 2** 生产安全

**14. 2. 1** 外露的机械转动设备和皮带传动部位，以及输送流体管道接口法兰处属于生产企业出现安全隐患频率最高的部分，应设置相应的防护设置，且警示标志应较明显便于工人观察。

**14. 2. 2** 在60分钟内不进行布料的情况下，为防止水泥硬化造成料斗和布料机损坏，必须对其清理，关闭油泵挂警示牌以免误操作。

**14. 3** 运输安全

**14. 3. 1** 低平板车有利于降低运输过程中的重心以及全车整体高度，提高运输中的安全系数。

**14. 3. 2** 预制梁、柱因形状呈长条形，平放相对平稳；叠合板等横向构件平放面积较大，相对安全且运输、安装都无须再翻转。运输时，上层构件若超出下层构件，则极易倾覆。

**14. 4** 施工安全

**14. 4. 6** 外挂墙板等竖向构件吊装下降时，须通过缆风绳控制构件转动，防止无序转动伤害施工人员和破坏施工现场。摘除吊钩前，应确保斜向支撑将竖向构件与楼面有较牢靠的固定，避免竖向构件倾倒造成安全事故。

**14. 4. 8** 为便于大型、复杂构件吊装进入施工层，可允许外挂式作业平台暂处于施工作业面下一层，但应设置安全防护设施，确保施工人员安全（图12）。

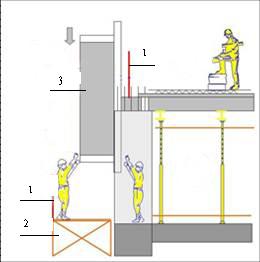
****

图12 外挂式作业平台维护示意

1—施工安全维护；2—外挂式作业平台；3—预制构件

**15** 检测检验

**15. 1** 一般规定

**15. 1. 1** 装配式结构的结构性能主要取决于预制构件的结构性能和连接质量，因此本标准规定对预制构件进行结构性能检验，同时柱、墙、梁等重要节点部位应进行结构实体检验，以确保预制装配式混凝土结构的安全。

**15. 2** 生产检测

**15. 2. 1** 本条对生产预制构件所用钢筋、水泥、砂、石、灌浆材料等原材料的合格证和复试检验提出了要求，应按国家相关标准检验合格后方可用于生产。

**15. 2. 2** 钢筋连接用套筒对预制构件的连接至关重要，因此构件厂选用钢筋连接用套筒时，需要求套筒生产厂家提供按国家相关标准规定的型式检验报告。

**15. 2. 3** 本条对预制构件生产时的混凝土强度提出了检验要求。规定了预制构件生产时标准养护试块的取样频率和数量，预制构件出厂时应检查标准养护混凝土试块强度的试验报告，该试验报告为预制构件厂内部试验报告。

**15. 2. 4** 装配式结构的结构性能主要取决于预制构件的结构性能和连接质量。因此，应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204有关规定对预制构件进行结构性能检验，合格后方能出厂用于工程。同时本条对预制构件结构性能检验的检验批、检验数量和检验方法做出了规定，明确指出试验参数及检验指标应符合设计要求。叠合板、叠合梁、外挂墙板等构件可不做结构性能检验。

**15. 2. 5** 本条对预制构件生产时，同步施工的饰面层、保温层、门窗及设备管线提出了检验要求。

**15. 3** 运输安全

**15. 3. 1** 本条对进入现场的预制构件混凝土强度提出了检验要求。并选择用回弹法检测预制构件的混凝土强度，由于回弹法测试具有快速、简便的特点，能在短期内进行较多数量的检测，以取得代表性较高的总体混凝土强度数据，因此规定：按批进行检测的构件，抽检数量不得少于同批构件总数的10%且构件数量不得少于5个。当检验批构件数量过多时，抽检构件数量可按照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344进行适当调整。叠合板由于厚度较薄，检测有困难，可用同条件试块强度代表。

计数抽样时检验批最小样本容量和检验批中受检构件的最少数量可按表2的规定确定。

表**2** 检验批最小样本容量

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验批的容量 | 检测类别和样本最小容量 | | | 检验批的容量 | 检测类别和样本最小容量 | | |
| A | B | C | A | B | C |
| 2～8 | 2 | 2 | 3 | 91～150 | 8 | 20 | 32 |
| 9～15 | 2 | 3 | 5 | 151～280 | 13 | 32 | 50 |
| 16～25 | 3 | 5 | 8 | 281～500 | 20 | 50 | 80 |
| 26～50 | 5 | 8 | 13 | 501～1200 | 32 | 80 | 125 |
| 51～90 | 5 | 13 | 20 | — | — | — | — |

注：1 检测类别A适用于施工质量的检测，检测类别B适用于结构质量或性能的检测，检测类别C适用于结构质量或性能的严格检测或复检；

2 无特别说明时，样本单位为构件。

**15. 3. 2** 本条对进入现场预制构件中主要受力钢筋保护层厚度提出了检验要求，同时对检验数量和检验方法做出了规定。预制构件的主要受力钢筋保护层厚度关系到结构的承载力、耐久性、防火等性能，预制构件出厂时应对其进行检验。板类构件可安装完成后统一检测。

**15. 3. 3** 本条对进入现场的水泥基灌浆料提出了复验要求。

**15. 3. 4** 本条对进入现场的连接螺栓、锚栓、铆钉、套筒和焊接材料提出了复验要求，并规定了检验数量和检验方法。

**15. 4** 连接检测

**15. 4. 1** 预制构件的连接质量是装配式结构性能的关键影响因素，本条对预制构件连接检测的总则做了一个基本规定。

**15. 4. 2** 本条对现场预制构件钢筋连接用灌浆料的强度提出了要求，并对检验批和检验方法作出了规定。

**15. 4. 3** 套筒灌浆连接接头的质量对结构的连接性能至关重要，除使用前应做型式检验外，应在施工前按照检验批现场同条件制作接头试件测定接头的抗拉强度。

**15. 4. 4** 本条对后浇混凝土的强度提出了检验要求，并规定了检验批和检验方法。

**15. 4. 5** 构件间的钢筋连接对装配式结构的受力性能有重要影响。本条提出了连接的质量要

求和检验方法。

**15. 4. 6** 装配式结构的墙板接缝防水施工质量是保证装配式外墙防水性能的关键，施工时应按设计要求进行选材和施工，并采取严格的检验验证措施。

现场淋水试验应满足下列要求：淋水流量不应小于5L/（m•min），淋水试验时间不应少于2h，检测区域不应有遗漏部位。淋水试验结束后，检查背面有无渗漏。

**15. 5** 结构实体检测

**15. 5. 1** 根据现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300规定的原则，在混凝土结构子分部工程验收前应进行结构实体检验。结构实体检验的范围仅限于涉及安全的柱、墙、梁等结构构件的重要部位。结构实体检验采用由各方参与的见证抽样型式，以保证检验结构的公正性。

对结构实体进行检验，并不是在子分部工程验收前的重新检验，而是在相应分项工程验收合格、过程控制使质量得到保证的基础上，对重要项目进行的验证性检查，其目的是为了加强混凝土结构的施工质量验收，真实地反映混凝土强度及受力钢筋位置等质量指标，确保结构安全。

本条文涉及的实体检测不包括预制构件部分，预制构件部分的实体检测详见本标准相应条文规定。

**15. 5. 2** 结合装配式混凝土结构的特点，装配式混凝土结构实体检验应包括连接节点部位的后浇混凝土强度、钢筋套筒连接灌浆料强度、构件接缝部位灌注浆体强度。当工程合同有约定时，可根据合同确定其他检验项目和相应的检验方法、检验数量、合格条件，但其要求不得低于本标准的规定。当有专门要求时，也可以进行其他项目的检验，但应由合同作出相应的规定。

**15. 5. 3、15. 5. 4** 试验研究和工程调查表明，与结构实体混凝土组成成分、养护条件相同的同条件养护试件，其强度可作为检验结构实体混凝土强度的依据。同条件养护试件的强度等检验按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及相关标准的有关规定进行。

**15. 5. 5** 本条对进场不做结构性能检验的预制构件，规定了相应的措施以保证预制构件的质量。