

预制混凝土外挂墙板应用技术标准

Technical standard for application of
precast concrete facade panels

2018-12-27 发布

2019-10-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

预制混凝土外挂墙板应用技术标准

Technical standard for application of
precast concrete facade panels

JGJ/T 458 - 2018

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 9 年 1 0 月 1 日

中国建筑工业出版社

2018 北 京

中华人民共和国行业标准
预制混凝土外挂墙板应用技术标准
Technical standard for application of
precast concrete facade panels
JGJ/T 458 - 2018

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：4½ 字数：119 千字
2019年3月第一版 2019年3月第一次印刷

定价：**35.00** 元

统一书号：15112·32470

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

2018 年 第 338 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》的公告

现批准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》为行业标准，编号为 JGJ/T 458-2018，自 2019 年 10 月 1 日起实施。

本标准在住房城乡建设部门户网站（www.mohurd.gov.cn）公开，并由住房城乡建设部标准定额研究所组织中国建筑工程工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2018 年 12 月 27 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2014〕189 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 材料；5. 建筑设计；6. 结构设计；7. 构件制作与运输；8. 安装与施工；9. 工程验收；10. 保养与维修。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼，邮政编码：100048）。

本标准主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司
华润置地有限公司

本标准参编单位：北京预制建筑工程研究院有限公司
中国建筑科学研究院有限公司
同济大学
上海天华建筑设计有限公司
中建科技武汉有限公司
碧桂园集团广东博意建筑设计院有限公司
陕西建筑产业投资集团有限公司
中冶建筑研究总院有限公司
成都建工第四建筑工程有限公司
润铸建筑工程（上海）有限公司

上海建工五建集团有限公司
郑州大学综合设计研究院有限公司
西卡（中国）有限公司
广州市白云化工实业有限公司
广州集泰化工股份有限公司
中建二局第三建筑工程有限公司
福建省泮澄建筑工业有限公司
金强（福建）建材科技股份有限公司
河北晶通建筑科技股份有限公司
江苏省苏中建设集团股份有限公司
大连三川建设集团股份有限公司

本标准主要起草人员：肖 明 蒋勤俭 田春雨 杜志杰
任 彧 薛伟辰 周晓明 赵作周
谢旺兰 杨思忠 顾泰昌 樊则森
马 涛 朱 茜 高志强 王 赞
黄远超 赵德鹏 刘献伟 李建新
胡 翔 赵 锋 苏宝安 黄宇樊
谷明旺 唐雪梅 刘 明 谢惠庆
李 琰 蒋 庆 李 然 张宗军
任 禄 朱 宏 张冠琦 郭黎明
周祥茵 石正金 李 军 吕胜利
于秋波 姜凯宁 方 良 崔国静
肖铁威

本标准主要审查人员：杨仕超 娄 宇 钱稼茹 赵 钿
张晋勋 李晨光 赵 勇 张守峰
刘 昊

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
4	材料	7
4.1	混凝土、钢筋和钢材	7
4.2	预埋件及连接材料	7
4.3	拉结件	8
4.4	保温材料	8
4.5	防水密封材料	9
5	建筑设计	11
5.1	一般规定	11
5.2	立面设计	11
5.3	构造设计	12
6	结构设计	16
6.1	一般规定	16
6.2	作用与作用组合	18
6.3	支承系统选型	21
6.4	受力分析与变形验算	22
6.5	构件设计	24
6.6	连接节点设计	26
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 构件检验	34
8 安装与施工	39
8.1 一般规定	39
8.2 构件安装连接	39
9 工程验收	45
9.1 一般规定	45
9.2 主控项目	46
9.3 一般项目	49
10 保养与维修	50
附录 A 外挂墙板接缝宽度和密封胶厚度计算	52
附录 B 点支承外挂墙板连接节点受力计算	57
附录 C 点支承外挂墙板计算	61
本标准用词说明	65
引用标准名录	66
附：条文说明	69

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	4
4	Materials	7
4.1	Concrete, Steel Reinforcement and Steels	7
4.2	Embedded Parts and Connecting Materials	7
4.3	Connector	8
4.4	Thermal Insulation Materials	8
4.5	Sealing Materials	9
5	Architectural Design	11
5.1	General Requirements	11
5.2	Elevation Design	11
5.3	Architecture Details Design	12
6	Structural Design	16
6.1	General Requirements	16
6.2	Actions and Action Combinations	18
6.3	Support System Selection	21
6.4	Structural Analysis and Deformation Calculation	22
6.5	Component Design	24
6.6	Joints Design	26
7	Manufacturing and Transportation	29
7.1	General Requirements	29
7.2	Manufacturing	29

7.3	Transportation and Storage	33
7.4	Inspection	34
8	Erection and Construction	39
8.1	General Requirements	39
8.2	Erection and Connection	39
9	Construction Quality Acceptance	45
9.1	General Requirements	45
9.2	Dominant Items	46
9.3	General Items	49
10	Maintenance and Repair	50
Appendix A	Calculation for Width of Concrete Facade Panels Joints and Thickness of Sealant	52
Appendix B	Force Calculation for Point Supporting Concrete Facade Panels Connections	57
Appendix C	Calculation for Point Supporting Concrete Facade Panels	61
	Explanation of Wording in This Standard	65
	List of Quoted Standards	66
	Addition; Explanation of Provisions	69

1 总 则

1.0.1 为规范预制混凝土外挂墙板应用技术，做到安全适用、经济合理、技术先进、确保质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于民用建筑预制混凝土外挂墙板的设计、制作、运输、安装施工、工程验收及保养维修。

1.0.3 预制混凝土外挂墙板除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 预制混凝土外挂墙板 precast concrete facade panel

应用于外挂墙板系统中的非结构预制混凝土墙板构件，简称外挂墙板。

2.1.2 预制混凝土外挂墙板系统 precast concrete facade panel system

安装在主体结构上，由预制混凝土外挂墙板、墙板与主体结构连接节点、防水密封构造、外饰面材料等组成，具有规定的承载能力、变形能力、适应主体结构位移能力、防水性能、防火性能等，起围护或装饰作用的外围护结构系统，简称外挂墙板系统。

2.1.3 夹心保温外挂墙板 precast concrete sandwich facade panel

由内叶墙板、外叶墙板、夹心保温层和拉结件组成的预制混凝土外挂墙板，简称夹心保温墙板。内叶墙板和外叶墙板在平面外协同受力时，称为组合夹心保温墙板；内叶墙板和外叶墙板单独受力时，称为非组合夹心保温墙板；内叶墙板和外叶墙板受力介于二者之间时，称为部分组合夹心保温墙板。

2.1.4 拉结件 connector

用于连接夹心保温墙板中内、外叶混凝土墙板的元件。

2.1.5 密封胶 sealant

以非成型状态嵌入接缝中，与接缝表面粘结，能够承受接缝位移以达到气密、水密作用的密封材料。

2.1.6 点支承 point support

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。

2.1.7 线支承 linear support

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。

2.1.8 节点连接件 panel connector

外挂墙板与主体结构连接节点处，分别与外挂墙板的预埋件和支承外挂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} ——垂直于外挂墙板平面的分布水平地震作用标准值；

P_{Ek} ——平行于外挂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 外挂墙板系统的性能设计应根据建筑物的类别、高度、体型以及所在地的地理、气候和环境等条件进行。

3.0.2 外挂墙板系统的混凝土构件和节点连接件的设计使用年限宜与主体结构相同。

3.0.3 外挂墙板系统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遇地震作用时，外挂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，外挂墙板可能发生损坏，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，外挂墙板不应脱落；

4 使用功能或其他方面有特殊要求的外挂墙板系统，可设置更高的抗震设防目标。

3.0.4 在自重、风荷载和温度作用下，外挂墙板、节点连接件、接缝密封胶等应不受损坏。在风荷载作用下，外挂墙板应满足相应的面外变形要求。

3.0.5 在风荷载和地震作用下，外挂墙板应具有相应的适应主体结构变形的能力。

3.0.6 外挂墙板系统的气密性能应符合建筑物所在地区建筑节能设计要求，有供暖、空气调节要求的建筑物，外挂墙板的气密性能应符合下列规定：

1 外挂墙板中的外门窗气密性能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、《夏

热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 和《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 的有关规定。

2 当外挂墙板的接缝密封构造符合本标准第 5.3.3 条～第 5.3.10 条的相关规定时，可不对接缝的气密性能进行检测；当外挂墙板的接缝密封构造不符合本标准第 5.3.3 条～第 5.3.10 条的相关规定时，应对外挂墙板的气密性能按现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定进行检测。外挂墙板整体的气密性能不应低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 所规定的 2 级，其分级指标值不应大于 $2.0\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ；进行气密性能检测的外挂墙板试件应至少包含一个与实际工程相符的典型十字缝，并有一个完整墙板单元的边形形成与实际工程相同的接缝。

3 仅作为外墙装饰构件用外挂墙板的气密性能可不作要求。

3.0.7 外挂墙板系统的水密性能设计应符合建筑功能要求。有防水密封要求的外挂墙板，其水密性能设计应符合下列规定：

1 外挂墙板中的外门窗水密性能应符合现行行业标准《塑料门窗工程技术规程》JGJ 103、《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214 等的有关规定。

2 当外挂墙板的接缝密封构造符合本标准第 5.3.3 条～第 5.3.10 条的相关规定时，可不对接缝的水密性能进行检测；当外挂墙板的接缝密封构造不符合本标准第 5.3.3 条～第 5.3.10 条的相关规定时，应对外挂墙板的水密性能按现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定进行检测。进行水密性能检测的外挂墙板试件应至少包含一个与实际工程相符的典型十字缝，并有一个完整墙板单元的边形形成与实际工程相同的接缝。

3 外挂墙板接缝处的水密性能设计取值应符合下列规定：

1) 受热带风暴和台风袭击的地区，水密性能设计取值应按式计算，且取值不应低于 1000Pa ：

$$\Delta P = 1000\mu_z\mu_{sl}\omega_0 \quad (3.0.7)$$

式中: ΔP ——水密性能设计风压力差值 (Pa);

ω_0 ——基本风压 (kN/m^2);

μ_z ——风压高度变化系数, 应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用;

μ_{s1} ——局部风压体型系数, 可取 1.2。

2) 其他地区水密性能可按公式 (3.0.7) 计算值的 75% 进行设计, 且不宜低于 700Pa。

4 仅作为外墙装饰构件用外挂墙板的水密性能可不作要求。

3.0.8 外挂墙板系统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。

3.0.9 外挂墙板系统的热工性能和传热系数计算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、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 和《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 的有关规定。外挂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, 其防结露设计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; 外挂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 外挂墙板背后无其他墙体时, 外挂墙板自身的保温隔热构造系统应符合建筑物建筑节能设计对外墙的传热系数要求;

2 外挂墙板背后有其他墙体时, 外挂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。

3.0.10 外挂墙板系统的隔声性能设计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设计结合进行。

4 材 料

4.1 混凝土、钢筋和钢材

4.1.1 混凝土、钢筋和钢材的力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。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 外挂墙板用冷轧带肋钢筋应符合国家现行标准《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 和《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95 的有关规定，冷拔低碳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 外挂墙板的混凝土强度等级不宜低于 C30。当采用轻骨料混凝土时，轻骨料混凝土强度等级不应低于 LC25。当采用清水混凝土或装饰混凝土时，混凝土强度等级不宜低于 C40。

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

4.2 预埋件及连接材料

4.2.1 预埋件的锚板和锚筋材料、吊环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 节点连接件采用金属件时，金属件材料应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；当节点连接件和预埋件采用耐候结构钢时，其材料性能应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定。

4.2.3 连接用焊接材料、螺栓、锚栓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。

4.2.4 吊装用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应根据相应的产品标准和应用技术规定选用。

4.3 拉 结 件

4.3.1 夹心保温墙板中连接内外叶墙板的拉结件宜采用纤维增强塑料拉结件或不锈钢拉结件。当有可靠依据时，也可采用其他材料拉结件。

4.3.2 纤维增强塑料拉结件的纤维体积含量不宜低于 60%。当采用玻璃纤维增强塑料时，应选用高强型、含碱量小于 0.8% 的无碱玻璃纤维或耐碱型玻璃纤维，不得使用中碱玻璃纤维及高碱玻璃纤维。

4.3.3 不锈钢拉结件用不锈钢材宜采用统一数字代号为 S316×× 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 $R_{m,2}$ ，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 夹心保温墙板中的保温材料，其导热系数不宜大于 $0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，体积比吸水率不宜大于 0.3%，燃烧性能不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 B₂ 级的规定。

4.4.2 采用内保温时，内保温材料应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

4.4.3 模塑聚苯乙烯泡沫塑料和挤塑聚苯乙烯泡沫塑料保温材料应符合国家现行标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1、《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS)》GB/T 10801.2 和《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144 的有关规定。

4.4.4 玻璃棉保温材料的技术性能应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350 的有关规定。

4.4.5 岩棉、矿渣棉保温材料的技术性能应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350 和《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835 的有关规定。

4.4.6 硬泡聚氨酯保温材料的技术性能应符合现行国家标准《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404 的有关规定。

4.5 防水密封材料

4.5.1 外挂墙板接缝处密封胶应符合现行行业标准《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881 的有关规定，宜选用低模量弹性密封胶，位移能力不宜低于 20 级；密封胶的物理力学性能指标应符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 密封胶的物理力学性能指标

序号	项目		技术指标	试验方法
1	密度 (g/cm^3)		规定值 ± 0.1	《建筑密封材料试验方法 第 2 部分：密度的测定》GB/T 13477.2
2	下垂度 (mm)	垂直	≤ 3	《建筑密封材料试验方法 第 6 部分：流动性的测定》GB/T 13477.6
		水平	无变形	
3	表干时间 (h)		≤ 8	《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
4	挤出性 ¹ (mL/min)		≥ 80	《建筑密封材料试验方法 第 3 部分：使用标准器具测定密封材料挤出性的方法》GB/T 13477.3
5	适用期 ² (h)		≥ 2	《建筑密封材料试验方法 第 3 部分：使用标准器具测定密封材料挤出性的方法》GB/T 13477.3

续表 4.5.1

序号	项目		技术指标	试验方法
6	弹性恢复率 (%)		≥ 70	《建筑密封材料试验方法 第 17 部分：弹性恢复率的测定》GB/T 13477.17
7	拉伸模量 (MPa)	23℃	≤ 0.4	《建筑密封材料试验方法 第 8 部分：拉伸粘结性的测定》GB/T 13477.8
		-20℃	≤ 0.6	
8	定伸粘结性		无破坏	《建筑密封材料试验方法 第 10 部分：定伸粘结性的测定》GB/T 13477.10
9	浸水后定伸粘结性		无破坏	《建筑密封材料试验方法 第 11 部分：浸水后定伸粘结性的测定》GB/T 13477.11
10	冷拉-热压后粘结性		无破坏	《建筑密封材料试验方法 第 13 部分：冷拉-热压后粘结性的测定》GB/T 13477.13
11	质量损失率 (%)		≤ 5	《建筑密封材料试验方法 第 19 部分：质量与体积变化的测定》GB/T 13477.19

注：1 此项仅适用于单组分产品；

2 此项仅适用于多组分产品。

4.5.2 外挂墙板接缝密封胶的背衬材料可采用直径为缝宽 1.3 倍~1.5 倍的发泡闭孔聚乙烯棒或发泡氯丁橡胶棒；当采用发泡闭孔聚乙烯棒时，其密度不宜大于 37kg/m^3 。

4.5.3 气密条宜采用三元乙丙橡胶，也可采用氯丁橡胶或硅橡胶；橡胶应符合现行国家标准《工业用橡胶板》GB/T 5574 的有关规定。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 外挂墙板系统应统筹设计、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 外挂墙板系统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；外挂墙板系统宜采用管线分离技术。

5.1.3 外挂墙板设计应遵循模数化、标准化的原则，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 立面设计

5.2.1 采用外挂墙板的建筑，立面设计应考虑建筑功能、结构形式、外挂墙板的支承系统、制作工艺、运输及施工安装等因素。

5.2.2 外挂墙板的接缝宜与建筑立面分格线位置相对应，并结合下列因素合理确定墙板分格形式和尺寸：

- 1 建筑外立面效果与外门窗形式；
- 2 建筑防排水要求；
- 3 构件加工、运输、安装的最大尺寸和重量限值；
- 4 外挂墙板支承系统形式；
- 5 外挂墙板接缝宽度及墙板变形要求。

5.2.3 外挂墙板的装饰面层应采用耐久性好、不易污染的建筑材料，装饰面层可采用清水混凝土、装饰混凝土、涂料、反打面砖或石材等。

5.2.4 建筑外围护结构同时采用外挂墙板系统和幕墙系统时，

应分别设置独立的支承系统并直接与主体结构连接, 外挂墙板系统不应作为其他幕墙系统的支承结构使用。

5.3 构造设计

5.3.1 外挂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。

5.3.2 外挂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 35mm; 当计算接缝宽度大于 35mm 时, 宜调整外挂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。

5.3.3 外挂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; 受热带风暴和台风袭击地区的外挂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。

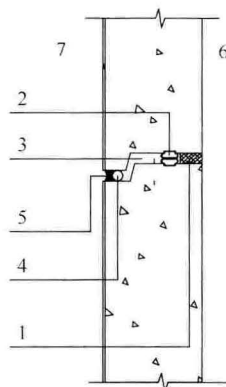


图 5.3.4-1 外挂墙板水平缝企口构造示意

1—防火封堵材料; 2—气密条; 3—空腔; 4—背衬材料; 5—密封胶; 6—室内; 7—室外

5.3.4 外挂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带空腔的防水构造;

2 水平缝宜采用内高外低的企口构造形式 (图 5.3.4-1);

3 受热带风暴和台风袭击地区的外挂墙板垂直缝应采用槽口构造形式 (图 5.3.4-2);

4 其他地区的外挂墙板垂直缝宜采用槽口构造形式，多层建筑外挂墙板的垂直缝也可采用平口构造形式。

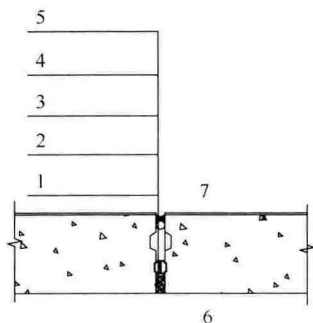


图 5.3.4-2 外挂墙板垂直缝槽口构造示意

1—防火封堵材料；2—气密条；3—空腔；4—背衬材料；

5—密封胶；6—室内；7—室外

5.3.5 外挂墙板系统的排水构造应符合下列规定：

1 建筑首层底部应设置排水孔等排水措施；

2 受热带风暴和台风袭击地区的建筑以及其他地区的高层建筑宜在十字交叉缝上部的垂直缝中设置导水管等排水措施，且导水管竖向间距不宜超过 3 层；

3 当垂直缝下方因门窗等开口部位被隔断时，应在开口部位上部垂直缝处设置导水管等排水措施；

4 仅设置一道材料防水且接缝设置排水措施时，接缝内侧应设置气密条。

5.3.6 导水管应采用专用单向排水管（图 5.3.6），管内径不宜小于 10mm，外径不应大于接缝宽度，

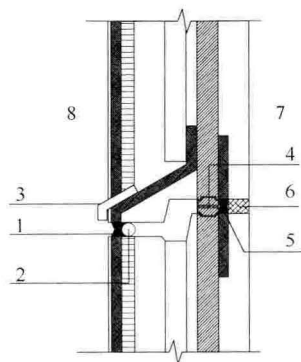


图 5.3.6 导水管构造示意

1—密封胶；2—背衬材料；

3—导水管；4—气密条；

5—十字缝部位密封胶；

6—耐火封堵材料；

7—室内；8—室外

在密封胶表面的外露长度不应小于 5mm。

5.3.7 外挂墙板系统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。

5.3.8 当外挂墙板接缝内侧采用气密条时，十字缝部位各 300mm 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。

5.3.9 当外挂墙板内侧房间有防水要求时，宜在外挂墙板室内一侧设置内衬墙，并对内衬墙内侧进行防水处理。

5.3.10 当女儿墙采用外挂墙板时，应采用与下部外挂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。

5.3.11 外挂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 外挂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 5.3.11-1、图 5.3.11-2），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 外挂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 5.3.11-1、图 5.3.11-2）；

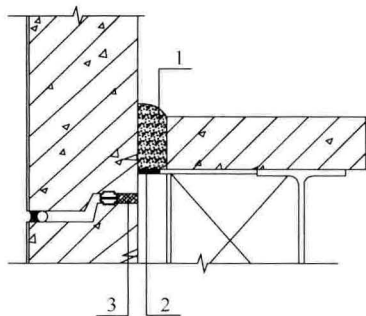


图 5.3.11-1 非节点连接处防火构造

1—墙板与主体间防火封堵材料；2—钢板或金属网；3—墙板间防火封堵材料，采用耐火气密条时可不设置

- 3 夹心保温墙板外门窗洞口周边应采取防火构造措施；
- 4 外挂墙板节点连接处的防火封堵措施（图 5.3.11-2）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 外挂墙板与主体结构之间的接缝防火封堵材料应满足建筑隔声设计要求。

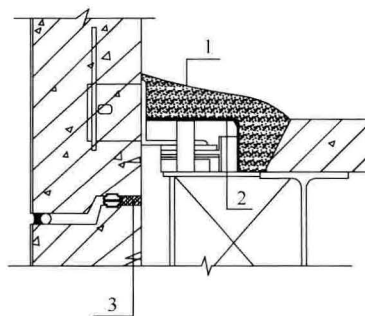


图 5.3.11-2 节点连接处防火构造

1—墙板与主体间防火封堵材料；2—钢板或金属网；3—墙板间
防火封堵材料，采用耐火气密条时可不设置

5.3.12 外挂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、抗冻性能等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。

5.3.13 外挂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混凝土进行机械锚固。石材厚度不宜小于 25mm，单块尺寸不宜大于 1200mm×1200mm 或等效面积。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 外挂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标准的规定外，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 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

6.1.2 在持久设计状况下外挂墙板系统应满足承载能力极限状态的要求，外挂墙板系统的承载能力极限状态计算应包含下列内容：

- 1 混凝土墙板构件的承载力计算；
- 2 外挂墙板与主体结构连接节点的承载力计算；
- 3 夹心保温墙板中拉结件的承载力验算。

6.1.3 在持久设计状况下外挂墙板系统应满足正常使用极限状态的要求，并进行下列验算：

- 1 混凝土墙板构件的面外变形验算；
- 2 对不允许出现裂缝的墙板部位，应进行混凝土拉应力验算；对允许出现裂缝的墙板部位，应进行受力裂缝宽度验算；
- 3 外挂墙板与主体结构连接节点的变形能力验算；
- 4 外挂墙板的接缝宽度验算，接缝宽度验算应符合本标准附录 A 和本标准第 5.3.2 条的规定。

6.1.4 在短暂设计状况下，外挂墙板构件应满足承载能力极限状态的要求，外挂墙板的承载能力极限状态计算应包含下列内容：

- 1 外挂墙板制作、运输、堆放、安装用预埋件和临时支撑

的承载力验算；

2 夹心保温墙板中拉结件的承载力验算。

6.1.5 在短暂设计状况下，外挂墙板构件应进行混凝土拉应力验算。

6.1.6 在地震设计状况下，外挂墙板系统应对下列承载力和变形能力进行验算：

1 多遇地震作用下应进行混凝土墙板构件的承载力计算；外挂墙板与主体结构连接节点的承载力计算；夹心保温墙板中拉结件的承载力验算；外挂墙板之间的接缝宽度验算，接缝宽度验算应符合本标准附录 A 和本标准第 5.3.2 条的规定。

2 设防地震作用下应进行线支承外挂墙板与主体结构连接的受弯承载力计算。

3 罕遇地震作用下应进行线支承外挂墙板与主体结构连接的受剪承载力验算；点支承外挂墙板与主体结构连接节点的承载力计算；夹心保温墙板中拉结件的承载力验算；外挂墙板与主体结构连接节点的变形能力验算。

6.1.7 外挂墙板和连接节点承载能力极限状态验算应采用下列公式验算：

1 持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (6.1.7-1)$$

2 地震设计状况：

多遇地震和设防地震作用下：

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (6.1.7-2)$$

罕遇地震作用下：

$$S_{GE} + S_{Ehk}^* \leq R_k \quad (6.1.7-3)$$

$$S_{GE} + S_{Evk}^* \leq R_k \quad (6.1.7-4)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，宜与主体结构相同，且不应小于 1.0；

S_d ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；对持久设计状况和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_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，外挂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。

6.1.8 对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合或准永久组合，并按下列公式进行设计：

$$S \leq C \quad (6.1.8)$$

式中： C ——外挂墙板构件达到正常使用要求的规定限值，例如变形、裂缝、接缝宽度等的限值，按本标准相应规定采用。

6.1.9 外挂墙板不应跨越主体结构的变形缝。主体结构变形缝两侧，外挂墙板的构造缝应能适应主体结构变形要求，构造缝应采用柔性连接设计或滑动型连接设计，并宜采取易于修复的构造措施。

6.2 作用与作用组合

6.2.1 外挂墙板及其连接节点的作用及作用组合应根据国家现行标准《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 等确定。

6.2.2 外挂墙板和连接节点设计时应考虑外挂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外挂墙板的影响。

6.2.3 在持久设计状况下，外挂墙板的面外变形和裂缝验算仅

考虑永久荷载、风荷载、温度作用，荷载组合的效应设计值应符合下列规定：

1 外挂墙板的面外变形验算应按荷载的标准组合计算效应设计值。

2 裂缝控制等级为二级时，抗裂验算应按荷载标准组合计算效应设计值；裂缝控制等级为三级时，裂缝宽度验算应按荷载准永久组合计算效应设计值并考虑长期作用。

3 荷载标准组合和准永久组合的效应设计值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

6.2.4 罕遇地震作用下，外挂墙板连接节点的承载力计算和夹心保温墙板中拉结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，外挂墙板的墙板构件拉应力验算应采用荷载标准组合计算效应设计值。

6.2.6 外挂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，可将风荷载施加于外挂墙板的形心处，并应计算风荷载对连接节点的偏心影响。

6.2.7 外挂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，垂直于外挂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；平行于外挂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} ——垂直于外挂墙板平面的分布水平地震作用标准值 (kN/m²)；

P_{Ek} ——平行于外挂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 ——外挂墙板的平面面积 (m^2)。

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 外挂墙板的竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的 65%。

6.2.9 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。

6.2.10 外挂墙板的温度作用计算应符合下列规定：

1 点支承外挂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，外挂墙板及其节点承载力计算时可不考虑温度作用；

2 夹心保温外挂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 外挂墙板接缝宽度计算时，温度作用应符合本标准附录 A 第 A.0.4 条的规定。

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

6.2.12 外挂墙板在脱模、翻转、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 支承系统选型

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

- 1 支承系统应具有足够的承载能力；
- 2 支承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，支承系统不应失效；
- 4 支承系统应具有良好的耐久性能。

6.3.2 外挂墙板与主体结构之间的连接方式可采用点支承连接或线支承连接。

6.3.3 支承外挂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，应能承受外挂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 当外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，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外挂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，应同时计入外挂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 倍的变形能力。

6.3.5 当外挂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，外挂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 倍的变形能力。

6.3.6 外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，面外连接点不应少于 4 个，竖向承重连接点不宜少于 2 个；外挂墙板承重节点验算时，选取的计算承重连接点不应多于 2 个。

6.3.7 外挂墙板与主体结构采用线支承连接时，宜在墙板顶部与主体结构支承构件之间采用后浇段连接，墙板的底端应设置不少于 2 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。

6.4 受力分析与变形验算

6.4.1 主体结构计算时，应按下列规定计入外挂墙板的影响：

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

2 采用点支承连接的外挂墙板，连接节点符合本标准的相关规定，且连接节点能适应主体结构变形时，可不计入外挂墙板的刚度影响；

3 采用线支承的外挂墙板，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，应计入外挂墙板的刚度影响。

6.4.2 外挂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 外挂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 外挂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 外挂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 外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，外挂墙板连接节点的受力分析应符合本标准附录 B 的规定。

6.4.4 在垂直于外挂墙板平面的风荷载和地震作用下，点支承外挂墙板的内力和变形宜采用有限元分析方法，也可采用本标准附录 C 的简化方法。

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

6.4.6 带洞口的外挂墙板应对洞口边墙板的抗弯和受剪承载力进行验算，且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。点支承外挂墙板在风荷载、地震作用下洞口边墙板的剪力可按下列公式计算（图 6.4.6）：

$$\text{面外方向：} \quad Q_{az} = \frac{L'H'q_w}{4} + \frac{L_1 H'q_c}{2} \quad (6.4.6-1)$$

$$\text{面内方向：} \quad Q_{ax} = \max\left(\frac{P}{2}, P \frac{L_1}{L_1 + L_2}\right) \quad (6.4.6-2)$$

式中： Q_{az} —— $a-a$ 剖面处墙板承担的面外剪力设计值；

Q_{ax} —— $a-a$ 剖面处墙板承担的面内剪力设计值；

q_w ——门窗洞口承受的面外风荷载或地震作用设计值；

q_c ——墙体承受的面外风荷载或地震作用设计值；

L_1 —— $a-a$ 剖面处门窗洞口边墙体宽度；

L_2 ——另一侧门窗洞口边墙体宽度；

L' ——门窗洞口宽度；

H' —— 门窗洞口高度；

P —— 墙体承受的面内剪力设计值。

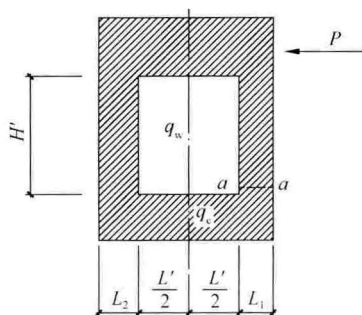


图 6.4.6 洞边墙板抗剪验算示意

6.4.7 夹心保温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，非组合夹心保温墙板宜按内叶墙板单独承受墙板水平荷载进行计算；组合夹心保温墙板可按内、外叶墙板共同承受墙板水平荷载进行计算，必要时面外受力性能宜进行试验验证；部分组合夹心保温墙板的面外受力性能可经试验确定，无试验依据时可按内叶墙板单独承受墙板水平荷载计算。

6.5 构件设计

6.5.1 在正常使用极限状态下，外挂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，应对外挂墙板的平面外变形进行验算，其平面外挠度限值为外挂墙板面外支座间距离的 $1/250$ 。

2 在持久设计状况下，应对外挂墙板的裂缝进行验算；外挂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，当外挂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；外挂墙板内表面的裂缝控制等级为三级；外挂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, 外挂墙板不应出现裂缝, 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 非夹心保温墙板构件应符合下列规定:

1 当外挂墙板采用平板时, 板厚不宜小于 100mm, 墙板宜采用双层、双向配筋;

2 当外挂墙板采用带肋板时, 墙板最薄处厚度不应小于 60mm, 且应满足防水构造和节点连接件的锚固要求;

3 外挂墙板水平和竖向钢筋的最小配筋率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, 且钢筋直径不宜小于 6mm, 间距不宜大于 200mm。

6.5.3 非组合夹心保温墙板构件应符合下列规定:

1 外叶墙板的厚度不宜小于 60mm, 外叶墙板宜采用单层双向配筋, 宜采用钢筋网片或冷拔低碳钢丝网片, 也可采用冷轧带肋钢筋, 直径不应小于 4mm, 钢筋间距不宜大于 150mm;

2 内叶墙板采用平板时厚度不宜小于 100mm, 宜采用双层双向配筋, 水平和竖向钢筋的最小配筋率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, 且钢筋直径不宜小于 6mm, 间距不宜大于 200mm;

3 内叶墙板采用带肋板时厚度不宜小于 60mm, 可配置单层双向钢筋网片, 水平和竖向钢筋的最小配筋率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, 钢筋直径不宜小于 6mm, 钢筋间距不宜大于 200mm;

4 夹心保温墙板的内、外叶墙板应满足节点连接件和拉结件的锚固要求。

6.5.4 组合夹心保温墙板和部分组合夹心保温墙板的内外叶墙板厚度不宜小于 60mm, 且应满足节点连接件和拉结件的锚固要求。水平和竖向钢筋的最小配筋率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, 钢筋直径不宜小于

6mm，钢筋间距不宜大于 200mm。

6.5.5 夹心保温墙板的夹心保温层厚度不宜小于 30mm，且不宜大于 100mm。

6.5.6 拉结件的受剪、抗弯、抗拉和锚固承载力等宜进行试验验证，并应满足设计要求。

6.5.7 夹心保温墙板的拉结件应符合下列规定：

1 应满足夹心保温墙板的节能设计要求；

2 应满足防腐、防火设计要求；

3 拉结件在墙板内的锚固构造应满足受力要求，且锚固长度不应小于 30mm。

6.5.8 外挂墙板最外层钢筋的混凝土保护层厚度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 对石材或面砖饰面，不应小于 15mm；

2 对清水混凝土，不应小于 20mm；

3 对露骨料装饰面，应从最凹处混凝土表面计起，且不应小于 20mm。

6.5.9 当外挂墙板有门窗洞口时，非夹心保温墙板以及夹心保温墙板的外叶墙板在洞口周边、角部应配置加强钢筋；洞边加强钢筋不宜少于 2 根，直径不宜小于墙板分布钢筋直径；洞口角部加强斜筋不应少于 2 根，直径不宜小于墙板分布钢筋直径。

6.6 连接节点设计

6.6.1 用于外挂墙板制作、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 的有关规定。

6.6.2 外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，点支承外挂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标准第 6.1.7 条的规定。

6.6.3 外挂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, 线支承外挂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标准第 6.1.7 条的规定。

6.6.5 外挂墙板与主体结构采用线支承连接时, 外挂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, 外挂墙板底端的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。

6.6.6 外挂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:

1 外挂墙板上边缘与主体结构支承构件的连接结合面应采用粗糙面并设置键槽; 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; 键槽的尺寸和数量应满足接缝受剪验算的要求; 键槽的深度不宜小于 30mm, 竖向宽度不宜小于深度的 3 倍且不宜大于深度的 10 倍; 键槽可水平贯通截面, 当不贯通时槽口距离截面边缘不宜小于 50mm; 键槽间距宜等于键槽宽度; 键槽端部斜面倾角不宜大于 30° 。

2 外挂墙板上边缘与主体结构支承构件之间后浇段节点宜设置双排钢筋, 且钢筋直径不宜小于 10mm, 水平间距不宜大于 200mm; 连接钢筋在外挂墙板和主体结构支承构件后浇混凝土中的锚固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。

6.6.7 外挂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抗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；外挂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 15 年。

4 节点连接件和预埋件的防腐蚀保护层可采用涂料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部封板闭口型材的内侧。

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 连接节点预埋件、吊装用预埋件以及临时支撑预埋件均宜分别设置，不宜兼用。

6.6.9 外挂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 外挂墙板的制作与运输除应符合本标准的规定外，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 外挂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；

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 对带饰面砖或石材饰面的外挂墙板应绘制排砖图或排板图，对夹心保温外挂墙板应绘制拉结件布置图和保温板排板图；

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

7.1.3 外挂墙板的生产宜建立样板构件制作与验收制度。

7.2 构件制作

7.2.1 拉结件的进厂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拉结件的出厂检验报告和型式检验报告；

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，型式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 拉结件的进厂检验应按同一厂家、同一类别、同一规格产品，不超过 10000 件为一批；检验项目包含外观质量、尺寸偏

差、材料力学性能。

7.2.2 除设计有特殊要求外，外挂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 外挂墙板加工模具尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm 或 (°))	检验方法
1	高		0, -2	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, -2	钢尺检查 3 点, 用尺量平行构件宽度方向, 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		±2	钢尺检查 3 点, 取其中偏差绝对值较大处
5	对角线差		3	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		$\pm 0.2^\circ$	角度测定样板
10	底模 表面平 整度	清水混凝土	1	用 2m 靠尺和塞尺测量
		彩色混凝土	1	
		面砖饰面	2	
		石材饰面	2	
11	预埋件 定位	中心线位置	3	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	-2, 0	钢直尺和塞尺检查

续表 7.2.2

项次	检验项目、内容		允许偏差 (mm 或 (°))	检验方法
12	预埋螺栓定位	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
		外露长度	+5, 0	用尺量测
13	预留孔洞定位	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		尺寸	+3, 0	用尺量测纵横两个方向尺寸, 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 外挂墙板中预埋门、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 门、窗框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	中心线位置	5	钢尺检查
2		外露长度	+5, 0	钢尺检查
3	门、窗框位置		2	钢尺检查
4	门、窗框高、宽		±2	钢尺检查
5	门、窗框对角线		±2	钢尺检查
6	门、窗框的平整度		2	靠尺检查

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	用直尺和塞尺量测

续表 7.2.4

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
3	锚筋	长度	+10, -5	用钢尺量测
		间距偏差	±10	用钢尺量测

7.2.5 面砖饰面外挂墙板宜采用反打成型工艺制作, 石材饰面外挂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 600mm, 宽度不宜大于300mm;

2 当饰面层采用石材时, 应根据排板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;

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 混凝土振捣采用插入式振捣棒时, 应避免损坏饰面层材料。

7.2.6 夹心保温墙板宜采用水平浇筑方式成型, 并应符合下列规定:

1 宜先浇筑外叶墙板混凝土层, 再安装保温材料, 最后浇筑内叶墙板混凝土层;

2 拉结件的数量和位置应满足设计要求; 应保证拉结件锚固可靠, 拉结件穿过保温材料的孔洞应采取有效措施进行封堵;

3 应保证保温材料间拼缝严密并使用粘结或密封材料进行密封处理;

4 在下层混凝土初凝之前应完成上层混凝土的浇筑和振捣;

5 浇筑并振捣混凝土保证混凝土的均匀与密实性, 使用振捣棒时不应损伤、移动预埋件、拉结件和保温材料。

7.2.7 夹心保温墙板养护过程中, 最高养护温度不宜大于60℃。

7.2.8 线支承外挂墙板后浇节点处粗糙面成型可在混凝土初凝

前进行拉毛处理。

7.2.9 外挂墙板脱模起吊时的混凝土强度应计算确定，且不宜小于 15MPa。

7.3 运输与存放

7.3.1 外挂墙板构件存放应符合下列规定：

- 1 外挂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，水平叠层码放时每垛墙板的垫木应上、下对齐；
- 2 应合理设置垫块、垫木位置，确保构件存放稳定；
- 3 带饰面砖或石材饰面的外挂墙板构件应直立存放或饰面层朝上码放；
- 4 夹心保温墙板构件应直立存放或外叶墙板面朝上码放；
- 5 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；
- 6 外挂墙板构件的薄弱部位和门窗洞口宜采取防止变形开裂的临时加固措施。

7.3.2 外挂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，保证吊装前预埋螺栓孔的清洁；
- 3 夹心保温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 外挂墙板构件在运输过程中应做好安全和成品保护，并应符合下列规定：

- 1 外挂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 外挂墙板宜采用立式运输，运输时宜采取下列防护措施：
 - 1) 设置柔性垫片避免外挂墙板边角部位或链索接触处的

混凝土损伤；

- 2) 外挂墙板之间应设置隔离垫块；
- 3) 用塑料薄膜包裹垫块和垫片，避免外挂墙板构件外观污染；
- 4) 外挂墙板门窗框、装饰表面和棱角采用塑料贴膜或其他防护措施；
- 5) 禁止多块外挂墙板水平叠放同时吊运，单块外挂墙板水平吊运时，应经设计人员审核确认。

3 超高、超宽、形状特殊外挂墙板的运输和存放应制定专门的质量安全保证措施。

7.4 构件检验

7.4.1 带饰面砖、石材饰面或清水混凝土饰面外挂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》GB 50210 和《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169 的有关规定。

7.4.2 外挂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整并达到合格。

7.4.3 外挂墙板外观质量缺陷根据其影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，可按表 7.4.3 的规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表 7.4.3 构件外观质量缺陷分类

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	墙板表面钢筋外露	—
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	墙板外表面、板侧面有蜂窝	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	墙板外表面、板侧面有孔洞	其他部位有少量孔洞

续表 7.4.3

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	墙板外表面、板侧面有夹渣；其他部位有夹渣且影响外挂墙板的耐久性能	其他部位有少量不影响墙板耐久性能及其他使用功能的夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	墙板表面有疏松	—
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	墙板构件有影响结构性能的裂缝；墙板外表面和板侧面有影响防水、耐久等性能及外观效果的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷，连接钢筋松动，与主体结构连接用节点连接件松动，连接钢筋严重锈蚀、弯曲、偏位，节点部位粗糙面混凝土疏松，抗剪键槽偏位等	连接部位有影响外挂墙板与主体结构之间传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等； 装饰面砖或石材粘结不牢、表面不平、砖缝或石材缝不顺直等	墙板外表面和板侧面有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他部位有不影响使用功能和装饰效果的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	墙板外表面有外表缺陷	其他部位有不影响使用功能的外表缺陷

7.4.4 外挂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。

7.4.5 外挂墙板、预埋件、预留孔洞的尺寸偏差及检验方法应符合表 7.4.5 的规定。

表 7.4.5 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		± 3	用尺量两端及中部，取其中偏差绝对值较大值
2	板宽		± 3	用尺量两端及中部，取其中偏差绝对值较大值
3	板厚		± 2	用尺量板四角及中部，取其中偏差绝对值较大值
4	肋宽		± 4	钢尺检查 3 点，取其中偏差绝对值较大处
5	板正面对角线差		4	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 ≤ 2	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		$\pm 0.2^\circ$	角度测定样板
10	表面平整	清水混凝土	2	2m 靠尺和塞尺检查
		彩色混凝土	2	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	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
12		平整度	$-3, 0$	钢直尺和塞尺检查
13	预埋螺栓 (孔)	中心位置偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
14		外露长度	$+5, 0$	用尺量测

续表 7.4.5

项次	检验项目		允许偏差 (mm 或 (°))	检验方法
15	预留孔 洞定位	中心位置偏移	4	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		尺寸	+3, 0	用尺量测纵横两个方向尺寸, 取其中较大值
16	预留节点 连接钢筋 (线支承外 挂墙板)	中心位置偏移	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		外露长度	±5	用尺量
17	键槽 (线支承外 挂墙板)	中心位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		长度、宽度	+5	用尺量
		深度	+5	用尺量
18	面砖、 石材	阳角方正	2	用托线板检查
		上口平直	2	拉通线用钢尺检查
		接缝平直	3	用钢尺或塞尺检查
		接缝深度	±3	用钢尺或塞尺检查
		接缝宽度	±2	用钢尺检查

注: 第 9 项次的单位为 (°), 其余单位均为 mm。

7.4.6 外挂墙板的预埋件、节点连接钢筋、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。

7.4.7 外挂墙板的粗糙面或键槽成型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。

7.4.8 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。

7.4.9 夹心保温墙板的内、外叶墙板之间的拉结件类别、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、同一工艺的外挂墙板分批抽样检验。

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。

7.4.10 夹心保温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。

7.4.11 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：按外挂墙板生产批次在混凝土浇筑地点随机抽取标准养护试件；每工作班拌制的同一配合比的混凝土，每拌制 100 盘且不超过 100m^3 取样不应少于一次，不足 100 盘和 100m^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 外挂墙板及主体结构的安装与施工除应符合本标准的规定外，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 外挂墙板系统的施工组织设计应包含外挂墙板安装施工专项方案和安全专项措施。

8.1.3 外挂墙板安装施工前，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；外挂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外挂墙板时，外挂墙板安装前应对已建主体结构进行复测，并按实测结果对外挂墙板设计进行复核。

8.2.2 外挂墙板的施工测量除应符合现行国家标准《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 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累积；
- 3 应定期校核外挂墙板的安装定位基准。

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

4 外挂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 外挂墙板调整、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 主体结构上用于与外挂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埋设预埋件时,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 外挂墙板安装时,外挂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,确保各支承点均匀受力。

8.2.6 外挂墙板安装采用临时支撑时,应符合下列规定:

1 外挂墙板的临时支撑不宜少于2道;

2 外挂墙板的上部斜支撑,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外挂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 外挂墙板安装应符合下列规定:

1 线支承外挂墙板就位前,应在墙板底部设置调平装置,

控制墙板安装标高；

2 外挂墙板应以轴线和外轮廓线同时控制墙板的安装位置；

3 外挂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 带饰面层外挂墙板应对装饰面的完整性进行校核与调整；

5 外挂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 点支承外挂墙板与主体结构的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外挂墙板临时固定和支撑系统时，支撑系统应具有调节外挂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 外挂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 连接节点采用焊接施工时，不应灼伤外挂墙板的混凝土和保温材料；

5 外挂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 线支承外挂墙板与主体结构的连接节点施工应符合下列规定：

1 外挂墙板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》JGJ/T 283 的有关规定；

2 外挂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外挂墙板节点连接钢筋，检查墙板节点处粗糙面，剔除、清理疏松部分的混凝土，并按本标准第 9.1.5 条进行隐蔽工程验收；

4 后浇混凝土节点的模板或主体结构支承构件与外挂墙板接缝处，以及后浇混凝土节点处外挂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、外挂墙板、钢筋移位。

8.2.10 线支承外挂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 外挂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 外挂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		±5	水准仪或拉线、尺量
相邻墙板平整度		2	2m 靠尺测量
墙面垂直度	层高	5	经纬仪或吊线、尺量
	全高	$H/2000$ 且 ≤ 15	
相邻接缝高		3	尺量
接缝	宽度	±5	尺量
	中心线与轴线距离	5	

8.2.12 外挂墙板接缝防水施工前的施工准备应符合下列规定：

1 吊装过程中应对外挂墙板板侧预留凹槽、橡胶空心气密条和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 检查并清理接缝混凝土基层，应坚实、平整，不得有蜂窝、麻面、起皮和起砂现象；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 外挂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的挤出嘴，挤出应均匀。

6 外挂墙板十字接缝处各 300mm 范围内的水平缝和垂直缝应一次施工完成。

7 密封胶在接缝内应两对面粘结，不应三面粘结。

8 新旧密封胶的搭接应符合产品施工工艺要求。

9 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。

10 密封胶胶体固化前应避免损坏及污染，不得泡水。

11 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 外挂墙板接缝处导水管的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 当外挂墙板工程采用外墙内保温系统时，保温层的施工应符合现行行业标准《外墙内保温工程技术规程》JGJ/T 261 的有关规定。

9 工程验收

9.1 一般规定

9.1.1 外挂墙板及主体结构的验收除应符合本标准的规定外，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 外挂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 外挂墙板工程验收时，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 外挂墙板、主要材料及配件的进场验收记录；

3 外挂墙板安装施工记录；

4 本标准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 现场淋水试验记录；

6 防火、防雷节点验收记录；

7 重大质量问题的处理方案和验收记录；

8 其他质量保证资料。

9.1.4 外挂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 线支撑外挂墙板节点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，键槽的尺寸、数量、位置；

2 钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距、锚固方式和长度；

3 用于主体结构支承构件与外挂墙板接缝处, 以及后浇混凝土节点处外挂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 用于外挂墙板接缝的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 专业企业生产的外挂墙板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, 构件进场应对其主要受力钢筋数量、规格、间距、保护层厚度及混凝土强度等进行实体检验。

检验数量: 同一类型外挂墙板不超过 1000 个为一个检验批, 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 外挂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 陶瓷类饰面砖与外挂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、同一工艺的外挂墙板分批抽样检验。

检验方法: 检查拉拔强度检验报告。

9.2.4 夹心保温墙板构件的传热系数应满足设计要求。

检查数量: 同一类型夹心保温墙板为一检验批, 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 外挂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规程》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 外挂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 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 外挂墙板连接节点采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 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。

9.2.8 线支承外挂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标准》GB/T 50107 的有关规定。

9.2.9 外挂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。

9.2.10 外挂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。

9.2.11 外挂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外挂墙板工程，每 1000m^2 且不超过一个楼层为一个检验批，不足 1000m^2 应划分为一个独立检验批。每个检验批每 100m^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外挂墙板的结构、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。

9.2.12 外挂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 外挂墙板接缝应平直、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，应符合本标准表 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 外挂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，可进行外挂墙板安装质量和尺寸偏差验收。外挂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，应符合本标准表 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 10%，且不应少于 5 块。

9.3.3 外挂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。

10 保养与维修

10.0.1 外挂墙板外表面的检查、保养与维修工作不得在4级以上风力和雨、雪、雾天气下进行。

10.0.2 外挂墙板的定期检查应包含下列项目：

1 墙板整体、单元板块间有无变形、错位、松动，如有应对墙板及相连主体结构进一步检查；

2 墙板混凝土是否存在开裂或破损；

3 墙板与主体结构节点连接件是否出现锈蚀、连接是否可靠；

4 墙板防水系统是否完整；

5 密封胶有无脱胶、开裂、起泡，密封胶条有无脱落、老化等损坏现象；

6 墙板饰面材料是否有胀裂、松动和污损现象；

7 墙板的接缝和窗洞口处的防水密封材料应在每次清洗时进行检查。

10.0.3 外挂墙板的保养和维修应符合下列规定：

1 应保持墙板防水系统的完整性，如发现堵塞应及时疏通；

2 当发现门、窗启闭不灵或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；

3 当发现密封胶或密封胶条脱落或损坏时，应及时修补与更换；修补时应采用相容性、污染性符合要求的密封胶；

4 当发现外挂墙板与主体结构节点连接件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施；

5 当发现墙板局部破损时，应及时进行修补并采取有效的抗裂和防水补强措施；

6 当发现墙板局部产生裂缝时，应及时进行修补；当裂缝

宽度大于 0.15mm 或出现墙板厚度方向贯通裂缝时，应进行裂缝防水处理；

7 当发现墙板外饰面材料有污损时，应及时进行修补。

10.0.4 当定期检查发现外挂墙板局部损坏不影响墙板整体结构性能时，可采用局部维修或更换损坏部位的方式；当影响到墙板结构性能时，应更换损坏的外挂墙板。

10.0.5 灾后检查和修复应符合下列规定：

1 当外挂墙板遭遇强风袭击后，应及时对墙板进行全面检查，修复或更换损坏的构件和材料；

2 当外挂墙板遭遇地震、火灾等灾害后，应由专业技术人员对墙板进行全面检查，并根据损坏程度制定处理方案，及时处理。

10.0.6 外挂墙板的清洗次数应根据外挂墙板表面的积灰污染程度确定，且每年不宜少于一次。

附录 A 外挂墙板接缝宽度和密封胶厚度计算

A.0.1 外挂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：

$$w_s = \frac{D}{\epsilon} + d_c \quad (\text{A.0.1-1})$$

2 当接缝仅发生剪切变形时，接缝宽度可按下式计算：

$$w_s = \frac{\delta}{\sqrt{\epsilon^2 + 2\epsilon}} + d_c \quad (\text{A.0.1-2})$$

3 当接缝发生拉剪组合变形时，接缝宽度可按下式计算：

$$w_s = \frac{D + \sqrt{D^2 (1 + \epsilon)^2 + \delta^2 (2\epsilon + \epsilon^2)}}{2\epsilon + \epsilon^2} + d_c \quad (\text{A.0.1-3})$$

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：

$$w_s = \frac{D + (1 - \epsilon) \sqrt{D^2 + \delta^2 (2\epsilon - \epsilon^2)}}{2\epsilon - \epsilon^2} + d_c \quad (\text{A.0.1-4})$$

式中： w_s ——接缝宽度 (mm)；

D ——接缝宽度方向的接缝变形量 (mm)，按本标准第 A.0.2 条确定；

δ ——垂直接缝宽度方向的接缝变形量 (mm)，按本标准第 A.0.2 条确定；

d_c ——外挂墙板接缝宽度的安装允许偏差 (mm)，应符合本标准第 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 按本标准第 A.0.3 条确定。

A.0.2 外挂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:

$$D = d_G + d_T + \phi_c d_w \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_T + \phi_c \delta_w \quad (\text{A.0.2-4})$$

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:

$$D = d_G + d_w + \phi_c d_T \quad (\text{A.0.2-5})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_w + \phi_c \delta_T \quad (\text{A.0.2-6})$$

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:

$$D = d_G + d_E + \phi_c d_T \quad (\text{A.0.2-7})$$

$$\delta = \delta_G + \delta_E + \phi_c \delta_T \quad (\text{A.0.2-8})$$

式中: d_G —— 外挂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外挂墙板之间的竖向变形值之差, 夹心保温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), 点支承外挂墙板可按本标准第 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), 点支承外挂墙板可按本标准第 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), 点支承外挂墙板可按本标准第 A.0.5 条确定;

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

δ_T —— 温度作用下垂直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 —— 风荷载作用下垂直缝宽度方向的接缝变形量 (mm)，点支承外挂墙板可按本标准第 A. 0. 6 条确定；

δ_E —— 多遇地震作用下垂直缝宽度方向的接缝变形量 (mm)，点支承外挂墙板可按本标准第 A. 0. 6 条确定；

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

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

(mm), 计算线支承外挂墙板竖直缝时可取接缝两侧墙板的最大宽度。

A.0.5 相邻外挂墙板的接缝对齐时, 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 平移式外挂墙板和线支承外挂墙板的竖直缝:

建筑角部竖直缝: $d_W、d_E = \theta_{i,s} h_i$ (A.0.5-1)

其余部位竖直缝: $d_W、d_E = \varphi_i h_i$ (A.0.5-2)

2 旋转式外挂墙板竖直缝:

建筑角部竖直缝:

$$d_W、d_E = \max(\theta_{i,s}, \theta_{i,v}) \cdot h_i \left(\frac{h'_i + h''_i}{h_i - h'_i - h''_i} \right) \quad (\text{A.0.5-3})$$

其余部位竖直缝: $d_W、d_E = 0$ (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 层外挂墙板的高度;

$\theta_{i,s}$ ——风荷载或地震作用下沿角部竖直缝宽度方向第 i 层的弹性层间位移角;

$\theta_{i,v}$ ——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 ——支承外挂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, 当竖缝两侧的外挂墙板支承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;

$\Delta_{z,i}, \Delta_{z,i-1}$ —— 支承外挂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；

$\Delta_{y,i}, \Delta_{y,i-1}$ —— 支承外挂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 相邻外挂墙板的接缝对齐时，风荷载作用下垂直接缝宽度方向的接缝变形量 δ_w 和地震作用下垂直接缝宽度方向的接缝变形量 δ_E 可按下列规定计算，按本标准 A.0.1 条和 A.0.2 条的规定计算时，公式 (A.0.6-1) 中的 δ_w 、 δ_E 不与公式 (A.0.5-1) 中的 d_w 、 d_E 组合。

1 平移式外挂墙板和线支承外挂墙板：

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 旋转式外挂墙板：

建筑角部竖直缝：

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

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 点支承外挂墙板连接节点受力计算

B.0.1 外挂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 外挂墙板面内方向，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）：

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

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

2) 对旋转式外挂墙板（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：

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

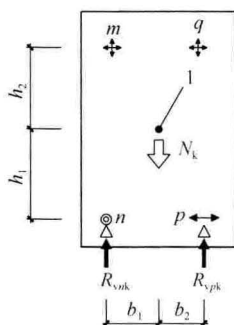


图 B.0.1-1 竖向荷载作用下
平移式外挂墙板面内反力

1—重心

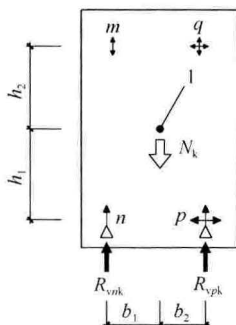


图 B.0.1-2 竖向荷载作用下
旋转式外挂墙板面内反力

1—重心

$$R_{lvk} = R_{lvk} = \frac{N_k \cdot \max(b_1, b_2)}{(h_1 + h_2)} \quad (\text{B. 0. 1-4})$$

式中: N_k ——重力荷载标准值 G_k 或者竖向地震作用标准值 F_{Evk} ;

R_{vjk} —— 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_{lvk} —— m 节点在墙板面内方向的水平反力标准值;

R_{lvk} —— n 节点在墙板面内方向的水平反力标准值。

2 垂直外挂墙板方向 (图 B. 0. 1-3), 各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算:

$$H_{mk} = H_{nk} = N_k \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{b_2}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B. 0. 1-5})$$

$$H_{pk} = H_{qk} = N_k \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{b_1}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B. 0. 1-6})$$

式中: e_y ——外挂墙板面外的偏心距;

e_0 —— 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。

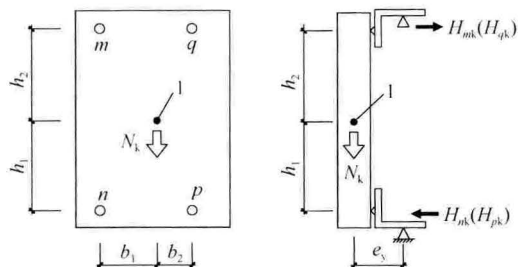


图 B. 0. 1-3 竖向荷载作用下平移式或旋转式
外挂墙板面外反力

1—重心

B.0.2 外挂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 外挂墙板面内方向，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）：

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

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

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

2) 对旋转式外挂墙板（图 B.0.2-2）：

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

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

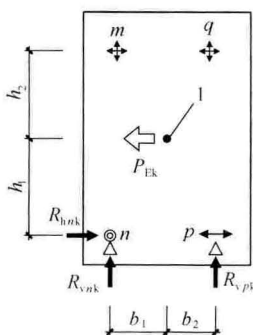


图 B.0.2-1 面内水平地震作用下平移式外挂墙板面内反力
1—重心

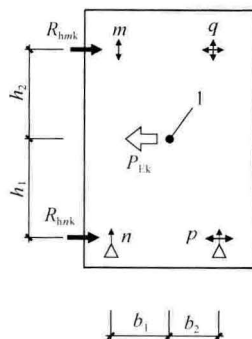


图 B.0.2-2 面内水平地震作用下旋转式外挂墙板面内反力
1—重心

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

$$H_{\text{wk}} = H_{\text{qk}} = P_{\text{Ek}} \cdot (e_y + e_0) \cdot \frac{h_1}{(b_1 + b_2)(h_1 + h_2)} \quad (\text{B.0.2-6})$$

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

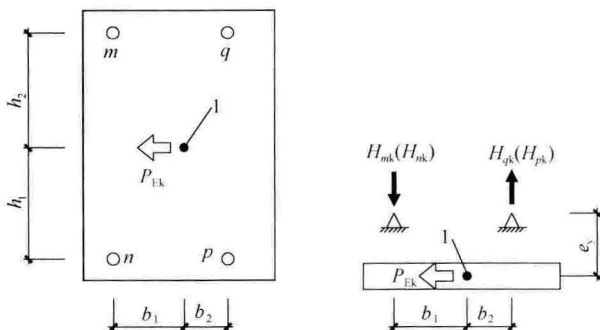


图 B. 0. 2-3 面内水平地震作用下
平移式或旋转式外挂墙板面外反力
1—重心

B. 0. 3 外挂墙板与主体结构采用点支承连接时，在垂直外挂墙板平面的风荷载、地震作用下外挂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 在垂直于外挂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，四点支承无洞口外挂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：

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

$$\Delta = \mu \cdot \frac{q_k l_y^4}{D} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中： M_i ——弯矩系数，包括 M_x 、 M_y 、 M_{ax} 、 M_{ay} (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外挂墙板构件的短期刚度，当采用非夹心保温墙板或非组合夹心保温墙板时，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夹心保温墙板时，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。

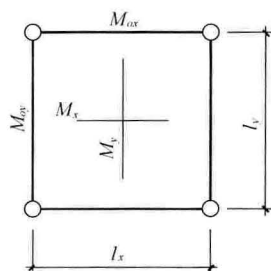


图 C. 0. 1 四点支承无洞口外挂墙板示意

表 C. 0. 1 四点支承无洞口外挂墙板的弯矩系数 M_i 及挠度系数 μ_i

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. 02153	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 四点支承开洞外挂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:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_2 l_0^2 + 4k_2 \alpha \gamma + H' \beta (2\alpha - \beta)}{16} + \frac{L'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_2} \quad (\text{C. 0. 2-2})$$

每延米下横板跨中最大弯矩:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_1 l_0^2 + 4k_1 \alpha \gamma + H' \beta (2\alpha - \beta)}{16} + \frac{L'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_1} \quad (\text{C. 0. 2-3})$$

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:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_2 l_0^2 + 2k_2 \gamma (\alpha + l_0) + H' \beta (2\alpha - \beta)}{16} - \frac{k_2 H'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_2} \quad (\text{C. 0. 2-5})$$

每延米下横板跨中最大弯矩:

$$M_{\max} = \left\{ \frac{2h_1 l_0^2 + 2k_1 \gamma (\alpha + l_0) + H' \beta (2\alpha - \beta)}{16} - \frac{k_1 H'^3}{24} \right\} \frac{q}{h_1} \quad (\text{C. 0. 2-6})$$

$$\alpha = l_0 - L' \quad (\text{C. 0. 2-7})$$

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

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

式中: k_i ——荷载分配系数, 对洞口上横板取为 k_2 , 对洞口下横板取为 k_1 ;

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

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

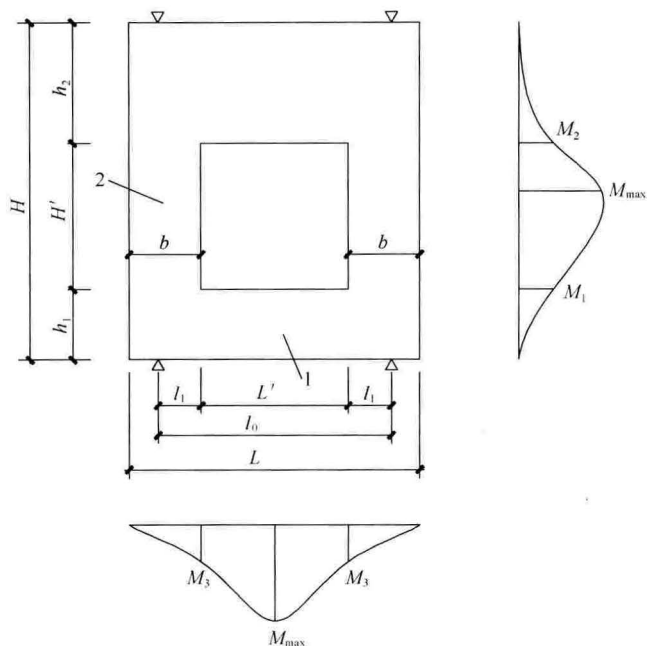


图 C.0.2 四点支承开洞外挂墙板示意
1—横板；2—纵板

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑模数协调标准》GB/T 50002
- 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 《工程测量规范》GB 50026
- 8 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 9 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 10 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 11 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 12 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 13 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210
- 14 《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404
- 15 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 16 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 17 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 18 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 19 《不锈钢棒》GB/T 1220
- 20 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280
- 21 《耐候结构钢》GB/T 4171
- 22 《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226
- 23 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237
- 24 《工业用橡胶板》GB/T 5574
- 25 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624

- 26 《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1
- 27 《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS)》GB/T 10801.2
- 28 《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835
- 29 《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350
- 30 《建筑密封材料试验方法 第2部分:密度的测定》GB/T 13477.2
- 31 《建筑密封材料试验方法 第3部分:使用标准器具测定密封材料挤出性的方法》GB/T 13477.3
- 32 《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
- 33 《建筑密封材料试验方法 第6部分:流动性的测定》GB/T 13477.6
- 34 《建筑密封材料试验方法 第8部分:拉伸粘结性的测定》GB/T 13477.8
- 35 《建筑密封材料试验方法 第10部分:定伸粘结性的测定》GB/T 13477.10
- 36 《建筑密封材料试验方法 第11部分:浸水后定伸粘结性的测定》GB/T 13477.11
- 37 《建筑密封材料试验方法 第13部分:冷拉-热压后粘结性的测定》GB/T 13477.13
- 38 《建筑密封材料试验方法 第17部分:弹性恢复率的测定》GB/T 13477.17
- 39 《建筑密封材料试验方法 第19部分:质量与体积变化的测定》GB/T 13477.19
- 40 《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788
- 41 《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227
- 42 《建筑幕墙》GB/T 21086
- 43 《建筑密封胶分级和要求》GB/T 22083
- 44 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
- 45 《轻骨料混凝土结构技术规程》JGJ 12

- 46 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 47 《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ 19
- 48 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26
- 49 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 50 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 51 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75
- 52 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
- 53 《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95
- 54 《塑料门窗工程技术规程》JGJ 103
- 55 《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》JGJ/T 110
- 56 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114
- 57 《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ 126
- 58 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134
- 59 《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144
- 60 《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169
- 61 《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214
- 62 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251
- 63 《外墙内保温工程技术规程》JGJ/T 261
- 64 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
- 65 《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881

中华人民共和国行业标准

预制混凝土外挂墙板应用技术标准

JGJ/T 458 - 2018

条文说明

编制说明

《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018，经住房和城乡建设部 2018 年 12 月 27 日以第 338 号公告批准、发布。

本标准编制过程中，标准编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国预制混凝土外挂墙板工程的应用经验，同时参考了国外的先进技术标准，为本次编制提供了极有价值的参考资料。

为便于广大设计、生产、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，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标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	73
2	术语和符号	76
2.1	术语	76
3	基本规定	79
4	材料	83
4.1	混凝土、钢筋和钢材	83
4.2	预埋件及连接材料	83
4.3	拉结件	85
4.4	保温材料	87
4.5	防水密封材料	87
5	建筑设计	89
5.1	一般规定	89
5.2	立面设计	89
5.3	构造设计	92
6	结构设计	98
6.1	一般规定	98
6.2	作用与作用组合	100
6.3	支承系统选型	103
6.4	受力分析与变形验算	107
6.5	构件设计	109
6.6	连接节点设计	112
7	构件制作与运输	116
7.1	一般规定	116
7.2	构件制作	117
7.3	运输与存放	118

7.4 构件检验	119
8 安装与施工	121
8.1 一般规定	121
8.2 构件安装连接	122
9 工程验收	126
9.2 主控项目	126
10 保养与维修	128
附录 A 外挂墙板接缝宽度和密封胶厚度计算	129
附录 B 点支承外挂墙板连接节点受力计算	132
附录 C 点支承外挂墙板计算	133

1 总 则

1.0.1 预制混凝土外挂墙板集围护、装饰、防水、保温于一体，采用工厂化生产、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。本标准的制定有利于预制混凝土外挂墙板的正确使用。

我国在装配式混凝土建筑领域的部分标准中对预制混凝土外挂墙板的设计、加工、施工和验收给出了相关的规定，如《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 等。本技术标准作为预制混凝土外挂墙板领域的专项应用技术标准，在以下方面进行了补充和完善：

1) 完善预制混凝土外挂墙板在抗震、变形、防火、气密、水密、隔声和耐久性能等方面的性能目标；

2) 补充预制混凝土外挂墙板接缝宽度、密封胶厚度的设计方法，完善接缝防水和排水构造措施；

3) 提高外挂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，细化外挂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) 完善预制混凝土外挂墙板构件的结构设计方法；

5) 细化预制混凝土外挂墙板构件的尺寸允许偏差和安装尺寸允许偏差，调整、完善预制混凝土外挂墙板的外观质量缺陷分类；

6) 对预制混凝土外挂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) 进一步补充完善预制混凝土外挂墙板质量验收的项目和

检验方法。

预制混凝土外挂墙板系统作为一种良好的外围护结构，在国外得到了较为广泛的应用，其在相关标准、设计、加工、施工、运营维护、配套产品等方面均比较成熟。美国的《PCI Design Handbook-precast and prestressed concrete》对预制混凝土外挂墙板的结构设计做了详细的规定，《Architectural Precast Concrete》PCI-MNL-122 中对预制混凝土外挂墙板的设计给出了更为详细的指导要求。在美国，不仅采用普通预制墙板构件作为预制混凝土外挂墙板使用，在一些公共建筑中还大量应用预制预应力墙板或预应力双 T 板等作为外挂墙板使用，取得了良好的经济效益和使用效果。在日本，预制混凝土外挂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·JASS14 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。

基于预制混凝土外挂墙板系统自身的复杂性，合理的外挂墙板支承系统选型、墙板构件设计和墙板接缝及连接节点设计是预制混凝土外挂墙板合理应用的前提。预制混凝土外挂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，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，应充分认识到预制混凝土外挂墙板工程的技术复杂程度，并对工程质量予以高度重视。

1.0.2 本标准中预制混凝土外挂墙板的适用范围主要为民用建筑，包括住宅类建筑和公共建筑。在公共建筑中使用的预制混凝土外挂墙板不仅具有耐久性好、造价低、质量可控等优点，还具有独特的建筑外立面装饰效果，是国内外广泛采用的外围护结构形式。随着近年来装配式建筑的快速发展，预制混凝土外挂墙板逐步开始应用于住宅类建筑中，其能有效控制外墙的开裂、漏水等质量问题，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预制混凝土外挂墙板时，应特别注意并细化完善外挂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。

工业建筑通常具有层高大、柱距标准、施工工期短等特点，预制混凝土外挂墙板作为一种良好的外围护结构，在国外广泛运用于工业建筑中。由于层高较大，工业建筑中应用的预制混凝土墙板不仅包含普通预制墙板，还包含预制预应力墙板、预应力双T板等构件。工业建筑应用外挂墙板时应符合工业建筑外挂墙板国家现行有关标准的规定。

1.0.3 预制混凝土外挂墙板仍属于混凝土构件。因此，预制混凝土外挂墙板的设计、制作、施工与验收除执行本标准外，尚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》JGJ 1、《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 术 语

2.1.1、2.1.2 预制混凝土外挂墙板系统作为一个完整的外围护系统，由预制混凝土外挂墙板、墙板与主体结构连接节点、防水密封构造、外饰面材料等组成，外挂墙板是最重要的组成构件。参照幕墙等围护结构的相关性能要求，并结合外挂墙板自身的特点和使用需求，外挂墙板系统应满足如下性能要求：外挂墙板及其连接节点的承载能力要求、外挂墙板的变形能力要求、外挂墙板与主体结构连接节点适应主体结构位移的能力的要求、防水性能、防火性能要求等。除外挂墙板自身外，墙板与主体结构的连接节点、接缝的防水密封构造、外饰面材料等部位是外挂墙板系统实现以上性能的关键。因此在外挂墙板系统的设计和施工过程中，除外挂墙板构件自身外，对系统中的其他部分也应予以重视。

2.1.3 夹心保温墙板的内、外叶墙板之间通过拉结件连接，当拉结件刚度较大时，夹心保温墙板在面外荷载作用下，内叶墙板与外叶墙板协同受力作用较强，二者曲率一致且相对变形较小，夹心保温墙板平面外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，称为组合夹心保温墙板（图1）。拉结件的连接刚度以及其在内外叶墙板内的可靠锚固是实现组合夹心保温

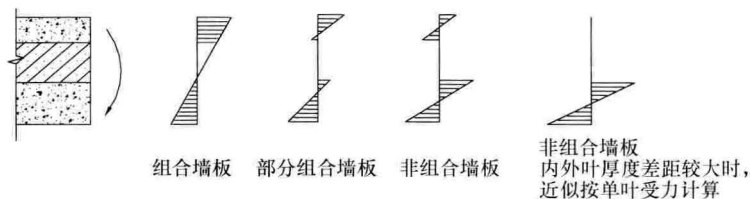


图1 预制混凝土夹心保温墙板在面外受弯状态下的应力分布示意

墙板内、外叶墙板协同受力的关键。为实现内外叶墙板协同受力，组合夹心保温墙板通常采用桁架式拉结件。

当拉结件刚度较小时，夹心保温墙板在面外荷载作用下，内叶墙板与外叶墙板协同受力作用较弱，曲率一致但是相对变形大，夹心保温墙板平面外整体抗弯刚度接近于内叶墙板与外叶墙板的抗弯刚度之和，称为非组合夹心保温墙板。

当拉结件的刚度介于以上二者之间时，夹心保温墙板在面外荷载作用下，内叶墙板与外叶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，夹心保温墙板平面外整体抗弯刚度介于组合夹心保温墙板与非组合夹心保温墙板之间，称为部分组合夹心保温墙板。

以上不同类型的夹心保温墙板在墙板受力模式、拉结件类型、墙板设计方法、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。由于非组合夹心保温墙板在受力模式方面相对简单明确，墙板及拉结件构造简单，在夹心保温墙板中以非组合夹心保温墙板的应用最为广泛。

2.1.6 点支承外挂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，其中外挂墙板的全部自重荷载通过承重节点传递给主体结构，非承重节点仅承受外挂墙板在风荷载、地震作用等工况下的节点内力。通过合理设计外挂墙板的支承系统和支承节点的位移能力，外挂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，此时外挂墙板与主体结构的连接属于柔性连接。点支承外挂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。点支承外挂墙板与主体结构连接节点数量有限，且通常连接节点在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外挂墙板主要采用点支承的连接形式。

2.1.7 线支承外挂墙板一般在墙板顶部与主体结构支承构件之

间采用现浇段连接，现浇段处的连接节点作为外挂墙板的承重节点；外挂墙板下端设置若干个非承重节点，此节点仅承受墙版面外水平荷载。线支承外挂墙板的承重节点自身不具备适应主体结构变形的能力，需要对非承重节点进行合理设计，使其构造能保证线支承外挂墙板具有随动性，以适应主体结构的变形。由于线支承外挂墙板与支承构件之间采用现浇混凝土段连接，因此墙板构件通常会对支承构件的刚度和受力状态产生一定的影响，在支承构件设计过程中应予以考虑。为减少线支承外挂墙板对主体结构的影响，可将墙板支承在主体结构楼板或其他对主体结构抗侧刚度影响较小的构件上，也可通过连接节点的合理设计降低墙板对支承构件的影响。

2.1.8 节点连接件通常用于点支承外挂墙板与主体结构的连接节点，对外挂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外挂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、施工质量是影响外挂墙板安全的关键因素。

3 基本规定

3.0.1 外挂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外挂墙板建筑的各项物理性能指标，保障其正常使用。

3.0.2 预制混凝土外挂墙板混凝土构件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。同时由于外挂墙板构件自重较大，混凝土构件更换难度大，因此外挂墙板的混凝土构件设计使用年限宜与主体结构相同。外挂墙板与主体结构连接用的节点连接件用于支承外挂墙板的混凝土构件，在使用期间不易更换且不利于维护，同时节点连接件涉及外挂墙板构件的结构安全，因此其设计使用年限也宜与主体结构相同。当采用夹心保温墙板时，拉结件是保证夹心保温墙板质量和安全的重要部件，且不能单独更换和维护，因此这些主要材料和配件宜采用与主体结构相同的设计使用年限。

外挂墙板的饰面材料、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，在外挂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，外挂墙板构件会受到强烈的动力作用，外挂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，外挂墙板构件及其节点连接件不应产生破坏，外挂墙板之间的接缝密封材料不宜破坏，外挂墙板系统可正常发挥使用功能；在设防地震作用下，外挂墙板可能有损坏（如个别面板破损、密封材料损坏等），但不应有严重破坏，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；外挂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，外挂墙板的自重更大，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。因此在预估的罕遇地震作用下，外挂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》GB 50011 的指导思想是一致的。外挂墙板系统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 为提高外挂墙板的耐久性能，本标准对自重、风荷载和温度作用下外挂墙板的变形和裂缝控制等级提出了要求。由于外挂墙板自重大，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。外挂墙板的抗风压性能控制指标包含墙板面外变形、墙板裂缝、节点连接件的承载力以及接缝密封胶变形能力，相关的变形限值 and 裂缝控制等级应符合本标准第 6.5.1 条的规定。外挂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，因此建议外挂墙板的抗风压性能根据本标准的要求进行验算。当采用的外挂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，应对外挂墙板的抗风压性能进行检测。外挂墙板的设计文件中应给出相应的检测方法，并确保检测过程中外挂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 外挂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件的变形不宜对外挂墙板产生影响，主要通过控制节点连

接件的位置和主体结构支承构件的刚度等减少对外挂墙板的影响，具体可见本标准第 6 章的相关内容。风荷载和地震作用下，主体结构的变形对外挂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。同时由于外挂墙板自重大、平面内刚度大，当外挂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，同时外挂墙板与主体结构的连接节点容易产生破坏，因此外挂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，本标准针对外挂墙板的平面内变形性能提出了更高的要求。外挂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 当预制混凝土墙板的板厚满足本标准要求时，其墙板自身的气密性能良好，无须对墙板自身的气密性能进行检测，影响外挂墙板整体气密性能的因素主要包括墙板之间的接缝和墙板内嵌门窗。外门窗的气密性能检测应符合现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106 的有关规定。基于国内外的大量工程运用经验，当外挂墙板的接缝密封构造符合本标准的相关规定时，可保证外挂墙板接缝具有良好的气密性能，可不对外挂墙板接缝的气密性能进行检测。当外挂墙板的接缝密封构造不满足本标准的相关规定时，应对外挂墙板的气密性能进行检测；但当外挂墙板仅作为外墙装饰构件使用时，其内侧通常设置有独立的围护结构，此类外挂墙板的气密性能可不作要求。

3.0.7 当预制混凝土墙板的板厚满足本标准要求时，其墙板自身的水密性能良好，无须对墙板自身的水密性能进行检测，影响外挂墙板整体水密性能的因素主要包括墙板之间的接缝和墙板内嵌门窗。基于国内外的大量工程运用经验，当外挂墙板的接缝密封构造符合本标准的相关规定时，可保证外挂墙板接缝具有良好的水密性能，可不对外挂墙板接缝的水密性能进行检测。外挂墙板整体水密性能设计取值参照现行国家标准《建筑幕墙》GB/T

21086 给出。当外挂墙板仅作为外墙装饰构件使用时,其内侧通常设置有独立的围护结构,此类外挂墙板的水密性能不作要求。

3.0.8 外挂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。

3.0.9 有保温要求的外挂墙板,应在外挂墙板背后设计保温层,或采用夹心保温墙板。当外挂墙板采用夹心保温墙板或背后有其他保温材料时,应合理设计,避免外挂墙板局部产生热桥。在冬季采暖地区,外挂墙板的室内外温差会比较大,如在外挂墙板设计中不注意热桥的处理,不仅不利于建筑节能,还容易出现结露现象。当外挂墙板局部存在热桥时,计算外挂墙板的平均传热系数时应考虑热桥的影响。

3.0.10 外挂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。外挂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 混凝土、钢筋和钢材

4.1.3 外挂墙板混凝土可采用轻骨料混凝土以减轻外挂墙板的自重。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。为保证外挂墙板的耐久性能，对普通混凝土外挂墙板和轻骨料混凝土外挂墙板的混凝土最低强度等级提出要求，本标准规定的混凝土最低强度等级要求适用于二 b 类环境中设计使用年限为 50 年的外挂墙板工程，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 预埋件及连接材料

4.2.2 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/T 4171 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能
	Q265GNH、 Q310GNH	冷轧	

续表 1

类别	牌号	生产方式	用途
焊接耐 候钢	Q235NH、Q295NH、 Q355NH、Q415NH、 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

4.2.3 外挂墙板连接和安装用的紧固件通常包括高强度螺栓和普通螺栓。其中大六角高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定。扭剪型高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。安装或连接用的 4.6 级与 4.8 级普通螺栓（C 级螺栓）及 5.6 级与 8.8 级普通螺栓（A 级或 B 级螺栓），其质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 和《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺帽》GB/T 3103.1 的规定。C 级螺栓与 A 级、B 级螺栓的规格和尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 与《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

4.2.4 为了节约材料、方便施工，避免外露金属件引起耐久性问题，预制构件的吊装方式宜优先选择内埋式螺母、内埋式吊杆或吊装孔。根据国内外的工程经验，采用这些吊装方式比传统的预埋吊环施工方便，吊装可靠，耐久性好。内埋式吊具已有专门技术和配套产品，可以根据情况选用。

吊具的产品质量、安装质量及吊装方法是影响外挂墙板吊装安全和工程质量的关键因素，外挂墙板通常形式较复杂，墙板厚度较薄，其吊具选择的合理性和质量将直接影响到工程质量和安全，应引起高度重视。内埋式吊具产品应严格按照相关标准和产

品手册进行型式检验和进厂检验。内埋式吊具宜采取辅助构造措施，避免发生脆性破坏。

4.3 拉 结 件

4.3.1 拉结件是连接夹心保温墙板中内、外叶墙板的元件，其影响到夹心保温墙板的安全性、耐久性、保温性能等，是外挂墙板的关键产品之一。拉结件在使用环境中（大气环境、混凝土碱性环境等）应具有良好的耐久性能、低导热性能，以及在混凝土中的锚固性能和在夹心保温墙板中的抗火性能等。主要应用的拉结件产品类型包括高强纤维增强塑料（FRP）拉结件和不锈钢拉结件。我国应用拉结件的时间较短，相关产品的生产和应用经验有限，在工程应用过程中应重点关注产品的相关性能指标及检测结果。

4.3.2 纤维增强塑料（FRP）包括玻璃纤维增强塑料（GFRP）、碳纤维增强塑料（CFRP）、玄武岩纤维增强塑料（BFRP）等，其中 GFRP 在拉结件制作中应用最为广泛。FRP 拉结件的耐久性能是拉结件长期工作性能的重要影响因素。混凝土的碱性通常比较强，为提高 FRP 拉结件在混凝土中的耐碱性能和耐久性能，当采用 GFRP 拉结件时，应采用高强型（S）、无碱（E）或耐碱（AR）玻璃纤维，从而保证 GFRP 拉结件的长期力学性能。目前我国还没有针对 FRP 筋、棒材或片材的耐久性能试验方法标准，FRP 拉结件的产品标准也正在制定过程中。FRP 拉结件的耐久性能试验方法可参考美国 ACI 协会标准《Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Reinforcing or Strengthening Concrete and Masonry Structures》ACI440.3R，相关产品应根据所采用的试验方法提供耐久性能指标，并确保其满足实际工程需求。

FRP 拉结件除提供耐碱性能指标外，还应提供抗拉强度、抗剪强度、徐变性能、疲劳强度以及在混凝土中的锚固承载力等，FRP 拉结件的强度和锚固承载力应满足设计文件的要求。

FRP 拉结件的强度设计值应考虑混凝土环境及长期荷载的影响予以折减，折减系数可参照现行国家标准《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》GB 50608 中的 FRP 环境影响系数取值。

4.3.3 不锈钢材的防锈能力与其铬、镍含量有关。外挂墙板系统中，常用的不锈钢拉结件均采用奥氏体不锈钢。由于统一数字代号为 S316×× 系列的奥氏体不锈钢具有良好的耐久性能和力学性能，在不锈钢拉结件产品选材时，应优先选择 S316×× 系列的奥氏体不锈钢材料。S316×× 系列不锈钢中的镍含量为 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。

4.3.4 常用不锈钢型材和棒材的强度设计值可按表 2 的规定采用；常用不锈钢板材的强度设计值可按表 3 的规定采用。表 2 的规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 按照现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220 确定。采用表 2 未列出的不锈钢材料时，其抗拉强度标准值可取其规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 。

表 2 常用不锈钢型材和棒材的强度设计值 (N/mm²)

统一数字代号	牌号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$	抗拉强度 f_m	抗剪强度 f_v	端面承压强度 f_{cs}
S31608	06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	205	180	100	250
S31658	06Cr17Ni12Mo2N (0Cr17Ni12Mo2N)	275	240	140	315
S31603	022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2)	175	155	90	220
S31653	022Cr17Ni12Mo2N (00Cr17Ni13Mo2N)	245	215	125	280

注：括号内为原国家标准中的牌号。

表 3 常用不锈钢板材和带材的强度设计值 (N/mm^2)

统一数字代号	牌号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$	抗拉强度 f_m	抗剪强度 f_v	端面承压强度 f_{cs}
S31608	06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	205	180	100	250
S31708	06Cr19Ni13Mo3 (0Cr19Ni13Mo3)	205	180	100	250

注：括号内为原国家标准中的牌号。

4.4 保温材料

4.4.1 外挂墙板根据保温形式可分为夹心保温墙板和夹心保温墙板，非夹心保温墙板可采用内保温或外保温系统。保温材料一般采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS)、挤塑聚苯乙烯泡沫 (XPS)、硬泡聚氨酯 (PU)、玻璃棉、岩棉、矿渣棉等，目前应用的夹心保温墙板中的保温材料以挤塑聚苯乙烯泡沫 (XPS) 为主。

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，外挂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。对于外挂墙板接缝处，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 密封胶应具有环保性，不应对环境造成污染；

- 5 当建筑物对涂装有要求时，密封胶应具有可涂装性；
- 6 密封胶应具有一定的蠕变性；
- 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。

4.5.2 外挂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

5.1.3 外挂墙板构件应考虑与外门窗、阳台板、空调板、构件等部品部件的相互关系，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。

5.2 立面设计

5.2.2 外挂墙板按照建筑外墙功能、建筑立面特征划分为整间板、横条板、竖条板等。各板型划分及设计参数可参照表4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 住宅立面结合套内空间设计，宜采用整间板；
- 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 整间板板宽不宜大于6.0m，板高不宜大于5.4m且不宜大于层高；
- 5 横条板板宽不宜大于9.0m，板高不宜大于2.5m且不宜大于层高；
- 6 竖条板板宽不宜大于2.5m，板高不宜大于6.0m且不宜大于层高；
- 7 立面设计为独立单元窗时，外挂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，

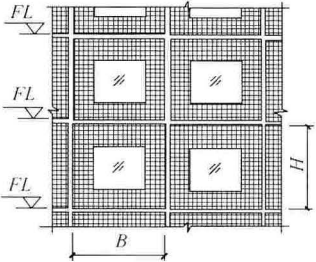
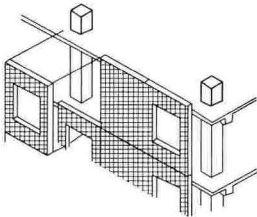
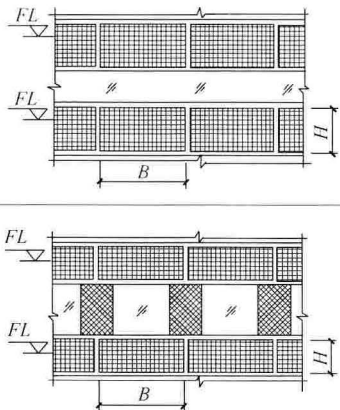
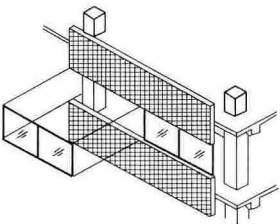
板宽宜取柱距或开间尺寸，窗间水平墙体应按竖条板设计；

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；

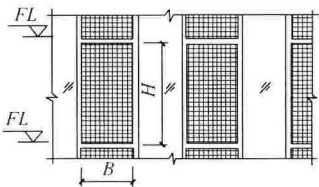
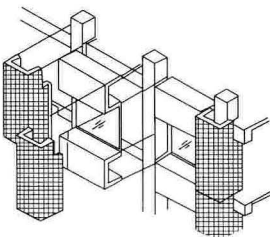
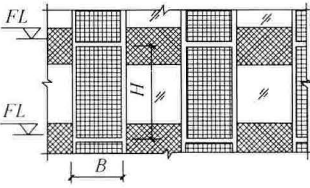
8 立面设计为通长横条窗时，宜选用横条板，板宽宜取柱距或开间尺寸；

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 4 板 型 划 分

外墙挂板 立面划分	立面特征简图	模型简图
整间板 系统		
横条板 系统		

续表 4

外墙挂板 立面划分	立面特征简图	模型简图
竖条板 系统		
		

注: FL 为楼面建筑标高。

为便于外挂墙板接缝排水措施的可靠性, 在外立面设计及墙板划分时, 应尽量让墙板竖向接缝上下贯通。预制墙板加工、运输和安装过程中对最大尺寸和重量的限制也是外立面设计及墙板划分的关键因素之一。外挂墙板支承系统的型式及节点连接件的设置将直接影响到墙板的划分方式, 因此在进行外立面设计的同时, 需要同步对外挂墙板的支承系统进行选型和设计。墙板的变形验算和接缝宽度设计是外挂墙板系统设计的重点内容之一, 合理的接缝宽度使得接缝内密封胶的变形能力可以满足墙板变形的要求, 当墙板变形要求较高时, 需增大接缝宽度值。但过大的接缝宽度将使得密封胶的密封效果和质量不稳定, 此时就需要调整外挂墙板的支承形式和墙板划分方式及板块尺寸, 从而满足相关要求。

5.2.3 外挂墙板作为建筑外围护结构, 其外立面装饰效果相对

较重要。采用不同装饰面层材料的外挂墙板，其外立面效果差异较大。为确保外挂墙板的外立面效果满足设计要求，应要求生产企业制作外挂墙板饰面样板，确认其表面颜色、质感、图案及表面防护等。

5.2.4 外挂墙板在使用阶段需适应主体结构的变形，在温度、地震和主体结构位移等作用下，外挂墙板将产生相应的变形。当建筑围护结构同时采用外挂墙板系统和其他幕墙系统时，二者应单独设置支承系统与主体结构连接，外挂墙板不应作为其他幕墙系统的支承结构使用。同时外挂墙板系统与其他幕墙系统交接处的接缝设计与构造应同时满足本标准及相应幕墙标准的要求。

5.3 构造设计

5.3.2 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 8mm，且不应大于 30mm，并给出了接缝最小宽度和密封胶厚度的建议值（表 5）。

表 5 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 6 和图 2。

表 6 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
丙烯酸酯聚氨酯型密封胶	UA	40	10
聚氨酯密封胶	PU	40	10
丙烯酸密封胶	AC	20	10

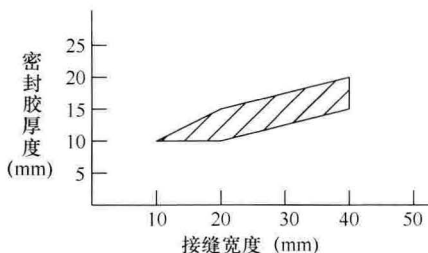


图 2 日本规范中关于密封胶厚度与接缝宽度关系的规定

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，推荐的外挂墙板接缝密封胶厚度为 8mm~15mm。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。

为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。

5.3.3 外挂墙板应结合当地气候条件，做好外挂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外挂墙板工程，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。

5.3.4 外挂墙板水平缝处，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，因此本标准推荐采用。企口的最小高度建议根据当地气候条件确定，对于受热带风暴和台风袭击地区宜取大值，其他地区的高层建筑宜取大值。

不受热带风暴或台风袭击的地区，当建筑高度不高时，垂直缝原则上也可以采用平口构造，但应在垂直缝内设置有效的排水构造，对于高层建筑建议进行水密性试验。

5.3.5、5.3.6 国外及我国台湾地区的工程经验表明，在外挂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。外挂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，为保证外挂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。

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 $1/100$ ($1\text{mm}/100\text{mm}$)，并用金属丝网将末端封闭，防止排水管堵塞。

5.3.7、5.3.8 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。

当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。

5.3.9 外挂墙板与主体结构之间存在一定的安装间隙，且外挂墙板自身存在接缝。当外挂墙板内侧的房间有防水要求时，这些接缝和间隙的存在都会成为可能的渗漏部位，影响建筑使用功能。此时应在外挂墙板内侧设置防水内衬墙，以起到防水作用。在内衬墙设计和施工过程中应考虑到外挂墙板在使用阶段存在变形需求和一定的变形值，因此内衬墙应与外挂墙板脱离或柔性连接，外挂墙板的变形不对内衬墙内侧的防水构造产生不利影响。

5.3.10 女儿墙处外挂墙板的构造形式有多种，图 3 所示是屋顶预制女儿墙构造。当采用图 3 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。

5.3.11 外挂墙板的防火封堵构造系统应具有伸缩能力、密封性

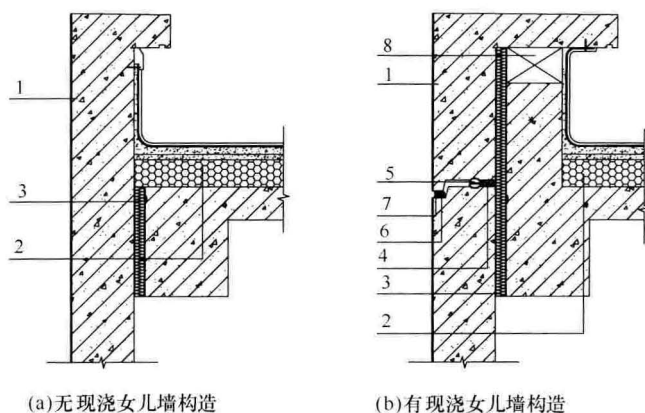


图3 屋顶预制女儿墙构造示意

1—外挂墙板；2—屋面做法；3—防火封堵材料；

4—墙板间防火封堵材料，采用耐火气密条时可不设置；

5—气密条；6—背衬材料；7—密封胶；8—安装节点位置

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。

梁柱及楼板周围与外挂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。外挂墙板与主体结构的连接节点（点支承外挂墙板的所有连接节点及线支承外挂墙板的面外连接节点）在使用阶段需要保持变形能力，为保证外挂墙板的结构安全，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。

当采用夹心保温墙板时，应注意门窗洞口处保温材料的防火问题。当夹心保温墙板中的保温材料为非A级防火材料时，应采取相应的防火构造措施。防火构造措施可采用防火封堵材料进行封堵（图4），也可采用保温材料在窗框处局部变窄等方式（图5）。

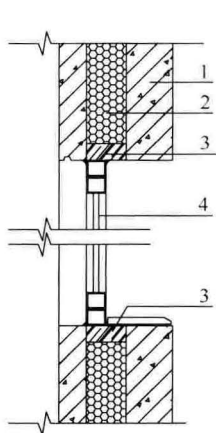


图4 带防火封堵的夹心
保温墙板外门窗构造示意

1—内叶板；2—保温材料；
3—防火封堵材料；4—外门窗

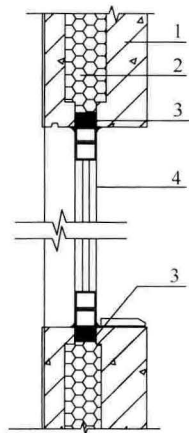


图5 保温材料在窗
框处局部变窄构造示意

1—内叶板；2—保温材料；
3—门窗连接材料；4—外门窗

5.3.12、5.3.13 当外挂墙板采用面砖或石材外饰面时，应在工厂将面砖或石材采用反打成型的工艺敷设在墙板混凝土构件上。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。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.2 本条文对外挂墙板系统在持久设计状况下需要开展的承载能力极限状态计算内容进行了规定。作为主要的围护结构构件，混凝土墙板构件在持久设计状况下需要承受自重荷载、风荷载、温度作用等，是围护结构中的主要承力构件，因此需要对墙板构件的承载能力极限状态进行计算。外挂墙板依靠节点连接件支承在主体结构上，连接节点是保证外挂墙板安全并正常工作的关键，应对连接节点的承载力进行计算。夹心保温墙板的外叶墙板依靠拉结件支承在内叶墙板之上，在持久设计状况下拉结件需承受的荷载和作用包括外叶墙板的自重荷载、面外风荷载、温度作用等。为确保持久设计状况下外叶墙板及拉结件的安全性，需对拉结件的承载力进行验算，拉结件的承载力设计值由产品标准或产品手册给出。

6.1.3 本条文对外挂墙板系统在持久设计状况下需要开展的正常使用极限状态验算内容进行了规定。外挂墙板的墙板构件在面外荷载作用下，其面外变形值不应过大，足够的面外刚度是外挂墙板发挥使用功能的前提，因此应对其面外变形进行验算。墙板构件在持久设计状况下承受的面外荷载以风荷载为主，当为倾斜安装的墙板构件时，其自重荷载也会引起面外弯曲效应。

外挂墙板的墙板构件作为主要的围护构件，墙板构件的裂缝开展将严重影响建筑物的耐久性能和使用功能，因此应控制墙板构件的裂缝开展，对其裂缝宽度或混凝土拉应力进行验算。正常使用极限状态下，外挂墙板的裂缝控制应满足本标准第 6.5.1 条的有关规定。

持久设计状况下，主体结构及外挂墙板的支承构件在恒载、

活载、风荷载等荷载作用下将产生变形和位移，为避免外挂墙板影响主体结构受力，防止外挂墙板中产生次应力，外挂墙板应适应主体结构的变形。在持久设计状况下的正常使用极限状态验算中，应验算外挂墙板与主体结构连接节点的变形能力。当采用线支承压外挂墙板且墙板构件对主体结构支承构件的受力产生影响时，在主体结构和外挂墙板设计过程中应考虑其实际影响。

持久设计状况下，主体结构和外挂墙板在恒载、活载、风荷载、温度等作用下，主体结构和外挂墙板构件均会产生位移和变形，这些位移和变形将引起外挂墙板接缝宽度的变化，接缝宽度的变化对接缝中的弹性密封胶变形能力提出了要求。在给定的弹性密封胶变形能力的基础上，应按照本标准附录 A 和本标准第 5.3.2 条的规定进行接缝宽度验算。

6.1.4、6.1.5 本条文对外挂墙板系统在短暂设计状况下需要开展的承载力极限状态计算和拉应力验算内容进行了规定。外挂墙板应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定，对制作、运输、堆放、安装用预埋件和临时支撑进行承载力验算。短暂设计状况下，夹心保温墙板拉结件承载力验算中，荷载取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，作用组合应取基本组合，拉结件的抗力设计值应符合相关产品标准的规定或产品参数要求。

6.1.6 本标准第 3.0.3 条给出了地震作用下外挂墙板系统的性能目标。本条文给出了为实现此性能目标，需要对外挂墙板系统的承载力和变形能力开展的验算工作。外挂墙板的混凝土墙板构件及其与主体结构连接节点的完好，夹心保温墙板中的拉结件自身完好且在墙板混凝土中有效锚固，墙板接缝的变形不超过密封胶的变形能力（密封胶完好）等是外挂墙板系统正常使用的前提。为保证多遇地震作用下外挂墙板不受损坏或不需修理可继续使用，需要对混凝土墙板构件及其与主体结构连接节点的承载力进行计算，对夹心保温墙板中拉结件的承载力进行验算；通过设

计墙板接缝宽度来控制接缝变形不超过密封胶的变形能力是相对简便可行的方法，因此还需要对墙板的接缝宽度进行验算。本标准第 5.3.2 条对接缝宽度进行了规定，附录 A 给出了接缝宽度的计算方法。

外挂墙板自重大，其在地震作用下发生整体脱落的危害性要远大于传统围护结构。为防止地震作用下墙板构件的脱落，有必要对外挂墙板与主体结构的连接节点提出更高的性能目标，对其在设防地震和罕遇地震作用下的承载力和变形进行验算。外挂墙板作为围护结构，其连接节点的变形能力是保证节点不破坏的关键因素，因此应对罕遇地震作用下的节点变形能力进行验算。线支承外挂墙板与主体结构的承重连接节点采用混凝土和钢筋连接，节点通常具有一定的延性，对线支承外挂墙板与主体结构的连接节点需开展设防地震作用下的受弯承载力计算和罕遇地震作用下受剪承载力验算。点支撑外挂墙板与主体结构的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，为确保连接节点的安全性，应进行罕遇地震作用下连接节点的承载力计算。夹心保温墙板中的拉结件发生锚固破坏时，通常也为脆性破坏，因此也需进行罕遇地震作用下拉结件的承载力验算。

6.1.7 多遇地震和设防地震作用下，外挂墙板构件和节点的作用效应设计值应取作用的地震组合进行计算，其抗力应采用设计值。罕遇地震作用下，外挂墙板构件和节点的作用效应应取重力荷载代表值效应与地震作用标准值效应之和，其抗力应采用标准值，按材料强度标准值进行计算。

6.2 作用与作用组合

6.2.1 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。

6.2.3 持久设计状况下进行外挂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

土结构设计规范》GB 50010 给出。

6.2.5 短暂设计状况下进行外挂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，外挂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，避免其脱落后的伤人事故，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：

$$\beta_E = \gamma \eta \xi_1 \xi_2 \quad (1)$$

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；

ξ_1 ——体系或构件的状态系数，可取 2.0；

ξ_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，外挂墙板的自重较大。外挂墙板与主体结构的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，会造成外挂墙板整体坠落，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。

地震作用应施加于外挂墙板的重心处，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 7 是欧洲标准 EN1991-1-5 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 7 欧洲标准 EN1991-1-5 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)	$t_{\text{max},m} + 0$	$t_{\text{max},m} + 18$
	0.7 (浅色表面)	$t_{\text{max},m} + 2$	$t_{\text{max},m} + 30$
	0.9 (暗淡表面)	$t_{\text{max},m} + 4$	$t_{\text{max},m} + 42$
冬季		$t_{\text{min},m}$	

注： $t_{\text{min},m}$ 和 $t_{\text{max},m}$ 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：

$$T_s = T_A + A_X \cdot H_X \quad (2)$$

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 8 确定；

H_X ——热容常数，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 8 美国 ASTM C1472 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外挂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外挂墙板及连接节点内部产生温度应力，可不考虑温度作用。线支承外挂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，因此线支承外挂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。当夹心保温墙板的拉结件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。温度作用会引起外挂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 外挂墙板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。外挂墙板的支承系统包含主体结构支承构

件和外墙墙板与主体结构的连接节点。

外墙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），这些变形可能会对外墙墙板产生不良影响，应尽量减少这种变形。同时，不合理的支承系统会使外墙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，需合理设计外墙墙板的支承系统，使外墙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，考虑到外墙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外墙墙板的连接节点破坏造成墙板脱落，要求外墙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。

外墙墙板构件自身具有良好的耐久性能，为充分发挥外墙墙板耐久性的特点，同时考虑到外墙墙板支承系统不宜更换，要求支承系统也应具有良好的耐久性能。

6.3.3 外墙墙板在安装完成投入使用之后，由于各楼层活荷载的不同，连接外墙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外墙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外墙墙板支承系统，同时应严格控制主体结构各层支承构件的竖向变形差。在首层外墙墙板安装时要根据施工顺序预留外墙墙板竖向变形差。

支承外墙墙板的主体结构构件是确保外墙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，以减少对外墙墙板的不利影响。当支承外墙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。

当外墙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，前两者对外挂墙板的安装精度、难度影响较大，后两者对外挂墙板连接节点变形能力要求和水平缝宽影响较大。外挂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 PCI 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 6mm~13mm 的较小值。

6.3.4 点支承外挂墙板可区分为平移式外挂墙板、旋转式外挂墙板和固定式外挂墙板等形式（图 6）。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，采用点支承的外挂墙板与主体结构的连接宜设置 4 个支承点：当下部两个为承重节点时，上部两个宜为非承重节点；相反，当上部两个为承重节点时，下部两个宜为非承重节点。应注意，平移式外挂墙板与旋转式外挂墙板的承重节点和非承重节点的受力状态和构造要求不同，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外挂墙板具备适应主体结构变形的能力。

外挂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

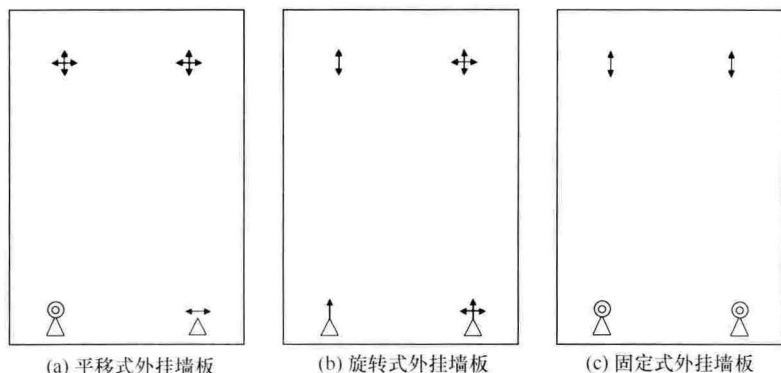
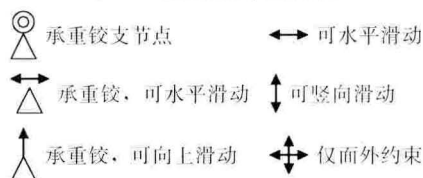


图 6 点支承外挂墙板



点受力简单明确。

外挂墙板与主体结构连接的可靠性是保证外挂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；当外挂墙板相对于主体结构可能产生转动时，长圆孔宜按垂直方向设置；当外挂墙板相对于主体结构可能产生平动时，长圆孔宜按水平方向设置。

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外挂墙板发生脱落。

6.3.7 外挂墙板与主体结构采用线支承连接（图 7），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。但线支承连接的外挂墙板在风荷载、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外挂墙板、连接节点、主体结构支承构件的受力情况。

线支承外挂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。当外挂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外挂墙板的约束作用，从而使得外挂墙板参与主体结构抗侧力。外挂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。因此外挂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，连接节点应在外挂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。

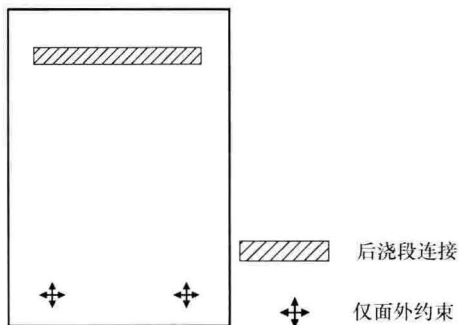


图 7 线支承连接外挂墙板及其连接节点形式示意

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，外挂墙板可采取梁外侧挑板、外挂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，当线支承外挂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，线支承外挂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外挂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外挂墙板的不利影响。主体结构计算分析中不应考虑外挂墙板对主体结构刚度的有利影响。

6.4.5 线支承外挂墙板（图 8）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，外挂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_i 和挠度系数 μ 可按表 9 选取。

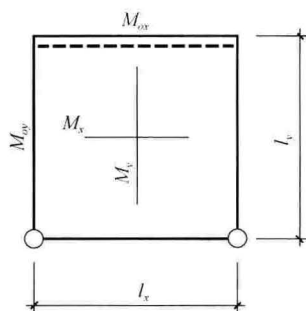


图 8 线支承外挂墙板示意

表 9 线支承外挂墙板（铰接）的弯矩系数 M_i 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
0.70	0.01462	0.0291	0.1209	0.0845	0.1327
0.75	0.01502	0.0334	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	0.01674	0.0471	0.1187	0.1125	0.1373
0.95	0.01751	0.0517	0.1181	0.1194	0.1385

续表 9

l_x/l_y	μ	M_x	M_y	M_{ax}	M_{ay}
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
1/0.90	0.01362	0.0540	0.0944	0.1142	0.1151
1/0.85	0.01171	0.0524	0.0838	0.1079	0.1037
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: $0.5 \leq l_x/l_y \leq 2$ 的其他情况可采用插值方法计算。

6.4.7 夹心保温墙板的设计包括内、外叶墙板设计和墙板之间的拉结件设计,当夹心保温墙板之间的内、外叶墙板连接形式不同时,内、外叶墙板的受力状态也存在较大差异。非组合夹心保温墙板在面外荷载作用下,内叶墙板与外叶墙板协同受力作用较弱,曲率一致但是相对变形较大,夹心保温墙板整体抗弯刚度接近内叶墙板与外叶墙板的抗弯刚度之和;组合夹心保温墙板在面外荷载作用下,内叶墙板与外叶墙板协同受力作用较强,曲率一致且相对变形较小,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。部分组合夹心保温墙板当采用内叶墙板单独承受墙板水平荷载进行计算分析时,应考虑拉结件对外叶墙板的不利影响。为控制夹心保温墙板中外叶墙板的裂缝开展,当环境温度变化较大时,宜采用非组合夹心保温墙板。

6.5 构件设计

6.5.2 非夹心保温墙板是由单层预制混凝土墙板组成,不含夹心保温层、拉结件和外叶墙板的外挂墙板。夹心保温墙板与非夹

心保温墙板在构造上差异较大，墙板各组成部分所处的环境条件差异也比较大，因此在墙板构造方面会有所差异。本条文对非夹心保温墙板的板厚及配筋进行了相关规定。

影响非夹心外挂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。非夹心保温墙板通常采用平板形式，在满足墙板受力的情况下，对其板厚提出较高的要求，有利于节点连接件的锚固并提高墙板的防水和耐久性能。当需要对外挂墙板的自重进行控制时，也可采用带肋板的形式，其中墙板在面外方向的荷载和作用主要由配筋混凝土肋承受，同时混凝土肋起到提供面外刚度的作用。混凝土肋通常设置在室内侧，此时同样需要控制混凝土板的最小厚度，以保证外挂墙板的防水和耐久性能。当外挂墙板的板厚较薄时，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。

外挂墙板的水平和竖向钢筋除满足墙板受力需求外，还应兼顾墙板的抗裂作用，宜选用小直径钢筋，并对钢筋间距进行控制。

6.5.3~6.5.5 非组合夹心保温墙板的内叶墙板需单独承担外挂墙板的面外荷载和作用，同时还需承担外叶墙板的自重荷载，因此内叶墙板需具备足够的面外承载力和刚度。内叶墙板的板厚除考虑墙板面外受力情况、板跨、节点连接件锚固要求、防火和耐久性、加工制作与运输及安装施工要求外，还需满足拉结件的锚固要求；非组合夹心保温墙板的外叶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。因此对内外叶墙板的最小板厚提出要求。实际工程应用中，容易出现因墙板厚度不够造成的锚固、墙板开裂和耐久性问题，应引起充分重视。

基于组合夹心保温墙板和部分组合夹心保温墙板的现有研究成果相对较少，工程应用经验也有限，本标准在其墙板构造方面仅提出了最小板厚和最小配筋的原则要求。此类夹心保温墙板由于受力较为复杂，且对温度作用更敏感，因此在工程应用阶段应

特别重视外叶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。

夹心保温层厚度过小时，夹心保温墙板的保温效果差，加工质量不可控，且因拉结件刚度过大，容易导致外叶墙板在使用阶段出现温度裂缝等问题，因此夹心保温层厚度通常不宜小于30mm。当夹心保温层厚度过大时，拉结件受力较复杂，为保证外叶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，目前我国应用的夹心保温墙板的保温层厚度通常不大于100mm。目前部分拉结件生产企业已经开发和提供超过100mm保温层厚度的拉结件及其配套技术，当有可靠依据时，夹心保温墙板的保温层厚度可不受本条规定的限制，但应特别注意拉结件和外叶墙板的竖向变形、拉结件的受力和锚固性能等。

6.5.6 拉结件是保证夹心保温墙板内、外叶墙板可靠连接的关键部件，应具有可靠的力学性能。纤维增强塑料（FRP）拉结件和不锈钢拉结件是目前国内外普遍采用的拉结件。拉结件属于持续受力构件，其连接破坏一旦发生，会造成外叶墙板整体坠落，产生十分严重的后果。拉结件的抗拔承载力和抗剪承载力与拉结件的锚固构造、拉结件的横截面形式、墙板厚度、混凝土强度等级及配筋、拉结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其承载力，或根据经过权威部门认证的产品说明书选用。

6.5.7 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，应计算夹心保温墙板的平均传热系数，并满足相关节能设计标准的要求。拉结件穿过保温层的部位暴露在空气环境中，当夹心保温墙板接缝出现渗漏时，保温层内的腐蚀性接近周围大气环境腐蚀性，而使用期间拉结件无法进行抗腐蚀维护，因此拉结件在外挂墙板使用寿命期间应具有良好的抗腐蚀性能。由于混凝土具有一定的碱性，因此拉结件在混凝土碱性环境中应具有良好的耐碱性能。通常拉结件产品的抗火性能有限，夹心保温墙板的抗火性能主要通过墙板的防火构造与拉结件产品自身的

抗火性能相结合来保证。选用的拉结件产品应按照相关产品标准的要求进行抗火性能型式检验，并在设计、加工和施工过程中符合墙板防火构造要求。拉结件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。

6.5.8 不同的外饰面构造和效果是外挂墙板的主要特色之一，应根据外挂墙板饰面的不同构造，确定其钢筋的保护层厚度。当外挂墙板的饰面露出不同深度的骨料时，其最外层钢筋的保护层厚度应从最凹处混凝土表面计起。

6.5.9 外挂墙板门窗洞口边由于应力集中，应采取防止开裂的加强措施。对开有洞口的外挂墙板，应根据外挂墙板平面内荷载与作用，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 用于外挂墙板制作、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。

$$K_e S_e \leq R_e \quad (3)$$

式中： K_e ——施工安全系数，可按表 10 的规定取值；当有可靠经验时，可根据实际情况适当增减；

S_e ——施工阶段荷载标准组合作用下的效应值；

R_e ——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 10 预埋吊件及临时支撑的施工安全系数 K_e

项目	施工安全系数 (K_e)
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

6.6.2~6.6.5 本标准第 3.0.3 条对外挂墙板的抗震性能目标提出了要求,标准第 6.1.6 条规定了外挂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 条分别对点支承外挂墙板和线支承外挂墙板的承载力验算给予了具体规定。

为保证外挂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外挂墙板不整体脱落,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 9 给出了线支承外挂墙板与主体结构连接构造示意,可不限于此构造。

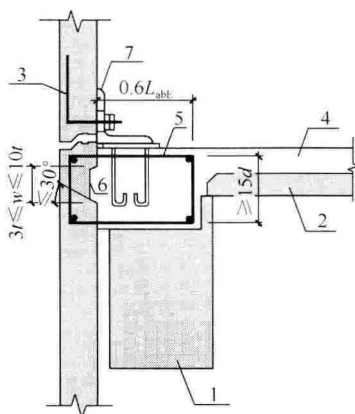


图 9 外挂墙板线支承连接节点示意

1—预制梁; 2—预制板; 3—外挂墙板; 4—后浇混凝土;

5—连接钢筋; 6—剪力键槽; 7—面外限位节点连接件

6.6.7 对外挂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外挂墙板系统安全性的重要措施。考虑到外挂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外挂墙板脱落，易造成重大的人员伤亡。外挂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，因此本标准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。当外挂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。外挂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 11）中非承重外墙进行选取。

表 11 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
	楼梯间和前室的墙、电梯井的墙、住宅建筑单元之间的墙和分户墙	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

续表 11

构件名称	耐 火 等 级			
	一级	二级	三级	四级
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	可燃性 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 顶搁栅）	不燃性 0.25	难燃性 0.25	难燃性 0.15	可燃性

本标准对节点连接件及其预埋件的防腐蚀设计提出了相关要求。针对涂料涂层和金属热喷涂系统，现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 均进行了详细的规定。耐候结构钢由于在腐蚀性环境中具有优异的耐腐蚀性能，在经济技术指标分析合适的情况下，节点连接件及其埋件可采用耐候结构钢。通常外挂墙板投入使用后，其节点连接件及其预埋件在使用维护过程中重新进行防腐涂装的难度较大，为提高节点连接件及其预埋件的耐久性能，应适当提高防腐蚀保护层的设计使用年限并加大连接节点板件厚度。国外和我国台湾地区通常采用增大节点连接件及其预埋件的板厚（板厚通常大于 20mm），并采取金属热喷涂系统的方法，使得连接节点在外挂墙板使用寿命期内无须进行防腐维护。

6.6.8 用于连接外挂墙板的型钢、连接板、螺栓等零部件的规格应加以限制，力争做到标准化。

6.6.9 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外挂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，外挂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，外挂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、保温和耐久性能等方面的要求较高。工程经验表明，构件的加工精度和质量将会直接影响到外挂墙板的现场施工质量、安全、使用功能等。本标准针对外挂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 外挂墙板生产前，生产单位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单位的自身特点，具有针对性和可操作性，必要时，应对外挂墙板的脱模、翻转、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，外挂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，针对同类型的外挂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,包括型式检验、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,外挂墙板对构件的加工精度要求较高,建议采用精度较高的模具制作。本标准在现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的基础上,结合外挂墙板的自身特点和需求,给出了加工模具的尺寸允许偏差和检验方法。当设计文件对构件加工精度有更高要求时,因遵循设计文件的相关要求,并采取对应的加工工艺措施。

预制构件加工中,在模台上用磁盒固定边模具有简单方便的优势,能够更好地满足流水线生产节拍需要。虽然磁盒在模台上的吸力很大,但是振动状态下抗剪切能力不足,容易造成偏移,影响几何尺寸,用磁盒生产高精度几何尺寸外挂墙板构件时,需要采取辅助定位措施。

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。当在外挂墙板构件中预埋门、窗框时,应对门、窗框的定位和尺寸精度提出较高要求。本标准参照现行国家标准《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 本条规定了外挂墙板外面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 夹心保温墙板水平浇筑成型工艺包含反打成型工艺和正打成型工艺。反打成型工艺中,先浇筑外叶墙板混凝土层,再安装保温材料,最后浇筑内叶墙板混凝土层,正打成型工艺的工序与此相反。反打成型工艺具有外叶墙板混凝土成型质量好,外饰面效果好,不易出现裂缝等优点,夹心保温墙板宜采用反打成型工艺。

夹心保温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。控制内外叶墙板混凝土浇筑时间间隔是为了保证拉结件与混凝土的连接质量。夹心保温墙板中的保温材料通常由若干块保温板拼接而成，混凝土成型过程中保温板之间的接缝易成为混凝土渗漏部位，形成冷桥从而影响夹心保温墙板的保温效果。因此在加工过程中应对保温板之间的接缝以及拉结件穿过保温板的孔洞进行密封处理。

7.2.7 对于夹心保温墙板的养护，控制养护温度不大于 60℃ 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

7.3.1~7.3.3 外挂墙板立式存放有利于构件起吊，避免墙板构件在翻转过程中开裂破损。带饰面砖或石材饰面的外挂墙板，为避免对饰面造成损坏或污染，墙板构件应采用直立存放或饰面层朝上码放。当外挂墙板运输时，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。外挂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。外挂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，引发外挂墙板漏水和耐久等严重质量问题。外挂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。

7.4 构件检验

7.4.2 外挂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。外挂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，而且外挂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。对有严重缺陷的外挂墙板构件，宜做废弃处理，对已经出现的一般缺陷，应制定技术处理方案进行修整并达到合格。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，轻微的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。

7.4.3 相比较于普通预制混凝土构件，外挂墙板作为一种性能优异的围护结构和装饰构件，在构件的耐久性能、装饰效果等方面要求较高。本标准在现行国家标准《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 的基础上，对外挂墙板的外观质量缺陷给出了更有针对性的划分原则。外挂墙板的外表面是其主要装饰面，且需要经受风、雪、温度、雨水等荷载和作用的考验，因此将外挂墙板的外表面质量缺陷均划分为严重缺陷。外挂墙板之间的接缝部位是重要的防水节点和装饰线脚，接缝两侧墙板侧面及棱角处的缺陷对外挂墙板系统的使用功能和装饰效果影响较大，因此此处的外观质量缺陷也划分为严重缺陷。在具体实施中，外观质量缺陷对结构性能和使用功能等的影响程度，应由监理、施工等各方根据其 对结构性能和使用功能影响的严重程度共同确定。

7.4.5 本标准针对外挂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，也结合了国内运用外挂墙板的实际经验。在外挂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 为保证外挂墙板安装施工的质量,要求主体结构工程应满足外挂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。当外挂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 外挂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。同时外挂墙板安装施工与其他分项工程难免有交叉和衔接,因此为保证外挂墙板安装施工质量,在外挂墙板系统施工组织设计中,应单独编制外挂墙板安装施工的专项方案。外挂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,后安装外挂墙板时,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 外挂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 外挂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，保证外挂墙板施工质量，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。外挂墙板施工前的试安装，对于经验不丰富的承包商非常必要，不但可以验证设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训人员，调试设备，完善方案。外挂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。外挂墙板完成试安装后，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 在外挂墙板与主体结构的连接节点设计时，应考虑连接节点能消化主体结构的施工误差对外挂墙板安装精度的影响。外挂墙板安装施工中，连接节点应根据主体结构施工误差具备相应的调节能力。当外挂墙板的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外挂墙板与主体结构连接节点的调节范围时，应对外挂墙板的设计进行修改、调整。

8.2.2 外挂墙板安装施工前，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。外挂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，外挂墙板应根据主体结构偏差及时进行调整，不得积累。定期对外挂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。

8.2.3 外挂墙板施工应建立健全安全管理保障体系和管理制度，

对危险性较大的工程应经专家论证通过后进行施工。外挂墙板施工应结合施工特点,针对构件吊装、安装施工安全要求制定系列安全专项方案。外挂墙板构件的重量通常较大,为确保安全性,安装过程中应采取临时固定和支撑措施,临时固定和支撑系统同时还可兼作安装精度调节装置。外挂墙板可采用先施工主体结构,后安装对应楼层外挂墙板的安装工法,也可采用与所在楼层主体结构同步施工的安装工法。当采用前者时,外挂墙板可借助主体结构构件作为临时固定和支撑系统;当采用后者时,外挂墙板的临时固定和支撑系统可单独设置或借助于主体结构施工模架系统。

8.2.4 外挂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,外挂墙板由于重量较大,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 为确保外挂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,外挂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。当外挂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,待外挂墙板安装完成后,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,点支承外挂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。为确保外挂墙板连接节点受力状态与设计相符,外挂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。当外挂墙板与主体结构的连接节点采用焊接连接时,施工过程中极易因焊接作业损伤混凝土墙板,因此连接节点不宜采用焊接连接。外挂墙板与主体结构的连接节点

施工完成后，应确保连接节点具有设计所要求的变形能力及变形量需求。

8.2.9 线支承外挂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外挂墙板接缝的保护工作，很容易产生后浇混凝土渗漏，从而污染外挂墙板及墙板接缝的情况。外挂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外挂墙板的移位，影响墙板安装精度，因此在外挂墙板临时支撑系统设计时，应考虑此不利影响。

8.2.11 外挂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。本标准针对外挂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，也结合了国内运用外挂墙板的实际经验。在外挂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 接缝防水施工是外挂墙板安装施工过程中的关键工序，其质量直接影响到外挂墙板的使用功能。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。为提高外挂墙板的气密性能，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 对专业企业生产的外挂墙板构件，质量证明文件包括产品合格证明书、混凝土强度检验报告、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。抽取外挂墙板时，宜从设计荷载最大、受力最不利或生产数量最多的外挂墙板中抽取。

外挂墙板构件可通过施工单位或监理单位代表驻厂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。当无驻厂监督时，预制构件进场应对主要受力钢筋数量、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 外挂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，此类影响到外挂墙板使用功能的尺寸偏差应被认定为严重缺陷。外挂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”是指保温材料和厚度相同，加工工艺相同，内、外叶墙板连接形式及拉结件类型相同。生产企业应针对每类夹心保温墙板制作标准检测试件。

9.2.11 外挂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。

外挂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外挂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。

10 保养与维修

10.0.2 根据实际工程经验，在外挂墙板项目竣工验收后一年内，外挂墙板的加工和施工工艺及材料、附件的一些缺陷均有不同程度的暴露。所以在外挂墙板竣工验收后一年，应对外挂墙板项目进行一次全面的检查，此后每 5 年检查 1 次。

附录 A 外挂墙板接缝宽度和 密封胶厚度计算

A.0.1、A.0.2 结合本标准第 3.0.3 条和第 3.0.4 条的外挂墙板性能目标，控制密封胶在温度作用、风荷载和多遇地震作用下不损坏。罕遇地震下，平移式外挂墙板的角部易发生碰撞，为实现罕遇地震下外挂墙板不应整体脱落的性能目标，建议平移式外挂墙板计算罕遇地震下角部竖直缝的接缝变形量并控制其与实际缝宽的比值，提高角部竖直缝两侧墙板连接件的承载力，增强角部竖缝两端墙板的构造配筋等，以满足罕遇地震下外挂墙板不整体脱落的性能目标。

美国 PCI 协会的资料表明，如果从外挂墙板浇筑混凝土之日算起，至外挂墙板与主体结构连接节点的施工完成之日超过 30d，由混凝土收缩产生的墙板变形可以忽略。当预测可能会产生干缩和徐变等位移时，宜根据试验或者可靠资料计入干缩和徐变的影响。

A.0.3 日本建筑协会标准（表 12）中，不仅规定了密封胶的伸缩变形能力，也规定了密封胶的剪切变形能力，而且考虑短期效应，提高了风荷载和地震作用下的密封胶变形能力。美国 ASTM C1472—2016 标准认为剪切变形时，密封胶变形后的对角线长度不能超过静止时的长度和密封胶的最大变形量之和，所以该标准基于勾股定理计算剪切时的接缝宽度。由于我国目前对密封胶剪切能力的试验研究较少，密封胶标准中缺乏对剪切变形率的具体要求，本标准参考美国 ASTM C1472—2016 标准给出了密封胶的受剪能力。

表 12 日本标准规定的密封胶变形能力

密封材料的种类		伸缩变形率 ϵ		剪切变形率 γ	
主要成分		M_1	M_2	M_1	M_2
双组分硅酮类	SR-2	20	30	30	60
单组分硅酮类 [低模量]	SR-1 (LM)	15	30	30	60
双组分硅烷改性聚醚类	MS-2	20	30	30	60
单组分硅烷改性聚醚类	MS-1	10	15	15	30
双组分多硫化合物类	PS-2	15	30	30	60
		10	20	20	40
单组分多硫化合物类	PS-1	7	10	10	20
双组分丙烯酸酯聚氨酯类	UA-2	20	30	30	60
双组分聚氨酯基甲酸酯类	PU-2	10	20	20	40
单组分聚氨酯基甲酸酯类	PU-1	10	20	20	40
单组分丙烯酸酯类材料	AC-1	7	10	10	20

注： M_1 为温度作用下的变形率； M_2 为风荷载和地震作用下的变形率。

A.0.5、A.0.6 当相邻跨外挂墙板的水平缝不对齐时，外挂墙板，尤其是平移式外挂墙板将更容易发生碰撞且碰撞时破坏较为严重，所以建议外挂墙板尤其是平移式外挂墙板的水平缝尽量对齐。

当上、下层外挂墙板的竖缝不对齐时，外挂墙板，尤其是旋转式外挂墙板将更容易发生碰撞且碰撞时破坏较为严重，所以建议外挂墙板尤其是旋转式外挂墙板的竖缝尽量对齐。

当相邻接缝不对齐时难以给出统一的接缝宽度计算公式，需要根据具体情况研究外挂墙板的变形并根据其变形计算所需要的接缝宽度；接缝不对齐时外挂墙板的变形可参照接缝对齐时的外挂墙板进行分析。

角部竖直缝缝宽计算时，不需要考虑两个正交方向地震作用或风荷载的作用效应组合，因此按本标准第 A.0.1 条和第 A.0.2 条的规定计算平移式外挂墙板角部竖直缝时，公式

(A.0.6-1) 中的 δ_w 、 δ_E 可不与公式 (A.0.5-1) 中的 d_w 、 d_E 组合。可分别将公式 (A.0.5-1) 算出的接缝变形量、公式 (A.0.6-1) 算出的接缝变形量与其他荷载作用的接缝变形量进行组合, 计算其对应的接缝宽度并取其较大值。

可以发现, 平移式外挂墙板的角部竖直缝宽度较大, 当层间位移角较大或层高较高时可能超出本标准第 5.3.2 条中缝宽构造的要求。此时可考虑针对角部竖直缝采用较高变形能力的密封胶, 同时提高其罕遇地震下的耐撞击性能, 包括控制罕遇地震下的接缝变形量与实际缝宽的比值、提高连接件承载力、增强角部竖缝两端墙板的构造配筋等。

附录 B 点支承外挂墙板连接节点受力计算

B.0.1 预制混凝土外挂墙板受重力和竖向地震作用时，平移式外挂墙板和旋转式外挂墙板的受力有明显的不同。对于平移式点支承外挂墙板，由于其在地震作用下不发生旋转，两个竖向承重节点均受力。而对于旋转式点支承外挂墙板，当墙板仅承受重力和竖向地震作用时，各支承节点的受力与平移板类似，墙板不发生旋转，各竖向承重节点均受力；但在有水平地震作用或风荷载参与的组合工况下，墙板将发生旋转，造成墙板仅一个节点承受竖向荷载作用的情况；同时由于单节点竖向力与重心不在一条直线上，因此会产生相应的水平反力。

另外需注意的是，垂直外挂墙板方向，重力和竖向地震作用的方向与支座一般不共线，因此连接节点将同时产生垂直墙板平面的水平反力。

B.0.2 预制混凝土外挂墙板受面内水平地震作用时，平移式外挂墙板与旋转式外挂墙板的受力也有明显的不同。对于平移式外挂墙板，水平地震作用由一个支承点承担，其余点均不承担，因此造成了竖向承重点的受力。对于旋转式外挂墙板，水平地震作用由上、下两个支承点承担，竖向承重点不受力。

需注意的是，在垂直于外挂墙板方向，由于水平地震作用与支座不共线，因此连接节点将同时产生垂直墙板平面的水平反力。

B.0.3 预制混凝土外挂墙板受面外水平地震和风荷载作用时，平移式外挂墙板与旋转式外挂墙板的受力情况相同。考虑外挂墙板的面外支承点可能不全受力，所以建议反力按可能的三点支承板分别计算，并取其包络值。计算时建议计入荷载偏心的影响。

附录 C 点支承外挂墙板计算

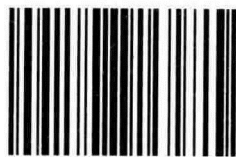
C.0.1 无洞口的点支承外挂墙板，其受力可近似于四角点支撑的弹性薄板。参考《建筑结构静力计算手册》中的理论值，给出点支承外挂墙板的弯矩值和挠度值的近似解，以方便设计人员手算。风荷载分为风吸力和风压力，地震作用方向可内可外，且两个方向的作用值接近，因此外挂墙板需要双层双向配筋；外挂墙板的跨中配筋一般均伸出支座作为支座的负弯矩配筋，因此外挂墙板构件内力计算时可不区分支座负弯矩和跨中正弯矩，而直接取较大的弯矩绝对值用于配筋计算。

经计算，当支承点距离板边的尺寸不超过该方向边长的 10% 时，采用公式 (C.0.1-1) 计算的结果与精确解差异较小且偏于保守；当支承点距离板边的尺寸超过该方向边长的 10% 但不超过该方向边长的 25% 时，采用公式 (C.0.1-1) 计算的结果与精确解差异较大但偏于保守；当支承点距板边的尺寸大于该方向边长的 25% 时，悬挑效应较大，根据公式 (C.0.1-1) 计算的结果与精确解差异过大且局部弯矩计算值小于实际弯矩，不能继续采用该公式进行计算。

C.0.2 对于带洞口的点支承外挂墙板，可将洞口左右的纵板和洞口上下的横板均考虑为两个单元，将门窗荷载和墙板荷载分配到每个单元上，即可得到各单元的弯矩，用于近似计算开洞外挂墙板的配筋。

<http://xuejiunet.com>

学究网



1 5 1 1 2 3 2 4 7 0

统一书号: 15112 · 32470
定 价: 35.00 元