

中国房地产业协会文件

中国房协〔2021〕26号

关于发布团体标准 《钢板网构复合保温混凝土墙板应用技术规程》 的公告

上海龙泰节能工程有限公司等单位编制的《钢板网构复合保温混凝土墙板应用技术规程》，经审查通过，现予以发布，编号为 T/CREA 004—2021，自 2021 年 6 月 1 日起实施。

中国房地产业协会
2021 年 3 月 12 日

前 言

根据中房地协〔2020〕75号关于《2020年度中国房地产业协会标准制定计划》的通知要求，上海龙泰节能工程有限公司会同有关单位参考有关国际规程，认真总结实践经验，标准和国外先进案例，经广泛应用同时征求多方意见的基础上，修订了本规程。

本规程的主要内容包括了：总则、术语和符号、基本规定、材料、建筑设计、结构设计、构件运输与制作、安装与施工、工程验收。

本规程由中国房地产业协会负责管理，由上海龙泰节能工程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至上海龙泰节能工程有限公司。（地址：上海市杨浦区沪东金融大厦15C，邮编：200433）

本 规 程 主 编 单 位：上海龙泰节能工程有限公司

本 标 准 参 编 单 位：中州装备制造股份有限公司

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司

河南省建筑科学研究院有限公司

上海土木工程结构健康监测工程技术研究中心

上海坦博建设工程有限公司

上海建工五建集团有限公司

上海浦凯预制建筑科技有限公司

上海市城市建设设计研究院

本规程主要参编人员：陆卫明 王建平 冯广浩 原瑞增

杨志文 齐光辉 王 渊 刘建克

程海江 李爱兴 殷惠君 雍博昭
陈根群 史永梅 柳永全 王同辉
本规程主要审查人员：刘立新 卢家森 栾景阳 李建民
唐 丽 王 辉 李 遐

目 录

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	材料	7
4.1	轻质混凝土、钢板和网构	7
4.2	节点连接件	7
4.3	金属预埋吊件	8
4.4	保温材料	8
4.5	防水密封材料	9
4.6	墙板规格尺寸	9
4.7	墙板干密度	10
5	建筑设计	11
5.1	一般规定	11
5.2	构造设计	11
6	结构设计	18
6.1	一般规定	18
6.2	作用与作用组合	18
6.3	支撑系统选型	21
6.4	受力分析与变形验算	23
6.5	构件设计	25
6.6	连接节点设计	27
7	构件制作与运输	29
7.1	一般规定	29

7.2	构件制作	29
7.3	运输与存放	33
7.4	构件出厂检验	34
8	安装与施工	37
8.1	一般规定	37
8.2	构件安装连接	37
9	工程验收	43
9.1	一般规定	43
9.2	主控项目	44
9.3	一般项目	46
附录 A	墙板接缝宽度和密封胶厚度计算	48
附录 B	点支承墙板连接节点受力计算	53
附录 C	点支承外挂墙板计算	57
附录 D	耐撞击性能试验方法	61
	本规程用词说明	64
	引用标准名录	65
	附：条文说明	67

Contents

1	General	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terminology	2
2.2	Symbol	3
3	Basic Provisions	5
4	Materials	7
4.1	Lightweight Concrete, Steel Plate and Mesh	7
4.2	Panel Connector	7
4.3	Lifting Anchor	8
4.4	Insulation	8
4.5	Waterproof Sealing Material	9
4.6	Size of Wall Panel	9
4.7	Dry Density of Wall Panels	10
5	Architectural Design	11
5.1	General Provisions	11
5.2	Structural Design	11
6	Structural Design	18
6.1	General Provisions	18
6.2	Combination of Action and Action	18
6.3	Type of Support System	21
6.4	Force Analysis and Deformation Checking	23
6.5	Component Design	25
6.6	Connection Node Design	27
7	Component Production and Transport	29
7.1	General Provisions	29

7.2	Component Production	29
7.3	Transport and Storage	33
7.4	Component Ex-Factory Inspection	34
8	Installation and Construction	37
8.1	General Provisions	37
8.2	Component Installation Connection	37
9	Process Inspection and Receipt	43
9.1	General Provisions	43
9.2	Master Project	44
9.3	General Projects	46
Appendix A	Calculation of Seam Width and Sealant Thickness of Wall Panel	48
Appendix B	Point Support Wallboard Connection Node Force Calculation	53
Appendix C	Calculation of External Wall Panels	57
Appendix D	Test Method for Impact Resistance	61
	Explanation of Wording in This Specification	64
	Reference to Standard List	65
	Addition: Explanation of Provisions	67

1 总 则

1.0.1 为规范钢板网构复合保温混凝土墙板应用技术标准的应用，各项技术标准能够达到高效环保、经济节能、施工快捷、确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于民用与工业建筑的非承重墙使用的钢板网构复合保温混凝土墙板的设计、生产、运输、施工、验收中的应用标准。

1.0.3 钢板网构复合保温混凝土墙板的应用过程中除应符合本规程外，还应符合国家现行有关规程的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢板网构 The steel plate texture of the Mesh structure

采用镀锌钢板拉伸压制加工成型的蜂窝状结构，称为钢板网构。

2.1.2 复合混凝土墙板 Composite Concrete wallboard

将支撑连接结构、混凝土通过特殊生产工艺复合成型的墙板称之为复合混凝土墙板。

2.1.3 钢板网构复合保温混凝土墙板 Composite Thermal insulation concrete wallboard with steel plate net structure

以钢板网构作为内部抗拉、抗裂结构支撑；连接轻质混凝土的构件，通过分布式生产工艺直立多块合并浇筑轻质混凝土一次成型的墙板，称为钢板网构复合保温混凝土墙板，以下简称“墙板”。

2.1.4 钢板网构复合保温混凝土墙板体系 Composite Thermal insulation concrete wall panel system with steel plate net structure

在钢筋混凝土、钢结构、钢管混凝土、PC 框架结构体系中，通过嵌入式线支撑或榫卯式、外挂等装配式安装方式的建筑工程应用，称之为钢板网构复合保温混凝土墙板建筑体系，可用于建筑中的外墙、围护墙、防火墙、分户墙、内隔墙。

2.1.5 金属预埋吊件 Lifting anchor

用于吊装钢板网构复合保温混凝土墙体的金属埋件。

2.1.6 填封剂 fluid sealant

以非成型状态嵌入接缝中，与接缝双侧表面粘结，能够承受接缝位移以达到气密、水密作用的密封材料，用于密封墙板立面接缝并达到防水性能的微膨胀填缝砂浆材料、弹性结构胶。

2.1.7 嵌入式 flushbonading

内嵌板边缘局部与主体结构通过现浇段或者钢结构梁、板连接的支承方式，墙板与主体结构通过不少于三个连接点，用填缝剂固定在梁、板、柱等结构之间的墙体，适用于梁、板、柱外露的框架结构体系。

2.1.8 外挂式 Plug-in type

适用于墙体外挑的结构系统，一般分为点支撑和线支撑，点支撑通过支承点的位移实现外挂墙板适应主体结构变形能力的柔性支承方式；线支撑为外挂墙板边缘局部与主体结构通过现浇段连接的支承方式。

2.1.9 榫卯式 Mortise and tenon

适用于墙体与结构梁、板、柱外侧与墙体用混凝土铆固在一体，高度不超过 10 米的民用建筑体系，解决外露梁、板、柱面的保温，榫为现浇混凝土，墙体中的卯口采用 $\geq 1.5\text{mm}$ 厚的镀锌钢板。

2.1.10 节点连接件 Panel connector

墙板与主体结构连接节点处，分别与墙板的预埋件和支承墙板的主体结构构件相连，并传递二者之间荷载与作用的连接件。

2.2 符 号

2.2.1 材料力学性能：

E ——材料弹性模量。

2.2.2 作用和作用效应：

G_k ——重力荷载标准值；

M ——弯矩设计值；

M_x ——绕 x 轴的弯矩设计值；

M_y ——绕 y 轴的弯矩设计值；

q_{Ek} ——垂直于墙板平面的分布水平地震作用标准值；

P_{Ek} ——平行于墙板平面的集中水平地震作用标准值；

S_d ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应。

2.2.3 系数：

α_{max} ——水平地震影响系数最大值；

β_E ——地震作用动力放大系数；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。

3 基本规定

3.0.1 墙板体系的连接方式，应根据建筑物的类别、高度、体型以及所在地区的地理、气候和环境等条件进行选择应用。

3.0.2 墙板体系中的混凝土及构件、节点连接件的设计使用年限应与主体结构相同。

3.0.3 墙板体系在地震作用下的性能应符合下列规定：

1 当遭受低于本地区抗震设防烈度的多余地震作用时，墙板应不受损坏或不需修理可继续使用；

2 当遭受相当于本地区抗震设防烈度的设防地震作用时，节点连接件应不受损坏，墙板可能发生损坏，但经一般性修理后仍可继续使用；

3 当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震作用时，墙板开裂但不应倒塌；

4 使用功能或其他方面有特殊要求的墙板其连接方式，应设置更高一级的抗震设防等级。

3.0.4 在自重、风荷载和气候温度作用下，墙板、节点连接件、接缝填缝剂、密封胶等应不受损坏。在风荷载作用下，墙板应满足相应的变形要求。

3.0.5 在风荷载和地震作用下，墙板应具有相应的适应主体结构变形的能力。

3.0.6 墙板体系的防火性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中非承重外墙的有关规定。

3.0.7 墙板的热工性能、传热系数计算和热惰性指标应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 的

相关规定；外墙板热桥的构造措施及保温材料的性能应通过热工计算确定，并应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关规定。墙板的传热系数应取考虑热桥影响后的平均传热系数，并应符合下列规定：

1 墙板自身的保温隔热构造系统如不能满足该建筑物建筑节能设计对外墙的传热系数要求的，应该采取其它保温措施；

2 墙板背后有其他墙体时，墙板与该墙体共同组成的外围护结构应符合建筑物建筑节能设计对外墙的传热系数要求。

3.0.8 墙板体系的隔声性能在设计时应根据建筑物的使用功能和环境条件，与外门窗的隔声性能结合进行，符合《建筑隔音评价标准》GB/T 50121。

4 材 料

4.1 轻质混凝土、钢板和网构

4.1.1 轻质混凝土、钢板和网构的性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准，填充的保温材料应符合《膨胀玻化微珠》JC/T 1042、《膨胀珍珠岩绝热制品》GB/T 10303、《聚苯乙烯颗粒泡沫混凝土》JC/T 2458 等有关规定。轻骨料混凝土的材料性能要求应符合现行行业标准《轻骨料混凝土结构技术规程》JGJ 12 的有关规定。

4.1.2 墙板用的冷轧镀锌钢板及镀锌钢丝应符合国家现行标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518、冷拔低碳镀锌钢丝应符合现行行业标准《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ 19 的有关规定。

4.1.3 外墙板用轻质混凝土外加涂层、饰面层时墙体强度等级不宜低于 3.5Mpa，外饰面有铝合金装饰面板时其板厚度不应少于 1mm。当内墙采用轻骨料混凝土时，轻骨料混凝土强度等级不应低于 2.5Mpa。当墙面为清水混凝土或装饰混凝土和不考虑保温性能的墙体时，混凝土强度等级不宜低于 10Mpa。

4.1.4 混凝土强度等级 10Mpa 墙体应增加双层镀锌钢丝网片，网片网格间距不大于 150mm，镀锌钢丝直径不小于 3mm，镀锌钢板厚度不小于 0.3mm 且不大于 0.75mm。

4.2 节点连接件

4.2.1 连接件材料、吊钉等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.2.2 铝合金专用连接件材料应符合《铝合金压铸件》GB /T 15114 标准，压制接头应符合《钢丝绳铝合金压制接头》GB/T

6946 标准。

4.3 金属预埋吊件

4.3.1 外挂墙板需要在墙板内固定预埋件是用于连接结构和安装过程中用于安装和临时固定用的专用预埋件。

4.3.2 用于墙外固定的钢质构件强度等级应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

4.3.3 当采用不锈钢预埋件及连接件时，所用不锈钢材宜采用统一数字代号为 S 316 系列的奥氏体型不锈钢，并应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226、《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237 的有关规定。

4.3.4 不锈钢材料的抗拉、抗压强度标准值应取其规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ ，不锈钢材料的抗力分项系数取为 1.165，抗剪强度设计值可按其抗拉强度设计值的 58% 采用。不锈钢材料的弹性模量可取为 $1.93 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，泊松比可取为 0.30，S316 系列不锈钢材料的线膨胀系数可取为 $1.60 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 。

4.4 保温材料

4.4.1 墙板混凝土中混合的保温颗粒，如珍珠岩、聚苯乙烯颗粒、玻化微珠、陶粒等其性能应符合现行国家标准和工程所在地地方标准，墙体传热系数的计算和设计应符合《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定，修正系数取 1，换热阻为内表面 0.04，外表面 0.11（可从《民用建筑热工设计规范》GB 50176 查阅），其热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) 可按上述理论计算。

4.4.2 采用填充保温颗粒时，材料应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中 6.7 项次的有关规定。

表 4.4.1 墙板材料热阻理论计算参数表

序号	墙板填充的保温材料	材料理论热阻 ($m^2 \cdot K$)/W			
		板厚 150mm	板厚 200mm	板厚 250mm	板厚 300mm
1	珍珠岩保温砂浆	2.12 ~ 2.79	2.80 ~ 3.70	3.19 ~ 4.40	≥ 4.19
2	聚苯乙烯保温砂浆	2.35 ~ 3.30	3.18 ~ 3.85	4.02 ~ 5.11	≥ 4.85
3	玻化微珠保温砂浆	2.48 ~ 3.18	3.30 ~ 4.02	4.20 ~ 4.85	≥ 5.11

- 注：1. 珍珠岩保温砂浆导热系数参考 0.070 W/ ($m \cdot K$)；
 2. 聚苯乙烯保温砂浆导热系数参考 0.063 W/ ($m \cdot K$)；
 3. 玻化微珠保温砂浆导热系数参考 0.058 W/ ($m \cdot K$)。

4.5 防水密封材料

4.5.1 采用结构密封胶的力学性能指标中位移能力、弹性恢复率及拉伸模量应满足设计指标要求，试验方法应符合国家现行标准《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T 881、《建筑硅酮密封胶》GB/T 14683 中的要求。密封胶耐久耐候性中的定伸粘结性、浸水后定伸粘结性和冷拉热压后定伸粘结性应满足指标要求，试验方法应符合国家现行标准《混凝土建筑接缝用密封胶》JC/T 881 及《硅酮建筑密封胶》GB/T 146836 的要求。密封胶耐污性应满足指标要求，试验方法可参考《石材用建筑密封胶》GB/T 23261 中的方法。

4.6 墙板规格尺寸

4.6.1 墙板常用规格按照用途分类分为三大类：一是整体外挂墙板，二多块拼接嵌入式，三是榫卯式。用于建筑外墙、围护墙、防火墙、分户墙、内隔墙。

墙板宽度模数为 100mm。

墙板厚度是 150mm、200mm、250mm、300mm。

墙板高度以 300mm 为基本模数，以 50mm 为一个增加模数。且每块墙板高度不应大于该墙板所在楼层的高度，其他规格尺寸可定制。

表 4.6.1 墙板常用模块尺寸 (mm)

项 目	尺 寸							
长 度	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
宽 度	2100	2400	2700	3000	3300	3600		
厚 度	150	200	250	300				

4.7 墙板干密度

4.7.1 墙板便于现场操作，双面可不作基层抹灰，根据设计要求增加保温层，墙面需要批刷腻子或者抗裂砂浆，墙板比重轻，当墙板采用聚苯乙烯颗粒填充时，其干密度 600 ~ 900kg/m³ 之间；采用其他保温材料填充，相关参数应达到《墙体干密度参数表》的要求。

表 4.7.1 墙体干密度参数表

序号	项 目	墙板的干密度 kg/m ³			
	填充材料	板厚 150mm	板厚 200mm	板厚 250mm	板厚 300mm
1	聚苯乙烯颗粒	600 ~ 900			
2	珍珠岩	600 ~ 950			
3	玻化微珠颗粒	600 ~ 1000			

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 墙板体系应统筹设计、制作运输、安装施工及运营维护全过程，并应进行一体化协同设计，宜采用建筑信息模型技术。

5.1.2 墙板体系应按外围护系统进行设计，并宜采用建筑、结构、设备管线、内装的装配化集成技术；用于外墙的墙板宜采用管线分离工艺。

5.1.3 墙板设计应遵循标准化、模数化、规程化的原则，并应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002 的有关规定。

5.2 构造设计

5.2.1 墙板的构造设计应考虑其与屋面板、外门窗、阳台板、空调板及装饰件等的连接构造节点，满足气密、水密、防火、防水、热工、隔声等性能要求。

1 钢板网构复合保温混凝土墙板及其构造设计的性能要求应符合表 5.2.1-1。

表 5.2.1-1 墙板的性能指标

序号	项 目	性 能 指 标
1	抗冲击性能（次）	经 5 次抗冲击试验后板面无裂缝
2	抗压强度（Mpa）	≥3.5
3	抗弯承载	≥1.5
4	软化系数	≥0.8
5	含水率（%）	≤10
6	吊挂力	荷载 1000N 静置 24h，板面无超过 0.5mm 的裂缝

序号	项 目	性 能 指 标
7	干燥收缩值 (mm/m)	≤ 0.5
8	导热系数 ([(25 ± 2) ℃]/[W/(m ² ·K)])	≤ 0.60
9	传热系数 (W/(m ² ·K))	满足墙体传热系数设计要求, 且不大于 1.5
10	空气声隔声量 (dB (A))	≥ 45 (最小厚度)
11	耐火极限 (h)	≥ 2.0
12	抗冻性	50 次冻融循环后不应出现可见的裂纹且表面无变化

5.2.2 墙板的接缝应符合下列规定:

1 接缝宽度应考虑主体结构的层间位移、密封材料的变形能力及施工安装误差等因素; 接缝宽度不应小于 15mm, 且不宜大于 30mm; 当计算接缝宽度大于 30mm 时, 宜调整墙板的板型或节点连接形式, 也可采用具有更高位移能力的弹性密封胶;

2 密封胶厚度不宜小于 8mm, 且不宜小于缝宽的一半;

3 密封胶内侧宜设置背衬材料填充。

5.2.3 无防水要求的墙板接缝应采用不少于一道材料防水和构造防水相结合的防水构造; 外露、受热带风暴和台风袭击影响地区的工程项目, 墙板接缝应采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造, 其他地区的高层建筑宜采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造。

5.2.4 墙板水平缝和垂直缝防水构造应符合下列规定:

1 水平缝和垂直缝均应采用填缝剂填充构造 (图 5.2.4-1);

2 受热带风暴和台风袭击地区的墙板垂直缝应采用平口构造形式 (图 5.2.4-2);

3 特殊要求地区的墙板垂直缝宜采用槽口构造形式, 多层建筑墙板的垂直缝也可采用平口构造形式。

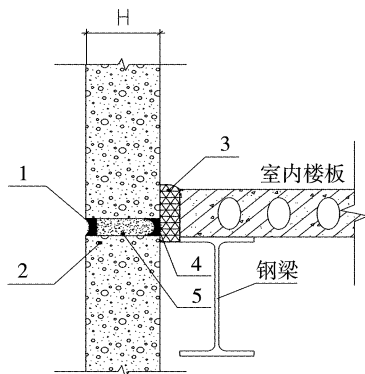


图 5.2.4-1 填缝剂构造示意图

- 1—外墙密封胶；2—外墙板；3—防火封堵材料；
4—气密封堵材料；5—微膨胀填缝砂浆材料

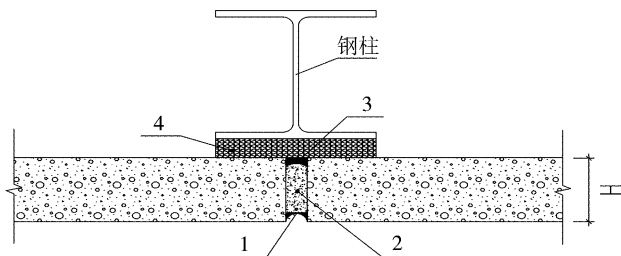


图 5.2.4-2 墙板垂直缝构造示意图

- 1—外墙密封胶；2—微膨胀填缝砂浆材料；
3—内墙缝气密封堵材料；4—防火封堵材料

5.2.5 建筑首层底部正负零以上开始安装墙板并应在墙底部采用防水砂浆（图 5.2.5）。

5.2.6 防水要求高的部位，墙板内侧可采用密封胶作为第二道材料防水，当有充足试验依据时也可采用气密条作为第二道材料防水。

5.2.7 当墙板接缝内侧采用气密条时，十字缝部位各 500mm 宽度范围内的气密条接缝内侧应采用耐候密封胶进行密封处理。

5.2.8 女儿墙应采用与下部墙板构件相同的接缝密封构造。女儿墙板内侧在泛水高度处宜设置凹槽或挑檐等防水构造。卫生间

及其他容易有积水的房间外墙采用墙板时，有积水部分的内墙面应做防水处理，防水高度应高出溅水位 100mm（图 5.2.8）。

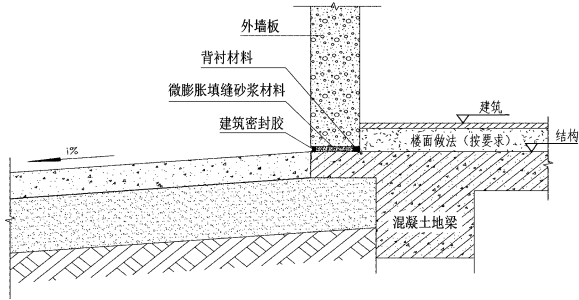


图 5.2.5 首层墙板底部构造做法示意图

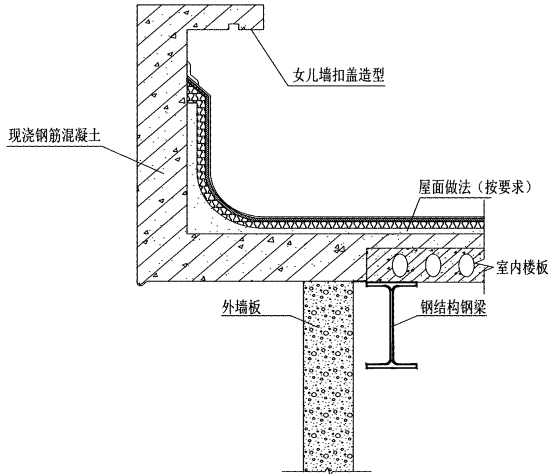


图 5.2.8 女儿墙构造示意图

5.2.9 墙板的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定，并应符合下列规定：

1 墙板与主体结构之间的接缝应采用防火封堵材料进行封堵（图 5.2.9 - 1），防火封堵材料的耐火极限不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中楼板的耐火极限要求；

2 墙板之间的接缝应在室内侧采用 A 级不燃材料进行封堵（图 5.2.9 - 1）；

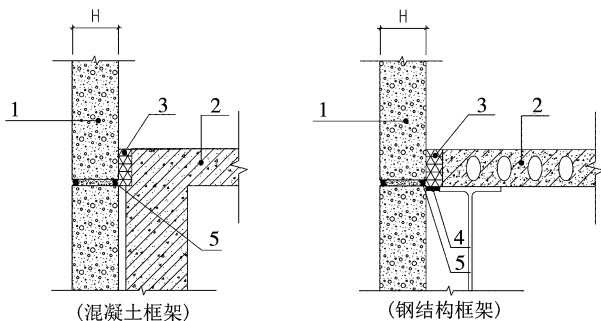


图 5.2.9-1 非节点连接处防火构造示意图

- 1—外墙板；2—室内楼板；3—层间防火封堵；
4—钢板或金属网片等材料挡板；5—气密封堵材料

- 3 墙板外门窗洞口周边应采取防火、保温构造措施；
- 4 墙板节点连接处的防火封堵措施（图 5.2.9-2、图 5.2.9-3）不应降低节点连接件的承载力、耐久性，且不应影响节点的变形能力；
- 5 墙板与主体结构之间的接缝防火封堵材料应具有建筑防火、防烟、隔热性能，有关防火封堵材料应符合现行的《防火封堵材料》GB 23864 相关规定。

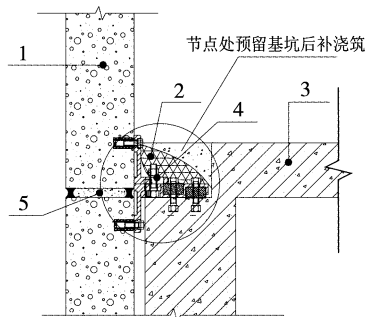


图 5.2.9-2 混凝土框架结构节点连接处防火构造示意图

- 1—外墙板；2—层间防火封堵；3—室内楼板；
4—铸钢连接件；5—微膨胀填缝砂浆材料

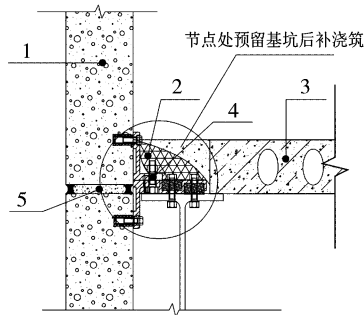


图 5.2.9-3 钢结构节点连接处防火构造示意图

- 1—外墙板；2—一层间防火封堵；3—室内楼板；
4—铸钢连接件；5—微膨胀填缝砂浆材料

5.2.10 墙板装饰面层采用面砖时，面砖的背面应设置燕尾槽。面砖材料、吸水率、抗冻性能应符合现行行业标准《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126 的有关规定。面砖与混凝土之间的粘结性能应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110 的规定。

5.2.11 墙板装饰面层采用石材时，石材背面应采用不锈钢锚固卡钩与墙体混凝土进行机械锚固。石材厚度不宜小于 20mm，单块尺寸不宜大于 1300mm × 650mm 或等效面积。

5.2.12 墙板装饰面层采用铝合金或镀锌钢板时，板材宜采用延压工艺，延压边框浇筑混凝土面层内不少于 10mm 不大于 25mm，单块尺寸不宜大于 1300mm × 650mm 或等效面积。

5.2.13 墙板与结构的外挂式弹性有阻尼螺栓铸钢连接件、不锈钢节点连接件，避免采用刚性节点，尽量采用柔性墙板的连接方式（图 5.2.13）。

5.2.14 根据设计要求，可以在墙体下部距离 200mm 处，墙面内 10mm 处宜植入直径 25mm 的电子标签，数据内容宜包括了产品相关信息和技术参数，通过手机 NFC 可以读取，经授权后可编辑、修改写入新数据，例如：生产日期、出场时间、安装、检验批次等信息。

墙板技术参数，包括了墙板的容重、钢板厚度、防火等级等。

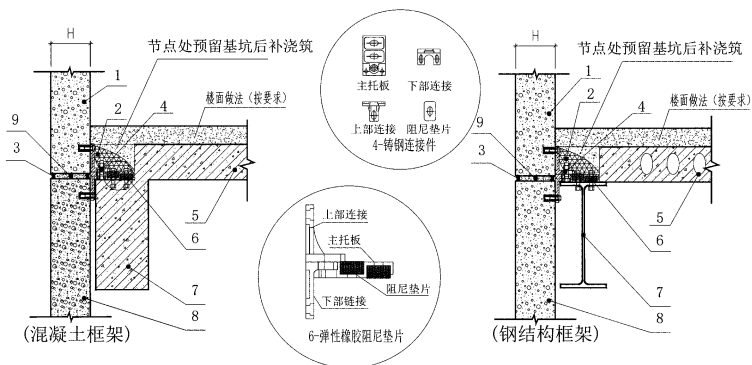


图 5.2.13 墙板水平缝连接节点大样示意图

(每两节点处的横向距离不大于 1600 且每块不少于两个节点)

- 1—上层墙板；2—防火材料封堵；3—密封胶填缝；4—铸钢连接点；5—楼层板；
6—弹性橡胶阻尼垫片；7—混凝土梁；8—下层墙板；9—微膨胀填缝砂浆材料

表 5.2.14 墙板技术参数表

序号	墙板厚度 (mm)	填充材料	墙体防火等级	容重 (kg/m ³)	钢板厚度 (mm)	钢板网构重量 (kg/m ²)
1	150	聚苯乙烯	A	≤900	0.5	5.9
2	200	聚苯乙烯	A	≤900	0.5	5.9
3	250	聚苯乙烯	A	≤900	0.75	11.2
4	300	聚苯乙烯	A	≤900	0.75	12.5

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 墙板及其连接节点的结构分析、承载力计算、变形和裂缝验算及构造要求除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《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、《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJT-458 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.2 作用与作用组合

6.2.1 墙板及其连接节点的作用及作用组合应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的要求。

6.2.2 墙板和连接节点设计时应考虑墙板及其附属配件的自重、施工荷载、风荷载、地震作用、温度作用以及主体结构变形对墙板的影响。

6.2.3 墙板和连接节点承载能力极限状态应按下列公式进行验算：

1 持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (6.2.3-1)$$

2 地震设计状况：

多遇地震和设防地震作用下

$$S_E \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (6.2.3-2)$$

罕遇地震作用下

$$S_{GE} + S_{EhK} \leq R_K \quad (6.2.3-3)$$

$$S_{GE} + S_{EvK} \leq R_K \quad (6.2.3-4)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，可取与主体结构相同，且不小于1.0；

S_d ——无地震作用的荷载效应组合设计值，按作用的基本组合计算；

S_E ——有地震作用的荷载效应组合设计值，按作用的地震组合计算；

R_d ——构件和节点的抗力设计值；

R_K ——构件和节点的抗力标准值，按材料强度标准值计算；

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应，取外挂墙板自重标准值；

S_{EhK} ——水平地震作用标准值的效应；

S_{EvK} ——竖向地震作用标准值的效应；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，墙板应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 取值，连接节点取1.0。

6.2.4 罕遇地震作用下，墙板连接节点的承载力计算和墙板中预埋件及连接件的承载力验算应采用不计入风荷载效应的地震作用效应标准组合计算效应设计值。

6.2.5 在短暂设计状况下，墙板构件拉应力验算应采用荷载规程组合计算效应设计值。

6.2.6 墙板的风荷载计算应符合下列规定：

1 风荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的围护结构确定；

2 应按风吸力和风压力分别进行计算；

3 计算连接节点时，可将风荷载施加于墙板的中心处，并应计算风荷载对连接节点的偏心影响。

6.2.7 墙板的地震作用标准值计算可采用等效侧力法，采用等效侧力法时，垂直于墙板平面上作用的分布水平地震作用标准值

可按公式 (6.2.7-1) 计算；平行于墙板平面的集中水平地震作用标准值可按公式 (6.2.7-2) 计算。

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k / A \quad (6.2.7-1)$$

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k \quad (6.2.7-2)$$

式中： q_{Ek} ——垂直于墙板平面的分布水平地震作用标准值 (kN/m²)；

P_{Ek} ——平行于墙板平面的集中水平地震作用标准值 (kN)；

β_E ——地震作用动力放大系数，计算多遇地震下墙板构件承载力时可取 5.0；计算设防烈度或罕遇地震下连接节点承载力时丙类建筑可取 4.0，乙类建筑可取 5.6。

α_{\max} ——水平地震影响系数最大值，应符合表 6.2.7 的规定；

G_k ——重力荷载标准值 (kN)；

A ——墙板的平面面积 (m²)。

表 6.2.7 水平地震影响系数最大值 α_{\max}

地震影响	6 度	7 度	8 度	9 度
多遇地震	0.04	0.08 (0.12)	0.16 (0.24)	0.32
设防地震	0.12	0.23 (0.34)	0.45 (0.68)	0.90
罕遇地震	0.28	0.50 (0.72)	0.90 (1.20)	1.40

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

6.2.8 墙板的竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的 60%。

6.2.9 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。

6.2.10 墙板的温度作用计算应符合下列规定：

1 点支撑墙板具有适应主体结构及自身在温度作用下变形的能力时，墙板及其节点承载力计算时可不考虑温度作用；

2 墙板的外叶墙板混凝土应力验算时应考虑内表面与外表面的温差；

3 点支撑外挂墙板中，温度作用下接缝宽度方向的接缝变形量 d_T 、建筑角部竖直缝沿垂直接缝宽度方向的接缝变形量 δ_T 可按下式计算：

$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (6.2.10)$$

式中： α ——外挂墙板混凝土材料的线膨胀系数（ $1/^\circ\text{C}$ ）；

ΔT ——外挂墙板的温度作用标准值（ $^\circ\text{C}$ ），有地区经验时根据地区温度观测资料结合外表面的朝向、表面材料及其色调综合确定；无地区经验时可取 80°C ；

L ——计算方向接缝两侧最近的两个固定点之间的长度 50 （ mm ），计算线支撑外挂墙板竖直缝时可取接缝两侧墙板的最大宽度。

6.2.11 墙板不能适应主体结构的变形时，应在主体结构和墙板设计中计入相互影响作用。

6.2.12 墙板在脱模、吊装、运输、安装等短暂设计状况下的施工验算，其等效静力荷载标准值应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.3 支撑系统选型

6.3.1 应根据建筑使用功能、主体结构类型、墙板的形状和尺寸、墙板安装工艺等特点，合理设计墙板与主体结构之间的支撑系统。支撑系统应符合下列规定：

- 1 支撑系统应具有足够的承载能力；
- 2 支撑系统宜具有适应主体结构在永久荷载、活荷载、风荷载、温度和地震等作用下变形的能力；
- 3 在罕遇地震作用下，支撑系统不应失效；

4 支撑系统应具有良好的耐久性能。

6.3.2 150mm 厚度墙板与主体结构之间的连接方式可采用外挂形式的点支撑连接，但在墙内部需要可靠的预埋件，墙板强度也不应 $< 10\text{Mpa}$ 。250mm 及以上厚度的墙板一般采用线支撑连接或者是嵌入式安装；采用嵌入式安装方式的墙体应与结构有效连接，连接件采用不锈钢管卡，最大间距不大于 1000mm，钢管直径不小于 12mm，上、下两条边接点均不少于两个，也可以采用专用不锈钢连接件与结构连接，墙体顶部与大梁应留有不小于 15mm，不大于 30mm 的柔性填充缝。墙体根部用 20 ~ 50mm 厚 C25 细石混凝土或者 M20 的砂浆振捣密实（图 6.3.2）。

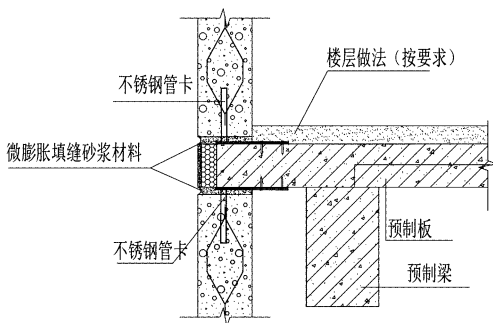


图 6.3.2 嵌入式墙板安装节点大样示意图

6.3.3 支撑墙板的主体结构构件应符合下列规定：

1 应满足节点连接件的锚固要求，当不满足锚固要求时宜采用机械锚固方法；

2 应具有足够的承载能力，应能承受墙板通过连接节点传递的荷载和作用；

3 应具有足够的抗扭刚度和抗弯刚度，避免产生较大的扭转或竖向变形。

6.3.4 当墙板与主体结构采用点支撑连接时，连接节点的变形能力应符合下列规定：

1 连接节点应具有适应消除墙板制作与施工安装允许偏差的三维调节能力；

2 连接节点在墙板平面内应具有适应主体结构在永久荷载、活荷载、风荷载、温度作用下变形的能力，在计算温度作用下的变形量时，应同时计入墙板在温度作用下的变形值；

3 在地震设计状况下，连接节点在墙板平面内应具有不小于主体结构在设防地震作用下弹性层间位移角 3.5 倍的变形能力。

6.3.5 当墙板与主体结构采用线支承连接时，连接节点应符合下列规定：

1 连接节点在墙板平面内宜具有适应主体结构在永久荷载、活荷载、风荷载、温度作用下变形的能力；

2 在地震设计状况下，墙板的非承重节点在墙板平面内应具有不小于主体结构在设防地震作用下弹性层间位移角 3.5 倍的变形能力。

6.3.6 墙板与主体结构采用点支撑连接时，连接点不应少于 3 个；墙板承重节点验算时，选取的计算承重连接点为 3 个，点支撑连接应考虑固定连接点避开构造柱，距离构造柱侧面 150mm ~ 200mm。

6.3.7 墙板与主体结构采用榫卯连接时，宜在墙板顶部与主体结构支撑构件之间采用后浇段连接，墙板的底端应设置不少于 3 个仅对墙板有平面外约束的连接节点，墙板的侧边与主体结构应不连接或仅设置柔性连接。线支撑连接应考虑固定连接点避开梁端 1.5 倍梁高长度及梁高 1/3 区域。

6.4 受力分析与变形验算

6.4.1 主体结构计算时，应按下列规定计入墙板的影响：

1 应计入支承于主体结构上的墙板自重；当墙板相对于支承构件存在偏心时，应计入墙板重力荷载偏心产生的不利影响；

2 采用点支撑连接的墙板，连接节点符合本规程的相关规定，且连接节点能适应主体结构变形时，可不计入墙板的刚度影响；

3 点支撑连接的墙板如图 6.4.1, 构件、连接及节点应采用下列承载力极限状态可按下列公式计算:

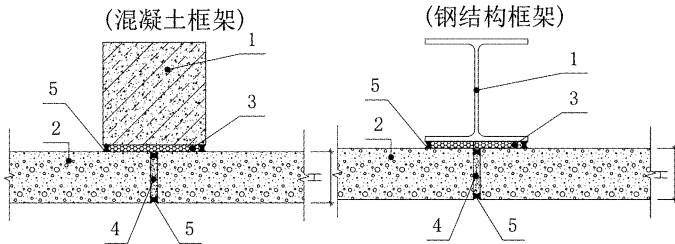


图 6.4.1 墙板垂直缝节点大样示意图

1—混凝土柱; 2—外挂墙板; 3—填充防火材料;
4—微膨胀填缝砂浆材料; 5—封闭胶封堵

a. 持久设计状况, 短暂设计状况:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (6.4.1-1)$$

b. 地震设计状况:

多遇地震

$$S \leq R/\gamma_{RE} \quad (6.4.1-2)$$

设防地震

$$S \leq R_k \quad (6.4.1-3)$$

式中: γ_0 ——结构的重要性系数: 对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.2, 对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.1, 对安全等级为三级的结构构件不应小于 1.0;

S ——承载力极限状况下作用组合的效应设计值: 对持久或短暂设计状况应按作用的基本组合计算; 对地震设计状况应按作用的地震组合计算;

R ——结构构件的承载力设计值;

R_k ——结构构件的承载力标准值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数, 应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定取值。

4 采用线支撑的墙板, 宜采取构造措施避免对主体结构刚

度产生影响，当无法避免时，应计入墙板的刚度影响。

6.4.2 墙板及其连接节点的受力分析、墙板变形与裂缝验算除应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 墙板可采用弹性分析方法，计算简图应符合实际受力情况；
- 2 墙板的材料本构关系和构件的受力 - 变形关系宜根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定；
- 3 墙板的变形验算宜考虑荷载长期作用影响，裂缝宽度验算应考虑荷载长期作用影响。

6.4.3 墙板与主体结构采用点支承连接时，墙板连接节点的受力分析应符合本规程附录 B 的规定。

6.4.4 在垂直于墙板平面的风荷载和地震作用下，点支撑墙板的内力和变形宜采用有限元分析方法，也可采用本规程附录 C 的简化方法。

6.4.5 在垂直于墙板平面的风荷载和地震作用下，线支撑墙板的内力和变形宜采用有限元分析方法。

6.4.6 墙板进行承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算时，宜按内叶墙板单独承受墙板水平荷载进行计算。

6.5 构件设计

6.5.1 在正常使用极限状态下，墙板的平面外变形和裂缝控制应符合下列规定：

- 1 在持久设计状况下，应对墙板的平面外变形进行验算，其平面外挠度限值为墙板面外支座间距离的 $1/300$ ；

- 2 在持久设计状况下，应对墙板的裂缝进行验算；墙板建筑外表面在温度和 10 年一遇风荷载作用下裂缝控制等级为二级，当墙板采用抗裂和防水性能强的饰面材料时，风荷载和温度作用下的裂缝控制等级可适当放宽但不应低于三级；墙板内表面的裂缝控制等级为三级；墙板的最大裂缝宽度限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定；

3 在短暂设计状况下，墙板不应出现裂缝，并应根据现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定进行混凝土拉应力验算。

6.5.2 墙板构件应符合下列规定：

1 当墙板作为内墙时，板厚不宜大于 150mm，密度控制在 $650\text{kg}/\text{m}^3$ 以内；

2 当墙板作为外墙时，板厚不宜小于 150mm，密度控制在 $900\text{kg}/\text{m}^3$ 以内。

6.5.3 具有保温性能的墙板密度不应大于 $750\text{kg}/\text{m}^3$ 。

6.5.4 轻质混凝土墙板密度不应大于 $900\text{kg}/\text{m}^3$ 以内。

6.5.5 墙板的预埋件及连接件应符合下列规定：

1 应满足墙板的节能设计要求；

2 应满足防腐、防火设计要求；

3 预埋吊钉及连接件在墙板内的锚固构造应满足双向受力要求，且锚固 HRB500E 螺纹钢直径不应小于 $\Phi 12$ 。

6.5.6 钢板网构最外层钢板在混凝土内的保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定（图 6.5.6）。

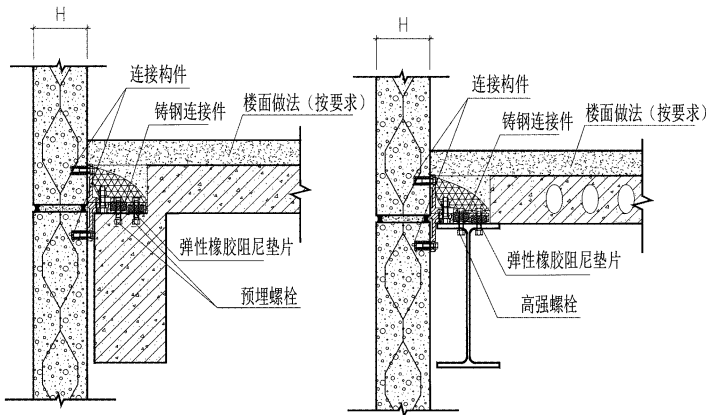


图 6.5.6 外挂板弹性连接节点大样示意图

6.6 连接节点设计

6.6.1 用于墙板制作、运输和堆放、安装等的预埋件和临时支撑，在短暂设计状况下的承载力验算应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.6.2 墙板与主体结构采用点支承连接时，点支承墙板与主体结构连接节点的承载力应符合下列规定：

1 在多遇地震和设防地震作用下，连接节点应满足弹性设计要求；

2 在罕遇地震作用下，连接节点的承载力应符合本规程第 6.1.7 条的规定。

6.6.3 墙板与主体结构采用点支承连接时，承重连接点应避开主体结构支承构件在地震作用下的塑性发展区域且不应支承在主体结构耗能构件上，面外连接点宜避开主体结构支承构件在地震作用下的塑性发展区域且不宜连接在主体结构耗能构件上。

6.6.4 在地震设计状况下，线支承墙板连接节点的承载力应符合下列规定：

1 在多遇地震和设防地震作用下，连接节点应满足弹性设计要求；

2 在罕遇地震作用下，连接节点的受剪承载力应符合本规程第 6.1.7 条的规定。

6.6.5 墙板与主体结构采用线支承连接时，墙板上边缘与主体结构支承构件连接的后浇段节点应避开主体结构支承构件在地震作用下的塑性发展区域且不应支承在主体结构耗能构件上，墙板底端的面外连接点宜避开主体结构支撑构件在地震作用下的塑性发展区域且不宜连接在主体结构耗能构件上。

6.6.6 墙板与主体结构采用线支承连接时，连接节点的构造应符合下列规定：

墙板与混凝土框架结构或钢框架结构连接节点单块板每边不

少于 3 个节点，且每两个节点横向间距不大于 1600mm。

6.6.7 墙板与主体结构连接用节点连接件和预埋件应采取可靠的防火和防腐蚀措施，并应符合下列规定：

1 节点连接件和预埋件的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定；墙板与主体结构承重连接点处的节点连接件及预埋件的耐火极限不应低于主体结构支承梁或板的耐火极限；

2 节点连接件和预埋件应根据环境条件、使用要求、施工条件和维护管理条件等进行防腐蚀设计，并应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定；

3 节点连接件和预埋件的防腐蚀保护层设计使用年限不宜低于 25 年；

4 节点连接件和预埋件的防腐蚀保护层可采用镀锌涂层或金属热喷涂系统，并应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定；防腐蚀保护层应完全覆盖钢材表面和无端板的内侧；

5 当节点连接件和预埋件暴露在腐蚀性环境中或使用期间不易重新涂装时，宜采用耐候结构钢，并应在结构设计中留有适当的腐蚀裕量，腐蚀裕量应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

6.6.8 墙板连接节点处有变形能力要求时，宜在节点连接件或主体结构预埋件接触面上涂刷聚四氟乙烯，也可在节点连接件和主体结构预埋件之间设置滑移垫片，滑移垫片可采用聚四氟乙烯板或不锈钢板。

7 构件制作与运输

7.1 一般规定

7.1.1 墙板的制作与运输除应符合本规程的规定外，尚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。

7.1.2 墙板生产前应进行下列准备工作：

1 建设单位应组织设计单位向生产和安装单位进行技术交底，并确定生产地点，包括场内、场外的生产方式；

2 生产前生产单位应根据批准的设计文件、拟定的生产工艺、运输方案、吊装方案等编制构件加工详图；

3 对带饰面砖、装饰板或石材饰面、清水面分格缝的墙板应绘制排砖图或排版图，对墙板内有预埋电气线路和开关盒子时，应在生产前完成标准的详细的配置图；

4 生产、加工单位应编制生产、加工方案，生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。

7.1.3 墙板的生产宜建立样板构件制作与验收制度及流程。

7.2 构件制作

7.2.1 预埋件及连接件的进场检验应符合下列规定：

1 检查质量证明文件，质量证明文件中应包含预埋件及连接件的出厂检验报告和合格证；

2 出厂检验报告中应包含外观质量、尺寸偏差、材料力学性能、锚固性能、耐久性能；

3 预埋件及连接件的进场检验应按同一厂家、同一类别、同一规格产品，不超过 500 件为一批；实测检验项目包含外观质

量、尺寸偏差、材料力学性能试验。

7.2.2 除设计有特殊要求外，有装饰面墙板加工模具尺寸允许偏差和检验方法应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 墙板加工铝合金、钢模板尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm 或(°))	检验方法
1	高		0, -3	钢尺检查 3 点, 用尺量平行构件高度方向, 取其中偏差绝对值较大处
2	宽		0, -3	钢尺检查 3 点, 用尺量平行构件高度方向, 取其中偏差绝对值较大处
3	厚		±1	每边检查 2 点, 用尺测量两端或中部, 取其中偏差绝对值较大处
4	肋 宽		±1	钢尺检查 3 点, 取其中偏差绝对值较大处
5	对角线差		2	用钢尺量对角线
6	翘 曲		$L/1500$	对角拉线测量交点间距离值的两倍
7	侧向弯曲		$L/1500$ 且 ≤ 2	拉线, 用钢尺量测侧向弯曲最大处
8	面 弯		$L/1500$	拉线, 用钢尺量测弯曲最大处
9	角板相邻面夹角		±0.1°	角度测定样板
10	表面 平整度	内墙面	5	用 2m 靠尺和塞尺测量
		外墙面	5	
		面砖饰面	3	
		石材饰面	3	
11	预埋件 定位	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
		与平面高差	-1, 0	钢直尺和塞尺检查

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm 或(°))	检 验 方 法
12	预留孔 洞定位	中心线位置	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		尺寸、深度	±5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值

注: 1. 第9项次的单位为“°”, 其余项次单位均为“mm”;

2. L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

7.2.3 墙板中预埋门、窗框时, 应在模具上设置限位装置进行固定, 并应逐件检验。门、窗框安装允许偏差和检验方法应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 洞口安装允许偏差和检验方法

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	锚固脚片	中心线长度	5	钢尺检查
2		外露长度	+3, 0	钢尺检查
3	洞口位置		3	钢尺检查
4	洞口高、宽		±5	钢尺检查
5	洞口对角线		±5	钢尺检查
6	洞口的平整度		3	钢尺检查

7.2.4 预埋件加工允许偏差应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 预埋件加工允许偏差

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法
1	预埋件锚板的边长		0, -5	用钢尺量测
2	预埋件锚板的平整度		1	用直尺和宽尺量测
3	锚 筋	长 度	+8, -3	用钢尺量测
		间距偏差	±5	用钢尺量测

7.2.5 面砖饰面墙板宜采用反打成型工艺制作, 石材饰面墙板应采用反打成型工艺制作, 并应符合下列规定:

1 当饰面层采用饰面砖时，应根据排砖图的要求进行配砖和加工，饰面砖入模铺设前，宜根据设计排砖图将单块面砖制成面砖套件，套件的长度不宜大于 650mm，宽度不宜大于 325mm；

2 当饰面层采用石材时，应根据版图的要求进行配板和加工，并应安装不锈钢锚固卡钩和涂刷防泛碱处理剂，采用铝合金、镀锌铁皮材质时要对氟碳漆表面层做好防护；

3 使用柔韧性好、收缩小、具有抗裂性能且不污染饰面的材料嵌填饰面砖或石材间的拼缝，并应采取措施防止面砖或石材在钢筋安装及混凝土浇筑振捣等工序中出现位移；

4 轻质混凝土组合立模分布式场内预制生产时，采用自密实混凝土，不得采用插入式振捣棒，避免隔板变形和移动，也避免损坏饰面层材料。

7.2.6 墙板采用立模分布式场内预制生产时，并应符合下列规定：

1 在同时浇筑一个组合模内的轻质混凝土时，要均匀连续浇筑，且相邻仓板内浇筑的混凝土高差不应超过 100mm，保证模板内各仓板内的压力平衡；

2 预埋件及连接件的数量和位置应满足设计要求；应保证预埋件及连接件锚固可靠，预埋件及连接件与模板要有可靠定位卯固；

3 轻质混凝土要均匀稳定，流动性、和易性满足设备和自密实要求，混凝土密度不宜大于 $900\text{kg}/\text{m}^3$ ；

4 同一个组合模板内的混凝土要连续浇筑完成，以免留下明显的冷缝。

7.2.7 自密实墙板浇筑完成拆除模板前一般情况不需要进行养护，冬天室外气温在 10°C 以下时需要采取覆盖等保温措施，夏天常温下不影响施工，模板内最高养护温度不宜超过 65°C ，超过时需要采取喷水降温的措施，切不可覆盖，保证铝合金模板空腔能够散热。

7.2.8 墙板脱模起吊时的混凝土强度应通过计算确定，且不宜小于设计强度的 70%，春夏秋季节不少于三天，冬天室外气温

低于 10℃时应该大于 5 天，拆除模板后的墙板需要进行喷水养护，以防止阳光暴晒产生水分过快消失，影响混凝土的水化反应。

7.3 运输与存放

7.3.1 墙板构件存放应符合下列规定：

1 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，板与板之间应使用塑料或布纤维材料隔开，避免碰撞摩擦；

2 应在墙板下缘按标记好的重力点合理设置垫块、垫木位置，确保构件存放稳定；

3 带饰面砖或石材饰面的墙板构件应直立存放并包装好保护膜进行保障成品面不受损坏；

4 与清水混凝土面或其他饰面层接触的垫块应采取防污染措施。

7.3.2 墙板构件成品保护应符合下列规定：

1 外露预埋件和节点连接件等外露金属件应按不同环境类别进行防护或防腐、防锈处理；

2 预埋螺栓孔宜采用海绵棒进行填塞，保证固定前预埋螺栓孔的清洁；

3 墙板的存放应采取措施避免雨、雪渗入保温材料和保温材料与混凝土板之间的接缝中，同时应避免保温材料长时间被阳光照射。

7.3.3 墙板构件运输过程应做好安全和成品保护，并应符合下列规定：

1 墙板运输过程中应根据墙板尺寸和形状采取可靠的固定措施；

2 墙板宜采用立式运输，运输时宜采取下列防护措施。

1) 设置柔性垫片避免墙板边角部位或链索接触处的混凝土损伤；

2) 墙板之间应设置隔离垫块；

- 3) 用塑料薄膜包裹垫块和垫片，避免墙板构件外观污染；
- 4) 墙板门窗框、装饰表面和棱角采用塑料贴膜或其他防护措施；
- 5) 禁止墙板水平叠放运输。超高、超宽、形状特殊墙板的运输和存放应制定专门的质量安全保证措施。

7.4 构件出厂检验

7.4.1 带饰面砖、石材饰面或清水混凝土饰面墙板的构件检验应符合国家现行标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GD 50210 和《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 的有关规定。

7.4.2 墙板构件的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正并达到合格。

7.4.3 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。

7.4.4 墙板、预埋件、预留孔洞的尺寸偏差及检验方法应符合表 7.4.4 的规定。

表 7.4.4 有装饰面墙板尺寸允许偏差及检验方法

项次	检验项目	允许偏差 (mm 或(°))	检验方法
1	板 高	-2	用尺量两端及中部，取其中偏差绝对值较大值
2	板 宽	-2	用尺量两端及中部，取其中偏差绝对值较大值
3	板 厚	-1	用尺量板四角及中部，取其中偏差绝对值较大值
4	肋 宽	±2	用钢尺检查 3 点，取其中偏差绝对值较大值

项次	检验项目		允许偏差 (mm 或(°))	检验方法
5	板正面对角线差		±2	用钢尺量对角线
6	板正面翘曲		L/1500	对角拉线测量交点间距离值的2倍
7	板侧面侧向弯曲		L/1500 且 ≤1	拉线, 用钢尺量测侧向弯曲最大处
8	板正面弯曲		L/1500	拉线, 用钢尺量测弯曲最大处
9	角板相邻面夹角		±0.1°	角度测定样板
10	表面 平整	清水混凝土	3	2m 靠尺和塞尺检查
		饰面铝合金板	3	2m 靠尺和塞尺检查
		面砖饰面	3	2m 靠尺和塞尺检查
		石材饰面	3	2m 靠尺和塞尺检查
11	预埋件	中心位置偏移	1	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		平整度	-1, 0	钢直尺和塞尺检查
12	预留孔洞定位		±3	中心位置偏移

注: 第9项次的单位为“°”, 其余单位均为“mm”。

7.4.5 墙板的金属预埋吊件、节点连接件、预留孔的规格、数量应满足设计要求。

检查数量: 逐件检验。

检验方法: 观察和量测。

7.4.6 墙板的粗糙面质量应满足设计要求。

检查数量: 逐件检验。

检验方法: 观察和量测。

7.4.7 面砖与混凝土的粘结强度应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110 和《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126 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。

检验方法：检查试验报告单。

7.4.8 墙板与结构连接用的预埋吊件及连接件类别、数量、使用位置及性能应符合设计要求。

检查数量：按同一工程、同一工艺的墙板分批抽样检验。

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。

7.4.9 墙板用的保温材料类别、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。

7.4.10 混凝土强度应符合设计文件及现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定。

检查数量：按墙板生产批次在混凝土浇筑地点随机抽取规程养护试件；每工作班拌制的同一配合比的混凝土，每拌制 50 盘且不超过 50m^3 取样不应少于一次，不足 50 盘和 50m^3 时取样不应少于一次。

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

8 安装与施工

8.1 一般规定

8.1.1 墙板及主体结构的安装与施工除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

8.1.2 墙板体系的施工组织设计应包含墙板安装施工专项方案和安全专项措施。

8.1.3 墙板安装施工前，应选择有代表性的墙板构件进行试安装，并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案；墙板的施工宜建立首段验收制度。

8.2 构件安装连接

8.2.1 当先施工主体结构后安装墙板时，墙板安装前应对已建主体结构进行复测，并按实测结果对墙板设计进行复核。

8.2.2 墙板的施工测量除应符合现行国家规程《工程测量规范》GB 50026 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、设置构件安装定位标识；

2 墙板测量应与主体结构测量相协调，墙板应分配、消化主体结构偏差造成的影响，且墙板的安装偏差不得累积；

3 应定期校核墙板的安装定位基准的轴线、控制线、标高。

8.2.3 墙板的安全施工除应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 应遵守施工组织设计中确定的各项要求；

2 墙板起吊和就位过程中宜设置缆风绳，通过缆风绳引导墙板安装就位；

3 墙板安装过程中应设置临时固定和支撑系统，点支承墙板可利用节点连接件作为临时固定和支撑系统，线支承墙板应单独设置；

4 墙板与吊具的分离应在校准定位及临时支撑安装完成后进行；

5 墙板调整、校正后，应及时安装防松脱、防滑移和防倾覆装置；

6 遇到雨、雪、雾天气，或者风力大于 5 级时，不得进行吊装作业。

8.2.4 主体结构上用于与墙板连接的预埋件应在主体结构施工时按设计要求埋设，预埋件的施工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 的有关规定及设计文件的要求。预埋件位置偏差过大或未预先埋设金属预埋吊件时，应制定可行变更措施或可靠连接方案并经设计单位审核同意后方可实施。

8.2.5 墙板安装时，墙板与主体结构的连接节点宜仅承受墙板自身范围内的荷载和作用，确保各支撑点均匀受力。

8.2.6 墙板安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 墙板的临时支撑不宜少于 2 道；

2 墙板的上部斜支撑，其支撑点与墙板底的距离不宜小于墙板高度的 $2/3$ ，且不应小于墙板高度的 $1/2$ ；斜支撑应与墙板可靠连接；

3 临时支撑应具有调节墙板安装偏差的能力，墙板安装就位后，可通过临时支撑对墙板的位置和垂直度进行微调。

8.2.7 墙板安装应符合下列规定：

1 线支撑墙板就位前，应在墙板底部设置调平装置，控制墙板安装标高；

2 墙板应以轴线和外轮廓线同时控制墙板的安装位置；

3 墙板安装就位后应临时固定，测量墙板的安装位置、安装标高、垂直度、接缝宽度等，通过节点连接件或墙底调平装置、临时支撑进行调整；

4 带饰面层墙板应对装饰面的完整性进行校核与调整；

5 墙板安装过程中应采取保护措施，避免墙板边缘及饰面层被污染、损伤。

8.2.8 点支承墙板与主体结构连接节点施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定，并应符合下列规定：

1 利用节点连接件作为墙板临时固定和支撑系统时，支撑系统应具有调节墙板安装偏差的能力；

2 有变形能力要求的连接节点，安装固定前应核对节点连接件的初始相对位置，确保连接节点的可变形量满足设计要求；

3 墙板校核调整到位后，应先固定承重连接点，后固定非承重连接点；

4 连接节点不得采用焊接施工，特殊情况需要焊接的，焊接材料和焊接节点应该采取更加严格的防腐蚀、防锈、防火处理；

5 墙板安装固定后应及时进行防腐涂装和防火涂装施工。

8.2.9 线支承墙板与主体结构连接节点施工应符合下列规定：

1 墙板榫卯后浇混凝土连接节点施工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；当采用自密实混凝土时，尚应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JG/T 283 的有关规定（图 8.2.9）；

2 墙板的面外约束连接节点采用金属连接件连接时，节点施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定；

3 后浇混凝土浇筑前应检查校正墙板节点连接钢筋，检查墙板节点处粗糙面，剔除、清理疏松部分的混凝土，并按本规程第 9.1.5 条进行隐蔽工程验收；

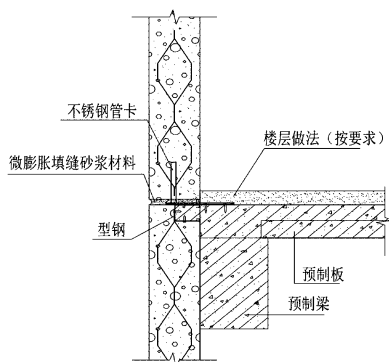


图 8.2.9 线支撑墙板节点大样详图

4 后浇混凝土节点的模板或主体结构支撑构件与墙板接缝处，以及后浇混凝土节点处墙板之间的接缝应采取防止漏浆的措施，可采用粘贴密封条进行密封，墙板之间接缝处的密封条应粘贴在接缝内侧；

5 后浇混凝土浇筑时应采取保证混凝土浇筑密实的措施；

6 后浇混凝土浇筑和振捣应采取措施防止模板、墙板、钢筋移位。

8.2.10 线支撑墙板节点连接处后浇混凝土的强度达到设计要求后，方可拆除临时支撑系统。拆模时的混凝土强度应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定和设计要求。

8.2.11 有装饰面墙板安装尺寸允许偏差及检验方法应符合表 8.2.11 的规定。

表 8.2.11 有装饰面墙板安装尺寸允许偏差及检验方法

项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法
标 高		±4	水准仪或拉线、尺量
相邻墙板平整度		1	2m 靠尺测量
墙面垂直度	层 高	4	经纬仪或吊线、尺量
	全 高	$H/2000$ 且 ≤ 6	

项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法
相邻接缝高		2	尺量
接 缝	宽 度	±3	尺量
	中心线与轴线距离	3	

8.2.12 墙板接缝防水施工前的施工准备应符合下列规定：

1 吊装过程中应对墙板板侧预留凹槽、装饰面墙板边角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；

2 接缝堵塞处应进行清理，不得采用剔凿的方式清理接缝残渣或增加接缝宽度；

3 检查接缝宽度是否满足设计要求；

4 无装饰面的墙板，安装前检查并清理接缝混凝土基层，应坚实、平整，不得有蜂窝、麻面、皱皮和起砂现象；表面应清洁、干燥，无油污和灰尘；

5 密封胶使用前，与其相接触的有机材料应取得合格的相容性试验报告。

8.2.13 墙板接缝防水施工应符合下列规定：

1 当接缝内侧采用橡胶空心气密条作为气密材料时，气密条粘贴前应先清除接缝侧面混凝土表面灰尘，并应涂刷专用胶粘剂。墙板吊装前应检查气密条粘贴的牢固性和完整性；

2 宜在装饰墙板接缝两侧基层表面粘贴防护胶带，防护胶带应连续平整；

3 接缝中应按设计要求填塞密封胶背衬材料，背衬材料与接缝两侧基层之间不得留有空隙，背衬材料进入接缝的深度应和密封胶的厚度一致；

4 单组分密封胶可直接使用，双组分密封胶应按比例准确计量，并应搅拌均匀。双组分密封胶应随拌随用，拌和时间 and 拌和温度等应符合产品说明书的要求，搅拌均匀的密封胶应在适用期内用完；

- 5 应根据接缝的宽度选用口径合适地挤出嘴，挤出应均匀；
- 6 墙板十字接缝处各 500mm 范围内的水平缝和垂直缝应一次施工完成；
- 7 嵌填密封胶后，应在密封胶表干前用专用工具对胶体表面进行修整，溢出的密封胶应在固化前进行清理；
- 8 密封胶作业前应该是通过实际监测，确定建筑物沉降稳定后进行；
- 9 密封胶嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度应满足设计要求。

8.2.14 墙板接缝设计有处导水管时安装应符合下列规定：

- 1 安装前应在导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气密条相接触；
- 2 导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；导水管的上口应位于空腔的最低点；
- 3 应避免密封胶堵塞导水管。

8.2.15 当在清水面墙板上做外墙涂料时，需要对安装好的墙面进行打磨处理，去除表面浮灰，并将打磨时产生的灰尘清洁干净；滚涂底层防水材料或者斑驳底漆，再根据设计要求做装饰涂料层。

9 工程验收

9.1 一般规定

9.1.1 墙板及主体结构的验收除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

9.1.2 墙板装饰装修工程的验收应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210 的有关规定。

9.1.3 墙板工程验收时，应提交下列文件和记录：

- 1 施工图和墙板构件加工制作详图、设计变更文件及其他设计文件；
- 2 墙板、主要材料及配件的进场验收记录；
- 3 墙板安装施工记录；
- 4 本规程规定应进行墙板或连接承载力验证时需提供的检测报告；
- 5 墙板中的金属预埋吊件的现场吊装试验记录；
- 6 重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 7 其他质量保证资料。

9.1.4 墙板工程施工用的墙板构件、主要材料及配件均应按检验批进行进场验收。

9.1.5 线支撑墙板节点、榫卯后浇混凝土浇筑前应进行隐蔽工程验收，隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- 1 混凝土粗糙面的质量；
- 2 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距、锚固方式和长度；
- 3 用于主体结构支撑构件与墙板接缝处，以及后浇混凝土

节点处墙板之间接缝临时封堵的密封条材料、位置；

4 其他隐蔽项目。

9.1.6 墙板接缝采用填充的膨胀砂浆的膨胀系数应该满足0.01%的要求、密封胶进场复验项目应包括下垂度、表干时间、挤出性、适用期、弹性恢复率、拉伸模量、质量损失率。

9.2 主控项目

9.2.1 墙板在场外预制的进场检验应符合下列规定：

1 施工单位或监理单位代表驻厂监督生产过程时，构件进场应有其签字的质量证明文件；

2 当无驻厂监督时，构件进场应对其产品等进行实体现场检验。

检验数量：同一类型墙板不超过500块墙板为一个检验批，每批随机抽取墙板数量的1%且不少于5块。

检验方法：检查质量证明文件或实体检验。

9.2.2 墙板的外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

9.2.3 饰面层与墙板基面的粘结强度应符合现行行业标准《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110的有关规定。

检查数量：按同一工程、同一工艺的墙板分批抽样检验。

检验方法：检查装饰面拉拔强度检验报告。

9.2.4 墙板构件的传热系数应满足设计要求。

检查数量：同一类型墙板为一检验批，每批检验数量为1块。

检验方法：检查第三方检验报告。

9.2.5 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标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231和《装配式混凝土结构技术标

准》JGJ 1 的有关规定。

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。

9.2.6 墙板连接节点采用焊接连接时，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》GB 50661 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《装配式住宅建筑检测技术标准》JGJ/T 485 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《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

9.2.7 线支承墙板节点处后浇混凝土的强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验。

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

9.2.8 墙板金属连接节点防腐涂料涂装前的表面除锈、防腐涂料品种、涂装遍数、涂层厚度应满足设计要求，并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。

检查数量：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。

检验方法：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。

9.2.9 墙板金属连接节点防火涂料涂装前的钢材表面除锈及防锈底漆涂装、防火涂料的粘结强度和抗压强度、涂层厚度、涂层表面裂纹宽度应满足设计要求，并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。

检查数量：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。

检验方法：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。

9.2.10 墙板接缝及外门窗安装部位的防水性能应符合设计要求。

检验数量：

1) 设计、材料、工艺和施工条件相同的墙板工程，每 500m^2 且不超过一个楼层为一个检验批，不足 500m^2 应划分为一个独立检验批。每个检验批每 50m^2 应至少查一处，每处不得少于 10m^2 且至少应包含一个十字接缝部位；

2) 同一单位工程中不连续的墙板工程应单独划分检验批；

3) 对于异形或有特殊要求的墙板，检验批的划分宜根据墙板的结构、特点及墙板工程的规模，由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

检验方法：检查现场淋水试验报告。

9.2.11 墙板与主体结构在楼层位置接缝处的防火封堵材料应满足设计要求，防火材料应填充密实、均匀、厚度一致，不应有间隙。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查处理记录。

9.3 一般项目

9.3.1 墙板接缝应平直、均匀；注胶封闭式接缝的注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，深浅基本一致、缝宽基本均匀、光滑顺直，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；胶条封闭式接缝的胶条应连续、均匀、安装牢固、无脱落，接缝宽度的施工尺寸偏差及检验方法应符合设计文件的要求，当设计无要求时，应符合本规程表 8.2.11 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察；尺量检查。

9.3.2 墙板工程在节点连接构造检查验收合格、接缝防水检查合格的基础上，可进行墙板安装质量和尺寸偏差验收。墙板的施工安装尺寸偏差及检验方法应符合设计文件的要求，当设计无要

求时，应符合本规程表 8.2.11 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，应按照建筑立面抽查 15%，且不应少于 10 块。

9.3.3 墙板工程的饰面外观质量除应符合设计要求外，尚应符合现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、量测。

9.3.4 墙板适合安装各类金属窗、塑料窗和抗风性能、空气渗透性能及雨水渗透性能好的各类门窗，墙板强度 C5 以上，门窗安装直接于墙板进行固定，强度 C5 以下生产时添加隐蔽锚固件，其隐蔽锚固件可以采用橡胶块、铝合金方管及防腐木块，见图 9.3.4-1、图 9.3.4-2。

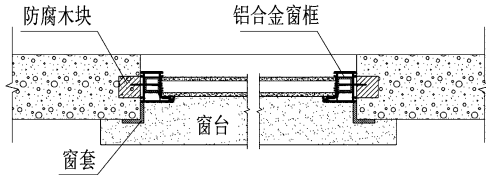


图 9.3.4-1 窗框连接构造示意图

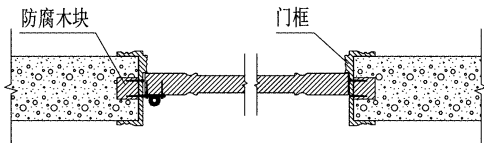


图 9.3.4-2 门窗构造示意图

附录 A 墙板接缝宽度和密封胶厚度计算

A. 0. 1 墙板接缝宽度应考虑立面分格、温度变形、风荷载及地震作用下的接缝变形量、密封材料最大拉伸 - 压缩变形量及施工安装误差等因素的影响, 接缝宽度 W_s 可按下列规定计算。

1 当接缝仅发生拉压变形时, 接缝宽度可按下式计算:

$$W_s = \frac{D}{\varepsilon} + d_c \quad (\text{A. 0. 1 - 1})$$

2 当接缝仅发生剪切变形时, 接缝宽度可按下式计算:

$$W_s = \frac{\delta}{\sqrt{\varepsilon + 2\varepsilon}} + d_c \quad (\text{A. 0. 1 - 2})$$

3 当接缝发生拉剪组合变形时, 接缝宽度可按下式计算:

$$W_s = \frac{D + \sqrt{D^2(1+\varepsilon)^2 + \delta^2(2\varepsilon + \varepsilon^2)}}{2\varepsilon + \varepsilon^2} + d_c \quad (\text{A. 0. 1 - 3})$$

4 当接缝发生压剪组合变形时, 接缝宽度应取公式 (A. 0. 1 - 2) 和公式 (A. 0. 1 - 4) 计算值的较大值:

$$W_s = \frac{D + (1-\varepsilon)\sqrt{D^2 + \delta^2(2\varepsilon - \varepsilon^2)}}{2\varepsilon - \varepsilon^2} + d_c \quad (\text{A. 0. 1 - 4})$$

式中: W_s ——接缝宽度 (mm);

D ——接缝宽度方向的接缝变形量 (mm), 按本规程第 A. 0. 2 条确定;

δ ——垂直接缝宽度方向的接缝变形量 (mm), 按本规程第 A. 0. 2 条确定;

d_c ——墙板接缝宽度的安装允许偏差 (mm), 应符合本规程第 8. 2. 11 条的有关规定;

ε ——密封材料的拉伸变形能力, 长期荷载作用时取 ε_1 , 短期荷载作用时取 ε_2 , ε_1 和 ε_2 按本规程第 A. 0. 3 条确定。

A. 0. 2 墙板沿宽度方向的接缝变形量 D 和沿垂直接缝宽度方向的接缝变形量 δ 应符合下列规定。

1 密封材料受长期荷载作用时:

$$D = d_G + d_T \quad (\text{A. 0. 2 - 1})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_T \quad (\text{A. 0. 2 - 2})$$

2 密封材料受短期荷载作用时由温度作用控制的接缝变形量:

$$D = d_G + d_T + \varphi_C d_W \quad (\text{A. 0. 2 - 3})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_T + \varphi_C \delta_W \quad (\text{A. 0. 2 - 4})$$

3 密封材料受短期荷载作用时由风荷载控制的接缝变形量:

$$D = d_G + d_W + \varphi_C d_T \quad (\text{A. 0. 2 - 5})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_W + \varphi_C \delta_T \quad (\text{A. 0. 2 - 6})$$

4 密封材料受短期荷载作用时由多遇地震作用控制的接缝变形量:

$$D = d_G + d_E + \varphi_C d_T \quad (\text{A. 0. 2 - 7})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_E + \varphi_C \delta_T \quad (\text{A. 0. 2 - 8})$$

式中: d_G ——墙板节点施工完成后新增恒载作用下接缝宽度方向的接缝变形量 (mm); 对于水平缝应取上下相邻墙板之间的竖向变形值之差, 墙板应取外叶板处的竖向变形值之差; 对于垂直缝可取 0;

d_T ——温度作用下接缝宽度方向的接缝变形量 (mm), 点支承墙板可按本规程第 A. 0. 4 条确定;

d_W ——风荷载作用下接缝宽度方向的接缝变形量 (mm), 点支承墙板可按本规程第 A. 0. 5 条确定;

d_E ——多遇地震作用下接缝宽度方向的接缝变形量 (mm), 点支承墙板可按本规程第 A. 0. 5 条确定;

δ_G ——墙板节点施工完成后新增恒载作用下垂直接缝宽度方向的接缝变形量 (mm), 水平缝可取 0。垂直缝应取左、右相邻墙板之间的竖向变形值之差;

δ_T ——温度作用下垂直接缝宽度方向的接缝变形量

(mm)，应取接缝两侧墙板的温度变形差，建筑角部竖直缝可按公式 (A.0.4) 计算，其余接缝应按实际情况考虑，当其余接缝两侧墙板的支承方式和尺寸大小相同时可取 0；

δ_w ——风荷载作用下垂直接缝宽度方向的接缝变形量 (mm)，点支承墙板可按本规程第 A.0.6 条确定；

δ_e ——多遇地震作用下垂直接缝宽度方向的接缝变形量 (mm)，点支承墙板可按本规程第 A.0.6 条确定；

φ_c ——组合值系数，取 0.6。

A.0.3 密封材料的长期拉伸变形能力 ε_1 ，应符合国家现行标准《建筑密封胶分级和要求》GB/T 22083、《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881 中位移能力的有关规定。密封材料的短期拉伸变形能力 ε_2 宜由密封胶厂家试验报告确定，无试验依据时， ε_2 可取为 ε_1 。

A.0.4 点支承墙板中，温度作用下接缝宽度方向的接缝变形量 d_T 、建筑角部竖直缝沿垂直接缝宽度方向的接缝变形量 δ_T 可按下式计算：

$$d_T \delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (\text{A.0.4})$$

式中： α ——墙板混凝土材料的线膨胀系数 (°C)；

ΔT ——墙板的温度作用标准值 (°C)，有地区经验时根据地区温度观测资料结合外表面的朝向、表面材料及其色调综合确定，无地区经验时可取 80°C；

L ——计算方向接缝两侧最近的两个固定点之间的长度 (mm)，计算线支承墙板竖直缝时可取接缝两侧墙板的最大宽度。

A.0.5 相邻墙板的接缝对齐时，风荷载作用下接缝宽度方向的接缝变形量 d_w 和地震作用下接缝宽度方向的接缝变形量 d_e 可按下列规定计算。

1 平移式墙板和线支承墙板的竖直缝：

建筑角部竖直缝：

$$d_W \cdot d_E = \theta_{i.s} h_i \quad (\text{A. 0. 5 - 1})$$

其余部位竖直缝:

$$d_W、d_E = \varphi_i h_i \quad (\text{A. 0. 5 - 2})$$

2 旋转式墙板竖直缝: 建筑角部竖直缝:

$$d_W、d_E = \max(\theta_{i.s} \cdot \theta_{i.v}) \cdot h_i \left(\frac{h'_i + h''_i}{h_i - h'_i - h''_i} \right) \quad (\text{A. 0. 5 - 3})$$

其余部位竖直缝:

$$d_W、d_E = 0 \quad (\text{A. 0. 5 - 4})$$

3 水平缝:

水平缝最大受拉变形:

$$d_W、d_E = \max(\Delta_{z.i} - \Delta_{z.i-1}, \Delta_{y.i} - \Delta_{y.i-1}) \quad (\text{A. 0. 5 - 5})$$

水平缝最大受压变形:

$$d_W、d_E = \min(\Delta_{z.i} - \Delta_{z.i-1}, \Delta_{y.i} - \Delta_{y.i-1}) \quad (\text{A. 0. 5 - 6})$$

式中: h_i ——第 i 层墙板的高度;

$\theta_{i.v}$ ——风荷载或地震作用下沿垂直于角部竖直缝宽度方向第 i 层的弹性层间位移角;

φ_i ——支承墙板的主体结构梁板变形引起的竖缝两侧墙板沿同一方向的转角差, 当竖缝两侧的墙板支点均设置在梁柱节点区域时, 可取 $\varphi_i = 0$;

h'_i ——第 $i+1$ 层楼板顶标高与墙板上部面外节点连接件的标高差;

h''_i ——第 i 层楼板顶标高与墙板下部面外节点连接件的标高差;

$\Delta_{z.i} - \Delta_{z.i-1}$ ——支承墙板的主体结构梁板变形引起的第 i 层、 $i-1$ 层墙板在左端点处的竖向变形值;

$\Delta_{y.i} - \Delta_{y.i-1}$ ——支承墙板的主体结构梁板变形引起的第 i 层、 $i-1$ 层墙板在右端点处的竖向变形值。

A. 0. 6 相邻墙板的接缝对齐时, 风荷载作用下垂直缝宽度方向的接缝变形量 δ_W 和地震作用下垂直缝宽度方向的接缝变形量 δ_E 可按下列规定计算, 按本规程 A. 0. 1 条和 A. 0. 2 条的规定

计算时，公式（A0.6-1）中的 δ_W 、 δ_E 不与公式（A.0.5-1）中的 d_W 、 d_E 组合。

1 平移式墙板和线支承墙板：

建筑角部竖直缝：

$$\delta_W、\delta_E = \theta_{i,v} h_i \quad (\text{A.0.6-1})$$

其余部位竖直缝：

$$\delta_W、\delta_E = 0 \quad (\text{A.0.6-2})$$

水平缝：

$$\delta_W、\delta_E = \theta_i h_i \quad (\text{A.0.6-3})$$

2 旋转式墙板：

建筑角部竖直缝：

$$\delta_W、\delta_E = \max(\theta_{i,s} \cdot \theta_{i,v}) \frac{b_{i,\max} h_i}{h_i - h'_i - h''_i} \quad (\text{A.0.6-4})$$

其余部位竖直缝：

$$\delta_W、\delta_E = \frac{\theta_i L_i h_i}{h_i - h'_i - h''_i} \quad (\text{A.0.6-5})$$

水平缝：

$$\delta_W、\delta_E = \frac{\theta_i h_i (h'_i + h''_i)}{h_i - h'_i - h''_i} \quad (\text{A.0.6-6})$$

式中： θ_i ——风荷载或地震作用下沿竖直缝宽度方向第 i 层的弹性层间位移角；

L_i ——第 i 层竖直缝两侧墙板的旋转不动点之间距离的最大值，墙板宽度和连接点布置完全相同的两相邻墙板之间的竖直缝计算时可取为墙板宽度；

$b_{i,\max}$ ——第 i 层角部竖直缝两侧墙板宽度的较大值。

附录 B 点支承墙板连接节点受力计算

B.0.1 墙板与主体结构采用点支承连接时，在重力荷载或竖向地震作用下，支承节点宜符合下列规定。

1 墙板面内方向，各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

1) 对平移式外挂墙板（图 B.0.1-1）：

$$R_{\text{vnk}} = N_k \cdot b_2 / (b_1 + b_2) \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$R_{\text{vpk}} = N_k \cdot b_1 / (b_1 + b_2) \quad (\text{B.0.1-2})$$

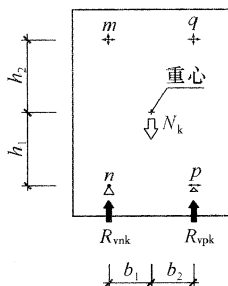


图 B.0.1-1 竖向荷载作用下平移式
外挂墙板面内反力示意图

2) 对旋转式墙板（图 B.0.1-2），不考虑地震作用和风荷载工况时，各支承节点的反力标准值可按公式（B.0.1-1）和公式（B.0.1-2）计算，考虑地震作用或风荷载的组合工况时，重力荷载与竖向地震作用下各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

$$R_{\text{vnk}} = R_{\text{vpk}} = N_k \quad (\text{B.0.1-3})$$

$$R_{\text{hmk}} = R_{\text{hnk}} = \frac{N_k \cdot \max(b_1 \cdot b_2)}{(h_1 + h_2)} \quad (\text{B.0.1-4})$$

式中： N_k ——重力荷载标准值 G 或者竖向地震作用标准值 F ；

R_{vnk} —— n 节点的竖向反力标准值；
 R_{vpk} —— p 节点的竖向反力标准值；
 R_{hmk} —— m 节点在墙板面内方向的水平反力标准值；
 R_{hpk} —— p 节点在墙板面内方向的水平反力标准值。

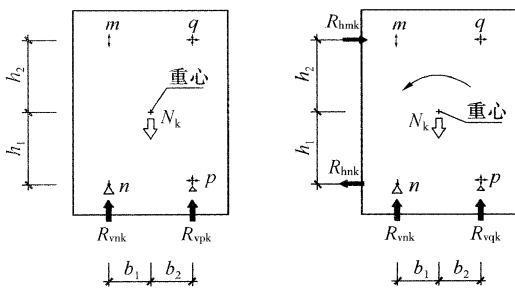


图 B.0.1-2 竖向荷载作用下旋转式
外挂墙板面内反力示意图

2 垂直墙板方向 (图 B.0.1-3), 各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算:

$$H_{mk} = H_{nk} = N_k \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{b_2}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B.0.1-5})$$

$$H_{pk} = H_{qk} = N_k \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{b_2}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B.0.1-6})$$

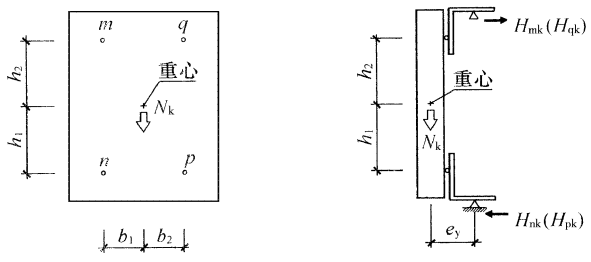


图 B.0.1-3 竖向荷载作用下平移式或
旋转式外挂墙板面外反力示意图

式中： e_y ——墙板面外的偏心距；

e_o —— e_y 的安装尺寸偏差；

H_{mk} —— m 节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

H_{nk} —— n 节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

H_{pk} —— p 节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

H_{qk} —— q 节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值。

B.0.2 墙板与主体结构采用点支承连接时，在面内方向的水平地震作用下，各支承节点的反力宜符合下列规定。

1 墙板面内方向，各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

1) 对平移式外挂墙板（图 B.0.2-1）：

$$R_{hmk} = P_{Ek} \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$R_{vnk} = p_{Ek} \cdot h_1 / (b_1 + b_2) \quad (\text{B.0.2-2})$$

$$R_{vpk} = -p_{Ek} \cdot h_1 / (b_1 + b_2) \quad (\text{B.0.2-3})$$

2) 对旋转式外挂墙板（图 B.0.2-2）：

$$R_{hmk} = p_{Ek} \cdot h_1 / (h_1 + h_2) \quad (\text{B.0.2-4})$$

$$R_{hnk} = p_{Ek} \cdot h_2 / (h_1 + h_2) \quad (\text{B.0.2-5})$$

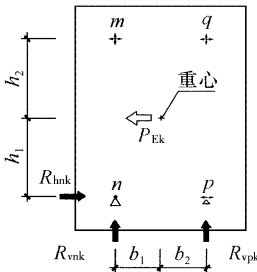


图 B.0.2-1 面内水平地震作用下平移式外挂墙板面内反力示意图

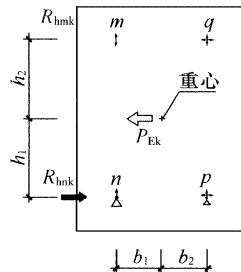


图 B.0.2-2 面内水平地震作用下旋转式外挂墙板面内反力示意图

2 垂直墙板方向（图 B.0.2-3），各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

$$H_{mk} = H_{qk} = P_{Ek} \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{h_1}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B. 0. 2 - 6})$$

$$H_{nk} = H_{pk} = P_{Ek} \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{h_2}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B. 0. 2 - 7})$$

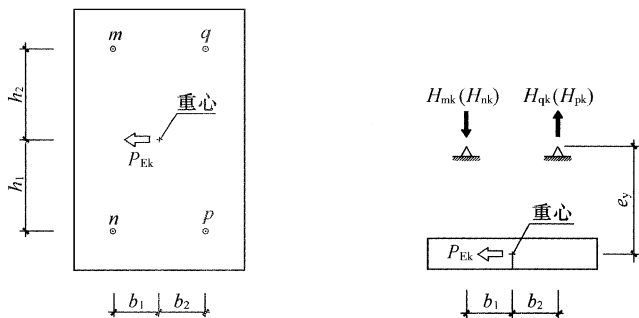


图 B. 0. 2 - 3 面内水平地震作用下平移式外挂或旋转外挂墙板面外反力示意图

B. 0. 3 墙板与主体结构采用点支承连接时，在垂直墙板平面的风荷载、地震作用下墙板支承点的反力宜按可能的三点支承板分别计算，并取包络值确定，计算时宜计入荷载偏心的影响。

附录 C 点支承外挂墙板计算

C.0.1 在垂直于墙板平面的风荷载和地震作用下，当支承点的边距均不大于该方向边长的 25% 时，四点支承无洞口墙板的支座和跨中弯矩设计值 M 可按公式 (C.0.1-1) 估算，挠度值 Δ 可按公式 (C.0.1-2) 估算：

$$M = M_i \cdot qL_y^2 \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\Delta = \mu \cdot \frac{q_k L_y^1}{D} \quad (\text{C.0.1-2})$$

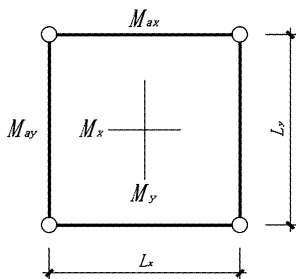


图 C.0.1 四点支撑无洞口外挂墙板示意图

式中： M_i ——弯矩系数，包括（图 C.0.1），按表 C.0.1 确定。

M_x 和 M_y 分别为跨中板块 x 方向和 y 方向的弯矩系数， M_{ax} 和 M_{ay} 分别为支座板块 x 方向和 y 方向的弯矩系数；

μ ——挠度系数，按表 C.0.1 确定；

D ——按荷载标准组合计算的预制混凝土墙板构件的短期刚度，当采用墙板或非组合墙板时，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定计算，采用组合或部分组合墙板时，宜根据试验确定墙板刚度；

q ——垂直于墙板平面的均布荷载设计值；
 q_k ——按荷载标准组合计算的垂直于墙板平面的均布荷载；
 L_y ——墙板 y 方向支承点间的长度。

表 C.0.1 四点支承无洞口墙板的弯矩系数 M ，及挠度系数 μ

L_x/L_y	μ	M_x	M_y	M_{ax}	M_{ay}
0.50	0.01420	0.0197	0.1222	0.0576	0.1303
0.55	0.01453	0.0254	0.1213	0.0650	0.1317
0.60	0.01497	0.0319	0.1205	0.0728	0.1335
0.65	0.01555	0.0391	0.1194	0.0810	0.1354
0.70	0.01629	0.0471	0.1182	0.0897	0.1375
0.75	0.01723	0.0558	0.1170	0.0990	0.1397
0.80	0.01840	0.0652	0.1158	0.1087	0.1422
0.85	0.02153	0.0754	0.1144	0.1191	0.1447
0.90	0.02255	0.0863	0.1130	0.1299	0.1474
0.95	0.02357	0.0978	0.1115	0.1413	0.1503
1.00	0.02597	0.1100	0.1100	0.1533	0.1533

注：1. L_x 为墙板 x 方向支承点间的长度；

2. $0.5 \leq L_x/L_y \leq 1$ 的其他情况可采用插值方法计算。

C.0.2 四点支承开洞墙板在垂直于平面内的风荷载和地震作用下，当面对外荷载设计值 q 为均布荷载，门窗洞口沿水平方向位居墙板正中，且 $L' < L_0$ 时（图 C.0.2），墙板面内最大弯矩设计值可按下列规定估算。

1 当 $L' \leq H'$ 时每延米纵板跨中最大弯矩：

$$M_{\max} = \left(\frac{LH^2}{16} - \frac{L'^3}{48} \right) \frac{q}{b} \quad (\text{C.0.2-1})$$

每延米上横板跨中最大弯矩：

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_2L_0^2 + 4k_2ay + H'\beta(2a - \beta)}{16} + \frac{L'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_2} \quad (\text{C.0.2-2})$$

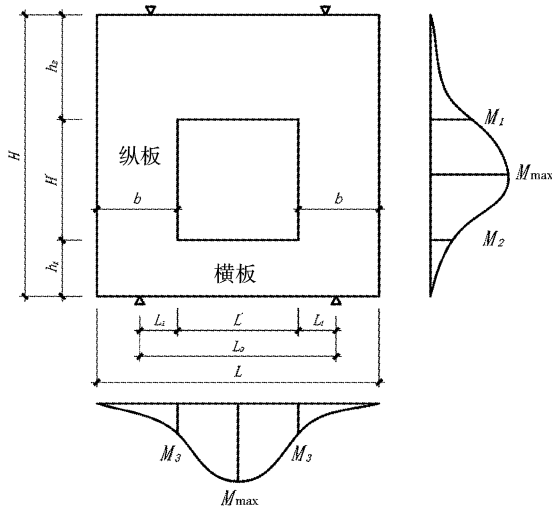


图 C.0.2 四点支撑开洞外挂墙板示意图

每延米下横板跨中最大弯矩:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_1L_0^2 + 4k_1ay + H'\beta(2_a - \beta)}{16} + \frac{L'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_1} \quad (\text{C.0.2-3})$$

2 当 $L' > H'$ 时: 每延米纵板跨中最大弯矩:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{LH^2}{16} - \frac{3L' - 2H'}{12} \left(\frac{H}{2} - h_1 \right) \left(\frac{H}{2} - h_2 \right) \right\} \frac{q}{b} \quad (\text{C.0.2-4})$$

每延米上横板跨中最大弯矩:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_2L_0^2 + 2k_2ay(a + L_0) + H'\beta(2_a - \beta)}{16} - \frac{k_2H'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_2} \quad (\text{C.0.2-5})$$

每延米下横板跨中最大弯矩:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_1L_0^2 + 2k_1ay(a + L_0) + H'\beta(2_a - \beta)}{16} - \frac{k_1H'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_1} \quad (\text{C.0.2-6})$$

$$\alpha = L_0 - L' \quad (\text{C. 0. 2 - 7})$$

$$\beta = L - L' \quad (\text{C. 0. 2 - 8})$$

$$Y = L' - H' \quad (\text{C. 0. 2 - 9})$$

式中： k_i ——荷载分配系数，对洞口上横板取为 k ，对洞口下横板取为 k_1 ；

$$k_1 = \frac{h_1 + H'/2}{H} \text{ 当 } k_1 < 0.5 \text{ 时，取 } 0.5；$$

$$k_2 = \frac{h_2 + H'/2}{H} \text{ 当 } k_2 < 0.5 \text{ 时，取 } 0.5。$$

附录 D 耐撞击性能试验方法

D.1 试验设备

D.1.1 试验框架

试验框架应足够坚固、能承受试验荷载，且不影响试验结果，试件的固定条件应能代表支座的真实情况。

D.1.2 撞击物体

撞击物体应为总质量 (50 ± 0.5) kg 的锥形球袋，为一软体重物（见图 D.1），其要求应符合 GB/T 22631 - 2008 中 3.3 的规定，单位为毫米。

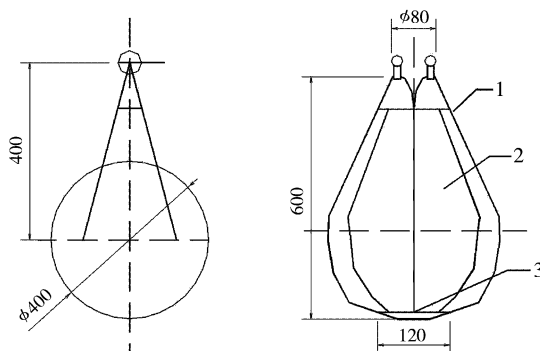


图 D.1 锥形球袋

1—皮革条；2—八片帆布外壳；3—皮革底

D.1.3 设备

设备应符合下列规定：

1 悬挂装置的挂点应足够坚固，并能调整以满足不同撞击位置的需要，悬挂撞击物体的钢丝绳宜为 5mm 的不锈钢丝绳，在最大降落高度处，悬挂钢丝绳与挂点垂线的夹角不宜大于 65° ，如图 D.2 所示；

2 撞击物体和悬挂钢丝绳在自由状态时，锥形球袋外缘与试件表面的距离宜大于5mm，且小于15mm，撞击物体的几何中心应位于被撞击点以50mm为半径的圆形范围内；

3 撞击物释放装置应能准确定位撞击物体提升的高度，保持撞击物体中心线和悬挂钢丝绳中心线在同一直线上，并确保撞击物体释放后能够自由下落，且撞击物对试件的冲击是由锥形球袋做摆动下落而造成的。

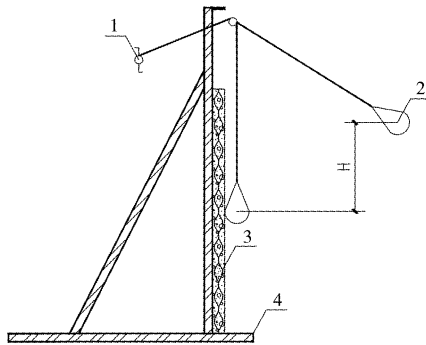


图 D.2 耐撞击性能试验装置示意图

1—铰轮；2—锥形球袋；3—受测墙体；4—支撑架；H—落差高度

D.2 试验条件

试验样品应在15℃~30℃温度范围、25%~75%相对湿度的环境中存放和试验，且试验过程中试验样品应在正常使用状态。

D.3 试验程序

D.3.1 撞击能量

撞击能量应按式(D.3.1)计算。

$$E = 9.8m \cdot h \quad (\text{D.3.1})$$

式中： E ——摊击能量，单位为牛·米(N·m)；

m ——撞击物体的质量，单位为千克(kg)；

h ——撞击物体有效下落高度，单位为米(m)。

D.3.2 确定撞击点

可选择建筑师指定的任何部位进行掉击试验，一般可选择如下部位进行试验：

- 1 竖向拼接缝的中点；
- 2 横向拼接缝的中点；
- 3 墙板的中心；
- 4 楼面上部 800mm 以下部位墙板的中心。

D.3.3 试验过程

试验过程应符合下列规定：

1 试验宜从较低高度进行，撞击设定位置，然后逐级增加高度至设定高度，并撞击 5 次，观察并记录试件的状况，测量试件的残余变形。降落高度的误差为 $\pm 20\text{mm}$ ，撞击过程中应避免撞击物回弹多次对试件反复撞击；

2 室内隔墙耐撞击试验，将锥形球袋的重心提升至设定高度，撞击设定位置，反复 5 次。

D.3.4 结果判定违反下列情况之一应判定为不合格：

- 1 墙体应能吸收撞击能量，保持原有性能；
- 2 撞击力消失后，墙体应能恢复，不发生永久变形；
- 3 撞击力不应导致墙体零件脱落。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的。

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的。

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的。

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624
- 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 3 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 4 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 5 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 6 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 7 《工程测量标准》 GB 50026
- 8 《民用建筑热工设计规范》 GB 50176
- 9 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 10 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 11 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 12 《建筑装饰装修工程质量验收标准》 GB 50210
- 13 《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》 GB 50404
- 14 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 15 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 16 《钢结构工程施工规范》 GB 50755
- 17 《不锈钢棒》 GB/T 1220
- 18 《连接热镀锌和锌合金层钢板及钢带》 GB/T 2518
- 19 《不锈钢热轧钢板和钢带》 GB/T 4237
- 20 《不锈钢冷加工钢棒》 GB/T 4226
- 21 《不锈钢热轧钢板和钢带》 GB/T 4237
- 22 《钢丝绳铝合金制接头》 GB/T 6946
- 23 《铝合金铸件》 GB/T 9438
- 24 《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》 GB/T 14683
- 25 《铝合金压铸件》 GB/T 15114

- 26 《建筑密封胶分级和要求》 GB/T 22083
- 27 《建筑物垂直部件 抗冲击试验 冲击物及通用试验程序》 GB/T 22631
- 28 《石材用建筑密封胶》 GB/T 23261
- 29 《建筑模数协调标准》 GB/T 50002
- 30 《混凝土强度检验评定规程》 GB/T 50107
- 31 《建筑隔声评价标准》 GB/T 50121
- 32 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 33 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 34 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 35 《冷拔低碳钢丝应用技术规程》 JGJ 19
- 36 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 26
- 37 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
- 38 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 39 《夏热冬暖地区居住建筑技能设计标准》 JGJ 75
- 40 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
- 41 《外墙饰面砖工程施工及验收规程》 JGJ 126
- 42 《夏热冬冷地区居住建筑技能设计标准》 JGJ 134
- 43 《清水混凝土应用技术规程》 JGJ 169
- 44 《混凝土建筑接缝用密封胶》 JC/T 881
- 45 《喷涂聚氨酯硬泡保温材料》 JC/T 998
- 46 《轻骨料混凝土应用技术标准》 JCJ/T 12
- 47 《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》 JGJ/T 110
- 48 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T 251
- 49 《自密实混凝土应用技术规程》 JG/T 283
- 50 《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》 JGJ/T 458
- 51 《装配式住宅建筑检测技术标准》 JGJ/T 485

中国房地产业协会标准

钢板网构复合保温混凝土墙板
应用技术规程

T/CREA 004—2021

条文说明

编制说明

《钢板网构复合保温混凝土墙板应用技术规程》在规程编制过程中，编制组进行了广泛的调查研究、试验、论证，总结了钢板网构复合保温混凝土墙板工程的应用经验，同时参考了国内、外的先进技术标准，为本次编制提供了极有价值的参考资料。

为便于设计、生产、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行规程规定，《钢板网构复合保温混凝土墙板应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 录

1	总 则	71
2	术语和符号	74
3	基本规定	78
4	材 料	81
4.1	轻质混凝土、钢板和网构	81
4.2	节点连接件	81
4.3	预埋件	82
4.4	保温材料	82
4.5	防水密封材料	83
5	建筑设计	85
5.1	一般规定	85
5.2	构造设计	87
6	结构设计	92
6.2	作用与作用组合	92
6.3	支承系统选型	95
6.4	受力分析与变形验算	98
6.5	构件设计	99
6.6	连接节点设计	101
7	构件制作与运输	104
7.1	一般规定	104
7.2	构件制作	104
7.3	运输与存放	105
7.4	构件出厂检验	106
8	安装与施工	108

8.1	一般规定	108
8.2	构件安装连接	109
9	工程验收	113
9.2	主控项目	113

1 总 则

1.0.1 钢板网构复合保温混凝土墙板集围护、装饰、防水、保温、防火于一体，可采用场内预制、装配化施工，具有安装速度快、质量可控、耐久性好、便于保养和维修等特点，符合国家大力发展装配式建筑的方针政策。本规程的制定有利于钢板网构复合保温混凝土墙板的正确使用。

我国在装配式建筑的部分标准中对混凝土墙板的设计、加工、施工和验收部分给出了相关的规定，如《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、《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJT - 458 等。本技术规程作为钢板网构复合保温混凝土墙板领域的应用技术规程，在以下方面进行了补充和完善：

1) 完善钢板网构复合保温混凝土墙板在抗震、变形、防火、气密、水密、隔声和耐久性能等方面的性能目标；

2) 补充钢板网构复合保温混凝土墙板接缝宽度、密封胶厚度的设计方法，完善接缝防水和排水构造措施；

3) 提高钢板网构复合保温混凝土墙板与主体结构连接节点在地震作用下的性能目标，补充点支承外挂墙板与主体结构连接节点的内力计算方法，细化钢板网构复合保温混凝土墙板与主体结构连接节点及其支承系统的结构设计方法；

4) 完善钢板网构复合保温混凝土墙板构件的结构设计方法；

5) 细化钢板网构复合保温混凝土墙板构件的尺寸允许偏差和安装尺寸允许偏差，调整、完善钢板网构混凝土墙板的外观质量缺陷分类；

6) 对钢板网构复合保温混凝土墙板关键部位提出了更加细化完善的施工质量要求，如连接节点、墙板接缝防水等；

7) 进一步补充完善钢板网构复合保温混凝土墙板质量验收的项目和检验方法。

钢板网构复合保温混凝土墙板体系作为一种良好的外围护结构，结构设计合理，特别是蜂窝网构采用了蜂窝结构原理，质轻强度高、性能稳定。作为外墙挂板、填充墙、隔墙、分户墙的预制混凝土墙板使用有其较大优势，具有良好的经济效益和使用效果。挂板在日本，预制混凝土墙板被大量应用于公共建筑和住宅类建筑中，在日本建筑学会标准《建筑工事标准式样书·同解说·JASS14 建筑幕墙》中，预制混凝土外挂墙板被归类于“混凝土幕墙”。日本采用的预制混凝土外挂墙板通常为点支承外挂墙板，其连接形式与单元式幕墙相似。日本建筑学会标准《建筑工事标准式样书·同解说 - JASS11 建筑幕墙》和《建筑工事标准式样书·同解说·JASS8 防水工事》等对外挂墙板的性能、材料、制作、施工、接缝防水构造等均给出了详细的规定。在欧洲、加拿大等地区针对预制混凝土外挂墙板编制了相关的产品标准和设计手册，对外挂墙板的正确、合理应用起到了积极作用。

基于钢板网构复合保温混凝土墙板体系自身的稳定性，合理的墙板支承系统选型、墙板构件设计和墙板接缝及连接节点设计是钢板网构复合保温混凝土墙板合理应用的前提。钢板网构复合保温混凝土墙板作为一种围护结构，在构件加工和现场施工过程中，其质量要求通常要明显高于其他预制构件，可以降低墙体的整体重量，减少混凝土墙体的强度等级，3.5Mpa 的综合性能优于 5Mpa 的墙板，其抗震安全性、抗风载能力得到了提高，技术难度和技术要求也要高于其他预制构件，特别是在预制构件外观质量、构件尺寸允许偏差、安装尺寸允许偏差等方面。因此在工程实践过程中，充分认识到钢板网构复合保温混凝土墙板工程的技术特性，是对工程质量保证的前提，应予以高度重视。

1.0.2 本规程中钢板网构复合保温混凝土墙板的适用范围主要民用与工业建筑的中的非承重墙使用的钢板网构复合保温混凝土墙板的设计、生产、运输、施工、验收中的应用标准。随着近年

来装配式建筑的快速发展，钢板网构复合保温混凝土墙板逐步开始应用于住宅类建筑中，能有效控制外墙的脱落、开裂、漏水、隔音、保温等质量问题，且能减少外墙施工的现场湿作业量，起到节能环保及减少劳动力需求等作用。考虑到住宅类建筑的使用功能要求相对特殊，在住宅类建筑中应用钢板网构复合保温混凝土墙板时，应特别注意并细化完善墙板与主体结构之间的连接节点及接缝构造，以满足上下楼层间的隔声、防水、防火等要求，本墙板不适用于剪力墙体系。

1.0.3 钢板网构复合保温混凝土墙板属于非承重混凝土构件。因此，预制钢板网构复合保温混凝土墙板的设计、制作、施工与验收除执行本规程外，还应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑设计防火规范》GB 50016 等的相关规定。

2 术语和符号

2.1.1 钢板网构

钢板网构的结构来源于蜜蜂的蜂巢结构：采用金属钢板制造成蜂窝状网构，这种网构结构合理、强度很高，重量又很轻，钢板网构的特殊构造与轻质混凝土配合使用能够减少对围护墙体的强度等级的要求，同时还对隔音有着特别的效果。因此，在墙板内部采用蜂窝结构对保温一体墙的制造和工业化生产起到了决定性的作用，采用镀锌钢板成型技术加工成型的蜂窝状结构见图1。

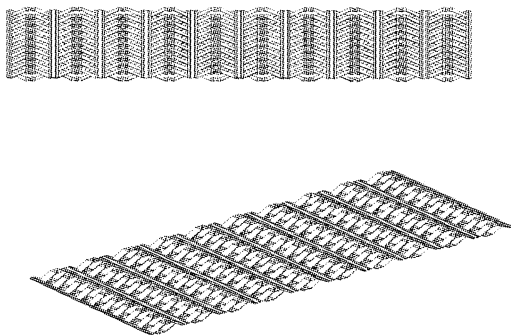


图1 钢板网构

2.1.2 复合混凝土墙板

复合混凝土墙板（图2）内部由钢板网构整体铺设，轻质混凝土作为内部填充材料，通过铝合金模板将同规格的墙板组合成N块的模组，中间填充轻质混凝土材料形成墙板，具有防火、防水、保温、隔音、节能、耐久等优点，主要用途为建筑的围护结构墙、分户墙、隔墙，表面直接做装饰层，可直接批刷涂料、贴墙纸或做清水面混凝土。

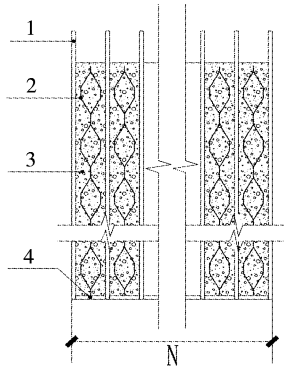


图2 复合混凝土墙板

1—铝合金模板；2—钢板网构；3—轻质混凝土；
4—定位撑件；N—墙板数量

复合混凝土墙板外侧铝合金饰面板（图3）或反打面砖、石材（图4）等内置蜂窝钢板中间填充混凝土组合而成，其网构与装饰材料是直接胶合凝连接的，具有装饰、防火、防水、隔音、节能、耐久等优点，外挂墙的连接件钢板网构及其构造是该产品的关键技术，主要用途为室外有装饰要求的围护结构，特点是容重更轻，外立面表现形式个性化。

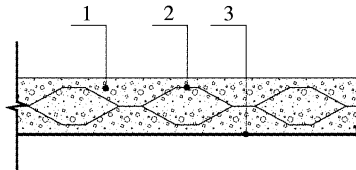


图3 复合混凝土墙板外叶铝合金

1—轻质混凝土；2—钢板网构；3—外叶氟碳漆彩色铝合金

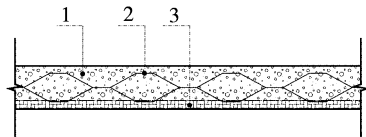


图4 复合混凝土墙板外叶反打面砖、石材

1—轻质混凝土；2—钢板网构；3—外叶面砖、石材

复合混凝土墙板采用钢板网构和轻质保温材料混合浇筑的墙板，具有防火、保温、隔音、节能、耐久等优点，主要用途为室内分户墙、隔墙、防火墙、吸音墙，是可代替各类砖砌筑的墙体。

该构造合理、结构新颖、质量可靠、生产工艺在国内属于领先地位；产品对装配式建筑发展具有重大意义；产品特点工业化程度高、生产效率高、性能好。钢板网构复合保温混凝土墙板是一种高效节能墙板，填充材料可以采用经过碳化的钢渣等工业废弃物代替传统的砂子、石子。

2.1.3 钢板网构复合保温混凝土墙板

在混凝土内添加一定比例的珍珠岩、陶粒、聚苯乙烯颗粒调节墙体的比重，减轻混凝土的自重，通过使用钢板网构提高墙体抗撞击能力，以减少对墙体强度等级的要求。

2.1.4 钢板网构复合保温混凝土墙板通过钢板网构相互间的连接，提高了稳定性和抗开裂能力（图5）。

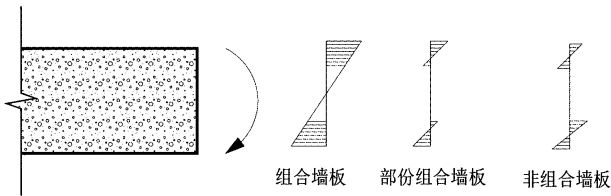


图5 钢板网构在面外受弯状态下的应力分布示意图

2.1.5 钢板网构与混凝土同时受力，墙板一面受外荷载作用时，墙板混凝土与墙板内钢板网构协同受力，墙板平面外整体抗弯刚度超过浇筑墙板时，墙内钢板网构的抗弯刚度起到平衡的作用，成为合力组合墙板。当钢板网构和混凝土的刚度介于以上二者单一能力之外时，保温墙板在面外荷载作用下，墙板具有一定的协同受力作用，但组合截面变形不符合平截面假定，墙板平面外整体抗弯刚度介于组合保温墙板与非组合保温墙板之间，抗弯能力提高。

2.1.6 以上墙板在墙板受力模式与传统墙体及构件类型不同、

墙板生产方法、构造要求等方面均存在较大差异，在实际工程中应根据需求合理选用。由于网构保温墙板在受力模式方面相对简单明确，墙板及拉结件构造合理，在保温墙板中以组合保温墙板的应用比较广泛。

2.1.7 点支承墙板通过若干个节点连接件与主体结构进行连接，其与主体结构的连接节点分为承重节点和非承重节点，其中墙板的全部自重荷载通过承重节点传递给主体结构，非承重节点仅承受墙板在风荷载、地震作用等工况下的节点内力。通过合理设计墙板的支承系统和支承节点的位移能力，墙板能释放温度作用产生的节点内力，并适应主体结构的变形，从而不产生附加内力，此时墙板与主体结构的连接属于柔性连接。点支承墙板具有墙板构件和连接节点受力明确，能完全适应主体结构变形，施工安装简便且精度和质量可控等优点。点支承墙板与主体结构连接节点数量有限，且通常连接节点在遇破坏时的延性十分有限，因此应对连接节点的设计合理性、加工和施工质量予以重视。目前美国、日本和我国台湾地区的墙板主要采用点支承的连接形式，连接件宜采用标准带阻尼的铸钢连接件。

2.1.8 外挂墙板与主体结构连接方式一般分为点支撑和线支撑，点支撑为外挂墙板与主体结构通过不少于两个独立支承点传递荷载，并通过支承点的位移实现外挂墙板适应主体结构变形能力的柔性支承方式；线支撑为外挂墙板边缘局部与主体结构通过现浇段连接的支承方式。点支撑属于柔性连接，在美国、日本应用比较广泛，也是我国主要推荐使用的连接方式。

2.1.9 节点连接件通常用于点支承墙板与主体结构的连接节点，对墙板起到支承并传递其相关荷载到主体结构上的作用。节点连接件应与主体结构和墙板上的预埋件或支承构件可靠连接，以有效传递相关荷载和作用，同时节点连接件也应具有设定的节点变形能力。节点连接件的设计、加工、施工质量是影响墙板安全的关键因素。

3 基本规定

3.0.1 墙板的性能与建筑物所在地区的地理位置、气候条件、建筑物的高度、体型、使用功能等有关，也和建筑物的重要性、业主的特殊要求等相关。在设计阶段应合理选择适合墙板建筑的各项物理性能指标，保障其正常使用。

3.0.2 墙板体系中混凝土构件宜采用工厂预制的方式制作而成，其构件混凝土质量及耐久性能良好，混凝土构件在合理设计、加工、施工，并采取正常的保养和维护的情况下，可以做到与主体的设计使用年限相同。但由于墙板构件体积尺寸大，混凝土强度不高，虽然设计使用年限宜与主体结构相同。但是运输、吊装等不能满足道路运输的要求，因此采用分布式场内预制比较理想。

墙板的饰面材料、接缝密封材料、门窗等部位基于产品的自身特点和耐久性能，有其自身固有的使用寿命，无法做到与主体结构使用寿命相同，在墙板使用期间应定期对其进行维护和更换。

3.0.3 本条规定主要参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231，在地震作用下，墙板构件会受到强烈的动力作用，墙板及其节点连接件相对更容易发生破坏。防止或减轻地震灾害的主要途径是在保证墙板构件及其节点连接件具有足够承载能力的前提下，加强抗震构造措施。

在多遇地震作用下，墙板构件及其节点连接件不应产生破坏，墙板之间的接缝密封材料不宜破坏，墙板系统可正常发挥使用功能；在设防地震作用下，墙板可能有损坏（如个别面板破损、密封材料损坏等），但不应有严重损坏，墙板混凝土构件、接缝密封材料等经一般修理后仍然可以使用；墙板的节点连接件直接影响到墙板的安全性且往往维修困难，所以应保证节点连接

件在设防地震作用下不损坏；相对于传统建筑幕墙或轻质材料围护结构而言，钢板网构复合保温混凝土墙板的自重更大，其发生整体或局部脱落对财产和生命安全造成的损失较大。因此在预估地罕见地震作用下，墙板自身可能产生比较严重的破坏，但不应发生墙板整体或局部脱落、倒塌的情况，这与我国现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的指导思想是一致的。墙板体系的设计和抗震构造措施应保证上述性能目标的实现。

3.0.4 为提高墙板的耐久性能，本规程对自重、风荷载和温度作用下墙板的变形和裂缝控制等级提出了要求。由于墙板自重大，面外刚度和承载力较大，其受到的地震作用通常要大于风荷载，在其面外承载力和变形验算中地震工况通常起控制作用。墙板的抗风压性能控制指标包含墙版面外变形、墙板裂缝、节点连接件的承载力以及接缝密封胶变形能力，相关变形限值和裂缝控制等级应符合本规程第 6.5.1 条的规定。墙板在风荷载作用下的裂缝检测难度较大，且精确度不易控制，通过验算的方式能够更容易且可靠地实现，因此建议墙板的抗风压性能根据本标准的要求进行验算。当采用的墙板及其连接节点形式较特殊，无法通过验算确定其抗风压性能时，应对墙板的抗风压性能进行检测。墙板的设计文件中应给出相应的检测方法，并确保检测过程中墙板的受力状态与实际风荷载作用下的受力状态相同。

3.0.5 墙板支承在主体结构上，主体结构在荷载、地震作用和温度作用下会产生变形。恒载和活载作用下主体结构及墙板支承构作的变形不宜对墙板产生影响，主要通过控制节点连接件的位置和主体结构支承构作的刚度等减少对墙板的影响，具体可见标准第 6 章的相关内容。风荷载和地震作用下，主体结构的变形对墙板的影响难以完全通过增加主体结构的刚度或改变节点连接件的位置解决。同时由于墙板自重大、平面内刚度大，当墙板参与主体结构受力时，其对主体结构的影响较大，且不易通过计算分析确定，同时墙板与主体结构的连接节点容易产生破坏，因此墙板必须具有适应主体结构变形的能力。相比较于玻璃幕墙、金属

石材幕墙等传统幕墙系统，本规程针对墙板的平面内变形性能提出了更高的要求。墙板系统的平面内变形性能主要通过结构计算和构造措施进行保证。

3.0.6 墙板系统中的墙板构件、墙板与主体结构连接用节点连接件的防火性能均应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中非承重外墙的有关规定。

3.0.7 对没有保温要求的墙板需要满足设计对墙体重量的要求。

3.0.8 墙板隔声性能是指室外噪声级和室内允许噪声级之差，是以计权隔声量作为指标值，达到室内声环境的需求。墙板的空气声隔声性能应根据建筑的使用功能和环境条件进行设计。不同功能的建筑所允许的噪声等级可根据现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定确定，空气声隔声性能分级指标应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

4 材 料

4.1 轻质混凝土、钢板和网构

4.1.3 墙板混凝土可采用轻骨料混凝土以减轻墙板的自重。普通混凝土和轻骨料混凝土的耐久性应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《轻骨料混凝土结构技术规程》JGJ 12 的有关规定。为保证墙板的耐久性能，对普通混凝土墙板和轻骨料混凝土墙板的混凝土最低强度等级提出要求，本规程规定的混凝土最低强度等级要求适用于 2b 类环境中设计使用年限为 50 年的墙板工程，当环境类别和设计使用年限发生变化时，应按照相应标准的要求调整混凝土最低强度等级要求。

4.2 节点连接件

4.2.1 通过添加少量合金元素 Cu、P、Cr、Ni 等，使其在金属基体表面形成保护层，以提高耐大气腐蚀性能的钢称为耐候结构钢。耐候结构钢的耐大气腐蚀性能为普通钢的 2 倍~8 倍。耐候结构钢分为高耐候钢和焊接耐候钢两类，高耐候钢具有较好的耐大气腐蚀性能，而焊接耐候钢具有较好的焊接性能。当节点连接件和预埋件需要进行焊接，且采用耐候结构钢时，应采用现行国家标准《耐候结构钢》GB/T4171 中的焊接耐候钢（表 1）。

表 1 《耐候结构钢》GB/T 4171—2008 中钢材牌号及其用途

类别	牌 号	生产方式	用 途
高耐 候钢	Q295GNH、Q355GNH	热轧	车辆、集装箱、建筑、塔架或其他结构件等结构用，与焊接耐候钢相比，具有较好的耐大气腐蚀性
	Q265GNH、Q310GNH	冷轧	
焊接耐 候钢	Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q115NH、Q460NH、Q500NH、Q550NH	热轧	车辆、桥梁、集装箱、建筑或其他结构件等结构用，与高耐候钢相比，具有较好的焊接性能

4.3 预埋件

4.3.2 墙板连接和安装使用的节点连接件通常包括铸钢件或高强度铝合金专用连接件，连接件应该满足设计要求。试样的力学性能应符合 GB/T 1173 的要求。铸件应按其类别检验力学性能。从铸件上切取试样检验力学性能，三根试样的抗拉强度和伸长率的平均值，分别不低于 GB/T 1173 规定值的 75% 和 50%。允许其中一根试样的性能偏低，铸件设计指定部位的抗拉强度和延伸率分别不低于规定值的 70% 和 40%，铸件非指定部位和铸件分别不低于规定值的 65% 和 40%。当设计部门或用户要求铸件切取试样的力学性能高于上述要求时，应取得生产厂家的同意。按图样或有关文件的规定，对铸件进行硬度检验，其硬度值不得低于 GB/T 1173 的规定。铸件的尺寸和几何形状应符合铸件图的要求，铸件尺寸公差应符合 GB/T 6414 的规定。除另有规定外，铸件的重量公差按 GB/T 11351 规定执行。铸件应清理干净，不得有毛刺、飞边。铸件表面上不允许有冷隔、裂纹、缩孔和穿透性缺陷及严重的残缺类缺陷（如欠铸、机械损伤等）。在金属型铸件的非加工表面上，允许有铸型分型、错箱、顶杆及排气塞等痕迹，但凸出表面不超过 1mm 或凹下表面不超过 0.5 mm。

4.3.3 不锈钢材连接件用在外挂墙板系统时，常用的不锈钢拉结件均采用奥氏体不锈钢。含量为 12% ~ 14%，含镍、铬总量为 29% ~ 31%，并增加了 2% ~ 3% 的合金元素钼。由于镍、铬含量和合金元素的不同，其防腐性能 and 适用的环境也不相同。在进行工程设计时，应根据工程所在地的环境条件、腐蚀介质和侵蚀性作用等选用具体牌号不锈钢。当环境腐蚀性低且有可靠依据时，也可选用其他系列的奥氏体不锈钢材料。

4.4 保温材料

4.4.1 墙板根据保温形式可分为外围护保温墙板和内隔墙保温墙板，其导热系数应符合现行国家标准和工程所在地地方标准，

体积比吸水率不宜大于 3%，燃烧性能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 B2 级的规定。公用工程需要达到 A 级防火要求的建筑，采用容重 $<900\text{kg}/\text{m}^3$ 以内的轻质混凝土材料，其厚度为 150 ~ 300mm。具体根据设计要求的传热系数确定保温材料。采用不同厚度和密度的钢板网构保温一体墙，其保温要求达不到设计要求的，应进行内、外保温措施。

4.5 防水密封材料

4.5.1 在风荷载、地震作用和温度作用下，墙板接缝处存在变形需求，因此要求密封胶应具有良好的变形能力，一般应选用不低于 20 级的低模量弹性密封胶。对于墙板接缝处，建议选用双组分化学固化型密封胶。

密封胶在使用前，应进行与其相接触材料（混凝土、涂装材料、背衬材料及其他有机材料）的相容性试验。如果使用了与密封胶不相容的材料，可能会导致密封胶的粘结性能下降或丧失。另外，密封胶还应具有以下特性：

- 1 密封胶不应与基材发生不良物理化学反应；
- 2 密封胶应具有良好的不透水性；
- 3 密封胶的隔热性、隔声性等性能应满足设计要求；
- 4 整间板：板高为一个层高，宽度一般在 4.5m 以下；
- 5 横条板：板高为上下两层窗间距离，宽度一般在 6.6m 以下；
- 6 竖条板：板高为一个层高，宽度为左右两窗间距离；
- 7 密封胶应具有可维修性；
- 8 密封胶应有良好的耐久性。

密封胶表干试验检测时，建议采用《建筑密封材料试验方法第 5 部分：表干时间的测定》GB/T 13477.5—2002 中 A 法试验步骤进行。

墙板接缝处背衬材料应与密封材料不相粘结，并且不会对密

封材料产生不良影响；与此同时，背衬材料还要保证不会因清洁溶剂和底漆而发生变质。从接缝处填充的操作性上来说，一般选用泡沫聚乙烯作为衬垫料使用。接缝在风荷载、温度和地震作用下将发生变形，所以背衬材料尚应具备一定的变形能力，发泡倍数不宜太小，日本规范中规定发泡倍数宜为 25 ~ 30，考虑聚乙烯的密度约为 $910\text{kg/m}^3 \sim 925\text{kg/m}^3$ ，所以参考日本规范，规定发泡后聚乙烯密度不宜大于 37kg/m^3 。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 墙板适合工业、民用的公用工程和公建立面住宅，为避免墙外阳台、空调板等构件与部件的相互关系，应做到标准化设计，减少构件类型，提高构件的标准化程度，简化构件加工和现场施工，做到简洁有序、经济合理。

5.1.3 墙板按照建筑外墙功能、建筑立面特征划分为外挂式围护墙板、内嵌式围护墙板、防火墙、分户墙等。各板型划分及设计参数可参照表2的规定执行，根据下列条件选择整间板、横条板、竖条板等外挂墙板系统：

1 多层民用住宅宜采用榫卯整体装配式墙板，配合现浇混凝土框架结构施；

2 医院病房、宿舍居室等标准化空间的立面宜采用整间板；

3 公共建筑大空间的立面应结合室内空间设计，宜采用横条板或竖条板；

4 整板板宽不宜大于6.6m，板高不宜大于6.6m且不宜大于层高；

5 横条板板宽不宜大于4m，板高不宜大于3.2m且不宜大于层高；

6 竖条板板宽不宜大于3.2m，板高不宜大于4m且不宜大于层高；

7 立面设计为独立单元窗时，墙板应符合下列规定：

1) 当采用整间板时，板高宜取建筑层高，板宽宜取柱距或开间尺寸；

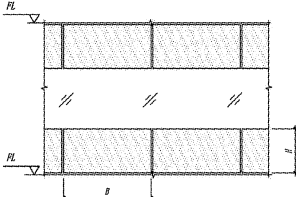
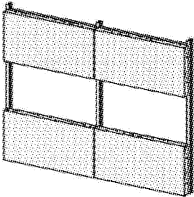
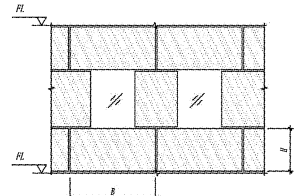
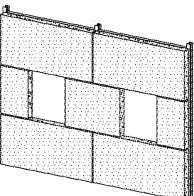
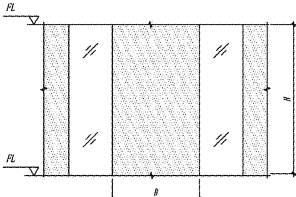
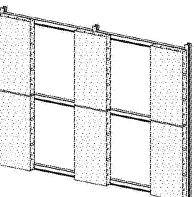
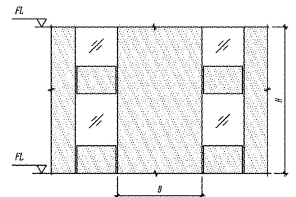
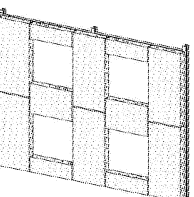
2) 当采用横条板时，上、下层窗间墙体应按横条板设计，板宽宜取柱距或开间尺寸，窗间水平墙体应按竖条板设计；

3) 当采用竖条板时, 窗间水平墙体应按竖条板设计, 板高宜取建筑层高, 上、下层窗间墙体应按横条板设计。

8 立面设计为通长横条窗时, 宜选用横条板, 板宽宜取柱距或开间尺寸;

9 立面设计为通长竖条窗时, 宜选用竖条板, 板高宜取建筑层高。

表2 板型划分

墙板里面划分	立面特征简图	模型简图
横条板系统		
		
竖条板系统		
		

注：FL为楼面建筑标高。

5.2 构造设计

5.2.2 外挂墙板的接缝宽度除应满足本标准附录 A 的计算要求之外，尚应考虑密封胶安装质量、施工加工误差等因素，因此接缝宽度不宜太小。当然，接缝宽度也不宜过大，否则密封胶施工难度增加且易于损坏。密封胶的厚度不宜太小，否则节点变形时密封胶可能撕裂。密封胶的厚度也不宜过大，如果密封胶厚度过大，将增加密封胶的应力，容易导致密封胶与混凝土连接面失效。欧洲 FIB 手册中规定缝宽不应小于 15mm，且不应大于 35mm，并给出了接缝最小宽度和密封胶厚度的建议值（表 3）。

表 3 欧洲 FIB 手册推荐的接缝最小宽度和密封胶厚度

构件宽度 (m)	最小接缝宽度 (mm)	最小密封胶厚度 (mm)
1.80	12	8
2.40	12	8
3.60	14	8
4.80	15	10
6.00	16	10

日本规范中的接缝宽度和密封胶厚度的规定见表 4 和图 6。

表 4 日本规范中关于外挂墙板接缝宽度的规定

密封材料的种类		接缝宽度 (mm)	
主要成分	符号	最大值	最小值
硅酮密封胶	SR	40	10
硅烷改性聚醚胶	MS	40	10
聚硫密封胶	PS	40	10
丙烯酸胺聚氨酯型密封胶	UA	40	10
聚氨酯密封胶	PU	40	10
丙烯酸密封胶	AC	20	10

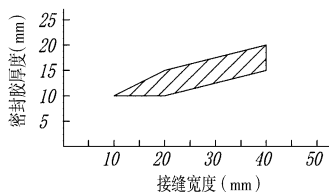


图6 日本密封胶厚度与接缝宽度的规定

美国《接缝密封胶使用指南》ASTM C1193 中对混凝土、砖、石等类似的多孔基材规定：（1）对于宽度为 6mm ~ 12.5mm 的密封胶接缝，密封胶的厚度可以与接缝宽度相等；（2）对于宽度为 12.5mm ~ 25mm 密封胶接缝，厚度应是宽度的一半或 6mm ~ 12.5mm。美国 PCI 手册建议一道密封防水时接缝宽度不应小于 19mm，两道密封防水时接缝宽度不应小于 25mm，角部缝宽可取 30mm；当缝宽不大于 25mm 时，密封胶厚度可取接缝宽度的一半且不小于 6mm；缝宽大于 25mm 时，规定密封胶厚度取 12.5mm。德国规范 DIN 18450 中规定缝宽应不小于 10mm，且不应大于 35mm，推荐的墙板接缝密封胶厚度为 15mm ~ 35mm。本标准综合国外规范建议值和国内工程实践经验，对接缝宽度和密封胶厚度进行了规定，但控制在 15mm ~ 30mm 最为合适。

避免密封胶处于复杂应力状态，接缝内的密封胶应避免出现三面与墙板或填充物粘结的情况。因此接缝内宜设置背衬材料，且背衬材料不应与密封胶有较强的粘结性能。同时设置背衬材料后，通过背衬材料进入接缝的深度，可有效控制密封胶的厚度，对接缝防水施工质量有利。

5.2.3 墙板应结合当地气候条件，做好墙板的接缝及门窗洞口等防水薄弱环节处的防水构造设计。受热带风暴和台风袭击地区的墙板工程，气压、气流等促使雨滴移动的作用较其他地区更强，对接缝的防水要求更高，所以要求采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造。当建筑物高度较大时，作用在建筑物的最大风压相应较大，同样也建议采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造。

5.2.4 墙板水平缝处，同质材料国外主要采用内高外低的企口形式，这种企口形式对接缝的排水性能非常有利，本规程在采用整体式墙板，线支撑和嵌入式时可不考虑企口安装。

20米高度的多层建筑中，当墙板为不同材质时垂直缝可以采用平口拼接构造，但应在垂直缝内饱和填充微膨胀填缝砂浆，缝口面应向墙内有3~5mm的U形凹槽，以便给装饰面层防水处理预留填缝空间。对于高层建筑采用平口拼接构造时，在垂直缝内饱和填充微膨胀填缝砂浆，缝口面应向墙内有5~15mm的U形凹槽再填充弹性结构胶，整体上、横向、竖向安装的拼接缝是墙面分格缝的主缝。

5.2.5 国外及我国台湾地区的工程经验表明，在墙板垂直缝中设置排水措施，可以有效解决因外侧接缝密封胶局部损坏造成的接缝漏水问题。排水管通常沿建筑高度均匀设置，竖向间距一般不超过3层，且在建筑首层底部应设置一道排水管。墙板的垂直缝不宜间断，避免造成空腔内雨水排泄不畅，当无法避免时，应在垂直缝截断部位设置一道排水措施。因设置排水措施，为保证墙板系统的气密性能，应在接缝空腔与室内侧之间设置一道气密措施，气密措施可采用密封胶，也可采用气密条。

5.2.6 良好的排水对于长期防水来说至关重要，地下排水管的顶部应用滤布包裹，在可能的情况下，将排水管倾斜至少1/100(1mm/100mm)，并用金属丝网将末端封闭，防止排水管堵塞。

5.2.7 美国的PCI手册建议采用背衬材料和密封胶相结合的形式作为第二道材料防水措施，并要求缝宽不小于25mm。第二道密封胶的要求与第一道材料防水的要求相同，但此构造做法对密封胶施工工艺要求较高。考虑到第二道密封胶施工完成后难以检查，施工时宜进行必要的工艺控制和监督。在日本和我国台湾，密封胶和气密条均可作为第二道材料防水，但采用气密条作为第二道防水时，要求气密条在长期受压下具有良好的弹性性能及耐久性能才能达到长期防水和气密的作用。因此在选择气密条产品时，应严格控制其产品质量，对其长期受压条件下的弹性性能和

耐久性能进行型式检验，控制构件加工和现场施工质量。

有带装饰面的外挂墙板接缝内侧采用气密条作为第二道防水和气密措施时，考虑到施工过程中以及使用阶段墙板变形过程中气密条在十字缝部位容易挤压不密实，存在空隙，因此需在十字缝范围内采用耐候密封胶进行密封处理。

5.2.8 女儿墙处外挂墙板的构造形式有多种，图7所示是屋顶预制女儿墙构造。当采用图7所示的女儿墙构造时，屋面防水卷材与女儿墙外挂墙板连接处应具有预制女儿墙所需的变形能力。

5.2.9 墙板的防火封堵构造系统应具有伸缩能力、密封性和耐久性；遇火时，在规定的耐火极限内应保持完整性、隔热性和稳定性。

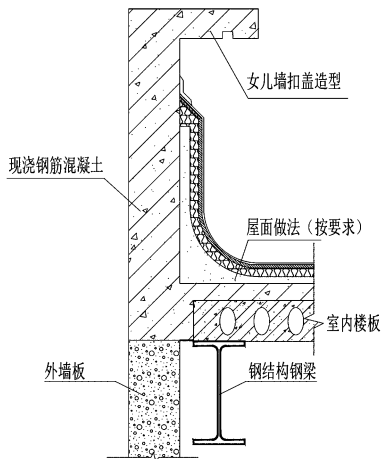


图7 屋顶预制女儿墙构造

梁柱及楼板周围与墙板内侧一般留有安装间隙，此安装间隙应采用防火封堵材料进行封堵。采用内保温系统时，内保温系统可以和防火构造结合实现连续铺设，杜绝热桥影响。墙板与主体结构连接节点（点支承墙板的所有连接节点及线支承墙板的面外连接节点）在使用阶段需要保持变形能力，为保证墙板的结构安全，在进行防火封堵、内保温和室内装修施工时，严禁采用混

凝土、水泥砂浆等材料或焊接等方式使得连接节点失去变形能力。

5.2.10 为确保面砖和石材与混凝土构件可靠连接，面砖和石材应采用机械锚固的方式锚固在混凝土墙板中，其中面砖可通过燕尾槽锚固，石材可通过不锈钢锚固卡钩锚固。当采用石材反打外饰面时，混凝土墙板的厚度和配筋构造、卡钩的锚固深度等均对石材的连接性能产生较大影响，在具体工程应用中应结合以往工程经验合理设计，并对石材的锚固承载力进行检测。

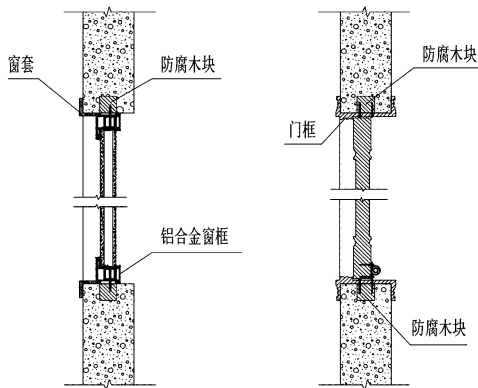


图8 门窗防火密封材料构造示意

6 结构设计

6.2 作用与作用组合

6.2.1 墙板和连接节点的构造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。

6.2.3 持久设计状况下进行墙板的面外变形和裂缝验算时，计算效应设计值所采用的荷载组合主要依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 给出。

6.2.5 短暂设计状况下进行墙板的墙板构件拉应力验算时，计算效应设计值所采用的荷载组合主要依据现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 给出。

6.2.7 多遇地震作用下，墙板构件应基本处于弹性工作状态，其地震作用可采用简化的等效静力方法计算。水平地震影响系数最大值依据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定给出。

地震时外挂墙板振动频率高，容易受到放大的地震作用。为使外挂墙板不产生破损，避免其脱落后伤人事故，地震作用计算时需考虑动力放大系数 β_E 。按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中有关非结构构件地震作用计算的规定，外挂墙板构件的地震作用动力放大系数可表示为：

$$\beta_E = \eta \varepsilon_1 \varepsilon_2 \quad (1)$$

式中： γ ——非结构构件功能系数，计算墙板构件时可取 1.4，计算连接节点承载力时丙类建筑可取 1.0，乙类建筑可取 1.4；

η ——非结构构件类别系数，计算墙板构件时可取 0.9，计算连接节点承载力时可取 1.0；

ε_1 ——体系或构件的状态系数，可取 2.0；

ε_2 ——位置系数，可取 2.0。

按照式（1）计算，多遇地震作用下外挂墙板构件计算时，地震作用动力放大系数 β_E 约为 5.0。设防地震与罕遇地震下外挂墙板连接节点计算时，丙类建筑地震作用动力放大系数 β_E 约为 4.0，乙类建筑地震作用动力放大系数 β_E 约为 5.6。

相对传统的幕墙系统，钢板网构复合保温混凝土墙板的自重较大。墙板与主体结构连接往往超静定次数低，也缺乏良好的耗能机制，其破坏模式通常属于脆性破坏。连接破坏一旦发生，会造成墙板整体坠落，产生十分严重的后果。因此，借鉴日本标准，本标准要求设防地震作用下连接节点不破坏，罕遇地震作用下点支承连接节点不屈服，线支承连接节点抗剪不屈服。

地震作用应施加于墙板的重心处，并应计入地震作用对连接节点的偏心影响。

6.2.9 夏季太阳辐射对外表面最高温度的影响，与当地气温情况、外表面所处方位、表面材料色调等因素有关，不宜简单近似。计算当地气温时可参考现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009。外表面的材料及其色调对表面温度的影响明显，表 5 是欧洲标准 EN 1991-1-5 对外挂墙板考虑太阳辐射的围护结构外表面温度的规定。

表 5 欧洲标准 EN 1991-1-5 对外挂墙板考虑太阳辐射的围护结构外表面温度的规定

季节	太阳辐射吸收系数 (表面明暗色调)	外表面温度 (°C)	
		东北向墙面	西南向墙面
夏季	0.5 (光亮表面)	$t_{\max,m} + 0$	$t_{\max,m} + 18$
	0.7 (浅色表面)	$t_{\max,m} + 2$	$t_{\max,m} + 30$
	0.9 (暗淡表面)	$t_{\max,m} + 4$	$t_{\max,m} + 42$
冬季		$t_{\max,m}$	

注： $t_{\max,m}$ 和 $t_{\min,m}$ 分别为最冷和最热月平均温度。

美国 ASTM C1472 标准中规定，考虑到墙板绝缘程度和太阳

辐射不足，冬季外墙面温度可以按最低基本气温确定。而夏季外墙外表面最高温度 T_s 按下式计算：

$$T_s = T_A + A_x \cdot H_x$$

式中： T_A ——当地最高基本气温；

A_x ——太阳辐射吸收系数，根据试验确定，无可靠资料时参考表 6 确定；

H_x ——热熔常数，混凝土墙板可取 42；当周边有反射材料将光线反射到混凝土墙板上时取 56。

表 6 美国 ASTM C 1472 标准规定的太阳辐射吸收系数

材 料		太阳辐射吸收系数
未涂漆混凝土		0.65
白色大理石		0.58
油 漆	深红色、棕色或绿色	0.65 ~ 0.85
	黑 色	0.85 ~ 0.98
	白 色	0.23 ~ 0.49
白色石膏		0.30 ~ 0.50
钢 铁		0.65 ~ 0.85
其他材料	表面颜色黑色	0.95
	表面颜色深灰	0.80
	表面颜色淡灰	0.65
	表面颜色白色	0.45

6.2.10 通过合理设计的点支承墙板可以适应主体结构及其自身在温度作用下的变形，此时温度作用不会在墙板及连接节点内部产生温度应力，可不考虑温度作用。线支承墙板的承重节点由于采用连续的线约束，其无法完全释放温度作用产生的变形，易形成温度应力，因此线支承墙板应通过合理的构造及连接节点设计尽量降低温度作用的影响。在太阳辐射作用下，温度在混凝土墙板厚度方向呈梯度分布，会引起墙板翘曲变形。当墙板的钢板网

构对外叶墙板面外翘曲形成约束时，将在外叶墙板内部形成温度应力，在进行应力验算时应考虑内表面和外表面的温差，温度梯度可近似按线性分布考虑。温度作用会引起墙板接缝宽度的变化，因此在接缝宽度设计时应考虑温度作用的影响。

6.3 支承系统选型

6.3.1 墙板体系作为一种非结构构件，需要依靠合理的支承系统连接在主体结构上。墙板的支承系统包含主体结构支承构件和墙板与主体结构的连接节点（图9）。

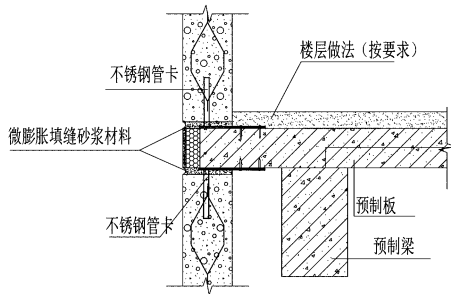


图9 墙板支撑及节点大样详图

墙板支承在主体结构上，主体结构在永久荷载、活荷载、风荷载、地震和温度作用下会产生变形（如水平位移和竖向位移等），这些变形可能会对墙板产生不良影响，应尽量减少这种变形。同时，不合理的支承系统会使墙板对主体结构的变形产生约束作用，从而参与主体结构的受力；此受力影响通常为不利作用且很难通过定量的分析予以确定，特别是在地震作用下。因此，需合理设计墙板的支承系统，使墙板具有适应主体结构变形的能力。建筑物受地震作用时，各楼层间发生相对位移，考虑到墙板与主体结构的连接节点通常不具备足够的延性性能，且墙板自身在面内刚度非常大，为避免地震作用下因支承墙板的连接节点破坏造成墙板脱落，要求墙板连接节点在罕遇地震作用下具有足够的面内变形能力。

墙板构件自身具有良好的耐久性能，为充分发挥墙板耐久性的特点，同时考虑到墙板支承系统不易更换，要求支承系统也应具有良好的耐久性能。

6.3.3 墙板在安装完成投入使用之后，由于各楼层活荷载的不同，连接墙板的主体结构支承构件变形不同，可能导致在投入使用后上下层支承构件的竖向变形差大于墙板之间接缝变形容许值。因此应根据支承构件的竖向变形选用不同连接形式的墙板支承系统，同时应严格控制主体结构各层支承构件的竖向变形差。在首层墙板安装时要根据施工顺序预留墙板竖向变形差。

支承墙板的主体结构构件是确保墙板安全并实现其使用功能的基础，因此对应的支承构件应具有足够的承载力和刚度，并尽量减少挠曲，避免扭转，以减少对墙板的不利影响。当支承墙板的支承构件变形较大时，应对连接节点变形需求和水平缝宽进行定量的分析计算，并采取相应的构造措施。

当墙板与主体结构的连接点设置在梁上，造成主体结构支承构件变形的因素主要包括安装墙板前的恒荷载、墙板自重、安装墙板后的恒荷载、活荷载等，前两者对墙板的安装精度、难度影响较大，后两者对墙板连接节点变形能力要求和水平缝宽影响较大。墙板安装后主体结构支承构件如果需要浇筑部分混凝土，支承构件的挠度计算时应考虑叠合效应，浇筑混凝土前的荷载造成的挠度不应考虑后浇混凝土部分的刚度贡献。

美国 PCT 手册对主体结构支承构件的刚度提出了较为具体的要求，可以作为我们设计时的参考：当墙板自重 + 门窗系统等重量不大于 25% 的支承梁上荷载时，PCI 手册要求安装墙板前恒荷载作用下支承梁变形限值应取 $L/480$ 和 10mm 的较小值，安装墙板系统后，所有恒荷载作用下支承梁变形限值应取 $L/480$ 和 16mm 的较小值，活荷载作用下支承梁变形限值应取 $L/360$ 和 6mm ~ 13mm 的较小值；当墙板自重 + 门窗系统等重量大于 25% 的支承梁上荷载时，安装墙板前恒荷载作用下支承梁变形限值应取 $L/600$ 和 10mm 的较小值，安装墙板系统后，所有恒荷载造成

的支承梁变形限值应取 $L/480$ 和 16mm 的较小值，活荷载作用下的支承梁变形限值应取 $L/360$ 和 $6\text{mm} \sim 13\text{mm}$ 的较小值。

6.3.4 点支承墙板可区分为平移式墙板、旋转式墙板和固定式墙板等形式。它们与主体结构的连接节点应同时包含承重节点和非承重节点两类。一般情况下，采用点支承的墙板与主体结构的连接宜设置 4 个支承点：当下部两个为承重节点时，上部两个宜为非承重节点；相反，当上部两个为承重节点时，下部两个宜为非承重节点。应注意，平移式墙板与旋转式墙板的承重节点和非承重节点的受力状态和构造要求不同，相关设计要求也存在差异。点支承节点作为一种典型的柔性连接节点，能通过节点区的变形使得墙板具备适应主体结构变形的能力。

墙板与主体结构采用点支承连接，可以消除温度应力，适应主体结构变形而不产生附加内力，消除施工误差，构件及节点受力简单明确。

墙板与主体结构连接的可靠性是保证墙板正常工作的前提条件。根据日本和我国台湾地区的工程实践经验，点支承连接节点一般采用在节点连接件和预埋件之间设置带有长圆孔或大圆孔的滑移垫片，形成平面内可滑移的支座；当墙板相对于主体结构可能产生转动时，长圆孔宜按垂直方向设置；当墙板相对于主体结构可能产生平动时，长圆孔宜按水平方向设置。

通常主体结构在罕遇地震作用下的弹塑性分析比较复杂，为简化计算，可近似取主体结构在设防地震作用下弹性层间位移的 3 倍为控制指标，同时应适当提高连接节点的承载力和延性，避免在此位移变形下墙板发生脱落。

6.3.7 墙板与主体结构采用线支承连接，墙板与主体结构之间不存在缝隙，不需要采用阻燃材料填充，防水、防火性能较好。但线支承连接的墙板在风荷载、地震作用、温度作用以及主体结构变形时受力较复杂，设计时应深入分析各工况下墙板、连接节点、主体结构支承构件的受力情况。

线支承墙板底端的平面外约束连接节点在墙板面内应具有变

形能力，仅对墙板面外形成约束作用。当墙板的两侧与主体结构竖向构件之间采用刚性连接时，主体结构在墙板面内方向的变形会受到墙板的约束作用，从而使得墙板参与主体结构抗侧力。墙板提供的抗侧力刚度在地震作用的不同阶段很难通过定量分析确定，且可能产生对主体结构的不利影响。因此墙板两侧与主体结构之间应不连接，或仅采取柔性连接。当采用柔性连接时，连接节点应在墙板平面内具有足够的变形能力，变形能力要求不应低于本标准第 6.3.5 条的规定。

6.4 受力分析与变形验算

6.4.1 恒荷载、活荷载和竖向地震作用下，墙板可采取梁外侧挑板、墙板支承在挑板上等措施减少对主体结构刚度的影响。在水平地震和风荷载作用下，当线支承墙板仅一端与支承梁连接，且连接部位避开支承梁在地震作用下的塑性发展区域时，线支承墙板在墙板平面内对主体结构的刚度影响将会降低，但在墙板平面外线支承墙板对主体结构刚度的影响不会有较大降低，此时宜对主体结构刚度的影响进行定量分析；当影响较大时，宜采取其他构造措施或在计算中考虑墙板的不利影响。主体结构计算分析中不应考虑墙板对主体结构刚度的有利影响。

6.4.5 线支承墙板在垂直于墙板平面的风荷载和地震作用下，当线支承连接节点为铰接时，墙板的面内弯矩设计值和挠度值可按式 (C.0.1-1)、式 (C.0.1-2) 计算，弯矩系数 M_l 和挠度系数 μ 可按表 7 选取。

表 7 线支撑墙板（铰接）的弯矩系数 M_l 及挠度系数 μ

L_x/L_y	μ	M_x	M_y	M_{ax}	M_{ay}
0.50	0.01373	0.0139	0.1231	0.0572	0.1288
0.55	0.01386	0.0173	0.1226	0.0638	0.1297
0.60	0.01405	0.0210	0.1221	0.0707	0.1306
0.65	0.01430	0.0250	0.1215	0.0775	0.1316

L_x/L_y	μ	M_x	M_y	M_{ax}	M_{ay}
0.70	0.01462	0.0291	0.1209	0.0845	0.1327
0.75	0.01502	0.0331	0.1204	0.0915	0.1339
0.80	0.01549	0.0379	0.1198	0.0985	0.1351
0.85	0.01607	0.0412	0.1193	0.1055	0.1362
0.90	0.01671	0.0471	0.1187	0.1125	0.1373
0.95	0.01751	0.0517	0.1181	0.1194	0.1385
1.00	0.01839	0.0564	0.1176	0.1263	0.1397
1/0.95	0.01583	0.0553	0.1057	0.1203	0.1271
1/0.85	0.01362	0.0540	0.0944	0.1142	0.1151
1/0.80	0.01006	0.0505	0.0739	0.1015	0.0928
1/0.75	0.00863	0.0483	0.0647	0.0947	0.0824
1/0.70	0.00741	0.0458	0.0561	0.0878	0.0726
1/0.65	0.00634	0.0430	0.0482	0.0806	0.0632
1/0.60	0.00542	0.0397	0.0410	0.0730	0.0545
1/0.55	0.00461	0.0388	0.0345	0.0653	0.0463
1/0.50	0.00388	0.0323	0.0286	0.0574	0.0386

注：0.5 ≤ L_x/L_y ≤ 2 的其他情况可采用插值方法计算。

6.4.6 墙板的设计包括墙体内部钢板网规格和混凝土强度选型，墙板与结构之间的连接形式、受力点等。墙板整体抗弯刚度；墙板在面外荷载作用下，墙板协同受力作用、曲率变形、墙板整体抗弯刚度接近于按照平截面假定计算的组合截面抗弯刚度。墙板单独承受墙板荷载进行计算分析时，应考虑连接件对墙板的不利影响。

6.5 构件设计

6.5.2 本条文对保温墙板的板厚及尺寸进行了相关规定。影响墙板最小板厚要求的因素主要包括墙板面外受力情况、板跨、连

接件锚固要求、接缝防水构造、墙板防水、防火和耐久性、加工制作与运输及安装施工要求等。整体式墙板规格尺寸都比较大，采用分布式立模组合场内生产形式比较实用，在满足墙板受力的情况下，对其板厚提出相应的要求，有利于节点连接件的锚固并提高墙板的稳定和耐久性能。当墙板的板厚较薄时，应注意严格控制墙板外侧面的裂缝开展，并宜选用具有良好抗裂、防水性能的饰面材料或涂料。定制墙板吊钉用钢筋除应满足墙板吊装受力需求外，还应兼顾墙板的抗裂作用，宜选用螺纹钢加工，并对吊钉间距进行控制。

6.5.3 墙板的吊钉需能够单独承担墙板的荷载自重荷载，因此应具备承载力和刚度。吊钉受力情况与板跨、节点连接件锚固需满足拉结件的锚固要求；墙板板厚需满足拉结件的锚固、接缝防水构造、防火和耐久性能等要求。实际工程应用中，容易出现因墙板厚度不够造成的锚固、墙板开裂和耐久性等问题，应引起充分重视。

基于墙板的现有研究成果相对较少，工程应用经验也有限，本规程在其墙板构造方面仅提出了最小板厚和钢板网构的原则要求。此类墙板对温度作用更敏感，因此在工程应用阶段应特别重视墙板的抗裂和耐久性问题，以及节点连接件和拉结件的锚固等问题。

墙板厚度过小时，墙板的保温效果差，加工质量不可控，且因拉结件刚度过大，容易导致墙板在使用阶段出现温度裂缝等问题，因此墙板厚度通常不宜小于150mm。当厚度过大时，拉结件受力较复杂，为保证墙板的安全性并控制其竖向变形，需对拉结件及其锚固条件提出较高要求，墙体厚度不宜大于300mm。但应特别注意拉结件和墙板的竖向变形、拉结件的受力和锚固性能等。

6.5.5 不同类型拉结件的导热系数差异较大，当选用的拉结件导热系数较大时，应计算墙板的平均传热系数，并满足相关节能设计标准的要求。由于混凝土具有一定的碱性，因此钢板网构在

混凝土碱性环境中应具有良好的耐碱性能。通常钢板网构产品的防火性能有限，墙板的防火性能主要通过墙板的防火构造与钢板网构产品自身的防火性能相结合来保证。并在设计、加工和施工过程中符合墙板防火构造要求。钢板网构在混凝土墙板中的锚固除满足产品自身的锚固要求外，本标准对其最小锚固长度提出了要求。

6.5.6 墙板门窗洞口边由于应力集中，应采取防止开裂的加强措施。对开有洞口的墙板，应根据墙板平面内荷载与作用，对洞口边加强钢筋进行配筋计算。

6.6 连接节点设计

6.6.1 用于墙板制作、运输和堆放、安装等的预埋件和临时支撑，现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 给出了其在短暂设计状况下的承载力验算方法。

$$K_c S_c \leq R_c \quad (3)$$

式中： K_c ——施工安全系数，可按表 8 的规定取值；当有可靠经验时，可根据实际情况适当增减；

S_c ——施工阶段荷载标准组合作用下的效应值；

R_c ——按材料强度标准值计算或根据试验确定的预埋吊件、临时支撑、连接件的承载力；对复杂或特殊情况，宜通过试验确定。

表 8 预埋吊件及临时支撑的施工安全系数 K_c

项 目	施工安全系数 (K_c)
临时支撑	2
临时支撑的连接件 预制构件中用于连接临时支撑的预埋件	3
普通预埋吊件	4
多用途的预埋吊件	5

6.6.2 本规程第 3.0.3 条对墙板的抗震性能目标提出了要求，

标准第 6.1.6 条规定了墙板在地震设计状况下需要开展的承载力验算，第 6.6.2 条和第 6.6.4 条分别对点支承墙板和线支承墙板的承载力验算给予了具体规定。

为保证墙板在地震作用下的安全性，实现第 3.0.3 条所述的抗震性能目标要求，连接节点应进行抗震设计。在设防地震和罕遇地震作用下，主体结构的塑性发展区域一般会发生混凝土开裂及钢筋屈服，会削弱连接节点预埋件、连接钢筋的锚固作用，影响连接节点的承载力。因此，为保证设防地震和罕遇地震作用下墙板不整体脱落，连接节点宜直接支承在楼板上，也可连接在塑性发展区域以外的支承梁上。当无法避开时，应将连接节点的预埋件或连接钢筋与主体结构支承构件的纵向受力钢筋可靠连接，避免发生脱落。

6.6.6 图 10 给出了线支承墙板与主体结构连接构造示意，可不限于此构造。

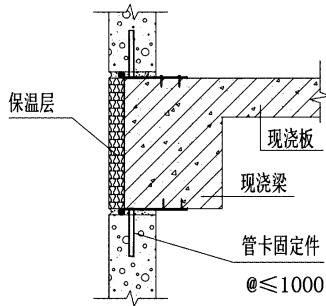


图 10 线支承墙板与主体结构连接构造

6.6.7 对墙板节点连接件及对应的预埋件采取防火措施是确保火灾下墙板系统安全性的重要措施。考虑到墙板的重量要远大于其他幕墙系统，且通常采用外挂的形式支承在主体结构上，一旦承重连接点处的节点连接件及其预埋件在火灾下失去承载能力将导致墙板脱落，易造成重大的人员伤亡。墙板与主体结构承重连接点处的节点连接件及其预埋件在火灾下的重要性与主体结构支承构件相同，因此本规程适当提高了承重连接点处的节点连接件

及其预埋件的耐火极限，规定其耐火极限不应低于主体结构支承梁或板的耐火极限。当墙板直接支承在主体结构柱上时，承重连接点处的节点连接件及其预埋件的耐火极限可与主体结构梁的耐火极限保持一致。墙板自身的耐火极限可参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016（表 9）中非承重外墙进行选取。

表 9 国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中关于耐火极限的规定

构件名称		耐火等级			
		一级	二级	三级	四级
墙	防火墙	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00
	承重墙	不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
	非承重外墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
	单元内隔墙和分户墙	不燃性 2.00	不燃性 2.00	不燃性 1.50	难燃性 0.50
	疏散走道两侧的隔墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.25
	房间隔墙	不燃性 0.75	不燃性 0.50	难燃性 0.50	难燃性 0.25
	柱	不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
	梁	不燃性 2.00	不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.50
	楼板	不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
	屋顶承重构件	不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
	疏散楼梯	不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
	吊顶（包括吊顶格栅）	不燃性 0.25	不燃性 0.25	不燃性 0.15	可燃性

6.6.8 当外挂墙板连接节点处需要具备变形能力时，应尽可能地降低节点连接件和预埋件之间的接触摩擦力，减小因节点变形产生的摩擦力对墙板和主体结构造成的不利影响。节点连接件或预埋件表面涂刷聚四氟乙烯可以起到降低摩擦系数的作用，也可以在接触面上设置聚四氟乙烯垫片或不锈钢板。

7 构件制作与运输

7.1 一般规定

7.1.1 现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 对预制混凝土构件的制作、运输、安装、施工进行了详细的规定，墙板作为一种典型的预制混凝土构件，应满足此标准的相关要求。不同于其他预制混凝土构件，墙板作为一种非承重围护墙板，在构件的加工精度、外饰面效果和质量、保温和耐久性等方面的要求较高。工程经验表明，构件的加工精度和质量将会直接影响到墙板的现场施工质量、安全、使用功能等。本标规程对墙板的自身特点和需求，在构件制作和运输等方面给出了更具体详细的规定。

7.1.2 墙板生产前，应编制构件加工详图，并确保构件加工详图的设计深度满足要求。在生产制作前制定生产方案对构件的加工质量和生产进度管控的作用突出。生产方案应结合项目和构件生产和加工单位的自身特点，具有针对性和可操作性，必要时，应对墙板的脱模、吊运、码放、运输、安装等工况进行计算。

7.1.3 工程实践经验表明，墙板作为一种外观质量要求特别高的预制混凝土构件，在正式批量生产之前，针对同类型的墙板构件进行样板制作有助于优化构件加工工艺、控制加工质量。生产单位应根据加工图纸制作样板构件，并组织建设、设计、安装单位对样板构件的生产工艺、外观尺寸、饰面效果等进行验收。当样板构件不满足工程需求时，应及时调整生产工艺并重新制作样板构件，直至满足要求后方可批量生产。

7.2 构件制作

7.2.1 本条文对拉结件产品应用过程中需要开展的检验工作进

行了规定，包括形式检验、出厂检验、进厂检验等。

7.2.2 相比较于其他预制混凝土构件，带装饰面墙板构件比不带装饰面的加工精度要求高，采用精度较高的模具制作。本规程在现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的基础上，结合立面成型墙板的特点和需求，给出了加工模具的尺寸允许偏差和检验方法。当设计文件对不带装饰的墙板构件可以通过装饰和防水的方法以达到设计文件的相关要求，并采取对应的加工工艺措施。

分布式预制构件加工中，立模具有简单方便的优势，精准确度不高，但能够满足装配式墙体的需要。以减少湿作业。

7.2.3 建筑外墙门、窗框的定位和尺寸精度对建筑外立面的效果影响较大。当在墙板构件中预埋门、窗框时，应对门、窗框的定位和尺寸精度提出较高要求。本规程参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定，给出了具体的允许偏差和检验方法。

7.2.5 本条规定了墙板外墙面采用装饰一体化的技术要求，除了要满足安全耐久性要求外，还需保证装饰效果。对于饰面材料分隔缝的处理，砖缝可采用发泡塑料条成型，石材可采用弹性材料填充。

7.2.6 墙板中的拉结件品种、数量、位置对保证外叶墙板的安全，避免墙板开裂极为重要，其安装必须符合设计和产品技术手册的要求。

7.2.7 对于墙板的养护，控制养护温度不大于 65℃ 是因为有机保温材料在较高温度下会产生热变形，影响产品质量。

7.3 运输与存放

7.3.1 墙板立式成型和存放有利于起吊，避免墙板构件在安装过程中开裂破损。带饰面砖或石材饰面的墙板，为避免对饰面造成损坏或污染，墙板应采用直立存放或饰面层朝上码放。当墙板运输时，需要考虑平面外附加应力的构造配筋，该附加应力包括

自重应力和运输时车辆振动产生的外力，该应力会造成墙面开裂。墙板作为围护结构和装饰构件，对外表面的质量要求比普通预制混凝土构件高，在运输过程中应设置柔性垫片避免墙板边角部位或锁链接触处混凝土损伤，重要部位（如门窗框、装饰表面和棱角等）应采取特殊防护措施。墙板棱角处的破损不仅影响到墙板的外观效果，同时还会影响墙板接缝处的混凝土质量和接缝宽度，降低接缝处密封防水的施工质量。实际工程经验表明，即使对接缝处破损棱角进行修补，修补部位的混凝土也很容易出现开裂和剥落问题，同时密封胶也易失效，引发墙板漏水和耐久等严重质量问题。墙板运输和存放过程中的垫片易造成墙面污染，故宜采用塑料薄膜对垫片进行包裹，吊装的方式见图 11。

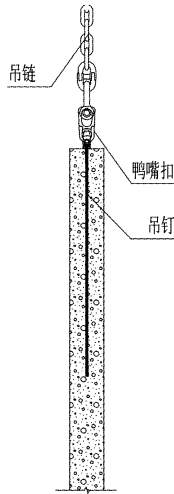


图 11 外挂墙板吊装方式

7.4 构件出厂检验

7.4.2 墙板作为一种预制混凝土非承重围护和装饰构件，对构件的外观质量和尺寸偏差的要求通常高于普通预制混凝土构件。墙板的外观质量缺陷分类和划分标准与普通预制混凝土构件也有所差异，而且墙板构件的外观质量不仅不应有严重缺陷，而且不

宜有一般缺陷。对有严重缺陷的墙板构件，宜做修复处理，对已经出现的一般缺陷，应制定技术处理方案进行修正并达到合格。构件检验应对形状、尺寸、有无开裂和破损、预埋件、完成面状态以及保护层厚度进行检查，应有具体的品质管理及检验办法。在保证构造要求与防水性能的前提下，轻微开裂和破损可以进行修补。对于检查合格的产品，应予以标注；对于不合格的产品应做废弃处理。

7.4.4 本规程针对墙板构件的尺寸偏差限值的规定主要基于现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231，同时参照了日本建筑学会标准《建筑工事标准式样书·同解说·JASS14 建筑幕墙》和《建筑工事标准式样书·同解说·JASS10 预制混凝土结构工程》的相关内容，也结合了国内运用墙板的实际经验。在墙板的尺寸偏差方面相对于普通预制墙板提出了更高的要求。

7.4.9 拉结件的类别、数量和使用位置应检查质量证明文件和隐蔽工程检查记录，拉结件的性能应检查试验报告单。

8 安装与施工

8.1 一般规定

8.1.1 为保证墙板安装施工的质量，要求主体结构工程应满足墙板安装的基本条件，特别是主体结构的垂直度和外表面平整度及结构的尺寸偏差，并满足验收规范的要求。相关的主体结构验收规范主要包括：《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、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 等。当墙板的安装对主体结构的垂直度、尺寸偏差等有特殊要求时，应在设计文件中予以规定，主体结构的安装与施工应满足相关要求。

8.1.2 墙板的安装施工质量直接影响到墙板的安全性、建筑物理性能及其他性能。同时墙板安装施工与其他分项工程难免有交叉和衔接，因此为保证墙板安装施工质量，在墙板系统施工组织设计中，应单独编制墙板安装施工的专项方案。墙板安装施工专项方案应包含以下内容：

- 1 工程概况、施工进度计划安排；
- 2 与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案；
- 3 运输和临时堆放方案；
- 4 测量方案，当先施工主体结构，后安装墙板时，应制定对主体结构的垂直度和楼层外轮廓的测量和监控方案；
- 5 构件安装顺序、吊装和安装方法，关键部位、重点、难点施工部位安装方法应单独标出；
- 6 构件安装施工误差控制要求、控制方法及工艺方案；
- 7 墙板接缝防水施工方案；
- 8 外墙涂料或其他饰面材料施工方案；
- 9 构件和配件的现场保护方法，构件局部缺陷的修补方案；

- 10 质量要求及检查验收计划；
- 11 安全专项措施；
- 12 劳动保护计划。

8.1.3 墙板的安装施工质量要求较高，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，保证墙板施工质量，并不断摸索和积累经验，应通过试生产和试安装进行验证性试验，通过构件试安装施工中发现的问题，及时调整安装工艺和技术质量控制措施。墙板施工前的试安装，不但可以验证设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训人员，调试设备，完善方案。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、接缝密封胶施工等环节。墙板完成试安装后，应对首段安装墙板进行验收，建立首段验收制度。

8.2 构件安装连接

8.2.1 在墙板与主体结构连接节点设计时，应考虑连接节点能消化主体结构的施工误差对墙板安装精度的影响。墙板安装施工中，连接节点应根据主体结构施工误差具备相应的调节能力。当墙板安装后于同楼层主体结构施工时，应对主体结构相关构件的定位、标高、垂直度、倾斜度进行复测，当主体结构施工误差超过墙板与主体结构连接节点的调节范围时，应对墙板的设计进行修改、调整，临时支撑调节示意图见图 12。

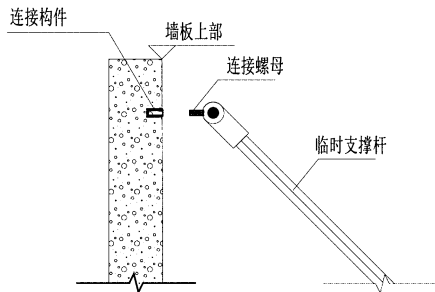


图 12 临时支撑调节示意图

8.2.2 墙板安装施工前，应制定安装定位标识方案，根据安装连接的精细化要求，合理控制误差。安装定位标识方案应按照一定顺序进行编制，标识点应清晰明确，定位顺序应便于查询标识。墙板的测量应与主体结构的测量配合，主体结构出现偏差时，墙板应根据主体结构偏差及时进行调整，不得积累。定期对墙板安装定位基准进行校核，以保证安装基准的正确性，避免因此产生安装误差，起吊方式见图 13。

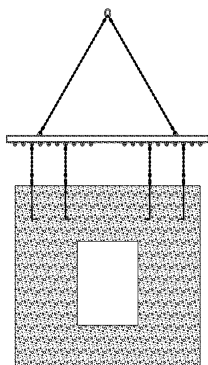


图 13 墙体起吊方式示意图

8.2.4 墙板与主体结构的连接节点是确保墙板安全性和使用功能的关键部位。不同于传统的幕墙体系，墙板由于重量较大，其与主体结构的连接节点受力要远大于传统幕墙结构，且连接节点所要求的变形能力也更大。实际工程经验表明，采用后置方式埋设的预埋件在施工过程中很难保证连接质量，因此按照设计文件要求预先埋设连接节点预埋件并采取措施控制预埋件的埋设精度，有利于提高外挂墙板的安装质量。

8.2.5 为确保墙板与主体结构的连接节点受力明确，且实际受力状态与计算假定相符，墙板与主体结构的连接节点应仅承受墙板自身范围内的荷载和作用。当墙板安装过程中借助相邻墙板与主体结构的连接节点作为临时固定支承点时，应对相应节点进行复核，待墙板安装完成后，宜对其使用的自身范围以外的临时固

定点进行卸载。

8.2.8 工程实践经验表明，点支承墙板利用节点连接件作为临时固定和支撑系统时，利用支撑系统对墙板构件进行连续可调的安装精度调节有利于墙板安装质量。为确保墙板连接节点受力状态与设计相符，墙板校核到位后应先固定承重连接点，后固定非承重连接点。

8.2.9 线支承墙板通常通过钢筋和后浇混凝土与主体结构连接，因此在现场安装施工过程中存在混凝土浇筑作业。实际工程应用过程中，如未做好后浇混凝土模板的密封及墙板接缝的保护工作，很容易产生后浇混凝土渗漏，从而污染墙板及墙板接缝的情况。墙板及其接缝被污染后，不仅影响墙板的外观质量，而且还会对接缝防水施工带来不可逆的不利影响。因此，在施工过程中应有专项措施防止后浇混凝土渗漏。后浇混凝土的浇筑、振捣等工序还容易造成墙板的移位，影响墙板安装精度，因此在墙板临时支撑系统设计时，应考虑此不利影响。

8.2.11 墙板构件安装完成后尺寸偏差应符合表 8.2.11 的要求，安装过程中，宜采取相应措施从严控制，方可保证完成后的尺寸偏差要求。本标准针对墙板安装尺寸允许偏差的规定主要基于现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231，同时参照了日本建筑学会标准《建筑工事标准式样书·同解说·JASS14 建筑幕墙》和《建筑工事标准式样书·同解说·JASS10 预制混凝土结构工程》的相关内容，也结合了国内运用墙板的实际经验。在墙板安装尺寸允许偏差方面相对于普通预制墙板提出了更高的要求，如参照日本建筑协会标准的内容及我国工程实践经验，增加了“接缝中心线与轴线距离”项的尺寸允许偏差要求。

8.2.12、8.2.13 接缝防水施工是墙板安装施工过程中的关键工序，其质量直接影响到墙板的使用功能。墙板边缘凹槽和接缝空腔主要起到平衡内外空气压力，阻断外部水分渗透路径等作用，在墙板安装过程中应采取措施避免水泥浆料及其他杂质渗入接缝

空腔中，防水施工前，应将接缝空腔清理干净。为提高墙板的气密性能，通常会在接缝内侧设置橡胶空心气密条。气密条宜在完成侧面混凝土清理和涂刷专用胶粘剂之后、墙板吊装之前粘贴在墙板侧面。由于墙板安装完成后无法对气密条的粘贴质量进行检查，因此需在墙板吊装前检查气密条粘贴的牢固性和完整性。

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 工程验收

9.2 主控项目

9.2.1 对生产的墙板构件，质量证明文件包括产品合格证明书、墙体强度检验报告、预制构件生产过程的关键验收记录及其他重要检验报告等。

“同一类型”是指同一钢种、同一混凝土强度等级和同一生产工艺。抽取墙板时，宜从设计荷载最大、受力最不利或生产数量最多的墙板中抽取。

墙板构件可通过施工单位或监理单位代表驻场监督生产的方式进行质量控制，此时构件进场的质量证明文件应经监督代表确认。当无驻场监督时，预制构件安装前应对主要吊钉钢筋数量、规格、间距、混凝土强度、混凝土保护层厚度等进行实体检验，实体检验宜采用非破损方法，也可采用破损方法，非破损方法应采用专业仪器并符合国家现行有关标准的规定，检查方法可参考现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204附录 D、附录 E 的有关规定。

9.2.2 带装饰面墙板的尺寸偏差过大时，将会严重影响建筑的外立面效果，同时还会影响到墙板接缝的宽度，不利于接缝防水施工的质量控制，此类影响到墙板使用功能的尺寸偏差应被认定为严重缺陷。墙板上用于与主体结构连接的预埋件尺寸偏差过大时，将影响墙板的安装与连接，同样应被认定为严重缺陷。对于出现的外观质量严重缺陷、影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差，以及拉结件类别、数量和位置有不符合设计要求的情形应作退场处理。如经设计同意可以修理后使用，应由预制构件生产单位制定相关处理方案，经监理确认后，由预制构件生产单位严格按技术处理方案进行处理，修理后应重新验收。

9.2.4 “同一类型”是指墙体厚度、强度相同，加工工艺相同，墙板连接形式及拉结件类型相同。生产过程中应针对每类墙板制作标准检测试件。

9.2.10 墙板的接缝防水施工是非常关键的质量检验内容，是保证预制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。

墙板接缝的现场淋水试验应在精装修进场前完成，并应满足下列要求：淋水量应控制在 $3\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 以上，持续淋水时间为 24h。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墙板接缝进行淋水试验，并对所有渗漏点进行整改处理，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。