

ICS 91.060.10

CCS A 12

# DB 54

## 西藏自治区地方标准

DB 54/T 0305—2023

---

### 高原装配式混凝土建筑技术标准

2023 - 11 - 15 发布

2023 - 12 - 15 实施

---

西藏自治区市场监督管理局  
西藏自治区住房和城乡建设厅

联合发布

# 前 言

根据《西藏自治区市场监督管理局关于下达 2022 年第二批推荐性地方标准制定计划的通知》，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征集意见的基础上，编制了本标准。

本标准主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 建筑设计；5 结构设计；6 外围护系统设计；7 设备与管线系统设计；8 内装修系统设计；9 生产、施工与验收。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由西藏自治区住房和城乡建设厅负责管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。为了提高本规程的编制质量和水平，请各单位在执行本规程的过程中注意总结经验，积累资料，并将意见或建议资料寄送至中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市首体南路 9 号主语国际 2 号楼，邮政编码：100048）。

主编单位： 中国建筑标准设计研究院有限公司

四川大学

西藏藏建科技股份有限公司

西藏自治区建筑勘察设计院

参编单位： 西藏大学

同济大学

西藏自治区标准化研究所

西藏自治区产品质量监督检验所

林芝市住房和城乡建设局

拉萨市设计集团有限公司

江苏启安建设集团有限公司

西藏易和设计院有限公司

中配建筑产业（江苏）有限公司

主要起草人员：高志强 熊 峰 贡桑卓玛 郁银泉 段朝霞  
蒋航军 许 晶 次仁卓嘎 冉明明 肖军磊  
王 赞 赵 勇 索朗白姆 孙文婧 高晓明  
沈 焱 沈 雷 钱 伟 葛 琪 刘 烨  
金 健 伊健康 李 源 李莉斯 斯朗拥宗  
戴 明 周立军 刘 岗 杨鸿飞 杨静平  
亚 克 何 波 徐良好 赵 栋 樊红燕  
谢敏捷 苏海花

主要审查人员：赵中宇 廖俊涛 朱文革 朱爱萍 马 涛  
李伟兴 张显来 石维彬 王志富

## 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	建筑设计	4
4.1	一般规定	4
4.2	标准化设计	4
4.3	平面和空间	5
4.4	立面和外墙	6
5	结构系统设计	7
5.1	一般规定	7
5.2	框架结构	8
5.3	装配整体式剪力墙结构	11
5.4	装配式混凝土墙板结构	13
5.5	楼盖设计	15
6	外围护系统设计	17
6.1	一般规定	17
6.2	外墙设计	17
6.3	幕墙设计	19
6.4	屋面设计	20
7	设备与管线系统设计	22
7.1	一般规定	22
7.2	给水排水	22
7.3	供暖、通风和空调	23
7.4	电气和智能化	24
8	内装修系统设计	26
8.1	一般规定	26
8.2	隔墙与墙面系统	26
8.3	楼地面系统	27
8.4	吊顶系统	27
8.5	厨房、卫生间	28
9	生产、施工与验收	29
9.1	一般规定	29
9.2	构件生产	29
9.3	施工安装	30
9.4	质量验收	32
	附录 A 模块化混凝土结构	34
	本标准用词说明	39
	引用标准名录	40

条文说明 ..... 41

## Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
3	Basic Requirements.....	3
4	Architectural Design.....	4
	4.1 General Requirements.....	4
	4.2 Standardized Design.....	4
	4.3 Plan and Space.....	5
	4.4 Facade and Facade Panel.....	6
5	Structural System Design.....	7
	5.1 General Requirements.....	7
	5.2 Frame Structure.....	8
	5.3 Shear Wall Structure.....	11
	5.4 Precast Concrete Wall Panel Structure.....	13
	5.5 Slab Design.....	15
6	Envelope System Design.....	17
	6.1 General Requirements.....	17
	6.2 Facade Panel Design.....	17
	6.3 Curtain Wall Design.....	19
	6.4 Roofing System Design.....	20
7	Facility and Pipeline System Design.....	22
	7.1 General Requirements.....	22
	7.2 Water Supply and Drainage.....	22
	7.3 Heating, Ventilation and Air Conditioning.....	23
	7.4 Electric and Intelligent.....	24
8	Interior Decoration System Design.....	26
	8.1 General Requirements.....	26
	8.2 Partition and Wall System.....	26
	8.3 Floor System.....	27
	8.4 Ceiling System.....	27
	8.5 Kitchen and Bathroom.....	28
9	Production, Construction and Acceptance.....	29
	9.1 General Requirements.....	29
	9.2 Components Production.....	29
	9.3 Construction and Erection.....	30
	9.4 Quality Acceptance.....	32
	Appendix A Concrete Modular Structure.....	34
	Explanation of Wording in This Standard.....	39
	List of Quoted Standards.....	40
	Explanation of Provisions.....	41

# 1 总则

**1.0.1** 为规范西藏自治区装配式混凝土建筑的建设，做到适用、安全、经济、绿色、美观，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于西藏自治区抗震设防烈度 8 度及以下抗震设计的装配式混凝土建筑的设计、生产、施工与验收。

**1.0.3** 装配式混凝土建筑的技术应用除应执行本标准外，尚应符合国家现行相关标准及西藏自治区地方标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 装配式混凝土建筑 assembled building with concrete structure

建筑的结构系统由预制混凝土构件构成的装配式建筑。

### 2.0.2 装配式混凝土墙板结构 precast concrete wall panel structure

全部或部分墙体采用预制混凝土墙板通过可靠连接装配而成的装配式混凝土结构。

### 2.0.3 模块化混凝土结构 concrete modular structure

将结构模块在现场通过可靠连接装配而成的混凝土结构。

### 2.0.4 结构模块 structure modular unit

以钢筋、混凝土为原材料，在工厂或现场预先制作的箱式空间体，是组成模块化混凝土结构的基本单元。

### 2.0.5 移动式预制构件生产方式 mobile production method of precast concrete component

在施工现场或周边的临时预制构件生产工厂，就近生产制造工程项目所需预制构件的生产方式。



## 3 基本规定

**3.0.1** 装配式混凝土建筑应采用系统集成的方法协同结构、外围护、设备与管线、内装修等四大系统，并应以工业化建造的思维统筹设计、生产运输、施工安装，实现全过程的协调。

**3.0.2** 装配式混凝土建筑应进行技术策划。技术策划应以高质量、高效率、低资源消耗和低环境影响为目标，对设计方案、技术体系选型、设计技术实施方案、生产和施工方案等的可行性进行评估，并应符合下列规定：

1 建筑设计方案应满足使用功能的需求，建筑体型及立面风格设计应与周边已有建筑风貌相协调，建筑空间布局应符合当地民俗习惯。

2 技术体系选型应满足安全性能、耐久性能、适用性能、环境性能和经济性能的要求，并应兼顾生产、运输和施工的可行性要求。

3 设计技术实施方案应包括四大系统中各类部品部件及连接的选型，以及部品部件的集成设计方案。

4 应结合西藏自治区气候和产业布局条件、运输半径和交通条件等因素综合确定部品部件的生产方式，并结合部品部件的规格尺寸、连接方式和集成程度等技术配置对生产企业的技术水平、生产能力和质量管理水平提出要求。

5 施工安装策划应根据设计技术实施方案，确定施工组织方案、关键施工技术方案、机具设备的选择方案、质量保障方案等。

6 应根据项目的成本目标，对装配式混凝土建筑实施的重要环节进行经济性分析，并提出具体指标和控制要求。

**3.0.3** 装配式混凝土建筑设计应符合可持续发展的原则，应因地制宜选用低碳节能、绿色环保的建筑材料和部品部件。

**3.0.4** 装配式混凝土建筑应全装修，内装修系统应与结构系统、外围护系统、设备与管线系统一体化设计建造。

**3.0.5** 装配式混凝土建筑设计宜采用太阳能等清洁能源系统，并应与结构、外围护、设备与管线、内装修等系统进行一体化设计。

**3.0.6** 装配式混凝土建筑宜采用建筑信息模型(BIM)技术，实现全专业、全过程的信息化管理。

## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 装配式混凝土建筑应符合建筑功能和性能要求，并应与各地区不同的地理环境、气候特征、文化习俗相契合，建筑风貌应与周边环境相协调。

4.1.2 装配式混凝土建筑设计应统筹建筑、结构、给水排水、暖通空调、电气与智能化、内装修及其他专业进行集成设计。

4.1.3 装配式混凝土建筑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。

4.1.4 装配式混凝土建筑隔声设计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。

4.1.5 装配式混凝土建筑的体形系数、窗墙面积比、围护结构热工性能等应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《温和地区居住建筑节能设计标准》JGJ 475 和地方标准《西藏自治区民用建筑节能技术标准》DB 54/T 0275 等的有关规定。

4.1.6 装配式混凝土建筑的地下室、屋面、外墙、室内等的防水性能应满足国家现行标准的有关规定。

4.1.7 装配式混凝土建筑位于气候严寒、寒冷地区时，总体规划、单体设计和节点构造应满足防寒、防风的要求；位于气候温和地区时，总体规划、单体设计和节点构造应满足湿季自然通风的要求。

### 4.2 标准化设计

4.2.1 装配式混凝土建筑设计应遵循模数协调原则，部品部件、功能模块等应在模数协调的统一框架内进行设计，除应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 结构主体的开间与进深宜采用水平扩大模数数列  $2nM$ 、 $3nM$  ( $n$  为自然数)。
- 2 建筑的层高和门窗洞口高度等宜采用竖向扩大模数数列  $nM$ 。
- 3 建筑内部使用空间和装修尺寸宜采用基本模数或分模数  $M/2$ 、 $M/5$ 。
- 4 梁、柱、墙等部件的截面尺寸宜采用分模数  $M/2$ 。
- 5 装配式隔墙、整体收纳和管井等单元模块化部品或集成化部品宜采用基本模数，也可插入分模数  $M/2$  或  $M/5$  进行调整。

4.2.2 装配式混凝土建筑设计宜采用中心定位法与界面定位法相结合的定位方法。对于部

件的水平定位宜采用中心定位法，部件的竖向定位和部品的定位宜采用界面定位法。

**4.2.3** 装配式混凝土建筑设计应采用标准化和多样化相结合的模块组合设计方法，并应符合下列规定：

1 模块设计应根据使用功能建立不同层级模块，遵循“少规格、多组合”的原则进行组合设计。

2 基本功能模块应由标准化的部品部件通过标准化的接口组成，应根据不同功能建立模块，并满足功能性和通用性的要求。

3 模块应进行精细化设计，应系列化、标准化，同系列模块应具备一定的逻辑衍生关系，并预留统一的标准化接口。

**4.2.4** 装配式混凝土建筑的楼梯、电梯、厨房、卫生间、公共管井等功能模块宜根据使用需求进行标准化、系列化设计。

**4.2.5** 装配式混凝土建筑应在模数协调的基础上优化部品部品尺寸，减少种类，并应满足设计、生产和安装的尺寸协调要求，提高标准化程度。

**4.2.6** 装配式混凝土建筑的部品部件应采用标准化接口。

## 4.3 平面和空间

**4.3.1** 装配式混凝土建筑应综合考虑建筑所在区域的气候条件、日照要求和常年主导风向、地形地势等因素确定建筑的合理布局。

**4.3.2** 装配式混凝土建筑的平面形状宜规则平整，其凹凸变化及长宽比例宜满足结构对质量、刚度均匀性的要求。

**4.3.3** 装配式混凝土建筑宜采用灵活可变的大空间布局方式。

**4.3.4** 装配式混凝土建筑的公用设备与公用管线应集中布置，设备管井宜结合公共交通核心筒集中设置。

**4.3.5** 装配式混凝土建筑的门窗洞口宜规整有序、上下对齐、成列布置；剪力墙结构中不应开设转角窗。

**4.3.6** 装配式混凝土住宅建筑宜南北向布置，南向宜开大窗，并宜采用双层窗。

**4.3.7** 装配式混凝土民居建筑的设计应与所在地区的建筑传统风貌和生活习惯相结合，并应符合下列规定：

1 民居建筑的高度宜为1~2层。

2 民居建筑的功能空间设计应符合当地居民生活习惯，合理布局、动静分区、居寝分离，空间尺寸宜满足藏式家具布局的要求。

3 民居建筑的院落宜按照当地居民的生活需求合理布局。

## 4.4 立面和外墙

4.4.1 装配式混凝土建筑应根据建筑功能、主体结构、设备管线及装修等要求，确定合理的层高及净高尺寸。

4.4.2 装配式混凝土建筑宜通过建筑体量、材质肌理、色彩、光影变化等，形成丰富多样的立面效果。

4.4.3 装配式混凝土建筑立面设计应遵循“少规格、多组合”的原则，外墙、阳台、女儿墙、檐口、门窗楣等围护构件及装饰构件宜采用标准化预制构件，实现装饰造型与外装修一体化。

4.4.4 装配式混凝土建筑立面宜采用装饰混凝土、涂料、面砖、石材等耐久、不易污染的材料。

4.4.5 预制外墙的面砖和石材饰面宜在工厂采用反打技术或其他预制工艺完成。当使用装饰混凝土饰面时，设计人员应在构件生产前先确认构件样品的表面颜色、质感、图案等要求。

4.4.6 严寒地区建筑的外门应设置门斗；寒冷地区建筑面向冬季主导风向的外门应设置门斗或双层外门，其他外门宜设置门斗或采取其他减少冷风渗透的措施。

4.4.7 装配式混凝土建筑采用藏式风格时，建筑体量和建筑色彩、造型元素等宜遵循传统藏式建筑的比例关系和风格特点。

4.4.8 装配式混凝土建筑外墙采用收分墙体时，收分角度宜为 $3^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ，并宜采用外装修构造措施实现收分。

4.4.9 装配式混凝土低层民居建筑立面设计应符合下列规定：

1 民居建筑外立面设计应与周边环境及村容村貌相协调。

2 民居建筑外立面材质可选用与传统材料石材、木材、生土相仿、相协调的现代材料，立面主色调宜为白色。当建筑外立面采用模网喷浆或者抹灰做法时，宜结合抹灰层形成传统风格的手抓纹饰面。

3 民居建筑外立面的勒脚、腰线、窗套、檐口、屋顶等要素应符合藏区各地的传统建筑风貌，宜采用工厂生产的标准化装饰构件。

4 门窗应体现当地特色。入户门宜采用藏式木门或藏式铁门；外窗宜配黑色窗套；窗饰宜选用藏式传统窗饰。

## 5 结构系统设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 装配式混凝土结构设计，本章未作规定的，应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 等标准的有关规定。

**5.1.2** 装配式混凝土结构应选择连接可靠、施工可行且经过实践检验的技术，结构类型和房屋最大适用高度应满足表 5.1.2 的要求，并应符合下列规定：

1 当竖向构件全部为现浇且楼盖采用叠合梁板时，房屋的最大适用高度可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的规定采用；

2 四层及以下装配式混凝土结构宜采用模块化混凝土结构，模块化混凝土结构的相关技术要求应符合本标准附录 A 的规定。

表 5.1.2 装配式混凝土结构房屋的最大适用高度(m)

结构类型	抗震设防烈度		
	7 度	8 度(0.20g)	8 度(0.30g)
装配整体式框架结构	50	40	30
装配整体式框架-现浇剪力墙结构	120	100	80
装配整体式框架-现浇核心筒结构	130	100	90
装配整体式剪力墙结构	100	70	60
装配式混凝土墙板结构	24 (6 层)	21 (5 层)	18 (4 层)
模块化混凝土结构	18 (5 层)	15 (4 层)	15 (4 层)

注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）；括号中数据为装配式混凝土墙板结构和模块化混凝土结构的最大适用层数；

2 表中框架不包括异形柱框架；

3 乙类建筑可按本地区抗震设防烈度确定其适用的最大高度；

4 当装配式混凝土墙板结构和模块化混凝土结构的水平接缝或竖向接缝采用干式连接时，表中最大适用高度降低 3m，层数降低 1 层。

**5.1.3** 装配式混凝土结构的最大高宽比不宜超过表 5.1.3 的数值。

表 5.1.3 装配式混凝土结构适用的最大高宽比

结构类型	抗震设防烈度	
	7 度	8 度
装配整体式框架结构	4.0	3.0
装配整体式框架-现浇剪力墙结构	6.0	5.0
装配整体式框架-现浇核心筒结构	7.0	6.0
装配整体式剪力墙结构	6.0	5.0

装配式混凝土墙板结构	3.0	2.5
模块化混凝土结构	3.0	2.5

**5.1.4** 装配式混凝土结构不应采用竖向不规则的形体。结构平面布置的规则性应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

**5.1.5** 丙类装配整体式混凝土结构的抗震等级应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。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、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中对抗震措施进行调整的规定。

**5.1.6** 装配式混凝土结构，当其房屋高度、规则性等不符合本标准的规定或者抗震设防标准有特殊要求时，可按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定进行结构抗震性能化设计。当采用本标准及国家现行标准中未规定的结构类型时，应进行专项论证。

**5.1.7** 高层建筑装配整体式混凝土结构应符合下列规定：

- 1 当设置地下室时，宜采用现浇混凝土。
- 2 剪力墙结构底部加强部位应采用现浇混凝土；高层装配整体式剪力墙结构中的电梯井筒宜采用现浇混凝土结构。
- 3 框架结构的首层柱宜采用现浇混凝土。

**5.1.8** 预制构件的设计应符合下列规定：

- 1 对持久设计状况，应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。
- 2 对地震设计状况，应进行承载能力极限状态设计。
- 3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件验算，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

**5.1.9** 装配式混凝土墙板结构和模块化混凝土结构在风荷载或多遇地震作用下，按弹性方法计算的楼层最大层间位移角 $\Delta u_e/h$ 不宜大于 1/1200；在罕遇地震作用下，最大弹塑性层间位移角 $\Delta u_p/h$ 不应大于 1/120。

**5.1.10** 装配式混凝土墙板结构和模块化混凝土结构抗震分析时，多遇地震下的结构阻尼比取 0.04~0.05，设防地震和罕遇地震下的结构阻尼比取 0.04。

## 5.2 框架结构

**5.2.1** 装配整体式混凝土框架结构中的预制柱的纵向钢筋连接宜采用套筒灌浆连接，当房屋高度不大于 12m 或层数不超过 3 层时，也可采用机械连接。

**5.2.2** 预制柱的设计应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求，并应符合下列规定：

1 矩形柱截面边长不宜小于 400mm，圆形截面柱直径不宜小于 450mm，且不宜小于同方向梁宽的 1.5 倍。

2 柱纵向受力钢筋在柱底连接时，柱箍筋加密区(图 5.2.2-1)长度不应小于纵向受力钢筋连接区域长度与 500mm 之和；当采用套筒灌浆连接方式时，套筒或搭接段上端第一道箍筋距离套筒或搭接段顶部不应大于 50mm。

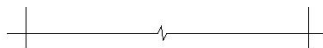


图 5.2.2-1 预制柱箍筋加密区范围

$L_g$ —灌浆套筒长度

3 柱纵向受力钢筋宜采用大直径、少根数的配筋方案，其直径不宜小于 20mm，间距不宜大于 200mm 且不应大于 400mm。

4 框架梁、柱中心线宜重合。当梁柱中心线不能重合时，梁柱外边缘距离不宜小于 50mm。

5 框架梁、柱的纵向受力钢筋应根据梁柱相对位置进行合理排布。柱的纵向受力钢筋可集中于四角配置且宜对称布置（图 5.2.2-2），柱中可设置纵向辅助钢筋且直径不宜小于 12mm 和箍筋直径；当正截面承载力计算不计入纵向辅助钢筋时，纵向辅助钢筋可不伸入框架节点。



图 5.2.2-2 预制柱四角集中配筋示意

1—纵向受力钢筋；2—拉筋；3—箍筋；4—纵向辅助钢筋

5.2.3 叠合梁的设计应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求，并应符合下列规定：

1 叠合梁截面尺寸应满足计算要求，并应满足梁柱节点内钢筋排布的要求。

2 叠合梁下部纵向受力钢筋宜单排布置，且不应超过两排；第二排钢筋根数不宜超过梁箍筋肢数。

3 当采用锚固板锚固时，钢筋净间距不宜小于  $4d$ ，且不应小于  $1.5d$ ；当采用弯折锚固且柱两端梁截面同高时，伸入框架柱钢筋的净间距不宜小于  $2.5d$ 。

5.2.4 叠合梁的箍筋配置应符合以下规定：

1 一、二级抗震等级的叠合框架梁的梁端箍筋加密区宜采用整体封闭箍筋，且箍筋弯钩部分宜设置在预制梁中（图 5.2.4a）。

2 采用组合封闭箍筋形式时（图 5.2.4b），开口箍筋上方应做成  $135^\circ$  弯钩；弯钩端头平直段长度不应小于  $10d$  ( $d$  为箍筋直径)；现场采用箍筋帽封闭开口箍，箍筋帽宜一端做成  $135^\circ$  弯钩一端做成  $90^\circ$  弯钩，并在钢筋就位后弯折成  $135^\circ$ ，叠合层高度应满足弯钩弯折后平直段长度要求；弯钩端头平直段长度不应小于  $10d$ 。



(a) 整体封闭箍筋 (b) 组合封闭箍筋

图 5.2.4 叠合梁箍筋形式

1—梁下部纵向受力钢筋；2—拉筋；3—梁腹纵筋；4—箍筋帽

**5.2.5** 采用预制柱及叠合梁的装配整体式框架节点，梁纵向受力钢筋应伸入后浇节点区内锚固或连接，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求，并应符合下列规定：

**1** 对框架中间层节点，梁下部纵向受力钢筋宜采取直线锚固形式，当直锚不满足时，宜采用锚固板锚固或  $90^\circ$  弯钩锚固（图 5.2.5-1），锚固板或  $90^\circ$  弯钩与柱外侧纵筋之间的净距不宜大于 50mm；梁的上部纵向受力钢筋应贯穿后浇节点核心区。

(a) 梁下部纵向受力钢筋锚固板锚固 (b) 梁下部纵向受力钢筋  $90^\circ$  弯钩锚固

图 5.2.5-1 中间层中节点梁纵向钢筋构造

1—梁下部纵向受力钢筋；2—梁上部纵向受力钢筋

**2** 对框架顶层中节点，梁纵向受力钢筋的构造应符合本条第 1 款规定。柱纵向受力钢筋宜采用直线锚固；当梁截面尺寸不满足直线锚固要求时，宜采用锚固板锚固(图 5.2.5-2)。



图 5.2.5-2 顶层中节点柱纵向钢筋构造

1—梁下部纵向受力钢筋；2—梁上部纵向受力钢筋；；3—柱纵向受力钢筋

**3** 对框架顶层端节点，柱宜伸出屋面并将柱纵向受力钢筋锚固在伸出段内（图 5.2.5-3），柱纵向受力钢筋宜采用锚固板的锚固方式，锚固长度不应小于  $0.6l_{abE}$ ，且不应小于 500mm。伸出段内应配置箍筋，直径不应小于  $d/4$  ( $d$  为柱纵向受力钢筋的最大直径)，间距不应大于  $5d$  ( $d$  为柱纵向受力钢筋的最小直径)且不应大于 100mm；梁纵向受力钢筋应锚固在后浇节点区内。

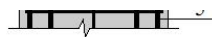


图 5.2.5-3 顶层端节点柱纵向钢筋构造

1—梁下部纵向受力钢筋；2—梁上部纵向受力钢筋；；3—柱纵向受力钢筋

**4** 对框架顶层端节点，当框架梁高度  $h_b$  与框架柱高度  $h_c$  的比值不小于  $2/3$ ，且不大于  $3/2$  时，梁、柱纵筋受力钢筋可采用锚固板分别在节点内锚固，并应配置水平加强封闭箍筋与竖向倒 U 型插筋（图 5.2.5-4）；节点对角线正截面弯承载力、节点受剪承载力等应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

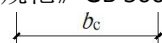


图 5.2.5-4 顶层端节点柱纵向钢筋构造

1—梁下部纵向受力钢筋；2—梁上部纵向受力钢筋；；3—柱纵向受力钢筋



## 5.3 装配整体式剪力墙结构

5.3.1 装配整体式剪力墙结构的布置应符合下列规定：

- 1 应沿纵横两个方向均匀布置剪力墙。
- 2 剪力墙门窗洞口宜上下对齐、成列布置，应形成明确的墙肢和连梁。
- 3 不应采用具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构。

5.3.2 装配整体式剪力墙结构设计应根据建筑平面确定预制剪力墙和后浇连接段的布置位置，并应符合下列规定：

1 剪力墙厚度不宜小于 200mm，宜为 50mm 的整数倍。后浇段宽度宜为 50mm 的整数倍。

2 预制混凝土外墙板尺寸应结合建筑开间、层高等进行设计；宽度方向宜以 1 个或 2 个功能空间的尺寸作为墙板的标志尺寸，且不宜大于 7.2m；高度方向尺寸应以建筑层高作为墙板的标志尺寸。

3 剪力墙开洞时，洞口边墙体尺寸应满足后浇段尺寸和带洞口预制剪力墙尺寸的要求。开洞剪力墙宜一体预制。带洞口预制剪力墙的洞口宜居中设置，洞口两侧墙板宽度不应小于 200mm，且不宜小于 400mm；洞口上方预制梁的高度不宜小于 250mm。

5.3.3 装配整体式剪力墙结构的外墙宜采用预制夹心保温墙板，预制夹心保温墙板设计应符合下列规定：

1 外叶墙板的混凝土强度等级不宜低于 C30，厚度不宜小于 60mm，且不应大于 100mm。

2 外叶墙板表面宜采用清水混凝土、涂料等饰面做法，也可根据需要设置外悬挑条带或竖肋；当设置外悬挑条带或竖肋时，凹进处外叶墙板净截面尺寸不宜小于 40mm，凸出或悬挑尺寸不宜大于 100mm。

3 保温层材料宜采用挤塑聚苯板，厚度不宜小于 30mm 且不宜大于 120mm；当有可靠经验时，也可选用其他类型的保温材料。

4 内叶墙板应按照预制剪力墙设计。

5 内外叶墙板间的拉结件可采用纤维增强复合材料或不锈钢材料，可采用弹性计算方法设计。

5.3.4 楼层内相邻预制剪力墙之间应采用整体式接缝连接，并应符合下列规定：

1 接缝位置宜设置在约束边缘构件的阴影区域或构造边缘构件区域，边缘构件内的配筋和构造应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 500011 和《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ 3 的有关规定。

2 预制剪力墙端部外伸水平分布钢筋应采用环形封闭钢筋形式，接缝处水平分布钢筋应采用附加环形连接钢筋进行连接，搭接长度可取为  $0.6l_{abE}$ （图 5.3.4-1）。接缝处竖向钢筋直径不应小于 12mm，不宜小于 14mm，应采用 I 级钢筋机械连接接头连接，接头百分率可

为 100%。附加环形连接钢筋可计入边缘构件体积配箍率计算，计入的体积配箍率与总体积配箍率比值，对约束边缘构件不应大于 30%，对构造边缘构件不应大于 50%。



图 5.3.4-1 边缘构件接缝处水平分布钢筋连接示意

1—附加环形封闭钢筋；2—预留 U 型钢筋；

3—预留长 U 型钢筋

**5.3.5** 预制剪力墙底部水平接缝宜设置在楼面标高处，接缝处后浇混凝土上表面应设置粗糙面，并应符合下列规定：

1 当采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接时，接缝高度宜为 20mm，并应采用灌浆料填充。

2 叠合式剪力墙水平接缝高度不宜小于 50mm，接缝处现浇混凝土应浇筑密实。

**5.3.6** 上下层预制剪力墙的竖向钢筋可采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、机械连接或钢筋搭接等连接技术，并应符合下列规定：

1 边缘构件的竖向钢筋应逐根连接。

2 预制剪力墙的竖向分布钢筋，当仅部分连接时（图 5.3.6），被连接的同侧钢筋间距不应大于 600mm，且在剪力墙构件承载力设计和分布钢筋配筋率计算中不应计入不连接的分布钢筋；不连接的竖向分布钢筋不应小于 6mm。

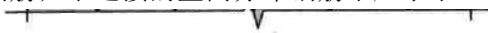


图 5.3.6 预制剪力墙竖向分布钢筋连接构造示意

1——不连接的竖向分布钢筋；2——连接的竖向分布钢筋；3——连接接头

**5.3.7** 预制剪力墙窗洞下墙体宜按填充墙设计，宜在墙体中间设置轻质填充材料（图 5.3.7），并应符合下列规定：

1 填充材料距墙边和边缘构件区分别不宜小于 200mm 和 100mm。

2 底边应设置不少于两道水平钢筋，钢筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 150mm。

3 顶边应设置不少于两根洞边加强钢筋，钢筋直径不应小于 10mm。

4 中间部位应设置构造钢筋网片，钢筋直径不宜小于 5mm，间距不宜大于 150mm，构造钢筋伸入洞口两侧边缘构件内长度不宜小于  $15d$  和 100mm 的较大值。

5 洞口尺寸大于等于 1.5m 时，预制剪力墙板底部宜设置抗剪钢筋；抗剪钢筋的间距不宜大于 1.0m。

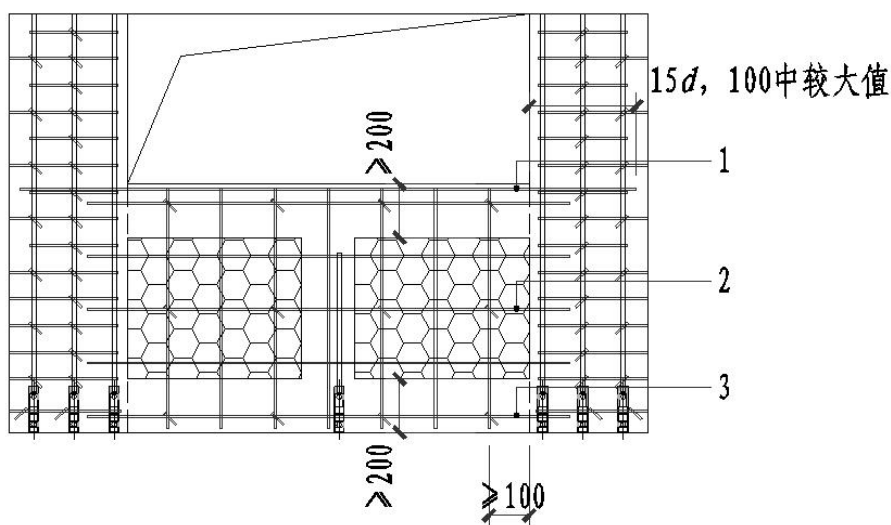


图 5.3.7 外墙窗下墙构造示意图

1-上部水平钢筋；2-水平构造钢筋；3-底部水平钢筋

## 5.4 装配式混凝土墙板结构

5.4.1 丙类装配式混凝土墙板结构抗震等级，设防烈度为 8 度时取为三级，设防烈度 7 度时取为四级。

5.4.2 装配式混凝土墙板结构应采用纵、横墙共同承重；且纵横向承重墙体的数量不宜相差过大。承重墙间距不应超过表 5.4.2 中的要求。

表 5.4.2 横墙间距 (m)

屋盖形式	7 度	8 度
现浇楼盖	15	11
叠合楼盖	15	11
全预制楼盖	11	9

5.4.3 装配式混凝土墙板结构的整体计算与分析应符合下列规定：

1 在进行多遇地震作用下的内力和变形分析时，可假定结构与构件处于弹性状态，计算可采用振型分解反应谱法或底部剪力法。

2 在结构内力与位移计算时，对楼盖可按实际做法采用刚性楼盖或弹性楼盖假定。

3 结构分析模型中，构件之间的连接节点、接缝应按实际构造和受力特性进行模拟。结构弹塑性分析可按竖向接缝将墙板划分为单独的计算单元，竖向接缝连接节点可简化为铰接点。

**5.4.4** 装配式混凝土墙板结构应进行多遇地震作用下的内力和变形验算，墙板构件、水平接缝和竖向接缝应满足承载力要求；对水平接缝还应进行设防烈度地震作用下的承载力验算，并应满足中震不屈服的要求。

**5.4.5** 预制墙板的设计应符合下列规定：

1 预制墙板截面厚度不应小于 140mm；对于外墙板尚不宜小于层高的 1/25，无端柱或翼墙时不宜小于层高的 1/20；对于内墙板尚不宜小于层高的 1/30，无端柱或翼墙时不宜小于层高的 1/25。

2 预制墙板的轴压比，三级时不应大于 0.15，四级时不应大于 0.2；轴压比计算时，墙体混凝土强度等级超过 C40 时，按 C40 计算。

3 预制墙板应配置双排双向分布钢筋网。预制墙板中水平及竖向分布筋的最小配筋率不应小于 0.15%；钢筋直径不应小于 6mm，间距不应大于 300mm。

**5.4.6** 预制墙板水平接缝宜设置在楼面标高处，并应符合下列规定：

1 接缝厚度宜为 20mm，接缝应采用坐浆或者灌浆料填实。

2 接缝处应设置连接节点，连接节点可采用灌浆套筒连接、浆锚搭接连接、焊接连接、螺栓连接等形式，连接节点间距不宜大于 1m；连接节点的设计应符合国家现行相关标准的规定。

3 采用各种连接节点时，连接钢筋或预埋件应在墙板中可靠锚固，锚固区域内混凝土应采取加强措施。

**5.4.7** 纵横墙交接处及楼层相邻承重墙板之间可采用水平锚环灌浆连接、钢丝绳套连接、焊接连接或螺栓连接，连接节点的设计应符合国家现行相关标准的规定。

**5.4.8** 预制墙板应在水平或竖向尺寸大于 800mm 的洞口边、一字墙墙体端部、竖缝连接处设置暗柱，并应满足下列要求：

1 暗柱截面高度不宜小于墙厚，且不宜小于 200mm，截面宽度同墙厚。

2 暗柱内应配置纵向受力钢筋、箍筋，暗柱的纵向钢筋除应满足设计要求外，尚应满足表 5.4.8 的要求；箍筋可采用封闭箍的形式或拉筋形式。

3 抗震等级为三级、四级的预制墙板，暗柱内的箍筋可采用拉筋代替，拉筋配置直径和布置方式应满足表 5.4.8 的要求。

**表 5.4.8 暗柱的配筋要求**

抗震等级	底层					其它层				
	纵筋最小量	箍筋		拉筋		纵筋最小量	箍筋		拉筋	
		最小直径	最大间距	最小直径	布置方式		最小直径	最大间距	最小直径	布置方式
三级	4 $\phi$ 12	6	150	8	逐根	4 $\phi$ 10	6	200	8	逐根
四级	4 $\phi$ 10	6	200	8	隔一布一	4 $\phi$ 8	6	250	8	隔一布一

**5.4.9** 当房屋层数大于 3 层时，或当抗震等级为三级时，应在屋面设置封闭的后浇钢筋混凝土圈梁，圈梁设计应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

## 5.5 楼盖设计

**5.5.1** 楼盖可采用叠合楼板、钢筋桁架楼承板、全预制楼板；叠合楼板的预制底板可采用平板预制底板、带桁架预制底板、带肋预制底板或预应力混凝土空心板、预应力混凝土双 T 板等；全预制楼板可采用预制实心板、预应力混凝土空心板、预应力混凝土双 T 板等；并符合下列规定：

1 高层装配整体式混凝土结构宜采用叠合楼盖或钢筋桁架楼承板；当房屋层数不大于 3 层时，可采用全预制楼板。

2 高层装配整体式混凝土结构的屋面层和平面受力复杂的楼层宜采用现浇楼盖或钢筋桁架楼承板，当采用叠合楼板时，后浇混凝土叠合层厚度不应小于 100mm，且后浇层内应采用双向通长配筋，钢筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm。

3 当保温或隔声要求较高时，可采用集成结构、保温、隔声的一体化产品。

**5.5.2** 楼板设计应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关要求，并应符合下列规定：

1 区格长宽比不大于 2 时，宜按双向板设计；区格长宽比大于 2 时宜按单向板设计。

2 当按单向板设计并设置接缝时，宜采用密拼式分离接缝。

3 当按双向板设计并设置接缝时，宜采用整体接缝。

**5.5.3** 当房屋层数不大于 3 层的装配式混凝土结构采用全预制楼板时，应符合下列规定：

1 全预制楼板在墙上的搁置长度不应小于 60mm，当墙厚不能满足搁置长度要求时可设置挑耳；板端后浇混凝土接缝宽度不宜小于 50mm，接缝内应配置连续的通长钢筋，钢筋直径不应小于 8mm。

2 当板端伸出锚固钢筋时，两侧伸出的锚固钢筋应互相可靠连接，并应与支承墙伸出的钢筋、板端接缝内设置的通长钢筋拉接。

3 当板端不伸出锚固钢筋时，应沿板跨方向布置连系钢筋，连系钢筋直径不宜小于 10mm，间距不应大于 600mm；连系钢筋应与两侧预制板可靠连接，并应与支承墙伸出的钢筋、板端接缝内设置的通长钢筋拉结。

**5.5.4** 叠合楼板的设计应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定，并应满足下列要求：

1 钢筋混凝土预制底板厚度不应小于 60mm，预应力混凝土预制底板厚度不应小于 40mm，后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60mm。

2 双向叠合板板侧的整体式接缝宜设置在叠合板的次要受力方向，宜避开最大弯矩截面，并应符合下列规定：

1) 当采用后浇带形式整体接缝时(图 5.5.4a),后浇带宽度不宜小于 200mm;预制底板侧外伸钢筋末端应设置  $135^\circ$  弯钩,弯钩钢筋弯后平直段长度不应小于  $5d$ ( $d$  为钢筋直径),钢筋搭接长度不应小于  $1.0l_a$ 。

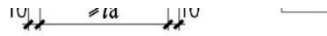


图 5.5.4a 后浇带形式整体式接缝构造示意

1—接缝顺缝板底纵筋; 2—纵向受力钢筋; 3—预制板;

4—后浇混凝土叠合层; 5—后浇层内钢筋

2) 当采用密拼式整体接缝时(图 5.5.4b),预制底板宜采用带桁架预制底板。后浇混凝土叠合层厚度不应小于带桁架预制底板厚度的 1.3 倍,且不应小于 75mm。预制底板板侧第一道钢筋桁架中心距离板边尺寸不应大于叠合楼板厚度,且不应大于 200mm,第一道与第二道钢筋桁架中心距离不应大于 2 倍叠合楼板厚度,且不应大于 400mm;接缝处应设置垂直于接缝的搭接钢筋,搭接钢筋总受拉承载力设计值不应小于预制底板纵向钢筋总受拉承载力,直径不应小于 8mm,且不应大于 14mm,接缝处搭接钢筋与预制底板纵向钢筋的搭接长度自第一道钢筋桁架下弦钢筋起算,且不应小于  $1.6l_a$ ;垂直于搭接钢筋的方向应布置横向分布钢筋,在搭接范围内不宜少于 2 根,且钢筋直径不宜小于 6mm,间距不宜大于 250mm。

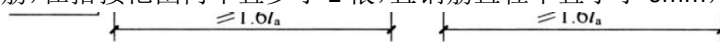


图 5.5.4b 密拼式整体接缝构造示意

1—带桁架预制底板; 2—后浇叠合层; 3—钢筋桁架;

4—接缝处搭接钢筋; 5—横向分布钢筋

**5.5.5** 装配式混凝土结构的楼盖宜不布置或少布置次梁;当布置次梁时,次梁与主梁宜采用铰接连接。

## 6 外围护系统设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 外围护系统应根据西藏自治区的气候条件、建筑使用功能、建筑造型、节能环保、施工技术等进行系统选型，宜选择装配式外墙、幕墙类外墙、太阳能建筑一体化集成技术与集成产品。

**6.1.2** 外围护系统的构造设计应包括下列内容：

- 1 当采用轻型屋架时，轻型屋架与屋面板的支承构造节点。
- 2 外围护系统的连接及外门窗洞口等构造节点。
- 3 阳台、空调板、雨篷、飘窗、装饰件及附属设施连接构造节点。

**6.1.3** 外围护系统内表面温度与室内空气温度的差值应小于室内空气温度与室内空气露点温度的差值。

**6.1.4** 外围护系统中的预留预埋应满足相关专业的要求，不得在安装完成后的外围护部品上进行剔凿、开洞。

**6.1.5** 装配式混凝土建筑的外围护系统中所使用的高分子材料应能适应西藏自治区气候环境条件的要求。

**6.1.6** 围护系统应按设计要求采取隔断热桥的措施。

### 6.2 外墙设计

**6.2.1** 外墙系统应根据不同的建筑类型及结构形式选择适宜的系统类型；外墙系统中外墙板可采用内嵌式、外挂式、嵌挂结合等形式，并宜分层悬挂或承托。外墙可分为基层、功能层和装饰层三部分，其设计选型应符合下列规定：

1 可选择一体化方案，即集成基层、功能层和装饰层为一体的墙板部品部件，现场配合相关接口构造可实现外墙围护的性能要求。

2 可选择组合式方案，即基层、功能层和装饰层采用多种部品部件通过现场装配实现外墙围护的性能要求。

3 当高层建筑采用预制混凝土外墙时，不得在外侧粘贴保温层、现场抹灰和现场粘贴瓷砖。

**6.2.2** 在 50 年重现期的风荷载或多遇地震作用下，外墙板不得因层间位移而发生塑性变形、板面开裂、零件脱落等损坏；在罕遇地震作用下，外墙板不得掉落。

### 6.2.3 外墙板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、传力简捷、构造合理。
- 2 连接节点应具有足够的承载力。承载能力极限状态下，连接节点不应发生破坏；当单个连接节点失效时，外墙不应掉落。
- 3 连接部位宜采用柔性连接方式，连接节点应具有适应主体结构变形的能力。
- 4 节点设计应便于工厂加工、现场安装。
- 5 连接件的耐久性应满足使用年限要求。

### 6.2.4 外墙板接缝应符合下列规定：

- 1 接缝处应根据西藏自治区气候条件合理选用构造防水、材料防水相结合的防水设计。
- 2 接缝宽度及接缝材料应根据外墙板材料、立面分格、结构层间位移、温度变形等因素综合确定；所选用的接缝材料及构造应满足防霉、防水、防渗、抗裂、低温柔性和耐久等要求；接缝材料应与外墙板具有相容性；外墙板在正常使用下，接缝处的弹性密封材料不应破坏。板间接缝宽度应根据计算确定且不宜小于 10mm；当计算缝宽大于 30mm 时，宜调整外挂墙板的形式或连接方式。
- 3 接缝处以及与主体结构的连接处应设置减少热桥的构造措施。
- 4 应避免接缝跨越防火分区。

6.2.5 外墙板的形式和尺寸应根据建筑立面造型、主体结构层间位移限值、楼层高度、节点连接形式、温度变化、接缝构造、运输限制条件和现场起吊能力等因素确定。

6.2.6 露明的金属支撑件及外墙板内侧与主体结构的调整间隙，应采用燃烧性能等级为 A 级的材料进行封堵，封堵构造的耐火极限不得低于墙体的耐火极限，封堵材料在耐火极限内不得开裂、脱落。

6.2.7 应采用耐久性好、不易污染的饰面材料；当采用面砖或石材时，宜采用反打工艺在工厂内完成，应选择背面设有粘结后防止脱落措施的材料。

6.2.8 蒸压加气混凝土外墙板的性能、连接构造、板缝构造、内外面层做法等要求应符合现行行业标准《蒸压加气混凝土制品应用技术标准》JGJ/T 17 的相关规定，并符合下列规定：

1 在正常使用极限状态下，外墙系统墙体应进行在风荷载标准组合作用下的挠度及裂缝控制验算，其挠度值不应大于支点距离的 1/250，裂缝控制按照构件截面边缘的拉应力不应大于蒸压加气混凝土劈拉强度标准值。

2 可采用拼装大板、横条板、竖条板的构造形式。条板外墙系统、拼装大板外墙系统适用于高度小于 100m 的装配式建筑。

3 可根据技术条件选择钩头螺栓法、滑动螺栓法、内置锚法、摇摆型工法等安装方式。



4 外墙室外侧板面及有防潮要求的外墙室内侧板面应用专用防水界面剂进行封闭处理。外墙面所采用的饰面涂料应具有防水透气性。

**6.2.9** 现场组装骨架外墙系统应符合下列规定：

1 骨架应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，并应与主体结构有可靠连接；骨架应进行整体及连接节点验算。

2 墙内敷设电气线路时，应对其进行穿管保护。

3 现场组装骨架外墙宜根据基层墙板特点及形式进行墙面整体防水。

4 金属骨架应设置有效的防腐蚀措施。

5 骨架外部、中部和内部可分别设置防护层、隔离层、保温隔汽层和内饰层，并根据使用条件设置防水透气材料、空气间层、反射材料、结构蒙皮材料和隔汽材料等。

**6.2.10** 外门窗的设计与部品选型应符合下列规定：

1 外门窗应采用在工厂生产的标准化系列部品，并宜采用不锈钢批水板等的外门窗配套系列部品。

2 应根据使用功能空间的通风、采光、节能等要求，结合外墙板类型、规格尺寸等因素综合确定外门窗的洞口尺寸、窗型设计、分格尺寸、开启扇位置和尺寸等。

3 外门窗部品与门窗洞口尺寸和预留条件，应符合现行国家标准《建筑门窗洞口尺寸协调要求》GB/T 30591 的有关规定。

4 当采用标准规格门窗附框时，附框内口宽、高的制作尺寸（构造尺寸）应与门窗洞口的标志尺寸相同。附框的性能指标和安装要求应符合现行国家标准《建筑门窗附框技术要求》GB/T 39866 的有关规定。

5 外门窗应与外墙主体可靠连接，应采用减少热桥的连接方式和安装位置，门窗洞口与外门窗框接缝处的气密性能、水密性能和保温性能应能保证外门窗的整体性能不降低。

**6.2.11** 当采用外遮阳装置时，其操作力、耐久性及抗风性能应符合现行行业标准《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237 中的有关规定。

## 6.3 幕墙设计

**6.3.1** 装配式混凝土建筑幕墙应综合考虑建筑类别、使用功能、高度、西藏自治区的地理气候、环境等因素，合理选择幕墙形式和面板材料，并应符合下列规定：

1 应具有承受自重、风、地震、温度作用的承载能力和变形能力，且应便于制作安装、维护保养及局部更换面板等构件。

2 应满足建筑需求的水密、气密、保温隔热、隔声、采光、耐撞击、防火、防雷等性

能要求。

**3** 幕墙与主体结构的连接应牢固可靠，与主体结构的连接锚固件不应直接设置在填充砌体中。

**4** 幕墙外开窗的开启扇应采取防脱落措施。

**5** 玻璃幕墙的玻璃面板应采用安全玻璃，斜幕墙的玻璃面板应采用夹层玻璃。

**6** 外倾斜、水平倒挂的石材或脆性材质面板应采取防坠落措施。

**6.3.2** 幕墙应根据面板材料的不同，选择相应的幕墙结构、配套材料和构造方式等。

**6.3.3** 幕墙与主体结构的连接设计应符合下列规定：

**1** 应具有适应主体结构层间变形的能力。

**2** 主体结构中连接幕墙的预埋件、锚固件应能承受幕墙传递的荷载和作用，连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

**6.3.4** 高层装配式混凝土建筑宜采用单元式幕墙系统。

**6.3.5** 装配式混凝土建筑采用金属及其涂膜装饰面板时，应考虑西藏自治区气候环境条件影响。

## 6.4 屋面设计

**6.4.1** 装配式混凝土建筑屋面工程应根据建筑物的性质、重要程度和使用功能，结合工程特点和气候条件等，合理采用防水、保温及隔热措施，对下列内容进行设计：

**1** 屋面防水等级和设防要求。

**2** 屋面构造设计。

**3** 屋面排水设计。

**4** 找坡方式和选用的找坡材料。

**5** 防水层选用的材料、厚度、规格及其主要性能。

**6** 保温层选用的材料、厚度、燃烧性能及其主要性能。

**7** 接缝密封防水选用的材料及其主要性能。

**6.4.2** 屋面工程防水构造设计尚应符合下列规定：

**1** 当设备放置在防水层上时，应设附加层。

**2** 天沟、檐沟、天窗、雨水管和伸出屋面的管井管道等部位泛水处的防水层应设附加层或进行多重防水处理。

**3** 屋面雨水天沟、檐沟不应跨越变形缝，屋面变形缝泛水处的防水层应设附加层，防水层应铺贴或涂刷至变形缝挡墙顶面。高低跨变形缝在立墙泛水处，应采用有足够变形能力

的材料和构造做密封处理。

4 瓦屋面、金属屋面等应根据工程所在地的基本风压、地震设防烈度和屋面坡度等条件，采取抗风揭和抗滑落的加强固定措施。

5 坡屋面的檐口部位应采取防止冰雪融化下坠和冰坝形成等措施。

**6.4.3** 屋面保温层设计应符合下列规定：

1 保温层宜选用吸水率低和导热系数小，并有一定强度的保温材料。

2 保温层厚度应根据西藏自治区现行建筑节能设计标准，经计算确定。

3 保温层的含水率，应相当于该材料在当地自然风干状态下的平衡含水率。

## 7 设备与管线系统设计

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 设备与管线系统宜与主体结构相分离，并宜与内装修系统进行集成设计，应方便安装、调试和维护。

**7.1.2** 装配式混凝土建筑设备与管线系统宜采用集成化技术，标准化设计。

**7.1.3** 装配式混凝土建筑设备与管线系统的连接应采用标准化接口，且应方便安装、使用和维护。

**7.1.4** 竖向主干管线、公共功能的阀门、计量设备、电气设备以及用于总体调节和检修的部件，应集中设置在公共区域的管井或表间内。

**7.1.5** 公共区域的管线布置宜进行集成设计，并应采用装配式支吊架。

**7.1.6** 新建装配式混凝土建筑应安装太阳能系统。太阳能系统应按现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364、《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368 进行设计，并应符合下列规定：

- 1 太阳能系统应与外围护系统进行一体化设计，其布置应规则有序、排列整齐。
- 2 太阳能系统应与其他设备管线系统统筹安排、同步设计、同步施工；太阳能系统的管线应安全、隐蔽、集中布置，并应便于安装维护。
- 3 太阳能系统应与主体结构连接牢固。

### 7.2 给水排水

**7.2.1** 给水系统宜采用分水器配水系统。当采用分水器配水系统时，配水系统的管道宜采用柔性盘管，埋设段不得设置连接接口；分水器应设置在便于检修的吊顶内或嵌装在侧墙墙体等处。

**7.2.2** 给水管道不宜直接埋设在预制构件内。当给水管道直接埋设于预制构件内时，应采用柔性盘管，柔性盘管外壁应设有保护套管；给水管道设置位置应便于更换内管；连接接口不得埋设于预制部品部件内。

**7.2.3** 给水管道应采用连接技术安全可靠，安装和维护便捷的管道，管道及配件应选用配套产品。

**7.2.4** 装配式混凝土建筑宜采用同层排水设计。

**7.2.5** 排水管道宜采用组合式排水配件，减少连接接口数量。

## 7.3 供暖、通风和空调

**7.3.1** 装配式混凝土建筑冷热源的选择,应根据资源情况、节能要求、环境保护和能源高效利用等因素综合考虑,经技术经济分析确定,并应符合下列规定:

- 1 分散供暖时,宜采用燃气供暖或空气源热泵;当集中供暖时,宜以地源热泵、空气源热泵或生物质锅炉为热源。有条件的地区,可利用地热、热电联产、工业余热供暖。
- 2 有天然地表水等资源可供利用时,可采用地表水地源热泵系统。
- 3 有可利用的浅层地下水,且能确保地表水或地下水 100%回灌,对地下水资源不造成环境污染和破坏时,可采用地下水地源热泵系统。
- 4 除当地电力充足、供电政策支持或者建筑所在地无法利用其他形式的能源外,不宜直接电热供暖。
- 5 不应采用燃煤锅炉集中供暖。
- 6 优先利用可再生能源。

**7.3.2** 装配式混凝土建筑供暖系统宜采用适宜于干式工法施工的低温地板辐射供暖产品。

**7.3.3** 采用散热器供暖时,散热器宜明装,安装散热器的墙板构件应采用加强措施并预留固定条件。

**7.3.4** 风管在装配式混凝土建筑结构上的安装应符合下列规定:

- 1 风管在建筑结构上的预留孔洞位置应正确,孔洞应大于风管外边尺寸 100mm 或以上。当风管穿越隔墙时,风管与隔墙之间的空隙应采用水泥砂浆等不燃材料严密堵塞。
- 2 风管接口不得安装在墙内或楼板内,风管沿墙体或楼板安装时,距墙面不宜小于 200mm;距楼板宜大于 150mm。
- 3 风管穿过封闭的防火、防爆墙体或楼板时,应设置钢制防护套管,防护套管厚度不小于 1.6mm,风管与防护套管之间应采用不燃且对人体无害的柔性材料封堵严密。穿墙套管与墙体两面平齐、穿楼板套管底端与楼板底面平齐,顶端应高出楼板面 20~50mm。
- 4 风管与装配式风道的连接接口,应顺气流方向插入,并应采取密封措施。
- 5 风管测定孔应设置在不产生涡流区的便于测量和观察的部位;吊顶内的风管测定孔部位,应留出活动吊顶板或检查门。
- 6 支吊架的预埋件应位置正确、牢固可靠,埋入部分应除锈、除油污,并不得涂漆。支吊架外露部分需作防腐处理。

**7.3.5** 空调冷热水管穿楼板和穿墙处的绝热层应连续不间断,且绝热层与穿楼板和穿墙处的套管之间应用不燃材料填实,不得有空隙;套管两端应进行密封封堵。

**7.3.6** 西藏自治区装配式混凝土建筑宜为集中供氧预留条件。当采用集中供氧时,应符合下

列规定：

- 1 因寒冷天气可能使气体析出凝结水的管道部分应采取保温措施，管道敷设空间内的环境温度应始终高于管道氧气的露点温度 5℃ 以上。
- 2 建筑物内的氧气管道宜敷设在专用管井内，且不应与可燃、腐蚀性的气体或液体、蒸汽、电气、空调风管等共用管井。
- 3 室内管道宜明敷，表面应有保护措施。局部需要暗敷时，应在预制构件上预先设置沟槽，不应二次剔凿。
- 4 当管道穿墙和楼板时，应设套管。穿楼板的套管应高出板面 $\geq 50\text{mm}$ 。套管与管道之间应采用不燃材料填实。
- 5 管材应采用无缝铜管或无缝不锈钢管。
- 6 管材及附件应严格脱脂。
- 7 管道阀门应使用铜或不锈钢材质的等通径阀门，需焊接连接的阀门两端应带有预制的连接短管。
- 8 与氧气接触的阀门、密封元件、过滤器等管道或附件，其材料与氧气不得产生有火灾危险、毒性或腐蚀性危害的物质。
- 9 管道支吊架应采用不燃材料制作并经防腐处理，管道与支吊架的接触处应作绝缘处理。

## 7.4 电气和智能化

**7.4.1** 电气和智能化设备与管线宜敷设于吊顶、二次装修墙体、管廊、设备夹层等空间内，并应符合安全、防火、防潮和防腐等性能要求。当在结构内敷设时，应符合下列规定：

- 1 配电箱、智能化配线箱不宜安装在预制构件上；孔洞及接线盒不宜设置在预制构件节点连接区域。
- 2 设置在预制构件上的接线盒、连接管等应预留，出线口和接线盒应准确定位；预制楼板灯位处的预埋接线盒应采用深型接线盒。
- 3 当电气和智能化管线在叠合楼板后浇层敷设时，电气线缆保护导管最大外径不宜大于后浇层厚度的  $1/3$ ，不应大于后浇层厚度的  $1/2$ ；保护导管的保护层厚度不应小于  $15\text{mm}$ ；消防设备线缆保护导管保护层厚度不应小于  $30\text{mm}$ 。
- 4 当预制墙体内预埋的接线盒及管线与叠合楼板后浇层内相应电气管线连接时，应在墙面与楼板交界的墙面预埋接线盒或连接空间。
- 5 当线缆导管与采暖热水管同层敷设时，线缆导管宜敷设在采暖热水管的下面，并不

应与采暖热水管平行敷设。电源线缆与采暖热水管相交处不应有接头。

**7.4.2** 当采用预制分支电缆布线时，宜在室内及电气竖井内采用支架或梯架等构件明敷。预制分支电缆垂直敷设时，应根据主干电缆最大直径预留穿越楼板的洞口，同时尚应在主干电缆最顶端的楼板上预留吊钩。

**7.4.3** 装配式混凝土建筑的防雷接地应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 进行设计，并应符合下列规定：

**1** 当利用竖向预制构件内的部分钢筋作为防雷引下线时，应在构件接缝处作可靠的电气连接，并预留施工空间及条件，连接部位应有永久性明显标记。

**2** 建筑外墙上的金属管道、栏杆、门窗等金属物需要与防雷装置连接时，应通过预制构件内部的金属件连接与防雷装置连接成电气通路。

**3** 设置等电位连接的场所，各构件内的钢筋应作可靠的电气连接，并与等电位连接箱连通。

## 8 内装修系统设计

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 装配式混凝土建筑内装修系统宜采用装配式装修。

**8.1.2** 内装修设计应在项目方案设计的前期阶段介入，与建筑设计同步协同进行，并应与结构系统、外围护系统及设备管线系统进行一体化集成设计。

**8.1.3** 内装修设计应根据国家现行标准和项目的定位要求确定性能目标，应优选质量稳定、品质高、耐用性强、健康环保的部品。并应符合下列规定：

- 1 宜采用工厂生产的集成化内装部品，宜采用装配式楼地面、墙面、吊顶等部品系统。
- 2 住宅建筑宜采用集成式厨房、集成式卫生间及整体收纳等部品系统。
- 3 内装部品应具有通用性和互换性。

**8.1.4** 内装修设计应对内装部品和室内管线进行集成设计，应满足干式连接、检修更换、物权归属和设备及管线使用年限的要求，并符合下列规定：

- 1 公用内装部品应设置在公共空间内。
- 2 设计工作年限较短的内装部品维修和更换时，应避免破坏设计工作年限较长的部品部件。
- 3 套内内装部品的维修和更换应不影响公用内装部品和其他部品部件的使用。

**8.1.5** 内装修设计应优先确定功能复杂、空间狭小、管线集中建筑空间的部品选型和布置。

**8.1.6** 内装部品、室内管线应与预制构件的深化设计紧密配合，预留洞口、预埋件、连接件、接口设计应准确到位。

**8.1.7** 内装部品、材料和施工应满足绿色环保的要求，室内环境质量应符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016 的相关规定。

### 8.2 隔墙与墙面系统

**8.2.1** 隔墙宜选用非砌筑免抹灰的轻质墙体，可选用龙骨隔墙、轻质条板隔墙或其它干式工法施工隔墙。

**8.2.2** 轻质条板隔墙应符合现行行业标准《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T 157 的规定。

**8.2.3** 预制非承重隔墙应符合以下规定：

- 1 宜采用自重轻的材料。
- 2 内墙的侧面、顶端及底部与主体结构的连接应满足抗震及日常使用安全性要求。



- 3 应满足不同使用功能房间的防火、隔声等要求。
- 4 厨房及卫生间等潮湿房间的内隔墙应满足防水要求。

#### 8.2.4 龙骨隔墙应符合以下规定：

- 1 应满足隔墙的防火、隔声、空腔内设备管线的安装等方面的要求。
- 2 龙骨布置应满足墙体强度的要求。

3 有防水、防潮要求的房间隔墙应采取相关防水措施。隔墙面板宜采用耐水饰面一体化集成板，门与隔墙交界处、板缝之间应做防水处理。

8.2.5 装配式墙面系统宜采用集成饰面层的墙面板，饰面层宜在工厂内完成；墙面板应与基层墙体牢固连接。

8.2.6 隔墙与装配式墙面系统的构造应连接稳固、便于安装，并应与开关、插座、设备管线等的设计相协调；不同设备管线或装饰构件安装于隔墙或装配式墙面系统时，应采取必要的加固、隔声、减振或防火封堵措施。

8.2.7 隔墙及装配式墙面系统宜选用可实现管线分离，且空间利用率高的部品。装配式墙面系统宜设置架空层进行设备管线的敷设。

8.2.8 隔墙上需固定或吊挂重物时，应采用可靠的加固措施；装配式墙面系统悬挂较重物体时，应采用专用连接件与基层墙体连接固定。

## 8.3 楼地面系统

8.3.1 装配式楼地面系统可采用架空楼地面、非架空干铺楼地面或其他干式工法施工的楼地面。

8.3.2 楼地面部品应满足承载力、刚度、防水防滑、耐磨、抗冲击、隔声、防虫防鼠等相关性能的要求，放置重物的部位应采取加强措施。

8.3.3 装配式楼地面系统与地面辐射供暖系统结合设置时，宜选用模块式集成部品。

8.3.4 装配式楼地面系统架空层内可敷设给排水和供暖等管道，当地面有检修需求时，应在不干扰正常使用的位置设置检修口。

8.3.5 非架空干铺楼地面的基层应平整，面层和填充构造层强度应满足设计要求。当采用地面辐射供暖、供冷系统复合脆性面材地面时，应保证绝热层的强度。

## 8.4 吊顶系统

8.4.1 装配式吊顶系统可采用明龙骨、暗龙骨或无龙骨吊顶或其他干式工法施工的吊顶，宜选用与顶面设备结合度高的部品。

8.4.2 吊顶系统应根据房间的功能和装饰要求选择装饰面层材料和构造做法，宜选用带饰

面的成品材料。

**8.4.3** 吊顶系统和设备管线应分别设置吊件，并满足荷载计算要求。

**8.4.4** 重量较大的灯具应直接安装在楼板或承重的结构构件上，不应直接安装在吊顶上。

**8.4.5** 吊顶系统内敷设设备管线时，应在管线密集和接口集中的位置设置检修口。

## 8.5 厨房、卫生间

**8.5.1** 建筑设计应协调结构、内装、设备等专业合理确定厨房、卫生间的的布局方案、设备管线敷设方式和路径、主体结构孔洞预留尺寸及管道井位置等。

**8.5.2** 厨房应按炊事操作流程布置洗涤池、操作台、炉灶及排油烟机、排气道或直排式排气口，橱柜、吊柜应与设备设施整体集成。

**8.5.3** 住宅建筑宜选用提供整体解决方案的集成式厨房，应包括楼地面、吊顶、墙面、橱柜和厨房设备及管线。当选用集成式厨房时，应与各专业设计协同预留安装条件。

**8.5.4** 厨房应选用抗油污、易清洁的部品，燃气灶一侧的墙面应选用耐高温的部品，地面应选择防滑耐磨的部品，照明灯具应与吊顶集成，应选用防雾、防尘、防水、易清洁型灯具。

**8.5.5** 卫生间可按使用功能采用干湿分离的布置方式。洗面器、坐便器、淋浴器等卫生设施应准确定位，各专业管线、设备一次性设计到位。

**8.5.6** 住宅建筑宜采用集成式卫生间，选型宜在建筑方案设计阶段进行，应与各专业设计协同预留安装条件。集成式卫生间应由工厂化预制的一体化防水底盘、墙板和天花板构成整体框架，并配套装配各种功能洁具及配件。

**8.5.7** 卫生间地面应防滑，地面排水应坡向地漏，坡度宜小于 1%。

**8.5.8** 厨房、卫生间管线应进行综合协同设计，给水排水、电气、燃气管线等应集中设置、合理定位，并合理设置检修口。

## 9 生产、施工与验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 装配式混凝土建筑的生产、施工与验收，除应符合本标准的要求外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**9.1.2** 预制构件生产单位应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件，建立完善的质量管理体系与制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统。生产单位应基于西藏自治区的环境特征建立健全职业健康安全管理制度和环境管理制度。预制构件生产前，生产单位应制定生产方案。生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。

**9.1.3** 施工单位应建立相应的质量管理体系，制定装配式混凝土结构施工专项方案。专项方案宜包括工程概况、编制依据、进度计划、施工场地布置、预制构件运输与存放、安装与连接施工、绿色施工、安全管理、质量管理、信息化管理、应急预案等。

**9.1.4** 预制构件的生产安装宜进行首件验收和首段验收。

### 9.2 构件生产

**9.2.1** 预制构件可由专业企业生产，也可由总承包单位生产。预制构件可在固定厂房生产，也可在项目周边场地采用移动式生产方式，生产场地应符合下列规定：

1 生产场地应包括制作场地、堆放场地、钢筋加工场地、车辆运输通道等。

2 应结合预制构件的生产需求和使用需求进行场地规划，生产场地和构件堆放场地应硬化且具有排水措施，场地内应设置运输通道。

3 生产现场应具备保障产品质量要求的生产工艺设备、试验检测条件，应具有满足模具、钢筋、构件吊运需求的起重设备。

4 应具备抵御暴雪、大风、闪电、暴雨等自然灾害的能力。

**9.2.2** 当预制构件由专业企业生产时，施工单位或监理单位代表宜驻厂监督生产过程。

**9.2.3** 预制构件加工详图应根据批准的设计文件、拟定的生产工艺、运输方案、吊装方案等编制。由非原设计单位完成的预制构件加工详图应由原设计单位确认。预制构件加工详图应包含模板图、配筋图和相关配件图。

**9.2.4** 预制构件宜采用钢模制作。模具应具有足够的强度和刚度，并应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**9.2.5** 预制构件宜采用加热养护。当采用加热养护时，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的规定。

**9.2.6** 混凝土构件在运输及堆放前，应将车辆、构件、垫木及堆放场地的积雪、结冰清除干净，场地应平整、坚实。预制构件在冻胀性土壤的自然地面上或冻结前回填土地面上堆放时，应符合下列规定：

- 1 每个构件在满足刚度、承载力条件下，应尽量减少支承点的数量；当支点数量较多时，应采取能够保证各支点均匀受力的可靠措施。
- 2 对于大型板、槽板及空心板等板类构件，两端的支点应选用长度大于板宽的垫木。
- 3 构件下边缘和地面之间的距离不宜小于 150mm。

## 9.3 施工安装

**9.3.1** 施工进度计划应考虑西藏自治区气候条件的影响，宜优先进行主体结构及外围护结构的施工，必要时可采用冬期施工措施进行室内部分的施工。

**9.3.2** 部品安装宜与主体结构同步进行，可在安装部位的主体结构验收合格后进行，并应符合国家现行有关标准的规定。

**9.3.3** 预制构件安装施工前，应检查下列内容：

- 1 应核对已施工完成结构、基础的外观质量和尺寸偏差，确认混凝土强度和预留预埋符合设计要求，并应复核构件安装定位标识。
- 2 应核对预制构件的混凝土强度和预制构件及配件的型号、规格、数量符合设计要求；应复核连接装置、连接钢筋及连接管线满足构件安装连接的要求；尚应清除预制构件表面的油污、冰雪和泥沙等杂物。
- 3 应复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，并复核现场环境、天气等满足吊装施工要求。
- 4 需要临时支撑的构件，尚应复核临时支撑相关配件、施工机具处于指定位置。
- 5 检查防护架、防护用品等保障施工安全的措施。

**9.3.4** 结构工程施工全过程应对预制构件及所属的建筑附件、预埋件等采取保护措施。

**9.3.5** 预制构件吊装就位后，应及时校准与调整，并应采取临时固定措施。预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时支撑完成后进行。临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳固性，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

**9.3.6** 预制构件的连接方式应符合设计要求，不得随意简化或调整，并应符合下列规定：

1 当采用钢筋套筒灌浆连接时，灌浆套筒、灌浆料的检验和施工应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的规定。

2 当采用钢筋机械连接时，施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

3 当采用焊接或螺栓连接时，施工应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定；螺栓紧固方式及紧固力应符合设计要求。

4 当采用浆锚连接时，浆锚节点灌浆应采用机械压力注浆法，灌浆料填充密实，水平拼缝位置的封堵、灌浆作业可按现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 执行。

5 当预制构件连接部位需要现场后浇混凝土并需要进行支模时，构件接缝部位、模板与构件之间接缝部位应采用防止漏浆的密封措施，模板工程应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

**9.3.7** 外围护墙板的接缝防水施工应符合下列规定：

1 防水施工前，应将基材表面和板缝清理干净。基材表面应整洁、干燥，不应有油污和灰尘。接缝内部应无水泥渣块等杂物阻隔。

2 应按设计要求填充背衬材料，背衬材料与接缝两侧基材之间不应留有空隙。

3 接缝两侧基材外表面宜粘贴防污带。防污带粘贴应连续、平整、牢固，粘贴宽度不宜小于 20mm，防污带应于施胶作业当天粘贴及移除。

4 接缝底涂料宜单向涂刷，并应涂刷均匀，不得少涂、漏涂、多涂。

5 注胶应在底涂料涂刷 30min 后开始，并应在底涂料涂刷后 8h 内完成。注胶时，应将注胶枪伸至接缝内部背衬材料处，并应单向均匀连续注胶，不得往复注胶，密封胶嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面光滑，其厚度应满足设计要求。注胶完成后，应及时用抹刀逆着注胶方向对胶缝进行压实和修整，并及时清除防污带。

6 密封胶未完全固化前，应进行成品保护，应避免污染或淋水。

**9.3.8** 门窗施工应符合下列规定：

1 施工前，主体结构、预埋件等施工应完成并验收合格，并应进行测量放线。基准线、控制线应准确，预埋件的安装位置应符合产品要求。

2 门窗与墙体间缝隙的嵌填材料、嵌填方式等应符合设计要求，嵌填应密实。

3 门窗框、门窗扇应安装牢固，并应开关灵活，关闭严密、无倒翘。

4 门窗配件的型号、规格、数量应符合设计要求，安装应牢固，位置应正确，功能应满足使用要求。

5 门窗部件应结合牢固、裁口顺直、拼缝严密。

### 9.3.9 非承重隔墙施工应符合下列规定：

1 当采用板材隔墙时，板材隔墙的板材与基体结构宜采用连接件固定；板材应从一端向另一端按顺序安装，有墙角、门垛部位应从其位置向两侧安装；相邻板材以及板材与基体结构之间缝隙宜采用专用密封材料嵌缝密实；设备管线、箱、盒开槽处应填充密实并进行表面防裂处理。

2 当采用骨架隔墙时，墙顶、地龙骨及边框龙骨应与结构体连接牢固，龙骨与基体的固定点间距不大于1m，并应垂直、平整、位置准确。骨架内设备管线、门窗洞口部位应设加强龙骨。面板宜沿竖向铺设，长边接缝应安装在竖向龙骨上。

## 9.4 质量验收

9.4.1 装配式混凝土建筑施工应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定进行单位工程、分部工程、分项工程和检验批的划分和质量验收。装配式混凝土建筑的外围护系统、内装修系统、设备与管线系统应按相关国家现行标准进行验收。

9.4.2 装配式混凝土结构工程应按混凝土结构子分部工程进行验收，装配式混凝土结构部分应按混凝土结构子分部工程的分项工程验收，混凝土结构子分部中其他分项工程的验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

9.4.3 对专业企业生产的预制构件，应进行进场验收。对总承包单位制作的预制构件可不进行进场验收，其材料和制作质量应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 规定的各分项工程进行验收，并应留存质量验收记录。

9.4.4 装配式混凝土结构连接部位及叠合构件浇筑混凝土前，应进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- 1 混凝土粗糙面的质量，键槽的规格、数量、位置。
- 2 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，钢筋弯钩的弯折角度及平直段长度。
- 3 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度。
- 4 螺栓连接中螺栓的型号、规格、数量；焊接连接的焊缝长度、焊缝质量等。
- 5 预埋件、预留线盒、管线的规格、数量、位置。
- 6 预制混凝土构件接缝、预制构件与模板接缝位置的密封措施。

9.4.5 装配式混凝土结构分项工程应按表 9.4.5 进行验收。

表 9.4.5 装配式混凝土结构分项工程验收项目

类别	验收项目		验收要求
主控项	预制构件	预制构件质量	GB/T 51231-2016 第 11.2.1 条
		结构性能检验	GB/T 51231-2016 第 11.2.2 条
		外观质量严重缺陷	GB/T 51231-2016 第 11.2.3 条

目		影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差		
		预制构件表面预贴面砖、石材等饰面与混凝土的粘结性能	GB/T 51231-2016 第 11.2.4 条	
		预埋件、预留插筋、预埋管线等的规格、数量	GB 50204-2015 第 9.2.4 条	
		预留孔、洞的数量		
	安装与连接		预制构件临时固定措施	GB/T 51231-2016 第 11.3.1 条
			钢筋灌浆套筒连接接头质量	GB 50204-2015 第 9.3.2 条
			钢筋浆锚连接接头质量	GB/T 51231-2016 第 11.3.3、11.3.4 条
			钢筋焊接连接接头质量	GB/T 51231-2016 第 11.3.7 条
			钢筋机械连接接头质量	GB/T 51231-2016 第 11.3.6 条
			预制构件焊接、螺栓连接质量	GB 50204-2015 第 9.3.5 条
			后浇混凝土段混凝土强度	GB/T 51231-2016 第 11.3.2 条
			座浆材料强度	GB/T 51231-2016 第 11.3.5 条
			装配式结构施工后的外观质量严重缺陷	GB/T 51231-2016 第 11.3.10 条
			装配式结构施工后影响结构性能和使用功能的尺寸偏差	
	外墙板接缝的防水性能	GB/T 51231-2016 第 11.3.11 条		
一般项目	预制构件	预制构件标识	GB 50204-2015 第 9.2.5 条	
		外观质量一般缺陷	GB/T 51231-2016 第 11.2.5 条	
		预制构件尺寸偏差	GB/T 51231-2016 第 11.2.9 条	
		预制构件粗糙面质量和键槽数量	GB/T 51231-2016 第 11.2.6 条	
		预制构件表面预贴面砖、石材等及装饰混凝土饰面的外观质量	GB/T 51231-2016 第 11.2.7 条	
		装饰构件外观质量和尺寸偏差	GB/T 51231-2016 第 11.2.10 条	
	安装与连接	装配式结构施工后外观质量	GB 50204-2015 第 9.3.8 条	
		装配式结构施工后尺寸偏差	GB/T 51231-2016 第 11.3.12 条	
		带饰面预制构件施工完成后饰面外观质量	GB/T 51231-2016 第 11.3.13 条	
	<p>注：1. 表中 GB/T 51231-2016、GB 50204-2015 分别指国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015；</p> <p>2. 对于结构模块，其尺寸偏差应符合本标准第 A.0.11 条的规定，施工后尺寸偏差应符合本标准第 A.0.14 条的规定，外观质量严重缺陷验收应符合本标准第 A.0.13 条的规定。</p>			

## 附录 A 模块化混凝土结构

**A.0.1** 采用模块化混凝土结构的装配式混凝土建筑，其功能空间和部品的设置应符合下列规定：

- 1 结构模块应与建筑空间设计相协调，同一功能区不宜设计为多个结构模块。
- 2 厨房、卫生间、管井等功能空间不应跨越结构模块设置。
- 3 楼梯间、电梯间应在单个结构模块内设置；三层及以下可采用穿楼板楼梯模块，三层以上宜采用单独的楼梯模块；电梯井宜采用单独的电梯井模块。
- 4 设备、管线、门窗等不宜沿结构模块交接部位设置。

**A.0.2** 结构模块应由模块楼板、模块圈梁和模块墙板整浇形成 (图 A.0.2)，模块墙板可包含厚墙板和薄墙板。结构模块的尺寸应符合下列规定：

- 1 模块单元尺寸应满足运输要求，且高度不宜超过 3.5m。
- 2 当设置挑檐时，挑檐长度不宜超过 2m。

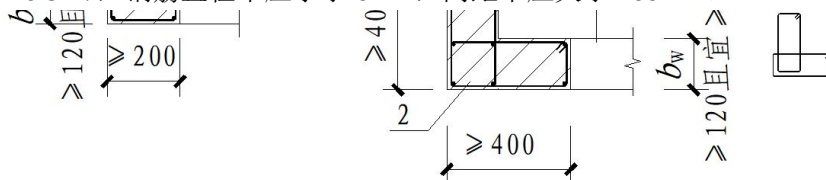
图 A.0.2 模块示意图

1-模块楼板；2-模块圈梁；3-厚墙板；4-薄墙板

**A.0.3** 结构模块设计应符合下列规定：

1 厚墙板厚度不应小于 140 mm；墙体布置中厚墙部分宜双向布置，且纵横向厚墙体的数量不宜相差过大。模块角部的厚墙板长度不宜小于 600mm，当设置门窗洞口时可适当减小但不应小于 300mm。

2 厚墙板应采用双排双向配筋，配筋率不应小于 0.15%，钢筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 300mm。角部、洞口边应设置暗柱 (图 A.0.3-1)，角部暗柱长度两个方向均不宜小于 400mm，宽度同墙厚，纵向钢筋直径不宜小于 12mm，根数不宜小于 6 根，箍筋直径不应小于 6mm，间距不应大于 150mm；洞口边暗柱长度不宜小于 200mm，宽度同墙厚，纵向钢筋直径不宜少于 10mm，根数不宜少于 4 根，箍筋直径不应小于 6mm，间距不应大于 200mm；暗柱内纵向受力钢筋直径不宜大于墙体最大厚度的 1/10。薄墙板采用单排双向配筋 (图 A.0.3-2)，钢筋直径不应小于 6mm，间距不应大于 200mm。



(a) 洞口边暗柱

(b) 角部暗柱



图 A.0.3-1 暗柱尺寸和配筋示意图

1- 厚墙板；2-暗柱

图 A.0.3-2 薄墙板尺寸和配筋示意图

3-薄墙板

3 模块楼板的设计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。

4 模块圈梁截面宽度不应小于厚墙板的厚度，截面高度不宜小于楼板厚度及 250mm 的较大值；圈梁内配置的纵向钢筋直径不应小于 12mm，根数不应少于 4 根，纵向钢筋竖向间距不应大于 200mm；箍筋间距不应大于 200mm，且直径不应小于 8mm。

5 结构模块在生产、运输、吊装、安装等各短暂设计状况下的施工验算应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。模块单元吊点不应少于 4 个，吊点位置和数量应经计算确定。

**A.0.4** 模块化混凝土结构宜选用叠箱形式 (图 A.0.4-1)，叠箱形式可采用并列式、纵横交错式、立面凹凸式、纵横咬合式等方式 (图 A.0.4-2)。

1 结构模块宜上下对齐。

2 当结构平面采用“L”或“Z”形等平面形式时，宜设置防震缝，将结构分成多个规则独立的矩形平面。

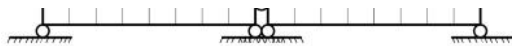


图 A.0.4-1 模块建筑叠箱结构示意图

1-模块；2-竖向接缝；3-水平接缝



图 A.0.4-2 模块组合示意图

**A.0.5** 模块化混凝土结构的作用及作用组合，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

**A.0.6** 模块化混凝土结构计算模型的建立、必要的简化计算与处理，应符合结构的实际工作状态。

**A.0.7** 模块化混凝土结构计算可采用两阶段设计，即：

1 第一阶段：多遇地震作用下的内力和变形分析。假定结构与构件处于弹性工作状态，采用振型分解反应谱法进行计算。

2 第二阶段：罕遇地震下的弹塑性变形分析，宜采用时程分析法。

**A.0.8** 结构模块的连接节点应布置合理，便于施工安装；连接设计应构造合理、传力可靠，避免产生应力集中，且具有必要的延性，并应符合下列规定：

1 厚墙板竖向钢筋可采用套筒灌浆、浆锚搭接等技术连接，并应满足行业现行标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

2 结构模块间水平接缝可采用螺栓连接等干式连接形式，连接螺栓应采用高强螺栓，螺栓的承载力计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定，角部暗柱所需螺栓连接节点至少 3 个，洞口边暗柱所需螺栓连接节点至少 1 个。

3 结构模块间竖向接缝可采用螺栓连接等干式连接形式，连接螺栓应采用高强螺栓，螺栓的承载力计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定，单个竖缝所需螺栓连接节点至少 2 个。

4 采用不同连接形式时，连接钢筋或预埋件应在墙板中可靠锚固，预埋件的锚固破坏不宜先于连接件破坏，传力节点附近应当加密配筋或设置横向加强筋；

5 结构模块间采用干式连接时应针对不同设计状况下的节点承载力进行验算，节点的力学特性可由理论计算或试验方法获得。

**A.0.9** 模块墙板为外围护墙板时，模块间应进行保温防水处理，并应符合下列规定：

1 模块墙板采用结构保温一体化墙板时，模块间水平缝(图 A.0.9-1)和竖缝(图 A.0.9-2)应嵌入装配式建筑密封胶，其构造做法应满足防水、保温的要求。

2 模块墙板未采用结构保温一体化墙板时，模块间水平缝和竖缝的保温防水处理结合外围护系统的设计采取相应的构造措施。



图 A.0.9-1 外围护模块墙板水平缝保温防水构造示意图

1-上模块；2-下模块；3-集成一体化保温；4-发泡胶；5-防水密封胶；6-PE 棒；7-坐浆层



图 A.0.9-2 外围护模块墙板竖缝保温防水构造示意图

1-左模块；2-右模块；3-集成一体化保温；4-发泡胶；5-防水密封胶；6-PE 棒

**A.0.10** 结构模块生产应符合下列规定：

1 结构模块宜与设备管线、内装修集成生产。结构模块的生产应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定；设备管线、内装修系统的施工安装应符合国家现行有关标准的规定。

2 当结构模块和设备管线、内装修集成生产时，结构模块完成后，施工单位或监理单位代表应组织对模块进行验收，并形成验收记录。当结构模块生产出现严重缺陷时，应由生

产单位提出技术处理方案，并由施工单位或监理单位代表认可后进行处理；对裂缝或连接部位的严重缺陷及其他影响结构安全的严重缺陷，技术处理方案尚应经设计单位认可。对经处理的部位应重新验收。生产完成后，应对内部设备管线、内装修进行成品保护。

**3** 模块吊运时，应采用专用吊装架；吊点应设置于厚墙板或暗柱位置；应采取保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在垂直方向上重合的措施；当模块的墙、板开洞面积大时，应加固后方可吊装。

**A.0.11** 结构模块尺寸允许偏差及检验方法应符合表 A.0.11 的规定。

表 A.0.11 模块尺寸的允许偏差和检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
长度	模块楼板、模块圈梁	±5	尺量检查
	厚墙板、薄墙板	±4	
宽度、高 (厚)度	模块楼板、模块圈梁	±5	尺量一端及中部，取其中偏差绝对值较大处
	厚墙板、薄墙板	±3	
表面 平整度	模块楼板、模块圈梁、厚(薄)墙板内表面	5	2m 靠尺和塞尺检查
	厚(薄)墙板外表面	3	
构件 垂直度	厚墙板、薄墙板	5	经纬仪或吊线、尺量
侧向弯曲	模块楼板、模块圈梁	$L/750$ 且 $\leq 20$	拉线、直尺量测最大侧向弯曲处
	厚墙板、薄墙板	$L/1000$ 且 $\leq 20$	
翘曲	模块楼板	$L/750$	调平尺在两端量测
	厚墙板、薄墙板	$L/1000$	
对角线	模块楼板	10	尺量两个对角线
	厚墙板、薄墙板	5	
预留孔	中心线位置	5	尺量
	孔尺寸	±5	
预留洞	中心线位置	10	尺量
	洞口尺寸、深度	±10	
预埋件	预埋件锚板中心线位置	5	尺量
	预埋板与混凝土面平面高差	0, -5	
	预埋螺栓中心线位置	2	
	预埋螺栓外露长度	+10, -5	

	预埋套筒、螺母中心线位置	2	
	预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	±5	
	线管、电盒、木砖、吊环中心线位置	15	

注：1.  $L$  为构件长度（mm）；

2. 检查中心线、螺栓和孔道位置偏差时，应沿纵横两个方向量测，并取偏差较大值。

**A.0.12** 结构模块的质量证明文件应符合下列规定：

- 1 产品合格证。
- 2 模块结构质量检验报告。
- 3 当结构模块和设备管线、内装修集成生产时，尚应提供设备管线、内装修施工安装的质量检验报告。
- 4 合同要求的其他质量证明文件。

**A.0.13** 结构模块的外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用的尺寸偏差。

结构模块的外观质量缺陷要求应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中现浇结构外观质量的规定执行。

检查数量：全数检查

检查方法：进行观察并检查处理记录；当为建筑模块时，检查质量证明文件和处理记录。

**A.0.14** 模块建筑各层模块安装完成后，应对轴线、垂直度、标高等进行复核，主体安装的允许偏差应符合表 A.0.14 的规定。

表 A.0.14 模块主体安装的允许偏差

项目	允许偏差（mm）
模块底座中心线对定位轴线的偏移	±10
单层模块垂直度	±5
模块间竖缝净宽	±10
模块间板顶标高与设计标高之间高差	±10
模块间连接板顶水平度	$l/500$
主体结构整体平面挠度	$L/500$ ，且≤50
建筑整体垂直度	$\leq \frac{H}{2500} + 10$ ，且≤50

注：1  $l/500$  中  $l$  为模块间连接板测量方向边长；

2  $L/500$  中  $L$  为主体结构整体长度；

3  $H/2500$  中  $H$  为建筑整体高度。

# 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

- 《建筑门窗洞口尺寸协调要求》GB/T 30591  
《建筑门窗附框技术要求》GB/T 39866  
《建筑模数协调标准》GB/T 50002  
《建筑结构荷载规范》GB 50009  
《混凝土结构设计规范》GB 50010  
《建筑抗震设计规范》GB 50011  
《建筑设计防火规范》GB 50016  
《建筑物防雷设计规范》GB 50057  
《民用建筑隔声设计规范》GB 50118  
《民用建筑热工设计规范》GB 50176  
《公共建筑节能设计标准》GB 50189  
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204  
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300  
《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364  
《钢结构焊接规范》GB 50661  
《混凝土结构工程施工规范》GB 50666  
《钢结构工程施工规范》GB 50755  
《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231  
《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368  
《建筑环境通用规范》GB 55016  
《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1  
《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3  
《蒸压加气混凝土制品应用技术标准》JGJ/T 17  
《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18  
《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26  
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107  
《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T 157  
《建筑遮阳工程技术规范》JGJ 237  
《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355  
《温和地区居住建筑节能设计标准》JGJ 475  
《西藏自治区民用建筑节能技术标准》DB 54/T 0275

## 西藏自治区地方标准

# 高原装配式混凝土建筑技术标准

DBXX—XXXXX

## 条文说明

## 编制说明

西藏自治区地方标准《高原装配式混凝土建筑技术标准》经西藏自治区市场监督管理局 20XX 年 X 月 XX 日以第 XXX 号公告批准、发布。本标准在编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，对主要问题进行了反复讨论、协调，最终确定各项技术要求。

为了便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时正确理解和执行条文规定，《高原装配式混凝土建筑技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。



# 1 总则

1.0.1~1.0.3 《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》、国务院办公厅《关于大力发展装配式建筑的指导意见》（国办发〔2016〕71号）明确提出因地制宜发展装配式混凝土结构、钢结构和现代木结构等装配式建筑，装配式建筑已进入快速发展阶段。《西藏自治区人民政府办公厅关于推进高原装配式建筑发展的实施意见》（藏政办发〔2017〕143号）要求“坚持“政府引导、市场运作，因地制宜、循序渐进，产业支撑、创新驱动，文化引领、体现特色”的原则，稳慎推进高原装配式建筑发展…”《西藏自治区绿色建筑推广和管理方法》（西藏自治区人民政府令第176号）要求“推广应用装配式建筑，提高新型建筑工业化技术集成水平”。

为促进装配式混凝土建筑在西藏自治区的发展，将西藏自治区传统建筑的地域特色、民族特色和时代特色融入装配式混凝土建筑中，在国家现有标准和标准图集的基础上，结合自治区装配式混凝土建筑发展的实际情况，体现适合自治区自然环境、生态需求、技术发展水平的需求，编制本标准，规范高原装配式混凝土建筑的设计、生产、施工和验收等环节的应用技术。

西藏自治区有少部分9度区，本标准未涉及9度区相关内容，主要考虑9度区装配式混凝土结构技术尚无成熟经验，在9度区建造装配式建筑时尚需进行专项论证。

本标准适用于西藏自治区的装配式混凝土建筑的设计、生产、施工与验收。除执行本标准外，同时应符合现行国家、行业及西藏自治区地方标准的有关规定。相关国家、行业标准主要包括《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355等。西藏自治区现行相关标准包括《西藏自治区民用建筑节能设计标准》DB 54/T 0275、《西藏自治区绿色建筑设计标准》DBJ540002、《建筑工程隔震和减震技术规程》DB 54/T 0268等。

## 3 基本规定

**3.0.1** 装配式混凝土建筑四大系统的各类部品部件之间不是相互割裂的关系，而是相互联系的有机整体，如何将各类部品部件组装成为一个整体的建筑，通过系统集成的理念统筹各专业之间的协同是必要的。系统集成不仅要考虑四大系统内部各自部品部件之间的协调，还需要考虑系统之间相关部品部件之间的协调，只有通过一体化集成的设计，才能保证最终形成的整体建筑满足安全、适用的性能目标。

装配式混凝土建筑是一个系统性建造过程，与施工组织设计密切相关，比如部品部件生产、运输、存放及吊装施工条件等，就要求建筑设计与相关生产和施工的工序、工艺等密切配合。部品部件在工厂生产，现场安装，采用工业化建造的思维使得设计、生产、施工等过程有效衔接，可提高效率、提升质量，保证生产、施工顺利实施。

**3.0.2** 装配式混凝土建筑与现浇混凝土建筑的建造方式不同，其技术策划对项目的顺利实施发挥着重要作用。

西藏自治区具有高海拔、高寒冷、高烈度地震及生态脆弱等“三高一脆”特点，工程建设受到恶劣自然环境的制约，同时在工程建设过程中还应考虑资源消耗、环境影响的问题。项目实施初期应结合项目需求、西藏自治区气候条件和产业布局等因素，制定涵盖质量、效率、资源消耗、环境影响和成本等多维度的目标，应围绕实现高质量、高效率、低资源消耗和低环境影响进行目标的制定。

装配式混凝土建筑应在技术策划阶段进行前期方案策划及经济性分析，对规划设计、部品生产和施工建造各个环节统筹安排。

建筑工业化基地的建设投资大、周期长、选址要求高，预制构件厂属于区域性产业，供应辐射距离有限。装配式混凝土建筑在进行技术策划时，应首先考察项目周边预制构件生产企业的分布情况，在满足质量和进度要求的情况下，优先选择距离较近的生产企业。当项目所在地周边 200 公里以内有预制构件生产企业，并能满足项目预制构件生产需求且运输路线畅通时，宜选择工厂生产运输至现场的方案。当项目周边 200 公里以内均无预制构件生产企业时，可选择较远距离的预制构件企业或采用移动式预制构件生产方式，具体需考虑预制构件特点及运输成本对项目的影 响；结合西藏自治区自身特点，优先推荐采用移动式预制构件生产方式。移动式预制构件加工厂可结合项目实际情况规划落成，既能满足项目构件供应的需求，又能降低构件运输的成本。

**3.0.3** 本条阐述了装配式混凝土建筑设计的基本原则，强调了装配式混凝土建筑设计应符合建筑全寿命期可持续发展原则，除应满足建筑体系化、设计标准化、生产工厂化、施工装配化、装修部品化和管 理信息化等全产业链工业化生产的要求外，还应满足建筑全寿命期运维等方面的要求。

建筑材料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和生活环境。

装配式混凝土建筑所选用的部品部件，应该具备完善的技术体系，即其产品性能指标明确，对应的

设计方法完备，能够保证所组成的建筑达到预定的性能目标。同时所选产品应配备明确的安装方法，并提供或指定安装配件的型号，专用的安装配件在采购产品时应该和产品同时提供。

**3.0.5** 据报道，西藏自治区生态环境的红利不断释放，已建、在建清洁能源装机达到 2400 万千瓦，西藏自治区清洁能源资源得天独厚，水能、太阳能、风能、地热资源综合居全国第一，其中仅太阳能的技术开发量在 98 亿千瓦以上，未来也是中国清洁能源的重要基地。西藏自治区的装配式建筑宜充分考虑与这些清洁能源的结合，并应该进行一体化设计。

**3.0.6** 建筑信息模型 BIM（Building Information Modelling）是以三维数字技术为基础，集成建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型。装配式混凝土建筑需要考虑四大系统，以及部品部件之间的协同，具有一定的复杂性，需要精细化的设计和施工来保证功能的实现。借助 BIM 技术，可以实现装配式建筑各专业间的协同配合，将设计信息与生产制作、运输、安装和运营维护等环节有效衔接，保证建筑全生命周期各阶段的工程性能、质量、安全、进度和成本的集成化管理。

## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

#### 4.1 一般规定

**4.1.1** 建筑设计首先应满足建筑的使用功能要求，并符合建筑防火、安全、保温、隔热、隔声、防水、采光等建筑物理性能要求。在建筑的风貌设计中，应符合上位规划的规定，并应与当地的自然环境、人文环境相适应、相融合；在采用藏式风格时，应尊重传统习俗，保护和延续传统文化、传统建筑风貌。

西藏自治区各地自然条件差异很大，具有“高海拔、高寒冷、高烈度地震及生态脆弱”的特点，气候分区包含严寒和寒冷地区、温和地区，各建筑项目应从分析建筑项目所在地区的气候条件出发，根据项目的具体情况，将建筑设计与自然条件、人文环境相结合，创造出适合西藏自治区高原气候环境，富有民族传统特色的安全、绿色、宜居、智慧、创新的优秀建筑。

**4.1.2** 装配式混凝土建筑是由结构、外围护、设备与管线、内装修四大系统组成，是将预制部品部件通过模数协调、模块组合、接口连接、节点构造和施工工法等集成装配而成的。

装配式建筑的设计应由建筑专业牵头协同结构、机电、内装修等相关专业，综合考虑建筑功能、性能和内外制约因素，通过专业性设计协同实现集成技术应用。

**4.1.5** 严寒和寒冷地区建筑体形应规整紧凑、造型简约，避免过多的凹凸变化，尽可能减少外围护结构面积，以减少建筑外围护结构散热面积，进而减少冬季采暖能耗。建筑设计时，应综合考虑本地区的气候条件，包括冬季和夏季太阳辐射强度、风环境等，结合不同类型建筑造型需要，确定建筑体形系数、窗墙面积比和围护结构构造等，以达到节能的目的。

**4.1.7** 位于严寒寒冷地区的建筑，在当地冬季主导风方向，应尽量封闭遮挡，以避免寒风进入建筑内部；位于温和地区的建筑，在夏季风主导方向，可考虑适当开敞，以促进建筑的自然通风换气。

### 4.2 标准化设计

**4.2.1** 装配式混凝土建筑应采用标准化和通用化部品部件，实现建筑结构主体、外围护系统、内装系统和设备与管线系统等相互间的模数协调，并为部品部件工厂化生产和装配化施工安装创造条件。

标准化和通用化的基础是模数化，模数协调的目的是实现建筑部品部件的通用性和互换性，使规格化、通用化的部品部件适用于各类常规建筑，满足各种要求。同时，大批量的规格化、定型化部品部件的生产可稳定质量，降低成本。通用化部品部件所具有的互换能力，可促进市场的竞争和部品部件生产水平的提高。

装配式混凝土建筑优先选用通用性强、具有系列化尺寸的开间、进深和层高等建筑结构尺寸。考虑

经济性与多样性，建筑应根据经验选择优先尺寸数列。

**4.2.2** 部品部件定位主要依据部件基准面(线)、安装基准面(线)的所在位置决定，基准面(线)的位置确定可采用中心线定位法、界面定位法或以上两种方法的混合。

对于框架结构体系，宜采用中心定位法。结构框架一般宜采用中心定位法；当隔墙的一侧或两侧要求模数空间时宜采用界面定位法。住宅建筑集成式厨房和集成式卫生间的内装部品(厨具橱柜、洁具、固定家具等)、公共建筑的集成式隔断空间、模块化吊顶空间等，宜采用界面定位方式；其他空间的部品可采用中心定位来控制。门窗、阳台栏杆、百叶等外围护部品，应采用模数化的工业产品，并与门窗洞口、预埋节点等的模数规则相协调，宜采用界面定位。

**4.2.3** 模块是复杂产品标准化的高级形式，其基本原则就是以标准化的模块形成多样化的系列组合，即用形式和尺寸数目较少、经济合理的低层级模块，构成多样化的高层级模块。

**4.2.4** 对于装配式混凝土建筑而言，根据建筑空间的功能划分不同可以分为不同的功能模块，即为最基本的模块，功能模块包括功能空间的尺寸以及满足功能需求的部品布置等；交通核模块包括楼梯间、电梯间、公共管道井及公共走道等，住宅套内空间的功能模块包括起居室、卧室、门厅、厨房、卫生间等。

楼电梯间、公共管井是建筑中最可能实现标准化的空间，同一项目中，这些功能模块的开间、进深净尺寸应统一。住宅的厨房和卫生间空间狭小、设备管线集中、部品数量多，设计和装配难度高，在进建筑设计时，有水功能空间模块应集中设置。卫生间、厨房等功能空间应根据户型需求优先确定厨卫的技术方案，确定产品规格尺寸，建立系列化、标准化的功能模块。

**4.2.5** 预制结构部件和内装部品的重复使用率是项目标准化程度的重要指标。装配式混凝土建筑应以“少规格、多组合”的原则进行设计，建筑的基本单元、部件部品应重复使用率高、规格少、组合多。通过建造集成体系通用化、建筑参数模数化和规格化、功能模块定型化和系列化及部件部品通用化，实现规模化、工厂化生产，实现标准化、集约化施工安装，保证质量的同时并可提供多样化的建筑产品。装配式混凝土建筑的模数协调涉及生产、运输、施工、安装及其运维等以工业化生产建造为主的环节，部件和部品应符合模数和优先尺寸的生产建造要求，做到部件部品设计、生产和安装等相互间尺寸协调。

**4.2.6** 标准化接口便于实现部品部件的互换和更新。

## 4.3 平面和空间

**4.3.1** 西藏自治区各地自然条件差异很大，气候分区包含严寒和寒冷地区、温和地区，各区域海拔高度也不尽相同。设计时，应综合考虑不同气候区和不同地势，在满足日照、通风、采光、防灾等的设计要求基础上进行建筑的布局设计。

**4.3.2** 平面设计的规则性有利于结构的安全，符合建筑抗震设计规范的要求，同时也可以减少部品部件的类型，降低生产安装的难度，有利于经济的合理性。平面形状特别不规则的建筑会出现各种非标准化的构件，且在地震作用下内力分布较复杂，不适宜采用装配式结构。同时，建筑体形规整紧凑、造型

简约，有利于减少建筑外围护系统的散热面积，进而减少冬季采暖能耗，达到节能的目的。选用规则的形体，也便于工厂化、集约化生产加工，提高工程质量，并降低工程造价。

**4.3.3** 大空间的布置方式指一个结构开间中包含两个或多个建筑功能空间的布置方式，这种布置方式可以提高空间的灵活性与可变性，满足功能空间的多样化使用需求，有利于减少部件部品的种类，提高生产和施工效率，节约造价。装配式混凝土建筑的大空间，可利用各类轻质隔墙灵活分割，布置形成多变的使用功能空间，在建筑的全生命周期内也可根据使用功能的变化，灵活改变隔墙的位置，在不破坏主体结构的情况下适应新功能的需求。

**4.3.5** 门窗洞口的开设应满足结构计算的要求，上下对齐，规整有序。同时，洞口尺寸规整既有利于门窗的标准化加工生产，又有利于墙板的尺寸统一和减少规格。

**4.3.6** 西藏自治区的住宅建筑主要通过南向窗户进行采光采暖，高原大部分地区海拔较高，昼夜温差大，日照丰富，房屋南北向的温差也大。调研显示，西藏自治区的大部分建筑都是南北向布置，办公室、卧室、教室、宿舍、病房等人员长期停留的房间宜布置在南侧，走道、电梯、卫生间、设备房等一般布置在北侧。根据相关研究表明，高原地区冬季对太阳辐射热的利用与南向窗的大小和外窗的保温性能有关。南向窗墙面积比越大，建筑对太阳辐射热利用效率越高，采暖能耗越低；南向外窗保温性能越高，对太阳辐射热利用效率越低，采用双层窗，外层窗可提高太阳得热系数，内层窗可提高保温性能，通过昼夜对内层窗的启闭，实现太阳辐射热和采暖的差异化利用。

**4.3.7** 民居建筑的设计应在满足基本使用功能的基础上，尽可能的符合当地居民的生活习惯，尤其是村镇建设中的低层装配式建筑，民族生活习俗保持较好，建筑的房间面积和空间布局、家具布置等应尽可能符合当地居民的生活习惯。

传统的藏式家具主要有藏箱、藏柜和藏桌三大类，形式简单，形态为正方形或长方形，没有固定的尺寸和比例。藏式家具没有传统意义上的床铺和椅凳，一般家庭都是靠窗沿墙摆着一圈“卡垫”，形成马蹄形的环绕形式，或沿两面墙摆成直角形，在拐角处或马蹄形中间安放一张藏桌，供家人或客人围坐喝茶吃饭。“卡垫”的尺寸一般为1.88m×0.88m，设计藏式民居和室内装修时可以借鉴参考。

## 4.4 立面和外墙

**4.4.2、4.4.3** 数量比较大、可以标准化的立面装饰构件，以及一些复杂造型的立面装饰构件，可以在工厂制作完成，实现装配式建造和传统建筑风格的统一。

预制外墙板应结合外立面分格、饰面颜色与材料质感等细部设计进行排列组合，实现装配式混凝土建筑特有的形体简洁、工艺精致、工业化属性的立面效果。根据装配式建造方式的特点，在满足正常通风采光的基础上，减少门窗类型，统一尺寸规格，形成标准化门窗构件。同时，可以适度调节门窗位置和饰面色彩等，结合不同的排列方式与窗框分格样式可增强门窗围护系统的韵律感，达到丰富立面效果。

**4.4.7** 藏式建筑历史悠久，经过漫长的历史文化交融，创造了灿烂的建筑文化，藏式建筑在形体、颜色和装饰等各方面都具有独特的风格。装配式建筑采用藏式风格设计时需结合地域特征，充分考虑当地

民俗和生活习惯，将西藏自治区传统建筑的地域特色、民族特色和时代特色融入装配式建筑中。

设计时可适当选取传统藏式建筑风貌元素，提取色彩、细部装饰或墙体肌理的建筑元素，通过点、线、面相结合，在建筑的高低错落、色块的疏密有致、色彩的相互呼应中形成种节奏感和韵律感，与现代建筑工艺相融合，形成丰富多样的立面效果。建筑外立面主要色彩宜以白色为主，黑色、红色等宜在建筑檐口、女儿墙、门楣、窗楣等部位使用。建筑外立面窗宜采用小形制窗，宜采取措施体现深窗洞小窗口的藏式风格特征，并以窗的高低变化形成多样化立面。门套、窗套、门楣、窗楣等构件宜参考传统建筑比例进行设计，门窗套宜采用牛角、牛脸等传统建筑门窗套形式。建筑檐口宜采用构件式檐口和格栅式檐口，色彩与墙面宜形成强烈对比。

**4.4.8** 传统的藏式建筑根据当地自然条件和建造工艺，一般采用收分墙体和柱网结构，这种建筑方式让藏式建筑更加坚固耐用。当装配式混凝土建筑造型设计需要设计为收分墙体时，预制混凝土构件不能实现标准化，可采用外装修实现造型需求。

**4.4.9** 西藏自治区各地气候环境、文化习俗、生活习惯差异很大，应根据具体情况确定建筑风貌。

新建民居建筑风貌应与周边环境相融合，立面设计宜采用所在区域的传统藏式民居建筑元素。传统民居中拉萨、日喀则和山南等地的民居大致属于同一个类型，绝大多数为平房；藏东南地区气候温和、湿润，雨水充沛，多为林区，民居中常以坡屋顶为主。因此，在屋面形式的设计中，多雨地区多采用坡屋面，少雨干旱地区多采用平屋面；外墙面建筑色调多为白色、黄色、灰色与绛红色、黑色相结合。

## 5 结构系统设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本章在国家现行标准的基础上结合西藏自治区装配式混凝土结构的技术应用现状进行编制，编制中主要以《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 等标准为基础，因此本条提出未作规定的，应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 等标准的有关规定。在进行装配式混凝土结构设计时，若本章提出的要求与上述标准不同时，按本章执行；同一情况上述标准提供的做法有多种而本章提供做法少或仅有一种时，按本章执行；本标准未表述的情况按上述标准执行。

**5.1.2** 本标准适用的装配式混凝土结构类型包括装配整体式框架结构、装配整体式框架-现浇剪力墙结构、装配整体式框架-现浇核心筒结构、装配整体式剪力墙结构、装配式混凝土墙板结构、模块化混凝土结构。其中装配整体式框架结构指预制柱纵向钢筋采用套筒灌浆连接(层数较低时也可采用机械连接)，框架梁采用叠合梁，节点通过后浇混凝土连接的装配式框架结构；装配整体式剪力墙结构包括竖向钢筋采用套筒灌浆连接、浆锚连接的剪力墙结构，也包括可以保证结构安全性能的装配式叠合剪力墙结构；装配式混凝土墙板结构、模块化混凝土结构适用于低多层建筑。

针对装配式整体式剪力墙结构的适用高度，本标准不再区分预制剪力墙构件底部承担总剪力的多少，统一给出了最大适用高度。抗震设防烈度为 8 度(0.2g)时，为限制出现抗震等级为一级的预制剪力墙构件，本标准将其适用高度降为 70m。近年来，我国各地研发多种叠合式剪力墙结构，经试验研究证明这种结构的抗震性能符合结构安全要求，且多采用钢筋搭接的技术，降低了施工的难度，可以在西藏自治区使用。同时，很多地方和团体标准对于叠合剪力墙结构的适用高度进行了大量研究，且进行了工程应用，突破了《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 附录 A 的规定，本标准将这类结构的适用高度与采用套筒灌浆连接装配整体式剪力墙结构列为一致，在选用这类型做法时，应优先选择经过试验论证、编制了相关地方、团体标准的技术体系，必要时可进行专项论证。

**5.1.4** 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，择优选用规则形体。

现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 对装配式混凝土结构的平面布置给出了具体的规定，同时提出不应采用严重不规则的平面布置，本条直接引用了其要求。对于竖向不规则的要求，本条要求不应采用竖向不规则的形体，即不应出现现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中竖向不规则的类型。

**5.1.5** 装配整体式混凝土结构指本标准表 5.1.2 中所列的装配整体式框架结构、装配整体式框架-现浇剪力墙结构、装配整体式框架-现浇核心筒结构、装配整体式剪力墙结构，其抗震等级按现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 执行。



**5.1.6** 专项论证应根据实际结构类型、节点连接形式和预制构件形式及构造等，选取合理的结构计算模型，并采取相应的加强措施。必要时，应采取试验方法对结构性能进行补充研究。

**5.1.7** 高层建筑装配整体式剪力墙结构的底部加强部位是结构抵抗罕遇地震的关键部位。弹塑性分析和实际震害均表明，底部墙肢的损伤往往较上部墙肢严重，因此对底部墙肢的延性和耗能能力的要求较上部墙肢高。装配整体式剪力墙结构对性能目标的保障不仅仅在于设计，对生产、施工的要求同样非常重要，装配整体式剪力墙结构连接钢筋多，要求构件生产、施工安装的质量高于现浇混凝土结构，鉴于西藏自治区采用装配整体式混凝土剪力墙结构的工程经验较少，本标准提出高层建筑剪力墙结构的底部加强部位的竖向构件应采用现浇混凝土。

**5.1.8** 应特别注意预制构件在短暂设计状况下的承载能力的验算，对预制构件在脱模、翻转、起吊、运输、堆放、安装等生产和施工过程中的安全性进行分析。这主要是 1) 由于在制作、施工安装阶段的荷载、受力状态和计算模式经常与使用阶段不同；2) 预制构件的混凝土强度等级在此阶段尚未达到设计强度。因此，许多预制构件的截面及配筋设计，不是使用阶段的设计计算起控制作用，而经常是此阶段的设计计算起控制作用。

在短暂设计状况下，构件截面验算的控制指标包括承载力、裂缝宽度、截面边缘最大混凝土应力等，应根据家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 中的有关规定进行验算。

**5.1.9** 本条参考《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第 6.3.3 条，风荷载或多遇地震作用下，结构层间位移控制主要防止墙体损伤及接缝开合过大，由于结构构件在定位与加工中有一定水平误差，引起荷载偏心作用，地震中水平缝滑移或竖缝失效会加剧该偏心作用，为降低偏心作用引起的倒塌风险，严格规定弹性层间位移角限值，参考多层装配式剪力墙结构的限值，取 1/1200。

**5.1.10** 模块化混凝土结构层数较低，结构变形以剪切型为主，且主要集中于接缝部位，故阻尼比取值可略低于现浇混凝土结构。多遇地震下，结构变形较小，当模块间节点采用湿式连接时，结构阻尼比可取 0.05，当采用干式连接时，结构阻尼比可取 0.04。设防和罕遇地震下，结构变形较大，结构阻尼比可取 0.04。

## 5.2 框架结构

**5.2.1** 本条款参照《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第 7.1.2 条及近年来国内的实践经验制定。套筒灌浆连接方式在日本和欧美等发达国家应用普遍我国也开展了较为系统的试验研究，并形成较为完善的产品体系与技术规程。当结构层数较多时，柱的纵向钢筋采用套筒灌浆连接可保证结构的安全。对于低层框架结构，柱的纵向钢筋连接也可以采用一些相对简单及造价较低的方法。

本条未将浆锚搭接方式纳入，主要是考虑两方面原因，一是浆锚搭接方式对混凝土浇筑质量要求比较严格，试验表明，当出现浇筑缺陷时，构件的耗能性能随缺陷的增加而逐渐下降，当缺陷达到一定程度时，会大幅降低构件的耗能性能，降低其抗震能力；另外本章预制柱纵向钢筋直径不应小于 20mm，

《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 第 6.5.4 条规定直径 20mm 以上的钢筋不适用浆锚搭接的连接形式。

**5.2.2** 本条参照《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 第 5.6.3 条制定，出于施工安装便捷性的考虑，本条提出宜采用大直径、少根数的配筋方案，以避免梁柱钢筋位置冲突。同时本条提出框架梁、柱中心线宜重合，结合采用柱纵向钢筋宜采用四角集中布置的方式，可大幅减少梁下部纵向钢筋与柱纵向钢筋之间位置冲突的问题。对于梁柱中心线不能重合时，提出梁柱外边缘距离不宜小于 50mm，有利于梁与柱纵向钢筋直径的避让。

本条也提出框架梁、柱的纵向受力钢筋应根据梁柱相对位置进行合理排布，这对于装配整体式框架结构的施工尤为重要，也是设计前端应考虑施工操作可行性的重要要求。

**5.2.3** 相比传统现浇混凝土框架结构设计，装配整体式框架结构中梁、柱截面应在结构计算满足要求的基础上进行截面的二次调整，即根据梁、柱实配钢筋进行避让排布，再次确定梁柱截面，本款提出“梁底钢筋宜单排布置”，是出于安装便捷性考虑，可优先选择高强度钢筋或增大截面的方式，减少伸入柱中锚固钢筋的数量；当采用弯折锚固时，给出钢筋净间距建议值，比《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 “梁下部钢筋净间距不应小于 25mm 和钢筋直径”的要求大，主要考虑叠合梁安装时节点区钢筋需交错避让，安装难度大，调整钢筋净间距可方便安装，并确保节点区混凝土浇筑的质量，同时也可减少因钢筋避让造成的对梁柱截面反复调整和计算的工作量。

梁、柱构件截面调整可参照以下步骤进行：

- 1) 根据荷载跨度初步确定梁柱截面；
- 2) 建模计算；
- 3) 选择典型梁柱节点配筋；
- 4) 调整梁宽，尽量满足下部纵筋单排布置，且需提前确定梁纵筋锚固形式，确定钢筋净间距；
- 5) 调整梁高；
- 6) 柱钢筋排布，并进行各方向梁柱节点区钢筋避让排布；
- 7) 调整柱截面，满足柱截面不小于 1.5 倍梁宽；
- 8) 调整后的梁柱截面重新建模计算，最终确定梁、柱截面。

**5.2.4** 本条款参照《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 第 7.3.2 条制定，采用叠合梁时，在施工条件允许的情况下，箍筋宜采用闭口箍筋。当采用闭口箍筋不便安装上部纵筋时，可采用组合封闭箍筋，即开口箍筋加箍筋帽的形式。本条中规定箍筋帽两端均采用 135° 弯钩。由于对封闭组合箍的研究尚不够完善，因此在抗震等级为一、二级的叠合框架梁梁端加密区中不建议采用。

本条参考了上海市工程建设规范《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ 08-2154-2014 的要求，补充规定了箍筋弯钩位置宜设置在预制梁中的规定，更有利于现场梁上部纵筋布置。另外补充规定了开口箍的箍筋帽在加工时一端可做成 90° 弯钩，就位后弯折成 135°，也是出于现场施工安装便捷性的考虑。叠合层高度设计应考虑采用箍筋帽封闭开口箍时，箍筋弯钩与预制梁碰撞的情况：若箍筋直径为

12mm 时，采用 150mm 高度的叠合层，箍筋帽安装会比较困难；若箍筋直径大于或等于 14mm 时，框架梁叠合层厚度设计应高于 150mm，否则箍筋弯钩会与预制梁发生碰撞。

**5.2.5** 本条参照《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 第 7.3.8 条及《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 第 5.6.5 条制定，结合近年来框架节点施工的工程经验，并参照国家标准设计图集《装配式混凝土结构连接节点构造（框架）》20G310-3 的做法，对梁柱节点锚固方式进行了补充和调整，主要推荐采用锚固板锚固的方法，便于施工安装。其中图 5.2.5-4 节点对角线正截面承载力计算假定与计算方法可参照国家标准设计图集《装配式混凝土结构连接节点构造》20G310-3 附录 A 的相关规定。

### 5.3 装配整体式剪力墙结构

**5.3.1** 短肢剪力墙既不利于抗震，也不利于装配式剪力墙结构的生产和施工。短肢墙中，过多的边缘构件会造成安装的复杂，成本的提升，装配率的下降等诸多不利因素。在结构平面布置时，剪力墙宜结合外墙及分户墙集中布置，避免短肢墙。

具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构指，在规定水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩的 30% 剪力墙结构。

**5.3.2** 装配整体式剪力墙结构是我国高层住宅中采用较多的结构形式，是由预制构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。其主要的抗侧力构件为预制混凝土剪力墙，按位置可分为外墙板和内墙板。预制剪力墙之间后浇混凝土段通常结合剪力墙结构边缘构件设置，可为 L 型、T 型、一字型和十字型等。

预制混凝土外墙板宽度方向尺寸应结合建筑开间进行选型，宜以 1 个或 2 个开间尺寸作为墙板的标志尺寸。在确定墙板宽度方向制作尺寸时，首先应确定竖缝的后浇混凝土段尺寸。后浇段可以是约束边缘构件部位、构造边缘构件部位或非边缘构件后浇段；后浇段尺寸应满足墙板水平钢筋连接的需求，设计人员首先应确定预制墙板外伸钢筋形式及其连接做法，再根据预制墙板水平钢筋直径确定最小连接长度以及后浇段所需的最小尺寸；然后，设计人员应根据标准化预制墙板的构件宽度在最小尺寸的基础上进一步调整后浇段尺寸，以实现预制墙板尺寸标准化设计。总之，设计人员应统筹考虑预制墙板构件的模数化和后浇节点的标准化，灵活、合理地确定后浇段的选用位置及形式以保证标准化预制墙板的设计应用。

预制外墙板高度方向标志尺寸即为建筑层高。墙板高度方向制作尺寸主要根据建筑层高和预制剪力墙板水平缝连接节点确定。以灌浆套筒钢筋连接剪力墙为例，墙板高度方向制作尺寸应考虑楼板厚度、叠合板预制底板与墙板预留缝隙、灌浆缝等尺寸的影响，当设置外挑的阳台或空调板等构件时，尚需要考虑外挑构件板厚的影响。

**5.3.3** 预制外墙板需要与结构性能、建筑性能、构件生产、建造技术和门窗使用要求等相结合。预制夹心保温外墙板就是集合这些需求的一项综合性的技术，除了具有满足结构安全性能和建筑节能的要求、

提高建筑质量和耐久性能、丰富建筑立面表达等作用外，还可以有效地实现施工提效、减少施工现场废弃物的数量以及降低环境污染等目标，解决了当前外墙外保温的诸多问题，适合在西藏自治区推广应用。

**5.3.4** 对于楼层内相邻预制剪力墙之间的整体式接缝连接，本条推荐采用预制剪力墙端部外伸环形封闭钢筋，通过附加环形连接钢筋连接，竖向钢筋建议采用Ⅰ级钢筋机械连接接头连接，同时竖向钢筋连接位置应该考虑机械连接接头操作空间的要求，下层竖向钢筋伸出尺寸应考虑对附加环形连接钢筋就位的影响，不宜过长。

**5.3.4** 预制剪力墙窗洞下墙体可与下层连梁设计为整体连梁，也可与下层连梁设计为双连梁，这两种做法在生产或施工中均较为复杂，本条提出了预制剪力墙窗洞下墙体按填充墙设计的做法。

## 5.4 装配式混凝土墙板结构

**5.4.1** 本节内容主要针对丙类装配式混凝土墙板结构，本条参考《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第 9.1.2 条。

**5.4.2** 本条参考团体标准《装配式多层混凝土结构技术规程》T/CECS 604-2019 提出装配式混凝土墙板结构采用纵横墙共同承重，并规定了承重墙的间距，主要为了保证结构的均匀性和整体性。

**5.4.3** 本条规定了装配式混凝土墙板结构整体计算和分析应采用的模型，装配式混凝土墙板结构可采用干式连接或湿式连接，不同的连接其刚度、破坏模式存在差异，应根据实际构造和受力特性进行模拟。

**5.4.6~5.4.7** 国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1，以及团体标准《装配式多层混凝土结构技术规程》CECS 604、《低多层螺栓拼接装配式混凝土墙板建筑技术规程》T/CECS 1408 等针对装配式混凝土墙板结构水平接缝、竖向接缝的提出了多种连接方式，并给出了具体的设计和构造要求，本标准仅给出了装配式混凝土墙板结构的选型要求，具体设计可参考相关标准。

## 5.5 楼盖设计

**5.5.1** 本条参考《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第 9.1.4 条。调研显示西藏自治区低层装配式混凝土结构楼板多采用钢筋桁架楼承板，并采用了内保温的做法，因此推荐采用集成结构、保温、隔声的一体化产品。

**5.5.3** 西藏自治区大多数区域由于施工周期相对较短，对 3 层以下的建筑，为简化施工，减少现场湿作业，各层楼面也可采用全预制楼板。全预制楼板可采用预应力空心板等，其板端及侧向板缝应采取各项有效措施，使预制楼板在其平面内形成整体，保证其整体刚度，并应与竖向构件可靠连接，在搁置长度范围内空腔应用细石混凝土填实。

**5.5.4** 采用密拼式整体接缝构造的预制底板板侧不出筋，大幅降低了预制底板的生产难度，并减少了现场后浇带模板，大幅提高了施工效率，适合在西藏自治区推广应用。本条中关于密拼式整体接缝的构

造来源于《钢筋桁架混凝土叠合板应用技术规程》T/CECS 715-2020，相关计算要求可参照该规程。

**5.5.5** 楼盖结构技术体系选型时，应优先考虑采用厚板，少设置或不设置次梁，这是因为设置次梁构件时，不可避免会对周边的支承构件产生影响，比如剪力墙平面外设梁时，剪力墙板构件需要设置槽口，框架梁上设次梁时，框架梁构件需要设置槽口，这些做法对生产、施工均增加了难度。跨度较大时，采用预应力楼盖等方式能够减少次梁的设置。当设置次梁时推荐采用铰接的方式，如企口连接或钢企口连接的形式。也可采用钢梁。当需要设置相互交叉的主次梁时，主梁高度与次梁高度差宜不小于 100mm。

## 6 外围护系统设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 外围护系统应根据西藏自治区的气候条件、建筑使用功能等综合确定抗风性能、抗震性能、耐撞击性能、防火性能、水密性能、气密性能、隔声性能、热工性能和耐久性能等要求，屋面系统还应满足结构性能要求。

外围护系统的材料种类多种多样，施工工艺和节点构造也不尽相同，在集成设计时，外围护系统应根据不同材料特性、施工工艺和节点构造特点明确具体的性能要求。性能要求主要包括安全性、功能性和耐久性等，同时屋面系统还应增加结构性能要求。

**6.1.2** 本条规定了在设计中应包含的主要内容，明确了外围护系统的设计要求：

1 屋面围护系统与主体结构、屋架与屋面板的支承要求，以及屋面上放置重物的加强措施；  
2 外墙围护系统的构造节点是影响外墙围护系统整体性能的关键点；外墙围护系统的构造节点包含外墙板连接、幕墙连接、接缝及外门窗洞等。

3 附属设施包括空调室外及室内机、遮阳装置、太阳能设施、雨水收集装置及绿化设施等。

**6.1.3** 建筑非透光围护结构的热工性能要求主要从节能和消除结露两个方面进行约束。随着国内节能设计标准的逐步提高，一般情况下，符合节能要求的建筑围护结构应能够保证冬季供暖期的内表面温度大于室内空气的露点温度，即：

$$\Delta t \leq t_i - t_d$$

式中， $\Delta t$ ：非透光围护结构的内表面温度与室内空气温度的温差， $t_i$ ：室内空气温度， $t_d$ ：室内空气的露点温度。内表面温度的计算方法应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的要求。

在基本热舒适条件下，围护结构不同部位与室内空气温度的温差限值的确定参照了美国采暖制冷与空调工程师学会（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE）《人类居住的热环境条件》（Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE 55-2020）的相关规定。

当冬季室外计算温度 $t_e$ 低于 $0.9^\circ\text{C}$ 时，应对外围护系统进行内表面结露验算。外围护系统防潮设计应遵循下列基本原则：

- 1 室内空气湿度不宜过高。
- 2 地面、外墙表面温度不宜过低。
- 3 可在外围护系统的高温侧设隔汽层。
- 4 可采用具有吸湿、解湿等调节空气湿度功能的围护材料。

5 应合理设置保温层，防止外围护系统内部冷凝。

6 与室外雨水或土壤接触的部位宜设置防水（潮）层。

**6.1.4** 外围护系统中预制构件上为管线、设备及其吊挂配件预留的孔洞、沟槽宜选择对构件受力影响最小的部位，并确保受力钢筋不受破坏，当条件受限无法满足上述要求时，建筑和结构专业应采取相应的处理措施。设计过程中设备专业应与建筑和结构专业密切沟通，防止遗漏，以避免后期对预制构件凿剔。

对执行较高节能标准的建筑，其外围护系统墙体上的开关、插座、线管、电箱等应进行气密性和绝热处理。

**6.1.5** 高分子材料（Polymer materials）也称为聚合物材料，是以高分子化合物为基体，再配有其他添加剂（助剂）所构成的材料。装配式混凝土建筑的外围护系统中使用的高分子材料主要包括：塑料、橡胶、纤维、粘合剂、涂料和密封材料等。

西藏自治区太阳辐射强烈，造成高分子材料易出现粉化、龟裂、变形、变色、失光、剥落等老化现象，且影响材料的机械性能及使用寿命；冬季气温低，材料变硬变脆，温差大也容易造成冷凝水积聚；风沙大，容易造成涂层剥落及表面磨损；此外，高原地区有结霜、结冰、凝露、冻土、部分地区有盐湖条件。

西藏自治区高分子材料在装配式混凝土建筑的围护系统中应用，应符合现行国家标准《特殊环境条件 环境试验方法 第3部分 人工模拟试验方法及导则 高分子材料》GB/T 20643.3的有关规定。

**6.1.6** 屋面热桥一般出现在女儿墙、檐沟和天沟、水落口、出屋面管线/井、天窗、设备基础和出屋面楼电梯间部位。严寒和寒冷地区的屋面热桥，对于屋面保温效果、室内舒适度和建筑能耗影响较大，应按设计要求采取隔断热桥的措施，宜采用保温材料将外凸构件全包覆或与主体结构局部断开的方式，保证热桥部位的内表面温度不低于室内空气的露点温度。

## 6.2 外墙设计

**6.2.1** 本条中外墙主要指墙身部分。基层墙指起到围护功能的墙体；功能层指外墙中设置的保温层、防水层等，在某些区域可能不设置功能层；装饰层指展现外立面效果的建筑面层做法。

本条所述一体化方案和组合式方案具体定义如下：

### 1 一体化方案：

指集成了基层墙、功能层和装饰层为一体的墙板类部品部件，如预制混凝土夹心墙板等。这里也特别指出装饰层若采用简单涂料饰面的方式时，在本标准中也视为一体化产品方案。一体化方案强调采用一类部品部件吊装与主体结构连接之后，仅需要进行少量板缝的处理即可完成墙身部分的围护功能。

对于门窗部品可与墙板部品部件一并集成预制，也可现场安装。

相关接口构造指墙板部品部件与主体结构的连接、板缝的防水密封处理构造、门窗部品与墙板之间

的接口等。

该类外墙围护产品方案包括但不限于下列方案：

(1) 集成装饰面层并兼有保温功能的墙板（用于有保温要求的区域），这类部品部件如预制混凝土夹心墙板、兼有保温功能的轻质材料墙板等。特别说明条板类产品吊装之前集成为整块板（集成功能层、装饰层或现场涂料装饰）的方式属于一体化方案，现场拼装的方案属于组合式方案。

(2) 兼有保温功能的墙板+涂料饰面（用于有保温要求的区域）。

(3) 集成装配式面层的墙板（用于无保温要求的区域，或采用内保温做法）。

(4) 墙板+涂料饰面（用于无保温要求的区域，或采用内保温做法）。

(5) 单元式幕墙（指由各种墙面板与支承框架在工厂制成完整的幕墙结构基本单位，直接安装在主体结构上的建筑幕墙），且不设基层墙体

## 2 组合式方案：

指基层墙板、功能层、装饰层（非涂料饰面）等相关部品部件及材料现场装配而成的外墙围护。

该类外墙围护产品方案包括但不限于下列方案：

(1) 剪力墙结构外设龙骨解决保温（有或无）及装饰层的做法。

(2) 基层墙板外设龙骨解决保温（有或无）及装饰层的做法。

(3) 现场安装的幕墙

(4) 基层墙体采用条板现场拼装的作法

## 3 一体化方案和组合式方案均排斥以下做法：

(1) 外墙外保温薄抹灰做法（现场湿作业多）

(2) 现场抹灰

(3) 现场贴瓷砖

**6.2.2** 外墙板本身必须具有足够的承载能力和变形能力，避免在风荷载作用下破碎或脱落。设计中应引起足够的重视。西藏自治区位于我国三大风区（青藏高原、内蒙古中北部和新疆西北部）之一，每年的大风（ $\geq 17\text{m/s}$ ，蒲福风级 8 级）日数约 75 天。境内主要有两条主风带：一条位于藏北高原地区，大致沿那曲-阿里公路一段；另一条在喜马拉雅山脉之间的山谷地带东段。藏北高原是全藏风力最大区域，大致范围为：东到安多，西抵阿里地区北部，南达冈底斯山，北至念青唐古拉山。在风荷载作用下，外墙板与主体结构之间的连接件发生拔出、拉断等严重破坏的情况相对较少，主要问题是保证墙板系统自身的变形能力和适应外界变形的能力，避免因主体结构过大的变形而产生破坏。

**6.2.3** 外墙板与主体结构的连接节点应具有足够的承载力和适应主体结构变形的能力。外墙板和连接节点的结构分析、承载力计算和构造要求应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

1 连接节点的设置不应使主体结构产生集中偏心受力，应使外墙板实现静定受力。

2 承载力极限状态下，连接节点最基本的要求是不发生破坏，这就要求连接节点处的承载力安全



度储备应满足外墙板的使用要求。

**3** 外墙板可采用平动或转动的方式与主体结构产生相对变形。外墙板应与周边主体结构可靠连接并能适应主体结构不同方向的层间位移，必要时应做验证性试验。采用柔性连接的方式，以保证外墙板能适应主体结构的层间位移，连接节点尚需具有一定的延性，避免承载能力极限状态和正常施工极限状态下应力集中或产生过大的约束应力。

抗震设计时，外墙板与主体结构的连接节点在墙板平面内应具有不小于主体结构在设防烈度地震作用下弹性层间位移角 3 倍的变形能力。外墙板平面内变形，是由于建筑物受风荷载或地震作用时层间发生相对位移产生的。地震作用时，可近似取主体结构在设防地震作用下弹性层间位移限值的 3 倍为控制指标，大致相当于罕遇地震作用下的层间位移。

**4** 宜减少采用现场焊接形式和湿作业连接形式。

**5** 连接件除不锈钢及耐候钢外，其他钢材应进行表面热浸镀锌处理、富锌涂料处理或采取其他有效的防腐防锈措施。

**6.2.4** 外墙板接缝是外围护系统设计的关键环节，设计的合理性和适用性，直接关系到外围护系统的性能。

**1** 外墙板之间水平缝的构造，宜采用高低缝或企口缝构造；外墙板之间水平缝和竖向缝的防水，宜采用空腔构造防水和材料防水相结合的方法，防水空腔应设置必要的排水措施，导水管宜设置在十字缝上部的垂直缝中，竖向间距不宜超过 3 层；当垂直缝下方因门窗等开口部位被隔断时，应在开口部位上方垂直缝处设置导水管等排水措施。（西藏自治区除东南边境一带外，大部分地区降水在 200 毫米~1000 毫米，降水日数 80 天~200 天左右。降水强度小，固体降水多，夜间降水多。）

**2** 由于预制生产和现场安装的需要，外挂墙板系统必须分割成各自独立承受荷载的板片，外墙板的拼缝连接应牢固，接缝处的密封材料应具有满足工程需要的抗剪性能，在风荷载及多遇地震作用下，接缝处密封材料应满足计算层间位移角变形的要求，确保各种工况下各板片间不会产生挤压和碰撞。主体结构变形引起的板片位移是确定板缝宽度的控制性因素。为保证外挂墙板的工作性能，根据日本和我国台湾地区的经验，在层间位移角 1/300 的情况下，板缝宽度变化不应造成填缝材料的损坏；在层间位移角 1/200 的情况下，墙板本体的性能保持正常，仅填缝材料需进行修补；在层间位移角 1/100 的情况下，应确保板片间不发生碰撞。

**3** 有些形式的外围护系统，由于外墙板接缝处保温层中断（减少或改变材料）和施工误差，造成接缝处产生热桥效应，使墙体局部热流密度增大。而对于装配式建筑，这样的缝是大量存在的，可能造成更多的热量损失，对建筑能耗产生影响。

通过对外墙板两侧进行预留凹槽并填充保温材料的构造优化处理，可一定程度减小接缝热桥效应，改善接缝热桥导致的墙体传热不均。

**4** 跨越防火分区的接缝是防火安全的薄弱环节，应在跨越防火分区的接缝室内侧填塞耐火材料，以提高外围护系统的防火性能。

**6.2.6** 露明的金属支撑件及外墙板内侧与梁、柱及楼板间的调整间隙，是防火安全的薄弱环节。露明的金属支撑件应设置构造措施，避免在遇火或高温下导致支撑件失效，进而导致外墙板掉落；外墙板内侧与梁、柱及楼板间的调整间隙，也是窜火的主要部位，应设置构造措施，防止火灾蔓延。

**6.2.7** 为了保持建筑物的风格、视觉效果和人居环境，装饰装修材料在一定使用年限后会进行更新替换。如果使用易沾污、难维护及耐久性差的装饰装修材料或做法，则会在一定程度上增加建筑物的维护成本，且施工也会带来有毒有害物质的排放、粉尘及噪声等问题。因此应采用耐久性好、不易污染的饰面材料。

外墙板推荐采用采用建筑装饰一体化构件，装饰面层通过反打工艺一次成型。面砖的背面宜设置燕尾槽，其粘结性能应满足《建筑工程饰面砖粘结强度试验标准》JGJ 110 的要求；石材的厚度应不小于 25mm，石材背面应采用不锈钢卡件与基层进行机械锚固。

**6.2.8** 工程实践表明，当严寒及寒冷地区的一些蒸压加气混凝土墙体所采用的饰面涂料为高弹性柔性涂料，由于这类涂料的蒸汽渗透能力较差，会使整个抹灰系统的水蒸气湿流密度偏低，影响了墙体的湿迁移，从而会使墙体轻者造成饰面外表色差，重者导致墙体抹灰饰面起泡、发霉、开裂及脱落，并会使蒸压加气混凝土墙体的热工性能产生变化（墙体中的湿度越高，导热系数越大，其保温隔热效果越差），影响了墙体的美观、耐久和保温节能效果。选用防水透气性饰面层有利于防止水的侵入及渗透，又有利于蒸压加气混凝土板材内水蒸气的畅通排出，确保墙体质量。

试验研究表明，抹面砂浆+双组分溶剂型氟碳漆，其水蒸气湿流密度仅为  $0.77\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ；抹面砂浆+水性底漆+PVC41%弹性涂料，水蒸气湿流密度为  $1.30\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ；而抹面砂浆+有机硅底漆+PVC55%硅树脂弹性涂料时，其水蒸气湿流密度可达  $3.20\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。涂料层的水蒸气湿流密度比抹灰层高，选择涂料时应按不同气候分区选择不同的透气性指标。建议西藏自治区所选择的外墙饰面系统的水蒸气湿流密度大于  $1.30\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

#### **6.2.9 现场组装骨架外墙系统**

**1** 骨架是现场组装骨架外墙中承载并传递荷载作用的主要材料，与主体结构有可靠、正确的连接，才能保证墙体正常、安全地工作。骨架整体验算及连接节点是保证现场组装骨架外墙安全性的重点环节。

**2** 墙板内电气和智能化管线宜选用可弯曲电气导管保护，宜选用有利于交叉敷设的难燃可挠管材，布置应保持安全间距。

**3** 当设置外墙防水时，应符合现行行业标准《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235 的规定。

**4** 以厚度为  $0.8\text{mm}\sim 1.5\text{mm}$  的镀锌轻钢龙骨为骨架，由外面层、填充层和内面层所组成的复合墙体，是北美、澳洲等地多高层建筑的主流外墙之一。一般是在现场安装密肋布置的龙骨后安装各层次，也有在工厂预制成条板或大板后在现场整体装配的案例。根据不同的气候条件，常在不同的位置设置功能膜材料，如防水膜、防水透汽膜、反射膜、隔汽膜等。西藏自治区为减少热桥效应和避免发生冷凝，还应采取隔离措施，如选用断桥龙骨，在特定部位绝缘隔离等。

**6.2.10** 标准化门窗部品是对组成外窗的型材、玻璃、五金件、密封件、配套件等进行优化并定型，对

外窗的规格尺寸实施标准化，且各项性能指标不低于规范和工程设计要求的成品窗。采用在工厂生产的外门窗配套系列部品可以有效避免施工误差，提高安装精度，保证外围护系统具有良好的质量和产品特性，有助于门窗产品的标准化和工业化的推进。

门窗的窗型以及立面分格形式、构造节点以及材料，应根据建筑立面要求和技术、经济能力，结合建筑物的不同使用功能进行设计，应安全、经济、美观、易于清洁和使用方便。

建筑门窗洞口尺寸误差远大于建筑门窗加工精度，导致建筑门窗的实际安装位置在洞口定位存在较大偏差，造成安装后的建筑门窗性能下降，甚至影响到安全使用。对建筑门窗和洞口尺寸进行规范和协调，是实现建筑门窗标准化、工业化生产和确保安装质量的关键措施。

建筑门窗与洞口的连接部位一直是建筑工程质量的薄弱环节，存在漏水、漏风、热桥等质量问题。采用附框可以有效解决建筑门窗洞口的施工质量较差和建筑门窗安装质量较高之间的矛盾，同时也可规范洞口尺寸，有利于成品窗的批量生产和安装。附框作为建筑门窗洞口的一部分，和洞口形成一个整体，可以规范洞口模数尺寸，使建筑门窗洞口设计和门窗设计相协调。不同材质附框的应用与不同气候区域特征关联比较大。西藏自治区宜采用节能型附框（非金属材料制成）。

门窗洞口与外门窗框接缝是节能及防渗漏的薄弱环节，接缝处的气密性能、水密性能和保温性能直接影响到外围护系统的性能要求。

由于墙体和外窗的保温性能和结构存在差异，因此在连接的部位会产生安装热桥，应通过计算在保证安全和使用维护的前提下，尽量降低安装热桥。不同墙体结构形式、不同保温材料及厚度，不同窗框种类（铝、塑、木），应选择合理安装位置，以降低热桥对能耗、室内环境和使用寿命的影响。热桥线传热系数应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定计算。

门窗框与洞口之间的密封材料应符合国家现行标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 和《单组分聚氨酯泡沫填缝剂》JC 936 的规定；有耐火完整性要求外窗所采用的密封胶应符合现行国家标准《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267 的规定；门窗用密封胶条应符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498 的规定，其中密封胶条材料的拉断伸长率变化率应小于 40%；门窗用密封毛条应符合现行行业标准《建筑门窗密封毛条》JC/T 635 的规定，毛条的毛束应经过硅化处理，宜使用平板加片型密封毛条。

**6.2.11** 现行地方标准《西藏自治区民用建筑节能技术标准》DB 54/T 0275 对西藏自治区的寒冷地区东、西向外窗有遮阳的要求。建筑遮阳设计，应根据西藏自治区的地理位置、气候特征、建筑类型、建筑功能、建筑造型、透明围护结构朝向等因素，选择适宜的遮阳形式，并宜选择外遮阳。

遮阳装置与主体结构的各个连接节点的锚固力设计取值不应小于按不利荷载组合计算得到的锚固力值的 2 倍，且不应小于 30kN；遮阳装置应采用锚固件直接锚固在主体结构上，不应锚固在保温层上，且不应影响建筑构造的保温、防水设计。

## 6.3 幕墙设计

**6.3.1** 对幕墙设置控制性要求和目标要求，是保障装配式混凝土建筑工程安全和提升工程质量的要求。

**6.3.2** 建筑幕墙种类很多，按材质主要分为玻璃、金属板、石材、人造板等幕墙，设计时应根据建筑的使用功能、体形、气候、周边环境等综合考虑。幕墙的分格要根据建筑的立面造型和室内的使用要求确定。开启窗扇的位置和大小也要根据建筑内部的使用要求和建筑造型确定。同时立面应简洁，以利于幕墙排水。如果有建筑外景照明，设计时应把照明设施与建筑幕墙同步考虑。

玻璃幕墙分为构造件式玻璃幕墙和单元式玻璃幕墙。前者是在施工现场将金属框、玻璃、填充层等按顺序组装而成。后者是一种工厂的预制组合系统，是把面板和金属框组装而成的。玻璃幕墙的安装方式有三种：全隐框安装法、明隐框安装法、半隐框安装法。

石材幕墙是由石材、连接件、钢结构部件等组装而成的，它的安装方式有三种：折叠背栓式、托板式、通长槽式。

金属幕墙是由金属面板和骨架支撑部件组装而成的。面板的金属材料可以是铝板、铝合金板、钢板、型钢复合板、不锈钢板等，骨架支撑部件有型钢骨架支撑部件和型材骨架支撑部件两种。金属幕墙的安装方式钢销式、通槽式、短槽式、背栓式、背挂式等。

不同类型的幕墙应满足现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133、《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 366 等的规定。

**6.3.3** 玻璃幕墙平面内变形，是由于建筑物受风荷载或地震作用后，建筑物各层间发生相对位移时，产生的随动变形，这种平面内变形对玻璃幕墙造成的损害不容忽视。玻璃幕墙平面内的变形性能，近似取主体结构在风荷载或多遇地震作用下弹性层间位移限值（详见现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3）的 3 倍为控制指标。

幕墙的连接与锚固必须可靠，其承载力必须通过计算或实物试验予以确认，并要留有余地，防止偶然因素产生突然破坏。连接件与主体结构的锚固承载力应大于连接件本身的承载力，任何情况不允许发生锚固破坏。安装幕墙的主体结构必须具备承受幕墙传递的各种作用的能力，主体结构设计时应充分加以考虑。

主体结构为混凝土结构时，其混凝土强度等级直接关系到锚固件的可靠工作，除加强混凝土施工的工程质量管理外，对混凝土的最低强度等级也应加以要求。为了保证与主体结构的连接可靠性，连接部位主体结构混凝土强度等级不应低于 C20。

**6.3.4** 单元式幕墙是将面板和金属框架（横梁、立柱）在工厂组装为幕墙单元，以幕墙单元形式在现场完成安装施工的建筑幕墙。幕墙单元工厂内加工制作易实现工业化生产，降低人工费用，控制单元质量；大量的加工制做、准备工作在工厂内完成，从而缩短幕墙现场施工周期和工程施工周期，为业主带来较大的经济效益和社会效益。

根据地震作用下的单元组件反应的差别，单元式幕墙可分为横滑型和横锁型两种。

**6.3.5** 西藏自治区太阳辐射强度大，应用与室外的金属及表面防护材料应考虑有辐射引起的老化影响，如宜选用较浅的颜色，以减少太阳辐射的影响；此外，对某些风沙比较大的地区，表面防护层应选用抗碎石冲击性能的材料；西藏自治区随海拔升高，气温降低，室外使用的材料应考虑低温影响。材料选择应符合现行国家标准《特殊环境条件 选用导则 第1部分：金属表面防护》GB/T 20644.1的有关规定。

相关检测可参照美国材料与试验协会（American Society for Testing and Materials, ASTM）《涂层抗剥落性的标准试验方法》（Standard Test Method for Chipping Resistance of Coatings-ASTM D3170/D3170M-14（2022））、美国机动车工程师协会（Society of Automotive Engineers, SAE）《表面涂层耐切屑性试验》（Test for Chip Resistance of Surface Coatings-SAE J400-202208）、国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）《涂料和油漆-涂料的石芯片电阻的测定-第1部分：多重冲击试验》（Paints and varnishes-Determination of stone-chip resistance of coatings-Part 1: Multi-impact testing-ISO 20567-1-2017）提供的试验方法进行。

## 6.4 屋面设计

**6.4.1** 屋面工程应按照现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《屋面工程技术规范》GB 50345、《坡屋面工程技术规范》GB 50693、《压型金属板工程应用技术规范》GB 50896 和现行行业标准《种植屋面工程技术规程》JGJ 155 中相应条款合理确定屋面工程设防标准和构造措施。同时，屋面工程的热工性能尚应满足 GB 55015、GB 50189、JGJ 26 和 DBJ 540001 的相关规定。

## 7 设备与管线系统设计

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 目前建筑设计，尤其是住宅建筑的设计，一般均将设备管线埋在楼板现浇混凝土或墙体中，把使用年限不同的主体结构和管线设备混在一起建造。若干年后，大量的建筑虽然主体结构尚可，但装修和设备等早已老化，改造更新困难，甚至不得不拆除重建，缩短了建筑使用寿命。因此提倡采用主体结构构件、内装修部品和设备管线的装配化集成技术，实现室内装修、设备管线与主体结构的分离。

考虑到工程实际需要，纳入管线分离比例计算的管线专业包括电气（强电、弱电、通信等）、给水排水、采暖和燃气等专业。对于裸露于室内空间以及敷设在地面架空层、非承重墙体空腔和吊顶内的管线应认定为管线分离；而对于埋置在结构构件内部（不含横穿）或敷设在湿作业地面垫层内的管线应认定为管线未分离。

**7.1.2** 设备和管线集成设计应包括给排水、暖通、电气、智能化、燃气等各专业，集成设计需要综合考虑各专业的技术特点、材料特性、安装检修、维护管理等多方面的因素，是一个统筹策划、系统设计的过程，根据工程建设的特点，需要一步一步的深化完成。

**1** 装配式混凝土建筑设备与管线集成设计宜遵循以下原则：

1) 设备与管线的集成设计应统筹考虑建筑构造、系统功能、材料性能、生产工艺、运输吊装条件、现场施工环境等因素。实现利用设备与管线的集成设计文件直接安装。

2) 设备与管线集成设计宜遵循管线分离原则，通过一体化设计、工厂化生产的方式，使机电系统的部件模块化、系列化，并能在现场进行组合安装。

3) 设备与管线应本着标准化、模块化、集成化的理念进行集成设计，通过采用新技术、新工艺、新材料、新设备提高预制率、加工精度和装配效率。

4) 设备与管线的集成设计内容应包括设备选型、参数复核、设备布置、管线综合、净高控制、空间划分、装配模块划分、支架设计、专业协调等。

5) 设备与管线集成设计应保证系统功能需求，应对各专业进行系统参数的校核，集成设计成果需经过相关设计单位审核。

6) 设备机房内的同类设备宜统一区域布置，各类设备、接口实现标准化、模块化、便于施工、管理，设备与管道及附件安装宜成排成线，标高一致。

7) 机电设备及管线不应影响门、窗及消防通道等设施的正常使用，并充分考虑调试、检测、维修等所需的必要空间。

8) 集成设计时应考虑装配顺序、加工精度、拼装误差等因素，合理设置误差消除段，减少现场加工操作。

9) 集成设计方案不应影响装修方案的舒适性以及其实施性。

**2 装配式混凝土建筑设备与管线标准化设计宜遵循以下原则：**

1) 设备选型及管线设计应在满足使用功能前提下，采用标准化部品、系列化尺寸，满足通用性和互换性要求。

2) 设备和管线设计应符合模数协调要求，便于装配式建筑的部品部件进行工业化生产和装配。

3) 设备和管线的定位应采用界面定位法。

4) 设备和管线应采用一体化设计，设计时应遵循尽量减少在预制构件内预留预埋的原则。如因条件所限需要埋件时，设备与管线设计应提供给预制构件准确的预留预埋洞或开槽尺寸、定位，避免后期对预制构件剔槽、孔洞等。

**7.1.3** 机电各系统自身现有的接口设计及节点做法已很成熟，但由不同机电设备与管线系统构成的集成部品，以及机电部品与结构构件、外围护系统、内装修系统构成的集成部品，其接口设计尚不成熟，除需要满足本身的功能要求外，还需满足建筑整体性能要求。因此，装配式建筑应明确不同系统间接口的详细做法及要求。

接口标准化宜遵循以下原则：

**1** 设备与管线系统部品与配管之间、配管与主管网之间及部品之间连接的接口应标准化，方便使用、维修与更新。

**2** 设备与管线系统的公共部分与具体功能空间部分应分界明晰。专用配管与共用配管的结合部位和公共配管的阀门部位检修口宜采用标准尺寸。

**3** 敷设于楼地面的架空层、吊顶空间、隔墙内的空调及新风、给水、供暖、电气及智能化等设备与管线应便于检修，检修口宜采用标准尺寸。

**4** 安装于墙体、吊顶和地板表面的设备部品的位置与尺寸宜标准化，并应采取隔声、防火、绝热封堵及可靠的固定措施。

**5** 敷设于架空地板下的管线应与地板系统相协调，牢固安装，并采取措施避免由于荷载等引起的管线不均匀受力或振动。

**6** 集成厨卫的管道应在预留安装空间内敷设，其位置和尺寸应标准化。给水排水、通风、采暖和电气等管线应与产品配套，且应在管线预留的接口连接处设置检修口。

**7** 与外围护系统相关的设备和管线不应影响外围护系统的整体热工性能、水密性、气密性及抗风等性能；在维修更换时，不应影响外围护系统的安全和耐久性能。

**8** 设备和管线需要在预制构件上预留孔洞、套管、管槽、预埋件时，应统一定位尺寸，减少预制构件的种类。

**9** 穿越预制墙体的管线应预留套管；穿越预制楼板的管线应预留套管或洞口。套管或洞口的位置及尺寸应标准化。

**10** 设备和管线安装用预埋件应预埋在实体结构上，应计算受力并满足锚固要求。

**11** 叠合楼板处不同专业管线布线应结合就结构现浇层或建筑垫层厚度进行管线综合设计，减少管线交叉。

**12** 设备和管线应尽量避免敷设于预制构件连接处，接口不得设在套管内。

**7.1.4** 装配式混凝土建筑应重视管线综合设计，在满足建筑给水排水、消防、燃气、供暖、通风和空调、照明供电等机电各系统使用功能的前提下，设备与竖向管线应尽量集中布置，水平管线的排布及走位应充分考虑减少各工种之间的交叉和干扰，应用集成管道井、模块化设备等，并应满足安全运行、维修更换的要求。

**7.1.5** 装配式建筑中，经过管线集成的支吊架系统采用装配式支架体系，可以有效避免现场明火作业、表面处理作业等危险工作，并大幅度提升现场施工进度，有利于环境保护。相关产品需具有检测报告。通常选用的装配式支架体系应由供应商进行深化设计和计算。装配式支吊架系统应进行计算复核，并满足现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 的规定。

**7.1.6** 为完成我国 2030 年碳达峰、2060 年碳中和的目标，强化太阳能等清洁能源在建筑中的推广应用力度，强制性工程建设规范《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 提出：新建建筑应安装太阳能系统。太阳能系统可分为太阳能热利用系统、太阳能光伏发电系统和太阳能光伏光热（PV/T）系统，这三类系统均可安装在建筑物的外围护结构上，将太阳辐射能转换为热能或电能，替代常规能源向建筑物供电、供热水、供暖/供冷，既可降低常规能源消耗，又可降低相应的二氧化碳碳排放，是实现我国碳中和目标的重要技术措施。

西藏自治区的太阳能资源居全国首位，也是世界上最丰富的地区之一。太阳辐射强烈，全区大部太阳能辐射年均达 6000~8000MJ/m<sup>2</sup>；日照时间长，全年日照时数在 1443.5~3574.3h，其中阿里地区大部、日喀则市西部在 3000h 以上，那曲市中西部、日喀则市东部、山南市西部为 2800~3300h，那曲市东部、昌都市西部、拉萨河河谷、年楚河河谷为 2500~3000h；直接辐射占总辐射比例全年为 56%~78%，夏季可达 71%~78%。

设置在屋面上的太阳能系统管路和管线应遵循安全美观、规则有序、便于安装和维护的原则，与建筑其他管线统筹设计，做到太阳能系统与建筑一体化，以避免二次施工破坏装配式建筑主体的安全性、围护结构节能性等整体功能。

太阳能热利用或太阳能光伏发电系统及其构件应满足结构安全要求，包括结构设计应为太阳能系统安装埋设预埋件或其他连接件；连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。太阳能集热器的支撑结构应满足太阳能集热器运行状态的最大荷载和作用。此外，与电气及防火安全相关的内容应满足电气和防火工程建设强制性规范的要求，比如太阳能热水、空调系统中所使用的电气设备都应装设短路保护和接地故障保护装置。



## 7.2 给水排水

**7.2.1** 国内民用建筑多采用枝状管网的给水方式，多个用水器具同时使用时，容易出现水压不稳和流量较小的情况；且接头较多，出现漏水问题的可能性较大。采用分水器的给水方式可将水量均匀地分配给各个用水器具，即使同时使用，压力变化也较小，可实现稳定的冷热水供水方式。分水器配水系统的配水管材一般采用柔韧性能优良的给水塑料管，中间没有任何接头，杜绝了漏水隐患。因此本标准推荐采用分水器配水系统。

**7.2.2** 管道的保护套管应为可曲挠波纹管，材质可采用 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene Copolymers, 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)、PE、PP 等，保护套管应具有贯通性好、质量轻、内壁光滑、强度高、可挠度强、使用寿命长、耐腐蚀性能高等特点。

**7.2.3** 装配式建筑物内给水排水管道的设计和安装宜采用装配化工艺设计和安装，装配化工艺以在工地能实现快速安装、高效安全为目的，主要包括：优质的给水排水管道和配件、便捷可靠的管道连接技术、适合采用管线分离式安装技术的管道系统等。

装配式建筑中可采用的管道以及连接方式众多，理论上符合连接技术安全可靠、安装和维护便捷的管道和连接均可以使用，且给水干管应优先采用工厂预制、现场直接装配的方式。针对不同的装配式建筑构造体系，应采用更加合理的管道及连接方式。

一般装配式建筑中，给水干管多采用不锈钢管、铜管、金属复合管或钢塑复合管等管道种类，较少采用塑料管道；而给水支管多采用不锈钢管、铜管和塑料管。推荐的可拆卸式机械连接方式有：卡凸式连接、插合自锁卡簧式连接（又称直插式连接）、卡套式连接等，其中卡凸式连接方式为薄壁不锈钢管的连接方式，插合自锁卡簧式连接方式，则广泛适用于金属和塑料等多种管材，卡套式连接方式主要用于铝塑复合管道，其特点是现场可以通过快速连接方式将管道进行高效安装。

**7.2.4** 同层排水是在建筑排水系统中，器具排水管及排水支管不穿越本层结构楼板到下层空间、与卫生器具同层敷设并接入排水立管的排水方式。污废水排水横管设置于本层套内，是为了检修疏通方便，避免影响下层住户，减少纠纷。同层排水按卫生间区域结构楼板相对位置分为降板同层排水和不降板同层排水。同层排水形式可根据卫生间空间、卫生器具布置等因素，经技术经济比较确定。

**7.2.5** 装配式排水管道安装宜采用组合式排水配件和排水汇集器等有利于减小安装空间、提高装配化的生产、运输和施工效率的管配件。组合式排水配件和排水汇集器等宜设置清扫口或应便于清洁，其接口型式宜与现行国家及行业标准相一致。

## 7.3 供暖、通风、空调和燃气

**7.3.1** 供热供冷系统选择对能耗和投资有显著影响。系统优化是一个多变量的非线性规划问题，具有多目标、多准则的特性，需要对冷热源类型和与其搭配的末端组合进行综合评判。因此，需要充分考虑

各类适用系统的性能和投资的相互制约关系，依据所选取的判断准则，综合分析各影响因素间的相对关系，进行供暖供冷系统方案比选。具体比选时应以仿真分析为手段，获取全工况、变负荷下的预期能耗指标，考虑初投资、全寿命期运行费用、环境影响、操作管理难易程度等多方面因素。

1 中共中央、国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出：“因地制宜推进热泵、燃气、生物质能、地热能等清洁低碳供暖”。

西藏自治区范围内尚未探明有天然气资源，所有的天然气均需从区外运输。在项目所在地不具备采用太阳能、电能及地热能供暖条件，天然气持续供应量有保证、投资（包括当地配套建设的天然气储运、输配系统）及运行费用均比其他推荐的热源形式有优势的条件下，可考虑采用燃气供暖。西藏自治区海拔高、空气含氧量低等因素影响燃气燃烧，排烟热损失和气体不完全燃烧热损失大，热效率降低，在热源设计时应加以考虑。

空气源热泵供暖是目前解决我国大气污染、实现燃煤替代的有效方式。实际应用过程中应注重其系统能效。为了避免空气源热泵供暖低效运行，西藏自治区当使用低环境温度空气源热泵热风机组时，其能效等级应满足现行国家标准《房间空气调节器能效限定值及能效等级》GB 21455 中能效等级 3 级的要求；热水机组能效等级应满足国家标准《低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值及能效等级》GB 37480 中能效等级 3 级的要求。

根据西藏自治区的生物质资源条件，利用农林牧剩余物作为锅炉燃料使用具有环境友好、可以再生的特点，对节约常规能源、优化能源结构和减轻环境污染有着积极意义。生物质锅炉大气排放标准应严格执行现行国家标准《锅炉大气污染物排放标准》GB 13271 的有关规定；生物质锅炉系统的设计应满足现行行业标准《生物质成型燃料锅炉》NB/T 47062 的有关规定，锅炉热效率应满足Ⅲ级限定值的要求。

国家能源局《关于促进地热能开发利用的若干意见》（国能发新能规〔2021〕43 号）指出：“到 2025 年，地热能供暖（制冷）面积比 2020 年增加 50%，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目，全国地热能发电装机容量比 2020 年翻一番；到 2035 年，地热能供暖（制冷）面积及地热能发电装机容量力争比 2025 年翻一番”。西藏自治区的地热显示点有 600 多处，地热能蕴藏量居全国首位。西藏自治区地热总热流量为 55 万 Kcal/s。西藏自治区当雄羊八井地热田为中国最大的高温湿蒸汽热田，也是世界大型热田之一。地藏地区的地热应用根据实际情况选择“取热不耗水、完全等量同层回灌”或“密封式、无干扰井下换热”技术，最大程度减少对地下土壤、岩层和水体的干扰，确保地下水水量不减少、水位不下降、水质不降低，避免对地下水资源和环境造成损害。设计单位在设计文件中有保证 100%同层回灌、防止地面沉降、热量梯级利用等的具体措施。项目承建单位在具体实施前需取得地热资源探矿权、采矿权、国土及水务部门的批准文件等相关手续后方可实施。

通过捕获多余的热量，热电联产（Cogeneration combined heat and power, CHP）使用在常规发电厂中浪费的热量，有潜力达到高达 80%的热效率，这意味着能够消耗更少的燃料而产生同样多的有用能量。西藏自治区建设热电联产应以集中供热为前提，对于不具备集中供热条件的地区，暂不考虑规划建设热

电联产项目；以热水为供热介质的热电联产机组，供热半径一般按 20km 考虑；对于城区常住人口 50 万以下的城市，采暖型热电联产项目原则上采用单机 5 万 kw 及以下背压热电联产机组（2 台 1.2 万 kw 背压热电联产机组与调峰锅炉可联合承担供热面积 300 万 m<sup>2</sup>）；大气污染防治重点区域新建燃煤热电联产项目，要严格实施煤炭减量替代。

我国工业余热资源丰富，特别是在钢铁、有色、化工、水泥、建材、石油、轻工、煤炭等行业，余热资源约占其燃料消耗总量的 17%~67%，其中可回收率达 60%。目前我国余热资源利用比例低，大型钢铁企业余热利用率约为 30%~50%，其他行业更低。工业余热回收包括：烟气余热回收、冷却介质余热回收、废汽废水余热回收、化学反应热回收、高温产品和炉渣余热回收，以及可燃废气、废料余热，其中高温烟气余热和冷却介质余热占比最高，分别达到余热总资源的 50%和 20%左右，是余热回收利用的主要来源。目前余热利用的途径主要有三种：第一种是热交换，是回收工业余热最直接、效率较高的经济方法。它不改变余热能量的形式，只是通过换热设备将余热能量直接传递给自身工艺的耗能流程，降低一次能源消耗，主要利用方式有间壁式换热、余热锅炉、蓄热式热交换、热管的换热等。第二种是热工转换，利用热功转换可提高余热的品位。主要采用余热锅炉发电，是工业余热利用的主要形式。第三种是采用热泵系统回收余热，适用于工业和民用的低温余热回收。余热回收要从经济性出发，结合工艺生产，进行系统整体的设计布置，综合利用能量，以提高余热利用系统的效率。

2、3 西藏自治区部分河谷地区地下水取水条件较好，温度稳定，水质指标满足地源热泵的技术要求；有条件建设区域供热机房和铺设热水输配管道，热负荷密度较高，年用热量大。应用地下水源热泵系统进行区域供热是可行的。

地表水或地下水地源热泵系统的全年综合性能系数（ACOP）应满足国家标准《水（地）源热泵机组能效限定值及能效等级》GB 30721 中能效等级 3 级的要求。机组的实测制冷/热量不应小于名义制冷/热量的 95%；机组的实测制冷/热消耗功率不应大于名义制冷/热消耗功率的 110%。

4 西藏自治区供暖期长（计算采暖期天数，拉萨 126d，日喀则 157d，昌都 140d，林芝 100d，狮泉河 224d，那曲 242d，定日 201d），建筑供暖能耗占有较高比例。近些年来由于供暖用电比例逐年上升，致使冬季尖峰负荷迅速增长，电网运行困难，出现冬季电力紧缺。盲目推广没有蓄热配置的电锅炉，直接电热供暖，将进一步劣化电力负荷特性，影响民众日常用电。因此，应严格限制应用直接电热进行集中供暖的方式。

但考虑到西藏自治区的实际情况，针对一些特殊情况或条件限制的情况下允许使用电直接加热设备作为供暖热源：

- 1) 利用可再生能源发电，且其发电量能满足自身电加热用电量需求的建筑。
- 2) 无城市或区域集中供热，采用燃气、煤、油等燃料受到环保或消防限制，且无法利用热泵提供供暖热源的建筑。
- 3) 电力供应充足，且电力需求侧管理鼓励用电时。
- 4) 建筑供暖总负荷过小时。

5 “十一五”以来，我国加大了锅炉节能和污染控制工作的力度。国务院《关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37号）规定：“到2017年，除必要保留的以外，地级及以上城市建成区基本淘汰每小时10蒸吨及以下的燃煤锅炉，禁止新建每小时20蒸吨以下的燃煤锅炉；其他地区原则上不再新建每小时10蒸吨以下的燃煤锅炉”。

燃煤锅炉技术装备相对落后，大多数燃煤锅炉容量较小，系统自控水平偏低，不利于工况调节；经济运行水平不高，锅炉选型裕度过大，运行负荷波动大，调节能力有限，实际运行效率低；燃料匹配性差，以未经洗选加工的原煤为主，煤种复杂、热值不稳定、灰分和含硫量高，不仅降低了锅炉效率，还加重了环境污染；环保设施不到位，10吨/时以下的燃煤锅炉大多没有配置有效的除尘装置，没有脱硫脱硝设施，排放超标严重。燃煤锅炉要消耗大量的煤炭（约占我国煤炭消耗总量的1/4），是我国主要的煤烟型污染源。

所以应严格限值燃煤锅炉的使用。

6 西藏自治区太阳能、地热能等可再生能源资源丰富。可再生能源的利用，其具体形式的选用，要充分依据当地资源条件和系统末端需求，进行适宜性分析，当技术可行性和经济合理性同时满足时，方可采用。太阳能、地源热泵系统、空气源热泵系统的应用与项目所在地的资源条件密切相关，应根据资源禀赋、以可再生能源的高效利用为目标，选择经济适用的技术方式和系统形式；应对实施项目进行负荷分析、系统能效比较，明确其具有技术可行、经济合理的应用前景时，才能确保实现节能环保的运行效果。

热泵系统需要采用热能或者电能驱动，当采用化石能源燃烧获得的电能或热能作为驱动能源时，热泵系统供热量消耗的驱动化石能源量，应低于提供相同热量直接燃烧所需化石能源量。

**7.3.2** 装配式建筑外墙一般采用预制外墙板，采用散热器供暖时，需要在实体墙上准确预埋为安装散热器使用的支架或挂件，并且散热器的安装应在外墙的内表面装饰完毕后才能进行，施工难度大周期长；而采用地板辐射供暖，其安装施工可以在土建施工完毕后即可施工，也减少了预埋工作量。此外，地板辐射供暖的舒适度优于散热器供暖。另外，传统的湿式地暖系统产品及施工技术，其楼板荷载较大，施工工艺复杂，管道损坏后无法更换，而工厂化生产的装配式干式地暖系统的集成化部品具有施工工期短、楼板负载小、易于维修改造等优点。装配式住宅采用地面供暖辐射供暖系统时，宜采用干式地暖系统的集成部品或干式工法施工工艺。干式地暖的集成化部品常见的有两种模式，一种是装配式地板供暖的集成化部品，是由基板、加热管、龙骨和管线接口等组成的地暖系统；另一种是现场铺装模式，是在传统湿式地暖做法的基础上进行改良，无混凝土垫层施工工序。

地面辐射供暖系统供水温度不应超过60℃；采用热泵提供热水时，供水温度不宜超过45℃。地面辐射供暖面层材料的热阻不宜大于0.05（m<sup>2</sup>·K）/W。

地面辐射供暖的最高供水温度是从系统的安全、寿命、舒适方面考虑的。采用热泵提供热水时，供水温度直接影响到热泵的制热性能系数；尤其是空气源热泵，在室外温度较低的设计工况，水温过高会使机组供热效率达不到节能要求，因此更不应过高；根据西藏自治区室外温度和目前空气源热泵的产品

状况，能够达到不高于 45℃水温的要求，也基本能够满足室内负荷需求和舒适要求。

面层热阻的大小,直接影响到地面的散热量。实测证明，在相同的供暖条件和地板构造的情况下，在同一个房间里，以热阻为 0.02 (m<sup>2</sup>·K) /W 左右的花岗石、大理石、陶瓷砖等做面层的地面散热量，比以热阻为 0.10 (m<sup>2</sup>·K) /W 左右的木地板为面层时要高 30%~60%，比以热阻为 0.15 (m<sup>2</sup>·K) /W 左右的地毯为面层时高 60%~90%。由此可见，面层材料对地面散热量的巨大影响。为了节省能耗和运行费用,采用地面辐射供暖供冷方式时，要尽量选用热阻小于 0.05 (m<sup>2</sup>·K) /W 的材料做面层。

**7.3.3** 散热器暗装在罩内时，不但散热器的散热量会大幅度减少；而且，由于罩内空气温度高于室内空气温度，从而使罩内墙体的温差传热损失大大增加。为此，应避免这种错误做法，规定散热器宜明装。对于窗墙比较大或外立面为玻璃幕墙的部分建筑，宜采用幕墙一体装配式散热器/对流器。

当采用散热器供暖系统时，散热器安装应牢固可靠，安装在轻钢龙骨隔墙上时，应采用隐蔽支架固定在结构受力件上；安装在预制复合墙体上时，其挂件应预埋在实体结构上，挂件应满足刚度要求；当采用预留孔洞安装散热器挂件时，预留孔洞的深度应不小于 120mm。

采用散热器采暖时，应以热水为介质，不应采用蒸汽。供水温度不应大于 85℃，供回水温差不宜小于 20℃。

**7.3.4** 风管施工前应按设计图纸与建设单位、监理单位及土建施工单位共同核查风管预留孔洞位置，与相关专业单位协调管线综合排布，确定风管的现场安装位置。

1 孔洞边长尺寸与风管外边尺寸之差不小于 100mm，主要是考虑风管法兰高度及风管隔热的余量。

2 为了保证风管法兰连接螺栓有一定的安装空间，法兰距墙面和楼板应留有一点的操作距离。

3 防火、防爆的墙体或楼板是建筑物防止火灾扩散的安全防护结构，当风管穿越时不得破坏其相应的性能。风管与防护套管之间应采用不燃柔性材料封堵严密，不燃柔性材料宜为矿棉或岩棉，以保证其相应的结构强度和可靠阻火功能。

4 在施工中必须按要求在结构风道与金属风道连接处设置预埋件，或要求土建单位配合进行堵封，确保连接严密，防止系统漏风量过大的造成能源损失。

5 温度测量孔应设置在气流比较稳定的直管段上，并便于安装和检测；风量测量截面应选择在气流比较稳定、流速比较均匀的直管段上，一般位于产生局部阻力管件之后≥4~5 倍管径（或风管长边）和产生局部阻力管件之前≥1.5~2 倍管径（或风管长边）的直段上。

6 固定于预制混凝土构件上的支吊架，当有条件预留埋件连接时，应预留，连接钢材应具有不低于与被连接构件相同牌号的钢材性能指标；当采用现场安装锚栓连接时，宜采用扩底型机械锚栓，锚固区基材表面应坚实、平整，不应有起砂、起壳、蜂窝、麻面、油污等缺陷。锚栓钻孔应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定，锚固操作应符合锚栓设计要求。

**7.3.5** 空调风管和冷热水管及冷媒管道穿楼板和穿墙处的绝热层应连续不间断，均是为了保证绝热效果，以防止产生凝结水并导致能量损失；绝热层与穿楼板和穿墙处的套管之间应用不燃材料填实，不得有空隙，套管两端应进行密封封堵，是出于防火和防水的考虑。

**7.3.6** 中共西藏自治区委员会《关于制定国民经济和社会发展的“十四五”规划和二〇三五年远景目标的建议》（中国共产党西藏自治区第九届委员会第九次全体会议通过）指出：“加强供暖供氧技术研究，加快实施高海拔和边境县城供暖供氧项目”。

集中供氧系统是将氧气气源集中于一处，气源的高压氧气经减压后，通过管道输送到各个用气终端，在各个用气终端连接用气设备即可供气。集中供氧系统由气源、控制装置、供氧管道、用氧终端和报警装置等部分组成。高原供氧设备的工作原理是通过模拟低海拔高度的大气环境，人为制造出低海拔高度的氧分压环境，来缓解高原缺氧反应。它能让处在高原地区的人们在室内正常起居、生活和工作，能起到一定的身体恢复作用。同时，集中供氧系统还可广泛应用于各种室内环境，例如宾馆、酒店、宿舍、住宅、办公楼、高原施工现场、边防哨所、体育馆、氧吧等。

高原供氧系统的终端较为常见的有弥散式供氧终端和鼻吸式供氧终端 2 种，终端的安装方式可以是暗藏式也可以是壁挂式。

铜作为医用气体管材，是国际公认的安全优质材料，具有施工容易、焊接质量易于保证，焊接检验工作量小，材料抗腐蚀能力强，特别是抗菌能力强的优点。因此，目前国际通用的医用气体标准（NFPA 99、JIS T 7101、ISO 7396-1 等）中，包括医用真空在内的医用气体管道均采用铜管。在国内，业内也有多年使用不锈钢管的经验。不锈钢管与铜管相比，其强度、刚度更好，材料的抗腐蚀能力也较好。但在使用中有害残留不易清除，尤其当管道口径较小、壁厚薄时，焊接难度大，总体质量不易保证，焊接检验工作量也较大。镀锌钢管也曾大量使用，但长期运行证明其易泄露、寿命短、影响真空度等不可靠性，依据国际通用规范的要求，不予采用。无缝铜管的材料与规格应符合现行行业标准《医用气体和真空用无缝铜管》YS/T 650 的有关规定。无缝不锈钢管除应满足现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976 的有关规定，其材质性能不应低于 0Cr18Ni9 奥氏体，管材规格应符合现行国家标准《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395 的有关规定。

管道输送的氧气在某些使用场景下可能直接用于病人，因此对管材洁净度和毒性残留的要求很高。油脂和有害残留将会对人体产生危害，因此，管材和附件应严格脱脂。

由于阀门和管道可能采用不同材质（如黄铜材质阀门与紫铜管道），阀门与管道的焊接往往需要焊剂，焊接后的阀门需要进行清洗处理，而现场焊接无法满足清洗要求。在阀门两端焊接与管道相同材质的连接短管，清洗完成后便于阀门在现场焊接使用。

氧气如与管道和附件材料发生化学反应，可能会造成火灾、腐蚀和危害人员等不可预料的严重后果，应避免此类问题的出现。

## 7.4 电气和智能化

**7.4.1** 管线的“分离”敷设有利于建筑机电系统后期的维护和改造，也可以避免因管线埋设于主体构件内造成的安全和质量隐患。架空布线系统应根据建筑的结构、环境特征、使用要求、用电设备分布及

所选用导体的类型等因素综合确定。布线系统选择与敷设，应避免因环境温度、外部热源以及非电气管道等因素对布线系统带来的损害，并应防止在敷设过程中因受撞击、振动、电线或电缆自重和建筑物变形等各种机械应力带来的损害。在有可燃物闷顶和吊顶内敷设电力线缆时，应采用不燃材料的导管或电缆槽盒保护。在隧道、管廊、竖井、夹层等封闭式电缆通道中，不得布置热力管道和输送可燃气体或可燃液体管道。

由于配电（线）箱进出管线较多、尺寸较大，在每个楼层的位置又基本相同，为确保结构的安全性，应尽量将配电（线）箱设于非预制墙体上；如果必须将其设置于预制墙体上时，则应精确保证配电（线）箱预留洞口位置及尺寸，防止二次剔凿对预制构件造成损害。

预制构件节点连接区域受力复杂、钢筋布置密集，考虑结构安全和方便施工，不宜在此区域设置孔洞及接线盒。

考虑在叠合楼板内敷设电气线缆最多不应出现 2 层管线交叉，对保护导管的管最大外径进行规定。

当采暖系统是地面辐射供暖或低温热水地板辐射供暖时，考虑其散热效果及对线缆的影响，线缆导管最好敷设于采暖水管层下的叠合楼板现浇层内。

**7.4.2** 预制分支电缆是在聚氯乙烯绝缘或交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套的非阻燃、阻燃或耐火型聚氯乙烯护套或钢带铠装单芯或多芯电力电缆上，由制造厂按设计要求的截面及分支距离，采用全程机械化制作分支接头，具有较优良的供电可靠性。

预制分支电缆安装时应防止分支体在通过孔洞时刮伤，并避免受到过大的机械外力；由上而下安装固定夹具，严禁使用封闭导磁金属夹具；挂具必须安装在结构承重构件上。

**7.4.3** 西藏自治区雷电灾害呈逐年递增的趋势，各地每年都有雷灾发生，且损失也在增大。年平均雷暴日数，拉萨：68.9d/a；日喀则：78.8d/a；那曲：85.2d/a；昌都：57.1d/a，定日：43.3d/a；林芝：47.5d/a；改则：43.5d/a，在全国处于较高水平。

在传统现浇混凝土结构建筑中，建筑物的防雷设计均优先利用结构主筋作为防雷引下线，通过钢筋螺纹套筒或焊接的形式很容易形成雷电电气通路。对于装配式建筑，为实现构件之间连成电气通路满足防雷要求，就需要在预制构件内设计附加专用导体。现行国家建筑标准设计图集 20D804《装配式建筑电气设计与安装》提供了相关设计与安装节点，可按图集进行操作。

## 8 内装修系统设计

### 8.1 一般规定

**8.1.2** 传统的建筑项目中，内装修基本在建筑方案定型后介入，介入时间较晚，导致在介入的时候对已施工或设计的建筑、结构、设备等专业设计的反复修改，甚至是施工现场的反复修改；内装修工程要求在项目前期就参与到项目的策划中，在建筑设计方案阶段应同时开始内装修设计，强化与建筑设计（包括建筑、结构、设备、电气等专业）的相互衔接，建筑室内水、暖、电、气等设备、设施的设计宜定型定位，避免后期装修造成的结构破坏和浪费。

建筑、结构、机电设备、室内装修的一体化设计集成，不仅应加强各专业之间的配合，还应加强设计阶段的建设方、设计方、制造方、施工方各方之间的关系协同，以达到合理的工业化生产建造及其部品部件通用性的要求。

**8.1.3** 装配式装修是推动我国建筑产业现代化发展的方向，装配式建筑宜采用装配式装修建造方法。装配式装修应遵循集成化、通用化、一体化的原则；内装系统主要包括楼地面、隔墙、吊顶、收纳、厨房、卫生间、内门窗等，内装系统应与设备和管线系统等进行集成设计。

内装部品体系应符合模数化的工艺设计，执行优化参数、公差配合和接口技术等有关规定，装配式建筑内装部品采用体系集成化成套供应、标准化接口，以提高其互换性和通用性。

**8.1.4** 装配式建筑应考虑内装部品的后期运维及其物权归属问题，不同内装部品、设备、设施具有不同的使用年限，设计应对其统筹实现使用维护和维修改造的要求。装配式建筑的部品连接与设计应遵循以下原则：第一，应以专用部品的维修与更换不影响公用部品为原则；第二，应以使用年限较短部品的维修和更换不破坏使用年限较长部品为原则；第三，应以专用部品的维修和更换不影响其他专用部品使用者为原则。

**8.1.5** 公共建筑的核心筒、住宅建筑的厨房和卫生间空间狭小、设备管线集中、部品数量多，设计和装配难度高，在进行建筑设计时，应优先确定核心筒和厨卫的技术方案（包括管线敷设的位置和路径、与结构体系、外围护体系和内装墙顶地的交接方案等）、确定产品规格尺寸，并与厂家确认设计预留空间，为部品的顺利装配安装创造条件。

### 8.2 隔墙与墙面系统

**8.2.1** 考虑到绿色施工和资源可持续的要求，应选用非砌筑免抹灰部品和干式施工工法。目前模块化隔墙的研究和开发逐渐成熟，其集支撑、管线敷设、饰面装饰等功能为一体，在工程中应用可减少施工工序、提高施工效率，节约资源。但是需要注意成品保护。

**8.2.5** 装配式墙面系统一般由连接件、墙面板和饰面层组成，目前，通过生产企业的研发和实践，装



装配式墙面系统从安装构配件到饰面的装饰都已形成成套技术，技术的应用已经趋于成熟，国家也陆续发布了系列的产品标准和工程标准，可在建筑建设中推广使用。另外，从装配式内装修的发展来看，采用工厂生产的饰面层和基层墙面板复合好的产品（集成饰面层的墙面），会提高现场墙面施工速度，并保证墙面系统的施工质量。

**8.2.7** 采用管线分离时，室内管线的敷设通常是设置在墙、地面架空层、吊顶或轻质隔墙空腔内。在选择隔墙或墙面系统时，将管线敷设的需求进行统筹考虑，管线敷设在隔墙内部，并设置检修口，可以在不占用空间的同时实现管线分离，达到易于检修的效果

**8.2.8** 隔墙应预先确定固定点的位置、形式和荷载，应通过调整龙骨间距、增设龙骨横撑和预埋木方等措施为外挂安装提供条件。

## 8.3 楼地面系统

**8.3.4** 架空地板系统在地板下面采用树脂或金属地脚螺栓支撑，架空空间内铺设给排水管线，在安装分水器的地板处设置地面检修口，以方便管道检查和修理使用。楼板架空的设置主要是为了实现管线分离。

## 8.5 厨房、卫生间

**8.5.2、8.5.3** 厨房设计时应按实际操作流程合理布置，满足洗、切、炊和备餐功能。集成式厨房为整体设计、工厂预制、现场组装，并可与土建同步设计、同步施工、一次装修到位。

**8.5.6** 集成式卫生间是成套供应的标准化、规格化产品，集成程度较高，通常采用一体化防水底盘一次成型。整体卫生间对安装空间有较高的要求，在前期策划阶段就应该对整体卫生间的规格类型进行探讨，设计时应与厂家确认技术参数和安装方式。

## 9 生产、施工与验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本章内容以装配式混凝土结构为主，对装配式混凝土建筑中其他部品的生产、施工与验收要求均按国家现行有关标准执行；对于装配式混凝土结构的生产、施工与验收在国家现行相关标准中也有相关的规定，在实际工程中也应执行。

装配式混凝土结构的生产包括原材料及配件、模具、钢筋及预埋件、预应力构件、成型养护及脱模、预制构件检验、存放吊运及防护等内容；施工安装包括施工准备、预制构件安装/连接、部品安装、成品保护、施工安全与环境保护等内容；质量验收包含预制构件验收、预制构件安装与连接验收等内容。相关标准包括《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 等。

**9.1.2** 预制构件的质量涉及工程和结构安全，制作单位应符合国家及地方有关部门规定的硬件设施、人员配置、质量管理体系和质量检测手段等规定。

建立健全生产质量管理体系有利于加强管理和落实建立责任制，这是保证产品质量的前提。健全生产质量管理体系，生产单位应具备相应的生产工艺设施，并有必要的试验检测手段。宜设立试验室，配备试验室检测人员及相关检测设备，且试验室对构件生产常用材料的检测能力应与所生产构件的实际需求相适应。

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。将现代信息技术应用于预制构件生产管理全过程，通过科学化、信息化的管理，实现生产效率的高效性和构件质量的可控性和可追溯性。

生产单位要建立健全安全管理制度和环境管理制度，落实各级各类人员的安全生产和环境保护责任制，提高构件生产单位的安全意识和环境保护意识，切实保护西藏自治区的生态环境。

**9.1.3** 装配式混凝土结构施工方案应全面系统，且应结合西藏自治区装配式混凝土建筑特点和一体化建造的具体要求，本着资源节省、人工减少、质量提高、工期缩短的原则制定装配施工方案。

进度计划应结合协同构件生产计划和运输计划等；预制构件运输方案包括车辆型号及数量、运输路线、发货安排、现场装卸方法等；施工现场布置包括场内循环通道、吊装设备布设、构件码放场地等；安装与连接施工包括测量方法、吊装顺序和方法、构件安装方法、节点施工方法、防水施工方法、后浇混凝土施工方法、全过程的成品保护及修补措施等；安全管理包括吊装安全措施、专项施工安全措施等；质量管理包括构件安装的专项施工质量管理，渗漏、裂缝等质量缺陷防治措施；预制构件安装应结合构

件连接装配方法和特点，合理制定施工工序。

**9.1.4** 首件验收制度是指结构较复杂的预制构件或新型构件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、监理单位共同进行首件验收，重点检查模具、构件、预埋件、混凝土浇筑成型中存在的问题，确认该批预制构件生产工艺是否合理，质量能否得到保障，共同验收合格后方可批量生产。首件验收内容主要包括预制构件的混凝土质量、外观质量、尺寸偏差、强度性能、防水性能等。

首段验收秉承样板现行原则，主要对装配式预制构件安装后整体安装质量、细节节点处理质量等进行专门检查，并形成验收记录。通过首段工程的验收，强化质量检查程序，落实质量标准，以首段工程为样板示范，引领后续同类工程的标准化施工，提高效率，保证施工质量。

西藏自治区装配式混凝土建筑应用工程目前相对较少，装配式混凝土建筑的经验相对较少，现阶段要求工程项目建立首件验收和首段验收制度，可更好地保证装配式混凝土建筑的施工品质。

## 9.2 构件生产

**9.2.1** 和传统预制构件工厂相比，项目周边临时生产场地具有以下优势：

- 1 布置灵活、实用性强，投入的成本较少；
- 2 能有效降低或避免运输成本；
- 3 大大降低了构件在长距离运输过程中的损耗和其他不良影响；
- 4 能最大化地与现场吊装配合，避免因沟通不畅造成的工期延误和成本损失。

当项目周边 200 公里以内无预制构件工厂时，建议优先在项目周边临时生产场地制作预制构件。

项目周边临时生产场地需要根据工程进度存在相当长一段时间，因此其主体及围护结构应具有抵御暴雪、大风、闪电、暴雨等自然灾害的能力，保障预制构件工厂的正常生产活动。

项目周边临时生产场地宜优先采用快捷、可靠、环保的建造方式。气承式膜结构通过向结构内部鼓风送气，使膜结构内外形成压力差，保证膜结构的整体刚度、安全性和稳定性。其施工比传统的钢材、玻璃、石材等更容易操作，施工周期更快，建筑物本身靠空气支撑，无需框架或者梁柱等构件，空间利用效率更高。膜结构材料可以阻挡红外线、紫外线，且不会影响采光，使室内外完全隔离，可有效控制室内的温度、湿度等。除此之外，膜结构拆卸简单、无损耗，可以重复利用，绿色环保。

图 1 是气承式膜结构在西藏自治区林芝某项目的应用案例。



图 1 林芝某项目周边气承式膜结构临时工厂

**9.2.3** 在预制构件生产前应对设计文件进行深化、优化设计。切实了解和明确设计意图，完善生产单位的构件制作图。模板图中要表示出构件的六个面，复杂构件需要补充三维透视图，以增强可辨识度；配筋图中要表示出各钢筋的规格、根数、长度和加工误差；配件图要表示出预制构件上预留预埋的各种

管线、洞口、预埋件、饰面铺贴等内容。

加工详图由非原设计单位完成的，需由原设计单位确认。

**9.2.5** 西藏自治区海拔高、温度低且温差较大、紫外线强，混凝土的有效养护对于混凝土后期强度形成和裂缝预防至关重要。

保温、保湿效果越好的方法越有利于混凝土的养护，良好的外部养护方式有利于提高混凝土的强度。养护应同时注重温度和湿度，原则是：湿度要充分，温度要适宜。

西藏自治区冬季温度较低，冬季施工时需要采用加热养护方式。采用加热养护时，按照合理的养护制度进行温控可避免预制构件出现温差裂缝。

采用加热养护时，在可接受生产效率范围内，混凝土成型后的预养护时间长一些有利于减少混凝土在蒸养过程中的内部损伤；控制升温速度和降温速度慢一些，可减少温度应力对混凝土内部结构的不利影响；控制最高温度和恒温温度不宜超过 70℃。撤出养护措施前，控制构件表面与外界温差不大于 20℃，以免由于构件内外温差过大造成构件表面开裂。对于夹心外墙板的养护，控制养护温度不大于 60℃以避免有机保温材料在较高温度下热变形，影响产品质量。

**9.2.6** 由于支点多，产生冻胀及融化下沉的几率就高，所以在构件满足刚度、强度的条件下，应尽量减少支点。

对于大型板、槽形板类构件两端要求用通长的垫木，主要是考虑防止支点多，产生不均匀冻胀和融化下沉后，使板产生扭曲变形。

## 9.3 施工安装

**9.3.1** 西藏自治区具有高海拔、高寒冷、高烈度地震及生态脆弱等“三高一脆”特点，施工周期短，宜优先进行主体结构 and 外围护结构的施工，从而可形成围合空间，便于按《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 有关规定进行冬期施工。

**9.3.3** 预制构件安装前检查的内容包括安装位置已施工完成的结构、预制构件本身以及吊装设备，做这些检查的目的是保证构件可以顺利安装到位，避免重复吊装的工作，检查的依据是相关的设计文件、深化设计文件以及设备操作要求等。

对已施工完成结构、基础的检查，包括了外观质量、尺寸偏差、混凝土强度、预留预埋和安装定位标识等。如对于采用后浇混凝土或灌浆料连接的混凝土构件，已完成结构表面清理工作非常重要，尤其不应有浮浆；对于采用钢筋套筒连接的结构，完成结构面的标高，连接钢筋的定位、外伸长度以及垂直度都应该重点检查；对于采用螺栓连接时，螺栓型号、规格、配件应符合设计要求，表面应清洁，无锈蚀、裂纹等缺陷，其预埋部分的尺寸偏差应满足安装连接的要求。安装施工前，应完成了前序的测量放线工作，并在安装位置设置清晰明确的标识，用以控制构件安装的偏差。

对预制构件的检查，包括了混凝土强度及预制构件及配件的型号、规格、数量、位置等，应确保混

混凝土强度达到设计要求,可以进行安装;预制构件的型号、规格、数量和安装位置要求的预制构件一致。连接装置、连接钢筋及连接管线应重点检查,包括外观质量和尺寸偏差等,应保证符合设计要求,同时还应检查套筒、预留孔内是否有杂物,注浆孔、出浆孔是否通畅等。对于预制构件表面的油污、冰雪和泥沙等杂物应清理干净。

吊装设备在施工前根据吊装需求进行了匹配性选型,在安装施工前,应再次复核吊装设备的吊装能力、吊装器具和吊装环境,以满足安全、高效吊装的要求。

**9.3.5** 预制构件安装就位后应对安装位置、标高、垂直度进行调整,并应考虑安装偏差的累积影响,安装偏差应严于装配式混凝土结构分项工程验收的施工尺寸偏差。装饰类预制构件安装完成后,应结合相邻构件对装饰面的完整性进行校核和调整,保证整体装饰效果满足设计要求。

**9.3.6** 套筒灌浆连接和浆锚搭接连接均对施工环境温度有要求,当施工环境温度较低时,无法满足套筒灌浆连接和浆锚搭接连接的施工要求。结合西藏自治区的气候环境,建议装配式混凝土建筑优先采用干式连接。干式连接是指预制构件之间主要依靠螺栓、焊缝等传力,可能辅以接缝灌浆来传递部分内力或者实现接缝的封堵。节点连接部位不存在混凝土浇筑作业,并且在螺栓连接等干式连接操作完成后,结构即可承受规定的各种作用。本标准中,梁、柱之间的螺栓连接,剪力墙之间的螺栓连接和焊接连接,均属于干式连接的范畴。

钢筋套筒灌浆连接接头和浆锚搭接接头灌浆作业是装配整体式结构工程施工质量控制的关键环节之一。实际工程中这两种连接的质量很大程度取决于施工过程控制,对作业人员应进行培训考核,并持证上岗,同时要求有专职检验人员在灌浆操作全过程监督。

套筒灌浆连接接头的质量保证措施: 1) 采用经验证的钢筋套筒和灌浆料配套产品; 2) 施工人员是经培训合格的专业人员,严格按技术操作要求执行; 3) 质量检验人员进行全程施工质量检查,能提供可追溯的全过程灌浆质量检查记录; 4) 检验批验收时,如对套筒灌浆连接接头质量有疑问,可委托第三方独立检测机构进行非破损检测。

灌浆施工是装配式混凝土建筑结构工程的关键环节之一。实际工程中套筒灌浆连接、浆锚搭接连接的质量很大程度取决于施工过程控制,因此要求有专职人员在灌浆操作全过程旁站,同时要对作业人员进行培训考核。套筒灌浆连接施工尚需符合有关技术规程和配套产品的使用说明书要求。

保证连接接头的质量必须满足以下要求:

- 1 必须采用配套产品,产品应具有良好的施工工艺适应性;
- 2 严格执行专项质量保证措施,明确责任主体;
- 3 施工人员必须是经培训合格的专业人员,严格执行技术操作要求;
- 4 施工管理人员应进行全程施工质量检查记录,能提供可追溯的全过程的检查记录;
- 5 灌浆施工时应按要求每工作班应制作 1 组且每层不应少于 3 组  $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$  的长方体试件,标准养护 28d 后进行抗压强度试验;
- 6 是否进行监理人员旁站,根据具体工程情况由责任主体决定;

7 施工验收后，如对套筒灌浆连接接头质量有疑问，可委托第三方独立检测机构进行检测。

**9.3.8** 装配式混凝土建筑工程内门窗工程的施工参照了现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210 的有关规定，但不包括现场制作的部分，以适应装配式建筑的施工要求。

**9.3.9** 非承重内隔墙包括板材隔墙、骨架隔墙等，其中板材隔墙在装配式混凝土建筑中应用最广，板材隔墙的施工技术应符合现行行业标准《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T 157 有关规定。

## 9.4 质量验收

**9.4.1** 装配式混凝土建筑涵盖了多个分部工程，其验收应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定进行单位工程、分部工程、分项工程和检验批的划分和质量验收。装配式混凝土建筑的外围护系统、内装修系统、设备与管线系统验收内容和相关标准主要包括：

屋面按《屋面工程质量验收规范》GB 50207 验收；

外围护系统的保温和隔热工程按《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 验收；

幕墙按《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 和《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336 验收；

门窗、涂饰工程按《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210 验收；

蒸压加气混凝土外墙板按《蒸压加气混凝土制品应用技术标准》JGJ/T 17 验收；

内装修工程按《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 等验收；

室内环境按《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 验收；

给水排水及采暖工程按《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 验收；

电气工程按《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规范》GB 50166 验收；

通风与空调工程按《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 验收；

智能建筑按《智能建筑工程质量验收规范》GB 50339 验收；

电梯工程按《电梯工程施工质量验收规范》GB 50310 验收；

建筑节能工程按《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 验收。

**9.4.2** 装配式混凝土结构工程是混凝土结构子分部工程的一个分项工程，包括预制构件、安装与连接两部分内容。装配式混凝土结构中的模板工程、钢筋工程等分项工程应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行验收。

**9.4.3** 对专业企业生产的预制构件，进场时应检查质量证明文件。质量证明文件包括产品合格证明书、混凝土强度检验报告及其他重要检验报告等。预制构件的钢筋、混凝土原材料、预应力材料、预埋件等均应按本标准及国家现行有关标准的规定进行检验，其检验报告在预制构件进场时可不提供，但应在构

件生产企业存档保留。按本标准第 9.2.2 条进行驻场监造的预制构件，质量证明文件尚应包括预制构件生产过程的关键验收记录。

对总承包单位制作的预制构件，没有“进场”的验收环节，其材料和制作质量应按本标准各章的规定进行验收。对构件的验收方式为检查构件制作中的质量验收记录。

**9.4.4** 本条规定的验收内容涉及采用后浇混凝土连接及采用叠合构件的装配整体式结构。隐蔽工程反映钢筋、现浇结构分项工程施工的综合质量，后浇混凝土处钢筋既包括预制构件外伸的钢筋，也包括后浇混凝土中设置的纵向钢筋和箍筋。在浇筑混凝土之前进行隐蔽工程验收是为了确保其连接构造性能满足设计要求。

## 附录 A 模块化混凝土结构

**A.0.1** 模块化混凝土结构以结构模块组合及叠加形成建筑空间，建筑的功能空间和部品的布置应与之相协调，以保证结构的安全性。

1 同一功能区宜布置在单个结构模块中，尽量避免跨越多个模块。

2 厨房、卫生间、管井等为管线密集区域，应集中布置在单个结构模块中。

3 楼梯间、电梯间为楼层上下贯通空间，不宜跨越结构模块布置，设置在单个结构模块中可避免切断结构模块的框架梁柱和墙体，利于结构的安全。

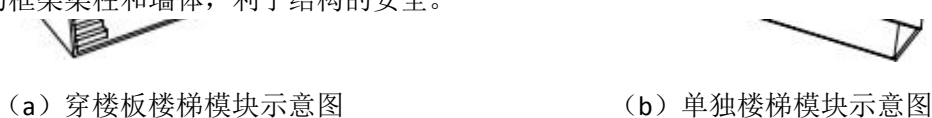


图 2 楼梯模块示意图

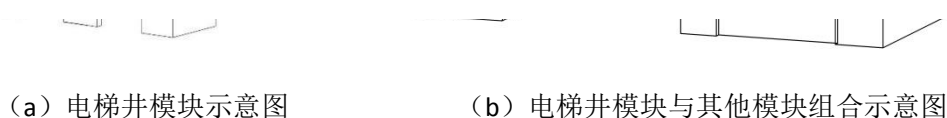


图 3 电梯井模块示意图

**A.0.2** 采用普通结构模块和带挑檐结构模块可实现多种建筑布局，如带过道的模块建筑（图 4）。

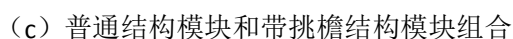


图 4 带过道的模块建筑组合示意图

**A.0.3** 四川大学对不同长度的厚墙板进行抗拉承载力模拟(单个螺栓连接),结果显示 650mm 和 970mm 长度下的厚墙板承载力接近(图 5),而 320mm 长度下的厚墙板承载力明显降低,在设计中应注意模块单元中厚墙板的长度设计。



位移 (mm)

图 5 不同厚墙板长度的力-位移曲线

TP-1-厚墙板长度 320mm；TP-2-厚墙板长度 650mm；TP-3-厚墙板长度 970mm

本条中圈梁的规定参考了现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的要求。

**A.0.6** 模块化混凝土结构采用螺栓连接时，分析模型应符合下列要求：

- 1 结构模块的组合方式为单向并列式时，可采用平面结构模型(图 6a)进行分析；
- 2 结构模块的组合方式为纵横交错式及其他组合形式时，宜采用空间结构模型(图 6b)进行分析；
- 3 计算结构位移时，可采用分块刚性楼板假定；计算结构内力时，应采用弹性楼板假定，模块墙板、模块圈梁和模块楼板交接位置应按整体浇筑的刚接假定；

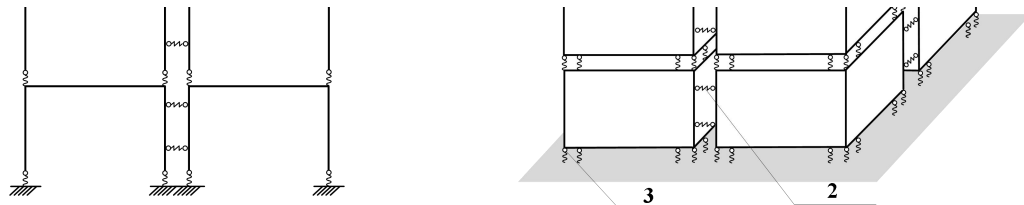
4 连接节点采用干式连接时，每个螺栓可简化为一个弹簧单元，应计入弹簧单元的平动刚度，忽略其转动刚度；节点刚度可由试验获得，或根据其构造建立有限元模型计算，当采用穿缝式螺栓连接时，节点抗拉、抗剪初始刚度可按下式计算：

$$\text{拉: } K_T = \frac{EA}{L_T}$$

$$\text{剪: } K_S = \frac{GA}{L_S}$$

式中，E、G 分别为螺栓材料的弹性模量、剪切模量，A 为螺杆截面面积， $L_T$ 、 $L_S$  分别为螺栓受拉、受剪段的有效长度。

5 结构模块中的薄墙板与相邻厚墙和模块圈梁间采用刚性连接，薄墙板水平缝处不设连接，作为自由边。



(a)平面模型

(b)空间模型

图 6 模块建筑计算简图

1-模块；2-竖缝弹簧；3-水平缝弹簧

模块化混凝土结构连接节点采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接等湿式连接形式，并满足行业现行标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定时，整体分析时可忽略接缝，视为等同现浇。

**A.0.7** 对规则的建筑结构，可仅进行多遇地震作用下的抗震验算；对不规则或存在明显薄弱层的建筑，应验算结构罕遇地震作用下的变形。

**A.0.8** 本条给出结构模块连接的要求：

1 图 7 为一种干式连接的水平缝连接示意图。手孔下方为暗梁部位，高度不宜小于 250mm，螺栓间距不宜小于 300mm；角部 L 形墙板内至少布置 3 颗螺栓，洞口暗柱内至少布置 1 颗螺栓。

1-1

图 7 模块水平缝连接示意图

1-操作手孔；2-双螺母；3-垫片；4-螺杆；5-预埋连接器；6-上层模块；7-螺栓孔；8-下层模块；9-水平缝砂浆找平

2 图 8 为水平缝连接节点处墙板配筋示意图，手孔下方为暗梁部位，高度不宜小于 250mm，纵向钢筋直径不宜小于 10mm 根数不宜少于 6 根，箍筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 100mm。

1-1

图 8 模块水平缝连接节点处墙板配筋示意图

1-水平钢筋；2-竖向钢筋；3-箍筋

3 图 9 中的预埋连接器由预埋套筒和横向钢筋组成。

图 9 预埋连接器

1-螺纹套筒；2-带肋钢筋

4 在模块进行连接时，螺栓孔需要进行灌浆，如下图 20 所示。具体施工顺序如下：

- 1) 吊装模块，使螺栓孔和预埋连接件中的螺纹套筒孔对齐；
- 2) 将提前放进螺栓孔的螺杆与预埋连接件拧紧；
- 3) 在操作手孔内放置垫片，拧紧螺母；

4) 使用水泥基灌浆料从灌浆口进行灌浆，水泥基灌浆料的制备和灌浆的施工方法须符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB50448-2015 的规定；

- 5) 灌浆至填满整个螺栓孔，灌浆完成，施工完成。



图 10 螺栓孔灌浆示意图

1-操作手孔；2-灌浆口；3-上层模块；4-下层模块；5-预埋连接件；6-水平缝砂浆找平；7-螺栓孔；8-螺杆

5 图 11 为模块竖向接缝采用干式连接节点的示意图，操作手孔尺寸、间距等不做具体说明，在墙板中，至少上下各做一颗螺栓连接。

1-1

图 11 模块竖向接缝采用干式连接节点示意图

1-操作手孔；2-双螺母；3-垫片；4-螺杆；5-右模块；6-左模块；7-竖缝间隙；8-螺栓孔；9-灌浆口

6 图 12 为模块竖向接缝连接节点处墙板配筋示意图，钢筋间距不做具体说明，应符合规范要求。



图 12 模块竖向接缝连接节点处墙板配筋示意图

1-水平钢筋；2-竖向钢筋

**A.0.10** 结构模块的外观质量缺陷要求应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中现浇结构外观质量的规定执行。

模块宜采用汽车吊、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。