

重庆市工程建设标准

金属与石材幕墙工程技术标准

Technical standard of metal and stone curtain
walls engineering

DBJ50/T-470-2024

主编单位:四川省建筑设计研究院有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2024年06月01日

2024 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2024〕6号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《金属与石材幕墙工程技术标准》的 通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建委、双桥经开区建设局、经开区生态环境建设局,各有关单位:

根据《川渝两地工程建设地方标准互认管理办法》有关规定,《四川省金属与石材幕墙工程技术标准》DBJ51/T 193-2022 通过川渝互认审查并修改完善。现批准《金属与石材幕墙工程技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-470-2024,自2024年6月1日起施行。标准文本可在标准施行后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,四川省建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2024年3月13日

重庆工程建设

前 言

本标准根据四川省住房和城乡建设厅和重庆市住房和城乡建设委员会文件《川渝两地工程建设地方标准互认管理办法》的通知(川建标发[2021]298号)的要求,由四川省建筑设计研究院有限公司、中国建筑西南设计研究院有限公司会同有关单位,对金属与石材幕墙工程进行了广泛的调查研究,认真总结了相关实践经验,并参照《四川省金属与石材幕墙工程技术标准》DBJ51/T193-2022 以及有关国家和其他省(市)的先进标准,经过反复讨论、修改,共同编制完成。

本标准共分 10 章和 4 个附录,主要内容包括:总则;术语和符号;基本规定;材料;建筑设计;结构设计;加工制作;安装施工;工程验收;维护保养;附录等。

本次标准调整的主要内容是:

1. 标准名称由《四川省金属与石材幕墙工程技术标准》变更为重庆市《金属与石材幕墙工程技术标准》,对原标准实施以来适应国家标准的变化和适应重庆市地方标准的特殊性进行了相应的调整;

2. 对抗震设防烈度、幕墙清洗设施设置高度、水平地震影响系数最大值等内容进行了相应的调整;

3. 对金属幕墙术语、石材幕墙术语等内容进行了相应的调整。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,四川省建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准的实施、应用过程中,希望各单位注意收集资料,总结经验,并将需要修改、补充的意见和有关资料反馈至四川省建筑设计研究院有限

公司(地址:成都市高新区天府大道中段 688 号;邮编:610093;E-mail:363126553@qq.com;电话:028-86933790),以便今后修订时参考。



本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：四川省建筑设计研究院有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

参 编 单 位：基准方中建筑设计股份有限公司

启迪设计集团股份有限公司

洲宇设计集团股份有限公司

中建深圳装饰有限公司

五冶集团装饰工程有限公司

众置建工集团有限公司

重庆新西亚铝业(集团)股份有限公司

四川巨星铭创科技集团有限公司

四川金鑫达金属建材有限公司

四川合兴铝业有限公司

乐卡丹(成都)新材料科技有限公司

中国国检测试控股集团股份有限公司

成都市建筑科学研究院有限公司

四川省川建勘察设计院有限公司

成都倍特建筑安装工程有限公司

川渝高竹新区投资促进和综合服务中心

重庆市市政设计研究院有限公司

重庆华硕建设有限公司

成都都江堰市嘉业铝塑有限公司

四川省建筑幕墙装饰协会

主要起草人：王 勤 柴铁锋 董 彪 姚广顺 赵庆旭

殷兵利 闫广伟 汪 雄 杨继刚 李长春

贺 刚 贾 毅 刘 斌 吴 波 李余兵

方文鏢 谢容成 吴智勇 唐元丽 万德田

傅明华 刘小根 马林军 沈 琴 熊 昆

杨 晖 陈 航 袁 萍 郭 琼 王旭东

赵 琼 兰 元 徐 波 郭 瑞 肖 波
李振强 叶文斌 马宏超 陈辉燕 陈 胜
刘相纬

主要审查人:张陆润 杨 越 姜洪麟 张 意 沈治宇
周 光 段晓丹

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
4	材料	7
4.1	一般规定	7
4.2	铝合金	7
4.3	钢材	9
4.4	金属板材	10
4.5	石材	12
4.6	保温、防火材料	13
4.7	粘结、密封材料	13
4.8	连接件	14
5	建筑设计	15
5.1	一般规定	15
5.2	构造设计	15
5.3	防火设计	16
5.4	防雷设计	17
5.5	安全规定	18
6	结构设计	20
6.1	一般规定	20
6.2	材料力学性能	21
6.3	荷载和地震作用	25

6.4	作用组合	27
6.5	面板设计	28
6.6	支承结构设计	41
6.7	幕墙与主体结构连接设计	47
7	加工制作	49
7.1	一般规定	49
7.2	铝型材构件	49
7.3	钢构件	52
7.4	金属类面板	53
7.5	石材类面板	55
7.6	单元式构件	57
8	安装施工	59
8.1	一般规定	59
8.2	安装施工准备	59
8.3	预埋件、后锚固连接件	60
8.4	构件式幕墙	61
8.5	单元式幕墙	63
8.6	安全规定	65
9	工程验收	67
9.1	一般规定	67
9.2	材料进场验收	67
9.3	隐蔽工程验收	68
9.4	工程竣工验收	70
10	维护保养	72
10.1	一般规定	72
10.2	检查与维修	73
10.3	保养和清洗	74
附录 A	钢材设计用强度指标	75
附录 B	螺栓、铆钉、焊缝连接强度指标	76

附录 C 板弯矩系数	80
附录 D 建筑幕墙石材板支承牢固度检测方法	83
本标准用词说明	87
引用标准名录	88
条文说明	93

重庆工程建设

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	6
4	Materials	7
4.1	General requirements	7
4.2	Aluminum	7
4.3	Steel	9
4.4	Metal plate	10
4.5	Stone plate	12
4.6	Thermal insulation and fireproof materials	13
4.7	Bonding and sealing materials	13
4.8	Connector	14
5	Architectural design	15
5.1	General requirements	15
5.2	Detailing design	15
5.3	Fireproofing design	16
5.4	Lightning protection design	17
5.5	Safety requirements	18
6	Structural design	20
6.1	General requirements	20
6.2	Mechanical properties	21
6.3	Loads and earthquake action	25

6.4	Combination of effects	27
6.5	Panel design	28
6.6	Supporting structure design	41
6.7	Connection design of curtain wall and main structure	47
7	Manufacture and fabrication	49
7.1	General requirements	49
7.2	Aluminum components	49
7.3	Steel components	52
7.4	Metal panel	53
7.5	Stone panel	55
7.6	Unit member	57
8	Erection and construction	59
8.1	General requirements	59
8.2	Installation and construction preparation	59
8.3	Embedded parts and rear anchoring connectors	60
8.4	Stick curtain wall	61
8.5	Unitized curtain wall	63
8.6	Safety requirements	65
9	Acceptance inspection	67
9.1	General requirements	67
9.2	Material mobilization acceptance	67
9.3	Acceptance of concealed works	68
9.4	Project completion acceptance	70
10	Maintenance, repair and overhaul	72
10.1	General requirements	72
10.2	Investigation and repairing	73
10.3	Maintenance and cleaning	74
Appendix A	Strength index for steel design	75

Appendix B	Strength index of bolt, rivet and weld join	76
Appendix C	Plate bending moment coefficient	80
Appendix D	Test method for supporting firmness of natural stone curtain wall	83
Explanation of Wording in this standard		87
List of quoted standards		88
Explanation of provisions		93

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为规范重庆市金属与石材幕墙的设计、施工、验收及维护,做到安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理、方便施工、保证质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市行政区域内工业与民用建筑的金属幕墙工程和建筑高度不大于 100m、设防烈度不大于 7 度的石材幕墙工程的设计、加工制作、安装施工、工程验收及维护保养。

1.0.3 金属与石材幕墙在多遇地震作用下应能正常使用;在设防烈度地震作用下经维修后应仍可使用;在预估的罕遇地震作用下幕墙支承结构体系不应脱落。

1.0.4 金属与石材幕墙工程除应符合本标准外,尚应符合国家和重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 建筑幕墙 building curtain wall

由面板与支承结构体系组成,具有足够的承载能力、变形能力和适应主体结构位移能力,不分担主体结构所受作用的建筑外围护结构或装饰性结构。

2.1.2 金属幕墙 metal curtain wall

面板材料为金属板材或金属复合板材的幕墙。

2.1.3 石材幕墙 natural stone curtain wall

面板材料为具有一定强度的天然石材的幕墙,天然石材如:花岗石、大理石、石灰石、洞石、砂岩等。

2.1.4 构件式幕墙 stick curtain wall

在现场依次安装立柱、横梁和面板的框支承建筑幕墙。

2.1.5 单元式幕墙 unitized curtain wall

由面板与支承框架在工厂制成的不小于一个楼层高度的幕墙结构基本单位,直接安装在主体结构上组合而成的框支承建筑幕墙。

2.1.6 封闭式幕墙 sealed curtain wall

幕墙板块之间接缝采取密封措施,具有气密和水密性能的建筑幕墙。

2.1.7 开放式幕墙 unsealed curtain wall

幕墙板块之间接缝不采取密封措施,不具有气密和水密性能的建筑幕墙。

2.1.8 硅酮建筑密封胶 silicone sealant for joint on buildings

and constructions

用于镶装面板和建筑接缝密封的以聚硅氧烷高分子为基础的粘结密封材料。

2.1.9 硅酮结构密封胶 structural silicone sealant

在建筑幕墙中能够传递动态和静态荷载的以聚硅氧烷高分子为基础的粘结密封材料。

2.1.10 硅酮耐候密封胶 weather proofing silicone sealant

幕墙嵌缝用的中性硅酮密封材料。

2.1.11 石材干挂胶 stone fix glue

石材幕墙中用于金属挂件与石材间粘结固定的胶粘剂,通常采用环氧胶粘剂。

2.1.12 铝塑复合板 aluminium-plastic composite panel

以普通塑料或经阻燃处理的塑料为芯材、两面粘结铝板,并在铝板表面覆以装饰性和保护性的涂层或薄膜的三层复合板材。

2.1.13 铝无机芯复合板 aluminum inorganic core composite panel

以氢氧化镁、氢氧化铝或其混合物为芯材,两面粘结铝板的复合板材。

2.1.14 铝蜂窝板 aluminium honeycomb composite panel

以铝蜂窝为芯材,两面粘结铝板的复合板材,通常表面具有装饰面层。

2.1.15 铝锥芯复合板 aluminum cone core composite panel

以铝锥芯为芯材,两面粘结铝板的复合板材。

2.1.16 相容性 compatibility

不同粘结密封材料接触或粘结密封材料与其他材料接触时,不发生影响粘结密封材料粘结性有害变化的性能。

2.2 符 号

2.2.1 材料力学性能

E ——材料弹性模量；
 f ——材料强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应

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；
 N ——轴(压)力设计值；
 P_{Ek} ——平行于幕墙平面的集中地震作用标准值；
 q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的水平地震作用标准值；
 R ——构件抗力设计值；
 S ——作用效应组合设计值；
 S_{Ek} ——地震作用效应标准值；
 S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；
 S_{wk} ——风荷载效应标准值；
 S_{Tk} ——温度作用效应标准值；
 V ——剪力设计值；
 w_0 ——基本风压；
 w_k ——风荷载标准值；
 u ——挠度；
 σ ——应力设计值。

2.2.3 几何参数

A ——构件截面面积；
 a ——面板短边边长；
 b ——面板长边边长；
 I ——截面惯性矩；
 l ——跨度；
 i ——截面回转半径；
 W_x ——绕 x 轴的净截面弹性抵抗矩；
 W_y ——绕 y 轴的净截面弹性抵抗矩。

2.2.4 系数

m —— 弯矩系数；

α —— 材料线膨胀系数；

$\alpha_{\max}$ —— 地震影响系数最大值；

β_E —— 地震作用动力放大系数；

γ —— 截面塑性发展系数；

φ —— 稳定系数；

β_{gz} —— 阵风系数；

μ_{sl} —— 风荷载局部体型系数；

μ_z —— 风压高度变化系数；

η —— 折减系数。

2.2.5 其他

λ —— 长细比；

ν —— 泊松比。

3 基本规定

3.0.1 幕墙的工程设计、加工制作、安装施工应进行全过程质量控制并记录保存,支承幕墙的主体结构质量应符合国家和重庆市现行有关标准的规定。

3.0.2 玻璃幕墙用材料应满足结构安全、耐久性、环境保护和防火要求,宜采用绿色环保及可循环利用的材料,符合国家和重庆市现行有关标准的规定,并应具有出厂合格证书。

3.0.3 幕墙应结合建筑物的使用功能、施工技术、工程造价、类别、高度、体型、气候和环境等因素按围护结构进行设计,幕墙结构设计工作年限不应低于 25 年。

3.0.4 幕墙应具有抵抗风荷载、永久荷载、地震作用和适应所处环境及气候变化的能力。

3.0.5 幕墙应具有规定的承载能力、刚度、稳定性和适应主体结构变位的能力。

3.0.6 硅酮结构密封胶、硅酮耐候密封胶及石材干挂胶应在有效期内使用,严禁硅酮耐候密封胶作为结构粘结材料使用。

4 材 料

4.1 一般规定

- 4.1.1 幕墙用材料应符合国家和重庆市现行有关标准的规定,当采用尚无相应标准的材料时,应符合设计要求并经专项论证。
- 4.1.2 幕墙应选用耐气候性材料。对于易受环境腐蚀作用的金属材料,应采取防腐措施。
- 4.1.3 幕墙严禁采用在燃烧或高温环境下产生有毒有害气体的材料,严禁采用含石棉的材料。
- 4.1.4 幕墙粘结材料及密封材料与其他材料粘结或接触时,应符合材料的相容性要求。
- 4.1.5 幕墙材料和构配件均应具有产品合格证、质量保证书、相关性能检测报告,并满足供需双方约定的技术要求。进口材料还应符合国家商检规定。

4.2 铝合金

- 4.2.1 铝合金牌号所对应材料的化学成分应符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 的有关规定。
- 4.2.2 铝合金型材质量应符合国家现行标准《铝合金建筑型材 第1部分:基材》GB/T 5237.1、《铝合金建筑型材 第2部分:阳极氧化型材》GB/T 5237.2、《铝合金建筑型材 第3部分:电泳涂漆型材》GB/T 5237.3、《铝合金建筑型材 第4部分:喷粉型材》GB/T 5237.4、《铝合金建筑型材 第5部分:喷漆型材》GB/T 5237.5、《铝合金建筑型材 第6部分:隔热型材》GB/T 5237.6、《建筑用隔

热铝合金型材》JG/T 175 等的有关规定,其截面尺寸允许偏差不应低于高精级的要求。当采用经表面处理的铝型材时,其表面处理层厚度最小值应满足表 4.2.2-1 和表 4.2.2-2 的要求。

表 4.2.2-1 铝合金型材表面处理层厚度要求 单位: μm

表面处理方法		膜层级别	厚度		检测标准
			平均膜厚	局部膜厚	
阳极氧化		AA15	≥ 15	≥ 12	现行国家标准《铝合金建筑型材 第 2 部分:阳极氧化型材》GB/T 5237.2
		AA20	≥ 20	≥ 16	
		AA25	≥ 25	≥ 20	
粉末喷涂		—	≥ 60	≥ 40	现行国家标准《铝合金建筑型材 第 4 部分:喷粉型材》GB/T 5237.4
氟碳喷涂	三涂	—	≥ 40	≥ 34	现行国家标准《铝合金建筑型材 第 5 部分:喷漆型材》GB/T 5237.5
	四涂	—	≥ 65	≥ 55	

表 4.2.2-2 铝合金型材表面电泳涂漆处理局部膜厚要求 单位: μm

膜层级别	阳极氧化膜	漆膜	复合膜	检测标准
A	≥ 9	≥ 12	≥ 21	现行国家标准《铝合金建筑型材 第 3 部分:电泳涂漆型材》GB/T 5237.3
B	≥ 9	≥ 7	≥ 16	
S	≥ 6	≥ 15	≥ 21	

4.2.3 用穿条工艺生产的隔热铝型材,其隔热材料应采用 PA66GF25(聚酰胺 66+25%玻璃纤维),并符合现行国家标准《铝合金建筑型材用隔热材料 第 1 部分:聚酰胺型材》GB/T 23615.1 和《建筑铝合金型材用聚酰胺隔热条》JG/T 174 的有关规定,不得采用二次回收料及聚氯乙烯(PVC)材料。采用辊压工艺的穿条隔热铝型材不宜选用 T6 供应状态。

4.2.4 用浇注工艺生产的隔热铝型材,其隔热材料应采用聚醚型聚氨酯(PU)材料,并符合现行国家标准《铝合金建筑型材用隔

热材料 第 2 部分:聚氨酯隔热胶》GB/T 23615.2 中 II 级隔热胶的有关规定,不得采用聚酯型聚氨酯材料。

4.3 钢 材

4.3.1 幕墙用碳素结构钢和低合金高强度结构钢的钢种、牌号和等级应符合国家现行标准《碳素结构钢》GB/T 700、《优质碳素结构钢》GB/T 699、《合金结构钢》GB/T 3077、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》GB/T 3274、《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389、《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 等的有关规定。幕墙用钢构件应选用材质性能不低于 Q235。

4.3.2 对耐腐蚀有特殊要求或腐蚀性环境中的幕墙结构钢材、钢制品宜采用耐候钢或不锈钢材质。如采用耐候钢,其质量指标应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定,并采取相应的防腐措施。

4.3.3 冷弯薄壁型钢构件应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定,表面处理应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

4.3.4 镀锌钢板应符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 的有关规定。

4.3.5 当采用常温氟碳或聚氨酯喷涂时,钢型材表面除锈等级不应低于 Sa2.5。常温氟碳漆涂膜厚度不宜小于 70um,聚氨酯涂膜厚度不宜小于 100um。

4.3.6 当采用聚硅氧烷硅橡胶涂料时,钢型材表面除锈等级不应低于 St2,涂膜厚度不宜小于 100um。

4.3.7 当采用热浸镀锌防腐处理时,锌膜厚度应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》

GB/T 13912 的有关规定。

4.3.8 不锈钢材宜采用奥氏体型不锈钢、奥氏体-铁素体型不锈钢,镍铬总含量不宜小于 26%。不锈钢材应符合国家现行标准《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、《不锈钢热轧钢带》YB/T 5090、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《通用耐蚀钢铸件》GB/T 2100 和《工程结构用中、高强度不锈钢铸件》GB/T 6967 等的有关规定。

4.4 金属板材

4.4.1 金属幕墙应根据幕墙面积、使用年限及性能要求,选用金属单板和金属复合板。当选用铝合金面材时,宜采用 3 系和 5 系铝合金材质,且应达到国家相关标准及设计的防腐、装饰及建筑物的耐久年限的要求,并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

4.4.2 金属面板表面处理层厚度应符合表 4.4.2 的要求。

表 4.4.2 金属面板表面处理层厚度要求 单位:um

表面处理方法			厚度	
			平均膜厚	最小局部膜厚
辊涂	氟碳	三涂	≥32	≥30
液体喷涂	氟碳	三涂	≥40	≥34
		四涂	≥65	≥55
粉末喷涂	氟碳		—	≥30
	聚酯		—	≥40
阳极氧化	AA15		≥15	≥13
	AA20		≥20	≥18
	AA25		≥25	≥22

注:当采用聚偏二氟乙烯(PVDF)树脂涂层时,聚偏二氟乙烯的含量不应低于涂层中树脂总量的 70%。

4.4.3 铝合金单板应符合下列规定：

1 铝合金单板的性能应符合现行国家标准《建筑装饰用铝单板》GB/T 23443 的有关规定；

2 铝合金单板的公称厚度不应小于 2.5mm。

4.4.4 铝塑复合板应符合下列规定：

1 铝塑复合板的性能应符合现行国家标准《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748 的有关规定；

2 铝塑复合板上下两层铝合金板的公称厚度均不应小于 0.5mm；

3 铝塑复合板用高分子粘结膜的公称厚度不应小于 0.05mm, 粘结料含量不应低于 60%；

4 铝塑复合板滚筒剥离强度平均值不应小于 $110(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$, 滚筒剥离强度最小值不应小于 $100(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$ ；

5 铝塑复合板燃烧性能等级不应低于 B1 级。

4.4.5 铝无机芯复合板应符合下列规定：

1 铝无机芯复合板的性能应符合现行行业标准《建筑装饰用不燃级金属复合板》JC/T 2561 的有关规定；

2 铝无机芯复合板的上下两层铝合金板的公称厚度均应不小于 0.5mm；

3 铝无机芯复合板的芯材宜选用氢氧化镁、氢氧化铝或其混合物；

4 铝无机芯复合板滚筒剥离强度平均值不应小于 $110(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$, 滚筒剥离强度最小值不应小于 $100(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$ ；

5 铝无机芯复合板燃烧性能等级不应低于 A 级。

4.4.6 铝蜂窝板应符合下列规定：

1 铝蜂窝板性能应符合现行行业标准《建筑外墙用铝蜂窝复合板》JG/T 334 的有关规定；

2 铝蜂窝板的面板公称厚度不应小于 1.0mm, 背板公称厚

度不应小于 0.7mm;

3 铝蜂窝板的铝蜂窝芯宜为六边形结构,边长不宜大于 10mm。边长 6mm~10mm 的铝蜂窝芯其铝箔厚度不宜小于 0.07mm,边长不大于 6mm 的铝蜂窝芯其铝箔厚不宜小于 0.05mm;

4 铝蜂窝板的胶粘剂应具有耐候性和韧性,不对铝材产生腐蚀,有害物质限量应符合现行国家标准《室内装饰装修材料胶粘剂中有害物质限量》GB 18583 的有关规定;

5 铝蜂窝板滚筒剥离强度平均值不应小于 $50(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$,滚筒剥离强度最小值不应小于 $40(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$ 。

4.4.7 铝锥芯复合板应符合下列规定:

1 铝锥芯复合板面板公称厚度应不小于 0.6mm,背板公称厚度应不小于 0.4mm,铝锥芯壁厚应不小于 0.3mm,公称厚度均不包括涂层;

2 铝锥芯复合板弯曲强度不应小于 100MPa,滚筒剥离强度平均值不应小于 $110(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$,滚筒剥离强度最小值不应小于 $100(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{mm}$ 。

4.4.8 不锈钢板、钛合金板、锌合金板、铜板等板材及其复合板的性能指标应符合国家和重庆市现行有关标准的规定。

4.5 石 材

4.5.1 石材面板不应有软弱夹层。带层状纹理的面板,不应有粗粒、疏松、多孔的条纹。石材面板应作表面防护处理,其外观质量和性能指标应符合国家现行标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然板石》GB/T 18600 及《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 等的有关规定。

4.5.2 石材面板宜选用花岗岩,应满足表 4.5.2 的要求。

表 4.5.2 石材面板的最小厚度、吸水率、弯曲强度和单块面积要求

项目	花岗岩		大理石	石灰石	砂岩
	磨光面板	粗面板材			
最小厚度(mm)	≥25	≥28	≥35	≥35	≥40
吸水率(%)	≤0.6		≤0.5	≤5.0	≤5.0
弯曲强度标准值(N/mm ²)	≥8.0		≥7.0	≥6.0	≥6.0
单块面积(m ²)	不宜大于 1.5		不宜大于 1.0		

4.6 保温、防火材料

4.6.1 保温材料应采用不燃材料,并符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 的有关规定;保温用岩棉应符合现行国家标准《建筑外墙外保温用岩棉制品》GB/T 25975 和《建筑用岩棉绝热制品》GB/T 19686 的有关规定。

4.6.2 防火密封材料应满足防火设计要求,并应具备产品合格证和检验报告。

4.6.3 防火封堵材料应符合现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864 和《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267 的有关规定,并应具有法定检测机构出具的检验报告。

4.7 粘结、密封材料

4.7.1 幕墙用硅酮建筑密封胶,应经有资质的专业检测机构进行与其相接触材料的相容性试验;硅酮结构密封胶应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的有关规定,并应进行邵氏硬度、标准条件下拉伸粘结性能试验以及与其相粘结材料的剥离粘结性试验。

4.7.2 密封胶条应符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》

GB/T 24498 的有关规定,宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶及硅橡胶。

4.7.3 用于金属幕墙接缝密封的密封胶宜选用硅酮建筑耐候密封胶,其性能应符合现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683 的规定,且不得添加烷烃增塑剂。

4.7.4 石材幕墙的建筑密封胶性能应符合现行国家标准《石材用建筑密封胶》GB/T 23261 的有关规定。

4.7.5 石材挂件可采用环氧树脂胶粘剂粘结,环氧树脂胶粘剂的性能应符合现行行业标准《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887 的有关规定;不应采用不饱和聚酯树脂胶。

4.8 连接件

4.8.1 用于支承与连接的五金件、附件及紧固件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、《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2、《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6、《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15、《螺栓或螺钉和平垫圈组合件》GB/T 9074.1、《建筑门窗五金件 通用要求》GB/T 32223、《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228 等的有关规定,宜选用不锈钢材质。

4.8.2 钢结构焊接材料应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《热强钢焊条》GB/T 5118 和《钢结构焊接规范》GB 50661 等的有关规定。

4.8.3 铝合金结构焊接应符合现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429 和《铝及铝合金焊丝》GB/T 10858 的有关规定。

4.8.4 后置锚栓应采用不锈钢、碳素钢或合金钢材质,并符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定。

4.8.5 石材背栓材料的耐火性、耐腐蚀性、耐久性应不低于后部支承结构所用材料的相应标准,应采用不低于 316 的不锈钢制作,且抗拉强度不应低于 700MPa。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 幕墙设计应符合国家和重庆市现行有关标准的规定,应满足维护和清洗的要求,幕墙面板宜便于更换。幕墙高度超过40m时,宜设置清洗设施,并应便于操作。

5.1.2 幕墙的热工设计应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《公共建筑节能设计标准》GB 50189 和重庆市现行标准《公共建筑节能(绿色建筑)设计标准》DBJ50-052、《居住建筑节能 65%(绿色建筑)设计标准》DBJ50-071 及《居住建筑节能 50%设计标准》DBJ50-102 的有关规定。

5.2 构造设计

5.2.1 幕墙的构造设计应满足安全、适用、美观的要求,且应便于制作安装、维护保养及更换。

5.2.2 幕墙内侧与主体结构外缘之间应预留足够的安装调整空间,且不宜占用墙面保温和抹灰所需的构造厚度。

5.2.3 主体结构的变形缝两侧应设置独立的幕墙支承结构。与主体结构变形缝相对应的幕墙构造缝应能够适应主体结构的变形要求。幕墙构造缝宜采用柔性连接设计或滑动连接设计,并采取易于修复的构造措施。

5.2.4 面板分格设计及接缝设计,应能在产生平面内最大位移时,板块之间不发生挤压碰撞,且保持密封性。

5.2.5 在幕墙面板后部设置保温构造时,保温材料应有可靠的

支承固定,并应考虑防潮措施。

5.2.6 注胶封闭式幕墙板缝的密封胶,应根据幕墙面板的材质和接缝的设计要求选用,石材板胶缝宽度不宜小于 6mm,金属板胶缝宽度不宜小于 12mm,密封胶厚度不应小于 3.5mm,密封胶与面板的最小粘结厚度不应小于 6mm。

5.2.7 有雨篷、压顶以及其它突出部分时,应完善其结合部位的防水、排水、防污的构造设计;屋面压顶的排水坡度不应小于 5%;屋面压顶、横向线条等部位宜设置滴水措施。

5.2.8 开放式幕墙应在面板背后空间设置防水构造或在主体结构上设置防水层,并设置可靠的导排水系统。其支承构件应采取可靠的防腐措施。

5.2.9 除不锈钢外,幕墙中不同种类金属材料的直接接触部位,应设置绝缘垫片或采取其它有效的防腐蚀措施。

5.3 防火设计

5.3.1 幕墙的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T 51410 和《建筑防火通用规范》GB 55037 的有关规定。

5.3.2 幕墙的上、下层开口之间的墙体或防火挑檐应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防火通用规范》GB 55037 的有关规定。

5.3.3 幕墙与每层楼板边缘实体墙和隔墙之间的缝隙、幕墙与建筑实体墙面间的空腔以及建筑洞口边缘等部位的缝隙,均应采用防火封堵材料封堵。

5.3.4 幕墙与窗槛墙之间的缝隙进行防火封堵时,缝隙上、下开口处防火封堵的厚度均不应小于 200mm。当建筑幕墙背后为实体墙时,层间防火封堵的厚度不应小于 200mm。

5.3.5 金属幕墙和石材幕墙防火封堵应与其他幕墙防火封堵连

续贯通。

5.3.6 防火岩棉容重不应小于 110kg/m^3 且应填充密实,并由满足防火要求的材料承托;采用镀锌钢板承托时厚度不应小于 1.5mm ,封堵缝隙应采用防火密封材料密封,相邻防火封堵构造应连续封闭。

5.3.7 幕墙防火封堵的承托板或支承构架应与主体结构牢固连接,承托板、支承构架和连接件均应满足耐火时限要求。防火封堵在耐火时限内不应发生开裂或脱落。

5.3.8 防火封堵承托板宽度或高度大于 300mm 时,宜增设支承加固措施。

5.3.9 位于防火分区防火墙两侧的幕墙应设置满足防火分区要求的防火措施,并应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防火通用规范》GB 55037 的有关规定。

5.3.10 消防救援窗的设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防火通用规范》GB 55037 的有关规定。

5.3.11 燃烧性能等级为 B1 级的幕墙面板材料,适用的建筑高度和建筑使用性质应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防火通用规范》GB 55037 的有关规定。

5.4 防雷设计

5.4.1 幕墙的防雷及接地设计应符合现行国家标准《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024、《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计标准》GB 51348 的有关规定,幕墙防雷措施应根据建筑物的防雷类别确定。

5.4.2 幕墙的金属框架应与建筑主体的结构钢筋或钢结构进行有效连接并形成电气通路,其横、竖向各连接点的间距应符合现行国家标准《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024、《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计标准》GB 51348 关

于接闪网网格尺寸的有关规定。

5.4.3 当建筑幕墙高度高于屋面时,可利用幕墙顶部的金属构件作为接闪器,并应与建筑物主体防雷装置进行可靠连接,并符合现行国家有关标准的规定。当金属构件无法满足作为接闪器的条件时,应独立设置防雷装置。

5.4.4 构件式幕墙防雷构造应符合下列规定:

1 隔热断桥内外侧的金属型材应采用金属导体连接成电气通路;

2 幕墙立柱套芯上下、幕墙与建筑物主体结构之间,应按导体连接材料截面的规定连接或跨接;

3 构件连接处有绝缘层材料覆盖的部位,应采取措施形成有效的防雷电气通路;

4 幕墙的外露金属部件应与支承结构有良好的电气贯通,支承结构应与主体结构防雷体系连通。

5.4.5 单元式幕墙防雷构造应符合下列规定:

1 有断桥隔热功能的幕墙型材应对其内外侧金属材料采用金属导体连接,每一单元板块的连接不少于一处,宜采用等电位金属材料连接成良好的电气通路;

2 幕墙单元板块插口拼装连接和与主体结构连接处应按本标准第 5.4.4 条的规定形成防雷电气通路。对幕墙横、竖两方向单元板块之间橡胶接缝密封连接处,应采用等电位金属材料跨接,形成良好的电气通路。

5.5 安全规定

5.5.1 不宜采用倒挂石材面板,当必须采用时,倒挂石材面板进深不应大于 600mm,应采用花岗石,弯曲强度标准值不应小于 10N/mm^2 ,并采用背栓连接和防坠落措施。

5.5.2 材质疏松或开孔的石材面板、抗弯强度试验平均值 f_m 小

于 $8\text{N}/\text{mm}^2$ 的石材面板,应采取背面增强措施,并宜采用封闭式注胶板缝。

5.5.3 凸出幕墙大面的石材装饰线条宜采用背栓或化学锚栓连接。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 幕墙结构设计应计算永久荷载、风荷载、温度作用和地震作用的组合效应。

6.1.2 幕墙可按弹性方法分别计算施工阶段和正常使用阶段的组合效应。

6.1.3 幕墙与主体结构间的连接构造应有足够强度、刚度、适应主体结构位移和自身位移的能力。

6.1.4 幕墙面板与支承体系的连接设计,应考虑构造措施消除面材温度变形产生的影响。

6.1.5 幕墙结构应根据传力途径对幕墙面板、支承结构、连接件与锚固件等依次设计和验算,确保幕墙的结构安全可靠。

6.1.6 幕墙结构构件应按下列规定验算承载力和挠度:

1 持久设计状况、短暂设计状况应符合下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (6.1.6-1)$$

式中: S ——作用效应组合设计值;

R ——构件抗力设计值;

γ_0 ——结构构件重要性系数,应取不小于 1.0。

2 地震设计状况应符合下式要求:

$$S_E \leq R/\gamma_{RE} \quad (6.1.6-2)$$

式中: S_E ——地震作用和其他荷载按基本组合的效应设计值;

R ——构件抗力设计值;

γ_{RE} ——结构构件承载力抗震调整系数,应取 1.0。

3 挠度应符合下式要求:

$$d_f \leq d_{f, \lim} \quad (6.1.6-3)$$

式中： d_f ——作用标准值引起的幕墙构件挠度值；

$d_{f, \lim}$ ——构件挠度限值。

4 双向受弯的杆件，两个方向的挠度均应符合本条第 3 款的规定。

6.1.7 幕墙结构设计应按各效应组合中最不利组合进行设计。

6.1.8 当面板相对于支承结构有偏心时，支承结构设计应考虑偏心产生的不利影响。

6.2 材料力学性能

6.2.1 铝合金型材的强度设计值应按现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定采用。

6.2.2 热轧钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构设计规范》GB 50018 的有关规定采用。

6.2.3 耐候钢强度设计值应按现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的有关规定采用。

6.2.4 铝合金单板的抗拉强度设计值可按屈服强度标准值 $\delta_{0.2}$ 除以系数 1.286 采用，抗剪强度设计值可按抗拉强度设计值的 0.58 倍采用，也可按表 6.2.4 采用。

表 6.2.4 铝合金单板强度设计值 f_a 单位： N/mm^2

铝合金单板牌号	合金状态	屈服强度标 $\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_a^t	抗剪强度 f_a^v
3003	H14	125	97	56
3003	H24	115	89	52
3003	O	60	47	27
5005	H14	120	93	54

续表6.2.4

铝合金单板牌号	合金状态	屈服强度标 $\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_a^t	抗剪强度 f_a^v
5005	H24、H34	110	86	50
5052	O	65	50	29

6.2.5 铝塑复合板的强度设计值应按表 6.2.5 采用。

表 6.2.5 铝塑复合板强度设计值 f_a

板厚 t (mm)	抗拉强度 f_a^t (N/mm ²)	抗剪强度 f_a^v (N/mm ²)
4	70	20

注:上述数据根据 4mm 厚板实验所得。

6.2.6 铝无机芯复合板的强度设计值应按表 6.2.6 采用。

表 6.2.6 铝无机芯复合板强度设计值 f_a

板厚 t (mm)	抗拉强度 f_a^t (N/mm ²)	抗剪强度 f_a^v (N/mm ²)
4	100	20

注:上述数据根据 4mm 厚板实验所得。

6.2.7 铝蜂窝板的强度设计值应按表 6.2.7 采用。

表 6.2.7 铝蜂窝板强度设计值 f_a

板厚 t (mm)	抗拉强度 f_a^t (N/mm ²)	抗剪强度 f_a^v (N/mm ²)
20	10.5	1.4

注:上述数据根据 20mm 厚板实验所得。

6.2.8 铝锥芯复合板的强度设计值应按表 6.2.8 采用。

表 6.2.8 铝锥芯复合板强度设计值 f_a

板厚 t (mm)	抗拉强度 f_a^t (N/mm ²)	抗剪强度 f_a^v (N/mm ²)
4	70	14

注:上述数据根据 4mm 厚板实验所得。

6.2.9 不锈钢型材和棒材的强度设计值也可按表 6.2.9-1 采用;
不锈钢板的强度设计值也可按表 6.2.9-2 采用。

表 6.2.9-1 不锈钢型材和棒材强度设计值 f_{si} 单位: N/mm²

牌号		$\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_{si}^t	抗剪强度 f_{si}^v	局部承压强度 f_{si}^c
06Cr18Ni10	S30408	205	180	100	250
06Cr19Ni10N	S30458	275	240	140	315
022Cr19Ni10	S30408	175	155	90	220
022Cr18Ni10N	S30453	245	215	125	280
06Cr17Ni12Mo2	S31608	205	180	105	250
06Cr17Ni12Mo2N	S31658	275	240	140	315
022Cr17Ni14Mo2	S31603	175	155	90	220
022Cr17Ni13Mo2N	S31653	245	215	125	280

表 6.2.9-2 不锈钢板的强度设计值 f_{si} 单位: N/mm²

牌号		$\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_{si}^t	抗剪强度 f_{si}^v	端面承压强度 f_{si}^c
06Cr18Ni10	S30408	205	180	105	255
06Cr17Ni12Mo2	S31608	205	180	105	255
06Cr19Ni13Mo3	S31708	205	180	105	255

6.2.10 石材面板的抗弯、抗剪强度设计值应按下列公式采用:

$$f_{g1} = f_{gm} / K_{bm} \quad (6.2.10-1)$$

$$f_{g2} = f_{gm} / K_{cm} \quad (6.2.10-2)$$

式中: f_{g1} ——石材面板抗弯强度设计值(N/mm²);

f_{g2} ——石材面板抗剪强度设计值(N/mm²);

f_{gm} ——石材面板弯曲强度试验平均值(N/mm²);

K_{bm} ——石材面板抗弯设计材料强度安全系数,按表 6.2.10 的规定取值;

K_{cm} ——石材面板抗剪设计材料强度安全系数,按表 6.2.10 的规定取值。

表 6.2.10 不同石材的安全系数取值

石材种类	抗弯		抗剪
	总安全系数 K_b	材料强度安全系数 K_{bm}	材料强度安全系数 K_{cm}
花岗石	3.2	2.15	4.30
大理石	5.4	3.60	7.10
石灰石	6.5	4.30	8.60
砂岩	8.6	5.70	11.40

6.2.11 幕墙材料的弹性模量可按表 6.2.11 采用。

表 6.2.11 材料的弹性模量 E 单位: N/mm^2

材料		E
铝合金型材、铝合金单板		0.70×10^5
钢、不锈钢		2.06×10^5
铝塑复合板	厚度 4mm	0.20×10^5
	厚度 6mm	0.30×10^5
铝无机芯复合板	厚度 4mm	0.20×10^5
铝蜂窝板	厚度 10mm	0.35×10^5
	厚度 15mm	0.27×10^5
	厚度 20mm	0.21×10^5
铝锥芯复合板	厚度 4mm	0.20×10^5
花岗石石板		0.8×10^5

6.2.12 幕墙材料的泊松比可按表 6.2.12 采用。

表 6.2.12 材料的泊松比 ν

材料	ν	材料	ν
铝合金型材、铝合金单板	0.30	铝蜂窝板	0.25
钢、不锈钢	0.30	铝锥芯复合板	0.125

续表6.2.12

材料	ν	材料	ν
铝塑复合板	0.25	花岗石石板	0.125
铝无机芯复合板	0.25		

6.2.13 幕墙材料的线膨胀系数可按表 6.2.13 采用。

表 6.2.13 材料的线膨胀系数 α 单位: $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

材料	α	材料	α
铝合金型材、铝合金单板	2.35	钢材	1.20
铝塑复合板	2.40~4.00	不锈钢板	1.80
铝无机芯复合板	2.40	混凝土	1.00
铝蜂窝板	2.40	花岗石石板	0.80
铝锥芯复合板	1.20	混凝土	1.00

6.3 荷载和地震作用

6.3.1 幕墙材料的自重标准值可按表 6.3.1 的规定采用。

表 6.3.1 幕墙材料的自重标准值 γ_{gk} 单位: kN/m^3

材料	γ_{gk}	材料	γ_{gk}
钢材	78.5	石灰岩	26.0
铝合金	28.0	大理岩	28.0
花岗石	28.0	岩棉	0.5~2.5
砂岩	24.0	矿棉	1.2~1.5

6.3.2 幕墙面板以及直接连接面板的幕墙支承结构,其风荷载标准值应按下式计算,并且不应小于 1.0kN/m^2 。

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_z w_0 \quad (6.3.2)$$

式中: w_k ——风荷载标准值(kN/m^2);

β_{se} ——阵风系数,应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《工程结构通用规范》GB 55001 的规定采用;

μ_{sl} ——风荷载局部体型系数,应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用;

μ_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;

w_0 ——基本风压(kN/m^2),应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

6.3.3 幕墙面板及与其直接相连接的支承结构,其垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值可按下式计算:

$$q_{\text{Ek}} = \beta_{\text{E}} \alpha_{\text{max}} G_{\text{k}} / A \quad (6.3.3)$$

式中: q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值(kN/m^2);

β_{E} ——地震作用动力放大系数,可取不小于 5.0;

α_{max} ——水平地震影响系数最大值,应符合本标准第 6.3.4 条的规定;

G_{k} ——幕墙构件(包括面板和框架)的重力荷载标准值(kN);

A ——幕墙构件平面面积(m^2)。

6.3.4 水平地震影响系数最大值应按表 6.3.4 采用。

表 6.3.4 水平地震影响系数最大值 α_{max}

抗震设防烈度	6 度	7 度
α_{max}	0.04	0.08

6.3.5 幕墙面板及与其直接连接的支承结构,其平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算, β_{E} 应按本标准第 6.3.4 条的规定取值:

$$P_{\text{Ek}} = \beta_{\text{E}} \alpha_{\text{max}} G_{\text{k}} \quad (6.3.5)$$

式中： P_{Ek} ——平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值(kN)。

6.4 作用组合

6.4.1 幕墙构件承载力极限状态设计时,其作用效应的组合应符合下列规定:

1 持久设计状况、短暂设计状况:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (6.4.1-1)$$

2 地震设计状况:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_E S_{Ek} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} \quad (6.4.1-2)$$

式中： S ——作用效应组合设计值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{Wk} ——风荷载效应标准值；

S_{Ek} ——地震作用效应标准值；

S_{Tk} ——温度作用效应标准值,对变形不受约束的支承结构及构件取 0；

γ_G ——永久荷载分项系数；

γ_W ——风荷载分项系数；

γ_E ——地震作用分项系数；

γ_T ——温度作用分项系数；

ψ_W ——风荷载组合值系数；

ψ_E ——地震作用组合值系数；

ψ_T ——温度作用组合值系数。

6.4.2 进行幕墙构件的承载力设计时,作用分项系数应按下列规定取值:

1 对预应力幕墙体系,效应组合的设计值应包含预加应力产生的效应,用 γ_P 表示预应力荷载分项系数；

2 持久设计状况、短暂设计状况,永久荷载分项系数 γ_G 和预应力荷载分项系数 γ_P ,当其作用效应对承载力不利时取值

1.3;当其作用效应对承载力有利时取值应不大于1.0;

3 持久设计状况、短暂设计状况下,风荷载、温度作用、雪荷载等其他可变荷载的分项系数,当其作用效应对承载力不利时取值1.5;当其作用效应对承载力有利时取值1.0;

4 风荷载、温度作用、雪荷载等其他可变荷载的分项系数,取值1.5。地震作用分项系数 γ_E 按表6.4.2取值。

表 6.4.2 地震作用分项系数

地震作用	γ_E (水平)	γ_E (竖向)
仅计算水平地震作用	1.4	0.0
仅计算竖向地震作用	0.0	1.4
同时计算水平与竖向地震作用(水平地震为主)	1.4	0.5
同时计算水平与竖向地震作用(竖向地震为主)	0.5	1.4

6.4.3 可变作用的组合值系数应按下列规定采用:

1 持久设计状况、短暂设计状况且风荷载效应起控制作用时,风荷载组合值系数 ψ_w 应取1.0,温度荷载组合值系数 ψ_T 应取0.6;

2 持久设计状况、短暂设计状况且温度作用效应起控制作用时,温度荷载组合值系数 ψ_T 应取1.0,风荷载组合值系数 ψ_w 应取0.6;

3 地震设计状况时,地震作用组合值系数 ψ_E 应取1.0,风荷载组合值系数 ψ_w 应取0.6。

6.4.4 幕墙构件的挠度验算时,仅考虑永久荷载、风荷载、温度荷载作用。风荷载分项系数 γ_w 、永久荷载分项系数 γ_G 、温度荷载分项系数 γ_T 应取1.0,且可不考虑作用组合。

6.5 面板设计

6.5.1 金属板设计应符合下列规定:

1 金属板宜四周折边。铝塑复合板、铝无机芯复合板和铝锥芯板折边时应采用机械刻槽,并应严格控制槽的深度,槽底不得触及面板;

2 金属板应按需要设置加劲肋,加劲肋应与金属板可靠连接,并应有防腐措施;

3 铝塑复合板、铝无机芯复合板和铝锥芯板折边处应设通长边肋并与面板可靠连接;

4 金属板的计算应符合下列规定:

1) 金属板在风荷载或地震作用下的最大弯曲应力标准值应分别按下式计算。当板的挠度大于板厚时,应按本款第4点的规定考虑大挠度的影响;

$$\sigma_{wk} = \frac{6m w_k l^2}{t^2} \quad (6.5.1-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6m q_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.5.1-2)$$

式中: σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载或垂直于面板方向的地震作用产生的最大弯曲应力标准值(MPa);

w_k ——风荷载标准值(MPa);

q_{Ek} ——垂直于板面方向的地震作用标准值(MPa);

l ——矩形金属板区格的边长(mm);

m ——板的弯矩系数,应按其边界条件由本标准附录C确定;

t ——金属板的公称厚度(mm)。

2) 金属板中由各种荷载或作用产生的最大应力标准值,应按本标准第6.4.1条的规定进行组合,所得的最大应力设计值不应超过金属板强度设计值。铝合金单板的强度设计值按本标准第6.2.4条的规定采用;

3) 铝复合板计算时,厚度应取板的总厚度,其强度按本标准第6.2节的规定采用,其弹性模量按本标准第

6.2.11 条的规定采用；

- 4) 考虑金属板在外荷载和作用下大挠度变形的影响时，可将式 6.5.1-1 和式 6.5.1-2 计算的应力值乘以折减系数，折减系数可按表 6.5.1 采用；

表 6.5.1 折减系数 η

θ	5	10	20	40	60	80	100	120
η	1.00	0.95	0.90	0.81	0.74	0.69	0.64	0.61
θ	150	200	250	300	350	400		
η	0.54	0.50	0.46	0.43	0.41	0.40		

表中 θ 可按式 6.5.1-3 计算：

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(w_k + 0.6q_{Ek}) a^4}{Et^4} \quad (6.5.1-3)$$

式中： w_k ——风荷载标准值(MPa)；

q_{Ek} ——垂直于板面方向的地震作用标准值(MPa)；

a ——金属板区格短边边长(mm)；

t ——金属板的公称厚度(mm)；

E ——金属板的弹性模量(MPa)。

- 5) 当进行板的挠度计算时，也应考虑大挠度的影响，按小挠度公式计算的挠度值也应乘以折减系数。金属板跨中挠度宜采用考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式简化计算：

$$d_f = \frac{\mu w_k l^4 \eta}{D} \quad (6.5.1-4)$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.5.1-5)$$

式中： d_f ——在风荷载标准值作用下的最大挠度值(mm)；

μ ——挠度系数，可由区格边长比和区格边界条件按本规范附录 C 采用；

l ——金属板区格的短边边长(mm);

D ——面板的弯曲刚度($\text{N} \cdot \text{mm}$);

η ——折减系数,可按表 6.5.1 采用;

ν ——泊松比,可按本标准第 6.2.12 条采用。

6) 在风荷载标准值作用下,四边支承金属板的最大挠度不宜大于其短边边长的 $1/60$ 。

5 由肋所形成的板区格,其四边支承型式应符合下列规定:

1) 沿板材四周边缘为简支边;

2) 中肋支承线为固定边。

6 当金属板块采用螺栓、螺钉固定于横梁或立柱上时,公称直径不应小于 4mm ,数量根据板块所承受的风荷载和地震作用经计算后确定;

7 中肋应有足够的刚度。在组合荷载标准值作用下,铝合金中肋挠度限值 $d_{f,\text{lim}}$ 宜按中肋跨度的 $1/180$ 采用,钢中肋挠度限值 $d_{f,\text{lim}}$ 宜按中肋跨度的 $1/250$ 采用;

8 金属板面作用的荷载应按三角形或梯形分布传递到肋上,进行肋的计算时应按等弯矩原则化为等效均布荷载,如图 6.5.1-1 和图 6.5.1-2 所示。



图 6.5.1-1 方板荷载向肋的传递

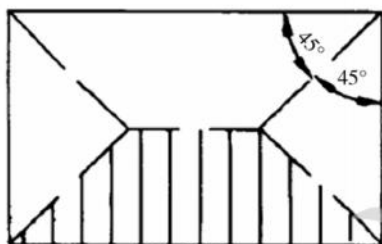


图 6.5.1-2 矩形板荷载向肋的传递

6.5.2 石材面板设计应符合下列规定：

1 石材挂件、连接件应符合下列规定：

- 1) 石材挂件、连接件材质宜采用铝合金或不锈钢，不应使用蝶型、斜挑以及销钉、插板类型挂件，T 型挂件使用高度不应大于 24m；
- 2) 烧毛石、天然粗糙表面等厚度较均匀的石材面板，其计算厚度应按板厚扣减 3mm 采用；
- 3) 石材金属挂件及其连接件宜具备三维调节与限位功能。

2 短槽连接的石板，其设计应符合下列规定：

- 1) 挂件应经计算确定；不锈钢挂件厚度不应小于 3mm，铝合金挂件厚度不应小于 4mm；挂件长度不应小于 60mm；
- 2) 每块石板上下边应各开两个短平槽，短平槽长度不应小于 100mm，在有效长度内槽深度不宜小于 15mm；开槽宽度宜为 6mm 或 7mm；弧形槽的有效长度不应小于 80mm；
- 3) 两短槽边距离石板两端部的距离不应小于石板厚度的 3 倍且不应小于 85mm，也不应大于 180mm；
- 4) 面板挂装时，应在面板短槽内注入胶粘剂，胶粘剂应具有承载能力；
- 5) 每个石材板块不宜少于 4 个挂件，每个挂件的固定螺

栓不宜少于 2 个；应采用不锈钢螺栓，直径不小于 5mm；

- 6) 短槽连接的矩形石材面板，最大弯曲应力标准值可采用有限元方法分析计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6m w_k l^2}{t^2} \quad (6.5.2-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6m q_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.5.2-2)$$

式中： σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、地震作用下产生的最大弯曲应力标准值(N/mm²)；

w_k 、 q_{Ek} ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值(N/mm²)；

l ——四角点支承板的长边计算边长(mm)，可取长边挂件中心线距离；

t ——面板厚度(mm)；

m ——四角点支承板在均布荷载作用下的最大弯矩系数，可按本规范附录 C 表采用。

注：由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条规定进行组合，组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值 f_r^b 。

- 7) 短槽连接的矩形石材面板，挂件承受的剪应力标准值可按下列公式计算：

$$\text{两对边短槽连接时} \quad \tau_{pk} = \frac{q_k ab}{2nA_p} \beta \quad (6.5.2-3)$$

$$\text{四边短槽连接时} \quad \tau_{pk} = \frac{q_k (2b - a) a}{4nA_p} \beta \quad (6.5.2-4)$$

式中： τ_{pk} ——挂件剪应力标准值(N/mm²)；

q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm²)，
即 w_k 或 q_{Ek} ；

- a, b ——分别为面板的短边、长边边长(mm)；
- A_p ——挂件截面面积(mm²)；
- n ——一个连接边上的挂件数量；四侧连接时，为一个长边上的挂件数量；
- β ——应力调整系数，可按表 6.5.2 采用。

表 6.5.2 应力调整系数 β

每块板材挂件个数	4	6	8
β	1.25	1.30	1.35

注：由各种作用产生的剪应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合的剪应力设计值不应超过挂件的抗剪强度设计值 f_a^v 或 f_s^v 。

- 8) 短槽连接的矩形石材面板，挂件在石板槽口边产生的剪应力标准值可按下列公式计算：

$$\text{对边开槽} \quad \tau_k = \frac{2q_k ab\beta}{n(t-c)s} \quad (6.5.2-5)$$

$$\text{四边开槽} \quad \tau_k = \frac{q_k(2b-a)a\beta}{2n(t-c)s} \quad (6.5.2-6)$$

式中： q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm²)，即 w_k 或 q_{Ek} ；

t ——面板厚度(mm)；

c ——槽口宽度(mm)；

a, b ——分别为面板的短边、长边边长(mm)；

s ——槽口剪切面总边长(mm)，可取挂件长度加上入槽深度的 2 倍；

n ——一个连接边上的挂件数量；四侧连接时，为一个长边上的挂件数量；

β ——应力调整系数，可按表 6.5.2 采用。

注：由各种作用产生的剪应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合的剪应力设计值不应超过石材面板的抗剪强度设计值 f_r^v 。

9) 短槽连接的矩形石材面板,石板槽口处产生的最大弯曲应力标准值可按下列公式计算:

$$\text{对边开槽} \quad \sigma_k = \frac{12q_k a b h}{n b_s (t - c)^2} \beta \quad (6.5.2-7)$$

$$\text{四边开槽} \quad \sigma_k = \frac{6q_k (2b - a) a h}{n b_s (t - c)^2} \beta \quad (6.5.2-8)$$

式中: t —— 面板厚度(mm);

c —— 槽口宽度(mm);

h —— 槽口受力一侧的深度(mm);

a 、 b —— 分别为面板的短边、长边边长(mm);

q_k —— 垂直于面板的风荷载或地震作用标准值(N/mm^2),
即 w_k 或 q_{Ek} ;

n —— 一个连接边上挂件的数量;四侧连接时,为一个长边上的挂件数量;

b_s —— 挂件的长度(mm);

β —— 应力调整系数,可按表 6.5.2 采用。

注:由各种作用产生的弯曲应力标准值,应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合,组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值 f_r^b 。

3 通槽连接的石板,其设计应符合下列规定:

- 1) 挂件应经计算确定;不锈钢挂件厚度不应小于 2mm,铝合金挂件厚度不应小于 3mm;
- 2) 石板开槽深度不宜小于 15mm;开槽宽度宜为 6mm 或 7mm;
- 3) 面板挂装时在槽内填嵌胶粘剂,胶粘剂应具有承载能力;
- 4) 通槽连接的矩形石材面板,当采用通长挂件时,最大弯曲应力标准值可按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = 0.75 \frac{w_k l^2}{t^2} \quad (6.5.2-9)$$

$$\sigma_{Ek} = 0.75 \frac{q_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.5.2-10)$$

式中: σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、地震作用下产生的最大弯曲应力标准值(N/mm²);

w_k 、 q_{Ek} ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值(N/mm²);

l ——面板的跨度,即支承边的距离(mm);

t ——面板厚度(mm);

注:由各种作用产生的最大弯曲应力标准值,应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合,组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值 f_r^b 。

5) 通槽连接的矩形石材面板,挂件承受的剪应力标准值可按下列公式计算:

$$\tau_k = \frac{q_k l \beta}{2 t_p} \quad (6.5.2-11)$$

式中: τ_k ——挂件剪应力标准值(N/mm²);

l ——面板的跨度,即支承边的距离(mm);

q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm²),
即 w_k 或 q_{Ek} ;

t_p ——挂件厚度(mm);

β ——应力调整系数,可按表 6.5.2 采用。

注:由各种作用产生的剪应力标准值,应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合,组合的剪应力设计值不应大于挂件材料的抗剪强度设计值 f_a^v 或 f_s^v 。

6) 通槽连接的矩形石材面板,挂件在石板槽口边产生的剪应力标准值应按下列公式计算:

$$\tau_k = \frac{2q_k l}{t - c} \quad (6.5.2-12)$$

式中: q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm^2),

即 w_k 或 q_{Ek} ;

t ——面板厚度(mm);

l ——面板的跨度,即支承边的距离(mm);

c ——槽口宽度(mm)。

注:由各种作用产生的剪应力标准值,应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合,组合的剪应力设计值不应大于石材面板的抗剪强度设计值 f_r^v 。

7) 通槽连接的矩形石材面板,石板槽口处产生的最大弯曲应力标准值可按下列公式计算:

$$\sigma_k = \frac{12q_k l h}{(t - c)^2} \quad (6.5.2-13)$$

式中: t ——面板厚度(mm);

c ——槽口宽度(mm);

h ——槽口受力一侧的深度(mm);

l ——面板的跨度,即支承边的距离(mm);

q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm^2),
即 w_k 或 q_{Ek} 。

注:由各种作用产生的弯曲应力标准值,应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合,组合的应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值 f_r^b 。

4 背栓连接的石板,其设计应符合下列规定:

- 1) 背栓连接可选择齐平式图 6.5.2-1 或间距式图 6.5.2-2 构造连接;除条状板材及小尺寸板块外,每块石材板块上背栓数量不少于 4 个,背栓螺栓直径不小于 6mm;

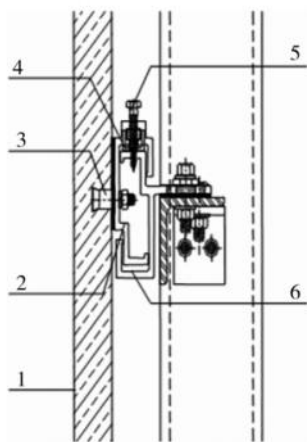


图 6.5.2-1 齐平式安装背栓

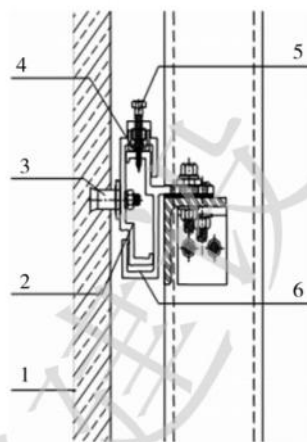


图 6.5.2-2 间距式安装背栓

1—石材面板;2—铝合金挂件;3—背栓;4—限位块;5—调节螺栓;6—挂钩支座

- 2) 背栓孔切入的有效深度不宜小于面板厚度的 0.4 倍,孔底至板面的剩余厚度不应小于 10mm,孔底应扩孔;背栓孔离石板边缘净距不宜大于面板边长的 $1/4$;背栓的间距不宜小于板厚的 5 倍;背栓孔中心至石材最近边缘的距离不宜小于 50mm;
- 3) 狭条状或小尺寸面板采用背栓固定时,背栓数量不应少于 2 颗;
- 4) 背栓螺栓安装前应检测背栓孔加工精度;严禁使用未经底部扩孔的石材面板;
- 5) 背栓支承应有防松脱构造,并有可调节余量;
- 6) 挂钩支座应采用不锈钢螺栓连接,螺栓直径不应小于 6mm,每个支座宜用 2 个螺栓连接。
- 7) 背栓连接的石材面板,最大弯曲应力标准值宜按多点支承弹性板,采用有限元方法进行分析计算;四点支承矩形面板,最大弯曲应力标准值也可按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = \frac{6m w_k l^2}{t^2} \quad (6.5.2-14)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6m q_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.5.2-15)$$

式中: σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、地震作用下产生的最大弯曲应力标准值(N/mm²);

w_k 、 q_{Ek} ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值(N/mm²);

l ——四角点支承板的长边计算边长(mm),可取两个方向上背栓中心距离的较大值;

t ——面板厚度(mm);

m ——四角点支承板在均布荷载作用下的最大弯矩系数,可按本规范附录 C 表采用。

注:由各种作用产生的最大弯曲应力标准值,应按本标准第 6.4.1 条规定进行组合,组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值 f_t^b 。

8) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下,单个背栓螺栓所受拉力标准值按下列公式计算:

$$F_t = \frac{q_k a b \beta}{n} \quad (6.5.2-16)$$

式中: F_t ——背栓螺栓所受水平拉力标准值(N);

q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm²),
即 w_k 或 q_{Ek} ;

a 、 b ——分别为面板的短边、长边边长(mm);

n ——每块面板上背栓螺栓数量;

β ——应力调整系数,可按表 6.5.2 采用。

9) 受拉时单个背栓螺栓承载力设计值 R_t 应通过荷载试验确定,材料强度安全系数取 2.5~3.0,所得设计值不应小于下列经验公式计算值;不满足时,材料强度

安全系数应取 3.5；

$$R_t = \frac{C f_k^{0.6} h_v^{1.7}}{3.0} \quad (6.5.2-17)$$

式中： f_k ——面板抗弯强度设计值(N/mm²)；

h_v ——锚固深度(mm)；

C ——材质系数，花岗岩取 17，石灰岩取 30。

注：1 小尺寸面板或条状面板，锚栓位置不满足 6.5.2 条第 4 款第 2 点的要求时，锚栓中心线至面板边缘距离不宜小于板厚的 2 倍且不小于 50mm，该背栓螺栓承载力设计值应乘以折减系数 0.50；

2 背栓螺栓尚应按净面积验算抗拉承载力并满足强度要求。

10) 背栓面板在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，剪应力标准值取以下两式计算结果的较大值：

$$\tau_k = \frac{q_k a b \beta}{n \pi (d + t - h_v)(t - h_v)} \quad (\text{正压时}) \quad (6.5.2-18)$$

$$\tau_k = \frac{q_k a b \beta}{n \pi (d + h_v) h_v} \quad (\text{负压时}) \quad (6.5.2-19)$$

式中： τ_k ——背栓螺栓处面板的剪应力标准值(N/mm²)；

q_k ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值(N/mm²)，
即 w_k 或 q_{Ek} ；

a 、 b ——分别为面板的短边、长边边长(mm)；

d ——背栓螺栓孔直径(mm)；

n ——每块面板上背栓螺栓数量；

h_v ——背栓螺栓切入孔深度(mm)；

t ——面板厚度(mm)；

β ——应力调整系数，可按表 6.5.2 采用。

注：由各种作用产生的剪应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合的剪应力设计值不应超过石材面板的抗

剪强度设计值 f_r^v 。

- 11) 背栓螺栓处于 6.5.2 条第 4 款第 9 点注 1 的位置时，面板剪应力设计值应乘以放大系数 1.50。

6.6 支承结构设计

6.6.1 横梁设计应符合下列规定：

1 横梁截面主要受力部分的公称厚度，应符合下列规定：

1) 翼缘的宽厚比应符合下列规定：

截面自由挑出部分(图 6.6.1-1)： $b/t \leq 15$

截面封闭部分(图 6.6.1-2)： $b/t \leq 30$

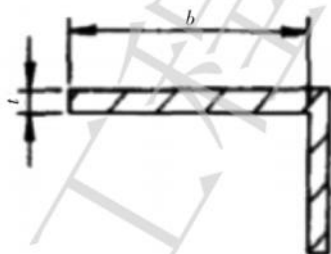


图 6.6.1-1 截面自由挑出部分的公称厚度

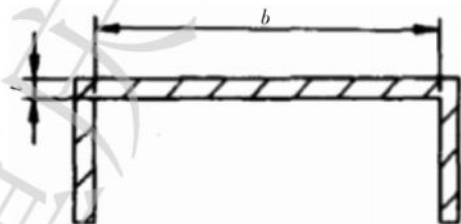


图 6.6.1-2 截面封闭部分的公称厚度

- 2) 当跨度不大于 1.2m 时，铝合金型材横梁截面主要受力部分的公称厚度不应小于 2.5mm；当横梁跨度大于 1.2m 时，其截面主要受力部分的公称厚度不应小

于 3.0mm,有螺钉连接的部分截面公称厚度不应小于螺钉公称直径。钢型材截面主要受力部分的公称厚度不应小于 3.5mm。

2 横梁的荷载应根据板材在横梁上的支承状况确定,并应计算横梁承受的弯矩和剪力;

3 幕墙的横梁截面抗弯承载力应符合下式要求:

$$\frac{M_x}{\gamma W_x} + \frac{M_y}{\gamma W_y} \leq f \quad (6.6.1-1)$$

式中: M_x ——横梁绕 x 轴(幕墙平面内方向)的弯矩设计值(N·mm);

M_y ——横梁绕 y 轴(垂直于幕墙平面方向)的弯矩设计值(N·mm);

W_x ——横梁截面绕 x 轴(幕墙平面内方向)的净截面弹性抵抗矩(mm³);

W_y ——横梁截面绕 y 轴(垂直于幕墙平面方向)的净截面弹性抵抗矩(mm³);

γ ——截面塑性发展系数,铝型材取 1.0,钢型材取 1.05;

f ——型材抗弯强度设计值(MPa)。

4 横梁截面抗剪承载力,应符合下式要求:

$$\frac{V_y S_x}{I_x t_x} \leq f_v \quad (6.6.1-2)$$

$$\frac{V_x S_y}{I_y t_y} \leq f_v \quad (6.6.1-3)$$

式中: V_x ——横梁水平方向(x 轴)的剪力设计值(N);

V_y ——横梁竖直方向(y 轴)的剪力设计值(N);

S_x ——横梁截面沿 x 轴的毛截面最大面积矩(mm³);

S_y ——横梁截面沿 y 轴的毛截面最大面积矩(mm³);

I_x ——横梁截面沿 x 轴的毛截面惯性矩(mm⁴);

I_y ——横梁截面沿 y 轴的毛截面惯性矩(mm⁴);

t_x ——横梁截面相应于 x 轴腹板的截面总厚度(mm);

t_y ——横梁截面相应于 y 轴腹板的截面总厚度(mm);

f_v ——型材的抗剪强度设计值(N/mm²)。

5 横梁的挠度值,应符合下式要求:

1) 铝型材

$$u \leq 1/180 \quad (6.6.1-4)$$

2) 钢型材

$$u \leq 1/250 \quad (6.6.1-5)$$

式中: u ——横梁的挠度(mm);

l ——横梁的跨度(mm)。

注:1 当横梁跨度大于 4500mm 时,横梁的绝对挠度不大于 30mm;

2 当有扭矩作用时还应考虑扭转作用产生的变形;

3 在自重标准值作用下,单块面板两端间局部相对挠度尚应满足《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定,即横梁挠度不大于端距的 1/500 且不大于 3mm。

6 当横梁和立柱连接采用的螺栓、螺钉或铆钉同时承受轴力和剪力时,该连接承载力应符合下式:

$$\sqrt{\left(\frac{S_v}{V_s}\right)^2 + \left(\frac{S_N}{N_s}\right)^2} \leq 1 \quad (6.6.1-6)$$

式中: S_v ——单个螺栓、螺钉、铆钉的计算剪力值(N);

S_N ——单个螺栓、螺钉、铆钉的计算轴力值(N);

V_s ——单个螺栓、螺钉、铆钉只承受剪力的承载力设计值(N);

N_s ——单个螺栓、螺钉、铆钉只承受轴力的承载力设计值(N)。

注:螺栓、螺钉、铆钉与型材连接时,应计入荷载及作用偏心产生的扭剪力;且应验算型材连接部位的抗剪、局部承压强度,并满足相应要求。

7 横梁宜通过角码、螺钉或螺栓与立柱连接,角码应能承受横梁的剪力。螺钉直径不得小于 5mm,每处连接螺钉数量不应少于 3 个,螺栓不应少于 2 个;

8 当钢横梁一端采用焊接方式与立柱连接时,另一端宜采用滑动连接;空间钢架体系构造可采用焊接方式进行连接;

9 非对称截面横梁应按斜弯曲或弯扭构件计算,开口薄壁横梁应按弯扭构件计算。

6.6.2 立柱设计应符合下列规定:

1 立柱截面的主要受力部分的公称厚度,应符合下列规定:

1) 铝合金型材截面开口部位的公称厚度不应小于 3.0mm,铝合金型材截面闭口部位的公称厚度不应小于 2.5mm,采用螺纹受力连接时螺纹连接部位截面的公称厚度不应小于螺钉的公称直径;

2) 钢型材截面主要受力部分的公称厚度不应小于 3.5mm;

3) 偏心受压的立柱,截面宽厚比应符合本标准第 6.6.1 条第 1 款的规定。

2 上下立柱之间应有不小于 15mm 的缝隙,连接方式应满足立柱变位及传力要求。当采用芯柱连接时,芯柱总长度不应小于 250mm,滑动长度不小于 120mm。芯柱与立柱应紧密接触;

3 每层设一个支承点时,立柱应按简支单跨梁或铰接多跨梁计算;每层设两个支承点时,立柱应按双跨梁或双支点铰接多跨梁计算;

4 立柱上端宜悬挂在主体结构上,其轴力应考虑幕墙板材、横梁以及立柱的重力荷载值;

5 承受轴向拉力和弯矩作用的立柱,其承载力应符合下列公式要求:

$$\frac{N}{A_0} + \frac{M}{\gamma W} \leq f \quad (6.6.2-1)$$

式中: N ——立柱轴力设计值(N);

M ——立柱弯矩设计值($N \cdot mm$);

A_0 ——立柱净截面面积(mm^2);

W ——在弯矩方向作用的净截面弹性抵抗矩(mm^3);

γ ——截面塑性发展系数, 铝型材取 1.0, 钢型材取 1.05;

f ——型材强度设计值 f_a 或 f_s (N/mm^2)。

6 承受轴压力和弯矩作用的立柱, 其在弯矩平面内的稳定性应符合下列公式要求:

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{\gamma W(1 - 0.8N/N_E)} \leq f \quad (6.6.2-2)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{1.1\lambda^2} \quad (\text{用于钢构件}) \quad (6.6.2-3)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{1.2\lambda^2} \quad (\text{用于铝构件}) \quad (6.6.2-4)$$

$$\lambda = \frac{l}{i} \quad (6.6.2-5)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (6.6.2-6)$$

式中: N ——立柱轴压力设计值(N);

N_E ——临界轴压力(N);

M ——立柱最大弯矩设计值($N \cdot mm$);

φ ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数, 可按表 6.6.2 采用;

A ——立柱毛截面面积;

W ——在弯矩作用方向上较大受压侧的毛截面抵抗矩(mm^3);

λ ——长细比; 承受轴压力和弯矩作用的立柱, 其长细比 λ 不宜大于 150;

l ——计算长度(mm), 两端简支 $l=L$, 一端简支一端固结

$l=0.7L$, 两端固结 $l=0.5L$, 悬臂式立柱 $l=2L$, L 为立柱支承长度;

i ——截面回转半径(mm);

γ ——截面塑性发展系数, 铝型材取 1.0, 钢型材取 1.05;

f ——型材强度设计值 f_a 或 f_s (N/mm^2);

I ——受弯平面内的截面惯性矩(mm^4)。

表 6.6.2 轴心受压柱的稳定系数(φ)

长细比或特征值	铝型材		钢型材	
钢:长细比 λ	6060-T5	6061-T6	Q235	Q355
铝: $\lambda \sqrt{\frac{f_{0.2}}{240}}$	6063-T5	6063-T6		
	6063A-T5	6063A-T6		
20	0.90	0.95	0.97	0.96
40	0.73	0.82	0.90	0.88
60	0.51	0.58	0.81	0.73
80	0.34	0.38	0.69	0.58
90	0.28	0.31	0.62	0.50
100	0.23	0.25	0.56	0.43
110	0.20	0.21	0.49	0.37
120	0.17	0.18	0.44	0.32
130	0.15	0.16	0.39	0.28
140	0.13	0.14	0.35	0.25
150	0.11	0.12	0.31	0.21

注: $f_{0.2}$ ——铝合金材料的规定非比例伸长应力, 也称名义屈服强度。

7 立柱由风荷载标准值和地震作用标准值产生的挠度 u 应按本标准第 6.6.2 条第 3 款的规定计算, 并应符合下列要求:

1) 铝型材

$$u \leqslant 1/180 \quad (6.6.2-7)$$

2) 钢型材

$$u \leq 1/250 \quad (6.6.2-8)$$

式中: u ——挠度(mm);

l ——支承点间的距离(mm)。

8 立柱应采用螺栓与转接件连接,并再通过转接件与埋件或钢构件连接。螺栓直径不应小于 10mm,连接螺栓应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定进行承载力计算。立柱与角码采用不同金属材料时应采用绝缘垫片分隔。

6.7 幕墙与主体结构连接设计

6.7.1 新建幕墙应优先考虑使用预埋件与主体结构进行连接。

6.7.2 连接件与主体结构的锚固强度应大于连接件本身承载力设计值。与连接件直接相连接的主体结构件,其承载力应大于连接件承载力;与幕墙立柱相连的主体混凝土构件的混凝土强度等级不宜低于 C30。

6.7.3 连接件应进行承载力计算,受力的螺栓,每处不得少于 2 个。连接件的螺栓、焊缝强度和局部承压计算,应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

6.7.4 采用螺栓连接的幕墙构件,应采取可靠的防松动和防滑移措施;采用挂接或插接的幕墙构件,应采取可靠的防滑移和防脱离措施;横梁应采取可靠的防扭转措施。

6.7.5 当立柱与主体结构间留有较大间距时,可在幕墙与主体结构之间设置过渡钢构架,钢构架与主体结构应可靠连接,幕墙与钢构架也应可靠连接。铝合金立柱与钢构架连接,应计入温度变化时两者变形差异产生的影响。

6.7.6 平板预埋件设计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。

6.7.7 槽式预埋件设计应符合现行国家标准《建筑幕墙用槽式预埋组件》GB/T 38525、《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土

结构设计规范》GB 50010 的有关规定,并应通过现场拉拔试验,验证其承载力。

6.7.8 后置锚栓与锚板连接时,应采取有效措施防止锚栓和锚板间的相对滑移,并满足承载力要求。

6.7.9 后置埋件用锚栓应按照现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定进行,并应符合下列要求:

1 后置埋件用锚栓埋置深度无法满足时优先采用对穿螺栓,可选用自扩底锚栓、模扩底锚栓和化学锚栓;

2 锚栓直径和数量应经计算确定;锚栓直径不小于 10mm,每个后置埋件上不得少于 2 个锚栓;

3 就位后需焊接作业的后置埋件宜使用机械扩底锚栓;如采用化学锚栓,焊接时应采取措施防止化学锚栓受热失效,应进行焊接后承载力实验;

4 倒置安装的锚栓不宜采用化学锚栓。

7 加工制作

7.1 一般规定

7.1.1 加工幕墙构件的设备、机具应满足幕墙构件加工精度的要求,且应按相关规定进行计量检定和校准。

7.1.2 单元式幕墙的构件、组件和配件宜在工厂内加工和组装完成;成品或者半成品出厂时,均应附有合格证书。

7.1.3 预埋件外露面应进行防腐处理。

7.2 铝型材构件

7.2.1 铝合金构件的加工应符合下列要求:

1 铝合金型材截料之前应检查弯曲度、扭拧度、直线度,不应使用超差的铝型材;横梁长度允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$,立柱长度允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$,端头斜度的允许偏差为 $-15'$ (图 7.2.1-1、图 7.2.1-2);

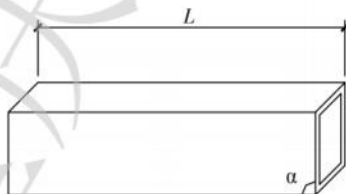


图 7.2.1-1 直角截料

L —长度; α —角度

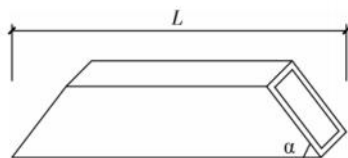


图 7.2.1-2 斜角截料

L — 长度; α — 角度

- 2 截料端头不应有加工变形,并应去除毛刺;
- 3 有装配要求的孔位的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$;孔距的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$,孔距累计允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。其他特殊要求的孔位应符合设计要求;
- 4 铆钉的通孔尺寸偏差应符合现行国家标准《紧固件 铆钉用通孔》GB 152.1 的有关规定;
- 5 沉头螺钉的沉孔尺寸允许偏差应符合现行国家标准《紧固件 沉头螺钉用沉孔》GB/T 152.2 的有关规定;
- 6 圆柱头、螺栓的沉孔尺寸允许偏差应符合现行国家标准《紧固件 圆柱头用沉孔》GB 152.3 的有关规定;
- 7 螺纹的加工应符合相关规范和设计要求,螺丝孔的加工应符合设计要求。

7.2.2 幕墙铝合金构件中槽、豁、榫的加工应符合下列要求:

- 1 铝合金构件槽口尺寸(图 7.2.2-1)允许偏差应符合表 7.2.2-1 的要求;

表 7.2.2-1 槽口尺寸允许偏差

单位: mm

项目	a	b	c
允许偏差	+0.5	+0.5	± 0.5

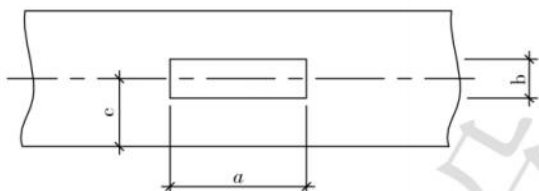


图 7.2.2-1 槽口示意图

2 铝合金构件豁口尺寸(图 7.2.2-2)允许偏差应符合表 7.2.2-2 的要求;

表 7.2.2-2 豁口尺寸允许偏差

单位:mm

项目	a	b	c
允许偏差	+0.5	+0.5	±0.5

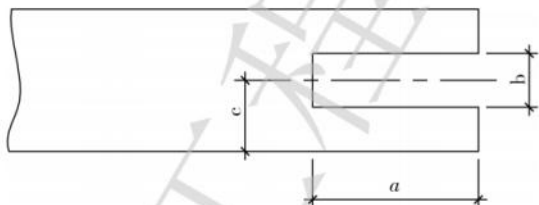


图 7.2.2-2 豁口示意图

3 铝合金构件榫头尺寸(图 7.2.2-3)允许偏差应符合表 7.2.2-3 的要求。

表 7.2.2-3 榫头尺寸允许偏差

单位:mm

项目	a	b	c
允许偏差	-0.5	-0.5	±0.5

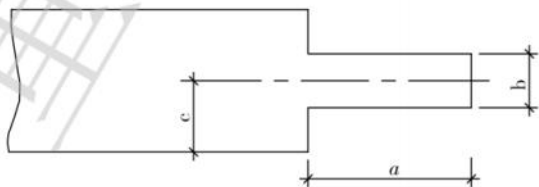


图 7.2.2-3 榫头示意图

7.2.3 幕墙铝合金构件弯加工应符合下列要求：

- 1 铝合金构件宜采用拉弯设备进行弯加工；
- 2 外露构件弯加工后的表面应光滑，不得有皱折、凹凸、裂纹；
- 3 非外露构件加工后应表面平整，不得有影响其性能的缺陷。

7.3 钢构件

7.3.1 钢构件主要包括幕墙的立柱、横梁、埋件、连接件和支承件等，钢构件的加工质量应满足设计要求，钢构件的加工、表面涂装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

7.3.2 钢构件焊接、螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《钢结构焊接规范》GB 50661 等的有关规定。

7.3.3 平板型预埋件加工精度应符合下列要求：

- 1 锚板边长允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ；
- 2 锚筋长度的允许偏差为 $+10\text{mm}$ ；两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度的允许偏差为 -5mm ；
- 3 圆锚筋的中心线位置允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ；
- 4 锚筋与锚板面的垂直度允许偏差为 $l_s/30$ (l_s 为锚固钢筋长度，单位为 mm)。

7.3.4 槽型预埋件加工精度应符合下列要求：

- 1 预埋件长度、宽度和厚度允许偏差分别为 $+10\text{mm}$ 、 $+5\text{mm}$ 和 $+3\text{mm}$ ；
- 2 槽口尺寸的允许偏差为 $+1.5\text{mm}$ ；
- 3 锚筋或锚爪长度允许偏差为 $+5\text{mm}$ ；
- 4 锚筋或锚爪中心线位置允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ ；

5 锚筋或锚爪与槽板的垂直度允许偏差为 $l_s/30$ (l_s 为锚固钢筋或锚爪长度,单位为 mm);

6 碳素钢槽型预埋件应进行防腐处理。

7.3.5 幕墙的连接件、支承件的加工精度应符合下列要求:

1 连接件、支承件外观应平整,不得有裂纹、毛刺、凹凸、翘曲、变形等缺陷;

2 连接件、支承件加工尺寸(图 7.3.5)允许偏差应符合表 7.3.5 的要求。

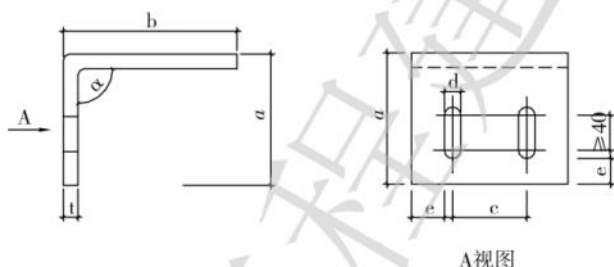


图 7.3.5 连接件、支承件尺寸示意图

表 7.3.5 连接件、支承件尺寸允许偏差

项目	允许偏差	项目	允许偏差
连接件高 a	$+5\text{mm}, -2\text{mm}$	边距 e	$+1.0\text{mm}$
连接件长 b	$+5\text{mm}, -2\text{mm}$	壁厚 t (计算值)	$+1.0\text{mm}$
孔距 c	$\pm 1.0\text{mm}$	弯曲角度 α	$\pm 2^\circ$
孔宽 d	$+0.5\text{mm}$		

7.4 金属类面板

7.4.1 金属板材加工允许偏差应符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 金属板材加工允许偏差

单位: mm

项目		允许偏差
边长	≤ 2000	± 2.0
	> 2000	± 2.5
对边尺寸	边长 ≤ 2000	$+2.5$
	边长 > 2000	$+3.0$
对角线长度	长度 ≤ 2000	$+2.5$
	长度 > 2000	$+3.0$
折弯高度		$+1.0$
平面度		$+2/1000$
孔的中心距		± 1.5

7.4.2 单层铝板加工应符合下列规定:

1 单层铝板折弯加工时,折弯外圆弧半径不应小于板厚的1.5倍;采用开槽折弯时,应控制刻槽深度,保留的铝材厚度不应小于1.0mm,并在开槽部位采取有效的加强措施;

2 单层铝板加强肋的固定可采用焊栓钉、结构胶粘结,但应确保铝板外表面不变形、不褪色、固定牢固;加强肋与金属板折边应机械连接或焊接;

3 单层铝板的固定耳板应符合设计要求,固定耳板与金属板折边应采用机械连接,若金属板无折边,可采用焊接、铆接或螺栓连接在铝板上。耳板应位置准确、调整方便、固定牢固;铆接时宜采用不锈钢抽芯铆钉或实芯铝铆钉;

4 单层铝板折边的角部应相互连接并有效密封。

7.4.3 铝复合板的加工应符合下列规定:

1 铝复合板的加工应机械刨槽,机械刨槽不应伤及面板;

2 铝复合板的刨槽折边应采取有效加强措施;

3 铝复合板的打孔、切口等外露的芯材及角缝,应进行有效密封。

7.4.4 蜂窝铝板的加工应符合下列规定：

- 1 厚度不大于 1mm 的面板和底板不宜刨槽；
- 2 弯弧蜂窝铝板折边宜辊边工艺，若需铣缺，连接强度需满足设计要求；
- 3 蜂窝铝板折边与折边交接处宜加强处理；
- 4 蜂窝铝板的内板折边和外板折边间隙宜进行有效密封。

7.4.5 铝锥芯复合板的加工应符合下列规定：

- 1 铝锥芯复合板应采用机械刨槽，机械刨槽不应伤及面板；
- 2 在切割铝锥芯复合板内层铝板和芯材时，不得划伤外层铝板的内表面；
- 3 打孔、切口等外露的芯材及角缝，应进行有效密封。

7.4.6 不锈钢板加工时应符合下列规定：

- 1 不锈钢板折弯加工时，折弯外圆弧半径不应小于板厚的 2 倍；开槽折弯时，应严格控制刻槽深度并在开槽部位采取加强措施；
- 2 不锈钢板加强肋焊栓钉固定时，应使不锈钢板外表面不变形、不变色、固定可靠；
- 3 不锈钢板加强肋端部与面板折边相交处应机械连接或焊接。

7.5 石材类面板

7.5.1 石材类面板的加工应符合下列规定：

- 1 石材类面板的尺寸偏差应符合现行国家标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》GB/T 19766、《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452 和《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453 等有关一等品或优等品的有关规定；
- 2 镜面石材的光泽度应符合现行国家标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601 和《天然大理石建筑板材》GB/T 19766 的有

关规定。同一工程中镜面石材光泽度的差异应符合设计要求；

3 火烧板应按样板检查火烧后的均匀程度,火烧石严禁有暗纹、崩裂现象。

7.5.2 石材面板的加工应符合下列规定：

- 1 石材面板连接部位应无缺棱、缺角、裂纹等缺陷；
- 2 石材面板正面宜采用倒角处理,不宜小于 $2 \times 45^\circ$ ；
- 3 石材面板的端面可视时,石材厚度偏差不大于 0.5mm。

7.5.3 石材面板的开槽打孔应符合下列规定：

- 1 石材面板开槽、打孔后不得有损坏或崩裂现象,应进行孔壁、槽口的清洁处理,槽口应打磨成 45° 倒角；
- 2 应采用机械开槽,开槽锯片的直径不宜大于 350mm,宜采用水平推进方式开槽；
- 3 槽口长度方向的中位线与石材面板正面的偏差不宜大于 1mm；
- 4 石材面板槽口其它项目加工的允许偏差应符合表 7.5.3 的要求。

表 7.5.3 石材面板开槽加工允许偏差

单位: mm

项目 \ 槽口类型	短槽	通槽
槽口深度	± 1.5	± 1.5
槽口有效长度	± 2.0	—
槽口宽度	± 0.5	± 0.5
相邻槽口中心距	± 2.0	—

7.5.4 背栓连接式石材面板的加工,应符合下列规定：

- 1 背栓孔直径允许偏差 ± 0.4 mm,长度允许偏差 ± 1.0 mm,直线度公差为 1mm；
- 2 背栓孔宜采用专用钻孔机械成孔及专用测孔器检查,背栓孔允许偏差应符合表 7.5.4 要求。

表 7.5.4 背栓孔加工允许偏差

单位:mm

项目	直孔		扩孔		孔位	孔距	孔位到短边的距离
	直径	孔深	直径	孔深			
允许偏差	-0.2,+0.4	±0.3	±0.3	±0.2	±0.5	±1.0	最小 50

7.5.5 石材面板的防护应符合下列规定:

- 1 应根据石材面板的种类、污染源的类型合理选用石材防护剂;
- 2 石材面板防护处理宜在工厂进行;
- 3 防护工作应在洁净环境中进行,温度、湿度条件应符合防护剂的技术要求。

7.5.6 石材面板出厂前应进行编号。

7.6 单元式构件

7.6.1 加工单元式幕墙应对各板块进行编号。

7.6.2 单元板块的构件连接应可靠,缝隙需密封处宜采用硅酮耐候密封胶密封。

7.6.3 单元板块组装完成后,工艺孔宜封堵,通气孔及排水孔应畅通。

7.6.4 单元组件框加工制作允许偏差应符合表 7.6.4 的规定。

表 7.6.4 单元组件框加工制作允许尺寸偏差

单位:mm

序号	项目		允许偏差	检查方法
1	框边长	≤ 2000	± 1.5	金属直尺或板尺
		> 2000	± 2.0	
2	分格边长	≤ 2000	± 1.5	金属直尺或板尺
		> 2000	± 2.0	
3	对角线长度差	长度 ≤ 2000	± 2.5	金属直尺或板尺
		长度 > 2000	± 3.5	

续表7.6.4

序号	项目	允许偏差	检查方法
4	接缝高低差	± 0.5	游标深度尺
5	接缝间隙	± 0.5	塞片
6	框面划伤	长度 $\leq 50\text{mm}$, 1m 范围外目视不明显; 划伤间距 $\geq 500\text{mm}$ 且 1 支型材上不超过 3 处且总长不大于 100mm	
7	框料擦伤	1m 范围外目视不明显, 面积 $\leq 25\text{mm}^2$, 缺陷间距 $\geq 500\text{mm}$ 。1 支型材上不超过 3 处且总面积不大于 200mm ²	

7.6.5 组件装配允许偏差应符合表 7.6.5 的规定。

表 7.6.5 单元组件组装允许偏差

单位: mm

序号	项目	允许偏差	检查方法
1	组件长度、宽度	≤ 2000	金属直尺
		> 2000	
2	组件对角线长度差	长度 ≤ 2000	金属直尺
		长度 > 2000	
3	接缝高低差	± 0.5	游标深度尺
4	胶缝宽度	$+1.0$	卡尺或金属直尺
5	胶缝厚度	$+0.5$	卡尺或金属直尺
6	各搭接量(与设计值比)	$+1.0$	金属直尺
7	组件平面度	± 1.5	1m 靠尺
8	组件内镶板间接缝宽度(与设计值比)	± 1.0	塞尺

7.6.6 采用螺钉连接单元组件框时,每处螺钉不应少于 3 个,直径不应小于 5mm,拧入深度不应小于 35mm;螺钉连接部位应采用硅酮建筑密封胶做好密封处理。

8 安装施工

8.1 一般规定

8.1.1 幕墙施工单位应编制专项施工方案。超过一定规模时，专项施工方案必须经过专家论证。

8.1.2 幕墙施工过程中应及时建立技术资料档案。

8.1.3 幕墙工程的施工测量应符合下列要求：

1 幕墙分格轴线的测量应与主体结构测量相配合，及时调整、分配、消化测量偏差；

2 应定期对幕墙的安装定位基准进行校核；

3 高层建筑幕墙的测量，应在风力不大于4级时进行。

8.1.4 幕墙安装过程中，应及时对半成品、成品进行保护；在构件存放、搬运、吊装时应轻拿轻放，不得碰撞、损坏和污染构件。

8.1.5 幕墙焊接作业，应对受影响的幕墙构件采取有效的保护措施；施焊后应对受到焊接影响的部位进行表面防腐处理。

8.1.6 幕墙面板的清洗液，应对环境无污染，且不腐蚀幕墙材料。

8.2 安装施工准备

8.2.1 安装施工前，幕墙施工单位应会同土建施工单位检查现场作业面情况、运输路线、临时堆放场地、脚手架和起重运输设备，确认是否具备幕墙安装施工条件。

8.2.2 材料储存时应依照安装顺序排列，储存架应有足够的承载能力。在室外储存时应采取保护措施。

8.2.3 单元式幕墙的吊装准备应符合下列要求：

- 1 应根据单元板块的规格、重量及安装方法选择适当的吊装机具，吊装机具应与主体结构可靠连接；
- 2 应对吊装机具进行全面的质量和安检验；
- 3 应校核吊装机具安装位置的主体结构承载能力；
- 4 宜通过合理的吊具设计使单元板块在吊装过程中不承受水平方向分力，并减小摆动；
- 5 吊装机具运行速度应可控制，并有安全保护措施。

8.3 预埋件、后锚固连接件

8.3.1 幕墙与主体结构连接的预埋件施工应符合下列规定：

- 1 预埋件安装前应按照幕墙的设计分格尺寸用测量仪器定位；
- 2 埋设时，应采取措施防止混凝土浇筑和振捣时埋件发生移位，保持埋件位置准确；
- 3 预埋件的位置偏差应满足设计要求。设计无要求时，预埋件的标高允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ ，水平允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ，表面进出允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ ；
- 4 有防雷接地要求的预埋件，锚筋必须与主体结构的接地钢筋有效连接，其搭接长度应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的有关规定；
- 5 安装连接件前应清理预埋件。

8.3.2 采用后置埋件时，锚栓孔的位置应符合设计要求。锚栓孔的直径、孔深和形状应符合锚栓产品和设计要求的规定，并不得损伤主体结构的钢筋。

8.3.3 扩底机械锚栓安装孔必须清理干净。

8.3.4 化学锚栓的安装应符合下列规定：

- 1 化学锚栓的表面应干燥、洁净无油污，锚栓孔宜采用毛刷

和压缩空气等方法将孔壁的粉尘清理干净；

2 锚固胶容器无破损、药剂凝固等异常现象，放置方向和位置应符合产品要求；

3 螺杆安装时，宜采用专用工具，将螺杆旋转插入孔底。螺杆到达孔底后，应及时停止旋转；

4 螺杆安装完成后，应采取有效措施固定螺杆，防止螺杆松动、移位，并随时检查锚固胶固化是否正常。待锚固胶完全固化后，方可施加荷载。

8.3.5 后置锚板的安装允许偏差应符合表 8.3.5 的规定。

表 8.3.5 后置锚板的安装允许偏差 单位:mm

项目	允许偏差
标高	±10
平面位置	±20

注：设计有要求时，应符合设计要求。

8.3.6 后置锚栓安装完成后，应进行现场承载力试验并符合设计要求。

8.4 构件式幕墙

8.4.1 幕墙立柱的安装应符合下列要求：

1 幕墙立柱安装轴线的允许偏差为 2mm；

2 相邻两根幕墙立柱安装标高差不应大于 3mm，同层幕墙立柱最大标高差不应大于 5mm；相邻两根幕墙立柱固定点距离的允许偏差为±2mm；

3 幕墙立柱安装就位、调整后应及时紧固。

8.4.2 幕墙横梁的安装应符合下列要求：

1 幕墙横梁应安装牢固。横梁与立柱间留有伸缩间隙时，其尺寸应满足设计要求；

2 同一根横梁两端或相邻两根横梁端部的水平标高差不应大于 1mm。同层横梁最大标高偏差：当一幅幕墙宽度不大于 35m 时，可取 5mm；当一幅幕墙宽度大于 35m 时，可取 7mm；

3 幕墙横梁安装完成一层后，应及时进行检查、校正和固定。

8.4.3 幕墙其他构件安装应符合下列要求：

1 隔热、防火和保温材料应铺设平整、可靠固定，拼接处不应留缝隙；

2 通气槽、孔及排水出口等应按设计要求施工。

8.4.4 构件式幕墙安装允许偏差应符合表 8.4.4 的规定。

表 8.4.4 构件式幕墙安装允许偏差

单位：mm

项目	尺寸范围	允许偏差	检查方法
幕墙垂直度	$H \leq 30\text{m}$	≤ 10.0	经纬仪
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	≤ 15.0	
	$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	≤ 20.0	
	$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	≤ 25.0	
	$H > 150\text{m}$	≤ 30.0	
幕墙水平度	——	≤ 3.0	水平仪
面板立面垂直度	——	≤ 3.0	垂直检测尺、水平仪
相邻板块板角错位	——	≤ 1.0	钢板尺
阴阳角方正	——	≤ 2.0	直角检测尺
接缝直线度	——	≤ 3.0	拉 5.0m 线，不足 5.0m 拉通线，用钢板尺检查
接缝高低差	——	≤ 1.0	钢板尺、塞尺
接缝宽度	——	≤ 1.0	钢板尺

注：H 为幕墙总高度。

8.4.5 金属面板幕墙安装应符合下列要求：

1 对横、竖连接件进行检查、测量和调整，减少金属板块的

安装误差；

- 2 按照设计要求安装金属板块,调整完毕后进行固定。

8.4.6 石材面板安装应符合下列要求：

- 1 石材面板表面防护应符合设计要求；
- 2 根据连接方式确定石材面板的安装顺序,安装后进行固定；
- 3 石材幕墙挂件安装允许偏差应符合表 8.4.6 的要求。

表 8.4.6 石材幕墙挂件安装允许偏差 单位:mm

项目	允许偏差	检查方法
挂件水平位置	≤ 1.0	水平仪
挂件标高	± 1.0	水平仪、水平尺
挂件前后水平标高差	≤ 1.0	水平尺
挂件挂钩中心线与石板槽口中心线差	≤ 2.0	金属直尺
挂件入槽深度(与设计值比)	± 2.0	金属直尺
背栓挂件钩尖至背栓中心线距离	± 1.0	金属直尺
背栓挂件与支座搭接(与设计值比)	± 1.0	金属直尺

8.4.7 硅酮建筑密封胶现场施工不宜在夜晚、雨天、雾天施工,注胶温度、湿度应符合产品和设计要求,注胶前应使注胶面保持清洁、干燥。

8.5 单元式幕墙

8.5.1 单元板块运输应符合下列要求：

- 1 运输前应对单元板块做好成品保护,并按顺序摆放平稳减小板块或型材变形；
- 2 装卸和运输过程中,应采用有足够承载力的周转架,并选用合适的衬垫,使单元板块之间相互隔开并相对固定,防止划伤、

相互挤压和串动；

3 超过运输允许尺寸的单元板块，应采取特殊运输措施。

8.5.2 在场内堆放单元板块时，应符合下列要求：

1 宜设置专用堆放场地，且存放在周转架上，并应有安全保护措施；露天存放时应采取必要的防护措施；

2 应按照安装顺序先出后进的原则按编号排列放置。

8.5.3 单元板块起吊和就位应符合下列要求：

1 单元板块的吊点和挂点不应少于 2 个，且应满足设计要求。必要时可增设吊点加固措施，并进行试吊装；

2 起吊单元板块时，应使各吊点均匀受力，起吊过程应保持单元板块平稳；

3 单元板块就位时，应先将其挂到主体结构的挂点上，再进行其他工序；板块未固定前，不得拆除吊具；

4 实施吊装作业时，起吊单元板块的重量不应超过吊具起重重量和接料平台的承载能力。

8.5.4 施工中如果暂停安装，应对板块的对插槽口等部位进行保护。

8.5.5 单元式幕墙安装允许偏差应符合表 8.5.5 的规定。

表 8.5.5 单元式幕墙安装允许偏差

单位：mm

项目		允许偏差	检查方法
竖缝及墙面垂直度	$H \leq 30\text{m}$	≤ 10.0	激光仪或经纬仪
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	≤ 15.0	
	$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	≤ 20.0	
	$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	≤ 25.0	
	$H > 150\text{m}$	≤ 30.0	
幕墙平面度		≤ 2.5	2m 靠尺、塞尺
竖缝直线度		≤ 2.5	2m 靠尺、塞尺、钢板尺

续表8.5.5

项目		允许偏差	检查方法
横缝直线度		≤ 2.5	2m 靠尺、塞尺、钢板尺
拼缝宽度(与设计值比)		± 2.0	钢板尺
相邻面板表面高低差		≤ 1.0	塞尺、钢板尺
同层单元板块标高差	宽度 $\leq 35\text{m}$	≤ 3.0	激光仪或经纬仪
	宽度 $> 35\text{m}$	≤ 5.0	
两组件对插件接缝搭接长度(与设计值比)		± 1.0	卡尺
两组件对插件距槽底距离(与设计值比)		± 1.0	卡尺

注: H 为幕墙总高度。

8.5.6 单元式幕墙连接件安装允许偏差应符合表 8.5.6 的规定。

表 8.5.6 连接件安装允许偏差

单位: mm

项目	允许偏差	检查方法
标高	± 1.0 (可上下调节时 ± 2.0)	水准仪
连接件两端点平行度	≤ 1.0	钢卷尺
距安装轴线水平距离	≤ 1.0	钢卷尺
垂直偏差(上、下两端点与垂线偏差)	± 1.0	垂线、钢卷尺
两连接件连接点中心水平距离	± 1.0	钢卷尺
两连接件上、下端对角线差	± 1.0	钢卷尺
相邻三连接件(上下、左右)偏差	± 1.0	钢卷尺

8.6 安全规定

8.6.1 幕墙的安装施工应符合现行国家及行业标准《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB 51210、《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 和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 等的有关规定。

8.6.2 安装施工机具在使用前,应进行全面安全检查。

8.6.3 采用外脚手架或吊篮施工,应按照审批后的专项施工方案实施。脚手架施工应符合相关标准的规定,吊篮施工应符合现行国家标准《高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术规程》JB/T 11699 的有关规定。

8.6.4 现场焊接作业时,应采取可靠的防火措施。

9 工程验收

9.1 一般规定

9.1.1 幕墙工程应进行材料进场验收、隐蔽工程验收和工程竣工验收。

9.1.2 幕墙工程检验批应按下列规定划分：

1 相同设计、材料、工艺和施工条件的幕墙工程每 1000m^2 应划分为一个检验批，不足 1000m^2 也应划分为一个检验批。每个检验批每 100m^2 应至少抽查一处，每处不得小于 10m^2 ；

2 对于异形或有特殊要求的幕墙，检验批的划分应根据幕墙的结构、工艺特点及幕墙工程的规模，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

9.2 材料进场验收

9.2.1 幕墙工程材料、半成品和构配件进场验收应检查下列文件资料：

1 幕墙工程所用各种材料、五金配件、构配件及组件的产品合格证书、性能检测报告及复验报告等；

2 幕墙工程所用硅酮结构密封胶的邵氏硬度、标准条件拉伸粘结强度以及认定证书和抽查合格证明；进口硅酮结构密封胶的商检证；有相应资质的检测机构出具的硅酮结构密封胶相容性和剥离粘结性试验报告；双组分硅酮结构密封胶的混匀性试验、拉断试验记录、剥离粘结性试验；打胶养护环境温度、湿度记录；石材用密封胶的耐污染性检验报告；

3 幕墙工程用硅酮耐候密封胶其性能应符合现行国家标准的有关规定。

9.2.2 幕墙工程进场的各类材料和构配件应按要求进行进场验收、抽样复检,并做好进场验收记录。

9.2.3 材料现场复检,应将同一厂家生产的同一型号、规格、批号的材料作为一个检验批,每批应随机抽取 3%且不得少于 5 件。当有一个试样不符合要求时,应加倍复检;仍有不合格构件时,应全数复检。

9.2.4 幕墙的新材料新技术,应按相关规定进行幕墙性能复检,并提交相应的复检报告。

9.3 隐蔽工程验收

9.3.1 幕墙施工过程中应按照检验批进行隐蔽工程验收,并做好隐蔽验收记录。幕墙的隐蔽工程验收项目及部位宜包括下列内容:

- 1 预埋件或后置埋件;
- 2 幕墙构件与主体结构的连接、构件间连接;
- 3 幕墙四周的封堵、幕墙与主体结构间的封堵;
- 4 幕墙变形缝及转角构造;
- 5 幕墙防雷连接构造;
- 6 幕墙防火构造节点;
- 7 幕墙的防水、保温隔热构造;
- 8 单元板挂件与连接件的安装;
- 9 单元板块顶部的过桥连接板安装。

9.3.2 隐蔽工程验收按照总数的 5%抽样检查,且每类节点不少于 3 个;锚栓外观应按 5%抽样检查,且每类锚栓不得少于 10 套;锚栓现场荷载试验应按 5000 个为一个检验批,不足 5000 个按一个检验批计算,每批抽检 3 根。

9.3.3 金属幕墙一般项目可按表 9.3.3 进行抽查验收。

表 9.3.3 金属幕墙安装质量要求

单位: mm

序号	项目		允许偏差	可选用工具
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	≤ 10	经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	≤ 15	
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	≤ 20	
		$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	≤ 25	
		$H > 150\text{m}$	≤ 30	
2	幕墙水平度	层高 $\leq 3\text{m}$	≤ 3.0	水平仪
		层高 $> 3\text{m}$	≤ 5.0	
3	幕墙表面平整度		≤ 2.0	2m 靠尺, 塞尺
4	面板立面垂直度		≤ 3.0	垂直检测尺
5	面板上沿水平度		≤ 2.0	1m 水平尺, 钢板尺
6	相邻板材板角错位		≤ 1.0	钢板尺
7	阴阳角方正		≤ 2.0	直角检测尺
8	接缝直线度		≤ 3.0	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用钢板尺检查
9	接缝高低差		≤ 1.0	钢板尺, 塞尺
10	接缝宽度		≤ 1.0	钢板尺

9.3.4 石材幕墙一般项目可按表 9.3.4 进行抽查验收。

表 9.3.4 石材幕墙安装质量要求

单位: mm

序号	项目		允许偏差		检查方法
			光面	麻面	
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	≤ 10		经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	≤ 15		
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	≤ 20		
		$H > 90\text{m}$	≤ 25		
2	幕墙水平度		≤ 3.0		水平仪

续表9.3.4

序号	项目	允许偏差		检查方法
		光面	麻面	
3	板块立面垂直度	≤ 3.0		水平仪
4	板块上沿水平度	≤ 2.0		1m 水平尺, 钢板尺
5	相邻板块板角错位	≤ 1.0		钢板尺
6	幕墙表面平整度	≤ 2.0	≤ 3.0	垂直检测尺
7	阴阳角方正	≤ 2.0	≤ 4.0	直角检测尺
8	接缝直线度	≤ 3.0	≤ 4.0	拉 5m 线, 不足 5m 通线, 用钢板尺检查
9	接缝高低差	≤ 1.0	—	钢板尺, 塞尺
10	接缝宽度	≤ 1.0	≤ 2.0	钢板尺

9.4 工程竣工验收

9.4.1 幕墙工程竣工验收前应将幕墙表面清洗干净。

9.4.2 工程竣工验收时,除检查本标准第 9.2 节和 9.3 节规定的技术资料外,还应提供下列技术资料:

1 幕墙工程的设计说明、施工图、结构计算书、热工性能计算书、设计变更文件和建筑设计单位对幕墙工程设计的确认意见及其它设计文件;

2 幕墙工程所用材料、构件、组件、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检验报告、进场验收记录和复验报告;

3 后置埋件和槽式埋件的现场抗拉性能检验报告;

4 幕墙的气密性能、水密性能、抗风压性能、层间变形性能检测报告及其他设计要求的性能检测报告;

5 注胶、养护环境的温度、湿度记录;双组分硅酮结构密封胶的混匀性试验记录、拉断试验记录;

- 6 幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；
 - 7 隐蔽工程验收记录；
 - 8 幕墙构件、组件和面板的加工制作检验记录；
 - 9 幕墙安装施工记录；
 - 10 现场淋水、盛水试验记录
 - 11 其他质量保证资料。
- 9.4.3 幕墙观感检查应按不同构造抽查 5%，且总数不少于 10 个；竖向构件或拼缝、横向构件或拼缝各抽查 5%，且不应少于 3 条；开启部位应按种类各抽查 5%，且每一种类不应少于 3 樘。
- 9.4.4 石材幕墙面板安装牢固可采用幕墙石材面板支承牢固度检测方法检测，参照附录 D 的规定执行。
- 9.4.5 幕墙工程观感检查应符合下列规定：
- 1 幕墙外露型材、装饰条及遮阳装置的规格、造型符合设计要求，横平竖直，无毛刺、伤痕和污垢；
 - 2 幕墙的胶缝、接缝均匀，横平竖直。密封胶灌注密实、连续，表面光滑无污染。橡胶条镶嵌密实平整；
 - 3 幕墙型材、面板镀膜无脱落现象，颜色均匀；
 - 4 幕墙无渗漏现象；
 - 5 变形缝处理应符合设计要求；
 - 6 应急救援窗的标识明显。

10 维护保养

10.1 一般规定

10.1.1 幕墙工程竣工验收后,幕墙施工企业应向安全维护责任人提供《幕墙使用维护说明书》,说明书应包括下列内容:

- 1 幕墙的设计依据、主要性能参数及设计工作年限;
- 2 建筑施工企业的保修责任;
- 3 使用注意事项;
- 4 环境条件变化对幕墙的影响;
- 5 日常维护、定期检查、维修、保养的要求;
- 6 幕墙的主要结构特点及易损零件部件更换方法;
- 7 备品、备件清单及主要易损件的名称、规格。

10.1.2 幕墙施工企业在幕墙交付使用前,应为安全维护责任人日常维修使用作培训。

10.1.3 幕墙交付使用后,安全维护责任人应根据《幕墙使用维护说明书》的相关要求委托具有相应资质的建筑施工企业对金属与石材幕墙进行定期检查、制定幕墙的维修保养计划与方案。

10.1.4 雨天或4级以上风力的天气不宜使用开启窗;6级及以上风力时,应全部关闭开启窗。

10.1.5 幕墙外表面的检查、清洗、维修与保养工作不应在4级以上风力和雨雪天进行。

10.1.6 幕墙外表面的检查、清洗、维修与保养工作的作业机具设备应安全可靠、保护良好、功能正常、操作方便。每次使用前应检查安全装置,确保设备和人员安全。

10.1.7 幕墙外表面检查、清洗、维修与保养的高空作业,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 的有关规定。

10.2 检查与维修

10.2.1 定期检查和维修应符合下列规定：

1 幕墙工程竣工验收后交付使用一年时，应对幕墙进行一次全面检查，此后每五年检查一次。幕墙工程使用十年后应对该工程不同部位的硅酮结构密封胶进行粘结性能的抽样检查，此后每三年检查一次。幕墙工程超过设计工作年限需继续使用的，安全维护责任人应当委托具有相应专业资质的单位对幕墙进行安全性鉴定并且宜每年检查一次。对于检查不符合要求的项目应及时整改（维修或更换），整改应符合原设计和本标准规定，并按规定委托专业检测机构进行整改验收。需要实施改造、加固或者拆除的，应当委托具有相应资质的建筑施工企业负责实施。

2 检查项目应包括下列内容：

- 1) 幕墙面板系统：检查石材面板的凹坑、缺角、裂缝、斑痕等缺陷，检查金属面板的变形、波纹、局部压砸、擦伤、划痕等缺陷；
- 2) 幕墙支承系统：检查幕墙的主要支承构件的裂纹、气泡、结疤、泛锈、夹杂和折叠等缺陷；
- 3) 幕墙连接系统：检查幕墙连接件、连接螺栓、埋件等损坏、锈蚀、连接可靠等缺陷；
- 4) 幕墙开启系统：检查开启部分启闭灵活，五金件功能障碍或损坏，螺栓和螺钉松动和失效等缺陷；
- 5) 硅酮结构密封胶和硅酮耐候密封胶：检查硅酮结构密封胶和硅酮耐候密封胶脱胶、开裂、起泡等缺陷，胶条脱落、老化等异常现象。

10.2.2 灾后检查和修复应符合下列规定：

1 遭遇强风袭击或遭遇地震、火灾等灾害后,安全维护责任人应及时对幕墙进行检查,当有必要时,应邀请有相应资质的检测单位对幕墙进行安全性检测鉴定;

2 原幕墙设计单位或者具有相应资质等级的设计单位根据幕墙损坏程度制定修复方案及整改措施;

3 修复与整改应委托具有相应资质的建筑施工企业负责实施。

10.3 保养和清洗

10.3.1 幕墙日常保养应符合下列规定:

1 保持幕墙表面整洁,避免锐器及腐蚀性气体或液体接触幕墙表面;

2 保持幕墙排水系统通畅,如有堵塞应及时疏导;

3 开启部位启闭障碍或附件损坏应及时修理或更换;

4 密封胶及胶条脱落或损坏应及时修补更换;

5 螺栓、螺钉松动或锈蚀应及时拧紧或更换;

6 构件锈蚀应及时除锈补漆或采取其他防锈措施;

7 面板破损应及时排危或更换;

8 幕墙渗漏应及时维修。

10.3.2 幕墙表面根据城市建筑物管理规定和公共设施清洁管理规定确定清洗次数,每年不少于一次。

10.3.3 幕墙清洗应按《幕墙使用维护说明书》的规定选用清洗液,严禁使用强腐蚀性清洗液。

附录 A 钢材设计用强度指标

A.0.1 钢材设计用强度指标可按表 A.0.1 采用。

表 A.0.1 钢材设计用强度指标 单位: N/mm²

钢材牌号		厚度或直径 (mm)	强度设计值			屈服 强度 f_y	抗拉 强度 f_u
			抗拉、抗压和 抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}		
碳素结 构钢	Q235	$d \leq 16$	215	125	320	235	370
		$16 < d \leq 40$	205	120		225	
		$40 < d \leq 100$	200	115		215	
低合金 高强度 结构钢	Q355	$d \leq 16$	305	175	400	345	470
		$16 < d \leq 40$	295	170		335	
		$40 < d \leq 63$	290	165		325	
		$63 < d \leq 80$	280	160		315	
		$80 < d \leq 100$	270	155		305	
	Q390	$d \leq 16$	345	200	415	390	490
		$16 < d \leq 40$	330	190		370	
		$40 < d \leq 63$	310	180		350	
		$63 < d \leq 100$	295	170		330	
	Q420	$d \leq 16$	375	215	440	420	520
		$16 < d \leq 40$	355	205		400	
		$40 < d \leq 63$	320	185		380	
		$63 < d \leq 100$	305	175		360	
	Q460	$d \leq 16$	410	235	470	460	550
		$16 < d \leq 40$	390	225		440	
		$40 < d \leq 63$	355	205		420	
		$63 < d \leq 100$	340	195		400	

注:1 表中直径指实芯棒材直径,厚度系指计算点的钢材或钢管壁厚,对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度;

2 冷弯型材和冷弯钢管,其强度设计值应按国家现行有关标准的规定采用。

附录 B 螺栓、铆钉、焊缝连接强度指标

B.0.1 螺栓连接的强度指标应按表 B.0.1 采用。

表 B.0.1 螺栓连接的强度设计值 单位: N/mm^2

螺栓的性能等级、锚栓和 构件钢材的牌号		普通螺栓						锚栓	承压型连接 高强度螺栓		
		C 级螺栓		A 级、B 级螺栓							
		抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗拉	抗剪	承压
		f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^a	f_t^b	f_v^b	f_c^b
普通螺栓	4.6、4.8 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—	
	8.8 级	—	—	—	400	300	—	—	—	—	
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	140	—	—	—
	355 钢	—	—	—	—	—	—	180	—	—	—
承压型连接 高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	400	250	—
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	500	310	—
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	—	470
	Q355 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	—	590
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	—	615

注:1 A 级螺栓用于工程直径 d 不大于 24mm、螺杆工程长度不大于 10d 且不大于 150mm 的螺栓;

2 B 级螺栓用于工程直径 d 大于 24mm、螺杆工程长度大于 10d 或大于 150mm 的螺栓;

3 A 级、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度, C 级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度, 应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

B.0.2 铆钉连接的强度设计值应按表 B.0.2 采用。

表 B.0.2 铆钉连接的强度设计值

单位: N/mm²

铆钉钢号和构件 钢材牌号		抗拉 (铆头拉脱)	抗剪		承压	
			I 类孔	II 类孔	I 类孔	II 类孔
铆钉	BL2、BL3	120	185	155	—	
构件	Q235 钢	—	—		450	365
	Q355 钢	—	—		565	460
	Q390 钢	—	—		590	480

注:1 铆钉连接的强度设计值应按下列规定乘以相应的折减系数,当下列情况同时存在时,其折减系数应连乘:

1) 施工条件较差的铆钉应乘以系数 0.9;

2) 沉头和半沉头铆钉连接应乘以系数 0.8。

2 属于下列情况者为 I 类孔:

1) 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔;

2) 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔;

3) 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径,然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

3 在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 II 类孔。

B.0.3 焊缝的强度指标应按表 B.0.3 采用。

表 B.0.3 焊缝的强度设计值

单位: N/mm²

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
	牌号	厚度或直径 (mm)	抗压 f_c^w	抗拉和抗弯受拉 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压 和抗剪 f_t^w
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的手工焊	Q235	$d \leq 16$	215	215	185	125	160
		$16 < d \leq 40$	205	205	175	120	
		$40 < d \leq 60$	200	200	170	115	
自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手工焊	Q355	$d \leq 16$	310	310	265	180	200
		$16 < d \leq 35$	295	295	250	170	
		$35 < d \leq 50$	265	265	225	155	

续表 B.0.3

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
	牌号	厚度或直径 (mm)	抗压 f_c^w	抗拉和抗弯受拉 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压 和抗剪 f_t^w
				一级、二级	三级		
自动焊、半 自动焊和 E55 型 焊条的手工焊	Q390	$d \leq 16$	350	350	300	205	220
		$16 < d \leq 35$	335	335	285	190	
		$35 < d \leq 50$	315	315	270	180	
	Q420	$d \leq 16$	380	380	320	220	220
		$16 < d \leq 35$	360	360	305	210	
		$35 < d \leq 50$	340	340	290	195	

注：1 表中的一级、二级、三级是指焊缝质量等级，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。厚度小于 6mm 钢材的对接焊缝，不应采用超声探伤确定焊缝质量等级；

2 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属力学性能不低于现行国家标准《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293 和《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 12470；

3 表中厚度是指计算点钢材厚度，对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

B.0.4 不锈钢螺栓强度设计值应按表 B.0.4 采用。

表 B.0.4 不锈钢螺栓连接的强度设计值 单位：N/mm²

类别	组别	性能等级	屈服强度 σ_b	抗拉强度 f_u	抗剪强度 f_v
A (奥氏体)	A1、A2	50	500	230	175
	A3、A4	70	700	320	245
	A5	80	800	370	280
C (马氏体)	C1	50	500	230	175
		70	700	320	245
		100	1000	460	350
	C3	80	800	370	280
	C4	50	500	230	175
		70	700	320	245

续表B.0.4

类别	组别	性能等级	屈服强度 σ_b	抗拉强度 f_s	抗剪强度 f_v
F (铁素体)	F1	45	450	210	160
		60	600	275	210

附录 C 板弯矩系数

C.0.1 金属板的最大弯矩系数可按表 C.0.1 采用。

表 C.0.1 板的最大弯矩系数 (m) $M = mql^2$

l_x/l_y	四边简支	三边简支 l_y 固定	l_x 对边简支 l_y 对边固定
0.50	0.1022	-0.1212	-0.0843
0.55	0.0961	-0.1187	-0.0840
0.60	0.0900	-0.1158	-0.0834
0.65	0.0839	-0.1124	-0.0826
0.70	0.0781	-0.1087	-0.0814
0.75	0.0725	-0.1048	-0.0799
0.80	0.0671	-0.1007	-0.0782
0.85	0.0621	-0.0965	-0.0763
0.90	0.0574	-0.0922	-0.0743
0.95	0.0530	-0.0880	-0.0721
1.00	0.0489	-0.0839	-0.0698
l_y/l_x	三边简支 l_y 固定	l_x 对边简支 l_y 对边固定	
0.50	-0.1215	-0.1191	
0.55	-0.1193	-0.1156	
0.60	-0.1166	-0.1114	
0.65	-0.1133	-0.1066	
0.70	-0.1096	-0.1013	
0.75	-0.1056	-0.0959	

续表 C.0.1

l_y/l_x	三边简支 l_y 固定	l_x 对边简支 l_y 对边固定
0.80	-0.1014	-0.0904
0.85	-0.0970	-0.0850
0.90	-0.0926	-0.0797
0.95	-0.0882	-0.0746
1.00	-0.0839	-0.0698

注:1 系数前的负号,表示最大弯矩在固定边;

2 计算时 l 值取 l_x 和 l_y 值的较小值;

3 此表适用于泊松比为 0.25~0.33。

C.0.2 四点支承矩形石板弯矩系数可按表 C.0.2 采用。

表 C.0.2 四点支承矩形石板弯矩系数($\mu=0.125$)

计算边长比 a_0/b_0	m_{bc}	m_{be}	m_{bo}	m_{be}
0.50	0.0180	0.1221	0.0608	0.1303
0.55	0.0236	0.1212	0.0682	0.1320
0.60	0.0301	0.1202	0.0759	0.1338
0.65	0.0373	0.1189	0.0841	0.1360
0.70	0.0453	0.1177	0.0928	0.1383
0.75	0.0540	0.1163	0.1020	0.1408

续表C.0.2

计算边长比 a_0/b_0	m_{ac}	m_{bc}	m_{a0}	m_{b0}
0.80	0.0634	0.1149	0.1117	0.1435
0.85	0.0735	0.1133	0.1220	0.1463
0.90	0.0845	0.1117	0.1327	0.1494
0.95	0.0961	0.1100	0.1440	0.1526
1.00	0.1083	0.1083	0.1559	0.1559

附录 D 建筑幕墙石材板支承牢固度检测方法

D.0.1 范围

1 本方法规定了采用振动测试法检测建筑幕墙石材板支承牢固度的检测原理、检测装置、检测步骤、结果判定。

2 本方法适用于已安装的建筑幕墙石材板支承牢固程度评价或支承薄弱部位的定位。

D.0.2 原理

当建筑幕墙石材板物理参数和力学参数不发生改变时,用于支承、粘结、连接建筑幕墙面板的材料及结构发生松动、损伤、脱挂时(上述统称石材板支承薄弱部位),均会导致石材板固有频率下降,通常支承损伤、松动越严重,其对应的固有频率会越低,支承牢固度也越差。通过对某一检测批次且材料物理参数、支承形式、形状尺寸完全相同的建筑幕墙石材板的基频测试,对所测建筑幕墙石材板基频大小进行比较,其最小基频对应的建筑幕墙石材板支承体系应为最薄弱,安装牢固度也最差。

D.0.3 检测设备

1 激励装置

激励装置用于激振建筑幕墙面板,使其自由振动,应使用橡胶锤或木锤。

2 拾振装置

拾振装置用于接收石材板的振动信号,应采用加速度传感器,测量加速度信号的精度不应低于 100mV/g ,测量范围 50g ,频率响应: $(0.5\sim 5)\text{kHz}$ 。

3 信号处理装置

信号处理装置包括数据采集系统及分析系统,用于获得石材

板的振动基频。数据采集系统最高采样频率应高于 51.2kHz,采样精度不应低于 16 位 Sigma-delta AD。数据分析系统应能对采集的数据进行分析及显示,通过傅里叶变换计算频响函数,并可对频谱图进行显示。

D.0.4 检测步骤

1 建筑幕墙石材板基本单元划分

检测前,应根据工程的设计图纸,对建筑幕墙的结构布置、分格形式进行核查,选择检测建筑幕墙石材板区域,按规格、支承形式、尺寸相同的建筑幕墙石材板划分为同一基本单元,并对同一基本单元的每块石材板进行编号,每一基本单元的石材板不应少于 50 片,不足 50 片的,按实际面板数量进行检测。

2 建筑幕墙石材板的尺寸及材质获取

现场测量建筑幕墙石材板尺寸,长、宽尺寸应采用卷尺或直尺测量,精确至 1mm,厚度应采用游标卡尺测量,精确至 0.02mm。现场切割部分石材板原样,带回实验室进行弹性模量和密度测量。如上述参数无法现场获得,也可根据建筑幕墙工程资料,获得待检测建筑幕墙石材板规格与尺寸及材质参数。

3 建筑幕墙石材板基频现场测量

- 1) 将拾振传感器紧贴于石材板上,为更容易获得石材板的基频,拾振传感器应置于石材板的板中心位置;
- 2) 开启信号处理装置,设置好检测参数,使设备处于正常状态;
- 3) 采用激振锤瞬态激励方式,轻敲石材板,使其处于瞬态振动状态,振动信号经拾振传感器获取,并经信号处理装置及软件分析,获得石材板的基频,精确到 0.1Hz;
- 4) 进行基频测试时,每块石材板应至少测量三次,如同一块石材板测量的基频相差 5% 以上,需重新测量,基频取三次平均值,作为最终结果值。石材板的基频通

过频响函数曲线读取,见图 D.0.4 所示。如现场测量获得的频响函数曲线比较杂乱且难以识别基频,测试人员需要针对现场测试条件,重新调整测试参数,使其获得良好的频响函数曲线。

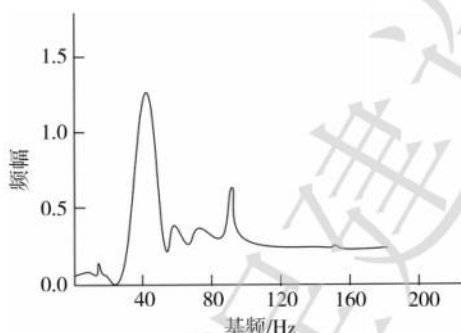


图 D.0.4 石材面板振动频响函数曲线

D.0.5 结果判断

1 石材板的基频上、下值的确定

石材面板基频下限值和上限值可根据实际支承形式,采用有限元建模计算确定。

2 支承牢固度评判

- 1) 当所测石材板基频低于基频下限值时,则可判定该石材板支承不牢固;
- 2) 当所测石材板基频高于基频上限值时,则可判定该石材板支承牢固;
- 3) 当所测石材板的基频处于基频上、下限值之间时,或所测石材板未给定基频上、下限值时,则应对以上所测得石材板的基频进行大小排序,以最小基频对应的石材板作为坠落风险最大部位,并对该石材板进行进一步综合检测,以确定其是否存在坠落风险;
- 4) 当对以上坠落风险最大的幕墙面板进行进一步综合

检测(如拆开、拉拔或内窥镜等检测方法),确定其无坠落风险后,则可确定其他所有所测幕墙面板无坠落风险;

- 5) 当对以上坠落风险最大的石材板进行进一步综合检测,确定其存在坠落风险后,则应对基频倒数第二小的石材板继续进行进一步综合检测,直至排查所测幕墙面板无坠落风险为止。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《紧固件 铆钉用通孔》GB 152.1
- 2 《紧固件 圆柱头用沉孔》GB 152.3
- 3 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
- 4 《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776
- 5 《室内装饰装修材料 胶粘剂中有害物质限量》GB 18583
- 6 《防火封堵材料》GB 23864
- 7 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 8 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 9 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 10 《钢结构设计标准》GB 50017
- 11 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 12 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 13 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
- 14 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 15 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 16 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210
- 17 《铝合金结构设计规范》GB 50429
- 18 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 19 《建筑施工脚手架安全技术统一标准》GB 51210
- 20 《民用建筑电气设计标准》GB 51348
- 21 《工程结构通用规范》GB 55001
- 22 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 23 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015
- 24 《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024

- 25 《建筑防火通用规范》GB 55037
- 26 《紧固件 沉头螺钉用沉孔》GB/T 152.2
- 27 《优质碳素结构钢》GB/T 699
- 28 《碳素结构钢》GB/T 700
- 29 《不锈钢棒》GB/T 1220
- 30 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
- 31 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 32 《通用耐蚀钢铸件》GB/T 2100
- 33 《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518
- 34 《合金结构钢》GB/T 3077
- 35 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
- 36 《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2
- 37 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T
3098.6
- 38 《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15
- 39 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》GB/T
3274
- 40 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280
- 41 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524
- 42 《耐候结构钢》GB/T 4171
- 43 《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226
- 44 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237
- 45 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
- 46 《热强钢焊条》GB/T 5118
- 47 《铝合金建筑型材 第1部分:基材》GB/T 5237.1
- 48 《铝合金建筑型材 第2部分:阳极氧化型材》GB/T 5237.2
- 49 《铝合金建筑型材 第3部分:电泳涂漆型材》GB/T 5237.3
- 50 《铝合金建筑型材 第4部分:喷粉型材》GB/T 5237.4
- 51 《铝合金建筑型材 第5部分:喷漆型材》GB/T 5237.5

- 52 《铝合金建筑型材 第6部分:隔热型材》GB/T 5237.6
- 53 《工程结构用中、高强度不锈钢铸件》GB/T 6967
- 54 《结构用无缝钢管》GB/T 8162
- 55 《螺栓或螺钉和平垫圈组合件》GB/T 9074.1
- 56 《铝及铝合金焊丝》GB/T 10858
- 57 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912
- 58 《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683
- 59 《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748
- 60 《天然板石》GB/T 18600
- 61 《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601
- 62 《天然大理石建筑板材》GB/T 19766
- 63 《建筑用岩棉绝热制品》GB/T 19686
- 64 《石材用建筑密封胶》GB/T 23261
- 65 《建筑装饰用铝单板》GB/T 23443
- 66 《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452
- 67 《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453
- 68 《铝合金建筑型材用隔热材料 第1部分:聚酰胺型材》GB/T 23615.1
- 69 《铝合金建筑型材用隔热材料 第2部分:聚氨酯隔热胶》GB/T 23615.2
- 70 《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267
- 71 《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498
- 72 《建筑物清洗维护质量要求》GB/T 25030
- 73 《建筑外墙外保温用岩棉制品》GB/T 25975
- 74 《建筑门窗五金件 通用要求》GB/T 32223
- 75 《建筑幕墙术语》GB/T 34327
- 76 《建筑幕墙用槽式预埋组件》GB/T 38525
- 77 《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T 51410

- 78 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 79 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 80 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
- 81 《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133
- 82 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145
- 83 《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ/T 139
- 84 《建筑铝合金型材用聚酰胺隔热条》JG/T 174
- 85 《建筑用隔热铝合金型材》JG/T 175
- 86 《建筑外墙用铝蜂窝复合板》JG/T 334
- 87 《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389
- 88 《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887
- 89 《建筑装饰用不燃级金属复合板》JC/T 2561
- 90 《不锈钢热轧钢带》YB/T 5090
- 91 《高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术规程》JB/T 11699
- 92 《公共建筑节能(绿色建筑)设计标准》DBJ50-052
- 93 《居住建筑节能 65%(绿色建筑)设计标准》DBJ50-071
- 94 《居住建筑节能 50%设计标准》DBJ50-102
- 95 《民用建筑外门窗应用技术标准》DBJ50/T-065
- 96 《玻璃幕墙维护管理标准》DBJ50/T-307

重庆工程建设

重庆市工程建设标准

金属与石材幕墙工程技术标准

DBJ50/T-470-2024

条文说明

2024 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	97
2	术语和符号	98
2.1	术语	98
3	基本规定	99
4	材料	100
4.1	一般规定	100
4.2	铝合金	100
4.3	钢材	101
4.4	金属板材	101
4.5	石材	101
4.7	粘结、密封材料	102
4.8	连接件	102
5	建筑设计	104
5.1	一般规定	104
5.2	构造设计	104
5.3	防火设计	105
5.4	防雷设计	105
5.5	安全规定	106
6	结构设计	107
6.1	一般规定	107
6.2	材料力学性能	107
6.3	荷载和地震作用	107
6.4	作用组合	108
6.5	面板设计	108

6.6	支承结构设计	109
6.7	幕墙与主体结构连接设计	110
7	加工制作	112
7.1	一般规定	112
7.2	铝型材构件	112
7.4	金属类面板	112
7.5	石材类面板	113
7.6	单元式构件	114
8	安装施工	115
8.1	一般规定	115
8.2	安装施工准备	116
8.4	构件式幕墙	117
8.5	单元式幕墙	117
8.6	安全规定	118
9	工程验收	119
9.1	一般规定	119
9.2	材料进场验收	119
9.3	隐蔽工程验收	119
9.4	工程竣工验收	120
10	维护保养	121
10.1	一般规定	121
10.2	检查与维修	121
10.3	保养和清洗	121

1 总 则

1.0.2 本标准对金属幕墙的使用不设限制；出于安全考虑，石材幕墙适用于高度不大于 100m、设防烈度不大于 7 度的地区。对于建筑高度大于 200m、体型复杂、风荷载环境特殊等类型的建筑宜进行风洞试验确定风荷载。超过本标准适用范围的石材幕墙应进行专项论证。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.2 金属幕墙发展迅猛,随着社会的发展和时代的进步,金属幕墙出现了种类繁多的金属板材料,主要包括金属单板和金属复合板。金属单板包括铝合金单板、彩色钢板、搪瓷钢板、不锈钢板、锌合金板、钛合金板、铜合金板等,金属复合板包括铝塑复合板、铝无机芯复合板、铝蜂窝板、铝锥芯复合板、不锈钢复合板等。

2.1.8 根据现行国家标准《建筑幕墙术语》GB/T 34327 的规定,硅酮建筑密封胶包含硅酮结构密封胶和硅酮耐候密封胶。

3 基本规定

3.0.1 改建幕墙的主体结构应由第三方专业检测机构(宜选用建筑幕墙工程检测类)对主体结构进行幕墙改建可行性检测鉴定。

3.0.3 根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068-2018 第 3.2.1 条和 3.3.3 条:幕墙属于易于替换的结构构件,结构的安全等级为二级。有特殊要求的幕墙,可根据实际情况提高或降低其安全等级。幕墙工程超过设计工作年限 25 年需继续使用的,安全维护责任人应当委托具有相应专业资质的单位对幕墙进行安全性鉴定并且宜每年检查一次。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 材料是保证幕墙质量和安全的物质基础,为保证幕墙的结构安全和建筑性能,幕墙材料应符合现行国家或行业标准规定的质量要求;对暂时还没有国家或行业标准材料,应符合设计要求并经专项论证。

4.1.3 石棉材料的粉尘是癌症的主要因素,并且潜伏期很长,对人体健康有伤害,因此,不应采用含石棉的材料。

4.1.4 硅酮结构密封胶、硅酮耐候密封胶必须有与接触材料相容性的试验和报告,橡胶条应有保证年限及组分化验单。因石材是多孔的材料,不论是硅酮结构密封胶还是硅酮耐候密封胶都应采用石材专用胶,以确保石材长久不被污染,否则不能使用。

4.1.5 构配件包括单元式幕墙和加工的组配构件等,进场的幕墙构件及附件的材料品种、规格、色泽和性能,应符合供需双方约定的技术要求及设计要求。

4.2 铝合金

4.2.2 铝合金型材是否采用表面处理、采用何种处理方法,应根据工程实际需要设计确定。

4.2.3 采用辊压工艺的穿条隔热铝型材选用 T6 供应状态容易产生裂纹,影响受力,因此铝型材不宜选用 T6 供应状态。

4.2.4 聚酯型聚氨酯材料机械强度高,耐溶剂性、耐高温性好,且硬度大,不适于浇注工艺生产的隔热铝型材。

4.3 钢 材

4.3.1 建筑幕墙工程中涉及较多钢构件焊接作业,由于 Q235B 材质具有良好伸长率、强度和焊接性能,因此建筑幕墙工程中常用 Q235B 材质的钢材。

4.3.2 在腐蚀性环境中,碳素结构钢和低合金结构钢材容易被腐蚀,可采用耐候钢和不锈钢材质的防腐材料,也可采用热浸镀锌的防腐措施。

4.3.6 钢型材表面除锈等级 St2,要求在通常情况下观察钢型材表面应无可见的油、脂和污物,并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质。

4.4 金属板材

4.4.1 幕墙用金属板除强度、弹性模量等力学性能外,还要求有良好的加工性能,可小半径弯折而不开裂;有良好冷塑性;变形抗力小,成型后不反弹;有良好的耐腐蚀能力和与涂层的结合能力;有良好的焊接性能等。

4.4.2 氟碳涂料通常由漆膜材料和溶剂组成。漆膜材料包含树脂和着色颜料;树脂包含氟碳树脂及其他树脂。漆膜材料约占氟碳漆的一半,溶剂也大约占一半。

4.4.6 用于幕墙的铝蜂窝板应采用铝蜂窝,不应采用耐久性、力学性能差的纸蜂窝;胶粘剂应有足够的耐久性能。铝蜂窝芯的形状、边长、厚度等可根据工程需要满足设计要求进行定制生产。

4.5 石 材

4.5.2 石材是天然材料,材质上有微孔、微裂纹存在,应对单块石材的最小厚度、吸水率、弯曲强度和单块面积进行限制。粗面

板材应比磨光板材厚 3mm。

4.7 粘结、密封材料

4.7.2 密封胶条应具有耐紫外线、耐老化、永久变形小、耐污染等特性,不得采用不合格的产品。如果密封胶条材质控制不严,就会发生老化、开裂甚至脱落,使幕墙产生漏水、透气等质量问题,面板也有脱落的危险,给幕墙带来不安全的隐患。用耐候性好、变形小的硅橡胶密封胶条也是一个发展方向。

4.7.3 “烷烃增塑剂”也就是俗称的“白油”或“矿物油”,添加到硅酮密封胶中可以降低有机硅聚合物含量,降低成本。但是该物质会从固化的密封胶中扩散出来,一段时间后密封胶会收缩、硬化,引起胶缝开裂、脱胶等问题。因此应加以避免。硅酮密封胶中烷烃增塑剂的含量可以通过现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683-2017 第 6.16 条的方法进行检测。

4.7.5 “云石胶”是不饱和聚酯树脂胶的一种,其粘结耐候性较差,受潮后容易脱胶,因此在室外的石材粘结中不应使用云石胶;不饱和聚酯树脂具有脆性,缺乏弹性变形性能,所以不应采用硅酮结构密封胶和不饱和聚酯树脂胶作为石材挂件的粘结剂;石材挂件的粘结剂一般要注入孔、槽、缝内,硅酮结构密封胶在厚度较小时粘结性较弱,且可能污染石材。

4.8 连接件

4.8.5 316 不锈钢耐腐蚀性能更强,可以承受各种强酸强碱。除此之外,316 不锈钢还对环境的适应性更好,温度过高或者过低,都不会影响 316 不锈钢的耐腐蚀能力。因此,石材背栓材料宜采用不低于 316 的不锈钢制作。316 不锈钢材质强度分为 A4-50、A4-70 和 A4-80,抗拉强度分别为 500Mpa、700Mpa 和 800Mpa,

当采用 A4-50 的 M6 背栓安装过程时,石材偏心产生的扭力稍微过大,容易造成背栓扭断破坏,因此背栓抗拉强度不应低于 700Mpa。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 幕墙设计应满足维修和清洗的需要。石材是有微孔的材料,有时甚至是毛面,空气中的灰尘及油污会落到表面上,需要清洗,天长日久也会出现表面风化,需要更换。因此幕墙应具备更换、维修和清洗的条件。《建筑物清洗维护质量要求》GB/T 25030 第 5.5.3 条规定:对新建建筑,在高度超过 40m 时,应优先设置擦窗机。高度超过 40m 的大型玻璃幕墙,定期清洁与维护工作难以借助消防升降梯或其他设施。在幕墙设计阶段,应确定外墙清洗方式及设备类型,设计幕墙骨架时,要考虑设备的固定与连接构造,保障使用安全。

5.2 构造设计

5.2.1 幕墙设计需要考虑幕墙的形态、构图、色彩、细部构造,还要根据建筑的使用功能、造价、环境、能耗、施工技术条件进行选型设计,保证幕墙与主体结构间的连接构造应有足够强度、刚度和变位能力。

5.2.3 主体结构在伸缩、沉降等变形缝两侧会发生较大的相对位移,幕墙支承结构跨越变形缝时容易破坏。因此,主体结构的变形缝两侧应设置独立的幕墙支承结构。

5.2.6 幕墙胶缝的宽度是保证密封胶能承受较大变形的重要因素之一。胶缝过窄,主体结构变形较大时,密封胶可能被拉裂,因此,需要预留足够宽度的密封胶封。由于金属幕墙受温度变化影

响较大,为保证金属幕墙的质量和密封性能,金属幕墙密封胶的厚度可由设计确定。

5.2.7 屋面压顶包括女儿墙压顶、室外挑板压顶、屋面收口压顶等。

5.2.9 不同金属相互接触处容易产生双金属腐蚀。因此,要求设置绝缘垫片或采取其他措施,防止电化学腐蚀。在正常使用条件下,不锈钢材料不易发生双金属腐蚀,一般可不要求设置绝缘垫片。幕墙底部应有防止埋件、转接件、钢龙骨等发生电化学腐蚀的构造措施。钢龙骨端头应封堵,避免管腔内腐蚀的发生。

5.3 防火设计

5.3.3 建筑幕墙作为建筑的外围护结构,是建筑整体的一部分,应与所使用建筑的整体防火要求相适应。防火封堵是目前建筑设计中应用比较广泛的防火、隔烟方法,是通过在缝隙间填塞不燃或难燃材料或由此形成的系统,以达到防止火焰和高温烟气、有毒气体在建筑内部扩散的目的。防火、防烟封堵设置部位和构造,应能有效地分隔出相对独立的局部空间。幕墙防火封堵材料采用难燃材料时,应保证其在火焰或高温作用下能发生膨胀变形,并具有一定的耐火性能。

5.3.7 幕墙防火封堵的承托板或支承构架应与主体结构牢固连接,不应支承在幕墙框构架上。当发生火灾时,型材融化。为了延缓火灾蔓延,幕墙的防火封堵构造应与主体结构牢固连接。

5.4 防雷设计

5.4.2 幕墙是附属主体建筑的围护结构,幕墙的金属框架一般不单独作防雷接地,而是利用主体结构的防雷体系,与建筑本

身的防雷设计相结合。钢筋混凝土结构及钢结构建筑都是利用建筑主体的结构钢筋或钢结构作为引下线,且在建筑内部梁、柱、板内的钢筋或钢结构已经形成空间网络,因此幕墙的金属框架与结构钢筋或钢结构可靠的电气连接,就能把雷电流通过主体结构导入大地。

5.4.3 由于幕墙具体构造各项目差异较大,高出屋面的幕墙有些可以直接利用其金属构件作为接闪装置(如利用金属板作为接闪装置,宜选用厚度不小于 3mm 的铝合金单板),也有些无法利用金属构件为接闪装置(如幕墙顶部为平板,由金属板压顶,金属板厚不能满足现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的厚度等要求),这就需要在顶部加设接闪带或接闪杆。要求接闪器在建筑物顶层与柱内结构钢筋或钢结构主体进行可靠电气连接,目的在于通过主体迅速分散雷电流,否则只能通过幕墙框架以及幕墙框架与主体的连接点分流雷电流。

5.5 安全规定

5.5.1 倒挂石材是指石材面板与水平面夹角小于 75 度的石材,这类石材需要采取增设玻璃纤维网+环氧树脂胶的防坠落、防碎裂等措施。

5.5.2 周边板缝打胶和背面加贴玻璃丝布或附加胶层是防止石材面板偶然破碎后坠落的有效措施。试验表明,四面用耐候胶嵌缝的石材面板,在被击碎后大部份碎块仍粘结在原位;同样,背面粘结玻璃丝布或胶层的石材面板,击碎后只出现破裂裂缝,很少有碎块出现或脱落。这些措施可以增强石材幕墙的安全性。对承受较大荷载、地震作用的幕墙或采用材质疏松、多孔、软弱的石板时,应考虑采取必要的表面防护措施、增强措施。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 有水平投影的幕墙应考虑雪荷载、活荷载和积灰荷载。大跨度空间结构和预应力结构应考虑温度作用。复杂的幕墙结构体系对施工阶段的安全应作验算。必要时,尚应考虑施工荷载。

6.1.6 条文中挠度是指在单个荷载或组合荷载作用标准值下引起的挠度。

6.1.8 当面板偏离支承结构形心时,面板的重力偏心作用会使支承结构产生扭转变形。当采用自重较大的面板(如石材)和(或)偏心距较大时,需要考虑其不利影响,必要时应进行支承结构的抗扭承载力验算。具体的计算和设计方法,可参照材料力学及有关规范的规定。

6.2 材料力学性能

6.2.7 铝蜂窝板的抗拉强度设计值可根据其强度试验平均值除以系数 1.428 采用。

6.3 荷载和地震作用

6.3.4 表 6.3.4 水平地震影响系数最大值按照现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 中多遇地震的相关规定进行取值。

6.4 作用组合

6.4.2 表 6.4.2 中的地震作用分项系数按照现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的相关规定进行了更新。

6.5 面板设计

6.5.1 金属板的周边、折边或肋的扭转刚度比较薄弱,在荷载作用下金属板在其位置均可以产生转动,可以作为简支边计算;一般荷载作用是均匀分布的,中肋两侧的板区格同时受力,跨度相等或接近时,基本上不发生明显的板面转动,可作为固定边计算。采用非线性有限元方法计算带肋面板时,边肋的约束条件可以设定为垂直于面板方向的线位移等于零。

弹性薄板理论计算公式的假设条件,板的变形为小挠度,板只承受弯曲作用,只产生弯曲应力而面内薄膜应力忽略不计。因此,弹性薄板理论只适用于计算挠度不大于板厚(即 $d_f < t$) 的条件。当面板的挠度大于板厚时,采用薄板理论计算公式将会产生显著的误差,随着挠度和板厚之比的加大,计算应力和挠度会偏大到工程不可接受的程度,失去了计算的意义,不仅会使材料用量大大增多,而且规定的应力和挠度控制条件也失去意义。

为此,在对于金属面板计算时,是在现有小挠度条件的应力和挠度计算结果考虑了适当的折减系数。

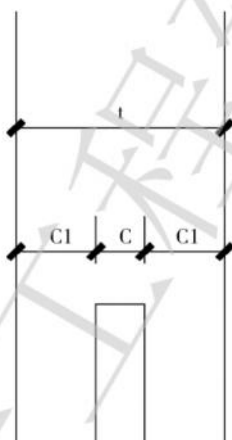
由于铝蜂窝板内外板厚度均较薄,耳板为重要传力构件,因此铝蜂窝板的耳板连接也应进行强度计算,确保其连接安全可靠。

6.5.2 大理石、石灰石、洞石、砂岩等面板设计参考本标准和国家现行有关标准的规定执行。石材组装应采用背栓及金属连接件,不应采用蝶型、斜挑、销钉、插板类型挂件连接。T 型挂件不应

大面积使用,可根据情况使用在临时幕墙和首层幕墙的局部位置。

当石板通槽,但挂件未采取通长布置时,应采用短槽石板对应的计算公式对进行计算。

计算挂件在石板槽口边产生的剪应力时,石板槽口的剪切面厚度应为石板面部或背部的 c1 部分(如下图所示),故短槽连接且对边开槽时计算公式 $\tau_k = \frac{2q_k a b \beta}{n(t-c)s}$, 通槽连接时计算公式 $\tau_k = \frac{2q_k l}{t-c}$ 。



石板面部或背部的 c1 示意图

6.6 支承结构设计

6.6.1 横梁为双向受弯构件,竖向弯矩由面板自重和横梁自重产生;水平方向弯矩由风荷载和地震作用产生。由于横梁跨度小,刚度较大,故不必进行整体稳定计算。

6.6.2 立柱自下而上是全长贯通,每层之间通过滑动接头连接,接头可以承受水平剪力,但只有当芯柱的惯性矩与外柱相同或较

大且插入足够深度时,才能认为是连续的,否则应按铰接考虑。

6.7 幕墙与主体结构连接设计

6.7.2 幕墙的连接与锚固必须可靠,其承载力应通过计算或实际试验予以确认,并要留有余地,防止偶然因素产生突然破坏。连接件与主体结构的锚固承载力应大于连接件本身的承载力,任何情况下不允许发生锚固破坏。

6.7.3 为防止偶然因素的影响而使连接破坏,幕墙与主体结构的每一连接处,受力螺栓不应少于 2 个。

6.7.4 幕墙构件之间的连接应能可靠地传递风荷载、地震和自身重力荷载作用。采用螺栓连接、挂件连接、背栓连接、背槽连接、背卡连接时,除承载力和变形验算外,尚应采取必要的措施,预防在连接部位松动、滑脱等。由于面板的重力荷载传递到横梁后,会使横梁偏心受力,对横梁产生扭矩,因此,幕墙应设置有防止横梁扭转的措施。

6.7.6 幕墙构件与混凝土结构的连接,正常情况下应通过预埋件实现,预埋件的锚固钢筋及锚爪是锚固作用的主要来源,混凝土对锚固钢筋和钢爪的粘结力是决定性的。因此预埋件必须在混凝土浇筑前埋入,施工时混凝土必须密实振捣。目前实际工程中,往往由于未采取有效措施来固定预埋件,混凝土浇注时使预埋件偏离设计位置,影响与立柱的准确连接,甚至无法使用。因此,幕墙预埋件的设计和施工应引起足够的重视。

6.7.9 土建施工漏设预埋件、预埋件偏位、设计变更、旧建筑幕墙改造时,往往需使用后锚固螺栓连接。采用后加锚栓(机械锚栓或化学锚栓)连接时,应采取多种措施,保证连结的可靠性。

幕墙用锚栓一般适用现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 中非结构构件连接的规定。重要工程适用现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 中结构构件连接的

规定。

化学锚栓的粘结锚固剂对热影响比较敏感,焊接时应采取措施防止化学锚栓受热失效,并应进行焊接后承载力实验。

化学锚栓倒置安装时,锚固胶、药剂易流出锚孔导致锚固性能差,因此倒置安装的锚栓不宜采用化学锚栓。

7 加工制作

7.1 一般规定

7.1.1 加工设备、计量器具的精度,直接决定幕墙构件的精度。设备、计量器具应按要求定期检验和计量认证。

7.2 铝型材构件

7.2.1 铝型材的加工精度是影响幕墙质量的关键问题。由于运输、搬运等原因,幕墙铝合金构件在截料前应当检查其弯曲度、扭转度是否符合设计要求,超偏的铝型材不能使用。

7.2.2 槽口长度和宽度只允许正偏差、不允许负偏差,以防止出现装配受阻现象;槽口中心离边部的距离可以是正偏差或负偏差;豁口的长度、宽度只允许正偏差不允许负偏差;榫头的长度和宽度允许负偏差不允许正偏差。因为幕墙用型材的几何形状主要是热加工、冷加工或冲压成型,不全是采用机械切削加工成型的,所以,配合尺寸难以十分准确地控制,只能控制主要尺寸,以便配合安装施工。

7.2.3 采用拉弯设备对铝合金构件进行弯加工,是防止构件产生皱折、凹凸、裂纹的有效法。

7.4 金属类面板

7.4.2 这主要为了折弯处铝板的强度不受影响,铝板外表色泽一致。单层铝板固定加劲肋时可以采用焊接种植螺栓的办法,但

在焊接的部位正面不准出现焊接的痕迹,更不能发生变形、褪色等现象,并应焊接牢固。单层铝板的固定耳板应符合设计要求,固定耳板可采用焊接、铆接。铝板的角部开口部位凡是没有焊接成型的必须用硅酮密封胶密封。

7.5 石材类面板

7.5.1 石板作为天然性材料,有时内部有暗纹,不认真挑选很难被发现,因此加工前应先严格进行检查。如要修补,其粘结强度不应小于石板的强度。

7.5.2 在石板的规格尺寸、形状都已符合设计要求的前提下,只是固定形式还没有加工,应先严格的检查外观质量。石材正面宜采用倒角处理。尖角容易在运输或存放的过程中磕碰破坏而影响外观。当石材的端面可视时,应进行定厚处理,且端面的表面处理方式应与正面一致,以确保可视面的外观质量。

7.5.3 石材开槽、打孔后,应进行孔壁、槽口的清洁处理,避免石材与挂件之间粘结不牢或污物污染石材。为了达到良好的清洁效果,可根据残留物的种类来选择有效的清洁方法。如果是石粉可用水来清理。如果有油污可采用专用的油污清洗剂来进行清洁。清洁时不得采用有机溶剂型清洁剂,如果使用有机溶剂可能使油污被带入石材内部进而造成石材的污染。

7.5.5 石材防护剂的选用要慎重,应根据石材颜色、石材本身的含铁量高低等因素,以及污染源的类型(酸性、油性等)合理选配最有效的防护剂类型。对于处在大气污染较严重或处在酸雨环境下的石材面板,应根据污染物的种类和污染程度及石材的矿物学性质、物理性质选用适当的防护产品对石材进行防护。防护剂涂装前,石材面板应在所有加工完成后经过充分自然干燥;应确保石材面板被防护的表面清洁、无污染;在防护作用生效前不得淋水或遇水。

7.6 单元式构件

7.6.1 单元板块应编号并注明安装方向和顺序,防止安装错误,确保单元板块储存、运输和安装有序进行。

7.6.6 由于单元板块自重较大,且在工厂内组装,其连接构造应牢固可靠,以免在运输及吊装时存在安全隐患或产生过大变形。单元式幕墙一般采用结构构造防水,其横梁、立柱常作为集水槽或排水道,因安装后不容易发现渗漏部位,所以构件连接处的缝隙应作好密封处理,以防渗漏。

8 安装施工

8.1 一般规定

8.1.1 根据住房和城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知(建办质〔2018〕31号)的规定,施工高度 50m 及以上的建筑幕墙安装工程为超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。幕墙施工单位应编制专项施工方案,专项施工方案应包括下列内容:

1 工程概况:工程概况和特点、施工平面布置、施工要求和技术保证条件;

2 编制依据:相关法律、法规、规范性文件、标准、规范及施工图设计文件、施工组织设计等;

3 施工进度计划:施工进度计划、材料与设备计划;

4 施工工艺技术:技术参数、工艺流程、施工方法、操作要求、检查要求等;

5 施工安全保证措施:组织保障措施、技术措施、监测监控措施等;

6 施工管理及作业人员配备和分工:施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员等;

7 验收要求:验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等;

8 应急处置措施;

9 计算书及相关施工图纸。

当有需要时,专项施工方案还可增加编制人员、审核人员名单、技术职称、职务等内容。

8.1.3 幕墙的施工测量轴线应与主体结构施工测量轴线配合,

如主体结构轴线及垂直误差大于规定的允许偏差时,应在征得业主、土建设计单位及监理的同意后,适当调整幕墙的轴线,使其符合幕墙的构造需要。

对于高层建筑,由于建筑水平位移的关系,竖向轴线测量不易掌握,风力和风向对测量均有较大影响,在测量时应考虑这些因素。同时幕墙施工测量应与主体结构轴线相互校核,并对误差进行控制、分配、消化,不使其积累,以保证幕墙的垂直度及立柱安装位置的准确。

8.1.4 幕墙安装过程是一项多工种交叉作业的过程,对幕墙的半成品、成品容易造成损坏、污染,所以在安装过程中应引起足够重视,并采取相应的保护措施。

8.1.5 当幕墙构件采用钢型材时,可能进行比较多的焊接作业。在施焊过程中,应采取保护措施,防止烧伤幕墙型材、面板的保护膜等。由于焊接过程中破坏了钢材表面的防护层,因此在施焊后,应对除不锈钢外的钢材的相应部位进行防腐处理。

8.2 安装施工准备

8.2.2 对于已加工好的幕墙构件,在运输、储存过程中应特别注意防止碰撞、污染、锈蚀、潮湿等,在室外储存时更应采取有效保护措施。

8.2.3 选择适当的吊装机具是保证单元板块安装的前提条件;强调吊具与单元板块之间,在起吊过程中不应产生水平方向分力,是防止产生过大挤压力或拉力,使单元板块内构件受损。为防止在起吊过程中发生坠落,吊装机具的运行速度应可控制,并采取防止吊装中单元板块摆动及其他安全保护措施。

8.4 构件式幕墙

8.4.1 幕墙立柱安装的准确性和质量,直接影响整个幕墙的质量,是幕墙安装施工的关键之一。所以本条规定通过连接件的三维调整,应使幕墙平面轴线与建筑物的外平面轴线距离的偏差控制在2mm以内,特别是建筑平面呈弧形、圆形和四周封闭的幕墙,因其内、外轴线距离影响幕墙的周长及金属与石材板块的封闭,在安装施工时应认真对待。

8.4.2 一般情况下横梁分段与立柱连接,横梁之间应留有足够的间隙,或采用有足够压缩变能力(一般不低于20%~35%)的弹性橡胶垫,以适应结构可能的变形或横梁因温度变化而产生的伸缩变形。通常,铝横梁两端与立柱宜采用螺栓连接,至少有一端采用可以适应横梁伸缩变形的连接方式;钢横梁与钢柱之间可采用螺栓连接或焊接连接。

8.4.6 石材面板与支承结构主要通过侧面槽口挂接和背部锚栓、背卡、背槽等方式连接,不同连接方式的工艺要求和质量控制标准不同,对安装精度有不同要求。

8.5 单元式幕墙

8.5.1 不规范的装卸、运输会造成单元板块变形、损伤、破碎,影响单元幕墙整体质量。因此,应根据工程实际情况制订单元板块装卸和运输方案,防止单元板块变形、破碎。

8.5.2 单元板块宜设置专用堆放场地,并应有安全保护措施,短期露天存放时应采取防水防火和遮阳措施。堆放单元板块的周转架应方便运输、装卸和存放。单元板块存放时应按照安装顺序先出后进的原则按编号排列放置,防止多次搬运、频繁装卸对单元板块造成损坏、变形。单元板块应避免叠层堆放,防止单元板

块因重力作用造成变形或损坏。

8.5.3 接料平台主要作用是将单元板块转运到楼层内,达到楼层内的单元板块之后再分别转运至各安装位置,在实施吊装作业前,应对接料平台的承载能力进行验算。

8.6 安全规定

8.6.1 幕墙的安装施工应根据国家有关劳动安全、卫生法规和技术标准的规定,结合工程实际情况,制定详细的安全操作守则,确保施工安全。

8.6.3 施工吊篮是幕墙施工中常用的施工机具,使用的频率非常高,容易出现安全问题。因此,使用前应进行严格的安全检查;使用过程中严格执行操作守则。为防止发生意外,施工吊篮上的操作人员必须戴安全帽、配系安全带,安全带应系在保险绳上。

9 工程验收

9.1 一般规定

9.1.1 为了确保幕墙工程的质量,必须做好施工全过程的质量控制。材料进场验收把好材料质量关,隐蔽工程验收把好施工过程质量关,工程竣工验收把好幕墙工程总体质量关,这是质量控制全过程必须要做好的工作。要及时保存各类记录,建立完整的技术资料档案。

9.1.2 参考国家现行标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 和《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ/T 139 的有关规定,确定了幕墙工程检验批的划分标准。

9.2 材料进场验收

9.2.3 参考现行行业标准《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ/T 139 的有关规定,对幕墙材料复检抽样数量进行要求。

9.2.4 为保证使用的材料符合幕墙工程要求,对所有进场材料要分别检查有关质量保证资料,对有些材料还应现场取样进行复验。对于不合格产品或不符合设计要求的材料不得进场使用,切实把好材料质量关。

9.3 隐蔽工程验收

9.3.1 为了全过程把好质量关,应随施工进度完成隐蔽工程验

收。施工过程中,往往前道工序被后道工序覆盖,在被覆盖前应进行检查,并做好隐蔽工程验收记录。

9.4 工程竣工验收

9.4.2 本条规定了各类型幕墙竣工验收时应具备的技术资料以及应达到的安装质量要求。幕墙工程的验收内容、检验方法、检查数量应符合现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 的规定。须检查的“其他质量保证资料”是本节中未提及的与工程质量相关的资料,如经业主或监理签字的技术变更单等。

10 维护保养

10.1 一般规定

10.1.1 幕墙在使用过程中达到和保持设计要求的功能,确保安全,规定施工单位应向安全维护责任人提供《幕墙使用维护说明书》,作为工程竣工交付内容的组成部分,指导幕墙的维护保养。

10.2 检查与维修

10.2.2 幕墙质保期内安全维护责任人可要求施工单位进行检查,幕墙质保期后安全维护责任人可邀请具有相应资质的单位进行检查。

10.3 保养和清洗

10.3.3 幕墙在使用过程中外表面易被灰尘等污染,需进行定期清洗。