



T/CECS XXX—202X

中国工程建设标准化协会标准

装配式混合联肢墙结构技术规程

Technical specification for precast hybrid coupled wall
structure

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

装配式混合联肢墙结构技术规程

Technical specification for precast hybrid coupled wall structure

主编单位：中建工程产业技术研究院有限公司

中建二局第一建筑工程有限公司

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

中国 XX 出版社

202X 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会印发《2019年第二批协会标准制订/修订计划》的通知（建标协字【2019】22号）要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容包括:1.总则；2.术语和符号，3.基本规定；4.材料；5.结构设计；6.构件制作与运输；7.结构施工；8.工程验收。

本标准由中国工程建设标准化协会负责管理，由中国建筑第七工程局有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送：中国建筑第七工程局有限公司（地址：河南省郑州市经开十五大街 267 号中建七局大厦 A 栋 1103 室，邮政编码:450000）

本标准起草单位：中建工程产业技术研究院有限公司

中建二局第一建筑工程有限公司

本标准参编单位：中国建筑第七工程局有限公司

中国建筑第二工程局有限公司

中国建筑一局（集团）有限公司

西安建筑科技大学

中国建筑标准设计研究院有限公司

西安石油大学

西安建筑科技大学设计研究院总院

中建七局第四建筑有限公司

本标准主要起草人员：

本标准参加起草人员：

目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基本规定.....	6
4 材料.....	7
4.1 混凝土.....	7
4.2 钢筋和钢材.....	7
4.3 连接材料.....	8
4.4 其他材料.....	8
5 结构设计.....	9
5.1 一般规定.....	9
5.2 作用及作用组合.....	12
5.3 结构分析.....	12
5.4 构件设计.....	14
5.5 连接设计.....	20
5.6 楼盖设计.....	22
6 构件制作与运输.....	23
6.1 一般规定.....	23
6.2 构件制作.....	23
6.3 构件检验.....	25
6.4 构件运输.....	26
6.5 现场堆放.....	27
7 结构施工.....	29
7.1 一般规定.....	29
7.2 安装准备.....	29
7.3 构件安装.....	30
8 工程验收.....	33
8.1 一般规定.....	33
8.2 主控项目.....	34
8.3 一般项目.....	35
本标准用词说明.....	36
引用标准名录.....	37

条文说明.....	38
-----------	----

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and abbreviations	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements	6
4	Materials	7
4.1	Concrete	7
4.2	Reinforcing Bar and Steel	7
4.3	Connection Materials	8
4.4	Other Materials	8
5	Structural Design	9
5.1	General Requirements.....	9
5.2	Actions and Action Combinations	12
5.3	Structural Analysis	12
5.4	Component Design.....	14
5.5	Connection Design.....	20
5.6	Slab Design	22
6	Manufacturing and Transportation.....	23
6.1	General Requirements.....	23
6.2	Manufacturing.....	23
6.3	Inspection.....	25
6.4	Transportation	26
6.5	Storage	27
7	Construction.....	29
7.1	General Requirements.....	29
7.2	Erection Preparation.....	29
7.3	Erection and Connection.....	30
8	Construction Quality Acceptance	33
8.1	General Requirements.....	33
8.2	Dominat Items.....	34
8.3	General Items	35
	Explanation of Wording in This Standard.....	36
	List of quoted standards	37

Addition:Explanation of provisions	38
--	----

1 总则

1.0.1 为规范装配式混合联肢墙结构的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、绿色环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于民用建筑非抗震设计及抗震设防烈度为 6 度至 8 度地区装配式混合联肢墙结构的设计、构件制作与运输、施工和验收。

1.0.3 配式混合联肢墙结构的设计、构件制作与运输、施工和验收除应符合本标准外，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 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构，简称装配整体式结构。

2.1.2 装配式混合联肢墙结构 precast hybrid coupled wall structure

采用钢连梁的装配整体式混凝土剪力墙结构为装配式混合联肢墙结构。

2.1.3 钢梁连接件 steel beam connector

直接嵌入在预制混凝土墙板中的钢梁段，或与预制墙板端部的型钢柱进行焊接的钢梁段。

2.1.4 钢构梁 steel structural beams

用于连接相邻钢梁连接件的钢梁段。

2.1.5 钢连梁 steel coupling beams

钢构梁与钢梁连接件或相邻钢梁连接件所组成的钢梁段。

2.1.6 辅助钢筋 auxiliary bars

用于提高钢筋混凝土剪力墙与钢梁连接件连接节点区域的承载力和延性所设置的竖向钢筋。

2.1.7 环筋扣合锚接 anchoring method of closed loop reinforcement

预制构件端部预留的环形闭合钢筋相互扣合后锚固在混凝土中的一种连接方式。

2.1.8 受压前区 front compression zone

节点受压区中和轴至墙体边缘之间的区域称为受压前区。

2.1.9 受压后区 post compression zone

节点受压区中和轴至钢梁连接件嵌固段根部之间的区域称为受压后区。

2.2 符号

2.2.1 材料性能

E ——混凝土剪力墙的折算弹性模量；

E_a ——钢材弹性模量；

E_c ——混凝土弹性模量；

f ——钢材的抗压、抗拉、抗弯强度设计值；

f_b ——约束混凝土强度设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_y ——钢材屈服强度。

2.2.2 作用和作用效应

M ——钢连梁的弯矩设计值；

M_f ——拼接处梁翼缘的弯矩设计值；

M_j ——拼接处梁的弯矩设计值；

M_{lp} ——钢连梁的全塑性受弯承载力；

$M_{ub,sp}^j$ ——梁拼接的极限受弯承载力；

M_w ——拼接处梁腹板的弯矩设计值；

N ——钢连梁的轴力设计值；

R_d ——构件承载力设计值；

S_d ——作用组合的效应设计值；

V ——钢连梁的剪力设计值；

V_l ——钢连梁不计入轴力影响的受剪承载力；

V_{lc} ——钢连梁计入轴力影响的受剪承载力；

V_n ——节点名义承载力

$V_{ub,sp}^j$ ——梁拼接的极限受剪承载力。

2.2.3 几何参数

A ——混凝土剪力墙的横截面面积；

A_a ——型钢、钢管部分的横截面面积；

A_l ——钢连梁的横截面面积；

A_{b1} 、 A_{b2} ——分别为受压前、后区竖向钢筋横截面面积；

A_c ——钢筋混凝土部分的横截面面积；
 A_{scf} ——钢连梁连接件嵌入长度方向的剪力墙纵向钢筋横截面面积之和；
 A_{st} ——加劲肋截面面积；
 A_w ——钢连梁腹板截面面积；
 a ——钢连梁净长；
 b_f ——钢连梁翼缘宽度；
 b_i ——钢连梁翼缘净宽度；
 c_s ——墙体竖向钢筋的混凝土保护层厚度；
 h ——计算楼层层高；
 h_s ——钢连梁截面高度；
 I ——混凝土剪力墙的截面惯性矩；
 I_0 ——钢连梁的截面惯性矩；
 I_a ——型钢、钢管部分的截面惯性矩；
 I_c ——钢筋混凝土部分的截面惯性矩；
 I_w ——钢连梁腹板的截面惯性矩；
 l_e ——钢连梁最小嵌入长度；
 t_w ——腹板厚度；
 Δu ——风荷载或多遇地震作用下产生的楼层内最大的弹性层间位移；
 W ——钢连梁的截面模量；
 W_b ——钢连梁的截面塑性模量；
 W_{np} ——钢连梁对其截面水平轴的塑性净截面模量；
 θ ——层间位移角。

2.2.4 系数及其他

R_y ——钢连梁承载力调整系数；
 α ——连接系数；
 β_1 ——系数；
 ϕ_2 ——节点承载力调整系数；
 ρ ——钢连梁轴力设计值与剪力设计值之比；
 ϕ_s ——钢筋的材料抗力系数；

ψ ——弯矩传递系数；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数；

γ_0 ——结构重要性系数。

3 基本规定

3.0.1 在装配式建筑方案设计阶段，应协调规划、设计、制作、运输、施工各方之间的关系，并应加强建筑、结构、设备、装修等专业之间的配合。

3.0.2 抗震设防的装配式混合联肢墙结构，应按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 确定抗震设防类别及抗震设防标准。

3.0.3 建筑安全等级和设计使用年限应符合《工程结构通用规范》GB55001、《混凝土通用规范》GB 55008-2021、《钢结构通用规范》GB 55006-2021、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 的规定。

3.0.4 装配式混合联肢墙结构的设计应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《钢结构设计标准》GB 50017、《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 及《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。

3.0.5 预制构件的尺寸和形状应符合下列要求：

- 1 应遵循少规格、多组合的原则；
- 2 应满足建筑使用功能、模数、标准化要求；
- 3 应根据预制构件的功能和安装部位、加工制作及施工精度等要求，确定合理的公差；
- 4 应满足制作、运输、堆放、安装及质量控制要求。

3.0.6 装配式混凝土建筑设计宜建立信息化协同平台，采用标准化的功能模块、部品部件等信息库，统一编码、统一规则，全专业共享数据信息，实现建设全过程的管理和控制。

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

3.0.8 装配式混合联肢墙结构建筑防水、防火、防腐、隔声、保温等性能应符合国家现行相关标准的规定，满足安全性能、适用性能、耐久性能、环境性能、经济性能等要求。

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 混凝土力学性能指标和耐久性要求等应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。

4.1.2 混凝土的强度宜符合下列规定：

- 1 预制构件的混凝土强度等级不宜低于 C30；
- 2 现浇混凝土的强度等级不宜低于 C25；
- 3 有抗震设防要求时，剪力墙混凝土的强度等级不宜超过 C60。

4.1.3 装配式混合联肢墙水平接缝采用环筋扣合锚接时，水平接缝后浇混凝土宜采用细石混凝土或自密实混凝土。

4.2 钢筋和钢材

4.2.1 钢筋力学性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关要求。

4.2.2 采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、环筋扣合锚接时，钢筋应采用热轧带肋钢筋。

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

4.2.4 预制构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋或 Q235B 圆钢制作。用于吊装、临时支撑、模板支设等的内埋式螺母、吊杆及配套用具，应根据相应的产品标准选用，并应符合国家现行有关标准的规定。

4.2.5 钢材宜采用 Q355、Q390、Q420 低合金高强度结构钢及 Q235 碳素结构钢，质量等级不宜低于 B 级，且应分别符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。当采用其他牌号的钢材时，尚应符合国家现行有关标准的规定。

4.2.6 钢结构的钢材应符合下列规定：

- 1 钢材应具有屈服强度、抗拉强度、伸长率、冲击性、韧性、硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳当量的合格保证及冷弯试验的合格保证；

- 2 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85;
- 3 钢材应具有明显的屈服台阶, 且伸长率不应小于 20%;
- 4 钢材应具有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

4.3 连接材料

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

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

4.3.3 钢筋浆锚搭接连接接头应采用水泥基灌浆料, 灌浆料的性能应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014 的规定。钢筋浆锚搭接连接采用的镀锌金属波纹管应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 255 的规定。镀锌金属波纹管的钢带厚度不宜小于 0.3mm, 波纹高度不应小于 2.5mm。

4.3.4 连接用焊接材料, 螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《组合结构设计规范》JGJ 138 等的有关规定。

4.4 其他材料

4.4.1 外墙板接缝处的密封材料应符合下列规定:

1 密封胶应与混凝土应具有相容性, 并满足规定的抗剪切和伸缩变形能力, 且具有防霉、防水、防火、耐候、防腐蚀、耐酸碱等性能;

2 硅酮、聚氨酯、聚硫建筑密封胶应分别符合国家现行标准《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《聚氨酯建筑密封胶》JC/T482、《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的规定。

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

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 装配式混合联肢墙结构房屋的最大适用高度应符合表 5.1.1 的规定。采用部分框支剪力墙结构时，在规定的水平力作用下，当预制剪力墙结构底部承担的总剪力大于该层总剪力的 50% 时，其最大适用高度应适当降低；当预制剪力墙结构底部承担的总剪力大于该层总剪力的 80% 时，其最大适用高度应降低 10m。

表 5.1.1 装配式混合联肢墙结构房屋的最大适用高度（m）

抗震设防	非抗震设计	抗震设防烈度			
		6 度	7 度	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)
装配整体式剪力墙结构	140	130	110	90	70
装配整体式部分框支剪力墙结构	120	110	90	70	40
装配整体式框架-剪力墙结构	150	130	120	100	70

注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面的高度，不包括局部突出屋顶的部分。

2 当剪力墙边缘构件竖向钢筋采用浆锚搭接连接时，房屋最大适用高度应比表中数值降低 10m。

5.1.2 装配式混合联肢墙结构的高宽比不宜超过表 5.1.2 的数值。

表 5.1.2 装配式混合联肢墙结构适用的最大高宽比

抗震设防	非抗震设计	抗震设防烈度	
		6、7 度	8 度
最大高宽比	6	6	5

5.1.3 装配式混合联肢墙结构平面和竖向布置应符合下列规定：

1 平面形状宜简单、规则、对称，质量和刚度分布均匀，不应采用特别不规则的平面布置；

2 竖向布置应连续、均匀，应避免抗侧力结构侧向刚度和承载力沿竖向突

变；

- 3 剪力墙应沿两个主轴方向布置，两个方向的侧向刚度宜接近；
- 4 剪力墙门窗洞口宜上下对齐、成列布置，且不宜设置转角窗。

5.1.4 装配式混合联肢墙结构尚宜符合下列规定：

- 1 高层建筑宜设置地下室，地下室部位的混凝土宜采用现浇；
- 2 底部加强部位的剪力墙宜采用现浇混凝土；
- 3 顶层宜采用现浇楼盖结构。

5.1.5 装配式混合联肢墙结构应进行风荷载或多遇地震作用下的变形验算，其楼层内最大弹性层间位移应符合下式要求：

$$\Delta u \leq [\theta] h \quad (5.1.5)$$

式中： Δu ——风荷载或多遇地震作用标准值， Δu 为产生的各楼层最大的弹性层间位移；计算时，可不扣除结构整体弯曲变形；应计入扭转变形，各作用分项系数均应采用 1.0；

$[\theta]$ ——层间位移角限值，取 1/1000；

h ——计算楼层层高。

5.1.6 超出表 5.1.1 最大适用高度，且竖向不规则的装配式混合联肢墙结构，宜进行弹塑性变形验算。其结构薄弱层（部位）弹塑性层间位移角限值不应大于 1/120。

5.1.7 楼盖结构应具有适宜的舒适度。楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应超过表 5.1.7 的限值。

表 5.1.7 楼盖竖向振动加速度限值

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

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

5.1.8 装配式混合联肢墙结构构件的承载力应按下列公式验算：

持久设计状况、短暂设计状况

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.8-1)$$

地震设计状况

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (5.1.8-2)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0；

S_d ——作用组合的效应设计值，应符合本标准第 5.2.1 条的规定；

R_d ——构件承载力设计值；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数，应按照表 5.1.8 采用。

表 5.1.8 构件承载力抗震调整系数表

材料	结构构件	受力状态	γ_{RE}
钢	梁、节点板件、螺栓，焊缝	强度	0.75
混凝土	剪力墙 各类构件	受弯	0.85
		受剪、偏拉	0.85

5.1.9 装配式混合联肢墙结构构件的抗震设计，应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。

丙类装配式混合联肢墙结构的抗震等级应按表 5.1.9 确定。

表 5.1.9 装配式混合联肢墙结构的抗震等级

抗震设防烈度	6 度		7 度			8 度		
高度（m）	≤70	>70	≤24	>24 且 ≤70	>70	≤24	>24 且 ≤70	>70
抗震等级	四	三	四	三	二	三	二	一

注：当建筑场地为 I 类时，除 6 度外，应允许按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施。

5.1.10 乙类装配式混合联肢墙结构应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；当本地区抗震设防烈度为 8 度且抗震等级为一级时，应采取比一级更高的抗震措施；当建筑场地为 I 类时，仍可按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

5.1.11 装配式混合联肢墙结构抗震性能设计应符合国家现行标准《建筑抗震

设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 外，尚宜符合下列要求：

- 1 多遇地震作用下，钢连梁与底部加强部位的剪力墙均处于弹性状态；
- 2 设防烈度地震作用下，大部分钢连梁已处于塑性状态，但无明显的塑性变形；底部加强部位的剪力墙处于弹塑性状态，但无明显的塑性变形；
- 3 预估罕遇地震作用下，钢连梁发生了明显的塑性变形；底部加强部位的剪力墙出现轻度损坏，但修复或加固后仍可继续使用。

5.1.12 装配式混合联肢墙结构构件及节点应进行承载能力极限状态、正常使用极限状态设计，并应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 和《组合结构设计规范》JGJ 138 的有关规定。

5.2 作用及作用组合

5.2.1 竖向荷载、风荷载和地震作用及其组合应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

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

5.2.3 在进行装配式楼板施工阶段验算时，施工活荷载应根据施工时的实际情况考虑，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

5.3 结构分析

5.3.1 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，装配式混合联肢墙结构的内力和变形可采用振型分解反应谱法计算；设防烈度与罕遇地震作用下，混合联肢墙结构的弹塑性变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法计算。振型分解反应谱法、弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的

有关规定。

5.3.2 装配式混合联肢墙结构的内力和变形计算时，可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性，设计时应采取相应措施保证楼盖平面内的整体刚度。当楼盖可能产生较明显的面内变形时，计算时应采用楼盖平面内的实际刚度，考虑楼盖的面内变形的影响。

5.3.3 装配式混合联肢墙结构分析模型应根据结构实际情况确定，应能较准确地反映结构中各构件的实际受力状况，可选用空间杆-墙板元有限元等计算模型。空间整体工作计算分析时，应考虑下列变形：

- 1 梁的弯曲、剪切、扭转变形，必要时考虑轴向变形；
- 2 墙的弯曲、剪切、轴向、扭转变形。

5.3.4 装配式混合联肢墙结构弹性计算时，钢筋混凝土楼板与钢连梁间应有可靠连接，可计入钢筋混凝土楼板对钢连梁刚度的增大作用，两侧有楼板的钢连梁其惯性矩可取为 $1.5I_b$ ，仅一侧有楼板的钢连梁其惯性矩可取为 $1.2I_b$ ， I_b 为钢连梁截面惯性矩。弹塑性计算时，不应考虑楼板对钢连梁惯性矩的增大作用。

5.3.5 装配式混合联肢墙结构内力和位移计算时，竖向构件刚度取值应符合下列规定：

- 1 无端柱型钢混凝土剪力墙可近似按相同截面的混凝土剪力墙计算其轴向、抗弯和抗剪刚度，可不计端部型钢对截面刚度的提高作用。
- 2 有端柱型钢混凝土剪力墙可按 H 形混凝土截面计算其轴向和抗弯刚度，端柱内型钢可折算为等效混凝土面积计入 H 形截面的翼缘面积，墙的抗剪刚度可不计入型钢作用。轴向和抗弯刚度的折算可按下列公式计算：

$$EA = E_c A_c + E_a A_a \quad (5.3.5-1)$$

$$EI = E_c I_c + E_a I_a \quad (5.3.5-2)$$

式中： EI 、 EA ——分别为混凝土剪力墙的折算截面抗弯刚度、折算轴向刚度；

$E_c I_c$ 、 $E_c A_c$ ——分别为钢筋混凝土部分的截面抗弯刚度、轴向刚度；

$E_a I_a$ 、 $E_a A_a$ ——分别为型钢、钢管部分的截面抗弯刚度、轴向刚度。

5.3.6 内力和变形计算时，应计入填充墙对结构刚度的影响。当采用轻质墙板填充墙时，可采用周期折减的方法考虑其对结构刚度的影响，周期折减系数可

取 0.8~1.0。

5.3.7 装配式混合联肢墙结构在多遇地震下的阻尼比可取为 0.04。风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，阻尼比可取为 0.02~0.04。

5.3.8 对结构分析软件的计算结果，应进行分析判断，确认其合理、有效后方可作为工程设计的依据。

5.3.9 装配式混合联肢墙结构的弹性耦连比取值范围宜为 50%~70%。

5.4 构件设计

5.4.1 预制构件的设计应符合下列规定：

- 1 对持久设计状况，应对预制构件进行承载力、变形、裂缝控制验算；
- 2 对地震设计状况，应对预制构件进行承载力、变形控制验算；
- 3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况，应对预制构件进行相应验算。

5.4.2 同一层内同时采用预制剪力墙和现浇剪力墙时，现浇剪力墙肢水平地震作用弯矩、剪力宜乘以不小于 1.1 的增大系数。

5.4.3 钢连梁的净长应符合下列规定：

1 当 $N \leq 0.16Af$ 时，其净长不大于 $2.6M_{lp}/V_l$ 。

2 当 $N > 0.16Af$ 时：

1) $\rho(A_w/A_l) < 0.3$ 时

$$a \leq 2.6M_{lp}/V_l \quad (5.4.3-1)$$

2) $\rho(A_w/A_l) \geq 0.3$ 时

$$a \leq [1.15 - 0.5\rho(A_w/A_l)]2.6M_{lp}/V_l \quad (5.4.3-2)$$

$$\rho = N/V \quad (5.4.3-3)$$

式中： M_{lp} ——钢连梁的全塑性受弯承载力(N·mm)；

a ——钢连梁净长(mm)；

ρ ——钢连梁轴力设计值与剪力设计值之比值；

N ——钢连梁的轴力设计值(N)；

V_l ——钢连梁不计入轴力影响的受剪承载力(N)；

V ——钢连梁的剪力设计值(N)。

5.4.4 净长不满足 5.4.3 条要求的钢连梁，宜按照钢框梁进行设计，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关要求。

5.4.5 钢连梁的受剪承载力和受弯承载力，可按偏心支撑钢框架消能梁段进行设计，并应符合下列规定：

1 钢连梁的受剪承载力应符合下列公式的规定：

1) $N \leq 0.15Af$ 时

$$V \leq \phi V_l \quad (5.4.5-1)$$

2) $N > 0.15Af$ 时

$$V \leq \phi V_{lc} \quad (5.4.5-2)$$

式中： ϕ ——系数，可取 0.9；

V_{lc} ——钢连梁计入轴力影响的受剪承载力 (N)。

2 钢连梁的受剪承载力可按下列公式计算：

1) $N \leq 0.15Af$ 时

$$\left. \begin{aligned} V_l &= 0.58A_w f_y \text{ 或 } V_l = 2M_{lp} / a, \text{ 取较小值} \\ A_w &= (h - 2t_f)t_w \\ M_{lp} &= fW_{np} \end{aligned} \right\} \quad (5.4.5-3)$$

2) $N > 0.15Af$ 时

$$V_{lc} = 0.58A_w f_y \sqrt{1 - [N / (fA)]^2} \quad (5.4.5-4)$$

$$V_{lc} = 2.4M_{lp} [1 - N / (fA)] / a, \text{ 取较小值} \quad (5.4.5-5)$$

式中： a 、 h 、 t_w 、 t_f ——分别为钢连梁的净长 (mm)、截面高度 (mm)、腹板厚度和翼缘厚度 (mm)；

A_w ——钢连梁腹板截面面积 (mm²)；

A ——钢连梁的截面面积 (mm²)；

W_{np} ——钢连梁对其截面水平轴的塑性净截面模量 (mm³)；

f 、 f_y ——分别为钢连梁钢材的抗压强度设计值和屈服强度值 (N/mm²)。

3 钢连梁的受弯承载力应符合下列公式的规定：

1) $N \leq 0.15Af$ 时

$$\frac{M}{W} + \frac{N}{A} \leq f \quad (5.4.5-6)$$

2) $N > 0.15Af$ 时

$$\left(\frac{M}{h} + \frac{N}{2}\right) \frac{1}{b_f t_f} \leq f \quad (5.4.5-7)$$

式中: M ——钢连梁的弯矩设计值 ($N \cdot mm$);

N ——钢连梁的轴力设计值 (N);

W ——钢连梁的截面模量 (mm^3);

A ——钢连梁的截面面积 (mm^2);

b_f ——钢连梁翼缘宽度 (mm)。

5.4.6 长度满足 5.4.3 条要求的钢连梁, 不得在其腹板上开洞贴焊补强。

5.4.7 钢连梁应符合下列构造要求:

1 钢连梁板件的局部稳定与整体稳定应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的规定。

2 钢连梁跨度内应设置加劲肋。当梁高度大于 650mm 时, 腹板两侧均应设置加劲肋; 高度不大于 650mm 时, 可仅在腹板一侧设置。加劲肋的厚度不应小于 10mm, 也不应小于腹板厚度 t_w 的 0.75 倍。加劲肋与梁翼缘连接焊缝的承载力不应小于 $A_{st}f_y/4$, A_{st} 为加劲肋截面面积。第一块加劲肋至墙表面的距离和加劲肋间距应符合表 5.4.7 的规定。

3 当墙肢中有钢骨暗柱, 且钢骨暗柱表面距墙边缘的距离不大于 1.5 倍连梁截面高度时, 钢连梁端部应与钢骨暗柱刚性连接在钢骨柱内与钢连梁上、下翼缘位置处应设置水平加劲肋, 加劲肋厚度不应小于钢连梁翼缘厚度。

表 5.4.7 跨度内钢连梁加劲肋的设置要求

钢连梁有效跨度	第一块加劲肋距墙肢边缘的距离	加劲肋间距
$a \leq 1.6M_p/V_p$	$a \leq 1.5b_f$	不大于 $(52t_w - 0.2h_s)$
$1.6M_p/V_p < a \leq 2.6M_p/V_p$	$a \leq 1.5b_f$	两端和中间均应设置
$2.6M_p/V_p < a \leq 5M_p/V_p$	$a \leq 1.5b_f$	只在两端设置
$A > 5M_p/V_p$	不需设置	

4 当墙肢中无钢骨暗柱或钢骨暗柱表面距墙边缘的距离大于 1.5 倍连梁截面高度时，钢连梁在墙肢中应具有足够的埋置长度。

5 钢连梁在墙肢中的埋置方法可采用图 5.4.7 所示的形式。在钢连梁的端部及梁墙交界面应设置加劲板，其厚度不应小于 16mm，也不应小于腹板厚度 t_w 的 1.5 倍。

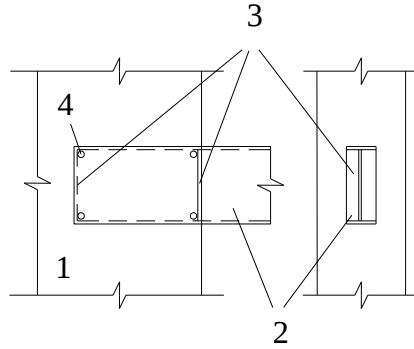


图 5.4.7 钢连梁示意图

1—钢筋混凝土墙体；2—钢连梁段；3—加劲板；4—预留钢筋孔

5.4.8 钢梁连接件与预制混凝土剪力墙连接节点受剪承载力应满足下列公式要求：

$$V_u = V_n / \phi_2 \geq R_y V_l \quad (5.4.7-1)$$

1) $0 < (a/2 + c_s) / (l_e - c_s) \leq 0.8$ 时

$$V_n = \frac{0.64 f_b \beta_1 b_f (l_e - c_s) (1 + b_i / b_f) (0.87 - 0.32 \beta_1)}{0.87 + (a/2 + c_s) / (l_e - c_s)} \quad (5.4.7-2)$$

2) $0.8 < (a/2 + c_s) / (l_e - c_s) \leq 2.0$ 时

$$V_n = \frac{0.59 f_b \beta_1 b_f (l_e - c_s) (1 + b_i / b_f) (0.85 - 0.30 \beta_1)}{0.85 + (a/2 + c_s) / (l_e - c_s)} \quad (5.4.7-3)$$

$$f_b = 5\sqrt{f_c}(t/b_f)^{0.7} \quad (5.4.7-4)$$

式中： V_n ——节点名义承载力；

ϕ_2 ——节点承载力调整系数，取 0.85；

R_y ——钢连梁承载力调整系数，取 1.4；

c_s ——墙体竖向钢筋的混凝土保护层厚度；

l_e ——钢连梁最小嵌入长度；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_b ——约束混凝土强度；

β_1 ——系数， f_c 为 17.2~27.6MPa 时， β_1 取 0.85； f_c 大于 55.2MPa 时，

β_1 取 0.65；中间按照线性内插法确定；

b_f ——钢连梁翼缘宽度；

b_i ——钢连梁翼缘净宽度，取 $(b-t_w)$ 。

5.4.9 辅助钢筋构造设计应符合下列要求：

1 辅助钢筋分别与钢梁连接件镶固端、墙体外表面间的距离不小于其直径的 2 倍，且不大于钢梁连接件的截面高度；

2 辅助钢筋宜采用钢筋连接器与钢梁连接件进行焊接，长度方向宜与钢梁连接件腹板的中心平面齐平。

3 受压区辅助钢筋用量应满足下列要求：

$$A_{b1} \geq 2A_{b2} \quad (5.4.8-1)$$

$$A_{b2} \geq 0.03 f_c l_e b / f_y \quad (5.4.8-2)$$

$$\sum A_{bi} \leq 0.08 l_e t - A_{scl} \quad (5.4.8-3)$$

式中： A_{b1} 、 A_{b2} ——分别为受压前、后区竖向钢筋横截面面积；

A_{scl} ——钢梁连接件嵌入长度方向的剪力墙纵向钢筋横截面面积之和。

5.4.10 倒置 U 型钢筋构造设计应符合下列要求：

1 倒置 U 型钢筋直径不应小于 6mm，间距不应大于墙体厚度的 1/2，且不应大于 305mm；

2 倒置 U 型钢筋顶部与上翼缘顶部间的距离不应大于钢筋间距的 1/2；

3 倒置 U 型钢筋沿钢梁连接件全长设置，其最大横截面总面积应符合式

(5.4.8-3) 要求。

5.4.11 上下翼缘间的水平箍筋应符合下列要求：

- 1 水平钢筋应与钢梁连接件、墙体纵向钢筋进行可靠连接，也可穿过腹板与纵向钢筋进行可靠连接；
- 2 水平钢筋直径不宜小于 8mm，间距不应大于 100mm，且不应小于 2 层；
- 3 每层水平钢筋总横截面面积不应小于 $0.004sl_e$ ，其中 s 为每层水平钢筋的间距。

5.4.12 钢梁连接件上下区域水平钢筋设置应符合下列要求：

- 1 体积配筋率不应小于边缘约束构件的体积配筋率；
- 2 水平钢筋的间距不应大于 100mm，宜设置 2 层，且钢筋直径不宜小于 8mm；
- 3 紧邻钢梁连接件的水平箍筋与翼缘外表面的距离宜为 50mm。

5.4.13 预制混凝土剪力墙的设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

5.4.14 预制剪力墙边缘约束构件中竖向钢筋配筋应满足下列要求：

$$A_{sc1} \geq 2A_{sc2} \quad (5.4.13-1)$$

$$\phi_s (A_{sc1} + A_{sc2}) f_y \geq V_u \quad (5.4.13-2)$$

式中： A_{sc1} 、 A_{sc2} ——分别为受压前、后区竖向钢筋横截面面积；

ϕ_s ——钢筋的材料抗力系数，可取 0.85。

5.4.15 预制型钢混凝土剪力墙的承载力计算及其构造要求应符合国家现行标准《组合结构设计规范》JGJ 138 的相关要求。

5.4.16 预制型钢混凝土剪力墙端部型钢柱混凝土保护层厚度不宜小于 150mm。

5.4.17 预制型钢混凝土剪力墙端部型钢柱在钢连梁上、下翼缘处应设置与钢连梁翼缘等厚的加劲肋，并在梁柱节点核心区及上下一定范围内的箍筋进行加密。

5.4.18 预制型钢混凝土剪力墙端部型钢柱抗剪栓钉应符合下列要求：

- 1 梁柱节点区上、下各 2 倍型钢截面高度范围的型钢柱翼缘部位；
- 2 结构底层和顶层型钢柱全高范围的翼缘部位。

5.4.19 预制构件中预埋件的验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》

GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 等有关规定。

5.5 连接设计

5.5.1 预制构件拼接部位的混凝土强度等级不应低于预制构件的混凝土强度等级，且其位置宜设置在受力较小部位。

5.5.2 预制墙板水平接缝处的纵向钢筋连接宜根据接头受力、施工工艺等要求选用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接或环筋扣合锚接，并应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《装配式环筋扣合锚接混凝土剪力墙结构技术标准》JGJ/T 430 的有关规定。

5.5.3 楼层内相邻预制墙板之间竖向接缝应采用整体式接缝连接，并应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定，也可采用相邻钢梁连接件直接连接的方式。

5.5.4 预制混凝土构件与后浇混凝土、灌浆料、坐浆材料的结合面应设置粗糙面、键槽，并应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

5.5.5 装配式钢结构构件之间的连接进行抗震设计时，连接设计应符合构造要求，并按弹塑性设计，连接的极限承载力应大于构件的全塑性承载力。

5.5.6 钢梁连接件与钢梁连接件之间、钢梁连接件与钢构梁之间的拼接应符合下列规定：

1 翼缘采用全熔透对接焊缝，腹板用高强度螺栓摩擦型连接；

2 翼缘和腹板均采用高强度螺栓摩擦型连接；

3 三、四级和非抗震设计时可采用全截面焊接；

4 抗震设计时，应先做螺栓连接的抗滑移承载力计算，再进行极限承载力计算；非抗震设计时，可只做抗滑移承载力计算。

5.5.7 钢连梁拼接的受弯、受剪承载力应符合下列规定：

1 钢连梁拼接的受弯、受剪极限承载力应满足下列公式要求：

$$M_{ub,sp}^j \geq \alpha M_p \quad (5.5.7-1)$$

$$V_{ub,sp}^j \geq \alpha(2M_p / l_n) + V_{Gb} \quad (5.5.7-2)$$

2 当全截面采用高强度螺栓连接时，钢连梁拼接处在弹性设计时计算截面的翼缘和腹板弯矩宜满足下列公式要求：

$$M = M_f + M_w \geq M_j \quad (5.5.7-3)$$

$$M_f \geq (1 - \psi \cdot I_w / I_0) M_j \quad (5.5.7-4)$$

$$M_w \geq (\psi \cdot I_w / I_0) M_j \quad (5.5.7-5)$$

式中： $M_{ub,sp}^j$ ——钢连梁拼接的极限受弯承载力（kN·m）；

$V_{ub,sp}^j$ ——钢连梁拼接的极限受剪承载力（kN）；

M_f 、 M_w ——分别为拼接处梁翼缘和梁腹板的弯矩设计值（kN）；

M_j ——钢连梁拼接处的弯矩设计值原则上应等于 $W_b f_y$ ，当拼接处弯矩较小时，不应小于 $0.5W_b f_y$ ， W_b 为钢连梁的截面塑性模量， f_y 为钢连梁钢材的屈服强度（MPa）；

I_w ——钢连梁腹板的截面惯性矩（m⁴）；

I_0 ——钢连梁的截面惯性矩（m⁴）；

ψ ——弯矩传递系数，取 0.4；

α ——连接系数，按表 5.5.7 取值。

表 5.5.7 钢构件连接的连接系数 α

母材 牌号	梁柱连接		支撑连接、构件连接	
	母材破坏	高强螺栓破坏	母材或连接板破坏	高强螺栓破坏
Q235	1.40	1.45	1.25	1.30
Q345	1.35	1.40	1.20	1.25
Q345GJ	1.25	1.30	1.10	1.15

注：1 屈服强度高于 Q345 的钢材，按 Q345 的规定采用；

2 屈服强度高于 Q345GJ 的钢材，按 Q345GJ 的规定采用；

3 括号内的数字用于箱形柱和圆管柱。

5.5.8 钢梁连接件与型钢柱翼缘的连接应采用刚性连接，并应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

5.5.9 上下层型钢柱之间的拼接可采用焊接连接、螺栓连接或栓焊连接的形

式，应符合下列要求：

1 H 型钢柱的接头，弯矩应由翼缘和腹板承受，剪力应由腹板承受，轴力应由翼缘和腹板分担。

2 当采用全焊接接头时，抗震设计时应采用坡口全熔透焊缝，上柱翼缘应开 V 形坡口，腹板应开 K 形坡口。

3 当采用栓焊接头时，翼缘接头宜采用坡口全熔透焊缝，腹板可采用高强度螺栓连接。

5.5.10 连接件、焊缝、螺栓或铆钉等紧固件应在不同设计状况下对其承载力进行验算，并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构焊接规范》GB 50661 等的规定。

5.5.11 抗剪栓钉的直径规格宜选用 19mm 和 22mm，其长度不宜小于 4 倍栓钉直径，水平和竖向间距不宜小于 6 倍栓钉直径且不宜大于 200mm。栓钉中心至型钢翼缘边缘距离不应小于 50mm，栓钉顶面的混凝土保护层厚度不宜小于 15mm。

5.5.12 预制构件中外露预埋件凹入构件表面的深度不宜小于 10mm。

5.6 楼盖设计

5.6.1 装配式混合联肢墙结构的楼盖宜采用叠合楼盖，叠合板设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《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 的有关规定。

5.6.2 叠合板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 进行设计，并应符合下列规定：

1 叠合板的预制板厚度不宜小于 60mm，后浇混凝土叠合层厚度不应小于 60mm；

2 叠合板的预制板采用空心板时，板端空腔应封堵；

3 叠合板跨度大于 3m 时，宜采用架钢筋混凝土叠合板；

4 叠合板跨度大于 6m 时，宜采用预应力混凝土预制板；

5 叠合板板厚大于 180mm 时，宜采用混凝土空心板。

5.6.3 阳台板、空调板宜采用叠合构件或预制构件。

6 构件制作与运输

6.1 一般规定

6.1.1 装配式混合联肢墙结构的预制构件制作前应编制生产方案，生产方案宜包括生产计划及工艺、模具方案、预埋预留方案、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。

6.1.2 生产单位应具备保证产品品质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，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统。

6.1.3 预制构件生产中采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，应制定专门的生产实施方案；必要时进行样品试制，经检验合格后方可实施。

6.1.4 预制构件的原材料质量、钢筋加工、钢材连接的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、保温材料、预埋件及拉结件的质量等均应根据国家现行有关标准进行检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。

6.1.5 预制构件生产宜建立首件验收制度。

6.1.6 预制构件经检查合格后，应设置表面标识。预制构件出厂时，应出具质量证明文件。

6.1.7 钢构件制作单位应具有相应的钢结构工程施工资质，应根据已批准的技术设计文件编制施工详图。施工详图应由原设计工程师确认。当修改时，应向原设计单位申报，经同意签署文件后修改才能生效；对构造复杂的构件宜进行工艺性试验。

6.2 构件制作

6.2.1 预制构件的模具、原材料及配件的进厂检验，均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。

6.2.2 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。模具应具有足够的强度、刚度和整体稳固性，并应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。

6.2.3 除设计有特殊要求外，预制构件模具尺寸偏差和检验方法应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 预制构件模具尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	$\leq 6\text{m}$	1, -2	用尺量平行构件高度方向, 取其中偏差绝对值较大处
		$>6\text{m}$ 且 $\leq 12\text{m}$	2, -4	
		$>12\text{m}$	3, -5	
2	宽度、高 (厚)度	墙板	1, -2	用尺测量两端或中部, 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

注: L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

6.2.4 预制构件制作时, 混凝土浇筑前应进行隐蔽工程检查, 检查项目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, 检查合格后方可浇筑混凝土。

6.2.5 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。

6.2.6 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措施;
- 2 混凝土倾落高度不宜大于 600mm, 并应均匀摊铺;
- 3 混凝土浇筑应连续进行;
- 4 混凝土从出机到浇筑完毕的延续时间, 气温高于 25℃时不宜超过 60min, 气温不高于 25℃时不宜超过 90min。

6.2.7 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、工作性能、预制构件的规格和形状等因素确定, 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、预埋件、饰面砖、饰面板；

3 混凝土振捣过程中应随时检查模具有无漏浆、变形或预埋件有无移位等现象。

6.2.8 预制构件养护应符合下列规定：

1 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后应及时覆盖保湿，脱模前不得揭开；2 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；

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 加热养护温度应通过试验确定，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、降温速度不宜超过 20℃/h，最高养护温度不宜超过 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℃。

6.2.9 预制构件粗糙面成型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。

6.2.10 脱模起吊时，预制构件的混凝土强度应计算确定，且不应小于 15 N/mm²。

6.2.11 装配式混合联肢墙结构所用钢材、焊接材料、连接用普通螺栓、高强度螺栓等原材、紧固件和涂料应符合设计文件及国家现行有关标准的规定，应具有质量合格证明文件，并经进场检验合格后使用。常用焊接材料标准，钢结构连接用紧固件均应符合国家现行有关标准的规定。

6.2.12 钢构件制作、安装、验收及土建施工用的量具，应按同一计量标准进行鉴定，并应具有相同的精度等级。

6.2.13 钢柱与钢柱、钢梁连接件与钢柱接头焊接试验完毕后，应将焊接工艺全过程记录下来，测量出焊缝的收缩值，反馈到构配件制作厂，作为钢柱和钢梁连接件加工时增加长度的依据。

6.3 构件检验

6.3.1 预制构件出模后应及时对其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。

6.3.2 预制构件尺寸偏差及预留孔、预留洞、预埋件、预留插筋、键槽的位置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。预制构件有粗糙面时，与预制构件粗糙面相关的尺寸允许偏差可放宽 1.5 倍。

6.3.3 预制构件采用钢筋套筒灌浆连接时，在构件生产前应检查套筒型式检验报告是否合格，应进行钢筋套筒灌浆连接接头的抗拉强度试验，并应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

检查数量：按同一工程、同一工艺的预制构件分批抽样检验。同一批号、同一类型、同一规格的灌浆套筒，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 3 个灌浆套筒制作对中连接接头试件。

检验方法：检查试验报告单、质量证明文件。

6.3.4 梁板类简支受弯预制构件应进行结构性能检验，其他预制构件除设计有专门要求外，进场时可不做结构性能检验。

6.3.5 对进场时不做结构性能检验的预制构件，应采取下列措施：

1 施工单位或监理单位代表应驻厂监督制作生产过程；

2 当无驻厂监督时，预制构件进场时应对其主要受力钢筋数量、规格、间距、保护层厚度及混凝土强度进行实体检验。

6.3.6 预制混凝土构件出厂前应根据规范和设计图纸要求进行强度检测，强度计算数值及实测数值均应满足要求并留有相关记录。

6.4 构件运输

6.4.1 应制定预制构件的运输方案，其内容应包括运输时间、次序、运输线路、固定要求及成品保护措施等。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输应有专门的质量安全保证措施。

6.4.2 预制构件吊装应符合下列规定：

1 应根据预制构件的形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊具和起重设备，所采用的吊具和起重设备及其操作，应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定；

2 吊点数量、位置应经计算确定，应保证吊具连接可靠，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 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，严禁吊装构件长时间悬停在空中；

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。

6.4.3 预制构件运输应符合下列规定：

1 运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸构件时，应采取保证车体平衡和构件固定的安全措施；

2 应设置柔性垫片避免预制构件边角部位或链索接触处的混凝土损伤；

3 墙板宜采用靠放架、插放架立式运输，架体应具有足够的承载力和刚度，构件应采取固定措施并支垫稳固。采用靠放架运输构件时，靠放架与地面倾斜角度宜大于 80° ，墙板宜对称靠放且外饰面朝外，构件上部宜采用木垫块隔离；

4 板、楼梯、阳台宜采用叠层平放水平运输；

5 构件运输过程中，应采取防止构件产生裂缝的措施。

6.5 现场堆放

6.5.1 应制定预制构件的堆放方案，其内容应包括堆放时间、次序、堆放场地、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。

6.5.2 预制构件堆放应符合下列规定：

1 存放构件的场地应平整并满足堆载要求，沉降差不应大于 5mm ，并应采取排水措施；

2 存放库区宜实行分区管理和信息化台账管理；

3 产品标识应明确、耐久，预埋吊件应朝上，标识应向外；

4 预制构件与支架、与地面之间宜设置柔性垫块保护。垫块支点宜与起吊点位置一致；

5 预制构件多层叠放时，每层构件间的垫块应上下对齐；预制楼板、叠合板、阳台板和空调板等构件宜平放，叠放层数不宜超过 6 层；

6 预制内外墙板宜采用专用支架直立存放，支架应有足够的强度和刚度，薄弱构件、构件薄弱部位应采取防止变形开裂的临时加固措施。

6.5.3 预制构件成品保护应符合下列规定：

1 预制构件成品外露保温板应采取防止开裂措施，外露钢筋应采取防弯折措施，外露钢梁、预埋件和连结件等外露金属件应按不同环境类别进行防护或防腐、防锈；

2 宜采取保证吊装前预埋螺栓孔清洁的措施；

3 钢筋连接套筒、预埋孔洞应采取防止堵塞的临时封堵措施；

4 露骨料粗糙面冲洗完成后应对灌浆套筒的灌浆孔和出浆孔进行透光检查，并清理灌浆套筒内的杂物；

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

7 结构施工

7.1 一般规定

7.1.1 结构施工前应制定施工组织设计或专项施工方案；施工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑工程施工组织设计规范》GB/T 50502 的规定；施工方案的内容应包括构件安装及节点施工工艺、构件安装的质量管理及安全措施等。

7.1.2 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。

7.1.3 施工单位应对装配式混合联肢墙结构建筑的现场施工人员进行相应专业的培训。

7.1.4 结构施工宜采用工具化、标准化的工装系统。

7.1.5 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。

7.1.6 施工单位应对进场的构配件进行检查，合格后方可施工。

7.1.7 吊装用吊具应按国家现行有关标准的规定进行设计、验算或试验检验，应符合以下要求：

1 吊具应根据预制构件形状、尺寸及重量等参数进行配置，吊索水平夹角不宜小于 60° 且不应小于 45° ；

2 对尺寸较大或形状复杂的预制构件，宜采用有分配梁或分配桁架的吊具。

7.1.8 钢构件连接用的焊接材料、高强度螺栓、普通螺栓和涂料等，应具有产品质量证明书，其质量应分别符合现行相关国家标准。

7.1.9 从事钢构件焊接工作的电焊工应具备安全作业证和技能上岗证；持证焊工须在考试合格项目认可范围有效期内施焊。

7.1.10 结构施工应符合环境保护、劳动保护和安全技术方面现行国家有关法规和标准的规定。

7.2 安装准备

7.2.1 安装施工前，应核对已施工完成结构的混凝土强度、外观质量、尺寸偏差等符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和本规程的有关

规定，并应核对预制构件的混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等符合设计要求。

7.1.2 结构施工前，宜选择有代表性的单元进行预制构件试安装，并根据安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案。

7.2.3 安装施工前，应核实现场环境、天气、道路状况等满足施工要求。

7.2.4 安装施工前，应进行测量放线、设置构件安装定位标识，应复核吊装设备的吊装能力，并应符合国家现行有关标准的规定。

7.2.5 安装施工前，应检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态。

7.2.6 安装施工前，应复核构件装配位置、节点连接构造及临时支撑方案等。

7.3 构件安装

7.3.1 装配式结构尺寸允许偏差应符合设计要求，并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。

7.3.2 起吊宜采用标准吊具均衡起吊就位，吊具可采用预埋吊环或埋置式接驳器形式；专用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应根据相应的产品标准和应用技术规定选用。

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

- 1 预制墙板等竖向构件安装后，应对安装位置、安装标高、垂直度、累计垂直度进行校核与调整；
- 2 叠合板、钢连梁等水平构件安装后应对安装位置、安装标高进行校核与调整，并应对相邻预制构件平整度、高低差、拼缝尺寸进行校核与调整；
- 3 临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度、整体稳定性，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定进行验算。

7.3.4 预制构件与吊具分离应在校核定位及临时支撑安装完成后进行。

7.3.5 预制构件支撑应牢固、可靠，并应符合下列要求：

1. 当为预制墙板时，其临时支撑不宜少于 2 道，上部斜支撑的支撑点距离板底的距离不宜小于构件高度的 $2/3$ ，且不应小于构件高度的 $1/2$ 。待安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调；

2. 当为水平构件时，其首层支撑架体的地基应平整坚实，宜采取硬化措施，其竖向连续支撑层数不宜少于 2 层且上下层支撑宜对准；

3 预制构件支撑应在后浇混凝土强度达到设计要求后方可拆除。

7.3.6 预制墙板、叠合板预制底板、预制楼梯、预制阳台板等预制构件的安装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。

7.3.7 节点处连接的施工应符合国家现行相关标准。采用焊接连接时，应采取避免损伤已施工完成的结构、预制构件及配件的措施。预制构件的连接应根据不同的连接构造编制施工方案，应符合相关国家、行业标准规定，并应符合下列要求：

1 采用螺栓连接时，应按设计或有关规范的要求进行施工检查和质量控制，螺栓型号、规格、配件应符合设计要求，表面清洁，无锈蚀、裂纹、滑丝等缺陷，并应对外露铁件采取防腐措施；螺栓紧固方式及紧固力须符合设计要求；

2 采用焊接连接时，其焊接件、焊缝表面应无锈蚀，并按设计打磨坡口，焊接方式应符合设计要求；

3 采用钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接时，连接处钢筋的规格、数量、位置和外露长度应符合设计及相关规范要求。当连接钢筋倾斜时，应进行校直；连接钢筋偏离套筒或孔洞中心线不宜超过 3mm。连接钢筋中心位置存在严重偏差影响预制构件安装时，应会同设计单位制定专项处理方案，严禁随意切割、强行调整定位钢筋。相应灌浆作业应符合国家现行有关标准及施工方案的要求；

4 采用环筋扣合锚接连接时，在环形钢筋交错扣合后形成的暗梁环筋内穿入的通长扣合连接筋应固定在暗梁的四周；预制板预留的环形钢筋与预制墙预留的环形钢筋应交错扣合安装。环筋扣合锚接连接水平接缝处混凝土与环形钢筋混凝土叠合楼板现浇层的混凝土应连续浇筑；

5 采用其它新型连接形式时，应组织论证并符合设计要求；

6 连接处水平接缝的混凝土应连续浇筑；竖向接缝可逐层浇筑；混凝土分层浇筑高度应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 的有关规定，并应在底层混凝土初凝前将上一层混凝土浇筑完毕。

7.3.8 对钢连梁的防火板包覆施工应符合下列规定：

1 支撑件应固定牢固，防火板安装应牢固稳定，封闭良好；

- 2 防火板表面应洁净平整;
- 3 分层包覆时, 应分层固定, 相互压缝;
- 4 防火板接缝应严密、顺直, 边缘整齐;
- 5 采用复合防火保护时, 填充的防火材料应为不燃材料, 且不得有空鼓、外露。

7.3.9 外墙板接缝防水施工, 施工前应将板缝空腔清理干净, 应按设计要求填塞背衬材料; 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑, 其厚度应满足设计要求。

7.3.10 钢梁连接件-钢梁连接件、钢梁连接件-钢构梁间焊接, 宜先焊梁的下翼缘板, 再焊上翼缘板。先焊梁的一端, 待其焊缝冷却至常温后, 再焊另一端, 不宜对一根梁的两端同时施焊。

7.3.11 在钢构件中首次采用的钢种、焊接材料、接头形式、坡口形式及工艺方法, 应进行焊接工艺评定, 其评定结果应符合设计及现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

8 工程验收

8.1 一般规定

8.1.1 装配式混合联肢墙结构验收应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定进行单位工程、分部工程、分项工程、检验批的划分和质量验收。

8.1.2 装配式混合联肢墙结构工程子分部工程可以划分为模板分项工程、钢筋分项工程、混凝土分项工程、现浇结构分项工程及装配式结构分项工程。装配式结构分项工程包括预制构件的安装与连接两个部分。各分项工程可根据与施工方式相一致且便于控制施工质量的原则，按进场批次、工作班、楼层、结构缝或施工段划分为若干检验批。

8.1.3 装配式混合联肢墙结构施工用的原材料、部品、构配件均应按检验批进行进场验收。

8.1.4 装配式混合联肢墙结构工程中混凝土结构子分部工程验收时，除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定提供文件和记录外，尚应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、预制构件安装施工图和加工制作详图；
- 2 预制构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告；
- 3 预制构件安装验收记录；
- 4 钢筋套筒灌浆型式检验报告、工艺检验报告和施工检验记录，浆锚搭接连接施工检验记录等；
- 5 后浇混凝土部位的隐蔽工程检查验收文件；
- 6 后浇混凝土、灌浆料、座浆材料强度检测报告；
- 7 外墙防水施工质量检验记录；
- 8 装配式结构分项工程质量验收文件；
- 9 装配式工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 10 装配式工程的其他文件和记录。

8.1.5 装配式混合联肢墙结构焊接、螺栓等连接用料的进场验收符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定。

8.2 主控项目

8.2.1 预制构件进场时应检查质量证明文件。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件或质量验收记录。

8.2.2 预制构件进场时，预制构件结构性能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。

8.2.3 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。

8.2.4 预制构件临时固定措施应符合设计、专项施工方案要求及国家现行有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查，检查施工方案、施工记录或设计文件。

8.2.5 装配式结构采用后浇混凝土连接时，构件连接处后浇混凝土的强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验。

检查方法：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。

8.2.6 钢筋采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、机械连接、焊接连接的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。

8.2.7 预制构件采用型钢焊接连接、螺栓连接的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。钢结构连装偏差，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

8.3 一般项目

8.3.1 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。

8.3.2 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要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，测量。

8.3.3 预制构件上的预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线等规格型号、数量应符合设计要求。

检查数量：按批检查。

检验方法：观察、尺量；检查产品合格证。

8.3.4 预制板类、墙板类构件外形尺寸偏差和检验方法，装配式结构分项工程的施工尺寸偏差及检验方法，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。

8.3.5 装配式混合联肢墙结构中钢连梁防腐蚀涂装工程和防火涂料的验收应符合现行国家标准《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 的有关规定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 4 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 6 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 7 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 8 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 9 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 10 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 11 《钢结构通用规范》 GB 55006
- 12 《混凝土通用规范》 GB 55008
- 13 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 862
- 14 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 15 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 16 《硅酮建筑密封胶》 GB/T 14683
- 17 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 18 《建筑工程施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 19 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 20 《装配式钢结构建筑技术标准》 GB/T 51232
- 21 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 22 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 23 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 24 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 25 《组合结构设计规范》 JGJ 138
- 26 《装配式环筋扣合锚接混凝土剪力墙结构技术标准》 JGJ/T 430
- 27 《聚氨酯建筑密封胶》 JC/T482
- 28 《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483

中国工程建设标准化协会

装配式混合联肢墙结构技术标准

条文说明

目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基本规定.....	6
4 材料.....	7
4.1 混凝土.....	7
4.2 钢筋和钢材.....	7
4.3 连接材料.....	8
4.4 其他材料.....	8
5 结构设计.....	9
5.1 一般规定.....	9
5.2 作用及作用组合.....	12
5.3 结构分析.....	12
5.4 构件设计.....	14
5.5 连接设计.....	20
5.6 楼盖设计.....	22
6 构件制作与运输.....	23
6.1 一般规定.....	23
6.2 构件制作.....	23
6.3 构件检验.....	25
6.4 构件运输.....	26
6.5 现场堆放.....	27
7 结构施工.....	29
7.1 一般规定.....	29
7.2 安装准备.....	29
7.3 构件安装.....	30
8 工程验收.....	33
8.1 一般规定.....	33
8.2 主控项目.....	34
8.3 一般项目.....	35
本标准用词说明.....	36
引用标准名录.....	37

条文说明.....	38
1 总则.....	41
2 术语和符号.....	42
2.1 术语.....	42
2.2 符号.....	46
3 基本规定.....	47
4 材料.....	48
4.1 混凝土.....	48
4.2 钢筋和钢材.....	48
4.3 连接材料.....	48
4.4 其他材料.....	49
5 结构设计.....	50
5.1 一般规定.....	50
5.2 作用及作用组合.....	51
5.3 结构分析.....	51
5.4 构件设计.....	53
5.5 连接设计.....	54
5.6 楼盖设计.....	59
6 构件制作与运输.....	61
6.1 一般规定.....	61
6.2 构件制作.....	61
6.3 构件检验.....	61
6.4 构件运输.....	62
6.5 现场堆放.....	63
7 结构施工.....	64
7.1 一般规定.....	64
7.2 安装准备.....	64
7.3 构件安装.....	65
8 工程验收.....	66
8.1 一般规定.....	66
8.2 主控项目.....	66
8.3 一般项目.....	67

1 总则

1.0.1 随着建筑业体制改革的不断深化和建筑规模的持续扩大，装配式混合联肢墙结构作为建筑业的其中一种新产品，其应用前景也日益凸显。为进一步推动装配式混合联肢墙结构的发展和工程实践，依据我国现行装配式结构相关标准，编制本技术标准。

1.0.2 本条明确了本标准的适用范围。

2 术语和符号

2.1 术语

术语是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语标准》GB/T 50083 以及其他国家和行业现行相关标准并结合本规范的具体情况给出的。

2.1.1 与传统连肢墙相比，装配式混合连肢墙特点在于使用钢连梁替代混凝土连梁，并与偏心支撑耗能梁理论相似，使得其具备更好的耗能能力和震后修复能力。

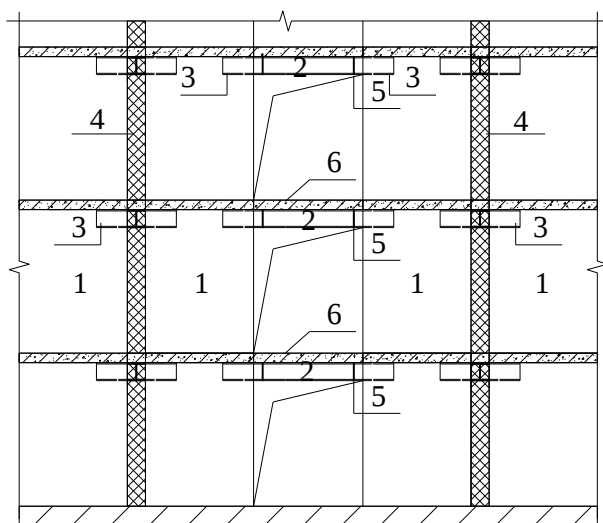


图 1 装配式混合联肢墙结构示意图

1—墙肢单元；2—钢构梁；3—钢梁连接件；4—空心砌块；5—现场接缝；6—叠合楼板

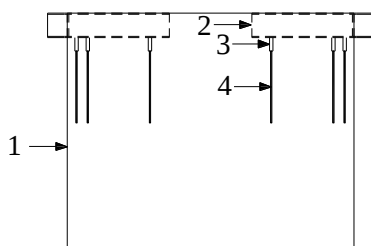


图 2 墙肢装配单元示意图

1—钢筋混凝土墙体；2—钢梁连接件；3—钢筋连接器；4—辅助钢筋

2.1.3 钢梁连接件是预制混凝土墙板连接其他墙板或钢构梁的重要预埋件，由于钢梁连接件具有很好的耗能能力，使结构的整体抗震性能得到了保障。

2.1.5 钢连梁采用钢构梁与钢梁连接件连接的形式还是相邻钢梁连接件连接的形式取决于门洞尺寸。

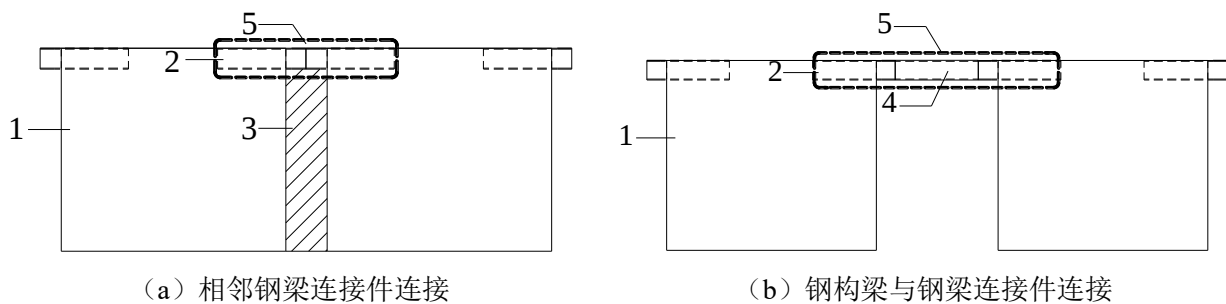


图 3-1 埋入式钢连梁示意图

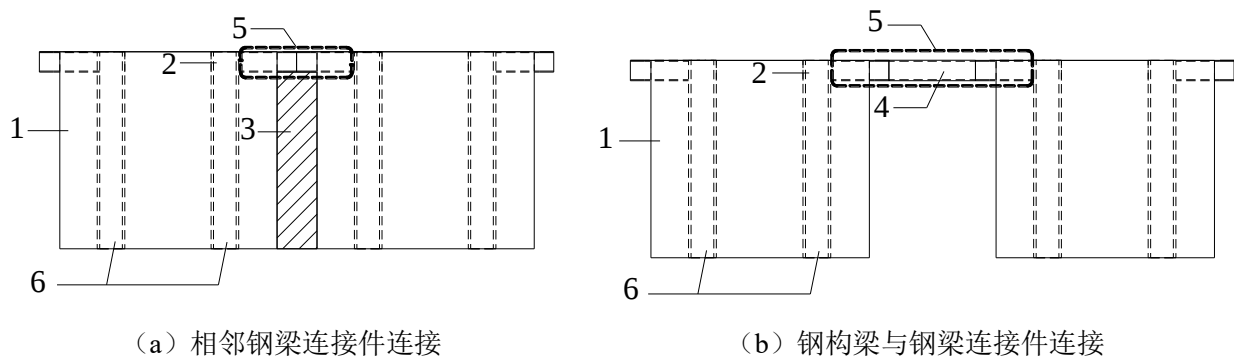
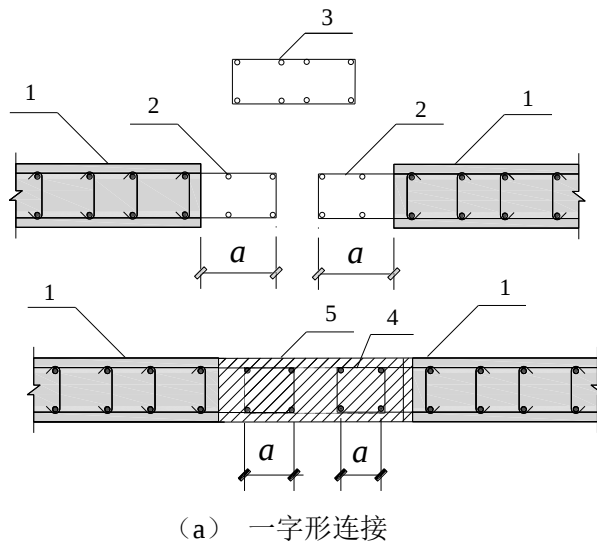
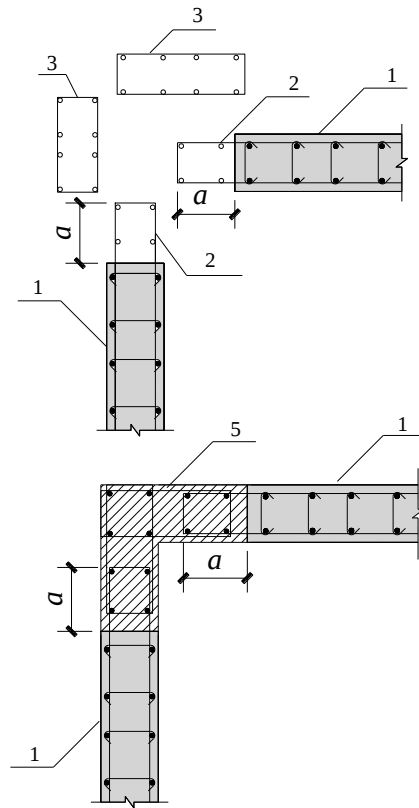


图 3-2 与型钢柱焊接钢连梁示意图

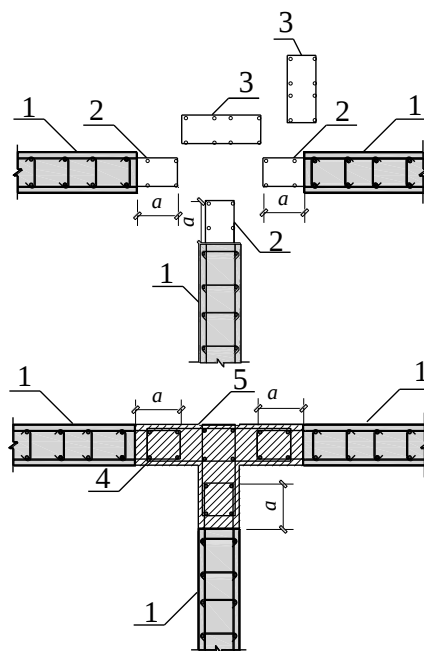
1—钢筋混凝土墙体；2—钢梁连接件；3—空心砌块；4—钢构梁；5—钢连梁段；6—边缘型钢柱

2.1.7 环筋扣合锚接连接方式是装配式环筋扣合锚接混凝土剪力墙结构特有的连接方式，是在预制构件的端部预留环状钢筋，在构件连接时将钢筋相互插接扣合的一种连接方式。

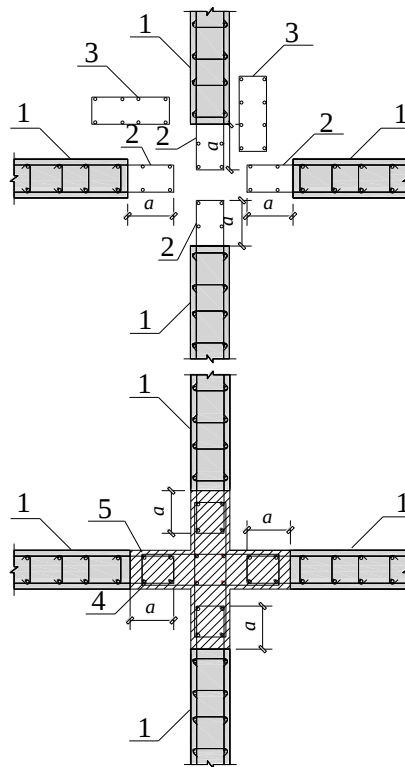




(b) L形连接



(c) T形连接



(d) 十字形连接

图4 楼层内预制环形钢筋混凝土内、外墙连接

1—预制环形钢筋混凝土内、外墙；2—环形钢筋；3—封闭箍筋；4—扣合连接筋；5—后浇段

2.1.8、2.1.9 前后受压区的位置是以中和轴为界限划分，中和轴位置如图5所示。

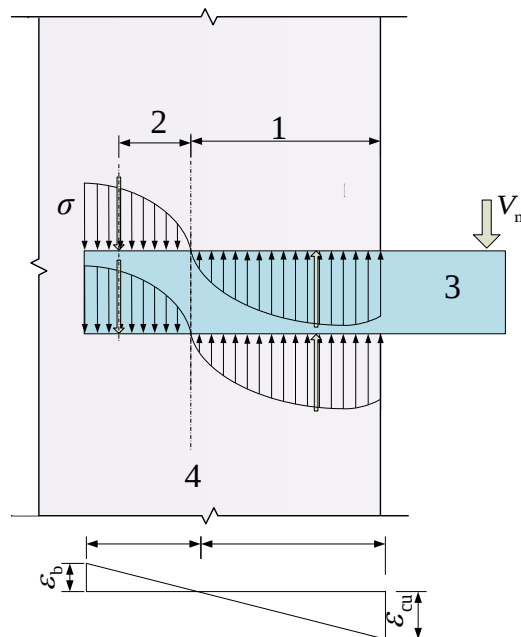


图5 前后受压区位置示意图

1—受压前区；2—受压后区；3—钢梁连接件；4—中和轴

2.2 符号

本标准基本沿用《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、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 等国家现行标准相同的符号基本沿用，并增加了本标准专用的符号。

3 基本规定

3.0.1 建设、设计、施工、制作各单位在方案阶段就应进行协同工作，对应用预制构件的技术可行性和经济性进行论证，提出最佳方案。与此同时，建筑、结构、设备、装修等各专业也应密切配合，对预制构件的尺寸和形状、节点构造等提出具体技术要求，并对制作、运输、安装和施工全过程的可行性以及造价等作出预测。此项工作对建筑功能和结构布置的合理性，以及对工程造价等都会产生较大的影响，是十分重要的。

3.0.2 在抗震设防地区，装配式混合联肢墙结构的抗震设防类别及相应的抗震设防标准，应按照现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 进行划分。

3.0.5 预制构件合理的接缝位置以及尺寸和形状的设计是十分重要的，它对建筑功能、建筑平立面、结构受力状况、预制构件承载能力、工程造价等都会产生一定的影响。设计时，应同时满足建筑模数协调、建筑物理性能、结构和预制构件的承载能力、便于施工和进行质量控制等多项要求。同时应尽量减少预制构件的种类，保证模板能够多次重复使用，以降低造价。

与传统的建筑方法相比，装配式建筑有更多的连接接口，因此，对工业化生产的预制构件而言，选择适宜的公差是十分重要的。规定公差的目的是为了建立预制构件之间的协调标准。一般来说，基本公差主要包括制作公差、安装公差、位形公差和连接公差。公差提供了对预制构件推荐的尺寸和形状的边界，构件加工和施工单位根据这些实际的尺寸和形状制作和安装预制构件以此保证各种预制构件在施工现场能合理地装配在一起，并保证在安装接缝、加工制作、放线定位中的误差发生在允许的范围内，使接口的功能、质量和美观均达到设计预期的要求。

4 材料

4.1 混凝土

4.1.2 为了充分发挥组合结构构件中钢材的作用和保证构件在地震作用下，有必要的承载力和延性，混凝土强度等级不宜过低；对剪力墙，考虑到大面积墙体，高强度混凝土的收缩、脆性易带来墙体裂缝，规范规定不宜超过 C60。

4.1.3 预制构件与后浇混凝土之间，经常由于两者收缩率的不同而产生裂缝。预制构件后浇节点处的混凝土采用微膨胀快硬混凝土，一方面避免产生此种裂缝，另一方面满足快速施工要求。

4.2 钢筋和钢材

4.2.2 钢筋套筒灌浆连接接头和浆锚搭接连接接头，主要适用于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 中所规定的热轧带肋钢筋。

4.2.3 采用钢筋网成型机制造钢筋焊接网时，网片制作流水线自动完成，劳动强度低、节省人工。网片可以提前预制，实现网片的现保整片安装，施工速度快，有效缩短施工周期；两个方向钢筋的交叉点以电阻焊焊接自动完成，与绑扎相比大幅度节省钢材，而且焊楼网质量高，可有效保证工程质量。

4.2.4 为了达到节约材料、方便施工、吊装可靠的目的，并避免外金属件的锈蚀，预制构件的吊装方式宜优先采用内埋式螺母、内赋吊杆或预留吊装孔。这些部件及配套的专用吊具等所采用的料，应根据相应的产品标准和应用技术规程选用。

4.2.6 混合结构构件中的钢材是截面的主要承重部分，钢材性能应符合屈服强度、抗拉强度、伸长率、冲击韧性和硫、磷含量的合格保证。为了保证钢材的可焊性，焊接结构的碳含量和冷弯性能应具有合格保证。

4.3 连接材料

4.3.1、4.3.2 预制构件的连接是装配式结构的关键。钢筋套筒灌浆连接接头的工作机制，是基于灌浆套筒内灌浆料有较高的抗压强度，同时自身还具有微膨胀特性，当它受到灌浆套管的约束作用时，在灌浆料与灌浆套筒内侧筒壁间产

生较大的正向应力，钢筋藉此正向应力在其带肋的粗糙表面产生摩擦力，藉以传递钢筋轴向应力。因此，灌浆料应具有高强、早强、无收缩和微膨胀等基本特性，以使其能与套筒、被连接钢筋更有效地结合在一起共同工作，同时满足装配式结构快速施工的要求。

制作灌浆套筒采用的材料可以采用碳素结构钢、合金结构钢或球墨铸铁等。

4.3.3 钢筋搭接连接，是钢筋在预留孔洞中完成搭接连接的方式。这项技术的关键，在于孔洞的成型技术、灌浆料的质量以及对被搭接钢筋形成约束的方法等多个因素。

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

4.4 其他材料

4.4.1 外墙板接缝处的密封材料，除应满足抗剪切和伸缩变形能力等力学性能要求外，尚应满足防霉、防水、防火、耐候等建筑物理性能要求。密封胶的宽度和厚度应通过计算决定。由于我国目前研究工作的水平，本版规程仅对密封胶提出最基本的、定性的要求，其他定量的要求还有待于进一步研究工作的成果。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 考虑结构的安全性，该体系的适用高度参照了现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1 的有关规定并适当降低。

近年来，国内的科研单位及企业对浆锚搭接连接技术进行了系列的理论和试验研究工作，已有了一定的技术基础和工程实践应用。但考虑到浆锚搭接连接技术在工程实践中的应用经验相对有限，因此本标准参考现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 对剪力墙边缘构件竖向钢筋应用浆锚搭接连接技术采取偏于安全的方式，最大适用高度在现有装配整体式剪力墙结构的基础上降低 10m。

5.1.2 高层建筑的高宽比，是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制。装配式混合联肢墙结构的适用高宽比与现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 保持一致。

5.1.4 高层装配式混合联肢墙结构的底部加强部位建议采用现浇结构，主要因为底部加强区对结构整体的抗震性能很重要，尤其在高烈度区，因此建议底部加强区采用现浇结构。并且，结构底部或首层往往由于建筑功能的需要，不太规则，不适合采用预制构件；且底部加强区构件截面大且配筋较多，也不利于预制构件的连接。

顶层采用现浇楼盖结构是为了保证结构的整体性。

5.1.6 建筑形体及竖向不规则性，与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 保持一致，具体如下：

表 1 竖向不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的水平向尺寸大于相邻下一层的 25%
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件（柱、抗震墙、抗震支撑）的内力由水平转换构件（梁、桁架等）向下传递

楼层承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%
---------	----------------------------

5.1.9、5.1.10 对 I 类场地，仅降低抗震构造措施，不降低抗震措施中的其他要求，如按概念设计要求的内力调整措施。对 III、IV 类场地，设计基本地震加速度为 0.15g 的地区，仅提高抗震构造措施，不提高抗震措施中的其他要求，如按概念设计要求的内力调整措施。

因抗震设防烈度为 8 度时 I 类场地的乙类建筑调整后的抗震设防烈度为 9 度，抗震设防烈度为 8 度时（II~IV）类场地的乙类建筑调整后的抗震设防烈度为 9 度，故本标准不适用于上述场地的乙类建筑。

5.1.11 实现上述性能目标，需要落实到具体设计指标，即各个地震水准下构件的承载力、变形和细部构造的指标。仅提高承载力时，安全性有相应提高，但使用上的变形要求不一定满足；仅提高变形能力，则结构在小震、中震下的损坏情况大致没有改变，但抗御大震倒塌的能力提高。因此，性能设计目标往往侧重于通过提高承载力推迟结构进入塑性工作阶段并减少塑性变形，必要时还需同时提高刚度以满足使用功能的变形要求，而变形能力的要求可根据结构及其构件在中震、大震下进入弹塑性的程度加以调整。

弹性状态:各种承载力设计值(拉、压、弯、剪、压弯、拉弯、稳定等)满足规范对抗震承载力的要求 $S_d \leq R_d / \gamma_{RE}$ ，层间变形(以弯曲变形为主的结构宜扣除整体弯曲变形)满足规范多遇地震下的位移角限值 $[\Delta u]$ 。这是各种预期性能目标在多遇地震下的基本要求——多遇地震下必须满足规范规定的承载力和弹性变形的要求。

5.2 作用及作用组合

5.2.2 条文规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》50666 保持一致。

5.3 结构分析

5.3.1 多遇地震作用下的内力和变形分析是对结构地震反应、截面承载力验算和变形验算最基本的要求。按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定，建筑物当遭受不低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，主体结构不受损坏或不需修理可继续使用，与此相应，结构在多遇地震作用下的反应分

析的方法，截面抗震验算，以及层间弹性位移的验算，都是以线弹性理论为基础。因此，本条规定，当建筑结构进行多遇地震作用下的内力和变形分析时，可假定结构与构件处于弹性工作状态。

现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 同样也规定：当建筑物遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，不致倒塌或者发生危及生命的严重破坏。高层民用建筑钢结构抗侧力系统相对复杂，有可能发生应力集中和变形集中，严重时会导致重大的破坏甚至倒塌的危险，因此，本条也提出了弹塑性变形采用弹塑性分析方法的要求。

5.3.4 钢筋混凝土楼板与钢连梁连接可靠时，楼板可作为钢连梁的翼缘，两者共同工作，计算钢连梁截面的惯性矩时，可计入楼板的作用。大震时，楼板可能开裂，不计入楼板对钢连梁刚度的增大作用。

钢筋混凝土楼板与钢连梁间可靠连接可在钢连梁上翼缘设置栓钉，抗剪栓钉的设置应满足下列要求：

1、当栓钉位置不正对钢连梁腹板时，如钢连梁上翼缘承受拉力，则栓钉钉杆直径不应大于钢连梁上翼缘厚度的 1.5 倍；如钢连梁上翼缘不承受拉力，则栓钉钉杆直径不应大于钢连梁上翼缘厚度的 2.5 倍；

2、栓钉长度不应小于其杆径的 4 倍；

3、栓钉沿梁轴线方向的间距不应小于杆径的 6 倍，垂直于梁轴线方向的间距不应小于杆径的 4 倍。

5.3.8 影响结构阻尼比的因素很多，因此准确确定结构的阻尼比是一件非常困难的事情。试验研究及工程实践表明，一般带填充墙的高层钢结构的阻尼比为 0.02 左右，钢筋混凝土结构的阻尼比为 0.05 左右，且随着建筑高度的增加，阻尼比有不断减小的趋势。钢-混凝土混合结构的阻尼比应介于两者之间，考虑到钢-混凝土混合结构抗侧刚度主要来自混凝土核心筒，故阻尼比取为 0.04，偏向于混凝土结构。风荷载作用下，结构的塑性变形一般较设防烈度地作用下为小，故抗风设计时的阻尼比应比抗震设计时为小，阻尼比可根据房屋高度和结构形式选取不同的值；结构高度越高阻尼比越小，采用的风荷载回归期越短，其阻尼比取值越小。一般情况下，风荷载作用时结构楼层位移和承载力验算时的阻尼比可取为 0.02~0.04。

5.3.8 在计算机和计算机软件广泛应用的条件下，除了要选择使用可靠的计算

软件外，还应对软件产生的计算结果从力学概念和工程经验等方面加以分析判断，确认其合理性和可靠性。

5.3.9 弹性耦连比是影响混合联肢墙结构抗震性能的主要因素，并不会因为实现方式不同而影响结构破坏模式、塑性铰发展顺序以及内力分布规律等性能。试验研究表明，抗震设防区混合联肢墙结构弹性耦连比为 50%~70%时（此时对应塑性耦连比的取值范围为 24%~54%），结构具有合理塑性铰发展顺序，抗震性能较为优良。

5.4 构件设计

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

5.4.2 预制剪力墙的接缝对其抗侧刚度有一定的削弱作用，应考虑对弹性计算的内力进行调整，适当放大现浇墙肢在水平地震作用下的剪力和弯矩；预制剪力墙的剪力及弯矩不减小，偏于安全。放大系数宜根据现浇墙肢与预制墙肢弹性剪力的比例确定。

5.4.4 钢连梁主要用于耗能，钢框梁主要是将楼板的竖向荷载传递给剪力墙，两者受力性能的差别较大，故将两者区别对待。

5.4.5 当钢连梁的轴力设计值不超过 $0.15Af$ 时，按 AISC 规定，忽略轴力影响，钢连梁的受剪承载力取腹板屈服时的剪力和消能梁段两端形成塑性铰时的剪力两者的较小值。本规程根据我国钢结构设计规范关于钢材拉、压、弯强度设计值与屈服强度的关系，取承载力抗震调整系数为 10，计算结果与 AISC 相当。当轴力设计值超过 $0.15Af$ 时，则降低梁段的受剪承载力，以保证钢连梁具有稳定的滞回性能。

5.4.6 由于腹板上贴焊的补强板不能进入弹塑性变形，因此不能采用补强板，腹板上开洞也会影响其弹塑性变形能力。

5.4.7 由本条参考了《Seismic Provisions for Structural Steel Buildings》AISC 341-16 对钢梁嵌入长度的力学计算模型，又根据中建工程研究院和中建七局的试验与理论分析研究结果，提出了相应的节点受剪承载力设计公式。

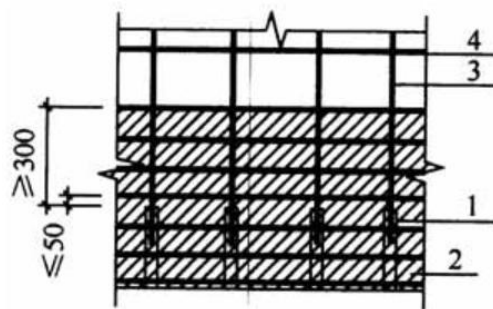
5.4.9~5.4.12 辅助钢筋、倒置 U 型筋上下翼缘的水平箍筋、嵌固区上下区域的水平钢筋对提高节点承载力及延性起到了关键性作用。根据《Seismic Provisions for Structural Steel Buildings》AISC 341-16 和《Guidelines for design of joints between steel beams and reinforced concrete columns》对连接节点的构造要求，并结合中建工程产业技术研究院和中国建筑第七工程局的研究成果，提出了相应的构造设计要求。

5.5 连接设计

5.5.2 有关钢筋套筒灌浆连接可参照《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 中有关 I 级接头的要求规定套筒之间的净距不小于 25mm，是为了保证施工过程中，套筒之间的混凝土可以浇筑密实。

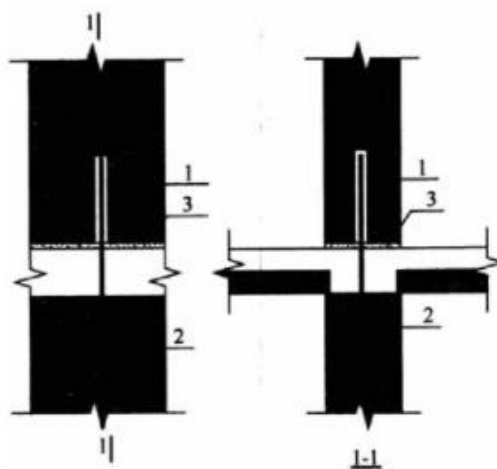
浆锚搭接连接，是一种将需搭接的钢筋拉开一定距离的搭接方式。这种搭接技术在欧洲有多年的应用历史和研究成果也被称之为间接搭接或间接锚固。这项技术的关键，包括孔洞内壁的构造及其成孔技术、灌浆料的质量以及约束钢筋的配置方法等各个方面。鉴于我国目前对钢筋浆锚搭接连接接头尚无统一的技术标准，因此提出较为严格的要求，要求使用前对接头进行力学性能及适用性的试验验证即对按一整套技术，包括混凝土孔洞成形方式、约束配筋方式钢筋布置方式、灌浆料、灌浆方法等形成的接头进行力学性能试验，并对采用此类接头技术的预制构件进行各项力学及抗震性能的试验验证，经过相关部门组织的专家论证或鉴定后方可使用。

环筋扣合锚接是在预制构件端部预留的环形闭合钢筋相互扣合后锚固在混凝土中的一种连接方式。竖向扣合连接钢筋的连接可采用焊接、机械连接等方式，由于竖向扣合连接钢筋连接时焊接连接不易操作，故本规程推荐采用机械连接。



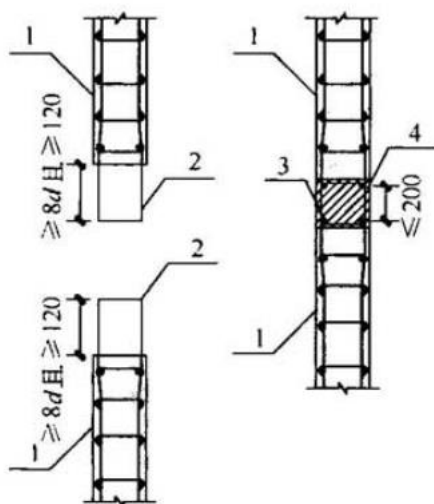
(a) 套筒灌浆连接

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



(b) 浆锚搭接连接

1—钢筋浆锚搭接连接；2—连接钢筋；3—坐浆层



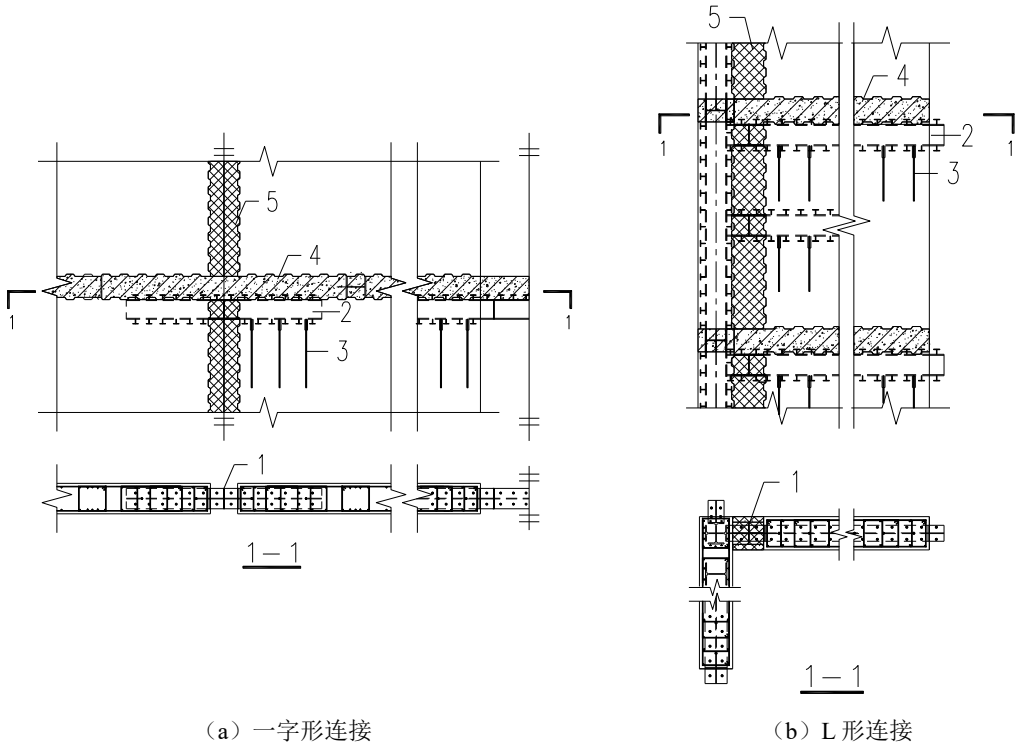
(c) 环筋扣合锚接

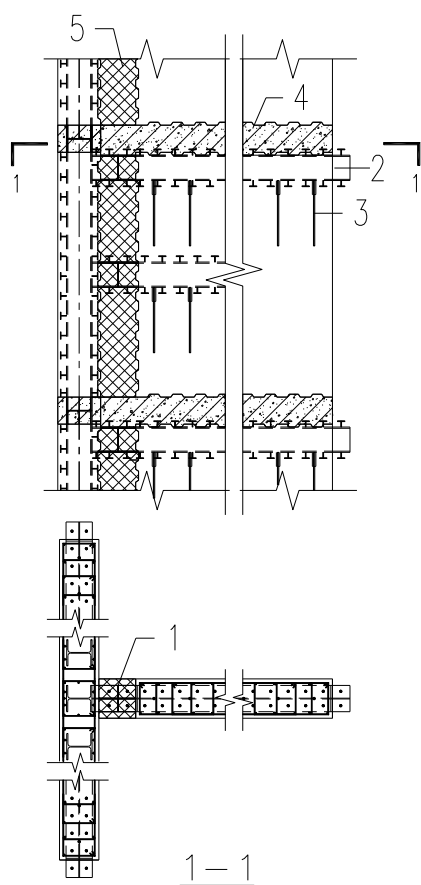
1—预制混凝土墙板；2—环形钢筋；3—扣合连接筋；4—水平接缝后浇区段

图6 预制墙板水平接缝处纵向钢筋连接方式

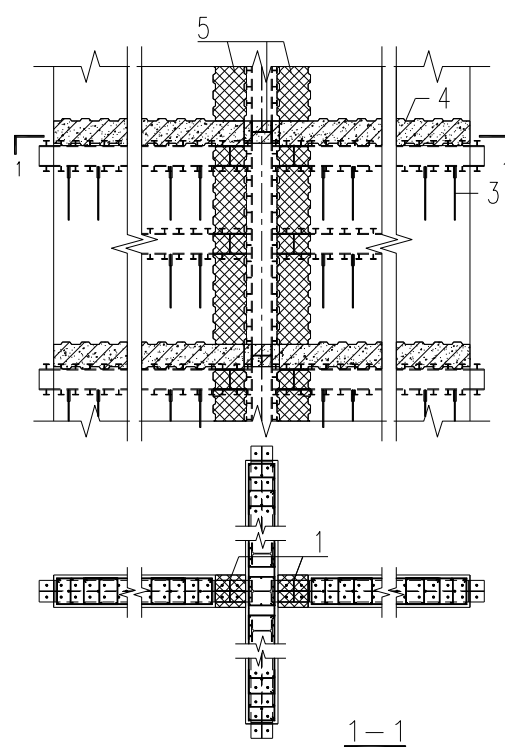
5.5.3 采用整体式接缝连接的接缝有利于保证结构的整体性且接缝的耐久性、

防水、防火性能均比较好。接缝宽度大小并没有作出规定，但进行钢筋连接时，要保证其最小的作业空间。两侧墙体水平分布钢筋可在后浇段内互相焊接、搭接弯折锚固或者做成锚环锚固。同时，本条分别给出了预制混凝土剪力墙、预制型钢混凝土剪力墙连接示意图。





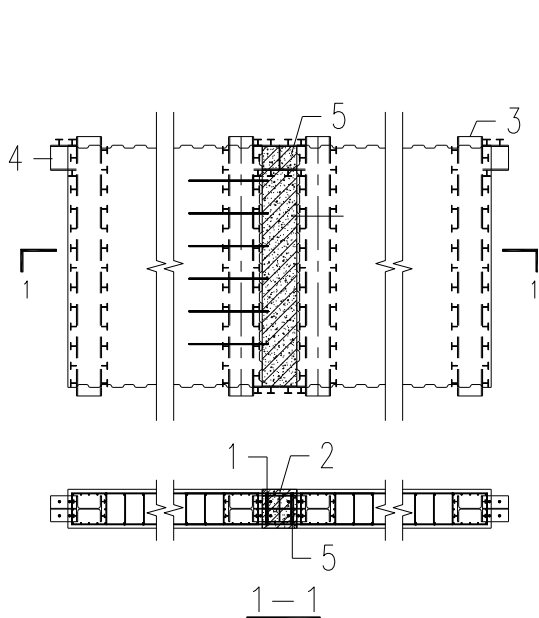
(c) T形连接



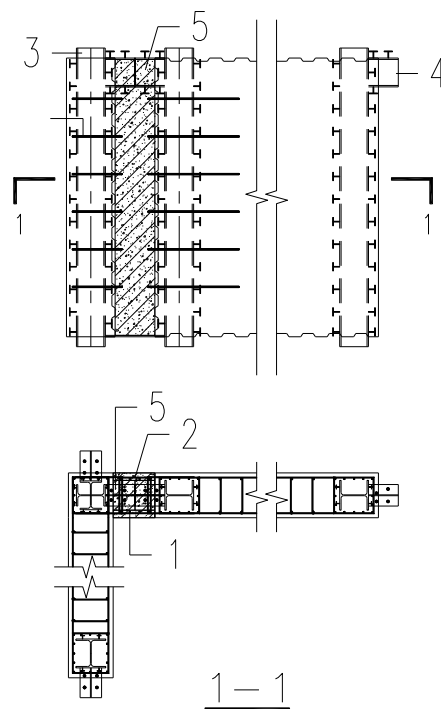
(d) 十字形连接

图7 预制混凝土剪力墙连接示意图

1—接缝竖向筋；2—预埋接缝钢梁段；3—辅助钢筋；4—叠合楼板；5—现浇混凝土



(a) 一字形连接



(b) L形连接

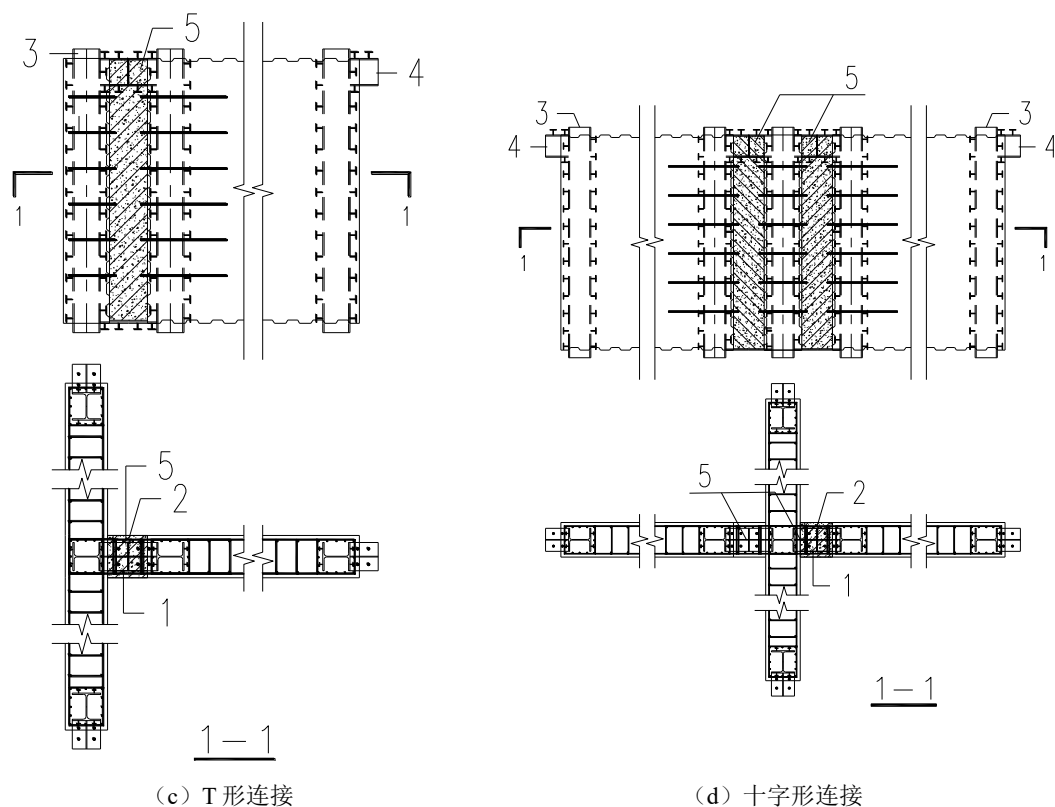


图 8 预制型钢混凝土剪力墙连接示意图

1—接缝竖向筋；2—接缝箍筋；3—预埋竖向接缝柱；4—预埋接缝钢梁段；5—现浇混凝土

5.5.4 试验表明，预制梁端采用键槽的方式时，其受剪承载力一般大于粗糙面，且易于控制加工质量及检验。键槽深度太小时，易发生承压破坏；当不会发生承压破坏时，增加键槽深度对增加受剪承载力没有明显帮助，键槽深度一般在30mm左右梁端键槽数量通常较少，一般为1~3个，可以通过公式较准确地计算键槽的受剪承载力。对于预制墙板侧面，键槽数量很多，和粗糙面的工作机理类似，键槽深度及尺寸可减小。

5.5.7 高强度螺栓拼接在弹性阶段的抗弯计算，腹板的弯矩传递系数需乘以降低系数，是因为梁弯矩是在翼缘和腹板的拼接板间按其截面惯性矩所占比例进行分配的，由于梁翼缘的拼接板长度大于腹板拼接板长度，在其附近的梁腹板弯矩，有向刚度较大的翼缘侧传递的倾向，其结果使腹板拼接部分承受的弯矩减小，日本《钢结构连接设计指南》（2001/2006）根据试验结果对腹板拼接所受弯矩考虑了折减系数0.4，本条参考采用。

5.5.9 柱的拼接连接，其翼缘通常采用完全焊透的坡口对接焊缝连接，腹板采用高强度螺栓连接，当采用高强度螺栓连接时，翼缘和腹板的拼接连接板应尽

可能成对设置，而且两侧连接板的面积分布应尽可能与柱的截面相一致。

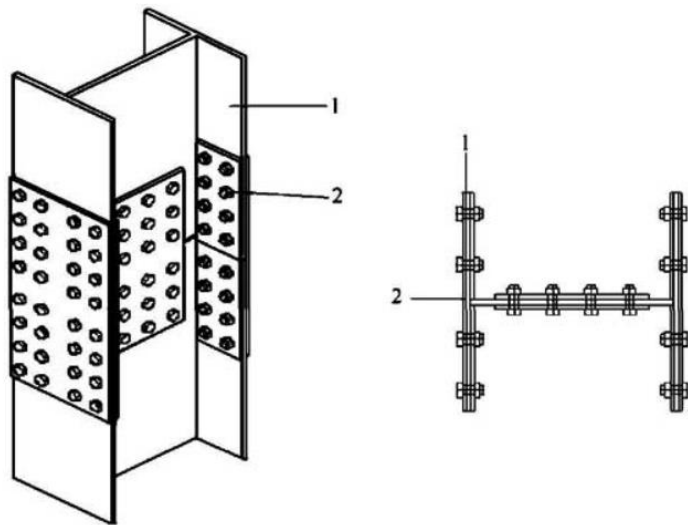


图 9 H 型柱的螺栓拼接连接（左：轴测图；右：俯视图）

1—型钢柱；2—高强度螺栓

5.5.10 梁截面通常由弯矩控制，故梁的极限受剪承载力取与极限受弯承载力对应的剪力加竖向荷载产生的剪力。

5.6 楼盖设计

5.6.2 叠合板后浇层最小厚度的规定考虑了楼板整体性要求以及管线预埋、面筋铺设、施工误差等因素。预制板最小厚度的规定考虑了脱模、吊装、运输、施工等因素。在采取可靠的构造措施的情况下，如设置架钢筋或板肋等，增加了预制板刚度时可以考虑将其厚度适当减少。

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

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

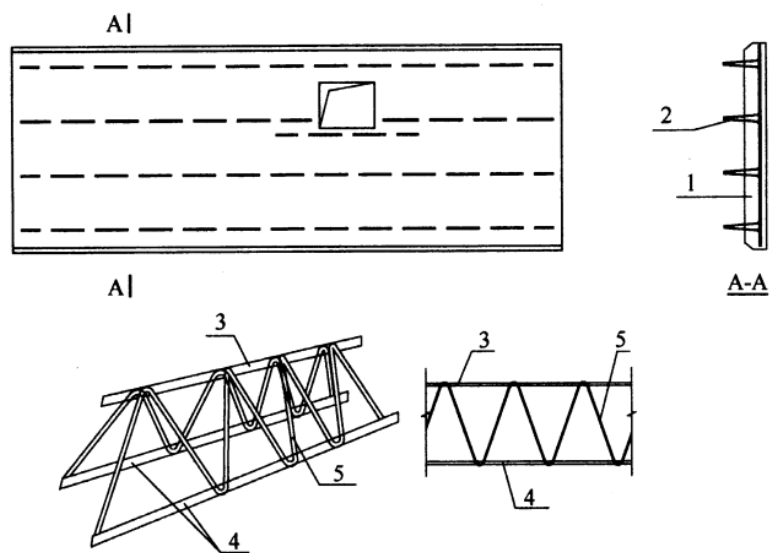


图 10 叠合板的预制板设置桁架钢筋构造示意

1—预制板；2—桁架钢筋；3—上弦钢筋；4—下弦钢筋；5—格构钢筋

6 构件制作与运输

6.1 一般规定

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

6.1.2 预制构件的质量涉及工程质量和结构安全，制作单位应符合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。

6.1.4 在预制构件制作前，生产单位应根据预制构件的混凝土强度等级、生产工艺等选择制备混凝土的原材料，并进行混凝土配合比设计。

6.2 构件制作

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

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

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

6.3 构件检验

6.3.1 预制构件外观质量缺陷可分为一般缺陷和严重缺陷两类，预制构件的严重缺陷主要是指影响构件的结构性能或安装使用功能的缺陷，构件制作时应制定技术质量保证措施予以避免。预制构件外观质量缺陷根据其影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，可按表 2 规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表 2 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	其他钢筋有少显露筋
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	其他部位有少显蜂窝
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	其他部位有少显孔洞
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	其他部位有少扯夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少显疏松
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、连结件松动，插筋严重锈蚀、弯曲，泄浆套筒堵塞、偏位，灌浆孔洞堵塞、偏位、破损等缺陷	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，装饰面砖粘结不牢、表面不平、砖缝不顺直等	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

6.3.3 钢筋套筒灌浆连接接头技术是装配式结构钢筋接头主要连接技术之一，且套筒灌浆连接接头技术施工具有一定隐蔽性，应制定质量控制措施，通过设计、产品选用、构件制作、施工验收等环节加强质量管理，确保其连接质量可靠。

6.4 构件运输

6.4.1 预制构件的运输涉及质量和安全要求，应按工程或产品特点制定运输方案，策划重点控制环节，对于特殊构件还要制定专门质量安全保证措施，避免运输过程中构件损坏。各类构件的运输，可根据运输车辆和构件类型、尺寸，采取合理、最佳组合运输方法，提高运输效率和节约成本。

6.4.3 本条规定主要为避免预制构件吊装与运输过程中因吊装、存放、运输不当而造成构件损坏。

6.5 现场堆放

6.5.1 预制构件的堆放，应按工程或产品特点制定堆放方案，策划堆放时间、次序、堆放场地。构件临时堆放场地应合理布置在吊装机械可覆盖范围内，避免二次搬运。

6.5.2 本条规定主要是为了避免构件在堆放过程中，因强度不足、存放不当而造成构件不可修复性的破坏，与现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 保持一致。

7 结构施工

7.1 一般规定

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

7.1.2 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，保证混合联肢墙结构施工质量，并不断摸索和积累经验，通过试安装进行验证性试验。混合联肢墙结构施工前的试安装，可以验证设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训人员，调试设备，完善方案。另一方面对于没有实践经验的新的结构体系，在施工前进行典型单元的安装试验，可验证并完善方案实施的可行性。试安装完成后，施工方案中应明确安装顺序、校准定位及临时固定措施。

7.1.6 装配式混合联肢墙结构含有钢构件、混凝土构件。施工中应注意构件安装、连接的安全要求。为防止预制构件在安装过程中因不合理受力造成损伤、破坏、高空滑落或因未设置防火措施造成不必要损失，应严格遵守有关施工安全规定。

7.1.8 钢构件连接用的焊接材料、高强度螺栓、普通螺栓和涂料等，其质量应分别符合《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《热强钢焊条》GB/T 5118、《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632、《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《六角头螺栓》GB/T 5782、《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 等现行相关国家标准。

7.2 安装准备

7.2.1 安装施工前，应结合图纸对已施工完成结构进行复核，确认其位置及尺

寸偏差符合设计要求；同时应核对待安装预制构件的混凝土强度，预制构件和配件的型号、规格、数量及截面尺寸偏差等符合设计要求；并应核对待安装预制构件的临时支撑点紧固程度、位置偏差等符合设计要求。

7.2.2 装配式混合联肢墙结构，一般具有预埋钢柱、钢梁连接件。预拼装时，一般先行对相邻上层、下层预埋钢柱进行连接，后进行同层相邻墙体钢梁连接件的连接。

7.2.3 为保证安装连接的精细化，装配式混合联肢墙结构施工期间，宜对钢构件变形，温度、湿度等环境变化等进行监测，监测方法、内容、频次及部位应根据设计或工程特点进行确定。

7.2.4 为控制合理误差，提高施工便利性，安装施工前应编制安装定位标识。安装定位标识应结合构件吊装顺序进行设置，同时标识点应清晰明确，便于辨认。构件吊装前，应复核起重吊装设备起重性能、制动状况等。

7.3 构件安装

7.3.1 预制构件安装顺序、校准定位及临时固定措施是装配式结构施工的关键，应在施工方案中明确规定并付诸实施。

7.3.2 预制构件吊装时吊点合力应与构件重心重合，避免因构件自身受力状态不平衡而导致构件旋转问题。

7.3.4 考虑到安全因素，在预制构件未完全安装平稳前不应松开吊具，且在利用斜支撑或其它支撑调整预制墙板时，不应同时松开或同时调整两道斜支撑或其它支撑，一次性应只调整一道支撑。

8 工程验收

8.1 一般规定

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

8.1.3 施工中的原材料质量、钢筋加工和连接的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、装饰材料、保温材料及拉结件的质量等均应根据国家现行有关标准进行进场检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。

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

8.2 主控项目

8.2.1~8.2.3 预制构件的质量检验应在预制工厂检查合格的基础上进行进场验收，外观质量应全数检查，尺寸偏差为按批抽样检查。

8.2.3 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，对已经出现的严重缺陷，应按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。预制构件不应有影响结构性能和安装的几何尺寸偏差。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，应按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

8.2.4 装配式混合连肢墙结构中临时固定措施涉及安全性问题，应为检查验收中重点。

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

8.2.6、8.2.7 装配式混合连肢墙结构中连接应为质量检验重点。

1 其中钢筋套筒灌浆连接和钢筋浆锚搭接连接灌浆质量应饱满密实。两者的受力性能不仅与钢筋、套筒、孔道构造及灌浆料有关，还与其连接影响范围内的混凝土有关，因此检验批验收时应要求在保证灌浆质量的前提下，通过模

拟现场制作平行试件进行验收。

2 钢梁与钢柱、钢梁与钢梁及钢筋间连接采用焊接连接、机械连接或栓接时，大多数情况下无法现场截取试件进行检验，可采取模拟现场条件制作平行试件替代原位截取试件。平行试件的检验数量和试验方法应符合现场截取试件的要求，平行试件的制作必须要有质量管理措施，并保证其具有代表性。

3 采用机械连接时，接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的要求；采用灌浆套筒时，接头抗拉强度及断后伸长率应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的要求；采用焊接连接时，接头质量应符合现行相关行业标准的要求，检查焊接产生的焊接应力和温差是否造成预制构件出现影响结构性能的缺陷。对已出现的缺陷，应处理合格后，再进行混凝土浇筑。检查应为全数检查，检查方法应为观察、检查施工记录和检验记录。

8.3 一般项目

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

预制板类、墙板类构件外形尺寸偏差和检验方法及安装施工尺寸偏差应符合设计要求，并应符合表 3~6 的规定要求。

表 3 预制楼板类构件外形尺寸允许偏差及检验方法

项次	检查项目			允许偏差 (mm)	检验方法
1	规格尺寸	长度	<12m	±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
			≥12m 且 <18m	±10	
			≥18m	±20	
2		宽度		±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
3	厚度		±5	用尺量板四角和四边中部位置共 8 处，取其中偏差绝对值较大值	
4	对角线差			6	在构件表面，用尺量测两对角线的长度，取其绝对值的差值

5	外形	表面平整度	内表面	4	用 2m 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			3		
6		楼板侧向弯曲		L/750 且≤20mm	拉线，钢尺量最大弯曲处
7	扭翘		L/750	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	
8	预埋部件	预埋钢板	中心线位置偏差	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
			平面高差	0， -5	用尺量靠在预埋件上，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		中心线位置偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值	
		外露长度	+10， -5	用尺量	
10		预埋线盒、电盒	在构件平面的水平方向中心位置偏差	10	用尺量
			与构件表面混凝土高差	0， -5	用尺量
11	预留孔	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		孔尺寸		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
12	预留洞	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		洞口尺寸、深度		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
13	预留插筋	中心线位置偏移		3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		外露长度		±5	用尺量
14	吊环、木砖	中心线位置偏移		10	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		留出高度		0， -10	用尺量
15	桁架钢筋高度			+5， 0	用尺量

表 4 预制墙板类构件外形尺寸允许偏差及检验方法

项次	检查项目			允许偏差 (mm)	检验方法
1	规格尺寸	高度		±4	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
2		宽度		±4	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
3		厚度		±3	用尺量板四角和四边中部位置共 8 处，取其中偏差绝对值较大值
4	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
5	外形	表面平整度	内表面	4	用 2m 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	3	
6		侧向弯曲		L/1000 且≤20mm	拉线，钢尺量最大弯曲处
7		扭翘		L/1000	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
8	预埋部件	预埋钢板	中心线位置 偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
			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
9		预埋螺栓	中心线位置 偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
			外露长度	+10, -5	用尺量
10		预埋套筒、螺母	中心线位置 偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
			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
11	预留孔	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		孔尺寸		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
12	预留洞	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		洞口尺寸、深度		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
13	预留插筋	中心线位置偏移		3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值

		外露长度	±5	用尺量
14	吊环、木 砖	中心线位置偏移	10	用尺量测纵横两个方向的中心 线位置，取其中较大值
		与构件表面混凝土高差	0, -10	用尺量
15	键槽	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心 线位置，取其中较大值
		长度、宽度	±5	用尺量
		深度	±5	用尺量
16	灌浆套筒 及连接钢 筋	灌浆套筒中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心 线位置，取其中较大值
		连接钢筋中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心 线位置，取其中较大值
		连接钢筋外露长度	+10, 0	用尺量

表 5 预制梁柱桁架类构件外形尺寸允许偏差及检验方法

项次	检查项目			允许偏差 (mm)	检验方法
1	规格尺寸	长度	<12m	±5	用尺量两端及中间部，取其 中偏差绝对值较大值
			≥12m 且 <18m	±10	
			≥18m	±20	
2	规格尺寸	宽度		±5	用尺量两端及中间部，取其 中偏差绝对值较大值
3		高度		±5	用尺量板四角和四边中部位 位共 8 处，取其中偏差绝对 值较大值
4	表面平整度			4	用 2m 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
5	侧向弯曲		梁柱	L/750 且 ≤20mm	拉线，钢尺量最大弯曲处
			桁架	L/1000 且 ≤20mm	
6	预埋部件	预埋钢板	中心线位置 偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心 线位置，取其中较大值
			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
7		预埋螺栓	中心线位置 偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心 线位置，取其中较大值
			外露长度	+10, -5	用尺量

8	预留孔	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		孔尺寸	±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
9	预留洞	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		洞口尺寸、深度	±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
10	预留插筋	中心线位置偏移	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		外露长度	±5	用尺量
11	吊环	中心线位置偏移	10	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		留出高度	0, -10	用尺量
12	键槽	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		长度、宽度	±5	用尺量
		深度	±5	用尺量
13	灌浆套筒及连接钢筋	灌浆套筒中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		连接钢筋中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		连接钢筋外露长度	+10, 0	用尺量测

表 6 预制构件安装尺寸的允许偏差及检验方法

项目			允许偏差 (mm)	检验方法
构件中心 线对轴线 位置	基础		15	经纬仪及尺量
	竖向构件（柱、墙、桁架）		8	
	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	≤6m	5	经纬仪或吊线、尺量
		>6m	10	
构件倾斜度	梁、桁架		5	经纬仪或吊线、尺量
相邻构件 平整度	板端面		5	2m 靠尺和塞尺监测
	梁、板底面	外露	3	
		不外露	5	
	柱墙侧面	外露	5	
		不外露	8	

构件搁置长度	梁、板	± 10	尺量
支座、支垫中心位置	板、梁、柱、墙、桁架	10	尺量
墙板接缝	宽度	± 5	尺量

装配式结构种各分项工程施工质量验收合格后，应填写子分部工程质量验收记录，并将所有的验收文件存档备案。

8.3.5 装配式混合联肢墙结构中钢连梁是结构主要受力构件，为防止较久放置及其它意外因素，导致钢连梁腐蚀、损坏，钢连梁防腐蚀涂装工程和防火涂料的验收应作为重点。