

《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ133—2001

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 金属与石材幕墙材料应符合国家现行标准的规定，并应有出厂合格证。

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机构检测确定，其弯曲强度不应小于 8.0Mpa；

3.2.4 为满足等强度计算的要求，火烧石板的厚度比抛光石板厚 3mm。

3.3 金属材料

3.3.1 幕墙用的不锈钢宜采用奥氏体不锈钢材。

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，并在其表面涂刷防腐涂料。

3.3.5 钢结构采用冷弯薄壁型钢时，壁厚不得小于 3.5mm。

3.3.10 幕墙用单层铝板厚度不应小于 2.5mm。

3.3.11 铝塑复合板上下两层铝合金板厚度均应为 0.5mm，铝合金板与夹心层剥离强度标准值应大于 7N/mm²。

3.3.12 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，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。

3.4.3 幕墙应采用中性硅酮耐候密封胶。

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份和双组份。

3.5.2 同一幕墙工程应采用同一品牌的单组份或双组份的硅酮结构密封胶，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

4.1.3 **石材幕墙中的单块石材板面面积不宜大于 1.5m²。**

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；

4.2.3 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应不发生雨水渗漏，其雨水渗漏性能应符合设计要求。

4.2.6 幕墙的平面内变形能应符合下列要求：

- 1、平面内变形性能以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 幕墙的防雨水渗漏性能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。

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。

4.3.6 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。

4.4 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》(GBJ16)和《高层民用建筑防火规范》(GB50045)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》(GB50057)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。

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设计。主要构件应悬挂在主体结构上。

5.1.2 幕墙及其连接件应有足够的承载力、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。

5.1.6 荷载和作用效应组合的分项系数，应按下列规定采用：

重力荷载， γ_G ：1.2； 风荷载， γ_W ：1.4；

地震作用， γ_E ：1.3； 温度作用， γ_T ：1.2；

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可按 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。

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。

5.1.10 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 $[u]$ 。

5.2 荷载和作用

5.2.1 幕墙材料的自重标准应按下列数值采用：

矿棉、玻璃棉、岩棉 0.5~1.0KN/m³

钢材 78.5KN/m³

花岗石 28.0KN/m³

铝合金 28.0KN/m³

5.2.3 作用幕墙上的风荷载标准值应按下列式计算，且不应小于 1.0KN/m²：

$$\omega_k = \beta_z \mu_{z1} \mu_{z2} W_0 \quad (5.2.2)$$

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℃。

5.2.4 垂直于幕墙平面的分布水平地震作用可按下列式计算：

$$q_E = \beta_E \alpha_{max} G / A \quad (5.2.4)$$

5.2.5 平行于幕墙平面的集中水平地震作用可按下列式计算：

$$P_E = \beta_E \alpha_{max} G \quad (5.2.5)$$

5.3 幕墙材料的力学性能

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 f_d (Mpa)

合金状态	合金	壁厚 (mm)	强度设计值	
			抗拉、抗压强度	抗剪强度
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

5.3.3 铝塑复合板的强度设计值应按表 5.3.3 采用。

表 5.3.3 铝塑复合板的强度设计值 f_s (Mpa)

板厚 t (mm)	抗拉强度	抗剪强度
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 蜂窝铝板的强度设计值 f_s (Mpa)

板厚 t (mm)	抗拉强度	抗剪强度
20	10.5	1.4

幕墙材料的线膨胀系数 α

材料	α
混凝土	1.0×10^{-5}
钢材	1.2×10^{-5}
铝合金	2.35×10^{-5}
玻璃	1.0×10^{-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。

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。加劲肋与金属板可靠连接，并应有防腐措施。

5.4.3 金属板在风荷载或地震作用下的最大弯曲应力应按下式计算。计算板的挠度时，板的挠度大于板厚时应考虑大挠度的影响。

$$\sigma_w = 6 m \omega L^2 / t^2 \quad \sigma_E = 6 m q_E L^2 / t^2$$

5.4.4 由肋所形成的板区格，其四边支撑型式应符合下列规定：

- 1、沿板材四周边缘：简支边
- 2、中肋支撑线：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。

5.4.6 金属板面作用的荷载按三角形或梯形分布传递到肋上。

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。

5.5.7 短槽支撑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。

5.5.10 通槽支撑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。

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、翼缘宽厚比

截面自由挑出部分： $b/t \leq 15$ 截面封闭部分： $b/t \leq 15$

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；当横梁跨度不大于 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。

5.6.3 幕墙横梁截面抗弯承载力应符合下式要求：

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

5.6.4 横梁截面抗剪承载力应符合下式要求：

$$\frac{1.5V_h}{A_{wh}} \leq f \quad \frac{1.5V_y}{A_{wy}} \leq f$$

A_{wh} —— 横梁截面水平方向腹板截面面积；

A_{wy} —— 横梁截面竖直方向腹板截面面积。

5.6.5 横梁的挠度值应符合下式要求：

1、跨度不大于 7.5m 的横梁 铝型材： $u \leq L/180$ 且 $u \leq 20\text{mm}$

钢型材： $u \leq L/300$ 且 $u \leq 15\text{mm}$

2、跨度大于 7.5m 的横梁 钢型材： $u \leq L/500$

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对位移能力。

5.7 立柱设计

5.7.1 立柱截面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。

5.7.2 上下立柱之间应有不小于 15mm 的缝隙，并应采用芯柱连接，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。

5.7.5 立柱上端应悬挂于主体结构上，宜设计成偏心受拉构件。

5.7.6 偏心受拉的幕墙立柱截面承载力应符合下列要求：

$$N/A + M/(\gamma W) \leq f \quad (5.5.3)$$

5.7.7 偏心受压的幕墙立柱截面承载力可按下式计算：

$$N/(\psi_1 A_0) + M/(\gamma W) \leq f$$

ψ_1 —— 轴心受压构件的稳定系数，按本规范表 5.7.8 采用。

5.7.9 偏心受压的幕墙立柱，其长细比可按下式计算：

$$\lambda = L/i \quad (i \text{—— 回转半径} \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}})$$

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 应符合下列要求:

- 1、跨度不大于 7.5m 的横梁
 - 铝型材: $u \leq L/180$ 且 $u \leq 20\text{mm}$
 - 钢型材: $u \leq L/300$ 且 $u \leq 15\text{mm}$
- 2、跨度大于 7.5m 的横梁
 - 钢型材: $u \leq L/500$

5.7.11 立柱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, 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 幕墙与主体结构的连接

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。

5.8.3 与幕墙立柱相连的主体混凝土构件的混凝土强度不宜低于 C30。

5.8.5 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。

6 加工制作

6.2 玻璃幕墙构件加工精度

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℃ 以上 30℃ 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。

6.3.4 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, 在有效长度内槽深不宜小于 15mm; 开槽宽度宜为 6mm 或 7mm; 不锈钢支撑板的厚度不宜小于 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。

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确定, 其最小厚度不应小于 4.0mm。
- 4、幕墙单元内, 边部石板与金属框的连接, 可采用铝合金 L 形连接件, 其厚度应根据石板的尺寸及重量经计算确定, 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应将石屑用水冲洗干净, 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。

6.4 金属板加工制作

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、单层铝板的加劲肋的固定可采用电栓钉，但应确保铝板表面不变形、褪色。
- 3、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。

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。

6.4.4 蜂窝铝板的加工应符合下列规定：

- 1、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，应采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。

7 安装施工

7.2.4 预埋件的位置误差应按设计要求进行复查，设计无明确要求时，预埋件的标高偏差不应大于 10mm，预埋件位置与设计位置的偏差不应大于 20mm。

7.3 幕墙安装施工

7.3.2 金属与石材幕墙立柱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，同层立柱的最大高标偏差不应大于 5mm；相邻两根立柱的距离偏差不应大于 2mm。

7.3.2 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 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 金属板石板安装时，左右、上下的偏差不应大于 1.5mm。

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。

附录 A 钢结构连接强度设计值 (P53)

附录 B 板弯矩系数 (P56)

附录 C 预埋件设计 (P58)

说明 (P69)

3.3.11 铝塑复合板按国际惯例分为普通型铝塑复合板和防火型铝塑复合板。

4.3.4 幕墙骨架系统应设热胀冷缩缝，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。

5.2.3 幕墙设计时采用的风荷载体型系数 μ_s ，应考虑风力在建筑物表面的不均匀性。风洞试验表明：建筑物表面的最大风压和风吸系数可达 ± 1.5 ；挑檐向上的风吸系数可达 -2.0 ；建筑物垂直表面最大局部风压系数最大值 $\mu_s = \pm 1.5$ ，主要分布在角部和近屋顶边缘，其宽度为建筑物宽度的 0.1 倍，且不小于 1.5m；大面上的体型系数可考虑为 $\mu_s = \pm 1.0$ 。目前，多数幕墙按整个墙面 $\mu_s = \pm 1.5$ 进行设计是偏于安全的。

5.8.7 用于立柱与主体结构连接的后加螺栓，每处不少于 2 个，直径不小于 10mm，长度不小于 110mm。螺栓采用不锈钢或热镀锌碳素钢。

7.3.3 立柱一般根据施工及运输条件，可以是一层楼高为一根，也可用长达 7.5m~10m 左右一根，接头应有空隙。

7.3.4 横梁两端与立柱连接尽量采用螺栓连接，连接处应用弹性橡胶垫，橡胶垫应有 10%~20%的压缩性，以适应和消除横向温度变形的影响。