

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 209 – 2025

钢-混凝土组合模块化建筑

应用技术规程

Technical specification for application of steel-concrete composite
modular buildings

2025-11-04 发布

2026-01-01 实施

深圳市住房和城乡建设局 发布

深圳市工程建设地方标准

钢-混凝土组合模块化建筑应用技术规程

Technical specification for application of steel-concrete composite
modular buildings

SJG 209 – 2025

2025 深圳

前 言

根据《深圳市住房和建设局关于发布 2024 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目（第一批）的通知》的要求，规程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，结合深圳市的实际情况，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：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；7.内装与设备管线系统；8.模块单元生产及运输；9.施工安装；10.质量验收；11.智能建造；12.使用和维护。

本规程由深圳市住房和建设局批准发布，由深圳市住房和建设局业务归口并组织中建科技集团有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本规程实施过程中如有意见或建议，请寄送中建科技集团有限公司（地址：深圳市坪山区中建科技科研产业基地南楼，邮编：518118），以供今后修订时参考。

本 规 程 主 编 单 位：中建科技集团有限公司

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

本 规 程 参 编 单 位：深圳市建筑工程质量安全监督总站

深圳市建工务署

坪山区建工务署

深圳市坪山区城市建设投资有限公司

深圳安居集团有限公司

深圳市建筑产业化协会

深圳大学建筑设计研究院有限公司

深圳深汕特别合作区中建科技有限公司

本规程主要起草人员：樊则森 田春雨 董庆园 田启祥 宋 佳

陈雨濛 齐聪杰 王文伟 伍 明 刘若南

张蒙蒙 芦静夫 戴 琼 方 园 黄嘉伟

潘旭钊 廖敏清 陈 赓 刘美霞 邓文敏

刘鹏远 朱怀涛 李泽乐 杨智锋 胡孟辉

余 龙 邓石斌 王子佳 薛晓娟 刘欣欣

刘昌波 龙玉峰 付灿华 张良平 卢栋焯

陈贵涛 刘勋飞 丁时忠 郑飞鹏 龚 超

张 剑 周长标 黎 军 潘小兵 聂 璐

黄思成 翁裕健 刘世平

本规程主要审查人员：王 琼 唐大为 滕 军 李百公 周起太

易新亮 徐亚飞

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	6
4	材料	7
4.1	结构材料	7
4.2	装饰装修材料	7
5	建筑设计	9
5.1	一般规定	9
5.2	平立面设计	9
5.3	建筑构造	10
6	结构设计	11
6.1	一般规定	11
6.2	结构分析	12
6.3	构件设计	15
6.4	节点及接缝设计	29
6.5	模块单元设计	38
6.6	耐火设计	39
6.7	防腐设计	40
7	内装与设备管线系统	41
7.1	一般规定	41
7.2	内装系统	41
7.3	设备管线系统	42
8	模块单元生产及运输	43
8.1	一般规定	43
8.2	模块单元生产	44
8.3	工厂检验	44
8.4	运输和成品保护	48
9	施工安装	50
9.1	一般规定	50
9.2	施工准备	50
9.3	模块单元安装	51
9.4	模块连接及混凝土浇筑	51
9.5	外围护系统施工	53
9.6	内装机电系统施工	53
10	质量验收	54
10.1	一般规定	54
10.2	进场验收	55

10.3	模块单元安装与连接	56
10.4	设备管线连接	58
10.5	饰面层接缝安装	59
10.6	实体检验	59
11	智能建造	60
12	使用及维护	61
附录 A	模块单元竖向拼缝分析模型	62
附录 B	钢-混凝土组合剪力墙结构楼层受剪承载力	63
附录 C	模块单元钢结构箱体检查表	64
	本规程用词说明	66
	引用标准目录	67
	附：条文说明	69

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirement	6
4	Materials	7
4.1	Structural Materials	7
4.2	Interior Decoration Materials	7
5	Architectural Design	9
5.1	General Requirement	9
5.2	Modular Coordination and Standardized Design	9
5.3	Building Construction	10
6	Structural Design	11
6.1	General Requirement	11
6.2	Structural Analysis	12
6.3	Component Design	15
6.4	Joint Design	29
6.5	Module Unit Design	38
6.6	Fire-resistant Design	39
6.7	Anti-corrosion Design	40
7	Interior Decoration and Equipment Pipeline System	41
7.1	General Requirement	41
7.2	Interior Decoration System	41
7.3	Equipment Pipeline System	42
8	Module Unit Production and Transportation	43
8.1	General Requirement	43
8.2	Main Structure	44
8.3	Factory Inspection	44
8.4	Transportation and Finished Product Protection	48
9	Construction and Installation	50
9.1	General Requirement	50
9.2	Construction Preparation	50
9.3	Module Installation	51
9.4	Module Connection and Concrete Pouring	51
9.5	Construction of Exterior Envelope System	53
9.6	Construction of Interior Decoration and Equipment Pipeline System	53
10	Quality Acceptance	54
10.1	General Requirement	54
10.2	Site Acceptance Inspection	55

10.3	Module Unit Installation and Connection	56
10.4	Equipment Pipeline Connection	58
10.5	Installation of Decorative Layer Joints	59
10.6	Physical Inspection	59
11	Intelligent Construction	60
12	Operation and Maintenance	61
Appendix A	Analysis Model of Joint between Units	62
Appendix B	Shear Capacity of Floors in Steel-Concrete Composite Shear Wall Structures	63
Appendix C	Inspection Form for Steel Unit	64
	Explanation of Wording in this Standard	66
	List of Quoted Standards	67
	Addition: Explanation of Provisions	69

1 总 则

1.0.1 为规范钢-混凝土组合模块化建筑体系的技术要求，在设计、生产、运输、施工安装、使用与维护过程中做到安全耐久、功能适用、质量可靠、节能环保，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于深圳市地区、设计工作年限不超过 50 年的多层和高层钢-混凝土组合模块化建筑的设计、生产、运输、施工安装、验收、使用与维护。

1.0.3 钢-混凝土组合模块化建筑除应符合本规程的规定外，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 钢-混凝土组合模块剪力墙 steel-concrete composite modular shear wall

由钢管混凝土柱作为边缘构件、水平轻钢桁架和竖向钢筋作为钢结构骨架，和现场浇筑混凝土组合形成的剪力墙墙肢，简称组合剪力墙。

2.1.2 钢-混凝土组合模块连梁 steel-concrete composite modular coupling beam

由 C 型截面型钢底板、水平轻钢桁架、箍筋及上部纵筋和现场浇筑混凝土组合形成的连梁，简称组合连梁。

2.1.3 永久模板 permanent formwork

由水泥基等材料形成的用作组合剪力墙、组合连梁现浇混凝土模板的模壳板。

2.1.4 组合模块单元 composite modular unit

在生产单位完成的空间箱体单元，包括组合剪力墙和组合连梁的钢结构骨架及永久模板、楼承板、临时支撑系统、填充墙和隔墙、内外装修及机电管线等，简称模块单元。

2.1.5 拼缝 joint

钢-混凝土组合模块化建筑的组合模块单元之间，为结构连接、安装内外装饰装修、设备管线系统相关部品、部件所预留拼缝的统称，该拼缝也用以容纳模块单元之间各系统的生产和安装公差。

2.1.6 钢-混凝土组合模块剪力墙结构 steel-concrete composite modular shear wall structure

由组合模块单元现场拼装并浇筑混凝土形成的剪力墙结构，简称组合剪力墙结构。

2.1.7 钢-混凝土组合模块化建筑 steel-concrete composite modular construction

采用钢-混凝土组合模块结构，现场进行设备管线连接、部分或全部内外装施工的建筑，简称组合模块化建筑。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数

A ——剪力墙截面总面积；

A_a ——边缘构件钢管混凝土柱中受拉侧芯柱的钢管截面面积；

A'_a ——边缘构件钢管混凝土柱中受压侧芯柱的钢管截面面积；

A_{as1} ——墙底接缝处剪力墙端柱内插筋总面积，不包括边缘构件以外的两侧翼墙柱内插筋；

A_c ——组合剪力墙截面中混凝土的面积；

A_{c1} ——梁端截面楼板厚度范围内混凝土截面面积；

A_d ——受拉梁底纵筋截面面积；

A'_d ——受压梁底纵筋截面面积；

A_r ——受拉梁顶钢筋截面面积之和；

A'_r ——受压梁顶钢筋截面面积之和；

A_{s1} ——剪力墙两端边缘构件外包钢管平行于墙体受剪平面的钢板截面总面积；

A_s, A'_s ——剪力墙端柱拉、压侧钢管的截面面积；

A_{sh} ——配置在同一竖向截面内的水平轻钢桁架的有效截面面积之和；
 A_{sp} ——受拉梁底钢板截面面积；
 A'_{sp} ——受压梁底钢板截面面积；
 A_{spd} ——梁受拉区梁底钢板和纵筋的截面面积之和；
 A_{st} ——受拉梁顶水平轻钢桁架的有效截面面积之和；
 A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积；
 A_{sw} ——墙肢腹板全部竖向分布钢筋的截面面积；
 A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；
 A_w ——剪力墙腹板的截面面积；
 A_{yd} ——垂直穿过结合面所有栓钉的截面面积；
 a_a ——墙边缘构件钢管混凝土柱中受拉侧芯柱钢管合力点至截面受拉边缘的距离；
 a'_a ——边缘构件钢管混凝土柱中受压侧芯柱钢管合力点至截面受压边缘的距离；
 a_d ——受拉梁底纵筋合力作用点到梁底受拉边缘的距离；
 a'_d ——受压梁底纵筋合力作用点到梁底受压边缘的距离；
 a_r ——受压梁顶钢筋合力点到梁截面受压边缘的距离；
 a'_r ——受压梁顶钢筋合力点到梁截面受压边缘的距离；
 a_{rst} ——受拉梁顶钢筋和梁顶水平轻钢桁架的合力点到梁截面受拉边缘的距离；
 a_s ——边缘构件钢管混凝土柱受拉侧钢管合力点至截面受拉边缘的距离；
 a'_s ——剪力墙边缘构件钢管混凝土柱的受压侧钢管合力点至截面受压边缘的距离；
 a_{sp} ——受拉梁底钢板合力作用点到梁底受拉边缘的距离；
 a'_{sp} ——受压梁底钢板合力作用点到梁底受压边缘的距离；
 a_{spd} ——受拉梁底钢板和梁底纵筋的合力作用点到梁底受拉边缘的距离；
 a'_{spd} ——受压梁底钢板和梁底纵筋的合力作用点到梁底受压边缘的距离；
 a_{st} ——受拉梁顶水平轻钢桁架合力点到梁截面受拉边缘的距离；
 b ——连梁截面宽度；
 b_f ——组合梁受拉翼缘的有效宽度；
 b_s ——墙肢截面宽度、墙边缘构件钢管混凝土柱的截面宽度或高度；
 c_s ——最外层纵向钢筋外边缘至受拉区边缘的距离；
 d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径；
 d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径；
 e ——轴向力作用点到受拉侧钢管合力点的距离；
 e_0 ——轴向压力对截面重心的偏心矩；
 h ——梁截面高度；
 h_0 ——梁截面的有效高度；
 h_f ——组合连梁受拉翼缘的高度；
 h_{sw} ——墙肢腹板截面高度；
 h_w ——剪力墙截面高度；
 h_{wo} ——剪力墙截面有效高度；
 l_n ——组合连梁的净跨；
 s ——剪力墙水平轻钢桁架的竖向间距；
 s' ——箍筋间距；
 x ——混凝土等效受压区高度。

2.2.2 计算系数

α_1 —— 受压区混凝土压应力影响系数；

α_{cr} —— 构件受力特征系数；

α_{cv} —— 斜截面混凝土受剪承载力系数；

σ_E —— 钢材弹性模量与混凝土弹性模量的比值；

β_1 —— 受压区混凝土应力图形影响系数；

β_c —— 混凝土强度影响系数；

γ_f —— 受压翼缘截面面积与腹板有效截面面积的比值；

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数；

ε_{cu} —— 正截面的混凝土极限压应变；

θ —— 考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数；

λ —— 计算截面处的剪跨比；

ρ —— 组合梁截面受拉区的梁底钢板和纵筋面积之和的截面配筋率；

ρ' —— 组合梁截面受压区的纵向受压钢筋的截面配筋率；

ρ_{te} —— 按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉 C 形截面型钢和纵筋面积之和的截面配筋率；

Ψ —— 裂缝间纵向钢筋应变不均匀系数；

n —— 组合剪力墙的轴压比；

n_i —— 受拉区第 i 种纵向钢筋的根数；

ν_i —— 受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数。

2.2.3 作用与作用效应

σ_a —— 边缘构件钢管混凝土柱中受拉侧芯柱的钢管应力；

σ_s —— 边缘构件钢管混凝土柱受拉侧的钢管应力；

σ_a —— 边缘构件钢管混凝土柱中受拉侧芯柱的钢管应力；

σ_c —— 混凝土压应变为 ε_c 时的混凝土压应力；

σ_s —— 边缘构件钢管混凝土柱受拉侧的钢管应力；

M —— 剪力墙弯矩设计值；

M_{aw} —— 剪力墙截面腹板布置的插筋合力对受拉芯柱钢管截面重心的力矩；

M'_b, M''_b —— 分别为组合连梁左、右端截面顺时针或逆时针方向的弯矩设计值；

M_{qr} —— 荷载准永久组合作用下考虑弯矩调幅的支座截面负弯矩值；

M_q —— 按荷载的准永久组合计算的弯矩；

M_{sw} —— 竖向分布钢筋合力对受拉侧钢管截面重心的力矩；

M_{wu} —— 剪力墙受弯承载力；

N —— 重力荷载代表值作用下组合剪力墙的轴向压力设计值；

N_{0u} —— 剪力墙轴向受拉承载力；

N_{aw} —— 剪力墙截面腹板布置的插筋所承担的轴向力；

N_{sw} —— 竖向分布钢筋承担的轴向压力；

V —— 墙截面的剪力设计值；

V_b —— 组合连梁的剪力设计值；

V_{cw} —— 仅考虑墙截面混凝土部分承受的剪力设计值；

V_{Gb} —— 在重力荷载代表值作用下按简支梁计算的梁端面剪力设计值；

V_u —— 梁斜截面抗剪承载力；

V_{ud} ——梁端竖向接缝受剪承载力；

V_w ——组合剪力墙截面考虑地震作用组合的剪力计算值。

2.2.4 材料性能与抗力

E_s ——钢材弹性模量；

f_a, f'_a ——芯柱的抗拉和抗压强度设计值；

f_{as} ——墙底接缝处剪力墙端柱内插筋的抗拉强度设计值；

f'_{ap} ——梁底钢板抗压强度设计值；

f_{aw} ——剪力墙墙肢腹板范围内竖向插筋的钢筋强度设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值；

f_d ——受拉梁底纵筋抗拉强度设计值；

f'_d ——受压梁底纵筋抗压强度设计值；

f'_r ——受压梁顶钢筋抗压强度设计值；

f_s, f'_s ——边缘构件钢管混凝土柱受拉、压侧的钢管抗压强度设计值；

f_{sh} ——剪力墙水平轻钢桁架抗拉强度设计值；

f_{sp} ——梁底钢板钢材抗拉强度设计值；

f'_{sp} ——梁底钢板抗压强度设计值；

f_{st} ——受拉梁顶水平轻钢桁架的抗拉强度设计值；

f_{sw} ——墙肢竖向分布钢筋强度设计值；

f_t ——混凝土轴心受拉设计值；

f'_t ——受压梁顶钢筋抗压强度设计值；

f_{tk} ——混凝土轴心受拉强度标准值；

f_{yd} ——栓钉抗拉强度设计值；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值。

2.2.5 其他

B ——组合梁长期刚度；

B_s ——组合梁按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土受弯构件的短期刚度。

3 基本规定

- 3.0.1** 组合模块化建筑建设应统筹规划、设计、生产、运输、施工安装、验收、使用与维护等环节，实现全寿命期协同。
- 3.0.2** 组合模块化建筑应对生产和施工安装阶段的结构、围护、装修及机电管线系统进行协同设计。
- 3.0.3** 组合模块化建筑设计应遵循“少规格、多组合”的原则，模块单元及附属部品部件应实现模数化、标准化、通用化。
- 3.0.4** 组合模块化建筑的模块单元之间、构件和部品部件之间的连接应满足构造合理、安全可靠、质量可控、实施便捷的要求，并应实现连接构造标准化。
- 3.0.5** 生产制作组合模块单元的生产单位应建立完善的生产质量管理体系。
- 3.0.6** 组合模块化建筑应采用建筑信息模型技术，实现全专业、全过程的信息化管理。

4 材 料

4.1 结 构 材 料

4.1.1 主体结构用混凝土应满足下列要求：

1 混凝土强度等级应根据结构承载力计算确定，且不应低于 C30，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定；钢管内混凝土的水胶比不宜大于 0.45；

2 组合剪力墙采用自密实混凝土时，混凝土性能应符合现行深圳市标准《自密实混凝土应用技术规程》SJG 164 的规定；当采用普通混凝土时，混凝土骨料粒径不应大于 20mm，坍落度不应小于 180mm。

4.1.2 主体结构受力钢筋及其性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

4.1.3 主体结构钢材应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的有关规定。组合剪力墙中钢管柱、组合连梁钢板的型号应符合现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。

4.1.4 组合剪力墙端柱连接节点用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 的有关规定。

4.1.5 模块安装时模块底板非结构受力区域的坐浆料宜采用强度不低于 M10 的水泥砂浆。结构构件底部采用的坐浆料性能应符合下列规定：

1 应选用可塑性好的非流态细石混凝土，水胶比不应大于 0.4，坍落度不应大于 100mm；

2 坐浆强度等级应高于主体结构混凝土强度至少一个等级，且 1 天强度应达到设计强度的 70%；

3 坐浆料初凝时间不宜小于 1h。

4.1.6 模块单元采用纤维水泥板作为永久模板时，纤维水泥板应符合下列规定：

1 纤维水泥板性能应符合现行行业标准《纤维水泥平板 第 1 部分：无石棉纤维水泥平板》JC/T 412.1 的有关规定，用于建筑物外表面时应选用 A 类板，用于其它位置时应选用 B 类板，板材抗折强度不应低于 R2 级，抗冲击强度不应低于 C3 级；

2 连接用自攻钉或铆钉应符合现行国家标准《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》GB/T 3098.21 的有关规定，硬度等级不应低于 40H，公称直径不应小于 4.8mm。

4.2 装饰装修材料

4.2.1 组合模块化建筑装饰装修工程宜采用节能环保材料，所用材料的品种、规格及质量应符合设计要求，并应符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016、《住宅装饰装修工程施工规范》GB 50327 及现行深圳市标准《居住建筑室内装配式装修技术规程》SJG 96 的有关规定。

4.2.2 非承重围护墙及内隔墙局部用泡沫混凝土应符合现行行业标准《泡沫混凝土应用技术规程》JGJ/T 341、《泡沫混凝土》JG/T 266 的有关规定，密度等级不宜大于 A10，强度等级不宜小于 FC7.5。

4.2.3 组合模块化建筑的模块单元之间、构件和部品部件之间的拼缝用密封胶材料应符合现行

国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 的有关规定。

4.2.4 组合模块化建筑的外墙永久模板表面应做防水封闭处理，并应配套专用界面剂。永久模板与界面剂、防水层之间的拉伸粘接强度、永久模板间接缝及门窗洞口等处的防水材料应符合现行行业标准《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235 和现行广东省标准《建筑防水工程技术规程》DBJ/T 15-19 的有关规定。

4.2.5 组合模块化建筑装饰装修材料的耐火极限及燃烧性能等级应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的有关规定。

4.2.6 组合模块化建筑装饰装修材料的节能应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 和《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 的有关规定。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 组合模块化建筑设计应与结构、设备、装修、智能化等各专业协同，并应符合现行国家标准《民用建筑设计统一标准》GB 50352的有关规定。

5.1.2 组合模块化建筑设计采用的模数应根据建筑功能、经济性原则和部品部件的标准化规格等综合确定，并应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的有关规定。

5.1.3 组合模块化建筑设计应功能合理，满足节能、防火、防水、防潮、防腐、保温、隔声、疏散等性能要求，并应符合现行国家标准的有关规定。

5.2 平面设计

5.2.1 组合模块化建筑平面设计应采用模块单元组合的方式满足不同面积和各种功能类型的建筑需求。模块单元的形式与尺寸，应根据其建筑功能、空间利用率、加工生产工艺、运输条件、设备吊装能力、现场施工安装条件等因素综合确定，并宜符合下列规定：

- 1 宜采用矩形平面单元，局部可采用L型平面单元；
- 2 高度不宜小于3.0m，不宜大于4.0m；
- 3 短边尺寸不宜小于1.8m，不宜大于4.0m；
- 4 长边尺寸不宜小于2.4m，不宜大于12.0m；
- 5 模块尺寸变化高度方向模数宜取1M，长、宽方向宜取1/2M。

5.2.2 模块单元平面基本形式宜按表5.2.2采用。

表5.2.2 模块单元平面基本形式

模块类型	双侧短边开口模块	双侧长边开口模块	单侧开口模块	矩形封闭模块
模块平面				

注：粗实线示意为结构墙体（包含墙肢与连梁），虚线示意为非承重隔墙或临时支撑。

5.2.3 组合模块化建筑的平面设计应符合下列规定：

- 1 建筑平面设计宜简洁、规则，模块形状宜规整；
- 2 模块平面划分宜与建筑空间划分协调，宜协同考虑机电、装修、生产单位集成安装可行性；
- 3 上下层模块平面划分应满足结构竖向构件连续性的要求，且宜一致；
- 4 楼梯间、电梯间、卫生间、厨房、设备管井等具有特定功能且设备、管线密集区域，或有整体防水要求的区域，不宜跨模块单元布置；
- 5 建筑平面设计时应协同相邻模块单元间结构、装饰装修和设备管线连接构造，模块间管线接头宜集中设置。

5.2.4 组合模块化建筑的立面设计应符合下列规定：

- 1 立面设计应协调模块组合与建造方式，宜体现模块化建筑的风格特点，并应符合建设地区的气候环境特点；
- 2 立面分格尺寸和拼缝处外观应与模块尺寸、整体建筑风格相协调；

3 立面设计应充分根据模块单元间拼缝处的偏差,采用建筑视觉技术及构造措施对拼缝处单独设计,应进行弱化、遮蔽或美化处理。

5.2.5 首层模块单元底面应高出室外地面不少于100mm,对外露于室外的钢结构部分应进行防火、防水及防腐设计。

5.3 建筑构造

5.3.1 组合模块化建筑外保温系统应将保温层与外饰面层一体化设计,当外保温系统在生产单位完成安装时,宜采用以机械连接方式为主的干式连接系统。

5.3.2 组合模块化建筑内保温系统应结合装修做法,应实现保温、装饰和管线一体化设计,并宜在生产单位内完成安装。

5.3.3 组合模块化建筑的外墙饰面可选用涂料、装饰板、干挂幕墙等,并应符合下列规定:

1 当采用装饰板或干挂幕墙体系时,外饰面宜在生产单位完成;锚固件或龙骨挂件应与基层墙体上预留的连接埋件可靠连接;

2 当外墙饰面采用涂料时,除最外一道饰面,其余部分宜在生产单位完成。

5.3.4 模块单元拼缝位置的外保温及饰面、内保温及饰面、防水等可在现场完成,并应与生产单位完成部分采用协调的构造做法。

5.3.5 组合模块化建筑模块外墙的防水做法应符合以下规定:

1 外墙防水材料宜选用聚合物水泥防水涂料等柔性防水材料;

2 突出墙面的腰线、檐板、窗台应做不小于5%的向外排水坡,下部应做滴水;

3 穿过外墙的洞口应内高外低,坡度不应小于5%,或可采取其它防雨水倒灌的措施;

4 穿过外墙的管道宜采用套管,套管应内高外低,坡度不应小于5%,套管周边应做防水密封处理;

5 女儿墙压顶应向内找坡,坡度不小于5%;

6 模块外墙门窗窗框宜在生产单位预装,并宜与外墙洞口形成完整的防水系统。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 组合剪力墙结构的安全等级和设计工作年限应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的有关规定。

6.1.2 抗震设防类别为标准设防类和重点设防类的组合剪力墙结构的最大适用高度应符合表 6.1.2 的规定。平面和竖向布置不规则的结构，最大适用高度宜降低。抗震设防烈度为 6 度和 7 度的特殊设防类高层民用建筑组合剪力墙结构的最大适用高度，宜提高 1 度后按表 6.1.2 的规定确定，8 度时应专门研究；超过表内高度的建筑，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施。

表 6.1.2 组合剪力墙结构的最大适用高度 (m)

结构体系	非抗震设计	抗震设防烈度			
		6 度	7 度	8 度	
				0.2g	0.3g
剪力墙全部落地	150	140	120	100	80
部分框支	130	120	100	80	50

注：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。

6.1.3 组合剪力墙结构适用的最大高宽比不宜大于表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 组合剪力墙结构适用的最大高宽比

抗震设防烈度	6 度、7 度	8 度
最大高宽比	6	5

6.1.4 当组合剪力墙结构的平面布置和竖向布置不规则或特别不规则时，应按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 及现行深圳市标准《高层建筑混凝土结构技术规程》SJG 98 的有关规定进行结构抗震性能化设计。

6.1.5 组合剪力墙结构应根据抗震设防类别、烈度和房屋高度确定抗震等级，并应满足相应的计算和构造要求。丙类建筑组合剪力墙结构的抗震等级应按表 6.1.5 确定。

表 6.1.5 丙类建筑组合剪力墙结构的抗震等级

结构类型和部位			设防烈度和高度						
			6 度		7 度			8 度	
			≤80m	>80m	≤24m	>24m 且≤80m	>80m	≤24m	>24m 且≤80m
剪力墙结构	剪力墙		四	三	四	三	二	三	二
部分框支剪力墙结构	剪力墙	一般部位	四	三	四	三	二	三	二
		加强部位	三	二	三	二	一	二	一
	框支层框架		二	二	二	二	一	一	一

注：高度接近或等于高度分界时，应结合房屋不规则程度和场地、地基条件确定抗震等级。

6.1.6 组合剪力墙结构抗震等级的确定应符合下列要求：

1 甲、乙类建筑应提高 1 度，按本规程表 6.1.5 确定结构抗震等级，当原抗震等级为一级时，应采取比一级更有效的抗震构造措施；

2 地下室、裙房及模块下部框支转换层的抗震等级应按现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011的有关规定执行。

6.1.7 组合剪力墙结构体系与结构布置应符合下列规定：

- 1 室外地面以下部分宜采用现浇混凝土结构；
- 2 地上标准层宜采用组合剪力墙结构，层高较大、平面布置不规则及楼梯间、电梯间等局部不便于布置模块单元的区域也可采用钢筋混凝土剪力墙结构；
- 3 局部大空间可采用组合梁楼盖；
- 4 不宜采用单向少墙结构。

6.1.8 组合剪力墙结构整体计算中，当地下室顶板作为上部结构嵌固部位时，地下室顶板的厚度不宜小于180mm，地下一层与地上一层侧向刚度比不宜小于2。

6.1.9 组合剪力墙结构中，组合剪力墙和连梁的布置应符合以下规定：

1 不应全部采用短肢组合剪力墙。在规定水平地震作用下，当短肢组合剪力墙墙肢承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩的30%时，应符合下列规定：

- 1) 在规定的水平地震作用下，短肢组合剪力墙墙肢承担的底部倾覆力矩不宜大于结构底部总地震倾覆力矩的50%；
- 2) 房屋适用高度应比本规程表6.1.3规定的高度降低，7度、8度（0.2g）和8度（0.3g）时分别不应大于100m、80m和60m。

2 在规定的水平地震作用下，截面肢长与厚度之比不大于4的一字形组合剪力墙墙肢所承受的地震倾覆力矩不应大于结构总地震倾覆力矩的10%。

6.2 结构分析

6.2.1 组合剪力墙结构的荷载及荷载组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011的有关规定。

6.2.2 组合剪力墙结构应根据施工和使用情况进行各受力状况下的结构分析。地震设计状况下，应进行多遇地震作用下的内力和变形分析，高层建筑宜补充罕遇地震作用下的变形分析。

6.2.3 重力、风荷载、多遇地震作用下的结构计算，宜采用弹性分析方法；设防地震作用下的结构计算，应根据实际情况采用弹性分析方法或基于弹塑性模型的时程分析法；罕遇地震作用下的结构计算，宜采用基于弹塑性模型的时程分析法。

6.2.4 结构弹性计算时，宜考虑钢筋混凝土楼板对组合连梁刚度和承载力的影响。组合连梁受压区翼缘计算宽度取值应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的有关规定，也可采用组合连梁刚度增大系数法近似考虑，组合连梁刚度增大系数可根据翼缘情况取1.3~2.0。

6.2.5 结构地震作用效应计算时，可对组合连梁刚度乘以折减系数，折减系数不宜小于0.5。

6.2.6 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应考虑非承重墙体的刚度影响乘以折减系数。当非承重墙体为填充轻质砌块、填充轻质墙板时，自振周期折减系数可取0.9~1.0。结构计算中不应计入非结构构件对结构承载力和刚度的有利作用。

6.2.7 组合模块单元在运输、吊装等短暂设计状况下的验算，模块单元自重标准值应乘以动力系数。组合模块单元运输、吊装工况下动力系数宜取1.5。当有可靠依据时，动力系数可根据实际受力情况和安全要求增减。

6.2.8 按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大水平位移与该层层高之比不宜大于1/1000。

6.2.9 罕遇地震标准值作用下，组合剪力墙结构薄弱层的弹塑性层间位移不应大于该层层高的

1/120。

6.2.10 结构弹性计算模型应能准确反映结构刚度和质量分布以及各构件的受力状况，并应符合下列规定：

1 组合剪力墙墙肢的模拟应符合下列规定：

1) 墙肢两端的钢管混凝土柱宜采用线单元模拟，截面宜采用钢管混凝土柱截面；

2) 墙身宜采用壳单元模拟，截面宜按实际情况采用混凝土墙肢或钢板组合剪力墙墙肢。

2 组合连梁可采用壳单元或线单元模拟，截面可采用混凝土梁截面；

3 钢筋混凝土楼面梁宜采用线单元模拟；

4 组合模块单元之间的拼缝连接可按照连续模拟，忽略滑移变形；

5 楼屋面板可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定采用刚性楼板假定或弹性楼板假定；

6 结构分析时，可不考虑永久模板对结构刚度和承载力的影响。

6.2.11 一级抗震等级的组合剪力墙的底部加强区以上部位，墙肢的组合弯矩设计值应乘以1.2的增大系数。

6.2.12 组合剪力墙墙肢截面，考虑地震作用组合的剪力设计值，应符合下列规定：

1 底部加强部位的剪力设计值应按下列公式计算：

抗震等级为一级时：

$$V=1.6V_w \quad (6.2.12-1)$$

抗震等级为二级时：

$$V=1.4V_w \quad (6.2.12-2)$$

抗震等级为三级时：

$$V=1.2V_w \quad (6.2.12-3)$$

抗震等级为四级时：

$$V=V_w \quad (6.2.12-4)$$

2 其它部位的剪力设计值应按下列公式计算：

抗震等级为一级时：

$$V=1.3V_w \quad (6.2.12-5)$$

抗震等级为二、三、四级时：

$$V=V_w \quad (6.2.12-6)$$

式中：

V ——组合剪力墙墙肢截面考虑地震作用组合的剪力设计值；

V_w ——组合剪力墙墙肢截面考虑地震作用组合的剪力计算值。

6.2.13 组合连梁的剪力设计值，抗震等级为四级时，取地震作用组合下的剪力设计值；抗震等级为一、二、三级时，应按下列公式计算， M_b^l 与 M_b^r 之和，应分别按顺时针和逆时针方向进行计算，并取大值。

抗震等级为一级时：

$$V_b = 1.3 \frac{(M_b^l + M_b^r)}{l_n} + V_{Gb} \quad (6.2.13-1)$$

抗震等级为二级时：

$$V_b = 1.2 \frac{(M_b^l + M_b^r)}{l_n} + V_{Gb} \quad (6.2.13-2)$$

抗震等级为三级时：

$$V_b = 1.1 \frac{(M_b^l + M_b^r)}{l_n} + V_{Gb} \quad (6.2.13-3)$$

式中：

V_b ——组合连梁的剪力设计值；

M_b^l 、 M_b^r ——分别为梁左、右端截面顺时针或逆时针方向的弯矩设计值。抗震等级为一级时，当两端弯矩均为负弯矩时，绝对值较小的弯矩应取为 0；

l_n ——组合连梁的净跨；

V_{Gb} ——重力荷载代表值作用下按简支梁计算的梁端面剪力设计值。

6.2.14 重力荷载代表值作用下，组合剪力墙墙肢的轴压比应按下列式计算。抗震等级为一、二、三级时，墙肢的轴压比不宜超过表 6.2.14 规定的限值：

$$n = \frac{N}{f_c A_c + f_s' A_{sa}'} \quad (6.2.14)$$

式中：

n ——组合剪力墙的轴压比；

N ——重力荷载代表值作用下组合剪力墙墙肢的轴向压力设计值；

A_c ——组合剪力墙墙肢截面中混凝土的面积；

f_s' ——墙肢内钢管的抗压强度设计值；

A_{sa}' ——墙肢内钢管的总截面面积。

表 6.2.14 组合剪力墙墙肢轴压比限值

抗震等级	一级	二、三级
轴压比限值	0.5	0.6

6.2.15 抗震设计时，短肢剪力墙墙肢的设计应符合下列规定：

- 1 抗震等级为一、二、三级的短肢剪力墙轴压比，分别不宜大于 0.45、0.50、0.55；
- 2 短肢剪力墙墙肢的底部加强部位应按本规程 6.2.12 条调整剪力设计值，其它各层抗震等级为一、二、三级时剪力设计值应分别乘以增大系数 1.4、1.2 和 1.1；
- 3 不宜采用独立一字形短肢剪力墙，不宜在一字形短肢剪力墙墙肢上布置平面外与之相交的单侧楼面梁。

6.2.16 结构弹塑性计算模型应符合下列规定：

- 1 组合剪力墙墙肢的模拟应符合下列规定：
 - 1) 墙肢两端的钢管混凝土柱宜采用纤维单元模拟，截面宜采用钢管混凝土柱截面；
 - 2) 芯柱宜采用线单元模拟，截面宜采用钢管截面；

- 3) 墙身宜采用壳单元模拟, 截面按实际情况宜采用混凝土墙肢或钢板组合剪力墙肢, 轻钢桁架可按强度等效为水平分布钢筋。
 - 2 组合连梁宜采用弹塑性分层壳单元模拟, 底部钢板可按强度等效为纵向钢筋;
 - 3 钢筋混凝土楼面梁和柱宜采用纤维单元模拟;
 - 4 拼缝模拟应符合以下规定:
 - 1) 上、下层模块之间以及模块单元与现浇层之间的水平接缝宜按连续模拟;
 - 2) 模块单元之间竖向拼缝, 宜采用连接单元模拟; 连接单元的属性可根据试验及仿真分析结果确定, 典型连接构造的连接单元属性可按本规程附录A定义。
- 6.2.17** 混凝土材料和钢材的本构模型宜按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定确定。
- 6.2.18** 组合剪力墙结构的弹塑性时程分析选用的地震波应符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011的规定。
- 6.2.19** 罕遇地震作用下结构弹塑性时程分析时, 结构的初始阻尼比可取0.05; 多遇地震作用下结构的阻尼比可取0.04。
- 6.2.20** 组合剪力墙结构的楼层受剪承载力计算应符合本规程附录B的规定。

6.3 构件设计

- 6.3.1** 组合剪力墙墙肢的厚度宜为180mm、200mm、220mm和250mm, 并应符合墙体稳定验算要求。
- 6.3.2** 在组合剪力墙的墙肢两端、洞口两侧、截面高度超过4m时的墙肢中部均应设置钢管混凝土柱, 钢管截面边长应与墙厚相同, 截面规格尺寸宜为180mm×180mm×4mm、200mm×200mm×4mm、220mm×220mm×5mm、250mm×250mm×5mm。
- 6.3.3** 组合剪力墙的墙肢构造应符合下列规定:
- 1 两钢管混凝土柱之间净距大于200mm时, 应符合下列规定:
 - 1) 钢管柱之间应设置水平轻钢桁架, 轻钢桁架应沿墙肢竖向分布, 间距宜为200mm; 在墙肢顶部和底部应各设置一道轻钢桁架; 轻钢桁架宜为槽型, 壁厚不应小于1.5mm; 轻钢桁架与钢管混凝土柱应采用焊接连接(图6.3.3-1);
 - 2) 墙身应设置双排竖向分布钢筋, 间距宜为200mm, 直径不应小于8mm。
 - 2 当两钢管混凝土柱之间净距不大于200mm时, 应符合下列规定:
 - 1) 当两钢管混凝土柱紧挨时, 可采用钢管与C型钢板相组合的截面形式, 也可采用钢管与钢管相组合的截面形式(图6.3.3-2);
 - 2) 当两钢管混凝土柱之间的净距不超过200mm且不紧挨时, 两柱之间可采用C型钢板连接, 钢板厚度不宜小于4mm, 墙肢不得设置轻钢桁架及竖向分布筋(图6.3.3-3), C型钢板与钢管混凝土柱应焊接连接, 焊接应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。
 - 3 墙肢两侧应设置永久模板, 应与水平轻钢桁架及钢管可靠连接。

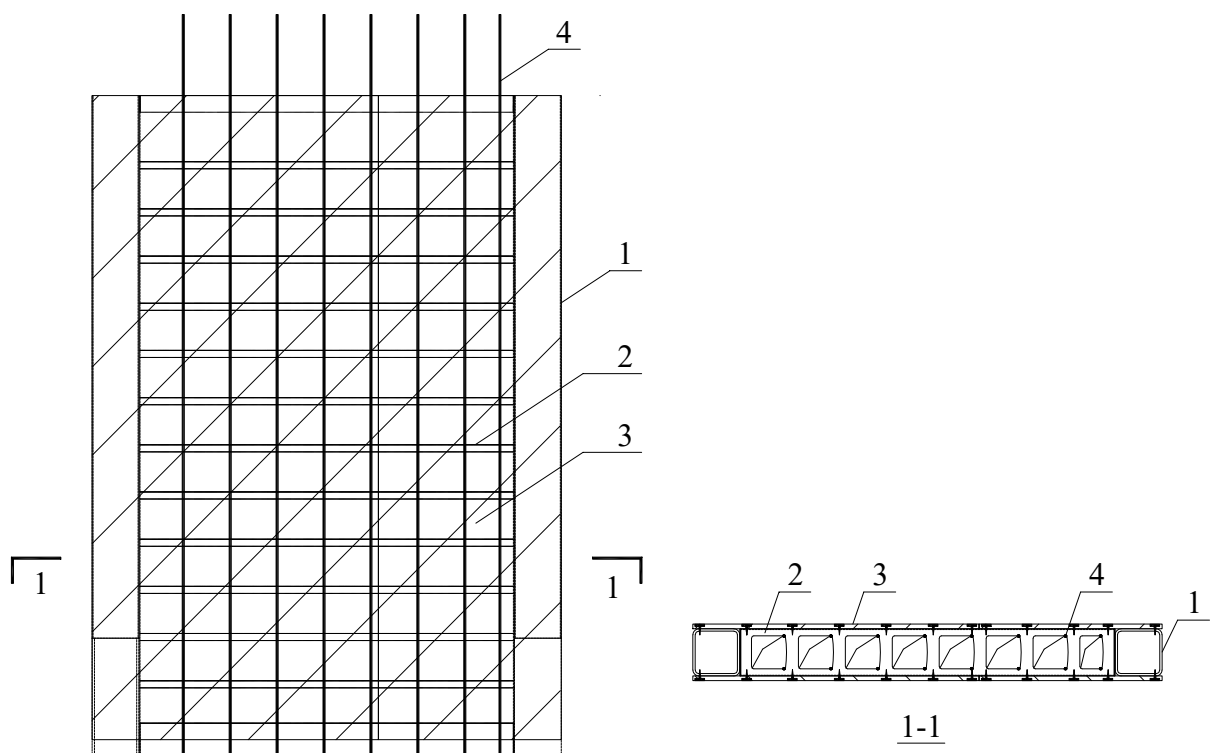


图6.3.3-1 组合剪力墙构件示意

1—钢管混凝土柱；2—水平轻钢桁架；3—永久模板；4—竖向分布钢筋

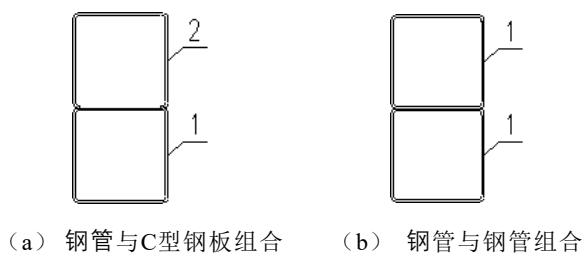


图6.3.3-2 C型钢板与钢管连接形式1

1—钢管；2—C型钢板

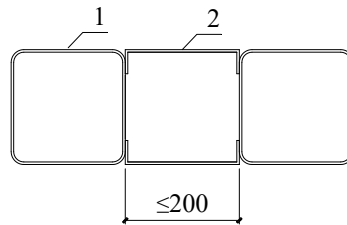


图6.3.3-3 C型钢板与钢管连接形式2

1—钢管；2—C型钢板

6.3.4 采用短肢剪力墙时，墙肢竖向钢管的含钢率不应低于 2%；钢管混凝土柱截面面积占墙肢总截面面积的比率不应低于 20%。

6.3.5 组合连梁的构造（图 6.3.5）应符合下列规定：

- 1 组合连梁截面宽度应与剪力墙墙肢厚度相同；
- 2 梁底钢板厚度不应小于4mm，可按截面承载力要求在钢板上方增设纵向受力钢筋；
- 3 连梁上部楼板底标高处应设置轻钢桁架；
- 4 梁内相邻轻钢桁架的间距、最下层轻钢桁架与梁底钢板的间距均不宜大于300mm；
- 5 连梁顶部应设置纵向受力钢筋；
- 6 连梁内应设置封闭箍筋，箍筋间距宜为100mm，箍筋直径应按结构计算确定，箍筋底部应与梁底钢板采用双面角焊缝贴焊，焊脚高度不应小于4mm；
- 7 连梁两侧应设置永久模板，并应与梁底钢板、轻钢桁架可靠连接。

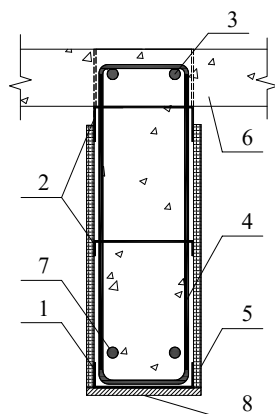


图6.3.5 组合连梁构造

1—梁底钢板；2—轻钢桁架；3—梁顶纵向受力钢筋；4—箍筋；5—永久模板；6—楼板；7—梁底纵向受力钢筋；
8—防火板

6.3.6 墙身及连梁两侧的永久模板应满足生产、运输和施工阶段工况下的受力要求。

6.3.7 楼板宜采用免拆底模的钢筋桁架楼承板，采用免拆底模的钢筋桁架楼承板时应满足以下要求：

1 楼板承载力计算及构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的有关规定；

2 免拆底模可采用纤维水泥板、细石混凝土等材料。钢筋桁架应与底模可靠连接，并应满足施工阶段受力和变形的要求；

3 施工阶段当跨内不设置临时支撑时，钢筋桁架楼承板应按永久荷载和可变荷载的标准组合计算楼承板的挠度，挠度限值不应大于楼承板计算跨度的1/180和20mm的较小值。

6.3.8 组合剪力墙墙肢应进行平面内的斜截面受剪、偏心受压或受拉、平面外轴心受压承载力验算；组合连梁应进行平面内的斜截面受剪、正截面受弯承载力验算以及挠度和负弯矩区混凝土裂缝宽度验算。

6.3.9 组合剪力墙墙肢与连梁的正截面承载力计算应符合下列规定：

1 截面应满足平截面假定；

2 不应计入混凝土的抗拉强度；

3 混凝土受压的应力与应变应按下列公式计算：

1) 当 $\varepsilon_c \leq \varepsilon_0$ 时：

$$\sigma_c = f_c \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^n \right] \quad (6.3.9-1)$$

2) 当 $\varepsilon_0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$ 时：

$$\sigma_c = f_c \quad (6.3.9-2)$$

$$n = 2 - \frac{1}{60} (f_{cu,k} - 50), n \leq 2.0 \quad (6.3.9-3)$$

$$\varepsilon_0 = 0.002 + 0.5 \times (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (6.3.9-4)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0033 - (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (6.3.9-5)$$

式中：

ε_c ——混凝土压应变；

ε_0 ——混凝土压应力达到 f_c 时的混凝土压应变，当计算的 ε_0 值小于 0.002 时应取 0.002；

σ_c ——混凝土压应变为 ε_c 时的混凝土压应力；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定取值；

n ——系数，当计算的 n 值大于 2.0 时应取 2.0；

ε_{cu} ——正截面的混凝土极限压应变，当处于非均匀受压且按公式（6.3.9-5）计算的值大于 0.0033 时应取 0.0033；当处于轴心受压时应取为 ε_0 ；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定取值。

4 受弯及偏心受力时，受压区混凝土的应力图形应简化为矩形应力图，并应符合下列规定：

1) 矩形应力图的受压区高度 x 应取按平截面假定所确定的中和轴高度，应乘以受压区混凝土应力图形影响系数 (β_1)，当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_1 应取 0.8；当混凝土强度等级为 C80 时， β_1 应取 0.74；当混凝土强度等级高于 C50 且低于 C80 时， β_1 应按线性内插法确定；

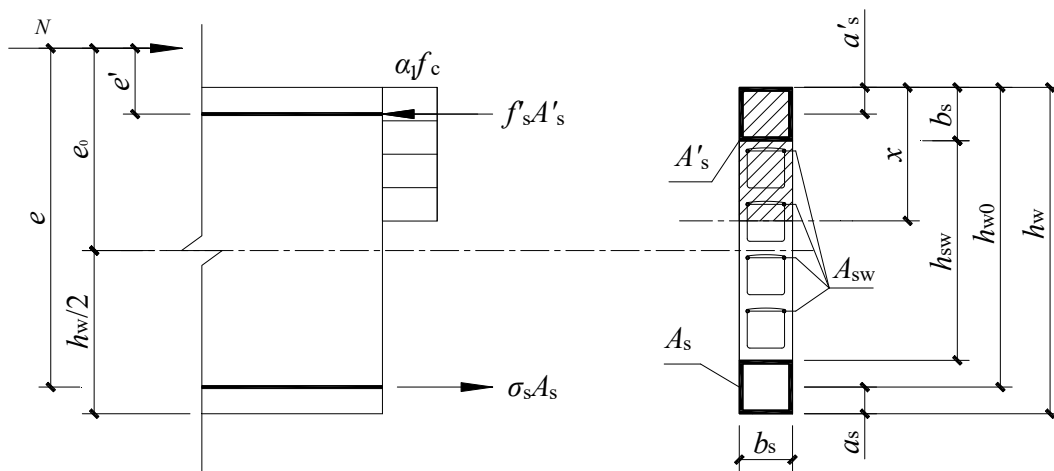
2) 矩形应力图的应力值可由混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘以系数 α_1 确定，当混凝土强度不超过 C50 时， α_1 应取 1.0；当混凝土强度等级为 C80 时， α_1 应取 0.94；当混凝土强度等级高于 C50 且低于 C80 时， α_1 应按线性内插法确定。

5 钢材的极限拉应变取 0.01。钢管、钢筋和钢板的应力应取等于钢管、钢筋和钢板的应变与弹性模量的乘积，绝对值不应大于相应的强度设计值；

6 对组合剪力墙墙肢的承载力进行验算时，不应考虑钢管约束混凝土的有利作用；

7 连梁在正弯矩作用下，应考虑梁底钢板与梁底纵筋的受拉作用。

6.3.10 偏心受压组合剪力墙墙肢正截面受压承载力（图 6.3.10）应满足下列要求：



(a) 大偏压

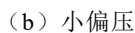


图6.3.10 组合剪力墙墙肢正截面受压承载力计算参数示意

1 持久、短暂设计状况:

$$Ne \leq \alpha_1 f_c x b_s \left(h_{w0} - \frac{x}{2} \right) + f_s' A_s' (h_{w0} - a_s') + M_{sw} \quad (6.3.10-2)$$

2 地震设计状况:

$$N \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RF}}} (\alpha_1 f_c x b_s + f_s' A_s' - \sigma_s A_s + N_{\text{sw}}) \quad (6.3.10-3)$$

$$Ne \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RF}}} \left[\alpha_1 f_c x b_s (h_{w0} - \frac{x}{2}) + f_s' A_s' (h_{w0} - a_s') + M_{\text{sw}} \right] \quad (6.3.10-4)$$

$$e = e_0 + \frac{h_w}{\gamma} - a_s \quad (6.3.10-5)$$

$$e_0 = \frac{M}{N} \quad (6.3.10-6)$$

$$h_{w0} = h_w - a_s \quad (6.3.10-7)$$

3 $N_{\text{SW}}, M_{\text{SW}}$ 应按下列公式计算:

1) 当 $x \leq \beta_1 h_{w0}$ 时:

$$N_{\text{sw}} = \left(1 + \frac{x - \beta_1 h_{\text{w0}}}{0.5 \beta_1 h_{\text{sw}}} \right) f_{\text{sw}} A_{\text{sw}} \quad (6.3.10-8)$$

$$M_{sw} = \left[0.5 - \left(\frac{x - \beta_1 h_{w0}}{\beta_1 h_{sw}} \right)^2 \right] f_{sw} A_{sw} h_{sw} \quad (6.3.10-9)$$

2) 当 $x > \beta_1 h_{w0}$ 时:

$$N_{\text{sw}} = f_{\text{sw}} A_{\text{sw}} \quad (6.3.10-10)$$

$$M_{sw} = 0.5f_{sw}A_{sw}h_{sw} \quad (6.3.10-11)$$

4 钢管变截面处，受拉侧钢管应力计算应符合下列规定：

1) 当 $x \leq \xi_b h_{w0}$ 时受拉侧钢管应力：

$$\sigma_s = f_s \quad (6.3.10-12)$$

2) 当 $x > \xi_b h_{w0}$ 时受拉侧钢管应力：

$$\sigma_s = \frac{f_s}{\xi_b - \beta_1} \left(\frac{x}{h_{w0}} - \beta_1 \right) \quad (6.3.10-13)$$

3) ξ_b 应按下列式计算：

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_s}{E_s \varepsilon_{cu}}} \quad (6.3.10-14)$$

5 当 $x < 2a'_s$ 时，墙肢正截面受压承载力计算应符合下列规定：

1) 持久、短暂设计状况：

$$Ne' \leq f_s A_s (h_{w0} - a'_s) + f_{sw} A_{sw} \left(\frac{h_w}{2} - a'_s \right) \quad (6.3.10-15)$$

2) 地震设计状况：

$$Ne' \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[f_s A_s (h_{w0} - a'_s) + f_{sw} A_{sw} \left(\frac{h_w}{2} - a'_s \right) \right] \quad (6.3.10-16)$$

3) e' 应按下列式计算：

$$e' = \left| e_0 - \left(\frac{h_w}{2} - a'_s \right) \right| \quad (6.3.10-17)$$

6 对于一字形短肢剪力墙，考虑到墙肢平面外稳定性的影响，轴压力设计值 N 应乘以 1.1 的内力放大系数。

式中：

M ——组合剪力墙墙肢弯矩设计值；

N ——与剪力墙弯矩设计值 M 相对应的轴向压力设计值；

α_1 ——系数，具体取值规定见本规程 6.3.9 条第 4 款第 2 项；

x ——受压区高度；

b_s ——组合剪力墙墙肢截面宽度、钢管混凝土柱的截面宽度；

f'_s ——受压侧钢管的抗压强度设计值；

A'_s ——受压侧钢管的截面面积；

σ_s ——边缘构件中受拉侧钢管的应力；

A_s ——边缘构件中受拉侧钢管的截面面积；

N_{sw} ——竖向分布钢筋承担的轴向压力；

e ——轴向力作用点到受拉侧钢管合力点的距离；

h_{w0} ——组合剪力墙墙肢截面有效高度；

a'_s ——边缘构件中受压侧钢管合力点至截面受压边缘的距离；

M_{sw} ——竖向分布钢筋合力对受拉侧钢管截面重心的力矩；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，组合剪力墙墙肢偏心受压计算时取 0.85；

e_0 ——轴向压力对截面重心的偏心距；

h_w ——组合剪力墙墙肢截面高度；

a_s ——边缘构件中受拉侧钢管合力点至截面受拉边缘的距离；

β_1 ——系数，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定取值。矩形应力图的受压区高度 x 取按平截面假定所确定的中和轴高度乘以受压区混凝土应力图形影响系数 β_1 ，当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_1 应取 0.8；当混凝土强度等级为 C80 时， β_1 应取 0.74；当混凝土强度等级高于 C50 且低于 C80 时， β_1 应按线性内插法确定；

f_{sw} ——组合剪力墙墙肢竖向分布钢筋强度设计值；

A_{sw} ——组合剪力墙墙肢腹板全部竖向分布钢筋的截面面积；

h_{sw} ——组合剪力墙墙肢腹板截面高度；

f_s ——钢管抗拉强度设计值；

ξ_b ——相对界限受压区高度；

E_s ——钢材弹性模量，取 $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ；

e' ——轴向压力作用点到受压侧钢管合力点的距离。

6.3.11 对称配筋的偏心受拉构件，组合剪力墙墙肢正截面受拉承载力应满足下列要求：

1 持久、短暂设计状况：

$$N \leq \frac{1}{\frac{1}{N_{0u}} + \frac{e_0}{M_{wu}}} \quad (6.3.11-1)$$

2 地震设计状况：

$$N \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \frac{1}{\frac{1}{N_{0u}} + \frac{e_0}{M_{wu}}} \quad (6.3.11-2)$$

3 N_{0u} 、 M_{wu} 应按下列公式计算：

$$N_{0u} = f_s A_s + f_s' A_s' + f_{sw} A_{sw} \quad (6.3.11-3)$$

$$M_{wu} = f_s A_s (h_{w0} - a_s') + f_{sw} A_{sw} \left(\frac{h_{w0} - a_s'}{2} \right) \quad (6.3.11-4)$$

$$e_0 = \frac{M}{N} \quad (6.3.11-5)$$

式中：

N ——组合剪力墙墙肢轴向拉力设计值；

e_0 ——组合剪力墙墙肢轴向拉力对截面重心的偏心距；

N_{0u} ——组合剪力墙墙肢轴向受拉承载力；

M_{wu} ——组合剪力墙墙肢受弯承载力；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，组合剪力墙墙肢偏拉计算时取 0.85。

6.3.12 组合剪力墙墙肢截面的剪力设计值应满足下列要求：

1 持久、短暂设计状况：

$$V_{cw} \leq 0.25 \beta_c f_c b_s h_{w0} \quad (6.3.12-1)$$

$$V_{cw} = V - \frac{0.4}{\lambda} f_s A_{s1} \quad (6.3.12-2)$$

2 地震设计状况：

1) 当剪跨比大于 2.5 时：

$$V_{cw} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 0.20 \beta_c f_c b_s h_{w0} \quad (6.3.12-3)$$

2) 当剪跨比不大于 2.5 时：

$$V_{cw} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 0.15 \beta_c f_c b_s h_{w0} \quad (6.3.12-4)$$

3) V_{cw} 应按下列式计算：

$$V_{cw} = V - \frac{0.32}{\lambda} f_s A_{s1} \quad (6.3.12-5)$$

式中：

V ——组合剪力墙墙肢截面的剪力设计值；

V_{cw} ——仅考虑组合剪力墙墙肢截面混凝土部分承受的剪力设计值；

β_c ——混凝土强度影响系数，当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_c 应取 1.0；当混凝土强度等级为 C80 时， β_c 应取 0.8；其间按线性内插法确定；

λ_0 ——计算截面处的剪跨比 $\lambda = M_c / V_c h_{w0}$ ，其中 M_c 、 V_c 为同一组合的、未按本规程有关规定调整的墙肢截面弯矩、剪力计算值，并取墙肢上、下端截面计算的剪跨比的较大值；

λ ——当 $\lambda_0 < 1.5$ 时， $\lambda = 1.5$ ；当 $\lambda_0 > 2.2$ 时， $\lambda = 2.2$ ；当 $1.5 < \lambda_0 < 2.2$ 时， $\lambda = \lambda_0$ ；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，受剪计算时应取 0.85；

A_{s1} ——组合剪力墙墙肢一端边缘构件所配钢管的截面面积，当两端所配钢管截面面积不同时，应取较小一端的面积。

6.3.13 组合剪力墙墙肢的斜截面受剪承载力应满足下列要求：

1 偏心受压组合剪力墙墙肢，斜截面受剪承载力应满足下列要求：

1) 持久、短暂设计状况：

$$V \leq \frac{1}{\lambda - 0.5} \left(0.5 f_t b_s h_{w0} + 0.13 N \frac{A_w}{A} \right) + f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \frac{0.4}{\lambda} f_s A_{s1} \quad (6.3.13-1)$$

2) 地震设计状况：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda - 0.5} \left(0.4 f_t b_s h_{w0} + 0.1 N \frac{A_w}{A} \right) + 0.8 f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \frac{0.32}{\lambda} f_s A_{s1} \right] \quad (6.3.13-2)$$

式中：

f_t ——混凝土轴心受拉设计值；

N ——组合剪力墙墙肢轴向压力设计值，当 $N > 0.2 f_c b_s h_w$ 时，应取 $N = 0.2 f_c b_s h_w$ ；

A ——组合剪力墙墙肢截面总面积；

A_w ——组合剪力墙墙肢腹板的截面面积，对矩形截面剪力墙墙肢应取 $A_w = A$ ；

f_{sh} ——组合剪力墙墙肢水平轻钢桁架抗拉强度设计值；

A_{sh} ——配置在同一竖向截面内的水平轻钢桁架的有效截面面积之和；

s ——组合剪力墙墙肢水平轻钢桁架的竖向间距。

当 h_{w0} 大于层高时，式（6.3.13-1）、（6.3.13-2）中的水平轻钢桁架项 $f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}$ 、 $0.8f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}$ 中的 h_{w0} 应取为层高。

2 偏心受拉组合剪力墙墙肢，斜截面受剪承载力应满足下列要求：

1) 持久、短暂设计状况：

$$V \leq \frac{1}{\lambda - 0.5} \left(0.5f_t b_s h_{w0} - 0.13N \frac{A_w}{A} \right) + f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \frac{0.4}{\lambda} f_s A_{sl} \quad (6.3.13-3)$$

$$0.5f_t b_s h_{w0} - 0.13N \frac{A_w}{A} \geq 0 \quad (6.3.13-4)$$

2) 地震设计状况：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{\lambda - 0.5} \left(0.4f_t b_s h_{w0} - 0.1N \frac{A_w}{A} \right) + 0.8f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \frac{0.32}{\lambda} f_s A_{sl} \right] \quad (6.3.13-5)$$

$$0.4f_t b_s h_{w0} - 0.1N \frac{A_w}{A} \geq 0 \quad (6.3.13-6)$$

式中：

N ——组合剪力墙墙肢的轴向拉力设计值。

当 h_{w0} 大于层高时，式（6.3.13-3）、（6.3.13-5）中的水平轻钢桁架项 $f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}$ 、 $0.8f_{sh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}$ 中的 h_{w0} 应取为层高。

6.3.14 当中和轴在混凝土楼板内时，组合连梁在正弯矩作用下的正截面受弯承载力（图 6.3.14）应满足下列要求：

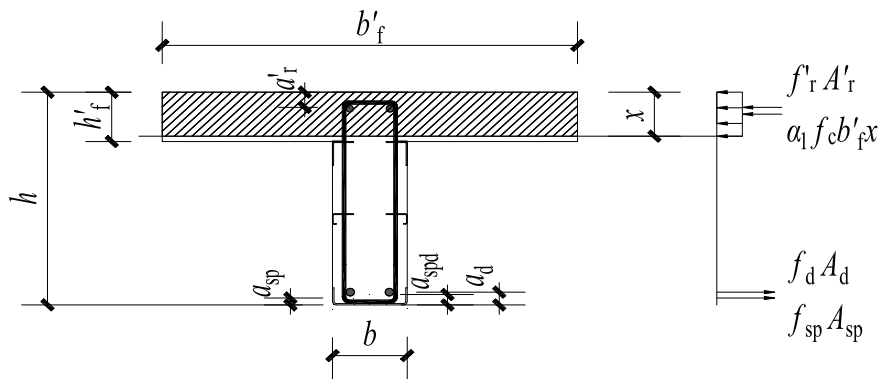


图6.3.14 中和轴位于混凝土楼板内时连梁受弯承载力计算参数示意图

1 持久、短暂设计状况：

$$M \leq \alpha_1 f_c b_f' x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_r' A_r' (h_0 - a_f') \quad (6.3.14-1)$$

$$f_{sp} A_{sp} + f_d A_d - f_r' A_r' = \alpha_1 f_c b_f' x \quad (6.3.14-2)$$

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (6.3.14-3)$$

$$h_0 = h - a_{\text{spd}} \quad (6.3.14-4)$$

$$x \geq 2a'_r \quad (6.3.14-5)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_{\text{sp}} + f_d}{2E_s \varepsilon_{\text{cu}}}} \quad (6.3.14-6)$$

2 地震设计状况：

$$M \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} \left[\alpha_1 f_c b'_f x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_r A'_r (h_0 - a'_r) \right] \quad (6.3.14-7)$$

3 当 $x < 2a'_r$ 时，应满足下式要求：

1) 持久、短暂设计状况：

$$M \leq f_{\text{sp}} A_{\text{sp}} (h - a_{\text{sp}} - a'_r) + f_d A_d (h - a_d - a'_r) \quad (6.3.14-8)$$

2) 地震设计状况：

$$M \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} \left[f_{\text{sp}} A_{\text{sp}} (h - a_{\text{sp}} - a'_r) + f_d A_d (h - a_d - a'_r) \right] \quad (6.3.14-9)$$

式中：

M ——组合连梁弯矩设计值；

b'_f ——受压区混凝土翼缘板计算宽度，按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定取值。对钢筋桁架楼承板楼盖，宜考虑楼板作为翼缘对梁刚度和承载力的影响；

x ——组合连梁截面混凝土等效受压区高度；

h_0 ——组合连梁截面有效高度；

f'_r ——受压梁顶钢筋抗压强度设计值；

A'_r ——受压梁顶钢筋截面面积之和；

a'_r ——受压梁顶钢筋合力点到梁截面受压边缘的距离；

f_{sp} ——受拉梁底钢板抗拉强度设计值；

A_{sp} ——受拉梁底钢板截面面积；

f_d ——受拉梁底纵筋抗拉强度设计值；

A_d ——受拉梁底纵筋截面面积；

h ——组合连梁截面高度；

a_{spd} ——受拉梁底钢板和梁底纵筋的合力作用点到梁底受拉边缘的距离；

E_s ——钢材弹性模量，取 $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，梁受弯计算时应取 0.75；

a_{sp} ——受拉梁底钢板合力作用点到梁底受拉边缘的距离；

a_d ——受拉梁底纵筋合力作用点到梁底受拉边缘的距离。

6.3.15 当中和轴位于腹板内时，组合连梁在正弯矩作用下的正截面受弯承载力应满足下列要求（图 6.3.15）：

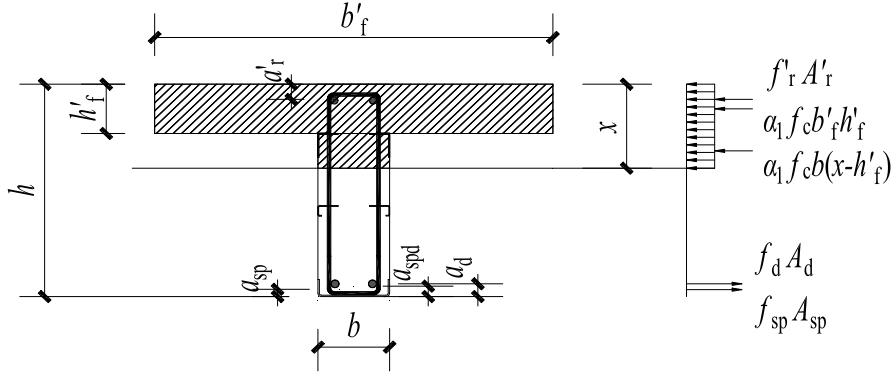


图6.3.15 中和轴位于腹板内时连梁受弯承载力计算参数示意图

1 持久、短暂设计状况：

$$M \leq \alpha_1 f_c b'_f h'_f \left(x - \frac{h'_f}{2} \right) + \frac{1}{2} \alpha_1 f_c b (x - h'_f)^2 + f'_r A'_r (x - a'_r) + f_{sp} A_{sp} (h - x - a_{sp}) + f_d A_d (h - x - a_d) \quad (6.3.15-1)$$

$$f_{sp} A_{sp} + f_d A_d = \alpha_1 f_c b'_f h'_f + \alpha_1 f_c b (x - h'_f) + f'_r A'_r \quad (6.3.15-2)$$

2 地震设计状况：

$$M \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\alpha_1 f_c b'_f h'_f \left(x - \frac{h'_f}{2} \right) + \frac{1}{2} \alpha_1 f_c b (x - h'_f)^2 + f'_r A'_r (x - a'_r) + f_{sp} A_{sp} (h - x - a_{sp}) + f_d A_d (h - x - a_d) \right] \quad (6.3.15-3)$$

其中 x 应满足式 (6.3.14-3) 和 (6.3.14-5) 的要求。当 $x < 2a'_r$ 时，应按式 (6.3.14-8) 和 (6.3.14-9) 计算。

式中：

h'_f ——组合连梁受压区翼缘板混凝土厚度，当为压型钢板组合楼板时，不计入压型钢板肋的高度；当梁两侧翼缘楼板厚度不同时，取较小楼板厚度计算翼缘部分面积；

b ——梁截面宽度。

6.3.16 组合连梁在负弯矩作用下的正截面受弯承载力应满足下列要求（图 6.3.16）：

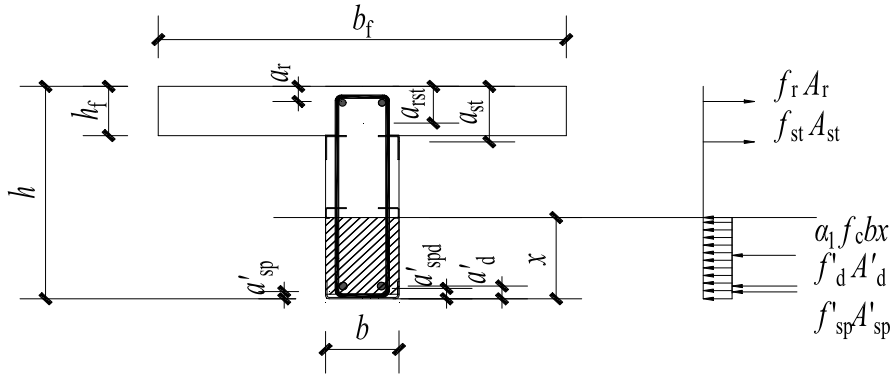


图6.3.16 负弯矩作用下连梁受弯承载力计算参数示意图

1 持久、短暂设计状况：

$$M \leq f_r A_r \left(h - \frac{x}{2} - a_r \right) + f_{st} A_{st} \left(h - \frac{x}{2} - a_{st} \right) + f'_sp A'_{sp} \left(\frac{x}{2} - a'_{sp} \right) + f'_d A'_d \left(\frac{x}{2} - a'_d \right) \quad (6.3.16-1)$$

$$f'_sp A'_{sp} + f'_d A'_d + \alpha_1 f_c b x = f_r A_r + f_{st} A_{st} \quad (6.3.16-2)$$

$$x \leq \xi_b (h - a_{rst}) \quad (6.3.16-3)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_r + f_{st}}{2E_s \varepsilon_{cu}}} \quad (6.3.16-4)$$

2 地震设计状况:

$$M \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[f_r A_r \left(h - \frac{x}{2} - a_r \right) + f_{st} A_{st} \left(h - \frac{x}{2} - a_{st} \right) + f'_{sp} A'_{sp} \left(\frac{x}{2} - a'_{sp} \right) + f'_d A'_d \left(\frac{x}{2} - a'_d \right) \right] \quad (6.3.16-5)$$

3 组合连梁在负弯矩作用下, 当按本规程公式 (6.3.16-2) 计算的 x 小于或等于 $2a'_{spd}$ 时, 正截面受弯承载力应满足下列要求:

1) 持久、短暂设计状况:

$$M \leq f_r A_r (h - a'_{spd} - a_r) + f_{st} A_{st} (h - a'_{spd} - a_{st}) \quad (6.3.16-6)$$

2) 地震设计状况:

$$M \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[f_r A_r (h - a'_{spd} - a_r) + f_{st} A_{st} (h - a'_{spd} - a_{st}) \right] \quad (6.3.16-7)$$

式中:

- f_r ——受拉梁顶钢筋抗拉强度设计值;
- A_r ——受拉梁顶钢筋截面面积之和;
- a_r ——受拉梁顶钢筋合力点到梁截面受拉边缘的距离;
- f_{st} ——受拉梁顶水平轻钢桁架的抗拉强度设计值;
- A_{st} ——受拉梁顶水平轻钢桁架的有效截面面积之和;
- a_{st} ——受拉梁顶水平轻钢桁架合力点到梁截面受拉边缘的距离;
- f'_{sp} ——梁底钢板抗压强度设计值;
- A'_{sp} ——受压梁底钢板截面面积;
- a'_{sp} ——受压梁底钢板合力作用点到梁底受压边缘的距离;
- f'_d ——受压梁底纵筋抗压强度设计值;
- A'_d ——受压梁底纵筋截面面积;
- a'_d ——受压梁底纵筋合力作用点到梁底受压边缘的距离;
- a_{rst} ——受拉梁顶钢筋和梁顶水平轻钢桁架的合力点到梁截面受拉边缘的距离;
- a'_{spd} ——受压梁底钢板和梁底纵筋的合力作用点到梁底受压边缘的距离。

6.3.17 组合连梁截面的剪力设计值应满足下列要求:

1 持久、短暂设计状况

$$V \leq 0.25 \beta_c f_c b (h - a_{spd}) \quad (6.3.17-1)$$

2 地震设计状况:

1) 跨高比大于 2.5 时:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.20 \beta_c f_c b (h - a_{spd}) \right] \quad (6.3.17-2)$$

2) 跨高比不大于 2.5 时:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.15 \beta_c f_c b (h - a_{spd}) \right] \quad (6.3.17-3)$$

式中：

V ——调整后连梁截面剪力设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，受剪计算时应取 0.85。

6.3.18 组合连梁的斜截面受剪承载力应满足下列要求：

1 持久、短暂设计状况：

$$V \leq \alpha_{cv} f_t b (h - a_{spd}) + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s'} (h - a_{spd}) \quad (6.3.18-1)$$

2 地震设计状况：

1) 跨高比大于 2.5 时：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.6 \alpha_{cv} f_t b (h - a_{spd}) + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s'} (h - a_{spd}) \right] \quad (6.3.18-2)$$

2) 跨高比不大于 2.5 时：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.9 \times 0.6 \alpha_{cv} f_t b (h - a_{spd}) + 0.9 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s'} (h - a_{spd}) \right] \quad (6.3.18-3)$$

式中：

α_{cv} ——斜截面混凝土受剪承载力系数，对于普通的受弯构件应取 0.7，对集中荷载作用下（包括作用有多种荷载，其中集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力的 75% 以上的情况）的独立梁，应取 α_{cv} 为 $\frac{1.75}{\lambda + 1}$ ， λ 为计算截面的剪

跨比，可取 $\lambda = \frac{a}{h - a_{spd}}$ ，当 λ 小于 1.5 时应取 1.5，当 λ 大于 3.0 时应取 3.0， a 应取集

中荷载作用点至支座截面或节点边缘的距离；

f_t ——组合连梁混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²）；

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值；

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积；

s' ——箍筋间距。

6.3.19 组合连梁的挠度计算应符合下列规定：

1 应按荷载的准永久组合并考虑长期作用的影响计算；

2 可按照结构力学方法计算假定各同号弯矩区段内的刚度相等并可取用该区段内最大弯矩处的刚度；

3 短期刚度和考虑荷载长期作用影响的刚度可按式计算：

$$B_s = \frac{E_s A_{spd} h_0^2}{1.15 \psi + 0.2 + \frac{6 \alpha_E \rho}{1 + 3.5 \gamma_f'}} \quad (6.3.19-1)$$

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_s} \quad (6.3.19-2)$$

$$\rho_{te} = \frac{A_{spd}}{A_{te}} \quad (6.3.19-3)$$

$$\sigma_s = \frac{M_q}{0.87h_0A_{spd}} \quad (6.3.19-4)$$

$$\gamma'_f = \frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_0} \quad (6.3.19-5)$$

$$B = \frac{B_s}{\theta} \quad (6.3.19-6)$$

$$\theta = 2.0 - 0.4 \frac{\rho'}{\rho} \quad (6.3.19-7)$$

式中：

B_s ——组合连梁按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土受弯构件的短期刚度；

A_{spd} ——组合连梁受拉区梁底钢板和纵筋的截面面积之和，应取 $A_{sp} + A_d$ ；

ψ ——裂缝间纵向钢筋应变不均匀系数。小于 0.2 时应取 0.2，大于 1.0 时应取 1.0；

α_{te} ——钢材弹性模量与混凝土弹性模量的比值，即 E_s/E_c ， E_c 为混凝土弹性模量；

ρ ——组合连梁截面受拉区的梁底钢板和纵向钢筋面积之和的截面配筋率，应取为 $A_{spd}/(bh_0)$ ；

γ'_f ——受拉翼缘截面面积与腹板有效截面面积的比值；

f_{tk} ——混凝土轴心受拉强度标准值；

ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉梁底钢板和纵筋面积之和的截面配筋率；在最大裂缝宽度计算中，当 $\rho_{te} < 0.01$ 时，应取 0.01；

σ_s ——按荷载准永久组合计算的组合连梁纵向受拉普通型钢或钢筋应力；

A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积：对受弯构件，应取 $0.5bh$ ；

M_q ——按荷载的准永久组合计算的弯矩，取计算区段内的最大弯矩值；

B ——组合连梁的长期刚度；

θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数；

ρ' ——组合连梁截面受压区的纵向受压钢筋的截面配筋率，应取 $A'_r/(bh_0)$ 。

6.3.20 组合连梁负弯矩区混凝土，按荷载准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度 w_{max} 应按下式计算：

$$w_{max} = \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_s}{E_s} (1.9c_s + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}}) \quad (6.3.20-1)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{qr}}{0.87(h - a_r)A_r} \quad (6.3.20-2)$$

$$\rho_{te} = \frac{A_r}{0.5bh + (b_f - b)h_f} \quad (6.3.20-3)$$

(6.3.20-4)

α_{cr} ——构件受力特征系数, 应取 1.9;

c_s ——最外层纵向钢筋外边缘至受拉区边缘的距离: 小于 20 时应取 20; 大于 65 时应取 65;

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径;

M_{qr} ——荷载准永久组合作用下考虑弯矩调幅的支座截面负弯矩值;

b_f ——组合连梁受拉翼缘的有效宽度;

h_f ——组合连梁受拉翼缘的高度;

n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数;

d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径;

ν_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数, 对带肋钢筋应取 1.0。

6.4.1 上、下层模块单元对应的钢管混凝土柱宜采用芯柱灌浆节点连接（图6.4.1），连接时应满足下列要求：

-

图6.4.1 上、下层模块单元间钢管混凝土柱连接构造

1—上层模块柱钢管；2—芯柱；3—上层模块柱内壁抗剪键；4—芯柱外壁抗剪键；5—灌浆料；6—下层钢管柱钢管；7—连接钢板

6.4.2 上层模块单元的钢管柱与下层混凝土结构之间可采用插筋锚固连接（图6.4.2），插筋数

量及规格应按照与钢管柱抗拉强度等强的原则确定，插筋在下层混凝土结构中应可靠锚固，在上层模块柱内锚固长度不应小于 $0.6l_{aE}$ ，锚固区段的上层模块柱钢管内壁应设置抗剪键。

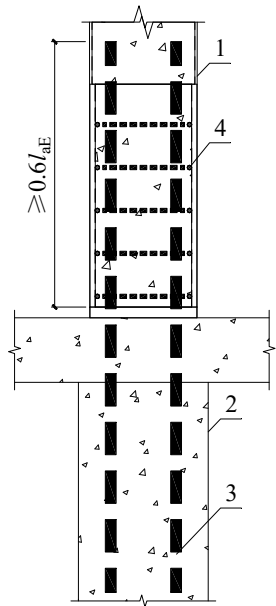


图6.4.2 上层模块单元的钢管柱与下层混凝土结构之间插筋锚固连接

1—上层模块钢管柱；2—下层现浇混凝土结构；3—插筋；4—钢管内侧抗剪键

6.4.3 上、下层组合剪力墙墙肢之间、上层组合剪力墙墙肢与下层现浇混凝土结构之间宜通过环状钢筋搭接连接，下层墙肢应向上伸出环状搭接钢筋，与上层墙肢内竖向分布钢筋搭接，搭接长度不应小于 $1.2l_a$ （图6.4.3），环状搭接钢筋规格和数量应根据水平接丰受剪、受弯计算结果确定，且不应小于墙肢竖向分布钢筋的规格与数量。

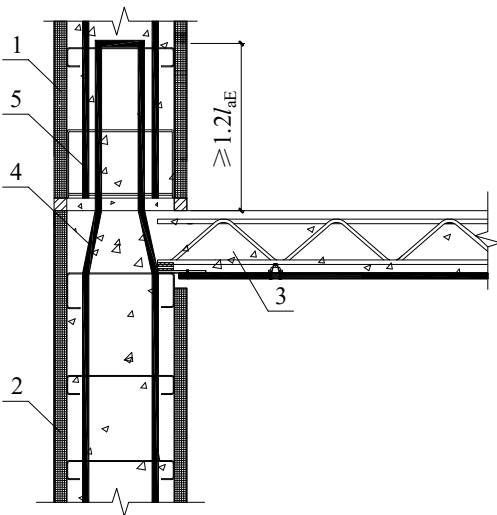


图6.4.3 上下层组合剪力墙墙肢间水平接缝连接构造

1—上层组合剪力墙墙肢；2—下层组合剪力墙墙肢；3—结构楼板；4—环状搭接钢筋；5—竖向分布钢筋

6.4.4 同层相邻模块单元之间的竖向拼缝构造（图6.4.4），应符合下列规定：

- 1 竖向拼缝宽度不应小于40mm；
- 2 拼缝两侧钢管侧壁应间隔开设洞口，洞口宽度宜为60mm~100mm，高度宜为100mm，洞口的竖向净距宜为100mm；
- 3 拼缝内应设置连接钢筋，连接钢筋插入两侧模块柱侧壁洞口内，且在钢管混凝土内的锚固长度不应小于80mm；连接钢筋直径不宜小于10mm，间距不宜大于200mm，且应避开柱底及柱顶

的芯柱连接区域；

4 根据计算需要可在竖缝设置连接钢板，连接钢板宜断续设置，厚度宜为4mm，并应与两侧钢管侧壁通过角焊缝连接，焊脚尺寸不应小于4mm；

5 竖向拼缝的受剪承载力应满足大震不屈服的性能目标，并应根据式（6.4.11-3）计算。

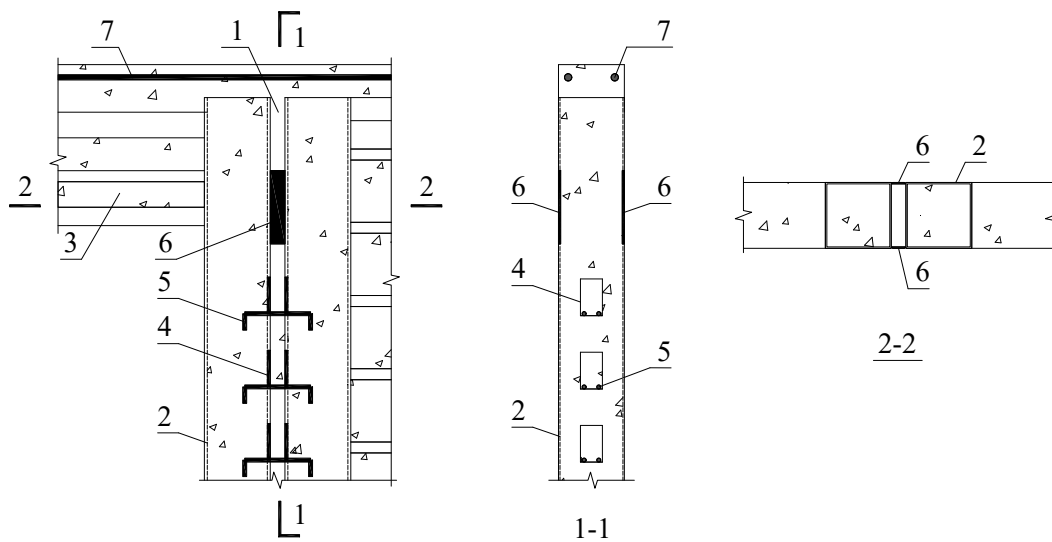


图6.4.4 模块单元之间的竖向拼缝构造

1—模块单元间竖向拼缝；2—钢管混凝土柱；3—组合连梁；4—钢管侧壁孔洞；5—连接钢筋；6—连接钢板；7—梁顶纵筋

6.4.5 组合连梁与组合剪力墙墙肢的连接构造（图6.4.5）应符合下列规定：

- 1 梁顶纵筋应锚固于组合剪力墙墙肢内，钢筋锚固长度应满足抗震锚固长度要求；
- 2 梁内水平轻钢桁架应与模块钢管混凝土柱外壁焊接连接；
- 3 梁高范围内，钢管混凝土柱侧壁应设置抗剪栓钉，栓钉直径不宜小于16mm，数量应根据计算确定，且不应少于2根；
- 4 梁底钢板与钢管混凝土柱侧壁应进行贴板加强连接；贴板厚度不宜小于8mm、宽度宜与柱宽度相同、高度不宜小于65mm；贴板左右两侧应与钢管混凝土柱侧壁熔透焊接、上下两侧应与钢管混凝土柱侧壁角焊缝连接，角焊缝焊脚高度不应小于5mm；梁底钢板应与贴板等强连接；
- 5 梁底纵筋应通过计算配置，并应伸入墙体内锚固。

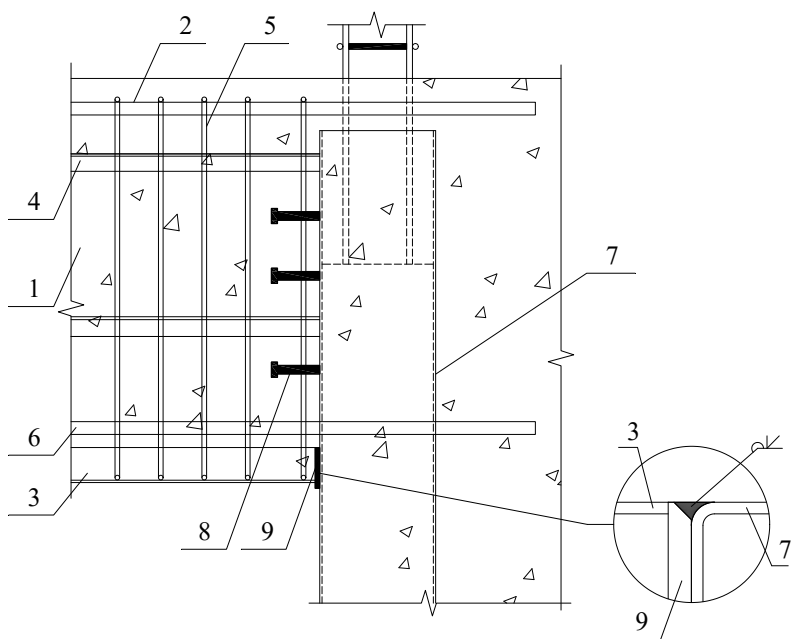
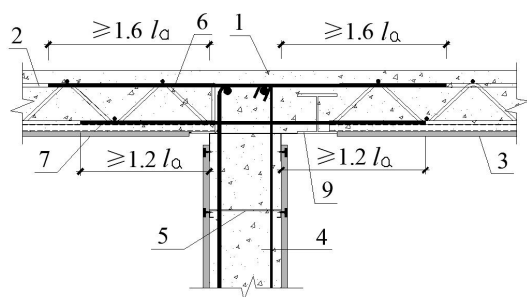


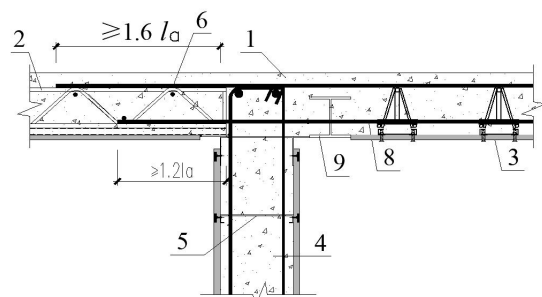
图 6.4.5 组合连梁与组合剪力墙墙肢的连接构造

1—组合连梁；2—梁顶纵筋；3—梁底钢板；4—轻钢桁架；5—箍筋；
6—梁底纵筋；7—钢管混凝土柱；8—抗剪栓钉；9—贴板

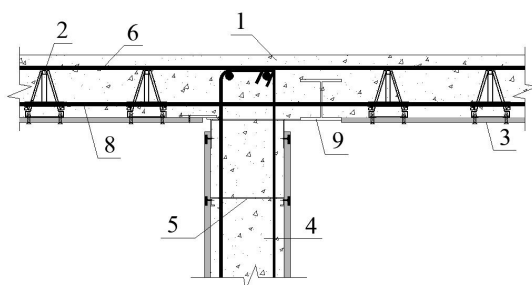
6.4.6 采用免拆底模的钢筋桁架楼承板时，楼板上部钢筋应在支座内贯通或可靠锚固；下部钢筋应通过附加搭接钢筋在支座内贯通，或者应伸入支座不小于 5 倍钢筋直径且至少到梁中线，楼板连中间支座节点做法可按图 6.4.6-1，楼板边支座节点做法可按图 6.4.6-2。



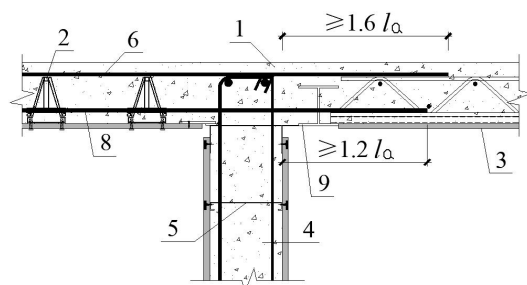
(a) 楼板中间支座连接节点一



(b) 楼板中间支座连接节点二



(c) 楼板中间支座连接节点三



(d) 楼板中间支座连接节点四

图 6.4.6-1 楼板连接处的中间支座节点

1—楼板混凝土；2—钢筋桁架；3—楼板永久模板；4—组合墙肢或组合连梁；5—组合墙肢或连梁水平轻钢桁架；
6—楼板板顶钢筋；7—支座板底连接钢筋；8—楼板板底钢筋；9—模块单元顶板临时顶梁

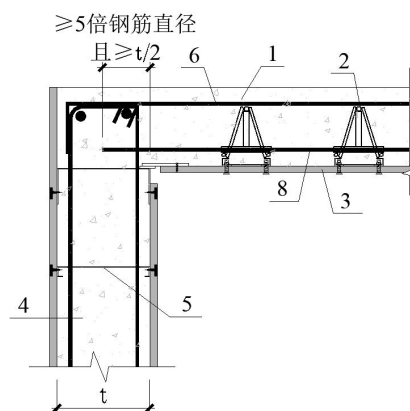
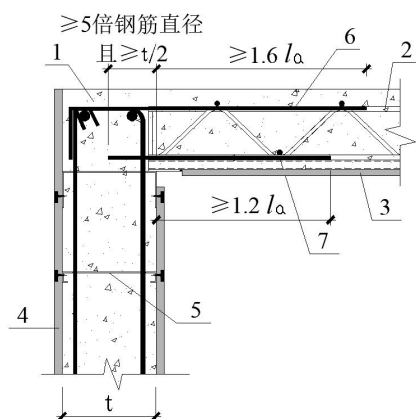
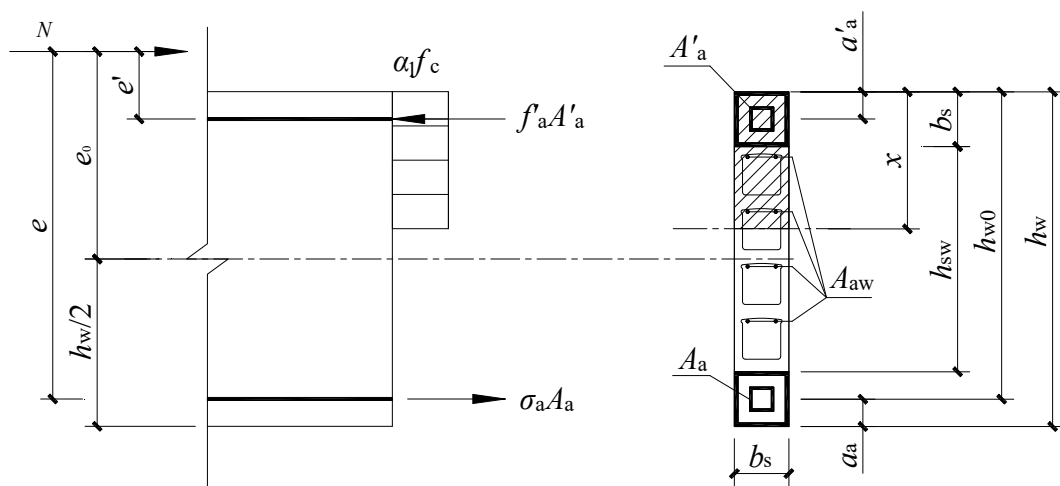


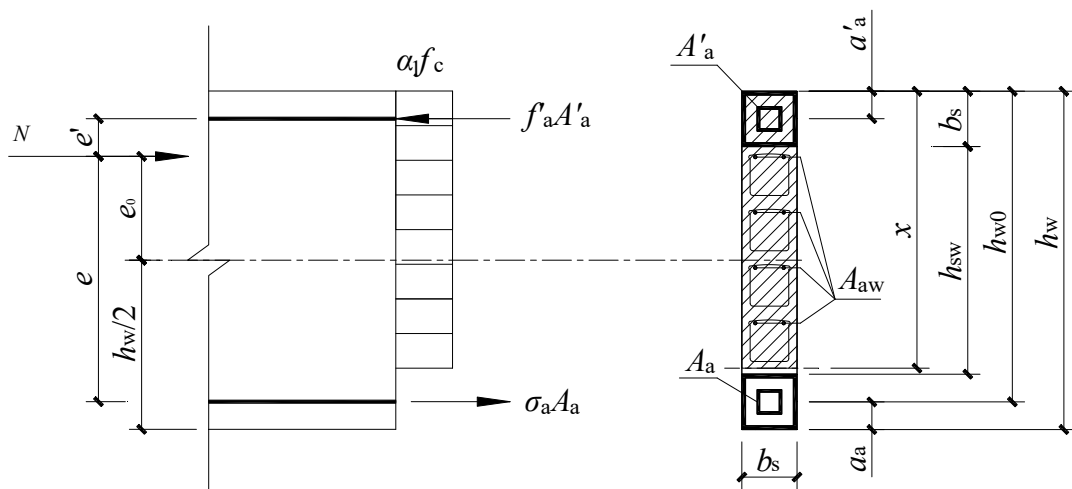
图 6.4.6-2 楼板边支座节点

1—楼板混凝土；2—钢筋桁架；3—楼板永久模板；4—组合墙肢或连梁；5—组合墙肢或连梁水平轻钢桁架；6—
楼面板顶钢筋；7—支座板底连接钢筋；8—楼面板底钢筋；9—模块单元顶板临时顶梁

6.4.7 组合剪力墙墙肢水平接缝处, 正截面受压承载力应满足下列要求 (图 6.4.7):



(a) 大偏压



(b) 小偏压

图6.4.7 组合剪力墙墙肢水平接缝处正截面受压承载力计算参数示意

1 持久、短暂设计状况：

$$N \leq \alpha_1 f_c x b_s + f'_a A'_a - \sigma_a A_a + N_{aw} \quad (6.4.7-1)$$

$$Ne \leq \alpha_1 f_c x b_s \left(h_{w0} - \frac{x}{2} \right) + f'_a A'_a (h_{w0} - a'_a) + M_{aw} \quad (6.4.7-2)$$

2 地震设计状况：

$$N \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (\alpha_1 f_c x b_s + f'_a A'_a - \sigma_a A_a + N_{aw}) \quad (6.4.7-3)$$

$$Ne \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\alpha_1 f_c x b_s \left(h_{w0} - \frac{x}{2} \right) + f'_a A'_a (h_{w0} - a'_a) + M_{aw} \right] \quad (6.4.7-4)$$

$$e = e_0 + \frac{h_w}{2} - a_a \quad (6.4.7-5)$$

$$e_0 = \frac{M}{N} \quad (6.4.7-6)$$

$$h_{w0} = h_w - a_a \quad (6.4.7-7)$$

3 N_{aw} 、 M_{aw} 应按下列公式计算：

1) 当 $x \leq \beta_1 h_{w0}$ 时：

$$N_{aw} = \left(1 + \frac{x - \beta_1 h_{w0}}{0.5 \beta_1 h_{sw}} \right) f_{aw} A_{aw} \quad (6.4.7-8)$$

$$M_{aw} = \left[0.5 - \left(\frac{x - \beta_1 h_{w0}}{\beta_1 h_{sw}} \right)^2 \right] f_{aw} A_{aw} h_{sw} \quad (6.4.7-9)$$

2) 当 $x > \beta_1 h_{w0}$ 时：

$$N_{aw} = f_{aw} A_{aw} \quad (6.4.7-10)$$

$$M_{aw} = 0.5 f_{aw} A_{aw} h_{sw} \quad (6.4.7-11)$$

4 墙底部受拉侧芯柱应力可按下式计算：

1) 当 $x \leq \xi_b h_{w0}$ 时：

$$\sigma_a = f_a \quad (6.4.7-12)$$

2) 当 $x > \xi_b h_{w0}$ 时：

$$\sigma_a = \frac{f_a}{\xi_b - \beta_1} \left(\frac{x}{h_{w0}} - \beta_1 \right) \quad (6.4.7-13)$$

3) ξ_b 可按下式计算：

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{\left(1 + \frac{f_a}{E_a \varepsilon_{cu}} \right)} \quad (6.4.7-14)$$

5 当 $x < 2a'_a$ 时，承载力应满足下式要求：

1) 持久、短暂设计状况：

$$Ne' \leq f_a A_a (h_{w0} - a'_a) + f_{aw} A_{aw} \left(\frac{h_w}{2} - a'_a \right) \quad (6.4.7-15)$$

2) 地震设计状况：

$$Ne' \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[f_a A_a (h_{w0} - a'_a) + f_{aw} A_{aw} \left(\frac{h_w}{2} - a'_a \right) \right] \quad (6.4.7-16)$$

$$e' = \left| e_0 - \left(\frac{h_w}{2} - a'_a \right) \right| \quad (6.4.7-17)$$

6 上层组合剪力墙墙肢与下层现浇钢筋混凝土剪力墙墙肢的水平接缝，墙肢中上层钢管混凝土柱与下层边缘构件之间采用插筋锚固连接；计算上层组合剪力墙墙肢底部的正截面受压承载力时，应将式（6.4.7-1）至式（6.4.7-17）中的 f'_a 、 A'_a 、 σ_a 、 A_a 、 a'_a 、 a_a 、 f_a 、 E_a 项替换为 f'_{as} 、 A'_{as} 、 σ_{as} 、 A_{as} 、 a'_{as} 、 a_{as} 、 f_{as} 、 E_{as} 。

式中：

- f'_a ——芯柱的钢管抗压强度设计值；
- A'_a ——边缘构件中受压侧芯柱的钢管截面面积；
- σ_a ——边缘构件中受拉侧芯柱的钢管应力；
- A_a ——边缘构件中受拉侧芯柱的钢管截面面积；
- N_{aw} ——组合剪力墙墙肢腹板插筋所承担的轴向力；
- a'_a ——边缘构件中受压侧芯柱钢管合力点至截面受压边缘的距离；
- M_{aw} ——组合剪力墙墙肢腹板插筋合力对受拉芯柱钢管截面重心的力矩；
- a_a ——边缘构件中受拉侧芯柱钢管合力点至截面受拉边缘的距离；
- f_{aw} ——组合剪力墙墙肢腹板范围内竖向插筋的钢筋强度设计值；
- A_{aw} ——组合剪力墙墙肢腹板范围内竖向插筋的总截面面积；
- f_a ——芯柱钢管的抗拉强度设计值；
- E_a ——芯柱钢管的弹性模量；
- f'_{as} ——钢管混凝土柱中插筋的抗压强度设计值；
- A'_{as} ——钢管混凝土柱中受压侧插筋的截面面积；
- σ_{as} ——钢管混凝土柱中受拉侧插筋的应力；
- A_{as} ——钢管混凝土柱中受拉侧插筋的截面面积；
- a'_{as} ——钢管混凝土柱中受压侧插筋合力点至截面受压边缘的距离；
- a_{as} ——钢管混凝土柱中受拉侧插筋合力点至截面受拉边缘的距离；
- f_{as} ——钢管混凝土柱中插筋的抗拉强度设计值；
- E_{as} ——钢管混凝土柱内插筋的弹性模量。

6.4.8 对称配筋的偏心受拉构件，组合剪力墙墙肢底部水平接缝处的正截面受拉承载力应满足下列要求：

1 持久、短暂设计状况：

$$N \leq \frac{1}{\frac{1}{N_{0u}} + \frac{e_0}{M_{wu}}} \quad (6.4.8-1)$$

2 地震设计状况：

$$N \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \frac{1}{\frac{1}{N_{0u}} + \frac{e_0}{M_{wu}}} \quad (6.4.8-2)$$

3 N_{0u} 、 M_{wu} 应按下列公式计算：

$$N_{0u} = f_a A_a + f'_a A'_a + f_{aw} A_{aw} \quad (6.4.8-3)$$

$$M_{wu} = f_a A_a (h_{w0} - a'_a) + f_{aw} A_{aw} \left(\frac{h_{w0} - a'_a}{2} \right) \quad (6.4.8-4)$$

$$e_0 = \frac{M}{N} \quad (6.4.8-5)$$

4 上层组合剪力墙墙肢与下层现浇钢筋混凝土剪力墙墙肢的竖向连接，墙肢上层钢管混凝土柱与下层边缘构件之间采用插筋锚固连接，此时计算上层组合剪力墙墙肢底部的正截面受拉承载力时，应将式（6.4.8-3）与式（6.4.8-4）中的 f_a 、 A_a 、 f'_a 、 A'_a 、 a'_a 项替换为 f_{as} 、 A_{as} 、 f'_{as} 、 A'_{as} 、 a'_{as} 。

6.4.9 组合剪力墙墙肢底部水平接缝处的受剪承载力应满足下列要求：

1 对于上下层组合剪力墙墙肢之间的水平施工缝：

1) 当水平施工缝处的竖向轴力为压力时：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.6f_{aw} A_{aw} + 0.6f_a A_{a1} + 0.8N) \quad (6.4.9-1)$$

2) 当水平施工缝处的竖向轴力为拉力时：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.6A_{aw} \sqrt{f_{aw}^2 - \sigma_1^2} + 0.6A_{a1} \sqrt{f_a^2 - \sigma_1^2}) \quad (6.4.9-2)$$

$$\sigma_1 = \frac{N}{A_{aw} + A_{a1}} \quad (6.4.9-3)$$

式中：

V ——组合剪力墙水平施工缝处的剪力设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，受剪计算时取 0.85；

A_{a1} ——墙底接缝处墙肢两端钢管混凝土柱内芯柱钢管的截面总面积；

N ——考虑地震组合的水平施工缝处的轴向力设计值，拉、压时均取正值；

σ_1 ——组合剪力墙墙肢截面腹板插筋和墙端芯柱钢管在轴拉力作用下的平均应力。

2 对于上层组合剪力墙墙肢与下层现浇钢筋混凝土剪力墙墙肢之间的水平接缝：

1) 当水平施工缝处的竖向轴力为压力时：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.6f_{aw} A_{aw} + 0.6f_{as} A_{as1} + 0.8N) \quad (6.4.9-4)$$

2) 当水平施工缝处的竖向轴力为拉力时：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.6A_{aw} \sqrt{f_{aw}^2 - \sigma_2^2} + 0.6A_{as1} \sqrt{f_{as}^2 - \sigma_2^2}) \quad (6.4.9-5)$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{A_{aw} + A_{as1}} \quad (6.4.9-6)$$

式中：

f_{as} ——组合剪力墙墙肢底部接缝处墙两端方钢管混凝土柱内插筋的抗拉强度设计值；

A_{as1} ——墙底接缝处墙肢两端方钢管混凝土柱内插筋总面积，不包括边缘构件以外的两侧翼墙柱内插筋；

σ_2 ——组合剪力墙墙肢截面腹板插筋和墙两端方钢管混凝土柱内插筋在轴拉力作用下的平均应力。

6.4.10 组合连梁的梁端竖向接缝受剪承载力应符合下列要求（图 6.4.10）：

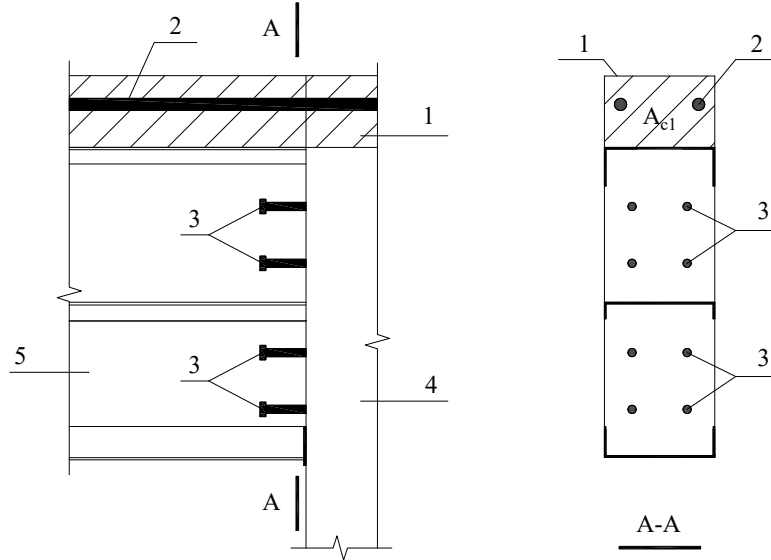


图 6.4.10 组合连梁梁端竖向接缝计算简图

1—楼板混凝土；2—梁顶纵筋；3—圆柱头焊钉；4—钢管柱；5—组合连梁

1 持久设计状况：

$$V \leq 0.07f_c A_{cl} + 1.65A_{yd} \sqrt{f_c f_{yd}} + 1.65A_r \sqrt{f_c f_r} + 1.65 \sum A_{sti} \sqrt{f_c f_{sti}} \quad (6.4.10-1)$$

2 地震设计状况：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(0.04f_c A_{cl} + 1.65A_{yd} \sqrt{f_c f_{yd}} + 1.65A_r \sqrt{f_c f_r} + 1.65 \sum A_{sti} \sqrt{f_c f_{sti}} \right) \quad (6.4.10-2)$$

式中：

V ——调整后的组合连梁截面剪力设计值；

A_{cl} ——组合连梁梁端截面楼板厚度范围内混凝土截面面积；

A_{yd} ——垂直穿过竖向接缝所有栓钉截面面积；

f_{yd} ——栓钉抗拉强度设计值，栓钉采用圆柱头焊钉，焊钉的规格、材质等应符合现行国家标准《紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环》GB/T 10433 的有关规定；

A_{sti} ——各水平轻钢桁架的截面面积；

f_{sti} ——各水平轻钢桁架的抗拉强度设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，受剪计算时应取 0.85。

6.4.11 同层相邻模块单元之间竖向拼缝的受剪承载力应满足下列要求（图 6.4.11）：

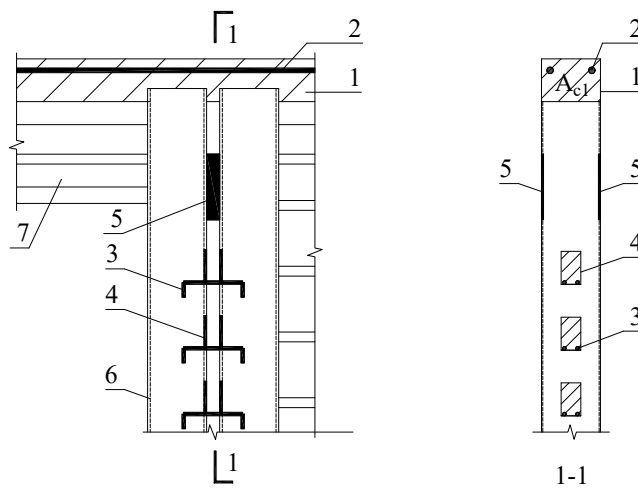


图6.4.11 模块单元之间竖向拼缝的受剪承载力计算简图

1—楼板混凝土；2—梁顶纵筋；3—连接钢筋；4—钢管侧壁开洞；5—连接钢板；6—钢管混凝土柱；7—组合梁

1 持久设计状况应满足下式要求：

$$V \leq 0.07f_c(A_{c1} + A_{c2}) + 1.65A_{ag}\sqrt{f_c f_{ag}} + 1.65A_r\sqrt{f_c f_r} + 0.6f_{ap}A_{ap} \quad (6.4.11-1)$$

2 地震设计状况应满足下式要求：

多遇地震：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[0.04f_c(A_{c1} + A_{c2}) + 1.65A_{ag}\sqrt{f_c f_{ag}} + 1.65A_r\sqrt{f_c f_r} + 0.6f_{ap}A_{ap} \right] \quad (6.4.11-2)$$

罕遇地震：

$$V \leq 0.04f_{ck}(A_{c1} + A_{c2}) + 1.65A_{ag}\sqrt{f_{ck} f_{agk}} + 1.65A_r\sqrt{f_{ck} f_{rk}} + 0.6f_{apk}A_{apk} \quad (6.4.11-3)$$

式中：

V ——模块间竖向拼缝处的竖向剪力设计值；

A_{c2} ——竖向拼缝一侧钢管混凝土柱侧壁开洞面积之和；

A_{ag} ——垂直穿过竖向拼缝的所有连接钢筋截面面积之和；

f_{ag} 、 f_{agk} ——垂直穿过竖向拼缝的连接钢筋强度设计值、标准值；

A_{ap} ——连接钢板截面面积之和；

f_{ap} 、 f_{apk} ——连接钢板强度设计值、标准值；

f_{ck} ——组合剪力墙、楼板混凝土强度标准值；

f_r 、 f_{rk} ——梁顶纵筋抗拉强度设计值、标准值。

6.5 模块单元设计

6.5.1 模块单元结构应由墙板、顶板、底板和立面临时支撑系统组成（图6.5.1）。墙板应包含钢管柱、水平轻钢桁架、竖向钢筋及永久模板；连梁应包含底部钢板、水平轻钢桁架、箍筋及纵筋、永久模板。模块顶板宜采用钢筋桁架楼承板，底板宜采用轻质垫层或仅设置临时支撑，无墙板的模块侧面应设置临时支撑。

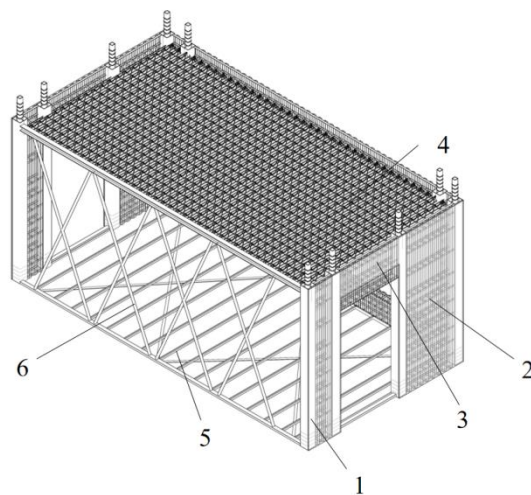


图6.5.1 模块单元结构组成示意图

1—组合剪力墙墙肢端部钢管柱；2—组合剪力墙墙肢；3—组合连梁；4—模块单元顶板；5—模块单元底板；6—
模块单元立面临时支撑

6.5.2 单个模块单元应至少在两个相对立面布置墙板，在其它立面布置临时支撑系统，并应在模块角部布置钢管柱。

6.5.3 模块单元顶板采用免拆底模楼承板时，楼承板底部钢筋应与支座可靠连接，楼承板底模与墙板顶面、底模之间拼缝应防水密封处理。

6.5.4 模块单元底板宜在建筑面层做法高度范围内设置，模块单元底板应和模块墙体可靠连接。

6.5.5 模块单元吊点应设置在柱顶或临时支撑顶部，吊点间距不宜大于6m。

6.5.6 模块单元应进行吊装、运输、施工安装阶段的受力和变形计算，计算模型中应考虑永久模板的蒙皮效应，并应满足以下要求：

1 吊装及运输阶段，模块单元整体侧向变形不应超过层高的 $1/250$ ，顶板和底板的竖向变形不应超过跨度的 $1/200$ ，且应满足模块单元内、外装饰对变形的要求；钢构件及连接节点不应出现屈服变形；

2 混凝土浇筑阶段，墙体永久模板的侧向变形不应超过 1.5mm ，且不应破坏墙板及楼板下表面的装修面层。

6.6 耐火设计

6.6.1 组合连梁、组合剪力墙墙肢构件，除本规程有关规定外，尚应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。

6.6.2 组合连梁底部钢板下方、组合剪力墙墙肢构件侧面宜采用防火板或防火涂料作为防火措施。包覆防火板或防火涂料的组合连梁、组合剪力墙墙肢构件的耐火极限应进行耐火性能试验验证；相关试验应符合现行国家标准《建筑构件耐火试验方法 第1部分：通用要求》GB/T 9978.1 的相关要求。

6.6.3 组合墙墙肢构件侧面宜采用水泥基永久模板或现场实施的水泥砂浆作为防火措施，且厚度不宜小于 15mm 。

6.6.4 组合连梁底部选用防火板作为防火措施时，宜采用十字槽沉头自钻自攻螺钉将其与梁底钢板连接；自攻钉头部表面应满覆防火胶，防火胶厚度不应小于 1mm ；防火板间拼缝宽度不应小于 3mm ，并应沿防火板厚度方向满涂防火胶。

6.6.5 钢管混凝土柱的上下两侧端部靠近楼板位置应分别预留排气孔，每侧每端排气孔数量不应少于 1 个。排气孔直径根据构件尺寸确定，宜为 10mm~20mm。排气孔离组合剪力墙端部距离宜为 100mm~200mm。

6.7 防 腐 设 计

6.7.1 组合模块剪力墙结构中，裸露于室内外空间的钢构件表面防腐蚀设计应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

6.7.2 组合模块剪力墙结构防腐设计应根据环境中介质的腐蚀性、环境条件、施工和维修条件等，采用涂料防腐或热浸锌防腐。

6.7.3 对钢管、轻钢桁架、钢板进行热浸锌防腐或采用成品镀锌钢板时，钢板镀锌应符合现行国家标准《锌覆盖层 钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第 1 部分：设计与防腐蚀的基本原则》GB/T 19355.1，《锌覆盖层 钢铁结构防腐蚀的指南和建议 第 2 部分：热浸镀锌》GB/T 19355.2 的有关规定。

7 内装与设备管线系统

7.1 一般规定

7.1.1 内装系统设计应遵循模数协调原则，并应与结构系统、外围护系统、设备与管线系统设计一体化统筹。

7.1.2 设备与管线系统宜与主体结构分离；内装墙面饰面系统及机电设备及管线宜选用装配化集成部品，连接构造宜标准化，并宜满足通用性要求；机电管线连接宜采用标准快接接头。

7.1.3 机电管线在共用部位宜设置集中管井；竖向管线宜相对集中布置，并宜遵循横向管线避免交叉、交叉时无压让有压、弱电让强电的管线避让原则。模块单元间管线条件应预留，管线穿过结构部件时，应预留孔洞或预埋套管。

7.1.4 模块单元拼缝位置的内装应在现场完成，并应与在生产单位完成的部分采用一致的构造做法。

7.2 内装系统

7.2.1 内隔墙宜选用轻钢龙骨隔墙并应符合下列规定：

1 卫生间、浴室等有防水要求的房间，以及开敞阳台的外墙根部，应设置带翻边的整体防水底盘或混凝土导墙；卫浴空间墙面应采取防潮、防水措施，附设水池、水箱、洗手盆等设施的隔墙宜采用纤维水泥板作为面板，墙面应作防水处理不少于2遍，对于浴室等有水区域防水高度应为2.0m，盥洗池盆等用水处墙面防水高度应为1.2m，其余区域防水高度应为0.3m；

2 隔墙宜在生产单位完成安装，墙面饰面层可在生产单位或现场施工，面板宜选用一体化饰面板；

3 墙体中的空腔应采用岩棉填充；

4 电气线路宜利用轻钢龙骨隔墙中的空腔敷设；墙内插座或线盒应有可靠措施与龙骨固定；

5 墙体表面铺贴瓷砖时，基层板应采用纤维水泥板，并应采用专用瓷砖胶薄贴工艺；

6 墙面设计应考虑悬挂重物的需要，并应采取措施对悬挂处的连接系统进行加强。

7.2.2 组合模块化建筑的吊顶系统设计应符合下列规定：

1 吊顶在生产单位预装时，吊点应与楼承板的桁架钢筋固定；

2 吊顶范围内灯槽、窗帘盒等建筑部品，宜采用生产单位成品预制件；

3 厨房、卫生间、洗衣房等有水房间宜采用金属扣板吊顶，吊顶应结合装饰效果要求，安装方式宜选取暗架式，宜考虑与采暖、通风、照明等功能模块一体集成；

4 纤维增强无机板类吊顶可选用石膏板、硅酸钙板、埃特板、玻镁板、硫氧镁板等。

7.2.3 组合模块化建筑的地面系统设计应符合下列规定：

1 建筑室内空间宜选用金属或木塑踢脚线收口，踢脚线之间应选用专用转角连接件，不应在现场加工阴阳角；

2 建筑室内厨房、盥洗间、阳台等有水空间宜采用防滑地面；

3 宜选用悬浮铺装法安装强化复合木地板；防潮隔离层宜采用防水发泡塑料卷材等；采用瓷砖时，宜采用瓷砖胶粘贴；

4 模块单元底板在生产单位集成时，可在钢檩条铺设两层水泥压力板做基层，基层上完成建筑面层及饰面层。

7.2.4 组合模块化建筑宜在生产单位进行集成厨房和集成卫生间的安装。

7.2.5 组合模块化建筑门窗产品宜选用成品门窗套，门窗套应有可调节措施满足施工误差，集成门窗部品应在生产单位预装配。

7.2.6 组合模块化建筑内装开关、插座应符合下列规定：

1 暗装的开关、插座应有专用底盒，专用底盒四周不应有空隙，且盖板应端正严密并与墙面齐平；

2 当开关、插座专用底盒预埋深度大于25mm时，应加装专用套盒；

3 并列安装及同一室内开关专用暗装底盒安装高度宜保持一致；专用底盒四周不应有空隙，且盖板应端正严密并与墙面齐平；

4 室内开关宜选用无线动能开关。

7.3 设备管线系统

7.3.1 建筑室内用水点平管可铺设在垫层或顶面靠阴角位置，用水点位应竖管铺设在轻钢龙骨墙或装饰夹层内。给水管材宜采用PPR管热熔连接。

7.3.2 卫生间应采用同层排水方式。当采用不降板同层排水方式时，洗手盆及坐便器宜采用侧墙排水，地漏宜采用带水封同层排水地漏。

7.3.3 防雷设计应满足现行国家标准《民用建筑电气设计标准》GB 51348的有关规定。防雷引下线应利用模块钢管柱，钢管柱应自上而下全部贯通，应与接闪带、接地网可靠焊接。

7.3.4 建筑室内电气管线宜敷设在楼板架空层、垫层、吊顶和隔墙空腔内等部位。相邻模块之间的机电管线连接，宜采用接缝两边预留过路箱的方式。连接接头宜集中设置，并在装修饰面处预留检修口。

7.3.5 电气和智能化设备与管线宜与主体结构分离，主干线应在公共区域设置。电气和智能化设备宜采用模数化设计，并应满足准确定位要求。

7.3.6 采用太阳能系统时，套内照明宜采用特低电压电源，并宜采用高效节能的直流照明装置和节能控制措施。

7.3.7 模块单元间风管的现场连接宜采用法兰连接。采用软管连接时软管长度不应超过1.0m。

7.3.8 模块单元中机电管线及设备固定在模块顶板时，固定件不得穿透模块顶板，出厂前应进行淋水试验。

7.3.9 集中管道井的设置及检修口尺寸应满足管道检修更换的空间要求。

8 模块单元生产及运输

8.1 一般规定

8.1.1 组合模块单元生产单位应具备保证产品质量的硬件设施、人员、试验检测条件，建立完善的质量管理体系和制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统，宜包括应用建筑信息化模型（BIM）和生产管理信息化系统（MES）。

8.1.2 模块单元生产前，应由建设单位组织设计、生产、施工单位进行设计文件交底和会审；生产单位应编制生产运输方案，方案宜包括生产计划及生产工艺、技术质量控制措施、成品存放、运输和成品保护方案等。

8.1.3 工程开工前，生产单位应熟悉设计图纸、验收标准，并应向有关生产人员进行书面技术交底，明确模块单元设计要求、技术标准、功能作用及与其它分项工程的关系、施工方法、工艺、安全措施、环保等注意事项。

8.1.4 模块单元生产过程中，生产单位应记录生产、检测的全过程数据，并应与该建筑设计工作年限相同的时间期限内保存数据。

8.1.5 模块单元生产宜按以下流程进行：

- 1 零部件加工；
- 2 墙体组装；
- 3 模块单元结构组装；
- 4 模块单元机电管线系统安装；
- 5 模块单元外围护系统及门窗安装；
- 6 模块单元内装系统安装。

8.1.6 模块单元生产应建立首件验收制度，经建设、设计、模块生产、监理、施工单位联合验收合格后方可实施批量生产。

8.1.7 模块单元生产采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，生产单位应制定专门的生产方案；宜进行试制，经检验合格后方可实施。

8.1.8 模块单元的运输方式应根据部品部件特点、工程要求等确定；模块单元出厂时，应有模块整体重量、重心位置、吊点位置、安装方向等标识。

8.1.9 模块单元生产应执行有关安全标准要求，并应按规定设置安全通道、消防设施、警示标志等。

8.1.10 模块单元生产的每道工序完成后，应经质检员验收合格并标识，隐蔽工程应有隐蔽验收记录。

8.1.11 所有模块单元应经通电、通水等必要的功能测试合格，带有卫生间等防水功能房间的模块单元应经蓄水测试合格，做好成品保护才能出厂，出厂时应提供质量合格证明文件。

8.1.12 模块单元应进行编号标记，内容应包含项目名称、模块单元所在楼栋号、单元号、楼层号、平面位置等相关信息。

8.1.13 模块单元生产宜采用自动化设备并符合相应的检修维护要求。

8.2 模块单元生产

8.2.1 模块单元钢结构加工制作工艺和质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

8.2.2 采购进场的原材料、半成品及成品应具备出厂合格证，并应由质检工程师组织技术、安全、质量、物资部门等有关人员进行检查验收，按规范进行抽检合格后，经报请监理工程师复检认可，方可用于生产。

8.2.3 模块单元钢结构焊接宜采用自动焊接或半自动焊接，焊缝质量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205和《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。

8.2.4 高强度螺栓孔宜采用数控钻床制孔和套模制孔。

8.2.5 钢结构除锈宜在室内进行，除锈方法及等级应符合设计要求，当设计无要求时，宜选用激光、喷砂或抛丸方法除锈，不便喷砂的部位，宜采用人工打磨除锈。

8.2.6 钢结构防腐涂装施工应符合下列规定：

1 宜在室内进行防腐涂装；

2 防腐涂装应按设计文件的规定执行；

3 涂装作业应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定执行；

4 模块单元间的钢构件之间的连接界面、钢构件、钢筋与混凝土的连接界面应避免被防腐涂料等污染而影响连接效果，出厂前应进行检查并清洁。

8.2.7 模块单元结构的组装应在部件组装、焊接、校正并经检验合格后进行。模块单元的隐蔽部位应在焊接、栓接和涂装检查合格后封闭。

8.2.8 电气管线、给排水管线敷设安装前，应根据设计要求选择线管，不可混用，并应检查管线是否出现皱扁和开裂。

8.2.9 模块单元的装饰装修及设备管线安装前，应按设计图纸核对装修材料材质、装修工序、预留预埋套管、线盒、预留孔洞的定位和尺寸。

8.2.10 暖通、消防、机电、给排水等设备管线的安装及装饰装修、门窗等室内外装修应符合现行国家有关标准的规定。

8.2.11 内装装修宜按楼地面系统，轻质隔墙系统，吊顶系统的顺序施工。

8.2.12 同一房间、同一平面高度的插座面板应水平，接线盒安装高度应统一，灯具接线盒预留预埋必须充分考虑灯具的支架、吊架，固定点必须牢固、安全、整齐。

8.2.13 各种管道的支架最大距离应按现行国家有关标准的规定确定。管道和管件宜先在地面上组装完成后再吊装，应用事先准备好的U型管卡固定。

8.2.14 模块单元临时支撑构件的安装和拆卸不应影响装修。

8.2.15 各工序完成后必须进行自检，应填写检验记录和制品工艺卡，并应交监理复查确认。不合格时应整改，整改完成后重新验收，确认合格后方可进入下道工序。

8.3 工厂检验

8.3.1 模块单元出厂前，应对外观质量进行全数目测检查。模块单元外观质量不应有缺陷，对已经出现的严重缺陷应制定技术方案进行处理并重新检验，对出现的一般缺陷应进行修整并达到合格。

8.3.2 模块单元外观质量缺陷及分类应按表8.3.2的规定划分为一般缺陷和严重缺陷。

表 8.3.2 模块单元外观质量缺陷及分类

项目		一般缺陷	严重缺陷
外露钢结构	钢材表面	有锈蚀、麻点或划痕， 有明显的凹面或损伤	—
	焊缝	二级焊缝缺陷：未焊满、根部收缩，咬边、 接头不良 三级焊缝缺陷：未焊满、根部收缩，咬边、 弧坑裂纹、电弧擦伤、接头不良、表面夹渣、 表面气孔	二级焊缝表面裂纹、焊瘤、表面气孔、夹渣、弧 坑裂纹、电弧擦伤 三级焊缝表面裂纹、焊瘤
	焊钉	焊脚立面的局部未熔合或不足 360°	焊缝和热影响区有肉眼可见的裂纹
	自攻螺钉	与连接钢板不紧固密贴，外观排列不整齐	规格、间距、边距等不符合要求
	高强螺栓	螺栓丝扣外露不满足 2 扣~3 扣 孔径超过 1.2 <i>d</i> （ <i>d</i> 为螺栓直径）	未拧掉梅花头
	钢板	—	钢材切割面或剪切面有裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱
	防腐涂料	构件表面误涂、漏涂，涂层脱皮返锈等；涂 层不均匀、有明显皱皮、流坠、针眼和气泡 等	—
永久模板		板边有磕碰损坏，缺角缺棱	板面存在裂纹、裂缝
外保温及外饰 面	龙骨及埋件、 连接件	表面不平整，有裂纹、毛刺、凹凸、翘曲、 变形等缺陷；龙骨镀锌层厚度不符合设计要 求	位置、数量、规格不符合要求；龙骨及连接件表 面未镀锌；构件松动，未连接牢固
	保温	保温层未与前后水泥板紧密贴合，表面有凹 坑	厚度、材质不符合要求；保温板间不连续、有超 过 2mm 的缝隙；保温板固定不牢固
	饰面层	装饰面板面层颜色、平整度不均匀	装饰面板有缺角缺棱、裂纹、裂缝、窝坑、斑痕 等缺陷，与龙骨或锚固件连接有松动
		涂饰面层颜色、刷纹、质感不均匀	涂饰面层有开裂、返锈、掉粉、起皮、漏涂、透 底、泛白、流坠、疙瘩等现象
		面层有污染	有明显的划伤、擦伤等缺陷
		板缝宽、胶缝宽和胶缝厚度不一致，不满足 设计要求	注胶存在脱落现象
		预留洞口完成面尺寸、垂直度或位置偏差 不满足设计要求	预留洞口位置、长、高尺寸偏差超过 3mm，对 角线偏差超过 5mm
门窗		玻璃四周未精磨边处理；铝合金窗框、扣条 未按要求贴保护膜	门窗规格尺寸、中间分格、开启扇或执手设置、 开启扇锁点，玻璃的厚度、膜系、充气层，窗框 颜色、壁厚、规格、断热条材质尺寸，窗框与主 体连接件数量、连接件材质与设计要求不一致； 门窗组框未按要求打组角胶；有明显的划伤、擦 伤等缺陷

续表 8.3.2

项目		一般缺陷	严重缺陷
机电管线	共性问题	点位预留槽、洞位置尺寸偏差	—
	电气	顶角管线预留槽尺寸不足，影响管线安装；暗盒安装突出墙体；顶板现场所开洞口边缘不齐，影响内装作业	—
	给水排水	钢底盘穿管开洞过大，无法保障后期封堵防水质量	—
内装	瓷砖铺贴	瓷砖接缝处不均匀；地砖铺贴不平整，有高低差	瓷砖铺贴不牢固，敲击时有空鼓
	地板铺设	—	基层找平不平整，地板铺设空鼓；成品保护不到位，或基层潮气太大，地板变形起拱
	轻钢龙骨隔墙	龙骨间距不均匀、固定不牢固；隔墙表面出现凹凸不平的情况；板缝未作防开裂处理	安装位置不准确；未与主体结构可靠连接或连接不牢固；在吊柜、电视墙等悬挂重物位置未做加固处理；
	批刮腻子	表面批刮不平整，砂纸打磨痕迹明显，阴阳角不方正	基层表面处理不当，腻子与基层粘结力不足

8.3.3 模块单元不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对尺寸偏差超过允许偏差且影响结构性能、安装和使用功能的部位应经设计单位认可，制定技术处理方案进行处理并重新验收。

8.3.4 模块单元（图8.3.4）尺寸允许偏差及检验方法应符合表8.3.4的规定。

检查数量：全数检查。

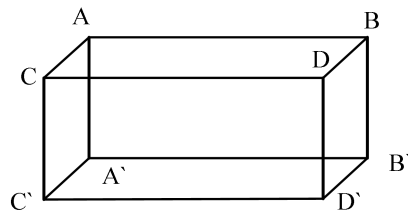


图 8.3.4 模块单元示意

表 8.3.4 模块单元尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差（mm）	检验方法
长度	AB、A'B'、CD、C'D'	-5, 0	钢尺检查
宽度	AC、A'C'、BD、B'D'	-3, 0	钢尺检查
高度	AA'、BB'、CC'、DD'	-2, 0	钢尺检查
对角线差	AD-BC A'D'-B'C' AB'-A'B CD'-C'D	长向	钢尺检查
	BD'-B'D AC'-A'C	短向	

续表 8.3.4

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
墙板、柱垂直度		3	经纬仪或吊线、塞尺、钢尺检查
墙板、顶板内表面平整度		3	靠尺、塞尺检查
模块内开间、进深尺寸		-3, 3	钢尺或激光测距仪检查
门窗洞口	高, 宽	0, 5	钢尺检查
	对角线差	3	钢尺检查
预留孔洞	中心位置	10	钢尺检查
	孔洞尺寸	5	钢尺检查

8.3.5 模块装饰尺寸允许偏差及检验方法应符合表8.3.5的规定。

检查数量：全数检验。

表 8.3.5 模块装饰尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
吊顶	表面平整度	2	靠尺、塞尺和钢尺
	接缝直线度	3	
	接缝高低差	1	
轻钢龙骨 隔墙	立面垂直度	3	观察, 钢尺、塞尺或直角尺检查
	表面平整度	2	
饰面板(纤维水泥板/硅酸钙板)	表面平整度	3	
	立面垂直度	3	
	接缝高低差	1	
	阴阳角方正	3	
	压条直线度	3	
	接缝高低差	3	
	引孔, 打钉后钉帽与板面齐平	-0.5, 0	观察, 游标卡尺
铺贴瓷砖	墙裙勒脚上口直线度	3	
	立面垂直度	2	观察, 钢尺、塞尺或直角尺检查
	表面平整度	3	
	阴阳角方正	3	
	接缝直线度	2	
	接缝高低差	0.5	
	接缝宽度	1	
机电线盒	同一室内的底盒标高差	5	观察, 钢尺检查

8.3.6 内、外面砖或石材饰面与模块单元纤维水泥板的粘结强度应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110和《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126的有关规定。

检查数量：按同一工程、同一工艺分批抽样检验。

检验方法：检查试验报告单。

8.3.7 卫浴及厨房模块单元应进行蓄水试验，排水坡度、通风装置、安装及检修用管道空间、地面防水层均应符合设计要求。

检查数量：全数检验。

检验方法：蓄水试验前，应封堵试验区域内的排水口，蓄水时间不应小于24h，蓄水深度最浅处不应小于25 mm。

8.3.8 模块单元出厂前应对有防水要求的外墙、外窗、门进行淋水试验。

检查数量：全数检查。

检验方法：试验前应关闭窗户，封闭各种预留洞口，采用淋水管线对模块单元自上而下淋水，淋水水压不应低于0.3MPa，并应在待测区域表面形成均匀水幕，检查背水面渗漏情况。

8.3.9 模块单元应根据使用功能进行通水、通电测试。

检查数量：全数检查。

检验方法：各种承压管道系统和设备应做水压试验，非承压管道系统和设备应做灌水试验，照明系统和其他电气设备应做通电试运行。

8.3.10 模块单元的资料应与产品生产同步形成、收集和整理，生产厂家应将下列资料归档：

- 1 模块单元加工合同；
- 2 模块单元加工图纸及其它设计文件；
- 3 生产方案和质量计划等文件；
- 4 原材料质量证明文件、复试试验记录和试验报告；
- 5 模块单元钢结构焊接、螺栓连接、防火、防腐等质量验收记录；
- 6 模块单元隐蔽工程验收记录；
- 7 模块单元尺寸允许偏差及外观质量检验记录，检验记录应符合本规程附录C的规定；
- 8 模块单元蓄水试验报告；
- 9 模块单元淋水试验报告；
- 10 模块单元使用功能检验记录；
- 11 湿作业的强度检测记录；
- 12 模块单元出厂合格证；
- 13 其它与模块单元生产和质量有关的资料。

8.4 运输和成品保护

8.4.1 模块单元吊运应符合下列规定：

1 起重设备和吊具应根据模块的形状、尺寸、重量和作业半径等要求确定，并应符合现行国家有关标准及产品应用技术手册的规定；

2 模块单元吊运应采用承载力满足要求的平衡吊架，吊架与模块单元之间的吊绳可用手拉葫芦或长短吊链等方式控制；

3 吊点数量、位置应经计算确定，吊具应连接可靠，起重设备的主钩位置、吊具及构件重心应在竖直方向上重合；

4 吊索水平夹角不应小于45°，不宜小于60°；

5 模块单元吊运应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊运过程应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停在空中；

- 6 应采取避免模块单元变形和损伤的临时加固措施。
- 8.4.2 模块单元在运输过程中应符合下列规定：**
- 1 模块单元应根据海运、陆运等具体运输条件制定专项运输方案；
 - 2 模块单元运输时应满足道路运输的有关要求。当出现模块单元超大、超宽情况时，应提前作运输可行性模拟；
 - 3 模块单元运输时应采取相应防变形加固措施；
 - 4 模块单元底部应设置垫板或横撑；
 - 5 门窗洞口处宜根据短暂工况验算进行支撑加固，模块单元边角部宜设置保护衬垫；
 - 6 模块单元的运输架应进行强度、稳定性和刚度验算；对于有降板的模块单元，应设计专门的运输架。
- 8.4.3 模块单元成品保护应符合下列规定：**
- 1 模块成品外露装饰板应采取防止碰撞措施，外露钢筋应采取防弯折、防碰伤、防锈蚀等措施，外露预埋件和连接件等外露金属件应按不同环境类别进行防护；
 - 2 模块单元墙体饰面应采用薄膜进行保护，避免污染；
 - 3 模块单元在车间生产完成后，应采用帆布或其它防水材料覆盖，并宜设有可开启入口；防水包覆应满足绿色可回收、不影响装车和吊运、包装便于装卸等要求；
 - 4 玻璃、瓷砖、木柜等装修宜用胶纸、泡沫等措施保护。

9 施 工 安 装

9.1 一 般 规 定

9.1.1 正式施工前应针对组合模块化建筑的技术、质量、安全保障进行分析，制定施工组织设计、专项施工方案及专项安全方案并组织专家论证。

9.1.2 组合模块化建筑施工前，应选择有代表性的模块单元进行试吊装及试浇筑混凝土，并根据试验结果调整施工工艺、完善施工方案。

9.1.3 施工单位应根据组合模块化建筑工程特点，构建组织机构，配置人员。施工作业人员应在正式上岗前完成培训，经考核合格后方可上岗，特种设备操作人员必须持证上岗。

9.1.4 施工过程中应确保安全，有关措施应符合现行国家标准《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870及现行行业标准《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、《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的有关规定。

9.1.5 组合模块化建筑应按下列流程开展施工：施工准备、模块单元安装、模块单元连接及混凝土浇筑、外围护及内装机电系统施工。本楼层的混凝土浇筑完成不应少于12h后方可允许进行上一层模块的吊装作业。

9.2 施 工 准 备

9.2.1 施工现场设置的运输通道和模块单元临时存放场地应符合下列规定：

- 1 现场运输道路和模块单元存放场地应坚实平整，并宜设置有效排水措施；
- 2 应合理规划模块单元运输通道、模块单元卸车和临时堆放场地，并应做好模块包覆和防护；
- 3 施工现场内部道路应按照模块单元运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度。

9.2.2 模块单元吊装起重机械的选用和操作应充分考虑施工现场场地情况，符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33的有关规定。起重机械性能应满足吊装方案的要求。

9.2.3 模块单元吊运、安装宜采用工具化、标准化和定型化的工装系统；当采用吊架时，应考虑吊架对多规格模块单元的适用性并进行吊装阶段受力计算；吊架经焊接实体检测合格后方可正式使用。

9.2.4 模块单元安装前，应确保吊装条件和施工作业面满足要求，并应符合下列规定：

- 1 应核实现场环境、天气、道路状况等是否满足吊装施工要求；
- 2 应复核吊装设备及吊具等所有辅助机具是否处于安全操作状态，并应按照吊装方案选择起吊点和吊具挂点；
- 3 应核对已施工完成结构、基础的尺寸；
- 4 对安装工作面应进行测量放线、设置模块单元安装定位标识，测量放线应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026的有关规定；
- 5 应准备好模块定位、安装所需的所有辅助机具；
- 6 应对模块单元垂直、水平吊运路径进行核查。

9.3 模块单元安装

9.3.1 模块单元安装前应核对模块单元信息，并应对安装部位的预埋件、插筋、标高、尺寸等内容进行复核、验收，对不符合要求的，应按技术文件规定进行处理并重新复核、验收。

9.3.2 模块单元的安装应符合下列规定：

- 1 应根据当天的作业内容进行班前安全技术交底；
- 2 宜根据建筑物的平面形状、结构形式、安装机械的规格、数量、现场施工条件等因素，划分吊装流水段，确定安装顺序，并宜按拟定的顺序吊装；
- 3 模块单元吊装前，应在吊架对角位置设置至少两根缆风绳；
- 4 模块单元安装时应先调整标高，再调整中心水平位置，最后调整垂直度；
- 5 应在模块单元安装后当天内修补被损坏的涂层。

9.3.3 模块单元安装时，模块单元底部与楼板之间应设置校平垫片，并应符合下列规定：

- 1 校平垫片应采用多种厚度组成的材料，并应具备足够的强度和耐久性，应满足承重要求；
- 2 校平垫片宜根据设计要求放置，钢管柱柱底均应设置垫片，当墙长或地梁长度超过4m时，应在墙下或地梁下方中部设置垫片；
- 3 垫片应固定在楼面上。

9.3.4 模块单元吊装下落前，应进行坐浆施工，坐浆位置及高度应符合设计要求。

9.3.5 各层模块单元安装时应对轴线、垂直度、标高等进行控制，模块单元安装的允许偏差应符合表9.3.5的规定。

表9.3.5 组合模块单元安装的允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
模块单元底座外轮廓偏移	5	尺量
模块单元垂直度	3	激光水平仪、尺量（检查墙面）
模块单元标高	0, -5	激光水平仪、尺量
模块单元底部水平度	5	激光水平仪、尺量

9.3.6 模块单元施工安装过程中，应避免对模块单元主体钢结构进行焊接或切割，不应在任何表面上拖拉模块单元，模块单元因搬运或吊装发生变形损坏时应返厂维修。

9.3.7 模块单元安装过程中及安装后，应进行临时防水处理，并应符合下列规定：

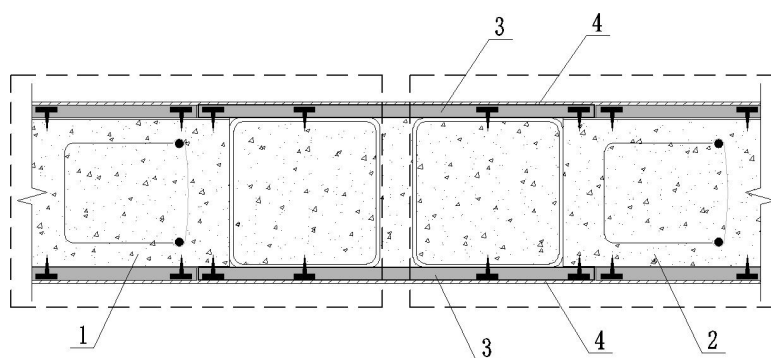
- 1 当模块单元未集成机电管线时，应对预留管线的孔洞进行临时封堵，当箱体已集成机电管线时，应做好穿墙管线防水封堵。
- 2 应完成接缝、后浇接触面等位置的防水处理。
- 3 应避免雨天进行模块吊装，箱体应在顶部设置防雨布。
- 4 当模块未集成门窗时，应在门窗、洞口处设置防雨措施。

9.4 模块连接及混凝土浇筑

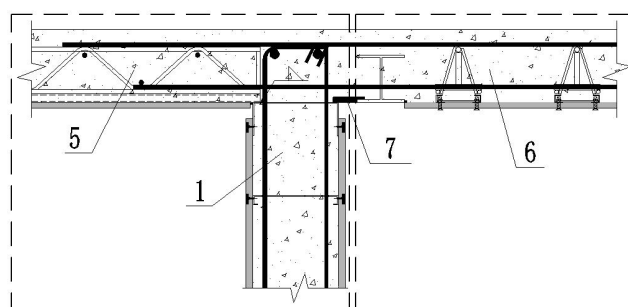
9.4.1 模板工程、钢筋工程、混凝土工程、钢结构工程除符合本章规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定。

9.4.2 拼缝处理应符合下列规定：

- 1 模块单元间的竖缝宜采用纤维水泥板封堵并作为永久模板，楼板水平接缝宜在拼缝上方进行封堵（图9.4.2）；
- 2 模板与模块单元接缝处应采取防止漏浆的措施。



(a) 模块单元竖向拼缝封堵做法



(b) 模块板水平拼缝封堵做法

图9.4.2 模块单元拼缝做法示意

1—左侧模块单元结构墙；2—右侧模块单元结构墙；3—后封纤维水泥板；4—饰面层；5—左侧模块单元结构楼板；6—右侧模块单元结构楼板；7—楼板水平拼缝封堵

9.4.3 柱底连接灌浆应符合下列规定：

- 1 柱底连接部分50mm以上的柱侧面应设置灌浆孔和观察孔；灌浆孔和观察孔可兼作钢管混凝土柱的防火孔；
- 2 应从灌浆孔进行灌浆施工，灌浆料从观察孔溢出为灌满；
- 3 灌浆全程应进行记录。

9.4.4 柱底连接灌浆施工不能采用本规程第9.4.3条的方式时，可采用下列方式：

- 1 灌浆施工可采用从柱顶向下通过导管灌注的方式。每个连接部位灌浆量应事先计算确定，并应使用固定体积的容器盛放；
- 2 灌浆完成10min后，应从柱顶向下插入标尺测量灌浆料上表面位置；如未达到要求的高度，应继续补灌并重复测量，直至达到设计要求的高度为止；
- 3 灌浆全程应进行记录。

9.4.5 混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 混凝土浇筑前应进行隐蔽工程验收；
- 2 混凝土应先浇筑竖向构件再浇筑水平构件，分层浇筑高度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，应在底层混凝土初凝前将上一层混凝土浇筑完毕；
- 3 墙体混凝土浇筑应布料均衡并选择合适型号的混凝土振捣仪器进行振捣。浇筑和振捣时，应安排专人对模块墙体进行观察和维护，发生异常情况应立即处理；
- 4 钢筋桁架楼承板上进行混凝土浇筑作业时，应避免堆积较大的集中荷载，不可避免时应加强支撑；浇筑混凝土时，不得对钢筋桁架楼承板造成冲击；倾倒混凝土时，应迅速向四周摊开，避免堆积过高；泵送混凝土管道支架应支撑在梁或墙上。采用泵送混凝土浇筑时，应采取防止泵送设备超重或冲击力过大而影响钢筋桁架楼承板及临时支撑安全的有效措施。

9.4.6 临时支撑及拼缝封堵模板的拆除，应待混凝土及灌浆料的强度达到拆除强度要求后进行。

9.5 外围护系统施工

9.5.1 相邻模块单元、模块单元与非模块单元之间、底层模块单元与支座之间的连接部位的外围护拼缝处的防水、保温、防火做法，应严密美观、耐久牢固，并应符合下列规定：

- 1 建筑接缝封堵材料应紧密贴实，无漏光现象；
- 2 在雨期施工或施工中断时，未经处理的建筑接缝应采取临时防水措施；
- 3 建筑接缝封堵隐蔽前应进行隐蔽工程验收，并形成隐蔽工程验收记录。

9.5.2 相邻模块单元之间、模块单元与非模块单元之间、底层模块单元与支座之间的连接部位的局部外饰面需要在施工现场完成时，应符合下列规定：

- 1 应做好成品保护，施工过程中不得损坏已有饰面；
- 2 接缝处外观应与整体建筑风格匹配；
- 3 采用涂料饰面时，宜采取抗裂网格布等拼缝补强措施。

9.5.3 模块单元外窗的现场安装应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210和现行行业标准《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214、《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113的有关规定；雨季施工时，未安装的窗洞位置应采取临时防雨措施。

9.6 内装机电系统施工

9.6.1 模块单元吊装前应按设计图纸核对设备及管线参数、预埋件及预留孔洞位置和尺寸。

9.6.2 给排水系统和通风与空调系统的现场连接安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的有关规定，并应满足下列要求：

- 1 模块单元间水管的安装和连接应在模块单元拼装完成后实施，并应进行试压、通水测试；
- 2 模块单元间风管的现场连接宜采用法兰连接；采用软管连接时，软管长度不应超过1.0m；
- 3 模块单元间的管线洞口应进行防火封堵。

9.6.3 电气设备管线的现场连接安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303的有关规定，并应满足下列要求：

- 1 模块单元间导线连接应采用不易松动型接头；
- 2 模块单元拼装后，所有的模块单元应进行等电位连接。

9.6.4 对于不便在生产单位进行装修作业的模块单元墙板，现场宜采用装配式装修技术，并应符合现行国家标准的有关规定。

9.6.5 电气调试和防雷接地应符合下列规定：

1 电气调试时应测试所有电气回路及电气设备的绝缘情况；调试过程中应做好调试记录，调试完成后应清除临时短接线和各种障碍物；

2 防雷接地电阻应使用接地电阻测试仪进行测试，接地电阻值应符合设计要求；当钢结构接地体无法满足接地电阻要求时，应增加人工接地极；

3 现场应先完成防雷接地体的安装，并预留出模块单元的连接器件，待模块单元安装完成后再将连接器件与模块单元进行连接；

4 利用顶层模块单元的屋面金属压顶做接闪带时，宜将同一块单元内的金属压顶预先连接。

9.6.6 模块单元外围护及内装机电工程中的隐蔽工序，应经专业质检员检验合格方可进入下道工序。

10 质量验收

10.1 一般规定

10.1.1 组合模块化建筑的检验批、分项工程、分部（子分部）及单位工程的验收，除本规程有特殊规定外，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、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《火灾自动报警系统施工及验收标准》GB 50166、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的有关规定。

10.1.2 监理单位在模块单元生产期间驻生产单位并全程参与各项验收时，模块单元所有生产单位验收资料可作为工程最终验收资料的组成部分，模块单元进场可不进行实体检验。

10.1.3 监理单位在模块单元生产期间未驻生产单位、未参与各项生产单位验收时，模块单元进场时应对其进行实体检验，并应由监理单位见证实实施过程。检验结果应符合设计要求及国家现行有关标准的规定，并应作为工程最终验收资料的组成部分。

10.1.4 组合模块化建筑工程的现场施工部分，主体结构分部工程应按模块安装子分部工程、混凝土结构子分部、钢结构子分部工程分别进行验收；其它现场实施部分，应按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定进行分部工程和分项工程划分并验收。

10.1.5 组合模块化建筑主体结构验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、模块单元制作和安装的深化设计图；
- 2 模块单元、主要材料及配件的产品合格证、实体检测报告、质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告；
- 3 模块单元安装施工记录；
- 4 现浇混凝土部位的隐蔽工程检查验收文件；
- 5 现浇混凝土、灌浆料、坐浆材料强度检测报告；
- 6 隐蔽工程检查验收文件；
- 7 组合模块化建筑工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 8 组合模块化建筑工程的其它文件和记录。

10.1.7 当组合模块化建筑工程质量不符合要求时，应按下列规定进行处理：

- 1 经返工返修或更换构件部件的检验批，应重新验收；
- 2 经检测单位检测鉴定，能够达到设计要求的检验批，应予以验收；
- 3 经检测单位检测鉴定，达不到设计要求但经原设计单位核算认可满足结构安全和使用功能的检验批，可予以验收；
- 4 经返修或加固处理，能够满足结构安全使用要求的分项、分部工程，可根据技术处理方案和协商文件进行验收；
- 5 经返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的分部工程，严禁验收。

10.2 进场验收

10.2.1 模块单元进场时的实体检验应包括模块单元尺寸偏差、装饰装修的尺寸偏差、钢结构焊缝质量与涂层质量、面砖或石材饰面的粘结强度。每个模块单元检验要求按现行国家标准《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》GB 50204、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定确定。

检查数量：同种类型模块单元3个为1个检验批，每个检验批抽检数量不应少于1个模块单元；

检验方法：检查检验报告。

10.2.2 模块单元应在显著位置有二维码或其他可溯源的标识，标识宜包括生产单位、项目名称、规格型号、生产日期、安装部位、安装方向、质量合格标志或产品认证标志等内容。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察和扫码检查。

10.2.3 组合模块化建筑工程安装及连接时所用材料、制品、部件和构配件的品种、规格、性能和有害物质限量应符合现行国家有关标准的规定并满足设计要求。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察检查；检查产品合格证书、使用说明书和性能检测报告。

10.2.4 模块单元产品进场时，应具备模块单元的出厂合格证、质量证明文件；质量证明文件应包含以下内容：

1 原材料质量证明文件、复试试验记录和试验报告；

2 焊接工程检测合格证书；

3 紧固件连接工程检测合格证书；

4 涂装工程检测合格证书；

5 模块单元钢结构尺寸检查及外观质量检验记录；

6 模块单元有水房间蓄水试验报告；

7 模块单元外墙及门窗淋水试验报告；

8 模块单元使用功能检验记录；

9 模块单元装饰与装修、电气系统、弱电智能化、给排水、暖通、火警、消防喷淋等系统检查和验收记录；

10 其它与模块单元生产和质量有关的重要文件资料。

检查数量：全数检查；

检查方法：检查有关文件。

10.2.5 模块单元的外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

10.2.6 模块单元外露的钢结构构件不应存在缺损，连接件应完整，吊耳及预埋件应牢固、无松动。

检查数量：全数检查；

检查方法：观察，检查处理方案。

10.2.7 模块单元的外观质量不应有一般缺陷，对已经出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并应重新检查验收。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察；检查处理方案。

10.3 模块单元安装与连接

I 主控项目

10.3.1 现场混凝土浇筑工程验收应符合按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定；焊接工程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的有关规定，焊前检查、焊中检验和焊后检验应符合设计文件和现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。

10.3.2 紧固件连接工程的质量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和现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82的有关规定。

10.3.3 模块单元之间连接用芯柱的位置、长度、规格数量应满足设计要求，上次模块单元安装应在下层模块单元顶部芯柱位置、长度、规格数量检验合格后进行，并应保存施工检验记录。

检查数量：全数检查；

检验方法：尺量。

10.3.4 灌浆料的工作性能和收缩性应符合设计要求和现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408的有关规定。

检查数量：全数检查；

检查方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

10.3.5 模块单元之间采用灌浆连接时，灌浆料的强度应符合设计要求。

检查数量：每层应为一个检验批；每工作班同一配合比应制作1组且每层不应少于3组试件，用于强度检验的灌浆料试件应在施工现场随施工进度平行制作。

检查方法：检查灌浆施工记录及标准养护条件试件强度试验报告。

10.3.6 柱底连接区灌浆连接部位，灌浆应饱满、密实。

检查数量：全数检查；

检查方法：检查灌浆工艺试验报告、隐蔽工程验收记录、灌浆施工过程记录。

10.3.7 组合剪力墙墙肢底部接缝用坐浆料抗压强度应按现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的规定进行检验，用于强度检验的坐浆料试件应在施工现场随施工进度平行制作。

检查数量：每层应为一个检验批；每工作班同一配合比应制作 1 组且每层不应少于 3 组试件。

检验方法：检查施工记录、封浆料和坐浆料强度试验报告。

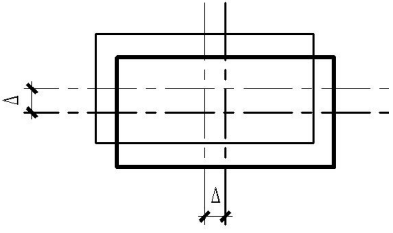
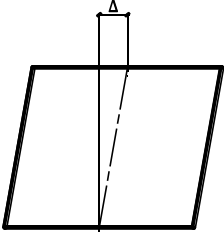
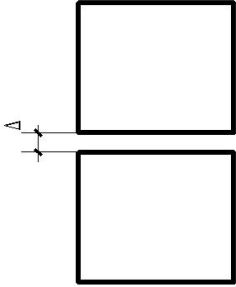
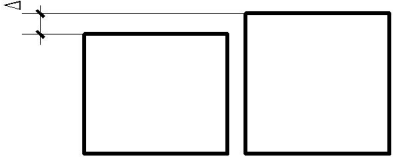
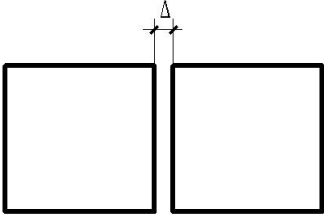
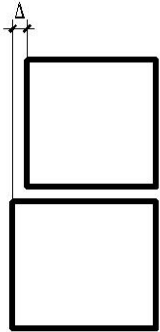
10.3.8 模块单元之间接缝防水材料性能及施工质量验收应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。

10.3.9 组合模块化建筑的安装允许偏差应符合表10.3.9的规定。

检查数量：全数检查；

检验方法：采用钢尺、水平尺、经纬仪、水准仪、全站仪等测量。

表 10.3.9 组合模块化建筑的安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	图例
模块轮廓对定位线的偏移 Δ	± 5	
单层模块单元垂直度 Δ	3	
相邻模块立面上水平拼缝宽度	± 5	
相邻模块立面上水平拼缝错台	3	
相邻模块竖向拼缝宽度	± 5	
相邻模块竖向拼缝错台	5	

续表 10.3.9

项目	允许偏差 (mm)	图例
模块建筑整体垂直度 Δ	$\Delta \leq H/2500 + 10.0$, 且 $\Delta \leq 50$	
主体结构整体平面弯曲 α	$\leq L/1500$, 且 ≤ 25	

II 一般项目

10.3.10 现场浇筑混凝土前应进行隐蔽工程验收, 隐蔽工程验收应包括下列主要内容, 检查数量和检查方法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》GB 50204、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定, 隐蔽工程验收应包括下列主要内容:

- 1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距;
- 2 插筋的锚固及外露长度、定位及规格;
- 3 箍筋弯钩平直度长度、钢筋搭接、楼承板钢筋桁架搭接质量;
- 4 预埋件、预留管线的规格、数量、位置;
- 5 其它隐蔽项目。

10.4 设备管线连接

I 主控项目

10.4.1 排水管道现场连接完成后应进行整个排水系统的灌水及通球试验; 给水管道应进行整个系统的严密性及强度试验, 试验结果应满足设计要求。

10.4.2 电器线路现场连接完成后, 应进行绝缘电阻测试及通电测试, 其测试电压及绝缘电阻值应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303的有关规定。

II 一般项目

10.4.3 模块单元设备管线之间的连接构造应符合设计要求。

检查数量: 全数检查;

检验方法: 观察, 量测。

10.4.4 排水管道现场连接完成后, 应检测立管的垂直度及水平管的坡度, 并应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242的有关规定。

10.5 饰面层接缝安装

I 主控项目

10.5.1 模块单元之间外立面接缝应进行防水处理并控制密封胶产品质量符合相应规范要求。

检查数量：全数检查；

检验方法：观察。

II 一般项目

10.5.2 模块单元之间接缝饰面层施工完成后，应检测面层的表面平整度、接缝直线度和接缝高低差，并应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定。

10.5.3 模块单元之间接缝饰面层的线条、形状、尺寸应符合设计要求，安装应牢固，不应有变形、扭曲现象。接缝填充材料应均匀、密实，接缝面层材料颜色、质感应符合设计要求，不应有明显色差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量，对比。

10.6 实体检验

10.6.1 组合剪力墙及组合连梁空腔内的后浇混凝土不应出现空鼓。

检查数量：每1000m²建筑面积检测1个构件，每层不少于3个构件。

检查方法：应符合下列规定：

- 1 组合剪力墙及组合连梁混凝土的表面宜剥离局部纤维水泥板，观察混凝土表面浇筑质量；
- 2 混凝土与免拆模板或钢管壁空隙可采用敲击检查结合剥离局部纤维水泥板的方法进行检测，且应符合下列规定：
 - 1) 敲击检查宜沿墙体高度及宽度、连梁长度方向，等间距和沿周边等距离布置敲击点；
 - 2) 对于敲击异常区域应减少敲击的间距，并剥离局部纤维水泥板，观察混凝土表面浇筑质量。

10.6.2 组合剪力墙及组合连梁现浇混凝土强度应按不同强度等级分别检验。

检查数量：应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关要求。

检查方法：剥离局部纤维水泥板，对混凝土外露部位采用回弹法进行检测，当回弹检测强度不满足设计要求时采用钻芯法进行检测。

10.6.3 钢管混凝土柱内的混凝土应浇筑密实，检查数量和检查方法应符合现行国家标准《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628的有关规定。

10.6.4 钢管混凝土柱内的混凝土强度、工作性能和收缩性应满足设计要求，检查数量和检查方法应符合现行国家标准《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628的有关规定。

10.6.5 外墙墙面防水层和节点防水完成后应进行淋水试验，试验前应关闭窗户，封闭各种预留洞口，持续淋水时间不少于30min，检查数量和检查方法应符合现行国家标准《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235的有关规定。

11 智能建造

11.0.1 组合模块化建筑宜建立信息化协同平台，采用统一编码、统一数据格式和接口规则，将设计信息与组合模块的生产运输、装配式施工及使用维护等阶段共享数据信息，实现全过程的信息化管理。

11.0.2 组合模块化建筑宜采用自动化生产线进行模块加工。

11.0.3 模块单元的运输宜采用智能交通系统进行物流运输管理并实现可视化定位。

11.0.4 组合模块化建筑的施工应符合以下要求：

- 1 应采用信息化技术进行施工进度管理；
- 2 宜采用建筑信息模型技术进行可视化施工交底；
- 3 宜采用自动化调平设备进行吊装；
- 4 宜配备现场智能化实测实量设备，在施工中应具备视觉识别、自主定位、路径规划及避障等功能；
- 5 应建立安全、质量管理体系，通过移动终端设备实现安全、质量巡检；
- 6 各项监测数据应保存不少于3个月，并具备离线存储功能。

12 使用及维护

12.0.1 建设单位向用户交付时应按国家有关规定的要求，提供《建筑质量保证书》和《建筑使用说明书》。

12.0.2 《建筑使用说明书》应包括下列内容：

1 主体结构系统、外围护系统、设备管线系统和内装系统的构成、功能以及使用、检查和维护方法；

2 装修和装饰注意事项应包含允许业主和用户自行变更的部分和有关禁止行为；

3 部品部件生产厂、供应商提供的产品使用维护说明书，主要部品部件宜注明检查和使用维护年限；

4 公共部位及其公共设施的设备及管线的定期检查与维护制度。

12.0.3 组合模块化建筑业主或用户不应改变原设计文件中规定的使用条件、使用功能及使用环境。

12.0.4 进行室内装饰装修及使用过程中，严禁损伤主体结构和外围护结构系统。装饰装修及使用过程中出现下列情况时，应由原设计单位或具有相应资质的设计单位提出技术方案，并按设计规定的要求进行施工及验收：

1 楼面装修荷载或使用荷载超过设计文件规定；

2 改变或损坏结构钢部件的防火、防腐保护层及构造；

3 改变或损坏建筑节能保温、外墙及屋面防水相关构造。

附录 A 模块单元竖向拼缝分析模型

A.0.1 结构弹塑性分析时，组合模块之间的竖向拼缝连接构造应采用连接单元模拟。竖向拼缝连接单元的截面属性可按表A.0.1设置。

表 A.0.1 竖向拼缝连接单元的截面属性

	线性参数						非线性参数	
自由度	U (kN/m)			R (kN·m/[rad])			U_1	
	U_1	U_2	U_3	R_1	R_2	R_3		
							压缩刚度	拉伸刚度
参数值	5×10^6	4.8×10^4	4.8×10^4	0	0	0	5×10^6	1.13×10^6

注：连接单元的局部坐标轴分别为 1 轴、2 轴、和 3 轴，三个轴相互垂直，1 轴的方向为连接单元轴线方向。 U_1 代表单元的轴向刚度、 U_2 是沿着 2 轴方向的剪切刚度、 U_3 是沿着 3 轴方向的剪切刚度， R_1 、 R_2 、 R_3 为单元沿 1 轴、2 轴、3 轴的扭转刚度。

附录 B 钢-混凝土组合剪力墙结构楼层受剪承载力

B. 0. 1 钢-混凝土组合模块剪力墙结构楼层受剪承载力应按下列式计算：

$$V_y = 0.7 \sum V_{wcy} + 0.7 \sum V_{wy} \quad (\text{B. 0. 1})$$

式中：

V_y ——楼层现有受剪承载力；

$\sum V_{wcy}$ ——组合模块剪力墙结构层间现有受剪承载力之和；

$\sum V_{wy}$ ——钢筋混凝土剪力墙层间现有受剪承载力之和。

B. 0. 2 钢-混凝土组合模块剪力墙结构的层间受剪承载力应按下列式计算：

$$V_{wcy} = \frac{1}{\lambda - 0.5} (0.4 f_{tk} b_s h + 0.1 N) + 0.8 f_{shk} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0} + \frac{0.32}{\lambda} f A_{s1} \quad (\text{B. 0. 2})$$

式中：

f_{tk} ——组合剪力墙混凝土轴心受拉标准值；

f_{shk} ——组合剪力墙水平轻钢桁架抗拉强度标准值；

f_{sk} ——墙端方钢管抗拉强度标准值；

λ ——当 $\lambda_0 < 1.5$ 时， $\lambda = 1.5$ ，当 $\lambda_0 > 2.2$ 时， $\lambda = 2.2$ ；当 $1.5 < \lambda_0 < 2.2$ 时， $\lambda = \lambda_0$ 。 λ_0 为计算截面处的剪跨比 $\lambda_0 = M_c / V_c h_{w0}$ ，其中 M_c 、 V_c 为未按本规程有关规定调整的墙肢截面弯矩、剪力计算值，并应取墙肢上、下端截面计算的剪跨比的较大值；

b_s ——组合剪力墙墙肢截面宽度、方钢管混凝土柱的截面宽度或高度；

h_w ——墙肢截面高度；

N ——对应于重力荷载代表值的剪力墙轴向压力；当 $N > 0.2 f_c b_s h_w$ 时，应取 $N = 0.2 f_c b_s h_w$ ；

A_{sh} ——配置在同一竖向截面内的水平轻钢桁架的有效截面面积之和；

h_{w0} ——墙肢截面有效高度；

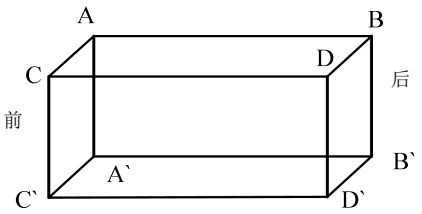
s ——组合剪力墙墙肢水平轻钢桁架的竖向间距；

A_{s1} ——组合剪力墙墙肢一端边缘构件所配方钢管的截面面积，当两端所配方钢管截面面积不同时，取较小一端的面积。

附录 C 模块单元钢结构箱体检查表

C.0.1 模块单元钢结构箱体检查应进行记录并按规定保存。记录应真实反映检查情况，模块单元钢结构箱体检查记录可采用表 C.0.1 的形式。

表 C.0.1 模块单元钢结构箱体检查记录 (mm)

箱号:						箱体示意图					
结构实际重量:											
项目			允许公差	图纸尺寸	实测	项目			允许公差	图纸尺寸	实测
整箱 整箱	长	AB	(-5, 0)			门窗洞口1	宽	上	(0, 5)		
		CD									
		A'B'									
		C'D'									
	宽	AC	(-3, 0)			门窗洞口2	宽	上	(0, 5)		
		BD									
		A'C'									
		B'D'									
	高	AA'	(-2, 0)			门窗洞口3	高	上	(0, 5)		
		BB'									
		CC'									
		DD'									
	对角线差	AD-BC	$\Delta \leq 10$			预留孔洞1	中心位置	X	(0, 10)		
		A'D'-B'C'									
		CD'-C'D									
		AB'-A'B									
		AC'-A'C	$\Delta \leq 5$					Y			
		BD'-B'D									
	垂直度	AA'	(-3, 3)			预留孔洞2	中心位置	X	(0, 10)		
		BB'									
CC'											
DD'											
								截面尺寸	(0, 5)		
								截面尺寸	(0, 5)		

续表 C.0.1

项目			允许公差	图纸尺寸	实测	项目			允许公差	图纸尺寸	实测
楼 承 板 安 装		右端				预 留 孔 洞 3	中 心 位 置	X	(0, 10)		
		前端						Y			
		后端					截面尺寸		(0, 5)		
		顶									
		底				底 框	横梁平行度		(0, 3)		
楼 承 板 安 装	节点搭接焊 长度		(0, 3)	50		底 框	纵梁平行度				
	拼缝		(-1, 0)				横、纵梁垂 直度				
	外观		无破漆、变 形、缝隙			芯柱水平偏心		(0, 2)			
判定结果：											

本规程用词说明

- 1 为了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 条文中指明应按其他有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- 1 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015
- 2 《建筑环境通用规范》GB 55016
- 3 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 4 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 5 《钢结构设计标准》GB 50017
- 6 《工程测量标准》GB 50026
- 7 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
- 8 《火灾自动报警系统施工及验收标准》GB 50166
- 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 《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209
- 12 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210
- 13 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
- 14 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242
- 15 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243
- 16 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 17 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
- 18 《住宅装饰装修工程施工规范》GB 50327
- 19 《民用建筑设计统一标准》GB 50352
- 20 《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411
- 21 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
- 22 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 23 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 24 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 25 《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870
- 26 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249
- 27 《民用建筑电气设计标准》GB 51348
- 28 《建筑模数协调标准》GB/T 50002
- 29 《混凝土结构设计标准》GB/T 50010
- 30 《建筑抗震设计标准》GB/T 50011
- 31 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
- 32 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 33 《碳素结构钢》GB/T 700
- 34 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 35 《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》GB/T 3098.21
- 36 《建筑构件耐火试验方法 第1部分：通用要求》GB/T 9978.1
- 37 《紧固件 电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
- 38 《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683

- 39 《锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第 1 部分：设计与防腐的基本原则》GB/T 19355.1
- 40 《锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第 2 部分：热浸镀锌》GB/T 19355.2
- 41 《建筑结构用钢板》GB/T 19879
- 42 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 43 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 44 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
- 45 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 46 《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113
- 47 《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126
- 48 《组合结构设计规范》JGJ 138
- 49 《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214
- 50 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276
- 51 《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》JGJ/T 46
- 52 《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110
- 53 《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235
- 54 《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251
- 55 《泡沫混凝土应用技术规程》JGJ/T 341
- 56 《泡沫混凝土》JG/T 266
- 57 《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408
- 58 《纤维水泥平板 第 1 部分：无石棉纤维水泥平板》JC/T 412.1
- 59 《建筑防水工程技术规程》DBJ/T 15-19
- 60 《居住建筑室内装配式装修技术规程》SJG 96
- 61 《高层建筑混凝土结构技术规程》SJG 98
- 62 《自密实混凝土应用技术规程》SJG 164

深圳市工程建设地方标准

钢-混凝土组合模块化建筑应用技术规程

SJG 209 – 2025

条文说明

制 定 说 明

本规程制定过程中，编制组借鉴了国内外相关标准和工程实践经验，针对钢-混凝土组合模块化建筑的关键问题进行了专题研究，完成了大量结构构件和节点的性能试验和分析，提出了钢-混凝土组合模块剪力墙结构成套结构设计方法，根据模块建筑特点给出了建筑、内装和机电设计方法，并根据实际工程经验和参考现有相关标准，给出了配套的生产、施工及验收规定。

本规程编制原则为：（1）科学合理、具有可操作性；（2）设计方法明确、实用，便于设计人员使用；（3）连接节点构造便于工程实施和保证质量。

钢-混凝土组合模块剪力墙结构可以和钢结构、装配式预制混凝土结构同时使用形成组合结构。因缺乏实际工程经验，编制组未将相关内容纳入本规程。编制组针对钢-混凝土组合模块剪力墙结构节点提出了几种适用的构造，但个别连接节点构造尚缺乏实际工程经验，也未纳入本规程。今后，编制组将结合工程经验和技術需求，收集资料、总结分析，对钢-混凝土组合模块化建筑体系进行完善和优化，供修订时参考。

为便于广大技术和管理人員使用本规程时正确理解和执行条款规定，《钢-混凝土组合模块化建筑应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	72
2	术语和符号	73
4	材料	75
4.1	结构材料	75
5	建筑设计	75
5.1	一般规定	75
5.2	平立面设计	75
5.3	建筑构造	76
6	结构设计	79
6.1	一般规定	79
6.2	结构分析	79
6.3	构件设计	80
6.4	节点及接缝设计	81
6.5	模块单元设计	81
6.6	耐火设计	81
7	内装设备管线系统	82
7.1	一般规定	82
7.2	内装系统	82
7.3	设备管线系统	83
8	模块单元生产及运输	84
8.1	一般规定	84
8.2	模块单元生产	84
8.3	工厂检验	84
9	施工安装	85
9.1	一般规定	85
9.2	施工准备	85
9.3	模块单元安装	86
9.4	模块连接及混凝土浇筑	86
10	质量验收	87
10.1	一般规定	87
10.2	进场验收	87
10.3	模块单元安装与连接	87
11	智能建造	88
附录 A	模块单元竖向拼缝分析模型	89
附录 B	钢-组合模块剪力墙结构楼层受剪承载力	81

1 总 则

1.0.1 钢-混凝土组合模块化建筑体系采用钢-混凝土组合结构剪力墙作为主体结构，并分两阶段实施。在工厂生产模块的钢结构骨架，同时模块附带纤维水泥板或其它板材作为模块蒙皮。纤维水泥板或其它板材兼作施工阶段混凝土浇筑的模板及内外装修基层、机电管线埋设层。现场安装模块单元后浇筑墙体、连梁及楼板混凝土，形成钢-混凝土组合剪力墙结构，并连接管线、处理接缝装饰层，形成整体建筑。大量的结构构件试验、节点试验及有限元分析结果表明：该体系具有良好的承载能力与抗震性能。目前已有多个实际工程应用案例，具有良好的社会效益。为满足工程应用的需求，编制本规程。

1.0.2 钢-混凝土组合模块化建筑体系具有较为优异的抗震性能。组合剪力墙结构比同条件下现浇剪力墙结构的抗震承载力、延性和耗能性能均有明显提升。作为新结构体系，本规程暂将适用范围限定在地震设防烈度不高于 8 度的地区。

1.0.3 本规程中的诸多参数，如材料及连接的强度等，均引用了现行国家有关标准的规定。除本规程有明确的规定外，设计、施工还需遵守现行国家有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1.1 钢-混凝土组合模块剪力墙，简称组合剪力墙，是以钢管混凝土柱为边缘构件、水平轻钢桁架和竖向钢筋为骨架并浇筑混凝土形成的构件，构造见图 1 所示。

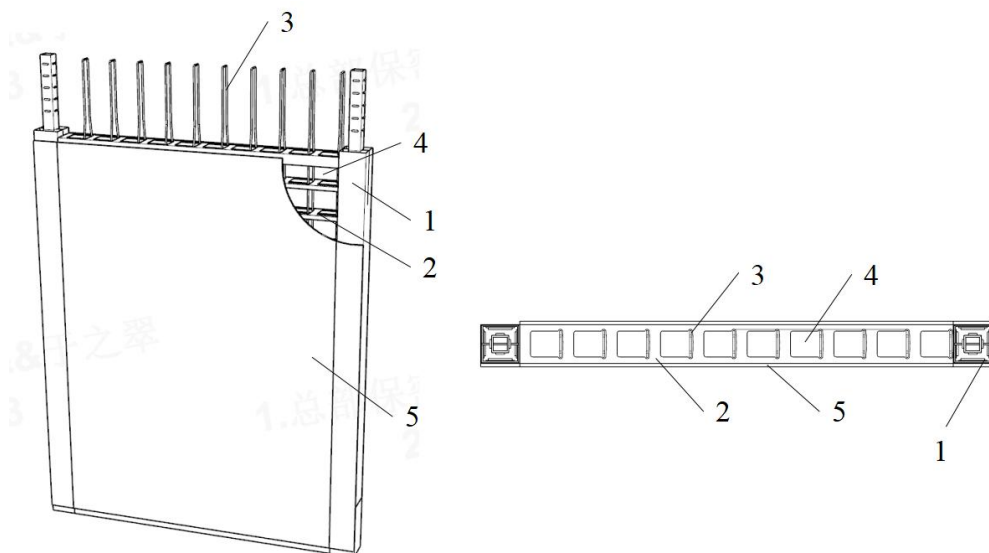


图 1 钢-混凝土组合模块剪力墙示意图

1—钢管混凝土柱；2—水平轻钢桁架；3—竖向钢筋；4—现场浇筑混凝土；5—永久模板

2.1.2 钢-混凝土组合模块连梁，简称组合连梁，构造见图 2 所示。

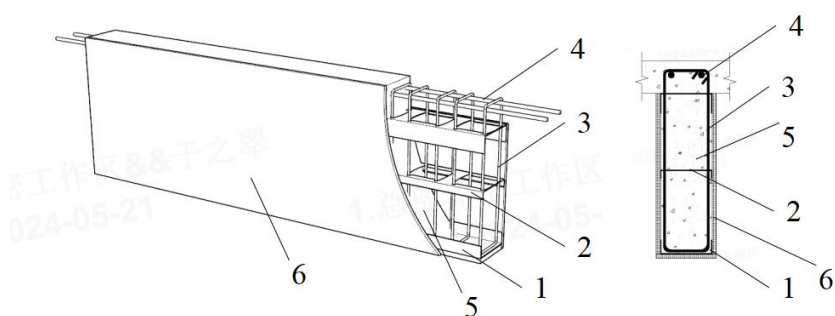


图 2 钢-混凝土组合模块连梁示意图

1—槽型钢底板；2—水平轻钢桁架；3—箍筋；4—上部纵筋；5—现场浇筑混凝土；6—永久模板

2.1.4 组合模块单元，简称模块单元，构造见图 3 所示。

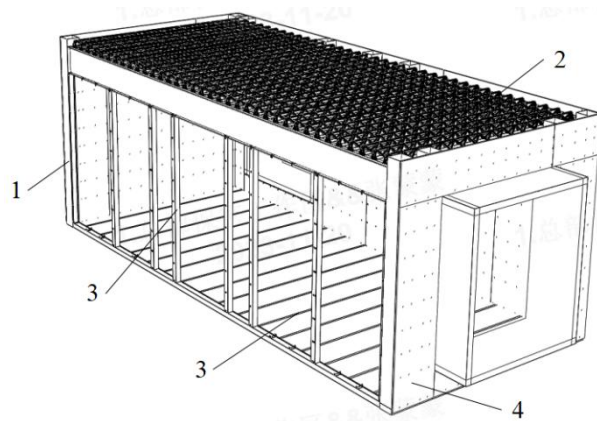


图3 组合模块单元示意图

1—模块钢结构部分；2—楼承板预制部分；3—临时支撑系统；4—结构墙两侧模板

4 材 料

4.1 结 构 材 料

4.1.1 经过多次工艺试验验证，采用满足本条规定的混凝土材料并经过适当振捣，可实现混凝土浇筑密实。

4.1.3 由于考虑了模块组装、运输、吊装及浇筑工况的刚度需要，组合剪力墙内的水平轻钢桁架的布置含钢量较大，型号推荐选用 Q355B 或 Q235B。

5 建 筑 设 计

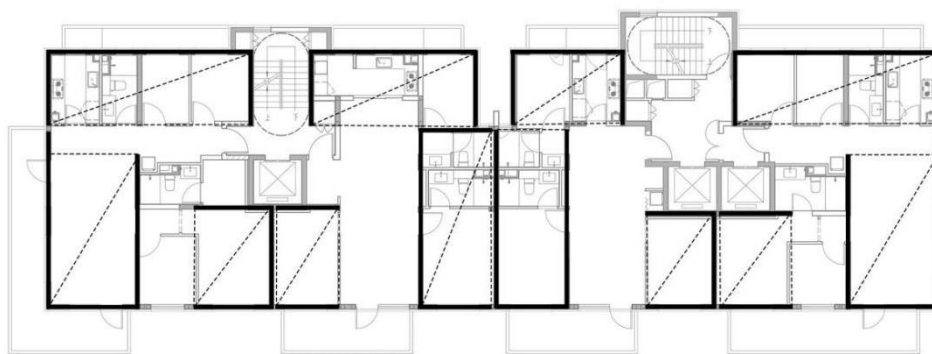
5.1 一 般 规 定

5.1.2 组合模块化建筑采用模数化、标准化、通用化设计是实现建筑工业化的必要条件，模块拆分和组合均依据基本模数尺寸设计以实现批量化生产和建造。

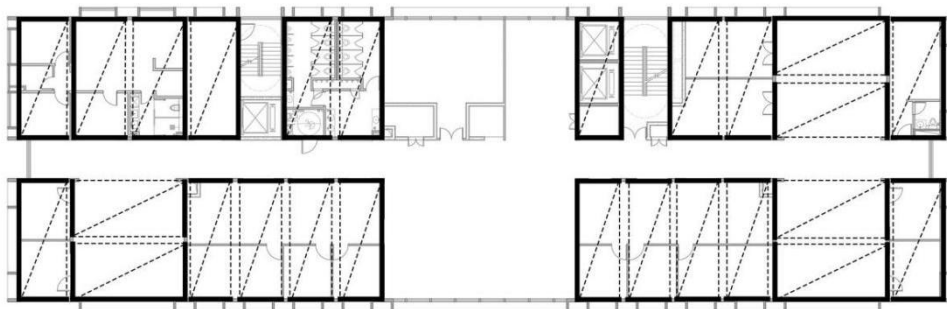
5.2 平立面设计

5.2.1 模块单元的划分方式与尺寸需在方案设计阶段协同考虑，提前结合生产、运输与现场施工条件合理确定，以满足经济性与功能使用的合理性。当确需采用 L 形平面补充单元时，需提前确认生产单位生产与运输条件是否满足要求。模块单元高度、短边、长边总尺寸包含芯柱、凸窗、飘板等各种凸出模块单元的构件。最小尺寸限值综合考虑了最小空间划分的可能性（如卫生间），最大尺寸限制综合考虑一般运输吊装条件，模块实际尺寸可以适当突破限值，但均需满足生产、运输、施工的合理性与经济性。

5.2.2 模块单元通过墙体、底盘、顶板与临时支撑组成稳定受力的六面箱体。现场吊装完成后，通过拆除临时支撑或将临时支撑与非结构墙体结合等方式，形成完整的建筑空间。图示 4 种类型可基本满足各类建筑空间形式需求，根据功能需求与结构布置可演变各种具体形式，但均需同时满足模块生产、运输、吊装与浇筑后使用的功能性及经济性要求。图 4 提供了住宅、办公楼两种典型平面布置示意图。



(1) 某住宅标准层平面



(2) 某办公楼标准层平面

图 4 典型平面布置图

5.3 建筑构造

5.3.1 由于模块单元在生产单位生产工期短且要经过运输、吊装过程，湿式粘贴工期长且容易收到扰动，模块单元在工厂安装的外保温系统不建议采用以湿式粘贴为主要固定方式。

5.3.3 工厂实施的保温装饰板宜采用金属饰面材料，通过连接件与金属面板锚固连接受力，以满足组合模块吊装运输过程中的稳固要求，保温装饰板材料及构造要求应满足相关国家及地方规范标准要求。图 5 为保温装饰板外墙饰面典型构造做法。为保证涂料饰面效果的完整性，饰面涂料底漆、面漆及罩面等宜在现场吊装浇筑处理后完成。图 6 为涂料外墙饰面典型构造做法。

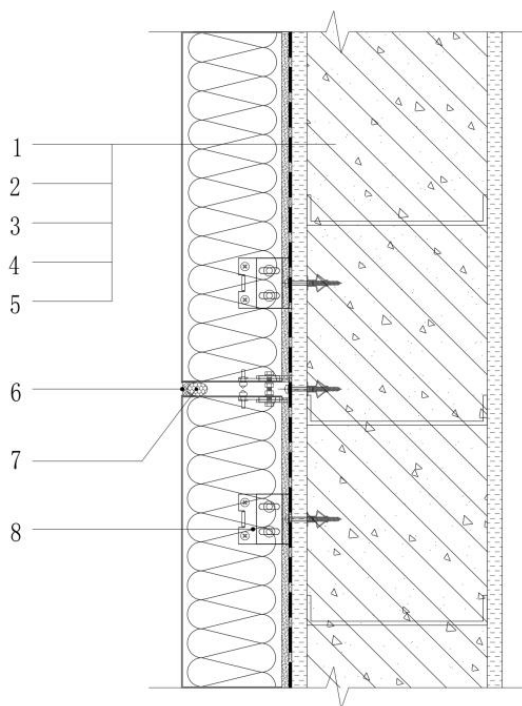


图 5 保温装饰板外墙节点图

1—基层组合墙体；2—界面剂；3—防水层；4—粘接层；5—保温装饰板；6—耐候密封胶；7—填缝材料；8—锚固件

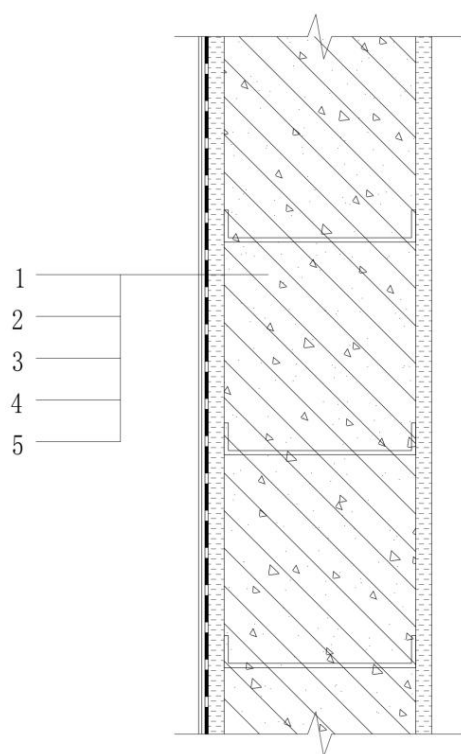


图 6 涂料外墙节点

1—基层组合墙体；2—界面剂；3—防水层；4—耐水腻子；5—饰面涂料

5.3.5 模块单元间拼缝防水重点在于形成连续防水涂刷界面。上下层模块间有先后浇筑次序，水平拼缝宜形成企口构造。图 7，图 8 分别为无保温外墙体系竖缝和水平拼缝构造做法，模块拼接竖缝位置外墙宜采用后封板做法，即生产单位在模块拼接位置预留尺寸现场实施，模块外墙板拼缝处采用耐候密封胶做法防漏浆。模块间水平拼缝位置，宜在下层模块顶部、上层模块底部预装镀锌钢板件形成企口构造，外设装饰金属扣盖。

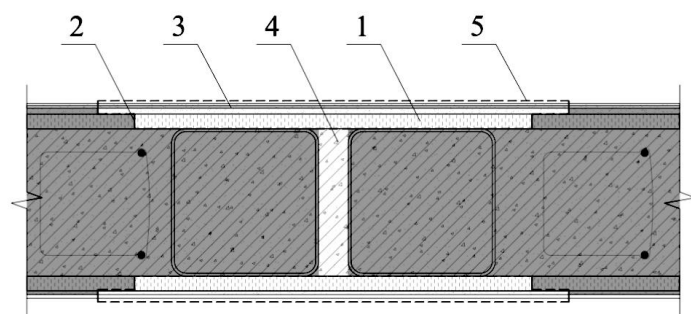


图 7 无保温外墙体系竖缝节点

1—后封纤维水泥板；2—板缝密拼处耐候密封胶；3—防水及涂料饰面层；4—模块竖向拼缝；5—虚线示意为现场实施范围

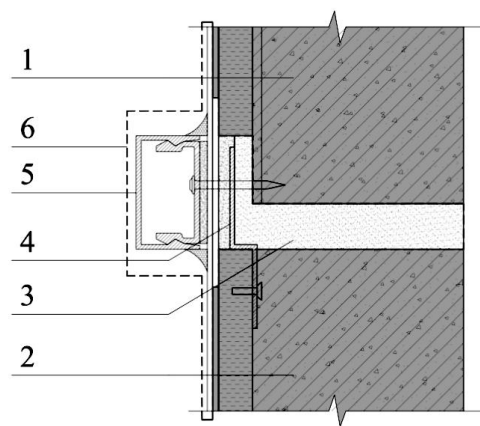


图 8 上下模块间水平拼缝节点

1—上层模块；2—下层模块；3—模块拼缝；4—预装钢板件；5—装饰金属扣盖；6—现场实施范围

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.3 本条的依据是现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中针对A级高度高层钢筋混凝土建筑的最大适用高度。由于A级高度高层建筑目前数量最多、使用最广泛，组合模块剪力墙结构作为一种新型结构体系，其研究成果和工程经验尚显不足，本规程未考虑B级高度高层建筑。

6.1.4 不规则或特别不规则的判定应按照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3及现行深圳市标准《高层建筑混凝土结构技术规程》SJG 98执行。

6.1.6 本条的依据是现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011中针对A级高度高层建筑结构所作的抗震等级规定。抗震等级是结构重要的设计参数，其划分体现了对不同抗震设防类别、不同结构类别、不同烈度、同一烈度但不同高度的房屋结构延性要求的不同，以及同一种构件在不同结构类别中延性要求的不同。应根据抗震等级采取相应的抗震措施，包括抗震计算时的内力调整措施和各种抗震构造措施。

6.2 结构分析

6.2.2 一般情况下，当结构体型规则、不超高、业主没有特殊需求时，无需额外进行性能化设计。

6.2.3 试验及有限元分析结果表明，组合模块结构在重力、风荷载、多遇地震作用下尚处于弹性状态，宜采用弹性方法进行结构计算。罕遇地震作用下，部分构件、连接节点进入塑性状态，宜采用基于弹塑性模型的时程分析法进行结构计算。

6.2.4 组合连梁与传统现浇混凝土梁的构造相似，组合连梁与现浇楼板具有良好的整体性，可考虑楼板对组合连梁刚度和承载力的影响。

6.2.8 为保证组合模块结构满足风荷载下的正常使用功能和“小震不坏”的抗震设防要求，依据组合剪力墙构件的拟静力试验结果，并参考国内外大量的钢筋混凝土剪力墙试验研究和有限元分析结论，取1/1000作为组合剪力墙构件开裂时的层间位移角并以此作为结构弹性层间位移角限值。

6.2.9 为保证组合模块结构满足“大震不倒”的抗震设防要求，依据组合剪力墙构件的拟静力试验结果，并参考国内外大量的钢筋混凝土剪力墙试验研究和有限元分析结论，取1/120作为组合剪力墙构件的极限层间位移角并以此作为结构弹塑性层间位移角限值。

6.2.10 试验结果表明，当模块间竖向拼缝采用钢管柱侧壁间隔开洞、洞内插抗剪钢筋、拼缝内混凝土与钢管柱内混凝土联通的构造时，拼缝两侧构件在多遇地震、设防地震作用下未发生明显破坏，弹性模型中按照连续模拟；上下层模块之间以及上层模块与下层现浇混凝土结构之间的水平接缝，其构造与混凝土剪力墙结构水平施工缝相近，弹性模型中也按照连续模拟。永久模板（如剪力墙两侧及钢筋桁架楼承板底部的纤维水泥板）与结构构件的连接相对较弱，由试验结果可知，其对构件刚度和承载力影响不明显，不考虑永久模板对结构整体刚度和承载力的影响。

6.2.11、6.2.12 结合多个项目的整体有限元分析可知，组合剪力墙墙肢的塑性铰一般出现在底部加强区。对于一级抗震等级的剪力墙，为了更有把握实现塑性铰出现在底部加强区，保证其它部位不出现塑性铰，对底部加强区以上部位的弯矩设计值进行增大。为实现强剪弱弯设计要求，

弯矩增大部位剪力墙的剪力设计值也应相应增大。

6.2.16 试验结果表明,罕遇地震作用下模块间的竖向拼缝材料(钢筋、混凝土、钢材)均进入塑性状态,弹塑性模型中应采用连接单元模拟接缝的受力行为。

6.3 构件设计

6.3.1 组合剪力墙的厚度不包括墙肢两侧永久模板的厚度。墙体稳定验算应依据国家现行标准的有关规定进行。

6.3.2 当墙肢截面高度超过4m时,模块单元的钢结构部分在运输、吊装和浇筑混凝土的过程中刚度和稳定性往往不够,需通过在长墙肢中设置方钢管混凝土柱,将墙肢截面高度控制在4m以内。

6.3.3 当两端钢管混凝土柱之间净距不超过200mm时,两柱之间采用C型钢板连接,是为了简化墙身构造、便捷构件生产与施工。

6.3.4 墙肢中钢管的含钢率为钢管混凝土柱的钢管截面面积与墙肢截面面积的比值,要求短肢剪力墙钢管的含钢率不应低于2%、钢管混凝土柱截面面积占墙肢总面积不宜小于20%,是为了保证短肢剪力墙构件在罕遇地震下具有充分延性。

6.3.5 组合连梁的截面宽度不包括梁两侧永久模板的厚度。

6.3.6 组合剪力墙墙肢与组合连梁的承载力极限状态与正常使用极限状态相关验算均不考虑永久模板的影响。

6.3.9 组合剪力墙墙肢与组合连梁的试验研究表明,构件截面基本符合平截面假定,计算值与试验值吻合较好。

6.3.10 组合剪力墙墙肢竖向分布筋的压弯承载力根据现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010中的有关规定计算。端柱钢管等效作为墙体纵向受力钢筋的一部分考虑。大偏心受压时,受拉、受压端柱钢管都达到屈服;小偏压时受压时,受压较大端的钢管屈服,而受拉或受压较小端的钢管未屈服。

参照《钢结构设计标准》GB 50017 及《组合结构设计规范》JGJ 138 计算平面外的轴心受压稳定系数 φ 。当墙厚为180mm~250mm时,墙肢平面外轴压稳定系数 φ 的变化范围为0.90~0.92。验算一字形短肢剪力墙时,考虑平面外失稳的影响,对轴压力设计值乘以内力放大系数1.1。

6.3.11 偏心受拉组合剪力墙墙肢($h_w/b_s > 4$)的承载力计算公式参照现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ138的有关规定编制。公式中有关剪力墙轴向受拉承载力和受弯承载力的计算均考虑了端柱钢管和竖向分布筋的作用。

6.3.12 为避免组合剪力墙发生斜压破坏,需要对剪力墙的名义剪应力值进行限制。本条参考现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138中对于型钢混凝土剪力墙受剪截面的规定,受剪截面控制条件中剪力设计值可扣除剪力墙端钢管的抗剪承载力。其中,剪跨比 λ 的计算方法依据现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定。

6.3.13 组合剪力墙墙肢的试验研究表明,墙肢端柱钢管对墙体受剪承载力有贡献,本条所提出的组合剪力墙墙肢在偏心受压时的斜截面受剪承载力计算公式中,考虑了端柱钢管的抗剪承载力。由于轴向拉力的存在降低了剪力墙的抗剪承载力,组合剪力墙墙肢偏心受拉时的斜截面受剪承载力计算公式中应考虑轴向拉力的不利影响。

6.3.14、6.3.15 组合连梁在正弯矩作用下,考虑梁底槽钢板的受拉作用,不考虑腰部水平轻钢桁架受拉。承载力不足时,在梁底槽钢板上方配置纵向钢筋,与梁底槽钢板共同抗弯。

6.3.16 试验研究表明,承受负弯矩的组合连梁达到最大承载力时,梁顶钢筋和楼板底标高处的水平轻钢桁架都已进入屈服。组合连梁的正截面受弯承载力考虑了该水平轻钢桁架的贡献,计算

值与试验值吻合较好。

6.3.17 组合连梁截面的剪力设计值与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中钢筋混凝土剪力墙连梁相关规定一致。

6.3.18 组合连梁的斜截面抗剪计算与现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010中钢筋混凝土剪力墙连梁相关规定一致。

6.3.19 本条参考现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中钢筋混凝土受弯构件的挠度计算方法。

6.3.20 本条参考现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中钢筋混凝土受弯构件的裂缝宽度计算方法。当采用弯矩调幅时，可按调幅后的内力值进行裂缝宽度计算。

6.4 节点及接缝设计

6.4.2、6.4.3 插筋锚固计算长度的确定主要依据结构构件和节点试验结果，同时也应满足现行国家标准的有关规定。

6.4.5 组合连梁箍筋和梁底钢板的贴焊连接应满足现行国家标准的有关规定；水平轻钢桁架的腹板和两侧翼缘都需要与钢管柱焊接以增强轻钢桁架端部的抗剪承载力。

6.4.9 偏心受拉时组合剪力墙墙肢底部水平缝受剪承载力根据钢材拉剪状态的Von Mises屈服准则推导，假定墙底截面内的墙腹板内插筋与芯柱、墙腹板内与钢管内插筋均匀受拉。

6.4.10 组合连梁梁端竖向接缝受剪承载力计算公式的依据是现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1的有关规定。公式主要考虑楼板混凝土、梁顶纵筋、圆柱头焊钉的抗剪作用。轻钢桁架、梁底钢板处于拉剪或压剪状态，仅视为抗剪安全储备。楼板厚度范围内混凝土截面面积根据墙厚和楼板厚度确定。

6.4.11 同层相邻模块单元之间竖向拼缝受剪承载力计算公式的依据是现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1关于叠合梁端竖向接缝受剪承载力的有关规定。公式主要考虑楼板混凝土、钢柱侧壁开孔部位混凝土及连接钢筋、梁顶纵筋、连接钢板的抗剪作用。

6.5 模块单元设计

6.5.1 模块单元的墙板、顶板、底板在浇筑混凝土前，整体刚度较差。吊装、运输过程中，模块单元容易发生较大变形，从而导致内装系统和机电系统损坏。在无墙板立面和底板处设置临时支撑，可有效提高模块单元刚度，减小模块单元吊装、运输时的变形量。

6.5.2 模块单元至少在两个相对立面布置墙板，有助于提高模块单元刚度。

6.5.5 控制吊点位置和间距，可使吊点传力更直接，避免模块单元在吊装过程中产生局部附加弯矩，减小模块的变形。

6.6 耐火设计

6.6.3 水泥基板材与轻钢桁架及钢管壁之间宜采用不锈钢自攻钉等拉结方式连接。经剪力墙板单侧受火的耐火试验验证，当水泥基防火保护层厚度为15mm时，耐火时间均在3小时以上，且防火保护层未发生脱落。用于剪力墙板防火措施的板材与板材之间的密拼缝处可不涂抹防火胶，不锈钢自攻钉钉头表面也可不包覆防火胶。

7 内装设备管线系统

7.1 一般规定

7.1.1 本条要求内装修的选材应符合实际建材的模数，比如板材及柜体应符合市场化产品的通用尺寸，量材施用。

7.1.2 本条规定管线与结构分离，以考虑模块工业化生产的需求。管线分离可提高模块的生产效率。

7.1.3 结构预留孔洞要充分考虑到生产单位生产的场景，模块墙体生产阶段应明确孔洞位置，避免事后剔凿。

7.1.4 模块单元拼缝位置现场施工，拼装处要做到材料统一，颜色统一，构造上适当预留容错空间。

7.2 内装系统

7.2.1 内隔墙选用轻钢龙骨隔墙时，应符合以下规定：

- 1 卫生间、浴室、洗衣房等有防水要求的房间，设置带翻边的整体防水底盘或混凝土导墙是与轻钢龙骨隔墙构造配套的必要措施，保证防水的整体性（图9）；
- 2 一体化饰面板包括但不限于竹木纤维板、硅酸钙板、石塑复合墙板等板材；
- 4 加固措施包括但不限于龙骨加密方式、阻燃板衬底方式等（图10）。

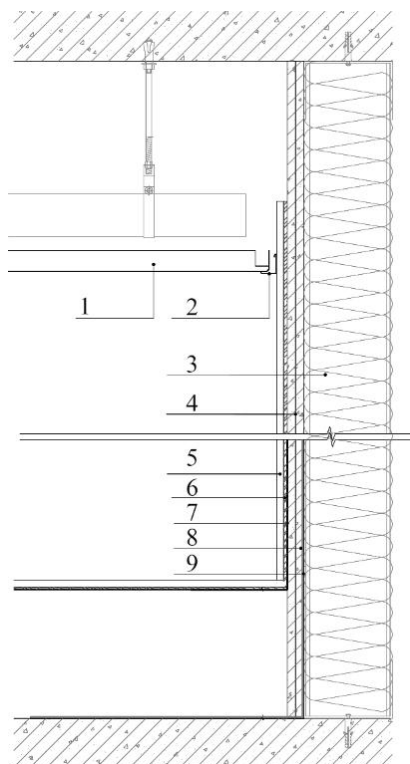


图9 卫生间隔墙节点

1—成品铝扣板；2—L型成品铝扣板收边条；3—岩棉；4—纤维水泥板；5—瓷砖；6—瓷砖胶；7—二道防水；8—一道防水；9—钢底盘

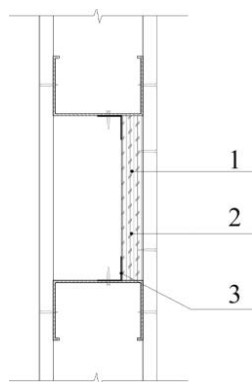


图 10 轻钢龙骨墙面挂重物加固节点

1—阻燃板；2—螺钉固定；3—角钢

7.2.2 厨房装修和部品部件在生产单位安装有困难时，可在现场后装。

7.2.5 成品门窗采用约尺方式生产时，可有效减小误差，后期安装利用模块生产精度优势，避免打胶收缝。

7.3 设备管线系统

7.3.1 吊顶内的给水及热水都应作防结露措施，保温厚度应经计算确定。当热源与用水点较远不能满足节水规范时，可在较远用水区增加电热水器，减少热水管长度。

7.3.2 为方便运输与吊装施工，卫生间宜优先采用不降板同层排水，使模块箱体底面标高一致。若采用降板同层排水，应提前策划运输、存放措施。

7.3.3 接闪带（图11）、接地网（图12）应与模块箱（图13）钢梁进行可靠焊接；连接不应少于两处且应采用直径不小于16mm的钢筋或断面不小于40mm×4mm的扁钢。

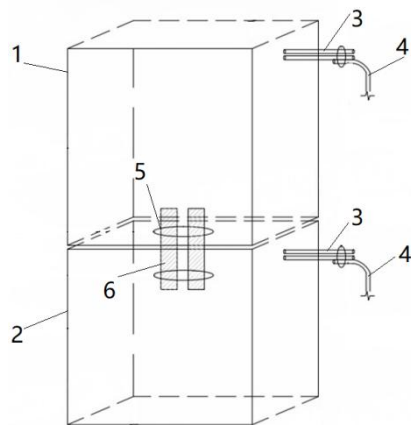


图 11 接闪带连接节点

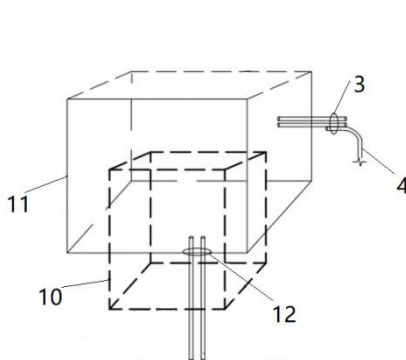


图 12 接地连接节点

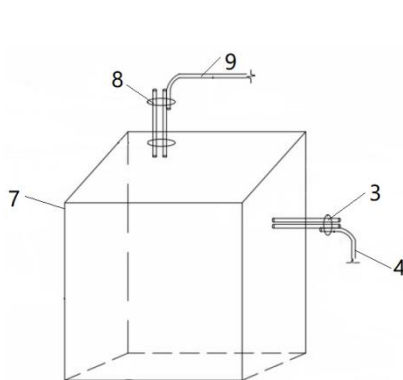


图 13 模块间连接节点

1—上层结构模块柱；2—下层结构模块柱；3—预留圆钢；4—桁架钢筋；5—焊接；6—预留扁钢；7—顶层结构模块柱；8—预留圆钢；9—屋面接闪带；10—现浇结构柱预留柱头；11—最下层结构模块柱；12—现浇结构柱内预留钢筋

7.3.4 电气管线应优先采用管线分离技术，方便模块间连接和后期运营维护，避免使用阶段对主体结构的剔凿。

8 模块单元生产及运输

8.1 一般规定

8.1.1 生产单位宜采用现代化的信息管理系统，如MES生产管理系统，并建立统一的编码规则和标识系统。信息化管理系统应与生产单位的生产工艺流程相匹配，贯穿整个生产过程，并应与构件BIM信息模型有接口，以利于在生产全过程控制构件生产质量，精确算量，并形成生产全过程记录文件及影像。模块单元表面预埋带无线射频芯片的标识卡(RFID卡)有利于实现装配式建筑质量全过程控制和追溯，芯片中应存入生产过程及质量控制全部相关信息。

8.1.10 隐蔽工程验收是指在模块生产过程中，后一工序的工作结果会封闭前一工序的工作结果，此时要在后一工序封闭前完成前一工序的验收，包括钢结构部件加工、钢筋混凝土工程的钢筋布置、排水工程、电器管线工程中各种暗配的水、暖、电、卫管道和线路及防水工程等。隐蔽工程在隐蔽后，如果发生质量问题，会造成返工等重大损失，必须做好隐蔽工程的验收工作。应由模块生产单位技术负责人邀请监理单位、施工单位共同对隐蔽工程进行检查和验收，认真办理隐蔽工程验收签证手续。

8.2 模块单元生产

8.2.2 材料进场除由质检工程师组织技术、安全、质量、物资等部门进行检查验收外，当相关规范有要求或具体工程项目有规定时，应按规定进行监理见证取样，由建设方委托第三方进行检测，复检合格后，方可用于生产。

8.3 工厂检验

8.3.4 本条给出了模块单元钢结构箱体尺寸和模块上的预留孔、预留洞、预埋件的允许偏差。如根据具体工程提出高于本条规定的要求时，应按设计要求或合同规定执行。

8.3.7 模块单元的防水施工是非常关键的质量检验内容，应考虑到此项验收内容与模块生产密切相关，故列入本节。

8.3.10 本条所列模块单元的资料为生产厂家归档资料，并非模块产品交付资料。对专业企业生产的模块，进场时提供相关质量证明文件即可。

9 施 工 安 装

9.1 一 般 规 定

9.1.1 组合模块化建筑施工工艺与常规施工方式有区别。为确保施工过程的安全和质量，应编制专项施工方案并充分考虑不同工况下该建筑体系的施工重难点、安全和质量保证措施。

9.1.2、9.1.3 传统施工工人对组合模块化建筑的施工工艺较为陌生，模拟试安装和施工作业人员的岗前实操培训，有利于提前总结施工经验，确保实施质量。

9.1.4 组合模块化建筑的施工涉及起重吊装作业，属于危险性较大的施工作业，应重点关注施工过程中的各项安全保障措施。

9.1.5 组合模块化建筑的安装流程可参考图14。

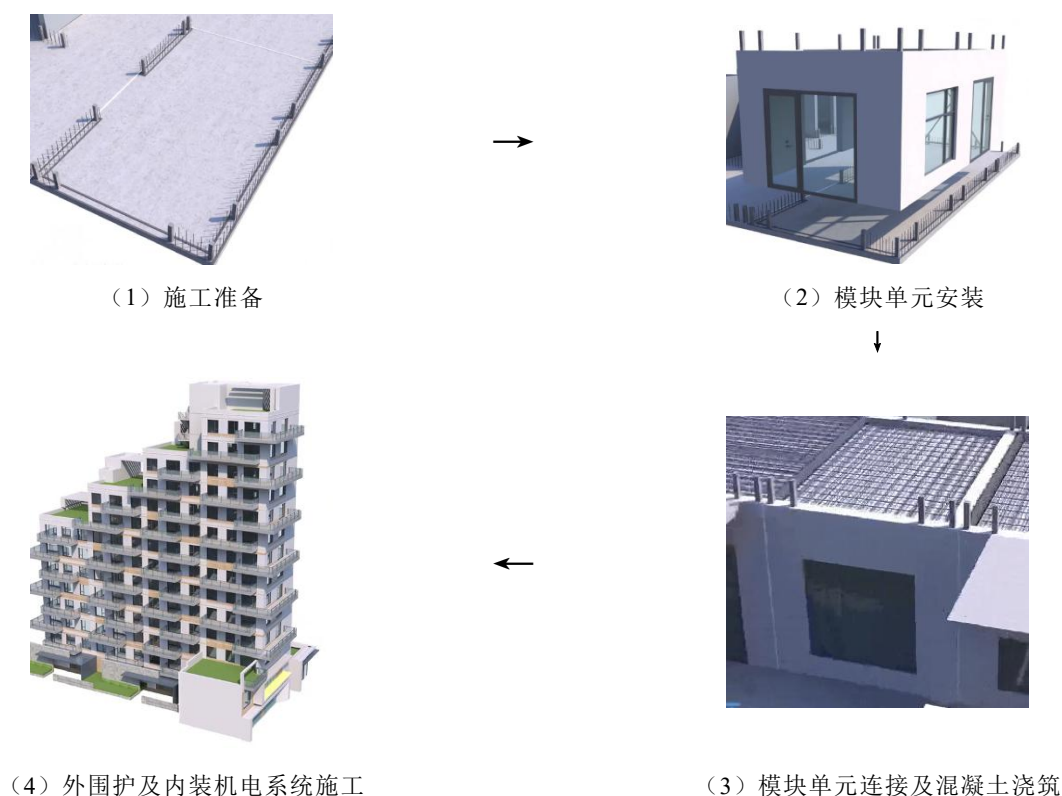


图14 组合模块化建筑安装流程例

9.2 施 工 准 备

9.2.3 吊架在吊装阶段的受力计算包括承载力、稳定性及变形要求，其专业性较强，通常由专业吊架设计人员完成。吊装施工前需要对吊架进行专项质量验收，吊架产品需具备完整的结构计算书、质量检测报告等资料。

9.3 模块单元安装

9.3.1 本条中的技术文件一般指设计图纸、不合格情况处理技术措施及验收要求等文件。

9.3.2 模块单元的安装顺序、校准定位及纠偏措施是模块化结构施工的关键，应在施工方案中明确并严格按方案施工。

9.4 模块连接及混凝土浇筑

9.4.3、9.4.4 组合剪力墙端柱连接节点是模块化建筑的重要受力部位，其施工质量对建筑的安全性、稳定性和耐久性起决定性作用。当柱底侧面没有装修面层，具备开孔灌浆施工条件时，可优先采用本规程第 9.4.3 条的灌浆施工方式。

9.4.6 连接节点处后浇混凝土或灌浆料同条件养护试块达到设计规定的强度后，模块临时支撑及拼缝封堵模板失去作用，可安全拆除并进行上部结构安装。

10 质量验收

10.1 一般规定

10.1.1 模块单元的验收包含钢结构、预制混凝土构件、装饰装修、设备管线等各专业的验收。单个模块虽不具备完整功能，仍应参照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定，将其作为一个子单位工程进行验收，其中各专业作为分部工程进行验收。

10.1.4 现场验收工作，应按专业划分为各分部工程，现场的验收工作仅包括各专业现场实施部分的内容。整个单位工程的最终验收，根据模块单元子单位工程验收资料和现场各分部工程的验收资料进行。

10.2 进场验收

10.2.7 模块单元的外形尺寸验收是在进场时按批次进行，避免在构件安装时出现问题，造成不必要的损失。

10.3 模块单元安装与连接

10.3.3 由于上层模块安装完成后很难再对芯柱或钢筋锚固连接进行检查，为保证施工进度和施工质量，应保留施工检验影像记录备查。

11 智能建造

11.0.1 信息化协同平台宜由 EPC 单位统一建设管理，组合模块化建筑宜采用数字化、信息化的技术手段，实现数字化设计，生产单位智能化制造，现场智能化施工，实现建筑工程的全过程数字化管理。

11.0.4 模块吊装过程中容易发生晃动。智能化吊装设备宜具备良好的减缓模块晃动的功能，减少现场的模块就位时间。

12 使用及维护

12.0.2 公共部位及其公共设施包含水泵房、高低压配电机房、电梯机房、中控室、锅炉房、管道设备间、配电间（室）等。

附录 A 模块单元竖向拼缝分析模型

A.0.1 弹塑性分析模型中模块间竖向拼缝的连接构造应采用连接单元模拟。连接单元的参数基于理论、试验及有限元分析结果确定。

附录 B 钢-混凝土组合模块剪力墙结构楼层受剪承载力

B.0.1、B.0.2 楼层受剪承载力计算方法应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的有关规定。