中国工程建设标准化协会标准CECS

X-X-202X

模块墙轻钢混凝土框架结构

技术规程

Technical Specification for Modular Wall Light Steel Concrete Composite Frame Structure

征求意见稿

××××-××-××发布××××-××-××实施

中国工程建设标准化协

**前言**

根据中国工程建设标准化协会《2022年第一批协会标准制订、修订计划》（建标协函[2022]13号）的要求，规程编制组经过充分调查研究，认真总结实践经验，参考国外先进标准和国内相关标准规程，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、材料、结构计算分析、构件设计、节点设计、防护设计、制作和施工、验收。本规程适用于模块墙轻钢混凝土框架结构的设计、加工、安装及验收等内容

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理，由石家庄铁道大学土木工程学院负责具体技术内容的解释。执行中如有意见或建议，请寄至石家庄铁道大学土木工程学院《模块墙轻钢混凝土框架结构技术规程》编制组（地址：河北省石家庄市长安区北二环东路17号；邮编：050043）。

本规程主编单位：石家庄铁道大学

北方工程设计研究院有限公司

河北比穆建筑科技有限公司

本规程参编单位：太行城乡建设集团有限公司

中铁十二局集团有限公司

天津大学

河北省建筑科学研究院有限公司

河北省第四建筑工程有限公司

河北北方绿野建筑设计有限公司

中国航空规划设计研究总院有限公司

天津大学建筑设计规划研究总院有限公司

河北工程大学

北京交通大学

河北建筑设计研究院有限责任公司

中国建筑第四工程局有限公司

河北筑成数字科技有限公司

河北比智智能科技有限公司

河北交投建筑科技有限公司

铭扬工程设计集团有限公司

河北裕诚检测技术有限公司

华北理工大学

河北省智能建造学会

天津市钢结构学会

河北羲杰发建筑工程有限公司

青岛理工大学

河北建设集团有限公司

本规程主要起草人员：乔文涛 宫海军 徐长春 （以下按拼音顺序）

安 琦 曹太然 曹 璞 陈建伟 陈宗学 代 楠 杜永山 杜颜胜 付士峰 高国军 黄智远 贾怡红 贾 莉 刘红波 李 勇 李维超 李瑞峰 鲁 兵 刘 洋 刘晓涛 刘玉凤 裴文良 秦伟杰 史占宽 石雁冲 邵俊文 王中军 王志斌 王泽雄 王 飞 信改义 肖文程 熊清清 闫 冰 杨会杰 尹晓祥 杨 洋 周 婷 张 翔 张新永 张浩东 张 隆 张国文 张 旺 张海影

**目次**

1 总则 6

2 术语和符号 7

2.1 术 语 7

2.2 符 号 7

3 基本规定 12

3.1 一般规定 12

3.2 结构体系 13

3.3 构件承载力设计 15

3.4 水平位移限值和舒适度要求 15

4 材 料 18

5 结构计算分析 18

5.1 一般规定 18

5.2 弹性分析 18

5.3 弹塑性分析 19

6 构件设计 21

6.1 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱 21

6.2 框架梁 28

6.3 模块化的保温结构一体化预制组合楼板 30

7 节点设计 34

7.1 一般规定 34

7.2 梁柱节点设计 34

7.3 梁、柱的拼接 37

7.4 楼板的拼接 38

7.5 柱脚设计 39

8 防护设计 40

8.1 一般规定 40

8.2 防腐蚀设计 40

8.3 防火设计 41

9 制作和施工 43

9.1 一般规定 43

9.2 预制构件制作 44

9.3 构件吊装和现场装配施工 46

9.4 混凝土工程 47

10 验收 48

10.1 一般规定 48

10.2 原材料及成品 48

10.3 预制构件制作 50

10.4 安装工程 51

10.5 混凝土工程 54

本规程用词说明 55

引用标准名录 56

条文说明 59

**Contents**

[1 General Provislons 6](#_Toc155623017)

[2 Terms and Symbols 7](#_Toc155623018)

[2.1 Terms 7](#_Toc155623019)

[2.2 Symbols 7](#_Toc155623020)

[3 General Requirements 12](#_Toc155623021)

[3.1 General Provisions 13](#_Toc155623022)

[3.2 Structural System 13](#_Toc155623023)

[3.3 Bearing Capacity Design of Member 15](#_Toc155623024)

[3.4 Horizontal Displacement Limits and Comfort Requirements 15](#_Toc155623025)

[4 Material 18](#_Toc155623026)

[5 Structural Calculation and Analysis 18](#_Toc155623027)

[5.1 General Provisions 18](#_Toc155623028)

[5.2 Elastic Analysis 18](#_Toc155623029)

[5.3 Elastoplastic Analysis 19](#_Toc155623030)

[6 Element Design 21](#_Toc155623031)

[6.1 Multi-limb Assembled Cold-formed Thin-wall Steel Concrete Composite Column 21](#_Toc155623032)

[6.2 Frame Beam 28](#_Toc155623033)

[6.3 Modular Insulation Structure Integrated Prefabricated Composite Floor 3](#_Toc155623034)0

[7 Design of Joint 34](#_Toc155623035)

[7.1 General Regulation 34](#_Toc155623036)

[7.2 Design of Beam-Column Joint 34](#_Toc155623037)

[7.3 Splicing of Beams and Columns 37](#_Toc155623038)

[7.4 Splicing of Floor 38](#_Toc155623039)

[7.5 Column Foot Design 39](#_Toc155623040)

[8 Protection Design 40](#_Toc155623041)

[8.1 General Provisions 40](#_Toc155623042)

[8.2 Corrosion Resistant Design 40](#_Toc155623043)

[8.3 Fire Protection Design 41](#_Toc155623044)

[9 Fabrication and Construction 43](#_Toc155623045)

[9.1 General Provisions 43](#_Toc155623046)

[9.2 Artifacts Produced 44](#_Toc155623047)

[9.3 Component Lifting and Site Assembly Construction 46](#_Toc155623048)

[9.4 Concrete Engineering 47](#_Toc155623048)

[10 Acceptance 48](#_Toc155623049)

[10.1 General Provisions 48](#_Toc155623050)

[10.2 Raw Materials and Finished Products 48](#_Toc155623051)

[10.3 Fabrication of Prefabricated Components 50](#_Toc155623052)

[10.4 Installation Project 51](#_Toc155623053)

[10.5 Concrete Engineering 54](#_Toc155623054)

Explanation of Wording in this Specification 55

List of Quoted Standards 56

Explanation of Provisions 59

# 1 总 则

**1.0.1** 为了在模块墙轻钢混凝土框架结构的设计与施工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、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于民用建筑中由多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱组成的模块墙轻钢混凝土框架结构的设计、施工与验收。

**1.0.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构的设计、加工、安装及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语和符号**

**2.1 术 语**

**2.1.1** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱 Multi-limb assembled cold-formed thin-walled steel concrete composite column(MCTSCC)由多肢冷弯成型的薄壁C型钢相互栓接组合而成的异形柱（一字形、十字形、L形和T形柱），浇筑混凝土后形成的以受压为主的组合受力构件。

**2.1.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构 Modular wall light steel concrete composite frame structure

由多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱和钢梁为主要构件组成的具有抗剪和抗弯能力的结构。

**2.1.3** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁节点 Joint of multi-limb assembled cold-formed thin-walled steel concrete composite column and H-shaped steel beam(MCTSCC-HSB joint)。

**2.1.4** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板 Modular insulation structure integrated prefabricated composite floor。

由冷弯薄壁型钢、钢筋、混凝土和聚苯乙烯泡沫板组成的具有抗弯能力的保温结构一体化预制组合楼盖。

**2.1.5** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体 Modular insulation structure integrated prefabricated composite wall。

由多肢拼合冷弯薄壁型柱、H型钢梁、混凝土内外叶墙板、钢丝网、石墨聚苯板组成的保温结构一体化预制组合墙体。

**2.2 符 号**

**2.2.1** 作用、作用效应与响应：

——作用组合的效应设计值;

——梁拼接的极限受剪承载力；

——梁的极限受弯承载力；

——梁的塑性受弯承载力；

——梁在重力荷载作用下代表值；

**2.2.2** 计算指标：

——钢材、混凝土的弹性模量；

——钢材、混凝土的剪切模量；

——构件承载力设计值;

——轻钢混凝土组合异形柱的轴心受压承载力；

——钢材强度设计值；

——混凝土轴心抗压强度标准值；

——轴心压力设计值；

——轻钢混凝土组合异形柱轴压强度指标；

——轻钢混凝土组合异形柱的轴心受压承载力；

——弯矩设计值；

——轻钢混凝土组合异形柱的抗弯承载力；

——构件截面抗弯模量；

——同一截面处绕x轴和y轴的弯矩设计值；

——对x轴和y轴的净截面模量；

——计算截面沿腹板平面作用的剪力设计值；

——钢材的抗剪强度设计值；

——集中荷载设计值；

——钢材的抗压强度设计值；

——钢筋的抗压强度；

——受压区混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值；

——混凝土的轴心抗压强度；

——受压区C型钢的抗压强度；

——受拉区C型钢的抗拉强度；

——钢筋的抗拉强度；

——受拉钢筋合力作用点到混凝土受压区边缘的距离；

——螺栓钢材屈服强度；

——第一排螺栓中心到肢背距离；

——梁截面抗弯刚度；

——梁柱节点受弯承载力设计值；

——单根螺栓的极限拉力设计值;

**2.2.3** 几何参数应包括下列内容：

——组合构件外围钢管、内部混凝土区域的截面惯性矩；

——组合构件外围钢管、内部混凝土区域的截面面积；

——轻钢混凝土组合I型柱截面面积；

——构件长细比；

——试件长度；

——构件回转半径，；

——弯矩作用方向的惯性矩；

——弯矩作用方向的截面高度；

——计算剪应力处以上（或以下）毛截面对中和轴的面积矩；

——构件的腹板厚度；

——集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度；

——集中荷载沿梁跨度方向的支承长度；

——自梁顶面至腹板计算高度上边缘的距离；

——单个组合单元的宽度；

——受拉钢筋的截面面积；

——混凝土等效受压区高度；

——混凝土层厚度；

——内部填充的聚苯乙烯板的厚度；

——受拉钢筋合力作用点到混凝土受压区边缘的距离;

——受拉区C型钢合力作用点到受拉钢筋合力作用点的距离；

——受压区C型钢合力作用点到受拉钢筋合力作用点的距离；

——组合单元内部填充的聚苯乙烯板的宽度；

——受压区C型钢的截面面积；

——受拉区C型钢的截面面积；

——受压钢筋的配筋率；

——顶角钢宽度；

—顶角钢厚度；

——梁的净跨；

——顶角钢螺栓排数；

——第i排螺栓中心到转动中心的距离；

**2.2.4** 计算系数应包括下列内容：

——构件承载力抗震调整系数；

——抗弯承载力计算系数；

——轻钢混凝土组合异形柱稳定系数；

——约束效应系数；

——轻钢混凝土组合异形柱偏压承载力的计算系数;

——轻钢混凝土组合异形柱偏压承载力的计算系数;

——轻钢混凝土组合异形柱抗弯承载力局部计算系数;

——轻钢混凝土组合异形柱形状影响系数；

——轻钢混凝土组合异形柱形状调整系数；

——弯矩调整系数；

——加载角；

——强度增大系数；

——裂缝间受拉钢筋应变的不均匀系数；

——受拉钢筋与混凝土的弹性模量的比值；

——受拉钢筋面积与混凝土有效面积的比值；

——受压翼缘与腹板有效面积的比值；

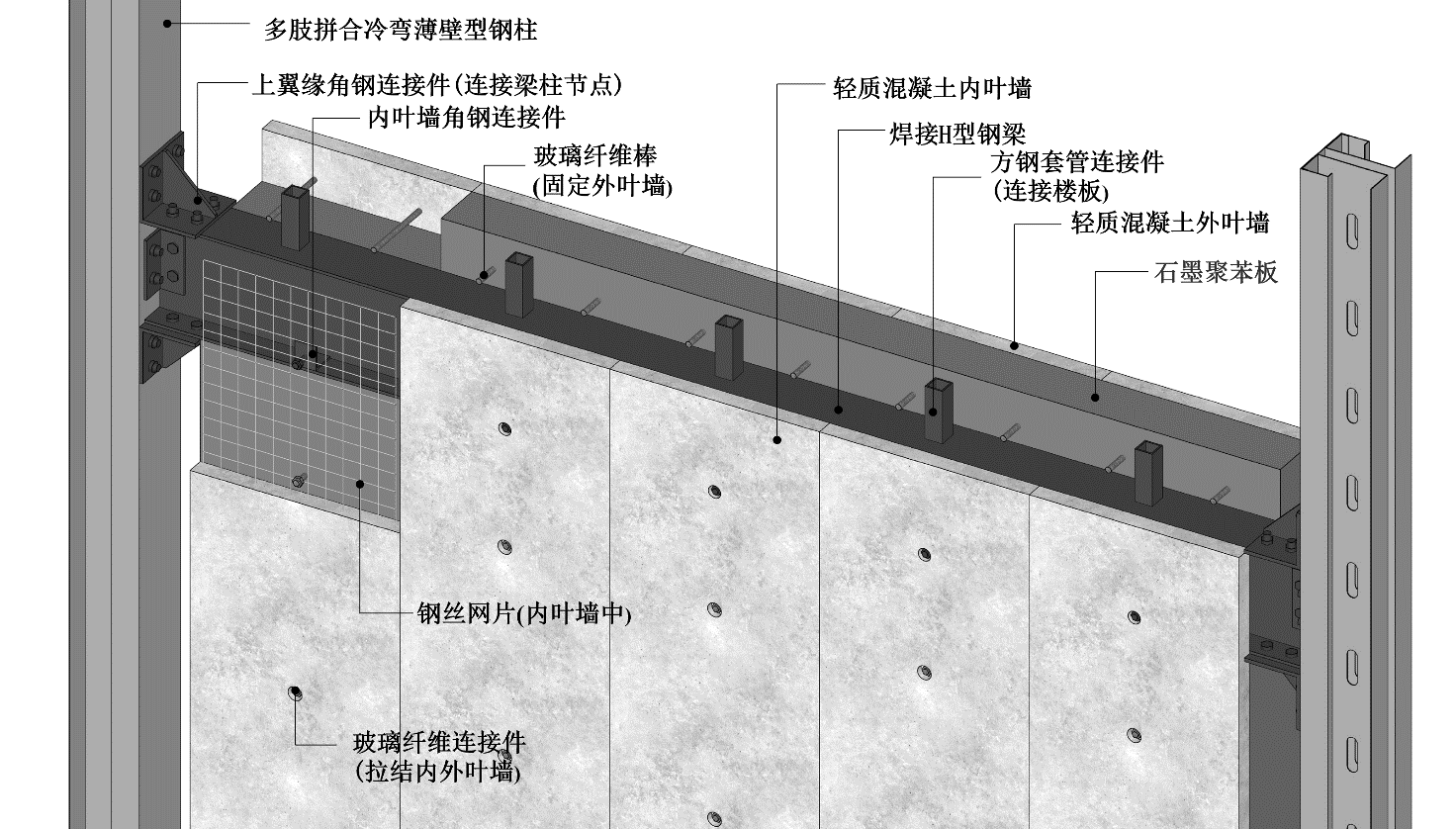
——连接系数；

**3** **基本规定**

**3.1 一般规定**

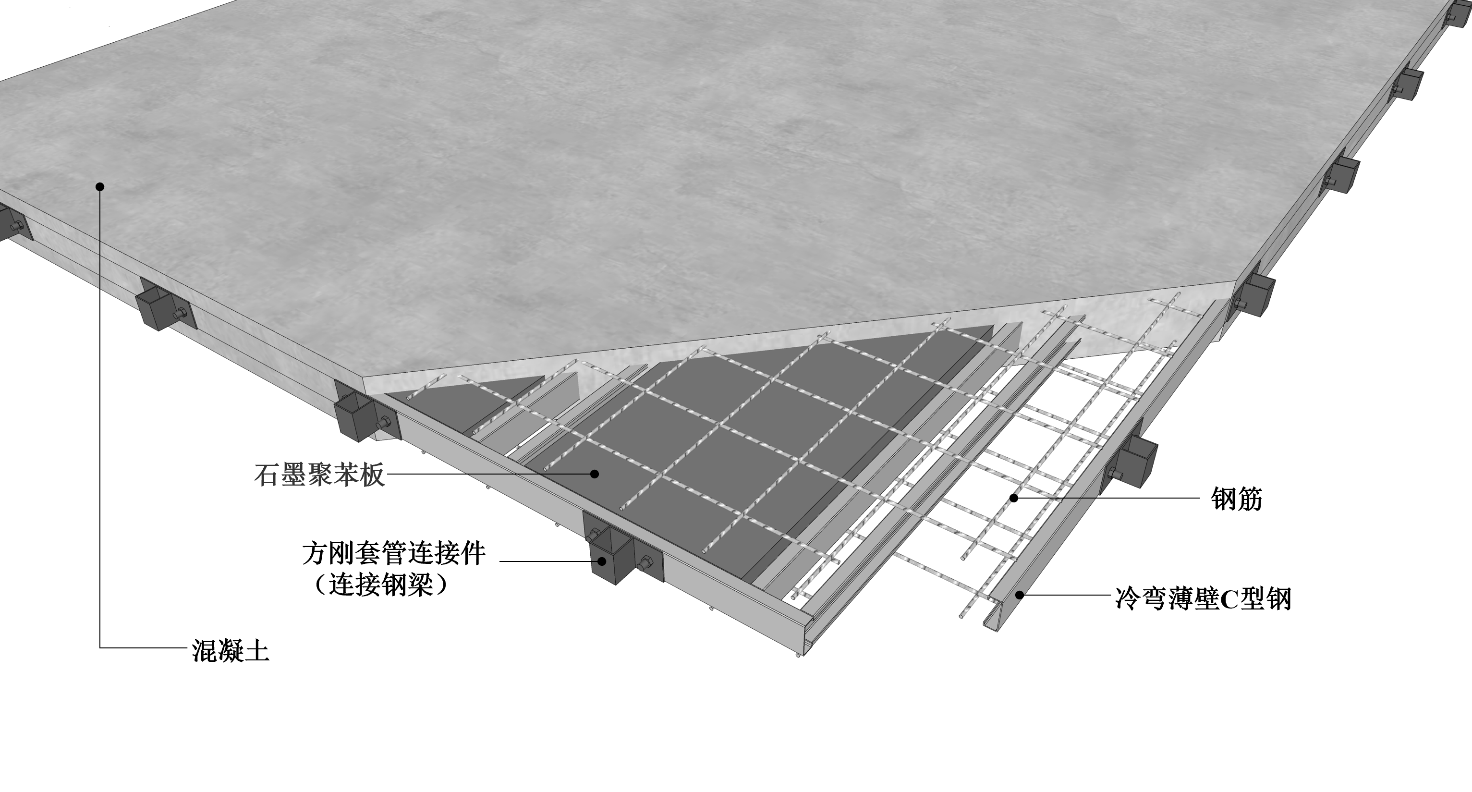
**3.1.1** 超低能耗模块墙装配式建筑由模块化的保温结构一体化预制组合墙体和预制组合楼板组成，轻钢混凝土框架结构是其主要承重骨架。

**3.1.2** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体由轻质混凝土内外叶墙、钢丝网片、石墨聚苯板、热轧H型钢梁、多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱以及角钢、玻璃纤维棒等连接件组成，其基本构造应符合图3.1.2的规定。



**图3.1.2 模块化的保温结构一体化预制组合墙体构成**

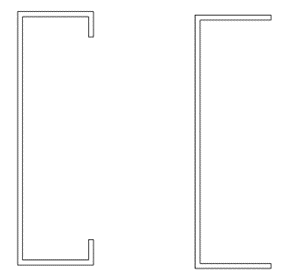
**3.1.3** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板由冷弯薄壁型钢、石墨聚苯板、钢筋、混凝土、方钢套筒连接件组成，其基本构造应符合图3.1.3的规定。



**图3.1.3 模块化的保温结构一体化预制组合楼板构成**

**3.1.4** 组合墙体中石墨聚苯板厚度由建筑的节能等级标准要求来确定，轻质混凝土内、外叶墙厚度不宜小于50mm；组合楼板中聚苯乙烯泡沫板厚度不宜大于板中冷弯薄壁型钢腹板高度，钢筋的混凝土保护层厚度不宜小于20mm。

**3.1.5** 单肢冷弯薄壁型钢常用的截面类型为C型钢和不带卷边的C型钢，如图3.1.5所示。



(a)C型钢 (b)不带卷边C型钢

**图3.1.5 单肢冷弯薄壁型钢常用截面类型**

**3.1.6** 组合墙体两端为多肢拼合冷弯薄壁型钢柱，通常由3个单肢冷弯薄壁型钢通过自攻螺钉连接构成类T型截面，如图3.1.2所示。

**3.1.7** 组合楼板通过方钢套筒连接件与预制墙体连接。

**3.2 结构体系**

**3.2.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构应注重概念设计，综合考虑建筑的使用功能、环境条件、材料供应、制作安装、施工条件因素，择优选用抗震和抗风性能好且经济合理的结构体系、构件形式和连接构造。应保证结构整体抗震性能，使结构具有必要的承载力、刚度和延性。

**3.2.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构应有明确的竖向及水平传力路径，其平面和竖向布置及规则性要求，应符合现行国家和行业标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的有关规定。

**3.2.3** 抗震设防的结构，其抗震措施应符合国家现行标准《建筑工程抗震设防分类标准》CB 50223和《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定。

**3.2.4** 模块墙轻钢混凝土框架结构构件应根据抗震设防分类、烈度、结构类型和房屋高度按照《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定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。

**3.2.5** 抗震设防烈度为6度至8度的模块墙轻钢混凝土框架结构的最大适用高度应符合表3.2.5的规定。平面和竖向均不规则的结构，其最大适用高度宜适当降低。

**表3.2.5 模块墙轻钢混凝土框架结构的最大适用高度（m）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 抗震设防烈度 | | | |
| 6度 | 7度 | 8度(0.20g) | 8度(0.30g） |
| 55 | 45 | 35 | 30 |

注：**1.**房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）；

**2.**超过本表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效加强措施；

**3.**甲类建筑，6、7、8度时宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合本表的要求。

**3.2.6** 模块墙轻钢混凝土框架结构的高宽比不宜超过表3.2.6的规定。

**表3.2.6 模块墙轻钢混凝土框架结构的最大适用高宽比**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 烈度 | 7度 | 8度 |
| 最大高宽比 | 6 | 5 |

注：**1.**计算高宽比的高度一般从室外地面算起。

**3.2.7** 当使用模块化的保温结构一体化预制组合楼板时，楼板如有大洞口，应采取加强组合楼板水平刚度的措施，且洞口必须避开组合楼板中的型钢位置，不允许对型钢造成损伤。

**3.2.8** 当在适当部位设置防震缝时，宜形成多个较规则的抗侧力结构单元。模块墙轻钢混凝土框架结构中的防震缝设置应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的相关规定。

**3.3 构件承载力设计**

**3.3.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构构件的承载力应按下列公式验算：

持久设计状况、短暂设计状况:



地震设计状况:



式中: -结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于1.0；

——作用组合的效应设计值；

——构件承载力设计值；

——构件承载力抗震调整系数。

**3.3.2** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的承载力抗震调整系数，强度验算时取0.75，稳定验算时取0.80，当仅计算竖向地震作用时取1.0。

**3.4 水平位移限值和舒适度要求**

**3.4.1** 按照弹性方法计算时，模块墙轻钢混凝土框架结构、框架-支撑结构、框架-延性墙板结构在风荷载作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比对于居住建筑不宜大于1/400，公共建筑不宜大于1/300；当采用有较高变形限制的非结构构件和装饰材料时，层间相对位移与层高之比宜适当减小；当非结构构件和装饰材料采用延性材料或柔性连接时，则可适当增大。

**3.4.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构、框架-支撑结构、框架-延性墙板结构在地震作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比不宜大于下列数值：

**1** 在多遇地震作用下(按弹性计算)：1/400；

**2** 在罕遇地震作用下(按弹塑性计算)：1/50；

当采用有较高变形限制的非结构构件和装饰材料时，在多遇地震作用下的层间相对位移与层高之比宜适当减小。

**4 材 料**

**4.0.1** 钢材的选用应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《冷弯薄壁型钢技术规范》GB 50018的有关规定。

**4.0.2** 用于多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的带钢，应采用符合现行国家标准《碳素结构钢》GB／T 700规定的Q235钢和《低合金高强度结构钢》GB／T 1591规定的Q345钢。当有可靠根据时，可采用其他牌号的钢材，但应符合相应有关国家标准的要求。

**4.0.3** 用于多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的带钢，应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度、冷弯试验和硫、磷含量的合格保证。

**4.0.4** 结构中的混凝土和钢筋应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**4.0.5** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱中的混凝土强度等级应不低于C30。对Q235钢，宜配C30或C40级混凝土；对Q355钢，宜配C40或C50级以上的混凝土。当采用C50（不包含）以上高强混凝土时，应有可靠的依据。

**4.0.6** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱中的混凝土宜采用细骨料混凝土或自密实混凝土。自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283的规定。

**4.0.7** 用模块墙轻钢混凝土框架结构构件的连接紧固件应符合下列规定。

**1** 普通螺栓应符合国家现行标准《六角头螺 C 级》GB/T 5780及《六角头螺栓》GB/T 5782的规定；

**2** 高强度螺栓应符合国家现行标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角头螺母》GB/T 1229钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角头螺母、垫圈与技术条件》GB/T 1231或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632的规定。高强度螺栓的预拉力和摩擦抗滑移系数按国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017选用。

**4.0.8** 焊钉（栓钉）应符合国家现行标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433的规定。

**5 结构计算分析**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 荷载、地震作用及荷载效应组合应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定进行计算。

**5.1.2** 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，结构的内力和变形可采用弹性方法计算；在罕遇地震作用下结构的弹塑性变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法计算。

**5.1.3** 不规则且具有明显薄弱部位可能导致重大地震破坏的建筑结构，应按《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定进行罕遇地震作用下的弹塑性变形分析。此时，可根据结构特点采用静力弹塑性分析或弹塑性时程分析方法。

**5.1.4** 计算结构内力与变形时，可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性，设计时应采取相应的措施保证楼盖平面内的整体刚度。当楼盖可能产生较明显的面内变形时，计算时应考虑楼盖平面内的实际刚度，考虑楼盖的面内变形影响。

**5.1.5** 弹性分析时，当钢梁与楼板在构造上有可靠连接时，宜考虑钢梁与楼板的共同作用，可计入楼板对钢梁惯性矩的增大作用。梁两侧均有楼板时，梁的惯性矩可取钢梁惯性矩的1.5倍；仅一侧有楼板时，梁的惯性矩可取钢梁惯性矩的1.2倍；弹塑性分析时，不考虑楼板与钢梁的共同作用。

**5.1.6** 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应考虑非承重填充墙的刚度影响予以折减。折减系数可取0.7~0.9，当非承重墙体为轻质墙板或外挂墙板时，自振周期的折减系数可取0.9。在结构承载力和刚度计算时不应计入非结构构件的有利作用。

**5.1.7** 罕遇地震作用下进行结构的弹塑性变形计算时，可不计入风荷载的效应。

**5.1.8** 模块墙轻钢混凝土框架结构中，构件及节点连接设计应符合相关现行国家、行业标准的规定，其简化计算模型应与实际构造相吻合。

**5.2 弹性分析**

**5.2.1** 结构弹性计算模型应根据结构实际情况确定，应能准确地反应结构中各构件的实际受力情况，并考虑重力二阶效应的影响。当采用二阶弹性分析方法时，假想水平荷载的取值宜符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定，也可按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定采用直接分析法。

**5.2.2** 结构弹性分析时，应考虑下列变形：

**1** 梁的弯曲、剪切、扭转变形，必要时考虑轴向变形；

**2** 柱、墙的弯曲、剪切、扭转、轴向变形，其中，延性墙板仅考虑剪切变形；

**3** 钢结构梁、柱节点域剪切变形对结构侧移的影响，宜符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的相关规定。

**5.2.3** 结构弹性阶段的内力和位移计算时，多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的截面刚度取值应符合下列规定：

组合轴向刚度：

组合抗弯刚度：

组合剪切刚度：

式中：**——钢材、混凝土的弹性模量；

**——钢材、混凝土的剪切模量；

**——组合构件型钢、内部混凝土区域的截面惯性矩；

**——组合构件型钢、内部混凝土区域的截面面积。

**5.2.4** 模块墙轻钢混凝土框架结构的阻尼比应按以下原则采用：

**1** 多遇地震作用下，房屋高度不大于50m时宜取0.04；房屋高度大于50m且小于最高限值55m时宜取0.03；罕遇地震作用下宜取0.05。

**2** 风荷载作用下内力和变形计算时，阻尼比宜取0.02~0.03，风振舒适度验算时，阻尼比宜取0.01~0.02。

**5.2.5** 对结构分析软件的计算结果，应进行分析判断，确认其合理、有效后方可作为工程设计依据。体型复杂、结构布置复杂的高层建筑结构，应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行整体计算。

**5.3 弹塑性分析**

**5.3.1** 结构弹塑性分析时，应考虑梁的弹塑性弯曲变形、柱在轴力和弯矩作用下的弹塑性变形以及柱的弹塑性剪切变形。

**5.3.2** 采用静力弹塑性分析方法进行结构弹塑性分析时，应符合下列规定：

**1** 可在结构的各主轴方向分别施加单向水平力；水平力可作用在各层楼盖的质心位置，不考虑偶然偏心的影响。

**2** 结构的每个主轴方向宜采用不少于两种水平力分布模式，其中一种宜与振型分解反应谱法得到的水平力分布模式相同。

**5.3.3** 采用弹塑性时程分析方法进行结构弹塑性分析时，应符合下列规定：

**1** 一般情况下，可采用单向水平地震输入，对体型复杂或特别不规则的结构，宜采用双向或多向水平地震输入；

**2** 地震波的选取应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。

**6 构件设计**

**6.1 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱**

**6.1.1** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱（图6.1.1）轴心受压承载力应满足下式要求:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| (a)L型柱 | (b)T型柱 | (c)I型柱 | (d)十型柱 |
| **图6.1.1 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱示意图** | | | |

 (6.1.1)

式中：——组合柱轴心压力设计值(N)；

——组合柱轴心受压承载力(N)；

——组合柱轴压强度指标，应按式(6.1.2-1~4)计算；

——组合I型柱截面面积，。其中，为组合柱内部型钢截面面积，为组合柱混凝土截面面积(mm2)；

——组合柱稳定系数，应按6.1.3条计算。

**6.1.2** 轴心受压构件轴压强度指标应满足下式要求:

**1** 对于L型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.2-1)

**2** 对于T型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.2-2)

**3** 对于I型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.2-3)

**4** 对于十型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.2-4)

式中：——组合柱轴压强度指标(N/mm2)；

——约束效应系数，；

——钢材强度设计值(N/mm2)；

——混凝土轴心抗压强度标准值(N/mm2)；

**6.1.3** 轴心受压构件的稳定系数应按下式计算：

**1** 对于L型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.3-1)

**2** 对于T型组合柱应满足下式要求：

(6.1.3-2)

**3** 对于I型组合柱应满足下式要求：

(6.1.3-3)

**4** 对于十型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.3-4)

式中：—构件长细比，，对于L型柱取值为5.5~46.3; 对于T型柱取值为5.9~59.0；对于I型柱取值为7.0~66.0; 对于十型柱取值为4.3~36.3。

——试件长度(mm)；

——构件回转半径，(mm)；

——分别为型钢与混凝土的弹性模量；

——分别为型钢与混凝土对弱轴的惯性矩(mm4)。

**6.1.4** 弯矩作用在一个主平面内的多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱(图6.1.4)承载力应满足下式要求：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| (a)L型柱 | (b)T型柱 | (c)I型柱 | (d)十型柱 |
| **图6.1.4 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱单向偏压示意图** | | | |

多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱应满足下式要求：

当时



当时

 （6.1.4）

式中：——组合柱轴心压力设计值(N)；

——组合柱的轴心受压承载力，应按公式(6.1.1)计算；

——组合柱轴心受压的稳定系数，应按公式(6.1.3-1)计算；

——组合柱形状影响系数，可按表6.1.4采用；

——组合柱形状调整系数 可按表6.1.5采用；

——弯矩设计值(N·mm2)；

——组合柱的抗弯承载力：(N·mm2)；

——组合柱抗弯承载力计算系数，可按表6.1.6采用；

——构件截面抗弯模量，按截面外轮廓进行计算，(mm3)；

——弯矩作用方向的惯性矩(mm4)；

——弯矩作用方向的截面高度(mm)。

**表6.1.4 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱形状影响系数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 组合柱的类型 | | 的取值 | 的取值 |
| L型柱 | 绕、轴平面内 |  |  |
| T型柱 | 绕轴平面内 |  |  |
| 绕轴平面内 |  |  |
| I型柱 | 绕轴平面内 |  |  |
| 绕轴平面内 |  |  |
| 十型柱 | 绕、轴平面内 |  |  |

**表6.1.5 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱形状调整系数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 组合柱的类型 | | 的取值 | 的取值 |
| L型柱 | 绕、轴平面内 |  |  |
| T型柱 | 绕、轴平面内 |  |  |
| I型柱 | 绕轴平面内 |  |  |
| 绕轴平面内 |  |  |
| 十型柱 | 绕、轴平面内 |  |  |

**表6.1.6 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱抗弯承载力计算系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 组合柱的类型 | | 的取值 |
| L型柱 | 绕、轴平面内 |  |
| T型柱 | 绕轴平面内 |  |
| 绕轴平面内 |  |
| I型柱 | 绕轴平面内 |  |
| 绕轴平面内 |  |
| 十型柱 | 绕、轴平面内 |  |

**6.1.5** 弯矩作用在两个主平面内的多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱(图6.1.54)承载力应满足下式要求：

当时



当时

 (6.1.5)

**1** 对于T型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.5-1)

 (6.1.5-2)

 (6.1.5-3)

 (6.1.5-4)

式中：**——加载角，即加载点到形心与**轴正方向夹角，取值范围为**，当**°时，**，当**°时，**。

——T型组合柱偏压承载力的计算系数：，；

——T型组合柱偏压承载力的计算系数：，；

——T型组合柱抗弯承载力局部计算系数：，；

——T型组合柱形状调整系数：，。

**2** 对于L型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.5-5)

 (6.1.5-6)

 (6.1.5-7)

 (6.1.5-8)

式中：**——加载角，即加载点到形心与**轴正方向夹角，取值范围为0~90°，当**°时，**，当**°时，**。

——L型组合柱偏压承载力的计算系数：；

——L型组合柱偏压承载力的计算系数：；

——组合柱抗弯承载力局部计算系数：；

——组合柱形状调整系数：，。

**3** 对于十型组合柱应满足下式要求：

 (6.1.5-9)

 (6.1.5-10)

 (6.1.5-11)

 (6.1.5-12)

式中：**——加载角，即加载点到形心与**轴正方向夹角，取值范围为0~360°，当**时，**；当**时，**；当**时，**；当**时，**；当**时，**；当**时，**，当**时，**；当**时，**。

——十型组合柱偏压承载力的计算系数：；

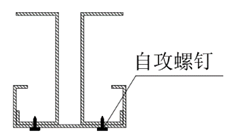
——十型组合柱偏压承载力的计算系数：；

——十型组合柱抗弯承载力局部计算系数：，；

——十型组合柱形状调整系数：；。

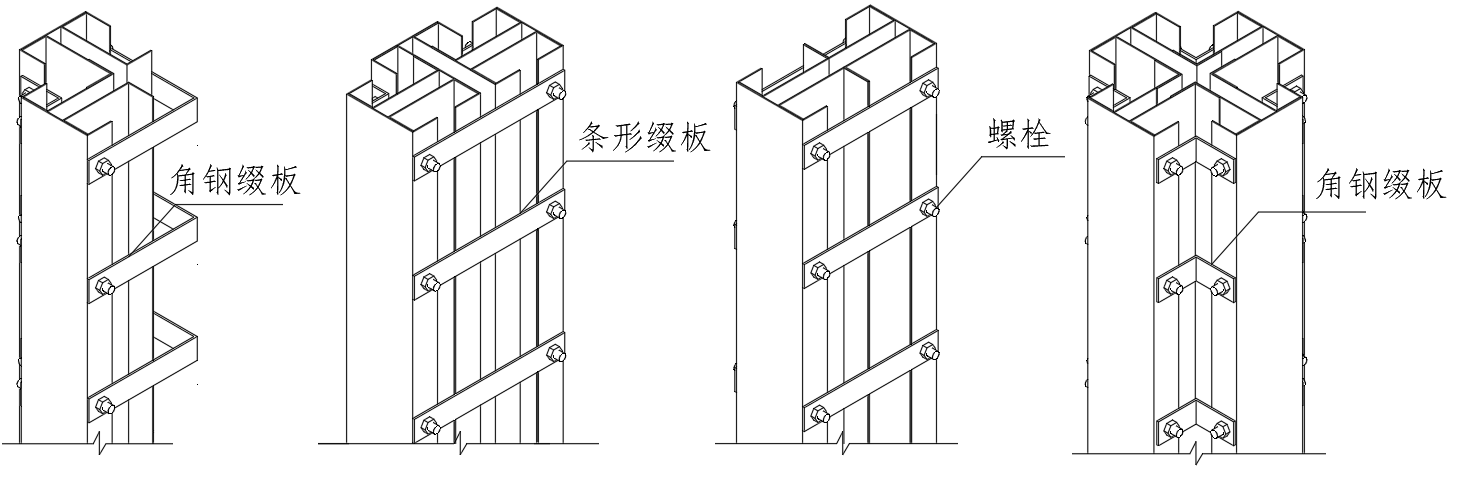
**6.1.6** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的型钢截面尺寸不应小于，壁厚不应小于1.8mm。

**6.1.7**  用于连接多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱型钢的自攻螺钉（图6.1.9）纵向间距不宜大于300mm，柱端部300mm范围内自攻螺钉间距加密为100mm，自攻螺钉规格不应小于ST4.2。

****

**图6.1.9 自攻螺钉布置示意图**

**6.1.8** 组合柱中的多肢拼合冷弯薄壁型钢沿柱长方向使用条形缀板和角钢缀板（图6.1.10）进行封闭环箍，缀板纵向间距不宜大于300mm，缀板宽度不宜小于50mm，厚度不宜小于4mm。缀板通过M10普通螺栓与型钢进行连接。



**图6.1.10 缀板环箍布置示意图**

**6.1.9** 组合柱中冷弯薄壁型钢宜采用腹板开孔型以更好地保证混凝土贯通并与型钢牢固粘结，孔径与开孔构造要求应符合国家现行标准《[冷弯薄壁型钢多层住宅技术标准》JGJ/T 421-2018](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/129792/4819941.shtml)。

**6.2 框架梁**

**6.2.1** 在主平面内受弯的实腹构件，其受弯强度应按下式计算：

 (6.2.1)

式中：****——同一截面处绕x轴和y轴的弯矩设计值(N·mm2)；

——对x轴和y轴的净截面模量，当截面板件宽厚比等级为S1、S2、S3或 S4级时，应取全截面模量，当截面板件宽厚比等级为S5级时，应取有效截面模量，均匀受压翼缘有效外伸宽度与腹板有效截面应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中的相关规定；

——截面塑性发展系数，应按本规程6.2.2条的规定取值；

——钢材的抗弯强度设计值(N/mm2)。

**6.2.2** 截面塑性发展系数取值：

**1** 对工字或H型截面，当板件宽厚比等级为 S4 或 S5 级时，截面塑性发展系数应取为1.0，当截面板件宽厚比等级为S1、S2及S3时，截面塑性发展系数应按下列规定取值：。（*x*轴为强轴，*y*轴为弱轴）。

**2** 对于其他形式截面，可采用现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中的相关规定。

**3** 对需要计算疲劳的梁，宜取。

**6.2.3** 在主平面内受弯的实腹构件，除考虑腹板屈曲后强度外，其受剪强度应按下式计算：

 (6.2.3)

式中：——计算截面沿腹板平面作用的剪力设计值(N)；

——计算剪应力处以上（或以下）毛截面对中和轴的面积矩(mm3)；

——构件的毛截面惯性矩(mm4)；

——构件的腹板厚度(mm)；

——钢材的抗剪强度设计值(N/mm2)。

**6.2.4** 当梁受集中荷载且该荷载处又未设置支承加劲肋时，其计算应符合下列规定：

**1** 当梁上翼缘受有沿腹板平面作用的集中荷载且该荷载处又未设置支承加劲肋时，腹板计算高度上边缘的局部承压强度应按下列公式计算：

 (6.2.4-1)

 (6.2.4-2)

式中：——集中荷载设计值（N）；

——集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度，采用简化式（5.2.4-2）计算(mm)；

——集中荷载沿梁跨度方向的支承长度(mm)；

——自梁顶面至腹板计算高度上边缘的距离；对焊接梁为上翼缘厚度，对轧制工字形截面梁，是梁顶面到腹板过渡完成点的距离(mm)；

——钢材的抗压强度设计值(N/mm2)。

**2** 在梁的支座处，当不设置支承加劲肋时，也应按式(6.2.4-1)计算腹板计算高度下边缘的局部压应力。支座集中反力的假定分布长度，应根据支座具体尺寸按式(6.2.4-2)计算。

**6.2.5** 在梁的腹板计算高度边缘处，若同时承受较大的正应力、剪应力和局部压应力，或同时承受较大的正应力和剪应力时，其折算应力应按下列公式计算：

 (6.2.5-1)

 (6.2.5-2)

式中：——腹板计算高度边缘同一点上同时产生的正应力、剪应力和局部压应力，应按本规程式(6.2.3)和式(6.2.4-1)计算，应按式(6.2.5-2)计算，以拉应力为正值，压应力为负值(N/mm2)；

——梁净截面惯性矩(mm4)；

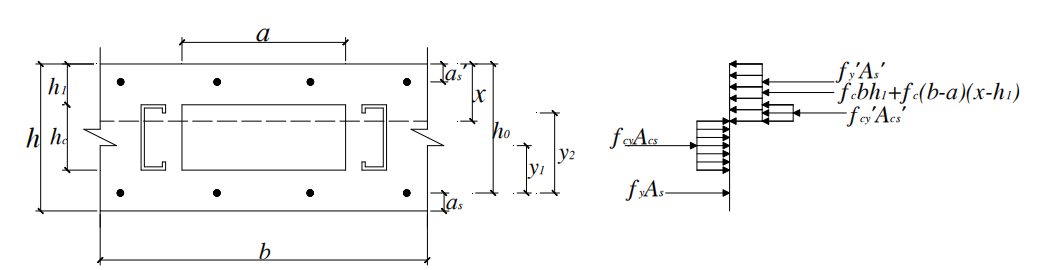
——所计算点至梁中和轴的距离(mm)；

——强度增大系数；当异号时，取=1.2；当同号或=0时，取=1.1。

**6.2.6** 受弯构件的整体稳定性计算、局部稳定性计算、腹板开孔要求与构造要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

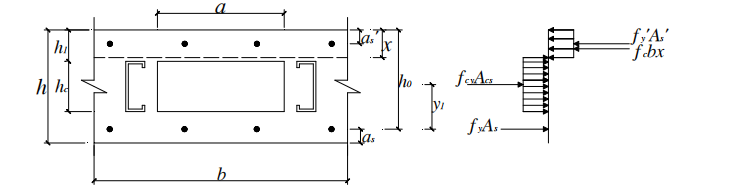
**6.3 模块化的保温结构一体化预制组合楼板**

**6.3.1** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板抗弯承载力计算

**1** 中和轴穿过C型钢，C型钢全部屈服。

**图6.3.1-1 中和轴穿过C型钢计算简图**

 (6.3.1-1)

**2** 中和轴随荷载的增加偏移至 C 型钢上方，C 型钢全部屈服。

**图6.3.1-2 中和轴偏移至C型钢上方计算简图**

 (6.3.1-2)

式中:——钢筋的抗压强度(MPa)；

——受压钢筋的截面面积(mm2)；

——受压区混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值，混凝土强度等级不大于C50时，=1；

——混凝土的轴心抗压强度(MPa)；

——单个组合单元的宽度(mm)；

——组合单元内部填充的聚苯乙烯泡沫板的宽度(mm)；

——受压区C型钢的抗压强度(MPa)；

——受压区C型钢的截面面积(mm2)；

——受拉区C型钢的抗拉强度(MPa)；

——受拉区C型钢的截面面积(mm2)；

——钢筋的抗拉强度(MPa)；

——受拉钢筋的截面面积(mm2)；

——混凝土等效受压区高度(mm)；

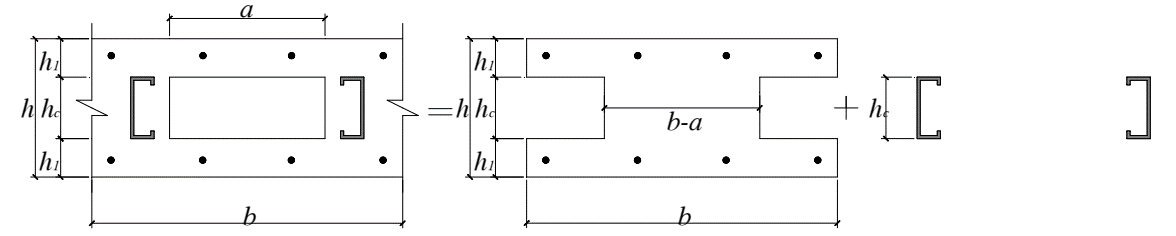
——混凝土层厚度(mm)；

——内部填充的聚苯乙烯板的厚度(mm)；

——受拉钢筋合力作用点到混凝土受压区边缘的距离(mm);

——受拉区C型钢合力作用点到受拉钢筋合力作用点的距离(mm)；

——受压区C型钢合力作用点到受拉钢筋合力作用点的距离(mm)。

**6.3.2** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板刚度计算（图6.3.2）

**图6.3.2 组合板刚度计算简图**

 (6.3.2-1)

式中：——受拉钢筋的弹性模量(MPa)；

——受拉钢筋的截面面积(mm2);

——受拉钢筋合力作用点到混凝土受压区边缘的距离(mm)；

——裂缝间受拉钢筋应变的不均匀系数，；

——受拉钢筋与混凝土的弹性模量的比值；

——受拉钢筋面积与混凝土有效面积的比值；

——受压翼缘与腹板有效面积的比值，当不计受压钢筋对刚度的影响时，取，当考虑受压钢筋对刚度的影响时，取

——受压钢筋的配筋率，。

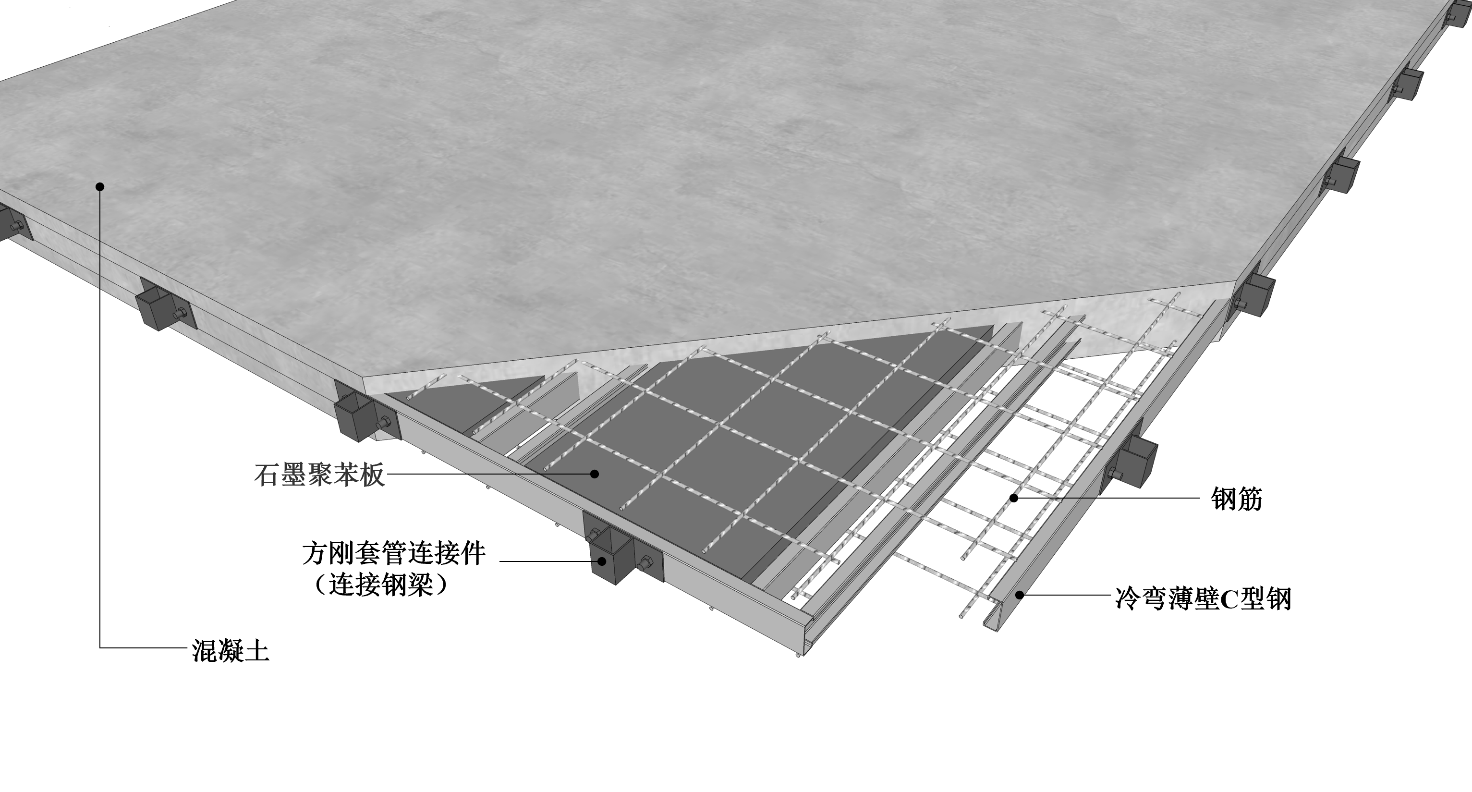
**6.3.3** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板（图6.3.3）构造要求

**1** 组合楼板混凝土强度不宜小于C30。

**2** 组合楼板中纵筋直径不宜小于8mm，配筋率不宜小于0.8%。

**3** 组合楼板中冷弯薄壁型钢壁厚不应小于1.2mm；

**4** 组合楼板总厚度不应小于150mm。



**图6.3.3 模块化的保温结构一体化预制组合楼板构造示意图**

**7 节点设计**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构的节点和连接设计，除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99、《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《组合结构设计规范》JGJ 138的规相关规定。

**7.1.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构节点的连接构造应做到构造简单，传力明确，便于施工。梁柱连接、柱柱连接宜采用全螺栓连接。

**7.1.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构梁柱连接、柱柱连接，其螺栓应采用高强螺栓，螺栓应结合连接所在部位的重要性、工作环境及应力状态等情况确定其强度等级及直径。

**7.1.4** 高强度螺栓连接受拉或受剪时的承载力。应按国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定进行计算。

**7.2 梁柱节点设计**

**7.2.1** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱与H型钢梁可采用带双腹板角钢、顶底角钢的全螺栓连接（图7.2.1）。具体连接构造应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017和《组合结构设计规范》JGJ 138的规定。



**图7.2.1 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁连接构造**

**7.2.2** 抗震设防的模块墙轻钢混凝土框架结构，其梁柱节点全螺栓连接抗弯承载力应满足下式(7.2.3)要求：

**** (7.2.2)

**** (7.2.3)

式中：——梁柱节点受弯承载力设计值(kN∙m)；

——梁截面抗弯刚度(kN∙m)；

——单个螺栓的极限拉力设计值(kN)；

——顶角钢螺栓排数；

——角钢第i排螺栓中心到转动中心的距离（*y*1为顶角钢第一排螺栓中心到转动中心的距离，单位：m）。

——顶角钢长度(mm)；

——顶角钢肢厚(mm)；

——螺栓抗拉强度设计值(N/mm²)；

——第一排螺栓中心到肢背距离(mm)。

**7.2.3** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁柱节点弯矩—转角关系表达式：

****(7.2.4)

(7.2.5)

(7.2.6)

式中：——梁柱节点的总刚度(kN·m)。采用欧洲组合法计算得到，详细计算见条文说明；

——参照转角(rad)；

——梁柱节点的曲线形状参数；

**7.2.4** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱与H型钢梁柱节点的角钢螺栓排数不宜大于三排，螺栓的计算与构造应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的相关规定。

**7.2.5** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱与H型钢梁柱节点的顶、底角钢应设置加劲肋，其焊缝应采用角焊缝，焊缝质量等级为一级；焊缝的坡口形式和尺寸，宜根据节点设计荷载按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的要求选用（图7.2.5）。加劲肋厚度不宜小于顶、底角钢肢厚。

**7.2.6** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱与H型钢梁柱节点的顶、底角钢宜采用热轧等边角钢，其肢厚不应小于型钢梁翼缘厚度，其肢宽不应小于螺栓布置所需要的最小尺寸要求，其长度不应大于组合柱宽度，不应小于H型钢梁翼缘宽度。

**7.2.7** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱与H型钢梁柱节点的腹板角钢宜采用热轧等边角钢，肢厚不应小于型钢梁腹板厚度，肢宽不应小于螺栓布置所需要的最小尺寸要求。

**7.2.8** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱与H型钢梁柱节点应在组合柱内设置节点垫板，其厚度不宜小于8mm，长度不应小于节点域长度（图7.2.8）。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **图7.2.5 顶底角钢示意图** | **图7.2.8 垫板示意图** |

**7.2.9** 节点垫板应设置抗拉钢筋，其数量、直径及锚固长度宜根据节点设计荷载按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010对钢筋的锚固规定设计。

**7.2.10** 节点垫板应设置抗剪连接件，其数量和尺寸宜根据节点设计荷载按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的要求设计。

**7.2.11** 节点的组合柱C型钢骨架的抗弯刚度应大于钢梁抗弯刚度。

**7.3 梁、柱的拼接**

**7.3.1** 在抗震设防结构中，梁柱的工地拼接应考虑构件运输，其拼接点应避开塑性区，梁的拼接点应在距柱边缘1/10跨长或两倍梁高范围之外，柱的拼接点位于框架梁顶面以上1.0m~1.5m之间。

**7.3.2** 梁的拼接节点计算应按下式满足在拼接处的极限受弯、受剪承载力：

**** (7.3.2-1)

梁的拼接：

**** (7.3.2-2)

式中：——梁拼接的极限受剪承载力(kN)；

——梁的极限受弯承载力(kN∙m)；

——梁的塑性受弯承载力(kN)；

——梁在重力荷载代表值作用下，按简支梁分析的梁端截面剪力设计值(kN)；

——梁的净跨(m)；

——连接系数，可按表7.3.2采用。

**表7.3.2 抗震设计连接系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 母材牌号 | 梁的连接 | |
| 焊接 | 螺栓连接 |
| Q235 | 1.40 | 1.45 |
| Q355 | 1.30 | 1.35 |
| Q355GJ | 1.25 | 1.30 |

**7.3.3** 次梁与主梁的连接宜采用简支连接，必要时也可采用刚性连接。

**7.3.4** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-柱连接节点由连接板、过渡板和高强螺栓组成，其基本构造如图7.3.4所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)I型柱节点 | (b)L型柱节点 |

**图7.3.4 柱-柱连接示意图**

**7.3.5** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-柱连接节点应采用高强度全螺栓连接，连接板厚度不应小于8mm，冷弯薄壁型钢与连接板的螺栓排数不宜大于四排。

**7.3.6** 螺栓的计算与构造应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的相关规定。

**7.3.7** 上下柱之间应设一块过渡钢板，过渡钢板厚度宜与连接板厚度相同，且过渡钢板上应设直径不宜小于20mm的孔，保证细石混凝土通过。

**7.4 楼板的拼接**

**7.4.1** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板与周边钢梁的连接宜采用刚性连接，组合楼板与钢梁的连接采用方钢管套筒连接后浇混凝土的形式。（图7.4.1）。

****

**图7.4.1 方钢管套筒连接示意图**

**7.4.2** H型钢梁上的方钢管套筒采用热轧无缝方形钢管，与钢梁间通过角焊缝连接，其壁厚不应小于4mm，边长不宜小于50mm，高度不应大于楼板厚度。角焊缝尺寸宜根据节点设计荷载按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的要求设计。

**7.4.3** 组合楼板周边连接的方钢管套筒采用热轧无缝方钢管，其壁厚不应小于4mm，边长不宜小于50mm，高度不超过H型钢梁上的方钢管套筒高度的一半。套筒先与垫板通过角焊缝连接，然后再通过螺栓与组合楼板边缘型钢进行连接。其强度和尺寸宜根据节点设计荷载按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的要求设计。

**7.4.4** 方钢管套筒的间距不宜大于600mm，且每一块预制组合楼板与钢梁连接套筒数量不少于1个。H型钢梁上的套筒内边长度要小于组合楼板周边的套筒内边长度，使二者之间有不小于2mm的间隙，从而保证施工安装时能够顺利拼插。

**7.4.5** 垫板的高度不小于组合楼板边缘型钢高度，不大于组合楼板厚度，垫板的宽度为其上套筒边长的3倍，垫板的厚度不小于其上套筒壁厚的2倍。

**7.4.6**  组合楼板与钢梁通过套筒连接后，在板缝间需要浇灌强度等级不低于C30的混凝土。**7.4.7** 型钢梁上翼缘应设置栓钉，栓钉直径不宜小于16mm，栓钉的最大间距不宜大于300mm，栓钉的最小间距沿梁轴线方向不应小于6倍的栓钉杆直径，垂直梁方向的间距不应小于4倍的栓钉杆直径，且栓钉中心至型钢板件边缘的距离不应小于50mm；栓钉顶面的混凝土保护层厚度不宜小于15mm。

**7.5 柱脚设计**

**7.5.1** 当建筑无地下室或设有一层地下室时，柱脚采用刚接，柱脚底板可位于基础顶面。

**7.5.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构宜采用外包式柱脚。外包混凝土内应设置钢筋网片，且宜在每个柱脚下设置抗剪键，柱底板应开锚栓孔，与基础用锚栓连接。

**7.5.3** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱结构柱脚的部分轴力、弯矩和剪力可由外包钢筋混凝土承担，且计算方法和构造措施应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99的有关规定。

**7.5.4** 柱脚的外包混凝土高度不应小于组合柱截面高度的2.5倍，且从柱脚底板到外包顶部箍筋的距离不应小于外包混凝土的宽度，钢柱外包部分应设置栓钉。

**8 防护设计**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中的钢构件应根据使用环境、材质、结构形式、使用要求和维护条件进行防腐蚀设计，符合现行国家标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定。

**8.1.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的防火设计应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249、《建筑设计防火规范》GB 50016和《建筑构件用防火保护材料通用要求》XF/T 110的规定。

**8.1.3** 防火材料用于室内时，其有害物质限量应符合现行国家标准《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》GB 18582的规定；其放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

**8.1.4** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱、保温夹芯组合楼板、钢梁等构件防腐蚀和防火保护工程应采用绿色施工，施工组织与管理、环境保护和资源节约应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905的规定。

**8.2 防腐蚀设计**

**8.2.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中预制钢构件应根据环境条件、材质、使用要求、施工条件和维护条件等因素，因地制宜，从下列方案中综合选择防腐蚀方案或其组合：

**1** 防腐蚀涂料；

**2** 各种工艺形成的锌、铝等金属保护层；

**3** 阴极保护措施。

**8.2.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中预制钢构件在加工制作过程中的钻孔、截断等操作时应采取防腐处理措施，在出厂涂装前的除锈等级标准应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分》GB/T 8923.1的规定。

**8.2.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系在现场安装所采用的螺栓、垫板、套筒、节点板等连接构件的耐腐蚀性能，不应低于主材材料；螺栓、螺母应采用镀锌等方法防护，安装后再采用与主体结构相同的防腐蚀方案。

**8.2.4** 模块墙轻钢混凝土框架结构中电线、电缆等管线穿越冷弯薄壁型钢时，应设置绝缘线管和绝缘垫圈，避免二者直接接触。

**8.2.5** 模块墙轻钢混凝土框架结构的基础连接采用预埋钢柱时，其在地面以下的部分宜采用强度不低于C20的钢筋混凝土包裹，外包厚度不小于100mm，并宜使包裹的混凝土高出地面不小于150mm。

**8.2.6** 室内湿度较大的功能分区（如卫生间、厨房等）的模块墙轻钢混凝土框架，除按防腐蚀设计进行防腐蚀外，应设置厚度不小于30mm的水泥砂浆进行隔护，水泥砂浆表面宜按建筑设计要求设置防水层，应在楼层墙角部分设置混凝土翻边，翻边高度不小于100mm，翻边厚度不小于30mm。

**8.3 防火设计**

**8.3.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系，在采取防火保护措施后，建筑耐火等级应不小于二级，相应构件的耐火燃烧性能和耐火极限应符合国家标准。

**8.3.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构中，包括组合柱与钢梁，与保温材料接触的部位，宜采用非膨胀型钢结构防火涂料、柔性毡状材料、金属网轻质抹灰石膏等其他防火隔热材料进行阻隔。

**8.3.3** 采用其他防火隔热材料作为模块墙轻钢混凝土框架结构防火层时，生产厂家除应提供强度、耐火性能和耐候性能参数外，尚应提供导热系数、比热容等热工参数。

**8.3.4** 组合墙体宜采用外挂蒸压轻质混凝土板(ALC)进行防火保护，板厚应不小于50mm，50mm厚ALC板保护钢梁耐火极限应＞3h，50mm厚ALC板保护钢柱耐火极限应＞4h；根据构件拼装形状对结构进行全包覆设计，防火板底面与保温层之间应用水泥砂浆填缝。

**8.3.5**  组合墙体中使用的黏结剂、拉结件等应为不燃材料，在高温下应能保证一定强度，保证粘接层、防火板等安装牢固。

**8.3.6** 组合楼板钢筋（钢材）保护层不应小于15mm，组合楼板混凝土部分的截面厚度不应小于100mm。

**8.3.7** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系连接节点处，包括梁柱节点、柱柱节点、楼板节点等，防火措施不应低于相邻构件所采取的防火措施。

**8.3.8** 模块墙轻钢混凝土框架结构的室内柱采用外包混凝土进行防火保护，混凝土的强度等级不宜低于C20。

**8.3.9** 室内环境下，外露钢构件的表面宜采用非膨胀型钢结构防火涂料或环氧类膨胀型钢结构防火涂料进行保护，防火涂料与防腐涂料应相容、匹配。

**8.3.10** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中存在的建筑缝隙，应按《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T51410—2020进行设计。

**8.3.11** 冷弯薄壁型钢结构喷涂防火涂料时，应符合现行国家标准《钢结构防火涂料通用技术条件》GB 14907的规定。

**9 制作和施工**

**9.1 一般规定**

**9.1.1**  模块墙轻钢混凝土框架结构体系中使用的所有原材料应具有质量证明书，并应符合设计要求和现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017及相应国家现行产品标准的规定；按有关规定需要复验的材料应在抽样复试合格后方可使用。

**9.1.2** 预制构件生产单位应具备完善的质量管理体系和制度，同时还应具备相关的生产设备，并宜具备质量可追溯的信息化管理系统。

**9.1.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构主要由多肢拼合冷弯薄壁型钢柱及热轧H型钢梁组成，其质量标准应分别符合国家现行标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018和《热轧H型钢和部分T型钢》GB/T 11263的规定，同一工程中拼装单元的柱截面应一致。

**9.1.4** 组合楼板中采用的冷弯薄壁型钢的性能要求和强度设计值应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定。

**9.1.5** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系使用的混凝土原材料、配合比等参数应符合国家现行标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的规定。

**9.1.6** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系使用的角钢、钢板等应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700规定的Q235钢和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591规定的Q355钢，当有可靠依据时，可采用其他牌号的钢材。

**9.1.7** 高强螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632的规定；拼合冷弯薄壁型钢采用的自攻螺钉应符合现行国家标准《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1~GB/T 15856.5的规定。

**9.1.8** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体及模块化的保温结构一体化预制组合楼板生产前，应由建设单位组织设计、生产，施工单位进行设计文件的技术交底和会审工作，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。

**9.1.9** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的预制混凝土构件的设计、制作和质量验收应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。

**9.1.10** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的预制钢构件内在质量、外观质量和尺寸精度等应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定。

**9.2 预制构件制作**

**9.2.1** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体及模块化的保温结构一体化预制组合楼板在制作前应根据设计文件绘制加工详图，并应经原设计单位确认。

**9.2.2** 预制组合墙体与组合楼板应根据加工详图进行放样，预留制作和安装时的加工余量。

**9.2.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的预制构件模具应符合下列规定：

**1** 应具有足够的刚度、强度和稳定性，满足钢筋入模、混凝土浇捣和养护等要求，并便于清理和涂刷隔离剂；

**2** 安装应牢固、严密，符合构件精度的要求；

**3** 应满足预制构件质量、生产工艺、组装拆卸、周转次数等要求；

**4** 应满足预制构件预留孔洞、插筋、预埋件的安装定位要求。

**9.2.4** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的冷弯薄壁型钢骨架的制作应符合下列规定：

**1** 应保证切割部位准确、切口整齐，切割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清理干净，切割后应及时清理构件表面的油污、毛刺等污物，保持构件表面干净整洁；

**2** 应在合适的工作平台及装配胎膜上进行，工作平台及胎膜应测平，并加以固定，使构件重心线在同一水平面上，其误差不得大于3mm；

**3** 应按加工详图严格控制几何尺寸，结构的工作线与杆件的重心线应交汇于节点中心，两者误差不得大于3mm；

**4** 应防止弯扭，拼装时其表面中心线的偏差不得大于3mm；

**5** 杆件搭接或对接时的错缝或错位不得大于0.5mm；

**6** 构件螺栓孔周边应无毛刺、破裂、喇叭口和凹凸的痕迹，切屑应清除干净，高强螺栓孔应采用钻成孔，构件之间连接孔中心线位置的误差不得大于2mm。

**9.2.5** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体中的内、外叶墙板制作应符合下列规定：

**1** 内外叶墙板可以采用常用的轻质混凝土现浇，也可采用外挂轻质混凝土板（比如ALC板），厚度应不小于50mm，高度不宜大于一个层高；

**2** 内外叶墙板中应设置内置钢丝网片，网片网格尺寸不宜大于150×150mm，钢丝直径不宜小于2.2mm；

**3** 内外叶墙板采用玻璃纤维棒或包塑钢筋连接件对拉连接时，开孔尺寸应根据连接件的直径、施工误差等因素确定，墙板安装完毕后，应采用相同强度等级的水泥砂浆封孔、封缝；玻璃纤维棒或包塑钢筋的强度、直径、数量由其所承担的墙板最不利自重所确定，且直径不小于6mm，间距不大于600mm。

**4** 内外叶墙板的设计和制作应符合现行国家标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1和《装配式建筑用墙板技术要求》JG/T 578的规定。

**9.2.6** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体应按以下流程进行制作。

当采用现浇墙板时：多肢冷弯薄壁型钢组合柱拼装→梁柱连接→安装保温材料→插入玻璃纤维棒或包塑钢筋→布置一侧墙板钢丝网片→浇筑一侧墙板→养护→固定另外一侧墙板钢丝网片→浇筑另外一侧墙板→养护→模块化组合墙体制作完成。

当采用外挂墙板时：多肢冷弯薄壁型钢组合柱拼装→梁柱连接→安装保温材料→安装两侧外挂墙板→使用玻璃纤维棒或包塑钢筋拉结固定两侧墙板→水泥砂浆封孔→模块化组合墙体制作完成。

**9.2.7** 模块化的保温结构一体化预制组合楼板应按以下流程进行制作：冷弯薄壁型钢骨架拼装→螺栓连接方钢管套筒→安装保温材料→绑扎钢筋网→安装模板→混凝土浇筑并进行养护→模板拆除→模块化组合楼板制作完成。

**9.2.8** 钢部件的焊缝质量等级应符合设计要求。当设计没有要求时，应采用质量等级不低于二级的对接焊缝或角焊缝。

**9.2.9** 组合楼板混凝土浇筑和养护应符合以下规定：

**1** 混凝土浇筑前应进行隐蔽工程检查；

**2** 应根据预制构件特点和生产任务量，选择自然养护、自然养护及养护剂养护或加热养护，加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式；

**3** 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后应及时覆盖保湿，脱模前不应揭开；

**4** 涂刷养护剂应在混凝土终凝后进行；

**5** 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** 预制构件脱模起吊时的混凝土强度应计算确定，且不宜小于15MPa；脱模后需要移动的预制构件，混凝土抗压强度不应小于混凝土设计强度的75%。

**9.2.10** 预制钢构件在出厂前，应根据设计文件要求进行除锈和防腐涂装。

**9.2.11** 预制构件经检查合格后，宜设置表面标识；预制构件出厂时，应出具质量证明文件。

**9.2.12** 预制构件应在涂层干燥后进行包装，包装应保护构件涂层不受损伤，且应保证构件在运输、装卸、堆放过程中不变形、不损坏、不散失。

**9.3 构件吊装和现场装配施工**

**9.3.1** 预制构件进场前应对各构件及其零部件进行检查，检查验收合格后方可进场、记录，包括预制构件质量证明文件及出厂标识、预制构件外观质量、尺寸偏差等；除应符合本规范规定外，尚应符合现行国家规范《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《[钢结构工程](https://baike.baidu.com/item/%E9%92%A2%E7%BB%93%E6%9E%84%E5%B7%A5%E7%A8%8B/1028488?fromModule=lemma_inlink" \t "_blank)施工质量验收规范》GB 50205和《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411的规定。

**9.3.2** 施工现场应设置预制构件存放堆场，预制构件到达现场后，应按种类、规格分类堆放，做好标记，同时应采取防止构件变形及表面污染的保护措施。

**9.3.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系装配施工前，应对施工工况下结构的强度进行分析验算，荷载应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755的规定。

**9.3.4** 模块墙轻钢混凝土框架体系施工应按以下流程进行：预制构件进场→吊装模块墙→安装墙体侧向稳定支撑→安装柱柱节点→补填保温材料封缝→设置楼板临时支撑→安装组合楼板→柱子支模→柱子以及板缝处浇筑混凝土→养护→拆除模板与临时支撑→完成该层施工。

**9.3.5** 各施工工序应按照施工技术标准进行质量控制，每道施工工序完成后，经检验合格后，才能进行下一道工序施工。

**9.3.6** 模块墙单元组装完成后，应对安装接缝进行封缝处理，外挂墙板的连接节点及接缝构造应符合设计要求。

**9.3.7** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中构件的现场装配施工应符合下列规定：

**1** 预制混凝土构件在施工过程中应按实际工况的荷载、计算简图、混凝土实体强度进行施工阶段验算。验算时应乘以相应的动力系数：对脱模、翻转、吊装、运输时可取1.5，临时固定时可取1.2；

**2** 单元模块墙的重量、施工荷载等应在施工详图中计算列出；

**3** 预制构件现场装配施工前，应对预制构件及临时支撑结构进行定位测量，应设置构件安装定位标识；

**4** 预制构件的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层的轴线引上。

**5** 预制构件中的设备管线宜采取预埋方式连接，设备管线不得影响结构的整体安全性；

**6** 预制构件现场装配施工前，应增加模块墙单元临时支撑，形成稳固的空间单元，包括单元整体支撑、单元大开洞洞口变形支撑等，防止产生永久性变形，并严禁吊装过程中出现磕碰等情况；

**7** 预制构件现场装配施工时，应从单元模块墙的顶部进行起吊，宜通过单独的横梁进行提升，宜在单元模块墙钢梁的套筒上开设吊装孔；

**8** 预制构件现场装配施工完成后，进行节点区域施工，节点区域混凝土强度未达到设计强度前严禁进行下一步施工；

**9** 当天的装配施工应形成稳固的空间刚度单元，必要时应增加临时支撑结构或临时措施。

**10** 预制构件的安装、焊接经检验合格后应对防腐保护和防火保护进行补充。

**11** 现场施工若出现与设计不符情况时应立即联系各主体单位，采取措施后方可进行下一步操作施工。

**9.4 混凝土工程**

**9.4.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系宜采用细石混凝土进行浇筑，应严格控制骨料粒径。施工前应进行配合比设计，浇筑方法应与结构形式相适应，满足倾落高度要求。

**9.4.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系后浇混凝土施工应符合下列规定：

**1** 预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止损伤和污染的保护措施；

**2** 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确，并应防止漏浆、变形、预埋件移位等现象；

**3** 混凝土浇筑前，预制构件结合面疏松部分的混凝土应剔除并清理干净，并应在混凝土结合面进行洒水润湿；

**4** 混凝土浇筑应待本层钢结构全部施工完成后进行；

**5** 每层混凝土应连续浇筑，多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱内混凝土浇筑完成面至柱-柱节点标高处，不应小于300mm；

**6** 混凝土应振捣密实，振捣设备及方法应根据混凝土的品种、工作性能、待浇筑部位的规格和形状等因素确定；如遇到不容易振捣的情况，宜采用自密实混凝土以确保混凝土密实；

**7** 同一配合比的混凝土，每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。

**10 验 收**

**10.1 一般规定**

**10.1.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的结构质量验收，应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1的规定。

**10.1.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构与保温组合墙工程应划分为工厂制作和现场施工两部分进行，工厂制作部分为模块化的保温结构一体化预制组合墙体和模块化的保温结构一体化预制组合楼板，现场施工部分为模块化的预制墙体和楼板的安装，以及连接处混凝土浇筑。

**10.1.3** 模块墙轻钢混凝土框架中的组合墙体工程除另有规定外，可根据施工方式且便于控制施工质量的原则，按工程量、楼层、变形缝或施工段划分为若干个检验批。

**10.1.4** 模块墙轻钢混凝土框架中的组合墙体工程应按下列要求进行验收：

**1** 工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；

**2** 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；

**3** 对涉及结构安全、节能和主要使用工程的试块、试件及材料，应在进场时或施工中按规定进行见证检验；

**4** 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理机构进行验收，并应形成验收文件，验收合格后方可继续施工。

**10.1.5** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的接缝施工质量及防水性能等，应符合设计要求和国家现行标准的规定。

**10.1.6** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的防火防腐蚀质量验收，应符合本规程第7章、第8章和现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251的规定。

**10.1.7** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的涂装验收，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定。

[**10.2 原材料及成品**](#_Toc533773685)

**Ⅰ 主控项目**

**10.2.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构所采用材料的品种、规格和性能等应符合设计要求和国家现行产品标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应核对材料的牌号、规格、质量合格证明文件、中文标识和出厂检验报告，并检查外观质量、包装等；对涉及安全和功能的原材料或半成品，应进行复检。

**10.2.2** 钢材进厂后应按照现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755第5.2.3条至第5.2.5条的规定进行抽样复验。

检查数量：按照《钢结构工程施工规范》GB 50755第5.2.5条的规定频次进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样，检查复验报告。

**10.2.3** 钢结构防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能等应符合设计要求和国家现行标准的规定。

**10.2.4** 钢结构防火涂料的品种和技术性能应经具有相关资质的第三方检测机构检测，检测结果应符合设计要求和国家现行标准的规定。

**Ⅱ 一般项目**

**10.2.5** 带钢或钢板厚度及允许偏差应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709的产品标准要求。

检查数量：每批同一品种、规格的钢板抽检10%（每批钢卷均100%检查)，且不少于3张（卷)，每张（卷）检测5处。

检验方法：用游标卡尺量测或超声波测厚仪量测。

**10.2.6** 钢板的不平度应符合其产品标准的要求。

检查数量：每一品种、规格的钢板抽检10%，且不少于3张，每米检测3处。

检验方法：拉线、钢尺和游标卡尺。

**10.2.7** 方钢套筒截面尺寸、厚度及允许偏差应符合其产品标准的要求。

检查数量：每批同一品种、规格的钢管抽检10%，且不少于3根，每根检测3处。

检验方法：用钢尺、游标卡尺及超声波测厚仪量测。

**10.2.8** 钢材的表面外观质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

**1** 当钢材的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度允许偏差值的1/2；

**2** 钢材表面锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分 未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1规定的C级及C级以上；

**3** 钢材端部或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：尺量检查、观察检查。

[**10.3 预制构件制作**](#_Toc533773686)

**10.3.1** 预制构件的允许偏差应符合设计要求，并应符合表10.3.1-1~10.3.1-2的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内，对梁、柱，应抽查构件数量的10%，且不少于3件；对墙、板，应按有代表性的自然间抽查10%，且不少于3件。

**表10.3.1-1 冷弯薄壁型钢组合异形柱允许偏差及检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差(mm) | 检验方法 |
| 柱长度偏差 | | ±3.0 | 钢尺检查 |
| 柱端平面内  冷弯薄壁型钢间偏差 | | ±1.0 | 游标卡尺检查 |
| 柱身垂直度（全高H） | | H/1000且≤5.0 | 经纬仪检查 |
| 柱身扭转偏差 | | 6h/1000且≤5.0 | 拉线或钢尺检查 |
| 柱截面尺寸偏差 | | ±3.0 | 钢尺检查 |
| 预留插筋 | 中心线位置 | 5 | 钢尺检查 |
| 外漏长度 | ﹢10，0 |

**表10.3.1-2 保温组合墙及保温夹芯组合楼板允许偏差及检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差(mm) | 检验方法 |
| 长度、宽度偏差 | | ±5和设计尺寸±0.5%的较大值 | 钢尺检查 |
| 厚度 | 楼板 | ±5 | 尺量一端及中部，取其中偏差绝对值较大处 |
| 墙板 | ±3 |
| 保温层 | ±2 |
| 表面平整度 | 楼板、墙内表面 | 5 | 2m靠尺和塞尺量测 |
| 墙外表面 | 3 |
| 侧向弯曲、挠曲 | 楼板 | L/750且≤20 | 拉线、直尺量测最大侧向弯曲处 |
| 墙板 | L/1000且≤20 |
| 预埋件允许偏差 | 楼板 | 3 | 钢尺检查 |
| 墙板 | 3 |

**10.3.2** 碳素结构钢在环境温度低于-16°，低合金结构钢在环境温度低于-12°时，不应进行冷矫正和冷弯曲。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

**10.3.3** 预制构件采用焊接连接时，钢材焊接的焊缝尺寸应满足设计要求，焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的要求进行。

**10.3.4** 预制构件采用高强螺栓连接，应符合设计要求和现行国家标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 8-2011的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205规定的要求进行。

**10.3.5** 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1000m²时也应划分为一个检验批；每个检验批每100m²应至少抽查一处，每处不得少于10m²。

检验方法：检查现场淋水试验报告。

[**10.4 安装工程**](#_Toc533773687)

**Ⅰ 主控项目**

**10.4.1** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体、模块化的保温结构一体化预制组合楼板应验收、质检合格后再进场，其加工制作质量应符合设计要求、合同约定、本规程和现行国家标准的相关要求。

检查数量：按批次抽取10%进行检查，并不少于3件。

检验方法：检查构件出厂验收记录、尺量检查、观察检查。

**10.4.2** 组合墙体、组合楼板进场应按安装工序配套核查构件、配件的数量。

检查数量：全数检查。

检验方法：按照安装工序清单清点构件、配件的数量。

**10.4.3** 组合墙体与组合楼板构件上的短角钢连接件、方钢套筒连接件、栓钉连接件的规格、位置和数量应符合设计要求。

检查数量：按批次抽取10%进行检查，并不少于3件。

检验方法：检查构件出厂验收记录、尺量检查、观察检查。

**10.4.4** 建筑物的定位轴线、基础上方多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱构件的定位轴线和标高应符合设计要求。当设计无要求时，应符合表9.4.4的规定。

检查数量：按多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱基础数抽查10%，且不少于3处。

检验方法：采用经纬仪、水准仪、全站仪和钢尺实测。

**表10.4.4 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱定位轴线和标高的允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差(mm) | 图例 |
| 建筑位移定位轴线 | L/20000且不应大于3.0 |  |
| 基础上方多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱构件的定位轴线 | 1.0 |  |
| 基础上方多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的底标高 | ±2.0 |  |
| 用设计标高控制安装 | ±H/1000，且不应大于±3.0 |  |

**10.4.5** 模块墙轻钢混凝土框架结构主体的垂直度和整体偏平面弯曲的允许偏差应符合表10.4.5的规定。

检查数量：对主要立面全部检查。对每个所检查的立面，除两列角部构件外，尚应至少选取一列中间构件。

检验方法：对于整体垂直度可采用激光经纬仪、全站仪测量，也可根据各节冷弯薄壁型钢组合异形柱混凝士构件的垂直度允许偏差累计（代数和）计算。对于整体平面弯曲，可按产生的允许偏差累计（代数和）计算。

**10.4.5 整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差(mm) | 图例 |
| 主体结构的整体平面弯曲 | L/1500，且不应大于25.0 |  |
| 主体结构的整体垂直度 | H/2500+10，且不应大于50.0 |  |

**Ⅱ 一般项目**

**10.4.6** 模块化的保温结构一体化预制组合墙体、模块化的保温结构一体化预制组合楼板构件不应有运输、堆放造成的变形、脱漆等现象。

检查数量：同批构件抽查10%，且不少于3件。

检验方法：尺量检查、观察检查。

**10.4.7** 组合墙体、组合楼板表面应干净，主要表面不应有疤痕、泥沙等污垢。

检查数量：按数量抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：观察检查。

**10.4.8** 组合墙体、组合楼板等主要构件的中心线及标高基准点等标记应齐全。

检查数量：按数量抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：观察检查。

**10.5 混凝土工程**

**Ⅰ 主控项目**

**10.5.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的后浇混凝土强度等级应符合设计要求。

检查数量：按批检验，检验批应符合本规程第8.4.3条的规定。

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的规定进行。

**10.5.2** 预制构件的混凝土浇筑完毕后，应及时采用覆盖、薄膜保湿、喷涂或涂刷养护剂等养护措施，养护时间不得少于14d。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

**Ⅱ 一般项目**

**10.5.3** 多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱内混凝土浇筑完成面至柱-柱节点标高处，不应小于300mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查，检查施工记录。

**10.5.4** 模板及支架的拆除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的规定和施工方案的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

**本规程用词说明**

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

**引用标准名录**

1《工程结构通用规范》GB55001

2《混凝土结构通用规范》GB 55008

3《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002

4《组合结构通用规范》GB55004

5《钢结构通用规范》GB 55006

6《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068

7《混凝土结构设计标准》GB/T 50010

8《建筑抗震设计标准》GB/T50011

9《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223

10《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

11《组合结构设计规范》JGJ 138

12《钢结构设计标准》GB 50017

13《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99

14《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936

15《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380

16《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

17《冷弯薄壁型钢技术规范》GB 50018

18《碳素结构钢》GB/T 700

19《钢结构焊接规范》GB 50661

20《低合金高强度结构钢》GB／T 1591

21《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283

22《紧固件六角头螺栓C级》GB/T 5780

23《紧固件六角头螺栓》GB/T 5782

24《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228

25《钢结构用高强度大六角头螺母》GB/T 1229

26《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230

27《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角头螺母、垫圈与技术条件》GB/T 1231

28《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632

29《钢结构焊接规范》GB 50661

30《[冷弯薄壁型钢多层住宅技术标准》JGJ/T 421](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/129792/4819941.shtml" \t "_blank" \o "冷弯薄壁型钢多层住宅技术标准[附条文说明]JGJ/T 421-2018)

31《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251

32《焊接结构的一般尺寸公差和形位公差》GB/T 19804

33《钢筋焊接及验收规程》JGJ18

34《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433

35《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249

36《建筑设计防火规范》GB 50016

37《建筑构件用防火保护材料通用要求》XF/T 110

38《室内装饰装修材料内墙涂料中有害物质限量》GB 18582

39《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

40《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905

41《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分》GB/T 8923.1

42《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T51410

43《钢结构防火涂料通用技术条件》GB 14907

44《混凝土质量控制标准》GB 50164

45《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

46《居住建筑节能设计标准》DB13(J)185

47《近零能耗建筑技术标准》GBT 51350

48《被动式超低能耗居住建筑节能设计标准》DB13(J)/T8359

49《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1~GB/T 15856.5

50《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231

51《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1

52《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

53《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205

54《装配式建筑用墙板技术要求》JG/T 578

55《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411

56《钢结构工程施工规范》GB 50755

57《钢结构焊接规范》GB 50661

58《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 8

59《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

中国工程建设标准化协会标准CECS

模块墙轻钢混凝土框架结构

技术规程

X-X-202X

条文说明

**制定说明**

在本规程制定过程中，编制组进行了资料文献的搜集整理和模块墙轻钢混凝土框架结构的研究，总结了模块墙轻钢混凝土框架结构在设计、施工与验收方面的工程经验，经过充分调查研究，认真总结实践经验，参考国外先进标准和国内相关标准规程，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

为便于广大设计、施工、验收、科研等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《模块墙轻钢混凝土框架结构技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

**1 总 则**

**1.0.1** 本条文是模块墙轻钢混凝土框架结构的设计与施工中必须遵循的原则。

**1.0.2** 本条文规定了本规程的编制目的和适用范围。

**1.0.3** 模块墙轻钢混凝土框架结构的设计、加工、安装及验收，除应符合本规程外，尚应符合《轻型模块化钢结构组合房屋技术标准》JGJ/T 466—2019的规定。

**2 术语和符号**

**2.1 术 语**

**2.1.1 ~ 2.1.5** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的组成进行了解释和说明。

**2.2 符 号**

本规程中许多参数引用了国家现行有关标准的规定，因此，除本规程有明确规定者外，在设计时还必须遵守国家现行有关标准的规定。

**3 基本规定**

**3.1 一般规定**

**3.1.1 ~ 3.1.7** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的构造设计作出了相关规定。

**3.2 结构体系**

**3.2.1 ~ 3.2.4** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的概念设计作出了相关规定。

**3.2.5** 本条文中各类多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱结构体系的最大适用高度主要是参考现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010中A级框架结构最大高度要求，为保守考虑在此基础上，各抗震设防烈度下最大高度均减少5m。

**3.2.6** 本条文对参考《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010，高层的高宽比是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制;在结构设计满足本规程规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后，仅从结构安全角度讲高宽比限值不是必须满足的，主要影响结构设计的经济性。

模块墙轻钢混凝土框架结构的高宽比作出了规定。

**3.2.7** 本条文引用《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010第8.18条第2款和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015第3.3.8条第2款的规定。

**3.2.8** 本条文引用《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99第3.3.5条防震缝的宽度不应小于钢筋混凝框架结构缝宽的1.5倍。

**3.3 构件承载力设计**

**3.3.1** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构构件的承载力计算作出了相关规定。

**3.3.2** 本条文中的抗震调整系数与现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99中抗震调整系数保持一致。

**3.4 水平位移限值和舒适度要求**

**3.4.1** 风荷载作用下考虑到结构构件变形和人体舒适感，层间变形宜取值从严。因此风荷载作用下，对于居住建筑不宜大于1/400，公共建筑不宜大于1/300。**3.4.2** 本条文对模块墙轻钢混凝土结构在地震作用下的最大水平位移作出了相关规定。

**4 材 料**

**4.0.1 ~ 4.0.3** 本条文是对模块墙轻钢混凝土框架结构构件中使用的钢材作出的规定。

**4.0.4 ~ 4.0.6** 条文是对模块墙轻钢混凝土框架结构中使用的混凝土作出的规定。

**4.0.7 ~ 4.0.8** 条文是模块墙轻钢混凝土框架结构中使用的连接材料作出的规定。

**5 结构计算分析**

**5.1 一般规定**

**5.1.1 ~ 5.1.2** 本条款对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的荷载、地震作用、荷载效应组合及计算方法作出了相应规定。

**5.1.3** 本条款对模块墙轻钢混凝土框架结构的弹塑性变形计算作出了相应规定。

**5.1.4** 本条款对模块墙轻钢混凝土框架结构的楼盖计算作出了相应规定。

**5.1.5** 本条文直接引用《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99第6.1.3条中考虑混凝土楼板对钢梁惯性矩的贡献。楼板与钢梁连接可靠时，楼板可作为钢梁的翼缘，两者共同工作，计算钢梁截面的惯性矩时，可计入楼板的作用。大震时，楼板可能开裂，不计入楼板对钢梁刚度的增大作用。

**5.1.6** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的自振周期折减作出了相应规定。

**5.1.7** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的构件及节点连接设计作出了相应规定。

**5.2 弹性分析**

**5.2.1 ~ 5.2.2** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的弹性计算作出的相关要求。

**5.2.3** 现行国家、行业标准对于钢-混凝土组合构件的计算刚度均取钢部分的刚度与混凝土部分的刚度之和，本规程亦采用相同原则。

**5.2.4** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的阻尼比作出的相关要求。

**5.2.5** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的结构分析软件计算作出的相关要求。

**5.3 弹塑性分析**

**5.3.1** ~ **5.3.3** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的弹塑性分析提出了相应要求。

**6 构件设计**

**6.1** **多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱**

**6.1.1~6.1.3** 石家庄铁道大学课题组对L型、T型、I型和十型柱做了多组轴压试验和偏压试验，现有钢与混凝土组合结构轴向极限承载力计算理论中Eurocode 4和 ANSI/AISC 360–16、JGJ 138-2016均采用采用叠加理论（钢管和混凝土的承载力叠加），GB 50936-2014基于统一理论（钢管和混凝土视为复合材料）。多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的骨架采用冷弯薄壁C型钢的组合，形式多样，采用统一理论更利于计算。统一理论采用统一强度指标代表试件的轴压承载力，通过约束系数统一考虑型钢强度、混凝土强度、型钢厚度等因素。通过试验及有限元模拟分析，推导出与关系，如图6-1所示，进而拟合出短柱轴压承载力公式，在此基础上考虑长细比，推导出与的关系，得到考虑长柱稳定性的轴压承载力公式，如图6-2所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)L型 | (b)T型 |
|  |  |
| (c)I型 | (d)十型 |

**图6-1 等效材料强度指标的线性回归**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)L型 | (b)T型 |
|  |  |
| (c)I型 | (d)十型 |

**图6-2 轴压稳定系数非线性回归**

**6.1.4 ~ 6.1.5** 石家庄铁道大学课题组通过试验结合数值方法进行多参数分析，得到弯矩作用在一个主平面内的的轻钢混凝土组合异形柱M-N曲线公式。通过大量数据分析，轻钢混凝土组合异形柱M/Mu-N/Nu曲线是一种近似形式的抛物线，通过二次多项式拟合的M/Mu-N/Nu曲线，决定系数R2均保持在95%以上，以T柱为例，如图6-4所示。通过约束系数统一考虑型钢强度、混凝土强度、型钢厚度等因素，推导出轻钢混凝土组合异形柱形状影响系数、与关系，拟合出形状影响系数的公式，如图6-5所示。在此基础上考虑长细比，拟合出、与的关系，得到考虑长柱稳定性的偏压承载力公式，如图6-6所示，Mu采用GB50017-2017中抗弯承载力计算方法，通过试验及有限元模拟，通过约束系数统一考虑型钢强度、混凝土强度、型钢厚度等因素，推导出轻钢混凝土组合异形柱抗弯承载力计算系数与关系,得到抗弯承载力公式，如图6-7所示。由于抛物线的对称性，与M/Mu-N/Nu曲线存在不协调问题。为方便解释，以N/Nu为轴，以M/Mu为轴，如图6-8所示，通过大量数据考察，在轴0.9至1范围内，拟合出的抛物线在试验及有限元模拟得到的M/Mu-N/Nu外侧，这将产生潜在风险，所以在此范围内，取点(1,0)至抛物线点（0.9，）的直线段，得到关于的线性方程，增加这一判断条件将确保了该公式在全域范围内的合理性。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)混凝土强度影响的M-N曲线 | (b)型钢强度影响的M-N曲线 |
|  |  |
| (c)型钢厚度影响的M-N曲线 | (d)长细比影响的M-N曲线 |

**图6-4 T柱M-N曲线**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)L型柱绕、轴平面内m、n拟合 | |
|  |  |
| (b)T型柱绕轴平面内m、n拟合 | |
|  |  |
| (c)T型柱绕y轴平面内m、n拟合 | |
|  |  |
| (d)I型柱x轴平面内m、n拟合 | |
|  |  |
| (e)I型柱y轴平面内m、n拟合 | |
|  |  |
| (f)十型柱绕x、y轴平面内m、n拟合 | |

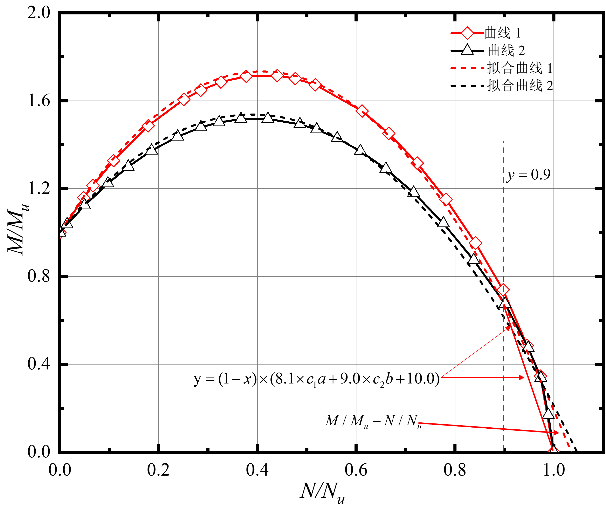
**图6-5 T柱组合异形柱m、n拟合**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)L型柱绕、轴平面内c1、c2拟合 | |
|  |  |
| (b)T型柱绕、轴平面内c1、c2拟合 | |
|  |  |
| (c)I型柱绕轴平面内c1、c2拟合 | |
|  |  |
| (d)I型柱绕轴平面内c1、c2拟合 | |
|  |  |
| (e)十型柱绕、轴平面内c1、c2拟合 | |

**图6-6 组合异形柱c1、c2拟合**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| (a)L型柱绕、轴平面内拟合 | (b)T型柱绕轴平面内拟合 |
|  |  |
| (c)T型柱绕轴平面内拟合 | (d)I型柱绕轴平面内拟合 |
|  |  |
| (e)I型柱绕轴平面内拟合 | (f)十型柱绕、轴平面内拟合 |

**图6-7 组合异形柱抗弯拟合**



**图6-8 局部M/Mu-N/Nu调整图**

**6.1.5** 在推导出弯矩作用在一个主平面内的多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱承载力的基础上，通过改变角度，得到更多单向偏压公式，通过对不同角度单向偏压公式的拟合，从而得到弯矩作用在两个主平面内的多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱的承载力公式。对于T柱，由于x轴、y轴方向截面差异较大，因此T柱考虑了0°、30°、45°、60°、90°，对于每个角度均推导出抗弯承载力公式单向偏压公式，通过拟合得到双向抗弯承载力公式和偏压公式，如图6-9、6-10所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **图6-9 T柱双向抗弯承载力公式,与的拟合图** | |
|  |  |
| (a)形状调整系数m的拟合图 | |
|  |  |
| （b）形状调整系数n的拟合图 | |

**图6-10 T柱双向偏压公式拟合图**

对于L柱，x轴、y轴方向的截面相同，因此偏压承载力公式相同，在角度选择中考虑0°、45°全部参数，以及15°、30°各一个基准值的M-N曲线。通过拟合得到双向抗弯承载力公式和偏压公式，如图6-11、6-12所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| **图6-9 L柱双向抗弯承载力公式与的拟合图** | |
|  |  |
| **图6-10 L柱形状调整系数m、n的拟合图** | |

对于十型柱，x 轴、y轴方向的截面也是相同，且截面对称轴较多，仅0°至45°可以代表整个截面。因此在角度选择中考虑0°、45°全部参数，以及15°、30°各一个基准值的M-N曲线。通过拟合得到双向抗弯承载力公式和偏压公式，如图6-13、6-14所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **图6-9 十型柱双向抗弯承载力公式与的拟合图** | |
|  |  |
| **图6-10 十型柱形状调整系数m、n的拟合图** | |

**6.1.6** 为保证轻钢混凝土组合异形柱的力学性能，C型钢的尺寸及厚度均不能小于本条文相关规定。

**6.1.7 ~ 6.1.8** 轻钢混凝土组合异形柱所用的自攻螺栓和缀板用于保证型钢骨架整体性而设计，对提高承载力和延性都有相当好的效果。

**6.1.9** 轻钢混凝土组合异形柱内部存在封闭空间，为保证内部混凝土连续性、密实性，本条文对内部型钢骨架开孔作出了相关规定。

**6.2 框架梁**

**6.2.1 ~ 6.2.6** 本条款直接引用了《钢结构设计标准》GB 50017中对受弯构件的相关规定。

**6.3 保温夹芯组合楼板**

**6.3.1 ~ 6.3.2** 石家庄铁道大学课题组设计并制作了多组保温夹芯组合楼板试件，进行静力试验研究，依据试验和有限元分析的结果，推导出了保温夹芯组合楼板的抗弯承载力以及刚度的理论公式。

**6.3.3** 本条款对保温夹芯组合楼板的构造要求作出了相关规定。

**7 节点设计**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 本条文规定了模块墙轻钢混凝土框架结构的结构设计须遵循的主要规范，保障结构设计安全可靠。

**7.1.2** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的连接设计作出了一般规定。

**7.1.3 ~ 7.1.4** 本条文对承重构件的螺栓连接作出了规定。

**7.2 梁柱节点设计**

**7.2.1** 该节点形式无焊接、自重轻，可实现标准化装配、施工便利，且主要适用于框架结构、框架-剪力墙结构。

**7.2.2** 在计算节点弹性阶段抗弯承载力*Mu*时，只考虑节点所受的弯矩作用，不考虑柱中剪力和轴力等其他作用的影响。研究显示，带双腹板角钢的顶底角钢连接节点可能出现的破坏模式有三种：1.顶角钢屈服破坏；2.螺栓破坏；3.梁端屈服破坏。本文钢混组合梁柱节点的破坏模式均为第一种破坏模式，即顶角钢弯曲变形导致的屈服破坏，在连接的极限状态下，节点的承载力由第一排螺栓相应位置的角钢肢段承载力设计值控制。

对于全螺栓端板连接节点的端板塑性分析，按螺栓拉力作用下端板屈服的极限平衡原理进行计算，端板划分的不同板段的屈服线分布，与各板段的支承边界有关。采用板段划分方法，梁柱节点的顶角钢肢段可看作端板的外伸板段，其上单根螺栓的极限拉力设计值可由下式计算得到：



根据钢结构设计标准，由第一排螺栓位置的角钢肢段控制的节点抗弯承载力设计值*Ms*为：



考虑到H型钢梁对节点抗弯承载力的贡献，在整个加载过程中，H型钢梁的高度影响了顶角钢横肢所受的拉力，故针对具体的节点抗弯承载力计算时，需要将角钢肢段的抗弯承载力设计值计算公式进行修正。由有限元分析结果可知，节点抗弯承载力与梁截面高度和角钢厚度成正比例关系，因此定义节点抗弯承载力设计值计算公式：



式中，、分别为梁截面抗弯刚度和角钢厚度控制的调整参数多项式，结合有限元参数化分析结果，进行数据拟合后得到各数学表达式如下：





最终得到冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁节点抗弯承载力实用计算公式：



**7.2.3** 石家庄铁道大学课题组进行了9组多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁柱节点单调试验，结合试验数据和有限元变参数化分析，在现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的基础上，提出了适用于本节点的抗弯承载力计算公式。本梁柱节点的计算方法采用如下基本假定：

**1** 节点的转动中心位于梁受压翼缘底面与柱交界位置处；

**2** H型钢梁和与之相连的角钢横肢发生的变形对刚度计算忽略不计；

**3** 应力在角钢肢内的分布符合平截面假定；

**4** 螺栓处视为铰接边界。

本梁柱节点是一种典型的半刚性节点，其破坏机制是以梁翼缘处连接角钢的屈服为准则。并根据组件法提出了适用于本梁柱节点的初始转动刚度计算公式。

**1** 顶角钢



式中，*e*1——顶角钢第一排螺栓中心到肢背的距离；

*t*s——顶角钢肢厚；

*H*——梁净跨度；

*EI*s——顶角钢抗弯刚度*。*



**图7.2.3-1 顶角钢简化计算模型**

**2** 腹板角钢



式中，*e*2——腹板角钢螺栓中心到肢背的距离；

*t*w——腹板角钢肢厚；

*EI*w——腹板角钢抗弯刚度。



**图7.2.3-2 腹板角钢简化计算模型**

**3** 底角钢



式中，*l*d——底角钢宽度；

*EI*d——底角钢横肢抗弯刚度。



**图7.2.3-3 底角钢简化计算模型**

**4** 型钢拼合柱翼缘



式中，*A*b0——螺栓的净截面面积；

*l*b0——螺栓的计算长度

q为螺栓等效受拉系数，按下式计算：



其中，







式中，*l*eff—塑性铰线计算长度，按下式计算：

*l*eff =4m+1.25e

*l*s、*l*e—分别为T形连接件和型钢拼合柱翼缘计算长度，按下式5-23计算：



又因为，





式中，e4—顶角钢第一排螺栓中心到转动中心C的距离。



**图7.2.3-4 T形连接和受力示意图**

**5** 加劲肋

当在梁柱节点设置加劲肋，就需要考虑加劲肋的刚度，加劲肋是类似等腰直角三角形，,将加劲肋沿着两条直角边分成n份，划分后的每份长度与宽度相同，每份相当于一个的正方形截面。假设每条边受均布荷载q，则划分的每一份相当与拉压杆。通过轴心受力公式计算变形。得到的加劲肋刚度公式为：



式中，——加劲肋的弹性模量；

——加劲肋的厚度；

——加劲肋的直角边长度。

综上所述，冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁节点的总刚度*K*0为:

*K*0=*K*1+*K*2+*K*3+*K*4+*K*5

冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁节点在单调荷载作用下具有明显的弹性阶段和屈服阶段，后期的下降段虽不明显但也有一定趋势。本文采用Kishi和Chen提出的三参数幂函数模型来描述节点的弯矩—转角关系，表达式如下：



式中的三个参数为，和*n*。和可由简化计算方法求得，*n*为曲线的曲率形状系数，通过拟合确定。

形状参数*n*是关于的线性函数，因此将计算得到的初始转动刚度*K*0和抗弯承载力代入三参数幂函数模型，并与试验数据进行拟合后，得到适用于本文梁柱节点的曲线形状参数*n*：



**7.2.4** 增加螺栓排数会使梁柱节点破坏形式发生变化，因此螺栓排数不宜大于3排。

**7.2.5** 顶、底角钢加劲肋厚度不宜小于10mm。

**7.2.6 ~ 7.2.7** 石家庄铁道大学课题组进行了8组多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁柱节点拟静力试验，结合试验数据和有限元变参数分析，对本梁柱节点提出了构造要求。

本梁柱节点的刚度和承载力实际是由顶、底角钢控制，因此顶、底角钢的尺寸应根据实际情况计算确定。

|  |
| --- |
|  |
| **不同角钢连接件肢厚骨架曲线** |

**7.2.8 ~ 7.2.10** 石家庄铁道大学课题组进行了8组多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱-H型钢梁柱节点拟静力试验，结合试验数据和有限元变参数分析，在现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017与《混凝土结构设计规范》GB 50010的基础上，提出了适用于本梁柱节点的节点垫板的构造要求。其中抗拉钢筋及抗剪连接件的设计应通过计算确定。

**7.2.11**  本条是为了满足强柱弱梁、强节点弱构件的要求，梁的破坏应先于节点和柱。石家庄铁道大学课题组通过梁柱节点实验与大量变参数有限元分析发现，当组合柱中C型骨架的截面抗弯刚度小于梁的截面抗弯刚度时，存在出现节点或柱的破坏早于梁的现象。当组合柱中C型骨架的截面抗弯刚度大于梁的截面抗弯刚度时，梁的破坏会早于节点和柱，因此作出此项规定。。

**7.3 梁、柱的拼接**

**7.3.1** 本条文对梁、柱工地拼接节点作出了规定。

**7.3.2** **~ 7.3.3** 石家庄铁道大学课题组进行了4组多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱柱节点拟静力试验，结合试验数据和有限元变参数分析，在现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017与《混凝土结构设计规范》GB 50010的基础上，提出了适用于本柱柱节点的受弯、受剪承载力公式。

**7.3.4 ~ 7.3.5** 石家庄铁道大学课题组进行了4组多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱柱节点拟静力试验，结合试验数据和有限元变参数分析，在现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017与《混凝土结构设计规范》GB 50010的基础上，对本柱柱节点提出了构造要求。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **(a)I型柱柱节点滞回曲线** | **(b)L型柱柱节点滞回曲线** |

**7.3.6** 本条文对梁-柱、柱-柱的拼接节点螺栓承载能力作出了规定。

**7.3.7** 本条文对柱-柱拼接节点中的过渡板设计作出了规定，过渡板上的开洞直径大于40mm时，一般可以保证细石混凝土顺利流通，开洞数量在保证过渡板受力的前提下宜不少于2个。

**7.4 楼板的拼接**

**7.4.1** 本条文提出模块化的保温结构一体化预制组合楼板与钢梁的连接采用方钢管套筒连接后浇筑混凝土的形式，通过试验测试，验证了此种连接形式可以达到刚性连接。

**7.4.2 ~ 7.4.5** 条款对钢梁、组合楼盖上的方钢管套筒的连接方式、尺寸、间距等构造措施作出了规定，其依据来自石家庄铁道大学课题组开展的实验研究和国家标准《钢结构设计标准》GB 50017中的相关规定。

**7.4.6** 本条文对组合楼板板缝的处理方式作出了规定。

**7.4.7** 本条文对型钢梁栓钉的设置作出了规定。

**7.5 柱脚设计**

**7.5.1 ~ 7.5.5** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构柱脚形式的选用、柱脚承载能力的计算等作出了规定。

**8 防护设计**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构所采用的冷弯薄壁型钢厚度较小，腐蚀易引起薄壁型钢截面减小和表面粗糙不均匀，从而导致钢材强度、延性下降，因此需对其防腐设计进行要求。

**8.1.2** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系为钢混组合结构，部分钢结构没有混凝土保护层，在火灾中因迅速升温会引起钢材软化现象，导致强度降低，进而使结构失去支撑能力而造成垮塌，因此需对其防火设计进行要求。

**8.1.3** 防火材料中的挥发性有机化合物、游离甲醛、可释放氨和可溶性重金属等有害物质及放射性超标，对人体和环境不利，因此需对其有害物质含量及放射性进行控制。

**8.1.4** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中构件的防腐蚀和防火保护工程应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905的规定。

**8.2 防腐蚀设计**

**8.2.1** 本条文给出了几种对钢结构防腐蚀设计可采取的方案，根据实际情况，可以选择对工程更优的防腐蚀措施。

**8.2.2** 预制钢构件在加工过程中难免会造成的钢构件表面防腐措施损伤，因此本条文对防腐措施的修补做出了规定。

**8.2.3 ~ 8.2.6** 条款对钢结构连接构件、基础预埋钢柱和室内湿度较大的功能分区的防腐蚀设计做出了规定。

**8.3 防火设计**

**8.3.1** 耐火性能是保证钢结构承载力不出现快速丧失的重要前提，因此本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的耐火等级、耐火极限做出了规定。

**8.3.2 ~ 8.3.3** 条款对模块墙轻钢混凝土框架结构需要采取防火措施的部位及采用防火材料的种类、性能参数等做出了规定。在实际工程中，根据设计要求的需要采取防火措施的部位，也应当进行防火保护，同时要符合国家规范的有关规定。

**8.3.4 ~ 8.3.5** 内外叶墙板及固定墙板的黏结剂、拉结件等应为不燃材料，在高温下不应出现炸裂和穿透裂缝现象，并应能保证防火板的包覆完整。条款对组合墙体两侧的内外叶墙板、黏结剂、拉结件等材料的耐火等级做出了规定。

**8.3.6** 本条文对组合楼板钢筋（或钢材）保护层厚度以及最薄处混凝土厚度作出了规定。

**8.3.7** 节点是结构中较为关键的部位，是火灾下保证安全的重要前提，本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系连接节点的防火措施等级做出了规定。

**8.3.8** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的室内柱在采用混凝土进行防火保护时的混凝土强度等级做出了规定。

**8.3.9** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构的室内外露钢柱采用的防火涂料做出了规定。

**8.3.10 ~ 8.3.11** 条款对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的建筑缝隙处理和防火涂料喷涂做出了规定。

**9 制作和施工**

**9.1 一般规定**

**9.1.1**  本条文为强制性条文，必须严格执行。钢材是钢结构构件加工的主要材料，直接影响结构安全使用，所以每批钢材应具有钢厂出具的产品质量证明书。

**9.1.2** 装配式建筑的预制构件质量是保证结构安全的重要前提，对生产工厂进行资质和质量管理做出了一般规定，强调市场准入要求。

**9.1.3 ~ 9.1.6** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架所采用的型钢、混凝土和角钢等材料的质量做出了一般规定，每批材料应具有生产厂家出具的产品质量合格证明书，并且要符合国家规范的有关规定。

**9.1.7** 高强度螺栓连接副的紧固轴力(预拉力)是影响高强度螺栓连接质量最主要的因素，也是施工的重要依据，因此要求生产厂家在出厂前进行检验，且出具检验报告，并且要符合国家规范的有关规定。

**9.1.8** 本条文对模块化的保温结构一体化预制组合墙体及模块化的保温结构一体化预制组合楼板的设计、加工、运输、吊装等施工细则做出了一般规定。

**9.1.9** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的预制混凝土构件的设计、制作和质量验收做出了一般规定。

**9.1.10** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的预制钢构件的质量和精度做出了一般规定。

**9.2 预制构件制作**

**9.2.1 ~ 9.2.2** 条款对模块化的保温结构一体化预制组合墙体及模块化的保温结构一体化预制组合楼板的加工细则做出了相关规定。

**9.2.3 ~ 9.2.5** 条款对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的预制构件模具、冷弯薄壁型钢骨架、内外叶墙板的质量和精度做出了相关规定。

**9.2.6 ~ 9.2.7** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系的模块化构件制作需要进行多道工序，每一步关键工序前均应检查合格后，方可进入下一道工序，条款对模块化的组合墙体和模块化的组合楼板的组装流程做出了相关规定。

**9.2.8** 焊缝质量对结构安全的影响重大，因此，钢结构工程中所采用的焊缝应按设计要求选用，同时应满足相应的国家现行标准要求。

**9.2.9** 本条文对组合楼板混凝土浇筑和养护做出了相关规定。

**9.2.10 ~ 9.2.12** 条款对预制构件的制作、出厂、运输、堆放等做出了相关规定。

**9.3 构件吊装和现场装配施工**

**9.3.1 ~ 9.3.2** 本条文对预制构件的检查、验收和堆放做出了相关规定。

**9.3.3** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系在施工工况下结构的强度验算进行了规定。

**9.3.4 ~ 9.3.5** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架体系的装配施工流程和各步工序的质量控制做出了规定。

**9.3.6** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架体系的接缝处理做出了规定。

**9.3.7** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的现场装配施工做出了相关规定。

**9.4 混凝土工程**

**9.4.1** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系所采用的混凝土做出了相关规定。

**9.4.2** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系内混凝土的浇筑做出了相关规定。

**10 验 收**

**10.1 一般规定**

**10.1.1** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系中既含有钢结构工程又含有混凝土结构工程，并且该结构体系还有节能工程和装配式工程施工，因此本条文对结构质量验收做出了一般规定。

**10.1.2 ~ 10.1.4** 条款对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的检验方式做出了一般规定，各检查项均应按本规程的相关规定进行检查验收，其余检查项均应按照国家现行规范标准执行。

**10.1.5** 模块墙轻钢混凝土框架结构体系存在装配式工程施工，本条文对其接缝质量做出了一般规定。

**10.1.6 ~ 10.1.7** 条款对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的防火防腐质量验收和涂装验收做出了一般规定。

**[10.2 原材料及成品](#_Toc533773685)**

**Ⅰ 主控项目**

**10.2.1** 本条文为强制性条文，必须严格执行。每种材料应具有生产厂家出具的产品质量合格证明书。

**10.2.2** 在工程实际中，对于哪些钢材需要复验不是太明确，因此本条文列举了4项应进行复检的条件。

**1** 对结构安全等级为一级的重要建筑使用的钢材，应进行复验。

**2** 对强度等级大于或等于420MPa的高强度钢材，应进行复验。

**3** 对国外进口的钢材，应进行抽样复验；当具有国家进出口质量检验部门的复验商检报告时，可以不再进行复验。

**4** 当设计提出对钢材复验的要求时，应进行复验。

**10.2.3 ~ 10.2.4** 条款对防火防腐的验收做出了相关规定。

**Ⅱ 一般项目**

**10.2.5 ~ 10.2.6** 钢板的厚度、规格、尺寸是影响承载力的主要因素，进场验收时重点抽查钢板厚度和型钢规格尺寸是必要的。条款对钢板、钢带的品种、规格、数量和平整度的检验做出了相关规定。

**10.2.7** 本条文对方钢管截面尺寸、厚度及允许偏差做出了规定。

**10.2.8** 由于许多钢材基本上是露天堆放，受风吹雨淋和污染空气的侵蚀，钢材表面会出现麻点和片状锈蚀，严重腐蚀下将导致无法使用，因此本条文对钢材的表面外观质量做出了规定。

**[10.3 预制构件制作](#_Toc533773686)**

**10.3.1** 本条文所指验收是构件出厂验收，即对具备出厂条件的构件按照工程标准要求检查验收。表10.3.1-1和10.3.1-2的允许偏差，参考了相关现行国家标准。

**10.3.2** 本条文对碳素结构钢、低合金钢是否进行冷矫正和冷弯曲的温度做出了规定。

**10.3.3 ~ 10.3.4** 条款对预制构件所采用的焊缝质量等级和高强螺栓做出了相关规定。

**10.3.5** 本条文对外墙板防水性能的验收做出了规定。

**[10.4 安装工程](#_Toc533773687)**

**Ⅰ 主控项目**

**10.4.1** 本条文对模块化的保温结构一体化预制组合墙体、模块化的保温结构一体化预制组合楼板的进场验收及检验做出了规定。

**10.4.2** 本条文对组合墙体和组合楼盖的构件、配件数量的检验作出了规定。

**10.4.3** 本条文对组合墙体和组合楼板构件上连接件的规格、位置和数量的检验做出了规定。

**10.4.4** 本条文对建筑物的定位轴线、基础上方多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱构件的定位轴线和标高的检验做出了相关规定。

**10.4.5** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构主体的垂直度和整体偏平面弯曲的允许偏差的检验做出了相关规定。

**Ⅱ 一般项目**

**10.4.6 ~ 10.4.7** 条款对模块化的保温结构一体化预制组合墙体、模块化的保温结构一体化预制组合楼板构件的表观质量检验做出了相关规定。

**10.4.8** 本条文对组合墙体和组合楼板等主要构件的标记检验作出了规定。

**10.5 混凝土工程**

**Ⅰ 主控项目**

**10.5.1** 本条文对模块墙轻钢混凝土框架结构体系的后浇混凝土强度等级的检验做出规定。

**10.5.2** 本条文对混凝土浇筑后的养护措施和养护时间做出了规定。

**Ⅱ 一般项目**

**10.5.3** 本条文对多肢拼合冷弯薄壁型钢混凝土组合柱内混凝土浇筑完成面的位置和检验做出了规定。

**10.5.4** 本条文对混凝土工程模板及支架的拆除方案做出了规定。