

UG

北京市地方标准

DB

编号：DB11/T 512—2024

## 建筑装饰工程石材应用技术规程

Technical specification for application of stone in decoration

2024—12—26 发布

2025—04—01 实施

北京市住房和城乡建设委员会  
北京市市场监督管理局

联合发布

北京市地方标准

# 建筑装饰工程石材应用技术规程

Technical specification for application of stone in decoration

编 号：DB11/T 512-2024

主编单位：北京市建设工程物资协会

批准部门：北京市市场监督管理局

施行日期：2025 年 04 月 01 日

2024 北京

## 前 言

根据北京市市场监督管理局关于印发《2023年北京市地方标准制修订项目计划（第一批）》的通知》（京市监函（2023）5号）的要求，北京市建设工程物资协会组织有关单位，总结多项工程实践经验，并经试验验证，对《建筑装饰工程石材应用技术规程》DB11/512-2017进行了全面修订。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 材料；4 建筑装饰设计；5 面板及连接设计；6 加工制作；7 安装施工；8 石材护理；9 工程验收。

本规程修订的主要技术内容是：

- 1 强化了石材装饰的安全性要求；
- 2 增加了材料的复检要求；
- 3 增加了石材背栓孔加工偏差的检测方法。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会、北京市市场监督管理局共同管理，北京市住房和城乡建设委员会归口、组织实施，并负责组织编制单位对具体技术内容进行解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送北京市建设工程物资协会（地址：北京市西城区黄寺大街24号院明湖大厦A525；电话：010-82994779；电子邮箱：[china\\_wzxh@163.com](mailto:china_wzxh@163.com)）

本规程主编单位：北京市建设工程物资协会

本规程参编单位：毅结特紧固件系统（太仓）有限公司

中国国检测试控股集团股份有限公司

福建鹏翔实业有限公司

中迅达装饰工程集团有限公司

武汉市科达云石护理材料有限公司

北京市燕通建筑构件有限公司

北京当代创新建设工程有限公司

北京市建筑工程装饰集团有限公司

北京天成英良石材有限责任公司

中铁建设集团有限公司

中建新科建设发展有限公司

四川张氏石材有限公司

蒙阴远成石业有限公司

北京誉盈建设工程有限公司

环球石材（东莞）股份有限公司

北京实洁科艺建筑饰面养护技术服务中心

北京润锦建筑工程有限公司

北京晟图建筑工程有限公司。

中艾亘田（北京）建筑工程有限公司

稻品精密机械（上海）有限公司

北京城建北方集团有限公司

北京住总建设安装工程有限责任公司

中国建筑第五工程局有限公司

开封市瑞泓化工有限公司

北京石高能幕墙技术有限公司  
建科环能科技有限公司  
中冶宏大（北京）建设工程有限公司  
山东华隆石业有限公司  
北京奥幕新型建材科技有限公司

本规程主要起草人员：姜 仁 刘 磊 薛世勇 周俊兴 白 飞  
张 磊 谢宝英 上官越然 单艳杰 殷小尉  
李永强 王延华 张 扬 王 群 侯钦超  
庄江华 黄达元 黄 静 杜昆文 徐 群  
鲁 军 王贵祥 郭 鸣 李建成 何佳鹤  
韩智勇 赵天乐 邵 奇 李 勇 钟文波  
赵奕泽 王建秋 范 寅 江建强 齐根彦  
姜 威 姜树仁 邓玉萍 张宽醒 窦金松  
胡晨骁 李 成 金常青 伊中坤 张春艳  
王 哲 周长在 苏养龙 吴立波 梁光伟  
牛卫华 付孟生 张兴福 项海侠  
本规程主要审查人员：王双军 方 征 王有青 邓惠青 艾欣荣  
黄 政 曲红军

# 目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	材料	7
3.1	一般规定	7
3.2	石材及其他面板材料	7
3.3	金属材料及构件	9
3.4	粘接材料	10
3.5	增强及防坠材料	11
3.6	填缝及密封材料	12
3.7	锚固件、紧固件、挂件	13
3.8	石材护理材料	13
4	建筑装饰设计	15
4.1	一般规定	15
4.2	室外装饰设计	16
4.3	室内装饰设计	17
4.4	防潮、防水设计	19
4.5	安全规定	19
5	面板及连接设计	20
5.1	一般规定	20
5.2	材料力学性能	20
5.3	荷载和作用及作用效应组合	22
5.4	连接设计	23
5.5	面板设计	24
5.6	短槽连接的石材面板	25
5.7	背栓连接的石材面板	27
5.8	石材复合面板设计	30
5.9	点挂与挂贴石材的构造设计	31
5.10	背栓连接的倒挂石材面板	31
6	加工制作	33
6.1	一般规定	33
6.2	金属构件	33
6.3	天然石材	34
6.4	石材复合板	34
6.5	石材马赛克	34
6.6	仿石瓷板、微晶石	34
6.7	人造石	35
7	安装施工	37
7.1	一般规定	37
7.2	石材幕墙	38
7.3	点挂石材	41
7.4	挂贴石材	42

7.5	室内挂接石材	43
7.6	室内倒挂石材	43
7.7	室内粘贴石材	44
7.8	室内石材地面、水磨石地面	45
7.9	安全规定	46
8	石材护理与翻新	47
8.1	一般规定	47
8.2	石材防护	47
8.3	石材结晶护理	47
8.4	石材清洗	48
8.5	石材防滑	48
8.6	地面石材整体研磨	49
8.7	石材地面翻新与修补	49
8.8	石材墙面翻新与修复	50
9	工程验收	52
9.1	一般规定	52
9.2	石材幕墙	56
9.3	点挂、挂贴石材	58
9.4	室内石材面板	59
9.5	室内倒挂石材	60
9.6	室内石材地面、水磨石地面	61
附录 A	石材饰面及细部设计	63
附录 B	背栓孔加工偏差检测方法	70
	本规程用词说明	71
	引用标准名录	72
	附：条文说明	72

# Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms and symbols .....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	4
3	Materials.....	7
3.1	General requirements.....	7
3.2	Stone and other panel.....	7
3.3	Metal materials and structural members .....	9
3.4	Bonding materials.....	10
3.5	Enhanced and anti-proof materials.....	11
3.6	Filler and sealing materials.....	12
3.7	Anchor, fastener, pendant.....	13
3.8	Protection materials .....	13
4	Design of architectural and decorations.....	15
4.1	General requirements.....	15
4.2	Interior decoration.....	16
4.3	Exterior decoration .....	17
4.4	Design for dampproof and waterproof.....	19
4.5	Security requirements.....	19
5	Design for panel and connection members .....	20
5.1	General requirements.....	20
5.2	Mechanical properties of materials .....	20
5.3	Loads and action, combination of loads and action effects .....	22
5.4	Design for connection members .....	23
5.5	General requirements of stone panels .....	24
5.6	Design for panels connected with slots.....	25
5.7	Design for panels connected with anchor bolt.....	27
5.8	Design for complex stone veneer.....	30
5.9	Structural design of dot-hanging and hang-adhense stone panels.....	31
5.10	Suspend stone with panels connected with anchor bolt.....	32
6	Manufacturing.....	33
6.1	General requirements.....	33
6.2	Component of matel.....	33
6.3	Natrural stone panels.....	34
6.4	Complex stone veneer.....	34
6.5	Stone mosaic.....	34
6.6	Porcelain plate and crystal plate .....	34
6.7	Artificial stone .....	35
7	Installation and construction .....	37
7.1	General requirements.....	37
7.2	Stone curtain wall .....	38
7.3	Dot-hanged stone .....	41
7.4	Hang-adhense stone .....	42

7.5	Hang stone for interior decoration.....	42
7.6	Stone for ceilings interior decoration.....	43
7.7	Adhesive stone interior decoration.....	44
7.8	Stone floor and terrazzo floor.....	45
7.9	Security for construction.....	46
8	Protection, cleaning, repairing for stone.....	47
8.1	General requirements.....	47
8.2	Stone protection.....	47
8.3	Stone crystal treatment .....	47
8.4	Cleaning.....	48
8.5	Stone skidproof.....	48
8.6	Stone polishing in situ .....	49
8.7	Renew and repair of stone floor.....	49
8.8	Renew and repair of stone curtain-wall and decoration.....	50
9	Quality acceptance of engineering.....	52
9.1	General requirements .....	52
9.2	Stone curtain wall.....	56
9.3	Dot-hanging and hang-adhense stone.....	58
9.4	Stone panels interior decoration.....	59
9.5	Ceiling engineering interior decoration.....	60
9.6	Stone floor and terrazzo floor.....	61
	Appendix A Stone decoration and detailings.....	63
	Appendix B Test method of hole for bolt .....	70
	Explanation of wording in this specification.....	71
	List of quoted standards .....	72
	Addiction: Explanation of provisions.....	77

# 1 总则

**1.0.1** 为科学合理使用装饰石材，提高石材在建筑装饰工程中应用的技术水平，促进石材应用的科学化、规范化、绿色化发展，保证工程质量和安全，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于北京行政区域内新建、改建和扩建民用建筑装饰工程中装饰石材的材料、设计、加工制作、施工、验收以及护理。本规程的适用建筑高度应符合下列规定：

- 1** 石材幕墙应用高度不超过100m的工程；
- 2** 室外点挂石材装饰当基层墙体为钢筋混凝土结构时，应用高度不超过100m；当基层墙体为有加强构造措施的砌体结构时，应用高度不超过24m；
- 3** 室内外挂贴石材装饰应用高度不超过24m；
- 4** 室内粘贴石材装饰墙面高度不超过5m。

**1.0.3** 建筑装饰石材的应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和北京市现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 天然石材 natural stone

具有规定的物理性能并按规定的尺寸或形状加工的天然岩石。按石材类型主要分为花岗石、大理石、石灰石、砂岩、板石等。

#### 2.1.2 异型石材 shaped stone

具有规定形状的（不包括板类石材）石材，通常有球体、柱体和花线。

#### 2.1.3 石材复合板 complex stone

以天然石材为饰面材料，与其他一种或多种材料通过结构胶粘剂粘合而成的装饰材料。饰面材料厚度小于 8mm 的称为超薄石材复合板。

#### 2.1.4 人造石 artificial stone-agglomerated

以天然无机材料为主要原材料，以高分子聚合物或水泥或两者混合物为粘合材料制成的人造材料，简称人造石，包括石英石和岗石。

#### 2.1.5 人造石英石 artificial stone-agglomerated quartz

以天然石英石（砂、粉）和硅砂等无机材料（其主要成分为二氧化硅）为主要原材料，以高分子聚合物或水泥或两者混合物为粘合材料制成的人造材料。

#### 2.1.6 人造岗石 artificial stone-agglomerated marble

以大理石、石灰石等的碎料、粉料为主要原材料，以高分子聚合物或水泥或两者混合物为粘合材料制成的人造石，简称岗石。

#### 2.1.7 无机型人造石 inorganic agglomerated stone

主要粘合剂为无机胶凝材料的人造石称为无机型人造石，按骨料类型可分为无机型石英石和无机型岗石。以石英、硅砂、花岗石等石材碎料、粉体（其主要成分为二氧化硅）为主要骨料压制而成的无机型人造石称为无机型石英石，以碳酸盐类石材（大理石、石灰石等）的碎料、粉料为主要骨料压制而成的无机型人造石称为无机型岗石。

#### 2.1.8 微晶石 micro-crystal stone

以天然无机材料为原料，采用特定工艺制成的含有微晶相和玻璃相的复相固体材料。

#### 2.1.9 水泥基胶粘剂 cementitious adhesive

由水硬性胶凝材料、矿物集料、有机外加剂组成的粉状混合物，使用时需与水或其他液体材料拌合。

#### 2.1.10 反应型树脂胶粘剂 reaction resin adhesive

由合成树脂、矿物填料和有机外加剂组成的单组分或多组分混合物，通过化学反应使其硬化。

#### 2.1.11 水泥基填缝剂 cementitious filler

是水硬性胶凝材料、骨料、有机和无机外加剂等的混合物。使用时需与水或液态混合物混合。后者为特殊液态聚合物的水分散体。

#### 2.1.12 反应型树脂填缝剂 reaction resin filler

是合成树脂、骨料、有机和无机外加剂等的混合物，通过化学反应而硬化。分为单组

分或多组分两类，使用时应严格按产品设计比例进行混合。

#### **2.1.13 挂接 hanging**

采用金属挂件将面板与支承结构或主体结构相连接的面板结构体系，通常称作干挂。

#### **2.1.14 点挂 dot-hanging**

将金属挂件直接与主体结构相连接的面板结构体系。

#### **2.1.15 挂贴 hang and stick**

通过金属件固定石材，并使用水泥基或树脂基胶粘剂将石材粘贴在混凝土结构体上的面板结构体系。

#### **2.1.16 倒挂 hang**

采用金属连接件将水平面板或外倾斜角度超过 15° 面板与支承结构或主体结构相连接的结构体系。

#### **2.1.17 粘贴 stick**

石材背面满涂水泥基或树脂基等胶粘剂，以一定的排版方式，将石材附着在建筑支承结构或基层墙体上的饰面系统。

#### **2.1.18 石材护理 protecting, cleaning, repairing for stone**

为保持或提高石材表面装饰效果而对石材进行处理过程，主要包括清洗、防护、修补、抛光、翻新、整体研磨和再结晶等工艺。

#### **2.1.19 石材清洗 washing stone**

使用专业材料对石材污染、病变进行处理以恢复石材自然色彩的过程。

#### **2.1.20 石材防护 protecting for stone**

采用专用防护材料对石材表面进行防水或防污染的处理过程，以提高石材的抗病变和防污染能力。

#### **2.1.21 石材研磨 polishing for stone in situ**

对石材表面进行整体磨削、抛光处理，消除石材的高低差的过程。

#### **2.1.22 石材结晶护理 crystal treatment for stone**

在机械的作用下借助磨擦产生的热量，使用物理材料或专用化学材料与石材表层结合或发生化学反应，提高石材光泽度的过程。

#### **2.1.23 石材翻新 restoration stone**

用物理、化学或物理化学结合的方法，对污染、风化、失光、陈旧、破损的石材进行的，使表面恢复如新的工艺。

#### **2.1.24 石材防滑 skidproof stone**

为提高地面石材的防滑性能而进行的石材表面处理。

#### **2.1.25 防坠背网 enhanced net**

贴附于石材背面，防止石材破裂后发生坠落的网状材料，包括玻璃纤维、碳纤维和金属丝网等。

#### **2.1.26 临时背网 temporary net**

贴附于石材背面，防止运输、储存过程中石材间摩擦、撞击等发生破碎的网状材料。

## 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；  
 $f_a$  ——铝合金材料强度设计值；  
 $f_c$  ——混凝土轴心抗压强度设计值；  
 $f_r^b$  ——石材板材抗弯强度设计值  
 $f_{rk}$  ——石材板材抗弯强度标准值；  
 $f_{rm}$  ——石材板材弯曲强度试验平均值；  
 $f_{cu}$  ——石材板块抗压承载力标准值；  
 $f_r^v$  ——石材板材抗剪强度设计值；  
 $f_{r,i}$  ——第  $i$  个石材板材试件的抗弯强度实测值；  
 $f_s$  ——钢材强度设计值。

### 2.2.2 作用和作用效应

- $G_k$  ——重力荷载标准值；  
 $P_{Ek}$  ——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；  
 $G_k$  ——计算对象支承的幕墙构件重力荷载标准值；石材面板重力荷载作用标准值；  
 $R_d$  ——构件抗力设计值；  
 $S_d$  ——作用和作用效应组合后的效应设计值；  
 $S_{Ek}$  ——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；  
 $S_E$  ——地震作用和其他荷载按基本组合的效应设计值；  
 $w$  ——风荷载设计值；  
 $w_0$  ——基本风压；  
 $w_k$  ——垂直于面板的风荷载作用标准值；  
 $q_k$  ——垂直于面板的风荷载或地震作用标准值；  
 $S_{wk}$  ——垂直于面板风荷载作用下产生的最大弯曲应力标准值；  
 $S_{Ek}$  ——垂直于面板地震作用下产生的最大弯曲应力标准值；  
 $S_k$  ——石板槽口处产生的最大弯曲应力标准值；

- $t_{pk}$  ——挂件的剪应力标准值；
- $t_k$  ——挂件在石板槽口边产生的石材剪应力标准值；
- $N_{wk}$  ——垂直于面板的风荷载作用下产生的单个背栓的拉力标准值；
- $N_{Ek}$  ——垂直于面板的地震作用下产生的单个背栓的拉力标准值；
- $N_s$  ——背栓承受拉力设计值；
- $N_t$  ——背栓抗拉承载力标准值；
- $V_s$  ——背栓最大剪力设计值；
- $V_k$  ——背栓最大剪力标准值；
- $V_t$  ——背栓抗剪承载力标准值；
- $N_r$  ——背栓锚固处石材最大拉力设计值；
- $N_{uk}$  ——背栓锚固处石材抗拉承载力最大值。

### 2.2.3 几何参数

- $a$  ——矩形面板的短边边长；
- $b$  ——矩形面板的长边边长；
- $A$  ——构件截面或毛截面面积；计算范围内石材幕墙的垂直投影面积；
- $A_s$  ——锚固钢筋总截面面积；
- $A_p$  ——挂件主要受力截面面积；
- $n$  ——单块面板背栓个数；一个连接边上挂件的数量；
- $l$  ——跨度；计算跨度；
- $l$  ——构件的计算跨度；
- $t$  ——面板厚度或计算厚度；石材复合板总厚度；型材截面厚度；
- $t_p$  ——挂件主要受力截面的厚度；
- $c$  ——槽口计算宽度；
- $h$  ——槽口受力一侧的深度；
- $S$  ——槽口剪切面总长度；
- $H_{ev}$  ——背栓有效锚固深度；
- $t_s$  ——硅酮结构密封胶粘接厚度。

### 2.2.4 系数

- $a$  ——材料线膨胀系数；
- $a_{max}$  ——水平地震影响系数最大值；
- $b_E$  ——地震作用动力放大系数；
- $b_{gz}$  ——阵风系数；
- $b_z$  ——风振系数；
- $d$  ——硅酮结构密封胶的变位承受能力；

- $j$  ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数;
- $g$  ——截面塑性发展系数;
- $g_0$  ——结构和构件重要性系数;
- $g_{RE}$  ——结构和构件承载力抗震调整系数;
- $g_G$  ——永久荷载分项系数;
- $g_E$  ——地震作用分项系数;
- $g_W$  ——风荷载分项系数;
- $g_T$  ——温度作用分项系数;
- $g_r$  ——石材板材材料性能分项系数;
- $h$  ——折减系数;
- $k$  ——置信相关系数;
- $m_s$  ——风荷载体型系数;
- $m_z$  ——风压高度变化系数;
- $n$  ——材料泊松比;
- $y_w$  ——风荷载的组合值系数;
- $y_E$  ——地震作用的组合值系数;
- $y_T$  ——温度作用的组合值系数;
- $m$  ——最大弯矩系数;
- $b$  ——应力调整系数;
- $K_{st}$  ——背栓抗拉承载力系数;
- $K_{sv}$  ——背栓抗剪承载力系数;
- $K_u$  ——石材锥体破坏时承载力系数;
- $b_{zp}$  ——背栓连接石材的破坏系数;
- $q$  ——无量纲参数。

### 2.2.5 其他

- $d_f$  ——构件在风荷载标准值或永久荷载标准值作用下产生的挠度值;
- $d_{f,lim}$  ——构件的挠度限值;
- $m$  ——挠度系数。

## 3 材料

### 3.1 一般规定

- 3.1.1** 建筑装饰石材工程所用材料应符合现行国家和行业标准的相关规定，应有出厂合格证，并应符合设计要求。
- 3.1.2** 建筑装饰石材工程宜采用不燃性材料或难燃性材料，其燃烧性能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，并应符合设计要求。
- 3.1.3** 与石材接触的粘接、密封材料不应与石材产生污染，并提供符合要求的耐污染性试验报告。
- 3.1.4** 材料力学性能见第 5.2 节。

### 3.2 石材及其他面板材料

#### 3.2.1 天然石材应符合下列规定：

- 1 地面铺贴、墙面及挂贴用建筑板材按种类应分别符合现行国家标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》GB/T 19766、《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453、《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452、《天然板石》GB/T 18600的规定；
- 2 墙面挂贴用异型石材按种类应分别符合现行行业标准《异型装饰石材 第2部分:花线》JC/T 847.2、《异型装饰石材 第3部分:实心柱体》JC/T 847.3的规定；
- 3 墙面挂贴用石材应符合现行国家标准《干挂饰面石材》GB/T 32834的规定，幕墙用石材弯曲强度、吸水率、抗冻系数应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086的规定；
- 4 石材马赛克应符合现行行业标准《石材马赛克》JC/T 2121的规定；
- 5 石材雕刻应符合现行行业标准《石雕石刻品》JC/T 2192 的规定；
- 6 天然石材类别划分应按现行国家标准《天然石材试验方法 第 18 部分:岩相分析》GB/T 9966.18 的规定进行。

#### 3.2.2 石材复合板应符合下列规定：

- 1 超薄石材复合板应符合现行国家标准《超薄石材复合板》GB/T 29059的规定；
- 2 石材铝蜂窝复合板应符合现行行业标准《建筑装饰用石材蜂窝复合板》JG/T 328的规定。

#### 3.2.3 人造石材应符合下列规定：

- 1 树脂型人造石材应符合现行国家标准《树脂型合成石板材》GB/T 35157的规定；
- 2 人造石英石还应符合现行行业标准《建筑装饰用人造石英石板》JG/T 463的规定；
- 3 无机型人造石应符合现行国家标准《人造石建筑板材》GB/T 41919相关规定外，其理化性能还应符合表3.2.3-1的规定，大骨料无机人造石理化性能或对板材理化性能有特殊要求时应满足设计要求；

表 3.2.3-1 无机型人造石理化性能指标

项目	技术指标			检测方法
	墙面	地面	台面	
吸水率 (%)	≤2.0	≤2.0	≤1.2	见注 1

续表 3.2.3-1

项目	技术指标			检测方法	
	墙面	地面	台面		
体积密度 (g/cm <sup>3</sup> )	≥2.35	≥2.35	≥2.3	见注 1	
弯曲强度 (MPa)	≥10	≥9	≥12	见注2	
压缩强度 (MPa)	≥80	≥50	≥80	见注3	
耐磨度 (mm)	—	≤44	≤40	见注4	
莫氏硬度	≥3	≥3	≥5	按《人造石》JC/T 908试验	
线性热膨胀 (1/ )	≤12.0×10 <sup>-6</sup>	≤12.0×10 <sup>-6</sup>	≤15.0×10 <sup>-6</sup>	见注5	
耐落球冲击性 (J)	≥1.96			见注6	
重金属含量 (%)	—	—	镉≤0.01, 汞≤0.1	按《水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法》GB/T 30810试验	
	—	—	铅≤0.1, 铬≤0.1		
燃烧性能	A 级			按《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624试验	
放射性	A 类			按《建筑材料放射性核素限量》GB 6566试验	
耐久性	耐人工气候老化性	表面无鼓泡、裂纹、粉化、白化或质感改变等外观变化, 弯曲强度下降率≤15%	表面无鼓泡、裂纹、粉化、白化或质感改变等外观变化, 弯曲强度下降率≤15%	—	按《树脂型合成石板材》GB/T 35157试验
	耐高温性	表面无鼓泡、开裂、剥落或颜色改变等外观变化, 弯曲强度下降率≤15%	—	表面无鼓泡、开裂、剥落或颜色改变等外观变化, 弯曲强度下降率≤15%	
	抗热震性	表面无开裂、剥落或颜色改变等外观变化, 弯曲强度下降率≤15%	表面无开裂、剥落或颜色改变等外观变化, 弯曲强度下降率≤15%	—	
	抗冻性	表面无开裂、剥落或颜色改变等外观变化, 弯曲强度保持率≥80%	表面无开裂、剥落或颜色改变等外观变化, 弯曲强度保持率≥80%	—	
	耐盐雾性	表面无开裂、剥落、腐蚀或颜色改变等外观变化, 并标明光泽度保持率, 弯曲强度下降率≤15%	—	—	按《合成石材试验方法 盐雾老化测试》GB/T 35464试验
耐化学腐蚀性	耐酸性	—	—	≥C3	按《树脂型合成石板材》GB/T 35157试验
	耐碱性	≥C3			
耐污染性	耐污值总和	≤80	≤80	≤70	按《人造石》JC/T 908试验
	最大污迹深度 (mm)	≤0.2	≤0.2	≤0.1	
防滑性	—	根据使用部位由供需双方协商确定	—	—	按《建筑地面工程防滑技术规程》JGJ/T 331 试验
泛碱	板材正面不允许有			目测	

注: 1 按《合成石材试验方法 第 1 部分:密度和吸水率的测定》GB/T 35160.1 试验;

- 2 按《合成石材试验方法 第2部分:弯曲强度的测定》GB/T 35160.2 试验;
  - 3 按《合成石材试验方法 第3部分:压缩强度的测定》GB/T 35160.3 试验;
  - 4 按《合成石材试验方法 第4部分:耐磨性的测定》GB/T 35160.4 试验;
  - 5 按《树脂型合成石板材》GB/T 35157 试验;
  - 6 按《合成石材试验方法 第6部分:耐冲击性的测定》GB/T 35160.6 试验;
  - 7 无机型岗石板材不进行耐酸性实验。
- 4 异型人造石的技术要求应符合现行行业标准《异型人造石制品》JC/T 2325 的规定;
- 5 预制水磨石制品应符合现行行业标准《建筑装饰用水磨石》JC/T 507 的规定;
- 6 文化石应符合现行行业标准《建筑装饰用仿自然面艺术石》JC/T 2087 的规定;
- 7 艺术浇注石应符合现行行业标准《艺术浇注石》JC/T 2185 的规定;
- 8 微晶石应符合现行行业标准《建筑装饰用微晶玻璃》JC/T 872 的规定;
- 9 仿石瓷板应符合现行行业标准《建筑幕墙用瓷板》JG/T 217 的规定,仿石轻质高强陶瓷板、地铺石应符合现行行业标准《建筑用轻质高强陶瓷板》JG/T 567 和《轻质陶瓷砖》JC/T 1095 的规定,挂接仿石瓷板、轻质高强陶瓷板和微晶石厚度和面积还应符合表 3.2.3-2 的规定;

表 3.2.3-2 挂接仿石瓷板、轻质陶瓷板和微晶石厚度和面积要求

板材类别	厚度 (mm)		单片面积 (m <sup>2</sup> )	检测方法
	背栓式	其它连接方式		
仿石瓷板	≥12	≥13	≤1.5	卡尺
微晶石	≥20		≤1.5	卡尺
仿石轻质高强陶瓷板	≥22		≤1.5	卡尺

10 挂接用仿石瓷板的吸水率不宜大于 0.5%,仿石轻质高强陶瓷板、地铺石弯曲强度不小于 32MPa,吸水率不大于 1%,仿石轻质高强地铺石单块面积不大于 0.72 m<sup>2</sup>。

### 3.3 金属材料及构件

#### 3.3.1 钢材应符合下列规定:

- 1 钢材技术要求和性能应符合国家标准要求,其规格、型号应符合设计文件要求;
- 2 石材幕墙所使用的钢材,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) 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》GB/T 3274;
  - 6) 《结构用无缝钢管》GB/T 8162;
  - 7) 《耐候结构钢》GB/T 4171。

3 碳素结构钢和低合金结构钢应进行有效的防腐处理。当采用热浸镀锌处理时,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 的规定,其膜厚最薄处不宜小于 45μm;

4 石材幕墙采用的不锈钢构件技术要求和性能试验方法应符合下列现行国家标准的规定:

- 1) 《不锈钢棒》GB/T 1220;
- 2) 《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226;

3) 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280;

4) 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237。

### 3.3.2 钢材焊接材料应符合下列规定:

1 碳钢焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 的规定;

2 低合金钢焊条应符合现行国家标准《热强钢焊条》GB/T 5118 的规定。

### 3.3.3 铝合金材料应符合下列规定:

1 石材幕墙所使用的铝合金材料,包括铝合金建筑型材、铝及铝合金轧制板材的材料牌号、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 的规定,其供应状态、化学成分、尺寸偏差、力学性能以及外观质量等技术要求应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第 1 部分:基材》GB/T 5237.1 的规定;

2 铝合金型材应进行表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂、氟碳喷涂等有效的表面防腐处理,阳极氧化型材应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第 2 部分:阳极氧化型材》GB/T 5237.2 的规定;电泳涂漆型材应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第 3 部分:电泳涂漆型材》GB/T 5237.3 的规定;粉末喷涂型材应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第 4 部分:喷粉型材》GB/T 5237.4 的规定;氟碳喷涂型材应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第 5 部分:喷漆型材》GB/T 5237.5 的规定。

## 3.4 粘接材料

3.4.1 石材采用的粘接材料应符合现行北京市标准《建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机化合物含量限值标准》DB11/ 1983 的规定。

### 3.4.2 水泥基胶粘剂应符合下列规定:

1 普通地面、重负荷地面及墙面施工时,应选择满足粘结强度要求的水泥基胶粘剂,不宜采用普通水泥砂浆作为石材粘接材料;

2 岗石和石英石产品粘接施工时应选择低碱型专用胶粘剂;

3 石材用水泥基胶粘剂应符合现行国家标准《饰面石材用胶粘剂》GB/T 24264 的规定;

4 粘接用水泥基胶粘剂还应符合现行行业标准《天然石材用水泥基胶粘剂》JG/T 355 的规定。

### 3.4.3 反应型树脂胶粘剂应符合下列规定:

1 石材一般性修补或定位用胶粘剂应符合现行行业标准《非结构承载用石材胶粘剂》JC/T 989 的规定;

2 石材增强、组合连接以及墙地面的粘接用反应型树脂胶粘剂应符合现行国家标准《饰面石材用胶粘剂》GB/T 24264 的规定;

3 石材挂接填充用胶粘剂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。

### 3.4.4 其他专用胶粘剂应符合下列规定:

1 临时背网用胶可采用不饱和树脂胶粘剂,胶粘剂应符合现行行业标准《非结构承载用石材胶粘剂》JC/T 989 的规定;

2 防坠背网用胶应采用改性环氧树脂型背网胶或水泥基背网胶,其粘结强度应符合表

3.4.4-1 的要求；

表 3.4.4-1 防坠背网胶技术要求

项目		要求	试验方法
粘结强度 (MPa)	标准状态	≥1.0	按《超薄石材复合板》GB/T 29059 执行
	热处理80℃ (168h)	≥0.7	
	浸水后 (168h)	≥0.7	
	耐碱性 (28d)	≥0.7	

3 挂接施工的石材防坠背网用胶应使用改性环氧树脂型背网胶或水泥基背网胶，用于室内的防坠背网胶粘结强度应符合表3.4.3-1的要求，用于室外的防坠背网胶粘结强度应符合表3.4.4-2的要求。

表 3.4.4-2 挂接施工的石材防坠背网胶技术要求

项目		检验要求	试验方法
粘结强度 (MPa)	标准状态	≥1.0	按《超薄石材复合板》GB/T 29059 执行
	热处理后 (80℃, 168h)	≥1.0	
	浸水后 (168h)	≥0.8	
	冻融循环后 (50次)	≥0.8	
	人工气候老化 (500h)	≥0.8	
	耐酸性 (28d)	≥0.8	
	耐碱性 (28d)	≥0.8	
	耐盐雾试验 (1000h)	≥0.8	

### 3.5 增强及防坠材料

3.5.1 增强及防坠材料应符合下列规定：

- 1 墙面挂接用石材防坠背网织物，宜选用玻璃纤维布，碳纤维布或金属网等材质；
- 2 玻璃纤维布应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱布》GB/T 18370 等的规定；
- 3 墙面挂接用石材背网的玻璃纤维布应选用中碱玻璃纤维方格布，重量宜不低于300g/m<sup>2</sup>，并应符合现行行业标准《结构加固修复用玻璃纤维布》JG/T 284 的规定，其滚筒剥离强度应符合表 3.5.1 的要求；

表 3.5.1 墙面挂接用石材背网的滚筒剥离强度要求

项目		要求		试验方法
		室外	室内	
滚筒剥离强度 (N·mm/mm)	平均值	≥90	≥40	按《夹层结构滚筒剥离强度试验方法》GB/T 1457 执行
	最小值	≥40	≥30	

4 碳纤维布面密度不宜低于 200g/m<sup>2</sup>，符合现行国家标准《结构加固修复用碳纤维片材》GB/T 21490 的规定。金属网应符合现行国家标准《不锈钢丝》GB/T 4240 的规定；

5 墙地面粘接用石材背网的玻璃纤维布应符合现行行业标准《耐碱玻璃纤维网布》JC/T 841、《耐碱玻璃纤维无捻粗纱》JC/T 572 的规定，宜使用水泥基胶粘剂进行背网粘接；

6 当倒挂石材背面采用不锈钢防坠绳时，其直径不应小于 3mm，应符合现行国家标准《不锈钢丝》GB/T 4240 的规定。

3.5.2 石材增强用金属材料应符合本规程 3.3 的规定。

### 3.6 填缝及密封材料

3.6.1 填缝材料应符合下列规定：

- 1 在防水、伸缩等要求较高的场合使用的柔性填缝剂其变形性能不宜小于 20%；
- 2 普通墙地面粘接石材用水泥基填缝剂性能应符合表 3.6.1-1 的技术要求；

表 3.6.1-1 水泥基填缝剂的技术要求

	性能	要求
普通型填缝剂	耐磨损性能	$\leq 2000\text{mm}^3$
	标准条件下养护 28d 抗折强度	$\geq 2.5\text{N/mm}^2$
	冻融循环后抗折强度	$\geq 2.5\text{N/mm}^2$
	标准条件下养护 28d 抗压强度	$\geq 15\text{N/mm}^2$
	冻融循环后抗压强度	$\geq 15\text{N/mm}^2$
	28d 线性收缩值	$\leq 3\text{mm/m}$
	30min 吸水量	$\leq 5.0\text{g}$
	240min 吸水量	$\leq 10.0\text{g}$
快硬性填缝剂	标准条件下养护 24h 抗压强度	$\geq 15\text{N/mm}^2$
增强型填缝剂	耐磨损性	$\leq 1000\text{mm}^3$
	30min 吸水量	$\leq 2.0\text{g}$
	240min 吸水量	$\leq 5.0\text{g}$

注：1 快硬性水泥基填缝剂除满足附加性能要求外，其他要求同普通型填缝剂；

2 增强型水泥基填缝剂除满足特殊要求外，其他要求同普通型填缝剂。

- 3 反应型树脂填缝剂性能应符合表 3.6.1-2 的技术要求；

表 3.6.1-2 反应型树脂填缝剂的技术要求

	性能	要求
普通型填缝剂	耐磨损性	$\leq 250\text{mm}^3$
	标准试验条件 28d 的抗折强度	$\geq 30.0\text{MPa}$
	标准试验条件 28d 的抗压强度	$\geq 45.0\text{MPa}$
	收缩值	$\leq 1.5\text{mm/m}$
	240min 吸水量	$\leq 0.1\text{g}$

4 石材用填缝剂各项性能的试验方法应符合现行行业标准《陶瓷砖填缝剂》JC/T 1004 的规定。

3.6.2 石材挂接所采用的建筑密封胶、结构密封胶、阻燃密封胶应符合现行国家标准《石材用建筑密封胶》GB/T 23261、《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776、《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267 及现行北京市标准《建筑类涂料与胶粘剂挥发性有机化合物含量限值标准》DB11/ 1983 的规定。

3.6.3 与石材接触的结构密封胶、建筑密封胶不应在石材造成污染，使用前应进行耐污染性试验。

3.6.4 硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶使用前，应进行与其相接触的有机材料的相容性试验及被粘接材料的剥离粘接性试验，以及硅酮结构密封胶的邵氏硬度、标准状态拉伸粘

接性能。

3.6.5 硅酮结构密封胶生产商应提供结构密封胶的变位承受能力数据和质量保证书。

### 3.7 锚固件、紧固件、挂件

3.7.1 金属锚固件应符合下列规定：

1 膨胀螺栓应按设计规格、型号选用，宜选用不锈钢制品，符合现行国家标准《混凝土用膨胀型锚栓 型式与尺寸》GB/T 22795的规定；

2 化学锚栓应符合下列规定：

1) 宜选用环氧型、乙烯基酯型化学锚栓；

2) 化学锚栓的强度应满足设计要求，主要性能指标最小值应符合表3.7.1规定；

表3.7.1 化学锚栓主要性能指标最小值表

性能	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	剪切强度 (MPa)	振动疲劳 (万次)	粘结强度 (MPa)
指标	1.9~2.2	≥60	≥20	≥36	>800	胶/混凝土：C20 ≥7；胶/黏土砖≥3； 胶/普通圆钢≥11；胶/螺纹钢≥16

3) 化学锚栓应具有耐酸碱、耐低温、耐可焊性、耐老化等性能。

3 金属锚栓应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160的规定。

3.7.2 石材工程所使用的紧固件符合下列现行国家标准的规定：

1 《紧固件 螺栓和螺钉通孔》GB/T 5277；

2 《十字槽盘头螺钉》GB/T 818；

3 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1；

4 《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2；

5 《紧固件机械性能 自攻螺钉》GB/T 3098.5；

6 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6；

7 《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15。

3.7.3 挂件应符合下列规定：

1 石材挂接用挂件应符合现行国家标准《干挂石材用金属挂件》GB/T 32839的规定，挂件组合单元抗震性能应按现行国家标准《天然石材试验方法 第10部分:挂件组合单元抗震性能的测定》GB/T 9966.10的规定进行试验，结果应符合设计要求；

2 铝合金挂件应采用高精度及以上型材；

3 蜂窝复合石材板应使用配套的专用金属挂件。

### 3.8 石材护理材料

3.8.1 石材清洗材料应选用石材专用清洗剂，不应対石材造成污染或腐蚀、不应改变石材颜色，不应降低石材安全性能。

3.8.2 石材防护材料应符合下列规定：

1 天然石材使用的防护剂应符合现行国家标准《天然石材防护剂》GB/T 32837 的规定；

2 用于饰面的石材防护剂应具有渗透性和透气性；

3 功能型石材防护剂应注明其适用范围；

- 4 防护剂不应对石材造成污染或腐蚀、不应明显改变石材颜色；
  - 5 采用湿法粘贴工艺施工的石材背面不应涂刷饰面型防护剂。
- 3.8.3** 石材结晶材料不应对石材表面造成污染或腐蚀，不应降低石材表面的防滑系数。
- 3.8.4** 地面用防滑材料应有适用性和使用说明书，不应对石材造成明显污染或腐蚀、不应明显改变石材颜色。

## 4 建筑装饰设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 石材装饰设计应综合建筑物性质、设计工作年限、使用功能、外立面设计、节能要求、建筑所处环境及石材本身的物理化学性能等因素，经技术经济综合分析后确定石材的品种、等级、加工工艺和施工方法。

**4.1.2** 工程中室外同一立面、室内同一空间中的同种石材宜选用同一个矿源同一层位的天然石材。

**4.1.3** 材料样板的尺寸不应小于 300mm×300mm，宜根据石材品种和纹理确定样板尺寸。

**4.1.4** 天然花岗石及其复合石材的放射性指标应符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016、《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 和《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的规定。

**4.1.5** 石材选用应符合下列规定：

- 1 洞石、砂岩不宜用于地面；
- 2 石材复合板不应用于高温环境，用于潮湿环境时，应做好整体防潮、防水处理。

**4.1.6** 石材面板厚度、单块面积应符合下列规定：

- 1 石材幕墙和点挂外墙面板最小实测厚度应符合表 4.1.6-1 的规定；

表 4.1.6-1 石材幕墙和点挂外墙面板的厚度

项目		天然花岗石		天然大理石		天然石灰石和砂岩	
		镜面和细面板材	粗面板材	镜面和细面板材	粗面板材	弯曲强度不小于 8.0MPa	弯曲强度不小于 4.0MPa 且不大于 8.0MPa
最小厚度 (mm)	室外饰面	≥25	≥28	≥35	≥38	≥35	≥40

- 2 室内装饰用墙、柱面石材面板最小实测厚度应符合表 4.1.6-2 的规定；

表 4.1.6-2 室内装饰用墙、柱面石材面板的厚度

项目		天然花岗石		天然大理石		天然石灰石和砂岩	
		镜面和细面板材	粗面板材	镜面和细面板材	粗面板材	弯曲强度不小于 8.0MPa	弯曲强度不小于 4.0MPa 且不大于 8.0MPa
最小厚度 (mm)	室内饰面	≥20	≥23	≥25	≥28	≥25	≥30

注：指室内高度不超过 12m 的饰面，超过 12m 时按幕墙标准执行。

- 3 室内地面铺贴面板的厚度应符合表 4.1.6-3 的规定；

表 4.1.6-3 室内地面铺贴面板的厚度

长度或宽度范围 (L) (mm)	花岗石、大理石类石材厚度 (mm)			石灰石、砂岩类石材厚度 (mm)		
	普通地面	重负载地面	楼梯踏步	普通地面	重负载地面	楼梯踏步
$L \leq 305$	≥10	≥15	≥20	≥15	≥18	≥25
$305 < L < 500$	≥15	≥18		≥18	≥20	≥30
$500 \leq L \leq 600$	≥20	≥25		≥25	≥30	
$600 < L \leq 900$	≥25	≥30	≥25	≥30	≥40	≥40
$L > 900$	≥30			≥40	≥50	≥50

- 4 墙面挂贴面板的厚度和长宽尺寸应符合表 4.1.6-4 的规定；

表 4.1.6-4 墙面粘贴、挂贴面板的厚度和长宽尺寸

长度或宽度范围 $L$ (mm)	设计厚度 (mm)					长宽尺寸
	花岗石	大理石	石灰石	砂岩	板石	
$L \leq 305$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 12$	$\geq 12$	$\geq 10$	长宽尺寸均不宜大于 600mm
$305 < L \leq 600$	$\geq 12$	$\geq 12$	$\geq 14$	$\geq 15$	$\geq 12$	

5 幕墙和点挂外墙石材面板单块面积不应大于  $1.5\text{m}^2$ ，天然石灰石和砂岩不应大于  $1.0\text{m}^2$ ；

6 倒挂石材应符合现行国家标准《民用建筑通用规范》GB 55031 的规定。室内倒挂石材设计应满足本规程要求，并应符合《公共建筑吊顶工程技术规程》JGJ 345 的规定。

4.1.7 石材幕墙面板连接应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 和现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 的规定，并应符合下列规定：

- 1 石材面板与主体结构或支承结构间应采用机械连接，不应采用胶粘连接；
- 2 石材幕墙和按石材幕墙要求的室内工程中面板连接不应采用 T 型挂件和挑件；
- 3 倒挂石材面板及石材装饰构件应设置防止石材坠落的可靠措施。倒挂面板不应作为其它附属物承重构件使用；
- 4 石材柱帽、石材线条、石雕等应与支承结构采取机械连接方式。

4.1.8 点挂外墙砌体结构加强处理除应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关规定外，尚应符合现行行业标准《点挂外墙板装饰工程技术规程》JGJ 321 的规定。

4.1.9 挂贴石材应安装钢筋混凝土结构上，并应通过现场试验验证锚固承载力。

4.1.10 石材装饰工程防火封堵构造系统的填充材料及其保护性面层材料，应采用耐火等级符合防火设计要求的不燃或难燃材料，并符合国家现行标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定及国家有关消防规定。

4.1.11 石材装饰工程的防雷应采取相应的防直击雷、防雷电侧击以及等电位连接措施，应符合国家现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。

4.1.12 石材饰面应便于维护和清洁。高度超过 40m 的石材幕墙宜设置清洗设施。

4.1.13 室内外石材地面应采用地面防滑设计，防滑性能等级应按现行行业标准《地面石材防滑性能等级划分及试验方法》JC/T 1050 进行划分，采取防滑措施应符合现行北京市标准《地面工程防滑施工及验收规程》DB11/T 944 的规定。

4.1.14 既有建筑改造工程中新采用石材墙和柱面、楼地面装修，导致原建筑结构荷载变化时，应进行结构检测鉴定和结构验算，必要时应采取结构加固措施。

4.1.15 石材幕墙、室内装饰变形缝设计应能保障主体结构产生位移或变形时不受阻力，且不产生破坏。

4.1.16 室内石材装饰及细部设计可参照本规程附录 A 进行。

## 4.2 室外装饰设计

4.2.1 幕墙设计应与建筑设计一体化，幕墙立面分格宜与建筑立面、功能划分协调一致。

4.2.2 石材幕墙面板的板块及其支承结构不应跨越主体结构的变形缝。与主体结构变形缝相对应部位的幕墙构造，应能适应主体结构的变形量，且不应降低幕墙结构物理性能。

4.2.3 石材幕墙的物理性能应根据建筑物使用功能和建筑物的类别、高度、体型以及北京市

气候及环境条件确定，符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

**4.2.4** 石材幕墙的热工性能、气密性能指标应符合国家现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定。

**4.2.5** 石材幕墙的水密性应符合以下要求：

1 石材幕墙的水密性设计取值按下式计算：

$$P=1000\mu_z\mu_s w_0 \quad (4.2.5)$$

式中： $P$ —水密性设计值（N/m<sup>2</sup>）；

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

$\mu_s$ —风荷载体型系数，可取 1.2；

$w_0$ —基本风压（kN/m<sup>2</sup>），按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

2 有围护结构功能要求时，石材幕墙的水密性取值不小于 1000N/m<sup>2</sup>。

**4.2.6** 石材幕墙的层间位移性能应符合下列规定：

1 主体结构楼层弹性层间位移控制值应按层间高度内弹性层间位移量计算；

2 石材幕墙的层间变形性能指标值应不小于主体结构弹性层间位移角控制值的 3 倍。

**4.2.7** 建筑采用石材外装饰时，石材与结构重合部位应视作实体墙，其整体传热系数应符合外墙要求。

**4.2.8** 石材表面应涂刷表面防护剂。根据石材的种类、部位和功能要求，选用不同功能的防护剂。

### 4.3 室内装饰设计

**4.3.1** 室内装饰石材墙面高度超过 12m 时应按石材幕墙进行设计。装饰石材的构造设计应符合设计工作年限的要求。

**4.3.2** 石材面板及其支承结构不应跨越主体结构的变形缝。与主体结构变形缝相对应部位的石材构造，应能适应主体结构的变形。

**4.3.3** 挂接石材的主体结构应为钢筋混凝土结构或钢结构。

**4.3.4** 装饰石材天花线、腰线、转角线、窗套、门套、踢脚线、装饰条、间隔条、雕花等石材产品应与支承构件采用机械连接。

**4.3.5** 倒挂石材、外倾斜石材墙柱面应采用挂接构造设计，并进行承载力计算。

**4.3.6** 挂接石材墙柱面设计应明确与建筑主体结构连接的后置锚栓的拉拔力设计值。

**4.3.7** 挂接石材墙柱面设计宜绘制支承结构或构件施工图。

**4.3.8** 采用背栓连接石材饰面板时，应进行背栓抗拉设计。

**4.3.9** 粘贴石材的粘贴强度应符合表 4.3.9 的规定。

表 4.3.9 粘贴石材的粘贴强度

胶粘剂种类	拉伸粘贴强度 (MPa)	剪切粘贴强度 (N/mm <sup>2</sup> )	石材厚度 (mm)	滑移 (mm)
水泥基胶粘剂	≥0.5MPa	—	≤7	≤0.5mm
膏状乳液基胶粘剂	≥0.5MPa	≥1.0MPa	≤15	≤0.5mm
反应型树脂基胶粘剂	≥0.5MPa	≥2.0MPa	≤25	≤0.5mm

**4.3.10** 天然石材的种类及其适用部位宜符合表 4.3.10 的要求。

表 4.3.10 天然石材种类和适用部位

名称	种类	适用部位
花岗石	—	墙面、柱面、地面、台阶等
大理石	方解石	墙地面
	白云石	墙地面
	蛇纹石	墙地面
石灰石	低密度	墙面
	中密度	墙面
	高密度	墙地面
砂岩	砂岩、石英砂岩、石英岩	墙面
板石	饰面板	墙地面

注：表中对应的石灰石，当板材的厚度 $\geq 35\text{mm}$ 、干燥及水饱和弯曲强度达到 $6.0\text{N/mm}^2$ 、石材做好防护处理后，也可用于室外墙面。

4.3.11 人造石材的种类及其适用部位宜符合表 4.3.11 的要求。

表 4.3.11 人造石材种类和适用部位

种类	适用部位
微晶石	室内墙、柱面
现制水磨石	现场浇注、防静电等特殊场所的地面
预制水磨石	室内墙地面
岗石、石英石	室内墙地面
有机人造石	无阳光直射的室内墙、柱面
无机人造石	室内墙面

4.3.12 倒挂石材饰面与墙、柱饰面接触部位，宜采用倒挂石材压在墙、柱饰面上的做法，并采用防坠落措施。

4.3.13 石材墙柱面阳角不应设计成锐角。

4.3.14 整体水磨石地面设计应明确石粒的品种、颜色、尺寸、配比和胶凝材料的种类、颜色。

4.3.15 地面石材应根据选用石材的物理特性和使用环境要求确定石材伸缩的变化尺寸，设计板材之间的缝的形式、宽度和填缝材料。

4.3.16 采用地暖供热时，石材地面与墙面、柱面、非地暖供热地面的交接处，应设置连续的伸缩缝。当石材面积大于 $30\text{m}^2$ 或长度超过 $6\text{m}$ 时，宜设置伸缩缝，填缝材料采用柔性材料，并应符合现行北京市标准《地面辐射供暖技术规范》DB11/T 806 的要求。

4.3.17 石材栏杆、壁炉等细部设计，应采用机械连接，应对支承结构和构件进行承载力计算，并符合现行国家标准《民用建筑通用规范》GB 55031 的要求。

4.3.18 厨房、卫生间、淋浴间等潮湿房间的门洞处采用过门石时，宜采用倒边坡度不大于 $1:6$ 的斜面处理地面高差。有无障碍要求的房间过门石斜面坡度应符合现行国家标准《无障碍设计规范》GB 50763、《建筑与市政工程无障碍通用规范》GB 55019 的要求。

4.3.19 楼梯、台阶的踏步面板应采取防滑措施，当有立板时突出立板的长度不宜大于 $10\text{mm}$ 。

#### 4.4 防潮、防水设计

- 4.4.1 石材幕墙对渗入雨水和形成冷凝水的部位，应采取导排构造措施。
- 4.4.2 当石材幕墙面板采用开放式构造时，建筑墙面基层应进行防水处理或在石材面板与基层之间设置防水构造。
- 4.4.3 石材幕墙在设计条件下应无结露现象并符合现行国家标准《民用建筑通用规范》GB 55031 的规定。
- 4.4.4 石材幕墙应选用具有防潮性能的保温材料或保温层外表面采取防水、防潮的面层处理措施。
- 4.4.5 石材面板后部设置保温材料时，保温材料应有支承构造。
- 4.4.6 挂贴基层易渗水部位应采取有效的防水措施，点挂外墙板工程底部应设置排水孔或通道。
- 4.4.7 挂贴外墙板系统不宜采用面板开缝安装方式。

#### 4.5 安全规定

- 4.5.1 室外石材幕墙工程周边宜设置安全隔离带，主要出入口上方应有安全防护设施，人员密集处可采取设置绿化带、有顶棚的走廊等措施。
- 4.5.2 处于人员流动密度大或青少年、幼儿活动等场所，容易发生物体和人体冲击石材外墙，应具有耐撞性能，其指标值不应低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 中规定的 2 级。
- 4.5.3 室内外石材装饰不应影响建筑物结构的安全性，且应选择安全环保型装修材料并符合现行国家标准《民用建筑通用规范》GB 55031 的规定。

## 5 面板及连接设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 石材幕墙应按外围护结构进行承载能力极限状态和正常使用状态设计。石材幕墙的结构设计工作年限不应低于 25 年。

**5.1.2** 石材幕墙的面板宜采用花岗石，可采用大理石、石灰石和砂岩等。

**5.1.3** 石材幕墙的支承结构应综合考虑建筑立面效果、土建结构形式、幕墙的安装形式等方面进行设计。

**5.1.4** 石材幕墙及其构件应具有本规程规定的承载能力、刚度、稳定性和与主体结构相适应的位移能力。采用螺栓连接的幕墙构件应有可靠的防松弛和防滑脱措施；采用螺栓挂接或插接的幕墙构件应有可靠的防滑脱措施。

**5.1.5** 石材幕墙结构的作用效应应符合下列规定：

- 1 抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载和地震效应；
- 2 温度作用下，变形受到限制的构件尚应考虑温度作用的影响；
- 3 室内石材挂接工程应根据其使用位置确定风荷载效应。

**5.1.6** 石材幕墙结构可按弹性方法进行结构分析，面板可按薄板小挠度理论进行结构分析。当作用或作用效应为线性关系时，可分别计算各项作用的效应，并按本规程第 5.3 节的规定进行作用效应的组合。

**5.1.7** 石材幕墙的结构和构件应按下列规定验算承载力和挠度：

- 1 持久设计状况、短暂设计状况下，承载力验算应符合下式要求：

$$g_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.7-1)$$

- 2 地震设计状况下，承载力验算应符合下式要求：

$$S_E \leq R_d / g_{RE} \quad (5.1.7-2)$$

式中： $S_d$ ——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；

$R_d$ ——构件抗力设计值；

$g_0$ ——结构和构件重要性系数，按幕墙工作使用年限确定，可取 1.0；

$g_{RE}$ ——结构和构件承载力抗震调整系数，取 1.0。

- 3 挠度验算应符合下式要求：

$$d_f \leq d_{f,\text{lim}} \quad (5.1.7-3)$$

式中： $d_f$ ——构件在风荷载标准值或永久荷载标准值作用下产生的挠度值（mm）；

$d_{f,\text{lim}}$ ——构件的挠度限值（mm）。

**4** 双向非同时受弯的构件，两个方向的挠度均应符合本条第 3 款的规定；双向挠度组合后的挠度值也应符合本条第 3 款的规定。

**5.1.8** 当石材面板或石材装饰构件相对于支承结构有偏心时，支承结构设计时应考虑重力荷载偏心产生的不利影响。

### 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** 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、《冷弯薄壁型钢

结构技术规范》GB 50018 的规定采用。

5.2.3 耐候钢的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 不锈钢的抗拉强度标准值  $f_{sk1}$  可取其屈服强度  $s_{0.2}$ 。不锈钢的抗拉强度设计值  $f_{s1}^t$  可按其抗拉强度标准值除以系数 1.15 采用；其抗剪强度设计值  $f_{s1}^v$  可按其抗拉强度标准值的 0.58 倍采用。不锈钢型材和棒材的强度设计值也按表 5.2.4-1 采用；不锈钢板的强度设计值也按表 5.2.4-2 采用。

表 5.2.4-1 不锈钢型材和棒材的强度设计值  $f_{s1}$  (N/mm<sup>2</sup>)

牌号	$s_{0.2}$	抗拉强度 $f_{s1}^t$	抗剪强度 $f_{s1}^v$	局部承压强度 $f_{s1}^c$	
S30408	06Cr19Ni10	205	180	100	250
S30458	06Cr19Ni10N	275	240	140	315
S30403	022Cr19Ni10	175	155	90	220
S30453	022Cr19Ni10N	245	215	125	280
S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	180	105	250
S31658	06Cr17Ni12Mo2N	275	240	140	315
S31603	022Cr17Ni12Mo2	175	155	90	220
S31653	022Cr17Ni12Mo2N	245	215	125	280

表 5.2.4-2 不锈钢板的强度设计值  $f_{s2}$  (N/mm<sup>2</sup>)

牌号	$s_{0.2}$	抗拉强度 $f_{s2}^t$	抗剪强度 $f_{s2}^v$	局部承压强度 $f_{s2}^c$	
S30408	06Cr19Ni10	205	180	155	255
S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	180	155	255
S31708	06Cr19Ni13Mo3	205	180	155	255

5.2.5 石材面板的材料分项系数  $g_r$  的取值，应充分考虑不同石材的特点和工程实际的经验，并符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 石材材料分项系数  $g_r$

石材种类	花岗石	其他种类石材	
石板抗弯强度标准值 $f_{rk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\geq 8.0$	$\geq 8.0$	$8.0 > f_{rk} \geq 4.0$
$g_r$	$\geq 2.15$	$\geq 2.85$	$\geq 3.6$

5.2.6 石材幕墙材料的弹性模量可按表 5.2.6 采用。

表 5.2.6 材料的弹性模量  $E$  (N/mm<sup>2</sup>)

材料	$E$	
花岗石	$0.80 \times 10^5$	
铝合金型材、单层铝板	$0.70 \times 10^5$	
钢、不锈钢	$2.06 \times 10^5$	
铝塑复合板（厚度）	4mm	$0.20 \times 10^5$
	6mm	$0.30 \times 10^5$
蜂窝铝板（厚度）	10mm	$0.35 \times 10^5$
	15mm	$0.27 \times 10^5$
	20mm	$0.21 \times 10^5$

5.2.7 石材幕墙材料的泊松比可按表 5.2.7 采用。

表 5.2.7 材料的泊松比  $\mu$

材料	$\mu$
花岗石	0.125
铝合金型材、单层铝板	0.33
钢、不锈钢	0.30
蜂窝铝板	0.33

5.2.8 石材幕墙材料的线膨胀系数可按表 5.2.8 采用。

表 5.2.8 材料的线膨胀系数  $\alpha$  (1/°C)

材料	$\alpha$	材料	$\alpha$
铝合金型材、单层铝板	$2.35 \times 10^{-5}$	花岗石面板	$0.80 \times 10^{-5}$
蜂窝铝板	$2.40 \times 10^{-5}$	混凝土	$1.00 \times 10^{-5}$
钢材	$1.20 \times 10^{-5}$	砖砌体	$0.50 \times 10^{-5}$
不锈钢板	$1.80 \times 10^{-5}$		

### 5.3 荷载和作用及作用效应组合

5.3.1 石材幕墙材料重力密度标准值可按表 5.3.1 的规定采用。

表 5.3.1 幕墙材料的重力密度标准值  $g_{gk}$  (kN/m<sup>3</sup>)

材料	$g_{gk}$	材料	$g_{gk}$
钢材	78.5	铝蜂窝芯	0.38~0.39
铝合金	28.0	玻璃棉	0.5~1.0
花岗石	28.0	矿渣棉	1.2~1.5
砂岩	24.0	岩棉	0.5~2.5
石灰岩	26.0	大理石	28.0

5.3.2 石材幕墙的风荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定，并应符合下列规定：

1 自振周期大于 1s 支承结构，宜通过风振系数或风振响应分析并考虑风荷载动力效应影响；

2 石材幕墙风荷载标准值不应小于 1.0kN/m<sup>2</sup>；

3 室内石材幕墙在通道、洞口、大厅、走廊等不完全封闭的位置，风荷载标准值不应小于 1.0kN/m<sup>2</sup>，其他位置则不应小于 0.2kN/m<sup>2</sup>。

5.3.3 石材幕墙的风荷载标准值也可按风洞试验或模拟风洞试验结果综合分析确定。

5.3.4 石材幕墙支承结构的地震作用宜采用振型分解反应谱法或时程分析法确定，并按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算。

5.3.5 石材幕墙主要受力构件及连接件、锚固件所承受的地震作用标准值，应包括所支承的幕墙构件和自身重力荷载标准值共同产生地震作用标准值。

5.3.6 石材幕墙的温度作用取值可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定确定。

5.3.7 当作用或作用效应可按线性关系考虑时，石材幕墙构件承载力极限状态设计的作用效应组合应符合下列规定：

1 持久设计状况、短暂设计状况下，应按下式组合：

$$S_d = g_G S_{Gk} + y_w g_W S_{Wk} + y_T g_T S_{Tk} \quad (5.3.7-1)$$

2 地震设计状况下，应按下式组合：

$$S_d = g_G S_{Gk} + y_E g_E S_{Ek} + y_w g_W S_{Wk} \quad (5.3.7-2)$$

式中：  $S_d$  ——作用和作用效应组合后的效应设计值；

$S_{Gk}$  ——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，对变形不受约束的幕墙支承及构件，可取 0；

$g_G$  ——永久荷载分项系数；

$g_W$  ——风荷载分项系数；

$g_E$  ——地震作用分项系数；

$g_T$  ——温度作用分项系数；

$y_w$  ——风荷载的组合值系数；

$y_E$  ——地震作用的组合值系数；

$y_T$  ——温度作用的组合值系数。

5.3.8 当进行石材幕墙支承结构及构件的承载力设计时，其作用分项系数应按下列规定取值：

1 一般情况，永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用的分项系数  $g_G$ 、 $g_W$ 、 $g_E$ 、 $g_T$

应分别取 1.3、1.5、1.4、1.5；

2 当永久荷载的效应起主要控制作用时，其分项系数 $g_G$ 应取 1.35，参与组合的可变效应仅限于竖向荷载效应；

3 当永久荷载的效应对构件有利时，其分项系数 $g_G$ 取值应不大于 1.0。

**5.3.9** 当进行石材幕墙支承结构及构件的承载力设计时，其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 $y_w$ 应取 1.0，温度作用组合值系数 $y_T$ 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，风荷载组合值系数 $y_w$ 应取 0.6，温度作用组合值系数 $y_T$ 应取 1.0；

3 持久设计状况、短暂设计状况且永久荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数 $y_w$ 和温度作用组合值系数 $y_T$ 均应取 0.6；

4 地震作用设计状况时，地震作用组合值系数 $y_E$ 应取 1.0，风荷载组合值系数 $y_w$ 应取 0.2；

5 倒挂石材及其骨架在设计时，地震作用组合值系数 $y_E$ 应取 1.0。当永久荷载的效应起主要控制作用时，风荷载的组合值系数 $y_w$ 应取 0.6。

**5.3.10** 在进行石材幕墙位移和挠度验算时，永久荷载分项系数 $g_G$ 、风荷载分项系数 $g_w$ 以及温度作用的分项系数 $g_T$ 均应取 1.0，且可不考虑作用效应组合。

## 5.4 连接设计

**5.4.1** 石材幕墙应与主体结构可靠连接。连接件及与主体结构锚固件的锚固承载力设计值应大于其自身承载力设计值。锚固件的抗拉应大于其抗拉设计值的 2.15 倍，抗剪承载力试验值应大于其抗剪设计值的 1.8 倍。

**5.4.2** 支承石材幕墙的主体结构应为混凝土结构或钢结构及其构件，混凝土强度不应低于 C30。

**5.4.3** 石材幕墙立柱与混凝土主体结构宜通过预埋件连接。由锚板和锚固钢筋所组成的受力预埋件，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。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。锚板厚度不应小于 8mm，锚固钢筋宜对称布置。

**5.4.4** 石材幕墙立柱与混凝土主体结构之间采用后置埋件连接时，后置埋件用机械锚栓应采用有锁键效用的后扩底锚栓；粘接型锚栓应采用倒锥形锚栓或全螺纹锚栓；不应采用膨胀型锚栓。

**5.4.5** 槽式预埋件及其他连接措施的设计，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定，并宜通过试验确定其承载力。槽式预埋件的中心线离混凝土构件边缘不应小于 150mm。

**5.4.6** 石材幕墙的支承结构与主体结构之间宜采用螺栓连接或焊接。当全部采用焊接时，应采取有效措施，减少焊接应力和温度应力对主体结构以及幕墙结构的不利影响。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，当承受垂直面板荷载时，螺栓数量不应少于 2 个。

**5.4.7** 横梁与立柱应按照现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102、《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 及《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336 的相关规定进行设计。

**5.4.8** 横梁与立柱之间采用螺钉或螺栓连接时,连接角码应能承受横梁的剪力,其厚度不应小于 4mm;角码与立柱之间的连接螺钉或螺栓应满足抗剪和抗扭承载力要求;角码与横梁之间的连接螺钉或螺栓应满足水平抗剪要求。

**5.4.9** 横梁与立柱采用焊缝连接时,铝合金型材的焊接应符合现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429 的规定;钢型材的焊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 的规定。

**5.4.10** 石材幕墙构件连接处的连接件、螺栓、铆钉、销钉设计,应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《铝合金结构设计规范》GB 50429 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。每个连接处的受力螺栓、铆钉或销钉不应少于 2 个。

**5.4.11** 点支承石材幕墙与主体结构之间宜采用钢角码连接。钢角码的壁厚不应小于 4mm,长度不宜小于 50mm,并应有可调范围。钢角码与主体结构之间宜采用倒锥型化学锚栓或扩底型锚栓,或化学植筋,直径不应小于 10mm,有效锚固深度不应小于 110mm。

## 5.5 面板设计

**5.5.1** 石材面板规格、厚度应通过结构设计计算。

**5.5.2** 石材复合板的磨光石材面层用于墙面厚度不应小于 3mm,用于地面厚度不应小于 5mm,厚度均匀且表面粗糙的石材面板,其计算厚度应按板厚扣减 3mm 采用;面板厚度变化较大时,其结构计算厚度宜取最小厚度。

**5.5.3** 当面板材质疏松或多孔时,应进行灌注填充,并在其背面采取加强措施,并宜采用背栓连接的方式挂接。

**5.5.4** 石材幕墙采用开放式板缝时,应符合下列规定:

- 1 石材面板内背衬金属板应进行抗风承载力设计,风荷载标准值不应小于  $1.0\text{kN}/\text{m}^2$ ;
- 2 背衬金属板表面应进行防水处理;
- 3 支承面板的金属结构及其连接件应采取防腐措施。

**5.5.5** 附加于石材面板的石材装饰条或装饰块应采用金属连接件与面板可靠连结,并应满足承载力和耐久性要求。

**5.5.6** 通过短槽、通槽与支承结构连接的石材面板应按照现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 的相关规定进行设计;挂件应进行承载力设计,并应符合下列规定:

- 1 挂件应采用铝合金型材或不锈钢材,不锈钢宜采用现行国家标准《不锈钢 牌号及化学成分》GB/T 20878 中的 S31608,但不应低于 S30408 系列;
- 2 不锈钢挂件的主要受力截面厚度不宜小于 3mm,铝合金挂件主要受力截面厚度不宜小于 4mm;
- 3 在石材面板重力荷载作用下,挂件挠度不应大于 1mm;
- 4 挂件与石材面板、横梁的连接处应采取限位措施。

**5.5.7** 短槽连接石材面板的挂件及在石材板块上开槽还应符合下列规定:

- 1 短槽连接宜采用 SE 铝合金挂件及 L 形挂件。SE 挂件的长度不宜小于 50mm,入槽深度不宜小于 15mm。L 形挂件的长度不宜小于 40mm;入槽深度不宜小于 10mm,也不宜大于 20mm;
- 2 槽口深度宜为挂件入槽深度加上 5mm;槽口深度大于 20mm 时,槽口长度宜为挂件长度加上 10mm,两边各为 5mm,但不宜大于 80mm;弧形槽的有效长度不应小于 80mm,

也不宜大于 100mm；槽口宽度宜为挂件入槽部位厚度加上 2mm，但不宜大于 8mm。槽口端部与石板对应端部的距离不宜小于板厚的 3 倍且不小于 85mm，也不宜大于 180mm。

**5.5.8** 连接石材面板的背栓及连接件应符合下列规定：

- 1 背栓宜采用 S316 系列不锈钢材料，其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 的规定；
- 2 背栓的螺纹应符合现行国家标准《普通螺纹 基本牙型》GB/T 192、《普通螺纹 直径与螺距系列》GB/T 193、《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196、《普通螺纹 公差》GB/T 197 的有关规定；
- 3 背栓直径应经计算确定，背栓直径不应小于 6mm；
- 4 背栓使用的不锈钢螺母应现行国家标准《扁圆头带榫螺栓》GB/T 15 的有关要求；
- 5 背栓可采用不锈钢材或铝合金型材连接件，其截面厚度不宜小于 3.0mm；转接件或托件可采用钢材，其截面厚度不应小于 3.0mm；
- 6 背栓挂件应设置防侧滑装置；
- 7 当石材板块板边大于 300mm 时每块上背栓数量不少于 4 个。

**5.5.9** 石材复合板的连接应符合下列规定：

- 1 石材蜂窝复合板应采用专用螺栓连接，锚固螺母应预先伸入石材面层，锚固螺母前端的锚固钢片长度不小于 15mm，厚度不小于 2mm，并采用结构胶与石材面层可靠粘接；
- 2 石材复合板的专用连接螺栓、锚固螺母、紧固螺母均宜采用 S31608 系列不锈钢材料，其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 的规定；
- 3 石材复合板专用连接螺栓的直径不宜小于 6mm。

**5.5.10** 石材面板转角组拼应在转角处增设连接件，并应符合下列规定：

- 1 参与组拼的板块应分别与石材幕墙支承结构连接。当单侧未与支承结构连接时，其转角连接件应进行承载力设计；
- 2 转角连接件应采用不锈钢或铝合金材料。不锈钢连接件的截面厚度不应小于 2mm，铝合金连接件的截面厚度不应小于 3mm；
- 3 转角连接件的间距不宜大于 500mm，支承件的数量不宜少于 2 个。

**5.5.11** 石材幕墙中女儿墙压顶、外窗台、外凸装饰线条上沿等特殊部位的面板不应采用密缝安装，不宜设置朝天缝。设计时应留设 3% 以上的排水坡度，并可沿着分缝方向增设滴水槽，滴水槽应作防水、防腐蚀处理。

## 5.6 短槽连接的石材面板

**5.6.1** 短槽连接的石材面板，其抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于板面的风荷载、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。四点支承矩形面板的最大弯曲应力标准值也可按下列公式计算：

$$s_{wk} = \frac{6mw_k b_0^2}{t^2} \quad (5.6.1-1)$$

$$s_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b_0^2}{t^2} \quad (5.6.1-2)$$

式中： $s_{wk}$ 、 $s_{Ek}$ ——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<sup>2</sup>）；

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支承点之间的距离（mm）， $a_0 < b_0$ ；

$t$ ——石材面板或超薄复合石板总厚度（mm）；

$m$ ——四角点支承板在均布荷载作用下最大弯矩系数，见表 5.6.1。

表 5.6.1 四点支持矩形石板弯矩系数  $m$  ( $\nu=0.125$ )

计算边长比 $\frac{a_0}{b_0}$	$m_{x_0}$	$m_{y_0}$	$m_{x_1}$	$m_{y_1}$
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

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

### 5.6.2 短槽连接的石材面板，其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，挂件在槽口处承受的剪应力标准值  $t_{pk}$  可按下列公式计算：

$$\text{两对边短槽连接时： } t_{pk} = \frac{q_k ab}{nA_p} b \quad (5.6.2-1)$$

$$\text{四边短槽连接时： } t_{pk} = \frac{q_k(2b-a)a}{4nA_p} b \quad (5.6.2-2)$$

式中： $t_{pk}$ ——挂件剪应力标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$q_k$ ——垂直于板面风荷载或地震作用标准值（N/mm<sup>2</sup>），即  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ；

$a$ 、 $b$ ——分别为面板的短边、长边边长（mm）；

$A_p$ ——挂件主要受力截面面积（mm<sup>2</sup>）；

$n$ ——条连接边上挂件的数量，四边连接时，为一条长边上的挂件数量；

$b$ ——应力调整系数，可按表 5.6.2 采用。

表 5.6.2 应力调整系数  $b$

每块板块挂件个数	4	6	8
$\beta$	1.25	1.30	1.35

2 挂件由各种作用产生的最大剪应力标准值，应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后挂件承受的剪应力设计值不应超过挂件的剪强度设计值  $f_a^v$  或  $f_s^v$ 。

### 5.6.3 短槽连接的矩形石材面板在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或地震作用下，挂件在石板槽口边产生的剪应力标准值 $t_k$ 可按下式计算：

$$\text{对边开槽： } t_k = \frac{q_k ab}{n(t-c)S} b \quad (5.6.3-1)$$

$$\text{四边开槽： } t_k = \frac{q_k (2b-c)a}{2n(t-c)S} b \quad (5.6.3-2)$$

式中： $t_k$ ——挂件在石板槽口边产生的石材剪应力标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$q_k$ ——垂直于板面风荷载或地震作用标准值（N/mm<sup>2</sup>），即 $w_k$ 或 $q_{Ek}$ ；

$t$ ——面板计算厚度（mm）；

$c$ ——槽口计算宽度（mm），当考虑到 2mm 开槽误差时，计算宽度为设计槽宽加上 2mm；

$S$ ——槽口剪切面总长度（mm），矩形槽时可取挂件长度加上 2 倍的入槽深度，弧形槽时可取为圆弧总长度；

$b$ ——应力调整系数，可按表 5.6.2 采用。

2 挂件由各种作用产生的最大剪应力标准值，应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后剪应力设计值不应超过石材面板的抗剪强度设计值 $f_r^v$ 。

5.6.4 短槽连接的矩形石材面板的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可按下式计算：

$$\text{对边开槽： } s_k = \frac{12q_k abh}{nb_s(t-c)^2} b \quad (5.6.4-1)$$

$$\text{四边开槽： } s_k = \frac{6q_k (2b-a)ah}{nb_s(t-c)^2} b \quad (5.6.4-2)$$

式中： $s_k$ ——石板槽口处产生的最大弯曲应力标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$q_k$ ——垂直于板面风荷载或地震作用标准值（N/mm<sup>2</sup>），即 $w_k$ 或 $q_{Ek}$ ；

$t$ ——面板计算厚度（mm）；

$c$ ——槽口计算宽度（mm），当考虑到 2mm 开槽误差时，计算宽度为设计槽宽加上 2mm；

$h$ ——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）；

$n$ ——一条连接边上挂件的数量，四边连接时，为一条长边上的挂件数量；

$b$ ——应力调整系数，可按表 5.6.2 采用。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值 $f_r^b$ 。

## 5.7 背栓连接的石材面板

5.7.1 背栓连接的石材面板，其抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于板面的风荷载、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。四点支承矩形面板的最大弯曲应力标准值也可按下列公式计算：

$$s_{wk} = \frac{6mw_k b_0^2}{t^2} \quad (5.7.1-1)$$

$$s_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b_0^2}{t^2} \quad (5.7.1-2)$$

式中： $s_{wk}$ 、 $s_{Ek}$ ——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<sup>2</sup>）；

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支撑点之间的距离（mm）， $a_0 \leq b_0$ ；

$t$ ——石材面板计算厚度（mm）；

$m$ ——四角点支承板在均布荷载作用下最大弯矩系数，可按表 5.6.1 采用。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

### 5.7.2 背栓抗拉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，背栓承受的拉力标准值可按下列公式计算：

$$N_{wk} = \frac{b w_k ab}{n} \quad (5.7.2-1)$$

$$N_{Ek} = \frac{b q_{Ek} ab}{n} \quad (5.7.2-2)$$

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

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$a$ 、 $b$ ——分别为石材面板短边、长边边长（mm）；

$n$ ——单块石材板块背栓个数；

$b$ ——应力调整系数，可按表 5.6.2 采用。

2 背栓拉力标准值应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后背栓承受的拉力设计值  $N_s$  应符合下式的要求：

$$N_s \leq \frac{N_t}{K_{st}} \quad (5.7.2-3)$$

式中： $N_s$ ——背栓承受拉力设计值（N）；

$N_t$ ——背栓抗拉承载力标准值（N）；

$K_{st}$ ——背栓抗拉承载力系数，取 2.15。

### 5.7.3 背栓抗剪设计应符合下列规定：

1 单个背栓在重力荷载作用下产生的最大剪力标准值可按下式计算：

$$V_k = \frac{G_k}{n} \quad (5.7.3-1)$$

式中： $V_k$ ——背栓最大剪力标准值（N）；

$G_k$ ——石板重力荷载作用标准值（N）；

$n$ ——单块石材板块背栓个数。

2 背栓最大剪力标准值应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后背栓承受的最大剪力设计值  $V$  应符合下式的要求：

$$V_s \leq \frac{V_t}{K_{sv}} \quad (5.7.3-2)$$

式中：  $V_s$  ——背栓最大剪力设计值 (N)；

$V_t$  ——背栓抗剪承载力标准值 (N)；

$K_{sv}$  ——背栓抗剪承载力系数，取 1.8。

**5.7.4** 当采用背栓锚固时，石材呈锥体破坏。背栓锚固处石材抗拉设计应符合下列规定：

**1** 背栓锚固处石材拉力设计值  $N_r$  等于此处背栓承受的拉力设计值  $N_s$ ，可按本规程 5.7.2 条规定计算。

**2** 背栓锚固处石材抗拉承载力可按下列公式计算：

$$N_{uk} = b_{zp} \cdot f_{cu}^{0.5} \cdot H_{ey}^{1.5} \quad (5.7.4-1)$$

式中：  $N_{uk}$  ——背栓锚固处石材抗拉承载力标准值 (N)；

$b_{zp}$  ——背栓连接石材的破坏系数，可取 12.5。背栓有效锚固深度小于 15mm 时，应乘以 0.8 的浅孔折减系数；

$f_{cu}$  ——石材抗压承载力标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$H_{ey}$  ——背栓有效锚固深度 (mm)，可取背栓锚固深度减去 1mm。

**3** 背栓锚固处石材最大拉力设计值应符合下式的要求：

$$N_r \leq \frac{N_{uk}}{K_u} \quad (5.7.4-2)$$

式中：  $N_r$  ——背栓锚固处石材最大拉力设计值 (N)；

$N_{uk}$  ——背栓锚固处石材抗拉承载力最大值 (N)；

$K_u$  ——石材锥体破坏时承载力系数，可取 2.15。

**5.7.5** 石材面板采用背栓连接时，应根据其连接形式采用恰当的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。

**5.7.6** 背栓之间的距离不宜大于 800mm 且不小于板厚的 5 倍；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，并宜符合下列规定：

$$a/5 \leq a_1 \leq a/4 \quad (5.7.6-1)$$

$$b/5 \leq b_1 \leq b/4 \quad (5.7.6-2)$$

式中：  $a$ 、 $b$  ——分别为石材面板短边、长边边长 (mm)；

$a_1$ 、 $b_1$  ——分别为面板短边背栓的中心线与石材面板边缘的距离、面板长边背栓的中心线与石材面板边缘的距离 (mm)，见图 5.7.6。

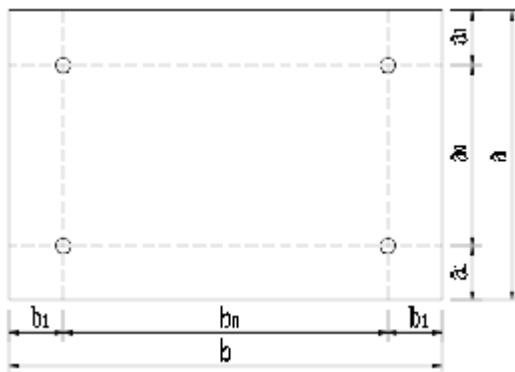


图 5.7.6 背栓边距

## 5.8 石材复合面板设计

**5.8.1** 在风荷载或垂直于面板方向的地震作用下，四点支承石材蜂窝复合板抗弯强度设计应符合以下规定：

1 在风荷载和垂直于面板方向的地震作用下，石材蜂窝复合板承受的最大弯曲应力标准值宜采用考虑几何非线性有限元方法计算。

2 四点支承的矩形板外表面的最大弯曲应力标准值可按下列公式近似计算：

$$s_{wk} = \frac{mw_k b_0^2}{w_e} \quad (5.8.1-1)$$

$$s_{Ek} = \frac{mq_{Ek} b_0^2}{w_e} \quad (5.8.1-2)$$

$$w_e = \frac{D_e}{El} \quad (5.8.1-3)$$

式中： $s_{wk}$ 、 $s_{Ek}$ ——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（ $N/mm^2$ ）；

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为垂直于板面的风荷载、地震作用标准值（ $N/mm^2$ ）；

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支撑点之间的距离（mm）， $a_0 \leq b_0$ ；

$m$ ——四点支承板在均布荷载作用下最大弯矩系数，可按表 5.6.1 采用；

$w_e$ ——石材蜂窝板的等效截面模量（ $mm^2$ ）；

$D_e$ ——石材蜂窝板的等效弯曲刚度（ $N \cdot mm$ ），由整板的弯曲性能试验所得，也可按《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336 的计算方法确定；

$E$ ——石材蜂窝板的弹性模量（ $N/mm^2$ ）；

$l$ ——石材蜂窝板中性轴距石材面板表面的距离（mm），计算方法按《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ 336 的计算方法确定。

3 石材复合板的等效弯曲刚度也可通过试验方法确定；

4 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合，组合后弯曲应力设计值不应超过石材复合板的石材面层的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

**5.8.2** 石材蜂窝复合板在垂直于面板的风荷载准作用下的挠度应符合下列规定：

1 四点支承的矩形石材蜂窝复合板的跨中挠度最大值可按下列公式计算：

$$d_f = \frac{mw_k b_0^4}{D_e} \quad (5.8.2)$$

式中： $d_f$ ——在垂直于面板的风荷载作用下，面板的跨中挠度最大值（mm）；

$m$ ——挠度系数，可按表 5.8.2-1 选用；

$w_k$ ——垂直于板面的风荷载标准值（ $N/mm^2$ ）；

$b_0$ ——四点支承面板支撑点之间的长边距离（mm）。

2 在垂直于面板风荷载标准值作用下，石材蜂窝复合板的挠度限值  $d_{f,lim}$  不宜大于表 5.8.2-2 规定的限值。

表 5.8.2-1 四点支撑石材蜂窝复合板挠度系数  $m$

$a_0/b_0$	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
$m$	0.0151	0.0147	0.0151	0.0157	0.0162	0.0171	0.0182	0.0195	0.0212	0.0232	0.0255

表 5.8.2-2 石材蜂窝复合板的挠度限值  $d_f \cdot lim$

背部衬板类别	铝蜂窝板	钢蜂窝板	玻纤蜂窝板
相对挠度值 $d_f \cdot lim$	L/120		L/180

注：L 板的长边边长。

5.8.3 石材复合板的专用连接螺栓之间的距离不宜大于 1200mm；连接螺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。

## 5.9 点挂与挂贴石材的构造设计

5.9.1 点挂与挂贴石材装饰工程，其支承结构宜为混凝土结构；当为砌体结构时，其挂点受力部位应进行加固处理。

5.9.2 点挂与挂贴外墙石材装饰工程，其基层易渗水部位应采取有效的防水措施。

5.9.3 点挂与挂贴外墙石材装饰工程底部应设置排水孔或通道。

5.9.4 点挂石材采用面板开缝安装时，挂件应设置防侧滑装置。

5.9.5 挂贴石材厚度和长宽尺寸应满足本规程 4.1.6 的要求。挂贴用石材的吸水率不宜高于 4%。

5.9.6 点挂石材采用植筋胶锚固时，其粘结材料可采用改性环氧树脂胶粘剂、改性乙烯基酯类胶粘剂以及改性氨基甲酸酯胶粘剂，不应采用不饱和聚酯树脂类锚固剂，其性能应符合国家现行标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 和《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定。并宜采用机械注入式和现场配制式锚固剂。

5.9.7 挂贴用粘结材料应符合国家现行标准《饰面石材用胶粘剂》GB/T 24264 和《陶瓷砖胶粘剂》JC/T 547 的规定，应采用聚合物乳液改性水泥基胶粘剂，性能应选用 C2 级以上产品。不应采用有机物作为主要粘结材料的胶粘剂。

5.9.8 挂贴用钢挂条应采用奥氏体型不锈钢，厚度不应小于 1.2mm。

5.9.9 挂贴外墙系统钢挂条上端采用膨胀锚栓固定时，锚栓长度应大于抹灰层总厚度，有效植入深度不应小于 50mm，每块板材挂点不应少于 2 个。

## 5.10 背栓连接的倒挂石材面板

5.10.1 背栓连接的水平倒挂石材面板，其抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于板面的风荷载、重力荷载、竖向地震作用下，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。四点支承矩形面板的最大弯曲应力标准值也可按下列公式计算：

$$s_{wk} = \frac{6mw_k b_0^2}{t^2} \quad (5.10.1-1)$$

$$s_{Gk} = \frac{6mG_k b_0^2}{t^2} \quad (5.10.1-2)$$

$$s_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b_0^2}{t^2} \quad (5.10.1-3)$$

式中： $s_{wk}$ 、 $s_{Ek}$ 、 $s_{Gk}$ ——分别为垂直于面板的风荷载、竖向地震作用、重力荷载下产生的最大弯曲应力标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ 、 $G_k$ ——分别为垂直于板面的风荷载、竖向地震作用、重力荷载标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支撑点之间的距离 (mm),  $a_0 \leq b_0$ ;

$t$ ——石材面板计算厚度 (mm);

$m$ ——四角点支承板在均布荷载作用下最大弯矩系数, 可按表 5.6.1 采用。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值, 应按本规程第 5.3.7 条规定进行组合, 组合后弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

### 5.10.2 背栓抗拉设计应符合下列规定:

1 在风荷载、重力荷载、竖向地震作用下, 背栓承受的拉力标准值可按下列公式计算:

$$N_{wk} = \frac{b w_k ab}{n} \quad (5.10.2-1)$$

$$N_{Ek} = \frac{b q_{Ek} ab}{n} \quad (5.10.2-2)$$

$$N_{Gk} = \frac{b G_k ab}{n} \quad (5.10.2-3)$$

式中:  $N_{wk}$ 、 $N_{Ek}$ 、 $N_{Gk}$ ——分别为垂直于板面的风荷载、竖向地震作用、重力荷载下产生的单个背栓的拉力标准值 (N);

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ 、 $G_k$ ——分别为垂直于板面的风荷载、竖向地震作用、重力荷载标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$a$ 、 $b$ ——分别为石材面板短边、长边边长 (mm);

$n$ ——单块石材板块背栓个数;

$b$ ——应力调整系数, 可按表 5.6.2 采用。

## 6 加工制作

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 石材槽、孔等加工宜在工厂进行。
- 6.1.2** 弯曲强度低于8MPa的石材表面应进行面胶加固处理。
- 6.1.3** 防坠背网应采用改性环氧树脂背网胶或水泥基背网胶进行粘贴，防坠背网织物应采用玻璃纤维布、碳纤维布或金属网。
- 6.1.4** 应根据石材使用部位和用途对石材表面进行防护处理，防护处理工艺宜在石材加工厂进行。对于施工时用水泥基胶粘剂进行粘接的石材，石材的底面、侧面应同时进行防护处理。石材在所有加工程序完毕后，在确保石材防护面干燥、干净的前提下方可进行防护处理。
- 6.1.5** 石材的颜色花纹控制应从毛光板开始，同一装饰面颜色、花纹符合设计效果；工程需要石材量较大时，应从矿山荒料控制，确保荒料在相邻的同一层面上采取，同一空间颜色协调，不同区域颜色自然过渡。
- 6.1.6** 石材加工应按每个装饰面进行排板编号，现场安装时应按排板的编号对应安装。
- 6.1.7** 石材修补时调胶比例应按胶粘剂的使用说明进行，并应避免扬尘和对水源造成污染，大的孔洞修补物宜采用本体石粒和石粉进行调配。修补后的石材应不降低装饰面的整体效果和结构强度。
- 6.1.8** 石材组合面板间应采用铝合金、不锈钢等金属连接件进行连接，并使用环氧树脂类胶粘剂粘接，不应采用胶粘剂进行粘接连接或钢销片连接。

### 6.2 金属构件

**6.2.1** 石材面板用连接件、支承件的加工应符合下列规定：

- 1 连接件、支承件外观应平整，不应有裂纹、毛刺、凹凸、翘曲、变形等缺陷；
- 2 连接件、支承件加工尺寸允许偏差应符合表 6.2.1 的规定，见图 6.2.1。

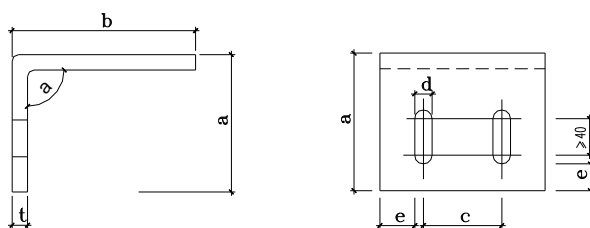


图 6.2.1 连接件、支承件尺寸示意图

表 6.2.1 连接件、支承件尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	项目	允许偏差
连接件高 $a$	+5 -2	边距 $e$	+1.0 0
连接件长 $b$	+5 -2	壁厚 $t$	+0.5 -0.2
孔距 $c$	$\pm 1.0$	角度 $\alpha$	$\pm 2^\circ$
孔宽 $d$	+1.0 0		

**6.2.2** 金属挂件加工长度尺寸允许偏差应符合现行国家标准《干挂石材用金属挂件》GB/T 32839 的规定。

### 6.3 天然石材

**6.3.1** 石材加工图应标明产品编号、批次、排板编号、规格、数量、纹路、等级和工艺要求及必要的图示，按照设计要求和供货时间顺序分批加工。

**6.3.2** 设计装饰面的平面排板图，不同的装饰面应有不同的标志，不同的加工应要有不同的标识，同一装饰面的不同位置应有不同的编号且具唯一性。

**6.3.3** 幕墙饰面石板的加工制作应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086、现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 的规定。

**6.3.4** 石材加工尚应符合以下要求：

1 带有明显纹理特征的石材，有要求时切割规格板材时同批宜进行追纹调整，保持石材花纹特征一致；

2 石材应按照整个装饰面进行排板，有要求时相邻部位色差基本调和，按排板图的位置和编号对每块石材进行唯一标记；

3 装饰面面积过大无法实现整面排板时或要与其他装饰面衔接时，可以分段分区域进行小范围排板，每次排板时应保留与该区域相邻的一排已排好的石材作为对照；

4 石材侧面同时为装饰面时应按设计要求进行磨抛或其它工艺处理；

5 特殊工艺的装饰面应符合设计要求。

### 6.4 石材复合板

**6.4.1** 采用超薄石材复合板的工程应按设计要求选择复合基材，基材可选用陶瓷、石材、玻璃、铝蜂窝、树脂蜂窝、玻璃纤维网、树脂等，并根据承载要求确定面板厚度。

**6.4.2** 石材蜂窝复合板加工时，连接用异形螺母应复合前采用预埋方式安装，不应在复合后打孔植入，并应采用改性环氧树脂类或改性聚氨酯类胶粘剂进行填缝固定。

**6.4.3** 石材复合板基材的厚度应符合设计要求。

### 6.5 石材马赛克

**6.5.1** 马赛克背衬的粘贴应使用改性环氧树脂类或改性聚氨酯类胶粘剂。

**6.5.2** 颗粒尺寸不大于10mm的石材马赛克，背衬宜采用陶瓷板。

**6.5.3** 颗粒尺寸大于10mm的石材马赛克宜采用玻璃纤维网作为背衬，网孔直径应与石粒尺寸的比例应符合现行行业标准《石材马赛克》JC/T 2121的规定。

**6.5.4** 采用水泥基胶粘剂粘贴的石材马赛克颗粒，其背面涂胶的面积不宜超过全部面积的50%。

### 6.6 仿石瓷板、微晶石

**6.6.1** 仿石瓷板和微晶石板加工除应符合现行行业标准《建筑幕墙用瓷板》JG/T 217 和《建筑装饰用微晶玻璃》JC/T 872 的规定外，尚应符合表 6.6.1 的规定。

表 6.6.1 瓷板、微晶石面板加工允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
长度	±1.0
对角线差	±2.0

6.6.2 仿石瓷板、微晶石面板的槽口加工应符合下列规定：

- 1 槽口加工宜采用专用设备，不宜采用手持机械；
- 2 槽口的宽度、长度、位置应符合设计要求；
- 3 槽口侧面不应有损坏或崩裂现象，槽口内壁应光滑、洁净，不应有目视可见的阶梯；
- 4 槽口连接部位应无爆边、裂纹等缺陷；
- 5 槽口加工允许偏差应符合表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 仿石瓷板、微晶石面板槽口加工允许偏差 (mm)

项目	宽度	长度 (短槽)	深度	槽端到板端边距离	槽中心线到正面的距离
允许偏差	+0.5	+10.0	+1.0	+10.0	+0.5
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6.6.3 背栓孔加工尺寸示意图见图 6.6.3，允许偏差应符合表 6.6.3 的规定。加工后对背双孔的形状及缺陷进行抽查，可按附录 B 的方法进行。

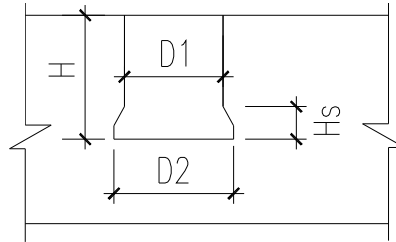


图 6.6.3 背栓孔加工尺寸示意图

表 6.6.3 背栓孔加工尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差
直孔孔径 D <sub>1</sub>	+0.4 0
扩孔孔径 D <sub>2</sub>	±0.3
钻孔深度 H	+0.2 0
扩孔深度 H <sub>s</sub>	+0.3 0
孔中心到端边距离	+5.0 -1.0

## 6.7 人造石

6.7.1 人造石所用材料的用料应符合下列规定：

- 1 应根据产品类型和应用环境，选择适当的原料切割，保证产品有足够的养护期；
- 2 研究图纸，计算用料，选择最经济的类型和边形结构，保证最大出材率；
- 3 选择同品种、同批号和相邻序号的板材，保持色差基本一致。

6.7.2 人造石加工应符合下列规定：

- 1 加工过程中应采取措施防止出现崩边、爆角等严重损伤，安装连接部位不应有裂纹

等缺陷；

2 人造石材的局部损伤等缺陷可进行修补，修补后不应影响人造石材的装饰效果，也不应降低人造石材的结构强度；

3 有花纹设计或特殊形状的人造石板材应进行预拼装，拼装后应在背面标明拼装顺序。

6.7.3 树脂型岗石、树脂型石英石板材的加工质量和外观质量应符合现行国家标准《树脂型合成石板材》GB/T 35157 的规定。

6.7.4 无机型人造石的加工质量应符合表 6.7.4-1 的规定，外观质量应符合表 6.7.4-2 的规定，板材不应断裂后再粘接。

表 6.7.4-1 无机型人造石加工质量要求

检验项目		技术要求		检验方法
		A级	B级	
光泽度（光泽单位）		光板 >70		按《建筑饰面材料镜向光泽度测定方法》GB/T 13891 试验
板材尺寸偏差（mm）	边长	0 -1.0	0 -1.5	使用卷尺、游标卡尺、角度尺和钢直尺等量具，参照 GB/T 19766 检测
	厚度	±1.0	±2.0	
平面度公差（mm）	L ≤ 400	≤ 0.2	≤ 0.4	
	400 < L ≤ 800	≤ 0.5	≤ 0.7	
	L > 800	≤ 0.7	≤ 0.9	
角度公差（mm）	L ≤ 400	≤ 0.3	≤ 0.6	
	400 < L ≤ 800	≤ 0.4	≤ 0.8	
	L > 800	≤ 0.5	≤ 0.9	

表 6.7.4-2 无机型人造石外观质量要求

检验项目		技术要求		检验方法
		A级	B级	
缺角	缺角面积不超过 5mm×2mm（小于 2mm×2mm 不计），每块板允许个数	0	≤ 2	目测配合卷尺、游标卡尺、钢直尺测量
缺棱	缺棱长度不超过 10mm，宽度不超过 1.2mm（长度 ≤ 5mm，宽度 ≤ 1mm 不计），周边每米长允许个数			
裂纹	长度不超过两端顺延至板边总长度的 1/10（长度小于 20mm 不计），每块允许条数（不包括骨料中石粒或石块自身带来的裂纹和仿天然石裂纹）			
	用于干挂工程的板材不允许有裂纹存在			
自然斑印	生产产生的符合自然感官的微小斑印，面积 ≤ 15mm×30mm（面积小于 10mm×10mm 不计），每块允许个数	0	≤ 3	
色调、花纹	同一批板材的色调应基本调和，花纹应基本一致，色差不明显			

6.7.5 异型人造石的加工要求应符合现行行业标准《异型人造石制品》JC/T 2325 的规定。

## 7 安装施工

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 石材装饰工程施工应在主体结构工程验收合格后进行，安装幕墙的主体结构，应符合有关结构施工质量验收规范的要求。

**7.1.2** 进场的石材装饰工程构件及附件的材料品种、规格、色泽花纹和性能应符合设计要求，主要材料应进行复检，合格后方可进行安装。

**7.1.3** 施工前应对预埋件或后置锚固件进行检查，对后置锚固件进行现场拉拔性能检测，后置锚固件不应直接设置在填充砌体中。

**7.1.4** 石材幕墙工程应按规定进行性能测试，宜在现场试安装，经建设方、监理、设计单位认可后方可正式施工。

**7.1.5** 石材幕墙工程、点挂外墙工程和按幕墙要求的室内工程施工前应编制专项施工方案。

**7.1.6** 石材幕墙工程在变形缝处部位的施工应符合设计要求。

**7.1.7** 幕墙工程的施工测量应符合下列规定：

- 1 幕墙分格轴线、水平标高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，不应累积。放线时应进行多次校正；
- 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。

**7.1.8** 石材装饰工程安装过程中，对构配件半成品、成品应采取有效的保护措施。

**7.1.9** 进行焊接作业时，应对受其影响的区域采取有效的保护措施。施焊后应对受到焊接影响的构配件进行表面防护处理。

**7.1.10** 石材装饰工程完工后应采用绿色环保清洗剂进行清洗，清洗剂不应对面板造成损害。

**7.1.11** 施工前应做好下列技术准备工作：

- 1 对施工技术文件进行汇审，参加图纸交底会，做好图纸汇审记录，建设单位、设计单位、监理单位、施工单位签字齐全；
- 2 与设计单位、建设单位共同确认饰面板材料样板，必要时进行封样；
- 3 制定专项的施工方案并组织书面技术与安全交底；
- 4 进场原材料、半成品、成品应有产品质量合格证、性能检测报告、商检证明（进口材料）等质量证明材料。进口材料应有中文安装使用说明书以及性能检测报告。涉及消防、环保、功能要求等原材料、半成品、成品，需按相关规定进行相应技术指标复试或见证取样。

**7.1.12** 石材面板施工前，施工现场应具备下列条件：

- 1 石材面板施工前，应先进行工程样板（间）施工，工程样板验收合格后，方可进行大面积饰面板工程施工；
- 2 后置埋件应做现场拉拔强度试验，其拉拔强度应符合设计要求；

3 饰面板内侧的各种管线、管道、设备、设施、骨架等隐蔽项目均已经质量检查、验收合格。

## 7.2 石材幕墙

**7.2.1** 石材幕墙工程施工之前，现场应具备安装施工条件，并应对工程的施工图及其他设计文件进行会审、技术交底。

**7.2.2** 构件储存时宜依照石材装饰工程安装顺序排列放置，储存位置应有足够的承载力和刚度。

**7.2.3** 石材幕墙工程与主体结构连接应采用预埋件，条件不具备时可采用后置埋件。预埋件应在主体结构施工时按设计要求埋设。预埋件的施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定及设计要求。后置埋件的施工应符合现行标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定及设计要求。当预埋件位置偏差过大或未预埋埋设预埋件时，应采取有效的补救措施。

**7.2.4** 后置埋件施工应符合下列要求：

- 1 锚栓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，必要时进行极限拉拔试验；
- 4 锚栓直径和有效锚固深度应通过承载力计算确定，并且锚栓直径不应小于 10mm，有效锚固深度不应小于 110mm；

5 就位后需焊接作业的后置埋件宜使用机械扩底锚栓。采用倒锥形化学锚栓焊接时应采取措施防止化学锚栓受热失效的措施，并应有焊接高温后抗拉承载力检验报告。

**7.2.5** 石材幕墙工程构件安装前应进行检验与校正，不合格的构件不应安装使用。

**7.2.6** 有防雷接地要求的预埋件或后置埋件，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。

**7.2.7** 天然石材面板在安装前应绘制排版图并在加工厂或现场进行预排版，石材面板的连接构造应符合设计要求。

**7.2.8** 构件式石材幕墙安装应符合下列规定：

- 1 测量，对埋件进行检查、补救、调整；
- 2 对横、竖连接件进行检查、测量和调整，减少龙骨的安装误差；
- 3 按照设计要求安装石材面板，调整完毕后进行固定。

**7.2.9** 构件式石材幕墙立柱的间距应符合设计要求。钢立柱应根据现场测量放线定位施工，宜先施工同一墙面的两端立柱，检查合格后拉通线，然后按顺序安装中间立柱，幕墙立柱的安装应符合下列规定：

- 1 立柱安装轴线的允许偏差为 2mm；
- 2 相邻两根立柱安装标高差不应大于 3mm，同层立柱最大标高差不应大于 5mm；相邻两根立柱固定点距离的允许偏差为±2mm；
- 3 立柱安装就位、调整后应及时紧固。

**7.2.10** 幕墙横梁的安装应符合下列规定：

1 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；采用密封胶缝时，胶缝应均匀、密实、连续；

2 每安装完成一层后，应及时进行检查、校正和固定。

**7.2.11** 幕墙其他主要附件安装应符合下列规定：

1 隔热层及防火、保温材料应铺设平整、可靠固定，拼接处不应留缝隙；

2 冷凝水排出管及其附件应与水平构件预留孔连接严密，与内衬板排水孔连接处应采取密封措施；

3 通气槽、孔及雨水排出口等应按设计要求施工，不应遗漏；

4 封口处应进行封闭处理；

5 安装施工采用的临时螺栓等，应在幕墙固定后及时拆除。

**7.2.12** 构件式幕墙安装允许偏差应符合表 7.2.12 的规定。

表 7.2.12 构件式幕墙安装允许偏差

序号	项目	尺寸范围	允许偏差 (mm)	检查方法
1	相邻立柱间距（固定端）	——	±2.0	金属直尺
2	相邻两横梁间距（mm）	≤2000mm	±1.5	金属直尺
		>2000mm	±2.0	金属直尺
3	框格对角线长度差	$L \leq 2000\text{mm}$	≤3.0	金属直尺或钢卷尺
		$L > 2000\text{mm}$	≤3.5	金属直尺或钢卷尺
4	立柱、竖缝及墙面的垂直度	$H \leq 30\text{m}$	≤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	
		$H > 90\text{m}$	≤25.0	
5	立柱、竖缝直线度	——	≤2.0	2.0 米靠尺与塞尺
6	立柱、墙面的平面度	相邻两立柱平面	≤2.0	经纬仪
		$B \leq 20\text{m}$	≤4.0	
		$20\text{m} < B \leq 40\text{m}$	≤5.0	
		$40\text{m} < B \leq 60\text{m}$	≤6.0	
		$60\text{m} < B \leq 80\text{m}$	≤10.0	
		$B > 80\text{m}$	≤15.0	
7	横梁、横缝水平度	$L \leq 2000\text{mm}$	≤1.0	水平仪
		$L > 2000\text{mm}$	≤2.0	
8	同一标高横梁的高度差	相邻横梁、面板	≤1.0	水平仪、钢卷尺
		$B \leq 35\text{m}$	≤5.0	
		$B > 35\text{m}$	≤7.0	
9	板缝偏差（与设计值比较）	——	±1.0	卡尺
10	弧形立柱外表面与设计位置偏差	——	≤2.0	经纬仪

注：H 为幕墙总高度，B 为幕墙总宽度，L 为框格长边边长。

**7.2.13** 石材幕墙安装应符合下列规定：

- 1 石材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，安装并调整后进行固定；
- 3 构件式石材幕墙安装允许偏差除应符合本规程表 7.2.12 的规定外，其石材挂件安装尚应符合表 7.2.13 的要求。

**表 7.2.13 石材幕墙挂件安装允许偏差**

项目	允许偏差 (mm)	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
背栓挂件插入 (锚入) 支承横梁凸缘的深度 (与设计值比)	±1.0	金属直尺

**7.2.14** 硅酮建筑密封胶不宜在夜晚、雨天、低温天、雾天施工，注胶温度、湿度应符合产品要求和设计要求，注胶前应使注胶面保持清洁、干燥。

**7.2.15** 单元式幕墙的吊装、运输、材料堆放应符合现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133 的要求。

**7.2.16** 单元式幕墙现场连接件安装焊接、调整完毕后，应及时进行防腐处理。连接件安装允许偏差应符合表 7.2.16 的规定。

**表 7.2.16 连接件安装允许偏差**

项目	允许偏差 (mm)	检查方法
标高	±1.0	水准仪
连接件两 endpoint 平行度	≤1.0	金属直尺
距安装轴线水平距离	±1.0	金属直尺
垂直偏差 (上、下两 endpoint 与垂线偏差)	≤1.0	金属直尺
两连接件连接点中心水平距离	±1.0	金属直尺
上、下对角的两连接件的对角线差	≤1.0	金属直尺
相邻三连接件 (上下、左右) 偏差	±1.0	金属直尺

**7.2.17** 单元式幕墙的安装尚应符合下列规定：

- 1 单元板块就位后应及时进行校正和与连接部位的固定；
- 2 固定牢固后方可拆除吊具，并应及时清洁单元板块的型材槽口；
- 3 对焊接部位应进行防腐处理；
- 4 应按设计要求安装防雷装置、保温层、防火层。防火材料应固定牢固，防火层应平整，拼接处不留缝隙，完成后应进行隐蔽工程验收。幕墙工程安装完毕后，应及时清洁幕墙；清洁时应选用合适的清洁剂，避免腐蚀和污染已安装完毕的幕墙；
- 5 单元式幕墙安装允许偏差应符合表 7.2.17 的要求；

表 7.2.17 单元式幕墙安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查方法
竖缝及墙面垂直度	$H \leq 30\text{m}$	$\leq 10.0$	激光经纬仪或经纬仪
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15.0$	
	$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	$\leq 20.0$	
	$H > 90\text{m}$	$\leq 25.0$	
幕墙平面度		$\leq 2.5$	2m 靠尺、金属直尺
竖缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺、金属直尺
横缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺、金属直尺
缝宽度 (与设计值比)		$\pm 1.0$	卡尺
两相邻面板之间十字接缝的高低差		$\leq 1.0$	深度尺
横缝直线度	$L \leq 20\text{m}$	$\leq 1.0$	激光经纬仪或经纬仪
	$20\text{m} < L \leq 60\text{m}$	$\leq 3.0$	
	$60\text{m} < L \leq 100\text{m}$	$\leq 6.0$	
	$L > 100\text{m}$	$\leq 10.0$	
同层单元组件标高差	$W \leq 35\text{m}$	$\leq 3.0$	激光经纬仪或经纬仪
	$W > 35\text{m}$	$\leq 5.0$	
相邻两组件面板表面的高低差		$\leq 1.0$	深度尺
两组件对插件接缝搭接长度 (与设计值比)		$\pm 1.0$	卡尺
两组件对插件距槽底距离 (与设计值比)		$\pm 1.0$	卡尺

注: H 为幕墙总高度, L 为板缝长度, W 为同层宽度。

- 6 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;
- 7 单元板块的安装编号与顺序应符合设计要求。

### 7.3 点挂石材

**7.3.1** 点挂装饰工程面板安装应符合现行行业标准《点挂外墙板装饰工程技术规程》JGJ 321 的规定。

**7.3.2** 点挂石材装饰工程面板安装就位后, 安装允许偏差和检验方法应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 点挂石材装饰工程的安装允许偏差和检验方法

项次	项目	允许偏差 (mm)		检查方法
		光面	麻面	
1	面板水平度	$\leq 3.0$		用水平仪检查
2	2m 范围内面板垂直度	$\leq 3.0$		用 2m 垂直检测尺检查
3	单块面板上沿水平度	$\leq 2.0$		用 1m 水平尺和金属直尺检查
4	相邻板材板角错位	$\leq 1.0$		用金属直尺检查
5	外墙表面平整度	$\leq 2.0$	$\leq 3.0$	用 2m 垂直检测尺检查
6	阳角方正	$\leq 2.0$	$\leq 4.0$	用直角检测尺检查

续表 7.3.2

项次	项目	允许偏差 (mm)		检查方法
		光面	麻面	
7	接缝直线度	≤3.0	≤4.0	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用金属直尺检查
8	接缝高低差	≤1.0	—	用金属直尺和塞尺检查
9	接缝宽度	≤1.0	≤2.0	用金属直尺检查

#### 7.4 挂贴石材

**7.4.1** 挂贴石材施工时, 基层墙体应具有足够的强度和稳固性。混凝土墙、柱面不宜抹灰。

**7.4.2** 饰面的墙柱体的基层表面应规整、粗糙、洁净, 对于光滑的基底表面, 要先进行“毛化”处理。

**7.4.3** 挂贴石材前, 应铲除石材面板的临时背网, 并对石材背、侧面进行界面处理。

**7.4.4** 挂贴石材施工应自下而上挂贴饰面板, 先挂贴两端饰面板, 再拉通线定中间部位饰面板上沿位置。

**7.4.5** 饰面板绑扎用钢筋网 (一般为  $\Phi 6$  钢筋) 应用后置锚件与基层墙体连接牢固。

**7.4.6** 饰面板安装前, 应将其侧面和背面清扫干净, 每块板的上、下固定点数量不应少于 2 个。

**7.4.7** 墙面上有电气插座、电气显示器等设备孔洞时, 应按准确尺寸套割孔洞, 面板安装后不应看见切口缝隙。

**7.4.8** 饰面板安装完毕后, 随时清除所有封缝材料和余浆痕迹。按设计要求嵌缝, 缝隙要密实、均匀、干净、颜色一致。

**7.4.9** 冬期石材面板粘贴施工时, 灌注砂浆温度不宜低于  $5^{\circ}\text{C}$ , 环境温度不应低于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

**7.4.10** 挂贴石材安装的允许偏差应符合表 7.4.10 的规定。

表 7.4.10 挂贴石材允许偏差

项次	项目	允许偏差 (mm)				检查方法
		天然石材			水磨石	
		光面	麻面	蘑菇石		
1	立面垂直度	≤2.0	≤3.0	≤3.0	≤2.0	2m 垂直检测尺检查
2	表面平整度	≤1.0	≤3.0	—	≤1.0	用 2m 靠尺和塞尺检查
3	阴阳角方正	≤2.0	≤4.0	≤4.0	≤2.0	用检测尺检查
4	接缝直线度	≤1.0	≤4.0	≤4.0	≤1.0	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用钢直尺检查
5	墙裙、勒脚上口直线度	≤1.0	≤3.0	≤3.0	≤1.0	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用钢直尺检查
6	接缝高低差	≤0.5	≤3.0	—	≤1.0	用钢直尺和塞尺检查
7	接缝宽度 (与设计值比)	≤1.0	≤2.0	≤2.0	≤1.0	用钢直尺检查

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/006005232025011021>