UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P JGJ 133－201×

金属与石材幕墙工程技术规范

Technical Code for Metal and Stone Curtain Wall Engineering

（报批稿）

2012 年 9 月

201×-××-××　发布　　201×-××-××　实施

中华人民共和国住房和城乡建设部　发布

中华人民共和国住房和城乡建设部

公　　告

第×××号

关于公布行业标准
《金属与石材幕墙工程技术规范》的公告

现批准《金属与石材幕墙工程技术规范》为行业标准，编号为 JGJ 133-201×，自 201×年×月×日起实施。其中，第 3.1.4 条、第 3.6.8 条、第 5.5.1 条、第 5.6.1 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133-2001 同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

201×年×月×日

前　言

根据原建设部《关于印发<二〇〇四年度工程建设城建、建工行业标准制定、修订计划>的通知》（建标【2004】66号）的要求，规范编制组经过广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，对《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133-2001进行了全面修订。

本规范的主要技术内容是：总则、术语和符号、材料、建筑设计、结构设计基本规定、面板设计、支承结构设计、加工制作、安装施工、工程验收、使用维护以及有关的附录。

本规范修订的主要技术内容是：1. 修改了石材幕墙的适用范围，同时补充了高度大于200m或体形、风荷载环境复杂的建筑幕墙，宜进行风洞试验确定风荷载的要求；2. 取消了有关温度作用和作用效应的有关计算要求，同时加强了有关构造要求；3. 取消了钢销式石材幕墙的相关内容；4. 补充完善了幕墙结构风荷载、地震作用以及作用效应组合等内容；5. 增加了螺栓连接等面板背部连接方式的设计、加工和安装等要求；6. 增加了非花岗石天然石材幕墙的有关要求；7. 根据工程建设标准强制性条文的有关要求，较大幅度地调整了强制性条文的内容。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责对强制性条文的管理和解释，由主编单位负责具体技术内容的解释。为了提高规范的质量，请各单位在执行本规范的过程中，注意总结经验、积累资料，随时将有关意见和建议寄送给中国建筑科学研究院国家行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》管理组（邮政编码：100013，地址：北京北三环东路30号）。

本规范主编单位：中国建筑科学研究院

本规范参编单位：国家建筑工程质量监督检验中心
广东省建筑科学研究院
北京江河幕墙装饰工程有限公司
沈阳远大铝业工程有限公司
武汉凌云建筑装饰工程有限公司
深圳市方大装饰工程有限公司
杭州之江有机硅化工有限公司
中山盛兴股份有限公司
广州市白云化工实业有限公司

本规范主要起草人员：黄小坤　赵西安　姜　红　杨仕超　黄拥军　谢海状　吴弋德
张冠琦　曾晓武　刘　明　姜清海　胡忠明　刘　刚

本规程主要审查人员：杜继予　廖学权　左　江　姜　仁　冯　健　张　芹　姜成爱
班广生　魏东海　杜万明　邢凤群

目　次

1　总　则 68
2　术语和符号 69
2.1　术语　69
2.2　符号　70
3　材　料 73
3.1　一般规定　73
3.2　铝型材　73
3.3　钢　材　74
3.4　石　材　74
3.5　金属面板　75
3.6　建筑密封材料和粘接材料　76
3.7　其他　77
4　建筑设计 78
4.1　一般规定 78
4.2　性能和检测要求　78
4.3　构造设计 79
4.4　防火及防雷设计　80
4.5　安全措施 80
5　结构设计的基本规定 81
5.1　一般规定　81
5.2　材料力学性能 82
5.3　作用　84
5.4　作用效应组合　86
5.5　连接设计　87
5.6　硅酮结构密封胶设计　88
6　面板设计 89
6.1　一般规定　89
6.2　金属面板　90
6.3　短槽连接的石材面板　92
6.4　通槽连接的石材面板　94
6.5　背栓连接的石材面板　96
7　支承结构设计 98
7.1　横梁　98
7.2　立柱　99
8　加工制作 102
8.1　一般规定 102
8.2　铝型材　102
8.3　钢构件　104
8.4　金属板　105
8.5　石板 106

8.6 组件装配 108
8.7 构件检验 109
9 安装施工 110
9.1 一般规定 110
9.2 安装施工准备 110
9.3 构件式幕墙 111
9.4 单元式幕墙 113
9.5 安全规定 115
10 工程验收 116
10.1 一般规定 116
10.2 主控项目 117
10.3 一般项目 117
11 使用维护 120
11.1 一般规定 120
11.2 检查与维修 120
11.3 清洗 121
附录 A 耐候钢强度设计值 122
附录 B 弹性板的弯矩系数和挠度系数 123
B.1 四边简支板和四边简支加肋板 123
B.2 四角支承板 127
附录 C 交叉肋的弯矩系数和剪力系数 129
本规范用词说明 64
引用标准名录 65
附：条文说明

Contents

1 General Provisions ..... 错误!未定义书签。
2 Terms and Symbols ..... 错误!未定义书签。
2.1 Terms ..... 错误!未定义书签。
2.2 Symbols ..... 错误!未定义书签。
3 Materials ..... 错误!未定义书签。
3.1 General Requirements ..... 错误!未定义书签。
3.2 Aluminum Profile ..... 错误!未定义书签。
3.3 Steel Profile ..... 错误!未定义书签。
3.4 Stone Panels ..... 错误!未定义书签。
3.5 Metal Panels ..... 错误!未定义书签。
3.6 Sealing and Bonding Materials ..... 错误!未定义书签。
3.7 Other Materials ..... 错误!未定义书签。
4 Architectural Design ..... 错误!未定义书签。
4.1 General Requirements ..... 错误!未定义书签。
4.2 Performance and Testing Requirements ..... 错误!未定义书签。
4.3 Detailing Design ..... 错误!未定义书签。
4.4 FireProofing and Lightning Protection Design ..... 错误!未定义书签。
4.5 Safety Measurements 13
5 Basic Requirements of Structural Design ..... 错误!未定义书签。
5.1 General Requirements ..... 错误!未定义书签。
5.2 Mechanical Properties of Materials ..... 错误!未定义书签。
5.3 Actions ..... 错误!未定义书签。
5.4 Combination of Action Effects ..... 错误!未定义书签。
5.5 Connecting Design ..... 错误!未定义书签。0
5.6 Design for Structural Silcone Sealant ..... 错误!未定义书签。1
6 Design of Panels ..... 错误!未定义书签。
6.1 General Requirements ..... 错误!未定义书签。
6.2 Metal Panel ..... 错误!未定义书签。3
6.3 Stone Panel Connected at Discontinuous Edge Rabbets ..... 错误!未定义书签。
6.4 Stone Panel Connected at Continuous Edge Rabbets ..... 错误!未定义书签。
6.5 Stone Panel Connected at Several Dots of Rear Surface 29
7 Design for Supporting Members of the Panel ..... 错误!未定义书签。1
7.1 Transom ..... 错误!未定义书签。
7.2 Mullion ..... 错误!未定义书签。2
8 Manufacturing ..... 错误!未定义书签。
8.1 General Requirements ..... 错误!未定义书签。
8.2 Aluminum Profile ..... 错误!未定义书签。
8.3 Steel Members ..... 错误!未定义书签。
8.4 Metal Panel 38
8.5 Stone Panel 39
8.6 Assembly Parts ..... 错误!未定义书签。1

8.7 Product Inspection ..... 错误!未定义书签。
9 Installation ..... 错误!未定义书签。3
9.1 General Requirements ..... 错误!未定义书签。3
9.2 Preparation for Installation 43
9.3 Frame Supported Curtain Wall Assembled in Elements 44
9.4 Unitized Curtain Wall 46
9.5 Safety Requirements 48
10 Quality Acceptance of Construction 49
10.1 General Requirements 49
10.2 Dominant Items ..... 错误!未定义书签。0
10.3 Ordinaryl Items ..... 错误!未定义书签。0
11 Maintenance 53
11.1 General Requirements 53
11.2 Inspection and Repairing 53
11.3 Cleaning 54
Appendix A Design Strength of Atmospheric Corrosion Resisting Steel 55
Appendix B Coefficeints of Bending Monment and Deflection of Elastic Panel 56
B.1 Four Sides Simply Supported Panels and Four Sides Simply Supported Ribbed Panels 56
B.2 Four Points Supported Panels ..... 错误!未定义书签。0
Appendix C Coefficeints of Bending Monment and Shear Force of Crossing Ribs 62
Explanation of Wording in This Specification 64
List of Quoted Standards 65
Addition: Explanation of Provisions

1 总 则

为使金属与石材幕墙工程做到安全可靠、技术先进、经济适用，制定本规范。

本规范适用于下列民用建筑金属与石材幕墙工程的设计、制作、安装施工、工程验收以及保养和维修：

1 非抗震设计和抗震设防烈度为6、7、8、9度的民用建筑金属幕墙工程；

2 非抗震设计和抗震设防烈度为6、7、8度的民用建筑天然石材幕墙工程；当幕墙高度超过100m时应采用花岗石。

在正常使用状态下，金属与石材幕墙应具有规定的可靠性。抗震设计的金属与石材幕墙，在遭受多遇地震作用时，一般不需修理即可继续使用；在遭受设防烈度地震作用时，经一般修理后应仍可继续使用；在遭受预估的罕遇地震作用时，幕墙支承结构不得脱落。

金属与石材幕墙工程除应符合本规范外，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 建筑幕墙 building curtain wall

由面板与支承结构体系组成的、具有规定的承载能力和变形能力、不分担主体结构所受作用的建筑外围护墙或装饰墙。

2.1.2 金属幕墙 metal curtain wall

面板材料为金属板材的建筑幕墙。

2.1.3 石材幕墙 stone curtain wall

面板材料为天然建筑石材的建筑幕墙。

2.1.4 组合幕墙 composite curtain wall

由不同材料的面板（如金属、石材等）组成的建筑幕墙。

2.1.5 斜建筑幕墙 inclined building curtain wall

与水平面夹角大于 75°且小于 90°的建筑幕墙。

2.1.6 单元式建筑幕墙 frame supported building curtain wall assembled in prefabricated units

将面板和金属框架（横梁、立柱）在工厂组装为幕墙单元，以幕墙单元形式在现场完成安装施工的建筑幕墙。简称为单元式幕墙。

2.1.7 构件式建筑幕墙 frame supported building curtain wall assembled in elements

在现场安装立柱、横梁和面板的建筑幕墙。简称为构件式幕墙。

2.1.8 硅酮结构密封胶 structural silicone sealant

幕墙中用于面板与面板、面板与金属构架、面板与玻璃肋之间的结构用硅酮粘接材料，简称硅酮结构胶。

2.1.9 硅酮建筑密封胶 weather proofing silicone sealant

幕墙嵌缝密封用非定形硅酮密封材料，简称建筑密封胶。

2.1.10 双面胶带 double-faced adhesive tape

幕墙中用于控制结构胶位置和截面尺寸的双面涂胶的聚胺基甲酸乙酯或聚乙烯低泡材料。

2.1.11 双金属腐蚀 bimetallic corrosion

由不同的金属或其他电子导体作为电极而形成的电偶腐蚀。

2.1.12 相容性 compatibility

粘密封材料之间或粘接密封材料与其他有机材料接触时，相互不产生有害物理、化学反应的性能。

2.1.13 冷成型薄壁型钢 cold-formed thin-wall profile steel

由热轧钢板冷加工成型的开口或闭口截面的薄壁钢型材，如冷弯薄壁型钢。

2.1.14 有效截面　effective section

型材受压板件宽厚比大于规定的限值时，扣除超出限值部分后的截面。

2.1.15 有效净截面　effective net section

有效截面部分带有孔洞时，扣除孔洞部分后的截面。

2.2　符号

2.2.1　材料力学性能

C30　——表示立方体强度标准值为 30N/mm^2 的混凝土强度等级；

E　——材料弹性模量；

f　——材料强度设计值；

f_a　——铝合金材料强度设计值；

f_c　——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_r^c　——石材面板抗弯强度设计值；

f_r^v　——石材面板抗剪强度设计值；

f_{rk}　——石材面板抗弯强度标准值；

f_{rm}　——石材面板抗弯强度试验平均值；

f_s　——钢材强度设计值；

f_t　——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_y　——钢筋抗拉强度设计值。

2.2.2　作用和作用效应

d_f　——作用标准值引起的幕墙构件挠度值；

G_k　——重力荷载标准值；

M　——弯矩设计值；

M_x　——绕截面 x 轴的弯矩设计值；

M_y　——绕截面 y 轴的弯矩设计值；

N　——轴力设计值；

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；

q_E　——垂直于幕墙平面的水平地震作用设计值；

q_G　——幕墙单位面积重力荷载设计值；

R　——构件截面承载力设计值；

S　——作用效应组合的设计值；

S_{Ek}　——地震作用效应标准值；

S_{Gk}　——重力荷载效应标准值；

S_{wk} ——风荷载效应标准值；

V ——剪力设计值；

w ——风荷载设计值；

w_0 ——基本风压；

w_k ——风荷载标准值；

σ_{wk} ——风荷载作用下幕墙面板最大应力标准值；

σ_{Ek} ——地震作用下幕墙面板最大应力标准值。

2.2.3 几何参数

a ——矩形面板的短边边长；

A ——构件截面面积或毛截面面积；幕墙平面面积；

A_n ——净截面面积；

A_s ——锚固钢筋总截面面积；

b ——矩形面板的长边边长；

c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度；

d ——锚固钢筋直径；

l ——跨度；

t ——面板厚度；型材截面厚度；

t_s ——硅酮结构密封胶粘接厚度；

W ——毛截面模量；

W_e ——等效截面模量；

W_n ——净截面模量；

W_{nx} ——绕截面 x 轴的净截面模量；

W_{ny} ——绕截面 y 轴的净截面模量；

z ——外层锚固钢筋中心线之间的距离。

2.2.4 系数

α ——材料线膨胀系数；

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；

β_{gz} ——阵风系数；

β_z ——风振系数；

δ ——硅酮结构密封胶的变位承受能力；

φ ——稳定系数；

γ ——截面塑性发展系数；

γ_0 ——结构构件重要性系数；

γ_g ——材料自重标准值；

γ_E ——地震作用分项系数；

γ_G ——重力荷载分项系数；

γ_{RE} ——结构构件承载力抗震调整系数；

γ_w ——风荷载分项系数；

η ——折减系数；

μ_s ——风荷载体型系数；

μ_z ——风压高度变化系数；

ν ——材料泊松比；

ψ_E ——地震作用效应的组合值系数；

ψ_w ——风荷载作用效应的组合值系数。

2.2.5 其他

$d_{f,lim}$ ——构件挠度限值；

λ ——长细比；

θ_e ——主体结构的楼层弹性层间位移角限值（rad）。

3 材 料

3.1 一般规定

3.1.1 幕墙材料应符合国家现行有关标准的规定，并应具有出厂合格证书。

3.1.2 幕墙的面板、支承结构和连接件应采用不燃材料，幕墙的保温材料和密封材料的燃烧性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关要求。与石材接触的粘接、密封材料不应对石材产生污染，并应提供符合要求的耐污染性试验报告。

3.1.3 硅酮结构密封胶和建筑密封胶必须在有效期内使用；严禁建筑密封胶作为硅酮结构密封胶使用。

3.1.4 结构密封胶不宜作为建筑密封胶使用。

3.2 铝型材

3.2.1 铝合金材料的牌号所对应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。

3.2.2 铝合金型材质量应符合国家现行标准《铝合金建筑型材》GB 5237、《建筑用隔热铝合金型材》JG 175 的规定，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，其处理层厚度宜符合表 3.2.2 的要求。

表 3.2.2 铝合金型材表面处理层的厚度

表面处理方法		膜厚级别（涂层种类）	厚度 t（μm）	
			平均膜厚	最小局部膜厚
阳极氧化		不低于 AA15	$t \geq 15$	$t \geq 12$
电泳涂漆	阳极氧化膜	B（有光或亚光透明漆）	——	$t \geq 9$
	漆　　膜		——	$t \geq 7$
	复　合　膜		——	$t \geq 16$
	阳极氧化膜	S（有光或亚光有色漆）	——	$t \geq 6$
	漆　　膜		——	$t \geq 15$
	复　合　膜		——	$t \geq 21$
粉末喷涂		——	——	$t \geq 40$
氟碳喷涂		二涂	$t \geq 30$	$t \geq 25$
		三涂	$t \geq 40$	$t \geq 34$
		四涂	$t \geq 65$	$t \geq 55$

3.2.3 与幕墙配套使用的铝合金门窗应符合现行国家标准《铝合金门窗》GB/T 8478。

3.3 钢 材

3.3.1 碳素结构钢和低合金高强度结构钢的钢种、牌号和质量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 技术条件》GB/T 699、《合金结构钢 技术条件》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薄钢板及钢带》GB/T 912、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》GB/T 3274 及《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《建筑用钢质拉杆构件》JG/T xxx。

3.3.2 与空气接触的碳素结构钢和低合金高强度结构钢应采取有效的表面防腐处理，并应符合下列要求：

1 当采用热浸镀锌进行表面处理时，锌膜质量和厚度应符合现行国家《金属覆盖层钢铁制品热镀锌层技术要求》GB/T 13912 的规定；

2 当采用防腐涂料进行表面处理时，除密闭的闭口型材的内表面外，涂层应完全覆盖钢材表面，其厚度应符合防腐要求；

3 当采用氟碳漆喷涂或聚氨酯漆喷涂时，漆膜的厚度不宜小于 35μm，在空气污染严重及海滨地区，涂膜厚度不宜小于 45μm。

3.3.3 采用耐候结构钢时，其质量和性能应符合国家现行标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的规定。

3.3.4 焊接材料应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117、《低合金钢焊条》GB/T 5118、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的规定。

3.3.5 幕墙用不锈钢宜采用奥氏体型不锈钢材且应符合现行国家标准《不锈钢及耐热钢 牌号及化学成份》GB/T 20878 的要求。奥氏体型不锈钢的铬、镍总含量不宜低于 25%，其中镍含量不宜低于 8%。幕墙用不锈钢材尚应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢热轧钢板》GB/T 4237、《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975。

3.4 石 材

3.4.1 石材幕墙面板宜采用功能用途的花岗石板材。

3.4.2 幕墙面板石材不应有软弱夹层或软弱矿脉。有层状花纹的石材不宜有粗粒、松散、多孔的条纹。石材面板的技术、质量要求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 的规定。

3.4.3 幕墙石材面板宜进行表面防护处理。石材面板的吸水率大于 1%时，应进行表面防护处理，处理后的含水率不应大于 1%。

3.4.4 用于严寒地区和寒冷地区的石材，其冻融系数不宜小于 0.8。

3.4.5 石材的放射性核素应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求。

3.4.6 在干燥状态下，石材面板的弯曲强度应符合下列要求：

1 花岗石的试验平均值 f_{rm} 不应小于 10.0 N/mm²，标准值 f_{rk} 不应小于 8.0 N/mm²；其他类型石材的试验平均值 f_{rm} 不应小于 5.0 N/mm²，标准值 f_{rk} 不应小于 4.0 N/mm²；

2 当石材面板的两个方向具有不同力学性能时，对双向受力板，每个方向的强度指标均应符合本条第 1 款的规定；对单向受力板，其主受力方向的强度应符合本条第 1 款的规定。

3.4.7 幕墙石材面板的厚度、吸水率和单块面积应符合表 3.4.7 的规定。烧毛板和天然粗糙表面的石板，其最小厚度应按表 3.4.7 中数值增加 3mm 采用。

表 3.4.7 石材面板的厚度、吸水率、单块面积要求

石材种类	花岗石	其他类型石材	
f_{rk}（N/mm²）	≥8.0	≥8.0	8.0>f_{rk}≥4.0
厚度 t(mm)	≥25	≥35	≥40
吸水率(%)	≤0.6	≤5	≤5
单块面积(㎡)	不宜大于 1.5	不宜大于 1.5	不宜大于 1.5

3.4.8 幕墙高度超过 100m 时，花岗石面板的弯曲强度试验平均值 f_{rm} 不应小于 12.0 N/mm²，标准值 f_{rk} 不应小于 10.0 N/mm²，厚度不应小于 30mm。

3.5 金属面板

3.5.1 单层铝板宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，并应符合国家现行标准《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880.1~3、《变形铝及铝合金牌号表示方法》GB/T 16474、《变形铝及铝合金状态代号》GB/T 16475、《铝幕墙板 板基》YS/T 429.1、《铝幕墙板 氟碳喷漆铝单板》YS/T 429.2 的规定。

3.5.2 铝板表面采用氟碳涂层时，应符合下列规定：

1 氟碳树脂含量不应低于树脂总量的 70%；

2 涂层厚度宜符合表 3.5.2 的要求。

表 3.5.2 氟碳涂层厚度（μm）

涂装工艺类型 / 涂层	喷涂		辊涂	
	平均膜厚	最小局部膜厚	平均膜厚	最小局部膜厚
二涂	≥30	≥25	≥25	≥22
三涂	≥40	≥35	≥35	≥30
四涂	≥65	≥55		

3.5.3 单层铝板的板基厚度宜符合表 3.5.3 的规定。

表 3.5.3 单层铝板的板基厚度

铝板屈服强度 $\sigma_{0.2}$（N/mm²）	<100	100≤$\sigma_{0.2}$<150	≥150
铝板的厚度 t（mm）	≥3.0	≥2.5	≥2.0

注：波纹形单层铝板的板基厚度可小于本表的规定。

3.5.4 铝塑复合板应符合现行国家标准《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748 的有关要求。

3.5.5 铝蜂窝板应符合下列要求：《建筑外墙用铝蜂窝板》JG/T xxx。

1 截面厚度不宜小于 10mm；

2 芯材应采用铝蜂窝，板基宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，板基的厚度允许偏差应取±0.025mm；

3 面板厚度不宜小于 1.0mm。铝蜂窝板的厚度为 10mm 时，其背板厚度不宜小于 0.5mm；铝蜂窝板的厚度不小于 12mm 时，其背板厚度不宜小于 1.0mm；

4 当表面采用氟碳涂层时，应符合本规范第 3.5.2 条的要求。

3.5.6 不锈钢板作面板时，其材质应符合本规范第 3.3.5 条的有关规定；其截面厚度，当为平板时不宜小于 2.5mm，当为波纹板时，不宜小于 1.0mm。

海边或严重腐蚀地区，可采用单面涂层或双面涂层的不锈钢板，涂层厚度不宜小于 35μm。

3.5.7 彩色涂层钢板应符合现行国家标准《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754 的规定。基材钢板宜镀锌，板厚不宜小于 1.5mm，并应具有适合室外使用的氟碳涂层、聚酯涂层或丙烯酸涂层。

3.6 建筑密封材料和粘接材料

3.6.1 橡胶制品宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶及硅橡胶。

3.6.2 密封胶条应符合国家现行标准《建筑门窗幕墙用密封胶条》GB/T 24498 的规定。

3.6.3 金属板幕墙应采用中性建筑密封胶，其性能可参照现行行业标准《幕墙玻璃接缝用密封胶》JC/T 882 的有关规定。

3.6.4 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 的规定。

3.6.5 石材挂件可采用环氧树脂胶粘剂粘接，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 的规定；不得采用不饱和聚酯树脂胶。

3.6.6 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 的规定。

3.6.7 用于石材定位、修补等非结构承载粘接用途的云石胶，应符合现行行业标准《非结构承载用石材胶粘剂》JC/T 989 的有关规定。

3.6.8 幕墙用硅酮建筑密封胶和硅酮结构密封胶，应经国家认可的检测机构进行与其相接触的有机材料的相容性试验以及与其相粘接材料的剥离粘接性试验；对硅酮结构密封胶，尚应进行邵氏硬度、标准条件下拉伸粘接性能试验。

3.6.9 硅酮结构密封胶生产商应提供结构胶拉伸试验的应力应变曲线和质量保证书。

3.7 其他

3.7.1 与单组份硅酮结构密封胶配合使用的低发泡间隔双面胶带，应具有透气性。

3.7.2 宜采用聚乙烯泡沫棒作填充材料，其密度不宜大于 37kg/m^3。

3.7.3 石材表面防护剂应符合《建筑装饰用天然石材防护剂》JC/T 973 的有关规定。。

3.7.4 与幕墙配套使用的紧固件应符合现行国家标准《紧固件　螺栓和螺钉》GB/T 5277、《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 粗牙螺纹》GB/T 3098.2、《紧固件机械性能 螺母 细牙螺纹》GB/T 3098.4、《紧固件机械性能 螺栓 自攻螺钉》GB/T 3098.5、《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 和《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》GB/T 3098.21、《紧固件机械性能 自钻自攻螺钉》GB/T 15856 的规定。

3.7.5 幕墙的保温、隔热材料，宜采用岩棉、矿棉、玻璃棉等不燃或难燃材料，其燃烧性能分级应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 的有关规定。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 应根据建筑物的使用功能、立面设计、节能环保、施工技术、使用年限等要求，经过综合技术经济分析，选择幕墙的立面造型、结构形式、材料及构造。

4.1.2 幕墙应与建筑物整体及周围环境相协调。

4.1.3 幕墙立面分格宜与房间划分和防火分区相协调。金属幕墙的分格尺寸划分应有利于提高铝板等板材的出材率。石材幕墙单块花岗石石材面板的面积不宜大于 1.5m²；其他石材面板的面积不宜大于 1. 0m²。

4.1.4 幕墙的透光部分以及开启窗的设置应满足使用功能、建筑立面效果和节能要求。开启窗的设计应符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的要求。

4.1.5 建筑幕墙的热工设计应符合国家现行标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《严寒寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 的有关规定。

4.1.6 幕墙的设计应能满足维护和清洗的要求，幕墙面板应便于更换。幕墙高度超过 50m 时，宜设置清洗设备，并应便于操作。

4.2 性能和检测要求

4.2.1 幕墙的性能等级应根据建筑物的类别、高度、体型、功能以及建筑物所在的地理、气候和环境条件进行设计，并应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 20186 的有关规定。

4.2.2 在风荷载标准值作用下，幕墙结构构件的变形应符合本规范的有关规定，并不应发生损坏。

4.2.3 有采暖、空气调节要求的建筑幕墙，其气密性能应符合建筑节能设计要求。

4.2.4 幕墙的水密性能应符合建筑功能要求。有防水密封要求的幕墙，其水密性能设计应符合下列要求：

1 易受热带风暴和台风袭击的地区，水密性能设计取值应按下式计算，且取值不应小于 1000Pa：

$$P = 1000\mu_z\mu_s w_0 \tag{4.2.4}$$

式中：P ——水密性能设计取值（Pa）；

w_0 ——基本风压（kN/m²）；

μ_z ——风压高度变化系数，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定；

μ_s ——体型系数，可取 1.2。

2 其他地区，水密性能可按第 1 款计算值的 75%进行设计，且取值不宜低于 700Pa。

4.2.5 幕墙平面内变形性能应符合下列要求：

1　非抗震设计时，应按主体结构弹性层间位移角限值进行设计；

2　抗震设计时，应按主体结构弹性层间位移角限值的 3 倍进行设计。

4.2.6 建筑幕墙的热工性能应满足建筑功能要求，传热系数应满足节能设计要求。

4.2.7 建筑幕墙热桥的构造措施及保温材料的性能应通过热工计算确定。

4.2.8 幕墙的隔声性能应满足建筑隔声设计要求。

4.2.9 幕墙的物理性能检测项目应根据幕墙的型式、功能和性能要求确定。除了抗风压性能、水密性能、气密性能、平面内变形性能外，必要时尚应考虑建筑功能所要求的其他性能。

4.3 构造设计

4.3.1 幕墙的构造设计应满足安全、适用、美观的要求，并应方便制作、安装、维修和保养。

4.3.2 幕墙中可能渗入雨水或形成冷凝水的部位，应设置导、排水装置或构造。

单元式幕墙单元组件的对接部位，宜按雨幕原理进行构造设计。单元式幕墙采用对插式组合构件时，纵、横板缝交叉部位应采取防渗漏封口构造措施。

4.3.3 封闭式注胶板缝的宽度和所用密封胶的性能应能适应幕墙本身及建筑物在各种作用下产生的变形，金属面板板缝宽度不宜小于 10㎜，石材幕墙面板的板缝宽度不宜小于 8mm。当建筑设计有要求时，可采用凹入式胶缝。

4.3.4 封闭式嵌条板缝，密封条纵横交叉部位应可靠封结。构造上宜按照雨幕原理进行多腔体设计、采用多道密封防水措施，并应设置导、排水系统。

4.3.5 开放式板缝宜在面板的背面空间设置防水构造或在主体结构上设置防水层，可采用镀锌钢板、铝板作为防水衬板；应设置可靠的导排水系统；应采取必要的通风除湿构造措施。

4.3.6 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构造设计。金属幕墙的女儿墙、上封边部分，宜采用单层铝板或不锈钢板加工成向内倾斜的盖顶。

4.3.7 幕墙的面板不宜跨越主体结构的变形缝，变形缝两侧可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型连接设计，并采取易于修复的构造措施。

4.3.8 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；严寒、寒冷地区，幕墙保温材料所在空间应设置隔汽层与室内进行隔汽密封，隔气层应完整。

易潮湿的保温材料不应直接暴露在外部环境之中。

4.3.9 严寒、寒冷及夏热冬冷地区幕墙的连接构造设计，应采取避免或减小热桥作用的措施，热桥部位的隔热节点连接应满足承载力设计要求；幕墙与周边墙体间的缝隙应采用弹性闭孔材料填充，并应采用密封胶密封；建筑伸缩缝、沉降缝、防震缝等应进行保温、隔热、防水设计。

4.3.10 幕墙的连接构造应采取防止金属摩擦噪音的措施。

4.3.11 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。

4.4 防火及防雷设计

4.4.1 幕墙的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。

4.4.2 在无主体结构实体墙的部位，幕墙与周边防火分隔构件间的缝隙、与楼板或隔墙外沿间的缝隙等，应进行防火封堵设计；在有主体结构实体墙的部位，与实体墙面洞口边缘间的缝隙以及与实体墙周边的缝隙等，应进行防火封堵设计。防火墙、防火隔断与幕墙之间的空隙也应进行防火封堵。

4.4.3 幕墙与各层楼板、隔墙外沿的间隙应采取防火封堵措施，并应符合下列要求：

1 在窗槛墙部位宜采用上下两层水平防火封堵构造。当采用一层防火封堵时，防火封堵构造应位于窗槛墙的下部；

2 水平防火封堵构造应采用不小于 1.5mm 镀锌钢板与主体结构、幕墙框架可靠连接；钢板支撑构造与主体结构、幕墙构部件以及钢承托板之间的接缝处应采用防火密封胶密封；

3 当采用岩棉或矿棉封堵时，应填充密实，填充厚度应不小于 100mm。

4.4.4 幕墙的防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。幕墙的金属框架应与主体结构的防雷装置可靠连接，并保持导电通畅。

4.5 安全措施

4.5.1 倒挂石材面板宜采用背栓连接，并宜设置穿透性金属挂件或金属边框，面板背面应进行增强整体性的表面处理。

4.5.2 材质疏松或带有孔洞的石材面板、抗弯强度试验平均值 f_m 小于 8N/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。

4.5.3 凸出幕墙大面的装饰线条宜采用背栓或长螺栓连接。

5 结构设计的基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 幕墙结构应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。幕墙的结构设计使用年限不应少于 25 年；大跨度钢结构支承体系和预埋件的设计使用年限宜按主体结构的设计使用年限确定。

5.1.2 非抗震设计的幕墙，应计算重力荷载和风荷载效应；抗震设计的幕墙，应计算重力荷载、风荷载和地震作用效应。

当温度作用不可忽略时，幕墙结构设计应考虑温度效应影响。

5.1.3 幕墙结构在施工阶段和正常使用阶段的作用可按弹性方法分别计算，并应按本规范第 5.4 节的规定进行作用的组合。幕墙结构应按最不利作用组合进行设计。

5.1.4 幕墙结构构件应按下列规定验算承载力和挠度：

1 无地震作用组合时，承载力应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \le R \tag{5.1.4-1}$$

2 有地震作用组合时，承载力应符合下式要求：

$$S_{\mathrm{E}} \le R/\gamma_{\mathrm{RE}} \tag{5.1.4-2}$$

式中：S ——荷载按基本组合的效应设计值；

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_0 ——结构构件重要性系数，应取不小于 1.0；

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：

$$d_{\mathrm{f}} \le d_{\mathrm{f,lim}} \tag{5.1.4-3}$$

式中：d_{f} ——作用标准值引起的幕墙构件挠度值；

$d_{\mathrm{f,lim}}$ ——构件挠度限值。

4 双向受弯杆件，两个方向的挠度应分别符合本条第 3 款的规定。

5.1.5 当面板相对于横梁有偏心时，横梁和立柱设计时应考虑重力荷载偏心产生的不利影响。

5.1.6 结构构件的受拉承载力应按净截面计算；受压承载力应按有效净截面计算；稳定性应按有效截面计算。构件的变形和稳定系数可按毛截面计算。

5.1.7 采用螺栓连接、挂接或插接的幕墙构件，应采取可靠的防松动、防滑移、防脱离措施。

5.1.8 石材幕墙面板不应采用硅酮结构密封胶粘接的结构装配方式。

5.1.9 除本规范另有规定外，幕墙的金属支承结构及金属面板设计尚应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构设计规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

5.2 材料力学性能

5.2.1 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 的规定采用。

5.2.2 热轧钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构设计规范》GB50018 的规定采用。

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

5.2.4 铝板抗拉强度标准值 f_{ak1} 可取其屈服强度 $\sigma_{0.2}$。铝板抗拉强度设计值 f_{a1}^{t} 可按其抗拉强度标准值 f_{ak1} 除以系数 1.2 后采用；其抗剪强度设计值 f_{a1}^{v} 可按其抗拉强度标准值 f_{ak1} 除以系数 2.07 后采用。铝板的强度设计值也可按表 5.2.4 采用。

表 5.2.4　铝板强度设计值 f_{ai}（N / mm²）

铝板牌号	合金状态	屈服强度最小值 $\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_{a1}^{t}	抗剪强度 f_{a1}^{v}
1050	H14、H24、H44	75	65	40
	H18	120	100	60
1060	H14、H24、H44	65	55	35
1100	H14、H24、H44	95	80	50
3003	H14、H24、H44	115	100	60
	H16、H26	145	125	70
3004	H42	140	120	65
	H14、H24	170	145	85
3005	H42	95	80	50
	H14、H24、H44	135	115	65
	H46	160	135	80
3105	H25	130	110	65
5005	H42	90	75	45
	H14、H24、H44	115	100	60
5052	H42	130	110	65
	H44	175	150	85
5754	H42	140	120	65
	H14、H24、H44	160	135	80
	H16、H26、H46	190	160	95

5.2.5 不锈钢抗拉强度标准值 f_{sk1} 可取其屈服强度 $\sigma_{0.2}$。不锈钢抗拉强度设计值 f_{s1}^{t} 可按其抗拉强度标准值 f_{sk1} 除以系数 1.15 后采用；其抗剪强度设计值 f_{s1}^{v} 可按其抗拉强度标准值 f_{sk1} 除以系数 2.00 后采用。不锈钢型材和棒材的强度设计值也可按表 5.2.5-1 采用；不锈钢板的强度设计值也可按表 5.2.5-2 采用。

表 5.2.5-1　不锈钢型材和棒材强度设计值 f_{s1} (N/mm²)

牌号		$\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_{s1}^{t}	抗剪强度 f_{s1}^{v}	局部承压强度 f_{s1}^{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 5.2.5-2　不锈钢板的强度设计值 f_{s2} (N/mm²)

牌号		$\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f_{s2}^{t}	抗剪强度 f_{s2}^{v}	端面承压强度 f_{s2}^{c}
06Cr18Ni10	S30408	205	180	105	255
06Cr17Ni12Mo2	S31608	205	180	105	255
06Cr19Ni13Mo3	S31708	205	180	105	255

5.2.6　彩钢板抗拉强度设计值可按其屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 除以系数 1.15 采用。

5.2.7　天然石板的抗弯强度标准值 f_{rk} 应按公式（5.2.7-1）确定，其抗弯强度设计值、抗剪强度设计值应分别按公式（5.2.7-2）和（5.2.7-3）采用：

$$f_{rk} = f_{rm} - 2.0 f_0 \tag{5.2.7-1}$$

$$f_r^b = f_{rk} / \gamma_r \tag{5.2.7-2}$$

$$f_r^v = 0.5 f_r^b \tag{5.2.7-3}$$

式中：f_r^b ——石材面板抗弯强度设计值(N/mm²)；

f_r^v ——石材面板抗剪强度设计值(N/mm²)；

f_{rk} ——石材面板抗弯强度标准值(N/mm²)；

f_{rm} ——石材面板抗弯强度试验平均值(N/mm²)；

f_0 ——石材面板抗弯强度试验的标准差(N/mm²)；

γ_r ——石材面板材料性能分项系数，应符合本规范第 5.2.8 条的规定。

5.2.8　石材面板材料性能分项系数 γ_r 的取值，应充分考虑不同石材的特点和工程经验，并不宜小于表 5.2.8 的规定值。

表 5.2.8　石材材料性能分项系数 γ_r

石材面板类型	花岗石	大理石或砂岩	
石板抗弯强度标准值 f_{rk}（N/mm²）	≥8.0	≥8.0	8.0> f_{rk} ≥4.0
γ_r	2.15	2.85	3.57

5.2.9　幕墙材料的弹性模量可按表 5.2.10 采用。

表 5.2.10　材料的弹性模量 E（N/mm²）

材　　料		E
铝合金型材、单层铝板		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
蜂窝铝板	厚度 10mm	0.35×10^5
	厚度 15mm	0.27×10^5
	厚度 20mm	0.21×10^5
花岗石石板		0.8×10^5

5.2.10 幕墙材料的泊松比可按表 5.2.11 采用。

表 5.2.11　材料的泊松比 ν

材　　料	ν	材　　料	ν
铝合金型材、单层铝板	0.30	蜂窝铝板	0.25
钢、不锈钢	0.30	花岗石石板	0.125
铝塑复合板	0.25		

5.2.11 幕墙材料的线膨胀系数可按表 5.2.12 采用。

表 5.2.12　材料的线膨胀系数 α（1/°C）

材　　料	α	材　　料	α
铝合金型材、单层铝板	2.35×10^{-5}	花岗石石板	0.80×10^{-5}
铝塑复合板	2.40×10^{-5}～4.00×10^{-5}	混凝土	1.00×10^{-5}
蜂窝铝板	2.40×10^{-5}	玻璃	0.80×10^{-5}～1.00×10^{-5}
钢材	1.20×10^{-5}	砖砌体	0.50×10^{-5}
不锈钢板	1.80×10^{-5}	--	—

5.3　作用

5.3.1　幕墙材料的自重标准值可按表 5.3.1 的规定采用。

表 5.3.1　幕墙材料的自重标准值 γ_{gk}（kN/m³）

材　　料	γ_{gk}	材　　料	γ_{gk}
钢材	78.5	大理岩	28.0
铝合金	28.0	玻璃棉	0.5～1.0
花岗石	28.0	岩棉	0.5～2.5
砂岩	24.0	矿棉	1.2～1.5
石灰岩	26.0	玻璃	25.6

5.3.2　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

1.0 kN/m²。

$$w_k = \beta_{gz}\mu_{sl}\mu_z w_0 \tag{5.3.2}$$

式中：w_k ——风荷载标准值（kN/m²）；

β_{gz} ——阵风系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用；

μ_{sl} ——局部风压体型系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 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》GB50009 的规定采用。

w_0 ——基本风压（kN/m²），应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定。

5.3.3 不直接连结面板、通过其它支承结构间接承受风荷载的幕墙支承结构，其风荷载标准值应按下式计算，并且不应小于 1.0 kN/m²。

$$w_k = \beta_z\mu_s\mu_z w_0 \tag{5.3.3}$$

式中：β_z ——风振系数，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的有关规定，必要时应进行专门研究确定；

μ_s ——体型系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用。

5.3.4 幕墙的风荷载可考虑风洞试验结果确定；高度大于 200m 或体形、风荷载环境复杂的建筑幕墙，宜进行风洞试验，并考虑风洞试验结果确定风荷载。

5.3.5 幕墙面板及与其直接相连结的支承结构，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：

$$q_{Ek} = \beta_E\alpha_{max}G_k / A \tag{5.3.5}$$

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

β_E ——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，应符合本规范第 5.3.6 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（m²）。

5.3.6 水平地震影响系数最大值应按表 5.3.6 采用。

表 5.3.6 水平地震影响系数最大值 α_{max}

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度	9 度
α_{max}	0.04	0.08（0.12）	0.16（0.24）	0.32

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。

5.3.7 幕墙面板及与其直接连结的支承结构，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：

$$P_{Ek} = \beta_E\alpha_{max}G_k \tag{5.3.7}$$

式中：P_{Ek}——平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值（kN）。

5.3.8 不直接连结面板、通过其它支承结构间接承受面板地震作用的幕墙支承结构，宜采用结构动

力学方法计算其承受的地震作用。

5.3.9 幕墙的横梁、立柱、其他支承结构构件以及连接件、锚固件所承受的地震作用，应包括依附于其上的幕墙构件传递的地震作用和其自身重力荷载产生的地震作用。

5.4 作用效应组合

5.4.1 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 无地震设计状况下，应按下式进行：

$$S=\gamma_G S_{Gk}+\psi_w\gamma_w S_{wk}+\psi_T\gamma_T S_{Tk} \tag{5.4.1-1}$$

2 地震设计状况下，应按下式进行：

$$S=\gamma_G S_{Gk}+\psi_E\gamma_E S_{Ek}+\psi_w\gamma_w S_{wk} \tag{5.4.1-2}$$

式中：S ——作用组合的效应设计值；

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，可取 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 ——风荷载的组合值系数；

ψ_E ——地震作用的组合值系数；

ψ_T ——温度作用的组合值系数。

5.4.2 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 一般情况下，永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用的分项系数γ_G、γ_w、γ_E、γ_T应分别取 1.2、1.4、1.3 和 1.2；

2 当永久荷载的效应起控制作用时，其分项系数γ_G应取 1.35；

3 当永久荷载的效应对构件有利时，其分项系数γ_G的取值应不大于 1.0。

5.4.3 可变作用的组合值系数应按下列规定采用：

1 无地震作用组合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 无地震作用组合且温度荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ψ_w应取 0.6，温度荷载组合值系数ψ_T应取 1.0；

3 无地震作用组合且永久荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ψ_w和温度荷载组合值系数ψ_T均应取 0.6；

4 有地震作用组合且风荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ψ_w应取 0.2；否则应取 0。

5.4.4 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，且可不考虑作用组合。

5.5 连接设计

5.5.1 建筑幕墙应与主体结构可靠连接；支承幕墙的主体结构、结构构件，应能够承受幕墙传递的作用。

5.5.2 幕墙构件间的连接件、焊缝、连接螺栓、螺钉设计，应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

5.5.3 幕墙立柱与主体混凝土结构应通过预埋件连接；当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并应通过试验检验其可靠性。

5.5.4 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，其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。

5.5.5 槽式预埋件的中心线离混凝土构件边缘不应小于 75mm，钢筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm。槽式预埋件应按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定进行设计，并应通过试验检验其承载力。

5.5.6 幕墙构架与主体结构采用后加锚栓连接时，应采取措施保证连接的可靠性，并应符合下列规定：

1 产品应有出厂合格证；

2 碳素钢锚栓应经过防腐处理；

3 应进行承载力现场检验，检验方法可按照现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定；

4 每个连接节点不应少于 2 个锚栓；

5 锚栓直径应通过承载力计算确定，并且不应小于 10mm；

6 与化学锚栓接触的连接件，在其热影响区范围内不宜进行连续焊缝的焊接操作；

7 锚栓承载力设计值应按其极限承载力除以材料性能分项系数后采用。锚栓材料性能分项系数，对可变作用不应小于 2.15；对永久作用不应小于 2.50。

5.5.7 幕墙的立柱、横梁与砌体结构连接时，宜在连接部位的主体结构上增设钢筋混凝土或钢结构梁、柱。轻质填充墙不得作为幕墙的支承结构。

5.5.8 当连接件与所接触材料可能产生双金属腐蚀时，应采用绝缘垫片分隔或采取其他有效措施。

5.5.9 幕墙支承结构与主体结构的连接可采用螺栓连接或焊接，并不宜全部采用焊接。连接件钢板厚度不宜小于 5mm；采用螺栓连接时，螺栓直径不宜小于 10mm，螺栓数量不应少于 2 个。

5.5.10 单元板块的吊挂件、支承件应具备可调整范围，并应采用不锈钢螺栓将吊挂件固定牢固，每处固定螺栓不应少于 2 个。

5.6 硅酮结构密封胶设计

5.6.1 硅酮结构密封胶应根据不同的受力情况进行承载力极限状态验算。在风荷载、水平地震作用下，硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值不应大于其强度设计值 f_1，f_1 应取为 0.2N/mm²；在永久荷载作用下，硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值不应大于其强度设计值 f_2，f_2 应取为 0.01N/mm²。

5.6.2 在短期荷载作用下，硅酮结构密封胶的粘接宽度 c_{s1} 可按下式计算：

$$c_{s1}=\frac{q_1}{f_1} \tag{5.6.2}$$

式中：c_{s1} ——短期荷载作用下的胶缝宽度（mm）；

q_1 ——在胶缝长度上，单位长度上短期荷载最大值（N/mm）；

f_1 ——硅酮结构胶短期强度设计值（N/mm²）。

5.6.3 在自重等长期荷载作用下，硅酮结构胶的粘接宽度 c_{s2} 可按下式计算：

$$c_{s2}=\frac{q_2}{f_2} \tag{5.6.3}$$

式中：c_{s2} ——长期荷载作用下的胶缝宽度（mm）；

q_2 ——在胶缝长度上，单位长度上长期荷载最大值（N/mm）；

f_2 ——硅酮结构胶长期强度设计值（N/mm²）。

5.6.4 硅酮结构密封胶的粘接厚度 t_s（图 5.6.5）应符合公式（5.6.5-1）的要求：

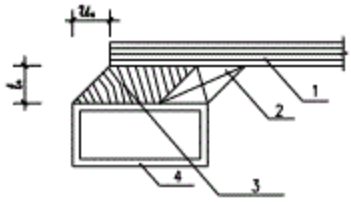


图 5.6.5 结构硅酮密封胶变形示意

1——面板；2——双面胶条；3——结构硅酮密封胶；4——铝框

$$t_s \geq \frac{u_s}{3\delta} \tag{5.6.5-1}$$

$$u_s=\eta[\theta]h_g \tag{5.6.5-2}$$

式中：t_s ——硅酮结构密封胶的粘接厚度（mm）；

u_s ——主体结构侧移影响下，硅酮结构密封胶沿厚度方向产生的剪切位移值（mm）；

η ——硅酮结构胶厚度方向剪切位移影响系数，取 0.6；

$[\theta]$ ——风荷载或多遇烈度地震标准值作用下主体结构的楼层弹性层间位移角限值（rad）；

h_g ——面板高度（mm），取其边长 a 或 b；

δ ——硅酮结构密封胶拉伸粘接性能试验中受拉应力为 0.14N/mm² 时的伸长率。

6 面板设计

6.1 一般规定

6.1.1 面板应与支承结构可靠连接；对采用非花岗石石材面板和幕墙高度超过 100m 的花岗石石材面板宜采用背栓连接。

6.1.2 挂件与石材槽口之间的间隙应采用胶粘剂填充。

6.1.3 采用开放式板缝时，应符合下列要求：

1 面板内层板应进行抗风强度设计；

2 石材面板宜采取背面加强措施；

3 石材面板宜进行六面防水处理。当面板材质疏松或多孔时，应进行六面防水处理；

4 挂件应采用铝合金型材或不锈钢材，不锈钢材质宜为 06Cr17Ni12Mo2（S31608）；

5 支承面板的金属结构及其连接件应采取防腐措施。

6.1.4 封闭式注胶板缝应符合下列要求：

1 应采用无污染、无渗油的密封胶；

2 密封胶板缝的底部宜采用泡沫条充填，胶缝厚度不应小于 3.5mm，宽度不宜小于厚度的 2 倍，并应采取措施避免三面粘接；

3 挂件应采用铝合金型材或不锈钢材，不锈钢材质可采用 06Cr17Ni12Mo2（S31608）或 06Cr19Ni10（S30408）。

6.1.5 附加于石材面板表面的石材装饰条宜采用金属连结件与面板连结，并应满足承载力、耐久性要求。

6.1.6 烧毛石、天然粗糙表面等厚度较均匀的石材面板，其计算厚度宜按板厚扣减 3mm 采用。石材面板厚度有变化时，其计算厚度宜取计算截面的最小厚度。

6.1.7 通过短槽、通槽和挂件与支承结构体系连接的石材面板，挂件应符合下列要求：

1 不应采用 T 型挂件；

2 不锈钢挂件的截面厚度不宜小于 3mm；

3 铝挂件截面厚度不宜小于 4mm；

4 在石材面板重力荷载作用下，挂件挠度不宜大于 1.0mm。

6.1.8 石板的尺寸、形状、花纹图案、色泽等均应符合设计要求，花纹图案和色泽应按样板检查，板四周不宜有明显的色差。

6.1.9 较大尺寸的转角组拼除采用上述方法进行连接以外，还应在组拼的石材背面阴角或阳角处加设不锈钢或铝合金型材支承件组装固定，并应符合下列规定：

1 不锈钢、铝合金型材支承件的截面尺寸应符合设计要求；

2 不锈钢支撑件的截面厚度不应小于 2mm；铝合金型材截面厚度不应小于 3mm；

3　支撑组件的间距不宜大于 500mm，支撑组件的数量不宜少于 3 个。

6.2　金属面板

6.2.1　铝塑复合板不折边的铝塑复合板和蜂窝铝板应采取封边措施。

6.2.2　金属板可根据受力要求设置加强肋。铝塑复合板折边处应设置边肋，边肋与折边可采用铝铆钉连接。加强肋可采用金属方管、槽形或角形型材，加强肋的截面厚度不应小于 1.5mm。

加强肋应与面板可靠连结，并应采取防腐措施。采用硅酮结构密封胶连接加强肋和面板时，胶缝宽度、厚度和质量应符合结构胶缝要求。作为金属板支承边的中肋应与边肋或单层铝板的折边可靠连接。中肋与中肋的连结应满足传力要求。

6.2.3　金属板计算应符合下列规定：

1　边和肋所形成的矩形面板区格，沿板材四周边缘可按简支边考虑，中肋支承线可按固定边考虑；

2　铝塑复合板和蜂窝铝板的抗弯强度设计值可根据面板和背板的铝板牌号及合金状态确定；抗弯计算时应采用等效截面模量 W_e 和等效弯曲刚度 D_e。等效截面模量 W_e 和等效弯曲刚度 D_e 宜通过试验确定，也可采用平截面假定按材料力学方法近似计算，但计算时不宜考虑芯材的作用。

3　在垂直于面板的风荷载、地震作用下，矩形区格面板的最大弯曲应力标准值宜采用考虑几何非线性的有限元方法计算，也可分别按下列公式计算：

1）单层金属板

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_k l^2}{t^2}\eta \tag{6.2.3-1}$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2}\eta \tag{6.2.3-2}$$

非抗震设计

$$\theta=\frac{w_k l^4}{Et^4} \tag{6.2.3-3}$$

抗震设计

$$\theta=\frac{(q_{Ek}+0.2w_k)l^4}{Et^4} \tag{6.2.3-4}$$

2）铝塑复合板和蜂窝铝板

$$\sigma_{wk}=\frac{mw_k l^2}{W_e}\eta \tag{6.2.3-5}$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{mq_{Ek} l^2}{W_e}\eta \tag{6.2.3-6}$$

非抗震设计

$$\theta=\frac{w_k l^4}{11.2D_e t_e} \tag{6.2.3-7}$$

抗震设计

$$\theta=\frac{(q_{Ek}+0.2w_k)l^4}{11.2D_e t_e} \tag{6.2.3-8}$$

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/mm^2)；

w_k ——垂直于面板的风荷载标准值(N/mm^2)；

q_{Ek} ——垂直于板面的地震作用标准值(N/mm^2)；

l ——金属板区格的短边边长(mm)；

m ——板的弯矩系数，可根据其边界条件由本规范附录 B 确定；

E ——金属板的弹性模量(N/mm^2)，可按本规范表 5.2.13 采用；

t ——面板厚度(mm)；

t_e ——面板的折算厚度，铝塑复合板可取 0.8t，蜂窝铝板可取 0.6t；

W_e ——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效截面模量(mm^2)；

D_e ——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效弯曲刚度（N · mm）；

θ ——无量纲参数；

η ——折减系数，可由参数θ按表 6.2.3 采用。

表 6.2.3 折减系数η

θ	5	10	20	40	60	80	100	120
η	1.00	0.95	0.89	0.80	0.72	0.66	0.58	0.48
θ	150	200	250	300	350	400		
η	0.47	0.44	0.36	0.33	0.31	0.30		

3 中肋支承线上的弯曲应力标准值，可取其两侧板格固端弯矩计算结果的平均值。

4 由各种作用产生的最大应力标准值，应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合，组合的应力值不应超过金属板的强度设计值。

6.2.4 在垂直于面板的风荷载作用下，金属板的挠度应符合下列规定：

1 单层金属板每个矩形区格的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：

$$d_f = \frac{\mu w_k l^4}{D}\eta \tag{6.2.4-1}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-v^2)} \tag{6.2.4-2}$$

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 B 采用；

l ——金属板区格的短边边长（mm）；

D ——面板的弯曲刚度(N · mm)；

η ——折减系数，可按表 6.2.3 采用；

v ——泊松比，可按本规范第 5.2.11 条采用。

2 铝塑复合板和蜂窝铝板的跨中挠度可按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下式计算：

$$d_{\mathrm{f}}=\frac{\mu w_{\mathrm{k}} l^{4}}{D_{\mathrm{e}}}\eta \tag{6.2.4-3}$$

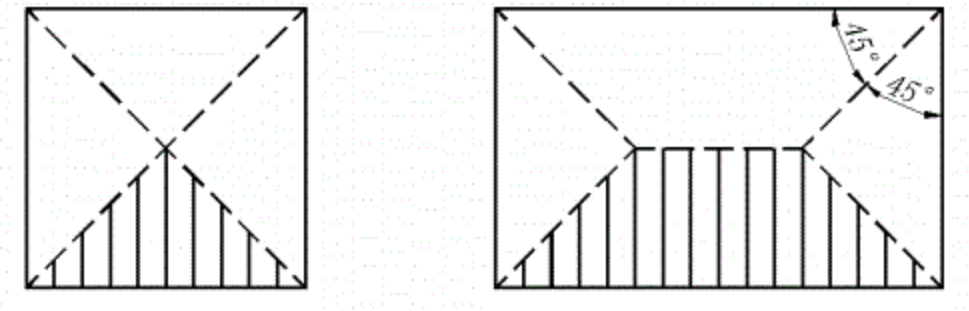
式中：D_{e}——等效弯曲刚度（N · mm）。

3　在风荷载标准值作用下，面板挠度限值 $d_{\mathrm{f,lim}}$ 宜取其区格计算边长 l 的 1/60。

6.2.5　金属板材沿周边可采用压块或挂钩固定于横梁或立柱上。压块和非通长挂钩的中心间距不应大于 300mm。固定压块的螺钉或螺栓的直径不宜小于 4mm，数量应根据板材所承受的风荷载、地震作用由计算确定。挂钩宜设置防噪音垫片。

固定面板的铆钉、螺钉或螺栓孔，孔中心至板边缘的距离不应小于 2 倍的孔径；相邻孔中心距不应小于 3 倍的孔径，相邻孔中心距边不应大于 300mm。

6.2.6　金属面板上作用的荷载可按三角形或梯形分布传递到板肋上（图 6.2.6）。



(a)方板　　**(b)矩形板**

图 6.2.6　面板荷载向支承肋的传递

6.2.7　金属面板的边肋截面尺寸可按构造要求设计；多跨交叉中肋可采用结构计算软件进行分析，也可按本规范附录 C 的方法进行简化计算。

6.2.8　在风荷载标准值作用下，面板加强肋的挠度限值 $d_{\mathrm{f,lim}}$ 宜取其支承点距离的 1/120。

6.3　短槽连接的石材面板

6.3.1　短槽连接的石材面板，槽口深度大于 20mm 的有效长度不宜大于 80mm，也不宜比挂件长度长 10mm 以上，槽口深度宜比挂件入槽深度大 5mm；槽口端部与石板对应端部的距离不宜小于板厚的 3 倍，也不宜大于 180mm。槽口宽度不宜大于 8mm，也不宜小于 5mm。

6.3.2　连接挂件宜采用只固定一块石材面板的 L 形挂件，其长度不宜小于 40mm。挂件入槽深度不宜小于 10mm，也不宜大于 20mm。不宜采用同一方向的上斜式挂件。

6.3.3　短槽连接的矩形石材面板的抗弯设计应符合下列规定：

1　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：

$$\sigma_{\mathrm{wk}}=\frac{6mw_{\mathrm{k}}l^{2}}{t^{2}} \tag{6.3.3-1}$$

$$\sigma_{\mathrm{Ek}}=\frac{6mq_{\mathrm{Ek}}l^{2}}{t^{2}} \tag{6.3.3-2}$$

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 B 表 B.2.2 采用。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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。

6.3.4 短槽连接的矩形石材面板的挂件设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载或地震作用下，挂件承受的剪应力标准值可按下列公式计算：

两对边短槽连接时

$$\tau_{pk}=\frac{q_k ab}{2nA_p}\beta \tag{6.3.4.1}$$

四边短槽连接时

$$\tau_{pk}=\frac{q_k(2b-a)a}{4nA_p}\beta \tag{6.3.4-2}$$

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 6.3.4 采用。

表 6.3.4 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

2 由各种作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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。

6.3.5 短槽连接的矩形石材面板，其抗剪设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载或地震作用下，挂件在石板槽口边产生的剪应力标准值 τ_k 可按下式计算：

对边开槽

$$\tau_k=\frac{q_k ab\beta}{n(t-c)s} \tag{6.3.5-1}$$

四边开槽

$$\tau_k=\frac{q_k(2b-a)a\beta}{2n(t-c)s} \tag{6.3.5-2}$$

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)；

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。

2 由各种作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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 $f_{\mathrm{r}}^{\mathrm{v}}$。

6.3.6 短槽连接的矩形石材面板，其槽口处的抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载或地震作用下，石板槽口处产生的最大弯曲应力标准值 σ_{k} 可按下式计算：

对边开槽
$$\sigma_{\mathrm{k}}=\frac{12q_{\mathrm{k}}abh}{nb_{\mathrm{s}}(t-c)^2}\beta \tag{6.3.6-1}$$

四边开槽
$$\sigma_{\mathrm{k}}=\frac{6q_{\mathrm{k}}(2b-a)ah}{nb_{\mathrm{s}}(t-c)^2}\beta \tag{6.3.6-2}$$

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/mm²），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，可按本规范表 6.3.4 采用。

2 由各种作用产生的弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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 $f_{\mathrm{r}}^{\mathrm{b}}$。

6.4 通槽连接的石材面板

6.4.1 通槽连接的石材面板，其槽口深度可为 20mm～25mm，槽口宽度可为 6mm～12mm。

6.4.2 挂件入槽深度不宜小于 15mm，长度宜小于槽长 5mm。承托石板处宜设置弹性垫块，垫块厚度不宜小于 3mm。

6.4.3 通槽连接的矩形石材面板的抗弯设计应符合下列规定：

1 最大弯曲应力标准值 σ_{k} 可按下列公式计算：

$$\sigma_{\mathrm{wk}}=0.75\frac{w_{\mathrm{k}}l^2}{t^2} \tag{6.4.3-1}$$

$$\sigma_{\mathrm{Ek}}=0.75\frac{q_{\mathrm{Ek}}l^2}{t^2} \tag{6.4.3-2}$$

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 ——面板的跨度，即支承边的距离(mm)；

t ——面板厚度(mm)；

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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}。

6.4.4 通槽连接的矩形石材面板的挂件设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载、地震作用下，挂件的剪应力标准值应按下式计算：

$$\tau_k = \frac{q_k l}{2t_p} \tag{6.4.4}$$

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)。

2 由各种作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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}。

6.4.5 通槽连接的矩形石材面板，其槽口处的抗剪设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载、地震作用下，槽口处产生的剪应力标准值应按下式计算：

$$\tau_k = \frac{q_k l}{t - c} \tag{6.4.5}$$

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)；

l ——面板的跨度，即支承边的距离(mm)；

c ——槽口宽度(mm)。

2 由各种作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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}。

6.4.6 通槽连接的矩形石材面板，其槽口处的抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载或地震作用下，槽口处产生的最大弯曲应力标准值 σ_k 可按下式计算：

$$\sigma_k = \frac{12 q_k l h}{(t - c)^2} \tag{6.4.6}$$

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/mm²），即 w_k 或 q_{Ek}。

2 由各种作用产生的弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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}。

6.4.7 板边开通槽而采用短挂件连接时，面板及挂件应按本规范 6.3 节的规定进行设计，通槽尺寸应按本节的规定进行设计。

6.5 背栓连接的石材面板

6.5.1 在石材面板背栓连接时，应根据其连接形式，采用恰当的设计计算方法和合理的构造措施；应通过试验确定承载力标准值并检验其可靠性。

6.5.2 连接石材面板的背栓应符合下列规定：

1 背栓的性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 的要求，其材质不宜低于组别为 A4 的奥氏体型不锈钢。背栓直径不宜小于 6mm，不应小于 4mm。

2 背栓的连接件厚度不宜小于 3mm，可采用本规范表 5.2.8-1 所列的不锈钢材或表 5.2.1 所列的铝合金型材。

6.5.3 背栓的中心线与石材面板边缘的距离不宜大于 300mm，也不宜小于 50mm；背栓与背栓孔间宜采用尼龙等间隔材料，防止硬性接触；背栓之间的距离不宜大于 1200mm，且宜符合下列（图 6.5.3）要求。

$$l_x/5 \leqslant b_x \text{ 且 } b_x \leqslant l_x/4 \tag{6.5.3-1}$$

$$l_y/5 \leqslant b_y \text{ 且 } b_y \leqslant l_y/4 \tag{6.5.3-2}$$

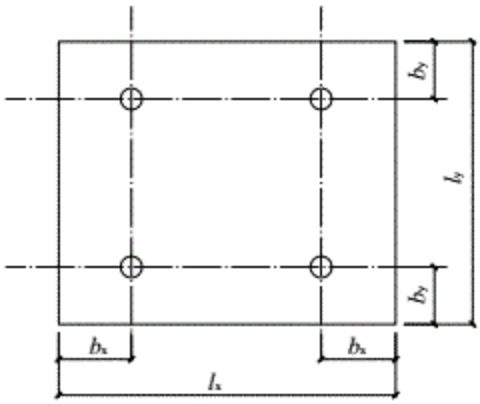


图 6.5.3 背栓边距

6.5.4 面积较小的石材面板，当采用单点或两点背部连接时，应采取附加的固定措施。

6.5.5 背栓连接的石材面板，其抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载、水平地震作用下，面板的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，也可按下列公式近似计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k l^2}{t^2} \tag{6.5.6-1}$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2} \tag{6.5.6-2}$$

式中：w_k、q_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、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 ——弯矩系数，可按附录 B 表 B.2.2 取值。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 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。

6.5.6 背栓的承载力设计值应取其承载力标准值除以不小于 2.15 的系数。

6.5.7 背栓的抗拉设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载、水平地震作用下，拉力标准值可按下列公式计算：

$$N_{wk}=\frac{1.25w_k l^2}{n} \tag{6.5.7-1}$$

$$N_{Ek}=\frac{1.25q_{Ek} l^2}{n} \tag{6.5.7-2}$$

式中：N_{wk}、N_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、水平地震作用下产生的单个背栓的拉力标准值(N)；

w_k、q_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、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；

n ——背栓的个数。

2 计算的拉力标准值应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合，组合的拉力设计值不应超过背栓的受拉承载力设计值。

6.5.8 地震作用下的连接件承载力时，应根据实际支承情况确定参与承载的连接件个数。

7 支承结构设计

7.1 横 梁

7.1.1 横梁截面有效受力部位的厚度，应符合下列要求：

1 截面的宽厚比应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

2 铝合金横梁型材截面有效受力部位的厚度不应小于 2.0mm。铝合金型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、压连接时，应进行螺纹受力计算，螺纹的旋合长度应符合现行国家标准《普通螺纹公差》GB 197 的有关规定；

3 热轧钢型材截面有效受力部位的厚度不应小于 2.5mm。冷成型薄壁型钢截面有效受力部位的厚度不应小于 2.0mm。在采用螺纹进行受拉、受压连接时，应进行螺纹受力计算。

7.1.2 横梁可采用铝合金型材或钢型材，铝合金型材的表面处理应符合本规范第 3.2.2 条的要求。碳素钢结构钢、低合金高强度结构钢、冷成型薄壁型钢应采取有效的防腐措施。焊缝应采取防护措施，可涂防锈涂料。冷成型薄壁型钢可采用氟碳涂层、聚酯涂层或粉末涂层。处于严重腐蚀条件下的钢型材宜采用高耐候钢并预留腐蚀厚度。

7.1.3 应根据板材在横梁上的支承状况决定横梁的荷载，并计算横梁承受的弯矩和剪力。大跨度开口截面横梁宜考虑约束扭转产生的双力矩。单元式幕墙采用组合横梁时，横梁上、下两部分可按各自承担的荷载和作用分别进行计算。

7.1.4 横梁截面受弯承载力和受剪承载力应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

7.1.5 石材面板相对于横梁截面的弯曲中心线偏置较大时，应考虑横梁的抗扭承载力设计和构造设计。

7.1.6 在风荷载或重力荷载标准值作用下，横梁的挠度限值 $d_{f,\lim}$ 宜按下列规定采用：

$$d_{f,\lim} = l / 200 \tag{7.1.6}$$

式中：l——横梁的跨度（mm），悬臂构件可取挑出长度的 2 倍。

7.1.7 横梁连续多跨设置时，每段横梁长度不宜大于 9m；相邻两段连梁之间应留空隙，空隙宽度不宜小于 10mm。

7.1.8 单元式幕墙采用组合截面横梁时，横梁上、下两部分可按各自承担的各种作用分别进行计算和设计。

7.1.9 横梁可通过连接件、螺栓或螺钉与立柱连接；钢横梁与立柱可采用焊缝连接。连接件和焊缝应能承受横梁传递的剪力和扭矩，其厚度不宜小于 3mm；连接件与立柱之间的连接螺栓或螺钉应满足抗拉、抗剪、抗弯、抗扭承载力要求。

7.2 立柱

7.2.1 立柱截面有效受力部位的厚度，应符合下列要求：

1 铝型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0mm，闭口部位的厚度不应小于 2.5mm；

2 铝型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、压连接时，应进行螺纹受力计算，其螺纹连接处的型材局部加厚部位的壁厚不应小于 4mm，宽度不应小于 13mm；

3 热轧钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 3.0mm，冷成型薄壁型钢截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5mm，采用螺纹进行受拉连接时，应进行螺纹受力计算；

4 对偏心受压立柱和偏心受拉立柱的杆件，其有效截面宽厚比应符合本规范第 7.1.1 条的相应规定。

7.2.2 立柱可采用铝合金型材或钢型材。必要时也可采用铝合金型材和钢型材组合柱。铝合金型材的表面处理应符合本规范第 3.2.2 条的要求。碳素结构钢、低合金高强度结构钢、冷成型薄壁型钢应采取有效的防腐措施，并应符合本规范第 3.3.2 条的规定。冷成型薄壁型钢可采用氟碳涂层、聚酯涂层或粉末涂层。处于严重腐蚀环境的钢型材宜采用高耐候钢并预留腐蚀厚度。

7.2.3 立柱布置和设计应符合下列规定：

1 立柱上、下端均宜与主体结构铰接，宜采用上端悬挂方式；螺栓连接时，其上端支承点宜采用圆孔，下端支承点宜采用长圆孔；

2 当立柱的支承点可能产生较大位移时，应采用与该位移相适应的支承装置；

3 每段立柱的长度不宜大于 12m。多、高层建筑中，通长跨层布置立柱时，每层与主体结构的连接支承点不宜少于一个。当主体结构允许时，宜加密立柱的连接支承点；

4 上、下立柱之间不互相连接时，应留空隙，空隙宽度不宜小于 15mm。

7.2.4 上、下立柱之间互相连接时，连接方式应与柱子计算简图一致，并应符合下列要求：

1 采用铝合金闭口截面型材的立柱，宜设置长度不小于 250mm 的芯柱连接。芯柱一端与立柱应紧密滑动配合，另一端与立柱宜采用机械连接方式固定；

2 采用开口截面型材的立柱，可采用型材或板材连接。连接件一端应与立柱固定连接，另一端的连接方式不应限制立柱的轴向位移；

3 采用闭口截面钢型材的立柱，可采用本条第 1 款或第 2 款的连接方式；

4 两立柱接头部位应留空隙，空隙宽度不宜小于 15mm。

7.2.5 立柱的结构力学计算模型，应符合其实际支承条件、连接方式。

7.2.6 承受轴力和弯矩作用的立柱，其承载力应符合下式要求：

$$\frac{N}{A_{\mathrm{n}}}+\frac{M}{\gamma W_{\mathrm{n}}}\leq f \tag{7.2.6}$$

式中：N ——轴力设计值（N）；

M ——弯矩设计值（N·mm）；

A_n ——立柱的净截面面积（mm^2）；

W_n ——立柱在弯矩作用方向的净截面模量（mm^3）；

γ ——截面塑性发展系数，热轧型钢可取 1.05；铝合金型材和冷成型薄壁型钢可取 1.0；

f ——材料强度设计值，即 f_a^t 或 f_s^t（N/mm^2）。

7.2.7 承受轴向压力和弯矩作用的立柱，其在弯矩作用方向的稳定性应符合下式要求：

$$\frac{N}{\varphi A}+\frac{M}{\gamma W(1-0.8\eta_1 N/N_E)}\le f \qquad (7.2.7\text{-}1)$$

$$N_E=\frac{\pi^2 EA}{\beta\lambda^2} \qquad (7.2.7\text{-}2)$$

式中：N ——轴力设计值（N），此处为压力；

N_E ——临界轴压力（N）；

M ——弯矩设计值（N·mm）；

φ ——弯矩作用平面内的轴心受压的稳定系数，可按表 7.2.7 采用；

β ——参数，钢构件取 1.1，铝合金构件取 1.2；

A ——立柱的毛截面面积（mm^2）；

η_1 ——钢构件取 0.8，T6 状态铝合金构件取 1.2，其它状态铝合金构件取 0.9；

W ——在弯矩作用方向上较大受压边的毛截面模量（mm^3）；

λ ——长细比；

γ ——截面塑性发展系数，热轧型钢可取 1.05；冷成型薄壁型钢和铝合金型材可取 1.0；

f ——材料强度设计值，即 f_a^t 或 f_s^t（N/mm^2）。

表 7.2.7　轴心受压柱的稳定系数 φ

长细比 λ	热轧钢型材		冷成型薄壁型钢		铝型材			
	Q235	Q345	Q235	Q345	6063-T5 6061-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6
20	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.96	0.95
40	0.90	0.88	0.89	0.87	0.85	0.80	0.86	0.82
60	0.81	0.73	0.82	0.78	0.72	0.65	0.69	0.58
80	0.69	0.58	0.72	0.63	0.57	0.48	0.48	0.38
90	0.62	0.50	0.66	0.55	0.50	0.41	0.39	0.31
100	0.56	0.43	0.59	0.48	0.43	0.35	0.33	0.25
110	0.49	0.37	0.52	0.41	0.38	0.30	0.28	0.21
120	0.44	0.32	0.45	0.35	0.33	0.26	0.24	0.18
130	0.39	0.28	0.40	0.30	0.29	0.22	0.20	0.16
140	0.35	0.25	0.35	0.26	0.26	0.20	0.18	0.14
150	0.31	0.21	0.31	0.23	0.23	0.17	0.16	0.12

7.2.8 单元式幕墙采用组合截面立柱时，立柱左、右两部分可按各自承担的荷载和作用分别进行计算和设计。

7.2.9 在风荷载标准值作用下，立柱的挠度限值 $d_{f,lim}$ 宜按下列规定采用

$$d_{f,lim} = l / 200 \tag{7.2.9}$$

式中：l——支点间的距离（mm），悬臂构件可取挑出长度的 2 倍。

8 加工制作

8.1 一般规定

8.1.1 幕墙构件在加工制作前应将幕墙构件加工图与主体结构施工图进行核对、对已建主体结构进行复测，并应按实测结果对幕墙设计进行复核。

8.1.2 加工幕墙构件所采用的设备、机具应满足幕墙构件加工精度的要求，量具应定期进行计量检定和校准。

8.1.3 单元式幕墙的单元组件应在工厂加工和组装。

8.1.4 采用硅酮结构密封胶粘接固定幕墙构件时，应在洁净、通风的室内环境进行，且环境温度、湿度条件应符合相应结构密封胶产品的规定，胶缝的宽度、厚度应符合设计要求。

8.2 铝型材

8.2.1 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直线度，直线度不合格铝型材不能使用；

2 横梁或立柱的长度大于 2000mm，长度允许偏差为±1mm；长度不大于 2000mm 时为±0.5mm。端头斜度的允许偏差为 0′，-15′（图 8.2.1-1、8.2.1-2）；

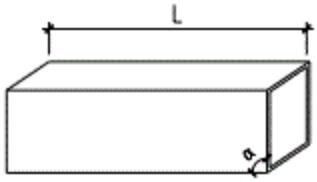


图 8.2.1-1 直角截料

***L*——长度 *α*——角度**

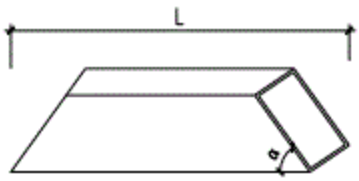


图 8.2.1-2 斜角截料

***L*——长度 *α*——角度**

3 截料端头不应有加工变形，并应去除毛刺；

4 有装配要求的孔位的允许偏差为±0.5mm；孔距的允许偏差为±0.5mm，孔距累计允许偏差为±1.0mm。其他孔位要求应符合设计规定；

5 铆钉的通孔尺寸偏差应符合现行国家标准《铆钉用通孔》GB 152.1 的规定；

6 沉头螺钉的沉孔尺寸允许偏差应符现行国家标准《沉头螺钉用沉孔》GB152.2 的规定；

7 圆柱头、螺栓的沉孔尺寸允许偏差应符合现行国家标准《圆柱头、螺栓用沉孔》GB152.3 的规定；

8 螺丝孔的加工应符合设计要求。

8.2.2 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 8.2.2-1）允许偏差应符合表 8.2.2-1 的要求；