

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 129 – 2023

钢结构模块化建筑技术规程

Technical specification for steel modular buildings

2023-11-15 发布

2024-02-15 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

钢结构模块化建筑技术规程

Technical specification for steel modular buildings

SJG 129 – 2023

2023 深 圳

前 言

根据《深圳市住房和建设局关于发布 2020 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目（第一批）的通知》（深建标〔2020〕2 号）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，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.建筑设计；5.结构设计；6.设备管线与内装系统设计；7.模块单元生产与运输；8.施工安装；9.质量验收；10.运营与维护；11.智能建造与信息化应用；12.再利用。

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海龙科技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，请寄送中建海龙科技有限公司（地址：深圳市福田区保税区金花路蓝花道 5 号，邮编：518048），以供今后修订时参考。

本 规 程 主 编 单 位：中建海龙科技有限公司
中国建筑标准设计研究院有限公司
哈尔滨工业大学（深圳）

本 规 程 参 编 单 位：深圳市建筑产业化协会
中海建筑有限公司
中国建筑国际集团有限公司
中冶建筑研究总院有限公司
深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司
深圳市华阳国际工程设计股份有限公司
香港华艺设计顾问（深圳）有限公司
奥意建筑工程设计有限公司
深圳中深建筑设计有限公司
深圳市建筑设计研究总院有限公司
深圳大学
深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心
深圳市建筑工程质量安全监督总站
深圳市建筑工务署
深圳市福田区建筑工务署
深圳市龙华区建筑工务署
深圳市人才安居集团有限公司
深圳市龙华人才安居有限公司
深圳瑞捷工程咨询股份有限公司
重庆赛迪工程咨询有限公司
中集模块化建筑投资有限公司
中建科技集团有限公司
中国建筑工程（香港）有限公司
中国建筑兴业集团有限公司

本规程主要起草人员：赵宝军 王 琼 王 喆 肖仪清 张宗军
滕 军 李 涛 张柏岩 杨 超 王晓光

	丁 杰	李竞远	李祚华	龚 超	付灿华
	危媛丞	彭新平	王子佳	黄 治	卢 雷
	饶少华	杨智锋	胡孟辉	熊海滨	邓 涌
	李东伟	渠 明	任 刚	张 勇	张 振
	程宗良	毛 晔	王法智	姜晰睿	陈 洋
	唐云刚	张健飞	金廷柱	赵晓龙	胡 涛
	张浩翔	项 兵	唐大为	李政道	张 毅
	梁凯生	王 岩	段国军	覃 轲	聂 璐
	孟思延				
本规程主要审查人员：	欧进萍	汪四新	李春田	林 冰	李朝晖
	周小强	吴国勤			
本规程主要指导人员：	龚爱云	邓文敏			

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
4	建筑设计	5
4.1	一般规定	5
4.2	模数协调	5
4.3	平面、立面设计	7
4.4	模块单元围护系统	7
4.5	建筑外围护系统	8
4.6	防腐与防火	9
5	结构设计	11
5.1	一般规定	11
5.2	结构体系	11
5.3	模块受力单元	13
5.4	模块连接节点	15
5.5	结构设计与计算	18
5.6	叠箱结构	21
5.7	叠箱-底部框架结构	21
5.8	叠箱-抗侧力结构	22
5.9	地基基础	24
6	设备管线与内装系统设计	25
6.1	一般规定	25
6.2	给排水系统	25
6.3	供暖、通风、空调及燃气系统	26
6.4	电气系统	26
6.5	内装系统	26
7	模块单元生产与运输	28
7.1	一般规定	28
7.2	生产准备	28
7.3	工厂集成生产	29
7.4	出厂检验及资料交付	30
7.5	吊装、运输与存放	33
8	施工安装	34
8.1	一般规定	34
8.2	施工准备	34
8.3	模块安装	34
8.4	设备管线安装	36

8.5	建筑接缝处理	36
8.6	施工安全与环境保护	37
9	质量验收	38
9.1	一般规定	38
9.2	模块单元进场验收	39
9.3	模块单元安装与连接	39
9.4	设备管线安装	40
9.5	建筑接缝	41
10	运营与维护	42
11	智能建造与信息化应用	43
11.1	一般规定	43
11.2	数字化设计	43
11.3	智能化生产和运输	43
11.4	智能化施工	43
12	再利用	44
附录 A	模块单元防火构造节点	45
附录 B	模块单元的生产加工内容	47
附录 C	模块单元钢结构有关安全和功能的检测和见证项目	50
附录 D	模块单元钢结构质量检测项目	51
附录 E	模块单元船运试验项目	54
	本规程用词说明	60
	引用标准名录	61
	附：条文说明	63

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	4
4	Architectural Design	5
4.1	General Requirements	5
4.2	Modular Coordination	5
4.3	Plan and Elevation Design	7
4.4	Modular Unit Envelope System	7
4.5	Building Envelope System	8
4.6	Corrosion and Fire Protection	9
5	Structural Design	11
5.1	General Requirements	11
5.2	Structural System	11
5.3	Modular Structural Unit	13
5.4	Connection and Joint of Module	15
5.5	Structural Design and Calculation	18
5.6	Pure Module Structure	21
5.7	Module-Bottom Frame Structure	21
5.8	Module-Lateral Force Resisting Structure	22
5.9	Building Foundation	24
6	Pipeline System and Interior Facility Design	25
6.1	General Requirements	25
6.2	Water Supply and Drainage System	25
6.3	Heating, Ventilation, Air Conditioning and Gas System	26
6.4	Electric System	26
6.5	Interior Decoration Parts System	26
7	Manufacturing and Transportation of Modular Unit	28
7.1	General Requirements	28
7.2	Manufacturing Preparation	28
7.3	Factory Integrated Manufacture	29
7.4	Factory Inspection and Document Delivery	30
7.5	Lifting, Transportation and Stacking	33
8	Construction and Erection	34
8.1	General Requirements	34
8.2	Erection Preparation	34
8.3	Module Erection	34
8.4	Equipment Pipeline Installation	36
8.5	Building Seam Treatment	36

8.6	Safety and Environmental Protection	37
9	Quality Acceptance	38
9.1	General Requirements	38
9.2	Site Acceptance of Modular Unit	39
9.3	Erection and Connection of Modular Unit	39
9.4	Equipment Pipeline Installation	40
9.5	Building Seam	41
10	Operation and Maintenance	42
11	Intelligent Construction and Information Technology Application	43
11.1	General Requirements	43
11.2	Building Information Model Design	43
11.3	Intelligent Manufacturing and Transportation	43
11.4	Intelligent Construction	43
12	Reusage	44
Appendix A	Typical Fire Protection Details of Modular Unit.	45
Appendix B	Fabrication Items of Modular Unit	47
Appendix C	Inspection and Test Plan for Security and Function for Steel Frame of Modular Unit	50
Appendix D	Quality Inspection for Steel Frame of Modular Unit	51
Appendix E	Modular Unit Shipping Test Plan	54
	Explanation of Wording in This Specification	60
	List of Quoted Standards.	61
	Addition: Explanation of Provisions.	63

1 总 则

1.0.1 为推动现代建筑业高质量发展，实现新型建筑工业化，带动建筑业转型升级，规范钢结构模块化建筑的技术要求，推进快速、优质、绿色及智能建造，并做到建筑安全适用、技术先进、经济合理、施工方便，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于深圳市钢结构模块化建筑的设计、生产、运输、施工安装、验收、运营维护及再利用。

1.0.3 钢结构模块化建筑应注重结构的安全性，由模块单元组成的建筑应满足钢结构强度、稳定性和刚度的要求，模块单元应满足自承重及生产、运输和安装过程中强度、稳定性和刚度的要求。

1.0.4 钢结构模块化建筑的设计、生产、运输、施工安装、验收、运营维护及再利用，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 模块单元 modular unit

钢结构模块化建筑的基本单元，是集成了建筑、结构、机电和内装功能，大部分工作在工厂完成，并满足运输、吊装、检测和维护要求的标准化预制装配式空间建筑模块。

2.1.2 钢结构模块化建筑 steel modular building

全部或部分由模块单元在现场通过装配连接形成的钢结构建筑。

2.1.3 叠箱结构体系 pure module structure system

完全由模块单元堆叠形成的结构体系，模块单元之间通过连接件进行连接和传力。

2.1.4 加强型叠箱结构 reinforced modular structure

通过采取提高结构整体性和冗余度的措施及抗震性能设计方法，提高结构最大适用高度和抗震性能的叠箱结构。

2.1.5 叠箱-底部框架结构体系 module-bottom frame structure system

底部一层或连续多层为框架结构，框架结构以上为叠箱结构的结构体系。

2.1.6 叠箱-抗侧力结构体系 module-lateral force resisting structure system

由叠箱结构和抗侧力结构共同组成，由抗侧力结构提供大部分侧向支承作用的结构体系。

2.1.7 叠箱竖向连接 inter-module vertical connection

通过特定的构造措施实现上下不同模块单元的模块框架柱在同一水平位置处的可靠连接。

2.1.8 叠箱水平连接 inter-module horizontal connection

通过特定的构造措施实现水平方向不同模块单元相邻模块框架柱之间的可靠连接。

2.1.9 接口 gap

钢结构模块化建筑中为安装预留的空隙，包括模块单元之间，以及模块单元与外围护系统、内装系统、设备管线系统相关部品、部件的安装基准面之间预留空隙的统称，用以容纳模块单元及各系统的生产和安装公差所预留的空间。

2.1.10 模块单元围护系统 modular unit envelope system

由模块墙体、模块底板和顶板等组成，能够阻隔空气、水、光、热和噪声，保证模块单元内部安全性和私密性。

2.1.11 再利用 reuse

对钢结构模块化建筑进行整体房屋原位修复、原位改造，或者将组成原建筑的模块单元经过拆解、改造、加工后用于新建钢结构模块化建筑。

2.2 符 号

2.2.1 作用及效应

G ——重力荷载设计值；

H ——水平力；

S ——作用效应设计值；

V ——剪力设计值。

2.2.2 材料指标

G ——剪变模量；

f_y ——钢材屈服强度；

R ——构件承载力设计值。

2.2.3 几何参数

M ——基本模数；

A ——截面面积；

h ——楼层高度；

e ——偏心距；

Δ ——位移；

n_s ——结构总层数。

2.2.4 系数

α_v ——剪力调整系数；

β ——效应折减系数；

ψ_q ——可变荷载的准永久值系数；

ψ_w ——风荷载组合系数；

η_d ——竖向荷载动力放大系数；

3 基本规定

3.0.1 钢结构模块化建筑应按照全寿命期可持续发展的原则，实现标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用。

3.0.2 钢结构模块化建筑应采用面向制造和装配的设计方法，对设计、生产、运输、安装等各个环节进行统筹，实现建筑设计的全过程协同工作。

3.0.3 钢结构模块化建筑应满足建筑的适用性能、环境性能、安全性能、耐久性能等要求。

3.0.4 模块单元的设计应对结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统等进行综合协调。钢结构模块化建筑设计应按一体化设计原则，实现给水、排水、供暖、通风、空调、燃气、电气、智能化、装饰等各个专业协同，确保设计的系统性和完整性。

3.0.5 钢结构模块化建筑设计应在满足功能要求的基础上遵循模数协调和少规格、多组合的原则，实现模块单元的模数化、系列化和通用化。

3.0.6 钢结构模块化建筑的连接及接口应满足构造合理、安全可靠，并应实现标准化、通用化。

3.0.7 钢结构模块化建筑的公差应根据模块单元的安装部位、加工制作及施工精度等要求确定。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构模块化建筑的设计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。

4.1.2 模块单元的尺寸应根据钢结构模块化建筑的建筑功能、生产设备、交通运输条件、吊装设备、现场施工安装条件等因素，综合确定。

4.1.3 钢结构模块化建筑的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定，内装修工程防火设计应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222的有关规定。

4.1.4 钢结构模块化建筑的节能设计应符合国家现行标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015、《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75的有关规定。

4.1.5 钢结构模块化建筑的防水工程应符合现行广东省标准《建筑防水工程技术规程》DBJ/T 15-19的有关规定。

4.1.6 钢结构模块化建筑的隔声性能应符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118的有关规定。

4.1.7 钢结构模块化建筑的连接与接口设计应符合下列规定：

- 1 连接与接口设计应明确工厂加工与现场施工的交界面；
- 2 连接与接口设计应为现场施工安装提供足够的施工及安全保护空间；
- 3 连接与接口设计应留有检修口，方便后期的维护及检修。

4.1.8 模块单元与基础之间，模块单元之间以及模块单元与内部功能单元之间接口的设计，应满足建筑的防火、防水、防潮、隔声等各项要求。模块单元的接缝处理应符合下列规定：

- 1 模块单元间接缝宜采用材料防水和构造防水相结合的做法；
- 2 模块单元宜在接缝处设置聚乙烯棒，并宜在外侧填补防水密封胶；
- 3 模块单元间接缝处的防水构造应满足使用期间的排水要求；
- 4 模块单元接缝处的构造应防止动植物滋生繁殖。

4.2 模数协调

4.2.1 钢结构模块化建筑设计采用的模数数列应根据建筑功能和经济性原则确定。建筑设计应统筹考虑模数要求及部品部件的规格，并宜采用标准化、通用化的规格及尺寸。

4.2.2 模数协调宜采用模数网格建立正交的三维空间模数参考系统，并应符合下列规定：

- 1 空间模数参考系统中模数网格的基本模数可取为1M（1M等于100mm），模块单元及其内装部品在空间模数参考系统中确定模数协调的安装基准面时，宜以此为依据；
- 2 空间模数参考系统中模数网格的扩大模数宜采用2M、3M的扩大模数数列；
- 3 每个模块单元及其内装部品的安装基准面宜在空间模数参考系统中确定，模块单元之间、模块单元与内装系统之间以及各个内装系统之间的模数协调关系宜通过标准化接口和公差系统确立。

4.2.3 钢结构模块化建筑的平面尺寸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。

4.2.4 模块单元沿水平方向定位的标志尺寸应符合下列规定：

- 1 模块单元沿水平方向的定位基准面宜采用中心线定位法与界面定位法结合的方法，中心线定位于模块单元间接口的中间位置，界面定位于模块单元的两侧外表面（图 4.2.4）；
- 2 标志尺寸的模数宜取 1M 或 1/2M；
- 3 相邻模块单元之间的接口尺寸宜取 20mm。

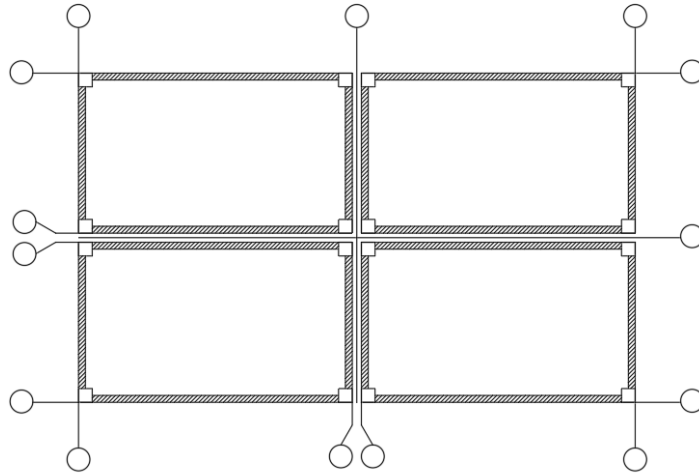


图 4.2.4 模块单元的定位轴线示意图

4.2.5 钢结构模块化建筑在进行立面设计时，其建筑层高的确定应符合下列规定：

- 1 建筑层高的定位基准面应设置在模块单元底板的结构完成面顶面，建筑层高为下层模块单元室内结构完成面至上层模块单元室内结构完成面之间的高度（图 4.2.5）；
- 2 当层高小于 3.6m 时，宜取 100mm 作为建筑层高的模数。

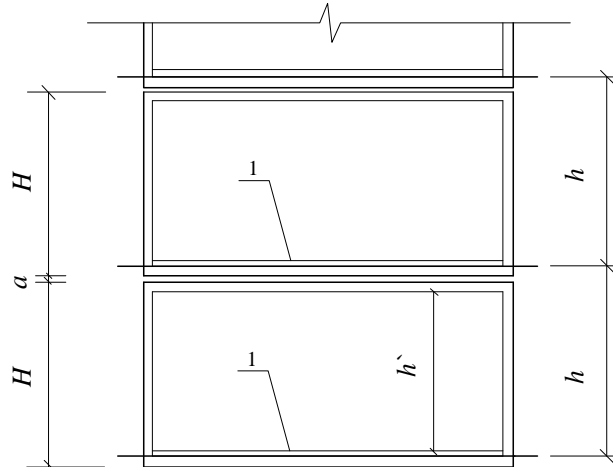


图4.2.5 钢结构模块化建筑的建筑层高示意图

H —模块单元高度； h —建筑结构层高； h' —建筑净高； a —接口高度
1—室内地面装修完成面

4.2.6 不同建筑功能的模块单元开间的标志尺寸宜符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 不同建筑功能模块单元开间尺寸表

房间功能	开间标志尺寸 (mm)
书房、卧室	2400~3000
公寓、宿舍、宾馆	3000~3900

续表 4.2.6

房间功能	开间标志尺寸 (mm)
办公室	3300~4200
标准病房、诊室	3600~4200
走廊	1800~3000

4.3 平面、立面设计

4.3.1 钢结构模块化建筑的平面设计应符合下列规定：

- 1 建筑的平面设计宜简洁、规则，模块划分形状宜规整，不宜出现过多转角；
- 2 模块单元的布置方案上下层无法完全一致时，应满足结构竖向构件连续性的要求；
- 3 同一功能区由多个模块组成时，功能区内的设备、门窗、固定收纳等不宜跨模块布置；
- 4 楼梯间、电梯间、卫生间、厨房等具有特定功能且管线密集区域，宜采用独立模块单元；
- 5 建筑平面设计时应考虑相邻模块单元之间结构和设备管线的连接构造，模块间管线接口应集中设置。

4.3.2 楼梯间、电梯间、设备管井等公共区域应符合人流、物流通行以及安全疏散等建筑设计要求，并结合抗侧力构件进行综合布置。

4.3.3 钢结构模块化建筑的立面设计应符合下列规定：

- 1 立面设计应符合深圳当地的规划要求，外形应结合建设地区的环境特点确定；
- 2 外立面分割应尺寸合理，并应与模块拼缝位置相协调；
- 3 立面设计应充分考虑模块单元间接口公差，必要时可做遮蔽与美化。

4.3.4 钢结构模块化建筑的立面设计宜采用标准化模块单元的不同组合形式来实现多样化的建筑造型及使用功能。

4.3.5 首层模块单元底面应高出室外地面，地板应架空，模块单元下架空空间宜采取封闭措施。

4.4 模块单元围护系统

4.4.1 模块单元的围护系统应具备必要的刚度、临时防水和临时防护能力。

4.4.2 模块单元的围护系统在设计时应充分考虑模块连接节点构造，预留施工安装作业的空间。

4.4.3 模块单元的隔声性能应符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016、《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 对可能出现冲击的部位应采取相应的空气声隔声和撞击声隔声措施；
- 2 对设备运转导致传声、传振的部位应分别采取隔声和隔振措施；
- 3 对隔声要求较高的部位应通过设置空腔、采用隔声材料等方式提高隔声性能。

4.4.4 模块墙体应满足建筑功能和使用要求，应具有良好的隔声、防火、气密、保温和抗冲击性能，并应具有足够刚度保障装饰装修工程的施工和设备管线的正常使用。

4.4.5 模块墙体宜选用龙骨组合墙体，或其它可适应结构变形的墙体。

4.4.6 模块墙体的开洞穿管处应进行防水设计。

4.4.7 模块墙体作为内隔墙时应符合下列规定：

- 1 隔墙应采取可靠的连接措施，确保正常使用和运输过程中墙体不发生开裂和破坏；
- 2 有吊挂、安装需求的隔墙应满足承载的要求，有水房间的隔墙应满足防水的要求；
- 3 隔墙在运输、安装过程中应满足防雨的要求，无相关措施时应设计临时防雨构造。

- 4.4.8** 模块墙体兼做外墙时应符合下列规定：
- 1 模块墙体应满足外墙的相关性能要求；
 - 2 外墙基层墙体应与模块单元一体化设计；
 - 3 除接缝位置外，外墙保温和装饰层宜与模块单元一体化设计；
 - 4 外墙应能实现调节误差、工厂预装和现场置换。
- 4.4.9** 模块外墙与主体结构的连接应符合下列规定：
- 1 连接节点在保证主体结构整体受力的前提下，应牢固可靠、受力明确、传力简洁和构造合理；
 - 2 连接节点应满足承载力的要求，当单个连接节点失效时，外墙不应脱落；
 - 3 正常使用情况下连接节点应具备适应主体结构变形的能力；
 - 4 节点设计应考虑工厂加工、预装或施工安装的便利性，宜以工厂预装为主，现场后装为辅；
 - 5 连接件的连接应具有三维可调节能力，耐久性应满足设计工作年限的要求。
- 4.4.10** 模块外墙宜采用单元式构造，在工厂标准化加工、组装，并在工厂与主体结构进行预装。
- 4.4.11** 模块墙体采用幕墙时应与主体结构可靠连接，幕墙龙骨与主体结构间的连接件应充分考虑模块外墙构造的特点进行精细化排布。
- 4.4.12** 模块外墙外露框、压条、装饰构件、嵌条、遮阳板等应符合设计要求，安装牢固可靠。
- 4.4.13** 模块外墙应与门窗、外墙框架结构相互协调，并应对洞口进行加强，设计合理的泛水构造。
- 4.4.14** 模块顶板可采用平钢板、波纹板或压型钢板混凝土组合板。
- 4.4.15** 模块底板宜采用压型钢板混凝土组合板，也可采用轻型楼板或其它适用的楼板形式。
- 4.4.16** 模块底板采用压型钢板混凝土组合板时，浇筑工作应在工厂内完成，板内钢筋应与模块四周边梁可靠连接。
- 4.4.17** 模块底板采用轻型楼板时，安装工作应在工厂内完成，并应通过增加楼面水平支撑等措施提高楼板平面内的刚度。
- 4.4.18** 模块顶板和底板的开洞穿管处应进行防水设计。
- 4.4.19** 组成建筑屋面的模块顶板应满足保温、防水和隔汽的要求。

4.5 建筑外围护系统

- 4.5.1** 钢结构模块化建筑的外围护系统应符合国家、广东省及深圳市建筑节能、绿色建筑等设计标准的规定。外围护系统的抗风、抗震、耐撞击、防火、水密、气密、隔声、热工和耐久性能应根据气候条件、使用功能等综合确定。
- 4.5.2** 钢结构模块化建筑宜采用装饰类外墙系统，可采用玻璃幕墙、金属幕墙、石材幕墙、人造板材幕墙等。
- 4.5.3** 建筑外墙和外墙层间应协同主体结构进行模块化设计，确保受力可靠、安装便捷、易于替换。门窗和幕墙的构造应满足消防的要求。
- 4.5.4** 建筑外墙应进行整体防水设计，应采用构造防水和材料防水相结合的方式，并应符合下列规定：
- 1 建筑外墙整体防水设计应包括外墙的防水构造、防水层材料的选择和节点密封防水构造；
 - 2 建筑外墙防水材料应根据深圳市的气候环境特点选用，防水层应设置在迎水面；
 - 3 建筑外墙节点构造防水设计应包括门窗洞口、雨篷、阳台、变形缝、伸出外墙管道、女儿墙压顶、外墙预埋件、预制构件等交接部位；

- 4 外墙构造应满足保温材料粘、锚的要求，保温材料锚固节点应采取相应的防水措施。
- 4.5.5** 模块单元间及模块单元与非模块结构间的拼接水平缝及竖向缝应进行防水设计。
- 4.5.6** 外墙的接缝应符合下列规定：
- 1 接缝处应根据当地气候条件合理进行构造防水、材料防水相结合的防排水设计；
 - 2 接缝宽度及接缝材料应根据外墙材料、立面分格、结构层间位移、温度变形等因素综合确定；
 - 3 接缝材料及构造应满足防水、防渗、抗裂、耐久等要求；
 - 4 接缝材料应与外墙材料具有相容性，在正常使用情况下，接缝处的弹性密封材料不应发生破坏；
 - 5 接缝处以及与主体结构的连接处应采取防止热桥形成的构造措施。
- 4.5.7** 钢结构模块化建筑的屋面宜具备连接建筑顶层模块单元的结构功能，满足屋面结构承载力和变形的要求。
- 4.5.8** 屋面构造应满足建筑节能和防水的要求，并应符合下列规定：
- 1 建筑屋面宜采用平屋面；
 - 2 当采用的屋面保温材料亲水性较弱时，应采用倒置屋面做法；
 - 3 屋面系统及材料应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定；
 - 4 屋面系统应确保保温材料、隔汽层的连续性、密闭性和整体性；
 - 5 金属屋面应进行抗风验算或试验验证，并应采取固定加强措施；
 - 6 天窗、天沟、檐沟、檐口、水落管、泛水、变形缝和伸出屋面管道等处应采取与工程特点相适应的防水加强措施。
- 4.5.9** 屋面建筑面层防火、防水和保温隔热应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345 的有关规定。对于防水要求较高的建筑，屋面系统宜采用整体现浇、装配整体式钢筋混凝土屋面或装配整体式组合屋面。

4.6 防腐与防火

- 4.6.1** 钢结构构件的防腐蚀设计应遵循安全可靠、经济合理的原则，符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 以及现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定，并应符合下列规定：
- 1 防腐蚀设计应根据环境腐蚀条件、施工和维修条件等要求合理确定；
 - 2 防腐蚀设计应考虑环保节能的要求；
 - 3 钢结构构件应避免采用加速构件腐蚀的不良设计；
 - 4 防腐蚀设计中应考虑钢结构构件在设计工作年限内的检查、维护和大修。
- 4.6.2** 钢结构构件在涂装之前应进行表面处理，闭口截面构件应沿全长和端部进行焊接封闭。
- 4.6.3** 钢结构节点连接部位的防腐设计年限不应低于构件的防腐设计年限。
- 4.6.4** 钢结构模块化建筑的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定，典型部位的防火构造可采用本规程附录 A 所示的做法。
- 4.6.5** 钢结构模块化建筑的设计文件中应注明建筑的设计耐火等级、构件的设计耐火极限以及所需要的防火保护措施和防火保护材料的性能要求。
- 4.6.6** 钢结构模块化建筑的防火设计应充分考虑模块单元的组合以及模块单元间拼缝的影响，组合后的模块框架梁柱、墙板、楼板等应符合现行国家有关标准中耐火极限的规定。

4.6.7 模块单元间拼缝的防火封堵设计应符合下列规定：

1 建筑内部墙体之间的拼缝应进行防火封堵；

2 教室、办公室等由多个模块单元组成的大空间，其模块单元之间存在的梁-梁、柱-柱、顶板-顶板、底板-底板拼缝应采用岩棉等不燃材料进行填塞封堵；

3 当模块墙体均独立满足建筑防火要求时，相邻模块墙体间形成的封闭空腔靠外墙一侧的缝隙可不进行防火封堵。

4.6.8 模块外墙的防火应符合下列规定：

1 防火封堵应具有防火、防烟、隔热性能，能在设计的耐火时间内与模块单元或构件协同工作。在正常使用和火灾条件下，不应发生脱落、移位、变形和开裂；

2 模块外墙与建筑主体的缝隙宜选用柔性无机材料、防火密封胶、防火密封漆等及其组合进行封堵；

3 模块外墙层间防火宜考虑一体化防火构造，并宜采用模块化的安装方式。

4.6.9 模块单元间管线的衔接不应减弱墙体或楼板的耐火性能，当建筑塑料排水管穿越楼层、防火墙、管道井井壁时，应根据建筑物性质、管径、设置条件以及穿越部位的防火等级要求设置阻火装置。

4.6.10 钢结构模块化建筑二次装修后，建筑构件的防火性能不应低于原建筑。

4.6.11 采用防火涂料进行防火保护时，构件表面应按有关规定进行除锈与涂装。防火涂层的形式、性能以及厚度应根据钢结构构件的耐火极限确定。

4.6.12 采用防火板材进行防火保护时，应根据构件的形状和所处部位设计合理的包覆构造，并应采取安装加固措施。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 钢结构模块化建筑的结构设计，本规程未做规定的，应按现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定执行。

5.1.2 钢结构模块化建筑的安全等级和设计工作年限应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 的有关规定。

5.1.3 钢结构模块化建筑的钢材、螺栓、栓钉与焊接材料的性能应符合国家现行标准《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。钢筋、混凝土等材料的性能尚应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.1.4 钢结构模块化建筑的抗震设计应遵循抗震概念设计的基本原则，并应符合下列规定：

- 1 应进行合理的结构布置，具有明确的计算简图和合理的荷载和作用的传递途径；
- 2 应采用合理的结构抗震设计方案，加强结构的整体性，结构体系应有多道抗震防线；
- 3 应采取可靠的抗震措施，实现强柱弱梁、强剪弱弯、强节点、强锚固等要求，构件和体系应具有良好的变形能力和消耗地震能量的能力，避免构件产生脆性破坏；
- 4 外围护墙板与主体结构之间的连接件应具有足够的变形能力，满足在设防地震下主体结构层间变形的要求。

5.1.5 荷载取值与计算参数的确定应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009 和现行广东省标准《建筑结构荷载规范》DBJ 15-101 的有关规定。地震作用的确定应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

5.1.6 钢结构模块化建筑设计时应考虑结构舒适度的要求，楼盖振动舒适度应符合现行行业标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441 的有关规定，高层钢结构模块化建筑的风振舒适度应符合现行广东省标准《高层建筑风振舒适度评价标准及控制技术规程》DBJ/T 15-216 的有关规定。

5.1.7 钢结构模块化建筑的结构设计文件应明确提出防火和防腐蚀的技术要求与防护措施，以及整体结构和连接节点在运营期的维护要求。

5.1.8 建筑非结构构件和建筑附属设备应采取必要的抗震措施，并应考虑围护结构对结构抗震的不利影响，避免不合理设置而导致主体结构的破坏。

5.2 结构体系

5.2.1 钢结构模块化建筑可采用叠箱结构体系、叠箱-底部框架结构体系以及叠箱-抗侧力结构体系（图 5.2.1），结构布置应形成稳定的几何不变体系。

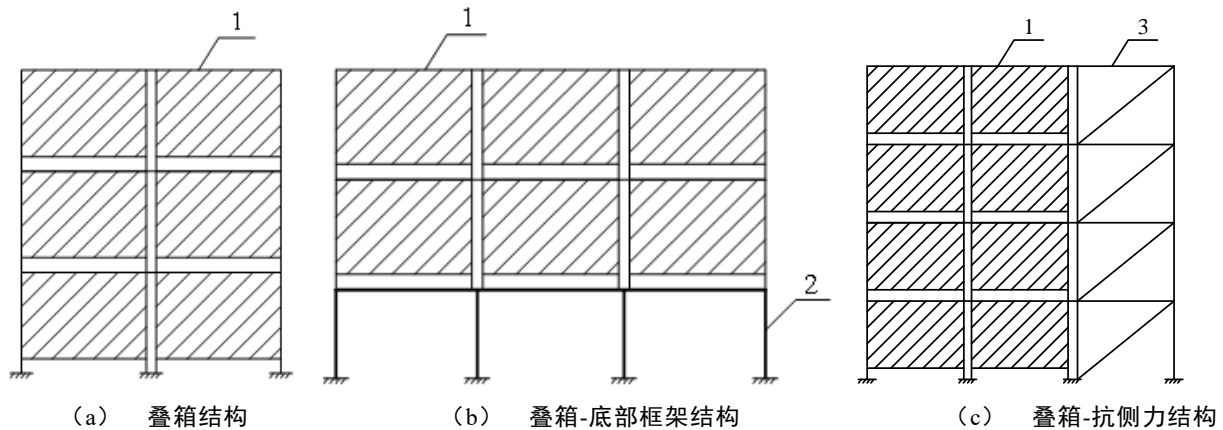


图 5.2.1 钢结构模块化建筑结构体系

1—模块单元；2—底部框架结构；3—抗侧力结构

5.2.2 钢结构模块化建筑可采用普通型叠箱或加强型叠箱，同时符合下列规定的叠箱可视为加强型叠箱：

- 1 结构整层屋面采用现浇或装配整体式结构，满足刚性屋面假定；
- 2 至少采取下列一项增加结构冗余度的措施：
 - 1) 模块单元的叠箱竖向连接采用刚接节点；
 - 2) 每个方向内部设置支撑或延性墙板的模块单元数量不少于 30%；
- 3 结构满足本规程 5.5 节中的抗震性能设计要求。

5.2.3 钢结构模块化建筑的最大适用高度宜符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 钢结构模块化建筑最大适用高度 (m)

结构体系	叠箱类型	抗震设防烈度				
		6度 (0.05g)	7度 (0.1g)	7度 (0.15g)	8度 (0.2g)	8度 (0.3g)
叠箱结构	普通型	15	12	12	9	9
	加强型	30	27	27	24	18
叠箱-底部框架结构	普通型	21	18	18	15	15
	加强型	36	33	33	30	24
叠箱-抗侧力结构	普通型	30	24	24	18	18
	加强型	100	80	70	60	50

注：1 叠箱-抗侧力结构的抗侧力部分应采用钢框架-支撑、钢框架-延性墙板、混凝土框架-剪力墙、剪力墙、筒体结构。当结构的抗侧力部分为钢框架或混凝土框架结构时，建筑最大适用高度应按叠箱结构选取；

2 叠箱-底部框架结构中底部框架可采用一层或者多层框架，当上部叠箱结构的总高度不超过普通型叠箱结构的最大适用高度时，上部叠箱可采用普通型叠箱，否则应采用加强型叠箱；

3 超过表内最大适用高度的建筑，应进行专门研究和论证。

5.2.4 钢结构模块化建筑结构适用的最大高宽比不宜超过表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 钢结构模块化建筑结构适用的最大高宽比

结构体系	抗震设防烈度		
	6度	7度	8度
叠箱结构、叠箱-底部框架结构	5	4	3
叠箱-抗侧力结构	6	5	4

5.2.5 钢结构模块化建筑应根据设防分类、设防烈度、建筑高度采用不同的抗震等级，并应符合

相应的构造要求。丙类钢结构模块化建筑的叠箱部分的抗震等级应按表 5.2.5 确定，其它结构部分的抗震等级应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

表 5.2.5 丙类钢结构模块化建筑叠箱结构的抗震等级

叠箱类型	抗震设防烈度			
	6 度	7 度	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)
普通型		四级	三级	二级
加强型	四级	三级	二级	一级

5.2.6 钢结构模块化建筑结构的平面布置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。平面布置宜规则、对称，结构各层的抗侧力刚度中心与质量中心宜重合或相近。

5.2.7 钢结构模块化建筑结构的竖向布置应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 结构竖向刚度应逐渐变化，并应避免刚度突变和承载力突变；
- 2 楼层质量沿高度方向宜均匀分布，楼层质量不宜大于相邻下部楼层质量的 1.5 倍；
- 3 上下层模块单元的模块框架柱应满足竖向连续传力；
- 4 抗震设计时应避免采用错层结构；

5 外挑模块单元未挑出一端的角柱应与下层模块单元的角柱可靠连接，支撑挑出部分的下层模块角柱应采取必要的加强措施。模块单元宜在长边方向进行外挑，外挑长度不应大于模块单元总长度的 1/3。

5.3 模块受力单元

5.3.1 钢结构模块化建筑的模块单元根据受力特点可以分为框架模块、框架-支撑模块、框架-延性墙板模块三种基本形式（图 5.3.1）。支撑和延性墙板的设置应避免对模块框架梁产生不平衡力。

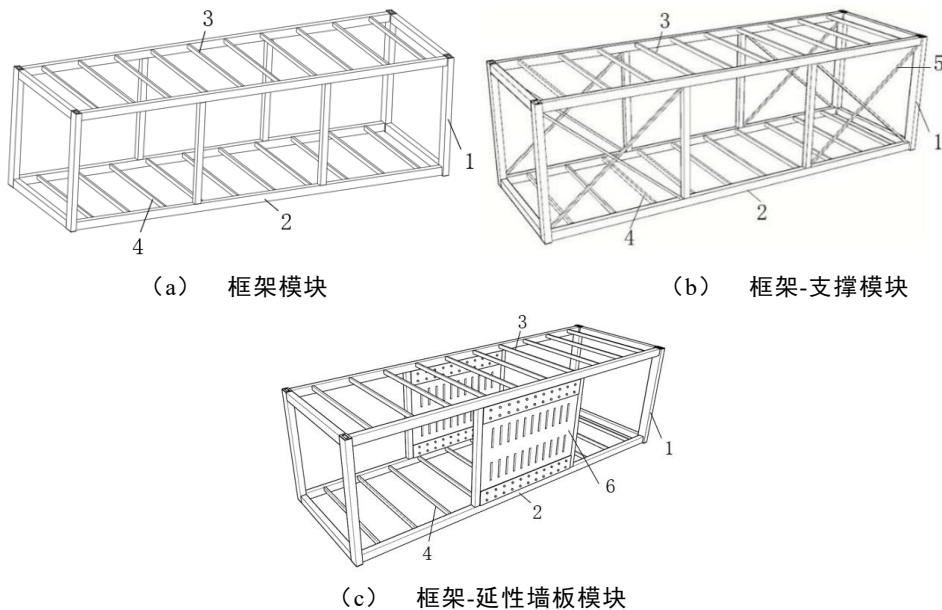


图 5.3.1 钢结构模块单元基本形式

1—模块框架柱；2—模块框架梁；3—模块顶次梁；4—模块底次梁；5—模块内支撑；6—模块内延性墙板

5.3.2 模块单元构件的截面选型和尺寸应根据整体结构计算模型确定，选取代表性构件进行验

算，并应符合下列规定：

1 模块框架柱、模块框架梁、模块内支撑、模块内延性墙板在结构弹性分析和弹塑性分析时的变形应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；

2 对于采用箱型截面模块框架柱的结构，可按结构轴线尺寸进行分析，但应将节点域作为刚域，梁柱刚域的总长度可取柱截面宽度和梁截面高度的一半两者的较小值。对于 H 形截面模块框架柱，可按结构轴线尺寸进行分析，不考虑刚域；

3 模块框架柱应进行双向压弯稳定验算；

4 柔性支撑的支撑斜杆两端应按铰接计算。刚性支撑的支撑斜杆两端宜按铰接计算，当实际构造为刚接时也可按刚接计算。

5.3.3 模块单元短暂设计状况应包含运输、吊装、安装、储存等工况，并应符合下列规定：

1 模块单元应进行整体稳定性分析；

2 模块单元的框架梁柱、底板、顶板应进行强度验算。

5.3.4 模块单元在进行短暂设计状况验算时，荷载标准值的取值应符合下列规定：

1 模块单元应能够承担自身的重力荷载。构件的等效静力荷载标准值应取构件自重标准值与动力系数的乘积，构件运输、吊运时，动力系数宜取 1.5；构件储存、安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2；

2 作用在模块单元上的风荷载，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定，取 10 年重现期的基本风压值；

3 模块单元的顶板和底板尚应考虑在生产、施工安装过程中产生的施工活荷载，施工活荷载标准值可按实际情况计算，取值不宜小于 1.5kN/m²。

5.3.5 模块框架主梁挠度不应大于跨度的 1/400，模块框架次梁挠度不应大于跨度的 1/250。

5.3.6 模块单元结构构件的选型应符合下列规定：

1 模块框架柱宜采用箱型截面，根据截面尺寸可采用热轧、冷弯或组合焊接工艺加工；

2 模块框架梁宜采用冷弯矩形钢管，当采用混凝土楼板或有其它可靠侧向支撑时，可采用 H 型钢；

3 加强型叠箱结构的模块内支撑应采用钢管、型钢等刚性支撑，普通型叠箱结构可采用钢拉杆、钢带等柔性支撑；

4 模块单元底板应满足传递结构水平剪力的刚度和承载力要求，加强型叠箱宜采用混凝土底板。

5.3.7 模块单元构件的长细比应符合表 5.3.7 的规定。

表 5.3.7 模块单元构件长细比限值

构件名称		抗震等级			
		一级	二级	三级	四级
模块框架柱		60	80	100	120
模块内支撑	刚性支撑	120			
	柔性支撑	不限制			

注：表格中数值适用于 Q235 钢，当采用其它牌号钢材时应乘以 $\sqrt{235/f_y}$ 。

5.3.8 模块框架梁、柱和支撑板件的宽厚比应符合表 5.3.8 的规定。

表 5.3.8 模块框架梁、柱板件宽厚比限值

板件名称		抗震等级			
		一级	二级	三级	四级
模块框架柱	箱形截面壁板	33	36	38	40
模块框架梁	箱形截面翼缘在两腹板之间的部分	30	30	32	36
	工字形截面翼缘外伸部分	9	9	10	11
	工字形截面腹板	$72-120N/(Af) \leq 60$	$72-100N/(Af) \leq 65$	$80-110N/(Af) \leq 70$	$85-120N/(Af) \leq 75$
模块内支撑	工字形截面翼缘外伸部分	8	9	10	13
	工字形截面腹板	25	26	27	33
	箱型截面壁板	18	20	25	30
	圆钢管外径与壁厚之比	38	40	40	42

注：表格中数值适用于 Q235 钢，当采用其它牌号钢材时应乘以 $\sqrt{235/f_y}$ ， $N/(Af)$ 为梁轴压比。

5.3.9 模块框架梁、柱节点的连接应符合下列规定：

- 1 模块框架柱端宜突出模块底板和顶板的梁表面，突出高度不宜小于 5mm；
- 2 当模块框架梁、柱均采用箱型截面时，梁、柱之间应采用全熔透焊接；
- 3 模块框架柱内对应于模块框架梁翼缘的位置应设置内隔板，当模块框架柱采用箱形截面且有可靠依据时，也可采用其它加强措施。

5.4 模块连接节点

5.4.1 钢结构模块化建筑的连接节点应符合下列规定：

- 1 连接节点应传力可靠，满足强节点的设计要求，并应与结构计算模型假定相符；
- 2 连接节点应构造合理，便于安装和后期维护。连接节点处应具备施拧、施焊、灌浆的作业空间；
- 3 模块单元之间、模块单元与底部框架、模块单元与抗侧力结构宜在角部的模块框架柱端进行连接，水平方向的连接应按仅传递水平力进行设计。

5.4.2 模块单元之间的连接应具有可靠的抗拉、抗压、抗剪、抗弯承载力，确保相邻模块在竖直方向和水平方向上的荷载有效传递。

5.4.3 叠箱竖向连接可采用螺栓连接、拉杆连接、灌浆连接等节点形式（图 5.4.3-1），上下层模块框架柱之间的连接应通过短柱进行模拟，连接的计算模型应根据实际试验情况设定为铰接、半刚接或者刚接（图 5.4.3-2）。当节点为半刚接时，连接应采用真实刚度的弹簧单元模拟，并采用连接真实的恢复力模型进行结构弹塑性分析。

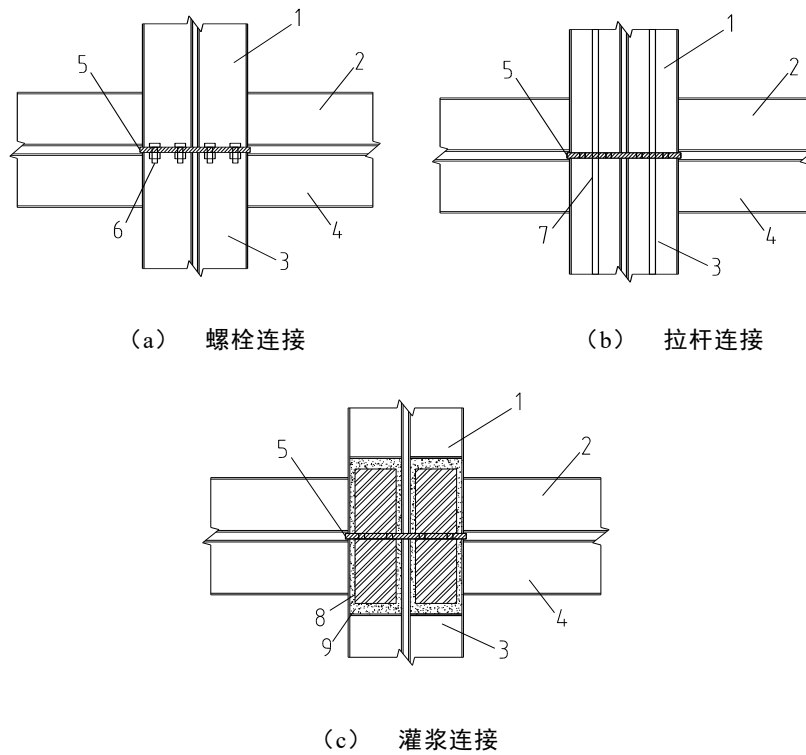


图 5.4.3-1 叠箱连接节点构造

1—上模块框架柱；2—上模块框架底梁；3—下模块框架柱；4—下模块框架顶梁；5—连接钢板；6—螺栓；7—拉杆；8—抗拔件；9—灌浆料

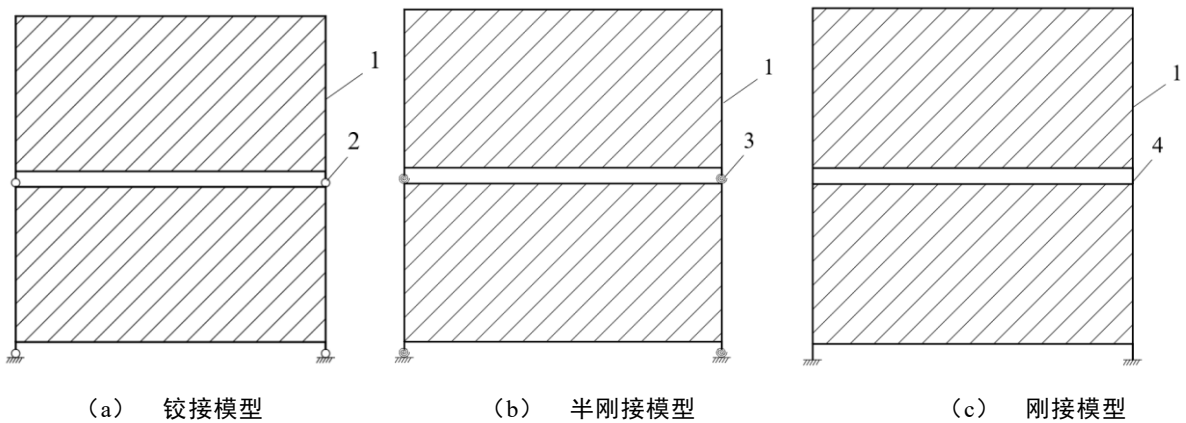


图 5.4.3-2 叠箱竖向连接节点计算模型

1—模块单元；2—铰接连接；3—半刚接连接；4—刚接连接

5.4.4 当叠箱水平连接采用连接钢板的形式时，连接的计算模型（图 5.4.4）应符合下列规定：

- 1 采用铰接连接时，连接钢板应采用两端铰接的假定，连接钢板的受剪有效长度应取相邻模块框架柱中心的距离；
- 2 采用半刚接连接时，应采用弹簧单元模拟连接钢板的轴向和切向刚度；
- 3 采用刚接连接时，连接钢板应采用两端刚接的假定，连接钢板的面外受剪有效长度应取相邻模块框架柱内侧柱壁中线之间的距离，面内受剪有效长度应取相邻模块框架柱内抗拔件内侧边缘之间的距离。

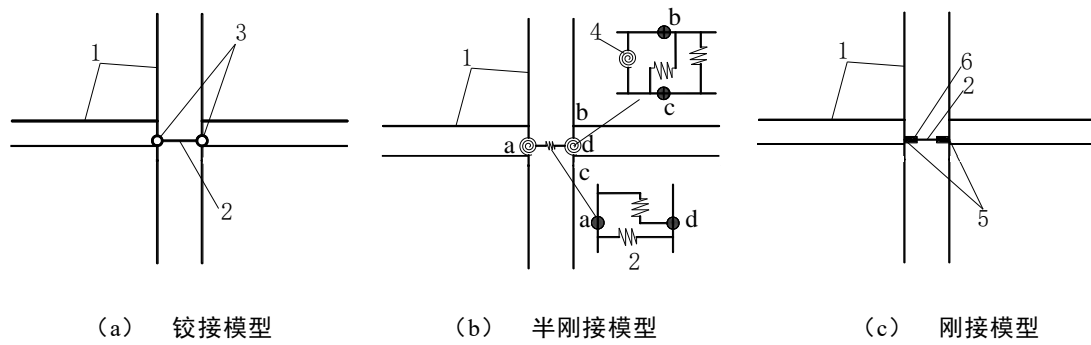


图 5.4.4 叠箱水平连接计算模型

1—模块单元；2—水平连接；3—铰接连接；4—半刚性连接；5—刚接连接；6—刚域

5.4.5 叠箱连接应进行节点承载力的验算，不同节点的验算应符合下列规定：

- 1 叠箱水平连接采用连接钢板时，应对连接钢板的面内外抗剪承载力、抗拉承载力进行验算；
- 2 叠箱竖向连接应根据连接的实际刚度建立结构计算模型，验算连接节点的抗拔、抗剪以及孔壁承压承载力，半刚接和刚接节点还应补充抗弯承载力的验算；
- 3 采用灌浆连接节点时，应对灌浆料的强度进行验算。

5.4.6 模块单元与底部框架宜通过连接钢板进行连接，连接节点可采用螺栓连接、拉杆连接、灌浆连接等节点形式（图 5.4.6）。

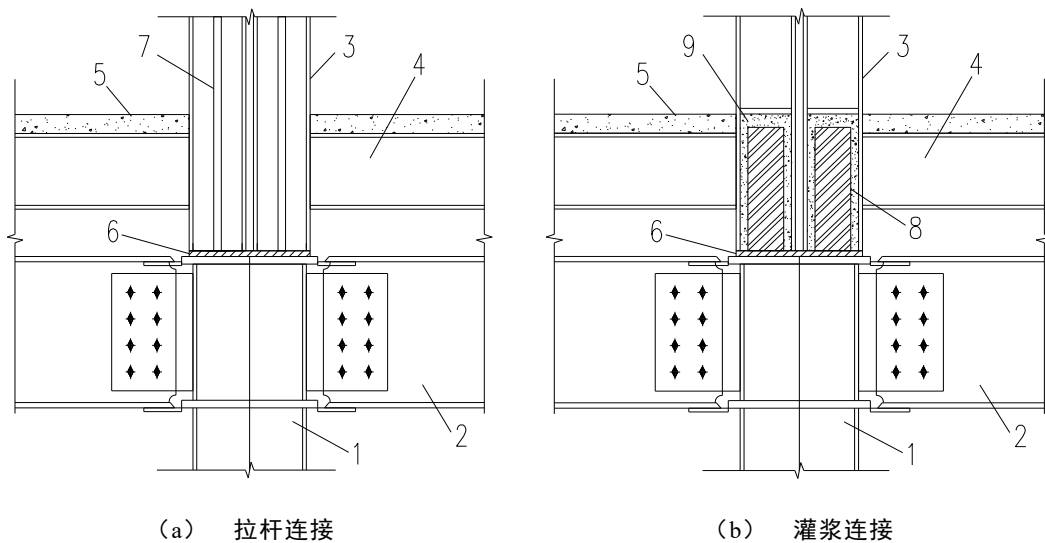


图 5.4.6 叠箱与底部框架连接节点构造

1—底部框架柱；2—底部框架梁；3—模块框架柱；4—模块框架底梁；5—模块底板；6—连接钢板；7—拉杆；
8—抗拔件；9—灌浆料

5.4.7 模块单元与抗侧力结构的连接应能够释放施工期间的竖向变形差（图 5.4.7），连接节点应避免竖向力传递产生的节点附加内力。

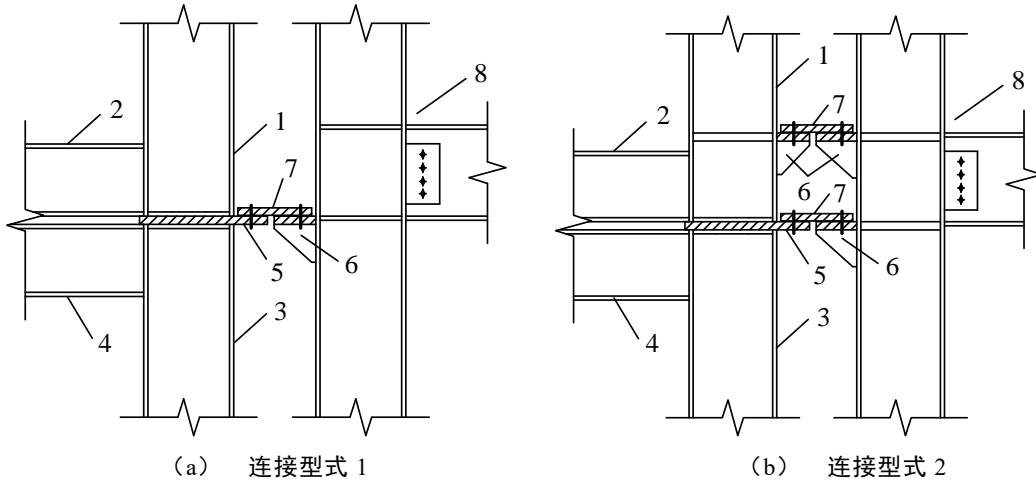


图 5.4.7 叠箱与抗侧力结构连接节点构造

1—上模块框架柱；2—上模块框架顶梁；3—下模块框架柱；4—下模块框架底梁；5—连接钢板；6—连接器；
7—水平连接板；8—抗侧力结构

5.4.8 模块单元之间、模块单元与底部框架、模块单元与抗侧力结构的连接在多遇地震下不应发生滑移，在设防烈度地震作用下不宜发生滑移，在罕遇地震作用下不应屈服。

5.5 结构设计与计算

5.5.1 结构计算应采用空间结构模型，并应符合下列规定：

1 楼板在相邻模块交接处不连续时，应采用分块弹性楼板假定进行结构分析；

2 当模块单元楼板采用混凝土楼板或组合楼板时，楼板可采用分块刚性楼板假定进行结构分析；

3 当楼（屋）面采用整体现浇或装配整体式钢筋混凝土板时，可采用刚性楼（屋）面假定进行结构分析，并应采用弹性楼（屋）面假定验算板平面内承载力。

5.5.2 钢结构模块化建筑宜进行抗连续倒塌设计，并应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中抗连续倒塌概念设计的有关规定。有特殊要求时，可采用拆除构件方法或者附加荷载方法进行抗连续倒塌设计。

5.5.3 抗连续倒塌采用拆除构件方法时，应符合下列规定：

1 应逐个分别拆除模块框架柱、底层框架内部柱、抗侧力结构内部柱以及转换桁架腹杆等重要构件；

2 可采用弹性静力方法分析剩余结构的内力和变形；

3 剩余结构构件承载力应满足下列要求：

$$R_d \geq \beta S_d \quad (5.5.3-1)$$

式中： R_d ——剩余结构构件承载力设计值；

S_d ——剩余结构构件效应设计值；

β ——效应折减系数，对中部水平构件取 0.67，对其它构件取 1.0。

4 荷载组合的效应设计值可按式确定：

$$S_d = \eta_d (S_{Gk} + \sum \psi_{qi} S_{Qi,k} + \psi_w S_{wk}) \quad (5.5.3-2)$$

式中： S_{Gk} ——永久荷载标准值产生的效应；

- $S_{Q_{i,k}}$ ——竖向可变荷载标准值产生的效应；
 S_{wk} ——风荷载标准值产生的效应；
 ψ_{qi} ——第 i 个竖向可变荷载的准永久值系数；
 ψ_w ——风荷载组合系数，取 0.2；
 η_d ——竖向荷载动力放大系数，当构件直接与被拆除竖向构件相连时取 2.0，其它构件取 1.0。

5 计算构件承载力时，钢材强度可取抗拉强度最小值。

5.5.4 抗连续倒塌采用附加荷载法时，应在关键构件表面附加 80kN/m^2 的侧向偶然作用设计值，其承载力应满足下列公式要求：

$$R_d \geq S_d \quad (5.5.4-1)$$

$$S_d = S_{Gk} + 0.6S_{Qk} + S_{Ad} \quad (5.5.4-2)$$

- 式中：
 R_d ——构件承载力设计值；
 S_d ——作用组合的效应设计值；
 S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应；
 S_{Qk} ——活荷载标准值的效应；
 S_{Ad} ——侧向偶然作用设计值的效应。

5.5.5 采用隔震减震设计的钢结构模块化建筑，可按高于基本设防目标进行多遇地震、设防地震和罕遇地震作用下的设计。

5.5.6 采用隔震设计的钢结构模块化建筑，上部结构与其它房屋或结构相邻时应设置隔离缝，隔离缝宽度不宜小于罕遇地震作用下隔离层水平位移值的 1.2 倍和 200mm 的较大值。

5.5.7 采用普通型叠箱时，宜采用振型分解反应谱法进行多遇地震作用下的抗震验算。采用加强型叠箱时，宜补充罕遇地震下的弹塑性分析，并宜符合下列规定：

- 1 当结构较规则时，宜采用推覆分析法等静力弹塑性分析方法进行结构分析；
- 2 当结构不规则时，宜采用弹塑性时程分析法进行结构分析。

5.5.8 加强型叠箱结构、加强型叠箱-底部框架结构和加强型叠箱-抗侧力结构应进行抗震性能设计，钢结构底部框架和抗侧力结构的抗震性能设计应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的有关规定，混凝土底部框架和抗侧力结构的抗震性能设计应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的有关规定，叠箱结构的抗震性能设计应符合下列规定：

- 1 抗震性能水准应根据节点形式和地震水准综合确定，具体情况可根据表 5.5.8-1 划分；

表 5.5.8-1 钢结构模块化建筑叠箱结构的抗震性能水准

节点形式 地震水准	铰接	半刚接	刚接
多遇地震	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3
预估的罕遇地震	2	3	4

- 2 抗震性能水准可按表 5.5.8-2 进行宏观判别；

表 5.5.8-2 钢结构模块化建筑各性能水准下叠箱结构预期的震后性能状况

结构抗震性能水准	模块框架柱	模块框架梁	模块内支撑	叠箱竖向连接、叠箱水平连接
1	完好	完好	完好	完好
2	完好	完好	轻微损坏，且进入塑性比例不高于 20%	完好
3	轻微损坏，且只有底层柱脚发生塑性破坏	轻微损坏，且同一层模块框架顶梁和底梁出现塑性的比例不超过 20%	轻度损坏，且进入塑性比例不高于 50%	完好
4	轻度损坏，且除底层柱脚外，同一层模块框架柱出现塑性的比例不高于 20%	轻度损坏，部分中度损坏，且同一层模块框架顶梁和底梁出现塑性的比例不超过 50%	中度损坏，部分严重损坏	完好

注：模块内屈曲约束支撑、屈曲约束钢板墙、阻尼器等耗能元件不受限制。

5.5.9 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体的刚度影响并予以折减。

5.5.10 钢结构模块化建筑抗震计算时的阻尼比宜符合下列规定：

1 叠箱结构、叠箱-钢结构抗侧力结构在多遇地震下可取 0.035；

2 叠箱-混凝土抗侧力结构在多遇地震下可按统一阻尼比法计算取 0.04，也可按照振型阻尼比法进行计算；

3 罕遇地震下的弹塑性分析，可取 0.05。

5.5.11 叠箱部分的构件稳定性和结构整体稳定性设计应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的二阶 $P-\Delta$ 弹性分析法或直接分析设计法有关规定执行，构件计算长度系数可取 1.0，并应符合下列规定：

1 叠箱结构由于定位误差、加工误差以及水平力作用下的滑移引起的荷载偏心作用，应与风荷载、地震作用同时考虑；

2 叠箱结构偏心荷载引起的弯矩可转换为施加于模块顶部的假想水平力进行等效考虑（图 5.5.11）。

$$H_{ni} = \frac{G_i}{h_i}(e_0 + e_{1i} + e_2) \quad (5.5.11-1)$$

$$e_{1i} = \frac{h_i}{250} \sqrt{0.2 + \frac{1}{n_s}} \quad (5.5.11-2)$$

式中： H_{ni} ——荷载偏心作用引起第 i 楼层的假想水平力；

G_i ——第 i 楼层总重力荷载设计值；

h_i ——第 i 楼层的模块单元的高度；

e_0 ——模块定位误差导致的偏心，可取 3mm；

e_{1i} ——第 i 楼层模块加工误差导致的偏心；

e_2 ——考虑模块通过螺栓、拉杆等连接在水平力作用下的滑移引起的荷载偏心，可取 5mm；如有措施能够保证模块不发生滑移（如灌浆）则可不考虑此项；

n_s ——结构总层数，当 $\sqrt{0.2 + \frac{1}{n_s}} < \frac{2}{3}$ 时，取此根号值为 $\frac{2}{3}$ ；当 $\sqrt{0.2 + \frac{1}{n_s}} > 1$ 时，取此根号值为 1。

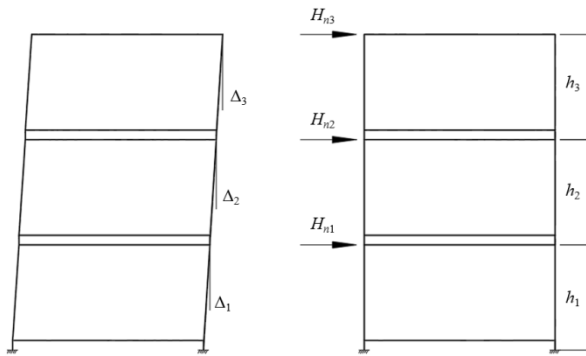


图 5.5.11 荷载偏心作用及假想水平力

5.5.12 模块框架梁应按照压（拉）弯构件进行设计。

5.6 叠箱结构

5.6.1 加强型叠箱结构的构造应符合下列规定：

1 叠箱竖向连接的拉力作用点宜位于模块框架柱的形心。当无法避免偏心时，偏心距不应大于柱截面宽度的 1/4；

2 叠箱水平连接采用连接钢板时，连接钢板的厚度不应小于 20mm，宽度不应小于模块框架柱垂直于连接方向的截面尺寸；

3 模块底板宜采用混凝土楼板，楼板厚度不宜小于 70mm。

5.6.2 叠箱结构在风荷载和多遇地震作用标准值下的弹性层间位移角不应大于 1/300。

5.6.3 叠箱结构在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角应符合下列规定：

1 采用铰接连接节点时，应不大于 1/100；

2 采用半刚接连接节点时，应不大于 1/70；

3 采用刚接连接节点时，应不大于 1/50。

5.7 叠箱-底部框架结构

5.7.1 叠箱-底部框架结构中模块单元的设计应符合本规程对叠箱结构的有关规定，加强型叠箱-底部框架结构中叠箱结构应符合加强型叠箱结构的有关规定。

5.7.2 底部框架结构为混凝土结构时，结构整体性能指标应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和现行广东省标准《高层建筑混凝土结构技术规程》DBJ/T 15-92 的有关规定。

5.7.3 底部框架结构为钢结构时，结构整体性能指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

5.7.4 当底部框架为钢结构时，转换层的侧向刚度应符合下列规定：

1 当转换层设置在 1、2 层时，转换层与相邻上层结构的等效剪切刚度比 γ_{e1} 不应小于 0.5；

$$\gamma_{e1} = \frac{G_1 A_1}{G_2 A_2} \times \frac{h_2}{h_1} \quad (5.7.4-1)$$

式中： G_1 、 G_2 ——转换层和转换层上层的柱的剪变模量；

A_1 、 A_2 ——转换层和转换层上层的折算抗剪截面面积。

2 当转换层设置在 2 层以上时，转换层与相邻上层的等效剪切刚度比 γ_{e1} 不应小于 0.6；

3 当转换层设置在 2 层以上时，转换层下部与上部结构的等效侧向刚度比 γ_{e2} 不应小于 0.8。

$$\gamma_{e2} = \frac{\Delta_2 H_1}{\Delta_1 H_2} \quad (5.7.4-2)$$

式中： Δ_1 ——转换层及其下部结构的顶部在单位水平力作用下的侧向位移；

Δ_2 ——转换层及其上部若干层结构的顶部在单位水平力作用下的侧向位移；

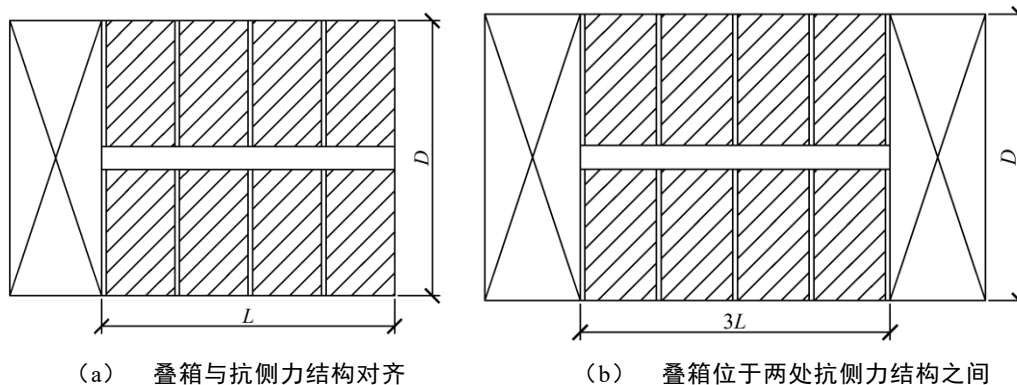
H_1 ——转换层及其下部结构的高度；

H_2 ——转换层上部若干层结构的高度，其值应接近但不大于 H_1 。

- 5.7.5** 底部框架结构上部的模块框架柱宜直接落在底部框架转换层的主要转换构件上。
- 5.7.6** 采用空腹桁架转换层时，空腹桁架宜满层设置。空腹桁架应具有足够的刚度，空腹杆应按强剪弱弯设计。
- 5.7.7** 托柱转换层结构的转换构件采用桁架时，转换桁架斜腹杆的交点、空腹桁架的竖腹杆宜与上部密柱的位置重合。
- 5.7.8** 叠箱-底层框架结构在风荷载和多遇地震作用标准值下的弹性层间位移角应符合下列规定：
- 1 底层为混凝土框架时，应不大于 1/550；
 - 2 底层为钢结构时，应不大于 1/300。
- 5.7.9** 叠箱-底层框架结构在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角应符合下列规定：
- 1 采用铰接连接节点时，应不大于 1/100；
 - 2 采用半刚连接节点时，应不大于 1/70；
 - 3 采用刚接连接节点时，应不大于 1/50。

5.8 叠箱-抗侧力结构

- 5.8.1** 叠箱-抗侧力结构中模块单元的设计应符合本规程对叠箱结构的有关规定，加强型叠箱-抗侧力结构中叠箱结构应符合加强型叠箱结构的有关规定。
- 5.8.2** 加强型叠箱-抗侧力结构的楼（屋）面设计应符合下列规定：
- 1 每层走廊区域应采用现浇混凝土楼板，现浇区域宽度不应小于 2m，厚度不应小于 100mm；
 - 2 每隔 4 层宜设置一层厚度不低于 100mm 的混凝土现浇楼板；
 - 3 屋面应采用现浇混凝土板，厚度不应小于 120mm。
- 5.8.3** 叠箱-抗侧力结构中叠箱和抗侧力结构的平面布置应符合下列规定：
- 1 叠箱直接与抗侧力结构相连的部分，在远离抗侧力结构的方向长宽比 L/D 不应大于 2，不宜大于 1.5；
 - 2 叠箱不直接与抗侧力结构相连的部分，外伸长度与宽度比 l/d 不应大于 1.5，不宜大于 1（图 5.8.3）。



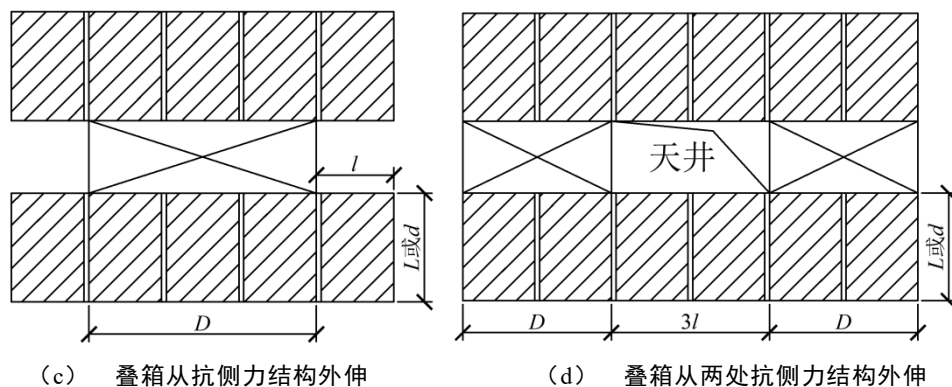


图 5.8.3 叠箱-抗侧力结构平面布置

L —叠箱结构远离抗侧力结构方向的长度； D —叠箱结构与抗侧力结构相连范围的宽度；

l —叠箱结构从抗侧力结构外伸的长度； d —叠箱结构从抗侧力结构外伸的宽度

5.8.4 抗侧力结构为混凝土结构时，结构整体性能指标应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和现行广东省标准《高层建筑混凝土结构技术规程》DBJ/T 15-92 的有关规定。

5.8.5 抗侧力结构为钢结构时，结构整体性能指标应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

5.8.6 叠箱-抗侧力结构应根据在规定的水平力作用下叠箱结构底层承受的地震倾覆力矩与结构底层总地震倾覆力矩的比值，确定房屋最大适用高度及相应的设计方法，并应符合下列规定：

1 叠箱结构底层承受的地震倾覆力矩小于结构底层总地震倾覆力矩的 50%时，按叠箱-抗侧力结构进行设计，采用叠箱-抗侧力结构的房屋最大适用高度；

2 叠箱结构底层承受的地震倾覆力矩大于结构底层总地震倾覆力矩的 50%但不大于 80%时，按叠箱结构进行设计，房屋最大适用高度可在叠箱结构的基础上适当增加；

3 叠箱结构底层承受的地震倾覆力矩大于结构底层总地震倾覆力矩的 80%时，按叠箱结构进行设计，采用叠箱结构的房屋最大适用高度。

5.8.7 当抗侧力结构满足强支撑的条件时，结构可按无侧移框架进行计算，模块框架柱的计算长度系数可取 1.0。

5.8.8 叠箱-抗侧力结构的抗震计算应符合下列规定：

1 抗侧力结构底层对应于地震作用标准值的总剪力应满足下式，不满足时应进行底层总剪力的调整，各层抗侧力结构总剪力应按同比例调整：

$$V_k \geq \alpha_{v1} V_0 \quad (5.8.8-1)$$

式中： V_k ——对应于地震作用标准值且未经调整的抗侧力结构底层承担的地震总剪力；

V_0 ——对应于地震作用标准值的叠箱-抗侧力结构底层总剪力；

α_{v1} ——剪力调整系数，按表 5.8.8-1 选取。

表 5.8.8-1 抗侧力结构剪力调整系数 α_{v1} 取值

叠箱结构节点形式	铰接	半刚接	刚接
普通型	0.8	0.6	0.4
加强型	1.0	0.8	0.6

注：抗侧力结构采用屈曲约束支撑、屈曲约束钢板墙等耗能构件时， α_{v1} 可减少 0.1。

2 对应于地震作用标准值的各层叠箱结构总剪力应满足下式：

$$V_d \geq \min\{\alpha_{v2} V_0, \alpha_{v3} V_{d,max}\} \quad (5.8.8-2)$$

式中： V_d ——对应于地震作用标准值且未经调整的各层（或某一段内各层）叠箱结构承担的地震总剪力；

$V_{d,max}$ ——对应于地震作用标准值且未经调整的各层叠箱结构承担的地震总剪力中的最大值；

α_{v2} 、 α_{v3} ——剪力调整系数，按表 5.8.8-2 选取。

表 5.8.8-2 叠箱结构剪力调整系数取值

抗侧力结构	α_{v2}	α_{v3}
钢结构	0.25	1.8
混凝土结构	0.2	1.5

5.8.9 叠箱-抗侧力结构在风荷载和多遇地震作用标准值下的弹性层间位移角应符合下列规定：

- 1 抗侧力结构为混凝土框架时，应不大于 1/550；
- 2 抗侧力结构为混凝土剪力墙时，应不大于 1/800；
- 3 抗侧力结构为钢结构时，应不大于 1/300。

5.8.10 叠箱-抗侧力结构在罕遇地震作用下的弹塑性层间位移角应符合下列规定：

- 1 抗侧力结构为钢结构和混凝土框架时，应不大于 1/50；
- 2 抗侧力结构为混凝土剪力墙时，应不大于 1/100。

5.9 地基基础

5.9.1 地基基础设计应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

5.9.2 高于 50m 的钢结构模块化建筑宜设置地下室。采用天然地基时，基础埋置深度不宜小于房屋总高度的 1/15；采用桩基时，不宜小于房屋总高度的 1/20。

5.9.3 在重力荷载与水平荷载标准值或重力荷载代表值与多遇水平地震标准值共同作用下，高宽比大于 4 的高层钢结构模块化建筑，基础底面不宜出现零应力区；其它建筑基础底面与地基之间零应力区面积不应超过基础底面面积的 15%。

5.9.4 地下室顶板或基础上部应设置预埋件与模块单元可靠连接，预埋件宜用混凝土包裹。

5.9.5 设置地下室时，叠箱-抗侧力结构中抗侧力结构的钢框架柱应至少延伸至计算嵌固端以下一层，叠箱结构和抗侧力结构的基础埋深宜一致。

6 设备管线与内装系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 钢结构模块化建筑的设备管线和内装系统应符合国家现行标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222、《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325、《民用建筑隔声设计规范》GB 50118、《住宅室内装饰装修设计规范》JGJ 367 和现行深圳市工程建设标准《居住建筑室内装装配式装修技术规程》SJG 96 的有关规定。

6.1.2 钢结构模块化建筑的设备与管线的抗震设计应符合现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 的有关规定。

6.1.3 机电设计、内装设计应与建筑设计、结构设计等专业同步进行，机电设计宜结合内装设计暗敷管线及设备。

6.1.4 机电设备系统、内装系统应满足模块标准化设计、工厂集成化安装的要求，并满足运输、吊装成品保护的要求。

6.1.5 机电设备及管线的连接应采用标准化接口，应选用耐腐蚀、抗老化、连接可靠的管线及设备。

6.1.6 公共管线、阀门、检修口、计量仪表、电表箱、配电箱、智能化配线箱等，宜统一集中设置在公共区域。

6.1.7 设备与管线的布置应符合下列规定：

- 1 设备与管线的布置应减少上下模块间的管线竖向连接，并宜布置在架空层或吊顶内；
- 2 设备与管线宜集中布置在供上下层、多系统管线连接的管道井内，并应设置隔断和保护。

6.1.8 机电设备、管线及内装系统的安装应符合下列规定：

- 1 应结合钢结构模块化建筑的特点，区分工厂与现场安装的工作内容；
- 2 当管线跨越模块时，应结合内装设计预留对接槽口；
- 3 当工厂内安装的管道、设备固定在钢结构构件上时，应采用专用固定件，固定件宜在工厂完成与钢结构的固定，且不得影响钢结构构件的完整性与安全性；

4 当设备管线穿越预制楼板或预制墙体时，应在工厂内预留套管或孔洞，不应在模块单元安装后凿削沟、槽、孔洞；

5 当设备、管线穿越楼板、墙体时，应采取防水、防火、隔声、密封、保温隔热等措施，防火封堵应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

6.1.9 设备管线系统应采用建筑信息模型技术，机电设备管线宜共用支吊架并满足一体化预制的要求。

6.2 给排水系统

6.2.1 钢结构模块化建筑给水排水系统设计应符合《建筑给水排水设计标准》GB50015、《建筑给水排水与节水通用规范》GB55020 的有关规定。

6.2.2 给水系统的设计应符合下列规定：

1 室内给水横管应结合室内装修在吊顶内敷设，吊顶内的阀门、模块单元之间管道连接接头处应设置可拆卸吊项；

- 2 连接卫生器具给水支管应暗敷在轻钢龙骨隔墙中，并在工厂一体化完成；

3 给水管道、喷淋管道跨越模块单元时，应集中设置。

6.2.3 排水系统的设计应符合下列规定：

- 1 卫生间应采用同层排水技术，宜采用不降板同层排水技术；
- 2 排水系统的设计应满足底层排水管道安装及检修的要求；
- 3 通气管不宜穿越金属屋面，当必须穿越金属屋面时，应采取可靠的防水措施。

6.3 供暖、通风、空调及燃气系统

6.3.1 钢结构模块化建筑的供暖、通风、空调设计应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。

6.3.2 供暖通风与空调设备、管线的设计应符合下列规定：

- 1 模块单元内供暖通风与空调设备、管线应方便维修更换，维修更换时不应影响主体结构，并宜与主体结构相分离；
- 2 模块单元内供暖通风与空调设备、管线应定位准确，并宜集中设置、减少平面交叉；
- 3 模块单元内供暖通风与空调设备的安装及管线敷设宜在工厂内完成，当设备整体安装时，管线应与预制构件上的预埋件可靠连接，并宜采取隔振、隔音措施。

6.3.3 燃气系统设计应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的有关规定。

6.4 电气系统

6.4.1 钢结构模块化建筑的配电、防雷、接地、消防、智能化设计应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB 50052、《建筑物防雷设计规范》GB 50057、《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065、《低压配电设计规范》GB 50054、《民用建筑电气设计标准》GB 51348、《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024 的有关规定。

6.4.2 电气管线的预留接口应符合下列规定：

- 1 部品与配管及配管之间的连接应采用标准化接口，并应便于安装维护；
- 2 连接管、接线盒等应做适当预留，出线口和接线盒应准确定位，预留孔洞的大小应满足相应公差要求；
- 3 同一建筑的土建接口宜集中部位设置；
- 4 隔墙两侧的电气设备不应直接连通设置。

6.4.3 防雷及接地应符合下列规定：

- 1 竖向和水平模块单元间的模块框架柱应连接成电气通路，宜在建筑外围的模块框架柱设置防雷引下线与均压环；
- 2 外墙防雷设计宜将防雷连接线与外墙预先组合，并在主体结构上预留防雷连接点；
- 3 模块单元间的电气水平金属导管应有可靠的接地措施；
- 4 当模块单元外墙上的金属管道、栏杆、门窗、金属围护部（构）件、金属遮阳部（构）件等金属物需要做防雷连接时，应通过与相关模块单元内部的金属件与防雷装置连接成电气通路；
- 5 共用接地装置电阻值应满足各种接地电阻要求的最小值。

6.5 内装系统

6.5.1 钢结构模块化建筑内装系统设计与部品选型应满足绿色环保的要求。室内污染物限制应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 的有关规定。

- 6.5.2** 内装系统宜采用装配式装修技术，并应符合下列规定：
- 1 内装系统的设计应遵循标准化设计和模数协调的原则，并应满足室内功能和性能要求；
 - 2 模块内部装修，除内部接口位置外，宜在工厂内完成；
 - 3 内装修材料及部品应根据不同的使用年限，做到安全可靠，连接牢固，维护便利；
 - 4 内装部品应根据规格和安装顺序对部品进行统一编号。
- 6.5.3** 内装部品宜结合设备管线进行集成设计，内装部品的装配宜满足干式工法的要求。
- 6.5.4** 内装系统的相关部品部件的尺寸、公差应与接口相协调，内装部品应具有通用性和互换性。
- 6.5.5** 楼地面系统宜选用集成化部品，宜采用干式施工工法的饰面材料，并应符合下列规定：
- 1 瓷砖地面宜采用薄贴做法；
 - 2 地胶地面宜采用干式卡扣连接做法；
 - 3 复合木地板地面宜采用实铺式做法；
 - 4 地毯地面宜采用免胶做法；
 - 5 架空地板地面的架空高度应根据下敷管线尺寸、路径、设置坡度等确定，并应设置检修口；
 - 6 潮湿区域楼地面系统宜采用防滑，防潮类部品，并宜在模块内完成防水处理。
- 6.5.6** 模块单元内部轻质隔墙宜采用轻钢龙骨隔墙或其他装配式隔墙，并应符合下列规定：
- 1 隔墙宜结合室内管线的敷设进行构造设计，避免管线安装和维修更换对墙体造成破坏；
 - 2 室内管线宜结合隔墙构造进行相应的隐蔽设计，避免明管明线；
 - 3 隔墙饰面应高于吊顶完成面，确保隔墙基层隐蔽；
 - 4 隔墙龙骨应直接固定在混凝土楼板及模块框架梁上，不宜采用混合加固的方式。
- 6.5.7** 模块单元内部的吊顶系统应满足室内净高的需求，并应符合下列规定：
- 1 天花饰面宜采用具备装配特点的扣板天花系统或铝板天花系统；
 - 2 在工厂施工时，吊顶系统宜使用轻钢龙骨系统作为固定构件；
 - 3 吊顶内设备及管线集中位置应设置检修口；
 - 4 吊筋应与模块框架梁焊接，不应与模块顶板直接焊接；
 - 5 天花边沿处宜使用金属收口条或成品收口构件进行收口。
- 6.5.8** 多个模块单元拼接的区域，对于楼面装饰层的现场施工与接驳处理应预留相应的工作面，并应符合下列规定：
- 1 使用地胶作为地面饰面时，宜在现场进行地面找平后铺贴；
 - 2 使用瓷砖作为地面饰面时，可采用错缝对齐的铺贴形式；
 - 3 多个模块单元的饰面材料拼接处宜设置门槛石、门套线；
 - 4 多个模块单元的饰面材料拼接处应进行防水防溢防渗措施处理；
 - 5 装修施工宜采用具备一定容错的调平工艺。
- 6.5.9** 对于多个模块拼接的潮湿区域，宜在现场进行施工，并应进行整体的防水处理。
- 6.5.10** 对于不便在工厂进行装修作业的模块单元墙板，在现场宜采用装配式装修技术，并应符合现行深圳市工程建设标准《居住建筑室内装配式装修技术规程》SJG 96的有关规定。
- 6.5.11** 内装修设计应体现二次机电末端点位，并应符合下列规定：
- 1 内装修设计应在一次机电基础上进行深化设计和末端定位，并应符合机电消防相关要求；
 - 2 内装修图纸应包含所有设备系统的平面图、尺寸图、连线图和综合点位图。

7 模块单元生产与运输

7.1 一般规定

- 7.1.1** 生产单位应具备相应的硬件设施、人员配置、质量体系，并应建立质量可追溯的信息化管理系统。
- 7.1.2** 当无监理派驻代表驻厂监督生产时，应采用信息化手段记录生产、检测的全过程，并应长期保存数据。
- 7.1.3** 生产单位必须具备模块单元的深化设计能力，包括模具、吊装、钢筋等的深化设计，铝合金门窗、栏杆、机电、装修等专业的深化设计配合。
- 7.1.4** 生产单位应建立完善的质量管理体系，并应采用信息化等可追溯的手段记录生产、质量检测和验收的全过程，并应长期保存数据。
- 7.1.5** 不同型号的模块生产前，应由建设、设计、生产、施工单位对其工艺要求和质量标准进行交底与会审，并形成会审记录。
- 7.1.6** 生产单位宜进行产品试制、制作样板，经建设、设计、施工单位联合验收合格后才能实施批量生产。
- 7.1.7** 模块生产前，生产单位应制定包括场地布置、生产工艺、模具、生产计划、检验等内容的生产策划。
- 7.1.8** 模块生产中采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，宜制定专门的生产方案。
- 7.1.9** 模块生产中应执行相关的安全标准要求，并应按规定设置安全通道、消防设施、警示标志等。
- 7.1.10** 模块单元生产中每道工序完成后应经专业质检员验收合格并标识，隐蔽工程应有隐蔽验收记录。
- 7.1.11** 所有模块单元须经淋水、通电、通水等必要的功能测试合格，做好成品保护才能出厂，出场时应具备相关可追溯的质量合格证明文件。

7.2 生产准备

- 7.2.1** 生产企业应编制模块单元的生产计划，生产车间应根据生产任务单安排生产。
- 7.2.2** 模块单元生产应具备加工详图，加工详图应包含下列内容：
- 1 模块单元的单箱结构图、模块单元及连接件平面布置图和连接件加工详图；
 - 2 保温、密封和外饰面等细部构造图；
 - 3 机电设备布置图；
 - 4 内装施工图；
 - 5 保温、密封和饰面等细部构造图。
- 7.2.3** 模块单元生产前，应编制模块单元的生产方案并进行技术交底，模块单元的生产方案应包含下列内容：
- 1 生产计划及生产工艺；
 - 2 钢结构、机电、内装生产采购计划及组装方案；
 - 3 质量控制措施；
 - 4 物流管理计划；

5 成品保护措施。

7.2.4 模块单元生产前，应设计相应的吊具，保证生产、运输及安装时模块的平衡及安全。

7.2.5 模块单元生产线应在模块单元生产前做好场地、人员、设备及安全防护等准备。

7.2.6 生产企业应配备满足工厂生产的人员数量，并应对人员进行岗前培训，培训合格后方可上岗操作。

7.2.7 应选择适宜的厂内运输及起重工具。

7.3 工厂集成生产

7.3.1 模块单元钢结构、基层墙体、楼板、顶板和设备管线的生产、安装、集成宜在工厂内完成。

7.3.2 钢构件的加工工艺和加工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。

7.3.3 模块单元间的连接界面应保持清洁。

7.3.4 模块单元应根据钢结构油漆配套要求和油漆工艺要求涂刷中间漆、防火漆（如有）和面漆，油漆膜厚度应按设计要求进行检测。

7.3.5 油漆干透后，应对模块单元进行试水试验，确保钢结构围闭区域不漏水。

7.3.6 模块单元围护系统固定件的安装不应损伤模块单元的壁板。

7.3.7 采用轻钢龙骨复合墙体时，轻钢龙骨与模块单元结构的连接设计应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定，复合墙体构造及性能应符合现行行业标准《轻钢龙骨式复合墙体》JG/T 544 的有关规定。

7.3.8 给排水系统、通风与空调系统的安装与质量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 和《通风与空调工程施工规范》GB 50738 的有关规定，并应符合下列规定：

1 在具有防火或防腐保护层的结构上安装管道设备及支吊架时，不应损坏钢结构的防火或防腐性能。当不可避免时，应对被损坏的防腐防火保护层进行修补；

2 布置在吊顶内或架空层等位置的管道应采取防腐蚀、隔声减噪及防结露等措施；

3 安装过程中应对已安装设备及管线预留接口做好成品保护，避免损坏及杂物入内；

4 设备管线接口的预留形式和位置应便于检修；

5 模块单元内管道在工厂安装完成后应进行压力试验或灌水试验，并填写检验记录，隐蔽工程管道在验收合格后方可进行隐蔽。

7.3.9 电气系统的安装应按现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 和《智能建筑工程施工规范》GB 50606 的有关规定执行，并应符合下列规定：

1 预留孔洞及预埋管线应在工厂生产阶段完成，不应在施工现场切割或焊接；

2 电气设备与模块单元结构的连接宜采用标准化接口，大型灯具、桥架、母线、配电设备等应通过预埋件与模块单元结构固定牢靠；

3 设备安装完成后，预留孔洞、安装缝隙应采用防水、防火等填充材料进行封堵；

4 电气设备的安装及调试应在装饰装修工程前完成，封闭墙面板材前所有电气线路应完成点对点测试。

7.3.10 模块单元的装饰装修工程应符合现行国家标准《住宅装饰装修工程施工规范》GB 50327 的有关规定，满足安全、环保、美观等要求，并应符合下列规定：

1 装饰装修工程应以模块框架柱为基准点，在地面上完成基层的放线和完成面的放线，在竖向完成一米线的放线，并应严格根据放线位置和高度安装内装部品；

- 2 楼地面系统、轻质隔墙系统、天花吊顶系统宜依次配合安装；
 - 3 厨房、卫生间应进行闭水试验确保不发生渗漏；
 - 4 吊顶连接件应考虑运输途中振动的影响，采取防脱落措施；
 - 5 水电装修应预留水电检修口；
 - 6 出厂前安装的家具，应与地面或墙体固定牢靠，家具门等可活动部件应临时固定；
 - 7 装饰装修工程成品和半成品应及时做好保护，不得污染和损坏。
- 7.3.11 针对模块单元设备与管线工程中的工序隐蔽，应经专业质检员检验合格方可进入下道工序，模块单元出厂前应经必要的功能试验及检测。
- 7.3.12 内装装修的安装次序宜按楼地面系统，轻质隔墙系统，吊顶系统的安装次序相配合。
- 7.3.13 模块单元装修宜在接缝位置两侧预留一段不装修区域，拼装后装修。
- 7.3.14 模块单元装修应不影响临时支撑构件的拆卸。

7.4 出厂检验及资料交付

- 7.4.1 模块单元的出厂检验应包括下列内容：
- 1 模块单元的外观质量检验；
 - 2 模块单元的淋水试验；
 - 3 模块单元的使用功能检验；
 - 4 模块单元的生产过程资料检验。
- 7.4.2 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。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经设计单位认可，制定技术处理方案进行处理，并重新检查验收。
- 7.4.3 焊接工程的检验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。
- 7.4.4 紧固件连接工程的检验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。
- 7.4.5 防火涂料应按现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定进行抗压强度、粘接强度、厚度、裂纹的检验。
- 7.4.6 防腐蚀涂装工程的检验应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212、《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》GB/T 50224 和《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。
- 7.4.7 模块单元楼板、顶板、墙面、电气、给水排水、暖通等分项工程中的隐蔽工程，在工厂生产时应进行质量验收，并保存影像资料。
- 7.4.8 模块单元主体结构组装后尺寸（图 7.4.8）应符合设计图纸要求，组装尺寸允许偏差应符合表 7.4.8 的规定。

检查数量：同种类型的模块单元不超过 10 个为一批，每批检查 1 个。

检查方法：应符合表 7.4.8 的规定。

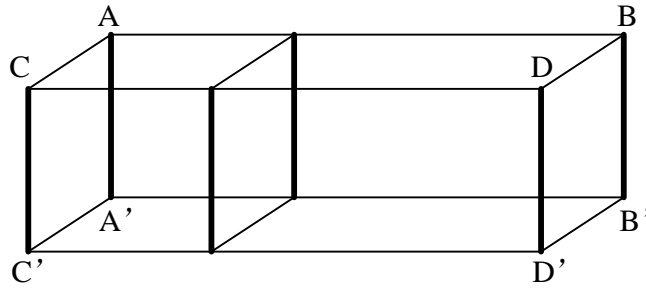


图 7.4.8 模块单元主体结构组装后尺寸示意图

表 7.4.8 模块单元主体结构组装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'	±6	钢尺检查
宽度	AC、A'C'、BD、B'D'	±3	钢尺检查
高度	AA'、BB'、CC'、DD'	-3	钢尺检查
对角线	AD-BC 、 A'D'-B'C' AB'-A'B 、 CD'-C'D	10	钢尺检查
	AC'-A'C 、 BD'-B'D	5	
平面度	需要现场堆码的 8 个底角件底面平面度	5	将模块放于平面上，以 8 个点中的最低点为基准，测量其它 7 个点的悬空数值
	底横梁上表面平面度	3	2 米靠尺和塞尺检查
	底横梁水平度	无明显不平现象	底角件支撑于水平平面内，任意方向用水平尺检查底横梁上表面的水平度
	顶横梁下表面平面度	4	2 米靠尺和塞尺检查（走廊区域）
	墙板（波板）外鼓或内凹（以角柱为基准）	外凸≤9， 内凹≤5	2 米靠尺和塞尺检查
直线度	顶侧梁直线度 AB、CD	5	钢尺检查
	底侧梁直线度 A'B'、C'D'	5	钢尺检查
垂直度	角柱	3	钢尺检查
	走廊立柱、中部框架位置立柱	4	经纬仪或吊线、钢尺检查
连接件	连接件中心线与柱轴线偏差	±1.0	钢尺检查
	顶面标高偏差	±3.0	钢尺检查
	连接件顶面水平度	L/1000（L 为相邻连接件距离）	用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺实测
	预留螺栓孔中心与柱轴线偏差	±1.0	钢尺检查
	孔径偏差	+0.25	游标卡尺或孔径量规检查
	孔距偏差	±1.0	钢尺检查
	螺栓孔内螺纹长度	±1.0	钢尺检查

7.4.9 采用轻钢龙骨复合墙体时，墙体安装尺寸偏差应符合表 7.4.9 的规定。

检查数量：全数检验。

检查方法：应符合表 7.4.9 的规定。

表 7.4.9 轻钢龙骨复合墙体安装尺寸允许偏差

检查项目	允许偏差 (mm)		
	钢板	纸面石膏板	其它
立面垂直度	2	3	4
表面平整度	3	3	3
阴阳角方正	3	3	3
接缝直线度	1	3	3
检查项目	允许偏差 (mm)		
	钢板	纸面石膏板	其它
接缝高低差	1	1	1
接缝宽度	1	2	2

7.4.10 卫生间及厨房模块单元应进行蓄水试验，其排水坡度、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和本规程的有关规定。

检查数量：同种类型的模块单元每次抽检数量不应少于该品种数量的 10%且不少于 5 件。

检查方法：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 25mm。

7.4.11 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。

检查方法：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，并应能在待测区域表面形成均匀水幕，检查背水面的渗漏情况。

7.4.12 模块单元的使用功能检验应包含模块单元的通水、通电测试。

检查数量：全数检查。

检查方法：各种承压管道系统和设备应进行水压试验，非承压管道系统和设备应进行灌水试验，照明系统和其它电气设备应进行通电试运行。

7.4.13 模块单元的资料应与产品生产同步形成、收集和整理，生产厂家归档资料宜包括下列内容：

- 1 模块单元加工合同；
- 2 模块单元加工图纸及其他设计文件；
- 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 模块单元尺寸偏差及外观质量检验记录；
- 6 模块单元蓄水试验报告；
- 7 模块单元淋水试验报告；
- 8 模块单元使用功能检验记录；
- 9 模块单元出厂合格证；
- 10 质量事故分析和处理资料；
- 11 其他与模块单元生产和质量有关的重要文件资料。

7.4.14 模块单元交付的文件资料应包括下列内容：

- 1 出厂合格证；
- 2 产品质量证明文件；

3 使用说明书。

7.5 吊装、运输与存放

7.5.1 模块单元的吊装应符合下列规定：

1 吊具和起重设备应根据模块的形状、尺寸、重量和作业半径等要求确定，并应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定；

2 模块单元吊装应采用符合承载力的平衡吊架。吊架与模块单元之间的水平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，保证吊具连接可靠，起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合；

4 吊索水平夹角不应小于 45°，不宜小于 60°；

5 模块单元的吊装应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊装过程中应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，吊装构件不应长时间悬停在空中；

6 模块单元吊装过程中应采取避免变形和损伤的临时加固措施。

7.5.2 模块单元在运输过程中应符合下列安全措施：

1 模块运输时应满足道路运输的相关要求；

2 模块运输时应采取相应加固措施，防止模块移动、倾倒或变形；

3 模块单元开口位置应设置封盖物，防止雨水进入模块内部。

7.5.3 模块单元的存放应符合下列规定：

1 存放场地应平整、坚实，并应有排水措施；

2 存放库区宜实行分区管理和信息化台账管理；

3 模块单元应按照一定产品品种、规格型号、检验状态分类存放，产品标识应准确、清晰、明显。

7.5.4 模块单元应依据组装顺序有序堆放，相互之间留置一定的间隙。多层模块单元堆放时，应加设临时固定措施保障堆放的安全性，竖向堆放不宜超过 3 层。

7.5.5 模块单元的成品保护应符合下列规定：

1 模块成品外露保温板应采取防止开裂措施，外露钢筋应采取防弯折、防碰伤措施，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或防腐、防锈；

2 预埋孔洞应临时封堵，防止堵塞；

3 模块应在外侧设置防水罩等防水措施，防水罩宜设有可开启入口，防水措施应满足绿色可回收、不影响装修和吊装、包装便于装卸等要求；

4 玻璃、瓷砖、木柜等装修宜用胶纸、泡沫等措施进行保护。

8 施工安装

8.1 一般规定

- 8.1.1** 安装施工前应针对钢结构模块化建筑的施工要点和难点制定施工组织设计和专项施工方案，并应组织专家评审、论证。
- 8.1.2** 安装施工前应针对钢结构模块化建筑的施工要点和难点制定施工组织设计和专项施工方案，并宜组织专家论证。
- 8.1.3** 安装施工前，宜选择有代表性的模块进行样板间试安装，并根据试安装结果及时调整完善施工方案和施工工艺，经检验符合设计要求和本规程相关要求后方可进行正式的组合安装工作。
- 8.1.4** 安装作业人员在上岗前应进行技术培训，并宜具备相关从业资格证明，特种设备操作人员须持证上岗。
- 8.1.5** 安装施工过程中应确保施工安全。安全措施应符合现行行业标准《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、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276 等有关规定。
- 8.1.6** 安装施工应落实环保施工、绿色施工的相关要求，采取环境保护措施。环保措施应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905 的有关规定。

8.2 施工准备

- 8.2.1** 安装施工现场设置的运输通道和预制品存放场地，应符合下列规定：
- 1 现场运输道路和存放场地应坚实平整，并设置排水措施；
 - 2 应合理规划模块运输通道和临时堆放场地，并应采取成品堆放保护措施；
 - 3 安装施工现场内部道路应按照预制品运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度。
- 8.2.2** 模块单元吊装起重机械的选用和操作应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定。起重机械的吨位和型号可根据吊装方案和模块重量选择。
- 8.2.3** 模块单元吊装应根据模块单元重量和吊点分布设计专用吊架，吊架应保证模块单元在吊装过程保持平稳，吊架下方与模块吊点相连的吊链与水平方向的夹角不应小于 75 度，不宜小于 80 度。
- 8.2.4** 安装施工前，应确保吊装条件和施工作业面满足要求，并应进行下列工作：
- 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是否处于安全操作状态，并应严格按照吊装方案选择吊具挂点；
 - 3 应核对已施工完成结构、基础的外观质量和尺寸偏差；
 - 4 应对安装工作面进行测量放线、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 有关规定。

8.3 模块安装

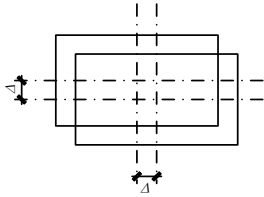
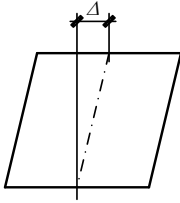
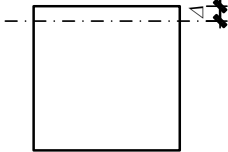
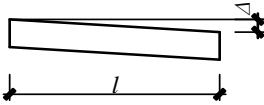
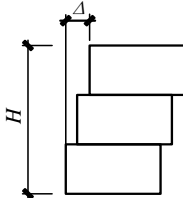
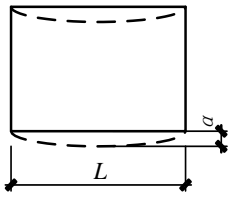
- 8.3.1** 模块单元安装前应对建筑物的轴线、底部基础预埋板的位置和标高、地脚螺栓位置等内容进行复核。
- 8.3.2** 模块单元的安装应符合下列规定：
- 1 宜根据建筑物的平面形状、结构形式、安装机械的规格、数量、现场施工条件等因素，划

分吊装流水段，确定安装顺序，并按拟定的吊装顺序进行吊装；

- 2 模块单元安装时，应先调整标高，再调整中心水平位移，最后调整垂直偏差；
- 3 模块单元在吊装过程中，应设置缆风绳控制模块转动；
- 4 模块单元临时安装时应进行风荷载抗倾覆验算，对于抗倾覆验算不满足要求的，应增加临时支撑；
- 5 模块单元在安装过程中损坏的涂层应及时进行修补。

8.3.3 钢结构模块化建筑各层模块单元安装时应控制轴线、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 8.3.3 的规定。

表 8.3.3 钢结构模块化建筑模块单元安装的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	图例
模块单元底座中心线对定位轴线的偏移 Δ	3.0	
单层模块单元垂直度 Δ	3.0	
模块单元间连接板顶标高与设计标高之间高差 Δ	± 1.0	
模块单元间连接板顶水平度 Δ	$l/1000$ (l 为连接板测量方向边长)	
建筑整体垂直度 Δ	$\Delta \leq H/2500 + 10$, 且 $\Delta \leq 50.0$	
主体结构整体平面弯曲 α	$\leq L/1500$, 且 ≤ 25.0	

8.3.4 在施工安装时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。

8.3.5 模块单元之间通过高强螺栓或拉杆连接时，应采用扭力扳手确保紧固力符合设计要求。采用灌浆连接节点时，应确保灌浆密实和饱满。

8.3.6 模块单元安装过程中，应对模块单元进行临时防水处理，并应符合下列规定：

- 1 应对预留管线的孔洞进行临时封堵；
- 2 应及时完成接缝等位置的防水处理；
- 3 模块单元顶部、门窗、洞口处宜设置防雨布。

8.4 设备管线安装

8.4.1 在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。

8.4.2 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 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定，并应符合下列规定：

- 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。如果采用软管连接，软管长度不应超过 2m；
- 3 模块单元间的管线洞口应进行防火封堵。

8.4.3 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 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 模块单元间导线连接不应采用易松动型接口；
- 2 模块单元拼装后，所有的模块单元应进行等电位连接，模块单元外侧预留的螺栓应采用铜芯导线相互连接，导线截面面积不应小于 16mm²。

8.4.4 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，宜将同一模块单元内的金属压顶预先连接。

8.5 建筑接缝处理

8.5.1 钢结构模块化建筑的接缝防火封堵处理措施，应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T 51410 的有关规定。

8.5.2 相邻模块单元、模块单元和非模块单元部分以及底层模块单元与支座连接处等部位的水平缝和竖缝的防火封堵措施，应按设计文件和有关产品的技术说明执行，并应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 建筑接缝封堵材料应紧密贴实。

8.5.3 建筑接缝的防水构造措施应符合现行广东省标准《建筑防水工程技术规程》DBJ/T 15-19 的规定，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。

8.5.4 多个模块单元组合时，内装修进行现场作业前，应根据工厂施工预留尺寸进行拼缝接口处基层封板和调平。

8.6 施工安全与环境保护

- 8.6.1** 钢结构模块化建筑安装施工应执行国家、地方、行业和企业的安全生产法规和规章制度，落实各级各类人员的安全生产职责。
- 8.6.2** 施工单位应根据工程施工特点对重大危险源进行识别并予以公示，并制定相对应的安全生产应急预案。
- 8.6.3** 施工单位应对从事模块吊装作业及相关人员进行安全培训与交底，培训与交底内容应包含模块进场、卸车、存放、吊装、就位等环节，并应制定防控措施和应急预案。
- 8.6.4** 安装工作业使用的专用吊具、吊索、定型工具式支撑、支架等，应进行安全验算，使用过程中进行定期、不定期检查，确保其安全状态。
- 8.6.5** 安装作业开始前，应对安装作业区进行围护并做出明显的标识、拉警戒线，应根据危险源级别安排旁站，严禁与安装作业无关的人员进入。
- 8.6.6** 吊装作业安全应符合下列规定：
- 1 遇到大雨、大雾、大雪天及 5 级以上大风天等恶劣天气时，不得进行吊装作业；
 - 2 起吊后，应先将模块单元提升 300mm，确保吊具安全且构件平稳后，方可缓慢提升构件；
 - 3 吊装时，模块单元吊运路径下方严禁站人；
 - 4 高空作业时，可通过缆风绳调整模块方向，严禁直接手扶模块单元；
 - 5 就位时，应待模块单元降落至距地面 1m 以内作业人员才可靠近，并应待模块单元就位固定后进行脱钩；
 - 6 模块单元吊装时应设置有效的防护系统，防护系统应经计算确定。
- 8.6.7** 施工过程中，凡涉及临边与洞口作业、攀登与悬空作业、操作平台、交叉作业及安全网搭设的，应采取有效的高处作业安全技术措施。
- 8.6.8** 模块单元吊装就位后，应根据设计要求采取可靠的临时固定措施。
- 8.6.9** 施工现场应加强对废水、污水的管理，现场应设置污水池和排水沟。废水、废弃涂料、胶料应统一处理，严禁未经处理直接排入下水管道。
- 8.6.10** 模块单元安装过程中废弃物等应进行分类回收。施工中产生的胶粘剂、稀释剂等易燃易爆废弃物应及时收集送至指定储存器内并按规定回收，严禁丢弃未经处理的废弃物。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 钢结构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，尚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 的有关规定。

9.1.2 钢结构模块化结构工程应按钢结构子分部工程和模块单元子分部工程进行验收，钢结构子分部中其他分项工程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。

9.1.3 室内给水排水系统应按模块单元子分部工程和单位工程的分部工程分别验收，其施工质量要求和验收标准均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。

9.1.4 室内电气系统、电气装置等的检测应按模块单元子分部工程和单位工程的分部工程分别验收，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 及《火灾自动报警系统施工及验收标准》GB 50166 的有关规定。

9.1.5 通风与空调工程应按模块单元子分部工程和单位工程分部工程分别验收，应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的有关规定。

9.1.6 内装修工程应按模块单元子分部工程和单位工程分部工程分别验收，应符合国家现行标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T 157 和《公共建筑吊顶工程技术规程》JGJ 345 的有关规定。

9.1.7 钢结构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、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 隐蔽工程检查验收文件；
- 5 现浇混凝土、灌浆料强度检测报告；
- 6 外墙防水施工质量检验记录；
- 7 钢结构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 钢结构模块化建筑工程的其他文件和记录。

9.1.8 当钢结构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，应重新进行验收；
- 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。

9.2 模块单元进场验收

9.2.1 模块单元产品进场时，应检查模块单元的产品合格证、质量证明文件及产品说明书。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查相关文件。

9.2.2 模块单元涂层外观质量应满足设计要求，受损部分应根据损伤程度按照专项修补工艺进行涂层缺陷修补。

检查数量：全数检查。

检查方法：漆膜测厚仪和观察检查。

9.2.3 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。

9.2.4 模块单元外形尺寸偏差和检验方法应分别符合本规程表 7.4.8 的规定。

检查数量：同一种类的模块单元每次抽检数量不应少于该品种数量的 3%，且不少于 1 件。

检查方法：应符合表 7.4.8 的规定。

9.2.5 装饰构件的装饰外观尺寸偏差和检验方法应符合设计要求。当设计无具体要求时，应符合本规程表 7.4.9 的规定。

检查数量：同一种类的模块单元每次抽检数量不应少于该品种数量的 3%，且不少于 1 件。

检查方法：应符合表 7.4.9 的规定。

9.2.6 模块单元应在明显部位标明生产单位、项目名称、模块型号、生产日期、安装部位、安装方向及质量合格标志。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

9.3 模块单元安装与连接

I 主控项目

9.3.1 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 的规定。

9.3.2 紧固件连接工程的质量验收方法和质量验收项目应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。

9.3.3 铸钢件的品种、规格、性能应满足设计要求并符合相关国家现行标准的规定，应按国家抽取试件进行屈服强度、抗拉强度、伸长率和端口尺寸偏差的检验。

检查数量：质量证明文件全数检查，抽样数量按进场批次和产品抽样检验方案确定。

检查方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

9.3.4 钢拉杆的质量验收方法和质量验收项目应满足设计要求并符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：质量证明文件全数检查，抽样数量按进场批次和产品抽样检验方案确定。

检查方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

9.3.5 钢拉杆接头型式检验的检验方法和检验项目应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定，并应出具相应的型式检验报告。

检查数量：型式检验报告和质量证明文件全数检查。

检查方法：检查质量证明文件和型式检验报告。

9.3.6 模块单元之间采用螺纹拉杆连接时，有效连接长度和拧紧扭矩值应满足设计要求，上层模块单元的安装应在连接检验合格后进行，并宜保存规范的施工检验影像记录备查。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查施工方案，丈量，检查扭力扳手标定记录。

9.3.7 模块单元之间采用灌浆连接时，灌浆料或灌浆用混凝土的强度等级应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查试件强度试验报告。

9.3.8 灌浆料或灌浆用混凝土的工作性能和收缩性应符合设计要求和相关国家现行标准的规定。

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。

9.3.9 灌浆用混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间，同一施工节点内混凝土应连续浇筑。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查，检查施工记录。

9.3.10 灌浆料或灌浆用混凝土浇筑应密实。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查灌浆工艺试验报告或混凝土浇筑工艺试验报告和施工记录。

II 一般项目

9.3.11 基础顶面预埋支座或模块单元的连接件作为上层模块的支承面时，其支承面的允许偏差应符合表 9.3.11 的规定。

检查数量：按支座和连接数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检查方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺实测。

表 9.3.11 支承面的允许偏差

项目		允许偏差 (mm)
支承面	标高	±3.0
	水平度	1/1000 (1 为支承面测量方向边长)
预留孔中心偏移		10.0

9.4 设备管线安装

9.4.1 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。

检查方法：观察，量测。

9.4.2 排水管道安装完成后，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。

9.4.3 排水管道安装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。

9.4.4 线路敷设完毕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。

9.5 建筑接缝

I 主控项目

9.5.1 钢结构模块化建筑接缝防火封堵处理应符合设计要求，封堵材料的燃烧性能等级、管道阻火装置的耐火性能以及拼缝处防火封堵材料的燃烧性能应符合设计要求。

检查数量：全部检查。

检验方法：检查封堵材料的燃烧性能等级的检测报告。

II 一般项目

9.5.2 封堵材料应密实、连续、饱满、牢固，无漏光现象。

检查数量：全部检查。

检验方法：观察检查。

10 运营与维护

10.0.1 钢结构模块化建筑的设计文件应注明设计条件、使用性质及使用环境。

10.0.2 建设单位在向用户交付时，应提供《建筑质量保证书》和《建筑使用说明书》，使用维护应符合现行国家标准《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 的有关规定。《建筑质量保证书》除应按现行有关规定执行外，尚应注明相关部品部件的保修期限与保修承诺。

10.0.3 工程竣工交付使用满 6 个月后，模块单元生产单位应派专业人员对模块单元进行检查，若有质量隐患，应采取排除、修缮的措施。

10.0.4 建设单位在向用户交付时，宜提供检查与维护更新计划，检查与维护更新计划应包含下列内容：

1 对主体结构的检查与维护制度，包含主体结构损伤、建筑渗水、钢结构锈蚀、钢结构防火保护损坏等可能影响主体结构安全性和耐久性的事项；

2 对围护系统的检查与维护制度，包含围护部品外观、连接件锈蚀、墙屋面裂缝及渗水、保温层破坏、密封材料的完好性等，并形成检查记录；

3 对设备与管线的检查与维护制度，保证设备与管线系统的安全使用；

4 对公共部位及其公共设施的设备及管线的检查与维护制度，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，并定期巡检和维护；

5 对内装的检查与维护制度。

10.0.5 业主和使用者不应随意改变原设计文件规定的建筑使用条件、使用性质及使用环境。当确需改变时，应经原设计单位或具有相应资质的设计单位提出设计方案，并应重新进行验收。

10.0.6 钢结构模块化建筑的维护应遵守预防为主、防治结合的原则，应根据《建筑使用说明书》进行日常维护、定期检测与鉴定。

10.0.7 钢结构模块化建筑日常维护的周期每年不应少于 1 次。在遭受台风、暴雨等特殊环境前后应进行特定检查。

10.0.8 发现危及使用安全的缺陷、变形和损伤或遭遇自然灾害、人为灾害、环境改变或事故的较大影响之后，模块单元各部件和连接状况应进行检测、鉴定，并根据损伤情况进行维修加固。

10.0.9 模块单元的重新装修改造不应损伤主体结构及外围护系统。

11 智能建造与信息化应用

11.1 一般规定

11.1.1 钢结构模块化建筑的建造应采用信息化管理平台，并宜实现设计、生产、运输、施工安装及运维全过程数字化管理。

11.1.2 信息化管理平台的数据应长期保存，并应具备可追溯性，设计、生产、施工、运维等各子系统数据应互联互通，数据的存储宜采用区块链技术实现。

11.2 数字化设计

11.2.1 钢结构模块化建筑应采用建筑信息模型技术进行方案设计、施工图设计及深化设计，并宜采用正向设计技术。

11.2.2 钢结构模块化建筑的建筑信息模型正向设计应符合下列规定：

1 方案阶段应采用面向制造和装配的设计方法，模块单元的深化设计应与方案设计同步开展；

2 模块单元的深化设计，应包含结构深化、设备管线深化、装修深化和幕墙深化等。

11.2.3 建筑信息模型的创建应符合下列规定：

1 建筑信息模型应根据项目的阶段和专业进行建筑信息模型创建规划，并应编写《建筑信息模型管理规则》，对模型文件采用统一的命名规则，建立模型地图；

2 建筑信息模型应针对项目统一制定建筑信息模型的建模标准，编写《建筑信息模型建模标准》，确定各阶段建模内容和深度；

3 建筑信息模型应根据应用场景选择合理的建模精度。

11.3 智能化生产和运输

11.3.1 钢结构模块化建筑应通过建筑信息模型实现对生产过程的可视化指导，并宜自动导出物料清单。

11.3.2 钢结构模块化建筑应采用信息化技术进行生产计划管理、隐蔽验收、成品检查、入库管理、发货管理。

11.3.3 钢结构模块化建筑应采用信息化技术将模块单元的身份标识码与二维码绑定，并应全程追踪模块化单元的生产数据。

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

11.4 智能化施工

11.4.1 钢结构模块化建筑的施工宜采用信息化技术进行施工进度管理。

11.4.2 钢结构模块化建筑的施工宜采用建筑信息模型技术进行可视化施工交底。

11.4.3 钢结构模块化建筑的施工宜采用人工智能技术进行安全行为识别。

12 再 利 用

12.0.1 钢结构模块化建筑的再利用可采取下列方式：

1 整体房屋原位修复。整体建筑检测、拆解，模块单元返厂进行检测、修缮、设计复核，重新检测验收后出厂，并参考原建筑设计方案进行复原；

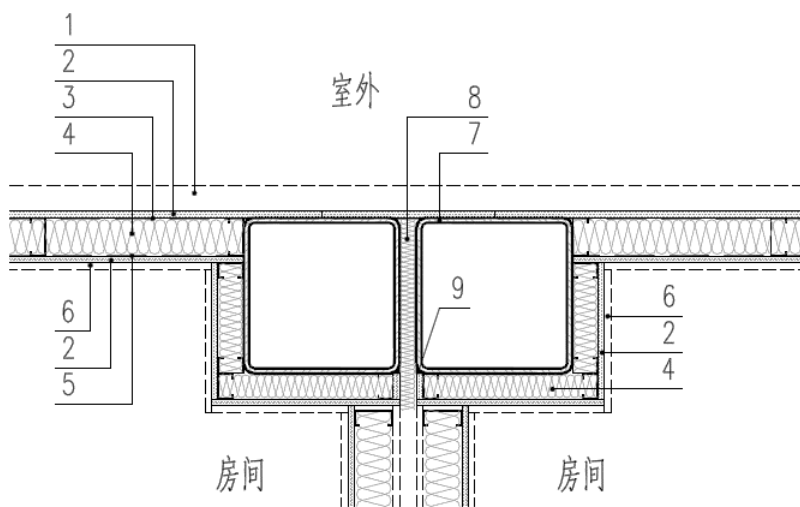
2 整体房屋原位改造。整体建筑检测、拆解，对原建筑地基基础和改造后建筑的整体结构进行复核，模块返厂进行检测，并根据新的设计用途对模块单元进行改造、加工，重新检测验收后出厂，用于原建筑的改造；

3 模块单元迁移再利用。整体建筑检测、拆解，模块单元返厂进行检测，并根据新的设计用途进行改造、加工，并在检测验收后出厂，用于新建钢结构模块化建筑的建设。

12.0.2 钢结构模块化建筑再利用前的结构检测和鉴定工作应符合现行国家标准《既有建筑维护与改造通用规范》GB 55022、《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021、《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的有关规定。

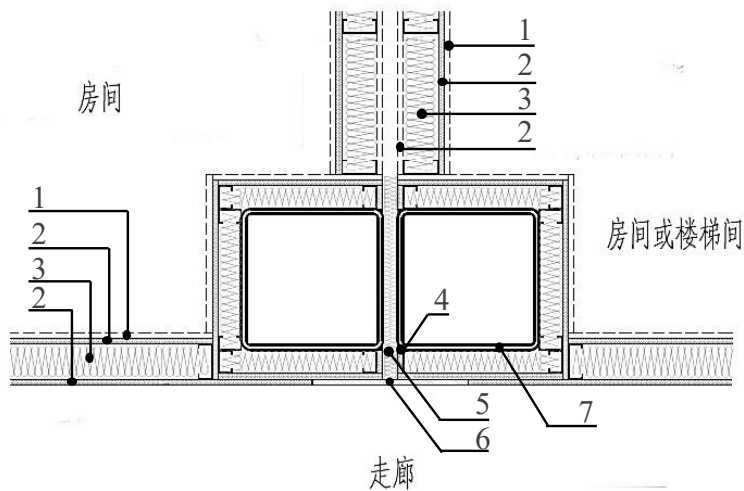
12.0.3 可再利用且设计工作年限不超过 5 年的钢结构模块化建筑，应按照不低于临时建筑的设计标准进行设计，并应进行多遇地震作用下的结构验算。

附录 A 模块单元防火构造节点



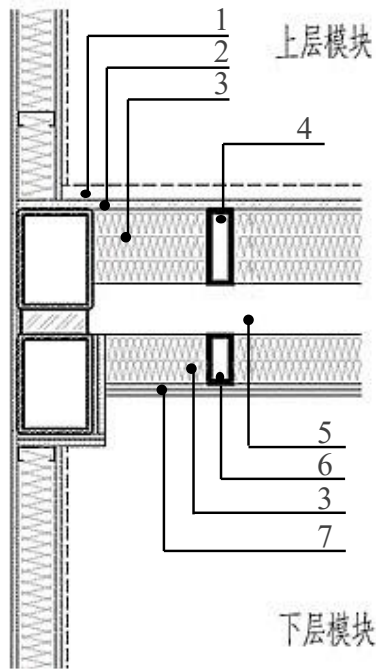
(a) 外墙、转角钢柱防火构造

1—外墙饰面层；2—纤维增强硅酸钙板或同等性能的防火板；3—防水透气膜；4—轻钢龙骨及空腔，岩棉填充；5—隔气膜；6—石膏板或其它装饰面层；7—模块框架柱；8—岩棉或其它防火封堵材料；9—防火胶



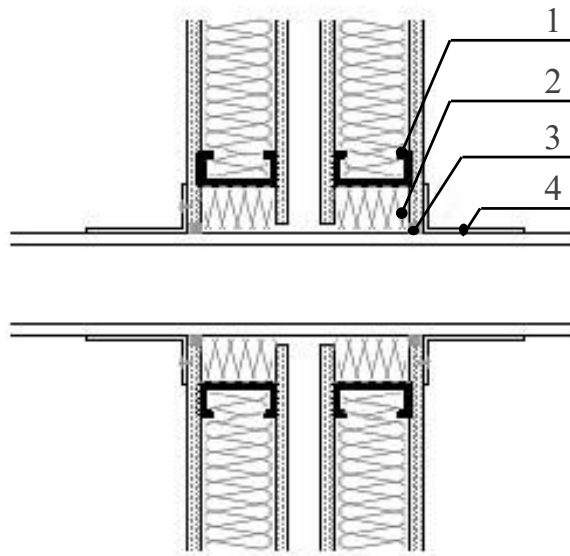
(b) 房间隔墙、走廊隔墙、楼梯间隔墙防火构造

1—石膏板或其它装饰面层；2—耐火纸面石膏板；3—轻钢龙骨及空腔，岩棉填充；4—防火胶；5—岩棉或其它防火封堵材料；6—后封耐火纸面石膏板；7—模块框架柱



(c) 模块顶板、底板防火构造

1—楼面面层；2—水泥纤维板；3—岩棉；4—模块底次梁；5—空气层；6—模块顶次梁；7—双层纤维增强硅酸钙板或同等性能防火板



(d) 管道穿墙处防火构造

1—附加龙骨；2—岩棉；3—膨胀粘结剂；4—阻火圈

图 A 模块防火构造节点示意图

附录 B 模块单元的生产加工内容

表 B 模块单元的生产加工内容

序号	主项	子项	内容
1	主体结构	钢结构	钢结构焊接, 紧固件连接, 钢零部件加工, 钢构件组装及预拼装, 箱式模块钢结构组装, 箱壁板安装、防腐涂料涂装, 防火涂料涂装
2	建筑装饰装修	建筑地面	基层铺设, 整体面层铺设, 板块面层铺设, 地面防水
		轻质隔墙	板材隔墙, 骨架隔墙, 活动隔墙, 玻璃隔墙
		内墙饰面板	石板安装, 陶瓷板安装, 木板安装, 金属板安装, 塑料板安装
		内墙饰面砖	内墙饰面砖粘贴
		墙面抹灰	一般抹灰, 泡沫混凝土浇筑, 装饰抹灰
		内墙涂饰	水性涂料涂饰, 溶剂型涂料涂饰, 美术涂饰
		幕墙	玻璃幕墙安装, 金属幕墙安装, 石材幕墙安装, 陶板幕墙安装
		外墙临时防水	门窗临时防护、防水材料包覆
		裱糊与软包	裱糊, 软包
		吊顶	整体面层吊顶, 板块面层吊顶, 格栅吊顶
		门窗	木门窗安装, 金属门窗安装, 塑料门窗安装, 特种门安装, 门窗玻璃安装
	细部	橱柜生产与安装, 窗帘盒和窗台板生产与安装, 门窗套生产与安装, 护栏和扶手生产与安装, 花饰生产与安装	
3	模块单元顶板	临时防水与密封	卷材防水层, 涂膜防水层, 接缝密封, 防水材料包覆
4	建筑给水排水及 供暖	室内给水系统	给水管道及配件安装, 室内消火栓系统安装, 消防喷淋系统安装, 防腐, 绝热, 管道冲洗、消毒, 试验与调试
		室内排水系统	排水管道及配件安装, 雨水管道及配件安装, 防腐, 试验与调试
		室内热水系统	管道及配件安装, 辅助设备安装, 防腐, 绝热, 试验与调试
		卫生器具	卫生器具安装, 卫生器具给水配件安装, 卫生器具排水管道安装, 试验与调试
		室内供暖系统	管道及配件安装, 辅助设备安装, 散热器安装, 低温热水地板辐射供暖系统安装, 电加热供暖系统安装, 燃气红外辐射供暖系统安装, 热风供暖系统安装, 热量计及调控装置安装, 系统水压试验与调试, 防腐, 绝热
		建筑饮用水供应系统	管道及配件安装, 防腐, 绝热, 试验与调试
		建筑中水系统	建筑中水系统、管道及配件安装, 防腐, 绝热, 试验与调试
		室内热源及辅助设备	室内加热热源, 辅助设备及管道安装, 安全附件安装, 防腐, 绝热, 试验与调试
		监测与控制仪表	检测仪器及仪表安装, 试验与调试

续表 B

序号	主项	子项	内容
5	通风与空调	送风系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 风口安装, 检修口安装
		排风系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 风口及其它空气处理设备安装, 厨房、卫生间排风系统安装
		防排烟系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 排烟风阀(口)、)常闭正压风口、防火风管、防火阀、自垂百叶风口安装, 压力传感器或余压阀安装
		除尘系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 除尘器与排污设备安装, 吸尘罩安装, 高温风管绝热
		舒适性空调系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 组合式空调机组安装, 新风机组安装, 消声器、静电除尘器、换热器、紫外线灭菌器、空气过滤器等设备安装, 风机盘管、VAV 与 UFAD 地板送风装置、射流喷口等末端设备安装, 风管与设备绝热
		恒温恒湿空调系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 组合式空调机组安装, 电加热器、加湿器等设备安装, 精密空调机组安装, 风管与设备绝热
		净化空调系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 局部设备及管道调试, 净化空调机组安装, 消声器、静电除尘器、换热器、紫外线灭菌器、空气过滤器等设备安装, 中、高效过滤器及风机过滤器单元(FFU)等末端设备清洗与安装, 洁净度测试, 风管与设备绝热
		真空吸尘系统	风管与配件生产, 部件生产, 风管系统安装, 风机与空气处理设备安装, 风管与设备防腐, 管道安装, 快速接口安装, 风机与滤尘设备安装, 压力试验、局部设备及管道调试
		冷凝水系统	管道系统及部件安装, 水泵及附属设备安装, 管道、设备防腐与绝热, 管道冲洗与管内防腐, 灌水渗漏及排放试验
		空调(冷、热)水系统	管道系统及部件安装, 水泵及附属设备安装, 管道、设备防腐与绝热, 管道冲洗与管内防腐, 压力试验、局部设备及管道调试, 辐射板及辐射供热、供冷埋地管, 热泵机组设备安装
冷却水系统	管道系统及部件安装, 水泵及附属设备安装, 管道、设备防腐与绝热, 管道冲洗与管内防腐, 压力试验、局部设备及管道调试, 水处理设备安装, 防冻伴热设备安装		

续表 B

序号	主项	子项	内容
5	通风与空调	土壤源热泵换热系统	管道系统及部件安装, 水泵及附属设备安装, 管道、设备防腐与绝热, 管道冲洗与管内防腐, 压力试验、局部设备及管道调试, 管网安装
		水源热泵换热系统	管道系统及部件安装, 水泵及附属设备安装, 管道、设备防腐与绝热, 管道冲洗与管内防腐, 压力试验、局部设备及管道调试, 管网安装, 除垢设备安装
		蓄能系统	管道系统及部件安装, 水泵及附属设备安装, 管道、设备防腐与绝热, 管道冲洗与管内防腐, 压力试验、局部设备及管道调试
		多联机(热泵)空调系统	室外机组安装, 室内机组安装, 制冷剂管路连接及控制开关安装, 风管安装, 冷凝水管道安装, 制冷剂灌注, 压力试验、局部设备及管道调试
		太阳能供暖空调系统	管道及配件安装, 压力试验、局部设备及管道调试, 防腐, 绝热, 低温热水地板辐射采暖系统安装
		设备自控系统	温度、压力与流量传感器安装, 执行机构安装调试, 防排烟系统功能测试, 自动控制及系统智能控制软件调试
6	建筑电气	电力	配电箱(盘)安装, 电气设备试验和试运行, 导管敷设, 电缆敷设, 管内穿线和槽盒内敷线, 电缆头生产, 导线连接, 线路绝缘测试, 开关、插座、风扇安装
		电气照明	配电箱(盘)安装, 导管敷设, 管内穿线和槽盒内敷线, 电缆头生产, 导线连接, 线路绝缘测试, 普通灯具安装, 专用灯具安装, 开关、插座、风扇安装, 建筑照明通电试运行
		防雷及接地	辅助等电位连接
7	智能建筑	综合布线系统	导管安装, 线缆敷设, 电话网络插座安装
		有线电视及卫星电视接收系统	导管安装, 线缆敷设, 有线电视插座安装
		火灾自动报警系统	导管安装, 线缆敷设, 探测器类设备安装, 控制器类设备安装, 其它设备安装
		安全技术防范系统	导管安装, 线缆敷设, 设备安装
8	建筑节能	围护系统节能	墙体节能, 幕墙节能, 门窗节能, 屋面节能, 地面节能
		采暖空调设备及管网节能	供暖节能, 通风与空调设备节能, 空调与供暖系统冷热源节能, 空调与供暖系统管网节能
		电气系统节能	配电节能, 照明节能
		监控系统节能	监测系统节能, 控制系统节能
		可再生能源	空气源、地源热泵系统节能, 太阳能光热系统节能, 太阳能光伏系统节能

附录 C 模块单元钢结构有关安全和功能的检测和见证项目

表 C 模块单元钢结构有关安全和功能的检测和见证项目

项次	项目	抽检数量及检验方法	合格质量标准
1	见证取样送样试验项目： 1. 钢材和焊接材料复验 2. 高强度螺栓预拉力、扭矩系数复验 3. 摩擦面抗滑系数复验	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	符合设计要求和相关国家现行标准规定
2	焊缝质量： 1. 内部缺陷 2. 外观缺陷 3. 焊缝尺寸	一、二级焊缝按焊缝处随机抽检 3%，且不少于 3 处；检验采用超声波或射线探伤	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
3	1. 连接件 2. 锚栓紧固 3. 垫板、垫块	全数检查，采用观察和尺量等方法进行检验	符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和本规程的有关规定
4	主要构件变形： 1. 钢梁、顶梁等垂直度和侧向弯曲 2. 钢柱垂直度	按构件随机抽检 3%，且不少于 3 处；检验方法按《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和本规程	符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和本规程的有关规定
5	主体结构尺寸： 1. 整体垂直度 2. 整体平面弯曲	符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定和本规程	符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和本规程的有关规定
6	船运试验项目： 1. 堆码 2. 顶吊 3. 横向刚性 4. 纵向刚性	检查试验报告资料	试验报告检测结论合格

附录 D 模块单元钢结构质量检测项目

表 D.0.1 模块单元钢结构（钢构件焊缝）质量检测项目

类别	序号	项目
钢构件焊缝	主控项目	
	1	焊接材料进场
	2	焊接材料复验
	3	材料匹配
	4	焊工证书
	5	焊接工艺评定
	6	内部缺陷
	7	组合焊缝尺寸
	8	焊缝表面缺陷
	一般项目	
	1	焊接材料进场
	2	预热和后热处理
	3	焊缝外观质量
	4	焊缝尺寸偏差
	5	凹形角焊缝
	6	焊缝感官

表 D.0.2 模块单元钢结构（零件及部件加工）质量检测项目

类别	序号	项目
零件及部件加工	主控项目	
	1	材料进场
	2	钢材复验
	3	切面质量
	4	矫正和成型
	5	边缘加工
	6	制孔
	一般项目	
	1	材料规格尺寸
	2	钢材表面质量
	3	切割精度
	4	矫正质量
	5	边缘加工精度
	6	管件加工精度
7	制孔精度	

表 D. 0. 3 模块单元钢结构（构件组装）质量检测项目

类别	序号	项目
构件组装	主控项目	
	1	端部铣平精度
	2	外形尺寸
	一般项目	
	1	焊接 H 型钢接缝
	2	焊接 H 型钢精度
	3	焊接组装精度
	4	顶紧接触面
	5	轴线交点错位
	6	焊缝坡口精度
	7	铣平面保护
	8	外形尺寸

表 D. 0. 4 模块单元钢结构（结构组装）质量检测项目

类别	序号	项目
结构组装	主控项目	
	1	构件验收
	2	顶紧接触面
	3	垂直度和侧弯曲
	4	主体结构尺寸
	一般项目	
	1	连接件螺栓精度
	2	标记
	3	钢梁安装精度
	4	钢柱安装精度
	5	现场组对精度
	6	结构表面

表 D.0.5 模块单元钢结构（箱壁板安装）质量检测项目

类别	序号	项目
箱壁板安装	主控项目	
	1	波纹板进场
	2	基板裂纹
	3	涂层缺陷
	4	施工安装
	5	端部焊接
	一般项目	
	1	波纹板精度
	2	轧制精度
	3	表面质量
	4	安装质量
	5	安装精度

表 D.0.6 模块单元钢结构（防腐涂料涂装）质量检测项目

类别	序号	项目
防腐涂料涂装	主控项目	
	1	产品进场
	2	表面处理
	3	涂层厚度
	一般项目	
	1	产品进场
	2	表面质量
	3	附着力测试
	4	标识

表 D.0.7 模块单元钢结构（防火涂料涂装）质量检测项目

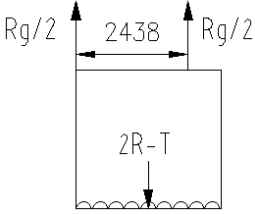
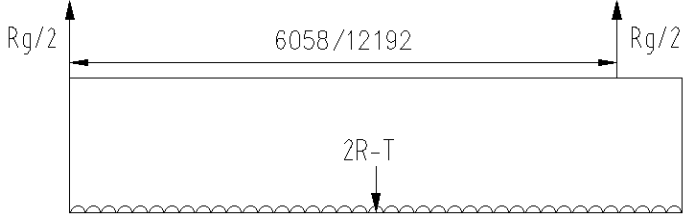
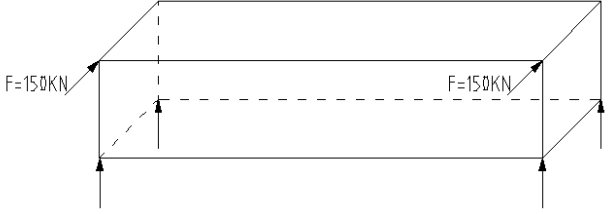
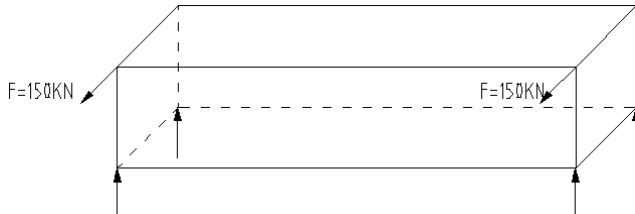
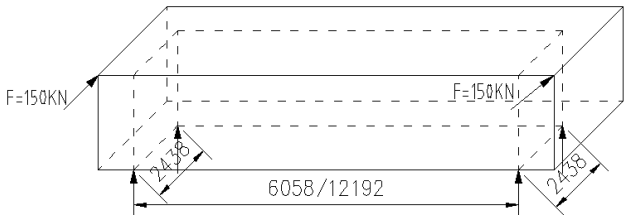
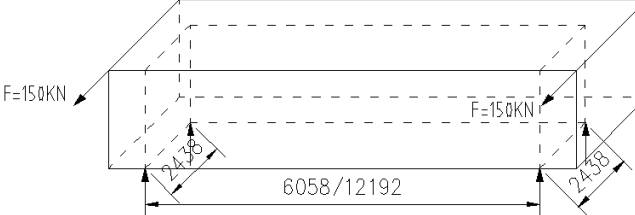
类别	序号	项目
防火涂料涂装	主控项目	
	1	产品进场
	2	涂装基层验收
	3	强度试验
	4	涂层厚度
	5	表面裂纹
	一般项目	
	1	产品进场
	2	基层表面
	3	涂层表面质量

附录 E 模块单元船运试验项目

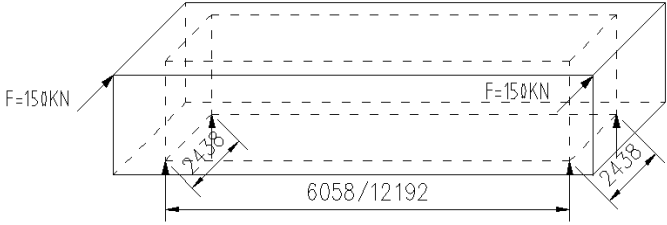
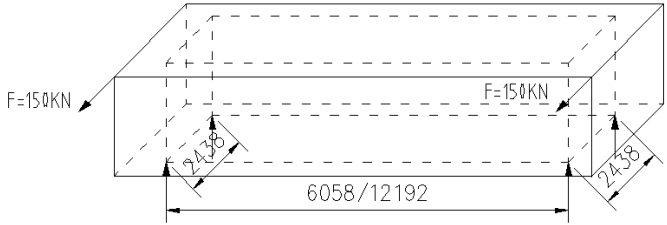
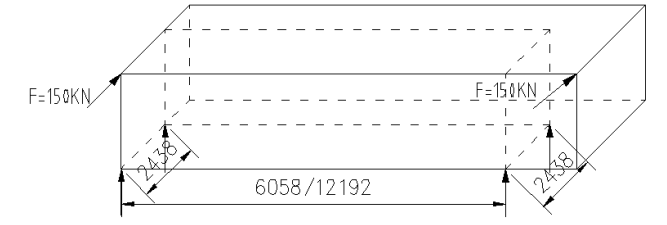
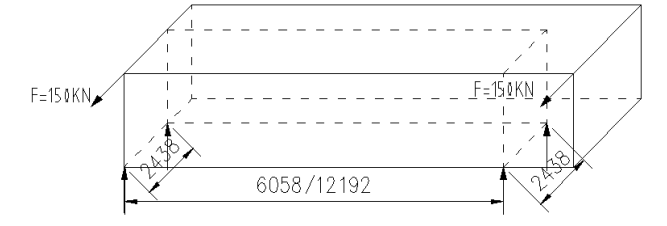
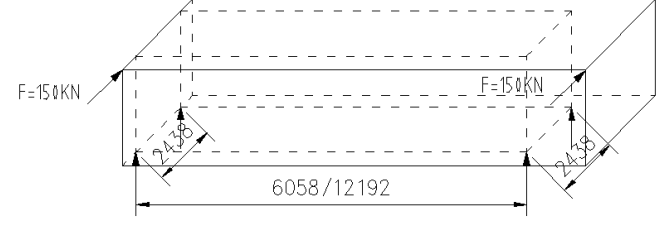
表 E 模块单元船运试验项目

试验项目	端视图	侧视图
堆码 A		
堆码 B		
堆码 C		
顶吊 A		

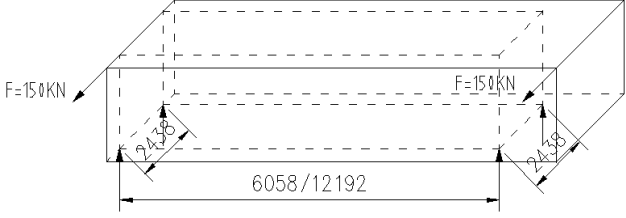
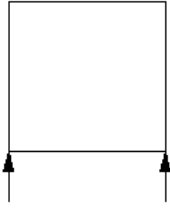
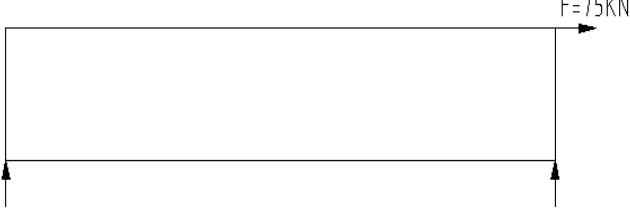
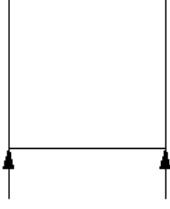
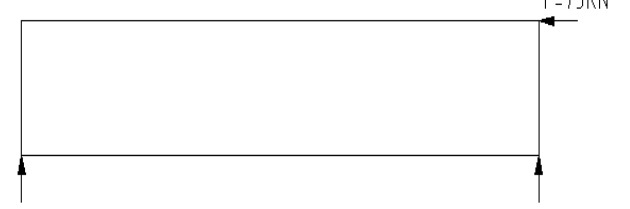
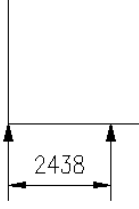
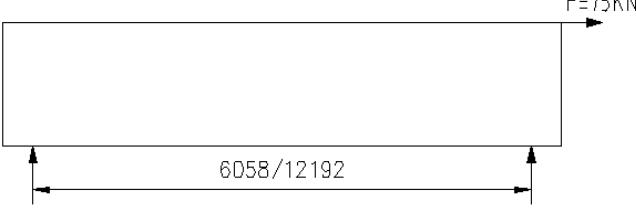
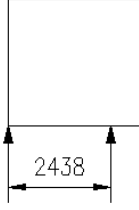
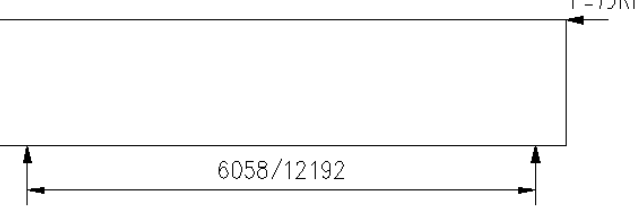
续表 E

试验项目	端视图	侧视图
顶吊 B		
横向刚性 试验 A	侧面推	
	侧面拉	
横向刚性 试验 B	侧面推	
	侧面拉	

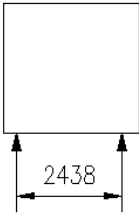
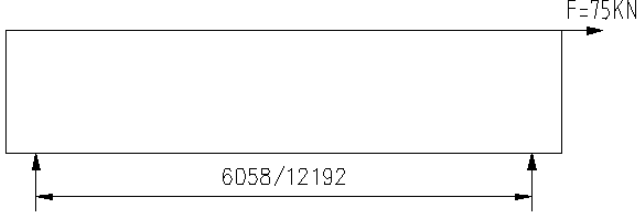
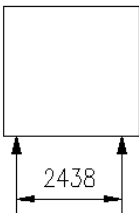
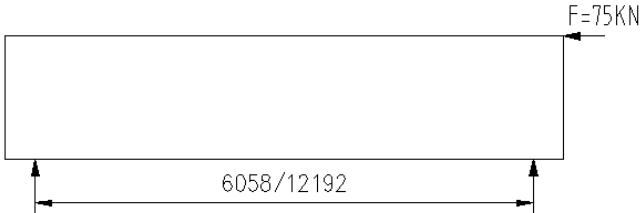
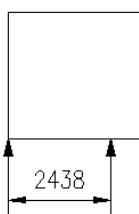
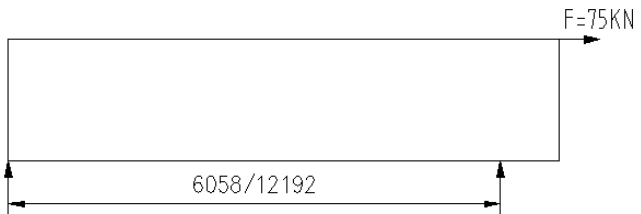
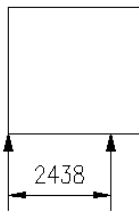
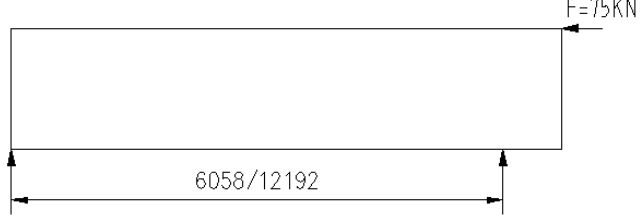
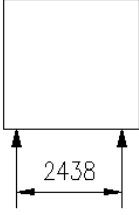
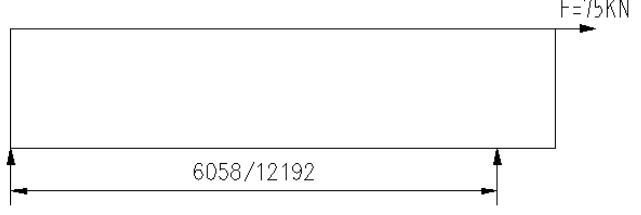
续表 E

试验项目	端视图	侧视图
横向刚性 试验 C	侧面推	
	侧面拉	
横向刚性 试验 D	侧面推	
	侧面拉	
横向刚性 试验 E	侧面推	

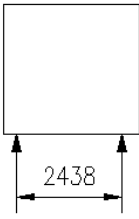
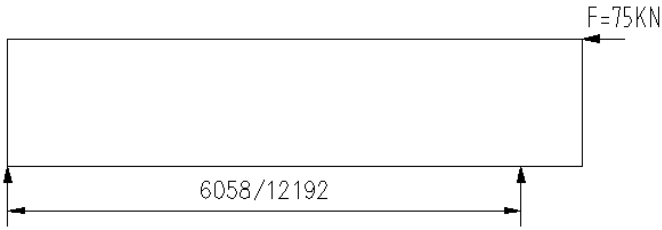
续表 E

试验项目	端视图	侧视图
横向刚性 试验 E	侧面拉	
纵向刚性 试验 A		
纵向刚性 试验 A		
纵向刚性 试验 B		
纵向刚性 试验 B		

续表 E

试验项目	端视图	侧视图
纵向刚性 试验 C		
纵向刚性 试验 C		
纵向刚性 试验 D		
纵向刚性 试验 D		
纵向刚性 试验 E		

续表 E

试验项目	端视图	侧视图
纵向刚性 试验 E		

注：1 表中各图仅标示出模块一端或一侧的外作用力，所示荷载为均匀分布于整个模块；

2 表中 R 表示模块总质量，包含钢结构和精装修的总质量，T 表示箱式模块焊接钢结构质量，R 和 T 均属于质量概念，如果试验要求以重力值为基础，则“力”表示为： R_g 、 T_g ，其单位为牛顿或牛顿的倍数；

3 堆码试验荷载 $F=R_g \times (\text{堆码层数}-1) \times 1.8/4$

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 条文中指明应按其它有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 2 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 3 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 4 《钢结构通用规范》 GB 55006
- 5 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 6 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 7 《建筑环境通用规范》 GB 55016
- 8 《建筑给水排水与节水通用规范》 GB 55020
- 9 《既有建筑鉴定与加固通用规范》 GB 55021
- 10 《既有建筑维护与改造通用规范》 GB 55022
- 11 《建筑电气与智能化通用规范》 GB 55024
- 12 《钢结构防火涂料》 GB 14907
- 13 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 14 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 15 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 16 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 17 《建筑给水排水设计标准》 GB 50015
- 18 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 19 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 20 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- 21 《建筑抗震鉴定标准》 GB 50023
- 22 《工程测量标准》 GB 50026
- 23 《城镇燃气设计规范》 GB 50028
- 24 《供配电系统设计规范》 GB 50052
- 25 《低压配电设计规范》 GB 50054
- 26 《建筑物防雷设计规范》 GB 50057
- 27 《民用建筑隔声设计规范》 GB 50118
- 28 《火灾自动报警系统施工及验收标准》 GB 50166
- 29 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
- 30 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 31 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 32 《建筑装饰装修工程质量验收标准》 GB 50210
- 33 《建筑防腐蚀工程施工规范》 GB 50212
- 34 《建筑内部装修设计防火规范》 GB 50222
- 35 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242
- 36 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB 50243
- 37 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 38 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 39 《建筑电气工程施工质量验收规范》 GB 50303

- 40 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》 GB 50325
- 41 《住宅装饰装修工程施工规范》 GB 50327
- 42 《屋面工程技术规范》 GB 50345
- 43 《民用建筑设计统一标准》 GB 50352
- 44 《智能建筑工程施工规范》 GB 50606
- 45 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 46 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 47 《通风与空调工程施工规范》 GB 50738
- 48 《钢结构工程施工规范》 GB 50755
- 49 《建筑机电工程抗震设计规范》 GB 50981
- 50 《建筑钢结构防火技术规范》 GB 51249
- 51 《民用建筑电气设计标准》 GB 51348
- 52 《建筑模数协调标准》 GB/T 50002
- 53 《交流电气装置的接地设计规范》 GB/T 50065
- 54 《建筑防腐蚀工程施工质量验收标准》 GB/T 50224
- 55 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 56 《建筑工程绿色施工规范》 GB/T 50905
- 57 《装配式钢结构建筑技术标准》 GB/T 51232
- 58 《建筑防火封堵应用技术标准》 GB/T 51410
- 59 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 60 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
- 61 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 62 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 75
- 63 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
- 64 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 65 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 66 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
- 67 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》 JGJ 276
- 68 《公共建筑吊顶工程技术规程》 JGJ 345
- 69 《住宅室内装饰装修设计规范》 JGJ 367
- 70 《建筑轻质条板隔墙技术规程》 JGJ/T 157
- 71 《建筑钢结构防腐技术规程》 JGJ/T 251
- 72 《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》 JGJ/T 441
- 73 《轻钢龙骨式复合墙体》 JG/T 544
- 74 《建筑防水工程技术规程》 DBJ/T 15-19
- 75 《高层建筑混凝土结构技术规程》 DBJ/T 15-92
- 76 《建筑结构荷载规范》 DBJ 15-101
- 77 《高层建筑风振舒适度评价标准及控制技术规程》 DBJ/T 15-216
- 78 《居住建筑室内装配式装修技术规程》 SJG 96

深圳市工程建设地方标准

钢结构模块化建筑技术规程

Technical specification for steel modular buildings

SJG 129 – 2023

条文说明

目 次

1	总则	66
3	基本规定	67
4	建筑设计	68
4.1	一般规定	68
4.2	模数协调	68
4.3	平面、立面设计	69
4.4	模块单元围护系统	70
4.5	建筑外围护系统	70
4.6	防腐与防火	70
5	结构设计	72
5.1	一般规定	72
5.2	结构体系	72
5.3	模块受力单元	72
5.4	模块连接节点	73
5.5	结构设计与计算	74
5.6	叠箱结构	75
5.7	叠箱-底部框架结构	76
5.8	叠箱-抗侧力结构	76
5.9	地基基础	77
6	设备管线与内装系统设计	78
6.1	一般规定	78
6.2	给排水系统	78
6.3	供暖、通风、空调及燃气系统	78
6.4	电气系统	78
6.5	内装系统	78
7	模块单元生产与运输	79
7.1	一般规定	79
7.3	工厂集成生产	79
7.4	出厂检验及资料交付	80
7.5	吊装、运输与存放	80
8	施工安装	81
8.1	一般规定	81
8.2	施工准备	81
8.3	模块安装	81
8.4	设备管线安装	81
8.5	建筑接缝处理	81
8.6	施工安全与环境保护	81
9	质量验收	83
9.1	一般规定	83
9.3	模块单元安装与连接	83

11	智能建造与信息化应用.....	84
11.1	一般规定.....	84
11.2	数字化设计.....	84
12	再利用.....	85

1 总 则

1.0.1 为贯彻国家以新型建筑工业化带动建筑业全面转型升级的方针政策，本规程根据近年来的科研成果和工程实践经验，总结了工业化程度较高的钢结构模块化建筑的相关应用情况，特编制本规程，以推广这一新型的工业化建筑体系的使用。

1.0.2 本规程可用于钢结构模块化建筑的建筑设计、结构设计、模块单元设计、内装设备管线设计，及其质量验收和相关维护，以及模块单元的生产运输、安装施工等。钢结构模块化建筑适用于酒店、办公楼、展厅、住宅、学生宿舍、医院病房等。

3 基本规定

3.0.1 钢结构模块化建筑的最大的特点，是它由若干个模块单元所组成，必要时，模块单元中还可以配置若干个功能单元。钢结构模块化建筑是一个系统工程，系统性和集成性是它的基本特征，通过系统集成的方法，实现设计、生产、运输、施工安装和运营维护全过程的一体化。

钢结构模块化建筑区别于传统建筑，将大量的现场作业转移到工厂中完成，同时，模块单元在工厂生产时集成了设备管线与内装，不仅需要各专业的协同设计，更需要不同单位间的紧密配合，因此建议采用 EPC 总承包模式，便于项目实施。

3.0.2 钢结构模块化建筑的协同设计是工厂化生产、装配化施工建造的前提，应把一体化设计贯穿到工程设计全过程中，在整个建造过程中，实现全产业链上的各行业、各专业之间全过程的紧密合作；在设计的同时考虑工厂生产和现场装配的可实现性，对模块单元进行优化，从而提高钢结构模块化建筑的建造效率及质量，降低整体生产安装成本。

3.0.4 钢结构模块化建筑是由结构系统、外围护系统、设备管线系统和内装系统等四大系统组成，是将预制部品部件通过模数协调，并以模块单元为单位在工厂进行生产安装，运送到现场后进行拼接组装，因此内装体系、设备管线等均应在安装前，进行精细化的多专业管线综合设计。

3.0.5 钢结构模块化建筑的设计应进行模数协调，以满足建造装配化与部品部件标准化、通用化的要求。标准化设计是实施模块化建造的有效手段，没有标准化就不可能实现结构系统、外围护系统、设备与管线系统以及内装系统的一体化集成。模数和模数协调是实现钢结构模块化建筑标准化设计的重要基础，有利于减少部品部件的规格种类，提高部品部件的重复使用率，有利于提高建造速度和工人的劳动效率，从而降低造价。宜通过新材料、新工艺的使用，满足建筑外立面的美观要求，实现标准化和多样化辩证的统一。

3.0.6 钢结构模块化建筑的设计采用标准化的模块单元和节点，以减小模块的尺寸和种类。钢结构模块化建筑应注重模块单元之间的连接节点的选型和设计，保证连接接口的标准化、通用化。

3.0.7 钢结构模块化建筑的公差系统包括制作公差和安装公差。与传统的建筑方法相比，钢结构模块化建筑有更多的连接接口，规定公差是为了建立模块单元之间，以及模块单元与各个功能系统之间的尺寸协调关系，以保证各种模块单元和各功能系统在施工现场能准确地装配在一起，安装接缝、放线定位中的偏差控制在允许的范围内，使接口的功能、质量和美观均达到设计预期的要求。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 进入 21 世纪，各项民用建筑工程在功能和质量上有了更高、更新的要求，节能、绿色理念的强化，建筑形式也越来越多样化、功能复杂化、综合化，加之新材料、新技术也不断涌现，《民用建筑设计统一标准》GB 50352，已经成为各类民用建筑的设计和有关标准的编制必须遵守的重要通用标准。为确保钢结构模块化建筑工程的使用功能和质量，确保钢结构模块化建筑使用中人民生命财产安全和身体健康，维护公共利益，保护环境，促进社会的可持续发展。本规程应遵守该标准，并根据该标准的原则进行编制。

4.1.2 进行模块单元尺寸设计时需从建筑的全生命周期进行考虑，不仅需要考虑模块本身的建筑使用功能，还需要考虑模块生产、运输、吊装及现场施工的可行性与便利性；同时，对于超过运输规格的模块，需与相关部门协商并进行特殊的运输安排。

4.1.3 钢结构模块化建筑的防火设计，应遵循国家有关安全、环保、节能、节地、节水、节材等经济技术政策和工程建设的基本要求，贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针，从全局出发，针对不同类型的建筑及其使用功能的特点以及防火、灭火需要，结合具体工程及当地的地理环境等自然条件、人文背景、经济技术发展水平和消防救援力量等实际情况进行综合考虑。在钢结构模块化建筑的设计中，不仅要积极采用先进、成熟的防火技术和措施，更要正确处理好生产或建筑功能要求与消防安全的关系。

4.1.4 深圳市地处夏热冬暖地区，因此采用钢结构模块化建筑建造的居住建筑应执行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 的有关规定。

4.1.5 深圳市为多雨地区，应重视钢结构模块化建筑防水工程的正确实施。防水工程应符合现行广东省标准的有关规定，并根据广东省地理气候特征，合理应用防水材料，提高钢结构模块化建筑的防水技术水平，并为防水工程的设计、施工、验收等提供技术依据，满足安全环保，经济合理的要求。

4.1.6 随着我国国民经济和科学技术的发展，各种交通工具和用于民用建筑的机械、设备等越来越多，噪声源不断增加。而新型轻质建筑材料的隔声降噪能力相对较差，导致民用建筑内的噪声干扰问题日益突出，要求降噪声、改善声环境的呼声日益强烈。因此，钢结构模块化建筑应注重建筑隔声问题。

4.1.8 本条说明模块单元间的连接应考虑建筑使用要求以及施工安装和维护检修的操作空间等因素，同时要采取有效的防腐、防火等安全措施。

4.2 模数协调

4.2.1 模数协调是为了提高原材料利用率，减少其规格种类，提高组成模块单元的部品部件的通用性，并在符合标准化设计的同时满足建筑的多样性。

4.2.2 工业化建筑的前提是标准化，只有实现了标准化，才可能实现工业化的规模化生产。目前，工业发达国家水平方向的协调尺寸基本全部采用 3M。根据我国的国情，本规程提出在钢结构模块化建筑中的空间模数参考系统以基本模数 1M 作为基础，有条件时可以采用 2M 和 3M 作为模数网格的基本尺寸。模数空间参考系统中三个方向的模数参考平面所采用的模数网格尺寸可以是不同的。将模块单元及其部品部件置于此空间参考系统中进行模数协调（图 1），通过节点和接

口使其相互和谐地配合工作，使设计、施工及安装等各个环节的配合简单、明确，可靠，达到建造的高效率和经济性。

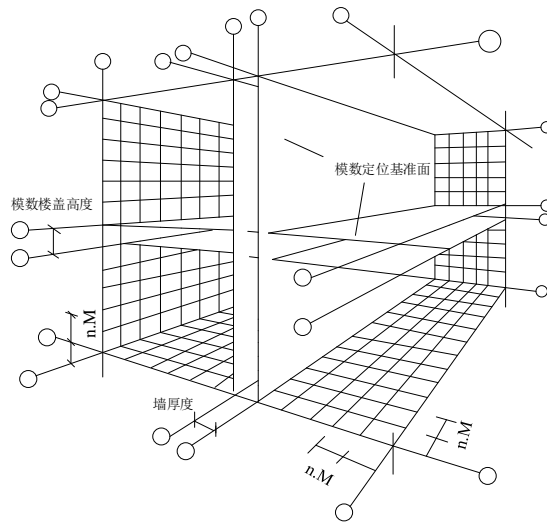


图1 模块单元及其内装部品定位的空间模数参考系统

n —自然数； M —基本模数

4.2.5 建筑层高为下层模块单元室内结构完成面至上层模块单元室内结构完成面之间的高度，宜取 100mm 作为基本模数。遵照设计习惯，建筑层高宜取各层之间以楼、地面完成面计算的垂直距离，需考虑模块结构之间连接是否有连接垫件或安装缝隙，室内净高可通过调节吊顶高度取整，便于内装部品安装和使用。模块单元结构高度取值应注意与建筑层高的差值换算。

4.3 平面、立面设计

4.3.1 在进行钢结构模块化建筑平面设计时，应充分考虑模块单元之间的连接，相邻模块单元连接包括单元构件连接、设备管线连接及装修部品部件连接。在进行模块拆分布置时，应尽可能减少同一功能区中的模块数量，以减少接口数量。

4.3.2 楼梯间、电梯间、设备管井属于建筑中重要的功能区域，宜将抗侧力结构布置在这些功能区域，减小结构变形对建筑功能的影响。

4.3.3 本条规定了外立面应符合城市市容市貌整体规划，与周围环境相协调，外立面通过变形缝进行尺寸分割，变形缝应能适应温度变化引起的外墙变形。同时应采用建筑体量、材质肌理、色彩变化等方式来实现不同的建筑立面效果。不宜采用专用的装饰构件来完成建筑外立面，避免增加钢结构模块化建筑安装施工的难度。模块单元之间存在天然的拼缝，在建筑立面设计时应充分考虑拼缝接口的影响。

4.3.4 可通过偏移模块单元、阳台和屋面模块单元附件的使用等技术提高建筑美观效果(图 2)。

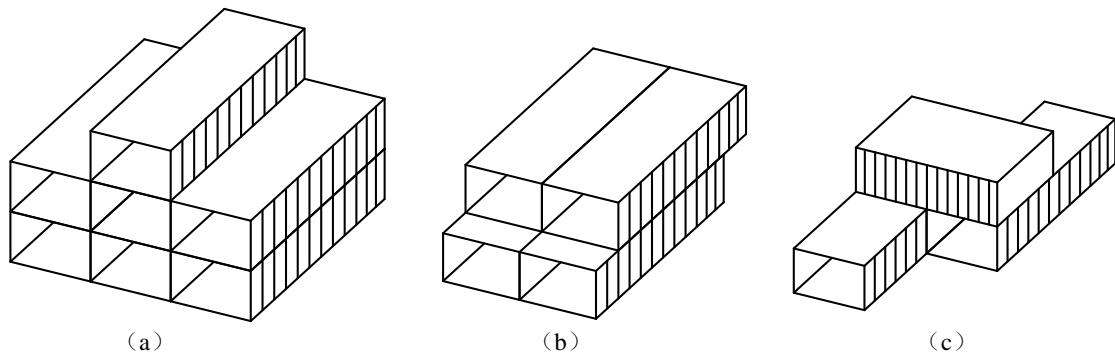


图 2 模块单元的不同组合形式

4.3.5 出于防腐目的，首层模块应架空，架空空间宜封闭，避免模块底部进杂物或动物集聚。

4.4 模块单元围护系统

4.4.1 此条主要针对模块单元的运输、吊装过程提出要求，模块单元的围护结构应保证一定的刚度以避免运输、吊装过程中材料因变形过大而开裂。

4.4.2 围护结构应考虑便于现场模块单元安装的构造措施，有利于提高模块单元的安装质量，如灌浆连接节点需预留灌浆操作口，灌浆完成后封闭处理，尽可能不影响室内外的观感。

4.4.5 钢结构模块化建筑的模块单元在吊装过程中容易产生变形，为减小变形对内部装饰的影响，宜选用可适应结构变形的墙体材料。

4.4.7、4.4.8 根据模块单元所处的平面位置，一些模块单元的墙体在安装后形成了建筑的内隔墙，一些模块墙体在安装后形成建筑外墙，在设计模块单元的时候应分别考虑，结合钢结构模块化建筑的特点满足内隔墙和外墙的功能要求。

4.4.10 单元式构造外墙集成一体化批量制造，和模块单元的安装并行作业，能够进一步提高模块单元在工厂内的安装效率。

4.4.15 模块底板宜采用压型钢板混凝土组合板，易于满足模块单元楼板分块刚性的要求。

4.5 建筑外围护系统

4.5.5 钢结构模块化建筑相比于传统建筑存在大量的拼缝，存在漏水隐患，因此模块单元间及模块单元与非模块结构间拼缝的防水设计是建筑防水设计的关键点之一。

4.5.7 利用屋面建立建筑顶层模块单元整体的连接，有利于提高钢结构模块化建筑结构的整体性。

4.5.9 对于防水要求较高的建筑，屋面系统宜采用整体现浇、装配整体式钢筋混凝土屋面或装配整体式组合屋面，减小屋面拼缝的数量，从源头上解决防水问题，避免拼缝处理不当导致的漏水。

4.6 防腐与防火

4.6.2 表面处理质量直接影响涂层与基体的结合力，是涂层过早破坏的主要影响因素，钢构件在涂装之前应进行表面处理。

4.6.5 防火保护材料的性能要求具体包括防火保护材料的等效热传导系数或防火保护层的等效热阻、防火保护层的厚度、防火保护的构造、防火保护材料的使用年限等。

4.6.6 对于防火要求较高的建筑，采用的防火涂料厚度、防火板和集成墙板的厚度较大，若设计

时未考虑此影响，可能会影响模块单元的拼装。在建筑设计时，每个模块单元宜满足防火的要求，当无法满足时，应保证由相邻模块及拼缝组合形成的区域满足相应防火的要求，如相邻模块框架柱和拼缝的组合满足钢柱的耐火极限要求，相邻模块内隔墙和拼缝的组合满足建筑隔墙的耐火极限要求。

4.6.7 相比于传统建筑，相邻模块单元间以及模块单元与非模块结构之间组装拼接时存在新的接缝，宜采用不燃材料进行封堵（图3），避免火焰穿透。模块单元间靠外墙侧的拼缝在现场的防火封堵作业存在一定的难度，可以通过提高拼缝两侧墙体的防火性能，从而实现原防火设计目标和要求。

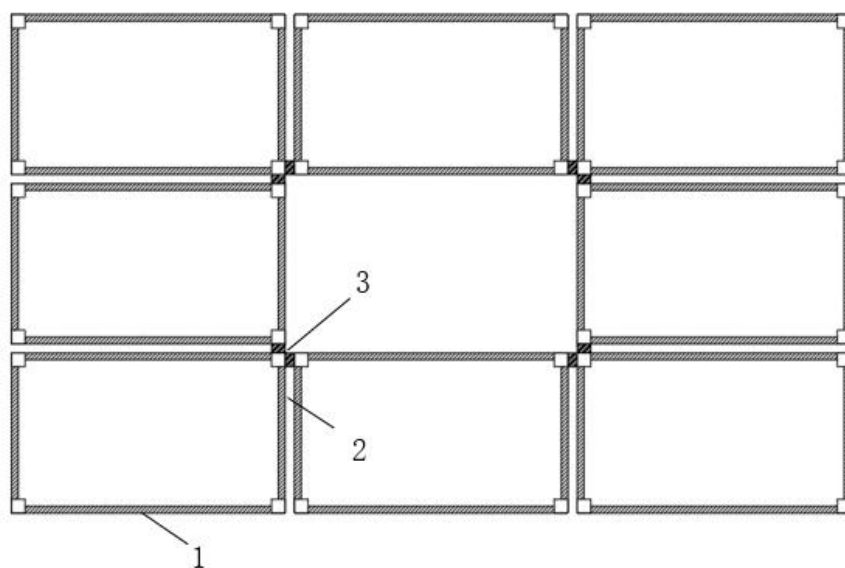


图3 模块单元间拼缝的防火封堵示意图

1—模块单元外墙；2—模块单元隔墙间的封闭空腔；3—防火封堵

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.8 非结构构件包括建筑非结构构件和建筑附属机电设备，自身及其与结构主体的连接；非结构构件的地震破坏会影响安全和使用功能，需要引起重视，应进行抗震设计。

5.2 结构体系

5.2.1 本规程涉及的钢结构模块化建筑的结构形式主要包括：叠箱结构、叠箱-底部框架结构和叠箱-抗侧力结构。叠箱结构无特殊加强，靠箱间节点连接，依赖模块框架承载，可通过强化构件、强化连接、在模块单元内增加斜撑等方式加强叠箱承载能力；叠箱-底部框架结构以底部框架作为钢结构模块化建筑的下部结构，并在此框架平台上进行叠箱的安装；叠箱-抗侧力结构通过引入抗侧力结构为叠箱提供侧向支承，叠箱结构竖向荷载仍由模块单元承担。

5.2.2 加强型叠箱通过对模块单元和连接节点进行加强，或者通过整层现浇楼板、屋面等方法对结构进行整体加强，增加结构冗余度，同时满足较高的性能设计要求，能够有效提高叠箱结构的抗震性能，从而能够适用于更高的建筑高度。

5.2.3 叠箱结构的梁、柱在模块单元连接处均不连续，导致结构整体性不佳，应限制其最大高度。叠箱安装于底部框架之上，叠箱结构仍应满足叠箱结构自身的最大适用高度要求，且考虑到叠箱结构的整体性问题及可能产生的鞭梢效应，结构整体高度应受到限制。叠箱与抗侧力结构结合，形成混合抗侧力体系，抗侧力结构应采用钢框架-支撑、钢框架-延性墙板、混凝土框架-剪力墙、剪力墙、筒体等抗侧力强的结构，由抗侧力结构承担大部分侧向力，可用于高层钢结构模块化建筑。若结构的抗侧力部分为钢框架或混凝土框架，由于其刚度较弱，无法为叠箱提供充分的支撑，因此适用高度应按叠箱结构选取。

5.2.4 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，从结构安全角度讲，高宽比限值不是必须要满足，主要影响结构设计的经济性。当高宽比过大时，抗倾覆能力较差，结构材料用量增大较多，经济性能不好。叠箱结构、叠箱-底部框架结构整体抗侧能力相对于叠箱-抗侧力结构较差，因此宜采用较小的高宽比。

5.2.5 本条对叠箱结构在不同地震设防烈度下的抗震等级进行规定，非模块部分的构造设计还应满足我国相关规范的要求，达到钢结构模块化建筑结构整体的安全性不低于传统建筑的基本原则。

5.2.6 应注重钢结构模块化建筑结构的抗震概念设计，尽量满足平面简单，平面布置基本对称且没有明显的、实质的不连续的原则要求，以减少侧向力对结构产生的附加扭矩。

5.2.7 应注重钢结构模块化建筑结构的抗震概念设计，尽量满足抗侧力构件的侧向刚度沿竖向均匀变化、不产生突变的原则要求。模块外挑的距离不应过大，且应通过在外挑模块设置中柱、支撑，或其它可靠措施来保证角柱传力路径的连续性。

5.3 模块受力单元

5.3.1 在基本框架模块的基础上引入支撑和延性墙板能够提高模块单元的抗侧能力和延性（采用屈曲约束支撑、屈曲约束钢板墙等耗能构件则可以进一步实现地震作用下的耗能），从而提高结构整体的抗震能力，适用于需要考虑地震设防地区的多高层建筑。

5.3.3 短暂设计状况的设计计算是模块单元进行设计计算的重要内容。在某些特定的条件下，组成模块单元构件的截面设计，可能会由短暂设计状况起到控制作用，因此不可忽略这部分计算分析。模块单元在进行短暂状况验算时，需考虑不同工况下的受力情况和支撑约束点的布置情况，并进行空间体系的整体分析。

在模块单元短暂设计状况的计算分析中，应特别注意，某些在使用设计状况下是非承重的构件，而在短暂设计状况中，却成为保持模块单元稳定性和整体性的重要构件，例如非承重的外围护墙板和某些内隔墙板。

5.3.6 模块单元的拼接常出现多柱汇集的情况，采用钢管截面框架柱，特别是箱型截面模块框架柱通常更有利于保证承载力和连接性能，同时方便框架柱连接节点的设计和施工。

5.3.9 模块框架柱端突出（图4）是为了提高梁柱的焊接质量，较小焊接对安装的影响。为避免柱壁撕裂，通常宜在柱内对应梁翼缘处设置内隔板，但也可以采用加厚柱壁、增加外环板等可靠加强措施，加强措施可经专家论证后实施。

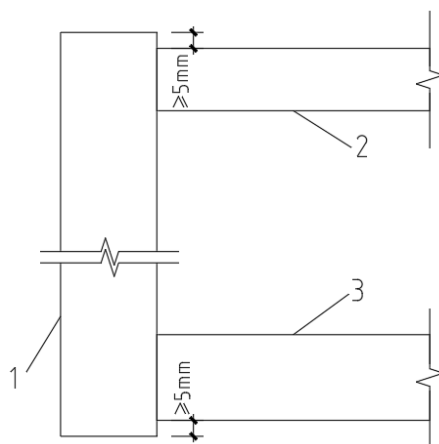


图4 模块框架柱端突出示意图

1—模块框架柱；2—模块框架顶梁；3—模块框架底梁

5.4 模块连接节点

5.4.1 钢结构模块化建筑的连接节点在施拧、施焊、灌浆作业时，容易受到上下层模块单元以及水平左右前后模块单元空间上的影响，因此在进行构造设计时需要重点考虑施工的便利性。从结构整体传力的角度出发，通过模块框架梁建立模块单元间的连接时，传力路径复杂，容易产生附加弯矩，对结构整体受力不利。

5.4.2 模块单元之间的连接主要依靠连接件，连接件是决定整体结构可靠性的关键，因此需要重视连接件的设计，保证相邻模块在竖直方向和水平方向上的荷载传递，并进行连接件的抗剪、抗压、抗拉、抗弯承载力的验算，确保“强连接”。

5.4.3 根据相关试验经验，拉杆连接一般为铰接，螺栓连接可达到铰接或者半刚接，灌浆连接通常可达到半刚接或者刚接。

叠箱-抗侧力结构受力机制较复杂，箱间连接节点的转动刚度可能产生较显著的影响，加强型叠箱-抗侧力结构的叠箱结构宜同时采用铰接模型和半刚接模型进行包络设计。

连接节点设计可参考本条文提供的节点构造，新型节点构造应专门进行节点试验，节点铰接、半刚接、刚接的判定可根据试验结果参考欧洲规范 EN 1993-1-8 进行判定，钢结构模块化建筑节点的连接宜从严要求：

- 1 对于无侧移结构, $S_{j,ini} \geq 8EI_c/L_c$ 时, 节点可视为刚接;
- 2 对于有侧移结构, 当 $S_{j,ini} \geq 25EI_c/L_c$ 时, 节点可视为刚接;
- 3 当 $S_{j,ini} \leq 0.5EI_c/L_c$ 时, 节点可视为铰接;
- 4 其余情况应按半刚接考虑。

式中, $S_{j,ini}$ 为节点域的初始转动刚度, E 、 I_c 、 L_c 分别为模块框架柱的弹性模量、截面惯性矩和长度。若节点判定为半刚接, 则结构计算时应采用弹簧单元或连接单元进行模拟。

5.4.4 模块间的水平连接一般通过连接件上的水平连接钢板建立, 应当注意连接钢板的受剪有效长度, 不同节点两侧的固定端位置不同, 受剪有效长度差别较大:

- 1 当叠箱竖向连接采用拉杆连接时, 连接钢板的平面内转动基本不受约束, 平动主要受模块框架柱中心处的抗剪键约束, 水平连接应按铰接计算, 有效受剪长度应取相邻模块框架柱中心间距;

- 2 当叠箱竖向连接采用灌浆连接时, 不同构造对于连接钢板的转动约束存在差异, 应根据试验确定水平连接为半刚接还是刚接。在面外, 连接钢板在两侧柱壁外被灌浆料压实而完全约束, 面外受剪有效长度应取水平方向相邻模块框架柱之间的间隙加柱端壁厚的一半。在连接钢板面内, 连接钢板主要受到抗拔件的约束, 面内受剪有效长度取两侧抗拔件内边缘距离。

5.4.5 节点连接对钢结构模块化建筑整体的结构特性影响显著, 应根据建筑的高度、结构形式、平面布局、深圳市的气候场地特征、是否考虑再利用等综合评判后选取最为合适的节点, 并采用相应的计算假定考虑节点的刚度影响, 提取节点的内力进行节点承载力的验算。

模块间的竖向连接应根据计算假定进行节点的构造设计, 铰接节点不传递弯矩, 因此不用进行抗弯承载力的验算, 所有节点都需要进行抗拔、抗剪以及孔壁承压承载力的验算。

5.4.6 当采用拉杆连接的叠箱连接方式时, 一般采用铰接模型计算, 底部框架柱不受上部模块弯矩的影响; 当采用灌浆连接的方式时, 应根据试验结果采用半刚接模型或者刚接模型, 结构整体性更好。

5.4.8 本条基于概念设计原则和节点试验对节点的破坏模式进行了规定, 根据“强连接弱构件”的原则, 模块单元与模块单元、抗侧力结构以及底部框架之间的连接在罕遇地震作用下不应发生屈服。对于模块单元间、模块单元于底部框架的连接, 应避免滑移对结构产生的不利影响, 多遇地震下不应产生滑移, 设防地震下不宜产生滑移; 对于模块单元于抗侧力结构的连接, 若采用可滑动连接或者滑移耗能型连接来避免抗侧力结构和模块单元间竖向力的传递, 在多遇地震下应确保不发生滑移。

5.5 结构设计与计算

5.5.1 当组合楼板和模块钢框架通过楼板和钢梁之间设置抗剪连接件, 将楼板预埋件与钢梁焊接等措施可靠连接时, 可以认为楼板和钢框架共同提供平面内刚度, 并按分块刚性楼板假定进行计算。

5.5.2、5.5.3 钢结构模块化建筑的连接主要依靠模块单元角部的连接件, 失效时更容易产生连续倒塌的问题, 因此在设计时应注重抗连续倒塌概念的设计, 如提高结构整体超静定次数、加强节点连接、保障构件的延性、设计多道荷载传递路径等。钢结构模块化建筑的抗连续倒塌设计可采用拆除构件方法, 逐个拆除模块框架柱、底层框架内部柱、抗侧力结构内部柱以及转换桁架腹杆等重要构件, 验算剩余构件的承载力和变形。

5.5.4 钢结构模块化建筑中的竖向传力构件失效时, 将由模块之间的连接件来提供替代的荷载传递路径, 相应地对连接件产生附加荷载。通常情况下, 不宜使模块之间的连接件承受该附加荷

载，故通过增加关键构件的安全冗余度达到抗连续倒塌的目的。

5.5.5 采用隔振和消能减震设计方案，具有可能满足提高抗震性能要求的优势，因此推荐其按较高的设防目标进行设计。

5.5.7 加强型叠箱的适用高度较高，地震作用影响较大，宜补充弹塑性分析。

5.5.8 考虑到钢结构模块化建筑连接方式、双梁双柱等结构上的特殊性，且目前国内的应用案例较少，因此针对加强型叠箱结构和加强型叠箱-抗侧力结构这些用于高层建筑的结构体系除了需要在设计时考虑抗震概念设计原则外，还需要进行抗震性能设计。

不同节点形式的钢结构模块化建筑的性能差距很大，因此铰接、半刚接和刚接三种节点形式应分别采用不同的抗震性能水准。铰接节点延性最差，其性能目标为最高等级，中震作用下要求结构达到第1抗震性能水准，大震作用下要求结构达到第2抗震性能水准，即结构仍处于基本弹性状态；半刚接节点的性能目标要求结构在中震作用下满足第2抗震性能水准，大震作用下满足第3抗震性能水准，结构仅有轻度损坏；刚性节点的性能目标要求结构在中震作用下满足第3抗震性能水准，大震作用下满足第4抗震性能水准，结构中度损坏。需要严格保证叠箱竖向连接、叠箱水平连接在大震下的完好，否则易产生连续倒塌现象。

5.5.10 阻尼比的取值参照了《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的有关规定。振型阻尼比法是指针对于各阶振型所定义的阻尼比，可根据某阶振型下的单元变形能，采用加权平均的方法计算出振型阻尼比 ζ_i ：

$$\zeta_i = \sum_{s=1}^m \zeta_s W_{si} / \sum_{s=1}^m W_{si} \quad (1)$$

式中： ζ_i ——结构第 i 阶振型的阻尼比；

ζ_s ——第 s 个单元阻尼比，对钢构件取 0.02，对混凝土构件取 0.05；

m ——结构的单元总数；

W_{si} ——第 s 个单元对应于第 i 阶振型的单元变形能。

统一阻尼比法依然采用公式 (1)，但并不针对各振型分别计算单元应变能 W_{si} ，而是取各单元在重力荷载代表值作用下的变形能 W_{si} ，求得对应于整体结构的一个阻尼比。

5.5.11 当采用二阶 $P-\Delta$ 弹性分析时，因模块单元的初始几何缺陷不可避免地存在，有可能对结构的整体稳定性起很大作用，故因充分考虑初始缺陷对结构变形和内力的影响。可以通过在模块单元每层顶部作用附加假想水平力来替代整体几何缺陷，但需要注意应将力施加在最不利方向，即假想力不能起到抵消外部作用的效果。模块单元的初始几何缺陷主要包括定位误差、加工误差以及水平力作用下的滑移，本条根据实际工程经验给出了取值建议。

5.5.12 计算分析和工程实践表明，在叠箱及叠箱-抗侧力结构体系中模块框架梁中的轴力不容忽视。

5.6 叠箱结构

5.6.1 竖向连接节点的偏置，可能导致出现偏心受压或偏心受拉，对竖向荷载的传递和节点受力均有不利影响，特别在竖向传力构件受拉的情况下可能无法有效限制模块间的分离，应尽量予以避免或使用与实际情况相符的计算模型验证其连接可靠性。对叠箱结构的加强应包括模块单元自身的强化及结构整体性的提高，采用混凝土楼板和现浇混凝土屋面对提高结构整体性有重要意义，是提高结构适用高度应采取的必要措施。如果采用其它轻质楼板，需保证模块单元底板的平面内刚度与混凝土楼板等同。

5.6.2 钢结构模块化建筑由模块单元拼接而成，整体性不如传统框架结构，层间位移限值应偏严

格。

5.6.3 柱柱节点的转动刚度对结构整体的刚度影响不大，但铰接节点延性较差，更容易发生破坏，因此需要严格控制结构整体的变形。

5.7 叠箱-底部框架结构

5.7.4 底部框架转换层在整体结构中容易成为薄弱层，因此参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 对底部框架转换层的侧向刚度进行约束。

5.7.5 当上部模块单元由转换次梁承托时，由于多次转换和较长的传力路径，框支主梁将承受较大的剪力、扭矩和弯矩，易产生受剪破坏。

5.7.7 应通过合理布置转换桁架腹杆的交点、空腹桁架的竖腹杆来保障上下构件间的内力传递。

5.7.8 钢结构模块化建筑由模块单元拼接而成，整体性不如传统框架结构，层间位移限值应偏严格。

5.7.9 底层框架对叠箱结构整体抗侧能力的帮助较小，铰接节点延性较差，更容易发生破坏，因此需要严格控制结构整体的变形。

5.8 叠箱-抗侧力结构

5.8.2 加强型叠箱-抗侧力结构中每隔 4 层宜设置现浇混凝土走廊，以进一步提高叠箱结构的整体性，以适应其最大高度。

5.8.3 叠箱-抗侧力结构体系中，远离抗侧力结构的叠箱结构和外伸叠箱结构是通过叠箱间接传导水平作用，得到抗侧力结构的支持较弱，应对其范围进行限制：

1 远离抗侧力结构的方向长宽比 L/D 不宜大于 1.5，且不应大于 2。走廊宜采用现浇混凝土，楼板厚度不宜小于 100mm；

2 外伸长度与宽度比 l/d 不宜大于 1，且不应大于 1.5。走廊宜采用现浇混凝土，楼板宽度不宜小于 2.5m，楼板厚度不宜小于 120mm；

3 如果设置现浇层的比例增加时，本条规定可适当放宽；

4 两个抗侧力结构中间的叠箱结构由于两侧均能够受到抗侧力结构的支持，对远离抗侧力结构的方向长度的要求可放宽，取 $3L$ ；

5 两处抗侧力结构间外伸的叠箱结构由于两侧均能够受到与抗侧力结构直接相连的叠箱的支持，对外伸长度的要求可放宽，取 $3l$ 。

5.8.6 叠箱结构承受的地震倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比例会较大程度上影响结构整体的性能：

1 当叠箱结构承受的倾覆力矩不大于结构总倾覆力矩的 50%时，抗侧力结构作用显著，按叠箱-抗侧力结构确定其最大高度，并可采用较高的高度；

2 当叠箱结构承受的倾覆力矩大于结构总倾覆力矩的 50%但小于 80%时，意味着抗侧力结构对结构整体抗震的贡献较小，叠箱结构承担了较大的地震作用，结构最大高度不宜再按叠箱-抗侧力结构确定，但可比叠箱结构适当提高；

3 当叠箱结构承受的倾覆力矩大于结构总倾覆力矩的 80%时，意味着抗侧力结构对结构整体抗震的贡献很小，应按叠箱结构确定房屋的最大高度。此时应注意控制抗侧力构件的刚度和强度，避免其提前破坏。

5.8.8 按多道防线的概念设计要求对叠箱结构地震剪力进行调整，使其在抗侧力结构破坏之后仍具有一定的独立抗侧能力。对于抗侧力结构部分，当叠箱结构的连接为铰接时，叠箱结构整体

延性较差，结构所受全部侧向力应由抗侧力结构承担；当叠箱结构的连接为半刚接和刚接时，叠箱结构的整体性能接近于传统钢结构，能够承受一定的侧向力作用，因此可以适当放松抗侧力部分承担的侧向力比例。对于采用屈曲约束支撑、屈曲约束钢板墙等耗能构件的抗侧力结构，在地震作用下延性和耗能能力较好，可适当放松要求。对于叠箱结构，在水平地震作用下一般所受剪力较小，按照多道防线的概念设计要求，作为第一道防线的抗侧力结构在地震作用下先行破坏后，由于塑性内力重分布，叠箱结构部分所受的剪力会放大。为保障叠箱结构部分作为第二道防线具有一定的抗侧能力，需要对其承担的剪力进行调整，调整方法参照《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 进行，剪力调整系数根据抗侧力结构为钢结构还是混凝土结构给出了不同的取值。

5.8.9 钢结构模块化建筑由模块单元拼接而成，整体性不如传统框架结构，层间位移限值应偏严格。

5.9 地基基础

5.9.2 参照《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定，通过规定钢结构模块化建筑的最小埋置深度，提高基础的抗倾覆能力。

5.9.3 参照《建筑抗震设计规范》GB 50011 提出。满足本条规定时，高层模块建筑的抗倾覆能力具有足够的安全储备，可不再验算结构的整体倾覆。

5.9.4 预埋件的应用一方面能够辅助模块单元的安装定位，另一方面提高了模块单元的安装效率，但需要注意保障预埋件与模块单元可靠连接，满足铰接或刚接的设计。预埋件宜用混凝土包裹，从而提高耐久性。

5.9.5 模块框架柱和抗侧力结构的刚框架柱宜将竖向荷载直接传递至基础，延伸至计算嵌固端以下一层。

6 设备管线与内装系统设计

6.1 一般规定

- 6.1.3 设备管线与内装修设计应结合模块的拆分与安装，选择适合的系统，并进行综合论证。
- 6.1.4 机电设备系统、内装系统设计应从建造的全过程考虑，考虑运输、吊装及成品保护的要求。
- 6.1.8 机电设备系统、内装系统的设计应明确工厂和现场的范围，根据施工工序，指导预制部分和现场施工部分的有序衔接。

6.2 给排水系统

- 6.2.2 为满足管道检修及模块之间管道接头的现场连接，阀门或管道接头处的吊顶应设计为可拆卸吊顶。
- 6.2.3 当首层也采用模块化建造时，为满足模块单元底部排水管道安装及检修的要求，需设置检修通道或管道检修层。

6.3 供暖、通风、空调及燃气系统

- 6.3.2 根据钢结构模块化建筑装修集成的特点，供暖通风与空调设备的安装与管线敷设宜集成在模块内部并在工厂内完成，为方便维修与更换宜与主体结构分离，并应集中设置，减少平面交叉，便于施工。

6.4 电气系统

- 6.4.3 钢柱截面积一般能达到防雷引下线的要求，故一般无需在建筑外表面敷设引下线与均压环。通过将防雷连接线与外墙预先组合，并在主体结构预留防雷连接点，外墙安装后即可接通外墙和主体结构，实现外墙的防雷。

6.5 内装系统

- 6.5.3 内装部品采用集成设计，满足干式工法的技术可以提高内装装配率，更便于工厂整体装修及运输，同时可以缩短施工工期，加快施工进度，符合钢结构模块化建筑快速装配的技术需求。
- 6.5.6 龙骨应承载在钢结构主要构件上，且天地龙骨与主体结构密切固定，混合加固指使用轻钢龙骨以外的龙骨系统与轻钢龙骨结构进行搭接加固，使用混合加固会降低龙骨平整度，垂直度和承载力，但当空间超过龙骨最大长度时，可以与钢结构焊接混合加固来满足空间高度的需求。

7 模块单元生产与运输

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.5 完善的质量管理体系和制度是质量管理的前提条件和企业质量管理水平的体现；质量管理体系中应建立并保持与质量管理有关的文件，形成和控制工作程序。该程序应包括文件的编制（获取）、审核、批准、发放、变更和保存等。

质量管理有关的文件包括：

- 1 法律法规和规范性文件；
- 2 技术标准；
- 3 企业制定的质量手册、程序文件和规章制度等质量体系文件；
- 4 与模块单元产品有关的设计文件和资料；
- 5 与模块单元产品有关的技术指导书和质量控制文件；
- 6 其它相关文件。

生产单位应采用现代化的信息管理系统，并建立统一的编码规则和标识系统。信息化管理系统应与生产单位的生产工艺流程相匹配，贯穿整个生产过程，并应与构件的建筑信息模型有接口，有利于在生产全过程中控制构件生产质量，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）有利于实现钢结构模块化建筑质量全过程控制和追溯，芯片中应存入构件信息、生产过程及质量控制全部相关信息。

按照政府部门关于研究建立模块单元认证制度的要求，对于开展模块单元认证制度试点的项目，认证机构颁发的合格证书可作为质量合格证明文件，作为工程项目施工进场验收的依据。

7.1.6 对于结构较复杂的模块单元或新型模块首次生产或间隔较长时间重新生产时，生产单位需会同建设单位、设计单位、施工单位、监理单位共同进行样板检验，确认该批模块单元生产工艺是否合理，质量能否得到保障，共同验收合格之后方可批量生产。若模块单元作为成熟的标准化的产品时，可不进行样板检验工作。

7.1.7 生产策划具体内容应包括：场地布置、生产工艺、生产计划、模具方案、模具计划、技术质量控制措施、成品保护、存放及运输方案等内容，必要时，应对模块单元脱模、吊运、码放、翻转及运输等工况进行计算。

7.3 工厂集成生产

7.3.1 钢结构模块化建筑的模块建筑功能集成应尽量在工厂内完成，以提高现场施工速度和施工质量。

7.3.3 模块单元间的连接界面应避免被防火涂料等污染而影响连接效果，出厂前应进行检查并及时清洁。

7.3.9 对主体钢结构的开洞、改造应按设计要求在工厂内完成，应避免现场临时操作。如确需现场改动，应征得设计单位同意。

7.3.10 考虑模块的运输、吊装过程，家具门等活动部件出厂前均应与模块单元结构临时固定。

7.3.11 由于钢结构模块化建筑不同于传统建筑，模块单元具有产品属性。所以在模块单元吊装前需对其结构、机电、给水排水、供暖的工序隐蔽提前进行验收。否则，待组装之后工序隐蔽将无法验收。

7.4 出厂检验及资料交付

7.4.1 模块单元在出厂时需对外观质量、淋水试验、使用功能及生产过程资料进行检查，对于模块单元制作尺寸、装饰构件尺寸等，通过生产过程中的质量控制，出厂时采用抽检的方式进行检验。

7.4.11 模块单元的淋水试验宜在模块装修前完成，确保模块单元具有一定的防水能力，在工厂装修过程或现场施工过程中遇雨水天气不对模块内部装修造成损害。

7.4.14 产品质量证明文件应包含：模块单元临时状态计算书、原材料质量证明文件、模块单元外观质量检验记录、装修质量检查报告、淋水试验报告和使用功能检验记录等设计、生产相关过程资料。

模块单元产品使用说明书应包含：产品保修期、产品装修内容、装修材料品牌及规格、设备品牌、型号及功能、产品后装修位置及后装修建议做法等内容。

7.5 吊装、运输与存放

7.5.1 模块单元在出厂前应对吊装性能进行测试，吊装设备的选用需满足设计要求。在吊装测试中，吊环、吊架等吊具及模块单元均不应出现明显变形，保证模块单元具有足够的刚度和强度满足现场施工作业的要求。模块单元吊点宜设置在角部，优先选用等尺寸的重型框架进行吊装。

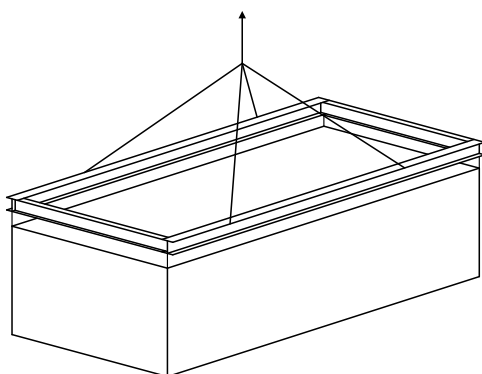


图5 模块单元的吊装方法

7.5.2 模块在运输时应采取防止移动和倾倒的措施，常用的措施有模块底部设置防止模块移动的支挡结构，模块的顶部设置绑带等措施。

7.5.4 模块的堆放顺序应进行合理规划，尽量减少模块的起吊转运次数。

8 施工安装

8.1 一般规定

8.1.1 钢结构模块化建筑的安装施工所涉及的工序复杂、工艺工法新颖，为确保安装施工安全有序地开展，应结合模块化结构施工的特点和工艺流程的特殊要求，制定施工组织设计和专项施工方案。

8.1.2 为最大限度地创造经济效益，避免由于设计或施工经验缺乏影响模块安装效率和质量，特别提出应通过试安装进行验证性试验。特别是对于没有经验的施工单位或尚无现实案例的新型装配式结构体系，试安装不仅对于验证和调整施工方案具有指导意义，还具有培训专业人员、检验设备性能、规避安全风险等作用。

8.1.4 为防止在模块吊装过程中发生模块损伤、破坏、坠落、吊车倾覆等危险性事件，应重视安装施工的安全要求，严格遵守施工安全的有关规定。

8.1.5 工程施工应严格落实政府部门关于环境保护的相关要求，在施工过程中采取必要的环保措施。

8.2 施工准备

8.2.3 吊架应由专业设计人员设计，应满足承载力、稳定性及变形要求。为了防止吊装过程中，吊链产生的水平拉力对模块单元造成不利影响，需要严格控制吊链的竖向倾角。

8.3 模块安装

8.3.2 模块单元的安装顺序、校准定位是模块化结构施工的关键，应该在施工方案中明确规定并付诸实施。

8.3.4 钢结构模块化建筑的建造特点是模块单元工厂预制、现场拼装，工业化生产、产品化质量控制。模块单元的焊接、切割工作应预先规划，尽量在工厂完成，以保证加工质量，提高现场施工效率。

8.4 设备管线安装

8.4.3 模块单元间的导线连接一般采用压接或焊接型式，常规的有接口器件有接线盒、配电箱等，此类连接型式相对成熟稳定，故障率低，安全隐患小。严禁采用插头与插座作为导线的接口器件，因为建筑物在风和地震下的振动容易造成插头与插座的连接松动，从而引起电弧。多起火灾事故调查表明，插头与插座的连接松动是造成火灾的主要原因之一。

8.5 建筑接缝处理

8.5.2 钢结构模块化建筑由模块单元拼装而成，建筑接缝相比于一般建筑更多，建筑接缝的防火封堵处理对于建筑防火性能的实现非常关键，封堵隐蔽前应进行验收并做好记录。

8.6 施工安全与环境保护

8.6.8 模块单元在安装就位后、与相邻模块单元相互连接之前，并未与建筑结构实现稳固连接，

因此需要设置临时固定措施，防止模块单元在风力作用下产生倾覆和滑移。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.2 模块单元的验收涉及到钢结构、装饰装修、设备管线等各专业的验收，故将其作为子分部工程进行验收，其余各项可考虑为该子分部工程的分项工程。

9.1.7 模块化结构施工质量验收时提出应增加提交的主要文件和记录，是保证工程质量实现可追溯性的基本要求。

9.3 模块单元安装与连接

I 主控项目

9.3.6 为保证螺纹拉杆连接的可靠性，拧紧扭矩值应满足要求。螺纹损伤或施拧方式不当等可能导致在同样终拧扭矩下，由于螺纹咬合长度不足而达不到设计承载力，故还应保证螺纹拉杆的有效连接长度。由于上层模块安装完成后很难再对拉杆连接进行检查，为保证施工进度和施工质量，可保留施工检验影像记录备查。

11 智能建造与信息化应用

11.1 一般规定

11.1.1 平台宜由 EPC 单位统一建设管理，钢结构模块化建筑宜采用数字化、信息化的技术手段，实现工厂智能化制造，现场智能化施工，实现建筑工程的全过程数字化管理。

11.1.2 信息化管理平台作为智能建造的实现工具，应能实现数字化交付和数据追溯，且不仅能适应当前业务需求，也能在未来的使用环境下扩展业务需求。

11.2 数字化设计

11.2.1 钢结构模块化建筑不宜采用建筑信息模型后验证方式进行设计，因为建筑信息模型后验证方式在项目的施工准备阶段才开始介入，与设计过程融合度较差，发现问题不及时，不利于模块化集成，且随着项目的实施，设计图纸和模型的一致性难以保证。

11.2.2 钢结构模块化建筑采用工厂预制、现场拼装的建造方式，涉及建筑、结构、设备、装修等多专业的配合，故宜将预制构件深化设计、二次机电深化设计、装修深化设计等工作前置，以能够实际指导项目实施为目标，合理确定各专业各阶段建筑信息模型的精细程度，提高协同效率。

11.2.3 对于大型项目，建筑信息模型的数量庞大，从提高设计和应用效率的角度出发，应根据具体阶段、使用功能的需求建立具有合理精度的建筑信息模型，过于注重精度会造成较大的资源浪费。

12 再 利 用

12.0.1 钢结构模块化建筑以单个模块单元作为基本建筑单元，结合工业化生产的特点，与传统建筑相比在房屋修复和材料再利用方面具有明显优势，能最大程度发挥其可实施性和经济性。

12.0.3 《工程结构通用规范》GB 55001 中 2.2.2 条规定，临时性建筑结构设计工作年限最低为 5 年。虽然《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 中 2.0.3 条的条文说明提出临时性建筑通常可不考虑地震设防，但是钢结构模块化建筑节点较为薄弱，结构整体性不佳，地震作用下受力较为不利，应按多遇地震的验算要求对结构进行整体性加强。对于临时性建筑，若进行罕遇地震作用下的验算则结构会偏于保守，失去可再利用的成本优势，故可适当放松要求。