



中国工程建设标准化协会标准

装配式叠合混凝土结构技术规程

Technical specification for superimposed concrete structures

(征求意见稿)

《装配式叠合混凝土结构技术规程》编制组

中国工程建设标准化协会标准

装配式叠合混凝土结构技术规程

Technical specification for superimposed concrete structures

T/CECS XX—202X

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 X 月 X 日

《装配式叠合混凝土结构技术规程》编制组

2022 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020]14 号）的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 12 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、建筑设计、结构设计基本规定、叠合框架结构设计、预制空心叠合剪力墙结构设计、双面叠合剪力墙结构设计、构件生产与运输、施工安装和质量验收等。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。现将本规程征求意见稿寄送各有关单位和专家，请组织审阅，提出具体的修改意见和建议，并填写征求意见表，于 2022 年 11 月 12 日前反馈给本规程联系人。

联系人：韩文龙 联系电话：18911026883

E-mail: hanwenlong9122@163.com

地址及邮编：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼 100048

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	7
3 基本规定	8
4 材 料	11
5 建筑设计	13
5.1 一般规定	13
5.2 平、立面设计	13
5.3 内装与机电管线设计	14
6 结构设计基本规定	15
6.1 一般规定	15
6.2 结构分析	22
6.3 预制构件设计与选用	22
6.4 楼盖设计	24
6.5 连接设计	26
7 叠合框架结构设计	28
7.1 一般规定	28
7.2 预制构件及其连接	28
8 预制空心叠合剪力墙结构设计	34
8.1 一般规定	34
8.2 预制空心墙板	34
8.3 连接设计	42
9 双面叠合剪力墙结构设计	56
9.1 一般规定	56
9.2 预制双面墙板	57
9.3 连接设计	60
10 构件生产与运输	73
10.1 一般规定	73
10.2 原材料及配件	74
10.3 模具	74
10.4 钢筋及预埋件	76
10.5 成型、养护及脱模	78
10.6 预制构件检验	80
10.7 存放、吊运及防护	85
10.8 资料及交付	86
11 施工安装	88
11.1 一般规定	88
11.2 施工准备	89
11.3 预制构件安装	91
11.4 钢筋工程	94
11.5 模板工程	94

11.6 混凝土工程	95
12 质量验收	97
12.1 一般规定	97
12.2 预制构件	97
12.3 预制构件安装与连接	99
12.4 文件与记录	101
本规程用词说明	102
引用标准名录	103

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	7
3	General requirements	8
4	Materials	11
5	Architectural design.....	13
5.1	General requirements	13
5.2	Plan and façade design.....	13
5.3	Internal fitting and conduit design	14
6	Basic requirements of structural design	15
6.1	General requirements	15
6.2	Structural analysis.....	22
6.3	Design and selection of precast components	22
6.4	Slab design.....	24
6.5	Connection design.....	26
7	Design of superimposed concrete frame	28
7.1	General requirements	28
7.2	Precast components and connections.....	28
8	Design of superimposed shear wall structure with precast concrete hollow wall panels.....	34
8.1	General requirements	34
8.2	Precast concrete hollow wall panel.....	34
8.3	Connection design.....	42
9	Design of superimposed shear wall structure with precast double wall panel	56
9.1	General requirements	56
9.2	Precast double wall panel.....	57
9.3	Connection design.....	60
10	Production and transportation	73
10.1	General requirements	73
10.2	Raw materials and fitting.....	74
10.3	Moulds	74
10.4	Reinforcement and embedded parts	76
10.5	Concrete molding, curing and demoulding.....	78
10.6	Precast component inspection.....	80
10.7	Stacking, lifting and protection	85
10.8	Data management and delivery	86
11	Construction and erection	88
11.1	General requirements	88
11.2	Construction preparation.....	89
11.3	Erection of precast component.....	91
11.4	Reinforcement.....	94
11.5	Formwork.....	94

11.6	Concrete	95
12	Quality acceptance.....	97
12.1	General requirements	97
12.2	Precast component	97
12.3	Erection and connection of precast component	99
12.4	Documents and recordings.....	101
	Explanation of wording in this specification	102
	List of quoted standards.....	103
	Addition: Explanation of provisions	104

1 总 则

1.0.1 为规范装配式叠合混凝土结构的推广应用,提高工程质量,做到安全适用、技术先进、经济合理、保证质量,制定本规程。

【条文说明】装配式混凝土结构根据竖向构件的预制程度可以分为两类:全预制混凝土结构和叠合混凝土结构。装配式叠合混凝土结构采用的预制竖向构件沿构件截面部分预制,施工现场后浇混凝土完成竖向构件连接、形成整体,具有如下特点:

(1) 钢筋连接简单、质量可控。装配式叠合混凝土结构的预制竖向构件竖向钢筋主要采用传统机械连接或搭接连接,现场后浇混凝土的同时即可实现连接,现场质量管控与现浇结构类似,大大降低了钢筋连接现场施工难度,有利于控制钢筋连接施工质量,确保了装配式叠合混凝土结构的安全性。

(2) 构件加工简单、标准化程度高。装配式叠合混凝土结构的预制构件出筋数量少、标准化程度高,预制构件加工模具易于实现标准化、通用化,自动化程度高,加工完成的构件精度高、质量可控。实际工程经验表明,装配式叠合混凝土结构的预制构件加工成本明显低于全预制混凝土结构。

(3) 结构整体性好。装配式叠合混凝土结构的预制构件通过后浇混凝土连接为整体,结构整体性好。国内外开展的叠合预制构件抗震性能试验表明,叠合预制构件在承载力、滞回性能、变形能力等方面可基本达到等同现浇的目标。

(4) 工业化程度高。装配式叠合混凝土结构易于实现标准化设计、构件工厂化生产、装配化施工、信息化管理等目标,特别是在预制构件标准化、工厂自动化、现场高装配化施工等方面优势更加突出,符合目前国家大力发展绿色建筑、装配式建筑的政策和需求。

整体来说,装配式叠合混凝土结构具有加工和施工简便高效、质量易控制、成本低、管控难度小等优点,契合当下工程实际需求,近年来在全国范围内得到了广泛应用、蓬勃发展,并体现出显著的技术和经济优势,逐步成为我国装配式建筑工程应用的主流技术体系。中国建筑标准设计研究院有限公司及本规程参编单位一直致力于叠合混凝土结构的研发和工程应用工作,本规程基于编制组及行业相关单位的科研成果和工程实践经验,对现有“等同现浇构造”叠合混凝土结构技术体系进行系统性优化、改进,涵盖“叠合混凝土框架结构”、“预制空心叠合剪力墙结构”和“双面叠合剪力墙结构”等技术体系,可实现装配式混凝土结构的提质、增效、降本。制定本规程的目的,是进一步规范、推动装配式叠合混凝土结构的工程应用。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 6 度至 8 度地区的装配式叠合混凝土结构的设计、生产运输、施工安装和质量验收。

1.0.3 装配式叠合混凝土结构的设计、生产运输、施工安装和质量验收除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 装配式叠合混凝土结构 superimposed concrete structure

部分或全部竖向抗侧力构件采用预制空心竖向构件、空心部分现场后浇混凝土成为叠合竖向构件的结构。简称叠合混凝土结构。

【条文说明】本规程叠合混凝土结构包括叠合混凝土框架结构、预制空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构和叠合框架-剪力墙结构四种技术体系。

2.1.2 叠合混凝土框架结构 superimposed concrete frame structure

部分或全部竖向抗侧力构件采用预制空心柱、空心部分现场后浇混凝土成为叠合柱的结构。简称叠合框架结构。

2.1.3 预制空心柱 precast concrete hollow column

设置有一系列竖孔的预制钢筋混凝土柱，竖孔内在施工现场布设柱纵向受力钢筋。

【条文说明】预制空心柱（图1）在柱四周设置一系列竖孔，竖孔沿柱高度方向上下贯通、采用金属管道成孔。施工现场在竖孔内布设柱纵向受力钢筋，预制空心柱内仅设置柱纵向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼。

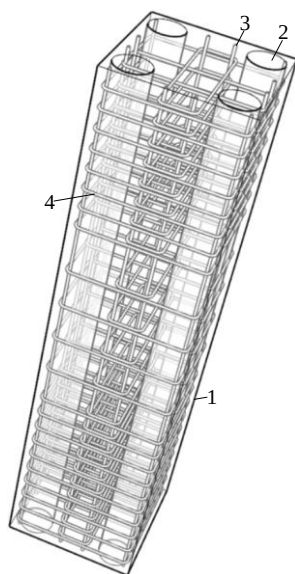


图1 预制空心柱构造示意

1—预制空心柱；2—竖孔；3—纵向构造钢筋；4—箍筋

2.1.4 预制空心叠合柱 superimposed column with precast concrete hollow column

施工现场在预制空心柱竖孔内布设柱纵向受力钢筋、竖孔内浇筑后浇混凝土叠合而成的柱。简称叠合柱。

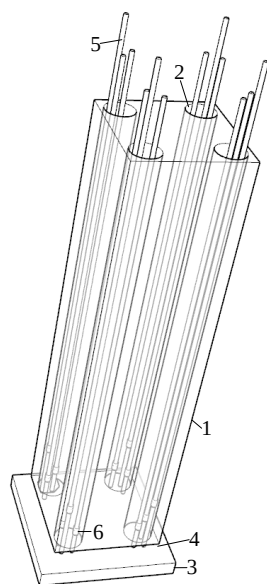


图2 预制空心叠合柱构造示意

1—预制空心柱；2—竖孔；3—楼板或基础；4—水平接缝；5—纵向受力钢筋；6—机械连接接头

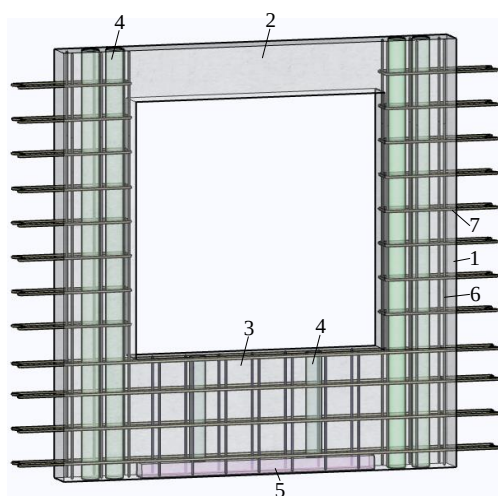
2.1.5 预制空心叠合剪力墙结构 superimposed shear wall structure with precast concrete hollow wall panels

部分或全部竖向抗侧力构件采用预制空心墙板、墙板竖孔内现场后浇混凝土成为叠合剪力墙的结构。简称空心叠合剪力墙结构。

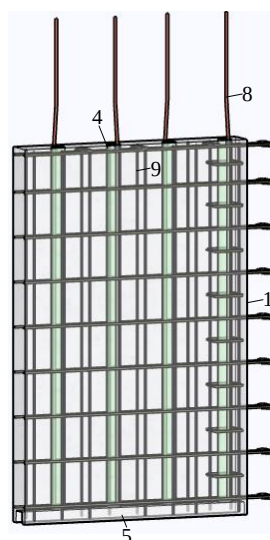
2.1.6 预制空心墙板 precast concrete hollow wall panel

设置有一系列竖孔的预制钢筋混凝土墙板，竖孔内布设边缘构件竖向受力钢筋及墙身搭接连接钢筋。

【条文说明】预制空心墙板（图3）在墙板边缘构件、墙身区域设置一系列竖孔，竖孔沿墙板高度方向上下贯通、采用金属波纹管成孔。



(a) 典型预制外墙



(b) 典型预制内墙

图3 预制空心墙板构造示意

1—预制空心墙板；2—连梁；3—窗下墙；4—竖孔；5—水平槽；6—边缘构件竖向构造钢筋；
7—边缘构件箍筋；8—墙身竖向受力钢筋；9—墙身竖向构造钢筋

2.1.7 预制空心叠合剪力墙 superimposed shear wall with precast concrete hollow wall panel

施工现场在预制空心墙板竖孔内布设边缘构件竖向受力钢筋、墙身竖向受力钢筋采用搭接连接、竖孔内浇筑后浇混凝土叠合而成的剪力墙。简称空心叠合剪力墙。

【条文说明】为便于施工及质量控制，本规程预制空心叠合剪力墙采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”。如图4所示，预制空心墙板边缘构件区域配置边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于竖孔内，上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接或焊接连接，优先采用直螺纹接头连接；竖孔内边缘构件竖向受力钢筋保证预制空心叠合剪力墙的受弯承载力，预制空心墙板边缘构件区域箍筋、拉筋对边缘构件核心区混凝土形成箍筋约束作用，保证预制空心叠合剪力墙的弹塑性变形能力；相邻钢筋接头沿高度方向错开一定距离，可减少预制空心墙板安装过程中需同时与竖孔对位的钢筋数量，提高安装速度。

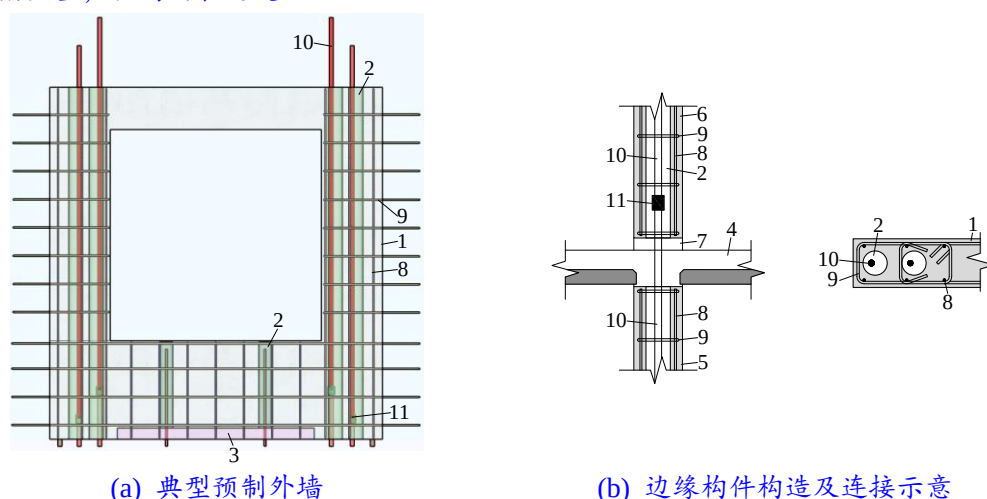


图4 预制空心叠合剪力墙边缘构件构造示意

1—预制空心墙板；2—竖孔；3—水平槽；4—楼板；5—下层预制墙；6—上层预制墙；
7—水平接缝；8—边缘构件竖向构造钢筋；9—边缘构件箍筋；10—边缘构件竖向受力钢筋；
11—机械连接接头

如图5所示，剪力墙墙身区域钢筋间距大，为便于施工，预制空心叠合剪力墙的墙身区域竖向受力钢筋采用搭接连接，下层预制空心墙板墙身区域竖向受力钢筋直接从墙板顶部伸出，在水平后浇带高度范围内弯折改变位置伸入上层预制空心墙板对应竖孔内，与上层预制空心墙板墙身区域竖向受力钢筋搭接连接。受道路运输高度限制时，下层预制空心墙板墙身区域竖向受力钢筋可仅伸出墙板顶部、伸出长度为50~80 mm，施工现场采用直螺纹接头续接墙身区域竖向受力钢筋接长钢筋。

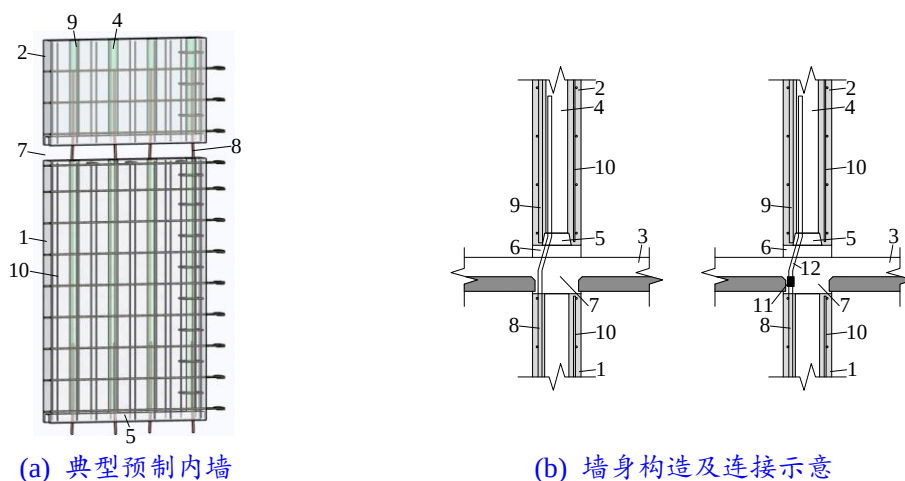


图5 EMC 预制空心叠合剪力墙墙身构造示意

- 1—下层预制墙；2—上层预制墙；3—楼板；4—竖孔；5—水平槽；6—水平接缝；
7—水平后浇带；8—下层墙身竖向受力钢筋；9—上层墙身竖向受力钢筋；
10—墙身竖向构造钢筋；11—机械连接接头；12—接长钢筋

2.1.8 双面叠合剪力墙结构 superimposed shear wall structure with precast double wall panel

部分或全部竖向抗侧力构件采用预制双面墙板、墙板空腔内现场后浇混凝土成为叠合剪力墙的结构。

2.1.9 预制双面墙板 precast double wall panel

由两侧预制混凝土壁板、中间空腔及连接两侧预制混凝土壁板的钢筋桁架组成的预制钢筋混凝土墙板。

【条文说明】预制双面墙板（图6）由两侧预制混凝土壁板、中间空腔及连接两侧预制混凝土壁板的钢筋桁架组成。本规程预制双面墙板边缘构件区域仅配置边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，边缘构件竖向受力钢筋布设在空腔内。

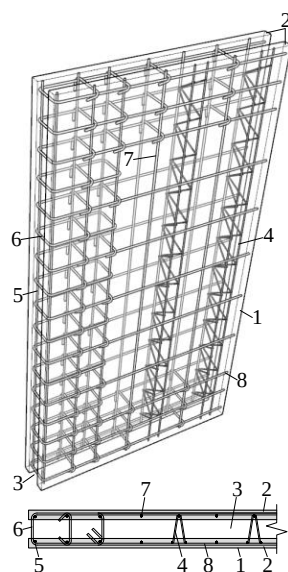


图6 预制双面墙板构造示意

- 1—预制双面墙板；2—预制混凝土壁板；3—空腔；4—钢筋桁架；
5—边缘构件竖向构造钢筋；6—边缘构件箍筋；7—墙身竖向分布钢筋；8—水平分布钢筋

2.1.10 双面叠合剪力墙 superimposed shear wall with precast double wall panel

施工现场在预制双面墙板空腔内布设边缘构件竖向受力钢筋及墙身连接钢筋、空腔内浇筑后浇混凝土叠合而成的剪力墙。

【条文说明】为便于施工及质量控制，本规程双面叠合剪力墙采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”。如图7所示，预制双面墙板边缘构件区域配置边缘竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于中间空腔内，上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接或焊接连接，优先采用直螺纹接头连接；空腔内边缘构件竖向受力钢筋保证双面叠合剪力墙的受弯承载力，预制双面墙板边缘构件区域箍筋、拉筋对边缘构件核心区混凝土形成箍筋约束作用，保证双面叠合剪力墙的弹塑性变形能力；在楼板高度位置附加墙身竖向连接钢筋与上、下层预制双面墙板内墙身竖向分布钢筋搭接连接。

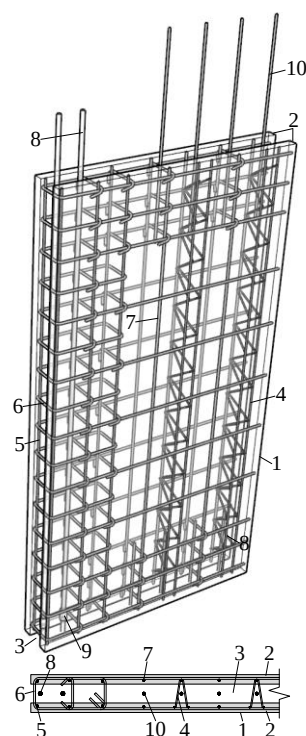


图7 双面叠合剪力墙构造示意

- 1—预制双面墙板；2—预制混凝土壁板；3—空腔；4—钢筋桁架；
5—边缘构件竖向构造钢筋；6—边缘构件箍筋；7—墙身竖向分布钢筋；8—边缘构件竖向受力钢筋；9—机械连接接头；10—墙身竖向连接钢筋

2.1.11 叠合框架-剪力墙结构 superimposed concrete frame structure with shear wall

部分或全部叠合框架与预制空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙或现浇剪力墙组成的结构。

2.1.12 钢筋机械连接 rebar mechanical splicing

通过钢筋与连接件或其他介入材料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。

2.1.13 钢筋搭接连接 rebar lap splicing

在预制墙板竖孔或空腔内插入连接钢筋，浇筑后浇混凝土实现竖孔或空腔内连接钢筋与预制墙板内钢筋传力的钢筋搭接连接方式。

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 —— 钢筋抗拉强度设计值。

2.2.2 作用效应

V_{jd} —— 持久设计状况下竖向接缝剪力设计值；

V_{jdE} —— 地震设计状况下竖向接缝剪力设计值。

2.2.3 几何参数

b_w —— 剪力墙截面厚度；

b_f —— 剪力墙翼墙截面厚度；

l_c —— 约束边缘构件沿墙肢的长度；

d —— 钢筋直径；

h —— 层高；

l_a —— 受拉钢筋锚固长度；

l_{aE} —— 受拉钢筋抗震锚固长度；

l_{abE} —— 受拉钢筋抗震基本锚固长度；

l_d —— 钢筋搭接长度。

2.2.3 计算系数及其他

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数。

Δu —— 楼层层间最大弹性位移；

Δu_p —— 结构薄弱层（部位）层间弹塑性位移。

3 基本规定

3.0.1 叠合混凝土结构的设计使用年限应为 50 年，结构安全等级应为二级，抗震设防类别宜为标准设防类。

3.0.2 叠合混凝土结构应以装配化建造统筹规划、设计、生产、运输和施工安装。

【条文说明】叠合混凝土结构从规划到施工安装的各个环节，都应以工厂化生产和装配化施工为基础进行统筹。

3.0.3 叠合混凝土结构的设计应贯穿于项目建设全过程，并应满足下列要求：

1 应加强设计与项目策划、建筑规划、部品部件的生产与组装、现场施工与安装、监督管理、工程咨询等建造实施主体间的工作协调；

2 应为建筑产品全寿命期的使用、维护、更换、改造等需求预留便利及可实施条件；

3 结构设计应与建筑、机电、装修、幕墙、经济专业及其它专项设计进行协同，加强设计标准化和设计集成等方式和手段的运用；

4 宜运用建筑信息化技术，实现设计、生产、运输和施工安装全过程信息化管理。

【条文说明】叠合混凝土结构的设计中运用建筑信息化技术，加强各专业协调配合，实现从设计到施工安装的全过程信息化管理，提高效率，提高质量，降低成本。

3.0.4 叠合混凝土结构的建筑设计应满足下列基本要求：

1 建筑模数及模数与尺寸协调设计，应符合现行国家标准《建筑模数协调统一标准》GB/T 50002 的规定；

2 建筑基本单元和功能模块设计应遵循少规格、多组合、系列化的原则；

3 对建筑系统和建筑部品宜进行集成设计，宜使用通用部品部件和标准接口，宜选用建筑集成部品；

4 住宅建筑外纵墙门窗洞口开洞宜与装配式剪力墙结构协调。

3.0.5 叠合混凝土结构形式和设计方法应符合下列规定：

1 结构形式应满足建筑对空间使用、建筑形态、平面功能布置与组合、立面形式需求，且应满足建筑整体系统集成、建筑功能单元与模块组合的要求；

2 结构设计应遵循安全性、适用性、合理性、易建性及经济性相结合的原则；

3 结构设计应采用标准化设计方法，宜优先选用标准尺寸和配筋构造的构配件、标准化的构件连接做法与构造措施、结构构件与建筑部品的标准化接口及满足标准化生产和施工的其它设计内容；

4 采取的结构装配方案和技术措施应合理、完整、有效。

3.0.6 叠合混凝土结构的构件设计应符合下列规定：

1 结构构件宜采用符合模数及模数协调要求的设计尺寸，预制构件、现浇构件应满足生产和施工中采用标准尺寸组合模具和模板的要求；

2 预制构件宜与建筑围护、机电管线和室内装修等系统中的部品部件进行集成设计，宜采用结构与建筑功能及性能集成的建筑部品部件；

3 预制夹心保温外墙的非结构材料性能及构造措施应满足耐久性设计要求；

4 预制构件尚应满足制作、存储、运输及施工吊装等要求，且应便于施工安装和质量控制。

3.0.7 叠合混凝土结构的预制构件连接设计应符合下列规定：

1 预制构件的连接部位宜设置在结构受力较小及安装方便的部位，并应综合考虑建筑功能与正常使用、建筑装修做法及设备管线设置等的要求，避免产生不利的影响；

2 预制构件的连接节点及接缝做法应受力明确、传力可靠、构造简单、施工方便、质量可控，并应满足承载力、延性和耐久性的要求；

3 宜通过结构整体的设计优化、结构系统与其它建筑系统的设计集成等，实现预制构件连接设计与施工的标准化。

3.0.8 叠合混凝土结构施工图设计的内容和深度除应满足现行国家和地方有关施工图设计文件编制深度的规定外，还应满足预制构件制作详图的编制需求和安装施工专项方案编制的要求；应根据工程项目的具体情况，增加及完善设计内容，并应包括下列内容：

1 预制构件制作、存放和安装施工的设计说明；

2 预制构件模板图和配筋图，当选用标准尺寸构件时，应提供标准设计图集的名称、编号、版本号及具体选用构件编号等，应提供构件明细表或索引图；

3 预制构件连接计算和连接构造大样图；

4 预制构件安装大样图；

5 典型预制构件制作详图，应对建筑、机电、精装修等专业在预制构件上的预留洞口、预埋管线、预埋件和连接件进行综合；

6 预制构件制作、安装施工的工艺流程及质量验收要求；

7 连接节点施工质量检测、验收要求。

3.0.9 预制构件制作详图设计应根据结构施工图的内容和要求进行编制，设计深度应满足预制构件制作、工程量统计的需求和安装施工的要求，并应包括下列内容：

1 预制构件制作和使用说明，包括对材料、制作工艺、模具、质量检验、运输要求、堆放存储和安装施工要求等的规定；

2 预制构件的平面和竖向布置图，包括预制构件生产编号、布置位置和数量等内容；

3 预制构件模板图、配筋图和预埋件布置图的深化及调整；

4 预制构件材料和配件明细表；

5 预制构件在制作、运输、存储、吊装和安装定位、连接施工等阶段的复核计算和预设连接件、预埋件、预留洞口、临时固定支撑等的设计。

3.0.10 叠合混凝土结构设计应考虑预制构件现场实施的有关情况，在设计文件提出安全施工、质量控制、工艺保证等方面的施工专项设计要求，并应符合下列规定：

1 对塔吊和升降机与主体结构附着固定、吊重及吊装方式控制、吊具类型及吊点设置等内容，应在设计文件中提出明确的设计要求；

2 施工采用的爬升架、防护架（网）、卸料平台等设备设施，需要与主体结构进行连接、固定及防护时，对涉及预制构件的预留预埋、支撑与固定、安装与拆卸及修补等内容，应在设计文件中提出明确的设计要求；

3 应包括对施工现场设置预制构件临时支撑的要求。

【条文说明】叠合混凝土结构设计中，结构与施工专项设计的配合要求更高。本条对结构设计文件所需提出的重要的施工专项设计要求进行了规定；结构设计中，还需根据工程特点与需要，提出与工程相关的特定专项设计要求，以保障工程的顺利实施。

3.0.11 施工图设计文件中应明确预制构件现场连接节点的质量检验要求，预制构件的现场连接质量应进行施工阶段监测、验收阶段检测两阶段控制；预制构件现场连接节点应满足国家相关规范要求，竖向预制构件竖孔或空腔内后浇混凝土应进行工艺评定，以保证后浇混凝土密实。

【条文说明】后浇混凝土的浇筑质量直接影响叠合混凝土结构的整体性和结构安全，虽然竖孔或空腔内后浇混凝土的浇筑施工和质量监督较套筒灌浆难度明显降低，但仍需对后浇混凝土的浇筑进行重点管控。为保证后浇混凝土的密实性，提出了工艺评定与施工质量检测的要求。

4 材 料

4.0.1 叠合混凝土结构中混凝土、钢筋的选用及其各项性能指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定；钢材的各项性能指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

4.0.2 预制构件成孔用金属波纹管宜采用碳素结构钢冷轧钢带或连续热镀锌钢带制作，钢带厚度不宜小于 0.20 mm，成型后波纹高度不应小于 2.5 mm，金属波纹管的其他构造应满足现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225 的有关规定。

【条文说明】预制空心柱、预制空心墙板可采用预埋金属波纹管成孔，相较抽芯成孔或气模成孔工艺，具有生产工艺简单、无需专用设备、可在竖孔内壁自动形成连续键槽等优势。预制空心柱、预制空心墙板采用平模生产，浇筑混凝土对波纹管的压力明显小于桥梁中的预应力用金属波纹管，根据编制组开展的工艺试验，参考现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225，对预制构件成孔用金属波纹管的相关技术指标做出规定。

4.0.3 钢筋机械连接接头的性能应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定；叠合柱纵向受力钢筋、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋在同一连接区段内钢筋接头面积百分率为 100% 时，应选用 I 级机械连接接头。

【条文说明】叠合柱纵向受力钢筋、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋连接接头错开距离较小，一般在同一连接区段内钢筋接头面积百分率为 100%，此时应选用 I 级机械连接接头，接头性能应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

4.0.4 预制构件的吊环应采用 HPB300 钢筋或 Q235B 圆钢制作。吊装用内埋式螺母及吊杆的材料应符合国家现行相关标准的规定。

4.0.5 构件的混凝土强度等级应符合下列规定：

1 竖向预制构件竖孔或空腔、水平接缝和竖向接缝的混凝土强度等级不应低于竖向预制构件的混凝土强度等级；

2 水平预制构件叠合层及预制底板后浇拼缝的混凝土强度等级不应低于对应构件的混凝土设计强度等级。

【条文说明】竖向预制构件包括预制空心柱、预制空心墙板及预制双面墙板。根据现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 及国内外相关研究，当强度相差不超过两个等级时，可采用较低强度等级的板混凝土浇筑竖向预制构件顶部水平后浇带及后浇圈梁位置、后浇节点区。

4.0.6 竖向预制构件竖孔或空腔、水平接缝内的后浇混凝土的粗骨料粒径不应大于 25 mm，坍落度宜为 200 mm ± 20 mm。混凝土坍落度及施工方法宜通过现场工艺试验确定。

【条文说明】为保证竖向预制构件竖孔或空腔、水平接缝内后浇混凝土密实，宜采用流动性较好的混凝土进行浇筑。工程实践表明，竖向预制构件竖孔或空腔、水平接缝内浇筑符合本条规定的混凝土、采用振捣棒逐孔振捣，可保证上述部位后浇混凝土浇筑密实。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 叠合混凝土结构建筑的开间、进深、门窗洞口宽度等,宜采用水平扩大模数数列 $2nM$ 、 $3nM$,层高和门窗洞口宽度等宜采用竖向扩大模数数列 nM 。

注: n 为自然数。

5.1.2 叠合混凝土结构的高宽比不宜超过表 5.1.2 的规定。计算高宽比时,建筑宽可取最大投影尺寸,平面突出的楼梯间可根据实际情况确定是否计入。

表 5.1.2 叠合混凝土结构的适用高宽比

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
叠合框架结构	4	4	3
空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构、叠合框架-剪力墙结构	6	6	5

【条文说明】房屋建筑的高宽比与建筑方案密切相关,建筑方案设计阶段即宜注意高宽比。虽然高宽比并不直接影响结构安全,但过大的高宽比可能增加结构成本。对于平面形状有凹凸的建筑,一般情况下建筑宽度可采用其最大投影尺寸。结构高度可不计入无使用功能的坡屋顶。

5.2 平、立面设计

5.2.1 叠合混凝土结构的建筑平面宜简单、规则、对称,宜采用大开间、大进深的平面布置。

【条文说明】本条规定的目的之一是为了避免扭转不规则和凹凸不规则。大开间、大进深的平面布置有利于合理布置承重墙及管井,还可以为使用提供适当的灵活性,满足建筑功能需求的变化。

5.2.2 叠合混凝土结构建筑的楼梯间、电梯间、公共管井、厨房、卫生间等模块宜进行组合设计;厨房和卫生间的平面布置宜上下对位,装修后的净空间尺寸应满足规格化、定型化部品部件的安装要求。

【条文说明】采用楼梯间、电梯间、厨房、卫生间和公共管井等模块进行组合设计,有利于采用规格化、定型化的部品部件,降低成本,规格化、定型化的部品部件包括标准化整体橱柜和标准化整体卫浴。

5.2.3 叠合混凝土结构建筑的外墙设计应满足建筑外立面多样化和经济美观的要求,并应符合下列规定:

- 1 外墙设计宜通过建筑体量、材质肌理、色彩等变化,形成丰富多样的立面效果。
- 2 外墙可采用内保温或外保温,外保温可采用单元式保温装饰一体化外墙挂板,也可

现场施工。

5.2.4 空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构的竖向承重构件宜上下连续，门窗洞口宜上下对齐、成列布置。

【条文说明】本条规定的目的之一是为了避免出现竖向不规则。

5.3 内装与机电管线设计

5.3.1 室内装修宜减少现场湿作业。

5.3.2 室内装修设计应与建筑设计、设备与管线设计同步进行，宜采用装配式楼地面、墙面和吊顶。

5.3.3 给水排水、暖通空调、电气、燃气等设备与管线应综合设计；宜选用模块化产品，接口应标准化，并应预留扩展条件。

5.3.4 设备管线宜采用与主体结构构件分离的布置方式。竖向管线布置在预制空心墙板内时，宜避开边缘构件。

【条文说明】预埋管线较多会降低预制构件生产效率，因此，管线宜与主体结构构件分离，将室内管线布置在装饰墙面、地面架空层、吊顶或隔墙空腔内。

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

5.3.6 设备管线穿过楼板的部位，应采取防水、防火、隔声、密封等措施。

5.3.7 排水系统宜采用同层排水技术，同层排水管道敷设在架空层时，宜设积水排出措施。

6 结构设计基本规定

6.1 一般规定

6.1.1 叠合混凝土结构房屋的最大适用高度应符合表 6.1.1 的规定，对下列情况的房屋最大适用高度宜进行调整：

1 具有下列情况之一时，房屋最大适用高度宜按表 6.1.1 中数值降低 5 m；同时存在多种情况时，房屋最大适用高度宜降低 10 m；

- 1) 结构平面和竖向均不规则；
- 2) 超过 50%的楼层扭转位移比大于 1.2；
- 3) 具有较多短肢剪力墙。

注：1 短肢剪力墙是指：截面厚度不大于 300 mm、截面高度与厚度之比在 4~8 间的剪力墙；

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 30%的剪力墙结构。

2 装配式部分框支剪力墙结构框支层不超过地上 2 层时，房屋最大适用高度宜按表 6.1.1 中数值降低 10 m 采用；框支层为 3 层及以上时，房屋最大适用高度宜按表 6.1.1 中数值降低 20 m 采用；当仅为局部剪力墙进行转换时，房屋最大适用高度可按表 6.1.1 中数值采用。

表 6.1.1 叠合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(0.20g)	8 度(0.30g)
叠合框架结构	60	50	40	30
空心叠合剪力墙结构	130	110	90	70
双面叠合剪力墙结构	100	90	70	60
叠合框架-剪力墙结构	100	90	70	60

注：房屋高度指室外地面到主要屋面的高度，不包括局部突出主要屋面的部分和装饰用坡屋顶。

【条文说明】确定叠合混凝土结构的最大适用高度主要考虑下述因素：安全、经济、以及现行标准相关结构类型的最大适用高度。

中国建筑标准设计研究院开展了叠合柱与现浇柱的对比试验（图8），试件设计轴压比为0.75，其中现浇柱采用普通箍筋、配箍特征值0.16，叠合柱采用复合螺旋箍、配箍特征值0.14；叠合柱试件HA、HB纵向受力钢筋均配置在角部竖孔内，采用HRB500级钢筋，与对比现浇柱试件C按照等承载力设计；叠合柱试件HA、HB预制空心柱内仅配置纵向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，二者的区别在于试件HA角部竖孔为矩形孔、采用定型管道成孔，试件HB角部竖孔为圆形、采用金属波纹管成孔。试验结果表明，叠合柱试件HA、HB在破

坏模式、承载力、变形能力等方面与现浇柱试件C没有显著差异，叠合柱采用空腔后浇混凝土叠合和大直径纵筋贯穿空腔直接连接，可以实现框架柱“等同现浇”的受力性能。

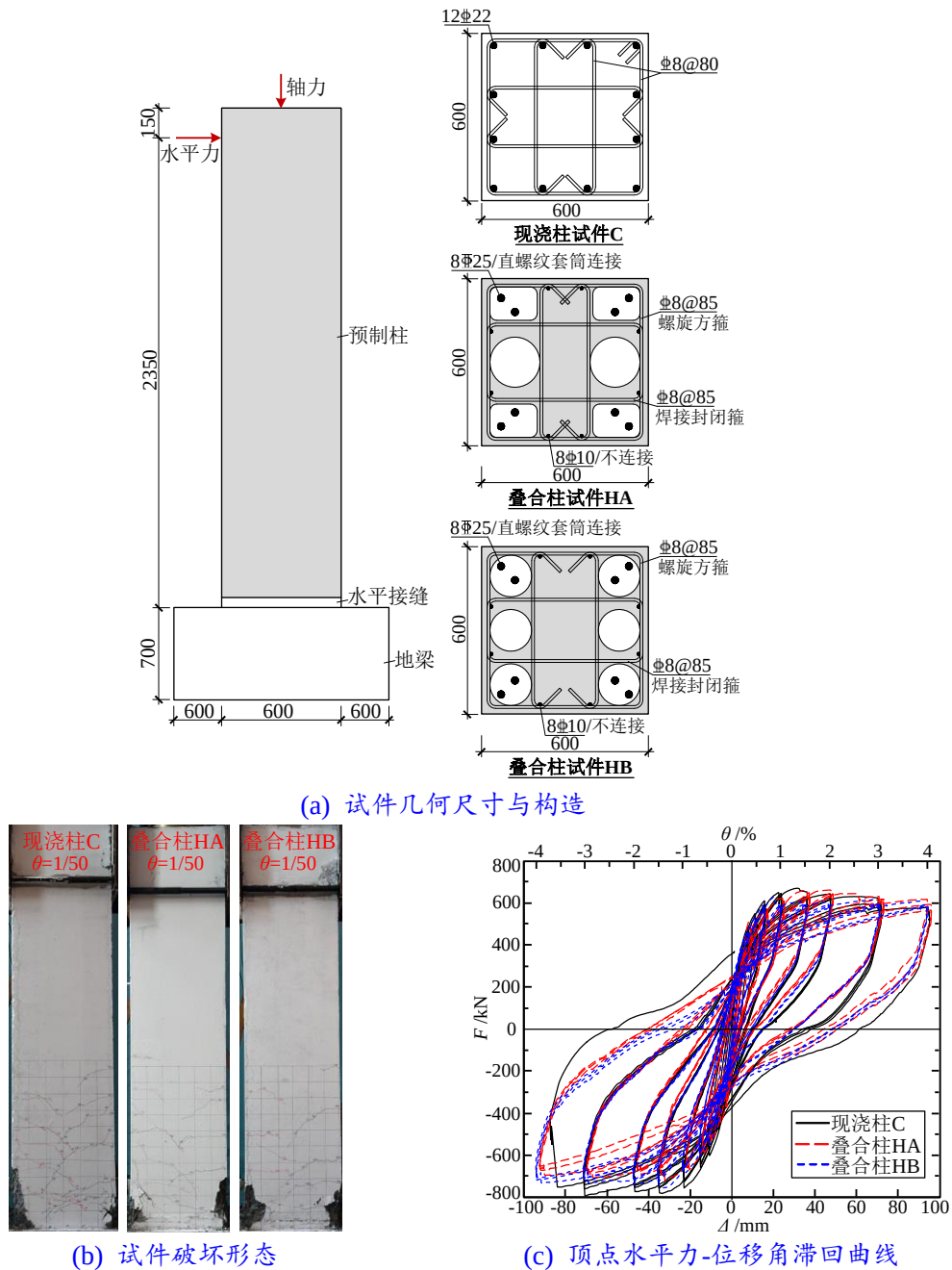
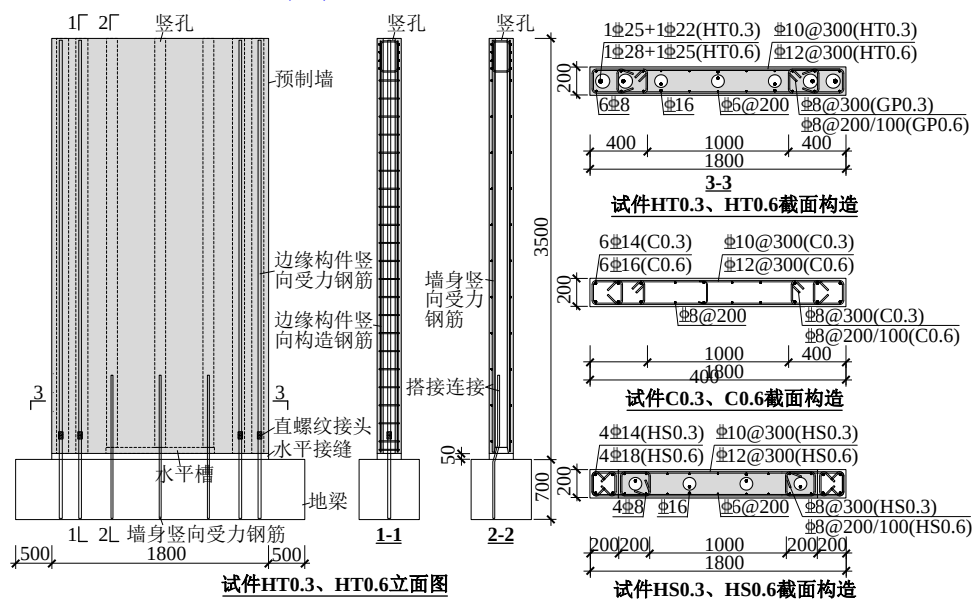


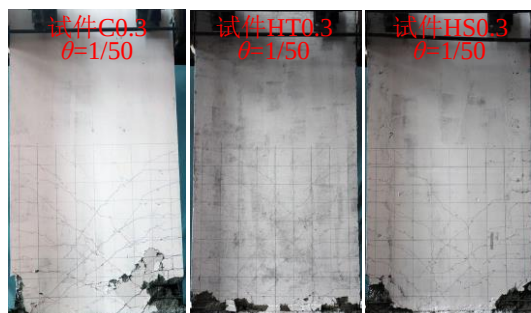
图8 叠合柱抗震性能试验结果

中国建筑标准设计研究院开展了空心叠合剪力墙与现浇剪力墙的对比试验（图9），共设计6个剪力墙试件，其中现浇剪力墙对比试件2个，试件编号中第一个字母C、H分别表示现浇剪力墙、空心叠合剪力墙，第二个字母T和S分别表示空心叠合剪力墙试件边缘构件竖向钢筋采用直螺纹接头连接和边缘构件为预制及后浇组合边缘构件，数字0.3、0.6代表设计轴压比 n_d 分别为0.3、0.6。试件均按强剪弱弯设计，墙体抗震等级均为二级，设计参数及几何尺寸见图9，研究参数包括轴压比、边缘构件构造，试件均由一字形墙体、地梁和加载顶梁组成，混凝土强度设计等级为C35。空心叠合剪力墙试件竖向分布钢筋采用1 Φ 16沿高度方向弯折搭接连接，连接钢筋间距为400 mm，搭接长度为1.0 l_{aE} 。空心叠合剪力墙试件HT0.3、

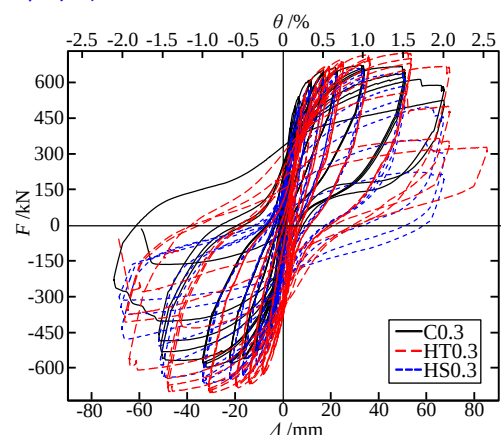
HT0.6采用预制边缘构件,采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”,预制边缘构件区域配置边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼,边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于竖孔内,上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用直螺纹接头连接。空心叠合剪力墙试件HS0.3、HS0.6采用预制及后浇组合边缘构件,即400 mm长的边缘构件由200 mm长的预制区域和200 mm长的后浇区域组成,其中200 mm长的预制区域配置4 Φ 8边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼,中心设置上下贯通的竖孔,在竖孔内楼板高度范围内设置1 Φ 16连接钢筋与4 Φ 8边缘构件竖向构造钢筋搭接连接(搭接长度为 $1.0l_{aE}$);边缘构件竖向受力钢筋主要配置在200 mm长的后浇区域内,上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用直螺纹接头连接。试件分为低轴压比和高轴压比两组,低轴压比组试件设计轴压比为0.3,设置构造边缘构件,研究采用构造边缘构件预制墙的抗震性能,边缘构件竖向钢筋为6 Φ 14;高轴压比组试件设计轴压比为0.6,设置约束边缘构件,研究采用约束边缘构件预制墙在剪力墙允许最大轴压比下的抗震性能,边缘构件竖向钢筋为6 Φ 16。试验结果表明,空心叠合剪力墙试件与对应的现浇剪力墙对比试件的破坏过程基本一致,设计轴压比为0.3、0.6的空心叠合剪力墙试件在破坏模式、承载力、变形能力等方面与现浇剪力墙对比试件没有显著差异,空心叠合剪力墙可以实现剪力墙“等同现浇”的受力性能。



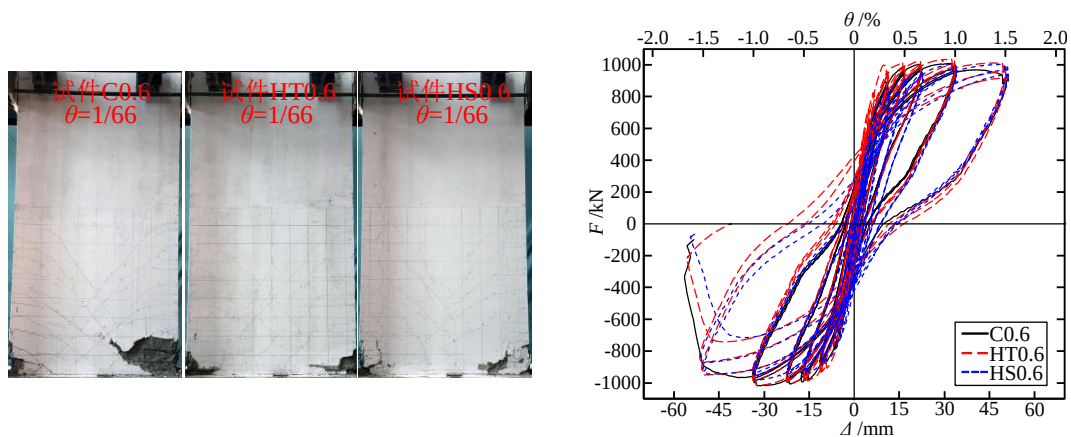
(a) 试件几何尺寸与构造



(b) 试件破坏形态 ($n_d=0.3$)



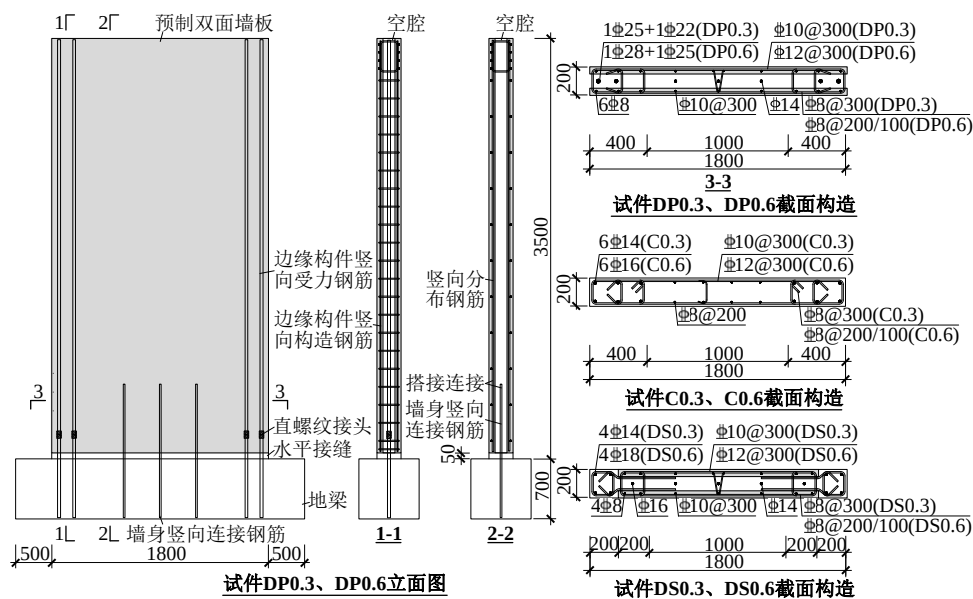
(c) 顶点水平力-位移角滞回曲线 ($n_d=0.3$)



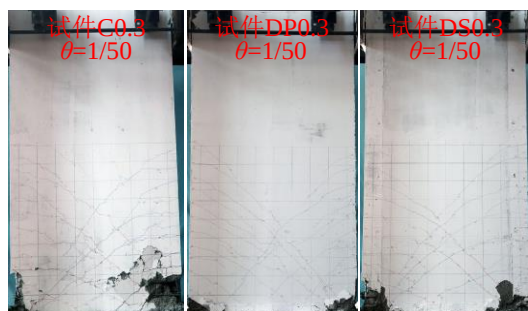
(d) 试件破坏形态 ($n_d=0.6$) (e) 顶点水平力-位移角滞回曲线 ($n_d=0.6$)

图9 空心叠合剪力墙抗震性能试验结果

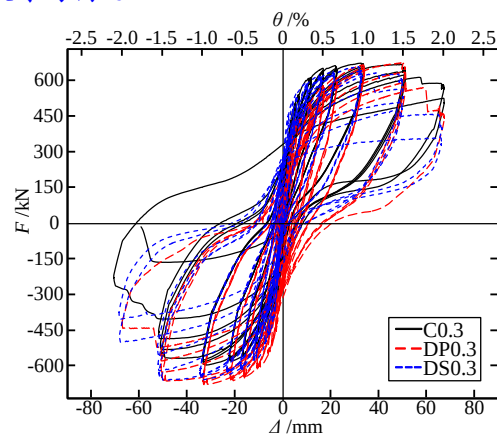
中国建筑标准设计研究院开展了双面叠合剪力墙与现浇剪力墙的对标试验(图10),共设计6个剪力墙试件,其中现浇剪力墙对比试件2个,试件编号中第一个字母C、D分别表示现浇剪力墙、双面叠合剪力墙,第二个字母P和S分别表示双面叠合剪力墙试件边缘构件为预制边缘构件和边缘构件为预制及后浇组合边缘构件,数字0.3、0.6代表设计轴压比 n_d 分别为0.3、0.6。试件均按强剪弱弯设计,墙体抗震等级均为二级,设计参数及几何尺寸见图10,研究参数包括轴压比、边缘构件构造,试件均由一字形墙体、地梁和加载顶梁组成,混凝土强度设计等级为C35。为便于预制双面墙板压合生产,双面叠合剪力墙试件的预制双面墙板竖向分布钢筋和水平分布钢筋间距均为300 mm,其中竖向分布钢筋为 $\Phi 10@300$,在空腔内楼板高度范围设置1 $\Phi 14$ 附加墙身竖向连接钢筋与对应的上、下层预制双面墙板内墙身竖向分布钢筋2 $\Phi 10$ 搭接连接(搭接长度为 $1.0l_{aE}$),附加墙身竖向连接钢筋的间距为300 mm。双面叠合剪力墙试件DP0.3、DP0.6采用预制边缘构件,采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”,预制双面墙板预制边缘构件区域配置边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼,边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于空腔内,上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用直螺纹接头连接。双面叠合剪力墙试件DS0.3、DS0.6采用预制及后浇组合边缘构件,即400 mm长的边缘构件由200 mm长的预制区域和200 mm长的后浇区域组成,其中200 mm长的预制区域配置4 $\Phi 8$ 边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼,在空腔内楼板高度范围内设置1 $\Phi 16$ 连接钢筋与4 $\Phi 8$ 边缘构件竖向构造钢筋搭接连接(搭接长度为 $1.0l_{aE}$);边缘构件竖向受力钢筋主要配置在200 mm长的后浇区域内,上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用直螺纹接头连接。试件分为低轴压比和高轴压比两组,低轴压比组试件设计轴压比为0.3,设置构造边缘构件,研究采用构造边缘构件预制墙的抗震性能,边缘构件竖向钢筋为6 $\Phi 14$;高轴压比组试件设计轴压比为0.6,设置约束边缘构件,研究采用约束边缘构件预制墙在剪力墙允许最大轴压比下的抗震性能,边缘构件竖向钢筋为6 $\Phi 16$ 。试验结果表明,双面叠合剪力墙试件与对应的现浇剪力墙对比试件的破坏过程基本一致,设计轴压比为0.3、0.6的双面叠合剪力墙试件在破坏模式、承载力、变形能力等方面与现浇剪力墙对比试件没有显著差异,双面叠合剪力墙可以实现剪力墙“等同现浇”的受力性能。



(a) 试件几何尺寸与构造



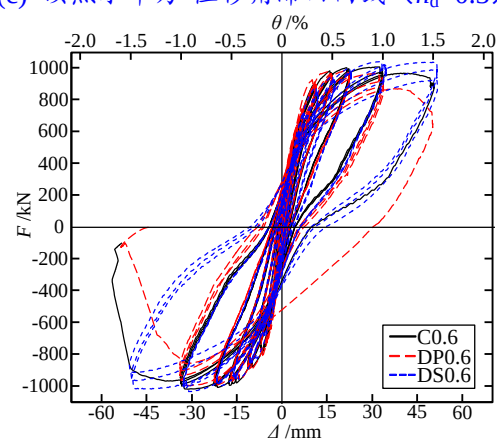
(b) 试件破坏形态 ($n_d=0.3$)



(c) 顶点水平力-位移角滞回曲线 ($n_d=0.3$)



(d) 试件破坏形态 ($n_d=0.6$)



(e) 顶点水平力-位移角滞回曲线 ($n_d=0.6$)

图 10 双面叠合剪力墙抗震性能试验结果

此外，为验证空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙边缘构件采用叠合、部分叠合部分现浇构造的受压性能，中国建筑标准设计研究院开展了空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙叠合、部分叠合部分现浇边缘构件的轴压性能试验，试验结果表明，叠合、部分叠合部分现浇边缘构件的受压破坏模式、轴压承载力及极限压应变与现浇边缘构件没有明显区别，叠合、部分叠合部分现浇边缘构件混凝土的箍筋约束效果可达到“等同现浇”的目标。

综上，叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙的破坏模式、承载力、变形能力等抗震性能主要指标与现浇柱或现浇剪力墙对比试件没有显著差异，采用“非同现浇构造”的叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙可实现“等同现浇性能”的受力性能。叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙根部为高50~70 mm的后浇混凝土水平接缝，与下层楼板顶面之间为新旧混凝土结合面，与现浇柱、现浇剪力墙施工缝处的新旧混凝土结合面是相同的。基于上述理由，规定了叠合框架结构、空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构及叠合框架-剪力墙结构的最大适用高度。

抗震试验中采用本规程构造的双面叠合剪力墙在高轴压比下可实现“等同现浇”的抗震性能，但预制双面墙板的两侧壁板需两次预制、压合生产，约束边缘构件内竖向钢筋、箍筋及拉筋较为密集，钢筋与混凝土骨料碰撞几率大，将会影响预制双面墙板的压合生产效率和箍筋压入深度。实际工程中已出现采用传统构造的双面叠合剪力墙钢筋压入深度不足的问题，空腔内后浇混凝土浇筑时两侧壁板胀模、开裂现象时有发生。此外双面叠合剪力墙为连续空腔，两侧壁板预制混凝土、中间空腔后浇混凝土三层混凝土通过钢筋桁架拉结，空腔后浇混凝土与两侧壁板预制混凝土干缩不一致，易导致空腔后浇混凝土与两侧壁板预制混凝土结合面脱开，影响双面叠合剪力墙在高轴压比下的受力性能。建筑高度增加将导致底部墙体配筋和轴压比增大，对双面叠合剪力墙的预制生产和受力性能产生一定影响，考虑实际生产和施工因素，本规程对双面叠合剪力墙结构的最大适用高度和设计轴压比进行一定限制，以保证结构安全，同时便于施工。

6.1.2 叠合混凝土结构构件的抗震设计，应根据设防类别、设防烈度、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。丙类叠合混凝土结构的抗震等级应按表 6.1.2 确定。

表 6.1.2 丙类叠合混凝土结构的抗震等级

结构类型		设防烈度						
		6 度		7 度			8 度	
叠合框架结构	高度（m）	≤24	>24	≤24		>24	≤24	>24
	框架	四	三	三		二	二	一
	大跨度框架	三		二			一	
空心叠合剪力墙结构	高度（m）	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	>24
	剪力墙	四	三	四	三	二	三	二
双面叠合剪力墙结构	高度（m）	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	>24
	剪力墙	四	三	四	三	二	三	二
叠合框架-剪力墙结构	高度（m）	≤60	>60	≤24	25~60	>60	≤24	>24
	框架	四	三	四	三	二	三	二
	剪力墙	三		三	二		二	一

注：1 建筑场地为I类时，除 6 度外应允许按表内降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施，但相应

的计算要求不降低；

2 大跨度框架指跨度不小于 18 m 的框架。

【条文说明】叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙根部为高50~70 mm的后浇混凝土水平接缝,与下层楼面的连接方式与现浇结构相同,因此,叠合混凝土结构抗震等级的划分,分别与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 (2016年版) 现浇结构抗震等级的划分一致。

6.1.3 叠合混凝土结构应根据建筑平面和形体特征等合理划分结构单元,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。

【条文说明】本条文根据国家现行标准《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等的有关规定编写。

6.1.4 叠合混凝土结构竖向布置宜连续、均匀、完整,并应符合国家现行标准《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。

6.1.5 叠合混凝土结构叠合构件的承载力计算应符合下列规定:

1 可按现浇钢筋混凝土构件计算承载力;

2 构件截面尺寸可采用预制和后浇混凝土的总截面尺寸,混凝土强度等级宜采用预制和后浇混凝土强度等级的较小值;

3 计算叠合柱的正截面受压承载力时,应计入竖孔纵向受力钢筋;计算叠合柱的斜截面受剪承载力时,应计入预制空心柱的箍筋、拉筋;

4 计算空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙的正截面受压承载力时,应计入竖孔或空腔内边缘构件竖向受力钢筋、墙身竖向连接钢筋;计算空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙的斜截面受剪承载力时,应计入预制空心墙板或预制双面墙板内的水平分布钢筋。

【条文说明】主编单位开展的试验研究表明,叠合柱、空心叠合剪力墙和双面叠合剪力墙的正截面受压承载力试验值均大于按国家现行标准现浇钢筋混凝土构件相应承载力计算值,因此,可按现浇混凝土构件计算其承载力。

6.1.6 空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构的屋面及立面收进的楼层,应在预制空心墙板、预制双面墙板顶部设置封闭的后浇钢筋混凝土圈梁,其他楼层应在预制空心墙板、预制双面墙板顶部设置连续的水平后浇带。后浇圈梁及水平后浇带应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.1.7 空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构的剪力墙布置应符合下列规定:

1 剪力墙应沿两个主轴方向或其他方向双向布置。

2 剪力墙宜自下而上连续布置,避免侧向刚度突变。

3 抗震等级为一、二、三级时，底部加强部位不宜采用错洞墙，建筑全高不宜采用洞口局部重叠的叠合错洞墙。

6.1.8 叠合混凝土结构构件的承载力抗震调整系数 (γ_{RE}) 应按表 6.1.8 采用。预埋件锚筋截面计算的承载力抗震调整系数 (γ_{RE}) 应取为 1.0。

表 6.1.8 承载力抗震调整系数 (γ_{RE})

构件类别	梁	柱		剪力墙	各类构件
		轴压比<0.15	轴压比≥0.15		
受力状态	受弯	偏压		偏压	受剪、偏拉
γ_{RE}	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85

6.1.9 预制构件应进行脱模、翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下施工验算，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.1.10 预埋件和连接件等外露金属件应综合考虑正常使用和施工阶段的要求及特点，按不同环境类别进行封闭或防腐、防锈、防火处理，并应符合耐久性要求。

6.2 结构分析

6.2.1 叠合混凝土结构弹性分析应符合下列规定：

- 1 可按现浇钢筋混凝土结构进行弹性分析；
- 2 可假定叠合楼板楼盖和现浇楼盖在自身平面内为无限刚性，也可假定在自身平面内为弹性；当楼板局部不连续时，宜假定在自身平面内为弹性；
- 3 楼面梁的刚度可计入楼板的翼缘作用予以增大，刚度增大系数可根据翼缘情况取为 1.3~2.0。

6.2.2 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与层高之比 ($\Delta u/h$) 的限值应按表 6.2.2 采用。

表 6.2.2 楼层层间最大位移与层高之比的限值

结构类型	$\Delta u/h$ 限值
叠合框架结构	1/550
空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构	1/1000
叠合框架-剪力墙结构	1/800

6.3 预制构件设计与选用

6.3.1 叠合混凝土结构中的预制构件宜采用标准化设计的方法，宜选用通用构件，并应符合下列规定：

1 楼板、楼梯等预制构件类型宜选用标准尺寸的通用构件，柱、剪力墙、梁、悬挑板等预制构件类型宜选用标准尺寸的通用构件；

2 预制构件应采用标准化的配筋构造形式及做法，并宜与标准化的预制构件连接、构件与部品接口进行设计协调。

【条文说明】2021年，住建部发布了《装配式混凝土结构住宅主要构件尺寸指南》等三本与通用部品部件及连接接口的选用与设计相关的指南；近几年，陆续发布了一系列与标准化相关的技术标准，如《工业化住宅尺寸协调标准》《装配式住宅建筑设计选用标准》等。这些工作对推动和引导全国各地区、主要行业及企业在建筑工程的设计与生产中，大力提升建筑设计和建筑产品、建造过程的标准化程度具有极大地指导意义。装配式建筑的发展与部品部件是不可分的，预制构件与部件的标准化是发展的重要内容与任务之一。本规程按预制构件的类型提出了通用构件及标准连接接口等的选用设计、标准化设计及设计协调的要求，这些内容是装配式结构设计中应采用的具体方法，也是评价装配式建筑水平的重要标志。

6.3.2 预制构件在脱模、起吊、运输、安装等制作和施工阶段应进行承载力和裂缝控制验算，结构重要性系数 γ_0 可取 0.9。

【条文说明】大型预制构件在脱模、起吊、运输、安装等各个环节的设计验算是不能忽视的，预制构件设计应考虑施工阶段的附加要求，对制作、运输、安装等过程中可能存在的安全性问题及影响使用的问题等应予以重视。

6.3.3 叠合混凝土结构的预制构件在平面布置及构造设计中，应与机电设备、室内装修等专业进行设计协调，宜采用集成设计，并应符合下列规定：

1 预制部件表面不宜为水电管线设置需要装修封堵的凹槽；

2 埋置在预制构件内的水电管线、孔洞、插接线盒的布置范围、位置和尺寸等，应与预制构件及其连接的钢筋、连接件、拉结件、预埋件、施工吊件及支撑件等进行协调；不应采用截断预制构件的纵向受力钢筋及连接钢筋的做法，不应采用可能导致预制构件的连接件、拉结件、预埋件、施工吊件及支撑件等失效的做法；

3 剪力墙厚度小于 300 mm 时，强电和弱电配电箱、消防栓等不宜设置在剪力墙内；当需要埋置在墙板构件内时，应满足下列要求：

1) 不应放置在短肢墙剪力墙内及剪力墙的边缘构件区；

2) 管线布置宜分散，应避免或减少管线对墙体与楼板连接处产生较大削弱。

6.3.4 在空心叠合剪力墙结构、双面叠合剪力墙结构中宜使用预制板式楼梯，并应符合下列规定：

1 预制板式楼梯与支撑构件之间宜采用简支连接，在楼层处或梯段板的上端支座宜为固定铰，另一端可为滑动铰；

- 2 预制板式楼梯的跨厚比取值宜在 25~27 之间，跨度大时取较小值；
- 3 梯段板的板底和板面应配置通长的纵向钢筋；
- 4 预制楼梯端部在支撑构件上的搁置长度应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 预制楼梯在支撑构件上的最小搁置长度 (mm)

抗震设防烈度	6 度、7 度	8 度
最小搁置长度	75	100

6.4 楼盖设计

6.4.1 叠合混凝土结构的楼盖宜采用叠合楼盖。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楼层宜采用现浇楼盖。

6.4.2 屋盖采用叠合楼盖时，叠合层厚度应适当加大，且叠合层应配置双向通长钢筋，钢筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm。

【条文说明】屋盖采用叠合楼盖时，在叠合层配置双向通长钢筋作为抗裂钢筋控制温度裂缝，本条文给出了抗裂钢筋的构造要求。

6.4.3 叠合板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行设计，并应符合下列规定：

- 1 叠合板后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60 mm；
- 2 跨度小于 3.6 m 时，可采用预制钢筋混凝土底板；
- 3 跨度大于 3.6 m 时，可采用预制桁架钢筋混凝土底板；
- 4 跨度大于 6.0 m 时，可采用预制预应力混凝土底板；
- 5 跨度大于 7.2 m 时，可采用预制空心混凝土底板。

【条文说明】参考现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定给出了叠合板的设计选型原则。特殊条件下，叠合板小范围局部降板区域后浇混凝土叠合层厚度可减小至 40 mm。

6.4.4 叠合板预制底板的纵向受力钢筋不伸入支座时（图 6.4.4），应符合下列规定：

- 1 叠合层厚度不应小于 70mm；
- 2 支座处应在预制底板板面配置垂直于板端的搭接钢筋，搭接钢筋直径不应小于 8mm、间距不宜大于 250mm，截面积不应小于本规程第 6.4.5 条规定的计算值，也不应小于预制底板跨中同方向受力钢筋面积的 1/3，抗拉、抗压强度设计值不应低于与搭接钢筋平行的预制底板同方向受力钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

- 3 端支座处，搭接钢筋伸入叠合层的长度 (l_1) 不应小于钢筋受拉锚固长度 (l_a) 的 1.2

倍；当板端承担负弯矩时，搭接钢筋伸入支承梁或墙的长度（ l_2 ）不应小于 $15d$ 且宜伸至支座中心线；当板端承受正弯矩时，搭接钢筋伸入支承梁或墙的长度（ l_2 ）不应小于受拉锚固长度（ l_a ）。

4 中支座处，搭接钢筋应贯通支承梁或墙，且每侧伸入叠合层的长度（ l_1 ）不应小于钢筋受拉锚固长度（ l_a ）的 1.2 倍。

5 搭接钢筋伸入叠合层的长度范围内应布置垂直于搭接钢筋的横向钢筋，横向钢筋直径不宜小于 6mm，数量不宜少于 3 根，且宜与搭接钢筋绑扎。

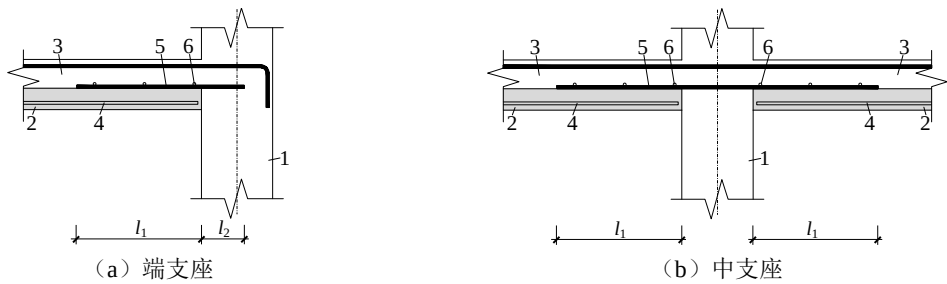


图 6.4.4 预制底板纵向受力钢筋不伸入支座构造示意图

1—支座（墙或梁）；2—预制底板；3—叠合层；4—板底钢筋；5—搭接钢筋；6—横向钢筋

【条文说明】预制底板纵向受力钢筋伸出板端，即板端出筋，给生产、运输、安装造成困难，且增加建造成本。在竖向荷载和风荷载作用下，预制底板板端纵向受力钢筋处于受压状态，在地震作用下，预制底板板端纵向受力钢筋有可能受拉。为研究预制底板纵向受力钢筋不伸出板端的叠合楼板的抗震性能，清华大学开展了两个单层两跨桁架叠合板-剪力墙子结构试件的拟静力试验。试件1的预制底板纵向受力钢筋伸出板端，即板端出筋试件；试件2的预制底板纵向受力钢筋不伸出板端，但在预制底板板面配置垂直于板端的搭接钢筋，即板端不出筋试件。预制底板厚60 mm，叠合层厚70 mm，边墙厚200 mm，中墙厚250 mm，层高2900 mm，楼板跨度3800 mm。试件按强墙肢弱叠合板设计。叠合板上施加模拟重力荷载代表值的竖向荷载，剪力墙顶部施加往复水平力，水平力与剪力墙平面垂直。试验结果表明：施加竖向荷载后，2个试件叠合板跨中的竖向位移都很小；剪力墙水平位移角1/100时，板端叠合层的纵向钢筋受拉屈服，试件2的水平力略大；2个试件的位移角分别为1/24和1/21时，达到峰值水平力，试件2的峰值水平力略大；位移角1/50时，试件1预制底板板端纵向受拉钢筋屈服，试件2板面搭接钢筋受拉屈服；位移角不大于1/50时，2个试件板端裂缝均为受弯裂缝，2个试件各级位移第一次往复加载的滞回曲线接近，第二、三次往复加载，试件2滞回曲线的捏拢程度比试件1严重。可见，除耗能能力略低外，板端不出筋桁架叠合板的抗震性能与板端出筋桁架叠合板的抗震性能几乎相同，桁架预制板纵向受力钢筋不伸出板端可行。依据试验研究和计算分析成果，参考中国工程建设标准化协会标准《钢筋桁架混凝土叠合板应用技术规程》T/CECS 715-2020的有关规定，编写本条文。

6.4.5 预制底板的纵向受力钢筋不伸入支座时，叠合板板端截面承载力计算应符合下列规定：

1 计算板端负弯矩受弯承载力时，截面有效高度可取叠合层纵向钢筋中心线至预制底

板板底的距离；

2 板端构造符合本规程第 6.4.4 条的规定、计算板端正弯矩受弯承载力时，搭接钢筋可作为受拉钢筋，截面有效高度可取搭接钢筋中心线到叠合层上表面的距离。

3 叠合板支座构造符合本规程第 6.4.4 条的规定时，可不验算板端受剪承载力。

6.5 连接设计

6.5.1 叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙水平接缝宜设置在楼面标高处，水平接缝处应剔除楼面混凝土表层，露出石子，并清理干净；水平接缝后浇混凝土应与叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙竖孔或空腔内后浇混凝土同时浇筑。

6.5.2 除抗震等级为一级的空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙，当叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙水平接缝构造及接缝处钢筋连接构造满足本规程的相关规定时，可不验算水平接缝的受剪承载力。

【条文说明】叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙根部为高 50~70 mm 的后浇混凝土水平接缝，底部水平接缝位置存在上、下两个新老混凝土界面。与下层楼板顶面之间为新旧混凝土结合面，楼板顶面与预制构件接触部位人工拉毛，与现浇柱、现浇剪力墙施工缝处的新旧混凝土结合面是相同的。竖孔或空腔内后浇混凝土与水平接缝后浇混凝土整体浇筑，在对应的上界面位置形成多个抗剪键槽。上界面抗剪能力明显强于下界面，下界面构造与现浇柱、现浇剪力墙水平施工缝的构造相同。现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 第 7.2.12 条规定，仅需对抗震等级为一级的现浇剪力墙进行水平施工缝的抗滑移验算。参考现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010，除抗震等级为一级的空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙，当叠合柱、空心叠合剪力墙及双面叠合剪力墙水平接缝构造及接缝处钢筋连接构造满足本规程的相关规定时，可不验算水平接缝的受剪承载力。

6.5.3 在地震设计工况下，抗震等级为一级的空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙水平接缝的受剪承载力宜按下式计算：

$$V_{uE} = 0.6f_y A_{sd} + 0.8N \quad (6.5.3)$$

式中： V_{uE} —— 地震设计状况下剪力墙底部水平接缝受剪承载力设计值；

f_y —— 垂直穿过水平接缝的竖向钢筋抗拉强度设计值；

A_{sd} —— 垂直穿过水平接缝的竖向钢筋面积；

N —— 与剪力设计值 V 相应的垂直于水平接缝的轴向力设计值，压力时取正值，拉力时取负值；当大于 $0.6f_c b_w h_{w0}$ 时，取为 $0.6f_c b_w h_{w0}$ ；此处 f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值， b_w 为剪力墙厚度， h_{w0} 为剪力墙截面有效高度。

【条文说明】参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1，给出了地震设计工况下抗震等级为一级的空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙水平接缝的受剪承载力计算公式，计算

公式与《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231及《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
建议的预制剪力墙水平接缝受剪承载力计算公式、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
建议的一级现浇剪力墙水平施工缝的抗滑移验算公式相同。

7 叠合框架结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 房屋高度不大于 24 m 的叠合框架结构可全高采用叠合柱；房屋高度大于 24 m 的叠合框架结构的首层柱采用叠合柱时，应采取可靠技术措施。

【条文说明】参考现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231，编写本条文。

7.1.2 叠合框架-剪力墙结构中的框架柱宜采用叠合柱，剪力墙可采用现浇墙或带边框柱的空心叠合剪力墙、双面叠合剪力墙，叠合柱、空心叠合剪力墙和双面叠合剪力墙的设计应符合本规程的有关规定。

7.2 预制构件及其连接

7.2.1 预制空心柱的构造（图 7.2.1）应符合下列规定：

- 1 预制空心柱宜采用矩形截面，截面边长不宜小于 500 mm；
- 2 预制空心柱角部应设置竖孔，相邻角部竖孔净距大于 400 mm 时，宜在相邻角部竖孔间增设竖孔；
- 3 可在预制空心柱中部增设竖孔减轻预制空心柱自重；
- 4 竖孔可为圆孔、矩形孔、椭圆孔或其组合形状；竖孔的直径或边长不宜小于 90 mm，且不宜大于 200 mm；
- 5 预制空心柱内设置柱纵向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，柱纵向构造纵筋直径不宜小于 8 mm、不宜大于 12 mm；
- 6 预制空心柱箍筋、拉筋构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇柱的有关规定；箍筋宜采用连续复合箍筋，采用普通箍筋时，普通箍筋弯钩应避开竖孔；
- 7 预制空心柱底面中心位置宜设置排气管，排气管直径不宜小于 16 mm。

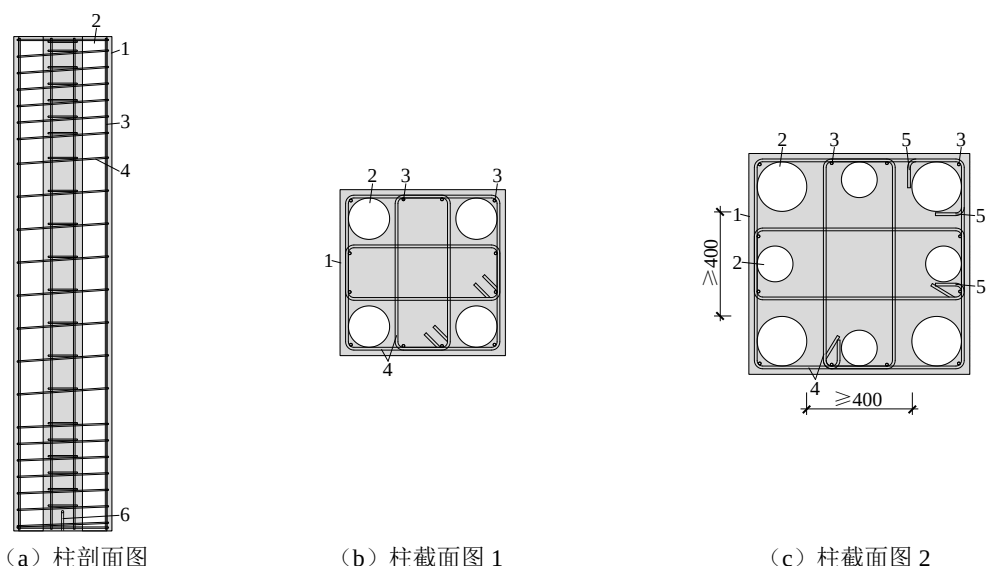


图 7.2.1 预制空心柱构造示意

1—预制空心柱；2—竖孔；3—纵向构造钢筋；4—箍筋；5—弯钩；6—排气管

【条文说明】本规程叠合柱采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”，将保证框架柱抗弯能力的柱纵向受力钢筋与保证框架柱混凝土约束效果、变性能力的箍筋分离配置，预制空心柱内配置纵向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，箍筋、拉筋构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011中对现浇柱的有关规定，保证柱混凝土的箍筋约束效果，改善叠合柱的弹塑性变形能力；在竖孔内集中设置柱纵向受力钢筋，保证叠合柱的受弯承载力。

为实现柱纵向受力钢筋的布置，在预制空心柱角部设置竖孔，当柱截面较大，仅在四个角部设置竖孔时，竖孔内纵向受力钢筋的间距较大，参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231对预制柱纵向受力钢筋间距不应大于400 mm的要求，此时可在相邻角部竖孔间增设竖孔。此外，柱截面较大时，为减少吊重，可在预制空心柱中部增设竖孔减轻预制空心柱自重，降低吊装成本。

预制空心柱竖孔可采用圆孔、矩形孔、椭圆孔或其组合形状，可根据具体生产条件，采用预埋金属波纹管成孔或者抽芯、气囊成孔。考虑到竖孔内后浇混凝土浇筑及振捣操作，要求竖孔的直径或边长不宜小于90 mm；兼顾预制柱箍筋布置，建议竖孔的直径或边长不宜大于200 mm。

预制空心柱角部设置竖孔后，传统箍筋135°弯钩与竖孔冲突，考虑到预制空心柱工厂化制造的优势及现阶段焊接封闭箍筋焊接质量可靠性不足的现状，建议预制空心柱外围箍筋采用矩形螺旋箍筋，其受力性能更为优异，用钢量更低。采用普通箍筋时，如下图所示，普通箍筋弯钩可在传统135°弯钩箍筋的基础上将弯钩向竖孔内侧延伸、90°弯折锚固，避开竖孔，同时其弯钩锚固条件较传统135°弯钩箍筋更为有利，可保证柱压应力较高时箍筋弯钩不拉开。上述箍筋形式涉及专利“一种多次弯折免碰撞箍筋 2021213536559”，使用者可直接与本规程主编单位协商处理。

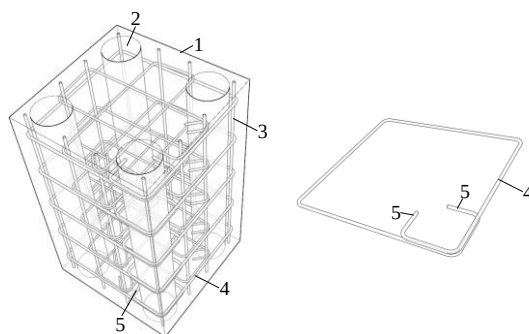


图 11 普通箍筋弯钩避开竖孔构造示意

1—预制空心柱；2—竖孔；3—纵向构造钢筋；4—箍筋；5—弯钩

7.2.2 上下层预制空心柱宜在楼面标高处连接，柱纵向受力钢筋及连接构造（图 7.2.2）应符合下列规定：

1 可采用柱底密接缝连接或柱底后浇段连接，柱纵向受力钢筋配置在预制空心柱竖孔内、沿高度方向上下贯通，上下层柱纵向受力钢筋在预制空心柱底部采用机械连接接头连接，机械连接接头宜选用直螺纹接头，单个竖孔内纵向受力钢筋根数不宜超过 4 根；

2 柱底密接缝连接时，应先完成柱纵向受力钢筋连接，后安装上层预制空心柱；密接缝高度不宜小于 50 mm 且不宜大于 70 mm，可采用垫片控制密接缝高度；钢筋机械连接接头设置在密接缝上方，相邻钢筋机械连接接头宜错开，错开高度不宜小于 150 mm；

3 柱底后浇段连接时，可先安装上层预制空心柱，后完成柱纵向受力钢筋连接；后浇段高度不宜小于 150 mm 且不宜大于 300 mm，可采用支腿控制后浇段高度；钢筋机械连接接头设置在后浇段范围内，接头位置应满足纵向受力钢筋机械连接的操作要求；后浇段内应设置箍筋，箍筋构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇柱的有关规定，后浇段底部第一道箍筋距柱底面不应大于 50 mm；

4 纵向受力钢筋宜采用 HRB500 级钢筋，外侧纵向受力钢筋中心距柱边的距离不宜大于 75 mm；

5 纵向受力钢筋配筋面积可采用“等强替代方法”计算，即纵向受力钢筋的总受拉承载力不低于原始配筋的总受拉承载力；也可采用“直接配筋设计方法”计算，即根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 现浇柱正截面受压承载力计算方法进行配筋面积计算；

6 柱底密接缝或柱底后浇段内混凝土与竖孔内混凝土同时浇筑。

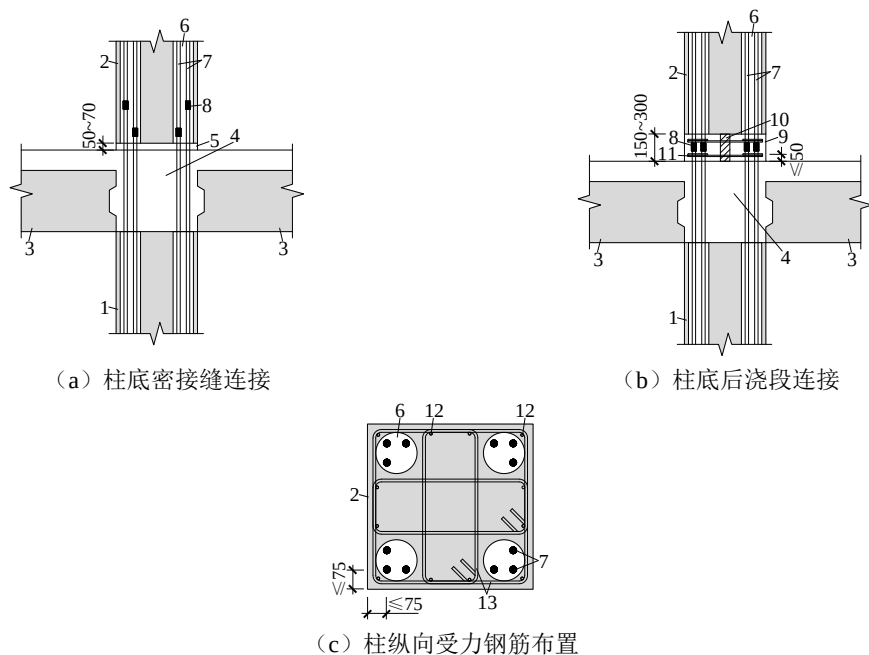


图 7.2.2 叠合柱水平接缝处连接构造示意

1—下层预制空心柱；2—上层预制空心柱；3—叠合梁；4—后浇节点区；5—柱底密接缝；6—竖孔；7—纵向受力钢筋；8—机械连接接头；9—柱底后浇段；10—支腿；11—后浇段箍筋；12—纵向构造钢筋；13—箍筋

【条文说明】叠合柱采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”，施工现场在预制空心柱竖孔内通高配置柱纵向受力钢筋保证框架柱的抗弯能力，考虑到竖孔内后浇混凝土浇筑、振捣施工需要，单个竖孔内纵向受力钢筋根数不宜超过4根。考虑连接可靠性，上下层柱纵向受力钢筋在预制空心柱底部宜选用直螺纹接头连接。

竖孔内柱纵向受力钢筋优先采用HRB500级钢筋减少根数及直径，同时采用HRB500级钢筋可进一步降低成本。叠合框架结构可按传统现浇框架结构进行弹性分析和配筋设计，叠合柱的柱纵向受力钢筋力臂大于传统现浇柱的柱纵向受力钢筋力臂，因此叠合柱的纵向受力钢筋配筋面积可采用“等强替代方法”，即纵向受力钢筋的总受拉承载力不低于原始配筋的总受拉承载力，可保证叠合柱的正截面承载力不低于传统配筋构造。进一步地，可采用“直接配筋设计方法”进行精细设计，即根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010现浇柱正截面受压承载力计算方法进行配筋面积计算。

根据施工现场柱纵向受力钢筋和预制空心柱的安装先后顺序，上下层预制空心柱可采用柱底密接缝连接或柱底后浇段连接。预制空心柱高度不大时，可先采用直螺纹接头续接上层预制空心柱竖孔内柱纵向受力钢筋，再安装预制空心柱，相邻钢筋直螺纹接头宜错开实现柱纵向受力钢筋顶部处于不同标高，降低柱纵向受力钢筋与预制空心柱竖孔的对位难度，实现快速安装，此时预制空心柱底部预留50~70 mm高的密接缝即可。预制空心柱高度较大时，柱纵向受力钢筋与预制空心柱竖孔对位难度较大，此时可先安装预制空心柱，再穿设柱纵向受力钢筋并在预制空心柱底部实现钢筋连接，此时预制空心柱底部需预留150~300 mm高的后浇段，后浇段内应按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011中对现浇柱的有关规定配置箍筋。

7.2.3 叠合柱与基础或下层现浇柱连接时，柱纵向受力钢筋连接应符合本规程第 7.2.2 条的规定。

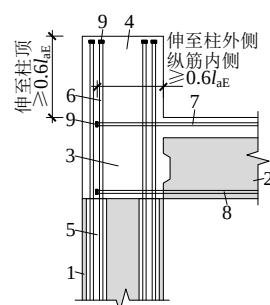
7.2.4 梁纵向钢筋在后浇节点区内可采用直线锚固、弯折锚固或机械锚固，其锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；当梁、柱纵向钢筋采用锚固板时，应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的有关规定。

7.2.5 对框架顶层端节点，梁下部纵筋应锚固在后浇节点区内，且宜采用锚固板的锚固方式，此时锚固长度不应小于受拉钢筋抗震锚固长度（ l_{aE} ）的 0.6 倍，框架梁和叠合柱的纵向受力钢筋在后浇节点区的锚固和连接（图 7.2.5）应符合下列要求：

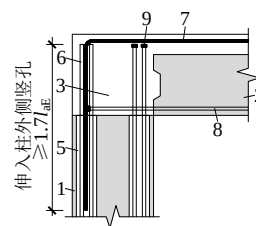
1 柱宜伸出屋面并满足柱纵向受力钢筋锚固要求[图 7.2.5（a）]，柱纵向受力钢筋宜采用锚固板等机械锚固措施，此时锚固长度不应小于 $0.6l_{aE}$ ，且应伸至柱顶；伸出段内箍筋间距不应大于柱纵向受力钢筋直径的 5 倍，且不应大于 100 mm；梁上部纵筋应锚固在后浇节点区内，且宜采用锚固板等机械锚固措施，此时锚固长度不应小于 $0.6l_{aE}$ ，且应伸至柱外侧纵筋内侧；

2 柱外侧纵向受力钢筋也可与梁上部纵筋在后浇节点区搭接[图 7.2.5（b）]，此时梁上部纵筋弯折伸入柱外侧竖孔内，搭接长度不应小于 $1.7l_{aE}$ ，其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；柱内侧纵向受力钢筋宜采用锚固板等机械锚固措施；梁上部纵筋弯折伸入的柱外侧竖孔的直径或边长不宜小于 150 mm；

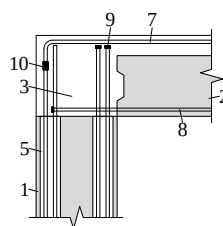
3 柱外侧纵向受力钢筋也可与梁上部纵筋在后浇节点区内采用机械连接接头连接[图 7.2.5（c）]，机械连接接头宜选用正反丝直螺纹接头或套筒挤压接头，柱内侧纵向受力钢筋宜采用锚固板等机械锚固措施。



(a) 柱向上延伸



(b) 梁柱外侧钢筋搭接



(c) 梁柱外侧钢筋机械连接

图 7.2.5 框架顶层端节点构造示意

1—预制空心柱；2—叠合梁；3—后浇节点区；4—柱延伸段；5—竖孔；6—柱纵向受力钢筋；7—梁上部纵筋；8—梁下部纵筋；9—钢筋锚固板；10—机械连接接头

【条文说明】叠合框架梁柱中间层中间节点、中间层端节点、顶层中间节点可采用传统装配式框架结构梁柱节点构造。叠合框架顶层端节点中，梁、柱钢筋在节点中的锚固和连接方式是决定施工可行性以及节点受力性能的关键。叠合框架顶层端节点可采用柱向上延伸、梁柱外侧钢筋搭接或梁柱外侧钢筋机械连接等三种形式，其中柱向上延伸、梁柱外侧钢筋搭接两种节点构造与传统装配式框架结构梁柱节点构造类似，梁柱外侧钢筋机械连接节点构造传力更为直接且节点区钢筋数量少，现场后浇节点区混凝土浇筑质量易于保证，机械连接接头宜选用正反丝直螺纹接头或套筒挤压接头。梁、柱纵向受力钢筋宜采用较粗直径，避免节点核心区梁柱钢筋过多，影响预制构件安装及后浇节点区混凝土浇筑。梁、柱纵向受力钢筋在节点核心区锚固位置冲突时，可弯折避让，弯折角度不宜大于1:6。

8 预制空心叠合剪力墙结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 空心叠合剪力墙结构可全高采用空心叠合剪力墙，其边缘构件可现浇，或叠合，或部分现浇部分叠合，轴压比应符合下列规定：

- 1 空心叠合剪力墙的轴压比不宜大于 0.6；
- 2 计算轴压比时，墙厚应取空心叠合剪力墙的总厚度，混凝土强度等级宜取预制和后浇混凝土强度等级的较小值。

【条文说明】叠合边缘构件指空心叠合剪力墙边缘构件区域全部预制，形成由边缘构件外围预制区域和竖孔内后浇区域组成的整体叠合边缘构件。部分现浇部分叠合边缘构件指空心叠合剪力墙边缘构件范围部分区域设置竖向后浇段、部分区域预制，形成由部分全现浇区域和部分叠合区域组成的整体边缘构件。

中国建筑标准设计研究院开展的空心叠合剪力墙与现浇剪力墙的对比试验表明，边缘构件全部采用叠合边缘构件或采用部分现浇部分叠合边缘构件的空心叠合剪力墙在轴压比0.3、0.6下的破坏形态、承载力、变形能力和耗能能力与现浇剪力墙基本一致；空心叠合剪力墙、叠合、部分叠合部分现浇边缘构件的轴压性能试验表明，叠合、部分叠合部分现浇边缘构件的受压破坏模式、轴压承载力及极限压应变与现浇边缘构件没有明显区别。空心叠合剪力墙叠合边缘构件、部分现浇部分叠合边缘构件的竖向受力钢筋均采用直螺纹接头连接、连接可靠，空心叠合剪力墙结构底部加强区约束边缘构件、构造边缘构件均可采用叠合边缘构件或部分现浇部分叠合边缘构件。

8.1.2 空心叠合剪力墙的边缘构件设置应符合下列规定：

1 底层空心叠合剪力墙底截面的轴压比大于 0.3 时，底部加强部位及相邻上一层应设置约束边缘构件，以上部位可设置构造边缘构件；底层空心叠合剪力墙底截面的轴压比不大于 0.3 时，该空心叠合剪力墙全高可设置构件边缘构件；

2 空心叠合剪力墙约束边缘构件、构造边缘构件的范围及其最小配筋不应低于国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定和本规程的有关规定，边缘构件竖向受力钢筋尚应满足承载力要求。

【条文说明】空心叠合剪力墙约束边缘构件和构造边缘构件的设置要求，与国家现行标准现浇剪力墙的要求一致。由于结构的抗震等级为二级、三级或四级，因此，设置约束边缘构件还是构造边缘构件，以轴压比0.3为界。

8.2 预制空心墙板

8.2.1 预制空心墙板可由墙肢、（连）梁、非承重墙体、门窗等组成，宜选用通用构件和标

准接口。

【条文说明】根据装配式建筑工程实践的经验总结和建筑工业化发展的要求，预制空心墙板的选用及设计需要体现标准化的原则，可以通过设计集成与设计协同实现更多的建筑结构功能与性能提升，也可以有更丰富的形式。具体要求可包括：1) 应体现建筑的标准化和工业化特征；2) 应满足结构的安全性与合理性要求，提高施工安装的简便性与高效性；3) 预制空心墙板及组合应适应建筑功能空间完整及灵活可变的需求；4) 预制墙板及洞口尺寸应满足建筑门窗部品安装的标准化要求。

8.2.2 预制空心墙板的形状尺寸（图 8.2.2）应符合下列规定：

1 预制空心墙板厚度不宜小于 200 mm，不应小于 180 mm，宜采用一字形截面；采用 L 形、T 形或 U 形截面时，预制空心墙板的短边宽度尺寸不宜大于 300 mm；

2 带门窗洞口的预制空心墙板（图 8.2.2），洞口两侧墙肢宽度不宜小于 250 mm；洞口上方梁高度不宜小于 250 mm；当有窗下墙且采用预制混凝土时，窗洞口下方墙体高度不宜小于 250 mm。

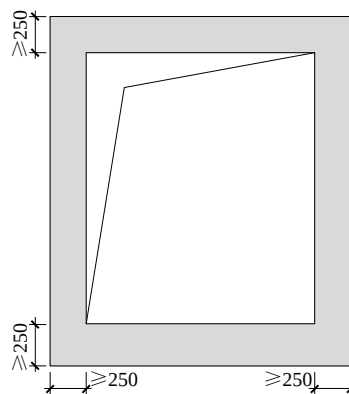


图 8.2.2 带洞口预制空心墙板尺寸要求示意

【条文说明】预制空心墙板采用平模生产，考虑预留竖孔对预制空心墙板生产过程中混凝土浇筑、振捣的影响，建议预制空心墙板采用一字形截面。特殊条件下需要采用 L 形、T 形或 U 形截面时，伸出预制空心墙板整体平面的短边宽度尺寸不宜大于 300 mm，避免预制空心墙板角部混凝土浇筑不密实。

8.2.3 预制空心墙板墙身区域的构造（图 8.2.3）应符合下列规定：

1 应设置贯通全高的竖孔，竖孔可为圆孔或椭圆孔；竖孔在墙板厚度方向的尺寸不宜小于 90 mm，在墙板宽度方向的尺寸宜为 90 mm ~ 300 mm；相邻竖孔间的中心距不宜大于 400 mm，端部竖孔中心距离预制空心墙板端部的距离不宜大于 350 mm；

2 底部应设置水平槽，水平槽端部距离预制空心墙板端部的距离不宜小于 100 mm，水平槽两端宜设置排气管；

3 应配置双层钢筋网，水平分布钢筋的间距可取为 300 mm，最小配筋率不应小于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙的有关规定；竖孔中心位置外

侧配置墙身竖向受力钢筋，墙身竖向受力钢筋沿墙体截面“梅花形”布置，应伸出墙板顶部、不伸出墙板底部，同侧相邻墙身竖向受力钢筋的间距不宜大于 800 mm；墙身竖向受力钢筋之间及对侧配置墙身竖向构造钢筋，墙身竖向构造钢筋不宜伸出墙板，直径不应小于 6 mm、间距不宜大于 200 mm；双层钢筋网之间应设置拉结筋，拉结筋直径不应小于 6 mm，水平间距不宜大于 400 mm，竖向间距不宜大于 600 mm，可采用一端 90° 弯钩、一端 135° 弯钩。

4 墙身竖向受力钢筋直径不宜小于 16 mm，最小配筋率不宜小于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙竖向分布钢筋的有关规定；墙身竖向受力钢筋最小配筋率低于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙竖向分布钢筋的有关规定时，应按墙身竖向受力钢筋实际配筋率进行空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋配筋设计。

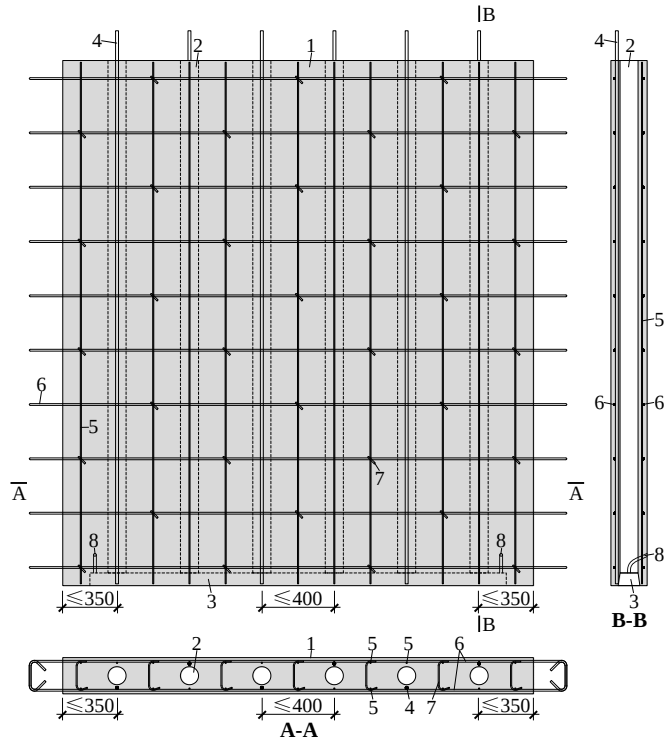


图 8.2.3 预制空心墙板墙身构造示意

1—墙身；2—竖孔；3—水平槽；4—墙身竖向受力钢筋；5—墙身竖向构造钢筋；
6—水平分布钢筋；7—拉结筋；8—排气管

【条文说明】综合考虑受力性能及施工便利性，预制空心墙板墙身区域竖向受力钢筋采用“梅花形”布置，墙身竖向受力钢筋对应位置设置贯通全高的竖孔。竖孔可采用预埋金属波纹管成孔，生产工艺成熟时也可采用抽芯或气囊成孔，根据施工现场混凝土浇筑和振捣需要对竖孔尺寸及位置做出了相应要求。墙身区域竖孔间距较大，为保证预制空心墙板底部水平接缝内混凝土的密实性，墙身区域底部设置水平槽增加后浇混凝土的流动范围，进一步地，可在水平槽两端预埋PVC管作为排气管，防止浇筑混凝土时局部憋气。水平槽宜进行模数化设计，

便于预制构件生产时采用标准化水平槽模具组合，降低模具成本。

预制空心墙板墙身水平分布钢筋可在现行国家标准允许范围内采用300 mm间距，减少预制空心墙板侧面出筋数量，提高侧面出筋标准化程度。

预制空心墙板墙身竖向配筋采用竖向受力钢筋和竖向构造钢筋组合配置，其中竖向受力钢筋配置在竖孔对应位置，上下层墙身竖向受力钢筋间接搭接，建议竖向受力钢筋配筋为 $\Phi 16@400$ 、梅花形布置，满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011中对现浇剪力墙竖向分布钢筋最小配筋率的有关规定。考虑到剪力墙竖向分布钢筋配筋量小，对剪力墙受弯承载力、受力性能影响较小，可适当降低墙身竖向受力钢筋的直径，此时应按墙身竖向受力钢筋实际配筋进行空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋配筋设计，保证剪力墙的整体承载力。竖向构造钢筋主要起到控制墙身表面温度裂缝的作用，不伸出墙板顶部、底部，其直径不应小于6 mm、间距不宜大于200 mm。

空心叠合剪力墙根部为高50~70 mm的后浇混凝土水平接缝，底部水平接缝位置存在上、下两个新老混凝土界面。与下层楼板顶面之间为新旧混凝土结合面，楼板顶面与预制构件接触部位人工拉毛，与现浇剪力墙施工缝处的新旧混凝土结合面是相同的。竖孔或空腔内后浇混凝土与水平接缝后浇混凝土整体浇筑，在对应的上界面位置形成多个抗剪键槽。试验研究表明，上界面抗剪能力明显强于下界面，侧向力作用下，空心叠合剪力墙水平接缝位置下界面破坏先于上界面发生，且上界面破坏较为轻微，因此，预制空心墙板底面、顶面可不设置水洗露骨料粗糙面，可采用花纹钢板自然成型面。预制空心墙板侧面的混凝土结合面可采用模具成型的连续凸凹面代替水洗露骨料粗糙面，对连续凸凹面的截面特征及细部尺寸等应进行专门的试验研究验证。

8.2.4 含门窗洞口的预制空心墙板的构造（图 8.2.4）应符合下列规定：

1 预制边缘构件区域应设置贯通全高的竖孔，竖孔可为圆孔或椭圆孔；竖孔在墙板厚度方向的尺寸不宜小于 90 mm，在墙板宽度方向的尺寸宜为 90 mm ~ 200 mm；竖孔外应配置边缘构件竖向构造钢筋和箍筋，边缘构件箍筋、拉筋构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙的有关规定，普通箍筋弯钩应避开竖孔，拉筋两端可采用 110° 弯钩；边缘构件竖向构造钢筋的直径不应小于 8 mm，且上下端不伸出墙板；

2 窗下墙设计为非结构构件时，窗下墙应采用局部设置轻质填充材料的做法，轻质填充材料可采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料板（EPS）或挤塑聚苯乙烯泡沫板（XPS）；应设置贯通窗下墙全高的竖孔，竖孔可为圆孔或椭圆孔，竖孔在墙板厚度方向的尺寸不宜小于 90 mm，在墙板宽度方向的尺寸宜为 90 mm ~ 300 mm；窗下墙竖孔净距、窗下墙竖孔与相邻边缘构件竖孔的净距不宜大于 600 mm，窗下墙底部应设置水平槽；窗下墙应配置双层钢筋网，水平和竖向钢筋直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 200mm，窗下墙水平钢筋伸入预制边缘构件区域的长度不应小于 150 mm；

3 洞口上方连梁宜与两侧墙肢整体预制，连梁底面纵筋直径不宜大于 22 mm，可布置

于边缘构件竖向构造钢筋外侧，宜在纵筋锚固范围内配置拉筋，拉筋紧靠纵筋并勾住边缘构件竖向构造钢筋，拉筋直径不宜小于 8 mm；连梁底面纵筋可采用锚固板等机械锚固措施，此时锚固长度不应小于 $0.4l_{abE}$ ，且应伸过边缘构件竖向构造钢筋；连梁腰筋在预制边缘构件区域内与相邻边缘构件箍筋搭接连接，连梁腰筋伸入预制边缘构件区域的长度不应小于 l_{aE} ；连梁箍筋宜采用“底边长、顶边短”的梯形箍筋，箍筋弯钩宜设置在连梁预制部分。

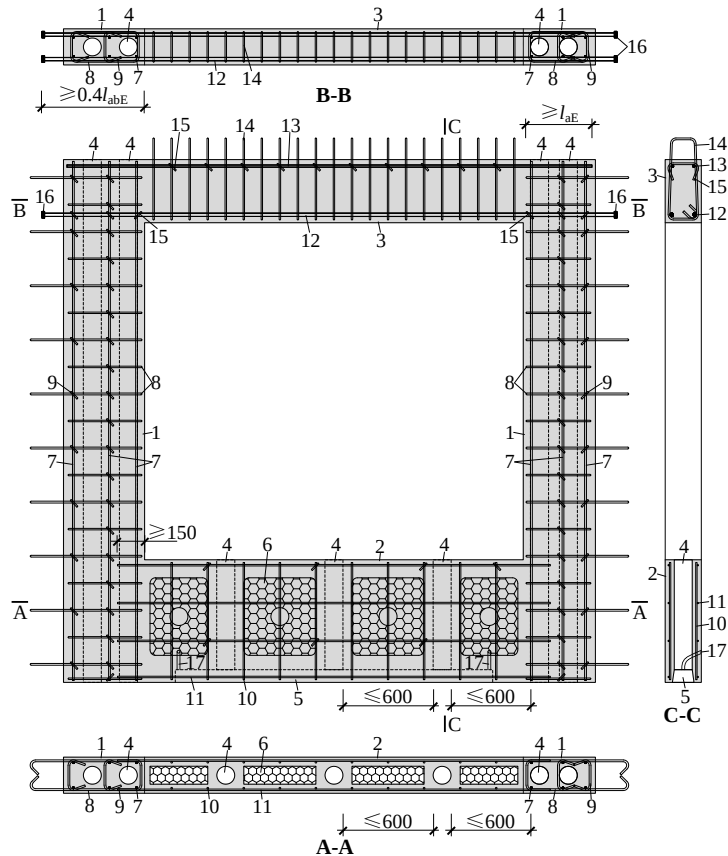


图 8.2.4 带洞口预制空心墙板构造示意

1—预制边缘构件；2—窗下墙；3—连梁；4—竖孔；5—水平槽；6—轻质填充材料；7—边缘构件竖向构造钢筋；8—边缘构件箍筋；9—边缘构件拉筋；10—窗下墙竖向钢筋；11—窗下墙水平钢筋；12—连梁底面纵筋；13—连梁腰筋；14—连梁箍筋；15—连梁拉筋；16—钢筋锚固板；17—排气管

【条文说明】外墙采用空心叠合剪力墙时，预制空心墙板多包含门窗洞口，边缘构件宜与窗下墙、连梁整体预制形成整体预制构件。洞口两侧为预制边缘构件区域，预制边缘构件区域采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”，预制空心墙板边缘构件区域仅配置边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，边缘构件区域设置竖孔以在现场穿设边缘构件竖向受力钢筋，竖孔内边缘构件竖向受力钢筋保证预制空心叠合剪力墙的受弯承载力，预制空心墙板边缘构件区域箍筋、拉筋对边缘构件核心区混凝土形成箍筋约束作用，保证预制空心叠合剪力墙的弹塑性变形能力。编制组开展的试验研究表明，采用上述构造的叠合边缘构件可通过“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”。为保证叠合边缘构件的混凝土约束效果，预制边缘构件区域箍筋、拉筋的直径和间距应满足国家现行标准对现浇剪力墙的有关要求，在此基础上配置边缘构件竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，边缘构件竖向构造钢筋不

伸出预制空心墙板底面、顶面。箍筋采用普通箍筋时，普通箍筋弯钩可采用图11中的形式避免竖孔；拉筋弯钩与竖孔冲突时，拉筋两端可采用110°弯钩。

窗下墙设计为非结构构件时，应采取预埋轻质填充材料等削弱措施，窗下墙内设置竖孔，施工现场后浇混凝土保证窗下墙底面与楼板顶面的防水性能。为保证窗下墙底部水平接缝后浇混凝土的密实性，在窗下墙底部设置水平槽增加后浇混凝土的流动范围，同时要求窗下墙竖孔净距、窗下墙竖孔与相邻边缘构件竖孔的净距不宜大于600 mm。编制组开展的工艺试验表明，上述构造措施可保证窗下墙底部水平接缝后浇混凝土的密实性。

综合考虑连梁钢筋保护层及预制边缘构件区域竖孔后浇混凝土浇筑空间需求，连梁底面纵筋、腰筋可布置于边缘构件竖向构造钢筋外侧，在纵筋锚固范围内配置拉筋改善纵筋锚固性能，拉筋紧靠纵筋并勾住边缘构件竖向构造钢筋。连梁箍筋保护层为15 mm，预制空心墙板厚度一般为200 mm，连梁箍筋出筋与侧模间距较小，连梁侧模拆模难度较大，此时连梁箍筋宜采用图12中所示“底边长、顶边短”的梯形箍筋，增大连梁箍筋伸出位置与侧模开孔的间距，提高拆模效率。

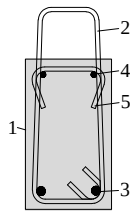


图 12 叠合梁构造示意

1—预制梁；2—箍筋；3—底面纵筋；4—腰筋；5—拉筋

8.2.5 预制空心墙板底部水平槽的构造（图 8.2.5）应符合下列规定：

- 1 水平槽应与预制空心墙板墙身、窗下墙区域竖孔连通；
- 2 水平槽宜为梯形截面，梯形截面高宜为 50 mm～100 mm，顶边尺寸不宜小于竖孔在墙板厚度方向的尺寸，底边不宜小于 110 mm；
- 3 水平槽两端宜设置排气管，排气管直径不宜小于 16 mm。

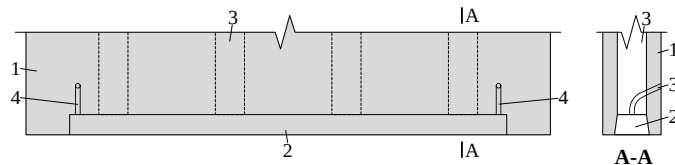


图 8.2.5 预制空心墙板底部水平槽构造示意

1—预制空心墙板；2—水平槽；3—竖孔；4—排气管

【条文说明】预制空心墙板墙身及窗下墙位置竖孔间距较大，宜在墙板底部设置水平槽进一步提高后浇混凝土在墙板底部的流动性，保证后浇混凝土的密实性。预制边缘构件区域竖孔间距较小，无需设置水平槽。考虑混凝土浇筑及预制空心墙板生产脱模需要，水平槽采用倒梯形截面，并对具体尺寸作出了相应要求。为防止水平槽角部浇筑混凝土时窝气，在水平槽角部预埋PVC管形成排气管。

8.2.6 当预制空心墙板预制边缘构件区域与竖向后浇段相连时（图 8.2.6），其构造应符合

下列规定：

- 1 远离竖向后浇段一端的最外侧竖孔边缘距墙板端部的距离 b_1 不宜大于 45 mm，且不宜小于 35 mm；
- 2 靠近竖向后浇段的竖孔中心距竖向后浇段边缘的距离 b_2 不宜大于 190 mm，不应大于 240 mm；
- 3 预制边缘构件区域内竖孔数量可根据预制边缘构件长度 a 确定，当 $250\text{ mm} \leq a \leq 350\text{ mm}$ 时[图 8.2.6 (a)]，预制边缘构件区域宜设置 1 个竖孔；当 $350\text{ mm} < a \leq 500\text{ mm}$ 时[图 8.2.6 (b)]，预制边缘构件区域宜设置 2 个竖孔；当 $500\text{ mm} < a \leq 650\text{ mm}$ 时[图 8.2.6 (c)]，预制边缘构件区域宜设置 3 个竖孔；
- 4 相邻竖孔之间的中心距 b_3 不宜大于 250 mm，不应大于 300 mm，相邻竖孔之间的净距不宜小于 50 mm。

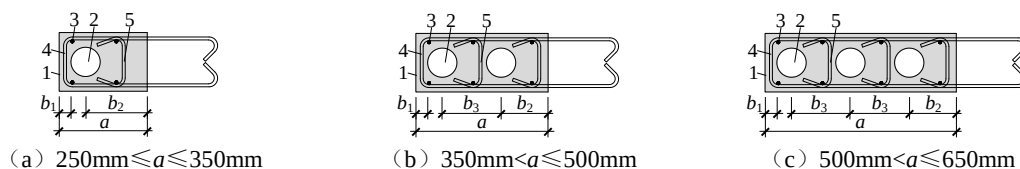


图 8.2.6 预制空心墙板边缘构件区域构造示意

1—预制边缘构件；2—竖孔；3—边缘构件竖向构造钢筋；4—边缘构件箍筋；5—边缘构件拉筋；6—竖向后浇段

【条文说明】预制空心墙板的预制边缘构件根据所在位置可分为两种，一种与竖向后浇段相邻，一种与预制空心墙板墙身区域相邻。与竖向后浇段相邻一般位于外墙，实际工程中其长度一般介于250 mm~650 mm之间。预制边缘构件区域竖孔设置需根据边缘构件箍筋沿水平方向的肢距及竖孔内边缘构件竖向受力钢筋的间距综合确定。编制组对国内外相关规范对剪力墙或柱的竖向钢筋、箍筋构造要求进行了调研。其中，我国现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011未给出剪力墙边缘构件箍筋、拉筋沿水平方向的肢距要求和边缘构件竖向钢筋的间距要求，现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3要求边缘构件箍筋、拉筋沿水平方向的肢距 S_s 不宜大于300 mm，且不应大于 $2S_L$ (S_L 为竖向钢筋中心距)，相当于同时要求 S_L 不宜大于300 mm；对于截面尺寸大于400 mm的柱，现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3规定一、二、三级抗震设计时纵向钢筋间距不宜大于200 mm，抗震等级为四级时其纵向钢筋间距不宜大于300 mm；现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231建议预制柱纵向受力钢筋的间距不宜大于200 mm且不应大于400 mm；欧洲模式规范CEB-FIP Model Code 2010建议剪力墙竖向钢筋间距不宜超过墙厚及300 mm；美国规范ACI 318-19规定受压构件的纵筋间距不宜大于152 mm；新西兰规范NZS 3101: 2006要求矩形柱箍筋肢距不宜大于 $b/4$ 或200 mm (b 为截面短边长度)，相当于要求柱纵筋间距不宜大于 $b/4$ 或200 mm，同时认为剪力墙竖向钢筋间距要求可较柱适当放松；澳大利亚规范AS 3600-2009规定剪力墙竖向钢筋间距不应大于2.5倍墙厚

或350 mm。综合国内外规范要求和相关研究成果，本规程建议预制空心墙板预制边缘构件区域箍筋、拉筋沿水平方向的肢距不宜大于200 mm且不应大于300 mm，相邻的边缘构件竖向受力钢筋（含相邻的竖向后浇段内边缘构件竖向受力钢筋）的中心距不宜大于250 mm且不应大于300 mm。基于以上构造要求和预制空心墙板生产时的工艺需求，对预制边缘构件区域的竖孔设置给出了相应建议。

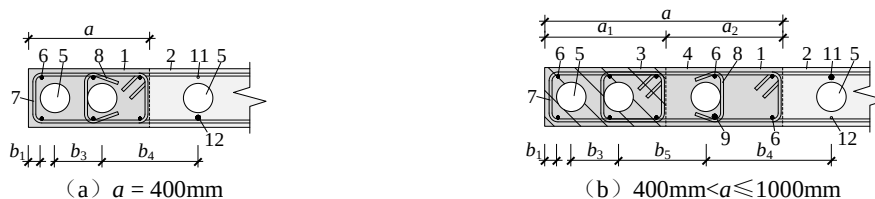
8.2.7 当预制空心墙板预制边缘构件区域与预制空心墙板墙身相连时（图 8.2.7），其构造应符合下列规定：

1 预制边缘构件区域最外侧竖孔边缘距墙板端部的距离 b_1 不宜大于 45 mm，且不宜小于 35 mm；

2 当预制边缘构件长度 $a = 400$ mm 时[图 8.2.7（a）]，预制边缘构件区域不设置约束边缘构件非阴影区，预制边缘构件区域配置边缘构件竖向构造钢筋；当预制边缘构件长度 $a > 400$ mm 时[图 8.2.7（b）、图 8.2.7（c）]，预制边缘构件区域设置约束边缘构件阴影区和非阴影区，约束边缘构件阴影区范围 a_1 、非阴影区范围 a_2 根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 确定，约束边缘构件阴影区竖孔外配置边缘构件竖向构造钢筋，约束边缘构件非阴影区竖孔外一侧配置约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋、另一侧配置边缘构件竖向构造钢筋，约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋与相邻的墙身竖向受力钢筋沿墙体截面“梅花形”布置，约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋应伸出墙板顶部、不伸出墙板底部，直径不宜小于 12 mm；

3 当预制边缘构件长度 $a = 400$ mm 时[图 8.2.7（a）]，预制边缘构件区域宜设置 2 个竖孔；当 $400 \text{ mm} < a \leq 1000 \text{ mm}$ 时[图 8.2.7（b）]，约束边缘构件阴影区宜设置 2 个竖孔，约束边缘构件非阴影区宜设置 1 或 2 个竖孔；当 $1000 \text{ mm} < a \leq 1300 \text{ mm}$ 时[图 8.2.7（c）]，约束边缘构件阴影区宜设置 3 个竖孔，约束边缘构件非阴影区宜设置 2 个竖孔；

4 构造边缘构件或约束边缘构件阴影区相邻竖孔之间的中心距 b_3 不宜大于 250 mm，不应大于 300 mm；约束边缘构件阴影区与约束边缘构件非阴影区相邻竖孔之间的中心距 b_5 不宜大于 300 mm；边缘构件与墙身区域相邻竖孔之间的中心距 b_4 不宜大于 400 mm；相邻竖孔之间的净距不宜小于 50 mm。



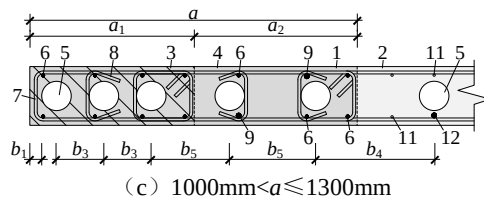


图 8.2.7 预制空心墙板边缘构件区域构造示意

1—预制边缘构件；2—墙身；3—约束边缘构件阴影区；4—约束边缘构件非阴影区；5—竖孔；6—边缘构件竖向构造钢筋；7—边缘构件箍筋；8—边缘构件拉筋；9—约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋；10—墙身竖向受力钢筋；11—墙身竖向构造钢筋

【条文说明】预制边缘构件区域为约束边缘构件且存在非阴影区时，边缘构件竖向受力钢筋主要配置在约束边缘构件阴影区竖孔内，约束边缘构件非阴影区竖向钢筋构造与墙身区域接近，即在约束边缘构件非阴影区竖孔外一侧配置约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋、另一侧配置边缘构件竖向构造钢筋，约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋与相邻的墙身竖向受力钢筋沿墙体截面整体呈“梅花形”布置。当约束边缘构件非阴影区范围较小，仅在约束边缘构件阴影区和墙身区域设置竖孔，约束边缘构件阴影区和墙身区域竖孔构造可满足本条文规定时，约束边缘构件非阴影区可不设置竖孔。

当边缘构件竖向受力钢筋计算配筋面积较大时，可适当增大预制边缘构件区域长度和竖孔数量，以便于边缘构件竖向受力钢筋布置。

8.2.8 机电设备预埋管线和线盒、预留孔洞、生产预埋件、安装预埋件等应统筹设置，并宜避开钢筋和竖孔位置；当预埋件尺寸过大时，应针对预埋件对结构构件的削弱，采取对应的加强措施。

【条文说明】预埋件的布置与工厂生产的便利性密切相关，主体建筑设计阶段，相关专业应密切配合，采用统一的模数方案和布置原则，减少相互干涉；构件设计阶段，可采用BIM模型等工具进行碰撞检查。机电设备预埋线盒与竖孔位置相互干扰时，可在本规程构造要求允许范围内适当调整竖孔位置。

8.3 连接设计

8.3.1 空心叠合剪力墙底部水平接缝宜设置在楼面标高处，接缝高度不宜小于 50 mm，接缝高度可采用预埋螺栓或垫块调节。

【条文说明】空心叠合剪力墙底部水平接缝采用后浇混凝土填实，接缝高度不宜小于50 mm，以保证后浇混凝土骨料可进入水平接缝。接缝高度可采用预埋在预制空心墙板底部的预埋螺栓调节，或采用垫块调节。

8.3.2 上下层预制空心墙板墙身、约束边缘构件非阴影区竖向钢筋连接（图 8.3.2）应符合下列规定：

1 下层预制空心墙板墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋应直接或者通过机械连接接头续接长钢筋伸入上层预制空心墙板对应竖孔内，并与上层预制空心墙板

墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋搭接连接，搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$ ；

2 搭接连接的两根钢筋之间的净距不宜大于 4 倍的钢筋直径，接长钢筋规格与墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋相同；

3 下层预制空心墙板墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋通过机械连接接头续接接长钢筋时，下层预制空心墙板墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋伸出下层预制空心墙板顶面的长度不宜小于 50 mm，且不宜大于 100 mm；机械连接接头宜选用直螺纹接头，机械连接接头底部距离下层预制空心墙板顶面的距离不宜小于 20 mm；

4 下层预制空心墙板墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋或接长钢筋应在水平后浇带、水平接缝及水平槽高度范围内弯折变换位置，弯折角度不宜大于 1:6。



图 8.3.2 空心叠合剪力墙墙身及约束边缘构件非阴影区竖向钢筋连接构造示意

1—下层预制墙；2—上层预制墙；3—楼板；4—竖孔；5—水平槽；6—水平接缝；7—水平后浇带；8—下层墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋；9—上层墙身竖向受力钢筋或边缘构件非阴影区竖向受力钢筋；10—墙身竖向构造钢筋或边缘构件非阴影区竖向构造钢筋；11—钢筋接头；12—接长钢筋

【条文说明】空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋在竖孔内贯通连接，预制空心墙板墙身、约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋在楼面标高范围内采用搭接连接，可减少预制空心墙板安装时需高空对位钢筋数量，提高预制空心墙板安装效率。为实现搭接连接，预制空心墙板墙身、约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋需在水平后浇带、水平接缝及水平槽高度范围内弯折变换其平面位置。受道路运输高度限制时，下层预制空心墙板墙身、约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋可仅伸出墙板顶部，施工现场采用直螺纹接头续接接长钢筋伸入上层预制空心墙板竖孔内实现搭接连接。

8.3.3 空心叠合剪力墙预制边缘构件区域竖向钢筋连接（图 8.3.3）应符合下列规定：

1 空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋配置在预制边缘构件区域竖孔内、沿高度方向上下贯通，边缘构件竖向受力钢筋沿墙厚方向居中布置、沿竖孔截面偏心布置；

2 预制边缘构件区域竖孔为圆孔时，单个竖孔内边缘构件竖向受力钢筋根数宜为 1 根；预制边缘构件区域竖孔为椭圆孔时，单个竖孔内边缘构件竖向受力钢筋根数不宜超过 3 根；

3 预制边缘构件区域最外侧边缘构件竖向受力钢筋中心距墙板端部的距离 c_1 不宜大于

80 mm；相邻边缘构件竖向受力钢筋之间的中心距 c_2 不宜大于 250 mm，不应大于 300 mm；

4 下层边缘构件竖向受力钢筋伸入上层预制墙对应竖孔内，并与上层边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接接头连接，机械连接接头宜选用直螺纹接头；机械连接接头中心距离楼板顶面的高度不宜小于 150 mm，相邻接头宜错开，错开高度不宜小于 150 mm；

5 边缘构件竖向受力钢筋配筋面积可采用直接配筋设计、等强替代配筋或根据配筋替代原则直接替代三种方法进行计算：

1) 采用直接配筋设计方法时，可根据现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 现浇剪力墙正截面受压承载力计算方法进行配筋面积计算；

2) 采用等强替代配筋时，基于结构设计原始配筋面积进行配筋设计，替代原则为边缘构件竖向受力钢筋的总受拉承载力不低于原始配筋的总受拉承载力；

3) 根据配筋替代原则直接替代配筋时，可按表 8.3.3 规定的配筋替代原则进行配筋设计；

6 边缘构件竖向受力钢筋直径不宜大于 32 mm，计算配筋面积较大时，宜采用 HRB500 级钢筋。

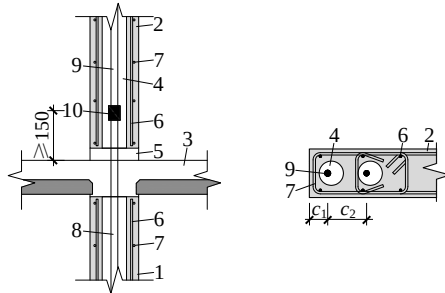


图 8.3.3 空心叠合剪力墙预制边缘构件区域竖向钢筋连接构造示意

1—下层预制墙；2—上层预制墙；3—楼板；4—竖孔；5—水平接缝；6—边缘构件竖向构造钢筋；7—边缘构件箍筋；8—下层边缘构件竖向受力钢筋；9—上层边缘构件竖向受力钢筋；10—机械连接接头

表 8.3.3 空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋替代原则

配筋构造	竖向受力钢筋替代原则			
按现浇结构设计原始配筋	6 Φ 12	6 Φ 14	6 Φ 16	6 Φ 18
空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋	1 Φ 20+1 Φ 18	1 Φ 25+1 Φ 22	1 Φ 28+1 Φ 25	1 Φ 32+1 Φ 28

注：表中空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋直径较大的钢筋配置在最外侧。

【条文说明】空心叠合剪力墙采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”，边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于竖孔内，保证空心叠合剪力墙的受弯承载力。考虑竖孔内后浇混凝土浇筑、振捣空间，预制边缘构件区域竖孔为圆孔时，建议单个竖孔内配置1根边缘构件竖向受力钢筋；预制边缘构件区域竖孔为椭圆孔时，建议单个竖孔内配置1~3根边缘构件竖向受力钢筋。边缘构件竖向受力钢筋沿竖孔截面偏心布置，即布置于竖孔一侧以增大竖孔内后浇混凝土浇筑、振捣空间，提高后浇混凝土浇筑效率和质量。

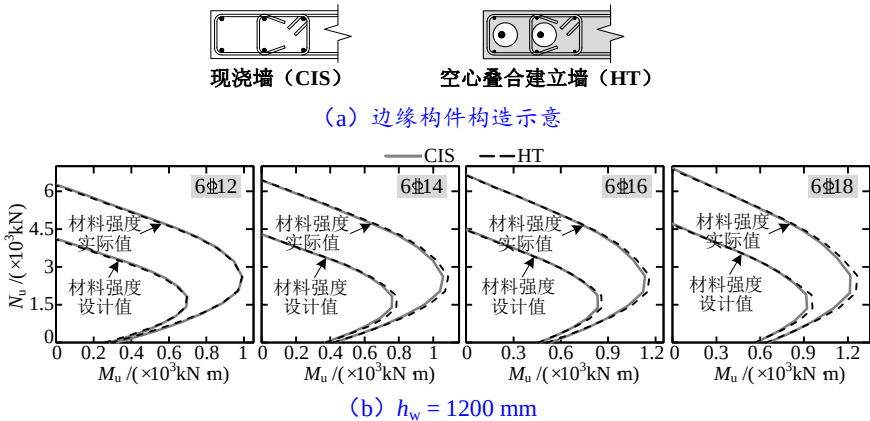
为控制空心叠合剪力墙在侧向力作用下水平接缝位置的裂缝宽度,建议预制边缘构件区域边缘构件竖向受力钢筋中心距墙板端部的距离不宜大于80 mm,其中“最外侧”是指弯矩作用下边缘构件最外侧受拉钢筋。综合国内外规范要求和相关研究成果,本规程建议相邻边缘构件竖向受力钢筋之间的中心距不宜大于250 mm,不应大于300 mm,该规定与国家现行标准相协调。

空心叠合剪力墙主要用于居住建筑,其层高约为3 m,下层边缘构件竖向受力钢筋可伸出楼面150 mm左右,在此基础上采用直螺纹接头续接上层边缘构件竖向受力钢筋,再安装预制空心墙板。相邻钢筋直螺纹接头宜错开实现上层边缘构件竖向受力钢筋顶部处于不同标高,降低边缘构件竖向受力钢筋与预制空心墙板竖孔的对位难度,实现快速安装。

边缘构件竖向受力钢筋配筋面积可采用直接配筋设计、等强替代配筋或根据配筋替代原则直接替代三种方法进行计算。编制组开展的空心叠合剪力墙抗震性能试验表明,压弯破坏的空心叠合剪力墙的受弯承载力试验值不低于按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3现浇剪力墙正截面受压承载力计算方法计算得到的承载力,且空心叠合剪力墙受弯承载力试验值与计算值之间的比值(安全裕度)不低于对应的现浇剪力墙,因此可根据现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3现浇剪力墙正截面受压承载力计算方法进行空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋的直接配筋设计。

空心叠合剪力墙结构可按传统现浇剪力墙结构进行弹性分析和配筋设计,空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋力臂大于传统现浇剪力墙边缘构件竖向钢筋力臂,因此空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋可采用“等强替代方法”根据现浇剪力墙配筋计算结果进行快速配筋设计,可保证空心叠合剪力墙的正截面承载力不低于传统配筋构造。

进一步地,考虑空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋力臂大于传统现浇剪力墙边缘构件竖向钢筋力臂的有利作用,编制组建立了考虑边缘构件竖向受力钢筋实际位置的空心叠合剪力墙正截面压弯承载力精细计算方法,对空心叠合剪力墙的平面内受力性能进行了大量的算例分析,计算结果表明墙肢截面高度 $h_w = 1200 \sim 4500$ mm时,边缘构件各配筋情况下,按本规程表8.3.3建议的空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋替代原则设计的空心叠合剪力墙根据材料强度设计值或实际值计算得到的承载力均不低于对应现浇墙的98%(图13)。为便于结构设计,可直接按照本规程表8.3.3建议的空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋替代原则进行配筋设计。



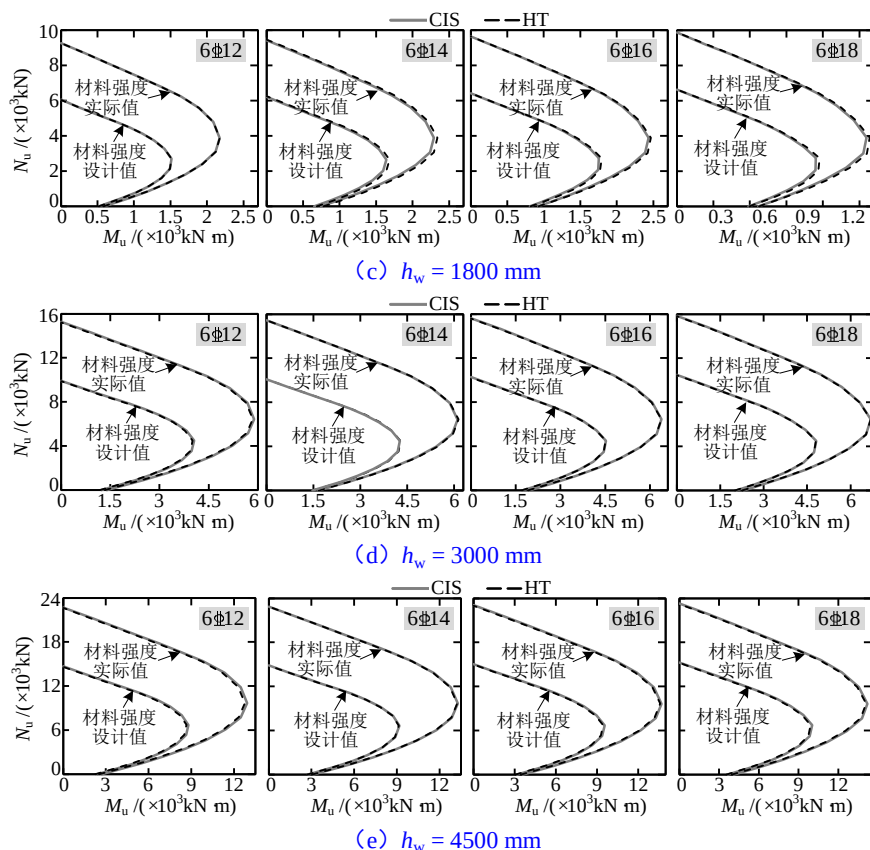


图 13 不同构造墙肢平面内正截面承载力 N_u - M_u 相关曲线

特别地，当计算配筋面积较大时，空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋宜采用 HRB500 级钢筋控制其直径，同时有助于成本控制。

8.3.4 空心叠合建剪力墙与基础或下层现浇剪力墙连接时，竖向连接钢筋应符合下列规定：

1 墙身区域或约束边缘构件非阴影区[图 8.3.4 (a)]，在基础或下层现浇剪力墙内预制空心墙板竖孔对应位置预埋墙身或约束边缘构件非阴影区插筋，插筋规格与预制空心墙板内墙身或约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋相同，伸入基础或下层现浇剪力墙的长度不应小于 $1.2l_{aE}$ ，伸入预制空心墙板竖孔内与墙身或约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋搭接连接，搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$ ，搭接连接的两根钢筋之间的净距不宜大于 4 倍的钢筋直径；

2 预制边缘构件区域[图 8.3.4 (b)]，在基础或下层现浇剪力墙内空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋对应位置预埋边缘构件插筋，插筋规格与空心叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋相同，伸入基础或下层现浇剪力墙的长度不应小于 $1.2l_{aE}$ 、末端 90° 弯折锚固，伸入预制空心墙板竖孔与边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接接头连接，机械连接接头宜选用直螺纹接头；机械连接接头中心距离楼板顶面的高度不宜小于 150 mm，相邻接头宜错开，错开高度不宜小于 150 mm；

3 下层现浇剪力墙竖向分布钢筋或边缘构件竖向钢筋伸至楼板顶部后 90° 水平弯折，弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的钢筋直径。

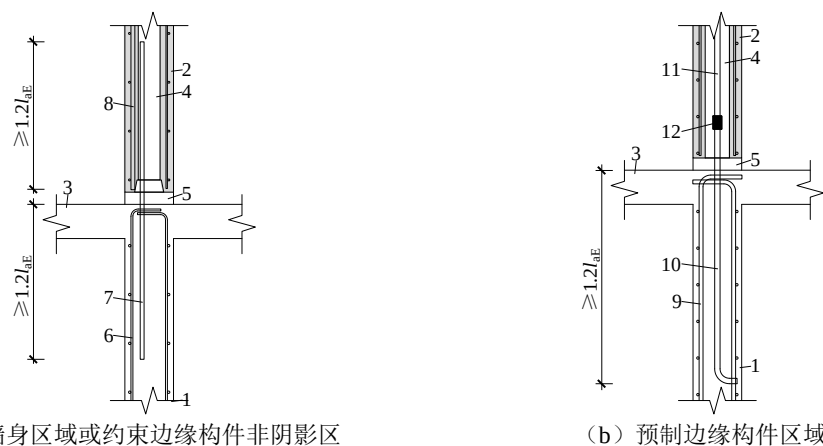


图 8.3.4 空心叠合剪力墙与基础或下层现浇剪力墙连接构造示意

1—基础或下层现浇剪力墙；2—预制空心墙板；3—楼板；4—竖孔；5—水平接缝；6—竖向分布钢筋；7—墙身或约束边缘构件非阴影区插筋；8—墙身或约束边缘构件非阴影区竖向受力钢筋；9—边缘构件竖向钢筋；10—边缘构件插筋；11—边缘构件竖向受力钢筋；12—机械连接接头

8.3.5 屋面以及立面收进的楼层，空心叠合剪力墙竖向钢筋顶部构造应符合下列规定：

1 墙身竖向受力钢筋顶部可采用弯折锚固、机械锚固或附加钢筋搭接锚固：

1) 采用弯折锚固时，墙身竖向受力钢筋应伸至屋面板或楼板顶部后 90° 水平弯折，弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的墙身竖向受力钢筋直径，墙身竖向受力钢筋可在后浇圈梁或水平后浇带内采用机械连接接头接长[图 8.3.5-1 (a)]；

2) 采用机械锚固时，墙身竖向受力钢筋应伸至屋面板或楼板顶部后锚固，且宜采用锚固板等机械锚固措施[图 8.3.5-1 (b)]；

3) 采用附加钢筋搭接锚固时[图 8.3.5-1 (c)]，墙身竖向受力钢筋直线伸入后浇圈梁或水平后浇带内，在预制空心墙板竖孔内插入附加钢筋与墙身竖向受力钢筋搭接连接，搭接长度不应小于 l_{aE} ，搭接连接的两根钢筋之间的净距不宜大于 4 倍的钢筋直径；附加钢筋规格与墙身竖向受力钢筋相同，伸至屋面板或楼板顶部后 90° 水平弯折，弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的附加钢筋直径；

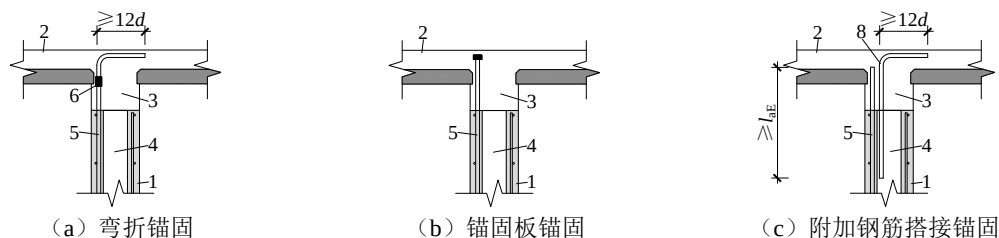


图 8.3.5-1 空心叠合剪力墙墙身竖向钢筋顶部构造示意

1—预制空心墙板；2—屋面板或楼板；3—后浇圈梁或水平后浇带；4—竖孔；5—墙身竖向受力钢筋；6—机械连接接头；7—钢筋锚固板；8—附加钢筋

2 边缘构件竖向受力钢筋顶部可采用弯折锚固或机械锚固：

1) 采用弯折锚固时[图 8.3.5-2 (a)]，边缘构件竖向受力钢筋在后浇圈梁或水平后

浇带内采用机械连接接头续接接长钢筋，接长钢筋伸至屋面板或楼板顶部后 90° 水平弯折，弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的接长钢筋直径；接长钢筋规格与边缘构件竖向受力钢筋相同；

2) 采用机械锚固时，边缘构件竖向受力钢筋应伸至屋面板或楼板顶部后锚固，且宜采用锚固板等机械锚固措施[图 8.3.5-2 (b)]。



图 8.3.5-2 空心叠合剪力墙边缘构件竖向钢筋顶部构造示意

1—预制空心墙板；2—屋面板或楼板；3—后浇圈梁或水平后浇带；4—竖孔；5—边缘构件竖向受力钢筋；6—机械连接接头；7—接长钢筋；8—钢筋锚固板

【条文说明】参考现浇剪力墙竖向钢筋顶部构造，同时考虑预制空心墙板的生产及现场施工工艺，对空心叠合剪力墙墙身及边缘构件竖向钢筋顶部构造做法作出规定。采用机械连接接头对边缘构件竖向受力钢筋或墙身竖向受力钢筋进行接长时，可采用正反丝直螺纹套筒避免接头施工操作时接长钢筋与屋面板或楼板内其它钢筋冲突。

8.3.6 同层相邻预制空心墙板在非边缘构件位置连接（图 8.3.6）时，竖向接缝构造应符合下列规定：

1 相邻预制空心墙板应设置竖向后浇段，两侧预制空心墙板的水平分布钢筋伸入竖向后浇段，并分别与附加连接钢筋搭接连接；

2 附加连接钢筋的规格、沿竖向的间距与两侧预制空心墙板的水平分布钢筋相同，紧靠水平分布钢筋，宜采用 135° 弯钩封闭箍筋形式；

3 两侧预制空心墙板的水平分布钢筋外伸部分端部为 135° 弯钩时[图 8.3.6 (a)]，水平分布钢筋与附加连接钢筋的搭接长度不宜小于 $0.8l_{aE}$ ；两侧预制空心墙板的水平分布钢筋外伸部分形成封闭钢筋时[图 8.3.6 (b)]，水平分布钢筋与附加连接钢筋的搭接长度不宜小于 $0.6l_{aE}$ ；

4 竖向后浇段内应设置竖向分布钢筋，最小配筋率不应小于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙的有关规定，预制空心墙板墙身竖向受力钢筋与相邻的竖向后浇段竖向分布钢筋的中心距不宜大于 400 mm。

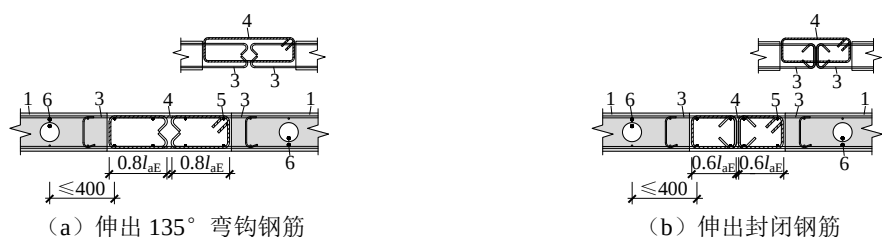


图 8.3.6 同层相邻预制空心墙板非边缘构件位置竖向接缝构造示意

1—预制空心墙板；2—竖向后浇段；3—水平分布钢筋；4—附加连接钢筋；5—竖向分布钢筋；6—墙身竖向受力钢筋

【条文说明】参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、国家建筑标准设计图集《装配式混凝土结构连接节点构造（剪力墙）》15G310-2，编制本条文。

8.3.7 空心叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的构造边缘构件全部采用现浇混凝土（图 8.3.7）时，应符合下列规定：

1 现浇构造边缘构件的范围应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定；

2 预制空心墙板水平分布钢筋应伸入现浇构造边缘构件直接锚固或与边缘构件箍筋搭接连接，直接锚固[图 8.3.7（a）]时水平分布钢筋应伸至最外侧边缘构件竖向钢筋外侧，搭接连接[图 8.3.7（b）、图 8.3.7（c）]时搭接长度应满足本规程第 8.3.6 条的有关规定；

3 预制空心墙板墙身竖向受力钢筋与相邻的竖向后浇段内边缘构件竖向钢筋或竖向分布钢筋的中心距不宜大于 400 mm。

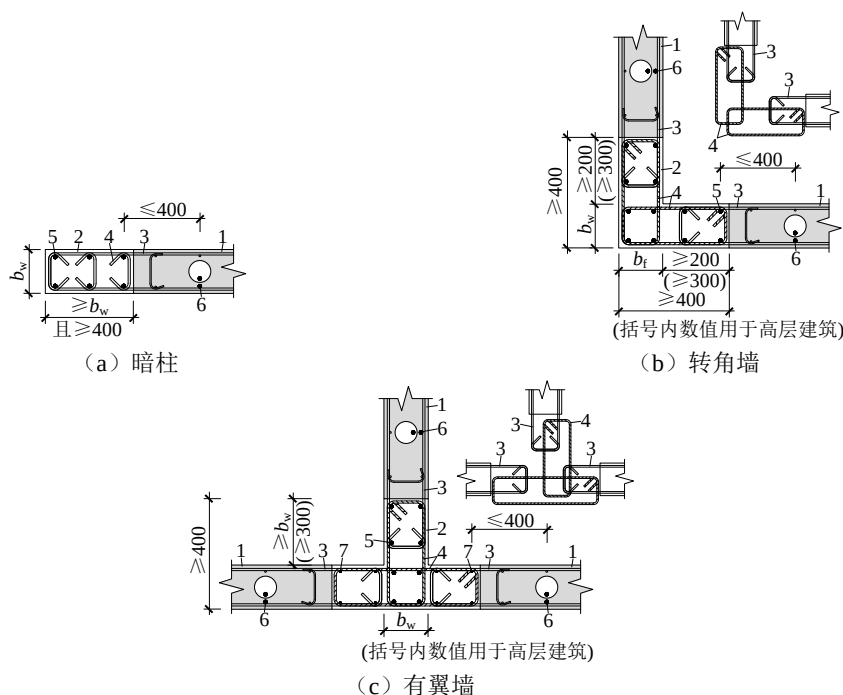


图 8.3.7 空心叠合剪力墙构造边缘构件区域全部现浇构造示意

1—预制空心墙板；2—现浇构造边缘构件区域；3—水平分布钢筋；4—箍筋或拉筋；5—边缘构件竖向钢筋；6—墙身竖向受力钢筋；7—竖向分布钢筋

【条文说明】纵横墙交接处，构造边缘构件可全部现浇同时作为相邻预制空心墙板连接的竖向向后浇段，参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、国家建筑标准设计图集《装配式混凝土结构连接节点构造（剪力墙）》15G310-2，编制本条文。

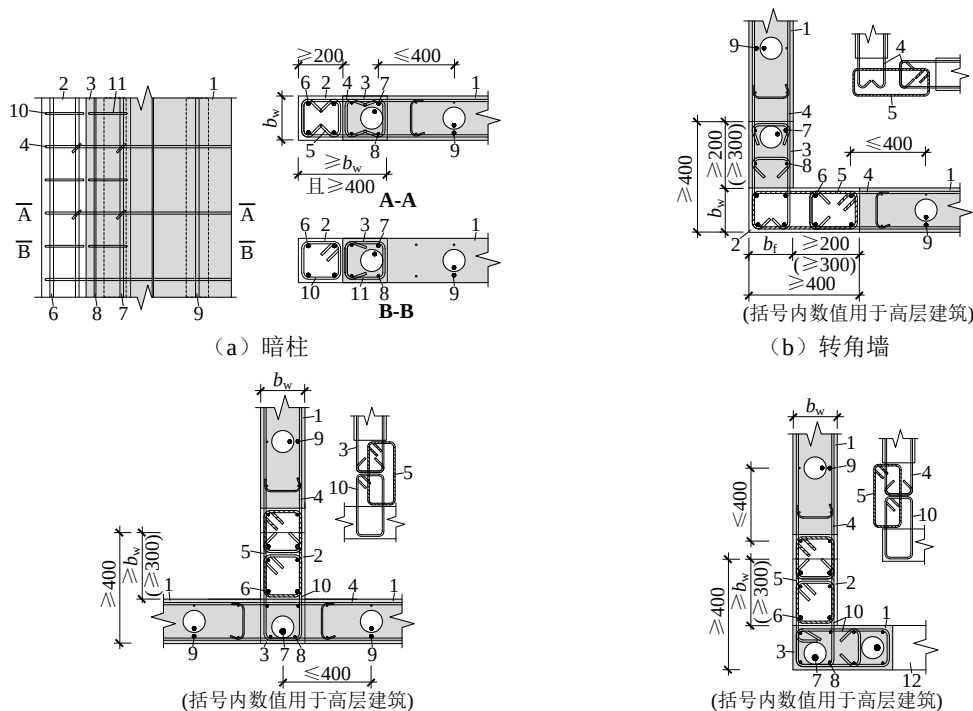
8.3.8 空心叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的构造边缘构件部分现浇部分叠合（图 8.3.8）时，应符合下列规定：

1 部分现浇部分叠合构造边缘构件的整体范围应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定；

2 预制空心墙板水平分布钢筋应伸入现浇构造边缘构件直接锚固或与边缘构件箍筋搭接连接，直接锚固时水平分布钢筋应伸至最外侧边缘构件竖向钢筋外侧，搭接连接时搭接长度应满足本规程第 8.3.6 条的有关规定；

3 边缘构件远离墙体端部的预制区域竖孔外一侧配置边缘构件竖向受力钢筋、另一侧配置边缘构件竖向构造钢筋，预制区域钢筋构造应满足本规程第 8.2.7 条第 2 款的有关规定；

4 部分现浇部分叠合边缘构件整体范围的竖向钢筋、箍筋可采用“统筹配筋构造”，边缘构件竖向受力钢筋可主要配置在边缘构件现浇区域内，边缘构件现浇区域竖向钢筋、边缘构件预制区域竖向受力钢筋的整体配筋面积应满足受力要求，配筋面积可按本规程第 8.3.3 条第 5 款的有关规定计算；相邻预制空心墙板伸入竖向后浇段的水平分布钢筋之间，边缘构件预制区域、现浇区域可分别配置独立箍筋[图 8.3.8（a）]，部分现浇部分叠合边缘构件范围内的所有箍筋、拉筋构造应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定。



(c) 有翼墙

(d) 门窗洞口侧

图 8.3.8 空心叠合剪力墙构造边缘构件区域部分现浇部分叠合构造示意

1—预制空心墙板；2—边缘构件现浇区域；3—边缘构件预制区域；4—水平分布钢筋；5—箍筋或拉筋；6—边缘构件现浇区域竖向钢筋；7—边缘构件预制区域竖向受力钢筋；8—边缘构件预制区域竖向构造钢筋；9—墙身竖向受力钢筋；10—边缘构件预制区域箍筋；11—边缘构件现浇区域箍筋；12—门窗洞口

【条文说明】纵横墙交接处，尤其是外墙窗洞口位置，因建筑功能需求，边缘构件位置无法全部现浇，不可避免需采用边缘构件部分现浇部分叠合构造。编制组开展了采用部分现浇部分叠合构造边缘构件、约束边缘构件的空心叠合剪力墙的抗震性能试验（图9），设计轴压比分别为0.3、0.6。部分现浇部分叠合边缘构件采用“统筹配筋构造”，即统筹配置边缘构件预制区域、现浇区域构成的整体边缘构件内的竖向钢筋和箍筋，在剪力墙配筋构造允许范围内，将与现浇区域相邻的预制墙边缘构件预制区域的部分竖向钢筋转移至现浇区域内，边缘构件预制区域参考墙身区域构造，仅配置边缘构件预制区域竖向受力钢筋、上下层搭接连接，另配置边缘构件预制区域竖向构造钢筋和边缘构件预制区域竖向受力钢筋作为架立钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，将整体边缘构件内的竖向钢筋主要配置在现浇区域、采用受力性能可靠的直螺纹接头连接，边缘构件现浇区域竖向钢筋、边缘构件预制区域竖向受力钢筋的整体配筋面积应满足受力要求，实现空心叠合剪力墙正截面承载力的“等同现浇”；预制墙伸出水平连接钢筋仅需满足剪力墙斜截面受剪承载力验算即可，将预制墙伸出水平连接钢筋的间距加大至300 mm，相较现有构造可将预制墙伸出水平连接钢筋数量降低30%以上，实现边模的标准化、通用化，沿竖向在预制墙边缘构件区域、现浇区域内分别另设箍筋，以满足现行规范对剪力墙边缘构件箍筋沿竖向间距的构造要求，对整体边缘构件内混凝土形成分区约束保证边缘构件核心区混凝土的受压性能，实现空心叠合剪力墙弹塑性变形能力的“等同现浇”。试验结果表明，采用部分现浇部分叠合构造边缘构件、约束边缘构件的空心叠合剪力墙的在破坏模式、承载力、变形能力等方面与现浇剪力墙、全预制边缘构件空心叠合剪力墙对比试件没有显著差异，说明空心叠合剪力墙的构造边缘构件、约束边缘构件采用部分现浇部分叠合构造是可行的。

根据试验研究成果及国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、国家建筑标准设计图集《装配式混凝土结构连接节点构造（剪力墙）》15G310-2，给出了空心叠合剪力墙构造边缘构件区域部分现浇部分叠合的构造做法及要求。上述构造涉及专利“统筹预制墙和后浇段配置边缘构件钢筋的配筋构造 2020210929570”，使用者可直接与本规程主编单位协商处理。

8.3.9 空心叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的约束边缘构件阴影区全部采用现浇混凝土（图 8.3.9）时，应符合下列规定：

1 现浇约束边缘构件阴影区、预约束边缘构件非阴影区的范围应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定；

2 约束边缘构件包含非阴影区时，约束边缘构件非阴影区可全部预制，预约束边缘

构件非阴影区的构造应满足本规程第 8.2.7 条第 2 款的有关规定；

3 预制空心墙板水平分布钢筋应伸入现浇约束边缘构件阴影区直接锚固或与边缘构件箍筋搭接连接，直接锚固时水平分布钢筋应伸至最外侧边缘构件竖向钢筋外侧，搭接连接时搭接长度应满足本规程第 8.3.6 条的有关规定；

4 边缘构件竖向受力钢筋全部配置在现浇约束边缘构件阴影区内，现浇约束边缘构件阴影区、预约束边缘构件非阴影区箍筋可采用“统筹配筋构造”，且应满足本规程第 8.3.8 条第 4 款的有关规定；

5 边缘构件预制区域竖向受力钢筋与相邻的边缘构件现浇区域竖向钢筋的中心距不宜大于 300 mm，边缘构件预制区域竖向受力钢筋与相邻的墙身竖向受力钢筋的中心距不宜大于 400 mm。

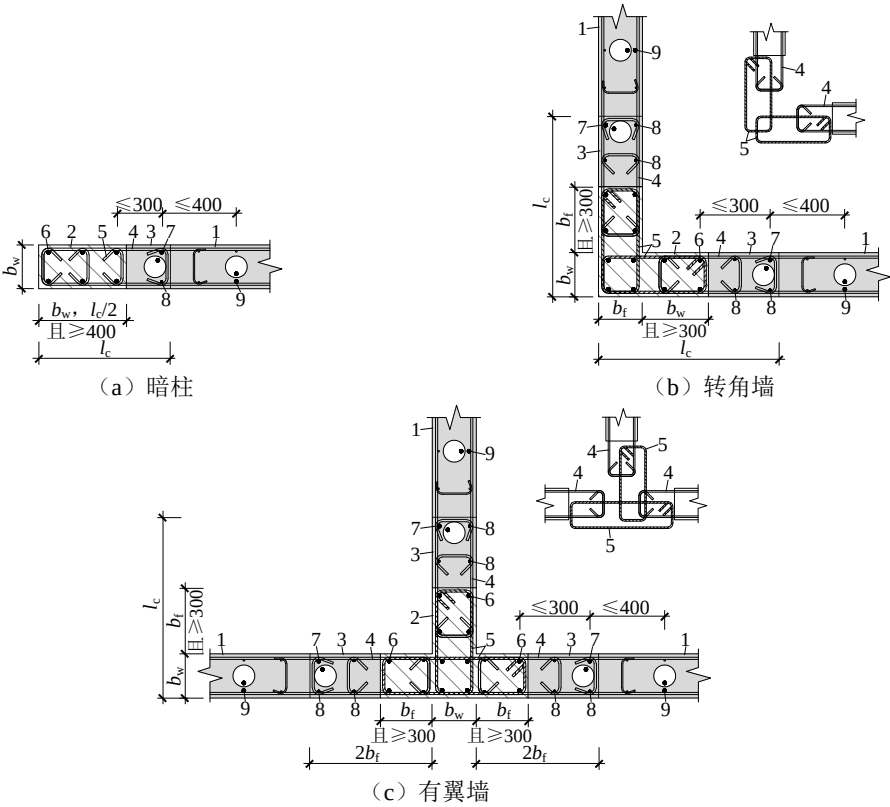


图 8.3.9 空心叠合剪力墙约束边缘构件阴影区全部现浇构造示意

1—预制空心墙板；2—现浇约束边缘构件阴影区；3—预约束边缘构件非阴影区；4—水平分布钢筋；5—箍筋或拉筋；6—边缘构件现浇区域竖向钢筋；7—边缘构件预制区域竖向受力钢筋；8—边缘构件预制区域竖向构造钢筋；9—墙身竖向受力钢筋

【条文说明】编制组开展的设计轴压比为0.6的空心叠合剪力墙抗震性能试验结果表明，高轴压比下空心叠合剪力墙可实现“等同现浇”的抗震性能。参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、国家建筑标准设计图集《装配式混凝土结构连接节点构造（剪力墙）》15G310-2，本条文对空心叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的约束边缘构件阴影区全部采用现浇混凝土的构造做法做出了具体规定。

8.3.10 空心叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的约束边缘构件阴影区部分现浇部分叠合（图 8.3.10）时，应符合下列规定：

1 约束边缘构件阴影区现浇部分、约束边缘构件阴影区预制部分、预约束边缘构件非阴影区的整体范围应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定；

2 约束边缘构件阴影区可部分现浇部分叠合，约束边缘构件阴影区预制部分、预约束边缘构件非阴影区的构造应满足本规程第 8.2.7 条第 2 款的有关规定；

3 边缘构件竖向受力钢筋全部配置在约束边缘构件阴影区现浇部分内，约束边缘构件现浇区域、预制区域竖向钢筋及箍筋可采用“统筹配筋构造”，且应满足本规程第 8.3.8 条第 4 款的有关规定；

4 预制空心墙板水平分布钢筋应伸入现浇约束边缘构件阴影区直接锚固或与边缘构件箍筋搭接连接，直接锚固时水平分布钢筋应伸至最外侧边缘构件竖向钢筋外侧，搭接连接时搭接长度应满足本规程第 8.3.6 条的有关规定；

5 边缘构件预制区域竖向受力钢筋与相邻的边缘构件现浇区域竖向钢筋的中心距不宜大于 300 mm，边缘构件预制区域竖向受力钢筋与相邻的墙身竖向受力钢筋的中心距不宜大于 400 mm。

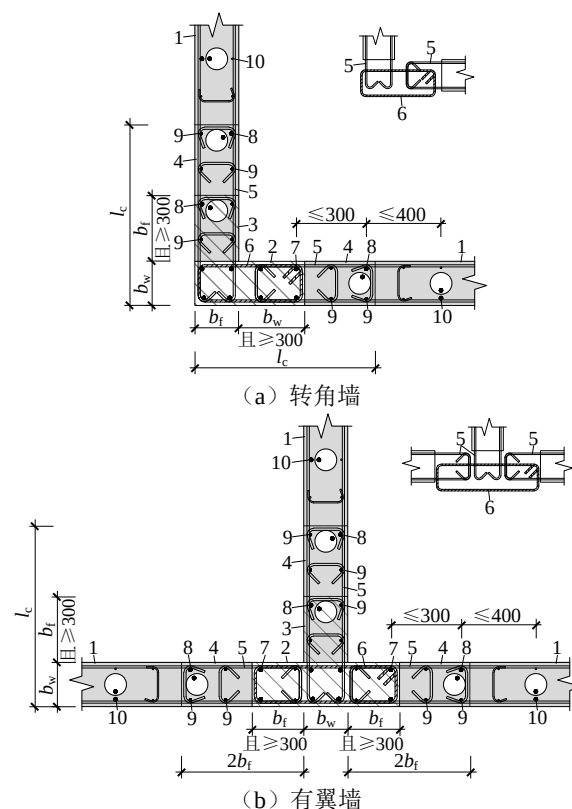


图 8.3.10 空心叠合剪力墙约束边缘构件阴影区部分现浇部分叠合构造示意

1—预制空心墙板；2—约束边缘构件阴影区现浇部分；3—约束边缘构件阴影区预制部分；4—预约束边缘构件非阴影区；5—水平分布钢筋；6—箍筋；7—边缘构件现浇区域竖向钢筋；8—边缘构件预制区域竖向受力钢筋；9—边缘构件预制区域竖向构造钢筋；10—墙身竖向受力钢筋

【条文说明】约束边缘构件范围较大，纵横墙交接处边缘构件位置无法全部现浇，约束边缘构件阴影区不可避免需采用部分现浇部分叠合构造。编制组开展的设计轴压比为0.6、约束边缘构件阴影区部分现浇部分叠合的空心叠合剪力墙抗震性能试验结果表明，高轴压比下约束边缘构件阴影区部分现浇部分叠合的空心叠合剪力墙可实现“等同现浇”的抗震性能。本条文对空心叠合剪力墙约束边缘构件阴影区部分现浇部分叠合的构造做法做出了具体规定。约束边缘构件现浇区域、预制区域竖向钢筋及箍筋宜采用“统筹配筋构造”，将边缘构件竖向受力钢筋全部配置在约束边缘构件阴影区现浇部分内，且采用直螺纹接头连接，可保证部分现浇部分叠合约束边缘构件钢筋连接的可靠性。

8.3.11 顶层连梁与墙肢整体预制（图 8.3.11）时，连梁纵筋伸入预制空心墙板的长度范围内可不设置伸出预制空心墙板顶面的连梁箍筋，连梁纵筋伸入墙肢的长度范围内的钢筋构造应符合下列规定：

- 1 在预制空心墙板竖孔间配置锚固段连梁箍筋，锚固段连梁箍筋不伸出预制空心墙板顶面，直径应与预制连梁箍筋相同，且间距不宜大于 150 mm；
- 2 在预制空心墙板的每个竖孔顶部配置 1 根连接插筋，连接插筋应采用倒 U 形钢筋，直径不应小于预制连梁箍筋、且不应小于 12 mm，伸入竖孔内的长度不应小于 l_{aE} ；
- 3 在连接插筋之间配置后浇圈梁箍筋，连梁纵筋伸入墙肢的长度范围内的后浇圈梁箍筋应与预制连梁箍筋相同，相邻连接插筋、后浇圈梁箍筋的间距不宜大于 150 mm。

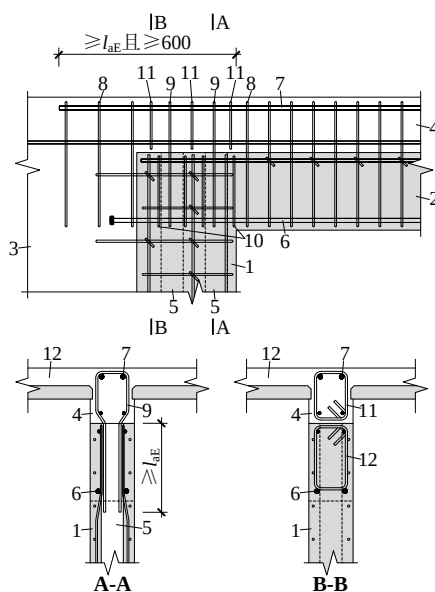


图 8.3.11 顶层连梁构造示意

1—预制空心墙板；2—预制连梁；3—竖向后浇段；4—后浇圈梁；5—竖孔；6—连梁底面纵筋；7—连梁顶面纵筋；8—连梁箍筋；9—连接插筋；10—锚固段连梁箍筋；11—后浇圈梁箍筋；12—楼板

【条文说明】顶层连梁与墙肢整体预制时，连梁纵筋伸入预制墙的长度范围内需设置箍筋保证连梁纵筋锚固区域内的受力性能，连梁箍筋伸出预制墙顶面将导致模具通用性差，需在侧模开设出筋槽，不利于模具的重复利用。预制空心墙板连梁纵筋锚固范围内设有边缘构件竖孔，后浇圈梁和竖孔内后浇混凝土整体浇筑，其整体性优于传统全预制墙，且可在竖孔与后浇圈梁之间铺设连接钢筋提高整体性。因此，充分借助预制空心墙板竖孔，连梁纵筋伸入预制空心墙板的长度范围内可不设置伸出预制空心墙板顶面的连梁箍筋，预制空心墙板连梁纵筋锚固范围内仅配置不伸出预制空心墙板顶面的箍筋，在竖孔内插入连接插筋实现后浇圈梁与预制空心墙板的钢筋连接，在连接插筋之间铺设后浇圈梁箍筋保证锚固段内箍筋的间距。参考现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3现浇剪力墙顶层连梁箍筋构造要求，对连梁纵筋伸入墙肢的长度范围内的钢筋构造做出具体规定。

8.3.12 窗下墙设计为非结构构件且与两侧墙肢整体预制时，其连接构造应符合下列规定：

- 1 窗下墙空心底部水平接缝宜设置在楼面标高处，接缝高度应与两侧空心叠合剪力墙底部水平接缝高度相同；
- 2 水平接缝处应剔除楼面混凝土表层，露出石子，并清理干净；
- 3 水平接缝后浇混凝土应与窗下墙竖孔内后浇混凝土同时浇筑。

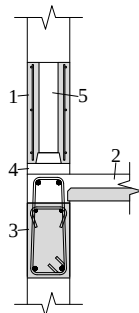


图 8.3.2 窗下墙连接构造示意

1—窗下墙；2—楼板；3—下层连梁；4—水平接缝；5—竖孔

【条文说明】非结构窗下墙宜与两侧墙肢整体预制提高外墙防水性能，通过窗下墙竖孔浇筑其底部水平接缝后浇混凝土，保证接缝防水性能。

9 双面叠合剪力墙结构设计

9.1 一般规定

9.1.1 10层以下或房屋高度不大于28m的居住建筑叠合剪力墙结构可全高采用双面叠合剪力墙，其边缘构件可现浇，或叠合，或部分现浇部分叠合。

【条文说明】叠合边缘构件指双面叠合剪力墙边缘构件区域全部预制，形成由边缘构件外围预制区域和空腔内后浇区域组成的整体叠合边缘构件。部分现浇部分叠合边缘构件指双面叠合剪力墙边缘构件范围部分区域设置竖向后浇段、部分区域预制，形成由部分全现浇区域和部分叠合区域组成的整体边缘构件。

中国建筑标准设计研究院开展的双面叠合剪力墙与现浇剪力墙的对比试验表明，边缘构件全部采用叠合边缘构件或采用部分现浇部分叠合边缘构件的双面叠合剪力墙在轴压比0.3、0.6下的破坏形态、承载力、变形能力和耗能能力与现浇剪力墙基本一致，双面叠合剪力墙叠合边缘构件、部分现浇部分叠合边缘构件的竖向受力钢筋均采用直螺纹接头连接、连接可靠。层数或高度符合本条规定的居住建筑为低层或多层建筑，可全高采用双面叠合剪力墙，包括底部加强部位。

9.1.2 高层建筑双面叠合剪力墙结构底部加强部位的剪力墙宜现浇，采用叠合剪力墙时应符合下列规定：

- 1 约束边缘构件阴影区宜现浇；
- 2 构造边缘构件可现浇，或叠合，或部分后浇部分叠合。

【条文说明】中国建筑标准设计研究院开展的双面叠合剪力墙与现浇剪力墙的对比试验表明，采用本规程构造的双面叠合剪力墙在高轴压比下可实现“等同现浇”的抗震性能，但预制双面墙板的两侧壁板需两次预制、压合生产，约束边缘构件内竖向钢筋、箍筋及拉筋较为密集，钢筋与混凝土骨料碰撞几率大，将会影响预制双面墙板的压合生产效率和箍筋压入深度。实际工程中已出现采用传统构造的双面叠合剪力墙钢筋压入深度不足的问题，空腔内后浇混凝土浇筑时两侧壁板胀模、开裂现象时有发生。采用本规程构造的预制双面墙板虽然在一定程度上减轻了压合生产的难度，但考虑到高层建筑底部加强部位约束边缘构件内钢筋的密集程度，建议高层建筑双面叠合剪力墙结构底部加强部位的约束边缘构件阴影区现浇，构造边缘构件可根据具体配筋情况采用现浇，或叠合，或部分后浇部分叠合。

9.1.3 双面叠合剪力墙的轴压比应符合下列规定：

- 1 双面叠合剪力墙的轴压比限制应比现浇结构中相同抗震等级的墙肢降低0.1；
- 2 计算轴压比时，墙厚应取双面叠合剪力墙的总厚度，混凝土强度等级宜取预制和后浇混凝土强度等级的较小值。

【条文说明】双面叠合剪力墙为连续空腔，两侧壁板预制混凝土、中间空腔后浇混凝土三层混凝土通过钢筋桁架拉结，空腔后浇混凝土与两侧壁板预制混凝土干缩不一致，易导致空腔

后浇混凝土与两侧壁板预制混凝土结合面脱开,影响双面叠合剪力墙在高轴压比下的受力性能。考虑实际生产和施工因素,本规程对双面叠合剪力墙结构的轴压比限制进行一定限制,以保证结构安全,同时便于施工。实际工程中,可通过增加墙肢截面厚度、提高墙肢混凝土强度等级等措施来予以实现。

9.1.4 双面叠合剪力墙的边缘构件设置应符合下列规定:

1 底层双面叠合剪力墙底截面的轴压比大于 0.3 时,底部加强部位及相邻上一层应设置约束边缘构件,以上部位可设置构造边缘构件;底层双面叠合剪力墙底截面的轴压比不大于 0.3 时,该双面叠合剪力墙全高可设置构造边缘构件;

2 双面叠合剪力墙约束边缘构件、构造边缘构件的范围及其最小配筋不应低于国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定和本规程的有关规定,边缘构件竖向受力钢筋尚应满足承载力要求。

【条文说明】双面叠合剪力墙约束边缘构件和构造边缘构件的设置要求,与国家现行标准现浇剪力墙的要求一致。由于结构的抗震等级为二级、三级或四级,因此,设置约束边缘构件还是构造边缘构件,以轴压比0.3为界。

9.2 预制双面墙板

9.2.1 预制双面墙板可由墙肢、(连)梁、非承重墙体、门窗等组成,宜选用通用构件和标准接口。

9.2.2 预制双面墙板的形状尺寸(图 9.2.2)应符合下列规定:

- 1 预制双面墙板厚度不宜小于 250 mm,不应小于 200 mm,应采用一字形截面;
- 2 带门窗洞口的预制双面墙板(图 9.2.2),洞口两侧墙肢宽度不宜小于 300 mm;洞口上方梁高度不宜小于 250 mm;当有窗下墙且采用预制混凝土时,窗洞口下方墙体高度不宜小于 300 mm。

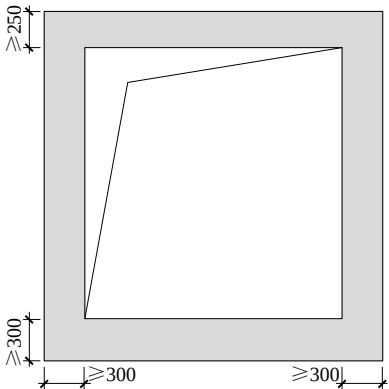


图 9.2.2 带洞口预制双面墙板尺寸要求示意

【条文说明】预制双面墙板两侧壁板需两次预制、压合生产,考虑生产难度和质量控制,建议预制双面墙板采用一字形截面,且厚度不应小于200 mm、不宜小于250 mm,保证壁板的

抗裂性能和空腔后浇混凝土的施工空间。预制双面墙板两侧壁板多为50 mm厚，考虑生产、运输及吊装过程中的裂缝控制, 建议带门窗洞口的预制双面墙板洞口两侧墙肢宽度不宜小于300 mm。

9.2.3 预制双面墙板的构造（图 9.2.3）应符合下列规定：

1 预制混凝土壁板厚度不应小于 50 mm，空腔厚度不应小于 100 mm，两侧预制混凝土壁板墙身区域应采用钢筋桁架拉结；

2 预制混凝土壁板内应配置单层双向钢筋网，水平和竖向分布钢筋的最小配筋率不应小于现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50010 中对现浇剪力墙的有关规定，水平和竖向分布钢筋的间距可取为 300 mm；钢筋网可绑扎成型，也可焊接成型；

3 预制边缘构件区域预制混凝土壁板内配置边缘构件竖向构造钢筋与边缘构件箍筋形成钢筋笼，边缘构件竖向构造钢筋的直径不应小于 8 mm，且上下端不伸出墙板；边缘构件箍筋、拉筋构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙的有关规定；

4 钢筋桁架应满足运输、吊装和空腔内后浇混凝土施工的要求，沿预制双面墙板竖向设置，钢筋桁架中心距 a_1 不宜大于 400 mm，且不应大于 600 mm；钢筋桁架与相邻边缘构件箍筋或拉筋的中心距 a_2 不宜大于 400 mm；

5 钢筋桁架上、下弦钢筋的内保护层厚度不应低于 12 mm，腹杆钢筋直径不宜小于 6 mm，上、下弦钢筋可兼做竖向分布钢筋，此时上弦钢筋直径不宜小于 10 mm，下弦钢筋直径不宜小于 8 mm。

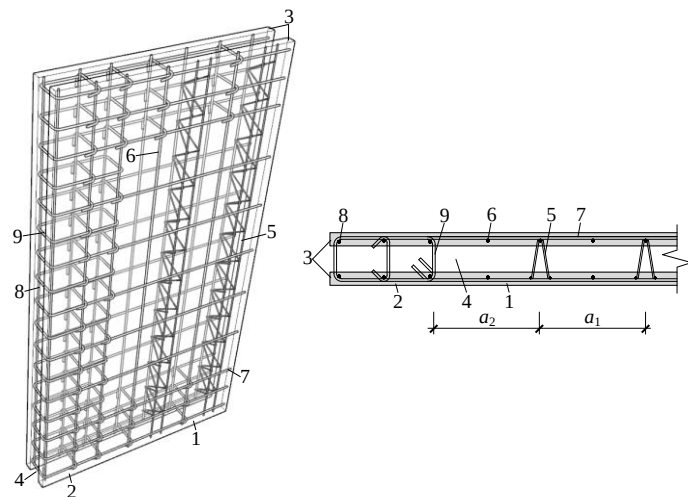


图 9.2.3 预制双面墙板构造示意

1—墙身；2—预制边缘构件；3—预制混凝土壁板；4—空腔；5—钢筋桁架；6—竖向分布钢筋；7—水平分布钢筋；8—边缘构件竖向构造钢筋；9—边缘构件箍筋

【条文说明】传统双面叠合剪力墙边缘构件预制时，存在以下问题：1) 预制边缘构件区域

预制混凝土壁板内竖向钢筋为受力钢筋、直径大, 预制双面墙板压合生产过程中直径较大的竖向钢筋易与骨料碰撞, 导致压合困难、压入深度难以保证, 现场后浇混凝土浇筑时易发生胀模等质量风险及安全事故; 2) 预制边缘构件区域预制混凝土壁板内竖向钢筋不伸出预制墙上下端, 施工现场在空腔内楼面高度位置设置竖向附加连接钢筋与预制双面墙板内边缘构件竖向钢筋搭接连接, 空腔内附加连接钢筋在混凝土振捣时易产生移位, 上层预制双面墙板安装时空腔内竖向附加连接钢筋易与边缘构件箍筋、拉筋产生碰撞, 安装效率低; 3) 洞口侧预制边缘构件往往与竖向后浇段直接相连, 竖向接缝位置需设置水平连接钢筋, 竖向附加连接钢筋、水平连接钢筋相互交叉, 钢筋密集、钢筋净距仅为30 mm, 后浇混凝土振捣困难, 易产生浇筑质量问题, 进一步影响钢筋搭接传力性能; 4) 边缘构件竖向钢筋采用搭接连接, 搭接长度较长, 以 $\Phi 16$ 钢筋、搭接长度 $1.6l_{aE}$ 计算, 竖向附加连接钢筋伸入上、下层预制双面墙板空腔内的长度需达到1020 mm, 即正常居住建筑3 m层高范围内, 仅墙板中间高度约1 m范围内无竖向附加连接钢筋, 边缘构件竖向钢筋用钢量大, 且大范围内钢筋密集、混凝土振捣困难。

为解决传统双面叠合剪力墙边缘构件预制时带来的生产、现场施工、经济性及受力性能等方面的问题, 本规程双面叠合剪力墙采用“非同现浇构造”实现“等同现浇性能”。预制双面墙板边缘构件区域配置边缘竖向构造钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼, 边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于中间空腔内, 上、下层边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接或焊接连接, 优先采用直螺纹接头连接; 空腔内边缘构件竖向受力钢筋保证双面叠合剪力墙的受弯承载力, 预制双面墙板边缘构件区域箍筋、拉筋对边缘构件核心区混凝土形成箍筋约束作用, 保证双面叠合剪力墙的弹塑性变形能力。采用上述构造后, 采用小直径构造筋代替较大直径的纵向受力钢筋, 可有效降低预制双面墙板生产时的压合难度, 提高钢筋笼标准化程度; 现场施工时空腔内钢筋与预制混凝土壁板内壁的净间距增加, 施工精度要求和难度下降, 空腔内混凝土浇筑振捣更简便, 质量更易保证。

预制混凝土壁板内水平及竖向分布钢筋可在满足最小配筋率要求的前提下, 采用300 mm间距配筋, 以减少钢筋数量, 提高压合效率及压合精度。分布钢筋可采用焊接钢筋网片, 与边缘构件定型钢筋笼组装形成预制墙钢筋笼。

预制双面墙板两侧预制混凝土壁板通过钢筋桁架拉结, 钢筋桁架的功能主要有: 1) 承担浇筑后浇混凝土时的侧模压力; 2) 将预制板与内部后浇混凝土连接为整体; 3) 桁架上、下弦钢筋可承担静力荷载, 作为受力钢筋使用; 4) 作为预制双面墙板生产、吊装过程中的抗剪钢筋。钢筋桁架间距主要由空腔内后浇混凝土浇筑时预制混凝土壁板的开裂控制。现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231建议钢筋桁架中心间距不宜大于400 mm, 且不宜大于竖向分布筋间距的2倍; 上海市地方标准《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》DG/TJ 08-2266-2018建议钢筋桁架中心间距不宜大于600 mm; 湖北省地方标准《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》DB42/T 1044-2015建议钢筋桁架的榫间距应经计算确定, 可取400~600 mm; 德国双面叠合剪力墙技术手册SYSpro PART-thermo建议钢筋桁架中心间距不应大于625 mm, 钢筋桁架中心间距为625 mm时, 空腔内混凝土浇筑速度不应超过0.8 m/h。编制组开展的计算分析表明, 在居住建筑正常层高下, 钢筋桁架中心间距取为600 mm时,

可保证正常混凝土浇筑速度、分层浇筑下空腔后浇混凝土浇筑的安全性。综合国内外技术标准和编制组开展的计算分析,本规程建议预制双面墙板钢筋桁架的中心距不宜大于400 mm,不应大于600 mm,同时需根据后浇混凝土浇筑具体情况(浇筑速度、分层浇筑控制等)进行计算分析。综合考虑预制双面墙板压合精度及钢筋桁架上下弦钢筋的内保护层控制,建议实际工程中预制混凝土壁板厚度可取为55 mm,有条件时可适当增加墙厚,改善空腔后浇混凝土的浇筑施工条件。

9.2.4 外墙连梁宜与墙肢整体预制,且宜采用两侧预制混凝土壁板不等高构造(图 9.2.4),外侧预制混凝土壁板伸至本层楼板顶面,内侧预制混凝土壁板伸至连梁叠合层底面,连梁底面纵筋配置在两侧预制混凝土壁板内,外侧预制混凝土壁板配置连梁顶面纵筋。

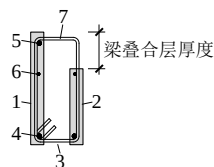


图 9.2.4 预制双面墙板外墙连梁构造示意

1—外侧预制混凝土壁板；2—内侧预制混凝土壁板；3—空腔；4—连梁底面纵筋；5—连梁顶面纵筋；6—连梁腰筋；7—连梁箍筋

9.3 连接设计

9.3.1 双面叠合剪力墙底部水平接缝宜设置在楼面标高处,接缝高度不宜小于 50 mm,接缝高度可采用垫块调节。

【条文说明】双面叠合剪力墙底部水平接缝采用后浇混凝土填实,接缝高度不宜小于50 mm,以保证后浇混凝土骨料可进入水平接缝。接缝高度可采用垫块调节。

9.3.2 上下层预制双面墙板墙身竖向钢筋连接(图 9.3.2)应符合下列规定:

1 下层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋应伸入上层预制双面墙板空腔内搭接连接[图 9.3.2 (a)],或在空腔内附加双排[图 9.3.2 (b)]或单排[图 9.3.2 (c)]竖向连接钢筋搭接连接;

2 下层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋直接伸入上层预制双面墙板空腔内搭接连接[图 9.3.2 (a)]时,搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$;下层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋在下层预制双面墙板顶部范围内弯折、从空腔伸出,弯折角度不宜大于 1:6;

3 在空腔内附加双排竖向连接钢筋搭接连接[图 9.3.2 (b)]时,双排竖向连接钢筋与上下层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋的搭接长度均不应小于 $1.2l_{aE}$,双排竖向连接钢筋规格、间距与墙身竖向分布钢筋相同;

4 在空腔内附加单排竖向连接钢筋搭接连接[图 9.3.2 (c)]时,单排竖向连接钢筋沿墙厚方向居中布置,间距与墙身竖向分布钢筋相同,且沿预制双面墙板长度方向宜布置在墙身

竖向分布钢筋对应位置；单排竖向连接钢筋的受拉承载力不应小于与其搭接连接的两根竖向分布钢筋的总受拉承载力，与上下层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋的搭接长度均不应小于 $(1.2l_{aE} + 0.5b_w)$ ，其中 l_{aE} 应按单排竖向连接钢筋直径计算；

5 下层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋直接伸入上层预制双面墙板空腔内搭接连接[图 9.3.2 (a)]或在空腔内附加双排竖向连接钢筋搭接连接[图 9.3.2 (b)]时，搭接连接的两根钢筋之间的净距不宜大于 4 倍的钢筋直径。

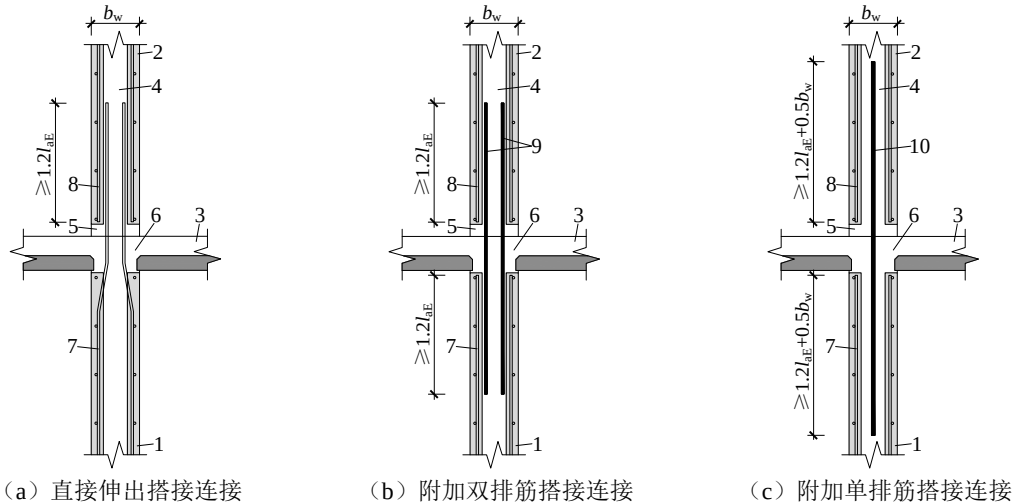


图 9.3.2 双面叠合剪力墙墙身竖向钢筋连接构造示意

1—下层预制墙；2—上层预制墙；3—楼板；4—空腔；5—水平接缝；6—水平后浇带；7—下层墙身竖向分布钢筋；8—上层墙身竖向分布钢筋；9—双排竖向连接钢筋；10—单排竖向连接钢筋

【条文说明】预制双面墙板墙身竖向分布钢筋直径较小，且墙身位置竖向钢筋间距较大，宜采用搭接连接兼顾钢筋传力及预制双面墙板安装。不受运输高度限制时，下层预制双面墙板竖向分布钢筋可直接在墙板顶部弯折避开侧模、从空腔伸出，伸入上层预制双面墙板空腔内与上层预制双面墙板竖向分布钢筋搭接连接，其优势在于施工现场钢筋定位更为准确，且预制双面墙板生产时边模无需开设出筋槽；运输高度受限时，预制双面墙板竖向分布钢筋可不伸出预制墙，施工现场在空腔楼面位置附近配置专门的附加连接钢筋与上下层预制双面墙板竖向分布钢筋搭接连接，施工现场需加强附加连接钢筋的定位措施，防止空腔后浇混凝土浇筑时附加连接钢筋移位、干扰上层预制双面墙板吊装。采用附加双排筋搭接连接时，连接构造与现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231附录A连接构造基本一致。考虑到双面叠合剪力墙墙身竖向分布钢筋配筋率较低，对双面叠合剪力墙的受力性能影响较小，本规程同时给出了墙身附加单排筋搭接连接构造，此时搭接连接钢筋间的净距较大，参考欧洲模式规范CEB-FIP Model 1990关于钢筋间接搭接的有关规定和相关试验研究，建议附加单排筋搭接连接时搭接长度不应小于 $1.2l_{aE} + 0.5b_w$ 。编制组开展的双面叠合剪力墙抗震性能试验中，试件墙身竖向分布钢筋即采用附加单排筋搭接连接构造，试验结果表明，墙身竖向分布钢筋采用附加单排筋搭接连接构造的双面叠合剪力墙的破坏模式、裂缝部分与现浇剪力墙无明显差异，两者的承载力、变形能力及耗能能力等主要抗震性能指标基本一致，验证了墙身竖向分布钢筋采用附加单排筋搭接连接构造的合理性。

9.3.3 双面叠合剪力墙的构造边缘构件预制时，其竖向钢筋连接（图 9.3.3）应符合下列规定：

1 双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋配置在预制边缘构件区域空腔内、沿高度方向上下贯通，边缘构件竖向受力钢筋沿墙厚方向居中布置、沿靠近墙板端部一侧布置，预制边缘构件区域空腔内边缘构件竖向受力钢筋根数不宜超过 3 根；

2 预制边缘构件区域最外侧边缘构件竖向受力钢筋中心距墙板端部的距离 c_1 不宜大于 70 mm，相邻边缘构件竖向受力钢筋之间的中心距 c_2 宜为 120 mm ~ 250 mm；

3 下层边缘构件竖向受力钢筋伸入上层预制墙空腔内，并与上层边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接接头连接，机械连接接头宜选用直螺纹接头，机械连接接头中心距离楼板顶面的高度不宜小于 100 mm；机械连接接头位置可根据需要在预制混凝土壁板上预留手孔，手孔尺寸宜根据机械连接接头施工需要确定，手孔内边缘构件箍筋应连续；

4 边缘构件竖向受力钢筋配筋面积可采用直接配筋设计、等强替代配筋或根据配筋替代原则直接替代三种方法进行计算：

- 1) 采用直接配筋设计方法时，可根据现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 现浇剪力墙正截面受压承载力计算方法进行配筋面积计算；
 - 2) 采用等强替代配筋时，基于结构设计原始配筋面积进行配筋设计，替代原则为边缘构件竖向受力钢筋的总受拉承载力不低于原始配筋的总受拉承载力；
 - 3) 根据配筋替代原则直接替代配筋时，可按表 9.3.3 规定的配筋替代原则进行配筋设计；
- 5 边缘构件竖向受力钢筋直径不宜大于 32 mm，计算配筋面积较大时，宜采用 HRB500 级钢筋。

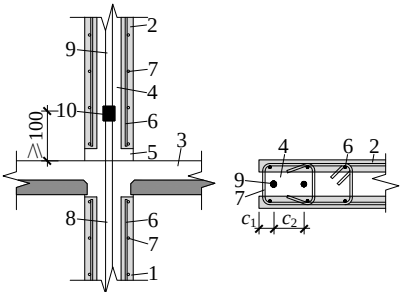


图 9.3.3 双面叠合剪力墙预制边缘构件区域竖向钢筋连接构造示意

1—下层预制墙；2—上层预制墙；3—楼板；4—空腔；5—水平接缝；6—边缘构件竖向构造钢筋；7—边缘构件箍筋；8—下层边缘构件竖向受力钢筋；9—上层边缘构件竖向受力钢筋；10—机械连接接头

表 9.3.3 双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋替代原则

配筋构造	竖向受力钢筋替代原则
------	------------

按现浇结构设计原始配筋	6 Φ 12	6 Φ 14	6 Φ 16	6 Φ 18
双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋	1 Φ 20+1 Φ 18	1 Φ 25+1 Φ 22	1 Φ 28+1 Φ 25	1 Φ 32+1 Φ 28

注：表中双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋直径较大的钢筋配置在最外侧。

【条文说明】本规程双面叠合剪力墙采用“非等同现浇构造”实现“等同现浇性能”，边缘构件竖向受力钢筋上下贯通设置于竖孔内，保证空心叠合剪力墙的受弯承载力。为控制双面叠合剪力墙在侧向力作用下水平接缝位置的裂缝宽度，建议预制边缘构件区域边缘构件竖向受力钢筋中心距墙板端部的距离不宜大于70 mm，其中“最外侧”是指弯矩作用下边缘构件最外侧受拉钢筋。综合国内外规范要求和相关研究成果，本规程建议相邻边缘构件竖向受力钢筋之间的中心距不宜大于250 mm，同时宜将边缘构件竖向受力钢筋布置在靠近墙板端部一侧，提高边缘构件竖向受力钢筋内力臂。

现场施工预制双面墙板和空腔内边缘构件竖向受力钢筋连接施工可采用两种施工顺序。方法一是先采用直螺纹接头续接上层边缘构件竖向受力钢筋，在上层边缘构件竖向受力钢筋顶部外套带有引导功能的PVC套管，然后安装上层预制双面墙板，借助PVC套筒避免边缘构件竖向受力钢筋在墙板下落过程中与空腔内箍筋、拉筋碰撞，此时预制边缘构件底部无需预留手孔。方法二是先安装上层预制双面墙板，再穿设上层边缘构件竖向受力钢筋并在墙板底部实现钢筋连接，此时预制边缘构件底部壁板上需预留手孔用以实现钢筋机械连接操作，手孔宜预留在先生产的预制混凝土壁板上，手孔内边缘构件箍筋应连续。

边缘构件竖向受力钢筋配筋面积可采用直接配筋设计、等强替代配筋或根据配筋替代原则直接替代三种方法进行计算。编制组开展的双面叠合剪力墙抗震性能试验表明，压弯破坏的双面叠合剪力墙的受弯承载力试验值不低于按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3现浇剪力墙正截面受压承载力计算方法计算得到的承载力，且双面叠合剪力墙受弯承载力试验值与计算值之间的比值（安全裕度）不低于对应的现浇剪力墙，因此可根据现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3现浇剪力墙正截面受压承载力计算方法进行双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋的直接配筋设计。

双面叠合剪力墙结构可按传统现浇剪力墙结构进行弹性分析和配筋设计，双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋力臂大于传统现浇剪力墙边缘构件竖向钢筋力臂，因此双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋可采用“等强替代方法”根据现浇剪力墙配筋计算结果进行快速配筋设计，可保证双面叠合剪力墙的正截面承载力不低于传统配筋构造。

进一步地，考虑双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋力臂大于传统现浇剪力墙边缘构件竖向钢筋力臂的有利作用，编制组建立了考虑边缘构件竖向受力钢筋实际位置的双面叠合剪力墙正截面压弯承载力精细计算方法，对双面叠合剪力墙的平面内受力性能进行了大量的算例分析，计算结果表明墙肢截面高度 $h_w = 1200 \sim 4500$ mm时，边缘构件各配筋情况下，按本规程表9.3.3建议的双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋替代原则设计的双面叠合剪力墙根据材料强度设计值或实际值计算得到的承载力均不低于对应现浇墙的98%。为便于结构设计，可直接按照本规程表9.3.3建议的双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋替代原则进行配筋设计。

特别地，当计算配筋面积较大时，双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋宜采用

HRB500级钢筋控制其直径，同时有助于成本控制。

9.3.4 双面叠合建剪力墙与基础或下层现浇剪力墙连接时，竖向连接钢筋应符合下列规定：

1 墙身区域，下层现浇剪力墙竖向分布钢筋在顶部弯折伸入预制双面墙板空腔内搭接连接[图 9.3.4 (a)]，弯折角度不宜大于 1:6，搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$ ，搭接连接的两根钢筋之间的净距不宜大于 4 倍的钢筋直径；或在基础或下层现浇剪力墙内沿墙厚方向居中预埋墙身单排竖向连接钢筋[图 9.3.4 (b)]，单排竖向连接钢筋间距与墙身竖向分布钢筋相同，且沿预制双面墙板长度方向宜布置在墙身竖向分布钢筋对应位置，伸入基础或下层现浇剪力墙的长度不应小于 $1.2l_{aE}$ ，与上层预制双面墙板墙身竖向分布钢筋的搭接长度不应小于 $(1.2l_{aE} + 0.5b_w)$ ，其中 l_{aE} 应按单排竖向连接钢筋直径计算；

2 预制边缘构件区域[图 9.3.4 (c)]，在基础或下层现浇剪力墙内双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋对应位置预埋边缘构件插筋，插筋规格与双面叠合剪力墙边缘构件竖向受力钢筋相同，伸入基础或下层现浇剪力墙的长度不应小于 $1.2l_{aE}$ 、末端 90° 弯折锚固，伸入预制双面墙板空腔与边缘构件竖向受力钢筋采用机械连接接头连接，机械连接接头宜选用直螺纹接头，接头中心距离楼板顶面的高度不宜小于 100 mm；下层现浇剪力墙边缘构件竖向钢筋伸至楼板顶部后 90° 水平弯折，弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的钢筋直径。

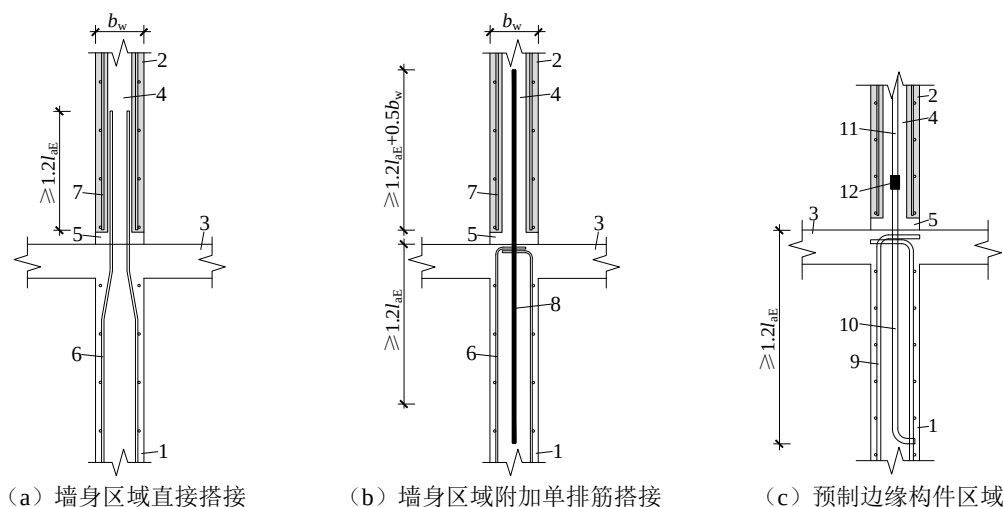


图 9.3.4 双面叠合剪力墙与基础或下层现浇剪力墙连接构造示意

1—基础或下层现浇剪力墙；2—预制双面墙板；3—楼板；4—空腔；5—水平接缝；6—下层竖向分布钢筋；7—预制双面墙板竖向分布钢筋；8—墙身单排竖向连接钢筋；9—下层边缘构件竖向钢筋；10—边缘构件插筋；11—边缘构件竖向受力钢筋；12—机械连接接头

9.3.5 屋面以及立面收进的楼层，双面叠合剪力墙竖向钢筋顶部构造应符合下列规定：

1 墙身竖向分布钢筋顶部宜采用附加钢筋搭接锚固（图 9.3.5-1），在空腔顶部插入附加钢筋与预制空心墙板竖向分布钢筋搭接连接，附加钢筋规格与墙身竖向分布钢筋相同，搭接长度不应小于 l_{aE} ，搭接连接的两根钢筋之间的净距不宜大于 4 倍的钢筋直径：

1) 附加钢筋采用 L 形钢筋时[图 9.3.5-1 (a)], 伸至屋面板或楼板顶部后 90° 水平弯折, 弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的附加钢筋直径;

2) 附加钢筋采用 U 形折线钢筋时[图 9.3.5-1 (b)], U 形折线钢筋兼做顶部后浇圈梁箍筋, 在预制双面墙板空腔顶部弯折伸入空腔。



图 9.3.5-1 双面叠合剪力墙墙身竖向钢筋顶部构造示意

1—预制空心墙板; 2—屋面板或楼板; 3—后浇圈梁或水平后浇带; 4—空腔; 5—墙身竖向分布钢筋; 6—墙顶附加钢筋

2 边缘构件竖向受力钢筋顶部可采用弯折锚固或机械锚固:

1) 采用弯折锚固时[图 9.3.5-2 (a)], 边缘构件竖向受力钢筋在后浇圈梁或水平后浇带内采用机械连接接头续接接长钢筋, 接长钢筋伸至屋面板或楼板顶部后 90° 水平弯折, 弯折后的水平投影长度不宜小于 12 倍的接长钢筋直径; 接长钢筋规格与边缘构件竖向受力钢筋相同;

2) 采用机械锚固时, 边缘构件竖向受力钢筋应伸至屋面板或楼板顶部后锚固, 且宜采用锚固板等机械锚固措施[图 9.3.5-2 (b)]。



图 9.3.5-2 双面叠合剪力墙边缘构件竖向钢筋顶部构造示意

1—预制空心墙板; 2—屋面板或楼板; 3—后浇圈梁或水平后浇带; 4—空腔; 5—边缘构件竖向受力钢筋; 6—机械连接接头; 7—接长钢筋; 8—钢筋锚固板

【条文说明】参考现浇剪力墙竖向钢筋顶部构造, 同时考虑预制双面墙板的生产和现场施工工艺, 对双面叠合剪力墙墙身及边缘构件竖向钢筋顶部构造做法作出规定。采用机械连接接头对边缘构件竖向受力钢筋或墙身竖向受力钢筋进行接长时, 可采用正反丝直螺纹套筒避免接头施工操作时接长钢筋与屋面板或楼板内其它钢筋冲突。

9.3.6 同层相邻预制双面墙板在非边缘构件位置连接 (图 9.3.6) 时, 竖向接缝构造应符合下列规定:

1 可采用后浇竖向接缝或单侧密拼连接;

2 后浇竖向接缝连接时[图 9.3.6 (a)], 相邻预制双面墙板两侧预制混凝土壁板之间沿墙体长度方向的距离均不宜小于 200 mm; 单侧密拼连接时[图 9.3.6 (b)], 相邻预制双面墙板一侧预制混凝土壁板之间沿墙体长度方向的距离均不宜小于 200 mm, 另一侧预制混凝土壁板之间预留宽度为 10 mm ~ 20 mm 的安装缝;

3 预制双面墙板水平分布钢筋可不伸出预制混凝土壁板侧面, 预制双面墙板水平分布钢筋采用空腔内附加水平连接钢筋连接, 附加水平连接钢筋的规格、沿竖向的间距与两侧预制双面墙板的水平分布钢筋相同, 与预制双面墙板水平分布钢筋的搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$;

4 竖向后浇段内应设置不少于 4 根竖向分布钢筋, 钢筋直径不应小于墙体竖向分布钢筋直径, 上、下层竖向后浇段内竖向分布钢筋搭接连接, 搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$; 竖向后浇段箍筋直径不宜小于 4 mm, 沿竖向的间距不宜大于 400 mm。



图 9.3.6 同层相邻预制双面墙板非边缘构件位置竖向接缝构造示意

1—预制双面墙板; 2—竖向后浇段; 3—空腔; 4—水平分布钢筋; 5—附加水平连接钢筋; 6—竖向分布钢筋; 7—竖向后浇段箍筋

【条文说明】参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231附录A, 编制本条文, 同时给出预制双面墙板单侧密拼连接构造, 用于外墙竖向接缝, 可实现外墙免支模。

9.3.7 双面叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的构造边缘构件全部采用现浇混凝土(图 9.3.7)时, 应符合下列规定:

1 现浇构造边缘构件的范围应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定;

2 现浇区域与预制双面墙板之间应通过空腔内附加水平连接钢筋连接, 附加水平连接钢筋的规格、沿竖向的间距与两侧预制双面墙板的水平分布钢筋相同;

3 现浇区域与预制双面墙板之间的附加水平连接钢筋宜为 U 形钢筋, U 形钢筋开口端伸入预制双面墙板空腔; 现浇区域两侧预制双面墙板之间的附加水平连接钢筋宜为双排直钢筋;

4 附加水平连接钢筋伸入预制双面墙板空腔与预制双面墙板水平分布钢筋搭接连接, 搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$; 附加水平连接钢筋宜伸至现浇区域最外侧边缘构件竖向钢筋外侧, 或伸入现浇区域的长度不应小于 l_{aE} ;

5 附加水平连接钢筋伸入预制双面墙板空腔与预制双面墙板水平分布钢筋搭接范围内,

上下层预制双面墙板竖向分布钢筋宜采用附加单排竖向连接钢筋搭接连接, 连接构造应满足本规程第 9.3.2 条第 4 款的有关规定;

6 空腔内紧邻现浇区域的单排竖向连接钢筋墙身与相邻的边缘构件现浇区域竖向钢筋的中心距不宜大于 300 mm。

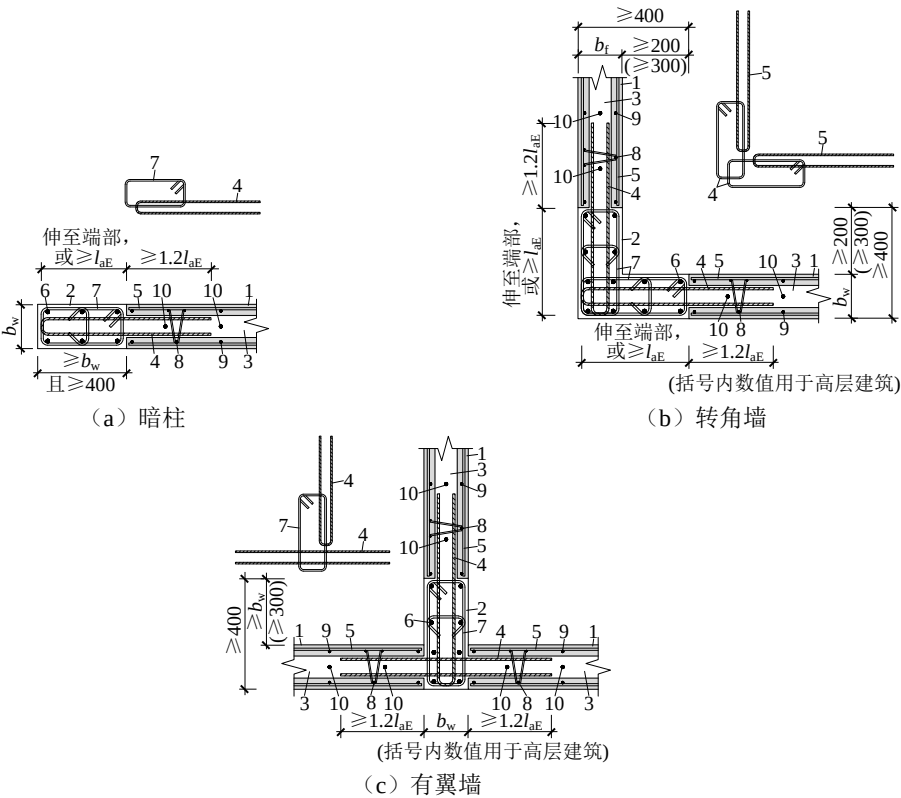


图 9.3.7 双面叠合剪力墙构造边缘构件区域全部现浇构造示意

1—预制双面墙板; 2—现浇构造边缘构件区域; 3—空腔; 4—附加水平连接钢筋; 5—水平分布钢筋; 6—边缘构件现浇区域竖向钢筋; 7—边缘构件现浇区域箍筋或拉筋; 8—钢筋桁架; 9—竖向分布钢筋; 10—单排竖向连接钢筋

【条文说明】纵横墙交接处, 构造边缘构件可全部现浇同时作为相邻预制双面墙板连接的竖向后浇段, 参考国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231附录A编制本条文。附加水平连接钢筋伸入预制双面墙板空腔与预制双面墙板水平分布钢筋搭接范围内, 楼板上下一定范围内空腔内同时配置竖向连接钢筋, 附加水平连接钢筋与竖向连接钢筋相互交叉, 考虑现场钢筋安装顺序, 建议现浇区域与预制双面墙板之间的附加水平连接钢筋采用U形钢筋, U形钢筋开口端伸入预制双面墙板空腔, 另一端与现浇区域钢筋绑扎定位。附加水平连接钢筋与预制双面墙板水平分布钢筋搭接为两根直钢筋搭接, 搭接长度取为 $1.2l_{aE}$ 。现浇区域范围不大时, 参考现浇剪力墙水平分布钢筋构造, 附加水平连接钢筋伸至现浇区域最外侧边缘构件竖向钢筋外侧锚固即可; 现浇区域范围较大时, 附加水平连接钢筋可伸入现浇区域与现浇区域箍筋搭接连接, 此时搭接钢筋均为环状钢筋, 搭接长度取为 l_{aE} 。

与现浇区域相邻的预制双面墙板端部竖向分布钢筋可作为构造钢筋, 空腔内可不设置对应的竖向连接钢筋, 建议空腔内紧邻现浇区域的单排竖向连接钢筋墙身与相邻的边缘构件现浇区域竖向钢筋的中心距不宜大于300 mm。

9.3.8 双面叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的构造边缘构件部分现浇部分叠合（图 9.3.8）时，应符合下列规定：

1 部分现浇部分叠合构造边缘构件的整体范围应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定；

2 现浇区域与预制双面墙板之间应通过空腔内附加水平连接钢筋连接，附加水平连接钢筋的规格、沿竖向的间距与两侧预制双面墙板的水平分布钢筋相同；附加水平连接钢筋伸入预制双面墙板空腔与预制双面墙板水平分布钢筋搭接连接，搭接长度不应小于 $1.2l_{aE}$ ；

3 附加水平连接钢筋可兼做边缘构件现浇区域箍筋，边缘构件现浇区域箍筋采用 U 形折线钢筋，在预制双面墙板空腔端部弯折伸入空腔；

4 边缘构件预制区域预制混凝土壁板内配置竖向构造钢筋与边缘构件箍筋形成钢筋笼，竖向构造钢筋的直径不应小于 8 mm，且上下端不伸出墙板；边缘构件预制区域箍筋、拉筋构造应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对现浇剪力墙的有关规定；

5 边缘构件预制区域空腔中心位置配置单排竖向连接钢筋与边缘构件预制区域竖向构造钢筋搭接连接，单排竖向连接钢筋的受拉承载力不应小于与其搭接连接的竖向构造钢筋的总受拉承载力，与上下层边缘构件预制区域竖向构造钢筋的搭接长度均不应小于 $(1.2l_{aE} + 0.5b_w)$ ，其中 l_{aE} 应按单排竖向连接钢筋直径计算；

6 部分现浇部分叠合边缘构件整体范围的竖向钢筋、箍筋可采用“统筹配筋构造”，边缘构件竖向受力钢筋宜主要配置在边缘构件现浇区域内，边缘构件现浇区域竖向钢筋、边缘构件预制区域单排竖向连接钢筋的整体配筋面积应满足受力要求，配筋面积可按本规程第 9.3.3 条第 4 款的有关规定计算；兼做边缘构件现浇区域箍筋的附加水平连接钢筋之间，边缘构件预制区域、现浇区域可分别配置独立箍筋或拉筋，部分现浇部分叠合边缘构件范围内的所有箍筋、拉筋构造应满足国家现行标准《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 现浇剪力墙的有关规定；

7 附加水平连接钢筋伸入预制双面墙板空腔与预制双面墙板水平分布钢筋搭接范围内，上下层预制双面墙板竖向分布钢筋宜采用附加单排竖向连接钢筋搭接连接，连接构造应满足本规程第 9.3.2 条第 4 款的有关规定。

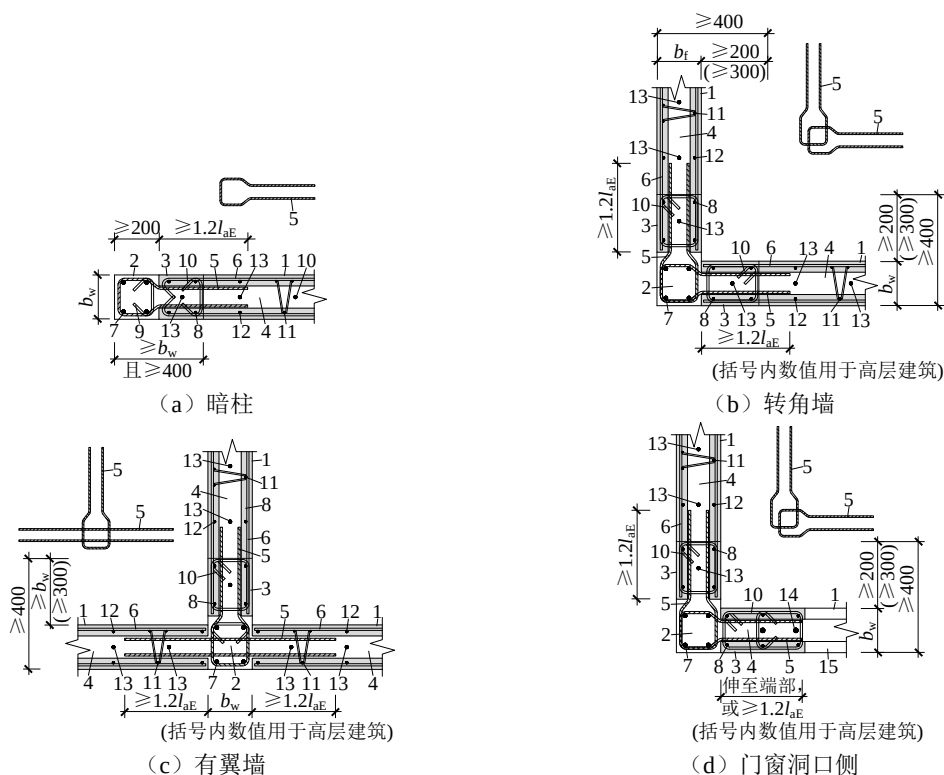


图 9.3.8 空心叠合剪力墙构造边缘构件区域部分现浇部分叠合构造示意

1—预制双面墙板；2—边缘构件现浇区域；3—边缘构件预制区域；4—空腔；5—附加水平连接钢筋；6—水平分布钢筋；7—边缘构件现浇区域竖向钢筋；8—边缘构件预制区域竖向构造钢筋；9—边缘构件现浇区域箍筋或拉筋；10—边缘构件预制区域箍筋或拉筋；11—钢筋桁架；12—竖向分布钢筋；13—单排竖向连接钢筋；14—边缘构件竖向受力钢筋；15—门窗洞口

【条文说明】纵横墙交接处，尤其是外墙窗洞口位置，因建筑功能需求，边缘构件位置无法全部现浇，不可避免需采用边缘构件部分现浇部分叠合构造。编制组开展了采用部分现浇部分叠合构造边缘构件、约束边缘构件的双面叠合剪力墙的抗震性能试验（图9），设计轴压比分别为0.3、0.6。部分现浇部分叠合边缘构件采用“统筹配筋构造”，即统筹配置边缘构件预制区域、现浇区域构成的整体边缘构件内的竖向钢筋和箍筋，在剪力墙配筋构造允许范围内，将与现浇区域相邻的预制墙边缘构件预制区域的部分竖向钢筋转移至现浇区域内，边缘构件预制区域仅配置边缘构件预制区域竖向构造钢筋、上下层搭接连接，竖向构造钢筋作为架立钢筋与箍筋、拉筋形成钢筋笼，将整体边缘构件内的竖向钢筋主要配置在现浇区域、采用受力性能可靠的直螺纹接头连接，边缘构件现浇区域竖向钢筋、边缘构件预制区域竖向受力钢筋的整体配筋面积应满足受力要求，实现双面叠合剪力墙正截面承载力的“等同现浇”；附加水平连接钢筋兼做边缘构件现浇区域箍筋无法满足国家现行标准《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现浇剪力墙边缘构件箍筋构造要求时，可在边缘构件预制区域、现浇区域可分别配置独立箍筋或拉筋，以满足现行规范对剪力墙边缘构件箍筋沿竖向间距的构造要求，对整体边缘构件内混凝土形成分区约束保证边缘构件核心区混凝土的受压性能，实现双面叠合剪力墙弹塑性变形能力的“等同现浇”。试验结果表明，采用部分现浇部分叠合构造边缘构件、约束边缘构件的双面叠合剪力墙的在破坏模式、承载力、变形能力等方面与现浇剪力墙、全预制边缘构件双面叠合剪力墙对比试件没有显著

差异，说明双面叠合剪力墙的构造边缘构件采用部分现浇部分叠合构造是可行的。

根据试验研究成果及现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231附录A，给出了双面叠合剪力墙构造边缘构件区域部分现浇部分叠合的构造做法及要求。上述构造涉及专利“统筹预制墙和后浇段配置边缘构件钢筋的配筋构造 2020210929570”，使用者可直接与本规程主编单位协商处理。

9.3.9 双面叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的约束边缘构件阴影区全部采用现浇混凝土（图 9.3.9）时，应符合下列规定：

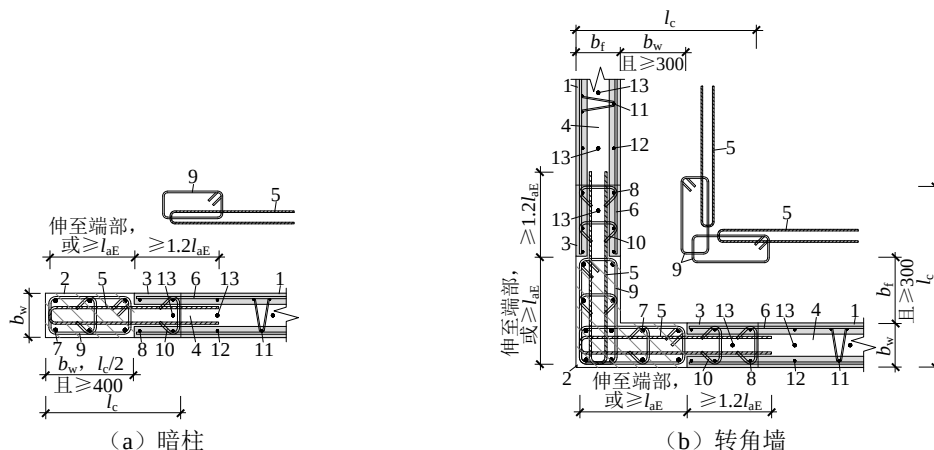
1 现浇约束边缘构件阴影区、预约束边缘构件非阴影区的范围应满足国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 现浇剪力墙的有关规定；

2 约束边缘构件包含非阴影区时，约束边缘构件非阴影区可全部预制，预约束边缘构件非阴影区的构造应满足本规程第 9.3.8 条第 4 款、第 5 款的有关规定；约束边缘构件非阴影区的拉筋可由预制双面墙板内的钢筋桁架代替，钢筋桁架构造应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 附录 A 的有关规定；

3 现浇区域与预制双面墙板之间应通过空腔内附加水平连接钢筋连接，附加水平连接钢筋的构造应符合本规程第 9.3.7 条、第 9.3.8 条的有关规定；

4 边缘构件竖向受力钢筋全部配置在现浇约束边缘构件阴影区内，现浇约束边缘构件阴影区、预约束边缘构件非阴影区箍筋可采用“统筹配筋构造”，且应满足本规程第 9.3.8 条第 6 款的有关规定；

5 附加水平连接钢筋伸入预制双面墙板空腔与预制双面墙板水平分布钢筋搭接范围内，上下层预制双面墙板竖向分布钢筋宜采用附加单排竖向连接钢筋搭接连接，连接构造应满足本规程第 9.3.2 条第 4 款的有关规定；墙身区域单排竖向连接钢筋与相邻的预约束边缘构件非阴影区单排竖向连接钢筋的中心距不宜大于 300 mm。



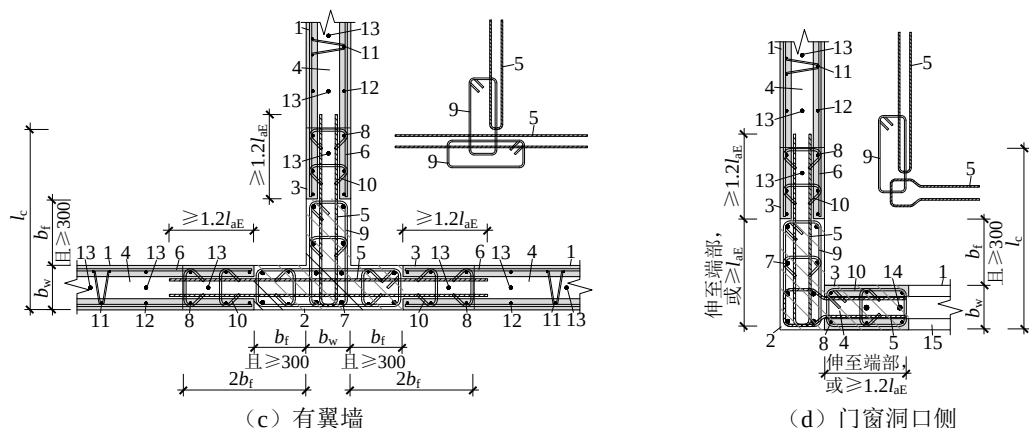


图 9.3.9 空心叠合剪力墙约束边缘构件阴影区全部现浇构造示意

1—预制双面墙板；2—现浇约束边缘构件阴影区；3—预制约束边缘构件非阴影区；4—空腔；5—附加水平连接钢筋；6—水平分布钢筋；7—边缘构件现浇区域竖向钢筋；8—边缘构件预制区域竖向构造钢筋；9—边缘构件现浇区域箍筋或拉筋；10—边缘构件预制区域箍筋或拉筋；11—钢筋桁架；12—竖向分布钢筋；13—单排竖向连接钢筋；14—边缘构件竖向受力钢筋；15—门窗洞口

【条文说明】中国建筑标准设计研究院开展的双面叠合剪力墙与现浇剪力墙的对比试验表明，采用本规程构造的双面叠合剪力墙在高轴压比下可实现“等同现浇”的抗震性能，但预制双面墙板的两侧壁板需两次预制、压合生产，约束边缘构件内竖向钢筋、箍筋及拉筋较为密集，钢筋与混凝土骨料碰撞几率大，将会影响预制双面墙板的压合生产效率 and 箍筋压入深度，导致空腔内后浇混凝土浇筑时两侧壁板胀模、开裂现象时有发生。因此，建议约束边缘构件阴影区宜现浇，参考现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231附录A和开展的试验研究成果，本条文对双面叠合剪力墙端部、纵横墙交接处的约束边缘构件阴影区全部采用现浇混凝土的构造做法做出了具体规定。

9.3.10 连梁与墙肢整体预制时，叠合连梁构造（图 9.3.10）应符合下列规定：

1 在预制连梁顶部的水平后浇带或后浇圈梁内配置连梁顶面纵筋，连梁箍筋可直接从预制混凝土壁板顶面伸出、伸入水平后浇带或后浇圈梁[图 9.3.10（a）]，或连梁箍筋不伸出预制混凝土壁板[图 9.3.10（b）]；

2 连梁箍筋不伸出预制混凝土壁板时[图 9.3.10（b）]，水平后浇带或后浇圈梁与预制连梁之间应通过空腔内连接钢筋连接，连接钢筋采用 U 形折线钢筋兼做连梁叠合层箍筋，U 形折线钢筋开口端伸入预制连梁空腔与预制连梁内连梁箍筋搭接连接；

3 连接钢筋开口端不设置弯钩时，连接钢筋伸入预制连梁空腔的长度不应小于 l_{aE} ；连接钢筋开口端设置 135° 弯钩时，连接钢筋伸入预制连梁空腔的长度不应小于 $0.8l_{aE}$ 。

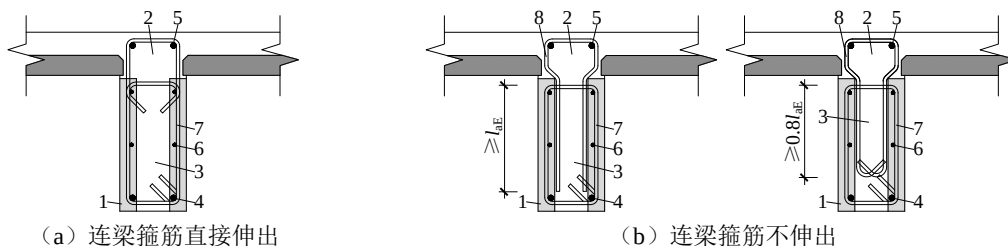


图 9.3.10 空心叠合剪力墙约束边缘构件阴影区全部现浇构造示意

1—预制连梁；2—水平后浇带或后浇圈梁；3—空腔；4—连梁底面纵筋；5—连梁顶面纵筋；6—连梁腰筋；
7—连梁箍筋；8—连接钢筋

【条文说明】双面叠合剪力墙结构叠合连梁构造可参考传统叠合连梁构造，即连梁箍筋从预制连梁顶面伸出，在叠合层配置连梁顶面纵筋形成整体连梁。预制双面墙板连梁箍筋均从两侧预制混凝土壁板顶面伸出时，在第二面压合生产过程中，将产生连梁箍筋与边模出筋槽对位问题，对连梁箍筋定位精度及固定措施要求高，生产存在较大难度。因此，本规程提出了“预制连梁不出筋”构造，在空腔内布设连接钢筋实现连梁叠合层与预制连梁之间的连接，连接钢筋采用U形折线钢筋兼做连梁叠合层箍筋，参考相关规范，给出了“预制连梁不出筋”的具体构造要求供工程设计选用。顶层连梁与墙肢整体预制时，连梁纵筋伸入预制墙的长度范围内的箍筋也可参考本条文采用“预制连梁不出筋”构造。

10 构件生产与运输

10.1 一般规定

10.1.1 生产单位应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件，建立完善的质量管理体系和制度，并应建立质量可追溯的信息化系统。

【条文说明】构件的质量涉及工程质量和结构安全，构件生产单位应符合国家及地方有关部门规定的硬件设施、人员配置、质量管理体系和质量检测手段等规定。为保证构件生产质量，构件生产单位应配置相应的技术、质量、材料、安全和生产管理人员，满足技术质量、工期和成本等管理要求，操作人员上岗前应进行岗前培训，关键和特殊岗位必须取得相应的岗位资格证书。

构件生产单位应采用现代化的信息管理系统，并建立统一的编码规则和标识系统。信息化管理系统应与生产单位的生产工艺流程相匹配，贯穿整个生产过程。

10.1.2 预制构件生产前应进行下列准备工作：

- 1 建设单位应组织设计单位向生产和施工单位进行设计文件交底和会审；
- 2 应根据批准的设计文件、拟定的生产工艺、运输和吊装方案等编制构件加工详图；
- 3 生产单位应编制生产方案，生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、

技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。

【条文说明】当原设计文件深度不够、不足以指导生产时，生产单位或专业公司应另行制作构件加工详图，如加工详图与设计文件意图不同时，应经原设计单位认可。加工详图包括：预制构件模具图、配筋图；满足建筑、结构和机电设备等专业要求和构件制作、运输、安装等环节要求的预埋管线、预埋件布置图。

生产单位应根据实际情况编制生产方案，具体内容包括：生产工艺、生产计划、模具方案、模具计划、技术质量控制措施、成品保护、存放及运输方案等内容，必要时，应对预制构件脱模、吊运、码放、翻转机运输等工况进行计算。冬期施工时，可参照现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的有关规定编制生产方案。

10.1.3 生产单位的检测、试验、计量等设备及仪器仪表均应检定合格，并应在有效期内使用。不具备试验能力的检验项目，应委托第三方检测机构进行试验。

【条文说明】在预制构件生产质量控制中需要进行有关钢筋、混凝土和构件成品等的日常试验和检测，构件生产单位应配备开展日常检测试验工作的实验室。通常是生产单位实验室应满足产品生产用原材料必试项目的试验检测要求，其他试验检测项目可委托有资格的检测机构进行。

10.1.4 预制构件生产宜建立首件验收制度。

【条文说明】首件验收制度是指结构较复杂的预制构件或新型构件首次生产或间隔较长时间重新生产时，生产单位需会同建设单位、设计单位、施工单位、监理单位共同进行首件验收，

重点检查模具、构件、预埋件、混凝土浇筑成型中存在的问题，确认该批预制构件生产工艺是否合理，质量能否得到保障，共同验收合格之后方可批量生产。

10.1.5 预制构件的原材料质量、钢筋加工和连接的力学性能、混凝土强度及构件结构性能等均应根据现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定进行检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。

【条文说明】检验时对新制或改制后的模具应按件检验，对重复使用的定型模具、钢筋半成品和成品应分批随机抽样检验，对混凝土性能应按批检验。

模具、钢筋、混凝土、预制构件制作等质量，均应在生产班组自检、互检和交接检的基础上，由专职检验员进行检验。

10.1.6 预制构件生产的质量检验应按模具、钢筋、混凝土、预制构件等检验项目进行。预制构件的质量评定应根据钢筋、混凝土、预制构件的试验、检验资料等项目进行。

10.1.7 当本规程第 10.1.6 条所列各项检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品。

10.1.8 预制构件和部品检查合格后，应设置表面标识。预制构件和部品出厂应出具质量证明文件。

【条文说明】预制构件和部品检查合格后，需要在明显位置设置表面标识。预制构件的表面标识包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

除合同另有要求外，预制构件交付时应按照本规程有关规定提供质量证明文件。

目前，有些地区的预制构件生产实行了监理驻厂监造制度，应根据各地方技术发展水平细化预制构件生产全过程监测制度，驻厂监理应在出厂质量证明文件上签字。

10.2 原材料及配件

10.2.1 预制构件使用的钢筋、水泥、骨料、减水剂、矿物掺合料、混凝土拌制及养护用水、脱模剂、预埋件及吊件等原材料及配件进厂检验应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

10.3 模具

10.3.1 预制构件生产应根据生产工艺、产品类型等制定模具方案，应建立健全模具验收、使用制度。

【条文说明】模具是专门用来生产预制构件的各种模板系统，叠合混凝土结构中预制空心柱、预制空心墙板宜采用固定模台或平模流水线生产，预制双面墙板需采用带有翻转工位的平模流水线生产。

10.3.2 模具应具有足够的强度、刚度和稳定性，并应符合下列规定：

- 1 模具应装拆方便，并应满足预制构件质量、生产工艺和周转次数等要求；

2 模具各部件之间应连接牢固，接缝应紧密，附带的埋件或工装应定位准确、安装牢固；

3 模具应保持清洁，涂刷隔离剂、表面缓凝剂时应均匀、无漏刷、无堆积，且不得沾污钢筋，不得影响预制构件外观效果；

4 应采取防止模具变形和锈蚀的措施，重新启用的模具应经检验合格后方可使用；

5 预制空心柱、预制空心墙板采用预埋金属波纹管成孔时，模具宜设置控制金属波纹管上浮的定位工装。

【条文说明】除了模具本身的强度、刚度和整体稳定性，模具的使用性能也很重要，如易拆装、高周转利用率、固定牢靠及表面光洁等。特别地，预制空心柱、预制空心墙板采用预埋金属波纹管成孔时，浇筑混凝土时金属波纹管易产生上浮，生产单位应根据工艺试验和生产经验，在模具上设置控制金属波纹管上浮的定位工装，定位工装应固定可靠、拆卸方便。

10.3.3 除设计有特殊要求外，预制构件模具尺寸允许偏差和检验方法应符合表 10.3.3 的规定。

表 10.3.3 预制构件模具尺寸允许偏差和检验方法（mm）

项次	检验项目、内容		允许偏差	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	宽度、高（厚）度	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		其他构件	2, -4	
4	底模表面平整度		2	用 2m 靠尺和塞尺量
5	对角线差		3	用钢尺量对角线
6	侧向弯曲		$L/1500$ 且≤ 5	拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处
7	翘曲		$L/1500$	对角拉线测量交点间距离值的两倍
8	组装缝隙		1	用塞片或塞尺量测，取最大值
9	端模与侧模高低差		1	用钢尺量
10	门窗洞口位置便宜		2	尺量四周，取偏差最大值

注：L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

【条文说明】本条根据现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231编写。

10.3.4 构件上的预埋件和预留孔洞宜通过模具进行定位，并安装牢固，安装允许偏差应符合表 10.3.4 的规定。

表 10.3.4 模具上预埋件、预留孔洞安装允许偏差（mm）

项次	检验项目	允许偏差	检验方法
----	------	------	------

1	预埋钢板、建筑幕墙用槽式预埋组件	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		平面高差	±2	钢直尺和塞尺检查
2	预埋管、电线盒、电线管水平和垂直方向的中心线位置偏移		2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
3	预制空心柱、预制空心墙板的竖孔、水平槽	位置	5	用尺量测
		管道横截面尺寸	±3	用尺量测
4	墙板外伸钢筋	中心线位置	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		外露长度	+10, 0	用尺量测
5	预埋螺栓	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		外露长度	+5, 0	用尺量测
6	预埋螺母	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		平面高差	±1	钢直尺和塞尺检查
7	预留孔洞	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,记录其中较大值
		尺寸	+3, 0	用尺量测纵横两个方向尺寸,取其最大值

【条文说明】本条在现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的基础上,针对叠合混凝土结构预制构件的生产工艺进行了调整和专门规定。

10.4 钢筋及预埋件

10.4.1 钢筋宜采用自动化机械设备加工,并应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构用成型钢筋》JG/T 226 的有关规定。构件钢筋笼、钢筋网可采用焊接成型钢筋,焊接成型钢筋可根据工艺要求采用二氧化碳气体保护焊或电阻点焊。

【条文说明】使用自动化机械设备进行钢筋加工与制作,可减少钢筋损耗且有利于质量控制,有条件时应尽量采用。自动化机械设备进行钢筋调直、切割和弯折,其性能按现行行业标准《混凝土结构用成型钢筋》JG/T 226的有关规定执行。

10.4.2 钢筋连接除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定外,尚应符合下列规定:

- 1 钢筋机械连接接头、焊接接头均应进行工艺检验,检验合格后方可进行预制构件生产;
- 2 直螺纹接头应使用专用扭力扳手拧紧至规定扭力值;
- 3 钢筋焊接接头和机械连接接头应全数检查外观质量;
- 5 焊接接头试件和钢筋机械连接接头力学性能应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收

规程》JGJ 18 和《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

【条文说明】钢筋连接质量好坏关系到结构安全，本条提出了钢筋连接需要进行工艺检验的要求，在施工过程中重点检查。

10.4.3 钢筋半成品、钢筋网片、钢筋骨架和钢筋桁架应检查合格后方可进行安装，并应符合下列规定：

- 1 钢筋表面不得有油污，不应严重锈蚀；
- 2 钢筋网片和钢筋骨架宜采用专用吊架进行吊运；
- 3 混凝土保护层厚度应符合设计文件的规定，保护层垫块应与钢筋骨架或网片绑扎牢固并按梅花状布置，间距应满足钢筋限位及控制变形要求，钢筋绑扎丝甩扣应弯向构件内侧；
- 4 钢筋成品的尺寸允许偏差应符合表 10.4.3-1 的规定，钢筋桁架的尺寸偏差应符合表 10.4.3-2 的规定。

表 10.4.3-1 钢筋成品的允许偏差（mm）

项目		允许偏差	检验方法
钢筋网片	长、宽	±5	钢尺检查
	网眼尺寸	±10	钢尺量连续三档，取最大值
	对角线	5	钢尺检查
	端头不齐	5	钢尺检查
钢筋骨架	长	0, -5	钢尺检查
	宽	±5	钢尺检查
	高（厚）	±5	钢尺检查
	主筋间距	±10	钢尺量两端、中间各一点，取最大值
	主筋排距	±5	钢尺量两端、中间各一点，取最大值
	箍筋间距	±10	钢尺量连续三档，取最大值
	弯起点位置	15	钢尺检查
	端头不齐	5	钢尺检查
	墙板保护层	±3	钢尺检查

表 10.4.3-2 钢筋桁架尺寸允许偏差（mm）

项次	检验项目	允许偏差
1	长度	总长度的±0.3%，且≤±10
2	高度	+1, -3
3	宽度	±5
4	扭翘	≤5

10.4.4 预埋件用钢材的性能应符合设计文件的规定。预埋件加工允许偏差应符合表 10.4.4

的规定。

表 10.4.4 预埋件加工允许偏差 (mm)

项次	检验项目		允许偏差	检验方法
1	预埋件锚板的边长		0, -5	用钢尺量测
2	预埋件锚板的平整度		1	用直尺和塞尺量测
3	锚筋	长度	10, -5	用钢尺量测
		间距偏差	±10	用钢尺量测

7.4.6 预埋件、预留孔和预留洞均应固定在模板或支架上且不得遗漏，并应安装牢固、位置准确。

【条文说明】预埋螺栓、螺母应加强丝扣保护。预埋线盒和管线安装要确保位置准确，与模具或钢筋固定牢固，采取措施防止堵塞。

10.5 成型、养护及脱模

10.5.1 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、位置和间距。
- 2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、搭接长度和弯折角度。
- 3 箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度。
- 4 钢筋的混凝土保护层厚度。
- 5 预埋件、吊件、插筋、预留孔洞的规格、数量、位置及固定措施。
- 6 预埋线盒和管线的规格、数量、位置及固定措施。
- 7 预留竖孔的尺寸、数量及位置，预制空心墙板水平槽的尺寸、位置及固定措施。
- 8 非结构填充墙区域的轻质填充块位置和厚度。

【条文说明】本条规定混凝土浇筑前应进行的隐检内容，是保证预制构件满足结构性能的关键质量控制环节。

10.5.2 混凝土工作性能指标应根据预制构件产品特点和生产工艺确定，混凝土配合比设计应符合国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

10.5.3 混凝土应采用有自动计量装置的强制式搅拌机搅拌，并宜具有生产数据逐盘记录和实时查询功能。混凝土应按照混凝土配合比通知单进行生产，原材料每盘称量的允许偏差应符合表 10.5.3 的规定。

表 10.5.3 混凝土原材料每盘称量的允许偏差 (%)

项次	材料名称	允许偏差
----	------	------

1	胶凝材料	±2
2	粗、细骨料	±3
3	水、外加剂	±1

【条文说明】混凝土原材料称量偏差的有效控制可以提高成品质量，生产企业宜采用具备高精度误差控制的自动化生产设备。

10.5.4 混凝土应进行抗压强度检验，并应符合下列规定：

- 1 混凝土检验试件应在浇筑地点取样制作；
- 2 每拌制 100 盘且不超过 100m^3 的同一配合比混凝土，每工作班拌制的同一配合比的混凝土不足 100 盘应为一批；
- 3 每批制作强度检验试块不应少于 3 组、随机抽取 1 组进行同条件转标准养护后进行强度检验，其余可作为同条件试件在预制构件脱模和出厂时控制混凝土强度；还可根据预制构件吊装等要求，留置足够数量的同条件混凝土试块进行强度检验；
- 4 蒸汽养护的预制构件，用于强度评定的混凝土试块应随同构件蒸养后，再转入标准条件养护；构件脱模起吊的混凝土同条件试块，养护条件应与构件生产中采用的养护条件相同；
- 5 预制构件出厂时的混凝土强度不宜低于设计混凝土强度等级值的 75%。

10.5.5 混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 混凝土浇筑前，预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的保护措施；
- 2 混凝土采用混凝土料斗或布料机入模时，倾落高度宜小于 600 mm，并应均匀摊铺；
- 3 混凝土浇筑应连续进行，浇筑过程中应观察模具、预埋件等的变形和移位；
- 4 混凝土从出机到浇筑完毕的延续时间，气温高于 25°C 时不宜超过 60 min，气温不高于 25°C 时不宜超过 90 min。

10.5.6 混凝土振捣应符合下列规定：

- 1 混凝土宜采用机械振捣方式成型。振捣设备应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格和形状等因素确定，并应制定振捣成型操作规程；
- 2 当采用振捣棒时，混凝土振捣过程中不应碰触钢筋骨架、预埋金属波纹管 and 预埋件；
- 3 混凝土振捣过程中应随时检查并确认模具无漏浆、变形或预埋件移位等现象。

10.5.7 预制构件养护应符合下列规定：

- 1 应根据预制构件特点和生产任务量选择自然养护、自然养护加养护剂或加热养护方式；

- 2 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后应覆盖保湿，脱模前不得揭开；
- 3 涂刷养护剂应在混凝土终凝后进行；
- 4 加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式；
- 5 加热养护制度应通过试验确定，宜采用加热养护温度自动控制装置；宜在常温下预养护 2h~6h，升温、降温速度不宜超过 20℃/h，养护温度不宜超过 70℃；预制构件脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25℃。

【条文说明】条件允许的情况下，预制构件优先采用自然养护。采用加热养护时，按照合理的养护制度进行温控可避免预制构件出现温差裂缝。

10.5.8 预制构件脱模起吊时的混凝土强度应计算确定，且不宜小于 15 MPa。

【条文说明】混凝土强度是保证预埋吊件受力性能的关键，本条建议预制构件脱模起吊时的混凝土强度不宜小于15MPa。

10.6 预制构件检验

10.6.1 预制构件生产时应采取避免出现外观质量缺陷的措施。外观质量缺陷根据影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，可按表 10.6.1 规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表 10.6.1 构件外观质量缺陷分类

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋严重锈蚀、弯曲	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞出凸肋等	清水或具有装饰的混凝土构件内有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷

10.6.2 预制构件出模后应对构件的外观质量进行全数目测检查。预制构件外观质量不应有缺陷，对已经出现的严重缺陷应制定技术处理方案进行处理并重新检验，对出现的一般缺陷

应进行修整并达到合格。

10.6.3 预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经原设计单位认可，制定技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

10.6.4 预制空心柱尺寸偏差及竖孔、预留孔、预留洞、预埋件的位置和检验方法应符合表 10.6.4 的规定。

表 10.6.4 预制空心柱尺寸允许偏差及检验方法 (mm)

项次	检查项目		允许偏差	检验方法	
1	规格尺寸	截面边长（高度和宽度）	±3	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值	
		柱长度	±3	用尺量混凝土长度三处，取其中偏差绝对值较大值	
2	外形	表面平整度	4	用 2 m 靠尺安放在构件表面上，用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙	
		侧向弯曲	L/750 且≤10mm	拉线，钢尺量最大弯曲处	
3	竖孔	中心线位置偏移	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值	
		孔尺寸	±5	用尺量纵横两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值	
4	预埋部件	预埋钢板	中心线位置偏移	5	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			平面高差	0， -5	用尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
		预埋螺栓、螺母	中心线位置偏移	2	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			外露长度	+10， -5	用尺量测
		预埋管、电线盒、电线管	在构件平面的水平方向中心位置偏差	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			与构件表面混凝土高差	0， -5	用尺紧靠在电线盒上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
5	预留孔、预留洞	中心线位置	5	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值	
		孔洞尺寸	±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值	
6	吊件	中心线位置	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值	
		与构件表面混凝土高差	0， -10	用尺紧靠在吊件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙	

7	钢筋保护层	+5, -3	保护层测定仪量测
---	-------	--------	----------

10.6.5 预制空心墙板尺寸偏差及竖孔、水平槽、预留孔、预留洞、预埋件、外伸连接钢筋的位置和检验方法应符合表 10.6.5 的规定。

表 10.6.5 预制空心墙板尺寸允许偏差及检验方法 (mm)

项次	检查项目		允许偏差	检验方法	
1	规格尺寸	高度	±3	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值	
		宽度	±3	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值	
		厚度	±3	用尺量墙板四角和四边中部位置共 8 处，取其中偏差绝对值较大值	
		对角线差	5	在构件表面，用尺量测两对角线的长度，取其绝对值的差值	
2	外形	表面平整度	内表面 4 外表面 3	用 2 m 靠尺安放在构件表面上，用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙	
		侧向弯曲	L/1000 且 ≤10mm		拉线，钢尺量最大弯曲处
		扭翘	L/1000 且 ≤5mm	四对角拉两条线，量测两线交点之间的距离，其值的 2 倍为扭翘值	
		3	门窗口	中心线位置偏移	3
规格尺寸	±4			用尺量纵横两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值	
对角线差	4			用尺量测两对角线的长度，取其绝对值的差值	
4	竖孔	中心线位置偏移	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值	
		孔尺寸	±5	用尺量纵横两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值	
5	水平槽	中心线位置偏移	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值	
		截面尺寸	±5	用尺量两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值	
6	预埋部件	预埋钢板、木砖	中心线位置偏移	5	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			平面高差	0， -5	用尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
		预埋螺栓、螺母	中心线位置偏移	2	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			外露长度	+10， -5	用尺量测
		预埋管、电线盒、	在构件平面的水平方向中心	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值

		电线管	位置偏差	0, -5	用尺紧靠在电线盒上, 用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
			与构件表面混凝土高差		
7	预留孔、预留洞	中心线位置		5	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中偏差较大值
		孔洞尺寸		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸, 取其中偏差绝对值的较大值
8	连接钢筋	中心位置		±10	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中偏差较大值
		外露长度		±10	用尺量测
9	吊件	中心线位置		10	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中偏差较大值
		与构件表面混凝土高差		0, -10	用尺紧靠在吊件上, 用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
10	键槽	中心线位置偏移		10	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中偏差较大值
		长度、宽度		±10	用尺量测
		深度		±5	用尺量测
11	钢筋保护层			+5, -3	保护层测定仪量测

10.6.6 预制双面墙板尺寸偏差及空腔、预留孔、预留洞、预埋件、外伸连接钢筋的位置和检验方法应符合表 10.6.6 的规定。

表 10.6.6 预制双面墙板尺寸允许偏差及检验方法 (mm)

项次	检查项目		允许偏差	检验方法
1	规格尺寸	高度	±3	用尺量两端及中间部, 取其中偏差绝对值较大值
		宽度	±3	用尺量两端及中间部, 取其中偏差绝对值较大值
		总厚度	±3	用尺量墙板四角和四边中部位置共 8 处, 取其中偏差绝对值较大值
		对角线差	5	在构件表面, 用尺量测两对角线的长度, 取其绝对值的差值
		预制混凝土壁板厚度	-2, +5	用尺量墙板四角和四边中部位置共 8 处, 取其中偏差绝对值较大值
2	外形	表面平整度	内表面	用 2 m 靠尺安放在构件表面上, 用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙
			外表面	
		侧向弯曲	$L/1000$ 且 $\leq 10\text{mm}$	拉线, 钢尺量最大弯曲处
		翘曲	$L/1000$ 且 $\leq 5\text{mm}$	四对角拉两条线, 量测两线交点之间的距离, 其值的 2 倍为翘曲值
3	门窗口	中心线位置偏移	3	用尺量纵横两个方向的中心线位置, 取其中偏差较大值

		规格尺寸		±4	用尺量纵横两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值
		对角线差		4	用尺量测两对角线的长度，取其绝对值的差值
4	空腔	厚度		-10, +4	用尺量墙板四角和四边中部位置共 8 处，取其中偏差绝对值较大值
5	预埋部件	预埋钢板、木砖	中心线位置偏移	5	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			平面高差	0, -5	用尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
		预埋螺栓、螺母	中心线位置偏移	2	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			外露长度	+10, -5	用尺量测
		预埋管、电线盒、电线管	在构件平面的水平方向中心位置偏差	10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
			与构件表面混凝土高差	0, -5	用尺紧靠在电线盒上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
6	预留孔、预留洞	中心线位置		5	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
		孔洞尺寸		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其中偏差绝对值的较大值
7	吊件	中心线位置		10	用尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中偏差较大值
		与构件表面混凝土高差		0, -10	用尺紧靠在吊件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
8	钢筋保护层			+5, -3	保护层测定仪量测

10.6.7 预制构件的预埋件、预留孔的规格、数量应符合设计文件的规定。

检查数量：逐件检验。

检验方法：观察和量测。

10.6.8 预制构件的粗糙面或键槽成型质量应符合设计文件的规定。

检查数量：逐件检验。

检验方法：观察和量测。

10.6.9 混凝土强度应符合设计文件现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

检查数量：按构件生产批次在混凝土浇筑地点随机抽取标准养护试件，取样频率应符合本规程第 10.5.4 条的规定。

检验方法：应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规

定。

10.7 存放、吊运及防护

10.7.1 预制构件吊运应符合下列规定：

1 吊具和起重设备应根据预制构件的形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择，所采用的吊具和起重设备及操作，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和产品应用技术手册的有关规定；

2 吊点数量、位置应经计算确定，吊具应连接可靠，并应采取保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合的措施；

3 吊索水平夹角不宜小于 60°，不应小于 45°；

4 吊运时应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊运过程应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，吊装构件不得长时间悬停在空中；

5 吊装大型构件、薄壁构件或形状复杂的构件时，应使用分配梁或分配桁架类吊具，并应采取避免构件变形和损伤的临时加固措施。

10.7.2 预制构件存放除应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 预制空心柱构件叠放层数不宜超过 3 层，且每个预制空心柱构件的垫块不得少于 2 组，垫块应上下对齐；

2 预制空心墙板、预制双面墙板构件应采用专用存放架立放，其倾斜角度应保持大于 85°。

【条文说明】预制构件存放方式应根据运输方式确定，以减少预制构件运输过程中的翻转，避免复杂受力状态造成构件损坏，提高施工效率。

10.7.3 预制构件成品保护应符合下列规定：

1 预制构件外露钢筋应采取防弯折措施，外露预埋件等外露金属件应按不同环境类别进行防护或防腐、防锈处理；

2 预埋螺栓孔宜采用海绵棒进行填塞；

3 冬期生产和存放的预制构件的非贯穿孔洞应采取防止雨雪水进入发生冻胀损坏的措施。

10.7.4 预制构件在运输过程中应做好安全和成品防护，并应符合下列规定：

1 应根据预制构件种类采取固定措施；

2 对于超高、超宽、形状特殊的大型预制构件的运输和存放，应制定专门的质量安全保证措施；

3 运输时宜采取下列防护措施：

- 1) 设置避免构件边角部位或链索接触处混凝土损伤的柔性垫片；
- 2) 用塑料薄膜包裹垫块；
- 3) 装饰表面和棱角采用塑料贴膜或其他措施防护；
- 4) 装箱运输时，箱内四周采用木材或柔性垫片填实并做牢固支撑。

4 应根据构件特点采用不同的运输方式，托架、插放架应进行专门设计和强度、稳定性、刚度的验算；

5 构件运输时应符合下列规定：

- 1) 外墙板宜采用立式运输，梁、板、楼梯、阳台宜采用水平运输；
- 2) 采用插放架直立运输时，应采取防止构件倾倒措施。

10.8 资料及交付

10.8.1 预制构件的资料应与产品生产同步形成、收集和整理，归档资料宜包括下列内容：

- 1 预制混凝土构件加工合同；
- 2 预制混凝土构件加工图纸、设计文件、设计洽商、变更或交底文件；
- 3 生产方案和质量计划等文件；
- 4 原材料质量证明文件、复试试验记录和试验报告；
- 5 混凝土试配资料；
- 6 混凝土配合比通知单；
- 7 混凝土开盘鉴定；
- 8 混凝土强度报告；
- 9 钢筋检验资料；
- 10 模具检验资料；
- 11 混凝土浇筑记录；
- 12 混凝土养护记录；
- 13 构件检验记录；
- 14 构件性能检测报告；
- 15 构件出厂合格证；

16 质量事故分析和处理资料；

17 其他与预制混凝土构件生产和质量有关的重要文件资料。

【条文说明】预制构件产品资料归档应包括产品质量形成过程中的有关依据和记录，具体归档资料还应满足不同工程对其资料归档的具体要求。

10.8.2 预制构件交付的产品质量证明文件应包括下列内容：

1 出厂合格证；

2 混凝土强度检验报告；

3 合同要求的其他质量证明文件。

【条文说明】当设计有要求或合同约定时，还应提供混凝土抗渗、抗冻等约定性能的试验报告。预制构件出厂合格证可参考现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。

11 施工安装

11.1 一般规定

11.1.1 除本规程另有规定外，叠合混凝土结构的安装与施工应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

11.1.2 叠合混凝土结构的施工应综合建筑、结构、设备和装修等专业，制定相互协同的施工组织方案，保障施工安全，合理安排进度计划。

11.1.3 施工单位应根据叠合混凝土结构工程特点配置项目部的机构和人员。施工作业人员应具备岗位需要的基础知识和技能，施工单位应对管理人员、施工作业人员进行质量安全技术交底。

【条文说明】叠合混凝土结构的施工具有其固有特性，应设立与装配施工技术相匹配的项目部机构和人员，装配施工对不同岗位的技能 and 知识要求区别于以往的传统施工方式要求，需要配置满足装配施工要求的专业人员。且在施工前应对相关作业人员进行培训和技术、安全、质量交底，培训和交底对象包括一线管理人员和作业人员、监理人员等。

11.1.4 叠合混凝土结构施工前，应完成深化设计，深化设计文件应经设计单位认可。施工单位应校核预制构件加工图纸、对预制构件施工预留和预埋进行交底。

11.1.5 叠合混凝土结构后浇混凝土中，用于预制构件、施工模板和施工机具临时固定的预埋件承载力应符合设计文件的规定。

11.1.6 叠合混凝土结构施工宜采用建筑信息模型技术，对施工全过程及关键工艺进行信息化模拟。

【条文说明】叠合混凝土结构施工安装宜采用BIM组织施工方案，用BIM模型指导和模拟施工，检验碰撞，制定合理的施工工序并精确算量，从而提高施工管理的水平、提高施工的效率，减少浪费。

11.1.7 叠合混凝土结构的构件安装宜建立首段验收制度，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调整施工工艺和工序，并完善施工方案。

【条文说明】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，保证叠合混凝土结构施工质量，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。叠合混凝土结构施工前的试安装，对于没有经验的施工方非常必要，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。

11.1.8 叠合混凝土结构施工全过程应对预制构件、连接钢筋、预埋件、预埋吊件等采取保

护措施，未经设计单位的允许，不得对预制构件进行切割、开洞。

11.1.9 叠合混凝土结构施工过程中应采取安全措施，并应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】叠合混凝土结构施工中，应建立健全安全管理保障体系和管理制度，对危险性较大分部分项工程应经专家论证通过后进行施工。应结合装配式施工特点，针对构件吊装、安装施工安全要求，制定系列安全专项方案。国家现行有关标准包括《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46等。

11.2 施工准备

11.2.1 叠合混凝土结构施工应制定专项施工方案。专项施工方案宜包括工程概况、编制依据、进度计划、施工场地布置、预制构件运输与存放、安装与连接施工、绿色施工、安全管理、质量管理、信息化管理、应急预案等内容。

【条文说明】叠合混凝土结构施工方案应全面系统，且应结合本体系结构特点和一体化建造的具体要求，本着资源节省、人工减少、质量提高、工期缩短的原则制定装配式施工方案。进度计划中应结合协同构件生产计划和运输计划等；预制构件运输方案包括车辆型号及数量，运输路线，发货安排，现场装卸方法等；施工场地布置包括场内循环通道，吊装设备布设，构件码放场地等；安装与连接施工包括测量方法、吊装顺序和方法，构件安装方法、节点施工方法、防水施工方法、后浇混凝土施工方法、全过程的成品保护及修补措施等；安全管理包括吊装安全措施、专项施工安全措施等；质量管理包括构件安装的专项施工质量管理；渗漏、裂缝等质量缺陷防治措施；预制构件安装应结合构件连接装配方法和特点，合理制定施工工序。

11.2.2 预制构件、安装用材料及配件等应符合国家现行相关产品标准及产品应用技术手册的有关规定，并应按现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定进行进场验收。

【条文说明】预制构件、安装用材料及配件进场验收按本规程第12章、现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及产品应用技术手册等的有关规定执行，确保预制构件、安装用材料及配件进场的产品品质。

11.2.3 施工现场应根据施工平面规划设置运输通道和存放场地，并应符合下列规定：

- 1 现场运输道路和存放堆场应坚实平整，并有排水措施；
- 2 施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度，并应满足预制构件的运输要求；
- 3 卸放、吊装工作范围内不应有障碍物，并应有满足预制构件周转使用的场地；
- 4 预制构件进场后，应按规格、品种、使用部位、吊装顺序分别设置存放场地；存放

场地应设置在吊装设备的有效起重范围内，并应在堆垛之间设置通道；

5 构件的存放架应具有抗倾覆稳定性能；

6 构件运输和存放对已完成结构、基坑有影响时，应经计算复核。

【条文说明】施工现场应根据装配化建造方式布置施工总平面，宜规划主体装配区、构件堆放区、材料堆放区和运输通道。各个区域宜统筹规划布置，满足高效吊装、安装的要求，通道宜满足构件运输车辆平稳、高效、节能的行驶要求。竖向构件宜采用专用存放架进行存放，专用存放架应根据需要设置安全操作平台。

11.2.4 安装施工前，应进行测量放线、设置构件安装定位标识，并应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的有关规定。

11.2.5 安装施工前，应核对已施工完成结构或基础的外观质量和尺寸偏差、确认混凝土强度和预留预埋符合设计文件的规定，并应核对、确认预制构件的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等符合设计文件的规定。

【条文说明】安装施工前，应结合深化设计图纸核对已施工完成结构或基础的外观质量、尺寸偏差、混凝土强度和预留预埋（特别是预留钢筋）等条件是否具备上层构件的安装，并应核对待安装预制构件的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等是否符合设计要求。

11.2.6 安装施工前，应复核吊装设备的吊装能力。应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定，检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态，并核实、确认现场环境、天气、道路状况等满足吊装施工要求。防护系统应按照施工方案进行搭设、验收，并应符合下列规定：

1 工具式外防护架应试组装并全面检查，附着在构件上的防护系统应复核外防护架与吊装系统的协调；

2 防护架应经计算确定；

3 高处作业人员应正确使用安全防护用品，宜采用工具式操作架进行安装作业。

【条文说明】吊装设备应根据构件吊装需求进行匹配性选型，安装施工前，应再次复核吊装设备的吊装能力、吊装器具和吊装环境，满足安全、高效的吊装要求。

11.2.7 安装前，应剔除预制空心之、预制空心墙板或预制双面墙板水平接缝处楼面混凝土上表面浮浆、露出石子，并清理干净、洒水湿润。

【条文说明】安装前应对水平接缝处楼面混凝土上表面进行处理，以保证水平接缝的受剪性能，洒水湿润有助于提高后浇混凝土在水平接缝内的流动。

11.3 预制构件安装

11.3.1 预制构件安装应符合下列规定：

- 1 预制构件吊装前应进行班前技术安全交底；
- 2 应检查核对已施工完成结构部分的质量，测量放线后应做好安装定位标识；
- 3 预制构件应按照吊装顺序预先编号，吊装时应严格按编号顺序起吊；
- 4 构件起吊前应检查吊具是否安装到位，并拧紧固定；
- 5 安装前应进行校核安装面预留钢筋的规格、型号及位置；
- 6 预制空心柱、预制空心墙板及预制双面墙板等竖向构件安装后应采取固定措施对安装位置、安装标高、垂直度进行校核与调整，临时固定措施应具有足够的强度、刚度、以保证构件的稳定性；
- 7 预制构件在吊装过程中，宜设置缆风绳控制构件转动；
- 8 预制构件与吊具的分离应在校准定位及其与临时支撑系统连接固定完成后进行。

11.3.2 预制空心柱构件安装可先续接预制空心柱竖孔内柱纵向受力钢筋、再吊装预制空心柱，其安装应符合下列规定：

- 1 柱底密接缝及安装高度调整可采用调节螺栓或垫块调整，采用调节螺栓时，预制空心柱生产时预埋螺纹套筒，施工现场起吊前在螺纹套筒内拧入调节螺栓，预制空心柱吊装就位后，采用扳手通过调整调节螺栓拧入螺纹套筒的长度调整预制空心柱的安装高度；采用垫块调整时，预制空心柱吊装前对安装标高进行测量，在水平接缝处楼面混凝土上表面放置对应高度的垫块；
- 2 在预制空心柱吊装至距柱纵向受力钢筋顶端 0.5 m 高度位置时，利用缆风绳及专用勾具控制预制空心柱位置，人工调整柱纵向受力钢筋与柱竖孔对位，缓慢下落预制空心柱完成安装；
- 3 柱宜以轴线和外轮廓线为控制线，边柱和角柱应以外轮廓线双控制；
- 4 柱调整就位后，柱底密接缝应采用定型模板进行封堵。

【条文说明】预制空心柱可采用两种安装方法：1) 预制空心柱高度不大时，可先采用直螺纹接头续接上层预制空心柱竖孔内柱纵向受力钢筋，再安装预制空心柱，相邻钢筋直螺纹接头宜错开实现柱纵向受力钢筋顶部处于不同标高，降低柱纵向受力钢筋与预制空心柱竖孔的对位难度，实现快速安装，此时预制空心柱底部预留50~70 mm高的密接缝即可；2) 预制空心柱高度较大时，柱纵向受力钢筋与预制空心柱竖孔对位难度较大，此时可先安装预制空心柱，再穿设柱纵向受力钢筋并在预制空心柱底部实现钢筋连接，此时预制空心柱底部需预留150~300 mm高的后浇段，预制空心柱柱底部设置专用支腿控制后浇段高度。

11.3.3 预制空心柱构件安装也可先吊装预制空心柱、再续接预制空心柱竖孔内柱纵向受力钢筋，其安装应符合下列规定：

1 柱底应设置专用支腿，柱底后浇段及安装高度可采用垫块调整，预制空心柱吊装前对安装标高进行测量，在水平接缝处楼面混凝土上表面放置对应高度的垫块；

2 吊装预制空心柱前，应先在柱底放置柱底后浇段箍筋；

3 柱宜以轴线和外轮廓线为控制线，边柱和角柱应以外轮廓线双控制；

4 柱调整就位后，续接预制空心柱竖孔内柱纵向受力钢筋，绑扎柱底后浇段箍筋、拉筋，采用定型模板进行封堵。

11.3.4 预制空心墙板构件的安装应符合下列规定：

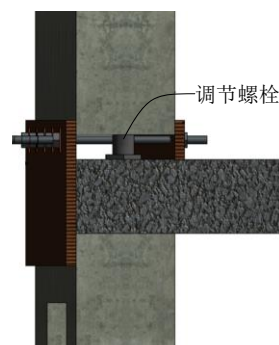
1 预制空心墙板底部水平接缝及安装高度可采用调节螺栓或垫块调整，采用调节螺栓时，预制空心墙板生产时预埋螺纹套筒，施工现场起吊前在螺纹套筒内拧入调节螺栓，预制空心墙板吊装就位后，采用扳手通过调整调节螺栓拧入螺纹套筒的长度调整预制空心墙板的安装高度；采用垫块调整时，预制空心墙板吊装前对安装标高进行测量，在水平接缝处楼面混凝土上表面放置对应高度的垫块；

2 带有预制边缘构件的预制空心墙板安装过程中，在墙板吊装至距边缘构件竖向受力钢筋顶端 0.5 m 高度位置时，利用缆风绳及专用勾具控制墙板位置，人工调整边缘构件竖向受力钢筋与墙板竖孔对位，缓慢下落墙板完成安装；

3 墙板宜以轴线和轮廓线为控制线，外墙应以轴线和外轮廓线双控制；

4 墙板调整就位后，墙板底部水平接缝应采用定型模板进行封堵。

【条文说明】预制空心墙板的安装基本流程是：吊前编号→基面处理→测量→检查调整墙体竖向连接钢筋→设置墙底调平装置→吊装就位→安装临时支撑→校核调整→临时支撑固定→摘钩与吊具分离。预制空心墙板吊装就位后，可通过调整水平接缝的高度调整墙板的安装标高、保证施工精度，水平接缝的高度可采用调节螺栓或垫块（图14）两种方式调整，具体工艺可根据预制构件生产及施工条件选用。



(a) 调节螺栓



(b) 垫块

图 14 预制空心墙板水平接缝高度调整

预制空心墙板吊装至距边缘构件竖向受力钢筋顶端0.5 m高度位置时，需进行边缘构件竖向受力钢筋与竖孔的对位，采用缆风绳及专用勾具控制墙板位置进行高效对位，施工过程中典型对位作业照片见图15。



图 15 预制空心墙板边缘构件竖向受力钢筋对位作业照片

11.3.5 预制双面墙板构件的安装应符合下列规定：

1 预制双面墙板底部水平接缝及安装高度采用垫块调整，预制双面墙板吊装前对安装标高进行测量，在水平接缝处楼面混凝土上表面放置对应高度的垫块；

2 先续接空腔内边缘构件竖向受力钢筋、在吊装墙板时，宜在空腔内边缘构件竖向受力钢筋顶部外套引导套管，在墙板吊装至距边缘构件竖向受力钢筋顶端 0.5 m 高度位置时，利用缆风绳及专用勾具控制墙板位置，人工调整边缘构件竖向受力钢筋与墙板空腔对位，缓慢下落墙板完成安装；

3 墙板宜以轴线和轮廓线为控制线，外墙应以轴线和外轮廓线双控制；

4 墙板调整就位后，墙板底部水平接缝应采用定型模板进行封堵。

【条文说明】现场施工预制双面墙板和空腔内边缘构件竖向受力钢筋连接施工可采用两种施工顺序。方法一是先采用直螺纹接头续接上层边缘构件竖向受力钢筋，在上层边缘构件竖向受力钢筋顶部外套带有引导功能的PVC套管，然后安装上层预制双面墙板，借助PVC套筒避免边缘构件竖向受力钢筋在墙板下落过程中与空腔内箍筋、拉筋碰撞，此时预制边缘构件底部无需预留手孔。方法二是先安装上层预制双面墙板，再穿设上层边缘构件竖向受力钢筋并在墙板底部实现钢筋连接，此时预制边缘构件底部壁板上需预留手孔用以实现钢筋机械连接操作，手孔宜预留在先生产的预制混凝土壁板上，手孔内边缘构件箍筋应连续，钢筋连接完成后采用模具对手孔进行封堵。

11.3.6 叠合混凝土结构构件安装的尺寸偏差及检验方法应符合表 11.3.6 的规定。

表 11.3.6 叠合混凝土结构构件安装的允许偏差和检验方法（mm）

项目		允许偏差	检验方法
构件中心线位置对轴线位置	竖向构件（柱、墙）	8	经纬仪及尺量
	水平构件（梁、板）	5	

构件标高	梁、柱、墙、板底面或顶面		±5	水准仪或拉线、尺量
构件垂直度	柱、墙	≤ 6 m	5	经纬仪或吊线、尺量
		> 6 m	10	
相邻构件平整度	板端面		5	2 m 靠尺和塞尺量测
	梁、板底面	外露	3	
		不外露	5	
	柱、墙侧面	外露	5	
		不外露	8	
墙板接缝	宽度		±5	尺量

11.4 钢筋工程

11.4.1 叠合混凝土结构采用的钢筋连接形式应根据设计要求和施工条件选用。

11.4.2 后浇混凝土内的受力钢筋埋设位置应准确，连接与锚固方式应符合设计要求和现行有关技术标准的规定。

11.4.3 在混凝土浇筑之前，应采用可靠固定措施控制预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板竖孔或空腔内贯通竖向受力钢筋的位置。

11.4.4 钢筋安装位置的尺寸偏差及检验方法应符合表 8.4.5 的规定。

表 8.4.4 钢筋安装位置的允许偏差和检验方法 (mm)

项次	检验项目、内容			允许偏差	检验方法
1	贯通竖向钢筋、竖向连接钢筋位置			±10	用钢尺量
2	绑扎钢筋骨架	长		±10	用钢尺量
3		宽、高		±5	用钢尺量
4	受力钢筋	间距		±10	用钢尺测量两端或中部， 取其中偏差绝对值较大处
5		排距		±5	
6		保护层厚度	柱、梁	±5	用钢尺量
7			板、墙	±3	用钢尺量
8	绑扎钢筋、横向钢筋间距			±20	用钢尺测量两端或中部， 取其中偏差绝对值较大处
9	钢筋弯起点位置			20	用钢尺量

11.5 模板工程

11.5.1 叠合混凝土结构后浇混凝土的模板与支架应符合下列规定：

- 1 宜采用工具式支架和定型模板；
- 2 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确，且应便于钢筋安装和混凝土浇筑、养护；

3 预制构件应根据施工方案要求预留与模板连接用的孔洞、预埋件，预留位置应符合设计文件的规定；

4 模板与预制构件接缝处应采取防止漏浆的措施，可粘贴密封封条或密封棒；

5 定型模板进场使用前应进行预拼装及验收。

11.5.2 模板和支架结构构件应进行短暂设计状况下的承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

11.5.3 预制空心墙板、预制双面墙板与竖向后浇段的接缝处宜采用与预制构件可靠连接的定型模板，外侧模板应通过对拉螺栓与内侧模板进行拉结固定。

11.5.4 预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板底部水平接缝宜采用定型模板，两侧定型模板采用可靠措施进行拉结固定。

【条文说明】预制空心墙板根部水平接缝模板设置示意图见图15，其中内侧模板、外侧模板通过对拉螺杆可靠拉结。

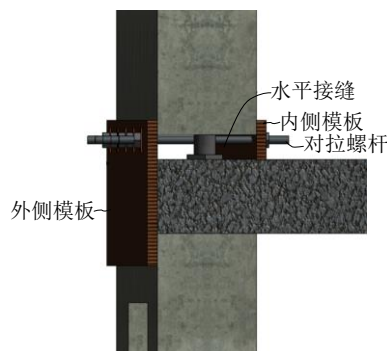


图 15 预制空心墙板底部水平接缝模板设置

11.6 混凝土工程

11.6.1 叠合混凝土结构的后浇混凝土部位在浇筑前，应进行隐蔽项目的现场检查与验收。

【条文说明】为确保叠合混凝土结构工程质量及使用安全，后浇混凝土部位在浇筑前应进行隐蔽工程验收，验收项目应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

11.6.2 后浇混凝土施工作业前的施工准备应符合下列规定：

- 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 新旧混凝土结合面应洒水湿润，洒水后不应留有积水；
- 3 应对预制空心墙板底部水平接缝预留间隙采取防漏浆措施和保护处理；
- 4 应搭设施工作业平台或作业架，并应满足施工安全要求。

11.6.3 后浇混凝土的施工应符合下列规定：

- 1 后浇混凝土应符合本规程第 4.0.6 条的规定；

2 应先浇筑预制空心柱、预制空心墙板或预制双面墙板内的混凝土和相邻预制墙连接处的混凝土，后浇筑现浇段模板内的混凝土，再浇筑楼板叠合层混凝土，混凝土浇筑应布料均衡；

3 预制空心柱、预制空心墙板竖孔内后浇混凝土应逐孔随浇随振且不应漏振，振捣时应快插慢拔，振捣棒应插至后浇混凝土底部；

4 预制双面墙板空腔内后浇混凝土宜分层浇筑，每层浇筑高度不宜超过 1 m，浇筑应保持水平向上完整浇筑，上层混凝土应在下层混凝土初凝前进行浇筑；

5 浇筑和振捣时，应对模板及支架进行观察和维护，发生异常情况应立即处理；

6 预制构件接缝处混凝土浇筑和振捣时，应采取防止模板、相连接预制构件、钢筋、预埋件及其定位件移位的措施。

7 振捣作业前应对混凝土振捣作业人员进行专业培训，培训合格后方可上岗作业。

【条文说明】后浇混凝土的浇筑质量直接影响叠合混凝土结构的整体性和结构安全，应通过混凝土质量、现场管理等措施使后浇混凝土浇筑密实，保证结构安全。虽然预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板的竖孔或空腔内后浇混凝土的浇筑施工和质量监督较套筒灌浆难度明显降低，但仍需对后浇混凝土的浇筑进行重点管控。预制空心柱、预制空心墙板竖孔内后浇混凝土浇筑时，应做到逐孔随浇随振且不应漏振，必要时可增加混凝土振捣作业人员，施工现场可在振捣棒上做标记保证振捣棒插至后浇混凝土底部。

11.6.4 叠合混凝土结构在冬期施工时，应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 的有关规定。

【条文说明】叠合混凝土结构通过后浇混凝土实现预制构件间的连接，不使用高强灌浆料、灌浆套筒等特殊材料，其冬期施工参考现浇结构冬期施工要求，冬期施工需根据相关规范要求对预制空心墙板采取保温措施。

12 质量验收

12.1 一般规定

12.1.1 除本规程另有规定外，叠合混凝土结构的验收应符合国家现行标准《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 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

12.1.2 叠合混凝土结构应按混凝土结构子分部工程进行验收，叠合混凝土结构装配式混凝土结构部分应按混凝土结构子分部工程的分项工程验收，子分部工程如有其它分项工程项目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 及《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定。

【条文说明】叠合混凝土结构的现浇混凝土施工段需要按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定进行其他分项工程和检验批的验收。

12.1.3 叠合混凝土结构工程施工用的原材料、部品、构配件均应按检验批进行进场验收。

12.1.4 预制构件安装前，应对预制构件支撑系统进行质量检查和验收。

12.1.5 叠合混凝土结构构件内后浇混凝土及连接节点混凝土浇筑前，应进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应包括下列内容：

- 1 纵向受力钢筋、水平连接钢筋、连梁纵筋的牌号、规格、数量及位置。
- 2 钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度。
- 3 箍筋的牌号、规格、数量、间距、弯钩的弯折角度及平直段长度。
- 4 预埋件、预留管线的规格、数量及位置。
- 5 其他隐蔽项目。

【条文说明】隐蔽工程反映钢筋、现浇结构分项工程施工的综合质量，后浇混凝土处钢筋既包括预制构件外伸的钢筋，也包括后浇混凝土中设置的纵向钢筋、水平连接钢筋和箍筋。在浇筑混凝土之前进行隐蔽工程验收是为了确保其连接构造性能满足设计要求。

12.2 预制构件

I 主控项目

12.2.1 专业企业生产的预制构件，进场时应检查质量证明文件和构件标识。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查质量证明文件或质量验收记录。

【条文说明】对专业企业生产的预制构件，质量证明文件包括产品合格证明书、混凝土强度检验报告及其他重要检验报告等；预制构件的钢筋、混凝土原材料、预应力材料、预埋件等均应参照本规程及国家现行有关标准的有关规定进行检验，其检验报告在预制构件进场时可不提供，但应在构件生产单位存档保留，以便需要时查阅。

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

12.2.2 预制构件的混凝土外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

【条文说明】对于出现的外观质量严重缺陷、影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差，应作退场处理。如经设计同意可以进行修理使用，则应制订处理方案并获得监理确认后，预制构件生产单位应按技术处理方案处理，修理后应重新验收。

II 一般项目

12.2.3 预制构件外观质量不应有一般缺陷，对出现的一般缺陷应要求构件生产单位按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案和处理记录。

12.2.4 预制构件粗糙面的外观质量、键槽的外观质量和数量应符合设计文件的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，量测。

11.2.5 预制构件上的预埋件、预留外伸钢筋、预留孔洞、预埋管线等规格型号、数量应符合设计文件的规定。

检查数量：按批检查。

检验方法：观察、尺量；检查产品合格证。

12.2.6 预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板的外形尺寸偏差和检验方法应符合本规程表 10.6.4、表 10.6.5 和表 10.6.6 的规定，其他预制构件的外形尺寸偏差和检验方法，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

检查数量：按照进场检验批，同一规格或同一品种的构件每次抽检数量不应少于 5%、且不应少于 3 件。

12.3 预制构件安装与连接

I 主控项目

12.3.1 预制构件安装临时固定及支撑措施应有效可靠,支撑系统与预埋件螺栓应连接牢固,并符合设计文件、专项施工方案的规定。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察检查,量尺检查,检查施工方案、施工记录或设计文件。

【条文说明】临时固定措施是叠合混凝土结构安装过程中承受施工荷载、保证构件定位、确保施工安全的有效措施。临时支撑是常用的临时固定措施,包括水平构件下方的临时竖向支撑、水平构件两端支承构件上设置的临时牛腿、竖向构件的临时斜撑等。

12.3.2 成型钢筋进场时,应抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验。对由热轧钢筋组成的成型钢筋,当有企业或监理单位的代表驻厂监督加工过程并能提供原材料力学性能检验报告时,可仅进行重量偏差检验。

检查数量:同一厂家、同一类型且同一钢筋来源的成型钢筋,不超过 30t 为一批,每批中每种钢筋牌号、规格均应至少抽取 1 个钢筋试件,总数不应少于 3 个;

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

12.3.3 钢筋安装时,钢筋的牌号、规格和数量应符合设计文件的规定。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、量测。

12.3.4 接缝处钢筋连接应符合设计文件或现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、量测。

11.3.5 预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板竖孔或空腔、水平接缝和竖向接缝内后浇混凝土的强度应符合设计文件的规定。

检查数量:按批检验。

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 的有关规定执行。

12.3.6 现浇混凝土不应有严重缺陷,预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板竖孔或空腔、水平接缝内后浇混凝土应密实。

检查数量:同一检验批内,应按空心墙板构件数量抽查 5%,且不应少于 3 件。

检验方法：预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板竖孔或空腔、水平接缝内后浇混凝土的密实度可采用拆除水平接缝模板观测或敲击法检查；当检查发现有异常时，应采取钻孔检测或钻芯取样检测。钻孔检测或钻芯取样时，应避免受力钢筋。经检测发现孔内后浇混凝土存在质量问题时，应会同设计单位制定专项处理方案，并按专项处理方案要求进行施工处理。对经处理的部位，应重新检查验收。

【条文说明】预制空心柱、预制空心墙板和预制双面墙板竖孔或空腔、水平接缝内的后浇混凝土密实性可通过拆除水平接缝模板观测或敲击法两种方式检查。后浇混凝土浇筑完成后，通过拆除水平接缝两侧模板观察水平接缝内后浇混凝土的外观质量，若水平接缝内后浇混凝土外观质量密实且竖孔或空腔上方混凝土表面未出现沉降，即表明竖孔或空腔、水平接缝内后浇混凝土密实性较好。

12.3.7 装配式结构分项工程的外观质量不应有严重缺陷，且不得有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、量测；检查处理记录。

12.3.8 预制空心柱、预制空心墙板竖孔内后浇混凝土应连续浇筑，并应逐孔振捣，并应在混凝土初凝前完成振捣。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、检查施工记录。

II 一般项目

12.3.9 成型钢筋的外观质量和尺寸偏差应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

检查数量：同一厂家、同一类型且同一钢筋来源的成型钢筋，不超过 30t 为一批，每批随机抽取 3 个成型钢筋试件。

检验方法：观察，尺量。

12.3.10 钢筋安装的尺寸偏差应符合设计文件的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，量测。

12.3.11 装配式结构分项工程的施工尺寸偏差及检验方法应符合设计文件的规定；当设计文件无规定时，应符合本规程表 11.3.6 和现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。同一检验批内，对墙和板，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不应少于 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%，且均不应少于 3 面。

12.4 文件与记录

12.4.1 叠合混凝土结构质量验收时，应提交下列文件与记录：

- 1** 工程设计单位已确认的预制构件深化设计图纸、设计变更文件；
- 2** 施工所用各种材料及预制构件的各种相关质量证明文件；
- 3** 预制构件安装施工验收记录；
- 4** 连接构造节点的隐蔽工程检查验收文件；
- 5** 后浇混凝土强度检测报告；
- 6** 分项工程验收记录；
- 8** 工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 9** 其他质量保证资料。

12.4.2 叠合混凝土结构子分部工程施工质量验收合格后，应将所有的验收文件存档备案。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为：“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑模数协调统一标准》GB/T 50002
《混凝土结构设计规范》GB 50010
《建筑抗震设计规范》GB 50011
《钢结构设计标准》GB 50017
《工程测量标准》GB 50026
《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
《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
《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256
《工业化住宅尺寸协调标准》JGJ/T 445
《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225
《混凝土结构用成型钢筋》JG/T 226
《钢筋桁架混凝土叠合板应用技术规程》T/CECS