

备案号:

DB

浙江省工程建设标准

DB33/T XXXX-2020

# 建筑幕墙工程技术规范

Technical code for buildings curtain wall  
engineering

(征求意见稿)

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省工程建设标准

# 建筑幕墙工程技术规范

**Technical code for buildings curtain wall**

**engineering**

**DB 33/T xxxx-2020**

主编单位：浙江省建筑装饰行业协会

浙江中南建设集团有限公司

浙江亚厦幕墙有限公司

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

施行日期：2020年 月 日

2020 杭 州

# 前 言

本规范根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈2012 年省建筑节能及相关工程建设地方标准制订计划〉的通知》（建设发〔2012〕192 号）的要求，由浙江省建筑装饰行业协会会同有关企业、设计、科研、高校、管理等单位组成编制组，经编制组广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范共分 18 章和 5 个附录，主要技术内容是：总则、术语和符号、材料、建筑设计、结构设计、面板设计、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、光伏幕墙、幕墙信息模型、加工制作、安装施工、工程检测与验收、保养和维修等。

本规范由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，由浙江省建筑装饰行业协会负责日常管理，并负责具体技术内容的解释。

本规范在执行过程中的意见和建议，请及时反馈给浙江省建筑装饰行业协会（地址：浙江省杭州市莫干山路 18 号蓝天商务中心 14 楼，邮政编码：310005）。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

**本 规 范 主 编 单 位：**

**本 规 范 参 编 单 位：**

**本规范主要起草人员：**

**本规范主要审查人员：**

# 目 次

1	总 则.....	1
2	术语、符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	5
3	材 料.....	8
3.1	一般规定.....	8
3.2	铝合金材料.....	8
3.3	钢材.....	10
3.4	玻璃.....	14
3.5	石材.....	16
3.6	金属面板.....	17
3.7	人造板材.....	19
3.8	连接件与紧固件.....	21
3.9	结构胶和密封材料.....	26
3.10	其它材料.....	26
4	建筑设计.....	28
4.1	一般规定.....	28
4.2	性能设计.....	29
4.3	构造设计.....	30
4.4	开启窗设计.....	31
4.5	热工设计.....	32
4.6	防火设计.....	32
4.7	防雷设计.....	34
5	结构设计.....	36
5.1	一般规定.....	36
5.2	荷载与地震作用.....	37
5.3	作用效应组合与计算.....	38
5.4	连接设计.....	39
5.5	硅酮结构密封胶设计.....	41
6	面板设计.....	44

6.1	一般规定.....	44
6.2	玻璃面板.....	44
6.3	金属面板.....	51
6.4	石材面板.....	56
6.5	人造板材.....	64
7	构件式幕墙.....	81
7.1	一般规定.....	81
7.2	构造设计.....	81
7.3	横梁结构设计.....	82
7.4	立柱结构设计.....	84
7.5	连接设计.....	88
8	单元式幕墙.....	89
8.1	一般规定.....	89
8.2	构造设计.....	89
8.3	结构设计.....	95
8.4	连接设计.....	95
9	双层幕墙.....	99
9.1	一般规定.....	99
9.2	构造设计.....	100
9.3	结构设计.....	101
9.4	连接设计.....	102
10	全玻璃幕墙.....	103
10.1	一般规定.....	103
10.2	构造设计.....	103
10.3	结构设计.....	104
11	点支承玻璃幕墙.....	107
11.1	一般规定.....	107
11.2	构造设计.....	107
11.3	结构设计.....	108
12	采光顶与金属屋面.....	111
12.1	一般规定.....	111
12.2	构造设计.....	111
12.3	结构设计.....	113

13	光伏幕墙.....	116
13.1	一般规定.....	116
13.2	构造设计.....	116
14	幕墙信息模型.....	118
14.1	一般规定.....	118
14.2	模型创建.....	118
14.3	模型应用.....	119
14.4	模型交付.....	120
14.5	模型精度.....	120
15	加工制作.....	123
15.1	一般规定.....	123
15.2	铝合金型材.....	123
15.3	钢构件.....	125
15.4	玻璃.....	128
15.5	石材面板.....	130
15.6	金属板材.....	133
15.7	瓷板.....	134
15.8	微晶玻璃板.....	135
15.9	陶板.....	136
15.10	石材蜂窝板.....	137
15.11	纤维水泥板.....	138
15.12	构件及面板组件.....	140
15.13	玻璃幕墙组件.....	144
15.14	金属幕墙组件.....	149
15.15	石材及人造板幕墙组件.....	150
16	安装施工.....	153
16.1	一般规定.....	153
16.2	构件式幕墙.....	155
16.3	单元式幕墙.....	159
16.4	全玻幕墙.....	162
16.5	点支承玻璃幕墙.....	162
16.6	光伏幕墙.....	164
16.7	安全规定.....	164
17	工程检测与验收.....	166

17.1	一般规定.....	166
17.2	检验批与检测数量.....	167
17.3	材料复检.....	167
17.4	性能及现场检测.....	168
17.5	玻璃幕墙.....	170
17.6	金属幕墙.....	174
17.7	石材幕墙.....	175
17.8	人造板幕墙.....	176
18	保养和维修.....	182
18.1	一般规定.....	182
18.2	检查与维护.....	182
18.3	保养和清洗.....	184
附录 A	平板式预埋件设计.....	185
附录 B	槽式预埋件设计与构造.....	188
附录 C	弹性板的弯矩系数和挠度系数.....	210
附录 D	交叉肋的弯矩系数和剪力系数.....	216
附录 E	双层幕墙热工计算.....	218
	本规范用词说明.....	223
	引用标准名录.....	224
附：	条文说明.....	228

# Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols .....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	5
3	Materials.....	8
3.1	General requirements.....	8
3.2	Aluminum alloy.....	8
3.3	Steel.....	10
3.4	Glass.....	14
3.5	Stone panels.....	16
3.6	Metal panels.....	17
3.7	Artificial panels.....	19
3.8	Connection and fixings.....	21
3.9	Sealants.....	26
3.10	Others material.....	26
4	Architectural design of building curtain wall .....	28
4.1	General requirements.....	28
4.2	Performance design.....	29
4.3	Detailing design.....	30
4.4	Openable windows design.....	31
4.5	Thermal performance design.....	32
4.6	Fire protection design.....	32
4.7	Lightning protection design.....	34
5	Structural design.....	36
5.1	General requirements.....	36
5.2	Loads and earthquake action.....	37
5.3	Combination and calculations of action effects.....	38
5.4	Openable windows design.....	39
5.5	Thermal performance design.....	41
6	Panel design.....	44
6.1	General requirements.....	44
6.2	Glass panels.....	44

6.3	Metal panels.....	51
6.4	Stone panels.....	56
6.5	Artificial panel.....	64
7	Stick built curtain wall .....	81
7.1	General requirements.....	81
7.2	Detailing design.....	81
7.3	Structural design of transom.....	82
7.4	Structural design of mullion.....	84
7.5	Connection design.....	88
8	Unitized curtain wall.....	89
8.1	General requirements.....	89
8.2	Detailing design.....	89
8.3	Structure design.....	95
8.4	Connection design.....	95
9	Double skin facade.....	99
9.1	General requirements.....	99
9.2	Detailing design.....	100
9.3	Structure design.....	101
9.4	Connection design.....	102
10	Completely curtain wall.....	103
10.1	General requirements.....	103
10.2	Detailing design.....	103
10.3	Structure design.....	104
11	Point supported glass curtain wall.....	107
11.1	General requirements.....	107
11.2	Detailing design.....	107
11.3	Structure design.....	108
12	Skylight and metal roofing .....	111
12.1	General requirements.....	111
12.2	Detailing design.....	111
12.3	Structure design.....	113
13	Photovoltaic curtain wall.....	116
13.1	General requirements.....	116
13.2	Detailing design.....	116
14	Curtain wall information model.....	118

14.1	General requirements.....	118
14.2	Model creation.....	118
14.3	Model application.....	119
14.4	Model delivery.....	120
14.5	Model accuracy.....	120
15	Manufacturing .....	123
15.1	General requirements.....	123
15.2	Aluminum profile.....	123
15.3	Steel member.....	125
15.4	Glass.....	128
15.5	Stone panel.....	130
15.6	Metal panels.....	133
15.7	Porcelain panel.....	134
15.8	Glass ceramic panel.....	135
15.9	Ceramic panel.....	136
15.10	Stone honeycomb panel.....	137
15.11	Fiber cement panel.....	138
15.12	Component and panel assembly.....	140
15.13	Glass curtain wall component.....	144
15.14	Metal curtain wall component.....	149
15.15	Stone and artificial panel curtain wall component.....	150
16	Installation and construction.....	153
16.1	General requirements.....	153
16.2	Component curtain wall.....	155
16.3	Unitized curtain wall.....	159
16.4	Full glass curtain wall.....	162
16.5	Point supported glass curtain wall.....	162
16.6	Photovoltaic curtain wall.....	164
16.7	Safety requirements.....	164
17	Engineering inspection and acceptance.....	166
17.1	General requirements.....	166
17.2	Inspection batch and inspection quantity.....	167
17.3	Material retest.....	167
17.4	Performance and field test.....	168
17.5	Glass curtain wall.....	170

17.6	Material curtain wall.....	174
17.7	Stone curtain wall.....	175
17.8	Artificial panel curtain wall.....	176
18	Maintenance.....	182
18.1	General requirements.....	182
18.2	Inspection batch and inspection quantity.....	182
18.3	Material retest.....	184
Appendix A	Design of flat plate embedded parts.....	185
Appendix B	Design of slot embedded parts.....	188
Appendix C	Coefficients of bending moment and deflection of elastic panel.....	210
Appendix D	Coefficients of bending moment and shear force of crossing ribs...	216
Appendix E	Thermal calculation of double curtain wall.....	218
	Explanation of wording in this code.....	223
	List of quoted standards.....	224
Addition:	Explanation of provisions.....	228

# 1 总 则

**1.0.1** 为适应浙江省建筑幕墙发展的需要，使建筑幕墙工程做到安全可靠、技术先进、经济适用、节能环保，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于浙江省下列民用建筑幕墙工程的设计、制作、安装施工、工程验收以及保养维修：

1 建筑高度不大于 260m 的玻璃幕墙和金属幕墙工程；

2 建筑高度不大于 150m 的花岗岩石材幕墙工程，建筑高度不大于 100m 的非花岗岩石材幕墙工程；

3 建筑高度不大于 100m 的人造板材幕墙工程。

**1.0.3** 在正常使用状态下，建筑幕墙应具有良好的工作性能。抗震设计的幕墙，在多遇地震作用下应能正常使用；在设防烈度地震作用下经修理后应仍可使用；在罕遇地震作用下幕墙骨架不应脱落。

**1.0.4** 超高层建筑及装配式建筑宜采用单元式幕墙，建筑高度大于 200m 建筑应采用单元式幕墙。

**1.0.5** 建筑幕墙工程的材料、设计、制作、安装施工、验收及保养和维修，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 建筑幕墙 building curtain wall

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

#### 2.1.2 玻璃幕墙 glass curtain wall

面板材料为玻璃的建筑幕墙。

#### 2.1.3 框支承玻璃幕墙 frame supported glass curtain wall

面板边缘镶嵌于金属框架中或粘接于金属框架外表面，并以金属框架作为面板边缘支承的玻璃幕墙。

#### 2.1.4 明框玻璃幕墙 visible frame supported glass curtain wall

面板边缘镶嵌于金属框架中的框支承玻璃幕墙。

#### 2.1.5 隐框玻璃幕墙 invisible frame supported glass curtain wall

面板边缘通过硅酮结构密封胶粘接于金属框架外表面的框支承玻璃幕墙。

#### 2.1.6 半隐框玻璃幕墙 semi-visible frame supported glass curtain wall

面板边缘部分镶嵌于金属框架中、部分通过硅酮结构密封胶粘接于金属框架外表面的框支承玻璃幕墙。

#### 2.1.7 单元式玻璃幕墙 unitized curtain wall

面板和金属框架在工厂组装为幕墙单元，以幕墙单元形式在现场完成安装施工的框支承玻璃幕墙。

#### 2.1.8 构件式玻璃幕墙 frame supported glass curtain wall assembled with elements

在现场依次安装立柱、横梁和面板的框支承玻璃幕墙。

#### 2.1.9 全玻璃幕墙 full glass curtain wall

面板和支承结构均为玻璃的建筑幕墙。

#### 2.1.10 点支承玻璃幕墙 point-supported glass curtain wall

面板通过点支承装置与支承结构连接的玻璃幕墙。

#### 2.1.11 双层幕墙 double-skin curtain wall

由外层幕墙、热通道和内层幕墙（或门、窗）构成，可使空气在热通道内形

成有序流动的建筑幕墙。按热通道的空间构造和气体的组织流向，可分为：

**1 整体式双层幕墙 integral double-skin facade**

外层幕墙和内层幕墙（或门、窗）之间整面没有横向和竖向约束措施，空气在内外层幕墙间的热通道内整体流通的双层幕墙；

**2 走廊式双层幕墙 corridor type double-skin facade**

通过竖向若干层间的分隔，空气被约束在一层或若干层内流通的双层幕墙；

**3 箱式双层幕墙 box type double-skin facade**

通过竖向若干层间及横向若干段的分隔，空气被约束在有限层间和水平宽度单元内的双层幕墙；

**4 竖井式双层幕墙 shaft type of double-skin facade**

通过竖向层间分隔形成空气约束单元、利用竖向隔板围合竖向井道，将层间约束单元内的空气组织流向井道内的双层幕墙。

**2.1.12 光伏幕墙 photovoltaic curtain wall**

含有光伏构件并具有太阳能发电功能的建筑幕墙。

**2.1.13 采光顶 transparent roof system**

由透光面板与支承体系（支承装置与支承结构）组成，不承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。

**2.1.14 金属幕墙 metal curtain wall**

面板材料为金属板材的建筑幕墙。

**2.1.15 石材幕墙 natural stone curtain wall**

面板材料为天然建筑石材的建筑幕墙。

**2.1.16 人造板材幕墙 artificial panel curtain wall**

面板材料为人造外墙板(除玻璃、金属与石材板外)的建筑幕墙。

**2.1.17 组合幕墙 composite curtain wall**

由不同材料的面板（如玻璃、金属、石材等）组成的建筑幕墙。

**2.1.18 金属屋面 metal roof**

由金属面板与支承体系（支承装置与支承结构）组成，不承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。

**2.1.19 热通道 thermal chamber**

内外层幕墙间可使空气流动的腔体。

#### **2.1.20 开放式幕墙 open joint curtain wall**

幕墙面板不具有阻止空气渗透和雨水渗入功能的建筑幕墙。

#### **2.1.21 单元式双层幕墙 unitized double-skin facade**

将内外两层幕墙（含内层门窗）预先组装成为双层幕墙结构的基本单元，可直接安装在主体结构上的双层幕墙。

#### **2.1.22 开放式双层幕墙 open double-skin facade**

内层幕墙为封闭形式，外层幕墙面板四周为不封闭的双层幕墙。

#### **2.1.23 建筑玻璃点支承装置 supporting device**

以点连接方式直接承托和固定玻璃面板，并传递玻璃面板所承受的荷载或作用的组件。

#### **2.1.24 点支承结构 supporting structure or structural members**

玻璃幕墙中，直接支承或通过点支承装置支承玻璃面板的结构系统。

#### **2.1.25 双金属腐蚀 bimetallic corrosion**

由不同的金属或其他电子导体作为电极而形成的电偶腐蚀。

#### **2.1.26 相容性 compatibility**

粘接密封材料之间或粘接密封材料与其他材料相互接触时，相互不产生有害物理、化学反应的性能。

#### **2.1.27 斜玻璃幕墙 inclined building curtain wall**

与水平面夹角大于 75°且小于 90°的玻璃幕墙。

#### **2.1.28 有效截面 effective section**

型材受压板件宽厚比大于规定的限值时，扣除超出限值部分后的截面。

#### **2.1.29 有效净截面 effective net section**

有效截面部分带有孔洞时，扣除孔洞部分后的截面。

#### **2.1.30 主型材 main profile**

组成幕墙系统的基本构架，在其上装配面板或面板单元、开启扇、辅型材、附件的横向和竖向杆件用金属型材。

#### **2.1.31 辅型材 auxiliary profile**

幕墙杆件系统中，镶嵌或固定于主型材杆件上，起到传力或某种功能作用的附加型材（如面板单元中的副框、装饰扣条，以及开启扇中的压条、披水条等）。

#### **2.1.32 主要受力杆件 main load bearing component**

幕墙立面内承受并传递幕墙自重、地震作用及水平风荷载等荷载和作用的横向和竖向主型材构件。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 材料力学性能

$C20$ ——表示立方体强度标准值为  $20\text{N/mm}^2$  的混凝土强度等级；

$E$ ——材料弹性模量；

$f$ ——材料强度设计值；

$f_a$ ——铝合金强度设计值；

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{cc}$ ——钢材、铝合金承压强度设计值；

$f_k^b$ ——面板抗弯强度设计值；

$f_k^v$ ——面板抗剪强度设计值；

$f_s$ ——钢材强度设计值；

$f_t$ ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

$f_y$ ——钢筋受拉强度设计值。

### 2.2.2 作用和作用效应

$d_f$ ——作用标准值引起的幕墙构件挠度值；

$G_k$ ——重力荷载标准值；

$M$ ——弯矩设计值；

$M_x$ ——绕截面  $x$  轴的弯矩设计值；

$M_y$ ——绕截面  $y$  轴的弯矩设计值；

$N$ ——轴力设计值；

$P_{EK}$ ——平行于幕墙平面的集中地震作用标准值；

$q_{EK}$ ——垂直于幕墙平面的水平地震作用标准值；

$q_E$ ——垂直于幕墙平面的水平地震作用设计值；

$q_G$ ——幕墙单位面积重力荷载设计值；

$R$ ——构件截面承载力设计值；

$S$ ——作用效应组合的设计值；

$S_{EK}$ ——地震作用效应标准值；  
 $S_{GK}$ ——永久荷载效应标准值；  
 $S_{WK}$ ——风荷载效应标准值；  
 $V$ ——剪力设计值；  
 $w$ ——风荷载设计值；  
 $w_0$ ——基本风压；  
 $w_k$ ——风荷载标准值；  
 $\sigma_{WK}$ ——风荷载作用下幕墙面板最大应力标准值；  
 $\sigma_{EK}$ ——地震作用下幕墙面板最大应力标准值。

### 2.2.3 几何参数

$a$ ——矩形面板的短边边长；  
 $A$ ——构件截面面积或毛截面面积；  
 $A_n$ ——主要受力杆件型材净截面面积；  
 $A_s$ ——锚固钢筋总截面面积；  
 $b$ ——矩形面板的长边边长；  
 $d$ ——锚固钢筋直径；  
 $l$ ——跨度；  
 $t$ ——面板厚度；型材截面厚度；表面处理层厚度；  
 $W$ ——毛截面模量；  
 $W_e$ ——等效截面模量；  
 $W_n$ ——净截面模量；  
 $W_{nx}$ ——绕截面 x 轴的净截面模量；  
 $W_{ny}$ ——绕截面 y 轴的净截面模量；  
 $z$ ——外层锚固钢筋中心线之间的距离。

### 2.2.4 系数

$\alpha$ ——材料线膨胀系数；  
 $\alpha_{max}$ ——水平地震影响系数最大值；  
 $\beta_E$ ——地震作用动力放大系数；  
 $\beta_{gz}$ ——阵风系数；  
 $\varphi$ ——稳定系数；

$\gamma$ ——截面塑性发展系数；  
 $\gamma_0$ ——结构构件重要性系数；  
 $\gamma_g$ ——材料自重标准值；  
 $\gamma_E$ ——地震作用分项系数；  
 $\gamma_G$ ——永久荷载分项系数；  
 $\gamma_{RE}$ ——结构构件承载力抗震调整系数；  
 $\gamma_w$ ——风荷载分项系数；  
 $\eta$ ——折减系数；  
 $\mu_s$ ——风荷载体型系数；  
 $\mu_z$ ——风压高度变化系数；  
 $\nu$ ——材料泊松比；  
 $\psi_E$ ——地震作用效应的组合值系数；  
 $\psi_w$ ——风荷载作用效应的组合值系数。

### 2.2.5 其他

$d_{f, \text{lim}}$ ——构件挠度限值；  
 $D$ ——面板材料的刚度 (N.mm)、密度 ( $\text{g/cm}^3$ )；  
 $\lambda$ ——长细比；  
 $\theta_e$ ——主体结构的楼层弹性层间位移角限值 (rad)。

## 3 材 料

### 3.1 一 般 规 定

3.1.1 幕墙所用材料应符合国家、行业和本省现行有关标准的规定，并应有出厂合格证、质量保证书或出厂检测报告。进口材料应符合国家商检的规定。需复验的材料应提交复验报告。

3.1.2 幕墙支承结构应选用耐气候性材料。除不锈钢外，钢材的外露表面应进行表面热浸镀锌处理、无机富锌涂料处理或采取其他有效的防腐措施；铝合金材料应进行表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂或氟碳漆喷涂处理。人造板材的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。

3.1.3 幕墙的面板、支承结构、连接件和保温材料应采用不燃材料，其燃烧性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

3.1.4 硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶必须在有效期内使用；严禁硅酮建筑密封胶作为硅酮结构密封胶使用；硅酮结构密封胶不得作为建筑密封胶使用。

3.1.5 幕墙所用硅酮结构密封胶，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。

### 3.2 铝 合 金 材 料

3.2.1 铝合金材料的牌号所对应的化学成份应符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成份》GB/T 3190 的有关规定，铝合金型材质量应符合国家现行标准《铝合金建筑型材》GB 5237.1~ GB 5237.6 的有关规定，型材尺寸允许偏差应达到高精级或超高精级。

3.2.2 铝合金型材采用阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂、氟碳漆喷涂进行表面处理时，表面处理层的厚度应满足表 3.2.2 的要求。

表 3.2.2 铝合金型材表面的处理层厚度要求

表面处理方法	膜厚级别 (涂层种类)	厚度 $t$ ( $\mu\text{m}$ )	
		平均膜厚	最小局部膜厚
阳极氧化	不低于 AA15	$t \geq 15$	$t \geq 12$

续表 3.2.2

电泳涂漆	阳极氧化膜	B (有光或亚光 透明漆)	-	$t \geq 9$
	漆膜		-	$t \geq 7$
	复合膜		-	$t \geq 16$
	阳极氧化膜	S (有光或亚光 有色漆)	-	$t \geq 6$
	漆膜		-	$t \geq 15$
	复合膜		-	$t \geq 21$
粉末喷涂		-	-	$t \geq 40$
氟碳喷涂	二涂	-	$t \geq 30$	$t \geq 25$
	三涂	-	$t \geq 40$	$t \geq 34$
	四涂	-	$t \geq 65$	$t \geq 55$

3.2.3 铝合金隔热型材质量除应符合国家现行标准《铝合金建筑型材隔热型材》GB 5237.6 的规定外，尚应符合现行行业标准《建筑用隔热铝合金型材》JG 175 的规定。

表 3.2.3 隔热铝合金型材性能要求

检测项目	复合方式	性能要求						
		纵向抗剪特征值 / (N/mm)			横向抗拉特征值 / (N/mm)			隔热材料变形 量平均值/mm
		室温	低温	高温	室温	低温	高温	
纵向剪切试验	穿条式	$\geq 24$	$\geq 24$	$\geq 24$	$\geq 24$	—	—	—
横向拉伸试验	浇注式	$\geq 24$	$\geq 24$	$\geq 24$	$\geq 24$	$\geq 24$	$\geq 12$	—
高温持久 负荷试验	穿条式	—	—	—	—	$\geq 24$	$\geq 24$	$\leq 0.6$
热循环试验	浇注式	$\geq 24$	—	—	—	—	—	$\leq 0.6$

3.2.4 采用后置隔热条作为铝合金型材隔热构造时，隔热条应采用耐候性好、导热系数低、硬度高的材料制作，有效隔热宽度不得小于 8mm。后置式隔热条应当连续通长，且内外型材之间应采用螺纹连接。

3.2.5 铝合金型材的强度设计值可按现行国家规范《铝合金结构设计规范》GB 50429 的规定采用，也可按表 3.2.5 的规定采用。

表 3.2.5 铝合金型材的强度设计值  $f_g$  (N/mm<sup>2</sup>)

铝合金材料			用于构件计算		用于焊接连接计算		用于栓接
牌号	状态	厚度 (mm)	抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	焊接热影响区抗拉、抗压和抗弯 $f_{u,haz}$	焊接热影响区抗剪 $f_{v,haz}$	局部承压 $f_c^b$
6061	T6	所有	200	115	100	60	305
6063	T5	所有	90	55	60	35	185
	T6	所有	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	

### 3.3 钢 材

3.3.1 幕墙用碳素结构钢、合金结构钢、低合金高强度结构钢和碳钢铸件的钢种、牌号和等级应符合下列现行国家标准的规定：

《碳素结构钢》 GB/T 700

《合金结构钢》 GB/T 3077

《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591

《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》 GB/T 912

《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》 GB/T 3274

《结构用无缝钢管》 GB/T 8162

《一般工程用铸造碳钢件》 GB/T 11352

3.3.2 钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用，也可按表 3.3.2-1 和表 3.3.2-2 采用。

表 3.3.2-1 热轧钢材强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢材牌号	厚度或直径 d(mm)	抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 $f_{ce}$
Q235	$d \leq 16$	215	125	325
	$16 < d \leq 40$	205	120	
	$40 < d \leq 60$	200	115	
Q345	$d \leq 16$	310	180	400
	$16 < d \leq 35$	295	170	
	$35 < d \leq 50$	265	155	

注：表中厚度系指计算点的钢材厚度；对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

表 3.3.2-2 冷成型薄壁型钢强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢材牌号	抗拉、抗压、抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压（磨平顶紧） $f_{ce}$
Q235	205	120	310
Q345	300	175	400

**3.3.3** 建筑幕墙用不锈钢材料应采用奥氏体不锈钢，并满足《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》GB/T20878 要求。其中，暴露于室外或处于高腐蚀环境的不锈钢承重构件（包括背栓）的其镍铬总含量不宜小于 29%，镍含量应当不小于 10%；非外露的不锈钢构件的其镍铬总含量不宜小于 25%，镍含量应当不小于 8%。紧固件螺栓、螺钉、螺柱等的机械性能、化学成分应当符合《紧固件机械性能》系列国家标准（GB/T 3098.1~3098.21）的规定。

**3.3.4** 不锈钢抗拉强度标准值  $f_{sk1}$  可取其屈服强度  $\sigma_{0.2}$ 。不锈钢抗拉强度设计值  $f_{s1}^t$  可按其抗拉强度标准值  $f_{sk1}$  除以系数 1.15 后采用；其抗剪强度设计值  $f_{s1}^v$  可按其抗拉强度标准值  $f_{sk1}$  除以系数 2.00 后采用。不锈钢型材和棒材的强度设计值也可按表 3.3.4-1 采用；不锈钢板的强度设计值也可按表 3.3.4-2 采用。

表 3.3.4-1 不锈钢型材和棒材强度设计值  $f_{s1}$  (N/mm<sup>2</sup>)

牌号		$\sigma_{0.2}$	抗拉强度 $f_{s1}^t$	抗剪强度 $f_{s1}^v$	局部承压强度 $f_{s1}^c$
06Cr18Ni10	S30408	205	180	100	250
06Cr19Ni10N	S30458	275	240	140	315
022Cr19Ni10	S30403	175	155	90	220
022Cr18Ni10N	S30453	245	215	125	280
06Cr17Ni12Mo2	S31608	205	180	105	250
06Cr17Ni12Mo2N	S31658	275	240	140	315
022Cr17Ni14Mo2	S31603	175	155	90	220
022Cr17Ni13Mo2N	S31653	245	215	125	280

表 3.3.4-2 不锈钢板的强度设计值  $f_{s2}$  (N/mm<sup>2</sup>)

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

3.3.5 幕墙用耐候钢应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的规定,强度设计值可按表 3.3.5 采用。

表 3.3.5 耐候钢强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢号	厚度 $t(mm)$	屈服强度 $\sigma_{0.2}$	抗拉强度 $f_s^t$	抗剪强度 $f_s^v$	承压强度 $f_s^c$
Q235NH	$t \leq 16$	235	215	125	295
	$16 < t \leq 40$	225	205	120	295
	$40 < t \leq 60$	215	200	115	295
	$> 60$	215	200	115	295
Q295NH	$\leq 16$	295	270	155	345
	$16 < t \leq 40$	285	260	150	345
	$40 < t \leq 60$	275	255	150	345
	$60 < t \leq 100$	255	235	135	345

3.3.6 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,必须采取有效的防腐措施,并符合下列要求:

1 采用热浸镀锌防腐处理时,锌膜厚度应符合表 3.3.6-1 和表 3.3.6-2 的规定;

**表3.3.6-1 未经离心处理的镀层厚度最小值**

制件及厚度 / mm	镀层局部厚度 / $\mu\text{mMin}$	镀层平均厚度 / $\mu\text{mMin}$
钢厚度 $\geq 6$	70	85
$3 \leq$ 钢厚度 $< 6$	55	70
$1.5 \leq$ 钢厚度 $< 3$	45	55
钢厚度 $< 1.5$	35	45
铸铁厚度 $\geq 6$	70	80
铸铁厚度 $< 6$	60	70

**表3.3.6-2 经离心处理的镀层厚度最小值**

制件及厚度 / mm	镀层局部厚度 / $\mu\text{mMin}$	镀层平均厚度 / $\mu\text{mMin}$
直径 $\geq 20$	45	55
螺纹件 $6 \leq$ 直径 $< 20$	35	45
螺纹件直径 $< 6$	20	25
其他制件（包括铸铁件）厚度 $\geq 3$	45	55
其他制件（包括铸铁件）厚度 $< 3$	35	45

2 采用氟碳漆喷涂或聚氨酯漆喷涂时，涂膜的厚度不宜小于  $35\mu\text{m}$ ，在空气污染严重及海滨地区，涂膜厚度不宜小于  $45\mu\text{m}$ ；

3 采用其他防腐涂料时，表面处理方法、涂料品种、漆膜厚度及维护年限应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规程》GB 50018 的有关规定，并完全覆盖钢材表面和无端部封板的闭口型材的内侧。

### 3.3.7 幕墙支承结构用拉索、钢拉杆应符合下列规定：

1 钢绞线应符合国家现行标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224、《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152、《镀锌钢绞线》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现行国家标准《锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》GB/T 20492 的有关规定执行；

2 不锈钢绞线应符合现行国家标准《不锈钢钢绞线》GB/T 25821、行业标准《建筑用不锈钢绞线》JG/T 200 的规定；

3 钢拉杆的质量、性能应符合现行行业标准《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389 的规定；

4 钢丝绳的质量、性能应符合现行国家标准《一般用途钢丝绳》GB/T 20118

的规定；

5 不锈钢钢丝绳的质量、性能、极限抗拉强度应符合现行国家标准《不锈钢钢丝绳》GB/T 9944 的规定。

**3.3.8** 张拉杆、索的抗拉力设计值应按下列规定采用：

1 不锈钢拉杆的抗拉强度设计值可按其屈服强度标准值  $\sigma_{0.2}$  除以系数 1.4 采用；

2 高强度绞线或不锈钢绞线的强度设计值可按其极限抗拉承载力标准值除以系数 2.0，并按其等效截面面积换算后采用；

3 钢拉杆的抗拉力设计值应按其极限抗拉承载力标准值除以系数 1.7 采用。

**3.3.9** 点支承玻璃幕墙用锚具的技术要求应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370、《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 及《建筑幕墙用钢索压管接头》JG/T 201 的有关规定。

**3.3.10** 点支承玻璃幕墙用的锚具的应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的有关要求。

**3.3.11** 焊接材料应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117、《低合金钢焊条》GB/T 5118、《不锈钢焊条》GB/T 983 以及行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的规定。

## 3.4 玻 璃

**3.4.1** 钢化玻璃外观质量、技术性能应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃第 2 部分：钢化玻璃》的相关规定；均质钢化玻璃应符合《建筑用安全玻璃第 4 部分：均质钢化玻璃》GB 15763.4 的规定；半钢化玻璃应符合《半钢化玻璃》GB/T 17841 的规定。

**3.4.2** 幕墙采用中空玻璃时，应符合现行国家标准《中空玻璃》GB/T 11944 的有关规定外，尚应符合下列要求：

1 中空玻璃气体层厚度不应小于 12mm；

2 中空玻璃应采用双道密封。一道密封应采用丁基热熔密封胶。隐框、半隐框及点支承玻璃幕墙用中空玻璃的二道密封必须采用硅酮结构密封胶，结构胶尺寸经过计算确定。明框玻璃幕墙用中空玻璃的二道密封宜采用聚硫类玻璃密封

胶，也可采用硅酮密封胶，二道密封应采用专用打胶机进行混合、打胶；

3 中空玻璃的间隔铝框可采用连续折弯型或插角型，不得使用热熔型间隔胶条。间隔铝框中的干燥剂宜采用专用设备装填；

4 中空玻璃加工过程中应采取措施，消除玻璃表面可能产生的凹凸现象；

5 中空玻璃的单片玻璃厚度不宜小于 6mm，两片玻璃厚度差不应大于 3mm。

**3.4.3** 玻璃幕墙采用夹层玻璃时，应采用干法加工合成，其胶片宜采用聚乙烯醇缩丁醛胶片（PVB）或离子性中间层胶片（SGP），且 PVB 胶片厚度不应小于 0.76mm；外露的 PVB 夹层玻璃边缘应进行封边处理。

**3.4.4** 玻璃幕墙和采光顶用钢化玻璃应符合《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T455 的规定。玻璃应进行三边细磨或三边抛光。进行机械磨边处理时，磨轮数不应小于 180 目。点支承幕墙玻璃的孔、板边缘均应进行磨边和倒角，磨边宜细磨，倒角宽度不宜小于 1mm。玻璃面板经弯曲加工成型后的性能，应符合设计的规定。

**3.4.5** 阳光控制镀膜玻璃应符合《镀膜玻璃第 1 部分：阳光控制镀膜玻璃镀膜玻璃》GB/T 18915.1 的规定。低辐射镀膜玻璃应符合《镀膜玻璃第 2 部分：低辐射镀膜玻璃》GB/T 18915.2 的规定。玻璃幕墙采用单片或夹层低辐射镀膜玻璃时，应使用在线热喷涂低辐射玻璃；离线镀膜的低辐射玻璃宜加工成中空玻璃使用，且镀膜面朝向中空气体层。

**3.4.6** 有特殊规定防火要求部位的幕墙玻璃，应根据防火等级采用单片防火玻璃或其加工成的中空、夹层防火玻璃。防火玻璃的耐火极限性能应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃第 1 部分：防火玻璃》GB 15763.1 的规定。

**3.4.7** 玻璃的强度设计值应按表 3.4.7 的规定采用。

**表 3.4.7 玻璃的强度设计值  $f_g$  (N/mm<sup>2</sup>)**

类 型	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

续表 3.4.7

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
	12~19	72	58	51	36	29	26
	≥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 半钢化玻璃强度设计值可取平板玻璃强度设计值的 2 倍。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。

### 3.5 石 材

**3.5.1** 石材幕墙面板宜采用花岗石板材。石材不应有软弱夹层，有层状花纹的石材不宜有粗粒、松散、多孔的条纹。石材面板的技术、质量要求应符合现行国家标准《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》GB/T 19766、《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452 和《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453 的规定。

**3.5.2** 幕墙石材面板的吸水率大于 0.6%时，应进行表面防护处理。

**3.5.3** 外倾斜或倒挂石材应在板背设置防止石材坠落的安全措施。

**3.5.4** 室内用石材的放射性核素应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求。

**3.5.5** 幕墙石材面板的厚度、吸水率和单块面积应符合表 3.5.5 的规定。粗面石板的最小厚度应按表 3.5.5 中数值增加 3mm 采用。

**表 3.5.5 石材面板的弯曲强度、吸水率、最小厚度和单块面积要求**

项 目	天然花岗石	天然大理石	其它类型石材	
(干燥及水饱和) 弯曲强度标准值/MPa	≥8.0	≥7.0	≥8.0	8.0≥f≥4.0
吸水率/%	≤0.6	≤0.5	≤5	≤5
最小厚度/mm	≥25	≥35	≥35	≥40
单块面积/m <sup>2</sup>	不宜大于 1.5	不宜大于 1.5	不宜大于 1.5	不宜大于 1.0

**3.5.6** 幕墙高度超过 100m 时，花岗石面板的弯曲强度试验平均值  $f_m$  不应小于  $12.0 \text{ N/mm}^2$ ，标准值  $f_{rk}$  不应小于  $10.0 \text{ N/mm}^2$ ，厚度不应小于 30mm。

**3.5.7** 石材面板材料性能分项系数  $\gamma_r$  的取值，应充分考虑不同石材的特点和工程经验，并不宜小于表 3.5.7 的规定值。

**表 3.5.7 石材材料性能分项系数  $\gamma_r$**

石材面板类型	花岗石	其它类型石材	
石板抗弯强度标准值 $f_{rk}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$\geq 8.0$	$\geq 8.0$	$8.0 > f_{rk} \geq 4.0$
$\gamma_r$	2.15	2.85	3.57

### 3.6 金属面板

**3.6.1** 单层铝板宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，并应符合国家现行标准《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880.1~3、《变形铝及铝合金牌号表示方法》GB/T 16474、《变形铝及铝合金状态代号》GB/T 16475、《建筑幕墙用氟碳铝单板制品》JG/T331、《铝幕墙板板基》YS/T 429.1、《铝幕墙板氟碳喷漆铝单板》YS/T 429.2 的规定。

**3.6.2** 铝板表面采用氟碳涂层时，应符合下列规定：

- 1 氟碳树脂含量不应低于树脂总量的 70%；
- 2 涂层厚度宜符合表 3.6.2 的要求。

**表 3.6.2 氟碳涂层厚度 ( $\mu\text{m}$ )**

涂装工艺类型 涂层	喷 涂		辊 涂	
	平均膜厚	最小局部膜厚	平均膜厚	最小局部膜厚
二涂	$\geq 30$	$\geq 25$	$\geq 25$	$\geq 22$
三涂	$\geq 40$	$\geq 35$	$\geq 35$	$\geq 30$
四涂	$\geq 65$	$\geq 55$		

**3.6.3** 单层铝板的板基厚度宜符合表 3.6.3 的规定。

**表 3.6.3 单层铝板的板基厚度**

铝板屈服强度 $\sigma_{0.2}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$< 100$	$100 \leq \sigma_{0.2} < 150$	$\geq 150$
铝板的厚度 $t$ (mm)	$\geq 3.0$	$\geq 2.5$	$\geq 2.0$

注：波纹形单层铝板的板基厚度可小于本表的规定。

**3.6.4** 铝板抗拉强度标准值  $f_{ak1}$  可取其屈服强度  $\sigma_{0.2}$ 。铝板抗拉强度设计值  $f_{al}^t$  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  $f_{al}^v$  可按其抗拉强度标准值  $f_{ak1}$  除以系数 2.07 后采用。铝板的强度设计值也可按表 3.6.4 采用。

**表 3.6.4 铝板强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)**

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

**3.6.5** 铝塑复合板应符合现行国家标准《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T17748的有关要求，应优先选用 3XXX 系铝合金及 5XXX 系铝合金板材。芯材的防火性能应满足设计要求。

**3.6.6** 铝蜂窝板应符合《建筑外墙用铝蜂窝复合板》JG/T334 规定，并满足：

- 1 截面厚度不宜小于 10mm；
- 2 芯材应采用铝蜂窝，板基宜采用铝锰合金板、铝镁合金板，板基的厚度允许偏差应取 $\pm 0.025\text{mm}$ ；
- 3 面板厚度不宜小于 1.0mm。铝蜂窝板的厚度为 10mm 时，其背板厚度不宜小于 0.5mm；铝蜂窝板的厚度不小于 12mm 时，其背板厚度不宜小于 1.0mm；

4 当表面采用氟碳涂层时，应符合本规范第 3.6.2 条的要求。

**3.6.7** 不锈钢板作面板时，其材质应符合本规范第 3.3.4 条的有关规定；其截面厚度，当为平板时不宜小于 2.5mm，当为波纹板时，不宜小于 1.0mm。

沿海地带或严重腐蚀地区，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 35 $\mu$ m。

**3.6.8** 彩色涂层钢板应符合现行国家标准《彩色涂层钢板及钢带》GB/T 12754 的规定。基材钢板宜镀锌。用于幕墙面板时，板厚不宜小于 2.0mm，并应具有适合室外使用的氟碳涂层、聚酯涂层或丙烯酸涂层。

**3.6.9** 钛锌合金饰面复合板厚度不宜小于 2.0mm，其产品应符合《建筑用钛锌合金饰面复合板》JG/T339、《钛及钛合金板材》GB/T3621 的规定。

**3.6.10** 搪瓷涂层钢板不应在现场开槽或钻孔，其产品应符合《建筑装饰用搪瓷钢板》JG/T234 的规定。

### 3.7 人造板材

**3.7.1** 幕墙用面板材料应符合下列现行标准的规定：

《建筑幕墙用瓷板》JG/T 217

《建筑陶瓷薄板应用技术规程》JGJ/T172

《建筑装饰用微晶玻璃》JC/T 872

《建筑外墙用铝蜂窝复合板》JG/T334

《建筑装饰用石材蜂窝复合板》JG/T328

《超薄天然石材型复合板》JC/T 1049

《建筑幕墙用陶板》JG/T 324

《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG/T396

《玻璃纤维增强水泥（GRC）外墙板》JC/T1057

《玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品》JC/T940

**3.7.2** 幕墙用微晶玻璃的公称厚度应不小于 20 mm，并应按照现行行业标准的规定进行抗急冷急热试验，采用墨水渗透法对试样表面进行检查，不应有目视可见的裂纹。

**3.7.3** 幕墙用石材蜂窝板面板石材为亚光面或镜面时，厚度宜为3mm~5mm；面板石材为毛面时，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，其耐碱性、耐酸性宜大于80%。

1 背板宜采用铝合金板或镀铝锌钢板。采用铝合金板厚度不得小于0.5mm，涂层厚度不得小于5 $\mu$ m；采用镀铝锌钢板应符合《连续热镀铝锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 14978的要求，板材厚度不得小于0.35mm，铝锌涂层不得小于15 $\mu$ m；

2 铝蜂窝芯孔径不得大于9.53mm，铝蜂窝室壁厚不得小于0.05mm，且应符合《夹层结构用耐久铝蜂窝芯材料规范》HB 5443的要求；

3 石材蜂窝复合板总厚度不得小于20mm。

**3.7.4** 瓷板不包括背纹的实测厚度不应小于12mm，单块面积不应大于1.5m<sup>2</sup>，瓷板的性能应符合<建筑幕墙用瓷板>JG/T217-2007的规定，并满足表3.7.4的要求。

**表 3.7.4 瓷板力学性能要求 (N/mm<sup>2</sup>)**

项 目	要 求	设计值
弯曲强度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均值 ( $R$ ) $\geq 30.0$ ; 最小值 ( $R_{\min}$ ) $\geq 27.0$	15.0
剪切强度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均值 ( $\tau$ ) $\geq 15.0$ ; 最小值 ( $\tau_{\min}$ ) $\geq 13.5$	7.5

注：1. 圆弧板力学性能检查，在用于弯制圆弧板的普型板上进行；

2. 弯曲强度和剪切强度小于平均值要求的试样数量均布超过 2 个。

**3.7.5** 陶板《建筑幕墙用陶板》JG/T324 的规定，并满足表 3.7.5 的要求。

**表 3.7.5 陶板物理力学性能指标**

项 目		技术指标		
		AI 类	AIIa 类	AIIb 类
吸水率 (E) 平均值/%		$E \leq 3$	$3 < E \leq 6$	$6 < E \leq 10$
弯曲强度/MPa	平均值	$\geq 23$	$\geq 13$	$\geq 9$
	最小值	$\geq 18$	$\geq 11$	$\geq 8$
弹性模量/GPa		$\geq 20$		
泊松比		$\geq 0.13$		
抗冻性		无破坏		
抗热震性		无破坏		
耐污染性		无明显污染痕迹		
抗釉裂性 <sup>a</sup>		无龟裂		
线性热膨胀系数/ $^{\circ}\text{C}^{-1}$		$\leq 7 \times 10^{-6}$		

续表 3.7.5

湿膨胀系数/%	≤0.06
耐化学腐蚀性	无明显变化
<sup>a</sup> 只适用于釉面陶板。	

3.7.6 陶板、微晶玻璃的抗弯、抗剪强度设计值可按下列公式计算：

$$f_{p1} = f_{pm} / 2.00$$

$$f_{p2} = f_{pm} / 10.00$$

式中  $f_{p1}$ ——陶板、微晶玻璃抗弯强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

$f_{p2}$ ——陶板、微晶玻璃抗剪强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

$f_{pm}$ ——陶板、微晶玻璃弯曲强度试验平均值 (N/mm<sup>2</sup>)。

陶板弯曲强度试验中任一试件的弯曲强度试验值低于 8.0 N/mm<sup>2</sup>时, 该批陶板不得用于幕墙工程。

3.7.7 幕墙用纤维水泥板的基板应采用现行行业标准《纤维水泥平板第 1 部分: 无石棉纤维水泥平板》JC/T 412.1 规定的高密度板, 且密度  $D$  不小于 1.5g/cm<sup>3</sup>, 吸水率不大于 20%, 力学性能为 V 级。采用穿透连接的基板厚度应不小于 8mm, 采用背栓连接的基板厚度应不小于 12mm, 采用短挂件连接、通长挂件连接的基板厚度应不小于 15mm。基板应进行表面防护与装饰处理。

### 3.8 连接件与紧固件

3.8.1 幕墙用紧固件应符合下列现行国家标准的规定：

《六角螺母 C 级》GB/T 41

《开槽圆柱头螺钉》GB/T 65

《平垫圈 C 级》GB 95

《平垫圈 A 级》GB 97.1

《十字槽盘头螺钉》GB/T 818

《十字槽沉头螺钉第 1 部分钢 4.8 级》GB/T 819.1

《十字槽盘头自攻螺钉》GB 845

《十字槽沉头自攻螺钉》GB 846

《轻型弹簧垫圈》GB 859

《等长双头螺柱》GB 953

《六角头螺栓 C 级》 GB/T 5780  
《六角头螺栓全螺纹 C 级》 GB/T 5781  
《 I 型六角螺母》 GB/T 6170  
《六角薄螺母》 GB 6172.1  
《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1  
《紧固件机械性能螺母粗牙螺纹》 GB/T 3098.2  
《紧固件机械性能螺母细牙螺纹》 GB/T 3098.4  
《紧固件机械性能自攻螺钉》 GB/T 3098.5  
《紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.6  
《紧固件机械性能有色金属制造的螺栓、螺钉、螺柱和螺母》 GB/T 3098.10  
《紧固件机械性能自钻自攻螺钉》 GB/T 3098.11  
《紧固件机械性能不锈钢螺母》 GB/T 3098.15  
《紧固件机械性能不锈钢紧定螺母》 GB/T 3098.16

**3.8.2** 幕墙与建筑主体结构或支承结构之间，应采用钢连接件或铝合金连接件。钢连接件的材质和表面防腐处理应分别符合本规范 3.3.2 和 3.3.3 条的规定。铝合金连接件的材质和表面处理应符合现行国家标准《铝合金建筑型材第 1 部分基材》 GB/T 5237.1 和《铝合金建筑型材第 2 部分阳极氧化型材》 GB/T 5237.2 的规定，型材尺寸允许偏差不应低于高精级的要求，型材表面应进行阳极氧化处理，氧化膜厚度不得低于 AA15 级。

**3.8.3** 后置埋件应当根据设计要求选用扩底型机械锚栓和特殊倒锥形化学锚栓等性能可靠的锚栓，不得使用普通化学锚栓。机械锚栓应符合《混凝土用机械锚栓》 JG/T 160 的要求。特殊倒锥形化学锚栓应符合《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ145 的规定。当采用特殊倒锥形化学锚栓时，供应商应当提供化学锚栓的耐高温测试报告。

**3.8.4** 后置埋件用锚栓的直径不应小于 12mm，锚杆的材质应为碳素钢、合金钢、不锈钢或高耐腐不锈钢；碳素钢、合金钢强度等级不应低于 5.8 级。

**3.8.5** 扩底型机械锚栓，必须使用厂家提供配套的专用扩孔钻头、扩孔检测工具和敲击工具。对于扩孔程度无法检测及检测出未充分扩孔的，严禁在该不合格孔位安装锚栓。自扩底型机械锚栓螺母的旋紧应采用扭力扳手，扭力数据按生产厂家提供得规定。锚栓应带有扩孔到位的标识。特殊倒锥型化学锚栓锚固胶采用乙

烯基酯类树脂，常温固化时间小于 60 分钟。

**3.8.6** 幕墙防雷连接件的材质、截面尺寸和防腐处理，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计规范》JGJ/T 16 的有关规定。

**3.8.7** 螺栓、铆钉、焊缝等连接材料强度设计值按《钢结构设计标准》GB50017 规定采用，也可按表 3.8.7-1~3.8.7-4 采用。

**表 3.8.7-1 螺栓连接的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)**

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	抗拉	抗剪
		抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压	$f_t^a$			
$f_t^b$	$f_v^b$	$f_c^b$	$f_t^b$	$f_v^b$	$f_c^b$	$f_t^a$	$f_t^b$	$f_v^b$	$f_c^b$		
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	—	—	—
	Q345 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
	Q345 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	—	590
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	—	615

注：1 A 级螺栓用于工程直径 d 不大于 24mm、螺杆工程长度不大于 10d 且不大于 150mm 的螺栓；

2 B 级螺栓用于工程直径 d 大于 24mm、螺杆工程长度大于 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，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

**表 3.8.7-2 铆钉连接的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)**

铆钉钢号和构件钢材牌号		抗拉（铆头拉脱）	抗剪		承压	
			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
	Q345 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应钻模钻成的空；
- 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 3.8.7-3 不锈钢螺栓连接的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)**

类别	组别	性能等级	$\sigma_b$	抗拉	抗剪
A (奥氏体)	A1、A2	50	500	230	175
	A3、A4	70	700	320	245
	A5	80	800	370	280
C (马氏体)	C1	50	500	230	175
		70	700	320	245
		100	1000	450	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 3.8.7-4 焊缝的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)**

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	Q345	d≤16	310	310	265	180	200
		16<d≤35	295	295	250	170	
		35<d≤50	265	265	225	155	
自动焊、版自动焊和 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
		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《钢结构工程施工质量验收规范》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现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊条和焊剂》GB/T5293 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T12470 的相关规定；

3 表中厚度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。

**3.8.8 幕墙材料的物理力学性能指标按表 3.8.8 采用。**

**表 3.8.8 材料的物理力学性能指标**

材料		弹性模量 E (N/mm <sup>2</sup> )	泊松比 $\nu$	线膨胀系数 $\alpha$ (1/K)
玻璃		$0.72 \times 10^5$	0.200	$0.80 \times 10^{-5} \sim 1.00 \times 10^{-5}$
铝合金、单层铝板		$0.72 \times 10^5$	0.330	$2.35 \times 10^{-5}$
钢材		$2.06 \times 10^5$	0.300	$1.20 \times 10^{-5}$
不锈钢				$1.80 \times 10^{-5}$
不锈钢绞线		$1.20 \times 10^5 \sim 1.50 \times 10^5$		$1.80 \times 10^{-5}$
消除应力的高强钢丝		$2.05 \times 10^5$		根据产品厂家实测值
高强钢绞线		$1.95 \times 10^5$		
钢丝绳		$0.80 \times 10^5 \sim 1.00 \times 10^5$		
蜂窝铝板	10mm	$0.35 \times 10^5$		0.250
	15mm	$0.27 \times 10^5$		
	20mm	$0.21 \times 10^5$		
铝塑复合板	4mm	$0.20 \times 10^5$	0.250	$\leq 4.00 \times 10^{-5}$
	6mm	$0.30 \times 10^5$		
搪瓷版	单体	$2.06 \times 10^5$	0.300	$1.20 \times 10^{-5}$
	复合	$1.20 \times 10^5$	0.250	$0.90 \times 10^{-5}$
花岗岩板		$0.80 \times 10^5$	0.125	$0.80 \times 10^{-5}$
陶板		$0.20 \times 10^5$	0.130	$0.60 \times 10^{-5}$
微晶玻璃		$0.80 \times 10^5$	0.250	$0.62 \times 10^{-5}$
瓷板		$0.60 \times 10^5$	0.250	$0.60 \times 10^{-5}$

**3.8.9 材料的重力密度标准值可按表 3.8.9 采用。**

**表 3.8.9 材料的重力密度  $\gamma_g$  (KN/m<sup>3</sup>)**

材料	$\gamma_g$	材料	$\gamma_g$
玻璃	25.6	矿棉	1.2~1.5
		玻璃棉	0.5~1.0
钢材	78.5	岩棉	0.5~2.5
铝合金	28.0	微晶玻璃	27.0

续表 3.8.9

花岗岩	25.6	石灰石	26.0
陶板	22.5	瓷板	23.0

### 3.9 结构胶和密封材料

**3.9.1** 幕墙用硅酮结构密封胶的性能应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 及《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T475 的规定。

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

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

**3.9.4** 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, 并应符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498 的规定。

**3.9.5** 瓷板和微晶玻璃幕墙的密封, 宜采用符合现行国家标准《幕墙玻璃接缝用密封胶》JC/T 882 的产品, 并应在施工前进行粘结性试验。

**3.9.6** 陶板、石材铝蜂窝板、纤维水泥板幕墙的密封应采用符合现行行业标准《石材用建筑密封胶》GB/T 23261 规定的密封胶, 并应通过污染性试验。

**3.9.7** 面板与挂件的填充、粘结, 应采用具有一定弹性且模量较高的胶粘剂, 胶粘剂应符合国家现行标准的规定, 并进行污染性试验。石材幕墙金属挂件与石材间的固定和填缝应当采用强度可靠、耐久性强的粘接材料, 禁止使用云石胶等易老化的粘接材料。

### 3.10 其它材料

**3.10.1** 幕墙的密封衬垫材料, 宜采用聚乙烯泡沫, 其密度不应大于  $37\text{kg/m}^3$ 。

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

**3.10.3** 玻璃支承垫块宜采用邵氏硬度 85-90 的氯丁橡胶等材料, 不得采用易老化、腐蚀及吸水的材料。

**3.10.4** 与幕墙配套使用的五金件、紧固件及附件应符合相应的产品标准。

**3.10.5** 幕墙的隔热保温材料, 应采用岩棉、矿棉、玻璃棉等不燃或难燃材料。

岩棉保温材料的密度不应低于  $80\text{Kg/m}^3$ ，并应设置防潮保护层。防火棉的密度不应低于  $100\text{Kg/m}^3$ 。

## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 对采用建筑幕墙的建设工程，设计单位应当根据建筑高度、周边环境等因素，结合建筑布局合理设计绿化带、裙房等缓冲区域以及挑檐、顶棚等防护设施，防止发生幕墙玻璃、石材或其他材料坠落伤害事故。建筑出入口上方设有建筑幕墙的，应当设置有效的防护措施。

**4.1.2** 应根据建筑物的使用功能、立面设计、节能环保、施工技术、使用年限等要求，经过综合技术经济分析，选择幕墙的立面造型、结构形式、材料及构造。建筑幕墙应与建筑物整体及周围环境相协调，使用范围及安全防护应符合相关规定。

**4.1.3** 在幕墙面板上设置消防求援口应与建筑设计统一，数量、尺寸应符合相关规定。

**4.1.4** 幕墙的性能设计应根据建筑物所在地的地理、气候、环境，建筑物的类别、体型、高度，以及设计使用年限和设计基准期等条件进行，性能指标和设计应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

**4.1.5** 幕墙设计应能满足维护和清洗的要求，幕墙的面板应可拆卸、更换。幕墙高度超过 50m 时，应设置清洗、维护设备，并应便于操作。

**4.1.6** 幕墙与主体结构的连接部位应能承受幕墙荷载的传递作用。幕墙的面板不应跨越主体结构的变形缝，变形缝两侧可设置独立的幕墙支承结构。与主体结构变形缝相对应的幕墙构造缝应能够适应主体结构的变形要求。幕墙构造缝宜采用柔性连接设计或滑动型连接设计，并采取易于修复的构造措施。

**4.1.7** 外倾斜或水平倒挂式玻璃幕墙不得采用隐框形式。高度大于 100m 时不宜采用隐框玻璃幕墙，否则应当在面板和支承结构之间采取除硅酮结构胶以外的防面板脱落构造措施。

**4.1.8** 玻璃幕墙可根据所处环境、幕墙类型及节能要求采取适当的外遮阳措施。

**4.1.9** 幕墙玻璃不应对外围环境产生太阳光反射影响，必要时应进行光环境评价。

## 4.2 性能设计

4.2.1 幕墙的抗风压性能设计应符合下列要求：

1 幕墙的抗风压性能指标值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中规定的外围护结构风荷载标准值  $w_k$  确定，取正、负风荷载标准值的最大绝对值作为指标值,并不得小于 1.0KPa；

2 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；

3 在抗风压性能指标值的作用下，幕墙的支承结构和面板的挠度变形应符合表 4.2.1 的规定；

**表 4.2.1 幕墙支承结构、面板相对挠度和绝对挠度的要求**

支承结构类型		相对挠度 (L 跨度)	绝对挠度/mm
构件式玻璃幕墙、 单元式玻璃幕墙	铝合金型材	L/180	20 (30) <sup>a</sup>
	钢型材	L/250	20 (30) <sup>a</sup>
	玻璃面板	短边距/60	-
石材幕墙、 金属板幕墙	铝合金型材	L/180	-
	钢型材	L/300	-
人造板材幕墙	L≤4500mm	L/180	
	4500mm<L≤7000mm	L/250+7	
	L>7000mm	L/200	
点支承玻璃幕墙	钢结构	L/250	-
	索杆结构	L/200	-
	玻璃面板	长边孔距/60	-
全玻璃幕墙	玻璃肋	L/200	-
	玻璃面板	跨距/60	-

<sup>a</sup> 括号内数据适用于跨距超过 4500mm 的建筑幕墙产品。

4 双层幕墙的抗风压性能应满足在风荷载标准值作用下，内外两层幕墙的变形均不应超过规定值，且不应发生任何功能障碍和损坏。

4.2.2 幕墙的水密性能设计应符合下列要求：

1 受热带风暴和台风袭击的地区，水密性能设计取值应按下式计算，且固定部分的取值不应低于 1000Pa：

$$P = 1000 \mu_z \mu_{st} w_0 \quad (4.2.2)$$

式中  $P$ ——水密性能设计风压力差值 (Pa);

$w_0$ ——基本风压 ( $\text{kN/m}^2$ );

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

$\mu_{sl}$ ——局部风压体型系数, 可取 1.2。

2 其他地区水密性能可按第 1 款计算值的 75%进行设计, 且取值不应低于 700Pa;

3 可开启部分水密性能等级宜与固定部分相对应;

4 开放式幕墙水密性能不作要求。

**4.2.3** 幕墙的气密性能应符合建筑节能设计和《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定, 有采暖、空气调节的建筑物幕墙气密性不应低于 3 级。开放式幕墙的气密性能不作要求。

**4.2.4** 建筑幕墙热工性能应满足建筑节能的要求, 传热系数、综合遮阳系数应符合相关规定。幕墙的热工性能计算可按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T151 的有关规定执行。

**4.2.5** 幕墙的平面变形性能应按抗震要求设计, 性能指标应符合《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

**4.2.6** 幕墙的空气声隔声性能应根据建筑物的使用功能和环境条件确定, 并符合《民用建筑隔声设计规范》GB50118 及《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

### 4.3 构造设计

**4.3.1** 建筑幕墙的构造设计应满足安全、实用、美观的原则, 并应便于制作、安装、维修保养和局部更换。

**4.3.2** 单元式幕墙单元组件的对接部位以及幕墙可开启部位, 宜按雨幕原理进行构造设计, 并采取防渗漏封口构造措施。对可能渗入雨水或形成冷凝水的部位, 应设计导排水的装置或构造措施。

**4.3.3** 注胶封闭式幕墙胶缝应能够适应建筑物由于风荷载、地震作用和温度变化产生的变形。密封胶应采用硅酮建筑密封胶, 玻璃及铝板幕墙用硅酮建筑密封胶的厚度不应小于 3.5mm, 胶缝宽度不应小于 10mm; 石材幕墙用硅酮建筑密封胶的厚度不应小于 3.5mm, 胶缝宽度不应小于 8mm。较深密封槽口的底部应采用

聚乙烯发泡材料填塞。

**4.3.4** 胶条封闭式幕墙板缝可采用三元乙丙、氯丁橡胶或硅橡胶密封条密封，纵横密封条交叉处应可靠封接。单元式幕墙板块接缝构造上宜按照雨幕原理进行多空腔设计，并应设置导排水系统。密封胶条应符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498 的规定。

**4.3.5** 开放式幕墙应在面板的背面空间设置防水构造或在主体结构上设置防水层，可采用热镀锌钢板、铝板作为防水衬板，并应设置可靠的导排水系统。

**4.3.6** 有雨篷、压顶以及其它凸出结构时，应完善其结合部位的防水、排水构造，排水坡度不应小于 3%。

**4.3.7** 建筑幕墙设计应当以采用预埋件为主。预埋件的规格、型号及位置应符合设计要求。预埋件的计算可按本规范附录 A、B 的规定。当采用后置埋件时，应当在设计图中明确锚栓的品种、规格及抗拉力设计值。

**4.3.8** 幕墙的连接构造应采取措施，防止由于风压力、结构变形、温度变化而产生的响声或金属摩擦噪音。幕墙的立柱与横梁采用螺栓连接时，连接处可设置柔性垫片或预留 1~2mm 的间隙注胶填充。采用悬挂方式固定单元板块时，挂钩接触面应设置柔性垫片。

**4.3.9** 除不锈钢外，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的防止双金属腐蚀措施。

**4.3.10** 在幕墙面板后部设置保温构造时，保温材料应有防潮措施并采取可靠固定。

**4.3.11** 非透明玻璃幕墙的内衬板与玻璃内表面的间距不得小于 50mm，并设置透气孔，且不得使用深颜色。

**4.3.12** 石材幕墙采用水平或倾斜倒挂式构造时，面板总宽度不得大于 900mm，且应当在板背设置防止石材坠落的安全措施。

## **4.4 开启窗设计**

**4.4.1** 幕墙开启窗的尺寸、数量、位置及外观应满足使用功能和立面效果要求，并应启闭方便，使用安全。

**4.4.2** 开启窗宜采用上悬方式，单扇面积不宜大于 1.5m<sup>2</sup>，开启角度不宜大于 30°，最大开启距离不宜大于 300mm。高层建筑玻璃幕墙上不得采用推拉窗。

高层建筑开启窗不宜采用外平开、平行平推及外倒下悬窗，确需采用时应当采取防坠落措施。隐框开启扇底部应设置托板，玻璃四周应设置防止结构胶外露的保护措施。

**4.4.3** 开启窗的框、扇应采用机械组角，角部应密封。开启扇与窗框应采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶或硅橡胶密封条制品嵌填并密闭。

**4.4.4** 开启窗用五金件承载力应满足荷载要求。开启扇应设置两点及以上的多点锁，多点锁应符合《建筑门窗五金件 多点锁闭器》JG/T215的规定。不得采用七字执手。

**4.4.5** 上悬窗采用悬挂式连接时，应设置有效的防脱措施。被悬挂的上横梁应校核自重作用下的挠度，挠度值不应大于跨度的 1/500，且不大于 3mm。

**4.4.6** 排烟窗的设置、构造及有效面积的计算应符合相关规定。

## 4.5 热工设计

**4.5.1** 幕墙的热工性能应符合建筑节能设计和相关规范的要求。

**4.5.2** 建筑的东、西朝向不宜采用大面积的透明幕墙。建筑东、西、南朝向的透明幕墙部分宜设置外遮阳措施。

**4.5.3** 双层玻璃幕墙宜采用外通风双层幕墙。热工性能计算按附录 E 的规定。

**4.5.4** 透明幕墙的传热系数应根据玻璃面板和幕墙框材的传热系数，按面积加权平均计算。非透明幕墙的传热系数应按照其构造组成的各材料层热阻相加的方法计算，幕墙面板背后材料层不同时，应按相应数值的面积加权平均计算。

## 4.6 防火设计

**4.6.1** 幕墙的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 及地方的有关规定。

**4.6.2** 幕墙同一块面板不应跨越两个相邻的防火分区。

**4.6.3** 建筑幕墙与每层楼板、隔墙处的缝隙应采用防火封堵材料封堵，并应符合下列要求：

1 玻璃幕墙层间水平防火封堵应采用上下两道水平防火封堵构造。水平防火封堵构造应采用厚度不小于 1.5mm 镀锌钢板作承托板，与主体结构、幕墙框架可靠连接；承托板与主体结构、幕墙构部件以及承托板之间的接缝处应采用防火

密封胶密封。非透明幕墙可采用一道防火封堵，防火封堵构造应位于窗槛墙的下部；

2 幕墙立柱与隔墙外沿间隙应采用厚度不小于 1.5mm 镀锌钢板两侧封；

3 幕墙构件与实体墙面洞口周边的间隙应采用厚度不小于 1.5mm 镀锌钢板封堵；

4 采用岩棉或矿棉等不燃材料封堵时，密度不应小于 100Kg/m<sup>3</sup>，应填充密实，填充厚度应不小于 100mm；

5 采用防火玻璃封堵时，应采用符合现行国家标准《建筑用安全玻璃第 1 部分：防火玻璃》GB 15762.1 规定的单片防火玻璃。玻璃厚度不宜小于 6mm。防火玻璃与其它构造间的缝隙应采用防火密封胶进行密封。

**4.6.4** 设置幕墙的建筑，上、下层开口之间的高度应满足《建筑设计防火规范》GB50016 第 6.2.5 条的规定。

**4.6.5** 双层幕墙的防火应符合下列规定：

1 当建筑未设置不低于 1.00 h 外墙体耐火极限时，双层幕墙中靠室内侧的幕墙耐火极限不应低于 1.00h，可开启外窗应采用可自动关闭的乙级防火窗；

2 高层建筑的消防登高面侧外墙不宜设双层玻璃幕墙。确需在消防登高面侧外墙设置双层玻璃幕墙的，该侧外层玻璃幕墙应在 100m 高度范围内设置易于紧急击碎的玻璃并符合下列规定：

1) 走廊式双层玻璃幕墙应在每层设置不少于 2 块易于紧急击碎的玻璃，其间距不应大于 20m；

2) 窗盒式、竖井式双层玻璃幕墙应在每个层间单元设置不少于 1 块易于紧急击碎的玻璃；

3) 每块易于紧急击碎玻璃的面积不应小于 1.2m<sup>2</sup>，宽度不应小于 1.0m 并应设置明显标志。

3 消防登高面侧内外层玻璃幕墙之间每层应设供消防人员通行的设施，内层玻璃幕墙应对应外层易击碎玻璃位置设可开启门；

4 消防登高面侧玻璃幕墙应在首层设挑檐等防碎片击伤措施；

5 设置整体式双层玻璃幕墙的建筑，其建筑的总高度应符合下列规定：

1) 当内外层幕墙之间间距不小于 2.00m 且每层均设有宽度不小于 0.50m、耐火极限不低于 1.00h 不燃烧体防火挑檐时，其建筑总高度不应大于 50m；

2) 当内外层幕墙之间间距小于 2.00m 或无每层设置防火挑檐时, 其建筑总高度不应大于 24m。

6 整体式双层玻璃幕墙的内层玻璃幕墙应设置防火分隔措施, 并应符合下列要求:

1) 每层应设窗间墙、窗槛墙, 窗间墙、窗槛墙的填充材料应采用非燃烧材料;

2) 无窗间墙和窗槛墙的玻璃幕墙, 应在每层楼板外沿设置不低于 0.80m 高的实体裙墙或每层设置宽度不小于 0.50m、耐火极限不低于 1.00h 的防火挑檐;

3) 玻璃幕墙与每层楼板、隔墙处的缝隙, 必须用非燃烧材料严密填实。

7 双层玻璃幕墙在跨越水平向防火分区或防火单元处应采用与防火分隔物耐火极限相同的不燃烧体隔墙进行防火分隔;

8 除整体式外, 双层玻璃幕墙应在竖直向每层设置耐火极限不低于 1.00h 的不燃烧体的约束隔板进行防火分隔。确应节能设计需要的, 可每二至三层设置约束隔板, 但应在无约束隔板的楼层设置宽度不小于 0.50m、耐火极限不低于 1.00h 的不燃烧体防火挑檐;

9 竖井式双层玻璃幕墙的竖井壁应为耐火极限不低于 1.00h 的不燃烧体, 竖井壁上的每层开口部位应设与火灾自动报警系统联动关闭的丙级防火门或防火阀 (百叶);

10 设有强制通风方式的双层玻璃幕墙建筑, 其通风管道的防火设计要求均应符合现行相关防火设计规范要求。

## 4.7 防雷设计

4.7.1 幕墙的防雷设计应符合国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ/T 16 的有关规定。

4.7.2 幕墙的金属框架中作为防雷网的构件, 应直接或通过预埋件与主体结构的防雷装置可靠连接, 连接件应具有防腐蚀功能。对应导电通路立柱的预埋件或固定件宜采用圆钢或扁钢连接件, 圆钢直径不应小于 8mm。扁钢截面不应小于 50 mm<sup>2</sup>, 其厚度不应小于 4 mm。幕墙金属构件之间的连接宜采用铜质或铝质柔性导线, 铜质导线的截面积不应小于 16 mm<sup>2</sup>, 铝质导线的截面积不应小于 25 mm<sup>2</sup>。

4.7.3 建筑幕墙防雷体系应与主体结构防雷系统可靠连接。建筑幕墙防雷接地的

电阻值，应满足主体防雷设计要求。

**4.7.4** 金属屋面宜利用金属面板及金属龙骨作为接闪器；女儿墙为金属压顶板时，宜利用金属压顶板作为接闪器；女儿墙压顶为石材或复合板等非导电材料时，应单独设置接闪器。接闪器之间应相互连通形成电气通路。接闪器与主体防雷引下线可靠连接，且连接点数量和间距满足主体防雷要求。

**4.7.5** 附设于建筑幕墙墙面上的金属构件、电气设施应能防止直击雷，并与幕墙体系连接。

**4.7.6** 明框幕墙用断热型材内外侧型材应连接成电气通路。单元式幕墙各单元之间应采用等电位金属材料跨接,形成良好的电气通路。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 建筑幕墙应按外围护结构设计，设计使用年限应不小于 25 年。大跨度钢结构支承体系和预埋件宜按主体结构使用年限确定。

**5.1.2** 幕墙结构设计应根据受力模型对幕墙面板系统、支承结构、连接件与锚固件等进行计算或复核，以确保幕墙的安全适用性。幕墙面板与其支承结构、支承结构与主体结构之间均应具有足够的相对位移能力。

**5.1.3** 幕墙结构采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用分项系数设计表达式计算。应按下列承载能力极限状态和正常使用极限状态进行幕墙结构的设计：

#### 1 承载能力极限状态

持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S_d \leq R \quad (5.1.3-1)$$

地震设计状况：

$$S_E \leq R / \gamma_{RE} \quad (5.1.3-2)$$

式中  $S_d$ ——荷载按基本组合的效应设计值；

$S_E$ ——地震作用和其他荷载按基本组合的效应设计值；

$R$ ——结构构件抗力设计值；

$\gamma_0$ ——结构构件重要性系数，应取不小于 1.0；

$\gamma_{RE}$ ——结构构件承载力抗震调整系数，应取 1.0。

#### 2 正常使用极限状态

$$d_f \leq d_{f,lim} \quad (5.1.3-3)$$

式中  $d_f$ ——幕墙构件在荷载标准组合作用下的挠度值；

$d_{f,lim}$ ——结构构件挠度限值。

**3** 对双向受弯杆件，两个方向的挠度应分别符合本条第 2 款的规定。

**5.1.4** 当面板相对于支承结构有偏心时，支承结构设计时应考虑重力荷载偏心产生的不利影响。

**5.1.5** 结构构件的受拉承载力应按净截面计算，受压承载力应按有效净截面计

算，稳定性应按有效截面计算，构件的变形和稳定系数可按毛截面计算。

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

**5.1.7** 幕墙立柱应根据立柱的实际支承条件，分别按单跨梁、双跨梁或多跨铰接梁计算由风荷载或地震作用产生的弯矩和剪力，并按其支承条件计算轴力。

## 5.2 荷载与地震作用

**5.2.1** 幕墙结构及其与主体结构的连接，风荷载标准值应按下式计算，并且不应小于 $1.0\text{kN/m}^2$ 。：

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_z w_0 \quad (5.2.1)$$

式中  $w_k$ ——风荷载标准值( $\text{kN/m}^2$ )；

$\beta_{gz}$ ——阵风系数，按《建筑结构荷载规范》GB50009的规定采用；

$\mu_{s1}$ ——风荷载局部体型系数，按《建筑结构荷载规范》GB50009的规定采用。对于体型或风荷载环境复杂的幕墙结构，宜采用风洞试验或数值风洞方法予以确定；

$\mu_z$ ——风压高度变化系数，按《建筑结构荷载规范》GB50009的规定采用；

$w_0$ ——基本风压( $\text{kN/m}^2$ )，按《建筑结构荷载规范》GB50009的规定采用。

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

**5.2.3** 屋顶用于支撑幕墙的框架悬挑高度超过5米时应设置主体结构。在建筑高度超过60m的屋顶设置悬挑立柱的幕墙构件，其承载力计算应按照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3的强制性条文基本风压的1.1倍采用。

**5.2.4** 除索网幕墙外，幕墙结构的地震作用标准值可按以下方法计算：

1 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：

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k / A \quad (5.2.4-1)$$

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

$\beta_E$ ——动力放大系数，可取不小于5.0；

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值，应符合表5.2.4的规定；

$G_k$ ——计算对象所支承幕墙构件的重力荷载标准值(kN);

$A$ ——幕墙构件平面面积( $m^2$ )。

表 5.2.4 水平地震影响系数最大值  $\alpha_{max}$

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

2 平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算:

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{max} G_k \quad (5.2.4-2)$$

式中  $P_{Ek}$ ——平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值(kN)。

### 5.3 作用效应组合与计算

5.3.1 幕墙结构可按弹性方法计算, 计算模型应与构件连接的实际情况相符合, 计算假定应与结构的实际工作性能相符合。规则构件可按解析或近似公式计算作用效应, 具有复杂边界或荷载的构件, 可采用有限元方法计算作用效应。

5.3.2 对于大位移的幕墙结构, 作用效应计算时应考虑几何非线性影响。对于桁架支承结构及其他大跨度钢结构, 尚应考虑结构和构件的稳定性。

5.3.3 考虑几何非线性影响计算幕墙结构时, 应首先进行荷载与作用的组合, 然后计算组合荷载与作用的效应。采用线弹性方法计算幕墙结构时, 可先计算各荷载与作用的效应, 然后再进行荷载与作用效应的组合。

5.3.4 计算幕墙构件承载力极限状态时, 其作用或效应的组合应符合下列规定:

1 持久设计状况、短暂设计状况:

$$S_d = \gamma_G S_{GK} + \psi_w \gamma_w S_{wk} + \psi_T \gamma_T S_{Tk} \quad (5.3.4-1)$$

2 地震设计状况:

$$S_d = \gamma_G S_{GK} + \psi_E \gamma_E S_{Ek} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (5.3.4-2)$$

式中  $S_d$ ——作用组合的效应设计值;

$S_{GK}$ ——永久荷载效应标准值;

$S_{wk}$ ——风荷载效应标准值;

$S_{Ek}$ ——地震作用效应标准值;

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

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数；  
 $\gamma_w$ ——风荷载分项系数；  
 $\gamma_E$ ——地震作用分项系数；  
 $\gamma_T$ ——温度作用分项系数；  
 $\psi_w$ ——风荷载的组合值系数；  
 $\psi_E$ ——地震作用的组合值系数；  
 $\psi_T$ ——温度作用的组合值系数。

**5.3.5** 幕墙构件的承载力设计时，作用分项系数应符合《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068 的规定，并按下列规定取值：

1 当作用效应对承载力不利时，永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用的分项系数  $\gamma_G$ 、 $\gamma_w$ 、 $\gamma_E$ 、 $\gamma_T$  应分别取 1.3、1.5、1.3 和 1.5；

2 当永久荷载对承载力有利时，其分项系数的取值不应大于 1.0。

**5.3.6** 幕墙构件承载力设计时，可变作用的组合值系数应按下列规定采用：

1 持久设计状况、短暂设计状况且风荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数  $\psi_w$  应取 1.0，温度荷载组合值系数  $\psi_T$  应取 0.6；

2 持久设计状况、短暂设计状况且温度荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数  $\psi_w$  应取 0.6，温度荷载组合值系数  $\psi_T$  应取 1.0；

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

4 地震设计状况时，风荷载组合值系数  $\psi_w$  应取 0.2。

**5.3.7** 与水平面夹角大于  $75^\circ$ ，沿表面均匀支承于主体结构上的幕墙结构，挠度验算时风荷载分项系数  $\gamma_w$  和永久荷载系数  $\gamma_G$  均应取 1.0，且可不考虑作用效应组合。

**5.3.8** 幕墙构件的挠度验算时，仅考虑永久荷载、风荷载、温度荷载作用。风荷载分项系数  $\gamma_w$ 、永久荷载分项系数  $\gamma_G$ 、温度荷载分项系数  $\gamma_T$ 、张拉索杆结构中的预应力分项系数均应取 1.0，且可不考虑作用组合。

## 5.4 连接设计

**5.4.1** 主体结构或结构构件，应能有效承受幕墙结构传递的荷载和作用。主体结

构或结构构件的变形不应直接作用于幕墙结构从而使幕墙结构产生较大的应力。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。

**5.4.2** 幕墙的立柱宜悬挂在主体结构上,与主体结构的连接节点应有可靠的防松、防脱和防滑措施。

**5.4.3** 立柱与主体结构采用螺栓连接时,每个受力部位的螺栓不少于2个,且螺栓的直径不小于12mm。

**5.4.4** 横梁通过角码、螺钉或螺栓与立柱连接时,角码应能承受横梁的剪力,其厚度不应小于3mm;角码与立柱之间的连接螺钉或螺栓应满足抗剪和抗扭承载力要求。横梁与立柱采用焊缝连接时,应满足《铝合金设计规范》GB50429、《钢结构设计标准》GB50017或《冷弯薄壁型钢设计规范》GB50018的规定。

**5.4.5** 幕墙结构应与主体结构通过预埋件连接,预埋件应在主体结构施工时埋入。当没有条件采用预埋件连接时,应采用其它可靠的连接措施,并通过试验确定其承载力。

**5.4.6** 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件,应按现行行业规范《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102附录C及本规范附录A的规定进行设计,并符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

**5.4.7** 槽式预埋件的中心线离混凝土构件边缘不应小于75mm,钢筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm。槽型预埋件应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定,并宜通过试验确定其承载力。槽型预埋件的设计与构造见附录B。

**5.4.8** 幕墙结构与主体结构采用后置埋件连接时,应根据其受力情况,合理布置锚栓、锚板,应符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的规定,并满足下列规定:

1 后置埋件用锚栓可选用扩底型机械锚栓、特殊倒锥形化学锚栓等性能可靠的锚栓,不得使用膨胀型锚栓和普通化学锚栓;

2 碳素钢锚栓、锚板应经过防腐处理;

3 锚栓直径和数量应通过承载力计算确定。锚栓直径不应小于10mm,每个后置埋件上不应少于2个锚栓,同一锚板应采用同类型锚栓;

4 锚栓在可变荷载作用下的承载力设计值应取其承载力标准值除以系数

2.15; 在永久荷载作用下的承载力设计值应取其承载力标准值除以系数2.5;

5 后置锚栓抗拔承载力应当按照国家规范规定进行现场检测, 现场检测值应大于其设计值的2倍;

6 在与特殊倒锥形化学锚栓接触的连接件上进行焊接操作时, 应当提供锚栓的耐高温测试报告, 并充分考虑焊接对锚栓承载力和锚固性能的影响;

7 防火幕墙后锚固不应采用特殊倒锥形化学锚栓。

5.4.9 轻质填充墙不应作为幕墙的支承结构, 幕墙与砌体结构连接时, 应在连接部位的主体结构上增加钢筋混凝土或钢结构梁、柱, 不得采用对穿螺栓连接。

5.4.10 幕墙与主体钢结构连接件、锚板宜在主体钢结构加工时完成, 不宜在现场焊接。

5.4.11 建筑主体结构变形缝部位的幕墙构造应能满足主体结构变形的要求。

5.4.12 幕墙构件和连接计算分析模型应与实际受力状态一致。应考虑面板重力偏心和其他连接偏心产生的影响。

5.4.13 附属在幕墙面板或框架上的盖板、压条、扣件和装饰件应有可靠的连接, 凸出面板超过80mm时不得采用扣合式连接。

## 5.5 硅酮结构密封胶设计

5.5.1 硅酮结构密封胶的粘接宽度和粘接厚度应经计算确定, 且粘接宽度应不小于7mm, 粘接厚度应不小于6mm。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不宜大于厚度的2倍。

5.5.2 硅酮结构密封胶应根据不同的受力情况进行承载力极限状态验算。在风荷载、水平地震作用下, 硅酮结构密封胶的拉应力或剪应力设计值应不大于其强度设计值 $f_1$ ,  $f_1$ 应取 $0.2\text{N/mm}^2$ ; 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应不大于其强度设计值 $f_2$ ,  $f_2$ 应取 $0.01\text{N/mm}^2$ 。

5.5.3 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 $c_s$ , 应根据受力情况分别按下列规定计算。非抗震设计时, 取第1、3款计算的较大值; 抗震设计时, 取第2、3款计算的较大值。

1 在风荷载作用下, 粘接宽度 $c_s$ 应按下列式计算:

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} \quad (5.5.3-1)$$

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<sup>2</sup>) ;  
 $a$ ——矩形玻璃板的计算边长 (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  
 0.2 N/mm<sup>2</sup>。

2 在风荷载和水平地震作用下, 粘接宽度 $c_s$ 应按下式计算:

$$c_s = \frac{(w + 0.5q_E)a}{2000f_1} \quad (5.5.3-2)$$

式中  $q_E$ ——作用在计算单元上的地震作用设计值 (kN/m<sup>2</sup>) 。

3 在玻璃永久荷载作用下, 粘接宽度 $c_s$ 应按下式计算:

$$c_s = \frac{q_G ab}{2000(a+b)f_2} \quad (5.5.3-3)$$

式中  $q_G$ ——幕墙面板单位面积重力荷载设计值 (kN/m<sup>2</sup>) ;

$a$ 、 $b$ ——分别为矩形面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<sup>2</sup>。

5.5.4 水平倒挂的隐框、半隐框玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度 $c_s$ 应按下式计算:

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} + \frac{q_G a}{2000f_2} \quad (5.5.4)$$

5.5.5 硅酮结构密封胶的粘接厚度 $t_s$  (图5.5.5) 按公式 5.5.5-1 计算,  $t_s$ 应不小于6mm, 不大于12mm。

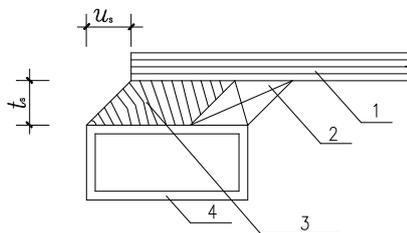


图 5.5.5 结构硅酮密封胶变形示意

1——玻璃; 2——垫条; 3——结构硅酮密封胶; 4——铝合金框

$$t_s \geq \frac{u_s}{3\delta} \quad (5.5.5-1)$$

$$u_s \geq \eta[\theta]h_g \quad (5.5.5-2)$$

式中  $t_s$ ——硅酮结构密封胶的粘接厚度 (mm) ;  
 $u_s$ ——幕墙玻璃相对于铝合金框的位移 (mm) , 必要时应考虑温度变化产生的相对位移;  
 $\eta$ ——硅酮结构胶厚度方向剪切位移影响系数, 取0.6;  
 $[\theta]$ ——风荷载标准值作用下主体结构的楼层弹性层间位移角限值 (rad) ;  
 $h_g$ ——玻璃面板高度 (mm) , 取其边长 a 或 b;  
 $\delta$ ——硅酮结构密封胶的变位承受能力, 取对应于其受拉应力为 0.14 N/mm<sup>2</sup>时的伸长率。

**5.5.6** 隐框幕墙中空玻璃合片用硅酮结构密封胶的位置和中空玻璃与副框粘用硅酮结构密封胶的位置至少应一对边重合。

**5.5.7** 隐框或横向半隐框玻璃幕墙, 每块玻璃的下端应设置不少于两个铝合金或不锈钢托条, 托板应当与框架可靠连接, 并具有可靠的承载力。在玻璃重力荷载标准值下的竖向变形不宜超过托条悬伸长度的1/200。托条长度不应小于100mm、厚度不应小于2mm; 中空玻璃的托条应托住外片玻璃, 前端不宜超出玻璃外表面, 且前端距玻璃外表面不宜超过3mm。托条上应设置衬垫。

**5.5.8** 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, 其有效宽度应按本规范5.5.3条、5.5.4条的原则由计算确定, 且不应小于10m。

## 6 面板设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 根据建筑物功能、建筑设计、建筑节能要求以及技术经济指标，选择面板的材料种类和构造形式，并符合国家现行规范及标准。

6.1.2 幕墙面板的反射率、色泽及图案应符合建筑设计的规定，并满足节能环保及绿色建筑要求。

6.1.3 幕墙的面板不应跨越主体结构的变形缝。与主体结构变形缝相对应的构造缝设计应能够适应主体结构的变形要求，构造缝可采用柔性连接装置或设计易修复的构造。

6.1.4 面板应与支承结构可靠连接，应根据面板的材质、截面形状和建筑装饰要求确定，并应满足由风荷载、雪荷载和地震、温度作用等产生平面内和垂直于平面的强度及挠度要求。面板的挠度应满足表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 幕墙面板的挠度限值

幕墙类型	面板种类	挠度
构件式玻璃幕墙	玻璃面板	短边/60
单元式玻璃幕墙	光伏玻璃面板	短边/120
金属板幕墙	金属面板	短边距/100
点支承玻璃幕墙	玻璃面板	支承点间较大跨距/60
全玻璃幕墙	玻璃面板	跨距/60
采光顶雨篷	玻璃面板	自重作用下跨距/120 风荷载作用下跨距/60
石材幕墙	石材面板	—

6.1.5 面板设计应做到可拆卸或更换，更换或拆卸时不应损坏其相邻部位面、构件或结构。

6.1.6 开放式幕墙应在面板内侧设置防水层。沿海地区不宜采用开放式幕墙。

### 6.2 玻璃面板

6.2.1 玻璃幕墙外片玻璃应当采用安全夹层玻璃、超白钢化玻璃或者均质钢化玻璃及其制品，其中，商业中心、交通枢纽、公共文化体育设施等人员密集、流动性大的区域内的建筑，临街建筑和因幕墙玻璃坠落容易造成人身伤害、财产损坏

的其他情形的建筑，二层以上部位外片玻璃应当采用安全夹层玻璃，并满足幕墙的使用功能。斜玻璃幕墙朝地面侧应采用夹层玻璃。

**6.2.2** 处于人员流动密度大或青少年、幼儿活动等场所，容易发生物体和人体冲击的幕墙玻璃面板应采用夹层玻璃，对使用中容易受到撞击的部位应设置防撞措施。

**6.2.3** 幕墙用钢化玻璃应符合国家现行标准《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T455的规定。单块玻璃允许面积应符合表6.2.3的规定。

**表 6.2.3 钢化玻璃允许面积 (m<sup>2</sup>)**

公称厚度	允许面积
6mm	≤3
8mm	≤4
10mm	≤5
12mm	≤6
15mm, 19mm	供需双方商定

注：当采用 10mm 以上超白平板玻璃的钢化玻璃，其面积可适当加大。

**6.2.4** 玻璃厚度应经过强度和挠度计算确定，玻璃幕墙单片玻璃的厚度不应小于 6mm，夹层玻璃的单片厚度不应小于 5mm；夹层玻璃、中空玻璃的单片玻璃厚度相差不宜大于 3mm。

**6.2.5** 幕墙用中空玻璃的间隔铝框应采用连续折弯型，中空气层厚度不应小于 12mm，采用双道密封。明框玻璃幕墙的中空玻璃可采用丁基密封胶和聚硫密封胶，隐框和半隐框玻璃幕墙的中空玻璃应采用丁基密封胶和硅酮结构密封胶，结构胶的尺寸应经过计算确定，并在设计图中标注。

**6.2.6** 玻璃幕墙应选用可见光反射比不大于 0.30 的玻璃面板，在限制使用的部位应采用可见光反射比不大于 0.16 的玻璃面板；其可见光透射比应符合建筑采光设计的要求；幕墙玻璃的遮阳系数和传热系数应满足的幕墙热工设计的要求。

**6.2.7** 四边支承单片玻璃在垂直于玻璃幕墙平面的风荷载和地震作用下，最大应力应符合下列规定：

1 最大应力标准值按几何非线性有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k a^2}{l^2} \eta \quad (6.2.7-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{l^2} \eta \quad (6.2.7-2)$$

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(w_k + 0.5q_{EK})a^4}{Et^4} \quad (6.2.7-3)$$

式中  $\theta$ ——参数；

$\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_k$ ——在风荷载、地震作用下玻璃截面的最大应力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$w_k$ 、 $q_{EK}$ ——垂直于玻璃幕墙平面的风荷载、地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$a$ ——矩形玻璃板材短边边长(mm)；

$t$ ——玻璃的厚度(mm)；

$E$ ——玻璃的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；

$m$ ——弯矩系数，由玻璃板短边与长边边长之比  $a/b$  按表 6.2.7-1 采用；

$\eta$ ——折减系数，由参数  $\theta$  按表 6.2.7-2 采用。

表 6.2.7-1 四边支承玻璃板的弯矩系数  $m$

$a/b$	0.01	0.25	0.33	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
$m$	0.125	0.1230	0.1180	0.1115	0.600	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 6.2.7-2 折减系数  $\eta$

$\theta$	$\leq 5$	6	20	40	60	80	60
$\eta$	1.00	0.96	0.92	0.84	0.78	0.73	0.68
$\theta$	120	150	200	250	300	350	$\geq 400$
$\eta$	0.65	0.61	0.57	0.54	0.52	0.51	0.50

2 最大应力设计值应按本规范规定组合；

3 最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值  $f_g$ 。

6.2.8 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：

1 玻璃的刚度  $D$  按下式计算：

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.2.8-1)$$

式中  $D$ ——玻璃刚度(N·mm)；

$t$ ——玻璃厚度(mm)；

$\nu$ ——泊松比，可按本规范采用。

2 玻璃跨中挠度按几何非线性有限元方法计算，也可按下式计算：

$$d_f = \frac{\mu\omega_k a^4}{D} \eta \quad (6.2.8-2)$$

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<sup>2</sup>);

$\mu$ ——挠度系数, 由玻璃面板短边与长边边长之比  $a/b$  按表 6.2.8 采用;

$\eta$ ——折减系数, 按本规范表 6.2.7-2 采用。

表 6.2.8 四边支承板的挠度系数  $\mu$

$a/b$	0.01	0.20	0.25	0.33	0.50
$\mu$	0.01302	0.01297	0.01282	0.01223	0.0613
$a/b$	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
$\mu$	0.00940	0.00867	0.00796	0.00727	0.00663
$a/b$	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
$\mu$	0.00603	0.00547	0.00496	0.00449	0.00406

3 在风荷载标准值作用下, 四边支承玻璃的挠度限值  $d_{f,lim}$  按其短边边长 1/60 采用。

### 6.2.9 四边支承的夹层玻璃按下列规定计算:

1 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:

$$W_{k1} = W_k \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-1)$$

$$W_{k2} = W_k \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-2)$$

$$Q_{Ek1} = Q_{Ek} \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-3)$$

$$Q_{Ek2} = Q_{Ek} \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-4)$$

式中  $w_k$ ——作用于夹层玻璃上的风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

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

$q_{Ek}$ ——作用于夹层玻璃上的地震作用标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

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

$t_1$ 、 $t_2$ ——各单片玻璃的厚度 (mm)。

2 两片玻璃应力分别按本规范 6.2.6 条计算;

3 夹层玻璃挠度计算按本规范 6.2.10, 玻璃刚度  $D$  采用等效厚度  $t_e$ , 计算公式:

$$t_e = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.9-5)$$

式中  $t_e$ ——夹层玻璃的等效厚度 (mm)。

**6.2.10** 四边支承的中空玻璃按下列规定计算：

1 风荷载标准值按下列公式分配至两片玻璃：

直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k1}=1.1w_k \frac{t_1^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (6.2.10-1)$$

不直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k2}=w_k \frac{t_2^3}{t_1^3+t_2^3} \quad (6.2.10-2)$$

2 作用于中空玻璃上的地震作用标准值  $q_{Ek1}$ 、 $q_{Ek2}$ ，根据各单片玻璃的自重，按照本规范 9.2 的规定计算；

3 两片玻璃应力计算分别按本规范公式 6.2.8；

4 中空玻璃的挠度按本规范 6.2.10 计算，但计算玻璃刚度  $D$  时应采用等效厚度  $t_e$  按下式计算：

$$t_e=0.95 \sqrt[3]{t_1^3+t_2^3} \quad (6.2.10-3)$$

**6.2.11** 四边支承的中空单面夹层玻璃按下列规定计算：

1 将夹层玻璃按 6.2.6 换算成等效厚度  $t_e$ ，再按 6.2.12 的规定作中空玻璃计算；

2 地震作用标准值  $q_{Ek1}$ 、 $q_{Ek2}$ 、 $q_{Ek3}$ ，按 6.2.6 换算成等效厚度，按照本规范规定计算；

3 三片玻璃应力计算按本规范公式 6.2.6；

4 中空夹层玻璃的挠度按本规范 6.2.10 计算，但计算玻璃刚度  $D$  时应采用等效厚度  $t_e$  按下式计算：

$$t_e=0.95 \sqrt[3]{t_1^3+t_2^3+t_3^3} \quad (6.2.11)$$

5 内外夹层中空玻璃可按上述规定计算。

**6.2.12** 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：

1 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：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k b^2}{t^2} \eta \quad (6.2.12-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b^2}{t^2} \eta \quad (6.2.12-2)$$

$$d_f = \frac{\mu w_k b^4}{D} \eta \quad (6.2.12-3)$$

$$\theta = \frac{w_k b^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) b^4}{Et^4} \quad (6.2.12-4)$$

式中  $\theta$  ——参数；

$\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_{Ek}$  ——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<sup>2</sup>)；

$d_f$  ——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<sup>2</sup>)；

$b$  ——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  
8.1.5-1 采用；

$\mu$  ——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  
8.1.5-2 采用；

$\eta$  ——折减系数，可由参数  $\theta$  按表 6.2.2-2 采用；

$D$  ——玻璃面板的刚度，可按公式 (6.2.3-1) 计算(Nmm)；

表 6.2.12-1 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 6.2.12-2 四点支承玻璃板的挠度系数  $\mu$

$a/b$	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
$\mu$	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
$\mu$	0.01555	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363
$a/b$	1.00	—	—	—	—	—	—
$\mu$	0.02603	—	—	—	—	—	—

注： $a$ 为支承点之间的短边边长。

2 玻璃面板最大应力设计值应按本规范第 5.3.4 条的规定计算，并不应超过玻璃大面强度设计值  $f_g$ ；

3 在风荷载标准值作用下，点支承玻璃面板的最大挠度  $a_f$  不宜大于其支承点间长边边长的 1/60。

6.2.13 肋支承玻璃面板，可按支承于肋的单向简支板设计。其应力与挠度可分别按本规范 6.2.9 和 6.2.10 计算，公式中的  $a$  值应取为玻璃面板的跨度，系数  $m$  和  $\mu$  可分别取为 0.125 和 0.013。

6.2.14 单层玻璃、夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 6.2.14 的规定。尺寸  $c$  应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形量，同时应考虑玻璃加工尺寸偏差，安装误差。玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

表 6.2.14 单层玻璃、夹层玻璃与槽口的配合尺寸 (mm)

厚度	$a$	$b$	$c$	检测方法
6	$\geq 3.5$	$\geq 15$	$\geq 5$	卡尺
8~6	$\geq 4.5$	$\geq 16$	$\geq 5$	卡尺
12 以上	$\geq 5.5$	$\geq 18$	$\geq 5$	卡尺

注：夹层玻璃按总厚度计算。

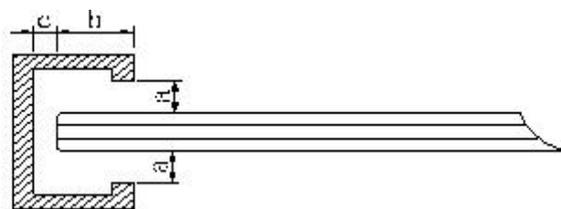


图 6.2.14 单层玻璃、夹胶玻璃与槽口的配合尺寸示意图

6.2.15 中空玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 6.2.15 的规定。尺寸  $c$  应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形量及施工偏差。玻璃面板与槽口之间应

可靠密封。

表 6.2.15 中空玻璃与槽口的配合尺寸 (mm)

厚度	$\alpha$	c			检测方法
		下边	上边	侧边	
$6+d_a+6$	$\geq 5$	$\geq 7$	$\geq 5$	$\geq 5$	卡尺
$8+d_a+8$ 以上	$\geq 6$	$\geq 7$	$\geq 5$	$\geq 5$	卡尺

注： $d_a$ 为空气层厚度。

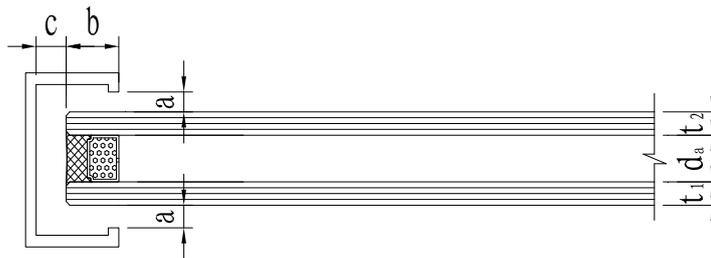


图 6.2.15 中空玻璃与槽口的配合尺寸示意图

**6.2.16** 隐框玻璃幕墙用中空玻璃合片用硅酮结构密封胶的位置和中空玻璃与副框粘接用硅酮结构密封胶的位置应当重合。因特殊结构需要，确需采用玻璃飞边或者中空玻璃采用大小片构造时，应当至少确保在一对边位置的硅酮结构密封胶重合。铝合金副框应当在角部可靠连接。压板应满足承载力要求，压板间距角部不大于 150mm，间距不大于 300mm。

### 6.3 金属面板

**6.3.1** 金属面板可以采用铝锰或铝镁合金板、阻燃铝塑复合板、铝蜂窝板、不锈钢板、彩色涂层钢板、铜合金板、钛合金板、搪瓷涂层钢板等不同的材质，可采用弧形、压型、异型等不同的外形和制作方式。

**6.3.2** 面板板基厚度应通过计算确定，计算方法符合国家及行业规范要求。

**6.3.3** 单层铝合金板厚度不应小于 2.5mm；单层不锈钢板不应小于 1.5mm；彩色钢板和其他合金板厚度不应小于 1.0mm。

**6.3.4** 金属板可根据受力要求设置加强肋，并符合下列要求。

- 1 加强肋可采用金属方管、槽形或角形型材制作，加强肋的截面厚度不应小于 1.5mm；
- 2 加强肋应与面板及折边可靠连结，并应采取防腐措施；

3 采用硅酮结构密封胶连接加强肋和面板时，胶缝宽度、厚度应符合设计要求；

4 铝塑复合板折边处应设置边肋，边肋与折边可采用铝铆钉连接；

5 支承金属板的中肋应与边肋或单层铝板的折边可靠连接；中肋与中肋的连结应满足传力要求。

### 6.3.5 面板弯曲应力计算应符合下列规定：

1 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；

2 在垂直于面板的荷载、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：

$$\sigma_{wk} = \frac{6m\omega_k a^2}{t^2} \quad (6.3.5-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{EK} a^2}{t^2} \quad (6.3.5-2)$$

式中  $\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_{Ek}$ ——板中最大弯曲应力标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\omega_k$ ——风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$q_{EK}$ ——垂直于板面方向的地震作用标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$a$ ——面板区格短边边长 (mm)；

$m$ ——弯矩系数；

$t$ ——面板厚度 (mm)。

3 中肋支承线上的弯曲应力标准值，取两侧板格固端弯矩的平均值计算；

4 面板在荷载作用下产生大挠度变形时，将公式 (6.3.5-1) 和 (6.3.5-2) 计算的应力值乘以折减系数 $\eta$  (按表6.3.5采用)。

表6.3.5 折减系数  $\eta$

$\theta$	5	6	20	40	60	80	60
$\eta$	1.00	0.95	0.90	0.81	0.74	0.69	0.64
$\theta$	120	150	200	250	300	350	400
$\eta$	0.61	0.54	0.50	0.46	0.43	0.41	0.40

表中 $\theta$ 按公式 (6.3.5-3) 计算：

$$\theta = \frac{\omega_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(\omega_k + 0.6q_{EK}) a^4}{Et^4} \quad (6.3.5-3)$$

式中  $w_k$ ——风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>);  
 $q_{EK}$ ——垂直于面板方向的地震作用标准值 (N/mm<sup>2</sup>);  
 $a$ ——面板区格短边的边长 (mm);  
 $t$ ——面板的厚度 (mm);  
 $E$ ——面板的弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)。

**6.3.6** 在组合荷载作用下, 面板的挠度应符合下列规定:

1 面板区格的跨中挠度可采用几何非线性形有限元方法计算, 也可按下列公式简化计算:

$$d_f = \frac{\mu \omega_k a^4}{D} \eta \quad (6.3.6-1)$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.3.6-2)$$

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<sup>2</sup>);  
 $a$ ——面板区格短边边长 (mm);  
 $t$ ——面板厚度 (mm);  
 $E$ ——面板弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>);  
 $\mu$ ——挠度系数 (按表 6.2.9 采用);  
 $D$ ——面板弯曲刚度 (N·mm);  
 $\eta$ ——折减系数;  
 $\nu$ ——泊松比。

2 在荷载标准值作用下, 面板挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按其区格计算短边边长的 1/60 采用。

**6.3.7** 方形或矩形面板上作用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 6.3.7, 板肋上作用的荷载按等弯矩原则简化为等效均布荷载。

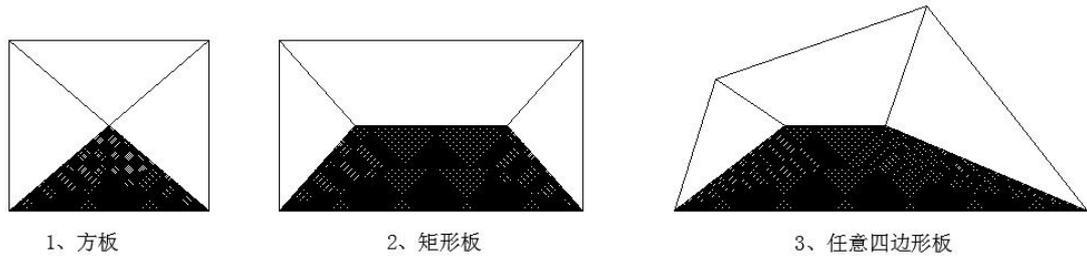


图6.3.7 荷载分布图

### 6.3.8 金属板计算应符合下列规定：

1 铝塑复合板和蜂窝铝板的抗弯强度设计值可根据面板和背板的铝板牌号及合金状态确定；抗弯计算时应采用等效截面模量  $W_e$  和等效弯曲刚度  $D_e$ 。

等效截面模量  $W_e$  和等效弯曲刚度  $D_e$  宜通过试验确定，也可采用平截面假定按材料力学方法近似计算，但计算时不宜考虑芯材的作用；

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

#### 1) 单层金属板

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k l^2}{t^2} \eta \quad (6.3.8-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2} \eta \quad (6.3.8-2)$$

持久设计状况、短暂设计状况

$$\theta = \frac{w_k l^4}{Et^4} \quad (6.3.8-3)$$

地震设计状况

$$\theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) l^4}{Et^4} \quad (6.3.8-4)$$

#### 2) 铝塑复合板和蜂窝铝板

$$\sigma_{wk} = \frac{mw_k l^2}{W_e} \eta \quad (6.3.8-5)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{mq_{Ek} l^2}{W_e} \eta \quad (6.3.8-6)$$

持久设计状况、短暂设计状况

$$\theta = \frac{w_k l^4}{11.2 D_e t_e} \quad (6.3.8-7)$$

地震设计状况

$$\theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) l^4}{11.2 D_e t_e} \quad (6.3.8-8)$$

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

$w_k$  ——垂直于面板的风荷载标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$q_{Ek}$  ——垂直于板面的地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$l$  ——金属板区格的短边边长(mm)；

$m$  ——板的弯矩系数，可根据其边界条件由本规范附录确定；

$E$  ——金属板的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)，可按本规范采用；

$t$  ——面板厚度(mm)；

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

$W_e$  ——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效截面模量(mm<sup>3</sup>)；

$D_e$  ——铝塑复合板或蜂窝铝板的等效弯曲刚度(N·mm)；

$\theta$  ——无量纲参数；

$\eta$  ——折减系数，可由参数 $\theta$ 按表 6.3.8 采用。

表 6.3.8 折减系数  $\eta$

$\theta$	5	6	20	40	60	80	60	120
$\eta$	1.00	0.95	0.89	0.80	0.72	0.66	0.58	0.48
$\theta$	150	200	250	300	350	400		
$\eta$	0.47	0.44	0.36	0.33	0.31	0.30		

3 中肋支承线上的弯曲应力标准值，可取其两侧板格固端弯矩计算结果的平均值；

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

6.3.9 中肋应有足够的刚度。在组合荷载标准值作用下，挠度限值  $d_{f,lim}$  按其支

承点间距 1/300 采用。

**6.3.10** 金属板材周边用螺栓、螺钉或挂钩固定于支承构件。螺栓或自钻自攻螺钉直径不应小于4mm,螺栓数量应根据板材承受的组合荷载和地震作用由计算确定。挂钩应设置防噪音垫片并有防脱措施。固定板材的螺钉或锚栓孔,孔中心至板边缘距离不应小于2.5倍孔径;孔最小中心距不应小于3倍孔径。

**6.3.11** 面板板缝宽度应根据面板的温度变形、荷载作用下变形和地震变形等计算后确定,且不小于6mm。

**6.3.12** 面板板缝应符合下列规定:

1 注胶式板缝:板缝应避免三面粘结,底部应设置泡沫条,泡沫条直径应大于接缝宽度20%。硅酮耐侯密封胶缝厚度不宜小于3.5mm,宽度不宜小于厚度的2倍;用于涂层表面的硅酮密封胶应经相容性试验和粘结性试验,必要时加涂底胶;采用深胶缝时,胶缝面与板材面间距离大于5mm;

2 嵌条式板缝宜采用多道密封措施,当采用三元乙丙橡胶条、氯丁橡胶条或硅橡胶条,胶条在十字交叉处宜采用压敏粘接材料严密粘结;

3 开放式板缝:面板背部空间应保持通风,顺畅排水;面板背面的保温材料应有防水措施;支承结构和金属连接件应采取有效防腐措施。

## 6.4 石材面板

**6.4.1** 石材面板应满足抗弯强度、耐久性,包括耐腐蚀,抗冻融等设计要求。石材幕墙面板宜采用天然花岗岩。高度大于 100 米时应采用花岗岩板材。

**6.4.2** 石材面材与支承框架之间的连接构造应当安全可靠。干挂石材幕墙单块板倒挂和多条实线条之间的连接应当采用锚固工艺,不得仅用胶粘接。干挂石材幕墙不得使用斜插入式挂件和 T 型挂件。高度超过 100 米的石材幕墙应当采用背栓连接。

**6.4.3** 石材面材与支承框架之间的连接应可拆卸更换,可用短槽、通槽、背栓等方式支承。石材幕墙面板不应采用硅酮结构密封胶粘接的结构装配方式。面板厚度应经强度计算确定,光面板厚度应不小于 25mm,毛面板厚度以计算厚度加 3mm。

**6.4.4** 采用开放式板缝时,应符合下列要求:

1 面板内层板应进行抗风强度设计;

- 2 石材面板宜采取背面加强措施；
- 3 石材面板宜进行六面防水处理。当面板材质疏松或多孔时，所有外表面应进行防水处理；
- 4 挂件应采用铝合金型材或不锈钢材；
- 5 支承面板的金属结构及其连接件应采取防腐措施。

**6.4.5** 采用封闭式注胶板缝时,应符合下列要求:

- 1 应采用无污染、无渗油的密封胶；
- 2 密封胶板缝的底部宜采用泡沫条充填，胶缝厚度不应小于 3.5mm，宽度不宜小于厚度的 2 倍，并应采取措施避免三面粘接；
- 3 挂件应采用铝合金型材或不锈钢材，不锈钢材质可采用 06Cr17Ni12Mo2 (S31608) 或 06Cr19Ni10 (S30408)。

**6.4.6** 倒挂石材面板应采用背栓连接，并宜设置穿透性金属挂件或金属边框，面板背面应进行增强整体性的表面处理。凸出幕墙大面的石材装饰线条应采用背栓或植筋连接。

**6.4.7** 材质疏松或带有孔洞的石材面板、抗弯强度试验平均值  $f_m$  小于  $8N/mm^2$  的石材面板，应采取背面增强措施，并宜采用封闭式注胶板缝。

**6.4.8** 凸出幕墙大面的石材装饰线条应采用背栓或长螺栓连接，锚固深度应大于厚度的 1/2。

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

**6.4.10** 短槽连接的矩形石材面板的抗弯设计应符合下列规定：

- 1 最大弯曲应力标准值可采用有限元方法分析计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k l^2}{t^2} \quad (6.4.10-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.4.10-2)$$

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

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

$l$  ——四角点支承板的长边计算边长(mm), 可取长边挂件中心线距离;

$t$  ——面板厚度(mm);

$m$  ——四角点支承板在均布荷载作用下的最大弯矩系数, 可按本规范附录 C 表 C.2.2 采用。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值, 应按本规范第 5.4.1 条规定进行组合, 组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

#### 6.4.11 短槽连接的矩形石材面板的挂件设计应符合下列规定:

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

$$\text{两对边短槽连接时} \quad \tau_{pk} = \frac{q_k ab}{2nA_p} \beta \quad (6.4.11-1)$$

$$\text{四边短槽连接时} \quad \tau_{pk} = \frac{q_k (2b-a)a}{4nA_p} \beta \quad (6.4.11-2)$$

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

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

$a$ 、 $b$  ——分别为面板的短边、长边边长 (mm);

$A_p$  ——挂件截面面积 (mm<sup>2</sup>);

$n$  ——一个连接边上的挂件数量。四侧连接时, 为一个长边上的挂件数量;

$\beta$  ——应力调整系数, 可按表 6.4.11 采用。

表 6.4.11 应力调整系数  $\beta$

每块板材挂件个数	4	6	8
$\beta$	1.25	1.30	1.35

2 由各种作用产生的剪应力标准值, 应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合, 组合的剪应力设计值不应超过挂件的抗剪强度设计值  $f_a^v$  或  $f_s^v$ 。

#### 6.4.12 短槽连接的矩形石材面板, 其抗剪设计应符合下列规定:

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

$$\text{对边开槽} \quad \tau_k = \frac{q_k ab\beta}{n(t-c)s} \quad (6.4.12-1)$$

$$\text{四边开槽} \quad \tau_k = \frac{q_k(2b-a)a\beta}{2n(t-c)s} \quad (6.4.12-2)$$

式中  $q_k$  ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，即  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ；

$T$  ——面板厚度 (mm)；

$c$  ——槽口宽度(mm)；

$s$  ——槽口剪切面总边长(mm)，可取挂件长度加上入槽深度的 2 倍。

2 由各种作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合，组合的剪应力设计值不应超过石材面板的抗剪强度设计值  $f_t^v$ 。

**6.4.13** 短槽连接的矩形石材面板，其槽口处的抗弯设计应符合下列规定：

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

$$\text{对边开槽} \quad \sigma_k = \frac{12q_k abh}{nb_s(t-c)^2} \beta \quad (6.4.13-1)$$

$$\text{四边开槽} \quad \sigma_k = \frac{6q_k(2b-a)ah}{nb_s(t-c)^2} \beta \quad (6.4.13-2)$$

式中  $t$  ——面板厚度(mm)；

$c$  ——槽口宽度(mm)；

$h$  ——槽口受力一侧的深度(mm)；

$a$ 、 $b$ ——分别为面板的短边、长边边长 (mm)；

$q_k$  ——垂直于面板的风荷载或地震作用标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，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)；

$\beta$ ——应力调整系数，可按本规范表 6.3.4 采用。

2 由各种作用产生的弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组

合, 组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

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

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

**6.4.16** 通槽连接的矩形石材面板的抗弯设计应符合下列规定:

1 最大弯曲应力标准值  $\sigma_k$  可按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = 0.75 \frac{w_k l^2}{t^2} \quad (6.4.16-1)$$

$$\sigma_{Ek} = 0.75 \frac{q_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.4.16-2)$$

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

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

$l$  ——面板的跨度, 即支承边的距离(mm);

$t$  ——面板厚度(mm);

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值, 应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合, 组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_r^b$ 。

**6.4.17** 通槽连接的矩形石材面板的挂件设计应符合下列规定:

1 在垂直于面板的风荷载、地震作用下, 挂件的剪应力标准值应按下式计算:

$$\tau_k = \frac{q_k l}{2t_p} \quad (6.4.17)$$

式中  $\tau_k$  ——挂件剪应力标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

$l$  ——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/mm<sup>2</sup>), 即  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ;

$t_p$  ——挂件厚度(mm)。

2 由各种作用产生的剪应力标准值, 应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合,

组合的剪应力设计值不应大于挂件材料的抗剪强度设计值  $f_a^v$  或  $f_s^v$ 。

**6.4.18** 通槽连接的矩形石材面板，其槽口处的抗剪设计应符合下列规定：

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

$$\tau_k = \frac{q_k l}{t - c} \quad (6.4.18)$$

式中  $q_k$  ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，即  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ；

$t$  ——面板厚度(mm)；

$l$  ——面板的跨度，即支承边的距离(mm)；

$c$  ——槽口宽度(mm)。

2 由各种作用产生的剪应力标准值，应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合，组合的剪应力设计值不应大于石材面板的抗剪强度设计值  $f_t^v$ 。

**6.4.19** 通槽连接的矩形石材面板，其槽口处的抗弯设计应符合下列规定：

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

$$\sigma_k = \frac{12q_k lh}{(t - c)^2} \quad (6.4.19)$$

式中  $t$  ——面板厚度(mm)；

$c$  ——槽口宽度(mm)；

$H$  ——槽口受力一侧的深度(mm)；

$l$  ——面板的跨度，即支承边的距离(mm)；

$q_k$  ——垂直于板面的风荷载或地震作用标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，即  $w_k$  或  $q_{Ek}$ 。

2 由各种作用产生的弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合，组合的应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_t^b$ 。

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

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

**6.4.22** 连接石材面板的背栓应符合下列规定：

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

2 背栓的连接件可采用不锈钢材或铝合金型材。不锈钢材厚度不应小于 3mm，铝合金型材厚度不应小于 4mm。

**6.4.23** 背栓的中心线与石材面板边缘的距离不宜大于 300mm，也不宜小于 50mm；背栓与背栓孔间宜采用尼龙等间隔材料，防止硬性接触；背栓之间的距离不宜大于 1200mm，且宜符合下列（图 6.4.23）要求：

$$l_x/5 \leq b_x \text{ 且 } b_x \leq l_x/4 \quad (6.4.23-1)$$

$$l_y/5 \leq b_y \text{ 且 } b_y \leq l_y/4 \quad (6.4.23-2)$$

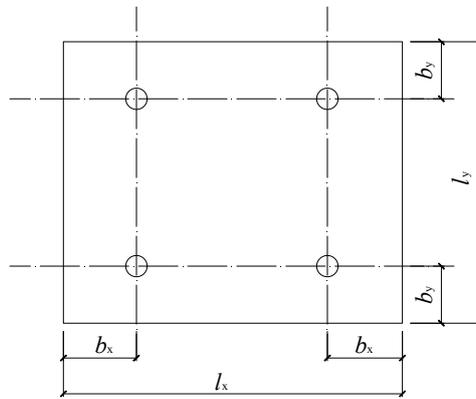


图 6.4.23 背栓边距

**6.4.24** 面积较小的狭长形石材面板，当采用单点或两点背部连接时，应采取附加的固定措施。

**6.4.25** 背栓连接的石材面板，其抗弯设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载、水平地震作用下，面板的弯曲应力标准值宜按多点支承弹性板，采用有限元方法进行分析计算。四点支承矩形面板，也可按下列公式近似计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k l^2}{t^2} \quad (6.4.25-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} l^2}{t^2} \quad (6.4.25-2)$$

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

$l$  ——四角点支承板的长边计算边长（mm），可取两个方向上背栓中心距

离的较大值；

$t$  ——面板厚度 (mm)；

$m$  ——弯矩系数，可按附录 B 表 B.2.2 取值。

2 由各种作用产生的最大弯曲应力标准值，应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合，组合的弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f_t^b$ 。

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

**6.4.27** 背栓的抗拉设计应符合下列规定：

1 在垂直于面板的风荷载、水平地震作用下，拉力标准值可按下列公式计算：

$$N_{wk} = \frac{1.25w_k l^2}{n} \quad (6.4.27-1)$$

$$N_{Ek} = \frac{1.25q_{Ek} l^2}{n} \quad (6.4.27-2)$$

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

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

$l$  ——四角点支承板的长边计算边长 (mm)，可取两个方向上背栓中心距离的较大值；

$n$  ——背栓的个数。

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

**6.4.28** 在面板自重作用下，背栓连接的抗剪设计应符合下列规定：

1 单个背栓连接的剪力设计值可按下式计算：

$$v = \frac{1.35G_k \beta}{n_1} \quad (6.4.28)$$

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；

$\beta$  ——应力调整系数，可根据背栓数量  $n_1$ ，按表 6.2.7 采用。

2 背栓连接抗剪承载力设计值应由试验确定。背栓连接抗剪承载力设计值可取实测的受剪破坏承载力最小值除以背栓连接抗剪承载力分项系数后采用。背栓连接瓷板、微晶玻璃、纤维水泥板的抗剪承载力分项系数可取 2.15。

#### 6.4.29 背栓设计应符合下列规定：

1 背栓应根据面板在正负风压作用下受力不同，选择单切面背栓（图 6.4.29a）或双切面背栓（图 6.4.29b）构造形式；

2 背栓孔切入的有效深度宜为板厚度  $2/3$ ，并且不小于 15mm。背栓孔离石板边缘净距离不小于 50mm。不大于其支承边长 0.2 倍。孔底至板面的剩余厚度不应小于 8mm；

3 背栓支承应能吸收面板变形可调整量，并有防松和防脱构造；

4 背栓连结不锈钢螺栓不应小于 M6，每个托板上不应少于 2 个连结螺栓。

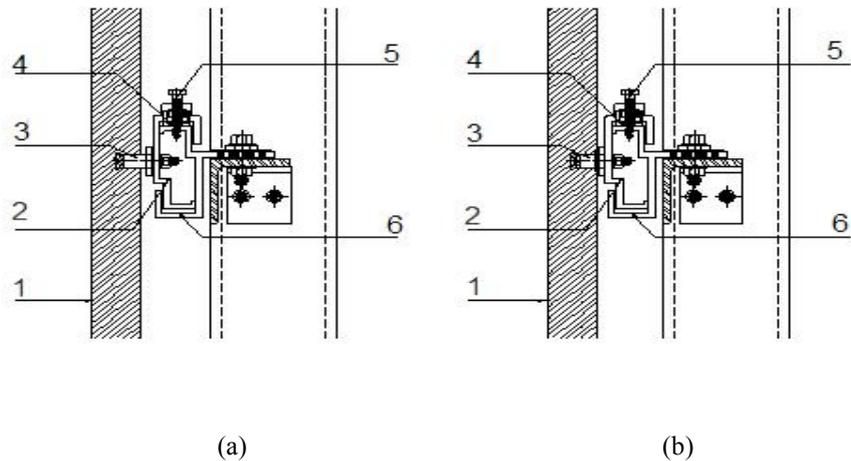


图 6.4.29 背栓支承构造

(a) 单切面背栓；(b) 双切面背栓

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

## 6.5 人造板材

6.5.1 人造面板包括复合板（石材铝蜂窝复合板、铝蜂窝复合板）、微晶玻璃、瓷板、陶板、千思板、合金板、搪瓷钢板、玻璃纤维增强水泥外墙板（GRC 板）等多种材料，应符合国家现行产品标准的规定，并满足设计要求。材料出厂时，应有出厂合格证和检测报告。

6.5.2 幕墙用面板材料应符合下列现行标准的规定：

《建筑幕墙用瓷板》 JG/T 217

《建筑装饰用微晶玻璃》 JC/T 872

《建筑装饰用石材铝蜂窝复合板》 JG/T 328

《建筑幕墙用陶板》 JG/T 324

《建筑装饰用搪瓷钢板》 JC/T 234

《纤维水泥平板第 1 部分：无石棉纤维水泥平板》 JC/T 412.1

《外墙用非承重纤维增强水泥板》 JG/T 396

**6.5.3** 幕墙用石材铝蜂窝板面板石材为亚光面或镜面时，厚度宜为 3mm~5mm；面板石材为粗面时，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，其耐碱性、耐酸性宜大于 80%。

**6.5.4** 人造板单块面积、厚度应符合表 6.5.4 规定。

**表 6.5.4 人造面板面积、厚度**

板材类别	厚度 (mm)		单片面积(m <sup>2</sup> )
	背栓式	其他连接方式	
瓷板	≥12	≥13	≤1.2
陶板	≥18		--
微晶玻璃板	≥20		≤1.2

**6.5.5** 人造板材幕墙板缝设计应符合下列要求：

1 具有保温围护要求的人造板材幕墙，应采用封闭式板缝设计，其中宜优先采用注胶封闭式，也可采用胶条封闭式；

2 具有遮阳或装饰围护要求的人造板材幕墙，宜采用开放式板缝设计。

**6.5.6** 人造板幕墙的性能及检测可按本规范第 4.3 条的规定。

**6.5.7** 面板设计时，面板截面的计算厚度  $t_c$  应符合下列规定计算：

1 瓷板：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；

2 微晶玻璃板：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；

3 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；

4 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。

**6.5.8** 当幕墙高度超过 24m，或面板为水平悬吊时，各相应连接部位应予加强。

板背面应设计防碎裂坠落措施。

**6.5.9** 面板应与龙骨结构可靠连接。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。

**6.5.10** 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：

1 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；

2 陶板宜采用短挂件连接，也可采用通长挂件连接；

3 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；

4 石材蜂窝板宜通过板材背面预置螺母连接。

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

**6.5.12** 挂件的长度和截面厚度应符合下列规定：

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 2.0 mm；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 1.5 mm。短挂件的长度不宜小于 50 mm；

2 微晶玻璃板短挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于 3.0 mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于 4.0 mm；通长挂件用不锈钢材料的截面厚度不宜小于 2.0 mm，铝合金型材的截面厚度不宜小于 3.0 mm。短挂件的长度不宜小于 60 mm；

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

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 1.5 mm。

**6.5.13** 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：

1 宜采用只承受一块面板自重荷载的挂件；

2 纤维水泥板的自重应由面板下部挂槽的顶部承受；

- 3 挂件在承托面板处宜设置弹性垫片，垫片厚度不宜小于 2.0 mm；
- 4 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 50 mm；通长挂件外端与面板边缘的距离不宜小于 20 mm，且不宜大于 50 mm；
- 5 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；
- 6 瓷板挂件插入槽口的深度不宜小于 8 mm，也不宜大于 12 mm；微晶玻璃板、纤维水泥板挂件插入槽口的深度不宜小于 6 mm，也不宜大于 15 mm；
- 7 挂件与面板之间的空隙应填充胶粘剂，且不得污染面板。

**6.5.14** 挂件与陶板面板的连接构造设计应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 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 1.0 mm；
- 5 挂件插入陶板槽口的深度不宜小于 6 mm。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 50 mm；
- 6 陶板两端宜设置定位弹性垫片；
- 7 陶板与支承构件采用镶嵌式挂件时，要采取措施，防止挂件跳动、滑移。

**6.5.15** 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。

**6.5.16** 短挂件支承连接的面板抗弯设计应符合下列规定：

- 1 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，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mq_{wk}b_0^2}{t_e^2} \quad (6.5.16-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek}b_0^2}{t_e^2} \quad (6.5.16-2)$$

式中  $\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_{Ek}$ ——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<sup>2</sup>);

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ ——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<sup>2</sup>);

$a_0$ ——支承点 (挂件中心线) 间较短距离;

$b_0$ ——支承点 (挂件中心线) 之间较大距离 (mm),  $a_0 \leq b_0$ ;

$t_e$ ——面板的计算厚度 (mm) 按本规范规定确定;

$m$ ——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  $\nu$ , 按表查取。

2 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, 并符合下式要求:

$$q \leq \frac{Q}{\gamma_r} \quad (6.5.16-3)$$

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<sup>2</sup>);

$q$ ——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照本规范规定进行组合后所得之面板承受的荷载设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

$\gamma_r$ ——陶板的材料性能分项系数, 可取 1.8。

3 面板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值, 应按本规范规定进行组合。组合后面板承受的弯曲应力设计值  $\sigma$  不应大于面板材料的抗弯强度设计值  $f$ 。

表 6.5.16 四点支承矩形面板的弯矩系数  $m$

$a_0/b_0$		0.00	0.6	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	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134
	$\nu=0.25$	0.125	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134
	$\nu=0.30$	0.125	0.125	0.126	0.127	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
	$\nu=0.30$	0.135	0.137	0.139	0.141	0.143	0.146	0.148	0.151

**6.5.17** 短挂件支承连接的面板抗剪设计应符合下列规定：

1 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，面板挂件槽口处产生的剪应力标准值可按下式计算：

$$\tau_k = \frac{q_k ab \beta}{n t_v s} \quad (6.5.17)$$

式中  $\tau_k$ ——短挂件在面板槽口处产生的剪应力标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$q_k$ ——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<sup>2</sup>)，

即  $q_k$  分别代表  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ；

$a$ 、 $b$ ——矩形面板的两个边长 (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；

$s$ ——槽口剪切面总长度 (mm)。矩形槽或通槽，取挂钩的宽度加上 2 倍槽深；端部连接挂件，取挂钩的宽度与 1 倍槽深之和；陶板槽口剪切面的总长度，应根据实际构造确定；

$n$ ——挂件总数量；

$\beta$ ——应力调整系数，可根据挂件总数量，按表 6.5.17 采用。

2 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值，应按本规范 5.4.1 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。

**表 6.5.17 应力调整系数  $\beta$**

每块板块挂件个数	2	4
$\beta$	1.00	1.25

**6.5.18** 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：

1 挂件承受的剪应力标准值可按下式计算：

$$\tau_{pk} = \frac{q_k ab \beta}{n A_p} \quad (6.5.18)$$

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

$q_k$ ——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<sup>2</sup>)，

即  $q_k$  分别代表  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ；

$a$ 、 $b$ ——矩形面板的两个边长 (mm)；

$A_p$ ——单个挂件挂钩受剪截面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$n$ ——挂件数量;

$\beta$ ——应力调整系数, 可按表 6.5.17 采用。

2 挂件中由各种荷载和作用产生的剪应力标准值应按本规范规定进行组合。组合后的剪应力设计值 $\tau_p$ 不应超过本规范规定的挂件材料的抗剪强度设计值 $f_v$ 。

**6.5.19** 在面板自重作用下, 挂件的抗剪设计应符合下列规定:

1 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:

$$\tau_{pk} = \beta \frac{G_k}{n_1 A_p} \quad (6.5.19-1)$$

式中  $\tau_{pk}$ ——挂件剪应力标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$G_k$ ——面板的自重标准值 ( $\text{N}$ ), 可由面板材料的重力密度标准值 $\gamma_{gk}$ 按本规范采用;

$A_p$ ——单个挂件挂钩的受剪截面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$n_1$ ——实际承受面板自重荷载的挂件数量;

$\beta$ ——应力调整系数, 可根据挂件的数量 $n_1$ , 按表 6.3.17 采用。

2 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。

$$\tau_p = \gamma_G \tau_{pk} \quad (6.5.19-2)$$

式中  $\tau_{pk}$ ——挂件剪应力设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数, 可取 1.35。

**6.5.20** 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:

1 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, 也可按本规范的规定计算, 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;

2 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, 并符合本规范的规定;

3 面板中由各种荷载和作用产生的最大弯曲应力标准值 $\sigma$ , 应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应超过面板材料的抗弯强

度设计值  $f$ 。

**6.5.21** 纤维水泥板面板的挠度应符合下列规定：

1 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：

$$d_f = \frac{\mu w_k b^4}{D} \quad (6.5.21-1)$$

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.5.21-2)$$

式中  $d_f$ ——在风荷载标准值作用下的最大挠度值 (mm)；

$\mu$ ——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<sup>2</sup>)；

$a$ 、 $b$ ——面板的边长 (mm)， $a \leq b$ ；

$D$ ——面板的刚度 (Nmm)；

$E$ ——弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)，可按本规范采用；

$t_e$ ——纤维水泥板的计算厚度 (mm)，按本规范的规定计算；

$\nu$ ——泊松比，可按本规范规定采用。

2 在风荷载标准值作用下，对边支承纤维水泥板面板的挠度限值  $d_{f,lim}$  应按面板跨度的 1/250。

**6.5.22** 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：

1 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按下列公式计算：

$$\sigma_k = \frac{2q_k lh}{t_v^2} \beta \quad (6.5.22)$$

式中  $\sigma_k$ ——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<sup>2</sup>)；

$q_k$ ——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (N/mm<sup>2</sup>)，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)；

$\beta$ ——应力集中系数，可取 1.5；

$t_v$ ——面板槽口受力一侧的厚度 (mm)。

2 由各种荷载和作用产生的面板槽口处弯曲应力标准值, 应按本规范的规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应超过面板材料的抗弯强度设计值  $f$ 。

**6.5.23** 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:

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

$$\tau_k = \frac{2q_k l}{t_v} \quad (6.5.23)$$

式中  $\tau_k$ ——挂件在面板槽口处产生的剪应力标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

$q_k$ ——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<sup>2</sup>),

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);

$t_v$ ——面板槽口受剪面厚度 (mm)。瓷板、微晶玻璃板、纤维水泥板取面

板计算厚度 ( $t_e$ ) 减去槽口宽度 ( $c$ ) 的一半, 既:  $t_v = \frac{t_e - c}{2}$ ; 陶

板取挂钩部分的实际受剪厚度。

2 由各种荷载和作用产生的面板槽口处剪应力标准值, 应按本规范规定进行组合。组合后的剪应力设计值  $\tau_p$  不应超过面板材料的抗剪强度设计值  $f_v$ 。

**6.5.24** 挂件的抗剪设计应符合下列规定:

1 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下, 挂件承受的剪应力标准值可按下式计算:

$$\tau_{pk} = \frac{q_k l}{2t_p} \quad (6.5.24)$$

式中  $\tau_{pk}$ ——挂件或挂钩的剪应力标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

$q_k$ ——分别为风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值 (N/mm<sup>2</sup>), 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);

$t_p$ ——挂件或挂钩厚度 (mm)。

2 由各种荷载和作用产生的剪应力标准值应按本规范规定进行组合, 组合后的剪应力设计值  $\tau_p$  不应超过挂件材料抗剪强度设计值  $f_v$ 。

**6.5.25** 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 50 mm，也不宜大于边长的 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。

**6.5.26** 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：

1 面板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算。4 个背栓对称布置支承连接的矩形面板，也可按本规范规定计算；

2 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规范规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应超过面板材料的抗弯强度设计值  $f$ 。

**6.5.27** 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。4 个背栓对称布置支承连接的矩形面板的挠度也可按下列公式计算：

$$d_f = \frac{\mu w_k b_0^4}{D} \quad (6.5.27-1)$$

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.5.27-2)$$

式中  $d_f$ ——在风荷载标准值作用下的最大挠度值 (mm)；

$\mu$ ——挠度系数，按表 6.3.26 取；

$w_k$ ——垂直作用于面板的风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支承点(背栓孔中心线)之间的距离 (mm)， $a_0 \leq b_0$ ；

$D$ ——面板的刚度 (Nmm)；

$E$ ——弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)，可按本规范采用；

$t_e$ ——面板的厚度 (mm)，按本规范规定确定；

$\nu$ ——泊松比，可按本规范规定采用。

2 在风荷载标准值作用下，四点支承纤维水泥板面板的挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按其支承点间长，边长的 1/250 采用。

表 6.5.27 四点支承纤维水泥板的挠度系数  $\mu$

$a_0/b_0$	0.00	0.6	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
$\mu$	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
$\mu$	0.0155	0.0162	0.0171	0.0183	0.0196	0.0213	0.0233	0.0257

**6.5.28** 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，背栓连接抗拉设计宜采用有限元方法分析计算，也可按下列公式计算：

1 两个背栓支承连接时，单个背栓连接的拉力标准值：

$$N_{wk} = \frac{w_k ab}{2} \quad (6.5.28-1)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab}{2} \quad (6.5.28-2)$$

2 四个背栓支承连接时，单个背栓连接的拉力标准值：

$$N_{wk} = \frac{w_k ab \beta}{4} \quad (6.5.28-3)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab \beta}{4} \quad (6.5.28-4)$$

式中  $N_{wk}$ 、 $N_{Ek}$ ——单个背栓连接在风荷载或垂直于板面方向地震作用下的拉力标准值 (N)；

$w_k$ 、 $q_{Ek}$ ——分别为风荷载、地震作用标准值 ( $N/mm^2$ )；

$a$ 、 $b$ ——矩形面板的边长 (mm)， $a \leq b$ ；

$\beta$ ——应力调整系数，可按表 6.3.17 采用。

3 背栓连接的拉力标准值应按本规范规定进行组合，组合后的拉力设计值不应超过背栓连接的受拉承载力设计值。

**6.5.29** 在面板自重作用下，背栓连接的剪力设计值应按下式计算：

$$V = \frac{1.35G_k \beta}{n_1} \quad (6.5.29)$$

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;

$\beta$ ——应力调整系数, 可根据背栓数量  $n_1$ , 按表 6.3.17 采用。

**6.5.30** 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:

1 背栓连接的受拉承载力设计值应符合下式要求:

$$N \leq \frac{P}{g_R} \quad (6.5.30-1)$$

2 背栓连接的受剪承载力设计值应符合下式要求:

$$V \leq \frac{0.8P}{g_R} \quad (6.5.30-2)$$

式中  $N$ ——按本规范规定计算, 并按本规范规定进行组合得到的单个背栓连接的拉力设计值 (N);

$V$ ——按本规范第 6.3.29 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。

**6.5.31** 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。

**6.5.32** 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:

1 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;

2 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:

$$\sigma_{wk} = \frac{mw_k b_0^2}{w_e} \quad (6.5.32-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{mq_{Ek} b_0^2}{w_e} \quad (6.5.32-2)$$

$$w_e = \frac{D_e}{El} \quad (6.5.32-3)$$

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

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

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支承点 (预置螺母中心线) 之间的距离 (mm),

$$a_0 \leq b_0;$$

$m$ ——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  $\nu$ , 按表查取;

$w_e$ ——石材蜂窝板的等效截面模量 (mm<sup>3</sup>);

$D_e$ ——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;

$E$ ——石材面板的弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>);

$l$ ——石材蜂窝板中性轴距石材面板表面的距离 (mm)。

3 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规范规定进行组合, 所得的最大弯曲应力设计值不应超过石材面板的抗弯强度设计值  $f$ 。

**6.5.33** 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:

1 四点支承的矩形石材蜂窝板的挠度可按下列公式计算:

$$d_f = \frac{\mu w_k b_0^4}{D_e} \quad (6.5.33)$$

式中  $d_f$ ——在风荷载标准值作用下的最大挠度值 (mm);

$\mu$ ——挠度系数, 可按表 6.5.33-1 选用;

$w_k$ ——垂直作用于面板的风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

$a_0$ 、 $b_0$ ——四点支承面板支承点 (预置螺母中心线) 之间的距离 (mm),

$$a_0 \leq b_0;$$

$D_e$ ——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。

2 在风荷载标准值作用下, 石材蜂窝板的挠度限值  $d_{f,lim}$  (mm), 不宜大于表 6.5.33-2 的规定。

表 6.5.33-1 四点支承石材蜂窝板挠度系数  $\mu$

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

表 6.5.33-2 石材蜂窝板的挠度限值

背部衬板类别	铝蜂窝板	钢蜂窝板	玻纤蜂窝板
相对挠度值 $d_{f,lim}$	$L/120$		$L/180$
注: $L$ 为板的长边长度。			

**6.5.34** 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规范规定计算。

**6.5.35** 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:

- 1 预置螺母连接的受拉承载力设计值应符合下式要求:

$$N \leq \frac{P}{g_R} \quad (6.5.35-1)$$

- 2 预置螺母连接的受剪承载力设计值应符合下式要求:

$$V \leq \frac{0.5P}{g_R} \quad (6.5.35-2)$$

式中  $N$ ——按本规范规定计算, 并按本规范规定进行组合的预置螺母连接的拉力设计值 (N);

$V$ ——按本规范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。

**6.5.36** 穿透支承连接的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 5 mm。

**6.5.37** 穿透支承连接的纤维水泥板支承连接设计应符合下列规定:

- 1 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, 也不宜大于 160mm;

- 2 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，8 mm 厚纤维水泥板的连接点间距不宜大于 800 mm，12 mm 厚纤维水泥板的连接点间距不宜大于 600 mm。

**6.5.38** 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，穿透支承连接的纤维水泥板面板的抗弯设计应符合下列规定：

1 穿透支承连接的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，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k b_0^2}{t_e^2} \eta \quad (6.5.38-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b_0^2}{t_e^2} \eta \quad (6.5.38-2)$$

$$\theta = \frac{w_k b_0^4}{Et_e^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(w_k + 0.5q_{Ek}) b_0^4}{Et_e^4} \quad (6.5.38-3)$$

式中  $\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_{Ek}$ ——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<sup>2</sup>)；

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

$a_0$ 、 $b_0$ ——支承点间的距离 (mm)， $a_0 \leq b_0$ ；

$t_e$ ——面板的计算厚度 (mm)。按本规范规定确定；

$m$ ——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  $\nu$ ，按表 6.5.38 查取；

$\theta$ ——参数；

$E$ ——弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)，可按本规范采用；

$\eta$ ——折减系数，纤维水泥板取 1.0。

2 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规范规定进行组合。组合后的弯曲应力设计值不应超过面板材料的抗弯强度设计值  $f$ 。

**表 6.5.38 折减系数  $\eta$**

$\theta$	$\leq 0.5$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
$\eta$	0.98	0.95	0.90	0.85	0.80	0.76	0.72
$\theta$	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.8	$\geq 7$
$\eta$	0.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.55	0.50

**6.5.39** 在垂直于面板的风荷载标准值作用下，纤维水泥板面板的挠度应符合下

列规定:

1 穿透支承连接的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,也可按下列公式计算:

$$d_f = \frac{\mu w_k b^4}{D} \eta \quad (6.5.39-1)$$

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.5.39-2)$$

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<sup>2</sup>);

$b$ ——支承点间面板的长边边长 (mm);

$t_e$ ——面板的计算厚度 (mm),按本规范确定;

$\mu$ ——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:

纤维水泥板按表 6.8.39 采用;

$\eta$ ——折减系数。纤维水泥板取 1.0;

$\nu$ ——泊松比,可按本规范采用;

$D$ ——面板的刚度。

2 在风荷载标准值作用下,四点支承纤维水泥板的挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按其支承点间长边边长的 1/250 采用。

**6.5.40** 纤维水泥板穿透连接的抗拉设计应符合下列规定:

1 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,也可按下列公式计算:

$$N_{wk} = \frac{w_k ab\beta}{n} \quad (6.5.40-1)$$

$$N_{Ek} = \frac{q_{Ek} ab\beta}{n} \quad (6.5.40-2)$$

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<sup>2</sup>);

$n$ ——连接点数量;

$a$ 、 $b$ ——分别为矩形面板短边和长边的边长;

$\beta$ ——应力调整系数,可按 6.5.40 采用。

表 6.5.40 水泥纤维板穿透连接的应力调整系数  $\beta$

每块板材固定点数	4	6	$\geq 8$
$\beta$	1.25	1.53	1.78

2 穿透连接的拉力标准值应按本规范 5.4.1 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。

6.5.41 穿透连接点的受拉承载力应经试验确定, 并符合下式要求:

$$N \leq \frac{P}{g_R} \quad (6.5.41)$$

式中  $N$ ——按本规范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);

$g_R$ ——穿透连接受拉承载力分项系数, 可取 2.15。

6.5.42 支承连接点到板边的距离不宜小于 80 mm, 也不宜超过 6 倍板厚。支承连接点之间的最大间距应符合本规范规定。

6.5.43 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 2.5 mm。

6.5.44 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规范规定计算。

6.5.45 开放式瓷板、微晶玻璃板幕墙, 面板之间的间隙应按式计算并符合本规范 6.1.5 条的规定。

$$2c_1(1 + \frac{l_1}{l_2} \times \frac{c_2}{c_1}) \geq u_{lim} \quad (6.5.45)$$

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);

$l_1$ ——矩形面板板块竖向边长 (mm);

$l_2$ ——矩形面板板块横向边长 (mm);

$c_1$ ——开缝式幕墙竖向接缝宽度的一半。取值时应考虑 1.5mm 的施工偏差;

$c_2$ ——开缝式幕墙横向接缝宽度的一半。取值时应考虑 1.5mm 的施工偏差;

注: 非抗震设计时,  $u_{lim}$  应根据主体结构在风荷载作用下的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限值的 2 倍确定。

## 7 构件式幕墙

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 构件式幕墙的立柱、横梁、面板及配套连接件应在工厂制造，在现场依次安装立柱、横梁和面板，并通过连接件安装于建筑主体结构上。

**7.1.2** 幕墙立柱和主体结构的连接应以预埋件为主，在主体结构施工阶段完成，应避免全部采用后置埋件。连接构造应确保平面内外三维可调。转接构件的承载力应满足设计要求，并应有防松、防滑措施。

**7.1.3** 横梁、立柱可采用铝合金型材、钢型材或铝合金型材和钢型材组合的形式。铝合金型材的表面处理应符合本规范第3.2.2条的要求。钢型材的表面处理应符合本规范第3.3.6条的要求。

### 7.2 构造设计

**7.2.1** 构件式明框玻璃幕墙固定玻璃采用压板构造时，压板应连续通长，受力部位厚度不应小于2.0mm，不应采用自攻螺钉与框架连接。螺钉间距按压板和紧固件受力分析计算确定，且间距不大于400mm，螺钉直径不小于5mm。

**7.2.2** 明框玻璃幕墙的玻璃板块边缘至框槽底的间隙应满足下式要求：

$$2c_1 \left(1 + \frac{l_1}{l_2} \times \frac{c_2}{c_1}\right) \geq u_{\text{lim}} \quad (7.2.2)$$

式中  $u_{\text{lim}}$  ——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， $u_{\text{lim}}$ 应根据主体结构弹性层间位移角限值确定；抗震设计时， $u_{\text{lim}}$ 应根据主体结构弹性层间位移角的3倍确定。

**7.2.3** 明框支承玻璃面板应通过定位承托硬质橡胶垫将玻璃重量传递给支承构件，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。

7.2.4 横向隐框玻璃板块应当设置托板，托板应当与框架可靠连接，并应进行强度和挠度验算。托板可用铝合金或不锈钢板材，长度不应小于 100mm，厚度不应小于 2mm，托板应托住外片玻璃。

7.2.5 隐框玻璃幕墙压块的间距与数量应根据计算确定，且压块的间距不应大于 300mm。

7.2.6 明框玻璃幕墙外侧用压板应当连续设置，不得采用分段固定方式。后置式隔热条应当连续安装固定。密封胶条宜选用三元乙丙、氯丁橡胶、硅橡胶等，胶条应具有满足安装压缩量的弹性要求。

### 7.3 横梁结构设计

7.3.1 横梁截面主要受力部位的厚度，应符合下列要求：

1 截面自由挑出的板件（图 7.3.1a）和双侧加劲板件（图 7.3.1b）的宽厚比  $b_0/t$  应符合表 7.3.1 的规定，并符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定；

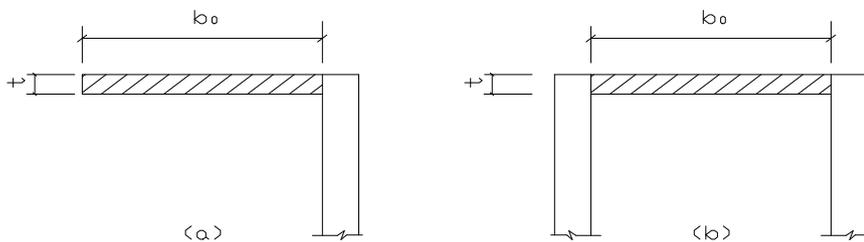


图 7.3.1 横梁的截面部位示意

表 7.3.1 板件宽厚比  $b_0/t$  限值

截面板件	铝型材				热轧钢型材		冷成型薄壁型钢	
	6063-T5 6061-T4	6063A-T6	6063-T6 6063A-T6	6061-T6	Q235	Q345	Q235	Q345
自由挑出	17	15	13	12	15	12	45	35
双侧加劲	50	45	40	35	40	33	100	80

2 铝合金横梁型材截面有效受力部位的厚度不应小于 2.0mm。铝合金型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、压连接时，应进行螺纹受力计算。螺纹连接

处，型材局部加厚部位的壁厚不应小于 4mm，宽度不应小于 13mm；

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

7.3.2 应根据面板在横梁上的支承状况决定横梁的荷载，并计算横梁承受的弯矩和剪力。大跨度开口截面横梁宜考虑约束扭转产生的双力矩。

7.3.3 横梁截面受弯承载力应符合下式要求：

$$\frac{M_x}{\gamma W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma W_{ny}} \leq f \quad (7.3.3)$$

式中  $M_x$ ——横梁绕截面 x 轴的弯矩设计值(N·mm)；

$M_y$  ——横梁绕截面y轴的弯矩设计值(N·mm)；

$W_{nx}$ ——横梁截面绕截面x轴的净截面模量(mm<sup>3</sup>)；

$W_{ny}$  ——横梁截面绕截面y轴的净截面模量(mm<sup>3</sup>)；

$\gamma$ ——塑性发展系数。铝合金型材、热轧型钢可取1.05，冷成型薄壁型钢取1.0；

$f$ ——材料强度设计值，即 $f_a^t$ 或 $f_s^t$ (N/mm<sup>2</sup>)。

7.3.4 横梁截面受剪承载力应符合下式要求：

$$\frac{V_y S_x}{I_x t_x} \leq f \quad (7.3.4-1)$$

$$\frac{V_x S_y}{I_y t_y} \leq f \quad (7.3.4-2)$$

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）；

$S_x$ ——沿竖直方向,计算剪应力处以上截面面积对水平中性轴的毛截面面积矩（mm<sup>3</sup>）；

$S_y$ ——沿水平方向,计算剪应力处一侧截面面积对竖向中性轴的毛截面面积矩（mm<sup>3</sup>）；

$I_x$ ——横梁截面绕x轴的毛截面惯性矩（mm<sup>4</sup>）；

$I_y$ ——横梁截面绕y轴的毛截面惯性矩（mm<sup>4</sup>）；

$t_x$ ——横梁截面垂直于x轴腹板的截面总宽度（mm）；

$t_y$ ——横梁截面垂直于y轴腹板的截面总宽度 (mm) ;

$f$ ——型材抗剪强度设计值, 即 $f_a^v$ 或 $f_s^v$  (N/mm<sup>2</sup>)。

**7.3.5** 当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。

**7.3.6** 在重力荷载标准值作用下, 横梁竖向弯曲变形挠度不超过构件支承点跨度的  $L/500$ , 挠度绝对值不超过 3mm。在风荷载标准值作用下, 横梁的挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按下列规定采用:

$$\text{铝合金型材} \quad d_{f,lim} = L/180 \quad (7.3.6-1)$$

$$\text{钢型材} \quad d_{f,lim} = L/250 \quad (7.3.6-2)$$

式中  $L$ ——横梁的跨度 (mm), 悬臂构件可取挑出长度的 2 倍。

**7.3.7** 钢结构横梁与立柱采用焊接时, 每段横梁长度不宜大于 9m; 相邻横梁之间应留空隙或设置伸缩自由端。

**7.3.8** 隔热型材用隔热体不应承受或传递荷载, 应采取可靠构造, 将隔热体外的荷载传递到隔热体内侧的受力构件上。

**7.3.9** 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计算要求:

$$\sqrt{\left(\frac{S_v}{V_s}\right)^2 + \left(\frac{S_N}{N_s}\right)^2} \leq 1 \quad (7.3.9)$$

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。

单个螺栓、螺钉、铆钉与型材连接时尚应验算型材本体的抗剪、挤压的连接强度, 取各值中较小者为设计值。当横梁和立柱采用焊接连接构造时, 应按特定材料焊接要求进行计算)。

## 7.4 立柱结构设计

**7.4.1** 立柱截面有效受力部位的厚度, 应符合下列要求:

1 铝合金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; 铝合金型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受力连接时, 应进行螺纹

受力计算，其螺纹连接处的型材局部加厚部位的壁厚不应小于 4mm，宽度不应小于 13mm；

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

3 对偏心受压立柱，其截面的宽厚比应符合本规范表 7.2.1 的相应规定。

#### 7.4.2 立柱与主体结构的连接应符合下列要求：

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

2 当立柱的支承点可能产生较大位移时，应采用与该位移相适应的支承装置；

3 每段立柱的长度不宜大于 12m。多、高层建筑中，通长跨层布置立柱时，每层与主体结构的连接支承点不宜少于一个，每层设两个支承点时，上支承点宜采用圆孔，下支承点宜采用长圆孔。当主体结构允许时，宜加密立柱的连接支承点。

#### 7.4.3 上、下立柱之间的连接应符合下列要求：

1 采用铝合金闭口截面型材的立柱，应设置长度不小于 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；（芯管插入上下立柱的长度均不得小于 250mm）；

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

3 采用闭口截面钢型材的立柱，可采用本条第 1 款或第 2 款的连接方式；

4 两立柱接头部位应留空隙，空隙宽度不宜小于 15mm，并采用硅酮建筑密封胶密封。

7.4.4 立柱的结构力学计算模型，应符合其实际支承条件、连接方式。根据立柱的实际支承条件，可分别按单跨梁、双跨梁或多跨铰接梁计算由风荷载或地震作用产生的弯矩和剪力，并按其支承条件计算轴力。

#### 7.4.5 承受轴力和弯矩作用的立柱，其承载力应符合下式要求：

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{\gamma W_n} \leq f \quad (7.4.5)$$

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<sup>2</sup>)；

$W_n$ ——立柱在弯矩作用方向的净截面模量 (mm<sup>3</sup>)；

$\gamma$ ——截面塑性发展系数，可取1.05；

$f$ ——型材的抗弯强度设计值 $f_a^t$ 或 $f_s^t$  (N/mm<sup>2</sup>)。

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

$$\frac{N}{\varphi A_n} + \frac{M}{\gamma W (1 - 0.8N/N_E)} \leq f \quad (7.4.6-1)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{1.1\lambda^2} \quad (7.4.6-2)$$

式中  $N$ ——立柱的轴压力设计值 (N)；

$N_E$ ——临界轴压力 (N)；

$M$ ——立柱的最大弯矩设计值 (N·mm)；

$\varphi$ ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数，可按表7.2.8采用；

$A_n$ ——立柱的毛截面面积 (mm<sup>2</sup>)；

$W$ ——在弯矩作用方向上较大受压边的毛截面抵抗矩 (mm<sup>3</sup>)；

$\lambda$ ——长细比。等于构件侧向支承点之间的距离 (mm) 与截面回转半径 (mm) 的比值，即 $\lambda = L/i$ ；

$\gamma$ ——截面塑性发展系数，可取1.05；

$f$ ——型材的抗弯强度设计值 $f_a^t$ 或 $f_s^t$  (N/mm<sup>2</sup>)。

**表 7.4.6 轴心受压柱的稳定系数  $\varphi$**

长细比 $\lambda$	热轧钢型材		冷成型薄壁型钢		铝型材			
	Q235	Q345	Q235	Q345	6063-T5 6061-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6
20	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.96	0.95
40	0.90	0.88	0.89	0.87	0.85	0.80	0.86	0.82
60	0.81	0.73	0.82	0.78	0.72	0.65	0.69	0.58
80	0.69	0.58	0.72	0.63	0.57	0.48	0.48	0.38
90	0.62	0.50	0.66	0.55	0.50	0.41	0.39	0.31
100	0.56	0.43	0.59	0.48	0.43	0.35	0.33	0.25
110	0.49	0.37	0.52	0.41	0.38	0.30	0.28	0.21

续表 7.4.6

120	0.44	0.32	0.45	0.35	0.33	0.26	0.24	0.18
130	0.39	0.28	0.40	0.30	0.29	0.22	0.20	0.16
140	0.35	0.25	0.35	0.26	0.26	0.20	0.18	0.14
150	0.31	0.21	0.31	0.23	0.23	0.17	0.16	0.12

7.4.7 承受轴压力和弯矩作用的立柱，其长细比不宜大于 150。

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

$$\text{铝合金型材} \quad d_{f,lim} = L/180 \quad (7.4.8-1)$$

$$\text{钢型材} \quad d_{f,lim} = L/250 \quad (7.4.8-2)$$

式中  $L$ ——横梁的跨度 (mm)，悬臂构件可取挑出长度的 2 倍。

7.4.9 钢铝组合截面立柱构造应符合下列要求：

1 采用钢铝组合截面时，两种材料之间应采用绝缘材料隔离，以防止双金属防腐；

2 应考虑钢铝温度膨胀系数差异的影响；

3 钢铝组合截面尺寸应按其主受力型材强度计算确定。

7.4.10 钢铝组合截面立柱设计：

1 钢铝组合构造截面，不参与组合截面共同工作的部份，仍须按实际受力状况进行局部受力和连接部位计算；

2 钢铝共同工作的组合截面强度计算，可按刚度分配原理，分别按下式进行计算：

$$q_{al} = \frac{I_{al}E_{al}}{I_{al}E_{al} + I_sE_s} \cdot q \cdot \gamma_F \quad (7.4.10-1)$$

$$q_s = \frac{I_sE_s}{I_{al}E_{al} + I_sE_s} \cdot q \quad (7.4.10-2)$$

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)；

$E_{al}$ ——铝材的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；

$E_s$ ——钢材的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；

$I_{al}$ ——组合截面中铝材独立的截面惯性距(mm<sup>4</sup>)；

$I_s$ ——组合截面中钢材独立的截面惯性距(mm<sup>4</sup>)；

$\gamma_F$ ——修正系数取 1.05。

3 钢铝共同工作的组合截面，应按材料力学方法验算型材间的剪力传递，按计算要求设置抗剪螺栓或螺钉；

4 钢铝组合截面立柱的挠度限值为  $l/250$ 。

## 7.5 连接设计

**7.5.1** 立柱与主体结构的连接螺栓直径不应小于 12mm。立柱和连接件的螺栓孔应可调节，并与立柱受力相协调。

**7.5.2** 横梁可通过连接件、螺栓、螺钉或销钉与立柱连接，也可采用焊缝连接。采用螺栓连接时应有 1.5-2.0mm 间隙，满足变形伸缩要求，缝隙可以用柔性专用垫片或密封胶封闭。连接件应能承受横梁传递的剪力和扭矩，厚度不宜小于 3mm；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，且不得少于 2 个。采用焊缝连接时，焊缝承载力计算所采用的焊缝计算长度 ( $l_w$ )，取每条焊缝的实际长度减去 2 倍焊缝高度 ( $h_f$ )。焊缝应涂刷防锈涂料。

**7.5.3** 幕墙外侧装饰条、扣板与压板间的连接应安全可靠，可采用扣合或机械连接。当附加构件凸出面板超过 80mm 时应采用机械连接。

**7.5.4** 石材大板与相邻的小板之间连接应当采用锚固工艺，不得仅用胶粘接。

## 8 单元式幕墙

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 幕墙设计时应根据建筑形体选择采用单元式幕墙,根据构造要求选择单元式幕墙的类型。单元式幕墙的构造设计应满足安全、适用、美观的要求,并便于制作、安装、维修保养和局部更换。

**8.1.2** 单元式幕墙板块及相配套的装置和部件应在工厂内加工并完成组装,受运输或吊装影响的装饰构件或面材可在施工现场组装。保温、防火、防雷、灯光和电动开窗装置等的电气通路,宜与单元板块的安装同步施工。

**8.1.3** 单元式幕墙的荷载计算、选材、构造、结构及连接等设计除本章另有规定外,均应符合本规范其它章节的相关规定。

### 8.2 构造设计

**8.2.1** 单元式幕墙板块四周的框架宜选用闭合腔体的型材。单元式幕墙的横梁和立柱的构造设计应符合本规范7.2节和7.3节的相关要求。

**8.2.2** 单元板块的工艺防水:

1 单元式幕墙板块组框时横梁与立柱的接触面应密封处理,组框的螺钉或螺栓孔应有防雨水渗漏措施;

2 单元式幕墙板块四周框架采用闭合腔体型材时,型材端部应有可靠的防止雨水进入的封堵措施。受雨水侵蚀的拼装工艺孔应设有防水措施;

3 单元式幕墙的吊装孔和单元式幕墙与主体结构或其它系统的连接部位,应保持幕墙防水系统的完整;

4 单元式幕墙面材与框架及框架与框架连接处,应有可靠的密封措施。同一单元板块的明隐转换处密封措施应连续;

5 单元式幕墙的横梁和立柱采用断热措施时,断热条与铝合金型材接触面宜注胶。

**8.2.3** 单元式幕墙的系统防排水:

1 单元式幕墙组件的插接部位、对接部位应按多腔减压和雨幕原理进行构造设计;

2 易渗入雨水和凝聚冷凝水的部位,应设计导排水构造,导排水构造中应

无积水现象。横向内排水时，过桥与相邻两个单元板块的顶横梁间的搭接应有效密封；纵向内排水时，相邻两个单元立柱内的导排水插芯应该与单元立柱顶端有效密封，插芯与插芯之间对接时应有防止雨水外溢的技术措施。内排水方式宜采用同层横向排水，且排水孔距离纵向拼接缝不宜小于300mm。排水孔宜采用不小于12mm×40mm的椭圆孔，排水孔宜采用透水材料遮挡；

3 横向相邻两个单元板块拼装后左、右两个立柱组合后形成的腔体，前腔的水不应排入纵向相邻两个单元拼装后上、下两个横梁组合后形成的腔体的后腔内；

4 单元式幕墙的系统排水路径应该清晰有效。

**8.2.4** 横向隐框的玻璃面板底部应按6.2.x条设置承托件，当玻璃面板与单元框架间采用浮动连接时，承托件应能承受吊装时玻璃自重产生的动力荷载。

**8.2.5** 隐框、半隐框玻璃面板的周边应有防护构造，防护构造宜方便面板的更换。当采用刚性防护构造时，玻璃边缘与防护构造间的间隙不宜小于5mm，并采用柔性材料填塞；当玻璃面板与单元框架间采用浮动连接时，防护构造应能承受搬运时玻璃惯性力产生的动力荷载。

**8.2.6** 明框单元式幕墙面板周边宜与支撑框架的引出部分注胶密封。

**8.2.7** 明框幕墙压板与玻璃间采用胶条密封，且不满足8.2.6条时，玻璃周边与框架之间应设置柔性定位块，定位块长度应不小于100mm，每边不少于2块，定位块与框架之间应有可靠的固定连接。

**8.2.8** 单元板块的密封胶条穿入时应留有余量，单元板块每边的胶条不应有断缝，相邻边环通时应有可靠的组角措施。多单元共用同一胶条时，胶条应连续铺设，接口应有可靠的对接措施。多胶条相交时，接口应按有利防排水的原则采取可靠的对接措施。

**8.2.9** 单元式幕墙应根据密封性能、传力途径和装饰效果选择单向刚性插接缝、双向柔性挤压缝或组合插接缝。

单元式幕墙的接缝应进行最小缝宽、设计使用缝宽和最大缝宽等三级缝宽设计。最小缝宽不应导致立柱或横梁产生刚性挤压，最大缝宽不应使单元接缝传力或密封失效。

1 单向刚性插接缝设计（图8.2.9-1）：

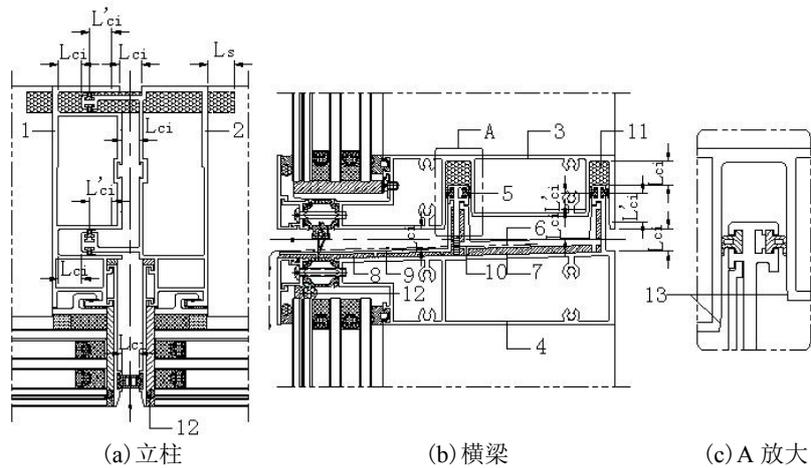


图 8.2.9-1 单向刚性插接缝示意图

1、2-立柱；3-底横梁；4-顶横梁；5-密封胶条；6-过桥；

7、8-密封胶；8-批水板；10-流水线；11-闭孔海绵；12-密封胶；13-导插构造

注：Lci为间隙，搭接量  $L'_{ci}$  为密封胶条中心至导插构造端点的距离。

1) 相邻单元拼接处立柱与横梁的设计使用缝宽  $L_{cmin}$  及有效搭接量  $L'_{cmin}$  应通过计算确定， $L_{cmin}$  应大于  $L'_{cmin}$ ，且横梁的有效搭接量应不小于15mm，立柱的有效搭接量应不小于10mm。 $L_{cmin}$  的计算方法如下：

$$L_{cmin} \geq \alpha b \Delta t + d C + d E + \Delta h - \Delta f \quad (8.2.9-1)$$

$$L'_{cmin} \geq \alpha b \Delta t + d C + d E + \Delta f \quad (8.2.9-2)$$

$$\Delta f = f b - f t \quad (8.2.9-3)$$

式中  $\alpha$ ——横梁或立柱的线膨胀系数 (1/OC)；

$b$ ——计算方向横梁或立柱的长度 (mm)；

$\Delta t$ ——工程所在地年温度变化 (OC)，按《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用；

$d C$ ——施工偏差 (mm)，可取2mm；

$d E$ ——考虑地震作用等其它因素影响的预留量(mm)， $d E \geq 2mm$ ；

$\Delta h$ ——在永久荷载、楼面活荷载、屋面活荷载、屋面雪荷载作用下，层间主体结构压缩量(mm)，适用于横梁间隙计算；

$\Delta f$ ——幕墙单元底部主体结构梁或板与幕墙单元顶部主体结构梁或板的竖向相对位移(mm)，适用于横梁间隙计算， $\Delta f < 0$ 时计入公式8.2.9-1， $\Delta f > 0$ 时计入公式8.2.9-2；

$f b$ ——幕墙单元底部主体结构梁或板的竖向位移，向下为正；

$f_t$ ——幕墙单元顶部主体结构梁或板的竖向位移，向下为正。

2) 过桥型材长度宜不小于150mm，过桥与单元的上横梁间宜设置成一端铰接固定，另一端可滑动的连接形式。过桥与单元板块的上横梁间应留有间隙并用硅酮密封胶密封，间隙 $C_b$ 根据过桥的两端伸缩情况按分别按①、②款计算，且不应小于3mm（图8.2.9-2）；

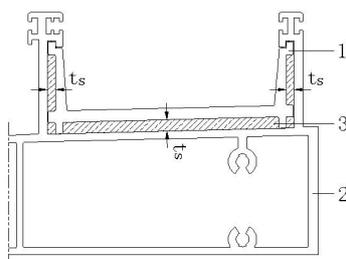


图 8.2.9-2 过桥型材与横梁胶缝示意图

1-过桥型材；2-顶横梁；3-硅酮密封胶

① 一端可以伸缩时，间隙  $t_s$  应按下式计算：

$$t_s \geq \frac{\alpha(b+l/2)\Delta t + d_E}{\sqrt{\delta(2+\delta)}} \quad (8.2.9-4)$$

式中  $t_s$ ——过桥型材与顶横梁间的间隙(mm)；

$\alpha$ ——顶横梁的线膨胀系数（1 / OC）；

$b$ ——单元板块的分格宽度（mm）；

$l$ ——过桥的长度（mm）；

$\Delta t$ ——幕墙的年温度变化（OC）；

$d_E$ ——考虑地震作用等其它因素影响的预留量(mm)， $d_E \geq 2\text{mm}$ ；

$\delta$ ——硅酮密封胶允许的变位承受能力。

② 两端可以伸缩时，间隙  $t_s$  应按下式计算：

$$t_s \geq \frac{\alpha(b+l)\Delta t + d_E}{2\sqrt{\delta(2+\delta)}} \quad (8.2.9-5)$$

3) 单元顶横梁排水坡度宜大于2.5%；

4) 相邻四个单元拼装的十字缝处应有可靠的密封措施。采用不透气不透水的柔性材料封堵时，柔性材料在长度方向单侧超出立柱宽度的尺寸 $L_s$ 应不小于50mm，且应不小于3倍立柱的有效搭接量；安装时的压缩量应不小于横梁的有效搭接量。不影响装饰效果时宜注胶密封；

5) 插接处型材的槽口或插接壁应有导插构造，对插时胶条不应有脱槽或剪切破坏现象；

6) 立柱、横梁的插接壁和过桥起传力作用时, 应进行抗剪和抗弯计算。

2 双向柔性挤压缝设计 (图8.2.9-3):

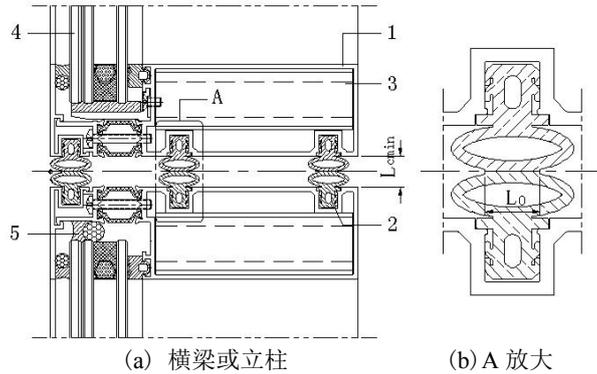


图 8.2.9-3 双向柔性挤压缝示意图

1-立柱或横梁; 2-挤压式密封胶条; 3-组角铝; 4-面板玻璃; 5-密封胶

1) 相邻单元拼接处横梁与立柱的设计使用缝宽 $L_{cmin}$ 应通过计算确定, 且不宜小于12mm,  $L_{cmin}$ 的计算方法如下:

$$L_{cmin} \geq \alpha b \Delta t + d C + d E + \Delta h - \Delta f + \sum \delta \quad (8.2.9-6)$$

式中  $\delta$  ——密封胶条壁厚 (mm)。

2) 柔性挤压缝密封胶条的硬度在最小缝宽时不应对玻璃造成挤压应力, 在设计使用缝宽时不宜导致立柱或横梁有明显的挤压变形, 其尺寸D应通过下式计算, 并应在最大缝宽时满足密封性能的要求 (图8.2.9-4):

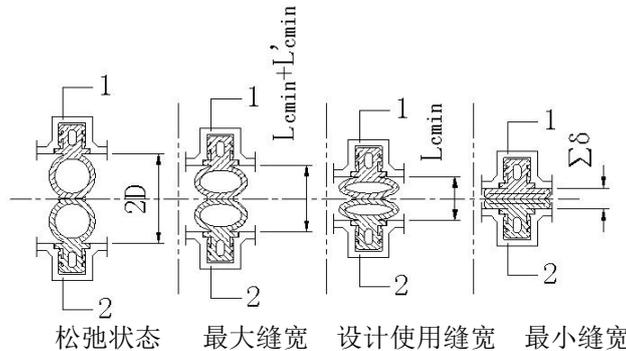


图 8.2.9-4 单元式幕墙的柔性挤压缝各状态胶条示意图

1-立柱或横梁; 2-挤压式密封胶条

$$D \geq \frac{2}{3} (L_{cmin} + L'_{cmin}) \quad (8.2.9-7)$$

式中  $L'_{cmin}$  的计算方法见式 8.2.9-2。

3) 柔性挤压缝密封胶条在设计使用缝宽和最大缝宽时的重叠量LO应大于横梁或立柱在幕墙面外荷载作用下的变形差;

4) 横梁和立柱的组角部位应密封处理, 组角强度应满足设计要求。柔性

挤压式密封胶条的组角措施应该可靠；

5) 采用柔性挤压缝的单元式幕墙不宜用在有明显的压缩量 ( $\Delta h$ ) 或幕墙连接点间相对位移 ( $\Delta f$ ) 的支撑结构上。

### 3 组合插接缝设计 (图8.2.9-5):

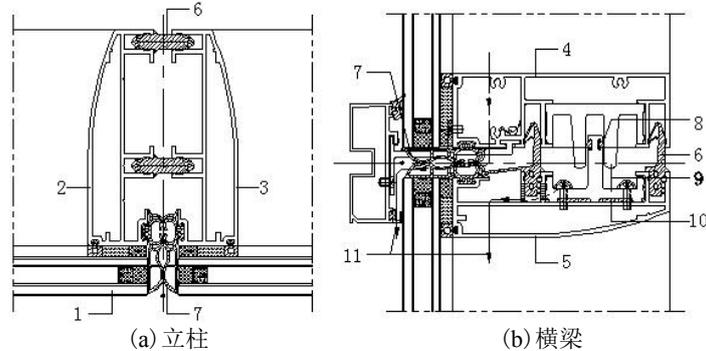


图 8.2.9-5 组合插接缝示意图

1-玻璃；2、3-立柱；4-底横梁；5-顶横梁；6-互插式密封胶条；7-挤压式密封胶条；  
8-密封胶条；9-定位传力插件；10-密封胶；11-流水线

1) 相邻单元拼接处横梁、立柱没有胶条覆盖部位和定位传力插件的设计使用缝宽 $L_{cmin}$ 、搭接量 $L'_{cmin}$ 之规定和计算方法见8.2.9条第1款；横梁和立柱有胶条覆盖部位的设计使用缝宽 $L_{cmin}$ 在8.2.9条第1款之规定和计算方法中累计胶条厚度；

2) 挤压式密封胶条起到密封作用时，应按式8.2.9条第2款计算其尺寸D和重叠量LO；不起密封作用时其直径D宜按下式计算：

$$D \geq \frac{1}{2} (L_{cmin} + L'_{cmin}) \quad (8.2.9-8)$$

式中  $L'_{cmin}$  的计算方法见式 8.2.9-2。

3) 横梁上的定位传力插件兼顾集排水作用时，与单元顶横梁的连接和密封方法应符合8.2.9条第1款中2) 的规定；

4) 互插式密封胶条与横梁或立柱槽口间应设计成一端限位一端滑移的形式，滑移端在最大缝宽时应满足密封要求；

5) 互插式密封胶条纵横交叉时应有可靠的交接密封措施，柔性挤压式密封胶条的组角措施应该可靠；

6) 当相邻两个横梁、立柱在荷载作用下的变形差大于3mm时，应设置定位传力插件。为相邻单元提供支反力的定位传力插件应就近设置。定位传力插件应进行抗弯、抗剪计算；与之配合的横梁壁应进行抗拉、抗弯、抗剪计算；采用

螺钉或螺栓固定时，应验算螺钉或螺栓的承拉、受剪、承压的承载能力，螺钉还应计算螺纹牙的受剪承载力。

### 8.3 结构设计

**8.3.1** 单元式幕墙的横梁和立柱的结构可按本规范的 8.4 和 8.5 节的规定计算。

**8.3.2** 单元式幕墙拼接处的横梁和立柱应分别按其在自身单元内所承受的面外荷载和作用进行承载力计算。相邻单元拼接处的横梁或立柱间有确保协同变形的构造措施时，还应按刚度分配后按各自承担的面外荷载和作用分别计进行承载力算。

$$q_1 = q \frac{I_1}{I_1 + I_2} \quad (8.3.2-1a)$$

$$\text{或 } F_1 = F \frac{I_1}{I_1 + I_2} \quad (8.3.2-1b)$$

$$q_2 = q \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad (8.3.2-2a)$$

$$\text{或 } F_2 = F \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad (8.3.2-2b)$$

式中  $q$ 、 $F$ ——作用在相邻单元拼接处组合横梁或立柱上的线荷载（N/mm）  
或集中荷载（N）；

$q_1$ 、 $q_2$ ——分配到组合横梁或立柱的单一组成部分上的线荷载（N/mm）；

$F_1$ 、 $F_2$ ——分配到组合横梁或立柱的单一组成部分上的集中荷载（N）；

$I_1$ 、 $I_2$ ——组合横梁或立柱的单一组成部分的截面惯性矩（ $\text{mm}^4$ ）。

**8.3.3** 单元式幕墙面内的荷载和作用不应由相邻单元拼接处的相邻横梁或立柱承担。

**8.3.4** 横梁和立柱的截面的宽厚比应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50428 的有关规定。

**8.3.5** 横梁和立柱的整体稳定应按《铝合金结构设计规范》GB50428 中的相关规定计算。

### 8.4 连接设计

**8.4.1** 单元式幕墙框架间、单元式幕墙与主体结构间连接处的构件、连接件、

焊缝、螺栓、螺钉、铆钉设计，应符合国家现行标准《铝合金结构设计规范》GB50429、《钢结构设计标准》GB50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的有关规定。单元式幕墙的连接设计除满足本节规定外，还用满足本规范的 X.X 节的规定。

#### 8.4.2 紧固件连接设计：

1 单元式幕墙框架间连接以及单元式幕墙与主体结构连接应采用不锈钢螺栓或盘头不锈钢螺钉连接，螺钉和螺栓应有防松脱措施。沉头、半沉头螺钉，自攻螺钉或抽芯铝铆钉不应用作受力连接；

2 单元式幕墙框架间连接螺钉的直径应不小于 5mm，每个连接点螺钉数量应不少于 2 个，主要连接点螺钉数量应不少于 3 个，并应通过计算确定。采用预挤压槽口连接时，螺钉与型材的连接长度宜不小于 40mm；

3 单元式幕墙与主体结构连接处，每一连接处螺钉或螺栓的数量应不少于 2 个，承力作用的螺钉或螺栓的直径应不小于 10mm，限位作用的螺钉或螺栓的直径宜不小于 6mm，并应通过计算确定。

#### 8.4.3 紧固件连接计算：

1 构件、连接件、螺钉、螺栓和铆钉的强度设计值应按《铝合金结构设计规范》GB50428 和《钢结构设计标准》GB50017 的规定采用；

2 构件、连接件、螺钉、螺栓和铆钉的承载力应按《铝合金结构设计规范》GB50428 和《钢结构设计标准》GB50017 的规定计算；

3 承受杆轴方向的拉力时，螺钉帽、螺帽及螺母下构件承压承载力设计值应按下式计算：

$$\text{螺钉：} \quad N_{cp}^S = A_b f_c^b \quad (8.4.3-1)$$

$$\text{螺栓：} \quad N_{cp}^b = A_b f_c^b \quad (8.4.3-2)$$

式中  $A_b$ ——螺钉帽、螺帽或螺母的承载面积（ $\text{mm}^2$ ），按《螺纹紧固件应力截面积和承载力面积》GB/T16823.1 计算或选取；

$f_c^b$ ——螺钉或螺栓承压强度设计值（ $\text{N/mm}^2$ ）。

4 采用螺钉连接时，还应进行螺纹牙受剪承载力设计值的计算：

$$N_v^{st} = n_v^{st} \pi d_4 e^s f_v^s \quad (8.4.3-3)$$

$$n_v^{st} = \frac{t}{p} - 1 \quad (8.4.3-4)$$

$$d_4 = d + \frac{\sqrt{3}}{8} p - \sqrt{3} e^s \quad (8.4.3-5)$$

$$e^s = \frac{f_v p}{f_v^s + f_v} \quad (8.4.3-6)$$

式中  $n_v^s$  ——受剪螺纹牙数目；

$t$  ——螺钉与构件带有螺纹处咬合厚度（mm），主要受力连接处不应小于 4mm；

$p$  ——螺距（mm）；

$d_4$  ——螺钉与构件等效受剪承载力处直径（mm）；

$d$  ——螺钉公称直径（mm）；

$e^s$  ——螺钉与构件等效受剪承载力处螺钉螺纹牙受剪宽度（mm）；

$f_v$  ——连接构件的抗剪强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_v^s$  ——螺钉的抗剪强度设计值（N/mm）。

**8.4.4** 单元板块在运输和吊装过程中，应该采取有效措施保证单元板块的整体性。

**8.4.5** 单元框架连接处螺钉的拉力和剪力应按如下 3 款进行计算并组合：

1 单元范围内不需要组框承受弯矩保证单元形状时，通过被连接杆件的单元面内轴力计算螺钉的拉力，通过被连接杆件的单元面内剪力、面外剪力和面外扭矩计算螺钉的剪力；

2 在单元范围内需要组框处承受弯矩保证单元形状时，还应通过组框处弯矩计算螺钉的拉力；

3 组框处承受相邻单元的支反力时，还应通过支反力产生的弯矩或扭矩计算螺钉的拉力或剪力。

**8.4.6** 单元式幕墙与主体结构连接组件一般由挂件、转接件和预埋件或预置钢板三部分组成，连接组件应具备三维可调功能。三维应不小于±25mm，且挂件与转接件的水平方向调节量宜不小于相邻两个单元板块间安装时最小相对位移量。

**8.4.7** 单元式幕墙与主体结构连接组件宜设计成使单元板块绕水平轴转动的构造形式。

**8.4.8** 单元式幕墙与主体结构连接组件及埋件应在最不利的荷载和作用组合

和最不利的偏差位置进行强度计算，确保连接安全。

**8.4.9** 平行单元板块平面方向，单元式幕墙与主体结构的连接应设计成一端防滑移，一端可吸收单元温度变形的构造形式，防滑移构造应能承受滑移方向的荷载和作用。单元式幕墙与主体结构的连接应有防脱落措施。

**8.4.10** 单元式幕墙与主体结构的连接处的挂件和转接件采用铝合金型材时壁厚不应小于 10mm，采用钢材时不应小于 8mm，并应通过受力计算确定。单元式幕墙与主体结构的连接还应符合本规范 7.3 节的相关规定。

## 9 双层幕墙

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 根据建筑物所在地的地理、气候和环境条件，结合保温、隔热、新风和隔声等性能要求，经综合的经济技术分析，选择采用双层幕墙的构造类型和通风形式。

**9.1.2** 采用双层幕墙的建筑，其建筑设计效果应与周围环境相协调，并根据建筑立面效果、防火要求、热工性能、光学性能、隔声性能及其它舒适性要求，确定双层幕墙的立面划分、热通道通风形式、热通道的长度和宽度、热通道的循环高度以及进出风口的尺寸。

**9.1.3** 采用双层幕墙应有利提高建筑物的舒适度和节能性能。双层幕墙宜具备室内外自然通风换气功能；双层幕墙的设计应有效利用太阳辐射热，减少太阳辐射热对室内环境的负面影响。

**9.1.4** 以隔热为主时应采用外通风双层幕墙，以保温为主时宜采用内通风双层幕墙或进出风口有关闭功能的双层幕墙。

**9.1.5** 玻璃选用：

1 外通风双层幕墙的外层幕墙宜采用单层玻璃，内层幕墙应采用 LOW-E 中空玻璃；

2 内通风双层幕墙的外层幕墙应采用中空玻璃或 LOW-E 中空玻璃，内层幕墙可采用单层玻璃；

3 宽腔双层幕墙的外层幕墙应采用夹层玻璃及其制品，窄腔双层幕墙的外层幕墙宜采用夹层玻璃及其制品。

**9.1.6** 双层幕墙宜设置中间遮阳装置，遮阳产品的控制系统应满足现行行业标准《建筑遮阳产品电力驱动装置技术要求》JG/T276、《建筑遮阳产品用电机》JG/T276、《建筑遮阳通用要求》JG/T274 的要求。

**9.1.7** 泛光照明设备应可靠的安装在幕墙构件上，线路及灯具的布置和安装不得影响建筑外立面效果和双层幕墙的物理性能，泛光照明系统的安装和布置应考虑维修和更换措施。

**9.1.8** 根据双层幕墙的不同结构形式，应设置可供双层幕墙清洗和维护的配套装置和设施。

**9.1.9** 双层幕墙的荷载作用计算、作用效用组合、选材、构造、结构及连接等设计除本章另有规定外，均应符合本规范其它章节的相关规定。

## **9.2 构造设计**

**9.2.1** 双层幕墙的构造设计应满足安全、适用、美观的要求，并便于制作、安装、维修保养和局部更换。

**9.2.2** 单元式双层幕墙应自身连接牢固，构造完整，并具有吊装装置。

**9.2.3** 单元式双层幕墙的接缝设计应符合本规范的第 8 章的规定，并应符合下述 3 款的要求：

1 外通风双层幕墙的单元接缝处的密封构造措施应位于内层幕墙的密封界面上，外层幕墙的接缝处宜设置挡、排水构造；

2 内通风双层幕墙的单元拼接缝处的密封构造措施应位于外层幕墙的密封界面上，内层幕墙的接缝处宜设置密封、装饰构造措施；

3 混合通风双层幕墙的单元接缝处，在内外层幕墙的密封界面上均应设置密封构造措施。

**9.2.4** 外通风双层幕墙的进出风口部位，宜采用防水、挡水和导排水构造措施。外通风双层幕墙热通道内和其它可能渗入雨水或产生冷凝水的部位，应采取有效的导排水构造措施。

**9.2.5** 双层幕墙与主体结构变形缝相对应的构造缝应能适应主体结构的变形要求，构造缝可采取柔性连接构造或设计成易修复的构造。双层幕墙的面板及支撑框架不应跨越主体结构的变形缝。

**9.2.6** 热通道应根据形成气体流动的条件和驱动形式合理设计气流路线，进出风口宜设置导流装置。采用机械通风的热通道系统，应与建筑暖通系统结合设计，进出风口的尺寸应与设计风速相匹配。

**9.2.7** 宽腔双层幕墙热通道净宽应不小于 450mm，内层应设置出入热通道的检修、维护门，检修、维护门的位置宜与外层消防救援窗的位置相对应，并结合消防救援窗设计热通道内的救援马道。

热通道内的检修维护通道应能承受检修荷载，救援马道的承载能力应满足上人楼面的要求，并应不小于 2.0KN/m<sup>2</sup>。门应设计成内外均可开启的形式。

**9.2.8** 窄腔双层幕墙热通道两侧面层间净宽不应小于 240mm，不宜大于 400mm。

内层幕墙的每个分格内均应设置检修、维护门。

**9.2.9** 进出风口设置开关装置时，开关装置应开关灵活、关闭严密。进出风口有消防排烟功能时，开关装置应便于手动开启或与消防联动控制。

**9.2.10** 进出风口位于不便于清理维护位置时，宜设置隔离网，防止鸟类或其它杂物进入。

**9.2.11** 置于热通道内的活动遮阳装置应设有导向和防摆动构造，外通风双层幕墙的遮阳装置 4 的位置宜靠近外层幕墙，内通风双层幕墙的遮阳装置的位置宜靠近内层幕墙，遮阳百叶的边缘距离幕墙表面的距离不应小于 30mm。遮阳装置应可维修和更换。

**9.2.12** 双层幕墙的保温构造应可靠固定，并采取有效的防潮措施。

### 9.3 结构设计

**9.3.1** 双层幕墙的内外层幕墙承受的风荷载标准值可按照本规范的规定确定，也可比照类似条件的风洞试验资料确定；条件具备时，宜由风洞试验确定；对于重要且风环境恶劣的建筑，应由有风洞试验确定。

**9.3.2** 双层幕墙的风荷载标准值应区分主要受力结构或维护结构，分别按现行的国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 和本规范 5.2 节的规定计算。

**9.3.3** 内通风双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值应根据自身的结构类型按 9.3.2 条的规定计算，并符合下列规定：

1 内通风双层幕墙的外层幕墙应承受完全的风荷载，且风荷载标准值不应小于  $1.0\text{KN/m}^2$ ；

2 内通风双层幕墙的内层幕墙承受的风荷载标准值可按 50%进行折减，且折减后的风荷载标准值不应小于  $0.8\text{kN/m}^2$ 。

**9.3.4** 外通风双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值应根据自身的结构类型按 9.3.2 条的规定计算，并符合下列规定：

1 外通风双层幕墙的外层幕墙应承受完全的风荷载；

2 外通风双层幕墙的内层幕墙为主要受力结构时，内层幕墙应承受完全的风荷载；外通风双层幕墙的内层幕墙为围护结构时，内层幕墙承受的风荷载标准值可按 80%进行折减；

3 外通风双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值均不应小于  $1.0\text{KN/m}^2$ 。

**9.3.5** 内外通风转换的双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值应按本规范的 9.3.4 条规定确定。

## **9.4 连接设计**

**9.4.1** 双层幕墙的结构与构造连接的连接件、焊缝、螺栓、螺钉设计应符合国家现行标准《铝合金结构设计规范》GB50429、《钢结构设计标准》GB50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的有关规定，并应满足本规范的相关规定。

**9.4.2** 内外层幕墙组成单元体的连接件、螺栓、螺钉应符合：

1 连接边的连接件的数量应根据被连接构件的受力需要确定，且不少于两处。铝合金板材连接件的壁厚不应小于 8mm，铝合金型材连接件的壁厚不应小于 6mm；钢连接件的壁厚不应小于 6mm；

2 每处连接件上的螺栓或螺钉直径不应小于 8mm，数量不应少于两个。

**9.4.3** 双层幕墙的构造连接：

1 马道连接边的连接件数量应根据受力需要确定，且不少于两处。铝合金连接件的壁厚不应小于 4mm，钢连接件的壁厚不应小于 3mm；每处连接件上的螺栓或螺钉的直径不应小于 5mm，数量不少于 2 个；

2 风口、热通道内隔板、遮阳设施连接边的连接件数量应根据受力需要确定，且不少于两处。铝合金连接件的壁厚不应小于 3mm，钢连接件的壁厚不应小于 2.5mm；每处连接件上的螺栓或螺钉的直径不应小于 5mm。

**9.4.4** 连接件应满足抗拉、抗剪、抗弯、抗扭的承载力要求，焊缝、螺栓、螺钉应具有与连接件相匹配的承载能力。

## 10 全玻璃幕墙

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 玻璃高度大于表 10.1.1 限值的全玻璃幕墙应采用悬挂在主体结构上的形式。

表 10.1.1 下端支承全玻璃幕墙的最大高度

玻璃厚度 (mm)	10	12、10	19
最大高度 (m)	4	5	6
注：玻璃厚度指单片玻璃厚度、夹层玻璃或中空玻璃的等效厚度			

**10.1.2** 面板玻璃的厚度应不小于 10 mm，夹胶玻璃单片厚度应不小于 8 mm。中空玻璃单片厚度不应小于 8 mm。

**10.1.3** 全玻璃幕墙的玻璃肋宜采用夹层玻璃。采用金属件连接的玻璃肋应采用钢化夹层玻璃。玻璃肋应采用超白钢化玻璃或均质钢化玻璃。

**10.1.4** 承受吊挂全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，其挠度限值应取其跨度的 1/250。吊夹应符合《吊挂式玻璃幕墙支承装置》JG139 的有关规定。

### 10.2 构造设计

**10.2.1** 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应不小于 8 mm；下支撑式玻璃与下槽底应采用不少于两块硬质橡胶垫块，垫块长度应不小于 200 mm，厚度应不小于 10 mm，吊挂玻璃下端与下槽底垫块之间的空隙应满足玻璃受变形的要求，且不得小于 10 mm，玻璃入槽深度不小于 10 mm，槽壁与玻璃间应采用弹性垫块支承或填塞，且用硅酮密封胶密封。玻璃自重不应由结构胶缝承受。

**10.2.2** 全玻璃幕墙的面板及玻璃肋不得与其他刚性材料直接接触。面板与装修面或结构面之间的空隙应不小于 8 mm，且应采用密封胶密封。

**10.2.3** 面板玻璃通过胶缝与玻璃肋相联结时，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规范第 6.2.2 条和第 6.2.3 条的规定计算，公式中的值应取为玻璃面板的跨度，系数和可分别取为 0.125 和 0.013；面板为夹层玻璃或中空玻璃时，可按本规范第 6.2.4 条或 6.2.5 条的规定计算。

10.2.4 玻璃肋用金属连接件应采用不低于06Cr19Ni10(室内)或06Cr17Ni12Mo2(室外)的不锈钢材料,厚度应不小于6 mm。连接螺栓应采用不锈钢螺栓,直径不小于10 mm。

### 10.3 结构设计

10.3.1 全玻璃幕墙玻璃肋的截面厚度应不小于 12 mm,夹胶玻璃肋单片厚度不应小于8mm,玻璃肋截面高度应不小于 100 mm。

10.3.2 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。

10.3.3 全玻璃幕墙玻璃肋的截面高度  $h_r$  (图 10.3.3)可按下列公式计算:

$$h_r = \sqrt{\frac{3qlh^2}{8f_g t}} \quad (\text{双肋}) \quad (10.3.3-1)$$

$$h_r = \sqrt{\frac{3qlh^2}{4f_g t}} \quad (\text{单肋}) \quad (10.3.3-2)$$

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<sup>2</sup>);

$l$  ——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<sup>2</sup>);

$t$  ——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)。

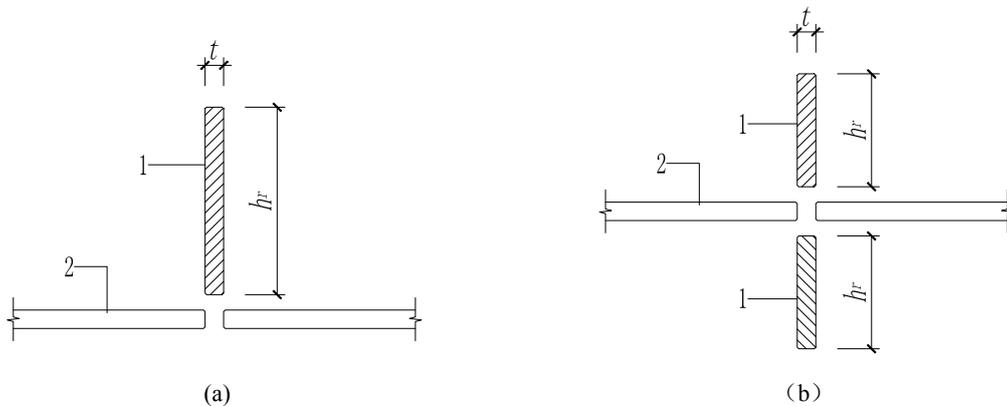


图10.3.3 全玻璃幕墙玻璃肋截面尺寸示意

(a)单肋; (b) 双肋

1——玻璃肋; 2——玻璃面板

**10.3.4** 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:

$$d_f = \frac{5}{32} \times \frac{\omega_k l h^4}{E t h_r^3} \quad (\text{单肋}) \quad (10.3.4-1)$$

$$d_f = \frac{5}{64} \times \frac{\omega_k l h^4}{E t h_r^3} \quad (\text{双肋}) \quad (10.3.4-2)$$

式中  $\omega_k$ ——风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>);

$E$ ——玻璃弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)。

**10.3.5** 在风荷载标准值作用下, 玻璃肋的挠度不宜大于其计算跨度的 1/200。

**10.3.6** 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。

**10.3.7** 高度大于 8 m 的玻璃肋宜考虑平面外的稳定验算, 高度大于 12 m 的玻璃肋, 应进行平面外的稳定验算, 并采取防止侧向失稳的构造措施。

**10.3.8** 采用胶缝传力的全玻璃幕墙, 其胶缝必须采用硅酮结构密封胶。

**10.3.9** 全玻璃幕墙胶缝承载力要求:

1 与玻璃面板平齐或突出的玻璃肋:

$$\frac{q l}{2 t_1} \leq f_1 \quad (10.3.9-1)$$

2 后置或骑缝的玻璃肋:

$$\frac{q l}{2 t_2} \leq f_1 \quad (10.3.9-2)$$

式中  $q$ ——垂直于玻璃面板的分布荷载设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

$l$ ——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<sup>2</sup>。

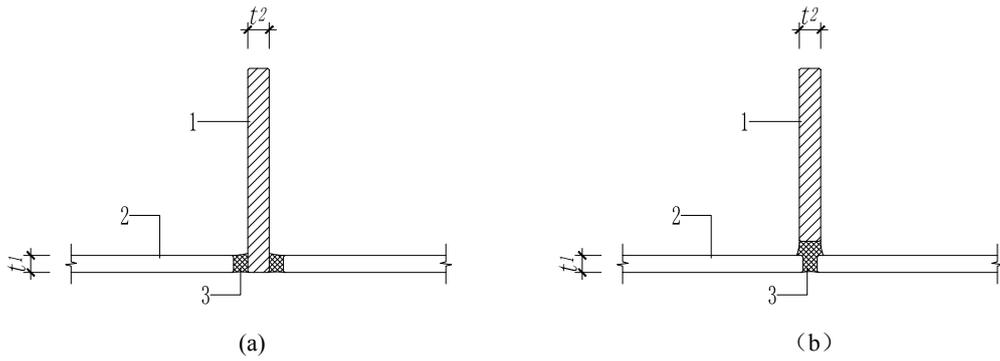


图10.3.9 全玻璃幕墙玻璃肋示意

(a)与玻璃面板平齐或突出的玻璃肋；(b)后置或骑缝的玻璃肋

1——玻璃肋；2——玻璃面板；3——结构胶

**10.3.10** 胶缝宽度不满足 10.3.9 条要求时，可采取附加玻璃板条或不锈钢条等措施，加大胶缝宽度。胶缝厚度不应小于8mm。

**10.3.11** 吊挂式全玻璃幕墙的面板与玻璃肋与主体结构间应设置刚性水平传力结构。

**10.3.12** 吊挂全玻璃幕墙的主体结构和结构构件应有足够的刚度，每块玻璃应吊挂在同一结构体上。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  $1/250$ 。

**10.3.13** 采用金属件连接的玻璃肋，连接接头应能承受截面的弯矩设计值和剪力设计值。接头应进行螺栓受剪和玻璃孔壁承压计算，玻璃验算应取端面强度设计值。

## 11 点支承玻璃幕墙

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 矩形玻璃面板可采用四点支承；三角形面板可采用三点支承。玻璃面板支承孔边缘与板边的距离不应小于 80 mm。单块玻璃最大许用面积应符合《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T455的规定。

**11.1.2** 点支承幕墙玻璃单片厚度应不小于 8 mm；采用夹层玻璃和中空玻璃时，其单片厚度应不小于 8 mm。玻璃与玻璃的间隙宽度应不小于 12 mm，且应采用硅酮密封胶密封。

**11.1.3** 支承结构可选用刚性杆件系统、玻璃肋、钢管桁架、索杆桁架或索网。驳接系统可选用钻孔式或夹板式。主体结构应能承受索杆桁架或索网体系的预拉力和荷载作用。幕墙高度大于15米时不得采用玻璃肋。

**11.1.4** 支承结构为玻璃肋时可按本规范 10.2 和 10.3 节的规定设计。钢管桁架支承结构体系可采用线性方法计算分析。索结构支承体系应采用几何非线性方法计算分析，对初始预拉力及荷载作用下进行计算，设计时，需标明环境温度条件下，不同索杆所对应预应力值。

**11.1.5** 点支承玻璃支承孔周边应可靠密封。点支承玻璃为中空玻璃时，其支承周边应采取多道密封及隔热措施。

**11.1.6** 点支承玻璃幕墙不宜设置开启窗。确需设置时，应有可靠的防水密封措施，开启扇宜设置披水条。

### 11.2 构造设计

**11.2.1** 支承装置可采用钻孔式或夹板式,应符合现行行业标准《点支式玻璃幕墙支承装置》JG/T 138 的规定。

**11.2.2** 驳接头的钢材与玻璃之间宜设置弹性材料的衬垫或衬套，衬垫和衬套的厚度不宜小于 1mm。

**11.2.3** 除承受玻璃面板所传递的荷载或作用外，支承装置不应兼做其他用途。

**11.2.4** 采用驳接头连节时，驳接头与玻璃面板的间隙应能满足在风荷载作用下支承点处的转动变形要求,并考虑施工偏差造成的不利因素。

**11.2.5** 采用夹板点支承方式连接时，应符合下列规定：

- 1 金属夹板与玻璃面板之间的间隙应满足风荷载作用下面板转动变形要求，并考虑施工偏差带来的不利影响；
- 2 玻璃与夹板槽口的间隙应满足本规范第 6.2.16、6.2.17 的规定。
- 3 夹板与玻璃之间宜设置弹性材料的衬垫。

### 11.3 结构设计

**11.3.1** 点支承玻璃幕墙的支承结构应单独进行计算，玻璃面板不应兼做支承结构，复杂的支承结构宜采用有限元方法进行分析。

**11.3.2** 玻璃肋支承结构可按本规范第 10.3 节的规定进行设计。

**11.2.3** 支承钢结构的设计应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规程》GB50018 和《索结构技术规程》JGJ 257 的有关规定。

**11.3.4** 型钢或钢管作为支承结构时，应符合下列规定：

- 1 端部与主体结构的连接构造应能适应主体结构的位移；
- 2 竖向构件宜按偏心受压构件或偏心受拉构件设计；水平构件宜按双向受弯构件设计，有扭矩作用时，应考虑扭矩的不利影响；
- 3 受压杆件的长细比  $\lambda$  不宜大于 150；
- 4 在风荷载标准值作用下，挠度不宜大于其跨度的 1/200。计算时，悬臂结构的跨度应取其悬挑长度的 2 倍。

**11.3.5** 桁架或空腹桁架设计应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 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；
- 3 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  $30^\circ$ ；
- 4 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；
- 5 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；
- 6 当桁架或空腹桁架平面外的不动支承点相距较远时，应设置平面外正交

方向的稳定支撑结构；

7 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其悬挑长度的 2 倍。

#### 11.3.6 张拉索杆体系设计应符合下列规定：

1 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；

2 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、锌-5%铝-混合稀土合金镀层高强钢绞线，也可采用铝包钢绞线或其他具有防腐性能的钢绞线。不锈钢绞线的钢丝直径不宜小于 1.2mm，钢绞线直径不宜小于 8mm；

3 拉杆应符合《钢拉杆》GB/T20934 及《建筑用钢质拉杆构件》JG/T389 的规定，拉索不得焊接，应采用冷挤压锚具、热铸锚，也可夹片式锚具等形式连接；

4 自平衡体系、索杆体系的受压杆件的长细比不应大于 150；

5 拉索幕墙的不锈钢绞线和拉索头应符合《建筑用不锈钢绞线》JG/T200 和《建筑幕墙用钢索压管接头》JG/T201 规定；

6 钢绞线拉索折线处可设置锚具或连续穿孔，连续穿孔处应采用弧形过渡。

#### 11.3.7 张拉索杆体系结构分析应符合下列规定：

1 结构力学分析时宜考虑几何非线性的影响；

2 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；

3 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；

4 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；

5 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、温度荷载作用的标准组合。

#### 11.3.8 索桁架设计应符合下列规定：

1 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；

2 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；

3 索桁架矢高宜取跨度的  $1/10\sim 1/20$ ；

4 索桁架的挠度不应大于其跨度的  $1/200$ 。

**11.3.9** 自平衡索桁架设计应符合下列规定：

- 1 自平衡索桁架矢高宜取跨度的  $1/10\sim 1/20$ ；
- 2 中心压杆应按压弯构件进行设计；
- 3 自平衡索桁架一端应设置可沿纵向滑动的铰支座；
- 4 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
- 5 自平衡索桁架挠度不应大于其跨度的  $1/200$ 。

**11.3.10** 单层曲面索网设计应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 应进行张拉及加载过程的施工过程模拟分析工作；
- 3 索网纵横两个方向的索中应力分布宜分别相对均匀；
- 4 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；
- 5 单层平面索网挠度不应大于其短向跨度的  $1/45$ ，单层曲面索网的挠度不宜大于其短向跨度的  $1/200$ 。

**11.3.11** 单向竖索设计应符合下列规定：

- 1 玻璃面板采用单向竖索支承时，竖索跨度不宜大于  $15\text{m}$ ；
- 2 玻璃面板宜采用夹层玻璃；
- 3 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；
- 4 单向竖索的挠度不应大于其跨度的  $1/45$ 。

## 12 采光顶与金属屋面

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 采光顶及金属屋面应满足现行规范《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ255、《建筑玻璃采光顶》JG/T231的要求。

**12.1.2** 采光顶与金属屋面工程的面板、隔热、保温材料，应采用不燃性或难燃性材料。

**12.1.3** 采光顶、雨篷用玻璃应当采用由半钢化玻璃、超白钢化玻璃或者均质钢化玻璃合成的安全夹层玻璃。玻璃采光顶及雨篷应在玻璃下部设置防止坠落构造措施。

**12.1.4** 采光顶面向地面的玻璃应采用夹层玻璃。采光顶、雨篷用玻璃不应采用倒挂式点支承系统，不应采用玻璃肋做支承结构。

**12.1.5** 采光顶、金属屋面的透光部分及开启窗的设置应满足使用功能和建筑效果的要求，有消防要求的开启窗应与消防系统联动。玻璃采光顶应设置遮阳措施。

**12.1.6** 压型金属屋面板可根据设计要求选用直立锁边板、卷边板或暗扣板等结构形式。金属板颜色应满足《浙江省工业建筑色彩设计技术导则》和有关规划设计要求，不得使用蓝色等彩色屋面。

**12.1.7** 单块玻璃面积不宜大于  $2.5\text{m}^2$ ，长边边长不宜大于2m。

### 12.2 构造设计

**12.2.1** 采光顶用玻璃面板单片玻璃厚度和中空玻璃的单片厚度不应小于6mm，夹层玻璃的单片厚度不应小于5mm。中空玻璃的空气层厚度不应小于12mm，夹层玻璃的胶片厚度不应小于0.76mm。

**12.2.2** 采光顶用玻璃面板宜采用框支承体系。点支承矩形玻璃面板宜采用四点支承，三角形玻璃面板宜采用三点支承，相邻支承点间的板边距离，不宜大于1.5m。点支承玻璃可采用钢爪支承装置或夹板支承装置。采用钢爪支承时，孔边至板边的距离不应小于80mm，不宜采用六点支承。

**12.2.3** 采光顶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。

**12.2.4** 隐框玻璃采光顶用结构胶的计算应符合《采光顶与金属屋面技术规程》

JGJ255的规定。板缝的有效宽度不小于12mm,夹板式连接的面板玻璃胶缝应不小于15mm。隐框玻璃采光顶的玻璃悬挑尺寸不应超过200mm。

**12.2.5** 支承采光顶的自平衡索结构、大跨度桁架与主体结构的连接部位应具备适应结构变形的能力。

**12.2.6** 单层金属板宜四周折边或设置边肋,折边高度不宜小于20mm,金属屋面铝板厚度不宜小于3.0mm。铝蜂窝复合板可折边或将面板弯折后包封板边。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。铝蜂窝复合板背板刻槽后剩余的铝板厚度不应小于0.5mm。铝蜂窝复合板的芯材不宜直接暴露于室外,不折边的复合板宜在其周边采用铝型材镶嵌固定。

**12.2.7** 金属平板可根据受力要求设置加强肋。加强肋可采用金属方管、槽形或角形型材,加强肋的截面厚度不应小于1.5mm。加强肋应与面板可靠连接,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他相交中肋的连接应满足传力要求。

**12.2.8** 压型屋面板用铝合金板、钢板的厚度宜为0.6mm~1.2mm。且宜采用长尺寸板材,应减少板长方向的搭接接头数量。直立锁边铝合金板的基板厚度不应小于0.9mm。

**12.2.9** 防水系统宜采用两道以上的防水构造,可采用硅酮密封胶和密封胶条等防水材料进行密封。防水系统应能够适应结构变形、温度变化等产生的位移。

**12.2.10** 采光顶、金属屋面宜设排水沟。排水沟采用不锈钢板,厚度不应小于2.0mm,沟底板的排水坡度应大于1%。截面尺寸应根据排水量计算确定,并在长度方向上应考虑设置伸缩缝,天沟连续长度不宜大于20m。

**12.2.11** 采光顶、金属屋面应根据工程实际情况确定排水方向及坡度,排水坡度不应小于3%,并应防止由于单块面板和构件在长期荷载作用下产生的挠度而导致积水,必要时可适当加大排水坡度,并满足《建筑屋面雨水排水系统技术规程》CJJ142-2014的规定。

**12.2.12** 玻璃或金属面板雨篷应符合下列要求:

- 1 雨篷不宜采用后置埋件,如采用后置埋件,应采取加强措施;
- 2 雨篷荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的规定计算;
- 3 雨篷外挑总长度超过3米时宜设置拉杆,拉杆应对称布置,拉杆应进行结构计算;

- 4 雨篷采用夹层玻璃时,外露夹层玻璃应进行封边处理;
- 5 雨篷排水可设计为有组织、无组织排水,排水坡度不应小于3%。排水天沟应采用不锈钢板制作,厚度不应小于2.0mm,排水沟尺寸应符合排水建筑要求;
- 6 玻璃雨篷的玻璃悬挑尺寸应进行计算确定,且不应大于200mm。

### 12.3 结构设计

**12.3.1** 采光顶和金属屋面应按围护结构进行结构设计,并满足承载力、刚度、稳定性和相对位移的要求。采光顶与金属屋面的抗风压、水密、气密、热工、空气声隔声等性能分级应符合国家现行产品标准《建筑幕墙》GB/T21086 的规定。采光顶性能试验应符合现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T15227 的规定,金属屋面的性能检测应符合《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ255附录A的规定。

**12.3.2** 采光顶、金属屋面承载力应符合下列规定:

1 风荷载标准值 $W_k$ 应按符合国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。风荷载负压标准值不应小于 $1.0\text{kN/m}^2$ ,正压标准值不应小于 $0.5\text{kN/m}^2$ ;

2 采光顶玻璃活荷载的设计应符合下列规定:

1) 上人采光顶玻璃应按《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113规定的地板玻璃进行设计。玻璃面板最大应力不得超过长期荷载作用下的强度设计值。采用点支式连接时,还应计算玻璃的边缘强度;

2) 不上人采光顶玻璃应按下列情形计算:

与水平面夹角小于 $30^\circ$ 的屋面玻璃,在玻璃板最不利点直径150mm 的区域内,应能承受垂直于玻璃面为 $1.1\text{kN}$ 的活荷载标准值。

与水平面夹角大于等于 $30^\circ$ 的屋面玻璃,在玻璃板最不利点直径150mm 的区域内,应能承受垂直玻璃面为 $0.5\text{kN}$ 的活荷载标准值;

3 金属屋面应能在 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的区域内承受 $1.0\text{kN}$ 的活荷载,并不得出现任何缝隙、永久屈曲变形等破坏现象;

4 在最不利荷载标准值作用下,采光顶与金属屋面支承结构及面板的最大挠度应符合表 12.3.2 的规定;

5 应考虑局部积雪、积水等不利情况。

**表12.3.2 采光顶与金属屋面支承结构、面板相对挠度要求**

支承构件或面板			最大相对挠度 (L为跨距)
支承构件	单根支承金属构件	铝合金型材	L/180
		钢型材	L/25
玻璃面板	简支矩形		短边/60
	简支三角形		长边对应的高度/60
	点支承矩形		长边支承点跨距/60
	点支承三角形		长边对应的高度/60
独立安装的 光伏玻璃	简支矩形		短边/60
	点支承矩形		长边/60
金属面板	金属压型板	铝合金平板	L/180
		钢板,坡度 $\leq 1/20$	L/250
		钢板,坡度 $\leq 1/20$	L/200
	金属平板		L/60
	金属平板中肋		L/120

**12.3.3** 采光顶与金属屋面水密性能设计取值按《建筑幕墙》GB/T21086的规定，同时满足如下要求：

1 热带风暴和台风袭击的地区，采光顶与金属屋面的水密性能设计取值不应小于2000Pa；

2 其他地区，采光顶与金属屋面的水密性能设计取值不宜低于1500Pa。

**12.3.4** 有热工要求的玻璃采光顶、金属屋面的热工性能，应满足建筑节能设计要求，同时应符合浙江省标准《公共建筑节能设计标准》DB/331038及《居住建筑节能设计标准》DB33/1015-2003的规定。

**12.3.5** 采光顶、金属屋面的空气层隔声性能应满足建筑物的隔声要求。

**12.3.6** 采光顶传热系数、遮阳系数和可见光透射比可按现行行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 的规定进行计算，金属屋面应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50136 的规定进行热工计算。

**12.3.7** 采光顶与金属屋面防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和现行行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定。防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定和有关

法规的规定。

**12.3.8** 采光顶或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 级保温材料设置水平防火隔离带。采光顶或金属屋面与防火分隔构件间的缝隙，应进行防火封堵。防烟、防火封堵构造系统的填充材料及其保护性面层材料，应采用耐火极限符合设计要求的不燃烧材料或难燃烧材料。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。

**12.3.9** 对于有通风、排烟设计功能的金属屋面和采光顶，其通风和排烟有效面积应满足建筑设计要求。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、电动和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。

**12.3.10** 采光顶或金属屋面的雪荷载、施工检修荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用。

## 13 光伏幕墙

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 光伏幕墙的规划设计应综合考虑建筑场地条件、建筑功能、所在地区的气候及太阳能资源条件等因素，确定建筑的布局、朝向、间距、群体组合和空间环境，满足光伏系统设计和安装技术要求。

**13.1.2** 光伏幕墙的结构设计、物理性能指标应符合本规范及相关幕墙规范的要求。

**13.1.3** 光伏组件或方阵的选型和设计应与建筑结合，在综合考虑发电效率、发电量、电气和结构安全、适用美观的前提下，合理选用光伏组件型式，并与建筑模数相协调，不得影响安装部位的建筑功能。

**13.1.4** 设计时应预留光伏系统输配电和控制用缆线管线的布置空间，统筹安排，安全、隐蔽、集中布置，满足维护、保养的要求，并满足《太阳能光伏玻璃幕墙电气设计规范》JGJ/T365-2015的规定。

**13.1.5** 光伏幕墙宜朝向南面或西南面，避免设置的在建筑阴影部位。

**13.1.6** 立面设计时应充分考虑电池组件的规格模数。

**13.1.7** 施工安装应符合《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》JGJ203的规定。

### 13.2 构造设计

**13.2.1** 用于光伏幕墙组件的玻璃应为超白玻璃，厚度不应小于3.2mm，边部应进行三边研磨。

**13.2.2** 透明组件夹层胶片宜采用PVB（聚乙烯醇缩丁醛），胶片厚度不应小于0.76mm；不得采用EVA胶片。

**13.2.3** 透光型组件的中空玻璃气体层厚度不应小于12mm，宜填充惰性气体。

**13.2.4** 光伏组件宜采用隐框构造设计。带有外装饰线条的组件，其外形尺寸在有效日照时间内不应遮挡电池片。

**13.2.5** 用于实体墙或层间梁部位的光伏组件可采用单夹层光伏组件，玻璃内侧与实体墙或保温层的距离不得小于50mm。

**13.2.6** 光伏幕墙组件不宜着地安装，底部距离地面完成面高度不应小于300mm。

**13.2.7** 斜幕墙、采光顶宜根据当地的气象资料确定光伏组件安装的最佳倾角，也可在南面或西南面与水平面成 $23^{\circ}$ 倾角设计。

**13.2.8** 立柱横梁设计时应留有供电气系统管线布置的可方便拆卸的空腔，且光伏玻璃组件的接线盒应隐藏。

**13.2.9** 用于光伏幕墙的光伏组件可采用单晶硅、多晶硅及薄膜电池。透明幕墙宜采用薄膜电池组件或电池片间隔布置的晶硅组件合成的中空组件，非透明幕墙宜采用单层的薄膜电池组件或电池片满布的晶硅组件。

## 14 幕墙信息模型

### 14.1 一般规定

14.1.1 幕墙信息模型作为建筑信息模型的一个子项，应与建筑信息模型的管理要求相一致。

14.1.2 幕墙信息模型可根据具体工程项目的需求单独创建。对于空间关系复杂的曲面异形幕墙，应创建并应用幕墙信息模型。

14.1.3 幕墙信息模型应根据幕墙工程设计建造实施阶段的不同，可由承担幕墙设计单位或幕墙承建方创建。

14.1.4 幕墙信息模型的创建、应用、交付及维护，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

### 14.2 模型创建

14.2.1 幕墙信息模型的建模范围应与项目幕墙设计建造合同中定义的工作范围相一致。

14.2.2 幕墙信息模型的创建及维护应与幕墙设计建造的各阶段相对应，在幕墙的方案设计、深化设计、施工建造、竣工交付阶段分别创建并维护，正确反映幕墙设计建造的真实信息。

14.2.3 幕墙信息模型的创建应根据本规范 14.5 节中定义的精度等级顺序由低到高完成。

14.2.4 不同精度等级的模型创建时宜考虑对更高精度等级模型的延续性，即更高精度等级的模型应可在低精度等级模型的基础上深化完成。

14.2.5 幕墙设计建造的不同阶段对模型成果的几何精度和信息精度的最低要求应符合表 14.2.5 的规定。

表 14.2.5 幕墙设计建造的各阶段模型成果最低精度等级要求

幕墙实施阶段	几何精度等级	信息精度等级
方案设计阶段	G3	12
深化设计阶段	G4	13
施工建造阶段	G5	14
竣工交付阶段	G5	15

注：几何精度等级和信息精度等级见表 14.5.3 和表 14.5.4。

**14.2.6** 幕墙信息模型的单位及坐标、拆分、命名、颜色、文件及文件夹命名的规划标准要求应符合主体建筑工程制定的建筑信息模型建模规划标准的要求。

**14.2.7** 幕墙信息模型的校核应选择具有幕墙专业设计能力的人员完成。

**14.2.8** 模型校核应包括以下内容：

- 1 模型与建模标准的匹配度校核；
- 2 模型精度校核，应对模型的几何精度和信息精度进行分别校核；
- 3 模型与图纸的匹配度校核。

### **14.3 模型应用**

**14.3.1** 幕墙信息模型的应用应满足项目幕墙设计建造合同中定义的模型应用要求。

**14.3.2** 幕墙信息模型的应用应包括模型可视化、碰撞检查、算量统计、施工进度模拟、施工工艺模拟等。

**14.3.3** 幕墙信息模型可视化应贯穿外立面效果确认、幕墙构造空间关系检查、关联专业或设计施工交底等幕墙设计建造的各个阶段。

**14.3.4** 幕墙信息模型碰撞检查宜在采用由相关专业承建商创建的信息模型的基础上进行，并应满足下列要求：

- 1 方案设计阶段可应用于主体结构与幕墙面之间的空间尺寸初步确认；
- 2 深化设计阶段，可通过幕墙设计模型与主体结构设计模型的碰撞检查，具体判定幕墙构造对空间关系的需求是否满足。通过幕墙信息模型与关联专业的碰撞分析，判定幕墙设计为关联专业预留的空间是否满足需求；
- 3 施工建造阶段，可通过幕墙设计模型与主体结构现场模型的碰撞检查，具体判定幕墙设计对主体结构偏差的适应性是否满足要求，并确定幕墙安装的空间是否满足施工需要。

**14.3.5** 幕墙信息模型算量统计应满足下列要求：

- 1 幕墙方案设计阶段，可基于模型进行初步工程量的统计分析，并根据预植入的幕墙平米单价信息进行幕墙造价估算；
- 2 幕墙深化设计阶段，可基于模型进行精准工程量的统计分析，并对幕墙材料进行标准平米含量测算，并根据预植入的幕墙材料单价进行幕墙概算统计；

3 幕墙构件加工组装阶段，可基于模型中预植入的加工批次顺序，结合模型施工进度计划，对加工计划进行合理排布；

4 幕墙施工建造阶段，可基于模型中安装区域及批次的划分，并结合幕墙施工进度计划、材料单价进行资金流量分配分析。

**14.3.6** 幕墙信息模型施工进度模拟应满足下列要求：

1 方案设计阶段可辅助判定施工进度要求对系统选择的影响；

2 在深化设计阶段可辅助对幕墙与其他专业交接接口设计的合理化；

3 在幕墙施工建造阶段可辅助优化施工工艺及工期、合理化施工顺序、协调施工机具及设备设施的综合利用。

**14.3.7** 幕墙信息模型施工工艺模拟应满足下列要求：

1 应包含施工现场工况，施工机具及设备设施的信息，并可对整体或局部区域的幕墙施工过程进行机具动作及安装路径设定并展示；

2 在幕墙施工建造阶段进行可辅助合理化施工方法设计、提高设备利用率、保障施工质量、优化重难点部位的施工工艺等。

## 14.4 模型交付

**14.4.1** 幕墙信息模型的交付应满足项目幕墙设计建造合同中定义的交付标准。

**14.4.2** 不同阶段所交付的成果模型应是依据本规范 14.2.10 条定义的建模规划标准创建的，并符合本规范 14.5 节定义的精度要求。

**14.4.3** 依据本规范 14.5 节定义的各级精度的幕墙信息模型应分别作为模型成果单独交付。

## 14.5 模型精度

**14.5.1** 幕墙信息模型的精度应符合工程项目制定的建筑信息模型建模精度标准的要求。当工程项目无相关标准要求时，应符合本规范中 14.2.9 条定义的幕墙信息模型最低精度要求。

**14.5.2** 幕墙信息模型精度包括模型几何精度和模型信息精度。

**14.5.3** 各等级模型几何精度应符合表 14.5.3 模型几何精度等级定义表。

**表 14.5.3 模型几何精度等级定义表**

精度等级 构件分类	G1	G2	G3	G4	G5
主材	分格线位置	近似体形状	准确外轮廓	完整内构造	精细全尺寸
辅材	无	无	准确外轮廓	完整内构造	完整内构造
零件	无	无	无	准确外轮廓	准确外轮廓

注：1 表中模型构件分类描述定义如下：

主材：面材、龙骨等主要系统构成材料；

辅材：转接件、埋件、阴影盒衬板、胶条、封修板等次要系统构成材料；

零件：螺钉、加强筋、垫片等非主要系统构成材料。

2 表中模型详细程度描述定义如下：

分格线位置：以线元素描述幕墙分格的空间边界关系；

近似体形状：以近似的体量元素描述构件，不要求精确尺寸，无细节；

准确外轮廓：要求构件模型有准确的外轮廓边界，以定义不同构件之间的空间关系，对构件内部尺寸无细节要求；

完整内构造：要求构件模型有准确的外轮廓边界和内构造细节，以定义构件的产品状态；

精细全尺寸：要求构件模型的全部几何尺寸与构件被安装后的真实状态一致。

**14.5.4 各等级模型信息精度应符合表 14.5.4 模型信息精度等级定义表，模型信息的格式及体现方式应符合表 14.5.5 的定义。**

**表 14.5.4 模型信息精度等级定义表**

精度等级 信息类型	I1	I2	I3	I4	I5
几何信息	有	有	有	有	有
材料信息	无	有	有	有	有
制造信息	无	无	有	有	有
建造信息	无	无	无	有	有
维保信息	无	无	无	无	有

**14.5.5 幕墙信息模型的信息类型包括：几何信息、材料信息、制造信息、建造信息、维保信息，其体现方式依据表 14.5.5 模型信息格式及体现方式定义表执**

行。

**表 14.5.5 模型信息格式及体现方式定义表**

信息类型	信息内容	信息格式	体现方式
几何信息	几何尺寸	数值	模型
	位置	数值	模型
	颜色	数值	模型
	二维表达	模型/图纸	模型/附件
材料信息	材料名称	文本	模型
	材质	文本	模型
	技术参数	文本	模型
	材料单价 <sup>①</sup>	数值	模型
	材料产商	文本	模型
	质保书	图片	附件
	质保时限	数值	模型
制造信息	加工制造商	文本	模型
	产品合格证	图片	附件
	生产日期	文本	模型
	产品单价 <sup>①</sup>	数值	模型
建造信息	施工日期 <sup>②</sup>	文本	模型
	施工单位	文本	模型
	设计年限	文本	模型
维保信息	维保单位	文本	模型
	维保频率	文本	模型
	免保时限	数值	模型

注：1 材料单价及产品单价可由建设单位或其授权单位确定是否录入；

2 模型中施工日期的范围及精度可由建设单位或其授权单位确定是否录入。

## 15 加工制作

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 幕墙构件在加工制作前，应根据幕墙施工图对土建主体结构进行复测，并按实测结果对幕墙施工图作必要的调整，同时完成幕墙构件加工图，并满足施工图和相关标准规范的要求。

**15.1.2** 采用硅酮结构密封胶粘结的玻璃板块组件时，应在洁净、通风的厂房内制作完成，且环境温度、湿度条件应符合结构胶产品的规定，胶缝的宽度、厚度应符合设计要求。

**15.1.3** 硅酮结构密封胶不宜作为硅酮建筑密封胶使用，并不得外露。

**15.1.4** 加工幕墙构件所采用的设备、机具应满足幕墙构件加工精度要求。其量具应定期进行计量认证，并应在认证有效期内使用。

**15.1.5** 加工制作前应核对原材料与加工图相符，结构胶、密封胶在保质期内，品相完好。幕墙加工的原材料应符合设计和相关标准规范的要求。构件和组件出厂前应进行检验并附出厂合格证书。

**15.1.6** 双层单元幕墙、双层幕墙单元组件、隐框幕墙的装配组件均应在工厂加工组装。

**15.1.7** 加工制作应依据有效的加工图纸进行，加工质量达到设计要求。

**15.1.8** 构件加工前应进行表面保护处理，加工完成后应作相应编号标识，贴于方便查看位置。并做好成品保护。

### 15.2 铝合金型材

**15.2.1** 铝合金构件的加工应符合下列要求：

1 铝合金型材加工前应对外观、表面处理和几何尺寸等参数进行检查，并应符合要求，不应使用超偏的铝型材；

2 横梁长度允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，立柱长度允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，端头斜度的允许偏差为 $-15'$ ；

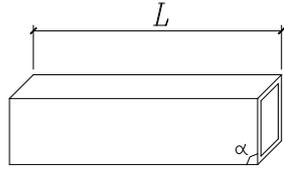
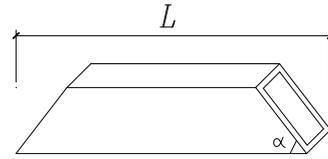


图 15.2.1-1 直角截料图



15.2.1-2 斜角截料

L——长度；α——角度；L——长度；α——角度

3 截料端头不应有加工变形，并应去除毛刺；

4 孔加工精度要求：孔位的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，孔距的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，累计偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。铆钉的通孔尺寸偏差应符合《紧固件 铆钉用通孔》GB152.1 的规定。沉头螺钉的沉孔尺寸偏差应符合《紧固件沉头用沉孔》GB152.2 的规定。圆柱头、螺栓的沉孔尺寸偏差应符合《紧固件 圆柱头用沉孔》GB152.3 的规定。螺纹孔的加工应符合设计要求。

15.2.2 铝合金构件中槽、豁、榫的加工应符合下列要求：

1 铝合金构件槽口尺寸（图 15.2.2-1）允许偏差应符合表 15.2.2-1 的要求。

表 15.2.2-1 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	$\pm 0.5$

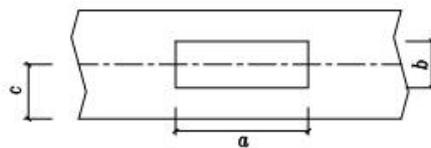


图 15.2.2-1 槽口示意图

2 铝合金构件豁口尺寸（图 15.2.2-2）允许偏差应符合表 15.2.2-2 的要求。

表 15.2.2-2 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	$\pm 0.5$

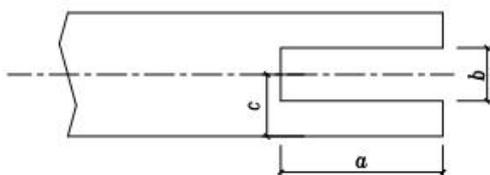


图 15.2.2-2 豁口示意图

3 铝合金构件榫头尺寸（图 15.2.2-3）允许偏差应符合表 15.2.2-3 的要求。

表 15.2.2-3 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	$\pm 0.5$

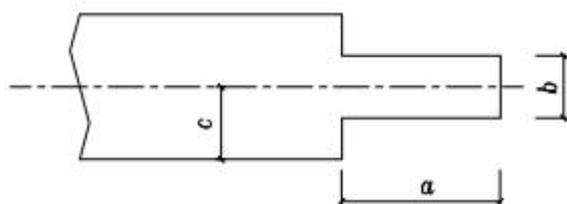


图 15.2.2-3 榫头示意图

**15.2.3** 铝合金构件弯加工宜采用拉弯设备进行弯加工，弯加工后构件表面应光滑，不得有皱折、裂纹等缺陷。

断面为弧形的铝合金构件应采用滚弯设备进行加工。表面应光滑，不得有皱折、裂纹等缺陷。

**15.2.4** 断热型材的钻孔、铣孔等加工宜避开断热条及断热槽，不应在断热条及断热槽使用螺钉固定其他构件，不得降低断热材料的强度。

## 15.3 钢 构 件

**15.3.1** 幕墙加工的钢构件主要包括幕墙的立柱、横梁、埋件、连接件和支承件等，加工质量应满足设计要求和相应的标准。

**15.3.2** 平板型预埋件锚板和锚筋的焊接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或本规范附录 A 的规定。预埋件加工精度应符合下列要求：

- 1 锚板及锚筋材质应符合设计要求；
- 2 锚板棱边和孔口应倒角处理，不得有毛刺；

3 当锚筋直径 $\leq 20\text{mm}$ 时,锚筋与锚板可用压力埋弧焊;当锚筋直径 $> 20\text{mm}$ 时,锚筋与锚板应采用穿孔塞焊。焊缝应符合现行国家规范和设计要求,焊接后应除焊渣,不允许出现裂缝、夹渣、气孔、焊瘤等缺陷;

4 埋件在加工完成后,应作清洗处理,去除油漆或沾染油类物质;

5 锚板边长允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ;

6 锚筋长度允许偏差为 $+10\text{mm}$ ,两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度允许偏差为 $-5\text{mm}$ ;

7 锚筋中心线允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ;

8 锚筋和锚板面垂直度允许偏差为 $L_s/30$ ( $L_s$ 为锚筋长度)。

### 15.3.3 槽式埋件的加工要求:

1 槽式埋件槽体及锚筋的材质应符合设计要求;

2 除不锈钢外,槽式埋件应进行热浸镀锌处理;

3 预埋件长度允许偏差为 $+5\text{mm}$ ,宽度允许偏差为 $+5\text{mm}$ ,厚度允许偏差为 $+3\text{mm}$ ;

4 锚筋中心线允许偏差 $\pm 1.5\text{mm}$ ,槽口宽度允许偏差 $+1.5\text{mm}$ ;

5 锚筋与槽体垂直度允许偏差为 $L_s/30$ ( $L_s$ 为锚筋长度)。

### 15.3.4 连接件、支承件的加工应符合下列要求:

1 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;

2 连接件、支承件加工尺寸(图 15.3.4)允许偏差应符合表 15.3.4 的要求。

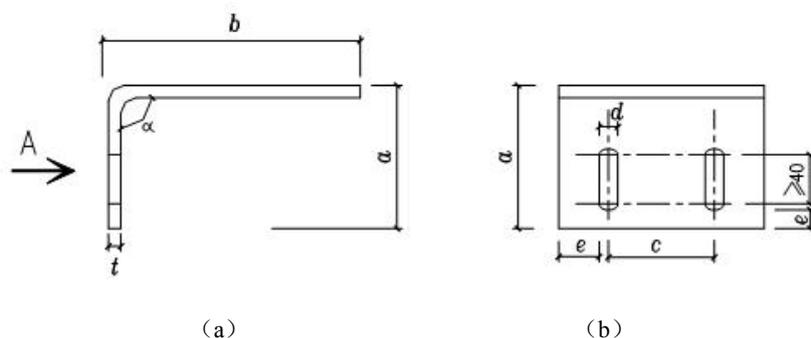


图 15.3.4 连接件、支撑件尺寸示意图

(a) 平面图; (b) A 视图

**表 15.3.4 连接件、支撑件尺寸允许偏差 (mm)**

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

**15.3.5** 钢型材立柱及横梁的加工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

**15.3.6** 幕墙的支承钢结构加工应符合下列要求：

- 1 应合理划分拼装单元；
- 2 管桁架宜按计算的相贯线采用数控设备切割加工；
- 3 钢构件拼装单元的节点位置允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；
- 4 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；
- 5 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；
- 6 钢结构的表面处理应符合本规范第 3.3 节的有关规定；
- 7 单元组装的钢结构，宜进行预拼装。

**15.3.7** 钢构件焊接、螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的规定。废止《钢结构焊接规范》GB50661。

**15.3.8** 钢构件表面处理应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 及《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定。

**15.3.9** 钢拉杆、拉索加工除应符合现行国家标准《索结构技术规程》JGJ257、《钢拉杆》GB/T20934、《建筑用钢质拉杆构件》JG/T389 的相关规定外，尚应符合下列要求：

- 1 钢拉杆、拉索不应采用焊接连接；
- 2 自平衡索桁架应在工作台座上进行拼装，并应防止表面损伤。

**15.3.10** 双层幕墙穿孔板钢制马道加工精度应符合表 15.3.10 要求:

**表 15.3.10 穿孔板钢制马道尺寸允许偏差 (mm)**

项 目		尺寸允许偏差
边 长	边长不大于 2000mm	±1.5
	边长大于 2000mm	±2.0
对 角 线	长边不大于 2000mm	≤2.0
	长边大于 2000mm	≤3.0
网格分格边长	网格分格边长不大于 100mm	±1.0
	网格分格边长大于 100mm	±1.5
厚 度	厚度不大于 50mm	±1.0
	厚度大于 50mm	±1.5
孔 尺 寸	方孔长(宽)度	±1.0
	圆(椭圆)孔直径	±1.0
	孔中心线水平偏差	±2.0

**15.3.11** 双层幕墙钢格栅马道加工应符合以下要求:

- 1 支承梁高度允许偏差为±2mm, 厚度允许偏差为±0.5mm, 长度允许偏差为±3mm;
- 2 支承梁孔径允许偏差: 正偏差为+2mm, 负偏差为 0mm; 孔中心线水平允许偏差为±1mm, 孔距允许偏差为±2mm;
- 3 杆直径允许偏差: 正偏差为 0mm, 负偏差为-0.3mm; 杆挠度允许值为 L/500;
- 4 孔边应打磨光滑无毛刺。

## 15.4 玻 璃

**15.4.1** 玻璃幕墙和采光顶用钢化玻璃所使用的平板玻璃, 其质量应符合《平板玻璃》GB 11614 优等品的要求或符合《超白浮法玻璃》JC/T2128 一等品或优等品的要求。

**15.4.2** 玻璃幕墙和采光顶用钢化玻璃应进行三边细磨或三边抛光。幕墙用玻璃应采用机械进行磨边处理, 磨轮目数不应小于 180 目, 倒角宽度不小于 1mm。点支承幕墙玻璃的孔口、全玻幕墙以及外露的玻璃板块, 边缘应精磨, 孔边缘不应有崩边等缺陷。

**15.4.3** 玻璃幕墙的单片玻璃、夹层玻璃、中空玻璃的加工精度应符合下列要求：

**1** 单片玻璃尺寸允许偏差应符合标 15.4.3-1 的要求：

**表 15.4.3-1 单片玻璃尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	玻璃厚度 (mm)	玻璃边长 $L \leq 2000$	玻璃边长 $L > 2000$
边长	6, 8, 10, 12	$\pm 1.5$	$\pm 2.0$
	15, 19	$\pm 2.0$	$\pm 3.0$
对角线差	6, 8, 10, 12	$\leq 2.0$	$\leq 3.0$
	15, 19	$\leq 3.0$	$\leq 3.5$

**2** 中空玻璃的开孔可采用大、小孔相对的方式。中空玻璃的尺寸允许偏差应符合表 15.4.3-2 的要求：

**表 15.4.3-2 中空玻璃尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	允许偏差	
边长	$L < 1000$	$\pm 2.0$
	$1000 \leq L < 2000$	+2.0 -3.0
	$L \geq 2000$	$\pm 3.0$
对角线差	$L \leq 2000$	$\leq 2.5$
	$L > 2000$	$\leq 3.5$
厚度	$t < 17$	$\pm 1.0$
	$17 \leq t < 22$	$\pm 1.5$
	$T \geq 22$	$\pm 2.0$
叠差	$L < 1000$	$\pm 2.0$
	$1000 \leq L < 2000$	$\pm 3.0$
	$2000 \leq L < 4000$	$\pm 4.0$
	$L \geq 4000$	$\pm 6.0$

**3** 夹层玻璃的开孔可采用大、小孔相对的方式。夹层玻璃尺寸允许偏差应符合表 15.4.3-3 的要求：

**表 15.4.3-3 夹层玻璃尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	允许偏差	
边长	$L \leq 2000$	$\pm 2.0$
	$L > 2000$	$\pm 2.5$
对角线差	$L \leq 2000$	$\leq 2.5$
	$L > 2000$	$\leq 3.5$

续表 15.4.3-3

叠差	$L < 1000$	$\pm 2.0$
	$1000 \leq L < 2000$	$\pm 3.0$
	$2000 \leq L < 4000$	$\pm 4.0$
	$L \geq 4000$	$\pm 6.0$

4 玻璃面板弯加工应符合下列要求:

- 1) 弯加工的板面尺寸允许偏差应符合上述相对应的要求;
- 2) 弯加工的半径允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ;
- 3) 弯加工的轮廓度公差为 $2\text{mm}$ ;
- 4) 弯加工表面应顺滑、直边的弯曲度,拱形时不应超过 $0.5\%$ ,波形时不应超过 $0.3\%$ 。

5 玻璃面板切角、孔加工应符合下列要求:

- 1) 玻璃切角、孔加工尺寸允许偏差应满足表 15.4.3-4 的要求;

表 15.4.3-4 玻璃切角、孔加工尺寸允许偏差

项 目	角边长尺寸	孔径尺寸	钻孔位置	孔 距	孔轴与玻璃平面垂直度
允许偏差	$\pm 1.0\text{mm}$	$\pm 1.0\text{mm}$	$\pm 0.8\text{mm}$	$\pm 1.0\text{mm}$	$\pm 12'$

- 2) 孔洞边缘均应倒棱磨边,倒棱宽度不宜小于 $1\text{mm}$ ,磨边宜细磨;
- 3) 中空玻璃开孔后,开孔处应采取多道密封措施;
- 4) 夹层玻璃、中空玻璃的钻孔可采用大、小孔相对的方式。
- 5) 玻璃面板边部加工要求应分别满足倒倒棱、磨边、精磨边的要求。

**15.4.4** 隐框及半隐框幕墙用中空玻璃第二道密封应采用硅酮结构密封胶,宽度应经计算确定。中空玻璃开孔后,开孔处应采取多道密封措施。镀膜玻璃膜面朝向应严格按图纸执行,打胶处镀膜应刮除。中空玻璃合片时,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。中空玻璃的空气层厚度不应小于 $12\text{mm}$ 。

**15.4.5** 夹层玻璃不得出现气泡等缺陷。胶片不应暴露在室外空气中。胶片不宜接触硅酮密封胶。

## 15.5 石材面板

**15.5.1** 幕墙用石材荒料应符合《天然花岗石荒料》JC/T204 和《天然大理石荒

料》JC/T202 等规范的要求,色调、花纹、颗粒结构等基本一致,宜选用同一矿脉的石材在工厂加工完成。

**15.5.2 天然石材的加工应符合下列要求:**

1 尺寸偏差应符合《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》GB/T 19766、《天然砂岩建筑板材》GB/T 23452 和《天然石灰石建筑板材》GB/T 23453 等规范中有关一等品或优等品的要求;

2 幕墙用石材宜采用先磨后切工艺进行加工;

3 镜面石材的光泽度应符合《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601、《天然大理石建筑板材》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;

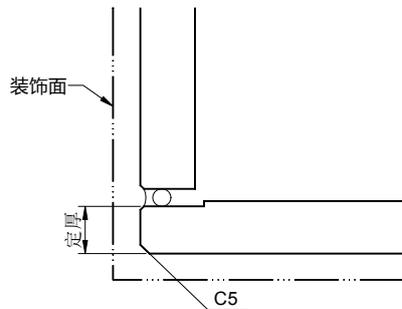
4 火烧板应按样板检查火烧后的均匀程度,火烧石不得有暗纹、崩裂情况;

5 石板加工应排版观察,同一立面的石板色差应均匀,相邻石材不得有明显色差;

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

7 砂岩、洞石等强度较低的石材,应采取适当加强措施;

8 石材的端面可视时,应进行定厚处理;



9 石板外形尺寸允许偏差应符合表 15.5.2 的要求。

**表 15.5.2 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
亚光面、镜面板	±1.0	±1.5	1	+2.0 -1.0
粗面板	±1.0	±1.5	2	+3.0 -1.0

**15.5.3 通槽式安装的石板加工应符合下列规定:**

1 通槽式石板的槽宽不宜小于 7.0mm；槽侧面到板面距离不应小于 8mm，且不允许负偏差；槽深度不宜小于 15mm；

2 石板通槽位置允许偏差 $\pm 0.5\text{mm}$ ，槽宽允许偏差 $+1.0\text{mm}$ ，槽深允许偏差 $+2.0\text{mm}$ ；

3 石材开槽后不得有损坏或崩裂现象，槽口应打磨成  $45^\circ$ 倒角，倒角宽度不宜小于 2mm，槽内应光滑、洁净。

#### 15.5.4 短槽式安装的石板加工应符合下列规定：

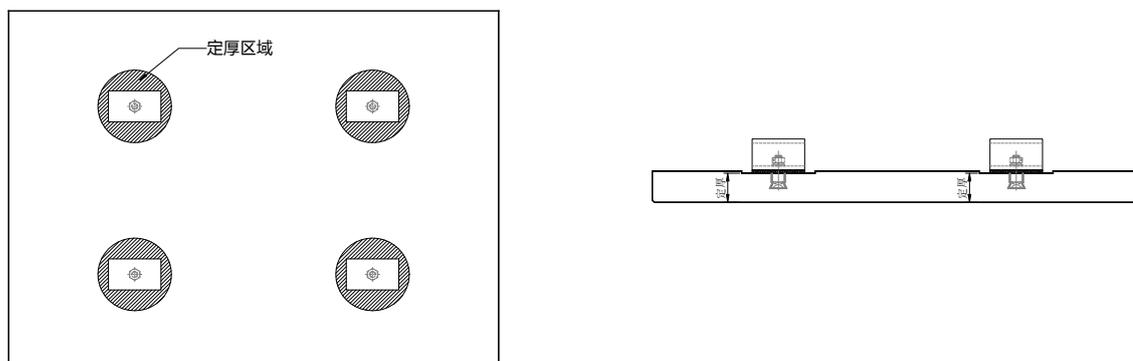
1 短槽式安装的平板或弧形石板，上下边应各开不少于两个短槽。短槽式石板的槽宽不宜小于 7.0mm；槽侧面到板面距离不应小于 8mm，且不允许负偏差；槽的有效长度不应小于 80mm，槽深度不宜小于 16mm；

2 石板短槽位置允许偏差，厚度方向 $\pm 0.5\text{mm}$ ，长度方向 $\pm 5\text{mm}$ ；槽宽允许偏差 $+1.0\text{mm}$ ，槽深允许偏差 $+2.0\text{mm}$ ；槽外边到板端边距离不应小于板材厚度的 3 倍且不宜小于 85mm，不应大于 180mm；

3 石材开槽后不得有损坏或崩裂现象，槽口应打磨成  $45^\circ$ 倒角，倒角宽度不宜小于 2mm，槽内应光滑、洁净。

#### 15.5.5 背栓式安装的石板加工应符合下列规定：

1 石板开孔处应局部定厚处理：



2 石板背栓孔的加工尺寸允许偏差应符合表 15.5.5 的要求。

表 15.5.5 石材面板背栓孔加工尺寸允许偏差 (mm)

背栓直径	钻孔直径/ 允许偏差	拓孔直径/允 许偏差	锚固深度/允许偏差	孔底到板面最小 厚度/允许偏差	孔中心线到板边最 小距离/允许偏差
M6	11/ $\pm 0$	13.5/ -0.2~+0.43	15~20/-0.1~+0.4	8/-0.4~+0.1	50 $\pm 3$
M8	13/ $\pm 0.3$	15.5/ -0.2~+0.4	15~20/-0.1~+0.4	8/-0.4~+0.1	50 $\pm 3$

**15.5.6** 石材加工完后应放置在专用货架上，不得水平放置，石材装饰面不得与石材背面相接触。石板应按工程立面图编号进行排版。

## 15.6 金属板材

**15.6.1** 金属板材的品种、规格、表面处理及色泽应符合设计要求。采用滚涂工艺时，滚涂方向与加工图保持一致。

**15.6.2** 金属板材加工允许偏差应符合表 15.6.2 的要求。

**表 15.6.2 金属板材加工尺寸允许偏差 (mm)**

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

**15.6.3** 单层金属板的加工应符合下列要求：

- 1 单层金属板折弯加工时，折弯外圆弧半径不应小于板厚的 1.5 倍；
- 2 单层金属板加强肋的固定应牢固，采用电栓钉时，单层金属板外表面不应变形、变色。加强肋与单层金属板折边或加强边框应可靠连接；
- 3 单层金属板的固定耳子应符合设计要求。固定耳子可采用焊接、铆接或在金属板上直接冲压而成，左右位置应错开，调整方便，固定牢固；
- 4 厚度不大于 2mm 的金属板，其内置加强边框、加强肋与面板的连接，不宜采用焊钉连接。（主要是考虑有些工程使用不锈钢板）。

**15.6.4** 铝塑复合板的加工应符合下列要求：

- 1 在切割铝塑复合板内层金属板和聚乙烯塑料时，应保留不小于 0.3mm 厚的聚乙烯塑料，不得划伤外层金属面板；
- 2 钻孔、切口等外露的聚乙烯塑料及角缝，应采用中性硅酮耐候密封胶密封；

3 在加工过程中铝塑复合板不应与水接触；

4 铝塑复合板折边后，应采取加强措施。

#### 15.6.5 蜂窝板的加工应满足下列要求：

1 蜂窝板应封边处理，采用折边或采用密封胶封堵；

2 蜂窝板折弯时，应采取加固措施；

3 在切除芯材时不得划伤外层面板的内表面，各部位外层面板上，应保留0.3~0.5mm的芯材。

15.6.6 金属板加工完成后不得水平放置，搬运时严禁只抬一角。金属板之间应相互隔开，以防相互划伤。

## 15.7 瓷 板

15.7.1 瓷板加工前应进行以下检验并符合现行行业标准《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ336和下述规定：

1 瓷板的长度、宽度、厚度、边直度及形位公差；

2 瓷板的表面质量、色泽和花纹图案。瓷板不得有明显的色差，花纹图案应符合供需双方确定的样板。

15.7.2 瓷板槽口加工应符合下列要求：

1 槽口加工应采用专用机械设备，加工槽口用锯片应保持锋利。不宜在现场采用手持机械进行加工；

2 槽口的宽度、长度、位置应符合设计要求；

3 槽口的侧面应不得有损坏或崩裂现象，槽内应光滑、洁净，不得有目视可见的阶梯；

4 瓷板开槽加工尺寸允许偏差应符合表15.7.2的规定。

表 15.7.2 瓷板开槽尺寸允许偏差（mm）

项 目	槽宽度	槽长度	槽深度	槽端到板端边距离	槽边到板面距离
允许偏差	+0.5 0	短槽：+10.0 0	+1.0 0	短槽：+10.0 0	+0.5 0

注：短槽连接瓷板允许加工成通槽。

15.7.3 背栓孔的加工应符合下列要求：

1 背栓孔应采用与背栓配套的专用钻孔机械加工；

- 2 影响背栓连接处的背纹应进行打磨，打磨处应平整；
- 3 背栓孔的数量、位置和深度应符合设计要求。钻孔和扩孔直径应符合背栓产品的技术要求；
- 4 可采用压入或旋转方式植入背栓，背栓紧固力矩应符合背栓厂家的规定。植入后应确认其连接牢固，工作可靠；
- 5 背栓孔不得有损坏或崩裂现象，孔内应光滑、洁净；
- 6 背栓孔加工尺寸允许偏差应符合表 15.7.3 的要求；
- 7 背栓孔加工完成后应全数检验。

**表 15.7.3 背栓孔加工尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	孔径	扩孔	孔深	孔中心距	孔中心到端边距离	孔底面至瓷板装饰面的厚度
允许偏差	+0.4 0	±0.3	+0.2 -0.1	±0.5	+5.0 -1.0	+0.1 -0.1

**15.7.4** 瓷板切割、开孔、开槽过程中，应采用清水润滑和冷却。切割、开孔、开槽后，应立即用清水对孔壁和槽口进行清洁处理，并放置于通风处自然干燥。

**15.7.5** 加工好的瓷板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°，下边缘宜采用弹性材料衬垫，离地面高度宜大于 50mm。

## 15.8 微晶玻璃板

**15.8.1** 微晶玻璃板加工应在各工序相应的专用机械设备上进行，设备的加工精度应满足幕墙面板设计精度要求，并以装饰面（正面）作为加工基准面；

**15.8.2** 微晶玻璃板切割、开孔和开槽过程中应采用清水或其他对微晶玻璃板无污染的水性溶剂进行润滑和冷却。

**15.8.3** 微晶玻璃板的加工质量应符合下列规定：

- 1 微晶玻璃板应无开裂和裂纹；
- 2 连接部位应无爆边、裂纹等缺陷，槽（孔）内应光滑、洁净；
- 3 装饰面缺棱、缺角缺陷数量应符合现行行业标准《建筑装饰用微晶玻璃》JC/T 872 的规定，且有缺陷的板块宜用于不影响幕墙立面观感部位；
- 4 微晶玻璃板外表面的色泽和花纹图案应符合设计要求，不得有明显的色差；
- 5 微晶玻璃板的外形尺寸和几何形状应符合设计要求；

6 微晶玻璃板外形尺寸和平面度允许偏差应符合现行行业标准《建筑装饰用微晶玻璃》JC/T 872 规定的要求。

**15.8.4** 微晶玻璃板开槽加工应符合下列规定：

- 1 槽口的宽度、长度、位置应符合设计要求；
- 2 微晶玻璃板开槽加工尺寸允许偏差应符合表 15.8.4 的规定。

**表 15.8.4 微晶玻璃板开槽尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	槽宽度	槽长度	槽深度	槽端到板端边距离	槽边到板面距离
允许偏差	+0.5 0	短槽: +10.0 0	+1.0 0	短槽: +10.0 0	+0.5 0

**15.8.5** 背栓连接的微晶玻璃板加工应符合下列要求：

- 1 背栓孔的数量、位置和深度应符合设计要求；
- 2 钻孔和扩孔直径应符合背栓产品的技术要求；
- 3 直接连接的平齐式背栓，钻孔深度应控制在可见表面至孔底的距离；通过连接件连接的间距式背栓，钻孔深度应控制在可见表面至孔底的距离，以及可见表面至连接件底面的距离；
- 4 可采用压入或旋转方式植入背栓，背栓紧固力矩应符合背栓厂家的规定。植入后应确认其连接牢固、工作可靠；
- 5 背栓孔加工尺寸允许偏差应符合表 15.8.5 的要求。

**表 15.8.5 背栓孔加工尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	孔径	扩孔	孔深	孔中 心距	孔中心到 端边距离	孔底面至微晶玻璃板 装饰面的厚度
允许 偏差	+0.4 0	±0.3	+0.2 -0.1	±0.5	+5.0 -1.0	+0.1 -0.1

**15.8.6** 微晶玻璃板经切割、开槽、钻孔等工序后均应将粉尘用清水冲洗干净并采用压缩空气吹干或放置于通风处自然干燥。

**15.8.7** 加工好的微晶玻璃板应竖立存放于通风良好的仓库内，与水平面夹角不应小于 85°，下边缘应采用弹性材料衬垫，离地面高度宜大于 50mm。

## 15.9 陶 板

**15.9.1** 按照现行行业标准《人造板材幕墙工程技术规范》JGJ336 和下述规定对

陶板进行以下检查：

- 1 陶板的品种、规格和尺寸允许偏差；
- 2 陶板的表面质量、色泽和花纹图案。陶板外表面的花纹图案应比照样板检查，板块四周不得有明显的色差；
- 3 对于挂钩处有明显缺陷的产品，不得使用。

**15.9.2** 陶板面板加工应符合下列规定：

- 1 陶板加工需要进行润滑、冷却和清洁时，应采用清水，不得采用有机溶剂型清洁剂；
- 2 加工应根据不同的板块形状和设计要求进行；
- 3 陶板的加工允许尺寸偏差应符合表 15.9.2 的要求。

**表 15.9.2 陶板加工允许偏差 (mm)**

项 目		允许偏差
边长	长度	±1.0
	宽度	±2.0
厚度		±2.0
对角线长度		≤2.0
表面平整度		≤2.0

**15.9.3** 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装。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：

- 1 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；
- 2 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。

**15.9.4** 已加工好的陶板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°。

## **15.10 石材蜂窝板**

**15.10.1** 石材蜂窝复合板的板块拼接应符合下列规定：

- 1 板块可按照设计要求进行不同角度的拼接。拼接应保证相互拼接在一起的板块的石材面板色泽、纹路的一致性；
- 2 拼接前，可对板块进行倒角切割加工。加工时，应注意不损伤表面石材，

避免出现崩边、缺棱的缺陷；

3 拼接部位应平整，无明显缝隙和缺角。

**15.10.2** 需对板块进行局部切割时，可采用手动切割设备附之清水或其它对石材铝蜂窝板无污染的水性冷却液进行切割，不得采用有机剂型清洁剂。切口应按设计要求进行清洁或封边处理。

**15.10.3** 石材蜂窝板加工允许偏差应符合表 15.10.3 的规定。

**表 15.10.3 石材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

**15.10.4** 未做规定的其它外形尺寸或特定形状板材的允许偏差可根据工程设计的要求确定。

**15.10.5** 加工完毕的蜂窝芯复合板应竖立存放于干燥、通风良好的仓库内，其竖立角度不应小于 85°。

### 15.11 纤维水泥板

**15.11.1** 纤维水泥板的品种、长度、宽度、厚度、角度、色泽、防水及涂层处理等应符合行业标准 JC/T 412.1 和设计要求。

**15.11.2** 纤维水泥板须存放在干燥的地方。

**15.11.3** 纤维水泥板加工应符合下列规定：

- 1 纤维水泥板的切割、开槽和钻孔应在干燥的环境进行；
- 2 进行机械加工时，宜使用专用机械设备，以保证加工质量；
- 3 纤维水泥板切割时有粉尘产生，应做好必要的防护措施，要进行必要的

除尘工作；

4 切割、开槽加工的板材边缘须经过边缘浸透密封处理。

15.11.4 纤维水泥板加工允许偏差应符合表 15.11.4 的规定；

**表 15.11.4 纤维水泥板加工允许偏差**

项 目		允许偏差
边长 a (mm)	a≤1000	±1.5
	a >1000	±2.0
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 (mm)		≤2.0
孔的中心距 (mm)		±1.5

15.11.5 纤维水泥板槽口加工应符合下列要求：

1 槽口加工应采用专用机械设备，加工槽口用锯片应保持锋利。不宜在现场采用手持机械进行加工；

2 槽口的宽度、长度、位置应符合设计要求。改成：加工过程中，应做好必要的防护设施和除尘措施；

3 槽口的侧面应不得有损坏或崩裂现象，槽内应光滑、洁净，不得有目视可见的阶梯；

4 纤维水泥板开槽加工尺寸允许偏差应符合表 15.11.5 的规定。

**表 15.11.5 纤维水泥板开槽尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	槽宽度	槽长度	槽深度	槽端到板端边距离	槽边到板面距离
允许偏差	+0.5 0	短槽：+10.0 0	+1.0 0	短槽：+10.0 0	+0.5 0
注：短挂件连接纤维水泥板可加工成通槽。					

15.11.6 背栓孔的加工应符合下列要求：

1 背栓孔应采用与背栓配套的专用钻孔机械加工；

2 影响背栓连接处的背纹应进行打磨，打磨处应平整；

3 背栓孔的数量、位置和深度应符合设计要求。钻孔和扩孔直径应符合背

栓产品的技术要求。直接与纤维水泥板背面连接的平齐式背栓，钻孔深度应控制在幕墙装饰面至孔底的距离。通过连接件连接的间距式背栓，钻孔深度应控制在幕墙装饰面至孔底的距离，以及可见表面至连接件底面的距离；

4 可采用压入或旋转方式植入背栓，背栓紧固力矩应符合背栓厂家的规定。植入后应确认其连接牢固，工作可靠；

5 背栓孔不得有损坏或崩裂现象，孔内应光滑、洁净；

6 背栓孔加工尺寸允许偏差应符合表 15.11.6 的要求。

**表 15.11.6 背栓孔加工尺寸允许偏差 (mm)**

项 目	孔径	扩孔	孔深	孔中 心距	孔中心到 端边距离	孔底面至纤维水泥板 装饰面的厚度
允许偏差	+0.4 0	±0.3	+0.2 -0.1	±0.5	+5.0 -1.0	+0.1 -0.1

**15.11.7** 纤维水泥板的切割、开槽、钻孔等加工，应在干燥的环境下进行。切割、开槽、钻孔后，应立即用干燥的压缩空气枪对孔壁和槽口进行清洁处理，并进行边缘密封防护处理。

## 15.12 构件及面板组件

**15.12.1** 隐框玻璃组装应符合下列要求：

1 采用硅酮结构密封胶与玻璃或副框粘接前应进行剥离强度和相容性试验，必要时应加涂底漆；双组份硅酮结构密封胶尚应进行混匀性蝴蝶试验和拉断试验；

2 副框应组角连接，双面胶带定位准确，结构胶厚度、宽度最小值应满足设计要求；

3 注胶前，对被粘接部位材料表面进行清洁，并符合下列要求：

1) 溶剂应存放在干净的容器中，存放和使用溶剂的场所严禁烟火，并应遵守标明的溶剂注意事项；

2) 应将溶剂倾倒在擦布上，不得用擦布蘸溶剂或将擦布浸泡在溶剂中；

3) 应采用“两块布清洁法”，每清洁一个构件或一块面板，应换用清洁的干擦布；

4) 清洁后应在半小时内完成注胶，否则应重新清洁。

- 4 采用双组分硅酮结构密封胶时，应进行混匀性试验和拉断试验；
- 5 玻璃面板注胶作业应在洁净通风的室内操作，其室内温度、湿度条件应符合硅酮结构胶产品的规定；
- 6 镀膜玻璃采用离线工艺制作的，应将注胶部位的膜层去除干净；
- 7 注胶必须饱满，不得出现气泡，表面应平整光滑，余胶不得重复使用；
- 8 采用硅酮结构密封胶粘接固定的玻璃面板必须经水平静置养护，且结构密封胶不得承受任何荷载。养护时间根据结构胶的固化程度确定。固化未达到足够承载力之前，不应搬动；
- 9 夹层玻璃中的胶片不宜接触硅酮密封胶，注胶前可对其端部密封处理；
- 10 隐框玻璃幕墙组件尺寸允许偏差应满足表 15.12.1 的要求。

**表 15.12.1 隐框幕墙组件尺寸允许偏差 (mm)**

项 目		允许偏差
框长度尺寸		±1.0
组件长度尺寸		±2.5
框接缝高度差		≤0.5
框内侧对角线差及组件 对角线差	L≤2000	≤2.5
	L>2000	≤3.5
框组装间隙		≤0.5
胶缝宽度		0~+2.0
胶缝厚度		0~+0.5
组件周边玻璃与铝框位置差		±1.0
结构组件平面度		≤3.0

**15.12.2 开启扇的组装应符合下列要求；**

- 1 开启边框及开启扇框的组装加工均应在工厂加工完成；
- 2 挂钩式开启扇，应有防脱落块；
- 3 开启边框和扇框应采用挤角方式组装，挤角前应注组角胶；
- 4 开启扇玻璃下方在 L/4 处应有玻璃托条，托条厚度不应小于 2mm，长度不小于 100mm，高度不应超出玻璃外表面，托条上应设置衬垫，与扇框可靠连接；
- 5 装配五金件的孔应攻丝，丝孔应符合设计要求，门窗开启扇等位置(商量)五金配件安装处型材的局部壁厚小于螺钉公称直径时，宜在内壁加衬板，螺钉应

有防松脱措施；

6 开启窗四周的橡胶条长度应比边框内槽口长 1.5%~2%，橡胶条转角和接头部位应采用粘接剂粘接牢固，镶嵌平实。开启窗下方外道密封橡胶条应留泄水孔，但橡胶条在边框槽口内应连续；

7 开启扇玻璃注胶应满足本规范 15.12.1 条的规定；

8 开启扇组装加工尺寸允许偏差应满足表 15.12.2 的要求。

**表 15.12.2 开启扇组件尺寸允许偏差 (mm)**

项 目		允许偏差
框、扇型材长度		±1.0
框、扇组件长度		±2.5
框、扇接缝高度差		≤0.5
框、扇内侧对角线差及组件 对角线差	L≤2000	≤2.5
	L>2000	≤3.5
框、扇组装间隙		≤0.5
胶缝宽度		0~+2.0
胶缝厚度		0~+0.5
结构组件平面度		≤3.0

**15.12.3** 双层单元幕墙及双层幕墙单元组件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。

**15.12.4** 单元式双层幕墙的内、外两层幕墙单元组件应在按各自标准检验合格后，再进行合体组装。组装允许偏差应符合表 15.12.4 的规定。

**表 15.12.4 单元式双层幕墙组装允许偏差 (mm)**

序号	项 目	允许偏差	检查方法
1	内、外层单元组件四周垒差	≤1	角尺、塞规
2	双层单元总厚度	±1	钢尺
3	内、外层单元组件对角垒差	≤1.5	角尺、塞规
4	内外层单元组件内腔净空(杆件处)	±1	钢尺
5	内外单元组件连接位置差	≤1	钢尺

**15.12.5** 双层幕墙内层为门窗构造时，门窗的加工、组装尚应满足相应规范的要求。

### 15.12.6 石材背栓组装要求:

- 1 安装螺栓时,背栓孔内应注环氧胶粘剂,背栓挂件与石材不得直接接触,需有柔性垫片隔离;
- 2 背栓与石材连接应可靠,不得产生松动、偏位等现象;
- 3 石板安装调节后应有固定装置。

### 15.12.7 单元板组装要求:

- 1 单元板应按加工图和工艺要求加工组装。组装的单元板应编号,并注明安装方向和安装顺序;
- 2 单元板构件连接应牢固,在组装和安装过程中不变形、不松动。连接处的缝隙应采用硅酮密封胶密封;
- 3 单元板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,工艺孔应采取防水措施。通气孔及排水孔应畅通;
- 4 单元板块吊挂件的厚度不应小于 5mm。吊挂件应可调节,并应用不锈钢螺栓与立柱连接,螺栓不得少于 2 个;
- 5 单元板块的硅酮结构密封胶不应外露;
- 6 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;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;
- 7 单元板块在搬动、运输、吊装过程中,应采取措施防止面板滑动或变形;
- 8 当采用自攻螺钉连接单元组件框时,每处螺钉不应少于 3 个,螺钉直径不应小于 4mm。螺钉孔最大内径、最小内径和拧入扭矩应符合表 15.12.7-1 的要求;

表 15.12.7-1 螺钉孔内径和扭矩要求

螺钉公称直径 (mm)	孔径 (mm)		扭矩 (Nm)
	最小	最大	
4.2	3.430	3.480	4.4
4.8	4.015	4.065	6.3
5.5	4.735	4.785	10.0
6.3	5.475	5.525	13.6

- 9 单元板组装允许偏差应符合表 15.12.7-2 的规定。

表 15.12.7-2 单元板组装允许偏差 (mm)

序号	项 目	允许偏差	
1	组件长度、宽度	L≤2000	±1.5
		L>2000	±2.0
2	组件对角线长度差	L≤2000	≤2.5
		L>2000	≤3.5
3	接缝高低差	≤0.5	
4	接缝间隙	≤0.5	
5	框面划伤	≤3 处且总长≤100	
6	框面擦伤	≤3 处且总面积≤200 mm <sup>2</sup>	
7	胶缝宽度	+1.0	
		0	
8	胶缝厚度	+0.5	
		0	
16	各搭接量 (与设计值比)	+1.0	
		0	
10	组件平面度	≤1.5	
11	组件内镶板间接缝宽度 (与设计值比)	±1.0	
12	连接构件竖向中轴线距组件外表面 (与设计值比)	±1.0	
13	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)	
15	连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线	±1.0	
15	两连接构件中心线水平距离	±1.0	
16	两连接件上、下端水平距离差	±0.5	
17	两连接件上、下端对角线差	±1.0	

### 15.13 玻璃幕墙组件

**15.13.1** 本节适用于玻璃幕墙构件、组件和面板等加工制作工程的质量验收。

**15.13.2** 在加工制作单位自检合格的基础上, 同类玻璃幕墙构件、组件或面板每 500 件~1000 件应划分为一个检验批, 不足 500 件也应划分为一个检验批。每个检验批应至少检查 5%, 并不得少于 5 件; 不足 5 件时应全数检查。

#### 主控项目

**15.13.3** 玻璃幕墙构件、组件和面板加工制作所使用的各种材料和配件, 应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**15.13.4** 玻璃幕墙构件、组件和面板的品种、规格、颜色及加工制作应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查加工制作记录。

**15.13.5** 立柱、横梁主要受力部位的截面厚度应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：尺量检查。

**15.13.6** 玻璃幕墙构件槽、豁、榫的加工应符合设计要求和相关文件及标准规范的规定。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**15.13.7** 玻璃幕墙钢构件焊接、螺栓连接应符合设计要求和现行现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及行业标准《钢结构焊接规范》GB50661 的有关规定。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**15.13.8** 钢构件表面处理应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 及省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：观察；检查施工记录。

**15.13.9** 隐框开启扇采用玻璃飞边或者中空玻璃采用大小片构造时，应当至少确保在—对边位置的硅酮结构密封胶重合。

检验方法：观察。

#### 一 般 项 目

**15.13.10** 玻璃幕墙面板表面应平整、洁净、色泽一致。

检验方法：观察

**15.13.11** 玻璃幕墙构件和组件表面应平整。

检验方法：观察。

**15.13.12** 玻璃幕墙构件、组件和面板安装的允许偏差和检验方法应符合表 15.13.12-1~表 15.13.12-6 的规定。

**表 15.13.12-1 玻璃幕墙铝合金构件加工制作的允许偏差和检验方法**

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验方法
1	立柱长度	1	用钢卷尺检查
2	横梁长度	1	用钢卷尺检查
3	构件孔位	1	用钢尺检查
4	构件相邻孔距	1	用钢尺检查
5	构件多孔两端孔距	1	用钢尺检查
6	槽口尺寸	+0.5, 0.0	用卡尺检查
7	豁口尺寸	+0.5, 0.0	用卡尺检查
8	榫头尺寸	0.0, -0.5	用卡尺检查
9	槽口、豁口或榫头中线至边部距离	0.5	用卡尺检查

**表15.13.12-2 玻璃幕墙钢构件加工制作的允许偏差和检验方法**

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验方法	
1	平板型预埋件锚板边长	5	用钢尺检查	
2	平板型预埋件锚筋长度	普通型	+10, 0	用钢尺检查
		两面整块锚板穿透型	+5, 0	
3	平板型预埋件圆锚筋中心线偏离	5	用钢尺检查	
4	槽型预埋件长度	+10, 0	用钢尺检查	
5	槽型预埋件宽度	+5, 0	用钢尺检查	
6	槽型预埋件厚度	+3, 0	用钢尺检查	
7	槽型预埋件槽口尺寸	+1.5, 0.0	用卡尺检查	
8	槽型预埋件锚筋长度	+5, 0	用钢尺检查	
9	槽型预埋件锚筋中心线偏离	1.5	用钢尺检查	
10	锚筋与锚板面垂直度	锚筋长度/30	用直角尺检查	
11	连接件长度	+5, -2	用钢尺检查	
12	连接件或支承件孔距	1.0	用卡尺检查	
13	连接件或支承件孔宽	+1.0, 0.0	用卡尺检查	
14	连接件或支承件孔边距	+1.0, 0.0	用卡尺检查	
15	连接件或支承件壁厚	+0.5, -0.2	用卡尺检查	
16	连接件或支承件弯曲角度	2°	用角尺检查	
17	点支承构件拼装单元节点位置	2	用钢尺检查	
18	点支承构件或拼装单元长度	长度/2000	用钢卷尺检查	

表15.13.12-3 明框玻璃幕墙组件加工制作的限值、允许偏差和检验方法

序号	项 目		限值 (mm)	允许偏差 (mm)	检验方法
1	组件型材槽口尺寸	构件长度 $\leq$ 2000mm		2	用钢尺检查
		构件长度 $>$ 2000mm		2.5	
2	组件对边长度差	构件长度 $\leq$ 2000mm		2	用钢卷尺检查
		构件长度 $>$ 2000mm		3	
3	组件对角线长度差	构件长度 $\leq$ 2000mm		3	用钢卷尺检查
		构件长度 $>$ 2000mm		3.5	
4	相邻构件装配间隙			0.5	用塞尺检查
5	相邻构件同一平面度差			0.5	用钢直尺和塞尺检查
6	单层玻璃与槽口间隙	玻璃厚度 5~6mm	$\geq$ 3.5		用钢尺检查
		玻璃厚度 8~10mm	$\geq$ 4.5		
		玻璃厚度 $\geq$ 12mm	$\geq$ 5.5		
7	单层玻璃进入槽口尺寸	玻璃厚度 5~6mm	$\geq$ 15		用钢尺检查
		玻璃厚度 8~10mm	$\geq$ 16		
		玻璃厚度 $\geq$ 12mm	$\geq$ 18		
8	中空玻璃与槽口间隙	玻璃厚度 6mm	$\geq$ 5		用钢尺检查
		玻璃厚度 $\geq$ 8mm	$\geq$ 6		
9	中空玻璃进入槽口尺寸	玻璃厚度 6mm	$\geq$ 17		用钢尺检查
		玻璃厚度 $\geq$ 8mm	$\geq$ 18		

表15.13.12-4 隐框玻璃幕墙组件加工制作的允许偏差和检验方法

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	框长宽尺寸		1	用钢卷尺检查
2	组件长宽尺寸		2.5	用钢卷尺检查
3	框接缝高度差		0.5	用钢直尺和塞尺检查
4	框内侧对角线差及组件对角线差	长边 $\leq$ 2000mm	2.5	用钢卷尺检查
		长边 $>$ 2000mm	3.5	
5	框组装间隙		0.5	用塞尺检查
6	胶缝宽度		+2, 0	用卡尺检查
7	胶缝厚度		+0.5, 0	用卡尺检查
8	组件周边玻璃与铝框位置差		1	用钢尺检查
9	结构组件平面度		3	用靠尺和塞尺检查
10	组件厚度		1.5	用卡尺检查

**表15.13.12-5 单元式玻璃幕墙组件加工制作的允许偏差和检验方法**

序号	项 目		允许偏差(mm)	检查方法
1	组件长度、宽度	≤2000mm	1.5	用钢尺检查
		>2000mm	2	
2	组件对角线长度差	≤2000mm	2.5	用钢尺检查
		>2000mm	3.5	
3	胶缝宽度		+1, 0	用卡尺或钢直尺检查
4	胶缝厚度		+0.5, 0	用卡尺或钢直尺检查
5	各搭接量（与设计值比）		+1, 0	用钢直尺检查
6	组件平面度		1.5	用 1m 靠尺检查
7	组件内镶板间接缝宽度（与设计值比）		1.0	用塞尺检查
8	连接构件竖向中轴线距组件外表面（与设计值比）		1	用钢尺检查
9	连接构件水平轴线距组件水平对插中心线		1	用钢尺检查
10	连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线		1	用钢尺检查
11	两连接构件中心线水平距离		1	用钢尺检查
12	两连接构件上、下端水平距离差		0.5	用钢尺检查
13	两连接构件上、下端对角线差		1	用钢尺检查

**表15.13.12-6 玻璃幕墙面板加工制作的允许偏差和检验方法**

序号	项 目		允许偏差(mm)	检验方法	
1	单片钢化玻璃边长	≤2000mm	厚度<15mm	1.5	用钢卷尺检查
			厚度≥15mm	2	
		>2000mm	厚度<15mm	2	
			厚度≥15mm	3	
2	单片钢化玻璃对角线长度差	≤2000mm	厚度<15mm	2	用钢卷尺检查
			厚度≥15mm	3	
		>2000mm	厚度<15mm	3	
			厚度≥15mm	3.5	
3	中空玻璃边长	<1000mm		2	用钢卷尺检查
		≥1000mm, <2000mm		+2, -3	
		≥2000mm		3.0	
4	夹层玻璃边长	边长≤2000mm		2	用钢卷尺检查
		边长>2000mm		2.5	

续表 15.13.12-6

5	中空、夹层玻璃对角 线长度差	边长 $\leq$ 2000mm	2.5	用钢卷尺检查
		边长 $>$ 2000mm	3.5	
6	中空、夹层玻璃厚度 叠差	边长 $<$ 1000mm	2.0	用卡尺检查
		边长 $\geq$ 1000mm, $<$ 2000mm	3.0	
		边长 $\geq$ 2000mm, $<$ 4000mm	4.0	
		边长 $\geq$ 4000mm	6.0	

## 15.14 金属幕墙组件

**15.14.1** 本节适用于金属幕墙构件、组件和面板等加工制作工程的质量验收。

**15.14.2** 在加工制作单位自检合格的基础上，同类金属幕墙构件、组件或面板每500件~1000件应划分为一个检验批，不足500件也应划分为一个检验批。每个检验批应至少检查5%，并不得少于5件；不足5件时应全数检查。

**15.14.3** 金属幕墙构件、组件和面板加工制作所使用的各种材料和配件，应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**15.14.4** 金属幕墙构件、组件和面板的品种、规格、颜色及加工制作应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查；检查加工制作记录。

**15.14.5** 立柱、横梁截面主要受力部位的厚度应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：尺量检查。

**15.14.6** 金属幕墙构件槽、豁、榫的加工应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**15.14.7** 金属幕墙钢构件焊接、螺栓连接应符合设计要求和现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018及行业标准《钢结构焊接规范》GB50661的有关规定。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**15.14.8** 钢构件表面处理应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检验方法：观察；检查施工记录。

#### 一般项目

**15.14.9** 金属幕墙面板表面应平整、洁净、色泽一致。

检验方法：观察。

**15.14.10** 金属幕墙构件表面应平整。

检验方法：观察。

**15.14.11** 金属幕墙面板加强筋应与折边可靠连接。

**15.14.12** 金属幕墙构件、组件和面板安装的允许偏差和检验方法应符合表 15.14.12 的规定。

**表 15.14.12 金属幕墙构件、组件和面板加工制作的允许偏差和检验方法**

序号	项 目	允许偏差(mm)	检验方法	
1	立柱长度	1	用钢卷尺检查	
2	横梁长度	0.5	用钢卷尺检查	
3	构件孔位	0.5	用钢尺检查	
4	构件相邻孔距	0.5	用钢尺检查	
5	构件多孔两端孔距	1	用钢尺检查	
6	金属板边长	≤2000mm	2	用钢卷尺检查
		>2000mm		
7	金属板对边长度差	≤2000mm	2.5	用钢卷尺检查
		>2000mm	3	
8	金属板对角线长度差	≤2000mm	2.5	用钢卷尺检查
		>2000mm	3	
9	金属板平整度	2	用 1m 靠尺和塞尺检查	
10	金属板折弯高度	1.0, 0	用卡尺检查	
11	金属板边孔中心距（建议调整 2.0, 卷尺没 1.5 的）	1.5	用钢卷尺检查	

#### 15.15 石材及人造板幕墙组件

**15.15.1** 本节适用于石材及人造板幕墙构件和面板等加工制作工程的质量验收。

**15.15.2** 在加工制作单位自检合格的基础上，同类石材与陶板幕墙构件或面板每 500 件~1000 件应划分为一个检验批，不足 500 件也应划分为一个检验批。每个检验批应至少检查 5%，并不得少于 5 件；不足 5 件时应全数检查。

## 主控项目

**15.15.3** 石材及人造板幕墙构件和面板加工制作所使用的各种材料和配件,应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法:检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**15.15.4** 石材及人造板构件和面板的品种、规格、颜色及加工制作应符合设计要求。

检验方法:观察;尺量检查;检查加工制作记录。

**15.15.5** 立柱、横梁截面主要受力部位的厚度应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法:尺量检查。

**15.15.6** 石材及人造板幕墙构件槽、豁、榫的加工应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法:观察;尺量检查。

**15.15.7** 石材及人造板幕墙钢构件焊接、螺栓连接应符合设计要求和现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018及行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81的有关规定。

检验方法:观察;尺量检查;检查施工记录。

**15.15.8** 钢构件表面处理应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检验方法:观察;检查施工记录。

**15.15.9** 石板及人造板孔、槽的位置、尺寸、深度、数量、质量应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法:观察;尺量检查。

**15.15.10** 石板及人造板连接部位应无缺棱、缺角、裂纹、修补等缺陷;石材其他部位缺棱不大于 $5\text{mm}\times 20\text{mm}$ ,或缺角不大于 $20\text{mm}$ 时可修补后使用,但每层修补的石板块数不应大于2%,且宜用于视觉不明显部位。

检验方法:观察;尺量检查。

**15.15.11** 采用洞石、砂岩等强度较弱的板材时,应当在板背设置有防止石材碎裂的安全措施。

检验方法：观察。

**15.15.12** 干挂石材幕墙单块板倒挂和多条实线条之间的连接应当采用锚固工艺，不得仅用胶粘接。

检验方法：观察。

#### 一般项目

**15.15.13** 石材及人造板幕墙面板表面应平整、洁净、色泽一致。

检验方法：观察。

**15.15.14** 石材及人造板幕墙构件表面应平整。

检验方法：观察。

**15.15.15** 石材及人造板幕墙构件和面板加工制作的允许偏差和检验方法应符合表 15.15.15 的规定。

**表15.15.15 石材及人造板幕墙构件和面板加工制作的允许偏差和检验方法**

序号	项 目		允许偏差(mm)	检验方法
1	立柱长度		1	用钢卷尺检查
2	横梁长度		0.5	用钢卷尺检查
3	构件孔位		0.5	用钢尺检查
4	构件相邻孔距		0.5	用钢尺检查
5	构件多孔两端孔距		1	用钢尺检查
6	板材边长	石材、瓷板、陶板、微晶玻璃板	±1.0	用钢卷尺检查
		石材铝蜂窝板	0; -1.0	用钢卷尺检查
		木纤维板	2.0; 0	用钢卷尺检查
	纤维水泥板	a≤1000	±1.0	用钢卷尺检查
		a> 1000	±2.0	用钢卷尺检查

## 16 安 装 施 工

### 16.1 一 般 规 定

**16.1.1** 幕墙安装应在主体结构施工完成或具备幕墙施工条件并验收合格后方可进行。与主体结构同步施工或分段施工的，应采取可靠的安全隔离措施。

**16.1.2** 幕墙支承结构中的钢结构安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

**16.1.3** 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。

**16.1.4** 幕墙应在物理性能检测合格后进行安装。

**16.1.5** 幕墙安装前应对预埋件的承载力进行检测。采用后置埋件的锚栓宜采用扩底型机械锚栓。锚栓孔的位置应符合设计要求。锚栓孔的直径、孔深和形状应符合锚栓产品的规定，并不得损伤主体结构钢筋。特殊倒锥形化学锚栓孔，应采用毛刷和压缩空气等方法将孔壁的粉尘清理干净。锚栓安装后，并应进行现场拉拔试验。

**16.1.6** 幕墙应在施工图完成后并经过相关部门的审查后进行安装，不得边设计边施工。

**16.1.7** 玻璃幕墙的安装施工应单独编制施工组织设计，并应符合现行国家标准《施工组织设计规范》GB 50502 的规定，且应包括下列内容：

- 1 工程概况、质量目标；
- 2 编制目的、编制依据；
- 3 施工部署、施工进度计划及控制保证措施；
- 4 项目管理组织机构及有关的职责和制度；
- 5 材料供应计划、设备进场计划；
- 6 劳动力调配计划及劳保措施；
- 7 与业主、总包、监理单位以及其他工种的协调配合方案；
- 8 材料供应计划及搬运、吊装方法及材料现场贮存方案；
- 9 测量放线方法及注意事项；
- 10 构件、组件加工计划及其加工工艺；
- 11 施工工艺、安装方法及允许偏差要求；重点、难点部位的安装方法和质

量控制措施；

- 12 项目中采用新材料、新工艺时，进行论证（必要时）和制作样板的计划；
- 13 安装顺序及嵌缝收口要求；
- 14 成品、半成品保护措施；
- 15 质量要求、幕墙物理性能检测及工程验收计划；
- 16 季节施工措施；
- 17 幕墙施工脚手架的验收、改造和拆除方案或施工吊篮的验收、搭设和拆

除方案；

- 18 文明施工和安全技术措施；
- 19 施工平面布置图。

**16.1.8** 单元式幕墙的安装施工组织设计尚应包括以下内容：

- 1 单元件的运输及装卸方案；
- 2 主体结构施工过程中的测量、监控方案；
- 3 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、垂直运输与楼层上水平运输方法和机具；
- 4 收口单元位置、收口闭口工艺及操作方法；
- 5 单元组件吊装顺序及吊装、调整、定位固定等方法和措施；
- 6 幕墙施工组织设计应与主体工程施工组织设计相互衔接，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。

**16.1.9** 除全玻幕墙外，不应在现场打注硅酮结构密封胶。

**16.1.10** 采用新材料、新技术、新工艺的幕墙，宜在现场试安装，经业主、监理、设计单位共同认可后方可进行安装施工。

**16.1.11** 有抗爆设计或其他特殊功能要求的建筑幕墙，幕墙试件应进行抗爆或特殊功能的检测，符合要求后方可施工。

**16.1.12** 幕墙安装过程中，应及时对半成品、成品进行保护；在构件存放、搬动、吊装时应轻拿轻放，不得碰撞、损坏和污染构件。

**16.1.13** 进行焊接作业时，应采取保护措施防止烧伤型材及面板保护膜。施焊后，应对钢材表面及时进行处理。

## 16.2 构件式幕墙

### 16.2.1 幕墙测量放线要求:

- 1 低层建筑风力不宜大于 4 级; 高层建筑风力不应大于 4 级;
- 2 测量放线前, 应先确定主体结构的标高控制线、轴线控制线及底层的基准控制点;
- 3 测量放线时, 应结合主体结构的偏差及时调整幕墙分格, 不得积累偏差;
- 4 分格线确定后, 应在其垂直方向和水平方向设置控制线; 垂直方向不大于 20m 设置一条控制线;
- 5 高层建筑应定期对幕墙的安装定位基准进行校核。

### 16.2.2 预埋件的安装要求:

- 1 预埋件安装前应按照幕墙的设计分格尺寸用测量仪器进行定位;
- 2 预埋件安装前应按设计要求检查其规格型号, 并做好记录;
- 3 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;
- 4 预埋件的位置偏差应满足设计要求, 当设计无要求时, 预埋件的位置偏差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ ;
- 5 预埋件锚筋必须与主体结构的接地钢筋捆扎或焊接在一起, 其搭接长度应符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定;
- 6 安装连接件前应清理预埋件, 满足安装要求。

### 16.2.3 偏位的预埋件应按下列要求处理:

- 1 不满足设计要求的预埋件应采取后补措施, 并符合设计要求;
- 2 后置埋件钻孔时, 不能损伤主体结构的钢筋, 钻孔尺寸应符合设计要求;
- 3 锚栓安装时, 应对孔进行检查和清理, 并满足锚栓的有效长度;
- 4 当采用特殊倒锥型化学锚栓时, 应在药剂完全固化后, 方可进行下道工序施工;
- 5 采用焊接工艺连接的后置埋件, 应进行连接强度验算;
- 6 废弃的锚栓孔应按 JGJ145 的规定处理。

### 16.2.4 幕墙立柱安装要求:

- 1 立柱与主体结构的连接宜在立柱两侧采用转接件固定;
- 2 立柱安装轴线偏差: 不应大于 $\pm 2\text{mm}$ ;
- 3 相邻两根立柱安装标高偏差不应大于 3mm, 同层立柱的最大标高偏差不

应大于 5mm；相邻两根立柱固定点的距离偏差不应大于 2mm；

4 立柱安装就位、调整后应及时紧固，并采取防止位移措施。

#### 16.2.5 幕墙横梁安装应符合下列要求：

1 横梁与立柱连接应可靠，采用螺栓或螺钉连接的，至少有一端与立柱留出伸缩间隙，间隙宽度应符合设计要求，玻璃幕墙横梁立柱连接处应采用柔性垫片或密封胶封堵；

2 铝合金横梁与立柱连接点的螺钉或螺栓应不少于 2 个，当横梁为开口型材时应不少于 3 个。不应采用沉头、半沉头螺钉；

3 同一根横梁两端或相邻两根横梁的水平标高偏差不应大于 1mm。同层标高偏差：当一幅幕墙宽度 $\leq 35\text{m}$ 时，不应大于 5mm；当一幅幕墙宽度大于 35m 时，不应大于 7mm；

4 每一层横梁安装完成后，应及时进行检查、校正和固定。

#### 16.2.6 幕墙其他主要附件安装要求：

1 防火、保温材料铺设应平整、密实、牢固，拼装处不应留有缝隙；

2 封口处理应符合设计要求；

3 采用现场焊接的构件，应在焊接后及时进行防腐处理；

4 采用钢构件的开放式幕墙，其钢构件宜置于防水层内侧；

5 幕墙安装用的临时衬垫、固定材料，应在构件紧固后及时拆除；

6 冷凝水排出管、通气孔、雨水排出口等装置的安装，应符合设计要求。

#### 16.2.7 玻璃安装要求：

1 安装前玻璃表面应清洁处理；

2 玻璃四周的橡胶条的材质、型号应符合设计要求，其长度宜比边框内槽口长 1.5%-2%；橡胶条转角和接头部位应采用粘结剂粘结牢固；镶嵌应平整；

3 镀膜玻璃镀膜面的朝向应符合设计要求；

4 明框和横明竖隐玻璃幕墙安装时，托条或垫块设置应符合设计要求；

5 明框和半隐框玻璃的幕墙的压板及隔热条应通长设置，固定螺钉规格和间距应符合设计要求；

6 隐框和横隐竖明玻璃幕墙安装时，托条设置应符合设计要求并与幕墙骨架连接固定；

7 构件式玻璃幕墙安装允许偏差。

表 16.2.7-1 明框玻璃幕墙安装允许偏差和检验方法

项次	项 目		允许偏差(mm)	检验方法
1	墙面垂直度 (幕墙高度 H)	H≤30m	10.0	用经纬仪检查
		30m<H≤60m	15.0	
		60m<H≤90m	20.0	
		H>90m	25.0	
2	幕墙水平度	幕墙幅宽≤35m	5.0	用水平仪检查
		幕墙幅宽>35m	7.0	
3	构件直线度		2.0	用2m靠尺和塞尺检查
4	构件水平度	构件长度≤2m	2.0	用水平仪检查
		构件长度>2m	3.0	
5	相邻构件错位		1.0	用金属直尺检查
6	分格框对角线长度差	对角线长度≤2m	3.0	用金属直尺检查
		对角线长度>2m	4.0	

表 16.2.7-2 隐框、半隐框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	墙面垂直度 (幕墙高度 H)	H≤30m	10.0	用经纬仪检查
		30m<H≤60m	15.0	
		60m<H≤90m	20.0	
		90m<H≤150m	25.0	
2	幕墙水平度	层高≤3m	3.0	用水平仪检查
		层高>3m	5.0	
3	幕墙表面平整度		2.0	用2m靠尺和塞尺检查
4	板材立面垂直度		2.0	用2m靠尺和塞尺检查
5	板材上沿水平度		2.0	用2m靠尺和塞尺检查
6	相邻板材板角错位		1.0	观察
7	阳角方正		2.0	金属直尺检查
8	接缝直线度		3.0	用2m靠尺和塞尺检查
9	接缝高低差		1.0	金属直尺检查
10	接缝宽度		1.0	金属直尺检查

16.2.8 板块采用挂钩式安装时，应采取限位、防脱措施。

16.2.9 明框幕墙组件的导气孔及排水孔位置应符合设计要求，安装时应保证导气孔及排水孔通畅。

16.2.10 铝合金装饰构件的安装，应表面平整，无色差。接缝均匀并密实。

16.2.11 金属板安装要求：

- 1 对横、竖连接件进行检查、测量和调整，减少金属板块的安装误差；
- 2 按照设计要求安装金属板块，调整完毕后进行固定。

16.2.12 石板安装要求：

- 1 检查石材表面防护是否符合设计要求；
- 2 根据连接方式确定石材面板的安装顺序，安装并调整后进行固定；
- 3 石材挂件安装应符合下表规定；

表 16.2.12 石材幕墙挂件安装允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检查方法
挂件水平位置	1.0	水平仪
挂件标高	±1.0	水平仪、水平尺
挂件前后水平标高差	1.0	水平尺
挂件挂钩中心线与石板槽口中心线差	2.0	金属直尺
挂件入槽深度 (与设计值比)	±2.0	金属直尺
背栓挂件钩尖至背栓中心线距离	±1.0	金属直尺
背栓挂件插入 (锚入) 支承横梁凸缘的深度 (与设计值比)	±1.0	金属直尺

- 4 石板表面嵌缝应采用专用密封胶；
- 5 倒挂石板宜采用至少四点背栓固定，面板应采取防坠落措施；
- 6 无法采用四点固定的狭长板，应采取其它机械固定措施。

16.2.13 硅酮建筑密封胶施工要求：

- 1 注胶时的温度、湿度等环境条件，应符合产品使用要求；
- 2 注胶前应清洁注胶面，干燥后方可注胶；
- 3 幕墙板块之间的拼接胶缝的宽度应满足面板和密封胶的变形要求，胶缝宽度不宜小于 8mm。硅酮建筑密封胶的施工厚度应不小于 5mm；较深的密封槽口底部应采用聚乙烯发泡材料填塞；

4 硅酮建筑密封胶在接缝内应对面粘结，不应三面粘结。

16.2.14 幕墙安装过程中，应在注胶完成后及时进行淋水试验。

16.2.15 金属、石材幕墙安装应符合下表规定：

表 16.2.15 金属、石材幕墙安装质量

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检查方法
1	幕墙面垂直度	$H \leq 30\text{m}$	10.0	激光经纬仪或 经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	15.0	
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	20.0	
		$H > 90\text{m}$	25.0	
2	立柱、竖缝直线度		3.0	2m 靠尺、塞尺
3	横向板材水平度	$\leq 2000\text{mm}$	2.0	水平仪
		$> 2000\text{mm}$	3.0	
4	同高度两相邻横向构件高度差		1.0	金属直尺、塞尺
5	幕墙横向水平度	层高 $\leq 3\text{m}$	3.0	水平仪
		层高 $> 3\text{m}$	5.0	
6	分格框对角线差	$L \leq 2000\text{mm}$	3.0	对角线尺或 3m 钢卷 尺
		$L > 2000\text{mm}$	3.5	
7	竖缝及墙面垂直 缝垂直度	层高 $\leq 3\text{m}$	2.0	激光经纬仪或经纬仪
		层高 $> 3\text{m}$	3.0	
8	幕墙水平度（层高）		2.5	2m 靠尺、金属直尺
9	竖缝直线度（层高）		2.5	2m 靠尺、金属直尺
10	横缝直线度（层高）		2.5	2m 靠尺、金属直尺
11	缝宽度（与设计值比）		$\pm 2.0$	卡 尺

注：H 为幕墙总高度，L 为分格框的长边长度。

### 16.3 单元式幕墙

16.3.1 单元式幕墙的测量放线应符合 16.2.1 的规定。

16.3.2 单元式幕墙的预埋件安装应符合 16.2.2 的规定。

16.3.3 单元式幕墙预埋件的偏位处理方法应符合 16.2.3 的规定。

16.3.4 单元组件的运输要求：

- 1 单元板块应采用专用钢架运输，固定牢固。板块之间应设置隔离措施；
- 2 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；

3 单元板块在存放、运输和吊装过程中应采取隔离和保护措施，防止板块挤压碰撞。

#### 16.3.5 在场内堆放单元板块时的要求：

1 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；

2 宜存放在周转架上；

3 应依照安装顺序先出后进的原则按编号排列放置；

4 不应直接叠层堆放。

#### 16.3.6 单元式幕墙的吊装机具要求：

1 安装单元板块的吊装机具宜采用定型设备，非定型设备应检测合格后方可使用。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；

2 超高层幕墙安装单元板块的吊装机具宜采用轨道式安装工艺。应与主体结构可靠连接，并有防止脱轨、超限、倾覆设施；

3 安装单元板块的吊装机具应具有防止板块晃动、转动和脱落的安全措施。

#### 16.3.7 板块起吊和就位要求：

1 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；

2 应进行试吊装；

3 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；

4 吊装升降和平移应使单元板块不摆动、不撞击其他物体；

5 吊装过程应采取措施保证装饰面不受磨损和挤压；

6 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；

7 板块吊装过程中应有专人指挥，防止与主体结构或其他物品碰撞；

8 严禁超重吊装。在雨、雪、雾和5级以上风力等不良天气时，不得进行吊装作业。

#### 16.3.8 连接件安装允许偏差应符合表 16.3.8 的规定。

**表 16.3.8 连接件安装允许偏差**

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检查方法
1	标高	±1.0 (可上下调节时±2.0)	水准仪
2	连接件两端点平行度	≤1.0	钢卷尺
3	距安装轴线水平距离	≤1.0	钢卷尺
4	垂直偏差(上、下两端点与垂线偏差)	±1.0	垂线、钢卷尺
5	两连接件连接点中心水平距离	±1.0	钢卷尺
6	两连接件上、下端对角线差	±1.0	钢卷尺
7	相邻三连接件(上下、左右)偏差	±1.0	钢卷尺

**16.3.9** 单元式幕墙安装固定后的偏差应符合表 16.3.9 的要求；

**表 16.3.9 单元式幕墙安装允许偏差和检验方法**

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
墙面垂直度 (幕墙高度 H)	$H \leq 30\text{m}$	10.0	经纬仪
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	15.0	
	$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	20.0	
	$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	25.0	
	$H > 150\text{m}$	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	深度尺
单元对插配合间隙 (与设计值比)		+1.0 0	金属直尺
单元对插搭接长度		1.0	金属直尺

**16.3.10** 同层排水的单元式幕墙,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。

**16.3.11** 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。

## 16.4 全玻璃幕墙

- 16.4.1 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。
- 16.4.2 玻璃宜采用机械吸盘安装，并应采取必要的安全措施。
- 16.4.3 全玻璃幕墙安装过程中，应及时检测和调整面板、玻璃肋的水平度和垂直度。
- 16.4.4 每块玻璃的吊夹应固定在同一结构体上，并保持玻璃受力均匀。
- 16.4.5 玻璃夹具与夹板配合紧密不松动，金属夹具不得与玻璃直接接触。
- 16.4.6 硅酮结构胶注胶前，应对注胶部位进行清洁。胶缝表面应平整、光滑。
- 16.4.7 吊挂玻璃周边构造尺寸应符合本规范第 10.2.1 条规定。
- 16.4.8 全玻璃幕墙施工质量应符合表 16.4.8 的要求。

表 16.4.8 全玻璃幕墙施工质量要求

序号	项 目	允许偏差	测量方法
1	墙面垂直度 (幕墙高度 H)	$H \leq 30$	激光仪或经纬仪
	$30 < H \leq 60$	15mm	
2	幕墙的平面度	2.5mm	2m 靠尺，金属直尺
3	竖缝的直线度	2.5mm	2m 靠尺，金属直尺
4	横缝的直线度	2.5mm	2m 靠尺，金属直尺
5	线缝宽度（与设计值比较）	$\pm 2.0\text{mm}$	卡尺
6	两相邻面板之间的高低差	1.0mm	深度尺
7	玻璃面板与肋板夹角与设计值偏差	$\leq 1^\circ$	量角器

## 16.5 点支承玻璃幕墙

### 16.5.1 支承结构安装要求：

- 1 支承结构安装过程中，组装、焊接、表面喷涂等工序均应符合相关标准的规定；
- 2 大型支承结构构件应编制专项施工方案；
- 3 支承结构安装调整后，应及时紧固定位，并应进行隐蔽工程验收。

### 16.5.2 支承结构安装允许偏差应符合表 16.5.2 要求

**表 16.5.2 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	$l/1000$ 或 ≤5, $l$ 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	5
间距大于 35m	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

**16.5.3** 点支承玻璃幕墙面板安装应符合下表规定:

**表 16.5.3 点支承玻璃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
竖缝及墙面垂直度	高度不大于 30m	10.0	激光仪或经纬仪
	高度大于 30m 但不大于 50m	15.0	
平面度		2.5	2m 靠尺、金属直尺
接缝直线度		2.5	2m 靠尺、金属直尺
接缝宽度		2.0	卡尺
接缝高低差		1.0	塞尺

**16.5.4** 幕墙张拉索杆支承结构的安装施工应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《索结构技术规程》JGJ 257 的有关规定。

**16.5.5** 拉杆、拉索施加预拉力的要求:

- 1 张拉前必须对构件、锚具等进行全面检查, 并明确具体要求;
- 2 拉杆和拉索安装时, 应设置预拉力调节装置, 并按设计要求施加预拉力;
- 3 拉杆、拉索实际施加的预拉力值应考虑施工温度的影响;
- 4 张拉时, 应分次、分批对称张拉; 在张拉过程中, 应对预拉力随时调整, 并建立张拉纪录。

## 16.6 光伏幕墙

- 16.6.1** 光伏组件在存放、搬运、安装过程中,应采取保护措施,防止发生碰撞、雨淋、线路接触不良等现象。
- 16.6.2** 光伏组件安装前,应仔细核对组件的编码图和电性能参数是否符合设计要求。
- 16.6.3** 施工安装人员应穿绝缘鞋,带低压绝缘手套,使用绝缘工具。
- 16.6.4** 施工场所应有醒目、清晰、易懂的电气安全标识。
- 16.6.5** 不得在雨雪或5级及以上大风天气施工。
- 16.6.6** 组件安装时,其临近的电线应有隔离措施。
- 16.6.7** 组件安装工程中,应在受光面铺设遮光材料,遮住太阳光。
- 16.6.8** 光伏系统安装过程中,应同时进行防雷装置的安装。
- 16.6.9** 组件的线路接头连接应可靠,并应采取防雨水浸泡的措施。
- 16.6.10** 系统线路宜采用隐藏布线方式。
- 16.6.11** 光伏系统发生组件损坏,应及时处理。
- 16.6.12** 接通电路前应对幕墙表面进行清洁,拆除遮光材料。
- 16.6.13** 光伏组件上应标注带电警告标识。
- 16.6.14** 光伏系统安装后,应依次按照方阵和整个系统进行电性能测试。

## 16.7 安全规定

- 16.7.1** 幕墙安装施工应符合《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46和其他有关规定。
- 16.7.2** 安装施工机具在使用前应严格检查。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。
- 16.7.3** 符合专项安全论证条件的,应组织专家论证。
- 16.7.4** 外脚手架应按照相关规定进行设计,除满足施工条件外,并应符合下列要求:
- 1** 落地式钢脚手架应双排布置;
  - 2** 悬挑脚手架应采用热轧普通型钢,不得采用钢管及其配件。采用工字钢时不宜小于 I18。且高度不宜超过 3 层;

**3** 脚手架应经验收合格后方可使用。

**16.7.5** 脚手架上不得超载，堆积杂物，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，应采取防止出现失稳、坠落等隐患的措施。

**16.7.6** 当幕墙安装与主体结构施工交叉作业时，在主体结构的施工层下方必须设置防护网；在距离地面高度约 3m 处，必须设置挑出宽度不小于 6m 的水平防护网。

**16.7.7** 采用吊篮施工的要求：

**1** 吊篮设置应进行设计，并符合相关规定的要求。使用前应进行安全检测并通过验收；

**2** 吊篮不得作为竖向运输工具，并不得超载；

**3** 不应在空中检修吊篮；

**4** 吊篮上的施工人员必须按规定配系安全带；

**5** 安全绳应固定在独立可靠的主体结构上，安全带应挂在安全绳的自锁器上；

**6** 风力达到 5 级及以上时，不应进行吊篮施工，并将吊篮停落在地面；

**7** 吊篮暂停使用时，应落地停放。

**16.7.8** 现场焊接作业时，应采取防火措施。

## 17 工程检测与验收

### 17.1 一般规定

**17.1.1** 幕墙工程验收前应将其表面清洗干净，保持幕墙立面完好及清洁。

**17.1.2** 幕墙工程验收时，应根据工程实际情况检查下列所含有的文件和记录：

1 幕墙工程的竣工图、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；

2 幕墙工程所用各种材料、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、进场验收记录和主要材料复验报告；

3 中空玻璃产品合格证应当载明加工时所用密封胶的品牌、型号和尺寸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；

4 幕墙工程所用硅酮结构胶的认定证书和抽查合格证明；

5 隐框玻璃板块打胶记录；双组份硅酮结构胶的混匀性试验记录及拉断试验记录；

6 幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；

7 隐蔽工程验收文件；

8 幕墙组件和构件的加工制作记录，幕墙安装施工质量检查记录；

9 张拉索杆体系预拉力张拉记录；

10 现场淋水试验记录；

11 其他质量保证资料。

**17.1.3** 幕墙工程应对下列隐蔽工程项目进行验收，并提供现场图片或影像资料：

1 预埋件或后置埋件、锚栓及连接件；

2 构件与主体结构的连接节点；

3 幕墙四周、变形缝的构造节点；

4 幕墙面板与支承结构的连接节点；

5 幕墙防雷连接节点；

6 幕墙防火、隔烟节点；

7 幕墙隔热保温构造措施。

**17.1.4** 幕墙及其连接件应具有足够的承载力、刚度和相对于主体结构的位移能力。采用螺栓连接的，应有防松动措施。

**17.1.5** 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。应有完整的打胶记录。

**17.1.6** 幕墙的防火构造应符合设计及相关标准的规定。

**17.1.7** 主体结构与幕墙连接的各种预埋件，其数量、规格、位置和防腐处理必须符合设计要求。

**17.1.8** 幕墙的金属构架与主体结构预埋件的连接、立柱与横梁的连接及幕墙面板的安装必须符合设计及相关标准规范的要求，安装必须牢固。

**17.1.9** 幕墙的金属构架与主体结构应通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入，预埋件的位置应准确。当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并应通过试验确定其承载力。

**17.1.10** 幕墙的抗震缝、伸缩缝、沉降缝等部位的处理应保证缝的使用功能和饰面的完整性。

## **17.2 检验批与检测数量**

**17.2.1** 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，每幅玻璃幕墙均应检验：

1 相同设计、材料、工艺和施工条件的幕墙工程每 1000m<sup>2</sup> 应划分为一个检验批，不足 1000m<sup>2</sup> 也应划分为一个检验批；

2 同一单位工程的不连续的幕墙工程应单独划分检验批；

3 对于异型或特殊要求的幕墙，检验批的划分应根据幕墙的结构、工艺特点及幕墙工程规模，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

**17.2.2** 幕墙工程尺寸、外观每检验批的检查数量应符合下列规定：

1 每个检验批每 100m<sup>2</sup> 应至少抽查一处，每处不得小于 10m<sup>2</sup>；

2 对于异形或有特殊要求的幕墙，应根据幕墙的结构和工艺特点，由监理单位（或建设单位）和施工单位协商确定。

**17.2.3** 同一工程、不同面板材料、不同类型、不同系列的幕墙，均按最不利状态单元进行物理性能试验。

## **17.3 材料复检**

**17.3.1** 进场后需要进行复验的材料种类及项目应符合本节的规定。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验，合同另有约定时还应按合同执行。

**17.3.2** 铝合金型材主要受力杆件应进行膜层厚度、硬度和力学性能复验，断桥隔热铝合金型材还应对型材与隔热条的复合性能进行复验。

**17.3.3** 钢材的复验应包括规格、壁厚、防腐处理和力学性能检测。

**17.3.4** 玻璃的复验根据不同品种进行：钢化玻璃宜进行表面应力、碎片状态检测；夹层玻璃宜进行落球冲击剥离性能、霰弹袋冲击性能检测；中空玻璃应进行露点和传热系数检测，内部充有惰性气体时，还应进行惰性气体浓度检测；低辐射镀膜玻璃及其制品应进行遮阳系数、可见光透射比、可见光反射比的检测；

**17.3.5** 石材复验项目包括弯曲强度和冻融性能检测；板材与挂件组合单元还应进行挂装强度复验。

**17.3.6** 陶板和瓷板复验项目包括断裂模数、吸水率和湿胀系数。

**17.3.7** 微晶玻璃复验项目包括弯曲强度和抗急冷急热性能。

**17.3.8** 金属板材应对板材表面涂层厚度进行复验。

**17.3.9** 铝塑复合板应对涂层厚度、剥离强度进行复验。

**17.3.10** 铝蜂窝复合板复验项目包括饰面涂层厚度、滚筒剥离强度试验。

**17.3.11** 石材蜂窝复合板应对安装连接件承载能力、滚筒剥离强度、弯曲强度进行复验。

**17.3.12** 硅酮结构密封胶应对相容性、剥离粘结性能进行复验。

**17.3.13** 石材用建筑密封胶应以工程用石材为基材进行污染性试验。

**17.3.14** 保温材料应对密度、导热系数进行复验。

**17.3.15** 槽式埋件应对锚筋与C型槽的连接以及T型螺栓与C型槽的连接进行抗拉、抗剪性能复验。

**17.3.16** 幕墙框架与主体结构的连接螺栓应对抗拉强度、抗剪强度等机械性能进行复验。

## **17.4 性能及现场检测**

**17.4.1** 建筑幕墙的物理性能检验项目，应包括气密性能、水密性能、抗风压性能、平面内变形性能。热工性能、隔声性能、耐撞击性能及其他性能根据设计及合同规定进行。

**17.4.2 检测样品规格尺寸应符合下列要求：**

- 1 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；
- 2 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；
- 3 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；
- 4 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；
- 5 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。

**17.4.3 双层幕墙的抗风压性能检测应根据双层幕墙的通风形式按以下规定进行：**

- 1 外通风双层幕墙的内外两层分别具有各自的支承系统时，应分别按内外层各自承受的风荷载标准值进行检测。内外两层幕墙的变形均不应超过国家标准《建筑幕墙》GB/T21086 规定的限值，且不发生任何功能障碍和损坏；
- 2 外通风双层幕墙的内外两层共用一套支承系统时，支承系统应按照外层幕墙承受的风荷载标准值进行检测，面板应按照内外层幕墙各自承受的风荷载标准值进行检测；
- 3 内通风双层幕墙的外层幕墙应按外层幕墙承受的风荷载标准值进行检测；
- 4 混合通风双层幕墙的抗风压性能应按外通风双层幕墙的方法进行检测。

**17.4.4 双层幕墙的气密性能检测应根据双层幕墙的通风形式按以下规定进行：**

- 1 外通风双层幕墙的内外两层分别具有各自的支撑系统时，应对内层幕墙进行检测；
- 2 内通风双层幕墙的内外两层分别具有各自的支撑系统时，应对外层幕墙进行检测；
- 3 外通风双层幕墙或内通风双层幕墙，内外两层幕墙采用同一支承系统时，应对内外层幕墙整体进行检测；

4 混合通风双层幕墙的气密性应分别按外通风和内通风两种使用状态进行检测。

**17.4.5** 双层幕墙的水密性能检测应根据双层幕墙的通风形式按以下规定进行：

1 外通风双层幕墙的水密性能宜对内外层幕墙整体进行检测，也可采用内层幕墙的水密性能替代双层幕墙的整体水密性。以室内侧未发生严重渗漏时的最高压力差作为外通风双层幕墙的整体分级值；

2 内通风双层幕墙的水密性能宜对内外层幕墙整体进行检测，也可采用外层幕墙的水密性能替代双层幕墙的整体水密性。以热通道及室内侧未发生严重渗漏时的最高压力差作为内通风双层幕墙的整体分级值；

3 混合通风双层幕墙的水密性能应分别按外通风和内通风两种使用状态进行检测。

**17.4.6** 双层幕墙的平面内变形性能检测应采取内外层整体检测的形式。

**17.4.7** 气密性能、水密性能、抗风压性能、平面内性能的实验室检测应在施工安装进行前完成；物理性能检验检测结果不包括幕墙与其他结构之间的接缝部位。

**17.4.8** 台风与热带风暴地区水密性能宜按GB/T 29907的规定采取动态风压水密性能检测。

**17.4.9** 后置埋件的锚栓应进行现场抗拉拔性能检测，现场检测极限承载力应大于设计值的2倍。不同品种、不同规格、不同强度等级以及用于不同锚固部位的锚栓应分别进行检测。

**17.4.10** 防火幕墙用钢构件采用防火保护涂层的，应对防火涂层的厚度进行现场检测。

**17.4.11** 幕墙钢架采用二级及以上焊缝，应进行内部缺陷的检验。

**17.4.12** 幕墙竣工验收前，应选取典型部位进行现场淋水试验。淋水部位应包括开启部位、垂直和水平固定接缝以及其他可能出现渗漏的部位。对有漏水现象的部位，应进行修补，待试件充分干燥后，再次进行试验，直到无漏水为止。

**17.4.13** 拉索式幕墙的拉索应进行拉索张拉力检验。

## **17.5 玻璃幕墙**

**17.5.1** 本节适用于隐框玻璃幕墙、半隐框玻璃幕墙、明框玻璃幕墙、全玻璃幕

墙及点支承玻璃幕墙及单元式玻璃幕墙工程的质量验收。幕墙验收除符合本章节要求外，尚应符合国家、行业、当地相关文件的规定。

#### **17.5.2 验收项目及检验方法：**

**17.5.2.1 玻璃幕墙工程所使用的各种材料、构件和组件的质量，应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。**

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、性能检验报告和材料的复验报告。

**17.5.2.2 玻璃幕墙的形式和立面分格应符合设计要求。**

检验方法：观察；尺量检查。

**17.5.2.3 玻璃幕墙使用的玻璃应符合下列规定：**

**1 幕墙应使用安全玻璃，玻璃的品种、规格、颜色、光学性能及安装方向应符合设计要求；**

**2 幕墙玻璃的厚度不应小于 6.0mm。全玻璃幕墙肋玻璃的厚度不应小于 12mm；**

**3 幕墙的中空玻璃应采用双道密封。明框幕墙的中空玻璃应采用聚硫密封胶及丁基密封胶；隐框和半隐框幕墙的中空玻璃应采用硅酮结构密封胶及丁基密封胶；镀膜面应符合设计要求；**

**4 幕墙的夹层玻璃应采用聚乙烯醇缩丁醛（PVB）胶片干法加工夹层玻璃。点支承玻璃幕墙夹层胶片（PVB）厚度不应小于 0.76mm；**

**5 钢化玻璃应符合《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JG/T455 相关规定的要求。**

检验方法：观察；尺量检查；检查质保资料和施工记录。

**17.5.2.4 玻璃幕墙与主体结构连接的各种预埋件、连接件、紧固件必须安装牢固，其数量、规格、位置、连接方法和防腐处理应符合设计要求。**

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**17.5.2.5 各种连接件、紧固件的螺栓应有防松动措施；焊接连接应符合设计要求和焊接规范的规定。**

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**17.5.2.6 隐框或横隐竖明玻璃幕墙，每块玻璃下端应设置两个托条，符合设计要求。**

检验方法：观察；检查施工记录。

**17.5.2.7** 明框玻璃幕墙的玻璃安装应符合下列规定：

1 玻璃槽口与玻璃的配合尺寸应符合设计要求；

2 玻璃与构件不得直接接触，玻璃四周与构件凹槽底部应保持一定的空隙，每块玻璃下部应至少放置两块宽度与槽口宽度相同、长度不小于 100mm 的弹性定位垫块；玻璃两边嵌入量及空隙应符合设计要求；

3 玻璃四周橡胶条的材质、型号应符合设计要求，镶嵌应平整，橡胶条长度应比边框内槽长 1.5%~2.0%，橡胶条在转角处应斜面断开，并应用粘结剂粘结牢固后嵌入槽内。

检验方法：观察；检查施工记录。

**17.5.2.8** 下端支承的全玻璃幕墙的最大使用高度，应符合标准要求；当采用悬挂安装方式时，应吊挂在主体结构上，吊夹具及玻璃连接构造应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**17.5.2.9** 点支承玻璃幕墙应采用带万向头的活动不锈钢爪，其钢爪间的中心距离应大于 250mm。

检验方法：观察；尺量检查。

**17.5.2.10** 玻璃幕墙四周、玻璃幕墙内表面与主体结构之间的连接节点、各种变形缝、墙角的连接节点应符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**17.5.2.11** 玻璃幕墙应无渗漏。

检验方法：在易渗漏部位进行淋水检查。

**17.5.2.12** 玻璃幕墙结构胶和密封胶的打注应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和厚度应符合设计要求；密封胶的施工厚度应不小于 5mm。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**17.5.2.13** 玻璃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、角度应正确；开启应灵活，关闭应严密。当采用挂钩式连接时，防脱落装置应与支撑结构可靠连接。

检验方法：观察；手扳检查；开启和关闭检查。

**17.5.2.14** 玻璃幕墙的防雷装置必须与主体结构的防雷装置可靠连接。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**17.5.2.15** 玻璃采光顶和玻璃雨篷应当设置防坠落构造措施。

检查方法：观察。

**17.5.2.16** 玻璃幕墙表面应平整、洁净；整幅玻璃的色泽应均匀一致；不得有污染和镀膜损坏。

检验方法：观察。

**17.5.2.17** 每平方米玻璃的表面质量和检验方法应符合表 17.5.2.17 的规定。

**表 17.5.2.17 每平方米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	用钢尺检查
3	擦伤总面积	≤500mm <sup>2</sup>	用钢尺检查

**17.5.2.18** 一个分格铝合金型材的表面质量和检验方法应符合表 17.5.2.18 的规定。

**表 17.5.2.18 一个分格铝合金型材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	≤2 条	用钢尺检查
3	擦伤总面积	≤500mm <sup>2</sup>	用钢尺检查

**17.5.2.19** 明框玻璃幕墙的外露框料或装饰压板应光滑顺直，颜色、规格应符合设计要求，压板应通长安装并牢固。单元玻璃幕墙的单元接缝或隐框玻璃的分格玻璃接缝应光滑顺直、均匀一致。

检验方法：观察；手扳检查；检查进场验收记录，

**17.5.2.20** 玻璃幕墙的密封胶缝应横平竖直、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直。

检验方法：观察；手摸检查。

**17.5.2.21** 防火、保温材料填充应饱满、均匀，表面应密实、平整。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**17.5.2.22** 玻璃幕墙隐蔽节点的遮封装修应牢固、整齐、美观。

检验方法：观察；手扳检查。

**17.5.3** 幕墙安装验收及检测方法：

- 17.5.3.1** 明框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合 16.2.7-1 的规定。隐框、半隐框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合 16.2.7-2 的规定。
- 17.5.3.2** 单元式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 16.3.9 的规定。
- 17.5.3.3** 全玻幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 16.4.8 的规定。
- 17.5.3.4** 点支承玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 16.5.3 的规定。

## **17.6 金属幕墙**

**17.6.1** 本节适用于铝合金金属板幕墙安装工程的质量验收。幕墙验收除符合本章节要求外，尚应符合国家、行业、当地相关文件的规定。

**17.6.2** 验收项目及检验方法：

**17.6.2.1** 金属幕墙工程所使用的各种材料和配件，应符合设计要求。

检验方法：检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**17.6.2.2** 金属幕墙的造型和立面分格应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**17.6.2.3** 金属面板的品种、规格、颜色、光泽应符合设计要求。

检验方法：观察；检查进场验收记录。

**17.6.2.4** 金属面板的安装必须符合设计要求,安装必须牢固。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**17.6.2.5** 金属幕墙的板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和厚度应符合设计要求。密封胶的施工厚度应不小于 5mm。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**17.6.2.6** 金属幕墙应无渗漏。

检验方法：在易渗漏部位进行淋水检查。

**17.6.2.7** 金属板表面应平整、洁净、色泽一致。

检验方法：观察。

**17.6.2.8** 金属幕墙的压条应平直、洁净、接口严密、安装牢固。

检验方法：观察；手扳检查。

**17.6.2.9** 金属幕墙的密封胶缝应横平竖直、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直。

检验方法：观察。

**17.6.2.10** 金属幕墙上的滴水线、流水坡向应正确、顺直。

检验方法：观察；用水平尺检查。

**17.6.2.11** 每平方米金属板的表面质量和检验方法应符合表 17.6.2.11 的规定。

**表 17.6.2.11 每平方米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 0.1mm~0.3mm 的划伤	总长度小于 100mm 且不多于 8 条	用卡尺检查
2	擦伤总面积	≤500mm <sup>2</sup>	用钢尺检查

**17.6.3** 幕墙安装验收及检测方法：

金属幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 16.2.5 的规定。

## 17.7 石材幕墙

**17.7.1** 本节适用于天然石材幕墙安装工程的质量验收。幕墙验收除符合本章节要求外，尚应符合国家、行业、当地相关文件的规定。

**17.7.2** 验收项目及检验方法：

**17.7.2.1** 石材幕墙工程所用材料的品种、规格、性能等级，应符合设计要求和省相关文件及标准规范的规定。

检验方法：观察；尺量检查；检查产品合格证书、性能检验报告、材料进场验收记录和复验报告。

**17.7.2.2** 石材幕墙的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合设计要求。

检验方法：观察。

**17.7.2.3** 石材安装必须符合设计要求，安装必须牢固。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**17.7.2.4** 石材表面和板缝的处理应符合设计要求。

检验方法：观察。

**17.7.2.5** 石材幕墙的板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，板缝宽度和厚度应符合设计要求；密封胶的施工厚度应不小于 5mm。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**17.7.2.6** 石材幕墙应无渗漏。

检验方法：在易渗漏部位进行淋水检查。

**17.7.2.7** 石材幕墙使用水平或倾斜倒挂式构造时，且应当在板背设置防止石材坠落的安全措施。

检查方法：检查隐蔽工程验收记录。

**17.7.2.8** 石材幕墙表面应平整、洁净，无污染、缺损和裂痕。颜色和花纹应协调一致，无明显色差，无明显修痕。

检验方法：观察。

**17.7.2.9** 石材幕墙的压条应平直、洁净、接口严密、安装牢固。

检验方法：观察；手扳检查。

**17.7.2.10** 石材接缝应横平竖直、宽窄均匀；阴阳角石板压向应正确，板边合缝应顺直；凸凹线出墙厚度应一致，上下口应平直；石材面板上洞口、槽边应套割吻合，边缘应整齐。

检验方法：观察；尺量检查。

**17.7.2.11** 石材幕墙的密封胶缝应横平竖直、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直。

检验方法：观察。

**17.7.2.12** 石材幕墙上的滴水线、流水坡向应正确、顺直。

检验方法：观察；用水平尺检查。

**17.7.2.13** 每平方米石材的表面质量和检验方法应符合表 17.7.2.13 的规定。

**表 17.7.2.13 每平方米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	用卡尺检查
2	缺棱、缺角	缺损宽度小于 5mm 且不多于 2 处	用钢尺检查

**17.7.3** 幕墙安装验收及检测方法：

石材幕墙幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合 16.2.15 的规定。

## 17.8 人造板幕墙

**17.8.1** 本节适用于瓷板、陶板、微晶玻璃板、石材蜂窝复合板、高压热固化木纤维板和纤维水泥板幕墙立柱、横梁等构架安装工程的质量验收。幕墙验收除符合本章节要求外，尚应符合国家、行业、当地相关文件的规定。

## **17.8.2 验收项目及检验方法：**

**17.8.2.1** 人造板材幕墙工程所使用的材料、构件和组件的质量，应符合设计要求及国家现行产品标准的规定。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、进场验收记录和本规范第 18 章的规定。

**17.8.2.2** 人造板材幕墙工程的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**17.8.2.3** 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及后置埋件、槽式预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；槽式预埋件、后置埋件的拉拔试验检测报告。

**17.8.2.4** 幕墙构架与主体结构预埋件或后置埋件以及幕墙构件之间连接应牢固可靠，金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

**17.8.2.5** 幕墙面板的挂件的位置、数量、规格和尺寸允许偏差应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录或施工记录。

**17.8.2.6** 幕墙面板连接用背栓、预置螺母、抽芯铆钉、连接螺钉的位置、数量、规格尺寸，以及拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、施工记录以及连接点的拉拔力检测报告。

**17.8.2.7** 空心陶板采用均布静态荷载弯曲试验确定其抗弯承载能力时，实测的抗弯承载力应符合设计要求。

检验方法：检查空心陶板均匀静态压力抗弯检测试验报告。

**17.8.2.8** 幕墙的金属构架应与主体防雷装置可靠接通，并符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

**17.8.2.9** 各种结构变形缝、墙角的连接节点应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**17.8.2.10** 幕墙的防火、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。

**17.8.2.11** 有水密性能要求的幕墙应无渗漏。

检验方法：检查现场淋水记录。

**17.8.2.12** 幕墙表面应平整、洁净，无污染，颜色基本一致。不得有缺角、裂纹、裂缝、斑痕等不允许的缺陷。瓷板、陶板的施釉表面不得有裂纹和龟裂。

检验方法：观察；尺量检查。

**17.8.2.13** 板缝应平直，均匀。注胶封闭式板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，深浅基本一致、缝宽基本均匀、光滑顺直，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；胶条封闭式板缝的胶条应连续、均匀、安装牢固、无脱落，板缝宽度应符合设计要求。

检验方法：观察；尺量检查。

**17.8.2.14** 幕墙的框架和面板接缝应横平竖直，缝宽基本均匀。

检验方法：观察。

**17.8.2.15** 转角部位面板边缘整齐、合缝顺直，压向符合设计要求。

检验方法：观察。

**17.8.2.16** 滴水线宽窄均匀、光滑顺直，流水坡向符合设计要求。

检验方法：观察。

**17.8.2.17** 幕墙隐蔽节点的遮封装修应整齐美观。

检验方法：观察。

**17.8.2.18** 幕墙面板的表面质量和检验方法应符合表 17.8.2.18-1~17.8.2.18-4 的规定。

**表 17.8.2.18-1 单块瓷板、陶板、微晶玻璃幕墙面板的表面质量和检验方法**

项次	项 目	质量要求			检查方法
		瓷板	陶板	微晶玻璃	
1	缺棱：长度 X 宽度不大于 10mm X 1mm（长度小于 5mm 不计）周边允许（处）	1	1	1	金属直尺
2	缺角：边长不大于 5mm X 2mm（边长小于 2mm X 2mm 不计）（处）	1	2	1	金属直尺
3	裂纹（包括隐裂、釉面龟裂）	不允许	不允许	不允许	目测观察
4	窝坑（毛面除外）	不明显	不明显	不明显	目测观察

续表 17.8.2.18-1

5	明显擦伤、划伤	不允许	不允许	不允许	目测观察
6	轻微划伤	不明显			目测观察

注：目测观察，是指距板面 3m 处肉眼观察。

表 17.8.2.18-2 每平方米石材蜂窝板幕墙面板的表面质量和检验方法

项次	项 目	质量要求	检查方法
1	缺棱：最大长度≤8mm，最大宽度≤1mm，周边每米长允许（处）（长度<5mm，宽度<1.0mm 不计）	1	金属直尺
2	缺角：最大长度≤4mm，最大宽度≤2mm，每块板允许（处）（长度、宽度<2mm，不计）	1	金属直尺
3	裂纹	不允许	目测
4	划伤	不明显	目测观察
5	擦伤	不明显	目测观察

注：目测观察，是指距板面 3m 处肉眼观察。

表 17.8.2.18-3 单块木纤维板幕墙面板的表面质量和检验方法

项次	项 目	质量要求	检查方法
1	缺棱、缺角	不允许	目测观察
2	裂纹	不允许	目测观察
3	表面划痕：长度不大于 10 mm，宽度不大于 1 mm 每块板允许（处）	2	金属直尺
4	轻微擦痕：长度不大于 5 mm，宽度不大于 2 mm 每块板允许（处）	1	目测观察

注：目测观察，是指距板面 3m 处肉眼观察。

表 17.8.2.18-4 纤维水泥板幕墙面板的表面质量和检验方法

项次	项 目	质量要求	检查方法
1	缺棱：长度 X 宽度不大于 10mm X 3mm（长度小于 5mm 不计）周边允许（处）	2	金属直尺
2	缺角：边长 6mm X 3mm（边长小于 2mm X 2mm 不计）允许（处）	2	金属直尺
3	裂纹、明显划伤、长度大于 100mm 的轻微划伤	不允许	目测观察
4	长度≤100mm	每平方米≤8 条	金属直尺

续表 17.8.2.18-4

5	擦伤总面积		每平方米 ≤500mm <sup>2</sup>	金属直尺
6	窝坑 (背面除 外)	光面板	不明显	目测观察
		有表面质感等特殊 装饰效果板	符合设计要求	目测观察

注：目测观察，是指距板面 3m 处肉眼观察。

### 17.8.3 幕墙安装验收及检测方法：

幕墙的安装质量和检验方法应符合表 17.8.3 的规定。

表 17.8.3 人造板材幕墙安装质量和检验方法

项次	项 目	尺寸范围	允许偏差 (mm)	检验方法
1	相邻立柱间距 尺寸 (固定端)	—	±2.0	金属直尺
2	相邻两横梁间 距尺寸	≤2000mm	±1.5	金属直尺
		>2000mm	±2.0	金属直尺
3	单个分格对角 线长度差	长边边长≤2000mm	3.0	金属直尺或伸缩尺
		长边边长>2000mm	3.5	金属直尺或伸缩尺
4	立柱、竖缝及墙 面的垂直度	幕墙总高度≤30m	10.0	激光仪或经纬仪
		幕墙总高度≤60m	15.0	
		幕墙总高度≤90m	20.0	
		幕墙总高度≤150m	25.0	
		幕墙总高度>150m	30.0	
5	立柱、竖缝直线 度	—	2.0	2.0 靠尺、塞尺
6	立柱、墙面的平 面度	相邻两墙面	2.0	激光仪或经纬仪
		一幅幕墙总宽度≤20m	5.0	
		一幅幕墙总宽度≤40m	7.0	
		一幅幕墙总宽度≤60m	9.0	
		一幅幕墙总宽度>80m	10.0	
7	横梁水平度	横梁长度≤2000	1.0	水平仪或水平尺
		横梁长度>2000	2.0	
8	同一标高横梁、	相邻两横梁、面板	1.0	金属直尺、塞尺、或

续表 17.8.3

	横缝的高度差	一幅幕墙幅宽 $\leq 35\text{m}$	5.0	水平仪
		一幅幕墙幅宽 $> 35\text{m}$	7.0	
9	缝宽度（与设计值比较）	—	$\pm 2.0$	游标卡尺

注：一幅幕墙是指立面位置或平面位置不在一条直线或连。

## 18 保养和维修

### 18.1 一般规定

**18.1.1** 幕墙工程竣工验收时,承建方应向业主提供《幕墙使用维护说明书》,说明书主要包括下列内容:

- 1 幕墙的设计依据、主要性能参数及设计使用年限;
- 2 承建方的保修责任;
- 3 使用注意事项;
- 4 环境条件变化对幕墙的影响;
- 5 日常与定期的维护、保养要求;
- 6 幕墙的主要结构特点及易损零件部件更换方法;
- 7 备品、备件清单及主要易损件的名称、规格。

**18.1.2** 承建方在幕墙交付使用前,应为业主日常维护使用作培训。

**18.1.3** 幕墙交付使用后,业主应根据《幕墙使用维护说明书》的相关要求制定幕墙的维护、保养计划与制度。

**18.1.4** 雨天或4级以上风力的天气情况下不宜使用开启窗;6级及以上风力时,应全部关闭开启窗。

**18.1.5** 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维护工作不应在4级以上风力和雨雪天进行。

**18.1.6** 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维护使用的作业机具设备应安全可靠、保养良好、功能正常、操作方便。每次使用前都应进行安全装置的检查,确保设备和人员安全。

**18.1.7** 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维护高空作业,应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80的相关规定。

### 18.2 检查与维护

**18.2.1** 幕墙安全维护实行业主负责制,建筑物为单一业主所有的,该业主为幕墙安全维护责任人;建筑物为多个业主共同所有的,各业主要共同协商确定安全维护责任人,牵头负责既有幕墙的安全维护。

**18.2.2** 定期检查和维修规定:

1 框架幕墙工程竣工验收后一年时,应对幕墙进行一次全面的检查,此后每五年检查一次。拉杆或拉索幕墙在工程竣工验收后六个月时,必须对该幕墙进行一次全面的拉力检查和调整,此后应每三年应检查一次;

检查项目应包括:

1) 幕墙整体有无变形、错位、松动,如发现上述情况,应进一步检查该部位对应的隐蔽构造;

2) 幕墙的主要承力构件、连接件和连接螺栓等是否损坏、连接是否可靠、有无锈蚀;

3) 面板、外露构件有无松动和损坏;

4) 硅酮胶有无脱胶、开裂、起泡,胶条有无脱落、老化等损坏现象;

5) 开启窗是否启闭灵活,五金件是否有功能障碍或损坏,螺栓和螺钉是否松动和失效;

6) 幕墙有无渗漏,排水系统是否通畅。

2 应对第1款检查项目中不符合要求者进行维修或更换;维修与更换应附合原设计和本规范,并按规定项目检测验收;

3 对超过设计使用年限仍继承使用的幕墙,业主应当组织专家进行安全评估,并按照评估意见执行。幕墙工程使用10年后应当对工程不同部位的结构硅酮密封胶进行粘结性能的抽样检查,此后每三年检查一次。

**18.2.3** 在台风预警发布后应对幕墙进行防台检查.连续高温或连续低温天气情况下,对使用钢化玻璃的幕墙应加强巡查,采取防护措施.

**18.2.4** 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,要及时对可能受损建筑的幕墙进行全面检查,对可能存在安全隐患的部位及时进行维修处理.

**18.2.5** 建筑幕墙使用中发现面板破损、松动等安全隐患时,业主应当及时采取隔离和防护措施,并尽快组织维修。

**18.2.6** 幕墙在使用时应保障幕墙结构的完整性,不得随意改变或附加构造.确需改变或附加构造的,应事先征得原幕墙设计单位的同意.

**18.2.7** 幕墙达到设计使用年限后,安全维护责任人应当委托具有相应资质的单位对幕墙进行安全性能鉴定。

## 18.3 保养和清洗

### 18.3.1 幕墙日常保养规定:

- 1 保持幕墙表面整洁，避免锐器及腐蚀性气体和液体与幕墙表面接触；
- 2 保持幕墙排水系统的通畅，如有堵塞应及时疏导；
- 3 门、窗启闭障碍或附件损坏应及时修理或更换；
- 4 密封胶或密封胶条脱落或损坏应及时进行修补更换；
- 5 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；
- 6 幕墙构件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施；
- 7 幕墙渗漏时，应及时修理。

**18.3.2** 业主应根据幕墙表面的积灰污染程度，确定其清洗次数，但不应少于每年一次。

**18.3.3** 清洗幕墙应按《幕墙使用维护说明书》要求选用清洗液，严禁使用腐蚀性大的清洗液。

**18.3.4** 清洗过程中不得撞击和损伤幕墙。

## 附录 A 平板式预埋件设计

**A.0.1** 由锚板和对称配置的直锚筋所组成的受力预埋件（图 A.0.1），其锚筋的总截面面积  $A_s$  应符合下列规定：

1 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时，应按分别按公式（A.0.1-1）和（A.0.1-2）计算，并取二者的较大值：

$$A_s \geq \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$A_s \geq \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-2})$$

2 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时，应分别按公式（A.0.1-3）和（A.0.1-4）计算，并取二者的较大值：

$$A_s \geq \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4Nz}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-3})$$

$$A_s \geq \frac{M - 0.4Nz}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-4})$$

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

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

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  $0.5 f_c A$ ，此处  $A$  为锚板的面积（ $\text{mm}^2$ ）；

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

$\alpha_r$  ——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；

$\alpha_v$  ——锚筋抗剪承载力系数。当  $\alpha_v$  大于 0.7 时，取  $\alpha_v$  等于 0.7；

$d$  ——锚筋直径（mm）；

$t$  ——锚板厚度（mm）；

$\alpha_b$ ——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  $\alpha_b$  等于 1.0；

$z$ ——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<sup>2</sup>），应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用；

$f_y$ ——钢筋抗拉强度设计值（N/mm<sup>2</sup>），应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用，但不应大于 300 N/mm<sup>2</sup>。

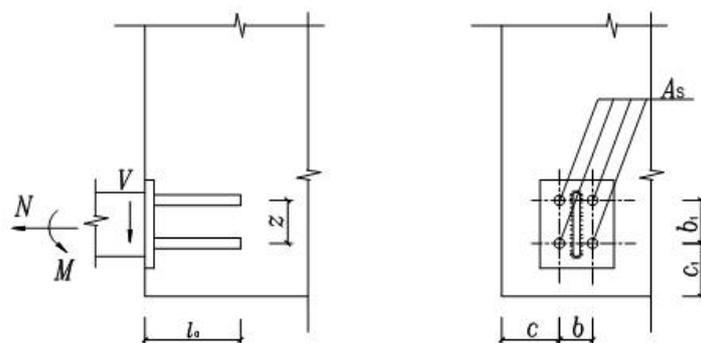


图 A.0.1 锚板和直锚筋组成的预埋件

**A.0.2** 预埋件的锚板宜采用 Q235、Q345 级钢。锚筋应采用 HRB400 或 HPB300 级钢筋，严禁采用冷加工钢筋。

**A.0.3** 预埋件的受力直锚筋不宜少于 4 根，且不宜多于 4 排；其直径不宜小于 8mm，且不宜大于 25mm。受剪预埋件的直锚筋可采用 2 根。预埋件的锚筋应放置在构件的外排主筋的内侧。

**A.0.4** 直锚筋与锚板应采用 T 型焊。当锚筋直径不大于 20mm 时，宜采用压力埋弧焊；当锚筋直径大于 20mm 时，宜采用穿孔塞焊。当采用手工焊时，焊缝高度不宜小于 6mm，且对 300MPa 级钢筋不宜小于  $0.5d$ ，对其他钢筋不宜小于  $0.6d$ ， $d$  为锚筋直径。

**A.0.5** 受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度应符合下列要求：

- 1 当计算中充分利用锚筋的抗拉强度时，其锚固长度应按下列公式计算：

$$l_a = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (\text{A.0.5})$$

式中  $l_a$ ——受拉钢筋锚固长度（mm）；

$f_t$ ——混凝土轴心抗拉强度设计值，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 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）；

$\alpha$ ——锚筋的外形系数，光圆钢筋取 0.16，带肋钢筋取 0.14。

2 抗震设计的幕墙，钢筋锚固长度应按本规范公式（A.0.5）计算值的 1.1 倍采用；

3 当锚筋的拉应力设计值小于钢筋抗拉强度设计值  $f_y$  时，其锚固长度可适当减小，但不应小于 15 倍锚固钢筋直径。

**A.0.6** 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 HPB235 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。

**A.0.7** 锚板厚度应根据其受力情况按计算确定，不宜小于锚筋直径的 0.6 倍。锚筋中心至锚板边缘的距离  $c$  不应小于锚筋直径的 2 倍和 20mm 的较大值（图 A.0.1）。

对受拉和受弯预埋件，其钢筋的间距  $b$ 、 $b_1$  和锚筋至构件边缘的距离  $c$ 、 $c_1$  均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较大值（图 A.0.1）。

对受剪预埋件，其锚筋的间距  $b$ 、 $b_1$  均不应大于 300mm，且  $b_1$  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  $c_1$  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（图 A.0.1）。

## 附录 B 槽式预埋件设计与构造

**B.0.1** 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，采用锚固承载力分项系数的设计表达式进行设计。

**B.0.2** 槽式预埋件的设计使用年限应与幕墙建筑的主体结构相一致，不宜低于 50 年。

**B.0.3** 当本规范提到承载力标准值由产品型式检验报告或认证报告提供时，测试方法参照相关标准，比如行业标准《建筑用槽式预埋件》。

**B.0.4** 槽式预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，连接件宜采用可以有效抵抗平行槽体轴向剪力的槽式预埋件，该抗剪承载力标准值可根据测试或认证报告选取。

**B.0.5** 槽式预埋件的各部件定义，可参见图 B.0.5。

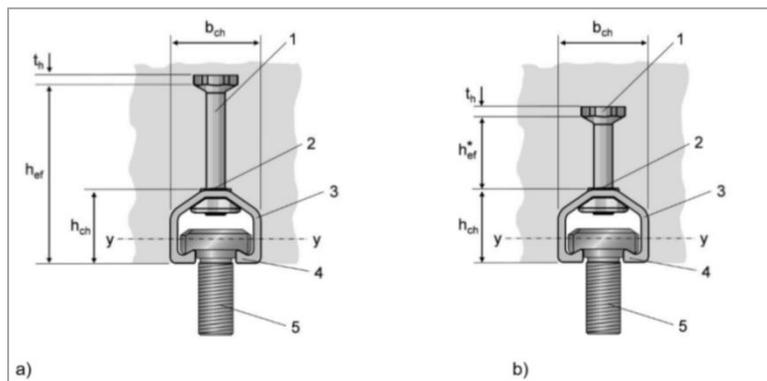


图 B.0.5 槽式预埋件的定义

1-锚筋；2-锚筋与槽体连接处；3-槽体；4-槽体卷边；5-螺栓

### I 内力计算

**B.0.6** 槽式预埋件受拉内力计算：

1 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.0.6-1 计算。当槽式预埋件受多处集中力时，则锚筋所受拉力等于各集中力的线性分布力的叠加值。若槽体上集中受力的位置未知或可调，则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：

$$N_{Ed,i}^a = k \cdot A'_i \cdot N_{Ed}^{cb} \quad (\text{B.0.6-1})$$

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.0.6；

$A_i'$  ——为以荷载  $N_{Ed}^{cb}$  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);

$k$  ——为该三角形内各  $A_i'$  总和的倒数, 即:

$$k = \frac{1}{\sum_1^n A_i'} \quad (\text{B.0.6-2})$$

$l_i$  ——为拉力作用对槽式预埋件的影响长度, 可按系数计算:

$$l_i = 13 \cdot I_y^{0.05} \cdot s^{0.5} \geq s \quad (\text{B.0.6-3})$$

$n$  ——拉力  $N_{Ed}^{cb}$  影响长度内的锚筋数量;

$I_y$  ——槽体截面惯性矩 ( $\text{mm}^4$ ), 应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.0.6。

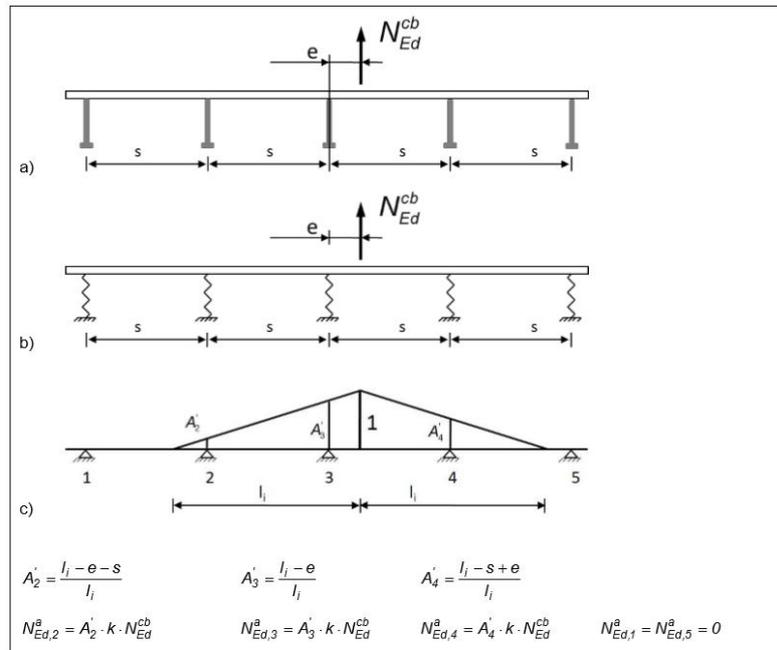


图 B.0.6 槽式预埋件锚筋受力计算示意图

a) 一个带有 5 根锚筋的槽式预埋件示意图; b) 弹性支撑示意图; c) 荷载三角形分配计算方法

2 另外, 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.0.7 槽式预埋件受到垂直于槽体方向剪力时的内力计算。

1 槽式预埋件受到垂直于槽体方向的剪力时, 其内力可参照 B.0.6 条进行计算;

2 当下列条件同时满足时, 作用于槽体的剪力可以认定为没有杠杆臂的纯

剪：

- a) 被连接件是由钢铁制成的，直接与 T 型螺栓接触，且接触厚度不小于被连接件厚度的 50%，即  $0.5t_{fix}$ ；
- b) 被连接件直接接触混凝土基材，没有其它垫层。

3 如果上述条件不满足，那么作用于槽体的剪力可以认定为带有杠杆臂的拉剪复合作用，应当考虑由此引起的作用于槽体上的一个弯矩  $M_{Ed}$ 。该弯矩的设计值可按式进行计算：

$$M_{Ed} = (V_{Ed} \cdot l_a) / \alpha_M \quad (B.0.7)$$

式中  $l_a = e_l$ ，为杠杆力臂长度，见图 B.0.7；

$\alpha_M$  ——被连接件约束系数；当无约束时， $\alpha_M$  取值 1；完全约束时， $\alpha_M$  取值 2（可参考 JGJ145-2013 第 6.1.14 条）。

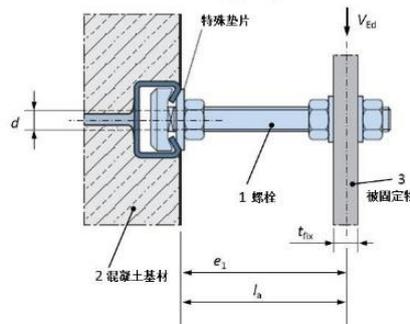


图 B.0.7 杠杆力臂的定义

**B.0.8** 附加钢筋所受拉力或剪力可采用适当的拉压杆模型来进行计算。

1 槽式预埋件承受拉力时：附加钢筋应当沿着拉力方向布置，见图 B.0.8-1 中与锚筋平行的钢筋。附加钢筋所受拉力设计值应当采用槽式预埋件中各锚筋所受拉力  $N_{Ed,i}^a$  中的最大值，按照该值进行附加钢筋设计，并对槽式预埋件的每一个锚筋配置同等数量的附加受拉钢筋。

$$N_{Ed,re}^a = \max(N_{Ed,i}^a) \quad (\text{注：} i \text{ 为锚筋编号}) \quad (B.0.8-1)$$

2 槽式预埋件承受剪力时：附加钢筋应当沿着剪力方向布置，见图 B.0.8-2。附加钢筋所受拉力设计值应采用槽式预埋件中各锚筋所受拉力的最大值，并按下式进行计算：

$$N_{Ed,re}^a = [(e_s / z) + 1] \cdot V_{Ed} \quad (B.0.8-2)$$

式中  $e_s$  ——附加钢筋中心到连接件剪力作用线的距离；

$z$  ——为截面中和轴到附加钢筋的距离，可取  $0.85d$  且  $d$  值应当  $\leq \min\{2h_{ef}, 2c_1\}$ ，值  $c_1$  为槽式预埋件的边距；

$V_{Ed}$  ——取  $\max\{\text{各锚筋中受到剪力的最大值, 各螺栓受到剪力的最大值}\}$ 。

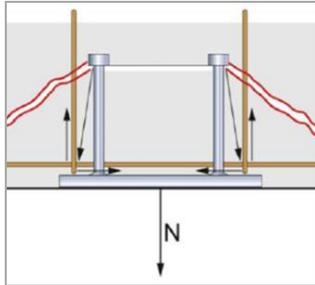


图 B.0.8-1 槽体受拉时的附加钢筋布置

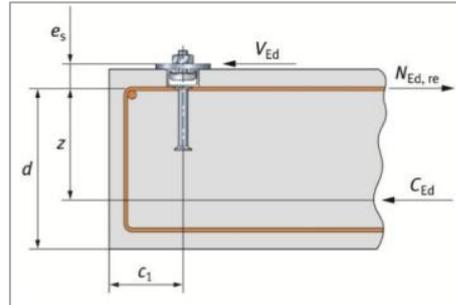


图 B.0.8-2 槽体受剪时的附加钢筋（表面钢筋）

## II 承载力极限状态计算

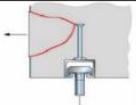
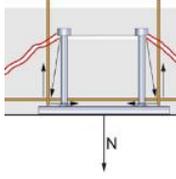
**B.0.9** 进行槽式预埋组件设计时，应分别对拉力和剪力引起的槽式预埋件及混凝土结构强度进行校核，并进行拉剪复合作用下的验算。

1 槽式预埋件受拉承载力计算，应按照表 B.0.9-1 的 11 项内容进行：

表 B.0.9-1 拉力作用下槽式预埋件的验算项目

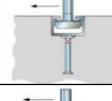
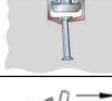
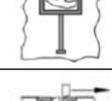
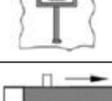
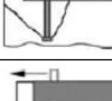
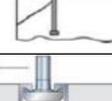
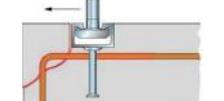
序号	失效模式	槽体	最不利的锚筋或螺栓	示意图
1	锚筋受拉		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,s,a} = N_{Rk,s,a}/\gamma_{Ms}$	
2	锚筋与槽体连接处受拉		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,s,c} = N_{Rk,s,c}/\gamma_{Ms,ca}$	
3	槽体卷边受拉破坏(验算螺栓或锚筋受力最大者)	$N_{Ed}^{cb} \leq N_{Rd,s,l} = N_{Rk,s,l}/\gamma_{Ms,l}$		
4	螺栓受拉		$N_{Ed}^{cb} \leq N_{Rd,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
5	槽体整体受拉弯曲破坏	$M_{Ed}^{ch} \leq M_{Rd,s,flex} = M_{Rk,s,flex}/\gamma_{Ms,flex}$		
6	锚筋受拉拔出破坏		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,p} = N_{Rk,p}/\gamma_{Mp}$	
7	混凝土锥体破坏(如果进行第 10、11 项验算, 那么本条无需验算) <sup>(注 1)</sup>		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,c} = N_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$	

续表 B.0.9-1

8	混凝土劈裂破坏 <sup>(注1)</sup>		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp}/\gamma_{Msp}$	
9	混凝土受拉边缘剥落破坏 <sup>(注1)(注2)</sup>		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,cb} = N_{Rk,cb}/\gamma_{Mc}$	
10	附加钢筋的钢材破坏(如果第7项满足要求,则本条无需验算)		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,re} = N_{Rk,re}/\gamma_{Ms,re}$	
11	附加钢筋的锚固破坏(如果第7项满足要求,则本条无需验算)		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,a}$	
注 1 在决定最不利锚筋时,要同时考虑锚筋受力、边缘距离和相邻锚筋的间距; 2 边距 $c > 0.5h_{ef}$ 时,无需验算该条。				

2 槽式预埋件受剪承载力计算,应按照表 B.0.9-2 的 9 项内容进行:

表 B.0.9-2 剪力作用下槽式预埋件的验算项目

序号	失效模式	槽体	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(验算螺栓受力最大者)	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s} = V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
2		锚筋受剪	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,a} = V_{Rk,s,a}/\gamma_{Ms}$	
3		锚筋与槽体连接处受剪	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,c} = V_{Rk,s,c}/\gamma_{Ms,ca}$	
4		槽体卷边受剪破坏(验算螺栓受力最大者)	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,l} = V_{Rk,s,l}/\gamma_{Ms,l}$	
5	钢材破坏 (有杠杆臂)	螺栓受剪	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,M} = V_{Rk,s,M}/\gamma_{Ms}$	
6	混凝土剪撬破坏 <sup>(注1)</sup>		$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,cp} = V_{Rk,cp}/\gamma_{Mc}$	
7	混凝土边缘破坏(如果进行第8、9项验算,那么本条无需验算) <sup>(注1)</sup>		$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,c} = V_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$	
8	附加钢筋的钢材破坏 <sup>(注2)</sup> (如果第7项满足要求,则本条无需验算)		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,re} = N_{Rk,re}/\gamma_{Ms,re}$	
9	附加钢筋的锚固破坏 <sup>(注2)</sup> (如果第7项满足要求,则本条无需验算)		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,a}$	
注 1 在决定最不利锚筋时,要同时考虑锚筋受力、边缘距离和相邻锚筋的间距; 2 验算锚筋受力最大者。				

3 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.0.9-3 采用。当有充分试验数据或可靠实际使用经验，经过国家指定机构的认证许可后，其值可以做适当调整。

表 B.0.9-3 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	$\gamma_{Ms}$	$\gamma_{Ms} = 1.2 \cdot f_{stk}/f_{yk} \geq 1.4$
2 锚筋受剪，螺栓受剪（有杠杆臂、无杠杆臂）	$\gamma_{Ms}$	1) 当 $f_{stk} \leq 800\text{N/mm}^2$ 且 $f_{yk}/f_{syk} \leq 0.8$ 时： $\gamma_{Ms} = 1.0 \cdot f_{stk}/f_{yk} \geq 1.25$ 2) 当 $f_{stk} > 800\text{N/mm}^2$ 或 $f_{yk}/f_{stk} > 0.8$ 时： $\gamma_{Ms} = 1.5$
3 锚筋与槽体连接处受拉、受剪	$\gamma_{Ms,ca}$	1.8
4 槽体卷边受拉、受剪	$\gamma_{Ms,l}$	1.8
5 槽体整体受拉弯曲	$\gamma_{Ms,flex}$	1.15
附加钢筋钢材破坏		
6 附加钢筋受拉	$\gamma_{Ms,re}$	1.15
混凝土破坏		
7 混凝土受拉锥体破坏、混凝土受拉边缘剥落破坏、混凝土受剪边缘破坏、混凝土受剪剪撬破坏	$\gamma_{Mc}$	1.5
8 混凝土劈裂破坏	$\gamma_{Msp}$	1.5
锚筋受拉拔出破坏		
9 锚筋受拉拔出破坏	$\gamma_{Mp}$	1.5

### B.0.10 槽式预埋件受拉钢材破坏：

1 锚筋的钢材破坏受拉承载力标准值  $N_{Rk,s,a}$ ：应当参考产品认证报告或型式检验报告中的本体受拉承载力标准值。当无上述数据时，也可按照公式 B.0.10 进行计算；

2 锚筋与槽体连接处受拉钢材破坏受拉承载力标准值  $N_{Rk,s,c}$ ：应当参考产品认证报告或型式检验报告中的本体受拉承载力标准值；

3 槽体卷边钢材破坏受拉承载力标准值  $N_{Rk,s,l}$ ：应当参考产品认证报告或型式检验报告中的本体受拉承载力标准值；

4 螺栓的钢材破坏受拉承载力标准值  $N_{Rk,s}$ ：应当参考产品认证报告或型式检验报告中的本体受拉承载力标准值。当无上述数据时，也可按照公式 B.0.10

进行计算；

5 槽体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；若无相关数据，则可按照下式进行计算： $M_{RK,s,flex} = W_{pl,y} \cdot f_{yk}$ ，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；而  $f_{yk}$  为槽体材料的屈服强度标准值；

6 锚筋和螺栓的钢材破坏受拉承载力标准值，也可按照公式 B.0.10 进行计算：

$$N_{RK,s,a} \text{ 或 } N_{RK,s} = f_{yk} \cdot A_s \quad (\text{B.0.10})$$

式中  $N_{RK,s}$  ——螺栓或锚筋抗拉承载力标准值 (N)；

$f_{yk}$  ——螺栓或锚筋屈服强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$A_s$  ——螺栓或锚筋的应力截面面积 (mm<sup>2</sup>)。

**B.0.11** 锚筋受拉拔出破坏承载力标准值可按下式进行计算：

$$N_{RK,p} = k_2 \cdot f_{cu,k} \cdot A_h \quad (\text{B.0.11})$$

式中  $k_2$  ——取 7.5 (对于开裂混凝土)，或 10.5 (对于非开裂混凝土)；

$A_h$  ——锚筋端部的受力面积 (mm<sup>2</sup>)。当锚筋端部为圆头时，

$$A_h = \frac{\pi}{4} \cdot (d_h^2 - d_a^2), \text{ 其中 } d_h \text{ 应当不大于 } (6t_h + d_a), t_h \text{ 为锚筋端部}$$

圆头的厚度 (见图 B.0.5)， $d_a$  为锚筋平直段直径， $d_h$  为锚筋端部圆头直径；

$f_{cu,k}$  ——混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)。

**B.0.12** 混凝土锥体破坏受拉承载力标准值的计算：

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  $h_{ef}$  可按图 B.0.5-a 取值。如果不满足上述条件，槽式预埋件的有效埋置深度  $h_{ef}$  可按图 B.0.5-b 取值： $h_{ef} = h_{ef}^*$ ；

2 槽式预埋件的单根锚筋发生混凝土锥体破坏受拉承载力标准值可按公式 B.0.12-1 进行计算：

$$N_{RK,c} = N_{RK,c}^0 \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{re,N} \quad (\text{B.0.12-1})$$

式中  $N_{Rk,c}^0$ ——槽式预埋件单根锚筋受拉式，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：

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{cu}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad (\text{B.0.12-2})$$

其中  $k_1$  的取值应由相关认证报告提供；无相关认证报告时，也可按如下规定取值：1) 对于开裂混凝土， $k_1=7.0$ ；2) 对于非开裂混凝土， $k_1=9.8$ 。

式中相邻锚筋间距影响系数  $\psi_{ch,s,N}$  可按下式计算：

$$\psi_{ch,s,N} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{cr,N}} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_i}{N_0} \right]} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.12-3})$$

其中  $s_i$  为相邻锚筋间的距离 (mm)，见图 B.0.12-1，其值应当  $\leq$  锚筋的临界间距  $s_{cr,N}$  (mm)。

$$s_{cr,N} \text{ 可按下式计算： } s_{cr,N} = 2 \cdot \left( 2.8 - 1.3 \cdot \frac{h_{ef}}{180} \right) \cdot h_{ef} \geq 3h_{ef} \quad (\text{B.0.12-4})$$

$N_i$ ——对 0 号锚筋有影响的单个锚筋所承受的拉力荷载 (N)；

$N_0$ ——0 号锚筋 (进行验算的锚筋) 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。

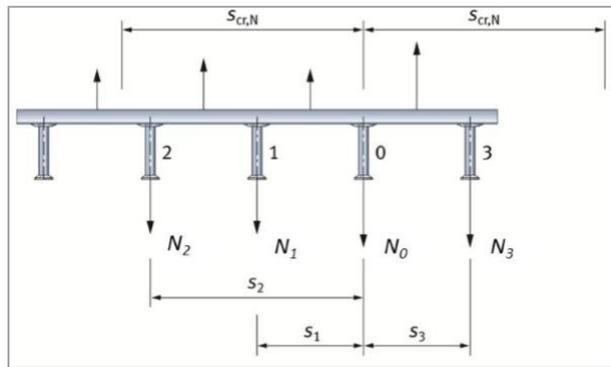


图 B.0.12-1 槽式预埋件受拉示意

式中混凝土基材边缘距离影响系数  $\psi_{ch,e,N}$  可按下式计算：

$$\psi_{ch,e,N} = \left( \frac{c_1}{c_{cr,N}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.12-5})$$

其中  $c_1$  为槽式预埋件的边距，见图 B.0.12-2，当基材构件为狭窄构件是，应当取  $c_{1,1}$ 、 $c_{1,2}$  中的较小值。临界边距  $c_{cr,N} = 0.5s_{cr,N}$ 。

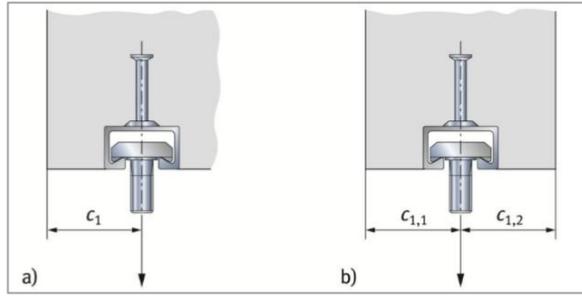


图 B.0.12-2 槽式预埋件边距示意

a) 处于一个边缘； b) 在一个狭窄构件中

式中混凝土基材边角影响系数  $\psi_{ch,c,N}$  可按下式计算：

$$\psi_{ch,c,N} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,N}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.12-6})$$

其中  $c_2$  为所验算锚筋的边角距离，见图 B.0.12-3。

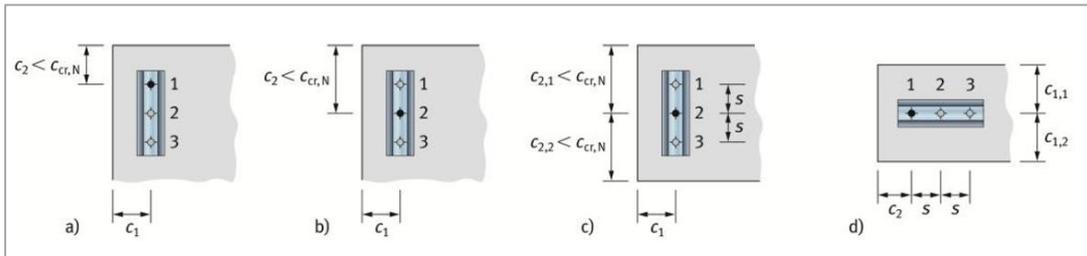


图 B.0.12-3 槽式预埋件边角距离  $c_2$  取值示意

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

式中  $\psi_{re,N}$  为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 2 中情况考虑：

1) 当槽式预埋件的有效埋深  $h_{ef} \leq 100\text{mm}$  时，可以按下式进行计算

$$\psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.12-7})$$

且在下列情况下可直接取为 1.0： a) 当混凝土内箍筋间距大于 150mm 或 b) 箍筋的直径  $\leq 10\text{mm}$  且间距大于 100mm 时；

2) 当槽式预埋件的有效埋深  $h_{ef} > 100\text{mm}$  时，可以取  $\psi_{re,N} = 1.0$ 。

### B.0.13 混凝土受拉劈裂破坏

1 安装过程中的混凝土劈裂破坏通过下列措施予以避免：应当满足供应商材料手册或认证报告上给出的最小边距  $c_{min}$ 、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；

2 当满足下列条件之一时，可不验算荷载条件下的劈裂破坏：

1) 任何方向的边距  $c \geq 1.2c_{cr,sp}$  (劈裂破坏临界边距，由材料供应商的认证报告提供)，且基材厚度  $h \geq h_{min}$ ；

2) 计算混凝土受拉锥体破坏和拔出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  $w_k \leq 0.3mm$ 。还应当设置附加钢筋抵抗劈裂力，该抗劈裂附加钢筋应当在靠近槽式预埋件的每一个锚筋的地方对称设置，附加钢筋的数量可按下式进行计算：

$$A_{s,re} = 0.5 \cdot \left( N_{Ed}^a / f_{yk} \right) \cdot \gamma_{Ms,re} \quad (\text{B.0.13-1})$$

其中  $A_{s,re}$  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； $N_{Ed}^a$  为槽式预埋件中受拉力最大的锚筋承受的拉力； $f_{yk}$  为附加钢筋的屈服强度标准值。

3 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进行计算：

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk}^0 \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad (\text{B.0.13-2})$$

式中：

$N_{Rk}^0 = \min\{N_{Rk,p}^0; N_{Rk,c}^0\}$ ，其中  $N_{Rk,p}$  为拔出破坏承载力标准值，按 B.0.11 计算； $N_{Rk,c}^0$  为混凝土受拉锥体破坏标准值，按 B.0.12 计算；

$\psi_{ch,s,N}$ 、 $\psi_{ch,c,N}$ 、 $\psi_{ch,e,N}$ 、 $\psi_{re,N}$  均按照 B.0.12 锥体破坏受拉承载力标准值计算的相关公式进行计算，但其中涉及到的参数临界边距  $c_{cr,N}$  和临界间距  $S_{cr,N}$  时，应当分别用  $c_{cr,sp}$  和  $S_{cr,sp}$  替代；

$\psi_{h,sp}$  ——为基材厚度影响系数，可按下式进行计算：

$$\psi_{h,sp} = \left( h / h_{min} \right)^{2/3} \quad (\text{B.0.13-3})$$

该基材厚度影响系数应当小于下列二者的最大值：

$$\leq \max \left\{ 1; \left( \frac{h_{ef} + c_{cr,N}}{h_{min}} \right)^{2/3} \right\}, \text{ 且应当} \leq 2.0.$$

#### B.0.14 混凝土受拉边缘剥落破坏：

1 当槽式预埋件的边距  $c \geq 0.5h_{ef}$  时，该破坏模式无需验算；

2 当不满足上述要求时，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可按下式进行计算（注意：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）：

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \psi_{ch,s,Nb} \cdot \psi_{ch,s,Nb} \cdot \psi_{ch,h,Nb} \quad (\text{B.0.14-1})$$

式中：

$N_{Rk,cb}^0$  为单一锚筋的理想混凝土受拉边缘剥落破坏承载力标准值，可按下式计算：

$$N_{Rk,cb}^0 = k_5 \cdot c_1 \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot \sqrt{A_h} \quad (\text{B.0.14-2})$$

其中  $k_5$  取值：对于开裂混凝土， $k_5=8.7$ ；对于非开裂混凝土， $k_5=12.2$ ，

$A_h$ ：可按照 B.0.11 进行计算，或根据认证报告取值。边距  $c_1$  可参考图 B.0.12-2。

式中相邻锚筋间距影响系数  $\psi_{ch,s,Nb}$  可参照 B.0.12 的公式进行计算，但 B.0.12 公式中的  $s_{cr,N}$  应用  $s_{cr,Nb}$  替换，且  $s_{cr,Nb}=4c_1$ 。

式中混凝土基材边角影响系数  $\psi_{ch,c,Nb}$  可按下式计算：

$$\psi_{ch,c,Nb} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,Nb}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.14-3})$$

其中  $c_2$  为所验算锚筋的边角距离，见图 B.0.12-3。而  $c_{cr,Nb}=0.5s_{cr,Nb}=2c_1$ 。

如果一个锚筋同时受到基材两个边角的影响，见图 B.0.12-3 的 c，那么应同时采用  $c_{2,1}$ 、 $c_{2,2}$  来计算边角影响系数  $\psi_{ch,c,Nb}$ ，并代入到公式 B.0.14-1 中，最后取较小值。

当基材厚度较小，以至于  $f \leq 2c_1$  时，见图 B.0.14，应当考虑基材厚度影响系数  $\psi_{ch,h,Nb}$ ，可按下式计算：

$$\psi_{ch,h,Nb} = \frac{h_{ef} + f}{4c_1} \leq \frac{2c_1 + f}{4c_1} \leq 1 \quad (\text{B.0.14-4})$$

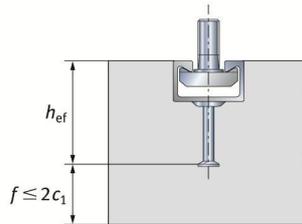


图 B.0.14 槽式埋件在较薄的混凝土基材中

### B.0.15 槽式预埋件受拉条件下附加钢筋的破坏

1 附加钢筋钢材破坏时，受拉承载力标准值按照下式进行计算：

$$N_{Rk,re} = f_{yk} \cdot \sum_{i=1}^n A_{s,re,i} \quad (\text{B.0.15-1})$$

式中  $N_{Rk,re}$ ：附件钢筋抗拉承载力标准值(N)；

$f_{yk}$ ：附件钢筋屈服强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$A_{s,re,i}$ ：第*i*根附件钢筋的截面面积 (mm<sup>2</sup>)；

$n$ ：同一个槽式预埋件下有效附加钢筋的根数。

2 附加钢筋锚固破坏时，承载力设计值按照下式进行计算：

$$N_{Rd,a} = \sum_{i=1}^n N_{Rd,a,i}^0 \quad (\text{B.0.15-2})$$

式中单根钢筋锚固承载力设计值(N)按下式计算：

$$N_{Rd,a}^0 = \frac{l_1 \cdot \pi \cdot d \cdot f_{bd}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \leq (A_{s,re} \cdot f_{yk}) / \gamma_{Ms,re} \quad (\text{B.0.15-3})$$

其中：

$d$ ——为钢筋直径；

$\alpha_1$ ：为钢筋形状影响系数，可取为 1.0；

$\alpha_2$ ：为混凝土保护层的影响系数，可取为 1.0。

$l_1$ ：附加钢筋在混凝土拔出锥体里的锚固长度，见图 B.0.15,且应 $\geq 4d$ （当附加钢筋近槽式预埋件的端部为弯折、弯钩或做成封闭式时）或 $\geq 10d$ （如果附加钢筋端部无弯折处理的话）。

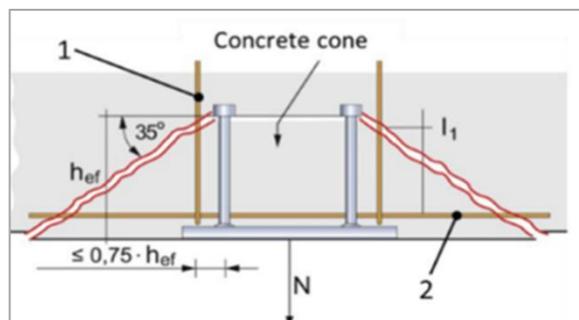


图 B.0.15 抗拉附加钢筋示意图

1) 附加钢筋；2) 表面钢筋

$f_{bd}$ ：钢筋在混凝土中的锚固强度，可按下式计算：

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_t \quad (\text{B.0.15-4})$$

其中  $f_t$  为混凝土轴心抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，按照 GB50010 规定取值； $\eta_1$  为混凝土与钢筋的锚固条件影响系数，可取 0.7； $\eta_2$  为钢筋直径影响系数， $d \leq 32\text{mm}$  时可取 1.0。钢筋应当采用热轧带肋钢筋，不宜采用光圆钢筋。

#### B.0.16 槽式预埋件受剪钢材破坏：

##### 1 对于无杠杆臂的纯剪：

- a) 螺栓的钢材破坏受剪承载力标准值  $V_{Rk,s}$ ：应参考产品认证报告或型式检验报告中的锚固垂直受剪承载力标准值。当无上述数据时，可按照公式 B.0.16-1 进行计算。
- b) 锚筋的钢材破坏受剪承载力标准值  $V_{Rk,sa}$ ：应参考产品认证报告或型式检验报告中的锚固垂直受剪承载力标准值。当无上述数据时，可按照公式 B.0.16-1 进行计算。
- c) 锚筋与槽体连接处钢材破坏受剪承载力标准值  $V_{Rk,s,c}$ ：应当参考产品认证报告或型式检验报告中的锚固垂直受剪承载力标准值。
- d) 槽体卷边钢材破坏受剪承载力标准值  $V_{Rk,s,l}$ ：应当参考产品认证报告或型式检验报告中的锚固垂直受剪承载力标准值。
- e) 螺栓或锚筋的钢材破坏受剪承载力标准值，也可按照下式进行计算：

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot f_{yk} \cdot A_s \quad (\text{B.0.16-1})$$

式中  $V_{Rk,s}$ ——槽式预埋件螺栓（或锚筋）的抗剪承载力标准值（N）；

$f_{yk}$ ——螺栓屈服强度标准值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）；

$A_s$ ——螺栓的应力截面面积（ $\text{mm}^2$ ）。

2 对于有杠杆臂的弯剪复合受力，螺栓（如图 B.0.16）受剪承载力标准值可按下式进行计算：

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad (\text{B.0.16-2})$$

式中  $\alpha_M$ ——被连接件约束系数；当无约束时， $\alpha_M$ 取值 1；完全约束时， $\alpha_M$ 取值 2，见图 B.0.16-b, B.0.16-b-c。（可参考 JGJ145-2013 第 6.1.14 条）；抗弯承载力标准值可按下式计算：

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}}\right) \quad (\text{B.0.16-3})$$

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms} \quad (\text{B.0.16-4})$$

而  $M_{Rk,s}^0$  为槽式预埋件螺栓的抗弯承载力标准值，可由相关认证报告提供，或参考型式检验报告中的锚固垂直受剪承载力标准值进行换算；无相关认证报告时，可按照 JGJ145-2013 的公式 6.1.14-6 进行计算： $M_{Rk,s}^0 = 1.2 \cdot W_{el} \cdot f_{yk}$ 。

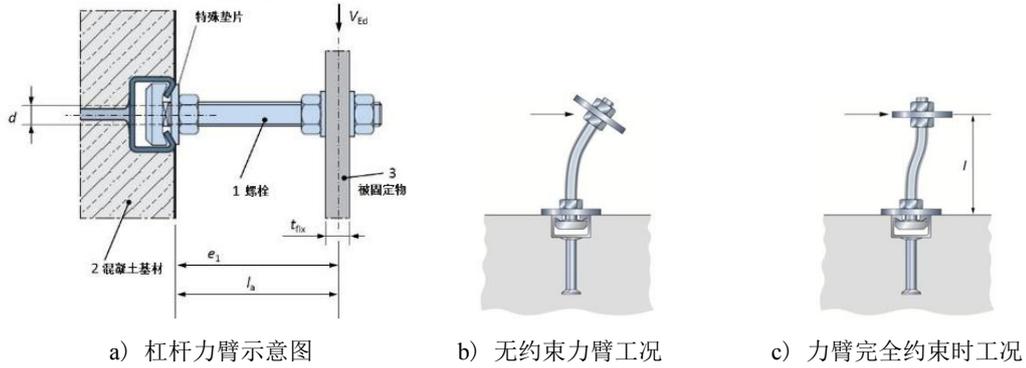


图 B.0.16 有杠杆臂的弯剪复合受力

**B.0.17** 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来进行验算：

1 当槽式预埋件的单根锚筋上没有设置附加钢筋时，可按下式进行计算：

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad (\text{B.0.17-1})$$

式中  $k_8$ ——影响系数，应当由相关认证报告提供。如果没有认证报告，可参照 JGJ145-2013 第 6.1.26 条的规定取值：当  $h_{ef} < 60\text{mm}$ ， $k_8 = 1.0$ ；当  $h_{ef} \geq 60\text{mm}$  时， $k_8 = 2.0$ ；

$N_{Rk,c}$ ——混凝土锥体破坏受拉承载力标准值，应当按照 B.0.12-1 进行计算。

2 当槽式预埋件的单根锚筋设置了附加钢筋时，按下式进行计算：

$$V_{Rk,cp} = 0.75 \cdot k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad (\text{B.0.17-2})$$

**B.0.18** 混凝土边缘破坏受剪承载力标准值，按公式 B.0.18-1 进行计算：

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{ch,s,V} \cdot \psi_{ch,c,V} \cdot \psi_{ch,h,V} \cdot \psi_{ch,90^\circ,V} \cdot \psi_{re,V} \quad (\text{B.0.18-1})$$

式中  $V_{Rk,c}^0$  为单根锚筋垂受剪时，混凝土理想边缘破坏承载力标准值 (N)，按下式计算：

$$V_{Rk,c}^0 = k_{12} \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot c_1^{1/3} \quad (\text{B.0.18-2})$$

其中系数  $k_{12}$  取值应当参考相关认证报告，如无认证报告，可取为：对于开裂混凝土， $k_{12}=k_{cr,v}=6.0$ ；对于非开裂混凝土， $k_{12}=k_{ucr,v}=8.4$ 。

$\Psi_{ch,s,v}$  为相邻锚筋间的影响系数，可按下式计算：

$$\Psi_{ch,s,v} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{cr,v}} \right)^{1.5} \cdot \frac{V_i}{V_0} \right]} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.18-3})$$

其中  $s_i$  ——为相邻锚筋与 0 号锚筋的间距 (mm)，见图 B.0.18-1， $s_i$  应

当  $\leq s_{cr,v}$ ；

$s_{cr,v}$  ——锚筋的临界间距(mm)，当槽式预埋件  $h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4$ ，且  $b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7$  (见

图 B.0.5) 时，可按下式计算： $s_{cr,v} = 4c_1 + 2b_{ch}$  (B.0.18-4)

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，且不得小于公式 B.0.18-4 的计算结果。

$V_i$  ——临界距离  $s_{cr,v}$  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 ( $s_{cr,v}$ ) 的锚筋数量。

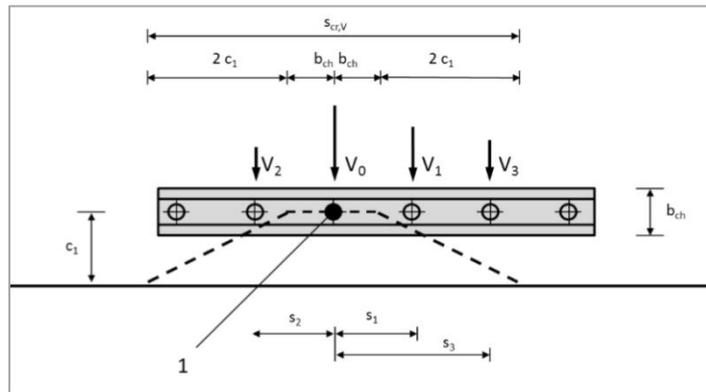


图 B.0.18-1 槽式预埋件受剪混凝土边缘破坏示意图

1 为进行验算的；0 号锚筋

式中  $\Psi_{ch,c,v}$  为混凝土基材边角影响系数，可按下式计算：

$$\Psi_{ch,c,v} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,v}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.18-5})$$

其中  $c_{cr,v} = 0.5s_{cr,v}$  (B.0.18-6)

如果一个锚筋同时受到基材两个边角的影响，见图 B.0.18-2 的 b，那么应同

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.0.18-1 中, 最后取较小值。

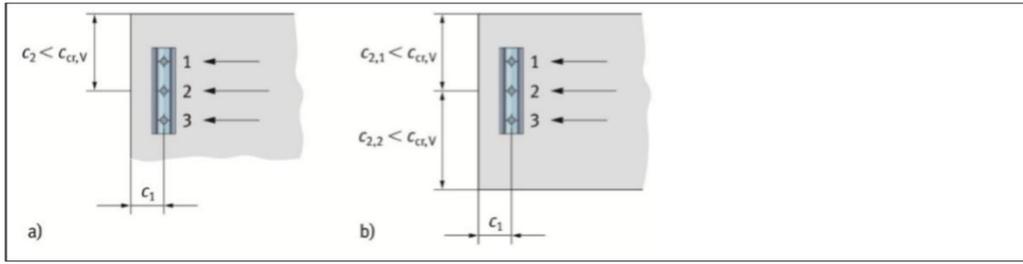


图 B.0.18-2 槽式预埋件锚筋受边角影响示意图

a) 受一个角影响; b) 受 2 个角影响

式中  $\psi_{ch,h,V}$  为混凝土基材厚度影响系数, a) 当构件厚度  $h \geq h_{cr,V}$  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:

$$\psi_{ch,h,V} = \left( \frac{h}{h_{cr,V}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B.0.18-7})$$

$h_{ch}$  —— 槽式预埋件的高度 (mm);

$h_{cr,V}$  —— 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,

$$\text{见图 B.0.5, 可按下式计算: } h_{cr,V} = 2c_1 + 2h_{ch} \quad (\text{B.0.18-8})$$

如果上述条件不满足时,  $h_{cr,V}$  应当由相关认证报告或测试报告提供, 且不得小于公式 B.0.18-7 的计算结果。参考图 B.0.18-3。

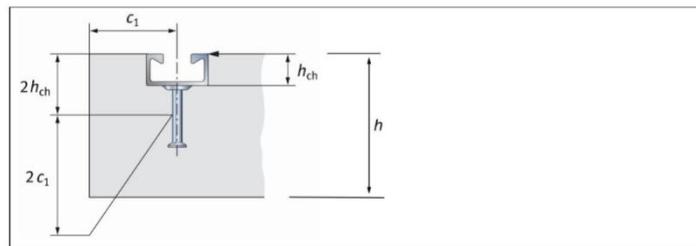


图 B.0.18-3 槽式预埋件锚筋受构件厚度影响示意图

式中  $\psi_{re,V}$  为混凝土边缘有无钢筋对承载力的影响系数, 可按下面的要求取值: a) 当混凝土为开裂或非开裂混凝土, 边缘无钢筋或箍筋时,  $\psi_{re,V} = 1.0$ ; b) 当混凝土边缘有钢筋和箍筋, 且间距小于 100mm 时,  $\psi_{re,V} = 1.4$ 。

式中系数  $\psi_{90^\circ, V}$  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.0.18-4 时，取  $\alpha_{90^\circ, V} = 2.5$ ，其它条件下取  $\alpha_{90^\circ, V} = 1.0$ 。

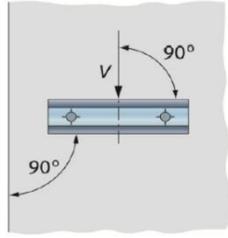


图 B.0.18-4 剪力方向与混凝土基材边缘平行示意图

**B.0.19** 槽式预埋件受剪条件下附加钢筋的破坏：

- 1 附加钢筋钢材破坏时，受拉承载力标准值按照 B.0.15-1 进行计算；
- 2 附加钢筋锚固破坏时，承载力设计值按照 B.0.15-2 进行计算，配筋细节可参考图 B.0.24 和图 B.0.8-2。

**B.0.20** 槽式预埋件在承受拉力和剪力的复合力，且没有设置附件钢筋时，应分成四种情况来验算，即螺栓钢材破坏、卷边破坏和槽体受弯破坏、锚筋破坏和锚筋与槽体连接处破坏、混凝土破坏等，并满足本条的相关要求。

1 槽式预埋件在承受拉剪复合力时，其螺栓的钢材破坏模式验算，应当满足公式 B.0.20-1 的要求。但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（见公式 B.0.16-2）。

$$\left( \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left( \frac{V_{Ed}^{cb}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (\text{B.0.20-1})$$

式中  $N_{Ed}^{cb}$ ——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)；

$V_{Rd,s}$ ——槽式预埋件 T 型螺栓受剪破坏承载力设计值 (N)。

2 槽式预埋件承受拉剪复合力时，其卷边破坏和槽体受弯破坏模式的验算，应当满足公式 B.0.20-2 的要求。

$$\max \left( \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s,l}} ; \frac{M_{Ed}^{ch}}{M_{Rd,s,flex}} \right)^{k13} + \left( \frac{V_{Ed}^{cb}}{V_{Rd,s,l}} \right)^{k13} \leq 1 \quad (\text{B.0.20-2})$$

式中  $k_{13}$ ——当  $V_{Rd,s,l} \leq N_{Rd,s,l}$  时, 取  $k_{13} = 2.0$ ; 当  $V_{Rd,s,l} > N_{Rd,s,l}$  时, 应参照相关认证报告, 如果没有认证报告, 可取  $k_{13} = 1.0$ ;

$N_{Ed}^{cb}$ ——分配到槽式预埋件螺栓的拉力 (N);

$N_{Rd,s,l}$ ——槽式预埋件槽体卷边受拉破坏承载力设计值 (N);

$V_{Ed}^{cb}$ ——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);

$V_{Rd,s,l}$ ——槽式预埋件的槽体卷边受剪破坏承载力设计值 (N);

$M_{Ed}^{ch}$ ——拉力作用下槽体整体受弯的弯矩设计值 (Nm);

$M_{Rd,s,flex}$ ——槽体整体受拉弯曲的承载力设计值 (Nm)。

3 槽式预埋件承受拉剪复合力时, 其锚筋破坏、锚筋与槽体连接处破坏模式的验算, 应当满足公式 B.0.20-3 的要求。

$$\max\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,s,a}}; \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,s,c}}\right)^{k_{14}} + \max\left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,s,a}}; \frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,s,c}}\right)^{k_{14}} \leq 1 \quad (\text{B.0.20-3})$$

式中  $k_{14}$ ——当  $\max(V_{Rd,s,a}; V_{Rd,s,c}) \leq \min(N_{Rd,s,a}; N_{Rd,s,c})$  时, 取  $k_{14} = 2.0$ ; 当  $\max(V_{Rd,s,a}; V_{Rd,s,c}) > \min(N_{Rd,s,a}; N_{Rd,s,c})$  时, 应参照相关认证报告, 如果没有认证报告, 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);

$N_{Rd,s,c}$ ——槽体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);

$V_{Rd,s,a}$ ——锚筋的抗剪承载力设计值 (N);

$V_{Rd,s,c}$ ——槽体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, 应当满足公式 B.0.20-4 的要求。

$$\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right)^{1.5} \leq 1 \quad (\text{B.0.20-4})$$

式中  $N_{Rd,i}$ ——应当分别验算混凝土锥体破坏、拔出破坏、劈裂破坏、受拉边缘剥落破坏共 4 个模式，采用其中  $\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)$  的较大值；

$V_{Rd,i}$ ——应当分别验算混凝土边缘破坏、剪撬破坏共 2 个模式，采用其中  $\left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right)$  的较大值。

**B.0.21** 槽式预埋件在承受拉力和剪力的复合力，且设置有附加钢筋时，应满足本条的相关要求。

1 槽式预埋件的螺栓钢材破坏模式验算，应当满足公式 B.0.20-1 的要求；

2 槽式预埋件的卷边破坏、槽体受弯破坏模式的验算，应当满足公式 B.0.20-2 的要求；

3 槽式预埋件的锚筋破坏、锚筋与槽体连接处破坏模式的验算，应当满足公式 B.0.20-3 的要求；

4 混凝土破坏模式的验算，应分三种情况进行验算：

a) 当同时设置承受槽式预埋件上拉力的附加钢筋和承受剪力的附加钢筋时，应当参照公式 B.0.20-4 进行验算，但其中的受拉锥体破坏的验算值， $(N_{Ed}/N_{Rd,c})$ ，应当用附加钢筋的 2 种破坏模式时的值取代；且其中的混凝土受剪边缘破坏的验算值， $(V_{Ed}/V_{Rd,c})$ ，也应当用附加钢筋对应的 2 种破坏模式的值取代。

b) 当只设置承受槽式预埋件上拉力的附加钢筋时，应按下式进行验算：

$$\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right) + \left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right) \leq 1 \quad (\text{B.0.21-1})$$

其中  $N_{Rd,i}$  分别代表拔出破坏  $N_{Rd,p}$ 、劈裂破坏  $N_{Rd,sp}$ 、受拉边缘剥落破坏  $N_{Rd,cb}$ 、附加钢筋钢材破坏  $N_{Rd,re}$ 、附加钢筋锚固破坏  $N_{Rd,a}$  共 5 个模式，并采用其中  $\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)$  的较大值； $V_{Rd,i}$  分别代表混凝土边缘破坏  $V_{Rd,c}$ 、剪撬破坏  $V_{Rd,cp}$  共 2

个模式，并采用其中  $\left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right)$  的较大值。

c) 当只设置承受槽式预埋件上剪力的附加钢筋时，也应当按照公式 B.0.20-5 进行验算，但其中  $N_{Rd,i}$  分别代表拔出破坏  $N_{Rd,p}$ 、锥体破坏  $N_{Rd,c}$ 、劈裂破坏  $N_{Rd,sp}$ 、受拉边缘剥落破坏  $N_{Rd,cb}$  共 4 个模式，并采用其中  $\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)$  的较大值；而  $V_{Rd,i}$  分别代表混凝土剪撬破坏  $V_{Rd,cp}$ 、附加钢筋钢材破坏  $N_{Rd,re}$ 、附加钢筋锚固破坏  $N_{Rd,a}$  共 3 个模式，并采用其中  $\left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right)$  的较大值。

### III 构造措施

**B.0.22** 当槽式预埋件受拉承载力由混凝土锥体破坏模式控制且无法满足设计要求时，可在基材构件中增加附加钢筋用于抗拉，见 B.0.15 条，结构中的受力钢筋不得兼作附加钢筋；当槽式预埋件受剪承载力由混凝土边缘受剪破坏模式控制且无法满足设计要求时，可在基材构件中设置附加钢筋用于抗剪，见 B.0.19 条，结构中的受力钢筋不得兼作附加钢筋。

**B.0.23** 槽式预埋件在承受拉力作用时，防止混凝土破坏的附加钢筋设置可参考如下要求：

1 在潜在的混凝土破坏面的两侧，附加钢筋都应有可靠的锚固，见图 B.0.23-1；

2 附加钢筋应为带肋钢筋，其屈服强度  $f_y \leq 435\text{N/mm}^2$ ，直径  $d \leq 16\text{mm}$ ；

3 设计应当针对最不利受力的锚筋进行计算，并对其它锚筋布置同样数量的附件钢筋；

4 附加钢筋应当靠近锚筋对称布置，附加钢筋与锚筋的距离宜  $\leq 0.75h_{ef}$ ，见图 B.0.23-1；

5 附加钢筋在混凝土拔出锥体里的锚固长度  $l_1$ ，见图 B.0.23-1，应  $\geq 4d$ ，且附加钢筋近槽式预埋件的端部应为弯折、弯钩或做成封闭式）；

6 附加钢筋在混凝土拔出锥体外的锚固长度  $l_{bd}$ ，见图 B.0.23-2，应当满《混凝土结构设计规范》GB50010 中的相关规定；

7 混凝土基材的表面钢筋，应当按图 B.0.23-1 进行布置，以抵抗采用拉压杆模型分析时产生的劈裂力（见 3.8 条图 B.0.8-1）；

8 当槽式预埋件轴向平行于混凝土构件的边缘，或位于狭小混凝土基材上

时，附加钢筋的设置可参照图 B.0.2-2。

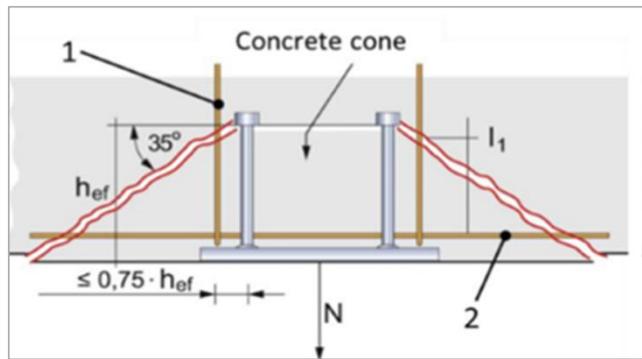
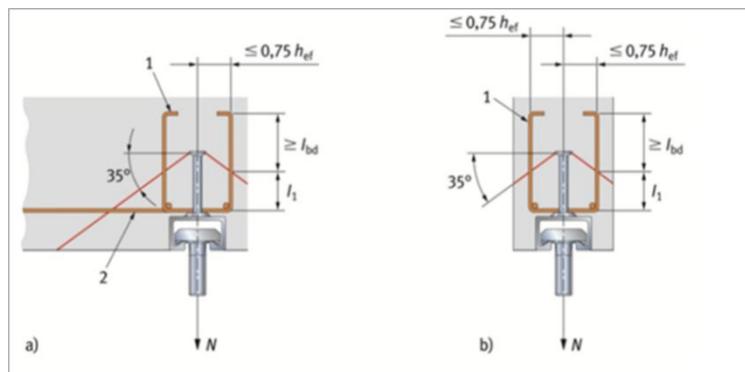


图 B.0.23-1 槽式预埋件受拉时附加钢筋布置示意图

1) 附加钢筋; 2) 表面钢筋



(a) 槽式预埋件平行于构件边缘

(b) 槽式预埋件位于狭小混凝土构件中

图 B.0.23-2 特殊情况下受拉附加钢筋布置示意图

1) 附加钢筋; 2) 表面钢筋

**B.0.24** 槽式预埋件在承受剪力作用时，防止混凝土破坏的附加钢筋设置可参考如下要求：

- 1 槽式预埋件在承受剪力作用时，附加钢筋应为表面钢筋，见图 B.0.24；
- 2 附加钢筋在混凝土破坏面外的锚固长度  $l_{bd}$ ，应当满《混凝土结构设计规范》GB50010 中的相关规定；
- 3 设计时应针对最不利受力的锚筋进行计算，并对其它锚筋布置同样数量的附件钢筋；
- 4 附加钢筋应为带肋钢筋，其屈服强度  $f_y \leq 435 \text{N/mm}^2$ ，直径  $d \leq 16 \text{mm}$ ；
- 5 附加钢筋与锚筋的距离宜  $\leq 0.75c_1$ ，见图 B.0.24；
- 6 附加钢筋在混凝土边缘破坏锥体里的锚固长度  $l_1$ （见图 B.0.24），应  $\geq 4d$ ，且附加钢筋近槽式预埋件的端部应为弯折、弯钩或做成封闭式）或  $\geq 10d$ ；
- 7 混凝土基材的侧面表面钢筋，应当按图 B.0.24 进行布置，以抵抗采用拉压杆模型分析时产生的劈裂力。

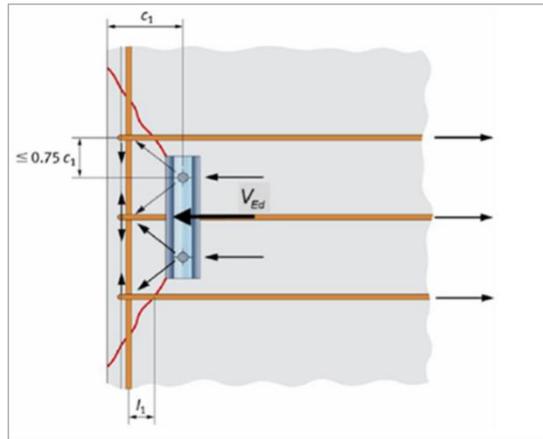


图 B.0.24 槽式预埋件受剪时附加钢筋布置示意图

**B.0.25** 埋设槽式预埋件的混凝土基材的厚度  $h$  应不小于  $1.5h_{ef}$ ，且不小于 150mm，其中  $h_{ef}$  为槽式预埋件锚筋的有效锚固深度，当确有需要采用较小的基材厚度时，应当提供相应的认证报告。埋设槽型预埋件的混凝土基材的最小宽度应不小于  $1.2h_{ef}$ ，且不小于 150mm。

**B.0.26** 槽式预埋件的锚筋有效锚固深度不得小于 90mm。两个锚筋间的最小间距不得小于 100mm，最大间距不得大于 250mm。

**B.0.27** 槽式预埋件与混凝土构件的最小边距应符合材料供应商提供的认证报告的要求，且不应小于 50mm，当槽式预埋件与混凝土构件边距较小时，宜选用 V 型等有利于减小混凝土边缘应力的截面，如图 B.0.5 所示。

**B.0.28** 除锚筋和不锈钢制品外，槽式预埋件的表面应进行热浸镀锌处理，镀锌厚度不小于  $45\mu\text{m}$ 。

**B.0.29** 槽式预埋件的钢槽内应用填充物填充密实，宜采用低碳、环保低密度的聚乙烯（LDPE）材料。填充物应对人体无毒害，浇注混凝土时不得漏浆，且便于拆除。

**B.0.30** 槽型预埋件与混凝土构件的最小间距不应小于 50mm。对构件保护层厚度内，应采取适当的构造加固，防止混凝土边缘出现劈裂和剪撬破坏。

**B.0.31** 槽型预埋件应采用冷压成形铸造，基材内的螺栓钉有效锚固深度不应小于 90mm。不得采用钢板折制成形。

## 附录 C 弹性板的弯矩系数和挠度系数

### C.1 四边简支板和四边简支加肋板

**C.1.1** 不同加肋方式的面板类型如图 C.1.1 所示。图中，(a) 为四边简支板，(C)、(c)、(d)、(e) 为不同加肋方式的四边简支板，字母 A、C、C、D、E、F 代表不同边界条件的区格。

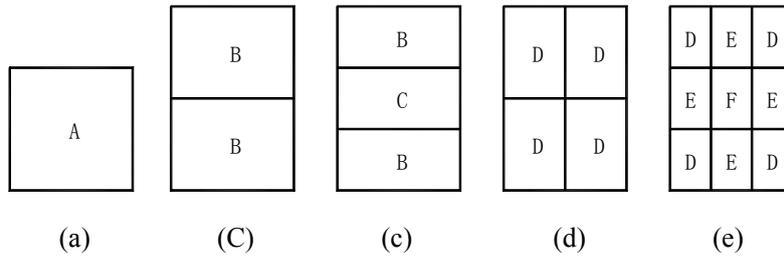


图 C.1.1 板块类型

**C.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 C.1.2 采用。计算边长  $l$  取  $l_x$  与  $l_y$  中的较小边长。

表 C.1.2 不同区格的边界条件

区格类型	A	C	C
边界条件			
区格类型	D	E	F
边界条件			

**C.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  $\nu$ ，分别按照表 C.1.3-1~C.1.3-6 采用。

表 C.1.3-1 区格 A

$\nu$		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$				
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
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 C.1.3-2 区格 C

$\nu$		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	—
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$
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
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$
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

续表 C.1.3-2

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 C.1.3-3 区格 C

$\nu$		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	—	
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$	
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	0.00201	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	
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$	
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 C.1.3-4 区格 D

$\nu$		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	—	
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$	$m_y^0$
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	0.07207	0.07268	-0.1095	-0.0782

续表 C.1.3-4

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 C.1.3-5 区格 E

$\nu$		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	—	
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$	$m_y^0$
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
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$	$m_y^0$
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 C.1.3-6 区格 F

$\nu$		0.125	0.200	0.250	0.300	0.333	—	
$l_x/l_y$	$\mu$	$m$					$m_x^0$	$m_y^0$
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
0.65	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

## C.2 四角支承板

C.2.1 四角支承板的计算简图可按图 C.2.1 采用，其计算跨度应取长边边长。

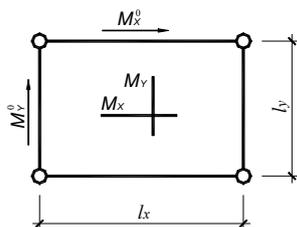


图 C.2.1 四角支承板的计算简图

C.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  $\nu$ ，按照表 C.2.2 采用。

表 C.2.2 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
0.75	0.0512	0.0540	0.0549	0.0556	0.0577	0.1153	0.1163	0.1166	0.1169	0.1178

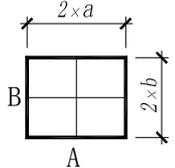
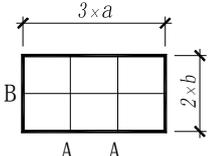
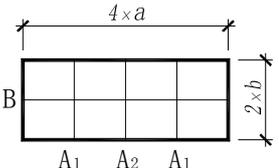
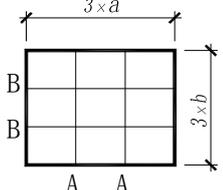
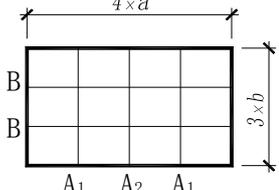
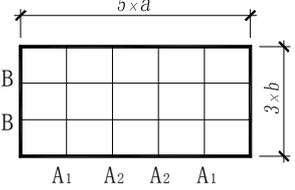
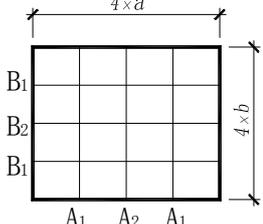
续表 C.2.2

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
0.75	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

## 附录 D 交叉肋的弯矩系数和剪力系数

**D.0.1** 金属板加劲肋的弯矩、剪力和挠度可按下表计算。

**表 D.0.1 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
	$\mu$	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
	$\mu$	0.08		0.15		0.23	
	A <sub>1</sub>	0.44	0.69	0.42	0.67	0.40	0.65
	A <sub>2</sub>	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
	$\mu$	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
	$\mu$	0.31		0.44		0.55	
	A <sub>1</sub>	0.75	1.00	0.66	0.91	0.55	0.80
	A <sub>2</sub>	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
	$\mu$	0.44		0.76		1.12	
	A <sub>1</sub>	0.72	0.97	0.66	0.91	0.60	0.85
	A <sub>2</sub>	1.07	1.32	1.02	1.27	0.95	1.20
	B	0.21	0.46	0.32	0.57	0.50	0.70
	$\mu$	0.48		0.87		1.38	
	A <sub>1</sub>	1.11	1.12	0.83	0.92	0.59	0.75
	A <sub>2</sub>	1.58	1.46	1.17	1.17	0.84	0.94
	B <sub>1</sub>	0.54	0.71	0.83	0.92	1.06	1.08
	B <sub>2</sub>	0.77	0.89	1.17	1.17	1.51	1.41
	$\mu$	1.29		1.90		2.41	

续表 D.0.1

	A <sub>1</sub>	1.21	1.19	1.02	1.05	0.83	0.91
	A <sub>2</sub>	1.91	1.69	1.64	1.50	1.34	1.29
	B <sub>1</sub>	0.40	0.62	0.71	0.81	1.03	1.02
	B <sub>2</sub>	0.57	0.76	1.00	1.03	1.46	1.31
$\mu$	1.57		2.63		3.75		
	A <sub>1</sub>	1.18	1.17	1.06	1.08	0.93	0.98
	A <sub>2</sub>	1.95	1.72	1.79	1.60	1.59	1.46
	A <sub>3</sub>	2.20	1.89	2.04	1.78	1.83	1.63
	B <sub>1</sub>	0.26	0.57	0.54	0.73	0.89	0.91
	B <sub>2</sub>	0.36	0.70	0.76	0.91	1.26	1.16
	$\mu$	1.76		3.23		5.02	
	A <sub>1</sub>	1.14	1.14	1.03	1.06	0.94	0.99
	A <sub>2</sub>	1.90	1.68	1.79	1.60	1.66	1.51
	A <sub>3</sub>	2.22	1.91	2.15	1.86	2.03	1.77
	B <sub>1</sub>	0.16	0.56	0.38	0.68	0.69	0.83
	B <sub>2</sub>	0.23	0.68	0.54	0.84	0.98	1.05
	$\mu$	1.82		3.43		5.57	
	A <sub>1</sub>	1.42	1.26	1.06	1.03	0.76	0.84
	A <sub>2</sub>	2.29	1.82	1.72	1.47	1.25	1.18
	B <sub>1</sub>	0.70	0.80	1.06	1.03	1.36	1.22
	B <sub>2</sub>	1.15	1.12	1.72	1.47	2.19	1.76
$\mu$	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：

$$M_A, M_{A1}, M_{A2}, M_{A3} = (\text{表中系数}) \times qab^2$$

$$M_B, M_{B1}, M_{B2} = (\text{表中系数}) \times qa^2b$$

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  $V_A$  或  $V_B = (\text{表中系数}) \times qab$ ；

3 肋的最大挠度  $u_{\max}$  用表中  $\mu$  栏的系数，乘数为  $qa^4b/EI$ ，即

$$u_{\max} = (\text{表中系数}) \times qa^4b/EI;$$

4 交叉肋四周假定为简支。

## 附录 E 双层幕墙热工计算

**E.0.1** 双层幕墙的热工可采用专业的热工计算软件计算,也可按本规范的计算方法进行计算。

**E.0.2** 单幅幕墙的传热系数  $K_{cw}$  应按下式计算:

$$K_{cw} = \frac{\sum K_g A_g + \sum K_p A_p + \sum K_f A_f + \sum \psi_g l_g + \sum \psi_p l_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f} \quad (\text{E.0.2})$$

式中  $K_{cw}$ ——单幅幕墙的传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ;

$K_g$ ——玻璃或透明面板的传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ,应按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T151 的规定计算;

$A_g$ ——玻璃或透明面板的面积 ( $\text{m}^2$ );

$\psi_g$ ——玻璃或透明面板边缘的线传热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ ,应按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T151 的规定计算;

$l_g$ ——玻璃或透明面板边缘长度 ( $\text{m}$ );

$K_p$ ——非透明面板传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ;

$A_p$ ——非透明面板的投影面积 ( $\text{m}^2$ );

$\psi_p$ ——非透明面板边缘的线传热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ ,应按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T151 的规定计算;

$l_p$ ——非透明面板边缘长度 ( $\text{m}$ );

$K_f$ ——框的传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ,应按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T151 的规定计算;

$A_f$ ——框的投影面积 ( $\text{m}^2$ )。

**E.0.3** 双层幕墙的传热系数应根据热通道的通风情况按非通风状态、微通风状态或强通风状态进行计算。通风状态的标准值  $A_v$  按下式计算 (图 E.0.3):

对于竖向空气层: 
$$A_v = \frac{A_o}{L} \quad (\text{E.0.3-1})$$

对于水平空气层: 
$$A_v = \frac{A_o}{LW} \quad (\text{E.0.3-2})$$

式中  $A_o$ ——进出风口面积 ( $\text{mm}^2$ );

$L$ ——空气层的水平长度 ( $\text{m}$ );

$W$ ——水平空气层的宽度 ( $\text{m}$ )。

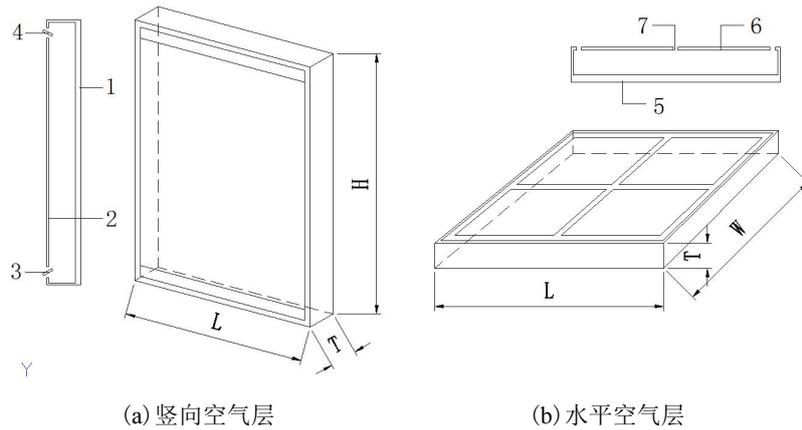


图 E.0.3 空气层示意图

1-主立面幕墙；2-次立面幕墙；3-进风口；4-出风口；5-主平面采光顶；6-次平面采光顶；7-进风口

#### E.0.4 非通风状态：

1 非通风状态是指热通道内空气间层处于静止状态或热通道与外部环境间连通敞开面积不足以使外部环境的空气在空气间层内流通，其连通敞开面积应满足：

- 1) 对于竖向空气间层， $A_v \leq 500 \text{mm}^2/\text{m}$ ；
- 2) 对于水平空气间层， $A_v \leq 500 \text{mm}^2/\text{m}^2$ 。

2 非通风双层幕墙传热系数  $K_{cw,u}$  应按下列式计算：

$$K_{cw,u} = \frac{1}{R_{cw,u}} \quad (\text{E.0.4-1})$$

$$R_{cw,u} = \frac{1}{K_{cw,1}} - R_i + R_{air} - R_e + \frac{1}{K_{cw,2}} \quad (\text{E.0.4-2})$$

式中  $R_{cw,u}$ ——非通风双层幕墙热阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )；

$K_{cw,1}$ ——对于竖向空气间层，计算单元主立面幕墙传热系数；对于水平空气间层，计算单元主平面采光顶传热系数，应按 E.0.2 条计算；

$R_i$ ——幕墙内表面对流换热阻， $R_i=0.13$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )；

$R_{air}$ ——空气间层热阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )，应按表 E.0.4 采用；

$R_e$ ——幕墙外表面对流换热阻， $R_e=0.04$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )；

$K_{cw,2}$ ——对于竖向空气层，计算单元次立面幕墙传热系数；对于水平空气层，计算单元次平面采光顶传热系数，应按 E.0.2 条计算。

表 E.0.4 空气间层热阻  $R_{air}$  ( $m^2 \cdot K/W$ )

空气层厚度 T(mm)	热流方向		
	向上	水平	向下
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
9	0.15	0.15	0.15
15	0.16	0.17	0.17
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
90	0.16	0.18	0.22
300	0.16	0.18	0.23
500	0.16	0.18	0.23
900	0.16	0.18	0.23

注：1 “水平”下的数值适用于从水平面±30°间的热流方向；

2 中间数值可采用线性插值的方法计算得出；

3 本表引自 BS EN13947：2006 和 DIN EN ISO 6946：2008, 也可按《民用建筑热工设计规范》GB50176 的规定采用。

### E.0.5 微通风状态：

1 微通风状态是指热通道与外部环境间连通敞开面积应满足：

1) 对于竖向空气间层， $500mm^2/m < A_v \leq 1500mm^2/m$ ；

2) 对于水平空气层， $500mm^2/m^2 < A_v \leq 1500mm^2/m^2$ 。

2 微通风双层幕墙传热系数  $K_{cw,s}$  应按下式计算：

$$K_{cw,s} = \frac{1}{R_{cw,s}} \quad (E.0.5-1)$$

$$R_{cw,s} = \frac{1500 - A_v}{1000} R_{cw,u} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{cw,v} \quad (E.0.5-2)$$

式中  $R_{cw,s}$ ——微通风双层幕墙热阻 ( $m^2 \cdot K/W$ )；

$R_{cw,u}$ ——非通风双层幕墙热阻 ( $m^2 \cdot K/W$ )，应按公式 E.0.4-2 计算；

$R_{cw,v}$ ——强通风双层幕墙热阻 ( $m^2 \cdot K/W$ )，外通风双层幕墙应按公

式 E.0.6-2 计算，内通风双层幕墙应按公式 E.0.6-3 计算。

### E.0.6 强通风状态:

1 强通风状态是指热通道与外部环境间连通敞开面积应满足:

- 1) 对于竖向空气层,  $1500\text{mm}^2/\text{m} < A_V$ ;
- 2) 对于水平空气层,  $1500\text{mm}^2/\text{m}^2 < A_V$ 。

2 强通风双层幕墙传热系数  $K_{cw,v}$  应按下式计算:

$$K_{cw,v} = \frac{1}{R_{cw,v}} \quad (\text{E.0.6-1})$$

外通风双层幕墙: 
$$R_{cw,v} = \frac{1}{K_{cw,l}} + R_i - R_e \quad (\text{E.0.6-2})$$

内通风双层幕墙: 
$$R_{cw,v} = \frac{1}{K_{cw,l}} \quad (\text{E.0.6-3})$$

式中  $R_{cw,v}$ ——强通风双层幕墙热阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )。

E.0.7 单幅幕墙的太阳光总透射比  $g_{cw}$  应按下式计算:

$$g_{cw} = \frac{\sum g_g A_g + \sum g_p A_p + \sum g_f A_f}{A} \quad (\text{E.0.7-1})$$

$$g_p = \alpha_p \frac{U_p}{\frac{A_{ps,e}}{A_p} h_e} \quad (\text{E.0.7-2})$$

$$g_f = \alpha_f \frac{U_f}{\frac{A_{s,e}}{A_f} h_e} \quad (\text{E.0.7-3})$$

式中  $g_{cw}$ ——单幅幕墙的太阳光总透射比;

$g_g$ ——玻璃或透明面板的太阳光总透射比;

$A_g$ ——玻璃或透明面板的面积 ( $\text{m}^2$ );

$g_p$ ——非透明面板的太阳光总透射比;

$A_p$ ——非透明面板的投影面积 ( $\text{m}^2$ );

$g_f$ ——框的太阳光总透射比;

$A_f$ ——框投影面积 ( $\text{m}^2$ );

$U_p$ ——非透明面板的传热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ];

$U_f$ ——框的传热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ];

$h_e$ ——室外表面换热系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ], 可取  $23[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ;

$\alpha_p$ ——非透明面板的太阳辐射吸收系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ];

$\alpha_f$ ——框表面的太阳辐射吸收系数 [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ];

$A_{ps,e}$ ——非透明面板的外表面面积 ( $m^2$ );

$A_{s,e}$ ——框的外表面面积 ( $m^2$ )。

**E.0.8** 单幅幕墙的遮阳系数  $SC_{cw}$  应按下式计算:

$$SC_{cw} = \frac{g_{cw}}{0.87} \quad (E.0.8)$$

式中  $SC_{cw}$ ——单幅幕墙的遮阳系数。

**E.0.9** 双层幕墙的遮阳系数  $SC_{cw,d}$  应按下式计算:

$$SC_{cw,d} = SC_{cw,1} \cdot SC_{cw,2} \cdot SC_{cw,i} \quad (E.0.9)$$

式中  $SC_{cw,d}$ ——双层幕墙的遮阳系数;

$SC_{cw,1}$ ——双层幕墙主立面幕墙的遮阳系数;

$SC_{cw,2}$ ——双层幕墙次立面幕墙的遮阳系数;

$SC_{cw,i}$ ——双层幕墙中间遮阳装置的遮阳系数, 评价双层幕墙遮阳性能时按实采用中间遮阳装置的遮阳系数; 实际工程节能计算时取 1。

**E.0.10** 设有外遮阳装置的双层幕墙的综合遮阳系数  $SC$  应按下式计算:

$$SC = SC_{cw,d} \cdot SD \quad (E.0.10)$$

式中  $SC$ ——设有外遮阳装置的双层幕墙的综合遮阳系数;

$SD$ ——外遮阳系数, 应按《公共建筑节能设计标准》DB33/938 的规定计算。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规范中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：“应符合……的规定或要求”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB50009
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 4 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 5 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB50018
- 6 《建筑物防雷设计规范》 GB 50057
- 7 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204
- 9 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
- 10 《铝合金结构设计规范》 GB 50429
- 11 《铆钉用通孔》 GB 152.1
- 12 《沉头螺钉用沉孔》 GB 152.2
- 13 《圆柱头、螺栓用沉孔》 GB 152.3
- 14 《普通螺纹公差》 GB 197
- 15 《优质碳素结构钢技术条件》 GB/T 699
- 16 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 17 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》 GB/T 912
- 18 《不锈钢棒》 GB/T 1220
- 19 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 20 《合金结构钢技术条件》 GB/T 3077
- 21 《紧固件机械性能螺栓螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 22 《紧固件机械性能螺母粗牙螺纹》 GB/T 3098.2
- 23 《紧固件机械性能螺母细牙螺纹》 GB/T 3098.4
- 24 《紧固件机械性能螺栓自攻螺钉》 GB/T 3098.5
- 25 《紧固件机械性能不锈钢螺栓螺钉和螺柱》 GB/T 3098.6
- 26 《紧固件机械性能不锈钢螺母》 GB/T 3098.15

- 27 《紧固件机械性能不锈钢自攻螺钉》 GB/T 3098.21
- 28 《变形铝及铝合金化学成分》 GB/T 3190
- 29 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》 GB/T 3274
- 30 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》 GB/T 3524
- 31 《一般工业用铝及铝合金板、带材》 GB/T 3880.1~3
- 32 《耐候结构钢》 GB/T 4171
- 33 《不锈钢热轧钢板》 GB/T 4237
- 34 《碳钢焊条》 GB/T 5117
- 35 《低合金钢焊条》 GB/T 5118
- 36 《铝合金建筑型材》 GB 5237
- 37 《紧固件螺栓和螺钉》 GB/T 5277
- 38 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 39 《结构用无缝钢管》 GB/T 8162
- 40 《铝合金门窗》 GB/T 8478
- 41 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624
- 42 《彩色涂层钢板及钢带》 GB/T 12754
- 43 《金属覆盖层钢铁制品热镀锌层技术要求》 GB/T 13912
- 44 《结构用不锈钢无缝钢管》 GB/T 14975
- 45 《紧固件机械性能自钻自攻螺钉》 GB/T 15856
- 46 《变形铝及铝合金牌号表示方法》 GB/T 16474
- 47 《变形铝及铝合金状态代号》 GB/T 16475
- 48 《建筑用硅酮结构密封胶》 GB 16776
- 49 《建筑幕墙用铝塑复合板》 GB/T 17748
- 50 《天然花岗石建筑板材》 GB/T 18601
- 51 《天然大理石建筑板材》 GB/T 19766
- 52 《建筑幕墙》 GB/T 20186
- 53 《玻璃幕墙工程技术规范》 JGJ 102
- 54 《金属与石材幕墙工程技术规范》 JGJ133
- 55 《人造板材幕墙工程技术规范》 JGJ336
- 56 《采光顶与金属屋面技术规程》 JGJ255

- 57 《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》 JG/T 151
- 58 《石材用建筑密封胶》 GB/T 23261
- 59 《天然砂岩建筑板材》 GB/T 23452
- 60 《天然石灰石建筑板材》 GB/T 23453
- 61 《建筑门窗幕墙用密封胶条》 GB/T 24498
- 62 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
- 63 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 64 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
- 65 《建筑钢结构焊接技术规程》 JGJ 81
- 66 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 134
- 67 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 68 《建筑用隔热铝合金型材》 JG 175
- 69 《建筑用钢质拉杆构件》 JG/T 389
- 70 《建筑外墙用铝蜂窝复合板》 JG/T 334
- 71 《幕墙玻璃接缝用密封胶》 JC/T 882
- 72 《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》 JC 887
- 73 《建筑装饰用天然石材防护剂》 JC/T 973
- 74 《非结构承载用石材胶粘剂》 JC/T 989
- 75 《铝幕墙板板基》 YS/T 429.1
- 76 《铝幕墙板氟碳喷漆铝单板》 YS/T 429.2
- 77 《玻璃幕墙工程质量检验标准》 JGJ/T139
- 78 《玻璃幕墙光热性能》 GB/T18091
- 79 《彩色涂层钢板和钢带试验方法》 GB/T13448
- 80 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
- 81 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204
- 82 《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》 GB/T15227
- 83 《建筑幕墙抗震性能振动台试验方法》 GB/T18575
- 84 《建筑幕墙平面内变形性能检测方法》 GB/T18250
- 85 《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB50210
- 86 《公共建筑节能设计标准》 DB33/1036

- 87 《居住建筑节能设计标准》 DB33/1015
- 88 《住宅设计标准》 DB33/1006
- 89 《建筑施工安全管理规范》 DB33/1116
- 90 《建设工程消防验收规范》 DB33/1071
- 91 《建筑装饰装修工程质量评价标准》 DB33/T107