

住房和城乡建设部备案号：J17112-2023

DB64

宁夏回族自治区地方标准

DB64/T 1914-2023

装配式混凝土结构技术规程

Technical specification for precast concrete structures

2023-08-08 发布

2023-11-08 实施

宁夏回族自治区住房和城乡建设厅
宁夏回族自治区市场监督管理厅

发布

宁夏回族自治区住房和城乡建设厅 公告

(2023) 155 号

自治区住房和城乡建设厅关于发布 《建筑信息模型（BIM）技术应用标准》等7 项地方标准的公告

经自治区住房和城乡建设厅会同自治区市场监督管理厅组织审查，批准《绿色建筑工程验收标准》(DB64/T 1910-2023)、《装配式建筑施工现场安全技术规程》(DB64/T 1911-2023)、《建筑信息模型（BIM）技术应用标准》(DB64/T 1912-2023)、《施工现场建筑垃圾减量化技术标准》(DB64/T 1913-2023)、《装配式混凝土结构技术规程》(DB64/T 1914-2023)、《多功能杆智能系统技术与工程建设规程》(DB64/T 1915-2023)、《预制直埋复合塑料保温供热管道应用技术规程》(DB64/T 1056-2023代替DB64/T 1056-2014)等7项标准为宁夏回族自治区地方标准，以上标准自 2023 年 11 月 8 日起实施。原《预制直埋复合塑料保温供热管道应用技术规程》(DB64/T 1056-2014)同时废止。

执行过程中发现问题，请及时反馈自治区工程建设标准管理中心。

宁夏回族自治区住房和城乡建设厅
2023 年 8 月 17 日

前 言

根据宁夏回族自治区住房和城乡建设厅《关于下达 2021 年度工程建设地方标准制(修)订项目计划的通知》(宁建(科)【2021】9 号)的要求,规程编制组经实地调查研究,认真总结实践经验,参考有关国家标准和国内外先进技术,并在广泛征求意见的基础上,编制本规程。

本规程的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.材料;5.建筑设计;6.结构设计基本规定;7.框架结构设计;8.剪力墙结构设计;9.外挂墙板设计;10.构件制作与运输;11.施工与安装;12.工程验收。

本规程由宁夏回族自治区住房和城乡建设厅负责管理,由中建装配式建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有建议和意见,请寄送至:中建装配式建筑设计研究院有限公司(地址:北京亦庄朝林广场 A 座 25 层,邮箱:ansys70@163.com)

本规程主编单位:中建装配式建筑设计研究院有限公司
宁夏回族自治区建筑科技与产业化发展中心

中建科技集团有限公司

本规程参编单位:中建科技集团华北有限公司
中建科技集团西部有限公司
宁夏城建设计研究院(有限公司)
宁夏建工集团有限公司
宁夏远大城建建筑工业有限公司

DB64/T 1914-2023

宁夏绿歌环保科技发展有限公司

宁夏中盛建材科技有限公司

宁夏第五建筑有限公司

本规程主要起草人：李轶夫 王浩 韩利钧 冯琥

王英明 唐婷婷 丁峰 毛芳芳

刘恩 乔龙 李栋 李胜

于之翠 周冰凌 王杰 王涛

刘婷婷 张晓 刘建平 刘勤保

刘振华 杨安民 曲行通 刘铭

韩超 吴玉华

本规程主要审查人：王宏志 熊芳 韩永波 刘立方

王锦秀 石佩芸 贾爱武 鲁宁安

王彦明 塔娜 魏伯阳

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
4 材 料	7
4.1 混凝土、钢筋和钢材	7
4.2 连接材料	7
4.3 其他材料	8
5 建筑设计	10
5.1 一般规定	10
5.2 平面及立面设计	10
5.3 内装修、设备管线设计	11
6 结构设计基本规定	13
6.1 一般规定	13
6.2 作用及作用组合	16
6.3 结构分析	17
6.4 构件设计	18
6.5 连接设计	21
7 框架结构设计	25
7.1 一般规定	25
7.2 承载力计算	26
7.3 构造设计	28
8 剪力墙结构设计	39

8.1	一般规定	39
8.2	预制剪力墙构造	40
8.3	连接设计	43
9	外挂墙板设计	52
9.1	一般规定	52
9.2	点支承式外挂墙板	55
9.3	线支承式外挂墙板	55
9.4	墙板构造设计	58
10	构件制作与运输	59
10.1	一般规定	59
10.2	制作准备	60
10.3	构件制作与养护	62
10.4	构件检验	63
10.5	运输与堆放	65
11	施工与安装	68
11.1	一般规定	68
11.2	安装准备	69
11.3	吊装施工	70
11.4	预制构件安装	72
11.5	预制构件连接	75
12	工程验收	78
12.1	一般规定	78
12.2	主控项目	79
12.3	一般项目	80
附录 A	预制构件加工图设计深度及出图标准	82
A.1	图纸封面	82
A.2	图纸目录	82
A.3	设计说明	82
A.4	设计图纸	85

附录 B 双面叠合剪力墙设计	89
本规程用词说明	95
引用标准名录	96
附：条文说明	97

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家及宁夏回族自治区的技术经济政策，加快自治区建筑产业化进程，在装配式混凝土结构的设计、施工与验收中，做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于宁夏回族自治区民用建筑抗震设防烈度为6度至8度抗震设计的重点设防类（乙类）及以下设防类别的装配式混凝土结构的设计、生产、施工和验收。

1.0.3 装配式混凝土结构的设计、施工与验收除应符合本文件外，还应符合国家和自治区现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 装配式混凝土结构 precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构，包括装配整体式混凝土结构、螺栓连接混凝土结构等。在建筑工程中，简称装配式建筑；在结构工程中，简称装配式结构。

2.1.2 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土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。简称装配整体式结构。

2.1.3 装配整体式混凝土框架结构 monolithic precast concrete frame structure

全部或部分框架梁、柱采用预制构件构建成的装配整体式混凝土结构。简称装配整体式框架结构。

2.1.4 装配整体式混凝土剪力墙结构 monolithic precast concrete shear wall structure

全部或部分剪力墙采用预制墙板构建成的装配整体式混凝土结构。简称装配整体式剪力墙结构。

2.1.5 预制外挂墙板 precast concrete facade panel

安装在主体结构上，起围护、装饰作用的非承重预制混凝土外墙板。简称外挂墙板。

2.1.6 预制混凝土夹心保温外墙板 precast concrete sandwich facade panel

由承重内叶墙板、保温材料、外叶墙板、拉结件组成的预制混凝土夹心保温外墙板。简称预制夹心外墙板。

2.1.7 结合面 connecting interface

预制构件与后浇混凝土之间的接触面。

2.1.8 混凝土抗剪粗糙面 concrete rough surface

预制构件结合面上的凹凸不平或骨料显露的表面。简称粗糙面。

2.1.9 混凝土叠合受弯构件 composite concrete flexural member

预制混凝土梁、板顶部在现场后浇混凝土而形成的整体受弯构件。简称叠合板、叠合梁。

2.1.10 钢筋机械连接 rebar mechanical splicing

通过钢筋与连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用，将一根钢筋中的力传递至另一根钢筋的连接方法。

2.1.11 钢筋套筒灌浆连接 rebar splicing by grout-filled coupling sleeve

在预制混凝土构件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。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

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。

2.2.2 作用和作用效应

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} ——水平地震作用效应标准值；
- S_{Evk} ——竖向地震作用效应标准值；
- 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_{jE} ——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截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。

2.2.3 几何参数

- B ——建筑平面宽度；
- L ——建筑平面长度。

2.2.4 计算系数及其他

- α_{max} ——水平地震影响系数最大值；
- γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
- γ_0 ——结构重要性系数；
- Δ_u ——楼层层间最大位移；
- 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

3.0.1 装配式混凝土建筑设计应重视前期策划，明确项目目标、匹配适合的技术体系；统筹协调建设、设计、制作、安装等各方的需求；加强建筑、结构、设备、装修等各个专业之间的配合；实现成本、工期、质量三者相互统一。

3.0.2 装配式混凝土结构的设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《工程结构通用规范》GB 55001、《混凝土结构通用规范》GB 55008的基本要求，并应符合下列规定：

- 1 应采用有效措施加强结构的整体性；
- 2 装配式混凝土结构宜采用高强度混凝土、高强钢筋；
- 3 装配式混凝土结构的节点和接缝应受力明确、构造可靠，

并应满足承载力、延性和耐久性要求；

4 应根据连接节点和接缝的构造方式和性能，确定结构的整体计算模型。

3.0.3 装配式混凝土结构中，预制构件的连接部位宜设置在结构受力较小的部位，其尺寸和形状应符合下列规定：

1 应满足建筑使用功能、模数、标准化要求，并应进行集成设计；

2 应根据预制构件的功能和安装部位、加工制作及施工精度等要求，确定合理的公差；

3 应满足制作、运输、堆放、安装和质量控制要求。

3.0.4 对于重点设防类建筑采用装配式混凝土结构的，宜采用隔震、消能减震技术，并应符合《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑消能减震技术规程》JGJ 297及《建筑隔震设计标准》GB/T 51408的相关规定。

3.0.5 预制构件深化设计的深度应满足建筑、结构和机电设备等各专业以及构件制作、运输安装等各环节的综合要求。

3.0.6 装配式混凝土建筑宜采用建筑信息模型（BIM）技术。

4 材 料

4.1 混凝土、钢筋和钢材

4.1.1 混凝土、钢筋和钢材的力学性能指标和耐久性等要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

4.1.2 预制构件的混凝土强度等级不应低于C30；预应力混凝土楼板结构的混凝土强度等级不应低于C30，其他预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于C40；叠合层混凝土及现浇混凝土的强度等级不宜低于C30。

4.1.3 钢筋的选用应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

4.1.4 钢筋焊接网应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114的规定。

4.1.5 预制构件设置预埋吊环时，应选用未经冷加工的HPB300级钢筋或Q235B圆钢，锚入结构构件的长度不应小于 $30d$ ，并应与钢筋骨架焊接或绑扎在钢筋骨架上， d 为吊环钢筋或圆钢的直径；在构件自重标准值作用下，每个吊环按2个截面计算，对HPB300级钢筋，吊环的设计应力不应大于 65N/mm^2 ，对Q235B圆钢，吊环的设计应力不应大于 50N/mm^2 ；当在一个构件上设有4个吊环时，应按3个进行承载力计算。

4.2 连接材料

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

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

4.2.3 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。

4.2.4 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。

4.2.5 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《钢结构设计标准》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。

4.2.6 连接夹心保温外墙板内、外叶板的拉结件应采用纤维增强塑料(FRP)拉结件或不锈钢拉结件。

4.3 其他材料

4.3.1 外墙板接缝处的密封材料应符合下列规定：

1 密封胶应与混凝土具有相容性，且应具有规定的抗剪切和伸缩变形能力；密封胶尚应具有防霉、防水、防火、耐候等性能；

2 硅酮、聚氨酯、聚硫建筑密封胶应分别符合国家现行标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482、《聚硫建筑密封胶》JC/T 483的规定；

3 夹心外墙板接缝处填充用保温材料的燃烧性能应满足国家现行标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624中A级的要求。

4.3.2 夹心外墙板中的保温材料，其导热系数不宜大于 $0.040\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，体积比吸水率不宜大于0.3%，燃烧性能不应低于国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624中B₂级的要求。

4.3.3 装配式建筑采用的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标准》GB 50325和《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222的有关规定。

4.3.4 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，并符合相关规范的规定。

4.3.5 采用无国家现行标准的专用定型产品时，产品应有企业标准及使用说明文件，并应通过国家或当地主管部门的认证。

5 建筑设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 装配式混凝土建筑设计应与装修、结构、给水排水、暖通空调、电气等各专业协同设计。
- 5.1.2 装配式混凝土建筑应符合国家现行标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的有关规定，做到平面、立面与建筑门窗等工业化产品的模数协调。
- 5.1.3 预制构件和装修材料的选用应符合国家及自治区对环境保护的要求。
- 5.1.4 装配式混凝土建筑应满足国家现行标准有关防火、防水、保温、隔热及隔声等要求。
- 5.1.5 装配式混凝土建筑设计应根据具体项目，选取适合的绿色建筑标准。

5.2 平面及立面设计

- 5.2.1 建筑平面布局应考虑结构设计的需要，并应符合本规程第6.1.5条的规定。
- 5.2.2 装配式混凝土建筑的开间、进深、层高、洞口等尺寸应根据建筑类型、使用功能、部品部件生产与装配要求等确定。
- 5.2.3 装配式混凝土建筑平面设计应符合下列规定：
 - 1 应采用大开间大进深、空间灵活可变的布置方式；
 - 2 平面布置应规则，承重构件布置应上下对齐贯通，外墙洞口宜规整有序；
 - 3 设备与管线宜集中设置，并应进行管线综合设计。

5.2.4 装配式混凝土建筑立面设计应符合下列规定：

1 外墙、阳台板、空调板、外窗、遮阳设施及装饰等部品部件宜进行标准化设计；

2 装配式混凝土建筑宜通过建筑体量、材质肌理、色彩等变化，形成丰富多样的立面效果；

3 预制混凝土外墙的装饰面层宜采用清水混凝土、装饰混凝土、免抹灰涂料和反打面砖等耐久性强的建筑材料。

5.2.5 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。

5.2.6 外围护系统的集成设计应符合下列规定：

1 应对外墙板、幕墙、外门窗、阳台板、空调板及遮阳部件等进行集成设计；

2 应采用提高建筑性能的构造连接措施；

3 宜采用单元式装配外墙系统。

5.2.7 女儿墙板内侧在要求的泛水高度处应设凹槽、挑檐或其他泛水收头等构造，挑出墙面的部分宜在其底部周边设置滴水措施。

5.3 内装修、设备管线设计

5.3.1 装配式混凝土建筑的内装修设计应与建筑各专业设计同步进行。

5.3.2 室内装配式装修应满足部品检修更换、设备与管线使用维护的要求，宜采用SI内装技术和管线分离。

5.3.3 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。当采用异层排水时，管道预留洞口洞边与板边距离不宜小于50mm。

5.3.4 暖通、电气等设备及管道系统穿越预制构件时，应预埋套管或预留孔洞，设备、管道及其附件的支吊架或设备基础应直接连接在结构受力构件上。

5.3.5 强、弱电配电箱（盘）嵌墙安装时，对应的墙体厚度应不小于200mm。

5.3.6 进出管线较多的电气设备不宜嵌入安装在预制构件上。当安装在预制构件上时，应在不削弱构件隔声、防火及受力等性能的情况下预留安装条件。

5.3.7 配电干线穿越结构实体墙进入室内，应在进线处结构实体墙上预埋防水套管，并进行防水封堵。

5.3.8 固定在预制构件上的大型机电设备、管道等，应根据荷载，采用预埋件进行固定。

6 结构设计基本规定

6.1 一般规定

6.1.1 装配式混凝土结构房屋最大适用高度应满足表6.1.1的要求，当结构中竖向构件全部为现浇且楼盖采用叠合梁板或钢筋桁架楼承板时，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。

表 6.1.1 装配整体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			
	6度	7度	8度（0.2g）	8度（0.3g）
装配整体式框架结构	60	50	40	30
装配整体式框架-现浇剪力墙结构	100	85	80	60
装配整体式剪力墙结构	110	90	80	60

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

2 表中框架不含异形柱框架；

3 乙类建筑可按本地区抗震设防烈度确定其最大适用高度。

6.1.2 装配整体式混凝土结构的高宽比不宜超过表6.1.2的数值。

表 6.1.2 装配整体式混凝土结构适用的最大高宽比

结构类型	抗震设防烈度	
	6度、7度	8度
装配式混凝土框架结构	4	3
装配整体式框架-现浇剪力墙结构、装配整体式剪力墙结构	6	5

6.1.3 装配整体式混凝土结构构件的抗震设计，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。丙类装配式混凝土结构的抗震等级应按表6.1.3确定。

表 6.1.3 丙类装配整体式混凝土结构的抗震等级

结构类型		抗震设防烈度							
		6度		7度			8度		
装配整体式 框架结构	高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24
	框架	四	三	三	二	二	二	一	一
	大跨度框架	三		二			一		
装配整体式 框架-现浇 剪力墙结构	高度 (m)	≤60	>60	≤24	>24且 ≤60	>60	≤24	>24且 ≤60	>60
	框架	四	三	四	三	二	三	二	一
	剪力墙	三	三	三	二	二	二	一	一
装配整体式 剪力墙结构	高度 (m)	≤70	>70	≤24	>24且 ≤70	>70	≤24	>24且 ≤70	>70
	剪力墙	四	三	四	三	二	三	二	一

注：大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架。

6.1.4 乙类装配整体式结构应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；当本地区抗震设防烈度为8度且抗震等级为一级时，应采取比一级更高的抗震措施；当建筑场地为I类时，仍可按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。当建筑场地为III、IV类时，对设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区，宜分别按抗震设防烈度8度（0.2g）和9度（0.40g）时各类建筑的要求采取抗震构造措施。

6.1.5 装配式混凝土结构的平面、立面的规则性应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

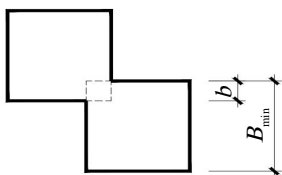
的相关规定，并应符合下列要求：

1 不宜采用角部重叠或细腰形等对楼盖整体刚度削弱较大的平面(图 6.1.5a、b)。细腰形平面尺寸 b/B 不宜小于 0.4；角部重叠部分尺寸与相应边长较小值的比值 b/B_{\min} 不宜小于 1/3。

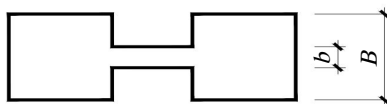
2 结构单元的平面形状宜简单、规则、对称、完整，结构单元平面内的质量和刚度分布宜均匀，质心与刚心的平面位置宜接近(图 6.1.5c、d)。平面长度 L 不宜过长，平面宽度 B 不应过小， L/B 宜满足表 6.1.5 的要求。

表 6.1.5 结构平面长宽之比限值

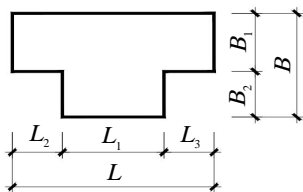
抗震设防烈度	L/B
6度、7度 (0.1g)	≤ 5.0
7度 (0.15g)、8度	≤ 4.0



(a) 角部重叠平面

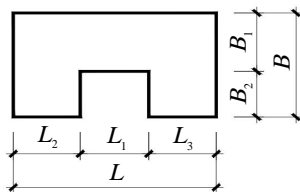


(b) 细腰形平面



(c) 局部突出平面

注： $L_1 \geq 0.5L$ ， $L_2 \leq 0.3L$ ，
 $L_3 \leq 0.3L$ ， $B_1 \geq 0.6B$



(d) 局部凹进平面

注： $L_1 \leq 0.5L$ ， $L_2 \geq 0.3L$ ，
 $L_3 \geq 0.3L$ ， $B_1 \geq 0.6B$

图 6.1.5 结构平面示意

6.1.6 装配式混凝土结构内力和变形计算时，可按刚性楼板假定

计算，并采取措施保证楼板平面内的整体刚度；当楼板跨度较大、开有较大洞口等原因使楼板在平面内产生较明显的变形时，应按弹性楼板假定计算。

6.1.7 装配式混凝土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、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定。

6.1.8 抗震设计时，构件及节点的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按表6.1.8采用；当仅考虑竖向地震作用组合时，承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取1.0。预埋件锚筋截面计算的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取1.0。

表 6.1.8 构件及节点承载力抗震调整系数 γ_{RE}

结构 构件 类别	正截面承载力计算					斜截面承载力计算	受冲切承载力计算、 接缝受剪承载力计算
	受弯 构件	偏心受压柱		偏心受 拉构件	剪力墙	各类构件及 框架节点	
		轴压比小于 0.15	轴压比不小 于0.15				
γ_{RE}	0.75	0.75	0.8	0.85	0.85	0.85	0.85

6.1.9 装配式结构、构件及节点在工作年限内，应能承受在正常施工和正常使用期间预期可能出现的各种作用；应能保障结构和结构构件的预定使用要求；应能保障足够的耐久性要求。

6.1.10 预制构件节点及接缝处后浇混凝土强度等级不应低于被连接预制构件混凝土的较高强度等级，且应采用无收缩混凝土。多层剪力墙结构中墙板水平接缝用坐浆材料的强度等级应大于被连接构件的混凝土强度等级。

6.2 作用及作用组合

6.2.1 装配式结构的作用及作用组合应根据国家现行标准《工程

结构通用规范》GB 55001确定。

6.2.2 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。构件运输、吊运时，动力系数宜取1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取1.2。

6.2.3 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的1.5倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

- 1 动力系数不宜小于1.2；
- 2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

6.3 结构分析

6.3.1 在各种设计状况下，装配整体式结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。当同一层内既有预制又有现浇抗侧力构件时，地震设计状况下宜对现浇抗侧力构件在地震作用下的弯矩和剪力进行适当放大，建议取值不小于1.1倍。

6.3.2 装配整体式结构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 Δ_u 与层高 h 之比的限值宜按表6.3.3采用。

表 6.3.3 楼层层间最大位移与层高之比的限值

结构类型	Δ_u/h 限值
装配整体式框架结构	1/550
装配整体式框架-现浇剪力墙结构	1/800
装配整体式剪力墙结构	1/1000

6.3.4 装配式混凝土结构应采取措施保证结构的整体性。安全等级为一级的高层装配式混凝土结构尚应按现行行业标准《高层建

筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定进行抗连续倒塌概念设计。

6.3.5 在结构内力与位移计算时，对现浇楼盖和叠合楼盖，均可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性；楼面梁的刚度可计入翼缘作用予以增大；梁刚度增大系数可根据翼缘情况近似取为1.5~2.0。

6.4 构件设计

6.4.1 预制构件的设计除应满足持久设计状况、地震设计状况外，短暂设计状况还应符合本规程及现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

6.4.2 用于固定连接件的预埋件与预埋吊件、临时支撑用预埋件不宜兼用；当兼用时，应同时满足各种设计工况要求。预制构件中预埋件的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666等有关规定。

6.4.3 装配整体式结构的楼盖宜采用叠合楼盖，叠合板设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1中的相关要求。结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层宜采用现浇楼盖。

6.4.4 高层装配整体式混凝土结构中，楼盖尚应符合下列规定：屋面层和平面受力复杂的楼层宜采用现浇楼盖，当采用叠合楼盖时，楼板的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。

6.4.5 叠合板设计应符合下列规定：

1 叠合板的预制板厚度不宜小于60mm，后浇混凝土叠合层厚度不应小于60mm；宜采用桁架钢筋混凝土叠合板；

- 2 跨度大于 6m 的叠合板，宜采用预应力混凝土预制板；
- 3 板厚大于 180mm 的叠合板，宜采用混凝土空心板；
- 4 叠合板挠度比同等厚度现浇板挠度大，且预制构件无法起拱，设计时应予考虑。

6.4.6 叠合板可根据预制板接缝构造、支座构造、长宽比按单向板或双向板设计。当预制板之间采用分离式接缝时，宜按单向板设计。对长宽比不大于3的四边支承叠合板，当其预制板之间采用整体式接缝或无接缝时，可按双向板设计。

6.4.7 叠合板板端和板侧支座处，预制板内的纵向受力钢筋宜从板端伸出并锚入支承梁或墙的后浇混凝土中，锚固长度不应小于 $5d$ (d 为纵向受力钢筋直径)，且宜伸过支座中心线。

6.4.8 单向叠合板板侧的分离式接缝宜配置附加钢筋，并应符合下列规定：

- 1 接缝处紧邻预制板顶面宜设置垂直于板缝的附加钢筋，附加钢筋伸入两侧后浇混凝土叠合层的锚固长度不应小于 $15d$ (d 为附加钢筋直径)；

- 2 附加钢筋截面面积不宜小于预制板中该方向钢筋面积，钢筋直径不宜小于 6mm、间距不宜大于 250mm。

6.4.9 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上且宜避开最大弯矩截面。接缝可采用后浇带形式，并应符合下列规定：

- 1 后浇带宽度宜为 200mm~300mm；

- 2 后浇带两侧板底纵向受力钢筋可在后浇带中焊接、搭接连接、弯折锚固；

- 3 当后浇带两侧板底纵向受力钢筋在后浇带中弯折锚固时，应符合下列规定：

- 1) 叠合板厚度不应小于 $10d$ ，且不应小于 120mm (d 为弯折钢筋直径的较大值)；

- 2) 接缝处预制板侧伸出的纵向受力钢筋应在后浇混凝土叠

合层内锚固，且锚固长度不应小于 l_a ；两侧钢筋在接缝处重叠的长度不应小于 $10d$ ，钢筋弯折角度不应大于 30° ，弯折处沿接缝方向应配置不少于2根通长构造钢筋，且直径不应小于该方向预制板内钢筋直径。

6.4.10 桁架钢筋混凝土叠合板应满足下列要求：

- 1 桁架钢筋应沿主要受力方向布置；
- 2 桁架钢筋距板边不应大于 300mm ，间距不宜大于 600mm ；
- 3 桁架钢筋弦杆钢筋直径不宜小于 8mm ，腹杆钢筋直径不应小于 4mm ；
- 4 桁架钢筋弦杆混凝土保护层厚度不应小于 15mm 。

6.4.11 当叠合板的叠合界面粗糙度符合6.5.6条的构造规定时，其受剪强度应符合下列公式的要求：

$$\frac{V}{bh_0} \leq 0.4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (6.4.11)$$

式中： V ——验算截面的剪力设计值(N)；

b ——叠合板的宽度(mm)；

h_0 ——叠合板的有效高度(mm)。

6.4.12 楼梯宜设计成模数化的标准梯段，各梯段净宽、梯段长度、梯段高度宜统一。

6.4.13 楼梯板的厚度不宜小于 100mm ，宜配置连续的上部及下部钢筋，最小配筋率宜为 0.2% 和 $45f_t/f_y\%$ 的较大值；分布钢筋直径不宜小于 6mm ，间距不宜大于 250mm 。下部钢筋宜按两端筒支计算确定并配置通长的纵向钢筋。当楼梯两端均不能滑动时，板底、板面应配置通长的纵向钢筋。吊装前应根据吊点位置验算楼梯板内钢筋。

6.4.14 楼梯栏杆宜预埋焊接件或预留插孔，孔边距楼梯边缘距离不应小于 30mm 。

6.4.15 当预制构件中钢筋的混凝土保护层厚度大于 50mm 时，宜对钢筋的混凝土保护层采取有效的构造措施防裂缝。

- 6.4.16 预制构件中外露预埋件凹入表面的深度不宜小于10mm。
- 6.4.17 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。

6.5 连接设计

6.5.1 装配整体式混凝土结构构件的连接宜设置在结构受力较小处，且应便于施工，结构构件之间的连接构造应满足结构传递内力的要求，并应符合标准化要求。

6.5.2 装配整体式混凝土结构构件连接形式应根据结构的受力性能和施工条件进行设计，对需要传递弯矩及其他内力的刚性连接，设计时应使连接部位的截面刚度与邻近连接部位的预制构件的刚度相接近。

6.5.3 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：

$$\gamma_0 V_{jd} \leq V_u \quad (6.5.3-1)$$

- 2 地震设计状况：

$$V_{jdE} \leq V_{uE} / \gamma_{RE} \quad (6.5.3-2)$$

- 3 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：

$$\eta_j V_{mu} \leq V_{uE} \quad (6.5.3-3)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，安全等级为一级时不应小于1.1，安全等级为二级时不应小于1.0；

V_{jd} ——持久设计状况下接缝剪力设计值(N)；

V_{jdE} ——地震设计状况下接缝剪力设计值(N)；

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(N)；

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(N)；

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(N)；

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。

6.5.4 装配整体式结构中，节点及接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、施工工艺等要求选用机械连接、套筒灌浆连接、焊接连接、绑扎搭接连接等连接方式，并应符合国家现行有关标准的规定。

6.5.5 纵向钢筋采用套筒灌浆连接时，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，并应符合下列规定：

1 套筒灌浆连接应采用由接头型式检验确定的相匹配的灌浆套筒、灌浆料；

2 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；

3 套筒灌浆连接钢筋的直径不应小于12mm，不宜大于40mm；

4 套筒之间的净距不应小于25mm。

6.5.6 预制构件与后浇混凝土、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；预制叠合梁端面应设置键槽（图6.5.6）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；键槽的深度 t 不宜小于30mm，宽度 w 不宜小于深度的3倍且不宜大于深度的10倍；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

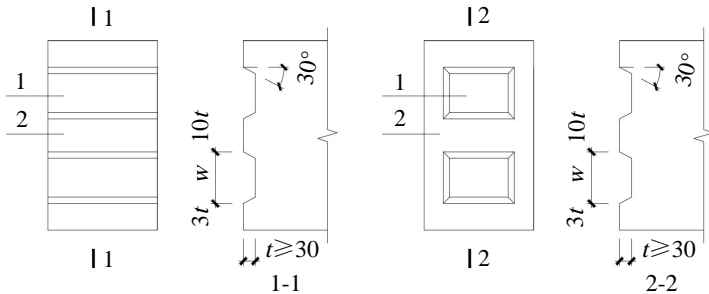
30° ；

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应设置粗糙面，也可设置键槽；键槽深度 t 不宜小于 20mm，宽度 w 不宜小于深度的 3 倍且不宜大于深度的 10 倍，键槽间距宜等于键槽宽度，键槽端部斜面倾角不宜大于 30° ；

4 预制柱的底部应设置键槽且宜设置粗糙面，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；

5 粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%，预制叠合板的粗糙面凹凸深度不应小于 4mm，预制叠合梁端、预制柱端、预制墙端的粗糙面凹凸深度不应小于 6mm。

6.5.7 预制构件纵向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，并应符合现行国家标准《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。



(a) 键槽贯通截面

(b) 键槽不贯通截面

图 6.5.6 梁端键槽构造示意

1——键槽；2——梁端面

6.5.8 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《钢结构设计标准》

GB 50017和《钢结构焊接规范》GB 50661等的规定。

6.5.9 预制楼梯与支承构件之间宜采用简支连接，可不考虑楼梯参与整体结构抗震计算。采用简支连接时，应符合下列规定：

1 预制楼梯宜一端设置固定铰，另一端设置滑动铰，其滑动变形能力应满足结构层间位移的要求，且预制楼梯端部在支承构件上的最小搁置长度不应小于 100mm；

2 预制楼梯滑动铰的端部应采取防止滑落的构造措施。

6.5.10 非承重预制构件的连接设计应符合下列要求：

1 与支撑结构之间宜采用柔性连接方式；

2 在框架内镶嵌或采用焊接连接时，应考虑对框架抗侧刚度的影响；

3 外挂板与主体结构的连接构造应具有一定的变形适应性。

7 框架结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于采用现浇柱与叠合梁，以及预制柱与叠合梁的装配整体式框架结构的设计。

7.1.2 除本规程另有规定外，装配整体式框架结构可按现浇混凝土框架结构进行设计。装配整体式框架-现浇剪力墙结构的框架也应符合本章的规定。

7.1.3 框架结构首层柱宜采用现浇混凝土，顶层宜采用现浇楼盖结构。

7.1.4 装配整体式框架结构中，预制柱的纵向钢筋连接应符合下列规定：

1 当房屋高度不大于 12m 或层数不超过 3 层时，可采用套筒灌浆、螺栓连接、焊接等连接方式；

2 当房屋高度大于 12m 或层数超过 3 层时，宜采用套筒灌浆连接。

7.1.5 在装配整体式框架结构中，预制柱水平接缝处不宜出现拉力。

7.1.6 当预制构件在有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区进行连接时，连接形式宜采用灌浆套筒连接；也可采用机械连接，当接头(同一截面)百分率不大于50%时，接头性能等级可为Ⅱ级，当接头百分率大于50%时，接头性能等级应为Ⅰ级。

7.1.7 装配整体式框架结构中，预制柱、预制叠合梁纵向受力钢筋宜采用高强度、少根数的钢筋配置方式。

7.1.8 装配整体式框架采用预应力叠合梁时，应符合现行行业标

准《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369及《预应力混凝土结构抗震设计标准》JGJ/T 140的有关规定。

7.2 承载力计算

7.2.1 对一、二、三级抗震等级的装配整体式框架，应进行梁柱节点核心区抗震受剪承载力验算；对四级抗震等级可不进行验算。梁柱节点核心区抗震受剪承载力验算和构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《建筑抗震设计规范》GB 50011中的有关规定。

7.2.2 叠合梁端竖向接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

1 持久设计状况

$$V_u = 0.07f_c A_{c1} + 0.1f_c A_K + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (7.2.2-1)$$

2 地震设计状况

$$V_{uE} = 0.04f_c A_{c1} + 0.06f_c A_K + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (7.2.2-2)$$

式中： A_{c1} ——叠合梁端截面后浇混凝土叠合层截面面积(mm^2)；

f_c ——预制构件混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm^2)；

f_y ——垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计值(N/mm^2)；

A_K ——各键槽的根部截面面积(图7.2.2)之和，按后浇键槽根部截面和预制键槽根部截面分别计算，并取二者的较小值(mm^2)；

A_{sd} ——垂直穿过结合面所有钢筋的面积，包括叠合层内的纵向钢筋(mm^2)。

7.2.3 在地震设计状况下，预制柱底水平接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

1 当预制柱受压时：

$$V_{uE} = 0.8N + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (7.2.3-1)$$

2 当预制柱受拉时：

$$V_{uE} = 1.65A_{sd} \sqrt{f_c f_y \left[1 - \left(\frac{N}{A_{sd} f_y} \right)^2 \right]} \quad (7.2.3-2)$$

- 式中： f_c ——预制构件混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm²)；
 f_y ——垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计值(N/mm²)；
 N ——与剪力设计值 V 相应的垂直于结合面的轴向力设计值，取绝对值进行计算(N)；
 A_{sd} ——垂直穿过结合面所有钢筋的面积(mm²)；
 V_{uE} ——地震设计状况下接缝受剪承载力设计值(N)。

7.2.4 施工阶段的叠合梁应根据支撑情况计算预制部分的正截面受弯承载力；在使用阶段，应按全截面计算正截面受弯承载力。在计算中，正弯矩区段的混凝土强度等级，按叠合层取用；负弯矩区段的混凝土强度等级，按计算截面受压区的实际情况取用。

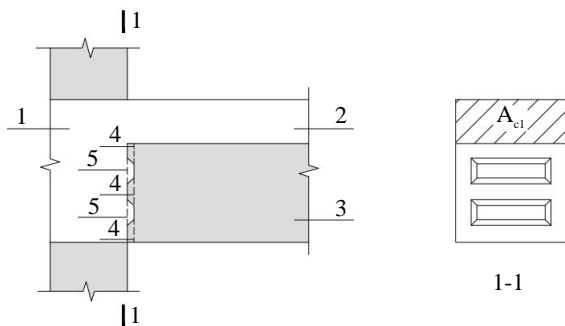


图 7.2.2 叠合梁端受剪承载力计算参数示意

- 1——后浇节点区；2——后浇混凝土叠合层；3——预制叠合梁；
 4——预制键槽根部截面；5——后浇键槽根部截面

7.2.5 当叠合梁符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的各项构造要求时，其叠合面的受剪承载力应符合下列规定：

$$V \leq 1.2f_t b h_0 + 0.85f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (7.2.5)$$

式中： V ——验算截面的剪力设计值(N)；

f_t ——混凝土的抗拉强度设计值，取叠合层和预制构件中的较低值(N/mm²)；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值(N/mm²)；

b 、 h_0 ——分别为叠合梁宽度和有效高度(mm)；

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积(mm²)；

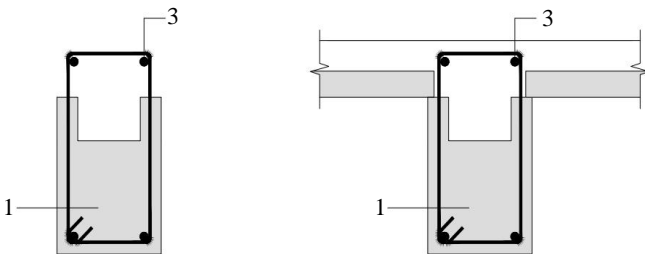
s ——沿构件长度方向的箍筋间距(mm)。

7.3 构造设计

7.3.1 采用叠合梁时，楼板一般采用叠合板或钢筋桁架楼承板，梁、板的后浇层一起浇筑。当板的总厚度小于梁的后浇层厚度时，为增加梁的后浇层厚度，可采用凹口截面预制叠合梁，具体要求见《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1。也可以采用其他截面形式，如倒T形或花篮梁的形式。

7.3.2 叠合梁的箍筋配置应符合下列规定：

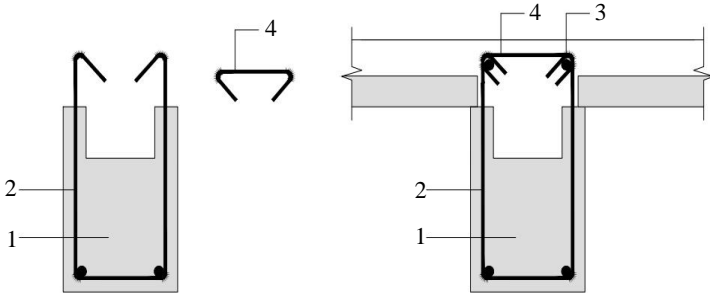
1 抗震等级为一、二级的叠合框架梁的梁端箍筋加密区宜采用整体封闭箍筋；当叠合梁受扭时宜采用整体封闭箍筋，且整体封闭箍筋的搭接部分宜设置在预制部分(图 7.3.2a)；



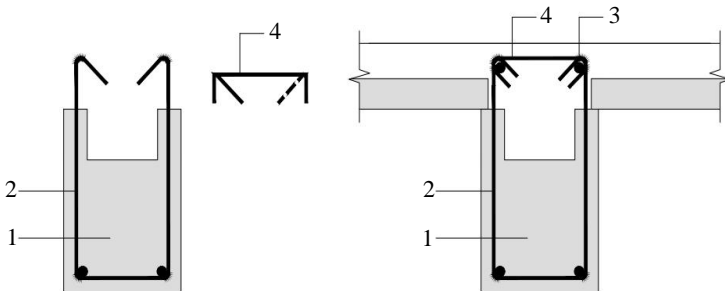
预制部分

叠合梁

(a) 采用整体封闭箍筋的叠合梁



两端 135° 弯钩箍筋帽



一端 135° 另一端 90° 弯钩箍筋帽

(b) 采用组合封闭箍筋的叠合梁

图 7.3.2 叠合梁箍筋构造示意

1——预制叠合梁；2——开口箍筋；3——上部纵向钢筋；4——箍筋帽

2 当采用组合封闭箍筋(图 7.3.2b)时,开口箍筋上方两端应做成 135° 弯钩,对框架梁弯钩平直段长度不应小于 10d (d 为箍筋直径),次梁弯钩平直段长度不应小于 5d。现场应采用箍筋帽封闭开口箍,箍筋帽宜两端做成 135° 弯钩,也可做成一端 135° 另一端 90° 弯钩,但 135° 弯钩和 90° 弯钩应沿纵向受力钢筋方向交错设置,框架梁弯钩平直段长度不应小于 10d (d 为箍筋直径),

次梁 135° 弯钩平直段长度不应小于 $5d$ ， 90° 弯钩平直段长度不应小于 $10d$ 。

7.3.3 叠合梁可采用对接连接（图7.3.3），并应符合下列规定：

- 1 连接处应设置后浇段，后浇段的长度应满足梁下部纵向钢筋连接作业的空间需求；
- 2 梁下部纵向钢筋在后浇段内宜采用机械连接、套筒灌浆连接或焊接连接；
- 3 后浇段内的箍筋应加密，箍筋间距不应大于 $5d$ （ d 为纵向钢筋直径），且不应大于 100mm 。

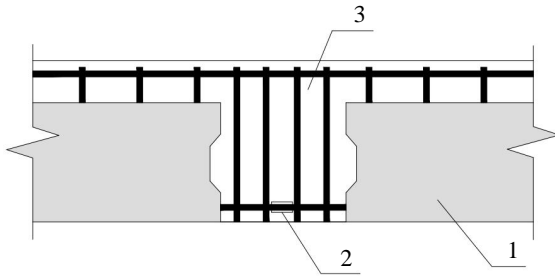


图 7.3.3 叠合梁连接节点示意

1——预制叠合梁；2——钢筋连接接头；3——后浇段

7.3.4 主梁与次梁采用后浇段连接时，应符合下列规定：

- 1 在端部节点处，次梁下部纵向钢筋伸入主梁后浇段内的长度不应小于 $12d$ 。次梁上部纵向钢筋应在主梁后浇段内锚固。当采用弯折锚固（图 7.3.4a）或锚固板时，锚固直段长度不应小于 $0.6L_{ab}$ ；当钢筋应力不大于钢筋强度设计值的 50% 时，锚固直段长度不应小于 $0.35L_{ab}$ ；弯折锚固的弯折后直段长度不应小于 $12d$ （ d 为纵向钢筋直径）；

- 2 在中间节点处，两侧次梁的下部纵向钢筋伸入主梁后浇段内长度不应小于 $12d$ （ d 为纵向钢筋直径）；次梁上部纵向钢筋应

在现浇层内贯通（图 7.3.4b）。

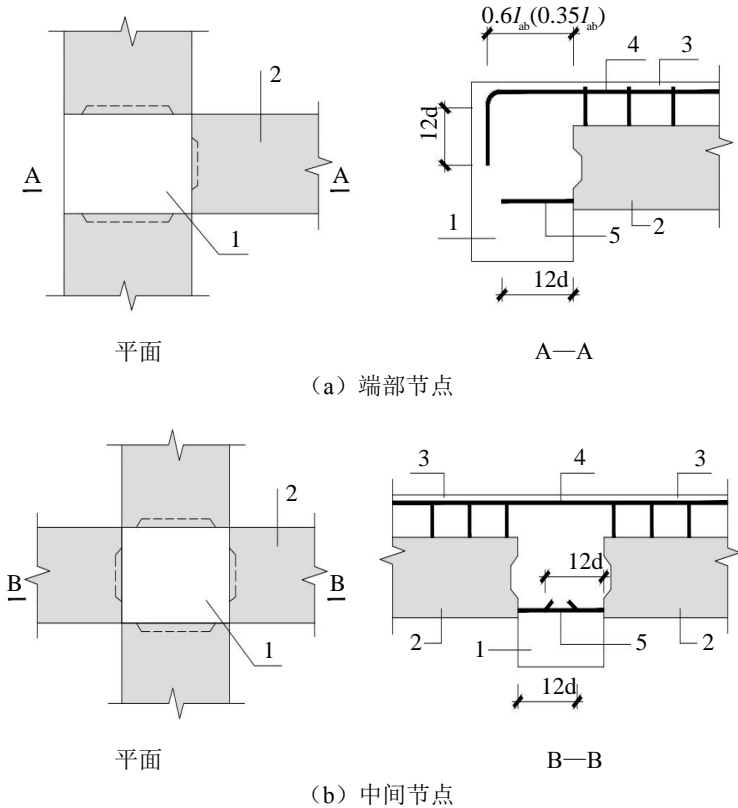


图 7.3.4 主次梁连接节点构造示意

- 1——主梁后浇段；2——次梁；3——后浇混凝土叠合层；
4——次梁上部纵向钢筋；5——次梁下部纵向钢筋

7.3.5 预制柱的设计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 柱纵向受力钢筋直径不宜小于 20mm；
- 2 矩形柱截面宽度或圆柱直径不宜小于 400mm，且不宜小于同方向梁宽的 1.5 倍；

3 柱纵向受力钢筋在柱底采用套筒灌浆连接时，柱箍筋加密区长度不应小于纵向受力钢筋连接区域长度与 500mm 之和；套筒上端第一道箍筋距离套筒顶部不应大于 50mm（图 7.3.5）。

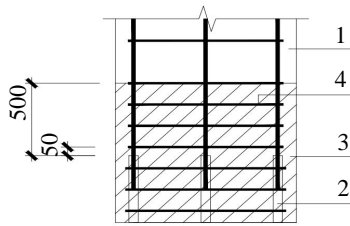
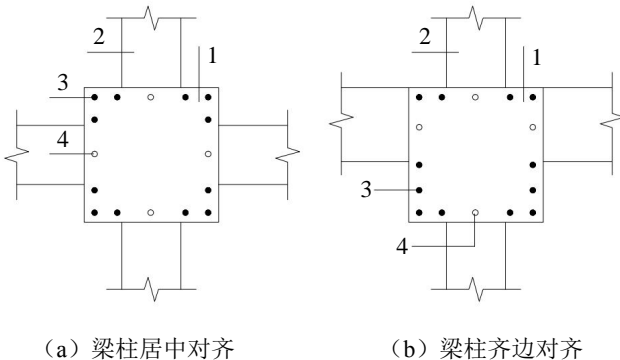


图 7.3.5 钢筋采用套筒灌浆连接时柱底箍筋加密区构造示意

1——预制柱；2——套筒灌浆连接接头；3——箍筋加密区（阴影区域）；
4——加密区箍筋

7.3.6 预制柱纵向受力钢筋的间距不宜大于200mm且不应大于400mm。柱的纵向受力钢筋可集中于四角配置且宜对称布置。柱中可设置纵向构造钢筋且直径不宜小于12mm；当正截面承载力计算不计入纵向构造钢筋时，纵向构造钢筋可不伸入框架节点（图 7.3.6）。



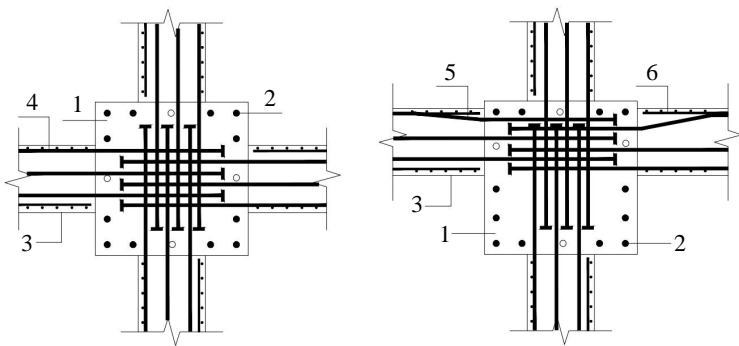
(a) 梁柱居中对齐

(b) 梁柱齐边对齐

图 7.3.6 预制柱纵筋集中角部放置示意

1——预制柱；2——预制叠合梁；3——柱纵向钢筋；4——构造钢筋

7.3.7 预制叠合梁底部纵向受力钢筋排布除满足《混凝土结构设计规范》GB 50010外，应充分考虑纵筋在梁柱节点区内的避让，钢筋的避让可采用同向不同梁纵筋水平错开或竖向错开方式，垂直方向不同梁纵筋采用竖向错开方式。纵筋端部可采用端锚板、弯锚、焊接短钢筋等措施。当采用锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256中的有关规定，并应注意锚固板尺寸对纵筋间距增大的影响。当梁纵筋数量较多，可采取部分纵筋在梁柱节点核心区外截断，当梁纵筋与柱钢筋干涉时，梁纵筋按1:6放坡弯折交替伸入柱钢筋内侧，架立钢筋根据箍筋最大间距要求设置。（图7.3.7）。



(a) 梁柱居中布置

(b) 梁柱偏心布置

图 7.3.7 预制叠合梁纵筋排布示意

- 1——预制柱；2——柱纵筋；3——预制叠合梁；4——进入支座纵筋；
5——弯锚纵筋；6——增加架立筋

7.3.8 采用预制柱及叠合梁的装配整体式框架中，柱底接缝宜设置在楼面标高处（图7.3.8），并应符合下列规定：

- 1 后浇节点区混凝土上表面应设置粗糙面；
- 2 柱纵向受力钢筋应贯穿后浇节点区；
- 3 柱底接缝厚度宜为20mm，并应采用灌浆料填实。

7.3.9 梁、柱纵向钢筋在后浇节点区内采用直线锚固、弯折锚固

或机械锚固的方式时，其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中的有关规定；当梁、柱纵向钢筋采用锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256中的有关规定。

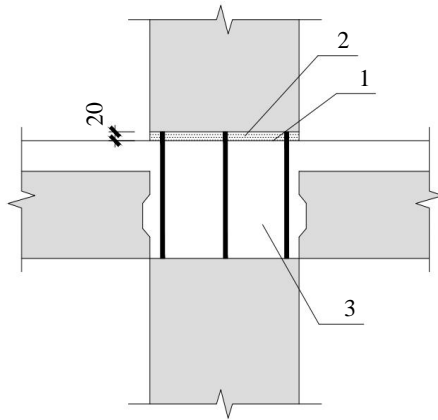


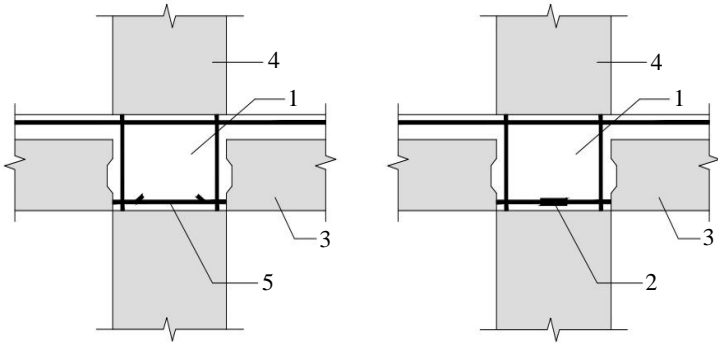
图 7.3.8 预制柱底接缝构造示意

1——后浇节点区混凝土上表面粗糙面； 2——接缝灌浆层； 3——后浇区

7.3.10 装配整体式框架中间层梁柱节点，梁纵向受力钢筋应伸入后浇节点区内锚固或连接，并应符合下列规定：

1 对中间层中间节点，两侧的梁下部纵向受力钢筋宜锚固在后浇节点区内（图 7.3.10-1a），也可采用机械连接或焊接的方式直接连接（图 7.3.10-1b）；梁的上部纵向受力钢筋应贯穿后浇节点区；

2 对中间层边节点，当柱截面尺寸不满足梁纵向受力钢筋的直线锚固要求时，宜采用锚固板锚固（图 7.3.10-2），锚固直线段长度应伸过柱中心线不小于 $5d$ ，且不小于 $0.4L_{abE}$ ；也可采用 90° 弯折锚固，锚固直线段长度不小于 $0.4L_{abE}$ ，弯折后直线段不小于 $15d$ 。



(a) 梁下部纵向受力钢筋锚固 (b) 梁下部纵向受力钢筋连接

图 7.3.10-1 框架中间层中节点构造示意

1——后浇区；2——梁下部纵向受力钢筋连接；3——预制叠合梁；
4——预制柱；5——梁下部纵向受力钢筋锚固

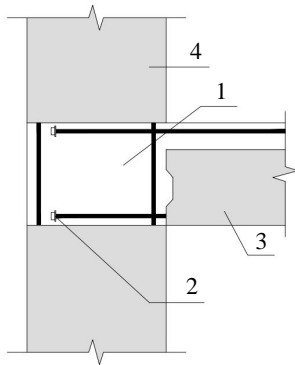


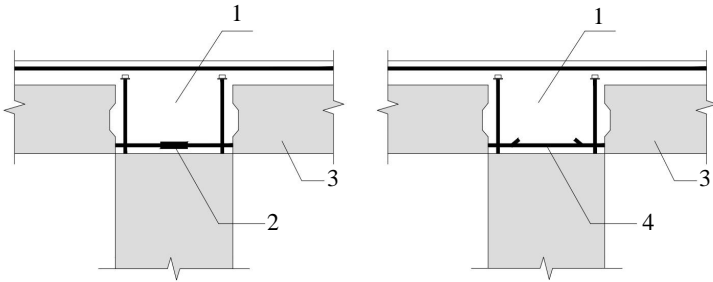
图 7.3.10-2 框架中间层边节点构造示意

1——后浇区；2——纵向受力钢筋锚固；3——预制叠合梁；
4——预制柱

7.3.11 装配整体式框架的顶层梁柱节点，预制柱与叠合梁的连接应符合下列规定：

1 对顶层中间节点，梁纵向受力钢筋的构造应符合本规程第 7.3.10 条第 1 款的规定。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 7.3.11-1）。当采用锚固板锚固时，锚固长度不应小于 $0.4L_{aE}$ (L_a)、250mm 和梁高的 $4/5$ 的最大值（图 7.3.11-2）；在柱范围内应沿梁设置伸至梁底的开口箍筋，开口箍筋的间距不大于 100mm，直径和肢数同梁加密区（图 7.3.11-3）；



(a) 梁下部纵向受力钢筋连接 (b) 梁下部纵向受力钢筋锚固

图 7.3.11-1 框架顶层中节点构造示意

1——后浇区；2——梁下部纵向受力钢筋连接；3——预制叠合梁；
4——梁下部纵向受力钢筋锚固

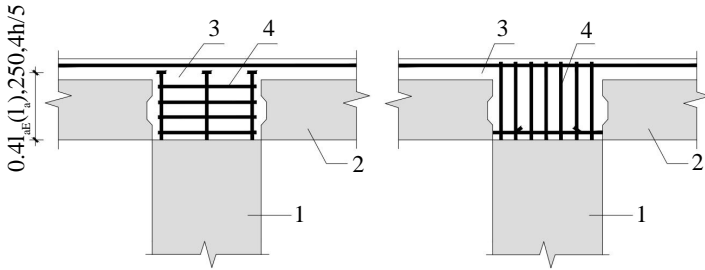


图 7.3.11-2 顶层中节点柱
纵筋锚固示意

1——预制柱；2——预制叠合梁；
3——后浇区；4——水平加强箍筋

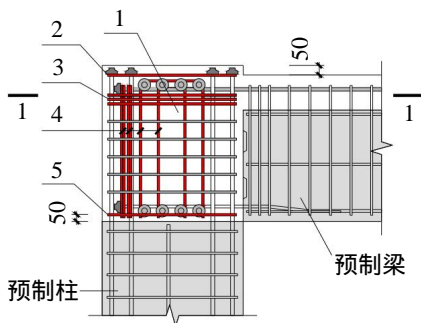
图 7.3.11-3 顶层中节点
开口箍筋示意

1——预制柱；2——预制叠合梁；
3——后浇区；4——U 形开口箍筋

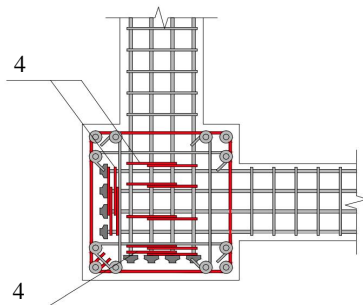
2 对顶层端节点，梁下部纵向受力钢筋应锚固在后浇节点区

内，且宜采用锚固板锚固；梁、柱其他纵向受力钢筋的锚固应符合下列规定：

- 1) 柱、梁纵向受力钢筋均锚固在现浇段内（图 7.3.11-4a）。现浇段内设水平箍筋和倒 U 形插筋。水平箍筋除图中 2、3、5 号钢筋外，其余水平箍筋间距不应大于 100mm，水平箍筋由计算确定。倒 U 形插筋两支为一组，形成四肢，在梁纵筋端部设两组，节点区不少于三组，箍筋下插到预制柱顶；



(a) 梁柱节点侧视图



(b) 1-1 俯视图

图 7.3.11-4 框架顶层端节点构造示意

- 1——后浇区；2——节点区最上一道箍筋；3——三道柱箍筋加强；
4———两支倒 U 型箍筋，下插至梁底；5——节点区最下一道箍筋

- 2) 柱、梁纵向钢筋均采用锚固板锚固。柱纵筋锚固长度不应小于 $0.5L_{abE}$ ；梁上部、下部纵向钢筋宜采用锚固板锚固；
- 3) 顶层梁的有效高度应满足下式：

$$h_0 \geq \frac{A_s f_y}{0.35 \beta_c b b f_c} \quad (7.3.11)$$

- 式中： h_0 ——梁截面有效高度(mm)；
 b_b ——梁腹板宽度(mm)；
 A_s ——梁上部纵向钢筋的截面面积(mm^2)；
 β_c ——混凝土强度影响系数；当混凝土强度等级不超过C50时， β_c 取1.0；当混凝土强度等级为C80时， β_c 取0.8；其间按线性内插法确定。

8 剪力墙结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 装配式剪力墙结构可采取与现浇剪力墙结构相同的方法进行结构分析，且应符合下列规定：

1 预制夹心外墙板的外叶墙板不应作为受力构件考虑；

2 预制构件应对脱模、起吊、运输、安装等制作和施工阶段进行承载力和裂缝控制验算，此时结构重要性系数 γ_0 可取 0.9。

3 抗震设计时，对同一层内既有现浇墙肢也有预制墙肢的装配整体式剪力墙结构，现浇墙肢水平地震作用弯矩、剪力宜乘以不小于 1.1 的增大系数。

8.1.2 装配整体式剪力墙结构的布置应满足下列要求：

1 应沿两个主轴方向布置剪力墙，且两个主轴方向周期比不宜小于 0.9；

2 剪力墙的截面宜简单、规则；预制墙的门窗洞口宜上下对齐、成列布置；

3 剪力墙墙段长度不宜大于 8m，各墙段高度与长度的比值不宜小于 3。

8.1.3 抗震设计时，高层装配整体式剪力墙结构不应全部采用短肢剪力墙；抗震设防烈度为 8 度时，不宜采用具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构。当采用具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构时，应符合下列规定：

1 在规定的水平地震作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不宜大于结构底部总地震倾覆力矩的 40%；

2 房屋适用高度应比本规程表 6.1.1 规定的装配整体式剪力

墙结构的最大适用高度适当降低，抗震设防烈度为7度和8度时宜分别降低20m。

注：1 短肢剪力墙是指截面厚度不大于300mm、各肢截面高度与厚度之比的最大值大于4但不大于8的剪力墙；

2 具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构是指，在规定的水平地震作用下，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%的剪力墙结构。

8.1.4 高层装配式混凝土剪力墙结构中的电梯井筒、楼梯间等部位宜采用现浇混凝土剪力墙。

8.1.5 装配式剪力墙高层建筑宜设置地下室，地下室应采用现浇混凝土结构。抗震等级为一级时，高层建筑底部加强部位应采用现浇剪力墙；抗震等级为二、三级时，高层建筑底部加强部位宜采用现浇剪力墙；抗震等级为二、三级且底层墙肢轴压比不大于0.3或抗震等级为四级时，底部加强部位也可部分装配，但应对预制墙板的连接采取加强措施。

8.1.6 装配式剪力墙结构伸缩缝的最大间距不宜大于55m。

8.1.7 装配式剪力墙结构设计，应综合考虑预制构件制作和安装阶段误差的影响，采取有效措施减小误差影响，防止误差累积。预制构件之间应设置安装缝，安装缝的宽度不应小于10mm。

8.2 预制剪力墙构造

8.2.1 预制墙板可采用一字形、L形、T形或U形等截面形状（图8.2.1）。预制墙板两侧的拼接部位宜设在结构受力较小的部位，并应符合下列规定：

1 预制墙板宜按建筑开间和进深尺寸划分，宽度不宜大于7.2m，高度不宜大于层高，预制墙板的划分还应考虑预制构件制作、运输、吊装的尺寸限制；

2 预制墙板截面厚度不宜小于200mm；

3 预制墙板设有建筑门窗洞口时，洞口两侧的预制墙板宽度

不宜小于 200mm，洞口上方和下方的高度不应小于 250mm，洞口宜在预制墙板宽度方向居中设置。

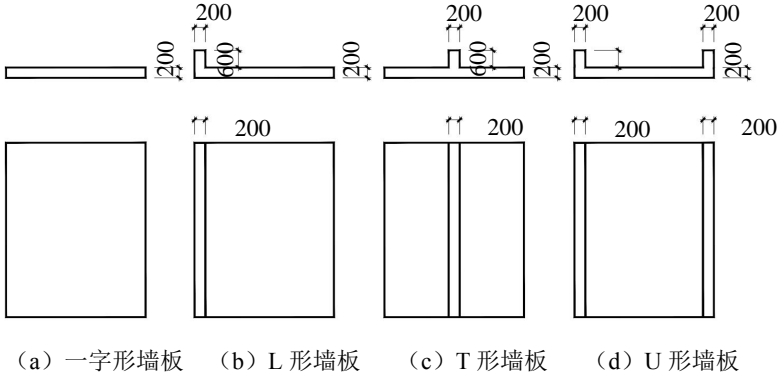


图 8.2.1 预制墙板截面类型示意

8.2.2 预制墙板及现浇段受力钢筋的混凝土保护层应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

8.2.3 预制剪力墙的连接梁不宜开洞；当需开洞时，洞口宜预埋套管，洞口上、下截面的有效高度不宜小于梁高的 $1/3$ ，且不宜小于 200mm；被洞口削弱的连梁截面应进行承载力验算，洞口处应配置补强纵向钢筋和箍筋；补强纵向钢筋的直径不应小于 12mm。

8.2.4 预制墙板的开洞应在工厂完成，开洞的要求应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3。

8.2.5 当采用套筒灌浆连接时，自套筒底部至套筒顶部并向上延伸 300mm 范围内，预制剪力墙的水平分布筋应加密（图 8.2.5），加密区水平分布筋的最大间距及最小直径应符合表 8.2.5 的规定，套筒上端第一道水平分布钢筋距离套筒顶部不应大于 50mm。

表 8.2.5 加密区水平分布钢筋的要求

抗震等级	最大间距 (mm)	最小直径 (mm)
一、二级	100	8
三、四级	150	8

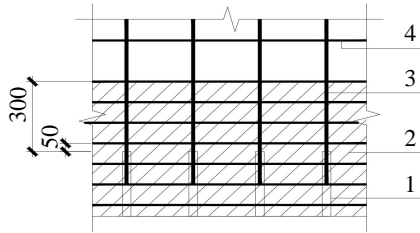
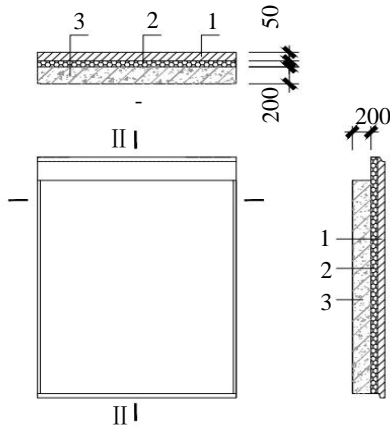


图 8.2.5 钢筋套筒灌浆连接部位水平分布钢筋的加密构造示意

- 1——灌浆套筒；2——水平分布钢筋加密区域（阴影区域）；
3——竖向钢筋；4——水平分布钢筋

8.2.6 端部无边缘构件的预制剪力墙，宜在端部配置2根直径不小于12mm的竖向构造钢筋；沿该钢筋竖向应配置拉筋，拉筋直径不宜小于6mm、间距不宜大于250mm。

8.2.7 建筑外墙宜采用预制夹心外墙板（图8.2.7），并应符合下列规定：



外叶墙板正视图

II-II

图 8.2.7 预制混凝土夹心保温外墙板构造示意

- 1——外叶墙板；2——保温层；3——内叶墙板

1 外叶墙板的厚度不应小于 50mm，且不宜大于 70mm，建筑装饰线脚突出外墙面的尺寸不宜大于 50mm，超出时应采取有效措施；混凝土强度等级不应低于 C30；外叶墙板内应配置单层双向钢筋网片，钢筋直径不宜小于 4mm，钢筋间距不宜大于 150mm。

2 内叶墙板与外叶墙板之间填充的保温材料应连续，材料的性能尚应符合自治区对建筑节能、防火和环保的要求，采取的构造措施应使保温材料满足结构设计工作年限的耐久性要求。

3 内叶墙板厚度不宜小于 200mm，且应满足本章的各项规定。

4 预制夹心外墙板应通过连接件将内、外叶墙板及保温层连接成为整体；连接件的性能尚应符合下列规定：

- 1) 在正常使用状态、地震作用和风荷载作用下，满足承载能力要求；
- 2) 应减小内、外叶墙板相互影响；
- 3) 在内、外叶墙板中应有可靠的锚固性能；
- 4) 耐久性应满足结构设计工作年限的要求。

8.3 连接设计

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

1 当接缝位于纵横墙交接处的约束边缘构件区域时，约束边缘构件的阴影区域（图 8.3.1）宜全部采用后浇混凝土，并应在后浇段内设置封闭箍筋。

2 边缘构件内的配筋及构造要求应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定；预制剪力墙的水平分布钢筋在后浇段内的锚固、连接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。

3 非边缘构件位置，相邻预制剪力墙之间应设置后浇段，后浇段的宽度不应小于墙厚且不宜小于 200mm；后浇段内应设置不

少于 4 根竖向钢筋，钢筋直径不应小于墙体竖向分布筋直径且不应小于 8mm；两侧墙体的水平分布筋在后浇段内的锚固、连接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。

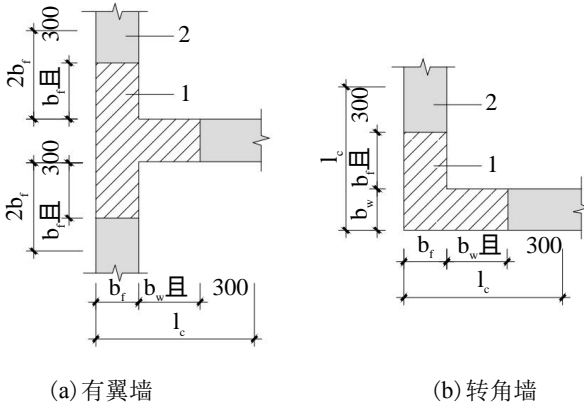


图 8.3.1 约束边缘构件阴影区域全部后浇构造示意

l_c ——约束边缘构件沿墙肢的长度；1——后浇段；2——预制剪力墙

8.3.2 在地震设计状况下，剪力墙水平接缝的受剪承载力设计值应按下式计算：

$$V_{uE} = 0.6f_y A_{sd} + 0.8N \quad (8.3.2)$$

式中： V_{uE} ——剪力墙水平接缝受剪承载力设计值(N)；

f_y ——垂直穿过结合面的钢筋抗拉强度设计值(N/mm²)；

N ——与剪力设计值 V 相应的垂直于结合面的轴向力设计值(N)；压力时 N 取正值，当 N 大于 $0.6f_c b h_0$ 时，取为 $0.6f_c b h_0$ ，此处 f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm²)， b 为剪力墙厚度(mm)， h_0 为剪力墙截面有效高度(mm)；拉力时 N 取负值。

A_{sd} ——垂直穿过结合面的抗剪钢筋面积(mm²)。

8.3.3 预制剪力墙底部接缝宜设置在楼面标高处，并应符合下列规定：

- 1 接缝高度不宜小于 20mm;
- 2 接缝处后浇混凝土上表面应设置粗糙面;
- 3 接缝宜采用灌浆料填实;
- 4 接缝两侧宜采用封边砂浆或弹性材料进行封堵, 封堵材料进入预制剪力墙的宽度不应大于 10mm;

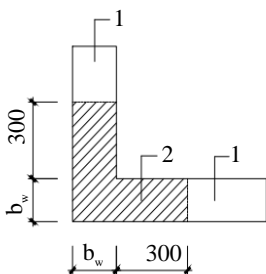
5 采用连通腔灌浆法, 按《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 要求。

8.3.4 预制墙板竖向钢筋采用套筒灌浆连接接头时, 应符合下列规定:

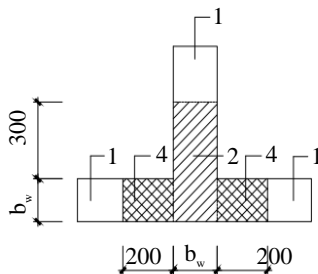
1 预制墙板内构造边缘构件的范围宜按图 8.3.4-1 中阴影部分采用; 构造边缘构件纵向受力钢筋的连接, 一、二级时应逐根连接, 三、四级时宜逐根连接, 连接钢筋的最小配筋面积除应满足计算要求外, 尚应满足表 8.3.4 的规定;

表 8.3.4 预制墙板构造边缘构件纵向连接钢筋的最小配筋

抗震等级	底部加强部位	其他部位
一	6 ϕ 18	6 ϕ 16
二	5 ϕ 16	5 ϕ 14
三	5 ϕ 14	5 ϕ 12
四	4 ϕ 14	4 ϕ 12



(a) L 型翼墙



(b) T 型翼墙

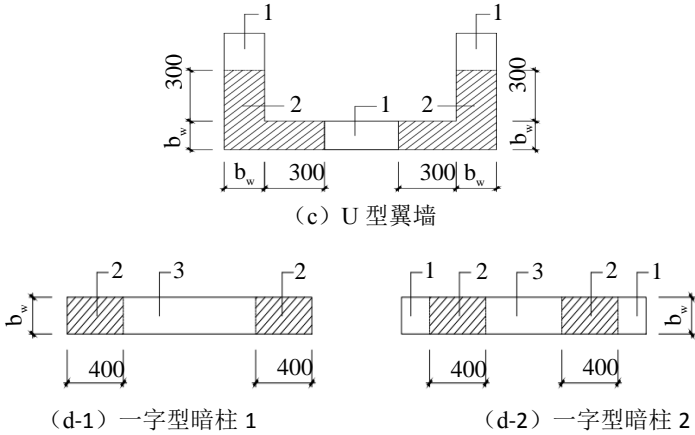


图 8.3.4-1 预制墙板的构造边缘构件设置要求

1——预制墙板墙体；2——预制墙板构造边缘构件；3——预制墙板洞口；
4——现浇段墙体

2 预制墙板竖向分布钢筋可采用单排连接方式，套筒应在墙体厚度方向居中设置；沿墙体宽度方向的套筒中心距，一级时不宜大于 300mm，二、三级时不宜大于 400mm，四级时不宜大于 600mm；双列布置套筒时，套筒中心到预制墙板边不应小于 50mm，墙板厚度方向相邻套筒中心距不宜小于 1.5 倍套筒直径（图 8.3.4-2）。

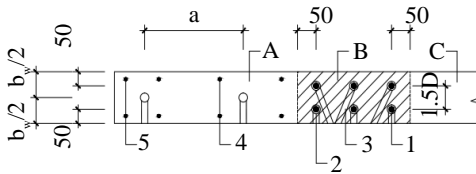


图 8.3.4-2 预制墙板内钢筋连接套筒布置示意

A——墙体；B——构造边缘构件；C——洞口；
a——钢筋套筒沿墙宽的中心距；1——构造边缘构件纵筋；2——套筒；
3——注浆/出浆口；4——竖向分布钢筋；
5——端部纵筋，大于或等于 $2\phi 12$

8.3.5 当上下层预制剪力墙竖向分布钢筋采用“梅花形”套筒灌浆连接时（图8.3.5），连接钢筋的配筋率不应小于《建筑抗震设计规范》GB 50011规定的剪力墙竖向分布钢筋最小配筋率要求，连接钢筋的直径不应小于12mm，同侧间距不应大于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得计入未连接的分布钢筋；未连接的竖向分布钢筋直径不应小于6mm。

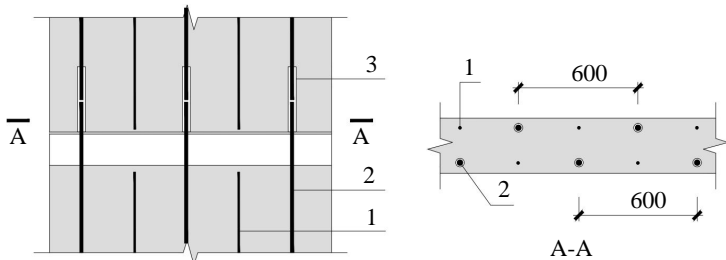


图 8.3.5 竖向分布钢筋“梅花型”套筒灌浆连接构造示意

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

8.3.6 预制剪力墙相邻下层为现浇剪力墙时，预制剪力墙与下层现浇剪力墙中竖向钢筋的连接应符合本规程第8.3.4~8.3.5条的规定，下层现浇剪力墙顶面应设置粗糙面。

8.3.7 屋面以及立面收进的楼层，应在预制剪力墙顶部设置封闭的后浇钢筋混凝土圈梁（图8.3.7），并应符合下列规定：

1 圈梁截面宽度不应小于剪力墙的厚度，截面高度不应小于楼板厚度及 250mm 的较大值；圈梁应与现浇或者叠合楼、屋盖浇筑成整体；

2 圈梁内配置的纵向钢筋，6、7 度时不应少于 $4\phi 12$ ，8 度时不应少于 $4\phi 14$ ，且按全截面计算的配筋率不应小于 0.5% 和水平分布筋配筋率的较大值，纵向钢筋竖向间距不应大于 200mm；

3 圈梁内配置的箍筋间距，6、7 度时不应大于 200mm，8

度时不应大于 150mm；箍筋直径不应小于 8mm。

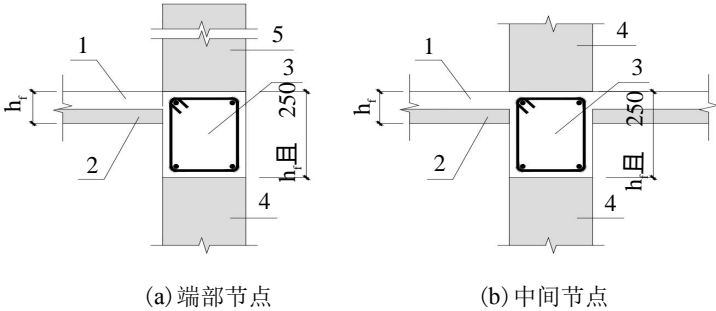


图 8.3.7 后浇钢筋混凝土圈梁构造示意

1——后浇混凝土叠合层；2——预制叠合板；3——后浇圈梁；
4——预制剪力墙；5——预制女儿墙

8.3.8 各层楼面位置，预制剪力墙顶部无后浇圈梁时，应设置连续的水平后浇带（图8.3.8）；水平后浇带应符合下列规定：

- 1 水平后浇带宽度应取剪力墙的厚度，高度不应小于楼板厚度；水平后浇带应与现浇或叠合楼、屋盖浇筑成整体；
- 2 水平后浇带内应配置连续纵向钢筋，其直径不宜小于 12mm。

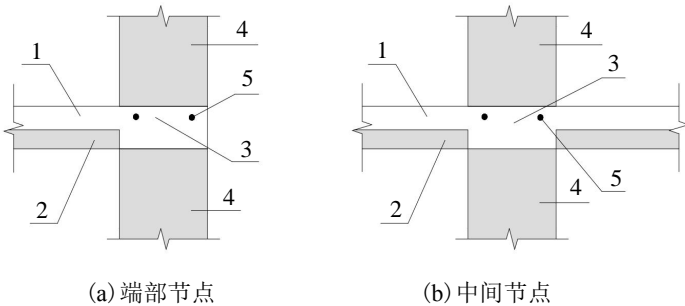


图 8.3.8 水平后浇带构造示意

1——后浇混凝土叠合层；2——预制叠合板；3——水平后浇带；
4——预制墙板；5——纵向钢筋

8.3.9 预制剪力墙洞口上方的预制连梁宜与后浇圈梁或水平后浇带形成叠合连梁（图8.3.9-1），叠合连梁的配筋及构造要求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。刀把墙连梁（图8.3.9-2）预制部分在顶部应增设纵向钢筋，并验算吊装、运输过程的承载力和裂缝宽度。

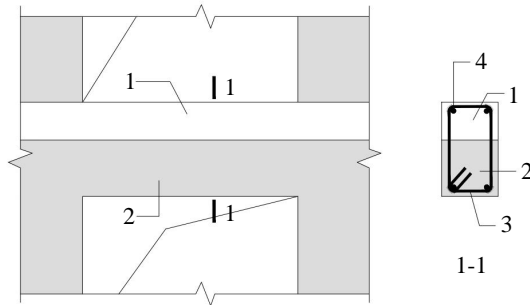


图 8.3.9-1 预制剪力墙叠合连梁构造示意

1——后浇圈梁或后浇带；2——预制连梁；3——箍筋；
4——纵向钢筋

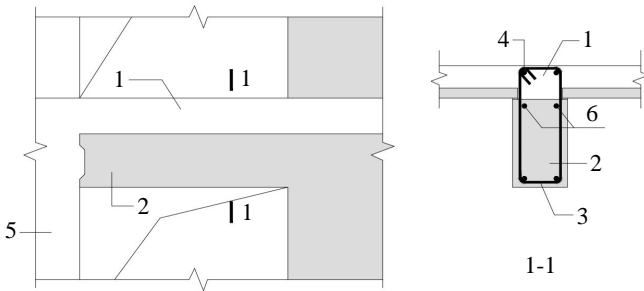


图 8.3.9-2 “刀把墙”叠合连梁构造示意

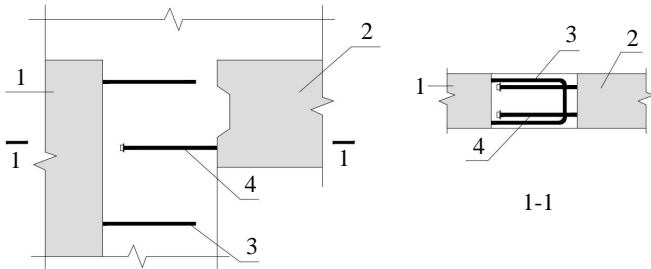
1——后浇圈梁或后浇带；2——预制连梁；3——箍筋；
4——纵向钢筋；5——后浇边缘构件；6——增设的纵向钢筋

8.3.10 预制叠合连梁的预制部分宜与剪力墙整体预制，也可在跨中拼接或在端部与预制剪力墙拼接，并应符合下列规定：

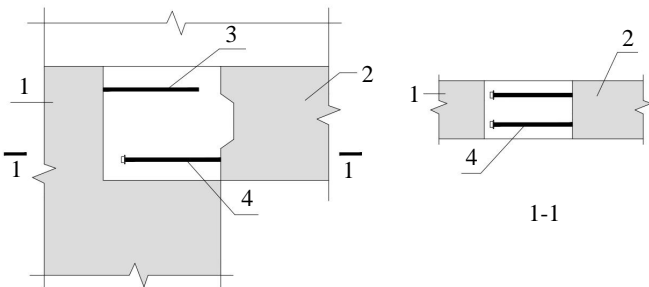
1 当预制叠合连梁在跨中拼接时，可按本规程第 7.3.3 条的规定进行接缝的构造设计。

2 当预制叠合连梁端部与预制剪力墙在平面内拼接时，接缝构造应符合下列规定：

- 1) 墙端边缘构件采用后浇混凝土时，连梁纵向钢筋应在后浇段中可靠锚固（图 8.3.10a）；
- 2) 采用预制剪力墙端部上角预留局部后浇节点区时，连梁的纵向钢筋应在局部后浇节点区内可靠锚固（图 8.3.10b）；



(a) 预制连梁钢筋在后浇段内锚固构造示意



(b) 预制连梁钢筋在局部后浇节点区内锚固构造示意

图 8.3.10 同一平面内预制连梁与预制剪力墙连接构造示意

- 1——预制剪力墙；2——预制连梁；3——边缘构件箍筋；
4——连梁下部纵向受力钢筋锚固

8.3.11 当采用后浇连梁时，宜在预制剪力墙端伸出预留纵向钢筋，并与后浇连梁的纵向钢筋可靠连接（图8.3.11）。

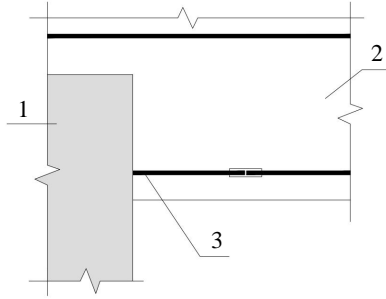


图 8.3.11 后浇连梁与预制剪力墙连接构造示意

1——预制剪力墙；2——后浇连梁；
3——预制剪力墙伸出纵向受力钢筋

8.3.12 叠合连梁端部接缝的受剪承载力计算应符合本规程第7.2.2条的规定。

9 外挂墙板设计

9.1 一般规定

9.1.1 外挂墙板的材料、选型和布置，应根据建筑功能、烈度、房屋高度、建筑体型、结构层间变形、墙体自身抗侧力性能的利用等因素，经综合分析后确定，并应符合下列要求：

1 外挂墙板宜优先采用轻质墙体材料；并满足耐久性、防水、保温、防火、隔音等建筑功能的要求；应采取措施减少对主体结构的不利影响；

2 外挂墙板的布置，应避免使结构形成刚度和强度分布上的突变；外挂墙板非对称均匀布置时，应考虑质量和刚度的差异对主体结构抗震不利的的影响；

3 外挂墙板应与主体结构可靠连接，应具有能适应主体结构不同方向变形的能力；

4 外挂墙板的连接件应适应施工过程中允许的施工偏差和构件制作偏差。

9.1.2 有抗震设防要求时，外挂墙板及其与主体结构的连接节点，应进行抗震设计。

9.1.3 外挂墙板结构分析可采用线性弹性方法，其计算简图应符合实际受力状态。

9.1.4 计算外挂墙板及连接节点的承载力时，荷载组合的效应设计值应符合下列规定：

1 持久设计状况：

永久荷载和风荷载效应作用下：

$$S=\gamma_G S_{Gk}+\gamma_w S_{wk} \quad (9.1.4-1)$$

2 地震设计状况：

1) 在水平地震作用下：

$$S_{Eh} = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (9.1.4-2)$$

2) 在竖向地震作用下：

$$S_{Ev} = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} \quad (9.1.4-3)$$

式中： S ——基本组合的效应设计值；

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_{Gk} ——永久荷载的效应标准值；

S_{wk} ——风荷载的效应标准值；

S_{Ehk} ——水平地震作用的效应标准值；

S_{Evk} ——竖向地震作用的效应标准值；

γ_G ——永久荷载分项系数，按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的规定取值；

γ_w ——风荷载分项系数，取 1.5；

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数，取 1.4；

γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数，取 1.4；

ψ_w ——风荷载组合系数，取 0.2。

9.1.5 对外挂墙板和连接节点进行承载力验算时，其结构重要性系数不应小于 1.0，连接节点承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取 1.0。

9.1.6 计算外挂墙板及其连接在风荷载作用下平面外的承载能力时，风荷载的体型系数不应小于 2.0，应分别计算风吸力和风压力在外挂墙板及其连接节点中引起的效应。

9.1.7 对结构整体进行抗震计算分析时，应按下列规定计入外挂墙板的影响：

1 地震作用计算时，应计入外挂墙板的重力；

2 对点支承式外挂墙板，可不计入其刚度影响；对线支承式外挂墙板，应计入其刚度影响；

3 一般情况下不应计入外挂墙板对主体结构抗震承载力的

贡献。

9.1.8 外挂墙板的地震作用计算方法，应符合下列要求：

1 外挂墙板的地震作用应施加于其重心，水平地震作用应沿任一水平方向；

2 一般情况下，外挂墙板自身重力产生的地震作用可采用等效侧力法计算；除自身重力产生的地震作用外，尚应同时计算地震时支承点之间相对位移产生的作用效应。

9.1.9 计算水平地震作用标准值时，可采用等效侧力法，并按下式计算：

$$F_{Ehk} = \beta_E \alpha_{max} G_k \quad (9.1.9)$$

式中： F_{Ehk} ——施加于外挂墙板重心处的水平地震作用标准值(N)；

β_E ——动力放大系数，可取 5.0；

α_{max} ——水平地震影响系数最大值，应按表 9.1.9 采用；

G_k ——外挂墙板的重力荷载标准值(N)。

表 9.1.9 水平地震影响系数最大值

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
多遇地震	0.04	0.08 (0.12)	0.16 (0.24)

注：抗震设防烈度 7、8 度时括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

9.1.10 竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的 0.65 倍。

9.1.11 外墙挂板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行构件设计，正常使用极限状态应按二级裂缝控制等级计算。

9.1.12 外墙挂板与主体结构的节点包括支撑牛腿、连接件、预埋件、螺栓（母）、焊缝等的设计应分别按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的有

关规定进行设计计算。

9.1.13 每块外挂墙板宜设置标高调节埋件、墙底位置调节埋件及垂直度调节埋件。外挂墙板中永久使用的连接件、预埋件均应做防火、防腐设计。

9.2 点支承式外挂墙板

9.2.1 外挂墙板与主体结构的点支承连接件应符合下列要求：

1 连接件的数量和位置应根据外挂墙板的形状、尺寸以及主体结构层间位移等特点确定；

2 用于抵抗竖向荷载的连接件和抵抗水平荷载的连接件宜分别设置；用于抵抗竖向荷载的连接件，每块板宜设置不小于两个；

3 连接件的承载力设计值应大于外挂墙板传来的最不利荷载组合效应设计值；

4 连接件的设计应使外挂墙板具有适应主体结构变形的能力，应为施工安装提供可调整的空间，满足施工安装的要求。

9.2.2 外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，连接件的滑动孔尺寸，应根据穿孔螺栓的直径、层间位移值和施工偏差等因素确定。

9.3 线支承式外挂墙板

9.3.1 线支承式外挂墙板可采用悬挂式的连接构造形式，其底部应设置限位件（图9.3.1）。

9.3.2 线支承式外挂墙板除应按本规程第9.1.4条的要求对外挂墙板及节点进行承载力验算外，尚应按式9.3.2对连接部位进行罕遇地震作用下的验算。

$$S_{Gk} + S_{Ek} + S_{Evk} \leq R_k \quad (9.3.2)$$

式中： R_k ——构件或连接件的承载力标准值；

S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应；

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值的效应；

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值的效应。

9.3.3 线支承式外挂墙板与梁之间结合面的水平和竖向抗剪承载力应按本规程第6.5节规定验算。

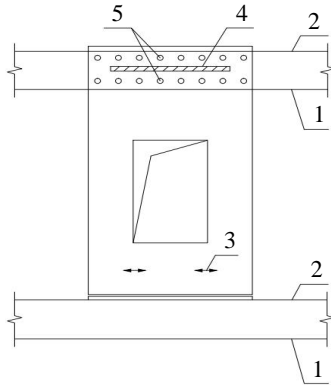


图 9.3.1 线支承式外挂墙板及其连接形式示意图

1——梁下表面投影线；2——梁上表面投影线；3——限位件；
4——剪力键槽；5——连接钢筋

9.3.4 当线支承式外挂墙板与梁连接考虑为固定时，连接钢筋面积应满足下式要求：

$$M = f_y A_s d \quad (9.3.4)$$

式中： M ——按本规程第9.3.6条的计算模型计算的单位长度的弯矩设计值(N·mm)；

A_s ——单位长度内单侧连接钢筋的面积(mm²)；

d ——上下连接钢筋的间距(mm)。

9.3.5 应合理评估线支承式外挂墙板对相连构件刚度及整体结构刚度的影响。当墙板为平板时，可根据外挂墙板的开洞率及与梁连接区段，对梁刚度乘以相应的放大系数。

1 对于满跨无洞外挂墙板，当墙板与梁全长连接时，梁的刚度增大系数可取1.5；当墙板与梁两端脱开长度不小于梁高时，梁

的刚度增大系数可取 1.2；

2 对于满跨大开洞外挂墙板，当墙板与梁全长连接时，梁的刚度增大系数可取 1.3；当墙板与梁两端脱开长度不小于梁高时，梁的刚度增大系数可取 1.0；

3 对于半跨无洞外挂墙板，当墙板与梁全长连接时，梁的刚度增大系数可取 1.4；当墙板与梁端脱开长度不小于梁高时，梁的刚度增大系数可取 1.1；

4 当同时考虑楼板与外挂墙板对梁刚度的影响时，梁刚度增大系数的增大取两者增量之和。

9.3.6 线支承式外挂墙板平面外的承载力验算可按顶端固端支承、底端点支承、侧边自由的边界条件考虑风及地震作用进行整块墙板计算。

9.3.7 线支承式外挂墙板顶部与主体结构的结合面应做成粗糙面并宜设置键槽和连接钢筋。连接钢筋一端应可靠地锚固在外挂墙板中，另一端应可靠地锚固在主体结构后浇混凝土中。连接钢筋应采用焊接封闭箍，且不应小于 $\phi 10@200$ ，锚固长度不应小于 20 倍钢筋直径，上筋与下筋垂直距离不宜小于 150mm（图 9.3.7）。

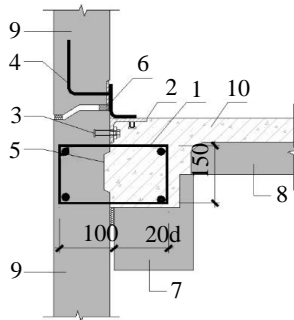


图 9.3.7 线支承式外挂墙板连接节点示意图

- 1——连接钢筋；2——定位角钢；3——螺栓套筒；4——外挂板底部锚筋；
5——抗剪键槽；6——下部固定钢筋；7——预制叠合梁；
8——预制叠合板；9——预制外挂墙板；10——混凝土叠合层

9.3.8 线支承式外挂墙板底部应设置不少于2个限位连接件，间距不宜大于4m。安装就位后拆除限位连接件，并用不小于2根直径12mm钢筋焊接固定，形成永久连接构件。

9.4 墙板构造设计

9.4.1 外挂墙板的高度不宜大于一个层高，厚度不宜小于100mm。

9.4.2 混凝土外挂墙板宜采用双层、双向配筋，竖向和水平钢筋的配筋率均不应小于0.15%，且钢筋直径不宜小于5mm，间距不宜大于200mm。

9.4.3 混凝土外挂墙板开洞口处应在角部配置斜向加强筋，在外墙两侧各配不少于2根直径12mm的钢筋，加强筋伸入洞口角部两侧长度应满足受拉钢筋锚固长度 L_a 的要求（图9.4.3）。

9.4.4 外挂墙板最外层钢筋的混凝土保护层厚度除有特殊要求外，应符合下列规定：

- 1 对石材或面砖饰面，不应小于15mm；
- 2 对清水混凝土，不应小于20mm；
- 3 对露骨料装饰面，应从最凹处混凝土表面计起，且不应小于20mm。

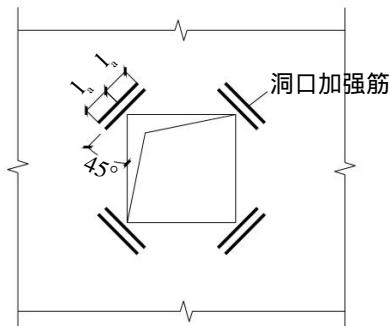


图 9.4.3 外墙洞口加强筋构造示意图

L_a ——受拉钢筋锚固长度

10 构件制作与运输

10.1 一般规定

10.1.1 预制构件制作除应符合本规程规定外，还应符合国家现行标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204等的有关规定。

10.1.2 预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

10.1.3 预制构件制作前，应进行技术交底，并应制定生产方案；生产方案应包括生产工艺、模具方案、生产计划、技术质量控制措施、成品保护、堆放及运输方案等内容。

10.1.4 为保证结构安全，便于构件生产和吊装，应考虑生产能力、道路运输、吊装能力等条件；构件的拆分及施工措施必须满足建筑设计和结构安全的要求。

10.1.5 预制构件批量制作前宜选择有代表性的单元或部分进行预制构件试制作和试安装，根据试验结果及时调整完善深化设计加工图。

10.1.6 预制构件检查合格后，应在构件上设置检验标识，标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

10.1.7 预制结构构件采用钢筋套筒灌浆连接时，应在构件生产前进行钢筋套筒灌浆连接接头的抗拉强度试验，每种规格的连接接头试件数量不应少于3个。

10.2 制作准备

10.2.1 预制构件制作前，对带饰面砖或饰面板的构件，应绘制排砖图或排板图；对夹心外墙板，应绘制内外叶墙板的拉结件布置图及保温板排板图。

10.2.2 预制构件模具除应满足承载力、刚度和整体稳定性要求外，尚应符合下列规定：

- 1 应满足预制构件质量、生产工艺、模具组装与拆卸、周转次数等要求；
- 2 应满足预制构件预留孔洞、插筋、预埋件的安装定位要求；
- 3 预应力构件的模具应根据构件设计要求预设反拱。

10.2.3 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法应符合表 10.2.3 的规定。当设计有要求时，模具尺寸的允许偏差应按设计要求确定。

表 10.2.3 预制构件模具尺寸的允许偏差和检验方法

项次	检验项目及内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	≤6m	1, -2	用钢尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值较大处
		>6m 且 ≤12m	2, -4	
		>12m	3, -5	
2	截面	墙板	1, -2	用钢尺测量两端或中部，取其中偏差绝对值较大处
3	尺寸	其他构件	2, -4	
4	对角线差		3	用钢尺量纵、横两个方向对角线
5	侧向弯曲		L/1500且≤5	拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处
6	翘曲		L/1500	对角拉线测量交点间距值的两倍
7	底模表面平整度		2	用 2m 靠尺和塞尺量

续表 10.2.3

项次	检验项目及内容	允许偏差 (mm)	检验方法
8	组装缝隙	1	用塞片或塞尺量
9	端模与侧模高低差	1	用钢尺量

注：L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

10.2.4 预埋件加工的允许偏差应符合表10.2.4的规定。

表 10.2.4 预埋件加工允许偏差

项次	检测项目及内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋件锚板的边长		0, -5	用钢尺量
2	预埋件锚板的平整度		1	用直尺和塞尺量
3	锚筋	长度	10, -5	用钢尺量
		间距偏差	±10	用钢尺量

10.2.5 固定在模具上的预埋件、预留孔洞中心位置的允许偏差应符合表10.2.5的规定。

表 10.2.5 模具预留孔洞中心位置的允许偏差

项次	检验项目及内容	允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋件、插筋、吊环、预留孔洞中心线位置	3	用钢尺量
2	预埋螺栓、螺母中心线位置	2	用钢尺量
3	灌浆套筒中心线位置	1	用钢尺量

注：检查中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中的较大值。

10.2.6 模具表面在安装钢筋前，应均匀涂刷脱模效果好且避免污染构件表面的水性或蜡质隔离剂。

10.3 构件制作与养护

10.3.1 在混凝土浇筑前应进行预制构件的隐蔽工程检查，检查项目应包括下列内容：

- 1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距等；
- 2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度等；
- 3 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 4 预埋件、吊环、插筋的规格、数量、位置等；
- 5 灌浆套筒、预留孔洞的规格、数量、位置等；
- 6 钢筋的混凝土保护层厚度；
- 7 夹心外墙板的保温层位置、厚度，拉结件的规格、数量、位置等；
- 8 预埋管线、线盒的规格、数量、位置及固定措施。

10.3.2 带面砖或石材饰面的预制构件宜采用反打一次成型工艺制作，并应符合下列要求：

- 1 当构件饰面层采用面砖时，在模具中铺设面砖前，应根据排砖图的要求进行配砖和加工；饰面砖应采用背面带有燕尾槽或粘结性能可靠的产品。
- 2 当构件饰面层采用石材时，在模具中铺设石材前，应根据排板图的要求进行配板和加工；应按设计要求在石材背面钻孔、安装不锈钢卡钩、涂覆隔离层。
- 3 应采用具有抗裂性和柔韧性、收缩小且不污染饰面的材料嵌填面砖或石材之间的接缝，并应采取防止面砖或石材在安装钢筋、浇筑混凝土等生产过程中发生位移的措施。

10.3.3 夹心外墙板宜采用平模工艺生产，生产时应先浇筑外叶墙板混凝土层，再安装保温材料和拉结件，最后浇筑内叶墙板混凝土层；当采用立模工艺生产时，应同步浇筑内外叶墙板混凝土

层，每次浇筑最大高度不超过振动棒作用部分长度的1.25倍，并应采取保证保温材料及拉结件位置准确的措施。

10.3.4 应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格形状等因素，制定合理的振捣成型工艺。混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，并宜采用机械振捣。

10.3.5 预制构件宜采用加热养护，对静停、升温、恒温和降温时间进行控制，宜在常温下静停2h~6h，升温、降温速度不应超过20℃/h，最高养护温度不宜超过70℃，预制构件出池的表面温度与环境温度的差值不宜超过25℃。预制构件采用洒水、覆盖等方式进行常温养护时，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的要求。

10.3.6 预制构件生产过程中应预留同条件试件并与构件一同养护。脱模起吊时，预制构件的混凝土立方体抗压强度应满足设计要求，且不宜小于15N/mm²。

10.3.7 预制构件与现浇结构的结合面或叠合面应采取拉毛或凿毛处理，也可采用在模板表面涂刷适量的缓凝剂形成露骨料粗糙面，粗糙面具体要求见本规程第6.5.6条。

10.4 构件检验

10.4.1 预制构件制作完成后应按对其外观质量、尺寸偏差、混凝土强度、构件的饰面质量及构件的结构性能进行检验，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，并形成检验记录。

10.4.2 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并应重新检验。

10.4.3 预制构件的尺寸偏差和预留孔、预留洞、预埋件、预留插筋、键槽的位置偏差及检验方法应符合表10.4.3的规定。对于施工过程中临时使用的预埋件中心线位置及预制构件粗糙面处的

尺寸允许偏差可按表10.4.3的规定放大一倍执行。对于形状复杂或设计有特殊要求的构件，其尺寸偏差应符合设计要求。

表 10.4.3 预制构件尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法	
长度	板、梁、柱、 桁架	<12m	±5	尺量检查
		≥12m且 <18m	±10	
		≥18m	±20	
	墙板	±4		
宽度、高 (厚)度	板、梁、柱、桁架截面尺 寸	±5	钢尺量一端及中部，取 其中偏差绝对值较大处	
	墙板的高度、厚度	±3		
表面平整 度	板、梁、柱、墙板内表面	5	2m 靠尺和塞尺检查	
	墙板外表面	3		
侧向弯曲	板、梁、柱	L/750且≤20	拉线、钢尺量最大侧向 弯曲处	
	墙板、桁架	L/1000且≤20		
翘曲	板	L/750	调平尺在两端量测	
	墙板	L/1000		
对角线差	板	10	钢尺量两个对角线	
	墙板、门窗口	5		
挠度变形	梁、板、桁架设计起拱	±10	拉线、钢尺量最大弯曲 处	
	梁、板、桁架下垂	0		
预留孔	中心线位置	5	尺量检查	
	孔尺寸	±5		
预留洞	中心线位置	10	尺量检查	
	洞口尺寸、深度	±10		
门窗口	中心线位置	5	尺寸检查	
	宽度、高度	±3		

续表 10.4.3

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
预埋件	预埋件锚板中心线位置	5	丈量检查
	预埋件锚板与混凝土面 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	0, -5	
	线管、电盒、木砖、吊环在 构件平面的中心线位置偏差	20	
	线管、电盒、木砖、吊环与 构件表面混凝土高差	0, -10	
预留插筋	中心线位置	3	丈量检查
	外露长度	+5, -5	
键槽	中心线位置	5	丈量检查
	长度、宽度、深度	±5	

注：1 L为构件最长边的长度(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，并取其中偏差较大值。

10.4.4 夹心外墙板的内外叶墙板之间的拉结件类别、数量及使用位置应符合设计要求。

10.5 运输与堆放

10.5.1 应制定预制构件的运输与堆放方案，其内容应包括运输时间、次序、堆放场地、堆放顺序和方向、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。严禁错位堆放和不按构件约定方向

堆放。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

10.5.2 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- 1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；
- 2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

10.5.3 预制构件堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2 预埋吊件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- 3 构件支垫应坚实，垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致；
- 4 重叠堆放构件时，每层构件间的垫块应上下对齐，堆垛层数应根据构件、垫块的承载力确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施；
- 5 堆放预应力构件时，应根据构件起拱值的大小和堆放时间采取相应措施。

10.5.4 构件的运输与堆放应符合下列规定：

- 1 运输和堆放时应根据构件的特点采用不同的叠放和装架方式，货架应进行专门设计；外墙板宜采用立放，外饰面层应朝外；梁、板、楼梯、阳台宜采用平放。运输时构件应设有专用支垫，采取可靠的固定措施；
- 2 构件立放时，可采用靠放架或插放架堆放或运输。采用靠放架时，宜对称靠放，构件上部宜采用垫块隔离，构件与地面倾斜角度宜大于 80° 。采用插放架时，宜采用直立运输方式。靠放架和插放架应有足够的承载力、刚度和稳定性；
- 3 构件平放时，搁置点一般可选择在构件起吊点位置或经验

算确定弯矩最小部位，每层构件间的垫块应处于同一垂直线上，堆垛层数应根据构件自身荷载、地基、垫木或垫块的承载能力及堆垛的稳定性确定，且不宜多于6层；

4 垫块宜采用木质或硬塑胶材料，避免造成构件外观损伤；对于连接止水条、高低口、墙体转角等薄弱部位，应采用定型保护垫块或专用套件做加强保护。

10.5.5 构件运输时的受力情况应与设计一致，对“┌”形等异型构件和平面不规则的梁板应分析确定支点。当受力状态不符合受力要求时，应对构件进行抗裂度验算，验算不满足时应进行加固。

11 施工与安装

11.1 一般规定

11.1.1 装配式结构施工前应由施工总包单位制定施工组织设计、施工方案；由专业的深化设计单位进行预制构件及节点深化图纸的设计，并由原设计单位确认。施工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502的规定；施工方案的内容应包括构件安装及节点施工方案、构件安装的质量控制及安全措施等；设计图纸应包括预制构件加工图、装配图和安装图设计。

11.1.2 装配式结构连接部位及叠合构件浇筑混凝土之前，应进行隐蔽工程验收。

11.1.3 预制构件、安装用材料及配件等应符合设计要求及国家现行有关标准的规定。严格执行经过监理和设计单位确认的施工方案，包括吊装方案。

11.1.4 钢筋套筒灌浆前，应在现场模拟构件连接接头的灌浆方式，每种规格钢筋应制作不少于3个套筒灌浆连接接头，进行灌注质量以及接头抗拉强度的检验，套筒抗拉强度的检验可按《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的相关规定执行。经检验合格后，方可进行灌浆作业。

11.1.5 在装配式结构的施工全过程中，应采取相应的保护措施防止预制构件及构件上的建筑附件、预埋件、预埋件吊件等损伤或污染。

11.1.6 未经设计允许不得对预制构件进行开洞，不得对连接钢筋进行切割。

11.1.7 冬、雨期施工应按现行国家相关标准的规定执行。

11.1.8 装配式结构施工过程中应采取安全措施，并应符合国家法律法规、现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231等的有关规定。

11.1.9 预制构件进场应做好检查验收，出具合格证明资料，且每个构件应标明编号、重量、说明与图纸对应位置。

11.2 安装准备

11.2.1 预制构件进场前应合理规划构件运输通道和临时堆放场地，预制构件进场后，应对预制构件进行进场检验，并应经监理工程师检查认可。针对不同规格的构件采取相应的堆放保护措施，构件堆放应符合下列要求：

1 预制构件堆放场地应硬化处理，并有排水措施；

2 构件成品应按合格区、待修区和不合格区分类堆放，应对各区域进行醒目标识；

3 预制构件堆放时受力状态宜与构件实际使用时受力状态保持一致，否则应进行设计验算。

11.2.2 安装施工前，应核对已施工完成结构的混凝土强度、外观质量、尺寸偏差等符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666和本规程的有关规定，并应核对预制构件的混凝土强度及构件和配件的型号、规格、数量等符合设计要求。

11.2.3 安装施工前，应进行测量放线，设置构件安装定位标识。

11.2.4 安装施工前，应复核构件装配位置、节点连接构造及临时支撑方案等。

11.2.5 安装施工前，应对吊钩防脱绳装置、钢丝绳、U型环等部位进行检查复核，确保吊装设备及吊具处于安全操作状态；应对吊装区域内的安全状况进行检查，包括吊装区域的划定、标识、

障碍、警戒区等。

11.2.6 安装施工前，应核实现场环境、天气、道路状况等满足吊装施工要求。

11.2.7 装配式结构施工前，宜选择有代表性的单元进行预制构件试安装，并应根据试安装结果及时调整完善施工方案和施工工艺。

11.3 吊装施工

11.3.1 应根据预制构件形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊装方法、吊具和起重设备，编制起重吊装作业专项施工方案，所采用的吊具和起重设备应符合现行国家标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的有关规定。

11.3.2 起重吊装作业前，必须编制吊装专项施工方案，进行安全技术措施交底；作业中，未经技术负责人批准，不得随意更改。

11.3.3 吊装用吊具应由生产厂家按国家现行有关标准的规定进行设计、验算或试验检验后提供。吊具的要求：

1 吊具应根据预制构件形状、尺寸及重量等参数进行配置，吊索水平夹角不宜小于 60° ，且不得小于 45° ；对尺寸较大或形状复杂的预制构件，宜采用有分配梁或分配桁架的吊具。

2 预制剪力墙、预制梁、预制楼梯一般采用焊接钢梁作为吊具。焊接钢梁做成通用吊具，组合工字钢或者组合槽钢，一般长度不超过6米，上部设置4个吊点，下部可设置6~8个吊点。考虑吊装动力系数为1.5。

3 钢丝绳安全系数不小于6，一般取8或10；

4 钢梁需进行强度和刚度验算，安全系数不小于4；

5 吊点钢板需进行抗拉、抗剪、局部抗压强度计算，安全系数不小于4；

6 叠合板吊具一般采用专门设计的方框吊具。

11.3.4 塔式起重机布置原则：

1 应覆盖所有吊装作业面，塔式起重机幅度范围内所有预制构件的重量应在起重机起重性能范围内；

2 宜设置在建筑旁侧，条件不许可时，也可选择核心筒结构位置；

3 塔式起重机不能覆盖裙房时，可选用履带式起重机或轮式起重机吊装裙房预制构件；

4 尽可能覆盖临时存放场地；

5 方便安装和拆除，满足安全要求；

6 可以附着在主体结构上，必须保证塔式起重机的附着安全；

7 塔式起重机的配置，可以单栋单吊，也可以多栋单吊或单栋多吊；

8 尽量避免塔式起重机交叉作业，保证塔式起重机臂与其他起重机的安全距离，以及与周边建筑物的安全距离符合要求；

9 高层建筑在采用内爬式塔式起重机时，拆除时可在屋面安装小型起重机来拆除主塔式起重机。

11.3.5 吊装大、重构件和采用新的吊装工艺时，应先进行试吊，确定无问题后，方可正式起吊。

11.3.6 大雨、雾、大雪及六级以上大风等恶劣天气应停止吊装作业。雨雪后进行吊装作业时，应及时清理冰雪并采用防滑和防漏电措施，先试吊，确认制动器灵敏可靠后方可进行作业。

11.3.7 开始起吊时，应先将构件吊离地面200mm~300mm后暂停，检查起重机的稳定性、制动装置的可靠性、构件的平衡性和绑扎的牢固性等，确认无误后，方可继续起吊。已起吊的构件不得长久停滞在空中。严禁超载和吊装重量不明的重型构件和设备。

11.3.8 暂停作业时，对吊装作业中未形成稳定体系的部分，必须采用临时固定措施。对临时固定的构件，必须在完成了永久固定，并经检查确认无误后，方可解除临时固定措施。

11.3.9 高空吊装屋架、梁和采用斜吊绑扎吊装柱时，应在构件

两端绑扎溜绳，由操作人员控制构件平衡和稳定。

11.3.10 构件的吊点应符合设计规定；无规定时，最外吊点应在距构件两端 $L/5$ 处， L 为构件长度（跨度）；对异形构件或当无设计规定时，应经计算确定，保证构件起吊平稳。

11.4 预制构件安装

11.4.1 预制构件吊装应符合下列规定：

- 1 应根据当天的作业内容进行班前安全技术交底；
- 2 预制构件应按照吊装顺序预先编号，吊装时严格按编号顺序起吊；
- 3 预制构件在吊装过程中，宜设置缆风绳控制构件转动。

11.4.2 预制构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施，并应符合下列要求：

- 1 预制墙板、预制柱等竖向构件安装后，应对安装位置、安装标高、垂直度进行校核与调整；
- 2 叠合构件、预制叠合梁等水平构件安装后应对安装位置、安装标高进行校核与调整；
- 3 水平构件安装后，应对相邻预制构件平整度、高低差、拼缝尺寸进行校核与调整；
- 4 装饰类构件应对装饰面的完整性进行校核与调整；
- 5 临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《建筑施工临时支撑结构技术规范》JGJ 300 的相关规定。

11.4.3 预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时支撑安装完成后进行。

11.4.4 竖向预制构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

- 1 预制构件的临时支撑不宜少于 2 道；
- 2 对预制柱、墙板构件的上部斜支撑，其支撑点距离板底的

距离不宜小于构件高度的 $2/3$ ，且不应小于构件高度的 $1/2$ ，斜支撑应与构件可靠连接；

3 构件安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调。

11.4.5 水平预制构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 首层支撑架体的地基应平整坚实，宜采取硬化措施；

2 临时支撑的间距及其与墙、柱、梁的净距应经设计计算确定，竖向连续支撑层数不宜少于 2 层，且上下层支撑宜对准；

3 叠合板预制底板下部支撑宜选用成熟、可靠、便捷的工具化、定型化支撑体系，竖向支撑间距应计算确定。

11.4.6 柱、墙构件的安装应符合下列规定：

1 构件安装前，应清洁结合面；

2 构件底部应设置可调整接缝厚度和底部标高的垫块；

3 钢筋套筒灌浆连接接头灌浆前，应对接缝周围进行封堵，封堵措施应符合结合面承载力设计要求；

4 多层预制剪力墙底部采用坐浆材料时，其厚度不宜大于 20mm。

11.4.7 预制柱安装应符合下列规定：

1 宜按照角柱、边柱、中柱顺序进行安装，与现浇部分连接的宜先行吊装；

2 对预制柱，以轴线和外轮廓线为控制线；对边柱和角柱，应以外轮廓线控制为准；

3 预制柱安装前应设置柱底调平装置，控制安装标高；

4 预制柱安装就位后应在两个反方向设置可调节临时固定措施，并应进行垂直度、扭转调整；

5 采用套筒灌浆连接的预制柱调整就位后，柱脚连接部位宜采用模板封堵。

11.4.8 预制剪力墙板安装应符合下列规定：

1 与现浇部分连接的墙板宜先行吊装，其他宜按照外墙先行

吊装的原则进行吊装；

2 预制剪力墙板安装就位前应在墙板底部设置调平装置；

3 采用灌浆套筒连接的夹心保温外墙板应在保温材料部位采用弹性密封材料进行封堵；

4 采用灌浆套筒连接的墙板需要分仓灌浆时，应采用坐浆料进行分仓；多层剪力墙采用坐浆时应均匀铺设坐浆料；坐浆料强度应符合设计要求；

5 墙板以轴线或轮廓线为控制线，外墙应以轴线和外轮廓双控制；

6 安装就位后应设置可调斜支撑临时固定，测量预制墙板的水平位置、垂直度、高度等，通过墙底垫片、临时支撑进行调整；

7 预制墙板调整就位后，墙底部连接部位应采用模板进行封堵；

8 叠合墙板安装就位后进行叠合墙板拼缝处附加钢筋安装，附加钢筋应与现浇段钢筋网交叉点全部绑扎牢固。

11.4.9 预制梁或叠合梁安装应符合下列规定：

1 安装顺序宜遵循先主梁后次梁，先低后高的原则；

2 安装前，应测量并修正临时支撑标高，确保与梁底标高一致，并在柱子上弹出梁边控制线；安装后根据控制线进行精密调整；

3 安装前，应符合柱钢筋与梁钢筋位置、尺寸，对梁钢筋与柱钢筋位置有冲突的，应按照设计单位确认的技术方案调整；

4 安装时梁伸入支座长度和搁置长度应符合设计要求；

5 安装就位后应对水平度、安装位置、标高进行检查；

6 叠合梁临时支撑应在后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

11.4.10 叠合板预制底板安装应符合下列规定：

1 预制底板吊装完成后应对底板接缝高差进行校核；当叠合板底板接缝高差不满足设计要求时，应将构件重新起吊，通过可

调支座进行调节；

- 2 安装时板伸入支座长度和搁置长度应符合设计要求；
- 3 预制底板的接缝宽度应满足设计要求；
- 4 临时支撑应在后浇带混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

11.4.11 预制楼梯安装应符合以下规定：

- 1 安装前，应检查楼梯构件平面定位及标高，并宜设置调平装置；
- 2 就位后，应及时调整并固定。

11.4.12 预制阳台板、空调板安装应符合下列规定：

- 1 安装前，应检查支座顶面标高及支撑面的平整度；
- 2 临时支撑应在后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

11.5 预制构件连接

11.5.1 采用钢筋套筒灌浆连接的预制构件就位前，应检查下列内容：

- 1 套筒、预留孔的规格、位置、数量和深度；
- 2 被连接钢筋的规格、数量、位置和长度；
- 3 当套筒、预留孔内有杂物，应清理干净；
- 4 当连接钢筋倾斜时，应进行校直；
- 5 连接钢筋偏离套筒或孔洞中心线不宜超过 5mm。

11.5.2 钢筋套筒灌浆连接接头应按检验批划分要求及时灌浆，灌浆作业用灌浆料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和《钢筋套筒灌浆连接用套筒灌浆料》JG/T 408的有关规定。灌浆作业应符合《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ355和《钢筋套筒灌浆连接用套筒灌浆料》JG/T 408及施工方案的要求，并应符合下列规定：

- 1 灌浆施工时，环境温度不应低于 5℃；当气温低于 5℃时，可根据具体气温及施工部位采取低温灌浆料施工方法或后灌浆

法，确保冬季灌浆作业的进行；当连接部位养护温度低于 10℃时，应采用电热毯加 XPS 保温板和套筒外壁缠绕电热带等加热保温措施；

2 灌浆操作全过程应由施工单位专职人员及监理单位人员负责旁站监督，并及时形成灌浆施工质量检查记录和影像资料；灌浆施工质量检查记录由施工单位专职质检人员和监理单位人员共同签字确认，影像资料应包括灌浆作业人员、施工单位专职人员及监理单位人员同时在场记录；

3 应按产品使用说明书的要求计量灌浆料和水的用量，并搅拌均匀；每次拌制的灌浆料拌合物应进行流动度的检测，流动度应符合《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的相关要求；

4 灌浆作业应采用压浆法从下口灌注，当浆料从上口密实、连续地流出后应及时封堵，必要时可设分仓进行灌浆；

5 灌浆料拌合物应在制备后 30min 内用完，并按要求每工作班应制作 1 组且每层不应少于 3 组 40mm×40mm×160mm 的长方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

6 灌浆后，温度在 5℃~15℃，48 小时内不得扰动，温度在 15℃及以上时，24 小时不得扰动，同时，灌浆料同条件试件抗压强度应不小于 35Mpa。

11.5.3 焊接或螺栓连接的施工应符合国家现行标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。采用焊接连接时，应采取防止因连续施焊引起的连接部位混凝土开裂的措施。

11.5.4 钢筋机械连接的施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定。

11.5.5 后浇混凝土的施工应符合下列规定：

- 1 预制构件结合面疏松部分的混凝土应剔除并清理干净；
- 2 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确，并应

防止漏浆；

3 在浇筑混凝土前应洒水润湿结合面，混凝土应振捣密实；

4 同一配合比的混凝土，每工作班且建筑面积不超过 1000m^2 应制作一组标准养护试件，同一楼层应制作不少于 3 组标准养护试件。超过 1000m^2 的部分应增加一组标准养护试件。

11.5.6 构件连接部位后浇混凝土及灌浆料的强度达到设计要求后，方可拆除临时固定措施。

11.5.7 外挂墙板的连接节点及接缝构造应符合设计要求；墙板安装完成后，应及时移除临时支承支座、墙板接缝内的传力垫块。

11.5.8 外墙板接缝防水施工应符合下列规定：

1 防水施工前，应将板缝空腔清理干净；

2 应按设计要求填塞背衬材料；

3 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度应符合设计要求。

12 工程验收

12.1 一般规定

12.1.1 装配式结构应按混凝土结构子分部工程进行验收；当结构中部分采用现浇混凝土结构时，装配式结构部分可作为混凝土结构子分部工程的分项工程进行验收。装配式结构验收除应符合本规程规定外，还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。

12.1.2 预制构件的进场质量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。

12.1.3 装配式结构焊接、螺栓等连接用材料的进场验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

12.1.4 装配式建筑的饰面质量应符合设计要求，并应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定。

12.1.5 装配式混凝土结构验收时，除应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的要求提供文件和记录外，还应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、预制构件制作和安装的深化设计图；
- 2 预制构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告；
- 3 预制构件安装施工记录；
- 4 钢筋套筒灌浆型式检验报告、工艺检验报告和施工检验记录；

- 5 螺栓连接型式检验报告、螺栓连接的施工检验记录；
- 6 后浇混凝土部位的隐蔽工程检查验收文件；
- 7 后浇混凝土、灌浆料、坐浆材料强度检测报告；
- 8 外墙防水施工质量检验记录；
- 9 装配式结构分项工程质量验收文件；
- 10 装配式工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 11 装配式工程的其他文件和记录。

12.2 主控项目

12.2.1 后浇混凝土强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验，检验批应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关要求。

检验方法：按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的要求进行。

12.2.2 钢筋套筒灌浆连接的灌浆应密实饱满，同时模拟构件连接接头的灌浆方式，每种规格钢筋应制作不少于3个套筒灌浆接头试件。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查灌浆施工质量检查记录、接头检验报告。

12.2.3 钢筋套筒灌浆连接用的灌浆料强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班应制作一组且每层不应少于3组40mm×40mm×160mm的长方体试件，标准养护28d后进行抗压强度试验。

检验方法：检查灌浆料强度试验报告及评定记录。

12.2.4 剪力墙底部接缝坐浆强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班应制作一组且每层不应少于3组边长为70.7mm的立方体试件，标准养护28d后进行抗压强度试验。

检验方法：检查坐浆材料强度试验报告及评定记录。

12.2.5 钢筋采用焊接连接时，其焊接质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的规定确定。

检验方法：检查钢筋焊接施工记录及平行加工试件的强度试验报告。

12.2.6 钢筋采用机械连接时，其接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定。

检查数量：按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的规定确定。

检验方法：检查钢筋机械连接施工记录及平行加工试件的强度试验报告。

12.2.7 预制构件采用焊接连接时，钢材焊接的焊缝尺寸应满足设计要求，焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

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

12.2.8 预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

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

12.3 一般项目

12.3.1 装配式结构尺寸允许偏差符合设计要求，并应符合本规程表10.4.3中的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检

验批内，对梁、柱，应抽查构件数量的10%，且不少于3件；对墙和板，应按有代表性的自然间抽查10%，且不少于3间；对大空间结构，墙可按相邻轴线间高度5m左右划分检查面，板可按纵、横轴线划分检查面，抽查10%，且均不少于3面。

12.3.2 外墙板接缝的防水性能应符合设计要求。

检查数量：按批检验。每 1000m^2 外墙面积应划分为一个检验批，不足 1000m^2 时也应划分为一个检验批；每个检验批每 100m^2 应至少抽查一处，每处不得少于 10m^2 。

检验方法：检查现场淋水试验报告。

附录 A 预制构件加工图设计深度及出图标准

A. 1 图纸封面

正式的构件加工图应有图纸封面。

A. 2 图纸目录

A. 2. 1 图纸目录应按图纸序号排列，先列新绘制图纸，后列通用图纸和标准图。

A. 2. 2 图纸目录中预制构件部分宜列出构件的所在楼栋、构件轮廓尺寸、构件数量、体积、重量、混凝土强度等级、构配件数量的相关参数。

A. 3 设计说明

A. 3. 1 工程概况

工程概况部分应说明工程地点、结构体系；说明预制构件的使用范围及位置、所包含的预制构件类型、外架采用的形式及选用的模板体系等。

A. 3. 2 设计依据

应包括构件加工图设计依据的工程施工图设计全称；建设单位提出的与预制构件加工图设计有关的书面要求；设计所执行的主要法规和所采用的主要标准（包括标准的名称、编号、年号和版本号）等。

A. 3. 3 图纸说明

应有图纸编号说明；构件编号及编号原则说明；以及对于需

突出表达的内容作简要的说明。

A.3.4 预制构件设计构造

应包括预制构件的基本构造、材料基本组成；标明各类构件的混凝土强度等级、钢筋级别及种类、钢材级别、连接的方式；各类型构件表面成型处理的基本要求和防雷接地引下线的做法等。

A.3.5 预制构件主材要求

1 混凝土

应说明各类构件混凝土的强度等级及技术要求，并注明对应楼层的强度等级；当采用特种混凝土时，应说明其技术要求及控制指标。

2 钢筋

应说明预制构件所用钢筋（钢绞线或高强钢丝等）种类、加工的技术要求及控制重点、对应的产品标准和标注原则等；并注明各类构件受力钢筋的最小保护层厚度；应说明预应力预制构件的张拉控制应力、张拉顺序、张拉条件、对于张拉的测试要求等；当设计有特殊要求时，应单独注明。

3 预埋件

- 1) 应注明预埋件采用钢材的牌号和等级，以及所对应的产品标准；有特殊要求应注明对应的控制指标及执行标准。
- 2) 预埋铁件的除锈方法及除锈等级以及对应的标准，有特殊用途埋件的处理要求（如埋件镀锌，禁止锚筋冷加工等）。
- 3) 焊接方法、焊缝质量等级及焊缝质量检查要求及相应的技术要求。
- 4) 预埋螺栓的种类、性能等级，以及所对应的产品标准。
- 5) 其他埋件应注明材料的种类、类别、性能、有耐久性要

求的应标明使用年限，以及执行的对应标准。

6) 应注明埋件的尺寸控制偏差或执行的相关标准。

4 其他

应注明保温材料的规格、材料导热系数、燃烧性能等要求；应明确夹心保温连接件、表面附着材料的连接件等预埋件的材料性能、布置原则、锚固深度，以及产品的操作要求；需要拉结件生产厂家补充的内容应明确技术要求。

A.3.6 预制构件生产技术要求

应对构件加工单位提出基本的生产技术要求，内容包括生产计划和生产工艺，模板方案和模板计划等。重点说明如下内容：

- 1 模具的材料、质量要求、执行标准；
- 2 面砖或石材饰面的材料要求；
- 3 构件加工中隐蔽工程检查的内容和执行的的标准；需要重点注意的内容，预制构件养护的要求或执行标准，构件脱模起吊的要求；
- 4 预制构件质量检验执行的标准，预制构件成品保护的要求等。

A.3.7 预制构件的堆放与运输技术要求

应对堆放与运输专项方案提出基本的技术要求，包括预制构件的堆放场地及堆放方式，构件运输的要求与措施等。对复杂异形构件的堆放与运输，应提出有针对性的技术要求及注意事项。

A.3.8 现场施工要求

1 预制构件现场安装要求

应包括现浇部位安装预留埋件的接口要求，构件吊具、吊装螺栓、吊装角度的要求和构件吊装顺序的基本要求（如先吊装竖向构件再吊装水平构件，外挂板宜从低层向高层安装等）。

2 预制构件连接

分为主体结构装配和非主体结构装配两种类型。在主体结构

装配中，应说明钢筋连接用灌浆套筒连接，以及其他涉及结构钢筋连接方式的操作要求以及执行的标准；在非主体结构装配中，应说明其预制构件的连接方法、操作要求以及执行的标准。

3 预制构件防水做法的要求

应说明构件板缝防水的基本要求和施工要点，并对密封胶的最小厚度，密封胶对接处的处理等技术要点进行专项说明。

A.4 设计图纸

A.4.1 预制构件平面布置图

1 绘制轴线，轴线总尺寸（或外包总尺寸），轴线间尺寸（柱距、跨距）、预制构件与轴线的尺寸、现浇带与轴线的尺寸、门窗洞口的尺寸；当预制构件种类较多时，宜分别绘制竖向承重构件平面图、水平承重构件平面图、非承重装饰构件平面图、屋面层平面图、预埋件平面布置图。

2 竖向承重构件平面图应标明预制构件（剪力墙内外墙板、柱、PCF板）的编号、数量、安装方向、预留洞口位置及尺寸、转换层插筋定位、楼层的层高及标高、详图索引。

3 水平承重构件平面图应标明预制构件（叠合板、楼梯、阳台、空调板、梁）的编号、数量、安装方向、楼板板顶标高、叠合板与现浇层的高度、预留洞口定位及尺寸、机电预留定位、详图索引。

4 非承重装饰构件平面图应标明预制构件（混凝土外挂板、空心条板、装饰板等）的编号、数量、安装方向、详图索引。

5 屋面层平面与楼层平面类同。

6 埋件平面布置图应标明埋件编号、数量、埋件定位、详图索引。

7 复杂的工程项目，必要时增加局部平面详图。

8 选用图集节点时，应注明索引图号。

9 图纸名称、比例。

A. 4. 2 预制构件装配立面图

1 建筑两端轴线编号。

2 各立面预制构件的布置位置、编号、层高线。复杂的框架或框剪结构应分别绘制主体结构立面及外装饰板立面图。

3 埋件布置在平面中表达不清的，可增加埋件立面布置图。

4 图纸名称、比例。

A. 4. 3 模板图

1 绘制预制构件主视图、俯视图、仰视图、侧视图、门窗洞口剖面图，主视图依据生产工艺的不同可绘制构件正面图，也可绘制背面图。

2 标明预制构件与结构层高线或轴线间的距离，当主要视图中不便于表达时，可通过缩略示意图的方式表达。

3 标注预制构件的外轮廓尺寸、缺口尺寸、看线的分布尺寸、预埋件的定位尺寸。

4 各视图中应标注预制构件表面的工艺要求（如模板面、人工压光面、粗糙面），表面有特殊要求应标明饰面做法（如清水混凝土、彩色混凝土、喷砂、瓷砖、石材等）有瓷砖或石材饰面的构件应绘制排板图。

5 预留埋件及预留孔应分别用不同的图例表达，并在构件视图中标明埋件编号。

6 构件信息表应包括构件编号、数量、混凝土体积、构件重量、钢筋保护层、混凝土强度。

7 埋件信息表应包括埋件编号、名称、规格、单块板数量。

8 说明中应包括符号说明及注释。

9 注明索引图号。

10 图纸名称、比例。

A. 4. 4 配筋图

1 绘制预制构件配筋的主视图、剖面图，当采用夹心保温构件时，应分别绘制内叶板配筋图、外叶板配筋图。

2 标注钢筋与构件外边线的定位尺寸、钢筋间距、钢筋外露长度。钢筋连接用灌浆套筒，及其他钢筋连接用预留必须明确标注尺寸及外露长度，叠合类构件应标明外露桁架钢筋的高度。

3 钢筋应按类别及尺寸不同分别编号，在视图中引出标注。

4 配筋表应标明编号、直径、级别、钢筋加工尺寸、单块板中钢筋重量、备注。需要直螺纹连接的钢筋应标明套丝长度及精度等级。

5 图纸名称、比例、说明。

A. 4.5 通用详图

1 预埋件图

1) 预埋件详图。绘制内容包括材料要求、规格、尺寸、焊缝高度、套丝长度、精度等级、埋件名称、尺寸标注。

2) 埋件布置图。表达埋件的局部埋设大样及要求，包括埋设位置、埋设深度、外露高度、加强措施、局部构造做法。

3) 有特殊要求的埋件应在说明中注释。

4) 埋件的名称、比例。

2 通用索引图

1) 节点详图表达装配式结构构件拼接处的防水、保温、隔声、防火、预制构件连接节点、预制构件与现浇部位的连接构造节点等局部大样图。

2) 预制构件的局部剖切大样图、引出节点大样图。

3) 被索引的图纸名称、比例。

3 其他图纸

1) 夹心保温墙板应绘制拉结件排布图，标注埋件定位尺寸。

2) 不同类别的拉结件应分别标注名称、数量。

3) 带有保温层的预制构件宜绘制保温材料排板图，分块编号，并标明定位尺寸。

4 计算书

1) 预制构件在翻转、运输、存储、吊装和安装定位、连接施工等阶段的施工验算，包括承载力及变形验算。

2) 固定连接的预埋件与预埋吊件、临时支撑用预埋件在最不利工况下的施工验算。

3) 夹心保温墙板拉结件的施工及正常使用工况下的验算。

附录 B 双面叠合剪力墙设计

B.0.1 本附录适用的双面叠合剪力墙房屋的最大适用高度应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 双面叠合剪力墙房屋的最大适用高度 (m)

结构类型	抗震设防烈度			
	6 度	7 度	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)
双面叠合剪力墙 结构	90	80	60	50

注：房屋高度指室外地面到主要屋面的高度，不包括局部突出屋顶部分。

B.0.2 双面叠合剪力墙空腔内宜浇筑自密实混凝土，自密实混凝土应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定；当采用普通混凝土时，混凝土粗骨料的最大粒径不宜大于 20mm，并应采取保证后浇混凝土浇筑质量的措施。

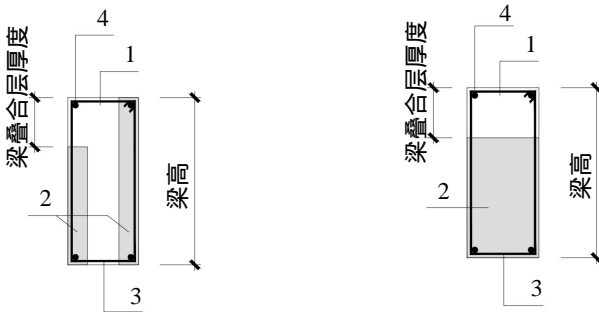
B.0.3 双面叠合剪力墙的墙肢厚度不宜小于 200mm，单叶预制墙板厚度不宜小于 50mm，空腔净距不宜小于 100mm。预制墙板内外叶内表面应设置粗糙面，粗糙面凹凸深度不应小于 4mm。

B.0.4 双面叠合剪力墙结构宜采用预制混凝土叠合连梁（图 B.0.4），也可采用现浇混凝土连梁。连梁配筋及构造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。

B.0.5 除本标准另有规定外，双面叠合剪力墙结构的截面设计应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定，其中剪力墙厚度 b_w 取双面叠合剪力墙的全截面厚度。

B.0.6 双面叠合剪力墙结构底部加强部位的剪力墙宜采用现浇

混凝土。楼层内相邻双面叠合剪力墙之间应采用整体式接缝连接；后浇混凝土与预制墙板应通过水平连接钢筋连接，水平连接钢筋的间距宜与预制墙板中水平分布钢筋的间距相同，且不宜大于200mm；水平连接钢筋的直径不应小于叠合剪力墙预制板中水平分布钢筋的直径。



(a) 双面叠合连梁

(b) 叠合连梁

图 B.0.4 预制叠合连梁示意图

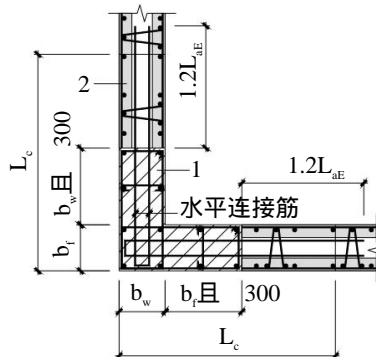
1——后浇部分；2——预制部分；3——连梁箍筋；4——连梁纵筋

B.0.7 双面叠合剪力墙结构约束边缘构件内的配筋及构造要求应符合国家现行标准《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，并应符合下列规定：

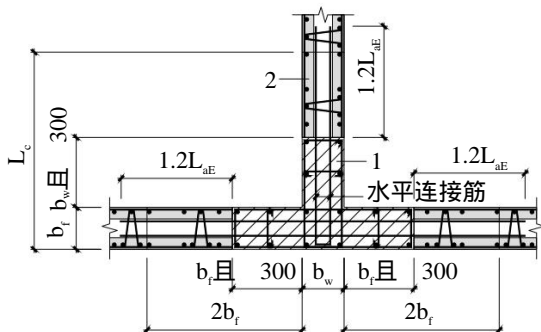
1 约束边缘构件（图 B.0.7）阴影区域宜全部采用后浇混凝土，并在后浇段内设置封闭箍筋；其中暗柱阴影区域可采用叠合暗柱或现浇暗柱；

2 约束边缘构件非阴影区的拉筋可由叠合墙板内的桁架钢筋代替，桁架钢筋的面积、直径、间距应满足拉筋的相关规定。

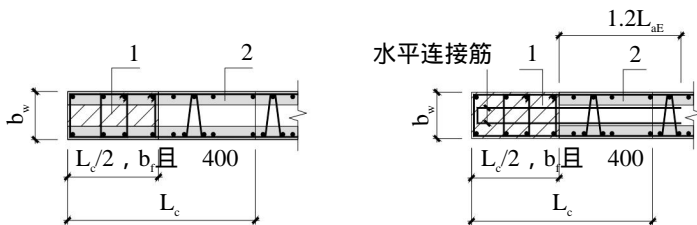
B.0.8 预制双面叠合剪力墙构造边缘构件内的配筋及构造要求应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。构造边缘构件（图 B.0.8）宜全部采用后浇混凝土，并在后浇段内设置封闭箍筋；其中暗柱可采用叠合暗柱或现浇暗柱。



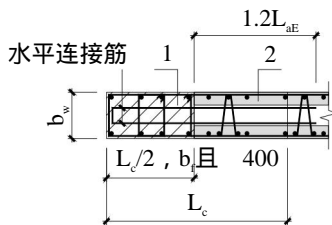
(a) 转角墙



(b) 有翼墙



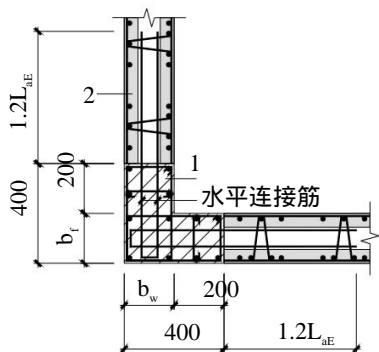
(c) 叠合暗柱



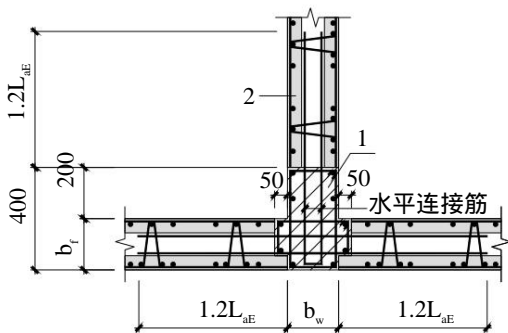
(d) 现浇暗柱

图 B.0.7 约束边缘构件

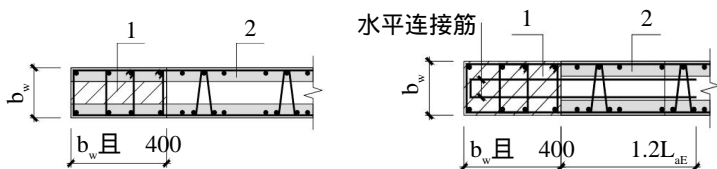
L_c ——约束边缘构件沿墙肢的长度；1——后浇段；2——双面叠合剪力墙



(a) 转角墙



(b) 有翼墙



(c) 叠合暗柱

(d) 现浇暗柱

图 B.0.8 构造边缘构件

1——后浇段；2——双面叠合剪力墙

B.0.9 双面叠合剪力墙的钢筋桁架应满足运输、吊装和现浇混凝土施工的要求，并应符合下列规定：

- 1 钢筋桁架宜竖向设置，单片预制叠合剪力墙墙肢不应少于 2 榀；
- 2 钢筋桁架中心间距不宜大于 400mm，且不宜大于竖向分布筋间距的 2 倍；钢筋桁架距叠合剪力墙预制墙板边的水平距离不宜大于 150mm（图 B.0.9）；
- 3 钢筋桁架的上弦钢筋直径不宜小于 10mm，下弦钢筋及腹杆钢筋直径不宜小于 6mm；
- 4 钢筋桁架应与两层分布筋网片可靠连接，连接方式可采用焊接。

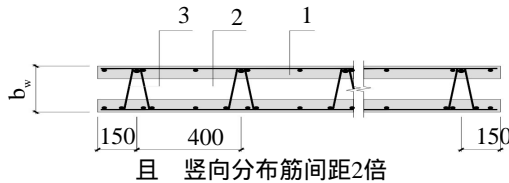


图 B.0.9 双面叠合剪力墙中钢筋桁架的预制布置要求

1——预制部分；2——现浇部分；3——钢筋桁架

B.0.10 双面叠合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。水平接缝处应设置竖向连接钢筋，连接钢筋应通过计算确定，并应符合下列规定：

- 1 连接钢筋在上下层墙板中的锚固长度不应小于 $1.2l_{aE}$ （图 B.0.10）；
- 2 竖向连接钢筋的间距不应大于叠合剪力墙预制墙板中竖向分布钢筋的间距，且不宜大于 200mm；竖向连接钢筋的直径不应小于叠合剪力墙预制墙板中竖向分布钢筋的直径。

B.0.11 非边缘构件位置，相邻双面叠合剪力墙之间应设置后浇段，后浇段的宽度不应小于墙厚且不宜小于 200mm，后浇段内应设置不少于 4 根竖向钢筋，钢筋直径不应小于墙体竖向分布筋直

径且不应小于 8mm；两侧墙体与后浇段之间应采用水平连接钢筋连接，水平连接钢筋应符合下列规定：

- 1 水平连接钢筋在双面叠合剪力墙中的锚固长度不应小于 $1.2l_{aE}$ （图 B.0.11）；
- 2 水平连接钢筋的间距宜与叠合剪力墙预制墙板中水平分布钢筋的间距相同，且不宜大于 200mm；水平连接钢筋的直径不应小于叠合剪力墙预制墙板中水平分布钢筋的直径。

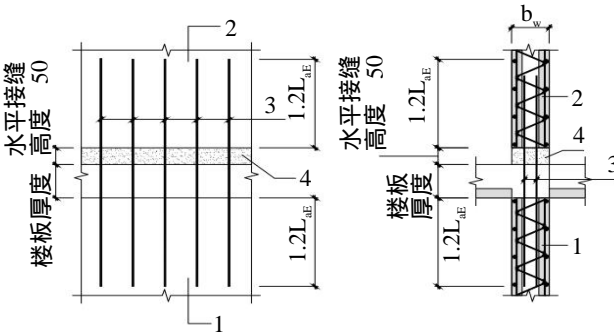


图 B.0.10 竖向连接钢筋搭接构造

- 1——下层叠合剪力墙；2——上层叠合剪力墙；
3——竖向连接钢筋；4——楼层水平接缝

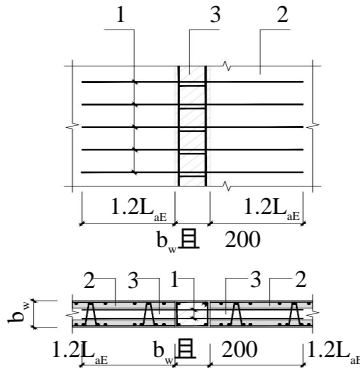


图 B.0.11 水平连接钢筋搭接构造

- 1——连接钢筋；2——预制部分；3——现浇部分

本规程用词说明

1 为了便于在执行本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：

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，在条件允许时首先这样做的：

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 条文中指定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 《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683
- 2 《建筑模数协调标准》GB/T 50002
- 3 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 4 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 5 《钢结构设计标准》GB 50017
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 7 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 8 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 9 《工程结构通用规范》GB 55001
- 10 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 11 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 12 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
- 13 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 14 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 15 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 16 《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256
- 17 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355
- 18 《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398
- 19 《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408

宁夏回族自治区地方标准

装配式混凝土结构技术规程

DB64/T 1914-2023

Technical specification for precast concrete structures

条文说明

编制说明

《装配式混凝土结构技术规程》DB64/T 1914-2023，经宁夏回族自治区住房和城乡建设厅（2023）155号公告批准、发布。

规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国内发达省区的先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程遵循科学性、实用性和可操作性的原则，在广泛调研、多次研讨、征求意见、认真总结、整理分析的基础上，最后经相关部门组织审查定稿。

请各单位在执行过程中，结合工程试验，不断总结经验，积累资料，并将意见和建议反馈到规程编制组，以供再次修订时参考。

为便于设计、施工、质量监督、工程监理、科研院校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，规程编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对部分条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了详细的解释和说明。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规程规定的参考。

目 次

1 总 则	101
2 术语与符号	103
2.1 术 语	103
3 基本规定	105
4 材 料	111
4.1 混凝土、钢筋和钢材	111
4.2 连接材料	111
4.3 其他材料	113
5 建筑设计	116
5.1 一般规定	116
5.2 平面及立面设计	116
5.3 内装修、设备管线设计	119
6 结构设计基本规定	120
6.1 一般规定	120
6.2 作用及作用组合	121
6.3 结构分析	122
6.4 构件设计	123
6.5 连接设计	127
7 框架结构设计	130
7.1 一般规定	130
7.2 承载力计算	131
7.3 构造设计	133
8 剪力墙结构设计	136
8.1 一般规定	136

8.2	预制剪力墙构造	137
8.3	连接设计	138
9	外挂墙板设计	141
9.1	一般规定	141
9.2	点支承式外挂墙板	144
9.3	线支承式外挂墙板	146
9.4	墙板构造设计	148
10	构件制作与运输	150
10.1	一般规定	150
10.2	制作准备	151
10.3	构件制作与养护	151
10.4	构件检验	152
10.5	运输与堆放	153
11	施工与安装	154
11.1	一般规定	154
11.2	安装准备	154
11.3	吊装施工	154
11.4	预制构件安装	157
11.5	预制构件连接	158
12	工程验收	160
12.1	一般规定	160
12.2	主控项目	160
12.3	一般项目	161

1 总 则

1.0.1 为落实“碳达峰、碳中和”目标，实现资源、能源的可持续发展，推动宁夏回族自治区建筑产业的现代化进程，提高自治区建筑工业化水平，制定本规程。

装配式混凝土建筑具有工业化水平高、便于冬期施工、减少施工现场湿作业量、减少材料消耗、减少工地扬尘和建筑垃圾等优点，它有利于实现提高建筑质量、提高生产效率、降低成本、实现节能减排和保护环境的目的。装配式建筑在许多国家和地区，如欧洲、新加坡以及美国、日本、新西兰等处于高烈度地震区的国家都得到了广泛的应用。近年来，在我国，由于节能减排要求的提高，以及劳动力价格的大幅度上涨等因素，预制混凝土构件的应用开始呈现迅速上升的趋势。

本规程综合反映了国内外近几年来在装配式混凝土结构领域的最新科研成果和工程实践经验。要求装配整体式结构的可靠度、耐久性及整体性等基本上与现浇混凝土结构等同；所提出的各项要求与国家现行相关标准协调一致。

本规程是对装配式混凝土结构设计的最低限度要求，设计者可根据具体情况适当提高设计的安全储备。

1.0.2 本规程采用的预制构件受力钢筋的连接方式，主要推荐了在美国和日本等地震多发国家得到普遍应用的钢筋套筒灌浆连接的技术。这种连接技术，在美国被视为是一种机械连接接头，因此被广泛地应用于建筑工程。根据结构的整体稳固性和抗震性能的要求，本规程还强调了预制构件和后浇混凝土相结合的结构措施。本规程的基本设计概念，是在采用上述技术的基础上，通过合理的构造措施，提高装配式结构的整体性，实现装配式混凝土

结构与现浇混凝土结构基本等同的要求。

本规程适用于 6~8 度抗震设防地区的乙类及以下的各种民用建筑，其中包括居住建筑和公共建筑。结构体系主要包括：装配整体式框架结构、装配整体式剪力墙结构、装配整体式框架—现浇剪力墙结构。

本规程的内容反映了目前装配式混凝土结构设计的成熟做法及其一般原则和基本要求。设计者应根据国家现行有关标准的要求，结合工程实践，进行技术创新，推动装配式结构技术的不断进步。

1.0.3 装配式混凝土结构仍属于混凝土结构。因此，装配式混凝土结构的设计、施工与验收除执行本规程外，尚应符合《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3等国家、行业现行标准的要求，以及《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑防水工程技术规程》DBJ 15-19等国家、行业和宁夏回族自治区现行相关标准的要求。

2 术语与符号

2.1 术 语

2.1.1、2.1.2 装配式结构可以包括多种类型。当主要受力预制构件之间的连接，如：柱与柱、墙与墙、梁与柱或墙等预制构件之间，通过后浇混凝土和钢筋套筒灌浆连接等技术进行连接时，可以保证装配式结构的整体性能，使其结构性能与现浇混凝土基本等同，此时称其为装配整体式结构。装配整体式结构是装配式结构的一种特定的类型。当主要受力预制构件之间的连接，如：墙与墙之间通过干式节点进行连接时，此时结构的总体刚度与现浇混凝土结构相比，会有所降低，此类结构不属于装配整体式结构。根据目前的研究工作水平和工程实践经验，对于高层建筑，本规程建议采用装配整体式结构。

2.1.3、2.1.4 本规程的主要适用范围为装配整体式框架结构和装配整体式剪力墙结构。因此，对本规程涉及的两种主要的装配整体式结构分别进行定义。

2.1.6 预制夹心外墙板在国外称之为“三明治”墙板。根据其受力情况可分为承重和非承重墙板，根据内外叶墙板共同工作的情况，又可分为组合墙板和组合非组合墙板。根据我国目前对预制夹心外墙板的研究水平和工程实践的实际情况，本规程仅涉及内叶墙板承重的非组合夹心外墙板。

2.1.9 本规程涉及的叠合受弯构件主要包括叠合梁和叠合楼板。

2.1.11 钢筋套筒灌浆连接接头技术在美国和日本已经有近五十多年的应用历史，在我国台湾地区也有多年的应用历史。五十多年来，上述国家和地区对钢筋套筒灌浆连接的技术进行了大量的

试验研究，采用这项技术的建筑物也经历了多次地震的考验，包括日本一些大地震的考验。美国 ACI 明确地将这种接头归类为机械连接接头，并将这项技术广泛用于预制构件受力钢筋的连接，同时也用于现浇混凝土受力钢筋的连接，是一项十分成熟和可靠的技术。在我国，这种接头在电力和冶金部门有过二十余年的成功应用，近年来，开始引入建筑行业。中国建筑科学研究院、中冶建筑研究总院有限公司、清华大学、万科企业股份有限公司等单位都对这种接头进行了一定数量的试验研究工作，证实了它的安全性。受力钢筋套筒灌浆连接接头的技术是本规程重要的技术基础。

3 基本规定

3.0.1 装配式混凝土结构与全现浇混凝土结构的设计和施工过程区别较大。完成装配式建筑的建造，需要设计阶段建筑、结构、机电、装修等各专业一体化；同时还需要设计、制作、施工一体化，各单位需要协同工作；更为重要的是统筹协调业主（建设）、设计、制作、施工等各位的需求。

装配式建筑项目应重视前期策划，着重从项目全过程、项目四大技术体系（主体结构体系、外围护系统、内装体系、设备管线体系）、项目管理三个维度进行。首先要确定项目目标，每个项目都是成本、工期与质量三者对立统一的成果。其次要在项目初期确定与项目目标相匹配的技术体系，关注建筑功能和结构布置的合理性，减少预制构件的规格，提高预制构件的重复率，以及对工程造价、工期等的影响；最后根据项目目标，进行适度的创新。

装配式建筑的策划需要避免以下情况：

装配式建筑策划过程仅由设计师或者设计单位一家完成，缺乏建设方、生产及施工安装、运营维护方等相关单位的参与。解决方案：建立有效的组织架构，进行有效的项目管理和融合。

由于业主指定了不合理的工期，以至于项目在缺乏足够策划的情况下，直接进入设计阶段。解决方案：由项目经理、设计总监统筹各专业确定合理的工期，进行有效的策划。

策划不落地，策划与实施过程两条线。解决方案：策划中应包括各类风险识别，进度的风险，质量和成本的风险，使策划能够解决实践工作的问题；另外要区分策划中可调整的部分和需要坚持执行的部分，合理控制过程中的变更。

3.0.2 装配式结构的设计首先应满足国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010第三章“基本设计规定”的各项要求。本规程的各项基本规定主要是根据装配式结构自身的特点，强调提出的附加要求。对于偶然作用下，可能导致连续倒塌的装配式结构，应根据国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求，进行防连续倒塌设计。

装配式结构的设计，应注重概念设计和结构分析模型的建立，以及预制构件的连接设计。本规程对于高层装配式混凝土结构设计的主要概念，是在选用可靠的预制构件受力钢筋连接技术的基础上，采用预制构件与后浇混凝土相结合的方法，通过连接节点合理的构造措施，将装配式结构连接成一个整体，保证其结构性能具有与现浇混凝土结构等同的整体性、延性、承载力和耐久性，达到与现浇混凝土等同的效果。对于多层装配式剪力墙结构，应根据实际选用的连接节点类型，和具体采用的构造措施的特点，采用相应的结构分析的计算模型。

装配式结构成败的关键在于预制构件之间，以及预制构件与现浇和后浇混凝土之间的连接技术，其中包括连接接头的选用和连接节点的构造设计。欧洲 FIB 标准将装配式结构中预制构件的连接设计要求归纳为：标准化、简单化、抗拉能力、延性、变形能力、防火、耐久性和美学等八个方面的要求，即节点连接构造不仅应满足结构的力学性能，尚应满足建筑物理性能的要求。

3.0.3 由于预制构件连接部位是影响装配整体式结构性能的重要部位，划分预制构件时，宜将连接设置在应力水平较低处，如梁、柱的反弯点处，避免连接在地震中损坏。也可将连接设置在梁端和柱端，并按规程要求对连接进行设计与构造。图1为几种可能的划分方法。

1 梁预制，柱与梁柱节点现浇，如图 2 所示，也可梁、柱预制，梁、柱节点现浇。

2 将梁柱节点与梁共同预制，节点内钢筋可在构件制作阶段

布置完成，简化施工步骤，如图 3 所示。当梁柱节点现浇时，由于节点内钢筋拥挤，安装时需要控制构件吊装顺序，施工较为复杂。

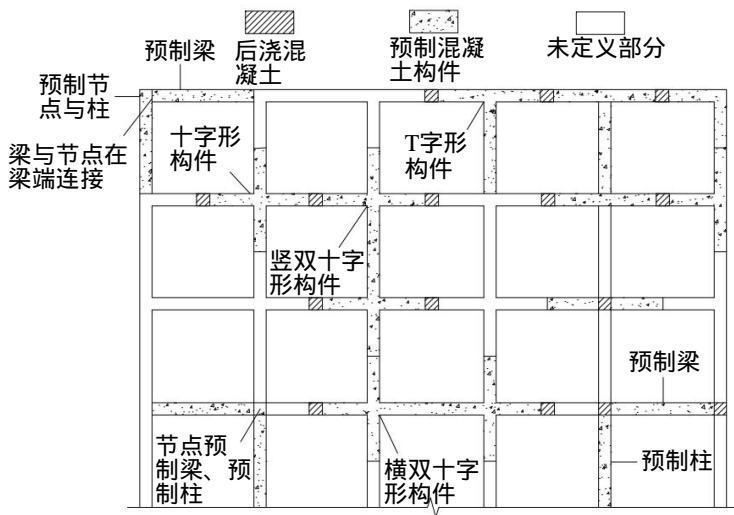


图 1 预制构件划分示意图

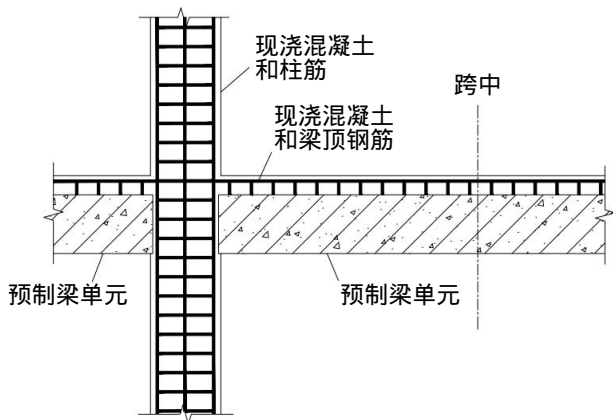


图 2 梁预制形式

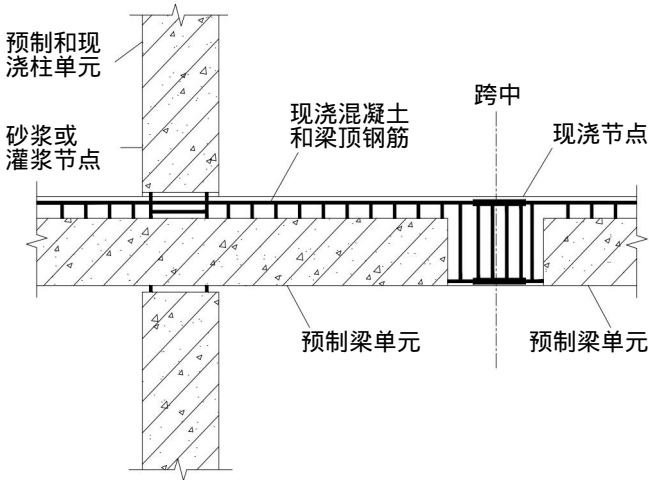


图3 梁与梁柱接头共同预制形式

在梁柱节点中设置供柱纵向受力钢筋穿过的波纹管，柱纵向钢筋穿过梁柱节点后用灌浆料填满钢筋与波纹管之间的空隙，在波纹管外设置规程要求的梁柱节点箍筋，如图4所示。考虑到在构件制作和施工过程中存在的偏差，同时为了让灌浆料有足够空间流动、填满波纹管管壁与钢筋之间的空隙，“新西兰装配式结构指导手册”建议波纹管的直径为穿过钢筋直径的2~3倍。此方法对于构件制作以及安装过程的精准度要求较高。

3 梁、柱共同预制成T字形或十字形构件，再将构件运送至施工现场连接。此种方法可减少预制构件数量与连接数量，但在构件设计时应充分考虑运输与安装过程对构件尺寸和重量的限制。T字形构件连接形式如图5所示。

4 梁预制、柱预制、梁柱节点预制。柱纵向钢筋如图5所示穿过梁柱节点，预制叠合梁与节点在梁端采用强连接或延性连接。

5 柱与梁柱节点共同预制，梁与节点在梁端采用强连接或延性连接。

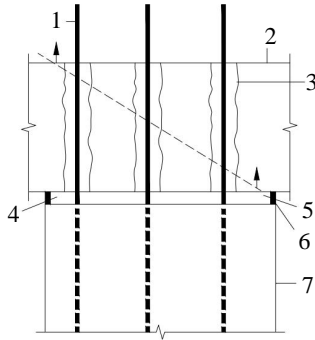


图4 柱钢筋穿波纹管连接示意

1——柱纵筋；2——预制叠合梁；3——波纹管；4——灌浆进口
5——灌浆出口；6——密封胶；7——预制柱

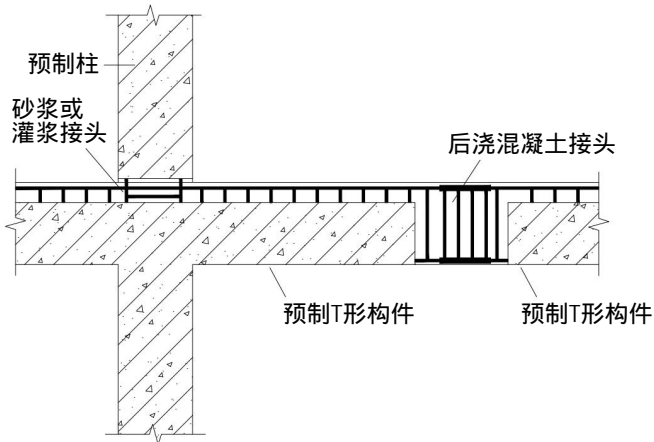


图5 T形构件连接形式

3.0.5 在预制构件加工制作阶段，应将各专业、各工种所需的预留孔洞、预埋件等一并完成，避免在施工现场进行剔凿、切割，伤及预制构件，影响质量或观感。因此，在一般情况下，装配式结构的施工图完成后，还需要进行预制构件的深化设计，以便于预制构件的加工制作。这项工作可以由设计院完成，也可委托有

相应设计资质的单位单独完成深化设计详图。

3.0.6 建筑信息模型（BIM）技术是装配式建筑建造过程的重要手段。通过信息数据平台管理系统将设计、生产、施工、物流和运维等各环节联系为一体化管理，对提高工程建设各阶段及各专业之间协同配合的效率，以及一体化管理水平具有重要作用。

4 材 料

4.1 混凝土、钢筋和钢材

4.1.1 装配式混凝土结构中所采用的混凝土、钢筋、钢材的各项力学性能指标，以及结构混凝土材料的耐久性能的要求，应分别符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017的相应规定。抗震设计时，尚应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。

4.1.2 实现建筑工业化的目的之一，是提高产品质量。预制构件是在工厂生产，易于进行质量控制，因此对其采用的混凝土的最低强度等级的要求高于现浇混凝土。

4.1.3 钢筋套筒灌浆连接接头主要适用于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中所规定的热轧带肋钢筋。热轧带肋钢筋的肋，可以使钢筋与灌浆料之间产生足够的摩擦力，有效地传递应力，从而形成可靠的连接接头。

4.1.4 应鼓励在预制构件中采用钢筋焊接网，以提高建筑的工业化生产水平。

4.1.5 预埋吊环的要求同现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中的要求。

4.2 连接材料

4.2.1 预制构件的连接技术是装配式混凝土结构关键的、核心的技术。其中，钢筋套筒灌浆连接接头技术是本规程所推荐主要的

接头技术，也是形成各种装配整体式混凝土结构的重要基础。

钢筋套筒灌浆连接接头的工作机理，是基于灌浆套筒内灌浆料有较高的抗压强度，同时自身还具有微膨胀特性，当它受到灌浆套筒的约束作用时，在灌浆料与灌浆套筒内侧筒壁间产生较大的正向应力，钢筋借此正向应力在其带肋的粗糙表面产生摩擦力，借以传递钢筋轴向应力。因此，灌浆套筒连接接头要求灌浆料有较高的抗压强度，灌浆套筒应具有较大的刚度和较小的变形能力。

制作灌浆套筒采用的材料可以采用碳素结构钢、合金结构钢或球墨铸铁。传统的灌浆套筒内侧筒壁的凹凸构造复杂，采用机械加工工艺制作的难度很大。因此，许多国家和地区，如日本、我国台湾地区多年来一直采用球墨铸铁用铸造方法制造灌浆套筒。近年来，我国在已有的钢筋机械连接技术的基础上，开发出了用碳素结构钢或合金结构钢材料，并采用机械加工方法制造的灌浆套筒，经过多年工程实践的考验，证实了其具有良好的、可靠的连接性能。

《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 已发布实施，装配式结构中所用钢筋连接用灌浆套筒应符合该标准的要求。

4.2.2 钢筋套筒灌浆连接接头的另一个关键技术，在于灌浆料的质量。灌浆料应具有高强、早强、无收缩和微膨胀等基本特性，以使其能与套筒、被连接钢筋更有效地结合在一起共同工作，同时满足装配式结构快速施工的要求。

《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 已发布实施，装配式结构中钢筋套筒连接用灌浆料应符合该标准的要求。

4.2.3~4.2.5 装配式结构预制构件的连接方式，根据建筑物的不同的层高、不同的抗震设防烈度等不同的条件，可以采用许多不同的形式。当建筑物层数较低时，通过钢筋锚固板、预埋件进行连接的方式，也是可行的连接方式。其中，钢筋锚固板、预埋件和连接件，连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件，应分别符合国家或行业现行相关标准的规定。

4.2.6 夹心外墙板可以作为结构构件承受荷载和作用，又同时具有保温节能功能，它集承重、保温、防水、防火、装饰等多项功能于一体，因此在美国、欧洲都得到广泛的应用，在我国也得到越来越多的推广。

保证夹心外墙板内外叶墙板拉结件的性能是十分重要的。目前，内外叶墙板的拉结件在美国多采用高强玻璃纤维制作，欧洲则采用不锈钢制作金属拉结件。由于我国目前尚缺乏相应的产品标准，本规程仅参考美国和欧洲的相关标准，定性地提出拉结件的基本要求：

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。

我国有关预制夹心外墙板内外叶墙板拉结件的建筑行业产品标准的编制工作正在进行，待相关标准颁布后，应按相关标准执行。

4.3 其他材料

4.3.1 由于我国目前研究工作的水平，本版规程仅对密封胶提出最基本的、定性的要求，其他定量的要求还有待于进一步研究工作的成果。

4.3.2 美国的PCI手册中，对夹心外墙板所采用的保温材料的性能要求见表1，仅供参考。根据美国的使用经验，由于挤塑聚苯乙烯板(XPS)的抗压强度高，吸水率低，因此XPS在夹心外墙板中受到最为广泛的应用。使用时还需对其做界面隔离处理，以允许外叶墙板的自由伸缩。当采用改性聚氨酯(PIR)时，美国多采用带有塑料表皮的改性聚氨酯板材。由于夹心墙板在我国的应用历史还较短，本规程借鉴美国PCI手册的要求，综合地、定性地提出基本要求。

表 1 保温材料的性能要求

保温材料	聚苯乙烯						改性聚氨酯 (PIR)		酚醛	泡沫玻 璃
	EPS			XPS			无表皮	有表皮		
密度 (kg/m ³)	11.2~ 14.4	17.6~ 22.4	28.8	20.8~ 25.6	28.8~ 25.2	48.0	32.0~9 6.1	32.0~9 6.1	32.0~4 8	107~14 7
吸水率 (%) (体 积比)	<4.0	<3.0	<2.0	<0.3			<3.0	1.0~2. 0	<3.0	<0.5
抗压强度 (kPa)	34~69	90~10 3	172	103~1 72	276~4 14	690	110~3 45	110	68~110	448
抗拉强度 (kPa)	124~172			172	345	724	310~9 65	3448	414	345
线膨胀系 数 (1/℃) ×10 ⁻⁶	45~73			45~73			54~109		18~36	2.9~8. 3
剪切强度 (kPa)	138~241			—	241	345	138~690		83	345
弯曲强度 (kPa)	69~17 2	207~2 76	345	276~3 45	414~5 17	690	345~1 448	276~3 45	173	414
导热系数 W/(m·K)	0.046 ~0.04 0	0.037 ~0.03 6	0.033	0.029			0.026	0.014 ~0.02 2	0.023~ 0.033	0.050
最大可用 温度 (℃)	74			74			121		149	482

另外，与基层墙体、装饰层之间无空腔的建筑外墙外保温系统，其保温材料应符合下列规定：

1 住宅建筑：

- 1) 建筑高度大于 100m 时，保温材料的燃烧性能应为 A 级；
 - 2) 建筑高度大于 27m，但不大于 100m 时，保温材料的燃烧性能不应低于 B₁ 级；
 - 3) 建筑高度不大于 27m 时，保温材料的燃烧性能不应低于 B₂ 级。
- 2 除住宅建筑和设置人员密集场所的建筑外，其他建筑：
- 1) 建筑高度大于 50m 时，保温材料的燃烧性能应为 A 级；
 - 2) 建筑高度大于 24m，但不大于 50m 时，保温材料的燃烧性能不应低于 B₁ 级；
 - 3) 建筑高度不大于 24m 时，保温材料的燃烧性能不应低于 B₂ 级。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 本条是从结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统对装配式建筑全专业提出要求。装配式建筑是一个完整的具有一定功能的建筑产品，是一个系统工程。过去那种只提供结构和建筑围护的“毛坯房”，或者只有主体结构预制装配，没有内装一体化集成的建筑，都不能称为真正意义上的“装配式建筑”。内装设计与建筑设计同步，各专业协同，是装配式建筑的主要特征。绿色低碳、可持续是基本要求。主体结构的设计工作年限基本都在50年，采用装修及设备管线与主体结构分离式设计等技术体系，延长了建筑整体的使用寿命。

5.1.2 装配式混凝土结构建筑设计应采用模数数列协调结构构件、内装部品部件、设备管线之间的尺寸关系，做到构件部品设计、生产和安装等相互间尺寸协调，减少和优化各部件的种类和尺寸。模数协调的目的是减少建筑部件的规格，实现建筑部件的通用性和互换性，使规格化、通用化的部件适用于各类常规建筑。建筑模数协调工作涉及的行业与部件的种类很多，需各方面共同遵守各项协调原则，制定各种部件或组合件的协调尺寸和约束条件。

5.2 平面及立面设计

5.2.1 装配式建筑的设计与建造是一个系统工程，需要整体设计的思想。平面设计应考虑建筑各功能空间的使用尺寸，并结合结构受力特点，合理设计预制构配件（部件）。同时应注意预制构配件（部件）的定位尺寸，在满足平面功能需要的同时，还应符合模

数协调和标准化的要求。

5.2.2 住宅建筑应选用下列常用尺寸，见表2~表5。

表 2 集成式厨房的常用尺寸（mm）

厨房家具布置形式	厨房最小净宽度	厨房最小净长度
单排型	1500（1600）/2000	3000
双排型	2200/2700	2700
L形	1600/2700	2700
U形	1900/2100	2700
壁柜型	700	2100

表 3 集成式卫生间的常用尺寸（mm）

卫生间平面布置形式	卫生间最小净宽度	卫生间最小净长度
单设便器卫生间	900	1600
设便器、洗面器两件洁具	1500	1550
设便器、洗面器两件洁具	1600	1800
设三件洁具（喷淋）	1650	2050
设三件洁具（浴缸）	1750	2450
设三件洁具无障碍卫生间	1950	2550

表 4 楼梯的常用尺寸（mm）

楼梯类别	踏步最小宽度	踏步最大高度
共用楼梯	260	175
服务楼梯，住宅套内楼梯	220	200

表 5 门窗洞口的常用尺寸（mm）

类别	最小洞宽	最小洞高	最大洞宽	最大洞高
门洞口	700	1500	2400	2300（2200）
窗洞口	600	600	2400	2300（2200）

5.2.3 装配式建筑设计应重视其平面、立面和剖面的规则性，宜

优先选用规则的形体，同时便于工厂化、集约化生产加工，提高工程质量，并降低工程造价。

一般设计工作年限为50年，国外已经出现了百年住宅，因此为使用提供适当的灵活性，满足居住需求的变化尤为重要。已有的经验是采用大空间的平面，合理布置承重墙及管井位置。在装配式住宅建筑中采用这种平面布局方式不但有利于结构布置，而且可减少预制楼板的类型。但设计时也应适当考虑实际的构件运输及吊装能力，以免构件尺寸过大导致运输及吊装困难。

5.2.4 装配式建筑外墙可通过预制装饰混凝土反打面砖、装饰构件、清水混凝土、彩色混凝土等多种形式使建筑立面多样化，也可通过单元组合、色彩搭配、阳台交错设置等做法丰富外立面。

5.2.6 门窗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。宜采用单元化、一体化的装配式外墙系统，如具有装饰、保温、防水、采光等功能的集成式单元墙体。

5.2.7 在要求的泛水高度处设凹槽或挑檐，便于屋面防水的收头。滴水措施可参考图6。

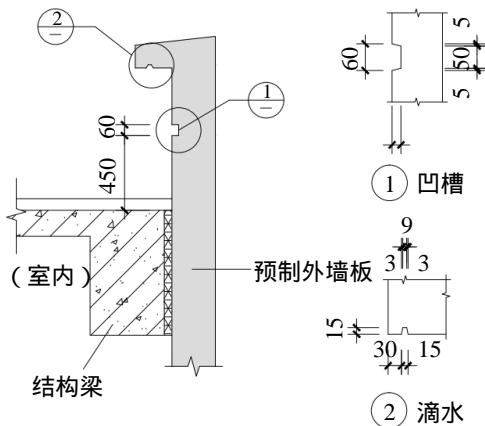


图6 滴水措施示意图

5.3 内装修、设备管线设计

5.3.1 从目前建筑行业的工作模式来说，都是先建筑各专业的的设计之后再内装修设计。这种模式使得后期的内装修设计经常要对建筑设计的图纸进行修改和调整，造成施工时的拆改和浪费，因此，本条强调内装修设计应与建筑各专业进行协同设计。

5.3.2 从实现建筑长寿化和可持续发展理念出发，采用内装与主体结构、设备管线分离是为了将长寿命的结构与短寿命的内装、机电管线之间取得协调，避免设备管线和内装的更换维修对长寿命的主体结构造成破坏，影响结构的耐久性。

5.3.3 一般建筑的排水横管布置在本层称为同层排水；排水横管设置在楼板下，称为异层排水。住宅建筑卫生间、经济型旅馆宜优先采用同层排水方式。

1 给排水管道不应敷设在结构层内，预留孔洞宜在预制构件内设置完成；

2 住宅套内排水管道宜同层敷设，器具排水竖管不宜穿越楼板进入另一套内，同层排水的卫生间地面应有可靠的防渗漏水措施；

3 给水支管可敷设在架空地板内、吊顶内或明装，不宜敷设在找平层内。

5.3.4 穿越楼板管线较多且集中的区域可采用现浇楼板。

6 结构设计基本规定

6.1 一般规定

6.1.1 装配式结构的适用高度参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中的规定并适当调整。根据国内外多年的研究成果，在地震区的装配整体式框架结构，当采取了可靠的节点连接方式和合理的构造措施后，装配整体式框架的结构性能可以等同现浇混凝土框架结构。因此，对装配整体式框架结构，当节点及接缝采用适当的构造并满足本规程中有关条文的要求时，可认为其性能与现浇结构基本一致，其最大适用高度与现浇结构相同。如果装配式框架结构中节点及接缝构造措施的性能达不到现浇结构的要求，其最大适用高度应适当降低。

装配整体式剪力墙结构中，墙体之间的接缝数量多且构造复杂，接缝的构造措施及施工质量对结构整体的抗震性能影响较大，使装配整体式剪力墙结构抗震性能很难完全等同于现浇结构。世界各地对装配式剪力墙结构的研究少于对装配式框架结构的研究。我国近年来，对装配式剪力墙结构已进行了大量的研究工作，但由于工程实践的数量还偏少，本规程对装配式剪力墙结构采取从严要求的态度，与现浇结构相比适当降低其最大适用高度。当预制剪力墙数量较多时，即预制剪力墙承担的底部剪力较大时，对其最大适用高度限制更加严格。

框架—剪力墙结构是目前我国广泛应用的一种结构体系。考虑目前的研究基础，本规程中提出的装配整体式框架—剪力墙结构中，建议剪力墙采用现浇结构，以保证结构整体的抗震性能。对于框架与剪力墙均采用装配式的框架—剪力墙结构，待有较充

分的研究结果后再给出规定。

6.1.2 高层装配整体式结构适用的最大高宽比参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中的规定并适当调整。

6.1.3 丙类装配整体式结构的抗震等级参照现行国家标准《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中的规定制定并适当调整。装配整体式框架结构、装配整体式框架—现浇剪力墙结构的抗震等级与现浇结构相同。由于装配整体式剪力墙结构在国内外的工程实践的数量还不够多，也未经历实际地震的考验，因此对其抗震等级的划分高度从严要求，比现浇结构适当降低。

6.1.4 乙类装配整体式结构的抗震设计要求参照现行国家标准《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中的规定提出要求。

6.1.5、6.1.7 装配式结构的平面及竖向布置要求，应严于现浇混凝土结构。特别不规则的建筑会出现各种非标准的构件，且在地震作用下内力分布较复杂，不适宜采用装配式结构。

6.1.6 有现浇面层的预制装配式楼盖，可近似假定楼盖在其自身平面内为无限刚性，以减少结构分析的自由度数，提高结构分析效率。实践证明，采用刚性楼盖假定对大多数建筑结构的分析精度都能够满足工程设计的需要。

若因结构布置的变化导致楼盖面内刚度削弱或不均匀时，结构分析应考虑楼盖面内变形的影响。根据楼面结构的具体情况，楼盖面内弹性变形可按全楼、部分楼层或部分区域考虑。

6.1.8 结构构件的承载力抗震调整系数与现浇结构相同。

6.1.9 本条规定了结构必须满足安全性、适用性和耐久性三方面的要求。

6.2 作用及作用组合

6.2.1 对装配式结构进行承载能力极限状态和正常使用极限状

态验算时，荷载和地震作用的取值及其组合均应按国家现行相关标准执行。

6.2.2 本条规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666相同。

6.2.3 预制构件进行脱模时，受到的荷载包括：自重；脱模起吊瞬间的动力效应；脱模时模板与构件表面的吸附力。其中，动力效应采用构件自重标准值乘以动力系数计算；脱模吸附力是作用在构件表面的均布力，与构件表面和模具状况有关，根据经验一般不小于 1.5kN/m^2 。等效静力荷载标准值取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和。

6.3 结构分析

6.3.1 在预制构件之间及预制构件与现浇及后浇混凝土的接缝处，当受力钢筋采用安全可靠的连接方式，且接缝处新旧混凝土之间采用粗糙面、键槽等构造措施时，结构的整体性能与现浇结构类同，设计中可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析，并根据本规程的相关规定对计算结果进行适当的调整。

对于采用预埋件焊接连接、螺栓连接等连接节点的装配式结构，应该根据连接节点的类型，确定相应的计算模型，选取适当的方法进行结构分析。

6.3.3 本条按行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1的规定以及装配式混凝土结构的实际情况确定。装配整体式框架结构、装配整体式框架-现浇剪力墙结构和装配整体式剪力墙结构的层间位移角限值均与现浇结构相同。

6.3.4 装配整体式结构应具有良好的整体性，其目的是保证结构在偶然作用发生时具有适宜的抗连续倒塌能力。

6.3.5 叠合楼盖和现浇楼盖对梁刚度均有增大作用，无后浇层的装配式楼盖对梁刚度增大作用较小，设计中可以忽略。

与一般建筑相同，在进行结构内力与位移计算中，楼面中梁

刚度可考虑楼板翼缘的作用予以放大，同时还给出了与中梁类似的楼面边梁刚度增大系数。对于预制装配整体式钢筋混凝土结构中的边梁，其一侧有楼板，另一侧有外挂预制外墙，应同时考虑楼板和外挂预制外墙对边梁刚度的放大作用，本条所给的刚度放大系数仅考虑了楼板的作用。

当近似考虑楼面对楼面梁刚度的影响时，应根据梁翼缘尺寸与梁截面尺寸的比例关系确定增大系数的取值。通常现浇楼面的边框架梁可取 1.5，中框架梁可取 2.0；采用叠合板时，梁刚度增大系数取 1.5~2.0。

6.4 构件设计

6.4.1 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，预制构件的混凝土强度在此阶段尚未达到设计强度。因此，部分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，而是此阶段的设计计算起控制作用。

6.4.3 叠合楼盖有各种形式，包括预应力叠合楼盖、带肋叠合楼盖、箱式叠合楼盖等。叠合楼盖的设计方法可参考行业现行相关规程。结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层对整体性及传递水平力的要求较高，宜采用现浇楼盖。

6.4.4 当顶层楼板采用叠合楼板时，为增强顶层楼板的整体性，需提高后浇混凝土叠合层的厚度和配筋要求，同时叠合楼板应设置桁架钢筋。

6.4.5 叠合板后浇层最小厚度的规定考虑了楼板整体性要求以及管线预埋、面筋铺设、施工误差等因素。预制板最小厚度的规定考虑了脱模、吊装、运输、施工等因素。在采取可靠的构造措

施的情况下，如设置桁架钢筋或板肋等，增加了预制板刚度时，可以考虑将其厚度适当减少。

当板跨度较大时，为了增加预制板的整体刚度和水平界面抗剪性能，可在预制板内设置桁架钢筋。钢筋桁架的下弦钢筋可视情况作为楼板下部的受力钢筋使用。施工阶段，验算预制板的承载力及变形时，可考虑桁架钢筋的作用，减少预制板下的临时支撑。

当板跨度超过 6m 时，采用预应力混凝土预制板经济性较好。板厚大于 180mm 时，为了减轻楼板自重，节约材料，推荐采用空心楼板；可在预制板上设置各种轻质模具，浇筑混凝土后形成空心。

6.4.6 根据叠合板尺寸、预制板尺寸及接缝构造，叠合板可按照单向叠合板或者双向叠合板进行设计。当按照双向板设计时，同一板块内，可采用整块的叠合双向板或者几块预制板通过整体式接缝组合成的叠合双向板；当按照单向板设计时，几块叠合板各自作为单向板进行设计，板侧采用分离式拼缝即可。支座及接缝构造见本节后几条规定。

6.4.7 为保证楼板的整体性及传递水平力的要求，预制板内的纵向受力钢筋在板侧和板端宜伸入支座，并应符合现浇楼板下部纵向钢筋的构造要求。

6.4.8 本条所述的接缝形式较简单，利于构件生产及施工。理论分析与试验结果表明，这种做法是可行的。叠合板的整体受力性能介于按板缝划分的单向板和整体双向板之间，与楼板的尺寸、后浇层与预制板的厚度比例、接缝钢筋数量等因素有关。开裂特征类似于单向板，承载力高于单向板，挠度小于单向板但大于双向板。板缝接缝边界主要传递剪力，弯矩传递能力较差。在没有可靠依据时，可偏于安全地按照单向板进行设计，接缝钢筋按构造要求确定，主要目的是保证接缝处不发生剪切破坏，且控制接缝处裂缝的开展。

当后浇层厚度较大 ($>75\text{mm}$)，且设置有钢筋桁架并配有足够数量的接缝钢筋时，接缝可承受足够大的弯矩及剪力，此时也可将其作为整体式接缝，几块预制板通过接缝和后浇层组成的叠合板可按照整体叠合双向板进行设计。此时，应按照接缝处的弯矩设计值及后浇层的厚度计算接缝处需要的钢筋数量。

6.4.9 当预制板侧接缝可实现钢筋与混凝土的连续受力时，即形成“整体式接缝”时，可按照整体双向板进行设计。整体式接缝一般采用后浇带的形式，后浇带应有一定的宽度以保证钢筋在后浇带中的连接或者锚固空间，并保证后浇混凝土与预制板的整体性。后浇带两侧的板底受力钢筋需要可靠连接，比如焊接、机械连接、搭接等。

也可将后浇带两侧的板底受力钢筋在后浇带中锚固，形成本条第3款所述的构造形式。中国建筑科学研究院的试验研究证明，此种构造形式的叠合板整体性较好。利用预制板边侧向伸出的钢筋在接缝处搭接并弯折锚固于后浇混凝土层中，可以实现接缝两侧钢筋的传力，从而传递弯矩，形成双向板受力状态。接缝处伸出钢筋的锚固和重叠部分的搭接应有一定长度，以实现应力传递；弯折角度应较小以实现顺畅传力；后浇混凝土层应有一定厚度；弯折处应配构造钢筋以防止挤压破坏。

试验研究表明，与整体板比较，预制板接缝处应变集中，裂缝宽度较大，导致构件的挠度比整体现浇板略大，接缝处受弯承载力略有降低。因此，接缝应避免双向板的主要受力方向和跨中弯矩最大位置。在设计时，如果接缝位于主要受力位置，应考虑其影响，对按照弹性板计算的内力及配筋结果进行调整，适当增大两个方向的纵向受力钢筋。

6.4.10 在叠合板跨度较大、有相邻悬挑板的上部钢筋锚入等情况下，叠合面在外力、温度等作用下，截面上会产生较大的水平剪力，需配置界面抗剪构造钢筋来保证水平界面的抗剪能力。

6.4.11 根据试验表明，叠合构件叠合面有可能先于斜截面达到

其受剪承载能力极限状态。叠合面受剪承载力计算公式是以剪摩擦传力模型为基础，根据叠合构件试验结果和剪摩擦试件试验结果给出的。对于叠合板等预制板类受弯构件，按《混凝土结构设计规范》GB50010斜截面受剪承载力要求， $V \leq 0.7 \beta_h f_t b h_0$ (6.3.3-1)，即 $V/bh_0 \leq 0.7 \beta_h f_t$ ，式中 β_h 为截面高度影响系数。 $\beta_h = (800/h_0)^{1/4}$ ，当 h_0 小于 800mm 时，取 800mm。例如： $f_t = 1.43 \text{N/mm}^2$ (C30)， $V/bh_0 \leq 1.00 \text{ (N/mm}^2)$ ； $f_t = 1.71 \text{N/mm}^2$ (C40)， $V/bh_0 \leq 1.20 \text{ (N/mm}^2)$ 。按《混凝土结构设计规范》GB 50010 中叠合梁的算式计算叠合板的叠合面承载力，计算值远大于试验值。按本算式计算的叠合板抗剪应力，是偏于保守的，计算结果约为试验结果的 15%~28%。考虑到叠合构件叠合面的破坏是脆性破坏，且叠合板的受剪承载力离散性较大，所以按本算式计算满足的情况下，上述斜截面受剪承载力也满足。故板端的受剪承载力计算公式暂不与混凝土强度等级挂钩，这与国外规范的处理手法类似。按本公式验算满足后，可选用四面不出筋的钢筋桁架叠合板。

6.4.13 考虑制作、脱模、运输、吊装、安装等因素，楼梯板不宜太薄，厚度不宜小于 100mm。预制板式楼梯按照简支构件计算截面下部钢筋。

预制板式楼梯在吊装、运输及安装过程中，受力状况比较复杂，规定其板面宜配置通长钢筋，钢筋量可根据加工、运输、吊装过程中的承载力及裂缝控制验算结果确定，最小构造配筋率可参照楼板的相关规定。当楼梯两端均不能滑动时，在侧向力作用下楼梯会起到斜撑的作用，楼梯中会产生轴向拉力，因此规定其板面和板底均应配通长钢筋。

6.4.15 预制叠合梁、柱构件由于节点区钢筋布置空间的需要，保护层往往较大。当保护层大于 50mm 时，宜采取增设钢筋网片等措施，控制混凝土保护层的裂缝及在受力过程中的剥离脱落。

6.4.16 预制构件中外露预埋件凹入表面，便于进行封闭处理。

6.4.17 构件设计的计算假定，如对预制构件在脱模、吊装、运

输、安装等有具体要求或特殊限制时，应在设计文件上注明具体要求。

6.5 连接设计

6.5.1 装配整体式混凝土结构构件的连接设计，应保证连接处的传力性能，宜将连接部位设置在结构受力较小处。为满足预制构件工厂化批量生产和标准化的要求，连接设计也应符合标准化设计要求。

6.5.2 装配整体式混凝土结构构件连接形式应根据结构的受力性能和施工条件进行设计。连接处钢筋宜采用传力比较可靠的机械连接形式，而当采用焊接连接形式时，应考虑焊接应力对连接部位的不利影响。

6.5.3 装配整体式结构中的接缝主要指预制构件之间的接缝及预制构件与现浇及后浇混凝土之间的结合面，包括梁端接缝、柱顶底接缝、剪力墙的竖向接缝和水平接缝等。装配整体式结构中，接缝是影响结构受力性能的关键部位。

接缝的压力通过后浇混凝土、灌浆料或坐浆材料直接传递；拉力通过由各种方式连接的钢筋、预埋件传递；剪力由结合面混凝土的粘结强度、键槽或者粗糙面、钢筋的摩擦抗剪作用、销栓抗剪作用承担；接缝处于受压、受弯状态时，静力摩擦可承担一部分剪力。预制构件连接接缝一般采用强度等级高于构件的后浇混凝土、灌浆料或坐浆材料。当穿过接缝的钢筋不少于构件内钢筋并且构造符合本规程规定时，节点及接缝的正截面受压、受拉及受弯承载力一般不低于构件，可不必进行承载力验算。当需要计算时，可按照混凝土构件正截面的计算方法进行，混凝土强度取接缝及构件混凝土材料强度的较低值，钢筋取穿过正截面且有可靠锚固的钢筋数量。

后浇混凝土、灌浆料或坐浆材料与预制构件结合面的粘结抗剪强度往往低于预制构件本身混凝土的抗剪强度。因此，预制构

件的接缝一般都需要进行受剪承载力的计算。本条对各种接缝的受剪承载力提出了总的要求。

6.5.4 装配整体式框架结构中，框架柱的纵筋连接宜采用套筒灌浆连接，梁的水平钢筋连接可根据实际情况选用机械连接、焊接连接或者套筒灌浆连接。装配整体式剪力墙结构中，预制剪力墙竖向钢筋的连接采用套筒灌浆连接，水平分布筋的连接可采用焊接、搭接等。

6.5.5 采用钢筋套筒灌浆连接时，该类接头的应用技术可按现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355中有关规定执行。本条第1款要求采用由接头型式检验确定的相匹配的灌浆套筒、灌浆料，并经检验合格后使用。施工过程中不应更换灌浆套筒或灌浆料，如确需更换，应按更换后的灌浆套筒、灌浆料提供接头型式检验报告，并重新进行工艺检验及材料进场检验。第4款规定套筒之间的净距不小于25mm，是为了保证施工过程中，套筒之间的混凝土可以浇筑密实。

6.5.6 键槽深度太小时，易发生承压破坏；当不会发生承压破坏时，增加键槽深度对增加受剪承载力没有明显帮助，键槽深度一般在30mm左右。梁端键槽数量通常较少，一般为1~3个，可以通过公式较准确计算键槽的受剪承载力。对于预制墙板侧面，键槽数量很多，和粗糙面的工作机理类似，键槽深度及尺寸可较小。

粗糙面凹凸尺寸主要适用于在承受静力荷载为主的叠合构件中。如果预制构件的结合面设置了抗剪钢筋，则可根据可靠经验或试验适当减小粗糙面的凹凸尺寸。根据大量实验以及日本的通用做法，对于预制叠合板与梁（含墙、柱）相交部位可以做成光面，这些部位对结构受力影响很小且利于构件制作和脱模。

6.5.7 预制构件纵向钢筋的锚固多采用锚固板的机械锚固方式，伸出构件的钢筋长度较短且不需弯折，便于构件加工及安装。

6.5.9 当采用简支的预制楼梯时，楼梯间墙宜做成小开口剪力墙。

考虑到现场安装方便，节点不宜过于复杂，滑动支座垫板可选用不小于 5mm 厚的聚四氟乙烯板（四氟板）、铺石墨粉等构造方式（图 7）。

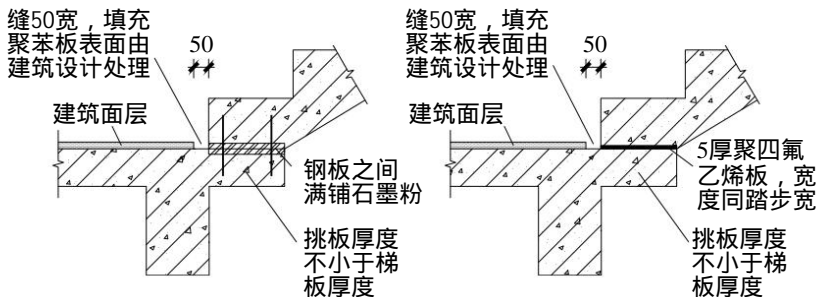


图 7 预制楼梯滑动支座构造

6.5.10 本条阐述非承重预制构件的设计原则。灾害及事故表明，传力体系以外仅承受自重等荷载的非结构预制构件，也应进行构件及构件连接的设计，以避免影响结构受力，甚至坠落伤人。此类构件及连接的设计原则为：承载安全、适应变形、有冗余约束、满足建筑功能以及耐久性要求等。

7 框架结构设计

7.1 一般规定

7.1.2 根据国内外多年的研究成果，在地震区的装配整体式框架结构，当采取了可靠的节点连接方式和合理的构造措施后，其性能可等同于现浇混凝土框架结构，并采用和现浇结构相同的方法进行结构分析和设计。

7.1.3 顶层采用现浇楼盖结构是为了保证结构的整体性。

7.1.4 套筒灌浆连接方式在日本、欧美等国家已经有长期、大量的实践经验，国内也已有充分的试验研究、一定的应用经验、相关的产品标准和技术规程。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。

7.1.5 试验研究表明，预制柱的水平接缝处，受剪承载力受柱轴力影响较大。当柱受拉时，水平接缝的抗剪能力较差，易发生接缝的滑移错动。因此，应通过合理的结构布置，避免柱的水平接缝处出现拉力。

7.1.6 预制构件不宜在有抗震设防要求的框架梁端、柱端箍筋加密区进行连接，但通常由于拆分需要在这些部位连接。本条针对这种情况提出要求。

我国机械连接接头根据其性能划分为Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级，《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 中规定灌浆套筒接头的抗拉强度和变形性能应符合Ⅰ级机械连接接头的规定。《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 中第 4.0.3 条规定“接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区；当无法避开时，应采用Ⅱ级接头

或 I 级接头，且接头百分率不应大于 50%”。为配合预制构件的生产和安装，预制构件的连接处有时会设置在有抗震设防要求的框架的梁端和柱端。当预制构件在这些位置连接时，由于连接部位长度限制，构件纵向钢筋的接头百分率一般为 100%，很难控制在 50% 以内。提高接头质量等级，放松接头使用部位和接头百分率的限制是近年来国际上钢筋连接技术发展的一种趋势。美国 ACI318 将框架结构延性分为三个等级：“ordinary”、“intermediate”和“special”，由不同的抗震措施来保证结构延性依次递增，对于强震区（相当于我国 8 度半至 9 度）只能采用“special”等级框架结构；对于中震区（相当于我国 7 度至 8 度）可以采用“special”或“intermediate”等级框架结构；对于地震区（相当于我国 6 度至 7 度），三种等级的框架结构均可以采用。美国 ACI318 将机械连接接头性能分为 type1 和 type2 两类，其中 type2 型接头（接近我国 I 级接头性能）允许在“special”等级框架结构中任何部位，包括有抗震设防要求的梁端、柱端箍筋加密区内使用，且接头百分率不受限制。本地区抗震设防烈度为 6~8 度，当采用灌浆套筒或 I 级机械连接接头在有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区内对纵向钢筋进行连接时，接头百分率可放宽至 100%。

7.1.7 装配整体式框架结构中，采用高强度、少根数的纵筋布置，能有效减少和避免预制构件连接节点区的钢筋密集和碰撞情况。

7.2 承载力计算

7.2.1 根据本规程推荐的节点做法，装配整体式结构节点核心区的抗震要求与现浇结构相同。

7.2.2 叠合梁端结合面主要包括框架梁与节点区的结合面、梁自身连接的结合面以及次梁与主梁的结合面等几种类型。结合面的受剪承载力的组成主要包含：新旧混凝土结合面的粘结力、键槽的抗剪能力、后浇混凝土叠合层的抗剪能力、梁纵向钢筋的销栓抗剪作用。

本规程不考虑混凝土的自然粘结作用是偏安全的。取混凝土抗剪键槽的受剪承载力、后浇层混凝土的受剪承载力、穿过结合面的钢筋的销栓抗剪作用之和，作为结合面的抗剪面承载力。地震往复作用下，对后浇层混凝土部分的受剪承载力进行折减，参照混凝土斜截面受剪承载力设计方法，折减系数取 0.6。

研究表明，混凝土抗剪键槽的受剪承载力一般为 $0.15 \sim 0.2 f_c A_K$ ，但由于混凝土抗剪键槽的受剪承载力和钢筋的销栓抗剪作用一般不会同时达到最大值，因此在计算公式中，对混凝土抗剪键槽的受剪承载力进行折减，取 $0.1 f_c A_K$ 。抗剪键槽的受剪承载力取各抗剪键槽根部受剪承载力之和；梁端抗剪键槽数量一般较少，沿高度方向一般不会超过 3 个，不考虑群键作用。抗剪键槽破坏时，可能沿现浇键槽或预制键槽的根部破坏，因此计算抗剪键槽受剪承载力时应按现浇键槽和预制键槽根部剪切面分别计算，并取两者的较小值。设计中，应尽量使现浇键槽和预制键槽根部剪切面面积相等。

钢筋销栓作用的受剪承载力计算公式主要参照日本的装配式框架设计规程中的规定，以及中国建筑科学研究院的试验研究结果，同时考虑混凝土强度及钢筋强度的影响。

7.2.3 预制柱底结合面的受剪承载力的组成主要包括：新旧混凝土结合面的粘结力、粗糙面或键槽的抗剪能力、轴压产生的摩擦力、柱纵向钢筋的销栓抗剪作用或摩擦抗剪作用，其中后两者为受剪承载力的主要组成部分。

在非抗震设计时，柱底剪力通常较小，不需要验算。地震往复作用下，混凝土自然粘结及粗糙面的受剪承载力丧失较快，计算中不考虑其作用。

当柱受压时，计算轴压产生的摩擦力时，柱底接缝灌浆层上下表面接触的混凝土均有粗糙面及键槽构造，摩擦系数可取 0.8。当柱受拉时，没有轴压产生的摩擦力，且由于钢筋受拉，计算钢筋销栓作用时，需要根据钢筋中的拉应力结果对销栓受剪承载力

进行折减。

7.2.5 叠合构件叠合面有可能先于斜截面达到其受剪承载力极限状态。叠合面受剪承载力计算公式是以剪摩擦传力模型为基础，根据叠合构件试验结果和剪摩擦试件试验结果给出的。叠合式受弯构件的箍筋应按斜截面受剪承载力计算和叠合面受剪承载力计算得出的较大值配置。

7.3 构造设计

7.3.1 采用叠合梁时，楼板一般采用叠合板或钢筋桁架楼承板，梁、板的后浇层一起浇筑。当板的总厚度不小于梁的后浇层厚度要求时，可采用矩形截面预制叠合梁。当板的总厚度小于梁的后浇层厚度要求时，为增加梁的后浇层厚度，可采用凹口截面预制叠合梁。

7.3.2 采用叠合梁时，在施工条件允许的情况下，箍筋宜采用整体封闭箍筋。当采用整体封闭箍筋无法安装上部纵筋时，可采用组合封闭箍筋，即开口箍筋加箍筋帽的形式。根据中国建筑科学研究院、同济大学等单位的研究，当箍筋帽两端均做成 135° 弯钩时，叠合梁的性能与采用封闭箍筋的叠合梁一致。当箍筋帽做成一端 135° 另一端 90° 弯钩，但 135° 和 90° 弯钩交错放置时，在静力弯、剪及复合作用下，叠合梁的刚度、承载力等性能与采用封闭箍筋的叠合梁一致，在扭矩作用下，承载力略有降低。因此，规定在受扭的叠合梁中不宜采用此种形式。

对于受往复荷载作用且采用组合封闭箍筋的叠合梁，当构件发生破坏时箍筋对混凝土及纵筋的约束作用略弱于整体封闭箍筋，因此在叠合框架梁梁端加密区中不建议采用组合封闭箍。

7.3.3 当梁的下部纵向钢筋在后浇段内采用机械连接时，一般只能采用加长丝扣型直螺纹接头，滚轧直螺纹加长丝头在安装中会存在一定的困难，且无法达到Ⅰ级接头的性能指标。套筒灌浆连接接头也可用于水平钢筋的连接。

7.3.4 对于叠合楼盖结构，次梁与主梁的连接可采用后浇混凝土节点，即主梁上预留后浇段，混凝土断开而钢筋连续，以便穿过和锚固次梁钢筋。当主梁截面较高且次梁截面较小时，主梁预制混凝土也可不完全断开，采用预留凹槽的形式供次梁钢筋穿过。次梁端部可设计为刚接和铰接。次梁钢筋在主梁内采用锚固板的方式锚固时，锚固长度根据现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256确定。

7.3.5 采用较大直径钢筋及较大的柱截面，可减少钢筋根数，增大间距，便于柱钢筋连接及节点区钢筋布置。套筒连接区域柱截面刚度及承载力较大，柱的塑性铰区可能会上移到套筒连接区域以上，因此至少应将套筒连接区域以上500mm高度区域内将柱箍筋加密。

7.3.6 装配式混凝土框架结构梁柱侧边宜错开150mm，便于预制柱纵筋集中放置在角部。当柱纵筋间距大于200mm，建议中部增设构造纵筋，构造纵筋不参与计算，不伸入梁柱节点区，目的是使梁纵筋能更好地伸入柱内锚固。

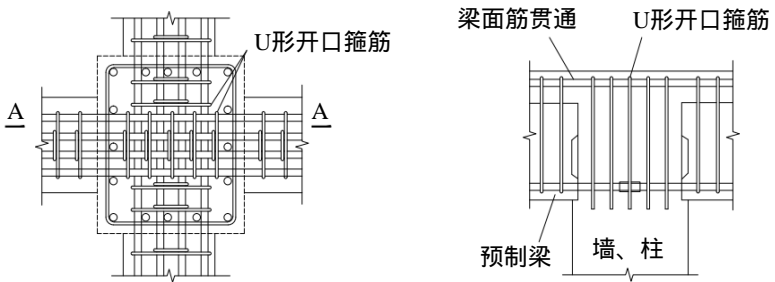
7.3.7 梁纵筋的布置原则主要为间距控制，避免钢筋与钢筋，锚固板与钢筋的碰撞，当使用锚固板时应注意满足《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256中部分锚固板的间距要求。

7.3.8 钢筋采用套筒灌浆连接时，柱底接缝灌浆与套筒灌浆可同时进行，采用同样的灌浆料一次完成。预制柱底部应有键槽，且键槽的形式应考虑到灌浆填缝时气体排出的问题，应采取可靠且经过实践检验的施工方法，保证柱底接缝灌浆的密实性。后浇节点上表面设置粗糙面，增加与灌浆层的粘结力及摩擦系数。

7.3.9~7.3.11 在预制柱叠合梁框架节点中，梁钢筋在节点中锚固及连接方式是决定施工可行性以及节点受力性能的关键。梁、柱构件尽量采用较粗直径、较大间距的钢筋布置方式，节点区的主梁钢筋较少，有利于节点的装配施工，保证施工质量。设计过程中，应充分考虑到施工装配的可行性，合理确定梁、柱截面尺

寸及钢筋的数量、间距及位置等。在中间节点中，两侧梁的钢筋在节点区内锚固时，位置可能冲突，可采用弯折避让的方式，弯折角度不宜大于 1: 6。节点区施工时，应注意合理安排节点区箍筋、预制叠合梁、梁上部钢筋的安装顺序，控制节点区箍筋的间距满足要求。

在框架顶层中节点处，由于预制叠合梁吊装为从上往下，顶层柱钢筋弯锚会影响预制叠合梁的放置，为方便施工，顶层柱纵筋可采用机械直锚。由于取消了柱纵筋的弯锚段，对柱顶部箍筋进行了适当加强。顶层中节点参考日本做法设置开口 U 形箍（U 形箍位于最顶层梁筋之上）（图 8）。



(a) 顶层中节点 U 形箍筋俯视图

(b) A-A

图 8 顶层节点区梁面 U 形箍加强示意

8 剪力墙结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 在预制构件之间采用安全可靠的连接方式的前提下，装配整体式混凝土剪力墙结构的整体性能与现浇结构类似，设计中可采用与现浇混凝土剪力墙结构相同的方法进行结构分析，并根据本规程的相关规定对计算结果进行适当的调整。对于装配式结构，应该根据结构的特点、连接节点的性能选取适当的方法进行结构分析。

预制构件在脱模、起吊、运输、安装等各个环节的设计验算是不能忽视的。预制构件应考虑施工阶段的附加要求，对制作、运输、安装过程中的安全性进行分析。这主要是由于：1) 此阶段的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，许多预制构件的配筋，不是使用阶段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。

预制剪力墙的接缝对墙抗侧刚度有一定的削弱作用，应考虑对弹性计算的内力进行调整，适当放大现浇墙肢在水平地震作用下的剪力和弯矩；预制剪力墙的剪力及弯矩不减小，偏于安全。

8.1.2 高层建筑的建筑规则性与结构抗震性能、经济性等关系密切。不规则的建筑方案会导致结构的应力、应变集中，传力途径复杂，抗震防线单一，扭转效应增大等问题。这些问题对装配式剪力墙结构是十分不利的，应尽量避免。目前，装配式剪力墙结构还处于发展阶段，设计、施工等企业也处于不断积累经验的阶段；为了使装配式混凝土结构体系的推广应用更加顺利，适度控

制其适用范围是必要的，也符合装配式剪力墙结构的经济性要求。

8.1.3 短肢剪力墙的抗震性能较差，在高层装配整体式结构中应避免过多采用。

8.1.4 高层建筑中电梯井筒、楼梯间等部位往往承受很大的地震剪力及倾覆力矩，采用现浇结构有利于保证结构的抗震性能。

8.1.5 高层剪力墙结构底部加强部位是结构的塑性铰区，对建筑物的抗震性能非常重要。一般情况下，该部位剪力墙的配筋构造比较复杂。从结构安全性和经济性的角度考虑，采用现浇是合理的。

二、三级墙肢轴压比小于 0.30 时，建筑基本上为中等高度；墙肢具有很好的延性，对底部加强部位的要求可适当降低，配筋构造也比较简单。因此，采用部分装配的做法时，既不会过多地增加预制构件的种类，也不会过大地增加制作和安装施工的难度，是在工程中可考虑采用的方式之一，但在设计中应对预制墙板的连接采取加强措施。

8.1.6 一般情况下，装配式剪力墙结构的墙体采用部分预制和部分现浇的做法；楼屋盖结构采用的是叠合楼板的做法。因此，结构单元的最大长度可以较现浇结构适当放大一些。装配整体式剪力墙结构伸缩缝的最大间距按照《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行。

8.2 预制剪力墙构造

8.2.1 本条对预制墙板尺寸的规定出于以下考虑：1 制作、运输和吊装的要求；2 预制墙板配筋构造的要求；3 连接和安装施工要求；4 预制墙板标准化设计的要求。

8.2.2 保护层厚度较大时，结构在荷载作用下，保护层混凝土容易产生裂缝，应该采取防裂措施。防裂构造措施通常在混凝土保护层中，离构件表面一定距离处全面增配由细钢筋制成的构造钢筋网片。

8.2.4 墙板开洞的规定参照现行行业标准《高层建筑混凝土结构

技术规程》JGJ 3的要求确定。预制墙板的开洞应在工厂完成。

8.2.5 相关试验研究结果表明，剪力墙底部竖向钢筋连接区域，裂缝较多且较为集中，因此，对该区域的水平分布筋应加强，以提高墙板的抗剪能力和变形能力，并使该区域的塑性铰可以充分发展，提高墙板的抗震性能。

8.2.6 对预制墙板边缘配筋应适当加强，形成边框，保证墙板在形成整体结构之前的刚度、延性及承载力。

8.3 连接设计

8.3.1 确定剪力墙竖向接缝位置的主要原则是便于标准化生产、吊装、运输和就位，并尽量避免接缝对结构整体性能产生不良影响。

对于图9中约束边缘构件，位于墙肢端部的通常与墙板一起预制；纵横墙交接部位一般存在接缝，图9中阴影区域宜全部后浇，纵向钢筋主要配置在后浇段内，且在后浇段内应配置封闭箍筋及拉筋，预制墙板中的水平分布筋在后浇段内锚固。预制的约束边缘构件的配筋构造要求与现浇结构一致。

非边缘构件区域，剪力墙拼接位置，剪力墙水平钢筋在后浇段内可采用锚环的形式锚固，两侧伸出的锚环宜相互搭接。

8.3.2 本规程参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231和行业标 准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1给出了剪力墙水平接缝的受剪承载力设计值计算公式。公式与《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3中对一级抗震等级剪力墙水平施工缝的抗剪验算公式相同，主要采用剪摩擦的原理，考虑了钢筋和轴力的共同作用。

进行预制剪力墙底部水平接缝受剪承载力计算时，计算单元的选取分以下三种情况：

- 1 不开洞或者开小洞口整体墙，作为一个计算单元；
- 2 小开口整体墙可作为一个计算单元，各墙肢联合抗剪；

3 开口较大的双臂及多肢墙，各墙肢作为单独的计算单元。

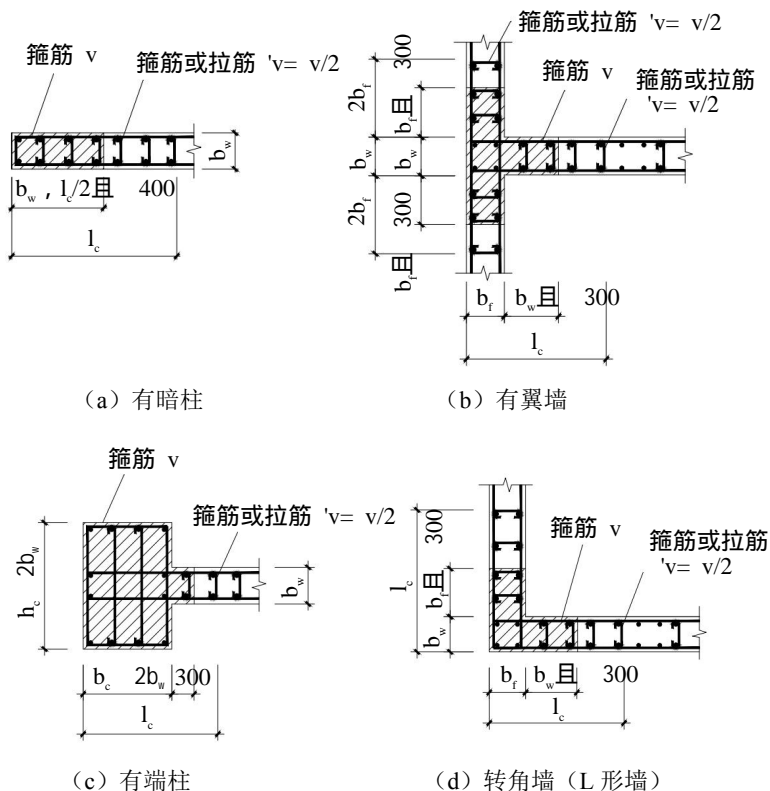


图9 预制剪力墙的后浇混凝土约束边缘构件示意

8.3.3 预制剪力墙竖向钢筋一般采用套筒灌浆连接，在灌浆时宜采用灌浆料将墙底水平接缝同时灌满。灌浆料强度较高且流动性好，有利于保证接缝承载力。灌浆时，预制剪力墙构件下表面与楼面之间的缝隙周围可采用封边砂浆进行封堵和分仓，以保证水平接缝中灌浆料填充饱满。

8.3.4 边缘构件是保证剪力墙抗震性能的重要构件，且钢筋较粗，每根钢筋应逐根连接。

墙身分布钢筋采用单排连接时，属于间接连接，根据国内外所做的试验研究成果和相关规范规定，钢筋间接连接的传力效果取决于连接钢筋与被连接钢筋的间距以及横向约束情况。

考虑到地震作用的复杂性，在没有充分依据的情况下，剪力墙塑性发展集中和延性要求较高的部位墙身分布钢筋不宜采用单排连接。在墙身竖向分布钢筋采用单排连接时，为提高墙肢的稳定性，对墙肢侧向楼板支撑和约束情况提出了要求。对无翼墙或翼墙间距太大的墙肢，限制墙身分布钢筋采用单排连接。

竖向连接钢筋的设置除了要满足结构安全的设计要求，还要考虑预制墙板模具的加工要求。

8.3.5 剪力墙的分布钢筋直径小且数量多，全部连接会导致施工繁琐且造价较高，连接接头数量太多对剪力墙的抗震性能也有不利影响。参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定，允许剪力墙非边缘构件内的竖向分布钢筋采用“梅花形”部分连接。

8.3.7、8.3.8 在楼层收进及屋面处设置封闭连续的后浇钢筋混凝土圈梁，是为了保证结构整体性和稳定性。在不设置圈梁的楼面处，通过设置水平后浇带并在其内设置纵向钢筋，也可起到保证结构整体性和稳定性的作用。

8.3.9 对带洞口预制墙板与“刀把墙”的预制连梁与现浇圈梁或水平后浇带组成的叠合连梁的构造进行了说明，当连梁跨高比小于2.5需要设置斜向钢筋时，一般采用全现浇连梁。本条给出了常用的“刀把墙”的预制连梁与预制墙板的连接方式。也可采用其他连接方式，但应保证接缝的受弯及受剪承载力不低于连梁的受弯及受剪承载力。

8.3.11 当采用后浇连梁时，纵筋可在连梁范围内与预制剪力墙预留的钢筋连接，可采用搭接、机械连接或焊接等方式。

9 外挂墙板设计

9.1 一般规定

9.1.1 外挂墙板是墙体围护结构，不仅应重视其结构性能，尚应重视其建筑物理性能。制作外挂墙板可选用普通混凝土材料，也可选用特种混凝土材料（如轻质混凝土、装饰混凝土等）或其他轻质材料（如木丝水泥等）。普通混凝土材料防火、防水、保温、隔热等物理性能良好，但自重较大，对起重吊具的要求、结构总重等影响较大。轻质混凝土材料不仅自重轻，对外墙保温隔热还有较大贡献。彩色混凝土（或称装饰混凝土）可以直接作为围护结构和外装饰层，节约装饰材料，减少外装修工作量。其他轻质材料分别有自身作为墙板的优势条件，如木丝水泥外墙板有自重轻、自保温性能好、隔音吸音效果好、防潮防腐性能好等特点，具体可参见行业标准《木丝水泥板应用技术规程》JGJ/T 377。采用轻质外挂墙板时，除满足本规程要求外，还应满足国家及地方现行相关轻质外墙板规范和技术文件的要求。

9.1.2 外挂墙板有许多种类型，不同类型外挂墙板的设计计算和连接节点有许多不同。鉴于我国对各种外挂墙板所做的研究工作和工程实践经验都比较少，本章涉及的内容基本上仅限于非承重的、作为围护结构使用的、仅跨越一个层高和一个开间的外挂墙板。

对预制构件而言，连接问题始终是最重要的问题，外挂墙板也不例外。外挂墙板与主体结构应采用合理的连接节点，以保证荷载传递路径简捷，符合结构的计算假定。同时，对外挂墙板除应进行截面设计外，还应重视连接节点的设计。连接节点包括有

预埋件及连接件。其中预埋件包括主体结构支承构件中的预埋件，以及在外挂墙板中的预埋件，通过连接件与这两种预埋件的连接，将外挂墙板与主体结构连接在一起。对有抗震设防要求的地区，应对外挂墙板和连接节点进行抗震设计。

9.1.3 外挂墙板与主体结构之间可以采用多种连接方法，应根据建筑类型、功能特点、施工吊装能力以及外挂墙板的形状、尺寸以及主体结构层间位移量等特点，确定外挂墙板的类型，以及连接件的数量和位置。对外挂墙板和连接节点进行设计计算时，所取用的计算简图应与实际连接构造相一致。

9.1.4 在外挂墙板和连接节点上的作用与作用效应的计算，均应按照我国现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定执行。同时应注意以下内容：

1 对外挂墙板进行持久设计状况下的承载力验算时，应计算外挂墙板在平面外的风荷载效应；当进行地震设计状况下的承载力验算时，除应计算外挂墙板平面外水平地震作用效应外，尚应分别计算平面内水平和竖向地震作用效应，特别是对开有洞口的外挂墙板，更不能忽略后者；

2 点支承式外挂墙板的承重节点应能承受重力荷载、外挂墙板平面外风荷载和地震作用、平面内的水平和竖向地震作用；非承重节点仅承受上述各种荷载与作用中除重力荷载外的各项荷载与作用；

3 在一定的条件下，点支承式外挂墙板可能产生重力荷载仅由一个承重节点承担的工况，应特别注意分析；

4 计算重力荷载效应值时，除应计入外挂墙板自重外，尚应计入依附于外挂墙板的其他部件和材料的自重；

5 计算风荷载效应标准值时，应分别计算风吸力和风压力在外挂墙板及其连接节点中引起的效应；

6 对重力荷载、风荷载和地震作用，均不应忽略由于各种荷载和作用对连接节点的偏心在外挂墙板中产生的效应；

7 外挂墙板和连接节点的截面和配筋设计应根据各种荷载和作用效应设计值中的最不利组合进行。

9.1.7 与现有的抗震设计规范相一致，预制外墙按非结构构件考虑。但由于预制外墙有一定的刚度，且为了确保预制外墙在正常使用条件下的使用性能以及中、大震下不致脱落，预制外墙与主体结构需要采取一定的连接措施，因此在结构整体分析时，应视情况考虑预制外墙及连接对整体结构刚度的影响作用。点支承式外挂墙板属于柔性连接，能较好地适应主体结构的变形，故不考虑其对主体结构刚度的影响。而线支承式外挂墙板对主体结构变形的适应能力相对较弱，当计算整体结构的抗震承载力时，外挂墙板的刚度对主体结构受力不利，此时应考虑外挂墙板对整体结构的刚度影响；当计算整体结构的在地震作用下的变形时，外挂墙板的刚度对主体结构受力有利，此时不考虑外挂墙板对整体结构刚度的影响。

9.1.8 与现有的抗震设计规范相一致，预制外墙按非结构构件考虑。其地震作用，除了自身质量产生的惯性力外，还有支座间相对位移产生的附加作用；二者需同时组合计算。

9.1.9、9.1.10 外挂墙板的地震作用是依据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对于非结构构件的规定制订，并参照现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定，对计算公式进行了简化。

9.1.13 为了便于安装预制墙板，在外墙上需预先埋设用于现场调节标高、水平位置及垂直度的一些预埋件：

1 每块外墙板设置两套标高调节埋件，结构边梁对应部位亦预埋相应的标高调节埋件，外墙板上的标高调节埋件与对应的结构边梁埋件采用高强度螺栓连接。通过标高调节埋件，根据标高控制线调整外墙板标高；

2 每块外墙板设置两套墙底位置调节埋件，结构边梁对应部位亦预埋相应的墙底位置调节埋件，外墙板上的位置调节埋件与

对应的结构边梁埋件采用高强度螺栓连接。通过位置调节埋件，根据控制线调整外墙板墙底内外位置；

3 每块外墙板设置两套垂直度调节埋件，结构板对应部位亦预埋相应的垂直度调节埋件，外墙板上的垂直度调节埋件与对应的结构板埋件采用斜拉杆连接。使用墙体斜拉杆根据线锤和水平尺调整墙内外垂直度。

9.2 点支承式外挂墙板

9.2.1 目前，美国、日本和我国的台湾地区，外挂墙板与主体结构的连接节点主要采用柔性连接的点支承式方式。

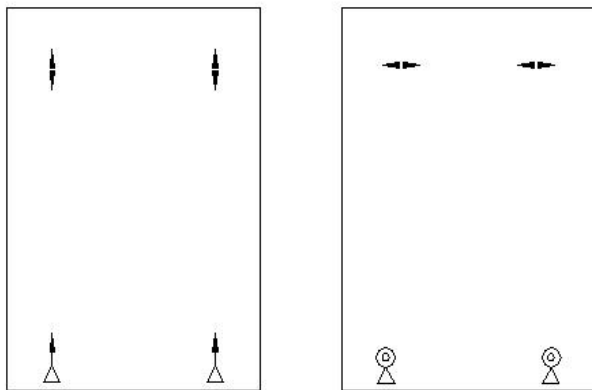
点支承式外挂墙板可区分为平移式外挂墙板[图 10 (a)]和旋转式外挂墙板[图 10 (b)]两种形式。它们与主体结构的连接节点，又可以分为承重节点和非承重节点两类。

一般情况下，外挂墙板与主体结构的连接宜设置 4 个支承点：当下部两个为承重节点时，上部两个宜为非承重节点；相反，当上部两个为承重节点时，下部两个宜为非承重节点。应注意，平移式外挂墙板与旋转式外挂墙板的承重节点和非承重节点的受力状态和构造要求是不同的，因此设计要求也是不同的。

外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，当板宽大于板高时按平移式外挂墙板计算；当板宽小于等于板高时按旋转式外挂墙板计算。并根据受力情况确定各个节点的构造。点支撑式外挂墙板支承节点反力计算时应注意：

1 预制混凝土外挂墙板受重力和竖向地震作用时，平移式外挂墙板和旋转式外挂墙板的受力有明显的不同。对于平移式点支承外挂墙板，由于其在地震作用下不发生旋转，两个竖向承重节点均受力。而对于旋转式点支承外挂墙板，当墙板仅承受重力和竖向地震作用时，各支承节点的受力与平移板类似，墙板不发生旋转，各竖向承重节点均受力；但在有水平地震作用或风荷载参与的组合工况下，墙板将发生旋转，造成墙板仅一个节点承受竖

向荷载作用的情况；同时由于单节点竖向力与重心不在一条直线上，因此会产生相应的水平反力。另外需注意的是，垂直外挂墙板方向，重力和竖向地震作用的方向与支座一般不共线，因此连接节点将同时产生垂直墙板平面的水平反力。



(a) 平移式外挂墙板 (b) 旋转式外挂墙板

图 10 点支承式外挂墙板及其连接节点形式示意

← — 可水平滑动； ⊙ — 承重铰接支点；
 ↓ — 可竖向滑动； ↑ — 承重可向上滑动

2 预制混凝土外挂墙板受面内水平地震作用时，平移式外挂墙板与旋转式外挂墙板的受力也有明显的不同。对于平移式外挂墙板，水平地震作用由一个支承点承担，其余点均不承担，因此造成了竖向承重点的受力。对于旋转式外挂墙板，水平地震作用由上、下两个支承点承担，竖向承重点不受力。需注意的是，在垂直于外挂墙板方向，由于水平地震作用与支座不共线，因此连接节点将同时产生垂直墙板平面的水平反力。

3 预制混凝土外挂墙板受面外水平地震和风荷载作用时，平移式外挂墙板与旋转式外挂墙板的受力情况相同。考虑外挂墙板的面外支承点可能不全受力，反力按可能的三点支承板分别计算，

并取其包络值。计算时建议计入荷载偏心的影响。

9.2.2 外挂墙板与主体结构的连接节点应采用预埋件，不得采用后锚固的方法。对于用于不同用途的预埋件，应使用不同的预埋件。例如，用于连接节点的预埋件一般不同时作为用于吊装外挂墙板的预埋件。

根据日本和我国台湾的工程实践经验，点支承式连接节点一般采用在连接件和预埋件之间设置带有长圆孔的滑移垫片，形成平面内可滑移的支座；当外挂墙板相对于主体结构可能产生转动时，长圆孔宜按垂直方向设置；当外挂墙板相对于主体结构可能产生平动时，长圆孔宜按水平方向设置。

用于连接外挂墙板的型钢、连接板、螺栓等零部件的规格应加以限制，力争做到标准化，使得整个项目中，各个零部件的规格统一化，数量最小化，避免施工中可能发生的差错，以便保证和控制质量。

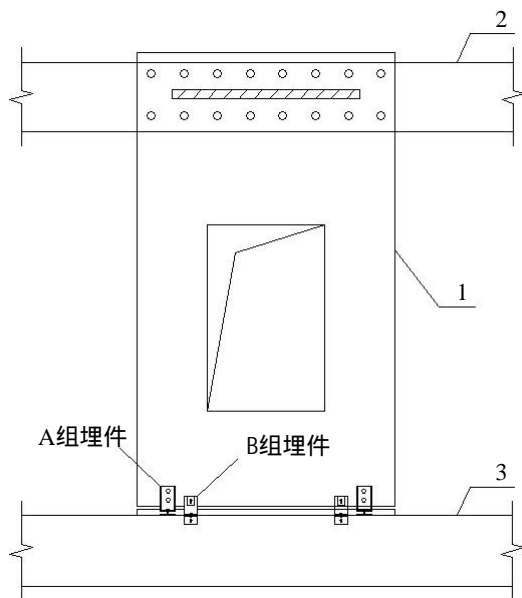
9.3 线支承式外挂墙板

9.3.5 相关研究表明外挂墙板对相连构件和整体结构刚度有一定的影响，可以通过调整梁刚度放大系数来评价，对于形状简单的外挂墙板可参考本规程给出的建议值，对于复杂形状的外挂墙板，如凸窗和转角窗，宜采用有限元分析合理评价其对相连构件和整体结构刚度的影响。本条针对目前在装配整体式钢筋混凝土结构中应用较多的满跨无洞外挂墙板、满跨大开洞外挂墙板、半跨无洞外挂墙板等几种外挂墙板形式，采用有限元方法分析了外挂墙板对边梁在竖向和水平荷载作用下的影响，提出了不同情况下的边梁刚度放大系数。有限元分析结果表明，采用这些系数进行结构整体计算得到的结构整体性能指标以及构件内力计算结果与同时考虑梁、外挂墙板的结构的计算结果基本一致，这样处理简化了设计计算，同时也考虑了外挂墙板对结构的影响作用。当楼板与外挂墙板同时考虑时，梁刚度放大系数增大部分宜取两者

增量之和，如仅考虑楼板时梁刚度放大系数为1.4，仅考虑外挂墙板时梁刚度放大系数为1.2，则楼板与外挂墙板同时考虑时梁刚度放大系数为1.6（ $1.6=1.4+0.2$ 或 $1.2+0.4$ ）。

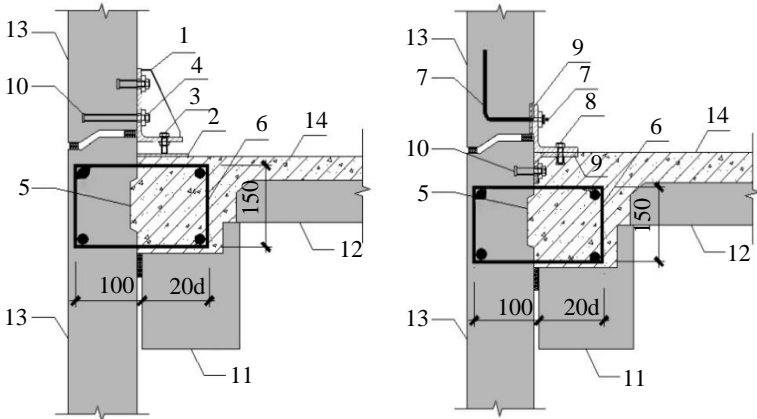
9.3.6 由于悬挂式外墙顶端与主体结构连接、底端设有限位件，进行外墙板的平面外设计时，一般按顶端固支、底端点支承、侧边自由的边界条件考虑。

9.3.7、9.3.8 线支承外挂墙板的安装固定，应在底部分别设置竖向限位连接件以及水平限位连接件。A组埋件为临时安装支撑组件，起竖向限位和调节作用，当外挂墙板上部连接节点形成强度后拆除；B组埋件为水平限位连接件，当外挂墙板上部连接节点形成强度后拆除上部角钢，并切除水平调节螺杆的外伸部分，再用不小于2根直径12mm钢筋焊接固定。



(a) 底部埋件布置示意图

1——外挂墙板投影线；2——上部梁投影线；3——下部梁投影线



(b) A 组埋件示意图

(c) B 组埋件示意图

图 11 线支承外挂墙板底部安装临时连接节点示意图

- 1——限位连接件；2——钢垫片；3——高度调节螺栓；4——抗剪螺栓；
 5——抗剪键槽；6——封闭箍筋；7——水平调节预埋螺栓；
 8——定位螺栓；9——定位角钢；10——螺栓套筒；11——预制叠合梁；
 12——预制叠合板；13——预制外挂墙板；14——混凝土叠合层

9.4 墙板构造设计

9.4.1 根据我国国情，考虑我国吊车的起重能力、卡车的运输能力、施工单位的施工水平以及连接节点的成熟程度，目前还不宜将构件做得过大。构件尺寸过长或过高，如跨越两个层高后，主体结构层间位移对外挂墙板内力的影响较大，有时甚至需要考虑构件的P-Δ效应。由于目前相关试验研究工作做得还比较少，本章内容仅限于跨越一个层高、一个开间的外挂墙板。

预制墙板最小厚度考虑了预制外墙的防水构造做法以及侧面的排水导流槽、施工制作、吊装、运输、安装等因素。

9.4.2 由于外挂墙板受到平面外风荷载和地震作用的双向作用，因此应双层、双向配筋，且内外层、竖向与水平向配筋均应满足最小配筋率的要求。

9.4.3 外挂墙板门窗洞口边由于应力集中，应采取防止开裂的加强措施。对开有洞口的外挂墙板，应根据外挂墙板平面内水平和竖向地震作用效应设计值，对洞口边加强钢筋进行配筋计算。

9.4.4 外挂墙板的饰面可以有多种做法，应根据外挂墙板饰面的不同做法，确定其钢筋混凝土的保护层的厚度。当外挂墙板的饰面采用表面露出不同深度的骨料时，其最外层钢筋的保护层厚度，应从最凹处混凝土表面计起。

10 构件制作与运输

10.1 一般规定

10.1.2 预制构件的质量涉及工程质量和结构安全，制作单位应符合具有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。

10.1.3 预制构件制作前，建设单位应组织设计、生产、施工单位进行技术交底。如预制构件制作详图无法满足制作要求，应进行深化设计和施工验算，完善预制构件制作详图和施工装配详图，避免在构件加工和施工过程中，出现错、漏、碰、缺等问题。对应预留的孔洞及预埋部件，应在构件加工前进行认真核对，以免现场剔凿，造成损失。

10.1.7 预制构件的连接技术是本规程关键技术。其中，钢筋套筒灌浆连接接头技术是本规程推荐采用的主要钢筋接头连接技术，也是保证各种装配整体式混凝土结构整体性的基础。必须制定质量控制措施，通过设计、产品选用、构件制作、施工验收等环节加强质量管理，确保其连接质量可靠。

预制构件生产前，要求对钢筋套筒进行检验，检验内容除了外观质量、尺寸偏差、出厂提供的材质报告、接头形式检验报告等，还应按要求制作钢筋套筒灌浆连接接头试件进行验证性试验。钢筋套筒验证性试验可按随机抽样方法抽取工程使用的同牌号、同规格钢筋，并采用工程使用的灌浆料制作三个钢筋套筒灌浆连接接头试件，如采用半套筒连接方式则应制作成钢筋机械连接和套筒灌浆连接组合接头试件，标准养护 28 天后进行抗拉强度试验，试验合格后方可使用。

10.2 制作准备

10.2.1 带饰面的预制构件和夹心外墙板的拉结件、保温板等均应提前绘制排板定位图，工厂应根据图纸要求对饰面材料、保温材料等进行裁切、制板等加工处理。

10.2.2 预应力构件跨度超过6m时，构件挠度值会随存放时间延长而加大，通常可在底模中部预设反拱，以减小构件的挠度值。

10.2.3 目前多采用定型钢模加工预制构件，模具的制作质量标准有所提高。模具精度是保证构件制作质量的关键，对于新制、改制或生产数量超过一定数量的模具，生产前应按要求进行尺寸偏差检验，合格后方可投入使用。制作构件用钢筋骨架或钢筋网片的尺寸偏差应按要求进行抽样检验。

10.2.4、10.2.5 预制构件中的预埋件及预留孔洞的形状尺寸和中心定位偏差非常重要，生产时应按要求进行抽样检验。施工过程中临时使用的预埋件可适当放松。

10.2.6 预制构件选用的隔离剂应避免降低混凝土表面强度，并满足后期装修要求；对于清水混凝土及表面需要涂装的混凝土构件应采用专用隔离剂。

10.3 构件制作与养护

10.3.1 在混凝土浇筑前，应按要求对预制构件的钢筋、预应力筋以及各种预埋部件进行隐蔽工程检查，填写隐蔽工程检查（验收）表，明确验收结论，这是保证预制构件满足结构性能的关键质量控制环节。

10.3.2 本条规定预制外墙类构件表面预贴面砖或石材的技术要求，除了要满足安全耐久性要求外，还可以提高外墙装饰性能。饰面材料分割缝的处理方式，砖缝可采用发泡塑料条成型，石材一般采用弹性材料填缝。

10.3.3 夹心外墙板生产时应采取措施固定保温材料，确保拉结

件的位置和间距满足设计要求，这对于满足墙板设计要求的保温性能和结构性能非常重要，应按要求进行过程质量控制。

10.3.5 预制构件的蒸汽养护主要是为了加速混凝土凝结硬化，缩短脱模时间，加快模板的周转，提高生产效率。养护时应按照养护制度的规定进行控制，这对于有效避免构件的温差收缩裂缝，保证产品质量非常关键。如果条件许可，构件也可以采用常温养护。

10.3.6 预制构件脱模强度要根据构件的类型和设计要求决定，为防止过早脱模造成构件出现过大大变形或开裂，本规定提出构件脱模的最低要求。

10.3.7 预制构件与后浇混凝土实现可靠连接可以采用连接钢筋、键槽及粗糙面等方法。粗糙面可采用拉毛或凿毛处理方法，也可采用化学处理方法。

采用化学方法处理时可在模板上或需要露骨料的部位涂刷缓凝剂，脱模后用清水冲洗干净，避免残留物对混凝土及其结合面造成影响。

为避免常用的缓凝剂中含有影响人体健康的成分，应严格控制缓凝剂，使其不含有氯离子和硫酸根离子、磷酸根离子，pH值应控制为6~8；产品应附有使用说明书，注明药剂的类型、适用的露骨料深度、使用方法、储存条件、推荐用量、注意事项等内容。

10.4 构件检验

10.4.2 预制构件外观质量缺陷可分为一般缺陷和严重缺陷两类，预制构件的严重缺陷主要是指影响构件的结构性能或安装使用功能的缺陷，构件制作时应制定技术质量保证措施予以避免。

10.4.3 本条规定预制构件的尺寸偏差和检验方法，尺寸偏差可根据工程设计需要适当从严控制。

10.5 运输与堆放

10.5.1 预制构件的运输和堆放涉及质量和安全要求，应按工程或产品特点制定运输堆放方案，策划重点控制环节，对于特殊构件还要制定专门质量安全保证措施。构件临时堆放场地可合理布置在吊装机械可覆盖范围内，避免二次搬运。

11 施工与安装

11.1 一般规定

11.1.1 应制定装配式结构施工专项施工方案。施工方案应结合结构深化设计、构件制作、运输和安装全过程各工况的验算，以及施工吊装与支撑体系的验算等进行策划与制定，充分反映装配式结构施工的特点和工艺流程的特殊要求。

11.1.8 应注意构件安装的施工安全要求。为防止预制构件在安装过程中因不合理受力造成损伤、破坏或高空滑落，应严格遵守有关施工安全规定。

11.2 安装准备

11.2.7 为避免由于设计或施工缺乏经验造成工程实施障碍或损失，保证装配式结构施工质量，并不断摸索和积累经验，特提出应通过试生产和试安装进行验证性试验。装配式结构施工前的试安装，对于没有经验的承包商非常必要，不但可以验证设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训人员，调试设备，完善方案。另一方面对于没有实践经验的新的结构体系，应在施工前进行典型单元的安装试验，验证并完善方案实施的可行性，这对于体系的定型和推广使用，是十分重要的。

11.3 吊装施工

11.3.1 现场塔吊的布置和额定起重量由构件重量决定，叠合板一般不会超重，其他构件一般控制在5t以内。

11.3.3 吊具选用按起重吊装工程的技术和安全要求执行。为提

高施工效率，可以采用多功能专用吊具，以适应不同类型的构件吊装。施工验算可依据本规程及相关技术标准，特殊情况无参考依据时，需进行专项设计计算分析或必要试验研究。

吊索与构件水平夹角越小，吊索内力越大，允许的起吊能力越低。由于构件本身材质的不均匀性，吊索内力的水平分力作用在构件上会因 P- Δ 效应产生附加弯矩。水平夹角过小还可能导致构件脱钩。

11.3.4 起重设备对施工效益影响大，租赁费用高，因此施工前应充分考虑。

首先，需要掌握主体工程的工期要求，主体工程的形状、规模（高度、面积），以及吊装构件的种类、形状、数量、重量等。其次，掌握塔吊型号参数，相应回转半径的吊装能力。最后，还要注意构件堆场必须在塔吊的吊装能力范围内。

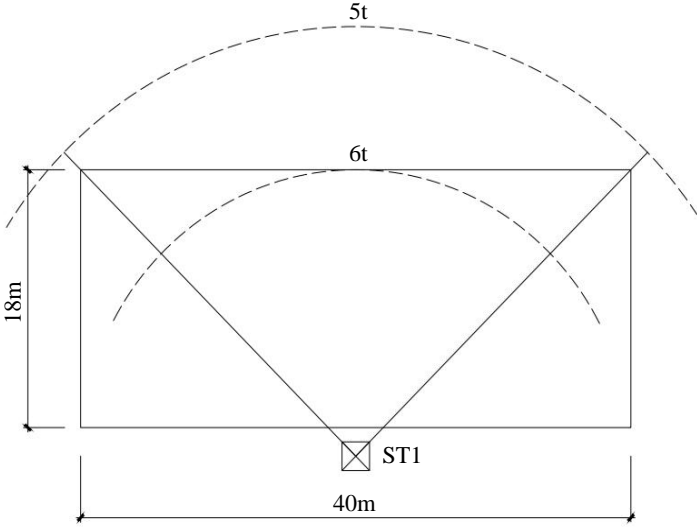
假设：装配整体式剪力墙工程，外墙为预制剪力墙。平面形状为矩形，长 40m，宽 18m。首先，绘制吊装分析图（图 12），在图中标出外墙板重量，如外墙板 YQB1 重量 4t。将塔吊的回转半径及相应最大吊装能力绘制到图中。由此可以选择适合的塔吊，比较多种布置方案。如：

方案一：在南侧布置一台塔吊 ST1，回转半径 20m 最大吊重 6t；回转半径 30m 最大吊重 5t，可以满足预制剪力墙吊装要求。

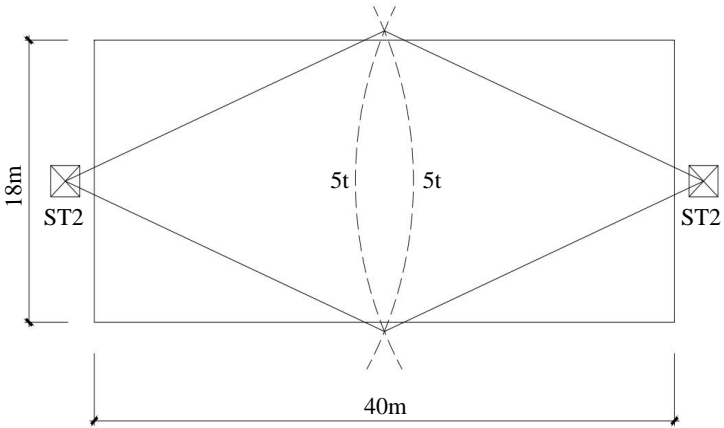
方案二：在东、西各布置一台塔吊 ST2，回转半径 24m 最大吊重 5t，可以满足预制吊装要求。

将方案一、二对比，方案一采用一台吊重大的塔吊，方案二采用两台吊重小的塔吊。两种方案的租赁费用不同，具体还和施工周期相关。方案二的施工效率明显高于方案一，方案二适用于工期要求短的项目。

因此，在制定起重计划时应综合考虑工期、主体工程的形状、规模，以及吊装构件的种类、形状、数量、重量，同时还应掌握塔吊型号参数。



方案一



方案二

图 12 吊装分析图

11.3.10 预制剪力墙、预制梁每个构件的吊点，一般按照只有两个吊点起作用计算预埋吊件，考虑动力系数1.5，实际操作可以4点起吊，吊点数量一般为偶数。如果是大型组合吊具，对于构件可以按照多点受力考虑。吊点标准件的承载力需要专业厂家提供数据，如果是实验实测极限值，安全系数不小于2。

11.4 预制构件安装

11.4.2 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。

11.4.4 竖向预制构件主要包括预制墙板、预制柱，对于预制墙板，临时斜撑一般安放在其背面，且一般不宜少于2道。当墙板底没有水平约束时，墙板的每道临时支撑包括上部斜撑和下部支撑，下部支撑可做成水平支撑或斜向支撑。对于预制柱，由于其底部纵向钢筋可以起到水平约束的作用，故一般仅设置上部斜撑。柱子的斜撑不应少于2道，且应设置在两个相邻的侧面上，水平投影相互垂直。临时斜撑与预制构件一般做成铰接并通过预埋件进行连接。考虑到临时斜撑主要承受的是水平荷载，为充分发挥其作用，对上部的斜撑，其支撑点距离板底的距离不宜小于板高的 $\frac{2}{3}$ ，且不应小于板高的 $\frac{1}{2}$ 。斜支撑与地面或楼面连接应可靠，不得出现连接松动引起竖向预制构件倾覆等。

11.4.7 可通过千斤顶调整预制柱平面位置，通过在柱脚位置的预埋螺栓，使用专门调整工具进行微调，调整垂直度；预制柱完成垂直度调整后，应在柱子四角缝隙处加塞刚性垫片。柱脚连接部位宜采用工具式模板对柱脚四周进行封堵，封堵应确保密闭连接牢固有效，满足压力要求。

11.4.8 对于不带夹心保温的各类外墙板，外侧宜采用工具式模

板封堵。

11.4.9 临时支撑可为工具式支撑，也可为在预制柱上的牛腿。安装时梁伸入支座的长度应符合设计要求；梁搁置在临时支撑上的长度也应符合设计要求。

11.4.10 预制底板吊至梁、墙上方300mm~500mm后，应调整板位置使板锚固筋与梁箍筋错开，根据板边线和板端控制线，准确就位。板就位后调节支撑立杆，确保所有立杆共同均匀受力。

11.4.11 预制楼梯的安装方式应结合预制楼梯的设计要求进行确定。

11.5 预制构件连接

11.5.1 钢筋套筒灌浆连接接头的施工质量是保证预制构件连接性能的关键控制点，施工人员应经专业培训合格后上岗操作。

11.5.2 钢筋套筒灌浆作业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及施工方案的要求。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。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，严格按技术要求执行；操作施工时，应做好灌浆作业的视频资料，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；

3 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；

4 当施工环境温度低于5℃时，可采取加热保温措施，使结构构件灌浆套筒内的温度达到产品使用说明书要求；有可靠经验时也可采用低温灌浆料。

11.5.3 当预制构件的连接采取焊接或螺栓连接时应做好质量检

查和防护措施。

11.5.6 装配整体式结构的后浇混凝土节点施工质量是保证节点承载力的关键，施工时应采取具体质量保证措施满足设计要求。节点处钢筋连接和锚固应按设计要求规定进行检查，连接节点处后浇混凝土同条件养护试块应达到设计规定的强度方可拆除支承或进行上部结构安装。

11.5.7 外挂墙板是自承重构件，不能通过板缝进行传力，施工时要保证板的四周空腔不得混入硬质杂物；对施工中设置的临时支座和垫块应在验收前及时拆除。

12 工程验收

12.1 一般规定

12.1.1 装配式结构工程验收主要依据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定执行。

12.1.2 预制构件的质量检验是在预制工厂检查合格的基础上进行进场验收，外观质量应全数检查，尺寸偏差为按批抽样检查。

12.1.4 装配式建筑的饰面质量主要是指饰面与混凝土基层的连接质量，对面砖主要检测其拉拔强度，对石材主要检测其连接件的受拉和受剪承载力。其他方面涉及外观和尺寸偏差等应按现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210的有关规定验收。

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

12.2 主控项目

12.2.1 装配整体式结构的连接节点部位后浇混凝土为现场浇筑混凝土，其检验要求按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的要求执行。

12.2.2 装配整体式结构的灌浆连接接头是质量验收的重点，施工时应做好检查记录，提前制定有关试验和质量控制方案。钢筋套筒灌浆连接灌浆质量应饱满密实。连接的受力性能不仅与钢筋、套筒、灌浆料有关，还与其连接影响范围内的混凝土有关，因此不能像钢筋机械连接那样进行现场随机截取连接接头，检验批验收时要求在保证灌浆质量的前提下，可通过模拟现场制作平行试

件进行验收。

12.2.5、12.2.6 装配式混凝土结构中，钢筋采用焊接连接或机械连接时，大多数情况下无法现场截取试件进行检验，可采取模拟现场条件制作平行试件替代原位截取试件。平行试件的检验数量和试验方法应符合现场截取试件的要求，平行试件的制作必须要有质量管理措施，并保证其具有代表性。

12.3 一般项目

12.3.1 装配式混凝土结构的尺寸允许偏差在现浇混凝土结构的基础上适当从严要求，对于采用清水混凝土或装饰混凝土构件装配的混凝土结构施工尺寸偏差应适当加严。

12.3.2 装配式结构的墙板接缝防水施工质量是保证装配式外墙防水性能的关键，施工时应按设计要求进行选材和施工，并采取严格的检验验证措施。

现场淋水试验应满足下列要求：淋水流量不应小于 $5\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ，淋水试验时间不应少于 2h，检测区域不应有遗漏部位。淋水试验结束后，检查背水面有无渗漏。