

中华人民共和国行业标准

金属与石材幕墙工程技术规范

Technical Code for Metal and Stone Curtain
Walls Engineering

JGJ 133—2001

J 113—2001



2001 北京

中华人民共和国行业标准

金属与石材幕墙工程技术规范

Technical Code for Metal and Stone Curtain
Walls Engineering

JGJ 133—2001

主编单位：中国建筑科学研究院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2001年6月1日

2001 北京

关于发布行业标准
《金属与石材幕墙工程技术规范》的通知
建标 [2001] 108 号

根据建设部《关于印发 1997 年工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划的通知》（建标 [1997] 71 号）的要求，由中国建筑科学研究院主编的《金属与石材幕墙工程技术规范》，经审查，批准为行业标准，其中 3.2.2, 3.5.2, 3.5.3, 4.2.3, 4.2.4, 5.2.3, 5.5.2, 5.6.6, 5.7.2, 5.7.11, 6.1.3, 6.3.2, 6.5.1, 7.2.4, 7.3.4, 7.3.10 为强制性条文。该标准编号为 JGJ133—2001，自 2001 年 6 月 1 日起施行。

本标准由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院负责管理，中国建筑科学研究院负责具体解释，建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

中华人民共和国建设部
2001 年 5 月 29 日

前 言

根据建设部建标 [1997] 71 号文件的要求，规范编制组在广泛调查研究、认真总结实践经验，并广泛征求意见的基础上，制订了本规范。

本规范主要技术内容是：1. 总则；2. 术语、符号；3. 材料；4. 性能与构造；5. 结构设计；6. 加工制作；7. 安装施工；8. 工程验收；9. 保养与维修。

本规范由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院归口管理，授权由主编单位负责具体解释。

本规范主编单位是：中国建筑科学研究院
(地址：北京市北三环东路 30 号 邮政编码：100013)

本规范参加单位是：广东省中山市盛兴幕墙有限公司
上海市东江建筑幕墙有限公司
武汉凌云建筑装饰工程总公司
中国地质科学院地质研究所

本规范主要起草人：侯茂盛 陈建东 赵西安 张汝成
龙文志 严克明 梁明华 姜清海

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	材料	5
3.1	一般规定	5
3.2	石材	5
3.3	金属材料	6
3.4	建筑密封材料	9
3.5	硅酮结构密封胶	10
4	性能与构造	11
4.1	一般规定	11
4.2	幕墙性能	11
4.3	幕墙构造	12
4.4	幕墙防火与防雷设计	13
5	结构设计	14
5.1	一般规定	14
5.2	荷载和作用	16
5.3	幕墙材料力学性能	18
5.4	金属板设计	21
5.5	石板设计	24
5.6	横梁设计	31
5.7	立柱设计	33
5.8	幕墙与主体结构连接	35
6	加工制作	37

工程建设标准全文信息系统	
6.1 一般规定	37
6.2 幕墙构件加工制作	37
6.3 石板加工制作	39
6.4 金属板加工制作	41
6.5 幕墙构件检验	42
7 安装施工	43
7.1 一般规定	43
7.2 安装施工准备	43
7.3 幕墙安装施工	44
7.4 幕墙保护和清洗	46
7.5 幕墙安装施工安全	46
8 工程验收	48
9 保养与维修	51
附录 A 钢结构连接强度设计值	53
附录 B 板弯矩系数	56
附录 C 预埋件设计	58
本规范用词说明	61

1 总 则

1.0.1 为了使金属与石材幕墙工程做到安全可靠、实用美观和经济合理，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于下列民用建筑金属与天然石材幕墙（以下简称石材幕墙）工程的设计、制作、安装施工及验收：

- 1 建筑高度不大于 **150m** 的民用建筑金属幕墙工程；
- 2 建筑高度不大于 **100m**、设防烈度不大于 **8** 度的民用建筑石材幕墙工程。

1.0.3 金属与石材幕墙的设计、制作和安装施工的全过程应实行质量控制，金属与石材幕墙工程制作与安装施工企业，应制订内部质量控制标准。

1.0.4 金属与石材幕墙的材料、设计、制作、安装施工及验收，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 建筑幕墙 **building curtain wall**

由金属构架与板材组成的、不承担主体结构荷载与作用的建筑外围护结构。

2.1.2 金属幕墙 **metal curtain wall**

板材为金属板材的建筑幕墙。

2.1.3 石材幕墙 **stone curtain wall**

板材为建筑石板的建筑幕墙。

2.1.4 组合幕墙 **composite curtain wall**

板材为玻璃、金属、石材等不同板材组成的建筑幕墙。

2.1.5 斜建筑幕墙 **inclined building curtain wall**

与水平面成大于 75° 小于 90° 角的建筑幕墙。

2.1.6 单元建筑幕墙 **unit building curtain wall**

由金属构架、各种板材组装成一层楼高单元板块的建筑幕墙。

2.1.7 小单元建筑幕墙 **small unit building curtain wall**

由金属副框、各种单块板材，采用金属挂钩与立柱、横梁连接的可拆装的建筑幕墙。

2.1.8 结构胶 **structural glazing sealant**

幕墙中黏结各种板材与金属构架、板材与板材的受力用的黏结材料。

2.1.9 硅酮耐候胶 **weather proofing silicone sealant**

幕墙嵌缝用的低模数中性硅酮密封材料。

2.1.10 接触腐蚀 **contact corrosion**

两种不同的金属接触时发生的电化学腐蚀。

2.1.11 相容性 compatibility

黏结密封材料与其他材料接触时，不发生影响黏结密封材料黏结性的物理、化学变化的性能。

2.2 符 号

- 2.2.1 A ——截面面积。
- 2.2.2 a ——板材短边边长。
- 2.2.3 b ——板材长边边长。
- 2.2.4 E ——材料弹性模量。
- 2.2.5 f ——材料强度设计值。
- 2.2.6 f_a ——铝合金强度设计值。
- 2.2.7 f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值。
- 2.2.8 f_s ——钢材强度设计值。
- 2.2.9 h ——高度；钢销入孔长度。
- 2.2.10 I ——截面惯性矩。
- 2.2.11 i ——截面回转半径。
- 2.2.12 l ——跨度。
- 2.2.13 m ——弯矩系数。
- 2.2.14 M ——弯矩设计值。
- 2.2.15 M_x ——绕 x 轴的弯矩设计值。
- 2.2.16 M_y ——绕 y 轴的弯矩设计值。
- 2.2.17 N ——轴（压）力设计值。
- 2.2.18 p_{Ek} ——集中水平地震作用标准值。
- 2.2.19 q_{Ek} ——分布水平地震作用标准值。
- 2.2.20 R ——截面承载力设计值。
- 2.2.21 S ——截面内力设计值。
- 2.2.22 t ——材料厚度。
- 2.2.23 ΔT ——年温度变化值。
- 2.2.24 u ——荷载或作用标准值产生的位移或挠度。
- 2.2.25 $[u]$ ——位移或挠度允许值。

- 2.2.26 V ——剪力设计值。
- 2.2.27 W ——净截面弹性抵抗矩。
- 2.2.28 W_x ——绕 x 轴的净截面弹性抵抗矩。
- 2.2.29 W_y ——绕 y 轴的净截面弹性抵抗矩。
- 2.2.30 w_k ——风荷载标准值。
- 2.2.31 w ——风荷载设计值。
- 2.2.32 w_0 ——基本风压。
- 2.2.33 Z ——外层锚筋中心线之间距离。
- 2.2.34 α ——材料线膨胀系数。
- 2.2.35 α_{\max} ——地震影响系数最大值。
- 2.2.36 β ——应力调整系数。
- 2.2.37 β_E ——动力放大系数。
- 2.2.38 β_{gz} ——阵风系数。
- 2.2.39 ν ——材料泊松比。
- 2.2.40 η ——应力折减系数。
- 2.2.41 λ ——长细比。
- 2.2.42 μ_S ——风荷载体型系数。
- 2.2.43 μ_Z ——风压高度变化系数。
- 2.2.44 σ ——截面最大应力设计值。
- 2.2.45 σ_{Gk} 、 S_{Gk} ——重力荷载产生的应力、内力标准值。
- 2.2.46 σ_{wk} 、 S_{wk} ——风荷载产生的应力、内力标准值。
- 2.2.47 σ_{Ek} 、 S_{Ek} ——地震作用产生的应力、内力标准值。
- 2.2.48 σ_{Tk} 、 S_{Tk} ——温度作用产生的应力、内力标准值。
- 2.2.49 ν ——截面塑性发展系数。
- 2.2.50 φ_1 ——稳定系数。

3 材 料

3.1 一般规定

3.1.1 金属与石材幕墙所选用的材料应符合国家现行产品标准的规定，同时应有出厂合格证。

3.1.2 金属与石材幕墙所选用材料的物理力学及耐候性能应符合设计要求。

3.1.3 硅酮结构密封胶、硅酮耐候密封胶必须有与所接触材料的相容性试验报告。橡胶条应有成分化验报告和保质年限证书。

3.1.4 当石材含放射物质时，应符合现行行业标准《天然石材产品放射性防护分类控制标准》（JC 518）的规定。

3.1.5 金属与石材幕墙所使用的低发泡间隔双面胶带，应符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》（JGJ 102）的有关规定。

3.2 石 材

3.2.1 幕墙石材宜选用火成岩，石材吸水率应小于0.8%。

3.2.2 花岗石板材的弯曲强度应经法定检测机构检测确定，其弯曲强度不应小于8.0MPa。

3.2.3 石板的表面处理方法应根据环境和用途决定。

3.2.4 为满足等强度计算的要求，火烧石板的厚度应比抛光石板厚3mm。

3.2.5 幕墙石材的技术要求和性能试验方法应符合国家现行标准的规定：

1 石材的技术要求应符合下列现行行业标准的规定：

1) 《天然花岗石荒料》（JC 204）；

2) 《天然花岗石建筑板材》(JC 205)。

2 石材的主要性能试验方法应符合下列现行国家标准的规定:

1) 《天然饰面石材试验方法 干燥、水饱和、冻融循环后压缩强度试验方法》(GB 9966.1);

2) 《天然饰面石材试验方法 弯曲强度试验方法》(GB 9966.2);

3) 《天然饰面石材试验方法 体积密度、真密度、真气孔率、吸水率试验方法》(GB 9966.3);

4) 《天然饰面石材试验方法 耐磨性试验方法》(GB 9966.5);

5) 《天然饰面石材试验方法 耐酸性试验方法》(GB 9966.6)。

3.2.6 石材表面应采用机械进行加工,加工后的表面应用高压水冲洗或用水和刷子清理,严禁用溶剂型的化学清洁剂清洗石材。

3.3 金属材料

3.3.1 幕墙采用的不锈钢宜采用奥氏体不锈钢材,其技术要求和性能试验方法应符合国家现行标准的规定:

1 不锈钢材的技术要求应符合下列现行国家标准的规定:

1) 《不锈钢冷轧钢板》(GB/T 3280);

2) 《不锈钢棒》(GB/T 1220);

3) 《不锈钢冷加工钢棒》(GB/T 4226);

4) 《不锈钢和耐热钢冷轧带钢》(GB 4239);

5) 《不锈钢热轧钢板》(GB/T 4237);

6) 《冷顶锻用不锈钢丝》(GB/T 4232);

7) 《形状和位置公差 未注公差值》(GB/T 1184)。

2 不锈钢材主要性能试验方法应符合下列现行国家标准的规定:

规定：

1) 《金属弯曲试验方法》(GB/T 232)；

2) 《金属拉伸试验方法》(GB/T 228)。

3.3.2 幕墙采用的非标准五金件应符合设计要求，并应有出厂合格证。同时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)和《紧固件机械性能 不锈钢螺母》(GB/T 3098.15)的规定。

3.3.3 幕墙采用的钢材的技术要求和性能试验方法应符合现行国家标准的规定：

1 钢材的技术要求应符合下列现行国家标准的规定：

1) 《碳素结构钢》(GB/T 700)；

2) 《优质碳素结构钢》(GB/T 699)；

3) 《合金结构钢》(GB/T 3077)；

4) 《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)；

5) 《碳素结构和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》(GB/T 912)；

6) 《碳素结构和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》(GB/T 3274)；

7) 《结构用冷弯空心型钢尺寸、外型、重量及允许偏差》(GB/T 6728)；

8) 《冷拔无缝异型钢管》(GB/T 3094)；

9) 《高耐候结构钢》(GB/T 4171)；

10) 《焊接结构用耐候钢》(GB/T 4172)。

2 钢材主要性能试验方法应符合本规范第 3.3.1 条第 2 款的规定。

3.3.4 钢结构幕墙高度超过 40m 时，钢构件宜采用高耐候结构钢，并应在其表面涂刷防腐涂料。

3.3.5 钢构件采用冷弯薄壁型钢时，除应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 18)的有关规定外，其壁厚不得小于 3.5mm，强度应按实际工程验算，表面处理应符合本

规范第6.2.4条的规定。

3.3.6 幕墙采用的铝合金型材应符合现行国家标准《铝合金建筑型材》(GB/T 5237.1)中有关高精级的规定；铝合金的表面处理层厚度和材质应符合现行国家标准《铝合金建筑型材》(GB/T 5237.2~5237.5)的有关规定。

3.3.7 幕墙采用的铝合金板材的表面处理层厚度及材质应符合现行行业标准《建筑幕墙》(JG 3035)的有关规定。

3.3.8 铝合金幕墙应根据幕墙面积、使用年限及性能要求，分别选用铝合金单板(简称单层铝板)、铝塑复合板、铝合金蜂窝板(简称蜂窝铝板)；铝合金板材应达到国家相关标准及设计的要求，并应有出厂合格证。

3.3.9 根据防腐、装饰及建筑物的耐久年限的要求，对铝合金板材(单层铝板、铝塑复合板、蜂窝铝板)表面进行氟碳树脂处理时，应符合下列规定：

1 氟碳树脂含量不应低于75%；海边及严重酸雨地区，可采用三道或四道氟碳树脂涂层，其厚度应大于40 μm ；其他地区，可采用两道氟碳树脂涂层，其厚度应大于25 μm ；

2 氟碳树脂涂层应无起泡、裂纹、剥落等现象。

3.3.10 单层铝板应符合下列现行国家标准的规定，幕墙用单层铝板厚度不应小于2.5mm；

1)《铝及铝合金轧制板材》(GB/T 3880)；

2)《变形铝及铝合金牌号表示方法》(GB/T 16474)；

3)《变形铝及铝合金状态代号》(GB/T 16475)。

3.3.11 铝塑复合板应符合下列规定：

1 铝塑复合板的上下两层铝合金板的厚度均应为0.5mm，其性能应符合现行国家标准《铝塑复合板》(GB/T 17748)规定的外墙板的技术要求；铝合金板与夹心层的剥离强度标准值应大于7N/mm；

2 幕墙选用普通型聚乙烯铝塑复合板时，必须符合现行国家标准《建筑设计防火规范》(GBJ 16)和《高层民用建筑设计

防火规范》(GB 50045)的规定。

3.3.12 蜂窝铝板应符合下列规定：

1 应根据幕墙的使用功能和耐久年限的要求，分别选用厚度为 10mm、12mm、15mm、20mm 和 25mm 的蜂窝铝板；

2 厚度为 10mm 的蜂窝铝板应由 1mm 厚的正面铝合金板、0.5~0.8mm 厚的背面铝合金板及铝蜂窝黏结而成；厚度在 10mm 以上的蜂窝铝板，其正背面铝合金板厚度均应为 1mm。

3.4 建筑密封材料

3.4.1 幕墙采用的橡胶制品宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶；密封胶条应为挤出成型，橡胶块应为压模成型。

3.4.2 密封胶条的技术要求和性能试验方法应符合国家现行标准的规定：

1 密封胶条的技术要求应符合下列现行国家标准的规定：

- 1) 《橡胶与乳胶命名》(GB 5576)；
- 2) 《建筑橡胶密封垫预成型实心硫化的结构密封垫用材料规范》(GB 10711)；
- 3) 《工业用橡胶板》(GB/T 5574)；
- 4) 《中空玻璃用弹性密封剂》(JC 486)；
- 5) 《建筑窗用弹性密封剂》(JC 485)。

2 密封胶条主要性能试验方法应符合下列现行国家标准的规定：

- 1) 《硫化橡胶或热塑橡胶撕裂强度的测定》(GB/T 529)；
- 2) 《硫化橡胶邵尔 A 硬度试验方法》(GB/T 531)；
- 3) 《硫化橡胶密度的测定》(GB/T 533)。

3.4.3 幕墙应采用中性硅酮耐候密封胶，其性能应符合表 3.4.3 的规定。

表 3.4.3 幕墙硅酮耐候密封胶的性能

项 目	性 能	
	金属幕墙用	石材幕墙用
表干时间	1~1.5h	
流淌性	无流淌	≤1.0mm
初期固化时间 (≥25℃)	3d	4d
完全固化时间 (相对湿度≥50%， 温度 25±2℃)	7~14d	
邵氏硬度	20~30	15~25
极限拉伸强度	0.11~0.14MPa	≥1.79MPa
断裂延伸率	—	≥300%
撕裂强度	3.8N/mm	—
施工温度	5~48℃	
污染性	无污染	
固化后的变位承受能力	25%≤δ≤50%	δ≥50%
有效期	9~12个月	

3.5 硅酮结构密封胶

3.5.1 幕墙应采用中性硅酮结构密封胶；硅酮结构密封胶分单组分和双组分，其性能应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》(GB16776)的规定。

3.5.2 同一幕墙工程应采用同一品牌的单组分或双组分的硅酮结构密封胶，并应有保质年限的质量证书。用于石材幕墙的硅酮结构密封胶还应有证明无污染的试验报告。

3.5.3 同一幕墙工程应采用同一品牌的硅酮结构密封胶和硅酮耐候密封胶配套使用。

3.5.4 硅酮结构密封胶和硅酮耐候密封胶应在有效期内使用。

4 性能与构造

4.1 一般规定

4.1.1 金属与石材幕墙的设计应根据建筑物的使用功能、建筑设计立面要求和技术经济能力，选择金属或石材幕墙的立面构成、结构型式和材料品质。

4.1.2 金属与石材幕墙的色调、构图和线型等立面构成，应与建筑物立面其他部位协调。

4.1.3 石材幕墙中的单块石材板面面积不宜大于 1.5m^2 。

4.1.4 金属与石材幕墙设计应保障幕墙维护和清洗的方便与安全。

4.2 幕墙性能

4.2.1 幕墙的性能应包括下列项目：

- 1 风压变形性能；
- 2 雨水渗漏性能；
- 3 空气渗透性能；
- 4 平面内变形性能；
- 5 保温性能；
- 6 隔声性能；
- 7 耐撞击性能。

4.2.2 幕墙的性能等级应根据建筑物所在地的地理位置、气候条件、建筑物的高度、体型及周围环境进行确定。

4.2.3 幕墙构架的立柱与横梁在风荷载标准值作用下，钢型材的相对挠度不应大于 $l/300$ （ l 为立柱或横梁两支点间的跨度），绝对挠度不应大于 15mm ；铝合金型材的相对挠度不应大于 $l/180$ ，绝对挠度不应大于 20mm 。

4.2.4 幕墙在风荷载标准值除以阵风系数后的风荷载值作用下，不应发生雨水渗漏。其雨水渗漏性能应符合设计要求。

4.2.5 有热工性能要求时，幕墙的空气渗透性能应符合设计要求。

4.2.6 幕墙的平面内变形性能应符合下列规定：

1 平面内变形性能可用建筑物的层间相对位移值表示；在设计允许的相对位移范围内，幕墙不应损坏；

2 平面内变形性能应按主体结构弹性层间位移值的 3 倍进行设计。

4.3 幕墙构造

4.3.1 幕墙的防雨水渗漏设计应符合下列规定：

1 幕墙构架的立柱与横梁的截面形式宜按等压原理设计。

2 单元幕墙或明框幕墙应有泄水孔。有霜冻的地区，应采用室内排水装置；无霜冻地区，排水装置可设在室外，但应有防风装置。石材幕墙的外表面不宜有排水管。

3 采用无硅酮耐候密封胶设计时，必须有可靠的防风雨措施。

4.3.2 幕墙中不同的金属材料接触处，除不锈钢外均应设置耐热的环氧树脂玻璃纤维布或尼龙 12 垫片。

4.3.3 幕墙的钢框架结构应设温度变形缝。

4.3.4 幕墙的保温材料可与金属板、石板结合在一起，但应与主体结构外表面有 50mm 以上的空气层。

4.3.5 上下用钢销支撑的石材幕墙，应在石板的两个侧面或在石板背面的中心区另采取安全措施，并应考虑维修方便。

4.3.6 上下通槽式或上下短槽式的石材幕墙，均宜有安全措施，并应考虑维修方便。

4.3.7 小单元幕墙的每一块金属板构件、石板构件都应是独立的，且应安装和拆卸方便，同时不应影响上下、左右的构件。

4.3.8 单元幕墙的连接处、吊挂处，其铝合金型材的厚度均应

通过计算确定并不得小于 5mm。

4.3.9 主体结构的抗震缝、伸缩缝、沉降缝等部位的幕墙设计应保证外墙面的功能性和完整性。

4.4 幕墙防火与防雷设计

4.4.1 金属与石材幕墙的防火除应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》(GBJ 16)和《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045)的有关规定外,还应符合下列规定:

1 防火层应采取隔离措施,并应根据防火材料的耐火极限,决定防火层的厚度和宽度,且应在楼板处形成防火带;

2 幕墙的防火层必须采用经防腐处理且厚度不小于 1.5mm 的耐热钢板,不得采用铝板;

3 防火层的密封材料应采用防火密封胶;防火密封胶应有法定检测机构的防火检验报告。

4.4.2 金属与石材幕墙的防雷设计除应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》(GB 50057)的有关规定外,还应符合下列规定:

1 在幕墙结构中应自上而下地安装防雷装置,并应与主体结构的防雷装置可靠连接;

2 导线应在材料表面的保护膜除掉部位进行连接;

3 幕墙的防雷装置设计及安装应经建筑设计单位认可。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 金属与石材幕墙应按围护结构进行设计。幕墙的主要构件应悬挂在主体结构上，幕墙在进行结构设计计算时，不应考虑分担主体结构所承受的荷载和作用，只应考虑承受直接施加于其上的荷载与作用。

5.1.2 幕墙及其连接件应具有足够的承载力、刚度和相对于主体结构的位移能力。幕墙构架立柱的连接金属角码与其他连接件应采用螺栓连接，螺栓垫板应有防滑措施。

5.1.3 抗震设计要求的幕墙，在设防烈度地震作用下经修理后幕墙应仍可使用；在罕遇地震作用下，幕墙骨架不得脱落。

5.1.4 幕墙构件的设计，在重力荷载、设计风荷载、设防烈度地震作用、温度作用和主体结构变形影响下，应具有安全性。

5.1.5 幕墙构件应采用弹性方法计算内力与位移，并应符合下列规定：

1 应力或承载力

$$\sigma \leq f$$

或

$$S \leq R \quad (5.1.5-1)$$

2 位移或挠度

$$u \leq [u] \quad (5.1.5-2)$$

式中 σ ——荷载或作用产生的截面最大应力设计值；

f ——材料强度设计值；

S ——荷载或作用产生的截面内力设计值；

R ——构件截面承载力设计值；

u ——由荷载或作用标准值产生的位移或挠度；

$[u]$ ——位移或挠度允许值。

5.1.6 荷载或作用的分项系数应按下列规定采用：

1 进行幕墙构件、连接件和预埋件承载力计算时：

重力荷载分项系数 γ_G ：1.2

风荷载分项系数 γ_w ：1.4

地震作用分项系数 γ_E ：1.3

温度作用分项系数 γ_T ：1.2

2 进行位移和挠度计算时：

重力荷载分项系数 γ_G ：1.0

风荷载分项系数 γ_w ：1.0

地震作用分项系数 γ_E ：1.0

温度作用分项系数 γ_T ：1.0

5.1.7 当两个及以上的可变荷载或作用（风荷载、地震作用和温度作用）效应参加组合时，第一个可变荷载或作用效应的组合系数应按 1.0 采用；第二个可变荷载或作用效应的组合系数可按 0.6 采用；第三个可变荷载或作用效应的组合系数可按 0.2 采用。

5.1.8 结构设计时，应根据构件受力特点、荷载或作用的情况和产生的应力（内力）作用的方向，选用最不利的组合。荷载和作用效应组合设计值，应按下式采用：

$$\gamma_G S_G + \gamma_w \psi_w S_w + \gamma_E \psi_E S_E + \gamma_T \psi_T S_T \quad (5.1.8)$$

式中 S_G ——重力荷载作为永久荷载产生的效应；

S_w 、 S_E 、 S_T ——分别为风荷载、地震作用和温度作用作为可变荷载和作用产生的效应。按不同的组合情况，三者可分别作为第一、第二和第三个可变荷载和作用产生的效应；

γ_G 、 γ_w 、 γ_E 、 γ_T ——各效应的分项系数，应按本规范第 5.1.6 条的规定采用；

ψ_w 、 ψ_E 、 ψ_T ——分别为风荷载、地震作用和温度作用效应的组合系数。应按本规范第 5.1.7 条的规定取值。

5.1.9 进行位移、变形和挠度计算时，均应采用荷载或作用的标准值并按下列方式进行组合：

$$u = u_{Gk} \quad (5.1.9-1)$$

$$u = u_{Gk} + u_{wk} \quad \text{或} \quad u = u_{wk} \quad (5.1.9-2)$$

$$u = u_{Gk} + u_{wk} + 0.6 u_{Ek} \quad \text{或} \quad u = u_{wk} + 0.6 u_{Ek} \quad (5.1.9-3)$$

式中 u ——组合后的构件位移或变形；

u_{Gk} 、 u_{wk} 、 u_{Ek} ——分别为重力荷载、风荷载和地震作用标准值产生的位移或变形。

5.1.10 当构件在两个方向均产生挠度时，应分别计算各方向的挠度 u_x 、 u_y ， u_x 和 u_y 均不应超过挠度允许值 $[u]$ ：

$$u_x \leq [u] \quad (5.1.10-1)$$

$$u_y \leq [u] \quad (5.1.10-2)$$

5.1.11 组合幕墙采用硅酮结构密封胶时，其黏结宽度和厚度计算应按现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》(JGJ 102) 的有关规定进行。

5.2 荷载和作用

5.2.1 幕墙材料的自重标准值应按下列数值采用：

矿棉、玻璃棉、岩棉	0.5~1.0kN/m ³
钢材	78.5kN/m ³
花岗石	28.0kN/m ³
铝合金	28.0kN/m ³

5.2.2 幕墙用板材单位面积重力标准值应按表 5.2.2 采用。

表 5.2.2 板材单位面积重力标准值 (N/m²)

板 材	厚 度 (mm)	q_k (N/m ²)	板 材	厚 度 (mm)	q_k (N/m ²)
单层铝板	2.5	67.5	不锈钢板	1.5	117.8
	3.0	81.0		2.0	157.0
	4.0	112.0		2.5	196.3
铝塑复合板	4.0	55.0		3.0	235.5
	6.0	73.6		花岗石板	20.0
蜂窝铝板 (铝箔芯)	10.0	53.0	25.0		625~700
	15.0	70.0	30.0		750~840
	20.0	74.0			

5.2.3 作用于幕墙上的风荷载标准值应按下式计算，且不应小于 1.0kN/m²：

$$w_k = \beta_{gz} \mu_z \mu_s w_0 \quad (5.2.3)$$

式中 w_k ——作用于幕墙上的风荷载标准值 (kN/m²)；

β_{gz} ——阵风系数，可取 2.25；

μ_s ——风荷载体型系数。竖直幕墙外表面可按±1.5 采用，斜幕墙风荷载体型系数可根据实际情况，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ 9) 的规定采用。当建筑物进行了风洞试验时，幕墙的风荷载体型系数可根据风洞试验结果确定；

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》(GBJ 9) 的规定采用；

w_0 ——基本风压 (kN/m²)，应根据按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ 9) 的规定采用。

5.2.4 幕墙进行温度作用效应计算时，所采用的幕墙年温度变化值 ΔT 可取 80℃。

5.2.5 垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值应按下式计算：

$$q_{Ek} = \frac{\beta_E \alpha_{max} G}{A} \quad (5.2.5)$$

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)；

G ——幕墙构件（包括板材和框架）的重量（kN）；

A ——幕墙构件的面积（ m^2 ）；

α_{max} ——水平地震影响系数最大值，6度抗震设计时可取0.04；7度抗震设计时可取0.08；8度抗震设计时可取0.16；

β_E ——动力放大系数，可取5.0。

5.2.6 平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值应按下式计算：

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{max} G \quad (5.2.6)$$

式中 P_{Ek} ——平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值（kN）；

G ——幕墙构件（包括板材和框架）的重量（kN）；

α_{max} ——地震影响系数最大值，可按本规范第5.2.5条的规定采用；

β_E ——动力放大系数，可取5.0。

5.2.7 幕墙的主要受力构件（横梁和立柱）及连接件、锚固件所承受的地震作用，应包括由幕墙面板传来的地震作用和由于横梁、立柱自重产生的地震作用。

计算横梁和立柱自重所产生的地震作用时，地震影响系数最大值 α_{max} 可按本规范第5.2.5条的规定采用。

5.3 幕墙材料力学性能

5.3.1 铝合金型材的强度设计值应按表5.3.1采用。

表 5.3.1 铝合金型材的强度设计值 (MPa)

合金状态	合金	壁厚 (mm)	强度设计值	
			抗拉、抗压强度 f_a	抗剪强度 f_v
6063	T5	所有	85.5	49.6
	T6	所有	140.0	81.2
6063A	T5	≤ 10	124.4	72.2
		> 10	116.6	67.6
	T6	≤ 10	147.7	85.7
		> 10	140.0	81.2
6061	T4	所有	85.5	49.6
	T6	所有	190.5	110.5

5.3.2 单层铝合金板的强度设计值应按表 5.3.2 采用。

表 5.3.2 单层铝合金板强度设计值 (MPa)

牌 号	试样状态	厚度 (mm)	抗拉强度 f_{d1}	抗剪强度 f_{d1}
2A11	T42	0.5~2.9	129.5	75.1
		>2.9~10.0	136.5	79.2
2A12	T42	0.5~2.9	171.5	99.5
		>2.9~10.0	185.5	107.6
7A04	T62	0.5~2.9	273.0	158.4
		>2.9~10.0	287.0	166.5
7A09	T62	0.5~2.9	273.0	158.4
		>2.9~10.0	287.0	166.5

5.3.3 铝塑复合板的强度设计值应按表 5.3.3 采用。

表 5.3.3 铝塑复合板强度设计值 (MPa)

板厚 t (mm)	抗拉强度 f_{d2}	抗剪强度 f_{d2}
4	70	20

5.3.4 蜂窝铝板的强度设计值应按表 5.3.4 采用。

表 5.3.4 蜂窝铝板强度设计值 (MPa)

板厚 t (mm)	抗拉强度 f_{d3}	抗剪强度 f_{d3}
20	10.5	1.4

5.3.5 不锈钢板的强度设计值应按表 5.3.5 采用。

表 5.3.5 不锈钢板的强度设计值 (MPa)

序号	屈服强度标准值 $\sigma_{0.2}$	抗弯、抗拉强度 f_{d1}	抗剪强度 f_{d1}
1	170	154	120
2	200	180	140
3	220	200	155
4	250	226	176

5.3.6 钢材的强度设计值应按表 5.3.6 采用。

表 5.3.6 钢材的强度设计值 (MPa)

钢 材	抗拉、抗压、 抗弯强度 f_s	抗剪强度 f_s^v	端面承压强度 f_s^e
Q235 钢, 棒材直径小于 40mm $t \leq 20\text{mm}$ 板, 型材厚度小于 15mm	215	125	320
Q345 钢, 直径或厚度小于 16mm	315	185	445

5.3.7 花岗石板的抗弯强度设计值, 应依据其弯曲强度试验的弯曲强度平均值 f_{gn} 决定, 抗弯强度设计值、抗剪强度设计值应按下列公式计算:

$$f_{g1} = f_{gn} / 2.15 \quad (5.3.7-1)$$

$$f_{g2} = f_{gn} / 4.30 \quad (5.3.7-2)$$

式中 f_{g1} ——花岗石板抗弯强度设计值 (MPa);
 f_{g2} ——花岗石板抗剪强度设计值 (MPa);
 f_{gn} ——花岗石板弯曲强度平均值 (MPa)。

弯曲强度试验中任一试件的弯曲强度试验值低于 8MPa 时, 该批花岗石板不得用于幕墙。

5.3.8 钢结构连接强度设计值应按本规范附录 A 的规定采用。

5.3.9 幕墙材料的弹性模量可按表 5.3.9 采用。

表 5.3.9 材料的弹性模量 (MPa)

材 料	E	
铝合金型材	0.7×10^5	
钢, 不锈钢	2.1×10^5	
单层铝板	0.7×10^5	
铝塑复合板	4mm	0.2×10^5
	6mm	0.3×10^5
蜂窝铝板	10mm	0.35×10^5
	15mm	0.27×10^5
	20mm	0.21×10^5
花岗石板	0.8×10^5	

5.3.10 幕墙材料的泊松比应按表 5.3.10 采用。

表 5.3.10

材料的泊松比

材 料	ν
钢、不锈钢	0.30
铝 合 金	0.33
铝塑复合板	0.25
蜂窝铝板	0.25
花 岗 岩	0.125

5.3.11 幕墙材料的线膨胀系数应按表 5.3.11 采用。

表 5.3.11

材料的线膨胀系数 (1/°C)

材 料	α
混 凝 土	1.0×10^{-5}
钢 材	1.2×10^{-5}
铝 合 金	2.35×10^{-5}
单层铝板	2.35×10^{-5}
铝塑复合板	$\leq 4.0 \times 10^{-5}$
不 锈 钢 板	1.8×10^{-5}
蜂窝铝板	2.4×10^{-5}
花岗石板	0.8×10^{-5}

5.4 金属板设计

5.4.1 单层铝板、蜂窝铝板、铝塑复合板和不锈钢板在制作构件时，应四周折边。铝塑复合板和蜂窝铝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。

5.4.2 金属板应按需要设置边肋和中肋等加劲肋，铝塑复合板折边处应设边肋。加劲肋可采用金属方管、槽形或角形型材。加劲肋应与金属板可靠连结，并应有防腐措施。

5.4.3 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，应按本条第 4 款的规定考虑大挠度的影响。

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k l^2}{t^2} \quad (5.4.3-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2} \quad (5.4.3-2)$$

式中 σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载或垂直于板面方向的地震作用产生的板中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 ——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规范附录 B 表 B.0.1 确定。各区格板边界条件，应按本规范第 5.4.4 条的规定采用；
 t ——金属板的厚度 (mm)。

2 金属板中由各种荷载或作用产生的最大应力标准值，应按本规范第 5.1.8 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。单层铝板的强度设计值按本规范第 5.3.2 条的规定采用；不锈钢板的强度设计值按本规范第 5.3.5 条的规定采用。

3 铝塑复合板和蜂窝铝板计算时，厚度应取板的总厚度，其强度按表 5.3.3 和表 5.3.4 采用，其弹性模量按表 5.3.9 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 5.4.3-1 和式 5.4.3-2 计算的应力值乘以折减系数，折减系数可按表 5.4.3 采用。

表 5.4.3 折 减 系 数

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 5.4.3-3 计算：

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(w_k + 0.6 q_{EK}) a^4}{Et^4} \quad (5.4.3-3)$$

式中 w_k ——风荷载标准值 (MPa)；

q_{EK} ——垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa)；

a ——金属板区格短边边长 (mm)；

t ——金属板厚度 (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。

5.4.4 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：简支边；
- 2 中肋支承线：固定边。

5.4.5 金属板材应沿周边用螺栓固定于横梁或立柱上，螺栓直径不应小于 4mm，螺栓的数量应根据板材所承受的风荷载和地震作用经计算后确定。

5.4.6 金属板材的边肋截面尺寸应按构造要求设计。单跨中肋应按简支梁设计，中肋应有足够的刚度，其挠度不应大于中肋跨度的 1/300。

5.4.7 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。

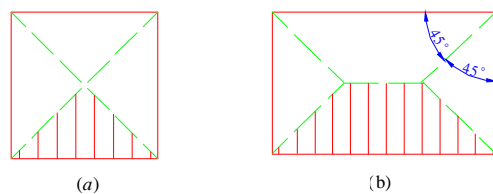


图 5.4.7 板面荷载向肋的传递
(a) 方板；(b) 矩形板

5.5 石板设计

5.5.1 用于石材幕墙的石板，厚度不应小于 25mm。

5.5.2 钢销式石材幕墙可在非抗震设计或 6 度、7 度抗震设计幕墙中应用，幕墙高度不宜大于 20m，石板面积不宜大于 1.0m²。钢销和连接板应采用不锈钢。连接板截面尺寸不宜小于 40mm×4mm。钢销与孔的要求应符合本规范第 6.3.2 条的规定。

5.5.3 每边两个钢销支承的石板，应按计算边长为 a_0 、 b_0 的四点支承板计算其应力。计算边长 a_0 、 b_0 ：

1 当为两侧连接时（图 5.5.3 a），支承边的计算边长可取为钢销的距离，非支承边的计算长度取为边长。

2 当四侧连接时（图 5.5.3 b），计算长度可取为边长减去钢销至板边的距离。

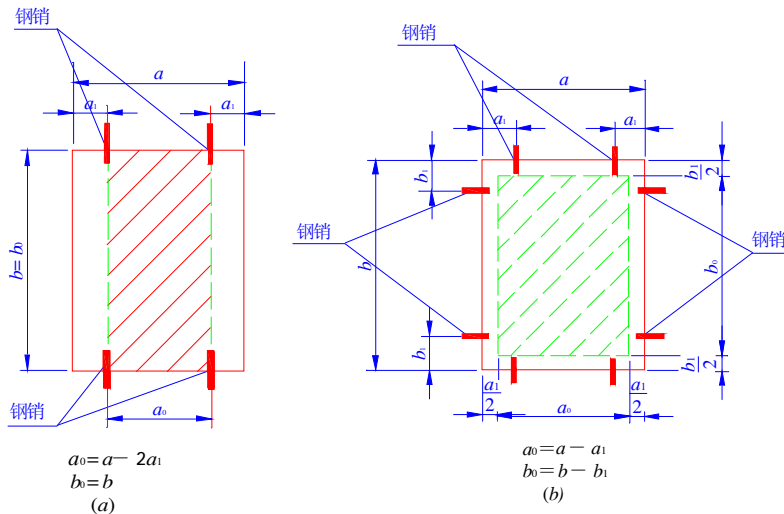


图 5.5.3 钢销连接石板的计算边长 a_0 、 b_0

(a) 两侧连接；(b) 四侧连接

5.5.4 石板的抗弯设计应符合下列规定：

1 边长为 a_0 、 b_0 的四点支承板的最大弯曲应力标准值应分

工程建设标准全文信息系统
别按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6 m w_k b_0^2}{t^2} \quad (5.5.4-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6 m q_{Ek} b_0^2}{t^2} \quad (5.5.4-2)$$

式中 σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用在板中产生的最大弯曲应力标准值 (MPa)；

w_k 、 q_{Ek} ——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa)；

b_0 ——四点支承板的计算长边边长 (mm)；

t ——板厚度 (mm)；

m ——四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.0.2 采用。

2 石板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合，所得的最大弯曲应力设计值不应超过石板的抗弯强度设计值。

5.5.5 钢销的设计应符合下列规定：

1 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，钢销承受的剪应力标准值按下式计算：

两侧连接
$$\tau_{pk} = \frac{q_k ab}{2 n A_p} \beta \quad (5.5.5-1)$$

四侧连接
$$\tau_{pk} = \frac{q_k (2b - a) a}{4 n A_p} \beta \quad (5.5.5-2)$$

式中 τ_{pk} ——钢销剪应力标准值 (MPa)；

q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa)，
即 q_k 分别代表 w_k 或 q_{Ek} ；

b 、 a ——石板的长边或短边边长 (mm)；

A_p ——钢销截面面积 (mm²)；

n ——一个连接边上的钢销数量；四侧连接时一个长边上的钢销数量；

β ——应力调整系数，可按表 5.5.5 采用。

表 5.5.5 应力调整系数

每块板材钢销个数	4	8	12
β	1.25	1.30	1.32

2 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合。

3 钢销所承受的剪应力设计值应符合下列条件：

$$\tau_p \leq f_s \quad (5.5.5-3)$$

式中 τ_p ——钢销剪应力设计值 (MPa)；

f_s ——钢销抗剪强度设计值 (MPa)，按本规范表 5.3.5 采用。

5.5.6 由钢销在石板中产生的剪应力应按下列规定进行校核：

1 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，石板剪应力标准值可按下列式计算：

两侧连接
$$\tau_k = \frac{q_k ab\beta}{2n(t-d)h} \quad (5.5.6-1)$$

四侧接连
$$\tau_k = \frac{q_k(2b-a)\beta}{4n(t-d)h} \quad (5.5.6-2)$$

式中 τ_k ——由于钢销在石板中产生的剪应力标准值 (MPa)；

q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa)，

即 q_k 分别代表 w_k 或 q_{Ek} ；

t ——石板厚度 (mm)；

d ——钢销孔直径 (mm)；

h ——钢销入孔长度 (mm)。

2 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合。

3 剪应力设计值应符合下列规定：

$$\tau \leq f \quad (5.5.6-3)$$

式中 τ ——由于钢销在石板中产生的剪应力设计值 (MPa)；

f ——花岗石板抗剪强度设计值 (MPa), 按本规范 5.3.7 条采用。

5.5.7 短槽支承的石板, 其抗剪设计应符合下列规定:

1 短槽支承石板的不锈钢挂钩的厚度不应小于 3.0mm, 铝合金挂钩的厚度不应小于 4.0mm, 其承受的剪应力可按式 5.5.5-1、式 5.5.5-2 计算, 并应符合式 5.5.5-3 的条件。

2 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下, 挂钩在槽口边产生的剪应力标准值 τ_k 按下式计算:

$$\text{对边开槽} \quad \tau_k = \frac{q_k a b \beta}{n (t - c) s} \quad (5.5.7-1)$$

$$\text{四边开槽} \quad \tau_k = \frac{q_k (2b - c) a \beta}{2n (t - c) s} \quad (5.5.7-2)$$

式中 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa), 即 q_k 分别代表 w_k 或 q_{Ek} ;

c ——槽口宽度 (mm);

s ——单个槽底总长度 (mm)。矩形槽的槽底总长度 s 取为槽长加上槽深的 2 倍, 弧形槽 s 取为圆弧总长度。

3 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值, 应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合。

4 槽口处石板的剪应力设计值 τ 应符合下式规定:

$$\tau \leq f \quad (5.5.7-3)$$

式中 τ ——由于不锈钢挂钩在石板中产生的剪应力设计值 (MPa);

f ——花岗石板抗剪强度设计值 (MPa), 按本规范第 5.3.7 条采用。

5.5.8 短槽支承石板的最大弯曲应力应按本规范第 5.5.3 条、第 5.5.4 条的规定进行设计。

5.5.9 通槽支承的石板抗弯设计应符合下列规定:

1 通槽支承石板的最大弯曲应力标准值 σ_k 应按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = 0.75 \frac{w_k l^2}{t^2} \quad (5.5.9-1)$$

$$\sigma_{Ek} = 0.75 \frac{q_{Ek} l^2}{t^2} \quad (5.5.9-2)$$

式中 σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用在板中产生的最大弯曲应力标准值 (MPa);

w_k 、 q_{Ek} ——分别为风荷载或地震作用的标准值 (MPa);

l ——石板的跨度, 即支承边的距离 (mm);

t ——石板厚度 (mm)。

2 由各种荷载和作用在石板中产生的最大弯曲应力标准值应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合, 所得的最大弯曲应力设计值不应超过石材抗弯强度设计值。

5.5.10 通槽支承石板的挂钩, 其设计应符合下列规定:

1 通槽支承石板, 铝合金挂钩的厚度不应小于 4.0mm, 不锈钢挂钩的厚度不应小于 3.0mm。

2 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下, 挂钩承受的剪应力标准值应按下列式计算:

$$\tau_k = \frac{q_k l}{2 t_p} \quad (5.5.10)$$

式中 τ_k ——挂板中剪应力标准值 (MPa);

l ——石板的跨度, 即支承边间的距离 (mm);

q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa),

即 q_k 分别代表 w_k 或 q_{Ek} ;

t_p ——挂钩厚度 (mm)。

3 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值, 应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合。

5.5.11 通槽支承的石板槽口处抗剪设计应符合下列规定:

1 由风荷载或垂直于板面方向地震作用在槽口处产生的剪应力标准值应按下列式计算:

$$\tau_k = \frac{q_k l}{t - c} \quad (5.5.11-1)$$

式中 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa),
 即 q_k 分别代表 w_k 或 q_{E_k} ;
 t ——石板厚度 (mm);
 l ——支承边间距离 (mm);
 c ——槽口宽度 (mm)。

2 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值, 应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合。

3 通槽支承的石板槽口处剪应力设计值 τ 应符合下式要求:

$$\tau \leq f \quad (5.5.11-2)$$

式中 τ ——槽口处石板中的剪应力设计值 (MPa);
 f ——花岗石板抗剪强度设计值 (MPa), 按本规范第 5.3.7 条采用。

5.5.12 通槽支承的石板槽口处抗弯设计值应符合下列规定:

1 由风荷载或垂直于板面方向地震作用在槽口处产生的最大弯曲应力标准值 σ_k 应按下式计算。

$$\sigma_k = \frac{8 q_k l h}{(t - c)^2} \quad (5.5.12-1)$$

式中 t ——石板厚度 (mm);
 c ——槽口宽度 (mm);
 h ——槽口受力一侧深度 (mm);
 l ——石板的跨度, 即支承边间的距离 (mm);
 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (MPa),
 即 q_k 分别代表 w_k 或 q_{E_k} 。

2 由各种荷载和作用产生剪应力标准值, 应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合。

3 通槽支承的石板槽口处最大弯曲应力设计值 σ 应符合下式的要求:

$$\sigma \leq 0.7f \quad (5.5.12-2)$$

式中 σ ——槽口处石板中的最大弯曲应力设计值 (MPa);
 f ——石板抗弯强度设计值 (MPa), 按本规范第 5.3.7 条的规定采用。

5.5.13 石板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值应按本规范第 5.1.8 条的规定进行组合, 所得的最大弯曲应力设计值不应超过石板抗弯强度设计值。有四边金属框的隐框式石板构件, 应根据下列公式按四边简支板计算板中最大弯曲应力标准值:

$$\sigma_{wk} = \frac{6 m w_k a^2}{t^2} \quad (5.5.13-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6 m q_{Ek} a^2}{t^2} \quad (5.5.13-2)$$

式中 σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用在板中产生的最大弯曲应力标准值 (MPa);
 w_k 、 q_{Ek} ——分别为风荷载或垂直板面方向地震作用的标准值 (MPa);
 a ——板的短边边长 (mm);
 t ——石板厚度 (mm);
 m ——板的跨中弯矩系数, 应按表 5.5.13 查取。

表 5.5.13 四边简支石板的跨中弯矩系数 ($\nu=0.125$)

a/b	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
m	0.0987	0.0918	0.0850	0.0784	0.0720	0.0660
a/b	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	
m	0.0603	0.0550	0.0501	0.0456	0.0414	

5.5.14 隐框式石板构件的金属框, 其上、下边框应带有挂钩, 挂钩厚度应符合本规范第 5.5.10 条的规定。

5.6 横梁设计

5.6.1 横梁截面主要受力部分的厚度，应符合下列规定：

1 翼缘的宽厚比应符合下列规定（图 5.6.1）：

截面自由挑出部分（图 5.6.1 a）：

$$b/t \leq 15$$

截面封闭部分（图 5.6.1 b）：

$$b/t \leq 30$$

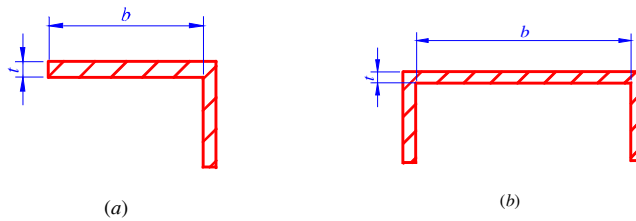


图 5.6.1 截面的厚度

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厚度不应小于 3mm，有螺钉连接的部分截面厚度不应小于螺钉公称直径。钢型材截面主要受力部分的厚度不应小于 3.5mm。

5.6.2 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。

5.6.3 幕墙的横梁截面抗弯承载力应符合下式要求：

$$\frac{M_x}{\nu W_x} + \frac{M_y}{\nu W_y} \leq f \quad (5.6.3)$$

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 (mm^3);

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 (mm^3);

ν ——截面塑性发展系数, 可取 1.05;

f ——型材抗弯强度设计值 (MPa), 应按本规范第 5.3.1 条或第 5.3.6 条规定采用。

5.6.4 横梁截面抗剪承载力, 应符合下式要求:

$$\frac{1.5V_h}{A_{wh}} \leq f \quad (5.6.4-1)$$

$$\frac{1.5V_y}{A_{wy}} \leq f \quad (5.6.4-2)$$

式中 V_h ——横梁水平方向的剪力设计值 (N);

V_y ——横梁垂直方向的剪力设计值 (N);

A_{wh} ——横梁截面水平方向腹板截面面积 (mm^2);

A_{wy} ——横梁截面垂直方向腹板截面面积 (mm^2);

f ——型材抗剪强度设计值, 按本规范第 5.3.1 条或第 5.3.6 条规定采用。

5.6.5 横梁的挠度值, 应符合下式要求:

1 当跨度不大于 7.5m 的横梁:

1) 铝型材: $u \leq l/180$ (5.6.5-1)

$$u \leq 20\text{mm}$$

2) 钢型材: $u \leq l/300$ (5.6.5-2)

$$u \leq 15\text{mm}$$

2 当跨度大于 7.5m 的钢横梁:

$$u \leq l/500 \quad (5.6.6-3)$$

式中 u ——横梁的挠度 (mm);

l ——横梁的跨度 (mm)。

5.6.6 横梁应通过角码、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 4mm, 每处连接螺钉数量不应少于 3 个, 螺栓不应少于 2 个。横梁与立柱之间应有一定的相

5.7 立柱设计

5.7.1 立柱截面的主要受力部分的厚度，应符合下列规定：

1 铝合金型材截面主要受力部分的厚度不应小于 **3mm**，采用螺纹受力连接时螺纹连接部位截面的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规范第 5.6.1 条的规定。

5.7.2 上下立柱之间应有不小于 **15mm** 的缝隙，并应采用芯柱连结。芯柱总长度不应小于 **400mm**。芯柱与立柱应紧密接触。芯柱与下柱之间应采用不锈钢螺栓固定。

5.7.3 立柱与主体结构的连接可每层设一个支承点，也可设两个支承点；在实体墙面上，支承点可加密。

5.7.4 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。

5.7.5 立柱上端应悬挂在主体结构上，宜设计成偏心受拉构件，其轴力应考虑幕墙板材、横梁以及立柱的重力荷载值。

5.7.6 偏心受拉的幕墙立柱截面承载力应符合下式要求：

$$\frac{N}{A_0} + \frac{M}{\nu W} \leq f \quad (5.7.6)$$

式中 N ——立柱轴力设计值 (N)；

M ——立柱弯矩设计值 (N·mm)；

A_0 ——立柱的净截面面积 (mm²)；

W ——在弯矩作用方向的净截面弹性抵抗矩 (mm³)；

ν ——截面塑性发展系数，可取 1.05；

f ——型材的抗弯强度设计值 (MPa)，应按本规范第 5.3.1 或第 5.3.6 条规定采用。

5.7.7 偏心受压的幕墙立柱截面承载力应符合下式要求：

$$\frac{N}{\varphi_1 A_0} + \frac{M}{\gamma W} \leq f \quad (5.7.7)$$

式中 N ——立柱的压力设计值 (N)；
 M ——立柱的弯矩设计值 (N·mm)；
 A_0 ——立柱的净截面面积 (mm²)；
 W ——在弯矩作用方向的净截面弹性抵抗矩 (mm³)；
 γ ——截面塑性发展系数，可取为 1.05；
 f ——型材抗弯强度设计值 (MPa)，应按本规范第 5.3.1 条或第 5.3.6 条的规定采用；
 φ_1 ——轴心受压柱的稳定系数，应按本规范表 5.7.8 查取。

5.7.8 轴心受压柱的稳定系数应按表 5.7.8 采用。

表 5.7.8 轴心受压柱的稳定系数 (φ_1)

λ	钢 型 材		铝 合 金 型 材		
	Q235 钢	Q345 钢	6063-T5 6061-T4	6063-T6 6063A-T5 6063A-T6	6061-T6
20	0.97	0.96	0.98	0.96	0.92
40	0.90	0.88	0.88	0.84	0.80
60	0.81	0.73	0.81	0.75	0.71
80	0.69	0.58	0.70	0.58	0.48
90	0.62	0.50	0.63	0.48	0.40
100	0.56	0.43	0.56	0.38	0.32
110	0.49	0.37	0.49	0.34	0.26
120	0.44	0.32	0.41	0.30	0.22
140	0.35	0.25	0.29	0.22	0.16

5.7.9 偏心受压的幕墙立柱，其长细比可按下式计算：

$$\lambda = \frac{L}{i} \quad (5.7.9)$$

式中 λ ——立柱长细比；
 L ——构件侧向支承点之间的距离 (mm)；
 i ——截面回转半径 (mm)。

立柱长细比不应大于 150。

5.7.10 立柱由风荷载标准值和地震作用标准值产生的挠度 u 应按本规范第 5.7.4 条的规定计算，并应符合下列要求：

1 当跨度不大于 7.5m 的立柱：

1) 铝合金型材： $u \leq l/180$ (5.7.10-1)
 $u \leq 20\text{mm}$

2) 钢型材： $u \leq l/300$ (5.7.10-2)
 $u \leq 15\text{mm}$

2 当跨度大于 7.5m 的钢立柱：

$$u \leq l/500 \quad (5.7.10-3)$$

式中 u ——挠度；
 l ——支承点间的距离 (mm)。

5.7.11 立柱应采用螺栓与角码连接，并再通过角码与预埋件或钢构件连接。螺栓直径不应小于 10mm，连接螺栓应按现行国家标准《钢结构设计规范》(GBJ 17) 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。

5.8 幕墙与主体结构连接

5.8.1 连接件应进行承载力计算。受力的铆钉或螺栓，每处不得少于 2 个。

5.8.2 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。

5.8.3 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。

5.8.4 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《钢结构设计规范》(GBJ 17)的有关规定。

5.8.5 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桁架或钢伸臂，钢桁架或钢伸臂与主体结构应可靠连接，幕墙与钢桁架或钢伸臂也应可靠连接。

铝合金立柱与钢桁架连接，应计入温度变化时两者变形差异产生的影响。

5.8.6 幕墙构件与钢结构的连接，应按现行国家标准《钢结构设计规范》(GBJ 17)的规定进行设计。

5.8.7 幕墙立柱与混凝土结构宜通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入，预埋件的位置应准确。

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，并应通过试验确定其承载力。

5.8.8 预埋件设计应按本规范附录 C 的规定进行。

6 加工制作

6.1 一般规定

6.1.1 幕墙在制作前，应对建筑物的设计施工图进行核对，并应对已建的建筑物进行复测，按实测结果调整幕墙图纸中的偏差，经设计单位同意后方可加工组装。

6.1.2 加工幕墙构件所采用的设备、机具应保证幕墙构件加工精度的要求，量具应定期进行计量检定。

6.1.3 用硅酮结构密封胶黏结固定构件时，注胶应在温度 15°C 以上 30°C 以下、相对湿度 50% 以上、且洁净、通风的室内进行，胶的宽度、厚度应符合设计要求。

6.1.4 用硅酮结构密封胶黏结石材时，结构胶不应长期处于受力状态。

6.1.5 当石材幕墙使用硅酮结构密封胶和硅酮耐候密封胶时，应待石材清洗干净并完全干燥后方可施工。

6.2 幕墙构件加工制作

6.2.1 幕墙的金属构件加工制作应符合下列规定：

- 1 幕墙结构杆件截料前应进行校直调整；
- 2 幕墙横梁长度的允许偏差应为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，立柱长度的允许偏差应为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，端头斜度的允许偏差应为 $-15'$ ；
- 3 截料端头不得因加工而变形，并不应有毛刺；
- 4 孔位的允许偏差应为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，孔距的允许偏差应为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，累计偏差不得大于 $\pm 1.0\text{mm}$ ；
- 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偏差应符合现行国家标准《沉头螺

钉用沉孔》(GB 152.2) 的规定；

7 圆柱头、螺栓的沉孔尺寸应符合现行国家标准《圆柱头、螺栓用沉孔》(GB 152.3) 的规定；螺丝孔的加工应符合设计要求。

6.2.2 幕墙构件中，槽、豁、榫的加工应符合下列规定：

1 构件铣槽尺寸允许偏差应符合表 6.2.2-1 的规定。

表 6.2.2-1 铣槽尺寸允许偏差 (mm)

项 目	a	b	c
允许偏差	+0.5 0.0	+0.5 0.0	±0.5

2 构件铣豁尺寸允许偏差应符合表 6.2.2-2 的规定。

表 6.2.2-2 铣豁尺寸允许偏差 (mm)

项 目	a	b	c
允许偏差	+0.5 0.0	+0.5 0.0	±0.5

3 构件铣榫尺寸允许偏差应符合表 6.2.2-3 的规定。

表 6.2.2-3 铣榫尺寸允许偏差 (mm)

项 目	a	b	c
偏 差	0.0 -0.5	0.0 -0.5	±0.5

6.2.3 幕墙构件装配尺寸允许偏差应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 构件装配尺寸允许偏差 (mm)

项 目	构件长度	允许偏差
槽口尺寸	≤2000	±2.0
	>2000	±2.5
构件对边尺寸差	≤2000	≤2.0
	>2000	≤3.0
构件对角尺寸差	≤2000	≤3.0
	>2000	≤3.5

6.2.4 钢构件应符合现行国家标准《钢结构工程质量检验标准》

(GB 50221)的有关规定。钢构件表面防锈处理应符合现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》(GB 50205)的有关规定。

6.2.5 钢构件焊接、螺栓连接应符合国家现行标准《钢结构设计规范》(GBJ 17)及《钢结构焊接技术规程》(JGJ 81)的有关规定。

6.3 石板加工制作

6.3.1 加工石板应符合下列规定：

1 石板连接部位应无崩坏、暗裂等缺陷；其他部位崩边不大于5mm×20mm，或缺角不大于20mm时可修补后使用，但每层修补的石板块数不应大于2%，且宜用于立面不明显部位；

2 石板的长度、宽度、厚度、直角、异型角、半圆弧形、异型材及花纹图案造型、石板的外形尺寸均应符合设计要求；

3 石板外表面的色泽应符合设计要求，花纹图案应按样板检查。石板四周围不得有明显的色差；

4 火烧石应按样板检查火烧后的均匀程度，火烧石不得有暗裂、崩裂情况；

5 石板的编号应同设计一致，不得因加工造成混乱；

6 石板应结合其组合形式，并应确定工程中使用的基本形式后进行加工；

7 石板加工尺寸允许偏差应符合现行行业标准《天然花岗石建筑板材》(JC 205)的有关规定中一等品要求。

6.3.2 钢销式安装的石板加工应符合下列规定：

1 钢销的孔位应根据石板的大小而定。孔位距离边端不得小于石板厚度的3倍，也不得大于180mm；钢销间距不宜大于600mm；边长不大于1.0m时每边应设两个钢销，边长大于1.0m时应采用复合连接；

2 石板的钢销孔的深度宜为22~33mm，孔的直径宜为7mm或8mm，钢销直径宜为5mm或6mm，钢销长度宜为20~30mm；

3 石板的钢销孔处不得有损坏或崩裂现象，孔径内应光滑、洁净。

6.3.3 通槽式安装的石板加工应符合下列规定：

1 石板的通槽宽度宜为 6mm 或 7mm，不锈钢支撑板厚度不宜小于 3.0mm，铝合金支撑板厚度不宜小于 4.0mm；

2 石板开槽后不得有损坏或崩裂现象，槽口应打磨成 45°倒角；槽内应光滑、洁净。

6.3.4 短槽式安装的石板加工应符合下列规定：

1 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；不锈钢支撑板厚度不宜小于 3.0mm，铝合金支撑板厚度不宜小于 4.0mm。弧形槽的有效长度不应小于 80mm。

2 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。

3 石板开槽后不得有损坏或崩裂现象，槽口应打磨成 45°倒角，槽内应光滑、洁净。

6.3.5 石板的转角宜采用不锈钢支撑件或铝合金型材专用件组装，并应符合下列规定：

1 当采用不锈钢支撑件组装时，不锈钢支撑件的厚度不应小于 3mm；

2 当采用铝合金型材专用件组装时，铝合金型材壁厚不应小于 4.5mm，连接部位的壁厚不应小于 5mm。

6.3.6 单元石板幕墙的加工组装应符合下列规定：

1 有防火要求的全石板幕墙单元，应将石板、防火板、防火材料按设计要求组装在铝合金框架上；

2 有可视部分的混合幕墙单元，应将玻璃板、石板、防火板及防火材料按设计要求组装在铝合金框架上；

3 幕墙单元内石板之间可采用铝合金 T 形连接件连接；T 形连接件的厚度应根据石板的尺寸及重量经计算后确定，且其最小厚度不应小于 4.0mm；

4 幕墙单元内，边部石板与金属框架的连接，可采用铝合金 L 形连接件，其厚度应根据石板尺寸及重量经计算后确定，且其最小厚度不应小于 4.0mm。

6.3.7 石板经切割或开槽等工序后均应将石屑用水冲干净，石板与不锈钢挂件间应采用环氧树脂型石材专用结构胶黏结。

6.3.8 已加工好的石板应立存放于通风良好的仓库内，其角度不应小于 85°。

6.4 金属板加工制作

6.4.1 金属板材的品种、规格及色泽应符合设计要求；铝合金板材表面氟碳树脂涂层厚度应符合设计要求。

6.4.2 金属板材加工允许偏差应符合表 6.4.2 的规定。

表 6.4.2 金属板材加工允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差
边 长	≤2000	±2.0
	>2000	±2.5
对边尺寸	≤2000	≤2.5
	>2000	≤3.0
对角线长度	≤2000	2.5
	>2000	3.0
折弯高度		≤1.0
平面度		≤2/1000
孔的中心距		±1.5

6.4.3 单层铝板的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；

2 单层铝板加劲肋的固定可采用电栓钉，但应确保铝板外表面不应变形、褪色，固定应牢固；

3 单层铝板的固定耳子应符合设计要求。固定耳子可采用焊接、铆接或在铝板上直接冲压而成，并应位置准确，调整方

便，固定牢固；

4 单层铝板构件四周边应采用铆接、螺栓或胶黏与机械连接相结合的形式固定，并应做到构件刚性好，固定牢固。

6.4.4 铝塑复合板的加工应符合下列规定：

1 在切割铝塑复合板内层铝板和聚乙烯塑料时，应保留不小于**0.3mm**厚的聚乙烯塑料，并不得划伤外层铝板的内表面；

2 打孔、切口等外露的聚乙烯塑料及角缝，应采用中性硅酮耐候密封胶密封；

3 在加工过程中铝塑复合板严禁与水接触。

6.4.5 蜂窝铝板的加工应符合下列规定：

1 应根据组装要求决定切口的尺寸和形状，在切除铝芯时不得划伤蜂窝铝板外层铝板的内表面；各部位外层铝板上，应保留**0.3~0.5mm**的铝芯；

2 直角构件的加工，折角应弯成圆弧状，角缝应采用硅酮耐候密封胶密封；

3 大圆弧角构件的加工，圆弧部位应填充防火材料；

4 边缘的加工，应将外层铝板折合**180°**，并将铝芯包封。

6.4.6 金属幕墙的女儿墙部分，应用单层铝板或不锈钢板加工成向内倾斜的盖顶。

6.4.7 金属幕墙的吊挂件、安装件应符合下列规定：

1 单元金属幕墙使用的吊挂件、支撑件，宜采用铝合金件或不锈钢件，并应具备可调整范围；

2 单元幕墙的吊挂件与预埋件的连接应采用穿透螺栓；

3 铝合金立柱的连接部位的局部壁厚不得小于**5mm**。

6.5 幕墙构件检验

6.5.1 金属与石材幕墙构件应按同一种类构件的**5%**进行抽样检查，且每种构件不得少于**5**件。当有一个构件抽检不符合上述规定时，应加倍抽样复验，全部合格后方可出厂。

6.5.2 构件出厂时，应附有构件合格证书。

7 安装施工

7.1 一般规定

- 7.1.1** 安装金属与石材幕墙应在主体工程验收后进行。
- 7.1.2** 金属与石材幕墙的构件和附件的材料品种、规格、色泽和性能应符合设计要求。
- 7.1.3** 金属与石材幕墙的安装施工应编制施工组织设计，其中应包括以下内容：
- 1 工程进度计划；
 - 2 搬运、起重方法；
 - 3 测量方法；
 - 4 安装方法；
 - 5 安装顺序；
 - 6 检查验收；
 - 7 安全措施。

7.2 安装施工准备

- 7.2.1** 搬运、吊装构件时不得碰撞、损坏和污染构件。
- 7.2.2** 构件储存时应依照安装顺序排列放置，放置架应有足够的承载力和刚度。在室外储存时应采取保护措施。
- 7.2.3** 构件安装前应检查制造合格证，不合格的构件不得安装。
- 7.2.4** 金属、石材幕墙与主体结构连接的预埋件，应在主体结构施工时按设计要求埋设。预埋件应牢固，位置准确，预埋件的位置误差应按设计要求进行复查。当设计无明确要求时，预埋件的标高偏差不应大于 **10mm**，预埋件位置差不应大于 **20mm**。

7.3 幕墙安装施工

7.3.1 安装施工测量应与主体结构的测量配合，其误差应及时调整。

7.3.2 金属与石材幕墙立柱的安装应符合下列规定：

1 立柱安装标高偏差不应大于**3mm**，轴线前后偏差不应大于**2mm**，左右偏差不应大于**3mm**；

2 相邻两根立柱安装标高偏差不应大于**3mm**，同层立柱的最大标高偏差不应大于**5mm**，相邻两根立柱的距离偏差不应大于**2mm**。

7.3.3 金属与石材幕墙横梁安装应符合下列规定：

1 应将横梁两端的连接件及垫片安装在立柱的预定位置，并应安装牢固，其接缝应严密；

2 相邻两根横梁的水平标高偏差不应大于**1mm**。同层标高偏差：当一幅幕墙宽度小于或等于**35m**时，不应大于**5mm**；当一幅幕墙宽度大于**35m**时，不应大于**7mm**。

7.3.4 金属板与石板安装应符合下列规定：

1 应对横竖连接件进行检查、测量、调整；

2 金属板、石板安装时，左右、上下的偏差不应大于**1.5mm**；

3 金属板、石板空缝安装时，必须有防水措施，并应有符合设计要求的排水出口；

4 填充硅酮耐候密封胶时，金属板、石板缝的宽度、厚度应根据硅酮耐候密封胶的技术参数，经计算后确定。

7.3.5 幕墙钢构件施焊后，其表面应采取有效的防腐措施。

7.3.6 幕墙的竖向和横向板材的组装允许偏差应符合表**7.3.6**的规定。

7.3.7 幕墙安装允许偏差应符合表**7.3.7**规定。

7.3.8 单元幕墙安装允许偏差除应符合本规范表**7.3.7**的规定外，尚应符合表**7.3.8**规定。

表 7.3.6 幕墙竖向和横向板材的组装允许偏差 (mm)

项 目	尺寸范围	允许偏差	检查方法
相邻两竖向板材间距尺寸 (固定端头)	—	±2.0	钢卷尺
两块相邻的石板、金属板	—	±1.5	靠尺
相邻两横向板材的间距尺寸	间距小于或等于 2000 时 间距大于 2000 时	±1.5 ±2.0	钢卷尺
分格对角线差	对角线长小于或等于 2000 时 对角线长大于 2000 时	≤3.0 ≤3.5	钢卷尺或伸缩尺
相邻两横向板材的水平标高差	—	≤2	钢板尺或水平仪
横向板材水平度	构件长小于或等于 2000 时	≤2	水平仪或水平尺
	构件长大于 2000 时	≤3	
竖向板材直线度	—	2.5	2.0m 靠尺、钢板尺
石板下连接托板水平夹角允许向上倾斜, 不准向下倾斜	—	+2.0 度 0	塞 规
石板上连接托板水平夹角允许向下倾斜	—	0 -2.0 度	—

表 7.3.7 幕墙安装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)	检查方法	
竖缝及墙面垂直度	幕墙高度 (H) (m)	激光经纬仪或经纬仪	
	$H \leq 30$		≤10
	$60 \leq H < 30$		≤15
	$90 \leq H < 60$		≤20
	$H > 90$		≤25
幕墙平面度	≤2.5	2m 靠尺、钢板尺	
竖缝直线度	≤2.5	2m 靠尺、钢板尺	
横缝直线度	≤2.5	2m 靠尺、钢板尺	
缝宽度 (与设计值比较)	±2	卡 尺	
两相邻面板之间接缝高低差	≤1.0	深度尺	

表 7.3.8 单元幕墙安装允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差	检查方法
同层单元组件标高	宽度小于或等于 35m	≤3.0	激光经纬仪或经纬仪
相邻两组件面板表面高低差		≤1.0	深度尺
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

7.3.9 幕墙安装过程中宜进行接缝部位的雨水渗漏检验。

7.3.10 幕墙安装施工应对下列项目进行验收：

- 1 主体结构与立柱、立柱与横梁连接节点安装及防腐处理；
- 2 幕墙的防火、保温安装；
- 3 幕墙的伸缩缝、沉降缝、防震缝及阴阳角的安装；
- 4 幕墙的防雷节点的安装；
- 5 幕墙的封口安装。

7.4 幕墙保护和清洗

7.4.1 对幕墙的构件、面板等。应采取保护措施，不得发生变形、变色、污染等现象。

7.4.2 幕墙施工中其表面的粘附物应及时清除。

7.4.3 幕墙工程安装完成后，应制定清洁方案，清扫时应避免损伤表面。

7.4.4 清洗幕墙时，清洁剂应符合要求，不得产生腐蚀和污染。

7.5 幕墙安装施工安全

7.5.1 幕墙安装施工的安全措施除应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80)的规定外，还应遵守施工组织设计确定的各项要求。

7.5.2 安装幕墙用的施工机具和吊篮在使用前应进行严格检查，符合规定后方可使用。

7.5.3 施工人员作业时必须戴安全帽，系安全带，并配备工具

袋。

7.5.4 工程的上下部交叉作业时，结构施工层下方应采取可靠的安全防护措施。

7.5.5 现场焊接时，在焊接下方应设防火斗。

7.5.6 脚手板上的废弃杂物应及时清理，不得在窗台、栏杆上放置施工工具。

8 工程验收

- 8.0.1** 金属与石材幕墙工程验收前应将其表面擦拭干净。
- 8.0.2** 金属与石材幕墙工程验收时应提交下列资料：
- 1 设计图纸、计算书、文件、设计更改的文件等；
 - 2 材料、零部件、构件出厂质量合格证书，硅酮结构胶相容性试验报告及幕墙的物理性能检验报告；
 - 3 石材的冻融性试验报告；
 - 4 金属板材表面氟碳树脂涂层的物理性能试验报告；
 - 5 隐蔽工程验收文件；
 - 6 施工安装自检记录；
 - 7 预制构件出厂质量合格证书；
 - 8 其他质量保证资料。
- 8.0.3** 幕墙工程观感检验应符合下列规定：
- 1 幕墙外露框应横平竖直，造型应符合设计要求；
 - 2 幕墙的胶缝应横平竖直，表面应光滑无污染；
 - 3 铝合金板应无脱膜现象，颜色应均匀，其色差可同色板相差一级；
 - 4 石材颜色应均匀，色泽应同样板相符，花纹图案应符合设计要求；
 - 5 沉降缝、伸缩缝、防震缝的处理，应保持外观效果的一致性，并应符合设计要求；
 - 6 金属板材表面应平整，站在距幕墙表面 3m 处肉眼观察时不应有可觉察的变形、波纹或局部压砸等缺陷；
 - 7 石材表面不得有凹坑、缺角、裂缝、斑痕。
- 8.0.4** 幕墙抽样检查应符合下列规定：
- 1 渗漏检验应按每 100m² 幕墙面积抽查一处，并应在易发

生漏雨的部位如阴阳角等处进行淋水检查；

2 每平方米金属板的表面质量应符合表 8.0.4-1 的规定；

表 8.0.4-1 金属板的表面质量

项 目	质 量 要 求
0.1~0.3mm 宽划伤痕	长度小于 100mm 不多于 8 条
擦伤	不大于 500mm ²

注：1. 露出金属基体的为划伤。

2. 没有露出金属基体的为擦伤。

3 一个分格铝合金型材表面质量应符合表 8.0.4-2 的规定；

表 8.0.4-2 一个分格铝合金型材表面质量

项 目	质 量 要 求
0.1~0.3mm 宽划伤痕	长度小于 100mm 不多于 2 条
擦伤总面积	不大于 500mm ²
划伤在同一个分格内	不多于 4 处
擦伤在同一个分格内	不多于 4 处

注：1. 一个分格铝合金型材指该分格的四周框架构件。

2. 露出铝基体的为划伤。

3. 没有露出铝基体的为擦伤。

4 每平方米石材的表面质量应符合表 8.0.4-3 的规定；

表 8.0.4-3 石材的表面质量

项 目	质 量 要 求
0.1~0.3mm 划伤	长度小于 100mm 不多于 2 条
擦伤	不大于 500mm ²

注：1. 石材花纹出现损坏的为划伤。

2. 石材花纹出现模糊现象的为擦伤。

5 金属幕墙立柱、横梁的安装质量应符合表 8.0.4-4 的规定；

表 8.0.4-4 金属幕墙立柱、横梁的安装质量

项 目		允许偏差 (mm)	检查方法
金属幕墙 立柱、横梁 安装偏差	宽度高度不大于 30m	≤10	激光经纬仪 或 经纬仪
	宽度高度大于 30m, 不大于 60m	≤15	
	宽度高度大于 60m, 不大于 90m	≤20	
	宽度高度大于 90m	≤25	

6 石板的安装质量应符合 8.0.4-5 的规定；

表 8.0.4-5 石板的安装质量

项 目		允许偏差 (mm)	检查方法
竖缝及墙 面垂直缝	幕墙层高不大于 3m	≤2	激光经纬仪 或经纬仪
	幕墙层高大于 3m	≤3	
幕墙水平度 (层高)		≤2	2m 靠尺、钢板尺
竖缝直线度 (层高)		≤2	2m 靠尺、钢板尺
横缝直线度 (层高)		≤2	2m 靠尺、钢板尺
拼缝宽度 (与设计值比)		≤1	卡 尺

7 金属与石材幕墙的安装质量应符合表 8.0.4-6 的规定；

表 8.0.4-6 金属、石材幕墙安装质量

项 目		允许偏差 (mm)	检查方法
幕墙垂 直 度	幕墙高度不大于 30m	≤10	激光经纬仪 或经纬仪
	幕墙高度大于 30m, 不大于 60m	≤15	
	幕墙高度大于 60m, 不大于 90m	≤20	
	幕墙高度大于 90m	≤25	
竖向板材直线度		≤3	2m 靠尺、塞尺
横向板材水平度不大于 2000mm		≤2	水平仪
同高度相邻两根横向构件高度差		≤1	钢板尺、塞尺
幕墙横向 水平度	不大于 3m 的层高	≤3	水平仪
	大于 3m 的层高	≤5	
分格框对 角线差	对角线长不大于 2000mm	≤3	3m 钢卷尺
	对角线长大于 2000mm	≤3.5	

8.0.5 幕墙工程抽样检验数量应按现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》(JGJ 102) 的有关规定执行。

9 保养与维修

9.0.1 金属与石材幕墙工程竣工验收后，应制定幕墙的保养、维修计划与制度，定期进行幕墙的保养与维修。

9.0.2 幕墙的保养应根据幕墙墙面积灰污染程度，确定清洗幕墙的次数与周期，每年至少应清洗一次。

9.0.3 幕墙在正常使用时，使用单位应每隔 5 年进行一次全面检查。应对板材、密封条、密封胶、硅酮结构密封胶等进行检查。

9.0.4 幕墙的检查与维修应按下列规定进行：

1 当发现螺栓松动，应及时拧紧，当发现连接件锈蚀应除锈补漆或更换；

2 发现板材松动、破损时，应及时修补与更换；

3 发现密封胶或密封条脱落或损坏时，应及时修补与更换；

4 发现幕墙构件和连接件损坏，或连接件与主体结构的锚固松动或脱落时，应及时更换或采取措施加固修复；

5 应定期检查幕墙排水系统，当发现堵塞时，应及时疏通；

6 当五金件有脱落、损坏或功能障碍时，应进行更换和修复；

7 当遇到台风、地震、火灾等自然灾害时，灾后应对幕墙进行全面检查，并视损坏程度进行维修加固。

9.0.5 对幕墙进行保养与维修中应符合下列安全规定：

1 不得在 4 级以上风力或大雨天气进行幕墙外侧检查、保养与维修作业；

2 检查、清洗、保养维修幕墙时，所采用的机具设备必须

操作方便、安全可靠；

3 在幕墙的保养与维修作业中，凡属高处作业者必须遵守现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ 80）的有关规定。

附录 A 钢结构连接强度设计值

A.0.1 钢结构连接强度设计值可按表 A.0.1-1、表 A.0.1-2、表 A.0.1-3 采用。

表 A.0.1-1 螺栓连接的强度设计值 (MPa)

螺栓的钢号 (或性能等级) 和构件的钢号		构件钢材 组别 厚度 (mm)		普通螺栓					承压型高强度螺栓					
				C级螺栓			A级、B级螺栓		锚栓	承压型高强度螺栓				
				抗拉强度 f_t^b	抗剪强度 f_v^b	承压强度 f_c^b	抗拉强度 f_t^b	抗剪强度 (I类孔) f_v^b		承压强度 (I类孔) f_c^b	抗拉强度 f_t^b	抗剪强度 f_v^b	承压强度 f_c^b	
普通螺栓	Q235 钢	—	—	170	130	—	170	170	—	—	—	—	—	
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	—	—	140	—	—	—	
	Q345 钢	—	—	—	—	—	—	—	—	180	—	—	—	
承压型高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250	—	—	
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	—	—	310	—	—	
构 件	Q235 钢	第 1~3 组	—	—	—	305	—	—	400	—	—	465	—	
		Q345 钢	—	≤16	—	—	420	—	—	550	—	—	640	—
			—	17~25	—	—	400	—	—	530	—	—	615	—
	—		26~36	—	—	385	—	—	510	—	—	590	—	
	Q390 钢	—	≤16	—	—	435	—	—	570	—	—	665	—	
		—	17~25	—	—	420	—	—	550	—	—	640	—	
—		26~36	—	—	400	—	—	530	—	—	615	—		

注：孔壁质量属于下列情况者为 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。

表 A.0.1-2 焊接的强度设计值 (MPa)

焊接方法 和焊条型号	构件钢材			对接焊缝			角焊缝	
	钢号	组别	厚度 或 直径 (mm)	抗压 强度 f_c^w	焊缝质量为 下列级别时, 抗拉和抗弯 强度 f_t^w		抗剪 强度 f_v^w	抗拉、 抗压和 抗剪 强度 f_f^w
					一级 二级	三级		
自动焊、半自动焊和 E43××型焊条的手工焊	Q235 钢	第 1 组 第 2 组 第 3 组	— — —	215 200 190	215 200 190	185 170 160	125 115 110	160 160 160
自动焊、半自动焊和 E50××型焊条的手工焊	Q345 钢	— — —	≤16 17~25 26~36	315 300 290	315 300 290	270 255 245	185 175 170	200 200 200
自动焊、半自动焊和 E55××型焊条的手工焊	Q390 钢	— — —	≤16 17~25 26~36	350 335 320	350 335 320	300 285 270	205 195 185	220 220 220

注：自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊焊条的数值。

表 A.0.1-3 铆钉连接的强度设计值 (MPa)

铆钉和构件的钢号		构件钢材		抗拉强度 (铆钉头 拉脱) f_t^m	抗剪强度 f_v^m		承压强度 f_c^m	
		组别	厚度 (mm)		I 类孔	II 类孔	I 类孔	II 类孔
铆钉	ML2 或 ML3	—	—	120	185	155	—	
构 件	Q235 钢	第 1~3 组	—	—	—		445	360
	Q345 钢	—	16	—	—		610	500
		—	17~25	—	—		590	480
—	—	26~36	—	—		565	460	

注：1. 孔壁质量属于下列情况者为 I 类孔：

- 1) 在装配好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。

2. 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。

A.0.2 计算下列情况的构件或连接件时，本规范 **A.0.1** 条和第 **5.3.6** 条规定的强度设计值应乘以相应的折减系数，当几种情况同时存在时，其折减系数应连乘。

1. 单面连接的单角钢按轴心受力计算强度和连接 **0.85;**
2. 施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉连接 **0.90;**
3. 沉头或半沉头铆钉连接 **0.80。**

附录 B 板弯矩系数

B.0.1 金属板的最大弯矩系数可按表 B.0.1 采用。

表 B.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	
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	

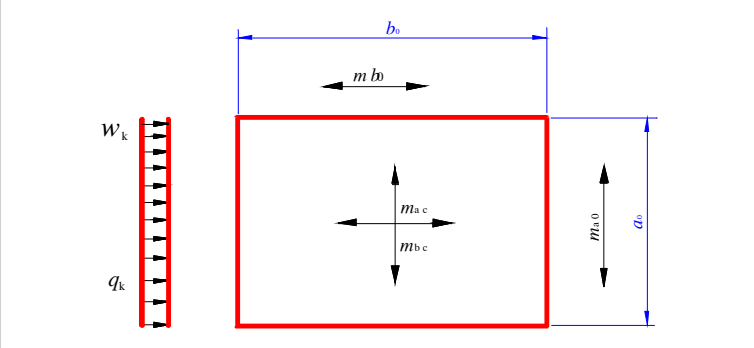
注：1. 系数前的负号，表示最大弯矩在固定边。

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。

B.0.2 四点支承矩形石板弯矩系数可按表 B.0.2 采用。

表 B.0.2 四点支承矩形石板弯矩系数 ($\mu=0.125$)



计算边长比 $\frac{a_0}{b_0}$	m_{bc}	m_{bc}	m_{a0}	m_{b0}
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
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 C 预埋件设计

C.0.1 由锚板 and 对称配置的直锚筋所组成的受力预埋件，其锚筋的总截面面积应按下列公式计算：

1. 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时，应按下列两个公式计算，并取其中的较大值：

$$A_s \geq \frac{V}{\alpha_v \alpha_v f_s} + \frac{N}{0.8 \alpha_b f_s} + \frac{M}{1.3 \alpha_v \alpha_b f_s Z} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$A_s \geq \frac{N}{0.8 \alpha_b f_s} + \frac{M}{0.4 \alpha_v \alpha_b f_s z} \quad (\text{C.0.1-2})$$

2. 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时，应按下列两个公式计算，并取其中的较大值：

$$A_s \geq \frac{V-0.3N}{\alpha_v \alpha_v f_s} + \frac{M-0.4NZ}{1.3 \alpha_v \alpha_b f_s Z} \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$A_s \geq \frac{M-0.4NZ}{0.4 \alpha_v \alpha_b f_s Z} \quad (\text{C.0.1-4})$$

当 $M < 0.4NZ$ 时，取 $M - 0.4NZ = 0$

3. 上述公式中的系数，应按下列公式计算：

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d) \sqrt{\frac{f_c}{f_s}} \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$\alpha_b = 0.6 + 0.25 \frac{t}{d} \quad (\text{C.0.1-6})$$

上述各式中：

A_s ——锚筋的截面面积 (mm^2)；

V ——剪力设计值 (N)；

N ——法向拉力或法向压力设计值 (N)。法向压力设计值不应大于 $0.5f_c A$ ，此处 A 为锚板的面积 (mm^2)；

M ——弯矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)；

α_v ——钢筋层数影响系数，当等间距配置时，二层取 1.0，三层取 0.9；

α_v ——锚筋受剪承载力系数，按公式 (C.0.1-5) 计算，当 α_v 大于 0.7 时，取 $\alpha_v=0.7$ ；

d ——锚筋直径 (mm)；

t ——锚板厚度 (mm)；

α_b ——锚板弯曲变形折减系数，按公式 (C.0.1-6) 计算，当采取措施防止锚板弯曲变形时，可取 $\alpha_b=1.0$ ；

Z ——外层锚筋中心线之间的距离 (mm)；

f_c ——混凝土轴心受压强度设计值，可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ 10) 采用。

f_s ——钢筋抗拉强度设计值 (MPa)，I 级钢筋取 210MPa，II 级钢筋取 310MPa。

C.0.2 受力预埋件的锚板宜采用 Q235 等级 B 的钢材。锚筋应采用 I 级或 II 级钢筋，并不得采用冷加工钢筋。

C.0.3 预埋件受力直锚筋不宜少于 4 根，直径不宜小于 8mm。受剪预埋件的直锚筋可用 2 根。预埋件的锚筋应放在构件的外排主筋的内侧。

C.0.4 直锚筋与锚板应采用 T 型焊，锚筋直径不大于 20mm 时宜采用压力埋弧焊。手工焊缝高度不宜小于 6mm 及 0.5 d (I 级钢筋) 或 0.6 d (II 级钢筋)。

C.0.5 充分利用锚筋的受拉强度时，锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ 10) 的规定，锚筋最小锚固长度在任何情况下不应小于 250mm。当锚筋配置较多，锚筋总截面面积超过按本规范 C.0.1 条计算的截面面积的 1.4 倍时，锚固长度可适当减少，但不应小于 180mm。光圆钢筋端部应作弯钩。

C.0.6 锚板的厚度应大于锚筋直径的 0.6 倍；受拉和受弯预埋件的锚板的厚度尚应大于 $b/12$ (b 为锚筋的间距)，且锚板厚度

不应小于 8mm 。锚筋中心至锚板边缘的距离不应小于 $2d$ 及 20mm 。

对于受拉和受弯预埋件，其钢筋的间距和锚筋至构件边缘的距离均不应小于 $3d$ 及 45mm 。

对受剪预埋件，其锚筋的间距不应大于 300mm ，锚筋至构件边缘的距离不应小于 $6d$ 及 70mm 。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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