



CECS -XXX-201X

中国工程建设协会标准

预制装配整体式模块化建筑设计规程

Specification for design of prefabricated monolithic modular building

(征求意见稿)

前言

本标准规范是根据中国工程建设标准化协会关于印发《2016 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划》的通知（建标协字[2016]038 号）的要求，制定本标准规范。

本标准规范在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并广泛征求意见，最后经审查定稿。

本规程共分 10 章，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 模块单元设计；8 构件设计；9 连接设计；10 构造要求。

根据原国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，推荐给工程建设设计、施工、监理等使用单位及工程技术人员采用。

本标准规范由轻型钢结构委员会归口管理，由广州大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州大学（地址：广州市番禺区大学城外环西路 230 号，邮编：510006），以供今后修订时参考。

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.....	5
3.1 一般规定.....	5
3.2 材料与施工.....	6
3.3 建筑方案.....	6
3.4 结构方案.....	6
3.5 模块连接.....	7
4 材料.....	8
4.1 一般规定.....	8
4.2 混凝土.....	8
4.3 钢筋与钢材.....	8
4.4 连接材料.....	9
4.5 轻质内隔墙材料.....	9
4.6 其他材料.....	10
5 建筑设计.....	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 建筑模数.....	12
5.3 平立面设计.....	12
5.4 建筑模块设计.....	13
5.5 室内环境与装修.....	13
5.6 建筑设备.....	14
5.7 建筑节能.....	16
6 结构设计.....	18
6.1 一般规定.....	18
6.2 作用及作用组合.....	19
6.3 结构分析与计算.....	19

7 模块单元设计.....	21
7.1 一般规定.....	21
7.2 模块单元建筑设计.....	21
7.3 模块单元结构设计.....	22
7.4 模块单元防火、防腐蚀设计.....	22
8 构件设计.....	28
8.1 一般规定.....	23
8.2 预制构件设计.....	23
8.3 现浇构件设计.....	24
8.4 钢构件与组合构件.....	24
8.5 防火、防腐蚀设计.....	24
8.6 非结构构件设计.....	25
9 连接设计.....	26
9.1 一般规定.....	26
9.2 材料要求.....	27
9.3 连接设计.....	28
10 构造要求.....	32
10.1 一般规定.....	32
10.2 混凝土保护层.....	33
10.3 钢材的锚固.....	33
附录 A 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论质量.....	34
本标准规范用词说明.....	35
引用标准名录.....	36
附：条文说明.....	38

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	General Requirements.....	5
3.1	General.....	5
3.2	Materials and Construction.....	6
3.3	Construction scheme.....	6
3.4	Structure specification.....	6
3.5	Module connection.....	7
4	Materials.....	8
4.1	General.....	8
4.2	Concrete.....	8
4.3	Reionforced with Steel.....	8
4.4	Connecting material.....	9
4.5	Light inner partition material.....	9
4.6	Other materials.....	10
5	Architectural design.....	11
5.1	General.....	11
5.2	Building modulus.....	12
5.3	Flat facade design.....	12
5.4	Building module design.....	13
5.5	Indoor environment and decoration.....	13
5.6	Building equipment.....	14
5.7	Building energy conservation.....	16
6	Structural design.....	18
6.1	General.....	18
6.2	Action and combination.....	19

6.3	Structural analysis and calculation.....	19
7	Modular unit design.....	21
7.1	General.....	21
7.2	Modular unit building design.....	21
7.3	Modular unit structure design.....	22
7.4	Modular unit fire protection, corrosion protection design.....	22
8	Component design.....	28
8.1	General.....	23
8.2	Prefabricated design.....	23
8.3	Cast in place design.....	24
8.4	Steel component and composite component.....	28
8.5	Fire protection, corrosion protection design.....	24
8.6	Non structural component design.....	25
9	Connection design.....	26
9.1	General.....	26
9.2	Material requirements.....	27
9.3	Connection design.....	28
10	Structural requirements.....	32
10.1	General.....	32
10.2	Concrete protective layer.....	33
10.3	Steel anchor.....	33
Appendix A Nominal Diameter,Section Areas and		
	Theoretical Weight of Steel Reinforcement.....	34
Explanation of Wording in This Specification		35
List of Quoted Standards.....		36
Addition: Explanation of Provisions.....		38

1 总则

1.0.1 为了在预制装配整体式模块化建筑设计中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、经济合理、技术先进、绿色环保、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于房屋和一般构筑物的预制装配整体式模块化建筑设计，预制装配整体式模块化建筑设计宜采用一体化设计技术。

1.0.3 本规程依据现行国家标准《民用建筑设计通则》GB 50352 及《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的原则制定。

1.0.4 预制装配整体式模块化建筑的设计应符合本规程外，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 建筑模块 Building modular

在工厂预先制作的单个房间或具有一定功能的三维建筑空间单元。

2.1.2 预制装配整体式模块化建筑 Prefabricated monolithic modular building

由建筑模块通过可靠的连接方式装配而成的建（构）筑物。

2.1.3 预制装配整体式模块化结构 Prefabricated monolithic modular structure

由建筑模块通过钢筋、连接件或施加预应力加以连接，并在连接部位形成整体受力的装配整体式结构。

2.1.4 钢筋套筒灌浆连接 Rebar splicing by grout-filled coupling sleeve

在建筑模块内预埋的金属套筒中插入钢筋并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋连接方式。

2.1.5 钢筋浆锚搭接连接 Rebar lapping in grout-filled hole

在建筑模块中预留孔道，在孔道中插入需搭接的钢筋，并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋搭接连接方式。

2.1.6 一体化设计 Integrated design

装配式建筑的建筑结构系统与建筑内装系统之间、各专业设计之间、生产建造过程各阶段之间的一体化设计工作。

2.1.7 标准化接口 Standardization joint

包括建筑模块与公共管网系统连接、建筑模块与配管连接、配管与主管网连接、模块之间连接的部位，要求尺寸规格统一、模数协调。

2.1.8 装配率 Assembled ratio

装配式建（构）筑物中预制部分的数量（体积或面积）占同类建（构）筑物总数量（体积或面积）的比率。

2.1.9 集成式厨房 Integrated kitchen

主要采用干式工法装配，由楼地面、吊顶、墙面、厨柜、厨房设备及管线等进行系统集成，并满足炊事活动功能要求基本单元的模块化部品。

2.1.10 集成式卫生间 Integrated bathroom

主要采用干式工法装配，由楼地面、墙板、吊顶、洁具设备及管线等系统集成的具有洗浴、洗漱、便溺等功能基本单元的模块化部品。

2.1.11 同层排水 Same-floor drainage

建筑排水系统中，器具排水管和排水横管不穿越本层结构楼板到下层空间，且与卫生器具同层敷设并接入排水立管的排水方式。

2.2 符号

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值

f_y 、 f_y' —— 普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

F_{Ehk} —— 施加于外挂墙板重心处的水平地震作用标准值；

G_k —— 外挂墙板的重力荷载标准值；

N —— 轴向力设计值；

S —— 荷载组合的效应设计值；

S_{Eh} —— 水平地震作用组合的效应设计值；

S_{Ev} —— 竖向地震作用组合的效应设计值；

S_{Ehk} —— 水平地震作用效应值；

S_{Ehv} —— 竖向地震作用效应值；

S_{Gk} —— 永久荷载效应标准值；

S_{Wk} —— 风荷载效应标准值；

V_{jd} —— 持久设计状况下接缝剪力设计值；

V_{jdE} —— 地震设计状况下接缝剪力设计值；

V_{mua} —— 被连接构件端部按实配钢筋面积计算的斜面受剪承载力设计值

V_u —— 持久设计状况下接缝受剪承载力设计值；

V_{ue} —— 地震设计状况下接缝受剪承载力设计值；

γ_{Eh} —— 水平地震作用分项系数；

γ_{Ev} —— 竖向地震作用分项系数；

γ_G —— 永久荷载分项系数；

γ_w —— 风荷载分项系数。

B —— 建筑平面宽度；

L —— 建筑平面长度。

a_{\max} —— 水平地震影响系数最大值；

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数；

Δ_u —— 结构重要性系数；

η_j —— 接缝受剪承载力增大系数；

ψ_w —— 风荷载组合系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 预制装配整体式模块化建筑设计应包括下列内容：

- 1 结构方案设计，包括结构选型、模块及构件布置、传力途径；
- 2 作用及作用效应分析；
- 3 结构的极限状态设计；
- 4 结构及构件的构造、连接措施；
- 5 耐久性 & 施工的要求；
- 6 满足特殊要求结构的专门性能设计。

3.1.2 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。

3.1.3 结构的极限状态设计应包括承载能力极限状态和正常使用极限状态。

3.1.4 结构上的直接作用（荷载）应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 及相关标准确定；地震作用应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定。

间接作用和偶然作用应根据有关的标准或具体情况确定。模块单元制作、运输及安装时应考虑相应的动力系数。对现浇部分，必要时应考虑施工阶段的荷载。

3.1.5 结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。

结构中模块及各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。对于结构中重要构件和关键传力部位，可适当提高其安全等级。

3.1.6 结构设计应考虑施工技术水平以及实际工程条件的可行性。有特殊要求的结构，应提出相应的施工要求。

3.1.7 设计应明确结构的用途，在设计使用年限内未经技术鉴定或设计许可，不得改变结构的用途和使用环境。

3.2 材料与施工

3.2.1 应在设计文件上注明对材料和施工质量的特别要求。

3.2.2 建筑材料性能指标应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 要求。

3.2.3 施工质量应符合《预制装配整体式模块化建筑施工及验收规程》的要求。

3.3 建筑方案

3.3.1 预制装配整体式模块化建筑设计应符合现行国家标准《建筑模数协调统一标准》GB50002 的规定，遵循标准化、模数化的设计原则。编制再拆分设计和施工的设计文件。

3.3.2 建筑模块与构件的拆分设计，应满足以下要求：

- 1 应符合模数协调原则，优化预制构件的尺寸、减少预制构件的种类；
- 2 应与施工运输吊装能力相适应，并便于施工安装，便于进行质量控制和验收。

3.4 结构方案

3.4.1 结构的设计方案应符合下列要求：

- 1 选用合理的结构体系、构件形式和布置；
- 2 结构的平、立面布置宜规则，各部分的质量和刚度宜均匀、连续；
- 3 结构传力途径应简捷、明确，竖向构件宜连续贯通、对齐；
- 4 宜采用超静定结构，重要构件和关键传力部位应增加冗余约束或有多条传力途径；
- 5 宜采取减小偶然作用影响的措施。

3.4.2 结构缝的设计应符合下列要求：

- 1 应根据结构受力特点及建筑尺度、形状、使用功能要求，合理确定结构缝的位置和构造形式；
- 2 宜控制结构缝的数量，并应采取有效措施减少设缝对使用功能的不利影响；

3 可根据需要设置施工阶段的临时性结构缝。

3.4.3 结构设计应符合节省材料、方便施工、降低能耗与保护环境的要求。

3.4.4 模块的运输与安装单位宜具备相应的资质，并有安全、质量和环境管理制度；模块的运输与安装在实施前应有经施工单位技术负责人审批通过的专项施工方案，并按有关规定报总包单位、监理工程师或业主代表审核通过，对于重要的或超高、超宽、超重模块的运输与安装的专项施工方案，宜由施工单位组织专家评审。

3.4.5 建筑模块的运输不得违反当地交通管理部门的规定；必要时，应由施工单位向交通管理部门办理有关审批手续，建设单位、监理单位应给予协助；模块单元在运输过程应牢固的固定，设置必要的垫木防止运输过程中造成损坏，必要时应进行运输过程中强度和刚度验算；模块单元的运输应考虑道路沿线路况和限制条件，模块单元的尺寸宜符合大件运输的限值规定。

3.4.6 建筑模块结构安装宜采用汽车吊、叉车等起重设备；吊装用钢丝绳、卸扣、吊钩等吊具不得超出其额定许用荷载；专用机具和工具经检验合格后方可使用；模块结构开洞面积大可能引起吊装变形时，应采用专用吊装架或加固后吊装。

3.5 模块连接

3.5.1 预制装配整体式模块化建筑应根据设防烈度、建筑高度及抗震等级选择适当的连接方式和构造措施。

3.5.2 建筑模块以及构件的连接应符合下列要求：

- 1 连接部位宜设置在结构受力较小的部位，连接接缝构造应简单；
- 2 连接部位的承载力应保证被连接构件之间的传力性能；
- 3 当不同材料的构件连接时，应采取可靠的措施；
- 4 应考虑构件变形对连接节点及相邻结构或构件造成的影响。

3.5.3 建筑模块与节点应进行深化设计，并满足建筑、结构、机电设备等各专业和建筑模块制作、运输、安装等各环节的综合要求。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 材料的选用应符合国家对环境保护的要求，新型材料经检测合格方可使用。

4.1.2 材料的检验、验收应符合国家现行标准相关要求。

4.2 混凝土

4.2.1 混凝土的各项力学性能指标和有关结构混凝土材料的耐久性基本要求应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 及《混凝土结构耐久性设计规范》GB50476 的规定。

4.2.2 结构构件的混凝土强度等级不宜低于 C30，预应力结构构件混凝土的强度等级不宜低于 C40，节点及接缝处的后浇混凝土强度等级不应低于构件的混凝土强度等级。

4.3 钢筋与钢材

4.3.1 钢筋的各项力学性能指标均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。热轧带肋钢筋和热轧光圆钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢》GB1499.1/GB1499.2 的规定。

4.3.2 钢材的各项力学指标均应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的规定，厚钢板的焊接应符合现行标准《CRB600H 高延性高强钢筋应用技术规程》CECS 458 的规定。当结构构件处于外露情况和低温环境时，所使用的钢材性能尚应符合耐大气腐蚀和避免低温冷脆的要求。

4.3.3 钢筋焊接网的各项力学指标应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ114 的规定。

4.3.4 吊环宜采用未经冷加工的 HPB300 钢筋制作。吊装用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.5 受力预埋件的锚筋可采用 HRB400 或 HPB300，不应采用冷加工钢筋。

4.4 连接材料

4.4.1 钢筋套筒灌浆连接采用的套筒应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T398 的规定；采用的灌浆料应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T408 的规定；钢筋套筒灌浆连接接头应满足现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的规定。

4.4.2 连接用预埋件，应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

4.4.3 连接用焊接材料、紧固件（螺栓、锚栓等）的材料应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB50017、《钢结构焊接规范》GB50661 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 等的规定。

4.4.4 机械连接接头及焊接接头的类型及质量应符合现行相关国家标准的规定。

4.4.5 焊接时所用的焊条、焊丝、焊剂等焊接材料应符合现行相关国家标准的规定。选择的焊条型号应与所焊钢筋的力学性能相适应。

4.4.6 钢筋锚固板的材料应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ256 的要求。

4.4.7 除套筒灌浆连接接头外，其他位置使用的灌浆料应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T50448 的规定。

4.4.8 夹芯墙板中内外墙体的连接件应满足下列要求：

- 1 连接件受力材料应满足国家或行业现行标准的技术要求；
- 2 连接件材料，均应满足规定的承载力、变形、抗剪、抗拉和耐久性能，并应经过试验验证。
- 3 拉结件应满足夹芯外墙板的节能设计要求。

4.5 轻质内隔墙材料

4.5.1 内隔墙可采用预制构件，也可采用轻质内隔墙。

4.5.2 轻质钢筋混凝土条板应符合《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T157、《混凝土轻质条板》JG/T350 等的规定。

4.5.3 轻质龙骨石膏板应符合《住宅轻钢装配式构件》JG/T182 等的规定。

4.6 其他材料

4.6.1 接缝处的密封材料应符合下列规定：

- 1 与结构材料具有相容性；
- 2 具备足够的抗剪切和伸缩变形能力；
- 3 具有防霉、防水、防火、耐候等性能。

4.6.2 外墙板接缝中的背衬宜采用发泡氯丁橡胶或聚乙烯塑料棒。

4.6.3 预制外墙板可采用涂料饰面，也可采用面砖或石材饰面。

4.6.4 夹芯外墙板夹芯层中的保温材料应符合国家现行有关标准的规定。夹芯墙板整体的耐火极限应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 要求。

4.6.5 室内装修材料应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB50325 和《建筑内部装修设计防火规范》GB50222 的有关规定。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 建筑设计应坚持可持续发展的建设理念，应统筹考虑建筑全寿命周期的规划设计、施工建造、运营维护和再生改建的全过程。

5.1.2 建筑设计应符合城市规划的要求，与周围环境相协调。

5.1.3 预制装配整体式模块化建筑应满足建筑物理性能的功能要求，并应符合现行国家相关设计标准。

5.1.4 建筑设计应考虑不同材料、设备、设施的使用年限。

5.1.5 建筑设计宜采用与主体结构、设备管线和装饰装修一体化设计技术。

5.1.6 建筑设计应按现行国家标准确定抗震设防类别和抗震设防标准。

5.1.7 建筑防火设计应符合现行国家标准的有关规定。

5.1.8 整体式模块化建筑的外围护结构应按国家现行标准《公共建筑节能设计标准》GB50189、《严寒地区居住建筑节能设计标准》JGJ26 和地方标准的规定进行设计。建筑的体形系数、窗墙面积比以及各部位主断面的传热系数等规定性能指标宜优先满足建筑节能设计标准的规定。

5.1.9 装配整体式建筑外围护结构的保温系统宜优先选用夹心保温和内保温叠加的组合保温系统。如仅采用内保温系统，应进行外围护结构内部冷凝受潮验算。

5.1.10 预制外墙板与相邻构件连接处应保持保温材料的连续性和密闭性。

5.1.11 连接预制夹心保温外墙内叶和外叶的附加肋应有相应的防结露构造措施。

5.1.12 装配整体式建筑的外围护结构所有冷桥部位均应进行结露验算。

5.1.13 装配整体式模块化建筑防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016、《高层民用建筑设计防火规范》GB50045 和专用建筑设计规范的防火规定。

5.1.14 装配整体式模块化建筑节点缝隙或金属承重构件节点外露部位，必须加设防火保护层。

5.1.15 管线架空层和吊顶空间不应穿越防火墙和防火隔墙。

5.1.16 设备管线穿越防火墙或防火隔墙应采取防火隔离措施。

5.1.17 玻璃幕墙与每层楼板、隔墙处的缝隙，应采用不燃材料严密填实。

5.1.18 竖向管井内上下层间的分隔应满足国家现行的建筑设计防火相关规范的要求。

5.1.19 预制混凝土外墙板及幕墙体的耐火极限不应小于 1h。

5.1.20 外墙外保温材料的燃烧性能等级应符合国家和地方的相关规定。

5.1.21 外墙的装饰层应采用不燃材料或涂料。

5.1.22 建筑的室内装修，应按现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB50222 的有关规定执行。

5.2 建筑模数

5.2.1 预制装配整体式模块化建筑设计应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002 的规定，遵循标准化、模数化的设计原则

5.2.2 在满足建筑功能和结构安全要求的前提下，应根据建筑构配件标准化与系列化的原则，确定建筑平立面的基本单元，实现“少规格、多组合”的设计目标。

5.2.3 模数数列应根据装配整体式模块化建筑的功能与经济性原则确定，并应符合下列规定：

1 建筑物的开间或柱距，进深或跨度，梁、板、隔墙和门窗洞口的宽度等分部件的截面尺寸宜采用水平基本模数和水平扩大模数数列，且水平扩大模数数列宜采用 $2nM$ 、 $3nM$ （ n 为自然数）。

2 建筑物的高度、层高和门窗洞口高度等宜采用竖向基本模数和竖向扩大模数数列，且竖向扩大模数数列宜采用 nM 。

3 构造节点和分部件的接口尺寸等宜采用分模数数列，且分模数数列宜采用 $M/10$ 、 $M/5$ 、 $M/2$ 。

5.3 平立面设计

5.3.1 建筑平面应根据使用性质、功能、工艺要求合理布局，符合装配整体式模块化建筑的特点。

5.3.2 承重墙、柱等竖向构件宜上、下连续，并应符合本规程规定。

5.3.3 建筑平面不宜错层布置，突出和挑出部分不宜过大，应符合现行国家规范《建筑抗震设计规范》GB50011 规定。

5.3.4 厨房和卫生间的平面布置应合理，宜优先采用标准化整体橱柜及整体卫浴，其平面尺寸宜满足标准化整体橱柜及整体卫浴的要求；厨卫等用水房间宜上下对位或紧邻布置，并靠近有竖向管井的空间；

5.3.5 建筑的竖向管井宜布置在公共空间，并应整合集中布置。

5.3.6 建筑立面设计应充分体现预制装配整体式模块化建筑的特点，外立面设计以简洁为原则，不宜有过多的外装饰构件及线脚。

5.3.7 建筑外围护构件饰面可根据工程设计选用清水面、艺术造型面、面砖、石材、金属质等材料，宜采用一次反打成型工艺。

5.3.8 整体式模块化建筑门窗应采用标准化部件，门窗洞口宜规整有序，不宜开设转角窗。

5.4 建筑模块设计

5.4.1 建筑模块应遵循标准化、模块化原则，优先选用经过实际工程验证的成熟产品。

5.4.2 建筑模块设计应满足建筑功能与物理力学性能，应具有高度的工业化、装配化的特性，满足安全、适用、经济等性能要求。

5.4.3 建筑模块设计应结合构件制作、养护、运输、存放、吊装等工程技术经济条件，合理确定构件尺寸、类型及拼装方式。

5.4.4 建筑模块应按照使用功能划分，大型功能可以设计、生产、运输、安装的需要拆分为若干个建筑模块。

5.4.5 建筑模块的划分应满足模块之间的连接要求，不影响实施后的完整性和整体性。

5.5 室内环境与装修

5.5.1 装配整体式模块化建筑宜开展建筑和室内装修一体化设计，做到建筑、装饰、结构、设备等专业之间的有机衔接。

5.5.2 建筑和装修集成设计应提供措施，保证在使用年限内建筑物的使用。

5.5.3 室内装修的主要标准构配件宜以工厂化加工为主，部分非标准构配件可由现场安装时统一处理，同时应减少施工现场的湿作业。

5.5.4 建筑的部件之间、部件与设备之间的连接应采用标准化接口。

5.5.5 室内装修工程所用材料的品种、规格、质量应符合设计要求和国家现行标准的规定优先选用绿色、环保材料，并应符合国家有关建筑装饰装修材料有害物质限量标准的规定。

5.5.6 室内装修设计应综合考虑不同材料、设备、设施具有不同的使用年限，装修体应具有可变性和适应性，便于施工安装、使用维护和维修改造。

5.5.7 住宅室内环境质量应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 的规定。应采取有效措施改善和提高室内热环境、光环境、声环境和空气环境的质量。

5.5.8 室内热环境的设计需符合下列规定：

- 1 空调室内机的安装位置应考虑最佳热环境效果；
- 2 设置供暖设施时，宜采用采暖效率高、技术先进的采暖系统。

5.5.9 室内光环境设计，人工照明应根据各功能空间要求，合理选择光源和安装位置。室内光环境的设计应以节能灯为主，合理地利用各种灯光效果。

5.5.10 室内声环境的设计宜符合下列规定：

- 1 楼地面的面层宜采用有软垫层的地板、地毯等，减少固体传声；
- 2 架空地板宜采取相应构造措施减少空腔层内空气传声；
- 3 宜采用隔声性能良好的内门和分室隔墙。

5.5.11 室内空气环境通风宜采用自然通风和强制通风相结合。设有中央空调或采暖设备时，宜采用补充新风的设备，改善室内空气质量。

5.6 建筑设备

5.6.1 预制装配整体式模块化建筑的建筑设备专业设计宜采用设备和管道工厂预制与装配,建筑的部件之间、部件与设备之间的连接应采用标准化接口。给排水、空调及暖通、电气照明等设备及其系统的选用和配置，应符合现行国家标准的规定和节能、节地的要求。

5.6.2 预制装配整体式模块化建筑的建筑设备与管线设计应符合下列规定：

1 建筑设备与管线宜与主体结构相分离，并应方便维修更换，且在维修更换时应不影响主体结构。

2 建筑设备管线应进行标准化综合设计、集中设置、减少平面交叉，合理使用空间，并准确定型定位。

3 当模块单元在工厂进行预制时，模块内的给排水、空调及暖通、电气等宜在工厂内完成预制；管线宜在工厂内铺设完成，整体安装时管线宜与预制构件上的预埋件可靠连接。

4 建筑设备与管线宜采用同层敷设方式，在架空层或吊顶内设置，并减少上下模块间的管线竖向连接；集中布置在供上下层、多系统管线连接的管道井内，并按相关规范要求设计隔断和保护；水平管线可以利用在上下层模块间的结构夹层空隙间进行布置，但须对管线进行合理的布置和采取保护措施，并尽量减少水平管线布置；若必须穿过钢梁构件时其孔径大小与位置应经结构工程师认可，并采取加强措施。

5 建筑设备与管线设计应与建筑设计同步进行，预留、预埋及安装应满足结构专业相关要求，不应在预制构件安装后凿剔沟、槽、孔洞等。

6 公共管线、阀门、检修配件、计量仪表、电表箱、配电箱、弱电箱等，应统一集中设置在公共区域。

7 建筑设备与管线穿越楼板和墙体时，应有防水、防火、隔声、密封等措施，防火封堵应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的规定。

5.6.3 抗震设防地区模块建筑结构与管线的连接点应采用牢固、耐震的柔性连接，以避免地震作用下产生破损而引起次生灾害。

5.6.4 模块建筑宜采用预制的整体卫浴间和整体厨房，应符合现行行业标准《住宅整体卫浴间》JG/T 183 和《住宅整体厨房》JG/T 184 的要求，预留相应的给水、热水、排水管道接口，给水系统与配水管道、配水管道与部品的接口形式及位置应便于维修更换。

5.6.5 建筑宜采用同层排水设计，并结合房间净高、楼板跨度、设备管线等因素确定降板方案。

5.6.6 预制构件中电气接口及吊挂配件的空洞、沟槽应根据装修和设备要求预留。竖向电气管线宜统一设置在预制板内或装饰墙面内，墙板内竖向电气管线布置应

保持安全间距。

5.6.7 模块建筑电子设备接地宜与防雷接地系统共用接地网，防雷引下线 and 共用接地装置应充分利用钢结构自身进行总等电位连接、防雷接地、交流工作接地和安全保护接地。

5.6.8 装配式钢结构建筑宜采用干法施工的低温地板辐射供暖系统。卫生间采用集成或采用同层排水架空地板时，卫生间内不宜采用地板辐射供暖系统。

5.6.9 当采用地面辐射供暖时，地面和楼板的设计应符合现行行业标准《地面辐射供暖技术规程》JGJ142 的规定。

5.6.10 当室内供暖系统采用散热器供暖时，墙板与散热器的连接处应采取加强措施。

5.6.11 住宅建筑的厨房、卫生间的排烟、通风宜采用同层水平排烟、通风道；餐馆厨房的烟气排放应采用伸出屋面的垂直烟道，餐馆厨房采用公用的垂直烟道和通风道跨层排放时，伸出屋面高度应有利烟气扩散，其伸出高度应符合现行国家标准《民用建筑设计通则》GB50352 的规定。

5.7 建筑节能

5.7.1 预制装配整体式模块化建筑的外围护结构热工设计应符合国家和地方现行的建筑节能设计标准，并应从外墙、屋顶、门窗、楼板、分户墙、窗墙面积比以及外墙外饰面材料的色彩等方面进行节能设计。

5.7.2 预制装配整体式模块化建筑的保温材料及其厚度应按各地区的气候条件和建筑围护结构热工设计要求确定,并符合下列要求：

1 当采暖居住建筑采用预制夹心外墙板时，其保温层宜连续，保温层厚度应满足各地区建筑围护结构节能设计要求。

2 宜采用轻质高效的保温材料，安装时保温材料重量含水率应符合相关国家标准的规定。穿过保温层的连接件，应采取与结构耐久性相当的防腐蚀措施，如采用铁件连接时，宜优先选用不锈钢材料并应考虑连接铁件对保温性能的影响。

3 预制外墙板有产生结露倾向的部位，应采取提高保温材料性能或在板内设置排除湿气的孔槽。

5.7.3 穿透保温材料的连接件，宜采用非金属材料。当采用钢筋（丝）桁架来连

接内外两层混凝土板时，应考虑连接钢筋所产生的热桥对复合外墙板传热系数的影响。

5.7.4 预制外墙与梁、板、柱相连时，其连接处宜采取措施，保持墙体保温的连续性。

5.7.5 带有门窗的预制外墙，其门窗洞口与门窗框间的密闭性不应低于门窗的密闭性。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 预制装配整体式模块化建筑，可采用钢结构、混凝土结构、混合结构，可选用国家和地方现行有关标准规定的各类结构体系。

6.1.2 预制装配整体式模块化建筑最大适用高度不应超过国家和地方现行有关标准的规定。平面和竖向均不规则的结构，适用的最大高度应适当降低。

6.1.3 预制装配整体式模块化建筑应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。

6.1.4 预制装配整体式模块化建筑的高宽比不宜超过国家和地方现行有关标准的规定。

6.1.5 预制装配整体式模块化建筑的结构方案应符合下列要求：

- 1 选用合理的结构体系、构件形式和布置；
- 2 结构的平、立面布置宜规则，各部分的质量和刚度宜均匀、连续；
- 3 结构传力途径应简捷、明确，竖向构件宜连续贯通、对齐；
- 4 宜采用超静定结构，重要构件和关键传力部位应增加冗余约束或有多条传力途径；

5 宜采取减小偶然作用影响的措施。

6.1.6 预制装配整体式模块化建筑的结构缝设计应符合下列要求：

- 1 应根据结构受力特点及建筑尺度、形状、使用功能要求，合理确定结构缝的位置和构造形式；
- 2 宜控制结构缝的数量，并应采取有效措施减少设缝对使用功能的不利影响；
- 3 可根据需要设置施工阶段的临时性结构缝。

6.1.7 预制装配整体式模块化建筑楼盖体系宜具有良好的水平刚度和整体性，设计时宜比选结构性能、使用与施工条件、防火、隔声要求及工程造价等因素，合理选用楼板形式。

6.1.8 高层预制装配整体式模块化结构应符合下列规定：

- 1 在正常使用条件下，结构应具有足够的刚度，避免产生过大的位移而影响

结构的承载力、稳定性和使用要求；

2 宜设置地下室，地下室宜采用现浇混凝土结构；

3 混凝土框架柱、混凝土剪力墙宜现浇；

4 房屋顶层、结构转换层、或开洞过大的楼层，宜采用现浇楼盖结构或在楼板内设置钢水平支撑；

5 当采用部分框支剪力墙结构时，底部框支层不宜超过 2 层，且框支层及相邻上一层应采用现浇结构；

6 部分框支剪力墙以外的转换结构中，转换梁、转换柱宜现浇。

6.1.9 预制装配整体式模块化建筑，当对抗震安全性和使用功能有较高要求或专门要求时，或抗震设防烈度为 7 度及以上，宜采用隔震设计。隔震设计相关要求应符合《预制装配整体式模块化建筑隔震技术规程》的规定。

6.1.10 抗震设防烈度为 7、8、9 度时，高度分别超过 120m、80m、40m 的预制装配整体式模块化大型公共建筑，应按规定设置建筑结构的地震反应观测系统，建筑设计应留有观测仪器和线路的位置。

6.2 作用及作用组合

6.2.1 预制装配整体式模块化建筑的作用及作用组合应根据《建筑结构荷载规范》GB50009，《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 等现行国家标准确定。

6.2.2 建筑模块及预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。动力系数取值应符合相关标准规定。

6.3 结构分析与计算

6.3.1 预制装配整体式模块化建筑应进行结构整体、建筑模块和连接部位的作用效应分析，并应进行施工模拟分析，考虑施工过程的影响。

6.3.2 预制装配整体式模块化建筑的承载能力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析可采用弹性方法。

6.3.3 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位移

Δu 与层高 h 之比的限值应符合相应设计标准的规定。

6.3.4 预制装配整体式模块化建筑应根据房屋高度、规则性、结构类型、场地条件或抗震设防标准等方面的特殊要求，确定是否需要进行抗震性能化设计。抗震性能化设计应选用合适的抗震性能目标、进行充分的抗震性能分析论证。

6.3.5 预制装配整体式模块化结构梯度体系的荷载设计应根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB50009，《建筑抗震设计规范》GB50011、《构筑物抗震规范》GB50191 等确定。

6.3.6 预制装配整体式模块化结构体系宜根据竖向受力特点按照框架整体结构、框支剪力墙结构等相应结构体系进行内力计算。

6.3.7 楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应大于表 6.3.7 的限值。

表 6.3.7 楼盖竖向振动加速度限值

人员活动环境	峰值加速度限值 (m/s^2)	
	竖向自振频率 不大于 2Hz	竖向自振频率 不小于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

注：楼盖结构竖向频率为 2Hz~4Hz 时，峰值加速度限值可按线性插值选取。

7 模块单元设计

7.1 一般规定

7.1.1 模块单元应符合通用化、模块化、工业化和优化集成的原则，宜进行建筑、结构、机电设备、装饰装修一体化设计。

7.1.2 模块单元设计应符合下列要求：

- 1 预制装配整体式模块化建筑的主要功能空间宜使用基本单元体；
- 2 同一使用功能的基本单元体宜具有通用性和互换性；
- 3 单元组合宜体现建筑构成的多样性和丰富性；
- 4 单元与其他构件组合后，应形成合理的结构体系；
- 5 单元组合后，建筑设备的配置应具有系统性。

7.1.3 设备使用集中的功能空间，如公共卫生间、淋浴间、盥洗间、洗衣间、变配电间、水泵间、厨房操作间、电梯机房等宜设在单独模块单元内。

7.1.4 模块单元分析计算时选取合适的计算简图和单元模型。

7.1.5 模块单元的设计应考虑生产、运输、施工各个环节的受力状态，并按起吊、运输及安装时相应的荷载值，进行各个阶段的承载力、变形验算。

7.1.6 模块单元设计尚应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《建筑抗震设计规范》GB50011、《钢结构设计规范》GB50017、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99、《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ138的有关规定。

7.2 模块单元建筑设计

7.2.1 模块单元的模数应按建筑功能和使用要求，根据现行国家标准的相关规定选用。

7.2.2 模块单元的窗墙面积比、围护结构的热工性能等应符合国家现行有关标准的规定。

7.2.3 模块单元的墙板宜采用节能环保的轻质材料，并应满足国家现行有关标准对耐久性、适用性、防火性、气密性、水密性、隔声和隔热等性能的要求。

7.2.4 模块单元组合房屋内部设计应考虑运输、吊装过程中产生的变形影响，连续的装修平面和装修转折面应设置明缝或软接缝，必要时应采取临时加固措施。

7.3 模块单元结构设计

7.3.1 模块单元结构设计应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。

7.3.2 模块单元结构的作用及作用组合应符合现行国家有关标准的规定。

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

7.3.4 模块单元结构的计算与构造应符合现行国家有关标准的规定。

7.3.5 模块单元设计时应考虑建筑门窗开洞、设备管线的吊挂与固定荷载，并进行验算补强。

7.4 模块单元防火、防腐蚀设计

7.4.1 模块单元各种构件的耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016、《建筑钢结构防火技术规范》CECS200 的规定。

7.4.2 模块单元中的钢筋保护层厚度选取和耐久性设计应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

7.4.3 模块单元应根据环境条件、材质、结构形式、使用要求、施工条件和维护管理条件等进行防腐蚀设计。

8 构件设计

8.1 一般规定

8.1.1 预制装配整体式模块化建筑中的构件采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。

8.1.2 预制装配整体式模块化建筑中的构件应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

8.1.3 预制装配整体式模块化建筑中的构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。对其中部分结构构件的安全等级，综合考虑运输和吊装施工等特殊工况，可适当调整。对于结构中重要构件和关键传力部位，宜适当提高其安全等级。

8.1.4 预制装配整体式模块化建筑中现浇构件设计与全现浇结构相同；预制构件和叠合构件使用阶段设计与全现浇结构构件相同。

8.1.5 预制装配整体式模块化建筑中的构件施工阶段的计算，可不考虑地震作用的影响。

8.1.6 预制装配整体式模块化建筑中的构件抗震设计应符合国家现行标准的有关规定。

8.1.7 预制装配整体式模块化建筑中的构件应根据设计使用年限和环境类别进行耐久性设计。

8.1.8 预制装配整体式模块化建筑中的构件设计应符合节省材料、方便施工、降低能耗与保护环境的要求。

8.2 预制构件设计

8.2.1 预制构件的设计应符合下列规定：

1 对持久设计状况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；

2 对地震设计状况，应对预制构件进行承载力验算；

3 对制作、运输和堆放等短暂设计状况下的预制构件验算应符合现行国家标准的有关规定。

8.2.2 预制构件分析计算时选取合适的计算简图和单元模型，使其既能反映构件

的受力性能，又适应于所选用的计算分析软件的力学模型。

8.2.3 叠合板设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。叠合构件施工阶段的计算，可不考虑地震作用的影响。

8.2.4 叠合构件，当因运输条件限制而需分段时，应减少分段数量，并断于受力较小部位。

8.2.5 预制构件设计应与构件生产工艺相结合，便于生产制作，并满足运输和吊装要求，便于安装施工。

8.3 现浇构件设计

8.3.1 预制装配整体式模块化建筑中的现浇构件设计应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

8.3.2 预制装配整体式模块化建筑中的混合构件设计应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的有关规定。

8.4 钢构件与组合构件

8.4.1 预制装配整体式模块化建筑中的钢构件设计应符合《钢结构设计规范》GB50017 及相应专门规范的有关规定。

8.4.2 预制装配整体式模块化建筑中的组合构件设计应符合《组合结构设计规范》JGJ138 的有关规定。

8.4.3 钢构件与组合构件的设计应考虑吊装和运输条件限制，确需分段时，应减少分段数量，并断于受力较小部位。

8.5 防火、防腐蚀设计

8.5.1 预制装配整体式模块化建筑中的构件应进行抗火设计，各种构件的耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。必要时可进行单项工程的性能化抗火设计。

8.5.2 预制装配整体式模块化建筑中的构件应进行防腐蚀设计，并应符合现行国家标准的有关规定。

8.6 非结构构件设计

8.6.1 预制装配整体式模块化建筑的填充墙、隔墙等非结构构件宜采用轻质板材，构造上应与主体结构可靠连接。

8.6.2 建筑外墙宜同外墙保温及外墙装饰进行一体化设计。

8.6.3 预制装配整体式模块化建筑的非结构构件及其连接应进行抗风和抗震设计，满足承载力、稳定和变形要求，其设计应符合现行行业标准《非结构构件抗震设计规范》JGJ339 的要求

9 连接设计

9.1 一般规定

9.1.1 预制装配整体式框架节点连接的设计，应遵守以下原则：

1 预制装配整体式框架节点连接的承载力和延性不宜低于现浇结构的节点，且承载力不应低于相邻近的梁端和柱端承载力；

2 预制装配整体式框架节点连接应分别进行施工吊装阶段和使用阶段各种作用效应，不利组合下承载力、稳定性和刚度的计算或验算；此时尚应考虑施工安装偏差、钢筋焊接应力和连接处局部削弱所引起的应力集中等的不利影响；

3 应符合耐久性和防火的要求；

4 构件分段要便于预制、吊装、就位和调整；节点钢筋及预埋件不宜过多；连接后应能尽快承受荷载。

9.1.2 预制装配整体式框架柱与柱、柱与梁的刚性节点与连接可按表 9.1.2 的规定选用。经过试验验证或有可靠依据时，也可采用其他型式的刚性节点与连接。

表 9.1.2 节点连接的类别

	名称	类别	适用条件
柱 与 柱	榫式柱连接	1	柱截面不宜小于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ；宜采用长柱
	浆锚式柱连接	3	柱截面不宜大于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ；柱中纵向受力钢筋总根数不宜多于 4 根；不宜用于框剪结构及砖填充墙框架结构
	插入式柱连接	2	柱截面不应小于 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ；不宜用于框剪结构及砖填充墙框架结构
柱 与 梁	明牛腿式节点	1	宜采用长柱
	齿槽式节点	2	宜采用长柱
	暗牛腿式节点	2	暗牛腿采用型钢；宜采用长柱
	整浇式节点 (A 型)	2	柱截面不宜大于 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ；梁底纵向受力钢筋不宜多于 3 根；柱内每侧纵向受力钢筋不宜多于 3 根
	整浇式节点 (B 型)	2	梁底纵向受力钢筋不宜多于 2 根而直径不宜大于 25mm ；柱截面不宜大于 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ；柱内每侧纵向受力钢筋不多于 3 根

现浇柱预制梁节点 (A 型)	1	梁底纵向受力钢筋不宜多于 4 根
现浇柱预制梁节点 (B 型)	2	梁底纵向受力钢筋不宜多于 2 根且直径不宜大于 25mm
叠压浆锚式节点	3	柱截面不宜大于 400mm×400mm；柱内纵向受力钢筋总根数不宜多于 4 根

注：表中长柱指长度等于或大于二层层高的预制混凝土柱

9.1.3 预制装配整体式房屋框架节点与连接的类别应根据房屋高度和框架抗震等级，按表 9.1.3 选用。节点连接的设计应参照相应要求。

表 9.1.3 预制装配整体式房屋高度框架抗震等级节点表与连接类别选用表

结构类型		设防烈度					
		6		7		8	
框架结构	房屋高度 (m)	≤20	≤40	≤20	≤35	≤20	≤30
	抗震等级	三	三	三	二	二	二
	节点类别	3	1、2	3	1、2	1、2	1
框剪结构	房屋高度 (m)	≤20	≤60	≤20	≤55	≤20	≤50
	抗震等级	三	三	三	三	三	二
	节点类别	3	1、2	3	1、2	3	1、2

注：①丁类建筑可按设防烈度降低一度考虑，但设防烈度为度时不应降低。

②框剪结构中应采用现浇剪力墙，其抗震等级应符合现行国家标准的有关规定。

③当具有充分依据并在设计中采取可靠措施时，表中房屋高度可以适当调整。

④非抗震设计的房屋高度可参照本表中 6 度的规定。

9.1.4 预制装配整体式结构节点连接应根据其构造和受力特点进行承载能力极限状态及正常使用极限状态设计，并应符合现行国家标准有关规定的要求。

9.1.5 预埋件和连接件等外露金属件应按不同环境类别进行封闭或防腐、防锈、防火处理，并应符合耐久性要求。

9.2 材料要求

9.2.1 预制构件节点及接缝处后浇混凝土强度等级不应低于预制构件的混凝土强

度等级，墙板水平接缝用坐浆材料的强度等级值应大于被连接构件的混凝土强度等级值。

9.2.2 用于坐浆的砂浆强度不得低于预制构件强度。用于浆锚和浇灌接缝的砂浆应采用无收缩快硬硅酸盐水泥配制，砂浆强度等级不宜低于 M50。

9.2.3 接点及接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、工艺等要求选择连接方式，受力钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400 和 HRBF500 钢筋。焊接钢筋网片宜用 HRB400 钢筋。预埋件和型钢宜用 3 号钢。焊接用焊条对 I 级钢用 E43 型，对 II 级钢用 E50 型。

9.2.4 预制混凝土构件的尺寸，伸出的受力钢筋、预埋件和预留孔的位置及长度，必须严格按照设计要求，预制柱长度不应有正偏差。

9.3 连接设计

9.3.1 预制装配整体式结构中，接缝的正截面承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 的规定。接缝的受剪承载力应符合下列规定：

1 持久设计状况：

$$\gamma_0 V_{jd} \leq V_u$$

2 地震设计状况：

$$V_{jdE} \leq V_{uE} / \gamma_{RE}$$

在梁、柱端部箍筋加密区及剪力墙底部加强部位，尚应符合下式要求：

$$\eta_j V_{mua} \leq V_{uE}$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定取用；

V_{jd} ——持久设计状况下接缝剪力设计值；

V_{jdE} ——地震设计状况下接缝剪力设计值；

V_u ——持久设计状况下梁端、柱端、剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

V_{uE} ——地震设计状况下梁端、柱端、剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

V_{mua} ——被连接构件端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计

值；

η_j —— 接缝受剪承载力增大系数，抗震等级为一、二级取 1.2，抗震等级为三、四级取 1.1。

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数，根据不同受力状态，应按表9.3.1采用。

注：本规程的内力设计值（N、M、V）等为已乘重要性系数后的值（非抗震设计）

表9.3.1 承载力抗震调整系数

受力状态	γ_{RE}
受弯	0.75
偏心受压	0.80
斜截面受剪	0.85
垂直接缝受剪	1.0
牛腿	1.0

注：轴压比小于0.15的偏心受压柱，取 $\gamma_{RE} = 0.75$ 。

9.3.2 预制装配整体式结构中，水平接缝的受剪承载力除应符合本规程第 9.3.1 条的规定外，尚应满足设防烈度地震作用下保持弹性的要求。

9.3.3 预制装配整体式结构中，节点及接缝处的纵向连接宜根据接头受力、施工工艺等要求，选用钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接、钢筋机械连接、焊接连接及螺栓连接等方式，并应符合国家现行有关标准的规定。

9.3.4 纵向钢筋采用套筒灌浆连接时，应符合下列规定：

- 1 接头宜采用同一专业供应商提供的配套灌浆套筒和灌浆料；
- 2 接头性能应满足现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的要求；
- 3 预制柱中灌浆套筒长度范围内外侧箍筋的混凝土保护层厚度不应小于 20mm，预制剪力墙中灌浆套筒长度范围内最外侧钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 15mm；
- 4 套筒灌浆连接钢筋的直径不应小于 12mm，不宜大于 40mm；
- 5 套筒之间净距不应小于 25mm。

9.3.5 纵向钢筋采用除本规程规定外的浆锚搭接连接时，对预留孔成孔工艺、孔道形状和长度、构造要求、灌浆料和被连接钢筋，应进行力学性能以及适用性的

试验验证。经鉴定确认安全可靠后方可采用，必要时尚应对采用钢筋浆锚搭接连接预制构件的性能进行试验验证。直径大于 20mm 的钢筋及直接承受动力荷载构件的纵向钢筋不应采用浆锚搭接连接。

9.3.6 纵向钢筋采用浆锚搭接连接时，受拉钢筋搭接长度应按下列公式计算，且不应小于 300mm。

$$l_l = \zeta_1 \zeta_2 l_{aE}$$

式中： l_l ——受拉钢筋的浆锚搭接长度；

l_{aE} ——受拉钢筋的抗震锚固长度，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算。当充分利用钢筋的抗压强度时，锚固长度不应小于受拉锚固长度的 0.7 倍；

ζ_1 ——钢筋搭接长度计算系数，当满足本规程第 8.3.2 条规定时，可取 0.8；

ζ_2 ——成孔方式修正系数，当采用金属波纹管工艺成孔时，取 1.2；当采用抽芯成孔时，取 1.1。

9.3.7 建筑模块与后浇混凝土、灌浆料、坐浆材料的结合面应设置粗糙面、键槽，并应符合下列规定：

1 预制板与后浇混凝土叠合层之间的水平结合面应设置粗糙面。

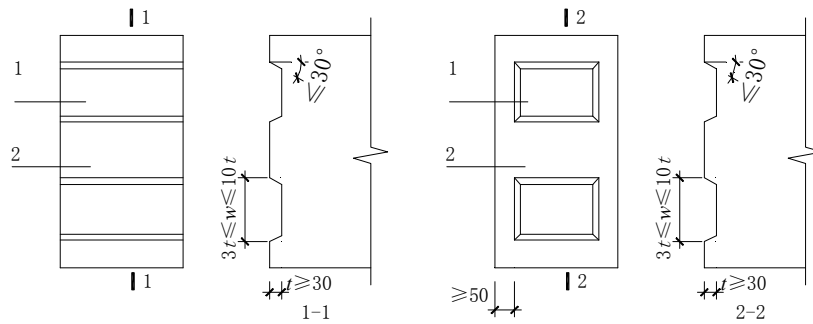
2 预制梁与后浇混凝土叠合层之间的结合面应设置粗糙面；预制梁端面应设置键槽（图 9.3.7），且宜设置粗糙面。键槽的尺寸和数量应按本规程第 7.2.2 条的规定计算确定；键槽深度 t 不宜小于 30mm，宽度 w 宜满足 $3t \leq w \leq 10t$ ；键槽可贯通截面，当不贯通时槽口距离截面边缘不宜小于 50mm；键槽间距宜等于键槽宽度；键槽端部斜面倾角不宜大于 30° 。

3 预制柱的底部应设置键槽或设置粗糙面，键槽应均匀布置，键槽深度不宜小于 30mm，键槽端部斜面倾角不宜大于 30° 。柱顶应设置粗糙面。

4 预制剪力墙的顶部和底部与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面；侧面与后浇混凝土的结合面宜设置粗糙面，也可设置键槽；键槽深度 t 不宜小于 20mm，宽度 w 宜满足 $3t \leq w \leq 10t$ ；键槽间距宜等于键槽宽度；键槽端部斜面倾角不宜大于 30° 。

5 粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%，预制板的粗糙面凹凸深度不应小

于 4mm，预制梁端、预制柱端、预制墙端的粗糙面凹凸深度不应小于 6mm。



(a) 键槽贯通截面

(b) 键槽不贯通截面

1——键槽；2——梁端面

图 9.3.7 梁端键槽构造示意

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

9.3.9 应对连接件、焊缝、螺栓或铆钉等紧固件在不同设计状况下的承载力进行验算，并应符合现行国家标准的有关规定。

9.3.10 当预制构件搁置在梁、柱、墙等支承构件上时，其搁置长度不应小于 10mm。

10 构造要求

10.1 一般规定

10.1.1 预制装配整体式模块化结构中结构缝的设计应符合下列要求：

1 应根据结构受力特点及建筑尺度、形状、使用功能要求，合理确定结构缝的位置和构造形式；

2 宜控制结构缝的数量，并应采取有效措施减少设缝对使用功能的不利影响；

3 可根据需要设置施工阶段的临时性结构缝。

10.1.2 预制装配整体式模块化结构伸缩缝的最大间距可按表 10.1.2 确定。

表 10.1.2 预制装配整体式模块化结构伸缩缝最大间距(m)

结构类别	室内或土中	露天
框架结构	55-75	35-50
剪力墙结构	45-65	30-40

注：1 随着整体性的减弱，结构伸缩缝间距从表中区间取值应由小到大；

2 框架剪力墙结构或框架-核心筒结构房屋的伸缩缝间距，可根据结构的具体情况取表中框架结构与剪力墙结构之间的数值；

3 当屋面无保温或隔热措施时，框架结构、剪力墙结构的伸缩缝间距宜按表中露天栏的数值取用；

4 现浇挑檐、雨罩等外露结构的局部伸缩缝间距不宜大于 12m。

10.1.3 对下列情况，本规程表 10.1.2 中的伸缩缝最大间距宜适当减小：

1 位于气候干燥地区、夏季炎热且暴雨频繁地区的结构或经常处于高温作用下的结构；

2 材料收缩较大，施工期外露时间较长的结构。

10.1.4 如有充分依据对下列情况，本规程表 10.1.2 中的伸缩缝最大间距可适当增大：

1 采取减小材料收缩或温度变化的措施；

2 采用专门的预加应力或增配构造钢筋的措施。

当伸缩缝间距增大较多时，尚应考虑温度变化和混凝土收缩对结构的影响。

10.2 混凝土保护层

10.2.1 现浇构件中钢筋及预应力筋的混凝土保护层厚度应满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 有关规定的要求，预制构件可适当减小混凝土保护层的厚度。

10.2.2 当梁、柱、墙中纵向受力钢筋的保护层厚度大于 50mm 时，宜对保护层采取有效的构造措施。当在保护层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋的保护层厚度不应小于 25mm 。

10.3 钢材的锚固

10.3.1 承受动力荷载的预制构件，应将纵向受力普通钢筋和钢构件末端焊接在钢板或角钢上，钢板或角钢应可靠锚固。钢板或角钢的尺寸应按计算确定，其厚度不宜小于 10mm 。

其他构件中受力普通钢筋和钢构件的末端也可通过焊接钢板或型钢实现锚固。

10.3.2 预制构件中预埋件的验算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 和《混凝土结构工程施工规范》GB50666 等有关规定。

附录 A 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量

表 A.0.1 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量

公称直径 (mm)	不同根数钢筋的公称截面面积(mm ²)									单根钢筋 理论重量 (kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1231	1385	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1527	1781	2036	2290	2.00 (2.11)
20	314.2	628	942	1256	1570	1884	2199	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85 (4.10)
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.2	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31 (6.65)
36	1017.9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87 (10.34)
50	1963.5	3928	5892	7856	9820	11784	13748	15712	17676	15.42 (16.28)

注：括号内为预应力螺纹钢筋的数值。

表 A.0.2 钢绞线的公称直径、公称截面面积及理论重量

种类	公称直径(mm)	公称截面面积(mm ²)	理论重量(kg/m)
1×3	8.6	37.7	0.296
	10.8	58.9	0.462
	12.9	84.8	0.666
1×7 标准型	9.5	54.8	0.430
	12.7	98.7	0.775
	15.2	140	1.101
	17.8	191	1.500
	21.6	285	2.237

表 A.0.3 钢丝的公称直径、公称截面面积及理论重量

公称直径(mm)	公称截面面积(mm ²)	理论重量(kg/m)
5.0	19.63	0.154
7.0	38.48	0.302
9.0	63.62	0.499

本标准规范用词说明

1 为便于在执行本标准规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本标准规范中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153
- 2 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
- 3 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 4 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 5 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 6 《钢结构设计规范》 GB50017
- 7 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 9 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB50476
- 10 《钢筋连接用灌浆套筒》 JG/T398
- 11 《钢筋连接用套筒灌浆料》 JG/T408
- 12 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ107
- 13 《钢结构焊接规范》 GB50661
- 14 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ18
- 15 《钢筋锚固板应用技术规程》 JGJ256
- 16 《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T50448
- 17 《建筑轻质条板隔墙技术规程》 JGJ/T157
- 18 《混凝土轻质条板》 JG/T350
- 19 《住宅轻钢装配式构件》 JG/T182
- 20 《建筑内部装修设计防火规范》 GB50222
- 21 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ3
- 22 《建筑防火设计规范》 GB50016
- 23 《高层民用建筑设计防火规范》 GB50045
- 23 《民用建筑设计通则》 GB50352D
- 24 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ1
- 25 《集装箱模块化组合房屋技术规程》 CECS 334
- 26 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ99

- 27 《型钢混凝土组合结构技术规程》 JGJ138
- 28 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- 29 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046
- 30 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T251



CECS -XXX-201X

中国工程建设协会标准

预制装配整体式模块化建筑设计规程

Specification for design of prefabricated monolithic modular building

条文说明

(征求意见稿)

目次

1 总则.....	43
2 术语和符号.....	44
2.1 术语.....	44
3 基本规定.....	47
3.1 一般规定.....	47
3.2 材料与施工.....	47
3.3 建筑方案.....	48
3.4 结构方案.....	48
3.5 模块连接.....	49
4 材料.....	50
4.1 一般规定.....	50
4.2 混凝土.....	50
4.3 钢筋与钢材.....	50
4.4 连接材料.....	56
4.5 轻质内隔墙材料.....	56
4.6 其他材料.....	56
5 建筑设计.....	58
5.1 一般规定.....	58
5.2 建筑模数.....	61
5.3 平立面设计.....	61
5.4 建筑模块设计.....	62
5.5 室内环境与装修.....	63
5.6 建筑设备.....	66
5.7 建筑节能.....	71
6 结构设计.....	75
6.1 一般规定.....	75
6.3 结构分析与计算.....	75
7 模块单元设计.....	77

7.1 一般规定.....	77
7.2 模块单元建筑设计.....	77
7.3 模块单元结构设计.....	79
7.4 模块单元防火、防腐蚀设计.....	79
8 构件设计.....	80
8.1 一般规定.....	80
8.2 预制构件设计.....	80
8.5 防火、防腐蚀设计.....	81
8.6 非结构构件设计.....	82
9 连接设计.....	83
9.1 一般规定.....	83
9.2 材料要求.....	83
9.3 连接设计.....	84
10 构造要求.....	87
10.1 一般规定.....	87
10.2 混凝土保护层.....	87
10.3 钢材的锚固.....	87
附录 A 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论质量.....	89

Contents

1	General Provisions.....	43
2	Terms and Symbols.....	44
2.1	Terms.....	44
3	General Requirements.....	47
3.1	General.....	47
3.2	Materials and Construction.....	47
3.3	Construction scheme.....	48
3.4	Structure specification.....	48
3.5	Module connection.....	49
4	Materials.....	50
4.1	General.....	50
4.2	Concrete.....	50
4.3	Reionforced with Steel.....	50
4.4	Connecting material.....	56
4.5	Light inner partition material.....	56
4.6	Other materials.....	56
5	Architectural design.....	58
5.1	General.....	58
5.2	Building modulus.....	61
5.3	Flat facade design.....	61
5.4	Building module design.....	62
5.5	Indoor environment and decoration.....	63
5.6	Building equipment.....	66
5.7	Building energy conservation.....	71
6	Structural design.....	75
6.1	General.....	75
6.3	Structural analysis and calculation	75
7	Modular unit design.....	77
7.1	General.....	77

7.2	Modular unit building design.....	77
7.3	Modular unit structure design.....	79
7.4	Modular unit fire protection, corrosion protection design.....	79
8	Component design.....	80
8.1	General.....	80
8.2	Prefabricated design.....	80
8.5	Fire protection, corrosion protection design.....	81
8.6	Non structural component design.....	82
9	Connection design.....	83
9.1	General.....	83
9.2	Material requirements.....	83
9.3	Connection design.....	84
10	Structural requirements.....	87
10.1	General.....	87
10.2	Concrete protective layer.....	87
10.3	Steel anchor.....	87
Appendix A	Nominal Diameter,Section Areas and Theoretical Weight of Steel Reinforcement.....	89

1 总则

1.0.1 本规程是根据多年来的工程经验和研究成果，总结相关规范应用情况及存在问题，贯彻国家“四节一环保”的技术政策，从而实现预制装配整体式模块化建筑共性技术问题设计方法统一的目标。

1.0.2 当建筑设计存在下列问题时，尚应符合专门标准的有关规定：

- 1 超重、防辐射、耐酸(碱)等；
- 2 在湿陷性黄土、膨胀土地区或地下采掘区等特殊土地基上修建；
- 3 表面温度高于 100℃或有生产热源、且表面温度经常高于 60℃；
- 4 需作振动计算的建筑。

预制装配整体式模块化建筑设计应遵循标准化、模块化的原则，并采用合理的预制率。一体化设计贯穿于整个工程设计流程中，各流程之间相互作用共同发展，通过设计模数化、构件标准化、施工装配化、全过程信息化、集成化，满足国家节能要求，推广符合新能源利用的成套技术，降低工业化建筑的建造成本、资源成本和运行成本，提高工程品质。

1.0.3 本规程依据工程结构以及建筑结构的可靠性统一标准制订。本规程的内容是基于现阶段建筑结构设计的成熟做法和建筑可靠性的最低要求。当使用时的预制装配式模块化建筑受力状态、材料性能等基本条件与本规程的编制依据有出入时，则需根据具体情况通过专门试验或分析加以解决。

1.0.4 本规程与相关的标准、规范进行了合理的分工和衔接，执行时尚应符合相关标准、规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 在工厂预先制作完成，构成建筑构件的统称为部件。由两个或两个以上的建筑部件组装而成的能够满足建筑基本功能要求的单个房间或一定的三维建筑空间单元统称建筑模块。如图 2.1.1 包括集成式厨房和集成式卫生间等。



(1) 墙体承重模块



(2) 角柱支撑模块单元



(3) 部分开洞模块

图 2.1.1 建筑模块单元

2.1.2 预制装配整体式模块化建筑以工业化建造方式为基础，将传统房屋以单个房间或一定的三维建筑空间为建筑模块单元进行划分，实现建筑结构系统、外围护系统、内装修系统、设备与管线系统一体化和策划、设计、生产、施工和运维一体化的集成设计建造。我国目前主要的几种工业化建筑形式主要有钢筋混凝土装配式建筑、集装箱式模块化建筑、钢结构模块化建筑，如图 2.1.2 所示。



(1) 中集集装箱式高层模块化钢结构建筑



(2) 预制装配整体式建筑结构

(3) 钢结构模块化建筑结构

图 2.1.2 预制装配整体式模块化建筑

2.1.3 根据建筑受力体系主要材料的差异，预制装配整体式模块化建筑结构主要有包括预制装配整体式混凝土结构、预制装配整体式预应力结构、预制装配整体式钢结构、预制装配整体式竹木结构等。

2.1.6 一体化模式基本涵盖了工程的各个方面，一般将其分为十个步骤：1 投标阶段、2 设计配合、3 设施设计配合、4 外墙设计配合、5 设计审核、6 设施调整、7 制造图纸、8 设计发布、9 开始制造、10 运输与安装。

2.1.9 集成式厨房是将原本单一且相对独立的组件进行优化设计，使厨房更具人性化、合理化。集成式厨房如图 2.1.9。



图 2.1.9 集成式厨房

2.1.10 整体集成卫浴采用轻钢龙骨作为承重骨架，在工厂完成内装、卫浴设置和管线的布置，预留管线接口，并整体集成后运输至现场安装。集成式卫生间如图 2.1.10。



图 2.1.10 集成式卫生间

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 预制装配整体式模块化建筑在方案设计阶段，应协调建设、设计、施工各方之间的关系，并应加强建筑、结构、设备、装修等各专业之间密切配合，并应遵循标准化、模块化的原则，采用合理的预制率。

3.1.5 工程结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的生命、造成经济损失、对社会或环境产生影响等）的严重性，采用不同的安全等级。工程结构安全等级的划分应符合表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 工程结构安全等级

安全等级	破坏后果
一级	很严重
二级	严重
三级	不严重

注：对重要的结构，其安全等级应取为一级；对一般的结构，其安全等级宜取为二级；对次要的结构，其安全等级可取为三级。

3.2 材料与施工

3.2.2 结构材料性能指标，尚宜符合下列要求：

1) 普通钢筋宜优先采用延性、韧性和焊接性较好的钢筋；普通钢筋的强度等级，纵向受力钢筋宜选用符合抗震性能指标的不低于 HRB400 级的热轧钢筋，也可采用符合抗震性能指标的 HRB335 级热轧钢筋；箍筋宜选用符合抗震性能指标的不低于 HRB335 级的热轧钢筋，也可选用 HPB300 级热轧钢筋。钢筋的检验方法应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

2) 混凝土结构的混凝土强度等级，抗震墙不宜超过 C60，其他构件，9 度时不宜超过 C60，8 度时不宜超过 C70。

3) 钢结构的钢材宜采用等级 B、C、D 的碳素结构钢及 Q345 等级 B、C、D、E 的低合金高强度结构钢；当有可靠依据时，尚可采用其他钢种和钢号。

3.2.3 预制装配整体式模块化建筑中的钢筋工程、混凝土工程、模板工程等施工

质量及验收应符合现行《预制装配整体式模块化建筑施工及验收规程》的要求。

3.3 建筑方案

3.3.1 (一) 预制装配整体式模块化建筑模数数列应符合下列要求:

1) 水平基本模数为1M, 按100m进级, 其幅度由1M至20M。主要用于建筑的门窗洞口和构配件截面尺寸等处。

2) 竖向基本模数为1M, 按100m进级, 其幅度由1M至36M。主要用于建筑的层高、门窗洞口和构配件截面尺寸等处。

3) 水平扩大模数为3M、6M、12M、15M、30M、60M的数列。主要用于建筑的开间或柱距、进深或跨度、构配件尺寸和门窗洞口等处。

4) 竖向扩大模数为3M、6M的数列, 分别以300、600进级, 其进级与幅度按规范要求。主要用于建筑的高度、层高和门窗洞口等处。

5) 分模数为1/10M、1/5M、1/2M的数列, 主要用于建筑的缝隙、构造节点、构配件截面尺寸等处。分模数不应用于确定模数化网格的距离, 但根据需要可用于确定模数化网格的平移距离。

6) 水平、竖向扩大模数及分模数的进级与幅度符合《建筑模数协调标准》(GB/T5002-2013)的要求。

(二) 预制装配整体式模块化建筑模数协调应符合下列要求:

1) 应用模数数列调整预制装配整体式模块化建筑与构配件(部品)的尺寸关系, 优化建筑构配件(部品)的尺寸与种类。

2) 构配件(部品)组合时, 能明确各构配件(部品)的尺寸与位置, 使设计、制造与安装等各个部门配合简单, 满足预制装配整体式模块化建筑设计精细化、高效率和经济性要求。

3) 主体结构部件和内装、外装部件的定位可通过设置模数网格来控制, 并通过部件安装接口要求进行主体结构、内装、外装部件和分部件的安装。

3.4 结构方案

3.4.1 (一) 预制装配整体式模块化建筑混凝土结构的设计方案应符合下列要求:

1) 选用合理的结构体系、构件形式和布置;

- 2) 结构的平、立面布置宜规则，各部分的质量和刚度宜均匀、连续；
- 3) 结构传力途径应简捷、明确，竖向构件宜连续贯通、对齐；
- 4) 宜采用超静定结构，重要构件和关键传力部位应增加冗余约束或有多条传力途径；
- 5) 宜采取减小偶然作用影响的措施。

(二) 预制装配整体式模块化钢结构的设计方案应符合下列要求：

- 1) 应具备合理的竖向和水平荷载传递途径；
- 2) 应具有必要的刚度和承载力、良好的结构整体稳定性和构件稳定性；
- 3) 应具有足够冗余度并应加强主要构件间拉结，避免因部分结构或构件破坏导致整个结构体系丧失承载能力而发生连续倒塌；
- 4) 竖向和水平荷载引起的构件和结构的振动，应满足正常使用或舒适度要求；
- 5) 隔墙、外围护等宜采用轻质材料。

3.4.2 预制装配整体式模块化建筑的结构缝设计应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的相关构造要求。

3.4.3 预制装配整体式模块化建筑的结构设计应符合节省材料、方便施工、降低耗能、就地取材、方便运输与保护环境的要求。

3.5 模块连接

3.5.1 承重结构中节点和连接的承载能力和延性不宜低于同类现浇结构，亦不宜低于预制构件本身，应满足“强剪弱弯，更强节点”设计理念。

3.5.2 预制装配整体式模块化建筑结构应重视构件连接节点的选型和设计。连接节点的选型和设计应注重概念设计，满足耐久性要求。并通过合理的连接节点与构造，保证构件的连续性和结构的整体稳定性，使整个结构具有必要的承载能力、刚性和延性，以及良好的抗风、抗震和抗偶然荷载的能力，并避免结构体系出现连续倒塌。

3.5.3 模块间宜采用通用化、标准化的接口，统一接口的几何尺寸、材料和连接方式，且每种模块具有相对独立的功能，并可相对独立地进行设计、生产和安装。不同模块之间通过有效连接，形成建筑整体。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 混凝土、钢筋、钢材和连接材料的性能要求应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 等的有关规定。用于钢筋浆锚搭接连接的镀锌金属波纹管应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225 的有关规定。镀锌金属波纹管的钢带厚度不宜小于 0.3mm，波纹高度不应小于 2.5mm。用于钢筋机械连接的挤压套筒，其原材料及实测力学性能应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的有关规定。用于水平钢筋锚环灌浆连接的水泥基灌浆材料应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定。

4.2 混凝土

4.2.2 混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作、养护的边长为 150mm 的立方体试件，在 28d 或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值。素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15；钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20；采用强度等级 400MPa 及以上的钢筋时，混凝土强度等级不应低于 C25。预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。承受重复荷载的钢筋混凝土构件，混凝土强度等级不应低于 C30。当采用强度等级不低于 C60 的混凝土时，其性能应满足现行行业标准《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281 的要求。

4.3 钢筋与钢材

4.3.1 根据钢筋产品标准的修改，不再限制钢筋材料的化学成分和制作工艺，而按性能确定钢筋的牌号和强度级别，并以相应的符号表达。根据“四节一环保”

的要求，提倡应用高强、高性能钢筋。根据混凝土构件对受力的性能要求，规定了各种牌号钢筋的选用原则。

(1) 增加强度为 500MPa 级的热轧带肋钢筋；推广 400MPa、500MPa 级高强度热轧带肋钢筋作为纵向受力的主导钢筋；限制并准备逐步淘汰 335MPa 级热轧带肋钢筋的应用；用 300MPa 级光圆钢筋取代 235MPa 级光圆钢筋。推广具有较好的延性、可焊性、机械连接性能及施工适应性的 HRB 系列普通热轧带肋钢筋。列入采用控温轧制工艺生产的 HRBF 系列细晶粒带肋钢筋。

(2) RRB 系列余热处理钢筋由轧制钢筋经高温淬水，余热处理后提高强度。其延性、可焊性、机械连接性能及施工适应性降低，一般可用于对变形性能及加工性能要求不高的构件中，如基础、大体积混凝土、楼板、墙体以及次要的中小结构构件等。

(3) 增加预应力筋的品种：增补高强、大直径的钢绞线；列入大直径预应力螺纹钢筋(精轧螺纹钢筋)；列入中强度预应力钢丝以补充中等强度预应力筋的空缺，用于中、小跨度的预应力构件；淘汰锚固性能很差的刻痕钢丝。

(4) 箍筋用于抗剪、抗扭及抗冲切设计时，其抗拉强度设计值受到限制，不宜采用强度高于 400MPa 级的钢筋。当用于约束混凝土的间接配筋(如连续螺旋配箍或封闭焊接箍)时，其高强度可以得到充分发挥，采用 500MPa 级钢筋具有一定的经济效益。

4.3.4 预制装配整体式建筑模块安装采用的吊具应符合以下要求：

(1) 模块安装应合理选择起重吊装设备。当选用非定型产品作为起重设备时，应编制专项吊装施工方案，并通过施工单位技术负责人审核通过后，方可组织实施；

(2) 吊装使用的钢丝绳、卸扣、吊钩等吊具不得超过额定许用荷载，专用机具和工具应满足施工要求，并经检验合格，方可使用；

(3) 根据模块形状、尺寸及重量要求选择合适的吊具，吊装过程，吊索水平夹角不宜大于 60°，不应小于 45°；对于尺寸较大或形状复杂的模块，应选择设置分配梁或分配桁架的吊具，并应保证起重设备主钩位置、吊具及模块单元重心在竖直方向上重合。

4.4 连接材料

4.4.1 钢筋连接用灌浆套筒

(一) 一般规定

- 1) 灌浆套筒生产应符合产品设计要求。
- 2) 全灌浆套筒的中部、半灌浆套筒的排浆孔位置计入最大负公差后的屈服承载力和抗拉承载力的设计应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。
- 3) 灌浆套筒长度应根据试验确定，且灌浆连接端长度不宜小于 8 倍钢筋直径，灌浆套筒中间轴向定位点两侧应预留钢筋安装调整长度，预制端不应小于 10mm，现场装配端不应小于 20mm。
- 4) 剪力槽的数量应符合表 4.4.1-1 的规定；剪力槽两侧凸台轴向厚度不应小于 2mm。

表 4.4.1-1 剪力槽数量表

连接钢筋直径/mm	12~20	22~32	36~40
剪力槽数量/个	≥3	≥4	≥5

- 5) 机械加工灌浆套筒的壁厚不应小于 3mm；铸造灌浆套筒的壁厚不应小于 4 mm。
- 6) 半灌浆套筒螺纹端与灌浆端连接处的通孔直径设计不宜过大，螺纹小径与通孔直径差不应小于 2mm，通孔的长度不应小于 3mm。

(二) 材料性能

- 1) 铸造灌浆套筒宜选用球墨铸铁，机械加工灌浆套筒宜选用优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢或其他经过接头型式检验确定符合要求的钢材。
- 2) 采用球墨铸铁制造的灌浆套筒，材料应符合 GB/T 1348 的规定，其材料性能尚应符合表 4.4.1-2 的规定。

表 4.4.1-2 球墨铸铁灌浆套筒的材料性能

项目	性能指标
抗拉强度 σ_b /MPa	≥550

断后伸长率 δ_5 /%	≥ 5
球化率/%	≥ 85
硬度/ HBW	180~250

3) 采用优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢、合金结构钢加工的灌浆套筒，其材料的机械性能应符合 GB/T 699、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 8162 的规定，同时尚应符合表 4.4.1-3 的规定。

表 4.4.1-3 各类灌浆套筒的材料性能

项目	性能指标
抗拉强度 σ_a /MPa	≥ 355
抗拉强度 σ_b /MPa	≥ 600
断后伸长率 δ_5 /%	≥ 16

(三) 尺寸偏差

灌浆套筒的尺寸偏差应符合表 4.4.1-4 的规定。

表 4.4.1-4 灌浆套筒尺寸偏差表

序号	项目	灌浆套筒尺寸偏差					
		铸造灌浆套筒			机械加工灌浆套筒		
1	钢筋直径/mm	12~20	22~32	36~40	12~20	22~32	36~40
2	外径允许偏差/mm	± 0.8	± 1.0	± 1.5	± 0.6	± 0.8	± 0.8
3	壁厚允许偏差/mm	± 0.8	± 1.0	± 1.2	± 0.5	± 0.6	± 0.8
4	长度允许偏差/mm	$\pm (0.01 \times L)$			± 2.0		
5	锚固段环形突起部分的	± 1.5			± 1.0		
	内径语序偏差/mm						
6	锚固段环形突起部分的内径 最小	≥ 10			≥ 10		
	尺寸与钢筋公称直径差值 /mm						
7	直螺纹精度	—			GB/T 197 中 6H 级		

(四) 外观

1) 铸造灌浆套筒内外表面不应有影响使用性能的夹渣、冷隔、砂眼、缩孔、裂纹等质量缺陷。

2) 机械加工灌浆套筒表面不应有裂纹或影响接头性能的其他缺陷，端面和外表面的边棱处应无尖棱、毛刺。

3) 灌浆套筒外表面标识应清晰。

4) 灌浆套筒表面不应有锈皮。

(五) 力学性能

灌浆套筒应与灌浆料匹配使用,采用灌浆套筒连接钢筋接头的抗拉强度应符合 JGJ 107 中 I 级接头的规定。

4.4.7 钢筋连接用套筒灌浆料

(一) 一般规定

1) 套筒灌浆料与灌浆套筒匹配使用,钢筋套筒灌浆连接接头应符合 JGJ 107 中 I 级的规定。

2) 套筒灌浆料应按产品设计(说明书)的要求的用水量进行配置。拌和用水应符合 JGJ 63 的规定。

3) 套筒浆料使用温度不宜低于 5℃。

(二) 性能要求灌浆料的性能应符合表 4.4.7-1 的规定。

表 4.4.7-1 套筒灌浆料的技术性能

检测项目		性能指标
流动度/mm	初始	≥ 300
	30min	≥ 260
抗压强度/MPa	1d	≥ 35
	3d	≥ 60
	28d	≥ 85
竖向膨胀率/%	3h	≥ 0.02
	24h 与 3h 的差值	0.02~0.5
氯离子含量/%		≤ 0.03
泌水率/%		0

(三) 钢筋套筒灌浆连接接头

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

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

3) 钢筋浆锚搭接连接接头应采用水泥基灌浆料,灌浆料的性能应满足表

4.4.7-2 的要求。

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

表 4.4.7-2 钢筋浆锚搭接连接接头用灌浆料性能要求

项目		性能指标	实验方法标准
泌水率		0	《普通混凝土拌合物性能实验方法标准》 GB/T 50080
流动性 (mm)	初始值	≥ 200	《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
	30min 保留值	≥ 150	
竖向膨胀率 (%)	3h	≥ 0.02	《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
	24h 与 3h 的膨胀率之差	0.02~0.5	
抗压强度 (MPa)	1d	≥ 35	《水泥基灌浆材料应用技术规范》 GB/T 50448
	3d	≥ 55	
	28d	≥ 80	
氯离子含量 (%)		≤ 0.06	《混凝土外加剂匀质性实验方法》 GB/T 8077

5) 受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行有关标准的规定。

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

4.4.8 夹心外墙板中内外叶墙板的拉结件应符合下列规定：

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

② 拉结件应满足夹心外墙板的节能设计要求。

③夹心剪力墙和夹心外墙中连接件宜采用纤维增强塑料 (FRP) 连接件或不锈钢连接。当有可靠依据时，也可采用其他类型连接件。

4.5 轻质内隔墙材料

4.5.1 轻质内隔墙可选用轻质钢筋混凝土条板、轻钢龙骨石膏板等。板材隔墙的墙板、骨架隔墙的饰面板和龙骨、玻璃隔墙的玻璃应有产品合格证书。饰面板表面应平整，边沿应整齐，不应有污垢、裂纹、缺角、翘曲、起皮、色差和图案不完整等缺陷。胶合板不应有脱胶、变色和腐朽。复合轻质墙板的板面与基层（骨架）粘接必须牢固。建筑内部装修设计应妥善处理装修效果和使用安全的矛盾，积极采用不燃性材料和难燃性材料，尽量避免采用在燃烧时产生大量浓烟或有毒气体的材料，做到安全适用，技术先进，经济合理。

4.5.2 生产混凝土轻质条板的原材料应性能稳定，对人体无害及对环境无污染。所有胶凝材料、骨料、增强材料、外掺料、外加剂等均应符合现行国家标准、行业标准的有关规定。条板隔墙厚度应满足建筑物抗震、防火、隔声、保温等功能要求。单层条板隔墙用作分户墙时，其厚度不应小于 120mm；用作户内分室隔墙时，不宜小于 90mm。双层条板隔墙选用条板的厚度不宜小于 60mm。

4.6 其他材料

4.6.1 硅酮、聚氨酯、聚硫建筑密封胶应分别符合国家现行标准《硅酮建筑密封胶》GB/T14683、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T482、《聚硫建筑密封胶》JC/T483 的规定。

4.6.2 外墙板接缝所用的防水密封材料应选用耐候性密封胶，密封胶应与混凝土具有相容性，并具有低温柔性、防霉性及耐水性等性能。其最大伸缩变形量、剪切变形性等均应满足设计要求。其性能应满足《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T881 的规定。当选用硅酮类密封胶时，应满足现行国家标准《硅酮建筑密封胶》GB/T14683-2003 的要求。

4.6.3 预制外墙板可采用涂料饰面，也可采用面砖或石材饰面。当采用石材饰面时，厚度30mm以上的石材应对石材背面进行处理，并安装不锈钢卡勾；卡勾应采用不锈钢制作，直径不应小于4mm。

4.6.4 夹心外墙板夹心层中的保温材料，宜采用挤塑聚苯乙烯板（XPS）、硬泡聚氨酯（PUR）等轻质高效保温材料。保温材料应符合国家现行有关标准的规定。

夹心外墙板中内外叶墙体的连接件宜采用通过系统验证的非金属连接件，其性能指标应不小于表4.6.4的要求。

表4.6.4 连接件材料性能指标

项目	拉伸强度	拉伸弹模	泊松比	层间剪切强度	剪切模量
测试规范	GB/T1447 —2005	GB/T1447 —2005	GB/T1447 —2005	JC/T 77.3	JC/T 77.3
设计指标要求	>600MPa	>42GPa	--	>30MPa	>40.6GPa

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 预制装配整体式模块化建筑作为一种新兴的建筑结构体系，工业化程度高、工程质量高、节约人力物力、绿色环保、可缩短工期、降低工程造价等优点，适应了绿色建筑可持续发展要求，符合我国资源节约型、环境友好型的发展战略。

5.1.3 预制装配整体式模块化建筑应满足《工业化建筑评价标准》GB/T51129-2015、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T51232-2016、《装配式混凝土结构建筑技术标准》GB/T51231-2016 等国家相关设计标准。

5.1.5 预制装配整体式模块化建筑应打破现在常规项目建筑设计与部品生产、施工割裂的方式，设计阶段除应进行建筑、结构、机电设备、室内装修一体化设计协同外，还应与构件生产单位、施工单位、部品生产单位等做好协同设计。预制装配整体式模块化建筑工业化方案设计和连接节点设计是核心。在设计全过程中，应该考虑构件标准化程度、构件生产的难易度、构件吊装施工的易操作性等问题。在设计阶段构件生产及施工单位应该提前介入，将构件形式、重量、塔吊布置等在初步设计前将其确定。

5.1.6 预制装配整体式模块化建筑抗震设防分类和设防标准：

建筑应根据其使用功能的重要性分为甲类、乙类、丙类、丁类四个抗震设防类别。甲类建筑应属于重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑，乙类建筑应属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑，丙类建筑应属于除甲、乙、丁类以外的一般建筑，丁类建筑应属于抗震次要建筑。建筑抗震设防类别的划分，应符合国家标准《建筑抗震设防分类标准》GB50223 的规定。

各抗震设防类别建筑的抗震设防标准，应符合下列要求：

(1) 甲类建筑，地震作用应高于本地区抗震设防烈度的要求，其值应按批准的地震安全性评价结果确定；抗震措施，当抗震设防烈度为 6-8 度时，应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求，当为 9 度时，应符合比 9 度抗震设防更高的要求。

(2) 乙类建筑，地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求；抗震措施，

一般情况下，当抗震设防烈度为 6-8 度时，应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求，当为 9 度时，应符合比 9 度抗震设防更高的要求；地基基础的抗震措施，应符合有关规定。对较小的乙类建筑，当其结构改用抗震性能较好的结构类型时，应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

(3) 丙类建筑，地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

(4) 丁类建筑，一般情况下，地震作用仍应符合本地区抗震设防烈度的要求，抗震措施应允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低，但抗震设防烈度为 6 度时不应降低。

5.1.7 预制装配整体式模块化建筑应符合《建筑设计防火规范》 GB50016《高层民用建筑设计防火规范》 GB 50045、《建筑内部装修设计防火规范》 GB 50222、《自动喷水灭火系统设计规范》 GB50084《火灾自动报警系统设计规范》 GB50116、《气体灭火系统设计规范》等国家相关标准规范的要求。

5.1.9 预制装配整体式模块化建筑的保温，所采用的隔热保温材料和施工工艺基本上与外保温相同，所不同的是它将保温材料通过贴、粉、喷的工艺，将其附着于外墙体内侧的基体上。其不但存在着与外保温相同的不足之处，而且在消除“热桥”的影响方面不如外保温。同时减少了室内的有效使用面积，住户在进行室内装修时，隔热保温层易被破坏，影响墙体的隔热保温效果。夹心保温墙结构是由内叶混凝土剪力墙、外叶混凝土墙板、夹心保温层和连接件组成的装配整体式混凝土结构。预制夹芯保温外墙板由内叶混凝土剪力墙、外叶混凝土墙板、夹心保温层和连接件组成。

5.1.12 预制装配整体式模块化建筑内保温体系容易在保温层内部或在冷凝界面产生结露现象，使得保温层保温能力下降，严重的甚至会使墙体发霉，对围护结构和人体产生不利影响。尤其是冷桥部位，更容易发生结露。根据典型气象年整个采暖期内逐时室外温度、湿度等参数，研究在室内特定温度、湿度条件下的日结露时间和冷凝量，以此来判定冷凝界面是否会发生结露以及判定保温层受潮后重量湿度增量是否超过允许值、是否会对保温层产生破坏。

5.1.14 根据《高层民用建筑设计防火规范》GB50045 中的要求预制钢筋混凝土构件节点缝隙或金属承重构件节点外露部位，必须加设防火保护层，其耐火极限不应低于表 5.1.14 中相应建筑构件的耐火极限。

表 5.1.14 建筑构件的燃烧性能和耐火等级

构件名称		耐火等级	
		一级	二级
墙	防火墙	不燃烧体 3.00	不燃烧体 3.00
	承重墙、楼梯间、电梯井和住宅单元之间的墙	不燃烧体 2.00	不燃烧体 2.00
	非承重外墙、疏散走道两侧的隔墙	不燃烧体 1.00	不燃烧体 1.00
	房间隔墙	不燃烧体 0.75	不燃烧体 0.50
柱		不燃烧体 3.00	不燃烧体 2.50
梁		不燃烧体 2.00	不燃烧体 1.50
楼板、疏散楼梯、屋顶承重构件		不燃烧体 1.50	不燃烧体 1.00
吊顶		不燃烧体 0.25	不燃烧体 0.25

5.1.16 预制装配整体式模块化建筑设备管线穿越防火墙时，应采用防火封堵材料将墙与管道之间的空隙紧密填实，穿过防火墙处的管道保温材料，应采用不燃材料；当管道为难燃及可燃材料时，应在防火墙两侧的管道上采取防火措施。

5.1.18 预制装配整体式模块化建筑内的电梯井等竖井应符合下列规定：

(1) 电梯井应独立设置，井内严禁敷设可燃气体和甲、乙、丙类液体管道，不应敷设与电梯无关的电缆、电线等。电梯井的井壁除设置电梯门、安全逃生门和通气孔洞外，不应设置其他开口。

(2) 电缆井、管道井、排烟道、排气道、垃圾道等竖向井道，应分别独立设置。井壁的耐火极限不应低于 1.00h，井壁上的检查门应采用丙级防火门。

(3) 建筑内的电缆井、管道井应在每层楼板处采用不低于楼板耐火极限的不燃材料或防火封堵材料封堵；建筑内的电缆井、管道井与房间、走道等相连通的孔隙应采用防火封堵材料封堵。

(4) 建筑内的垃圾道宜靠外墙设置，垃圾道的排气口应直接开向室外，垃圾斗应采用不燃材料制作，并应能自行关闭。

5.2 建筑模数

5.2.1 预制装配整体式模块化建筑设计应符合《建筑模数协调标准》(GB/T5002-2013)、《住宅建筑模数协调标准》(GB/T 50100)及厨房、卫生间等相关专项模数协调标准的规定；设计应严格按照建筑模数制要求，采用基本模数或扩大模数的设计方法实现建筑构配件、建筑组合件、建筑制品等的尺寸(度)的协调。基本模数的数值应为100mm（1M等于100mm）。整个建筑物和建筑物的一部分以及建筑部件的模数化尺寸，应是基本模数的倍数。

5.2.3 预制装配整体式模块化建筑应采用以基准面定位的主体结构，其平面布局宜采用模数网格来表示；模数网格与主体结构构件尺寸之间可灵活叠加设置，平面模数网格根据优选设计模数确定；优选设计模数（优先尺寸）宜根据不同类型建筑的设计参数，参考所选通用性强的成品建筑部件或组合件的尺寸确定；结构模数网格根据结构参数确定，模数网格应为基本模数的倍数；对于预制装配整体式框架结构体系，宜采用中心线定位法。

5.3 平立面设计

5.3.1 预制装配整体式模块化建筑的平面设计应结合基地环境、自然条件，根据城乡规划建设要求，使建筑平面形式、布局与周围环境相适应；根据建筑规模和使用性质要求进行单个房间的面积、形状及门窗位置等设计以及交通部分和平面组合设计；妥善处理好平面设计中的日照、采光、通风、隔声、保温、隔热、节能、防潮防水和安全防火等问题，满足不同功能的使用要求；建筑结构选型、建筑体型组合与里面处理、室内设计等提供合的平面布局；尽量减少交通辅助面积，提高平面利用系数，有利于降低房造价，节约投资。模块化建筑将尺寸适宜运输的集成建筑模块在工厂进行预制，并对模块内部进行布置与装修，之后运输至施

工现场完成吊装、拼接工作，最终成为建筑整体。建筑平面应根据使用性质、功能、工艺要求合理布局，并应符合装配整体式模块化建筑的特点。

5.3.2 预制装配整体式模块化建筑的承重墙、柱等结构竖向布置应连续、均匀，应避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力沿竖向突变，并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

5.3.3 建筑设计应重视其平面、立面和竖向剖面的规则性对抗震性能及经济合理性的影响，宜择优选用规则的形体，其抗侧力构件的平面布置宜规则对称、侧向刚度沿竖向宜均匀变化、竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度宜自下而上逐渐减小、避免侧向刚度和承载力突变。

5.3.4 预制装配整体式模块化建筑排水系统中，器具排水管 and 排水横管不穿越本层结构楼板到下层空间，且与卫生器具同层敷设并接入排水立管的排水方式。

5.3.5 预制装配整体式模块化建筑配套建筑部品也是工业化建造的基本组成单元，直接关系到建筑工业化建造的品质。各类部品研发时，应以模数化技术解决部品的通用性问题，以标准化实现部品的工业化生产，以系列化应对建筑个性化的要求，以集成化满足现场安装的需要。

5.3.7 建筑外围护构件饰面可根据工程设计选用清水面、艺术造型面、面砖、石材、金属质等材料，宜采用一次反打成型工艺。反打一次成型工艺的优点：由于一次成型，不经二次抹面，从根本上消灭了结构与装修“两层皮”的现象，确保模块化建筑的工程质量。饰面均为现行传统饰面的仿制品，取代了昂贵的真品用材，降低了模块化建筑的工程造价。节省了劳动力，同时加快了模块化建筑的施工进度。

5.3.8 预制装配整体式模块化建筑门窗作为配套建筑部品也是工业化建造的基本组成单元，模块化建筑门窗采用标准化部件直接关系到建筑工业化建造的品质。门窗等各类部品研发时，应以模数化技术解决部品的通用性问题，模块中门窗洞口宜规整有序，以标准化实现部品的工业化生产，以系列化应对建筑个性化的要求，以集成化满足现场安装的需要。

5.4 建筑模块设计

5.4.1 预制装配整体式模块化建筑的一般原则是适用、坚固、经济、美观，要能

进行标准化生产，模块化建筑在功能和结构方面，要满足人们的使用要求。同时，要有大胆创新的思想。

5.4.2 模块设计是要将原功能建筑空间划分为单元模块，用这些模块进行空间重组，继而形成新功能空间。当新功能空间再次不能满足城市发展的需要，需要被再次改造时，设计者可以利用现有的模块进行再组合，生成崭新功能的建筑空间。模块化设计最大的特点是可持续性，它是一种灵活多变的设计手法，并且以一个个的三维空间作为设计因子，在对空间进行重组设计的过程中更整体化、条理化。

5.4.3 在功能改变下进行空间的重组与整合，也就是原功能空间到新功能空间的建筑结构是不变的，把这些已有的固定的结构空间看作一个个大模块，从中划分出用于重组的小空间模块，是进行重组的首要一步。利用完整的建筑单元重复使用来实现空间重组的目的，整体的发展需要控制在一个完整的规划之下，对空间进行单元拆分时，应当根据各空间模块的功能配置，分析拆分后的单元模块是否能配合将来的使用，同时做适当的系统修正，以应对总体建筑空间环境的变化。

5.4.4 在将空间拆分为所需的单元模块后，就要进行模块的组合与单元的整合，而模块如何组合才能整合成新的建筑单元，是模块化设计的重要环节。模块组合的方式千变万化，不胜枚举，但简化来看就是，所有模块的组合都可以用两个模块之间的关系来表达。两个模块之间可以有許多组合方式：并列、错动、连续、旋转、重叠、滑动、交叠、竖立等，而在两个模块组合后，若抽取相接触的面，便可以形成一个更大的体块。针对新功能空间中不同的建筑单元需求，模块要通过各种组合方式的使用，才能整合成新的建筑单元，实现新旧功能空间的过渡。

5.4.5 模块单元内部结构构件的节点连接应在工厂内完成。模块单元间的节点连接在工地现场施工时，应有容错空间、便于现场拼接。钢结构模块单元间的连接应充分考虑到：①应根据结构、水暖电、管道线路、保温层、内外装修的完成度，确定现场连接采用的类型（焊接、螺栓连接、铆接），并应为施工安装留有操作空间、提供安全保护措施；②应为节点的封闭、保护、检修、更换提供操作空间。钢结构模块单元角件连接、垫件连接应保证角件对齐并与连接件间紧密接触。

5.5 室内环境与装修

5.5.1 预制装配整体式模块化建筑宜采用土建与装修、设备一体化设计。同时将室内装修与设备安装的施工组织计划与主体结构施工计划有效结合，做到同步设

计、同步施工，以缩短施工周期。

5.5.5 预制装配整体式模块化建筑的装饰装修室内环境污染控制除应符合中华人民共和国国家标准住宅装饰装修工程施工规范外，尚应符合《民用建筑工程室内环境污染控制规范》（GB50325）等国家现行标准的规定、设计、施工应选用低毒性、低污染的装饰装修材料。

5.5.9 室内装修不应在天然采光处设置遮挡采光的吊柜、饰物等固定设施。需要人工照明的房间，照明光源宜采用接近天然光色温光源。室内功能空间应设置一般照明、分区一般照明；对照明要求较高和有特殊照明要求的宜采用局部照明。

有效采光窗面积计算应符合下列规定：

1、侧面采光时，民用建筑采光口离地面高度 0.75m 以下的部分不应计入有效采光面积。

2、侧窗采光口上部的挑檐、装饰板、防火通道及阳台等外部遮挡物在采光计算时应按实际遮挡参与计算。

建筑照明的数量和质量指标应符合《建筑照明设计标准》GB 50034 的规定。各场所的照明评价指标如表 5.5.9。

表 5.5.9 照明评价指标

建筑类型	评价指标
居住建筑	照度、显示指数
公共建筑	照度、照度均匀度、统一眩光值、显色指数
通用房间或场所	
博物馆建筑	照度、照度均匀度、统一眩光值、显色指数、年曝光量
体育建筑	水平照度、垂直照度、照度均匀度、眩光指数、显色指数、色温

5.5.10 预制装配整体式模块化建筑的民用建筑功能房间室内允许噪声应满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中的要求。其中预制装配整体式模块化住宅的建筑室内噪声级别应满足表 5.5.10 要求。

表 5.5.10 住宅建筑室内噪声级别

房间名称	允许噪声级别（A 声级，dB）	
	昼间	夜间
卧室	≤45	≤37
起居室（厅）	≤45	

预制装配整体式模块化民用建筑的隔声减噪设计应符合下列规定：

1、民用建筑隔声减噪设计时，应根据室外环境噪声状况及室内允许噪声级的需求，确定其防噪措施和设计其相应隔声性能的建筑围护结构；

2、不宜将有噪声和振动的设备用房设在噪声敏感房间的直接上、下层或贴邻布置，当其设在同一楼层时，应分区布置；

3、安静要求较高的房间内设置吊顶时，应将隔墙砌至梁、板底面；采用轻质隔墙时，其隔声性能应符合有关隔声标准的规定；

4、电梯井道和机房不宜与有安静要求的用房贴邻布置，否则应采取隔振、隔声措施；

5、预制装配整体式模块化高层建筑的外门窗、外遮阳构件等应采取有效措施防止风啸声的发生。

预制装配整体式模块化民用建筑的给排水隔振降噪设计应符合下列规定：

1、预制装配整体式模块化民用建筑的给排水设备宜选用低噪声产品，水池、水泵房宜设在地下，但不宜毗邻主体建筑或设在主体建筑下。并应采取有效的隔振降噪措施，特别是降低固体传声的措施；

2、冷却塔宜采用低噪声产品，宜设置在对噪声敏感建筑物噪声干扰较小的位置，冷却塔设置在楼顶或者裙房顶时，应采取有效的隔振、隔声措施；

3、给排水管道不应穿越客房、病房和住宅的卧室等噪声敏感房间，宜对排水管道采取隔声包覆等降低排水噪声的有效措施，宜控制给水管道中水流速度和压力，避免流速过大产生水锤，引起噪声，给排水管道穿过楼板和墙体时，孔洞周边应采取密封隔声措施。

预制装配整体式模块化民用建筑的暖通空调（燃气）隔振降噪设计应符合下列规定：

1、冷热源站房、锅炉房、风机房等暖通空调（燃气）系统产生噪声的房间，不应毗邻噪声敏感房间布置；

2、暖通空调系统应进行消声专项设计，通过控制流速、设置消声器等综合措施降低空气动力机械辐射的噪声随通风管道传播至噪声敏感房间；

3、预制装配整体式模块化民用建筑的暖通空调（燃气）设备宜选用低噪声、低振动产品，并应采取有效的隔振和综合降噪措施，受设备振动影响的管道，应

采取软管连接、设置弹性支吊架等措施；

4、暖通空调系统末端设备（如风盘、风口等）应根据室内允许噪声级的要求，选用低噪声产品；

5、餐饮厨房的排烟、消防排烟设备宜选用低噪声产品，并采取有效的隔振减噪措施，相邻房间的排烟、排气通道宜采取防止相互串声的措施。

预制装配整体式模块化民用建筑的建筑电气隔振降噪设计应符合下列规定：

1、变配电室宜单独设置在噪声敏感建筑之外，不应贴邻噪声敏感房间布置，并应采取有效的隔振、隔声措施；

2、发电机房应采取有效的机组消声及机房隔声的构造措施；

3、当在噪声敏感房间内的墙体上设置电气设备等嵌入墙内对墙体隔声性能有显著降低的配套构件时，不得背对背布置，应相互错开位置，并对所开的洞（槽）采取有效的隔声封堵措施。

预制装配整体式模块化住宅室内装饰装修设计应改善住宅室内的声环境，降低室外噪声对室内环境的影响，并应符合下列规定：

1、当室外噪声对室内有较大影响时，朝向噪声源的门窗宜采取隔声构造措施；

2、有振动噪声的部位应采取隔声降噪构造措施；当套内房间紧邻电梯井时，装饰装修应采取隔声和减振构造措施；

3、厨房、卫生间及封闭阳台处排水管宜采用隔声材料包裹；

4、对声学要求较高的房间，宜对墙面、顶棚、门窗等采取隔声、吸声等构造措施。

5.5.11 预制装配整体式模块化住宅室内装饰装修设计应组织好室内空气流通。装饰装修材料应控制有害物质的含量，并应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 中的相关规定。住宅室内装饰装修不宜大面积采用人造木板及人造木饰面板。住宅室内装饰装修不宜大面积采用固定地毯，局部可采用既能防腐蚀、防虫蛀，又能起阻燃作用的环保地毯。

5.6 建筑设备

5.6.1 预制装配整体式模块化建筑的设备宜采用工业化构配件（部品）来组装，实现室内装修（填充体）和管道设备与主体结构（支撑体）的分离，以延长建筑

的使用寿命。建筑所需配件宜以工厂化加工为主，部分非标准或特殊的构配件可由现场安装时统一处理。室内装修设备，应结合本地条件及房间使用功能要求采用耐久、防水、防火、防腐及不易污染的材料与做法，体现装配整体式建筑的特色。

5.6.2 预制装配整体式模块化建筑的设备与管线设计应当满足以下规定：

①宜与主体结构相分离，应方便维修更换，且不应影响主体结构安全。

②宜采用集成化技术，标准化设计，当采用集成化新技术、新产品时应有可靠依据。

③应合理选型，准确定位。

④应与建筑设计同步进行，预留预埋应满足结构专业相关要求，不得在安装完成后的预制构件上剔凿沟槽、打孔开洞等。穿越楼板管线较多且集中的区域可采用现浇楼板。

⑤宜采用建筑信息模型（BIM）技术，当进行碰撞检查时，应明确被检测模型的精细度、碰撞检测范围及规则。

⑥部品与配管连接、配管与主管道连接及部品间连接应采用标准化接口，且应方便安装使用维护。

⑦宜在架空层或吊顶内设置。

5.6.3 抗震设防地区模块建筑与管线的连接与减震装置之间的地脚螺栓应能承受水平地震力与垂直地震力。

5.6.4 预制装配整体式模块化建筑整体卫浴间是由一件或一件以上的卫生洁具、构件和配件经工厂组装或现场组装而成的具有卫浴功能的整体空间。整体卫浴间尺寸系列见表5.6.4-1。

表 5.6.4-1 整体卫浴间尺寸系列

方 向	尺寸系列（净尺寸）	
水 平	长边	900,1200,1300,1400,1500,1600,1700,1800, 2000,2100,2400,2700,3000
	短边	800,900,1000,1100,1200,1300,1400,1500,1600,1700,1800,2000,2100,2400
垂 直	高度	2100,2200,2300

预制装配整体式模块化建筑整体卫浴间类型的外形尺寸与净尺寸(见图 5.6.4)之差符合下列规定：

- a) 水平方向为 $X1+X2=80\text{ mm}\sim 100\text{ mm}$ ； $Y1+Y2=80\text{ mm}\sim 100\text{ mm}$
- b) 垂直方向为 $Z1+Z2\leq 500\text{ mm}$ 。

安装尺寸与外形尺寸之差 (a_1+a_2 , b_1+b_2) 允许为20mm~40mm。

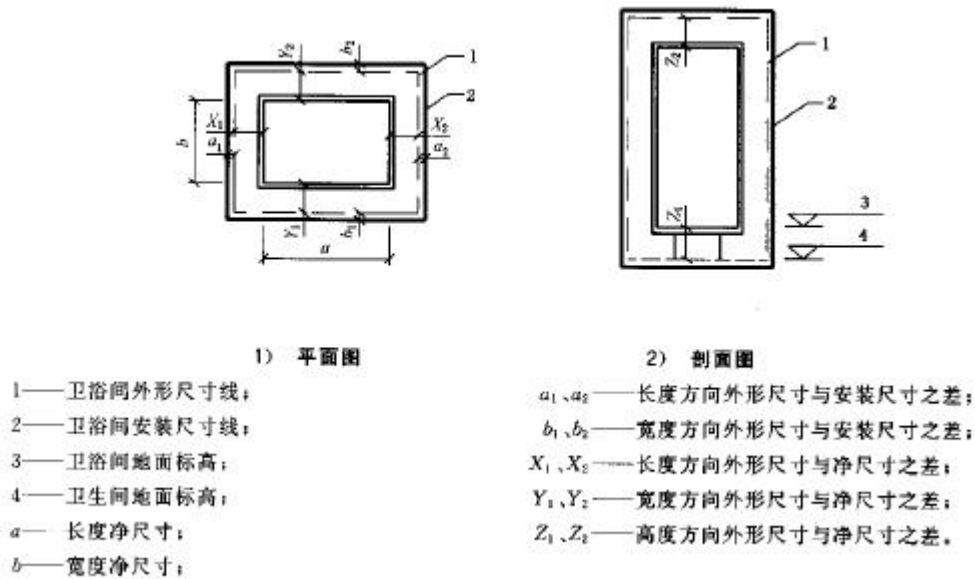


图 5.6.4 整体卫浴间示意图

将厨房家具、厨房设备和设施进行整体布置设计而建成的供使用者进行炊事、餐饮等活动的空间是住宅整体厨房，厨房的布置型式分为 I 型（单排型）、II 型（双排型）、L 型、U 型、壁柜型，其长度和宽度的最小净尺寸应符合表 5.6.4-2 的规定。

表 5.6.4-2 厨房长度、宽度最小净尺寸 单位为毫米

布置形式	长度最小净尺寸	宽度最小净尺寸
I 型（单排性）	2700/2700	1500/2100
II 型（双排性）	2700/2700	2100/2700
L 型	2100/2700	1500/2100
U 型	2700/2700	1800/2400
壁柜型	2100/-	700/-

厨房布置型式中推荐 I 型（单排性）和 L 型布置。
按炊事操作流程排列，厨房操作台净长不应小于 2100mm。
布置双排型厨房家具的厨房中，双排厨房家具之间的净距不应小于 900mm。

注 1：“/” 下的尺寸为无障碍厨房的尺寸。
注 2：壁柜型厨房中灶具为电气灶。

5.6.5 预制装配整体式模块化建筑的排水系统中，器具排水管和排水横支管不穿越本层结构楼板到下层空间，且与卫生器具同层敷设并接入排水立管的排水方式称为同层排水，相对于传统的隔层排水处理方式，同层排水方案最根本的理念改变是通过本层内的管道合理布局，彻底摆脱了相邻楼层间的束缚，避免了由于排水横管侵占下层空间而造成的一系列麻烦和隐患，包括产权不明晰、噪音干扰、渗漏隐患、空间局限等，同时采用壁挂式卫生器具，地面上不再有任何卫生死角，

清洁打扫变得格外方便。

同层排水是卫生间排水系统中的一个新颖技术，排水管道在本层内敷设，采用了一个共用的水封管配件代替诸多的P弯、S弯，整体结构合理，所以不易发生堵塞，而且容易清理、疏通，用户可以根据自己的爱好和意愿，个性化的布置卫生间洁具的位置。预制装配式建筑中各房间的功能不同，相应采用不同的楼地面装修材料——石材、地砖、木地板、水磨石、细石混凝土、水泥等等。

各种材料的构造做法不同，厚度也就不同，其中尤以坡的防水做法厚度最大，例如卫生间、浴室、厨房等，这样就使材料不同的房间的楼地面出现了高差。高差小于30毫米时，可以用垫层调整做法厚度。高差大于30毫米，则采用“降板”的方法，降低做法厚度较大一侧的楼板标高，使不同做法的楼地面在完工后基本持平，避免过多的小台阶、小坡形成障碍，给使用者带来不便。

5.6.7 预制装配整体式模块化建筑的电子设备接地电阻值不宜大于 4Ω 。电子设备接地宜与防雷接地系统共用接地网，接地电阻不应大于 1Ω ，当电子设备接地与防雷接地系统分开时，两接地网的距离不宜小于10m。低温地板辐射供暖系统（即地暖）是一种通过被埋设在地板下的加热管来加热地板表面，

5.6.8 由被加热的地板表面向房间内进行辐射换热，同时与室内空气进行对流换热来实现房间供暖的一种供暖方式，其中辐射换热占主导地位，自然对流换热为次要地位。其工作原理为利用建筑物内部地面作为散热器，通过给地面结构层内部铺设管道，并注入 40°C – 60°C 的低温热，以低温热水为热媒，通过管道内部低温热水的不断循环流动，达到加热整个地面的目的，能够使地面温度提升 20°C – 29°C 左右。预制装配式建筑宜采用低温地板辐射供暖系统。

5.6.10 预制装配整体式模块化建筑与土壤接触的底层、直接与室外空气接触的楼板、与非供暖房间相邻的的地板为供暖地面时，必须设置绝热层；在与土壤接触的底层与绝热层之间，应设置防潮层。地面供暖的绝热材料的耐火等级必须大于等于B1级。采用混凝土填充式加热管供暖地面时，绝热层压缩强度不小于120kPa；采用预制复合模块地面砂浆填充式时，绝热层压缩强度不小于180kPa。

5.6.11 预制装配整体式模块化建筑的厕所、盥洗室、浴室应符合下列规定：

1、建筑物的厕所、盥洗室、浴室不应直接布置在餐厅、食品加工、食品贮存、医药、医疗、变配电等有严格卫生要求或防水、防潮要求用房的上层；除本

套住宅外，住宅卫生间不应直接布置在下层的卧室、起居室、厨房和餐厅的上层；

2、卫生设备配置的数量应符合专用建筑设计规范的规定，在公用厕所男女厕位的比例中，应适当加大女厕位比例；

3、卫生用房宜有天然采光和不向邻室对流的自然通风，无直接自然通风和严寒及寒冷地区用房宜设自然通风道；当自然通风不能满足通风换气要求时，应采用机械通风；

4、楼地面、楼地面沟槽、管道穿楼板及楼板接墙面处应严密防水、防渗漏；

5、楼地面、墙面或墙裙的面层应采用不吸水、不吸污、耐腐蚀、易清洗的材料；

6、楼地面应防滑，楼地面标高宜略低于走道标高，并应有坡度坡向地漏或水沟；

7、室内上下水管和浴室顶棚应防冷凝水下滴，浴室热水管应防止烫人；

8、公用男女厕所宜分设前室，或有遮挡措施；

9、公用厕所宜设置独立的清洁间。

厕所和浴室隔间的平面尺寸不应小于表5.6.11的规定：

表 5.6.11 厕所和浴室隔间平面尺寸

类别	平面尺寸（宽度 m×深度 m）
外开门的厕所隔间	0.90×1.20
内开门的厕所隔间	0.90×1.40
医院厕所专用厕所隔间	1.10×1.40
无障碍厕所隔间	1.40×1.80
外开门淋浴隔间	1.00×1.20
内设更衣凳的淋浴隔间	1.00×（1.00+0.60）
无障碍专用浴室隔间	盆浴（门扇向外开启）2.00×2.25
	淋浴（门扇向外开启）1.50×2.35

5.7 建筑节能

5.7.1 预制外墙板的保温材料及其厚度应按工程项目所在地的气候条件和建筑围护结构热工设计要求确定，并应符合下列要求：

1、选用轻骨料混凝土可有效提高预制混凝土外墙板的保温隔热性能。

2、采暖居住建筑采用复合外墙板时，除门窗洞口周边允许有贯通的混凝土肋外，宜采用连续式保温层，保温层厚度应满足所在地区建筑围护结构节能设计要求。

3、宜采用轻质高效的保温材料，安装时保温材料重量含水率不应大于10%。预制外墙板内采用的高效的保温材料可为：阻燃型容重大于 $16\text{kg}/\text{m}^3$ 膨胀聚苯乙烯（EPS）、挤塑聚苯乙烯（XPS）、岩棉、玻璃棉等。

4、无肋复合板中，穿过保温层的连接件，应采取与结构耐久性相当的防腐蚀措施，如采用铁件连接时宜优先选用不锈钢材料并考虑连接铁件对保温性能的影响。

5、预制混凝土外墙板有产生结露倾向的部位，应采取提高保温性能或在板内设置排除湿气的孔槽。

6、装配式混凝土构件的热工参数与其生产和养护过程有关，生产企业应提供不同构件材料的导热系数，带有门窗的装配式混凝土外墙板，应分别提供墙板和玻璃的传热系数，选用装配式混凝土构件用于建筑外围护结构时，应按照相关节能标准验算复合保温层厚度及相关热工参数。无复合保温层的装饰外挂板除外。

5.7.2 带混凝土边肋或窗肋的装配式混凝土外墙板，其平均热阻应分别计算主断面和混凝土边肋热阻，可按面积加权平均；采用夹心外墙板时应充分考虑连接钢筋所产生的热桥对复合外墙板传热系数的影响，应根据当地节能设计要求选择带肋或无肋构造。穿透保温材料的连接件，宜采用非金属材料。当采用钢筋（丝）桁架来连接内外两层混凝土板时，其计算平均传热系数应乘以1.2~1.3的修正系数。

5.7.3 结构性热桥部位的传热阻可采用基本传热计算方法，其结果不应小于《民用建筑热工设计规范（GB50176）》规定的最小传热阻（ R_{min} ）。预制混凝土外墙板与梁、板、柱相连时，其连结处宜采取措施保持墙体保温的连续性，连接处

的保温材料应选用不燃材料。预制外墙板接缝处（包括勒脚、檐口等处的竖缝及水平缝）做法应满足《民用建筑热工设计规范（GB50176）》中最小热阻的要求。

预制装配整体式模块化建筑的围护结构以及公共楼梯、阳台、隔墙、空调板等配套构件宜采用工厂化加工的标准预制构件。根据预制装配整体式模块化建筑生产和施工条件，也可采用部分现浇、部分预制的装配整体式施工方式。建筑外墙的设计应结合预制装配整体式模块化建筑的特点，通过基本单元装饰构件的组合、装饰构件与透明、非透明幕墙的组合、装饰构件色彩变化等方法，满足建筑外立面美观的要求。

建筑外墙装饰构件宜结合外墙板整体设计，外墙饰面（含保温层）宜在构件厂完成。应注意独立装饰构件与外墙板连接处的构造，并应满足热工设计的要求。建筑外墙饰面材料应结合当地条件，采用耐久、不易污染的材料，并体现预制装配整体式模块化建筑立面造型的特点。建筑外围护结构预制外墙板的水平缝、垂直缝及十字缝等接缝部位、门窗洞口等构配件组装部位的构造设计及材料的选用应满足各类建筑的物理性能、力学性能、耐久性能及装饰性能的要求。

预制外墙板的设计应符合下列要求：

1、预制外墙板的设计应充分考虑其制作工艺、运输及施工安装的可行性，满足施工安装的三维可调性要求，做到标准化、系列化，实现工业化生产，并兼顾其经济性。

2、预制外墙板的饰面处理应考虑外立面分格、饰面颜色与材料质感等细部设计要求。

3、预制外墙板接缝（包括屋面女儿墙、阳台、勒脚等处的竖缝、水平缝、及十字缝以及窗口处） 必须进行处理。并根据不同部位接缝特点及当地风雨条件选用构造防水、材料防水或构造防水与材料防水相结合的防排水系统。挑出外墙的阳台、雨篷等构件的周边应在板底设置滴水线。

4、预制外墙板接缝采用构造和材料相结合的（如弹性物盖缝）防排水系统时，其接缝构造和所用材料应满足接缝防排水要求。

5、预制外墙板接缝采用构造防水时，水平缝宜采用企口缝或高低缝，少雨地区可采用平缝。竖缝宜采用双直槽缝，少雨地区可采用单斜槽缝。

5.7.4 夹心保温外墙板应满足围护、保温隔热、隔声、装饰等多功能要求。其性

能与板缝设计要求应符合相应预制外墙板设计中的规定。

预制混凝土外挂板应符合下列要求：

1、预制混凝土外挂板应按非透明幕墙相关要求设计，在其内侧应设衬墙并与保温材料和空气间层组合，形成复合保温墙体构造，其保温材料的防火性能应满足相关规定的要求。

2、预制混凝土外挂板的设计应保证装饰外挂板在制作、运输、吊装及使用等各个阶段具有结构安全性。装饰外挂板的厚度一般为50~180mm。

3、预制混凝土外挂板与主体结构的连接宜采用上部吊挂下部销接的连接构造，或采用下部支承上部拉接构造。连接节点处保温材料应连续铺设。

4、预制混凝土外挂板平面尺寸较大时，宜采用带肋的槽板、空心板或夹芯板等。如有重量限制时，宜采用轻骨料混凝土制作。

5.7.5 预制装配整体式模块化建筑外围护结构应积极采用新型材料，节约资源、保护环境,同时满足节能要求。预制装配整体式模块化建筑的规划布置、平面布置、立面设计和剖面设计应有利于自然通风；预制装配整体式模块化建筑主要朝向宜采用南向或南偏东30°至南偏西30°；预制装配整体式模块化建筑体形系数应符合表5.7.5-1的规定。

表5.7.5-1 居住建筑的体形系数限值

建筑物	≤3层，且建筑高度≤10m	4层~11层 (或建筑高度>10m)	12层及以上
建筑的体形系数	≤0.55	≤0.45	≤0.40

外窗（包括阳台门的透明部分）的窗墙比应符合表5.7.5-2的规定。不同朝向窗墙比的外窗，其传热系数应符合表5.7.5-3的规定，外窗综合遮阳系数及遮阳要求应符合表5.7.5-4的规定。

表5.7.5-2 朝向窗墙比的限值

朝向	窗墙比
北	≤0.35
东、西	≤0.25
南	≤0.50

注：本表中的窗墙比为单一立面窗墙比，即建筑某一个立面的窗户洞口面积与该立面的总面积之比。

表5.7.5-3 窗墙比的外窗传热系数指标

单一立面窗墙比	体热系数K[W/(m ² ·K)]
窗墙比≤0.40	≤2.2
0.40<窗墙比≤0.50	≤2.0
窗墙比>0.50	≤1.8

表5.7.5-4 外窗综合遮阳系数及外遮阳要求

开间窗墙比	外窗综合遮阳系数及外遮阳要求		外窗玻璃 遮阳系数
	东, 西向	南向	
开间窗墙比≤0.25	/	/	≥0.60
0.25<开间窗墙≤0.30	≤0.45	≤0.50	
0.30<开间窗墙≤0.35	设置外遮阳并使外窗 综合遮阳系数≤0.40	≤0.45	
0.35<开间窗墙≤0.50	设置外遮阳并使外窗 综合遮阳系数≤0.35	设置外遮阳并使外窗 综合遮阳系数≤0.40	
开间窗墙比>0.50	设置外遮阳并使外窗 综合遮阳系数≤0.25	设置外遮阳并使外窗 综合遮阳系数≤0.25	

注, 1. 表中的“东、西”指从东或西偏北30° (包括30°) 至偏南60° (包括60°) 的范围; “南”指从南偏东30° 至偏西30° 的范围;

2. 楼梯间、外走廊的窗可不按本表执行。

外窗遮阳系数计算用窗框系数按表5.7.5-5取值。

表5.7.5-5 窗框系数

窗框型材	PVC塑料窗	木窗	断热铝合金, 铝木复合	铝合金
系数	0.70	0.70	0.75	0.80

注: 其他型材接相近材质取值, 本表对于凸窗和天窗也同样适用。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 从结构材料角度，预制装配整体式模块化建筑可分为钢结构、混凝土结构、混合结构。不同的结构，可根据设计条件合理选用现行标准中各类结构体系，例如：框架结构、框架-支撑结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、板柱-剪力墙结构、框支剪力墙结构、筒体结构、巨型框架结构等。

6.1.2 预制装配整体式模块化建筑根据其采用的结构类型，依据现行有关标准确定最大适用高度。

6.1.3 预制装配整体式模块化建筑根据其采用的结构类型，依据现行有关标准确定抗震等级。

6.1.4 预制装配整体式模块化建筑根据其采用的结构类型，其高宽比不宜超过现行有关标准的规定，例如混凝土结构应满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 第 3.3.2 条的规定，钢结构应满足《建筑抗震设计规范》GB50011 第 8.1.2 条的规定，混合结构应满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 第 11.1.3 条的规定。

6.1.7 楼盖是建筑结构中的水平结构体系，它与竖向构件、抗侧力构件一起组成建筑结构的整体空间结构体系。它将楼面竖向荷载传递至竖向构件，并将水平荷载（风力、地震力）传到抗侧力构件。

6.1.9 创新预制装配整体式模块化建筑与减隔震技术的结合，提高装配式建筑的抗震性能，简化结构连接节点，便于装配，提高效率。

6.3 结构分析与计算

6.3.2 在各种设计状况下，预制装配整体式模块化建筑可采用与普通建筑相同的方法进行结构分析。

6.3.3 预制装配整体式模块化建筑，根据其不同的结构类型、高度，其层间位移角应符合《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 等现行国家设计标准的规定。

6.3.4 预制装配整体式模块化建筑的抗震性能化设计，宜根据《建筑抗震设计规

范》GB50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 等现行国家设计标准的相应规定进行。

6.3.7 楼盖结构应具有适宜的舒适度，其竖向振动加速度可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的有关规定计算。

7 模块单元设计

7.1 一般规定

7.1.1 例如 Hickory 集团采用早期承包商参与模式 (Early Contractor Involvement) 为客户提供项目方案规划、设计、制造、安装和现场施工一体化服务, 包含: 设计方案投标阶段、设计配合、设施设计配合、外墙设计配合、设计审核、设施调整、制造图纸、设计发布、开始制造、运输与安装 10 项流程, 基本涵盖了工程的各个方面。

7.1.2 该条同《集装箱模块化组合房屋技术规程》CECS 334-2013 第 4.1.1 条

7.1.4 该条同《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 第 4.1.4 条。

7.1.5 该条同《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 第 6.4.2 条

7.2 模块单元建筑设计

7.2.1 应符合国家现行标准《建筑模数协调标准》GB50002、《民用建筑设计通则》JGJ37-87、《住宅设计规范》GB50096、《宿舍建筑设计规范》JGJ36-2016、《旅馆建筑设计规范》JGJ62-2014、《办公建筑设计规范》JGJ67-2016、《商店建筑设计规范》JGJ48 的有关规定。集装箱的设计应符合现行国家标准《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》JGJ 227-2011 级《集装箱模块化组合房屋技术规程》CECS 334-2013 等的规定。如图 7.2.1 所示株洲示范项目传统设计方法与 HBS2 模块体系设计方法。

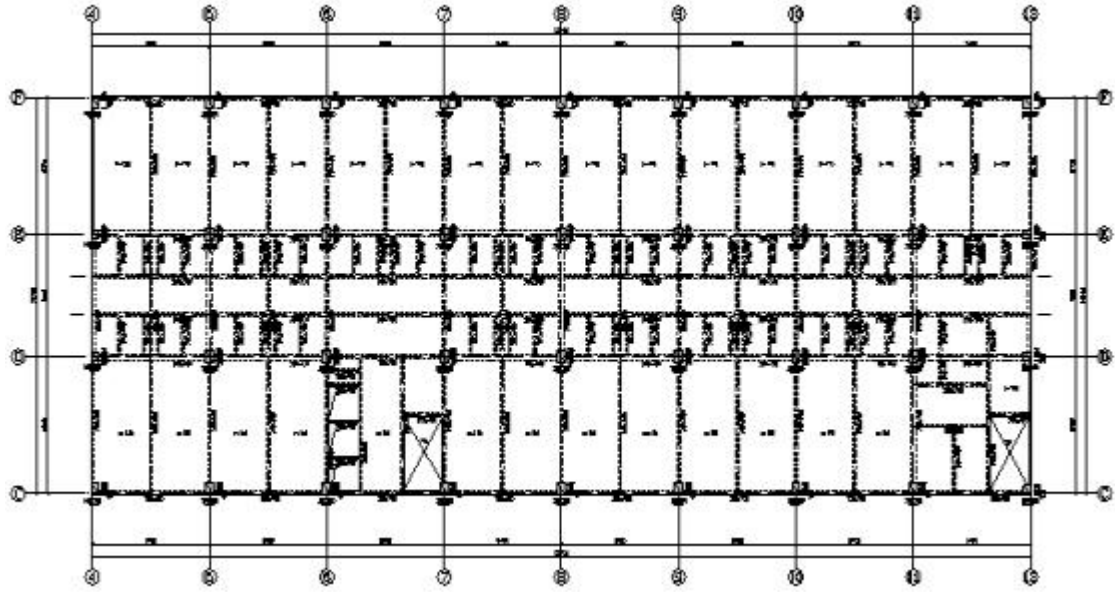


图 7.2.1-1 株洲示范项目传统设计方法

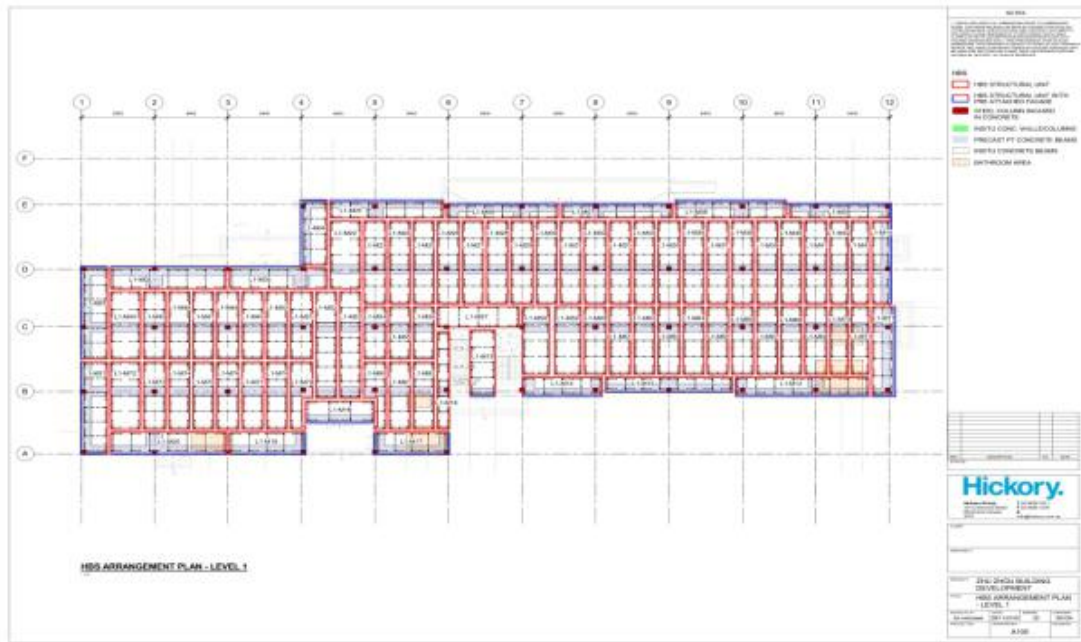


图 7.2.1-2 株洲示范项目 HBS2 模块体系设计图

7.2.2 应根据国家现行标准《公共建筑节能设计标准》GB50189、《严寒地区居住建筑节能设计标准》JGJ26 等规定设计模块化单元体的体形系数、窗墙面积比、围护结构的热工性能。

7.2.3 《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》JGJ 227-2011 第 3.1.6 条

7.2.4 《集装箱模块化组合房屋技术规程》CECS 334-2013 第 6.1.1 条

7.3 模块单元结构设计

7.3.1 根据现场吊装施工能力，模块单元可采用框架结构、盒式结构、框架-钢筋网片结构等结构体系。

7.3.2 模块单元结构的作用及作用组合应根据国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB50009，《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 和《混凝土结构工程施工规范》GB50666 等确定。

7.3.4 模块单元结构的计算与构造可参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《木结构设计规范》GB50005 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行。

7.4 模块单元防火、防腐蚀设计

7.4.1 参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 第 11.1.1 条。

7.4.3 模块单元防腐蚀设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251 的要求。

8 构件设计

8.1 一般规定

8.1.2 预制装配整体式模块化建筑在承载力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析可采用线弹性方法分析计算。

8.1.6 预制装配整体式模块化建筑构件的抗震设计，应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。其他抗震设防类别和特殊场地类别下的建筑应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 中对抗震措施进行调整的规定。

8.1.8 预制装配整体式模块化建筑构件应强调性能要求，提高建筑质量和品质。因此外围护系统、设备与管线系统以及内装系统应遵循绿色建筑全寿命期的理念，结合地域特点和地方优势，优先采用节能环保的技术、工艺、材料和设备，实现节约资源、保护环境和减少污染的目标，为人们提供健康舒适的居住环境。

8.2 预制构件设计

8.2.1 预制构件的设计使用年限和安全等级应主体结构相同且应对预制构件进行承载力极限状态和正常使用极限状态的设计计算；预制构件的设计和构造措施应充分考虑生产、运输、施工各个环节的受力状态，并按脱模、起吊、运输、及安装时相应的荷载值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定，进行各个阶段的承载力、变形及裂缝控制验算。

8.2.2 预制装配整体式模块化建筑构件进行效应分析时，除确定荷载（或作用）以外，最重要的莫过于作出计算简图。确定其计算简图时应注意下列事项：

- (1) 应能代表实际结构的体型和几何尺度；
- (2) 边界条件和连接方式应能反映结构的实际受力状况，并应有相应的构造措施加以保证；
- (3) 截面尺寸和材料性能应能符合结构的实际情况；
- (4) 荷载（作用）的数值、位置且组合应与结构的实际受力情况吻合；

(5) 应考虑施工偏差、初始应力及变形位移状况对计算简图加以适当修正

(6) 根据结构特点和受力状况，计算简图可以作适当的简化或近似假定，但应有理论的或试验的依据。

8.2.5 预制构件设计对制作、运输、吊装、施工等有特别要求时，应在设计文件上注明。

8.5 防火、防腐蚀设计

8.5.1 预制装配整体式模块化建筑各部位结构构件的设计耐火极限应不低于《建筑设计防火规范》GB 50016 中的有关规定。钢结构构件防火保护措施及其构造应根据工程实际，考虑结构类型、耐火极限要求、工作环境等，按照安全可靠、经济合理的原则确定，建筑钢结构应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200-2006 的规定。

在结构设计文件中，应注明结构的设计耐火等级，构件的设计耐火极限、所需要的防火保护措施及其防火保护材料的性能要求。高强度螺栓连接长期受辐射热（环境温度）达 150℃ 以上，或短时间受火焰作用时，应采取隔热降温措施予以保护。构件采用防火涂料进行防火保护时，其高强度螺栓连接处的涂层厚度不应小于相邻构件的涂层厚度。

8.5.2 预制装配整体式模块化建筑的钢结构构件应遵循安全可靠、经济合理的原则，按下列要求进行防腐蚀设计：

(1) 防腐蚀设计应根据环境腐蚀条件、防腐蚀设计年限、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) 除必须采取防腐蚀措施外，尚应尽量避免加速结构构件腐蚀的不良设计；

(4) 防腐蚀设计中应考虑钢结构构件设计使用年限内的检查、维护和大修。

建筑钢结构构件应根据环境条件、材质、结构型式、使用要求、施工条件和维护管理条件等因素，因地制宜，从下列方案中综合选择防腐蚀方案或其组合：

(1) 防腐蚀涂料；

(2) 各种工艺形成的锌、铝等金属保护层；

(3) 阴极保护措施；

(4) 使用耐候钢。

防腐蚀设计文件应提出表面预处理的质量要求,并应对表面除锈等级和表面粗糙度作出明确规定。钢结构防腐蚀涂料的配套方案,可根据环境腐蚀条件、防腐蚀设计年限、施工和维修条件等要求设计。

8.6 非结构构件设计

8.6.1 预制装配整体式模块化建筑的填充墙、隔墙设计应符合下列功能要求:

(1) 隔墙应有良好的隔声、防火、气密和保温性能,要有足够的抵抗室内冲击荷载的强度,且有足够刚度确保装修、设备、管线的正常工作。

(2) 客厅、卧室、厨房、卫生间的隔墙应满足吊挂要求,厨房、卫生间的隔墙应满足防水要求或者应有防水措施。

(3) 隔墙与隔墙、外墙、地板、天花板、模块单元钢骨架应有可靠的、可以保证隔墙与其他结构不分离、脱落的连接。

(4) 门框、窗框与墙体结构连接应可靠、牢固、耐久性好,并符合高效的工厂标准化施工的特点。

(5) 门窗安装时应避免跨越相邻的模块。如必须设置跨越模块的门窗,该门窗须在现场安装。安装须可靠、方便,且不得破坏已经安装完成设备和管线。

(6) 分户墙宜采用双层隔墙,隔墙中应布置保温和防潮防水层。

(7) 隔墙宜采用轻钢龙骨非金属面板隔墙或夹芯板隔墙,并按相应的隔声、保温和防火标准进行设计。

(8) 隔墙与钢结构模块单元的骨架之间应设置变形空间,用轻质防火材料填充,内隔墙上需要设置电器开关或插座时,必须做好隔音处理;隔墙两侧均需要设置电器开关或插座时,两者应错位设置。

8.6.2 预制装配整体式模块化建筑的外墙构造应符合墙体节能的相关规定,采用无机材料复合保温板可按照《建筑结构保温复合板》行业标准 JG/T 432-2014 及《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板应用技术规程》CECS 396-2015 的相关规定执行。采暖地区的模块房屋宜采用外保温做法,热工设计需验算露点,外保温构造中宜选用轻质保温材料。

9 连接设计

9.1 一般规定

9.1.1 预制装配整体式模块化建筑结构构件及节点承载能力极限状态及正常使用极限状态设计内容应包括：施工吊装阶段的受压、局部受压、斜截面抗裂，连接处形成整体后使用阶段的受弯、受压和接缝受剪等，且应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《建筑抗震设计规范》GB50011 和《混凝土结构工程施工规范》GB50666 等有关规定。

9.1.2 预制装配整体式模块化建筑的连接设计应满足建筑的装修、检修更换及管线使用年限的要求。

9.1.3 预制装配整体式模块化建筑的预制构件设计应与内部管线设计紧密配合，预留接口位置应精确到位。

9.1.4 预制装配整体式模块化建筑结构构件及节点承载能力极限状态及正常使用极限状态设计内容应包括：施工吊装阶段的受压、局部受压、斜截面抗裂，连接处形成整体后使用阶段的受弯、受压和接缝受剪等，且应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《建筑抗震设计规范》GB50011 和《混凝土结构工程施工规范》GB50666 等有关规定。

9.2 材料要求

9.2.1 预制装配整体式模块化建筑结构节点处的钢筋连接可采用套筒灌浆连接、间接搭接连接、机械连接或焊接等。套筒灌浆连接宜用于直径不大于25mm受力钢筋的连接；间接搭接宜用于直径不大于28mm受力钢筋的连接；机械连接宜用于直径不小于16mm受力钢筋的连接；焊接宜用于直径不大于28mm受力钢筋的连接。机械连接接头及焊接接头的类型及质量应符合国家现行有关标准的规定。

墙板接缝所用的防水密封材料应选用耐候性密封胶，密封胶应与混凝土具有相容性，并具有低温柔性、防霉性及耐水性等性能。其最大伸缩变形量、剪切变形性等均应满足设计要求，其性能应满足《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T881 的规定。当选用硅酮类密封胶时，应满足现行国家标准《硅酮建筑密封胶》

GB/T14683-2003的要求。接缝中的背衬应采用发泡氯丁橡胶，或聚乙烯塑料棒。

9.2.2 预制构件连接部位坐浆用砂浆宜采用干硬性细石混凝土（水灰比不大于0.3），其强度等级应高于构件强度等级，坐浆应密实饱满，厚度不应小于15mm。预埋件锚板用钢材应采用Q235、Q345级钢，钢材等级不应低于Q235-B；钢材应符合《碳素结构钢》GB/T 700-2006 的规定；预埋件的锚筋应采用未经冷加工的热扎钢筋制作。当预制构件中采用钢筋焊接网片配筋时，应符合国家现行标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114-2014及《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ 19-2010 的规定。

9.2.3 预制装配整体式模块化建筑结构的梁、柱、墙、支撑中的接点及接缝处的纵向钢筋连接应根据结构设计对钢筋强度、延性、连接方式及施工适应性等要求，选用下列牌号的钢筋：

- 1) 纵向受力普通钢筋宜采用HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500，也可采用HRB335、HRBF335钢筋；
- 2) 预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋；
- 3) 箍筋宜采用HPB300、HRB335、HRB400、HRB500钢筋。

9.3 连接设计

9.3.1 结构构件的连接应符合下列要求：

- 1 连接部位的承载力应保证被连接构件之间的传力性能；
- 2 当混凝土构件与其他材料构件连接时，应采取可靠的措施；
- 3 应考虑构件变形对连接节点及相邻结构或构件造成的影响。

预制构件的拼接应符合下列规定：

- 1 预制构件拼接部位的混凝土强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级；
- 2 预制构件的拼接位置宜设置在受力较小部位；
- 3 预制构件的拼接应考虑温度作用和混凝土收缩徐变的不利影响，宜适当增加构造配筋。

9.3.2 预制装配整体式模块化建筑结构中结构缝的设计应符合下列要求：

- 1 应根据结构受力特点及建筑尺度、形状、使用功能要求，合理确定结构缝的位置和构造形式；

- 2 宜控制结构缝的数量，并应采取有效措施减少设缝对使用功能的不利影响；
- 3 可根据需要设置施工阶段的临时性结构缝。

连接件、焊缝、螺栓或铆钉等紧固件在不同设计状况下的承载力进行验算可参照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构焊接规范》GB 50661 等的规定。

9.3.3 预制装配整体式模块化建筑结构中纵向钢筋采用螺栓连接时，可采用设置暗梁的形式（图 9.3.3（a））或者预埋连接器的形式（图 9.3.3（b））。应对暗梁和预埋连接器在不同设计状况下的承载力进行验算，并符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB-50010 和《钢结构设计规范》GB-50017。螺帽应采取紧固措施。

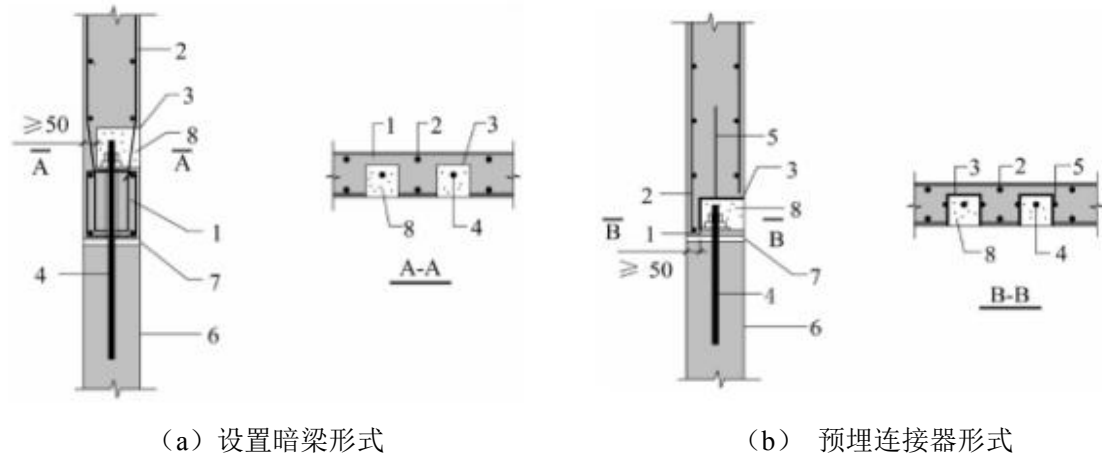


图 9.3.3 螺栓连接构造示意图

1——暗梁或预埋连接器；2——剪力墙竖向钢筋；3——手孔（盒）；4——连接螺栓；5——连接器锚筋；6——下层预制构件；7——座浆层；8——手孔灌浆

1) 当采用设置暗梁形式时，暗梁高度不应小于 200mm，暗梁配筋纵向钢筋不少于 4 根、直径不小于 12mm，箍筋直径不小于 8mm、间距不大于 150mm。安装手孔高度不应大于 200mm，宽度不应大于 150mm。

2) 采用连接器连接时，自连接器手孔盒顶部向上延伸一定范围内，横向钢筋应加密。横向钢筋的加密要求应满足钢筋灌浆套筒连接接头箍筋盒水平筋加密的相关规定。

9.3.5 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开，钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度，凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段。同一连接区段内纵向钢筋搭接接头面积百分率

为该区段内有搭接接头的纵向钢筋截面面积与全部纵向钢筋截面面积的比值。

9.3.7 预制混凝土构件结合面的粗糙化处理可分两大类，即混凝土硬化前处理和混凝土硬化后处理，前者包括露骨料、拉毛、印花等方法，后者则包括高压水射、凿毛、喷砂等方法。凿毛是在混凝土硬化后，通过人工使用钻和镐等工具，敲击混凝土表面，使得表面形成凸凹不平的粗糙面。

9.3.9 连接件、焊缝、螺栓或铆钉等紧固件在不同设计状况下的承载力进行验算可参照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构焊接规范》GB 50661 等的规定。

10 构造要求

10.1 一般规定

10.1.1 预制装配整体式模块化建筑的结构缝(伸缩缝、沉降缝、防震缝)的设置,应根据建筑结构平面和竖向布置的情况、地基情况、基础类型、结构刚度以及抗震要求和荷载作用的差异等条件综合考虑确定。宜使结构缝(伸缩缝、沉降缝、防震缝)三缝合一,并应按规范要求采取可靠的构造措施和保证必要的缝宽,防止地震时发生碰撞破坏。

10.1.2 由于在混凝土结构的地下部分,温度变化和混凝土收缩能够得到有效的控制,规范规定了有关结构在地下可以不设伸缩缝的规定。对不均匀沉降结构设置沉降缝的情况不包括在内,设计时可根据具体情况自行掌握。

10.2 混凝土保护层

10.2.1 按照《混凝土结构设计规范》GB50010 中的要求,混凝土结构中的预应力筋应根据具体情况采取表面防护、孔道灌浆、加大混凝土保护层厚度等措施,外漏的锚固段应采取封锚和混凝土表面处理等措施。

10.2.2 钢筋混凝土保护层是关系到钢筋混凝土结构构件力学性能和建筑物使用寿命的重要因素。钢筋保护层过厚将会严重影响到建筑构件的使用性和耐久性。所以要严格把控混凝土保护层的厚度。

10.3 钢材的锚固

10.3.1 在钢筋末端配置弯钩和机械锚固是减小锚固长度的有效方式,其原理是利用受力钢筋端部锚头(弯钩、贴焊锚筋、焊接锚板或螺栓锚头)对混凝土的局部挤压作用加大锚固承载力。锚头对混凝土的局部挤压保证了钢筋不会发生锚固拔出破坏,但锚头前必须有一定的直段锚固长度,以控制锚固钢筋的滑移,使构件不致发生较大的裂缝和变形。

10.3.2 根据《钢结构设计规范》GB50017 采用预制装配式钢结构楼板或其他轻型

楼盖，但应将楼板预埋件与钢梁焊接，或采取其他保证楼盖整体性的措施。预制钢筋混凝土大梁(桁架)端部与支承结构肩梁间，宜为焊接连接或螺栓连接。支承结构顶部预埋件的锚筋，8度时不宜小于 $4\Phi 14$ ，9度时不宜小于 $4\Phi 16$ 。

附录 A 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量

表 A.0.1 普通钢筋和预应力螺纹钢筋的公称直径是指与其公称截面面积相等的圆的直径。光面钢筋的公称截面面积与承载受力面积相同；而带肋钢筋承载受力的截面面积小于按理论重量计算的截面面积，基圆面积率约为 0.94。而预应力螺纹钢筋的有关数值也不完全对应，故在表中以括号及注另行表达。必要时，尚应考虑基圆面积率的影响。

表 A.0.2 本规程将钢绞线外接圆直径称作公称直径；而公称截面面积即现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 中的“参考截面面积”。由于捻绞松紧程度的不同，其值可能有波动，工程应用时如果有必要，可以根据实测确定。

表 A.0.3 钢丝的公称直径、公称截面面积及理论重量之间的关系与普通钢筋相似，但基圆面积率较大，约为 0.97。