ICS 91.080.01
CCS P 20

DB32

江　苏　省　地　方　标　准

DB32/T 4065—2021

建筑幕墙工程技术标准

Technical standard for buildingcurtain wall engineering

地方标准信息服务平台

2021-06-04 发布　　2021-12-01 实施

江苏省市场监督管理局 江苏省住房和城乡建设厅　　发 布

目　　次

前　　言 IIIV
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 5
4 材料 7
4.1 一般规定 7
4.2 铝合金型材 8
4.3 钢材 9
4.4 玻璃 9
4.5 石材 10
4.6 金属板材 10
4.7 复合板材 12
4.8 人造板材 14
4.9 连接件与紧固件 14
4.10 密封材料和粘接材料 15
4.11 其他材料 16
5 建筑 16
5.1 一般规定 16
5.2 性能要求 17
5.3 安全措施 19
5.4 构造设计 19
5.5 面板接缝设计 20
5.6 幕墙光反射 22
5.7 热工设计 22
5.8 防火设计 24
5.9 防雷设计 27
5.10 幕墙开启窗设计 28
6 结构设计 29
6.1 一般规定 29
6.2 材料力学性能与物理性能 31
6.3 荷载与作用 47
6.4 荷载与作用效应组合 49
6.5 连接设计 50
6.6 硅酮结构密封胶设计 51
6.7 紧固件设计 53
6.8 埋件设计 53
7 面板及其连接设计 60
7.1 一般规定 60
7.2 玻璃面板及其连接设计 61

地方标准信息服务平台

7.3 单层金属面板及其连接设计 68
7.4 石材面板及连接设计 71
7.5 人造板材面板及连接设计 81
7.6 复合面板及连接设计 92
8 构件式幕墙 94
8.1 一般规定 94
8.2 横梁构造设计 95
8.3 立柱构造设计 96
8.4 横梁结构设计 96
8.5 立柱结构设计 98
9 单元式幕墙 101
9.1 一般规定 101
9.2 构造设计 102
9.3 结构设计 104
10 双层幕墙 106
10.1 一般规定 106
10.2 构造设计 107
10.3 通风设计 107
10.4 热工、遮阳、隔声设计 108
10.5 防水设计 111
11 全玻璃幕墙 111
11.1 一般规定 111
11.2 面板 112
11.3 玻璃肋 112
11.4 胶缝 114
11.5 连接设计 114
12 点支承玻璃幕墙 115
12.1 一般规定 115
12.2 面板设计 115
12.3 支承装置 117
12.4 支承体系 117
13 采光顶、雨篷与金属屋面 120
13.1 一般规定 120
13.2 性能和检测 120
13.3 排水及防渗漏设计 121
13.4 结构设计 123
13.5 构造设计 124
14 加工制作 128
14.1 一般规定 128
14.2 铝型材构件 128
14.3 钢构件 130
14.4 玻璃面板 132
14.5 金属面板 135

地方标准信息服务平台

14.6 石材面板 137
14.7 人造板材 141
14.8 明框幕墙组件 145
14.9 隐框、半隐框幕墙组件 146
14.10 单元式幕墙组件 147
14.11 金属屋面板 149
14.12 构件检验 151
14.13 包装、运输与贮存 151
15 安装施工 151
15.1 一般规定 151
15.2 安装施工准备 153
15.3 预埋件、后锚固连接件 154
15.4 构件式幕墙 155
15.5 单元式幕墙 156
15.6 全玻璃幕墙 159
15.7 点支承玻璃幕墙 159
15.8 采光顶 160
15.9 金属屋面 161
15.10 安全规定 165
16 检验与检测 166
16.1 一般规定 166
16.2 材料检验 166
16.3 性能检测 167
16.4 现场检测 168
17 工程验收 168
17.1 一般规定 168
17.2 主控项目 170
17.3 一般项目 171
18 维护保养 177
18.1 一般规定 177
18.2 检查与维护 177
18.3 清洗 179
附 录 A （规范性） 隔热铝合金型材 180
附 录 B （资料性） 槽式预埋件设计 192
附 录 C （资料性） 石材蜂窝复合板等效弯曲刚度计算 213
附 录 D （资料性） 弹性板的弯矩系数和挠度系数 215
附 录 E （资料性） 交叉肋的弯矩系数和剪力系数 221
附 录 F （资料性） 多跨铰接梁弯矩、挠度和反力 223

地方标准信息服务平台

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由江苏省装饰装修发展中心、南京环达装饰工程有限公司提出。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅归口。

本文件起草单位：苏省装饰装修发展中心、南京环达装饰工程有限公司、江苏省装饰幕墙工程有限公司、江苏省土木建筑学会、江苏省装饰装修行业协会、江苏省建筑工程质量检测中心有限公司、南京市江北新区建设和交通工程质量安全监督站、南通承悦装饰集团有限公司。

本文件主要起草人：刘长龙、高枫、孔令虎、周东、冯耘、李德生、晁晓刚、曹宁、朱燕明、计苓、李刚、王贤平、张同林、周浩、毛桂余、谢衍、张晓巍、孙明录、施忠亮、陈得生。

地方标准信息服务平台

建筑幕墙工程技术标准

1 范围

本标准规定了建筑幕墙工程的术语和符号、材料、建筑设计、结构设计、面板及连接设计、构件式幕墙、单元式幕墙、双层幕墙、全玻璃幕墙、点支承玻璃幕墙、采光顶与金属屋面、加工制作、检验与检测、工程验收、维护保养。

本标准适用于江苏省新建、改建及扩建民用建筑用建筑幕墙、采光顶与金属屋面工程的设计、制作、安装施工、检测、工程验收以及维修保养。

本标准不适用于建筑高度大于300m的玻璃幕墙、金属幕墙，建筑高度大于150m的花岗岩石材幕墙，建筑高度大于24m的非花岗岩石材幕墙，建筑高度大于100m的人造板幕墙工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 859 轻型弹簧垫圈
GB 6566 建筑材料放射性核素限量
GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
GB 11614 平板玻璃
GB 14907 钢结构防火涂料
GB 15763 建筑用安全玻璃
GB 16776 建筑用硅酮结构密封胶
GB 23864 防火封堵材料
GB 24266 中空玻璃用硅酮结构密封胶
GB 50009 建筑结构荷载规范
GB 50010 混凝土结构设计规范
GB 50011 建筑抗震设计规范
GB50015 建筑给水排水设计规范
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50018 冷弯薄壁型钢结构技术规范
GB 50057 建筑物防雷设计规范
GB 50176 民用建筑热工设计规范
GB50189 公共建筑节能设计标准
GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
GB 50345 屋面工程技术规范
GB 50352 民用建筑设计统一标准
GB 50429 铝合金结构设计规范

江苏省标准信息服务平台

GB 50576　铝合金结构工程施工质量验收规范
GB 50661　钢结构焊接规范
GB 50896　压型金属板工程应用技术规范
GB 51348　民用建筑电气设计标准
GB/T 2　紧固件 外螺纹零件末端
GB/T 41　Ⅰ型六角螺母C级
GB/T 95　平垫圈C级
GB/T 97.1　平垫圈A级
GB 152.1　紧固件 铆钉用通孔
GB/T 152.2　紧固件 沉头螺钉用沉孔
GB 152.3　紧固件 圆柱头用沉孔
GB/T 197　普通螺纹 公差
GB/T 700　碳素结构钢
GB/T 818　十字槽盘头螺钉
GB/T 845　十字槽盘头自攻螺钉
GB/T 983　不锈钢焊条
GB/T 1591　低合金高强度结构钢
GB/T 1220　不锈钢棒
GB/T 2040　铜及铜合金板材
GB/T 2100　一般用途耐蚀钢铸件
GB/T 2518　连续热镀锌钢板及钢带
GB/T 2790　胶粘剂180度剥离强度试验方法 挠性材料对刚性材料
GB/T 3077　合金结构钢
GB/T 3098.1～3、GB/T 3098.5～23　紧固件机械性能
GB/T 3190　变形铝及铝合金化学成分
GB/T 3274　碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
GB/T 3280　不锈钢冷轧钢板
GB/T 3621　钛及钛合金板材
GB/T 3880.1～3　一般工业用铝及铝合金板、带材
GB/T 4171　耐候结构钢
GB/T 4226　不锈钢冷加工棒
GB/T 4237　不锈钢热轧钢板和钢带
GB/T 4240　不锈钢丝
GB/T 5117　非合金钢及细晶粒钢焊条
GB/T 5118　低合金钢焊条
GB/T 5224　预应力混凝土用钢绞线
GB/T 5237.1～6　铝合金建筑型材
GB/T 5277　紧固件 螺栓和螺钉
GB/T5574　工业用橡胶板
GB/T 5780　六角头螺栓 C级
GB/T 5781　六角头螺栓 全螺纹 C级
GB/T 5280　自攻螺钉用螺纹
GB/T 6891　铝及铝合金压型板

地方标准信息服务平台

GB/T 6967　工程结构用中、高强度不锈钢铸件
GB/T 8162　结构用无缝钢管
GB/T 8478　铝合金门窗
GB/T 9145　普通螺纹中等精度、优选系列的极限尺寸
GB/T 9944　不锈钢丝绳
GB/T 9978.8　建筑构件耐火试验方法第8部分：非承重垂直分隔构件的特殊要求
GB/T 10858　铝及铝合金焊丝
GB/T 11835　绝热用岩棉、矿渣棉及其制品
GB/T 11944　中空玻璃
GB/T 12513　镶玻璃构件耐火试验方法
GB/T 12618.4　开口型平圆头抽芯铆钉 51级
GB/T 12754　彩色涂层钢板及钢带
GB/T 12755　建筑用压型钢板
GB/T 13912　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 14370　预应力筋用锚具、夹具和连接器
GB/T 14683　硅酮和改性硅酮建筑密封胶
GB/T 14978　连续热镀铝锌合金镀层钢板及钢带
GB/T 15227　建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法
GB/T 15856.1　十字槽盘头自钻自攻螺钉
GB/T 15856.2　十字槽沉头自钻自攻螺钉
GB/T 15856.3　十字槽半沉头自钻自攻螺钉
GB/T 15856.4　六角法兰面自钻自攻螺钉
GB/T 15856.5　六角凸缘自钻自攻螺钉
GB/T 16474　变形铝及铝合金牌号表示方法
GB/T 16475　变形铝及铝合金状态代号
GB/T 17748　建筑幕墙用铝塑复合板
GB/T 17793　加工铜及铜合金板带材 外形尺寸及允许偏差
GB/T 17841　半钢化玻璃
GB/T 18250　建筑幕墙平面内变形性能检测方法
GB/T 18575　建筑幕墙抗震性能振动台试验方法
GB/T 18600　天然板石
GB/T 18601　天然花岗石建筑板材
GB/T 18915.1～2　镀膜玻璃
GB/T 19155　高处作业吊篮
GB/T 19686　建筑用岩棉绝热制品
GB/T 19766　天然大理石建筑板材
GB/T 20118　钢丝绳通用技术条件
GB/T 20492　锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线
GB/T 20934　钢拉杆
GB/T 21086　建筑幕墙
GB/T 23261　石材用建筑密封胶
GB/T 23443　建筑装饰用铝单板
GB/T 23452　天然砂岩建筑板材

地方标准信息服务平台

GB/T 23453　天然石灰石建筑板材
GB/T 23615　铝合金建筑型材用隔热材料
GB/T24267　建筑用阻燃密封胶
GB/T 24498　建筑门窗、幕墙用密封胶条
GB/T 25821　不锈钢钢绞线
GB/T 29059　超薄石材复合板
GB/T 29061　建筑玻璃用功能膜
GB/T 31387　活性粉末混凝土
GB/T 31433　建筑幕墙、门窗通用技术条件
GB/T 32223　建筑门窗五金件 通用要求
GB/T 33026　建筑结构用高强度钢绞线
GB/T 38264　建筑幕墙耐撞击性能分级及检测方法
GB/T 50121　建筑隔声评价标准
GB/T 50502　建筑施工组织设计规范
GB/T 51410　建筑防火封堵应用技术标准
JGJ 7　空间网格结构技术规程
JGJ 33　建筑机械使用安全技术规程
JGJ 46　施工现场临时用电安全技术规范
JGJ 80　建筑施工高处作业安全技术规范
JGJ 85　预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程
JGJ 102　玻璃幕墙工程技术规范
JGJ 113　建筑玻璃应用技术规程
JGJ 134　夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准
JGJ 145　混凝土结构后锚固技术规程
JGJ 237　建筑遮阳工程技术规范
JGJ 255　采光顶与金属屋面技术规程
JGJ 257　索结构技术规程
JGJ 336　人造板幕墙工程技术规范
JGJ/T 351　建筑玻璃膜应用技术规程
JGJ/T 473　建筑金属围护系统工程技术标准
JG 160　混凝土用机械锚栓
JG 175　建筑用隔热铝合金型材
JG/T 124～130、JG/T 213～215、JG/T 393　建筑门窗五金件
JG/T 138　建筑玻璃点支承装置
JG/T 139　吊挂式玻璃幕墙用吊夹
JGJ/T 151　建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程
JG/T 174　建筑铝合金型材用聚酰胺隔热条
JG/T 201　建筑幕墙用钢索压管接头
JG/T 217　建筑幕墙用瓷板
JG/T 231　建筑玻璃采光顶技术要求
JG/T 234　建筑装饰用搪瓷钢板
JG/T 252　建筑用天蓬帘
JG/T 254　建筑用遮阳软卷帘

地方标准信息服务平台

JG/T 260　建筑幕墙用高压热固化木纤维板
JG/T 324　建筑幕墙用陶板
JG/T 328　建筑装饰用石材蜂窝复合板
JG/T 331　建筑幕墙用氟碳铝单板制品
JG/T 334　建筑外墙用铝蜂窝复合板
JG/T 389　建筑用钢质拉杆构件
JG/T 396　外墙用非承重纤维增强水泥板
JG/T 455　建筑门窗幕墙用钢化玻璃
JG/T 471　建筑门窗幕墙用中空玻璃弹性密封胶
JG/T 475　建筑幕墙用硅酮结构密封胶
JG/T 872　建筑装饰用微晶玻璃
YB/T 152　高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线
YB/T 5004　镀锌钢绞线
YS/T 429.1　铝幕墙板 第1部分：板基
YS/T 429.2　铝幕墙板 第2部分：有机聚合物涂铝单板
YS/T 431　铝及铝合金彩色涂层板、带材
JB/T 11699　高处作业吊篮安装、拆卸、使用技术规程
JC 887　干挂石材幕墙用环氧胶粘剂
JC/T 867　建筑用U型玻璃
JC/T 882　幕墙玻璃接缝用密封胶
JC/T 914　中空玻璃用丁基热熔密封胶
JC/T 940　玻璃纤维增强水泥(GRC)装饰制品
JC/T 973　建筑装饰用天然石材防护剂
JC/T 1006　釉面钢化及釉面半钢化玻璃
JC/T 1057　玻璃纤维增强水泥外墙板
JC/T 1079　真空玻璃
JC/T 2069　中空玻璃间隔条第1部分：铝间隔条
JC/T 2072　中空玻璃用干燥剂
JC/T 2452　中空玻璃间隔条第2部分：不锈钢间隔条
JC/T 2453　中空玻璃间隔条第3部分：暖边隔条
JC/T 2128　超白浮法玻璃
GA667　防爆炸透明材料

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑幕墙 curtain wall

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

3.2

幕墙式窗　glass curtain wall type window

采用幕墙构造做法，安装在楼板之间或楼板和屋顶之间的金属框架支承玻璃窗。

地方标准信息服务平台

3.3

层间幕墙 inter-floor curtain wall

安装在楼板之间或楼板和屋顶之间分层锚固支承的建筑幕墙。

3.4

斜幕墙 inclined curtain wall

与水平方向夹角大于等于75°且小于90°的建筑幕墙。

3.5

透光幕墙 daylighting curtain wall

可见光能直接透射入室内的建筑幕墙。

3.6

非透光幕墙 opaque curtain wall

可见光不能直接透射入室内的建筑幕墙。

3.7

采光顶 transparent roof,skylight

由透光面板与支承体系组成,不分担主体结构所受作用且与水平方向夹角小于75°的建筑围护结构。

3.8

金属屋面 metal roof

由金属面板与支承体系组成,不分担主体结构所受作用且与水平方向夹角小于75°的建筑围护结构。

3.9

压型金属屋面板 profiled metal sheet

金属原板经辊压或冷弯，形成具有连续波形或其他截面形态的的成型金属板。

3.10

框支承幕墙 frame supporting curtain wall

面板由立柱、横梁连接构成的框架支承的建筑幕墙。

3.11

双层幕墙 double-skin curtain wall

由外层幕墙、空气有序流动的空气间层和内层幕墙构成的建筑幕墙。按空气间层的分隔形式可分为箱体式、单楼层（廊道式）式、多楼层式、整面式、井道式双层幕墙；按空气间层的通风方式可分为内通风、外通风、内外通风双层幕墙。

3.12

全玻璃幕墙 full glass curtain wall

肋板及其支承的面板均为玻璃的幕墙。

3.13

点支承玻璃幕墙 point supporting glass curtain wall

以点连接方式（或近似于点连接的局部连接方式）直接承托和固定玻璃面板的幕墙。

3.14

消防救援部分 fire rescue access

幕墙中可采用消防工具打开或破坏，能够实施救援的部位。

3.15

吊挂装置 suspended device

用来吊挂安装面板和肋板，将面板或肋板的重力荷载传递到支撑结构或主体结构上的组合构件。

3.16

刚性水平传力构件 horizontal rigid member for transmitting force

浙江标准信息服务平台

将吊挂面板和肋板的水平方向荷载传递到支撑结构或主体结构上的刚性支承构件。

3.17

点支承装置 point supporting device

以点连接的方式承托和固定玻璃面板，并将玻璃面板所承受的荷载和作用传递到支承结构上的组合构件，包括穿孔式和夹板式点支承装置。

3.18

防火封堵构造 fire stopping construction detail

采用防火封堵材料对建筑幕墙与周边防火分隔构件和楼板、隔墙之间的建筑缝隙进行填塞和密封，以阻止热量、火焰和烟气蔓延扩散的细部结构措施。

3.19

防雷连接构造 lightning protection detail

建筑幕墙与建筑防雷装置之间以及幕墙构件之间的防雷等电位连接的细部结构措施。

3.20

保温层 thermal insulation layer

由低导热系数材料组成，在幕墙系统中起保温作用的构造层。

3.21

隔汽层 vapuor control layer

阻止室内水蒸汽渗透到保温层内的构造层。

3.22

幕墙变形缝 deformation joint of the curtain wall

幕墙在建筑主体结构变形缝（包括伸缩缝、沉降缝和抗震缝）处设置的构造缝，以适应主体结构的变形而不会产生过大的附加变形和损坏。

3.23

雨幕原理 rainscreen principle

在建筑幕墙中间空气间层室外侧开口处,采取适当的遮蔽和断水构造形成雨幕，在室内侧接缝处进行有效的密封，使中间空气间层气压与室外气压趋于平衡，从而减少或消除雨水通过室外侧开口的作用力，以阻止雨水渗漏的设计原理。

3.24

暖边间隔条 warm edge spacer (thermally improved spacer)

由低热导率材料组成，用于降低中空玻璃边部热传导的间隔条。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 建筑幕墙用材料应符合国家现行标准的有关规定，并应具有出厂合格证、质量保证书及相关性能检测报告,进口材料应符合国家商检规定。尚无相应标准的材料应符合设计要求，并经专项技术论证。

4.1.2 幕墙应选用耐气候性材料。其物理和化学性能应符合幕墙所在地的气候、环境以及幕墙设计使用年限等要求。幕墙所用金属材料和金属配件除不锈钢和耐候钢外，钢材应进行表面热浸镀锌处理、无机富锌涂料处理、涂防锈漆或其它有效的防腐蚀处理；铝合金材料宜进行表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂、氟碳漆喷涂等有效的表面防腐蚀处理。

4.1.3 幕墙材料宜选用应符合 GB 8624 规定的不燃或难燃材料，其燃烧性能应符合 GB 50016 的规定，防火封堵用材料应符合 GB 23864 的规定。

4.1.4 幕墙所用耐候密封胶，应具有与所接触材料的相容性和与需要粘结材料的粘结性。与金属、镀

膜玻璃、夹层玻璃、中空玻璃以及中性硅酮结构密封胶接触的建筑密封胶，应使用中性硅酮密封胶。

4.1.5 硅酮结构密封胶和建筑密封胶必须在有效期内使用；严禁建筑密封胶作为硅酮结构密封胶使用；同一幕墙工程应采用同一品牌的硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶。

4.1.6 幕墙面板的放射性核素限量应符合 GB 6566 的规定。

4.2 铝合金型材

4.2.1 铝合金型材的牌号所对应的化学成分应符合 GB/T3190 的规定，铝合金型材质量要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存等应符合 GB/T 5237.1～6、JG 175 的规定，型材尺寸允许偏差应达到高精级或超高精级。

4.2.2 铝合金型材应经表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂或氟碳漆喷涂处理，表面处理层的厚度应满足表 1 的要求。

表1 铝合金型材表面处理层的厚度（μm）

表面处理方法		膜厚级别（涂层种类）	厚度 t	
			平均膜厚	局部膜厚
阳极氧化		不低于 AA15	t≥15	t≥12
电泳涂漆	阳极氧化膜	B（有光或亚光透明漆）	-	t≥9
	漆　　膜		-	t≥7
	复　合　膜		-	t≥16
	阳极氧化膜	S（有光或亚光有色漆）	-	t≥6
	漆　　膜		-	t≥15
	复　合　膜		-	t≥21
粉末喷涂		-	-	120≥t≥40
氟碳喷涂		二涂	t≥30	t≥25
		三涂	t≥40	t≥34
		四涂	t≥65	t≥55

4.2.3 铝合金隔热型材外观质量、力学性能除应符合 GB/T 5237.6、JG 175 的规定外，还应满足以下要求：

a) 用穿条工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应符合 GB/T 23615.1、JG/T 174 的规定，不得采用二次回收料及聚氯乙烯（PVC）材料；

b) 用浇注工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应使用聚醚型聚氨酯（PU），不得采用聚酯型聚氨酯，并应符合 GB/T 23615.2 中Ⅱ级隔热胶的规定。

4.2.4 铝合金结构焊接应符合 GB 50429、GB/T10858 的规定，焊丝宜选用 SAIMG-3 焊丝或 SAISi-1 焊丝。

4.2.5 与幕墙工程配套使用的铝合金门窗应符合 GB/T 8478 的规定。

地方标准信息服务平台

4.3 钢材

4.3.1 幕墙结构用钢材应符合 GB/T 700、GB/T 3077、GB/T 1591、GB/T 3274、GB/T 8162、JG/T 389、GB/T 2518 的规定。

4.3.2 幕墙用不锈钢材宜采用统一数字代号为 S304××和 S316××系列奥氏体型不锈钢，并应符合 GB/T 1220、GB/T 4226、GB/T 3280、GB/T 4237、GB/T 4240 的规定。不锈钢铸件的牌号和化学成分应符合 GB/T 20878、GB/T 2100、GB/T 6967 的规定。

4.3.3 对耐腐蚀有特殊要求或腐蚀性环境中幕墙结构用钢材，宜采用耐候钢或不锈钢，幕墙用耐候钢应符合 GB/T 4171 的规定，并采取相应防腐措施。

4.3.4 幕墙用碳素结构钢、低合金结构钢和低合金高强度结构钢时，钢型材表面除锈等级不应低于 Sa2.5 级，且必须采取有效的防腐措施，并符合下列要求：

a) 采用热浸镀锌防腐蚀处理时，锌膜厚度应符合 GB/T 13912 的规定；
b) 采用氟碳漆或聚氨酯漆面漆时，面漆的涂膜厚度应根据钢构件所处的大气环境腐蚀性类别确定。一般情况下，涂膜厚度不宜小于 35μm，当大气腐蚀环境类型为中腐蚀或海滨地区时，涂膜厚度不宜小于 45μm；
c) 采用除上述两种方式以外的其它防腐涂料时，表面处理方法、涂料品种、漆膜厚度及维护年限应符合 GB 50018、GB 50205 的规定，并完全覆盖钢材表面和无端部封板的闭口型材的内侧。

4.3.5 幕墙支承结构用拉索、钢拉杆应符合下列规定：

a) 钢绞线应符合 GB/T 5224、YB/T 152、YB/T 5004 的规定；锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢绞线的要求可按 GB/T 20492 的有关规定执行；
b) 不锈钢绞线应符合 GB/T 25821、YB/T4294 的规定；
c) 钢拉杆的质量、性能应符合 JG/T 389 的规定；
d) 钢丝绳的质量、性能应符合 GB/T 20118 的规定；
e) 锈钢钢丝绳的质量、性能、极限抗拉强度应符合 GB/T 9944 的规定。

4.3.6 建筑幕墙用锚具应符合 GB/T14370、JGJ 85、JG/T201 的规定。

4.3.7 点支承玻璃幕墙的支承装置，其化学成分、外观质量和力学性能应符合 JG/T 138 的规定。全玻璃幕墙的吊夹装置，其化学成分、外观质量和力学性能应符合 JG/T 139 的规定。

4.3.8 钢材之间进行焊接时，其焊接材料和工艺应符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 983、GB 50017、GB 50661 的规定。

4.4 玻璃

4.4.1 幕墙玻璃的外观质量和性能指标应符合 GB 11614、GB 15763.1～4、GB/T 17841、JC/T 1006、JC/T 2128、JC/T 1079 的规定。

4.4.2 幕墙用钢化玻璃除应符合 JG/T 455、JGJ113 的相关规定外，其表面应力不应大于 115MPa。

4.4.3 幕墙用中空玻璃应符合 GB/T 11944 的规定，并符合下列要求：

a) 中空玻璃选用的主要原材料：干燥剂应符合 JC/T 2072 的规定；硅酮结构密封胶应符合 JG/T 471、GB 24266 的规定；丁基热熔密封胶应符合 JC/T 914 的规定；中空玻璃间隔条应符合 JC/T 2069、JC/T 2452、JC/T 2453 的规定；
b) 幕墙用双玻单腔中空玻璃的气体层厚度不应小于 12mm，三玻两腔以上配置中空玻璃的气体层厚度不应小于 9mm。
c) 中空玻璃应采用双道密封，由专用注胶机混合、注胶。第一道密封应采用丁基热熔密封胶，点支承、隐框、半隐框玻璃幕墙及幕墙开启窗用中空玻璃的第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶，其粘接宽度应符合本标准第 6.6.3 条的规定；明框玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封宜采用聚硫类玻璃密封胶，也可采用硅酮密封胶；

d) 中空玻璃的间隔框可采用金属间隔条或暖边间隔条，间隔框可连续折弯或插角成型，不得使用热熔型间隔胶条。中空玻璃间隔框中的干燥剂应选用 A 类干燥剂,干燥剂宜采用专用设备装填,；
e) 中空玻璃的单片玻璃厚度不应小于 6mm，两片玻璃厚度差不应大于 3mm；
f) 中空玻璃合片加工时，应采取措施防止玻璃表面产生凹凸变形；
g) 中空玻璃钻孔时应采用大、小孔相对的方式，孔周边应细磨并倒棱处理，合片时孔位应采取多道密封措施；
h) 阳光控制膜中空玻璃应提供中空结构密封胶和镀膜材料的相容性检测报告,离线低辐射镀膜玻璃应确保膜层材料通过热熔丁基密封胶与外界完全隔绝。

4.4.4 玻璃幕墙用夹层玻璃应符合 GB 15763.3 的规定，并符合下列要求：
a) 单片玻璃厚度不应小于 5mm，两片玻璃厚度差不应大于 2mm；
b) 宜采用聚乙烯醇缩丁醛（PVB）胶片或离子性中间层胶片干法加工合成，胶片厚度应根据玻璃配置、合片工艺及计算确定，采用聚乙烯醇缩丁醛（PVB）不应小于 0.76mm，采用离子性中间层胶片厚度不应小于 0.89mm；
c) 夹层玻璃钻孔时应采用大、小孔相对的方式，合片时应防止两层玻璃间出现气泡；
d) 外露的聚乙烯醇缩丁醛（PVB）夹层玻璃边缘应进行封边处理。

4.4.5 玻璃幕墙用镀膜玻璃应符合 GB/T18915.1～2 的规定,离线法生产的镀膜玻璃应采用真空磁控溅射法生产工艺；在线法生产的镀膜玻璃应采用热喷涂法生产工艺。玻璃幕墙采用单片或夹层低辐射镀膜玻璃时，应使用在线化学气相沉积法低辐射镀膜玻璃；离线真空磁控溅射的低辐射镀膜玻璃应合成中空玻璃，膜面应密封在中空玻璃腔体内。

4.4.6 建筑玻璃贴膜的外观、质量及物理性能应符合 GB/T 29061、JGJ/T 351 的规定。建筑玻璃安全贴膜厚度应满足设计要求。

4.4.7 要求防火功能的幕墙玻璃，应根据防火等级要求采用防火玻璃及其制品。

4.4.8 玻璃幕墙及采光顶用真空玻璃，应符合 JC/T1079 的规定，玻璃原片可根据设计要求选用，且厚度不宜小于 6mm。

4.4.9 玻璃幕墙用 U 形玻璃，应满足 JGJ 113、JC/T 867 的规定。

4.5 石材

4.5.1 幕墙面板用石材不应有软弱夹层或软弱矿脉。带层状纹理的石材面板，不宜有粗粒、松散、多孔的条纹。石材面板的外观质量和性能指标应符合 GB/T 18601、GB/T 19766、GB/T 18600、GB/T 23452、GB/T 23453 的规定。

4.5.2 用于寒冷地区的石材，其抗冻系数不应小于 0.8。

4.5.3 弯曲强度标准值小于 8.3MPa 的石材面板，应采取附加构造措施保证面板的可靠性。

4.5.4 幕墙选用石材的放射性应符合 GB 6566 中 A 级、B 级和 C 级的要求。

4.6 金属板材

4.6.1 铝单板的质量及性能指标应符合 GB/T 3880.1～3、GB/T 16474、GB/T 16475、YS/T 429.1～2、YS/T 431 的规定。

4.6.2 铝单板宜采用 1×××系列、3×××系列和 5×××系列铝合金板材，所用铝及铝合金的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定。表面宜采用氟碳喷涂，氟碳树脂含量不应小于 70%。铝单板的外观质量和性能指标应符合 GB/T 23443、JG/T331 的规定。

4.6.3 铝板表面处理方式及涂层厚度宜符合表 2 的要求。

表2　铝板表面处理方式及涂层厚度（μm）

表面处理方法			厚度 t	
			平均膜厚	最小局部膜厚
辊涂	氟碳	二涂	≥25	≥22
		三涂	≥32	≥30
	聚酯、丙烯酸		≥16	≥14
液体喷涂	氟碳	三涂	≥40	≥34
		四涂	≥65	≥55
	聚酯、丙烯酸		≥25	≥20
粉末喷涂	氟碳		—	≥30
	聚酯		—	≥40
阳极氧化	AA15		≥15	≥12
	AA20		≥20	≥16
	AA25		≥25	≥20

4.6.4　单层铝板的板基厚度宜符合表 3 的规定。

表3　单层平板铝板的基板厚度

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

注：单层压型铝合金板的基板厚度应符合本标准第 13.5.30 条第 5 款有关规定。

4.6.5　不锈钢板作面板时，其材质应符合本标准第 4.3.2 条的有关规定；其截面厚度，当为平板时不宜小于 2.0mm，当为压型板时不宜小于 1.0mm。海边或严重腐蚀地区，可采用单面涂层或双面涂层的不锈钢板，涂层厚度不宜小于 35μm。

4.6.6　彩色钢板应符合 GB/T 12754 的规定。基材钢板宜镀锌，其截面厚度，当为平板时不宜小于 2.0mm，当为压型板时应符合本标准 12.5.30 条第 2 款有关规定，并应具有适合室外使用的氟碳涂层、聚酯涂层或丙烯酸涂层。

4.6.7　搪瓷涂层钢板不应在现场开槽或钻孔，其外观质量和技术指标应符合 JG/T 234、QB/T 1855 的规定。钢板主要化学成分(质量分数)宜满足表 4 的要求。钢板的内、外表面应上底釉，外表面搪瓷瓷层厚度应满足表 5 的要求。搪瓷涂层钢板的背衬材料的粘结应牢固可靠，不得有影响搪瓷涂层钢板性能和造型的缺陷。

表4　搪瓷涂层钢板用钢板主要化学成分

元素	碳	锰	磷	硫
质量分数(%)	≤0.08	≤0.40	≤0.020	≤0.030

表5　搪瓷涂层钢板外表搪瓷瓷层厚度

瓷层		瓷层厚度最大值(mm)	检测方法
底釉		0.08～0.15	测厚仪
底釉+层面釉	干法涂塘	0.12～0.30(总厚度)	测厚仪
	湿法涂塘	0.30～0.45(总厚度)	测厚仪

4.6.8　锌合金板的化学成分应符合表 6 的要求。产品表面应光滑、无水泡、无开裂纹，锌合金板背面未带防潮保护层时，锌合金板幕墙宜采用后部通风系统。

表6　锌合金板主要化学成分

元素	铜(Cu)	钛(Ti)	铝(Al)	锌(Zn)
质量分数/%	0.08～1.0	0.06～0.2	≤0.015	余留部分，且含锌量不低于 99.995

4.6.9　钛合金板应符合 GB/T 3621 的规定。

4.6.10　铜及铜合金板应符合 GB/T 2040、GB/T 17793 的规定,宜选用 TU1、TU2 牌号的无氧铜。

4.7　复合板材

4.7.1　金属复合板应满足 GB 50016、JC/T 2561、GB/T17748、GB/T 2790 的有关要求，并应符合下列规定：

a)　幕墙用铝复合板厚不应小于 4mm，内、外面层铝板厚度不应小于 0.5mm，厚度允许偏差为±0.02mm（不含涂层厚度）；铝板的化学成分应符合 GB/T 3190 的要求，力学性能和尺寸偏差应符合 GB/T 3880.2～3 的要求，幕墙用铝板应为符合 GB/T 3880.2 中 3×××或 5×××系列或耐腐蚀性及力学性能更好的其它系列铝合金；

b)　钢板应经热镀锌或热镀铝锌合金处理，其力学性能、镀层重量和基材厚度偏差（钢基材包括镀层）应符合 GB/T 12754 的要求；

c)　不锈钢板应符合 GB/T 3280 的要求；

d)　铜及铜合金的化学成分应符合 GB/T 5231 的要求，力学性能和尺寸偏差应符合 GB/T 2059 的要求；

e)　钛锌板应符合 JG/T 339 的相关要求。

4.7.2　铝蜂窝复合板应符合 JG/T 334 的有关规定，并满足下列要求：

a)　截面厚度不宜小于 10mm；

b)　板基宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，应符合 GB/T 3880.2、GB/T 3190 中 3×××或 5×××系列的规定，板基的厚度允许偏差应取±0.025mm；

c)　铝合金板材与芯材的滚筒剥离强度平均值不应小于 90N.mm/mm,单个测试值不应小于 80N.mm/mm。平拉强度平均值不应小于 0.8N/mm^2，单个测试值不应小于 0.6N/mm^2；

d) 芯材应采用铝蜂窝，铝蜂窝芯边长不宜大于 10mm。边长 6mm～10mm 时铝蜂窝芯材铝箔厚度不宜小于 0.07mm，边长不大于 6mm 时铝蜂窝芯材铝箔厚度不宜小于 0.05mm；

e) 面板厚度不应小于 1.0mm。铝蜂窝板的厚度为 10mm 时，其背板厚度不应小于 0.7mm；铝蜂窝板的厚度不小于 12mm 时，其背板厚度不应小于 0.8mm；

f) 外表面采用表面处理方式及涂层厚度，应符合本标准第 4.6.3 条的规定。

4.7.3 石材蜂窝复合板应符合 JG/T 328、GB/T 29059 的规定。面板石材为亚光面或镜面时，石材厚度宜为 3mm～5mm；面板石材为粗面时，石材厚度宜为 5mm～8mm。石材表面应涂刷符合 JC/T 973 规定的一等品及以上要求的饰面型石材防护剂，

4.7.4 钛锌复合板的平均厚度不应小于 4mm，其中钛锌板厚度不应小于 0.5mm，复合的铝板厚度不应小于 0.5mm，其性能应符合表 7 的要求。

表7 钛锌复合板物理力学性能

项目		技术指标	检测标准和方法
弯曲强度（N/mm^2）		≥60.0	GB/T 17748
弯曲弹性模量（N/mm^2）		≥2.0×10^4	
剪切强度（N/mm^2）		≥22.0	
贯穿阻力（KN）		≥7.0	
180° 剥离强度（N/mm）		≥7.0	GB/T 2790
耐温差性	剥离强度下降率（%）	≤10%	GB/T 17748
	外观	无变化	
热膨胀系数（$℃^{-1}$）		≤4.0×10^{-5}	
热变形温度（℃）		≥95	
耐热水性		无异常	

4.7.5 不锈钢复合板的平均厚度不应小于 4.0mm，上、下面层的不锈钢材厚度不应小于 0.3mm，其性能应符合表 8 的要求。

表8 不锈钢复合板物理力学性能

项目	技术指标	检测标准和方法
弯曲强度（N/mm^2）	≥130.0	GB/T 17748
弯曲弹性模量（N/mm^2）	≥3.5×10^4	
剪切强度（N/mm^2）	≥68.0	
贯穿阻力（KN）	≥20.0	
180° 剥离强度（N/mm）	≥7.0	GB/T 2790

地方标准信息服务平台

热膨胀系数（℃$^{-1}$）	≤1.8×10^{-5}	GB/T 2790
热变形温度（℃）	≥105	
耐温差性	外观无变化	
耐热水性	无异常	

4.8 人造板材

4.8.1 幕墙用瓷板应符合 JG/T 217 的规定，并满足表 9 的要求。

表9 瓷板物理性能

项目	技术指标
吸水率（%）	平均值≤0.5，单个值≤0.6
抗热震性	经抗热震性试验后不出现炸裂或裂纹（循环次数：10 次）
抗釉裂性（有釉表面）	经抗釉裂性试验后，有釉表面应无裂纹或脱落（循环次数：1 次）
抗冻性	经抗冻性试验后应无裂纹或脱落（循环次数：100 次）
光泽度（抛光板）	光泽度不低于 55
耐磨性	非施釉表面耐深度磨损体积不大于 175mm^3
	施釉表面耐深度不低于 3 级
色差	同一品种、同一批号瓷板颜色花纹基本一致

4.8.2 幕墙用陶板应符合 JG/T 324 的规定。

4.8.3 幕墙用微晶玻璃公称厚度不应小于 20mm，并应符合 JG/T 872 的规定，并满足耐急冷急热试验后进行墨水渗透法检查时无裂纹的要求。

4.8.4 幕墙用玻璃纤维增强水泥板应采用符合 JG/T 396、JC/T1057、JC/T940 的规定。

4.8.5 纤维水泥板(含超高性能混凝土幕墙板、玻璃纤维增强水泥外墙板)用纤维，应满足面板设计寿命要求，并应符合 JGJ 336、GB/T 31387 的规定。当 PH＜10 时，不得采用未经树脂包裹耐碱处理的玻璃纤维、纸纤维、木纤维，并应满足表 10 要求；当 PH≥10 时，应使用抗碱玻璃纤维，生产和维护时不得使用 PH 值为 1～4 清洗剂。

表10 纤维水泥板内置纤维要求

内置纤维	含碱量(PH)	清洗剂(PH)
碳纤维、聚酰胺纤维、聚乙烯醇纤维、不锈钢纤维、环氧树脂玻璃纤维	7～9	5～7

4.8.6 幕墙用木纤维板应符合 JG/T 260 阻燃型的规定，燃烧性能不应低于 B_1 级。

4.9 连接件与紧固件

4.9.1 幕墙与建筑主体结构或支承结构之间，宜采用钢连接件或铝合金连接件，应符合国家现行标准的

相关规定，并具有产品合格证、质量保证书及相关性能的检测报告。

4.9.2 钢连接件的材质和表面防腐处理应分别符合本标准第 4.3.1 条、第 4.3.2 条和第 4.3.4 条的规定。铝合金连接件的材质和表面处理应符合本标准第 4.2.1 条、第 4.2.2 条的规定。

4.9.3 幕墙面板用不锈钢挂件，宜采用经固溶处理的奥氏体不锈钢制品。

4.9.4 幕墙面板铝合金型材挂件表面应进行防腐蚀处理并符合设计要求。

4.9.5 幕墙用紧固件应符合下列规定：

a) 螺钉应采用奥氏体不锈钢制作。螺钉、螺栓的材质和机械性能应符合 GB/T 3098.1～2、GB/T 3098.5～6、GB/T 3098.11、GB/T 3098.15 等的规定；

b) 螺钉、螺栓的品种、规格应符合 GB/T 41、GB/T 95、GB/T 97.1、GB/T 818、GB/T 845、GB 859、GB/T 5780、GB/T 5781、GB/T 15856.1～5 的规定；

c) 抽芯铆钉的材质、机械性能和品种、规格应符合 GB/T 3098.19、GB/T 12618.4 的规定；

d) 后锚固连接用机械锚栓应采用不锈钢、碳素钢或合金钢材质，应符合 JG/T 160 中对于 S 类锚栓的规定。后锚固连接锚栓尚应符合 JGJ 145 的规定；

e) 免焊抗震装配式连接锁固紧固件，对锚板、金属结构件、金属连接构件、挂件等连接使用时，应具备三维调节、永久锁持、锁固防松、可拆可调功能。

4.9.6 幕墙防雷连接件的材质、截面尺寸和防腐处理，应符合 GB 50057、GB 51348 的有关规定。

4.9.7 背栓应采用奥氏体不锈钢制作。其组别和性能等级不宜低于 GB/T 3098.6 和 GB/T 3098.15 中组别为 A4 奥氏体不锈钢。背栓的螺纹配合应灵活可靠，具备良好的互换性。螺纹公差等级不宜低于》GB/T 197 中的 7H/6g。

4.10 密封材料和粘接材料

4.10.1 幕墙用密封胶条宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶及硅橡胶制品，应符合 GB/T 24498 的规定。橡胶材料应有良好的弹性和抗老化性能，其性能应符合 GB/T 5574 的规定。密封胶条应有成分化验报告和耐久年限保证书。

4.10.2 幕墙用硅酮结构密封胶应符合 GB 16776、JG/T 475 的规定。中空玻璃用硅酮结构密封胶、硅酮密封胶应符合 GB 24266、JG/T471 的规定。

4.10.3 用于石材幕墙的硅酮结构密封胶应有专项试验报告。

4.10.4 幕墙用硅酮结构密封胶使用前，应经国家认可的检测机构进行与其相接触的有机材料的相容性试验及与被粘结材料的剥离粘结性试验，并应对硅酮结构密封胶的邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能进行复验。检验不合格的产品不得使用。进口硅酮结构密封胶应具有商检报告

4.10.5 隐框和半隐框玻璃幕墙，其玻璃与铝型材粘结应采用中性硅酮结构密封胶；全玻璃幕墙和点支承幕墙采用镀膜玻璃时，不应采用酸性硅酮结构密封胶粘结。

4.10.6 硅酮结构密封胶采用底漆时，应符合如下规定：

a) 必须经有相应资质的检测机构完成相容性试验和剥离粘结性试验；

b) 硅酮结构密封胶与配套使用的底漆应由同一生产厂配制。底漆应有明显的颜色识别，并提供使用说明书；

4.10.7 必须严格按照使用说明书的要求操作。

4.10.8 密封胶的粘结性能和耐久性应满足设计要求，密封胶的类型应适用于幕墙面板基材，并应满足接缝尺寸及变位量的位移能力。密封胶的位移能力应满足设计要求，且不小于 20%。

4.10.9 玻璃幕墙、铝板幕墙、瓷板和微晶玻璃幕墙采用注胶封闭式板缝时，密封胶宜采用符合 JC/T 882、GB/T 14683 规定的产品，不应使用添加矿物油及其他有害增塑剂的硅酮建筑密封胶。

4.10.10 石材、陶板、石材蜂窝板、纤维水泥板幕墙板缝的密封，采用的粘结、密封材料不应对面板产生污染，应采用符合 GB/T 23261 规定的密封胶，并应提供耐污染性试验报告。

4.10.11　石材幕墙金属挂件与石材间粘结、固定和填缝的粘结材料，应采用具有一定弹性且模量较高的胶粘剂。当采用环氧树脂胶粘剂时，其性能应符合 JC 887 的规定。

4.10.12　硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶应具备产品合格证、有保质年限的质量保证书及相关性能的检测报告,生产商应提供结构胶拉伸试验的应力应变曲线图。

4.10.13　硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶必须在有效期内使用。

4.11　其他材料

4.11.1　幕墙防火封堵材料应符合 GB 23864 的相关规定，发生火灾时，在规定时限内不应发生移位、脱落现象，不应产生有毒有害气体。防火层的托板材料应采用厚度不小于 1.5mm 的镀锌钢板，不得采用铝板。密封材料应采用防火密封胶，防火密封胶产品应具有法定检测机构出具的防火检验报告。

4.11.2　幕墙钢结构用防火涂料的技术性能应符合 GB 14907 的相关规定。

4.11.3　幕墙的保温材料，应采用岩棉、矿棉、玻璃棉等不燃材料，不应采用含石棉的材料，并应符合 GB50016、GB 8624、GB/T 11835、GB/T 19686 的规定。

4.11.4　与玻璃幕墙配套用门窗用五金件、附件及紧固件应符合 GB/T 5277、GB/T 32223、JG/T124～130、JG/T 213～215、JG/T 393 的要求。

4.11.5　玻璃支承垫块宜采用邵氏硬度为 80～90 的氯丁橡胶等材料，不得使用硫化再生橡胶、木片或其它吸水性材料。

4.11.6　幕墙构件断热构造所采用的隔热衬垫，其形状和尺寸应经计算确定，内外型材之间应可靠连接并满足设计要求。隔热衬垫宜采用聚酰胺、聚氨酯胶、未增塑聚氯乙烯等耐候性好、导热系数低的材料制作。

4.11.7　不同金属材料接触面设置的绝缘隔离垫片，宜采用尼龙、聚氯乙烯（PVC）等制品。

4.11.8　中等硬度的聚胺基甲酸乙脂低发泡间隔双面胶带或聚乙烯树脂低发泡双面胶带,其厚度应比结构胶厚度大 1mm。与单组份硅酮结构密封胶配合使用的低发泡间隔双面胶带，应具有透气性。

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

4.11.10　防水卷材应符合 GB 50345 的规定，宜采用聚氯乙烯、氯化聚乙烯、氯丁橡胶或三元乙丙橡胶等卷材，其厚度不宜小于 1.2mm。

4.11.11　幕墙、采光顶用天蓬帘、卷帘应符合 JG/T252、JG/T254 的规定。

4.11.12　采光顶用聚碳酸脂板应符合 JGJ 255、G/T347 的要求。

5　建筑

5.1　一般规定

5.1.1　应根据建筑物的使用性质、使用功能、施工技术等，综合考虑城市景观、地理气候、周边环境等因素，在建筑设计方案阶段选择建筑幕墙类别；经技术经济综合分析后，在扩初设计或施工图设计阶段确定建筑幕墙类型、材料与构造。

5.1.2　建筑幕墙应与建筑物整体设计及周边环境相协调，其各项物理性能指标应满足建筑设计要求，幕墙立面的分格不应妨碍建筑的使用功能需求。

5.1.3　建筑幕墙对于建筑所处环境的风荷载、地震及气候特征等自然条件，其与主体结构连接构造应有足够的强度、刚度和适应相对位移能力，方便制作安装、维护保养及局部更换面板或构件。

5.1.4　幕墙玻璃面板应采用安全玻璃，并满足以下规定：

a)　幕墙玻璃外片应采用夹层玻璃、均质钢化玻璃或超白钢化玻璃；

b)　人员密集且流动性大的重要公共建筑、外倾式的斜幕墙、建筑临街面幕墙的玻璃面板外片应选用夹层玻璃；

地方标准信息服务平台

c) 除夹层玻璃外，幕墙玻璃外片用钢化玻璃最大许用面积不应大于 5.0 平方米。采用半钢化玻璃作为幕墙面板时，应采用夹层玻璃；

d) 安全玻璃最大许用面积尚应符合 JGJ 113、JG/T 455 的规定。

5.1.5 建筑设计有抗爆要求的建筑幕墙，面板应选用防爆玻璃，其性能应符合 GA 667 的规定。

5.1.6 幕墙建筑周边宜设置隔离地带，主要出入口的上方应设置水平防护装置。

5.1.7 与幕墙有关的泛光照明、LOGO 店招、广告、显示屏等内容的设计应满足以下要求：

a) 不得影响幕墙的相关功能性，不得影响幕墙的气密、水密、结构安全及外观要求；

b) 泛光照明管线与幕墙构件之间的接触不得产生化学腐蚀现象；

c) 泛光照明设计宜配合幕墙设计预留灯具安装槽，泛光照明灯具固定应进行结构设计，灯具安装宜与幕墙同步进行。

5.1.8 幕墙设计应能满足维护和清洗的要求，幕墙面板应便于更换。幕墙高度超过 50m 时，宜设置清洗设备，并应便于操作。擦窗机支承结构、防风销等相关构件不得影响幕墙的气密、水密、结构安全、外观效果及面板更换等相关功能性要求。

5.1.9 幕墙设计文件编制深度，应符合《建筑工程设计文件编制深度规定》的相关要求。

5.2 性能要求

5.2.1 幕墙的性能等级应根据建筑物的类别、高度、体型、功能以及建筑物所在的地理、气候和环境条件进行设计，并应符合 GB/T 21086、GB/T 31433 的规定。

5.2.2 幕墙的气密性能应符合建筑物所在地建筑节能设计要求，指标值应符合表 11 的规定。

表11 建筑幕墙气密性指标

可开启部分 q_L（$m^3/m.h$）	幕墙整体 q_A($m^3/m^2.h$)
≤1.5	≤1.2

注：1.可开启部分和幕墙整体的气密性指标分级不应低于 GB/T 21086 中规定的 3 级指标值；

2.开放式建筑幕墙的气密性能指标值不作规定。

5.2.3 幕墙的水密性能设计应符合下列规定：

a) 易受热带风暴和台风袭击的地区，水密性设计取值可按下式计算，且固定部分取值不宜小于 1000Pa；

$$P = 1000\mu_z\mu_s w_0 \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：P ——水密性能设计取值（风压力差值）（Pa）；

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

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

μ_s ——局部风压体型系数，可取 1.2。

b) 其他地区水密性可按第1款计算值的75%进行设计，且固定部分取值不宜低于700Pa，可开启部分水密性能等级宜与固定部分相对应；

c) 水密性能分级指标应符合表12的规定。

表12 建筑幕墙水密性能分级

分级代号		1	2	3	4	5
分级指标值 ΔP（Pa）	固定部分	500≤ΔP＜700	700≤ΔP＜1000	1000≤ΔP＜1500	1500≤ΔP＜2000	ΔP≥2000
	开启部分	250≤ΔP＜350	350≤ΔP＜500	500≤ΔP＜700	700≤ΔP＜1000	ΔP≥1000
注：1. 5级时需同时标注开启部分和固定部分ΔP的测试值；2. 开放式建筑幕墙的水密性能指标值不作规定。						

5.2.4 幕墙的抗风压性能设计应符合下列规定：

a) 幕墙抗风压性能指标值，应按不低于GB 50009中规定的围护结构风荷载标准值wk确定，且不应小于1.0kN/m^2；

b) 开放式幕墙的风荷载标准值计算时，可根据工程的实际情况，通过风洞模型试验确定风荷载折减效应；

c) 在抗风压性能指标值范围内，幕墙的支承结构和面板的挠度限值应符合本标准相关章节的限值规定。

5.2.5 幕墙的抗震性能应满足GB 50011的要求，并符合下列规定：

a) 幕墙应具有承受自身重力产生的水平地震作用力的能力。幕墙水平地震作用标准值应按GB 50011规定的等效侧力法计算；

b) 幕墙应具有承受地震时主体结构层间相对位移造成的幕墙平面内变形的能力。平面内变形性能指标值应按不低于GB 50011规定的主体结构弹性层间位移角限值[θe]的3倍确定；

c) 幕墙在平面内变形不小于主体结构弹性层间位移角限值下的性能检测时，应保持性能完好；在平面内变形性能指标值(不小于主体结构弹性层间位移角限值[θe]的3倍)下检测时，幕墙不应发生严重破损。

d) 幕墙应满足所在地抗震设防烈度的要求。对有抗震设防要求的建筑幕墙，其试验样品在设计的试验峰值加速度条件下不应发生破坏，幕墙具备下列条件之一时应进行震动台抗震性能试验或其他可行的试验验证：

1) 面板为脆性材料，且单块面板面积或厚度超过现行标准或规范的限制；

2) 面板为脆性材料，且与后部支承结构的连接体系为首次应用；

3) 应用高度超过现行标准或规范规定的高度限制。

5.2.6 幕墙平面内变形性能设计应符合下列规定：

a) 抗震设计的幕墙，其平面内变形性能指标应符合本标准第5.2.5条第2款的规定；

b) 非抗震设计的幕墙，其平面内变形性能指标值不应小于主体结构在风荷载作用下的弹性层间位移角限值。

5.2.7 幕墙的空气声隔声性能指标分级不应低于GB/T 21086中规定的3级指标值，并应满足建筑物室内声环境设计要求。幕墙空气声隔声性能指标应符合GB/T 31433隔声性能分级规定。

5.2.8 幕墙耐撞击性能指标应符合GB/T 21086、GB/T 38264耐撞击性能分级规定，幕墙室内侧耐撞击性能指标不应小于700N m，人员流动密度大或青少年、幼儿活动的公共建筑的建筑幕墙，耐撞击性能

指标不应低于 2 级。

5.2.9 幕墙性能检测过程中，由于安装缺陷使某项性能测试值未达到规定指标时，允许在调整安装工艺、修正缺陷后重新检测，并在检测报告中叙述改进的内容，幕墙工程施工时应按照调整后的安装工艺实施。由于设计或材料缺陷导致幕墙性能检测未能达到规定值域时，应停止检测，待修正设计或更换材料后，重新制作试件，另行检测。

5.3 安全措施

5.3.1 新建住宅、党政机关办公楼、医院门诊急诊楼和病房楼、中小学校、托儿所、幼儿园、老年人建筑，不得在二层及以上采用玻璃幕墙。确因城市建设或建筑使用功能需要，通过专项技术论证后，可采用幕墙式窗。

5.3.2 新建或改扩建建筑严禁采用全隐框玻璃幕墙。除第 5.3.1 条以外的建筑在二层及以上安装玻璃幕墙的，应在幕墙下方周边区域合理设置绿化带或裙房等缓冲区域，也可采用挑檐、防冲击雨篷等防护措施。

5.3.3 外露于幕墙表面的装饰性构件应与幕墙支承结构或主体结构进行可靠连接，并考虑其侧向稳定性及对幕墙支承结构扭转影响，幕墙与主体结构的连接应采取防侧向变形约束及考虑其传递的荷载作用。

5.3.4 幕墙面板及其支撑结构不应跨越主体结构的变形缝，变形缝两侧应设置独立的幕墙支承结构。与主体结构变形缝相对应的幕墙构造缝应能够适应主体结构的变形要求。幕墙构造缝宜采用柔性连接设计或滑动型连接设计，并采取易于修复的构造措施。

5.3.5 5 安装在易于受到人体或物体碰撞部位的玻璃面板，应采取防护措施，并在易发生碰撞的部位设置警示标志、护栏等防撞设施。

5.3.6 公共建筑楼层外缘无实体墙，或实体墙距楼地面净高低于 0.8m（居住建筑 0.9m）时应设置防护设施，防护设施的高度由地面起算不应低于 0.8m（居住建筑 0.9m）。防护设施采用栏杆时，栏杆应符合 GB 50352 的规定。满足以下条件并经专项技术论证后，可不设栏杆：

a) 玻璃幕墙室内耐撞击性能指标现场测试不低于 2 级；
b) 玻璃厚度配置、使用面积及防护措施符合 JGJ 113 规定；
c) 玻璃厚度经专项计算确定，计算时荷载作用于玻璃板块中央，冲击力标准值为 1.5kN，冲击系数 1.50，荷载分项系数 1.50；
d) 玻璃面板或横梁设置符合下列规定之一：
   1) 在应设置护栏高度位置设有幕墙横梁，且横梁与立柱经抗冲击专项验算，满足可能发生的冲击力。冲击力标准值取 1.2kN，应计入冲击系数 1.50、荷载分项系数 1.50；
   2) 中空玻璃的内片选用钢化玻璃，单块玻璃面积不大于 3.0m2，厚度不小于 8mm；
   3) 中空玻璃的内片或外片选用夹层玻璃，且夹层玻璃厚度不小于 12.76mm。

5.3.7 玻璃幕墙的玻璃板块不应跨越两个相邻的防火分区。

5.3.8 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的脆性材料人造板材幕墙，应具防撞措施。

5.3.9 脆性人造板材幕墙面板，宜采取偶然破裂后的安全保障措施。

5.4 构造设计

5.4.1 建筑幕墙的构造设计应符合安全、适用与美观的原则。

5.4.2 幕墙的密封胶缝应采用硅酮建筑密封胶。幕墙玻璃与相邻的主体建筑装饰物之间的所有缝隙的宽度不宜小于 5mm，可采用柔性材料嵌缝后灌注密封胶密封。全玻幕墙的面板不应与其他刚性材料直接接触，板面与装修面或结构面之间的空隙不应小于 8mm，且应采用密封胶密封。

5.4.3 幕墙中可能渗入雨水或形成冷凝水的部位，应设置导、排水装置或构造。单元式幕墙的单元板

块采用对插式组合构件，纵横缝相交处应采取防渗漏的构造设计，其单元组件间的对插部位以及幕墙开启部位，应设计导、排水构造措施。

5.4.4 幕墙立面上，当有雨篷、压顶、线型或者其他突出墙面的建筑构造时，应采取排水与防水构造措施。

5.4.5 玻璃幕墙宜采用具有防潮性能的保温材料，保温材料层的热阻应符合幕墙热工设计的要求。层间位置玻璃面板后衬保温材料与面板内表面的间隙不宜小于 50mm，且宜设置透气孔。

5.4.6 幕墙构件之间的连接部位应采取措施，防止构件之间相互摩擦产生噪声。

5.4.7 幕墙中不同种类金属材料的直接接触处，应设置绝缘垫片或采取其它有效防止双金属腐蚀的措施。幕墙的构造设计应避免产生风啸现象。

5.4.8 采用封闭式板缝设计的幕墙，板缝密封采用注胶封闭时宜设水蒸气透气孔，采用胶条封闭时应有渗漏雨水的排水措施。

5.4.9 开放式板缝设计的幕墙，应符合以下规定：

a) 宜在面板背后、支承结构前，或幕墙支承结构后的主体建筑墙体上设置防水层，并宜采取有组织的导排水系统和采取通风除湿的构造措施；
b) 面板后部空间应有良好的通风。面板内侧与其背部防水层外表面的最小间距不宜小于 20mm，幕墙支承结构和连接件、防水层系统应采用耐候性好的材料制作，并应有可靠的防腐蚀措施；
c) 脆性材料幕墙面板宜采取背面加强措施，挂件及连接件应采用铝合金型材或不锈钢材，不锈钢材质不应低于 06Cr17Ni12Mo2(S31608)；
d) 开放式幕墙应采取防止积水、积冰和防止幕墙结构及面板冻胀损坏的措施；
e) 开放式幕墙采用挂件安装时，应采取可靠的挂件防脱和防滑移措施。

5.4.10 幕墙的保温构造设计应符合下列规定：

a) 当幕墙设置保温层时，保温材料的厚度应符合设计要求，保温材料应采取可靠措施固定；
b) 在寒冷地区，保温层靠近室内的一侧应设置隔汽层，隔汽层应完整、密封，穿透保温层、隔汽层处的支承连接部位应采取密封措施；
c) 幕墙与周边墙体、门窗的接缝以及变形缝等应进行保温设计，在寒冷地区，保温构造应进行防结露验算。

5.4.11 幕墙构件的内侧表面与主体结构的外缘之间应预留空隙，且不宜小于 30mm。

5.4.12 擦窗机不得装设在幕墙构件上。采用擦窗机进行维修清洗作业的幕墙部位，应设置安全插座，其构造设计应与擦窗机的安全插销形式相吻合，并能即时锁紧。

5.5 面板接缝设计

5.5.1 幕墙的面板接缝应能够适应由于风荷载、地震作用和温度变化以及自重作用而产生的面板相对位移。

5.5.2 幕墙面板接缝设计应根据建筑装饰效果和面板材料特性确定，并应符合下列规定：

a) 玻璃幕墙宜采用封闭式板缝；
b) 金属板、瓷板、微晶玻璃幕墙可采用注胶封闭式或开放式板缝；
c) 石材蜂窝板、铝蜂窝板等复合板材幕墙宜采用封闭式板缝，也可采用开放式板缝；
d) 石材、陶板、纤维水泥板幕墙宜采用开放式板缝，也可采用注胶封闭式板缝；
e) 木纤维板幕墙应采用开放式板缝。

5.5.3 封闭式幕墙板缝设计应根据面板材料特性、板缝变化影响因素和密封材料特性，确定板缝宽度尺寸和密封胶及密封胶条的规格尺寸。

a) 注胶封闭式幕墙板缝的密封胶，应根据幕墙面板的材质和接缝的设计要求选用，并应符合以下规定：

1） 幕墙玻璃之间的拼接胶缝的宽度应满足玻璃面板和密封胶的变形要求，板缝的宽度和所用密封胶的性能应能适应幕墙本身及建筑物在各种作用下产生的变形，胶缝宽度不宜小于10mm。硅酮建筑密封胶的施工厚度不应小于5mm；较深的密封槽口底部应采用聚乙烯发泡材料填塞；

2） 金属面板板缝宽度不宜小于10mm，石材幕墙面板的板缝宽度不宜小于8mm。当建筑设计有要求时，可采用凹入式胶缝；

3） 人造板幕墙胶缝的宽度不宜小于6mm，密封胶与面板的粘结厚度不宜小于6mm；

4） 板缝内、底部宜采用大于板缝宽度2mm的聚乙烯泡沫棒填充材料垫嵌，防止密封胶三面粘结。

b） 胶条封闭式幕墙，面板之间“十字”接头部位的纵、横密封胶条交叉处应采取防水密封措施。

5.5.4 开放式幕墙板缝设计应符合下列规定：

a） 幕墙板缝宽度不宜小于6mm，瓷板、微晶玻璃板、陶板等脆性材料面板接缝尚应符合下式的规定：

$$c_1(1+l_1/l_2\times c_2/c_1)\geq u_{\lim} \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：$u_{\lim}$ ——由主体结构层间位移引起的分格框的变形限值(mm)，按照抗震设计和非抗震设计确定；

l_1 ——矩形面板板块竖向边长(mm)；

l_2 ——矩形面板板块横向边长(mm)；

c_1 ——开缝式板缝竖向接缝宽度；取值时应考虑1.5mm的施工偏差；

c_2 ——开缝式板缝横向接缝宽度；取值时应考虑1.5mm的施工偏差。

b） 面板内层如设置防水板等内层板，应进行抗风强度设计；

c） 搭接式、遮挡式的面板最小搭接宽度应满足防渗要求，防止雨水大量渗入幕墙内部；背部空间应防止积水，并采取有效排水措施；

d） 嵌条式板缝不宜小于20mm，幕墙的面板与嵌条之间应预留一定的间隙。可采用金属嵌条或橡胶嵌条等形式，并应有防松脱及适应温度伸缩变形的构造措施；

e） 竖向板缝采用嵌条式的幕墙，其水平方向板缝宜采用开缝式或搭接式；

f） 竖向和水平方向板缝均采用嵌条式的幕墙，应在该幅幕墙的底部和顶部设置一定通风面积的进风口和出风口，以形成有效的背部通风空间；

g） 面板背面有保温材料时，应有防水、防潮和保持通风的措施。

5.5.5 明框幕墙的玻璃板块下边缘与框料的槽底之间应衬垫硬橡胶垫块，垫块数量不应少于2块，厚度不应小于5mm，每块长度不应小于100mm，垫块邵氏硬度宜为85～90。明框玻璃幕墙的玻璃板块边缘至框料槽底的间隙宽度应满足下式要求：

$$2c_1(1+l_1/l_2\times c_2/c_1)\geq u_{\lim} \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：$u_{\lim}$ ——主体结构层间位移引起框料的变形限值（mm）；

l_1 ——矩形玻璃板块竖向边长（mm）；

l_2 ——矩形玻璃板块横向边长（mm）；

c_1 ——玻璃与左右边框的平均间隙（mm），取值时应考虑施工偏差值 1.5mm；

c_2 ——玻璃与上下边框的平均间隙（mm），取值时应考虑施工偏差值 1.5mm。

注：非抗震设计时，u_{lim} 应根据主体结构弹性层间位移角限值确定；抗震设计时，u_{lim} 应根据主体结构弹性层间位移角的 3 倍确定。

5.5.6 封闭式石材蜂窝板面板接缝宜采用注胶密封处理。采用开缝式面板接缝时，石材蜂窝板边缘应采取封边防水等端面保护措施，粘结层不得外露。

5.6 幕墙光反射

5.6.1 建筑设计中立面采用玻璃幕墙时应考虑幕墙玻璃对周围环境产生的太阳光反射影响，符合环保、规划和城市管理等相关规定。

5.6.2 玻璃幕墙及采光顶应采用可见光反射比不大于 0.3 的玻璃面板。

5.6.3 在 T 型路口正对直线路段处设置玻璃幕墙时，或在城市快速路、主干道、立交桥、高架桥两侧的建筑物 20m 以下及一般路段 10m 以下的玻璃幕墙，应采用可见光反射率不大于 0.16 的玻璃。

5.6.4 构成玻璃幕墙的金属外表面，不宜使用可见光反射率大于 0.3 的镜面和高光泽材料。

5.6.5 道路两侧玻璃幕墙设计成凹形弧面时应避免反射光进入行人与驾驶员的视场中，凹形弧面玻璃幕墙设计与设置应控制反射光聚焦点的位置。凹形弧形立面和转角宜采用平板玻璃拼接，不宜采用加工成弧形的玻璃，玻璃板块间宜用竖向遮阳条分隔。

5.6.6 幕墙立面外挑的装饰部件和遮阳部件不宜采用玻璃材质。

5.7 热工设计

5.7.1 建筑幕墙、采光顶与金属面系统热工设计应满足建筑节能设计要求，并应符合下列规定：

a) 建筑热工设计应与地区气候相适应，其热工性能指标应符合主体建筑的热工设计要求和满足室内基本热环境要求；

b) 民用建筑热工设计分区选择须符合 GB 50176、GB 50189 的规定；

c) 热工设计应包括保温、隔热、防潮等性能设计。

5.7.2 应根据地区气候特点，确定建筑物各部位传热系数、选择构造层次及绝热材料种类，通过热工计算确定绝热材料厚度和种类。

5.7.3 建筑幕墙进行热工设计时，应按照透光幕墙和非透光幕墙分别设计，透光幕墙和非透光幕墙的热工性能指标应按 GB 50176、GB 50189、JGJ/T 151 的规定计算。

5.7.4 开放式幕墙内侧有建筑围护结构，则其相应的保温隔热构造措施的热工性能指标，应按 GB 50176、GB 50189 的规定计算，并应符合建筑热工设计要求。

5.7.5 透光幕墙的传热系数应按 JGJ/T 151 的规定计算确定，计算所采用的边界条件应为实际工程的冬季计算条件。非透光幕墙的传热系数按照其构造组成，由各材料层热阻相加的方法计算，并应将幕墙框架的热冷桥对传热系数的影响计算在内。带有中空内置遮阳幕墙的传热系数可按 JGJ/T 151 的规定计算，并符合建筑热工设计要求。

5.7.6 透光幕墙的遮阳设计应符合下列规定：

a) 透光幕墙设置外遮阳构件，其太阳得热系数应为透光幕墙本身的太阳得热系数与外遮阳构件的遮阳系数的乘积。透光幕墙本身的太阳得热系数和外遮阳构件的遮阳系数应按 GB 50176 的有关规定计算。带有室外遮阳的幕墙的遮阳系数应参照 JGJ 237 的相关规定进行计算；

b) 夏热冬冷地区的建筑各朝向透光幕墙应采取遮阳措施；寒冷地区的建筑宜采取遮阳措施。透光幕墙宜设置外部遮阳，外遮阳装置应兼顾通风及冬季日照。玻璃采光顶宜采取遮阳措施。

5.7.7 双层幕墙空气间层内气体应有序流动，夏热冬冷地区宜采用夏日外通风、冬日内通风的双层幕墙，寒冷地区宜采用内通风双层幕墙。

5.7.8 透光幕墙应设置可开启窗或其他通风换气装置，并应满足建筑设计对室内空间的通风换气要求。当透光幕墙受条件限制无法设置可开启窗扇时，应设置通风换气装置。采用直接自然通风的空间，通风开口有效面积应满足 GB 50352 的相关规定。

5.7.9 透光玻璃幕墙应作抗结露计算，不应出现结露现象。

5.7.10 幕墙框的传热系数、框与面板接缝的线传热系数及抗结露宜采用二维稳态热传导理论计算。

5.7.11 当建筑高度超过 150m 或单栋建筑地上建筑面积大于 200000m^2时，幕墙热工设计除应符合建筑设计的各项要求外，还应满足其建筑节能设计专项论证的相关要求。

5.7.12 幕墙保温及断热构造设计应满足建筑节能设计的相关要求。有热工要求的透光幕墙应采用有断热构造的幕墙系统；非透光幕墙应采用保温材料进行保温处理。幕墙与围护结构平壁间(除结构连接部位外)不应形成热桥，并宜对跨越室内外的金属构件或连接部位采取隔断热桥措施。

5.7.13 有热工要求的透光玻璃幕墙面板材料宜采用中空玻璃、Low-E 中空玻璃、充惰性气体 Low-E 中空玻璃，也可采用双中空玻璃、真空玻璃等保温性能良好的玻璃。当幕墙热工性能要求高时，中空玻璃宜采用暖边间隔条。

5.7.14 有热工要求的金属幕墙、石材幕墙、人造板材幕墙及非透光的玻璃幕墙等应设置不燃材料保温层，保温材料层的热阻不应小于 1.0m^2.K/W。保温材料应有防水、隔汽措施。防水层应设置在保温材料的室外侧，隔汽层应设置在保温材料的室内侧。

5.7.15 甲类公共建筑单一立面窗墙面积比小于 0.40 时，透光材料的可见光透射比不应小于 0.60；甲类公共建筑单一立面窗墙面积比大于等于 0.40 时，透光材料的可见光透射比不应小于 0.40。

5.7.16 明框玻璃幕墙的金属型材应采用隔热型材或采取其他有效的隔热措施。隐框构造的外露金属护边宜采用隔热型材或其他组合材质护边。隔热材料的性能应符合国家现行标准及本标准附录 A 的规定。

5.7.17 玻璃幕墙层间梁位置宜采用中空玻璃，当采用单片玻璃或夹层玻璃时，应有防止层间玻璃及四周边框结露的有效措施。

5.7.18 透光幕墙与非透光部位之间的保温构造应连续。非透光幕墙设置开启扇时，非透光开启扇的传热系数不应大于非透光幕墙的传热系数。

5.7.19 建筑出入口外门应按建筑设计要求采取保温隔热节能措施，寒冷地区建筑面向冬季主导风向的外门应设置门斗或双层外门，其他外门宜设门斗或应采取其它减少冷风渗透的措施。

5.7.20 屋面透光部分面积应满足建筑设计要求且不应大于屋面总面积的 20%。当公共建筑入口大堂采用全玻璃幕墙时，全玻幕墙中非中空玻璃的面积应满足建筑设计要求且不应超过同一立面透光面积（门窗和玻璃幕墙）的 15%，且应按同一立面透光面积（含全玻幕墙面积）加权计算平均传热系数。

5.7.21 金属屋面系统传热系数应为平均传热系数。

5.7.22 檩条、墙梁、屋面与外墙交界处，变形缝、固定支座与檩条连接处等热桥部位内表面温度不应低于室内空气露点温度，并应采取防热桥措施。绝热材料应连续布置，材料拼接处应连接紧密。

5.7.23 根据使用条件和不同气候分区，绝热层应有防风、防水、防潮的保护措施。宜在绝热层靠室外侧设置设置防风、透气层。在寒冷地区室内侧及在其他气候区水蒸气较多一侧设置隔汽层，隔汽层的设置应符合下列规定：

a) 隔汽层的选用应符合 JGJ/T 473 的相关规定；
b) 隔汽层应连续铺设，不同部位交界时应有连续搭接的措施。隔汽层搭接缝应满粘，其搭接宽度不应小于 80mm；
c) 穿过隔汽层的管线及构件周围应封严，转角处应无折损；

5.7.24 热工计算时，冷凝界面的位置应设置在绝热层内部，保温层应有隔绝水汽进入的措施。

5.7.25 处在寒冷地区及高温高湿环境的建筑采用屋面系统时，应有防结露措施。

5.7.26 寒冷地区天沟绝热层宜设置在天沟外侧，安装时保温层铺设应连续、密实。

5.8 防火设计

5.8.1 建筑幕墙、采光顶与金属屋面的防火设计应符合 GB 50016 的规定。超高层建筑幕墙的防火设计尚应符合相关消防规定。

5.8.2 幕墙与楼板边沿的实体墙和隔墙之间、幕墙与建筑实体墙面间、建筑洞口边缘等部位的建筑缝隙防火封堵设计，应符合 GB/T 51410 的有关规定。

5.8.3 幕墙防火封堵组件的防火、防烟和隔热性能不应低于封堵部位建筑构件或结构的防火、防烟和隔热性能要求。在正常使用条件下，封堵构造系统应具有密封性和耐久性，并应满足伸缩变形的要求；在火灾条件下，在规定的耐火时限内，应能防止发生脱落、移位、变形和开裂，保持相对稳定性。

5.8.4 组成建筑幕墙防火封堵组件的材料应为不燃材料，并宜结合防火封堵部位的特点、防火封堵材料性能及封堵方式选用。

a) 当背衬材料采用矿物棉时，矿物棉的容重不应低于 80kg/m^3，熔点不应小于 1000℃，并应在填塞前将自然状态下的矿物棉预先压缩不小于 30%后再挤入相应位置；
b) 采用防火密封胶时，应配合矿物棉等背衬材料使用，防火密封胶的填塞深度不应小于 15mm，长度应为建筑缝隙的全长，建筑缝隙的内部应采用矿物棉等背衬材料完全填塞。当建筑缝隙的宽度大于或等于 50mm 时，防火密封胶的填塞深度不应小于 25mm；
c) 采用防火密封漆时，其涂覆厚度不宜小于 3mm，干厚度不应小于 2mm，长度应为建筑缝隙的全长，宽度应大于建筑缝隙的宽度，并应在建筑缝隙的内部用矿物棉等背衬材料完全填塞。防火密封漆的搭接宽度不应小于 20mm。

5.8.5 幕墙与建筑楼层边沿处的防火封堵应符合以下规定：

a) 楼层边沿应有高度不小于 1.2m 的实体墙。当室内设置自动喷水灭火系统时，实体墙高度不应小于 0.8m。幕墙与实体墙的上下沿口应分别设置水平防火封堵；
b) 设置实体墙确有困难时，可设置防火玻璃墙，但高层建筑的防火玻璃墙的耐火完整性不应低于 1.00h，多层建筑的防火玻璃墙，耐火完整性不应低于 0.50h；
c) 高度大于 250m 的幕墙建筑，实体墙高度不应小于 1.5m，且楼板以上不小于 0.6m，实体墙不能以防火玻璃墙替代；
d) 建筑高度大于 250m 的建筑，避难区对应的外墙不应设置幕墙。当在避难区对应位置的外墙设置玻璃幕墙时，应采取防止火灾和烟气进入避难层的措施，且不应影响灭火救援行动；
e) 同一块幕墙玻璃面板不应跨越两个防火分区。

5.8.6 建筑幕墙的面板及保温材料的燃烧性能等级应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

a) 除建筑高度不大于 50m 的幕墙面板可采用 B1 级材料外，其余幕墙面板及板背的填充及保温材料应采用 A 级不燃材料；
b) 建筑外墙及金属屋面装饰、广告牌等应采用不燃材料，不应影响火灾时逃生、灭火救援和室内自然排烟，不应改变或破坏建筑立面的防火构造。

5.8.7 幕墙防火封堵材料的燃烧性能、理化性能及防火封堵组件的耐火性能应符合 GB 23864 的有关规定。

5.8.8 高层建筑直通室外安全出口上方的防护挑檐设置应满足建筑设计要求。

5.8.9 当非透明幕墙内的外墙外保温系统采用燃烧性能为 B1 级的保温材料时，应在保温系统中每层设置水平防火隔离带，防火隔离带应采用燃烧性能为 A 级的材料，且应与幕墙的层间防火封堵位置相对应，防火隔离带及层间防火封堵的高度不应小于 300mm。

5.8.10 建筑幕墙的层间封堵应符合下列规定：

a) 幕墙与建筑窗槛墙之间的空腔应在建筑缝隙上、下沿处分别采用矿物棉等背衬材料填塞且填塞高度均不应小于200mm；在矿物棉等背衬材料上面应覆盖具有弹性的防火封堵材料，在矿物棉下方应设置承托板；

b) 幕墙与防火墙或防火隔墙之间的空腔应采用矿物棉等背衬材料填塞，填塞厚度不应小于防火墙或防火隔墙厚度，两侧的背衬材料的表面均应覆盖具有弹性的防火封堵材料；

c) 幕墙与隔墙之间的空腔应采用矿物棉等背衬材料填塞，填塞厚度不应小于100mm，矿物棉两侧应设置承托板；

d) 承托板应采用钢质承托板，且承托板的厚度不应小于1.5mm。承托板与幕墙、建筑外墙之间及承托板之间的缝隙，应采用具有弹性的柔性有机堵料、防火密封胶、防火密封漆及其组合封堵，承托板或支承构件应与主体结构牢固连接；

e) 防火封堵构造应具有自承重和适应缝隙变形的性能，不应与玻璃直接接触；

f) 当建筑对水平防火封堵构造有通透要求时，可采用防火玻璃，其耐火极限应符合设计要求；

g) 透明幕墙层间封堵位置背衬板燃烧性能应为A级。

5.8.11 非透光幕墙、建筑外墙外保温系统与基层墙体、装饰层之间的空腔的层间防火封堵应符合下列规定：

a) 应在与楼板水平的位置采用矿物棉等背衬材料完全填塞，且背衬材料的填塞高度不应小于200mm；

b) 在矿物棉等背衬材料的上面应覆盖具有弹性的防火封堵材料；

c) 防火封堵构造应具有自承重和适应缝隙变形的性能。

5.8.12 幕墙与主体建筑建筑缝隙缝宽大于250mm时，应通过增设角钢等刚性支承构件或紧固件提高防火封堵紧密性，支承构件应与主体结构牢固连接。

5.8.13 紧靠防火墙的玻璃幕墙，应在防火隔墙两侧设置水平距离不小于2.0m，耐火极限不低于1.0h的实体墙或防火玻璃幕墙。

5.8.14 幕墙建筑内的防火墙设置在转角部位时，转角两侧应设置耐火极限不低于1.0h的实体墙或防火玻璃墙，两侧边缘水平最近距离不应小于4.0m。

5.8.15 防火玻璃幕墙应满足相应建筑的耐火等级、燃烧性能及耐火极限等要求，并符合以下规定：

a) 防火玻璃幕墙应由防火玻璃、防火钢构件及防火胶条、防火密封胶等材料组成；

b) 防火玻璃幕墙应按GB/T 12513或GB/T 9978.8的规定检测；

c) 与主体的连接构造应牢固可靠，并在规定耐火极限内不应失去其功能。

5.8.16 跨越沉降缝、伸缩缝、抗震缝等建筑变形缝的幕墙的防火封堵应符合下列规定：

a) 变形缝两侧幕墙与主体建筑空腔应采用矿物棉等背衬材料填塞；

b) 背衬材料的厚度不应小于200mm，矿物棉两侧应设置厚度不小于1.5mm钢质承托板；

c) 承托板之间、承托板与幕墙、主体结构之间的缝隙，应采用具有弹性的防火封堵材料填塞。

5.8.17 消防排烟窗的设置及开启方式应符合建筑设计要求。自动排烟窗可采用与火灾自动报警系统联动和温度释放装置联动的控制方式。当采用与火灾自动报警系统自动启动时，自动排烟窗应在60s内或小于烟气充满储烟仓时间内开启完毕。带有温控功能自动排烟窗，其温控释放温度应大于环境温度30℃且小于100℃。

5.8.18 幕墙上供消防救援进出的应急救援窗口设置应符合建筑设计要求，并符合以下规定：

a) 消防救援窗口的应急击碎玻璃应采用厚度不大于8mm的单片钢化玻璃或中空钢化玻璃，不得采用普通玻璃、半钢化玻璃或夹层玻璃。当消防救援窗口面板采用非易击碎材质时，应设置可快速打开的装置；

b) 采用固定窗时，玻璃面积不应大于4.0m^2；

5.8.19 靠近幕墙的疏散楼梯间，其墙体与幕墙间应设置竖向防火封堵，封堵应密实，其耐火极限不应

低于 1.0h。

5.8.20 嵌于幕墙中的消火栓箱与实体墙面间的空腔应采用防火封堵材料封堵，消火栓箱门应符合以下规定：

a) 采用幕墙面板制作的消火栓箱门开启方向应便于接驳栓头及水带取用，开启角度不小于 160°；
b) 箱门开启应轻便灵活，开启拉力不得大于 50N；
c) 消火栓箱门上应用红色字体注明“消火栓”字样。

5.8.21 嵌于幕墙中广告牌、电子显示屏等，其周边与实体墙面间的缝隙应采用防火封堵材料封堵。

5.8.22 开放式幕墙由于内外两层表皮间存在一定的烟囱效应，应采取水平防火隔离措施，防火封堵的耐火极限不低于 1.0h，每道防火封堵间隔高度不超过 24m。

5.8.23 双层幕墙的防火设计应符合本标准第 5.8.1 条和第 5.8.2 条的规定。

5.8.24 采用以下双层幕墙的建筑，其高度及防火构造应满足下列规定：

a) 多楼层式双层幕墙在上、下空气间层层间位置，应采取防火隔离措施，耐火极限不低于 1.0h，其建筑高度不应大于 50 米；
b) 整面式双层幕墙建筑高度不应大于 50m，内外层幕墙间距不小于 2.0m，每层应设置不燃烧体防火挑檐，其宽度不应小于 0.5m，耐火极限不低于 1.0h。当内外层幕墙间距小于 2.0m 或未在每层设置防火挑檐时，建筑高度不应大于 24m；
c) 井道式双层幕墙竖向通风井道出风口宜设置烟感电动开启装置，在层间位置每层应设置防火分隔，耐火极限不低于 1.0h，其建筑高度不应大于 24 米。

5.8.25 箱体式、廊道式双层幕墙的防火设计应满足下列规定：

a) 进风口与出风口之间的水平距离不应小于 0.5m。当水平距离小于 0.5m 时，应采取防火隔离措施；
b) 空气间层在层间位置每层应设置防火分隔，耐火极限不低于 1.0h。

5.8.26 双层幕墙应在每层的适当位置设置可供消防救援人员进入的窗口，除应符合本标准第 5.8.17 条规定外，还应符合下列规定：

a) 在对应消防救援窗位置，内层幕墙应设置可内外开启的门，内外层幕墙之间应有可供消防救援人员通行的马道；
b) 内外层幕墙消防救援窗均应设置明显的警示标志。

5.8.27 内外层幕墙间距大于 2.0m 的整面式双层玻璃幕墙建筑，应设置自动喷水灭火系统，并在顶部和两侧设置敞开式自然排烟设施。

5.8.28 一、二级耐火等级建筑的金属屋面板应采用不燃材料。

a) 屋面防水层宜采用不燃、难燃材料；当采用可燃防水材料且铺设在可燃、难燃保温材料上时，防水材料或可燃、难燃保温材料应采用不燃材料作为保护层；
b) 屋面板确需采用金属夹芯板材时，其芯材应为不燃材料，且耐火极限应符合 GB 50016 的有关规定；
c) 金属屋面系统的附加功能层应采用燃烧性能为 A 级的材料，但建筑高度不大于 50 米时，可采用 B1 级材料；
d) 金属屋面系统应满足建筑相应构件耐火等级要求。

5.8.29 采光顶、金属屋面与外墙交界处、屋顶开口部位四周的保温层，应采用宽度不小于 500mm 的燃烧性能为 A 级的保温材料设置防火隔离带进行分隔。

5.8.30 采光顶、金属屋面与防火分隔构件间的间隙，应进行防火封堵。当设置有保温层时，应采用燃烧性能为 A 级的保温岩棉，并满足相应耐火极限要求。在正常使用条件下，封堵构造系统应具有密封性和耐久性，并应满足伸缩变形的要求；在遇火状态下，应在规定的耐火时限内，不发生开裂或脱落，保持相对稳定性。

5.8.31　闷顶周边的金属屋面围护系统内衬材料，应采用不燃材料覆面。

5.8.32　采光顶与邻近建筑或设施之间，应采取防止火灾蔓延的措施，防火间距不应小于 6 米。当相邻的地面建筑物外墙为防火墙时，其防火间距不限。

5.8.33　采光顶的同一玻璃面板不应跨越两个防火分区。

5.8.34　对于设计有通风、排烟功能的采光顶和金属屋面，其通风和有效排烟面积应符合建筑设计要求。通风设计可采用自然通风或机械通风，自然通风可采用气动、电动及手动的可开启窗形式，机械通风应与建筑主体通风一并考虑。

5.9　防雷设计

5.9.1　幕墙、采光顶及金属屋面建筑的防雷设计应符合 GB 50057、GB 51348 的相关规定和建筑电气设计专业要求，并应与建筑物形成整体防雷体系。应按建筑物的防雷分类采取防直击雷、侧击雷、雷电感应以及等电位连接措施。

5.9.2　防雷设施应与幕墙、采光顶及金属屋面系统构造相协调。除第一类防雷建筑物外，采用金属框架支承的幕墙、采光顶及金属屋面，宜采用外露金属本体作为避雷接闪器并保持永久的电气贯通，其材料规格应符合 GB 50057 的规定，并按其规定的第二类建筑避雷接闪器及网格尺寸要求，与主体建筑防雷系统可靠连接，连接部位应清除非导电保护层。当设置其它接闪器或引下线等防雷系统设施时，不应影响维护系统整体性能。

5.9.3　当采光顶、金属屋面未处于主体结构防雷保护范围时，应在其尖顶、屋脊、檐口、突出部位设避雷带进行一体化防雷设计，防雷设施应与整个采光顶、金属屋面防雷系统连接成一体，并与其金属框架形成可靠连接。金属屋面可按要求设置接闪器，也可采用面板作为接闪器，并与金属框架、主体结构可靠连接。

5.9.4　幕墙上外挑的功能性或装饰性部件，应按 GB 50057 的规定采取措施防直击雷和侧击雷。非金属面板幕墙或隐框玻璃顶篷、外露的非导体构部件、以及屋顶的光伏组件等，应按相应的建筑物防雷分类采取防护措施。

5.9.5　构件式幕墙防雷构造：

e)　隔热型材的内外侧金属型材应连接成电气通路；

f)　幕墙横、竖金属构件相互间连接的接触面积不应小于 50㎜^{2}；

g)　幕墙立柱在套芯连接部位、幕墙与主体结构之间，应按防雷连接材料截面的规定（表）连接；

h)　构件连接部位有绝缘材料覆盖时，应采取措施形成有效的防雷电气通路；

i)　金属幕墙的面板及其它外露金属部件，应与支承构件形成良好的电气贯通。支承结构应与主体结构的防雷体系连通；

j)　利用自身金属材料作为防雷接闪器的幕墙，其压顶板宜选用厚度不小于 3㎜ 的铝合金单板，截面积不应小于 70㎜^{2}。

5.9.6　单元式幕墙防雷构造：

a)　幕墙型材有隔热构造时，应以等电位金属导体连接其内外侧金属材料，每一单元板块不少于两处；

b)　单元板块横竖向型材均设有密闭橡胶条时，型材插口拼装连接处应采用等电位金属材料跨接，形成良

5.9.7　金属屋面的防雷构造应符合下列规定：

a)　金属屋面的防雷构造应与主体结构的防雷体系可靠连接，并保持导电通畅；

b)　当利用金属屋面作为接闪器时应符合下列规定：

1)　板间的连接应是持久的电气贯通，可采用铜锌合金焊、熔焊、卷边压接、缝接、螺钉或螺栓连接；

地方标准信息服务平台

2） 金属板下面无易燃物品时，铝板的厚度不应小于 2mm，不锈钢、热镀锌钢、钛和铜板的厚度不应小于 0.5mm，铝板的厚度不应小于 0.65mm，锌板的厚度不应小于 0.7mm；

3） 金属板下面有易燃物品时，不锈钢、热镀锌钢和钛的厚度不应小于 4mm，铜板的厚度不应小于 5mm，铝板的厚度不应小于 7mm；

4） 金属板应无绝缘被覆盖。

5.9.8 其它防雷构造要求：

a） 玻璃采光顶和高度大于 120 米的玻璃幕墙，必要时可对外露面板玻璃作模拟雷电冲击耐受性测试；

b） 当利用幕墙、采光顶及金属屋面围护系统的金属构件做引下线时，应与接闪器和接地装置进行可靠连接，连接点数量应按分流系数计算校验。

5.9.9 用作幕墙防雷连接的主要材料，其截面积应符合表 13 的规定。

表13 防雷连接材料截面积(mm^2)

材料类别	截面积
铜质	≥16
铝质	≥25
钢质	≥50
不锈钢	≥50

5.9.10 金属连接件（包括钢质绞线）连接处的焊缝应作防腐蚀处理。

5.9.11 不等电位金属之间的连接，应采用不影响电气通路的防电偶腐蚀措施。

5.9.12 幕墙建筑防雷接地电阻及过渡电阻应符合表 14 的规定。

表14 防雷接地电阻（Ω）

接地方式	电阻值
金属之间过渡连接电阻	≤0.2
共用接地	≤1.0
独立接地时每根引下线的冲击电阻	≤4.0

5.10 幕墙开启窗设计

5.10.1 幕墙开启窗应根据建筑性质、使用功能、通风换气、热工设计等要求选型和设置。幕墙开启窗的布置形式、开启功能、开启面积、开启方式应符合建筑设计要求。开启窗的各项性能指标应满足 GB/T 21086 的要求。

5.10.2 幕墙开启窗作为自然排烟窗（口）时，应设置手动、电动开启装置，设置在高处不便于直接开启的自然排烟窗（口），应设置距地高度 1.3m～1.5m 的手动开启装置。

5.10.3 幕墙开启窗开启形式宜采用内开窗及上悬外开窗等形式。除消防排烟窗外，高层建筑不应采用外平开窗及下悬外开窗。单扇外开启扇的面积不宜大于 1.5m^2，不应大于 2.0m^2。开启角度不宜大于 30°，

开启间距不宜大于300mm，开启距离应设置安全限位装置。外开窗应有防止窗扇脱落的构造措施。

5.10.4 幕墙开启窗应合理配置五金件，五金件应符合GB/T 32223相关规定，满足功能和安全使用要求，便于安装、维护和更换。

5.10.5 开启窗与幕墙构架的结合宜采用搭接构造形式，连接处应有防雨水渗漏密封措施。

5.10.6 幕墙开启窗采用自动启闭方式时，应设置安全锁闭装置。

5.10.7 开启窗窗框型材内外高差不宜小于 50mm，易渗入雨水或形成冷凝水的部位，截面构造宜有导排水功能。

5.10.8 开启窗框角、扇角的组合连接接缝处应密封处理。

5.10.9 幕墙开启窗周边密封条应采用氯丁橡胶、三元乙丙橡胶条或硅橡胶密封条等制品嵌填与密封，其性能应符合GB/T 24498规定。橡胶条邵氏硬度不宜大于50。

5.10.10 开启窗的型材壁厚不应小于 2mm。窗框与窗扇合页（铰链）采用螺钉螺纹受力连接时，螺钉公称直径不应小于4mm，螺钉连接处型材局部壁厚不应小于连接螺钉的公称直径，宽度不应小于螺钉公称直径的2.5倍。当不满足时，应采用铆螺母或增加不锈钢垫衬板等连接措施，衬板厚度不应小于3mm，并有连接螺纹。外露螺钉头与型材结合处应有密封措施。

5.10.11 上悬窗采用挂钩悬挂式连接时，应有可靠的防脱落措施及限位措施。被悬挂的上横梁应校核自重作用下的挠度，并应校核连接构造的抗扭性能。挠度值不应大于跨度的1/500，且不大于3mm。

5.10.12 开启窗采用不锈钢滑撑时，应按开启窗的自重和要求确定滑撑型号、规格，其性能应符合JG/T 127的规定，长度不宜小于窗扇高度的1/3。当滑撑长度小于边框1/2时，应设置限位撑档。

5.10.13 开启窗采用不锈钢撑档时，应按开启扇的规格和要求确定撑档型号、规格，两侧应对称配置，其性能应符合JG/T 128的规定。

5.10.14 开启窗采用执手、锁闭器时，应按开启窗的面积、功能及要求确定型号、规格，其性能应符合JG/T 124、JG/T 215的规定。开启扇对角线长度大于0.7m时，不应采用旋压式执手。开启扇面积大于1.0m^2时，应采用多点锁闭器，锁点应根据计算确定，且锁点间距不宜大于500mm。

5.10.15 开启窗宜采用隔热型材，隔热型材受力应安全可靠。五金件应安装在隔热条内侧的框、扇型材上，并有防松脱措施。

5.10.16 开启窗窗框与幕墙龙骨采用螺钉螺纹受力连接时，螺钉公称直径不应小于 5mm，螺钉间距不应大于350mm，螺钉连接处型材局部壁厚不应小于连接螺钉的公称直径，局部加厚宽度不应小于螺钉公称直径的2.5倍，螺钉尖部露出长度不小于8mm，并有防松脱措施。外露螺钉与型材连接处应密封处理。窗框不应固定在型材的装饰扣盖上。

5.10.17 开启窗玻璃不应采用全隐框形式安装，外开启扇应有防止玻璃脱落的构造措施。开启窗中空玻璃的第二道密封应采用硅酮结构密封胶，结构胶宽度经计算确定。开启扇窗副框结构胶粘接的位置，应与中空玻璃的结构胶位置重合。采用玻璃飞边或者中空玻璃采用大小片构造时，结构胶重合位置不应少于一组对边。玻璃下端应设置托条，托条应满足本标准第7.2.11条规定。中空玻璃及夹层玻璃外露端面应有护边。

5.10.18 斜幕墙不宜设置开启窗。确需设置时，内倾斜幕墙开启窗的下边框应有导排水措施，外倾斜幕墙开启窗的窗扇应有安全限位和防坠落构造措施。

5.10.19 采光顶面不宜设置开启窗。确需设置时，其应突出采光顶外表面不小于 100mm，且构造上应有防雨水渗漏及导排水措施。

5.10.20 采光顶窗应采用夹层玻璃或中空夹层玻璃。采用中空夹层玻璃时，其下层应为夹层玻璃。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 幕墙应按围护结构设计。在正常使用状态下，建筑幕墙应具有良好的工作性能。抗震设计的建筑幕墙，在遭受多遇地震作用时，一般不需修理即可继续使用；在遭受设防烈度地震作用时，经一般修理后应仍可继续使用；在遭受预估的罕遇地震作用时，幕墙支承结构构件不得脱落。

6.1.2 幕墙结构设计应考虑永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用和施工、清洗、维护荷载，并应按各效应组合中的最不利组合进行结构设计，复杂的幕墙体系应作施工阶段的结构设计复核。与水平面夹角不大于 75 度的建筑幕墙还应考虑雪荷载、活荷载或积灰荷载。对于变形不受约束的支承结构及构件，可不考虑温度作用效应。

6.1.3 幕墙应具有规定的承载能力、刚度、稳定性和适应主体结构的位移能力。采用螺栓等连接的幕墙构件，应有可靠的防松、防滑措施；采用挂接或插接的幕墙构件，应有可靠的防脱、防滑措施。

6.1.4 幕墙结构应根据传力途径对幕墙面板、支承结构、连接件与锚固件等依次进行结构设计，确保幕墙的结构安全。幕墙面板与其支承结构、幕墙支承结构与主体结构之间均应具有相对位移能力。

6.1.5 建筑主体结构中，连接幕墙预埋件、锚固件的部位，应能承受幕墙传递的荷载和作用，幕墙传递给主体结构的荷载和作用应经主体结构设计单位确认。

6.1.6 幕墙结构可按弹性方法分别计算施工阶段和正常使用阶段的作用效应，并应按本标准第 6.4 节的规定进行作用的组合。

6.1.7 幕墙的抗风设计，应符合 GB 50009 中对围护结构的风荷载相关要求。

6.1.8 幕墙结构及构造应进行抗震设计和计算分析，抗震设防的幕墙，在满足抗风设计要求的基础上，还应符合 GB 50011 中对建筑非结构构件的抗震设计要求。

6.1.9 幕墙结构构件应按下列规定进行承载力验算和挠度验算：

a) 持久设计状况、短暂设计状况

$$\gamma_0 S \le R \quad \cdots\cdots (4)$$

b) 地震设计状况

$$S_{\mathrm{E}} \le R / \gamma_{\mathrm{RE}} \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

S ——荷载及作用按基本组合的效应设计值；

S_{E} ——地震作用和其他荷载按基本组合的效应设计值；

R —— 构件抗力设计值；

γ_0 —— 幕墙结构构件重要性系数，可取 1.0；

γ_{RE} —— 幕墙结构构件承载力抗震调整系数，可取 1.0。

c) 挠度应符合下式要求：

$$d_f \le d_{f,\lim} \quad \cdots\cdots (6)$$

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；

$d_{f,\lim}$ ——构件挠度限值。

d) 双向受弯的杆件，两个方向的挠度均应符合本条第 3 款的规定。

6.1.10 当面板相对于横梁有偏心时，支承结构设计时应考虑重力荷载偏心产生的不利影响。

6.1.11 幕墙结构设计尚应符合 GB 50017、GB 50018、GB 50429、GB 50010、JGJ 145、JGJ 102、JGJ

133、JGJ 336、JGJ 225 的有关规定。

6.2 材料力学性能与物理性能

6.2.1 钢材的强度设计值应按 GB 50017 的规定采用，也可按表 15 采用。

表15 钢材的设计用强度指标(N/mm²)

钢材牌号		厚度或直径 d（mm）	强度设计值			屈服强度 fy	抗拉强度 fu
			抗拉、抗压和抗弯 f	抗 剪 fv	端面承压（刨平顶紧） fce		
碳素结构钢	Q235	d≤16	215	125	320	235	370
		16＜d≤40	205	120		225	
		40＜d≤100	200	115		215	
低合金高强度结构钢	Q355	d≤16	305	175	400	345	470
		16＜d≤40	295	170		335	
		40＜d≤63	290	165		325	
		63＜d≤80	280	160		315	
		80＜d≤100	270	155		305	
	Q390	d≤16	345	200	415	390	490
		16＜d≤40	330	190		370	
		40＜d≤63	310	180		350	
		63＜d≤100	295	170		330	
	Q420	d≤16	375	215	440	420	520
		16＜d≤40	355	205		400	
		40＜d≤63	320	185		380	
		63＜d≤100	305	175		360	
	Q460	d≤16	410	235	470	460	550
		16＜d≤40	390	225		440	
		40＜d≤63	355	205		420	

地方标准信息服务平台

		63＜d≤100	340	195		400	

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

2、冷弯型材和冷弯钢管，其强度设计值应按现行有关国家标准的规定采用。

6.2.2 建筑结构用钢板的设计用强度指标，可根据钢材牌号、厚度或直径按表 16 采用。

表16 建筑结构用钢板的设计用强度指标（N/mm²）

建筑结构用钢板	厚度或直径 d（mm）	强度设计值			屈服强度 fv	抗拉强度 fu
		抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 fv	端面承压(刨平顶紧)fce		
Q355GJ	16＜d≤50	325	190	415	345	490
	50＜d≤100	300	175		335	

6.2.3 结构用无缝钢管的强度指标应按表 17 采用。

表17 结构设计用无缝钢管的强度指标（N/mm²）

钢管钢材牌号	壁厚 d（mm）	强度设计值			屈服强度 fv	抗拉强度 fu
		抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 fv	端面承压（刨平顶紧）fce		
Q235	d≤16	215	125	320	235	375
	16＜d≤30	205	120		225	
	30＜d	195	115		215	
Q355	d≤16	305	175	400	345	470
	16＜d≤30	290	170		325	
	30＜d	260	150		295	
Q390	d≤16	345	200	415	390	490
	16＜d≤30	330	190		370	
	30＜d	310	180		350	
Q420	d≤16	375	220	445	420	520
	16＜d≤30	355	205		400	
	30＜d	340	195		380	

地方标准信息服务平台

Q460	d≤16	410	240	470	460	550
	16＜d≤30	390	225		440	
	30＜d	355	205		420	

6.2.4 铸钢件的强度设计值应按表 18 采用。

表18 铸钢件的强度设计值（N/mm²）

类别	钢号	铸件厚度 t（mm）	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 fv	端面承压（刨平顶紧） fce
非焊接结构用铸钢件	ZG230-450	≤100	180	105	290
	ZG270-500		210	120	325
	ZG310-570		240	140	370
焊接结构用铸钢件	ZG230-450H	≤100	180	105	290
	ZG270-480H		210	120	310
	ZG300-500H		235	135	325
	ZG340-550H		265	150	355

6.2.5 冷弯薄壁型钢的强度设计值应按 GB 50018 的规定采用，也可按表 19 采用。

表19 冷弯薄壁型钢的强度设计值（N/mm²）

钢材牌号	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 fv	端面承压（磨平顶紧）$f$ce
Q235	205	120	310
Q355	300	175	400

6.2.6 耐候钢的强度设计值可按表 20 采用。

表20 耐候钢的强度设计值（N/mm²）

钢号	厚度（mm）	屈服强度$\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f	抗剪强度 f v	承压强度 $f$ce
Q235NH	≤16	235	216	125	295
	＞16～40	225	207	120	295
	＞40～60	215	198	115	295
	＞60	215	198	115	295
Q295NH	≤16	295	271	157	344

地方标准信息服务平台

	＞16～40	285	262	152	344
	＞40～60	275	253	147	344
	＞60	255	235	136	344
Q355NH	≤16	355	327	189	402
	＞16～40	345	317	184	402
	＞40～60	335	308	179	402
	＞60	325	299	173	402
Q460NH	≤16	460	414	240	451
	＞16～40	450	405	235	451
	＞40～60	440	396	230	451
	＞60	430	387	224	451
Q295GNH（热轧）	≤6	295	271	157	320
	＞6	295	271	157	320
Q295GNHL（热轧）	≤6	295	271	157	353
	＞6	295	271	157	353
Q355GNH（热轧）	≤6	345	317	184	361
	＞6	345	317	184	361
Q355GNHL（热轧）	≤6	345	317	184	394
	＞6	345	317	184	394
Q390GNH（热轧）	≤6	390	359	208	402
	＞6	390	359	208	402
Q295GNH（冷轧）	≤2.5	260	239	139	320
Q295GNHL（冷轧）	≤2.5	260	239	139	320
Q355GNHL（冷轧）	≤2.5	320	294	171	369

6.2.7　不锈钢铸件的强度设计值见可按表 21 采用。

表21　不锈钢铸件的强度设计值(N/mm^2)

地方标准信息服务平台

钢材牌号	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 fv	端面承压（刨平顶紧） fce
ZG03Cr18Ni10	130	75	270
ZG03Cr18Ni10N	170	95	310
ZG07Cr19Ni9	130	75	270
ZG03Cr19Ni11Mo2	130	75	270
ZG03Cr19Ni11Mo2N	170	95	310
ZG15Cr13	250	145	330
ZG20Cr13	285	165	360
ZG15Cr13Ni1	330	190	360

6.2.8 常用不锈钢型材和棒材的强度设计值可按表 22 采用；常用不锈钢板材和带材的强度设计值可按表 23 采用。

表22 不锈钢型材和棒材的强度设计值（N/mm²）

统一数字代号	牌 号	规定非比例延伸强度$R_{P0.2}^{b}$	抗拉强度f	抗剪强度f_v	端面承压强度f_{cs}
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	100	250
S31658	06Cr17Ni12Mo2N	275	240	140	315
S31603	022Cr17Ni12Mo2	175	155	90	220
S31653	022Cr17Ni12Mo2N	245	215	125	280
注：采用本表未列出的不锈钢材料时，其抗拉强度标准值f_{sk1}可取其规定非比例延伸强度$R_{P0.2}^{b}$。抗拉强度设计值f_{s1}^{t}可按其抗拉强度标准值f_{sk1}除以系数 1.15 后采用；抗剪强度设计值f_{s1}^{v}可按其抗拉强度标准值f_{sk1}除以系数 2.00 后采用。					

表23 不锈钢板材和带材的强度设计值（N/mm²）

统一数字代号	牌 号	规定非比例延伸强度$R_{P0.2}^{b}$	抗拉强度f	抗剪强度f_v	端面承压强度f_{cs}
S30408	06Cr19Ni10	205	180	100	250

S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	180	100	250
S31708	06Cr19Ni13Mo3	205	180	100	250

6.2.9 铝合金型材的强度设计值应按 GB 50429 的规定采用，也可按表 24 采用。

表24 铝合金型材的强度设计值（N/mm²）

铝合金材料			用于构件计算		用于焊接连接计算		用于栓接计算
牌号	状态	壁厚（mm）	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f_v	焊件热影响区抗拉、抗压和抗弯 $f_{u,haz}$	焊件热影响区抗剪 $f_{v,haz}$	局部承压 f_c^b
6061	T6	不区分	200	115	100	60	305
6063	T5	不区分	90	55	60	35	185
	T6	不区分	150	85	80	45	240
6063A	T5	≤10	135	75	75	45	220
		＞10	125	70	70	40	
	T6	≤10	160	90	90	50	255
		＞10	150	85	85	50	

6.2.10 在短期、长期荷载作用下，平板玻璃、半钢化玻璃、钢化玻璃的强度设计值应按表 25 采用。

表25 玻璃强度设计值f_g（N/mm²）

种类	厚度（mm）	短期荷载			长期荷载		
		中部强度	边缘强度	端面强度	中部强度	边缘强度	端面强度
平板玻璃	5～12	28	22	20	9	7	6
	15～19	24	19	17	7	6	5
	≥20	20	16	14	6	5	4
半钢化玻璃	5～12	56	44	40	28	22	20
	15～19	48	38	34	24	19	17
	≥20	40	32	28	20	16	14
钢化玻璃	5～12	84	67	59	42	34	30
	15～19	72	58	51	36	29	26

地方标准信息服务平台

	≥20	59	47	42	30	24	21

注：1、夹层玻璃和中空玻璃的强度设计值可按所采用的玻璃类型确定；

2、当钢化玻璃的强度标准值达不到平板玻璃强度标准值的 3 倍时，表中数值应根据实测结果予以调整；

3、当半钢化玻璃的强度标准值达不到平板玻璃强度标准值的 2 倍时，其设计值应根据实测结果予以调整；

4、端面指玻璃切割后的断面，其宽度为玻璃厚度；边缘指玻璃大面上与端面边缘 1 倍玻璃厚度范围内的区域。

6.2.11 单层铝板抗拉强度标准值f_{ak1}可取其屈服强度$\sigma_{0.2}$。单层铝板抗拉强度设计值f_{a1}^{t}可按其抗拉强度标准值f_{ak1}除以系数 1.2 后采用；其抗剪强度设计值f_{a1}^{v}可按其抗拉强度标准值f_{ak1}除以系数 2.07 后采用。单层铝板的强度设计值也可按表 26 采用。

表26 单层铝板强度设计值f_{a1}（N/mm²）

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

地方标准信息服务平台

	H16、H26、H46	190	160	95

6.2.12 铝塑复合板的等效截面模量和等效刚度应根据实际情况通过计算或试验确定。当铝塑复合板的面板和背板厚度符合本标准第 4.7.1 条规定时，其等效截面模量W_e可参考表 27 采用，其等效弯曲刚度 De 可参考表 28 采用。

表27 铝塑复合板的等效截面模量W_e

厚度（mm）	4	6
W_e（mm^3）	1.6	2.7

表28 铝塑复合板的等效弯曲刚度D_e

厚度（mm）	4	5	6
D_e（N.mm）	2.4×10^5	4.0×10^5	5.9×10^5

6.2.13 铝蜂窝复合板的等效截面模量和等效刚度应根据实际情况通过计算或试验确定。当铝蜂窝复合板的面板和背板厚度符合本标准第 4.7.2 条规定时，其等效截面模量W_e可参考表 29 采用，其等效弯曲刚度D_e可参考表 30 采用。

表29 铝蜂窝复合板的等效截面模量W_e

厚度（mm）	10	15	20	25
W_e（mm^3）	4.5	14.0	19.0	24.0

表30 铝蜂窝复合板的等效弯曲刚度D_e

厚度（mm）	10	15	20	25
D_e（N/mm）	0.2×10^7	0.7×10^7	1.3×10^7	2.2×10^7

注:铝蜂窝复合板抗拉强度设计值可根据其强度试验平均值除以系数 1.428 取用。

6.2.14 瓷板、陶板、微晶玻璃、木纤维板和纤维水泥板面板的强度设计值，可按表 31 采用。

表31 面板材料强度设计值（N/mm^2）

材 料 种 类	抗弯强度设计值f			抗剪强度设计值 f_v		
瓷 板	15.0			7.5		
陶 板	AⅠ类	AⅡa 类	AⅡb 类	AⅠ类	AⅡa 类	AⅡb 类
	10.0	6.2	4.5	2.0	1.2	0.9
微晶玻璃	16.0			3.2		
木纤维板	56.0			-		

地方标准信息服务平台

纤维水泥板	11.5	2.3

6.2.15 天然石板的抗弯强度标准值f_{rk}应按公式 7 确定，其抗弯强度设计值、抗剪强度设计值应分别按公式 8 和 9 采用：

$$f_{rk} = f_{rm} - 2.0 f_0 \quad \cdots\cdots (7)$$

$$f_r^b = f_{rk} / \gamma_r \quad \cdots\cdots (8)$$

$$f_r^v = 0.5 f_r^b \quad \cdots\cdots (9)$$

式中：f_r^b ——石材面板抗弯强度设计值(N/mm^2)；

f_r^v ——石材面板抗剪强度设计值(N/mm^2)；

f_{rk} ——石材面板抗弯强度标准值(N/mm^2)；

f_{rm} ——石材面板抗弯强度试验平均值(N/mm^2)；

f_0 ——石材面板抗弯强度试验的标准差(N/mm^2)；

γ_r ——石材面板材料性能分项系数，应符合表 32 的规定。

表32 石材材料性能分项系数 γ_r

石材面板类型	花岗石	大理石或砂岩	
石板抗弯强度标准值f_{rk}（N/mm^2）	≥8.3	≥8.0	8.0> f_{rk} ≥4.0
γ_r	2.15	2.85	3.57

6.2.16 在干燥状态下，石材面板的弯曲强度应符合下列要求：

a) 花岗石的试验平均值f_{rm}不应小于 10.0N/mm^2，标准值f_{rk}不应小于 8.3N/mm^2；其他类型石材的试验平均值f_{rm}不应小于 5.0N/mm^2，标准值f_{rk}不应小于 4.0 N/mm^2；

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

6.2.17 石材蜂窝板的石材面板抗弯强度标准值f_k，应根据整板的弯曲试验结果，按下式计算值和抗弯强度试验的最小值f_{min}两者之中的低值确定，并应满足：花岗石f_k≥8.0N / mm^2；砂岩f_k≥4.0N / mm^2；石灰石f_k≥3.4N / mm^2：

$$f_k = f_m - 1.645 f_0 \quad \cdots\cdots (10)$$

式中：f_k ——石材蜂窝板石材面板抗弯强度标准值(N/mm^2)；

f_m ——石材蜂窝板石材面板抗弯强度试验平均值(N/mm^2)；

f_o ——石材蜂窝板石材面板抗弯强度试验标准差(N/mm²)。

石材蜂窝板石材面板抗弯强度设计值应按下式计算：

$$f = f_k / \gamma_r \quad \cdots\cdots (11)$$

式中：f ——石材蜂窝板石材面板抗弯强度设计值(N/mm²)；

f_k ——石材蜂窝板石材面板抗弯强度标准值(N/mm²)；

γ_r ——石材蜂窝板石材面板材料性能分项系数，应符合表 33 的规定。

表33 石材蜂窝板石材面板材料性能分项系数 γ_r

背板材质类型	花岗岩	砂岩	石灰石
铝蜂窝板、钢蜂窝板	1.5	1.8	1.8

6.2.18 聚碳酸酯板的强度设计值可按表 34 采用。

表34 聚碳酸酯板强度设计值（N/mm²）

板材种类	抗拉强度	抗压强度	抗弯强度
中空板	30	40	40
实心板	60	-	90

6.2.19 搪瓷板的强度设计值可按表 35 采用。

表35 搪瓷板强度设计值（N/mm²）

材料	抗弯强度设计值	抗剪强度设计值
单体搪瓷板	215	125
复合搪瓷板	60	40

6.2.20 玻璃纤维增强水泥外墙板（GRC）材料强度等级应按 GRC 材料抗弯强度标准值确定。GRC 材料抗弯强度标准值（f_{Mk}）和比例极限强度标准值（f_{Lk}）应按表 36 采用。

表36 玻璃纤维增强水泥（GRC）材料强度标准值（N/mm²）

强度种类	强度等级			
	8	10	15	18
fLk	5	6	6	7
fMk	8	10	15	18

GRC 材料的抗拉强度标准值（ f_{uk} ）和抗拉初裂强度标准值（ f_{Bk} ）按下列公式计算：

$$f_{uk}=0.4f_{Mk} \quad \cdots\cdots (12)$$

$$f_{Bk}=f_{Lk}/1.5 \quad \cdots\cdots (13)$$

式中：f_{uk} ——GRC 材料抗拉强度标准值(N/mm^2)；

f_{Mk} ——GRC 材料抗弯强度标准值(N/mm^2)；

f_{Bk} ——GRC 材料抗拉初裂强度标准值(N/mm^2)；

f_{Lk} ——GRC 材料比例极限强度标准值(N/mm^2)；

6.2.21 张拉杆、索的抗拉力设计值应按下列规定采用：

a) 高强钢绞线或不锈钢绞线的抗拉强度设计值应按其极限抗拉承载力标准值除以系数 2.0 采用；

b) 钢拉杆应符合 GB/T 20934 规定，屈服强度可以选取 345MPa、450MPa、550MPa 或 650MPa 等级别。不锈钢拉杆应符合 GB/T 4226，其材质应符合 GB/T 1220 规定；

c) 拉杆的抗拉强度设计值应取其极限抗拉承载力标准值除以系数 1.7 和屈服强度标准值$\sigma_{0.2}$除以系数 1.15 中的较小值采用。

6.2.22 彩钢板、钛及钛合金板、铜及铜合金板等单层金属板的抗拉强度设计值可按其屈服强度$\sigma_{0.2}$除以系数 1.15 采用。

6.2.23 不锈钢饰面复合板、钛锌合金饰面复合板、铜饰面复合板等复合金属板的抗拉强度设计值可根据其强度试验平均值除以系数 1.428 取用。

6.2.24 硅酮结构胶强度设计值应按表 37 采用。

表37 硅酮结构胶强度设计值(N/mm^2)

项目	强度设计值	项目	强度设计值
短期荷载作用下 强度设计值 $f1$	0.20	长期荷载作用下 强度设计值 $f2$	0.01

6.2.25 螺栓、铆钉、焊缝等连接材料强度设计值应按 GB 50017 规定采用，也可按表 38 采用。

表38 螺栓连接的强度设计值 (N/mm^2)

螺栓的性能等级、锚栓和构件钢材的牌号		普通螺栓						锚栓	承压型连接高强度螺栓		
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓						
		抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗拉	抗剪	承压
		f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^a	f_t^b	f_v^b	f_c^b
普通螺栓	4.6、4.8 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—	—

	8.8 级	—	—	—	400	320	—	—	—	—	—
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	140	—	—	—
	Q355 钢	—	—	—	—	—	—	180	—	—	—
承压型连接高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	400	250	—
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	500	310	—
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	—	470
	Q355 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	—	590
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	—	615

注：1　A 级螺栓用于公称直径 d 不大于 24mm、螺杆公称长度不大于 10d 且不大于 150mm 的螺栓。

2　B 级螺栓用于公称直径 d 大于 24mm、螺杆公称长度大于 10d 或大于 150mm 的螺栓。

3　A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C 级螺栓孔允许偏差和孔壁表面粗糙度，应符合 GB 50205 的规定。

表39　铆钉连接的强度设计值（N/mm²）

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

注：1　属于下列情况者为 I 类孔：

1）　在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；

2）　在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；

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

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。

表40　不锈钢螺栓连接的强度设计值(N/mm²)

类别	组别	性能等级	屈服强度σ_b	抗拉强度	抗剪强度
A(奥氏体)	A1、A2、A3、A4 A5	50	500	230	175
		70	700	320	245

		80	800	370	280
C(马氏体)	C1	50	500	230	175
		70	700	320	245
		100	1000	460	350
	C3	80	800	370	280
	C4	50	500	230	175
		70	700	320	245
F(铁素体)	F1	45	450	210	160
		60	600	275	210

表41　缝的强度设计值(N/mm²)

焊接方法和焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
	牌号	厚度或直径d（mm）	抗压f_c^w	抗拉和抗弯受拉f_t^w		抗剪f_v^w	抗拉抗压抗剪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	d≤16	215	215	185	125	160
		16＜d≤40	205	205	175	120	
		40＜d≤60	200	200	170	115	
自动焊、半自动焊和E50型焊条的手工焊	Q355	d≤16	310	310	265	180	200
		16＜d≤35	295	295	250	170	
		35＜d≤50	265	265	225	155	
自动焊、半自动焊和E55型焊条的手工焊	Q390	d≤16	350	350	300	205	220
		16＜d≤35	335	335	285	190	
		35＜d≤50	315	315	270	180	
	Q420	d≤16	380	380	320	220	220

地方标准信息服务平台

		16＜d≤35	360	360	305	210	
		35＜d≤50	340	340	290	195	

注：1 表中的一级、二级、三级是指焊缝质量等级，应符合 GB 50205 的规定。厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝，不应采用超声探伤确定焊缝质量等级。

2 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属力学性能不低于 GB/T 5293、GB/T 12470 的相关规定。

3 表中厚度 d 是指计算点钢材厚度，对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

6.2.26 碳素钢和合金钢锚栓的性能等级应按所用钢材的极限抗拉强度标准值f_{stk}及屈强比$f_{\mathrm{yk}}/f_{\mathrm{stk}}$确定，相应的力学性能指标应按表 42 采用。

表42 碳素钢及合金钢锚栓的力学性能指标

性能等级		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
极限抗拉强度标准值	f_{stk}（N/mm^2）	300	400		500		600	800
屈服强度标准值	f_{yk}或$f_{s,0.2k}$（N/mm^2）	180	240	320	300	400	480	640
伸长率	δ_5（%）	25	22	14	20	10	8	12

6.2.27 奥氏体不锈钢锚栓的性能等级应按所用钢材的极限抗拉强度标准值 f_{stk} 及屈服强度标准值 f_{yk} 确定，相应的力学性能指标应按表 43 采用。

表43 奥氏体不锈钢锚栓的力学性能指标

性能等级	螺纹直径（mm）	极限抗拉强度标准值f_{stk}（N/mm^2）	屈服强度标准值f_{yk}或$f_{s,0.2k}$（N/mm^2）	伸长值δ
50	≤39	500	210	0.6d
70	≤24	700	450	0.4d
80	≤24	800	600	0.3d

6.2.28 混凝土力学性能等级应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定采用，也可按表 44 采用；

表44 混凝土的力学性能指标（N/mm^2）

类别	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
轴心抗压强度标准值 fck	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
轴心抗压	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9

地方标准信息服务平台

强度设计值 fc													
轴心抗拉强度标准值 ftk	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11
轴心抗拉强度设计值 ft	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

6.2.29 普通钢筋力学性能等级应按 GB 50010 规定采用，普通钢筋的抗拉强度设计值f_y、抗压强度设计值f_y'可按表 45 采用；

表45 普通钢筋强度设计值（N/mm²）

牌 号	抗拉强度设计值f_y	抗压强度设计值f_y'
HPB300	270	270
HRB400、HRBF400、RRB400	360	360
HRB500、HRBF500	435	435

6.2.30 幕墙材料的弹性模量可按表 46 采用。

表46 材料的弹性模量 E（N/mm²）

材 料		E
钢、不锈钢		2.06×10^5
铝合金型材		0.70×10^5
铝塑复合板	厚度 4mm	0.20×10^5
	厚度 6mm	0.30×10^5
铝蜂窝复合板	厚度 10mm	0.35×10^5
	厚度 15mm	0.27×10^5
	厚度 20mm	0.21×10^5
玻璃		0.72×10^5
聚碳酸酯板		1370
瓷 板		0.60×10^5

地方标准信息服务平台

陶 板	0.20×10^5
微晶玻璃	0.81×10^5
花岗石板	0.80×10^5
砂岩石板	0.55×10^5
石灰石板	0.46×10^5
木纤维板	0.09×10^5
纤维水泥板	0.14×10^5
玻璃纤维板	0.23×10^5～0.29×10^5
消除应力的高强钢丝	2.05×10^5
不锈钢绞线	1.20×10^5～1.50×10^5
高强钢绞线	1.95×10^5
钢丝绳	0.80×10^5～1.00×10^5
GRC	0.20×10^5

6.2.31 幕墙材料的泊松比可按表47采用。

表47 材料的泊松比ν

材 料	v	材 料	v
铝合金型材、单层铝板	0.30	铝蜂窝复合板	0.25
钢、不锈钢	0.30	花岗石石板	0.125
铝塑复合板	0.25	玻璃	0.20
瓷 板	0.25	陶 板	0.13
微晶玻璃板	0.25	石材蜂窝板	0.30
木纤维板	0.30	纤维水泥板	0.25
玻璃纤维板	0.30	高强钢丝、钢绞线	0.30
聚碳酸酯板	0.28	GRC	0.24

6.2.32 幕墙材料的线膨胀系数可按表48采用。

表48 材料的线膨胀系数 α（1/℃）

地方标准信息服务平台

材料	α	材料	α
钢材	1.20×10^{-5}	不锈钢板	1.80×10^{-5}
铝合金型材	2.35×10^{-5}	蜂窝铝板	2.40×10^{-5}
铝塑复合板	2.40×10^{-5}～4.00×10^{-5}	瓷 板	0.60×10^{-5}
玻璃	0.80×10^{-5}～1.00×10^{-5}	砖砌体	0.50×10^{-5}
混凝土	1.00×10^{-5}	微晶玻璃	0.61×10^{-5}
陶 板	0.70×10^{-5}	木纤维板	2.20×10^{-5}
花岗石板	0.80×10^{-5}	玻璃纤维板	0.85×10^{-5}
纤维水泥板	1.00×10^{-5}	聚碳酸酯实心板	7.00×10^{-5}
聚碳酸酯中空板	6.50×10^{-5}	GRC	（1.0～1.5）$\times10^{-5}$

6.3 荷载与作用

6.3.1 幕墙材料的重力密度标准值可按表 49、表 50 的规定采用。

表49 材料的重力密度标准值γ_{gk}（kN/m^3）

材料	γ_{gk}	材料	γ_{gk}
钢 材	78.5	岩 棉	0.5～2.5
铝合金	28.0	矿 棉	1.2～1.5
瓷 板	22.5～23.5	玻璃棉	0.5～1.0
陶 板	20.0～24.0	花岗岩（大理岩）	28.0
微晶玻璃	27.0	砂岩	24.0
木纤维板	12.7	石灰岩	26.0
纤维水泥板	14.7～17.6	铝蜂窝芯	0.38～0.39
玻璃	25.6	玻璃纤维板	16.0～22.0
GRC	18～20		

表50 铝蜂窝复合板和铝塑复合板的自重标准值 qk（kN/m^2）

类别	qk	类别	qk

地方标准信息服务平台

铝蜂窝复合板	10mm	0.052	铝塑复合板	4mm	0.055
	15mm	0.070		5mm	0.065
	20mm	0.073		6mm	0.073
	25mm	0.077	-		

6.3.2 幕墙面板以及直接连接面板的支承结构及其连接件，其风荷载标准值w_k应按 GB 50009 中规定的围护结构风荷载标准值确定，且不应小于 1.0kN/m^2；

6.3.3 索结构设计时除应考虑风荷载的静力效应外，尚应考虑风荷载的动力效应：

a) 对于形状较为简单的中小跨度索结构，可采用对平均风荷载乘风振系数的方法近似考虑结构的风动力效应。风振系数可取为：单索 1.2～1.5；索网 1.5～1.8；双层索系 1.6～1.9；横向加劲索系 1.3～1.5；其他类型索结构 1.5～2.0，其中，结构跨度较大且自振频率较低者取较大值。

b) 对于跨度大于 25m 的平面索网结构、跨度大于 60m 的其他类型索结构、基本自振周期大于 1.0s 的索结构或体型复杂且较为重要的结构，应通过风振响应分析确定风动力效应。

6.3.4 幕墙体型复杂、群集的高层建筑、风荷载环境复杂或高度大于 200m 时，宜进行风洞试验，并综合考虑风洞试验结果及规范计算结果确定风荷载。

6.3.5 幕墙构件同时承受两个正交方向的风荷载作用时，强度计算应按$0.6x+1.0y$和$1.0x+0.6y$二种组合方式确定。其中 x 为构件横截面主轴方向最大风荷载设计值，y 是与 x 正交方向的最大风荷载设计值。

6.3.6 幕墙面板以及与面板直接连接的连接件和支承结构，其垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值可按下式计算：

$$q_{EK}=\beta_E\alpha_{max}G_K/A \quad \cdots\cdots (14)$$

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

β_E ——动力放大系数，可取不小于 5.0；

α_{max} ——水平地震影响系数最大值，按表 51 采用；

G_K ——幕墙构件（包括面板、构件和连接件）的重力荷载标准值（kN）；

A ——幕墙平面面积（m^2）。

表51 水平地震影响系数最大值α_{max}

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

注：括号中数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

6.3.7 幕墙面板以及与面板直接连接的连接件和支承结构，其平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算：

地方标准信息服务平台

$$P_{EK}=\beta_E\alpha_{max}G_K \quad (15)$$

式中: P_{EK} ——平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值（kN）。

6.3.8 横梁、立柱和其它支承结构件、连接件、锚固件所承受的地震作用，除应考虑幕墙自身重力荷载产生的地震作用外，尚应考虑依附于幕墙上的其他构件传递的地震作用。

6.3.9 当温度作用对幕墙面板和支承结构有影响时，应进行温度作用效应计算。

6.4 荷载与作用效应组合

6.4.1 当作用和作用效应可按线性关系考虑时，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：

a) 持久设计状况、短暂设计状况的效应组合应按下式计算：

$$S=\gamma_{\mathrm{G}}S_{\mathrm{Gk}}+\psi_{\mathrm{w}}\gamma_{\mathrm{w}}S_{\mathrm{wk}}+\psi_{\mathrm{T}}\gamma_{\mathrm{T}}S_{\mathrm{Tk}} \quad (16)$$

b) 地震设计状况的效应组合应按下式计算：

$$S=\gamma_{\mathrm{G}}S_{\mathrm{Gk}}+\psi_{\mathrm{E}}\gamma_{\mathrm{E}}S_{\mathrm{Ek}}+\psi_{\mathrm{w}}\gamma_{\mathrm{w}}S_{\mathrm{wk}} \quad (17)$$

式中： S ——荷载及作用效应组合的设计值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{wk} ——风荷载效应标准值；

S_{Ek} ——地震作用效应标准值；

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

γ_{G} ——永久荷载分项系数；

γ_{w} ——风荷载分项系数；

γ_{E} ——地震作用分项系数；

γ_{T} ——温度作用分项系数；

ψ_{w} ——风荷载的组合值系数；

ψ_{E} ——地震作用的组合值系数；

ψ_{T} ——温度作用的组合值系数。

6.4.2 进行幕墙构件的承载力设计时，荷载及作用分项系数应按下列规定取值：

地方标准信息服务平台

a) 持久设计状况、短暂设计状况下，永久荷载分项系数γ_G和预应力作用分项系数γ_P，当作用效应对承载力不利时取值 1.3，当作用效应对承载力有利时取值应不大于 1.0；
b) 持久设计状况、短暂设计状况下，风荷载、温度作用、雪荷载等其他可变荷载的分项系数，当作用效应对承载力不利时取值 1.5，当作用效应对承载力有利时取值应不大于 1.0；
c) 对地震设计状况，应采用作用的地震组合，地震组合的效应设计值应符合 GB 50011 的规定。永久荷载分项系数γ_G和预应力作用分项系数γ_P，当作用效应对承载力不利时取值 1.3，当作用效应对承载力有利时取值应不大于 1.0。风荷载、温度作用、雪荷载等其他可变荷载的分项系数取值 1.5。地震作用分项系数γ_E按表 52 取值。

表52 地震作用分项系数

地震作用	γ_{Eh}（水平）	γ_{Ev}（竖向）
仅计算水平地震作用	1.3	0.0
仅计算竖向地震作用	0.0	1.3
同时计算水平与竖向地震作用（水平地震为主）	1.3	0.5
同时计算水平与竖向地震作用（竖向地震为主）	0.5	1.3

6.4.3 可变作用的组合值系数应按下列规定采用：
a) 持久设计状况、短暂设计状况且风荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数ψ_w应取 1.0，温度荷载组合值系数ψ_T应取 0.6；
b) 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ψ_w应取 0.6，温度荷载组合值系数ψ_T应取 1.0；
c) 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ψ_w和温度荷载组合值系数ψ_T均应取 0.6；
d) 地震设计状况时，地震作用的组合值系数ψ_E取 1.0，风荷载组合值系数ψ_w应取 0.2；
e) 对水平倒挂幕墙面板及其框架，当抗震设防烈度不大于 7 度时，可不考虑地震作用效应的组合；当抗震设防烈度为 8 度时，应考虑地震作用效应的组合，重力荷载（永久荷载）代表值应按 1.1～1.15 倍考虑。

6.4.4 幕墙构件挠度验算时，水平方向风荷载的变形效应，应按风荷载的标准值进行计算；垂直方向的自重荷载变形效应，应按自重荷载标准值进行计算。水平方向和垂直方向的荷载与作用的变形效应不应进行组合。

6.5 连接设计

6.5.1 幕墙应与主体结构可靠连接。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

6.5.2 幕墙构件之间的连接节点应有可靠的防松、防脱、防滑、防腐措施，可采用焊缝、螺栓、螺钉或销钉连接。连接设计应符合 GB 50017、GB 50018、GB 50429、JGJ 99 的有关规定。采用螺栓、螺钉、自攻螺钉或销钉连接的，其数量不应少于 2 个。

6.5.3 幕墙龙骨与主体结构锚固件之间的连接，可采用钢连接件或铝合金连接件。钢连接件与主体结构锚固件之间可采用螺栓连接或焊接。采用螺栓连接时，螺栓直径应经计算确定，螺栓的规格不应小于 M10，每个连接点的螺栓数量不应少于 2 个。连接件的厚度应经过计算确定，且钢型材连接件的壁厚不应小于 5mm，钢板连接件的厚度不应小于 6mm，铝合金连接件的壁厚不应小于 8mm，连接件端部在永久

荷载作用下挠度变形应不小于2mm。重要连接件或重要受力构件不宜与埋件仰焊连接。

6.5.4 钢结构（焊缝、紧固件、销轴等）连接设计及计算应满足GB 50017中第11章节的相关要求。

6.5.5 铝合金结构（焊缝、紧固件等）连接设计及计算应满足GB 50429中第9章节的相关要求。

6.5.6 幕墙构件采用隔热体断热构造时，应对内外型材间的连接强度进行验算。隔热型材中的隔热体不宜承受或传递荷载，应采用可靠的连接构造，将隔热体外的荷载传至隔热体内侧的受力构件。

6.5.7 幕墙与主体钢结构连接，应在主体钢结构加工前提出连接的设计要求，并在加工时完成连接构造。未经主体结构设计单位同意，现场不得在钢结构柱及主梁上焊接各类转接件。

6.6 硅酮结构密封胶设计

6.6.1 硅酮结构密封胶的粘接宽度应符合第6.6.3条或第6.6.4条的规定，且不应小于7mm；粘接厚度应符合第6.6.5条的规定，并不应小于6mm，且不宜大于12mm。硅酮结构密封胶的粘接宽度宜大于厚度，当采用单组份硅酮结构密封胶时粘接宽度不宜大于厚度的2倍。

6.6.2 硅酮结构密封胶应进行承载力极限状态验算。在风荷载、水平地震作用下，硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值不应大于其强度设计值 f_1， f_1 应取为 0.2N/mm^2；在永久荷载作用下，硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值不应大于其强度设计值 f_2， f_2 应取为0.01N/mm^2。

6.6.3 四边支承的隐框、半隐框玻璃幕墙中玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度 c_s，应按受力情况分别按下列规定计算。非抗震设计时，可取第1款、第3款计算的较大值；抗震设计时，可取第1款、第2款、第3款计算的最大值。

a) 在风荷载作用下，粘接宽度 c_s 应按下式计算：

$$c_s = \frac{wa}{2000 f_1} \quad \cdots\cdots (18)$$

式中：

c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度（mm）；

w ——作用在计算单元上的风荷载设计值（kN/m^2）；

a ——矩形玻璃板的短边长度（mm）；

f_1 ——硅酮结构密封胶在风荷载或地震作用下的强度设计值，取0.2N/mm^2。

b) 在风荷载和水平地震作用下，粘接宽度Cs应按下式计算：

$$c_s = \frac{(q_E + 0.2w)a}{2000 f_1} \quad \cdots\cdots (19)$$

式中：q_E ——作用在计算单元上的地震作用设计值（kN/m^2）。

c) 在永久荷载作用下，粘接宽度Cs应按下式计算：

$$c_s = \frac{q_G ab}{2000(a+b) f_2} \quad \cdots\cdots (20)$$

式中：

q_G ——幕墙玻璃单位面积重力荷载设计值（kN/m^2）；

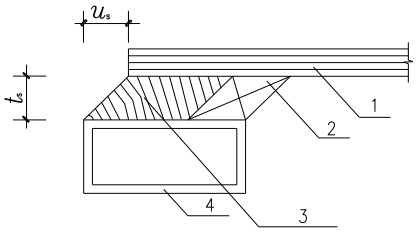
a、b ——分别为矩形玻璃板的短边和长边长度（mm）；

f_2 ——硅酮结构密封胶在永久荷载作用下的强度设计值，取0.01N/mm^2。

6.6.4 倒挂的半隐框幕墙玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度Cs应按下式计算：

$$c_s = \frac{wa}{2000 f_1} + \frac{q_G a}{2000 f_2} \quad \cdots\cdots (21)$$

6.6.5 硅酮结构密封胶的粘接厚度 t_s（图1）应符合式（22）的要求：



1—玻璃；2—双面胶条；3—结构硅酮密封胶；4—铝框

图1　结构硅酮密封胶变形示意

$$t_s \geq \frac{u_s}{3\delta} \quad \cdots\cdots (22)$$

$$u_s = \eta[\theta]h_g \quad \cdots\cdots (23)$$

硅酮结构胶厚度应符合本标准第 6.6.1 条规定。

当硅酮结构胶计算厚度t_s＞12mm 时，可考虑隐框面板安装间隙的影响，按式（24）计算其吸收主体结构层间位移的能力，按式（25）计算 us，再按式（22）重新计算硅酮结构胶的厚度，满足t_s≤12mm 时，取t_s=12mm。

u_s按式（25）取值后，硅酮结构胶计算厚度 ts 仍大于 12mm 时，可调整c_1和c_2，使其满足硅酮结构胶计算厚度t_s≤12mm，并取t_s=12mm。

$$\theta = \frac{2c_1(1+\frac{l_1}{l_2}\times\frac{c_2}{c_1})}{l_1} \quad \cdots\cdots (24)$$

$$u_s = \eta_1([\theta]-\theta)h_g \quad \cdots\cdots (25)$$

式中：t_s——硅酮结构密封胶的粘接厚度（mm）；

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

u_s——主体结构侧移时，硅酮结构密封胶沿厚度方向的剪切位移（mm）；

δ——硅酮结构密封胶拉伸粘接性能试验中受拉应力为 0.14N/mm^{2}时的伸长率；

θ——主体结构侧移时，面板的转动角；

η——位移折减系数，取值 0.60；

η_1——位移折减系数，取值 0.80；

h_g——玻璃板块高度（mm）；

l_1——矩形玻璃板块竖向边长（mm）；

l_2——矩形玻璃板块横向边长（mm）；

c_1——玻璃副框与左右边框（压板）的最小平均间隙（mm），应计入施工偏差值 1.5mm；

地方标准信息服务平台

c_2——玻璃副框与上下边框的平均间隙（mm），应计入施工偏差值 1.5mm。

6.6.6 隐框、横向半隐框玻璃幕墙，每块玻璃下端应设置金属托条，玻璃托条的设置应符合本标准第 7.2.11 条规定。

6.6.7 隐框、半隐框中空玻璃的二道密封硅酮结构胶应能承受外侧面板传递的荷载作用，其有效宽度应按第 6.6.3 条和第 6.6.4 条的原则由计算确定，且不应小于 7mm。

6.7 紧固件设计

6.7.1 螺栓、螺钉和铆钉连接的结构计算应符合 GB 50017、GB 50018、GB 50429 的规定。

6.7.2 用于连接金属构件的螺钉、自攻螺钉或自攻自钻螺钉，应与被连接的金属构件同质或等电位，其连接处构件的厚度应符合本标准第 8.2.1 条和第 8.3.4 条规定。自攻螺钉或自攻自钻螺钉应符合 GB/T 5280 规定，螺钉尖部露出长度不小于 8mm。连接应作拉、剪承载力校核，存在拉剪复合受力情况时还应作复合承载力校核。受拉连接采用自攻螺钉或自攻自钻螺钉时，宜采用开口 U 型钉槽型材构造，并满足第 8.7.3 条要求。

6.7.3 开口 U 型钉槽型材的适用高度不宜超过 50m。钉槽连接强度应计算校核，连接构造应符合本标准第 8.3.8 条规定，并提供施工中通过试验复核的受拉承载力报告。

6.7.4 机制螺钉钉孔的制备及精度应符合 GB/T 197、GB/T 9145 的要求。机制螺钉受拉连接时应严格控制螺钉及螺孔的尺寸。当用于紧固开启扇五金件时，应采取有效的防松脱措施。承受较大拉力的连接节点、面板反吊处的连接节点、承受较大风荷载的悬挑构件、端部连接处存在撬力等受力状态复杂的构件或节点，应采用螺栓连接。螺钉、螺栓紧固后，外露丝扣不应少于 2 扣。

6.8 埋件设计

6.8.1 幕墙用埋件可分为预埋件和后置埋件，预埋件可分为平板式预埋件、槽式预埋组件、免焊装配式板槽埋件。平板预埋件应按 GB 50010 执行，后锚固埋件应按 JGJ 145 执行,槽式预埋组件应按 GB/T 38525、JG/T 560 执行。预埋件设计使用的基准期为 50 年且应与主体结构同寿命，后置埋件设计使用应与被连接构件的设计使用年限一致，且不应小于 30 年。对化学锚栓、植筋，应定期检查其工作状态，检查时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查时间不应迟于 10 年。

6.8.2 幕墙用埋件设计应考虑永久荷载、风荷载、地震作用和其他必要荷载的组合，同时应考虑主体结构的混疑土规格以及埋设的边界条件。对于产品构件应在现场根据项目实际情况抽查做拉拔、剪切等试验。后置埋件试验方法及评定标准应按 JGJ 145 的规定执行。

6.8.3 埋件应埋设在主体混凝土结构或连接在主体钢结构上，且其应能承担埋件的支座反力。

6.8.4 当建筑主体为混凝土结构时，幕墙的主要受力构件应通过预埋件与主体结构连接，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，应采用后置埋件等其他可靠的连接措施，并通过试验确定其可靠性。预埋件埋设时应有防浇筑混疑土震动时产生偏位措施，但不得与主体结构钢筋直接焊接。

6.8.5 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，其设计应符合 GB 50010 的规定。

6.8.6 槽式预埋件及其 T 型螺栓的锚固连接，应按照 GB 50017、GB 50010 的规定设计，并应按 GB/T 38525 规定的试验方法确定槽式预埋组件的 T 型螺栓副受拉承载力、组件受拉承载力、锚固承载力。槽式预埋件设计见本标准附录 B。槽式预埋件的中心线与混凝土构件边缘的距离应根据构件的受力状态确定且不应小于 100mm，钢筋（锚爪）应位于主筋内侧。

6.8.7 幕墙构架与主体结构采用后锚固锚栓连接时，应符合下列规定：

a) 混凝土基材及锚栓的材质、力学性能等级、锚固深度、间距、结构边距等要求应符合 JGJ 145 的规定；

b) 后锚固连接的安全等级不应低于被连接结构的安全等级，且不应低于二级；

c) 锚栓连接处基材混凝土强度等级不应低于 C20，厚度应符合 JGJ 145 的规定；

d) 混凝土结构所用锚栓的材质可为碳素钢、不锈钢或合金钢，直径不应小于 10mm。碳钢、合金钢锚栓表面应进行镀锌防腐处理，电镀锌层平均厚度不应小于 5μm，热浸镀锌平均厚度不应小于 45μm，在室外环境、常年潮湿的室内环境、海边、高酸碱度的大气环境中应使用不锈钢材质的锚栓；每个连接节点不应少于 2 个锚栓；

e) 建筑幕墙的后置埋件应根据设计要求选用后切（扩）底机械锚栓或特殊倒锥型化学锚栓等性能可靠的锚栓，不应使用膨胀型锚栓或普通化学锚栓。在与化学锚栓接触的连接件上，不应进行连续焊缝的焊接，就位后需焊接作业的后置埋件宜使用机械扩底锚栓。

6.8.8 幕墙用埋件严禁埋设在轻质填充墙和砌体结构上，幕墙与轻质填充墙和砌体结构连接时，应采取加强措施，保证其连接可靠性和耐久性，确保幕墙的安全使用。

6.8.9 旧建筑改造需要增设建筑幕墙时，主体结构的混凝土强度等级，应符合 GB 50010、JGJ 145 规定的钢筋混凝土强度等级的最低要求，并经现场实测确定。幕墙构架与主体结构采用后锚固锚栓连接时，应符合本标准第 6.8.28～6.8.38 条的规定。

6.8.10 建筑幕墙宜尽量避免使用后置埋件。在同一个后置埋件上应采用同种类型、同种规格的锚栓，不得采用不同种类锚栓混合使用。

6.8.11 平板预埋件的锚板宜采用 Q235B、Q355B 级钢，锚板厚度应根据其受力和加劲肋设置情况按计算确定，且不宜小于锚筋直径的 0.6 倍。受拉和受弯平板预埋件的锚板厚度宜大于 b/8（b 为锚筋的间距），幕墙用的预埋件锚板厚度不宜小于 6mm。锚板长宽尺寸宜大于被连接构件至少 50mm，以便调节和容差。

6.8.12 平板预埋件的锚筋应采用 HRB400 或 HPB300 级钢筋，严禁采用冷加工钢筋。纯受剪平板预埋件的直锚筋可采用 2 根，其他受力直锚筋不宜少于 4 根，且不宜多于 4 排；锚筋直径不宜小于 8mm，且不宜大于 25mm。平板预埋件的锚筋应放置在构件的外排主筋的内侧。

6.8.13 直锚筋与锚板应采用 T 型焊接，并应符合下列规定：

a) 直锚筋与锚板的焊接宜采用穿孔塞焊。对 HPB300 级钢筋宜采用 E43 型焊条，对 HRB400 级钢筋宜采用 E55 型焊条。当锚筋直径不大于 20mm 时，可采用压力埋弧焊或手工焊，压力埋弧焊宜采用 HJ431 型焊剂或其他性能相近的焊剂。

b) 当采用手工焊时，焊缝高度不宜小于 6mm，且对 HPB300 级钢筋焊缝高度不宜小于 0.5d(d 为锚筋直径)，宜采用 E43 型焊条；对 HRB400 级钢筋焊缝高度不宜小于 0.6d，宜采用 E55 型焊条。

6.8.14 平板预埋件系指锚板为平板状构件的预埋件（图 2），其锚筋的总截面面积 A_s 应符合下列规定：

a) 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时，应分别按式（26）和式（27）计算，并取二者的较大值：

$$As \geq \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{N}{0.8\alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3\alpha_r \alpha_b f_y z} \quad \cdots\cdots (26)$$

$$As \geq \frac{N}{0.8\alpha_b f_y} + \frac{M}{0.4\alpha_r \alpha_b f_y z} \quad \cdots\cdots (27)$$

b) 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时，应分别按式（28）和式（29）计算，并取二者的较大值：

$$As \geq \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4Nz}{1.3\alpha_r \alpha_b f_y z} \quad \cdots\cdots (28)$$

$$As \geq \frac{M-0.4Nz}{0.4\alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (29)$$

$$\alpha_v=(4.0-0.08d)\sqrt{\frac{f_c}{f_y}} \quad (30)$$

$$\alpha_b=0.6+0.25\frac{t}{d} \quad (31)$$

式中：

V —— 剪力设计值（N）；

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

M —— 弯矩设计值（N.mm）。当M小于$0.4Nz$时，取M等于$0.4Nz$；

α_r —— 钢筋层数影响系数。当锚筋等间距配置时，二层取1.0，三层取0.9，四层取0.85；

α_v —— 锚筋抗剪承载力系数，当α_v大于0.7时取0.7；

α_b —— 锚板弯曲变形折减系数。当采取防止锚板弯曲变形的措施时，可取α_b等于1.0；

d —— 锚筋直径（mm）；

t —— 锚板厚度（mm）；

z —— 沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离（mm）；

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值（N/mm^2），应按GB 50010的规定采用；

f_y —— 钢筋抗拉强度设计值（N/mm^2），应按GB 50010的规定采用，但不应大于300N/mm^2。

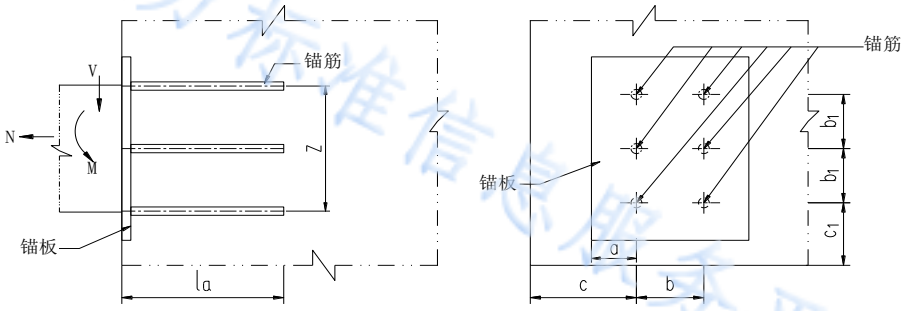


图2 平板预埋件

c) 当有双向剪力、拉（压）力和双向弯矩共同作用时，可将另一方向剪力和弯矩需要的锚筋面积叠加到式（26）～式（29）中；但是对于式（28）和式（29），应将N用0.5N代替。α_r和z对于两个方向取不同值。

地方标准信息服务平台

d) 当有比较大的扭矩作用时，应按照锚筋的布置计算锚筋的最大剪力，由此得出剪力最大的锚筋的附加面积，乘以锚筋的总颗数叠加到 As 中。

6.8.15 受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度应符合下列要求：

a) 受拉直锚筋的基本锚固长度应按下式计算：

$$l_{ab}=\alpha\frac{f_y}{f_t}d \quad \cdots\cdots (32)$$

式中：

l_{ab} —— 受拉钢筋基本锚固长度（mm）；

f_y —— 钢筋抗拉强度设计值（N/mm^2）；

f_t —— 混凝土轴心抗拉强度设计值，应按 GB 50010；的规定取用；当混凝土强度等级高于 C40 时，按 C40 取值；

d —— 锚筋公称直径（mm）；

α —— 锚筋的外形系数，光圆钢筋取 0.16，带肋钢筋取 0.14。

b) 当锚筋的拉力设计值小于钢筋抗拉强度设计值时,锚筋的锚固长度可按下式折减，且不应小于 15d：

$$l_a=\zeta_a l_{ab} \quad \cdots\cdots (33)$$

式中：

l_a —— 受拉钢筋锚固长度（mm）；

l_{ab} —— 受拉钢筋基本锚固长度（mm），按本标准式(32)计算；

ζ_a —— 锚固长度修正系数。当锚筋的实际配筋面积大于其设计计算面积时，修正系数取设计计算面积与实际配筋面积的比值。有抗震设防要求的结构构件不考虑此修正项。

c) 当锚筋末端采用弯钩或机械锚固措施时，包括弯钩和锚固端头在内的锚固长度（投影长度）可取基本锚固长度 l_{ab} 的 60%,弯钩和机械锚固的形式和技术要求应满足 GB 50010 中的相关要求。如果锚固长度大于第 2 款，可按第 2 款取值。

d) 抗震设计的幕墙，钢筋锚固长度应按照计算锚固长度放大 1.1 倍采用，且不得小于 200mm。

6.8.16 受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于 15 倍锚固钢筋直径。除受压直锚筋外，当采用 HPB300 级钢筋时，钢筋末端应作 180 °弯钩，弯钩平直段长度不应小于 3 倍的锚筋直径，此弯钩不属于机械锚固措施。

6.8.17 当锚筋配置较多，锚筋总截面面积超过按本标准第 6.8.14 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 200mm。

6.8.18 锚筋中心至锚板边缘的距离 a 不应小于锚筋直径的 2 倍和 20mm 的较大值。

a) 对受拉和受弯预埋件，其钢筋的间距 b、b1 和锚筋至构件边缘的距离 c、c1 均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较大值：

b) 对受剪预埋件，其锚筋的间距 b、b1 均不应大于 300mm，且 b1 不应小于锚筋直径的 6 倍及 70mm 的较大值；锚筋至构件边缘的距离 c1 不应小于锚筋直径的 6 倍及 70mm 的较大值，锚筋的间距 b、锚筋至构件边缘的距离 c 均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较大值。

6.8.19 当混凝土的厚度不能满足锚筋的锚固长度要求时，可采用两侧都有埋板的对穿埋件，且应保证其设计反力不超过混凝土的冲切承载力，并应提供支座反力给主体结构设计单位确认该处混疑土的承载

力。

6.8.20 槽式预埋组件设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用承载力分项系数的设计表达式设计（附录 B）。

6.8.21 槽式预埋件的混凝土基材厚度 h 不应小于 $1.5h_{ef}$，且不宜小于 200mm。槽式预埋件的有效锚固深度不得小于 90mm；两个锚筋间的最小间距不小于 100mm，最大间距不大于 250mm。槽式预埋件与混凝土构件的最小边距c_1和c_2均不应小于 6d 和 100mm，d 为锚筋直径（附录 B，图 B.2.17）。

6.8.22 除不锈钢制品外，槽式预埋件的表面应进行热浸镀锌处理，镀锌厚度应符合 GB/T 13912 的相关规定。

6.8.23 槽式预埋件的槽应填充密实，宜采用聚乙烯（LDPE）材料，浇注混凝土时不得漏浆，易于拆除。

6.8.24 幕墙立柱的连接件在槽式预埋件上每侧用一个螺栓时，该螺栓实际的净截面积按规定的计算面积至少应增加 50%，并使用双螺帽固定。钢槽壁厚按附录 B 第 B.2.12 条、第 B.2.22 条和第 B.2.30 条规定计算确定，并满足 GB/T 38525 的相关规定。

6.8.25 槽式预埋件应考虑动载性能和遇火时的承载力设计，设计应以相关的认证测试或试验结果为依据。对有抗震设防要求或者有侧向荷载（平行于槽口方向）的幕墙建筑，槽式预埋件宜选用带齿牙卷边优化槽体，及与之配套的带齿牙 T 型螺栓，或采取有其他抵抗侧向荷载的构造措施。

6.8.26 槽式预埋件的选型应校核其在拉力、垂直剪力、平行剪力共同作用下的钢材与混凝土破坏承载力。

6.8.27 在工程中使用的槽式预埋件产品，应按照 GB/T 38525 的规定提供相应的型式检验报告，还应抽查现场埋件，按照附录 B 各种破坏情况进行破坏性检测，保证槽式埋件安全可靠。

6.8.28 后置埋件设计与构造应符合 JGJ 145 的相关规定，设计应按使用年限对材料选用、施工质量、检测检验和维护保养提出相应要求。

6.8.29 后置埋件应选择合适的锚栓类型，保证连接的可靠性，并符合 JGJ 145 中的相关条件。

a) 锚栓直径和数量应经计算确定。锚栓直径不小于 10mm，每个后置埋件上不得少于 2 个锚栓；
b) 就位后需焊接作业的后置埋件宜使用机械扩底锚栓。如采用特殊倒锥形化学锚栓，焊接时应采取措施防止化学锚栓受热失效，并应有焊接高温后抗拉承载力检验报告；
c) 锚栓工程施工与验收应符合 JGJ 145 的相关规定。需要现场实测锚固承载力时，应采用 JGJ145 附录 C 的测试方法和评价方法。

6.8.30 锚栓除不锈钢、高耐候钢外，应有可靠的防腐措施，锚栓防腐蚀标准应高于被连接构件的防腐蚀要求。碳素钢、合金钢机械锚栓表面应进行镀锌防腐处理，电镀锌层平均厚度不应小于 5μm，热浸镀锌平均厚度不应小于 45μm。

6.8.31 锚栓的防火等级不应低于被连接结构的防火等级。重要连接部位的后锚固连接，应有可靠的防火措施。不受防火封堵保护位置的后置埋件及用于防火幕墙的后置埋件锚栓不应采用化学锚栓。

6.8.32 后锚固连接的承载力验算及现场检验应符合下列规定：

a) 应按 JGJ 145 的规定对锚栓和混凝土构件的承载力进行验算；
b) 针对不同类型、规格的后置锚栓，施工现场均应进行拉拔力试验，试验值不应小于本工程中此类型锚栓最大拉力设计值的 2 倍；
c) 必要时尚应进行锚固承载力现场非破损检验及破坏性试验，非破损检验及破坏性检验时施加荷载应满足 JGJ 145 附录 C.4.2 条、C.4.3 条要求；
d) 锚栓拉拔力现场检验方法应满足 JGJ 145 附录 C 的相关规定。如采用化学锚栓连接，锚栓拉拔力现场检验应在连接构件焊接工序完成后进行；
e) 对采用化学锚栓且设计使用年限为 30 年的后锚固连接，应通过耐湿热老化能力的检验；对采用化学锚栓且设计使用年限为 50 年的后锚固连接，应通过耐湿热老化能力和耐长期应力作用

能力的检验；对采用化学锚栓且承受动荷载作用的后锚固连接，应通过抗疲劳能力检验；对寒冷地区采用化学锚栓的后锚固连接，应通过耐冻融能力检验。

6.8.33 混凝土基材的厚度 h 应满足下列规定：

a) 对于机械锚栓，h 不应小于 $2h_{ef}$，且 h 应大于 100mm，h_{ef}为锚栓有效锚固深度；

b) 对于胶粘型锚栓，h 不应小于$h_{ef}+2d_0$，且 h 应大于 100mm，d_0为钻孔直径。

6.8.34 群锚锚栓最小间距s_{min}最小边距c_{min}，应根据锚栓产品的认证报告确定。当无认证报告时，应符合表 53 的规定。

表53 锚栓最小间距s_{min}和最小边距c_{min}

锚栓类型	最小间距s_{min}	最小边距c_{min}
扩底型锚栓	$6d_{nom}$	$6d_{nom}$
胶粘型锚栓	$6d_{nom}$	$6d_{nom}$

注 d_{nom}为锚栓公称外径。

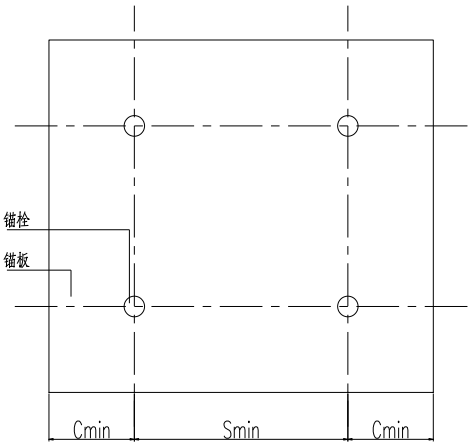


图3 群锚栓示意图

6.8.35 锚栓不应布置在混凝土保护层中，有效锚固深度h_{ef}不应包括装饰层或抹灰层。

6.8.36 承受扭矩的群锚，应对锚栓抗剪承载力进行计算。

6.8.37 锚板孔径 df 应满足表 54 的要求。

表54 锚板孔径及最大间隙允许值(mm)

锚栓 d 或 d_{nom}(mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
锚板孔径 d_f(mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33
最大间隙 Δ(mm)	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3

6.8.38 锚栓的埋深应根据实际工程项目计算确定，锚栓的最小锚固深度应满足以下规定：

a) 扩底型锚栓的埋深应满足表 55 的规定。

表55 扩底型锚栓的埋深规定

锚栓直径(mm)	10	12	16	20	24
有效锚固深度 hef(mm)	≥60	≥80	≥100	≥150	≥180

b) 化学锚栓的埋深应满足表 56 的规定。

表56 胶粘型锚栓的埋深规定

锚栓直径(mm)	10	12	16	20	24	30
有效锚固深度 h_{ef}(mm)	≥60	≥100	≥125	≥170	≥200	≥280

6.8.39 免焊装配式板槽埋件设计应根据拉伸板增加强度的变形控制和有限元比对的理论基础,以锚板与转接件通过转接螺栓组合后变形量控制的设计方法，和承载力变形分项系数等设计表达式进行设计。

6.8.40 免焊装配式板槽埋件的承载力标准值、变形标准值由产品型式检验报告或认证报告提供确定。免焊装配式板槽埋件的动载性能和遇火时的承载力设计，应根据相关的认证测试报告进行设计。对有抗震设防要求的幕墙建筑，应具有倒榫、齿锁、偏心调节、锁固等免于电焊的永久锁持功能，其层间变形值和设防烈度值以认证报告提供确定。

6.8.41 免焊装配式板槽埋件应满足本标准免焊装配式设计与构造的要求,且锚板、转接件、转接螺栓、穿杆螺栓、锚栓应符合以下规定：

a) 免焊装配式板槽埋件可采用 Q355 钢、不锈钢、高耐候钢(Q355 GNH 级)和优质合金钢(40 铬钼级)材料制作。锚板厚度应根据板内受力情况计算确定，锚板厚度宜不小于 8mm，设计时宜选用具有较好抗弯曲变形功能的多边曲面状拉伸工艺的锚板，拉伸总高度(含板厚)宜取 16mm～20mm(高度应满足转接螺栓活动要求)，锚板上倒榫齿槽孔斜度应满足防止滑动的锁持力，齿槽孔设有可放入转接螺栓的梅花锁键的孔位。幕墙三维调节中，所连接转接件的倒榫槽和锚板上倒榫齿槽孔的各斜度之间配合和偏心垫片的作用下，应满足消除板槽上齿与齿的模数差，消除埋件、转接件、立柱之间的 X、Y、Z 向调节差的功能要求，和免于电焊的装配式安装下，可以满足防止滑动和下垂的持久性锁持承力,锁固螺栓有防松功能作用的同时还需具备可拆可调功能；

b) 预埋件的锚板齿槽孔与转接螺栓的梅花锁键位设置应设有填充条,填充条处应设有阻档混凝土的塑盒，埋件齿槽孔表面应粘贴有防止水泥浆进入的封条。预埋件用锚板锚脚设计宜采用优质铬钼合金钢或者耐候钢(Q355 GHN 级)，非连同埋件一体后焯火回火调质的锚脚，不得采用无法保证强度一致和正常强度的红冲和红铆(包括摩擦红铆)工艺,锚脚应采用冷镦造工艺和冷铆。铆接的锚板穿孔段杆径应大于锚杆直径,锚杆与锚板穿孔段之间靠板槽处应设有加大的抗扭剪承力台；

c) 后置埋件的锚板的 X 向两侧的锚栓用槽孔，应采用倒榫槽的斜槽孔，中间所涉锚栓用槽孔可以为平直槽孔。所涉混凝土用后锚固应采用可靠的零位移偏调机械锁固锚栓或自切底(三曲面旋切)机械+植筋胶的偏调锁固锚栓。当混凝土强度低于 C30、既有建筑改造、开裂混凝土时，宜优先选用自切底(三曲面旋切)机械+植筋胶的偏调锁固锚栓；

d) 预埋件的受力锚脚不宜少于 4 根，且不宜多于 4 排；其直径不宜小于 11mm。锚板的锚脚应放置在构件的外排主筋的内侧。后置设计时，锚栓且靠最外排主筋的内侧时，要求采用钢筋探测仪查明主筋位置；

e) 侧向偏心受力连接用转接件与埋件连接应设置不少于两道不同高度的连接螺栓；

f) 埋件厚度和拉伸高度应根据其受力情况、锚筋中心至埋件边缘的距离按由产品型式检验报告或认证报告提供确定；

g） 免焊装配式板槽埋件连接部位形式主要分顶埋、侧埋、组合埋，组合埋主要用于大型钢支撑架、立柱基座、双层幕墙、大雨篷等。

7 面板及其连接设计

7.1 一般规定

7.1.1 面板设计应根据建筑立面设计、建筑装饰及技术经济指标等要求，合理选择幕墙面板的材料种类、截面形式和连接构造，面板的色泽、肌理应符合建筑设计要求，并与相邻建筑及周边环境相协调。

7.1.2 面板及其连接构件应具有规定的承载能力、刚度、稳定性和平面内及平面外的变形协调能力。面板受各种荷载和作用应按本标准第 6.4.1 条的规定组合，面板及其连接应进行结构设计，并满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求。

7.1.3 面板设计应符合其材质性能、加工制作、运输安装的要求。幕墙维护保养时，应满足面板拆卸、更换时不损坏相邻板块或连接构造及支承结构的要求。

7.1.4 在垂直于面板的荷载标准组合值作用下，面板的挠度应符合表 57 的规定。

表57 面板的挠度限值 $d_{f,lim}$

面板种类	支承形式及面材形式		最大相对挠度
玻璃面板（包括光伏玻璃）	四边简支矩形		短边/60
	对边简支矩形		跨度/60
	简支三角形		长边对应的高/60
	点支承矩形		支承点间长边边长/60
	点支承三角形		长边对应的高/60
独立安装的光伏玻璃	四边简支矩形		短边/40
	点支承矩形		支承点间长边边长/40
金属面板	金属压型板	铝合金板	跨距/180
		钢板，坡度≤1/20	跨距/250
		钢板，坡度＞1/20	跨距/200
	金属平板		短边边长/60
	金属平板中肋		铝合金中肋：跨距/180 钢中肋：跨距/250
纤维水泥板面板	对边简支		跨距/250

地方标准信息服务平台

	四点支承	支承点间长边边长/250
石材蜂窝板面板	四点支承铝蜂窝板	支承点间长边边长/120
	四点支承钢蜂窝板	
	四点支承玻纤蜂窝板	支承点间长边边长/180
木纤维板面板	四点支承	支承点间长边边长/60
GRC 面板 （UHPC 面板）	四点支承平板	支承点间长边边长/240
	带肋板（面板和加强肋挠度和）	支承点间长边边长/300
	背负钢架板	支承点间长边边长/240
注：悬挑板的跨距可取其悬挑长度的 2 倍。		

7.2 玻璃面板及其连接设计

7.2.1 四边支承的单片玻璃在垂直于玻璃幕墙平面的风荷载和地震力作用下，玻璃截面最大应力应符合下列规定：

a) 最大应力标准值可按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_k a^2}{t^2}\eta \quad (34)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2}\eta \quad (35)$$

非抗震设计 $$\theta=\frac{w_k a^4}{Et^4} \quad (36)$$

抗震设计 $$\theta=\frac{(q_{Ek}+0.2w_k)a^4}{Et^4} \quad (37)$$

式中：θ ——参数；

σ_{wk}、σ_{Ek} ——分别为风荷载、地震作用下玻璃截面的最大应力标准值（N/mm^2）；

w_k、q_{Ek} ——分别为垂直于玻璃幕墙平面的风荷载、地震作用标准值（N/mm^2）；

a ——矩形玻璃板材短边边长（mm）；

t ——玻璃的厚度（mm）；

地方标准信息服务平台

E ——玻璃的弹性模量（N/mm^2）；

m ——弯矩系数，可由玻璃板短边与长边边长之比a/b按表 58 采用；

η ——折减系数，可由参数θ按表 59 采用。

表58 四边支承玻璃板的弯矩系数 m

a/b	0.00	0.25	0.33	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
m	0.1250	0.1230	0.1180	0.1115	0.1000	0.0934	0.0868	0.0804
a/b	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	
m	0.0742	0.0683	0.0628	0.0576	0.0528	0.0483	0.0442	

表59 折减系数 η

θ	≤5.0	10.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0
η	1.00	0.95	0.89	0.80	0.72	0.66	0.58
θ	120.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0	≥400.0
η	0.48	0.47	0.44	0.36	0.33	0.31	0.30

b） 最大应力设计值应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合；

c） 最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值。

7.2.2 四边支承的单片玻璃在风荷载作用下的跨中挠度，应符合下列规定：

a） 单片玻璃的刚度 D 可按下式计算：

$$D=\frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad \cdots\cdots (38)$$

式中：D ——玻璃的刚度(N/mm)；

t ——玻璃的厚度（mm）；

ν ——泊松比，可按本标准第 6.2.31 条采用。

b） 玻璃跨中挠度可按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下式计算：

$$d_{\mathrm{f}}=\frac{\mu w_{\mathrm{k}} a^4}{D}\eta \quad \cdots\cdots (39)$$

式中：d_{f} ——在风荷载标准值作用下挠度最大值(mm)；

w_{k} ——垂直于玻璃幕墙平面的风荷载标准值（N/mm^2）；

μ ——挠度系数，可由玻璃板短边与长边边长之比a/b按表 60 采用；

η ——折减系数，可按本标准表 59 采用。

表60 四边支承板的挠度系数 μ

a/b	0.00	0.20	0.25	0.33	0.50
μ	0.01302	0.01297	0.01282	0.01223	0.01013
a/b	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
μ	0.00940	0.00867	0.00796	0.00727	0.00663
a/b	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
μ	0.00603	0.00547	0.00496	0.00449	0.00406

7.2.3 四边支承的夹层玻璃计算应符合下列规定：

a) 作用于夹层玻璃的风荷载和地震作用按下列公式分配至两片玻璃：

$$w_{k1}=w_k\frac{t_1^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (40)$$

$$w_{k2}=w_k\frac{t_2^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (41)$$

$$q_{Ek1}=q_{Ek}\frac{t_1^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (42)$$

$$q_{Ek2}=q_{Ek}\frac{t_2^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (43)$$

式中： w_k ——作用于夹层玻璃上的风荷载标准值（N/mm^2）；

w_{k1}、w_{k2} ——分配到各单片玻璃的风荷载标准值、（N/mm^2）；

q_{Ek} ——作用于夹层玻璃上的地震作用标准值（N/mm^2）；

q_{Ek1}、q_{Ek2} ——分配到各单片玻璃的地震作用标准值（N/mm^2）；

t_1、t_2 ——各单片玻璃的厚度（mm）。

b) 两片玻璃可分别按本标准第 7.2.1 条规定进行应力计算。

c) 玻璃挠度可按本标准第 7.2.2 条规定计算，计算玻璃刚度 D时，应采用等效厚度 $t_{e,w}$。

夹层玻璃的等效厚度 $t_{e,w}$可根据中间胶片材质按式44计算，等效厚度不应大于两片玻璃厚度之和。

$$t_{e,w}=\sqrt[3]{t_1^3+t_2^3+12\Gamma I_s} \quad (44)$$

当胶片为离子性中间膜材质时，内外层玻璃厚度可按等效厚度 $t_{1e,\sigma}$、$t_{2e,\sigma}$ 计算（式 45、式 46），

等效厚度$t_{1e,\sigma}$、$t_{2e,\sigma}$不宜大于两片玻璃厚度之和。为简化计算，夹层玻璃两侧单片玻璃的荷载可按照第 1 款规定分配。

$$t_{1e,\sigma}=\sqrt{\frac{t_{e,w}^3}{t_1+2\Gamma t_{s,2}}} \quad (45)$$

$$t_{2e,\sigma}=\sqrt{\frac{t_{e,w}^3}{t_2+2\Gamma t_{s,1}}} \quad (46)$$

$$I_s=t_1t_{s,2}^2+t_2t_{s,1}^2 \quad (47)$$

$$t_{s,1}=\frac{t_st_1}{t_1+t_2} \quad (48)$$

$$t_{s,2}=\frac{t_st_2}{t_1+t_2} \quad (49)$$

$$t_s=0.5(t_1+t_2)+t_v \quad (50)$$

$$\Gamma=\frac{1}{1+9.6\dfrac{EI_st_v}{Gt_s^2L^2}} \quad (51)$$

式中：Γ ——夹层玻璃中间层胶片的剪力传递系数，当采用聚乙烯醇缩丁醛胶片时可取 0；

G ——夹层玻璃中间层的剪切模量（N/mm^2），与温度相关；

t_1、t_2、t_v ——双片玻璃夹层玻璃中第 1 片、第 2 片玻璃和中间层胶片的厚度（mm）；

L ——夹层玻璃的短边长度（mm）；

E ——玻璃的弹性模量（N/mm^2）；

$t_{e,w}$ ——夹层玻璃的等效厚度（mm），当 Γ=0 时，$t_{e,w}=\sqrt[3]{t_1^3+t_2^3}$。

7.2.4 中空玻璃可按下列规定进行计算：

a) 作用于中空玻璃上的风荷载标准值可按下列公式分配到两片玻璃上：

1)直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k1}=1.1w_k\frac{t_1^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (52)$$

2)不直接承受风荷载作用的单片玻璃：

地方标准信息服务平台

$$w_{k2}=w_k\frac{t_2^{\ 3}}{t_1^{\ 3}+t_2^{\ 3}} \quad \cdots\cdots (53)$$

b) 作用于中空玻璃上的地震作用标准值 q_{Ek1}、q_{Ek2}，可根据各单片玻璃的自重，按照本标准第 6.3.6 条的规定计算；

c) 两片玻璃可分别按本标准第 7.2.1 条的规定进行应力计算；

d) 中空玻璃的挠度可按本标准第 7.2.2 条的规定进行计算，但计算玻璃刚度 D 时，应采用等效厚度 t_e，t_e 可按下式计算：

$$t_e=0.95\sqrt[3]{t_1^{\ 3}+t_2^{\ 3}} \quad \cdots\cdots (54)$$

式中：t_e——中空玻璃的等效厚度（mm）。

e) 中空玻璃采用夹层玻璃作为前后玻璃时，先分别按本标准第 7.2.3 条的规定计算其等效厚度 t_{e1}、t_{e2}，等效为单片玻璃，再按本标准第 7.2.4 条的方法进行计算。

7.2.5 玻璃幕墙转角处玻璃悬挑不宜超过 300mm 及玻璃宽度的 1/10。

7.2.6 明框玻璃的外压板及其连接应能承受玻璃面板的荷载和地震作用，截面受力部分的厚度不应小于 2.0mm，且不宜小于压板宽度的 1/35。外压板应与横梁、立柱可靠固定。

7.2.7 横向明框玻璃面板应通过定位承托胶垫将玻璃重量传递给支承构件。胶垫数量不少于 2 块，厚度不小于 5mm，长度不小于 100mm，宽度不小于玻璃面板厚度，并满足承载要求。

7.2.8 明框玻璃面板应嵌装在镶有弹性胶条的立柱、横梁的槽口内，或采用压板方式固定。胶条的选用宜满足本标准第 4.10.1 条规定，胶条弹性应满足面板安装压缩量的需要。

7.2.9 明框及半隐框单层玻璃、夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 61 的规定。最小配合尺寸见图 4，尺寸 c 应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形量。玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

表61 单层玻璃、夹层玻璃与槽口的配合尺寸（mm）

面板厚度 t	a	b	c
6	≥3.5	≥15	≥5
8～10	≥4.5	≥16	≥5
12 以上	≥5.5	≥18	≥5

注：夹层玻璃按总厚度计算。

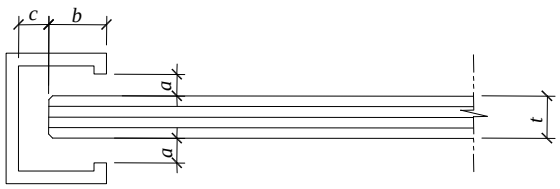


图4 单层玻璃、夹层玻璃与槽口配合尺寸示意图

7.2.10 明框及半隐框幕墙中空玻璃面板、中空夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 62 的规

定。最小配合尺寸见图 5，尺寸 c 应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形量。玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

表62　中空玻璃、中空夹层玻璃与槽口的配合尺寸（mm）

面板总厚度 t （含空气层及胶片厚度）	a	b	c			检测方法
			下边	上边	侧边	
≤24	≥5	≥17	≥7	≥5	≥5	卡尺
≤28	≥6	≥18	≥7	≥5	≥5	卡尺
≤32	≥6	≥19	≥7	≥5	≥5	卡尺
≤36	≥6	≥20	≥7	≥5	≥5	卡尺
≤44	≥7	≥25	≥8	≥6	≥6	卡尺
＞44	≥7	≥30	≥8	≥6	≥6	卡尺

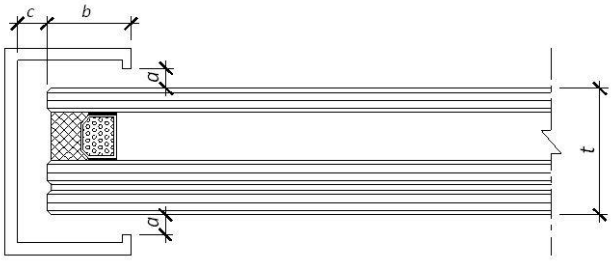


图5　中空玻璃、夹层中空玻璃与槽口的配合尺寸示意图

7.2.11　隐框、横向半隐框玻璃幕墙，每块玻璃的下端应设置两个的金属承托件，承托件应与玻璃幕墙支承龙骨有效可靠连接。承托件上应设置衬垫，并能托住中空玻璃的外片玻璃，承托件的构造设置及连接应能承受各片玻璃面板的自重荷载。承托件应验算在玻璃自重荷载及地震作用下自身的强度、挠度及连接构造的强度。承托件可采用铝合金或不锈钢材料，其长度不应小于 100mm，厚度不应小于 2mm。

7.2.12　隐框、半隐框幕墙玻璃面板，其隐框边宜以结构密封胶与副框粘结，并用压块将副框固定至支承框架上。其构造应符合下列规定：

a)　铝合金副框应有足够的刚度，其截面壁厚不应小于 2.0mm，宽度不宜小于 20mm，高度不宜小于 12mm；

b)　隐框玻璃面板硅酮结构密封胶粘结宽度和厚度计算应符合本标准第 6.6.1 条的规定，与面板玻璃的粘结应在工厂制作一体完成；

c)　固定副框用压块宜采用铝合金挤压型材，其最小处的截面厚度不宜小于 5mm。压块的长度应经计算确定，且不小于 40mm。与面板玻璃副框连接搭接量不宜小于 10mm，压板端部与副框内侧的间隙不应小于 5mm。压块距玻璃上下边缘不应大于 100mm；

d) 压块与支承框架的连接应采用不锈钢螺钉或不锈钢螺栓，连接螺钉或螺栓的数量应经计算确定，且直径不应小于 5.0mm，压块及螺钉的间距不应大于 350mm。采用不锈钢螺钉连接，被连接型材的局部壁厚不应小于螺钉公称直径；

7.2.13 半隐框玻璃幕墙隐框边玻璃面板的结构胶宽度 c_s 和厚度 t_s 尺寸及配合尺寸见图 6 和图 7，隐框边中空玻璃的结构胶宽度 c_{s1} 应按中空玻璃外片所受荷载的 1.35 倍计算确定。

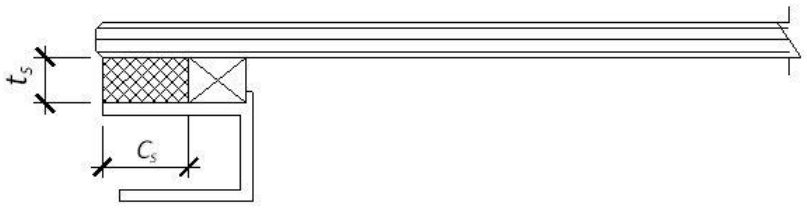


图6 半隐框玻璃幕墙隐框边玻璃（单层、夹层）组件配合尺寸示意图

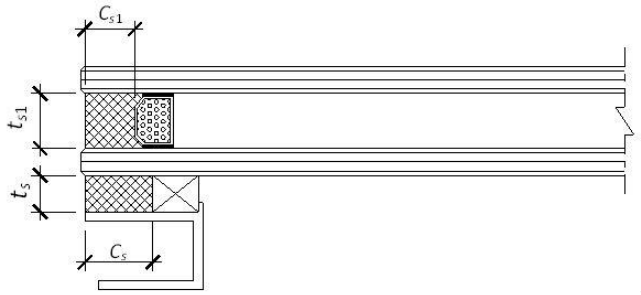


图7 半隐框玻璃幕墙隐框边中空玻璃组件配合尺寸示意图

7.2.14 当中空玻璃面板采用压块通过在其侧边结构胶内设置槽口型材固定时，其构造应符合下列规定：

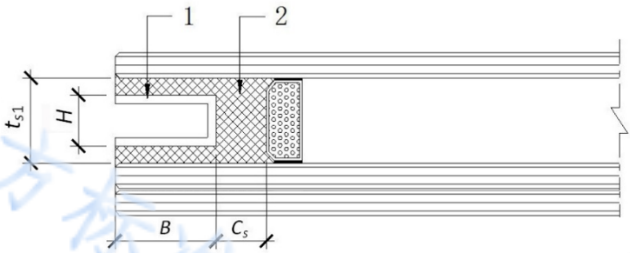


图8 中空玻璃槽口内设置压板固定配合尺寸示意图

1—槽口型材 2—硅酮结构胶

a) 中空玻璃内片玻璃应采用夹层安全玻璃；
b) 铝合金槽口型材外形宽度 B 不应小于 20mm，高度 H 不应小于 10mm，型材壁厚不宜小于 2.0mm；
c) 铝合金槽口型材宜通长设置，并需与玻璃通过双面胶带或者柔性胶条进行可靠定位，应在加工中空玻璃时与硅酮结构密封胶粘结一体完成，铝合金槽口型材宜与玻璃保持同步变形；
d) 中空玻璃面板中的硅酮结构密封胶，除铝合金槽口型材粘接部位之外，其玻璃间的有效粘接宽度应经计算确定，并满足内外片玻璃强度要求；
e) 中空玻璃面板压块宜采用不锈钢或铝合金挤压型材，其连接应符合第 7.2.12 条规定，压板安装时不应对内片玻璃产生附加应力；
f) 玻璃采光顶不应采用中空玻璃内置槽口型材固定的构造做法。

7.2.15 全玻幕墙和点支承玻璃幕墙的面板设计及连接设计见本标准第 11 章、第 12 章。

7.3 单层金属面板及其连接设计

7.3.1 根据建筑设计要求，单层金属面板可采用金属平板、弧形金属板、压型金属板、异型金属板等板材形式。单层金属面板可选用铝合金板、不锈钢板、搪瓷涂层钢板、铜及铜合金板、钛合金板、锌合金板、铝锰合金板、铝锰硅合金板、彩色涂层钢板等材质。

7.3.2 单层金属面板的厚度应通过计算确定，弧形及异型板宜采用几何非线性的有限元方法计算确定，并符合本标准 3.6 章节的相关规定。

7.3.3 面板可根据受力需要设置加劲肋。加劲肋之间、加劲肋与面板及边肋应可靠连接，并有防腐蚀措施。加劲肋及其连接构造应满足本标准第 7.3.15 条要求。

7.3.4 四边支承单层金属面板弯曲应力计算应符合下列规定：

a) 折边和肋所形成的面板区格，沿板材四周边缘按简支边计算，中肋支承线按固定边计算；

b) 在垂直于面板的风荷载、地震作用下，面板最大弯曲应力标准值可按几何非线性有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_k l^2}{t^2}\eta \quad \cdots\cdots (55)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2}\eta \quad \cdots\cdots (56)$$

非抗震设计 $$\theta=\frac{w_k l^4}{Et^4} \quad \cdots\cdots (57)$$

抗震设计 $$\theta=\frac{(q_{Ek}+0.2w_k) l^4}{Et^4} \quad \cdots\cdots (58)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、地震作用下产生的最大弯曲应力标准值(N/mm^2)；

w_k ——垂直于面板的风荷载标准值(N/mm^2)；

q_{Ek} ——垂直于板面的地震作用标准值(N/mm^2)；

l ——金属板区格的短边边长(mm)；

m ——板的弯矩系数，可根据其边界条件由本标准附录 D 确定；

E ——金属板的弹性模量(N/mm^2)，可按本标准表 46 采用；

t ——面板厚度(mm)；

θ ——无量纲参数；

η ——折减系数，可由参数θ按表 63 采用。

地方标准信息服务平台

表63　表折减系数 η

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

c)　中肋支承线上的弯曲应力标准值，可取其两侧板格固端弯矩计算结果的平均值。

d)　由各种作用产生的最大应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合的应力值不应超过金属板的强度设计值。

7.3.5　在组合荷载作用下，单层金属面板每个矩形区格的跨中挠度可采用几何非线性有限元方法计算，也可按下列公式简化计算：

$$d_f = \frac{\mu w_k l^4}{D}\eta \quad \cdots\cdots (59)$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad \cdots\cdots (60)$$

式中：d_f——挠度最大值（mm）；

w_k——垂直于面板的风荷载标准值（N/mm^2）；

l——金属板区格的短边边长（mm）；

t——面板厚度（mm）；

E——面板弹性模量（N/mm^2）；

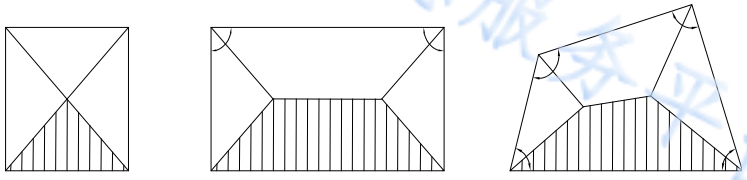
μ——挠度系数（可按表 60 近似采用）；

D——面板弯曲刚度（N.mm）；

η——折减系数（按表 63 采用）；

ν——面板泊松比。

7.3.6　方形或矩形面板上的荷载可按三角形或梯形分布传递到板肋上，其它多边形可按对角线原则分配荷载（图 9）。板肋上作用的荷载按等弯矩原则简化为等效均布荷载。



a 方板　　b矩形板　　c任意四边形板

图9　荷载分布图

7.3.7　四边支承面板的边肋截面尺寸可按构造要求设计计算。单跨中肋按简支梁计算；多跨交叉肋按梁系计算，刚性连接可按本标准附录 E 的规定计算。

7.3.8 中肋应有足够的刚度。在组合荷载标准值作用下，铝合金中肋挠度限值应满足表 57 相关规定。

7.3.9 仅有立柱支承的面板，水平边肋挠度应按本标准第 8.4.4 条规定计算；仅有横梁支承的面板，垂直边肋挠度应按本标准第 8.5.7 条规定计算。

7.3.10 单层金属面板的连接方式可采用角码连接、挂钩连接、副框压板连接等形式，连接构件应进行结构设计。

7.3.11 单层金属面板采用角码连接方式时，其构造应符合下列规定：

a) 在支承框架构件上沿周边牢固连接，连接螺钉的数量应经强度计算确定，螺钉直径不应小于 4.0mm，螺钉相邻间距不应大于 350mm；

b) 采用自攻螺钉或自钻自攻螺钉紧固连接时，紧固后螺钉尖部锥体伸出连接部位的长度不应小于 8mm，并有防松脱措施；

c) 角码宜采用铝合金型材或不锈钢制品。铝合金角码的截面厚度不应小于 3mm，不锈钢角码的截面厚度不应小于 2.5mm，角码连接件的长度不宜小于 40mm；

d) 角码与金属面板折边处应采用实心铝铆钉或不锈钢抽芯铆钉连接，铆钉数量不应少于 2 个，铆钉直径不应小于 4.0mm，铆钉中心距金属板折边边缘距离不应小于 1.5d(d 为铆钉直径)，角码与金属面板第一连接边角净距不宜大于 150mm，且不小于 50mm。

7.3.12 单层金属面板采用挂钩连接方式时，其构造应符合下列规定：

a) 直接采用金属面板折边设置挂钩槽口的面板厚度不应小于 3mm，其折边宽度不宜小于 25mm，挂钩槽口中心至挂钩边缘不应小于 15mm，且安装后相邻挂钩的水平净宽度不应小于 10mm，有效挂接深度不应小于 10mm，挂槽与挂销之间的配合应能有效吸收温度作用及加工、安装偏差，并应设置防松动、防噪声、防脱落的构造措施；

b) 挂钩销钉应采用奥氏体不锈钢材质、表面做钝化处理，直径经计算确定且不小于 6mm，金属面板销钉挂钩的间距不宜大于 450mm。支承框架上设置的挂钩螺栓、螺钉或钢销钉应满足承载力要求；

c) 当金属面板另行设置挂钩连接件与支承框架连接时，挂钩连接件宜采用不锈钢或铝合金材料制成，长度不宜小于 80mm。不锈钢材料截面厚度不应小于 2.5mm，铝合金材料不应小于 3.0mm；

d) 另设挂钩连接件与金属面板宜采用不锈钢螺栓连接，也可采用实心铝铆钉或不锈钢抽芯铆钉连接，其直径不应小于 5.0mm，每一连接件的连接铆钉或螺栓不应少于 2 个。

7.3.13 单层金属面板采用副框压块连接方式时，其构造应符合下列规定：

a) 铝合金副框应有足够的刚度，其截面壁厚不应小于 2.0mm，外形宽度不宜小于 20mm，高度不宜小于 12mm；

b) 面板可通过折边与副框采用实心铝铆钉或不锈钢抽芯铆钉连接，也可以采用种植螺钉与硅酮结构密封胶相结合的连接方式；

c) 固定副框用压块宜采用铝合金挤压型材，其最小处的截面厚度不宜小于 5mm。压块的长度应经计算确定，且不小于 40mm，与副框连接搭接量不宜小于 10mm，压块端部与副框内侧的间隙不应小于 5mm。压块距面板上下边缘不应大于 100mm；

d) 压块与支承框架的连接应采用不锈钢螺钉或不锈钢螺栓，连接螺钉或螺栓的数量应经计算确定，且直径不应小于 5.0mm。压块及螺钉的间距不应大于 350mm。被连接钢型材的壁厚不应小于 3mm，铝型材的局部壁厚不应小于螺钉公称直径。

7.3.14 金属面板上不宜直接采用种植螺钉与支承框架构件连接来承受或传递荷载。确需应用时，应采用与硅酮结构密封胶相结合的受力形式和构造连接措施，并校核其连接强度，满足设计要求。

7.3.15 金属面板可设置加劲肋提高其整体刚度，加劲肋的设置和连接构造应符合下列规定：

a) 加劲肋宜采用铝合金挤压型材或经表面镀锌处理后的钢型材，加劲肋材质宜与金属面板材质一致；铝合金挤压型材壁厚不小于 2.5mm，钢型材壁厚不小于 2mm，加劲肋壁厚不小于面板材料的壁厚；

b) 加劲肋的设置和布局应经计算确定。与金属面板背面连接可采用种植螺钉或与硅酮结构密封胶相结合的连接形式连接，连接螺钉不宜小于 5.0mm，相邻间距不宜大于 200mm。钢铝不同材料连接时应有防电化腐蚀措施。采用种植钉连接的加劲肋，种植钉的连接应进行拉拔试验，试验值应不低于种植钉受拉荷载设计值的两倍；

c) 加劲肋与金属面板边缘折边处以及加劲肋纵横交叉处应采用角码连接，连接件可分别采用螺钉、铆钉等紧固件可靠连接，并应满足刚度和传力要求。

7.4 石材面板及连接设计

7.4.1 幕墙用石材面板宜选用花岗岩，可选用大理石、石灰石、石英砂岩。

7.4.2 石材幕墙花岗岩面板的应用高度不应大于 150 米，非花岗岩面板的应用高度不应大于 24 米。

7.4.3 幕墙石材面板的厚度应计算确定，其最小有效厚度、吸水率和最大许用面积要求应符合表 64 的规定。粗糙表面的花岗岩石板，其最小有效厚度应按表 64 中数值增加 3mm 采用。

表64 室外干挂石材面板厚度、吸水率、最大许用面积要求

项目	花岗岩	其他石材（大理石、石灰石、石英石、砂岩）	
（干燥及水饱和） 弯曲强度标准值f_{rk}（N/mm²）	≥8.3	≥8.0	8.0＞f_{rk}≥4.0
吸水率（%）	≤0.4	≤1.0（经防护处理后）	
最小有效厚度（mm）	25	35	40
最大许用面积（m²）	不宜大于 1.5		不宜大于 1.0
注：用于寒冷地区的石材，其冻融系数不宜小于 0.8。			

7.4.4 幕墙高度超过 100m 时，花岗岩面板其弯曲强度试验平均值f_{rm}不应小于 12.0N/mm²，标准值f_{rk}不应小于 10.0N/mm²，厚度不应小于 30mm。

7.4.5 非花岗岩石材面板影响结构安全的孔洞应用同质石粉配胶填充密实，填充后的石材不应降低石材的力学性能。填充、修补用胶粘剂应与原石材相容且由法定检测机构检测。

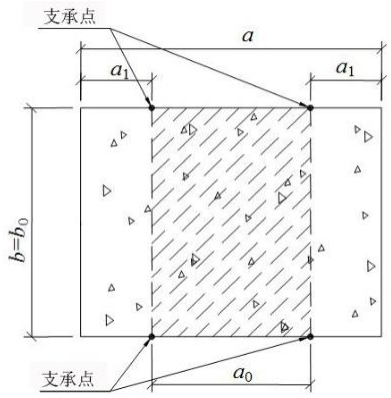
7.4.6 长宽比大于 3:1 的条形火烧板、粗面板，错缝安装时其正、反面宜采取相同的表面处理形式，或增加石材面板的厚度。

7.4.7 石材面板应作六面防护处理。对于处在大气污染较严重或处在酸雨环境下的石材面板，应根据污染物的种类和污染程度及石材的矿物化学性质、物理性质选用适当的防护产品对石材进行保护。注胶封闭式石材板块应进行石材防护处理面与密封材料的相容性和剥离粘结性试验，检验不合格的产品不得使用。

7.4.8 水平悬挂、倾斜挂装及超高层建筑的花岗岩石材面板，面板连接应采用背栓连接方式，并应有防止石材碎裂坠落的可靠措施。非花岗岩石材面板不应采用水平倒挂、外倾斜安装方式。人员密集场的吊顶所严禁采用石材面板。

7.4.9 面板采用短槽、背栓支承连接时，应按四点支承板设计及计算，并应符合下列要求：

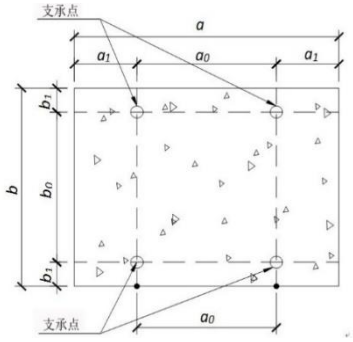
a) 对边短槽连接时（图 10），支承边的计算长度为两支承点的中心距，非支承边的计算长度取边长。抗弯设计时，取两距离（a_0、b_0）中较大值为长边进行计算。



$a_0=a-2a_1 b_0=b$

图10　面板连接的计算边长a_0、b_0

b) 背栓支承连接时（图 11），横、纵向支承边的计算长度分别为两个方向支承点间的距离（图中 a_0、b_0）。抗弯设计时，取两距离（a_0、b_0）中较大值为长边进行计算。



$a_0=a-2a_1$　　$b_0=b-2b_1$

图11　背栓支承连接时面板连接的计算边长a_0、b_0

c) 背栓支承连接面板受力厚度计算时，应考虑背栓孔钻孔加工方式对面板设计厚度的影响。

1) 以装饰面为基准的钻孔方式设计时，应按（图 12）受风压最不利的破坏方式取值，设计计算按背栓拉力破坏公式，并以选用的面板进行测试复核。

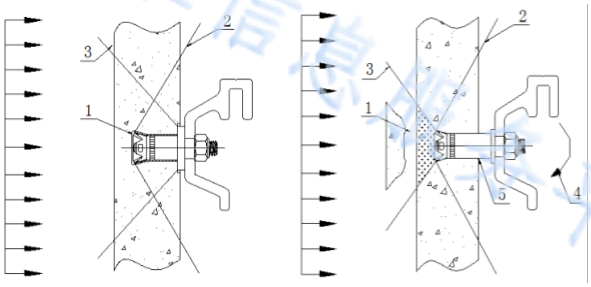


图12　双切面背栓孔正受风压破坏图及间距式背栓孔正负风压破坏图

1-底部悬空位 2-负风压约 35° 破坏状 1-正风压底部顶穿示意 2-负风压约 35° 破坏状

3-正风压约 35° 破坏状 3-正风压约 35° 破坏状 4-间隙产生扭力示意 5-顶紧脆性板

2) 以板背面为基准的齐平式钻孔方式设计时，应按（图 13）受风压最不利的破坏方式取值，设计计算按背栓拉力破坏公式，并以选用的面板进行测试复核。齐平式的安装需要二次调节和再预紧连接挂件支座，应采取压力方式抽检再预紧，压力方式取设计风压值的 2 倍，当发现有未再预紧时必须全检。

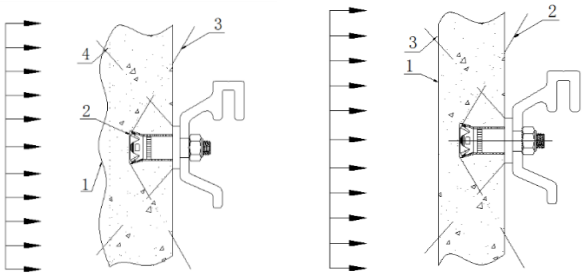


图13　单切面背栓孔受风压破坏图及齐面式背栓受风压破坏图

1-表示毛石、线条面 2-底部悬空位 3-负风压约 35° 破坏状 1-表示装饰面为平面 2-负风压约 35° 破坏状

4-正风压约 35° 破坏状 3-正风压约 35° 破坏状

7.4.10　面板采用对边通槽连接时，按对边简支板模型计算，面板跨度为两支承边之间的距离。

7.4.11　异形板或多点支承面板按有限元方法计算。

7.4.12　面板抗弯设计应符合下列规定：

a)　四点支承板最大弯曲应力标准值按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_kb^2}{t^2} \quad \cdots\cdots (61)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek}b^2}{t^2} \quad \cdots\cdots (62)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek}——风荷载、地震作用下截面的最大应力标准值（N/mm²）；

w_k、q_{Ek}——垂直于幕墙平面的风荷载、地震作用标准值（N/mm²）；

b——计算边长，面板长边（mm）；

t——面板厚度（mm）；

m——均布荷载作用下的最大弯矩系数（按本标准附录 D 表 D.2.2 采用）。

b)　对边简支板最大弯曲应力标准值，应按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=0.75\frac{w_ka^2}{t^2} \quad \cdots\cdots (63)$$

$$\sigma_{Ek}=0.75\frac{q_{Ek}a^2}{t^2} \quad \cdots\cdots (64)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek}——风荷载、地震作用下最大应力标准值（N/mm²）；

w_k、q_{Ek}——垂直于幕墙平面的风荷载、地震作用标准值（N/mm²）；

地方标准信息服务平台

a ——面板计算跨度（mm）；

t ——面板厚度（mm）。

c） 四边简支板最大弯曲应力标准值按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_k a^2}{t^2} \quad \cdots\cdots (65)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek}a^2}{t^2} \quad \cdots\cdots (66)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek}——风荷载、地震作用下截面的最大应力标准值（N/mm^2）；

w_k、q_{Ek}——垂直于幕墙平面的风荷载、地震作用标准值（N/mm^2）；

a ——面板短边边长（mm）；

t ——面板厚度（mm）；

m ——跨中弯矩系数，按表 65 采用。

表65 四边简支面板的跨中弯矩系数（ν =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	—

d） 面板中最大弯曲应力标准值按本标准第 6.4.1 条的规定组合，所得的最大弯曲应力设计值不应超过石板面板的抗弯强度设计值。

7.4.13 短槽支承面板的槽口抗弯设计应符合下列规定：

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

对边开槽 $$\sigma_k=\frac{3q_k abh}{nb_s t_v^2}\beta \quad \cdots\cdots (67)$$

四边开槽 $$\sigma_k=\frac{3q_k(2b-a)ah}{2nb_s t_v^2}\beta \quad \cdots\cdots (68)$$

式中：t_v ——面板槽口受力一侧的厚度(mm)；

h ——槽口受力一侧的深度(mm)；

a、b ——分别为面板的短边、长边边长（mm）；

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

n ——一个连接边上挂件的数量；四侧连接时，为一个长边上的挂件数量；

b_s ——挂件的长度（mm）

β ——应力调整系数，可按本标准表 66 采用。

表66 应力调整系数$^{\beta}$

每块板材挂件个数	2	4	6	8
β	1.0	1.25	1.30	1.35

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

7.4.14 通槽支承面板的槽口抗弯设计应符合下列规定：

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

$$\sigma_k = \frac{2q_k lh}{t_v^2}\beta \quad \cdots\cdots (69)$$

式中：σ_k——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（N/mm^2）；

q_k——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm^2），即q_k分别代表w_k或q_{Ek}；

l——面板的跨度，即支承边的距离(mm)；

h——槽口受力一侧的深度(mm)；

β——应力集中系数，可取 1.5；

t_v——面板槽口受力一侧的厚度(mm)。

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

7.4.15 短槽和通槽面板抗剪设计应符合下列规定：

a) 短槽面板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按下式计算：

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{nt_v s}\beta \quad \cdots\cdots (70)$$

式中： τ_k——短挂件在面板槽口处产生的剪应力标准值（N/mm^2）；

q_k——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm^2），即q_k分别代表W_k或q_{Ek}；

b，a——面板长边及短边边长（mm）；

t_v——面板槽口受剪面厚度(mm)；根据挂钩与挂槽的实际情况确定；

s——单个槽口剪切面总长度（mm），矩形槽的槽底总长度 s 取挂钩的宽度加上槽深的 2 倍；端部连接挂件，取挂钩的宽度加上槽深的 1 倍；

n——挂件总数量；

β——应力调整系数，可根据挂件总数量，按本标准表 66 采用。

b) 通槽面板在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，在槽口处剪应力标准值按下式计算：

$$\tau_k = \frac{2q_k l}{t_v} \quad \cdots\cdots (71)$$

式中：τ_k——挂件在面板槽口处产生的剪应力标准值（N/mm²）；

q_k——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²），即 q_k 分别代表 W_k 或 q_{Ek}；

l——面板跨度，即支承边的距离（mm）；

t_v——面板槽口受剪面厚度(mm)；根据挂钩与挂槽的实际情况确定；

c) 由各种载荷和作用产生的剪应力标准值按本标准第 6.4.1 条的规定组合，剪应力设计值不应超过石材抗剪强度设计值。

7.4.16 背栓面板抗剪设计应符合下列规定：

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

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n\pi(d+t-h_v)(t-h_v)}\beta \quad \text{（正压时）} \quad \cdots\cdots (72)$$

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n\pi(d+h_v)h_v}\beta \quad \text{（负压时）} \quad \cdots\cdots (73)$$

式中：τ_k——背栓处面板的剪应力标准值（N/mm²）；

τ_k——风荷载 w_k 或垂直于板面方向地震作用 q_{Ek} 标准值（N/mm²）；

a、b——分别为面板的短边、长边边长（mm）；

d——背栓孔直径（mm）；

n——单块面板上的背栓个数；

h_v——背栓切入孔深度（mm）；

t——面板厚度（mm）；

β——应力调整系数（可按表 66 采用）。

b) 各种荷载作用按本标准第 6.4.1 条的规定组合。背栓处剪应力设计值应符合下列条件：

$$\tau \le f \quad \cdots\cdots (74)$$

式中：τ——面板背栓处剪应力设计值（N/mm²）；

f——面板抗剪强度设计值（N/mm²），可按第 6.2.15 条规定采用。

c) 当背栓处于第 7.2.24 条第 5 款所述位置时，面板剪应力设计值应乘以放大系数 1.50；

d) 当面板处于图 12 连接构造时，面板应进行正风压工况下顶穿复核，以最不利情况取值。

7.4.17 石材面板可采用短槽、通槽、背栓、背槽等方式支承，支承构造应利于石材板块独立安装及拆

地方标准信息服务平台

卸。同一块面板宜采用相同的连接构造，收边收口等特殊部位可采用不同的连接构造。

7.4.18 石材面板的连接和支承构件严禁采用钢销、T 型、蝴蝶式及斜挑式挂件。

7.4.19 应根据石材面板的尺寸、材质、厚度、形状、位置等条件合理选择连接构造，连接构件应进行结构设计。

7.4.20 短槽及通槽连接构造应符合下列规定：

a) 挂件及其连接应进行结构计算。不锈钢挂件厚度不应小于 3.0mm，铝合金挂件厚度不应小于 4.0mm。短槽石材挂件宽度不宜小于 50mm。

b) 短槽挂件在面板内的实际插入深度不小于挂件厚度的 5 倍，短槽长度应比挂件长度大 40mm，宽度宜为挂件厚度加 2mm，深度宜为挂件插入深度加 3mm。槽口两侧板厚度均不小于 8mm。短槽边缘到板端的距离不宜小于板厚度 3 倍，且不宜大于 200mm。每个石材板块不宜少于 4 个挂件，每个挂件的固定螺栓不宜少于 2 个，固定应采用不锈钢螺栓，直径不小于 5mm；

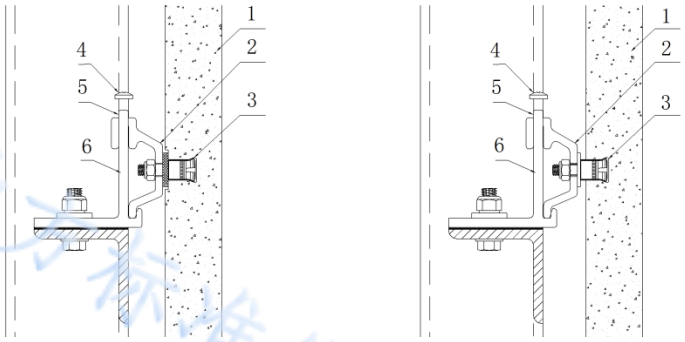
c) 通槽挂件插入面板内的深度不小于挂件厚度的 4 倍，且不小于 15mm。每边 1 个挂件，挂件长度为面板边长减去 30mm。槽深度为挂件插入深度加 3mm。槽宽及槽两侧板材有效厚度与短槽要求相同。挂件采用不锈钢螺栓固定，螺栓数量、直径和间距经计算确定，但每边不得少于 3 个，直径不小于 5mm；

d) 石材板块与挂件间应采用环氧树脂型石材专用结构胶黏结。

7.4.21 背栓连接构造应符合下列规定：

a) 背栓、挂件及其连接应进行结构计算，其承载力标准值应通过试验确定，并进行现场承载力检验；

b) 背栓应采用不低于 06Cr17Ni12Mo2（S31608）奥氏体不锈钢制作，直径不应小于 6mm。背栓连接可选择齐平式双切面或间距式安装背栓构造连接（图 14）。石材板块短边宽度大于板厚的 10 倍时，每块石材板块上背栓数量不应少于 4 个；



(a) 齐平式或双切面安装背栓 (b) 间距式安装背栓

图14 背栓支承构造图

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

c) 背栓锚固深度不应小于石材面板厚度的 1/2，也不宜大于石材厚度的 2/3，双切面背栓孔底至板面的剩余厚度不应小于 6mm，其他类型背栓孔底至板面的剩余厚度不应小于 10mm，孔底应扩孔。

d) 背栓孔中心到石材板边宜符合下列要求（图 15），且不应小于 50mm（b_x 或 b_y 不得同时取 50mm，一边取 50mm 时另一边距宜取大于 100mm），不宜大于 200mm。背栓之间的距离不应大于 800mm，且不宜小于板厚的 5 倍。

$$l_x/5 \le b_x \text{且} b_x \le l_x/4 \quad \cdots\cdots (75)$$

$$l_y/5 \le b_y \text{且} b_y \le l_y/4 \quad \cdots\cdots (76)$$

图15　背栓边距

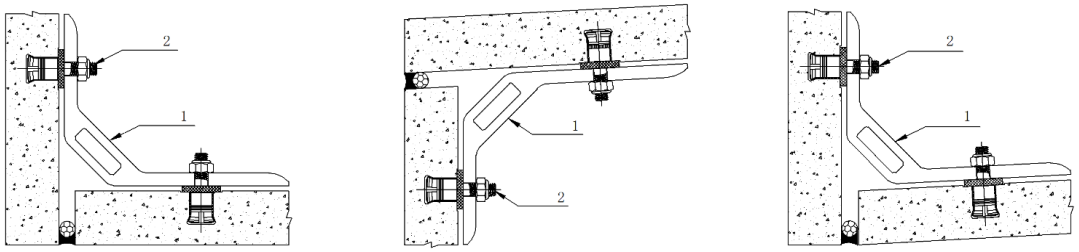
e) 采用背栓连接的狭长状或小尺寸面板，板块宽度小于 100mm 时，狭长板与大面板或支承结构间除背栓连接外应有附加的加强连接构造措施；

f) 背栓埋装时应检测背栓孔加工精度，应符合表 116 的规定。严禁使用未经扩孔的背栓连接。

g) 背栓式挂装系统应有防松脱构造装置，并有可调节余量；

h) 背栓的连接件厚度不宜小于 3mm，挂钩支座应采用不锈钢螺栓连接，螺栓直径不小于 6mm，每个支座宜用 2 个螺栓连接。

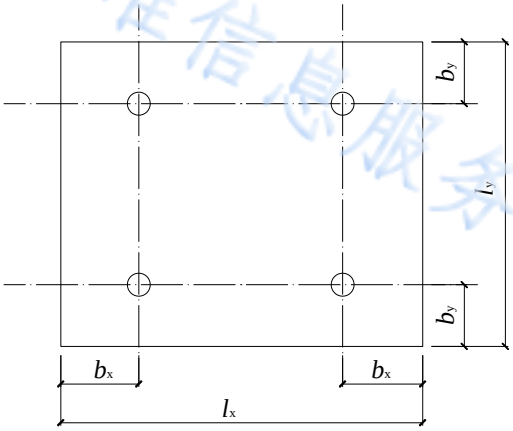
7.4.22　当转角板宽小于 150mm 时，构造上可与大面板连接为整体，转角板外露的板材端面应采用与大面板相同的表面处理方式，宜在工厂完成拼接，不宜在施工现场组装。转角板或石材线条与大面板应采用背栓（图 16）等有效的机械锚固构造，严禁仅采用钢销钉或条石加胶粘结构造。石材倒挂面板、石材装饰线条连接构造(图 17)应采用背栓等有效的机械锚固构造，宜采用互扣式挂件，挂件间应具有可靠的防滑、防脱、防松措施，严禁采用短槽、胶粘、销钉等连接构造。



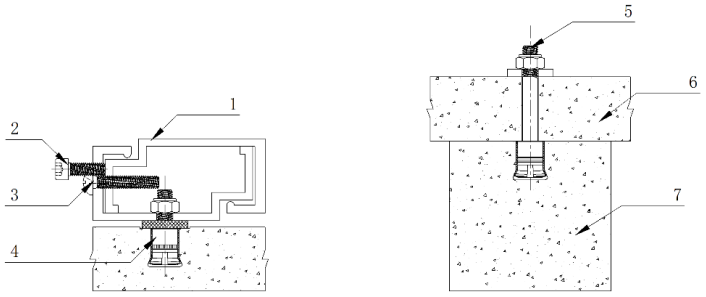
(a)竖挂侧板连接构造　　(b)顶挂侧板连接构造　　(c)倒挂侧板连接构造

图16　侧挂板连接构造

1-石材背栓；2-铝合金转角挂件



地方标准信息服务平台



(a)倒挂面板背栓连接构造　　(b)饰件与面板背栓连接构造

图17　倒挂面板及石材线条连接构造

1-石材挂件；2-调节螺钉；3-锁定防松螺钉；4-石材背栓；5-加长背栓；6-石材面板；7-石材装件

7.4.23　短槽及通槽连接的矩形石材面板的挂件设计应符合下列规定：

a)　挂件应进行各类荷载及地震作用下最不利截面的强度校核计算。

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

$$\tau_{pk}=\frac{q_k ab}{2nA_p}\beta \quad \cdots\cdots (77)$$

式中：τ_{pk} ——挂件剪应力标准值（N/mm²）；

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

a、b ——分别为面板的短边、长边边长（mm）；

A_p ——单个挂件挂钩受剪截面面积（mm²）；

n ——挂件数量；

β ——应力调整系数，可按表 66 采用。

c)　在垂直于面板的风荷载、地震作用下，通槽挂件的剪应力标准值应按下式计算：

$$\tau_{pk}=\frac{q_k l}{2t_p} \quad \cdots\cdots (78)$$

式中：τ_{pk} ——挂件剪应力标准值（N/mm²）；

l ——面板的跨度，即支承边的距离(mm)；

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

t_P ——挂件厚度(mm)。

d)　由各种作用产生的应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合的应力设计值不应超过挂件的强度设计值。

地方标准信息服务平台

7.4.24 石材背栓抗拉设计应符合下列规定：

a) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，单个背栓所受拉力按下列公式计算：

背栓水平拉力标准值为：

$$F_t = \frac{q_k \cdot a \cdot b \cdot \beta}{n} \quad \cdots\cdots (79)$$

式中：F_t——背栓所受水平拉力标准值（N）；

q_k——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²）；

b，a——面板长边、短边边长（mm）；

n——每块面板上背栓数量；

β——应力调整系数，按表 66 采用。

b) 背栓水平拉力标准值应按本标准第 6.4.1 条的规定组合，并计算得到背栓拉力设计值F，并符合下式的要求：

$$F \le R_t \quad \cdots\cdots (80)$$

式中：F——单个背栓所受水平拉力设计值（N）；

R_t——单个背栓抗拉承载力设计值（N），按本条第 3 款采用；

c) 受拉时单个背栓抗拉承载力设计值 R_t应通过荷载试验确定，材料强度安全系数按表 32 采用，所得设计值不应小于下列经验公式计算值。不满足时，材料强度安全系数应取 3.50。

$$R_t = \frac{C f_k^{0.6} \cdot h_v^{1.7}}{3.0} \quad \cdots\cdots (81)$$

式中：f_k——面板弯曲抗拉强度设计值（N/mm²）；

h_v——锚固深度（mm）；

C——材质系数，花岗岩取 17，大理石、砂岩、石灰岩等取 10。

d) 当背栓不对称布置时，应按照背栓布置形式，单独计算背栓群中承受拉力最大背栓的拉力设计值，并按第 2 款进行校核；

e) 小尺寸面板或条状面板，锚栓位置不满足第 7.4.21 条第 3 款要求时，锚栓中心线至面板边缘距离不宜小于板厚的 2 倍且不小于 50㎜，该背栓承载力设计值应乘以折减系数 0.50；

f) 背栓尚应按净面积验算抗拉承载力并满足强度要求。

7.4.25 石材背栓抗剪设计应符合下列规定：

a) 单个背栓剪力值可按下式计算：

$$V = \frac{1.35 G_k \beta}{n_1} \quad \cdots\cdots (82)$$

式中：V——单个背栓承受的剪力设计值(N)；

G_k——面板的自重标准值(N)；

n_1——承受面板自重荷载的背栓数量；

地方标准信息服务平台

β——应力调整系数，可按表 66 采用。

b) 背栓剪力设计值应符合下式要求：

$$V \leq \frac{V_t}{\gamma_r} \quad \cdots\cdots (83)$$

式中：V ——单个背栓所受剪力设计值（N）；

V_t——单个背栓抗剪承载力标准值（N），通过荷载试验确定；

γ_r——石材材料性能分项系数，按表 32 采用；

c) 小尺寸面板或条状面板，锚栓位置不满足第 7.4.21 条第 3 款要求时，锚栓中心线至面板边缘距离不宜小于板厚的 2 倍且不小于 50mm，该背栓承载力设计值应乘以折减系数 0.50。

d) 背栓尚应按净面积验算抗剪承载力并满足强度要求。

7.5 人造板材面板及连接设计

7.5.1 幕墙用人造板材宜选用瓷板、陶板、微晶玻璃板、纤维水泥板、木纤维板等。幕墙用人造面板许用建筑高度应满足表 67 要求。

表67 人造面板许用建筑高度（m）

面板名称	瓷板	陶板	微晶玻璃板	木纤维板	纤维水泥板		
					平板	带肋板、单层板	背附钢架板
许用高度	60	80	70	24	24	80	100

7.5.2 瓷板、微晶玻璃板和非背附钢架纤维水泥板幕墙单块面板的面积不宜大于 1.5m^2，石材蜂窝板块单边边长不宜大于 2.0m，单块最大面积不宜大于 2.0m^2。

7.5.3 面板及其连接设计，应根据幕墙面板的材质、截面形状和建筑装饰要求确定。面板与幕墙构件的连接，宜采用下列形式：

a) 瓷板、微晶玻璃板宜采用短挂件连接、通长挂件连接和背栓连接；

b) 陶板宜采用短挂件连接，也可采用通长挂件连接；

c) 纤维水泥板宜采用穿透支承连接或背栓支承连接，也可采用通长挂件连接。穿透连接的基板厚度不应小于 8mm，背栓连接的基板厚度不应小于 12mm，通长挂件连接的基板厚度不应小于 15mm；

d) 石材蜂窝板宜通过板材背面预置螺母连接；

e) 木纤维板宜采用末端型式为刮削式(SC)的螺钉连接或背栓连接，也可采用穿透连接。采用穿透连接的板材厚度不应小于 6mm，采用背面连接或背栓连接的木纤维板厚度不应小于 8mm。

7.5.4 面板挂件与支承构件之间应采用不锈钢螺栓或不锈钢螺钉连接。螺栓的螺纹规格不应小于 M6，自钻自攻螺钉的螺纹规格不应小于 ST5.5 并应采取防松脱和滑移措施。

7.5.5 挂件的长度和截面厚度应符合下列规定：

a) 1 瓷板短挂件用不锈钢材料和铝合金型材的截面厚度均不宜小于 2.0mm；通长挂件用不锈钢材料和铝合金型材的截面厚度均不宜小于 1.5mm。短挂件的长度不宜小于 50mm；

b) 2 微晶玻璃板短挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于 3.0mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于 4.0mm；通长挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于 2.0mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于 3.0mm。短挂件的长度不宜小于 40mm；

c) 3 陶板短挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于 1.5mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于 2.0mm；通长挂件用铝合金型材的截面厚度不宜小于 1.5mm。定位弹簧片的截面厚度不宜小于 0.5mm；

d) 4 纤维水泥板通长挂件用不锈钢材料和铝合金型材的截面厚度均不宜小于 1.5mm。

7.5.6 挂件与瓷板、微晶玻璃板、纤维水泥板面板的连接构造设计应符合下列规定：

a) 宜采用只承受一块面板自重荷载的挂件；

b) 纤维水泥板的自重应由面板下部挂槽的顶部承受；

c) 挂件在承托面板处宜设置弹性垫片，垫片厚度不宜小于 2.0mm；

d) 短挂件外侧边与面板边缘的距离不宜小于板厚的 3 倍，且不宜小于 50mm；通长挂件外端与面板边缘的距离不宜小于 20mm，且不宜大于 50mm；

e) 挂件安装槽口中心线宜以外表面为基准定位，并宜位于面板计算厚度的中心；

f) 瓷板挂件插入槽口的深度不宜小于 8mm，也不宜大于 12mm；微晶玻璃板、纤维水泥板挂件插入槽口的深度不宜小于 10mm，也不宜大于 15mm；

g) 挂件与面板之间的空隙应填充胶粘剂，且不得污染面板。

7.5.7 挂件与陶板面板的连接构造设计应符合下列规定：

a) 挂件与面板的连接，不应使面板产生附加局部挤压应力和重力传递现象；

b) 挂件为 L 形且全部采用挂装方式安装时，其自重应由陶板上部挂件的挂钩承受；

c) 上部采用插口式挂件，且陶板自重由下部挂件承受时，应采取防陶板断裂下坠措施，承重处挂件与陶板挂槽内竖向的接触部位不应留有间隙；

d) 挂件与陶板挂槽前后之间的空隙宜填充聚氨酯密封胶或设置弹性垫片，采用橡胶垫片时，其厚度不宜小于 1.0mm；

e) 挂件插入陶板槽口的深度不宜小于 6mm；短挂件中心线与面板边缘的距离宜为板长的 1/5，且不宜小于 50mm；

f) 陶板两端宜设置定位弹性垫片；

g) 陶板与支承构件采用镶嵌式挂件时，应防止挂件跳动、滑移。

7.5.8 与面板背面连接点直接连接的支承连接件宜采用铝合金型材，其截面厚度不应小于 2.0mm。

7.5.9 面板设计时，面板截面的计算厚度 te 应按下列规定确定：

a) 瓷板：有效计算厚度不应小于 12mm。正面平整时，按公称厚度(总厚度)减去背纹厚度采用，正面有装饰花纹时，还应减去装饰花纹的凸起高度或凹下深度；

b) 微晶玻璃板：框支承时厚度不小于 12mm，短槽、通槽及背栓连接时厚度不小于 20mm。正面、背面均为平整面时，按公称厚度(总厚度)采用；背面较粗糙时，应减去背面粗糙层厚度；

c) 实心陶板：正面平整时，按公称厚度(总厚度)减去挂槽和挂钩宽度采用；正面有装饰条纹时，还应减去装饰条纹的凸起高度或凹下深度；

d) 纤维水泥板：正面、背面均为平整面时，按基材的公称厚度采用；正面有装饰花纹时，还应减去装饰花纹的凸起高度或凹下深度；

e) 木纤维板：按板材的公称厚度采用。

7.5.10 短挂件支承连接的面板抗弯设计应符合下列规定：

a) 短挂件支承连接的瓷板、微晶玻璃和实心陶板，在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，面板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算。两对边对称连接的四点支承矩形面板，可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_k b_0^2}{t_e^2} \quad \cdots\cdots (84)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek}b_0^2}{t_e^2} \quad \cdots\cdots (85)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek}——分别为风荷载或垂直于面板板面方向地震作用在板中产生的最大弯曲应力标准值(N / mm^2)；

w_k、q_{Ek}——分别为风荷载或垂直于面板板面方向地震作用标准值(N/mm^2)；

a_0、b_0——支承点(挂件中心线)之间的距离(mm)，$a_0 \leqslant b_0$；

t_e——面板的计算厚度(mm)，按本标准第 7.5.10 条规定确定；

m——四点支承面板在均布荷载作用下的最大弯矩系数，可按照支承点间较短距离与较大距离之比 a_0/b_0 和材料的泊松比 ν，按表 68 查取。

b) 空心陶板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算，也可通过均布静态荷载弯曲试验确定其受弯承载能力，并应符合下式规定：

$$q \leq \frac{Q}{\gamma_r} \quad \cdots\cdots (86)$$

式中：Q——空心陶板均布静态荷载弯曲试验的最小破坏荷载(N/mm^2)；

q——垂直于空心陶板板面方向的风荷载标准值和地震作用标准值按本标准第 6.4.1 条规定进行组合后所得之面板承受的荷载设计值(N/mm^2)；

γ_r——陶板的材料性能分项系数，可取 1.8。

c) 面板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条规定进行组合。组合后面板承受的弯曲应力设计值 σ 不应大于面板材料的抗弯强度设计值 f。

表68 四点支承矩形面板的弯矩系数 m

a_0/b_0		0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
m	$\nu=0.13$	0.125	0.125	0.126	0.126	0.128	0.130	0.132	0.134
	$\nu=0.20$	0.125	0.125	0.126	0.126	0.129	0.130	0.132	0.134
	$\nu=0.25$	0.125	0.125	0.126	0.126	0.129	0.130	0.132	0.134
	$\nu=0.30$	0.125	0.125	0.126	0.126	0.129	0.130	0.132	0.134
a_0/b_0		0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
m	$\nu=0.13$	0.136	0.138	0.140	0.144	0.147	0.150	0.153	0.156
	$\nu=0.20$	0.136	0.138	0.140	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154
	$\nu=0.25$	0.136	0.138	0.140	0.142	0.144	0.147	0.150	0.152

地方标准信息服务平台

	$\nu=0.30$	0.135	0.137	0.139	0.141	0.143	0.146	0.148	0.151

7.5.11 短挂件支承连接的面板抗剪设计应符合下列规定：

a) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，面板挂件槽口处产生的剪应力标准值可按本标准式(70)计算；

b) 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值，应按本标准第6.4.1条的规定进行组合。组合后面板槽口承受的剪应力设计值不应大于面板材料的抗剪强度设计值。

7.5.12 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，挂件的抗剪设计应符合下列规定：

a) 挂件承受的剪应力标准值可按本标准式(77)计算；

b) 挂件中由各种荷载和作用产生的剪应力标准值应按本标准第6.4.1条的规定进行组合。组合后的剪应力设计值不应大于本标准第7.2节规定的挂件材料的抗剪强度设计值。

7.5.13 在面板自重作用下，挂件的抗剪设计应符合下列规定：

a) 挂件在面板自重作用下承受的剪应力标准值可按下式计算：

$$\tau_{pk}=\frac{G_k\beta}{n_1A_p} \quad \cdots\cdots (87)$$

式中 τ_{pk}——挂件剪应力标准值(N/mm^2)；

G_k——面板的自重标准值(N)，可由面板材料的重力密度标准值 γ_{gk} 按本标准第6.3.1条采用；

A_p——单个挂件挂钩的受剪截面面积(mm^2)；

n_1——实际承受面板自重荷载的挂件数量；

β——应力调整系数，可根据挂件的数量 n_1，按本标准表66采用。

b) 挂件所承受的剪应力设计值可按下式计算，且不得大于挂件材料的抗剪强度设计值。

$$\tau_p=\gamma_G\tau_{Pk} \quad \cdots\cdots (88)$$

式中：τ_p——挂件剪应力设计值(N/mm^2)；

τ_{pk}——挂件剪应力标准值(N/mm^2)；

γ_G——永久荷载分项系数，可取1.3。

7.5.14 两对边通长挂件支承连接的矩形面板抗弯设计应符合下列规定：

a) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，两对边通长挂件支承连接的瓷板、微晶玻璃、实心陶板和纤维水泥板矩形面板的最大弯曲应力标准值宜采用考虑几何非线性的有限元方法分析计算，也可按本标准第7.5.10条的规定计算，公式中的 b_0 值应取面板的跨度 l，弯矩系数m可取为0.125；

b) 空心陶板宜采用有限元方法分析计算，也可通过均布静态荷载弯曲试验确定其受弯承载能力，并符合本标准第7.5.10条的规定；

c) 面板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值 σ，应按本标准第6.4.1条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应大于面板材料的抗弯强度设计值 f。

7.5.15 纤维水泥板面板的挠度应符合下列规定：

a) 在垂直于面板的风荷载作用下，纤维水泥板的挠度宜采用有限元方法分析计算。矩形面板的挠度也可按下列公式计算：

$$d_f = \frac{\mu W_k b^4}{D} \quad \cdots\cdots (89)$$

$$D = \frac{E t_e^3}{12\left(1-\nu^2\right)} \quad \cdots\cdots (90)$$

式中：d_f——在风荷载标准值作用下的最大挠度值(mm)；

μ——挠度系数，可取 0.013；

W_k——垂直作用于面板的风荷载标准值(N/mm^2)；

a、b——面板的边长(mm)，$a \leqslant b$；

D——面板的刚度(N/mm)；

E——弹性模量(N/mm^2)，可按本标准第 6.2.30 条采用；

t_e——纤维水泥板的计算厚度(mm)，按本标准第 7.5.9 条的规定计算；

ν——泊松比，可按本标准第 6.2.31 条规定采用。

7.5.16 通长挂件支承连接的矩形面板，槽口处抗弯设计应符合下列规定：

a) 由风荷载或垂直于板面方向地震作用在面板槽口处产生的最大弯曲应力标准值应本标准式（6.4.13）计算；

b) 由各种荷载和作用产生的面板槽口处弯曲应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应大于面板材料的抗弯强度设计值。

7.5.17 通长挂件支承连接的矩形面板，槽口处抗剪设计应符合下列规定：

a) 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本标准式（71）计算；

b) 由各种荷载和作用产生的面板槽口处剪应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合。组合后的剪应力设计值不应大于面板材料的抗剪强度设计值。

7.5.18 挂件的抗剪设计应符合下列规定：

a) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，挂件承受的剪应力标准值可按本标准式（78）计算；

b) 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合后的剪应力设计值不应大于挂件材料抗剪强度设计值。

7.5.19 背栓的数量应根据面板的形状、大小和所在位置并经过计算确定。背栓中心线与面板端部的距离不应小于 50mm，且不宜大于边长的 20%。采用 2 个背栓连接的面板，应采取附加固定措施，防止面板滑移、偏斜。

7.5.20 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，背栓支承连接的面板抗弯设计应符合下列规定：

a) 面板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算。四个背栓对称布置支承连接的矩形面板，也可按本标准第 7.5.10 条的规定计算；

b) 面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标准第 6.4.1 条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应大于面板材料的抗弯强度设计值。

7.5.21 背栓支承连接的纤维水泥板，在垂直于面板的风荷载标准值作用下，其挠度宜采用有限元方法分析计算。

四个背栓对称布置支承连接的矩形面板的挠度可按下列公式计算：

$$d_f = \frac{\mu W_k b_0^4}{D} \quad \cdots\cdots (91)$$

$$D = \frac{E t_e^3}{12\left(1-\nu^2\right)} \quad \cdots\cdots (92)$$

式中：d_f——在风荷载标准值作用下的最大挠度值(mm)；

μ——挠度系数，可按表 69 选用；

W_k——垂直作用于面板的风荷载标准值(N/mm^2)；

a_0、b_0——四点支承面板支承点(背栓孔中心线)之间的距离(mm)，$a_0 \leqslant b_0$；

D——面板的刚度(N/mm)；

E——弹性模量(N/mm^2)，可按本标准 5.2.30 条采用；

t_e——面板的厚度(mm)，可按本标准第 7.5.9 条的规定确定；

ν——泊松比，可按本标准第 6.2.31 条的规定采用。

表69　四点支承纤维水泥板的挠度系数 μ

a_0 / b_0	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
μ	0.0130	0.0139	0.0140	0.0142	0.0144	0.0147	0.0149	0.0152
a_0 / b_0	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
μ	0.0155	0.0162	0.0171	0.0183	0.0196	0.0213	0.0233	0.0257

7.5.22　在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，背栓连接抗拉设计应符合下列规定：

a)　单个连接点的拉力标准值宜采用有限元方法分析计算。按周边对称布置的矩形面板，可按下列公式计算：

$$N_{wk} = \frac{w_k ab}{n}\beta \quad \cdots\cdots (93)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab}{n}\beta \quad \cdots\cdots (94)$$

式中 N_{wk}——垂直于面板的风荷载作用下单个连接点的拉力标准值(N)；

N_{Ek}——垂直于面板的地震作用下单个连接点的拉力标准值(N)；

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

n——连接点数量；

a、b——分别为矩形面板短边和长边的边长；

此为标准信息服务平台

β——应力调整系数，可按表 66 采用。

b) 背栓连接的拉力标准值应按本标准第 7.5.23 条规定进行组合，组合后的拉力设计值不应大于背栓连接的受拉承载力设计值。

7.5.23 在面板自重作用下，背栓连接的剪力设计值应按下式计算：

$$V=\frac{1.35G_k\beta}{n_1} \quad \cdots\cdots (95)$$

式中：V——单个背栓承受的剪力设计值(N)；

G_k——面板的自重标准值(N)；

n_1——承受面板自重荷载的背栓数量；

β——应力调整系数，可按表 66 采用。

7.5.24 背栓连接的受拉承载力和受剪承载力应经试验确定，并符合下列规定：

a) 背栓连接的受拉承载力设计值应符合下式规定：

$$N\le\frac{P}{g_R} \quad \cdots\cdots (96)$$

b) 背栓连接的受剪承载力设计值应符合下式规定：

$$V\le\frac{0.8P}{g_R} \quad \cdots\cdots (97)$$

式中：N——按本标准第 7.5.22 条规定计算，并按本标准第 6.4.1 条规定进行组合得到的单个背栓连接的拉力设计值(N)；

V——按本标准第 7.5.23 条规定计算得到的单个背栓连接的剪力设计值(N)；

P——实测所得背栓连接受拉破坏力最小值(N)；

g_R——背栓连接承载力分项系数，可取 2.15。

7.5.25 石材蜂窝板块单边边长不宜大于 2.0m，单块最大面积不宜大于 2.0m^2。

7.5.26 石材蜂窝板幕墙宜采用蜂窝板粘结预置连接螺母的固定方式。预置连接螺母必须在工厂制作时埋入，不得现场临时埋设。

7.5.27 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，四点支承石材蜂窝板石材面板的抗弯设计应符合下列规定：

a) 确定石材面板的最大弯曲应力时，应对正、负风荷载作用下产生的弯曲应力分别进行计算；

b) 四点支承的矩形石材蜂窝板石材面板最大弯曲应力标准值可采用下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{mw_kb_0^2}{w_e} \quad \cdots\cdots (98)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{mq_{Ek}b_0^2}{w_e} \quad \cdots\cdots (99)$$

$$W_e=\frac{D_e}{El} \quad \cdots\cdots (100)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek}——分别为垂直于面板的风荷载、地震作用下产生的最大弯曲应力标准值(N/mm^2)；

w_k、q_{Ek}——分别为垂直于面板方向的风荷载、地震作用标准值(N/mm^2)；

a_0、b_0——四点支承面板支承点(预置螺母中心线)之间的距离(mm)，$a_0 \leqslant b_0$；

m——四点支承面板在均布荷载作用下的最大弯矩系数，可根据支承点间的距离比a_0 / b_0和材料的泊松比 v，按本标准表 68 查取；

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/mm)，由整板的弯曲性能试验所得，也可按本标准附录 B 的计算方法确定；

E——石材面板的弹性模量(N/mm^2)；

l——石材蜂窝板中性轴距石材面板表面的距离(mm)，计算方法可按本标准附录 C 执行。

c) 石材面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标准第 6.4.1 条的规定进行组合，所得的最大弯曲应力设计值不应大于石材面板的抗弯强度设计值。

7.5.28 石材蜂窝板在垂直于面板的风荷载标准值作用下的挠度应符合下列规定：

a) 四点支承的矩形石材蜂窝板的挠度可按下列公式计算：

$$d_f = \frac{\mu w_k b_0^{\ 4}}{D_e} \quad \cdots\cdots (101)$$

式中：d_f——在风荷载标准值作用下的最大挠度值(mm)；

μ——挠度系数，可按表 70 选用；

w_k——垂直作用于面板的风荷载标准值(N/mm^2)；

a_0、b_0——四点支承面板支承点(预置螺母中心线)之间的距离(mm)，$a_0 \leqslant b_0$；

D_e——石材蜂窝板的等效弯曲刚度(N/mm)，由整板的弯曲性能试验所得，也可按本标准附录 B 的计算方法确定。

表70 四点支承石材蜂窝板挠度系数 μ

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
μ	0.0151	0.0147	0.0151	0.0157	0.0162	0.0171	0.0182	0.0195	0.0212	0.0232	0.0255

7.5.29 在风荷载或垂直于面板方向地震作用下，预置螺母连接抗拉设计可按本标准第 7.5.22 条的规定计算。

7.5.30 在面板自重作用下，预置螺母连接的剪力设计值可按本标准第 7.5.23 条的规定计算。

7.5.31 预置螺母连接的受拉承载力和受剪承载力应经试验确定，并符合下列规定：

a) 预置螺母连接的受拉承载力设计值应符合下式规定：

$$N \leq \frac{P}{g_R} \quad \cdots\cdots (102)$$

b) 预置螺母连接的受剪承载力设计值应符合下式规定：

$$V \le \frac{0.5P}{g_R} \quad (103)$$

式中：N——按本标准第 7.5.22 条规定计算，并按本标准第 6.4.1 条规定进行组合的预置螺母连接的拉力设计值(N)；

V——按本标准第 7.5.23 条规定计算得到的预置螺母连接的剪力设计值(N)；

P——实测所得预置螺母连接受拉破坏力最小值(N)；

g_R——预置螺母连接承载力分项系数，可取 2.15。

7.5.32 穿透支承连接的木纤维板和纤维水泥板面板应采用不锈钢螺钉、螺栓、不锈钢开口型平圆头抽芯铆钉或钉芯材为不锈钢的开口型平圆头抽芯铆钉固定。螺栓、螺钉和抽芯铆钉的直径不应小于 5mm。

7.5.33 穿透支承连接的木纤维板和纤维水泥板支承连接设计应符合下列规定：

a) 木纤维板幕墙面板的连接点到板边的距离不宜小于 20mm，且不宜大于 80mm 或 10 倍板厚；纤维水泥板边缘连接点的位置，平行于支撑框架方向到板边的距离不宜小于 80mm，垂直于支撑框架方向到板边的距离不宜小于 30mm，且不宜大于 160mm；

b) 支承连接点应分为紧固点和滑动点，紧固点和滑动点的设置应满足板材变形的要求，连接点间的最大间距应符合下列规定：

1) 木纤维板连接点最大间距应符合表 71 的规定：

表71 木纤维板连接点最大间距(mm)

板厚度（mm）	6	8	10	13
同方向有 2 个连接点	450	600	750	950
同方向有 3 个以上连接点	550	750	900	1200

2) 8mm 厚纤维水泥板的连接点间距不宜大于 800mm，12mm 厚纤维水泥板的连接点间距不宜大于 1000mm。

7.5.34 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，穿透支承连接的木纤维板和纤维水泥板面板的抗弯设计应符合下列规定：

a) 穿透支承连接的木纤维板和纤维水泥板面板的最大弯曲应力标准值，宜采用有限元方法分析计算。四点对称布置穿透支承连接的矩形面板，可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k b_0^{\ 2}}{t_e^{\ 2}}\eta \quad (104)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b_0^{\ 2}}{t_e^{\ 2}}\eta \quad (105)$$

非抗震设计 $\theta = \frac{w_k b_0^{\ 4}}{E t_e^{\ 4}}$ (106)

抗震设计　$\theta=\dfrac{(q_{Ek}+0.2w_k)b_0^4}{Et_e^4}$ ……(107)

式中：σ_{wk}、σ_{Ek}——分别为风荷载、地震作用下面板的最大弯曲应力标准值(N/mm^2)；

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

a_0、b_0——支承点间的距离(mm)，$a_0 \le b_0$；

t_e——面板的计算厚度(mm)，按本标准第 7.5.9 条规定确定；

m——弯矩系数，可由支承点间的距离比a_0/b_0和材料的泊松比ν，按本标准表 68 查取；

θ——参数；

E——弹性模量(N / mm^2)，可按本标准第 6.2.30 条规定采用；

η——折减系数，木纤维板可由参数ϑ按表 72 采用，纤维水泥板取 1.0。

b) 面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标准第 6.4.1 条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应大于面板材料的抗弯强度设计值。

表72　折减系数 η

θ	≤0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
η	0.98	0.95	0.90	0.85	0.80	0.76	0.72
θ	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	≥7
η	0.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.55	0.50

7.5.35　在垂直于面板的风荷载标准值作用下，木纤维板和纤维水泥板面板的挠度应符合下列规定：

a) 穿透支承连接的木纤维板和纤维水泥板面板产生的挠度，宜采用有限元方法分析计算。四点对称布置穿透支承连接的矩形面板，可按下列公式计算：

$$d_f=\frac{\mu w_k b^4}{D}\eta \quad \text{……(108)}$$

$$D=\frac{Et_e^3}{12\left(1-\nu^2\right)} \quad \text{……(109)}$$

式中：d_f——风荷载标准值作用下面板的最大挠度值(mm)；

w_k——垂直于面板平面的风荷载标准值(N/mm^2)；

b——支承点间面板的长边边长(mm)；

t_e——面板的计算厚度(mm)，按本标准第 7.5.9 条确定；

μ——挠度系数，可由支承点间面板短边与长边边长之比a_0/b_0查表：木纤维板按表 73 采用，纤维水泥板按表 69 采用；

η——折减系数，木纤维板可由参数ϑ按本标准表 72 采用，纤维水泥板取 1.0；

浙江标准信息服务平台

ν ——泊松比，可按本标准第 7.5.21 条采用；

D ——面板的刚度(N/mm)。

表73　四点支承矩形木纤维板挠度系数

a_0/b_0	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
μ	0.01302	0.01434	0.01442	0.01457	0.01480	0.01512	0.01530	0.01551
a_0/b_0	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00

7.5.36　木纤维板和纤维水泥板穿透连接的抗拉设计应符合下列规定：

a)　在垂直于面板平面的风荷载或地震作用下，单个连接点的拉力标准值宜采用有限元方法分析计算。按周边对称布置的矩形面板，可按下列公式计算：

$$N_{wk}=\frac{w_{wk}ab}{n}\beta \quad \cdots\cdots (110)$$

$$N_{Ek}=\frac{q_{Ek}ab}{n}\beta \quad \cdots\cdots (111)$$

式中：　N_{wk} ——垂直于面板的风荷载作用下单个连接点的拉力标准值(N)；

N_{Ek} ——垂直于面板的地震作用下单个连接点的拉力标准值(N)；

w_{wk} 、q_{Ek} ——分别为垂直于面板平面的风荷载、地震作用标准值(N/mm^2)；

n ——连接点数量；

a 、b ——分别为矩形面板短边和长边的边长；

β ——应力调整系数，可按表 74 采用。

表74　木纤维板和水泥纤维板穿透连接的应力调整系数 β

每块板材固定点数	4	6	≥8
β	1.25	1.53	1.78

b)　穿透连接的拉力标准值应按本标准第 6.4.4 条规定进行组合，组合的拉力设计值不应大于连接的受拉承载力设计值。

7.5.37　穿透连接点的受拉承载力应经试验确定，并符合下式规定：

$$N\le\frac{P}{g_R} \quad \cdots\cdots (112)$$

式中 N——按本标准第 7.5.36 条规定计算得到的单个连接点的拉力设计值(N)；

P——实测所得单个连接点的受拉破坏力最小值(N)；

地方标准信息服务平台

g_R——穿透连接受拉承载力分项系数，可取 2.15。

7.5.38 背面支承连接的木纤维板宜采用螺钉支承连接，也可采用背栓支承连接。木纤维板背面开孔，应采用专用不锈钢切口螺钉或背栓与铝合金挂件固定连接。连接螺钉的末端型式应符合 GB/T 2 中末端型式为刮削端(SC)的规定，钢的组别和性能等级应符合 GB/T 3098.6 中 A4-70 的规定。背栓应符合本标准第 4.9.7 条的有关规定。

7.5.39 支承连接点到板边的距离不宜小于 80mm，且也不宜大于 10 倍板厚。支承连接点之间的最大间距应符合本标准表 71 的规定。

7.5.40 面板背面的预制螺钉孔或背栓孔的形状和深度应根据锚固件规格及设计要求确定，钻孔深度宜比板厚小 2.5mm。

7.5.41 木纤维板背面连接点处与幕墙构件连接的连接件构造设计，应考虑板材随环境温湿度变化产生的伸缩变形并采取适当措施。

7.5.42 在垂直于面板平面的风荷载和地震作用下，面板的最大弯曲应力可按本标准第 7.5.34 条的规定计算。

7.5.43 在风荷载标准值的作用下，面板的挠度可按本标准第 7.5.35 条的规定计算。

7.5.44 连接点的受拉承载力应经试验验证，并应符合本标准第 7.5.37 条的规定。

7.6 复合面板及连接设计

7.6.1 复合面板宜选用铝塑复合板、铝蜂窝复合板，可选用钛锌复合板、铝合金瓦楞板、不锈钢复合板、石材蜂窝复合板等。

7.6.2 铝复合板和构造相似、材质不同的其他金属复合板可采用刻槽折边，刻槽不得触及面层金属板，刻槽后剩余芯层厚度不应小于 0.3mm，面板周边折边处应设置加强边框，并用螺钉、铆钉或结构胶等与面板可靠连接，不应仅通过板块折边与龙骨连接。不同金属之间连接时应有防电化腐蚀措施。

7.6.3 复合面板芯层不应外露，宜采用金属镶嵌边框、面层材料折边或采用硅酮密封胶等方式封闭。

a) 铝蜂窝复合板四周自然折边或镶框，蜂窝不应外露；
b) 石材蜂窝板应镶框封边处理，蜂窝不应外露。

7.6.4 石材蜂窝复合板应符合下列规定：

a) 石材蜂窝板的锚固螺栓应在工厂制作板材时埋入，不应现场埋置。粘结填嵌的材料应与粘结体相容；
b) 采用铝合金板作背板时，厚度不应小于 0.5mm，板材表面宜采用耐指纹涂层处理，涂层厚度不应小于 5μm；
c) 采用镀锌钢板作背板时，厚度不应小于 0.35mm，表面锌层厚度不应小于 15μm。

7.6.5 复合板可根据受力条件设置加劲肋。加劲肋可采用方管形、槽形或角形金属型材，闭口型材的壁厚不应小于 1.5mm，开口型材的壁厚不应小于 2.5mm。加劲肋应与面板和边肋可靠连结，并有防腐蚀措施。

7.6.6 铝塑复合板和蜂窝铝板等复合金属板计算应符合下列规定：

a) 边和肋所形成的矩形面板区格，沿板材四周边缘可按简支边考虑，中肋支承线可按固定边考虑；
b) 复合金属板的抗弯强度设计值可根据面板和背板的铝板牌号及合金状态确定；抗弯计算时应采用等效截面模量 W_e 和等效弯曲刚度 D_e。等效截面模量 W_e 和等效弯曲刚度 D_e 按本标准第 6.2.12 条、第 6.2.13 条采用；
c) 在垂直于面板的风荷载、地震作用下，矩形区格面板的最大弯曲应力标准值宜采用考虑几何非线性的有限元方法计算，也可分别按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{mw_k l^2}{W_e}\eta \quad \cdots\cdots (113)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{mq_{Ek} l^2}{W_e}\eta \quad \cdots\cdots (114)$$

非抗震设计 $$\theta=\frac{w_k l^4}{11.2D_e t_e} \quad \cdots\cdots (115)$$

抗震设计 $$\theta=\frac{(q_{Ek}+0.2w_k)l^4}{11.2D_e t_e} \quad \cdots\cdots (116)$$

式中：σ_{wk}、σ_{Ek} ——分别为垂直于面板的风荷载、地震作用下产生的最大弯曲应力标准值(N/mm^2)；

w_k ——垂直于面板的风荷载标准值(N/mm^2)；

q_{Ek} ——垂直于板面的地震作用标准值(N/mm^2)；

l ——金属板区格的短边边长(mm)；

m ——板的弯矩系数，可根据其边界条件由本标准附录 D 确定；

t ——面板厚度(mm)；

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

W_e ——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效截面模量(mm^2)；

D_e ——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效弯曲刚度（N.mm）；

θ ——无量纲参数；

η ——折减系数，可由参数θ按表 72 采用。

d) 中肋支承线上的弯曲应力标准值，可取其两侧板格固端弯矩计算结果的平均值。

e) 由各种作用产生的最大应力标准值，应按本标准第 6.4.1 条的规定进行组合，组合的应力值不应超过金属板的强度设计值。

7.6.7 在垂直于面板的风荷载作用下，铝塑复合板和蜂窝铝板等复合金属板的跨中挠度可按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下式计算：

$$d_f=\frac{\mu w_k l^4}{D_e}\eta \quad \cdots\cdots (117)$$

式中：d_f ——挠度最大值（mm）；

w_k ——垂直于面板的风荷载标准值（N/mm^2）；

l ——金属板区格的短边边长（mm）；

μ ——挠度系数（可按表 60 近似采用）；

η ——折减系数（按 72 表采用）；

D_e ——等效弯曲刚度（N/mm）。

7.6.8　石材蜂窝复合板面板的设计按本标准第 7.5 章节采用。

7.6.9　金属复合面板的连接方式可采用角码连接、挂钩连接、副框压板连接、扣压式连接等形式，连接构件应进行结构设计。

7.6.10　金属复合面板的连接构造要求按本标准第 7.3.11 条～第 7.3.15 条采用，金属复合面板的连接构件应与复合板的面板及背板均有效连接。

7.6.11　石材蜂窝板的连接设计按本标准第 7.5.29 条～第 7.5.31 条采用。

7.6.12　面板与幕墙构件的连接部位，应采取措施防止产生摩擦噪声的措施。

7.6.13　不同金属材料接触处应设置耐蚀胶垫等绝缘片。

8　构件式幕墙

8.1　一般规定

8.1.1　构件式幕墙设计应安全可靠并符合建筑立面、使用功能、运输管理等要求。幕墙构件应便于制作、安装、维护及更换，幕墙构造应能有效疏导雨水和冷凝水。

8.1.2　构件式幕墙的强度计算和构造设计，应能满足幕墙各部位的荷载变化要求。

8.1.3　构件式幕墙不宜采用单立柱式或单横梁式的构造。

8.1.4　构件式幕墙的龙骨，可采用铝合金型材或钢型材。钢型材与铝型材组合形成的横梁、立柱，当两者挠度变形近乎相同时，可根据等挠度原理，采用抗弯刚度分配法进行结构计算；且挠度的控制应以钢、铝型材中较为严格的为准。

8.1.5　幕墙立柱与主体混凝土结构应通过预埋件连接，预埋件应在主体结构施工时埋设，埋件位置应符合设计规定。不具备采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并应通过试验确定其承载力。

8.1.6　幕墙立柱和主体结构的连接，应有能满足平面内和平面外调节的构造措施。构件的连接宜对称布置，连接构造应有防松、防滑措施。当采用挂接或插接时应有防脱落、防滑动措施。

8.1.7　构件式幕墙宜分层悬挂于主体结构上。采用竖向分层支承、上下不连续且设于建筑外墙平面内的幕墙立柱，应设置与主体结构变形相适应、可消除应力变形影响的连接构造。

8.1.8　幕墙面板与横梁、立柱的连接，应能满足面板平面和支承结构间相对位移的要求，必要时应对跨越立柱层间插接缝的面板作变形校核。

8.1.9　构件式明框幕墙固定玻璃的压板应连续条形设置，压板与幕墙框架宜采用不锈钢材质的螺钉或螺栓连接，连接应满足本标准 5.7 节要求。螺钉或螺栓直径与数量应计算确定，直径不应小于 5mm，布置间距不应大于 350mm。扣合在幕墙面板压板上的装饰线条、扣盖等部件，扣合连接应紧密可靠，当装饰线条、扣盖悬挑尺寸大于 50mm 时，应采取机械连接构造。

8.1.10　构件式幕墙外挑构件或装饰部件的外挑尺寸，至幕墙面板距离大于等于 200mm 时，应考虑对幕墙整体构架的影响。宜采用连接件、转接件与幕墙支承结构紧固连接；连接不得采用自攻螺钉，必要时应采用螺栓连接。开口截面型材不宜设置外挑构件。

8.1.11　当幕墙跨越主体结构的变形缝时，应在变形缝两侧独立设置幕墙支承结构，幕墙构造伸缩缝尺寸应与主体结构的变形缝相协调，并采用柔性或滑移等方式的连接措施封闭处理。

8.1.12　铝合金型材表面处理应符合本标准第 4.2.2 条规定。钢型材宜采用耐候钢，碳素钢型材宜热浸镀锌或采取其它有效的防腐蚀措施。处于潮湿环境或腐蚀条件下的钢型材，可按计算厚度增加 1.0mm 为设计厚度。隔热型材应符合本标准附录 A 的要求。

8.2 横梁构造设计

8.2.1 横梁截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

a) 截面的宽厚比应符合 GB 50017、GB 50018、GB 50429 的有关规定；

b) 当横梁跨度不大于 1.2m 时，铝合金型材截面主要受力部位的厚度不应小于 2.0mm；当横梁跨度大于 1.2m 时，其截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5mm。铝合金型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、受压连接时，应进行螺纹受力计算，型材局部加厚部位的壁厚不应小于 4mm 或连接螺钉的公称直径，宽度不应小于 13mm 或螺钉公称直径的 2.5 倍；

c) 热轧钢型材截面有效受力部位的厚度不应小于 3.5mm，冷成型薄壁型钢截面有效受力部位的厚度不应小于 3.0mm，焊接部位厚度不应小于 4mm。在采用螺纹进行受拉、受压连接时，应进行螺纹受力计算。

8.2.2 横梁型材的主要受力截面宜为闭口矩形，当采用开口截面横梁时，应按薄壁弯扭构件设计和计算，考虑约束扭转产生的双力矩。

8.2.3 幕墙面板在横梁上偏置使横梁产生较大的扭矩时，应进行横梁抗扭承载力计算，并采取相应的构造措施。

8.2.4 横梁与立柱的连接构造应能承受垂直于幕墙平面的水平力、幕墙平面内的垂直力及绕横梁水平轴的扭转力，其连接构造，紧固件尺寸、数量应由计算确定，横梁与立柱宜采用铰接的连接构造。

8.2.5 横梁和立柱之间的连接设计，应符合下列规定：

a) 横梁和立柱之间可通过连接件、螺栓、螺钉或销钉与立柱连接；

b) 连接件应能承受横梁传递的剪力和扭矩，其截面厚度应经过计算确定，不宜小于 3.5mm 且不应小于横梁与立柱壁厚的较大值；角码和横梁采用不同金属材料时，除不锈钢外，应采取措施防止双金属腐蚀；

c) 横梁连接件与立柱之间的连接螺栓、螺钉或销钉应满足抗拉、抗剪、抗扭承载力的要求。每个连接处的螺钉或螺栓不应少于 2 个，当开口横梁连接时不宜少于 3 个。螺钉或螺栓直径不应小于 6mm。不应采用沉头、半沉头螺钉或螺栓。

8.2.6 横梁与立柱采用钢销钉连接时，应符合下列规定：

a) 主体结构层间变形较大或幕墙立柱平面外变形较大位置的幕墙，横梁与立柱的连接采用钢销钉连接构造时，应有防止立柱及横梁因变形产生的位移过大，而导致销钉连接失效的构造措施；销钉插入深度应进行计算，变形后连接部位销钉露出立柱内壁尺寸不应小于销钉直径；

b) 销钉的直径不应小于 6.0mm，应为冷镦制造。销钉与弹簧的材质宜为表面做钝化处理的奥氏体不锈钢，且应满足精度配合要求，销钉露出立柱内壁尺寸不应小于销钉直径，销钉连接构造应有防脱、防滑移、定位止退的构造措施；

c) 采用钢销钉连接时，横梁与立柱外壁缝隙不应大于 2mm；

d) 不宜采用弹簧销钉连接，如需采用则应有防止弹簧销钉不能就位导致连接失效的构造措施；

e) 转角斜向立柱与横梁连接不应采用钢销钉连接。

8.2.7 横梁与立柱的连接角码采用螺钉与立柱连接时，其连接处的局部壁厚不应小于连接螺钉公称直径，局部加厚宽度不小于螺钉公称直径的 2.5 倍。

8.2.8 横梁与立柱间应有 1.0mm～1.5mm 间隙，应采用柔性橡胶垫片并用硅酮密封胶封闭，满足变形伸缩和方便安装。

8.2.9 钢横梁及立柱连接为焊接时，应满足下列规定：

a) 焊缝承载能力应满足设计要求，焊缝处应采取有效的防腐措施；

b) 每间隔不大于 12m 应设一处水平向滑移铰接端，应能可控滑动并满足强度要求。同一区段内横梁和立柱的连接构造应一致。

8.3 立柱构造设计

8.3.1 幕墙立柱及其支座除传递荷载外，应能适应主体结构的变形。

8.3.2 幕墙立柱的布置，应符合下列规定：

a) 在楼层内单独布置立柱时，其上、下端均宜与主体结构铰接，宜采用上端悬挂方式；
b) 立柱下端支承时，应作压弯构件设计，对受弯平面内和平面外作受压稳定验算；
c) 在多层或高层建筑中跨层布置时，立柱的长度不宜大于 3 个层高，立柱与主体结构的连接支承点每层不宜少于一个，宜采用上端悬挂方式；当主体结构允许时，宜加密立柱的连接支承点；
d) 在混凝土实体墙面或钢结构上分段布置时，每段立柱的支承点不宜少于 2 个，上支承点宜采用圆孔，中部和下支承点宜采用长圆孔；
e) 5 当立柱支承点可能产生较大位移时，应采用与位移相适应的支承装置。

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

a) 采用铝合金闭口截面型材的立柱，宜设置长度不小于 250mm 的芯柱连接。芯柱一端与立柱应紧密滑动配合，另一端与立柱宜采用机械连接方式固定；
b) 采用铝合金开口截面型材的立柱，可采用型材或板材连接。连接件一端应与立柱固定连接，另一端的连接方式不应限制立柱的轴向位移；
c) 采用闭口截面钢型材的立柱，可采用本条第 1 款或第 2 款的连接方式；
d) 上下立柱间宜设置不小于 15mm 的缝隙，立柱接缝宜封闭防水；
e) 芯柱的材质应与立柱一致，芯柱承受弯矩时，其强度设计值应大于结构设计要求。

8.3.4 立柱截面主要受力部位的厚度，应符合下列要求：

a) 铝型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0mm，闭口部位的厚度不应小于 2.5mm；
b) 铝型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、压连接时，应进行螺纹受力计算，型材局部加厚部位的壁厚不应小于连接螺钉的公称直径，宽度不应小于螺钉公称直径的 2.5 倍；
c) 钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 3.5mm，焊接部位厚度不应小于 4.0mm，采用螺纹进行受拉连接时，应进行螺纹受力计算；
d) 对偏心受压立柱和偏心受拉立柱的杆件，其有效截面宽厚比应符合本标准第 8.2.1 条规定。

8.3.5 立柱的支点应置于主体结构允许受力的部位，如需在主体结构非受力构件部位设支点时，应作必要的结构处理并经验算确定。

8.3.6 立柱与主体结构的连接件应有足够的承载力。铝合金连接件材料厚度不应小于 8mm，钢连接件材料厚度不应小于 6mm，每一连接处的螺栓不应少于 2 个，螺栓直径不小于 10mm。采用焊接时，应计算焊缝尺寸并标注焊接要求。

8.3.7 幕墙立柱上终端外露型材腔口应封闭，下端应设泄水口。

8.3.8 U 型通槽型材槽壁有效厚度不应小于 3.0mm，螺钉有效入槽深度不应小于 16mm，螺钉间距不应大于 250mm。

8.3.9 幕墙立柱以钢型材为受力构件，立柱外包覆装饰性的铝型材或不锈钢等材料时，其截面构造应符合以下要求：

a) 钢型材宜采用按现行国家标准生产制作的定型产品；
b) 装饰性铝合金型材截面构造和型材壁厚应符合 GB/T 5237 及铝合金制作、构造的要求，与钢型材之间应有良好的防腐隔离措施；
c) 外包覆装饰性材料与钢型材间，应做好连接构造设计。

8.3.10 幕墙构件不宜采用铝合金型材腔内衬套钢型材作为共同参与受力的钢铝组合构件。确需应用时，除构造上应满足相应要求外，设计计算应符合本标准第 8.5.9 条规定。

8.4 横梁结构设计

8.4.1 横梁截面可根据建筑造型的需要，按照面板作用在横梁上的荷载和横梁不同支承状况产生的弯矩、剪力和扭矩计算确定。横梁承受轴向力时，尚应验算轴向力影响。

8.4.2 横梁截面的抗弯强度、抗剪强度和稳定性，应符合下列规定：

a) 轧制或焊接钢型材横梁，应符合 GB 50017 的规定；

b) 冷弯薄壁型钢横梁，应符合 GB 50018 的规定；铝合金型材横梁应符合 GB 50429 的规定；

c) 横梁截面的抗弯强度、抗剪强度和稳定性也可采用有限元方式分析。

8.4.3 双向受弯横梁受弯承载力可按下列公式计算：

$$\frac{M_x}{\gamma W_{nx}}+\frac{M_y}{\gamma W_{ny}}\leq f \quad \cdots\cdots (118)$$

式中 M_x—— 横梁沿 x 轴（平行于幕墙平面方向）的弯矩设计值（N.mm）；

M_y——横梁沿 y 轴（垂直于幕墙平面方向）的弯矩设计值（N.mm）；

W_{nx}—— 横梁截面沿 x 轴（幕墙平面内方向）的净截面最小抵抗矩（mm^3）；

W_{ny}——横梁截面沿 y 轴（垂直于幕墙平面方向）的净截面最小抵抗矩（mm^3）；

γ—— 塑性发展系数，弱硬化铝型材取 1.0，强硬化铝型材和钢型材取 1.05；

f——型材的强度设计值（N/mm^2）。

8.4.4 横梁截面受剪承载力应符合下式要求：

$$\frac{V_y S_x}{I_x t_x}\leqslant f \quad \cdots\cdots (119)$$

$$\frac{V_x S_y}{I_y t_y}\leqslant f \quad \cdots\cdots (120)$$

式中 V_x—— 横梁水平方向（x 轴）的剪力设计值（N）；

V_y—— 横梁竖直方向（y 轴）的剪力设计值（N）；

S_x—— 横梁截面沿 x 轴的毛截面最大面积矩（mm^3）；

S_y—— 横梁截面沿 y 轴的毛截面最大面积矩（mm^3）；

I_x—— 横梁截面沿 x 轴的毛截面惯性矩（mm^4）；

I_y—— 横梁截面沿 y 轴的毛截面惯性矩（mm^4）；

t_x—— 横梁截面相应于 x 轴腹板的截面总厚度（mm）；

t_y—— 横梁截面相应于 y 轴腹板的截面总厚度（mm）；

f_v—— 型材的抗剪强度设计值（N/mm^2）。

8.4.5 在风荷载或重力荷载作用下，横梁挠度限值 $d_{f,lim}$ 宜按下列规定采用：

铝合金型材横梁计算跨度不大于 2000mm 时：

地方标准信息服务平台

$$d_{f,\lim}=l/180 \quad \cdots\cdots (121)$$

钢型材横梁计算跨度不大于 3000mm 时：

$$d_{f,\lim}=l/250 \quad \cdots\cdots (122)$$

铝合金或钢型材横梁计算跨度大于 4500mm 时：

$$d_{f,\lim}=l/300 \quad \cdots\cdots (123)$$

式中：l ——横梁的跨度（mm）。

铝合金型材横梁计算跨度 2000mm～4500mm、钢型材横梁计算跨度 3000mm～4500mm 时按插入法计算。

当有扭矩作用时还应考虑扭转作用产生的变形。在自重标准值作用下，单块面板两端间局部相对挠度尚应满足 GB/T21086 规定，$d_{f,\lim}$ 不大于端距的 1/500 且不大于 3mm。

8.4.6　应按计算模型验算横梁和立柱的连接，包括连接件及其与立柱之间所用螺钉、螺栓的抗剪、型材挤压、连接件扭转受剪等。

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

$$\sqrt{(\frac{S_v}{V_s})^2+(\frac{S_N}{N_s})^2}\leq 1 \quad \cdots\cdots (124)$$

式中　S_V——单个螺栓、螺钉、铆钉的计算剪力值；

S_N——单个螺栓、螺钉、铆钉的计算轴力值；

V_S——单个螺栓、螺钉、铆钉只承受剪力的承载力设计值；

N_S——单个螺栓、螺钉、铆钉只承受轴力的承载力设计值。

螺栓、螺钉、铆钉与型材连接时尚应验算型材本体的抗剪、局部承压的连接强度，并满足相应要求。

8.4.8　非对称截面横梁应按斜弯曲或弯扭构件计算，开口薄壁横梁应按弯扭构件计算。

8.5　立柱结构设计

8.5.1　应根据立柱的实际受力和支承条件，分别按单跨梁、双跨梁或多跨梁计算由自重、风荷载和地震作用产生的弯矩、扭矩和剪力，并按其支承条件计算轴向力。多跨铰接梁弯矩、挠度及支座反力系数可按本标准附录 F 取用。

8.5.2　承受轴向拉力和弯矩作用的立柱，其承载力应符合下式：

$$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_n}+\frac{\mathrm{M}}{\gamma w_n}\leqslant f \quad \cdots\cdots (125)$$

式中　N——立柱的轴力设计值（N）；

M——立柱的弯矩设计值（N.mm）；

A_n——立柱的净截面面积（mm^2）；

W_n——立柱在弯矩作用方向的净截面最小抵抗矩（mm^3）；

γ——截面塑性发展系数，弱硬化铝型材取 1.0，强硬化铝型材和钢型材取 1.05；

f ——型材的强度设计值 f_a 或 f_s（N/mm^2）。

8.5.3 承受轴压力和弯矩作用的立柱，其在弯矩平面内的稳定性应符合下式：

$$\frac{N}{\phi A}+\frac{M}{\gamma w(1-0.8N/N_E)}\leqslant f \quad \cdots\cdots (126)$$

$$N_E=\frac{\pi^2 EA}{1.1\lambda^2} \quad \text{（用于钢构件）} \quad \cdots\cdots (127)$$

$$N_E=\frac{\pi^2 EA}{1.2\lambda^2} \quad \text{（用于铝构件）} \quad \cdots\cdots (128)$$

$$\lambda=l/i \quad \cdots\cdots (129)$$

$$i=\sqrt{\frac{I}{A}} \quad \cdots\cdots (130)$$

式中 N—— 立柱轴压力设计值（N）；

N_E—— 临界轴压力（N）；

M—— 立柱最大弯矩设计值（N.mm）；

φ—— 弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数，可按表 75 采用；

A—— 立柱毛截面面积（mm^2）；

W—— 在弯矩作用方向上较大受压侧的毛截面抵抗矩（mm^3）；

λ—— 长细比；

l ——计算长度（mm），两端简支 $l=L$，一端简支一端固结 $l=0.7L$，两端固结 $l=0.5L$，悬臂式立柱 $l=2L$，L 为立柱支承长度；

i—— 核心半径（mm）；

γ—— 截面塑性发展系数，弱硬化铝型材取 1.0，强硬化铝型材和钢型材取 1.05；

地方标准信息服务平台

f —— 型材强度设计值 f_a 或 f_s（N/mm^2）；

I ——受弯平面内的截面惯性矩（mm^4）。

表75　轴心受压柱的稳定系数 φ

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

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

8.5.4　承受轴压力和弯矩作用的立柱，其长细比 λ 不宜大于 150。

8.5.5　立柱应验算仅在水平荷载作用下的整体稳定，可按 GB 50429、GB 50017 的相关规定验算。梁柱双向滑动连接、销钉连接不能作为立柱的侧向约束。

8.5.6　实腹式矩形钢柱水平荷载作用下的整体稳定性可按线弹性稳定方法分析。

8.5.7　在风荷载标准值作用下，立柱相对挠度限值 $d_{f,\lim}$ 宜按下列规定采用：

a)　铝合金型材立柱，计算跨度不大于 3600mm 时按式（131）计算；跨度大于 4500mm 时按式（132）计算；跨度 3600mm～4500mm 时按插入法计算。

$$d_{f,\lim}=l/180 \quad \cdots\cdots (131)$$

$$d_{f,\lim}=l/225 \quad \cdots\cdots (132)$$

b)　钢型材：

$$d_{f,\lim}=l/250 \quad \cdots\cdots (133)$$

式中:l ——支点间距离（mm），悬臂构件可取挑出长度的 2 倍。

c） 铝合金与钢型材立柱 $d_{f,lim}$绝对值不大于 30mm。

8.5.8 斜幕墙立柱应按立柱实际受力状况验算承载力和变形。

8.5.9 钢铝组合截面立柱设计：

a） 钢铝组合构造截面中，不参与组合截面共同工作的铝材部份，仍须按实际受力状况作局部受力和连接部位的强度计算。

b） 钢铝共同工作的组合截面可按刚度分配原理，分别按下式计算其荷载：

$$q_{al}=\frac{I_{al}E_{al}}{I_{al}E_{al}+I_sE_s}\cdot q\cdot\gamma_F \quad \cdots\cdots(134)$$

$$q_s=\frac{I_sE_s}{I_{al}E_{al}+I_sE_s}\cdot q \quad \cdots\cdots(135)$$

式中 q —— 作用在立柱上的荷载值(N/mm)；

q_{al} ——组合截面上铝材承受的荷载值(N/mm)；

q_s ——组合截面上钢材承受的荷载值(N/mm)；

E_{al} ——铝材弹性模量(N/mm^2)；

E_s ——钢材弹性模量(N/mm^2)；

I_{al} ——组合截面中铝材独立的截面惯性距(mm^4)；

I_s ——组合截面中钢材独立的截面惯性距(mm^4)；

γ_F ——调整系数，取 1.05。

c） 钢铝共同工作的组合截面，应按材料力学方法验算两种型材间的剪力传递，按计算要求设置抗剪螺钉。

d） 钢铝组合截面立柱的挠度限值按钢型材取用。

8.5.10 在建筑物平面转角或突变处的立柱，应考虑最不利荷载和作用的组合，对立柱截面最小抵抗矩和最小惯性矩方向作补充验算和校核，满足相应极限状态的要求。

8.5.11 带竖向装饰构件或遮阳部件的立柱应按本标准第 6.3.2 条规定计算风荷载，并进行荷载组合，同时应考虑竖向构件传递的侧向荷载。转角位置竖向构件侧向风荷载体形系数应取值 2.0，大面位置的风荷载体型系数可适当折减。

9 单元式幕墙

9.1 一般规定

9.1.1 建筑幕墙应根据建筑设计要求，合理选择单元式幕墙系统类型，结构与构造形式应安全可靠，便于生产、安装和维修。

9.1.2 单元式幕墙板块内的各种组件及配套件均应在工厂进行加工并组装为成品单元板块，再依次固定于主体结构上。

9.1.3 单元式幕墙应按照雨幕原理进行设计，设置合理的等压腔，并形成有组织的排水系统。

9.1.4 单元式幕墙的竖向与横向构件应有足够的刚度并连接可靠，单元板块应具有良好的整体刚度和

结构牢固度，在组装、运输、安装过程中不应有变形与松动。

9.1.5 单元式幕墙的防火和防雷设计应符合本标准相关章节规定。层间防火封堵和防雷电气通路施工，宜与单元式幕墙板块同步施工。

9.2 构造设计

9.2.1 单元式幕墙的设计，应满足抗风压性能、水密性能、气密性能、热工性能、防尘性能等要求。

9.2.2 单元式幕墙应建立可靠的多道防水体系，应按照雨幕原理等压腔结构进行系统设计，排水路径应清晰明了。防排水系统需进行单元分区处理，防止系统过载。

9.2.3 单元体幕墙板块之间的插接部位、对接部位以及开启部位，在单元板块组合后应形成整体有效的等压腔体。对易渗入雨水和凝聚冷凝水的部位，应设置快捷有效的导排水构造，在其导排水构造中应无积水现象。

9.2.4 单元式幕墙与主体结构、其他墙体系统及伸缩缝等连接部位，应进行收边收口设计，保持幕墙防水、排水系统与节能系统的连续性。

9.2.5 单元式幕墙板块之间的安装对插部位应有导插保护构造，对插时密封胶条不应错位、带出或受损。导插保护构造设计需考虑温度及地震作用下变形的影响。

9.2.6 单元式幕墙插接接缝设计：

a) 单元式幕墙板块之间有适量的搭接长度，立柱的搭接长度不小于 12mm，顶、底横梁的搭接长度不应小于 15mm，并能容纳下列位移而不对幕墙性能产生任何影响：
   1) 设计荷载及重复周期作用下造成的翘曲；
   2) 建筑位移造成的尺寸和形状改变，包括沉降、收缩、弹性压缩、楼板梁挠度、裂缝、风造成的摇摆、地震、扭曲、倾斜及温差和潮湿引起的位移；
   3) 主体支承结构或建筑框架的任何节点的位移，不论其节点设计是否容纳位移；
b) 对于板块宽度大于 2m 或者板块高度大于 5m 的单元式幕墙插接接缝，可以按照式(136)进行计算，并不应小于本条第 1 款规定的限定值。

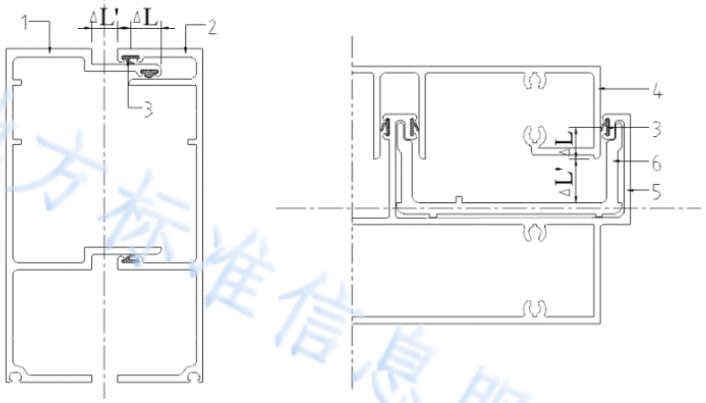


图18 单元式幕墙插接接缝计算示意图

1-公立柱；2—母立柱；3—密封胶条；4—底横梁；5—顶横梁；6—铝合金过桥料（单元板块之间应留的伸缩缝ΔL为密封胶条中心至插接料端部的距离，ΔL'为有效伸缩尺寸）

$$\Delta L \geq \alpha \times \Delta T \times L \times \lambda + d_1 + d_2 + d_3 \cdots\cdots (136)$$

式中：ΔL ——单元板块之间应留的伸缩缝；

α ——立柱或横梁的线膨胀系数（1/℃）；

ΔT ——幕墙的年温度变化：(℃)；

L ——计算方向的单元板块立柱或横梁长度；

λ ——实际伸缩调整系数，可取 1；

d_1——生产施工误差(mm)，可取 2mm；

d_2——考虑地震作用等其他因素影响的预留量(mm)，不小于 3mm；

d_3——主体结构位移量、层间压缩量及其梁板变形位移量(mm)。

c） 有效伸缩尺寸ΔL 应大于单元板块之间应留的伸缩缝ΔL′。

9.2.7 单元体幕墙采用横滑系统时，横向相邻两个单元板块宜共用同一支铝合金过桥料，铝合金过桥料应镶嵌在顶横梁中横跨左右单元并使用硅酮密封胶四周可靠密封；铝合金过桥料宜设置成一端铰接固定，另一端可滑动的连接形式；过桥料长度不宜小于 250mm；铝合金过桥料与顶横梁的公差配合应考虑板块变形、生产安装误差；密封处理应能满足单元板块的位移要求。

9.2.8 单元体幕墙采用横滑系统时，铝合金过桥料分段使用时，每段过桥料长度不宜小于 125mm，过桥料应分别与各自的上横梁使用机械方式固定连接，并使用硅酮密封胶四周可靠密封，过桥料中间的接缝应采用密封胶可靠密封，密封胶缝隙之上应使用不小于 50mm 长的柔性防水胶片进行二次可靠密封。密封应能在温度及地震作用等其他作用的变形下依旧保持密封性能。

9.2.9 铝合金过桥料应能承担上一单元板块传递来的荷载，铝合金过桥料主要受力壁厚不宜小于 6mm，并需满足抗弯抗剪要求并进行结构计算。

9.2.10 相邻四片单元板块纵、横缝十字相交处，应进行密封处理，防止雨水渗漏。靠室内侧，宜在型材内采用可阻气挡水的柔性材料封堵。密封处理及柔性材料的可压缩量应能满足单元板块的位移要求。

9.2.11 使用对接形式的单元式幕墙，单元式幕墙板块接缝设计应满足 8.2.6 条要求；对接密封条的可压缩量应大于按式（136）计算结果的 1.5 倍；对接密封条在最小压缩量状态下的弹性应能满足气密性的要求；对接密封条之间的对接面尺寸应大于相邻板块在不同荷载下变形差。

9.2.12 对接形式的单元体幕墙，板块之间应有控制板块错位变形的定位对插构造，需校核对插构造节点的强度与刚度。

9.2.13 变形缝处的单元体幕墙接缝应能够适应主体结构变形要求。同一单元板块与主体结构的连接点应位于变形缝的同侧。变形缝处的处理应同时满足防水要求及节能要求。

9.2.14 幕墙单元装配时的框架构件连接处、拼缝处和螺钉、螺栓部位应有防雨水渗入和防松脱措施；有防水设计要求的工艺孔应按设计要求进行防水密封处理；用于检查螺钉螺栓防水处理质量的工艺孔不应被阻挡密封。

9.2.15 单元式幕墙的通气孔和排水孔宜采用透水材料封堵。通气孔大小及间距应满足等压要求。排水孔宜采用不小于 40mm×15mm 的长形孔，排水口大小及间距应满足排水要求。开孔应有避免渗水倒灌的措施。生产施工时应保证通气孔及排水孔通畅。

9.2.16 吊装孔不应损害幕墙单元板块的防水构造。吊装孔位于构件应力较大的区域时，对该部位应加强处理并经计算验证。

9.2.17 单元式幕墙面材与框架及框架与框架连接部位，应有可靠的密封措施。

9.2.18 横向隐框玻璃幕墙的单元板块应有托板，玻璃周边应有护边构造。采用刚性护边时，玻璃与护边构件的间隙不宜小于 5mm，护边构造应有节能构造措施并满足节能要求。

9.2.19 明框单元幕墙使用密封胶条固定玻璃时，玻璃四周与框之间应设置弹性垫块，垫块长度不应小

于 100mm，每边不少于 2 块，垫块与框之间应有可靠的固定连接。

9.3 结构设计

9.3.1 单元板块的整体刚度、横梁与立柱连接节点刚度等应能满足运输、吊装及使用要求。单元板块生产装配及玻璃安装应当连接牢固，在运输、吊装及使用过程中不应会松动变形滑脱及受损。

9.3.2 单元式幕墙板块的传力途径需清晰、直接，构件连接设计应有足够的刚度。单元式幕墙结构计算应有明确的计算模型，横梁与立柱可按本标准相关规定进行计算。四周与横梁和立柱用结构胶粘接的玻璃板块可视为单元的约束构件。

9.3.3 验算顶横梁与立柱连接、单元板块与主体结构连接时，应计入相邻上单元板块传递的荷载。

9.3.4 应验算顶横梁、铝合金过桥料在相邻上单元板块传递荷载作用下的承载能力。

9.3.5 上下单元板块错缝布置时，应在上单元立柱插接部位的顶横梁内增设铝合金过桥料并能有效传递荷载的构件，必要时应增加顶横梁的刚度。

9.3.6 根据传力途径依次复核单元板块各构件的承载能力。荷载偏心对计算结果影响明显时，应考虑荷载偏心产生的效应。

9.3.7 对接形式的单元式幕墙，对接处立柱与横梁应分别按其所承受的荷载和作用计算。

9.3.8 插接形式的单元式幕墙，插接式的组合构件时立柱的荷载分配：

a) 有确保左、右立柱协同变形的构造措施时，可根据下式分配荷载后按各自承担的荷载及作用分别计算：

$$q_{1k}=q_k\frac{I_1}{I_1+I_2} \quad \cdots\cdots (137)$$

$$q_{2k}=q_k\frac{I_2}{I_1+I_2} \quad \cdots\cdots (138)$$

式中：q_K—作用在单元组合立柱上的线荷载标准值(N/mm)；

q_{1K}、q_{2K}—分配到左、右立柱上的线荷载标准值(N/mm)；

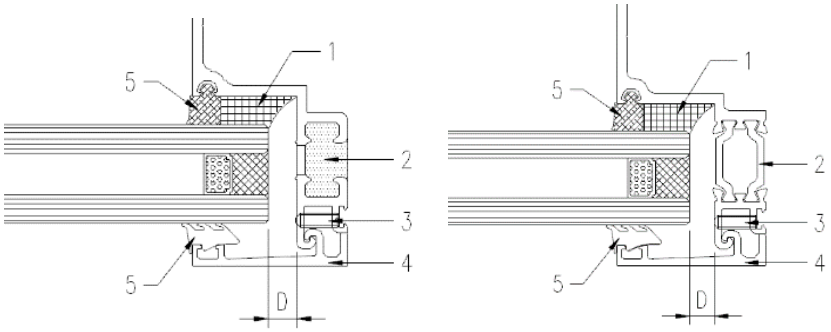
I_1、I_2—左、右立柱沿计算方向的毛截面惯性矩(mm^4)。

b) 无确保左、右立柱协同变形的构造措施时，应根据各自承担的荷载及作用计算。

9.3.9 开口型材的整体稳定性可采用有限元方法计算，也可根据现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB50429 的规定计算。

9.3.10 明框单元板块的龙骨采用隔热型材时，玻璃应采用结构胶与隔热型材的主要受力部分牢固粘接。明框单元体幕墙使用铝扣条安装玻璃的，须设计可靠的防脱构造措施。玻璃与型材之间的间隙应满足注胶要求且不小于 8mm，并应大于立柱与玻璃之间的侧向相对变形值，当此间隙采用密封胶密封时，密封胶应有相应的变位能力。

地方标准信息服务平台



a 穿条式型材　　b 浇注式型材

图19　明框单元式幕墙玻璃安装

1-结构胶；2-隔热型材；3-机械防脱螺钉；4-铝合金扣条；5-玻璃安装胶条；D-玻璃与型材之间的间隙

9.3.11　大板块、复杂板块设计

a) 宽度超过 2 米的大板块及有中立柱的复杂单元板块宜整体建模计算复核，各连接点的刚接、铰接假定应与实际情况相符。横梁立柱间直接由螺钉连接的节点宜按铰接考虑，必要时宜增设辅助连接件加强处理；

b) 对于复杂造型、不规则单元体及转角单元体幕墙设计时应提高整体刚度。使用与桁架结构结合设计的单元体板块，桁架宜直接与主体结构进行连接。单元体框架连接构造应专设辅助连接件加强，必要时可设置板内支撑系统，强化整体和角部构造；

c) 以中立柱、左右立柱为主要传力构件时，中立柱与上下横梁的连接、上下横梁与左右立柱的连接应安全可靠，应分别复核吊装和使用状态下的承载能力，中立柱宜直接固定在主体结构上；

d) 转角处单元式幕墙必须保持防水连续性，应根据板块的位移伸缩方法进行设置连接挂件与过桥料。转角采用分体单元时，转角处一侧的单元板块应限制平面内的水平位移；采用整体单元时，单元板块应限制平面内的水平位移。

9.3.12　带外装饰条的单元体幕墙设计

a) 固定外装饰条的立柱、横梁应能独立承受装饰条、面板传递的拉力、剪力、双向弯矩、扭矩等共同作用；

b) 装饰条宜固定在左右立柱或上下横梁中刚度较大的型材上。立柱、横梁插接部位的厚度应能有效传递、协调公母型材上的荷载，确保公母型材的协调变形；

c) 外挑装饰条的尺寸自面板外侧算起，悬挑尺度不宜大于 300mm，不应大于 600mm。超过上述尺度的装饰构件或遮阳构件，宜直接固定在主体结构上；

d) 装饰条连接宜采用螺栓固定。可按构造和受力需要，采用单排或双排螺栓固定。外装饰条连接件应安全牢固；

e) 外装饰条不宜设计有铝合金扣条，易脱落；当设有铝合金扣条时，应采取有效的机械防脱措施；

f) 外装饰条宜设计有垂直或者水平定位措施；

g) 单元板块底部应有防侧向滑移的措施，并能承受作用于其上的侧向荷载；

h) 横梁与立柱的连接节点及截面设计，应考虑来自装饰构件的荷载所产生的拉力、剪力和扭矩，必要时连接节点宜增设辅助连接件加强处理；

i) 装饰条应独立承受自身所负担的荷载和作用，满足强度和刚度要求。装饰条不宜与梁、柱组成复合构件受力；

j) 外装饰条设计宜考虑外装饰条内的孔洞引起的风噪声；

k) 连接件与埋件系统需有抗侧向荷载措施。

9.3.13 可维护设计

a) 幕墙面板设计安装宜便于更换维修，板块应有防滑脱、防坠落的构造措施。宜有供面板拆卸更换用的临时固定构造措施；

b) 单元体幕墙排水不宜直接排水至面板表面，减少在面板及缝隙表面形成水流而造成脏污流痕；

c) 根据建筑设计要求，幕墙设计应与擦窗机设计、灯光设计、透明电子屏、LOGO 广告等一起进行，连接位置应牢固可靠，且不应破坏幕墙的防水与节能系统；

d) 擦窗机的防风销及防堕扣索应连接牢固可靠，防风销与防堕扣索应能承受上、下、左、右、外五个方向不小于 2.7KN 的短时荷载，各类连接结合处不应破坏幕墙系统的物理性能。

9.3.14 连接设计

a) 单元式幕墙板块的组框连接，应采用不锈钢螺钉并采取密封措施。连接螺钉直径不应小于 5mm，螺钉数量应经计算确定且每个连接点不少于 3 个。顶、底横梁与立柱连接螺钉数量应经计算确定且每个连接点不少于 4 个。螺钉与型材的有效连接长度应经过计算确定，并不宜小于 30mm。螺钉固定到位后，使用机械螺钉固定的最小壁厚不应小于 2mm，使用自攻螺钉固定的壁厚不应小于 3mm。不应采用沉头或半沉头螺钉；

b) 单元式幕墙与主体结构的连接应传力直接，不宜多次转接。有多次转接的连接件各构件应单独进行受力分析。复核在各种荷载及其偏心产生的拉、剪、弯、扭等共同作用下的承载能力。同一构件上，每处应力或应变较大的部位应逐一复核。应采用合理的构造，减少荷载偏心产生的影响。计算荷载偏心时应计入对计算结果不利的调节量。使用挂钩式连接件的应避免应力集中；

c) 单元式幕墙与主体结构的安装连接应可以三维调节，前后和左右方向的调节量不小于 30mm，上下方向的调节量不小于 20mm，安装定位后应有防止板块滑动及脱落的构造措施；

d) 单元式幕墙板块与连接件应采用不锈钢螺栓连接，螺栓公称直径不小于 12mm，每个连接处不少于 2 个螺栓。连接构件厚度经计算确定，钢材不应小于 8mm，铝合金型材不应小于 10mm。连接件采用铝合金型材时宜采用 6061-T6。

10 双层幕墙

10.1 一般规定

10.1.1 双层幕墙的构造形式应按建筑性质、等级、噪音要求、使用功能、地理位置和气候环境等因素确定。江苏地区宜采用夏季外通风、冬季内通风的双层幕墙构造形式。

10.1.2 双层幕墙设计应结合建筑地理气候环境，建筑特点、空气质量、室内环境舒适度要求、遮阳要求、噪音控制、热工指标、投资成本等综合因素进行可行性评估。

10.1.3 热工设计应符合本标准第 5.7 节及 GB 50189、GB 50176 的规定。

10.1.4 隔声设计应符合 GB 50118、GB/T 50121 的规定。

10.1.5 防火设计应符合本标准第 5.8 节及 GB 50016 的规定。

10.1.6 防雷设计应符合本标准第 5.9 节及 GB 50057 的规定。

10.1.7 风荷载标准值应符合 GB 50009 的规定，且应符合以下分配原则：

a) 内通风双层幕墙：外层幕墙应承受全部风荷载标准值，内层幕墙的风荷载标准值不应小于 1.0kN/m^2；

b) 外通风双层幕墙：外层幕墙应承受全部风荷载标准值，内层幕墙风荷载标准值取值与外层幕墙一致；

c) 内外通风双层幕墙及构造复杂的双层幕墙，宜通过风洞试验作专项技术分析论证。

10.1.8 双层幕墙空气间层内检修通道结构验算时应考虑自重荷载、检修荷载和活荷载作用。检修荷载不应小于 1.0kN 的集中荷载作用，检修荷载作用点应按最不利位置考虑。活荷载标准值可取 0.7kN/m^2。

10.1.9　双层幕墙性能检测应符合本标准第16章的相关规定。

10.1.10　双层幕墙设计应合理运用气压差、热压差及烟囱效应，使空气间层内部的气流能有序流动和交换，应合理选择进风口出风口的控制方式。

10.1.11　设置遮阳系统的双层幕墙，其遮阳系统百叶片宜偏近外层幕墙空气间层宽度的三分之一处。开启状态时，遮阳百叶片内外空间都应该有良好的通风，且不妨碍内层幕墙开启扇的启闭，遮阳装置应能自动调控。

10.1.12　内外均不设通风口的双层幕墙，可按内通风双层幕墙的相关规定设计构造。

10.1.13　双层幕墙的构造设计应满足安全、实用和美观的原则，并应便于局部更换和维护保养。

10.2　构造设计

10.2.1　内通风双层幕墙：

a)　幕墙构造类型可采用构件式幕墙或单元式幕墙；

b)　外层幕墙应为节能幕墙系统，外层幕墙玻璃宜选用中空玻璃或夹层中空玻璃；

c)　内外层幕墙空气间层厚度不宜小于200mm；

d)　机械通风宜采用电控系统，系统接口应密闭；

e)　内通风幕墙遮阳系统宜采用内置式百叶帘装置。

10.2.2　外通风双层幕墙：

a)　外层幕墙可采用构件式幕墙或单元式幕墙，内层幕墙构造类型可采用框支承幕墙、单元式幕墙或窗式幕墙，也可使用内外整体单元式幕墙；

b)　外层玻璃宜选用夹层玻璃。内层幕墙应为节能幕墙系统，内层玻璃宜选用中空节能玻璃；

c)　幕墙空气间层厚度不宜小于450mm；

d)　进风口和出风口处宜设置有效的防虫网，可根据需要选用空气过滤装置。进风口、出风口宜设置自动启闭装置，开启应灵活、关闭应严密；

e)　外通风幕墙遮阳装置宜采用专用室外百叶。

10.2.3　双层幕墙空气间层内的构件应易于清洗、维修和保养。

10.2.4　应分别对外层幕墙、内层幕墙、检修通道、支承外层幕墙的悬挑构件以及连接内层幕墙与主体结构的连接件进行承载力和挠度验算。

10.2.5　分体式双层幕墙内、外层幕墙应分别验算其承载能力、刚度、稳定性和相对于主体结构的位移。当双层幕墙的内、外两层幕墙共用同一支立柱时，立柱计算应考虑偏心重力荷载。

10.2.6　双层幕墙采用悬挑构件支承外层幕墙时，悬挑构件应具有足够的刚度，其挠度不宜超过L/300，安装外层幕墙的悬挑构件应具有足够的侧向刚度，必要时可设侧向支撑。

10.2.7　遮阳百叶片应具有足够刚度。在空气间层内气流作用下，不得发生明显摆动，在重力作用下，叶片最大下垂挠度不得超过L/500和3mm的较小值。

10.2.8　外层幕墙未采用夹层玻璃时，检修通道外侧宜设置防护装置。

10.3　通风设计

10.3.1　双层幕墙的通风方式应与建筑自然通风、空调系统同步设计，满足室内舒适度要求。

10.3.2　双层幕墙应充分研究热压通风、风压通风及通过空气对流排出夏季暖空气的可行性。

10.3.3　热压通风时，通过空气对流排出暖空气热量可通过式(139)计算：

$$Q=\rho\times c\times V\times\Delta T \quad \text{(139)}$$

式中：Q—通过对流方式排出的热量

ρ—空气密度（kg/m³），20℃时，ρ ≈ 1.2kg/m³；

c—空气比热［kJ/(kg.K)］，20℃时，c≈1kJ/(kg.K)；

V—气流量（㎥/s）；

ΔT—进入空气与排出空气之间的温差。

10.3.4　热压通风时，通风口面积可通过式(140)计算：

$$A=\frac{Q}{c\sqrt{\frac{3\times\sum\zeta}{2\times\rho\times\Delta\rho'\times g\times h\times\Delta T^{3}}}} \quad \cdots\cdots (140)$$

式中：A—通风口面积（m^3）；

Q—通过对流方式排出的热量；

c—空气比热［kJ/(kg.K)］，20℃时，c≈1kJ/(kg.K)；

$\sum\zeta$—压力损失系数之和，当上下通风口尺寸一致时，可取 3 或者 4；

ρ—空气密度（kg/m^3），20℃时，ρ ≈ 1.2kg/m^3；

$\Delta\rho'$—空气单位温差的密度差，约等于 0.004 kg/m^3 k；

g—重力加速度，约等于 9.8m/s^2；

h—气体上升的有效高度（m）；

ΔT—进入空气与排出空气之间的温差。

10.3.5　风压通风状态下，需充分研究进风口与出风口距离及转角部位湍急气流形成较强的气压差而形成通风气流。

10.3.6　在进风口出风口处，应考虑防鸟网、防虫网对气流的阻碍作用，网格网线直径及网孔大小的不同，会发生不同程度的气流阻塞，如表 76 所示：

表76　表　网格网线直径及网孔大小的气流阻塞

网线直径 网眼间距	0.3mm	0.5mm	1.0mm
	阻塞度		
5mm	12%	19%	36%
8mm	8%	12%	24%
10mm	6%	10%	19%
20mm	3%	5%	10%

10.3.7　内通风双层幕墙出风口应与机械通风系统相连，其排风量应综合考虑热舒适性要求和节能要求进行设计。

10.3.8　外通风双层幕墙排风口与进风口宜交错排列。不宜将排风口设置在进风口的垂直下方，易使排出的热空气形成回流再次进入上层空气通道内。

10.4　热工、遮阳、隔声设计

10.4.1　双层幕墙传热系数应按双层幕墙空气间层不通风换气状态、微通风换气状态或良好通风换气状

态来进行计算取值。

10.4.2 不通风换气状态：

a) 不通风换气状态是指双层幕墙中间的空气间层中没有明显的空气流动通风；

b) 虽然双层幕墙中间的空气间层与室外环境之间没有完全断开，但对室外的开口较小，且这些开口的布置不允许空气流经该层且不超过该空气层，应视为不通风空气层；

c) 虽然有开口面积，但满足以下条件的，应视为不通风空气层：

----对于垂直空气层，其所在通风单元每横向延长米所属的开口面积小于 500 平方毫米；

----对于水平空气层，其所在通风单元每平方米面积的开口面积小于 500 平方毫米；

d) 不通风换气状态的空气间层热阻值 R_s 按表 77 采用：

表77 不通风换气状态的空气间层热阻值 Rs（m^2.K/W）

空气间层厚度（mm）	空气流动方向		
	向上	水平	向下
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
100	0.16	0.18	0.22
300～500	0.16	0.18	0.23
＞1000	0.16	0.18	0.23

注：气流方向与水平面成±30°以内，空气间层的热阻值 R_s 按空气流动水平方向取值。

e) 不通风换气状态双层幕墙热阻值计算：

$$R_{\mathrm{cw,u}}=\frac{1}{U_{cw,1}}-R_{si}+R_s-R_{se}+\frac{1}{U_{cw,2}} \quad \cdots\cdots (141)$$

式中 $R_{\mathrm{cw,u}}$—不通风换气状态双层幕墙热阻值（m^2.K/W）；

$U_{\mathrm{cw,1}}$ —内层幕墙的传热系数［W/(m^2.K)］;

$U_{\mathrm{cw,2}}$ —外层幕墙的传热系数［W/(m^2.K)］;

R_{si}—幕墙内表面换热阻值，透明部分取 0.13（m^2.K/W），非透明部分取 0.11（m^2.K/W）；

R_s —空气间层热阻值（m^2.K/W）；

R_{se}—幕墙外表面换热阻值，取 0.04（m^2.K/W）。

10.4.3 通风换气状态：

a) 通风换气状态的双层幕墙是指双层幕墙空气间层和外部环境之间可以进行充分的流动换气，其外部通风口等于或超过下面的面积：

----对于垂直空气层，其所在通风单元每横向延长米所属的开口面积大于 1500 平方毫米；

----对于水平空气层，其所在通风单元每平方米面积的开口面积大于 1500 平方毫米。

b) 通风换气状态双层幕墙热阻值计算：

地方标准信息服务平台

$$R_{cw,v}=\frac{1}{U_{cw,1}}+R_{si}-R_{se} \quad \cdots\cdots (142)$$

式中 $R_{cw,v}$—通风换气状态双层幕墙热阻值（$m^2.K/W$）；

$U_{cw,1}$—内层幕墙传热系数 （$W/(m^2.K)$）；

R_{si}—幕墙内表面换热阻值，透明部分取 0.13（$m^2.K/W$），非透明部分取 0.11（$m^2.K/W$）；

R_{se}—幕墙外表面换热阻值，取 0.04（$m^2.K/W$）。

10.4.4 微通风换气状态计算应符合下列要求：

a) 微通风换气状态是指在以下范围内，透过空气流通，可从外部环境获得有限的空气流量：
----对于垂直空气层，其所在通风单元每横向延长米所属的开口面积大于 500 平方毫米但小于 1500 平方毫米；
----对于水平空气层，其所在通风单元每平方米面积的开口面积大于 500 平方毫米但小于 1500 平方毫米。

b) 空气间层的热阻值 R_s 为表-4 中取值的一半。但是，如果在空气层与外界环境之间存在热阻超过 0.15m^2.K/W 时，用 0.15m^2.K/W 的值代替。

c) 微通风换气状态双层幕墙热阻值计算：

$$R_{cw}=\frac{1500-A_v}{1000}R_{cw,u}+\frac{A_v-500}{1000}R_{cw,v} \quad \cdots\cdots (143)$$

式中： R_{cw} —微通风换气状态双层幕墙热阻值（$m^2.K/W$）；

$R_{cw,u}$—不通风换气状态双层幕墙热阻值（$m^2.K/W$）；

$R_{cw,v}$—通风换气状态双层幕墙热阻值（$m^2.K/W$）；

A_v—外部通风口的面积，其所在通风单元每横向延长米所属的开口面积，mm^2。

10.4.5 双层幕墙传热系数的计算：

$$U_{cw}=\frac{1}{R_{cw}} \quad \cdots\cdots (144)$$

式中：U_{cw}—双层幕墙传热系数（$W/(m^2.K)$）；

R_{cw}—双层幕墙热阻值（$m^2.K/W$）。

10.4.6 遮阳系数按下式计算：

$$SC=SC_1\cdot SC_2\cdot SD_H\cdot SD_V\cdot SD \quad \cdots\cdots (145)$$

$$SD_H=a_bPF^2+b_nPF+1 \quad \cdots\cdots (146)$$

$$SD_V=a_vPF^2+b_vPF+1 \quad \cdots\cdots (147)$$

$$PF=\frac{A}{B} \quad \cdots\cdots (148)$$

式中：SC —总遮阳系数；

地方标准信息服务平台

SC_1—外层幕墙遮阳系数；

SC_2—内层幕墙遮阳系数；

SD_H—水平遮阳板夏季外遮阳系数；

SD_V—垂直遮阳板夏季外遮阳系数；

SD—百叶完全闭合时遮阳系数；

PF—遮阳板外挑系数，当计算值 PF>1 时，取 PF=1；

A—遮阳板外挑长度，按GB 50189的规定采用；

B—遮阳板根部到幕墙透明部分对边的距离，按GB 50189的规定采用。

其中：a_b、b_n、a_v、b_v为计算系数，按GB 50189的规定采用。

10.4.7 隔声性能

a) 当双层幕墙对隔声有特别需求时，双层幕墙建筑需考虑周边环境的噪音影响，以确定项目的隔音设计指标；

b) 双层幕墙的隔声性能一般情况是通过试验测量进行确定，也可通过式(149)进行简单的计算。

$$\Delta R = 10\lg\left(\frac{f\left(1-10^{-0.1R_1}\right)+10^{-0.1R_1}}{A}\right) \quad \cdots\cdots (149)$$

式中：ΔR—双层幕墙整体隔声量（dB）；

f —外层幕墙通风口占整个幕墙面积的百分比；

R_1—外层幕墙封闭部分的隔声量（dB）；

A—幕墙表面每米长度的等量声音吸收面积（㎡）。

10.5 防水设计

10.5.1 双层幕墙应按照雨幕原理进行防水设计，并结合进风口与出风口进行设计，尽量避免大量雨水进入到空气间层而对内部构件产生破坏。双层幕墙水密性能应符合本标准的幕墙性能规定。

10.5.2 双层幕墙的外层幕墙采用单元式构造时，其防水设计应符合本标准第 9 章的规定。

10.5.3 内通风的双层幕墙，外层幕墙应满足设计要求的气密性水密性功能。

10.5.4 外通风的双层幕墙，内部幕墙应满足设计要求的气密性水密性功能。

10.5.5 双层幕墙空气层间或其他可能渗入雨水和形成冷凝水的部位，应采取有效的导排水构造措施。

11 全玻璃幕墙

11.1 一般规定

11.1.1 玻璃高度大于表 78 限值的全玻幕墙应悬挂在主体结构上。

表78 下端支承全玻璃幕墙的最大高度

玻璃厚度（mm）	10，12	15	19

最大高度（m）	4	5	6

11.1.2 全玻璃幕墙的周边收口槽壁与玻璃面板或玻璃肋的空隙均不宜小于 8mm，槽壁与玻璃间宜采用弹性垫块支承或填塞，并应采用硅酮建筑密封胶密封。玻璃与下槽底应采用不少于两块的弹性垫块，垫块长度不应小于 100mm，厚度不应小于 10mm。吊挂玻璃下端与下槽底的空隙应满足玻璃伸长变形的要求，且不得小于 10mm，玻璃入槽深度不应小于 15mm。

11.1.3 吊挂玻璃肋支承玻璃幕墙的主体结构或结构构件应有足够的刚度，采用钢桁架或钢梁作为受力构件时，在竖向荷载标准值作用下，最大挠度不应超过其跨度的 1/400；在水平荷载标准值作用下，最大挠度不应超过其跨度的 1/250。

11.1.4 吊挂玻璃肋支承玻璃幕墙的吊夹与主体结构间应设置刚性水平传力结构。

11.1.5 吊挂玻璃肋支承玻璃幕墙的面板和玻璃肋，应直接或间接悬挂在同一主体结构上。

11.1.6 吊挂玻璃肋支承玻璃幕墙的转角部位宜设置辅助支承构件。

11.1.7 吊夹应符合 JG/T 139 的有关规定；玻璃吊夹应仅承受玻璃自重，应设置其它支承构件用于承担玻璃面板和肋板所传递的水平荷载并对玻璃有效约束。

11.1.8 吊夹承力的全玻璃幕墙，单吊夹的承载力不应小于 4kN，双吊夹的承载力不应小于 7kN，吊夹每个侧夹板与玻璃的接触面积不得小于 30mm×120mm。中空玻璃宜采用玻璃开孔的结构悬挂。

11.1.9 玻璃自重不应由结构胶缝单独承受。

11.2 面板

11.2.1 非夹层玻璃的面板单片厚度不宜小于 10mm；夹层玻璃单片厚度不应小于 6mm。

11.2.2 面板玻璃通过胶缝与玻璃肋相连结时，面板可作为支承于玻璃肋的单向简支板设计，其应力与挠度可分别按本标准第 7.2.1 条和第 7.2.2 条的规定计算，公式中的 a 值应取为玻璃面板的跨度，系数 m 和 μ 可分别取为 0.125 和 0.013；面板为夹层玻璃或中空玻璃时，可按本标准第 7.2.3 条或第 7.2.4 条的规定计算；面板为点支承玻璃时，可按本标准第 12.2 节的相关规定计算。

11.2.3 通过胶缝与玻璃肋连接的面板，在风荷载标准值作用下，其挠度不宜大于跨度的 1/60；点支承面板的挠度不宜大于其支承点间较大边长的 1/60。

11.2.4 全玻璃幕墙的面板和肋不得与其他刚性材料直接接触，与装修面或结构面之间的空隙不应小于 8mm，且应采用密封胶密封。

11.3 玻璃肋

11.3.1 全玻璃幕墙玻璃肋的截面厚度不应小于 12mm，截面高度不应小于 150mm。

11.3.2 玻璃肋宜采用夹层玻璃，开孔玻璃肋及吊挂玻璃肋应采用钢化或半钢化夹层玻璃。

11.3.3 采用金属件连接的玻璃肋，金属件可采用不锈钢或碳钢，厚度不应小于 6mm。连接螺栓直径不应小于 10mm，直径为 10mm～12mm 的螺栓宜选用不锈钢材质。螺栓与玻璃孔之间宜设置软金属衬套，也可用高弹性模量的环氧胶填充密实。连接接头应能承受截面的弯矩、剪力和轴力设计值。采用螺栓传力的接头应进行螺栓受剪和玻璃孔壁承压计算，玻璃验算应取侧面强度设计值。

11.3.4 玻璃肋上开孔时，孔边至玻璃边距离不应小于玻璃厚度的 3.5 倍和孔径的 2.0 倍，且不小于 70mm。相邻两孔的孔边距不应小于玻璃厚度的 5 倍，且不小于孔径的 4.0 倍，孔中心距不宜大于孔径的 8 倍。

11.3.5 全玻璃幕墙玻璃肋的截面高度 h_r（图 20）可按下列公式计算：

$$h_r=\sqrt{\frac{3qlh^2}{8f_gt}}\quad\text{（双肋）}\cdots\cdots(150)$$

$$h_r=\sqrt{\frac{3qlh^2}{4f_gt}}\quad\text{（单肋）}\cdots\cdots(151)$$

式中 h_r：—— 玻璃肋截面高度（mm）；

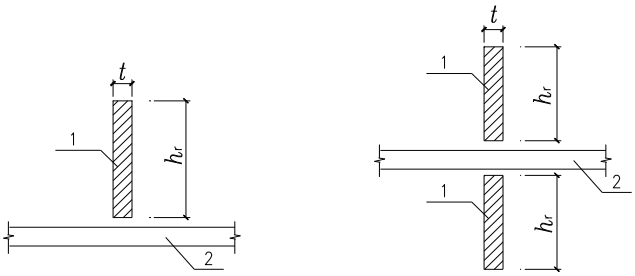
q —— 风荷载和地震作用组合设计值（N/mm^2）；

l —— 两肋之间的玻璃面板跨度（mm）；

f_g —— 取玻璃侧面强度设计值（N/mm^2）；

t —— 玻璃肋截面厚度（mm）；

h —— 玻璃肋上、下支点的距离，即计算跨度（mm）。



(a)单肋　　（b）双肋

图20　全玻幕墙玻璃肋截面尺寸示意

1-玻璃肋；　2-玻璃面板；3-结构胶

11.3.6　全玻璃幕墙玻璃肋在风荷载标准值作用下的挠度 d_f 可按下式计算：

$$d_f=\frac{5}{32}\times\frac{w_klh^4}{Eth_r^3}\quad\text{（单肋）}\cdots\cdots(152)$$

$$d_f=\frac{5}{64}\times\frac{w_klh^4}{Eth_r^3}\quad\text{（双肋）}\cdots\cdots(153)$$

式中：w_k ——风荷载标准值（N/mm^2）；

E ——玻璃弹性模量（N/mm^2）。

11.3.7　在风荷载标准值作用下，玻璃肋的挠度限值 df,lim 取其计算跨度的 1/300。

11.3.8　玻璃肋面内承载力和变形验算时，夹层玻璃肋的等效截面厚度可取两片玻璃厚度之和。

11.3.9　高度大于 8m 的玻璃肋宜考虑平面外的稳定验算；高度大于 12m 的玻璃肋，应进行平面外稳定

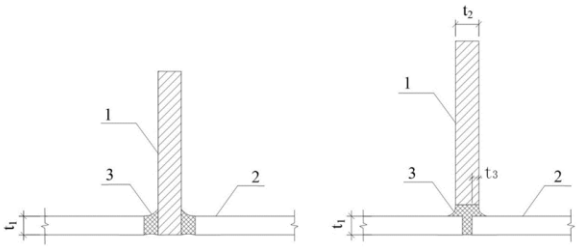
地方标准信息服务平台

验算，必要时应采取设置水平玻璃肋或水平金属拉杆等防止侧向失稳的构造措施。

11.4 胶缝

11.4.1 全玻幕墙的胶缝必须采用硅酮结构密封胶。

11.4.2 全玻璃幕墙胶缝承载力应符合下列要求：



a 玻璃肋与玻璃面板平齐（或突出） b 玻璃肋后置或骑缝

图21 玻璃肋平面示意图

1-玻璃肋； 2-玻璃面板； 3-结构胶

a) 与玻璃面板平齐或突出的玻璃肋：

$$\frac{ql}{2t_1} \le f_1 \quad \cdots\cdots (154)$$

b) 后置或骑缝的玻璃肋：

$$\frac{ql}{t_2} \le f_1 \quad \cdots\cdots (155)$$

式中：q —— 垂直于玻璃面板的分布荷载设计值（N/mm^2）；

l —— 两肋之间的玻璃面板跨度（mm）；

t_1 —— 粘接宽度，取玻璃面板截面厚度（mm）；

t_2 —— 粘接宽度，取玻璃肋截面厚度（mm）；

f_1 —— 硅酮结构密封胶在风荷载或地震作用下的强度设计值，取0.2N/mm^2。

c) 粘接厚度不应小于6mm。

11.4.3 当粘接宽度不满足本标准第11.4.2条第1款、第2款的要求时，可采取附加玻璃板条或不锈钢条等措施，加大粘接宽度。

11.5 连接设计

11.5.1 吊挂玻璃肋支承玻璃幕墙的玻璃肋采用玻璃孔内螺栓传递荷载时，应计算螺栓受剪和玻璃孔壁承压，同时应验算孔内填充材料的抗挤压强度。连接节点采用螺栓群组时应有明确的计算模型。

11.5.2 玻璃孔壁承压应按式（156）验算。

$$N \le \eta_1 \eta_2 D t f_{gd} \quad \cdots\cdots (156)$$

式中 N —— 吊挂节点或连接节点各孔中受力最大孔的径向作用力（N），应考虑拉压弯剪的共同作用；

D —— 孔径（mm），宜取螺栓直径的 1.40 倍；

t —— 玻璃厚度（mm），多片玻璃粘合时取各单片厚度之和；

f_{gd} —— 强度设计值（N/mm^2），验算玻璃承压时，取玻璃端面强度 50N/mm^2 为设计值；

η_1 —— 玻璃孔螺栓传力折减系数，取 0.7；

η_2 —— 孔加工及合片精度折减系数，双片玻璃取 0.85，多片玻璃取 0.80。

11.5.3 玻璃孔内填充材料应按式（156）验算抗挤压强度，f_{gd} 取填充材料抗挤压强度设计值，D 取螺栓直径，η_1 取 1.0。

11.5.4 螺栓抗剪强度应按式（157）验算。

$$N \le 0.5 F_n f_v \quad \cdots\cdots (157)$$

式中 N —— 吊挂节点或连接节点各孔中受力最大孔的径向作用力（N），应考虑拉压弯剪的共同作用；

F_n —— 单个螺栓的净截面积（mm^2）；

f_v —— 螺栓抗剪强度设计值（N/mm^2）。

11.5.5 采用螺栓承力的吊挂式全玻璃幕墙，应按式（156）验算仅在面板和肋自重作用下玻璃孔壁的承压，f_{gd} 取长期荷载端面强度 25N/mm^2 为设计值。

11.5.6 螺栓承力吊挂式全玻璃幕墙玻璃肋，玻璃孔采用填充胶时，应符合下列要求：

a) 玻璃孔壁不平整度不宜大于 1.0mm；

b) 孔隙注胶饱满，填充胶固化后强度应满足设计要求，符合本标准规定；

c) 符合本条第 1 款和第 2 款时，玻璃肋吊挂和连接接头可直接按本标准相关条款计算设计；

d) 玻璃孔壁不平整度大于 1.0mm，但相应孔群各孔的孔壁不平整度不大于设计计算孔间隙的 1/3 时，相应部位的连接除螺栓承力外，应有附加安全措施。

12 点支承玻璃幕墙

12.1 一般规定

12.1.1 点支承玻璃幕墙的支承体系可选用钢结构（单柱式、钢桁架、拉杆桁架）、索结构（单向竖索、单层索网、索桁架、自平衡索桁架）、玻璃肋等结构体系。计算支承结构时，玻璃面板不宜兼做支承结构的一部分；复杂的支承结构宜采用有限元方法进行分析。

12.1.2 四边形玻璃面板可采用四点支承，必要时也可采用六点支承；三角形面板可采用三点支承。玻璃面板支承孔边缘至板边距离不宜小于 70mm。

12.1.3 穿孔式点支承玻璃幕墙中，幕墙玻璃面板中单片玻璃厚度不应小于 8mm；夹板式、短挂件点支承玻璃幕墙中，幕墙玻璃面板中单片玻璃厚度不应小于 6mm。

12.1.4 玻璃面板间的接缝宽度不应小于 10mm，有密封要求时应采用硅酮建筑密封胶嵌缝。

12.1.5 点支承玻璃支承孔周边应进行可靠的密封。当点支承玻璃为中空玻璃时，其支承孔周边应采取多道密封措施。

12.1.6 幕墙与主体结构的连接部位应能适应主体结构的变形。主体结构应能承受支承体系的荷载作用，主体结构的荷载不应传递至幕墙支承体系上。

12.2 面板设计

12.2.1 在垂直于幕墙平面的风荷载和地震作用下，四点支承玻璃面板的应力和挠度应符合下列规定：

a) 最大应力标准值和最大挠度宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk}=\frac{6mw_k b^2}{t^2}\eta \quad \cdots\cdots (158)$$

$$\sigma_{Ek}=\frac{6mq_{Ek} b^2}{t^2}\eta \quad \cdots\cdots (159)$$

$$d_f=\frac{\mu w_k b^4}{D}\eta \quad \cdots\cdots (160)$$

$$\theta=\frac{w_k b^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta=\frac{(q_{Ek}+0.2w_k)b^4}{Et^4} \quad \cdots\cdots (161)$$

式中: ϑ——参数；

σ_{wk}、σ_{Ek}——分别为风荷载、地震作用下玻璃截面的最大应力标准值（N/mm^2）；

d_f——在风荷载标准值作用下挠度最大值(mm)；

w_k、q_{Ek}——分别为垂直于玻璃幕墙平面的风荷载、地震作用标准值（N/mm^2）；

b——支承点间玻璃面板长边边长（mm）；

t——玻璃的厚度（mm）；

m——弯矩系数，可由支承点间玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 79 采用；

μ——挠度系数，可由支承点间玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 80 采用；

η——折减系数，可由参数 ϑ 按表 72 采用；

D——玻璃面板的刚度，可按式（38）计算(Nmm)；

表79 四点支承玻璃板的弯矩系数 m

a/b	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
m	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134	0.136
a/b	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
m	0.138	0.140	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154	—

注：a 为支承点之间的短边边长。

表80 四点支承玻璃板的挠度系数 μ

a/b	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60

μ	0.01302	0.01317	0.01335	0.01367	0.01417	0.01451	0.01496
a/b	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
μ	0.01555	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363
a/b	1.00	—	—	—	—	—	—
μ	0.02603	—	—	—	—	—	—

注：a 为支承点之间的短边边长。

b) 玻璃面板最大应力设计值应按本条第 1 款的规定计算，并不应超过玻璃大面强度设计值 fg；

c) 在风荷载标准值作用下，点支承玻璃面板的最大挠度 d_f 不宜大于其支承点间长边边长的 1/60。

12.2.2 四点支承的矩形夹层玻璃的挠度和应力应符合第 12.2.1 条的规定，夹层玻璃的厚度应取按本标准第 7.2.3 条第 3 款的规定计算的等效厚度。

12.2.3 四点支承的矩形中空玻璃，应按下列规定进行计算：

a) 作用于中空玻璃两片玻璃上的风荷载标准值 w_{k1}、w_{k2}，可按照本标准第 7.2.4 条的规定进行计算；

b) 作用于中空玻璃上的地震作用标准值 q_{Ek1}、q_{Ek2}，可按照各单片玻璃的自重，按照本标准第 6.3.6 条、第 6.3.7 条的规定进行计算并符合其规定；

c) 两片玻璃所承受的最大应力标准值应符合本标准第 12.2.1 条的规定；

d) 中空玻璃的挠度应符合本标准第 12.2.1 条的规定，计算玻璃刚度 D 时，应采用等效厚度 t_e，t_e 可按照本标准第 7.2.4 条第 4 款的规定确定；

e) 采用夹层玻璃作为前后玻璃时，其厚度可按照本标准第 7.2.4 条第 5 款的规定计算其等效厚度确定。

12.3 支承装置

12.3.1 支承装置应符合 JG/T 138 的规定。支承装置只能用以承受玻璃面板所传递的荷载或作用，不宜兼做其他用途。

12.3.2 支承装置应能适应玻璃面板在支承点处的转动变形。钻孔式点支承玻璃面板的点连接处，宜采用活动铰连接。夹板式、短挂件点支承驳接件与玻璃面板间应设置柔性垫片等构造以适应玻璃面板的转动变形，索结构点支承玻璃幕墙支承装置宜采用球铰结构。铰连接机构的转动量应满足以下三种情况：

a) 不同结构边界相邻玻璃间夹角；

b) 支承结构（如索结构）在最不利荷载作用下变形导致相邻玻璃间夹角的变化；

c) 玻璃在风荷载作用下的变形。

12.3.3 支承装置与玻璃之间宜设置弹性材料的衬垫或衬套，厚度不宜小于 1mm。衬垫或衬套的耐久性应满足玻璃幕墙的设计使用年限要求，当耐久性不能满足时，应明确更换时间。

12.3.4 支承装置宜采用性能不低于 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2 的不锈钢材料，驳接件的球铰螺杆承受弯矩和轴力时，组合应力设计值不应大于钢材强度设计值。

12.3.5 六点支承玻璃面板中间部位宜采取降低应力集中的构造措施。玻璃面板采用钻孔式六点支承时，中间两支承点宜采用弹性构造以缓解应力集中，采用夹板式、短挂件六点支承时，玻璃四角和中间支承点均宜使用球铰等构造措施以缓解应力集中。

12.4 支承体系

12.4.1 点支承玻璃幕墙钢结构支承体系的设计应符合 GB 50017、GB 50018 的有关规定。

12.4.2 单根型钢或钢管作为支承结构时，应符合下列规定：

a) 端部与主体结构的连接应能适应主体结构的位移，宜采用铰接构造；

b) 竖向构件宜按偏心受压或偏心受拉设计，并作水平荷载作用下受弯构件验算；水平构件宜按双向受弯设计。有扭矩作用时，应考虑扭矩的不利影响；

c) 受压杆件的长细比 λ 不应大于 150；

d) 在风荷载标准值作用下，挠度不宜大于其跨度的 1/250。计算时，悬臂结构的跨度应取为其悬挑长度的 2 倍。

12.4.3 钢桁架作为支承结构时，应符合下列规定：

a) 可采用型钢或钢管作为杆件。采用钢管时宜在节点处直接焊接，主管不宜开孔，支管不应穿入主管内；

b) 钢管外直径不宜大于壁厚的 50 倍，支管外直径不宜小于主管外直径的 0.3 倍。钢管壁厚不宜小于 4mm，主管壁厚不应小于支管壁厚；

c) 桁架杆件不宜偏心连接。弦杆与腹件、腹杆与腹杆之间的夹角不宜小于 30°；

d) 焊接钢管桁架宜按刚接体系计算，焊接钢管空腹桁架应按刚接体系计算；桁架的上下端应采用铰接，并能适应主体结构的变形；

e) 轴心受压或偏心受压的桁架杆件，长细比不应大于 150；轴心受拉或偏心受拉的桁架杆件，长细比不应大于 350；

f) 当桁架或空腹桁架平面外的不动支承点相距较远时，应设置平面外的稳定支撑；

g) 桁架或空腹桁架在风荷载标准值作用下的挠度不宜大于其跨度的 1/250。计算时，悬臂桁架的跨度可取为其悬挑长度的 2 倍。

12.4.4 玻璃幕墙索结构支承体系可选用单向竖索、单层索网、索桁架、自平衡索桁架等形式，设计应符合 JGJ 257 的规定。

12.4.5 索结构与主体结构的连接部位应能适应主体结构的位移，主体结构应能承受拉杆体系或拉索体系的预拉力和荷载作用。

12.4.6 连接件、受压杆和拉杆宜采用不锈钢材料，拉杆直径不宜小于 10mm。自平衡体系的受压杆件可采用碳素结构钢。拉索宜采用不锈钢绞线或高强度钢绞线，也可采用铝包钢绞线或其他具有防腐性能的钢绞线。钢绞线的钢丝直径不宜小于 1.2mm，不锈钢钢绞线的钢丝直径不宜大于 5.0mm，钢绞线直径不宜小于 8 mm。

12.4.7 不锈钢绞线和拉索接头应符合 JG/T 200、JG/T 201、YB/T 4294 的规定，高强度钢拉索应符合 GB/T 33026 的规定。

12.4.8 拉杆、拉索与接头及与外部连接均不得焊接。直径不大于 30mm 的拉索可采用冷挤压锚具连接，直径大于 36mm 或索结构支承体系采用单向竖索的拉索应采用热铸锚锚具连接。

12.4.9 张拉索杆体系设计应符合下列规定：

a) 应在正、反两个方向上形成承受风荷载或地震作用的稳定结构体系。在平面外方向应保证结构体系的稳定性；

b) 自平衡体系、索杆桁架体系的受压杆件的长细比不应大于 150；

c) 应分别对初始预应力及荷载作用作计算分析，计算应考虑几何非线性影响。在任何荷载作用组合下拉索均应保持受拉状态。

12.4.10 张拉索杆体系结构分析应符合下列规定：

a) 结构力学分析时宜考虑几何非线性的影响；

b) 分析模型及边界支承的计算假定应与实际构造相符合，并应计入索端支承结构变形的影响；

c) 张拉索杆体系的荷载状态分析应在初始预拉力状态的基础上进行；

d) 张拉索杆体系中的拉杆或拉索在荷载设计值作用下，应保持一定的预拉力储备；
e) 张拉索杆体系挠度控制应以初始预拉力状态作为挠度计算的初始状态，采用永久荷载、风荷载、雪荷载、地震作用、温度作用的标准组合，考虑主体结构变形作用及施工安装荷载的影响。

12.4.11 索桁架设计应符合下列规定：
a) 索桁架的基本构造是由同一平面内两根曲率方向相反的索以及两索之间的撑杆组成的结构体系。竖向布置时，应在其前端增设竖向的承重索；横向布置时，应在其正交方向的前端增设竖向的承重索，后端增设稳定索；
b) 索桁架的形式应根据建筑造型、抗风能力、支承部位等因素确定；
c) 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
d) 索桁架体系宜采用不锈钢材质，索桁架矢高宜取跨度的 1/10～1/20；
e) 索桁架的挠度不应大于其跨度的 1/200；
f) 索、杆交叉节点处，应采取等强设计原则，考虑压索夹具对杆强度削弱的影响，夹具与索体之间的摩擦力应大于夹具两侧索体的最大索力差；

12.4.12 自平衡索桁架设计应符合下列规定：
a) 端部与主体结构的连接应能适应主体结构的位移，宜采用铰接构造；
b) 自平衡索桁架矢高宜取跨度的 1/10～1/20；
c) 中心压杆应按压弯构件进行设计，与主杆宜采用铰连接形式；
d) 自平衡索桁架一端应设置可沿纵向滑动的铰支座；
e) 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
f) 自平衡索桁架挠度不应大于其跨度的 1/200。

12.4.13 单层平面索网设计应符合下列规定：
a) 单层平面索网及单向拉索幕墙设计时，应充分考虑施工工况、断索、主体结构变形及支座不均匀沉降等因素的影响；
b) 单层平面索网挠度不宜大于其短向跨度的 1/45；
c) 面板玻璃应适应索变形对玻璃翘曲的影响，并在构造上采取相应措施协调索幕墙周边边界的变形。

12.4.14 单层曲面索网设计应符合下列规定；
a) 曲面形状及初始预拉力状态应综合建筑造型、边界支承条件、抗风能力及施工可行性等要求，通过解析方法或有限元分析方法确定；
b) 应进行张拉及加载过程的施工过程模拟分析工作；
c) 索网纵横两个方向的索中应力分布宜分别相对均匀；
d) 应考虑纵横索相交节点处索体不平衡力对索夹设计的影响。
e) 单层曲面索网的挠度不宜大于其短向跨度的 1/100。

12.4.15 单向竖索设计应符合下列规定：
a) 玻璃面板采用单向竖索支承时，竖索跨度不宜超过 20m；
b) 玻璃面板宜采用夹层玻璃；
c) 边端索支承的边跨玻璃面板与主体结构之间的连接构造应能适应风荷载作用下索及玻璃的变形要求；
d) 单向竖索的挠度不应大于其跨度的 1/45；
e) 拉索应采用热铸锚锚具形式连接。

12.4.16 采用索结构支承的点支承玻璃幕墙，应明确单根索杆预张力值，并给出施工张拉设计允许误差范围。

12.4.17 点支承玻璃幕墙玻璃肋除应采用钢化夹层玻璃外，还应满足本标准第 11.3 节的相关规定。

13 采光顶、雨篷与金属屋面

13.1 一般规定

13.1.1 采光顶、雨篷与金属屋面应根据建筑设计要求，综合考虑建筑类别、使用功能、外观设计、气候条件、施工条件、使用年限等要求，经过综合技术经济分析，合理的进行材料与系统的选择，并进行性能与构造设计。

13.1.2 采光顶与金属屋面的设计应符合 JGJ/T 473、JGJ 255、JGJ 7、JGJ 257 、《建筑玻璃采光顶技术要求》JG/T 231、GB 50345、GB 50896 和江苏省的相关规定。

13.1.3 采光顶、雨篷和金属屋面系统设计和构造应能适应主体结构的变形。

13.1.4 采光顶、雨篷和金属屋面用板材及其配套的紧固件、密封材料等，其材料的品种、规格和性能等应符合现行国家及行业相关材料标准的规定。

13.1.5 金属板屋面可按建筑设计要求，金属屋面平板材料可选用铝合金板、铝塑复合板、铝蜂窝复合铝板、彩色钢板、不锈钢板、锌合金板、钛合金板、铜合金板等；金属屋面压型板材材料可选用铝合金板、彩色钢板、不锈钢板、锌合金板、钛合金板、铜合金板等。

13.1.6 采光顶与金属屋面工程的面板材料及隔热、保温材料应采用不燃烧材料或难燃烧材料；防火密封构造应采用防火密封材料。

13.1.7 封闭式采光顶、金属屋面的热工性能和通风性能，应满足节能设计要求，并应符合 GB 50189、JGJ 134 的规定。

13.1.8 采光顶与金属屋面的隔声性能应满足建筑隔声设计要求。

13.1.9 采光顶与金属屋面防水应根据建筑物的类别、重要程度、使用功能要求确定防水等级，并按相应等级进行防水设防；对防水有特殊要求的采光顶与金属屋面，应进行专项防水设计。采光顶与金属屋面防水等级、防水层设计使用年限及设防要求应符合表 81 的规定。

表81 采光顶与金属屋面防水等级、防水层设计使用年限及设防要求

防水等级	建筑类别	防水设计使用年限	设防要求
Ⅰ级	大型公共建筑、医院、学校、有特殊防水要求的工业建筑等重要建筑屋面	≥30 年	金属板+防水层 （两道防水设防）
Ⅱ级	民用与工业建筑屋面	≥20 年	金属板+防水垫层 两道防水设防
Ⅲ级	一般民用与工业建筑屋面	≥10 年	一道防水设防

13.1.10 采光顶与金属屋面的透光部分及开启窗扇的设置，应满足建筑使用功能要求，其采光设计应符合 GB 50033 的相关规定。

13.1.11 有消防要求的开启天窗应与消防系统联动。在与水平面夹角大于 15°的采光顶或金属屋面上设置的消防开启天窗，宜顺排烟方向开启。

13.1.12 采光顶、金属屋面应设置上人维护和检修通道，满足维护和清洗要求。不上人采光顶、金属屋面周边临空的围栏高度低于 0.5m 时，应有防坠落措施；上人采光顶、金属屋面应设护栏或女儿墙。

13.2 性能和检测

13.2.1 采光顶、雨篷与金属屋面的物理性能等级应根据建筑类别、高度、体型、功能以及建筑物所在的环境进行设计。其抗风压、水密、气密、热工、隔声和采光等性能分级应符合国家标准《建筑幕墙》GB/T21086 的规定。玻璃采光顶的物理性能分级指标，应符合 JG/T 231 的有关规定，试验应符合 GB/T 15227 的规定。

13.2.2 采光顶、雨篷与金属屋面承载力应符合下列规定：

a) 采光顶、雨篷和金属屋面所受的荷载与作用应符合本标准第 6.3 节的相关规定；

b) 在自重作用下，面板支承构件的挠度宜小于其跨距的 1/500，玻璃面板挠度不超过长边的 1/120；

c) 支承构件、面板的最大相对挠度应符合表 82 要求。

表82 采光顶、雨篷与金属屋面支承构件、面板最大相对挠度

支承构件或面板			最大相对挠度（L 为跨度）
支承构件	单根金属构件	铝合金型材	L/180
		钢型材	L/250
玻璃面板	简支矩形		短边/60
	简支三角形		长边对应的高/60
	简支圆形		直径/60
	点支承矩形		长边支承点跨距/60
	点支承三角形		长边对应的高/60
金属面板	金属压型板	铝合金板	L/180
		钢板，坡度≤1/20	L/250
		钢板，坡度＞1/20	L/200
	金属平板		L/60
	金属平板中肋		L/120
	金属压型板		L/180

13.2.3 金属板屋面应进行抗风掀试验，其性能应符合设计要求。试验方法应符合 JGJ 255 附录 B 的规定。

13.2.4 采光顶与金属屋面面板不宜跨越主体结构的变形缝；当必须跨越时，应采取可靠的构造措施适应主体结构的变形。

13.3 排水及防渗漏设计

13.3.1 采光顶、雨篷与金属屋面的排水方式可分为有组织排水和无组织排水，雨水应能及时排至雨水

管道或室外地面。排水系统设计所采用的雨水流量、暴雨强度、降雨历时、屋面汇水面积等参数，应符合 GB 50015 的有关规定。

13.3.2 采光顶、雨篷与金属屋面应适当划分排水区域，排水路线应简捷，排水应通畅。排水设计应综合考虑排水组织、排水设施、排水坡度、防水等因素，必要时应设置防封堵设施，并方便进行清除、维护。

a) 一般建筑金属屋面雨水排水系统总排水能力不应小于 50 年重现期的雨水量，重要建筑金属屋面雨水排水系统总排水能力不应小于 100 年重现期的雨水量；
b) 金属屋面宜采用有组织排水，高跨屋面雨水不宜直接排放到低跨金属屋面上，天沟水落口应设置防止堵塞的设施；
c) 当采用重力排水时，每个水落口的汇水面积宜为 150㎡～200㎡，雨水排水立管不宜少于 2 根；水落口和水落管的位置，应根据建筑物的造型和汇水情况等因素确定；
d) 采光顶与金属屋面呈起伏状或汇水面积大于 5000㎡的大型屋面，宜设置不少于 2 组独立的屋面排水系统。必要时可采用虹吸式雨水排水系统。

13.3.3 排水坡度应根据工程实际情况确定，应符合下列规定：

a) 雨篷、金属平板屋面的排水坡度不应小于 3%；
b) 搭接型金属屋面的排水坡度不应小于 10%；
c) 采光顶、扣合型及咬合型金属屋面的排水坡度不应小于 5%；
d) 采光顶玻璃面板在自重及承载力引起变形时，玻璃表面不应积水。大型玻璃采光顶应设置有组织排水及防止发生过量积水措施。

13.3.4 天沟设计应符合下列规定：

a) 天沟的防水设计使用年限与采光顶、屋面的防水设计使用年限应一致，采光顶、屋面与天沟交界处应具有防水功能。防水等级Ⅱ级及以上的天沟，室内侧宜设置柔性防水层，宜布设在两侧板 1/3 高度以下和板下部；
b) 天沟断面宽度、积水深度应根据建筑物当地雨水量和汇水面积进行计算，天沟有效深度不应小于 250mm；金属天沟宜找坡，天沟底板排水坡度不宜小于 1%；
c) 天沟应考虑设置伸缩缝。顺直天沟连续长度不宜大于 30 米，非顺直天沟应根据计算确定，连续长度不大于 20 米。主体结构变形缝处应设置天沟伸缩缝；
d) 天沟应做溢水设计。溢流口或溢流系统应设置在溢水时能通畅流达的场所；当较长天沟采用分段排水时，每段均应设置溢水设施；
e) 金属板天沟应具有防腐措施。材料宜采用不锈钢板，厚度不应小于 2mm。天沟现场焊接后应有防锈防腐措施；
f) 天沟处有保温要求的，其绝热层设置应根据建筑热工要求进行设计。

13.3.5 采光顶与金属屋面的檐口宜设置天沟和落水管，必要时可设置溢流口。当采光顶与金属屋面采取无组织排水时，应在屋檐设置滴水构造。

13.3.6 采光顶与雨篷节点防水构造宜按等压原理设计，并应按采光顶防水等级采用相应防水措施。

a) 雨篷排水应考虑最不利风向时的集中汇水，大跨度雨篷宜采用有组织排水；
b) 采光顶和雨篷不宜采用明框构造。当采用明框构造时，应有足够的排水坡度或设置外部排水构造，防止铝框处积水；
c) 采光顶与雨篷采用半隐框构造时，其明框部分宜按顺排水方向布置；
d) 点支承玻璃采用穿孔连接时宜用浮头连接件，连接件与面板贯穿部位宜采用密封胶密封；
e) 采光顶与雨篷与主体结构接触部位应有可相对位移空间，并可靠密封。

13.3.7 当直立锁边金属屋面坡度较大且下水坡长度大于 50m 时，宜选用咬合部位具有密封功能的金

属屋面系统。

13.4 结构设计

13.4.1 采光顶与金属屋面应按围护结构进行设计，并应具有相应的承载力、刚度、稳定性和变形协调能力，应满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求。

13.4.2 采光顶、雨篷与金属屋面的面板和直接连接面板的支承结构的设计使用年限不应低于 25 年；间接支承屋面板的主要支承结构的设计使用年限应与主体结构的设计使用年限相同。

13.4.3 采光顶、雨篷与金属屋面应进行重力荷载、风荷载作用计算分析，抗震设计时，应考虑地震作用的影响，并采取适宜的构造措施。计算竖向地震作用时，地震影响系数最大值可按水平地震作用的65%采用。当温度作用不可忽略时，结构设计应考虑温度效应的影响。

13.4.4 采光顶、雨篷与金属屋面风荷载应按下列规定确定：

a) 面板、直接连接面板的支承构件的风荷载标准值应按 GB 50009 的有关规定计算确定；

b) 跨度大、形状或风荷载环境复杂的采光顶、雨篷与金属屋面，宜通过风洞试验确定风荷载。支承结构应按风洞试验和 GB 50009 二者荷载较大者进行取值；

c) 风荷载负压标准值不应小于 1.0kN/m^2，正压标准值不应小于 0.5kN/m^2。

13.4.5 采光顶、雨篷与金属屋面的雪荷载、施工检修荷载应按 GB 50009 的规定采用；雨水荷载可按本标准第 13.3.1 条规定的最大雨量扣除排水量后确定。重要建筑宜按排水系统出现故障时的最不利情况进行设计。

13.4.6 采光顶、雨篷与金属屋面的活荷载除应符合 GB 50009 的规定外，尚应符合下列规定：

a) 上人采光顶、雨篷的玻璃板块，按下列情况分别计算：

1) 用于居住建筑的玻璃板块，应能承受 1.5kN/m^2 均布活荷载；用于非居住建筑的玻璃，应能承受 3kN/m^2 的均布活荷载。在玻璃板块受力最不利点处直径 150mm 的区域内，应能承受 1.8kN 垂直于玻璃的活荷载；

2) 上人采光顶、雨篷的玻璃应按 JGJ 113 中规定的地板玻璃进行设计。玻璃面板的最大应力设计值应按弹性力学计算，且最大应力不得超过长期荷载作用下的强度设计值。点支承式连接时，还应校核长期荷载作用下玻璃的边缘强度。

b) 不上人采光顶、雨篷的玻璃板块，按下列情况分别计算：

1) 与水平面夹角小于 30°时，在玻璃板块受力最不利点处直径 150mm 区域内，应能承受 1.1kN 垂直于玻璃的活荷载；

2) 与水平面夹角大于等于 30°时，在玻璃板块受力最不利点处直径 150mm 区域内，应能承受 0.5kN 垂直于玻璃的活荷载；

c) 金属屋面及金属屋面上加设的装饰层金属面板应能在 300mm×300mm 的区域内承受 1.0kN 活荷载，不出现缝隙或永久屈曲变形。

13.4.7 采光顶、雨篷与金属屋面荷载与作用效应组合应满足本标准 6.4 条及 GB 50009、JGJ 255 的规定；采光顶、雨篷与金属屋面面板计算应满足本标准第 7 章及 GB 50896、GB 50429、JGJ 113、JGJ 255 的规定。

13.4.8 作用在倾斜面板上的作用，应分解为垂直于面板和平行于面板的分量，并按分量方向分别计算作用或作用效应组合。

13.4.9 锥形或拱形采光顶钢结构，应验算结构体系的承载力、变形和整体稳定性，并满足 JGJ 7 的规定。

13.4.10 支承跨度超过 36m 的空间异型采光顶结构，宜考虑风动力效应。

13.4.11 单根支承构件截面有效受力部位的厚度，应符合下列要求：

a) 铝合金型材有效截面部位厚度不应小于 2.5mm，型材孔壁与螺钉之间由螺纹直接受拉、压连接时型材应局部加厚，局部壁厚不应小于螺纹公称直径，宽度不应小于螺纹公称直径的 1.6 倍；
b) 热轧钢型材有效截面部位的壁度不应小于 3.0mm，冷成型薄壁型钢截面厚度不应小于 2.5mm。型材孔壁与螺钉之间由螺纹直接受拉、压连接时，应验算螺纹强度。

13.5 构造设计

13.5.1 采光顶按支承形式可分为框支承采光顶和点支承采光顶；按面板材料可分为玻璃采光顶和聚碳酸酯板采光顶等。

13.5.2 金属屋面按面板形式可分为金属平板屋面和压型金属板屋面。压型金属板屋面按照连接方式分为搭接型板、扣合型板和咬合型板。

13.5.3 采光顶、雨篷与金属屋面支承结构与主体结构间的连接应满足以下要求：

a) 应能承受并可靠传递其受到的荷载和作用，并应适应主体结构变形；
b) 与主体结构可采用螺栓连接或焊接。采用螺栓连接、挂接或插接的结构构件，应采取可靠的防松动、防滑移、防脱离措施；
c) 支承结构不应跨越主体结构的变形缝。与主体结构相对应的变形缝应能够适应主体结构的变形，并不得降低采光顶与金属屋面该部位的主要性能要求；
d) 连接构造应采取措施防止因结构变形、风力和温度变化等产生摩擦噪音。杆件间连接构造可设置柔性垫片或采取其它有效措施。

13.5.4 当连接件与所接触材料可能产生双金属接触腐蚀时，应采用绝缘垫片分隔或采取其它有效措施防止腐蚀。

13.5.5 清洗装置或维护装置用穿过采光顶或金属屋面的金属构件宜选用不锈钢材质，且在穿透面板部位应采取可靠的防水措施。

13.5.6 采光天窗、排烟窗、排气窗应进行外排水设计，宜设置在屋面最高部位，其顶面距采光顶或金属屋面外表面不宜小于 250mm。

13.5.7 玻璃采光顶采用玻璃梁支承时，玻璃梁应采用夹层玻璃，夹层玻璃原片应采用钢化或半钢化超白玻璃。玻璃梁应对温度变形、地震作用和结构变形有较好的适应能力，用于玻璃梁的夹层玻璃中的一片玻璃破碎后，玻璃梁仍能满足结构性能设计要求。玻璃梁还应符合下列要求：

a) 当玻璃梁有打孔需要时，应采用钢化夹层玻璃；
b) 当玻璃梁无打孔需要时，可采用半钢化夹层玻璃。

13.5.8 雨篷及采光顶倒挂玻璃面板不应采用隐框形式，倾斜隐框玻璃雨篷及采光顶应设置金属承重构件防止滑移，承重构件与玻璃之间应采用硬质橡胶垫片有效隔离。倒挂点支承玻璃不宜采用沉头式驳接头，板块与水平面夹角大于 30°时，玻璃应有防滑落构造措施。

13.5.9 采光顶钢化玻璃应采用均质钢化玻璃。

13.5.10 当采光顶、雨篷玻璃最高点到地面或楼面距离大于 3 米时，应采用夹层玻璃、含夹层玻璃的中空玻璃或真空玻璃，其胶片厚度不应小于 0.76mm，且夹层玻璃应位于下侧。

a) 框支承用夹层玻璃可采用平板玻璃、半钢化玻璃或钢化玻璃；
b) 点支承玻璃面板应采用钢化夹层玻璃。采用浮头式连接件支承时，其厚度不应小于 6mm；采用沉头式连接件支承时，其厚度不应小于 8mm；夹层玻璃或中空玻璃中，安装连接件的单片玻璃厚度也应符合本条规定；
c) 采光顶、雨篷玻璃面板的边缘应进行精磨处理，边缘倒棱不宜小于 0.5mm。

13.5.11 采光顶或雨篷所采用的玻璃板块，单块面积不应大于 2.5m^2，长边边长不应大于 2m。

13.5.12 玻璃面板不宜用作为采光顶、雨篷提供结构体系平面内刚度的结构构件。

13.5.13 金属板的伸缩变形除应满足咬口锁边连接或紧固件连接的要求外，还应满足檩条、檐口及天

沟等使用要求，且金属板最大伸缩变形量不应超过100mm。

13.5.14　支承玻璃组件的金属构件应按照JGJ 102的有关规定进行设计；点支承爪件应按照JG/T 138的有关规定进行承载力验算。

13.5.15　玻璃采光顶的防结露设计，应符合GB 50176的有关规定。寒冷地区采用半隐框或明框采光顶构造时，宜根据建筑物功能需要，在室内侧支承构件上设置冷凝水收集和排放系统。

13.5.16　框支承玻璃面板可采用注胶板缝或嵌条板缝。隐框玻璃采光顶、雨篷的玻璃悬挑尺寸应符合设计要求，且不宜超过200mm。

13.5.17　点支承玻璃相邻支承点的板边距离不宜大于1.5m，采光顶、雨篷用点支承装置应满足本标准第12.3节要求，可选用钢爪支承装置或夹板支承装置。采用钢爪支承时，孔至板边距离不宜小于70mm；夹板式点支承装置应设置衬垫承受玻璃重量。

13.5.18　采光顶玻璃与屋面连接部位应进行可靠密封。连接处采光顶（窗）面板宜高出屋面且不宜小于150mm。

13.5.19　采光顶玻璃应符合下列规定：

a)　玻璃原片根据设计要求选用，且单片玻璃厚度不宜小于6mm；

b)　夹层玻璃应为干法加工合成，夹层玻璃的两片玻璃厚度相差不应大于2mm。夹层玻璃胶片应满足本标准第4.4.4条要求，暴露在空气中的夹层玻璃边缘应进行封边处理；

c)　中空玻璃气体层的厚度不应小于 12mm，宜采用双道密封结构，隐框或半隐框中空玻璃的二道密封应采用硅酮结构密封胶。

13.5.20　玻璃采光顶板缝构造应符合下列规定：

a)　注胶式板缝应采用中性硅酮建筑密封胶密封，且应满足接缝处位移变化的要求。板缝宽度不宜小于10mm。在接缝变形较大时，应采用位移能力较高的中性硅酮建筑密封胶；

b)　嵌条式板缝可采用密封条密封，且密封条交叉处应可靠连接。连接构造上宜进行多腔设计，并宜设置导水、排水系统；

c)　开放式板缝宜在面板的背部空间设置防水层，并应设置可靠的导水、排水系统和有效的通风除湿构造措施。内部支承金属结构应采取仿腐措施。

13.5.21　采用拉压杆雨篷，其拉压杆应与雨篷结构形成独立的稳定结构系统。

a)　悬挑长度大于4.2m的雨篷宜设置拉杆或压杆，拉压杆宜与主体结构专用连接件连接，不宜与幕墙预埋件直接焊接；

b)　拉压杆与雨篷的夹角不宜小于30度，雨篷结构与主体结构的连接宜采用铰接。

13.5.22　无拉压杆的雨篷，雨篷结构可与主体结构或幕墙立柱直接连接，其焊缝质量等级不应小于二级。

a)　与幕墙预埋件焊接连接的雨篷，悬挑长度不宜大于2.8m。当雨篷悬挑长度大于2.8m时，预埋件和梁端构造均应加强。采用后置埋件作为雨篷固定端连接时，雨篷悬挑长度不宜大于1.5m；

b)　在幕墙钢结构梁、柱上焊接悬挑雨篷梁时，悬挑长度不宜大于 2m。雨篷结构计算校核时，应计入钢柱弯曲、钢梁挠曲和扭转所产生的附加挠度；

c)　3　悬挑钢梁应校核在正负风压作用下的强度、刚度和稳定性，大尺度雨篷应有防止平面内变形的有效措施；

d)　玻璃的悬挑尺寸应符合计算要求，且不大于200mm；

e)　倒置式雨篷玻璃应有防碎裂坠落措施；

f)　雨篷悬挑钢梁应按构造形式计算其平面内和平面外的稳定性，必要时可增设水平支撑等构造措施。

13.5.23　设置在铝合金立柱上的雨篷悬挑长度不宜大于1.20m。

13.5.24　金属平板屋面的构造与连接宜符合现行行业标准《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133

的相关规定。

13.5.25 金属平板屋面用金属板材应满足下列规定：

a) 单层金属板和铝塑复合板宜四周折边或设置边肋，折边高度不应小于 20mm。铝塑复合板开槽时不得触及铝板，开槽后剩余的板芯厚度不应小于 0.3mm；

b) 铝蜂窝复合板可折边或将面板弯折后包封板边。铝蜂窝复合板背板刻槽后剩余的铝板厚度不应小于 0.5mm；

c) 铝蜂窝复合板和铝塑复合板的芯材不宜直接暴露于室外，不折边的铝塑复合板和铝蜂窝复合板宜在其周边采用铝型材镶嵌固定。

13.5.26 金属平板可根据受力要求设置加强肋，并符合下列规定：

a) 铝塑复合板折边处应设置边肋。边肋可采用金属方管、槽形或角形型材，加强肋的截面厚度不应小于 1.5mm；

b) 加强肋应与面板可靠连接，并应有防腐措施。金属平板中起支承边作用的中肋应与边肋或单层铝板的折边可靠连接。支承金属面板区格的中肋与其它相交中肋的连接应满足传力要求。

13.5.27 面板周边可采用螺栓或挂钩与支承构件连接，且螺栓直径不宜小于 4mm，螺栓的数量应根据板材所承受的荷载或作用计算确定，铆钉或锚栓孔中心至板边缘的距离不应小于 2 倍的孔径；孔中心距不应小于 3 倍的孔径。挂接式金属平板屋面宜设置防噪声垫片。

13.5.28 封闭式金属平板屋面系统板缝构造应符合下列规定：

a) 注胶封闭式板缝底部宜采用泡沫棒填充，宜采用中性硅酮密封胶密封，胶缝厚度不宜小于 6mm，宽度不宜小于厚度的 2 倍；应采取措施避免密封胶三面粘结；

b) 用于氟碳涂层表面的硅酮密封胶应进行粘结性试验，必要时可加涂底胶；

c) 胶条封闭式板缝宜采用密封胶条密封，且密封胶条交叉处应可靠封接，宜采用压敏粘结材料进行粘结。板缝宜采用多道密封的防水措施。

13.5.29 开放式金属平板屋面系统板缝构造应符合下列规定：

a) 背部空间应采取措施保证排水顺畅，防止积水；

b) 保温材料外表面应有可靠的防水构造措施，可采用镀锌钢板、铝合金板为防水衬板，搭接处应做防水处理；

c) 支承构件和金属连接件应采取有效的防腐措施。

13.5.30 压型金属屋面用板材应符合下列规定：

a) 压型钢板应符合 GB/T 2518、GB/T 14978、GB/T 12754、GB/T 12755 的有关规定；

b) 屋面及墙面压型钢板，重要建筑宜采用彩色涂层钢板，一般建筑可采用热镀铝锌合金或热镀锌镀层钢板。压型钢板厚度应通过计算确定，外层板、内层板公称厚度不应小于 0.6mm；

c) 压型钢板用钢材按屈服强度级别宜选用 250MPa 与 350MPa 结构用钢。其板型展开宽度（基板宽度）宜符合 600mm、1000mm 或 1200mm 系列基本尺寸的要求；

d) 压型铝合金板应符合 GB/T 3190、GB/T 3880、GB/T 6891、YS/T 431 的有关规定；

e) 屋面及墙面用压型铝合金板的厚度应通过计算确定，重要建筑的外层板公称厚度不应小于 1.0mm，一般建筑的外层板、公称厚度不应小于 0.9mm。

13.5.31 固定支架及紧固件应符合下列规定：

a) 固定支架宜选用与压型金属板相同材质材料。碳钢固定支架钢牌号 Q355，不锈钢固定支架材质宜为奥氏体不锈钢 316 型，铝合金固定支架应符合 GB/T5237.1 的规定，材质宜采用 6061/T6 型；

b) 压型金属板配套使用的钢质连接件和固定支架表面应进行镀层处理，镀层种类、镀层重量应使固定支架使用年限不低于压型金属板；

c) 选用结构用紧固件、连接用紧固件各项性能指标应符合设计要求。当维护系统有保温隔热要求时，压型金属板系统的金属类固定支架应配置绝热垫片；紧固件材质宜与被连接件材质相同，当材质不同时应采取绝缘隔离措施，防止产生电化学腐蚀；

d) 碳钢材质的紧固件，表面应采用防腐镀层。当紧固件头部外露且使用环境腐蚀性等级在 C4 级以上时，应采用不锈钢或具有更好耐腐蚀性材质的紧固件；

e) 屋面压型金属板搭接板中的高波板、扣合型及咬合型板，应每波设置固定支架，并应与结构构件连接；屋面压型金属板搭接板中的低波板和墙面压型金属板，应每波或隔波设置紧固件与结构构件连接。

13.5.32 压型金属板设计应符合下列规定：

a) 在风荷载大的部位，屋脊、檐口、山墙转角、门窗、勒脚处应加密固定点或增加其他固定措施；对开敞建筑，屋面有较大负风压时，应采取加强连接的构造措施；

b) 压型金属板屋面应设置固定连接点。扣合型和咬合性屋面板，除应按照设计要求设置的固定式连接点外，屋面板在其他部位不得与固定支架或支承结构直接连接；

c) 压型金属板屋面系统不宜开洞，当必须开设时应采取可靠的构造措施，不产生渗漏；

d) 压型金属板屋面宜设置防止坠落的安全措施。

13.5.33 压型金属板板型选择应符合下列规定：

a) 屋面用外层板宜采用波高大于 50mm 的高波板；屋面用内层板可采用波高小于或等于 50mm 的低波板；

b) 搭接型及扣合型金属板不宜用于形状复杂的屋面；

c) 曲型屋面宜采用扇形或弧形板布置。

13.5.34 采用滑动式连接的压型金属板屋面，压型钢板单板长度不宜超过 75 米，压型铝合金板不宜超过 50 米；采用固定式连接的压型金属屋面板单板长度不宜超过 36m。

13.5.35 当屋面压型金属板的长度方向连接采用搭接连接时，搭接部分长度方向中心宜与支承构件中心一致，搭接端应设置在支承构件上，应有可靠连接，但不得与支承构件固定连接。搭接处可采用焊接或泛水板，当采用螺钉或铆钉非焊接固定搭接时，搭接部位应设置防水密封胶带或防水堵头。压型金属板长度方向的搭接长度应符合下列规定：

a) 当截面高度大于 70mm 时，搭接长度不宜小于 375mm；

b) 当截面高度不大于 70mm 时，屋面坡度小于或等于 1/10 时，搭接长度不宜小于 250mm；屋面坡度大于 1/10 时，搭接长度不宜小于 200mm；

c) 墙板压型金属板搭接长度不宜小于 120mm；

d) 当采用焊接搭接时，搭接长度不宜小于 50mm；

e) 压型金属屋面板过渡到立面墙面后，搭接长度不宜小于 120mm；

f) 做为承力板使用的压型金属板屋面底板和墙面内层板的长度方向搭接长度不宜小于 80mm。

13.5.36 压型金属屋面板的出挑长度及伸出固定支架的悬挑长度应符合下列要求：

a) 屋面压型金属板应伸入天沟内或伸出檐口外，出挑长度应通过计算确定且不小于 120mm；

b) 屋面压型金属板伸出固定支架的悬挑长度应通过计算确定。

13.5.37 压型金属屋面板侧向可采用搭接、扣合和咬合等方式进行连接，并应符合下列规定：

a) 当侧向采用搭接方式时，连接件宜采用带有防水密封胶垫的自攻螺钉，宜搭接一波，特殊要求时可搭接两波。搭接处应用连接件紧固，连接件应设置在波峰上。对于高波铝合金板，连接件间距宜为 700mm～800mm；对于低波屋面板，连接件间距宜为 300mm～400mm；

b) 采用扣合式或咬合式连接时，应在屋面檩条上设置与屋面板波形相匹配的固定支座，固定支座和檩条宜采用机制自攻螺钉或螺栓连接，且在边缘区域数量不应少于 4 个，相邻金属面板应与固定支座可靠扣合或咬合连接。

13.5.38 压型金属板屋面系统檐口、屋脊节点构造应有封堵构件或封堵措施。

13.5.39 压型金属板屋面泛水板构造应符合下列规定：

a) 当设置泛水板时，应有硬质支撑，泛水板宜采用与压型金属板相同材料制作；

b) 泛水板与屋面板、墙面板及其他设施的连接应固定牢固、密封防水，并应采取措施适应屋面板、墙面板的伸缩变形；

c) 屋面泛水板与屋面板宜采用搭接处理，搭接长度不宜小于 200mm；

d) 屋面泛水板立边有效高度不应小于 250mm，并应有可靠连接；

e) 在压型金属板屋面与突出屋面设施相交处，应考虑屋面板断开、伸缩等构造处理。连接构造应设置泛水板，立边高度不应小于 250mm。

13.5.40 压型金属板屋面板采用带防水垫圈的镀锌螺栓固定时，固定点应设置在波峰上，外露螺栓均应密封。

13.5.41 压型金属板屋面系统应设置检修口、上人通道、检修通道及防坠落措施。对上人屋面，应在屋面上设置专用通道。

13.5.42 寒冷地区的屋面檐口部位应采取防冰雪融坠的安全措施。

14 加工制作

14.1 一般规定

14.1.1 幕墙、金属屋面与采光顶构件、组件在加工制作前应将其构件加工图与主体结构施工图及经过施工图审查的专业工程施工图进行核对，对已建主体结构进行复测，并应按实测结果对幕墙、金属屋面与采光顶设计进行必要的调整。

14.1.2 加工幕墙、金属屋面与采光顶构件、组件所采用的设备、机具应满足其构件加工精度的要求，量具应定期进行计量检定和校准。人造板材面板加工时，宜以面板正面（装饰面）作为加工基准面。

14.1.3 幕墙、金属屋面与采光顶构件、组件宜按工艺要求在工厂完成加工、组装，不应在现场加工。

14.1.4 采用硅酮结构密封胶粘结固定幕墙、采光顶组件时，应在洁净、通风的室内环境进行，且环境温度、湿度条件应符合相应硅酮结构密封胶产品的规定，胶缝的宽度、厚度应符合设计要求。

14.2 铝型材构件

14.2.1 幕墙的铝型材加工，按照工序划分为截料、制孔、槽、豁、榫加工及弯加工等。铝型材构件加工应符合设计及 GB 50576、JGJ/T 216 的有关规定。

14.2.2 铝合金构件的截料应符合下列要求：

a) 截料前应作校直检验，对铝型材的弯曲度、扭拧度进行检查，直线度允许偏差不应大于 1/1000，不应使用超偏的铝型材；

b) 横梁长度允许偏差为±0.5mm，立柱长度允许偏差为±1.0mm，端头斜度的允许偏差为 0～-15′（图 22）；

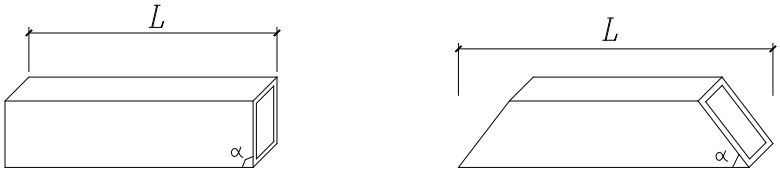


图22　直角截料及斜角截料

L—长度　　α—角度

c）　截料端头不应有加工变形，并应去除毛刺。

14.2.3　铝构件的制孔应符合下列要求：

a）　孔位的允许偏差为±0.5mm，孔距的允许偏差为±0.5mm，累计偏差为±1.0mm；

b）　铆钉的通孔尺寸偏差应符合 GB152.1 的规定；

c）　沉头螺钉的沉孔尺寸偏差应符合 GB/T 152.2 的规定；

d）　圆柱头螺栓的沉孔尺寸应符合 GB152.3 的规定；

e）　螺丝孔的加工应符合设计要求。

14.2.4　铝合金构件的槽、豁、榫的加工应符合下列要求：

a）　铝合金构件槽口尺寸（图 23）允许偏差应符合表 83 的要求；

表83　槽口尺寸允许偏差（mm）

项目	*a*	*b*	*c*
允许偏差	+0.5 0.0	+0.5 0.0	±0.5

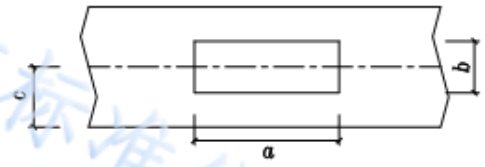


图23　槽口示意图

b）　铝合金构件豁口尺寸（图 24）允许偏差应符合表 84 的要求；

表84　豁口尺寸允许偏差（mm）

项目	*a*	*b*	*c*
允许偏差	+0.5 0.0	+0.5 0.0	±0.5

地方标准公共服务平台

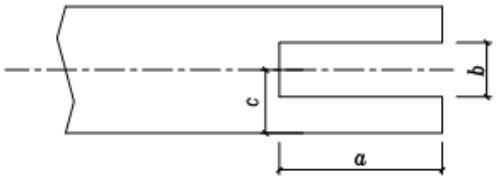


图24　豁口示意图

c）　铝合金构件榫头尺寸（图 25）允许偏差应符合表 85 的要求。

表85　榫头尺寸允许偏差（mm）

项目	*a*	*b*	*c*
允许偏差	0.0 -0.5	0.0 -0.5	±0.5

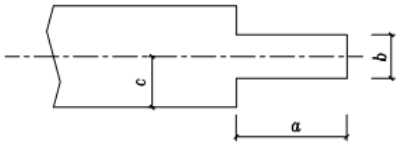


图25　榫头示意图

14.2.5　铝合金构件弯加工应符合下列要求：

a）　铝合金构件宜采用拉弯设备进行弯加工，尺寸精度符合设计要求；

b）　弯加工后的构件表面应光滑，不得有皱折、凹凸、裂纹。

14.3　钢构件

14.3.1　幕墙、金属屋面与采光顶用预埋件材质选择、加工制作应符合设计要求，并应满足以下规定：

a）　锚板剪板和冲孔加工工序完成后，应对锚板周边及孔壁去除毛刺；

b）　预埋件的锚筋与锚板宜采用塞焊，焊缝应符合国家现行标准和设计要求；

c）　除不锈钢材质外，锚板、槽式预埋组件外表面宜采用热浸镀锌工艺或耐腐蚀性能不低于热浸镀锌的其他防腐工艺，平板型预埋件的锚筋不宜做防腐蚀处理。

14.3.2　平板型预埋件加工精度应符合下列要求：

a）　锚板边长允许偏差为±5mm；

b）　一般锚筋长度的允许偏差为 0～+10mm；两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度的允许偏差为-5～0mm，锚筋不应凸出锚板；

c）　圆锚筋的中心线允许偏差为±5mm；

d）　锚筋与锚板面的垂直度允许偏差为 $l_s/30$（l_s为锚固钢筋长度，单位为 mm）。

14.3.3　槽式预埋件加工精度应符合下列要求：

a）　槽式预埋组件主要尺寸允许偏差应符合表 86 的规定。

表86　槽式预埋组件尺寸允许偏差(mm)

尺寸规格	槽宽	槽高	钢槽长度 l_0		锚筋间距	设计高度	T 型螺栓副长度	厚度
			≤500	＞500				
允许偏差	±1.0	±1.0	-2.0～+5.0	-2.0～+1%l_0	±2.5	-1.0～+2.0	±2.0	±0.3

b) 槽式预埋件的设计高度不应小于 90mm，锚筋数量不应少于 2 个，锚筋间距不应小于 100mm 且不应大于 250mm，且矩形横截面的锚筋厚度不应小于 4mm、圆形截面的锚筋直径不应小于 8mm；

c) T 型螺栓副定位沟槽与底板短边夹角为 90°，且角度偏差不宜大于±2°；

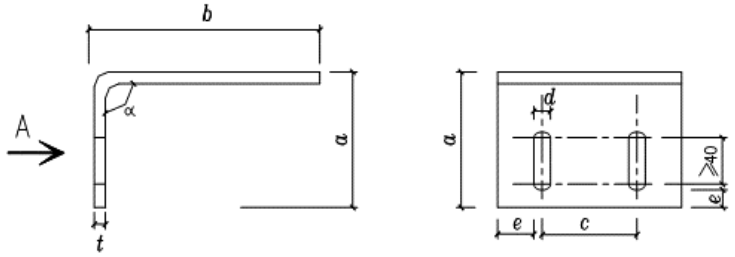
d) T 型螺栓副的镀层外观和厚度应符合 GB/T5267.3 的相关规定；

e) 槽式预埋组件镀层耐腐蚀性能应进行中性盐雾试验，槽式预埋件镀层 480 小时不应出现红锈，T 型螺栓副镀层 240 小时不应出现红锈。

14.3.4 幕墙的连接件、支承件的加工精度应符合下列要求：

a) 连接件、支承件外观应平整，不得有裂纹、毛刺、凹凸、翘曲、变形等缺陷；

b) 连接件、支承件加工尺寸（图 26）允许偏差应符合表 87 的要求。



A 视图

图26 连接件、支承件尺寸示意图

表87 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	+1.0，0.0
连接件长 b	+5，-2	壁厚 t	+0.5，-0.2
孔距 c	±1.0	弯曲角度 α	±2°
孔宽 d	+1.0，0.0		

14.3.5 钢型材立柱及横梁的加工、表面涂装均应符合 GB 50205 的规定，并满足以下要求：

a) 截料前应作校直检验，对钢型材的弯曲度、扭拧度进行检查，直线度允许偏差不应大于 1/500，不应使用超偏的钢型材；

b) 横梁长度允许偏差为±1.0mm，立柱长度允许偏差为±2.0mm，端头斜度的允许偏差为 0～-15′。

14.3.6 幕墙的支承钢结构加工应符合下列要求：

a) 应合理划分拼装单元；
b) 管桁架宜按计算的相贯线采用数控设备切割加工；
c) 钢构件拼装单元的节点位置允许偏差为±2.0mm；
d) 构件长度、拼装单元长度的允许正、负偏差均可取长度的 1/2000；
e) 管件连接焊缝应沿全长连续、均匀、饱满、平滑、无气泡和夹渣；支管壁厚小于 6mm 时可不切坡口；角焊缝的焊脚高度不宜大于支管壁厚的 2 倍；
f) 分单元组装的钢结构，宜进行预拼装。

14.3.7 钢拉杆、拉索加工除应符合 JGJ 257、JG/T 389、GB/T 20934 的规定外，尚应符合下列要求：
a) 钢拉杆、拉索不应采用焊接连接；
b) 自平衡索桁架压杆与主杆间宜采用铰接且应在工作台座上进行拼装，并应防止表面损伤。

14.3.8 钢构件焊接、螺栓连接应符合 GB 50017、GB 50018、GB 50661 的规定。

14.4 玻璃面板

14.4.1 玻璃的加工和深加工应由玻璃生产厂家根据幕墙施工单位的工艺图完成。

14.4.2 玻璃幕墙的单片玻璃、中空玻璃、夹层玻璃的加工精度应符合下列要求：
a) 单片玻璃的尺寸允许偏差应符合表 88 的要求：

表88 单片玻璃尺寸允许偏差（mm）

项目	玻璃厚度	玻璃边长 L≤2000	玻璃边长 L＞2000	检测方法
边长	6，8，10，12	±1.5	±2.0	钢卷尺
	15，19	±2.0	±3.0	
对角线差	6，8，10，12	≤2.0	≤3.0	钢卷尺
	15，19	≤3.0	≤3.5	

b) 中空玻璃时的尺寸允许偏差应符合表 89 的要求：

表89 中空玻璃尺寸允许偏差（mm）

项目		允许偏差	检测方法
边长（L）	L＜1000	±2.0	钢卷尺
	1000≤L＜2000	+2.0，-3.0	
	L≥2000	±3.0	

地方标准信息服务平台

对角线差（L）	L≤2000	≤2.5	钢卷尺
	L＞2000	≤3.5	
厚度（t）	t＜17	±1.0	卡尺
	17≤t＜22	±1.5	
	t≥22	±2.0	
叠差	L＜1000	±2.0	钢直尺
	1000≤L＜2000	±3.0	
	2000≤L＜4000	±4.0	
	L≥4000	±6.0	

c） 夹层玻璃的尺寸允许偏差应符合表 90 的要求：

表90 夹层玻璃尺寸允许偏差（mm）

项目		允许偏差	检测方法
边长（L）	L≤2000	±2.0	钢卷尺
	L＞2000	±2.5	
对角线差（L）	L≤2000	≤2.5	钢卷尺
	L＞2000	≤3.5	
叠差	L＜1000	±2.0	钢直尺

地方标准信息服务平台

	1000≤L< 2000	±3.0	
	2000≤L< 4000	±4.0	
	L≥4000	±6.0	

夹层玻璃合片后孔壁不平整度不大于 2.0mm；用于螺栓吊挂的夹层玻璃，合片后孔壁不平整度不宜大于 1.0mm。

14.4.3 钢化玻璃与半钢化玻璃板的弯曲度，弓形变形时弯曲度最大值水平法不应超过 0.3%，垂直法不应超过 0.5%；波形变形时弯曲度最大值水平法不应超过 0.2%，垂直法不应超过 0.3%。玻璃弯加工后，其每米弦长内拱高的允许偏差为±3.0mm，且玻璃的曲边应顺滑一致；玻璃直边的弯曲度，拱形时不应超过 0.5%，波形时不应超过 0.3%。

14.4.4 单向热弯玻璃的尺寸和形状允许偏差应符合表 91 要求：

表91 单向热弯玻璃尺寸和形状允许偏差（mm）

项目			允许偏差	检测方法
面板高度（H）	H≤2000		±3.0	平放状态，钢卷尺
	H＞2000		±5.0	
弧长（L）	L≤1500		±3.0	钢卷尺
	L＞1500		±5.0	
弧长吻合度	L≤2400		±3.0	钢卷尺
	L＞2400		±5.0	
弧面弯曲偏差	L≤1200		2.0	钢卷尺
	1200＜L≤2400		3.0	
	L＞2400		5.0	
弧面扭曲偏差	H≤1800	L≤2400	3.0	钢卷尺
		L＞2400	5.0	
	1800＜H≤2400	L≤2400	5.0	
		L＞2400	5.0	

地方标准信息服务平台

	H＞2400	*L*≤2400	5.0	
		L＞2400	6.0	

14.4.5 幕墙玻璃加工应符合下列要求：

a) 玻璃应进行机械磨边和倒棱处理，磨轮的目数不应小于 180 目，倒棱宽度不宜小于 1mm，且不应有裂痕和缺角；

b) 采用钻孔安装的全玻璃幕墙、点支承幕墙玻璃面板，其孔洞边缘应进行倒角并细磨，且不应出现崩边；

c) 全玻璃幕墙外露玻璃边缘应进行抛光处理；

d) 玻璃切角、钻孔、磨边应在钢化前进行；

e) 点支承玻璃加工的允许偏差应符合表 92 的规定：

表92 点支承玻璃加工允许偏差

项目	边长尺寸	对角线差	钻孔位置	孔距	孔轴与玻璃平面垂直度
允许偏差	±1.0mm	≤2.0mm	±0.8mm	±1.0mm	±12′

14.4.6 中空玻璃合片加工时，应考虑制作处和安装处不同气压的影响，采取防止玻璃大面变形的措施。

14.5 金属面板

14.5.1 金属板材的品种、规格及色泽应符合设计要求；金属板材表面涂层类型和厚度应符合本标准有关规定及设计要求。

14.5.2 金属板幕墙组件装配尺寸应符合表 93 的规定。

表93 金属板幕墙组件装配尺寸允许偏差(mm)

项目	尺寸范围	允许偏差	检测方法
长度尺寸	≤2000	±2.0	钢直尺或钢卷尺
	＞2000	±2.5	钢直尺或钢卷尺
对边尺寸	≤2000	2.5	钢直尺或钢卷尺
	＞2000	3.0	钢直尺或钢卷尺
对角线尺寸	≤2000	2.5	钢直尺或钢卷尺

地方标准信息服务平台

	＞2000	3.0	钢直尺或钢卷尺
折弯高度		≤1.0	钢直尺或钢卷尺
平面度	≥2(板材厚度)	≤0.2	钢直尺、塞尺
	＜2(板材厚度)	≤0.5	
孔的中心距		±1.5	钢直尺或钢卷尺

14.5.3 单层铝板加工应符合下列规定：

a) 单层铝板折弯加工时，板折边角的最小半径不应小于板厚的 1.5 倍，且应保证折边部位的金属内部结构及表面饰层不遭到破坏；采用开槽折弯时，应控制刻槽深度，保留的铝材厚度不应小于 1.0mm，并在开槽部位采取加强措施；

b) 金属板幕墙组件的加强边框和肋与面板及折边之间应采用正确的结构装配连接方法,可采用铆接、栓接、粘接和机械连接相结合的形式固定，但应确保铝板外表面不变形、不褪色，固定应牢固；连接孔中心到板边距离不宜小于 2.5d(d 为孔直径)，孔间中心距不宜小于 3d，并满足金属板幕墙组件承载和传递风荷载要求；

c) 单层铝板的固定耳板应符合设计要求。固定耳板可采用焊接、铆接或在铝板边上直接冲压而成。耳板应位置准确、调整方便、固定牢固；

d) 金属板幕墙组件的板折边角度允许偏差不大于 2°,折边组角处宜相互连接，组角处缝隙不大于 1mm；

e) 封闭式金属板幕墙组件的角接缝和孔眼应进行密封处理；

f) 厚度不大于 2mm 或表面阳极氧化处理的单层铝板，其内置加强边框、加强肋与面板的连接，不宜采用种植栓钉连接；2.5mm 厚及以上表面阳极氧化处理的单层铝板不宜采用折弯加工方式。

14.5.4 金属复合板的加工应符合下列规定：

a) 应采用机械铣槽。在切割金属复合板内层铝板和芯材时，不得划伤外层金属板的内表面；当金属复合板阴角转折时，刻槽宜在内侧；开槽部位应保留不小于 0.3mm 厚的芯材；

b) 打孔、切口、切边部位芯材不得直接露于室外，外露的芯材及角缝，应采用中性密封胶密封；

c) 在加工过程中，应保持加工环境清洁、干燥，不得与水接触；

d) 加工后的金属复合板，不得堆放在潮湿环境中。

14.5.5 金属蜂窝板的加工应符合下列规定：

a) 应根据组装要求决定切口的尺寸和形状，应采用机械刻槽。在切除蜂窝芯材时不得划伤外层金属板的内表面，并应保留 0.3～0.5mm 芯材；

b) 金属蜂窝板应采取可靠封边措施，避免蜂窝芯材外露；

c) 折角部位应加强，角缝应采用中性密封胶密封。

14.5.6 不锈钢板加工时应符合下列要求：

a) 折弯加工时，折弯外圆弧半径不应小于板厚的 2 倍；采用开槽折弯时，应严格控制刻槽深度并在开槽部位采取加强措施；

b) 加强肋应固定牢固并采取措施使不锈钢板外表面不变形、不变色；

c) 不锈钢板加强肋端部与面板折边相交处应连接牢固。

d) 瓦楞芯板应封边处理。折边后，周边应有加强措施。

14.6 石材面板

14.6.1 幕墙石材荒料的选用应符合下列规定：

a) 石材幕墙不宜采用黑火药爆破法或火焰切割法生产的荒料加工石材；

b) 石材荒料应满足 JC/T 204、JC/T 202 等的相关要求；

c) 同一工程采用的天然石材应尽量选用同一个矿源的同一层面的岩石进行加工；

d) 当同一工程的石材用量较大、规格较复杂时，荒料的选择应有备料。

14.6.2 天然石材的加工应符合下列要求：

a) 尺寸偏差应符合 GB/T 18601、GB/T 19766、GB/T 23452、GB/T 18600、GB/T 23453、JC 830.1 等有关一等品或优等品的要求。板材外形尺寸允许偏差应符合表 94 的要求：

表94 石材面板外形尺寸允许偏差（mm）

项目	长度、宽度	对角线差	平面度	厚度	检测方法
亚光面、镜面板	±1.0	±1.5	1.0	+1.5 -1.0	卡尺
粗面板	±1.0	±1.5	2.0	+2.0 -1.0	卡尺

b) 幕墙用石材面板宜在工厂加工，宜采用先磨后切工艺进行加工；

c) 镜面石材的光泽度应符合 GB/T 18601、GB/T 19766 的规定。同一工程中镜面石材光泽度的差异应符合设计要求；

d) 火烧板应按样板检查火烧后的均匀程度，火烧石不得有暗纹、崩裂情况。

14.6.3 石材的边部加工应符合下列规定：

a) 石材连接部位正反两面均不应出现崩缺、暗裂、窝坑等缺陷；板材正面的外观应符合表 95 要求：

表95 每块板材正面外观缺陷要求

项目	规定内容	质量要求
缺棱	长度不超过 10mm，宽度不超过 1.2mm（长度小于 5mm 不计，宽度小于 1.0mm 不计），周边每米长允许个数（个）	1 个
缺角	面积不超过 5mm×2mm（面积小于 2mm×2mm 不计），每块板允许个数（个）	1 个
色斑	面积不超过 20mm×30mm（面积小于 10mm×10mm 不计），每块板允许个数（个）	1 个
色线	长度不超过两端顺延至板边总长的 1/10，（长度小于 40mm 的不计）每块板允许条数（条）	2 条
裂纹		不允许
窝坑	粗面板的正面出现窝坑	不明显

b) 石材正面宜采用倒棱处理，倒棱宽度不宜小于 2mm；

c） 石材的端面可视时，应进行定厚处理；

d） 开放式石材幕墙的石材宜采用磨边处理。

14.6.4 石材的开槽、打孔应符合下列规定：

a） 石材开槽、打孔后，应进行孔壁、槽口的清洁处理，清洁时不得采用有机溶剂型清洁剂；

b） 石材开槽、打孔后不得有损坏或崩裂现象；

c） 石板应以正面和上端面作为开槽、开孔的基准面。

14.6.5 短槽、通槽连接的石材，其加工应符合下列规定：

a） 开放式石材幕墙宜采用 06Cr17Ni12Mo2(S31608)材质的连接挂件，封闭式石材幕墙宜采用 06Cr19Ni10 (S30408)材质的连接挂件；

b） 槽口尺寸、位置及注胶应符合本标准第 7.4.20 条的有关要求；

c） 金属挂件安装到石材槽口内，在石材胶固化前应将挂件做临时固定；

d） 槽口应打磨成 45° 倒角，槽内应光滑、洁净；

e） 应采用机械开槽，开槽锯片的直径不宜大于 350mm，宜采用水平推进方式开槽。除个别增补槽口外，不应在现场采用手持锯片开槽；

f） 石板槽口其它项目加工的允许偏差应符合表 96 的要求；

表96 石板开槽加工允许偏差（mm）

序号	项目	通槽（短平槽、弧形短槽）		短槽	
		最小尺寸	允许偏差	最小尺寸	允许偏差
1	槽口宽度	7.0	±0.5	7.0	±0.5
2	槽口有效长度（短平槽槽底处）	-	±2.0	100	—
3	槽深（槽角度）	-	槽深/20	-	矢高/20
4	两（短平槽）槽中心线距离	-	±2.0	-	±2.0
5	槽外边到板端边距离	-	±2.0	不小于板材厚度和 85，不大于 180	±2.0
6	内边到板端边距离	-	±3.0	-	±3.0
7	槽任一端侧边到板外表面距离	8.0	±0.5	8.0	±0.5
8	槽任一端侧边到板内表面距离（含板厚偏差）	-	±1.5	-	±1.5
9	槽深度（有效长度内）	16	±1.5	16	±1.5

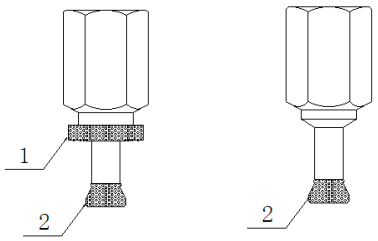
g） 槽口长度方向的中位线与石板正面的偏差不宜大于 1mm，短槽的槽口长度不宜大于连接件长度 10mm，通槽的连接挂件长度宜小于槽口长度 5mm，连接挂件入槽深度宜比槽口深度小 4mm。

14.6.6 背栓连接的石板，其加工应符合下列要求：

地方标准信息服务平台

a) 背栓材料的耐火性、耐腐蚀性、耐久性不应低于后部支承结构所用材料的相应要求；

b) 背栓孔用金刚石钻头，按设计需要，采用图 27 的双切面钻头或者单切面钻头；



(a) 双切面钻头　(b）单切面钻头

图27　图背栓孔用金刚石钻头

1—切割板材公差作用切割刃 2—切割板材孔及扩底作用切割刃

c) 背栓孔宜采用专用钻孔机械成孔及专用测孔器检查，背栓连接处的背纹应进行打磨，打磨处应平整。背栓孔允许偏差应符合表 97 要求；

表97　石材背栓钻孔精度（mm）

背栓规格	直孔孔径 允许偏差	底扩孔直径 允许偏差	钻孔深度 允许偏差	孔中心到端边 距离
M6/M8	0～+0.4	±0.3	0～+0.4	-1.0～+5.0

d) 石材面板可采用压入扩张或旋转扩张的方式植入背栓，背栓宜有明确的安装标示线，安装方法和紧固力矩应符合背栓生产厂家产品说明书的相关要求；

e) 孔不得有损坏或崩裂现象，孔内应光滑、洁净；

f) 背栓与面板的连接应牢固可靠，背栓与石材孔壁间宜采用尼龙等柔性间隔材料，防止硬性接触；

14.6.7 背槽连接的石板，其加工应符合下列要求：

a) 石材幕墙用背槽连接件宜采用铝合金或不锈钢。采用铝合金时，厚度不宜小于 4mm；采用不锈钢时厚度不宜小于 3mm（图 28）；

b) 采用不锈钢背槽连接件时，开放式石材幕墙宜采用 06Cr17Ni12Mo2(S31608)材质的背槽连接件，封闭式石材幕墙宜采用 06Cr19Ni10(S30408)材质的连接挂件；

c) 石板背槽应采用专用机械开槽，不应在工地采用手持锯片开槽。加工允许偏差应符合表 98 的要求：

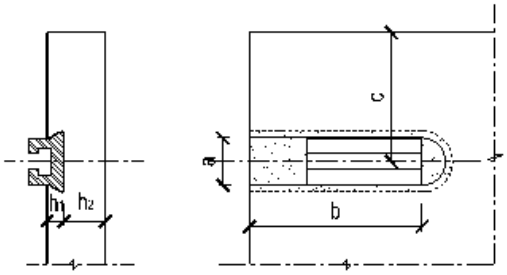


图28　图背槽连接件

表98　背槽加工允许偏差（mm）

序号	项目	亚光面和镜面板材	粗面板材
1	槽口宽度 a	±0.3	±0.3
2	槽口长度 b	-0～+10	-0～+10
3	槽口中心距 c	-0～+2	-0～+2
4	槽口深度 h_1	±1.0	±2.0
5	槽口石材剩余厚度 h_2	±0.3	±0.3

d) 背槽长度不宜小于 50mm，埋入石材的深度 h_1 不宜小于石材标准厚度的 1/3，也不宜大于石材厚度的一半；

e) 背槽式锚固件应采用机械连接或机械连接与环氧胶粘接相结合的方式进行锚固；

f) 背槽的边距宜符合下列要求（图 29），间距不宜大于 1200mm。

$$l_x/5 \le b_x \text{且} b_x \le l_x/4 \tag{162}$$

$$l_y/5 \le b_y \text{且} b_y \le l_y/4 \tag{163}$$

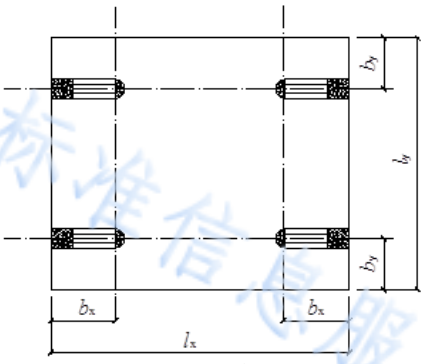


图29　背槽边距

14.6.8　石材组拚加工应符合下列规定：

a) 石材转角组拼不应采用粘接连接或销钉连接方式，应采用可靠机械连接；

b) 应在组拼的石材背面阴角或阳角处加设不锈钢或铝合金型材支承件组装固定，并应符合下列规定：

1) 不锈钢支撑件的截面厚度不应小于 3mm；铝合金型材支撑件的截面厚度不应小于 4mm；

2) 支撑件的间距不宜大于 500mm，支撑组件的数量不宜少于 3 个。

14.6.9　石材的防护应符合下列规定：

地方标准信息服务平台

a) 应根据石材的种类、污染源的类型合理选用石材防护剂，防护剂的质量应符合 JC/T 973 的规定；
b) 防护剂应有合格证及有效期内的防水性、耐碱性、透气性、渗透性及耐候性检测报告、使用说明书以及与密封胶、锚固胶的相容性检验报告；
c) 石材防护处理宜在工厂洁净环境中进行进行，温湿度条件应符合防护剂的技术要求；
d) 防护剂涂装前，石材面板应在所有加工完成后经过充分自然干燥；应采取措施确保石板被防护的表面清洁、无污染；
e) 在涂刷水性防护剂时，严禁使用动物毛刷；选用溶剂型防护剂时，不可以使用塑料喷壶；
f) 防护处理后的石板，在防护作用生效前不得淋水或遇水。

14.6.10 石材荒料、毛板、工程板出厂前应进行编号；工程板加工前应按照石材编号顺序进行预拼，对纹、选色、排开色差后进行编号。石材的编号应与设计一致，不得因加工造成混乱。

14.6.11 石材的尺寸、形状、花纹图案、色泽等均应符合设计要求，花纹图案和色泽应按样板检查，单板及排版后的石材感观效果不宜有明显的色差。

14.6.12 石材的修补应符合下列规定：

a) 开槽、打孔等受力部位不应进行修补。修补后的石材不能降低整体石材的力学性能，且主受力部位不得使用修补后的石材；
b) 修补后的石材，正面不得有明显的痕迹，色泽应与正面石材相近；
c) 对石材进行粘接修补时宜采用原石粉进行调配，不允许使用纯胶进行修补；
d) 石材修补应避免水源和灰尘污染。

14.6.13 加工好的石材面板应立放于通风良好的仓库内，其与水平面夹角不应小于 85°。

14.7 人造板材

14.7.1 瓷板、陶板、微晶玻璃板的表面质量、尺寸偏差及性能指标应符合 JG/T 217、JG/T 324、JG/T 872 的规定并符合设计要求。

14.7.2 瓷板、陶板、微晶玻璃板、石材蜂窝板的切割加工应符合下列规定：

a) 加工过程中所使用的润滑剂、冷却剂和清洁剂，应采用对面板材料无污染的水性溶剂进行冷却和润滑，不得采用有机溶剂型清洁剂。成品板应放置通风处自然干燥。
b) 成品板的形状、尺寸应符合设计要求，加工允许尺寸偏差应符合表 99 及表 100 的要求。

表99 瓷板、陶板、微晶玻璃板加工允许偏差（mm）

项目			允许偏差
瓷板	长度、宽度		±1.5
	厚度		-0.3，+1.5
	对角线长度		≤2.0
	表面平整度	毛面板	≤2.0
		釉面板、抛光板、亚光板	≤1.5
陶板	长度，宽度		±1.0，±2.0

地方标准信息服务平台

	厚度	±2.0
	对角线长度	≤2.0
	表面平整度	≤2.0
微晶玻璃板	长度、宽度	0，-1.0
	厚度	±2.0

表100　石材铝蜂窝板加工允许偏差(mm)

项目		技术要求	
		亚光面、镜面板	粗面板
边长		0.0 −1.0	
对边长度差	≤1000	≤2.0	
	＞1000	≤3.0	
厚度		±1.0	+2.0 −1.0
对角线差		≤2.0	
边直度	每米长度	≤1.0	
平整度	每米长度	≤1.0	≤2.0

14.7.3　瓷板、微晶玻璃板的槽口加工除应符合本标准第 14.7.2 条的规定外，尚应符合下列规定：

a)　槽口加工宜采用专用设备，不宜采用手持机械；

b)　槽口的宽度、长度、位置应符合设计要求；

c)　槽口侧面不得有损坏或崩裂现象，槽口内壁应光滑、洁净，不得有目视可见的阶梯；

d)　槽口连接部位应无爆边、裂纹等缺陷；

e)　槽口加工允许偏差应符合表 101 的规定。

表101　瓷板、微晶玻璃板槽口加工允许偏差（mm）

项目	宽度	长度	深度	槽端到板端边距离	槽边到板面距离
允许偏差	0.5	短槽：+10.0	1.0	短槽：+10.0	+0.5

地方标准信息服务平台

	0	0	0	0	0
注：允许将瓷板、微晶玻璃板短挂件连接用槽口加工成通槽。					

14.7.4 瓷板、微晶玻璃板、木纤维板背栓孔加工应满足本标准第 14.6.6 条的规定。

14.7.5 陶板的转角可用陶板本身或采用不锈钢支撑件、铝合金型材专用件组拼。如采用不锈钢支撑件或铝合金型材专用件组装，则应符合下列规定：

a) 当采用不锈钢支撑件组装时，不锈钢支撑件厚度不宜小于 3mm；

b) 当采用铝合金型材专用件组装时，铝型材型材壁厚不应小于 4mm，连接部位的壁厚不应小于 5mm，并应通过结构计算确定。

14.7.6 石材铝蜂窝板面板拼接加工应符合下列规定：

a) 板块可按照设计要求进行不同角度的拼接，拼接后的面板，应保证石材装饰面层的色泽、纹路一致；

b) 拼接前，可对板块进行倒角，但应避免出现崩边、缺棱缺陷，且不得损伤表面石材；

c) 拼接部位应平整，无明显缝隙和缺角。

14.7.7 木纤维板加工应符合下列规定：

a) 加工工作台应选用木质台面，加工时应及时清理加工台面上的金属颗粒及板材颗粒；

b) 板材切割加工前应对将刀具高度调节至合适位置，切割时板材应匀速推进；

c) 加工槽口、豁口、榫头时，应防止划伤非加工表面；

d) 加工盲孔、凹槽时，应调节刀具高度并采取限位措施，防止深度尺寸超差；

e) 现场加工时，应采取可靠措施将板材固定牢靠；

f) 背面连接板材钻孔前应根据锚固件规格及设计要求确定钻孔深度，钻孔深度宜比板厚小 2.5mm；

g) 宽度小于 200mm 的板材折边部分应在安装前采取可靠方式与主面板固定牢靠。

14.7.8 木纤维板加工允许偏差应符合表 102 的规定：

表102 高压热固化木纤维板加工允许偏差

项目		单位	允许偏差
边长		mm	2.0 0
对角线		mm	≤名义对角线长度值的 1%
边缘直度		mm/m	≤1.0
翘曲度	5.0mm≤t＜12.0mm	%	≤0.4
	12.0mm≤t＜16.0mm	%	≤0.2
转角板角度		-	+1°30′ -30′
转角板翘曲度		mm	≤3.0

地方标准信息服务平台

转角边直边翘曲度	%	≤0.5
盲孔直径	mm	0 -0.1
凹槽深度	mm	0.2 0
装饰面划痕、压痕	/	不允许
装饰面边角缺陷	/	不允许
钻孔位置	mm	≤0.5
孔距	mm	≤1.0
孔轴与板面的垂直度	/	≤12′

14.7.9 纤维水泥板的品种、尺寸、色泽、防水及涂层处理等应符合现行行业标准 JC/T 412.1 的规定和设计要求。

14.7.10 纤维水泥板加工应符合下列规定：

a) 纤维水泥板的应存放在干燥、通风、防雨的环境中；

b) 纤维水泥板的加工宜采用专用设备，并在干燥的环境中进行，以保证加工质量；

c) 槽口的侧面不得有损坏或崩裂现象，内壁应光滑、洁净，不得有目视可见的阶梯。槽口加工允许偏差应符合表 103 的规定：

表103 纤维水泥板槽口加工允许偏差（mm）

项目	宽度	深度	槽中心线到正面的距离
允许偏差	0.5 0	1.0 0	0.5 0

d) 纤维水泥板切割时有粉尘产生，应做好必要的防护措施，进行必要的除尘工作；

e) 切割、开槽、钻孔后的纤维水泥板加工表面，应立即用干燥的压缩空气进行清洁处理，并进行边缘密封防护处理。

14.7.11 纤维水泥板加工允许偏差应符合表 104 的规定：

表104 纤维水泥板加工允许偏差（mm）

项目		允许偏差
边长 a （mm）	a≤1000	±1.5
	a＞1000	±2.0

地方标准信息服务平台

厚度 t （mm）	6＜t≤20	±0.1t
	t＞20	±2.0
边直度(mm/m)		≤1.0
翘曲度(mm/m)		≤2.0
对角线差		≤2.0
孔的中心距		±1.5

14.7.12　人造板材加工好后应竖立存放于通风良好的仓库内，其与水平面夹角不应小于 85°。

14.7.13　人造板材加工制作尚应符合 JGJ 336 规定。

14.8　明框幕墙组件

14.8.1　明框幕墙组件加工尺寸允许偏差应符合下列要求：

a)　组件装配尺寸允许偏差应符合表 105 的要求；

表105　组件装配尺寸允许偏差（mm）

项目	构件长度	允许偏差
型材槽口尺寸	≤2000	±2.0
	＞2000	±2.5
组件对边尺寸差	≤2000	≤2.0
	＞2000	≤3.0
组件对角线尺寸差	≤2000	≤3.0
	＞2000	≤3.5

b)　相邻构件装配间隙及同一平面度的允许偏差应符合表 106 的要求。

表106　相邻构件装配间隙及同一平面度的允许偏差（mm）

项目	允许偏差
装配间隙	≤0.5
同一平面度差	≤0.3

14.8.2　玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表及表 62 的要求。最小配合尺寸见图 4 及图 5。尺寸 c 应经过计算确定，满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形要求。

地方标准信息服务平台

14.8.3 明框幕墙组件的导气孔及排水孔设置应符合设计要求，组装时应保证导气孔及排水孔通畅。

14.8.4 明框幕墙组件应拼装严密。设计要求密封时，应采用硅酮建筑密封胶进行密封。

14.8.5 明框幕墙组装时，应采取措施控制玻璃与铝合金框料之间的间隙。玻璃的下边缘应采用垫块进行支承。玻璃定位垫块位置、数量应满足承载要求，玻璃面板与槽口之间应进行可靠密封。

14.9 隐框、半隐框幕墙组件

14.9.1 半隐框、隐框幕墙中，对玻璃面板及铝框的清洁应按符合下列要求：

a) 玻璃和铝框粘结表面的尘埃、油渍和其他污物，应分别使用带溶剂的干擦布清除干净；

b) 应在清洁后一小时内进行注胶；注胶前再度污染时，应重新清洁；

c) 每清洁一个构件或一块玻璃，应更换清洁的干擦布。

14.9.2 使用溶剂清洁时，应符合下列要求：

a) 不应将擦布浸泡在溶剂里，应将溶剂倾倒在擦布上；

b) 使用和贮存溶剂，应采用干净的容器；

c) 使用溶剂的场所严禁烟火；

d) 应遵守所用溶剂标签或包装上标明的注意事项。

14.9.3 硅酮结构密封胶注胶前，与其相接触的有机材料必须取得合格的相容性试验、剥离粘接性试验报告，必要时应加涂底胶；双组份硅酮结构密封胶应检查混合均匀性（蝴蝶试验）和混合后的固化速度（拉断试验）。

14.9.4 隐框、半隐框玻璃幕墙玻璃组件的结构胶宽度和厚度尺寸应符合设计要求，玻璃组件在结构胶固化并达到足够承载力前不应搬动。硅酮结构密封胶的注胶应在洁净的专用注胶室进行，且养护环境、温度、湿度条件应符合结构胶产品的使用规定。

14.9.5 隐框玻璃幕墙装配组件的注胶必须饱满，不得出现气泡，胶缝表面应平整光滑；收胶缝的余胶不得重复使用。

14.9.6 硅酮结构密封胶完全固化后，隐框玻璃幕墙装配组件的尺寸偏差应符合表 107 的规定。

表107 结构胶完全固化后隐框玻璃幕墙组件的尺寸允许偏差（mm）

项目	尺寸范围	允许偏差	检测方法
框长宽尺寸	–	±1.0	钢卷尺
组件长宽尺寸	–	±2.5	钢卷尺
框接缝高度差	–	≤0.5	深度尺
框内侧对角线差及组件对角线差	当长边≤2000 时	≤2.5	钢卷尺
	当长边>2000 时	≤3.5	
框组装间隙	–	≤0.5	塞尺
胶缝宽度	–	+2.0 0	卡尺或钢板尺

地方标准信息服务平台

胶缝厚度	≥6	+0.5 0	卡尺或钢板尺
组件周边玻璃与铝框位置差	-	≤1.0	深度尺
结构组件平面度	-	≤3.0	1m 靠尺
组件厚度	-	±1.5	卡尺或钢板尺

14.9.7 当隐框玻璃幕墙采用悬挑玻璃时，玻璃的悬挑尺寸应符合计算要求，且不宜超过 300mm。

14.10 单元式幕墙组件

14.10.1 单元式幕墙在加工前应对各板块编号，并应注明加工、运输、安装方向和顺序。

14.10.2 单元框架的组装要求应符合下列规定:

a) 单元框架竖向和横向构架应有足够的刚度并连接可靠,单元部位应具有良好的整体刚度和结构牢固度,在组装和安装过程中不变形、不松动;

b) 单元框架的构件连接和螺纹连接处应采取有效的防水和防松措施,工艺孔宜封堵并应采取防水措施，通气孔及排水孔应畅通;

c) 单元板块的硅酮结构密封胶不宜外露;

d) 采用自攻螺钉连接单元组件框时，每处螺钉不应少于 3 个，直径不应少于 4.2mm，拧入深度不应小于 25mm。螺钉连接部位应采用硅酮建筑密封胶做好密封处理。螺钉槽内径和扭矩应符合表 108 的要求;

表108 螺钉槽内径和扭矩要求

螺钉公称直径（mm）	螺钉槽		扭矩（N.m）
	内径（mm）	允许偏差（mm）	
4.2	3.7	±0.1	4.4
4.8	4.3	±0.1	6.3
5.5	4.9	±0.1	10.0
6.3	5.8	±0.1	13.6

e) 单元组件框加工制作装配尺寸允许偏差应符合表 109 的要求。

表109 单元组件框加工制作装配尺寸允许偏差

项 目		允许偏差	检查方法
框长（宽）度(mm)	≤2000	±1.5 mm	钢卷尺
	＞2000	±2.0 mm	

地方标准信息服务平台

分格长（宽）度(mm)	≤2000	±1.5 mm	钢直尺
	＞2000	±2.0 mm	
对角线长度差(mm)	≤2000	≤2.5 mm	钢直尺
	＞2000	≤3.5 mm	
同一平面高低差		≤0.5 mm	深度尺
装配间隙		≤0.5 mm	塞尺
框面划伤		≤3 处且总长≤100mm	
框料擦伤		≤3 处且总面积≤200mm^2	

14.10.3　单元式幕墙面板固定装配应符合本标准第 14.8 节、第 14.9 节的相关要求。

14.10.4　密封胶条的装配要求应符合下列规定：

a)　对接型单元部件四周的密封胶条应周圈形成闭合，且在四个角部应连接成一体；

b)　插接型单元部件的密封胶条在两端头应留有防止胶条回缩的适当余量。

14.10.5　单元部件和单板组件装配尺寸允许偏差应符合表 110 的规定。

表110　单元组件组装允许偏差

项　　目		允许偏差(mm)	检查方法
部件（组件）长度、宽度(mm)	≤2000	±1.5	钢直尺
	＞2000	±2.0	
部件（组件）对角线长度差(mm)	≤2000	≤2.5	钢直尺
	＞2000	≤3.5	
结构胶胶缝宽度		+1.0 0	卡尺或钢直尺
结构胶胶缝厚度		+0.5 0	卡尺或钢直尺
各搭接量（与设计值比）		+1.0 0	钢直尺
组件平面度		≤1.5	1m 靠尺
部件（组件）内单板间接缝宽度（与设计值比）		±1.0	卡尺或钢直尺

地方标准信息服务平台

连接构件竖向中轴线距组件外表面（与设计值比）	±1.0	钢直尺
连接构件水平轴线距组件水平对插中心线	±1.0 （可上、下调节时±2.0）	钢直尺
连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线	±1.0	钢直尺
两连接构件中心线水平距离	±1.0	钢直尺
两连接构件上、下端水平距离差	±0.5	钢直尺
两连接构件上、下端对角线差	≤1.0	钢直尺

14.10.6　单元板块在搬动、运输、吊装过程中，应采取措施防止单元板块变形。

14.10.7　在单元组件上有门或窗时，其加工应符合 GB/T 8478 的规定。

14.10.8　在单元组件上安装附件，其连接强度、功能和外观应符合设计要求。

14.11　金属屋面板

14.11.1　金属平板的加工精度应符合本标准及 JGJ 133 的规定。金属屋面工程中玻璃、聚碳酸酯板、明框采光顶组件、隐框采光顶组件加工应符合本标准及 JGJ 255 的相关规定。

14.11.2　支承结构构件、天沟、金属平板、金属面夹芯板等应在工厂加工；压型金属板宜在工厂加工，当受运输条件所限时可在现场加工。现场加工场地应合理规划，场地应平整、坚固，且应有防雨雪措施。

14.11.3　压型金属板的加工应符合下列规定：

a)　压型金属板在加工前应进行加工设备的固定和调试，并应保持加工设备处于完好状态。加工设备应有维护、检修及检测记录；

b)　加工压型金属板的原材料应符合相应原材料的产品标准要求，并有生产厂家的质量证明书。原材料在装卸过程中应采用专用设备及布带吊装；

c)　压型金属板的基板尺寸允许偏差应符合表 111 的规定；

表111　压型金属板基板尺寸允许偏差（mm）

项目	允许偏差		检测要求
	钢卷板、不锈钢卷板、钛锌卷板	铝卷板、铜卷板	
镰刀弯	25	75	测量标距为 10m
波高	8	15	波峰与波谷平面的竖向距离

d)　对于有弧度的屋面板应根据板型和弯弧半径选择自然成型或机械预弯成型，并应保证外观平整、顺滑；

e)　压型金属板、泛水板、包角板、屋脊盖板等加工成型后基板不得开裂，无明显的凹凸和褶皱，表面应清洁，涂层或镀层无肉眼可见的裂纹、剥落和擦痕等缺陷；

f)　压型金属板加工允许偏差应符合表 112 的规定；

表112　压型金属板加工允许偏差（mm）

项目内容			允许偏差	
波距（B）		≤200	±1.0	
		＞200	±1.5	
波高（H）	钢板、不锈钢卷板、钛锌卷板	H≤70	±1.5	
		H＞70	±2.0	
	铝卷板、铜卷板		±2.0	
侧向弯曲（在测量长度 L1 范围内）		每米长度内	≤4.0	
		任意 10m 长度内	≤20.0	
纵向弯曲（在测量长度 L1 范围内）		每米长度内	≤5.0	
		任意 10m 长度内	≤25.0	
覆盖宽度		H≤70	+10.0，-2.0①	+3.0，-2.0②
		H＞70	+6.0，-2.0①	
板长			+9.0，0	
横向剪切偏差			1/100 或 6.0	
注：1 L1 为测量长度，指板长扣除两端 0.5m 后的实际长度（小于 10m）或扣除后任选 10m 的长度； 2 ①是搭接型压型金属板偏差，②是扣合型、咬合型压型金属板偏差；				

g） 泛水板、包角板、屋脊盖板和天沟尺寸允许偏差应符合表 113 的规定。

表113 泛水板、包角板、屋脊盖板和天沟尺寸允许偏差

项目	长度（mm）	宽度（mm）	弯折面宽度（mm）	弯折面夹角
允许偏差	±5.0	±2.0	±2.0	2°

14.11.4 金属夹芯板加工应符合下列规定：

a） 面板加工宜采用机械辊压方式，辊压时应保证工作环境温度不低于-12℃；

b） 表面应无刻痕，弯折处无裂纹，表面宜覆保护膜；

c） 端部切割时应整齐平直、无毛刺。

d） 金属夹芯板加工允许偏差应符合表 114 的规定。

表114 金属夹芯板加工允许偏差

项目	尺寸	允许偏差

长度		≤3000	±5.0
		＞3000	±10.0
宽度		900～1200	±2.0
厚度		≤100	±2.0
		＞100	±2.0
对角线差	长度	≤3000	≤4.0
	长度	＞3000	≤6.0

14.12 构件检验

14.12.1 幕墙、采光顶与金属屋面构件、组件加工制作应实行全过程质量控制，并保留检验记录。

14.12.2 幕墙构件应按构件的5%进行随机抽样检查，且每种构件不得少于5件。当有一个构件不符合要求时，应加倍抽查；仍有不合格构件时，应全数检查，合格后方可出厂。

14.12.3 压型钢板及压型铝合金板质量检查项目与方法应符合GB 50896、JGJ/T 473的相关规定。

14.12.4 产品出厂时，应附有构件合格证书。

14.13 包装、运输与贮存

14.13.1 幕墙、采光顶与金属屋面的材料、构件或组件的运输应符合下列规定：

a) 可采用汽车、火车或船舶运输方式，当采用汽运时，可捆装运输；当采用其他运输工具时，宜箱装运输；
b) 当采用汽运时，应在车辆上设置衬有橡胶类或其他柔性衬垫的枕木，间距不宜大于3米。玻璃、金属板、压型金属板应在车上设置刚性支撑胎架，其与车身或刚性胎架捆扎牢固并覆盖；
c) 支承结构构架、金属板、铝型材、压型金属板等在运输过程中应有防止涂层损伤的防护措施；
d) 防水卷材运输时应竖立，叠放时高度不应超过两层，并应有防倾斜措施；
e) 保温岩棉、防水卷材等应有防水、包装措施，运输过程中应防止淋雨、暴晒，宜采用封闭方式进行运输；
f) 所有材料的装卸和搬运严禁采用抛、滑、滚、摔等方式。

14.13.2 幕墙、采光顶与金属屋面的材料、构件或组件的贮存应符合下列规定：

a) 宜在干燥、通风的仓库内储存，贮存场地应坚实、平整、不宜积水，贮存应远离热源，不得与化学药品或有污染的物品接触；
b) 应按种类、型号、安装顺序等分区存放，并应有防雨水、防变形、防污染等保护措施；
c) 保温棉、透气膜、隔汽膜、无纺布、防水卷材存放应有防火措施；涂料应在库房内存放，并应有防火、通风措施。

14.13.3 现场加工的压型金属板，当板长在50米以内时可采用专用胎架进行吊装搬运；当板长超过50米时可采用搭设坡道进行搬运。吊装、搬运过程中应采取防风、防变形等保护措施。

15 安装施工

15.1 一般规定

15.1.1 安装幕墙、采光顶与金属屋面的主体结构，应符合有关结构施工质量验收规范的要求。安装前，应对主体结构进行测量，经验收合格后方可进行安装施工。

15.1.2 幕墙支承结构中的钢结构安装应符合 GB 50205 的规定。

15.1.3 进场安装的幕墙构件及附件的材料品种、规格、色泽和性能，应符合设计要求。幕墙构件安装前应进行检验，不合格的构件不得安装使用。

15.1.4 幕墙、采光顶与金属屋面的安装施工应单独编制施工组织设计或施工方案，且应与主体工程施工组织设计相互衔接，存在明火作业时应编制防火专项方案，并应符合 GB/T 50502 的规定，且应包括下列内容：

a) 工程概况、组织机构、责任和权利、施工进度计划和施工程序安排（包括技术规划、现场施工准备、施工队伍及有关组织机构等）；
b) 与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案；
c) 搬运、吊装方法；
d) 测量方法及注意事项；
e) 安装方法及允许偏差要求，关键部位、重点、难点施工部位安装方法应单独标出；
f) 安装顺序及嵌缝收口要求；
g) 构件、组件和成品的现场保护方法；
h) 质量要求及检查验收计划；
i) 安全文明施工及环境保护措施。

15.1.5 单元式幕墙的安装施工组织设计尚应包括以下内容：

a) 单元板块的运输及装卸方案；
b) 吊具的类型和吊具的移动方法，吊具的安装位置和对主体结构的荷载影响，单元组件起吊地点、垂直运输与楼层内水平运输方法；
c) 收口单元位置、收口闭合工艺及操作方法；
d) 单元组件吊装顺序及吊装、调整、定位固定等方法和措施；
e) 单元幕墙收口部位应与总施工平面图中施工机具的布置协调。

15.1.6 点支承玻璃幕墙的安装施工组织设计尚应包括以下内容：

a) 支承钢结构的运输、现场拼装和吊装方案；
b) 拉杆、拉索体系预拉力的施加、测量、调整方案以及索杆的定位、固定方法；
c) 玻璃的运输、就位、调整和固定方法；
d) 胶缝的充填及质量保证措施。

15.1.7 背栓连接的石材幕墙、人造板材幕墙，其施工组织设计尚应包括下列内容：

a) 面板防护、外观尺寸及平整度现场验收计划；
b) 背栓与面板连接部位的配合公差要求；
c) 面板开孔深度、直径、扩孔及误差要求；
d) 背栓连接面板的受拉破坏承载力检测要求以及试验计划。

15.1.8 建筑幕墙、采光顶与金属屋面工程存在下列情况的，属于危险性较大的分部分项工程，施工单位应当在危大工程施工前组织工程技术人员编制专项施工方案，并按规定要求进行专家论证：

a) 施工高度 50m 及以上或单项工程幕墙面积超过 10000 平方米的建筑幕墙安装工程；
b) 采光顶与金属屋面工程；
c) 幕墙施工用搭设高度 50m 及以上的落地式钢管脚手架工程；
d) 非标准架设的高处作业吊篮；
e) 采用自制炮车或滑移轨道等进行材料垂直运输的；
f) 可能存在较大危险性的其他情形。

15.1.9 除全玻幕墙外，玻璃幕墙组件严禁在施工现场打注硅酮结构密封胶。

15.1.10 采用脚手架施工时，应制定脚手架方案。落地式脚手架应为双排或多排布置。

15.1.11 测量放线应符合下列要求：

a) 测量放线前，应先确定主体结构的水平基准线和标高基准线；
b) 幕墙、采光顶与金属屋面分格、轴线的测量应与主体结构测量相配合，及时调整、分配、消化主体结构偏差，不得累积；放线时应进行多次校正；
c) 分格线确定后，应在其垂直方向和水平方向设置控制线。垂直方向每隔 20m 设置一条控制线；
d) 单元式幕墙施工，应对主体结构施工过程中的垂直度和楼层外轮廓进行测量、监控；
e) 应定期对安装定位基准进行校核；
f) 测量应在风力不大于 4 级时进行。

15.1.12 预埋件安装应符合下列要求：

a) 预埋件安装前应按照幕墙、采光顶与金属屋面设计分格尺寸用测量仪器定位；
b) 应采取措施防止浇筑混凝土时埋件发生位移，保持埋件位置准确；
c) 有防雷接地要求的预埋件，锚筋必须与主体结构的接地钢筋绑扎或焊接在一起，其搭接长度应 GB 50057 的规定；
d) 槽式预埋件的钢槽内宜采用对人体无毒害的低密度聚乙烯材料填充，应填充密实，浇注混凝土时不应漏浆，且便于拆除；
e) 安装连接件前应清理预埋件，使埋板露出金属面。

15.1.13 偏位的预埋件应按下列要求处理：

a) 偏差过大不满足设计要求的预埋件应废弃，原设计位置应补后置埋件；
b) 采用焊接工艺连接的后置埋件，应符合本标准第 6.8.7 条的相关规定；
c) 后置埋件钻孔时，应避开主体结构的钢筋，钻孔深度应满足后置埋件的有效埋设长度要求，并清理钻孔。

15.1.14 幕墙、采光顶与金属屋面安装过程中，应及时对半成品、成品进行保护；在构件存放、搬运、吊装时应轻拿轻放，避免造成碰撞、损坏或被污染。

15.1.15 进行焊接作业时，应对受其影响的部件采取有效的保护措施。施焊后，除不锈钢外，应对受到焊接影响的钢材部位进行表面防腐处理。

15.1.16 可现场施工的硅酮建筑密封胶不宜在夜晚、雨天打胶，打胶温度应符合设计要求和产品要求，打胶前应使打胶面清洁、干燥。

15.1.17 幕墙面板安装结束后，现场应进行淋水试验。

15.2 安装施工准备

15.2.1　安装施工之前，应检查现场清洁情况，脚手架和起重运输设备等是否具备幕墙、采光顶与金属屋面安装施工条件。

15.2.2　构件储存时应依照安装顺序排列，储存架应有足够的承载能力和刚度。在室外储存时应采取保护措施。

15.2.3　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。由于主体结构施工偏差而妨碍幕墙施工、安装预埋件位置偏差过大或主体结构未埋设预埋件时，应制订补救措施或可靠连接方案，经与业主、设计、主体结构施工单位洽商后并在安装前实施。

15.2.4　幕墙、采光顶与金属屋面构件安装前应进行检验与校正，不合格的构件不得安装使用。

15.2.5　采用新材料、新工艺、新技术的幕墙，宜进行试安装，经业主、监理、设计单位认可后方可施工。

15.3　预埋件、后锚固连接件

15.3.1　预埋件的形状、尺寸应符合设计要求，预埋件的焊接应符合 GB 50010 及本标准附录 B 的规定。

15.3.2　预埋件的埋设位置应符合设计规定。预埋件安装到位后，应采取有效措施，对预埋件进行固定，并进行隐蔽工程验收。

15.3.3　锚栓孔的位置应符合设计要求。锚栓施工前，宜检测基材原钢筋的位置，钻孔不得损伤主体结构构件钢筋。当采用模扩底锚栓安装时，应采用专用模具式刀具扩孔，不得采用人工偏心式钻头扩孔。锚栓区基材厚度、锚板孔径、锚固深度等构造措施及锚栓安装施工应符合 JGJ 145 的规定，且应采取防止锚栓螺母松动和锚板滑移的措施。

15.3.4　扩孔型锚栓安装，应采取有效措施，防止损坏锚栓头部螺纹。

15.3.5　化学锚栓的安装应符合下列规定：

a)　化学锚栓的表面应干燥、洁净无油污；
b)　锚固胶容器无破损、药剂凝固等异常现象，放置方向和位置应符合产品要求；
c)　螺杆安装时，宜采用专用工具，将螺杆旋转插入孔底。螺杆到达孔底后，应及时停止旋转；
d)　锚栓孔应采用毛刷和压缩空气等方法将孔壁的粉尘清理干净；
e)　螺杆安装完成后，应采取有效措施固定螺杆，防止螺杆松动、移位，并随时检查锚固胶固化是否正常。

15.3.6　后置锚栓安装完成后，应进行锚固承载力现场检验并应符合设计要求。

15.3.7　平板型预埋件和后置锚固连接件锚板的安装允许偏差应符合表 115 的规定。槽型预埋件的允许偏差应符合设计要求。

表115　平板型预埋件和后置锚固连接件锚板的安装允许偏差（mm）

项　目 尺 寸	允许偏差
标高	±10
平面位置	±20

注：设计无要求时，标高和平面位置的允许偏差均为±20。

15.4 构件式幕墙

15.4.1 幕墙立柱的安装应符合下列要求：

a) 立柱与主体结构每个连接节点的角码应两边固定；
b) 立柱安装轴线的允许偏差不应大于 2mm；
c) 相邻两根立柱安装标高差不应大于 2mm，同层立柱最大标高差不应大于 3mm；
d) 立柱安装就位、调整后应及时紧固。

15.4.1 幕墙横梁安装应符合下列要求：

a) 横梁应安装牢固、贴缝严密并应符合设计要求。铝合金横梁与立柱间应留有伸缩间隙，间隙宽度、连接件位置应符合设计要求。间隙应用垫片或密封胶封堵，采用密封胶缝时，胶缝施工应均匀、密实、连续；
b) 横梁与立柱的连接螺钉或螺栓，每个连接点不应少于 2 个，当横梁为开口型材时不宜少于 3 个。不应采用沉头、半沉头的螺钉或螺栓；
c) 同一根横梁两端或相邻两根横梁端部的水平标高差不应大于 1mm。同层横梁最大标高偏差：当一幅幕墙宽度不大于 35m 时，不应大于 4mm；当一幅幕墙宽度大于 35m 时，不应大于 6mm；
d) 采用弹簧钢销连接的横梁安装时，不应出现弹簧根部滑移、塑性变形、松弛、卡死等情况，应确保所有钢销正常弹出并与立柱开孔紧密配合，钢销插入深度应满足设计要求；
e) 安装完成一层后，应及时进行检查、校正和固定。

15.4.2 幕墙主要附件安装应符合下列要求：

a) 隔热层及防火、保温材料应铺设平整、密实、可靠固定，拼接处不留缝隙并应封堵；
b) 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；
c) 明框幕墙组件的通气槽、孔及雨水排出口等位置应符合设计要求，并保持通畅；
d) 封口处应进行封闭处理；
e) 安装时采用的临时衬垫、固定件等，应在幕墙固定后拆除；
f) 采用现场焊接或高强螺栓紧固的构件，应在焊接或紧固后及时进行防锈处理；
g) 安装使用非机制螺钉时，应使用止退垫片。

15.4.3 幕墙玻璃安装应按下列要求进行：

a) 玻璃安装前应进行表面清洁，镀膜玻璃镀膜面的朝向应符合设计要求；
b) 应按规定型号选用玻璃四周的橡胶条，镶嵌应平整。其长度宜比边框内槽口长 1.5%～2%；橡胶条斜面断开后应拼成预定的设计角度，并应采用专用粘结剂粘结牢固。

15.4.4 铝合金装饰构件的安装，应顺直平整、接缝均匀、表面无色差。

15.4.5 金属板安装应符合下列要求：

a) 安装前检查金属面板质量、尺寸是否符合设计要求，表面应无碰伤、划伤；
b) 对横、竖连接件进行检查、测量和调整，保证连接可靠，接缝平直，接缝大小一致；
c) 金属板块采用挂式连接时应有防脱落措施。

15.4.6 石板安装应符合下列要求：

a) 检查石材表面防护是否符合设计要求；
b) 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。色差显著的板块应剔除；
c) 倒挂石材挂件应采用双螺栓固定，石材表面嵌缝应采用专用密封胶或聚氨酯密封胶；
d) 石材挂件安装尚应符合表 116 的要求。

表116 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	钢板尺
挂件入槽深度（与设计值比）	±2.0	钢板尺
背栓挂件钩尖至背栓中心线距离	±1.0	钢板尺
背栓挂件插入（锚入）支承横梁凸缘的深度（与设计值比）	±1.0	钢板尺

15.4.7 人造外墙板面板安装应符合下列要求：

a) 安装面板前应按其相应的现行行业标准和设计要求对面板材料进行面板的弯曲强度试验，用于寒冷地区的幕墙面板，还应进行抗冻性试验；
b) 面板表面防护应符合设计要求；
c) 检查面板用粘结剂的相容性和密封胶的污染性，面板用粘结剂应符合本标准第 4.10 节的规定；
d) 根据连接方式确定幕墙面板的安装顺序，预安装并调整后，需在孔、槽内注胶粘剂的面板，胶粘剂的品种和性能应符合本标准第 4.10 节的规定。

15.4.8 硅酮建筑密封胶施工要求：

a) 板缝密封施工，不得在雨天打胶，也不宜在夜晚进行。打胶时环境温度、湿度应符合设计要求和产品要求，注胶前应使注胶面清洁、干燥；
b) 密封胶宽度和厚度应符合本标准第 5.5.3 条规定。较深的密封槽口底部应采用聚乙烯发泡材料填塞，材料规格尺寸应适当，防止其回弹或收缩；
c) 接缝内的硅酮密封胶应与接缝两侧端面粘结，不应三面粘结。
d) 幕墙面板开缝安装时，应对其支承结构、主体结构采取可靠的防水措施，并应有符合设计要求的排水出口。

15.5 单元式幕墙

15.5.1 单元式幕墙的吊装机具准备应符合下列要求：

a) 应根据单元板块的规格、重量及安装方法选择适当的定型安装吊装机具，非定型吊装机具应进行专门设计，并应经检测机构检测合格。吊装机具的承载能力应大于板块吊装施工中各种荷载和作用组合的设计值；
b) 应对吊装机具安装位置的主体结构承载能力进行校核。附着式吊装机具应与主体结构可靠连接，并有防止脱轨或限位、防倾覆设施；
c) 单元板块在吊装过程中应采取有效防风措施，使板块在垂直运输和吊装过程中不承受水平方向分力，减小摆动。单元板块严禁超重吊装，在雨、雪、雾和风力 5 级及以上天气时不得吊装。吊装应有防碰撞、防坠落措施；
d) 吊装机具上宜设置防止板块坠落的保护设施、行程开关；
e) 吊装机具运行速度应可控制，并有安全保护措施；
f) 吊装前，应对吊装机具进行全面的质量、安全检验，并进行空载试运转之后才能进行吊装；
g) 定期对吊挂用钢丝绳进行检查，发现断股应及时更换；
h) 定期对吊装机具进行检查、保养，发现问题立即停工修理，严禁吊装机具带病作业；
i) 吊装机具操作人员应经培训并考核合格后方可上岗操作；
j) 做好吊装机具的防雨、防潮和防尘措施；
k) 单元板块的吊挂件、支撑件应具备可调整范围，并应采用不锈钢螺栓将吊挂件与立柱固定牢固，固定螺栓不得少于 2 个。

15.5.2 单元组件运输应符合下列要求：

a) 做好成品保护，板块的摆放方向应符合板块规定的运输方向；摆放平稳，固定牢靠，减小板块或型材变形；
b) 装卸及运输过程中，应采用有足够承载力和刚度的周转架、衬垫或弹性垫，使单元板块之间相互隔开并相对固定，防止划伤、相互挤压和串动；
c) 异形板块和超过运输允许尺寸的单元板块，应采取特殊措施；
d) 运输过程中，应采取措施减小颠簸并做好预防天气变化的准备措施，
e) 楼层上设置的接料平台应进行专门设计，接料平台的承载能力应大于板块、周转架的最大自重以及搬运人员体重和其他施工荷载的组合设计值。同时，能承受承料台所承受水平荷载的分力。接料平台的周边应设置防护栏杆。

15.5.3 在场内堆放单元板块时，应符合下列要求：

a) 宜设置专用堆放场地，并应有安全保护措施。短期露天存放时应采取防护措施；
b) 宜存放在周转架上；
c) 应依照安装顺序先出后进的原则按编号排列放置；
d) 不应直接叠层堆放；
e) 不宜频繁装卸。

15.5.4 板块起吊和就位应符合下列要求：

a) 板块上的吊挂点位置、数量应根据板块的形状和重心设计，吊点不应少于 2 个。必要时，可增设吊点加固措施；
b) 应进行试吊装；
c) 起吊单元板块时，应使各吊点均匀受力，起吊过程应保持单元板块平稳；
d) 吊装升降和平移应使单元板块不摆动、不撞击其他物体；
e) 吊装过程应采取措施保证装饰面不受磨损和挤压；

地方标准信息服务平台

f） 单元板块就位时，应先将其挂到主体结构的挂点上，板块未固定前，吊具不得拆除。

15.5.5 固定于主体结构上的连接件（挂座）安装，应符合下列要求：

a） 连接件调整完毕后，应及时进行防腐处理；
b） 连接件安装允许偏差应符合表 117 的规定。

表117 连接件安装允许偏差(mm)

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

15.5.6 板块安装应按下列规定进行：

a） 板块安装前，应对下一层板块的上横框型材进行清理，并检查板块接口之间的防水装置、密封措施是否符合设计要求；
b） 安装施工中，严禁用铁锤等敲击板块；
c） 每一板块安装后应进行测量，使幕墙的水平度和垂直度偏差不大于板块相应边长的 1/1000。

15.5.7 板块校正及固定应按下列规定进行：

a） 单元板块就位后，应及时调整、校正、固定；
b） 单元板块调整、校正后，应及时安装防松脱、防双向滑移和防倾覆装置。采用焊接施工时，应及时对焊接部位进行防腐处理；
c） 单元板块固定完成后，应及时清洁单元板块上部型材槽口，并按设计要求完成板块接口之间的防水密封处理；
d） 按设计要求安装防雷装置、保温层、防火层。防火材料应采用锚钉固定牢固，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；
e） 单元板块固定后，方可拆除吊具，并应及时清洁单元板块的型材槽口。

15.5.8 同层排水的单元式幕墙系统，单元板块安装固定后，应按规定进行盛水试验，及时处理渗漏现象。

15.5.9 施工中如果暂停安装，应对板块对插槽口等部位进行保护；施工过程中应对安装完毕的单元板

块及时进行成品保护。

15.6 全玻璃幕墙

15.6.1 全玻璃幕墙安装前，应清洁镶嵌槽；中途暂停施工时，应对槽口采取保护措施。

15.6.2 全玻璃幕墙安装过程中，应随时检测和调整面板、玻璃肋的水平度和垂直度，使幕墙面安装平整。

15.6.3 每块玻璃的吊挂装置应位于同一平面，吊夹受力应均匀。

15.6.4 全玻璃幕墙玻璃两边嵌入槽口深度及预留空隙应符合设计要求，左右空隙尺寸宜相同。

15.6.5 全玻璃幕墙的玻璃宜采用机械吸盘安装，并应采取必要的安全措施。

15.6.6 吊挂式全玻璃幕墙安装应符合以下要求：

a) 一块玻璃上的吊挂装置应位于同一结构体上，不应跨越主体结构变形缝；
b) 吊挂装置与主体结构挂点应连接牢固，吊点受力应均衡；
c) 吊挂装置不应承受水平荷载作用，玻璃面板及支承玻璃肋顶部应设置可靠的刚性水平传力构件。

15.7 点支承玻璃幕墙

15.7.1 点支承玻璃幕墙支撑结构的安装应符合下列要求：

a) 支承结构安装过程中，组装、焊接和涂装修补等，应符合相关标准的规定；
b) 大型支承结构构件应有吊装设计，并应试吊；
c) 支承结构安装就位，经调整后应及时紧固定位，并对隐蔽工程进行验收；
d) 钢构件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层以及未涂装的安装连接部位，应按 GB 50205 的有关规定补涂。

15.7.2 索结构、拉杆桁架支承体系中拉杆和拉索预拉力的施加应符合下列要求：

a) 钢拉杆和钢拉索安装时，应按设计要求施加预拉力，并宜设置预拉力调节装置。钢拉索和钢拉杆采用液压千斤顶张拉时，预拉力宜采用油压表控制；分级张拉结束时，宜采用测力计进行拉力复核；
b) 钢拉杆采用扭力扳手施加预拉力时，应事先进行标定；
c) 张拉前应评估索体张拉对相邻索位形及其张拉力的影响；影响程度大时，应通过预应力施工全过程模拟计算确定预应力张拉方案；
d) 施加预应力宜以张拉力为控制量；对结构重要部位宜进行索力和位移双控；
e) 拉索张拉应遵循分阶段、分级、对称、缓慢匀速、同步加载的原则；在张拉过程中，应对拉杆、拉索的预拉力依据现场实际状况作必要调整；
f) 张拉前必须对构件、锚具等进行全面检查，并应签发张拉通知单。张拉通知单应包括张拉日期、张拉分批次数、每次张拉控制力、张拉用机具、测力仪器及使用安全措施和注意事项；
g) 应建立张拉记录；
h) 拉杆、拉索实际施加的预拉力值应考虑施工温度的影响；
i) 可结合张拉索杆支承结构的受力特性，从千斤顶直接张拉、拉索调节器调节、索端支座强迫就位、索体横向牵拉或顶推等方法中选择合适的张拉方法。

15.7.3 点支承玻璃幕墙爪件安装前，应精确定出其安装位置。爪座安装的允许偏差应符合本标准表

118 的要求。

表118　支承结构安装允许偏差

名称	允许偏差（mm）
相邻两竖向构件间距	±2.5
竖向构件垂直度	//1000 或≤5，/ 为跨度
相邻三竖向构件外表面平面度	5
相邻两爪座水平间距和竖向距离	±1.5
相邻两爪座水平高低差	1.5
爪座水平度	2
同层高度内爪座高低差：间距不大于 35m 间距大于 35m	5 7
相邻两爪座垂直间距	±2.0
单个分格爪座对角线差	4
爪座端面平面度	6.0

15.8　采光顶

15.8.1　采光顶的安装施工应按下列要求进行：

a）　根据采光顶的形状确定施工放线的基点，找出定位基准线，以基准线为定位点确定采光顶各分格点的空间定位，支座安装应定位准确；
b）　支承结构的安装应按预定安装顺序安装；
c）　采光顶框架构件、点支承装置安装调整就位后应及时紧固；
d）　装饰压板应顺水流方向设置，表面应平整，接缝符合设计要求；
e）　采光顶的周边封堵收口、屋脊处压边收口、支座处封口处理应铺设平整且可靠固定，并应符合设计要求；
f）　采光顶防雷体系的设置应符合设计要求；
g）　采光顶天沟、排水槽及隐蔽节点施工应符合设计要求；
h）　保温材料应铺设平整且可靠固定，接缝处不应留缝隙；
i）　通水槽及雨水排出口等应按设计要求施工；
j）　安装用的临时紧固件应在构件紧固后及时拆除；
k）　采用现场焊接或高强螺栓紧固的构件，在安装就位后应及时进行防锈处理。

15.8.2　采光顶玻璃安装应按下列要求进行：

a）　安装前应对玻璃表面进行清洁，夹层玻璃的朝向应符合设计要求；

b) 采用橡胶条密封时，胶条长度宜比边框内槽口长 1.5%～2.0%；橡胶条斜面断开后应拼成预定的设计角度，并应粘结牢固、镶嵌平整；
c) 球形或椭球形采光顶玻璃宜按从中心向四周辐射的方法施工。

15.9 金属屋面

15.9.1 金属平板屋面的安装和运输应符合 JGJ 133 的相关规定。

15.9.2 金属屋面的收边、收口和变形缝安装应符合设计要求。

15.9.3 构件加工完经检验合格后应进行包装。支承结构构件、天沟、压型金属板等宜用捆或箱包装；连接件、紧固件等宜用箱包装。包装应确保构件表面和边角不受损坏；对有防潮和防水要求的构件，应采取防潮防雨措施。

15.9.4 金属承重板未经计算校核，不得作为安装及维护时的行走通道。

15.9.5 支承结构安装应符合下列规定：

a) 支承结构包括主檩条（主龙骨）、次檩条（次龙骨）和固定支座等。应先安装主檩条（主龙骨），再安装次檩条（次龙骨），最后安装固定支座。
b) 在安装支承结构前，应先在主体结构上标出安装基准线和控制点，并应按施工方案和排版图要求的顺序和分区进行安装；
c) 主檩条（主龙骨）和次檩条（次龙骨）安装质量应符合设计要求和 GB 50205 的规定。
d) 固定支座安装质量应符合表 119 要求。

表119 固定支座安装质量（mm）

项目	要求及允许偏差	检查方法	检查数量
固定支座固定	固定支座紧固、无松动，紧贴檩条或支承结构。	观察或用小锤敲击检查。	按固定支座数抽查 5%，且不得少于 20 处。
沿板长方向，相邻固定支座横向偏差	±2.0	用拉线和钢尺检查。	
沿板宽方向，相邻固定支座纵向偏差	±5.0		
沿板宽方向相邻固定支座横向间距偏差	+3.0 −2.0		
相邻固定支座高度偏差	±4.0		
固定支座纵倾角	±1.0°	钢尺、角尺检查	
固定支座横倾角	±1.0°		

15.9.6 金属承重板安装应符合下列规定：

a) 在金属承重板安装前，应在主体结构上标出安装基准线和控制点，并应按施工方案和排版图要求的顺序和分区进行安装；

b) 金属承重板安装时，应有安全措施保证操作人员安全，必要时宜设置安全网。安装过程中应采取措施防止集中荷载造成屋面板局部破坏；
c) 金属承重板长度方向搭接不宜小于 120mm；宽度方向搭接宜至少一个波；
d) 金属承重板与支承结构连接，当金属承重板波距不大于 200mm 时，端部连接螺钉间距不宜大于 200mm；当金属承重板波距大于 200mm 时，每波谷不宜少于两个螺钉，其余部位不宜大于 350mm，并应符合设计要求；
e) 在金属承重板端部应设置与板剖面形状相同的堵头。在角部、屋脊、檐口、屋面板洞口或突出物周围，应设置密封性能好和外形美观的泛水板或收边板。

15.9.7 隔汽层、保温隔热层安装应符合下列规定：

a) 隔汽层铺设时，应保证排布均匀、铺设平整、连接可靠；
b) 隔汽层应沿顺坡方向搭接，搭接部位应采用双面胶带或液体胶粘结，纵、横向搭接长度不应小于 80mm，并应减少固定支座等的穿孔；
c) 无纺布应紧贴底板层铺设，并沿顺坡方向搭接，纵、横向搭接长度不应小于 80mm；
d) 保温、吸音棉铺设时，应按保温、吸音棉的实际宽度铺设，吸音棉纵、横向搭接长度不应小于 30mm；在铺设时应尽量避免吸音棉被压实。当采用高波板作底层板时，波谷内应填满吸音棉；
e) 隔音层铺设时，应保证隔音层材料拼缝处密实；
f) 岩棉铺设时，应保证铺设平整、拼缝处密实；当采用双层或多层岩棉时，上下层岩棉应错缝铺设。当岩棉用于墙面时，应采用岩棉钉固定牢固；
g) 严禁在雨雪天进行保温、吸音棉安装。当天安装完成的保温、吸音棉应有可靠的防护措施。

15.9.8 防火、防水层安装应符合下列规定：

a) 防火层可采用机械固定或直接粘贴等方式铺设。板状防火板宜采用机械固定法铺设，非板状防火板宜采用胶带直接粘贴铺设。
   1) 采用直接粘贴时应紧贴基层表面，并应错缝铺设；连接应可靠，拼缝应密实；
   2) 采用机械固定法铺设时，固定垫片应与板材表面平齐；固定件应穿透防火板固定在受力层上；
b) 防水层安装应符合下列规定：
   1) 防水垫层、防水卷材防水透气膜施工前应先定位；防水卷材铺贴时应平整、顺直；
   2) 防水卷材宜平行屋脊或垂直于压型金属板波峰铺贴，搭接方向应顺排水方向；短边搭接缝相互错开不应小于 300mm；
   3) 防水卷材的收头部位宜采用压条钉压固定，并对收头处进行密封处理；
   4) 防水卷材或防水透气膜应收口在坚实、无贯穿缝的基层上，并采用粘结剂、收口压条等进行收口，收口应采用密封胶进行密封；
   5) 穿出屋面的设施、管道和预埋件等，应在防水层施工前安装固定牢固；
   6) 当采用机械固定法固定时，固定件数量和间距应符合设计要求；固定件应在压型金属板的波峰上固定，并应垂直于压型金属板，与防水卷材结合应紧密，固定方式可采用点式固定或线性固定。在收口和开口部位，当固定件不能设在波峰上时，应增加收边加强钢板，螺钉应固定在加强钢板上。螺钉穿出压型金属板的有效长度不应小于 3 牙；
   7) 当防水卷材搭接部位采用热风焊接时，搭接部位应均匀加热、满贴，不得漏焊或过焊；

8） 当采用胶带粘结防水垫层或防水透气膜的接缝时，应保证接缝粘结连接牢固。

15.9.9 金属面板安装应符合下列规定：

a） 在金属面板安装前，应先在支撑结构上标出安装基准线和安装控制点，并从安装基准线开始铺设；

b） 金属面板严禁在雨天或雪天安装，五级风及以上时不得安装；

c） 金属面板应根据板型和设计的配板图铺设，铺设时应先在檩条上安装固定支座，板材和支座的连接应按所采用板材的要求确定。金属面板的铺设和固定还应符合下列规定：

1） 金属屋面板宜逆主导风向铺设；当在多维曲面上雨水可能翻越金属压型板板肋横流时，压型金属板的纵向搭接应顺水流方向；

2） 金属屋面板施工测量应与主体结构测量相配合，施工过程中应定期对压型金属板的安装基准点进行校核，并从屋面安装基准线开始铺设，按规定的顺序和分区进行安装；

3） 金属屋面板安装时应边铺设边调整、边固定。对于节点部位，在铺设金属板时，还应根据设计要求，敷设泛水板和防水密封材料；

4） 当天铺设就位的面板应当天完成连接，未铺设或连接完的，应采取临时措施绑扎牢固；

5） 铺设面板时，应在面板上设置临时施工通道，并保护板面不受损伤；

6） 应根据安装环境温差对金属板的长度进行修正。

d） 相邻两块压型金属板板宜顺年最大频率风向搭接；上下两排版的搭接长度应根据板型和屋面坡长确定，并应符合本标准第 13.5.35 条的规定，搭接部位应采用密封材料密封；对接拼缝与外露螺钉应作密封处理；

e） 金属面板端部现场切割时应保证整齐、干净，切割端部应做好防腐处理；

f） 泛水板、包角板、屋脊盖板等，加工前应复测现场尺寸，安装前应先放线，铺设应整齐、连接应牢固可靠，密封材料敷设应完成。

15.9.10 直立锁边板金属屋面安装除应满足本标准第 15.9.8 条要求外，还应符合下列规定：

a） 直立锁边板的肋高和板宽应符合设计要求，顺水流方向设计；沿坡度方向（纵向）宜为一整体，无接口，无螺钉连接；压型面板长度不宜大于 25 米，且应设置相应变形导向控制点；

b） 直立锁边屋面板与立面墙体及突出屋面结构等交接处应作泛水处理，固定就位后搭接口处应采用密封材料密封；

c） 直立锁边板咬合应符合设计要求，平行咬口间距应准确、立边高度应一致。咬口顶部不得有裂纹，咬口连接处直径（或高度）应满足屋面系统技术要求，偏差不得超过 2mm；

d） 直立锁边屋面的檐口线、泛水段应顺直，无起伏现象。檐口与屋脊局部起伏 5m 长度内不大于 10mm；

e） 在檐沟与金属面板搭接部位，金属面板应深入檐沟内，其长度不宜小于 50mm；檐口端部应采用专用封檐板封堵；山墙应采用专用包角板封严。无檐沟屋面金属面板挑出长度不宜小于 120mm，无组织排水屋面且无檐沟时金属面板挑出长度不宜小于 200mm；

f） 泛水板单体长度不宜大于 2m，泛水板的安装应顺直；泛水板与直立锁边板的搭接宽度应符合不同板型的设计要求；

g） 直立锁边系统板缝咬合方向应符合设计要求，平行流水方向宜采用立咬口，咬口折边方向应按顺水流方向或主导风向设置。垂直流水方向的板缝可采用平咬口；

h) 金属面板与突出屋面结构的连接处，金属面板应向上弯起固定后做成泛水，其弯起高度不宜小于 200mm；
i) 底泛水与面泛水安装位置及工艺应满足设计要求，接口应紧密。面泛水板与面板之间、收口板与面板之间应采用泡沫塑料封条密封，底泛水板与面板搭接处应采用硅酮密封胶粘结牢靠。

15.9.11 梯形、正弦波纹压型金属屋面安装除应满足本标准第 15.9.8 条要求外，还应符合下列规定：

a) 采用压板固定式金属板材时应采用带防水垫圈的螺栓固定，固定点应设在波峰上。外露螺栓应采用密封胶密封。螺栓数量在波瓦四周的每一搭接边上，均不应少于 3 个，波中央不少于 6 个；
b) 压型板挑出部分应符合设计规定，且无檐沟时，挑出墙面不应小于 200mm；有檐沟时深入檐沟长度不应小于 150mm，掩口应采用专用堵头封檐板封堵，山墙应采用专用包角板封严；
c) 铺设压型板宜从檐口开始，相邻两块应顺主导风向搭接，搭接宽度横向不应少于一个波，纵向搭接长度不应小于 200mm。搭接部位应采用密封材料密封，对接拼缝与外露螺钉应作密封处理；
d) 屋脊、斜脊、天沟和突出屋面结构等与屋面连接处应采用泛水板连接，每块泛水板的长度不宜大于 2m，泛水板的安装应顺直，其与压型板的搭接宽度不少于 200mm，泛水板高度不应小于 150mm。

15.9.12 金属面夹芯面板安装应符合下列规定：

a) 金属面夹芯板安装前，应检查出厂合格证、检测报告等进行验收。工程有要求时还需提供复测报告复检；
b) 金属面夹芯板与支承结构的连接应牢固可靠，并应满足热胀冷缩的要求；
c) 屋面板安装时，屋面板长度方向的搭接点必须落在檩条或支撑件上。金属面夹芯板长度方向搭接时应切割掉内层金属板和夹芯层材料，搭接长度应符合本标准第 13.5.35 条的规定；
d) 金属板堆码高度不宜超过 1.5m，可用垫木作为垫材，垫材的间距不宜超过 2m，且两端部不宜悬空；
e) 搭接部位应使用紧固件连接，间距不得大于 300mm。所有搭接缝必须密封，紧固件外露部位应采取防水措施；
f) 辅件的搭接应按顺水流方向压接，其压接长度不应小于 60mm，可用拉铆钉连接，其间距不应大于 200mm；
g) 屋面上安装的其它设备、装置，应和主体结构相连接，不得与夹芯板的上下层金属板固定。设备、装置与夹芯板间应留一定距离，并应做好设备、装置周边的防水处理；
h) 穿透屋面板的紧固件不得设在波谷内，不穿透屋面板的紧固件不宜设在波谷内，且必须采取防水措施；
i) 在夹芯板成品上钻孔、切割等作业时，应对夹芯板表面进行保护，遗留的金属屑、螺丝、泡沫等应随时清除。

15.9.13 连接节点安装应符合下列规定：

a) 紧固件安装应按设计要求选用紧固件规格、型号和数量，并按设计规定的间距、排布进行施工；安装时应保证紧固件与构件表面垂直；不同种类的紧固件应采用专门的安装工具进行安装；
b) 抗风、档雪、防跌落及装饰层连接件安装时应保证连接件与压型金属板肋完全接触，且应与压型金属板固定支座的位置相对应，并应保证压型金属板满足热胀冷缩要求；
c) 安装完毕的天沟应作蓄水试验，保证排水通畅，底部不应积水；
d) 防雷构件安装时应与下部结构构件完全接触并紧固，变形缝处应做好跨越处理。

地方标准信息服务平台

15.9.14　天窗安装时应在作业面铺设临时水平通道及安全防护措施，骨架焊接时应有防火措施。

15.9.15　金属面板安装完成后，应按以下要求进行成品保护：

a)　应保护屋面不受坠物冲击，严禁在屋面上任意行走或堆放物件；
b)　进行焊接时，应采取措施防止因焊把线短路损坏金属面板；
c)　在已安装好的金属面板上施工时，应在作业面、行走通道等部位铺设木板等临时保护措施；
d)　安装完成的板面应保持清洁，不应留有任何杂物。

15.10　安全规定

15.10.1　幕墙、采光顶与金属屋面安装施工除应符合 JGJ 80、JGJ 33、JGJ 46、JGJ 202 的有关规定外，还应遵守施工组织设计中确定的各项要求。

15.10.2　施工作业人员应经安全技术培训，上岗前应进行安全技术交底并书面记录。特种作业人员应取得安全作业证书后持证上岗。

15.10.3　安装施工机具在使用前，应进行全面检查、检修，使用中应定期进行安全检查。手持电动工具应进行绝缘电压试验；手持玻璃吸盘及玻璃吸盘机应进行吸附重量和吸附持续时间试验。使用前，应进行试运转。

15.10.4　与主体结构施工交叉作业时，应满足下列要求：

a)　高层建筑的幕墙施工安装时，应在主体结构的施工层下方设置防护设施；在距离地面约 3m 高度处，应设置挑出宽度不小于 6m 的水平防护设施；
b)　采光顶与金属屋面施工安装时，应在其施工层下方设置防护网。

15.10.5　采用外脚手架施工时，除应符合 GB 51210、JGJ 130 的有关规定外，还应满足下列要求：

a)　脚手架应进行设计，并应与主体结构可靠连接，经验收合格后方可使用；
b)　采用落地式钢管脚手架时，应双排布置；
c)　脚手架上不得超载，应及时清理杂物，不得设置起重装置。脚手架应有防坠落措施，栏杆上不应挂放工具。如需部分拆除脚手架与主体结构的连接时，应采取措施防止失稳。

15.10.6　采用吊篮、马道施工时，应符合 GB/T 19155、JB/T 11699 的有关规定外，还应满足下列要求：

a)　施工吊篮、马道应进行设计，使用前应进行严格的安全检查，符合要求方可使用；马道两侧的护栏高度不得小于 1100mm，底部应铺厚度不小于 3mm 的防滑钢板，并连接可靠；
b)　施工吊篮、马道不应作为材料竖向运输工具，并不得超载；
c)　不应在空中进行施工吊篮、马道检修和进出吊篮；
d)　不宜在施工马道内放置带电设备，不得利用施工马道构件作为焊接地线；
e)　安装吊篮的场地应平整，并能承受吊篮自重和各种施工荷载的组合设计值；
f)　吊篮用配重与吊篮应可靠连接；
g)　每次使用前应进行空载运转并检查安全锁是否有效。进行安全锁试验时，吊篮离地面高度不得超过 2.0m，并只能进行单侧试验；
h)　施工人员应经过培训，熟练操作施工吊篮；
i)　施工吊篮上的施工工人必须戴安全帽、配系安全带，安全带必须系在保险绳上并与主体结构有效连接；

j) 吊篮上不得放置电焊机，也不得将吊篮和钢丝绳作为焊接地线，收工后，吊篮应降至地面，并切断吊篮电源；
k) 收工后，吊篮及吊篮钢丝绳应固定牢靠，并做好电器防雨、防潮和防尘措施。长期停用，应对钢丝绳采取有效的防锈措施。

15.10.7 现场焊接作业时，应采取可靠的防火措施。

15.10.8 施工过程中，每完成一道施工工序后，应及时清理施工现场遗留的杂物。施工过程中，不得在窗台、栏杆上放置施工工具。在脚手架和吊篮上施工时，不得随意抛掷物品。

16 检验与检测

16.1 一般规定

16.1.1 对于应用高度超过 24 米，且总面积超过 300 ㎡的新建建筑幕墙产品，应按 GB/T 21086 相关规定对其幕墙性能进行检验；对于应用高度不超过 24 米，且总面积不超过 300 ㎡的建筑幕墙产品，幕墙性能必检项目可采用同类产品的型式试验结果。

16.1.2 既有建筑幕墙有下列情况之一的，应进行安全性能检测评估：

a) 未按建筑幕墙规范设计、施工和验收；
b) 工程技术资料、质量证明资料不齐全；
c) 停建的建筑幕墙工程复工前；
d) 遭遇地震、火灾，或强风袭击发生幕墙损坏；
e) 发生幕墙面板碎裂（不含合理的自爆）、开启部分坠落或构件损坏等情况；
f) 建筑幕墙使用过程中出现质量问题，业主或主管部门有评估要求。

16.1.3 大型及特大型建筑幕墙工程的安全、节能及防火应经专项评估。

16.1.4 抽样检测项目的样本容量及检测结果判定可按现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定执行。

16.2 材料检验

16.2.1 进场后需要进行复检的材料种类及项目应符合工程进场验收的条款规定。同一厂家生产的同一品种、同一类型的进场材料应至少抽取一组样品复检，合同另有约定时按合同执行。

16.2.2 铝合金型材的检验包括规格、壁厚、膜厚、硬度、表面质量、抗拉强度及抗剪强度检测。

16.2.3 钢材的检验包括规格、壁厚、表面质量、防腐层厚度、抗拉强度及抗剪强度检测。预埋件的形状、尺寸应符合设计要求，预埋件的焊接应符合 GB 50010 的规定。

16.2.4 玻璃的检验包括品种、厚度、边长、外观质量、应力、光学性能、热工性能、边缘处理情况及中空玻璃露点。隐框、半隐框中空玻璃合片结构胶性能和注胶质量按本标准 3.4 节规定检验。

16.2.5 石材、人造板材等其它非金属板材的检验包括吸水率、弯曲强度、厚度、表面质量等，按设计要求提供耐火等级报告及材料力学性能（压缩强度、耐磨性）检测报告。

16.2.6 对有抗震设计要求的建筑幕墙，面板采用背栓支承连接的，其锚固连接性能应满足 GB/T 18575 的规定，并按设计要求提供相应的振动台试验报告。

16.2.7　金属板材及金属复合板材的检验包括厚度、金属板与夹心层的剥离强度、板材表面涂层质量等。

16.2.8　蜂窝板的检验包括正、背面板厚度和剥离强度等。

16.2.9　硅酮结构密封胶、硅酮建筑密封胶及密封材料检验：

a）　硅酮结构密封胶检验相容性、剥离粘结性、邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能、破坏形式、样板的注胶宽度、厚度、密实度和截面色泽等；
b）　硅酮建筑密封胶检验相容性、粘结性能、样板的注胶宽度、厚度、密实度、表面状态等；
c）　其他密封材料及衬垫材料检验相容性、粘结性能等。

16.2.10　五金件及其它配件检验外观质量、活动性能和力学性能等，必要时检测腐蚀性、膜厚度及附着力。

16.2.11　幕墙保温材料、防火封堵材料检测除包括吸水率、密度外，保温材料应进行导热系数检测，防火封堵材料应进行燃烧性能检测。

16.3　性能检测

16.3.1　幕墙性能应由国家认可的检测机构实施，检测项目应根据幕墙的型式、功能和性能要求确定。

16.3.2　检测样品：

a）　样品规格、型号和材料等应与设计图纸一致，样品应按设计要求安装，不得加设任何附件或采取其他措施，样品应干燥；
b）　样品高度至少应包括一个层高，样品宽度至少应包括承受设计荷载的一组竖向构件，并在竖直方向上与承重结构至少有两处连接。样品组件及安装的受力状况应和实际工况相符；
c）　单元式幕墙应至少包括与实际工程相符的一个典型十字缝，其中一个单元的四边接缝构造与实际工况相同；
d）　样品应包括典型的垂直接缝、水平接缝和可开启部分。开启部位的五金件必须按照设计规定选用与安装，排水孔位应准确齐全；
e）　样品应包括面板的不同类型，并包括不同类型面板交界部分的典型节点。样品周边应密封处理。

16.3.3　检测顺序：

幕墙样品安装于测试箱体。采光顶棚和金属屋面的安装，应使样品倾角与实际工程一致。样品与箱体之间应密封处理，按照如下顺序检测：

a）　气密性检测；
b）　水密性检测（稳定加压、波动加压）；
c）　动态水密性检测（选做）；
d）　抗风压性能检测（最大试验压力为风荷载标准值）；
e）　重复气密性检测；
f）　重复水密性检测；
g）　平面内变形性能检测（1 倍的主体结构弹性层间位移控制值）；
h）　重复气密性检测；
i）　重复水密性检测；
j）　热循环（选做）；
k）　热循环试验后，应重复气密性检测和水密性检测；

地方标准信息服务平台

l） 抗风压性能检测（最大试验压力为1.5倍风荷载标准值）；
m） 平面内变形性能检测（3倍的主体结构弹性层间位移角控制值）；
n） 热工性能检测（选做）；
o） 耐撞击性能检测（选做）；
p） 抗震性能振动台检测（选做）；
q） 防风啸的检测（选做）

16.3.4 检测方法：

a） 气密性能、水密性能、抗风压性能应按GB/T 15227的规定检测；
b） 动态水密性能应按GB/T 29907的规定检测；
c） 平面内变形性能应按GB/T 18250的规定检测；
d） 热循环试验应按JG/T 397的规定检测；
e） 耐撞击性能应按GB/T 21086附录F的规定检测；
f） 抗震性能振动台检测应按GB/T 18575的规定进行。

16.3.5 幕墙防火性能检测：

a） 防火性能应由具有相关资质的机构检测；
b） 防火玻璃裙墙，按GB/T 9978.8的规定检测；
c） 防火玻璃及幕墙构件制作的防火墙，需要进行防火性能检测的，按GB/T 12513的规定检测。

16.4 现场检测

16.4.1 幕墙槽式埋件、后置埋件的锚栓和面板的背栓，应现场检测抗拉拔、抗剪性能，检测的性能应符合设计要求，检测方法应按JGJ 145、GB/T 38525的规定执行。不同类型、不同规格和用于不同结构和构件的锚栓，检测数量均不应少于3个。

16.4.2 幕墙施工过程中，有水密性要求的建筑幕墙应进行现场淋水试验，宜每三层进行一次现场淋水试验，并应选取典型部位进行现场淋水试验，试验方法应按GB/T 21086附录D的规定执行。

16.4.3 单元式幕墙在板块安装过程中，每完成一层，应进行排水槽防渗漏盛水试验。

16.4.4 按建筑设计要求，对热工性能有较高要求的建筑幕墙，可现场检测热工性能，检测方法按GB/T 21086附录E的规定执行。也可在有相应资质的检测实验室进行热工性能检测，并提供检测报告。

17 工程验收

17.1 一般规定

17.1.1 建筑幕墙、金属屋面与采光顶工程验收除符合本标准规定外，尚应符合GB 50210、JGJ/T 139、JGJ 255、GB 50345、GB 50896等国家现行标准的相关规定。

17.1.2 幕墙工程验收前应将其表面清洗干净。

17.1.3 幕墙工程验收时，应根据工程实际情况检查下列文件和记录的部分或全部：

a） 幕墙工程的竣工图或施工图、结构计算书、热工性能计算书、设计变更文件及其他设计文件；
b） 幕墙工程所用材料、构件及组件、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检测报告、进场验收记录，强制性认证产品应有认证报告，进口材料应有商检证明；

地方标准信息服务平台

c） 均质钢化玻璃除应提供产品合格证外，尚应提供均质加工过程记录；
d） 国家认可的检测机构出具的硅酮结构胶相容性和剥离粘结性试验报告；
e） 后置埋件的现场拉拔检测报告、槽式埋件的现场拉拔检测报告；
f） 幕墙抗风压性能、气密性能、水密性能、平面内变形性能及其他设计要求的性能检测报告。
g） 注胶、养护环境的温度、湿度记录；双组份硅酮结构胶的混匀性试验记录及拉断试验记录；
h） 幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；
i） 隐蔽工程验收文件；
j） 幕墙构件和组件加工制作记录、安装施工质量检查记录；
k） 张拉索杆体系预拉力张拉记录；
l） 现场淋水试验记录；
m） 其他质量保证资料。

17.1.4 幕墙工程应对下列材料进行复验：

a） 铝材的规格、壁厚、膜厚、硬度、表面质量、抗拉强度及抗剪强度等；
b） 钢材的规格、壁厚、表面质量、防腐层厚度、抗拉强度及抗剪强度等；
c） 金属板材及金属复合板材的厚度、金属板与夹心层的剥离强度、板材表面涂层质量等，蜂窝板的正、背面板厚度和剥离强度；
d） 硅酮结构密封胶检验相容性、剥离粘结性、邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能、破坏形式、样板的注胶宽度、厚度、密实度和截面色泽等；
e） 硅酮建筑密封胶检验相容性、粘结性能、样板的注胶宽度、厚度、密实度、表面状态等；
f） 其他密封材料及衬垫材料检验相容性、粘结性能等；
g） 幕墙玻璃品种、厚度、边长、外观质量、应力、光学性能、热工性能、边缘处理情况及中空玻璃露点；
h） 钢化玻璃碎片状态、霰弹袋冲击、落球冲击、夹层玻璃霰弹袋冲击、落球冲击；
i） 石材面板及人造板材的弯曲强度、吸水率、厚度、表面质量；
j） 保温材料的吸水率、导热系数、密度；防火封堵材料的吸水率、密度、燃烧性能；
k） 五金件及其它配件检验外观质量、活动性能和力学性能；
l） 挂件材质、规格、厚度等。

17.1.5 幕墙工程应在安装施工过程中对下列隐蔽工程项目进行验收，应有详细的文字记录和必要的图像资料。

a） 预埋件或后置埋件、锚栓及连接件；
b） 构件与主体结构的连接节点；
c） 幕墙面板与支撑结构的连接节点；
d） 幕墙四周、幕墙内表面与主体结构之间的封堵；
e） 幕墙伸缩缝、变形缝、沉降缝及墙面转角处的构造节点；
f） 幕墙防雷连接节点；
g） 幕墙防火、隔烟节点；
h） 单元式玻璃幕墙的封口节点。

17.1.6 幕墙工程质量检验应进行观感检验和抽样检验，并按下列规定划分检验批，每幅幕墙均应检验：

地方标准信息服务平台

a) 相同设计、材料、工艺和施工条件的幕墙、金属屋面与采光顶工程每500～1000m2应划分为一个检验批，不足500m2也应划分为一个检验批。每个检验批每100m2应至少抽查一处，每处不得小于10m2；
b) 同一单位工程的不连续的幕墙、金属屋面与采光顶工程应单独划分检验批；
c) 对于异型或特殊要求的幕墙、金属屋面与采光顶工程，检验批的划分应根据其结构、工艺特点及工程规模，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

17.2 主控项目

17.2.1 幕墙工程所使用的各种材料、构件和组件的质量，应符合现行国家、行业标准及设计要求；幕墙立面材质、开启窗设置，应符合设计要求；

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书，进场验收记录及性能检测报告和材料的复验报告。

17.2.2 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及槽式预埋件、后置埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；槽型预埋件、后置埋件的拉拔试验检测报告。

17.2.3 幕墙框架与主体结构预埋件或后置埋件的连接、幕墙构件之间的连接位置、面板连接件与面板的连接、面板连接件与幕墙构架的连接、安装应可靠并符合设计要求。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

17.2.4 隐框或半隐框玻璃幕墙，每块玻璃下端应设置两个铝合金或不锈钢托条，其长度不应少于100mm，厚度不应少于2mm。

检验方法：观察；检查施工记录。

17.2.5 幕墙防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

17.2.6 各种变形缝、墙角的连接节点应符合现行国家、行业标准及设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

17.2.7 幕墙开启窗的配件应齐全，安装应牢固，安装位置和开启方向、角度及开启距离应正确；开启应灵活，关闭应严密；幕墙开启窗应设置防止玻璃脱落的构造措施。

检验方法：观察；手扳检查；开启和关闭检查。

17.2.8 封闭式幕墙的板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和厚度应符合现行国家、行业标准及设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

17.2.9 有水密性要求的幕墙应无渗漏。

检验方法：在易渗漏部位进行淋水试验。

17.2.10 幕墙的防雷装置必须与主体结构的防雷装置可靠连接，防雷装置的设置应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

17.3 一般项目

17.3.1 幕墙面板的品种、规格、颜色、光泽及安装应符合设计要求，幕墙表面应平整、洁净、色泽均匀一致、无污染。

检验方法：观察，检查进场验收记录。

17.3.2 幕墙的外露框料或装饰条应光滑顺直，颜色、规格应符合设计要求，安装应牢固。

检验方法：观察；手扳检查；检查进场验收记录，

17.3.3 幕墙的密封胶缝应横平竖直、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直；开放式板缝宽度均匀，符合设计规定。

检验方法：观察；手摸检查。

17.3.4 幕墙隐蔽节点的遮封装修牢固、整齐、美观。

检验方法：观察；手扳检查。

17.3.5 幕墙抽样检验应符合下列规定：

a) 每平方米玻璃的表面质量和检验方法应符合表 120 的规定。

表120 玻璃的表面质量和检验方法

项次	项目	质量要求	检验方法
1	明显划伤和长度＞100mm 的轻微划伤	不允许	观察
2	长度≤100mm 的轻微划伤	≤8 条	钢板尺
3	擦伤总面积	≤500mm2	钢板尺

b) 每平方米金属板的表面质量和检验方法应符合表 121 的规定。

表121 金属板的表面质量和检验方法

项次	项目	质量要求	检验方法
1	宽度 0.1～0.3mm 的划伤	总长度小于 100mm 且不多于 8 条	观察、钢板尺
2	擦伤	不大于 500mm2	钢尺

c) 每平方米石材的表面质量和检验方法应符合 122 的规定。

表122 石材的表面质量和检验方法

项次	项　　目	质　量　要　求	检验方法
1	宽度 0.1～0.3mm 的划伤	每条长度小于 100mm 且不多于 2 条	观察、钢板尺

2	缺棱、缺角	缺损深度小于 5mm 且不多于 2 处	钢板尺

d) 构件式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 123 的规定。

表123 构件式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法

项次	项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	幕墙垂直度 （幕墙高度 H）	H≤30m	10.0	经纬仪或激光仪
		30m＜H≤60m	15.0	
		60m＜H≤90m	20.0	
		90m＜H≤150m	25.0	
		H＞150m	30.0	
2	幕墙平面度度		2.0	2m 靠尺和塞尺
3	竖向构件（竖缝）直线度		2.5	2m 靠尺和塞尺
4	横向构件（横缝）直线度		2.5	2m 靠尺和塞尺
5	拼缝宽度（与设计值比）		2.0	卡尺
6	两相邻面板之间高低差		1.0	深度尺
7	横向构件水平度	构件长度≤2m	2.0	水平仪
		构件长度＞2m	3.0	
8	相邻构件错位		1.0	钢板尺
9	分格对角线长度差	对角线长度≤2m	3.0	钢板尺
		对角线长度＞2m	4.0	

e) 点支承玻璃幕墙和全玻幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 124 定。

表124 点支承玻璃幕墙和全玻幕墙安装的允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差	检查方法
1	幕墙垂直度 （幕墙高度 H）	H≤30m	10	激光仪或经纬仪
		30m＜H≤60m	15	
		H＞60m	20	

2	幕墙的平面度	2.5	2m 靠尺，塞尺
3	横、竖缝的直线度	2.5	2m 靠尺，钢板尺
4	拼缝宽度（与设计值比）	2.0	钢板尺
5	相邻面板间高低差	1.0	塞尺，钢板尺
6	全玻幕墙玻璃面板与肋板夹角与设计值偏差	≤1°	量角器

f） 单元式幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 125 规定。

表125 单元式幕墙安装的允许偏差和检验方法

项目		允许偏差（mm）	检验方法
幕墙垂直度 （幕墙高度 H）	H≤30m	10.0	激光仪或经纬仪
	30m＜H≤60m	15.0	
	60m＜H≤90m	20.0	
	90m＜H≤150m	25.0	
	H＞150m	30.0	
墙面平面度		2.5	2m 靠尺
竖缝直线度		2.5	2m 靠尺
横缝直线度		2.5	2m 靠尺
单元间接缝宽度（与设计值比）		2.0	金属直尺
相邻两单元接缝面板高低差		1.0	塞尺、钢板尺
单元对插配合间隙（与设计值比）		+1.0 0	钢板尺
单元对插搭接长度		1.0	钢板尺

g） 金属、石材幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 126 规定。

表126 金属、石材幕墙安装的允许偏差和检验方法

序号	项　　目		允许偏差	检查方法
1	幕墙垂直度	H≤30m	≤10	激光仪或经纬仪

地方标准信息服务平台

	（幕墙高度 H）	30m＜H≤60m	≤15	
		60m＜H≤90m	≤20	
		90m＜H≤150m	≤25	
		H＞150m	≤30	
2	幕墙表面平整度		≤2.0	2m 靠尺，塞尺
3	相邻板材板角错位		≤1.0	钢板尺
4	阴阳角方正		≤2.0	直角检测尺
5	接缝直线度		2.5	2m 靠尺，塞尺
6	接缝高低差		1.0	钢板尺，塞尺
7	拼缝宽度（与设计值比）		2.0	钢板尺

h） 人造面板幕墙安装允许偏差和检验方法应符合表 127 的规定。

表127 人造面板幕墙安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差	检查方法
1	幕墙垂直度 （幕墙高度 H）	H≤30m	≤10	激光仪或经纬仪
		30m＜H≤60m	≤15	
		60m＜H≤90m	≤20	
		90m＜H≤150m	≤25	
		H＞150m	≤30	
2	幕墙平面度		≤2.5	2m 靠尺，塞尺
3	竖缝直线度		≤2.5	2m 靠尺，塞尺
4	横缝直线度		≤2.5	2m 靠尺，塞尺
5	缝宽度（与设计值比较）		±2.0	钢板尺
6	相邻面板接缝高低差		≤1.0	塞尺，钢板尺

i） 框支撑玻璃采光顶安装允许偏差和检验方法应符合表 128 规定。

表128 框支撑玻璃采光顶安装允许偏差和检验方法（mm）

地方标准信息服务平台

序号	项目		允许偏差	检查方法
1	檐口位置	相邻两组件	≤2.0	钢卷尺
		长度≤10m	≤3.0	
		长度＞10m	≤6.0	
		全长方向	≤10.0	
2	组件上缘接缝的位置	相邻两组件	≤2.0	钢卷尺
		长度≤15m	≤3.0	
		长度＞15m	≤6.0	
		全长方向	≤10.0	
3	屋脊位置	相邻两组件	≤3.0	钢卷尺
		长度≤10m	≤4.0	
		长度＞10m	≤8.0	
		全长方向	≤12.0	
4	采光顶水平缝及玻璃面的平面度	采光顶长度 L≤30m	≤10	水平仪
		30m＜L≤60m	≤15	
		60m＜L≤90m	≤20	
		90m＜L≤150m	≤25	
		L＞150m	≤30	
5	缝隙宽度差（与设计值相比）		≤2.0	钢板尺
6	采光顶坡度		±10%	坡度尺
7	纵、横缝直线度		≤2.5	2m 靠尺，塞尺

j） 点支承玻璃采光顶安装允许偏差和检验方法应符合表 129 规定。

表129 点支承玻璃采光顶安装允许偏差和检验方法（mm）

序号	项 目	允许偏差	检查方法

地方标准信息服务平台

1	脊（顶）水平高差		±3.0	水平仪
2	脊（顶）水平错位		±2.0	2m 靠尺，塞尺
3	檐口水平高差		±3.0	塞尺，钢板尺
4	檐口水平错位		±2.0	钢板尺
5	跨度（对角线或角到对边垂高）差	跨度≤3m	±3.0	对角线尺或钢卷尺
		3m＜跨度≤4m	±4.0	
		4m＜跨度≤5m	±6.0	
		跨度＞5m	±9.0	
6	胶缝宽度（与设计值相比）		0，＋2.0	钢板尺
7	采光顶接缝及大面玻璃平整度	采光顶长度≤30m	±10.0	水平仪
		30m＜采光顶长度≤60m	±15.0	
8	采光顶接缝直线度	采光顶长度或宽度≤35m	±5.0	拉 5m 线，不足 5m 拉通线，用钢直尺检查
		采光顶长度或宽度＞35m	±7.0	
9	相邻板块竖、横向接缝直线度		±2.5	2m 靠尺、钢板尺
10	相邻板块平面高低差		±1.0	塞尺，钢板尺

k） 直立锁边式金属屋面允许偏差和检验方法应符合表 130 规定。

表130 直立锁边金属屋面安装允许偏差和检验方法（mm）

序号	项 目	允许偏差	检查方法
1	支座直线度 屋面板纵向构件水平度	±L/200	水平仪
2	支座与连接表面垂直度 屋面板构件坡度	±1°	坡度尺
3	横向相邻支座位置差 屋面横向相邻构件直线度	±5.0	拉 5m 线，不足 5m 拉通线 用钢直尺检查

地方标准信息服务平台

4	纵向通长构件吻合度	构件长度≤35m	5	经纬仪或激光仪
		构件长度＞35m	7	
5	横向通长构件直线度	构件长度≤35m	5	经纬仪或激光仪
		构件长度＞35m	7	
6	金属屋面坡度	起坡长度≤50m	+20	经纬仪或激光仪
		起坡长度＞50m	+30	

18 维护保养

18.1 一般规定

18.1.1 工程竣工验收时，承包商应向业主提供《使用维护说明书》。说明书应包括下列内容：

a) 设计依据、主要性能参数及设计使用年限；
b) 使用条件和环境变化对幕墙、采光顶与金属屋面的影响；
c) 使用注意事项；
d) 日常与定期的维护、保养要求；
e) 特殊开启形式窗的使用与维护要求；在开启窗明显部位设置的使用警示标志和说明；
f) 主要结构特点及易损零部件更换方法；
g) 备品、备件清单及主要易损件的名称、规格；
h) 承包商的保修责任、保修年限。

18.1.2 承包商在工程交付使用前，应为业主或使用方培训维修、维护人员。

18.1.3 幕墙、采光顶与金属屋面工程质量保修期由合同约定，但不应少于 2 年，防渗漏保修期为 5 年。

18.1.4 工程交付使用后，业主应根据《使用维护说明书》的相关要求制定工程项目的检查、维修、保养计划与制度。

18.1.5 雨天或 4 级以上风力的天气不宜使用开启窗；5 级以上风力时，应关闭开启窗。

18.1.6 幕墙、采光顶与金属屋面外表面的检查、清洗、保养与维修工作不应在 4 级以上风力和雨（雪）天气下进行。

18.1.7 幕墙、采光顶与金属屋面外表面的检查、清洗、保养与维修使用的作业机具设备应保养良好、功能正常、操作方便、安全可靠；每次使用前都应进行安全装置的检查，确保设备与人员安全。

18.1.8 幕墙、采光顶与金属屋面的维护检查及维修应在气候状况良好时进行，外表面的检查、清洗、维护与保养应符合 JGJ 168 的相关规定。高空作业应符合 JGJ 80 的有关规定。紧急情况下的维修应在具有安全保障措施的情况下进行。

18.2 检查与维护

18.2.1 建筑幕墙、采光顶与金属屋面工程竣工验收投入使用后，应严格按照国家及江苏省有关法律、标准的规定，明确建筑幕墙安全维护责任，落实建筑幕墙日常维护管理要求。

18.2.2 幕墙日常维护和保养应符合下列规定：

a) 保持幕墙表面整洁，避免锐器及腐蚀性气体和液体与其表面接触；
b) 保持幕墙排水系统的畅通，发现堵塞应及时疏通；
c) 保持开放式幕墙防水系统和排水系统的有效性和完好性，发现堵塞应及时疏通；
d) 在使用过程中如发现门、窗启闭不灵或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；
e) 发现密封胶或密封胶条脱落或损坏时，应及时进行修补与更换；修补时应采用相容性、污染性符合要求的密封胶；
f) 当发现幕墙构件或附件的螺栓、螺钉松动或锈蚀时，应及时拧紧或更换；
g) 发现面板挂件、背栓等连接部件松动或脱落时，应及时修补或更换；
h) 当发现幕墙构件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施；
i) 当发现幕墙面板破损时，应及时采取防护措施并更换。

18.2.3 压型金属屋面日常维护和保养应符合下列规定：

a) 在中雨及以上、大雪及 8 级以上风力后，尤其是屋顶烟道、通风口、行走通道、檐口等附近的压型金属屋面板，应对其是否存在脱落、变形及渗漏等情况进行检查；表面锈蚀、涂层脱落、板面鼓包、凹陷、裂纹等检查频次，不应少于每年一次；金属屋面板面上是否有金属件、积灰、杂物和异物的堆积等检查频次，不应少于每半年一次；
b) 对金属板搭接缝或板肋处搭接缝开裂、密封胶密封状况、板肋形状均匀度、立边咬合开裂、扣合肋脱扣等检查频次，不应少于每半年一次；
c) 固定支架（座）及固定点部位，金属板破损、变形、开裂、固定支架（座）等检查频次，不应少于每半年一次；
d) 对檐口、山墙、屋脊、天沟等重点边部和转角及突出、悬挑部位，螺钉固定是否牢固、螺钉头部锈蚀情况、螺钉垫圈是否完好、钉孔是否可见等检查频次，不应少于每半年一次；
e) 对屋面、墙面边部及其他节点部位的泛水板，其固定状况、变形和破损，焊缝、密封胶或密封胶条是否完好，屋脊或檐口的堵头是否松动、缺失，是否形成反坡等检查频次，不应少于每半年一次；
f) 天沟是否积水、锈蚀，搭接位置是否变形下陷、焊缝是否完好，是否有灰尘、杂物、异物的堆积，排水口是否通畅等检查频次，不应少于每半年一次。在雷、暴雨季节应增加检查频次；
g) 对装饰材料层、屋面行走通道、防坠落系统、防冰雪设施、防雷设施等附加功能层，与压型金属板连接构造是否松动、变形、锈蚀，系统外观是否完好、有无变形、松动、损坏，是否有积灰、杂物、异物的堆积等检查频次，不应少于每年一次。

18.2.4 幕墙定期检查和维护应符合下列规定：

a) 在幕墙工程竣工验收一年后，施工单位应对幕墙工程进行一次全面的检查，检查项目应包括：
   1) 幕墙整体、单元板块间有无变形、错位、松动。如有，则应对该部位对应的隐蔽结构进行进一步检查；
   2) 幕墙的主要承力构件、连接构件和连接螺栓等有无锈蚀、损坏，连接是否可靠；
   3) 幕墙面板有无松动和损坏；
   4) 密封胶有无脱胶、开裂、起泡，及密封胶条有无松动脱落、老化等损坏现象；单元幕墙重点检查单元板块间的胶条有无松动、脱落、老化等损坏现象；

5) 开启部分是否启闭灵活，五金附件是否有功能障碍或损坏，安装螺栓或螺钉是否松动和失效，防脱措施是否有效；
6) 幕墙排水系统是否通畅，开放式幕墙的防水系统是否损坏或失效；
7) 背栓连接幕墙的连接装置是否松动、损坏；
8) 电动开启系统是否正常工作。

b) 应对第1款检查项目中不符合要求者进行维修或更换；
c) 施加预拉力的拉杆或拉索结构的幕墙工程在工程竣工验收后六个月时，应对该工程进行一次全面的预拉力检查和调整，此后每三年应检查一次；
d) 石材蜂窝板幕墙工程使用十年后，应对石材蜂窝板进行抽样检查；此后每三年宜检查一次；
e) 幕墙工程使用十年后，应对典型部位的结构硅酮密封胶进行粘接性能的抽样检查。此后宜每五年检查一次，采用后锚固连接的幕墙工程应每三年检查一次；
f) 安全维护责任人应当每五年组织一次安全隐患排查。建筑幕墙使用期满十年后的半年内及以后的每三年，安全维护责任人应当委托有资质的检测机构对幕墙工程进行安全性能鉴定，需要实施改造、加固或者拆除的，应当委托具有相应资质的单位负责实施；
g) 当建筑幕墙遭受冰雹、台风、雷击、地震等自然灾害或发生火灾、爆炸等突发事件后，安全维护责任人或其委托的具有相应资质的技术单位，要及时对可能受损的建筑幕墙及金属屋面进行全面检查，对可能存在安全隐患的部位及时进行维修处理；
h) 对建筑幕墙进行结构性维护加固，不得擅自改变建筑幕墙的结构构件，结构验算及加固方案应符合国家现行标准的规定，超出技术标准规定的，应进行安全性技术论证。建筑幕墙进行维修加固工程完成后，业主、安全维护责任单位或者承担日常维护管理的单位应当组织验收。

18.2.5 金属屋面在使用、定期检查和维护中当发现有严重锈蚀，涂(镀)层脱落、变形、连接破坏等影响正常使用情况时，或遭遇地震、火灾等灾害后，应进行评估、鉴定及维修。

18.2.6 在台风预警发布后应对幕墙和金属屋面工程进行防台检查，连续高温或连续低温天气时对玻璃幕墙应加强巡查，并应采取必要的防护措施。

18.2.7 维护或维修用面板材料、骨架材料、密封填缝材料和结构粘结材料等应与原使用材料相同，当需替换时，应征求设计单位同意后方可进行。

18.2.8 对超出设计使用年限的幕墙、采光顶与金属屋面工程，应进行安全评估和可靠性鉴定。

18.3 清洗

18.3.1 根据幕墙、采光顶与金属屋面表面积灰、污染程度，确定其清洗次数，宜每年进行，对雨水不能冲淋的部位不宜少于每半年一次。

18.3.2 清洗幕墙、采光顶与金属屋面表面时，应按《使用维护说明书》要求选用适当的清洗液和方式进行清洁，清洁后应用水清洗，严禁使用腐蚀性清洗液。对金属屋面装饰材料层和光伏层的清洗宜由专业人员指导进行清洗。

18.3.3 清洗过程中不得撞击和损伤幕墙及金属屋面。

建筑标准信息服务平台

附 录 A
（规范性）
隔热铝合金型材

A.1 隔热铝合金型材

A.1.1 用于建筑幕墙横梁和立柱的隔热铝合金型材，其隔热形式可采用穿条式和浇注式两种。

A.1.2 隔热体可根据其材料物理力学性能、生产加工制作条件、隔热体与铝型材的合成工艺、生产加工企业质量保证体系、合成产品表观特征、试件试样的测试检验结论等因素，综合判别其在隔热型材中的力学作用和参与杆件承受外荷载的能力。

A.1.3 采用浇注式的隔热铝合金型材，其受力杆件的刚度（挠度变形）和强度（铝合金型材最大拉伸应力和最大压缩应力、隔热胶最大纵向剪切应力）计算应按照YS/T 437的有关规定。

A.1.4 采用穿条式的隔热铝合金型材，可根据本标准A.1.2条分析，采用下列4款设计计算方案并选择适用高度：

a) 不考虑隔热体承受和传递荷载。适用建筑高度应符合本标准第 1 章和第 6 章规定。
b) 考虑隔热体仅承受隔热体外侧的构件自重和水平荷载，并传递至结构杆件的主截面。次截面不参与结构构件的整体受力。适用建筑高度不大于 180m，并应符合本标准第 2 章和第 6 章规定。
c) 考虑隔热体参与受力，杆件主次截面按其抗弯刚度分配作用于刚度平面内的水平荷载，竖向荷载全部由主截面承担。适用建筑高度不大于 150m，并应符合本标准第 2 章和第 6 章规定。
d) 考虑隔热体参与受力，隔热铝合金型材等效成整体截面后，作为杆件的计算截面。可按 A.5 有关条款计算。适用建筑高度不大于 120m，并应符合本标准第 2 章和第 6 章规定。

A.1.5 按A.1.4条第3款计算时应完成以下计算内容：

a) 按大小截面的惯性矩分配作用其上的水平荷载并计算各自的弯矩。
b) 按作用的水平荷载验算隔热体部位的抗拉力，并不应超过隔热体部位的允许拉力值（N/mm）。
c) 将隔热体按与铝合金型材的弹性模量比值计算整个立柱的近似惯性矩，从而按立柱所承受的最大剪力验算隔热体的纵向剪力，其计算公式为

$$\tau = Q \cdot S / J \leq [\tau] \cdots\cdots (A.1)$$

式中： τ ——隔热体立柱所承受的最大剪应力；

$[\tau]$——隔热体许可剪应力；

Q——最大组合剪力设计值；

S ——最大静矩（沿隔热条根部截面）；

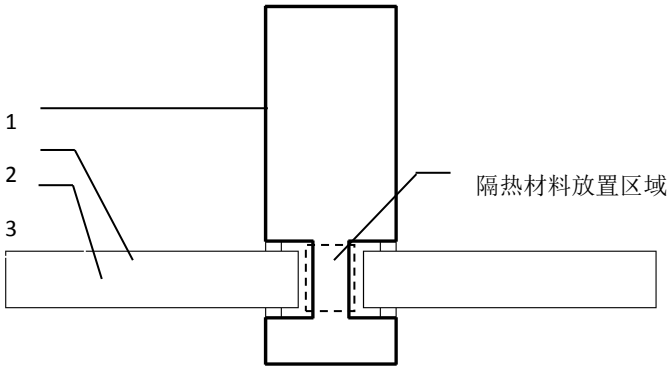
J ——计算惯性矩。

A.1.6 按A.1.3条、A.1.4条设计时，隔热体外的荷载应通过螺钉等连接构造传递至主截面。螺钉直径不小于6mm，螺钉间距经计算确定，且不应大于300mm。

A.2 幕墙隔热构造

A.2.1 隔热体串连幕墙受力杆件的前后两个铝合金截面,其中主要受力截面（主截面）宜位于建筑物内侧（贴近主体结构），次截面位于建筑物外侧（从隔热铝合金型材部分移动过来的）。

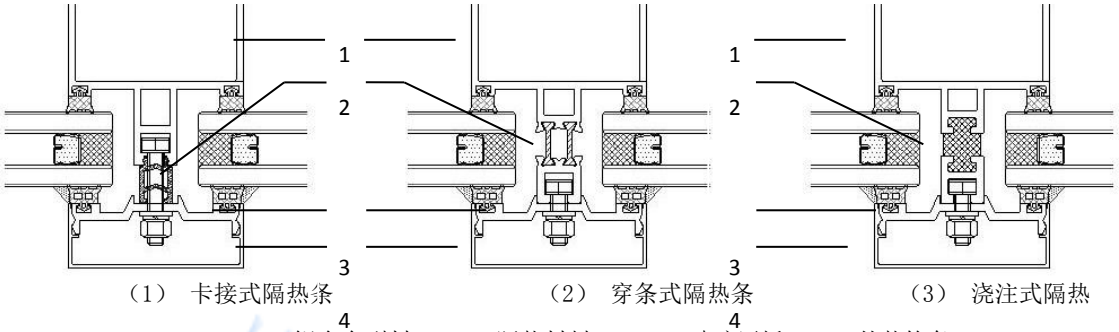
A.2.2　隔热铝合金型材中的隔热材料宜放置在靠近幕墙玻璃厚度中心线区域（见图A.1）。



图A.1 典型幕墙隔热区域

1. 幕墙型材　　2.密封胶条或结构胶　3. 玻璃

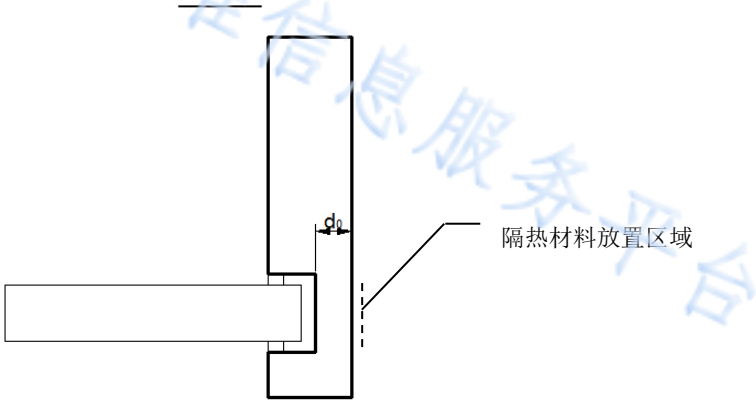
A.2.3　明框构件式幕墙可采用隔热铝合金型材或卡接式隔热条（见图A.2）的隔热构造方式。隔热条与铝合金压板应为连续条形通长布置。采用卡接式隔热条时，有效截面隔热高度不小于8mm。当铝型材为开口U形槽时，按第6章和第8章要求处理。



1. 铝合金型材　　2.隔热材料　　3. 玻璃压板　　4.外装饰条

图A.2　明框构件式幕墙隔热方式

A.2.4　明框单元式幕墙用隔热铝合金型材隔热设计参照图A.3，应根据隔热区域的构造宽度（d0）选用不同类型的隔热条（见表A.1）。

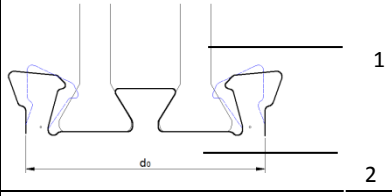
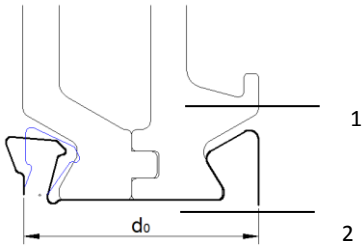
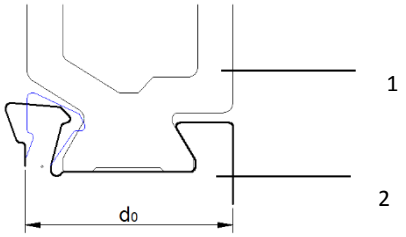
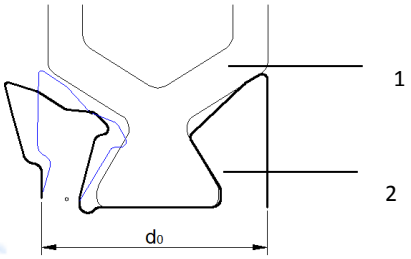


图A.3　明框单元式幕墙隔热区域

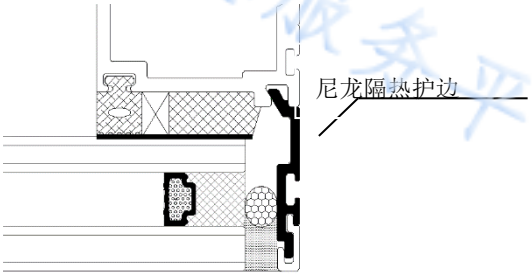
1. 单元幕墙型材　　2.密封胶条或结构胶　3. 玻璃

地方保准信息服务平台

表 A.1 不同构造类型隔热条的选用

隔热构造宽度（mm）	隔热形式	隔热条与铝材配合典型构造图	备注
$d_0 \geqslant 13.9$	双排隔热条		1. 隔热条 2. 铝合金槽口
$13.9 \geqslant d_0 \geqslant 13$	单支隔热条（宽）		
$13 \geqslant d_0 \geqslant 10.5$	单支隔热条（中）		
$10.5 \geqslant d_0 \geqslant 7.8$	单支隔热条（窄）		

A.2.5 隐框单元式幕墙玻璃侧面的隔热设计，可采用尼龙隔热护边（见图A.4）或隔热铝合金型材等隔热构造。采用刚性护边时，玻璃与护边构件的间隙不宜小于5mm，并宜有防脱落构造措施。



图A.4 尼龙隔热护边

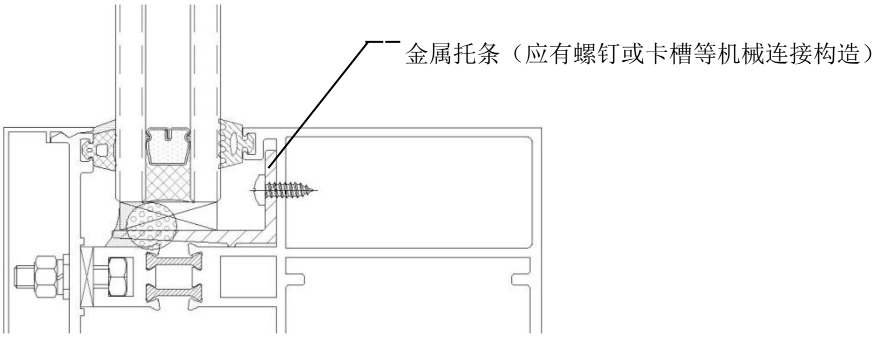
地方标准信息服务平台

A.2.6　明框幕墙开启窗及开启窗与幕墙框架之间的过渡型材宜采用隔热铝合金型材或做隔热构造处理。

A.2.7　隐框形式的幕墙开启窗在玻璃侧面使用护边时，护边宜进行隔热设计，可采用尼龙隔热护边或隔热铝合金型材等隔热构造，并符合A.2.5条规定。

A.2.8　幕墙框架两侧玻璃不在同一个平面时，型材隔热构造设计应可实现与两侧玻璃形成连续隔热。

A.2.9　隔热幕墙玻璃的下端应设置金属托条（图A.5）。托条和玻璃面板水平支承构件主体之间应可靠连接。托条应能承受该分格玻璃的重力荷载，托条上应设置柔性衬垫。托条按本标准第8章规定设置。



图A.5 金属托条

A.2.10　大尺寸外装饰条不应固定在隔热铝合金型材外侧铝材（次截面）上，可通过可靠的机械连接固定在内侧主铝合金型材（主截面）上。

A.3　隔热铝合金型材的强度

A.3.1　当隔热铝合金型材按A.1.4条第4款设计时，应根据荷载组合及与特征值有关的环境温度，对铝合金型材与隔热材料组合界面进行承载力验算，在荷载组合中应考虑冬季及夏季环境温差，取最不利条件作为验算依据。

条件 1：冬季,取全部风荷载和温差 θ = 25℃；

条件 2：夏季，一半风荷载和温差 θ = 35℃。

A.3.2　隔热铝合金型材的横向抗拉抗剪强度测试检验值应满足本规范第6章相关要求。

幕墙用铝合金隔热型材的隔热条横向抗拉强度应满足下列公式要求：

$$S_Q \le Q_c / K_c \quad \text{(A.2)}$$

式中　S_Q——拉伸荷载效应（重力荷载、风荷载、地震作用和温度作用）组合的设计值(N/mm)；

Q_c——隔热型材横向抗拉性能(N/mm)；

K_c——材料强度安全系数，取 2.0。

A.3.3　铝合金型材的抗弯强度，针对金属型材实际应用中的受力情况，确定金属型材的任何部分在受到可能的最不利荷载组合时，应满足本标准第6章要求。

A.3.4　隔热铝合金型材隔热条在承受风荷载及温度变化引起的剪切力时应满足下列要求：

地方标准信息服务平台

$$S_Q \le T_c / K_c \quad \text{（A.3）}$$

式中 S_Q——最不利组合时的剪切力设计值(N/mm)；

T_c——隔热型材纵向抗剪强度性能 N/mm)；

K_c——材料强度安全系数，取 2.0。

A.3.5 浇注式隔热铝合金型材杆件，当受到荷载（集中荷载、均布荷载、三角形荷载、梯形荷载）时，两侧的铝合金型材会受到压缩和拉伸变形。

离质心轴线 1 处a_{11}距离表面 1 处应力按公式（A.4）计算：

$$f_{11} = \frac{-(M - EI_0 y'')}{A_{01} D} - Ea_{11} y'' \quad \text{（A.4）}$$

离质心轴线 2 处a_{22}距离表面 2 处应力按公式（A.5）计算：

$$f_{22} = \frac{(M - EI_0 y'')}{A_{02} D} - Ea_{22} y'' \quad \text{（A.5）}$$

根据计算结果，选择合适的铝合金牌号以及状态，如：6063T5、6063T6、6061T6。

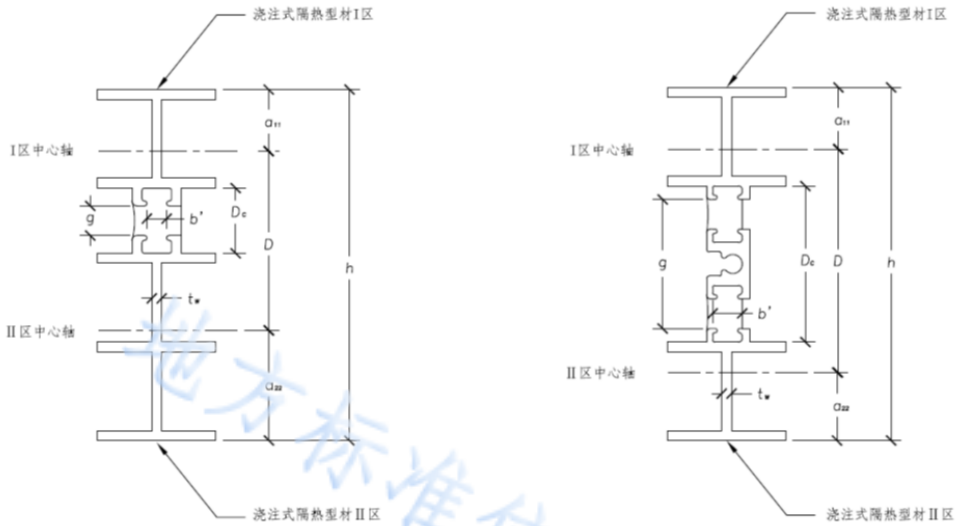


图 A.6 注胶式隔热铝合金型材

A.4 隔热铝合金型材的挠度

A.4.1 应根据A.1.4条及外部荷载变化和隔热铝合金型材的截面特征验算隔热铝合金型材的挠度变形。

A.4.2 穿条式隔热铝合金型材的铝合金与隔热条复合后的组合弹性值c,应依据铝合金型材与隔热条的断面组合，通过实际检测获得。

A.4.3 隔热型材的截面抗弯模量W、穿条式隔热型材的等效惯性矩Ief等截面参数可参照《铝合金型材截面几何参数算法及计算机程序要求》YS/T 437计算方法计算得出。

A.4.4 浇注式隔热铝合金型材杆件，当受到荷载（集中荷载、均布荷载、三角形荷载、梯形荷载）时，其形变弹性曲线的微分方程为：

地方标准信息服务平台

$$y'''' - c_2 y'' = \frac{-c_2 M}{EI} + \frac{V'}{EI_0} \quad \text{(A.6)}$$

M —铝合金复合梁的弯曲力矩，单位为牛顿毫米(N.mm)；

V —梁的剪切力，单位为牛顿(N)。

E —铝合金的弹性模量，单位为牛顿每平方毫米(N/mm^2)。

整理后的弯曲形变（y）表示为：

$$y = D_5 x^5 + D_4 x^4 + D_3 x^3 + D_2 x^2 + D_1 x + D_0 + F_1 e^p + \frac{F_2}{e^p} \quad \text{(A.7)}$$

不同荷载下的常数见表 A.2，补充常数见表 A.3：

表 A.2 常数表

常数	荷载				
	集中荷载	均布荷载	三角形荷载	梯形荷载	
				$l \le x \le L-l$	$0 \le x \le l$
D_0	0	$\frac{W_0 E I_0 I_c}{(G_P)^2 I}$	0	$\frac{W_0 I_c}{c_2 G_p I} + \frac{W_0 l^2 I_c}{6 G_P I} - \frac{W_0 l^4}{120 EI}$	0
D_1	$\frac{-P I_c}{2 G_P I} - \frac{P L^2}{16 EI}$	$\frac{-(W_0 L) I_c}{2 G_p I} - \frac{w_0 L^3}{24 EI}$	$\left[\frac{-W_0 L}{4} + \frac{2W_0}{Lc_2}\right]\left(\frac{I_C}{G_p I}\right) - \frac{5 W_0 L^3}{192 EI}$	$\frac{-W_0 L I_c}{2GpI} + \frac{W_0 L l^2}{12 EI} - \frac{W_0 L^3}{24 EI}$	$\frac{W_0 I_c}{c_2 l G p I} - \frac{W_0 I_c (L-l)}{2 E_p I} + \frac{W_0(-l^3 + 2Ll^2 - L^3)}{24 EI}$
D_2	0	$\frac{W_0 I_c}{2 G_P I}$	0	$\frac{W_0 I_c}{2 G_p I} - \frac{W_0 l^2}{12 EI}$	0
D_3	$\frac{p}{12 EI}$	$\frac{W_0 L}{12 EI}$	$\frac{W_0 I_c}{3 L G_p I} + \frac{W_0 L}{24 EI}$	$\frac{W_0 L}{12 EI}$	$\frac{W_0 L_c}{6 l G_P I} + \frac{W_0 (L-l)}{12 EI}$
D_4	0	$\frac{-W_0}{24 EI}$	0	$-\frac{W_0}{24 EI}$	0
D_5	0	0	$\frac{-W_0}{60 L EI}$	0	$\frac{-W_0}{120 l EI}$

表 A.3 补充常数表

荷载类型	补充常数

地方标准信息服务平台

		F_1	F_2
集中荷载		$\dfrac{PI_c}{2G_pI\sqrt{c_2}(e^r+e^{-r})}$	$-F_1$
均布荷载		$\dfrac{-W_0I_ce^{-r}}{c_2G_PI(e^r+e^{-r})}$	F_1e^{2r}
三角形荷载		$\dfrac{-2W_0I_c}{c_2^{1.5}G_PLI(e^r+e^{-r})}$	$-F_1$
梯形荷载	$l\le x\le L-l$	$\dfrac{-W_0I_c(e^q-e^{-q})e^{-r}}{2c_2^{1.5}G_PlI(e^r+e^{-r})}$	F_1e^{2r}
	$0\le x\le l$	G_1	G_2
		$F_1-\dfrac{W_0I_ce^{-q}}{2c_2^{1.5}G_PlI}$	$-G_1$

注：$r=\dfrac{L\sqrt{c_2}}{2}$；$q=l\sqrt{c_2}$；e 为自然对数的底。

计算出挠度变形以后，按照荷载（集中荷载、均布荷载、三角形荷载、梯形荷载）的不同，再计算出相应的等效惯性矩：

集中荷载校正后的等效惯性矩I_e'按公式（A.8）计算：

$$I_e'=\frac{I_e}{1+[32(I_e)/(L^2A_W)]} \quad \text{（A.8）}$$

均布荷载校正后的等效惯性矩I_e'按公式（A.9）计算：

$$I_e'=\frac{I_eL^2A_W}{L^2A_W+25.6I_e}=\frac{I_e}{1+[25.6(I_e)/(L^2A_W)]} \quad \text{（A.9）}$$

三角形荷载校正后的等效惯性矩I_e'按公式（A.10）计算：

$$I_e'=\frac{I_e}{1+[26\frac{2}{3}(I_e)/(L^2A_W)]} \quad \text{（A.10）}$$

梯形荷载校正后的等效惯性矩I_e'按公式（A.11）计算：

$$I_e'=\frac{I_e}{1+\dfrac{25.6(I_e)/(1-\dfrac{4K^2}{3})}{(1-1.6K^2+0.64K^4)L^2A_W}} \quad \text{（A.11）}$$

等效截面矩按公式（A.12）计算：

$$S_{e1} = M / f_{11} \quad \text{（A.12）}$$

等效截面矩按公式（A.13）计算：

$$S_{e2} = M / f_{22} \quad \text{（A.13）}$$

A.4.5　隔热铝合金型材挠度应符合本规范第6章相关规定并应满足下列要求：

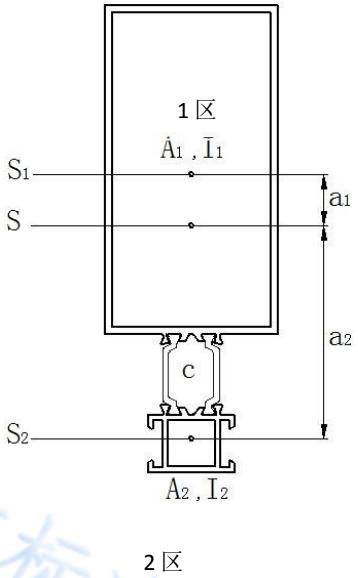
$$d_t \le d_{t,lin} \quad \text{（A.14）}$$

式中：d_t——隔热铝合金型材在各种荷载标准值作用下产生的挠度值(mm)；

$d_{t,lin}$——构件挠度限值(mm)。

A.5　穿条式隔热铝合金型材截面几何参数及强度计算方法

A.5.1　根据铝合金型材（如图A.7所示的穿条式隔热铝合金型材1区、2区）与隔料材料的组合形式计算穿条式隔热铝合金型材的截面几何参数,并参照YS/T437计算其他组合截面的几何参数。



图A.7 穿条式隔热铝合金型材截面

A_1—铝型材1区的截面积（主截面）；A_2—铝型材2区的截面积（次截面）；

S_1—铝型材1区的形心；S_2——铝型材2区的形心；S—隔热铝合金型材的形心；

I_1—1区型材惯性矩；I_2—2区型材惯性矩；

a_1—1区形心到隔热铝合金型材形心的距离；a_2—2区形心到隔热铝合金型材形心的距离

A.5.2　穿条式隔热铝合金型材的等效惯性矩Ief按下列公式计算：

$$I_{ef} = \frac{I_s(1-\nu)}{1-\nu\beta} \quad \text{（A.15）}$$

$$I_s = I_1 + I_2 + A_1\alpha_1^2 + A_2\alpha_2^2 \quad \text{（A.16）}$$

地方标准信息服务平台

$$v=\frac{\left(A_1a_1^{\ 2}+A_2a_2^{\ 2}\right)}{I_s} \quad \text{（A.17）}$$

$$\beta=\frac{\lambda^2}{\pi^2+\lambda^2} \quad \text{（A.18）}$$

$$\lambda^2=\frac{ca^2L^2}{\left(EI_S\right)v\left(1-v\right)} \quad \text{（A.19）}$$

$$c=\frac{\Delta F}{\Delta\delta\cdot l} \quad \text{（A.20）}$$

式中 I_s——刚性惯性矩；

V ——作用参数；

β——组合参数；

λ ——几何形状参数；

L ——隔热型材的承载间距（横梁或立柱的计算跨度，单位 mm）；

a ——1 区形心与 2 区形心间距（mm）；

E ——铝合金的弹性模量，取 E=70000N/mm^2；

C ——组合弹性值，是在常温 20℃环境条件下，纵向抗剪试验中负荷~位移曲线的弹性变形范围内的纵向剪切力增量△F 与相对应的两侧铝合金型材出现的相对位移增量△δ 和试样长度 1 乘积的比值；

$\triangle F$ —— 负荷--位移曲线上弹性变形范围内的纵向剪切力增量，单位为牛顿（N）；

$\triangle\delta$ —— 负荷--位移曲线上弹性变形范围内的纵向剪切力增量相对应的两侧铝合金型材的位移增量（mm）；

l —— 试样长度（mm）。

A.5.3 穿条式隔热铝合金型材等效惯性矩Ief的简易计算方法见公式A.21。

$$I_{ef}=\mu.I_s \quad \text{（A.21）}$$

式中 μ——等效惯性矩相对于刚性惯性矩的折减系数；

I_s——刚性惯性矩。

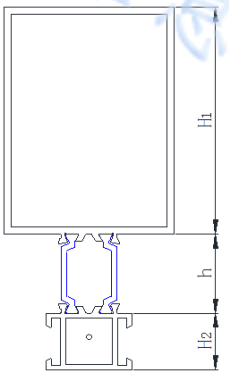


图 A.8 穿条式隔热型材截面参数

地方标准信息服务平台

折减系数 μ 根据隔热铝合金型材的截面形状、承载间距、弹性常数 C、隔热材料截面高度等参数（见图 A.8），查表 A.4 和表 A.5 取值。对于无法直接对应的数值，可以参照相邻结果使用插补法计算得到。

表 A.4　惯性矩折减系数 μ 取值表 1（弹性常数 c=50N/mm^2）

隔热材料截面高度 h	隔热型材承载间距 L	大铝材与小铝材截面高度比值 H1：H2						
		1：1	2：1	3：1	4：1	5：1	6：1	7：1
h=H_2	1.5m	0.62	0.67	0.72	0.75	0.77	0.79	0.80
	2m	0.74	0.77	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86
	2.5m	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.89
	3m	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	0.91	0.92
	3.5m	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94
	4m	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95
	4.5m	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
h=1.5 H_2	1.5m	0.60	0.64	0.69	0.72	0.74	0.77	0.78
	2m	0.72	0.75	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84
	2.5m	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.88
	3m	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.91	0.91
	3.5m	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93
	4m	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95
	4.5m	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96
h=2 H_2	1.5m	0.58	0.61	0.65	0.68	0.71	0.74	0.76
	2m	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82
	2.5m	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
	3m	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90
	3.5m	0.88	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92

地方标准信息服务平台

	4m	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94
	4.5m	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95

表 A.5　惯性矩折减系数 μ 取值表 2（弹性常数 c=80N/mm^2）

隔热材料截面高度　h	隔热型材承载间距 L	大铝材与小铝材截面高度比值 H_1：H_2						
		1：1	2：1	3：1	4：1	5：1	6：1	7：1
h= H_2	1.5m	0.72	0.75	0.78	0.81	0.82	0.84	0.85
	2m	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90
	2.5m	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93
	3m	0.90	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95
	3.5m	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
	4m	0.94	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97
	4.5m	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97
h=1.5 H_2	1.5m	0.70	0.73	0.76	0.78	0.80	0.82	0.83
	2m	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89
	2.5m	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	0.91	0.92
	3m	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94
	3.5m	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95
	4m	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96
	4.5m	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97
h=2 H_2	1.5m	0.68	0.71	0.73	0.76	0.78	0.80	0.81
	2m	0.79	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87
	2.5m	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91
	3m	0.89	0.90	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93
	3.5m	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95
	4m	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96

地方标准信息服务平台

	4.5m	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97

A.6 浇注式隔热铝合金型材的隔热胶的强度计算方法

A.6.1 浇注式隔热铝合金型材杆件，当受到荷载（集中荷载、均布荷载、三角形荷载、梯形荷载）时，其杆件两端的隔热胶受到的纵向剪切应力最大。作用于杆件任意截面上的剪切力V是由铝合金型材和隔热胶共同承担的，铝合金型材受到的力矩按公式（A.22）计算：

$$M = EI_0 y''' \quad \text{（A.22）}$$

铝合金隔热胶受到的剪切力按公式（A.23）计算：

$$V_c = V - EIy''' \quad \text{（A.23）}$$

隔热胶受到的剪切应力按公式（A.24）计算：

$$f_{vc} = V_c / (b' \cdot D) \quad \text{（A.24）}$$

计算出的最大纵向剪切应力应该小于隔热胶的许用应力，隔热胶的许用应力为室温剪切强度除以安全系数N，此处的安全系数N取2.5。

地方标准信息服务平台

附 录 B
（资料性）
槽式预埋件设计

B.1 一般规定

B.1.1 本附录主要描述用于幕墙、幕墙钢结构的槽式预埋件的设计。

B.1.2 槽式预埋件的使用年限应满足本标准 6.8.1 条要求。

B.1.3 混凝土基材应坚实能承担被连接件的锚固和全部附加荷载。基材混凝土强度等级不应低于 C20，且不得高于 C60。

B.1.4 槽式埋件应由设计单位自行设计，并对钢槽、锚筋、槽口尺寸等参数进行详细标注，并对其受力部位进行承载力安全复核，同时应有检测机构出具的产品检测报告，报告附带埋件埋设的边界挑件及其他条件，当埋设条件偏位不满足该产品要求时，设计应结合厂家的指导性纠偏措施发布补救和整改措施指导性，以此达到符合产品埋件的受力要求。

B.2 槽式预埋件设计

B.2.1 槽式预埋件设计采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用承载力分项系数的设计表达式设计。

B.2.2 槽式预埋件设计承载力应按下列设计表达式验算所有可能的失效模式：

$$S \le R_{\mathrm{d}}$$ （无地震作用组合） …… (B.1)

$$S \le k \cdot R_{\mathrm{d}}$$ （有地震作用组合） …… (B.2)

$$R_d = R_k / \gamma_R$$ …… (B.3)

式中：

S ——承载能力极限状态下，槽式预埋件上作用组合的效应设计值，在本节各条文中，S用内力设计值(N_{Ed},V_{Ed})表示；

R_d ——槽式预埋件承载力设计值；

R_k ——槽式预埋件承载力标准值；

γ_R ——槽式预埋件承载力分项系数，按 B.2.11 条取值；

k ——地震作用下承载力降低系数。当地震作用效不应大于荷载效应组合值S的 20%时，k 值可取 1.0。当地震作用效应大于荷载效应组合值S的 20%时，宜根据试验或认证报告确定。

B.2.3 需要考虑平行于槽体长度方向剪力时，不应采用仅依靠 T 型螺栓与钢槽卷边之间的摩擦力来抗剪，螺栓应采取防滑移措施，其槽体方向承载力应根据计算、认证或试验确定。

B.2.4 承载力标准值由产品型式检验报告或认证报告提供，测试方法可按照国家与行业相关标准执行。

B.2.5 槽式预埋件的各部件示意图，可参见图 B.1。

当槽式预埋件$h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4$且$b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7$时,槽式预埋件的有效埋置深度可按图 B.1-a 取h_{ef}；如果不满足上述条件，槽式预埋件的有效埋置深度可按图 B.1-b 取h_{ef}^{*}。

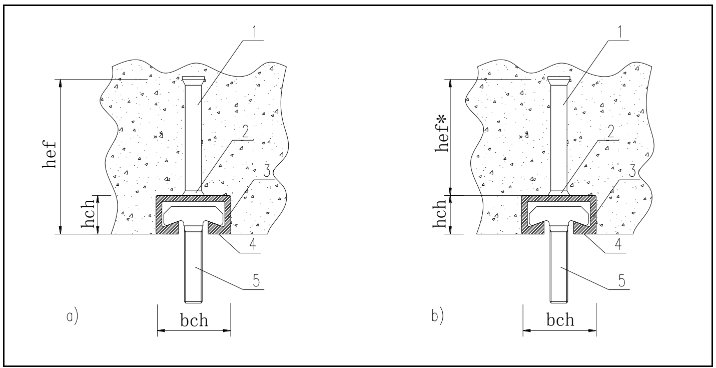


图 B.1　槽式预埋件各部件示意图

1-锚筋（又称锚腿）；2-锚筋与槽体连接处；3-槽体（又称钢槽）；4-槽体卷边；5-T 型螺栓

b_{ch}-槽体宽度；h_{ch}-槽体高度；$h_{ef}^{*} = h_{ef} - h_{ch}$

B.2.6 槽式预埋件受拉内力计算：

a)　位于槽式预埋件任意位置的 T 型螺栓受拉时，槽式预埋件各锚筋的受力可沿着集中力影响范围按线性分配，每根锚筋所受拉力可按式 B.4 计算。当槽式预埋件受多处集中力时，锚筋所受拉力等于各集中力的线性分布力的叠加值。若钢槽上集中受力的位置未知或可调，应根据不同破坏模式假定受力位置为最不利时对其进行验算。

$$N_{Ed,i}^{a} = k \cdot A_i' \cdot N_{Ed}^{cb} \quad \text{(B.4)}$$

式中　$N_{Ed,i}^{a}$ ——　锚筋 i 受到的拉力设计值；

N_{Ed}^{cb} ——　槽式预埋件受到的拉力设计值，参见图 B.2；

A_i' ——　以荷载 N_{Ed}^{cb} 为高度单位 1.0，与其影响长度 $2l_i$形成一个三角形，锚筋 i 在该三角形内的高度或纵坐标值（mm）；

k ——　该三角形内各A_i'总和的倒数,按 B.2.7 条进行计算；

l_i ——　拉力作用对槽式预埋件的影响长度，可按 B.2.8 条进行计算；

n ——　拉力 N_{Ed}^{cb} 影响长度内的锚筋数量。

地方标准信息服务平台

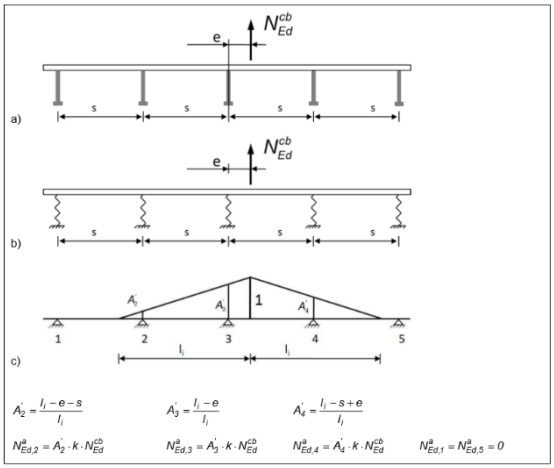


图 B.2　槽式预埋件锚筋受力计算示意图

a)一个槽式预埋件示意图；b)弹性支撑示意图；c)荷载三角形分配计算方法。

b)　位于槽式预埋件任意位置的 T 型螺栓受拉时，槽式预埋件会产生整体受弯，该弯矩设计值M_{Ed}^{ch}的计算可假定槽式预埋件以锚筋为支点的简支梁进行计算。

B.2.7 槽式预埋件受拉内力计算时的三角形内各A_i'总和的倒数k，可按下式计算：

$$k=\frac{1}{\sum_1^n A_i'} \quad \cdots\cdots (B.5)$$

式中　n　——　拉力 N_{Ed}^{cb} 影响长度内的锚筋数量；

A_i'　——　见 B.2.6 条。

B.2.8　槽式预埋件受拉内力计算时拉力作用对槽式预埋件的影响长度l_i，可按下式计算：

$$l_i = 13 \cdot I_y^{0.05} \cdot s^{0.5} \geq s \quad \cdots\cdots (B.6)$$

式中　I_y　——　钢槽截面惯性矩（mm⁴），由相关产品型式检验报告或认证报告提供；

s　——　锚筋间距（mm），见图 B.2。

B.2.9　槽式预埋件受剪力时的内力计算：

a)　槽式预埋件受垂直于钢槽长度方向的剪力$V_{Ed,y}$时，其内力可按照 B.2.6 条进行计算。

b)　槽式预埋件受平行于钢槽长度方向的剪力$V_{Ed,x}$时，仅由受力方向尾部的三根锚筋平均承担荷载，即尾部三根锚筋的力值均为$V_{Ed,x}/3$；当锚筋数量不大与 3 时，可将剪力$V_{Ed,x}$平均分配到各锚筋上。

B.2.10　当下列 2 个条件同时满足时，作用于钢槽的剪力可以认定为没有杠杆臂的纯剪切状态，否则应按照有杠杆臂受剪进行计算（图 B.3）。

1 被连接件材质为钢或铝合金，在其厚度范围内与 T 型螺栓全接触；

2 被连接件与混凝土基材直接接触。

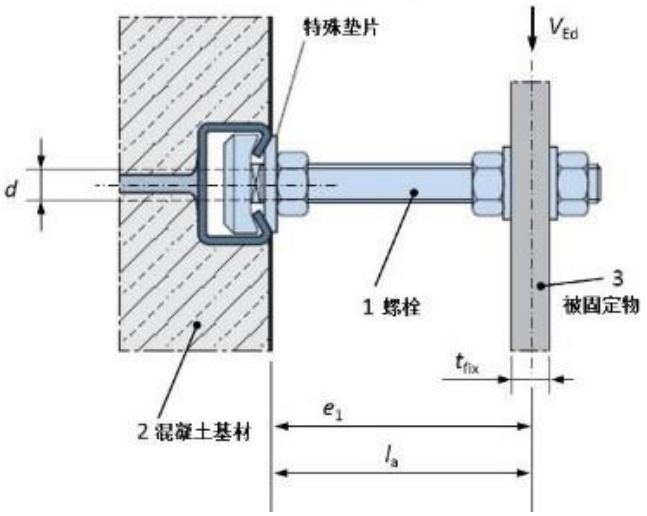
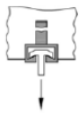
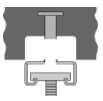
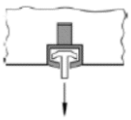
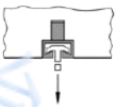
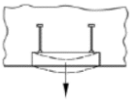


图 B.3　杠杆力臂长度示意图

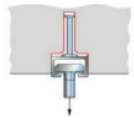
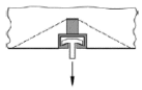
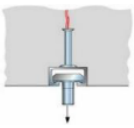
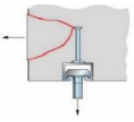
B.2.11　槽式预埋组件设计，应分别对拉力和剪力引起的槽式预埋件及混凝土结构强度进行校核，并验算拉剪复合作用。

a)　槽式预埋件应按照表 B.1 计算受拉承载力。

表 B.1　拉力作用下槽式预埋件的验算项目

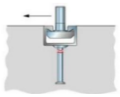
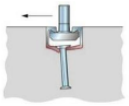
	失效模式		钢槽	最不利的锚筋或螺栓	示意图
1	钢材破坏	锚筋受拉		$N_{Ed}^{a} \le N_{Rd,s,a} = N_{Rk,s,a}/\gamma_{Ms}$	
2		锚筋与钢槽连接处受拉		$N_{Ed}^{a} \le N_{Rd,s,c} = N_{Rk,s,c}/\gamma_{Ms,ca}$	
3		钢槽卷边受拉破坏(验算螺栓或锚筋受力最大者)	$N_{Ed}^{cb} \le N_{Rd,s,l} = N_{Rk,s,l}/\gamma_{Ms,l}$		
4		螺栓受拉		$N_{Ed}^{cb} \le N_{Rd,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
5		钢槽整体受拉弯曲破坏	$M_{Ed}^{ch} \le M_{Rd,s,flex} = M_{Rk,s,flex}/\gamma_{Ms,flex}$		

地方标准信息服务平台

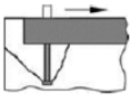
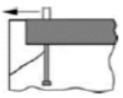
6	锚筋受拉拔出破坏		$N_{Ed}^{a} \le N_{Rd,p} = N_{Rk,p}/\gamma_{Mp}$	
7	混凝土锥体破坏 （不满足要求时，可考虑设置抗拉附加钢筋）		$N_{Ed}^{a} \le N_{Rd,c} = N_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$	
8	混凝土劈裂破坏		$N_{Ed}^{a} \le N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp}$	
9	混凝土受拉边缘剥落破坏		$N_{Ed}^{a} \le N_{Rd,cb}$ $= N_{Rk,cb}/\gamma_{Mc}$	

b) 槽式预埋件应按照表 B.2 计算受剪承载力。

表 B. 2　剪力作用下槽式预埋件的验算项目

	失效模式		钢槽	最不利的锚筋或螺栓	示意图
1	钢材破坏 (无杠杆臂)	螺栓受剪		$V_{Ed}^{cb} \le V_{Rd,s} = V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
2		锚筋受剪		$V_{Ed}^{a} \le V_{Rd,s,a} = V_{Rk,s,a}/\gamma_{Ms}$	
3		锚筋与钢槽连接处受剪		$V_{Ed}^{a} \le V_{Rd,s,c} = V_{Rk,s,c}/\gamma_{Ms,ca}$	
4		钢槽卷边受剪破坏	$V_{Ed}^{cb} \le V_{Rd,s,l} = V_{Rk,s,l}/\gamma_{Ms,l}$		
5	钢材破坏 （有杠杆臂）	螺栓受剪		$V_{Ed}^{cb} \le V_{Rd,s,M} = V_{Rk,s,M}/\gamma_{Ms}$	

地方标准信息服务平台

6	混凝土剪撬破坏		$V_{Ed}^{a} \le V_{Rd,cp} = V_{Rk,cp}/\gamma_{Mc}$	
7	混凝土边缘破坏 （不满足要求时，可考虑加密箍筋）		$V_{Ed}^{a} \le V_{Rd,c} = V_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$	

c) 槽式预埋件与混凝土结构锚固连接的承载力系数，应按照表 B.3 采用。

表 B. 3 槽式预埋件设计的承载力分项系数

破坏模式	分项系数代号	分项系数
槽式预埋件钢材破坏		
1 锚筋受拉、螺栓受拉	γ_{Ms}	1.5
2 锚筋受剪，螺栓受剪（有杠杆臂、无杠杆臂）	γ_{Ms}	1.25
3 锚筋与钢槽连接处受拉、受剪	$\gamma_{Ms,ca}$	1.8
4 钢槽卷边受拉、受剪	$\gamma_{Ms,l}$	1.8
5 钢槽整体受拉弯曲	$\gamma_{Ms,flex}$	1.15
混凝土破坏		
6 混凝土受拉锥体破坏、混凝土受拉边缘破坏、 混凝土受剪边缘破坏、混凝土受剪剪撬破坏	γ_{Mc}	1.5
7 混凝土劈裂破坏	γ_{Msp}	1.5
锚筋受拉拔出破坏		
8 锚筋受拉拔出破坏	γ_{Mp}	1.5

B.2.12 槽式预埋件受拉钢材破坏：

a) 锚筋的钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,s,a}$，应按产品认证报告取值；若无认证报告，应经检测确定；$N_{Rk,s,a}$ 不应大于 A_S f_{yk}，其中 A_S 为锚筋受拉应力截面面积，f_{yk} 为锚筋的抗拉屈服强度标准值；

b) 锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,s,c}$，应按产品认证报告取值；若无认证报告，应经检测确定；

c) 钢槽卷边钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,s,l}$，应按产品认证报告取值；若无认证报告，应经检测确定。设计时应保证相邻 T 型螺栓的轴心间距 S_{chb}≥2 b_{ch}，（其中 b_{ch} 为槽式预埋件宽度；S_{chb} 为相邻 T 型螺栓的轴心间距）,否则该承载力标准值应当乘以折减系数：$0.5.(1+S_{chb}/2b_{ch})$≤1.0；

d) T 型螺栓的钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,s}$，应按产品认证报告取值；若无认证报告，应经检测确定； $N_{Rk,s}$ 不得大于 A_S f_{yk}，其中 A_S 为 T 型螺栓受拉应力截面面积；f_{yk} 为 T 型螺栓的抗拉屈服强度标准值；

e) 钢槽受拉弯曲钢材破坏的抗弯承载力标准值 $M_{RK,s,flex}$，应由产品认证报告提供；若无认证报告，可按照下式计算：

$$M_{RK,s,flex}=W_{pl,y}\cdot f_{yk} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (B.7)$$

式中 $W_{pl,y}$ —— 为槽式预埋件 y 轴向的塑性截面抵抗矩，由材料供应商提供；

f_{yk} —— 为钢槽材料的屈服强度标准值。

B.2.13 锚筋受拉拔出破坏承载力标准值可按下式计算：

$$N_{Rk,p}=k_2\cdot f_{cu,k}\cdot A_h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (B.8)$$

式中 k_2 —— 取 6.0（对于开裂混凝土），或 8.4（对于非开裂混凝土）；

A_h —— 锚筋端部的受力面积 (mm²)。当锚筋端部为圆头时，$A_h=\frac{\pi}{4}\cdot\left(d_h^2-d_a^2\right)$，$d_a$ 为锚筋平直段直径，d_h 为锚筋端部圆头直径，其中 d_h 不应大于（$6t_h+d_a$），t_h 为锚筋端部圆头的厚度（参考图 B.1）；

$f_{cu,k}$ —— 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm²)。

B.2.14 混凝土锥体破坏受拉承载力标准值计算：

单根锚筋发生混凝土锥体破坏受拉承载力标准值可按下式计算：

$$N_{Rk,c}=N^0_{Rk,c}\cdot\psi_{ch,s,N}\cdot\psi_{ch,e,N}\cdot\psi_{ch,c,N}\cdot\psi_{re,N} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (B.9)$$

式中 $N^0_{Rk,c}$ —— 单根锚筋受拉时，混凝土理想锥体破坏的受拉承载力标准值（N），可按 B.2.15 条进行计算；

$\psi_{ch,s,N}$ —— 相邻锚筋间距影响系数，可按 B.2.16 条进行计算；

地方标准信息服务平台

$\Psi_{ch,e,N}$ —— 混凝土基材边缘距离影响系数，可按 B.2.17 条进行计算；

$\Psi_{ch,c,N}$ —— 混凝土基材边角影响系数，可按 B.2.18 条进行计算；

$\Psi_{Re,N}$ —— 表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的影响系数，可按 B.2.19 条进行计算。

B.2.15 槽式预埋件单根锚筋受拉时，混凝土理想锥体破坏的受拉承载力标准值（N），可按下式计算：

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad \cdots\cdots (B.10)$$

式中 k_1 —— 按如下规定取值：开裂混凝土取7.9.$\alpha_{ch,N}$，非开裂混凝土取11.$\alpha_{ch,N}$，其中$\alpha_{ch,N} = (\frac{h_{ef}}{180})^{0.15}$，且不大于 1.0；

$f_{cu,k}$ —— 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm^2)；

h_{ef} —— 槽式预埋件的有效埋置深度。

B.2.16 相邻锚筋间距影响系数 $\Psi_{ch,s,N}$ 可按下式计算：

$$\psi_{ch,s,N} = \frac{1}{1+\sum_{i=1}^{n}\left[\left(1-\frac{s_i}{s_{cr,N}}\right)^{1.5}\cdot\frac{N_i}{N_0}\right]} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots (B.11)$$

式中 s_i —— 为相邻锚筋间的距离 (mm)，见图 B.4，其值不应大于锚筋的临界间距 $S_{cr,N}$ (mm)；

$S_{cr,N}$ —— 可取 $s_{cr,N} = 2.\left(2.8 - 1.3 \cdot \frac{h_{ef}}{180}\right).h_{ef} \geq 3h_{ef}$；

N_0 —— 0 号锚筋（进行验算的锚筋）所承受的拉力荷载（N）；

N_i —— 对 0 号锚筋有影响的单个锚筋所承受的拉力荷载（N）；

n —— 指定锚筋两侧临界距离内（$S_{cr,N}$）的锚筋数量。

地方标准信息服务平台

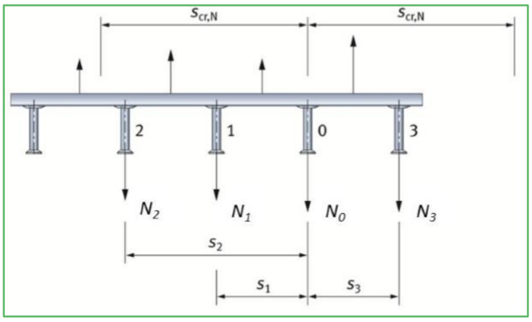


图 B. 4　槽式预埋件受拉示意

B.2.17 混凝土基材边缘距离影响系数 $\Psi_{ch,e,N}$ 可按下式计算：

$$\psi_{ch,e,N} = \left(\frac{c_1}{c_{cr,N}}\right)^{0.5} \leq 1.0 \quad \text{(B.12)}$$

式中　c_1　——　为槽式预埋件的边距，见图 B.5，当基材构件为狭窄构件时，应当取 $c_{1,1}$,$c_{1,2}$ 中的较小值；

$c_{cr,N}$　——　临界边距 $c_{cr,N} = 0.5 s_{cr,N}$，其中 $S_{cr,N}$ 参照 B.2.16 条。

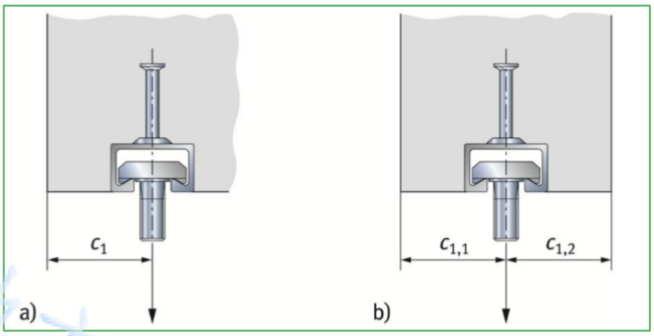


图 B. 5　槽式预埋件边距示意

a)一侧为边缘；b)在一个狭窄构件中，两侧均为边缘

B.2.18　混凝土基材边角影响系数 $\Psi_{ch,c,N}$ 可按下式计算：

$$\psi_{ch,c,N} = \left(\frac{c_2}{c_{cr,N}}\right)^{0.5} \leq 1.0 \quad \text{(B.13)}$$

式中　c_2　——　为所验算锚筋的边角距离，见图 B.6；

$c_{cr,N}$　——　临界边距 $c_{cr,N} = 0.5 s_{cr,N}$，其中 $S_{cr,N}$ 见 B.2.16 条。

地方标准信息服务平台

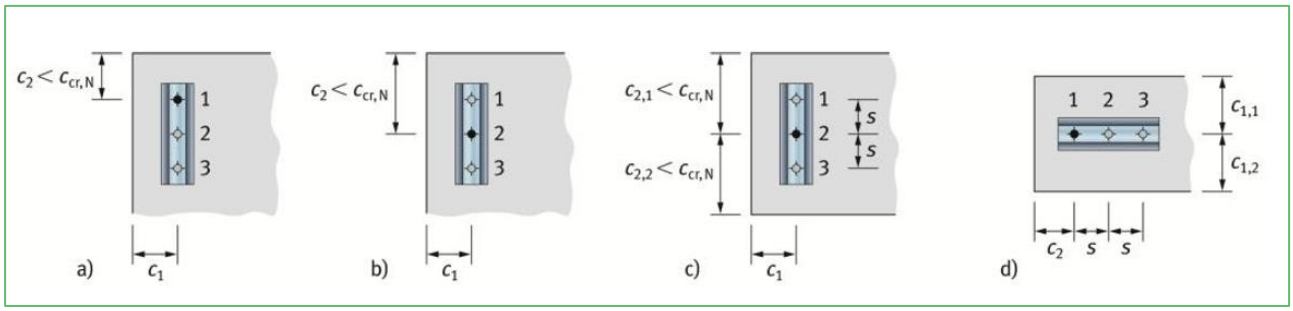


图 B.6　槽式预埋件边角距离 c2 取值示意

a)针对锚筋 1 的计算；b)针对锚筋 2 的计算；c)针对锚筋 2 的计算；d)针对锚筋 1 的计算

B.2.19　表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的影响系数，可分两种情况考虑：

a)　当槽式预埋件的有效埋深 h_{ef}≤100mm 时，可以按式 B.2.19 计算。

$$\psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \le 1.0 \quad \text{（B.14）}$$

在下列情况下 $\Psi_{Re,N}$ 可直接取 1.0：

1）　当混凝土内箍筋间距大于 150mm；

2）　箍筋的直径不大于 10mm 且间距大于 100mm 时；

b)　当槽式预埋件的有效埋深 h_{ef}＞100mm 时，取 $\Psi_{Re,N}$ =1.0。

B.2.20　混凝土受拉劈裂破坏验算：

a)　应满足最小边距 c_{min}、最小间距 s_{min}、混凝土基材最小厚度 h_{min} 和最小配筋等要求，避免安装过程中的混凝土劈裂破坏。

b)　为了避免荷载条件下的劈裂破坏，设计应满足下列条件之一：

1）　任何方向的边距 $c \ge 1.2c_{cr,sp}$(劈裂破坏临界边距)，且基材厚度 $h \ge h_{min}$；

2）　计算混凝土受拉锥体破坏时，是按照开裂混凝土计算承载力的，且考虑劈裂力时基材裂缝宽度 w_k≤0.3mm。并且设置有附加钢筋抵抗劈裂力，该附加钢筋应当在靠近每一个锚筋的地方对称设置，附加钢筋的数量可按下式计算：

$$A_{s,re} = 0.5 \cdot \left(N_{Ed}^{a} / f_{yk} \right) \cdot \gamma_{Ms,re} \quad \text{（B.15）}$$

式中　$A_{s,re}$　——　为一个锚筋边上抗劈裂附加钢筋的截面积，该槽式预埋件的每一个锚筋附近均应当设置同样数量的附加钢筋；

N_{Ed}^{a}　——　为槽式预埋件中受到拉力最大的锚筋所承受的拉力；

f_{yk}　——　为附加钢筋的屈服强度标准值；

$\gamma_{Ms,re}$　——　分项系数，可取 1.5。

c)　当不满足上述条件时，混凝土劈裂破坏承载力标准值应按下式计算：

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk}^{0} \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad \text{（B.16）}$$

$$N_{Rk}^{0} = \min\left\{ N_{Rk,p}; N_{Rk,c}^{0} \right\} \quad \text{（B.17）}$$

地方标准信息服务平台

$$\psi_{h,sp}=\left(h/h_{\min}\right)^{2/3} \quad \text{（B.18）}$$

式中 $N_{Rk,p}$ —— 拔出破坏承载力标准值， 按 B.2.13 条计算；

$N^{0}_{Rk,c}$ —— 混凝土受拉锥体破坏标准值，按 B.2.15 条计算；

$\Psi_{h,sp}$ —— 基材厚度影响系数，可按公式 B.18 计算， $\Psi_{h,sp}$ 不应大于 $\max\left\{1;\left(\frac{h_{ef}+c_{cr,N}}{h_{\min}}\right)^{2/3}\right\}$，且不大于 2.0；

h_{min} —— 混凝土基材最小厚度；

Ccr,N —— 临界边距 $C_{cr,N}=0.5S_{cr,N}$，其中 $S_{cr,N}$ 见 B.2.16 条。

另外 $\Psi_{ch,s,N}$ 、$\Psi_{ch,c,N}$ 、$\Psi_{ch,e,N}$、$\Psi_{re,N}$ 均按照 B.2.14 条的相关公式计算，但其中涉及到临界边距 $c_{cr,N}$ 和临界间距 $S_{cr,N}$ 时，应分别用 $c_{cr,sp}$ 和 $s_{cr,sp}$ 替代。

B.2.21 混凝土受拉边缘剥落破坏验算：

a) 当槽式预埋件的任一锚筋的任一边距不小于 $0.5h_{ef}$；该破坏模式无需验算。

b) 当不满足上款要求时，应当进行混凝土受拉边缘剥落破坏验算。混凝土受拉边缘剥落破坏承载力标准值 $N_{Rk,cb}$ 可按下式计算（当槽体垂直于混凝土基材边缘时，只需要验算最靠近边缘的单个锚筋）：

$$N_{Rk,cb}=N^{0}_{Rk,cb}\cdot\psi_{ch,s,Nb}\cdot\psi_{ch,c,Nb}\cdot\psi_{ch,h,Nb} \quad \text{（B.19）}$$

$$N^{0}_{Rk,cb}=k_5\cdot c_1\cdot\sqrt{f_{cu,k}}\cdot\sqrt{A_h} \quad \text{（B.20）}$$

$$\psi_{ch,c,Nb}=\left(\frac{c_2}{c_{cr,Nb}}\right)^{0.5}\le 1.0 \quad \text{（B.21）}$$

$$\psi_{ch,h,Nb}=\frac{h_{ef}+f}{4c_1}\le\frac{2c_1+f}{4c_1}\le 1 \quad \text{（B.22）}$$

式中 $N^{0}_{Rk,cb}$ —— 单一锚筋的理想混凝土受拉边缘剥落破坏承载力标准值，按式 B.20 计算；

$\Psi_{ch,s,Nb}$ —— 相邻锚筋间距影响系数,参照 B.2.16 条的公式计算，但 B.2.16 条

公式中的 $s_{cr,N}$ 用 $s_{cr,Nb}=4c_1$ 替换；

$\Psi_{ch,c,Nb}$ —— 混凝土基材边角影响系数,按公式 B.21 计算；如果一个锚筋同时受到基材两个边角的影响，见图 B.6 的 c)，应同时采用 $c_{2,1}$,$c_{2,2}$ 来计算边角影响系数 $\Psi_{ch,c,Nb}$，并代入到 B.2.21 条公式中，最后取较小值；

$\Psi_{ch,h,Nb}$ —— 基材厚度影响系数，当锚筋顶端基材厚度 $f\leqslant 2c_1$ 时（见图 B.7），应考虑基材厚度影响系数，按公式 B.22 计算；

c_1 —— 边距（见图 B.5）；

$f_{cu,k}$ —— 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm^2)；

A_h —— 锚筋端部的受力面积（见 B.2.13），也可按认证报告取值；

k_5 —— 对于开裂混凝土，k_5=7.8；对于非开裂混凝土，k_5=11.0；

c_2 —— 所验算锚筋的边角距离，见图 B.6；

$c_{cr,Nb}$ —— 临界边距 $c_{cr,Nb}=2c_1$；

h_{ef} —— 有效埋深，按图 B.1 取值；

f —— 锚筋顶端基材厚度，见图 B.7。

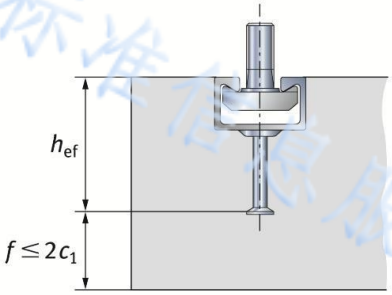


图 B.7　槽式埋件在较薄的混凝土基材中

B.2.22　槽式预埋件受剪钢材破坏（垂直于槽体剪力 $V_{Rk,y}$ 和平行于槽体剪力 $V_{Rk,x}$）：

a)　垂直于钢槽长度方向剪力作用下，锚筋的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,a,y}$，应按产品认证报告取值；若无认证报告，应经检测确定。平行于钢槽长度方向剪力作用下，锚筋的钢材破坏受剪承载力

地方标准信息服务平台

标准值 $V_{Rk,s,a,x}$，应按产品认证报告或测试报告取值。以上 2 项，若无相关报告，可根据 JGJ 145 取 0.6 A_S f_{yk}，其中 A_S 为锚筋受拉应力截面面积，f_{yk} 为锚筋的抗拉屈服强度标准值。

b) 垂直于钢槽剪力作用下，锚筋与钢槽连接处钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,c,\ y}$，应取认证报告或相关标准中的垂直于槽式预埋件的剪切测试给出的承载力标准值。平行于钢槽剪力作用下，锚筋与钢槽连接处的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,c,x}$，应按产品认证报告取值。若无相关报告，可按下式计算：

$$V_{Rk,s,c,x} = V_{Rk,s,a,x} \cdot \frac{N_{Rk,s,c}}{N_{Rk,s,a}} \leq V_{Rk,s,a,x} \quad \text{（B. 23）}$$

式中 $V_{Rk,sa,x}$ —— 按本条第 1 款取值；

$N_{Rk,s,c}$ —— 按 B.2.12 条取值；

$N_{Rk,s,a}$ —— 按 B.2.12 条取值。

c) 垂直于钢槽剪力作用下，钢槽卷边钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,l,y}$，应当取认证报告或相关标准中的垂直于钢槽的剪切测试给出的承载力标准值，设计时应保证相邻 T 型螺栓的轴心间距 $S_{chb} \geq 2\ b_{ch}$，（其中 b_{ch} 为槽式预埋件宽度）,否则该承载力标准值应当乘以折减系数$0.5.(1 + S_{chb}/2b_{ch}) \leqslant 1.0$。平行于钢槽剪力作用下，钢槽卷边钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,l,x}$，应取相关认证报告或相关标准中的平行于钢槽的剪切测试给出的承载力标准值。

d) 对于无杠杆臂的纯剪切状态，垂直或平行于钢槽剪力作用下，T 型螺栓的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,y}$、$V_{Rk,s,x}$，应按认证报告取值。若无认证报告，可取相关标准中的受剪承载力标准值，或根据 JGJ145 取 0.6 A_S f_{yk}，其中 A_S 为螺栓受拉应力截面面积，f_{yk} 为螺栓的抗拉屈服强度标准值。

e) 对于有杠杆臂的弯剪复合受力（参考 B.2.10 条），平行于钢槽剪力作用下，T 型螺栓的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,M,x}$，应按测试报告取值。垂直于钢槽剪力作用下，T 型螺栓的受剪承载力标准值可按下式计算（l_a 见图 B.3）：

$$V_{Rk,s,M,y} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad \text{（B. 24）}$$

$$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} \cdot (1 - \frac{N^{cb}_{Ed}}{N_{Rd,s}}) \quad \text{（B. 25）}$$

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms} \quad \text{（B. 26）}$$

标准信息服务平台

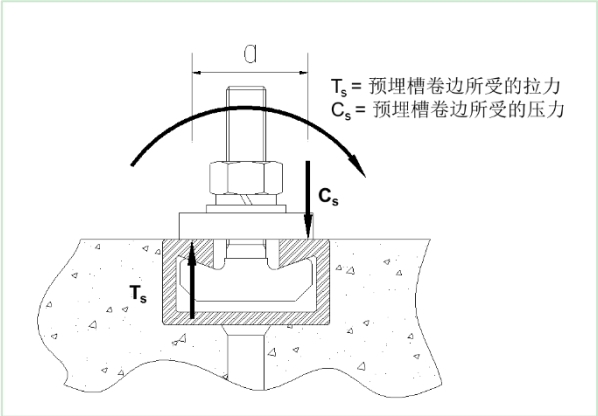


图 B.8　T 型螺栓受剪时的内力臂长度示意图

式中　α_M　——　被连接件约束系数，幕墙工程可取值 1.0；

$M_{Rk,s}$　——　抗弯承载力标准值；

$M^0_{Rk,s}$　——　槽式预埋件螺栓的理想抗弯承载力标准值，可由认证报告提供；无相关认证报告时，可按 JGJ 145 的公式 $M^0_{Rk,s}=1.2\cdot W_{el}\cdot f_{yk}$ 进行计算，且不应大于$0.5.N_{Rk,s,l}\cdot a$，其中$N_{Rk,s,l}$参照 B.2.12 条，a 为 T 型螺栓受剪时的内力臂长度，参考图 B.8。

B.2.23　混凝土的剪撬破坏承载力标准值，应选取槽式预埋件中的最不利锚筋按下式进行计算：

$$V_{Rk,cp,\ y}=k_8\cdot N_{Rk,c}$$（剪力垂直于钢槽时）…… (B. 27)

$$V_{Rk,cp,x}=k_8\cdot N_{Rk,c}$$（剪力平行于钢槽时）…… (B. 28)

式中　K_8　——　影响系数，应由相关认证报告提供。没有认证报告，可参照 JGJ 145 的规定，取 k_8 =2.0 (幕墙工程中有效埋深不小于 90mm)；

$N_{Rk,c}$　——　混凝土锥体破坏受拉承载力标准值，按照 B.2.14 条进行计算。

B.2.24　垂直于钢槽长度方向剪力作用下，混凝土边缘破坏受剪承载力标准值，按下式进行计算：

$$V_{Rk,c,y}=V^0_{Rk,c}\cdot\psi_{ch,s,V}\cdot\psi_{ch,c,V}\cdot\psi_{ch,h,V}\cdot\psi_{ch,90°,V}\cdot\psi_{re,V}$$　（B. 29）

式中 $V^{0}_{Rk,c}$ —— 为单根锚筋承受垂直与钢槽剪力时，混凝土理想边缘破坏承载力标准值（N），按 B.2.25 条计算；

$\Psi_{ch,s,V}$ —— 为相邻锚筋间的影响系数，可按 B.2.26 条计算；

$\Psi_{ch,c,V}$ —— 为混凝土基材边角影响系数，可按 B.2.27 条计算；

$\psi_{ch,h,V}$ —— 为混凝土基材厚度影响系数，可按 B.2.28 条计算；

$\psi_{90°,V}$ —— 为考虑剪力与边缘平行时对受剪承载力的影响系数，当如图 B.9 时，取 $\alpha_{90°,V} = 2.5$，其它条件下（不平行时）一律取 $\alpha_{90°,V} = 1.0$；

$\psi_{re,V}$ —— 为混凝土边缘有无配筋或所处位置对承载力的影响系数：

(a) 构件为开裂混凝土，且边缘无纵向钢筋或箍筋时，$\psi_{re,V} = 1.0$；

(b) 构件为非开裂混凝土时，在槽式预埋件和构件边缘之间有纵向钢筋，且直径不小于 12mm，$\psi_{re,V} = 1.2$；

(c) 构件为开裂混凝土，边缘有纵向钢筋和箍筋，且纵筋直径不小于 12mm，箍筋间距不大于 100mm 时，$\psi_{re,V} = 1.4$；

(d) 构件为非开裂混凝土时，$\psi_{re,V} = 1.4$。

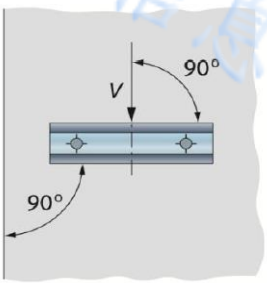


图 B.9 剪力方向与混凝土基材边缘平行示意图

B.2.25 单根锚筋承受垂直于钢槽剪力时混凝土理想边缘破坏承载力标准值（N），按下式计算：

地方标准信息服务平台

$$V_{Rk,c}^{0}=k_{12}\cdot\sqrt{f_{cu,k}}\cdot c_1^{4/3} \quad \text{（B. 30）}$$

式中 k_{12} —— 系数，应按相关认证报告中开裂或非开裂混凝土的取值；如无认证报告，开裂混凝土可取 k_{12}=4.1，非开裂混凝土可取 k_{12}=5.7；

$f_{cu,k}$ —— 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm^2)；

C_1 —— 沿剪力方向的边距。

B.2.26 相邻锚筋间的影响系数，可按下式计算：

$$\psi_{ch,\ s,V}=\frac{1}{1+\sum_{i=1}^{n}\left[\left(1-\frac{s_i}{s_{cr,V}}\right)^{1.5}\cdot\frac{V_i}{V_0}\right]}\le 1.0 \quad \text{（B. 31）}$$

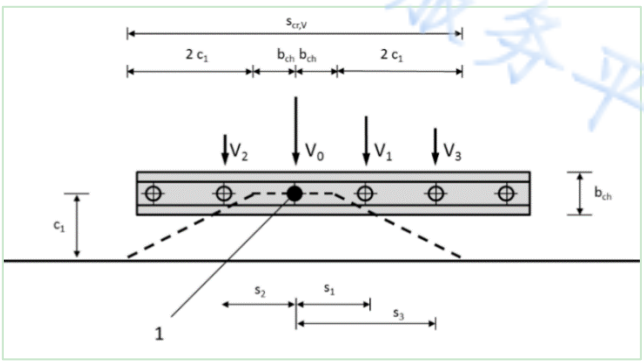
式中 s_i —— 为相邻锚筋与 0 号锚筋的间距（*mm*），见图 B.10，应 $s_i \leqslant s_{cr,v}$；

$S_{cr,V}$ —— 锚筋的临界间距（mm），当 $h_{ch}/h_{ef}\le 0.4$，且 $b_{ch}/h^{ef}\le 0.7$ 时(见图 B.1)，取 $s_{cr,V}=4c_1+2b_{ch}$；当上述条件不满足时，$S_{cr,V}$ 应当由相关认证报告或测试报告提供,且不小于($4c_1$+$2b_{ch}$)；

V_i —— 临界距离 $S_{cr,N}$ 内某个相邻锚筋所承受的剪力（N）；

V_0 —— 指定锚筋所承受的剪力荷载（N）；

n —— 指定锚筋两侧临界距离内（$S_{cr,N}$）的锚筋数量。



地方标准信息服务平台

图 B.10 垂直钢槽剪力作用下混凝土边缘破坏示意图（1 为进行验算的 0 号锚筋）

B.2.27 混凝土基材边角影响系数，可按下式计算：

$$\psi_{ch,c,V}=\left(\frac{c_2}{c_{cr,V}}\right)^{0.5}\leq 1.0 \qquad \text{（B.32）}$$

式中 $c_{cr,V}$ —— $c_{cr,V}=0.5s_{cr,V}$，其中 $S_{cr,v}$ 见第 B.2.26 条；

C_2 —— 为垂直剪力方向的边距，如果一个锚筋同时受到基材两个边角的影响，见图 B.11 的 b)，应同时采用 $c_{2,1}$,$c_{2,2}$ 来计算边角影响系数 $\Psi_{ch,c,V}$，并代入到公式 B.29 中，最后取较小值。

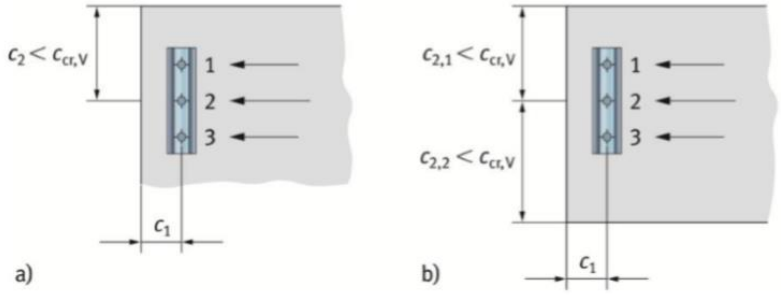


图 B.11 槽式预埋件锚筋受边角影响示意图

a)受一个角影响； b)受 2 个角影响

B.2.28 混凝土基材厚度影响系数的计算：

a) 当构件厚度 $h\geqslant h_{cr,V}$时，$\psi_{ch,h,V}$ 可直接取为 1.0；

b) 当 $h<h_{cr,V}$时，应按下式进行计算：

$$\psi_{ch,h,V}=\left(\frac{h}{h_{cr,V}}\right)^{0.5}\leq 1.0 \qquad \text{（B.33）}$$

式中 $h_{cr,V}$ —— 基材临界厚度（mm）；当槽式预埋件 $h_{ch}/h_{ef}\leq 0.4$，且 $b_{ch}/h^{ef}\leq 0.7$ 时（见图 B.1），可取 $h_{cr,V}=2c_1+2h_{ch}$，其中 h_{ch} 为槽式预埋件的高度（mm），见图 B.12；上述条件不满足时，$h_{cr,V}$ 应由相关认证报告或测试报告提供,且不小于 $2c_1+2h_{ch}$；

h —— 混凝土构件厚度。

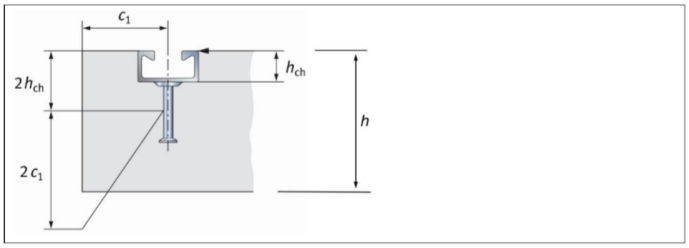


图 B.12 槽式预埋件锚筋受构件厚度影响示意图

B.2.29 在平行于钢槽长度方向的剪力作用下，最不利单根锚筋混凝土边缘破坏受剪承载力标准值，按下式进行计算：

$$V_{Rk,c,x}=V^{0}_{Rk,c,x}\cdot\frac{A_{c,V}}{A^{0}_{c,V}}\psi_{s,V}\cdot\psi_{h,V}\cdot\psi_{\alpha,V}\cdot\psi_{re,V} \quad \text{（B.34-1）}$$

$$V^{0}_{Rk,c,x}=6.3\cdot\left(\frac{h_{ef}}{d_a}\right)^{0.2}\cdot\sqrt{f_{cu,k}\cdot d_a}\cdot c_1^{1.5} \quad \text{（B.34-2）}$$

$$V^{0}_{Rk,c,x}=8.1\cdot\sqrt{f_{cu,k}}\cdot c_1^{1.5} \quad \text{（B.34-3）}$$

式中 $V^{0}_{Rk,c,x}$ —— 取 B.34-2 和 B.34-3 的较小值；

d_a —— 为槽式预埋件锚筋的直径；对于工字型锚筋，按 x 轴方向的锚筋杆部宽度 t_w 取值，单位 mm；

其它参数 —— 均按照 JG145-2013 第 6.1.14 条计算。

B.2.30 槽式预埋件在承受拉力和剪力的复合力时，应分成四种情况来验算，即 1)T 型螺栓钢材破坏、2)卷边破坏和钢槽受弯破坏、3)锚筋破坏和锚筋与钢槽连接破坏、4)混凝土破坏等，并满足本条的相关要求。

a) 槽式预埋件在承受拉剪复合力时，其 T 型螺栓的钢材破坏模式验算，应当满足下列公式的要求。当螺栓承受的剪力存在有杠杆力臂的情况时,则不需要进行本验算。

$$\left(\frac{N^{cb}_{\mathrm{Ed}}}{N_{Rd,s}}\right)^2+\left(\frac{V^{cb}_{\mathrm{Ed}}}{V_{Rd,s}}\right)^2\le 1.0 \quad \text{（B.35-1）}$$

式中 N^{cb}_{Ed} —— 分配到槽式预埋件 T 型螺栓的拉力（N）；

$N_{Rd,s}$ —— 槽式预埋件 T 型螺栓受拉破坏承载力设计值（N）；

V_{Ed}^{cb} —— 槽式预埋件 T 型螺栓上所分配到的剪切力（N），即 T 型螺栓上所受的垂直于钢槽轴向和平行于钢槽轴向的剪力设计值的合力；

$V_{Rd,s}$ —— 槽式预埋件 T 型螺栓受剪破坏承载力设计值（N）。

b) 槽式预埋件承受拉剪复合力时，其卷边破坏、钢槽受弯破坏模式的验算，应满足下列公式的要求:

$$\left(\frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s,l}}\right)^{k13}+\left(\frac{V_{Ed,y}^{cb}}{V_{Rd,s,l,y}}\right)^{k13}\le\left[1-\left(\frac{V_{Ed,x}^{cb}}{V_{Rd,s,l,x}}\right)\right]^{k13}$$ （卷边验算）…… （B.35-2）

$$\left(\frac{M_{Ed}^{ch}}{M_{Rd,s,flex}}\right)^{k13}+\left(\frac{V_{Ed,y}^{cb}}{V_{Rd,s,l,y}}\right)^{k13}\le\left[1-\left(\frac{V_{Ed,x}^{cb}}{V_{Rd,s,l,x}}\right)\right]^{k13}$$ （受弯验算）…… （B.35-3）

式中 k_{13} —— 当$V_{Rd,s,l,y}\le N_{Rd,s,l}$时，取 $k_{13}=2.0$；当$V_{Rd,s,l},y>N_{Rd,s,l}$时，应按相关认证报告取值，如果无认证报告，可取 k_{13}=1.0；当考虑了抗震的相关计算时，可取 k_{13}= 1.0；

N_{Ed}^{cb} —— 分配到槽式预埋件螺栓的拉力（N）；

$N_{Rd,sl}$ —— 槽式预埋件钢槽卷边受拉破坏承载力设计值（N）；

$V_{\mathrm{Ed,y}}^{cb}$ —— 分配到槽式预埋件螺栓上垂直于槽式预埋件轴向的剪力（N）；

$V_{\mathrm{Ed,x}}^{cb}$ —— 分配到槽式预埋件螺栓上平行于槽式预埋件轴向的剪力（N）；

$V_{Rd,s,l}$ —— 槽式预埋件的钢槽卷边受剪破坏承载力设计值（N）；

M_{Ed}^{ch} —— 拉力作用下钢槽整体受弯的弯矩设计值(Nm),见 B.2.6 条；

$M_{Rd,s,flex}$ —— 钢槽整体受拉弯曲的承载力设计值（Nm）。

c) 槽式预埋件承受拉剪复合力时，其锚筋破坏、锚筋与钢槽连接破坏模式的验算，应当满足下列公式的要求:

地方标准信息服务平台

$$\max\left(\frac{N_{\mathrm{Ed}}^{a}}{N_{Rd,s,a}};\frac{N_{\mathrm{Ed}}^{a}}{N_{Rd,s,c}}\right)^{k14}+\max\left(\frac{V_{\mathrm{Ed,y}}^{a}}{V_{Rd,s,a,y}};\frac{V_{\mathrm{Ed,y}}^{a}}{V_{Rd,s,c,y}}\right)^{k14}\leqslant\left[1-\max\left(\frac{\mathrm{V}_{Ed,x}^{\mathrm{a}}}{V_{Rd,s,a,x}};\frac{\mathrm{V}_{\mathrm{Ed,x}}^{\mathrm{a}}}{\mathrm{V}_{\mathrm{Rd,s,c,x}}}\right)\right]^{k14}\quad\text{（B.35-4）}$$

式中 k_{14} —— 当 $\max\left(V_{Rd,s,a,y};V_{Rd,s,c,y}\right)\leqslant\min\left(N_{Rd,s,a};N_{Rd,s,c}\right)$ 时，取 k_{14}=2.0；当 $\max\left(V_{Rd,s,a,y};V_{Rd,s,c,y}\right)>\min\left(N_{Rd,s,a};N_{Rd,s,c}\right)$ 时，应参照相关认证报告，或取 k_{14}= 1.0；当考虑了抗震的相关计算时，可取 k_{14}=1.0；

N_{Ed}^{a} —— 分配到槽式预埋件锚筋的拉力（N）；

$N_{Rd,s,a}$ —— 槽式预埋件锚筋的抗拉承载力设计值（N）；

$N_{Rd,s,c}$ —— 钢槽与锚筋连接处的抗拉承载力设计值（N）；

V_{Ed}^{a} —— 分配到锚筋上的剪力（N）；

$V_{\mathrm{Ed,y}}^{a}$ —— 分配到锚筋上垂直于槽式预埋件轴向的剪力（N）；

$V_{\mathrm{Ed,x}}^{a}$ —— 分配到锚筋上平行于槽式预埋件轴向的剪力（N）；

$V_{Rd,s,a}$ —— 锚筋的抗剪承载力设计值（N）；

$V_{Rd,s,c}$ —— 钢槽与锚筋连接处的抗剪承载力设计值（N）。

4 槽式预埋件承受拉剪复合力时，其混凝土破坏模式的验算，应当满足下列公式的要求：

$$\left(\frac{N_{\mathrm{Ed}}^{a}}{N_{Rd,i}}\right)^{\alpha}+\left(\frac{V_{\mathrm{Ed,y}}^{a}}{V_{Rd,i,y}}\right)^{\alpha}+\left(\frac{V_{Rd,x}^{a}}{V_{Rd,i,x}}\right)^{\alpha}\leq1.0\quad\text{（B.35-5）}$$

式中 α —— 当考虑了抗震的相关计算时，可取 1.0；当布置了附加钢筋承担拉力和剪力时，可取 1.0；当没有附加辅助钢筋承担拉力和剪力时，可取 1.5；

$N_{Rd,i}$ —— 锥体破坏受拉承载力设计值 $N_{Rd,c}$，锚筋受拉拔出破坏承载力设计值

$N_{Rd,p}$，劈裂破坏$N_{Rd,sp}$或受拉边缘剥落破坏$N_{Rd,cb}$等4个模式，取比值的较大值；

$V_{Rd,i,y}$ —— 应当分别验算垂直于钢槽受剪情况下，混凝土边缘破坏、剪撬破坏等2个模式，采用其中$\left(\frac{V_{\mathrm{Ed}}^{a}}{V_{Rd,i,y}}\right)$的较大值；

$V_{Rd,i,x}$ —— 应当分别验算平行于钢槽受剪情况下，混凝土边缘破坏、剪撬破坏等2个模式，采用其中$\left(\frac{V_{\mathrm{Ed}}^{a}}{V_{Rd,i,x}}\right)$的较大值。

地方标准信息服务平台

附 录 C
（资料性）
石材蜂窝复合板等效弯曲刚度计算

C.1 石材蜂窝复合板中性轴计算应符合下列规定：

a) 石材面板位置在上侧的石材蜂窝复合板中性轴位置见图 C.1。

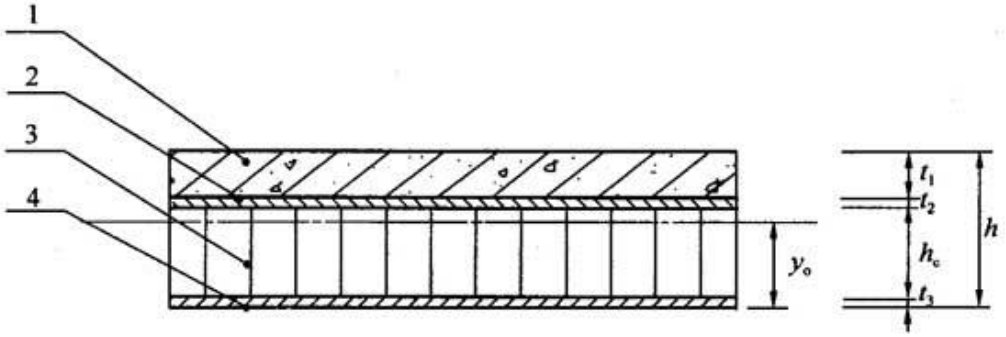


图 C.1 石材蜂窝复合板中性轴位置示意图(面板上侧)

1-石材面板，厚度为 t_1；2-与石材面板粘结的背板内面板，厚度为 t_2；
3-铝蜂窝芯，厚度为 h_c；4-背板外面板，厚度为 t_3

b) 石材面板位置在下侧的石材蜂窝复合板中性轴位置见图 C.2。

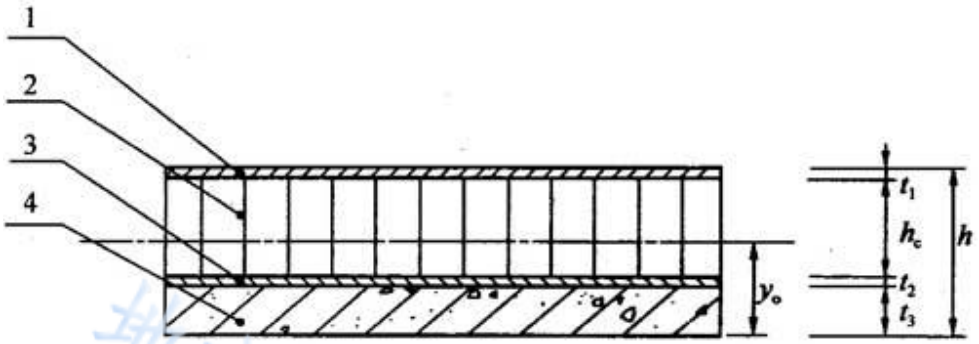


图 C.2 石材蜂窝复合板中性轴位置示意图(面板下侧)

1-背板外面板，厚度为 t1；2-铝蜂窝芯，厚度为 hc；3-与石材面板粘结的背板内面板，厚度为 t2；
4-石材面板，厚度为 t3

c) 以图 C.1 或图 C2 所示图例中标识为 4 的板的下表面为计算坐标原点，石材蜂窝板中性轴的位置可按下列公式计算：

$$y_0=\frac{t_3E_3\frac{t_3}{2}+h_cE_c\left[\frac{h_c}{2}+t_3\right]+t_2E_2\left[h_c+t_3+\frac{t_2}{2}\right]+t_1E_1\left[t_3+t_2+h_c+\frac{t_1}{2}\right]}{t_3E_3+h_cE_c+t_2E_2+t_1E_1} \quad (C.1)$$

式中:E_1、E_2、E_3、E_c —— 对应层板材的弹性模量（N/mm^2）。

d) 由于铝蜂窝芯的弹性模量远远小于其它材料的弹性模量，因而有 E_C 项的计算可取 E_C 为零值计算。故公式可简化为：

$$y_0=\frac{t_3E_3\frac{t_3}{2}+h_2E_2\left[h_c+t_3+\frac{h_2}{2}\right]+t_1E_1\left[t_3+t_2+h_c+\frac{t_1}{2}\right]}{t_3E_3+t_2E_2+t_1E_1} \quad \cdots\cdots (C.2)$$

e) 图 C.1 所示图例中的石材面板在上侧的石材铝蜂窝复合板中性轴距石材面板表面的距离可按下列公式计算：

$$l=h-y_0 \quad \cdots\cdots (C.3)$$

式中 l —— 石材蜂窝复合板中性轴距石材面板表面的距离（mm）；

h —— 石材蜂窝复合板整板厚度（mm）。

f) 图 C.2 所示图例中的石材面板在下侧的石材铝蜂窝复合板中性轴距石材面板表面的距离应按下列公式计算：

$$e=y_0 \quad \cdots\cdots (C.4)$$

C.2 石材蜂窝复合板弯曲刚度计算

a) 当风荷载垂直向下作用于图 C.0.1-1 或图 C.0.1-2 所示图例中标示为 1 的板的表面时，石材蜂窝复合板的等效弯曲刚度可按下列公式计算：

$$D=\frac{E_1t_1^3}{12}+E_1t_1\left[t_3+t_3+\frac{t_1}{2}+h_c-y_0\right]^2+\frac{E_2t_2^3}{12}+E_2t_2\left[t_3+h_c+\frac{t_2}{2}-y_0\right]^2+\frac{E_ch_c^3}{12}+E_ch_c\left[t_3+\frac{h_c}{2}-y_0\right]^2+\frac{E_3t_3^3}{12}+E_3t_3\left[\frac{t_3}{2}-y_0\right]^2 \quad (C.5\text{-}1)$$

式中 D—— 石材蜂窝复合板的等效弯曲刚度（N/mm）。

b) 当不考虑铝蜂窝芯层的刚度时，石材蜂窝复合板的等效弯曲刚度计算可简化为下列公式：

$$D=\frac{E_1t_1^3}{12}+E_1t_1\left[t_3+t_3+\frac{t_1}{2}+h_c-y_0\right]^2+\frac{E_2t_2^3}{12}+E_2t_2\left[t_3+h_c+\frac{t_2}{2}-y_0\right]^2+\frac{E_3t_3^3}{12}+E_3t_3\left[\frac{t_3}{2}-y_0\right]^2 \quad (C.5\text{-}2)$$

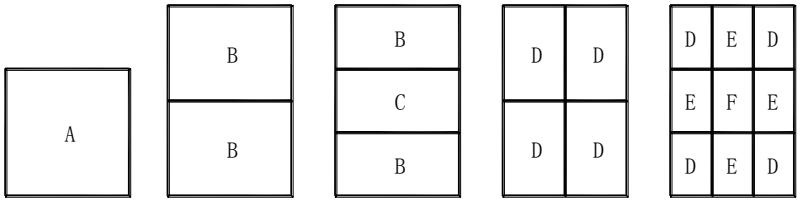
c) 按图 C.1 模型中石材在上侧时计算的结果代表面板受正风荷载、石材面板受压时，整板的弯曲刚度；按图 C. 2 模型中石材在下侧时计算的结果代表面板受负风荷载、石材面板受拉时，整板的弯曲刚度。

地方标准信息服务平台

附 录 D
（资料性）
弹性板的弯矩系数和挠度系数

D.1 四边简支板和四边简支加肋板

D.1.1 不同加肋方式的面板类型如图 D.1 所示。图中，（a）为四边简支板，（b）、（c）、（d）、（e）为不同加肋方式的四边简支板，字母 A、B、C、D、E、F 代表不同边界条件的区格。

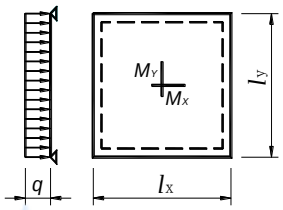
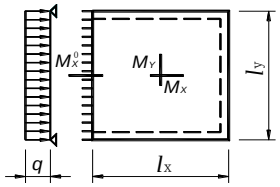
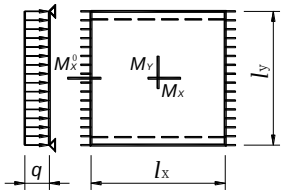
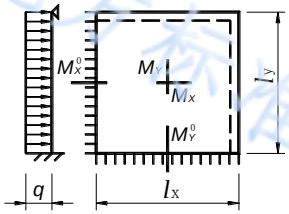
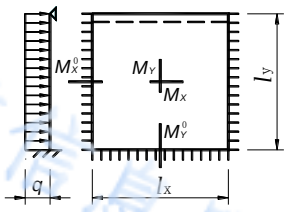
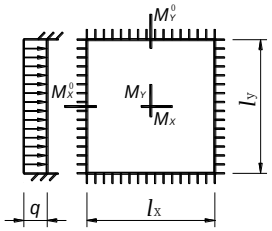


(a) (b) (c) (d) (e)

图 D.1 板块类型

D.1.2 不同区格均承受垂直于板面的均布荷载作用，其量值为 q。不同区格的边界条件应按表 D.1 采用。计算边长 l 取 l_x 与 l_y 中的较小边长。

表 D.1 不同区格的边界条件

区格类型	A	B	C
边界条件			
区格类型	D	E	F
边界条件			

D.1.3 不同区格的跨中弯矩系数 m 和固端弯矩系数 m_x^0 或 m_y^0 可依据其类型和泊松比 ν，分别按照表 D.2～表 D.7 采用。

表 D.2 区格 A

ν		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333
l_x/l_y	μ	m				
0.50	0.01013	0.09868	0.09998	0.10085	0.10172	0.10224
0.55	0.00940	0.09183	0.09340	0.09445	0.09550	0.09613

地下管线信息服务平台

0.60	0.00867	0.08503	0.08684	0.08805	0.08926	0.08999
0.65	0.00796	0.07839	0.08042	0.08178	0.08313	0.08394
0.70	0.00727	0.07200	0.07422	0.07570	0.07718	0.07807
0.75	0.00663	0.06596	0.06834	0.06993	0.07151	0.07246
0.80	0.00603	0.06028	0.06278	0.06445	0.06612	0.06712
0.85	0.00547	0.05495	0.05756	0.05930	0.06104	0.06208
0.90	0.00496	0.05008	0.05276	0.05455	0.05634	0.05741
0.95	0.00449	0.04555	0.04828	0.05010	0.05192	0.05301
1.00	0.00406	0.04140	0.04416	0.04600	0.04784	0.04894

表 D.3　　区格 B

ν		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	——
l_x/l_y	μ	m					m_x^0
0.50	0.00504	0.08203	0.08292	0.08351	0.08411	0.08446	-0.1212
0.55	0.00492	0.07736	0.07847	0.07921	0.07996	0.08040	-0.1187
0.60	0.00472	0.07266	0.07398	0.07486	0.07575	0.07627	-0.1158
0.65	0.00448	0.06798	0.06949	0.07050	0.07151	0.07212	-0.1124
0.70	0.00422	0.06341	0.06510	0.06623	0.06735	0.06803	-0.1087
0.75	0.00399	0.05887	0.06071	0.06194	0.06317	0.06390	-0.1048
0.80	0.00376	0.05449	0.05647	0.05779	0.05911	0.05990	-0.1007
0.85	0.00352	0.05034	0.05244	0.05384	0.05524	0.05607	-0.0965
0.90	0.00329	0.04645	0.04864	0.05010	0.05156	0.05244	-0.0922
0.95	0.00306	0.04272	0.04498	0.04649	0.04800	0.04890	-0.0880
1.00	0.00285	0.03926	0.04157	0.04311	0.04466	0.04558	-0.0839
l_x/l_y	μ	m					m_x^0
1.00	0.00285	0.03926	0.04157	0.04311	0.04466	0.04558	-0.0839
0.95	0.00324	0.04182	0.04426	0.04589	0.04752	0.04849	-0.0882
0.90	0.00368	0.04445	0.04703	0.04875	0.05047	0.05150	-0.0926
0.85	0.00417	0.04719	0.04991	0.05173	0.05354	0.05643	-0.0970
0.80	0.00473	0.04999	0.05287	0.05479	0.05671	0.05786	-0.1014
0.75	0.00536	0.05282	0.05586	0.05789	0.05992	0.06113	-0.1056
0.70	0.00605	0.05566	0.05888	0.06103	0.06317	0.06446	-0.1096
0.65	0.00680	0.05848	0.06188	0.06415	0.06642	0.06778	-0.1133
0.60	0.00762	0.06144	0.06504	0.06744	0.06984	0.07172	-0.1166

0.55	0.00848	0.06447	0.06826	0.07079	0.07332	0.07483	-0.1193
0.50	0.00935	0.06734	0.07132	0.07398	0.07663	0.07822	-0.1215

表 D.4　区格 C

ν		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	——
l_x/l_y	μ	m					m_x^0
0.50	0.00261	0.07024	0.07096	0.07144	0.07192	0.07220	-0.0843
0.55	0.00259	0.06659	0.06748	0.06808	0.06867	0.06903	-0.0840
0.60	0.00255	0.06288	0.06394	0.06465	0.06536	0.06579	0.0834
0.65	0.00250	0.05915	0.06083	0.06120	0.06202	0.06251	-0.0826
0.70	0.00243	0.05540	0.05678	0.05770	0.05862	0.,05917	-0.0814
0.75	0.00236	0.05183	0.05335	0.05436	0.05538	0.05598	-0.0799
0.80	0.00228	0.04833	0.04997	0.05106	0.05216	0.05281	-0.0782
0.85	0.00220	0.04496	0.04671	0.04788	0.04904	0.04974	-0.0763
0.90	0.00211	0.04182	0.04366	0.04489	0.04612	0.04685	-0.0743
0.95	000201.	0.03879	0.04070	0.04198	0.04325	0.04402	-0.0721
1.00	0.00192	0.03594	0.03791	0.03923	0.04054	0.04133	-0.0698
l_x/l_y	μ	m					m_x^0
1.00	0.00912	0.03594	0.03791	0.03923	0.04054	0.04133	-0.0698
0.95	0.00223	0.03876	0.04083	0.04221	0.04360	0.04442	-0.0746
0.90	0.00260	0.04174	0.04392	0.04538	0.04683	0.04770	-0.0797
0.85	0.00303	0.04484	0.04714	0.04868	0.05021	0.05113	-0.0850
0.80	0.00354	0.04806	0.05050	0.05213	0.05375	0.05473	-0.0904
0.75	0.00413	0.05137	0.05396	0.05569	0.05742	0.05845	-0.0959
0.70	0.00482	0.05466	0.05742	0.05926	0.06111	0.06221	-0.1013
0.65	0.00560	0.05783	0.06079	0.06276	0.06474	0.06592	-0.1066
0.60	0.00647	0.06089	0.06406	0.06618	0.06829	0.06956	-0.1114
0.55	0.00743	0.06363	0.06703	0.06930	0.07157	0.07293	-0.1156
0.50	0.00844	0.06603	0.06967	0.07210	0.07453	0.07599	-0.1191

表 D.5　区格 D

ν		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	——	
l_x/l_y	μ	m					m_x^0	m_y^0
0.50	0.00471	0.07828	0.07944	0.08021	0.08099	0.08145	-0.1179	-0.0786
0.55	0.00454	0.07337	0.07473	0.07564	0.07655	0.07709	-0.1140	-0.0785

0.60	0.00429	0.06847	0.07001	0.07104	0.07027	0.07268	-0.1095	-0.0782
0.65	0.00399	0.06359	0.06529	0.06643	0.06756	0.06824	-0.1045	-0.0777
0.70	0.00368	0.05882	0.06066	0.06189	0.06312	0.06385	-0.0992	-0.0770
0.75	0.00340	0.05407	0.05603	0.05734	0.05865	0.05943	-0.0938	-0.0760
0.80	0.00313	0.04955	0.05162	0.05300	0.05438	0.05521	-0.0883	-0.0748
0.85	0.00286	0.04531	0.04747	0.04891	0.05036	0.05122	-0.0829	-0.0733
0.90	0.00261	0.04138	0.04361	0.04510	0.04659	0.04748	-0.0776	-0.0716
0.95	0.00237	0.03765	0.03993	0.04145	0.04297	0.04388	-0.0726	-0.0698
1.00	0.00215	0.03426	0.03657	0.03811	0.03966	0.04058	-0.0677	-0.0677

表 D.6　区格 E

ν		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	——	
l_x/l_y	μ	m					m_x^0	m_y^0
0.50	0.0258	0.07034	0.07133	0.07199	0.07265	0.07304	-0.0836	-0.0569
0.55	0.0255	0.06644	0.06758	0.06834	0.06910	0.06955	-0.0827	-0.0570
0.60	0.0249	0.06247	0.06377	0.06464	0.06551	0.06603	-0.0814	-0.0571
0.65	0.0240	0.05847	0.05992	0.06089	0.06186	0.06244	-0.0796	-0.0572
0.70	0.0229	0.05449	0.05608	0.05714	0.05820	0.05883	-0.0774	-0.0572
0.75	0.0219	0.05059	0.05229	0.05343	0.05456	0.05524	-0.0750	-0.0572
0.80	0.0208	0.04676	0.04856	0.04976	0.05097	0.05169	-0.0722	-0.0570
0.85	0.0196	0.04309	0.04498	0.04624	0.04750	0.04825	-0.0693	-0.0567
0.90	0.0184	0.03971	0.04166	0.04296	0.04427	0.04505	-0.0663	-0.0563
0.95	0.0172	0.03645	0.03846	0.03980	0.04114	0.04194	-0.0631	-0.0558
1.00	0.0160	0.03338	0.03543	0.03680	0.03817	0.03899	-0.0600	-0.0550
l_x/l_y	μ	m					m_x^0	m_y^0
1.00	0.00160	0.03338	0.03543	0.03680	0.03817	0.03899	-0.0600	-0.0550
0.95	0.00182	0.03577	0.03791	0.03934	0.04077	0.04162	-0.0629	-0.0599
0.90	0.00206	0.03823	0.04046	0.04195	0.04344	0.04433	-0.0656	-0.0653
0.85	0.00233	0.04073	0.04306	0.04461	0.04617	0.04710	-0.0683	-0.0711
0.80	0.00262	0.04328	0.04570	0.04731	0.04893	0.04989	-0.0707	-0.0772
0.75	0.00294	0.04589	0.04841	0.05009	0.05177	0.05277	-0.0729	-0.0837
0.70	0.00327	0.04850	0.05111	0.05285	0.05459	0.05563	-0.0748	-0.0903
0.65	0.00365	0.05108	0.05377	0.05556	0.05736	0.05843	-0.0762	-0.0970
0.60	0.00403	0.05359	0.05635	0.05819	0.06003	0.06113	-0.0773	-0.1033

0.55	0.00437	0.05594	0.05876	0.06064	0.06252	0.06364	-0.0780	-0.1093
0.50	0.00463	0.05816	0.06102	0.06293	0.06483	0.06597	-0.0784	-0.1146

表 D.7　区格 F

ν		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	——	
l_x/l_y	μ	m					m_x^0	m_y^0
0.50	0.00253	0.06958	0.07037	0.07090	0.07143	0.07175	-0.0829	-0.0570
0.55	0.00246	0.06551	0.06651	0.06718	0.06784	0.06824	-0.0814	-0.0571
0.60	0.00236	0.06134	0.06253	0.06333	0.06412	0.06460	-0.0793	-0.0571
065	0.00224	0.05704	0.05841	0.05933	0.06024	0.06079	-0.0766	-0.0571
0.70	0.00211	0.05276	0.05429	0.05531	0.05634	0.05695	-0.0735	-0.0569
0.75	0.00197	0.04859	0.05027	0.05139	0.05251	0.05318	-0.0701	-0.0565
0.80	0.00182	0.04459	0.04638	0.04758	0.04877	0.04949	-0.0664	-0.0559
0.85	0.00168	0.04075	0.04264	0.04390	0.04516	0.04592	-0.0626	-0.0551
0.90	0.00153	0.03712	0.03908	0.04039	0.04170	0.04248	-0.0588	-0.0541
0.95	0.00140	0.03375	0.03576	0.03710	0.03844	0.03924	-0.0550	-0.0528
1.00	0.00127	0.03060	0.03264	0.03400	0.03536	0.03618	-0.0513	-0.0513

D.2　四角支承板

D.2.1　四角支承板的计算简图可按图 D.2 采用，其计算跨度应取长边边长。

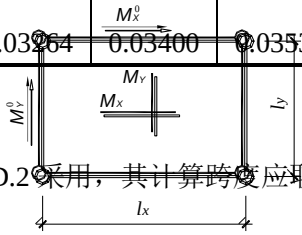


图 D.2　四角支承板的计算简图

D.2.2　四角支承板的跨中弯矩系数 m_x、m_y 以及自由边中点弯矩系数 m_x^0、m_y^0，可依据其泊松比 ν，按照表 D.8 采用。

表 D.8　四角支承板的弯矩系数

$\frac{l_x}{l_y}$	m_x					m_y				
		$\nu=1/8$		$\nu=1/5$	$\nu=0.3$		$\nu=1/8$		$\nu=1/5$	$\nu=0.3$
0.50	0.0153	0.0180	0.0189	0.0196	0.0214	0.1221	0.1221	0.1221	0.1221	0.1223
0.55	0.0209	0.0236	0.0245	0.0252	0.0271	0.1210	0.1211	0.1212	0.1213	0.1216
0.60	0.0272	0.0301	0.0310	0.0317	0.0337	0.1198	0.1202	0.1203	0.1204	0.1208
0.65	0.0344	0.0373	0.0382	0.0389	0.0410	0.1184	0.1189	0.1191	0.1193	0.1199
0.70	0.0424	0.0453	0.0462	0.0469	0.0490	0.1169	0.1176	0.1179	0.1181	0.1189
075	0.0512	0.0540	0.0549	0.0556	0.0577	0.1153	0.1163	0.1166	0.1169	0.1178
0.80	0.0607	0.0634	0.0643	0.0650	0.0671	0.1136	0.1149	0.1153	0.1156	0.1167
0.85	0.0709	0.0736	0.0745	0.0752	0.0772	0.1118	0.1133	0.1138	0.1142	0.1155

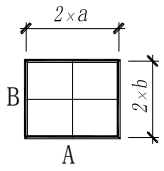
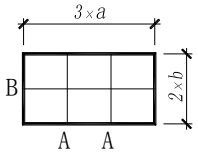
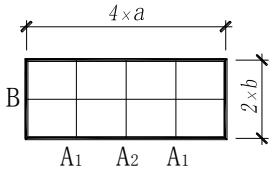
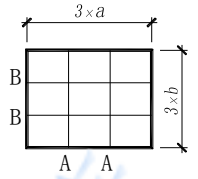
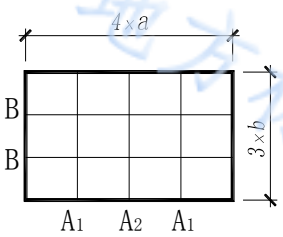
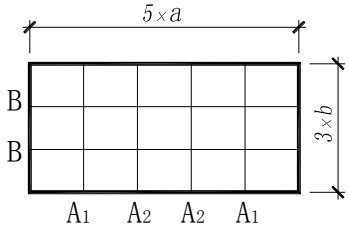
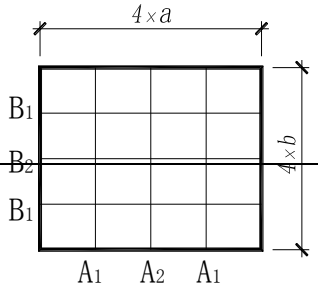
0.90	0.0818	0.0845	0.0880	0.0861	0.0881	0.1099	0.1117	0.1123	0.1128	0.1143
0.95	0.0935	0.0961	0.0969	0.0976	0.0996	0.1079	0.1100	0.1107	0.1113	0.1130
1.00	0.1058	0.1083	0.1091	0.1098	0.1117	0.1058	0.1083	0.1091	0.1098	0.1117
$\frac{l_x}{l_y}$	m_x^0					m_y^0				
	$\nu=0$	$\nu=1/8$	$\nu=1/6$	$\nu=1/5$	$\nu=0.3$	$\nu=0$	$\nu=1/8$	$\nu=1/6$	$\nu=1/5$	$\nu=0.3$
0.50	0.0654	0.0607	0.0592	0.0580	0.0544	0.1302	0.1304	0.1304	0.1304	0.1301
0.55	0.0728	0.0681	0.0666	0.0654	0.0618	0.1321	0.1320	0.1319	0.1318	0.1314
0.60	0.0805	0.0759	0.0744	0.0732	0.0695	0.1342	0.1339	0.1337	0.1336	0.1330
0.65	0.0887	0.0841	0.0826	0.0814	0.0778	0.1366	0.1361	0.1358	0.1356	0.1347
0.70	0.0973	0.0928	0.0913	0.0901	0.0865	0.1393	0.1384	0.1380	0.1377	0.1365
075	0.1063	0.1021	0.1006	0.0994	0.0958	0.1421	0.1408	0.1403	0.1399	0.1385
0.80	0.1159	0.1117	0.1103	0.1091	0.1056	0.1452	0.1435	0.1429	0.1424	0.1407
0.85	0.1260	0.1220	0.1206	0.1195	0.1160	0.1485	0.1464	0.1456	0.1450	0.1429
0.90	0.1366	0.1327	0.1314	0.1303	0.1269	0.1520	0.1494	0.1485	0.1477	0.1453
0.95	0.1478	0.1440	0.1427	0.1416	0.1384	0.1557	0.1526	0.1515	0.1506	0.1479
1.00	0.1595	0.1559	0.1547	0.1537	0.1505	0.1595	0.1559	0.1547	0.1537	0.1505

地方标准信息服务平台

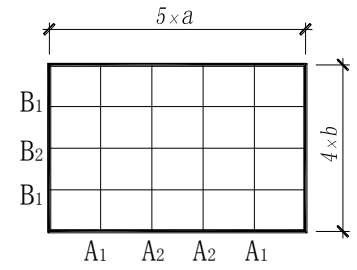
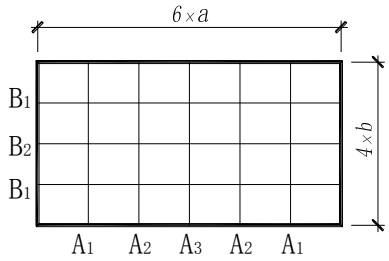
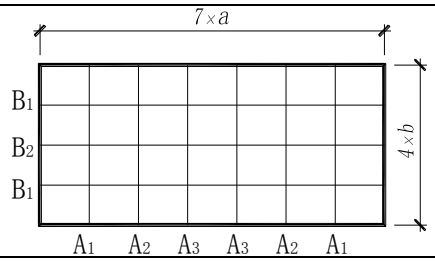
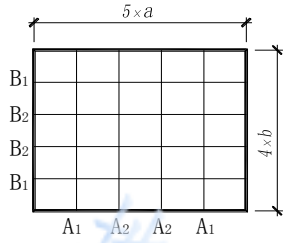
附 录 E
（资料性）
交叉肋的弯矩系数和剪力系数

E.1 金属板加劲肋的弯矩、剪力和挠度可按表 E.1 计算。

表 E.1 交叉肋的计算系数表

简图	b/a 梁号	0.8		1.0		1.2	
		M	V	M	V	M	V
	A	0.33	0.58	0.25	0.50	0.19	0.44
	B	0.17	0.42	0.25	0.50	0.32	0.57
	μ	0.057		0.084		0.107	
	A	0.46	0.71	0.42	0.67	0.37	0.62
	B	0.09	0.34	0.16	0.41	0.26	0.51
	μ	0.08		0.15		0.23	
	A_1	0.44	0.69	0.42	0.67	0.40	0.65
	A_2	0.56	0.81	0.55	0.80	0.53	0.78
	B	0.08	0.33	0.12	0.37	0.18	0.43
	μ	0.10		0.19		0.31	
	A	0.66	0.91	0.50	0.75	0.37	0.62
	B	0.34	0.59	0.50	0.75	0.63	0.88
	μ	0.31		0.44		0.55	
	A_1	0.75	1.00	0.66	0.91	0.55	0.80
	A_2	1.02	1.27	0.91	1.16	0.78	1.03
	B	0.24	0.49	0.43	0.64	0.67	0.81
	μ	0.44		0.76		1.12	
	A_1	0.72	0.97	0.66	0.91	0.60	0.85
	A_2	1.07	1.32	1.02	1.27	0.95	1.20
	B	0.21	0.46	0.32	9.57	0.50	0.70
	μ	0.48		0.87		1.38	
	A_1	1.11	1.12	0.83	0.92	0.59	0.75
	A_2	1.58	1.46	1.17	1.17	0.84	0.94
	B_1	0.54	0.71	0.83	0.92	1.06	1.08
	B_2	0.77	0.89	1.17	1.17	1.51	1.41

地方标准信息服务平台

	μ	1.29		1.90		2.41	
	A_1	1.21	1.19	1.02	1.05	0.83	0.91
	A_2	1.91	1.69	1.64	1.50	1.34	1.29
	B_1	0.40	0.62	0.71	0.81	1.03	1.02
	B_2	0.57	0.76	1.00	1.03	1.46	1.31
	μ	1.57		2.63		3.75	
	A_1	1.18	1.17	1.06	1.08	0.93	0.98
	A_2	1.95	1.72	1.79	1.60	1.59	1.46
	A_3	2.20	1.89	2.04	1.78	1.83	1.63
	B_1	0.26	0.57	0.54	0.73	0.89	0.91
	B_2	0.36	0.70	0.76	0.91	1.26	1.16
	μ	1.76		3.23		5.02	
	A_1	1.14	1.14	1.03	1.06	0.94	0.99
	A_2	1.90	1.68	1.79	1.60	1.66	1.51
	A_3	2.22	1.91	2.15	1.86	2.03	1.77
	B_1	0.16	0.56	0.38	0.68	0.69	0.83
	B_2	0.23	0.68	0.54	0.84	0.98	1.05
	μ	1.82		3.43		5.57	
	A_1	1.42	1.26	1.06	1.03	0.76	0.84
	A_2	2.29	1.82	1.72	1.47	1.25	1.18
	B_1	0.70	0.80	1.06	1.03	1.36	1.22
	B_2	1.15	1.12	1.72	1.47	2.19	1.76
	μ	3.02		4.41		5.58	

注：1　跨中最大弯矩用表中 *M* 栏的系数，弯矩分别按下式采用：

M_A、M_{A1}、M_{A2}、M_{A3} =（表中系数）×qab^2

M_B、M_{B1}、M_{B2} =（表中系数）×qa^2b

其中，*a* 为 A 肋的中心间距，*b* 为 B 肋的中心间距，*q* 为板单位面积上的风荷载或地震作用标准值，在计算中近似假定集中在肋交点处（$F = qab$）；

2　肋端剪力用表中 V 栏的系数，乘数为 qab，即 VA 或 VB=（表中系数）×qab；

3　肋的最大挠度 umax 用表中 μ 栏的系数，乘数为 qa4b/EI，即

umax=（表中系数）×qa4b/EI

4　交叉肋四周假定为简支。

附 录 F
（资料性）
多跨铰接梁弯矩、挠度和反力

F.1 均布荷载等截面单支座多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力系数见表 F.1。

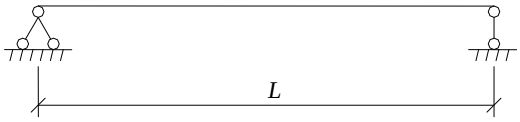


图 F.1-1 简支梁示意图

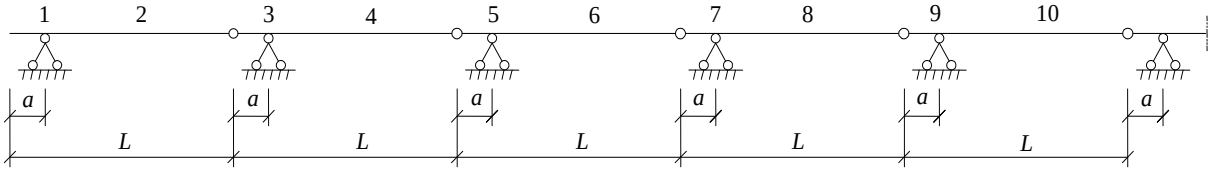


图 F.1-2 单支座多跨铰接梁示意图（图内显示无限长铰接梁的左端 5 跨）

表 F.1 均布荷载等截面单支座多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力系数表

a/L		0.075	0.1	0.125	0.15	0.175	0.2
支座反力系数	1	1.08	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25
	3	2.07	2.10	2.12	2.15	2.17	2.19
	5	1.99	1.99	1.98	1.97	1.96	1.95
	7	2.00	2.00	2.00	2.00	2.01	2.01
	9	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
支座处弯矩系数	1	0.02	0.04	0.06	0.09	0.12	0.16
	3	0.30	0.40	0.49	0.58	0.67	0.76
	5	0.28	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61
	7	0.28	0.36	0.44	0.51	0.58	0.65
	9	0.28	0.36	0.44	0.51	0.58	0.65
挠度最大处弯矩系数	2	0.84	0.79	0.73	0.68	0.62	0.56
	4	0.71	0.62	0.54	0.46	0.39	0.32
	6	0.72	0.64	0.57	0.50	0.43	0.37
	8	0.72	0.64	0.56	0.49	0.42	0.36
	10	0.72	0.64	0.56	0.49	0.42	0.36
最大挠度	2	0.67	0.59	0.53	0.48	0.45	0.42
	4	0.52	0.41	0.32	0.25	0.19	0.15

地方标准信息服务平台

系数	6	0.53	0.43	0.35	0.29	0.24	0.22
	8	0.53	0.43	0.34	0.28	0.23	0.21
	10	0.53	0.43	0.34	0.28	0.23	0.21

注：表中支座反力系数为多跨铰接梁与简支梁支座反力的比值，其余系数为多跨铰接梁各标注点参数与简支梁中点相应参数的比值。图外各跨系数与第 5 跨相同。

F.2　均布荷载等截面双支座多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力系数见表 F.2。

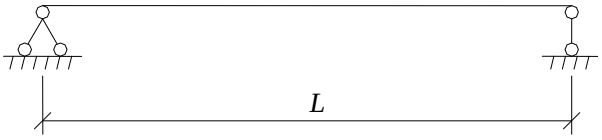


图 F. 2-1　简支梁示意图

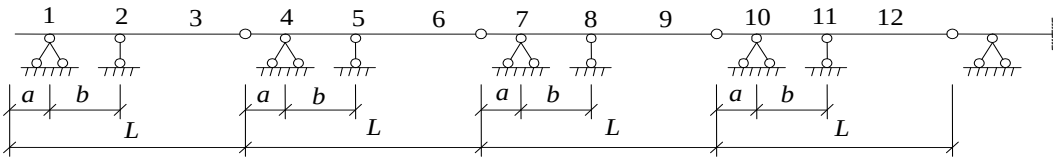


图 F. 2-2　双支座多跨铰接梁示意图（图内显示无限长铰接梁的左端 4 跨）

表 F. 2　均布荷载等截面双支座多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力系数表

b/L		0.08			0.1			0.12		
a/L		0.1	0.125	0.15	0.1	0.125	0.15	0.1	0.125	0.15
支座反力系数	1	-1.54	-1.32	-1.09	-1.05	-0.87	-0.68	-0.72	-0.56	-0.41
	2	2.91	2.71	2.50	2.43	2.27	2.11	2.11	1.98	1.84
	4	-0.08	0.29	0.65	0.22	0.52	0.81	0.43	0.67	0.91
	5	2.08	1.71	1.34	1.77	1.47	1.19	1.57	1.32	1.08
	7	-0.08	0.30	0.67	0.23	0.53	0.83	0.44	0.69	0.93
	8	2.08	1.70	1.33	1.77	1.47	1.17	1.56	1.31	1.07
	10	-0.08	0.30	0.67	0.23	0.53	0.83	0.44	0.69	0.93
	11	2.08	1.70	1.33	1.77	1.47	1.17	1.56	1.31	1.07
支座处弯矩系数	1	0.04	0.06	0.09	0.04	0.06	0.09	0.04	0.06	0.09
	2	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55	0.52	0.54	0.51	0.49
	4	0.29	0.37	0.44	0.29	0.36	0.44	0.28	0.36	0.43
	5	0.61	0.58	0.55	0.57	0.53	0.50	0.52	0.49	0.46
	7	0.29	0.37	0.45	0.29	0.37	0.44	0.29	0.36	0.43

	8	0.61	0.58	0.55	0.57	0.53	0.50	0.52	0.49	0.46
	10	0.29	0.37	0.45	0.29	0.37	0.44	0.29	0.36	0.43
	11	0.61	0.58	0.55	0.57	0.53	0.50	0.52	0.49	0.46
挠度最大处弯矩系数	3	0.40	0.37	0.35	0.38	0.36	0.33	0.37	0.34	0.32
	6	0.40	0.38	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.35	0.33
	9	0.40	0.38	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.35	0.33
	12	0.40	0.38	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.35	0.33
最大挠度系数	3	0.22	0.20	0.19	0.21	0.19	0.18	0.19	0.18	0.17
	6	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18
	9	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18
	12	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18

注：表中支座反力系数为多跨铰接梁与简支梁支座反力的比值，其余系数为多跨铰接梁各标注点参数与简支梁中点相应参数的比值。图外各跨系数与第 4 跨相同。

地方标准信息服务平台