

# 上海市工程建设规范

## 预制混凝土夹心保温外墙板应用技术标准

**Technical specification for precast concrete sandwich wallpanel**

**DG/TJ 08-2158-20xx**

**(征求意见稿)**

主编单位：上海市建筑科学研究院有限公司

同济大学

中国建筑第八工程局有限公司

批准部门：上海市住房和城乡建设管理委员会

施行日期：

2021 上海

# 前言

根据上海市住房和城乡建设管理委员会《关于印发〈2020年上海市工程建设规范编制计划（第二批）〉的通知》（沪建标定[2020]574号）的要求，由上海市建筑科学研究院有限公司、同济大学和中国建筑第八工程局有限公司会同有关单位对《预制混凝土夹心保温外墙板应用技术标准》DG/TJ 08-2158-2017进行修订。

本标准主要内容有：1、总则；2、术语和符号；3、基本规定；4、预制夹心外墙板及材料；5、建筑设计；6、预制夹心剪力墙板结构设计；7、预制夹心外挂墙板结构设计；8、生产与运输；9、安装；10、质量验收

本标准修订的主要技术内容包括：

- 1、增加双面叠合混凝土夹心保温剪力墙板的相关内容。
- 2、增加针式、板式不锈钢连接件的性能和试验方法；增加连接件抗拔承载力和抗剪承载力标准值要求。
- 3、完善防水设计、防火设计、热工设计、结构设计、生产与运输、安装和质量验收等相关内容。

各单位及相关人员在执行本标准过程中，请注意总结经验和积累资料，并将有关意见和建议反馈至上海市建筑科学研究院有限公司《预制夹心保温外墙板应用技术标准》编制组（地址：上海市闵行区申富路568号11号楼101室；邮编：201108；E-mail: guanwenn@vip.sina.com），或上海市建筑建材业市场管理总站（地址：上海市小木桥路683号；邮编：200032；E-mail: bzglk@shijw.gov.cn），以供今后修订时参考。

**主编单位：**上海市建筑科学研究院有限公司

同济大学

中国建筑第八工程局有限公司

**参编单位：**

**主要起草人：**

**主要审查人：**

上海市建筑建材业市场管理总站

2021年月日

# 目录

<b>1</b>	<b>总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语和符号</b> .....	<b>2</b>
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	3
<b>3</b>	<b>基本规定</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>预制夹心外墙板及材料</b> .....	<b>7</b>
4.1	预制夹心外墙板.....	7
4.2	混凝土、钢筋和钢材.....	8
4.3	保温材料.....	9
4.4	连接材料.....	9
4.5	防水材料.....	14
4.6	其他材料.....	15
<b>5</b>	<b>建筑设计</b> .....	<b>16</b>
5.1	一般规定.....	16
5.2	防水设计.....	17
5.3	防火设计.....	23
5.4	隔声设计.....	24
5.5	热工设计.....	25
<b>6</b>	<b>预制夹心剪力墙板结构设计</b> .....	<b>28</b>
6.1	一般规定.....	28
6.2	作用及作用组合.....	28
6.3	构件与连接设计.....	29
6.4	构造要求.....	32
<b>7</b>	<b>预制夹心外挂墙板结构设计</b> .....	<b>34</b>
7.1	一般规定.....	34
7.2	作用及作用组合.....	34
7.3	构件和连接设计.....	37
7.4	构造要求.....	38
<b>8</b>	<b>生产与运输</b> .....	<b>39</b>
8.1	一般规定.....	39
8.2	制作.....	39
8.3	检验.....	42
8.4	存放和运输.....	46
<b>9</b>	<b>安装</b> .....	<b>46</b>
9.1	一般规定.....	46
9.2	安装准备.....	48

9.3	预制夹心剪力墙板安装.....	49
9.4	预制夹心外挂墙板安装.....	57
<b>10</b>	<b>质量验收 .....</b>	<b>59</b>
10.1	一般规定.....	59
10.2	构件验收.....	59
10.3	安装验收.....	62
附录 A	连接件的抗拔承载力和抗剪承载力试验方法 .....	65
附录 B	FRP 连接件材料耐久性能试验方法.....	75
本标准	用词说明 .....	77
引用标准	名录 .....	79

# Contents

<b>1</b>	<b>General.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Terms and symbols.....</b>	<b>2</b>
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
<b>3</b>	<b>Basic requirements.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Precast concrete sandwich wall panel and materials.....</b>	<b>7</b>
4.1	Precast concrete sandwich wall panel.....	7
4.2	Concrete, reinforcement and steel.....	8
4.3	Thermal insulation materials.....	9
4.4	Connection materials.....	9
4.5	Waterproof materials.....	14
4.6	Other materials .....	15
<b>5</b>	<b>Architectural design.....</b>	<b>16</b>
5.1	General requirements.....	16
5.2	Water-proof design.....	17
5.3	Fire protection design.....	24
5.4	Acoustic design.....	25
5.5	Thermal design.....	26
<b>6</b>	<b>Structural design of precast concrete sandwich shear panel.....</b>	<b>29</b>
6.1	General requirements.....	29
6.2	Action and action combination.....	29
6.3	Component and connection design.....	30
6.4	Detailing.....	33
<b>7</b>	<b>Structural design of precast concrete sandwich facade panel.....</b>	<b>35</b>
7.1	General requirements.....	35
7.2	Action and action combination .....	35
7.3	Component and connection design.....	38
7.4	Detailing.....	39

<b>8</b>	<b>Production and transportation.....</b>	<b>40</b>
<b>8.1</b>	<b>General requirements.....</b>	<b>40</b>
<b>8.2</b>	<b>Manufacture.....</b>	<b>40</b>
<b>8.3</b>	<b>Testing.....</b>	<b>44</b>
<b>8.4</b>	<b>Storage and transportation.....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Installation.....</b>	<b>48</b>
<b>9.1</b>	<b>General requirements.....</b>	<b>48</b>
<b>9.2</b>	<b>Installation preparation .....</b>	<b>49</b>
<b>9.3</b>	<b>Precast concrete sandwich shear panel installation.....</b>	<b>50</b>
<b>9.4</b>	<b>Precast concrete sandwich facade panel installation.....</b>	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>Quality acceptance inspection.....</b>	<b>60</b>
<b>10.1</b>	<b>General requirements.....</b>	<b>60</b>
<b>10.2</b>	<b>Componet acceptanceinspection.....</b>	<b>60</b>
<b>10.3</b>	<b>Installation acceptance inspection.....</b>	<b>63</b>
	<b>Appendix A Test of tensile and shear performance of connectors anchored into concrete.....</b>	<b>67</b>
	<b>Appendix B Test method of durability of FRP connector.....</b>	<b>77</b>
	<b>Explanation of wording in this code.....</b>	<b>79</b>
	<b>List of quoted standards.....</b>	<b>80</b>
	<b>Explanation of provisions.....</b>	<b>81</b>

# 1总则

**1.0.1** 为促进装配式建筑的发展,规范预制混凝土夹心保温外墙板的设计、制作、安装与质量验收,做到安全适用、技术先进、确保质量、保护环境,制定本标准。

**【条文说明】1.0.1** 预制混凝土夹心保温外墙板将建筑节能和工业化生产融合为一体,符合“节能、降耗、减排、环保”的基本国策,是实现资源、能源可持续发展的重要手段。编制本标准的目的是为了解决预制混凝土夹心保温外墙板的设计、制作、安装与质量验收,使设计合理,加强制作和安装过程控制,保证施工质量及质量验收。

**1.0.2** 本标准适用于新建装配整体式居住建筑和公共建筑预制混凝土夹心保温外墙板的设计、制作、安装与质量验收。

**【条文说明】1.0.2** 本条规定了本标准的适用范围,新建装配整体式居住建筑和公共建筑预制混凝土夹心保温外墙板的设计、制作、安装与质量验收均可采用本标准。新建装配整体式工业建筑预制混凝土夹心保温外挂墙板的设计、制作、安装与质量验收也可参照本标准。

**1.0.3** 预制混凝土夹心保温外墙板的设计、制作、安装与质量验收,除应符合本标准外,尚应符合现行国家、行业 and 上海市有关标准的规定。

**【条文说明】1.0.3** 本标准所涉及的条文内容仅对预制混凝土夹心保温外墙板与一般预制构件不同的方面做了相应的规定,因此与预制混凝土夹心保温外墙板的设计、制作、安装与质量验收相关的其他要求尚应符合现行国家、行业 and 上海市有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 预制混凝土夹心保温外墙板 precast concrete sandwich wall panel

在墙厚方向，采用外叶墙板预制，内叶墙板预制、现浇或叠合，中间夹保温材料，通过连接件相连而成的钢筋混凝土复合墙板，简称预制夹心外墙板。预制夹心外墙板可分为预制混凝土夹心保温剪力墙板和预制混凝土夹心保温外挂墙板。

#### 2.1.2 预制混凝土夹心保温剪力墙板 precast concrete sandwich shear panel

起承重作用的预制夹心外墙板，简称预制夹心剪力墙板。预制夹心剪力墙板可分为预制实心混凝土夹心保温剪力墙板和双面叠合混凝土夹心保温剪力墙板。

#### 2.1.3 预制混凝土夹心保温外挂墙板 precast concrete sandwich facade panel

安装在主体结构上，起围护、装饰作用的非承重预制夹心外墙板，简称预制夹心外挂墙板。

#### 2.1.4 预制实心混凝土夹心保温剪力墙板 precast solid concrete sandwich shear wall panel

内叶墙板为实心混凝土构造的预制夹心剪力墙板，简称预制实心夹心剪力墙板。

#### 2.1.5 双面叠合混凝土夹心保温剪力墙板 double composite concrete sandwich shear wall panel

内叶墙板为叠合混凝土构造的预制夹心剪力墙板，简称双面叠合夹心剪力墙板。

#### 2.1.6 连接件 connector

用于连接预制夹心外墙板中内、外叶混凝土墙板，使内、外叶混凝土墙板形成整体的连接器。

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

在预制夹心剪力墙板内预埋的金属套筒中插入钢筋，并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋连接方式。

#### 2.1.8 金属波纹管浆锚搭接连接 rebar lapping in grout-filled hole formed with metal bellow

在预制夹心剪力墙板内预埋金属波纹管形成孔道，在孔道中插入需搭接的钢筋，

并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋搭接连接方式。

### 2.1.9 防水密封胶 water proofing sealant

用于封闭预制夹心外墙板外立面接缝的密封材料。

### 2.1.10 密封条 waterproof strip

设置在预制夹心外墙板侧边四周的橡胶条。

**【条文说明】**术语主要根据现行国家、行业和上海市相关标准，并结合本标准中的内容给出。

## 2.2 符号

### 2.2.1 连接材料

$R_{fd}$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力设计值；

$R_{fk}$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力标准值；

$\gamma_{fR}$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力分项系数；

$\gamma_E$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力环境影响系数；

$R_{sd}$ ——不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力设计值；

$R_{sk}$ ——不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力标准值；

$\gamma_{sR}$ ——不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力分项系数。

### 2.2.1 热工计算

$\lambda_q$ ——预制夹心外墙板的导热系数；

$d_h$ ——混凝土的厚度；

$d_b$ ——保温板的厚度；

$\lambda_h$ ——混凝土的导热系数；

$\lambda_b$ ——保温板的计算导热系数；

$K_q$ ——预制夹心外墙板的传热系数；

$k$ ——预制夹心外墙板传热系数修正系数；

$R_i$ ——内表面换热阻；

$R_e$ ——外表面换热阻；

$S_q$ ——预制夹心外墙板的蓄热系数；

$S_b$ ——保温板的计算蓄热系数；

$S_h$ ——混凝土的蓄热系数。

### 2.2.2 预制夹心剪力墙板作用、作用效应及承载力

$\gamma_0$ ——结构重要性系数；

$V_{jd}$ ——持久设计状况下接缝剪力设计值；

$V_{jdE}$ ——地震设计状态下接缝剪力设计值；

$V_u$ ——持久设计状况下剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

$V_{uE}$ ——地震设计状况下剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

$V_{mu\alpha}$ ——被连接剪力墙端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计值；

$\eta_j$ ——接缝受剪承载力增大系数。

### 2.2.3 预制夹心外挂墙板作用、作用效应及承载力

$S$ ——基本组合的效应设计值；

$S_{Gk}$ ——永久荷载的效应标准值；

$S_{Wk}$ ——风荷载的效应标准值；

$S_{Ehk}$ ——水平地震作用组合的效应标准值；

$S_{Evk}$ ——竖向地震作用组合的效应标准值；

$S_{TK}$ ——温度作用的效应标准值；

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数；

$\gamma_W$ ——风荷载分项系数；

$\gamma_T$ ——温度作用分项系数；

$\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数；

$\gamma_{Ev}$ ——竖向地震作用分项系数；

$\psi_W$ ——风荷载组合系数；

$\psi_T$ ——温度作用组合系数；

$F_{Ehk}$ ——施加于预制夹心外挂墙板重心处的水平地震作用标准值；

$\beta_E$ ——动力放大系数；

$\alpha_{max}$ ——水平地震影响系数最大值；

$G_k$ ——预制夹心外挂墙板重力荷载标准值。

【条文说明】符号主要根据现行国家标准《工程结构设计基本术语标准》GB/T 50083、《工程结构设计通用符号标准》GB/T 50132、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009，并结合本标准中的内容给出。

### 3 基本规定

**3.0.1** 预制夹心外墙板尺寸和构造应结合建筑、结构、装饰、制作工艺、运输、施工安装以及维护等多方面的因素综合确定，其尺寸宜与装配式建筑模数相协调。

**【条文说明】3.0.1** 预制夹心外墙板尺寸主要与制作平台的尺寸以及运输车辆和通行要求有关，同时应满足建筑设计、结构设计、施工吊装等方面要求。因此，在设计前，应对预制生产企业的生产工艺以及运输工具有所了解，使尺寸与建筑模数相协调，以少规格、多组合的方式实现多样化的建筑外围护体系。

**3.0.2** 预制夹心外墙板宜采用结构、保温与装饰一体化设计，并与相关设备及管线协调。

**3.0.3** 预制夹心外墙板的设计、制作、安装等环节宜采用建筑信息模型技术(BIM)。

**3.0.4** 预制夹心外墙板的设计使用年限应与主体结构相协调，连接件的耐久性应满足设计使用年限的要求。

**【条文说明】3.0.4** 预制夹心外墙板可实现保温与承重一体化，其设计使用年限应与主体结构相协调。连接件是保证预制夹心外墙板内外叶混凝土墙板可靠连接的重要部件，其耐久性也应满足设计使用年限的要求。此外，对于预制夹心剪力墙板，为避免外叶混凝土墙板对主体结构受力性能的影响，宜采取措施减少内、外叶混凝土墙板的组合作用；对于预制夹心外挂墙板，由于平面外承载力和刚度的要求，其内、外叶混凝土墙板的组合作用尚需根据设计要求确定。

## 4 预制夹心外墙板及材料

### 4.1 预制夹心外墙板

4.1.1 预制夹心外墙板的外观质量应符合表4.1.1的规定。

表4.1.1外观质量要求

名称	现象	质量要求
露筋	墙板内钢筋未被混凝土包裹外露	不应有
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	
疏松	混凝土中局部不密实	
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	
连接部位缺陷	墙板连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接件松动，插筋严重锈蚀、弯曲，灌浆套筒堵塞、偏位，灌浆孔洞堵塞、偏位、破损等缺陷	
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞出凸肋等	
外表缺陷	墙板表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	

4.1.2 预制夹心外墙板的外形尺寸允许偏差应符合表 4.1.2 的规定。

表4.1.2外形尺寸允许偏差

项次	检查项目		允许偏差 (mm)
1	高度	内叶墙板	±4
2		外叶墙板	±2
3	宽度		±3
4	厚度		±2
5	板正面对角线差		4
6	板正面翘曲		L/1500
7	板侧面侧向弯曲		2
8	板正面面弯		L/1500
9	表面平整度	内表面	4
		外表面	2
10	内外叶墙板错位		10
11	门窗洞口	中心线位置	5
12		宽度、高度	±3

注：L为墙板长度

4.1.3 预制夹心外墙板的传热系数、隔声性能、耐火极限应符合相关标准的规定和设计要求。

【条文说明】4.1.1~4.1.3 本节对预制夹心外墙板的外观质量、尺寸偏差、传热系

数、隔声性能和耐火极限提出了要求。

## 4.2混凝土、钢筋和钢材

**4.2.1** 预制夹心外墙板采用的混凝土，力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**4.2.2** 预制夹心外墙板采用的混凝土设计强度等级不应低于C30。与建筑物主体结构现浇连接部分的混凝土设计强度等级不应低于预制夹心外墙板的混凝土设计强度等级，且不宜高于预制夹心外墙板的混凝土设计强度10Mpa。

**【条文说明】4.2.2** 预制夹心外墙板浇筑成型后，通常在养护窑中养护。当混凝土强度不低于 15MPa 时进行拆模，如果养护时间过长将影响预制夹心外墙板拆模。为了确保拆模过程中预制夹心外墙板混凝土不发生开裂，且在拆模后预制夹心外墙板养护过程中不会因为强度不足以支撑自重而发生变形，进而引发 P-△效应导致预制夹心外墙板混凝土开裂，故要求采用的混凝土设计强度等级要求不应低于 C30。

考虑到与建筑物主体结构现浇连接部分的混凝土应与预制夹心外墙板的混凝土强度相协调，要求现浇连接部分的混凝土设计强度不宜高于预制夹心外墙板的混凝土设计强度 10MPa。

**4.2.3** 预制夹心外墙板采用的钢筋，性能指标和要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**4.2.4** 预制夹心外墙板宜采用钢筋焊接网。钢筋焊接网应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第3部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3和行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114的规定。

**【条文说明】4.2.4** 采用钢筋焊接网有利于节省材料、方便施工、提高工程质量。随着装配式建筑的推进，应鼓励推广预制夹心外墙板中配筋采用钢筋专业化加工配送的方式。

**4.2.5** 预制夹心外墙板的吊装可采用吊环、内埋式螺母和内埋式吊杆，宜采用内埋式螺母和内埋式吊杆。吊环应采用未经冷加工的HPB300级钢筋或Q235B圆钢制作。内埋式螺母和内埋式吊杆的材料应符合现行国家相关标准及产品应用技术文件的规定。

**【条文说明】4.2.5** 为了达到节约材料、方便施工、吊装可靠的目的，并避免外

露金属件的锈蚀，预制夹心外墙板的吊装方式宜优先采用内埋式螺母和内埋式吊杆。这些部件及配套的专用吊具等所采用的材料，应根据现行国家相关标准及产品应用技术文件选用。

4.2.6 预制夹心外墙板采用的钢材，力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定。

### 4.3 保温材料

4.3.1 保温材料燃烧性能等级应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定，且不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 B<sub>1</sub> 级的要求。

4.3.2 保温材料应符合相关产品标准和设计要求。

4.3.3 岩棉板不应作为预制夹心外墙板的保温材料。

**【条文说明】4.3.1~4.3.3** 预制夹心外墙板集建筑、结构、保温、防水、防火、装饰等多功能于一体，在我国得到越来越多的推广。节能保温是预制夹心外墙板的重要功能之一，因此保证夹心保温材料的性能尤其重要。本节规定预制夹心外墙板的夹心保温材料需满足燃烧性能不低于 B<sub>1</sub> 级要求外，还应符合各自产品标准和设计要求。考虑预制夹心外墙板的生产对保温材料有强度要求，规定岩棉板不应作为预制夹心外墙板的保温材料。

### 4.4 连接材料

4.4.1 预制夹心外墙板连接件宜采用不锈钢连接件或纤维增强复合材料（FRP）连接件。

4.4.2 不锈钢连接件应符合下列规定：

1 不锈钢材料的牌号、化学成分应符合现行国家标准《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》GB/T 20878的有关规定；连接件用不锈钢材料宜采用统一的数字代号为S304××、S316××的奥氏体型不锈钢。对大气环境腐蚀性高的工业密集区及海洋氯化物环境地区应采用统一数字代号为S316××的奥氏体型不锈钢。

2 不锈钢连接件中不锈钢材料的力学性能指标应符合表4.4.2-1的规定。

表4.4.2-1 不锈钢连接件中不锈钢材料的力学性能指标

项目	指标要求	试验方法
----	------	------

	桁架式	板式	针式	
规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ , MPa	≥380			GB/T 228.1
抗拉强度 $R_m$ , MPa	≥600			
断后伸长率 A, %	≥30			
拉伸杨氏模量（静态法）, GPa	≥190		130	GB/T 22315
注：规定塑性延伸强度和抗拉强度为 5 个样品具有 95%保证率的标准值，断后伸长率和拉伸杨氏模量为 5 个样品的平均值。				

3 桁架式不锈钢连接件单个节间的抗拔承载力和抗剪承载力应符合表 4.4.2-2 的规定。板式、针式不锈钢连接件的抗拔承载力和抗剪承载力应符合表 4.4.2-3 的规定。

表 4.4.2-2 桁架式不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力要求

项目	保温层厚度 $t_2$ , mm			
	$30 \leq t_2 \leq 50$	$50 < t_2 \leq 70$	$70 < t_2 \leq 90$	$90 < t_2 \leq 120$
抗拔承载力标准值 $R_{tk}$ , kN	≥8.0			
抗剪承载力标准值 $R_{vk}$ , kN	≥8.0	≥4.0	≥3.0	≥2.0
注1：表中各项承载力为按附录 A 试验方法测得的承载力标准值。 注2：当预制夹心外墙板的保温层厚度大于 120mm 时，所采用桁架式不锈钢连接件的抗拔承载力和抗剪承载力应有可靠的试验依据。				

表 4.4.2-3 板式、针式不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力要求

项目	保温层厚度 $t_2$ , mm		
	$30 \leq t_2 \leq 50$	$50 < t_2 \leq 80$	$80 < t_2 \leq 120$
针式连接件抗拔承载力标准值 $R_{tk}$ , kN	≥10.0		
板式连接件抗拔承载力标准值 $R_{tk}$ , kN	≥20.0		
板式连接件抗剪承载力标准值 $R_{vk}$ , kN	≥10.0	≥8.0	≥5.0
注1：表中各项承载力为按附录 A 试验方法测得的承载力标准值。 注2：当预制夹心外墙板的保温层厚度大于 120mm 时，所采用板式、针式不锈钢连接件的抗拔承载力和抗剪承载力应有可靠的试验依据。			

4 不锈钢连接件的抗拔承载力和抗剪承载力设计值应按（4.4.2）式确定：

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_{SR} \quad (4.4.2)$$

式中： $R_{sd}$ ——不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力设计值；

$R_{sk}$ ——不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力标准值，根据本标准附录 A 试验

确定；

$\gamma_{SR}$ ——不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力分项系数，当发生连接件材料破坏时取 1.4，当发生桁架式连接件焊点脱开时取 1.5，当发生混凝土锚固破坏时取 1.8。

**【条文说明】4.4.2** 不锈钢的品种很多，其中奥氏体型不锈钢导热性差，塑性、韧性、焊接性和冷加工性良好，因此更适合制作不锈钢连接件。目前，最常用的奥氏体型不锈钢是 S30408、S30403、S31608、S31603。对大气环境腐蚀性高的工业密集区及海洋氯化物环境地区，应采用耐腐蚀性能更好的 S316××奥氏体型不锈钢，大气环境的腐蚀性可参考现行国家标准《金属和合金的腐蚀大气腐蚀性第 1 部分：分类、测定和评估》GB/T 19292.1 确定，海洋氯化物环境地区参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 确定。此外，由于 S30403 焊接性能优于 S30408，S31603 焊接性能优于 S31608，当连接件对焊接性能要求较高时应优先采用 S30403、S31603。

在编制组完成试验的基础上，结合国内市场相关产品技术资料和相关标准，本条给出了连接件中不锈钢材料的主要力学性能要求以及抗拔承载力和抗剪承载力标准值要求。

**4.4.3** 纤维增强复合材料（FRP）连接件宜采用拉挤成型工艺制作，端部宜设计成带有锚固槽口的形式。纤维增强复合材料（FRP）连接件应符合下列要求：

1 纤维增强复合材料（FRP）连接件的材料力学性能指标应符合表 4.4.3-1 的要求。

表 4.4.3-1 纤维增强复合材料（FRP）连接件材料力学性能指标

项目	指标要求	试验方法
拉伸强度，MPa	$\geq 700$	GB/T 1447（片状 FRP 连接件） GB/T 30022（棒状 FRP 连接件）
拉伸弹性模量，GPa	$\geq 40$	GB/T 1447（片状 FRP 连接件） GB/T 30022（棒状 FRP 连接件）
层间剪切强度，MPa	$\geq 30$	JC/T 773

注：拉伸强度和层间剪切强度为 5 个样品具有 95% 保证率的标准值，拉伸弹性模量为 5 个样品的平均值。

2 纤维增强复合材料（FRP）连接件的拉伸强度设计值应根据混凝土环境及长期荷载的影响予以折减，层间剪切强度设计值应根据混凝土环境的影响予以折减。

3纤维增强复合材料（FRP）连接件应按本标准附录B进行耐久性能试验，试验后的残余拉伸强度和残余层间剪切强度不应低于初始值的50%。

4 纤维增强复合材料（FRP）连接件的抗拔承载力和抗剪承载力应符合表4.4.3-2的规定。

表 4.4.3-2 纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力要求

项目	保温层厚度 $t_2$ (mm)				
	$10 \leq t_2 \leq 30$	$30 \leq t_2 \leq 50$	$50 < t_2 \leq 70$	$70 < t_2 \leq 90$	$90 < t_2 \leq 120$
抗拔承载力标准值 $R_{tk}$ , kN	$\geq 6.0$				
抗剪承载力标准值 $R_{vk}$ , kN	1.1	$\geq 1.0$	$\geq 0.9$	$\geq 0.8$	$\geq 0.7$

注1：表中各项承载力为按附录A试验方法测得的承载力标准值。  
注2：当预制夹心外墙板的保温层厚度大于120mm时，所采用FRP连接件的抗拔承载力和抗剪承载力应有可靠的试验依据。

5 纤维增强复合材料（FRP）连接件的抗拔承载力和抗剪承载力设计值应按（4.4.3）式确定：

$$R_{fd} = \frac{R_{fk}}{\gamma_{fR}\gamma_E} \quad (4.4.3)$$

式中： $R_{fd}$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力设计值；

$R_{fk}$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力标准值，根据本标准附录 A 试验确定；

$\gamma_{fR}$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力分项系数，当发生连接件材料破坏时取 1.3，当发生混凝土锚固破坏时取 1.8；

$\gamma_E$ ——纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力环境影响系数，按现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608 取值。

**【条文说明】4.4.3**纤维增强复合材料（FRP）连接件长期在所处环境的酸碱盐、湿度、温度等作用下，性能会有不同程度的降低。此外，纤维增强复合材料（FRP）连接件在低于其承载力的拉力长期作用下存在发生蠕变断裂的可能。因此，本条规定在确定纤维增强复合材料（FRP）连接件拉伸强度设计值时需考虑上述两个因素的影响，而层间剪切强度设计值应考虑混凝土环境影响。环境影响系数和长

期荷载影响系数的具体数值可按照现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608的相关规定取值。

连接件的抗拔承载力和抗剪承载力与连接件的锚固构造、连接件的横截面形式、墙板混凝土强度、连接件材料力学性能等因素有关，难以采用统一的方法计算。因此，本标准建议通过试验确定。

**4.4.4** 预制夹心外墙板与建筑物主体结构之间的连接材料应符合下列规定：

**1** 钢筋锚固板材料应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的规定。

**2** 预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。专用预埋件及连接件材料应符合现行国家和行业标准的有关规定。

**3** 连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661和行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18等的规定。

**【条文说明】4.4.4** 预制夹心外墙板与建筑物主体结构之间的连接方式，根据建筑物不同的层高、不同的抗震设防烈度等条件，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，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，应分别符合现行国家或行业相关标准的规定。

**4.4.5** 预制夹心剪力墙板之间的竖向钢筋连接应符合下列规定：

**1** 钢筋套筒灌浆连接应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的规定。

**2** 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。

**3** 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** 钢筋套筒灌浆连接接头所用的套筒及灌浆料的适配性应通过钢筋连接接头型式检验确定，其检验方法应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的规定。

5钢筋浆锚搭接连接接头采用的水泥基灌浆料的物理、力学性能和钢筋金属波纹管浆锚搭接接头采用的金属波纹管性能，均应符合现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ08-2154和《装配整体式混凝土居住建筑设计规程》DG/TJ08-2071的规定。

**【条文说明】4.4.5** 钢筋套筒灌浆连接接头的工作机理，是灌浆套筒内灌浆料有较高的抗压强度，同时自身还具有微膨胀特性，当它受到灌浆套筒的约束作用时，在灌浆料与灌浆套筒内侧筒壁间产生较大的正向应力，钢筋借此正向应力在其带肋的粗糙表面产生摩擦力，从而传递钢筋轴向应力。因此，套筒应具有较大的刚度和较小的变形能力，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要求。

钢筋浆锚搭接连接，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。

## 4.5防水材料

**4.5.1** 预制夹心外墙板接缝密封胶的物理性能除应符合现行行业标准《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881 中 25LM 或 25LM 以上的技术要求外，还应符合表 4.5.1 的技术要求，有害物质限量应符合现行国家标准《建筑胶粘剂有害物质限量》GB 30982 的有关规定。

表 4.5.1 密封胶的物理性能指标

序号	项目		技术指标	试验方法
1	污染性 mm	污染宽度	≤1.0	GB/T 13477.20
		污染深度	≤1.0	
2	相容性	粘结破坏面积，%	≤20%	GB/T 16776
注：相容性基材为实际工程用基材。				

**【条文说明】4.5.1** 根据预制夹心外墙板接缝的特点，密封胶应同时具有良好的位移性和蠕变性、优异的粘结性和相容性以及耐候性和低污染性。目前市场上常用的密封胶包括聚氨酯密封胶，硅酮以及硅酮改性密封胶等。现行行业标准 JC/T 881 中，建筑密封胶按位移能力分为 12.5、20、25、35、50 多个级别，按模量又分为高模量和低模量。考虑到密封胶的服役环境和特点，本标准规定用于预制夹

心外墙板接缝用密封胶的位移能力不低于 25 级的低模量建筑密封胶。

**4.5.2** 预制夹心外墙板接缝处的密封条宜选用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶或硅橡胶等高分子材料，技术要求应满足现行国家标准《高分子防水材料第2部分：止水带》GB 18173.2中J型产品的规定。

**4.5.3** 预制夹心外墙板接缝处密封胶的背衬材料不应与清洁溶剂和底涂发生不良反应；宜选用发泡闭孔聚乙烯棒或发泡氯丁橡胶棒，直径宜为缝宽的1.3-1.5倍；当采用发泡闭孔聚乙烯棒时，其密度不宜大于 $37\text{kg/m}^3$ 。

**【条文说明】4.5.3** 背衬材料的主要作用是控制密封胶胶体的厚度并避免出现三面粘接妨碍变形，所以背衬材料与密封胶互不粘接，且不会对密封胶的施工和性能产生不良影响。聚乙烯的密度约为  $910\text{kg/m}^3$ — $925\text{kg/m}^3$ ，常用发泡倍率为 25—30，所以规定发泡闭孔聚乙烯棒密度不宜大于  $37\text{kg/m}^3$ 。

## 4.6其他材料

**4.6.1** 饰面材料的产品性能应符合现行有关标准的规定。

**4.6.2** 当采用涂料饰面时，有害物质限量应符合现行国家标准《建筑用墙面涂料中有害物质限量》GB18582的规定。

**4.6.3** 封边用不燃保温材料的燃烧性能等级为A级，抗压强度应不小于 $0.2\text{MPa}$ ，体积吸水率应不大于10%。

**【条文说明】4.6.3** 封边用不燃保温材料的燃烧性能试验方法按照现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624进行，抗压强度和体积系数率试验方法按照现行国家标准《无机硬质绝热制品试验方法》GB/T 5486进行。

## 5 建筑设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1**建筑平立面设计应遵守模数化设计原则，并满足预制夹心外墙板的模数化要求。预制夹心外墙板的宽度、高度宜采用基本模数进行总体尺寸控制，厚度可采用分模数。其中基本模数为1M（100mm），分模数数列为M/10、M/5、M/2。

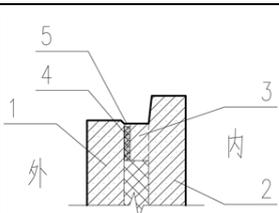
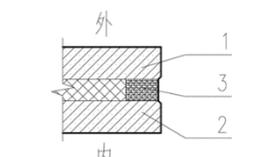
**【条文说明】5.1.1**采用模数制进行预制夹心外墙板尺寸控制，结合可组合模具、可变模具等技术，可以有效减少预制夹心外墙板的规格，以有效降低生产建造成本。

**5.1.2** 预制夹心外墙板宜采用涂料、装饰混凝土等饰面形式。当采用装饰混凝土饰面时，应在墙板生产前明确墙板表面的颜色、质感、图案等要求。

**【条文说明】5.1.2** 装饰混凝土一般是指采用各类表面造型模具、表面处理工艺等对混凝土外观进行纹理、色彩、色调、质感、肌理等表现形式的再造，以满足特定的功能。因装饰混凝土技术处理对建筑外立面效果和预制生产工艺有一定的影响，因此应在预制夹心外墙板生产前确定表面的颜色、质感、图案等要求，以便于确定生产工艺。

**5.1.3**预制夹心外墙板顶边宜采用混凝土和发泡橡塑封边，构造应符合表5.1.3中类型 I；侧边、底边宜采用不燃保温材料封边，构造应符合表5.1.3中类型 II。

表5.1.3 预制夹心外墙板封边构造

封边类型	封边图示
类型 I： 混凝土+发泡橡塑	 <p>1-外叶墙板 2-内叶墙板 3-60mm宽混凝土封边 4-10mm厚发泡橡塑 5-防水密封胶</p>
类型 II： 不燃保温材料	 <p>1-外叶墙板 2-内叶墙板 3-60mm宽不燃保温材料封边</p>

**【条文说明】5.1.3**预制夹心外墙板封边需综合考虑板体受力状况与结构计算模型一致性及板体接缝防水、防火性能要求。墙板顶边采用混凝土和发泡橡塑封边，侧边、底边采用不燃保温材料封边可同时满足上述要求。

5.1.4 预制夹心外墙板与部品及附属构配件的连接应牢固可靠。安装金属材料的遮阳板、空调板、防盗网等重型部品时应与主体结构可靠连接。安装窗帘盒、挂镜线、管线槽等轻型部品时宜采用预埋件固定连接。当预埋件穿过夹心保温层时，应采取保证预埋件耐久性和预制夹心外墙板热工性能的措施。

## 5.2 防水设计

5.2.1 预制夹心外墙板接缝（包括墙板之间、女儿墙、阳台以及其他连接部位）的防、排水构造设计应符合下列规定：

1 预制夹心外挂墙板应采用空腔构造防水和材料防水相结合的防、排水构造或空腔构造防、排水措施。水平缝应采用高低缝或企口缝，竖缝宜采用双直槽缝。

2 预制实心夹心剪力墙板应采用空腔构造防水和材料防水相结合的防、排水构造或单独采用空腔构造防水或材料防水措施。水平缝可采用高低缝和平缝，宜采用高低缝；竖缝宜采用平缝。

3 双面叠合夹心剪力墙板应采用材料防水措施，水平缝和竖缝宜采用平缝。

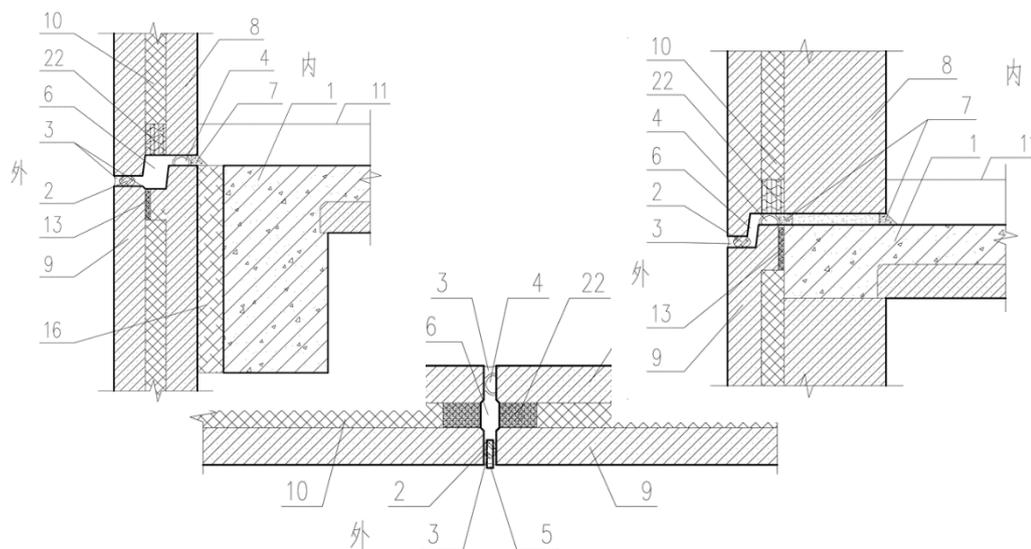
5.2.2 当采用空腔构造防水或空腔构造防水和材料防水相结合的防排水设计时，预制夹心外墙板拼缝构造应符合下列规定：

1 预制夹心外墙板水平缝构造应符合图5.2.2a和图5.2.2b的规定。

2 预制夹心外墙板竖缝构造应符合图5.2.2c和图5.2.2d的规定，减压空腔应完整有效。预制夹心剪力墙板竖缝内现场附加保温层材料的燃烧性能应为A级。

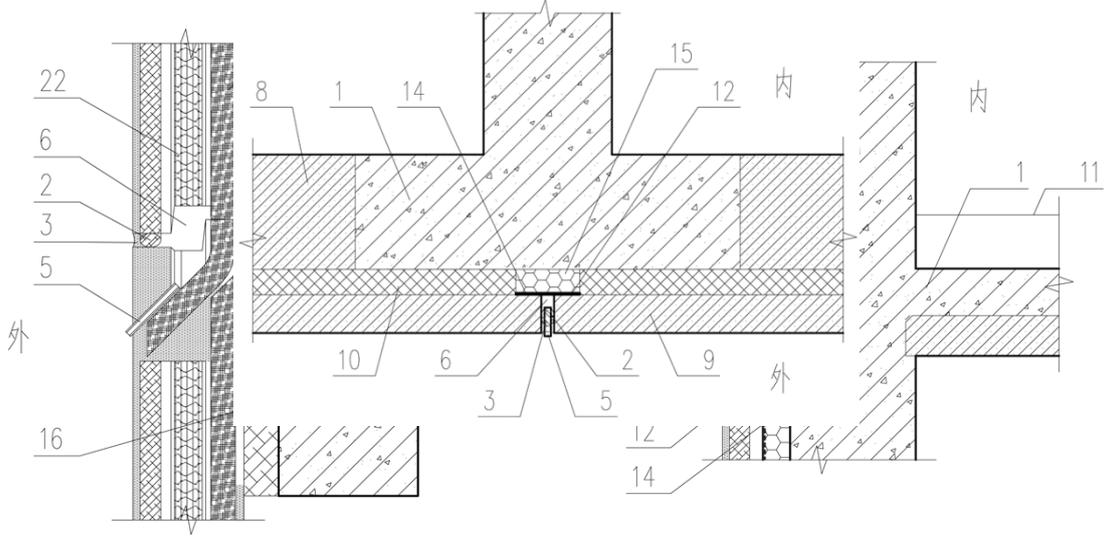
3 预制夹心外墙板竖缝应分段设置排水管，排水管间距不宜超过三层（图5.2.2e、图5.2.2f）；预制夹心外墙板首层竖缝底部应设置排水管（图5.2.2g、图5.2.2h）；当竖缝下方因门窗洞口截断时，应在洞口上方的竖缝增设排水管（图5.2.2j）。排水管内径不应小于8mm，排水管坡向外墙面，排水坡度不小于5%。

(a) 预制夹心外挂墙板水平缝 (b) 预制实心夹心剪力墙板水平缝

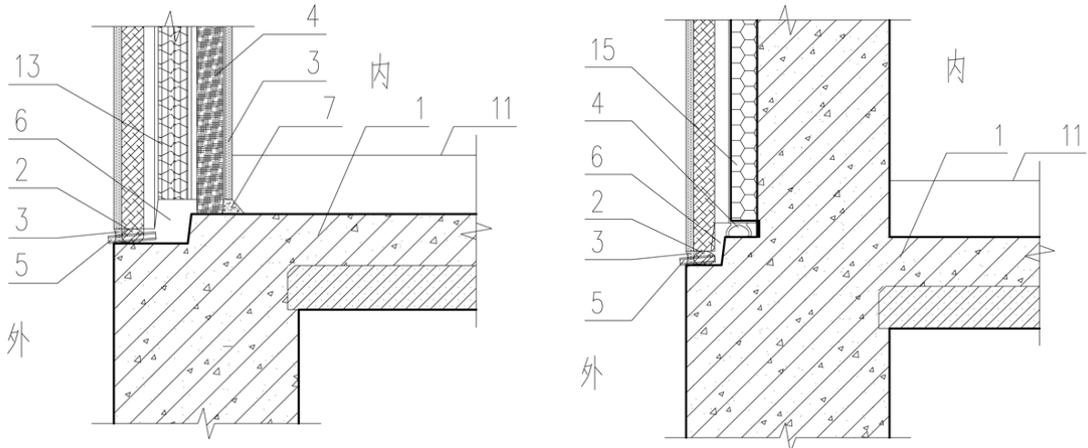


(c) 预制夹心外挂墙板竖缝

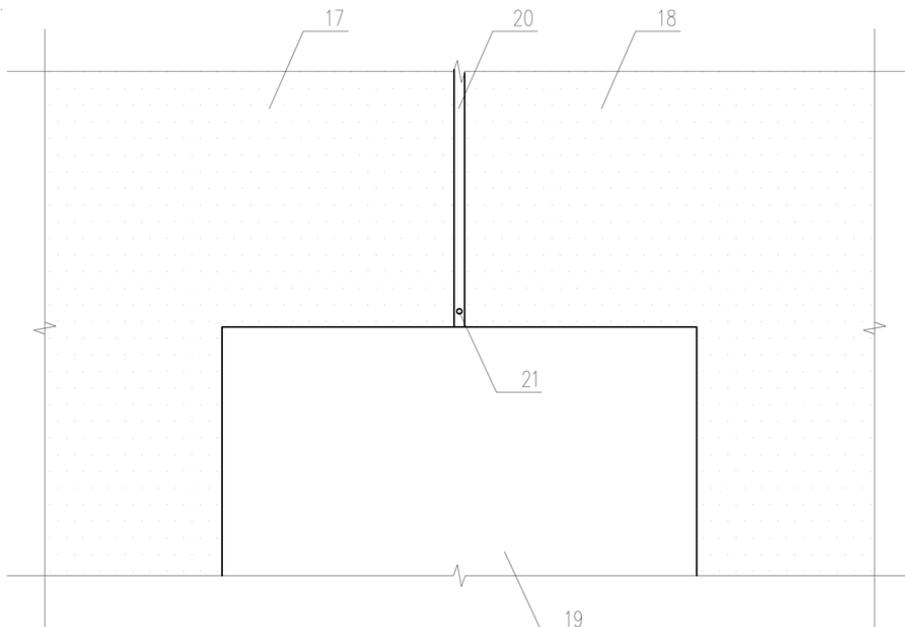
(d) 预制实心夹心剪力墙板竖缝



(e) 预制夹心外挂板竖缝排水管(标准层) (f) 预制实心夹心剪力墙板竖缝排水管(标准层)



(g) 预制夹心外挂墙板竖缝排水管(首层) (h) 预制实心夹心剪力墙板竖缝排水管(首层)



(j) 预制夹心外挂墙板竖缝排水管（门窗洞口处）

1-现浇部分；2-背衬材料；3-防水密封胶；4-密封条；5-排水管；6-减压空腔；7-高强砂浆封仓；8-内叶墙板；9-外叶墙板；10-保温板；11-楼层完成面；12-墙板连接件；13-发泡橡塑；14-胶带贴缝；15-现场附加保温层（A级）；16-防火封堵；17-洞口左侧墙板；18-洞口右侧墙板；19-外墙洞口；20-外挂墙板接缝；21-增设排水管；22-不燃保温材料封边

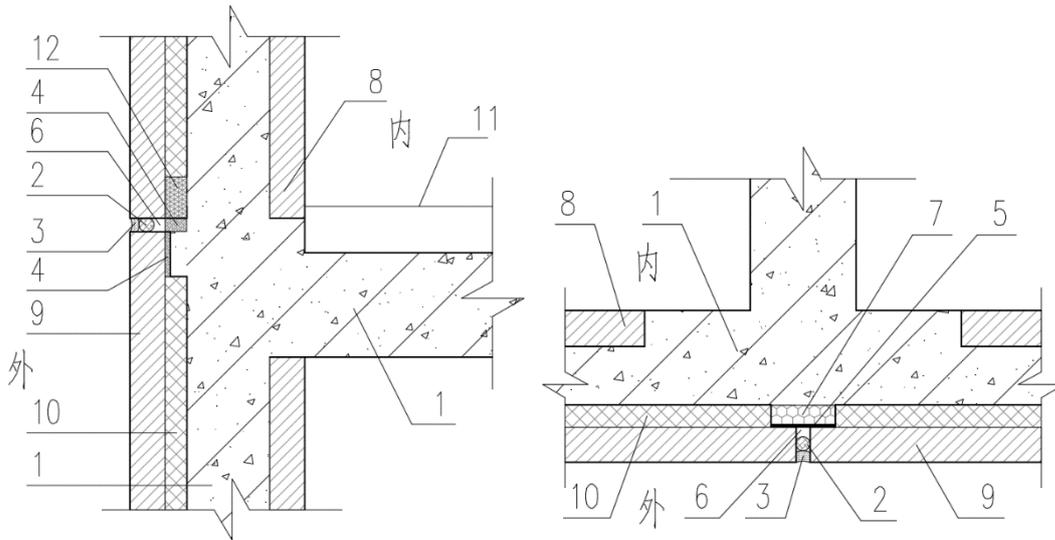
图5.2.2 预制夹心外墙板接缝构造示意图

**【条文说明】5.2.2** 预制夹心外墙板板边做成特殊形状，拼接后形成与大气连通的减压空腔以阻断毛细水，并通过竖向空腔的排水管排出进入空腔的雨水，成为外墙的构造防水。

**5.2.3** 双面叠合夹心剪力墙板宜采用材料防水，拼缝构造应符合下列规定：

1 双面叠合夹心剪力墙板水平缝构造应符合图5.2.3a的规定。

2 双面叠合夹心剪力墙板竖缝构造应符合图5.2.3b的规定。双面叠合夹心剪力墙板竖缝内现场附加保温层材料的燃烧性能应为A级。



(a) 双面叠合夹心剪力墙板水平缝 (b) 双面叠合夹心剪力墙板竖缝

1-现浇部分；2-背衬材料；3-防水密封胶；4-发泡橡塑；5-胶带贴缝；6-减压空腔；7-现场附加保温层（A级）；8-内叶墙板；9-外叶墙板；10-保温板；11-楼层完成面；12-不燃保温材料封边；

图5.2.3 双面叠合夹心剪力墙板接缝构造示意图

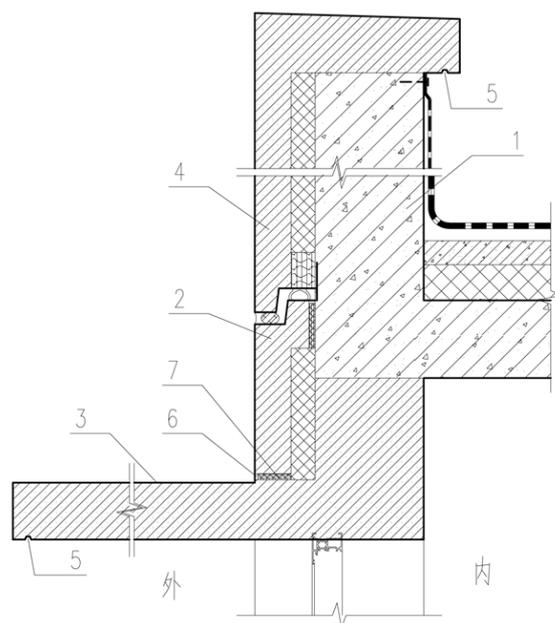
**5.2.4** 预制夹心外墙板接缝防排水构造应满足主体结构的层间位移、密封材料的变形能力、施工误差、温差引起变形等要求，接缝宽度宜按15mm~25mm选用。密

密封胶嵌缝深度不应小于缝宽的1/2，且不应小于8mm。密封胶应与接缝两侧墙板粘结牢固，不得与接缝背面墙体粘结。当建筑外立面对密封胶有涂装要求时，不宜选用硅酮类建筑密封胶。

**【条文说明】5.2.4**预制夹心外墙板接缝宽度根据极限温度变形、风荷载及地震作用下的层间位移、密封材料最大拉伸-压缩变形量及施工安装误差等因素设计计算，本条根据工程经验提出取值范围。

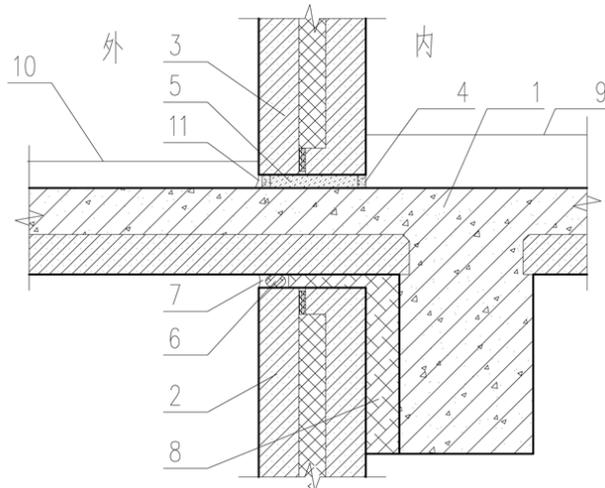
**5.2.5**预制夹心外墙墙体设计应符合下列规定：

- 1 预制夹心外墙板中挑出墙面的部分应在其底部周边设置滴水槽(图5.2.5-1)。
- 2 预制夹心外挂墙板在阳台、空调板部位水平缝应采用灌浆料灌实，与挑出外墙的水平构件之间的水平缝宜采用灌浆料灌实（图5.2.5-2）。



- 1-现浇结构；2-预制夹心外墙板；3-预制外墙外挂构件；  
4-预制女儿墙；5-滴水槽；6-防水密封胶；7-发泡橡塑

图5.2.5-1滴水槽示意图



1-现浇部分；2-下层外墙板；3-本层外墙板；4-高强度砂浆封仓；5-灌浆材料；6-背衬材料；7-防水密封胶；8-防火封堵；9-楼层完成面（室内）；10-楼层完成面（室外）；11-防水密封胶

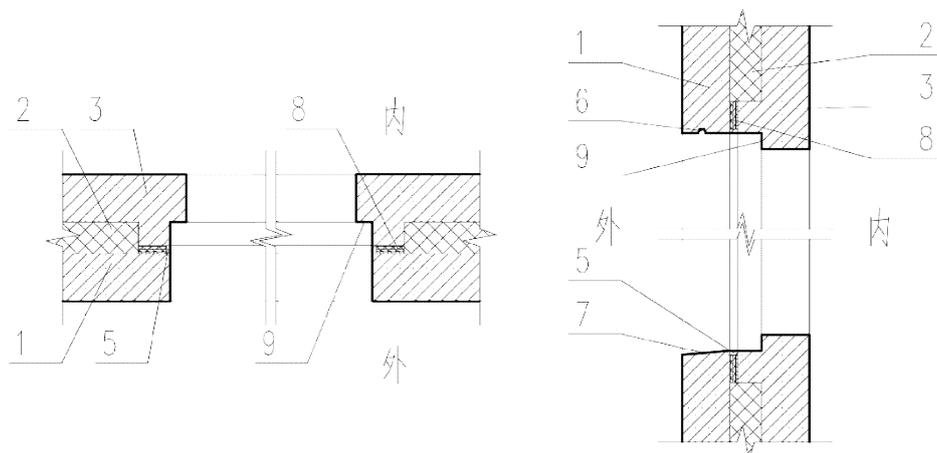
图5.2.5-2 水平缝灌浆示意图

**【条文说明】5.2.5**预制夹心外墙墙体设计是项目设计的重要组成部分。

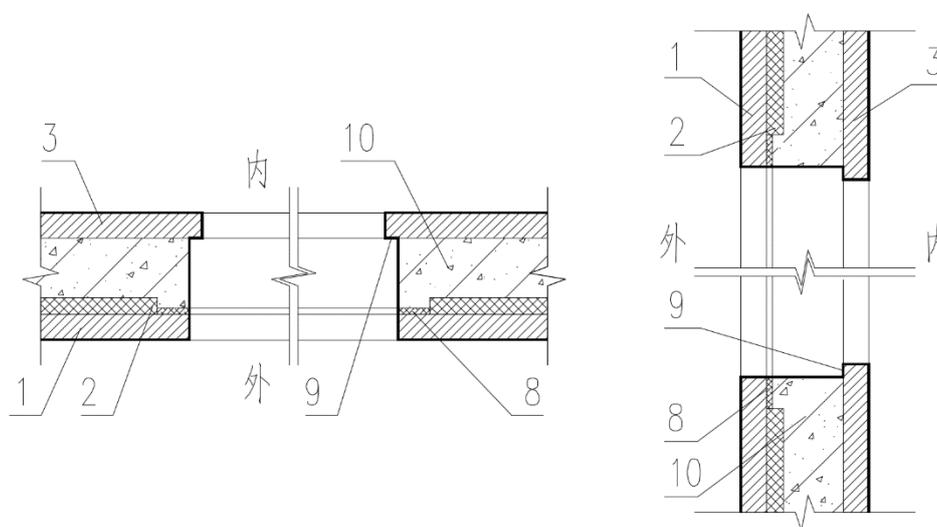
1 预制夹心外墙板设置滴水槽主要是为了防止外墙悬挑部位雨水沿表面流淌，污染下方预制外墙的表面，保持表面整洁。预制女儿墙悬空处做滴水槽是为了保护现浇与预制衔接处不受雨水侵蚀。

2 预制夹心外墙板与阳台、空调板相接处水平缝在工程实践中较易成为渗水通路，导致雨水进入室内地面层，增加该处水平缝密实度，阻断渗水通路是避免该处渗水的有效措施。

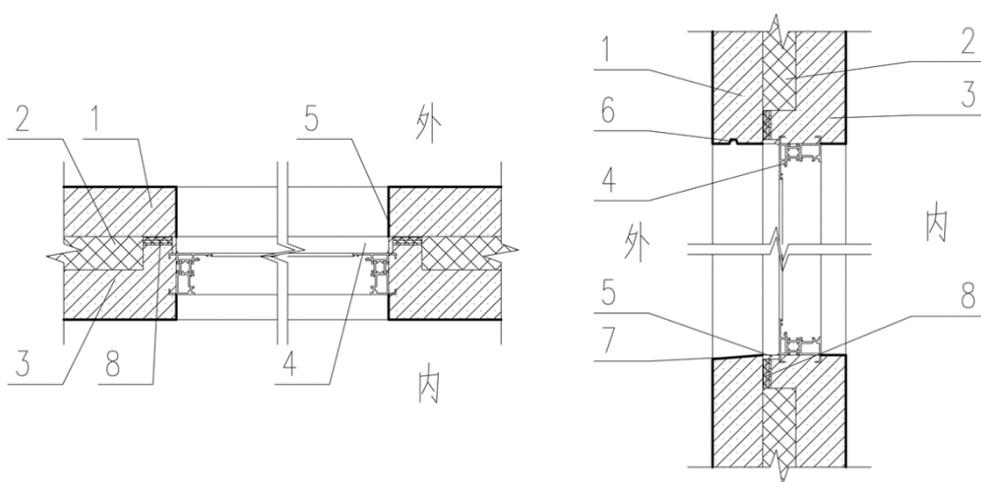
**5.2.6**预制夹心外墙上窗洞口可采取预留企口、预埋窗框或预埋附框方式。当采取预留企口方式时，其构造见图5.2.6a和图5.2.6b；当采取预埋窗框或预埋附框方式时，其构造见图5.2.6c。



(a) 预留窗洞口企口示意图 (预制夹心外挂墙板和预制实心夹心剪力墙板)



(b) 预留窗洞口企口示意图 (双面叠合夹心剪力墙板)



(c) 预埋窗框 (或预埋附框) 示意图

1-外叶墙板; 2-保温板; 3-内叶墙板; 4-窗框; 5-防水密封胶; 6-滴水槽;

7-窗台泛水; 8-发泡橡塑; 9-窗洞企口; 10-内叶墙板后浇混凝土

图5.2.6预制夹心外墙板窗洞口示意图

**【条文说明】5.2.6**塑料窗框通常采用预留窗洞的安装方式，金属窗框可采用预埋或预留窗洞的安装方式。预制夹心外墙板上的门窗框与洞口连接构造应保证洞口处保温层不与室外环境直接接触，以保证连接部位的防水性和气密性。

**5.2.7**当卫生间及其他容易有积水的房间外墙采用预制夹心外墙板时，防水构造应符合下列规定：

1 预制夹心外墙板与楼板间水平接缝应采用压力灌浆方法封堵接缝。

2 预制夹心外墙板内侧应设涂膜防水层，防水层高度应符合现行行业标准《住宅室内防水工程技术规范》JGJ 298的相关规定。预制夹心外墙板与地面转角、交角处应做附加增强防水层，每边宽不应小于150mm。

3 地漏应设置在距预制夹心外墙板与楼板接缝位置200mm以外。

**【条文说明】5.2.7**建筑外墙不仅要阻止室外雨水向室内渗透，也要防止室内有水房间积水向外墙渗漏。预制夹心外墙板与楼板接缝位置是装配式建筑外墙防水最薄弱的部位，需要加强该部位的防水构造。

**5.2.8**沿建筑外墙面敷设管线时，连接螺栓不应穿透预制夹心外墙板的外叶墙板。

**【条文说明】5.2.8**沿建筑外墙面敷设管线时，螺栓穿透外叶墙板将导致墙面雨水沿螺栓孔渗入保温层，引起保温层失效并产生无规律渗水隐患。

**5.2.9**预制夹心外墙板穿墙孔洞设计应内高外低，并应采取可靠的的阻水措施。

**【条文说明】5.2.9**为防止雨水进入室内和墙板内部，预制夹心外墙板穿墙孔洞设计应内高外低，并应采取可靠的阻水措施。

**5.2.10**预制夹心外墙板外叶墙板上受雨水影响的线盒应采用防水接线盒，并应采用预埋做法。

## 5.3 防火设计

**5.3.1** 预制夹心外墙板的燃烧性能和耐火极限应与该建筑的耐火等级相匹配，且应符合现行国家、行业 and 上海市相关标准的规定。

**5.3.2** 预制夹心外挂墙板接缝及墙板与相邻构件之间的接缝跨越防火分区时，室内一侧的接缝应采用防火封堵材料进行密封。水平缝的连续密封长度不应小于1m；竖缝的连续密封长度不应小于1.2m，当室内设置自动喷水灭火系统时不应小于0.8m。

**【条文说明】5.3.2**本条参照现行国家标准《建筑防火设计规范》GB 50016的相关条文制定。水平缝的连续密封长度参考紧靠防火墙两侧的门窗洞口之间最近边缘的水平距离确定，竖缝的连续密封长度参考相邻两个楼层的门窗洞口之间最近边缘的垂直距离确定。

**5.3.3** 预制夹心外墙板金属预埋件外露部分应采取防火、防腐等措施，其耐火极限不应低于预制夹心外墙板的耐火极限，且应符合现行国家、行业 and 上海市相关标准的规定。

**5.3.4**当预制夹心外挂墙板采用幕墙式构造与主体建筑连接时，预制夹心外挂墙板及连接构造的防火还应符合现行上海市工程建设规范《建筑幕墙工程技术规范》DGJ08-56的有关规定。

**【条文说明】5.3.4**本条主要强调预制夹心外挂墙板与各层楼板、防火墙相交部位应设置防火封堵，这类构造与建筑幕墙做法类似，《建筑幕墙工程技术规范》DGJ08-56中已经有明确要求。

**5.3.5**预制夹心外墙板线盒应符合以下要求：

1当预制夹心外墙板采用B<sub>1</sub>级保温材料时，线盒与保温层之间应设置不燃隔热材料进行防火隔离，不燃隔热材料厚度不宜小于20mm。

2电气线管不应穿越或敷设于B<sub>1</sub>级保温材料内。确需穿越或敷设时，应采用金属线管并在金属线管周围采用不燃隔热材料进行防火隔离等保护措施。

**【条文说明】5.3.5** 本条根据《建筑设计防火规范》GB 50016 相关规定，结合预制夹心保温外墙构造特点编写。

## 5.4隔声设计

**5.4.1** 预制夹心外墙板的空气声计权隔声量评价量+修正量 ( $R_w+C_{tr}$ ) 应大于等于 45dB。

**5.4.2** 装配式居住建筑外墙的空气声计权标准化声压级差评价量+修正量 ( $D_{nT,w}+C_{tr}$ ) 应大于等于 45dB。

**【条文说明】5.4.2** 装配式居住建筑外墙的隔声要求，用空气声计权标准化声压级差及交通噪声频谱修正量表达。应注意现场空气声隔声性能还与安装质量相关。

**5.4.3** 居住建筑预制夹心外墙板上的外窗（阳台门）在交通干线两侧，其空气声

计权隔声量评价量+修正量 ( $R_w+C_{tr}$ ) 应大于等于 30dB, 其他应大于等于 25dB。

**【条文说明】5.4.3** 其他建筑外窗按现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的要求。

**5.4.4** 预制夹心外墙板的预留孔洞和缝隙应在作业完成后进行密封处理。

**【条文说明】5.4.4** 作业完成后预制夹心外墙板上的孔洞必须进行密封处理, 否则影响隔声性能。

## 5.5 热工设计

**5.5.1** 预制夹心外墙板热工节能性能应符合现行上海市工程建设规范《居住建筑节能设计标准》DGJ 08-205或《公共建筑节能设计标准》DGJ 08-107的要求, 并应满足设计要求。

**5.5.2** 预制夹心外墙板的保温材料厚度应通过热工计算确定, 计算方法应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176的规定。保温材料热工计算参数应符合下列规定:

**1** 预制夹心剪力墙板保温材料导热系数、蓄热系数及传热系数修正系数k取值应符合表5.5.2-1的规定。

**表5.5.2-1 预制夹心剪力墙板保温材料导热系数、蓄热系数及传热系数修正系数k**

序号	保温材料名称	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m <sup>2</sup> ·K)	传热系数修正系数k	
				FRP连接件	不锈钢连接件
1	模塑聚苯板	0.033	0.36	1.30	1.35
2	挤塑聚苯板	0.030	0.32	1.35	1.40
3	硬泡聚氨酯板	0.024	0.39	1.40	1.50

**2** 预制夹心外挂墙板保温材料导热系数、蓄热系数及传热系数修正系数k取值应符合表5.5.2-2的规定。

**表5.5.2-2 预制夹心外挂墙板保温材料导热系数、蓄热系数及传热系数修正系数k**

序号	保温材料名称	导热系数 W/(m·K)	蓄热系数 W/(m <sup>2</sup> ·K)	传热系数修正系数k	
				FRP连接件	不锈钢连接件
1	模塑聚苯板	0.033	0.36	1.35	1.40

2	挤塑聚苯板	0.030	0.32	1.40	1.45
3	硬泡聚氨酯板	0.024	0.39	1.50	1.55

3当采用其他保温材料时，可按照现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176及上海市相关建筑节能设计标准的有关规定计算传热系数修正系数。

5.5.3 预制夹心外墙板当量导热系数、传热系数和蓄热系数应分别按公式(5.5.3-1)~(5.5.3-3)进行计算。

当量导热系数计算公式：

$$\lambda_q = (d_h + d_b)/(d_h/\lambda_h + d_b/\lambda_b) \quad (5.5.3-1)$$

传热系数计算公式：

$$K_q = k \times 1/(d_h/\lambda_h + d_b/\lambda_b + R_i + R_e) \quad (5.5.3-2)$$

蓄热系数计算公式：

$$S_q = (S_h \cdot d_h/\lambda_h + S_b \cdot d_b/\lambda_b)/(d_h/\lambda_h + d_b/\lambda_b) \quad (5.5.3-3)$$

式中： $\lambda_q$ —预制夹心外墙板的导热系数[W/(m·K)]；

$d_h$ —混凝土的厚度（m）；

$d_b$ —保温板的厚度（m）；

$\lambda_h$ —混凝土的导热系数[W/(m·K)]；

$\lambda_b$ —保温板的计算导热系数[W/(m·K)]；

$K_q$ —预制夹心外墙板的传热系数[W/(m<sup>2</sup>·K)]；

$k$ —预制夹心外墙板传热系数修正系数；

$R_i$ —内表面换热阻，取0.11 m<sup>2</sup>·K/W；

$R_e$ —外表面换热阻，取0.04 m<sup>2</sup>·K/W；

$S_q$ —预制夹心外墙板的蓄热系数[W/(m<sup>2</sup>·K)]；

$S_b$ —保温板的计算蓄热系数[W/(m<sup>2</sup>·K)]；

$S_h$ —混凝土的蓄热系数[W/(m<sup>2</sup>·K)]。

5.5.4 采用预制夹心外墙板的建筑，应对其门窗洞口、梁、柱等部位进行局部辅助保温处理。局部辅助保温系统与主墙体结构应有可靠的搭接措施，并应有防水

构造措施。进行局部辅助保温处理时，保温材料导热系数的修正系数的取用应符合《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定。

## 6 预制夹心剪力墙板结构设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 预制夹心剪力墙结构的最大适用高度应符合现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ08-2154 和《装配整体式混凝土居住建筑设计规程》DG/TJ08-2071 中关于装配整体式剪力墙结构的相关规定。

**6.1.2** 对同一层内既有现浇墙肢也有预制墙肢的预制夹心剪力墙结构，现浇墙肢在水平地震作用下的弯矩、剪力宜乘以不小于 1.1 的增大系数。

**【条文说明】6.1.2** 预制夹心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，适当放大现浇剪力墙在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。

**6.1.3** 预制夹心剪力墙板的抗震等级、平面和竖向布置原则及承载力抗震调整系数应符合现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ08-2154、《装配整体式混凝土居住建筑设计规程》DG/TJ08-2071 和《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》DG/TJ 08-2266 的规定。重点设防类建筑中的预制夹心剪力墙板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。

**【条文说明】6.1.3** 重点设防类建筑中的预制夹心剪力墙板的抗震设计要求参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的规定制定。

**6.1.4** 预制夹心剪力墙板应采用连接件将内叶墙板和外叶墙板可靠连接。不锈钢连接件宜采用桁架式，板式与针式的组合，桁架式与针式的组合。纤维增强复合材料（FRP）连接件宜采用片状或棒状形式。

**【条文说明】6.1.4** 桁架式、板式和针式不锈钢连接件以及片状和棒状纤维增强复合材料（FRP）连接件是目前国内外应用较为普遍且有完整技术资料支撑的连接件类型。

### 6.2 作用及作用组合

**6.2.1** 预制夹心剪力墙结构的作用及作用组合应根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《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 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 等确定。

**【条文说明】6.2.1** 对预制夹心剪力墙结构进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算时，荷载和地震作用的取值及其组合应按国家现行相关标准执行。

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

**【条文说明】6.2.2** 条文规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 相同。

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

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

**【条文说明】6.2.3** 预制夹心剪力墙板进行脱模时，受到的荷载包括：自重，脱模起吊瞬间的动力效应，脱模时模板与构件表面的吸附力。其中，动力效应采用构件自重标准值乘以动力系数计算；脱模吸附力是作用在构件表面的均布力，与构件表面和模具状况有关，一般不小于  $1.5\text{kN/m}^2$ 。等效静力荷载标准值取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和。

**6.2.4** 双面叠合夹心保温剪力墙板在浇筑空腔内混凝土时，后浇混凝土作用于内、外叶墙板的侧压力标准值和下料产生的水平荷载标准值应根据现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 确定。

**【条文说明】6.2.4** 本条主要用于验算浇筑工况下双面叠合夹心保温剪力墙板内、外叶墙板的承载力、变形及抗裂，以及连接件的承载力；验算时内力及变形可采用有限元方法计算。

### 6.3 构件与连接设计

6.3.1 预制夹心剪力墙板的设计应符合下列规定：

- 1 对持久设计状况，应对预制夹心剪力墙板进行承载力、变形、裂缝控制验算；
- 2 对地震设计状况，应对预制夹心剪力墙板进行承载力验算；
- 3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制夹心剪力墙板验算，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.3.2 预制夹心剪力墙板中，接缝的受剪承载力应满足公式 (6.3.2-1) ~ (6.3.2-3) 的规定：

1 持久设计状况：

$$\gamma_0 V_{jd} \leq V_u \quad (6.3.2-1)$$

2 地震设计状况：

$$V_{jdE} \leq V_{uE} / \gamma_{RE} \quad (6.3.2-2)$$

在剪力墙底部加强部位，尚应符合下式要求：

$$\eta_j V_{mua} \leq V_{uE} \quad (6.3.2-3)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数，安全等级为一级时不应小于 1.1，安全等级为二级时不应小于 1.0；

$V_{jd}$ ——持久设计状况下接缝剪力设计值；

$V_{jdE}$ ——地震设计状态下接缝剪力设计值；

$V_u$ ——持久设计状况下剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

$V_{uE}$ ——地震设计状况下剪力墙底部接缝受剪承载力设计值；

$V_{mua}$ ——被连接剪力墙端部按实配钢筋面积计算的斜截面受剪承载力设计值；

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

**【条文说明】6.3.2** 后浇混凝土、灌浆料或座浆料与预制剪力墙结合面的抗剪强度往往低于预制剪力墙本身混凝土的抗剪强度。因此，预制剪力墙的接缝一般都需要进行受剪承载力的计算。本条对各种接缝的受剪承载力提出了总的要求。

对于预制夹心剪力墙结构的控制区域，应保证接缝的承载力设计值大于被连

接构件的承载力设计值乘以接缝受剪承载力增大系数，接缝受剪承载力增大系数根据抗震等级、连接区域的重要性以及连接类型，参照 ACI318 中的规定确定。同时，也要求接缝的承载力设计值大于设计内力，保证接缝的安全。对于其他区域的接缝，可采用延性连接，允许连接部位产生塑性变形，但要求接缝的承载力设计值大于设计内力，保证接缝的安全。

**6.3.3** 预制夹心剪力墙板中，接缝的正截面承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

**6.3.4** 预制实心夹心剪力墙板的竖向钢筋连接宜根据受力特点、施工工艺等要求选用钢筋套筒灌浆连接、金属波纹管浆锚搭接连接、螺栓连接等连接方式，并应符合现行国家、行业 and 上海市有关标准的规定。

**【条文说明】6.3.4** 预制实心夹心剪力墙板中，竖向钢筋的连接可采用钢筋套筒灌浆连接、金属波纹管浆锚搭接连接、螺栓连接，水平分布筋的连接可采用焊接、搭接等。有可靠试验依据时，也可采用其他连接方式。

**6.3.5** 双面叠合夹心剪力墙板的竖向钢筋连接宜选用钢筋搭接连接方式，并应符合下列规定：

1 搭接连接钢筋的间距宜与双面叠合夹心剪力墙板中水平和竖向分布筋的间距相同，且不宜大于 200mm，直径不应小于水平和竖向分布筋的直径。搭接连接钢筋锚入双面叠合夹心剪力墙板空腔中的长度不少于  $1.2l_{aE}$ 。

2 双面叠合夹心剪力墙板底部接缝宜设置在楼面标高处，内叶墙板底部接缝高度不宜小于 50mm，接缝处后浇混凝土应浇筑密实。

**6.3.6** 预制夹心剪力墙板纵向钢筋宜在后浇混凝土节点区直线锚固；当直线锚固长度不足时，可采用弯折、机械锚固方式，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。

**【条文说明】6.3.6** 预制夹心剪力墙板纵向钢筋的锚固多采用锚固板的机械锚固方式，伸出墙板的钢筋长度较短且不需弯折，便于墙板加工及安装。

**6.3.7** 预制实心夹心剪力墙板与后浇混凝土、灌浆料、坐浆料的结合面应符合下

列规定：

- 1 预制实心夹心剪力墙板的顶部和底部与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面；侧面与后浇混凝土结合面应设置粗糙面，也可设置键槽。
- 2 预制实心夹心剪力墙板与灌浆料、坐浆料的结合面应设置粗糙面。
- 3 粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%，粗糙面凹凸深度不应小于 6mm。
- 4 当设置键槽时，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 和现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的相关规定。

## 6.4 构造要求

6.4.1 预制夹心剪力墙板的构造设计应符合下列规定：

- 1 内叶墙板应按剪力墙进行设计，并应与相邻剪力墙形成可靠连接，连接设计应符合本标准第 6.3 节的相关规定。
- 2 外叶墙板应按围护墙板设计，且不应与相邻外叶墙板连接。
- 3 内、外叶墙板之间应设置防塌落构造。宜设置不少于 2 根不锈钢钢筋或普通钢筋预埋件连接，不锈钢钢筋或普通钢筋的直径根据外叶墙板的自重并考虑一定动力系数计算确定。当采用普通钢筋时，应采取必要的防腐措施。

**【条文说明】6.4.1** 防塌落钢筋宜布置在墙板顶部向下 1/3 墙高范围内。当防塌落钢筋采用普通钢筋时，应采取必要的防腐措施保证钢筋的耐久性。

6.4.2 预制夹心剪力墙板中采用桁架式不锈钢连接件时，宜采用等间距布置；采用板式和针式不锈钢连接件时，宜设置不少于两个竖向布置的板式连接件和不少于两个水平布置的板式连接件，同时应设置均匀排布的针式连接件；采用棒状或片状 FRP 连接件时，宜采用矩形布置。连接件间距应按设计要求确定，桁架式和针式不锈钢连接件距墙体边缘的距离宜为 100mm~300mm，板式不锈钢连接件距墙体边缘的距离不宜小于 300mm，棒状和片状 FRP 连接件距墙体边缘的距离宜为 100mm~200mm。不锈钢连接件当有可靠试验依据时，也可采用其他长度间距和边端距。

**【条文说明】6.4.2** 编制组完成的一系列预制夹心剪力墙板及其连接件受力性能试验以及国内外相关试验结果均表明，桁架式不锈钢连接件和FRP连接件采用矩形或梅花形布置、间距400mm~600mm、距墙体边缘100mm~300mm的构造可保

证预制夹心剪力墙板具有良好的受力性能；对于双面叠合夹心剪力墙板，应根据《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的相关条文，计算混凝土浇筑工况下内外叶墙板和连接件的承载力，桁架式连接件和FRP连接件布置间距不宜大于400mm。

当预制夹心剪力墙板采用板式和针式不锈钢连接件组合使用，板式连接件在水平方向和竖向各设置不少于两个、距墙体边缘不小于300mm，针式连接件均匀布置、间距200mm~1200mm、距墙体边缘100mm~300mm的构造可保证预制夹心剪力墙板具有良好的受力性能。

**6.4.3** 当采用不锈钢连接件时，预制夹心剪力墙板的外叶墙板厚度不宜小于 55mm，不应小于 50mm。桁架式不锈钢连接件在墙体单侧混凝土板叶中的锚固长度不宜小于 25mm，板式不锈钢连接件和针式不锈钢连接件平直端的锚固长度不宜小于 45mm，针式不锈钢连接件弯折端的锚固长度不宜小于 40mm。不锈钢连接件端部距墙板表面距离不宜小于 10mm。

**6.4.4** 当采用纤维增强复合材料（FRP）连接件时，预制夹心剪力墙板的外叶墙板厚度不宜小于 60mm，不应小于 55mm。连接件在墙体单侧混凝土板叶中的锚固长度不宜小于 30mm，其端部距墙板表面距离不宜小于 25mm。

**【条文说明】6.4.3** 预制夹心剪力墙板的外叶墙板厚度主要由建筑功能要求、连接件锚固构造要求以及墙体防火性能要求等因素决定。根据编制组完成的预制夹心剪力墙板及其纤维增强复合材料（FRP）连接件的受力性能试验和防火性能试验结果，并参照国内外现有研究成果，制定了本条关于采用纤维增强复合材料（FRP）连接件的预制夹心剪力墙板的构造规定。

**6.4.5** 预制夹心剪力墙板的保温层厚度不宜小于 10mm，且不宜大于 120mm。

**【条文说明】6.4.5** 连接件抗剪承载力随着保温层厚度的增加而降低。保温层厚度过小则得不到理想的保温效果；过大则不能保证连接件抗剪承载力。

## 7 预制夹心外挂墙板结构设计

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 预制夹心外挂墙板与主体结构间的连接应符合现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ08-2154 和《装配整体式混凝土居住建筑设计规程》DG/TJ08-2071 的规定。

**7.1.2** 支承预制夹心外挂墙板的结构构件应具有足够的承载力和刚度，应能满足连接节点的固定要求，且连接节点不应使预制夹心外挂墙板形成约束。

**7.1.3** 预制夹心外挂墙板的结构分析可采用线性弹性方法，其计算简图应符合实际受力状态。

**【条文说明】7.1.3** 预制夹心外挂墙板与主体结构之间可以采用多种连接方法，应根据建筑类型、功能特点、施工吊装能力以及外墙的形状、尺寸以及主体结构层间位移量等特点，确定预制夹心外挂墙板的类型，以及连接件的数量和位置。对预制夹心外挂墙板和连接节点进行设计计算时，所取用的计算简图应与实际连接构造相一致。

**7.1.4** 设计预制夹心外挂墙板和连接节点时，相应的结构重要性系数 $\gamma_0$ 不应小于1.0，连接节点承载力抗震调整系数 $\gamma_{RE}$ 应取1.0。

**7.1.5** 预制夹心外挂墙板应采用连接件将内叶墙板和外叶墙板可靠连接。连接件型式宜符合本标准6.1.4条的规定。

### 7.2 作用及作用组合

**7.2.1** 预制夹心外挂墙板进行短暂设计状况下的施工验算时，应按照本标准6.2.2~6.2.3条规定选取作用及作用组合。

**7.2.2** 进行预制夹心外挂墙板、连接件和连接节点的承载力计算时，荷载组合的效应设计值应满足公式(7.2.2-1)~(7.2.2-4)的规定：

1 持久设计状况：

当风荷载效应起控制作用时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_W S_{Wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (7.2.2-1)$$

当永久荷载效应起控制作用时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (7.2.2-2)$$

2 地震设计状况：

在水平地震作用下：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (7.2.2-3)$$

在竖向地震作用下：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (7.2.2-4)$$

式中：S——基本组合的效应设计值；

$S_{Gk}$ ——永久荷载的效应标准值；

$S_{Wk}$ ——风荷载的效应标准值；

$S_{Ehk}$ ——水平地震作用组合的效应标准值；

$S_{Evk}$ ——竖向地震作用组合的效应标准值；

$S_{Tk}$ ——温度作用的效应标准值；

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数，按本标准第 7.2.3 条规定取值；

$\gamma_W$ ——风荷载分项系数，在持久设计工况下取 1.5，在地震设计工况下取 1.4；

$\gamma_T$ ——温度作用分项系数，在持久设计工况下取 1.5，在地震设计工况下取 1.4；

$\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数，取 1.3；

$\gamma_{Ev}$ ——竖向地震作用分项系数，取 1.3；

$\psi_W$ ——风荷载组合系数，在持久设计状况下取 0.6，地震设计状况下取 0.2；

$\psi_T$ ——温度作用组合系数，在持久设计状况下取 0.6，地震设计状况下取 0.2。

**7.2.3** 在持久设计状况、地震设计状况下，进行预制夹心外挂墙板和主体结构连接节点的承载力设计时，永久荷载分项系数 $\gamma_G$ 应按下列规定取值：

1 进行预制夹心外挂墙板平面外承载力设计时， $\gamma_G$ 应取为 0；进行预制夹心外挂墙板平面内承载力设计时，持久设计工况下 $\gamma_G$ 应取为 1.3，地震设计工况下 $\gamma_G$ 应取为 1.2。

2 进行连接节点承载力设计时，在持久设计状况下，当风荷载效应起控制作用时， $\gamma_G$ 应取 1.3；当永久荷载效应起控制作用时， $\gamma_G$ 应取 1.35；在地震设计状况下， $\gamma_G$ 应取 1.2；当永久荷载效应对连接节点承载力有利时， $\gamma_G$ 应取 1.0。

**【条文说明】7.2.2~7.2.3** 预制夹心外挂墙板和连接节点上的作用与作用效应的计算，均应按照现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。同时应注意：

1 对预制夹心外挂墙板进行持久设计状况下的承载力验算时，预制夹心外挂墙板仅承受平面外的风荷载；当进行地震设计状况下的承载力验算时，除应计算预制夹心外挂墙板平面外水平地震作用效应外，尚应分别计算平面内水平和竖向地震作用效应，特别是对开有洞口的预制夹心外挂墙板，更不能忽略后者。

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

3 在一定的条件下，旋转式外墙可能产生重力荷载仅由一个承重节点承担的工况，应特别注意分析。

4 计算重力荷载效应值时，除应计入预制夹心外挂墙板自重外，尚应计入依附于预制夹心外挂墙板的其他部件和材料的自重。

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

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

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

**7.2.4** 计算水平地震作用标准值时，可采用等效侧力法，并按公式(7.2.4)计算：

$$F_{Ehk} = \beta_E \alpha_{max} G_k \quad (7.2.4)$$

式中： $F_{Ehk}$ ——施加于预制夹心外挂墙板重心处的水平地震作用标准值。当验算

连接节点承载力时，连接节点地震作用效应标准值应乘以 2.0 的增大系数；

$\beta_E$ ——动力放大系数，可取 5.0；

$\alpha_{max}$ ——水平地震影响系数最大值，可取 0.08；

$G_k$ ——预制夹心外挂墙板重力荷载标准值。

7.2.5 竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的 0.65 倍。

**【条文说明】7.2.4~7.2.5** 预制夹心外挂墙板的地震作用是依据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对于非结构构件的规定制定，并参照现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定，对计算公式进行了简化。

### 7.3 构件和连接设计

7.3.1 预制夹心外挂墙板宜外挂于主体结构之上，并按围护结构进行设计。在进行结构设计计算时，只考虑承受直接施加于外墙上的荷载与作用。

**【条文说明】7.3.1** 预制夹心外挂墙板是建筑物的外围护构件，主要承受自重、直接作用于其上的风荷载和地震作用，以及温度作用。

7.3.2 预制夹心外挂墙板及连接节点的承载力计算应采用荷载组合效应设计值，预制夹心外挂墙板的裂缝与变形验算应采用荷载组合效应标准值。

7.3.3 预制夹心外挂墙板外表面温度宜根据基本气温、外表面朝向、表面材料及其色调，并宜结合试验确定；内表面温度可按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关规定确定；基本气温应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

7.3.4 预制夹心外挂墙板的极限承载力应根据试验确定，试验方法应按照现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 进行。预制夹心外挂墙板的挠度按弹性方法计算，开裂后的预制夹心外挂墙板的抗弯刚度计算不应考虑受拉开裂侧墙板混凝土的作用。预制夹心外挂墙板的平面外挠度限值应满足现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 和现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 的有关规定。

## 7.4 构造要求

**7.4.1** 预制夹心外挂墙板的高度不宜大于一个层高。内、外叶墙板之间应设置防塌落构造，防塌落构造应符合本标准第 6.4.1 条的规定。

**【条文说明】7.4.1** 根据我国国情，主要是我国吊车的起重能力、卡车的运输能力、施工单位的施工水平、以及连接节点构造的成熟程度，目前还不宜将构件做得过大。构件尺度过长或过高，如跨越两个层高后，主体结构层间位移对预制外墙内力的影响较大，有时甚至需要考虑构件的  $P-\Delta$  效应。由于目前相关试验研究工作做得还比较少，本章内容仅限于跨越一个层高、一个开间的预制夹心外挂墙板。但对于顶层和底层预制夹心外挂墙板，可根据屋顶女儿墙和地下室外墙的具体情况，在不影响主体结构受力性能和预制夹心外挂墙板安全性能的前提下适当调整预制夹心外挂墙板的尺寸。

**7.4.2** 预制夹心外挂墙板的内、外叶混凝土板均宜采用双向配筋，竖向和水平钢筋的配筋率均不应小于 0.15%，且钢筋直径不宜小于 5mm，间距不宜大于 200mm。

**【条文说明】7.4.2** 预制夹心外挂墙板受到平面外风荷载和地震作用的双向作用，因此预制夹心外挂墙板的内、外叶混凝土板均宜采用双向配筋，且应满足最小配筋率的要求。

**7.4.3** 预制夹心外挂墙板中连接件的设计及布置应符合本标准第 6.4 节的规定。

**7.4.4** 当采用不锈钢连接件时，预制夹心外挂墙板的内、外叶墙板厚度不宜小于 55mm，不应小于 50mm。连接件在墙体单侧混凝土板叶中的锚固长度和其端部距墙板表面距离应符合本标准 6.4.3 条的规定。

**7.4.5** 当采用纤维增强复合材料（FRP）连接件时，预制夹心外挂墙板的内、外叶墙板厚度不宜小于 60mm，不应小于 55mm。连接件在墙体单侧混凝土板叶中的锚固长度和其端部距墙板表面距离应符合本标准 6.4.4 条的规定。

**【条文说明】7.4.4** 预制夹心外挂墙板的内、外叶墙板厚度主要由建筑功能要求、连接件锚固构造要求，以及墙体抗火性能要求等因素决定。根据编制组完成的预制夹心外挂墙板及其连接件的受力性能试验和抗火性能试验结果，并参照国内外现有研究成果，制定了本条关于采用纤维增强复合材料（FRP）连接件的预制夹心外挂墙板的构造规定。

**7.4.6** 预制夹心外挂墙板的保温层厚度应符合本标准 6.4.5 条的规定。

## 8 生产与运输

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 预制夹心外墙板生产企业应建立完整的质量、职业健康安全与环境管理体系，生产设施和设备应符合预制构件生产的质量保证要求，并应具备必要的原材料、半成品和成品试验检验能力。

**8.1.2** 预制夹心外墙板制作前，应对其技术要求和质量标准进行技术交底，并根据预制夹心外墙板的构造形式制定生产方案；生产方案应包括生产工艺、模具方案、生产计划、技术质量控制措施、存放及运输方案等。

### 8.2 制作

**8.2.1** 原材料应有产品质量证明文件，并应符合相关标准要求。

**8.2.2** 预制夹心外墙板生产单位应对保温板、灌浆套筒和接头工艺进行检验，检验合格后方可使用。

**1** 同厂家、同品种、同规格保温板每  $5000\text{m}^2$  为一个检验批，检验项目应包括厚度、干密度、抗压强度、体积吸水率、导热系数和燃烧性能等级，检验结果应符合设计和相关标准的要求。

**2** 灌浆套筒和接头工艺检验应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T398 和现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 及有关标准的规定。

**8.2.3** 预制夹心外墙板生产单位应对混凝土及连接件的抗拔承载力和抗剪承载力进行检验，检验合格后方可使用。

**1** 同一配比混凝土不超过  $100\text{m}^3$  为一个检验批，同一配比混凝土每工作班拌制不足  $100\text{m}^3$  也为一个检验批。按批取样检验混凝土抗压强度，检验结果应符合设计要求。

**2** 同厂家、同品种、同规格连接件以预制夹心外墙板面积每  $10000\text{m}^2$  为一个检验批，按批抽取连接件锚入混凝土后与墙板同条件养护，由具备相关资质的机构检测试件的抗拔承载力和抗剪承载力。不锈钢连接件抗拔承载力和抗剪承载力检验结果应符合本标准第 4.4.2 条第 3 款的规定；纤维增强复合材料（FRP）连接件抗拔承载力和抗剪承载力检验结果应符合本标准第 4.4.3 条第 4 款的规定。

**【条文说明】8.2.2~8.2.3** 保温板质量影响预制夹心外墙板的热工性能，混凝土强

度、连接件的抗拔及抗剪承载力、灌浆套筒和接头工艺质量影响预制夹心外墙板的安全性能。因此在预制夹心外墙板制作前应对保温板、混凝土、连接件的抗拔及抗剪承载力、灌浆套筒和接头工艺进行检验。

灌浆套筒应在预制夹心剪力墙板生产前通过接头工艺检验确定现场灌浆施工的可行性，发现灌浆工艺存在的问题并及时进行改进，确保灌浆接头满足相关标准及结构安全性的要求。

**8.2.4** 预制夹心外挂墙板和预制实心夹心剪力墙板制作可采用一次成型工艺或二次成型工艺，主要步骤应符合下列规定：

- 1 采用一次成型工艺，应先浇筑外叶墙板混凝土，随即安装保温板和连接件，最后浇筑内叶墙板混凝土。
- 2 采用二次成型工艺，应先浇筑外叶墙板混凝土，随即安装连接件，待外叶墙板混凝土强度达到设计强度的 40%以上时，拆模后再铺装保温板，浇筑内叶墙板混凝土，其他要求和一次成型工艺相同。
- 3 当采用纤维增强塑料（FRP）连接件一次成型工艺时，连接件安装和内叶墙板混凝土浇筑应在外叶墙板混凝土初凝前完成。
- 4 当预制夹心外挂墙板采用混凝土和发泡橡塑封边时，应先浇筑外叶墙板，铺设保温板，在封边部位铺设发泡橡塑，放置内叶墙板钢筋笼，再浇筑内叶墙板混凝土成型。预制实心夹心剪力墙板顶边与现浇混凝土结合部位的发泡橡塑应后贴。
- 5 当预制夹心外墙板采用不燃保温板封边时，应先浇筑外叶墙板，铺设保温板，在封边部位铺设不燃保温板，放置内叶墙板钢筋笼，再浇筑内叶墙板混凝土成型。

**【条文说明】8.2.4** 预制夹心外挂墙板和预制实心夹心剪力墙板一般分平板、转角（直角、斜角）板，对于平板和直角转角板可采用一次成型工艺，对于斜角转角板较难采用一次成型工艺，一般采用二次成型工艺。二次成型工艺中为避免浇筑内叶墙板混凝土时，连接件受到振动导致其与外叶墙板混凝土的锚固力降低，因此强调在铺装保温板和浇筑内叶墙板混凝土前外叶墙板混凝土强度达到设计强度的 40%以上。

采用纤维增强塑料（FRP）连接件一次成型工艺时，对浇捣时间进行要求是为了确保纤维增强塑料（FRP）连接件的锚固性能。同时应控制混凝土浇筑前的坍落度，并应根据气温、成型时间等因素，调节混凝土初凝时间，保证混凝土在

整个墙板制作过程中具有一定流动性。

**8.2.5** 双面叠合夹心剪力墙板的制作宜采用二次成型工艺，主要步骤应符合下列规定：

1 采用纤维增强复合材料（FRP）连接件时，先在“模台一”上浇筑外叶墙板混凝土，振捣，随即铺设保温板，安装连接件，待外叶墙板混凝土强度达到设计强度的40%以上时，绑扎放置内叶墙板钢筋笼。

1 采用桁架式不锈钢连接件时，先在“模台一”上放置桁架式不锈钢连接件，浇筑外叶墙板混凝土，振捣，随即铺设保温板，待外叶墙板混凝土强度达到设计强度的40%以上时，绑扎放置内叶墙板钢筋笼。

3 当双面叠合夹心剪力墙板采用混凝土和发泡橡塑封边时，应在封边部位铺设发泡橡塑；当采用不燃保温材料封边时，应在封边部位铺设不燃保温材料。

4 在“模台二”上浇筑内叶墙板混凝土。通过翻转设备，将“模台一”上的外叶墙板翻转180度后，使连接件与内叶墙板钢筋笼扣入“模台二”上的内叶墙板混凝土，振捣养护成型。

**【条文说明】8.2.5** 双面叠合夹心保温剪力墙板由内、外叶墙板叠合而成，一般采用二次成型工艺。

由于二次成型工艺需要两个模台协同生产，本条中“模台一”和“模台二”指两个生产用模台。

采用桁架式不锈钢连接件时，桁架式不锈钢连接件弦筋应与外叶板钢筋绑扎固定，因此需要在外叶板混凝土浇筑前放置桁架式不锈钢连接件。为了方便内叶墙板钢筋笼的绑扎放置，同时避免绑扎放置内叶墙板钢筋笼对连接件锚固性能的影响，强调在绑扎放置内叶墙板钢筋笼前外叶墙板混凝土强度达到设计强度的40%以上。

在“模台一”外叶墙板翻转180度前，应确保内叶墙板钢筋笼的连接固定，将连接件和内叶墙板钢筋笼扣入“模台二”时，应采用限位措施，控制墙板厚度，避免扣入过深或过浅导致尺寸偏差。

**8.2.6** 制作预制夹心外墙板时，应在边模处设置外叶墙板混凝土、保温板、内叶墙板混凝土的厚度标记。铺装保温板前，宜使用振动平台或振动拖板等工具使混凝土表面呈平整状态。

**【条文说明】8.2.6** 在预制夹心外墙板成型过程中，在边模处设置外叶墙板混凝土、保温板和内叶墙板混凝土的厚度标记是为了确保外叶墙板混凝土、保温板和内叶墙板混凝土厚度满足设计要求；铺装保温板前，使用振动拖板等工具是为了保证混凝土表面呈平整状态，有利于保温板和外叶墙板混凝土紧贴。

**8.2.7** 应按设计图纸和制作要求，确认连接件和保温板满足要求后，方可安放连接件和铺装保温板。连接件的安装应按设计和产品说明书要求进行。保温板铺装应紧密排列，保温板拼缝不宜大于 3mm。

**【条文说明】8.2.7** 连接件与混凝土的锚固性能是影响预制夹心外墙板安全性能的重要因素之一。为了保证连接件的安装质量，在墙板制作过程中连接件应按设计和产品说明书要求进行。

若保温板拼缝过大，混凝土容易进入保温层形成冷热桥。因此当保温板拼缝大于 3mm 时，建议在拼缝处粘贴宽胶带或注入发泡聚氨酯来避免混凝土进入保温板缝隙。

**8.2.8** 保温板铺装完成后，应安放并固定上层钢筋，进行内叶墙板混凝土的浇筑，浇筑时应避免振动器触及保温板和连接件。

**8.2.9** 上层钢筋宜采用垫块或垫块与吊挂结合方式确保钢筋保护层满足设计要求。钢筋保护层垫块应避开连接件安装部位。

**【条文说明】8.2.9** 因保温板承载能力有限，对上层钢筋笼可采用垫块与吊挂结合形式来确保钢筋保护层厚度。

**8.2.10** 预制夹心外墙板养护应符合下列规定：

- 1 应根据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及时覆盖保湿，脱模前不得揭开。
- 3 涂刷养护剂应在混凝土终凝后进行。
- 4 加热养护制度应通过试验确定，并采用加热养护温度自动控制装置。墙板浇筑完毕通常在常温下预养护 2h~6h，升、降温速度不宜超过 20℃/h，最高养护温度不宜大于 60℃。预制夹心外墙板脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25℃。

## 8.3 检验

**8.3.1** 预制夹心外墙板的外观质量缺陷根据其影响结构性能、安装和使用功能的

严重程度划分为严重缺陷和一般缺陷，见表 8.3.1。预制夹心外墙板出模后应及时对其外观质量进行全数目测检查。预制夹心外墙板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。

**表 8.3.1 预制夹心外墙板外观质量缺陷**

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	墙板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	墙板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	墙板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	墙板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	墙板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	墙板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	墙板连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接件松动，插筋严重锈蚀、弯曲，灌浆套筒堵塞、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墙板内有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他墙板有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	墙板表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	具有重要装饰效果的清水混凝土墙板有外表缺陷	其他墙板有不影响使用功能的外表缺陷

**8.3.2 预制夹心外墙板的外形尺寸允许偏差及预埋件、预留插筋、预留孔（洞）、键槽、灌浆套筒及连接钢筋、门窗工程的位置允许偏差和检验方法应符合表 8.3.2 的规定。预制夹心外墙板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。**

**表 8.3.2 预制夹心外墙板尺寸允许偏差及检验方法**

项	检查项目	允许偏差	检验方法
---	------	------	------

次			(mm)		
1	高度	内叶墙板	±4	用量程不低于墙板高度的量具沿高度方向测量墙板两端及中间部, 取其偏差绝对值较大值	
		外叶墙板	±2		
2	宽度		±3	用量程不低于墙板宽度的量具沿宽度方向测量墙板两端及中间部, 取其偏差绝对值较大值	
3	厚度		±2	用尺量墙板四角和四边中部位置共8处, 取其偏差绝对值较大值	
4	板正面对角线差		4	在墙板表面, 用尺量测两对角线的长度, 取其绝对值的差值	
5	板正面翘曲		L/1500	对角拉线测量交点间距离值的2倍	
6	板侧面侧向弯曲		2	拉线, 用钢尺量最大弯曲处	
7	板正面面弯		L/1500	拉线, 钢尺检查	
8	表面平整度	内表面	4	用2m靠尺安放在墙板表面, 用楔形塞尺量测靠尺与表面间的最大缝隙	
		外表面	2		
9	内外叶板错位		10	靠尺安放在墙板侧端面上, 用钢尺量测错位尺寸偏差绝对值较大值	
10	门窗洞口	中心线位置	5	用尺量测纵横两个方向中心线位置, 取其较大值	
		宽度、高度	±3		用尺量
11	预埋钢板	中心线位置	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其较大值	
		与混凝土平面高差	0, -3		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
12	吊环、木砖	中心线位置	10	用尺量测纵横两个方向中心线位置, 取其较大值	
		与混凝土平面高差	0, -10		用尺量
13	预埋螺栓	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向中心线位置, 取其较大值	
		外露长度	+10, -5		用尺量
14	预埋套筒、螺母	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向中心线位置, 取其较大值	
		平面高差	0, -5		用尺量
15	连接件	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向中心线位置, 取其较大值	
		与混凝土面平整度	3		用尺量
		安装垂直度	1/40		拉水平线、竖直线测量两端差值
16	预留	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向中心线位置,	

	插筋			取其较大值
		外露长度	±5	用尺量
17	预留孔 (洞)	中心线位置	5	用尺量测纵横两个方向中心线位置，取其较大值
		尺寸、深度	±5	用尺量
18	键槽	中心线位置	5	用尺量测纵横两个方向中心线位置，取其较大值
		长度、宽度、深度	±5	用尺量
19	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中心线位置，取其较大值
		安装垂直度	3	拉水平线，竖直线测量两端差值
		连接钢筋中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向中心线位置，取其较大值
		连接钢筋外露长度	+10, 0	用尺量
20	螺栓连接	螺栓连接器中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向中心线位置，取其较大值
		预埋螺栓中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向中心线位置，取其较大值
		预埋螺栓外露长度	+10, 0	用尺量
21	门窗工程	门窗框位置	2	用尺量
		门窗框对角线	±2	
		门窗框平整度	2	
注：L为墙板长度				

**8.3.3** 预制夹心外墙板的预埋件、预留插筋、预留孔、预留洞的规格和数量应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察和量测。

**8.3.4** 预制夹心外墙板的粗糙面的质量及键槽的数量应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

**8.3.5** 预制夹心外墙板采用的连接件类别、数量、使用位置及性能应满足设计要求。

检查数量：按同一工程、同一工艺的预制夹心外墙板分批抽样检验。

检验方法：检查试验报告单、质量证明文件及隐蔽工程检查记录。

**8.3.6** 预制夹心外墙板采用的保温材料类别、厚度、位置及性能应满足设计要求。

检查数量：按批检查。

检验方法：观察、量测，检查保温材料质量证明文件及检验报告。

8.3.7 预制夹心外墙板检查合格后，应在墙板表面上设置标识，标识内容包括墙板型号、生产日期、生产单位、质量验收标志等信息。

## 8.4 存放和运输

8.4.1 预制夹心外墙板的存放和运输应满足现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土结构预制构件制作与质量检验规程》DGJ08-2069 和有关标准的规定。

8.4.2 预制夹心外墙板宜采用插放架或靠放架直立存放与运输。存放时应合理设置垫块位置，确保预制夹心外墙板的受力部位在主体墙板上。门窗洞口等薄弱部位应采取防止变形开裂的临时加固措施。插放架或靠放架应通过计算确定并应具有足够的强度、刚度和稳定性，支垫应稳固。

**【条文说明】8.4.2** 预制夹心外墙板的主体墙板为主要受力部位，如果存放和运输时垫块设置不当，容易导致墙板开裂或连接件受损。

8.4.3 预制夹心外墙板在存放和运输过程中应采取遮挡防雨措施。

**【条文说明】8.4.3** 预制夹心外墙板在存放和运输过程中应采取覆盖塑料膜或油布等防雨措施，其目的是为了控制预制夹心外墙板中混凝土和保温材料的含水率，避免预制夹心外墙板在使用过程中产生干燥收缩开裂以及保证墙板的热工性能。

# 9 安装

## 9.1 一般规定

9.1.1 预制夹心外墙板安装施工前应制定专项施工方案，专项方案应包括墙板起吊安装的安全性验算、临时支撑形式及安全性验算、墙板保护方案、墙板安装顺序、连接节点、防水措施、安装质量管理及安全防护措施等。

**【条文说明】9.1.1** 专项施工方案应详细考虑预制夹心外墙板安装施工中的各项技术细节。通过预制夹心外墙板起吊安装、临时支撑的安全性验算和安全防护措施确保施工过程的安全；通过安装顺序控制及连接节点的高质量施工确保结构的安全；通过预制夹心外墙板保护方案、防水措施、安装质量管理确保使用性能满足要求。

**9.1.2** 施工单位应根据预制夹心外墙板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、施工作业人员进行专项质量安全技术交底。

**9.1.3** 预制夹心外墙板经检查满足进场要求后，应采取相应措施防止墙板在堆放、起吊、安装等施工全过程中发生损伤或污染。

**【条文说明】9.1.3** 预制夹心外墙板进场后的成品保护是确保现场施工安全、顺利进行的重要措施，应予以重视。

**9.1.4** 预制夹心外墙板安装过程中，吊索与水平面所成夹角不宜小于 $60^\circ$ ，且不应小于 $45^\circ$ ，并应保证吊机主钩位置、吊具及墙板重心在竖直方向重合；当墙板尺寸较大或形状较复杂时，宜采用具有分配梁的吊具。

**【条文说明】9.1.4** 吊索与水平面的夹角较小时，吊索在吊点处产生较大的水平分力，易造成吊装埋件或混凝土破坏，从而导致安全事故，或造成裂缝及其他缺陷，影响后期施工及使用；吊机主钩、吊具、墙板重心在竖直方向重合，有利于预制夹心外墙板空间位置与角度的调整及墙板就位。

**9.1.5** 预制夹心外墙板安装过程中应根据墙板表面和作业面所弹控制线校正位置，安装就位后应及时采取临时固定措施。墙板与吊具的分离应在校准定位及临时固定措施安装完成后进行。临时固定措施的拆除应在结构能够达到后续施工承载要求后进行。

**9.1.6** 预制夹心外墙板吊运时，行走路径范围应设置隔离警戒，安排专人看护，区域内严禁站人。墙板吊装时，必须至少安排两个信号工与吊车司机沟通。起吊时应以堆放场地信号工的发令为准；安装时应以作业面信号工的发令为准。

**【条文说明】9.1.6** 吊车司机一般距堆放场地或作业面距离较远，受角度及各种障碍物影响，不易观察预制夹心外墙板起吊及安装过程中的各种情况，为避免发生安全事故，信号工应及时、准确地发出指令。

9.1.7 预制夹心外墙板安装施工前，宜选择有代表性的单元进行墙板试安装，并根据试安装结果及时调整完善施工方案和施工工艺。预制夹心外墙板的施工宜建立首层验收制度，待首层验收合格后方可进行后续施工。

**【条文说明】9.1.7** 预制夹心外墙板安装施工质量要求高。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，保证预制夹心外墙板施工质量，并不断摸索和积累经验，应通过试安装进行验证性试验。根据预制夹心外墙板试安装施工过程中发现的问题，及时调整安装工艺和技术质量控制措施。预制夹心外墙板的试安装应特别重视墙板安装精度及调节工艺、外饰面保护、板缝密封胶施工等环节。预制夹心外墙板完成试安装后，应对首层安装墙板进行验收，建立首层验收制度。

9.1.8 预制夹心外墙板安装过程中应按照现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59、《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 和上海市工程建设规范《现场施工安全生产管理规范》DGJ08-903 等安全、职业健康和环境保护的有关规定执行。

## 9.2 安装准备

9.2.1 施工前，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，并应有排水措施。
- 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。
- 3 预制夹心外墙板运送到施工现场后，应按规格、品种、使用部位、吊装顺序分别设置存放场地。场地应设置在吊车的有效起重范围内，并应在堆垛之间设置通道。
- 4 预制夹心外墙板装卸、吊装工作范围内不应有障碍物，并应有满足预制夹心外墙板周转使用的场地。
- 5 预制夹心外墙板应存放在保证安全、利于保护，便于检验、易于吊运的专用存放架内，存放架应具有足够抗倾覆稳定性能。

9.2.2 预制夹心外墙板安装施工前，应核对已施工完成结构的混凝土强度、外观质量、尺寸偏差等内容，核对要求应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 和本标准的相关规定。

**【条文说明】9.2.2** 已施工完成结构的质量对后续施工及预制构件安装的安全性、

精确度及整体施工质量有重要影响，应严格执行相关标准的要求。

**9.2.3** 预制夹心外墙板安装施工前，应进行如下准备工作：

1 应将安装部位清理干净，并应在已施工完成的结构和墙板上进行测量放线，设置墙板安装定位标识。楼层纵、横控制线和标高控制点应由底层原始点向上引测，墙板的标高、水平位置、垂直度，宜根据标示的控制线使用配套工具进行调节。施工测量应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的要求。

2 应复核墙板装配位置、节点连接构造、临时支撑方案等。

3 应复核吊装设备及吊具处于安全操作状态。

4 应核实现场环境、天气、道路状况等是否满足吊装施工要求；遇到雨、雪、雾天气，或者风力大于 5 级时，不得进行墙板的吊装。

5 宜在墙板上引出缆风绳，通过缆风绳引导墙板安装就位。

**【条文说明】9.2.3** 为确保预制夹心外墙板的安装精度满足规范及设计的要求，提高安装效率，有必要在已完成的结构作业面测量放线，包括水平定位线、标高线、辅助定位线等，在预制夹心外墙板表面也应弹出相应的控制线，安装时将预制夹心外墙板表面弹线与作业面相应弹线对齐以使预制夹心外墙板安装精度满足要求。预制夹心外墙板装配位置、节点连接构造、临时支撑方案等应在施工专项方案中列出，并在施工前进行复核，确保施工能够顺利进行。吊装设备、吊具等关系到施工的安全，应予以重视。当现场环境、道路情况、天气等不满足吊装施工要求时，不得强行进行吊装作业；当风力较大时，吊装作业存在巨大安全隐患，也不得进行吊装。

### 9.3 预制夹心剪力墙板安装

**9.3.1** 预制夹心剪力墙板安装施工前，应针对作业面被连接竖向钢筋和墙板内灌浆套筒进行重点检查：

1 套筒的规格、位置、数量、深度等；当套筒内或灌浆孔、溢浆孔内有杂物或混凝土浆时，应清理干净。

2 作业面被连接钢筋的规格、数量、位置、长度、垂直度等；当被连接钢筋倾斜时，应进行校直，必要时可采用专用钢筋定位器以提高效率和精度。

3 被连接钢筋与套筒中心位置的偏差值，应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的规定。

**【条文说明】9.3.1**为确保预制夹心剪力墙板就位时被连接钢筋能够顺利进入到套筒内，应仔细检查钢筋与套筒的位置及对中情况、钢筋的长度、钢筋的垂直度、套筒的深度、套筒内是否有杂物等；预制夹心剪力墙板是结构的受力构件，其竖向钢筋连接须达到I级接头水平，故对套筒及钢筋的检查应严格要求。

**9.3.2** 预制夹心剪力墙板的吊装施工应符合下列规定：

- 1 吊装使用的起重设备应按施工方案配置到位，并应经检验验收合格。
- 2 墙板竖向起吊点不应少于 2 个，宜将内外叶墙板的吊点连接为一个吊点进行起吊。
- 3 正式吊装作业前，应先试吊，确认可靠后，方可进行作业。
- 4 墙板在吊运过程中应保持平衡、稳定，吊具受力应均衡。吊装时应采用慢起、快升、缓放的操作方式，应先将墙板吊起离地面 200mm~300mm，将墙板调平后再快速平稳地吊至安装部位上方，应由上而下缓慢落下就位。
- 5 墙板吊装时，起吊、回转、就位与调整各阶段应有可靠的操作与防护措施，以防墙板发生碰撞扭转与变形。
- 6 墙板吊装时，应对墙板边角、预留凹槽、密封条等部位采取保护措施，缺棱掉角及损伤处应在吊装就位前进行修复。
- 7 墙板吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施。
- 8 墙板底部应设置可调节墙板拼缝宽度、底部标高的硬质垫块或调节标高的螺栓。

**【条文说明】9.3.2**预制夹心剪力墙板吊运、安装的施工方案应结合设计要求；吊点位置、吊具设计、吊运方法及顺序、临时固定方法，应根据设计计算及安装施工方案确定。

**9.3.3** 预制夹心剪力墙板安装过程中的临时固定措施应符合下列规定：

- 1 墙板的临时固定应采用临时支撑形式，每块墙板的临时支撑不应少于 2 道，间距不宜大于 4m，每道临时支撑由上部支撑及下部支撑组成。
- 2 墙板上部支撑的支撑点至墙板底部的距离不宜小于墙板高度的 2/3，且不应小于墙板高度的 1/2。
- 3 墙板上部支撑与水平面的夹角一般为 45°~60°，应经承载能力及稳定性验算选择合适的规格。

4 支撑杆端部与墙板或地面预埋件的连接应选择便捷、牢固、既可承受拉力又可承受压力的连接形式。

5 墙板安装就位后，可通过临时支撑微调墙板的平面位置及垂直度。

6 墙板临时固定措施的拆除应在墙板与结构可靠连接，且确保装配式混凝土结构达到后续施工承载要求进行。

**【条文说明】9.3.3** 墙板临时支撑是墙板组成结构、参与结构受力之前的临时固定措施，既用于承受墙板在安装及后续施工过程中收到的施工荷载、风荷载等水平荷载作用，限制墙板水平位移及垂直度偏移，又用于墙板就位时位置的精确调整。对于预制夹心剪力墙板，应设置至少2道临时支撑，并经过受力验算后选择规格型号；由于预制夹心剪力墙板安装就位后可能受到的水平荷载包括施工荷载、风荷载等，其合力方向既可能使临时支撑承受压力，也可能使临时支撑承受拉力，故应选择能够同时承受压力和拉力的接头形式，且对接头的受力性能及预埋件的强度进行验算。

**9.3.4** 钢筋连接灌浆套筒内注入高强灌浆料的作业时间，应根据施工组织制定；当预制夹心剪力墙板安装就位且调整位置后即行灌浆的，应确保灌浆料同条件养护试件抗压强度达到  $35\text{N/mm}^2$  后，方可进行对接头有扰动的后续施工；灌浆作业滞后于结构施工作业层的，临时固定措施的拆除应在灌浆料抗压强度能确保结构达到后续施工承载要求进行。

**【条文说明】9.3.4** 钢筋连接灌浆套筒内灌浆的时间有两种选择：预制夹心剪力墙板安装后即行灌浆、灌浆作业滞后于结构施工作业层。两种灌浆时间各有优缺点，应根据实际需求及施工组织确定。

**9.3.5** 预制夹心剪力墙板宜采用连通腔灌浆，连通腔灌浆应符合下列规定：

1 应合理划分连通灌浆区域，每个区域内除预留灌浆孔、溢浆孔与排气孔外，应形成密闭空腔且不应漏浆。

2 连通灌浆区域内任意分仓长度不宜超过 1.5m。连通腔内预制夹心剪力墙板底部与下方已完成结构上表面的最小间隙不得小于 10mm。

3 钢筋连接灌浆套筒内灌浆作业前，应对接缝周围进行封堵，封堵措施应符合结合面承载力设计要求。

4 当采用分仓进行灌浆时，连通腔的封堵应具有一定的强度，能够承受灌浆

时的侧压力。当采用柔性材料封堵时应避免在灌浆压力作用下发生较大变形。

**【条文说明】9.3.5** 预制夹心剪力墙板的灌浆通常采用连通灌浆方式。根据行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ355 以及施工现场调研结果，本条规定了连通区域划分大小、连通区域内排气孔的设置、接缝周围的封堵规定。

**9.3.6** 预制夹心剪力墙板采用不连通腔灌浆方式时，应采用坐浆法施工，墙体就位前在下方已完成结构上表面铺摊座浆料并应修成斜面，座浆料上表面应高于预制夹心剪力墙板底部设计标高 20mm 以上，座浆料最薄处的厚度不应小于 20mm，铺设后 30min 内应进行墙体安装。墙体安装时通过挤压座浆料将接缝封堵密实，使套筒分隔为独立区域，灌浆套筒应各自独立灌浆。

**【条文说明】9.3.6** 当预制夹心剪力墙板的灌浆采用各自独立灌浆时，应采用坐浆法施工封堵，本条规定了各自独立灌浆座浆料摊铺的规定。

**9.3.7** 预制夹心剪力墙板灌浆施工作业前应进行工艺检验，检验合格后方可进行灌浆作业。工艺检验应满足以下规定：

1 应模拟施工条件制作接头试件，每种规格钢筋应制作 3 个对中套筒灌浆连接接头试件，并应检查灌浆质量。

2 应制作尺寸为 40mm×40mm×160mm 的灌浆料试块不少于 1 组，应与连接接头试件共同在标准养护条件下养护 28d。

3 接头试件与灌浆料试块应按照现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的相关规定进行检验，检验结果应满足该规程的规定。

**【条文说明】9.3.7** 灌浆套筒与灌浆料应经型式检验合格后配套使用。本条规定的主要目的在于检验现场灌浆施工的工艺，验证现场灌浆工艺的可行性、发现现场灌浆工艺存在的问题并及时进行改进，确保灌浆接头满足相关标准的要求及结构安全性的要求。因此，当钢筋厂家或规格、灌浆施工队伍等发生变化时，应重新进行工艺检验。此外，本条规定的工艺检验是为施工现场服务，与相关标准规定的灌浆套筒埋入预制构件时进行的工艺检验须加以区分，不可随意合并或替代。

**9.3.8** 预制夹心剪力墙板灌浆施工应严格执行现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的相关规定。

**【条文说明】9.3.8** 灌浆套筒的灌浆施工作业是关系到装配式结构安全性的重要施工项，应严格执行行业标准的相关要求，包括灌浆料的检查、拌制工艺、使用时

间、使用温度、流动性检查、灌浆压力、灌浆工艺等。

**9.3.9** 双面叠合夹心剪力墙板空腔后浇混凝土的施工应符合下列规定：

1 后浇混凝土强度等级应符合设计文件要求且不宜低于预制部分混凝土强度等级，混凝土强度检查数量及检验方法应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

2 混凝土浇筑前，双面叠合夹心剪力墙板结合面应清理干净并洒水充分润湿，外叶板接缝处应在保温材料部位采取防止漏浆的措施，可采用弹性胶条压底封堵。

3 双面叠合夹心剪力墙板内叶墙板后浇混凝土应与现浇节点同时分层连续浇筑，分层浇筑高度不宜超过 1m。

4 后浇混凝土宜采用粗骨料粒径不大于 20mm 的混凝土，混凝土振捣宜采用直径为 30mm 的微型振捣棒。

**【条文说明】9.3.9**为保证双面叠合夹心剪力墙板空腔层后浇混凝土的浇筑质量，在浇筑后浇混凝土之前，墙板内表面及楼板表面应用水充分润湿，并进行分层连续浇筑，用规定等级及相应坍落度的混凝土均匀地按水平方向分层浇筑。根据工程经验，浇筑过程中混凝土的浇筑速度不宜过快，速度过快容易引起混凝土侧压力过大，导致双面叠合夹心剪力墙板出现涨模。当混凝土的浇筑速度超过上述规定时，需重新验算预制墙板承受的混凝土侧压力，并采取有效措施。

**9.3.10** 预制夹心剪力墙板的后浇混凝土部位钢筋施工，应避免和保护该区段的连接件，对位置、垂直度发生偏差的连接件应进行修复，严禁破坏连接件。

**9.3.11** 预制夹心剪力墙板的后浇混凝土部位施工，在混凝土浇筑前应进行隐蔽工程验收，验收内容应符合下列规定：

1 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距、形状等。

2 纵向受力钢筋的连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、采用机械连接时的螺纹套筒规格、连接质量等。

3 预埋件的规格、数量、位置。

4 预留管线、线盒等的规格、数量、位置及固定措施。

5 采用接驳式拉结件时，应检查拉结件的规格、数量、位置、长度等。

6 墙板连接件的规格、数量、位置、垂直度等。

7 墙板竖向拼缝防漏浆措施及连接区段保温板安装。

**【条文说明】9.3.11**后浇混凝土部位是装配式剪力墙结构形成整体受力体系的重要部位，其钢筋连接的质量影响到结构的受力，应严格按照设计施工。预埋件、管线、线盒等安装不到位或规格、数量不正确将造成施工困难、不满足使用功能等问题，应根据图纸严格检查验收。

**9.3.12** 预制夹心剪力墙板后浇混凝土部位的纵向受力钢筋，当采用 I 级接头连接时，其施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

**【条文说明】9.3.12**后浇混凝土部位的纵向受力钢筋，当采用I级接头时接头面积百分率可达到100%，故应严格按照现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定执行。

**9.3.13** 预制夹心剪力墙板的现浇混凝土节点施工应符合下列规定：

1 应清除墙板结合面的浮浆、松散骨料和污物并洒水湿润，不得粘有脱模剂和其他杂物。

2 现浇混凝土节点宜采用可重复周转使用的工具式模板支模，模板应具有足够的刚度和强度，且与墙板拼缝间应做相应处理，应采取技术措施保证现浇混凝土部分形状、尺寸、位置准确，不漏浆、不涨模。

3 现浇混凝土竖向节点高度较大时宜分层浇筑，振捣密实。

**【条文说明】9.3.13**现浇节点混凝土浇筑可能发生漏浆、涨模等情况，应在模板设计与安装时加以考虑。

**9.3.14** 预制夹心剪力墙板接缝防水施工应符合下列规定：

1 接缝内侧密封条粘贴前应先清理基层表面，并应涂刷专用胶粘剂进行粘结。密封条粘贴应在墙板吊装前完成，墙板吊装前应检查密封条粘贴的牢固性和完整性。

2 密封防水施工前，接缝处应清理干净，保持干燥，伸出外墙的管道、预埋件等应安装完毕。

3 接缝中应按设计要求填塞背衬材料，背衬材料与接缝两侧基层之间不得留有空隙，背衬材料嵌入接缝的深度应和密封胶厚度一致。

4 密封胶注胶应从下往上进行，注胶应饱满、均匀、顺直、密实，防水密封胶的注胶宽度、厚度应符合设计要求；表面应光滑，不应有裂缝。

5 十字缝处填注防水密封胶应连续，接缝处各 300mm 范围内注胶应一次施

工完成。打胶中断时应留好施工缝，新旧密封胶的搭接施工应符合产品施工工艺要求。

**【条文说明】9.3.14** 接缝防水施工是预制夹心外墙板安装施工过程中的关键工序，其质量直接影响到预制夹心外墙板的使用功能。墙边边缘凹槽和板缝空腔主要起到平衡内外空气压力，阻断外部水份渗透路径等作用，在墙板安装过程中应采取避免水泥浆料及其他杂质渗入板缝空腔中，防水施工前，应将板缝空腔清理干净。为提高预制夹心外墙板的气密性能，通常会在板缝内侧设置橡胶密封条。密封条应在墙板吊装之前粘贴在墙板侧面，粘贴前应对侧面混凝土进行清理，涂刷专用胶粘剂并压入。由于墙板安装完成后无法对密封条的粘贴质量进行检查，因此需在墙板吊装前检查密封条的粘贴牢固性和完整性。

接缝密封胶背衬材料主要起到控制密封胶厚度便于密封胶施工的作用，同时还能避免密封胶与接缝混凝土三面粘结。在背衬材料填塞过程中，应保持背衬材料在接缝中的深度与密封胶厚度一致，且背衬材料与两侧混凝土填充密实。墙板十字接缝处的密封胶受力变形复杂，施工质量控制难度大，易成为防水薄弱部位，在密封胶施工过程中，此处应一次施工完成，严格控制密封胶的施工质量。

**9.3.15** 接缝处排水管的安装应符合下列规定：

1 安装前应在排水管部位斜向上按设计角度设置背衬材料，背衬材料应内高外低，最内侧应与接缝中的密封条相接触。

2 排水管应顺背衬材料方向埋设，与两侧基层之间的间隙应用密封胶封严；排水管的上口应位于空腔的最低点。

3 应避免密封胶堵塞排水管。

**9.3.16** 预制夹心剪力墙板之间或预制夹心剪力墙板与现浇结构的连接应符合设计要求和现行有关标准的规定，采用焊接连接时应避免由于连续施焊引起连接部位混凝土开裂。

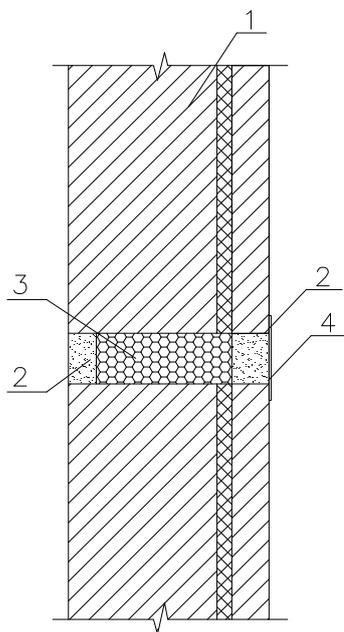
**9.3.17** 外围护架的连墙件固定时应避免在预制夹心剪力墙板上开洞。当不可避免时，应在预制夹心剪力墙板中预留孔洞，并应采用内叶剪力墙作为外围护架的附墙。

**【条文说明】9.3.17** 外围护架施工时，不应在预制夹心剪力墙板上临时开洞。当必要时，应根据设计要求在预制夹心剪力墙板工厂加工时预留螺栓孔洞。

**9.3.18** 预制夹心剪力墙板外围护架预留螺栓孔洞修补应符合下列规定：

- 1 螺栓孔及孔周边应清理干净，并清理露出墙面的 PVC 管。
- 2 施工前进行冲水湿润。
- 3 用 1:2 干硬性膨胀水泥砂浆从墙板外侧进行封堵密实，堵孔内深度应为 20mm~50mm，养护不应少于 1d。
- 4 从墙板内侧洞口由内至外应灌注聚氨酯发泡，应距洞口边缘 50mm，并应饱满均匀。
- 5 墙板内侧应用 1:2 干硬性膨胀水泥砂浆将 50mm 孔洞封堵密实，养护不应少于 1d。
- 6 外侧水泥砂浆干燥后，孔边缘外扩 50mm 的圆形应用防水涂料刷涂三遍，厚度应大于 1mm。

**【条文说明】9.3.18** 对于外围护架固定在墙体的预留螺栓孔直径一般不会超过 50mm，可按照普通穿墙螺栓孔封堵工艺，并兼顾考虑防水和保温等问题。本条规定了预制夹心剪力墙板的预留螺栓孔洞的修补措施。



1-预制夹心剪力墙板；2-1:2 干硬性膨胀水泥砂浆；3-聚氨酯发泡；4-防水材料；

**图 9.3.18 墙板预留孔洞封堵构造示意**

**9.3.19** 预制夹心外墙板密封防水施工严禁在雨天、雪天和 5 级以上大风天气施工，施工环境气温宜为 5℃~35℃。

**9.3.20** 预制夹心外墙板密封防水施工完成后应在外墙面做淋水、喷水试验，并观察外墙内侧墙体有无渗漏。

## 9.4 预制夹心外挂墙板安装

**9.4.1** 预制夹心外挂墙板的安装施工不应改变墙板的边界条件，安装后的墙板约束及受力状态应符合其计算模型。

**【条文说明】9.4.1** 预制夹心外挂墙板不参与结构整体受力计算，在设计时仅考虑自重、风荷载、地震荷载等，其约束条件及计算模型对墙板自身的受力状态、变形能力均有较高要求。在安装施工中，为使墙板进入设计位置且完成与主体结构的连接，一般需要通过临时固定组件对墙板进行临时固定，如临时固定组件改变了墙板的约束及受力状态，在墙板与主体结构的连接达到设计要求后，应移除临时固定组件。

**9.4.2** 预制夹心外挂墙板的施工测量除应符合现行国家标准《工程测量标准》GB50026 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 安装施工前，应测量放线，设置墙板安装定位标识。
- 2 外挂墙板测量应与主体结构测量相协调，外挂墙板应分配、消化主体结构偏差造成的影响，且外挂墙板的安装偏差不得积累。
- 3 应定期校核外挂墙板的安装定位基准。

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

**【条文说明】9.4.3** 预制夹心外挂墙板不能通过板缝进行传力，施工时要保证板的四周接缝不得混入硬质杂物。

**9.4.4** 线支承式预制夹心外挂墙板的安装应与主体结构施工同步，其标高调整、临时支撑、钢筋绑扎、节点连接等各项作业可按照本标准第 9.3 节相关规定执行。

**【条文说明】9.4.4** 线支承式预制夹心外挂墙板的安装施工与预制夹心剪力墙板相似，可参照相关规定执行。

**9.4.5** 点支承式预制夹心外挂墙板的安装滞后于主体结构施工，当主体结构外围护架尚未拆除且对预制夹心外挂墙板安装产生影响时，应采取安全防护措施，避免预制夹心外挂墙板安装过程中碰撞外围护架。

**【条文说明】9.4.5** 点支承式预制夹心外挂墙板，当安装过程中与外围护架相互影

响时，应做好安全防护措施。

**9.4.6** 点支承式预制夹心外挂墙板，与主体结构的连接应在结构中预先埋设连接件；预埋件的安装、固定应按照设计要求进行施工，且应在浇筑混凝土前进行预埋件规格、数量、位置的专项检查验收；主体结构拆模后应对连接件进行复查，对不满足设计要求的连接件应及时进行维修、加固、改造，并应经设计确认。

**【条文说明】9.4.6**点支承式预制夹心外挂墙板，通过连接件与主体结构连接。连接件预埋的准确性决定了墙板安装的效率及安全性。

**9.4.7** 点支承式预制夹心外挂墙板安装前应对主体结构连接部位的混凝土强度进行复核，满足设计要求后方可进行连接固定。

**【条文说明】9.4.7** 点支承式预制夹心外挂墙板，通过连接件与主体结构连接。连接件预埋部位的混凝土强度决定预制夹心外挂墙板固定的安全性。

## 10 质量验收

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 预制夹心外墙板工程质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《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、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411、现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355、现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土结构施工及质量验收标准》DGJ08-2117和《建筑节能工程施工质量验收规程》DGJ08-113的有关规定。

**【条文说明】10.1.1** 预制夹心外墙板工程质量验收除应符合本标准的要求外，尚应符合现行国家标准、行业标准和上海市标准的规定。

**10.1.2** 预制夹心外墙板安装工程质量验收时，应提供相关的设计文件。

### 10.2 构件验收

#### 主控项目

**10.2.1** 预制夹心外墙板进场时应检查出厂合格证和质量证明文件。

1 出厂合格证应包含下列内容：

- 1) 出厂合格证编号和预制夹心外墙板编号；
- 2) 预制夹心外墙板数量；
- 3) 预制夹心外墙板型号；
- 4) 预制夹心外墙板质量情况，包括外观质量、尺寸允许偏差和混凝土抗压强度；
- 5) 生产单位名称、生产日期、出厂日期；
- 6) 检验员签名或盖章，可用检验员代号表示。

2 质量证明文件应包含保温板、灌浆套筒及其接头的型式检验报告和连接件的检验报告。FRP连接件的检验报告应包含本标准第4.4.2条第1款和第3款的技术要求；不锈钢连接件的检验报告应包含本标准第4.4.3条的技术要求。

**【条文说明】10.2.1** 外观质量、尺寸允许偏差和混凝土抗压强度是简单且直观地反映预制夹心外墙板质量的基本指标，因此在出厂合格证上应包含这三个指标。保

保温板质量、灌浆套筒及其接头质量、连接件的材料性能及与混凝土的协同工作性能是影响预制夹心外墙板质量的重要因素。因此质量证明文件应包含保温板、灌浆套筒及其接头、连接件的相关检验报告。

**10.2.2** 预制夹心外墙板进场时应检查墙板封边情况：当采用混凝土和发泡橡塑封边时，应检查密封胶填缝是否饱满密实；当采用不燃材料保温板进行封边时，应检查不燃材料保温板有无脱落。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察。

**10.2.3** 预制夹心外墙板进场时应对其硬化混凝土中的氯离子含量进行检验，其含量应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

检验数量：同一单位工程、同一强度等级、同一生产单位的预制夹心外墙板混凝土方量小于 $1500\text{m}^3$ 的，应至少检验2次；大于 $1500\text{m}^3$ 、小于 $5000\text{m}^3$ 的，应至少检验4次；大于 $5000\text{m}^3$ 的，应至少检验6次。

检验方法：检查混凝土氯离子含量检测报告。

**10.2.4** 预制夹心外墙板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。

检查方法：观察、尺量；检查处理记录。

**【条文说明】10.2.4** 预制夹心外墙板外观质量的严重缺陷按本标准中的表 8.3.1 进行判断。对于出现外观质量严重缺陷、影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差、以及连接件类别、数量和位置不符合设计要求等情形应作退场处理。如经设计同意可以进行修理使用，则应制定处理方案并获得监理确认，预制夹心外墙板生产单位应按技术处理方案处理，处理后应重新验收。

**10.2.5** 预制夹心外墙板上的预埋件、预留插筋、预埋管线等的规格和数量以及预留孔、预留洞的数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，尺量。

**【条文说明】10.2.5** 预制夹心外墙板的预埋件和预留孔洞等应在进场时按设计要求检查，合格后方可使用，避免在构件安装时发现问题造成不必要的损失。

**10.2.6**预制夹心外墙板进场时应对其主要受力钢筋数量、间距、保护层厚度及混凝土强度进行实体检验。

检查数量：以同一钢种、同一混凝土强度等级、同一生产工艺和同一结构形式的预制夹心外墙板不超过1000块为一批，每批随机抽取墙板数量的2%且不少于5块进行检验。

检验方法：随机抽样，核查复验报告。

### 一般项目

**10.2.7**预制夹心外墙板表面应有标识，标识应清晰可靠。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或通过芯片、二维码读取。

**【条文说明】10.2.7**本条规定预制夹心外墙板表面的标识清晰、可靠，以确保能够识别预制夹心外墙板的“身份”，并可追溯在施工全过程中发生的质量问题。如有必要，尚需通过约定标识表示墙板在结构中安装的位置和方向、吊运过程中的朝向等。为鼓励技术发展，也可以采用内置芯片或在表面制作二维码的方式，预制夹心外墙板的所有信息均在芯片或二维码中记录。

**10.2.8**预制夹心外墙板的外观质量不应有一般缺陷，对出现的一般缺陷应要求墙板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。

**【条文说明】10.2.8**预制夹心外墙外观质量的一般缺陷按本标准中的表8.3.1进行判断。

**10.2.9**预制夹心外墙板粗糙面的处理方式和键槽数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，量测。

**10.2.10**带有饰面的预制夹心外墙板的外观质量应符合设计要求或国家现行有关标准的规定。

检查数量：按批检查。

检验方法：观察或轻击检查；与样板比对。

**【条文说明】10.2.10**预制夹心外墙板的装饰外观质量应在进场时按设计要求进行

检验，合格后方可使用。如果出现偏差情况，应和设计协商相应处理方案。如设计不同意处理，应作退场报废处理。

### 10.3 安装验收

#### 主控项目

**10.3.1** 预制夹心外墙板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，检查施工方案、施工记录或设计文件。

**10.3.2** 预制夹心剪力墙板竖向拼接处采用后浇混凝土连接时，后浇混凝土的强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验，检验批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 的有关要求。

检验方法：检查混凝土强度复验报告。

**【条文说明】10.3.2** 连接部位的后浇混凝土与现浇结构同时浇筑时，可以合并验收。对有特殊要求的后浇混凝土应单独制作试块进行检验评定。

**10.3.3** 预制夹心剪力墙板钢筋套筒灌浆连接及浆锚搭接连接用的灌浆料强度应符合国家现行有关标准的规定及设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班应制作 1 组且每层不应少于 3 组 40mm×40mm×160mm 的长方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查灌浆料强度试验报告及评定记录。

**10.3.4** 预制夹心剪力墙板钢筋套筒灌浆施工过程中所有出浆口均应平稳连续出浆。灌浆完成后灌浆套筒内灌浆料应密实饱满，并应进行灌浆质量实体检验。

检查数量：外观全数检查。对灌浆饱满性进行实体抽检，现浇与预制转换层应抽取预制夹心剪力墙板不少于 5 块，且灌浆套筒不少于 15 个；其他楼层每层应在 3 块预制夹心剪力墙板上随机抽取不少于 3 个套筒；每个灌浆套筒应在出浆口处检查 1 个点。

检验方法：观察；检查灌浆施工记录、灌浆施工质量检查记录、影像资料、套筒灌浆饱满性检测记录。灌浆质量按现行上海市工程建设规范《装配整体式混

凝土建筑检测技术标准》DG/TJ 08-2252 进行检测。

**【条文说明】10.3.3~10.3.4** 钢筋套筒灌浆连接和浆锚搭接连接是装配式混凝土结构的重要连接方式，灌浆料强度和灌浆质量是影响连接接头受力性能的关键，应严格控制。对于现浇与预制转换层，灌浆质量存在质量隐患的可能性较大，故应在不少于 5 个预制夹心剪力墙板上随机抽取 15 个套筒，采用可靠方法进行灌浆饱满性实体抽检；后续施工时，每层应在 3 个预制夹心剪力墙板上随机抽取不少于 3 个套筒采用可靠方法进行灌浆饱满性实体抽检。

**10.3.5** 双面叠合夹心剪力墙板的内叶墙板后浇混凝土应浇捣密实，养护充分，其强度应达到设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

检查数量：实体抽检，每层随机抽取不少于 3 片双面叠合夹心剪力墙板。

检查方法：按现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土建筑检测技术标准》DG/TJ 08-2252 进行检测。检查检测报告。

**10.3.6** 预制实心夹心剪力墙板底部接缝封浆料或座浆料强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班同一配合比应制作 1 组且每层不应少于 3 组 40mm×40mm×160mm 的试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查封浆料或座浆料强度试验报告及评定记录。

**【条文说明】10.3.6** 预制夹心剪力墙板底部接缝采用座浆料连接时，如果希望座浆料满足竖向传力要求，则应对座浆料的强度提出明确的设计要求。施工时应采取措施确保座浆料在接缝部位饱满密实，并加强养护。座浆料强度试件应在（20±1）℃的养护水中进行标准养护。

**10.3.7** 当对预制夹心外墙板底部接缝灌浆质量有怀疑时，可按现行上海市工程建设规范《装配整体式混凝土建筑检测技术标准》DG/TJ 08-2252 采用超声法进行检测，必要时可采用局部破损法进行验证。

**10.3.8** 预制夹心叠合剪力墙板内叶墙板底部水平拼缝处的混凝土应浇捣密实，养护充分，其强度应达到设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查标准养护龄期 28d 试块报告及施工记录。

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

检查数量：应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

检验方法：检查钢筋机械连接施工记录及平行试件的强度试验报告。

**10.3.10** 钢筋采用焊接连接时，其焊缝的接头质量应满足设计要求，并应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检查数量：应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检验方法：检查钢筋焊接接头检验批质量验收记录。

**10.3.11** 预制夹心外墙板采用型钢焊接连接时，型钢焊缝的接头质量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：型钢焊接质量按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求进行检验；检查型钢焊接接头检验批质量验收记录。

**10.3.12** 预制夹心外墙板采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：螺栓连接质量按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的要求进行检验；检查螺栓连接检验批质量验收记录。

**10.3.13** 预制夹心外墙板采用钢筋搭接连接时，搭接钢筋的规格、搭接长度、间距应符合设计要求，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和现行上海市工程建设规范《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》DG/TJ 08-2266 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

**10.3.14** 预制夹心外墙板安装后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。

**10.3.15** 预制夹心外墙板接缝用密封胶性能、规格等应符合设计和本标准的技术要求。进场后应见证取样进行复验。复验项目包括下垂度、表干时间、挤出性（适用期）、弹性恢复率、拉伸模量、定伸粘结性、浸水后定伸粘结性、质量损失。

检验数量：同一厂家、同一品种、同一型号、同一级别的产品每5t为一批进行检验，不足5t也作为一批。

检验方法：核查质量证明文件（产品合格证、型式检验报告等），检查复验报告。

**10.3.16** 预制夹心外墙板接缝施工完成后，应对外墙板接缝的防水性能进行现场淋水试验，检测方法应按现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086执行。

检验数量：按批检验。每 1000m<sup>2</sup> 外墙（含窗）面积应划分为一个检验批，不足 1000m<sup>2</sup> 时也应划分为一个检验批；每个检验批每 100m<sup>2</sup> 应至少抽查一处，抽查部位应为相邻两层 4 块墙板形成的水平和竖向十字接缝区域，面积不得少于 10m<sup>2</sup>。

检验方法：检查现场淋水试验报告。

**【条文说明】10.3.16** 装配式混凝土结构的墙板接缝施工质量是保证装配式外墙防水性能的关键，施工时应按设计要求进行选材和施工，并采取严格的检验验证措施。

外墙板接缝的现场淋水试验应在精装修进场前完成，某处淋水试验结束后，若背水面存在渗漏现象，应对该检验批的全部外墙板接缝进行淋水试验，并对所有渗漏点进行整改处理，并在整改完成后重新对渗漏的部位进行淋水试验，直至不再出现渗漏点为止。

### 一般项目

**10.3.17** 预制夹心外墙板的安装尺寸偏差及检验方法应符合设计要求和现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231及相关标准的规定。

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，应按有代表性的自然间抽查10%，且不少于3间。

## 附录A连接件的抗拔承载力和抗剪承载力试验方法

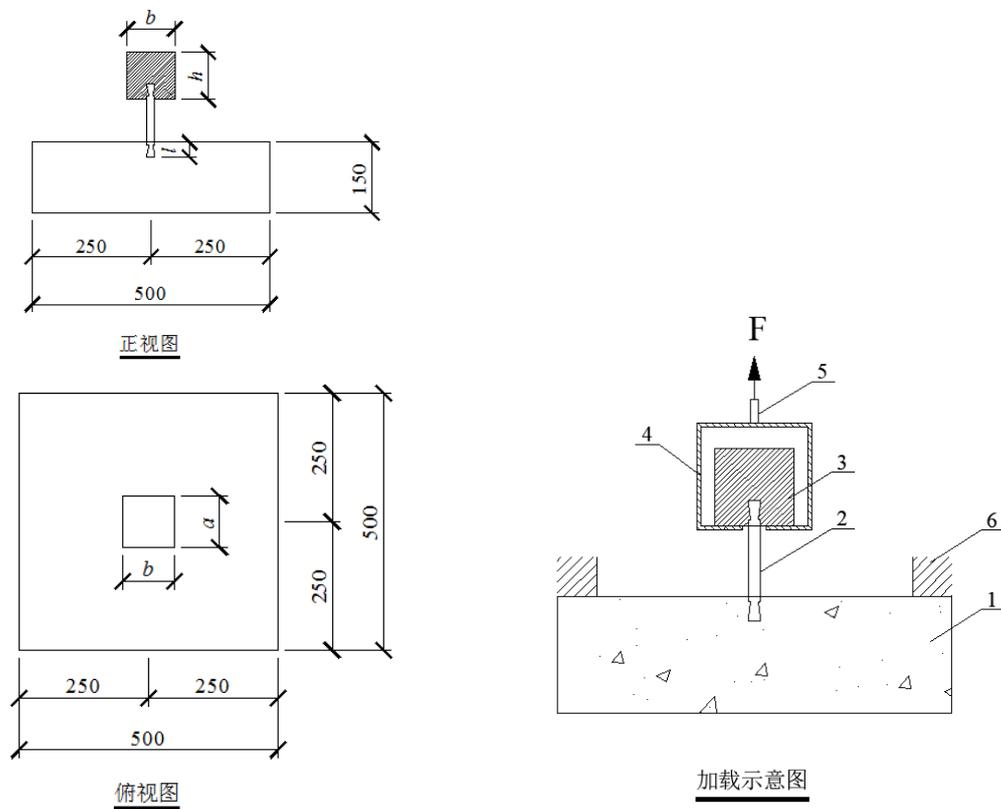
## A.1 抗拔承载力试验

### A.1.1 试件

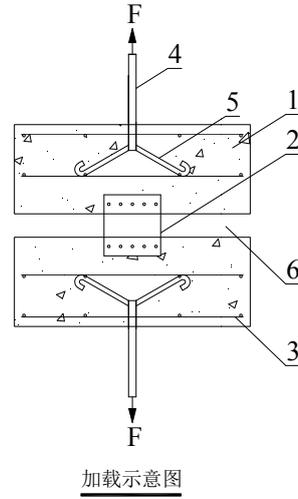
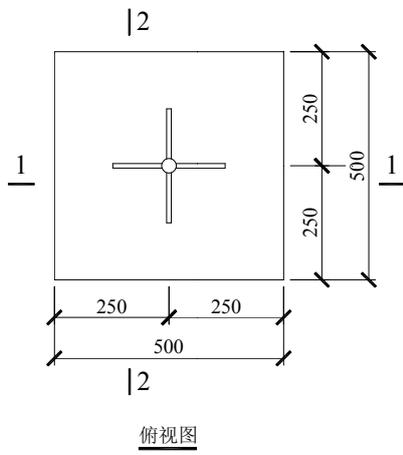
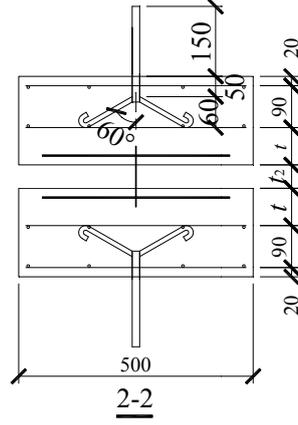
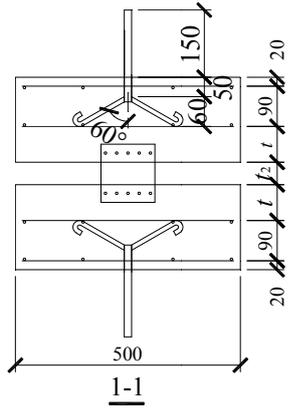
1 针式不锈钢连接件和棒状、片状 FRP 连接件抗拔试件由混凝土板、连接件和夹持端组成。板式不锈钢连接件抗拔试件由混凝土板、连接件、防劈裂钢筋、夹持钢筋和锚固钢筋组成。桁架式不锈钢连接件抗拔试件有两种型式；型式 1 由混凝土板、连接件、防劈裂钢筋、夹持钢筋和锚固钢筋组成；型式 2 由混凝土板、连接件和夹持端组成。其中，因不明确破坏发生在中间锚固点或两端锚固点，型式 2 试件中连接件需按两个方向分别锚固，并均进行测试。

2 试件型式应符合图 A.1.1 的规定，试件尺寸应符合图 A.1.1 和表 A.1.1 的规定。

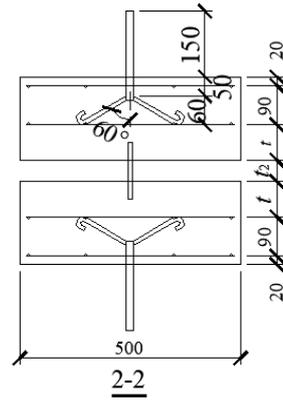
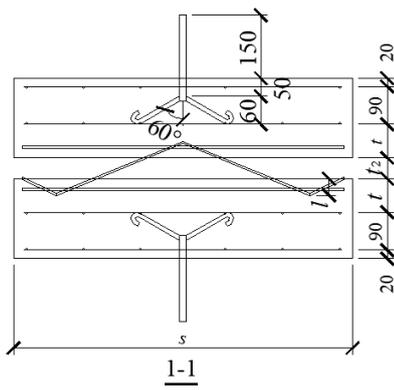
单位为毫米

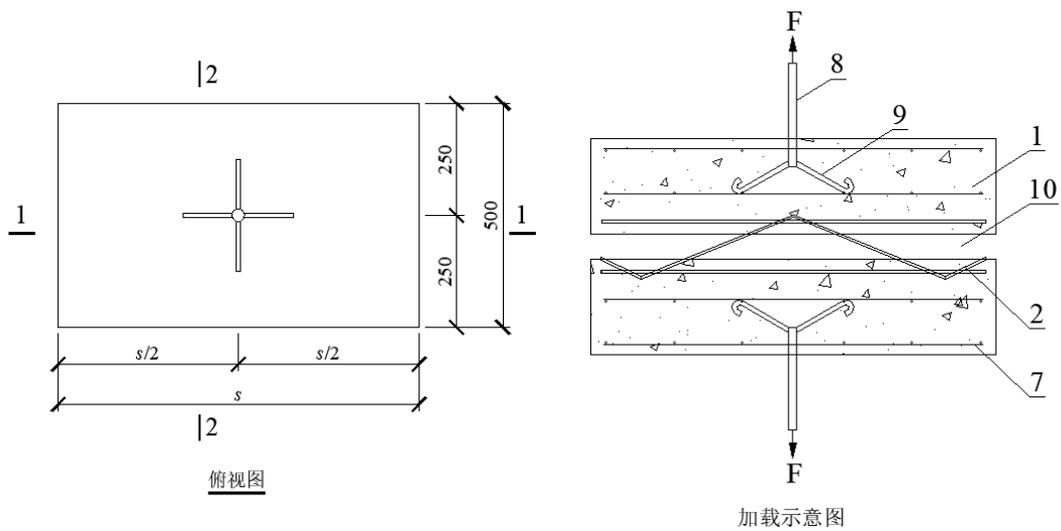


(a) 针式不锈钢连接件和棒状、片状 FRP 连接件抗拔试件

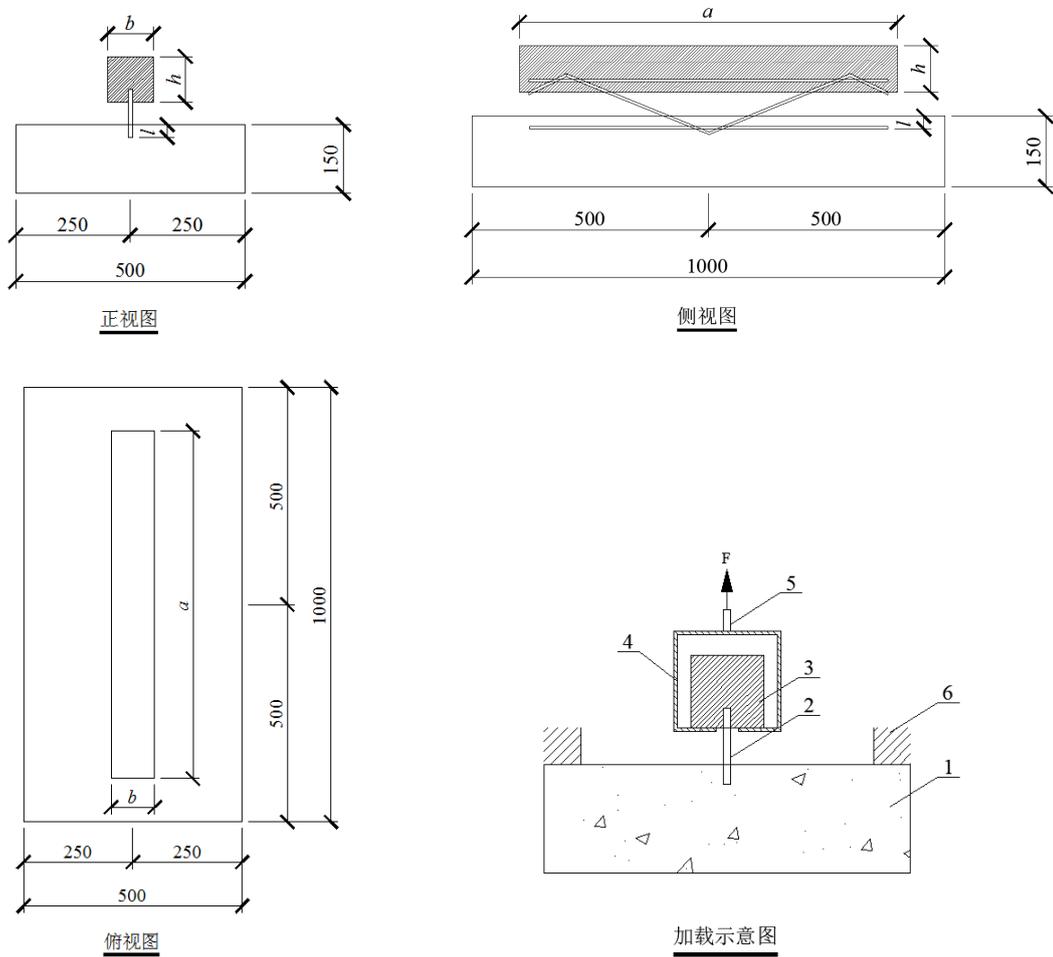


(b) 板式不锈钢连接件抗拔试件

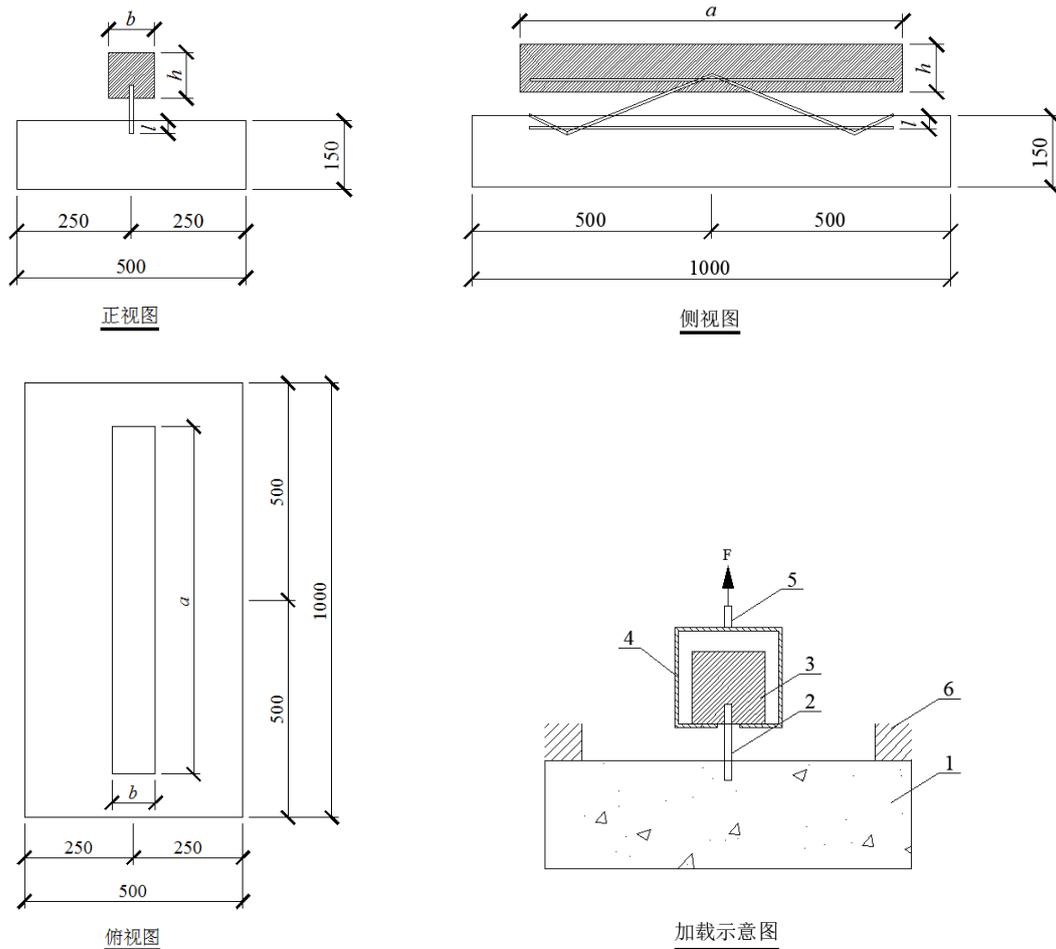




(c) 桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 1



(d) 桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 2 (中间锚固点测试)



(e) 桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 2 (两端锚固点测试)

1—混凝土板；2—连接件；3—夹持端；4—钢框架；5—钢棒；6—固定支座；  
7—防劈裂钢筋；8—夹持钢筋；9—锚固钢筋；10—与保温层等厚度的空腔。

图 A.1.1 连接件抗拔试件示意图

表 A.1.1 连接件抗拔试件尺寸

符号	尺寸	要求
$a$	夹持端长度	棒状 FRP 连接件取 100mm，片状 FRP 连接件取 150mm，针式不锈钢连接件取 150mm，且均不应小于连接件横截面长度与 40mm 之和；桁架式不锈钢连接件取 800mm，且不应小于一个桁架节间长度与 200mm 之和；
$b$	夹持端宽度	取 100mm，且不应小于棒状 FRP 连接件和片状 FRP 连接件横截面宽度与 40mm 之和；
$h$	夹持端高度	取 100mm，且不应小于连接件在夹持端中的锚固长度与 20mm 之和；
$l$	连接件在内叶墙或外叶墙中的锚固长度	按连接件规格选取；
$s$	桁架式连接件抗拔试件	取 800mm，且不应小于一个桁架节间长度与 200mm 之和；

	型式 1 混凝土板长度	
$t$	板式不锈钢连接件和桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 1 混凝土板中钢筋网片与保温层间最小距离	取连接件锚固长度与保护层厚度之和；
$t_2$	保温层厚度	按连接件规格选取。

3 混凝土板强度宜取 30MPa~40MPa，也可按实际工程选取。

4 对于针式不锈钢连接件、板式不锈钢连接件、棒状 FRP 连接件和片状 FRP 连接件抗拔试件，每个试件采用一个连接件；对于桁架式不锈钢连接件抗拔试件，每个试件采用一个桁架节间。

5 连接件在混凝土板中的锚固长度按连接件规格确定。

6 针式不锈钢连接件、棒状 FRP 连接件、片状 FRP 连接件抗拔试件和桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 2 夹持端采用高强灌浆料浇筑而成，灌浆料应符合现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的规定，夹持端的材料强度和尺寸应能保证试验中夹持端不发生破坏。

7 板式不锈钢连接件抗拔试件和桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 1 混凝土板中按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定的最小配筋率配有防劈裂钢筋；夹持钢筋采用直径为 20mm 的 HRB400 级钢筋，当有特殊要求时也可采用其他规格；夹持钢筋锚固在混凝土板中的端部与四根带弯钩的锚固钢筋焊接；锚固钢筋采用直径为 10mm 的 HRB400 级钢筋，当有特殊要求时也可采用其他规格。

8 板式不锈钢连接件抗拔试件和桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 1 浇筑时可铺设保温层以方便试件成型，试验时应去除保温层。

### A.1.2 试验设备

1 加载设备应能连续稳定地对试件施加荷载。

2 针式不锈钢连接件、棒状 FRP 连接件、片状 FRP 连接件抗拔试件和桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 2 的夹具由钢框架和钢棒焊接而成。夹具与加载设备相连时，要确保试件受拉时对中。钢框架应能容纳试件夹持端，其下方孔洞应能使连接件穿过。

3 板式不锈钢连接件抗拔试件和桁架式不锈钢连接件抗拔试件型式 1 的夹持钢筋与加载设备相连时，要确保试件受拉时对中。

### A.1.3 试验步骤

1 试验加载时，对试件沿轴向连续、匀速施加拉伸荷载，直到连接件断裂或被拔出，加载速度应控制在 1kN/min~3kN/min 的范围内，直至试件破坏。记录破坏荷载。

2 同批做 5 个平行试验。

### A.1.4 抗拔承载力标准值计算

1 连接件抗拔承载力标准值  $R_{tk}$  按式 A.1.4-1 计算。

$$R_{tk} = \bar{R}_t \cdot (1 - 3.4 \cdot V) \quad (\text{A.1.4-1})$$

式中： $R_{tk}$ —— 连接件抗拔承载力标准值；

$\bar{R}_t$ —— 连接件抗拔承载力试验值的算术平均值；

$V$ —— 变异系数，为连接件抗拔承载力试验值标准偏差与算术平均值之比。

2 如果试验中抗拔承载力试验值的变异系数大于 20%，确定连接件抗拔承载力标准值时应乘以一个附加系数  $\alpha$ ， $\alpha$  按式 A.1.4-2 计算。

$$\alpha = \frac{1}{1 + (V(\%) - 20) \times 0.03} \quad (\text{A.1.4-2})$$

## A.2 抗剪试验

### A.2.1 试件

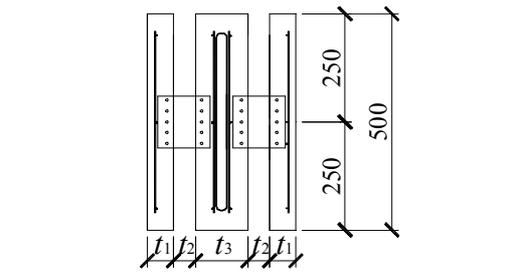
1 试件由三层混凝土板和连接件组成。

2 试件型式应符合图 A.2.1 的规定，试件尺寸应符合图 A.2.1 和表 A.2.1 的规定。

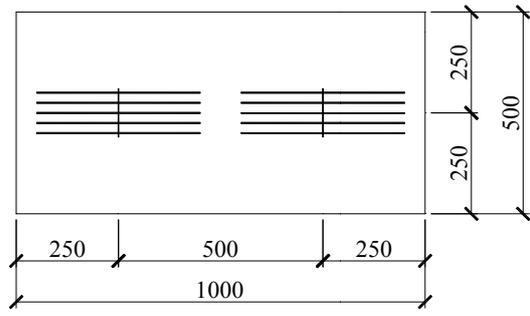
表 A.2.1 抗剪试件尺寸

符号	尺寸	要求
$t_1$	两侧混凝土板厚度	一般取 60mm，也可按实际工程选取；
$t_2$	保温层厚度	按连接件规格选取；
$t_3$	中部混凝土板厚度	一般取 120mm 或两侧混凝土板厚度的 2 倍；
$d$	桁架式连接件抗剪试件高度	按连接件规格选取，不应小于 2 个桁架节间长度。

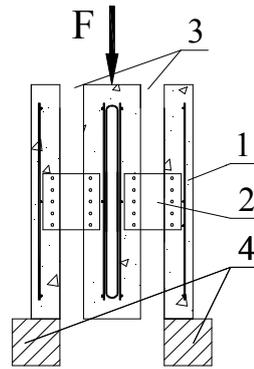
单位为毫米



正视图

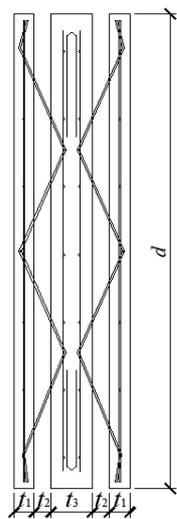


侧视图

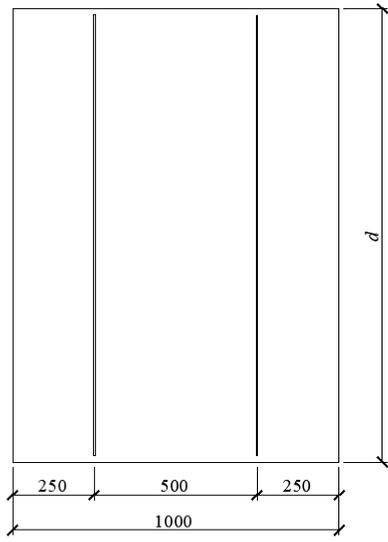


加载示意图

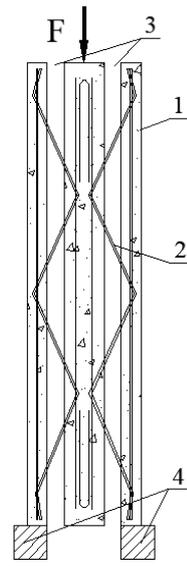
(a) 板式不锈钢连接件抗剪试件



正视图

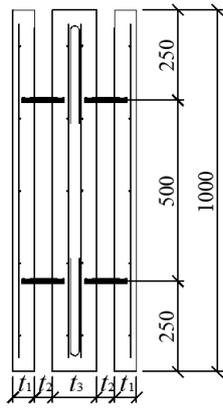


侧视图

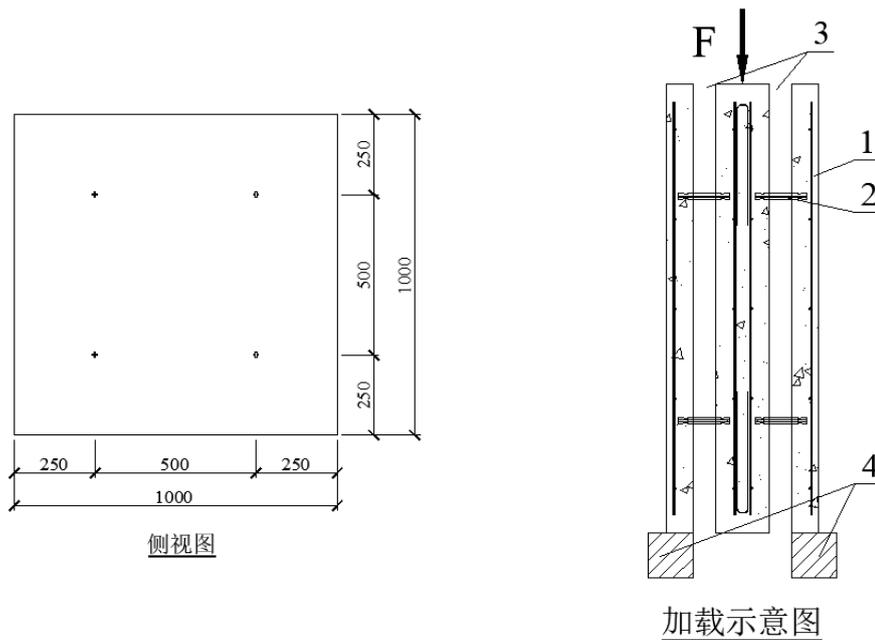


加载示意图

(b) 桁架式不锈钢连接件抗剪试件



正视图



(c) 片状、棒状 FRP 连接件抗剪试件

1—混凝土板；2—连接件；3—与保温层同厚度的空腔；4—固定支座

图 A.2.1 抗剪试件示意图

3 混凝土板强度宜取 30MPa~40MPa，也可按实际工程选取。板中按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定的最小配筋率配置钢筋。

4 对于板式不锈钢连接件抗剪试件，每个试件使用 4 个连接件；对于桁架式不锈钢连接件抗剪试件，每个试件使用 4 个连接件，每个连接件应包含 2 个桁架节间；对于棒状 FRP 连接件、片状 FRP 连接件抗剪试件，每个试件使用 8 个连接件；连接件在混凝土板中的锚固长度按连接件规格确定。

5 试件浇筑时可铺设保温层以方便试件成型，试验时应去除保温层。对于桁架式不锈钢连接件，当保温层较厚时，应在试验时采用有效措施避免受压腹杆过早屈服。

## A.2.2 试验设备

加载设备应能连续稳定地对试件施加荷载。

## A.2.3 试验步骤

1 试验加载时，对试件施加连续、匀速的推出荷载，加载速度应控制在 1kN/min~15kN/min 的范围内，直至试件破坏。记录极限荷载。

2 同批做 5 个平行试验。

#### A.2.4 抗剪承载力标准值计算

1 如试件破坏时两侧混凝土板与中部混凝土板间相对滑移不大于 10mm，试件极限荷载取破坏荷载；如试件破坏时两侧混凝土板与中部混凝土板间相对滑移大于 10mm，则试件极限荷载取滑移达到 10mm 前的最大荷载。单个连接件（或桁架节间）抗剪承载力取试件（或桁架节间）极限荷载与连接件数量的比值。

2 连接件抗剪承载力标准值  $R_{vk}$  按式 A.2.4 计算。

$$R_{vk} = \overline{R}_v \cdot (1 - 3.4 \cdot V) \quad (\text{A.2.4})$$

式中： $R_{vk}$ —— 连接件抗剪承载力标准值；

$\overline{R}_v$ —— 连接件抗剪承载力试验值的算术平均值；

$V$ —— 变异系数，为连接件抗剪承载力试验值标准偏差与算术平均值之比。

3 如果试验中抗剪承载力试验值的变异系数大于 20%，确定连接件抗剪承载力标准值时应乘以一个附加系数  $\alpha$ ， $\alpha$  按式 A.1.4-2 计算，其中  $V$  取连接件抗剪承载力变异系数。

## 附录B FRP连接件材料耐久性能试验方法

### B.1 试样

**B.1.1** 棒状 FRP 连接件的材料拉伸强度按现行国家标准《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022 的规定取样，片状 FRP 连接件的材料拉伸强度按现行国家标准《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447 的规定取样。对于棒状连接件，拉挤成型后截取试样长度取样；试样轴向与拉挤方向相同。对于片状连接件，当连接件截面尺寸及长度均大于试样相应尺寸时，从连接件的中

间位置取样；当连接件截面尺寸大于试样尺寸而长度小于试样长度时，拉挤成型后截取试样长度，再从中间位置取样；当连接件截面尺寸小于试样尺寸时，采用与连接件相同的原材料和工艺制作试样；试样轴向与拉挤方向相同。

**B.1.2** 剪切强度按现行行业标准《纤维增强塑料短梁法测定层间剪切强度》JC/T 773 的规定取样。宜取符合 JC/T 773 规定的非标准试样进行测试，试样厚度不宜小于 3mm。当连接件截面尺寸及长度均大于试样相应尺寸时，从连接件的中间位置取样；当连接件截面尺寸大于试样尺寸而长度小于试样长度时，拉挤成型后截取试样长度，再从中间位置取样；当连接件截面尺寸小于试样尺寸时，采用与连接件相同的原材料和工艺制作试样；试样轴向与拉挤方向相同。

## B.2 试验设备

力学性能试验设备应满足现行国家标准《纤维增强塑料性能试验方法总则》GB/T 1446、《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447、《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022 和现行行业标准《纤维增强塑料短梁法测定层间剪切强度》JC/T 773 的要求。

## B.3 试验步骤

**B.3.1** 按现行国家标准《玻璃纤维增强复合材料筋高温耐碱性试验方法》GB/T 34551 的规定配置  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、KOH 和 NaOH 的混合溶液，pH 值控制在 12.6~13.0 之间，碱溶液具体配置情况见表 B.3.1。

表 B.3.1 碱溶液配置

溶液类型	1 升水所含溶质克数 (g/L)		
	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	KOH	NaOH
碱溶液	118.5	4.2	0.9

**B.3.2** 将试样置于恒温溶液箱中，溶液温度按 GB/T 34551 的规定控制在  $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，试验中应定期测量并调整碱溶液，确保 pH 值稳定。

**B.3.3** 侵蚀 183 天后，按现行国家标准《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》GB/T 30022 的规定对棒状连接件试样进行拉伸强度试验，按现行国家标准《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447 的规定对片状连接件试样进行拉伸强度试验，按现行行业标准《纤维增强塑料短梁法测定层间剪切强度》JC/T 773 的规定对棒状连接件和片状连接件试样进行剪切强度试验，测得残余拉伸强度和残余剪切强度。

## 本标准用词说明

1) 为便于在执行本标准条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 标准中指明应按其他相关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《金属材料拉伸试验第1部分室温试验方法》 GB/T 228.1
- 2 《纤维增强塑料性能试验方法总则》 GB/T 1446
- 3 《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》 GB/T 1447
- 4 《钢筋混凝土用钢第3部分：钢筋焊接网》 GB/T 1499.3
- 5 《无机硬质绝热制品试验方法》 GB/T 5486
- 6 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624
- 7 《建筑密封材料试验方法第 20 部分：污染性的测定》 GB/T 13477.20
- 8 《建筑用硅酮结构密封胶》 GB/T 16776
- 9 《高分子防水材料第 2 部分：止水带》 GB 18173.2
- 10 《建筑用墙面涂料中有害物质限量》 GB 18582
- 11 《金属和合金的腐蚀大气腐蚀性第 1 部分：分类、测定和评估》 GB/T 19292.1
- 12 《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》 GB/T 20878
- 13 《建筑幕墙》 GB/T 21086
- 14 《金属材料弹性模量和泊松比试验方法》 GB/T 22315
- 15 《纤维增强复合材料筋基本力学性能试验方法》 GB/T 30022
- 16 《建筑胶粘剂有害物质限量》 GB 30982
- 17 《玻璃纤维增强复合材料筋高温耐碱性能试验方法》 GB/T 34551
- 18 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 19 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 20 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 21 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 22 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 23 《工程测量标准》 GB 50026
- 24 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB50068
- 25 《民用建筑隔声设计规范》 GB 50118
- 26 《混凝土结构试验方法标准》 GB/T 50152
- 27 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
- 28 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204

- 29 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 30 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 31 《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB 50411
- 32 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 33 《纤维增强复合材料工程应用技术标准》 GB 50608
- 34 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 35 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 36 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 37 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ1
- 38 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 39 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 40 《建筑施工安全检查标准》 JGJ 59
- 41 《玻璃幕墙工程技术规范》 JGJ 102
- 42 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
- 43 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114
- 44 《金属与石材幕墙工程技术规范》 JGJ 133
- 45 《建设工程施工现场环境与卫生标准》 JGJ 146
- 46 《钢筋锚固板应用技术规程》 JGJ 256
- 47 《住宅室内防水工程技术规范》 JGJ 298
- 48 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》 JGJ 355
- 49 《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》 JGJ/T 458
- 50 《钢筋连接用灌浆套筒》 JG/T 398
- 51 《钢筋连接用套筒灌浆料》 JG/T 408
- 52 《纤维增强塑料短梁法测定层间剪切强度》 JC/T 773
- 53 《混凝土接缝用建筑密封胶》 JC/T 881
- 54 《建筑幕墙工程技术规范》 DGJ08-56
- 55 《公共建筑节能设计标准》 DGJ08-107
- 56 《建筑节能工程施工质量验收规程》 DGJ08-113
- 57 《居住建筑节能设计标准》 DGJ08-205

- 58 《现场施工安全生产管理规范》 DGJ08-903
- 59 《装配整体式混凝土结构预制构件制作与质量检验规程》 DGJ08-2069
- 60 《装配整体式混凝土居住建筑设计规程》 DG/TJ08-2071
- 61 《装配整体式混凝土结构施工及质量验收标准》 DGJ08-2117
- 62 《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》 DGJ08-2154
- 63 《装配整体式叠合剪力墙结构技术规程》 DG/TJ 08-2266
- 64 《装配整体式混凝土建筑检测技术标准》 DG/TJ 08-2252

