

建筑幕墙工程技术规范

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市工程建设规范

# 建筑幕墙工程技术规范

Technical code for building curtain wall

DGJ08—56—2012

J12028—2012

2012 上海

上海市工程建设规范

# 建筑幕墙工程技术规范

Technical code for building curtain wall

DGJ08—56—2012

主编单位：上海市金属结构行业协会

上海信安幕墙建筑装饰有限公司

沈阳远大铝业工程有限公司

批准部门：上海市城乡建设和交通委员会

施行日期：2012年5月1日

2012 上海

# 上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2012]428号

## 上海市城乡建设和交通委员会 关于批准《建筑幕墙工程技术规范》为 上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海市金属结构行业协会等单位主编的《建筑幕墙工程技术规范》，经市建设交通委科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DGJ08—56—2012，自 2012 年 5 月 1 日起实施。其中第 3.11.6 条、9.6.2 条、10.4.3 条、12.3.7 条、15.1.3 条、15.2.2 条、15.3.8 条、16.1.5 条、21.7.5 条为强制性条文。原《建筑幕墙工程技术规程(玻璃幕墙分册)》(DBJ08—56—96)同时废止。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海市金属结构行业协会负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一二年四月二十六日

# 前 言

本规范根据上海市建设和交通委员会沪建交[2008]470号文下达的《2008年上海市工程建设规程和标准设计编制计划》，由上海市金属结构行业协会幕墙工程技术中心会同有关企业、设计、科研、高校、管理等单位修订完成。

在编制过程中，总结了自上海市标准《建筑幕墙工程技术规程(玻璃幕墙分册)》DBJ08-56-96发布以来本市建筑幕墙工程的实践经验和研究成果，开展调查研究，广泛征求意见，与相关标准进行协调，经多次座谈、讨论、审核、审查后报批定稿。

本规范修订的主要内容有：将原规程仅为玻璃面板的幕墙技术扩充为包括金属、石材、人造板材和复合板材等各种面板的幕墙应用技术。在原规程侧重于构件式幕墙基础上，增补了单元式幕墙、全玻璃幕墙、点支承幕墙、双层幕墙、幕墙开启窗及采光顶等内容。根据近年来本市幕墙工程的发展，在现有技术条件下，列出了不同类别幕墙的适用高度。针对建筑幕墙各相关审批部门专项审查的要求，本规范将幕墙光反射、幕墙热工设计、幕墙防火、幕墙防雷单列成章。对双层幕墙、建筑光伏一体化等新技术予以导向性条文列出。

本规范主要技术内容有二十三章，另有“幕墙光反射环境评价方法”等九个附录。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范中所有引用，未注明标准名称和标准编号的，均指本规范。

本规范由上海市建设和交通委员会负责管理。在执行本规范时,请注意总结经验、积累资料,将有关意见和建议反馈给上海市金属结构行业协会幕墙工程技术中心规范编制组(地址:上海市沙泾路 158 号,邮政编码:200080,电话:021-33817671 转 810 分机, E-mail: muqiangzhongxin@ yahoo. cn), 供今后修订时参考。

**主 编 单 位:**上海市金属结构行业协会

上海信安幕墙建筑装饰有限公司

沈阳远大铝业工程有限公司

**参 编 单 位:**上海市装饰装修行业协会

上海建筑设计研究院

同济大学建筑设计研究院

同济大学

上海市建筑科学研究院

上海市消防局

上海市防雷中心

上海科胜幕墙有限公司

上海迪蒙幕墙工程技术有限公司

上海美特幕墙有限公司

上海东江建筑装饰工程有限公司

上海高新铝质工程股份有限公司

浙江中南建设集团有限公司

广东金刚幕墙工程有限公司

上海旭博幕墙装饰工程有限公司

上海华垒石材有限公司

上海威必驰建筑五金有限公司  
江阴裕华铝业有限公司  
苏州金近幕墙有限公司  
喜利得(中国)商贸有限公司  
上海沪标工程建设咨询有限公司  
上海安立得建设工程有限公司

**主要起草人:**周开霖 孟根宝力高 孙宝莲 彭圣钦  
陈华宁 车学娅 张其林 江霜英 方忠华  
陆津龙 杨风雷 陆 彬 金志强 周一平  
李 良 杨建飞 杨雪枣 杨仁杰 陈宗照  
赵 毅 朱齐飞 杨志平 刘 杰 吴志平  
赵 华 梁方岭 梁曙光 姚伟宏 黄庆文  
马东林 胡继华 朱 平 仲建军 陈国荣  
顾 鸿 徐 丹 倪 斌 沈开明 孙成东  
陈家晖 时明远 席时葭 钱学昆 潘 伟  
唐雅芳 邱志青 张关兴 沈 扬 牛金龙  
常保生 冯虹云  
**主要审查人员:**沈 恭 颜德姮 萧 愉 孙玉明 曾 杰  
黄晓虹 姜秀清 周裕德 潘延平

上海市建筑建材业市场管理总站  
二〇一一年八月

# 目 次

1	总 则 .....	(1)
2	术语和符号 .....	(2)
2.1	术 语 .....	(2)
2.2	符 号 .....	(8)
3	材 料 .....	(12)
3.1	一般规定 .....	(12)
3.2	材料力学性能 .....	(12)
3.3	铝合金材料 .....	(27)
3.4	钢材、钢制品 .....	(29)
3.5	玻 璃 .....	(31)
3.6	金属板材 .....	(33)
3.7	石材板材 .....	(36)
3.8	人造板材 .....	(37)
3.9	复合板材 .....	(39)
3.10	金属连接件与紧固件 .....	(43)
3.11	结构胶与密封材料 .....	(43)
3.12	防火材料 .....	(49)
3.13	保温材料 .....	(50)
3.14	其它材料 .....	(51)
4	建筑设计 .....	(54)
4.1	一般规定 .....	(54)
4.2	性能设计 .....	(55)
4.3	安全措施 .....	(57)



4.4	构造设计	(58)
4.5	建筑设计文件中有关幕墙设计的深度	(58)
4.6	幕墙设计文件的深度	(60)
5	幕墙光反射	(63)
5.1	一般规定	(63)
5.2	建筑设计	(63)
5.3	减少光反射影响的措施	(64)
5.4	幕墙光反射的环境分析	(65)
6	幕墙热工设计	(66)
6.1	一般规定	(66)
6.2	构造与设计	(67)
7	幕墙防火	(68)
7.1	一般规定	(68)
7.2	构造与设计	(69)
7.3	双层幕墙的防火设计	(70)
8	幕墙防雷	(72)
8.1	一般规定	(72)
8.2	幕墙的防雷构造设计	(72)
8.3	其它防雷要求	(75)
9	结构设计的基本规定	(77)
9.1	一般规定	(77)
9.2	荷载和地震作用	(78)
9.3	作用效应计算	(80)
9.4	作用效应组合	(80)
9.5	幕墙及与主体结构的连接构造	(82)
9.6	硅酮结构密封胶	(83)

10	面板设计	(86)
10.1	一般规定	(86)
10.2	玻璃面板	(87)
10.3	金属面板	(97)
10.4	石材面板	(101)
10.5	人造面板	(110)
10.6	复合面板	(118)
11	幕墙开启窗	(122)
11.1	一般规定	(122)
11.2	开启窗构造	(123)
11.3	采光顶窗构造	(124)
12	构件式幕墙	(125)
12.1	一般规定	(125)
12.2	横梁构造设计	(126)
12.3	立柱构造设计	(128)
12.4	横梁结构设计	(129)
12.5	立柱结构设计	(131)
13	单元式幕墙	(136)
13.1	一般规定	(136)
13.2	构造设计	(136)
13.3	结构设计	(141)
13.4	连接设计	(143)
14	双层幕墙	(144)
14.1	一般规定	(144)
14.2	构造设计	(146)
14.3	通风量计算	(146)

14.4	热工设计	(147)
14.5	防水要求	(152)
15	全玻璃幕墙	(154)
15.1	一般规定	(154)
15.2	构造设计	(154)
15.3	结构设计	(155)
16	点支承玻璃幕墙	(159)
16.1	一般规定	(159)
16.2	型钢及钢管桁架支承结构的构造与结构设计	(160)
16.3	索杆桁架支承结构的构造与结构设计	(161)
16.4	单层索网及单拉索支承结构的构造与结构设计	(162)
16.5	驳接系统构造与结构设计	(163)
17	采光顶棚和金属屋面	(165)
17.1	一般规定	(165)
17.2	性能和检测	(165)
17.3	排水设计	(168)
17.4	连接设计	(169)
17.5	防渗漏设计	(170)
18	光伏幕墙	(172)
18.1	一般规定	(172)
18.2	系统设计	(173)
19	检验与检测	(174)
19.1	一般规定	(174)
19.2	材料检验	(174)
19.3	性能检测	(175)

19.4	现场检测	(178)
20	加工制作	(179)
20.1	一般规定	(179)
20.2	金属构件加工	(179)
20.3	玻璃面板加工	(183)
20.4	金属面板加工	(186)
20.5	石材及其他面板加工	(188)
20.6	构件组装	(189)
20.7	构件检验	(194)
21	安装施工	(195)
21.1	一般规定	(195)
21.2	构件式幕墙安装	(195)
21.3	单元式幕墙安装	(198)
21.4	全玻璃幕墙安装	(200)
21.5	点支承玻璃幕墙安装	(200)
21.6	光伏幕墙安装	(201)
21.7	安全规定	(201)
22	工程验收	(203)
22.1	一般规定	(203)
22.2	进场验收	(203)
22.3	中间验收	(204)
22.4	竣工验收	(206)
23	维护保养	(219)
23.1	一般规定	(219)
23.2	检查与维护	(220)
23.3	保养和清洗	(221)

附录 A	幕墙光反射环境评价方法	(222)
附录 B	槽型预埋件设计与构造	(242)
附录 C	金属和石材面板弯矩系数	(253)
附录 D	交叉肋的弯矩系数和剪力系数	(256)
附录 E	多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力	(259)
附录 F	开口铝合金立柱强度折减系数	(263)
附录 G	双层幕墙隔声计算	(269)
附录 H	双坡及单坡屋面房屋的风荷载体型系数	(271)
附录 J	压型金属屋面	(278)
	本规范用词说明	(282)
	引用标准名录	(283)
	条文说明	(291)

# CONTENTS

1	General provisions .....	(1)
2	Terms and symbols .....	(2)
2.1	Terms .....	(2)
2.2	Main symbols .....	(8)
3	Materials .....	(12)
3.1	General requirements .....	(12)
3.2	Mechanical properties .....	(12)
3.3	Aluminium .....	(27)
3.4	Steel .....	(29)
3.5	Glass .....	(31)
3.6	Metal panels .....	(33)
3.7	Stone panels .....	(36)
3.8	Artificial panels .....	(37)
3.9	Composite panels .....	(39)
3.10	Connection and fixings .....	(43)
3.11	Sealants .....	(43)
3.12	Fireproofing materials .....	(49)
3.13	Thermal insulation materials .....	(50)
3.14	Others .....	(51)
4	Architectural design .....	(54)
4.1	General requirements .....	(54)
4.2	Performance-based design .....	(55)
4.3	Safety measures .....	(57)

4.4	Detailing	(58)
4.5	Curtain wall design in architectural document	(58)
4.6	Principles of curtain wall design document	(60)
5	Daylight reflection	(63)
5.1	General requirements	(63)
5.2	Architectural design	(63)
5.3	Reduction measures of daylight reflection	(64)
5.4	Environmental analysis	(65)
6	Thermal performance design	(66)
6.1	General requirements	(66)
6.2	Detailing	(67)
7	Fireproofing	(68)
7.1	General requirements	(68)
7.2	Detailing	(69)
7.3	Fireproofing design for double skin facade	(70)
8	Lightning protection	(72)
8.1	General requirements	(72)
8.2	Detailing	(72)
8.3	Others	(75)
9	Basic requirements for structural design	(77)
9.1	General requirements	(77)
9.2	Loads and earthquake action	(78)
9.3	Calculations of loads and earthquake actions	(80)
9.4	Load combinations	(80)
9.5	Connection design of curtain wall and main structure	(82)

9.6	Design for structural silicon sealant .....	(83)
10	Panel design .....	(86)
10.1	General requirements .....	(86)
10.2	Glass panels .....	(87)
10.3	Metal panels .....	(97)
10.4	Stone panels .....	(101)
10.5	Artificial panels .....	(110)
10.6	Composite panels .....	(118)
11	Openable windows of curtain wall .....	(122)
11.1	General requirements .....	(122)
11.2	Detailing .....	(123)
11.3	Detailing of openable windows on skylight system .....	(124)
12	Stick curtain wall .....	(125)
12.1	General requirements .....	(125)
12.2	Detailing : transom .....	(126)
12.3	Detailing : mullion .....	(128)
12.4	Structure design of transom .....	(129)
12.5	Structure design of mullion .....	(131)
13	Unitized curtain wall .....	(136)
13.1	General requirements .....	(136)
13.2	Detailing .....	(136)
13.3	Structure design .....	(141)
13.4	Connection design .....	(143)
14	Double-skin facade .....	(144)
14.1	General requirements .....	(144)



14.2	Detailing	(146)
14.3	Ventilation volume calculation	(146)
14.4	Thermal design	(147)
14.5	Water proofing	(152)
15	Full glass curtain wall	(154)
15.1	General requirements	(154)
15.2	Detailing	(154)
15.3	Structure design	(155)
16	Point supported glass curtain wall	(159)
16.1	General requirements	(159)
16.2	Design of steel truss supported structures	(160)
16.3	Design of tension rods or cable-rod truss supported structures	(161)
16.4	Design of one-way or two-way cable net supported structure	(162)
16.5	Design and engineering of glass fittings	(163)
17	Skylight and metal roofing	(165)
17.1	General requirements	(165)
17.2	Performance and testing requirements	(165)
17.3	Drainage design	(168)
17.4	Detailing	(169)
17.5	Waterproofing design	(170)
18	Photo voltaic curtain wall	(172)
18.1	General requirements	(172)
18.2	Design of system	(173)
19	Inspection and testing	(174)

19.1	General requirements	(174)
19.2	Material inspection	(174)
19.3	Performance testing	(175)
19.4	Site inspection	(178)
20	Manufacture and fabrication	(179)
20.1	General requirements	(179)
20.2	Fabrication of metal components	(179)
20.3	Processing of glass panels	(183)
20.4	Fabrication of metal panels	(186)
20.5	Fabrication of stone panels and others	(188)
20.6	Assembling	(189)
20.7	Members inspection	(194)
21	Erection and construction	(195)
21.1	General requirements	(195)
21.2	Stick curtain wall	(195)
21.3	Unitized curtain wall	(198)
21.4	Full glass curtain wall	(200)
21.5	Point supported glass curtain wall	(200)
21.6	Curtain wall with PV system	(201)
21.7	Safety requirements	(201)
22	Acceptance inspection	(203)
22.1	General requirements	(203)
22.2	Site entering inspection	(203)
22.3	Mid-term inspection	(204)
22.4	Acceptance inspection	(206)
23	Maintenance	(219)

23.1	General requirements .....	(219)
23.2	Investigation and repairing .....	(220)
23.3	Maintenance and cleaning .....	(221)
Appendix A	Method for environmental evaluation of curtain wall daylight reflection .....	(222)
Appendix B	Design and construction of anchor channel .....	(242)
Appendix C	Moment-coefficients of metal and stone panels .....	(253)
Appendix D	Moment and shear coefficients of two-way ribbed panels .....	(256)
Appendix E	Coefficients of continuous beam with hinges .....	(259)
Appendix F	Strength reduced coefficients of aluminium mullions with open section .....	(263)
Appendix G	Sound insulation calculation for double-skin facade .....	(269)
Appendix H	External wind pressure coefficients for low- rise building cladding .....	(271)
Appendix J	Corrugated sheet metal roofing .....	(278)
	Explanation of wording in this code .....	(282)
	List of quoted standards .....	(283)
	Explanation of provisions .....	(291)

# 1 总 则

**1.0.1** 为使上海地区的建筑幕墙技术符合可持续发展的要求，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于建筑幕墙工程的设计、制作、施工、检测、验收和维护保养。

**1.0.3** 本规范适用于高度不大于 280m 的玻璃幕墙、金属幕墙，高度不大于 120m 的花岗岩石材幕墙，高度不大于 80m 的其他面板材料的幕墙工程。

**1.0.4** 建筑幕墙工程设计、制作、施工及维护保养应实行全过程质量控制。

**1.0.5** 建筑幕墙设计使用年限不小于 25 年，其支承结构的设计使用年限宜不小于 50 年。

**1.0.6** 建筑幕墙工程的材料、设计、制作、施工、检测、验收及维护保养，除应符合本规范规定外，尚应符合国家、行业和本市现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 建筑幕墙 curtain wall for building

由面板与支承结构组成,相对于主体结构有一定位移能力,除向主体结构传递自身所受荷载外,不承担主体结构所受作用的建筑外围护体系。本规范所指建筑幕墙,包括玻璃幕墙、金属幕墙、石材幕墙、人造板材幕墙、复合板材幕墙以及由上述不同材料组合的幕墙,含分层支承的幕墙体系。

#### 2.1.2 斜幕墙 inclined curtain wall

与水平方向夹角大于或小于  $90^\circ$  的建筑幕墙。

#### 2.1.3 采光顶棚 transparent roof system

由透光面板与支承结构组成的建筑顶棚。

#### 2.1.4 金属屋面 metal roof

由金属面板与支承结构、防水及保温构造层组成。包括与水平方向夹角小于  $75^\circ$  的屋面部位的幕墙系统。

#### 2.1.5 直立锁边金属屋面 standing seam metal roof system

压型金属面板的相邻立边与 T 型支托咬合,与屋面支承结构连接成连续的金属屋面系统。

#### 2.1.6 构件式幕墙 stick curtain wall

在主体结构上依次安装立柱、横梁和各种面板的建筑幕墙。

#### 2.1.7 单元式幕墙 unitized curtain wall

由各种面板与支承框架在工厂制成完整的幕墙基本结构单元,直接安装在主体结构上的建筑幕墙。

**2.1.8 全玻璃幕墙 full glass curtain wall**

由玻璃面板和玻璃肋构成的建筑幕墙。

**2.1.9 点支承玻璃幕墙 point supported glass curtain wall**

由玻璃面板、点支承装置及其支承结构构成的建筑幕墙。

**2.1.10 双层幕墙 double-skin facade**

由外层幕墙、空气间层和内层幕墙构成,且空气间层内的空气被有序导向流通的建筑幕墙。

**2.1.11 外通风双层幕墙 double-skin facade with outer skin ventilation**

进出风口设于外层幕墙,使室外空气进入空气间层后,能有序流通的双层幕墙。

**2.1.12 内通风双层幕墙 double-skin facade with inner skin ventilation**

进出风口设于内层幕墙,由通风设备使室内空气进入空气间层,引导空气有序流通的双层幕墙。

**2.1.13 空气间层 air cavity**

位于内外层幕墙之间的空气区域,空气在幕墙系统内有序流通并达到预期功能的通道。

**2.1.14 开放式幕墙 open joint curtain wall**

不具有阻止空气渗透和雨水渗入功能的建筑幕墙。

**2.1.15 面板 panel**

用于建筑幕墙体系的墙面(或屋面)板材。

**2.1.16 安全玻璃 safety glass**

经特殊加工工艺,提高使用安全性的玻璃制品。与普通玻璃比较,发生破碎时,能减少对人体伤害的可能性。

**2.1.17 钢化玻璃 fully tempered glass**

经热处理工艺之后的玻璃,在玻璃表面形成永久压应力层,机械强度和耐热冲击强度得到提高,破裂时具有特殊的碎粒状态。

#### **2.1.18 半钢化玻璃 heat-strengthened glass**

通过控制加热和冷却过程,在玻璃表面引入永久压应力层,使玻璃的机械强度和耐热冲击性能提高,破裂时具有特定的碎片状态的玻璃制品。

#### **2.1.19 夹层玻璃 laminated glass**

在两片或多片玻璃之间,夹入化学膜片并经黏合制成的玻璃制品。

#### **2.1.20 中空玻璃 insulated glass unit**

两片或多片玻璃间以有效支撑均匀隔开,周边予以粘结密封的玻璃制品。玻璃层间为干燥气体空间。

#### **2.1.21 低辐射镀膜玻璃 low emissivity coated glass**

对波长范围为  $4.5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$  的远红外线有较高反射比的镀膜玻璃制品。又称低辐射玻璃或 Low-E 玻璃。

#### **2.1.22 真空玻璃 vacuum glass**

两片或两片以上平板玻璃以支撑体隔开,周边密封,在玻璃间形成真空层的玻璃制品。

#### **2.1.23 防火玻璃 fire-resistant glass**

满足相应耐火性能要求的特种玻璃。

#### **2.1.24 微晶玻璃 glass-ceramics**

一定组分的玻璃颗粒经烧结和晶化制成微晶相和玻璃相均匀分布的复相材料。

#### **2.1.25 玻璃纤维增强水泥板 glass fiber reinforced cement panel**

以水泥砂浆或水泥净浆为基体、耐碱玻璃纤维为增强材料制

成的复合板材。

**2. 1. 26 铝蜂窝复合板 aluminum honeycomb composite panel**

以铝蜂窝为芯材、两面粘合金属板的复合板材。

**2. 1. 27 超薄型石材铝蜂窝复合板 slim cut stone veneer with aluminum honeycomb composite panel**

以切片天然石材为面板、铝蜂窝芯复合板为背板,经黏合而成的板材。

**2. 1. 28 铝塑复合板 aluminum-plastic composite panel**

以塑料(PE)为夹层材料,两面粘合铝合金板的复合板材。

**2. 1. 29 支承结构 supporting structure**

用于支承幕墙面板的构部件,如支承框架、玻璃肋、钢拉索和钢拉杆等,由连接件与主体结构相接。

**2. 1. 30 硅酮结构密封胶 structural silicone sealant**

用于黏结幕墙面板与面板、面板与金属框架、面板与玻璃肋的硅酮类结构性胶料,能承受荷载并传递作用力,又称硅酮结构胶。

**2. 1. 31 硅酮建筑密封胶 weather proofing silicone sealant**

用于填嵌幕墙构造缝隙的硅酮类密封性胶料,又称硅酮密封胶或耐候胶。

**2. 1. 32 防火硅胶 fire proofing sealant**

用于幕墙构造中防火封堵部位的硅酮类密封胶料,又称防火密封胶。

**2. 1. 33 双面胶带 double-sided tape**

双面涂胶的聚氨基甲酸或聚乙烯低泡材料。

**2. 1. 34 型材表面处理 surface finish of profiles**

在铝型材或钢材表面以特定的工艺方法形成一层不同于基



体材质性能的新面层,具有耐蚀性、耐磨性、装饰性或其他特种功能。

#### **2.1.35 阳极氧化 anodization**

在铝材或铝合金型材表面以电化学方法形成一层具有一定厚度和硬度的氧化铝膜层。

#### **2.1.36 电泳涂漆 electrophoretic coating**

在铝材或铝合金型材表面以电化学方法形成一层具有一定厚度和硬度的漆膜。

#### **2.1.37 粉末喷涂 powder coating**

在铝材或铝合金型材表面以喷涂工艺形成一层具有一定厚度和硬度的粉末涂层。

#### **2.1.38 氟碳喷涂 PVDF coating**

以氟化碳树脂为基材的涂料,喷涂于金属板材或型材表面,经过加温固化程序,形成具有一定厚度和硬度的氟碳膜层。

#### **2.1.39 热浸镀锌 hot-dip galvanizing**

以熔融锌与铁基体反应的工艺过程,生成与基体相结合的具有一定厚度的锌镀层。

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

不同电位的金属材料相接触或因其他电子导体作为电极而产生的电偶腐蚀现象。

#### **2.1.41 相容性 compatibility**

粘接用的密封胶料之间或密封胶料与其他材质的材料面接触时,相互不发生有害的物理化学反应的性能。

#### **2.1.42 眩光 glare**

观察某一物体时,视场中出现强烈刺眼的发光点,导致眼睛不适感觉,即为眩光现象。

**2.1.43 敏感目标 sensitive target**

对于光线舒适度有较高要求的处所,如住宅、教学楼、医院病房以及城市道路上的车辆等。

**2.1.44 玻璃比 glass-facade ratio**

立面上外露玻璃面积与该立面面积的比值。

**2.1.45 遮阳系数 shading coefficient**

太阳辐射至外窗或者幕墙玻璃后的室内得热量,与相同条件下太阳辐射透过相同面积的标准玻璃(3mm厚透明玻璃)的得热量之比。

**2.1.46 遮阳装置 solar shading devices**

由构件相连接,组成用以遮挡或调节进入室内太阳辐射的系统装置。

**2.1.47 防雷装置 lightning protection system**

建筑物外部与内部雷电防护设置的总称。

**2.1.48 电涌保护器 surge protective device**

用于限制瞬态过电压和分走电涌电流的器件。

**2.1.49 共用接地系统 common earthing system**

将防雷装置、建筑物的金属构件、低压配电保护线、等电位连接带、设备保护性接地、屏蔽体接地、防静电接地及接地装置等连接成的接地系统。

**2.1.50 独立接地 separate earthing**

独立于其他接地系统之外的接地装置。

**2.1.51 隔声量 sound insulation index**

声波在介质中传播时,透过的声压比入射声波的声压所降低的分贝(dB)数。

**2.1.52 自平衡体系 self-equilibrium system**

拉索(杆)所施加的予张力由体系内受压杆件承担,对主体结构不产生预张力的索杆桁架体系。

#### 2.1.53 索杆桁架支承体系 cable-rod truss supported system

由正、反两个方向的弦向拉索(杆)和受压腹杆组成,施加预张力后能承受外力作用的预应力稳定体系。

#### 2.1.54 单层索网体系 single-layer cable net system

支承结构由两个方向的连续拉索相交组成,施加预张力后构成平面或曲面的索网结构。

#### 2.1.55 单拉索体系 single tension cable system

支承结构由同一方向的拉索组成的结构体系。拉索方向一般为竖直方向。

#### 2.1.56 虹吸式屋面雨水系统 siphonic drainage system of roof

由虹吸式雨水斗、管材和固定件组成的雨水排放系统。

#### 2.1.57 热斑效应 hot spot effect

串联支路中,有缺陷的或阴影中的光伏电池组件,以负载方式消耗光照电池组件产生的电能而导致自身发热的现象。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 材料力学性能

C20 —— 立方体强度标准值为  $20\text{N}/\text{mm}^2$  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;

$f_g$  —— 玻璃强度设计值;

$f_s$  —— 钢材强度设计值。

### 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；

$d_{f,\text{lim}}$  —— 构件挠度限值；

$G_k$  —— 重力荷载标准值；

$M$  —— 弯矩设计值；

$M_x$  —— 绕  $x$  轴的弯矩设计值；

$M_y$  —— 绕  $y$  轴的弯矩设计值；

$N$  —— 轴力设计值；

$P_{\text{Ek}}$  —— 平行于幕墙平面的集中水平地震作用标准值；

$q_{\text{Ek}}$  —— 垂直于幕墙平面的分布水平地震作用标准值；

$R$  —— 结构构件抗力设计值；

$S$  —— 作用效应组合设计值；

$S_{\text{Ek}}$  —— 地震作用效应标准值；

$S_{\text{Gk}}$  —— 永久荷载效应标准值；

$S_{\text{wk}}$  —— 风荷载效应标准值；

$V$  —— 剪力设计值；

$w_0$  —— 基本风压；

$w_k$  —— 风荷载标准值；

$\sigma_{\text{wk}}$  —— 风荷载作用下幕墙面板最大应力标准值；

$\sigma_{\text{Ek}}$  —— 地震作用下幕墙面板最大应力标准值。

### 2.2.3 几何参数

$a$  —— 矩形面板短边边长、面板区格短边边长；

$A$  —— 构件截面面积或毛截面面积、幕墙板块面积；

$A_n$  —— 立柱净截面面积；

$b$  —— 矩形面板长边边长；

$c_s$  —— 硅酮结构密封胶的粘结宽度；  
 $l$  —— 跨度；  
 $t$  —— 面板厚度、型材截面厚度；  
 $t_s$  —— 硅酮结构密封胶粘结厚度；  
 $W$  —— 毛截面抵抗矩；  
 $W_n$  —— 净截面抵抗矩；  
 $W_{nx}$  —— 绕  $x$  轴净截面抵抗矩；  
 $W_{ny}$  —— 绕  $y$  轴净截面抵抗矩；  
 $\lambda$  —— 长细比。

#### 2.2.4 系数

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

$\phi_E$  —— 地震作用效应的组合值系数；

$\phi_w$  —— 风荷载作用效应的组合值系数。

### 2.2.5 其他

$K$  —— 传热系数；

$SC$  —— 遮阳系数；

$R_w$  —— 空气计权隔声量。

## 3 材 料

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 建筑幕墙所选用的材料应符合现行国家标准、行业标准和  
本市有关标准的规定。尚无相应标准的材料应符合设计要求，  
并经专项技术论证。

**3.1.2** 幕墙材料应满足结构安全性、耐久性和环境保护要求。

**3.1.3** 建筑幕墙应采用耐火极限满足设计要求的材料，并符合  
消防规定。

**3.1.4** 建筑幕墙不应采用在燃烧或高温环境下产生有毒有害气  
体的材料。

**3.1.5** 积极采用鉴定合格的环保、节约资源及可循环利用的新  
材料。

**3.1.6** 幕墙材料应具有产品合格证、质量保证书及相关性能检测  
报告。进口材料应符合国家商检规定。

### 3.2 材料力学性能

**3.2.1** 玻璃的强度设计值按表 3.2.1 的规定采用。

表 3.2.1 玻璃的强度设计值  $f_g$  ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

种类	厚度 (mm)	短期荷载			长期荷载		
		中部强度	边缘强度	端面强度	中部强度	边缘强度	端面强度
浮法玻璃	5~12	28	22	20	9	7	6
	15~19	24	19	17	7	6	5
	$\geq 20$	20	16	14	6	5	4
半钢化玻璃	5~12	56	44	40	28	22	20
	15~19	48	38	34	24	19	17
	$\geq 20$	40	32	28	20	16	14
钢化玻璃	5~12	84	67	59	42	34	30
	15~19	72	58	51	36	29	26
	$\geq 20$	59	47	42	30	24	21

注:1. 夹层玻璃和中空玻璃的强度设计值按所采用的玻璃类型确定;

2. 钢化玻璃强度可达到浮法玻璃强度的 2.5~3.0 倍,表中数字按 3.0 倍取值;钢化玻璃强度标准值达不到浮法玻璃强度标准值的 3.0 倍时,应根据实测结果予以调整;

3. 半钢化玻璃强度可达到浮法玻璃强度的 1.6~2.0 倍,表中数字按 2.0 倍取值;半钢化玻璃强度标准值达不到浮法玻璃强度标准值的 2.0 倍时,应根据实测结果予以调整。

**3.2.2** 铝合金型材的强度设计值按《铝合金结构设计规范》GB 50429 的规定采用,也可按表 3.2.2 采用。



表 3.2.2 铝合金型材强度设计值(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	

3.2.3 热轧钢材的强度设计值按《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用,也可按表 3.2.3 采用。

表 3.2.3 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、抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 $f_{ce}$
Q235	d≤16	215	125	325
	16<d≤40	205	120	
	40<d≤60	200	115	

续表 3.2.3

钢材牌号	厚度或直径 d(mm)	抗拉、抗压、抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 $f_{ce}$
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。

3.2.4 冷成型薄壁型钢的强度设计值按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用，也可按表 3.2.4 采用。

表 3.2.4 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

3.2.5 耐候钢的强度设计值可按表 3.2.5 采用。

表 3.2.5 耐候钢强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

钢号	厚度	屈服强度	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	承压强度 $f_{ce}$
Q235NH	$\leq 16$	235	216	125	295
	$> 16 \sim 40$	225	207	120	295
	$> 40 \sim 60$	215	198	115	295
	$> 60$	215	198	115	295

续表 3.2.5

钢号	厚度	屈服强度	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	承压强度 $f_{ce}$
Q295NH	$\leq 16$	295	271	157	344
	$> 16 \sim 40$	285	262	152	344
	$> 40 \sim 60$	275	253	147	344
	$> 60$	255	235	136	344
Q355NH	$\leq 16$	355	327	189	402
	$> 16 \sim 40$	345	317	184	402
	$> 40 \sim 60$	335	308	179	402
	$> 60$	325	299	173	402
Q460NH	$\leq 16$	460	414	240	451
	$> 16 \sim 40$	450	405	235	451
	$> 40 \sim 60$	440	396	230	451
	$> 60$	430	387	224	451
Q295GNH (热轧)	$\leq 6$	295	271	157	320
	$> 6$	295	271	157	320
Q295GNHL (热轧)	$\leq 6$	295	271	157	353
	$> 6$	295	271	157	353
Q345GNH (热轧)	$\leq 6$	345	317	184	361
	$> 6$	345	317	184	361
Q345GNHL (热轧)	$\leq 6$	345	317	184	394
	$> 6$	345	317	184	394

续表 3.2.5

钢号	厚度	屈服强度	抗拉强度 $f$	抗剪强度 $f_v$	承压强度 $f_{ce}$
Q390GNH (热轧)	$\leq 6$	390	359	208	402
	$> 6$	390	359	208	402
Q295GNH (冷轧)	$\leq 2.5$	260	239	139	320
Q295GNHL (冷轧)	$\leq 2.5$	260	239	139	320
Q345GNHL (冷轧)	$\leq 2.5$	320	294	171	369

**3.2.6** 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。

不锈钢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。

**3.2.7** 不锈钢型材和棒材的抗拉、抗压强度设计值  $f_{sl}$  可按其屈服强度标准值  $\sigma_{0.2}$  除以系数 1.15 采用, 抗剪强度设计值  $f_{sl}^v$  可按抗拉强度设计值的 0.58 倍采用, 也可按表 3.2.7 采用。

表 3.2.7 不锈钢型材和棒材的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

统一 数字 编号	牌 号	$\sigma_{0.2}$	抗拉 强度 $f_{s1}^t$	抗剪 强度 $f_{s1}^v$	端面 承压 强度 $f_{s1}^c$	备 注	
						旧牌号	美标
S30408	06Cr19Ni10	205	178	104	246	0Cr18Ni9	304
S30458	06Cr19Ni10N	275	239	139	330	0Cr19Ni9N	304N
S30403	022Cr19Ni10	175	152	88	210	00Cr19Ni10	304L
S30453	022Cr19Ni10N	245	213	124	294	00Cr18Ni10N	304LN
S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	178	104	246	0Cr17Ni12Mo2	316
S31658	06Cr17Ni12Mo2N	275	239	139	330	0Cr17Ni12Mo2N	316N
S31603	022Cr17Ni12Mo2	175	152	88	210	00Cr17Ni14Mo2	316L
S31653	022Cr17Ni12Mo2N	245	213	124	294	00Cr17Ni13Mo2N	316LN

3.2.8 不锈钢板的抗拉、抗压强度设计值  $f_{s2}$  可按其屈服强度标准值  $\sigma_{0.2}$  除以系数 1.15 采用,抗剪强度设计值  $f_{s2}^v$  可按抗拉强度设计值的 0.58 倍采用,也可按表 3.2.8 采用。

表 3.2.8 不锈钢板的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

统一 数字 编号	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 $f_{s2}^c$	备 注	
						旧牌号	美标
S30408	06Cr19Ni10	205	178	104	246	0Cr18Ni9	304
S31608	06Cr17Ni12Mo2	205	178	104	246	0Cr17Ni12Mo2	316
S31708	06Cr19Ni13Mo3	205	178	104	246	0Cr19Ni13Mo3	317

3.2.9 单层铝合金板的抗拉强度设计值可按《一般工业用铝及铝合金板、带材 第 2 部分:力学性能》GB/T 3880.2 规定的屈服

强度标准值  $\sigma_{0.2}$  除以系数 1.286 采用,抗剪强度设计值  $f_{al}^v$  可按抗拉强度设计值的 0.58 倍采用,也可按表 3.2.9 采用。

**表 3.2.9 单层铝合金板的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)**

牌号	状态	规定非比例延伸应力 $\sigma_{p0.2}$	抗拉强度 $f_{al}^t$	抗剪强度 $f_{al}^v$
1060	H14、H24	70	54	32
1050	H14、H24	75	58	34
1100	H14、H24	95	74	43
3003	H14	125	97	56
3003	H24	115	89	52
3004	O	60	47	27
5005	H14	120	93	54
	H24、H34	110	86	50
5052	O	65	50	29

**3.2.10 蜂窝铝板的抗拉强度设计值**可根据其强度试验平均值除以系数 1.428 取用。

铝塑复合板的强度设计值可按表 3.2.10 采用。

**表 3.2.10 铝塑复合板的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)**

板厚 t(mm)	抗拉强度 $f_{a2}^t$	抗剪强度 $f_{a2}^v$
4	70	20

注:不同规格铝塑复合板抗拉强度设计值可根据其强度试验平均值除以系数 1.428 取用。

**3.2.11 搪瓷板的强度设计值**可按表 3.2.11 采用。

表 3.2.11 搪瓷板的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

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

3.2.12 花岗岩板的抗弯、抗剪强度设计值按下列公式计算：

$$f_{g1} = f_{gm} / 2.15 \quad (3.2.12-1)$$

$$f_{g2} = f_{gm} / 4.30 \quad (3.2.12-2)$$

式中  $f_{g1}$ ——花岗岩板抗弯强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{g2}$ ——花岗岩板抗剪强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{gm}$ ——花岗岩板试验弯曲强度平均值(N/mm<sup>2</sup>)。

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

3.2.13 瓷板的力学性能要求应符合《建筑幕墙用瓷板》JG/T 217 的规定,并满足表 3.2.13 的要求。

表 3.2.13 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不超过 2 个。

陶板、微晶玻璃的抗弯、抗剪强度设计值可按下列公式计算：

$$f_{p1} = f_{pm} / 2.00 \quad (3.2.13-1)$$

$$f_{p2} = f_{pm} / 10.00 \quad (3.2.13-2)$$

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。

**3.2.14** 玻璃纤维增强水泥外墙板(GRC板)的抗弯、抗剪强度设计值可按下列公式计算：

$$f_{p1} = f_{pm} / 2.50 \quad (3.2.14-1)$$

$$f_{p2} = f_{pm} / 10.00 \quad (3.2.14-2)$$

式中  $f_{p1}$ ——GRC板抗弯强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{p2}$ ——GRC板抗剪强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{pm}$ ——GRC板弯曲强度试验平均值(N/mm<sup>2</sup>)。

GRC板的物理力学性能应符合表 3.8.4 的规定。采用平板、有肋单层板或框架板时,强度设计值  $f_{p1}$  宜不大于 8.0N/mm<sup>2</sup>,  $f_{p2}$  宜不大于 2.0N/mm<sup>2</sup>,或经专项技术验证确定。

**3.2.15** 高压热固化木纤维板(千思板)的抗弯、抗剪强度设计值可按下列公式计算：

$$f_{p1} = f_{pm} / 1.60 \quad (3.2.15-1)$$

$$f_{p2} = f_{pm} / 10.00 \quad (3.2.15-2)$$

式中  $f_{p1}$ ——千思板抗弯强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{p2}$ ——千思板抗剪强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{pm}$ ——千思板弯曲强度试验平均值(N/mm<sup>2</sup>)。

**3.2.16** 硅酮结构胶强度设计值应按表 3.2.16 采用。



表 3.2.16 硅酮结构胶强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

项 目	强度设计值	项 目	强度设计值
短期荷载作用下 强度设计值 $f_1$	0.20	长期荷载作用下 强度设计值 $f_2$	0.01

3.2.17 螺栓、铆钉、焊缝等连接材料强度设计值按《钢结构设计规范》GB 50017 规定采用,也可按表 3.2.17-1~3.2.17-4 采用。

表 3.2.17-1 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	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗拉	抗剪	承压
		$f_t^b$	$f_v^b$	$f_c^b$	$f_t^a$	$f_v^a$	$f_c^a$	$f_t^a$	$f_t^b$	$f_v^b$	$f_c^b$
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 级螺栓用于公称直径 d 不大于 24mm、螺杆公称长度不大于 10d 且不大于

- 150mm 的螺栓；
2. B 级螺栓用于公称直径  $d$  大于 24mm、螺杆公称长度大于 10d 或大于 150mm 的螺栓；
  3. A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C 级螺栓孔允许偏差和孔壁表面粗糙度，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

**表 3.2.17—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) $f_t^r$	抗剪 $f_v^r$		承压 $f_c^r$	
			I 类孔	II 类孔	I 类孔	II 类孔
铆钉	BL2、BL3	120	185	155	—	
构件	Q235 钢	—	—		450	365
	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用钻模钻成的孔；
- 3) 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔；

2. 在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 II 类孔。

**表 3.2.17—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

续表 3.2.17—3

类 别	组 别	性能等级	$\sigma_b$	抗 拉	抗 剪
C(马氏体)	C1	50	500	230	175
		70	700	320	245
		100	1000	460	350
	C3	80	800	370	280
	C4	50	500	230	175
		70	700	320	245
F(铁素体)	F1	45	450	210	160
		60	600	275	210

表 3.2.17—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 抗拉抗压抗剪 $f_t^w$
	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 $f_v^w$	
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动 焊和 E43 型焊 条的手工焊	Q235	$d \leq 16$	215	215	185	125	160
		$16 < d \leq 40$	205	205	175	120	
		$40 < d \leq 60$	200	200	170	115	
自动焊、半自动 焊和 E50 型焊 条的手工焊	Q345	$d \leq 16$	310	310	265	180	200
		$16 < d \leq 35$	295	295	250	170	
		$35 < d \leq 50$	265	265	225	155	

续表 3.2.17—4

焊接方法和焊条型号	构件钢材		对接焊缝			角焊缝 抗拉抗压抗剪 $f_t^w$	
	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 $f_v^w$
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动焊和 E55 型焊条的手工焊	Q390	$d \leq 16$	350	350	300	205	220
		$16 < d \leq 35$	335	335	285	190	
		$35 < d \leq 50$	315	315	270	180	
	Q420	$d \leq 16$	380	380	320	220	220
		$16 < d \leq 35$	360	360	305	210	
		$35 < d \leq 50$	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《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 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。

3.2.18 幕墙材料的物理力学性能指标按表 3.2.18 采用。

表 3.2.18 材料的物理力学性能指标

材 料	弹性模量 $E(N/mm^2)$	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	$0.70 \times 10^5$	0.330	$2.35 \times 10^{-5}$

续表 3.2.18

材 料		弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	泊松比 $\nu$	线膨胀系数 $\alpha(1/K)$
钢材		2.06 × 10 <sup>5</sup>	0.300	1.20 × 10 <sup>-5</sup>
不锈钢				1.80 × 10 <sup>-5</sup>
不锈钢绞线		1.20 × 10 <sup>5</sup> ~ 1.50 × 10 <sup>5</sup>		1.80 × 10 <sup>-5</sup>
消除应力的高强钢丝		2.05 × 10 <sup>5</sup>		根据产品厂家实测值
高强钢绞线		1.95 × 10 <sup>5</sup>		
钢丝绳		0.80 × 10 <sup>5</sup> ~ 1.00 × 10 <sup>5</sup>		
蜂窝铝板	10mm	0.35 × 10 <sup>5</sup>	0.250	2.40 × 10 <sup>-5</sup>
	15mm	0.27 × 10 <sup>5</sup>		
	20mm	0.21 × 10 <sup>5</sup>		
铝塑复合板	4mm	0.20 × 10 <sup>5</sup>	0.250	≤ 4.00 × 10 <sup>-5</sup>
	6mm	0.30 × 10 <sup>5</sup>		
搪瓷板	单体	2.06 × 10 <sup>5</sup>	0.300	1.20 × 10 <sup>-5</sup>
	复合	1.20 × 10 <sup>5</sup>	0.250	0.90 × 10 <sup>-5</sup>
花岗岩板		0.80 × 10 <sup>5</sup>	0.125	0.80 × 10 <sup>-5</sup>
陶 板		0.20 × 10 <sup>5</sup>	0.130	0.60 × 10 <sup>-5</sup>
微晶玻璃		0.80 × 10 <sup>5</sup>	0.250	0.62 × 10 <sup>-5</sup>
瓷 板		0.60 × 10 <sup>5</sup>	0.250	0.60 × 10 <sup>-5</sup>
玻璃纤维增强水泥板		0.20 × 10 <sup>5</sup>	0.200	1.00 × 10 <sup>-5</sup>
高压热固化木纤维板		0.09 × 10 <sup>5</sup>	0.200	2.20 × 10 <sup>-5</sup>

3.2.19 材料的重力密度标准值可按表 3.2.19 采用。

表 3.2.19 材料的重力密度  $\gamma_g$  ( $\text{kN/m}^3$ )

材 料	$\gamma_g$	材 料	$\gamma_g$
普通玻璃、夹层玻璃 钢化、半钢化玻璃	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
花岗岩	28.0	石灰岩	26.0
陶板	22.5	瓷板	23.0
玻璃纤维增强水泥板	18.0~22.0	高压热固化木纤维板	13.0

3.2.20 人造板材和复合板材的部分物理力学性能见本章第 3.8 节和第 3.9 节。

### 3.3 铝合金材料

3.3.1 铝合金材料的牌号所对应的化学成分应符合《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 的有关规定；铝合金型材的质量要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存等应符合《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。

3.3.2 铝合金型材的化学成分、力学性能应符合《铝合金建筑型材 第 1 部分：基材》GB 5237.1 的规定。

3.3.3 铝合金型材应经表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂或氟碳喷涂处理，表面处理层的厚度应满足表 3.3.3—1 和表 3.3.3—2 的要求。

表 3.3.3-1 铝合金型材表面处理要求(μm)

表面处理方法	膜层级别	厚度 t(≥)		检测标准
		平均膜厚	局部膜厚	
阳极氧化	AA15	15	12	GB 5237.2
	AA20	20	16	
	AA25	25	20	
粉末喷涂	—	—	40	GB 5237.4
氟碳喷涂	三涂	—	40	GB 5237.5
	四涂	—	65	

表 3.3.3-2 铝合金型材表面处理要求(μm)

表面处理方法	膜层级别	厚度 t(≥)			检测标准
		阳极氧化膜局部膜厚	漆膜局部膜厚	复合膜局部膜厚	
电泳涂装	—				GB 5237.3
	A	9	12	21	
	B	9	7	16	
	S	6	15	21	

**3.3.4** 用穿条工艺生产隔热铝型材,其隔热材料应使用 PA66GF25(聚酰胺 66+25%玻璃纤维)材料,不得采用 PVC(聚氯乙烯)材料,并符合《铝合金建筑型材用辅助材料 第 1 部分:聚酰胺隔热条》GB/T 23615.1 的规定;用浇注工艺生产的隔热铝型材,其隔热材料应使用 PUR(聚氨基甲酸乙酯)材料。

**3.3.5** 隔热铝合金型材外观质量、力学性能应符合《铝合金建筑型材 第 6 部分:隔热型材》GB 5237.6 的规定,其纵向剪切强度、

横向拉伸强度、高温持久负荷等性能应满足表 3.3.5 的要求。

**表 3.3.5 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)			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 横向拉伸试验	穿条式	≥24	≥24	≥24	≥24	—	—	—
	浇注式	≥24	≥24	≥24	≥24	≥24	≥12	—
高温持久负荷 试验	穿条式	—	—	—	—	≥24	≥24	隔热型材变形量 平均值≤0.6
热循环试验	浇注式	≥24	—	—	—	—	—	隔热材料变形量 平均值≤0.6

**3.3.6** 与幕墙配套用铝合金门窗型材的外观质量、性能要求应符合《铝合金门窗》GB/T 8478 的规定。

### 3.4 钢材、钢制品

**3.4.1** 钢材、钢制品的表面不得有裂纹、气泡、结疤、泛锈、夹渣等,其牌号、规格、化学成分、力学性能、质量等级应符合现行国家和行业标准的规定。

**3.4.2** 钢材应采用 Q235 钢、Q345 钢,并具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和碳、锰、硅、硫、磷含量的合格保证。焊接结构应具有碳含量的合格保证,焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构所采用的钢材还应具有冷弯或冲击试验的合格保证。

**3.4.3** 对耐腐蚀有特殊要求或腐蚀性环境中的幕墙结构钢材、钢制品宜采用不锈钢材质。如采用耐候钢,其质量指标应符合《耐候结构钢》GB/T 4171 和《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的



规定,并采取相应的防护措施。

**3.4.4** 冷弯薄壁型钢构件应符合《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 有关规定,且壁厚不小于 3.0mm。表面处理应符合《结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

**3.4.5** 钢型材表面除锈等级应不低于 Sa2.5 级,并采取热浸镀锌处理等有效的防腐蚀措施。采用热浸镀锌防腐蚀处理时,锌膜厚度应符合《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定;采用氟碳喷涂或聚氨酯漆喷涂时,涂膜厚度宜不小于 45 $\mu$ m。

**3.4.6** 不锈钢材料宜采用奥氏体不锈钢,镍铬总含量宜不小于 25%,且镍含量应不小于 8%;暴露于室外或处于高湿度环境的不锈钢构件镍铬总含量宜不小于 29%,且镍含量应不小于 12%。

**3.4.7** 不锈钢绞线在使用前必须提供预张拉试验报告、破断力试验报告。其质量和性能应符合《建筑用不锈钢绞线》JG/T 200、《不锈钢丝绳》GB/T 9944 和《建筑结构用索应用技术规程》DG/TJ08—019 的规定。不锈钢绞线护层材料宜选用高密度聚乙烯。

**3.4.8** 点支承玻璃幕墙采用的锚具,其性能应符合《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》JGJ85 的规定。

**3.4.9** 钢材焊接用焊条,成分和性能指标应符合《碳钢焊条》GB/T 5117、《低合金钢焊条》GB/T 5118、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的规定。

**3.4.10** 点支承玻璃幕墙用的支承装置,其化学成分、外观质量和力学性能应符合《建筑玻璃点支承装置》JG/T 138 的规定。全玻璃幕墙用的吊夹装置,其化学成分、外观质量和力学性能应符

合《吊挂式玻璃幕墙支承装置》JG 139 的规定。

### 3.5 玻璃

**3.5.1** 玻璃的外观质量和性能指标应符合国家现行标准的规定。

**3.5.2** 钢化玻璃外观质量、技术性能应符合《建筑用安全玻璃 第 2 部分:钢化玻璃》GB 15763.2 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。

**3.5.3** 幕墙用中空玻璃应符合《中空玻璃》GB/T 11944 的有关规定,并符合下列要求:

1 中空玻璃气体层厚度应不小于 9mm。

2 中空玻璃应采用双道密封,由专用注胶机混合、注胶。第一道密封应采用丁基热熔密封胶。隐框、半隐框及点支承玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封应采用硅酮结构密封胶,结构胶宽度经计算确定。明框玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封宜采用聚硫类玻璃密封胶,也可采用硅酮密封胶。

3 中空玻璃钻孔时应采用大、小孔相对的方式,合片时孔位应采取多道密封措施。

4 中空玻璃的间隔铝框可采用连续折弯型或插角型,不应使用热熔型间隔胶条。间隔铝框中的干燥剂由专用设备装填。

5 中空玻璃合片加工时,应采取措施防止玻璃表面产生凹凸变形。

6 中空玻璃的单片玻璃厚度应不小于 6mm,两片玻璃厚度差应不大于 3mm。光伏幕墙玻璃厚度按本规范 18.2.1 条规定。

**3.5.4** 玻璃幕墙采用夹层玻璃时,夹层玻璃的单片玻璃厚度宜

不小于 5mm；宜采用 PVB(聚乙烯醇缩丁醛)胶片干法加工合成技术,PVB 胶片厚度应不小于 0.76mm；夹层玻璃的技术性能要求应符合《建筑用安全玻璃 第 3 部分:夹层玻璃》GB 15763.3 的有关规定。

**3.5.5** 夹层玻璃钻孔时应采用大、小孔相对的方式。合片时应防止两层玻璃间出现气泡。

**3.5.6** 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》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;离线镀膜低辐射玻璃宜加工成中空玻璃,镀膜面应朝向气体层。

**3.5.7** 建筑玻璃贴膜的外观、质量及物理性能应满足表 3.5.7—1~3.5.7—3 的要求。

**表 3.5.7—1 建筑玻璃安全膜、节能膜的外观质量要求**

缺陷名称	技术要求
漏胶	不允许
斑点	直径 500mm 范围内允许 1.0mm~2.0mm 以下斑点少于 2 个
薄雾	不允许
折痕	不允许
气泡、浑浊	不允许
划痕	宽度在 0.1mm~0.5mm 之间,长度小于 20mm,每 0.1m <sup>2</sup> 面积内允许 1 条

表 3.5.7—2 建筑玻璃安全膜的性能要求

性 能		透明型建筑玻璃安全膜	隔热型建筑玻璃安全膜
光学性能	可见光透射比(%)	≥85	—
	紫外线阻隔率(%)	≥95	≥99
物理性能	断裂强度(N/25mm)	≥250	
	断裂延伸率(%)	≥100	
	剥离强度(N/25mm)	≥25	
厚度(mm)		>0.1	

表 3.5.7—3 建筑玻璃节能膜的性能要求

光 学 性 能	建筑玻璃节能膜
紫外线阻隔率(%)	≥99

**3.5.8** 防火玻璃应根据设计要求和防火等级采用单片防火玻璃或中空、夹层防火玻璃。防火玻璃的耐火性能应符合《建筑用安全玻璃 第1部分:防火玻璃》GB 15763.1 的规定。

### 3.6 金属板材

**3.6.1** 铝单板宜采用1×××系列、3×××系列和5×××系列铝合金,所用铝及铝合金的化学成分应符合《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 的规定,表面宜采用氟碳喷涂,氟碳树脂含量应不小于70%。铝单板的外观质量和性能指标应符合《建筑装饰用铝单板》GB/T 23443 的规定,并符合下列标准:

- 1 《建筑用铝型材、铝板氟碳涂层》JG/T 133;
- 2 《铝幕墙板 板基》YS/T 429.1;

- 3 《铝幕墙板 氟碳喷涂》YS/T 429.2；
- 4 《铝及铝合金彩色涂层板、带材》YS/T 431；
- 5 《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880。
- 3.6.2 铝单板表面处理层的厚度应满足表 3.6.2 的要求。

表 3.6.2 铝单板表面处理要求

表 面 处 理 方 法			厚度 t(μm)	
			平均膜厚	最小局部膜厚
辊涂	氟碳	三涂	≥32	≥30
	聚酯、丙烯酸		≥16	≥14
液体喷涂	氟碳	三涂	≥40	≥34
		四涂	≥65	≥55
	聚酯、丙烯酸		≥25	≥20
粉末喷涂	氟碳		—	≥30
	聚酯		—	≥40
陶瓷			25~40	
阳极氧化	AA15		≥15	≥12
	AA20		≥20	≥16
	AA25		≥25	≥20

3.6.3 彩色钢板应符合《彩色涂层钢板与钢带》GB/T 12754 的规定。

3.6.4 搪瓷涂层钢板不应在现场开槽或钻孔,其外观质量和技术指标应符合《建筑装饰用搪瓷钢板》JG/T 234、《非接触食物搪瓷制品》QB/T 1855 的规定。钢板的主要化学成分应满足表

3.6.4 的要求。

**表 3.6.4 搪瓷涂层钢板用钢板主要化学成分**

元素	碳(C)	锰(Mn)	磷(P)	硫(S)
含量(%)	≤0.008	≤0.400	≤0.020	≤0.030

**3.6.5** 蜂窝铝板宜采用 3×××系列和 5×××系列铝合金,所用铝及铝合金的化学成分应符合《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 的规定,表面涂层宜采用氟碳喷涂。铝板厚度及涂层厚度应满足表 3.6.5 的要求。

**表 3.6.5 铝板厚度及涂层厚度**

项		目		技 术 要 求
铝板厚度(mm)	平均值		面板≥1.0 背板≥0.7	
	最小值		面板≥0.9 背板≥0.6	
装饰面涂层厚度(μm)	三涂	滚涂	平均值	≥32
		滚涂	最小值	≥30
	喷涂	喷涂	平均值	≥40
		喷涂	最小值	≥35

**3.6.6** 钛及钛合金板材应符合《钛及钛合金板材》GB/T 3621 的规定。

**3.6.7** 锌合金板的化学成分应符合表 3.6.7 的规定。

表 3.6.7 锌合金板化学成分

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

3.6.8 铜及铜合金板应符合《铜及铜合金板材》GB/T 2040、《加工铜及铜合金板带材 外形尺寸及允许偏差》GB/T 17793 的规定。

### 3.7 石材板材

3.7.1 石材面板不应有软弱夹层。带层状纹理的面板,应无粗粒、疏松、多孔的条纹。外观质量和性能指标应符合下列标准:

- 1 《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601;
- 2 《天然花岗石荒料》JC/T 204;
- 3 《天然板石》GB/T 18600;
- 4 《干挂饰面石材及其金属挂件》JC 830;
- 5 《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133。

3.7.2 石材面板宜选用花岗岩,其物理性能应满足表 3.7.2 的要求。

表 3.7.2 花岗岩物理性能指标

项目	吸水率 (%)	体积密度 (g/cm <sup>3</sup> )	压缩强度 (N/mm <sup>2</sup> )	弯曲强度 (N/mm <sup>2</sup> )
指标	≤0.6	≥2.560	≥100	≥8.0

### 3.8 人造板材

**3.8.1** 微晶玻璃的公称厚度应不小于 20 mm,符合《建筑装饰用微晶玻璃》JC/T 872 的规定,并满足耐急冷急热试验和墨水渗透法检查无裂纹的要求。

**3.8.2** 瓷板的性能应符合《建筑幕墙用瓷板》JG/T 217 的规定,并满足表 3.8.2 的要求。

**表 3.8.2 瓷板物理性能指标**

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

注:釉面板上有设计要求的装饰性裂纹时,应加以说明,不必做抗釉裂性试验。瓷板力学性能见表 3.2.14。

**3.8.3** 陶板的性能应符合《陶瓷砖》GB/T 4100 和《干挂空心陶瓷板》JC/T 1080 的规定,并满足表 3.8.3 的要求。



表 3.8.3 陶板物理力学性能指标

项 目	技 术 指 标		
	A I 类	A II 类	A III 类
吸水率 E(%)	$E \leq 3$	$3 < E \leq 6$	$6 < E \leq 10$
弯曲强度平均值(N/mm <sup>2</sup> )	$\geq 23$	$\geq 13$	$\geq 9$
弹性模量(kN/mm <sup>2</sup> )	$\geq 20$		
泊松比	$\geq 0.13$		
抗冻性	无破坏		
抗热震性	无破坏		
耐污染性	配制灰:不次于 5 级,水泥、石灰:不次于 3 级		
抗釉裂性 <sup>a</sup>	无龟裂		
湿膨胀系数(mm/m)	$\leq 0.6$		
热膨胀系数(K <sup>-1</sup> )	$\leq 6 \times 10^{-6}$		
耐磨性(mm <sup>3</sup> )	$\leq 275$	$\leq 541$	$\leq 1062$

注:a 只适用于釉面陶板。

**3.8.4 玻璃纤维增强水泥(GRC)板的性能应符合《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057 的规定,可采用单层板、有助单层板、框架板、夹芯板等构造方式,并满足下列要求:**

**1** 玻璃纤维增强水泥板外观应边缘整齐,无缺棱损角。侧边防水缝部位不应有孔洞,其他部位孔洞长度应不大于 5mm,深度不大于 3mm,每平方米板上孔洞应不多于 3 处。

**2** 玻璃纤维增强水泥板应按《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231 检测板的结构层,其结构层物理力学性能应符

合表 3.8.4 的规定。

**表 3.8.4 玻璃纤维水泥板结构层物理力学性能指标**

性 能		单 位	指 标 要 求
抗弯比例 极限强度	平均值	N/mm <sup>2</sup>	≥7.0
	单块最小值	N/mm <sup>2</sup>	≥6.0
抗弯 极限强度	平均值	N/mm <sup>2</sup>	≥18.0
	单块最小值	N/mm <sup>2</sup>	≥15.0
抗冲击强度		kJ/m <sup>2</sup>	≥8.0
体积密度(干燥状态)		g/cm <sup>3</sup>	≥1.8
吸水率		%	≤14.0
抗冻性		—	经 25 次冻融循环,无起层、剥落等破坏现象。

**3.8.5** 高压热固化木纤维板(千思板)的性能应符合《建筑幕墙用高压热固化木纤维板》JG/T 260 的规定。

### 3.9 复合板材

**3.9.1** 铝塑复合板应符合《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748 的相关规定,并满足下列要求:

1 上下面层铝合金板的平均厚度(不包括涂层厚度)均不应小于 0.5mm,最小厚度不小于 0.48mm。所用铝型材符合《一般工业用铝及铝合金板、带材第 2 部分:力学性能》GB/T 3880.2 和《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 中 3×××或 5×××系列的规定。

2 铝合金板材与夹芯层的剥离强度按《夹层结构滚筒剥离强度试验方法》GB/T 1457 测试,平均值不小于 130N·mm/mm,

单个测试值不小于  $120\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$ 。

**3** 铝塑复合板所用芯材应符合《聚乙烯(PE)树脂》GB/T 11115 的规定,并符合《建筑设计防火规范》GB 50016 的相关规定。

**4** 铝塑复合板用于高层建筑时,应符合《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 的相关规定。

**5** 板面涂层宜采用氟碳树脂。辊涂时,涂层平均厚度不小于  $32\mu\text{m}$ ,局部最小厚度不小于  $30\mu\text{m}$ ;喷涂时,涂层平均厚度不小于  $40\mu\text{m}$ ,局部最小厚度不小于  $35\mu\text{m}$ 。

**3.9.2** 铝蜂窝复合板应符合《铝蜂窝夹层结构通用规范》GJB 1719 的规定,并满足下列要求:

**1** 铝合金面板的平均厚度(不包括涂层厚度)不小于  $1.0\text{mm}$ ,最小厚度处不小于  $0.9\text{mm}$ ;铝合金背板的平均厚度(不包括涂层厚度)不小于  $0.7\text{mm}$ ,最小厚度处不小于  $0.6\text{mm}$ 。铝型材应符合《一般工业用铝及铝合金板、带材第 2 部分:力学性能》GB/T 3880.2 和《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 中  $3\times\times\times$  或  $5\times\times\times$  系列的规定。

**2** 铝合金板材与夹芯层的滚筒剥离强度平均值不小于  $50\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$ ,单个测试值不小于  $40\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$ 。平拉强度平均值不小于  $0.8\text{N}/\text{mm}^2$ ,单个测试值不小于  $0.6\text{N}/\text{mm}^2$ 。

**3** 铝蜂窝芯孔径宜不大于  $10\text{mm}$ 。孔径  $6\text{mm}\sim 10\text{mm}$  时壁厚宜不小于  $0.07\text{mm}$ ,孔径小于  $6\text{mm}$  时壁厚宜不小于  $0.05\text{mm}$ 。

**4** 板面涂层符合本规范 3.9.1 条第 5 款规定。

**3.9.3** 超薄型石材铝蜂窝复合板应符合《超薄天然石材型复合板》JC/T 1049 的相关规定,并满足下列要求:

**1** 面板宜采用花岗岩、大理石,厚度宜为  $3\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。花

岗岩面板应符合《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601 的规定,大理石面板应符合《天然大理石建筑板材》GB/T 19766 的规定。

2 背板宜采用铝合金板或镀铝锌钢板。铝合金板厚度不小于 0.5mm,涂层厚度不小于  $5\mu\text{m}$ ;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 的规定,板材厚度不小于 0.35mm,铝锌涂层不小于  $15\mu\text{m}$ 。

3 铝蜂窝芯孔径宜不大于 10mm,壁厚不小于 0.05mm,并符合《夹层结构用耐久铝蜂窝芯材料规范》HB 5443 的规定。

4 石材铝蜂窝复合板厚度不小于 20mm。

3.9.4 超薄型石材蜂窝板的主要性能应满足表 3.9.4 的要求。

表 3.9.4 超薄型石材蜂窝板技术指标

类别	项 目	单 位	性 能	检测标准和方法	备 注
背 板 为 铝 板	面密度	kg/m <sup>2</sup>	≤16.20	—	石材厚 5mm,铝板 0.5mm,总厚度 20mm
	弯曲强度	N/mm <sup>2</sup>	≥17.9	GB/T 17748	—
	压缩强度	N/mm <sup>2</sup>	≥1.31	GJB 130	—
	剪切强度	N/mm <sup>2</sup>	≥0.67	GJB 130	—
	粘结强度	N/mm <sup>2</sup>	≥1.23	GJB 130	—
	螺栓拉拔力	kN	≥3.2	GB/T 17657	—
	冰融循环	循环次数	120 次循环 表面及粘合层 无异常	(-25±2)℃2h ~(50±2)℃2h 75℃温差循环中	-25℃2h~50℃2h
	平均隔声量	dB	32	GBJ 75-1984 面 密度 16.2kg/m <sup>2</sup>	—

续表 3.9.4

类别	项 目	单 位	性 能	检测标准和方法	备 注
背板为铝板	导热系数	W/(m·K)	0.655	GB/T 10294	—
	防火级别	级	B1	GB 8624	—
	疲劳试验	次	1×10 <sup>6</sup> 次 无破坏	GB/T 3075	螺栓直径 M8
	冲击试验	次	10 次无破坏	GB/T 9963	1kg1m 钢球
背板为镀锌铝	面密度	kg/m <sup>2</sup>	≤18.92	—	石材厚 5mm 镀铝锌钢板 0.35mm 总厚度 20mm
	弯曲强度	N/mm <sup>2</sup>	≥32.4	GB/T 17748	—
	压缩强度	N/mm <sup>2</sup>	≥1.37	GJB 130	—
	剪切强度	N/mm <sup>2</sup>	≥0.68	GJB 130	—
	粘结强度	N/mm <sup>2</sup>	≥2.56	GJB 130	—
	螺栓拉拔力	kN	≥3.5	GB/T 17657	—
	冰融循环	循环次数	120 次循环 表面及粘合层 无异常	(-35±2)℃2h ~(80±2)℃2h 115℃ 温差循环中	-35℃2h~80℃2h
	平均隔声量	dB	32	GBJ 75-1984 面 密度 16.2kg/m <sup>2</sup>	—
	导热系数	W/(m·K)	0.678	GB/T 10294	—
	防火级别	级	B1	GB 8624	—
背板	疲劳试验	次	1×10 <sup>6</sup> 次 无破坏	GB/T 3075	螺栓直径 M8
	冲击试验	次	10 次无破坏	GB/T 9963	1kg1m 钢球

### 3.10 金属连接件与紧固件

**3.10.1** 连接件、紧固件、组合配件宜选用不锈钢或铝合金材料，应符合国家现行标准的规定，并具备产品合格证、质量保证书及相关性能的检测报告。

**3.10.2** 铝合金结构焊接应符合《铝合金结构设计规范》GB 50429 和《铝及铝合金焊丝》GB/T 10858 的规定，焊丝宜选用 SAIMG-3 焊丝(Eur 5356)或 SAISI-1 焊丝(Eur 4043)。

**3.10.3** 紧固件螺栓、螺钉、螺柱等的机械性能、化学成分应符合《紧固件机械性能》系列 GB/T 3098.1~3098.21 的规定。

**3.10.4** 锚栓应符合《混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓》JG 160、《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定，可采用碳素钢、不锈钢或合金钢材料。化学螺栓和锚固胶的化学成分、力学性能应符合设计要求，药剂必须在有效期内使用。

**3.10.5** 背栓的材料性质和力学性能应满足设计要求，并由有相应资质的检测机构出具检测报告。

### 3.11 结构胶与密封材料

**3.11.1** 硅酮结构密封胶应符合《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的相关规定。

**3.11.2** 双组分产品两组分的颜色应有明显区别。

**3.11.3** 硅酮结构密封胶的物理性能应满足表 3.11.3 的要求。硅酮结构密封胶不应与聚硫密封胶接触使用。

表 3.11.3 硅酮结构密封胶物理力学性能

检 测 项 目		单 位	技 术 指 标	
下垂度	垂直放置	mm	≤3	
	水平放置	—	不变形	
挤出性 <sup>a</sup>		s	≤10	
适用期 <sup>b</sup>		min	≥20	
表干时间		h	≤3	
硬度(Shore A)		—	20~60	
拉伸 粘结性	拉伸粘结强度	23℃	N/mm <sup>2</sup>	≥0.60
		90℃	N/mm <sup>2</sup>	≥0.45
		-30℃	N/mm <sup>2</sup>	≥0.45
		浸水后	N/mm <sup>2</sup>	≥0.45
		水-紫外线光照后	N/mm <sup>2</sup>	≥0.45
	粘结破坏面积		%	≤5
	最大拉伸强度时伸长率(23℃)		%	≥100
热老化	热失重	%	≤10	
	龟裂	—	无龟裂	
	粉化	—	无粉化	

注:1. a 仅适用于单组分产品;

2. b 仅适用于双组分产品。

**3.11.4** 硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶应具备产品合格证、有保质年限的质量保证书及相关性能的检测报告。

**3.11.5** 同一幕墙工程应采用同一品牌的硅酮结构密封胶和硅

酮建筑密封胶。用于石材幕墙的硅酮结构密封胶应有专项试验报告。

**3.11.6 硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶必须在有效期内使用,使用前应经有相应资质的检测机构进行与其接触材料的相容性试验。硅酮结构密封胶还应做剥离粘结性试验和邵氏硬度试验。**

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

**3.11.8 硅酮结构密封胶采用底漆时,应符合如下规定:**

1 必须经有相应资质的检测机构做相容性试验和剥离粘结性试验。

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

3 必须严格按照使用说明书的要求操作。

**3.11.9 硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶应标明如下内容:**

- 1 产品名称;
- 2 产品标记;
- 3 生产厂名称及厂址;
- 4 生产日期;
- 5 产品生产批号;
- 6 贮存期;
- 7 包装产品净容量;
- 8 产品颜色;
- 9 产品使用说明。

**3.11.10 硅酮建筑密封胶应符合《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683**



的规定,密封胶的位移能力应符合设计要求,且不小于 20%,其性能应满足表 3. 11. 10 的要求。宜采用中性硅酮建筑密封胶。

**表 3. 11. 10 硅酮建筑密封胶的性能要求**

项 目		技 术 指 标			
		25HM	20HM	25LM	20LM
密度(g/cm <sup>3</sup> )		规定值±0.1			
下垂度(mm)	垂直	≤3			
	水平	无变形			
表干时间(h)		≤3			
挤出性(mL/min)		≥80			
弹性恢复率(%)		≥80			
拉伸模量(N/mm <sup>2</sup> )	23℃	>0.4 或		≤0.4 和	
	-20℃	>0.6		≤0.6	
定伸粘结性		无破坏			
紫外线辐照后粘结性		无破坏			
冷拉—热压后粘结性		无破坏			
浸水后定伸粘结性		无破坏			
质量损失率(%)		≤10			

**3. 11. 11** 石材的接缝密封宜采用专用的石材密封胶,应符合《石材用建筑密封胶》GB/T 23261 的规定,其物理力学性能应满足表 3. 11. 11 的要求。

表 3. 11. 11 石材用建筑密封胶的性能要求

项 目		技 术 指 标						
		50HM	25HM	20HM	50LM	25LM	20LM	12. 5E
下垂度 (mm)	垂直	≤3						
	水平	无变形						
表干时间(h)		≤3						
挤出性(mL/min)		≥80						
弹性恢复率(%)		≥80					≥40	
拉伸模量 (N/mm <sup>2</sup> )	+23℃	>0. 4 或			≤0. 4 和			—
	-20℃	>0. 6			≤0. 6			
定伸粘结性		无破坏						
冷拉热压后粘结性		无破坏						
浸水后定伸粘结性		无破坏						
质量损失(%)		≤5. 0						
污染性 (mm)	污染宽度	≤2. 0						
	污染深度	≤2. 0						

3. 11. 12 聚氨酯建筑密封胶的物理力学性能应符合《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482 的规定,并满足表 3. 11. 12 的要求。

表 3. 11. 12 聚氨酯建筑密封胶物理性能

试 验 项 目		技 术 指 标		
		20HM	25LM	20LM
密度(g/cm <sup>3</sup> )		规定值±0.1		
流动性	下垂度(N型)	≤3mm		
	流平性(L型)	光滑平整		
表干时间(h)		≤24		
挤出性 <sup>a</sup> (mL/min)		≥80		
适用期 <sup>b</sup> (h)		≥1		
弹性恢复率(%)		≥70		
拉伸模量(N/mm <sup>2</sup> )	23℃	>0.4 或	≤0.4 和	
	-20℃	>0.6	≤0.6	
定伸粘结性		无破坏		
浸水后定伸粘结性		无破坏		
冷拉—热压后的粘结性		无破坏		
质量损失率(%)		≤7		

注：a 此项仅适用于单组分产品；

b 此项仅适用于多组分产品，允许采用供需双方商定的其他指标值。

**3. 11. 13 石材幕墙金属挂件与石材间粘接、固定和填缝的胶粘材料**，应具有高机械性抵抗能力。选用干挂石材用环氧胶粘剂时，应符合《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC 887 的相关规定，其物理力学性能应满足表 3. 11. 13 的要求。

表 3.11.13 环氧胶粘剂物理力学性能

项 目		单 位	技 术 指 标	
			快 固	普 通
适用期 <sup>a</sup>		min	5~30	>30~90
弯曲弹性模量		N/mm <sup>2</sup>	≥2000	
冲击强度		kJ/m <sup>2</sup>	≥3.0	
拉剪强度(不锈钢—不锈钢)		N/mm <sup>2</sup>	≥8.0	
压剪强度	石材—石材	标准条件 48h	N/mm <sup>2</sup>	≥10.0
		浸水 168h	N/mm <sup>2</sup>	≥7.0
		热处理 80℃,168h	N/mm <sup>2</sup>	≥7.0
		冻融循环 50 次	N/mm <sup>2</sup>	≥7.0
	石材—不锈钢	标准条件 48h	N/mm <sup>2</sup>	≥10.0

注:a 适用期指标也可由供需双方商定。

**3.11.14** 橡胶材料应符合《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498、《工业用橡胶板》GB/T 5574、《建筑橡胶密封垫—预成型实心硫化的结构密封垫用材料规范》HG/T 3099 的规定。宜采用三元乙丙橡胶、硅橡胶、氯丁橡胶。

**3.11.15** 橡胶密封材料应有良好的弹性和抗老化性能,低温时能保持弹性,不发生脆性断裂。

### 3.12 防火材料

**3.12.1** 防火材料应符合防火设计要求,具备产品合格证和耐火测试报告。

**3.12.2** 幕墙防火层的托板材料应采用厚度不小于 1.5mm 的镀

锌钢板,不得采用铝板、铝塑板。防火层的密封材料应采用防火密封胶。防火封堵材料应符合《防火封堵材料》GB 23864 的相关规定,发生火灾时,在规定时限内不应发生移位、脱落现象,不应产生有毒有害气体。

**3.12.3** 防火密封胶应符合《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267 的规定,其阻燃性能应满足表 3.12.3 的要求。

**表 3.12.3 阻燃性能**

判 别 依 据	级别 <sup>a</sup>
	FV-0
每个试件的有焰燃烧时间( $t_1+t_2$ )	$\leq 10s$
对于任何状态调节条件,每组五个试件有焰燃烧时间总和 $t_f$	$\leq 50s$
每个试件第二次施焰后有焰加上无焰燃烧时间( $t_2+t_3$ )	$\leq 30s$
每个试件有焰或无焰燃烧蔓延到夹具现象	无
滴落物引燃脱脂棉现象	无

注:a 五个试件为一组,全符合要求为合格。当有一个不符合要求时,可采用另一组五个试件进行同样试验,全满足要求为合格。

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

**3.12.5** 防火铝塑板的燃烧性能应符合《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 的规定。防火铝塑板不得作为防火分隔材料使用。

### 3.13 保温材料

**3.13.1** 幕墙宜采用岩棉、矿棉、玻璃棉等符合防火设计要求的材料作为隔热保温材料,并符合《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》

GB/T 11835、《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350 的规定。

**3.13.2** 粘结、固定隔热保温层的材料应符合防火设计要求。

### 3.14 其它材料

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

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

**3.14.3** 中空玻璃用干燥剂质量和性能指标应符合《3A 分子筛》GB/T 10504 的规定,并满足表 3.14.3 要求。

**表 3.14.3 中空玻璃用球形 3A 分子筛的要求**

项 目		单位	d(1.0mm~1.6mm)		d(1.6mm~2.5mm)	
			一等品	合格品	一等品	合格品
静态水吸附(≥)		%	21.0	20.0	21.0	20.0
磨耗率(≤)		%	0.2	0.3	0.2	0.3
堆积密度(≥)		g/mL	0.75	0.7	0.75	0.7
粒度(≥)		%	96.0	95.0	96.0	95.0
抗压 碎力	抗压碎力(≥)	N/颗	14.0		20.0	
	抗压碎力变异系数	—	≤0.3			
包装品含水量(≤)		%	1.5			
静态氮气吸附(≤)		mg/g	2.0			
吸水率(≤)		%	0.5	0.7	0.5	0.7

**3.14.4** 清洗幕墙面板的清洁剂,应对大气无污染,对人员健康无毒害,与墙面材料不发生化学反应,无腐蚀性。

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

**3.14.6** 幕墙宜采用聚乙烯泡沫棒作填充材料,其密度应不大于 $37\text{kg}/\text{m}^3$ 。

**3.14.7** 聚酰胺隔热条(PA66GF25)的物理力学性能应符合表3.14.7的规定:

**表 3.14.7 聚酰胺 (PA66GF25) 隔热条的物理力学性能**

序号	项 目	单 位	要 求
1	密度	$\text{g}/\text{cm}^3$	$1.30 \pm 0.05$
2	线膨胀系数	$\text{K}^{-1}$	$(2.3 \sim 3.5) \times 10^{-5}$
3	维卡软化温度	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 230$
4	负荷(0.45MPa)变形温度	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 240$
5	轴钉应力开裂实验结果	—	孔口无裂纹
6	邵氏硬度( $H_D$ )	—	$80 \pm 5$
7	无缺口冲击强度	$\text{kJ}/\text{m}^2$	$\geq 35$
8	室温纵向抗拉特征值	$\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 80$
9	弹性模量	$\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 4500$
10	断裂伸长率	%	$\geq 2.5$
11	室温横向抗拉特征值	$\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 70$
12	高温横向抗拉特征值	$\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 45$
13	低温横向抗拉特征值	$\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 80$

续表 3.14.7

序号	项 目	单 位	要 求
14	耐水实验结果	N/mm <sup>2</sup>	横向抗拉特征值 $\geq 35$
15	热老化试验结果	N/mm <sup>2</sup>	横向抗拉特征值 $\geq 50$

注:室温(23±2)℃,高温(90±2)℃,低温(-30±2)℃。表中第 11~15 项数值仅适用于 I 型隔热条,非 I 型隔热条的要求由供需双方协商确定,并在合同(或订货单)中注明。



## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 应根据建筑物的性质、立面设计、热工要求和所处环境等,在建筑方案设计阶段选择建筑幕墙类型;经技术经济综合分析后,在初步设计阶段确定建筑幕墙类型。

**4.1.2** 建筑幕墙应与建筑物整体设计及周边环境相协调。幕墙立面的分格应不妨碍室内的使用功能并与室内空间组合相适应。

**4.1.3** 对于建筑所处环境的风荷载、地震及气候变化,建筑幕墙应具有相应的抵抗能力和适应能力。

**4.1.4** 建筑幕墙玻璃比应符合本规范 5.2 节的规定。幕墙建筑的光反射、热工性能、防火、防雷等设计要求,应符合本规范第 5、6、7、8 章的规定。

**4.1.5** 玻璃幕墙宜采用明框或半隐框构造。如采用隐框玻璃幕墙,应有可靠的安全技术措施。隐框玻璃幕墙和高层半隐框玻璃幕墙应经专项技术论证。外倾式斜幕墙不应采用隐框玻璃幕墙。

**4.1.6** 幕墙玻璃面板应符合以下要求:

1 除建筑物的底层大堂和地面高度 10m 以下的橱窗玻璃外,玻璃面板宜不大于  $4.5\text{m}^2$ 。

2 除夹层玻璃外,钢化玻璃应不大于  $4.5\text{m}^2$ 、半钢化玻璃应不大于  $2.5\text{m}^2$ ,钢化玻璃应有防自爆坠落措施、半钢化玻璃应有防坠落构造措施。

3 除建筑物的底层大堂和地面高度 10m 以下的橱窗玻璃外,夹层玻璃面板应不大于  $9.0\text{m}^2$ 。

4.1.7 下列建筑宜进行幕墙抗爆设计：

- 1 特别重要的幕墙建筑；
- 2 建筑设计规定有抗爆要求的幕墙建筑。

4.1.8 人员密集且流动性大的重要公共建筑的幕墙玻璃面板应采用夹层玻璃。有抗爆设计的幕墙玻璃面板应满足抗爆要求。

4.1.9 临街幕墙玻璃宜采用夹层玻璃。使用钢化玻璃或半钢化玻璃时，应符合第 4.1.6 条规定。

4.1.10 幕墙建筑周边宜设置安全隔离带，主要出入口上方应有安全防护设施，人员密集处可采取设置绿化带、挑檐、有顶棚的走廊等措施。

4.1.11 透明幕墙宜有可开启部分或设置通风换气装置。当设置开启窗时，其开启面积之和宜不大于幕墙总面积的 15%。

4.1.12 建筑幕墙应便于维护和清洁。高度超过 50m 的幕墙工程应设置清洗设施。

## 4.2 性能设计

4.2.1 建筑幕墙的性能等级应根据使用功能和建筑物的类别、高度、体型以及所在地的地理气候及环境条件确定。

4.2.2 建筑幕墙的气密性能指标应符合表 4.2.2 的规定，并满足相关建筑节能设计标准的要求。开放式建筑幕墙的气密性能不作规定。

表 4.2.2 建筑幕墙气密性指标

可开启部分( $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$ )	幕墙整体( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ )
$\leq 1.5$	$\leq 1.2$

4.2.3 建筑幕墙的水密性：

- 1 建筑幕墙的水密性设计取值按下式计算：

$$P=1000\mu_z\mu_s\omega_0 \quad (4.2.3)$$

式中  $P$  —— 水密性设计值( $\text{N}/\text{m}^2$ );

$\mu_z$  —— 风压高度变化系数,按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定采用;

$\mu_s$  —— 风荷载体型系数,可取 1.2;

$\omega_0$  —— 基本风压( $\text{kN}/\text{m}^2$ ),按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定,上海地区按 0.55 采用。

2 建筑幕墙固定部分的水密性取值应不小于  $1000\text{N}/\text{m}^2$ , 开启部分不小于  $500\text{N}/\text{m}^2$ 。

3 开放式建筑幕墙的水密性能不作规定。

#### 4.2.4 建筑幕墙的抗风压性能:

1 抗风压性能指标应根据幕墙所受的风荷载标准值  $\omega_k$  确定。风荷载标准值的计算应符合本规范第 9.2.1 条规定。

2 建筑幕墙的抗风压性能指标值,墙面应不小于  $1.0\text{kN}/\text{m}^2$ , 墙角边应不小于  $1.5\text{kN}/\text{m}^2$ 。

3 在抗风压性能指标值作用下,幕墙的支承结构和面板的挠度限值应符合本规范相关章节的规定。

#### 4.2.5 建筑幕墙的平面内变形性能规定:

1 主体结构楼层弹性层间位移角控制值应按层间高度内弹性层间位移量计算。

2 建筑幕墙的平面内变形性能指标值应不小于主体结构弹性层间位移角控制值的 3 倍,且不宜小于  $1/200$ 。

4.2.6 建筑幕墙的空气隔声性能应满足室内声环境要求,符合空气计权隔声量等级指标。隔声量应不小于 30dB。

4.2.7 建筑幕墙的耐撞击性能应满足设计要求,耐撞击性能指标应不小于  $700\text{N}\cdot\text{m}$ 。

### 4.3 安全措施

**4.3.1** 建筑幕墙面板的板块及其支承结构不应跨越主体结构的变形缝。与主体结构变形缝相对应部位的幕墙构造,应能适应主体结构的变形量。

**4.3.2** 建筑幕墙的板块设置应符合本规范 7.1.5 条规定。

**4.3.3** 框支承玻璃幕墙的面板可采用夹层玻璃、钢化玻璃或半钢化玻璃。点支承玻璃幕墙的面板应采用夹层玻璃或钢化玻璃。由玻璃肋支承的全玻璃幕墙,玻璃肋宜采用夹层玻璃或夹层钢化玻璃。索网结构玻璃幕墙可采用夹层玻璃。

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

**4.3.5** 楼层外缘无实体墙的玻璃部位应设置防撞设施和醒目的警示标志。设置固定护栏时,护栏高度应符合《民用建筑设计通则》GB 50352 的规定。具备以下条件之一者可不设护栏:

1 在护栏高度处设有幕墙横梁,该部位的横梁及立柱已经抗冲击计算,满足可能发生的撞击。冲击力标准值为 1.2kN,应计入冲击系数 1.50、荷载分项系数 1.40。可不与风荷载及地震作用力相组合。

2 中空玻璃的内片采用钢化玻璃,单块玻璃面积不大于  $3.0\text{m}^2$ ,钢化玻璃厚度不小于 8mm。

3 中空玻璃的内片采用夹层玻璃,单块玻璃面积不大于  $4.0\text{m}^2$ ,夹层玻璃厚度不小于 12.76mm。

4 单块玻璃面积大于  $4.0\text{m}^2$ ,中空玻璃的内片采用夹层玻璃,夹层玻璃厚度经计算确定,且应不小于 12.76mm,冲击力标准

值为 1.5kN,荷载作用于玻璃板块中央,应计入冲击系数 1.50、荷载分项系数 1.40,且应与风荷载、地震作用力相组合,符合承载力极限状态的规定。

#### 4.4 构造设计

4.4.1 建筑幕墙的构造设计应符合安全、适用与美观的原则。

4.4.2 建筑幕墙与主体结构间的连接构造应有足够的强度、刚度和相对位移的能力,且应便于制作安装、维护保养及局部更换面板或构件。

4.4.3 幕墙保温材料应有防潮措施。保温材料应符合国家现行标准和消防规定。

4.4.4 建筑幕墙应设计导向排水构造,疏导可能形成的冷凝水。应有防止雨水渗入保温层内的构造措施。

4.4.5 建筑幕墙的所有连接部位应有防止构件之间因相互摩擦产生噪声的措施。

4.4.6 不同金属材料相接触部位,应设置绝缘衬垫或采取其他有效的防腐蚀措施。

4.4.7 建筑幕墙面板的分格尺寸及接缝设计,应能在平面内变形产生最大位移时,板块之间不发生挤压碰撞,且保持其密封性。

4.4.8 玻璃幕墙的非结构受力胶缝应采用硅酮建筑密封胶密封。开启扇的密封胶条宜采用氯丁橡胶、硅橡胶密封条或三元乙丙橡胶制品。

#### 4.5 建筑设计文件中有关幕墙设计的深度

4.5.1 建筑方案设计文件应包含以下内容:

1 幕墙建筑的平、立面图及幕墙类型。

2 建筑幕墙的面板材料及板块分格设计。

3 建筑幕墙与周边环境的协调性。

#### 4.5.2 建筑初步设计文件应包含以下内容：

1 幕墙建筑的热工指标及保温隔热等节能措施。

2 建筑幕墙的抗风压、气密性、水密性、隔声性等技术指标。

3 建筑幕墙的立面布局、面板构造、分格尺寸及型材种类。

4 幕墙玻璃的技术参数。

5 减少幕墙玻璃光反射影响的措施。

6 建筑幕墙的安全、防火、防雷设计要求。

7 建筑幕墙的清洗方式及清洗维护设施布置。

#### 4.5.3 建筑施工图设计文件内容：

1 建筑施工图设计总说明中，应编制建筑幕墙设计专项说明，阐明幕墙所在立面部位、类别与构造形式，面板材质与分格设计，构造层次及热工性能，开启部位的尺寸与开启方式，型材种类，埋件要求，幕墙各项性能等级，清洗维护以及维修更换要求等。

2 编制幕墙招标文件前，建筑设计单位提供建筑幕墙设计技术要点，应包含以下内容：

1)概述幕墙工程总面积、幕墙分项面积、幕墙起始高度及最高高度。

2)幕墙构造类型、面材选择、立面分格尺寸及组合形式(包括雨棚部位、墙面预留洞部位)。

3)幕墙设计的基本参数。

4)幕墙主要技术物理性能等级或指标。

5)建筑幕墙开启窗的规格尺寸、开启方向与开启形式。

6)典型立面及立面设计中特殊部位的局部放大图。

- 7)幕墙的热工指标、面板的光学性能指标及防火要求。
- 8)主体结构的防雷等级与设计,防雷系统中可供幕墙设置防雷接地理件及防雷接地连接的部位。
- 9)清洗维护技术及其安全要求。
- 10)幕墙埋件的种类及材质。

## 4.6 幕墙设计文件的深度

### 4.6.1 幕墙施工图设计总说明书应包含的内容:

#### 1 工程概况:

- 1)工程名称、工程地点。
- 2)工程性质等级、工程范围。
- 3)幕墙高度(起始标高、最高标高)、幕墙种类及组成、幕墙总面积及各分项面积、开启方式及开启面积、建筑标识性部位幕墙设计的特殊规定。

#### 2 设计依据:

- 1)现行的国家、行业 and 上海市标准中与幕墙工程相关的规范、规程。
- 2)有关部门的批复意见书。
- 3)建筑所在地的基本风压值、雪荷载值、地震设防烈度、地面粗糙度。
- 4)建筑幕墙抗风压性能、水密性能、气密性能、平面内变形性能、空气隔声性能、耐撞击性能等各项技术物理性能指标。
- 5)热工性能指标值:透明幕墙的传热系数、遮阳系数;非透明幕墙的传热系数。
- 6)幕墙玻璃的可见光透射率、反射率等主要光学性能指

标值。

### 3 幕墙组成分述：

- 1)建筑物各立面的幕墙组成、面板种类及玻璃比。
- 2)各类幕墙的构造形式。
- 3)可开启部位的启闭形式、连接构造。

### 4 材料选用：

- 1)幕墙支承结构的型材种类、规格、壁厚及其相关技术指标。
- 2)面板的规格、板块构成。
- 3)透明面板的可见光透射率、可见光反射率、传热系数、遮阳系数等；非透明面板的构造组成、传热系数及表面处理技术要求。
- 4)五金件及各类附件的规格及品种、颜色及表面处理。
- 5)标准件的材质及机械性能。
- 6)胶料的种类和颜色。
- 7)防火及保温材料的材质、规格、燃烧性能等级。

### 5 制作及安装技术：

- 1)加工精度和安装精度。
- 2)加工、制作、组装的技术要求。

### 6 选择幕墙典型部位，编制性能模拟检测专项文件。

#### 4.6.2 施工图应包含的内容：

##### 1 幕墙建筑的立面图、平面图、剖面图。

##### 2 幕墙立面图：

标注轴线、层高、标高、幕墙高度和宽度、幕墙单元分格尺寸、节点和局部放大范围的索引及编序、图例及本图设计说明等。

##### 3 幕墙平面图：



主体结构及幕墙平面布置、轴线号、幕墙单元宽度尺寸以及与主体结构间的距离。

#### 4 幕墙剖面图：

剖面图应含幕墙与主体结构的剖切构造，标注轴线号、楼层标高、幕墙高度及板块高度尺寸、室内平顶标高及开启窗执手离地高度、遮阳装置预留尺寸等。

#### 5 局部放大图：

局部立面图、平面投影图及其剖面图。应标明其所在立面的索引序号、节点索引编序号、轴线、所在部位标高及相关尺寸等。

#### 6 构造详图：

竖框节点构造图(横剖面图)应含各典型部位和特殊部位的面板、系统的节点构造及竖框与主体结构的连接构造等。

横框节点构造图(纵剖面图)，应含系统构造及竖框上下端与主体结构的连接构造、各典型部位和特殊部位面板四周收边方式等。

构造详图应标注各部件的材料名称、材质及规格(或代号)、外型尺寸及相对位置、与轴线的位置关系、幕墙距离主体结构的尺寸等。特定部位的节点应标注所在标高。

7 防火构造节点、防雷构造节点、保温层构造设计、防排水构造设计、与相邻墙体及洞口边沿间的构造设计、变形缝构造设计等。

#### 8 补充设计图纸：

复杂部位宜以三维图补充表达构造细部。

#### 9 埋件详图及布置图。

#### 10 结构计算书。

#### 11 热工计算书。

**4.6.3** 幕墙工程应编制性能模拟测试专项设计方案，模型设计图应与施工图构造一致。

## 5 幕墙光反射

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 本章适用于由玻璃或玻璃与其他材料组成的建筑幕墙作为外围护的建筑立面设计和玻璃比大于40%的其他建筑立面设计。

**5.1.2** 建筑立面采用玻璃幕墙应考虑幕墙玻璃对周围环境产生的太阳光反射影响,符合环保、规划和城市管理等现行政策法规的规定。

**5.1.3** 设计方案的确立应作光反射环境影响分析和评价。

**5.1.4** 幕墙玻璃的可见光反射率宜不大于15%,反射光影响范围内无敏感目标时可选择不大于20%。非玻璃材料宜采用低反射亚光表面。

**5.1.5** 反射光对敏感目标有明显影响时,应采取措施减少或消除其影响。

### 5.2 建筑设计

**5.2.1** 采用玻璃幕墙的建筑立面应选择恰当的玻璃比,并符合本规范第4章、第6章和第7章的相关规定。

**5.2.2** 除大堂、门厅和高度不大于24m的裙房外,建筑立面玻璃比宜不大于40%。

**5.2.3** 居住区或敏感目标较多的地段,建筑立面玻璃比应不大于40%。商务区和敏感目标较少的地段,玻璃比宜不大于70%。立面设计应符合幕墙光反射环境影响评价的相关规定。

**5.2.4** 建筑东立面或西立面朝向住宅、中小学、托儿所、幼儿园、

养老院和医院病房等敏感目标时,该立面不宜使用玻璃幕墙。

**5.2.5 慎用弧形玻璃幕墙。**内凹状外立面应防止反射光聚焦对环境造成不利影响。

**5.2.6 后倾式幕墙立面、大面积玻璃顶棚或屋面,**应防止反射光进入敏感目标的窗户。

**5.2.7 应控制幕墙玻璃的连续面积。**宜采用玻璃与其他面板材料构成的组合幕墙。幕墙的非可视部分不宜采用玻璃面板。

**5.2.8 建筑物外立面的装饰部件和遮阳部件不宜采用玻璃制品。**

**5.2.9 建筑立面玻璃比按下列规定计算:**

1 不同朝向的立面,玻璃比应分别计算。

2 没有女儿墙或女儿墙不使用幕墙玻璃的建筑,玻璃比计算范围为主体建筑檐口以下,不包括裙房、门厅和大堂。

3 女儿墙使用幕墙玻璃的建筑,玻璃比计算范围为女儿墙顶以下,不包括裙房、门厅和大堂。

4 裙房应单独计算玻璃比。

### **5.3 减少光反射影响的措施**

**5.3.1 按环境分析与评价的要求优化设计方案。**

**5.3.2 宜选用光学性能较好的低辐射、低反射玻璃。**

**5.3.3 调整外立面玻璃板块的分隔尺度和布置形式,**减小连续玻璃板块的面积,优先采用组合幕墙。

**5.3.4 弧形立面和转角宜采用平板玻璃拼接,**不宜采用加工成弧形的玻璃。玻璃板块间宜用遮阳条分隔。

**5.3.5 加强建筑四周和道路两侧的绿化种植。**

**5.3.6 结合方案设计和反射光影响分析,**设置外伸于玻璃面的遮阳窗框、遮阳装饰条、遮阳罩,采用玻璃外表面涂膜贴膜等措施

减少光反射。

## 5.4 幕墙光反射的环境分析

**5.4.1** 玻璃幕墙的环境影响评价应根据玻璃幕墙的高度确定反射光影响分析范围。反射光影响分析范围以幕墙建筑为圆心,以如下距离为半径:

建筑物幕墙玻璃高度大于 100m 时,取该高度的 3.5 倍;

建筑物幕墙玻璃高度小于 40m 时,取该高度的 5 倍;

建筑物幕墙玻璃高度在 40m~100m 时,用插入法确定。

**5.4.2** 玻璃幕墙反射光计算时段为日出后至日落前,以 7 时至 10 时和 14 时至 17 时为反射光影响分析的主要时间段。

**5.4.3** 光反射分析评价内容包括影响视线的反射光角度、敏感目标受反射光照射的亮度和直射光反射对敏感目标影响的持续时间(见附录 A)。

**5.4.4** 利用绿化遮挡反射光影响时,应分析绿化实施的可行性并明确绿化适宜的高度。

**5.4.5** 玻璃幕墙影响分析应反映相邻建筑的相互遮挡情况,相邻建筑的遮挡可减少玻璃幕墙的受光面。

**5.4.6** 反射光影响的分析应考虑设置遮阳措施的效果。

**5.4.7** 玻璃幕墙影响分析应包括直射光在相邻建筑玻璃幕墙间产生的二次反射光影响。

**5.4.8** 玻璃顶棚和屋面应作光反射环境影响分析。

**5.4.9** 应分析凹形弧面玻璃幕墙反射光聚焦点的位置,评价其影响。

**5.4.10** 采用幕墙结构形式与主体结构连接固定的建筑外窗,应视同玻璃幕墙,按本章规定作光反射影响分析。

## 6 幕墙热工设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 建筑幕墙的透明部分和非透明部分应分别满足不同的热工性能指标,并应符合建筑主体的热工设计要求。

**6.1.2** 建筑幕墙的透明部分和非透明部分的热工性能指标应符合《公共建筑节能设计标准》GB 50189 和《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 的相关规定:

1 透明幕墙的传热系数、遮阳系数应符合表 6.1.2 的规定。

**表 6.1.2 透明幕墙传热系数和遮阳系数的限值**

单一朝向的透明幕墙窗墙面积比 $C_m$	传热系数 $(W/(m^2 \cdot K))$	遮阳系数 SC (东、南、西向/北向)
$C_m \leq 0.2$	$\leq 4.7$	—
$0.2 < C_m \leq 0.3$	$\leq 3.5$	$\leq 0.55$
$0.3 < C_m \leq 0.4$	$\leq 3.0$	$\leq 0.50/0.60$
$0.4 < C_m \leq 0.5$	$\leq 2.8$	$\leq 0.45/0.55$
$0.5 < C_m \leq 0.7$	$\leq 2.5$	$\leq 0.40/0.50$

注:窗的面积包括透明幕墙部分。

2 非透明幕墙的传热系数应不大于  $1.0 W/m^2 \cdot K$ 。

3 每个朝向的窗墙面积比均应不大于 0.7。

4 窗墙面积比小于 0.4 时,玻璃的可见光透射率应不小于 0.4。

**6.1.3** 建筑的东、西朝向不宜采用大面积透明幕墙。

- 6.1.4 日照较长的建筑立面,透明幕墙宜有遮阳措施。
- 6.1.5 双层玻璃幕墙宜采用外通风双层幕墙。
- 6.1.6 透明幕墙的传热系数应根据面板玻璃和幕墙框材的传热系数,按面积加权的方法计算。
- 6.1.7 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,应按照相应数值的面积加权平均计算。
- 6.1.8 透明幕墙应采用中空玻璃、夹层玻璃、真空玻璃等光学性能和热工性能符合设计要求的面板材料。
- 6.1.9 当建筑底层大堂确需采用单层玻璃时,单层玻璃的面积宜不大于其所在朝向透明幕墙面积的 15%,所在朝向透明幕墙的传热系数应符合热工设计要求。

## 6.2 构造与设计

- 6.2.1 中空玻璃气体层的厚度应符合本规范 3.5.3 条规定。
- 6.2.2 明框幕墙金属型材应采用隔热型材或采取隔热构造措施。采用垫块隔热时,垫块宜为连续条形。隔热材料的性能应符合现行的国家和行业标准。
- 6.2.3 外通风双层幕墙的内层幕墙玻璃应采用中空玻璃,符合本规范 14.2.2 条规定。内通风双层幕墙的外层幕墙应采用中空玻璃,符合本规范 14.2.1 条规定。板块构造形式经热工计算确定。
- 6.2.4 内通风双层幕墙的外层幕墙应采用有隔热构造措施的型材,外通风双层幕墙的内层幕墙应采用有隔热构造措施的型材。
- 6.2.5 非透明幕墙面板背后的空间内应设置保温构造层。幕墙保温材料与面板或与主体结构外表面之间应有不小于 50mm 的空气层。玻璃面板内侧应有不小于 50mm 的空气层。

## 7 幕墙防火

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 幕墙面板材料和面板背后的填充材料应为不燃或难燃材料,并符合消防规定。

**7.1.2** 无窗槛墙或窗槛墙高度小于 0.8m 的建筑幕墙,应在每层楼板外沿设置耐火极限不低于 1.0h、高度不低于 0.8m 的不燃烧实体裙墙或防火玻璃裙墙。墙内填充材料的燃烧性能应满足消防要求。

**7.1.3** 建筑幕墙与各层楼板、防火分隔、实体墙面洞口边缘的间隙等,应设置防火封堵。封堵构造在耐火时限内不应发生开裂或脱落。

**7.1.4** 消防登高立面不宜采用大面积的玻璃幕墙。当采用时,应在建筑高度 100m 范围内设置应急击碎玻璃,并符合以下规定:

1 设置应急击碎玻璃每层不少于 2 块,间距不大于 20m。

2 每块应急击碎的玻璃宽度不小于 1.20m,高度不小于 1.00m,并应设置明显的警示标志。应急击碎玻璃应采用普通玻璃,不得采用夹层玻璃、钢化玻璃、半钢化玻璃。

3 应急击碎玻璃不宜布置在建筑物直通室外的出入口上方。确需布置时,应设置宽度不小于 1.0m 的防护挑檐。

**7.1.5** 同一块幕墙玻璃板块不应跨越建筑物上下、左右相邻的防火分区。

## 7.2 构造与设计

**7.2.1** 防火玻璃裙墙或防火玻璃墙,由防火玻璃与防火密封胶构成,或由防火玻璃、防火密封胶与支承构件共同组成,应按照墙体构件耐火极限的测试方法测试,达到相应的耐火极限等级规定。

**7.2.2** 建筑幕墙的防火封堵应采用厚度不小于100mm的岩棉、矿棉等耐高温、不燃烧的材料填充密实,并由厚度不小于1.5mm厚的镀锌钢板承托,其缝隙应以防火密封胶密封。竖向应双面封堵。

**7.2.3** 楼层间防火封堵的位置宜位于梁底,并与幕墙的横梁或立柱相连接。严禁直接用胶料粘接在幕墙玻璃内侧面。

**7.2.4** 金属幕墙采用铝塑复合板时,应满足消防要求。构造设计除符合7.1.2条规定外,可在每层楼板外沿部位和防火分区纵向分隔部位设置不小于0.8m的隔离带,隔离带外墙面板为不燃烧材料。

**7.2.5** 紧靠建筑物内防火分隔墙两侧的玻璃幕墙之间应设置水平距离不小于2.0m、耐火极限不低于1.0h的实体墙或防火玻璃墙。

**7.2.6** 建筑物内的防火墙设置在转角处时,内转角两侧的玻璃幕墙之间应设置水平距离不小于4.0m、耐火极限不低于1.0h的实体墙或防火玻璃墙。

**7.2.7** 消防排烟用的幕墙开启窗与相邻防火分区隔墙的距离应不小于1.0m,宜采用外倒下悬窗,开启角度不宜小于70°,并与消防报警系统联动。高层建筑采用外倒下悬窗时,其构造应符合本规范第11.1.3条规定。



**7.2.8** 泄爆窗在安装前应经压力测试。泄爆窗被气浪冲开后，幕墙结构应能保持完整性。

### 7.3 双层幕墙的防火设计

**7.3.1** 双层幕墙设计应符合本章 7.1 节和 7.2 节的规定。

**7.3.2** 整体式双层幕墙建筑高度应不大于 50m，内外层幕墙间距不小于 2.0m。每层应设置不燃烧体防火挑檐，宽度不小于 0.5m，耐火极限不低于 1.0h。当内外层幕墙间距小于 2.0m 或每层未设置防火挑檐时，其建筑高度应不大于 24m。

**7.3.3** 整体式双层幕墙的内层幕墙应符合本规范第 7.1.1 条～7.1.3 条规定。

**7.3.4** 除整体式双层幕墙外，双层幕墙宜在每层设置耐火极限不低于 1.0h 的不燃烧体水平分隔。确需每隔二至三层设置不燃烧体水平分隔时，应在无水平防火分隔的楼层设置宽度不小于 0.5m、耐火极限不低于 1.0h 的不燃烧体防火挑檐。

**7.3.5** 竖井式双层幕墙的竖井壁应为不燃烧体，其耐火极限应不低于 1.0h，竖井壁上每层开口部位应设丙级及以上防火门或防火阀(可开启百叶)，并与自动报警系统联动。

**7.3.6** 消防登高场地不宜设置在双层幕墙立面的一侧。确需设置时，在建筑高度 100m 范围内，外层幕墙应设置应急击碎玻璃，应急击碎玻璃的设置应符合本规范第 7.1.4 条第 2 款和第 3 款规定，并满足以下要求：

1 整体式、廊道式双层幕墙应在每层设置应急击碎玻璃不少于 2 块，间距不大于 20m。

2 箱体式、竖井式双层幕墙应在每个分隔单元的每层设置应急击碎玻璃不少于 1 块。

3 在应急击碎玻璃位置设置连廊,内层幕墙设置可双向开启的门。

7.3.7 双层幕墙建筑应设置机械排烟系统,并符合《建筑防排烟技术规程》DGJ08—88 的相关规定。下列部位可不设排烟系统:

1 建筑部位无可燃物的防烟分区的中庭、大堂。

2 建筑面积小于  $100\text{m}^2$  的房间,其相邻走道或回廊设有排烟设施。

3 机电设备用房。

7.3.8 内外层幕墙间距大于  $2.0\text{m}$  的整体式双层幕墙建筑,应设置自动喷水灭火系统。

7.3.9 内外层幕墙间距大于  $2.0\text{m}$  的整体式双层幕墙,应由顶部和两侧的敞开部位自然排烟。

7.3.10 用作双层幕墙强制通风的管道系统应符合现行防火设计规范的相关规定。

7.3.11 进风口与出风口之间的水平距离宜大于  $0.5\text{m}$ 。进风口之间水平距离小于  $0.5\text{m}$  时,应采取隔离措施。

## 8 幕墙防雷

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 幕墙建筑应按建筑物的防雷分类采取防直击雷、侧击雷、雷电感应以及等电位连接措施。建筑主体设计应明确主体建筑的防雷分类。幕墙建筑的防雷系统设计由幕墙设计与主体设计共同完成。

**8.1.2** 除第一类防雷建筑物外,采用金属框架支承的幕墙宜利用其金属本体作为接闪器,并应与主体结构的防雷体系可靠连接。

**8.1.3** 采用隐框非金属面板的幕墙或隐框玻璃采光顶、棚,以及置于屋顶的光伏组件等,均应按相应的建筑物防雷分类,采取防护措施。

**8.1.4** 幕墙的防雷设计除应符合本规范的规定外,尚应符合《建筑防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定。

**8.1.5** 幕墙高度超过 200m 或幕墙构造复杂、有特殊要求时,宜在设计初期进行雷击风险评估。

**8.1.6** 建筑幕墙在工程竣工验收前应通过防雷验收,交付使用后按有关规定进行防雷检测。

### 8.2 幕墙的防雷构造设计

**8.2.1** 幕墙建筑应按防雷分类设置屋面接闪器、立面接闪带、等电位连接环和防雷接地引下线(图 8.2.1),并满足表 8.2.1 的要求。幕墙金属框架可按  $100\text{m}^2$  划分网格,网格角点与防雷系统连

接,形成电气贯通。

表 8.2.1 幕墙建筑防雷系统常见节点间距(m)

建筑物 防雷分类	屋面接闪器 网格尺寸 ( $\leq$ )	立面 30m 及以上 水平接闪带 垂直间距 ( $\leq$ )	等电位 连接环 垂直间距 Dh ( $\leq$ )	接地线 水平间距 Dw ( $\leq$ )	
第一类	5×5 6×4	6	12	12	建筑每柱或 角柱与每隔 1 柱
第二类	10×10 12×8	—	3 层	18	角柱与每隔 1 柱
第三类	20×20 24×16	—	3 层	25	角柱与每隔 2 柱

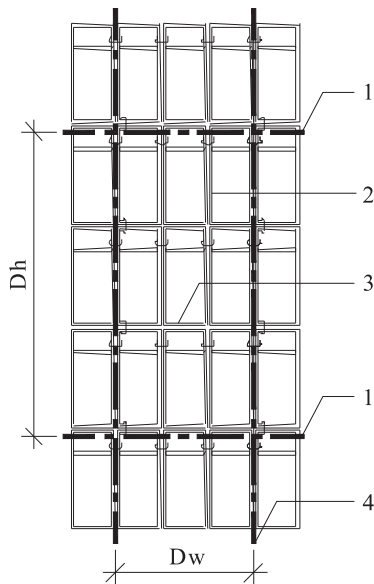


图 8.2.1 幕墙建筑防雷系统立面局部示意图

- 1—环向防雷接地钢筋(等电位连接环);2—立柱;3—横梁;  
4—竖向防雷接地钢筋(防雷接地引下线)

### 8.2.2 构件式幕墙防雷构造：

- 1 隔热断桥内外侧的金属型材应连接成电气通路。
- 2 幕墙横、竖构件的连接，相互间的接触面积应不小于 $50\text{mm}^2$ ，形成良好的电气贯通。
- 3 幕墙立柱套芯上下、幕墙与建筑物主体结构之间，应按导体连接材料截面的规定连接或跨接。
- 4 构件连接处有绝缘层材料覆盖的部位，应采取措施形成有效的防雷电气通路。
- 5 金属幕墙的外露金属面板或金属部件应与支承结构有良好的电气贯通，支承结构应与主体结构防雷体系连通。
- 6 利用自身金属材料作为防雷接闪器的幕墙，其压顶板宜选用厚度不小于 $3\text{mm}$ 的铝合金单板，截面积应不小于 $70\text{mm}^2$ 。

### 8.2.3 单元式幕墙防雷构造：

- 1 有隔热构造的幕墙型材应对其内外侧金属材料采用金属导体连接，每一单元板块的连接不少于一处，宜采用等电位金属材料连接成良好的电气通路。
- 2 幕墙单元板块插口拼装连接和与主体结构连接处应按本规范 8.2.1 条规定形成防雷电气通路。对幕墙横、竖两方向单元板块之间橡胶接缝连接处，应采用等电位金属材料跨接，形成良好的电气通路。

### 8.2.4 幕墙光伏系统的连接、安装规定(图 8.2.4)：

- 1 应采取防直击雷和侧击雷的措施。
- 2 幕墙光伏系统宜采用共用接地方式。
- 3 光伏控制器的信号设备端口应安装信号电涌保护器。
- 4 并网逆变器的电源端口应安装电源电涌保护器。

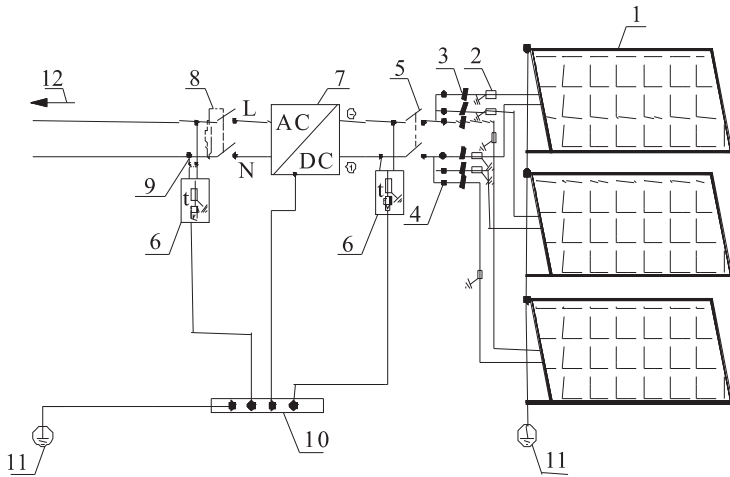


图 8.2.4 光伏系统防雷连接示意图

- 1—光伏组件；2—信号避雷器；3—光伏控制器；4—汇流端子；  
 5—直流断路器；6—电源避雷器；7—逆变器；8—断路器；  
 9—熔断器；10—等电位接地排；11—接地端；12—用电设备

### 8.3 其它防雷要求

8.3.1 幕墙选用的防雷连接材料截面积应符合表 8.3.1 的规定。

表 8.3.1 防雷连接材料截面积 ( $\text{mm}^2$ )

防雷连接材料	截面积( $\geq$ )
铜质材料	16
铝质材料	25
钢质材料	50
不锈钢材料	50

**8.3.2** 钢质连接件(包括钢质绞线)连接的焊缝处应做表面防腐蚀处理。

**8.3.3** 不同材质金属之间的连接,应采取不影响电气通路的防电偶腐蚀措施。不等电位金属之间应防止接触性腐蚀。

**8.3.4** 幕墙建筑防雷接地电阻值应符合表 8.3.4 的规定。

**表 8.3.4 防雷接地电阻( $\Omega$ )**

接地方式	电阻值( $\leq$ )
共用接地	1.0
独立接地每根引下线的冲击电阻	10.0

## 9 结构设计的基本规定

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 幕墙结构设计应考虑永久荷载、风荷载和地震作用,必要时还应考虑温度作用。复杂幕墙体系尚应对施工阶段作补充验算复核。与水平面夹角小于 75 度的建筑幕墙还应考虑雪荷载、活荷载或积灰荷载。幕墙结构设计的基准期为 50 年。

**9.1.2** 幕墙结构设计应根据传力途径对幕墙面板系统、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、幕墙结构与主体结构之间均应具有足够的相对位移能力。

**9.1.3** 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

无地震作用组合时:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (9.1.3-1)$$

有地震作用组合时:

$$S_E \leq R/\gamma_{RE} \quad (9.1.3-2)$$

式中  $S$  —— 无地震作用的荷载效应组合设计值;

$S_E$  —— 有地震作用的荷载效应组合设计值;

$R$  —— 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

$$d_f \leq d_{f,\text{lim}} \quad (9.1.3-3)$$

式中  $d_f$ ——结构构件的挠度值；

$d_{f,\text{lim}}$ ——结构构件挠度限值。

**9.1.4** 幕墙结构设计应涵盖最不利构件和节点在最不利工况条件下极限状态的验算。对建筑物转角部位、平面或立面突变部位的构件和连接应作专项验算。

## 9.2 荷载和地震作用

**9.2.1** 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:

$$w_k = \beta_{gz} \mu_s \mu_z w_0 \quad (9.2.1)$$

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

$\beta_{gz}$ ——阵风系数,按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用;

$\mu_s$ ——风荷载体型系数,按《建筑结构荷载规范》GB 50009 中对围护结构的规定采用(计算幕墙面板时,不考虑局部风荷载体型系数折减)。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》GB 50009 的规定采用;

$w_0$ ——基本风压( $\text{kN}/\text{m}^2$ ),按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。上海地区一般取  $0.55 \text{ kN}/\text{m}^2$ ,特别重要的幕墙工程应专项确定。

**9.2.2** 建筑高度较高、体型不规则或风环境复杂的幕墙结构,按

本规范 9.2.1 条难以确定风荷载标准值时,用风洞试验或数值风洞方法确定。幕墙高度大于 200m 时应进行风洞试验。幕墙高度大于 300m 时应由两个非关联单位各自提供独立的风洞试验结果相互验证。对用风洞试验或数值风洞方法所得结果应分析、比较和判断。

**9.2.3** 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:

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k / A \quad (9.2.3-1)$$

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

$\beta_E$ ——动力放大系数,可取 5.0;

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值,上海地区可取 0.08,或按表 9.2.3 采用;

$G_k$ ——幕墙面板和框架的重力荷载标准值(kN);

$A$ ——幕墙平面面积(m<sup>2</sup>)。

**表 9.2.3 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
$\alpha_{\max}$	0.04	0.08(0.12)	0.16(0.24)

注:7、8 度时括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

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:

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k \quad (9.2.3-2)$$

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

### 9.3 作用效应计算

9.3.1 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。

9.3.2 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。

9.3.3 对于经历大位移的幕墙结构,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。

### 9.4 作用效应组合

9.4.1 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。

9.4.2 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 无地震作用时,按下式进行:

$$S = \gamma_G S_{GK} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (9.4.2-1)$$

2 有地震作用时,按下式进行:

$$S = \gamma_G S_{GK} + \psi_w \gamma_w S_{wk} + \psi_E \gamma_E S_{Ek} \quad (9.4.2-2)$$

式中  $S$  —— 作用或效应组合的设计值;

$S_{GK}$  —— 永久荷载(效应)标准值;

$S_{wk}$  —— 风荷载(效应)标准值;

$S_{Ek}$  —— 地震作用(效应)标准值;

$\gamma_G$  —— 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；
- $\psi_w$ ——风荷载的组合值系数；
- $\psi_E$ ——地震作用的组合值系数。

3 温度作为可变作用,按幕墙类型和施工工况确定其组合。

**9.4.3** 进行幕墙构件的承载力设计时,作用(效应)分项系数按下列规定取值:

1 一般情况下,永久荷载、风荷载和地震作用的分项系数  $\gamma_G$ 、 $\gamma_w$ 、 $\gamma_E$  应分别取 1.2、1.4 和 1.3,温度作用的分项系数取 1.2。

2 永久荷载(效应)起控制作用时,分项系数  $\gamma_G$  应取 1.35。此时,参与组合的可变荷载(效应)仅限于竖向荷载(效应)。

3 永久荷载(效应)对构件有利时,分项系数  $\gamma_G$  的取值应不大于 1.0。

**9.4.4** 可变作用的组合值系数按下列规定采用:

1 一般情况下,风荷载的组合值系数  $\psi_w$  应取 1.0,地震作用的组合值系数  $\psi_E$  应取 0.5。

2 水平倒挂面板及其框架,可不考虑地震作用效应的组合,风荷载的组合值系数  $\psi_w$  应取 1.0(永久荷载的效应不起控制作用时)或 0.6(永久荷载的效应起控制作用时)。

3 温度作用的组合系数可按其在组合项中的主次取 0.6 或 0.2。

**9.4.5** 与水平面夹角大于 75 度,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。

## 9.5 幕墙及与主体结构的连接构造

**9.5.1** 主体结构应能有效承受幕墙结构传递的荷载和作用,但主体结构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。

**9.5.2** 幕墙结构的连接节点应有可靠的防松、防脱和防滑措施。

**9.5.3** 幕墙结构连接节点处的连接件、焊缝、螺钉、螺栓、铆钉设计,应符合《钢结构设计规范》GB 50017 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的相关规定。每个连接件的每一连接处,受力螺钉、螺栓、铆钉宜不少于 2 个,主要连接节点处应不少于 2 个。

**9.5.4** 幕墙结构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。与主体结构或埋板直接连接的连接件厚度应不小于 6mm。

**9.5.5** 幕墙结构与主体混凝土结构应通过预埋件连接,预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入,预埋件的位置应准确。

**9.5.6** 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件,应按《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 或《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定设计。后置埋件应按《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 或《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定设计。

**9.5.7** 槽型预埋件的设计与构造见附录 B。

**9.5.8** 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,合理布置锚栓埋件,保证其连接可靠,并符合下列规定:

1 后置埋件用锚栓可选用自扩底锚栓、模扩底锚栓、特殊倒锥形锚栓或化学锚栓。锚栓钢材受拉性能须进行复验,复验结果应符合《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定。

2 锚栓外露部分应防腐蚀处理。

3 锚栓直径和数量应经计算确定。锚栓直径不小于 10mm，每个后置埋件上不得少于 2 个锚栓。

4 锚栓承载力设计值应不大于其极限承载力的 50%，并进行承载力现场试验，必要时进行极限拉拔试验。

5 就位后需焊接作业的后置埋件应使用机械扩底锚栓，或化学锚栓与机械锚栓交叉布置。化学锚栓超过半数的后置埋件，就位后不得在其部件及连接件上焊接作业。

**9.5.9** 幕墙结构与砌体结构连接时，宜在连接部分的主体结构上增设钢筋混凝土或钢结构梁、柱。轻质填充墙不应作为幕墙的支承结构。

**9.5.10** 幕墙与主体钢结构连接应在主体钢结构加工时提出设计要求。现场不宜再在钢结构柱、主梁上焊接其他转接件。

**9.5.11** 建筑主体结构变形缝部位的幕墙构造，应能满足幕墙变形的要求。

**9.5.12** 幕墙构件和连接的计算分析应有明确的计算模型。应力计算必须考虑面板重力偏心和其他连接偏心产生的附加影响。

**9.5.13** 幕墙面板或型材的盖板、压条、扣件和装饰件应有可靠的连接。形状复杂、受力大且建筑较高时应采用机械连接。

## 9.6 硅酮结构密封胶

**9.6.1** 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，但不宜大于厚度的 2 倍。隐框玻璃幕墙的硅酮结构密封胶粘接厚度应不大于 12mm。

**9.6.2** 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,硅酮结构密封胶的应力设计值应不大于其短期荷载作用下的强度设计值  $f_1$ ,  $f_1$  应取  $0.2\text{N/mm}^2$ ; 在永久荷载作用下,硅酮结构密封胶的应力设计值应不大于其长期荷载作用下的强度设计值  $f_2$ ,  $f_2$  应取  $0.01\text{N/mm}^2$ 。隐框幕墙中严禁硅酮结构密封胶单独承受剪力。

**9.6.3** 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,应根据受力情况分别按公式 9.6.3-1、9.6.3-2、9.6.3-3 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  $c_s$  应按下式计算:

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} \quad (9.6.3-1)$$

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( $\text{kN/m}^2$ );

$a$  —— 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  $0.2\text{N/mm}^2$ 。

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:

$$c_s = \frac{(w+0.5q_E)a}{2000f_1} \quad (9.6.3-2)$$

式中  $q_E$  —— 作用在计算单元上的地震作用设计值( $\text{kN/m}^2$ )。

3 在玻璃永久荷载作用下,粘接宽度  $c_s$  应按下式计算:

$$c_s = \frac{q_G ab}{2000(a+b)f_2} \quad (9.6.3-3)$$

式中  $q_G$  —— 幕墙面板单位面积重力荷载设计值( $\text{kN/m}^2$ );

$a$ 、 $b$  —— 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  $0.01\text{N}/\text{mm}^2$ 。

**9.6.4** 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：

$$c_s = \frac{w_a}{2000f_1} + \frac{q_G a}{2000f_2} \quad (9.6.4)$$

**9.6.5** 硅酮结构密封胶的粘接厚度  $t_s$  按公式 9.6.5-1 计算,  $t_s$  应不小于 6mm, 不大于 12mm。

$$t_s \geq \frac{u_s}{\sqrt{\delta(2+\delta)}} \quad (9.6.5-1)$$

$$u_s \geq \theta h_g \quad (9.6.5-2)$$

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；

$\theta$ ——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  $0.14\text{N}/\text{mm}^2$  时的伸长率。



## 10 面板设计

### 10.1 一般规定

10.1.1 根据建筑物立面设计及技术经济指标,合理选择幕墙面板的材料种类和构造形式。

10.1.2 面板的色泽、图纹应符合建筑设计,并与相邻建筑物及周边环境相协调。

10.1.3 面板与幕墙支承结构的连接,应能满足荷载、地震和温度作用所产生幕墙平面内和平面外的变形。

10.1.4 面板设计应符合材质性能、加工制作、运输安装和维护更换的要求。

10.1.5 面板受各种荷载和作用应按本规范 9.4 的规定组合,最大应力设计值不超过面板强度设计值。

10.1.6 面板的挠度应符合表 10.1.6 的规定。

表 10.1.6 幕墙面板的挠度限值  $d_{r,lim}$

支承结构类型	面板种类	挠度
构件式玻璃幕墙 单元式玻璃幕墙	玻璃面板	短边距/60
	光伏玻璃面板	短边距/120
金属板幕墙	金属面板	短边距/90
石材幕墙	石材面板	—
人造板材幕墙	玻璃纤维增强水泥板	跨距/200
点支承玻璃幕墙	玻璃面板	长边孔距/60
全玻璃幕墙	玻璃面板	跨距/60

**10.1.7** 面板设计应满足拆卸或更换时不损坏其相邻部位构件或结构的要求。

**10.1.8** 幕墙保温材料可与金属面板、石材面板等非玻璃面板结合,制作幕墙板块。跟面板结合的保温材料与主体结构外表面之间,应有不小于 50mm 的空气层。

## 10.2 玻璃面板

**10.2.1** 幕墙玻璃可采用不同类别的玻璃板块构成,形成具有各种性能和特征的面板单元。

### I 面板设计

**10.2.2** 幕墙所用玻璃面板可选用夹层玻璃、钢化玻璃、半钢化玻璃。

**10.2.3** 玻璃厚度应经强度和刚度计算确定。除光伏幕墙表层玻璃外,单片玻璃及中空玻璃的任一单片厚度应不小于 6mm,夹层玻璃的单片玻璃厚度应不小于 5mm,夹层玻璃及中空玻璃的单片厚度差宜不大于 3mm。

**10.2.4** 幕墙用钢化玻璃宜经均质处理。

**10.2.5** 有辨色要求的幕墙玻璃,其颜色透视指数宜不低于 Ra80。

**10.2.6** 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的最大应力:

1 最大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:

$$\sigma_{wk} = \frac{6m\tau_k a^2}{t^2} \eta \quad (10.2.6-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2} \eta \quad (10.2.6-2)$$

$$\theta = \frac{\omega_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(\omega_k + 0.5q_{Ek})a^4}{Et^4} \quad (10.2.6-3)$$

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>)；

$\omega_k$ 、 $q_{Ek}$  —— 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>)；

$a$  —— 矩形玻璃面板短边边长(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，由玻璃面板短边与长边边长之比  $a/b$  按表 10.2.6-1 采用；

$\eta$  —— 折减系数，由参数  $\theta$  按表 10.2.6-2 采用。

表 10.2.6-1 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
$m$	0.1250	0.1230	0.1180	0.1115	0.1000	0.0934	0.0868	0.0804
$a/b$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	—
$m$	0.0742	0.0683	0.0628	0.0576	0.0528	0.0483	0.0442	—

表 10.2.6-2 折减系数  $\eta$

$\theta$	$\leq 5$	10	20	40	60	80	100
$\eta$	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 9.4 的规定组合。
- 3 最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值  $f_g$ 。
- 4 除夹层玻璃外,半钢化玻璃的应力比宜控制在 0.90 以内。

**10.2.7 四边支承单片玻璃在风荷载作用下的跨中挠度:**

- 1 单片玻璃的刚度  $D$  可按下式计算:

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (10.2.7-1)$$

式中  $D$  —— 玻璃刚度(N·mm);

$t$  —— 玻璃厚度(mm);

$\nu$  —— 泊松比,可按本规范第 3.2.18 条采用。

- 2 玻璃跨中挠度可按几何非线性有限元方法计算,也可按下式计算:

$$d_f = \frac{\mu \omega_k a^4}{D} \eta \quad (10.2.7-2)$$

式中  $d_f$  —— 在风荷载标准值作用下挠度最大值(mm);

$\omega_k$  —— 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按表 10.2.7 采用;

$\eta$  —— 折减系数,按本规范表 10.2.6-2 采用。

**表 10.2.7 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	0.01013
$a/b$	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
$\mu$	0.00940	0.00867	0.00796	0.00727	0.00663

续表 10.2.7

$a/b$	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
$\mu$	0.00603	0.00547	0.00496	0.00449	0.00406

10.2.8 四边支承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：

$$\omega_{k1} = \omega_k \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.8-1)$$

$$\omega_{k2} = \omega_k \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.8-2)$$

$$q_{Ek1} = q_{Ek} \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.8-3)$$

$$q_{Ek2} = q_{Ek} \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.8-4)$$

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

$\omega_{k1}$ 、 $\omega_{k2}$ ——分别为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>)；

$q_{Ek1}$ 、 $q_{Ek2}$ ——分别为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 两片玻璃可分别按本规范第 10.2.6 条规定进行应力计算。

3 玻璃挠度可采用等效厚度法或根据两片玻璃各自承受的荷载按本规范第 10.2.7 条规定进行计算。

夹层玻璃的等效厚度  $t_e$  可按式计算：

$$t_e = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.8-5)$$

式中  $t_e$ ——夹层玻璃的等效厚度(mm)。

### 10.2.9 四边支承中空玻璃按下列规定计算：

1 作用于中空玻璃上的风荷载标准值可按下列公式分配至两片玻璃上：

直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$\omega_{k1} = 1.1\omega_k \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.9-1)$$

不直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$\omega_{k2} = \omega_k \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.9-2)$$

2 作用于中空玻璃上的地震作用标准值,可根据各单片玻璃的自重,按照本规范 9.2 的规定计算。

3 两片玻璃可分别按本规范第 10.2.6 条的规定计算应力。

4 玻璃挠度可采用等效厚度法或根据两片玻璃各自承受的荷载按本规范第 10.2.7 条规定进行计算。

中空玻璃的等效厚度  $t_e$  可按下式计算：

$$t_e = 0.95 \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (10.2.9-3)$$

式中  $t_e$ ——中空玻璃的等效厚度(mm)。

### 10.2.10 四边支承中空单面夹层玻璃按下列规定计算：

1 作用于中空单面夹层玻璃上的风荷载标准值可按下列公式分配至三片玻璃上：

1)直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$\omega_{k1} = 1.1\omega_k \frac{t_1^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (10.2.10-1)$$

不直接承受风荷载的夹层玻璃：

$$\omega_{ki} = \omega_k \frac{t_i^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (i=2,3) \quad (10.2.10-2)$$

式中  $t_1$ ——中空单片玻璃的厚度(mm)；

$t_2, t_3$ ——夹层玻璃各单片玻璃的厚度(mm)。

2) 直接承受风荷载作用的夹层玻璃：

$$\omega_{ki} = 1.1 \omega_k \frac{t_i^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (i=2,3) \quad (10.2.10-3)$$

不直接承受风荷载的单片玻璃：

$$\omega_{k1} = \omega_k \frac{t_1^3}{\sum_{i=1}^3 t_i^3} \quad (10.2.10-4)$$

式中  $t_1$ ——中空单片玻璃的厚度(mm)；

$t_2, t_3$ ——夹层玻璃各单片玻璃的厚度(mm)。

**2** 地震作用标准值，根据各单片玻璃的自重，按照本规范 9.2 的规定计算。

**3** 三片玻璃可分别根据各自承受的荷载按本规范 10.2.6 条规定进行应力计算。

**4** 玻璃挠度可采用等效厚度法或根据三片玻璃各自承受的荷载按本规范第 10.2.7 条规定进行计算。

玻璃的等效厚度  $t_e$  可按下式计算：

$$t_e = 0.95 \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + t_3^3} \quad (10.2.10-5)$$

式中  $t_e$ ——中空单面夹层玻璃的等效厚度(mm)。

**5** 中空内外夹层玻璃可按本条原理推演。

**10.2.11** 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：

**1** 可采用非线性有限元方法计算跨中最大应力、孔边最大

应力和跨中最大挠度。

2 也可按公式 10.2.6~10.2.10 计算,但此处应注意:

式中  $a$  —— 支承点间玻璃面板长边边长(mm);

$m$  —— 弯矩系数,按表 10.2.11-1 采用;

$\mu$  —— 挠度系数,按表 10.2.11-2 采用;

$\eta$  —— 折减系数,按本规范表 10.2.6-2 采用,计算  $\theta$  时,此处公式中  $a$  的取长边边长;

$D$  —— 按照玻璃等效厚度计算玻璃面板刚度。

3 孔边最大应力设计值不应超过玻璃边缘强度设计值,跨中最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值,挠度不超过表 10.1.6 的限值。

表 10.2.11-1 四点支承玻璃板的弯矩系数  $m$

$\phi$	0.01	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
$\phi$	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: $\phi$ 为支承点之间的短边与长边边长之比。

表 10.2.11-2 四点支承玻璃板的挠度系数  $\mu$

$\phi$	0.01	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
$\mu$	0.01303	0.01317	0.01335	0.01367	0.01417	0.01451	0.01496	0.01555
$\phi$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
$\mu$	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363	0.02603	—

注: $\phi$ 为支承点之间的短边与长边边长之比。

10.2.12 非四点支承的点支承玻璃面板,其应力和挠度可采用



非线性有限元方法分析计算。

**10.2.13** 肋支承玻璃面板设计见本规范第 15 章。

## II 连接构造

**10.2.14** 明框支承玻璃面板应通过定位承托胶垫将玻璃重量传递给支承构件。胶垫数量不少于 2 块,厚度不小于 5mm,长度不小于 100mm,宽度与玻璃厚度相同,满足承载要求。

**10.2.15** 隐框或横向半隐框玻璃面板的承托件应验算强度和挠度。承托件局部受弯、受剪的有效长度不大于其上垫块长度的 2 倍,必要时可加长承托件和垫块。承托件可用铝合金或不锈钢板材。承托件尚应验算其支承处的连接强度。

**10.2.16** 明框幕墙的玻璃面板应嵌装在镶有弹性胶条的立柱、横梁的槽口内,或采用压板方式固定。胶条宜选用三元乙丙橡胶,胶条弹性应满足面板安装的压缩量。

**10.2.17** 单层玻璃、夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 10.2.17 的规定。最小配合尺寸见图 10.2.17,尺寸  $c$  应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形量。玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

**表 10.2.17 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
8~10	$\geq 4.5$	$\geq 16$	$\geq 5$	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。

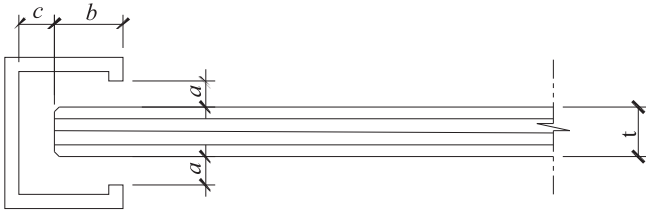


图 10.2.17 单层玻璃、夹层玻璃与槽口的配合尺寸示意图

**10.2.18** 中空玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 10.2.18 的规定。最小配合尺寸见图 10.2.18, 尺寸  $c$  应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形量。玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

**表 10.2.18 中空玻璃与槽口的配合尺寸(mm)**

厚度	$a$	$b$	$c$			检测方法
			下边	上边	侧边	
$6+d_a+6$	$\geq 5$	$\geq 17$	$\geq 7$	$\geq 5$	$\geq 5$	卡尺
$8+d_a+8$ 以上	$\geq 6$	$\geq 18$	$\geq 7$	$\geq 5$	$\geq 5$	卡尺

注: $d_a$ 为空气层厚度。

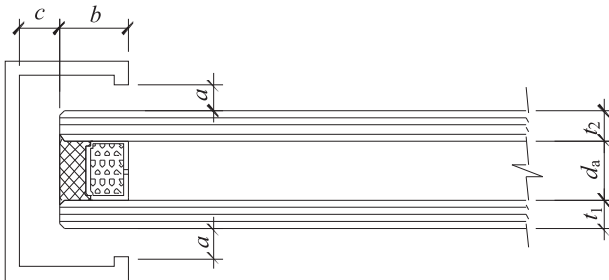


图 10.2.18 中空玻璃与槽口的配合尺寸示意图

**10.2.19** 隐框幕墙的玻璃面板,其周边应以结构密封胶与副框粘结,并用压板将玻璃面板固定于幕墙支承结构。压板、副框应经计算确定。压板间距宜为 300mm~400mm,螺栓强度应按螺栓连接方式验算。全隐框玻璃幕墙应有防玻璃脱落的构造措施。

**10.2.20** 隐框玻璃幕墙玻璃面板的结构胶宽度  $C_s$  和厚度  $t_s$  尺寸及配合尺寸见图 10.2.20-1 和图 10.2.20-2。隐框中空玻璃的结构胶宽度  $C_{s1}$  应按中空玻璃外片所受荷载计算确定。

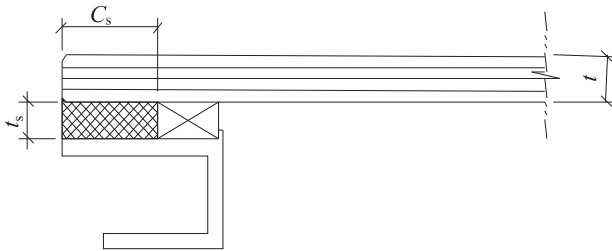


图 10.2.20-1 隐框单层玻璃、夹层玻璃组件配合尺寸示意图

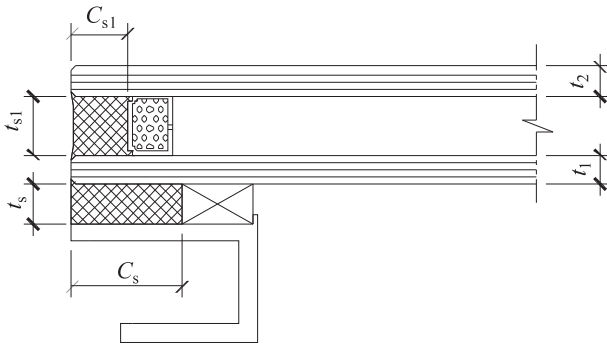


图 10.2.20-2 隐框中空玻璃组件配合尺寸示意图

**10.2.21** 全玻璃幕墙和点支承幕墙的面板设计见第 15、16 章。

## 10.3 金属面板

**10.3.1** 金属面板可采用金属平板、弧形金属板、压型金属板、异型金属板等板材形式。

**10.3.2** 金属面板可选用单层铝合金板、不锈钢板、搪瓷涂层钢板、铜合金板、锌合金板、钛合金板、彩色钢板等不同的材质。

### I 面板设计

**10.3.3** 面板的厚度应通过计算确定,弧形及异型板宜采用几何非线性的有限元方法计算确定。

**10.3.4** 单层铝合金板厚度应不小于 2.5mm,单层铜板厚度应不小于 2.0mm,单层不锈钢板应不小于 1.5mm,彩色钢板和合金板厚度应不小于 0.9mm。

**10.3.5** 面板可根据受力需要设置加劲肋。铝合金型材加劲肋壁厚应不小于 2.5mm,且不小于面板厚度。钢型材加劲肋壁厚应不小于 2.5mm。加劲肋应与面板可靠连结,并有防腐蚀措施。

**10.3.6** 四边支承面板弯曲应力计算:

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

$$\sigma_{wk} = \frac{6m\omega_k\alpha^2}{t^2} \quad (10.3.6-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek}\alpha^2}{t^2} \quad (10.3.6-2)$$

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(根据边界条件按本规范附录 C 表 C.0.1 采用)；  
 $t$  —— 面板厚度(mm)。

3 中肋支承线上的弯曲应力标准值,取板格两侧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,公式(10.3.6-1)和(10.3.6-2)计算的应力值可乘以折减系数  $\eta$ ( $\eta$  按表 10.3.6 采用)。

表 10.3.6 折减系数  $\eta$

$\theta$	5	10	20	40	60	80	100
$\eta$	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 10.3.6 中  $\theta$  按公式(10.3.6-3)计算:

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(w_k + 0.5q_{Ek})a^4}{Et^4} \quad (10.3.6-3)$$

- 式中  $w_k$  —— 作用于面板上的风荷载标准值(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>)；  
 $a$  —— 面板区格的短边边长(mm)；  
 $t$  —— 面板厚度(mm)；  
 $E$  —— 面板的弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)。

5 面板最大应力设计值按本规范 9.4 节的规定组合。最大应力设计值应不超过面板的强度设计值。

**10.3.7** 在组合荷载作用下,面板区格的跨中挠度可采用几何非线性有限元方法计算,也可按下列公式简化计算:

$$d_f = \frac{\mu \omega_k a^4}{D} \eta \quad (10.3.7-1)$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (10.3.7-2)$$

式中  $d_f$ ——挠度最大值(mm);

$\omega_k$ ——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(可近似按表 10.2.7 采用);

$D$ ——面板弯曲刚度(N·mm);

$\eta$ ——折减系数(按表 10.3.6 采用);

$\nu$ ——面板泊松比。

**10.3.8** 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 10.3.8)。板肋上作用的荷载按等弯矩原则简化为等效均布荷载。

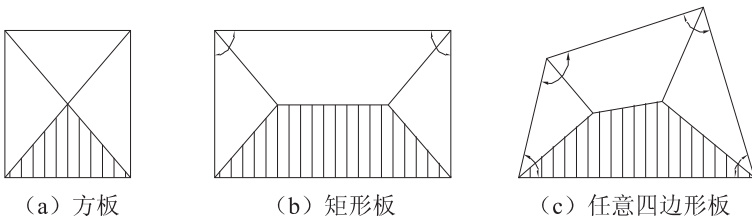


图 10.3.8 荷载分布图

**10.3.9** 四边支承面板的边肋截面尺寸可按构造要求设计计算。

单跨中肋按简支梁计算；多跨交叉肋按梁系计算，刚性连接可按本规范附录 D 的规定计算。

**10.3.10** 中肋应有足够的刚度。在组合荷载标准值作用下，铝合金中肋挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按中肋跨度的 1/180 采用，钢中肋挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按中肋跨度的 1/250 采用。

**10.3.11** 仅有立柱支承的面板，水平边肋挠度应按本规范第 12.4.4 条规定计算；仅有横梁支承的面板，垂直边肋挠度应按本规范第 12.5.5 条规定计算。

## II 连接构造

**10.3.12** 金属面板应沿周边用螺钉或挂钩固定于支承构件。螺钉直径应不小于 4mm，螺钉数量应由计算确定。挂钩应设置防噪音垫片并有防脱措施。

**10.3.13** 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 10mm。

**10.3.14** 面板板缝的规定：

1 注胶式板缝：板缝不应三面粘结，底部嵌垫泡沫条，泡沫条直径应大于接缝宽度 20%。硅酮建筑密封胶缝厚度宜不小于 3.5mm，宽度不小于厚度的 2 倍。与涂层接触的硅酮建筑密封胶应经粘结性试验，必要时加涂底漆。

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时，胶条在十字交叉处宜采用压敏粘接材料粘结。

3 开放式板缝：面板背部空间应保持通风，排水顺畅。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的防腐蚀措施。

## 10.4 石材面板

**10.4.1** 石材面板应选用花岗岩。如使用花岗岩以外的面板,须有应对环境侵蚀的措施,满足设计要求。石材面板对环境的放射性影响应符合相关规定。

### I 面板设计

**10.4.2** 花岗岩吸水率应不大于 0.6%,大理石不大于 0.5%。

**10.4.3** 花岗岩板材的弯曲强度应不小于  $8.0\text{N}/\text{mm}^2$ ,大理石不小于  $7.0\text{N}/\text{mm}^2$ ,其他石材不小于  $6.0\text{N}/\text{mm}^2$ 。由法定检测机构检测。

**10.4.4** 面板厚度应经强度计算确定。磨光面板厚度,花岗岩应不小于 25mm,火烧板厚度以计算厚度加 3mm;其他石材不小于 35mm。高层建筑、重要建筑及临街建筑立面,花岗岩面板厚度应不小于 30mm。花岗岩单块面板的面积宜不大于  $1.5\text{m}^2$ ,其他石材面板宜不大于  $1.0\text{m}^2$ 。

**10.4.5** 洞石面板影响结构安全的空洞应用同质材料填充密实。

**10.4.6** 面板应作六面防护处理。面板边缘宜经磨边和倒棱,倒棱宽度宜不小于 2mm。

**10.4.7** 水平悬挂、倾斜挂装或安装高度超过 80m 时,板块的连接和支承应予加强。水平悬挂、倾斜挂装及高层建筑的石材面板,板块应有防止石材碎裂坠落的可靠措施。

**10.4.8** 面板可用短槽、通槽、背栓等方式支承。板块的连接和支承,不应采用钢销、T 形连接件和角形倾斜连接件。

**10.4.9** 面板采用短槽支承、背栓支承连接时,应按四点支承板计算。两侧连接时(图 10.4.9),支承边的计算长度为两支承点的距离,非支承边的计算长度取边长。



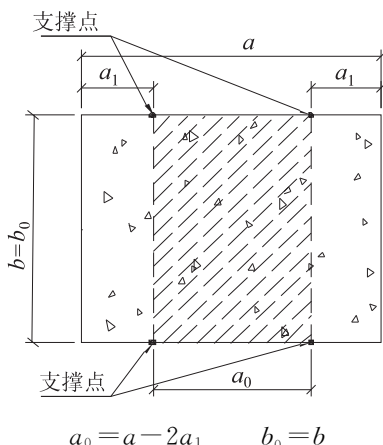


图 10.4.9 面板连接的计算边长  $a_0$ 、 $b_0$

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

**10.4.11** 面板采用四边通槽连接时,按四边简支板模型计算,计算边长为面板的边长。

**10.4.12** 面板抗弯设计应符合下列规定:

1 四点支承板最大弯曲应力标准值,按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = \frac{6m\omega_k b^2}{t^2} \quad (10.4.12-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b^2}{t^2} \quad (10.4.12-2)$$

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

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

$b$  —— 矩形面板长边计算边长 ( $\text{mm}$ );

$t$  —— 面板厚度(mm)；

$m$  —— 均布荷载作用下的最大弯矩系数(按本规范附录 C 表 C. 0. 2 采用)。

2 对边简支板最大弯曲应力标准值,按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = 0.75 \frac{\omega_k a^2}{t^2} \quad (10.4.12-3)$$

$$\sigma_{Ek} = 0.75 \frac{q_{Ek} a^2}{t^2} \quad (10.4.12-4)$$

式中  $\sigma_{wk}$ 、 $\sigma_{Ek}$  —— 风荷载、地震作用下最大应力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$\omega_k$ 、 $q_{Ek}$  —— 垂直于幕墙平面的风荷载、地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$a$  —— 面板计算跨度(mm)；

$t$  —— 面板厚度(mm)。

3 四边简支板最大弯曲应力标准值,按下列公式计算:

$$\sigma_{wk} = \frac{6m\omega_k a^2}{t^2} \quad (10.4.12-5)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2} \quad (10.4.12-6)$$

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

$\omega_k$ 、 $q_{Ek}$  —— 分别为垂直于幕墙平面的风荷载、地震作用标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$a$  —— 矩形面板短边边长(mm)；

$t$  —— 面板厚度(mm)；

$m$  —— 跨中弯矩系数,按表 10.4.12 采用。

表 10.4.12 四边简支面板的跨中弯矩系数( $\nu=0.125$ )

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

4 面板中最大弯曲应力标准值按本规范 9.4 的规定组合,所得的最大弯曲应力设计值应不超过石板的抗弯强度设计值。

#### 10.4.13 通槽支承面板的槽口抗弯设计:

1 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下,槽口处最大弯曲应力标准值,按下列公式计算:

$$\sigma_k = \frac{8q_k lh}{(t-c)^2} \quad (10.4.13-1)$$

式中  $\sigma_k$ ——槽口处最大弯曲应力标准值( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$q_k$ ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$l$ ——面板跨度( $\text{mm}$ );

$h$ ——槽口受力一侧深度( $\text{mm}$ );

$t$ ——面板厚度( $\text{mm}$ );

$c$ ——槽口宽度( $\text{mm}$ )。

2 由各种荷载作用在槽口处产生的弯曲应力标准值,按本规范 9.4 的规定组合。

3 面板槽口处最大弯曲应力设计值  $\sigma$  满足下列要求:

$$\sigma \leq 0.7f \quad (10.4.13-2)$$

式中  $\sigma$ ——槽口处面板最大弯曲应力设计值( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$f$ ——面板抗弯强度设计值( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),可按本规范第 3 章

采用。

#### 10.4.14 短槽和通槽面板抗剪设计：

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

两侧连接

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n(t-c)s} \beta \quad (10.4.14-1)$$

四侧连接

$$\tau_k = \frac{q_k (2b-a)a}{2n(t-c)s} \beta \quad (10.4.14-2)$$

式中  $\tau_k$ ——槽口处面板的剪应力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

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

$b, a$ ——面板长边及短边边长(mm)；

$c$ ——槽口宽度(mm)；

$s$ ——单个槽底总长度(mm)，矩形槽的槽底总长度  $s$  取槽长加上槽深的 2 倍；

$t$ ——面板厚度(mm)；

$n$ ——两侧连接的每边短槽数或四侧连接的长边短槽数；

$\beta$ ——应力调整系数(可按表 10.4.14 采用)。

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

$$\tau_k = \frac{q_k a}{t-c} \quad (10.4.14-3)$$

式中  $\tau_k$ ——槽口处面板的剪应力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

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

- $a$  —— 面板跨度(mm);  
 $c$  —— 槽口宽度(mm);  
 $t$  —— 面板厚度(mm)。

3 由各种载荷和作用产生的剪应力标准值按本规范 9.4 的规定组合,剪应力设计值应满足石材抗剪强度设计值。

表 10.4.14 应力调整系数

每块板短槽或背栓个数	4	8	12
$\beta$	1.25	1.3	1.35

10.4.15 背栓面板抗拉设计应符合下列规定:

1 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下,单个背栓螺栓所受拉力按下列公式计算:

背栓螺栓水平拉力标准值为

$$F_t = \frac{q_k \cdot a \cdot b \cdot \beta}{n} \quad (10.4.15-1)$$

式中  $F_t$  —— 背栓螺栓受到水平拉力标准值(N);

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

$b, a$  —— 面板长边及短边边长(mm);

$n$  —— 每块面板上背栓螺栓数量。

$\beta$  —— 应力调整系数,按表 10.4.14 采用。

2 各种荷载作用按本规范 9.4 的规定组合。

3 受拉时单个背栓螺栓承载力设计值  $R_t$  应通过荷载试验确定,材料强度系数取 2.5~3.0,所得设计值应不小于下列经验公式计算值。不满足时,材料强度系数应取 3.5。

$$R_t = \frac{17f_k^{0.6} \cdot h_v^{1.7}}{3.0} \quad (10.4.15-2)$$

式中  $f_k$ ——面板弯曲抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$h_v$ ——锚固深度(mm)。

4 背栓螺栓尚应按净面积验算抗拉承载力并满足强度要求。

#### 10.4.16 背栓面板抗剪设计要求：

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

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n\pi(d+t-h_v)(t-h_v)}\beta \quad (\text{正压时}) \quad (10.4.16-1)$$

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n\pi(d+h_v)h_v}\beta \quad (\text{负压时}) \quad (10.4.16-2)$$

式中  $\tau_k$ ——背栓螺栓处面板的剪应力标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$q_k$ ——风荷载  $w_k$  或垂直于板面方向地震作用  $q_{EK}$  标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$b, a$ ——面板长边及短边边长(mm)；

$d$ ——背栓螺栓孔直径(mm)；

$n$ ——单块面板上的背栓个数；

$h_v$ ——背栓螺栓切入孔深度(mm)；

$t$ ——面板厚度(mm)；

$\beta$ ——应力调整系数(可按表 10.4.14 采用)。

2 各种荷载作用按本规范 9.4 的规定组合。背栓螺栓处剪应力设计值应符合下列条件：

$$\tau \leq f \quad (10.4.16-3)$$

式中  $\tau$ ——面板背栓螺栓处剪应力设计值(N/mm<sup>2</sup>)；

$f$ ——面板抗剪强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)，可按本规范第 3 章的规定采用。

## II 连接构造

**10.4.17** 面板的连接构造可采用短槽、通槽、背栓支承,同一块面板上可以有不同的连接构造。

**10.4.18** 面板应根据材质、厚度、形状和所在位置等合理选择连接构造。

**10.4.19** 短槽设计规定:

1 挂件应经计算确定。不锈钢挂件厚度应不小于 3mm,铝合金挂件厚度应不小于 4mm。挂件长度应不小于 60mm。

2 挂件在面板内的实际插入深度应不小于挂件厚度的 5 倍,短槽长度应比挂件长度大 40mm 以上,宽度宜为挂件厚度加 3mm,深度宜为挂件插入深度加 3mm。槽口两侧板厚度均不小于 8mm。

3 短槽边缘到板端的距离应不小于板厚度 3 倍和不大于板支承边长的 0.2 倍。

4 面板挂装时,应在面板短槽内注入胶粘剂,胶粘剂应具有高机械性抵抗能力,充盈度应不小于 80%。

5 每个挂件的固定螺栓宜不少于 2 个。螺栓应为不锈钢,直径应不小于 5mm。

**10.4.20** 通槽设计规定:

1 挂件及其连接应经计算确定。不锈钢挂件厚度应不小于 3mm,铝合金挂件厚度应不小于 4mm。

2 挂件插入面板内的深度应不小于挂件厚度的 4 倍,且不小于 15mm。挂件长度为面板边长减去 30mm。槽深度应为挂件插入深度加 3mm。槽宽及槽两侧板材有效厚度与短槽要求相同。

3 挂件应采用不锈钢螺栓固定,螺栓数量和直径经计算确定,但每边不得少于 3 个,直径不小于 5mm。

4 面板挂装前应在槽内填嵌胶粘剂,胶粘剂应具有高机械性抵抗能力,充盈度应不小于 80%。

#### 10.4.21 背栓设计规定:

1 背栓连接可选择单切面背栓(图 10.4.21a)或双切面背栓(图 10.4.21b)构造形式。

2 背栓孔切入的有效深度宜为面板厚度的  $2/3$ ,且不小于 15mm。背栓孔离石板边缘净距不小于板厚的 5 倍,且不大于其支承边长 0.2 倍。孔底至板面的剩余厚度应不小于 8mm。

3 背栓螺栓埋装时,背栓孔内应注环氧胶粘剂。

4 背栓支承应有防松脱构造并有可调节余量。

5 背栓连结应采用不锈钢螺栓,直径应不小于 6mm,每个托板宜用 2 个连接螺栓。

6 单切面背栓连接时,面板与连接件的间隙应填充胶粘剂,胶粘剂应具有高机械性抵抗能力。

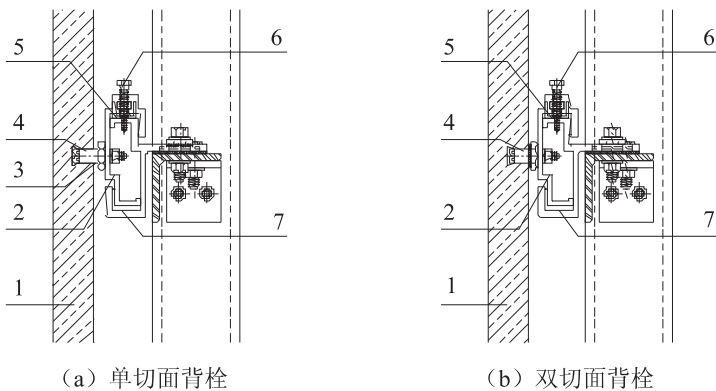


图 10.4.21 背栓支承构造

1—石材面板;2—铝合金挂件;3—注胶;4—背栓;5—限位块;  
6—调节螺栓;7—铝合金托板



## 10.5 人造面板

**10.5.1** 人造面板可选用微晶玻璃、瓷板、陶板、千思板、玻璃纤维增强水泥外墙板(GRC板)等多种材料。大面积使用时,人造面板的适用高度见表 10.5.1。

**表 10.5.1 建筑幕墙人造面板适用高度(m)**

材质	陶板	瓷板	微晶玻璃	GRC板	千思板
高度(≤)	80	60	70	60	30

### I 面板设计

**10.5.2** 人造面板应按针对该材质的规程,结合本规范相应要求设计。无该材质的规程时,可按本规范设计,必要时经专项技术论证。

**10.5.3** 面板设计采用四点支承时,可按四点支承板计算。

面板采用对边通槽连接时,可按对边简支板计算。

面板采用四边通槽或四边框接时,可按四边简支板计算。

抗弯设计和抗剪设计根据面板材质和支承形式,可按本规范 10.2~10.4 的条款计算,最大弯曲应力设计值不超过面材抗弯强度设计值,剪应力设计值不大于抗剪强度设计值。

**10.5.4** 曲面及异型面板可采用有限元方法计算。

**10.5.5** 面板与金属挂件缝隙所用的连接材料宜选用环氧胶粘剂,胶粘剂应符合《干挂石材幕墙用环氧胶粘剂》JC/T 887 的规定。

**10.5.6** 面板面积、厚度应符合表 10.5.6 规定。

表 10.5.6 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	$\geq 12$	$\geq 13$	$\leq 1.5$
	$\geq 15$		—
陶板	$\geq 12$		$\leq 1.5$
微晶玻璃板	$\geq 10$		—

### 10.5.7 面板的计算厚度:

1 微晶玻璃:背面平整时,按公称厚度(总厚度)采用;背面粗糙时,应减去背面粗糙层厚度。

2 陶板:表面平整时,按公称厚度(总厚度),并考虑板上孔洞的影响;表面有波纹或装饰凹凸时,应考虑表面凸起高度或者凹陷深度。

3 瓷板:表面平整时,按公称厚度(总厚度)减去背纹厚度采用;表面有波纹或者装饰性凹凸时,按公称厚度减去背纹厚度和表面凸起高度或凹陷深度采用。

4 千思板及 GRC 板:表面平整时,按公称厚度(总厚度)采用;表面有波纹或者装饰性凹凸时,应减去表面凸起高度或凹陷深度;背面粗糙时,减去背面粗糙层厚度。

10.5.8 安装高度超过表 10.5.1 的面板,或面板为水平悬挂时,各相应连接部位应予加强。水平悬挂面板应有防碎裂坠落措施。

## II 连接构造

10.5.9 连接构造应根据人造面板的材质、厚度、形状和所在部位合理选择。

**10.5.10** 微晶玻璃板的厚度应由计算确定。采用明框或隐框构造时,厚度应不小于 12mm。选择短槽、通槽和背栓连接时,厚度应不小于 20mm,并符合以下规定(图 10.5.10):

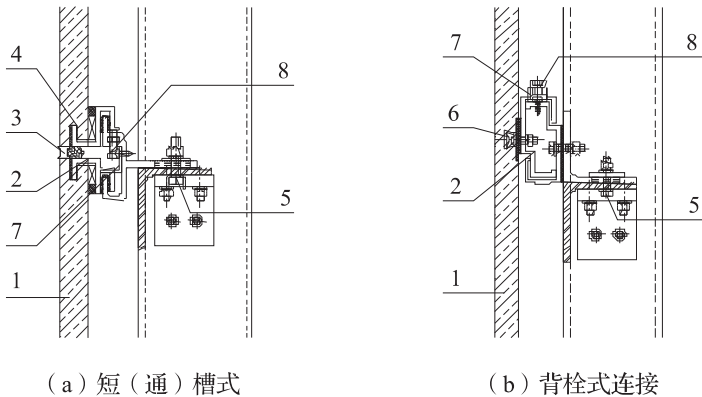


图 10.5.10 微晶玻璃连接构造图

1—微晶玻璃;2—铝合金挂件;3—密封胶;4—胶粘剂;5—螺栓;  
6—紧固背栓;7—限位块;8—调节螺栓

**1** 微晶玻璃用不锈钢挂件的厚度应不小于 3mm,铝合金挂件的厚度应不小于 4mm,短槽挂件的长度应不小于 60mm,铝型材表面应阳极氧化处理,每个挂件宜不少于两个固定螺栓。

**2** 短槽挂件外侧边与面板边缘的距离不小于板厚的 3 倍,且不小于 100mm。

**3** 微晶玻璃的槽口中心线宜位于面板计算厚度的中心。短槽长度为挂件长度加 40mm。槽宽为挂件厚度加 3mm,槽口两侧板厚度均不小于 8mm。

**4** 微晶玻璃挂件插入槽口的深度不小于 15mm,不大于 20mm。

**5** 挂件与面板间的空隙应填充胶粘剂,胶粘剂应具有高机

械性抵抗能力。

6 微晶玻璃采用背栓连接时,应采用专用钻头和打孔工艺。孔底至板面的剩余厚度应不小于 6mm。

7 背栓支承的铝合金型材连接件,截面厚度应不小于 2.5mm,并满足强度和刚度要求。背栓孔与面板边缘净距不小于板厚的 5 倍、且不大于支承边长 0.2 倍,并有防脱落、防滑移措施。

**10.5.11** 陶板的连接构造可选择短槽、通槽和背栓连接,并符合以下规定:

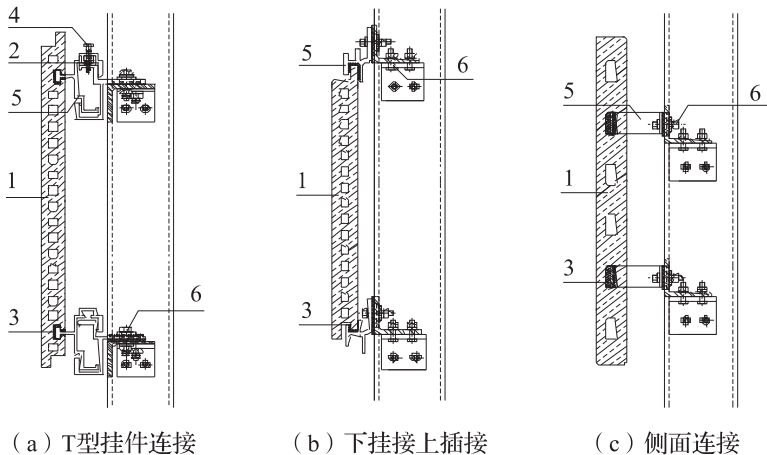


图 10.5.11 陶板连接构造示意图

1—陶板;2—限位块;3—胶粘剂;4—调节螺栓;5—铝合金挂件;  
6—紧固螺栓

1 安装陶板应使用配套的专用挂件,挂件的强度和刚度经计算确定。挂件长度应不小于 50mm,不锈钢挂件的厚度应不小于 2.0mm,铝合金型材挂件的厚度应不小于 2.5mm,铝合金型材表面应阳极氧化处理,挂件连接处宜设置弹性垫片。

2 挂件与面板的连接,不应使面板局部产生附加挤压应力。

3 陶板长度不宜大于 1.5m。采用侧面连接时,陶板长度宜不大于 0.9m。

4 挂件插入陶板槽口的深度应不小于 6mm,挂件中心线与面板边缘的距离宜为板长的 1/5,且应不小于 50mm。挂件与陶板的前后上下间隙应根据连接方式设置弹性垫片或填充胶粘剂,胶粘剂应具有高机械性抵抗能力。

5 陶板的横向接缝处宜留有 6mm~10mm 的安装缝隙,上下陶板不能直接相碰;竖向接缝处宜留有 4mm~8mm 的安装缝隙,内置胶条防止侧移。

6 挂件与支承构件的连接经计算确定。每块陶板的连接点不应少于 4 处,螺栓直径不小于 5mm。除侧面连接外,连接点间距宜不大于 600mm。

7 应考虑幕墙清洗设施对陶板的撞击。如无有效防撞措施,陶板及其他陶土部件宜有防碎裂坠落的措施。

8 采用背栓支承时,陶板实际厚度应不小于 15mm。

**10.5.12** 瓷板可选择短槽、通槽或背栓连接(图 10.5.12),并符合以下规定:

1 安装瓷板应使用专用挂件。采用槽式连接时,不锈钢挂件厚度应不小于 3mm,铝合金挂件厚度应不小于 4mm,铝型材表面应阳极氧化处理。短槽挂件的长度应不小于 50mm,每个挂件宜有 2 个螺栓固定。

2 短槽挂件外侧边与面板边缘的距离不小于板厚的 3 倍,且不小于 50mm。

3 通槽挂件外侧面与面板边缘的距离不小于板厚,且不大于 20mm。

4 瓷板的槽口中心线宜位于面板计算厚度的中心,槽口两侧板厚均不小于 5mm。

5 瓷板挂件插入槽口的深度不小于 10mm,不大于 15mm。槽宽应大于挂件厚度 2mm~3mm。

6 挂件与面板间的空隙应填充胶粘剂,胶粘剂应具有高机械性抵抗能力。

7 背栓支承铝合金型材连接件的截面厚度应不小于 2.5mm。

8 背栓支承应有防脱落措施。连接处瓷板有效厚度应不小于 15mm,背栓孔底与板面的净距离不小于 5mm;背栓孔与面板边缘净距应不小于 50mm,且不大于支承边长 0.2 倍。

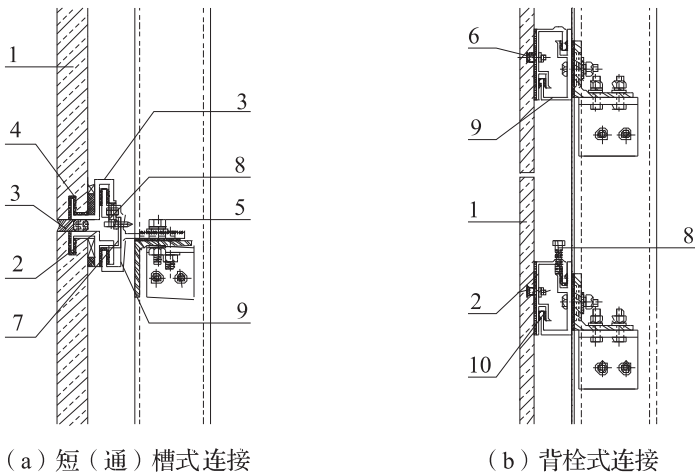


图 10.5.12 瓷板连接构造示意图

1—瓷板;2—铝合金挂件;3—密封胶;4—胶粘剂;5—紧固螺栓;

6—背栓;7—限位块;8—调节螺栓;9—铝合金托板;

10—柔性垫片

**10.5.13** 千思板可选择穿透式连接或后切螺栓连接(图 10.5.13),并符合以下要求:

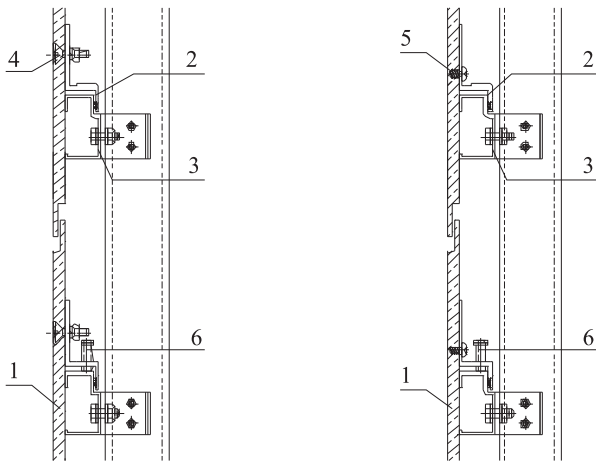
1 穿透式连接的千思板厚度应不小于 6mm,背栓连接的千思板厚度不小于 10mm。

2 穿透连接的千思板应采用不锈钢螺栓、螺钉固定,螺栓、螺钉的直径不小于 5mm。

3 连接点到板边缘的距离不小于 30mm,不大于 80mm 或板厚的 10 倍。

4 后切螺栓连接时,螺栓应采用不锈钢,直径不小于 5mm。孔深度宜比板厚小 3.5mm~4.0mm。

5 千思板的安装缝应满足板材变形要求。



(a) 穿透式连接

(b) 后切螺栓式连接

图 10.5.13 千思板连接构造示意图

1—千思板;2—铝合金挂件;3—铝合金托板;4—穿透螺栓;  
5—切口螺丝;6—调节螺栓

#### 10.5.14 玻璃纤维增强水泥板(GRC)面板构造(图 10.5.14):

1 根据受力要求设计锚固构造。锚固件应为圆钢或扁钢,制作时预埋,与板后钢架焊接。锚固件和板后钢架应作防腐蚀处理。

2 板后钢架可制成井格式,井格间距宜为 600mm~800mm。

3 面板的大小、形状根据立面分格设计确定。

4 面板与主体结构采用栓接或挂接,连接应满足构造和强度设计。

5 面板间接缝宽度宜不小于 8mm。

6 面板的强度设计应考虑运输过程的受力状况,运输过程应保护板块。

7 玻璃纤维增强水泥板有效厚度应不小于 10mm。

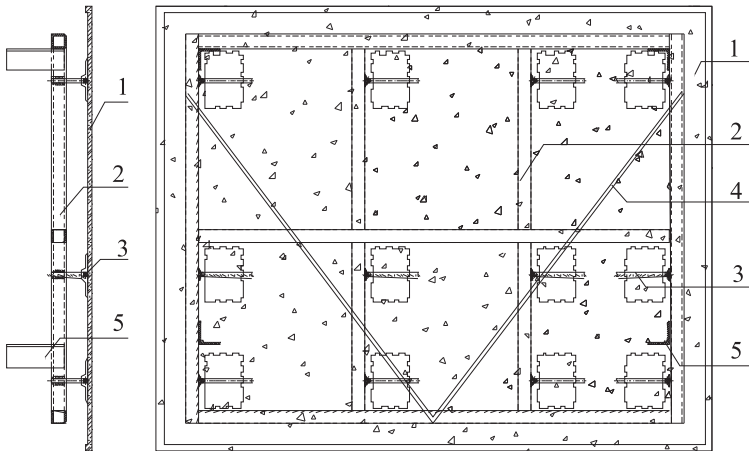


图 10.5.14 玻璃纤维增强水泥板连接

1—GRC板;2—钢框架;3—锚固件;4—重力支撑件;5—连接件

#### 10.5.15 人造面板的板缝形式可为注胶式、嵌条式或开放式。



若采用开放式,应有防腐蚀、防渗漏及导排水构造措施。

微晶玻璃、瓷板可采用注胶式、嵌条式或开放式。

陶板宜采用开放式,也可以采用注胶式或嵌条式。

千思板宜采用开放式。

**10.5.16** 人造面板背栓连接可按第 10.4.15~10.4.16 条规定计算。

## 10.6 复合面板

**10.6.1** 复合面板可选择铝塑复合板、金属复合板、铝蜂窝复合板、石材铝蜂窝复合板等。

### I 面板设计

**10.6.2** 复合板可采用加肋式、平板式、槽板式。

**10.6.3** 铝塑复合板可采用刻槽折边。刻槽不得触及面层铝板,刻槽后剩余的 PVC 层厚度应不小于 0.3mm,面板周边宜设置加强边框并封缝。

**10.6.4** 铝蜂窝板的面层厚度应不小于 1mm,背层厚度不小于 0.7mm,采用四周自然折边或镶框,蜂窝不应外露。

**10.6.5** 安装在转角处板边外露的蜂窝板应封边处理或用密封胶将外露蜂窝填嵌平整。蜂窝芯材不得外露。

**10.6.6** 石材蜂窝板应背层自然折边或镶框后封边。

**10.6.7** 石材蜂窝板的锚固螺栓应在工厂制作板材时埋入,不应现场埋设。粘结填嵌的材料必须与粘结体相容。

**10.6.8** 石材蜂窝板幕墙的接缝,应注硅酮密封胶。

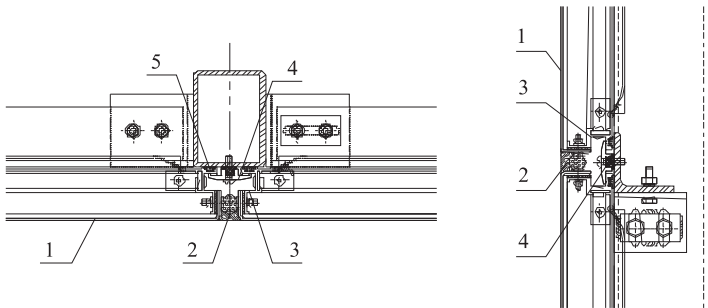
**10.6.9** 复合板可根据受力条件设置加劲肋。加劲肋可采用方管形、槽形或角形金属型材,加劲肋的壁厚应不小于 1.5mm。加劲肋应与面板和边肋可靠连结,并有防腐蚀措施。

10.6.10 复合面板弯曲应力可按本规范第 10.3.6 条计算。

10.6.11 复合面板挠度可按本规范 10.3.7 条计算。

## II 连接构造

10.6.12 铝塑复合板的连接采用挂件挂接、压板固定方式(图 10.6.12),并符合以下要求:



(a) 铝塑复合板横剖节点

(b) 铝塑复合板竖剖节点

图 10.6.12 铝塑板连接构造示意图

1—铝塑复合板;2—密封胶;3—铝合金副框;4—铝合金压板;5—胶条

1 铝塑复合板与主体结构间应留空气层。空气层最小处应不小于 20mm。保温层与铝塑复合板结合时,保温层与主体结构间的距离应不小于 50mm。

2 铝塑复合板与支承结构间的连接,可采用螺栓、螺钉固定,连接强度应满足设计要求。

3 铝塑复合板接缝宽度宜不小于 10mm。板缝注硅酮建筑密封胶时,底部填充泡沫条,胶缝厚度不小于 3.5mm,宽度不小于厚度的 2 倍。

4 板缝为开放式时,铝塑复合板宜采用压条封边或板边镶框。

5 嵌条式板缝的密封条与板缝的接触应紧密,胶条纵横交叉处应可靠密封。

10.6.13 铝蜂窝板可选用吊挂式、扣压式等连接方式(图 10.6.13-1、图 10.6.13-2),并符合以下要求:

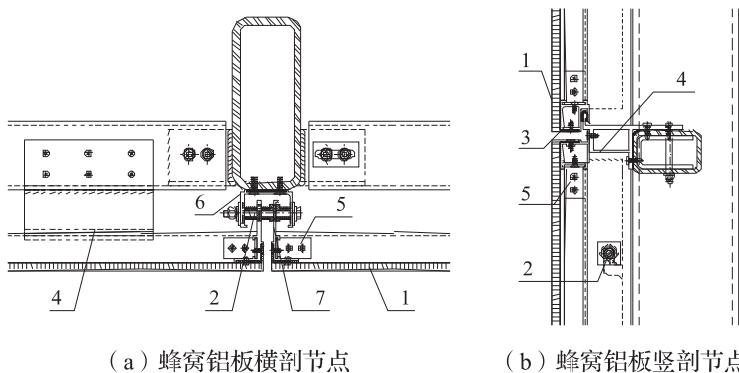


图 10.6.13-1 吊挂式蜂窝铝板连接构造示意图

1—蜂窝铝板;2—挂接螺栓;3—铝合金副框;4—铝合金托板;  
5—铝合金角码;6—槽铝;7—挂码

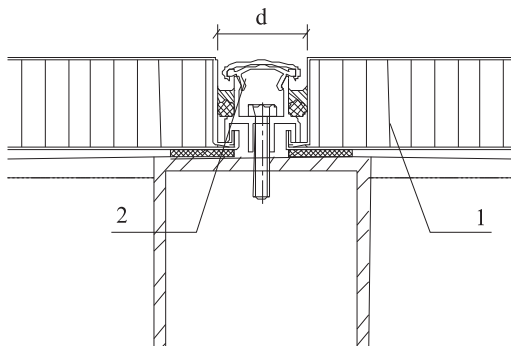


图 10.6.13-2 扣压式蜂窝铝板连接构造示意图

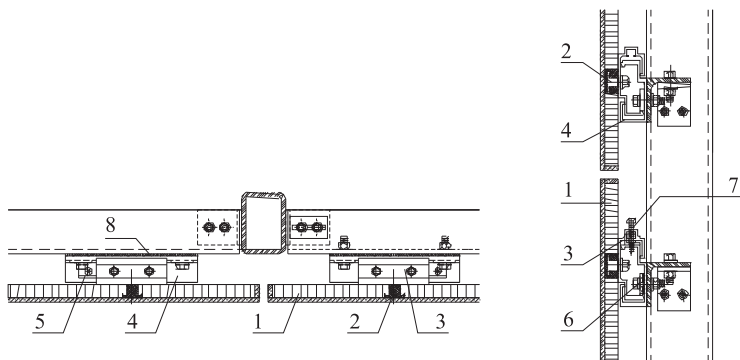
1—蜂窝铝板;2—扣板; $d$ —板缝宽度

1 板缝宽度应满足计算要求。吊挂式蜂窝铝板板缝宽度宜不小于 10mm,扣压式蜂窝铝板板缝宽度不小于 25mm;

2 连接强度应满足计算要求。

3 四周封边,芯材不得暴露。

**10.6.14** 石材蜂窝板应采用专用金属挂件固定在支承结构上,连接构造见图 10.6.14。



(a) 石材蜂窝板横剖节点

(b) 石材蜂窝板竖剖节点

图 10.6.14 石材蜂窝板连接构造示意图

1—石材蜂窝板;2—预置连接件;3—挂件;4—托件;5—限位块;

6—防滑垫;7—调节螺栓;8—隔离垫片

**10.6.15** 封闭式石材蜂窝板幕墙,板缝注胶要求见本规范第 10.6.12 条第 3 款。

**10.6.16** 幕墙构件的连接部位,应采取防止产生摩擦噪声的措施。

**10.6.17** 不同金属材料接触处应设置耐蚀胶垫等绝缘片。

# 11 幕墙开启窗

## 11.1 一般规定

**11.1.1** 幕墙开启窗布置和面积应按建筑设计和通风要求确定,开启窗面积不满足要求时,应设通风换气装置。超高层建筑不宜设置开启窗。

**11.1.2** 幕墙开启窗可采用上悬窗、内倒下悬窗等开启形式,开启角度不大于  $30^\circ$ ,开启距离不大于 300mm,开启扇面积不应大于  $1.8\text{m}^2$ 。

**11.1.3** 高层建筑不应采用外平开窗、平行平推窗及外倒下悬窗。特殊情况下使用此类窗时,应在构造上有可靠的窗扇防脱落措施。

**11.1.4** 幕墙开启窗与幕墙框架的连接部位宜有隔热措施。

**11.1.5** 幕墙开启窗配套用执手应符合《建筑门窗五金件 传动机构用执手》JG/T 124 的规定。开启扇对角线大于 0.7m 时,不得使用旋压执手。

**11.1.6** 开启窗周边缝隙应采用三元乙丙橡胶或硅橡胶密封条密封,胶条邵氏硬度宜不大于 50。

**11.1.7** 幕墙开启窗与型材构架的连接宜采用搭接形式,搭接处应密封处理。

**11.1.8** 幕墙开启窗采用电动开启时,应设置自动锁闭装置。

## 11.2 开启窗构造

**11.2.1** 开启窗构造设计宜符合雨幕原理,窗框型材内外高差不宜小于 50mm。对容易渗入雨水或形成冷凝水的部位,在构造上应有导排水措施。

**11.2.2** 开启窗的框、扇、角的组合连接,接缝宜采用细缝密封胶或薄橡胶垫片等填充材料密封。

**11.2.3** 幕墙开启窗的窗扇与窗框的连接件(合页)采用螺钉直接固定时,型材孔壁的局部厚度不应小于螺钉的公称直径。不满足上述条件时,应增加不锈钢材质的垫衬片,并攻丝对夹,紧固定位。外露螺钉头与型材的结合应有密封措施。

**11.2.4** 幕墙开启窗的滑撑应符合《建筑门窗五金件 滑撑》JG/T 127 的规定,并按开启窗自重确定规格,长度宜不小于窗扇高度的 1/3。

**11.2.5** 上悬窗采用悬挂式连接时,应有防脱落措施。被悬挂的上横梁应校核自重作用下的挠度,挠度值应不大于跨度的 1/500,且不大于 3mm。

**11.2.6** 当开启扇面积大于  $1.5\text{m}^2$ 、滑撑长度小于所在边框长度的 1/2 时,应设置限位撑挡。撑挡应符合《建筑门窗五金件 撑挡》JG/T 128 的规定,并两侧对称配置。

**11.2.7** 开启窗面积大于  $1.0\text{m}^2$  时应设置多点锁。多点锁应符合《建筑门窗五金件 多点锁闭器》JG/T 215 的规定,锁点可根据计算确定,锁点距离宜不大于 500mm。

**11.2.8** 开启窗宜采用隔热型材。五金件应安装在隔热条内侧的框、扇型材上,并有防松脱措施。

**11.2.9** 开启窗玻璃采用隐框形式安装时,中空玻璃的第二道密

封应使用硅酮结构密封胶,结构胶宽度经计算确定。

### 11.3 采光顶窗构造

**11.3.1** 采光顶窗的防渗漏及排水设计可从构造上采用分流或疏导方式。

**11.3.2** 采光顶窗玻璃最高点离楼地面高度大于 3m 时,应采用夹层玻璃。如使用中空玻璃,其内片应为夹层玻璃。

**11.3.3** 采光顶窗的连接应牢固、安全,启闭灵活。

## 12 构件式幕墙

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 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主体结构上。构件式幕墙框架及其连接件,可采用铝合金或钢结构。构件式幕墙宜采用分层式悬挂体系。

**12.1.2** 构件式幕墙设计应安全可靠并符合建筑立面、使用功能、运输管理等要求。幕墙构件应便于制作、安装、维护及更换。幕墙构造对雨水及冷凝水应有疏导引流措施。

**12.1.3** 幕墙与主体结构连接的预埋件,应在主体结构施工时埋设。埋件位置、防雷接地等,应符合设计规定。

**12.1.4** 幕墙立柱和主体结构的连接构造,应有适当的平面内和平面外调整措施。构件的连接应对称布置,连接构造应有防松、防滑措施。采用挂接或插接时应有防脱落、防滑动措施。

**12.1.5** 构件式明框幕墙固定玻璃的压板应连续条形配置,压板与幕墙框架采用螺钉连接。紧固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。装饰条、扣板与压板间如扣合连接,其构造应安全可靠,必要时可采用机械连接。

**12.1.6** 幕墙的开启窗应符合本规范第 11 章规定。

**12.1.7** 幕墙面板与横梁、立柱的连接,应满足面板平面和支承结构间相对位移的要求。

**12.1.8** 构件式幕墙的强度和构造设计,应满足各部位的荷载



变化。

12.1.9 构件式幕墙可以采用立柱式或横梁式构造。

## 12.2 横梁构造设计

12.2.1 横梁截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

1 截面自由挑出部位(图 12.2.1a)和双侧加劲部位(图 12.2.1b)的宽厚比  $b_0/t$  应满足表 12.2.1 的要求或符合《铝合金结构设计规范》GB 50429 及《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

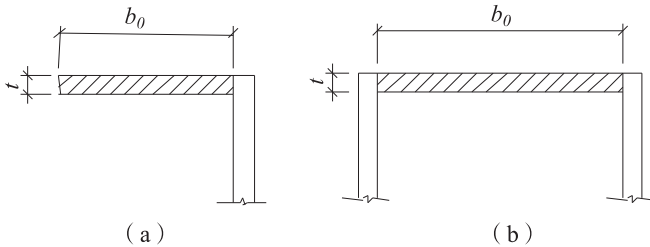


图 12.2.1 横梁截面部位示意

表 12.2.1 横梁截面宽厚比  $b_0/t$  限值

截面部位	铝 型 材				钢 型 材	
	6060-T5 6063-T5 6463-T5 6463A-T5	6060-T6 6463-T6 6463A-T6 6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6005-T5 6005-T6 6061-T6	Q235	Q345
自由挑出	17	15	13	12	15	12
双侧加劲	50	45	40	35	40	33

注：表中数值为上限。

2 当横梁跨度不大于 1.2m 时，铝合金型材截面主要受力部

位的厚度应不小于 2.0mm；当横梁跨度大于 1.2m 时，其截面主要受力部位的厚度应不小于 2.5mm。

**3** 钢型材截面主要受力部位的厚度应不小于 3.0mm。

**12.2.2** 铝合金型材表面处理应符合本规范第 3.3.3 条规定。钢型材宜采用耐候钢，碳素钢型材应热浸镀锌或采取其它有效的防腐蚀措施。处于潮湿或腐蚀条件下的钢型材，可按计算厚度增加 1.0mm 为设计厚度。

**12.2.3** 横梁截面形式和尺寸，可根据横梁受幕墙平面内的弯矩、剪力和平面外的弯矩、剪力、扭矩及幕墙构造经计算确定。

**12.2.4** 横梁与立柱的连接应能承受垂直于幕墙平面的水平力，幕墙平面内的垂直力及绕横梁水平轴的扭转力矩。

**12.2.5** 横梁与立柱采用角码和紧固件连接时，角码壁厚应不小于被连接横梁和立柱中较大者的壁厚，且不小于 3mm。每个连接点的螺钉或螺栓应不少于 2 个，横梁为开口型材时宜不少于 3 个。螺钉或螺栓直径应不小于 5mm。不应采用沉头、半沉头螺钉或螺栓。

**12.2.6** 横梁与立柱间应有 1.5mm~2.0mm 间隙，满足变形伸缩要求，缝隙可用柔性专用垫片或注密封胶。

**12.2.7** 钢结构横梁与立柱采用焊接时，横梁每间隔 6m 应设一伸缩自由端，该节点纵向应能自由滑动，并符合强度要求。同一区段内横梁和立柱的连接构造应一致。

**12.2.8** 隔热型材中的隔热体不应承受或传递荷载。应采用可靠的连接构造，将隔热体外的荷载传至隔热体内侧的受力构件上。

**12.2.9** 螺钉直接与横梁截面连接时，横梁截面连接处的壁厚应经强度验算，必要时可局部加厚。壁厚小于螺钉直径时，应校核螺纹受力，并有防松脱措施。

## 12.3 立柱构造设计

**12.3.1** 幕墙立柱除传递荷载外,应能适应主体结构的变形。

**12.3.2** 立柱宜采用上端悬挂方式。如主体结构的墙或梁具有支承条件时,可采用层内长短双跨连续梁形式,长短跨比宜不大于10。立柱下端支承时,应作压弯构件设计。

**12.3.3** 立柱的支点应置于主体结构允许受力的部位。如需在主体结构非受力构造部位设支点时,应采取必要的结构处理。

**12.3.4** 立柱与主体结构的连接件应有足够的承载力。铝合金连接件材料厚度应不小于8mm,钢连接件材料厚度应不小于6mm。每一连接处的螺栓应不少于2个,螺栓直径不小于10mm。采用焊接时,应标注焊接要求。

**12.3.5** 幕墙上、下立柱的连接构造应结合紧密,满足荷载传递,适应节间变形。上下立柱间应设置不小于15mm的缝隙,立柱接缝宜封闭防水。幕墙立柱上终端外露型材腔口应封闭。

**12.3.6** 幕墙上下立柱的连接插芯可采用与立柱相同的材质。插芯一端与立柱固定连接,另一端应能滑动伸缩。插芯单端与立柱的结合长度应不小于型材长边边长,且不小于120mm。插芯应有足够的刚度,壁厚应不小于立柱的壁厚。

**12.3.7** 立柱截面主要受力部位的厚度,应符合下列规定:

1 铝型材截面开口部位的厚度应不小于3.0mm,闭口部位的厚度应不小于2.5mm;

2 钢型材截面主要受力部位的厚度应不小于3.0mm;

3 偏心受压立柱的截面宽厚比应符合本规范第12.2.1条的相应规定。

**12.3.8** 钢铝组合截面立柱构造:

1 构件式幕墙立柱可以采用铝、钢或其组合型材料。采用钢铝组合截面时,两种材料接触部位应做好防腐蚀隔离,对钢铝温度膨胀系数的差异应做好构造处理。

2 钢铝组合截面尺寸应按结构强度计算确定。铝材不参与共同受力的组合截面,铝材截面尺寸应符合制作和构造的最小要求,其与相邻构件连接时,应符合局部连接的构造和强度要求。铝材参与共同受力的强度补偿型组合截面,除应符合上述要求外,截面强度按 12.5.7 条规定计算。

3 钢铝组合截面在保证钢铝两种材料隔离的工作状态下,可全长度接触或多点式接触。组合截面的组合构造应考虑隔离材料于装配过程中不被损坏或移位。

**12.3.9** 螺钉直接与立柱截面连接时,立柱截面连接处的壁厚应经强度验算,必要时可局部加厚。壁厚小于螺钉直径时,应校核螺纹受力,并有防松脱措施。

**12.3.10** 立柱采用隔热型材时,立柱隔热条外侧受力和荷载传递应符合 12.2.8 条规定。

**12.3.11** 立柱铝型材的表面处理和钢型材的要求应符合 12.2.2 条规定。

**12.3.12** 多跨铰接梁弯矩、挠度及支座反力系数可按附录 E 取用。

## 12.4 横梁结构设计

**12.4.1** 横梁的截面尺寸应根据面板作用在横梁上的荷载和横梁不同支承状况产生的弯矩、剪力和扭矩计算确定。

**12.4.2** 非对称截面横梁应按斜弯曲或弯扭构件计算。对称截面横梁受弯承载力可按下列公式计算:

$$\frac{M_x}{\gamma W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma W_{ny}} \leq f \quad (12.4.2)$$

式中  $M_x$ ——横梁绕截面  $x$  轴(平行于幕墙平面方向)的弯矩设计值(N·mm);

$M_y$ ——横梁绕截面  $y$  轴(垂直于幕墙平面方向)的弯矩设计值(N·mm);

$W_{nx}$ ——横梁截面绕截面  $x$  轴(幕墙平面内方向)的净截面抵抗矩(mm<sup>3</sup>);

$W_{ny}$ ——横梁截面绕截面  $y$  轴(垂直于幕墙平面方向)的净截面抵抗矩(mm<sup>3</sup>);

$\gamma$ ——塑性发展系数,弱硬化铝型材取 1.0,强硬化铝型材和钢可取 1.05;

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

**12.4.3** 横梁截面受剪承载力应符合下式要求:

$$\frac{V_y S_x}{I_x t_x} \leq f \quad (12.4.3-1)$$

$$\frac{V_x S_y}{I_y t_y} \leq f \quad (12.4.3-2)$$

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);

$S_x$ ——横梁截面绕  $x$  轴的毛截面面积矩(mm<sup>3</sup>);

$S_y$ ——横梁截面绕  $y$  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  $f_a$  或  $f_s$ (N/mm<sup>2</sup>)。

**12.4.4** 在风荷载或重力荷载作用下,横梁的挠度限值  $d_{f,lim}$  宜按下列规定采用:

铝合金型材

$$d_{f,lim} = l/180 \quad (12.4.4-1)$$

钢型材

$$d_{f,lim} = l/250 \quad (12.4.4-2)$$

式中  $l$  —— 横梁的跨度(mm)。

当有扭矩作用时还应考虑扭转作用产生的变形。在自重标准值作用下,局部相对挠度尚应满足 GB/T 21086 规定的  $d_{f,lim}$  不大于  $l/500$  且不大于 3mm 的要求。

**12.4.5** 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:

$$\sqrt{\left(\frac{S_V}{V_S}\right)^2 + \left(\frac{S_N}{N_S}\right)^2} \leq 1 \quad (12.4.5)$$

式中  $S_V$  —— 单个螺栓、螺钉、铆钉的计算剪力值;

$S_N$  —— 单个螺栓、螺钉、铆钉的计算轴力值;

$V_S$  —— 单个螺栓、螺钉、铆钉只承受剪力的承载力设计值;

$N_S$  —— 单个螺栓、螺钉、铆钉只承受轴力的承载力设计值。

螺栓、螺钉、铆钉与型材连接时尚应验算型材本体的抗剪、局部承压的连接强度,并满足相应要求。

## 12.5 立柱结构设计

**12.5.1** 应根据立柱的实际受力和支承条件,分别按单跨梁、双跨梁或多跨梁计算由自重、风荷载和地震作用产生的弯矩、扭矩和剪力,并按其支承条件计算轴向力。

**12.5.2** 承受轴向拉力和弯矩作用的立柱,其承载力应符合下式

要求:

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{\gamma W_n} \leq f \quad (12.5.2)$$

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抵抗矩(mm<sup>3</sup>);

$\gamma$  —— 截面塑性发展系数, 弱硬化铝型材取 1.0, 强硬化铝型材和钢可取 1.05;

$f$  —— 型材的截面强度设计值  $f_a$  或  $f_s$  (N/mm<sup>2</sup>)。

**12.5.3** 承受轴压力和弯矩作用的立柱, 其在弯矩平面内的稳定性应符合下式要求:

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{\gamma W(1-0.8N/N_E)} \leq f \quad (12.5.3-1)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{1.1\lambda^2} \quad (12.5.3-2)$$

$$\lambda = l/i \quad (12.5.3-3)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (12.5.3-4)$$

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 12.5.3 采用;

$A$  —— 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；

$l$  —— 计算长度(mm)，两端简支  $l=L$ ，一端简支一端固结  $l=0.7L$ ，两端固结  $l=0.5L$ ，悬臂式立柱  $l=2L$ ， $L$  为立柱支承长度；

$i$  —— 核心半径(mm)；

$\gamma$  —— 截面塑性发展系数，弱硬化铝型材取 1.0，强硬化铝型材和钢可取 1.05；

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

$I$  —— 截面惯性矩(mm<sup>4</sup>)。

**表 12.5.3 轴心受压柱的稳定系数  $\varphi$**

长细比 $\lambda$	铝 型 材			钢 型 材	
	6060-T5 6463-T5 6063-T5	6060-T6 6463-T6 6463A-T6 6063-T6 6063A-T5 6063A-T6	6061-T6 6005-T5 6005-T6	Q235	Q345
20	0.98	0.96	0.92	0.97	0.96
40	0.88	0.84	0.80	0.90	0.88
60	0.81	0.75	0.71	0.81	0.73
80	0.70	0.58	0.48	0.69	0.58
90	0.63	0.48	0.40	0.62	0.50
100	0.56	0.38	0.32	0.56	0.43
110	0.49	0.34	0.26	0.49	0.37
120	0.41	0.30	0.22	0.44	0.32
130	0.33	0.26	0.19	0.39	0.28
140	0.29	0.22	0.16	0.35	0.25
150	0.24	0.19	0.14	0.31	0.21

**12.5.4** 承受轴压力和弯矩作用的立柱，其长细比  $\lambda$  应不大于 150。

**12.5.5** 在风荷载标准值作用下，立柱相对挠度限值  $d_{r,lim}$  宜按下列规定采用：



铝合金型材

$$d_{f,\text{lim}} = l/180 \quad (12.5.5-1)$$

钢型材

$$d_{f,\text{lim}} = l/250 \quad (12.5.5-2)$$

式中  $l$  —— 支点间的距离(mm),悬臂构件可取挑出长度的2倍。

**12.5.6** 斜幕墙立柱应按立柱的实际受力状况验算承载力和变形。

**12.5.7** 钢铝组合截面立柱设计:

1 钢铝组合截面中,不参与组合截面共同工作的铝材部分,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,分别按下式计算:

$$q_{al} = \frac{I_{al}E_{al}}{I_{al}E_{al} + I_sE_s} \cdot q \cdot \gamma_F \quad (12.5.7-1)$$

$$q_s = \frac{I_sE_s}{I_{al}E_{al} + I_sE_s} \cdot q \quad (12.5.7-2)$$

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>);

$\gamma_F$  —— 调正系数取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  $l/250$ 。

**12.5.8** 在建筑物平面转角或突变处的立柱,应考虑最不利荷载和作用的组合,对立柱截面最小抵抗矩和最小惯性矩方向作补充验算和校核,满足相应极限状态的要求。

## 13 单元式幕墙

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 根据建筑类别,选择单元式幕墙类型。幕墙结构与构造形式应安全可靠,便于安装和维修。

**13.1.2** 幕墙单元板块及相配套的装置和部件应在工厂内加工并完成组装。非受力的装饰构件或受到运输等因素制约时,可在现场完成组装。

**13.1.3** 单元式幕墙防火和防雷,应符合本规范第7章和第8章的规定。层间防火封堵和防雷电气通路,宜与单元板块安装同步施工。

### 13.2 构造设计

**13.2.1** 单元式幕墙组件的插接部位、对接部位以及开启部位,应按等压腔和雨幕原理进行构造设计。单元构件宜选用有2个或2个以上腔体的型材。单元组合后的左、右立柱腔体中,前腔的水不应排入顶、底横梁组件腔体的后腔内。

**13.2.2** 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。水平构件腹板面上不宜开导排水孔。内排水方式宜采用同层排水。

**13.2.3** 单元式幕墙板块间的对插部位,铝型材应有导插构造。对插时不应出现铝合金型材上配置的密封胶条错位带出或造成损坏等现象。

**13.2.4** 单元式幕墙的插接接缝设计:

1 单元部位之间应有一定的搭接长度,立柱的搭接长度应不小于 10mm,且能协调温度及地震作用下的位移;顶、底横梁的搭接长度应不小于 15mm,且能协调温度及地震作用下的位移。单元板块宽度大于 3m 时的左右立柱搭接长度、单元板块高度大于 5m 时的顶底横梁的搭接长度,可按公式 13.2.4-1 计算,但应不小于本条规定的最小值(图 13.2.4-1)。

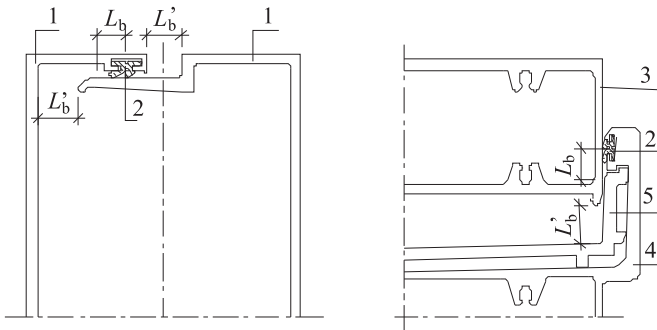


图 13.2.4-1 搭接长度计算示意图

1—立柱;2—密封胶条;3—底横梁;4—顶横梁;5—铝合金过桥型材  
(搭接长度  $L_b$  为密封胶条中心至导插构造端点的距离,  $L'_b$  为有效间隙)

$$L_b \geq ab\Delta t + d_C + d_E \quad (13.2.4-1)$$

式中  $L_b$ ——搭接长度(mm);

$a$ ——立柱或横梁的线膨胀系数(1/K);

$b$ ——计算方向立柱或横梁的长度(mm);

$\Delta t$ ——幕墙的年温度变化(K);

$d_C$ ——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),可取 2mm。

2 对插构件间的有效间隙  $L'_b$  应大于  $L_b$ 。

3 超高层建筑幕墙,  $L'_b$  应考虑主体结构的层间压缩量。

4 当主体结构梁的跨度较大时,  $L'_b$  应考虑幕墙安装后结构梁的后续变形。

5 过桥型材与顶横梁间应有一定的间隙并用硅酮密封胶密封, 间隙  $C_b$  和  $C'_b$  可按公式 13.2.4-2 计算, 且  $C_b$  应不小于 5mm,  $C'_b$  应不小于 3mm(图 13.2.4-2)。

$$(C_b, C'_b) \geq \frac{\alpha b \Delta t + d_E}{n \sqrt{\delta(2 + \delta)}} \quad (13.2.4-2)$$

式中  $C_b, C'_b$  —— 过桥型材与顶横梁间的间隙(mm);

$\alpha$  —— 顶横梁的线膨胀系数(1/K);

$b$  —— 单元板块的分格宽度(mm);

$\Delta t$  —— 幕墙的年温度变化(K);

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

$n$  —— 过桥型材两端均可伸缩取 2, 只有一端可伸缩取 1;

$\delta$  —— 硅酮密封胶允许的变位承受能力。

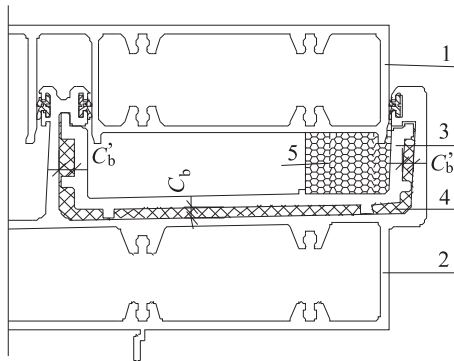


图 13.2.4-2 过桥型材与横梁配合示意图

1—底横梁; 2—顶横梁; 3—过桥型材; 4—硅酮密封胶; 5—闭孔海绵

6 相邻四片单元板块纵、横缝相交处,端部应使用硅酮密封胶封口,防止雨水渗漏。

7 相邻四片单元板块纵、横缝相交处靠室内侧,宜在型材内采用不透气不透水的柔性材料封堵,柔性材料的可压缩量应能满足单元板块的位移要求。

### 13.2.5 单元式幕墙的对接接缝设计:

1 相邻单元板块间的可变形量应符合式 13.2.4-1 的要求。

2 靠近室内侧的最后一道密封条的可压缩量应大于按式 13.2.4-1 计算结果的 1.5 倍。密封条在最小压缩量状态下的弹性应能满足气密性的要求。

3 对接型相邻板块的横梁、立柱,宜选用能控制横梁、立柱错位变形的对插构件或构造措施,并校核对插构件和节点的强度和刚度。靠近室内侧的最后一道密封条的搭接宽度  $l_w$  应大于左、右立柱在不同荷载作用下的变形差(图 13.2.5)。

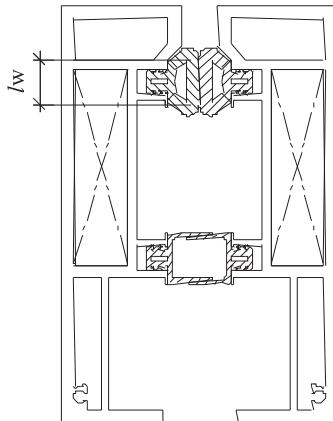


图 13.2.5 对接型密封胶条的搭接宽度

4 单元部件四周的密封胶条应周圈闭合,四个角部应密封。

5 相邻四片单元板块相交处,端部应采取防渗漏密封胶封口措施。

**13.2.6** 变形缝处单元板的接缝设计应能满足变形缝变形的构造要求,同一单元板块与主体结构的连接点应位于变形缝的同侧。

**13.2.7** 单元式幕墙框架构件连接处和螺钉、螺栓部位应有防水渗漏和防松脱措施,工艺孔应有防水构造。

**13.2.8** 单元式幕墙的通气孔和排水孔宜采用透水材料封堵。通气孔宜采用直径不小于 8mm 的圆孔,排水孔宜采用不小于 12mm×40mm 的椭圆孔。

**13.2.9** 单元板块的吊装孔不应损伤幕墙单元板块的防水系统。

**13.2.10** 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。可增加配置或选用与单元式幕墙相同系列的型材作收口、收边构件,并采取密闭封堵措施。

**13.2.11** 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。

**13.2.12** 隐框玻璃幕墙的单元板块上,玻璃周边应有护边构造。采用刚性护边时,玻璃与护边构件的间隙宜不小于 5mm。

**13.2.13** 明框幕墙用密封胶条固定玻璃时,玻璃四周与框之间应设置柔性垫块,垫块长度应不小于 100mm,每边不少于 2 块。垫块与框之间应有可靠的固定连接。

**13.2.14** 单元板块与主体结构的连接部位,应有防止板块滑动和脱落的措施。各连接件或转接件均能承受最不利荷载及作用,并满足构造要求。

**13.2.15** 单元板块间的过桥型材长度宜不小于 150mm。过桥型

材宜设置成一端铰接固定,另一端可滑动的连接形式,并使用硅酮密封胶密封。

**13.2.16** 隐框单元式幕墙宜有防积尘构造措施。

### 13.3 结构设计

**13.3.1** 单元式幕墙横梁与立柱的结构可按本规范第12章的规定计算。立柱截面为开口型材时尚应按13.3.4和13.3.5的要求选择和计算。

**13.3.2** 单元间采用对接式组合构件时,对接处横梁与立柱应分别按其所承受的荷载和作用计算。

**13.3.3** 采用插接式组合构件设计时立柱的荷载分配:

1 左、右立柱间有确保协同变形的构造措施,可根据下式进行荷载分配后按各自承担的荷载及作用分别计算。

$$q_{1K} = q_K \frac{I_1}{I_1 + I_2} \quad (13.3.3-1)$$

$$q_{2K} = q_K \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad (13.3.3-2)$$

式中  $q_K$ ——作用在单元组合立柱上的线荷载标准值(N/mm);

$q_{1K}$ 、 $q_{2K}$ ——分配到左、右立柱上的线荷载标准值(N/mm);

$I_1$ 、 $I_2$ ——左、右立柱沿计算方向的毛截面惯性矩(mm<sup>4</sup>)。

2 左、右立柱间无确保协同变形的构造措施时,应根据各自承担的荷载及作用计算。

**13.3.4** 开口型材的宽厚比应符合本规范表12.2.1的要求。

**13.3.5** 开口型材的整体稳定性可采用有限元方法计算,也可根据《铝合金结构设计规范》GB 50429计算,或根据本规范附录F的系数折减开口型材的强度。

**13.3.6** 明框单元板块的隔热条:



1 穿条式隔热条构造可参考图 13.3.6-1。两根隔热条之间的距离( $d_0$ )应穿过压板螺栓。

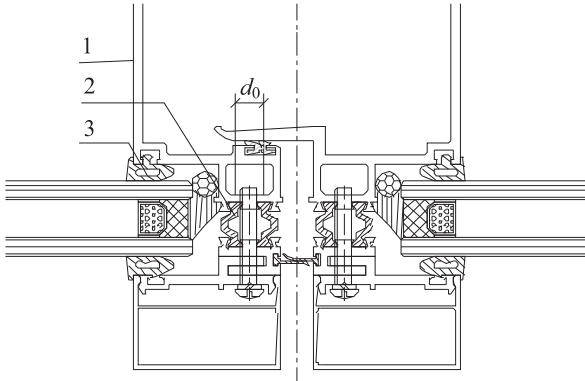


图 13.3.6-1 明框双肢隔热条构造示意图

1—立柱;2—隔热条;3—密封胶条

2 浇注式隔热条构造可参考图 13.3.6-2。

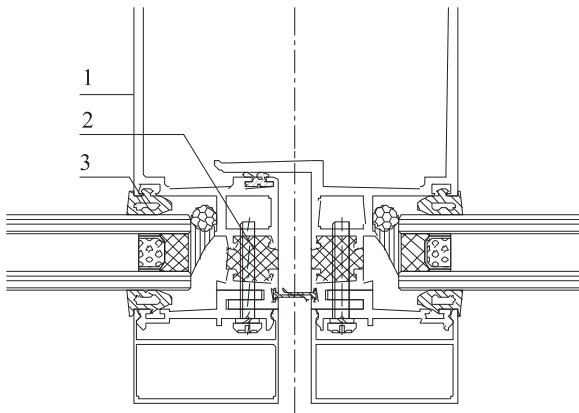


图 13.3.6-2 明框单肢隔热条构造示意图

1—立柱;2—隔热条;3—密封胶条

3 隔热条不能作为传递荷载的受力部件,压板、压条固定螺栓应按承载能力极限状态计算确定。

### 13.4 连接设计

**13.4.1** 单元式幕墙框架间应采用不锈钢螺钉连接并采取密封措施。连接螺钉的直径应不小于5mm,螺钉数量应经计算确定且每个连接点不少于3个,螺钉与型材的连接长度宜不小于40mm。不应采用沉头或半沉头螺钉。

**13.4.2** 单元板块与主体结构锚固连接的组件应可三维调节,三个方向的调节量均不小于20mm。

**13.4.3** 单元板块与连接挂件间宜设置成绕水平轴可相对转动的构造形式。

**13.4.4** 单元式幕墙挂件及锚固连接件应经计算确定。

**13.4.5** 单元板块间的过桥型材应计算上下左右单元的荷载传递,满足强度及刚度要求。

**13.4.6** 单元板块与主体结构连接的构造节点,应按荷载传递途径建立计算模型进行强度校核,并符合本规范9.5节要求。螺栓连接应符合本规范12.3.9条规定。

## 14 双层幕墙

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 双层幕墙的构造形式应按建筑性质、等级、使用功能、地理环境和气候条件等因素确定,并与空调系统相协调。

**14.1.2** 双层幕墙热工设计应符合本规范第 6 章和《公共建筑节能设计标准》GB 50189 及《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定。

**14.1.3** 双层幕墙的隔声设计应符合《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 和《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 的规定。双层幕墙隔声计算见附录 G。

**14.1.4** 双层幕墙防火设计应符合本规范第 7.3 节和《建筑设计防火规范》GB 50016 及《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 的规定。

**14.1.5** 双层幕墙防雷设计应符合本规范第 8 章的规定。

**14.1.6** 双层幕墙风荷载标准值除应符合本规范 9.2 节的规定外,尚应符合以下风荷载分配原则:

1 内通风双层幕墙的外层幕墙应承受全部风荷载值,内层幕墙应承受不小于  $1.0\text{kN/m}^2$  风荷载值及外力冲击荷载值。

2 外通风双层幕墙的外层幕墙应承受全部风荷载值,内层幕墙承受风荷载值可按表 14.1.6 取用,且应不小于  $1.0\text{kN/m}^2$ 。

**表 14.1.6 外通风双层幕墙的内层幕墙风荷载标准值百分比**

V/Aen(m)	0~20	20~50	50~100	100~200	200~300	300~650	>650
百分比 $\xi$ (%)	100	90	80	70	60	55	50

注：中间值按线性插值法取值。

如按整体做防水性能检测时  $\xi$  取 1.0。

表中 V —— 空气间层的体积；

Aen —— 有效通风面积。

**3 构造复杂的双层幕墙，或难以按表 14.1.6 确定内外层幕墙承受的风荷载时，可通过风洞试验作专项技术分析论证。**

**14.1.7 双层幕墙性能检测应符合本规范第 19 章及《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定。**

**14.1.8 双层幕墙设计应优先选择自然通风方式，进风口和出风口宜采用自动控制，且应不发生共振和哨鸣。**

**14.1.9 双层幕墙的进风口与出风口，不宜设置在同一立面同一垂直位置的上下方，水平距离宜不小于 500mm，必要时在相邻板块间采取隔断措施。**

**14.1.10 双层幕墙遮阳系统设计应结合地理气候条件、双层幕墙类型、面板的热工性能指标及空气间层的通风换气能力等因素。**

**14.1.11 双层幕墙遮阳装置应能自动调控。内通风遮阳系统宜采用内置式百叶帘装置，外通风遮阳装置宜采用专用室外百叶。**

**14.1.12 遮阳系统位于空气间层的百叶片宜偏近外层幕墙。开启状态时，遮阳百叶片边缘与外层玻璃内表面的距离应不小于 30mm，且不妨碍内层幕墙开启扇的启闭。**

**14.1.13 内外均不设通风口的双层幕墙，可按内通风双层幕墙的规定进行构造设计和防水设计。**

## 14.2 构造设计

### 14.2.1 内通风双层幕墙：

- 1 幕墙构造类型为构件式幕墙或单元式幕墙。
- 2 外层玻璃宜选用中空玻璃或夹层中空玻璃。
- 3 幕墙空气间层厚度应不小于 120mm。
- 4 机械通风宜采用电控系统，系统接口应密闭。

### 14.2.2 外通风双层幕墙：

1 外层幕墙可采用框支承幕墙、单元式幕墙或点支承幕墙，内层幕墙构造类型可采用框支承幕墙或单元式幕墙。

- 2 外层玻璃宜选用夹层玻璃，内层玻璃宜选用中空玻璃。
- 3 幕墙空气间层厚度应不小于 150mm。

4 进风口和出风口处宜设置防虫网和空气过滤器。由电动或手动调控装置控制空气间层的通风量。

### 14.2.3 双层幕墙腔体内的构件应易于清洗、维修和保养。

## 14.3 通风量计算

14.3.1 内通风双层幕墙和外通风双层幕墙的通风方式应与建筑自然通风、空调系统同步设计，满足室内舒适度要求。

14.3.2 外通风双层幕墙应通过数值法或有限元方法计算进风口和出风口的空气流动速度  $v_{进}$ 、 $v_{排}$  后，按公式计算进、出风量  $\Delta V_{进}$ 、 $\Delta V_{排}$  及新风换气时间  $t_0$ 。

14.3.3 双层幕墙空气间层的单位时间进、出风量与新风换气时间计算：

- 1 单位时间进、出风量  $\Delta V_{进}$ 、 $\Delta V_{出}$  计算公式：

$$\Delta V_{进} = v_{进} \cdot A_{进} \quad (14.3.3-1)$$

$$\Delta V_{\text{出}} = v_{\text{出}} \cdot A_{\text{出}} \quad (14.3.3-2)$$

式中  $\Delta V_{\text{进}}$  —— 进风口单位时间进风量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$v_{\text{进}}$  —— 进风口空气流动速度 ( $\text{m/s}$ );

$A_{\text{进}}$  —— 进风口有效面积 ( $\text{m}^2$ );

$\Delta V_{\text{出}}$  —— 出风口单位时间出风量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$v_{\text{出}}$  —— 出风口空气流动速度 ( $\text{m/s}$ );

$A_{\text{出}}$  —— 出风口有效面积 ( $\text{m}^2$ )。

## 2 新风换气时间 $t_0$ 计算公式:

$$t_0 = \frac{V_{\text{新风}}}{\Delta V_{\text{进}}} \quad (14.3.3-3)$$

式中  $V_{\text{新风}}$  —— 室内所需新风量 ( $\text{m}^3$ );

$\Delta V_{\text{进}}$  —— 单位时间进风量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

## 14.4 热工设计

**14.4.1** 双层幕墙传热系数应按非通风换气状态、弱通风换气状态或强通风换气状态计算取值。

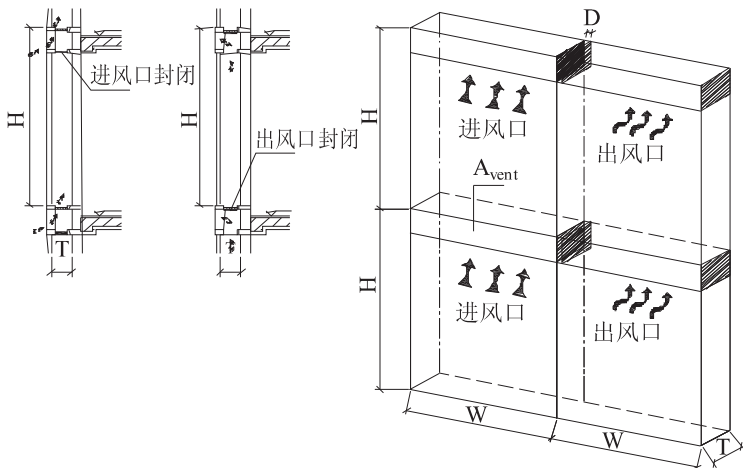


图 14.4.1 双层幕墙空气间层换气示意图

H—双层幕墙单元高度(mm)；W—双层幕墙单元宽度(mm)；

T—双层幕墙单元厚度(mm)；D—挡板水平间距(mm)；

$A_{\text{vent}}$ —双层幕墙单元有效通风面积( $\text{mm}^2$ )

#### 14.4.2 非通风换气状态：

1 外层幕墙设置进、出风口(或开启扇)时，空气间层的热阻值按非通风换气空气间层的热阻计算方法取值，其通风口面积比应在以下范围内：

1)空气间层垂直方向，进、出通风口面积比( $A_{\text{vent}}/H$ )小于  $500\text{mm}^2/\text{m}$ ；

2)空气间层水平方向，进、出通风口面积比( $A_{\text{vent}}/H \cdot W$ )小于  $500\text{mm}^2/\text{m}^2$ 。

空气间层热阻值  $R_s$  按表 14.4.2 采用：

表 14.4.2 非通风换气空气间层热阻值  $R_s$  ( $m^2 \cdot K/W$ )

空气间层厚度(mm)	空气流动方向		
	向上	水平	向下
100	0.16	0.18	0.22
300~500	0.16	0.18	0.23
>1000	0.16	0.18	0.23

注:气流方向与水平面成 $\pm 30^\circ$ 以内,空气间层的热阻值  $R_s$  按空气流动水平方向取值。

2 双层幕墙传热系数  $K_{CW,D}$  计算公式:

$$K_{CW,D} = \frac{1}{\frac{1}{K_{cw,e}} - R_{se} + R_s - R_{si} + \frac{1}{K_{cw,i}}} \quad (14.4.2-1)$$

$$K_{cw,e} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{CW,e} + R_{se}} \quad (14.4.2-2)$$

$$K_{cw,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{cw,i} + R_{se}} \quad (14.4.2-3)$$

式中  $K_{cw,e}$  —— 外层幕墙的传热系数 ( $W/m^2 \cdot K$ );

$R_{se}$  —— 幕墙外表面的换热阻值,取  $R_{se} = 0.04 (m^2 \cdot K/W)$ ;

$R_s$  —— 空气间层热阻值 ( $m^2 \cdot K/W$ );

$R_{si}$  —— 幕墙内表面换热阻值,透明部分取  $R_{si} = 0.13 (m^2 \cdot K/W)$ ,非透明部分取  $R_{si} = 0.11 (m^2 \cdot K/W)$ ;

$K_{cw,i}$  —— 内层幕墙的传热系数 ( $W/m^2 \cdot K$ )。

其中:外层幕墙平均热阻值  $\sum R_{cw,e}$  和内层幕墙平均热阻值  $\sum R_{cw,i}$  均可按下式分别计算:

$$\sum R_{cw} = \frac{A_0 + A_{B1} + A_{B2}}{K_0 A_0 + K_{B1} A_{B1} + K_{B2} A_{B2}} \quad (14.4.2-4)$$



式中  $\Sigma R_{cw}$ ——外层、内层幕墙平均热阻( $m^2 \cdot K/W$ );

$K_0$ ——幕墙面板传热系数( $W/m^2 \cdot K$ );

$K_{B1}$ ——横龙骨传热系数( $W/m^2 \cdot K$ );

$K_{B2}$ ——竖龙骨传热系数( $W/m^2 \cdot K$ );

$A_0$ ——幕墙面板面积( $m^2$ );

$A_{B1}$ ——幕墙单元中横龙骨投影面积( $m^2$ );

$A_{B2}$ ——幕墙单元中竖龙骨投影面积( $m^2$ )。

#### 14.4.3 弱通风换气状态:

1 外层幕墙设置进、出风口(或开启扇)时,空气间层的热阻值按弱通风换气空气间层的热阻计算方法取值,其通风口面积比应在以下范围内:

1) 空气间层垂直方向,进、出风口面积比( $A_{vent}/H$ ):

$500mm^2/m \sim 1500mm^2/m$ ;

2) 空气间层水平方向,进、出风口面积比( $A_{vent}/H \cdot W$ ):

$500mm^2/m^2 \sim 1500mm^2/m^2$ 。

2 空气间层的热阻值  $R_s$  按表 14.4.2 取值的 1/2 采用。

3 双层幕墙传热系数  $K_{cw,D}$  计算公式:

$$K_{cw,D} = \frac{1}{\frac{1}{K_{cw,i}} - R_{se} + R_s - R_{si} + \frac{1}{K_{cw,e}}} \quad (14.4.3)$$

#### 14.4.4 强通风换气状态:

1 外层幕墙设置进、出风口(或开启扇)时空气间层的热阻值,按强通风换气空气间层的热阻计算方法取值,其通风口面积比应在以下范围内:

1) 空气间层垂直方向,进、出风口面积比( $A_{vent}/H$ )大于

$1500mm^2/m$ ;

2) 空气间层水平方向,进、出风口面积比( $A_{vent}/H \cdot W$ )大

于  $1500\text{mm}^2/\text{m}^2$ 。

2 外通风双层幕墙传热系数  $K_{\text{CW,D}}$ 按下式计算:

$$K_{\text{CW,D}} = \frac{1}{\frac{1}{K_{\text{cw,i}}} - R_{\text{se}} - R_{\text{ss}}} \quad (14.4.4-1)$$

式中  $R_{\text{ss}}$ ——外表面与空气间层总热阻值,取  $0.13(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$ 。

3 内通风双层幕墙传热系数  $K_{\text{CW,D}}$ 按下式计算:

$$K_{\text{CW,D}} = \frac{1}{\frac{1}{K_{\text{cw,e}}} - R_{\text{si}} + R_{\text{ss}}} \quad (14.4.4-2)$$

式中  $R_{\text{ss}}$ ——内表面与空气间层总热阻值,取  $0.13(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$ 。

#### 14.4.5 内通风换气热工计算:

内通风双层幕墙传热系数  $K_{\text{CW,D}}$ 按照公式 14.4.4-2 计算。

14.4.6 双层幕墙传热阻按下式计算:

$$R_{0,\text{min}} = \frac{(t_i - t_e)n}{[\Delta t]} Ri \quad (14.4.6)$$

式中  $R_{0,\text{min}}$ ——双层幕墙传热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ );

$t_i$ ——冬季室内计算温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_e$ ——冬季室外计算温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$n$ ——温差修正系数,按《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的规定采用;

$[\Delta t]$ ——室内空气与围护结构内表面温差(K);

$Ri$ ——内表面换热阻。

14.4.7 遮阳系数按下式计算:

$$SC = SC_1 \cdot SC_2 \cdot SD_H \cdot SD_V \cdot SD \quad (14.4.7-1)$$

$$SD_H = a_b PF^2 + b_n PF + 1 \quad (14.4.7-2)$$

$$SD_V = a_v PF^2 + b_v PF + 1 \quad (14.4.7-3)$$

$$PF = \frac{A}{B} \quad (14.4.7-4)$$

式中 SC —— 总遮阳系数；

SC<sub>1</sub> —— 外层幕墙遮阳系数；

SC<sub>2</sub> —— 内层幕墙遮阳系数；

SD<sub>H</sub> —— 水平遮阳板夏季外遮阳系数；

SD<sub>V</sub> —— 垂直遮阳板夏季外遮阳系数；

SD —— 百叶完全闭合时遮阳系数。

PF —— 遮阳板外挑系数，当计算值  $PF > 1$  时，取  $PF = 1$ ；

A —— 遮阳板外挑长度，按《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定采用；

B —— 遮阳板根部到幕墙透明部分对边的距离，按《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定采用。

其中： $a_b$ 、 $b_n$ 、 $a_v$ 、 $b_v$  为计算系数，按《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定采用。

## 14.5 防水要求

**14.5.1** 双层幕墙的外层幕墙采用单元式构造时，其防水设计应符合本规范 13.2.1 条的规定。

**14.5.2** 内通风双层幕墙水密性能应符合本规范 4.2.3 条规定。

**14.5.3** 外通风双层幕墙水密性能：

1 双层幕墙水密性设计按照下式计算取值，且固定部分不小于  $1000\text{N}/\text{m}^2$ ：

$$P = 1000\alpha_w\mu_z\mu_s w_0 \quad (14.5.3)$$

式中  $P$  —— 水密性设计值 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )；

$\alpha_w$  —— 外通风双层幕墙风荷载标准值系数，外层幕墙取值

为  $1 - \xi$ , 内层幕墙取值为  $\xi$ 。 $\xi$  可按表 14.1.6 选取;

$\mu_z$ ——风压高度变化系数;

$\mu_s$ ——风荷载体型系数,取 1.2;

$w_0$ ——基本风压,按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定采用。上海地区取  $0.55(\text{kN}/\text{m}^2)$ 。

**2** 可开启部分防水性能等级与固定部分同级。

## 15 全玻璃幕墙

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 玻璃高度大于表 15.1.1 限值的全玻璃幕墙应采用悬挂在主体结构上的结构形式。

**表 15.1.1 下端支承全玻璃幕墙的最大高度**

玻璃厚度(mm)	10,12	15	19
最大高度(m)	4.0	5.0	6.0

**15.1.2** 面板玻璃的厚度宜不小于 10mm,夹层玻璃单片厚度应不小于 8mm。

**15.1.3** 全玻璃幕墙玻璃肋的截面厚度应不小于 12mm,玻璃肋截面高度应不小于 100mm。

**15.1.4** 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或半钢化夹层玻璃。

**15.1.5** 吊夹应符合《吊挂式玻璃幕墙支承装置》JG 139 的有关规定。

### 15.2 构造设计

**15.2.1** 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 8mm;玻璃与下槽底应采用不少于两块弹性垫块,垫块长度应不小于 100mm,厚度应不小于 10mm,吊挂玻璃下端与下槽底垫块之间的空隙应满足玻璃伸长变形的要求,且不得小于 10mm,玻璃入槽深度不小于 15mm,槽壁与玻璃间应采用硅

酮密封胶密封。

**15.2.2** 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 8mm,且应采用密封胶密封。

**15.2.3** 采用金属件连接的玻璃肋,金属件厚度应不小于 6mm。应采用不锈钢螺栓连接,直径不小于 10mm。

### 15.3 结构设计

**15.3.1** 面板玻璃通过胶缝与玻璃肋连接时,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 10.2.6 条和第 10.2.7 条的规定计算,公式中的  $a$  值应取为玻璃面板的跨度,系数  $m$  和  $\mu$  可分别取 0.125 和 0.013。面板为夹层玻璃、中空玻璃或中空夹层玻璃时,可分别按本规范第 10.2.8~10.2.10 条的规定计算。

**15.3.2** 通过胶缝与玻璃肋连接的面板,在风荷载标准值作用下,其挠度限值  $d_{f,lim}$  取其跨度的 1/60。

**15.3.3** 全玻璃幕墙玻璃肋的截面高度  $h_r$  (图 15.3.3)可按下列公式计算:

$$h_r = \sqrt{\frac{3\omega l h^2}{8f_g t}} \quad (\text{双肋}) \quad (15.3.3-1)$$

$$h_r = \sqrt{\frac{3\omega l h^2}{4f_g t}} \quad (\text{单肋}) \quad (15.3.3-2)$$

式中  $h_r$  —— 玻璃肋截面高度(mm);

$\omega$  —— 风荷载设计值(N/mm<sup>2</sup>);

$l$  —— 两肋之间的玻璃面板跨度(mm);

$f_g$  —— 玻璃端面强度设计值(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)。

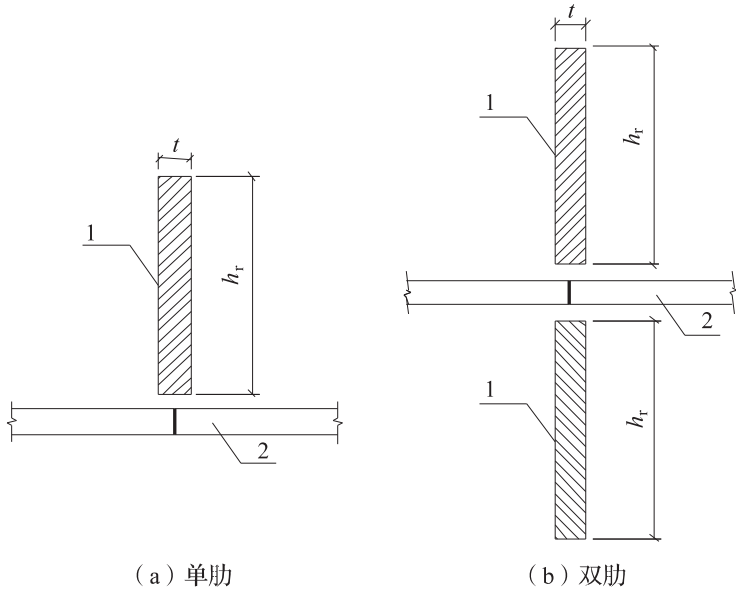


图 15.3.3 全玻璃幕墙玻璃肋截面尺寸示意  
1—玻璃肋;2—玻璃面板

**15.3.4** 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：

$$d_f = \frac{5}{64} \times \frac{w_k l h^4}{E t h_r^3} \text{ (双肋)} \quad (15.3.4-1)$$

$$d_f = \frac{5}{32} \times \frac{w_k l h^4}{E t h_r^3} \text{ (单肋)} \quad (15.3.4-2)$$

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

$E$  —— 玻璃弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)。

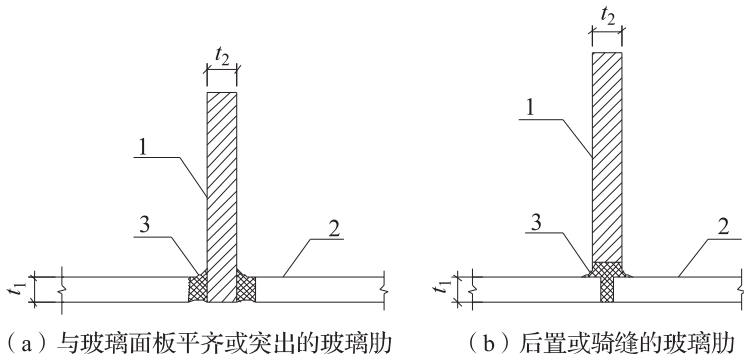


图 15.3.4 全玻璃幕墙玻璃肋示意

1—玻璃肋；2—玻璃面板；3—结构胶

**15.3.5** 在风荷载标准值作用下，玻璃肋的挠度限值  $d_{f,lim}$  取其计算跨度的  $1/200$ 。

**15.3.6** 夹层玻璃肋的等效截面厚度可取两片玻璃厚度之和。

**15.3.7** 高度大于 8m 的玻璃肋宜考虑平面外的稳定验算；高度大于 12m 的玻璃肋，应进行平面外稳定验算，必要时应采取防止侧向失稳的构造措施。

**15.3.8** 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。

**15.3.9** 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：

$$\frac{ql}{2t_1} \leq f_1 \quad (15.3.9-1)$$

2 后置或骑缝的玻璃肋：

$$\frac{ql}{t_2} \leq f_1 \quad (15.3.9-2)$$

式中  $q$  —— 垂直于玻璃面板的分布荷载设计值 ( $N/mm^2$ )，抗震



设计时应包含地震作用计算的分布荷载设计值；

$l$  —— 两肋之间的玻璃面板跨度(mm)；

$t_1$  —— 胶缝宽度,取玻璃面板截面厚度(mm)；

$t_2$  —— 胶缝宽度,取玻璃肋截面厚度(mm)；

$f_1$  —— 硅酮结构密封胶在短期荷载作用下的强度设计值,取  $0.2\text{N}/\text{mm}^2$ 。

**15.3.10** 胶缝宽度不满足 15.3.9 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。胶缝厚度按本规范第 9.6.5 条确定。

**15.3.11** 在胶缝受剪状态下,玻璃自重不应由结构胶单独承受。

**15.3.12** 吊挂式全玻璃幕墙的吊夹与主体结构间应设置刚性水平传力结构。

**15.3.13** 吊挂式全玻璃幕墙单吊夹的承载力应不小于  $2\text{kN}$ ,一对双吊夹的承载力应不小于  $4\text{kN}$ ,单个吊夹每侧夹板与玻璃间的接触面积不得小于  $20\text{mm}\times 100\text{mm}$ 。

**15.3.14** 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,最大挠度应不超过其跨度的  $1/250$ 。

**15.3.15** 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。

## 16 点支承玻璃幕墙

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 点支承玻璃幕墙的矩形面板可采用四点支承,必要时也可采用六点支承;三角形面板可采用三点支承。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无孔式。玻璃面板支承孔边缘与板边的距离宜不小于70mm。

**16.1.2** 点支承玻璃幕墙的支承结构应单独计算,玻璃面板不应兼做支承结构的一部分。

**16.1.3** 支承结构为玻璃肋时可按本规范 15.2 和 15.3 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。索杆桁架和索网支承体系应采用非线性方法计算分析,设计计算应按零状态、初始状态和工作状态进行。考虑温度作用时,应首先计算其他荷载组合下的平衡状态,在此基础上计算温度作用效应。

**16.1.4** 玻璃与玻璃的间隙宽度应不小于10mm,且应采用硅酮密封胶密封。

**16.1.5** 点支承幕墙玻璃单片厚度应不小于8mm;夹层玻璃和中空玻璃,其单片厚度也应符合上述要求。

**16.1.6** 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措施。

**16.1.7** 任何一块玻璃面板应能单独更换。玻璃面板损坏或更换所引起的负荷变化,不应导致支承结构破坏。

**16.1.8** 有防水密封要求的点式开启扇应设置至少两道防水密封,开启扇宜设置披水条。

**16.1.9** 与主体结构连接部位应能适应主体结构的位移。主体结构应能承受拉杆体系或拉索体系的拉力和荷载作用。

**16.1.10** 拉索宜采用不锈钢绞线或高强度钢绞线。钢绞线的钢丝直径宜不小于 1.2mm,钢绞线直径宜不小于 8mm。高强度钢绞线表面应有防腐措施,可采用铝包钢绞线。

**16.1.11** 拉索幕墙的连续索交叉节点处,夹具与索体之间的摩擦力应大于夹具两侧索体的最大索力差,必要时应通过试验验证。

**16.1.12** 拉杆幕墙及拉索幕墙中的拉杆或拉索预拉力最小值,应使拉杆或拉索在荷载设计值作用下保持一定的预拉力储备。

**16.1.13** 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/T 200 和《建筑幕墙用钢索压管接头》JG/T 201 规定。高强度钢拉索应符合现行行业标准的规定。索和锚具尚应符合本规范 3.4.7 条和 3.4.8 条规定。

## **16.2 型钢及钢管桁架支承结构的构造与结构设计**

**16.2.1** 钢支承结构的设计应按《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定,进行结构体系的整体稳定、构件稳定和强度、连接强度及挠度的验算。

**16.2.2** 单根型钢或钢管作为支承结构时的规定:

1 竖向构件宜按偏心受压或偏心受拉设计,水平构件宜按双向受弯设计。有扭矩作用时,应考虑扭矩的不利影响。

2 受压杆件的长细比  $\lambda$  应不大于 150。

3 在风荷载标准值作用下,挠度限值  $d_{f,lim}$  取其跨度的

1/250。悬臂结构的跨度取其悬挑长度的 2 倍。

### 16.2.3 钢管桁架或空腹桁架设计的规定：

1 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 钢管外径宜不大于壁厚的 50 倍，支管外径宜不小于主管外径的 0.3 倍。钢管壁厚宜不小于 4mm，主管壁厚应不小于支管壁厚。

3 桁架杆件不宜偏心连接。弦杆与腹杆、腹杆与腹杆之间的夹角宜不小于  $30^\circ$ 。

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，长细比应不大于 150。轴心受拉或偏心受拉的桁架杆件，长细比应不大于 350。

6 桁架或空腹桁架需平面外支撑时，应设置稳定支撑体系。

7 在风荷载标准值作用下，其挠度限值  $d_{f,lim}$  取其跨度的 1/250。悬臂桁架的跨度取其悬挑长度的 2 倍。

## 16.3 索杆桁架支承结构的构造与结构设计

16.3.1 索杆桁架应由正、反两个方向的弦向拉索(杆)和受压腹杆组成，通过施加预张力构成承受风荷载或地震作用的预应力稳定体系。必要时，在主要受力方向的正交方向设置稳定性拉索(杆)或桁架。

16.3.2 索杆桁架结构在永久荷载控制的组合效应作用下，拉索(杆)不应受压而退出工作；在可变荷载控制的组合效应作用下，拉索(杆)可退出工作，但结构体系仍应能维持稳定的平衡状态。

16.3.3 索杆桁架与主体结构的连接应能适应主体结构的位移，

主体结构应能承受索杆体系的支座反力。

**16.3.4** 连接件、受压杆件和索杆宜采用不锈钢材料,拉杆直径宜不小于 10mm;受压腹杆可采用碳素结构钢。

**16.3.5** 自平衡体系、索杆体系的受压杆件,长细比  $\lambda$  应不大于 150。

**16.3.6** 拉杆不宜焊接,拉索不应焊接。拉索可采用冷挤压锚具连接。

**16.3.7** 在风荷载标准值作用下,索杆桁架体系挠度限值  $d_{f,lim}$  取其支承点距离的 1/200。

**16.3.8** 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。

#### 16.4 单层索网及单拉索支承结构的构造与结构设计

**16.4.1** 单层索网支承结构应由两个方向的连续拉索相交组成,通过施加预张力构成平面索网结构或曲面索网结构。单拉索支承结构由一个方向的拉索组成。

**16.4.2** 单层索网及单拉索支承结构中的拉索在任何荷载作用下均应保持受拉,必要时可在拉索端部设置预拉力保持装置。

**16.4.3** 单层索网及单拉索幕墙设计时,应充分考虑施工工况、断索、主体结构变形及支座不均匀沉降等因素的影响。

**16.4.4** 单层平面索网挠度限值  $d_{f,lim}$  取其短跨支承点距离的 1/50。单拉索挠度限值  $d_{f,lim}$  取其支承点距离的 1/50。

## 16.5 驳接系统构造与结构设计

**16.5.1** 点式驳接头应能适应玻璃面板在支承点处的转动变形。钻孔点支承系统玻璃面板的点连接处,宜采用活动铰连接。无孔点支承系统,驳接件与玻璃面板间应设置厚度不小于 6mm 的柔性垫片。

**16.5.2** 点式驳接件中的球铰螺杆应采用性能不低于 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2 的不锈钢材料。

**16.5.3** 驳接头的钢材与玻璃间,宜设置弹性材料的衬垫或衬套,衬垫和衬套的厚度宜不小于 1mm。

**16.5.4** 驳接头螺杆的径向承载力设计值  $F_1$  应符合表 16.5.4 的规定。

表 16.5.4 驳接头螺杆的径向承载力设计值  $F_1$  (kN)

螺杆规格	螺杆长度(mm)		
	$l \leq 30$	$30 < l \leq 40$	$40 < l \leq 50$
M8	0.22	0.17	0.14
M10	0.43	0.32	0.26
M12	0.76	0.57	0.45
M14	1.21	0.91	0.72
M16	1.87	1.40	1.12
M18	2.59	1.94	1.55

**16.5.5** 驳接头螺杆的轴向承载力设计值  $F_2$  应符合表 16.5.5 的规定:

表 16.5.5 驳接头螺杆的轴向承载力设计值  $F_2$  (kN)

螺杆规格	M8	M10	M12	M14	M16	M18
轴向承载力 $F_2$	7.30	11.5	16.7	22.8	30.6	37.9

**16.5.6** 驳接头螺杆同时承受弯矩和轴力时,组合应力设计值应不大于不锈钢的强度设计值。

**16.5.7** 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。

**16.5.8** 支承装置应符合《建筑玻璃点支承装置》JG/T 138 的规定。

## 17 采光顶棚和金属屋面

### 17.1 一般规定

17.1.1 采光顶棚应有冷凝水和雨水的收集排放构造措施。

17.1.2 采光顶棚、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。

17.1.3 采光顶棚、雨棚应排水顺畅,安全可靠,满足维护和清洗要求。

17.1.4 屋面应设置上人爬梯、上人孔及维护检修通道。屋面四周围护高度低于 0.5m 时,应有防坠落措施。

17.1.5 人流密集的建筑不宜采用点支承玻璃采光顶棚,不应采用倒挂式玻璃采光顶棚。

17.1.6 采光顶棚面向地面的玻璃应采用夹层玻璃。

### 17.2 性能和检测

17.2.1 采光顶棚与金属屋面应根据建筑物的类别、高度、体型、功能以及建筑物所处环境设计。

17.2.2 采光顶棚、金属屋面的结构设计:

1 风荷载标准值  $w_k$  可按《建筑结构荷载规范》GB 50009 计算确定。低矮建筑屋面风荷载体型系数可按附录 H 取用。

2 采光顶棚、雨棚玻璃活荷载应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 计算,并符合下列规定:

1) 上人顶棚玻璃,按下列情况分别计算:



玻璃板最不利点直径 150mm 的区域内,应能承受 1.8kN 垂直于玻璃的活荷载标准值。用于居住建筑,应能承受  $1.5\text{kN}/\text{m}^2$  均布活荷载标准值;用于非居住建筑,应能承受  $3\text{kN}/\text{m}^2$  的均布活荷载标准值。

上人屋面玻璃按《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 中规定的地板玻璃设计。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。点支式连接时,还应校核长期荷载作用下玻璃的边缘强度。

2) 不上人顶棚玻璃,按下列不利情况分别计算:

与水平面夹角小于  $30^\circ$  的玻璃,在玻璃板最不利点直径 150mm 的区域内,应能承受 1.1kN 垂直于玻璃的活荷载标准值。

与水平面夹角大于等于  $30^\circ$  的玻璃,在玻璃板最不利点直径 150mm 的区域内,应能承受 0.5kN 垂直于玻璃的活荷载标准值。

**3** 金属屋面应能在  $300\text{mm}\times 300\text{mm}$  的区域内承受 1.0kN 活荷载标准值,不出现任何缝隙、永久屈曲变形等现象。

**4** 在最不利荷载标准值的作用下,采光顶棚与金属屋面支承结构的变形应符合表 17.2.2 的规定。

**5** 应考虑局部积雪、积水等不利情况。

**表 17.2.2 采光顶棚与金属屋面支承结构、面板相对挠度要求**

支承结构或面板		相对挠度(L为跨距,悬臂结构L为2倍跨距)	
		上人	不上人
采光顶棚 金属屋面 雨棚	玻璃梁	L/250	L/200
	铝合金型材单梁	L/200	L/180
	钢型材单梁	L/250	
	金属网架和网壳	L/250	
	张拉杆件体系	L/250	L/200
	平面单层索网	L/150	L/100
	檩条	L/180	
玻璃面板	简支矩形	短边/200	短边/60
	简支三角形	取高或底边的较大值/200	取高或底边的较大值/60
	简支圆形	直径/200	直径/60
	点支承矩形	长边支承点跨距/200	长边支承点跨距/60
	点支承三角形	取高或底边的较大值/200	取高或底边的较大值/60
金属面板	金属压型板	L/200	L/180
	金属平板	短边/200	短边/100
	金属平板中肋	L/200	L/120

**17.2.3** 采光顶棚性能应符合《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

**17.2.4** 有采暖、空气调节和通风要求的建筑物,应符合《建筑节能设计标准》GB 50189 的相关规定。

**17.2.5** 采光顶棚、雨棚与金属屋面应适应主体结构的变形。

**17.2.6** 封闭式采光顶棚、金属屋面的热工性能,应满足节能设计要求。公共建筑应符合《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定,居住建筑应符合《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 的规定。

**17.2.7** 采光顶棚采光设计应符合《建筑采光设计标准》GB/T 50033 规定,并满足建筑设计的要求。

**17.2.8** 采光顶棚、金属屋面的空气层隔声性能应满足建筑物的隔声要求。聚碳酸酯板材屋面宜进行雨噪声测试,测试结果应满足设计要求。

**17.2.9** 采光顶棚玻璃强度计算应符合《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 规定。

### 17.3 排水设计

**17.3.1** 屋面雨水应能及时排至雨水管道或室外地面。

**17.3.2** 排水系统设计所采用的降雨历时、降雨强度、屋面汇水面积和雨水流量应符合《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的有关规定。

**17.3.3** 屋面排水应由给水排水专业设计。专业设计未作具体规定时,可根据建筑物的重要程度、采用的设计重现期、汇水区域性质、气象特征等因素确定。对于一般建筑物屋面,其设计重现期宜为 2 年~5 年;对于重要的公共建筑屋面,其设计重现期应根据建筑的重要性和溢流造成的危害程度确定,宜不小于 10 年。

**17.3.4** 对于屋面起伏容易局部积水或汇水面积较大的大型屋面,应设置多组独立分区的排水系统,必要时可设置溢流口,防止遭受特大暴雨时发生倒灌或屋面积水现象。

**17.3.5** 排水设计应综合考虑排水坡度、排水组织、排水设施、排

水口防堵设置等因素,避免屋面积水。

**17.3.6** 采光顶棚、金属屋面排水坡度宜不小于 3%,必要时可适当加大排水坡度。

**17.3.7** 有组织排水系统的走向应直接明确、减少转折,屋面檐口应设置天沟和落水管。

**17.3.8** 屋面天沟应与金属屋面基材使用寿命相匹配。不锈钢厚度宜不小于 1.5mm,铝合金厚度宜不小于 2.0mm。

## 17.4 连接设计

**17.4.1** 采光顶棚、金属屋面与主体结构间的连接应满足强度和变形要求。

**17.4.2** 采光顶棚、金属屋接缝处的密封胶,应能适应接缝处的位移要求。

**17.4.3** 采光顶棚、金属屋面的构架和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设计,应能够适应主体结构的变形要求。

**17.4.4** 采光顶棚、金属屋面的连接构造,应能防止风力、结构变形和温度变化产生摩擦噪音。

**17.4.5** 除不锈钢外,不同种类金属材料的接触处应设置绝缘垫片或采取其它有效的防腐蚀措施。

**17.4.6** 与采光顶棚、金属屋面配套使用的开启窗,应满足防渗漏要求。

**17.4.7** 当隐框玻璃采光顶棚、雨棚采用悬挑玻璃时,玻璃的悬挑尺寸应符合计算要求,且不大于 150mm。

**17.4.8** 当屋面坡度小于  $1.5^\circ$ ,且坡长大于 50m 时,宜采用咬合高度大于 70mm 的金属屋面板。

**17.4.9** 设有装饰面板的金属屋面,其支承连接件不应穿透金属面板。

**17.4.10** 需穿过采光顶棚、金属屋面板的金属构件,宜选用不锈钢材料。在穿过面板部位应采取多道防水措施。

## 17.5 防渗漏设计

**17.5.1** 采光顶棚采用明框构造时,面板应有足够的排水坡度防止铝框积水,宜在外侧的扣盖连接处设置排水通道。

**17.5.2** 采光顶棚采用半隐框构造时,面板的金属框宜顺排水方向布置。

**17.5.3** 采光顶棚面板与屋面的接触部位应有可相对位移空间,并可靠密封。

**17.5.4** 点支承玻璃采用穿孔式连接时,宜用浮头驳接件。扣件与玻璃之间的垫片周边应注胶密封。

**17.5.5** 采光顶棚、金属屋面系统的板缝和屋面:

### 1 注胶式板缝:

- 1)板缝底部应设置背衬材料,背衬材料宽度应比接缝宽度大 20%。应采用硅酮建筑密封胶密封,胶缝厚度宜不小于 3.5mm。宽度宜不小于厚度的 2 倍。
- 2)用于涂层表面的硅酮密封胶应进行粘结性试验,必要时可加涂底漆。

### 2 开放式板缝的屋面:

- 1)排水畅通,防止积水。
- 2)保温材料应有防水防潮措施。
- 3)板与屋面之间应保持通风。内部支承金属结构应有防腐措施。

**17.5.6** 天沟板应伸入屋面金属板材不小于 150mm。有檐沟时,屋面金属板材应伸入檐沟内,长度应不小于 80mm。檐沟端头应封堵。

**17.5.7** 屋面相邻两块金属板应顺主导风向搭接,搭接长度根据板型和屋面坡长确定(见附录 J)。搭接部位、对接拼缝及外露钉帽应密封处理。

**17.5.8** 应采用带防水垫圈的螺栓、螺钉固定屋面板。波纹板固定点应设在波峰上。所有外露的螺栓、螺钉,应密封处理。

**17.5.9** 天窗、排烟窗、排气窗、屋面检修口等,与采光顶棚和金属屋面的连接,应高出采光顶棚和金属屋面,并有密封防水措施。

**17.5.10** 金属屋面的泛水板与屋面板宜采用搭接处理,搭接长度应满足不同板型的要求,且不小于 200mm。

## 18 光伏幕墙

### 18.1 一般规定

**18.1.1** 光伏幕墙的电气及控制系统应作为建筑电气工程设计的一部分。

**18.1.2** 光伏幕墙的结构设计和构造及物理性能指标应符合本规范的要求。

**18.1.3** 设计方案应综合考虑地理环境、建筑功能、气候及太阳能资源等因素,确定建筑的布局、朝向、间距、群体组合和空间环境,满足光伏系统技术和安装要求。

**18.1.4** 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、美观适用的前提下,合理选用构件型或建材型光伏组件,并与建筑模数相协调,应不妨碍安装部位的建筑功能。

**18.1.5** 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。

**18.1.6** 应用光伏系统的建筑单体或建筑群体,主要朝向以南向为宜。不应在阴影部位安装光伏系统。

**18.1.7** 立面设计应充分考虑电池组件的规格模数。

**18.1.8** 施工安装应符合《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》JGJ 203 的规定。

## 18.2 系统设计

**18.2.1** 用于光伏幕墙组件的外片玻璃应为超白玻璃、自洁净玻璃或低反射玻璃,厚度应不小于4mm,应磨边处理,磨轮数不小于180目。

**18.2.2** 透明组件夹层胶片宜采用PVB(聚乙烯醇缩丁醛),胶片厚度应不小于0.76mm;不得采用EVA胶片。

**18.2.3** 突出光伏组件玻璃面的装饰线条不宜大于20mm,并防止在光伏组件上产生阴影。

**18.2.4** 用于实体墙或层间梁部位的光伏组件可采用夹层光伏组件,玻璃内侧与实体墙或保温层的间距应不小于50mm。

**18.2.5** 光伏幕墙组件宜架空安装,架空高度不小于300mm。

**18.2.6** 上海地区光伏组件安装的最佳倾角为南向 $22^{\circ}$ 。

**18.2.7** 立柱和横梁应有供电气系统管线布置的可拆卸的构造,光伏玻璃组件的接线盒宜隐蔽。

**18.2.8** 光伏组件可采用单晶硅、多晶硅及薄膜电池。立面宜采用薄膜电池组件或间隔布置的晶硅组件。

**18.2.9** 在风荷载标准值作用下,光伏组件的挠度宜不大于短边的 $1/120$ 。

**18.2.10** 光伏系统应防止漏电。防雷措施应符合本规范第8.2.4条规定。



## 19 检验与检测

### 19.1 一般规定

**19.1.1** 高度大于等于 24m 或总面积大于等于 300m<sup>2</sup> 的建筑幕墙,必须检测其样品的物理性能。其余可采用 2 年内同一企业同类幕墙的型式试验报告代替物理性能检测,但型式试验样品必须能代表该幕墙,其性能指标不得低于该幕墙的性能指标。

**19.1.2** 建筑幕墙有下列情况之一的,应进行安全性能检测评估:

- 1 未按建筑幕墙规范设计、施工和验收。
- 2 工程技术资料、质量证明资料不齐全。
- 3 停建的建筑幕墙工程复工前。
- 4 遭遇地震、火灾,或强风袭击发生幕墙损坏。
- 5 发生幕墙面板碎裂、开启部分坠落或构件损坏等情况。
- 6 建筑幕墙使用过程中出现质量问题,业主或主管部门有

评估要求。

**19.1.3** 大型幕墙建筑的节能、防火应经专项评估。

**19.1.4** 抽样检测项目的样本容量及检测结果判定可按《建筑幕墙》GB/T 21086 执行。

### 19.2 材料检验

**19.2.1** 进场后需要进行复验的材料种类及项目应符合本规范 22.2.2 条的规定。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,合同另有约定时按合同执行。

**19.2.2** 铝合金型材的检验包括规格、壁厚、膜厚、硬度和表面质量等,必要时进行力学性能检测。

**19.2.3** 钢材的检验包括规格、壁厚、表面质量和防腐蚀处理等,必要时进行力学性能检测。

**19.2.4** 玻璃的检验包括品种、厚度、边长、外观质量、应力和边缘处理情况等,必要时进行力学、光学、热工性能检测。隐框、半隐框中空玻璃合片结构胶性能和注胶质量按第 19.2.8 条规定检验。

**19.2.5** 石材和其它非金属板材的检验包括吸水率、弯曲强度、厚度、表面质量等,必要时进行力学性能检测。

**19.2.6** 金属板材及金属复合板材的检验包括厚度、金属板与夹心层的剥离强度、板材表面涂层质量等。

**19.2.7** 蜂窝板的检验包括正、背面金属板厚度和剥离强度等。

**19.2.8** 硅酮结构密封胶、硅酮建筑密封胶及密封材料检验:

1 硅酮结构密封胶检验相容性、剥离粘结性、邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能、破坏形式、样板的注胶宽度、厚度、密实度和截面色泽等。

2 硅酮建筑密封胶检验相容性、粘结性能、样板的注胶宽度、厚度、密实度、表面状态等。

3 其他密封材料及衬垫材料检验相容性、粘结性能等。

**19.2.9** 五金件及其他配件检验外观质量、活动性能等,必要时检测力学性能。

### **19.3 性能检测**

**19.3.1** 幕墙性能检测必须按照指定的检测顺序进行。“选做”项目应在检测方案中写明。

### 19.3.2 检测样品：

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。

### 19.3.3 检测顺序：

幕墙样品安装于测试箱体。采光顶棚和金属屋面的安装，应使样品倾角与实际工程一致。样品与箱体之间应密封处理，按照如下顺序检测：

- 1 气密性检测；
- 2 水密性检测(稳定加压、波动加压)；
- 3 动态水密性检测(选做)；
- 4 抗风压性能检测(最大试验压力为风荷载标准值 $-\omega_k$ )；
- 5 重复气密性检测；
- 6 重复水密性检测；
- 7 平面内变形性能检测(1 倍的主体结构弹性层间位移角控制值)；
- 8 重复气密性检测；

- 9 重复水密性检测；
- 10 热循环(选做)；
- 11 热循环试验后,应重复气密性检测和水密性检测；
- 12 抗风压性能检测(最大试验压力为 1.4 倍风荷载标准值  
— $1.4w_k$ )；
- 13 平面内变形性能检测(3 倍的主体结构弹性层间位移角  
控制值)；
- 14 热工性能检测(选做)；
- 15 耐撞击性能检测(选做)；
- 16 抗震性能振动台检测(选做)。

#### 19.3.4 检测方法：

1 气密性能按《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定检测。

2 水密性能按《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定检测。上海地区的工程水密性能检测应采用波动加压法。

3 动态水密性能按建筑幕墙动态压力作用下水密性能分级和检测方法检测。

4 抗风压性能按《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定检测。

5 平面内变形性能按《建筑幕墙平面内变形性能检测方法》GB/T 18250 的规定检测。

6 热循环试验按建筑幕墙热循环试验方法检测。

7 热工性能按建筑幕墙热工性能检测方法检测。

8 耐撞击性能按《建筑幕墙》GB/T 21086—2007 附录 F 的规定检测。

9 抗震性能振动台检测按《建筑幕墙抗震性能振动台试验方法》GB/T 18575 的规定进行。

### 19.3.5 幕墙防火性能检测：

防火性能应由有相关资质的机构检测。

防火玻璃裙墙，按《建筑构件耐火试验方法第 8 部分：非承重垂直分隔构件的特殊要求》GB/T 9978.8 的规定检测。

防火玻璃及幕墙构件制作的防火墙，按《镶玻璃构件耐火试验方法》GB/T 12513 的规定检测。

## 19.4 现场检测

19.4.1 用于幕墙槽式埋件、后置埋件的锚栓和面板的背栓，应现场检测抗拉拔、抗剪性能，检测方法按《建筑锚栓抗拉拔、抗剪性能试验方法》DG/TJ08—003 规定。不同类型、不同规格和用于不同结构和构件的锚栓、背栓，检测数量均应不少于 3 个。

19.4.2 幕墙施工过程中，应由施工单位会同工程监理选取典型部位进行现场淋水试验，试验方法应按 GB/T 21086—2007 附录 D 的规定。工程监理对现场淋水试验进行记录。

19.4.3 单元式幕墙在板块安装过程中宜进行盛水试验。

19.4.4 对热工性能有较高要求的建筑幕墙，可现场检测热工性能，检测方法按 GB/T 21086—2007 附录 E 的规定。也可实验室热工性能检测，或按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 模拟计算。

19.4.5 光伏系统按国家现行标准进行电气性能检测。

## 20 加工制作

### 20.1 一般规定

20.1.1 建筑幕墙构件应根据加工图加工,加工图依据通过审图的施工图和建筑结构复测尺寸绘制。

20.1.2 构件加工所采用的设备、机具应满足建筑幕墙构件加工精度的要求,其量具应定期计量认证。

20.1.3 幕墙构件的原材料应符合国家现行规范和设计要求。

20.1.4 构件加工完毕应编号备查。

20.1.5 预埋件的锚筋不应做防腐蚀处理。

20.1.6 幕墙构件、组件和配件应按工艺要求在工厂加工组装,不应在现场加工。

### 20.2 金属构件加工

20.2.1 预埋件的加工要求:

1 锚板及锚筋的材质应符合设计要求。

2 锚板应按照加工工序依次完成。

3 剪板和冲孔工序完成后,应对半成品除去毛刺。

4 预埋件的锚筋与锚板宜采用塞焊,焊缝应符合国家现行规范和设计要求。

20.2.2 平板型预埋件加工精度应符合下列要求:

1 锚板边长允许偏差为 $-5\text{mm}$ 。

2 锚筋长度不允许负偏差。两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度允许偏差为 $+5\text{mm}$ 。

3 圆锚筋的中心线允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 锚筋与锚板面的垂直度允许偏差为 $l_s/30$ ( $l_s$ 为锚固钢筋长度)。

**20.2.3** 除锚筋和不锈钢制品外,槽型预埋件表面及槽内应进行防腐蚀处理,其加工精度应符合下列要求:

1 预埋件长度、宽度、厚度和锚筋长度不允许负偏差。

2 锚筋中心线允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ ,槽口允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

3 锚筋与槽板的垂直度允许偏差为 $l_s/30$ ( $l_s$ 为锚固钢筋长度)。

**20.2.4** 连接件、支承件的加工精度应符合下列要求:

1 连接件、支承件外观应平整,不得有裂纹、毛刺、凸凹、翘曲、变形等缺陷。

2 连接件、支承件外形加工尺寸允许偏差为 $\begin{matrix} +5\text{mm} \\ -2\text{mm} \end{matrix}$ ;连接件、支承件的孔(槽)距允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ;孔(槽)宽允许偏差为 $+0.5\text{mm}$ ,孔边距偏差为 $+1.0\text{mm}$ ,不允许负偏差;连接件、支承件壁厚允许偏差 $\begin{matrix} +0.5\text{mm} \\ -0.2\text{mm} \end{matrix}$ ;连接件、支承件弯曲角度允许偏差为 $\pm 2^\circ$ 。

**20.2.5** 型材截料前应校直调整。型材直线度允许偏差:铝合金型材为 $1/1000$ ,钢型材为 $1/500$ 。

**20.2.6** 幕墙型材加工要求:

1 型材加工应按工序依次完成。

2 下料时应防止型材产生变形。

3 加工时应保护型材表面,半成品应在明显处贴标识。

4 冲孔、铣切等工序完成后,型材切口应平整、光滑。

5 加工工序完成后应进行检验,检验合格后及时对型材表面采取保护措施。

**20.2.7** 横梁长度允许偏差:铝合金为 $\pm 0.5\text{mm}$ ,钢材为 $+0.5\text{mm}$   
 $-1.0\text{mm}$ ;立柱长度允许偏差:铝合金为 $\pm 1\text{mm}$ ,钢材为 $+1\text{mm}$   
 $-2\text{mm}$ ;端头斜度允许偏差为 $-15'$ ,截料端头不应有加工变形,并应去除毛刺。

**20.2.8** 型材钻孔应符合下列要求:

1 孔位允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ,孔距允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ,累计偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

2 铆钉的通孔尺寸偏差应符合《紧固件 铆钉用通孔》GB 152.1 的规定。

3 沉头螺钉的沉孔尺寸偏差应符合《紧固件 沉头用沉孔》GB 152.2 的规定。

4 圆柱头、螺栓的沉孔尺寸应符合《紧固件 圆柱头用沉孔》GB 152.3 的规定。

5 螺丝孔的加工应符合设计要求。

**20.2.9** 铝合金构件中槽、豁、榫的加工应符合下列要求:

1 槽口的允许偏差为 $+0.5\text{mm}$ ,不允许负偏差,中心线允许偏差 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

2 豁口的允许偏差为 $+0.5\text{mm}$ ,不允许负偏差,中心线允许偏差 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

3 榫头截面的长、宽允许偏差为 $-0.5\text{mm}$ ,不允许正偏差,中心线允许偏差 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

**20.2.10** 铝型材构件弯加工要求:

1 铝合金构件宜采用拉弯设备进行弯加工。



2 弯加工后构件表面应光滑,不得有皱折、裂纹,且应符合设计要求。

3 弯加工构件应符合表 20.2.10 的规定。

表 20.2.10 弯加工构件外形允许偏差(mm)

材料规格	材料状态	允许最小 弯曲半径 r	半径误差 (≤)	材料扭曲度 (≤)	内、外弧 凹陷度 (≤)
拉弯方向型材截面 最大高度 H					
H≤60	未时效处理	≥300	2	2	1
	时效处理	>1000	3	2	1
60<H≤85	未时效处理	≥500	2	2	1
	时效处理	>1000	3	2	1
85<H≤110	未时效处理	≥600	2	2	1
	时效处理	>1000	3	2	1
110<H≤130	未时效处理	≥600	2	2	1
	时效处理	>3000	3	2	1
130<H≤140	未时效处理	≥600	2	2	1
	时效处理	>3000	3	2	1
140<H≤150	未时效处理	≥600	2	2	1
	时效处理	>3000	3	2	1
150<H≤160	未时效处理	≥800	2	2	1
	时效处理	>5000	3	2	1
160<H≤180	未时效处理	≥800	2	2	1
	时效处理	>5000	3	2	1

续表 20.2.10

材料规格	材料状态	允许最小 弯曲半径 r	半径误差 (≤)	材料扭曲度 (≤)	内、外弧 凹陷度 (≤)
拉弯方向型材截面 最大高度 H					
180<H≤200	未时效处理	≥800	3	3	2
	时效处理	>5000	5	3	2
200<H≤220	未时效处理	≥800	4	3	2
	时效处理	>5000	5	3	2
220<H≤240	未时效处理	≥800	4	3	2
	时效处理	>5000	5	3	2
240<H≤260	未时效处理	≥800	4	3	2
	时效处理	>5000	6	3	2
260<H≤280	未时效处理	≥800	4	3	2
	时效处理	>5000	6	3	2

### 20.3 玻璃面板加工

**20.3.1** 幕墙用玻璃应进行边缘处理。机械磨边处理时,磨轮数应不小于 180 目。点支承幕墙玻璃的孔、板边缘均应磨边和倒角,磨边宜细磨,倒角宽度宜不小于 1mm。孔边缘不得崩边。

**20.3.2** 点支承玻璃面板加工应符合表 20.3.2 的规定:

表 20.3.2 点支承玻璃面板加工允许偏差

项 目	边长尺寸	对角线差	钻孔位置	孔距	孔与玻璃平面垂直度
允许偏差	±1.0mm	≤2.0mm	±0.8mm	±1.0mm	±12'

**20.3.3** 弯曲加工成型后的玻璃应符合以下要求：

1 曲边顺滑一致，每米弦长内拱高的允许偏差为±3mm。

2 直边弯曲度，拱形时不大于0.5%，波形时不大于0.3%。

**20.3.4** 采用硅酮结构密封胶与玻璃或构件粘结前必须取得合格的剥离强度和相容性检验报告，必要时应加涂底漆。

**20.3.5** 注胶前，对被粘结部位材料表面的灰尘、油渍和其他污物应分别使用带溶剂的擦布和干擦布清除干净。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，禁止将擦布浸泡在溶剂中。

3 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1h内注胶。注胶前再度污染时，应重新清洁。

**20.3.6** 采用双组份硅酮结构密封胶时，应进行混匀性试验和拉断试验。

**20.3.7** 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。注胶宽度和厚度应符合设计要求。

**20.3.8** 镀膜玻璃应根据其镀膜材料的粘结性能和技术要求，确定加工制作工艺。当镀膜与硅酮结构密封胶不相容时，应除去镀膜层。

**20.3.9** 采用硅酮结构密封胶粘结面板时，不应使结构胶处于单独受力状态，面板底边承托构件应不少于两块，其长度和厚度应经计算确定，且长度应不小于100mm。

**20.3.10** 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。

**20.3.11** 采用硅酮结构密封胶粘结固定的玻璃面板必须经静置养护,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。

**20.3.12** 夹层玻璃中的胶片不宜接触硅酮密封胶,注胶前可对其端面密封处理。

**20.3.13** 隐框幕墙中空玻璃的内片为钢化玻璃时,其注胶部位应与中空玻璃结构胶部位对应。

**20.3.14** 硅酮结构胶固化后,隐框玻璃幕墙组件尺寸应符合表 20.3.14 的规定。

**表 20.3.14 隐框玻璃幕墙组件尺寸允许偏差(mm)**

序号	项 目		允许偏差
1	框长度尺寸		±1.0
2	组件长度尺寸		±2.5
3	框接缝高度差		≤0.5
4	框内侧对角线差及组件对角线差	当长边≤2000mm 时 当长边>2000mm 时	≤2.5 ≤3.5
5	框组装间隙		≤0.5
6	胶缝宽度		+2.0 0
7	胶缝厚度		+0.5 0
8	组件周边玻璃与铝框位置差		±1.0
9	结构组件平面度		≤3.0

### **20.3.15 吊挂式玻璃夹板加工要求：**

1 夹板粘结部位玻璃表面处理应符合本规范第 20.3.5 条规定。

2 楔形夹板和衬垫材料应满涂专用强力胶粘剂，双面粘贴夹紧后静置养护至胶粘剂完全固化。

## **20.4 金属面板加工**

**20.4.1** 金属板材的品种、规格、表面处理及色泽应符合设计要求。

**20.4.2** 单层金属板的加工：

1 金属板折弯加工时，折弯外圆弧半径应不小于板厚的 1.5 倍。

2 金属板加强肋的固定应牢固，可采用电栓钉、胶粘等方法。采用电栓钉时，金属板外表面不应变形、变色。

3 金属板的固定耳攀应符合设计要求，固定耳攀可采用焊接、铆接或直接在板上冲压而成，应位置准确，调整方便，固定牢固。铆接时可采用不锈钢抽芯铆钉或实芯铝铆钉。

4 金属板构件周边应采用折边或边框加强。加强边框可采用铆接、螺栓或胶粘与机械连接相结合的方式。

5 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，不应采用焊钉连接。

**20.4.3** 铝塑复合板的加工：

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，不得划伤外层金属板面。

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,金属折边应采取加强措施。

**20.4.4 石材铝蜂窝板、瓦楞芯板的加工:**

1 石材铝蜂窝板和瓦楞芯板应封边处理。

2 石材铝蜂窝板采用外层金属板折转包封时,折角应弯成圆弧形。切除芯材不得划伤外层板面,外层板上应保留 0.3mm~0.5mm 的芯材。缝隙应用硅酮密封胶密封。

3 瓦楞芯板封边后,周边应有加强措施。

**20.4.5 金属板组件组装后的平面度应符合表 20.4.5 的规定。**

**表 20.4.5 金属板幕墙组件平面度允许偏差**

板材厚度(mm)	允许偏差(长边)%	检测方法
$\geq 2$	$\leq 0.2$	钢直尺、塞尺
$< 2$	$\leq 0.5$	钢直尺、塞尺

**20.4.6 金属板加工应符合表 20.4.6 的规定。**

**表 20.4.6 金属板加工允许偏差(mm)**

项	目	允许偏差
边长	$\leq 2000$	$\pm 2.0$
	$> 2000$	$\pm 2.5$
对边尺寸	$\leq 2000$	$\leq 2.5$
	$> 2000$	$\leq 3.0$
对角线长度	$\leq 2000$	$\leq 2.5$
	$> 2000$	$\leq 3.0$
折弯高度		$\leq 1.0$

续表 20.4.6

项	目	允 许 偏 差
	平面度	2.0‰
	孔的中心距	±1.5

## 20.5 石材及其他面板加工

### 20.5.1 石板加工：

- 1 石材的品种应符合设计要求。
- 2 石板应无暗裂缺陷,连接部位无崩裂。外侧不得有崩边、缺角现象;内侧非连接部位崩边不大于  $5\text{mm} \times 20\text{mm}$ ,缺角不大于  $20\text{mm}$ 。
- 3 石板的外形尺寸、色泽、纹理应符合设计要求。
- 4 石板应根据排版要求编号加工。除图案设计外,相邻石板不应有明显色差。
- 5 花岗岩石板加工尺寸允许偏差应符合《天然花岗石建筑板材》GB/T 18601 规定中一等品的要求。没有专项标准的非花岗岩石板,加工尺寸允许偏差可按此标准执行。
- 6 石材表面应使用机械加工,加工后的表面应清理干净,严禁采用溶剂型的化学清洁剂清洗石材。
- 7 石板应六面防护处理。
- 8 石板的槽口宽度、深度尺寸按设计要求加工。无设计要求时,深度宜按支承五金件的插入尺寸加  $3\text{mm}$ 。
- 9 加工后的石板应靠立于通风良好的室内,靠立角度宜不小于  $85^\circ$ 。

### 20.5.2 通槽式、短槽式安装的石板加工应符合下列规定：

1 石材通槽允许位置偏差 $\pm 0.5\text{mm}$ ,槽宽偏差 $+2\text{mm}$ ,槽深偏差 $+3\text{mm}$ 。

2 石材短槽允许的位置偏差,厚度方向 $\pm 0.5\text{mm}$ ,长度方向 $\pm 5\text{mm}$ ;槽宽偏差 $+2\text{mm}$ ,槽深偏差 $+3\text{mm}$ 。

3 石材开槽后不得有损坏或崩裂,槽口应 $45^\circ$ 倒角,槽内应光滑、洁净。

### 20.5.3 背栓孔加工和螺栓埋装:

1 石板背栓孔加工应符合表 20.5.3-1 的规定。

表 20.5.3-1 石板背栓孔加工允许偏差(mm)

背栓直径	钻孔直径	钻孔直径允许偏差	拓孔直径	拓孔直径允许偏差	锚固深度	锚固深度允许偏差
M6	11	$\pm 0.3$	13.5	$-0.2\sim+0.4$	15~20	$-0.1\sim+0.4$
M8	13		15.5			

2 陶板、瓷板背栓孔加工应符合表 20.5.3-2 的规定。

表 20.5.3-2 陶板、瓷板背栓孔加工允许偏差(mm)

背栓直径	钻孔直径	钻孔直径允许偏差	拓孔直径	拓孔直径允许偏差	锚固深度	锚固深度允许偏差
M6	11	$\pm 0.3$	13.5	$-0.2\sim+0.4$	6~10	$-0.1\sim+0.4$

3 其他板材的背栓式钻孔应符合设计要求,复合人造板钻孔不得损伤面板底面。

4 埋装螺栓时,背栓孔内应注环氧胶粘剂。

## 20.6 构件组装

### 20.6.1 开启窗组装要求:

1 采用带挂钩的开启扇,应设置防滑块。



2 采用铰链传动的开启扇,扇和框之间的间隙允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

3 装配五金件的孔应攻丝,丝孔应符合设计要求。加工应在车间完成,不应现场加工。

4 开启窗安装附件处的型材壁厚小于螺钉的公称直径时,扇框内壁宜加衬板,螺钉应有防松脱措施。

5 开启窗四周的橡胶条应采用穿条式,不应为压入式。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 $1.5\% \sim 2\%$ 。橡胶条转角和接头部位应采用粘结剂粘结牢固,镶嵌平整。

6 开启窗的框、扇,宜采用挤角方式组装。

7 开启窗的组件加工尺寸应符合表 20.6.1 的规定。

**表 20.6.1 开启窗组件加工尺寸允许偏差 (mm)**

序号	项 目		允许偏差
1	框、扇型材长度		$\pm 1.0$
2	框、扇组件长度		$\pm 2.5$
3	框、扇接缝高低差		$\leq 0.5$
4	对角线差	当长边 $\leq 2000$ 时 当长边 $> 2000$ 时	$\leq 2.5$ $\leq 3.5$
5	框、扇组装间隙		$\leq 0.5$
6	硅酮建筑密封胶宽度		+2.0 0
7	硅酮建筑密封胶厚度		+0.5 0
8	组件平面度		$\leq 3.0$

**20.6.2 石板背栓组装要求：**

- 1 专用螺母应锁紧背栓。
- 2 石板上部背栓挂件应可调节,下部背栓挂件不可调节。

**20.6.3 石材幕墙转角一侧为小于 150mm 的狭条石板时,宜在工厂完成转角组件。**

- 1 可用槽式连接,连接件为不锈钢,壁厚不小于 3mm。
- 2 不适合槽式连接时可用钢销连接。
- 3 接缝处用石材专用胶粘剂粘接,静置固化。

**20.6.4 石材幕墙转角组件为背栓连接时,宜采用铝合金专用转接件,其壁厚应不小于 4.5mm。**

**20.6.5 明框玻璃幕墙组件的装配要求：**

- 1 组件装配尺寸应满足表 20.6.5-1 的要求。

**表 20.6.5-1 组件装配尺寸允许偏差(mm)**

项 目	构件长度	允许偏差
型材槽口尺寸	$\leq 2000$	$\pm 2.0$
	$> 2000$	$\pm 2.5$
组件对边尺寸差	$\leq 2000$	$\leq 2.0$
	$> 2000$	$\leq 3.0$
组件对角线尺寸差	$\leq 2000$	$\leq 3.0$
	$> 2000$	$\leq 3.5$

**2 相邻构件装配间隙及平面度应满足表 20.6.5-2 的要求。**

**表 20.6.5-2 相邻构件装配间隙及平面度允许偏差 (mm)**

项 目	允许偏差	项 目	允许偏差
装配间隙	≤0.5	平面度	≤0.5

**20.6.6 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。连接处的缝隙应采用硅酮密封胶密封。

3 单元板块吊挂件的厚度应不小于 5mm。吊挂件应可调节,用不锈钢螺栓与立柱连接,螺栓不得少于 2 个。

4 单元板块的硅酮结构密封胶不应外露。

5 面板宜有可更换措施。

6 采用不锈钢自攻螺钉连接单元组件框时,每处螺钉应不少于 3 个,螺钉直径应不小于 4mm。型材螺钉孔最大内径、最小内径和拧入扭矩应满足表 20.6.6 的要求。

**表 20.6.6 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
4.6	4.015	4.065	6.3
5.5	4.735	4.785	10.0
6.3	5.475	5.525	13.6

7 单元板块组装完成后,工艺孔宜封堵,通气孔及排水孔应

畅通。

20.6.7 单元板组装应符合表 20.6.7 的规定。

表 20.6.7 单元板组装允许偏差 (mm)

序号	项 目		允 许 偏 差	检查方法
1	组件长度、宽度	$\leq 2000$	$\pm 1.5$	钢尺
		$> 2000$	$\pm 2.0$	
2	组件对角线长度差	$\leq 2000$	$\leq 2.5$	钢尺
		$> 2000$	$\leq 3.5$	
3	接缝高低差		$\leq 0.5$	游标深度尺 或钢尺、塞尺
4	接缝间隙		$\leq 0.5$	塞尺
5	框面划伤		$\leq 3$ 处且总长 $\leq 100$	钢尺
6	框面擦伤		$\leq 3$ 处且总面积 $\leq 200\text{mm}^2$	钢尺
7	胶缝宽度		$+1.0$ $0$	卡尺或钢板尺
8	胶缝厚度		$+0.5$ $0$	卡尺或钢板尺
9	各搭接量(与设计值比)		$+1.0$ $0$	钢板尺
10	组件平面度		$\leq 1.5$	1m 靠尺
11	组件内镶板间接缝宽度(与设计值比)		$\pm 1.0$	塞尺
12	连接构件竖向中轴线距组件外表面 (与设计值比)		$\pm 1.0$	钢尺
13	连接构件水平轴线距组件竖向对插 中心线		$\pm 1.0$ (可上、下调节时 $\pm 2.0$ )	钢尺

续表 20.6.7

序号	项 目	允 许 偏 差	检 查 方 法
14	连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线	$\pm 1.0$	钢尺
15	两连接构件中心线水平距离	$\pm 1.0$	钢尺
16	两连接构件上、下端水平距离差	$\pm 0.5$	钢尺
17	两连接构件上、下端对角线差	$\pm 1.0$	钢尺

## 20.7 构件检验

**20.7.1** 幕墙构件生产过程中应建立自检、互检、专职检验制度。每种构件、配件、组件必须首件检验合格后方可批量投产。

**20.7.2** 建筑幕墙构件应按构件的 5% 随机抽样检查,且每种构件不得少于 5 件。当有一个构件不符合要求时,应加倍抽查,合格后方可出厂。

**20.7.3** 产品应附检验合格证书。

## 21 安装施工

### 21.1 一般规定

- 21.1.1 幕墙安装前,主体结构应验收合格。
- 21.1.2 采用新材料、新构造的幕墙,宜在现场试安装,经业主、监理、土建设计单位认可后方可施工。
- 21.1.3 有抗爆设计的建筑幕墙,幕墙试件应经抗爆检测,符合要求后方可施工。
- 21.1.4 幕墙安装施工全过程应做好产品保护。

### 21.2 构件式幕墙安装

#### 21.2.1 幕墙测量放线要求:

- 1 风力大于4级时,不宜测量放线。
- 2 测量放线前,应先确定主体结构的水平基准线和标高基准线。
- 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。垂直方向每隔20m设置一条控制线。

#### 21.2.2 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定位。
- 2 应采取措施防止浇筑混凝土时埋件发生移位,保持埋件位置准确。

3 预埋件的位置偏差应满足设计要求。设计无要求时,预埋件的标高偏差应不大于 $\pm 10\text{mm}$ ,水平偏差应不大于 $\pm 10\text{mm}$ ,表面进出偏差应不大于 $10\text{mm}$ 。

4 有防雷接地要求的预埋件,锚筋必须与主体结构的接地钢筋绑扎或焊接在一起,其搭接长度应符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。

5 安装连接件前应清理预埋件,使埋板露出金属面。

**21.2.3 偏位的预埋件应按下列要求处理:**

1 偏差过大不满足设计要求的预埋件应废弃。原设计位置应补后置埋件。

2 采用焊接工艺连接的后置埋件,应符合本规范 9.5.8 条规定。

3 后置埋件钻孔时,应避开主体结构的钢筋,钻孔深度应满足后置埋件的有效长度,并清理钻孔。

**21.2.4 幕墙立柱安装要求:**

1 立柱与主体结构每个连接节点的角码应两边固定。

2 立柱安装轴线偏差应不大于 $2\text{mm}$ 。

3 相邻两根立柱安装标高偏差应不大于 $3\text{mm}$ ,同层立柱的最大标高偏差应不大于 $3\text{mm}$ 。相邻两根立柱固定点的距离偏差应不大于 $2\text{mm}$ 。

4 立柱就位及调整后应及时紧固。

**21.2.5 幕墙横梁安装要求:**

1 铝合金横梁两端至少有一端不应与立柱固接并留有伸缩间隙,间隙宽度、连接件安装位置应符合设计要求,间隙应用垫片或密封胶封堵。钢横梁安装应符合设计要求。

2 横梁应安装牢固。横梁与立柱的连接螺钉或螺栓,每个

连接点应不少于 2 个,横梁为开口型材时宜不少于 3 个。不应采用沉头、半沉头螺钉或螺栓。

3 同一根横梁两端或相邻两根横梁的水平标高偏差应不大于 1mm。同层标高偏差:当一幅幕墙宽度小于等于 35m 时,应不大于 5mm;当一幅幕墙宽度大于 35m 时,应不大于 7mm。

4 一层高度安装完成后,应及时进行检查、校正和固定。

#### 21.2.6 幕墙其他主要附件安装要求:

1 防火、保温材料应密实、平整、牢固,拼接处应封堵。

2 封口处理应符合设计要求。

3 现场焊接或高强螺栓紧固的构件,焊接或紧固后应及时防锈处理。

4 采用钢构架的开放式幕墙,其钢构件不应暴露在防水层之外。

5 幕墙安装时用的临时衬垫、固定材料,应在构件紧固后拆除。

#### 21.2.7 玻璃安装要求:

1 安装前玻璃表面应清洁处理。

2 玻璃四周的橡胶条安装应符合本规范 20.6.1 条规定。

3 镀膜玻璃镀膜面的朝向应符合设计要求。

#### 21.2.8 金属板、石板安装要求:

1 金属板、石板安装时,上下、左右的偏差应不大于 1.5mm,色差显著的板块应剔除。

2 倒挂石板挂件应采用双螺栓固定。

3 石板表面嵌缝应采用专用密封胶或聚氨脂密封胶。

21.2.9 铝合金装饰构件的安装,应顺直平整、接缝均匀,表面无色差。

#### 21.2.10 硅酮建筑密封胶施工要求:



1 注胶时空气湿度应符合设计要求和产品要求,注胶前应使注胶面清洁、干燥。夜晚或雨天不应注胶。

2 密封胶厚度应大于 3.5mm,宽度宜不小于厚度的 2 倍。槽口较深时,应先填塞聚乙烯发泡材料,材料规格尺寸应适当,防止发泡材料回弹或收缩。

3 接缝内的硅酮密封胶应与接缝两侧边缘粘结,不应与接缝底面粘结。

**21.2.11** 幕墙安装过程中,应进行淋水试验。

**21.2.12** 明框幕墙组件的导气孔和排水孔设置应符合设计要求,并保持通畅。

**21.2.13** 明框幕墙安装时,应控制面板与框料之间的间隙。面板的下边缘应衬垫 2 块压模成型的氯丁橡胶垫块,垫块宽度应与槽口宽度相同,厚度不小于 5mm,每块长度不小于 100mm。

**21.2.14** 明框幕墙采用压板固定时,应符合本规范 12.1.5 条规定。

**21.2.15** 明框幕墙采用硅酮密封胶密封处,基层应清洁处理,注胶符合设计要求。

**21.2.16** 隐框玻璃幕墙的压板厚度应不小于 5mm,压板连接螺钉的公称直径应不小于 5mm。压板间距应符合设计要求,无设计要求时,间距为 300mm~400mm。

**21.2.17** 金属板块采用挂钩安装时,应有防脱落措施。

**21.2.18** 狭条石板与构架连接宜不少于 2 个支承点。

### **21.3 单元式幕墙安装**

**21.3.1** 单元式幕墙的测量应符合 21.2.1 条的规定。

**21.3.2** 单元式幕墙的预埋件安装应符合 21.2.2 条的规定。

**21.3.3** 单元式幕墙预埋件的偏位处理方法应符合 21.2.3 条的规定。

**21.3.4** 连接件安装偏差应符合表 21.3.4 的规定。

**表 21.3.4 连接件安装允许偏差 (mm)**

序号	项 目	允 许 偏 差	检查方法
1	标高	$\pm 1.0$ (可上下调节时 $\pm 2.0$ )	水准仪
2	连接件两 endpoint 平行度	$\leq 1.0$	钢卷尺
3	距安装轴线水平距离	$\leq 1.0$	钢卷尺
4	垂直偏差(上、下两 endpoint 与垂线偏差)	$\pm 1.0$	垂线、钢卷尺
5	两连接件连接点中心水平距离	$\pm 1.0$	钢卷尺
6	两连接件上、下端对角线差	$\pm 1.0$	钢卷尺
7	相邻三连接件(上下、左右)偏差	$\pm 1.0$	钢卷尺

**21.3.5** 单元板块按顺序编号。在搬运和吊装过程中应有保护措施,防止板块挤压碰撞。

**21.3.6** 板块堆放应按编号顺序先出后进,堆放平稳,不应叠层堆放。

**21.3.7** 板块吊装宜选用定型机具,非定型吊装机具应经检测机构检测合格。

**21.3.8** 单元板块严禁超重吊装。雨、雪、雾和风力 5 级及以上天气不得吊装。吊装应有防碰撞防坠落措施。

**21.3.9** 板块就位后,应及时校正固定。板块未固定前,吊具不得撤卸。

**21.3.10** 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。

**21.3.11** 施工中暂停安装时,对插槽口等部位应采取保护措施。

## **21.4 全玻璃幕墙安装**

**21.4.1** 全玻璃幕墙安装前,应清洁镶嵌槽;中途暂停施工时,槽口应采取保护措施。

**21.4.2** 玻璃采用机械吸盘安装时,应采取必要的安全措施。

**21.4.3** 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。

**21.4.4** 一块玻璃上的吊夹具应位于同一结构体上。

**21.4.5** 吊挂玻璃安装要求:

1 玻璃吊夹具与夹板配合紧密不松动,夹具不得与玻璃直接接触。

2 吊夹具与主体结构挂点连接牢固,吊点受力应均衡。

3 吊挂玻璃底部构造应符合本规范第 15.2.1 条规定。

## **21.5 点支承玻璃幕墙安装**

**21.5.1** 点支承玻璃幕墙支承结构的安装要求:

1 支承结构安装过程中,组装、焊接和涂装修补等,应符合相关标准的规定。

2 大型支承结构构件应进行吊装设计,并应试吊。

3 支承结构安装就位,经调整后应及时紧固定位,并进行隐蔽工程验收。

**21.5.2** 拉杆、拉索施加预拉力的要求:

1 拉杆、拉索应按设计要求施加预拉力,设置预拉力调节装置并测定预拉力。

2 张拉前必须全面检查构件、锚具等,签发张拉通知单,明

确具体要求。

**3** 实际施加的预拉力值应计入施工温度对拉杆、拉索的影响。

**4** 在张拉过程中,应分次、分批对称张拉,随时调整预拉力,并做好张拉纪录。

**21.5.3** 点支承结构构件的安装应符合表 22.4.3—5 的规定。

**21.5.4** 点支承幕墙玻璃与金属连接件不得直接接触,应有橡胶垫片。

**21.5.5** 玻璃幕墙大面应平整,胶缝横平竖直、宽度均匀。

## **21.6 光伏幕墙安装**

**21.6.1** 施工安装人员应穿绝缘鞋,戴低压绝缘手套,使用绝缘工具。

**21.6.2** 施工场所应有清晰、醒目、易懂的电气安全标识。

**21.6.3** 不得在雨雪或 5 级及以上大风天气作业。

**21.6.4** 安装光伏系统时,现场上空的架空电线应有隔离措施。

**21.6.5** 安装光伏组件时,太阳能电池板受光面应铺遮光板。

**21.6.6** 光伏系统完成或部分完成连接后,如发生组件破裂,应及时设置限制接近的警示牌,并由专业人员处置。

**21.6.7** 接通电路后不得局部遮挡光伏组件。

**21.6.8** 光伏组件上应标注带电警示标识。

## **21.7 安全规定**

**21.7.1** 幕墙安装施工应符合《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和其他相关规定。

**21.7.2** 施工机具在使用前应严格检查。电动工具应进行绝缘测试；手持玻璃吸盘及玻璃吸盘机应测试吸附重量和吸附持续时间。

**21.7.3** 外脚手架应满足设计要求，与主体结构可靠连接，并符合下列规定：

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。采用工字钢时宜不小于 I18。悬挑式脚手架高度不宜超过 3 层。

3 脚手架经验收合格后方可使用。

**21.7.4** 脚手架上不得超载，应及时清理杂物。脚手架应有防坠落措施，栏杆上不应挂放工具。如需部分拆除脚手架与主体结构的连接时，应采取措施防止失稳。

**21.7.5** 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。

**21.7.6** 采用吊篮施工的要求：

1 吊篮设置应符合设计要求，使用前应进行安全检查并通过验收。

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结构上，安全带挂在安全绳的自锁器上，不得挂在吊篮上。

6 风力达到 5 级及以上时，不应进行吊篮施工。

7 吊篮暂停使用时，应落地停放。

**21.7.7** 现场焊接作业时，应有防火措施。

## 22 工程验收

### 22.1 一般规定

**22.1.1** 建筑幕墙工程应进行材料进场验收、施工中间验收及竣工验收。施工过程中应及时建立技术档案。

**22.1.2** 工程验收前幕墙表面应清洗干净。

**22.1.3** 幕墙工程验收应进行技术资料复核、现场观感检查和实物抽样检验。

**22.1.4** 现场检验时,应按下列规定划分检验批,每幅建筑幕墙均应检验。

1 相同设计、材料、工艺和施工条件的幕墙工程,每 $500\text{m}^2$ ~ $1000\text{m}^2$ 应划分为一个检验批,不足 $500\text{m}^2$ 也应为一个检验批。每个检验批每 $100\text{m}^2$ 应至少抽查一处,每处不得小于 $10\text{m}^2$ 。

2 同一单位工程的不连续的幕墙工程应分别划分检验批。

3 对于异型或有特殊要求的幕墙,检验批应根据幕墙的结构、工艺特点及幕墙工程的规模划分,宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

**22.1.5** 幕墙工程验收除符合本规范规定外,尚应符合《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 的规定。

### 22.2 进场验收

**22.2.1** 建筑幕墙工程在材料和构配件进场验收时应检查下列文件资料:

1 建筑幕墙工程所用各种材料、五金配件、构件及组件的产

品合格证书、性能检测报告和复验报告等。

**2** 建筑幕墙工程(包括隐框、半隐框中空玻璃合片)所用硅酮结构胶的认定证书和抽查合格证明,进口硅酮胶的商检证,国家指定检测机构出具的硅酮结构胶相容性和剥离粘结性试验报告,双组分硅酮结构胶的混匀性试验、拉断试验记录,注胶养护环境温度、湿度记录,石材用密封胶的耐污染性试验报告,槽式埋件、后置埋件和背栓的抗拉、抗剪承载力性能试验报告,金属板材表面氟碳树脂涂层的物理性能试验报告等。

**22.2.2** 建筑幕墙工程应对下列材料及其性能指标进行进场复验:

- 1** 复合板的剥离强度。
- 2** 石材的弯曲强度、设计要求的耐冻融性。
- 3** 硅酮胶的邵氏硬度、标准状态拉伸粘结强度、相容性试验;石材用结构胶的粘结强度;石材用密封胶的污染性。

**22.2.3** 幕墙工程各类材料、产品、构件及组件进场时应按质量要求验收,并做验收记录。

## **22.3 中间验收**

**22.3.1** 幕墙施工过程中,应及时进行阶段性质量验收,并填写验收记录。

**22.3.2** 隐蔽工程验收:

- 1** 幕墙及金属屋面应对每个节点按下列项目进行隐蔽工程验收:

表 22.3.2 幕墙及金属屋面的隐蔽工程验收项目及部位

类 型	验 收 项 目 及 部 位
构件式幕墙	1、预埋件或后置埋件
	2、幕墙构件与主体结构的连接、构件连接节点
	3、幕墙四周的封堵、幕墙与主体结构间的封堵
	4、幕墙变形缝及转角构造节点
	5、隐框玻璃的板块托条及板块固定连接
	6、明框隔热断桥处玻璃托块设置
	7、幕墙防雷连接构造节点
	8、幕墙的防水、保温隔热构造
	9、幕墙防火构造节点
单元式幕墙	1、预埋件或后置埋件
	2、连接件与主体结构的连接
	3、单元板挂件与连接件的安装
	4、单元板块顶部的过桥连接板安装
	5、幕墙的防火构造节点
	6、幕墙的防雷连接构造节点
	7、幕墙四周的封堵、幕墙与主体结构间的封堵
全玻璃幕墙 点支承幕墙	1、预埋件或后置埋件
	2、全玻璃幕墙的吊夹具、索杆件与主体结构的连接
	3、玻璃与镶嵌槽间的安装构造
	4、幕墙支承钢结构等被隐蔽部位



续表 22.3.2

类 型	验 收 项 目 及 部 位
采光顶及金属屋面	1、预埋件或后置埋件
	2、与主体结构连接构造
	3、屋面保温隔热层构造
	4、敞开式屋面内的隐蔽排水构造
	5、防雷连接构造
	6、采光顶隐框玻璃板块固定及金属屋面板的固定连接

2 光伏幕墙还应对电气管线敷设等进行隐蔽工程验收。

## 22.4 竣工验收

22.4.1 工程竣工验收时,除检查本规范 22.2 和 22.3 节规定的技术资料外,还应检查下列技术资料:

1 通过审查的施工图、结构计算书、设计变更和建筑设计单位对幕墙工程设计的确认意见及其它设计文件。

2 隐蔽工程验收记录。

3 防雷装置测试记录。

4 幕墙的抗风压性能、气密性能、水密性能、平面内变形性能检测报告及其他设计要求的性能检测报告。

5 幕墙构件和组件的加工制作记录,幕墙安装施工记录。

6 张拉杆索体系预拉力张拉记录。

7 现场淋水、盛水试验记录。

8 抗爆检测试验报告。

9 光伏系统的检测报告,联合调试记录,电流、电压检测记录。

10 其他质量保证资料。

**22.4.2 幕墙工程观感检查要求：**

1 幕墙外露型材、装饰条及遮阳装置的规格、造型符合设计要求，横平竖直，无毛刺、伤痕和污垢。

2 幕墙的胶缝、接缝均匀，横平竖直。密封胶灌注密实、连续，表面光滑无污染。橡胶条镶嵌密实平整。

3 幕墙型材、面板镀膜无脱落现象，颜色均匀。

4 幕墙无渗漏现象。

5 变形缝处理外观效果一致，符合设计要求。

6 金属板材表面平整洁净，距幕墙面 3m 处观察无可觉察的变形、波纹、局部凹陷和明显色差等缺陷。

7 面板表面无凹坑、缺角、裂纹、斑痕、损伤和污迹。

8 开启扇配件应齐全，安装牢固，关闭严密，启闭灵活。开启形式、方向、角度、距离符合设计要求和规范规定。

9 滴水线、流水坡度符合设计要求，滴水线宽窄均匀、光滑顺直。

10 光伏幕墙的带电警示标识应醒目。

**22.4.3 抽样检验应满足下列要求：**

1 明框幕墙铝合金框架安装应符合表 22.4.3—1 规定。

表 22.4.3-1 明框幕墙铝合金框架安装允许偏差 (mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	激光仪或经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	$\leq 20$	
		$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	$\leq 25$	
		$H > 150\text{m}$	$\leq 30$	
2	构件直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺
3	横向构件水平度	长度 $\leq 2\text{m}$	$\leq 2.0$	水平仪
		长度 $> 2\text{m}$	$\leq 3.0$	
4	同高度相邻两根横向构件高度、错位偏差		$\leq 1.0$	钢板尺, 塞尺
5	幕墙横向构件水平度	幅宽 $\leq 35\text{m}$	$\leq 5.0$	水平仪
		幅宽 $> 35\text{m}$	$\leq 7.0$	
6	分格框对角线差	对角线长度 $\leq 2\text{m}$	$\leq 3.0$	对角线尺或钢卷尺
		对角线长度 $> 2\text{m}$	$\leq 3.5$	

注: 1. 表中 1~5 项按根数抽样检查, 第 6 项按分格数抽样检查;

2. 垂直于地面的幕墙, 竖向构件垂直度包括幕墙平面内及平面外的检查;

3. 直线度包括幕墙平面内及平面外的检查。

**2 隐框幕墙安装应符合表 22.4.3-2 规定。**

表 22.4.3-2 隐框幕墙安装允许偏差 (mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	竖缝及墙面垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	激光仪或经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	$\leq 20$	
		$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	$\leq 25$	
		$H > 150\text{m}$	$\leq 30$	
2	幕墙的平面度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺
3	横、竖缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺
4	拼缝宽度(与设计值比)		$\pm 2.0$	钢板尺
5	板块立面垂直度		$\pm 2.0$	垂直检测尺
6	板块上沿水平度		$\pm 2.0$	1m 水平尺, 钢板尺
7	相邻板块板角错位		$\pm 1.0$	钢板尺
8	接缝高低差		$\pm 1.0$	塞尺, 钢板尺

3 单元式幕墙安装应符合表 22.4.3-3 规定。

表 22.4.3-3 单元式幕墙安装允许偏差 (mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	竖缝及墙面垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	激光仪或经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	$\leq 20$	
		$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	$\leq 25$	
		$H > 150\text{m}$	$\leq 30$	

续表 22.4.3—3

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
2	幕墙的平面度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺
3	横、竖缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺
4	拼缝宽度(与设计值比)		$\pm 2.0$	钢板尺
5	两相邻面板之间接缝高低差		$\leq 1.0$	塞尺, 钢板尺
6	同层单元板块标高	宽度 $\leq 35\text{m}$	$\leq 3.0$	激光仪或经纬仪
		宽度 $> 35\text{m}$	$\leq 5.0$	
7	板块对插件接缝搭接长度(与设计值比)		$\pm 1.0$	钢板尺
8	板块对插件距槽底距离(与设计值比)		$\pm 1.0$	塞尺

4 全玻璃幕墙安装应符合表 22.4.3—4 规定。

表 22.4.3—4 全玻璃幕墙安装允许偏差(mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	幕墙平面的垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	激光仪或经纬仪
		$H > 30\text{m}$	$\leq 15$	
2	幕墙的平面度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺
3	横、竖缝的直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺
4	拼缝宽度(与设计值比)		$\pm 2.0$	钢板尺
5	相邻面板间的高低差		$\pm 1.0$	塞尺, 钢板尺
6	玻璃面板与肋板夹角与设计值偏差		$\leq 1^\circ$	量角器

5 点支承结构构件安装应符合表 22.4.3—5 规定。

表 22.4.3-5 点支承结构构件安装允许偏差(mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	相邻两竖向构件间距		$\pm 2.5$	钢卷尺
2	竖向构件垂直度		$L/1000$ 或 $\leq 5.0$ (L为跨度)	激光仪或经纬仪
3	相邻三竖向构件外表面平面度		$\leq 5.0$	拉通线,用钢板尺检查
4	相邻两爪座水平间距和竖向间距		$\pm 1.5$	钢卷尺
5	相邻两爪座水平高低差		$\leq 1.5$	水平仪
6	爪座水平度		$\leq 2.0$	水平尺
7	同层高度内爪座高低差	间距 $\leq 35\text{m}$	$\leq 5.0$	水平仪
		间距 $> 35\text{m}$	$\leq 7.0$	水平仪
8	相邻两爪座垂直间距		$\pm 2.0$	钢卷尺
9	单个分格爪座对角线		$\leq 4.0$	钢卷尺

6 点支承玻璃幕墙面板安装应符合表 22.4.3-6 规定。

表 22.4.3-6 点支承玻璃幕墙面板安装允许偏差(mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	竖缝及墙面垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	激光仪或经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 50\text{m}$	$\leq 15$	
		$H > 50\text{m}$	$\leq 20$	
2	平面度		$\leq 2.5$	2m 靠尺,塞尺
3	胶缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺,塞尺,钢板尺

续表 22.4.3—6

序号	项 目	允许偏差	检 查 方 法
4	拼缝宽度	$\leq 2.0$	钢板尺
5	相邻玻璃平面高低差	$\leq 1.0$	塞尺, 钢板尺

7 金属幕墙安装应符合表 22.4.3—7 规定。

表 22.4.3—7 金属幕墙安装允许偏差 (mm)

序号	项 目	允许偏差	检 查 方 法	
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	$\leq 20$	
		$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	$\leq 25$	
		$H > 150\text{m}$	$\leq 30$	
2	幕墙水平度	层高 $\leq 3\text{m}$	$\leq 3.0$	水平仪
		层高 $> 3\text{m}$	$\leq 5.0$	
3	幕墙表面平整度	$\leq 2.0$	2m 靠尺, 塞尺	
4	面板立面垂直度	$\leq 3.0$	垂直检测尺	
5	面板上沿水平度	$\leq 2.0$	1m 水平尺, 钢板尺	
6	相邻板材板角错位	$\leq 1.0$	钢板尺	
7	阴阳角方正	$\leq 2.0$	直角检测尺	
8	接缝直线度	$\leq 3.0$	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用钢板尺检查	
9	接缝高低差	$\leq 1.0$	钢板尺, 塞尺	
10	接缝宽度	$\leq 1.0$	钢板尺	

8 石材幕墙安装应符合表 22.4.3—8 规定。

表 22.4.3—8 石材幕墙安装允许偏差(mm)

序号	项 目		允 许 偏 差		检 查 方 法
			光 面	麻 面	
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$		经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15$		
		$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	$\leq 20$		
		$H > 90\text{m}$	$\leq 25$		
2	幕墙水平度		$\leq 3.0$		水平仪
3	板块立面垂直度		$\leq 3.0$		水平仪
4	板块上沿水平度		$\leq 2.0$		1m 水平尺, 钢板尺
5	相邻板块板角错位		$\leq 1.0$		钢板尺
6	幕墙表面平整度		$\leq 2.0$	$\leq 3.0$	垂直检测尺
7	阴阳角方正		$\leq 2.0$	$\leq 4.0$	直角检测尺
8	接缝直线度		$\leq 3.0$	$\leq 4.0$	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用钢板尺检查
9	接缝高低差		$\leq 1.0$	—	钢板尺, 塞尺
10	接缝宽度		$\leq 1.0$	$\leq 2.0$	钢板尺

9 人造面板幕墙安装应符合表 22.4.3—9 规定。



**表 22.4.3—9 人造面板幕墙安装允许偏差 (mm)**

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	激光仪或经纬仪
		$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$H > 60\text{m}$	$\leq 20$	
2	幕墙平面度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺
3	竖缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺
4	横缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺
5	缝宽度(与设计值比较)		$\pm 2.0$	钢板尺
6	相邻面板接缝高低差		$\leq 1.0$	塞尺, 钢板尺

**10** 框支承采光顶构件及组件安装应符合表 22.4.3—10 和表 22.4.3—11 规定。

**表 22.4.3—10 框支承采光顶构件安装允许偏差 (mm)**

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	采光顶平面度	采光顶长度 $L \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	水准仪或全站仪
		$30\text{m} < L \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$60\text{m} < L \leq 90\text{m}$	$\leq 20$	
		$90\text{m} < L \leq 150\text{m}$	$\leq 25$	
		$L > 150\text{m}$	$\leq 30$	
2	采光顶坡度		$\pm 10\%$	坡度尺

续表 22.4.3—10

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
3	单 一 构 件 直 线度	长度 $L \leq 2\text{m}$	$\leq 2.0$	2m 靠尺, 塞尺 钢板尺
		$L > 2\text{m}$	$\leq 3.0$	
4	采 光 顶 横 向、纵 向构件直线度	采光顶长度或宽度 $\leq 35\text{m}$	$\leq 5.0$	2m 靠尺, 塞尺 水准仪
		采光顶长度或宽度 $> 35\text{m}$	$\leq 7.0$	
5	相邻构件的位置偏差		$\leq 1.0$	钢卷尺
6	分 格 框 对 角 线差	对角线长度 $\leq 2\text{m}$	$\leq 3.0$	对角线尺或钢卷尺
		对角线长度 $> 2\text{m}$	$\leq 3.5$	

表 22.4.3—11 隐框采光顶组件安装允许偏差 (mm)

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
1	檐口位置	相邻两组件	$\leq 2.0$	钢卷尺
		长度 $\leq 10\text{m}$	$\leq 3.0$	
		长度 $> 10\text{m}$	$\leq 6.0$	
		全长方向	$\leq 10.0$	
2	组件上缘接缝 的位置	相邻两组件	$\leq 2.0$	钢卷尺
		长度 $\leq 15\text{m}$	$\leq 3.0$	
		长度 $> 15\text{m}$	$\leq 6.0$	
		全长方向	$\leq 10.0$	

续表 22.4.3—11

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
3	屋脊位置	相邻两组件	$\leq 3.0$	钢卷尺
		长度 $\leq 10\text{m}$	$\leq 4.0$	
		长度 $> 10\text{m}$	$\leq 8.0$	
		全长方向	$\leq 12.0$	
4	采光顶水平缝及玻璃面的平面度	采光顶长度 $L \leq 30\text{m}$	$\leq 10$	水平仪
		$30\text{m} < L \leq 60\text{m}$	$\leq 15$	
		$60\text{m} < L \leq 90\text{m}$	$\leq 20$	
		$90\text{m} < L \leq 150\text{m}$	$\leq 25$	
		$L > 150\text{m}$	$\leq 30$	
5	缝隙宽度差(与设计值相比)		$\leq 2.0$	钢板尺
6	采光顶坡度		$\pm 10\%$	坡度尺
7	纵、横缝直线度		$\leq 2.5$	2m 靠尺, 塞尺, 钢板尺

11 点支承采光顶安装应符合表 22.4.3—12 规定。

表 22.4.3—12 点支承采光顶安装允许偏差(mm)

序号	项 目	允许偏差	检 查 方 法
1	脊(顶)水平高差	$\pm 3.0$	水平仪
2	脊(顶)水平错位	$\pm 2.0$	2m 靠尺, 塞尺 钢板尺
3	檐口水平高差	$\pm 3.0$	塞尺, 钢板尺
4	檐口水平错位	$\pm 2.0$	钢板尺

续表 22.4.3—12

序号	项 目		允许偏差	检 查 方 法
5	跨度(对角线或角到对边垂直高)差	跨度 $\leq 3\text{m}$	$\pm 3.0$	对角线尺或钢卷尺
		$3\text{m} < \text{跨度} \leq 4\text{m}$	$\pm 4.0$	
		$4\text{m} < \text{跨度} \leq 5\text{m}$	$\pm 5.0$	
		跨度 $> 5\text{m}$	$\pm 6.0$	
6	上表面平整	边长 $\leq 2\text{m}$	$\pm 2.0$	水平仪
		$2\text{m} < \text{边长} \leq 3\text{m}$	$\pm 3.0$	
		边长 $> 3\text{m}$	$\pm 4.0$	
7	胶缝宽度(与设计值相比)		$0, +2.0$	钢板尺
8	采光顶接缝及大面玻璃平整度	采光顶长度 $\leq 30\text{m}$	$\pm 10.0$	水平仪
		$30\text{m} < \text{采光顶长度} \leq 60\text{m}$	$\pm 15.0$	
9	采光顶接缝直线度	采光顶长度或宽度 $\leq 35\text{m}$	$\pm 5.0$	拉 5m 线, 不足 5m 拉通线, 用钢直尺检查
		采光顶长度或宽度 $> 35\text{m}$	$\pm 7.0$	
10	相邻板块竖、横向接缝直线度		$\pm 2.5$	2m 靠尺、钢板尺
11	相邻板块平面高低差		$\pm 1.0$	塞尺, 钢板尺

12 直立锁边式金属屋面板构件安装应符合表 22.4.3—13 规定。

**表 22.4.3-13 直立锁边式金属屋面板构件安装允许偏差(mm)**

序号	项 目	允许偏差	检 查 方 法
1	屋面板纵向构件水平度	$\pm L/200$	水平仪
2	屋面板构件坡度	$\pm 1^\circ$	坡度尺
3	屋面横向相邻构件直线度	$\pm 5.0$	拉 5m 线,不足 5m 拉通线 用钢直尺检查

**22.4.4 建筑幕墙节能工程验收**按《建筑节能工程施工质量验收规程》DGJ08-113 规定执行。

## 23 维护保养

### 23.1 一般规定

**23.1.1** 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。

**23.1.2** 承建方在幕墙交付使用前,应为业主日常维护使用作培训。

**23.1.3** 幕墙保修期由合同约定,但应不少于2年。防渗漏保修期为5年。

**23.1.4** 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。

**23.1.5** 雨天或4级以上风力的天气不宜使用开启窗;6级及以上风力时,应全部关闭开启窗。

**23.1.6** 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。

**23.1.7** 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。每次使用前应

检查安全装置,确保设备和人员安全。

**23.1.8** 幕墙外表面检查、清洗、保养与维护的高空作业,应符合《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 的相关规定。

## **23.2 检查与维护**

### **23.2.1 定期检查和维修规定:**

**1** 幕墙工程竣工验收后一年时,应对幕墙进行一次全面检查,此后每五年检查一次。幕墙使用十年后应进行检查和维护,以后每三年宜检查一次。

检查项目应包括:

- 1)幕墙有无变形、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、有无锈蚀等。
- 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)开启部分是否启闭灵活,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** 对第1款检查项目中不符合要求的应及时维修或更换。维修与更换应符合原设计和本规范,并按规定项目检测验收。

**3** 拉杆或拉索幕墙在工程竣工验收后六个月时,必须进行一次的全面的拉力检查和调整,以后应每三年检查一次。

**23.2.2** 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。

### **23.2.3 灾后检查和修复规定：**

- 1 遭遇强风袭击或遭遇地震、火灾等灾害后,应及时对幕墙全面检查。
- 2 根据损坏程度制定方案,及时处置。

## **23.3 保养和清洗**

### **23.3.1 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或液体接触幕墙表面。
- 2 保持幕墙排水系统通畅,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 密封胶及胶条脱落或损坏应及时修补更换。
- 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 发现幕墙渗漏时,应及时修理。

**23.3.2** 业主应根据幕墙表面保洁需要,确定清洗次数,每年不少于一次。

**23.3.3** 幕墙清洗应按《幕墙使用维护说明书》的规定选用清洗液,严禁使用强腐蚀性清洗液。

**23.3.4** 清洗过程中不得撞击和损伤幕墙。人工挂绳清洗时,幕墙顶部应采取保护措施。



# 附录 A 幕墙光反射环境评价方法

## A.1 一般规定

### A.1.1 评价要素

1 《玻璃幕墙光学性能》(GB/T 18091—2000):在城市主干道、立交桥、高架路两侧的建筑物高度 20m 以下、其余路段 10m 以下不宜设置玻璃幕墙的部位如使用玻璃幕墙,应采用反射率不大于 0.16 的低反射玻璃;若反射率高于此值应控制玻璃幕墙的面积或采用其他材料对建筑立面加以分隔。

2 为减少玻璃幕墙的光反射,宜选择可见光反射率不大于 15% 的幕墙玻璃。建筑立面玻璃反射光范围内无敏感建筑受反射光影响时,可选择可见光反射率不大于 20% 的幕墙玻璃。非玻璃材料表面应该采用低反射亚光表面。居住区内应限制设置玻璃幕墙。

3 历史文化名城中划定的历史街区、风貌区、风景名胜区内慎用玻璃幕墙。

4 道路两侧玻璃幕墙设计成弧面时应避免反射光进入行人与驾驶员的视场内。凹形曲面玻璃幕墙的设计与设置应控制反射光聚焦点的位置。应尽量避免太阳直射光反射对敏感目标的影响。

5 通过环境评价优化设计方案,减少幕墙玻璃对周边环境的影响。

### A.1.2 幕墙光反射评价相关要求

#### 1 评价资质与评价单位

玻璃幕墙光反射环境评价的实施操作应由经国家环境保护主管部门颁发的具有资质的单位(以下简称“环评单位”)承担。

## 2 环境影响评价范围、对象和重点

### 1) 范围

光反射敏感目标位于以建筑物为圆心,以建筑物幕墙玻璃高度的 3.5 倍(高度大于 100m)~5 倍(高度小于 40m)为半径的范围(高度在 40m~100m 用插入法)。

### 2) 评价敏感区域及对象

居住建筑、教学楼、医院病房、幼儿园和托儿所等建筑物,以及因光反射会影响正常使用的其他建筑物和人流车流密集的主要道路(包括高架路)。

## 3 光反射环境影响评价工作基本要求

- 1) 详细了解建筑设计中的幕墙设计内容、玻璃幕墙的位置、玻璃比、围护材料的光学和热工性能等资料。
- 2) 完成现状调查,收集受反射光影响的敏感目标详细资料、照片和图纸,开展公众调查、类比调查,充分了解光反射可能导致的环境矛盾。
- 3) 计算反射光的影响范围和时间、光照强度和亮度。
- 4) 针对项目工程特点,编制环境影响评价与分析专项报告,进行技术可行性分析和判断。

## A. 2 光反射环境影响的评价方法

### A. 2. 1 光反射影响因素

- 1 幕墙材料的反射率;
- 2 幕墙的方向、位置和高度;
- 3 气候与季节;

- 4 地理位置;
- 5 周围地形、地物的影响;
- 6 太阳高度角、方位角。

#### A. 2. 2 光反射环境影响评价依据

##### 1 发生光反射影响的特定条件

- 1) 使用了大面积玻璃。
- 2) 在特定方向和特定时间下产生。
- 3) 反射光的影响程度与玻璃幕墙的方向、位置、高度及与受影响客体间的距离有密切关系。一般行人和汽车司机的视角在 1m~2m 高、左右±15°之内影响最大。光反射的强度随反射物到人眼间的距离的平方成反比。反射光进入敏感目标会影响室内人员的正常活动。
- 4) 当直射日光和天空光照射到建筑幕墙玻璃表面时,由于玻璃的镜面反射(也称正反射)会产生反射光和反射热,对周围环境形成光热的影响。

##### 2 光反射评价量

以反射光照度作为评价量,可用照度计直接测量,单位是勒克斯( $lx$ )。

- 1) 光通量:按照国际约定的人眼视觉特性评价的辐射能通量(辐射功率),用  $F$  表示。单位:光瓦,流明( $lm$ )。

$$1 \text{ 光瓦} = 683lm$$

- 2) 发光强度:指光源所发出的光通量在空间的分布密度。

计算公式:当点光源在某一方向上的立体角  $\omega$  内发出的光通量为  $F$  时,则该方向上的发光强度为

$$I = \frac{F}{\omega} \quad (\text{A. 2. 2-1})$$

发光强度的单位:坎德拉(Candela),符号  $cd$ 。立体角的单位:球面度,符号  $sr$ 。

$$1cd = \frac{1lm}{1sr} \quad (\text{A. 2. 2-2})$$

3) 照度:被照面单位面积上受到的光通量(单位:勒克斯)

计算公式:设被照面无限小面积  $dS$  上所接受的光通量为  $dF$ , 则该点处的照度为:  $E = \frac{dF}{dS}$ 。当光通量  $F$  均匀分布在被照面  $S$  上时, 则此时被照面的照度为:  $E = \frac{F}{S}$ 。单位:勒克斯( $lx$ )。

$$1lx = \frac{1lm}{1m^2} \quad (\text{A. 2. 2-3})$$

4) 亮度:一单元表面在某一方向上的光强密度。

$$I_\theta = \frac{dI_\theta}{dA \cdot \cos\theta} \quad (\text{A. 2. 2-4})$$

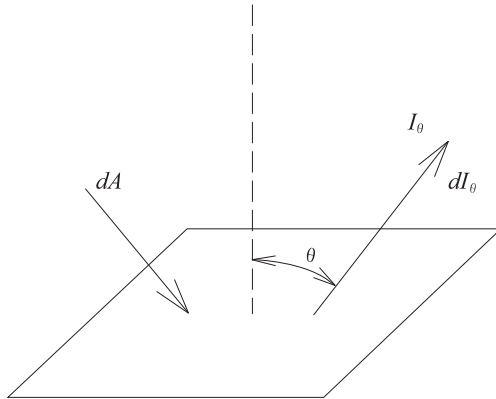


图 A. 2. 2-1 表面亮度示意图

物体在视线方向上的发光强度越大,投影面积越小,就感到它越亮,即亮度越大。

亮度单位:熙提( $sb$ )。太阳亮度  $200000sb$ , 蓝天  $0.2sb \sim 2.0sb$ , 白炽灯灯丝亮度  $300sb \sim 500sb$ 。

人眼能感觉到物体存在一个最低亮度阈  $\frac{10^{-9}}{\pi}sb$ ; 视觉可以忍受的亮度上限约为  $100sb$ , 超过这一数值, 视网膜就会因辐射过强而受到损伤。

5) 眩光:指亮度过高或亮度对比过大的刺眼光源。

眩光特征分类如下:

表 A. 2. 2-1 视野中眩光特征

入射光角度	人眼对眩光感觉程度
$0^\circ$	极强烈
$14^\circ$	强烈
$27^\circ$	中等
$45^\circ$	微弱
$60^\circ$	无眩光区

注:见《环境影响评价工程师职业资格等级培训系列教材—社会区域》。

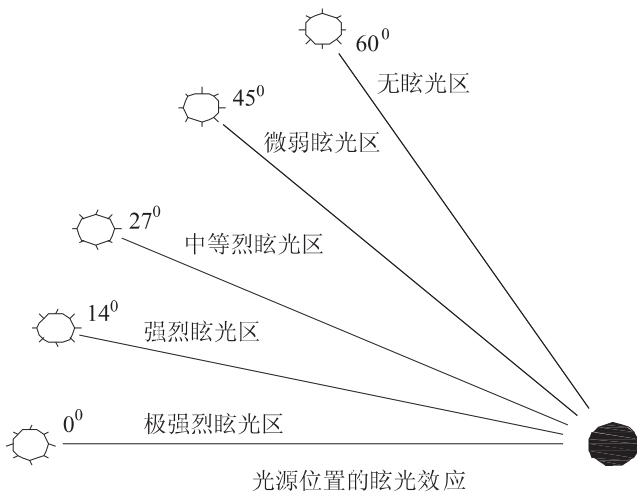


图 A. 2. 2-2 视野内眩光特征

评价参照《环境影响评价工程师职业资格等级培训系列教材—社会区域》中有关视野内眩光特征和不舒适光等级来判断人眼对眩光的敏感程度。

- 6) 不舒适光: 玻璃幕墙上太阳影像的光亮度在晴天时是很高的, 一般的玻璃幕墙晴天为  $20000\text{cd}/\text{m}^2$  以上, 阴天为  $420\text{cd}/\text{m}^2 \sim 4000\text{cd}/\text{m}^2$ 。可参考不舒适光评价等级资料表 A. 2. 2-2。

表 A. 2. 2-2 不舒适光评价等级

感觉程度	无感觉	有轻微感觉	有感觉	不舒适感觉	明显影响感觉
目标亮度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	2000	4000	6000	7000	8000

注: 见林若慈 张建平 赵燕华 控制玻璃幕墙的有害光反射[J]。照明工程学报, 1999. 9, 10(3)。

### 3 反射光影响时间和范围计算

根据太阳和地球的运行规律计算得到太阳高度角和太阳方位角,结合幕墙玻璃与入射角的关系,综合分析太阳反射光的照射距离以确定光反射的影响范围。

#### 1) 太阳高度角和方位角计算

太阳高度角是指太阳光的入射方向和地平面之间的夹角。其值在  $0^{\circ}$  到  $90^{\circ}$  之间变化,日出日落时为零,太阳在正天顶上为  $90^{\circ}$ 。

太阳方位角即太阳所在的方位,指太阳光线在地平面上的投影与当地子午线的夹角,可近似地看作是竖立在地面上的直线在阳光下的阴影与正南方的夹角。方位角以正南方向为零,由南向东向北为负,由南向西向北为正(也可取正北为零,顺时针计算方位角,相应的计算公式稍作变换)。

太阳光为平行光,其照射方向用高度角  $h_0$  和方位角  $\alpha$  表示(图 A. 2. 2-3)。

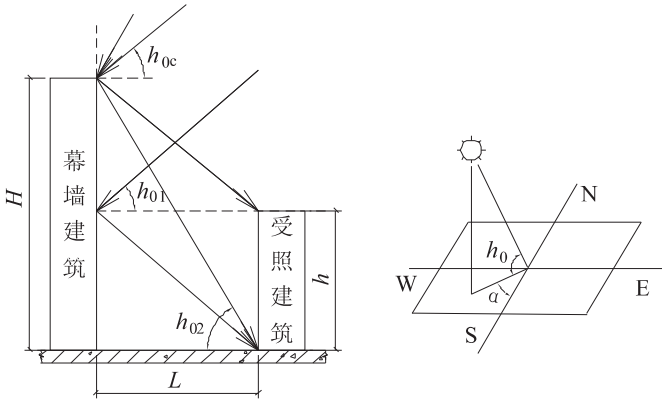


图 A. 2. 2-3 太阳高度角与方位角示意图

$0 < h_0 < h_{0c}$  建筑被部分照射；

$h_{0c} < h_0 < h_{01}$  建筑被全部照射；

$h_{01} < h_0 < h_{02}$  建筑被部分照射；

$h_0 > h_{02}$  建筑不被照射；

$H$  —— 反光建筑物高度；

$h$  —— 受照建筑物高度；

$L$  —— 反光建筑物和受照建筑物间距；

$h_{0c}$  由两建筑物高差和间距算出；

$h_{01}$  由受照建筑物高度和两建筑物间距算出；

$h_{02}$  由反光建筑物高度和两建筑物间距算出。

太阳高度角和方位角计算公式：

$$\sin h_0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (15t + \lambda - 300) \quad (\text{A. 2. 2-5})$$

$$\sin \alpha = -\cos \delta \sin (15t + \lambda - 300) / \cos h_0 \quad (\text{A. 2. 2-6})$$

式中  $t$  —— 东经  $120^\circ$  时间 (24 小时制)；

$\lambda$  —— 地理经度 (上海  $121^\circ 29'$ )；

$\varphi$  —— 地理纬度 (上海  $31^\circ 14'$ )；

$\delta$  —— 太阳倾角 (表 A. 2. 2-3)。

表 A. 2. 2-3 太阳倾角  $\delta$  (四年平均值)

月 日	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
1	-23.1	-17.2	-7.80	4.30	15.0	22.0	23.1	18.2	8.40	-3.00	-14.3	-21.8
2	-23.0	-16.9	-7.40	4.70	15.3	22.2	23.1	17.9	8.10	-3.40	-14.6	-21.9
3	-22.8	-16.6	-7.00	5.10	15.6	22.3	23.0	17.6	7.70	-3.80	-15.0	-22.1
4	-22.7	-16.3	-6.60	5.50	15.9	22.4	22.9	17.4	7.40	-4.10	-15.3	-22.2
5	-22.6	-16.0	-6.20	5.90	16.2	22.5	22.8	17.1	7.00	-4.50	-15.6	-22.3



续表 A. 2. 2-3

月 日	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
6	-22.5	-15.7	-5.80	6.30	16.4	22.6	22.7	16.8	6.60	-4.90	-15.9	-22.4
7	-22.4	-15.4	-5.40	6.60	16.7	22.7	22.6	16.5	6.20	-5.30	-16.2	-22.6
8	-22.3	-15.1	-5.10	7.00	17.2	22.8	22.5	16.3	5.90	-5.79	-16.5	-22.7
9	-22.1	-14.8	-4.70	7.40	17.2	22.9	22.4	16.1	5.50	-6.10	-16.7	-22.8
10	-22.0	-14.5	-4.30	7.80	17.5	23.0	22.3	15.7	5.10	-6.50	-17.0	-22.9
11	-21.8	-14.2	-3.90	8.10	17.8	23.1	22.2	15.4	4.70	-6.80	-17.3	-23.0
12	-21.7	-13.8	-3.50	8.50	18.0	23.2	22.0	15.1	4.40	-7.20	-17.6	-23.1
13	-21.5	-13.5	-3.10	8.90	18.3	23.2	21.9	14.8	4.00	-7.60	-17.9	-23.1
14	-21.4	-13.2	-2.70	9.20	18.5	23.3	21.7	14.5	3.60	-8.00	-18.1	-23.2
15	-21.2	-12.8	-2.30	9.60	18.8	23.3	21.6	14.2	3.20	-8.30	-18.4	-23.3
16	-21.0	-12.5	-1.90	10.0	19.0	23.4	21.5	13.9	2.80	-8.70	-18.6	-23.3
17	-20.8	-12.1	-1.50	10.3	19.2	23.4	21.3	13.5	2.50	-9.10	-18.9	-23.4
18	-20.6	-11.8	-1.10	10.7	19.5	23.4	21.1	13.2	2.10	-9.40	-19.1	-23.4
19	-20.4	-11.4	-0.80	11.0	19.7	23.4	20.9	12.9	1.70	-9.80	-19.4	-23.4
20	-20.2	-11.0	-0.40	11.4	19.9	23.4	20.7	12.6	1.30	-10.2	-19.6	-23.4
21	-20.0	-10.7	0.00	11.7	20.1	23.4	20.5	12.3	0.90	-10.5	-19.8	-23.4
22	-19.8	-10.4	0.40	12.1	20.3	23.4	20.3	11.9	0.50	-11.0	-20.1	-23.4
23	-19.5	-10.0	0.80	12.4	20.5	23.4	20.1	11.6	0.10	-11.3	-20.3	-23.4
24	-19.3	-9.60	1.30	12.7	20.6	23.4	19.9	11.2	0.00	-11.6	-20.5	-23.4

续表 A. 2. 2-3

月 日	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
25	-19.1	-9.30	1.70	13.0	20.8	23.4	19.7	10.9	-0.60	-12.0	-20.7	-23.4
26	-18.8	-8.90	2.10	13.4	21.1	23.4	19.5	10.6	-1.10	-12.3	-20.9	-23.4
27	-18.6	-8.50	2.46	13.6	21.2	23.4	19.3	10.2	-1.50	-12.6	-21.1	-23.3
28	-18.3	-8.10	2.80	14.0	21.4	23.3	19.1	9.90	-1.90	-13.0	-21.3	-23.3
29	-18.0	—	3.20	14.4	21.0	23.3	18.9	9.50	-2.20	-13.3	-21.4	-23.3
30	-17.8	—	3.60	14.7	21.7	23.3	18.6	9.20	-2.60	-13.7	-21.6	-23.2
31	-17.5	—	4.00	—	21.9	—	18.4	8.80	—	-14.0	—	-23.2

表 A. 2. 2-4 上海市太阳高度角(°)

月	日	12 : 00	11 : 00	10 : 00	9 : 00	8 : 00	7 : 00	6 : 00	5 : 00
			13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
1	1	35.81	33.94	28.67	20.77	11.05	0.10	—	—
	11	36.93	35.02	29.64	21.63	11.78	0.73	—	—
	21	38.73	36.74	31.20	22.98	12.95	1.74	—	—
2	1	41.40	39.31	33.51	24.99	14.68	3.25	—	—
	11	44.39	42.17	36.06	27.20	16.59	4.92	—	—
	21	47.81	45.42	38.94	29.68	18.74	6.82	—	—
3	1	50.78	48.24	41.40	31.79	20.58	8.47	—	—
	11	54.71	51.92	44.59	34.51	22.95	10.61	—	—
	21	58.74	55.66	47.76	37.19	25.30	12.78	—	—

续表 A. 2. 2-4

月	日	12 : 00	11 : 00	10 : 00	9 : 00	8 : 00	7 : 00	6 : 00	5 : 00
			13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
4	1	63.18	59.70	51.10	40.00	27.79	15.10	2.28	—
	11	67.07	63.14	53.87	42.32	29.87	17.09	4.28	—
	21	70.70	66.26	56.29	44.34	31.71	18.89	6.15	—
5	1	73.98	68.93	58.29	46.02	33.28	20.46	7.81	—
	11	76.82	71.08	59.86	47.36	34.56	21.78	9.23	—
	21	79.12	72.70	61.01	48.36	35.54	22.81	10.37	—
6	1	80.96	73.88	61.84	49.10	36.28	23.62	11.28	—
	11	81.96	74.46	62.25	49.47	36.67	24.05	11.77	0.01
	21	82.30	74.65	62.38	49.60	36.80	24.19	11.93	0.20
7	1	81.96	74.46	62.25	49.47	36.67	24.05	11.76	0.01
	11	80.96	73.88	61.84	49.10	36.28	23.62	11.28	—
	21	79.34	72.84	61.12	48.45	35.63	22.91	10.48	—
8	1	76.89	71.13	59.90	47.39	34.59	21.81	9.27	—
	11	74.13	69.04	58.38	46.10	33.35	20.53	7.88	—
	21	70.95	66.46	56.44	44.47	31.83	19.01	6.27	—
9	1	67.07	63.15	53.87	42.32	29.87	17.09	4.29	—
	11	63.31	59.82	51.20	40.08	27.86	15.17	2.35	—
	21	59.44	56.30	48.30	37.64	25.70	13.15	0.35	—

续表 A. 2. 2-4

月	日	12 : 00	11 : 00	10 : 00	9 : 00	8 : 00	7 : 00	6 : 00	5 : 00
			13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
10	1	55.56	52.71	45.26	35.08	23.45	11.07	—	—
	11	51.77	49.17	42.21	32.48	21.18	9.01	—	—
	21	48.19	45.78	39.26	29.95	18.98	7.04	—	—
11	1	44.59	42.37	36.23	27.35	16.72	5.04	—	—
	11	41.74	39.63	33.80	25.24	14.90	3.44	—	—
	21	39.35	37.34	31.74	23.45	13.35	2.09	—	—
12	1	37.48	35.55	30.12	22.04	12.14	1.04	—	—
	11	36.19	34.31	29.00	21.06	11.30	0.32	—	—
	21	35.51	33.65	28.40	20.54	10.85	—	—	—

注:1. 太阳高度角,在不同地理坐标处,数值稍有误差;

2. 表中时间为真太阳时,与“北京时间”稍有误差。

表 A. 2. 2-5 上海市太阳方位角(±°)

月	日	12 : 00	11 : 00	10 : 00	9 : 00	8 : 00	7 : 00	6 : 00	5 : 00
			13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
1	1	0.00	16.68	31.63	44.11	54.30	62.76	—	—
	11	0.00	17.05	32.26	44.89	55.17	63.69	—	—
	21	0.00	17.65	33.29	46.15	56.56	65.17	—	—

续表 A. 2. 2-5

月	日	12 : 00	11 : 00	10 : 00	9 : 00	8 : 00	7 : 00	6 : 00	5 : 00
			13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
2	1	0.00	18.61	34.89	48.09	58.66	67.38	—	—
	11	0.00	19.76	36.78	50.33	61.05	69.86	—	—
	21	0.00	21.21	39.11	53.00	63.84	72.72	—	—
3	1	0.00	22.62	41.28	55.44	66.32	75.22	—	—
	11	0.00	24.73	44.42	58.82	69.69	78.55	—	—
	21	0.00	27.29	48.02	62.54	73.28	82.03	—	—
4	1	0.00	30.73	52.51	66.93	77.38	85.92	93.73	—
	11	0.00	34.50	57.00	71.08	81.14	89.40	97.07	—
	21	0.00	38.92	61.74	75.24	84.79	92.73	100.21	—
5	1	0.00	43.92	66.55	79.23	88.21	95.78	103.06	—
	11	0.00	49.28	71.13	82.87	91.25	98.47	105.53	—
	21	0.00	54.55	75.17	85.96	93.79	100.69	107.56	—
6	1	0.00	59.47	78.61	88.52	95.87	102.49	109.19	—
	11	0.00	62.44	80.55	89.94	97.02	103.48	110.09	117.35
	21	0.00	63.48	81.22	90.42	97.40	103.81	110.38	117.63
7	1	0.00	62.43	80.55	89.93	97.01	103.48	110.08	117.35
	11	0.00	59.47	78.61	88.52	95.87	102.49	109.19	—
	21	0.00	55.10	75.57	86.26	94.04	100.90	107.75	—

续表 A. 2. 2—5

月	日	12 : 00	11 : 00	10 : 00	9 : 00	8 : 00	7 : 00	6 : 00	5 : 00
			13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
8	1	0.00	49.43	71.25	82.96	91.33	98.54	105.59	—
	11	0.00	44.17	66.77	79.41	88.36	95.92	103.19	—
	21	0.00	39.25	62.08	75.53	85.04	92.95	100.42	—
9	1	0.00	34.51	57.00	71.09	81.15	89.41	97.07	—
	11	0.00	30.85	52.66	67.07	77.51	86.04	93.85	—
	21	0.00	27.78	48.69	63.21	73.91	82.64	90.53	—
10	1	0.00	25.23	45.14	59.59	70.44	79.28	—	—
	11	0.00	23.12	42.04	56.27	67.16	76.06	—	—
	21	0.00	21.38	39.38	53.31	64.15	73.04	—	—
11	1	0.00	19.84	36.92	50.49	61.21	70.04	—	—
	11	0.00	18.73	35.10	48.34	58.93	67.66	—	—
	21	0.00	17.87	33.65	46.60	57.04	65.68	—	—
12	1	0.00	17.23	32.57	45.27	55.59	64.14	—	—
	11	0.00	16.81	31.84	44.37	54.60	63.08	—	—
	21	0.00	16.59	31.46	43.90	54.07	—	—	—

注:1. 太阳方位角,上午取负值,下午取正值。在不同地理坐标处,数值稍有误差;  
2. 表中时间为真太阳时,与“北京时间”稍有误差。

2)直射日光<sup>[注1]</sup>在垂直墙面上产生的亮度、照度计算

玻璃幕墙反射光对周围的影响主要随着太阳入射角及其辐射强度的变化而变化。在夏季日照时间长,太

阳辐射强度大,玻璃幕墙的反射光对周围环境影响最大、最长久。在天气晴朗无云、相对湿度 60% 以下时,在日出后 1 小时内直射日光照度  $17000lx \sim 27000lx$ ,但日出 1 小时后,很快从  $27000lx$  增至  $98000lx$ ,玻璃幕墙反射光亦相应增大。

直射日光在垂直面上产生的照度计算公式为:

$$E_{dH} = E_{dn} \cos\theta \quad (\text{A. 2. 2-7})$$

一般可取<sup>[注2]</sup>

$$E_{dn} = 1.37 \times 10^5 e^{-\frac{0.223}{\sin h_0}} \quad (\text{A. 2. 2-8})$$

式中  $E_{dH}$  —— 直射日光在垂直面上的照度 ( $lx$ );

$E_{dn}$  —— 直射日光的法线照度 ( $lx$ );

$\theta$  —— 太阳入射角;

$h_0$  —— 太阳高度角(参考图 A. 2. 2-3);

$e$  —— 自然对数底( $e \approx 2.7183$ )。

[注 1]这里“直射日光”指太阳的直接照射光,不含散射光和反射光。

[注 2]经验公式系数与空气质量和气象条件等有关,供参考。公式不用于日出日落时分。

反光材料的亮度计算:

$$B = \rho E / \pi \quad (\text{A. 2. 2-9})$$

式中  $B$  —— 亮度 ( $cd/m^2$ );

$E$  —— 照度 ( $lx$ );

$\rho$  —— 反射率,

$\pi$  —— 圆周率( $\pi \approx 3.1416$ )。

### 3) 反射光影响与入射光入射角度

反射光的影响与幕墙玻璃尺度以及太阳高度角和方位角有关。太阳方位与幕墙玻璃平面正交时,反射光

影响最大。本规范约定,本附录中所说“太阳直射光”,均指太阳方位与幕墙玻璃正交前后±5度内的入射光。

### A. 2.3 光反射环境影响评价范围

根据幕墙玻璃位置与太阳高度角和太阳方位角的关系,计算反射光的亮度和照度,综合分析太阳反射光的照射距离、反射光的光照度、敏感目标的具体情况,确定光反射影响范围。

### A. 2.4 反射光影响时间

地球自转一周 360 度,对应的时间为 24 小时,即每小时相应的时角为 15 度,每 4 分钟的时角为 1 度,据此计算幕墙玻璃反射光影响时间。

A. 2.5 光反射环境影响评价工作程序如图 A. 2.5 所示。

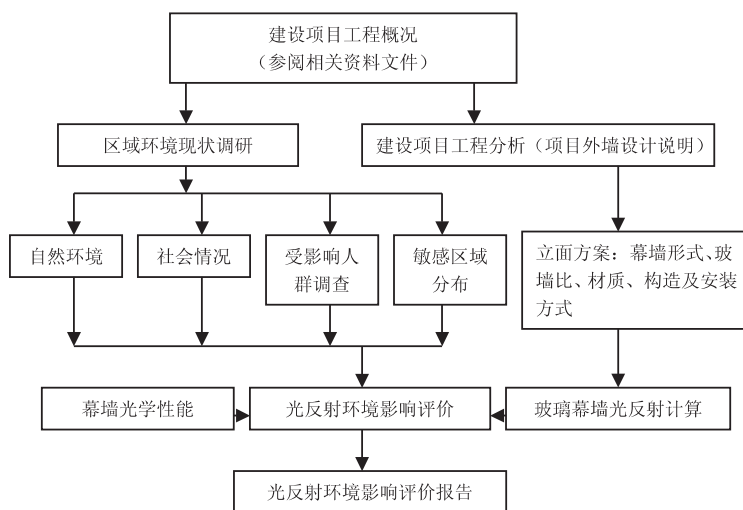


图 A. 2.5 光反射环境影响评价工作程序

### A. 2.6 玻璃幕墙光反射环境影响评价与分析专项报告

环境影响评价与分析专项报告应包括下列内容:



### 1 项目概况

建设项目的名称、建设地点、建设性质、规模、建设单位、建设内容、评价内容、幕墙高度、建筑平面形状及尺寸、占地面积以及平面布置等(附总平面图)。

### 2 区域环境现状调查

表 A. 2. 6—1 周边环境

名称	方位	最近距离(m)	建筑高度(m)	说明
周边道路				

### 3 项目外立面材料设计说明

和光反射有关的幕墙在立面上的布置、形式、材质、玻璃比,所用材料和玻璃的热工、光学指标(表 A. 2. 6—2)。

表 A. 2. 6—2 幕墙玻璃的性能参数

玻璃名称 与型号	可视光		太阳热能					U-Value 值		遮阳 系数
	透过率%	反射率%	反射率%	吸收率%	直接透过率%	总透过率%	总热透过量 W/m <sup>2</sup>	冬 夜	夏 日	
A										
B										
C										

### 4 玻璃幕墙光反射评价依据。

- 5 环境影响的评价范围、对象和重点。
- 6 玻璃幕墙光反射影响评价标准。
- 7 幕墙玻璃在不同时段的照度和亮度。
- 8 项目周边建筑和项目遮阳措施的遮挡分析。
- 9 玻璃幕墙立面反射光影响分析,太阳直射光反射影响分析。
- 10 结论和建议。

#### **A. 2.7 区域环境现状调查**

##### **1 调查目的**

为评价者提供评价依据,使评价者掌握评价范围内的环境现状以及敏感目标分布状况。

##### **2 调查内容**

- 1)项目地块周边规划。
- 2)地理环境(附平面图)、行政区位置、交通位置(位于或接近的主要交通路线)。
- 3)社会经济情况、生活居住区的分布情况、土地利用情况、总体规划情况、交通运输情况及其他社会经济生活情况。
- 4)周边敏感区域及建筑情况。
- 5)建设项目周边各方位的照片,敏感建筑受影响部位应局部放大并提供相应的平面图。

##### **3 调查方法**

收集资料法、现场调查法、类比法。在评价过程中,应根据实际情况决定采用何种方法或几种方法相结合。评价者应和建筑设计者密切配合,掌握和理解设计意图,并收集相关图纸资料。

#### **A. 2.8 玻璃幕墙反射光计算方法**

## 1 计算

选择夏至日、冬至日、春/秋分日作为典型日进行计算。计算时考虑典型日太阳高度角和方位角的时段变化,计算出玻璃幕墙反射光对周围敏感目标的影响时间、范围及程度。

## 2 遮挡分析

凸出于幕墙墙面的遮阳设施、相邻的高层建筑都能对入射光起到遮挡作用,进而减弱幕墙的光反射。应通过现场的实际调研和计算,对遮挡效应做出合理的分析和判断。

## 3 计算结果分析

光反射评价可选择一年内春分、夏至、秋分、冬至四个典型日为分析基础。但对太阳直射光的反射影响应按全年评价。反射光的影响范围和时段,应在地形图中详细标出。

反射光影响按表 A. 2. 2-1、表 A. 2. 2-2 和表 A. 2. 8 考虑人的视野中眩光特征、不舒适光等级和太阳直射光反射持续影响时间以判断对反射光的可接受程度。

- 1) 反射光入射人眼视线的角度宜控制大于  $30^{\circ}$ (表 A. 2. 2-1)。
- 2) 反射光亮度控制在  $4000\text{cd}/\text{m}^2$  之内(表 A. 2. 2-2)。
- 3) 幕墙玻璃太阳直射光的反射对环境敏感目标如医院住院病房、学校教室及住宅卧室、起居室等影响的持续时间宜控制在表 A. 2. 8 规定的限值以内。

**表 A. 2. 8 太阳直射光的反射影响允许持续时间(分钟)**

季节	一般敏感目标	教学用房 8 时~12 时、13 时~17 时
春	10	0
夏	5	0
秋	10	0
冬	15	0

反射光对敏感目标的影响经计算后应控制在可接受的范围内。反射光对敏感目标有明显影响时,应采取措施减少或消除其影响。

#### **A. 2. 9 结论与建议**

通过调查研究、计算分析和遮挡分析结果,根据本规范相关规定及有关规章对建设项目玻璃幕墙方案的可行性做出评价。针对建设项目中存在的问题,提出建议和解决办法。

## 附录 B 槽型预埋件设计与构造

**B. 0. 1** 槽型预埋件中单个螺栓和单根锚筋的受拉设计值及受剪设计值不应超过螺栓、锚筋的抗拉和抗剪承载力设计值。螺栓和锚筋应根据受力情况分别按受拉、受剪及受拉剪进行承载力校验。

### 1 抗拉承载力设计值计算：

$$N_{Rd,s,a} = f_{d,t} \cdot A_{s,a} \quad (\text{B. 0. 1-1})$$

式中  $N_{Rd,s,a}$  —— 螺栓或锚筋抗拉承载力设计值(N)；

$f_{d,t}$  —— 钢材抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)。螺栓按表 3. 2. 17-1 取值, 锚筋按其钢筋类别取值；

$A_{s,a}$  —— 螺栓或锚筋的有效截面积(mm<sup>2</sup>)。

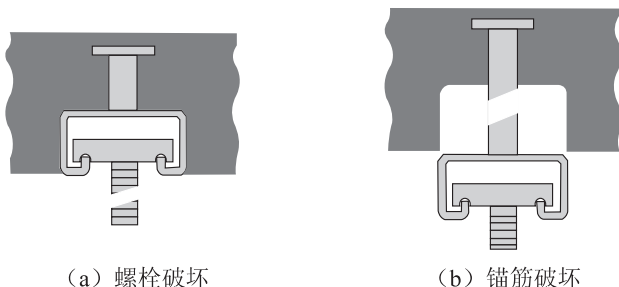


图 B. 0. 1-1 锚筋和螺栓破坏

### 2 抗剪承载力设计值计算：

$$V_{Rd,s,a} = f_{d,v} \cdot A_s \quad (\text{B. 0. 1-2})$$

式中  $V_{Rd,s,a}$  —— 槽型预埋件螺栓抗剪承载力设计值(N)；

$f_{d,v}$  —— 螺栓的抗剪强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；按表 3. 2. 17-1 取值；

$A_s$ ——槽型预埋件螺栓的有效截面积( $\text{mm}^2$ )。

3 螺栓和锚筋受拉剪承载力可按公式 B. 0. 2—11 校核。

**B. 0. 2** 槽型预埋件的混凝土基材可根据实际受力情况分别按混凝土受拉锥体破坏、混凝土劈裂破坏、混凝土受剪边缘锥体破坏或剪撬破坏以及同时受拉、剪复合作用破坏进行承载力验算,其中劈裂破坏和剪撬破坏模式应采取构造措施予以防止,不参与验算。

1 槽型预埋件的混凝土锥体(图 B. 0. 2—1)抗拉承载力设计值,按以下公式计算:

$$N_{\text{Rd},c,a} = N_{\text{Rd},c,a}^0 \cdot \alpha_{s,N,a} \cdot \alpha_{e,N,a} \cdot \alpha_{c,N,a} \cdot \psi_{\text{re},N,a} \cdot \psi_{\text{ucr},N,a} \quad (\text{B. 0. 2—1})$$

$$N_{\text{Rd},c,a}^0 = 4.5 \sqrt{f_{\text{cu},k}} h_{\text{ef}}^{1.5} \quad (\text{B. 0. 2—2})$$

$$\alpha_{s,N,a} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{\text{cr},N,a}} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_i}{N_0} \right]} \quad (\text{B. 0. 2—3})$$

$$\alpha_{e,N,a} = \left( \frac{c_1}{c_{\text{cr},N,a}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B. 0. 2—4})$$

$$\alpha_{c,N,a} = \left( \frac{c_2}{c_{\text{cr},N,a}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B. 0. 2—5})$$

式中  $N_{\text{Rd},c,a}^0$ ——槽型预埋件单一锚筋的混凝土基本抗拉设计值(N);

$\alpha_{s,N,a}$ ——相邻锚筋间的影响系数;

$\alpha_{e,N,a}$ ——混凝土基材边缘影响系数;

$\alpha_{c,N,a}$ ——混凝土基材边角影响系数;

$\psi_{\text{re},N,a}$ ——混凝土基材剥落影响系数; $\psi_{\text{re},N,a} = 0.5 + \frac{h_{\text{ef}}}{200}$ 且

$\psi_{\text{re},N,a} \leq 1.0$ ;当混凝土内箍筋的直径 $\phi \geq 12\text{mm}$

- 且间距不大于 150mm 或箍筋的直径  $\phi \leq 10\text{mm}$   
且间距不大于 100mm 时,  $\psi_{\text{re}, \text{N}, \text{a}} = 1.0$ ;
- $\psi_{\text{ucr}, \text{N}, \text{a}}$  —— 混凝土裂缝对锚固区预埋件承载力的影响系数, 考虑混凝土开裂时,  $\psi_{\text{ucr}, \text{N}} = 1.0$ , 混凝土不开裂时,  $\psi_{\text{ucr}, \text{N}} = 1.4$ ;
- $f_{\text{cu}, \text{k}}$  —— 混凝土立方体抗压强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 按现行设计规范 GB 50010 的规定采用;
- $h_{\text{ef}}$  —— 槽型预埋件锚筋的有效锚固深度 (mm); 按图 B. 0. 2-2 取值;
- $s_i$  —— 相邻锚筋间的距离 (mm); 见图 B. 0. 2-3;
- $s_{\text{cr}, \text{N}, \text{a}}$  —— 锚筋的临界间距 (mm);  $s_{\text{cr}, \text{N}, \text{a}} = 4h_{\text{ef}}$  或按测试报告取值;
- $N_i$  —— 临界距离内 ( $s_{\text{cr}, \text{N}, \text{a}}$ ) 单个锚筋所承受的拉力荷载 (N);
- $N_0$  —— 指定锚筋所承受的拉力荷载 (N);
- $n$  —— 指定锚筋两侧临界距离内 ( $s_{\text{cr}, \text{N}, \text{a}}$ ) 的锚筋数量;
- $c_1$  —— 槽型预埋件与混凝土边缘的距离 (mm); 对于混凝土两侧的边缘距离, 应取较小值 (图 B. 0. 2-4);
- $c_{\text{cr}, \text{N}, \text{a}}$  —— 槽型预埋件与混凝土边缘的临界距离 (mm);  
 $c_{\text{cr}, \text{N}, \text{a}} = 2h_{\text{ef}}$  或按测试报告取值;
- $c_2$  —— 槽型预埋件单一锚筋的边角距离 (见图 B. 0. 2-5)。

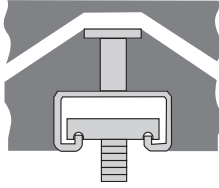


图 B. 0. 2—1 混凝土受拉锥体破坏

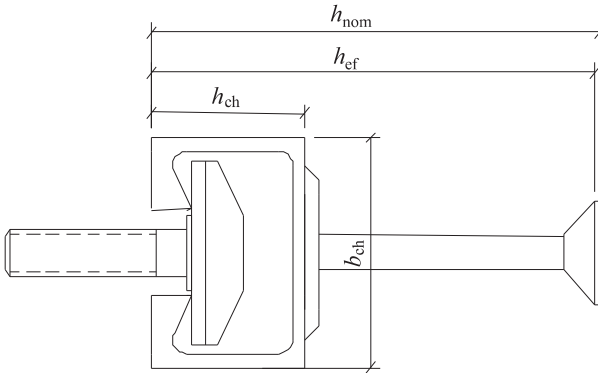


图 B. 0. 2—2 埋件尺寸

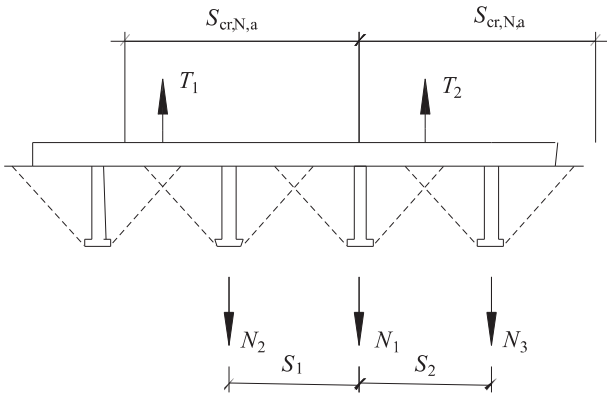


图 B. 0. 2—3 锚筋间距



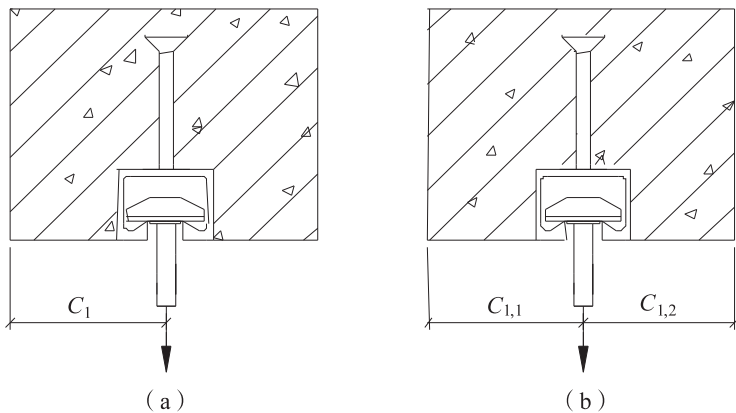


图 B.0.2-4 槽型预埋件与混凝土边缘的距离

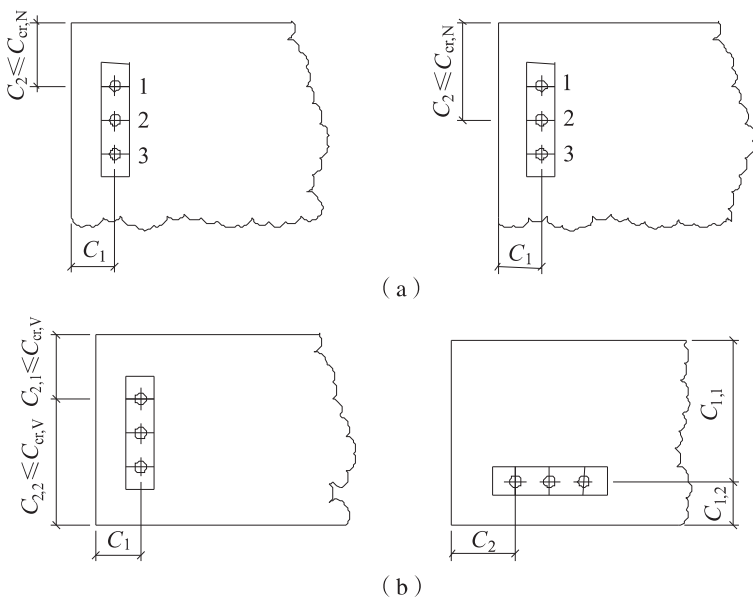


图 B.0.2-5 槽型预埋件单一锚筋的边角距离

2 槽型预埋件的混凝土锥体抗剪承载力设计值(图 B.0.2-6),

按以下公式计算：

$$V_{\text{Rd},c,a} = V_{\text{Rd},c,a}^0 \cdot \alpha_{s,V,a} \cdot \alpha_{c,V,a} \cdot \alpha_{h,V,a} \cdot \alpha_{90^\circ,V,a} \cdot \psi_{\text{ucr},V,a} \quad (\text{B. 0. 2-6})$$

$$V_{\text{Rd},c,a}^0 = 2.7 \cdot \sqrt{f_{\text{cu},k}} \cdot c_1^{1.5} \quad (\text{B. 0. 2-7})$$

$$\alpha_{s,V,a} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{\text{cr},V,a}} \right)^{1.5} \cdot \frac{V_i}{V_0} \right]} \quad (\text{B. 0. 2-8})$$

$$\alpha_{c,V,a} = \left( \frac{c_2}{c_{\text{cr},V,a}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B. 0. 2-9})$$

$$\alpha_{h,V,a} = \left( \frac{h_a}{h_{\text{cr},V,a}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (\text{B. 0. 2-10})$$

$$s_{\text{cr},V,a} = 4c_1 + 2b_{\text{ch}} \quad (\text{B. 0. 2-11})$$

$$c_{\text{cr},V,a} = 2c_1 + b_{\text{ch}} \quad (\text{B. 0. 2-12})$$

$$h_{\text{cr},V,a} = 2c_1 + 2h_{\text{ch}} \quad (\text{B. 0. 2-13})$$

式中  $V_{\text{Rd},c,a}^0$  —— 槽型预埋件单一锚筋的混凝土基本抗剪承载力设计值(N)；

$\alpha_{s,V,a}$  —— 相邻锚筋间的影响系数

$\alpha_{c,V,a}$  —— 混凝土基材边角影响系数；

$\alpha_{h,V,a}$  —— 混凝土基材厚度影响系数；

$\alpha_{90^\circ,V,a}$  —— 剪力与垂直于构件自由边轴线间的夹角对受剪承载力的影响系数；当如图 B. 0. 2-10 时，取  $\alpha_{90^\circ,V,a} = 2.5$ ，其它条件  $\alpha_{90^\circ,V,a} = 1.0$ ；

$\psi_{\text{ucr},V,a}$  —— 混凝土裂缝对锚固区预埋件承载力的影响系数；当混凝土边缘无钢筋或箍筋时， $\psi_{\text{ucr},V,a} = 1.0$ ；混凝土边缘有钢筋且直径  $\geq 12\text{mm}$  时，取 1.2；混凝土边缘有钢筋和箍筋，且间距小于 100mm 时，取 1.4；非裂缝混凝土，取 1.4；

- $f_{cu,k}$  —— 混凝土立方体抗压强度标准值(N/mm<sup>2</sup>),按现行设计规范 GB 50010 的规定采用;
- $c_1$  —— 平行于剪力方向的边距(mm);
- $s_i$  —— 锚筋的间距(mm);
- $s_{cr,V,a}$  —— 锚筋的临界间距(mm);
- $V_i$  —— 临界距离内( $s_{cr,N,a}$ )单个锚筋所承受的剪力荷载(N);
- $V_0$  —— 指定锚筋所承受的剪力荷载(N);
- $n$  —— 指定锚筋两侧临界距离内( $s_{cr,N,a}$ )的锚筋数量;
- $b_{ch}$  —— 槽型预埋件的宽度,见图 B.0.2-7;
- $c_2$  —— 指定锚筋的边距,见图 B.0.2-8;
- $c_{cr,V,a}$  —— 锚筋的临界边距(mm), $c_{cr,V,a} = 0.5 \cdot s_{cr,V,a}$ ;
- $h_a$  —— 槽型预埋件的混凝土基材厚度(mm);
- $h_{ch}$  —— 槽型预埋件的高度(mm),见图 B.0.2-9。

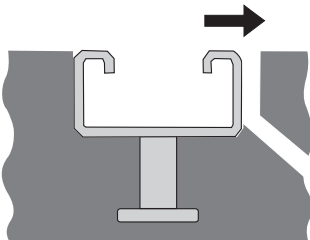


图 B.0.2-6 槽型预埋件的混凝土边缘承受剪力荷载

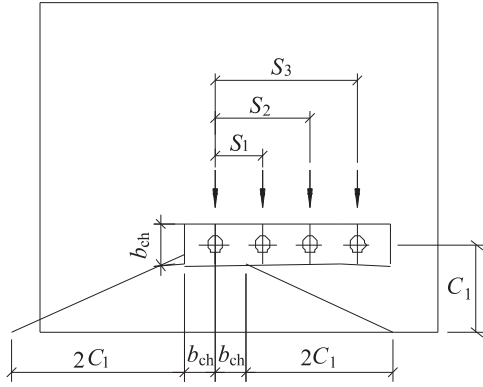


图 B. 0. 2—7 锚筋间距

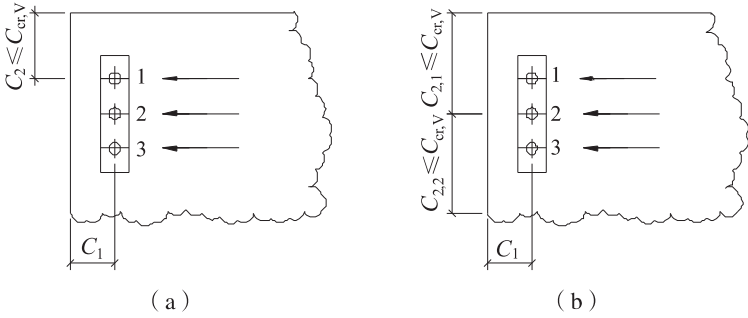


图 B. 0. 2—8 锚筋边距

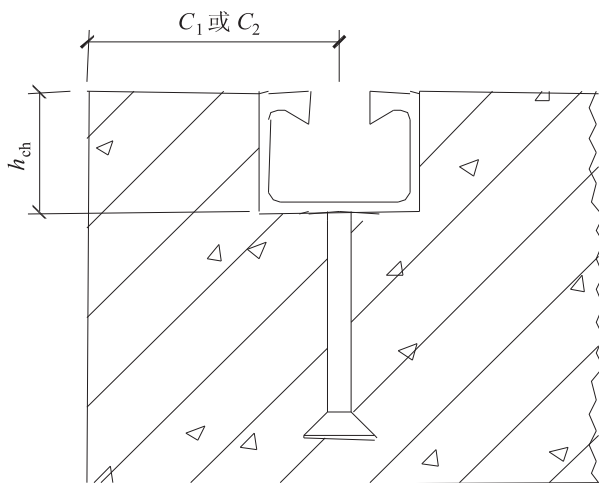


图 B.0.2-9 槽型预埋件与混凝土基材

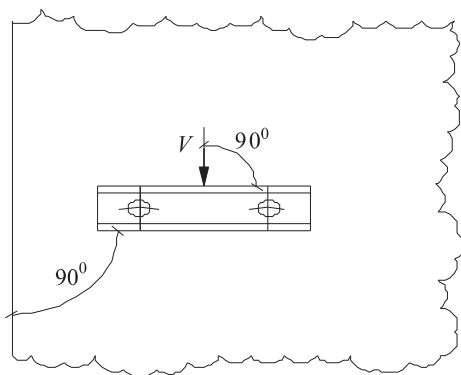


图 B.0.2-10 剪力荷载方向与混凝土基材自由边缘的夹角

3 槽型预埋件锚筋承受拉力和剪力复合作用时,承载力的验算应符合以下公式的要求:

$$(\beta_{N,a})^a + (\beta_{V,a})^a \leq 1.0 \quad (\text{B.0.2-14})$$

式中  $\beta_{N,a}$  —— 拉力作用设计值与埋件抗拉承载力设计值的比值；

$\beta_{V,a}$  —— 剪力作用设计值与埋件抗剪承载力设计值的比值；

$a$  —— 指数,当两者均为钢材破坏模式控制时,取  $a=2.0$ ；  
当受其它破坏模式控制时,取  $a=1.5$ 。

**B.0.3** 埋设槽型预埋件的混凝土梁的最小宽度  $h_{\min,a}$  应不小于  $1.2h_{ef}$ ,且不小于 250mm。

**B.0.4** 槽型预埋件的锚筋有效锚固深度不得低于 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.0.5** 槽型预埋件与混凝土构件的最小边距不应小于 50mm。如位于构件混凝土保护层厚度内,应有构造加固措施,防止混凝土边缘出现劈裂和剪撬破坏。

**B.0.6** 除锚筋和不锈钢制品外,槽型预埋件的表面应热浸镀锌。

**B.0.7** 槽型预埋件的密封条宜采用聚乙烯(LDPE)材料。

**B.0.8** 槽型预埋件宜采用冷压成形铸造。

**B.0.9** 槽型预埋件的设计使用年限应与幕墙建筑的主体结构相一致,宜不低于 50 年,并通过相关认证。

**B.0.10** 幕墙立柱的连接件在槽型预埋件上每侧用一个螺栓时,该螺栓实际的净截面积按规定的计算面积应至少增加 50%,并使用双螺帽固定。

**B.0.11** 槽型预埋件的动载性能和遇火时的承载力设计,应通过相关的认证测试。对有抗震设防要求的幕墙建筑,连接件宜采用带齿牙状的螺栓和 V 型槽件(图 B.0.11)。

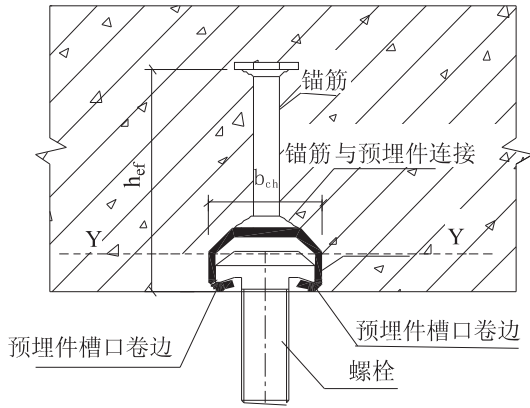


图 B. 0. 11 槽型预埋件连接

## 附录 C 金属和石材面板弯矩系数

C.0.1 金属面板的最大弯矩系数可按表 C.0.1 采用。

表 C.0.1 金属面板的最大弯矩系数(m)  $M=mqa^2$

$a/b$	四边简支	三边简支 一长边固定	$a$ 对边简支 $b$ 对边固定
0.5	0.1022	-0.1212	-0.0843
0.55	0.0961	-0.1187	-0.0840
0.60	0.0900	-0.1158	-0.0834
0.65	0.0839	-0.1124	-0.0826
0.70	0.0781	-0.1087	-0.0814
0.75	0.0725	-0.1048	-0.0799
0.80	0.0671	-0.1007	-0.0782
0.85	0.0621	-0.0965	-0.0763
0.90	0.0574	-0.0922	-0.0743
0.95	0.0530	-0.0880	-0.0721
1.00	0.0489	-0.0839	-0.0698
$a/b$	三边简支 一短边固定	$b$ 对边简支 $a$ 对边固定	
0.50	-0.1215	-0.1191	
0.55	-0.1193	-0.1156	
0.60	-0.1166	-0.1114	



续表 C.0.1

$a/b$	三边简支 一短边固定	$b$ 对边简支 $a$ 对边固定
0.65	-0.1133	-0.1066
0.70	-0.1096	-0.1013
0.75	-0.1056	-0.0959
0.80	-0.1014	-0.0904
0.85	-0.0970	-0.0850
0.90	-0.0926	-0.0797
0.90	-0.0882	-0.0746
1.00	-0.0839	-0.0698

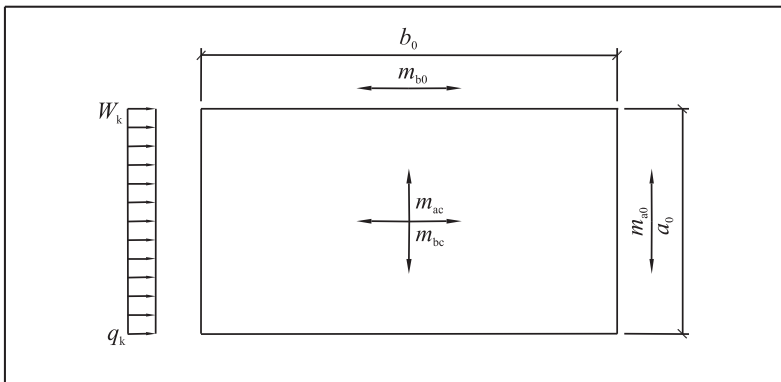
注:1. 系数前的负号,表示最大弯矩在固定边;

2.  $a$ —短边, $b$ —长边;

3. 此表适用于泊松比为 0.25~0.33。

**C.0.2** 四点支承矩形石材面板弯矩系数可按表 C.0.2 采用。

**表 C.0.2 四点支承矩形石材面板弯矩系数( $\nu=0.125$ )**



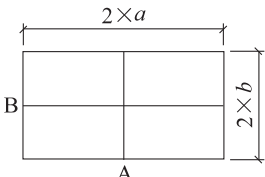
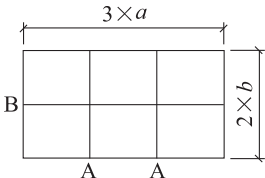
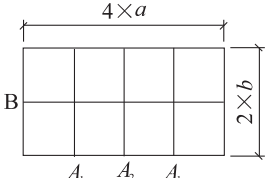
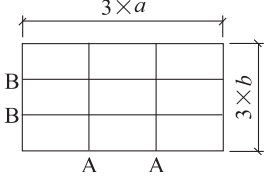
续表 C.0.2

计算边长 $a_0/b_0$	$m_{ac}$	$m_{bc}$	$m_{a0}$	$m_{b0}$
0.50	0.0180	0.1221	0.0608	0.1303
0.55	0.0236	0.1212	0.0682	0.1320
0.60	0.0301	0.1202	0.0759	0.1338
0.65	0.0373	0.1189	0.0841	0.1360
0.70	0.0453	0.1177	0.0928	0.1383
0.75	0.0540	0.1163	0.1020	0.1408
0.80	0.0634	0.1149	0.1117	0.1435
0.85	0.0735	0.1133	0.1220	0.1463
0.90	0.0845	0.1117	0.1327	0.1494
0.95	0.0961	0.1100	0.1440	0.1526
1.00	0.1083	0.1083	0.1559	0.1559

## 附录 D 交叉肋的弯矩系数和剪力系数

D.0.1 金属屋面板加肋的弯矩、剪力和挠度可按下表计算。

表 D.0.1 交叉肋的计算系数表

肋分布图	$b/a$ 梁号	0.8		1.0		1.2	
		M	V	M	M	V	M
	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	
	A1	0.44	0.69	0.42	0.67	0.40	0.65
	A2	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	0.56	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	

续表 D.0.1

肋分布图	$b/a$	0.8		1.0		1.2	
	梁号	M	V	M	M	V	M
	A1	0.75	1.00	0.66	0.91	0.55	0.80
	A2	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	
	A1	0.72	0.97	0.66	0.91	0.60	0.85
	A2	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	
	A1	1.11	1.12	0.83	0.92	0.59	0.75
	A2	1.58	1.46	1.17	1.17	0.84	0.94
	B1	0.54	0.71	0.83	0.92	1.06	1.08
	B2	0.77	0.89	1.17	1.17	1.51	1.41
	$\mu$	1.29		1.90		2.41	
	A1	1.21	1.19	1.02	1.05	0.83	0.91
	A2	1.91	1.69	1.64	1.50	1.34	1.29
	B1	0.40	0.62	0.71	0.81	1.03	1.02
	B2	0.57	0.76	1.00	1.03	1.46	1.31
	$\mu$	1.57		2.63		3.75	
	A1	1.18	1.17	1.06	1.08	0.93	0.98
	A2	1.95	1.72	1.79	1.60	1.59	1.46
	A3	2.20	1.89	2.04	1.78	1.83	1.63
	B1	0.26	0.57	0.54	0.73	0.89	0.91
	B2	0.36	0.70	0.76	0.91	1.26	1.16
	$\mu$	1.76		3.23		5.02	

续表 D.0.1

肋分布图	梁号	b/a		0.8		1.0		1.2	
		M	V	M	M	V	M		
	A1	1.14	1.14	1.03	1.06	0.94	0.99		
	A2	1.90	1.68	1.79	1.60	1.66	1.51		
	A3	2.22	1.91	2.15	1.86	2.03	1.77		
	B1	0.16	0.56	0.38	0.86	0.69	0.83		
	B2	0.23	0.68	0.54	0.84	0.98	1.05		
	$\mu$	1.82		3.43		5.57			
	A1	1.42	1.26	1.06	1.03	0.76	0.84		
	A2	2.29	1.82	1.72	1.47	1.25	1.18		
	B1	0.70	0.80	1.06	1.03	1.36	1.22		
	B2	1.15	1.12	1.72	1.47	2.19	1.76		
	$\mu$	3.02		4.41		5.58			

注:1. 跨中最大弯矩分别按下式计算:

$$M_A, M_{A1}, M_{A2}, M_{A3} = (\text{表中 } M \text{ 栏系数}) \times qab^2$$

$$M_B, M_{B1}, M_{B2} = (\text{表中 } M \text{ 栏系数}) \times qa^2b$$

式中  $a$  —— 相邻 A 肋的中心间距;

$b$  —— 相邻 B 肋的中心间距;

$q$  —— 板单位面积上的风荷载或地震作用标准值;

2. 肋端剪力按下式计算:

$$V_A \text{ 或 } V_B = (\text{表中 } V \text{ 栏系数}) \times qab$$

3. 肋的最大挠度按下式计算:

$$\mu_{\max} = (\text{表中 } \mu \text{ 栏系数}) \times qa^4b/EI$$

4. 交叉肋四周假定为简支。

## 附录 E 多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力

**E.0.1** 均布荷载等截面单支座多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力系数见表 E.0.1。

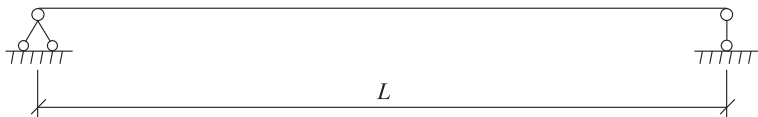


图 E.0.1-1 简支梁示意图

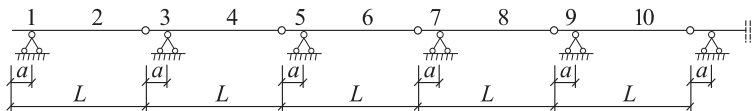


图 E.0.1-2 单支座多跨铰接梁示意图  
(图内显示无限长铰接梁的左端 5 跨)

**表 E.0.1** 均布荷载等截面单支座多跨铰接梁弯矩、  
挠度和支座反力系数表

$a/L$		0.075	0.1	0.125	0.15	0.175	0.2
支座反力系数	1	1.08	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25
	3	2.07	2.10	2.12	2.15	2.17	2.19
	5	1.99	1.99	1.98	1.97	1.96	1.95
	7	2.00	2.00	2.00	2.00	2.01	2.01
	9	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

续表 E.0.1

$a/L$		0.075	0.1	0.125	0.15	0.175	0.2
支 座 处 弯 矩 系 数	1	0.02	0.04	0.06	0.09	0.12	0.16
	3	0.30	0.40	0.49	0.58	0.67	0.76
	5	0.28	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61
	7	0.28	0.36	0.44	0.51	0.58	0.65
	9	0.28	0.36	0.44	0.51	0.58	0.65
挠 度 最 大 处 弯 矩 系 数	2	0.84	0.79	0.73	0.68	0.62	0.56
	4	0.71	0.62	0.54	0.46	0.39	0.32
	6	0.72	0.64	0.57	0.50	0.43	0.37
	8	0.72	0.64	0.56	0.49	0.42	0.36
	10	0.72	0.64	0.56	0.49	0.42	0.36
最 大 挠 度 系 数	2	0.67	0.59	0.53	0.48	0.45	0.42
	4	0.52	0.41	0.32	0.25	0.19	0.15
	6	0.53	0.43	0.35	0.29	0.24	0.22
	8	0.53	0.43	0.34	0.28	0.23	0.21
	10	0.53	0.43	0.34	0.28	0.23	0.21

注:表中支座反力系数为多跨铰接梁与简支梁支座反力的比值,其余系数为多跨铰接梁各标注点参数与简支梁中点相应参数的比值。图外各跨系数与第5跨相同。

**E.0.2** 均布荷载等截面双支座多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力系数见表 E.0.2。

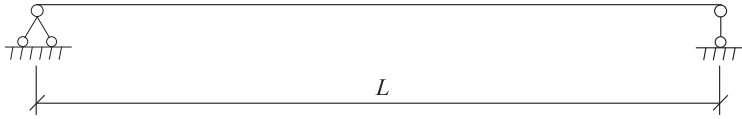


图 E. 0.2-1 简支梁示意图

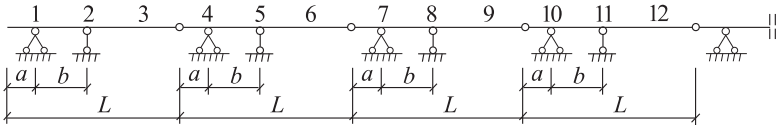


图 E. 0.2-2 双支座多跨铰接梁示意图

(图内显示无限长铰接梁的左端 4 跨)

**表 E. 0.2 均布荷载等截面双支座多跨铰接梁弯矩、  
挠度和支座反力系数表**

$b/L$		0.08			0.1			0.12		
		$a/L$	0.1	0.125	0.15	0.1	0.125	0.15	0.1	0.125
支座反力系数	1	-1.54	-1.32	-1.09	-1.05	-0.87	-0.68	-0.72	-0.56	-0.41
	2	2.91	2.71	2.50	2.43	2.27	2.11	2.11	1.98	1.84
	4	-0.08	0.29	0.65	0.22	0.52	0.81	0.43	0.67	0.91
	5	2.08	1.71	1.34	1.77	1.47	1.19	1.57	1.32	1.08
	7	-0.08	0.30	0.67	0.23	0.53	0.83	0.44	0.69	0.93
	8	2.08	1.70	1.33	1.77	1.47	1.17	1.56	1.31	1.07
	10	-0.08	0.30	0.67	0.23	0.53	0.83	0.44	0.69	0.93
	11	2.08	1.70	1.33	1.77	1.47	1.17	1.56	1.31	1.07



续表 E.0.2

$b/L$		0.08			0.1			0.12		
$a/L$		0.1	0.125	0.15	0.1	0.125	0.15	0.1	0.125	0.15
支 座 处 弯 矩 系 数	1	0.04	0.06	0.09	0.04	0.06	0.09	0.04	0.06	0.09
	2	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55	0.52	0.54	0.51	0.49
	4	0.29	0.37	0.44	0.29	0.36	0.44	0.28	0.36	0.43
	5	0.61	0.58	0.55	0.57	0.53	0.50	0.52	0.49	0.46
	7	0.29	0.37	0.45	0.29	0.37	0.44	0.29	0.36	0.43
	8	0.61	0.58	0.55	0.57	0.53	0.50	0.52	0.49	0.46
	10	0.29	0.37	0.45	0.29	0.37	0.44	0.29	0.36	0.43
	11	0.61	0.58	0.55	0.57	0.53	0.50	0.52	0.49	0.46
挠 度 最 大 处 弯 矩 系 数	3	0.40	0.37	0.35	0.38	0.36	0.33	0.37	0.34	0.32
	6	0.40	0.38	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.35	0.33
	9	0.40	0.38	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.35	0.33
	12	0.40	0.38	0.35	0.39	0.37	0.34	0.38	0.35	0.33
最 大 挠 度 系 数	3	0.22	0.20	0.19	0.21	0.19	0.18	0.19	0.18	0.17
	6	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18
	9	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18
	12	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18

注：表中支座反力系数为多跨铰接梁与简支梁支座反力的比值，其余系数为多跨铰接梁各标注点参数与简支梁中点相应参数的比值。图外各跨系数与第4跨相同。

## 附录 F 开口铝合金立柱强度折减系数

**F.0.1** 表 F.0.1-1~F.0.1-4 为 6063-T5 开口铝合金立柱的强度折减系数,当采用其它牌号或其它合金状态的铝合金型材时,应再乘以系数 $\sqrt{\frac{160}{f_b}}$ , $f_b$  应选用 GB 5237.1 中抗拉强度 $\sigma_b$ 。 $L$  为同一单元板块中最大的相邻横梁间距。中间值可用插值法求出。

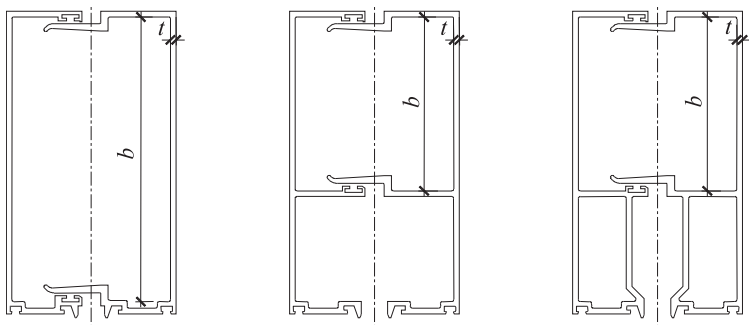


图 F.0.1-1 开口铝合金柱—A 类截面

表 F.0.1-1 开口铝合金立柱强度折减系数—A 类截面

$L \backslash b/t$	20	25	30	35	40	45	50
1000	0.840	0.838	0.836	0.834	0.832	0.830	0.828
1250	0.832	0.830	0.828	0.826	0.824	0.822	0.820
1500	0.823	0.821	0.819	0.817	0.815	0.812	0.810
1750	0.813	0.811	0.808	0.806	0.804	0.801	0.799
2000	0.802	0.799	0.796	0.794	0.792	0.789	0.787

续表 F.0.1-1

$L \backslash b/t$	20	25	30	35	40	45	50
2250	0.791	0.785	0.782	0.780	0.778	0.775	0.773
2500	0.779	0.770	0.767	0.765	0.762	0.759	0.757
2750	0.767	0.754	0.751	0.748	0.745	0.742	0.740
3000	0.755	0.737	0.733	0.730	0.727	0.724	0.722
3250	0.743	0.719	0.714	0.711	0.708	0.705	0.703
3500	0.731	0.700	0.694	0.691	0.688	0.685	0.683
3750	0.719	0.680	0.673	0.670	0.667	0.664	0.662
4000	0.706	0.659	0.651	0.648	0.645	0.642	0.640

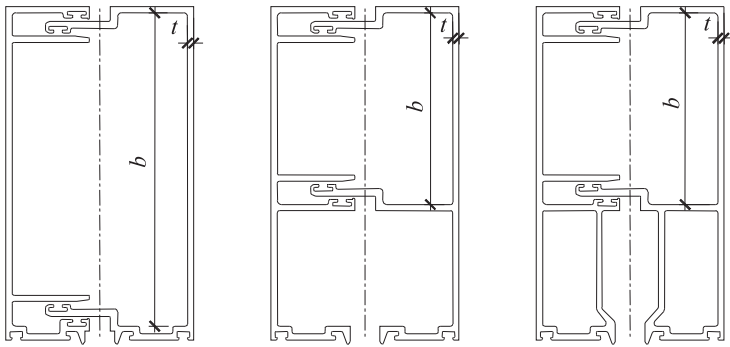


图 F.0.1-2 开口铝合金柱—B类截面

表 F.0.1-2 开口铝合金立柱强度折减系数—B类截面

$L \backslash b/t$	20	25	30	35	40	45	50
1000	0.843	0.839	0.836	0.833	0.830	0.827	0.824
1250	0.836	0.831	0.828	0.825	0.822	0.819	0.816
1500	0.828	0.822	0.819	0.816	0.813	0.810	0.807
1750	0.819	0.812	0.809	0.806	0.803	0.800	0.797
2000	0.810	0.801	0.797	0.794	0.791	0.788	0.785
2250	0.800	0.789	0.785	0.781	0.778	0.775	0.772
2500	0.789	0.776	0.771	0.767	0.764	0.761	0.758
2750	0.778	0.762	0.756	0.752	0.749	0.746	0.743
3000	0.767	0.747	0.740	0.736	0.733	0.730	0.727
3250	0.756	0.731	0.723	0.719	0.716	0.713	0.710
3500	0.745	0.714	0.705	0.701	0.698	0.695	0.692
3750	0.734	0.696	0.686	0.682	0.679	0.676	0.673
4000	0.722	0.677	0.666	0.662	0.659	0.656	0.653

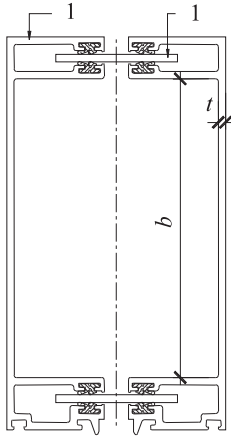


图 F. 0. 1-3 开口铝合金柱—C 类截面

1—铝型材

表 F. 0. 1-3 开口铝合金立柱强度折减系数—C 类截面

$L \backslash b/t$	20	25	30	35	40	45	50
1000	0.844	0.842	0.840	0.838	0.836	0.834	0.832
1250	0.837	0.832	0.830	0.828	0.826	0.823	0.821
1500	0.830	0.822	0.819	0.817	0.814	0.811	0.809
1750	0.822	0.811	0.808	0.805	0.801	0.798	0.796
2000	0.814	0.799	0.795	0.791	0.787	0.784	0.782
2250	0.805	0.786	0.781	0.776	0.772	0.769	0.767
2500	0.796	0.772	0.766	0.761	0.756	0.753	0.751
2750	0.787	0.758	0.750	0.745	0.740	0.736	0.734
3000	0.777	0.744	0.734	0.728	0.723	0.718	0.716

续表 F.0.1-3

$L \backslash b/t$	20	25	30	35	40	45	50
3250	0.767	0.729	0.717	0.711	0.705	0.699	0.697
3500	0.757	0.714	0.699	0.692	0.686	0.680	0.677
3750	0.747	0.699	0.681	0.673	0.666	0.660	0.656
4000	0.737	0.684	0.663	0.652	0.645	0.639	0.635

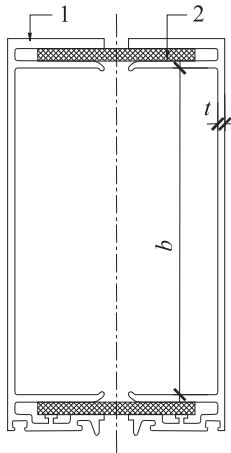


图 F.0.1-4 开口铝合金柱—D类截面

1—铝型材；2—EPDM密封条

表 F.0.1-4 开口铝合金立柱强度折减系数—D类截面

$L \backslash b/t$	20	25	30	35	40	45	50
1000	0.817	0.814	0.811	0.809	0.807	0.805	0.803
1250	0.810	0.806	0.803	0.801	0.798	0.796	0.793
1500	0.803	0.797	0.793	0.791	0.788	0.786	0.783
1750	0.795	0.786	0.782	0.780	0.777	0.775	0.772
2000	0.786	0.774	0.770	0.768	0.765	0.763	0.761
2250	0.776	0.761	0.757	0.755	0.752	0.751	0.749
2500	0.766	0.747	0.743	0.741	0.739	0.738	0.736
2750	0.756	0.733	0.728	0.726	0.725	0.724	0.722
3000	0.746	0.718	0.713	0.711	0.710	0.709	0.707
3250	0.735	0.703	0.697	0.694	0.693	0.692	0.690
3500	0.724	0.687	0.680	0.675	0.674	0.673	0.671
3750	0.713	0.671	0.662	0.656	0.654	0.652	0.650
4000	0.702	0.655	0.643	0.636	0.633	0.630	0.628

## 附录 G 双层幕墙隔声计算

**G.0.1** 双层幕墙隔声量  $R_{w,D}$  按下式计算:

$$R_{w,D} = 10 \lg(m_{\text{外}} + m_{\text{内}}) + 11.5 + R_{\text{空}} + \Delta R_{\text{外}} + \Delta R_{\text{内}} \quad (\text{G.0.1})$$

式中  $m_{\text{外}}$  —— 外层幕墙面密度 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$m_{\text{内}}$  —— 内层幕墙面密度 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$R_{\text{空}}$  —— 空气间层隔声量, 取 5dB;

$\Delta R_{\text{外}}$  —— 外层幕墙附加隔声量, 按表 G.0.1 采用;

$\Delta R_{\text{内}}$  —— 内层幕墙附加隔声量, 按表 G.0.1 采用。

**表 G.0.1 材料附加隔声量**

材 料		厚度(mm)/附加隔声量(dB)			
夹层玻璃	夹层 PVB 厚度(mm)	0.38	0.76	1.14	1.52
	附加隔声量(dB)	4	5.5	6	7
中空玻璃	中空气层厚度(mm)	6	9	12	16
	附加隔声量(dB)	1	2	2.5	3

双层幕墙的隔声计算, 主要是参考了《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 和《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 等规范, 根据双层幕墙系统的隔声机理, 在单层幕墙隔声设计的基础上, 演化出双层幕墙系统隔声计算理论公式。公式 G.0.1 中的  $m_{\text{内}}$ 、 $m_{\text{外}}$  表示内外幕墙单位面积的单位质量的倍数, 在公式计算中是一个无量纲数值。

空气声隔声指数是将测得的构件隔声量频率特性曲线, 与国



家标准《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 规定的空气声隔声参考曲线按规定的方法相比较而得出的单值评价量。双层幕墙的隔声构件主要由外层幕墙、空气间层、内层幕墙组成,其中空气间层起着缓冲的弹性作用,但也能引起两层构件的共振,因此,双层幕墙的隔声量并非三层构件隔声量的叠加。因空气间层而增加的隔声量,在一定范围内同空气间层厚度成正比。通常,双层幕墙比同样重量的单层幕墙可增加隔声量 5 分贝左右。

## 附录 H 双坡及单坡屋面房屋的风荷载 体型系数

**H. 0. 1** 本附录的风荷载体型系数适用于坡度不大于  $1/6$ ，檐口高度不超过  $20\text{m}$ ，也不超过房屋总跨度或总长度中较小值的双坡及单坡屋面房屋。

**H. 0. 2** 对坡度不大于  $1/6$  的双坡屋面房屋，其风荷载体型系数可按下列规定取用。

1 全封闭围护的房屋，其风荷载体型系数  $\mu_s$  分别按表 H. 0. 2—1 与表 H. 0. 2—2 取用。

**表 H. 0. 2—1 承受横向风荷载时全封闭围护房屋的风荷载体型系数  $\mu_s$**

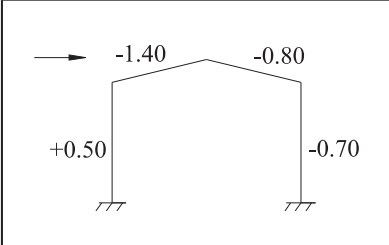
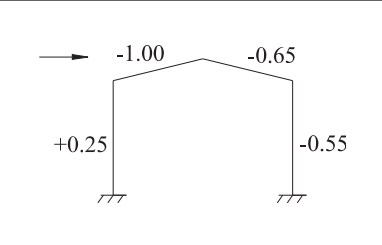
山墙端区域	其余区域
	

表 H. 0. 2-2 承受纵向风荷载时全封闭围护房屋的风荷载体型系数  $\mu_s$

迎风面	背风面

表 H. 0. 2-1 中山墙端区域的宽度取表 H. 0. 2-2 中的  $W_z$  的 2 倍。 $W_z$  值取房屋总跨度或总长度中较小值的 1/10 并且不大于房屋檐口高度的 2/5, 但不小于房屋总跨度或总长度中较小值的 1/25 或 1m。

2 部分封闭围护的房屋, 其风荷载体型系数  $\mu_s$  分别按表 H. 0. 2-3 与表 H. 0. 2-4 取用。

表 H. 0. 2-3 承受横向风荷载时部分封闭围护房屋的风荷载体型系数  $\mu_s$

山墙端区域	其余区域

表 H. 0. 2-4 承受纵向风荷载时部分封闭围护房屋的风荷载体型系数  $\mu_s$

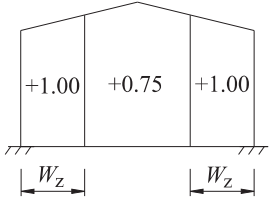
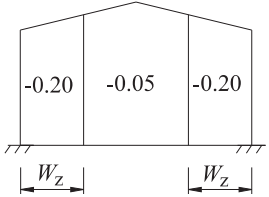
迎风面	背风面
	

表 H. 0. 2-3 中山墙端区域的宽度取表 H. 0. 2-4 中的  $W_z$  的 2 倍。 $W_z$  值取房屋总跨度或总长度中较小值的 1/10 并且不大于房屋檐口高度的 2/5, 但不小于房屋总跨度或总长度中较小值的 1/25 或 1m。

3 开敞式房屋, 其风荷载体型系数  $\mu_s$  分别按表 H. 0. 2-5 与表 H. 0. 2-6 取用。

表 H. 0. 2-5 承受横向风荷载时开敞式房屋的风荷载体型系数  $\mu_s$

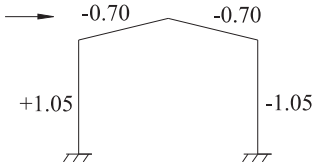
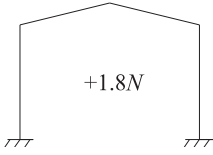
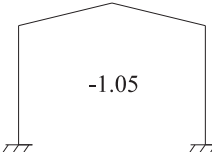
山墙端区域和其余区域


表 H. 0. 2—6 承受纵向风荷载时开敞式房屋的风荷载体型系数  $\mu_s$

迎风面	背风面
	

注:  $N$  为横向框架的榀数。迎风面风荷载体型系数  $1.8N$  的适用条件是:  $0.1 \leq \eta \leq 0.3$ ,  $\frac{1}{6} \leq \frac{H}{B} \leq 6$  和  $\frac{S}{B} \leq 0.5$ 。  $\eta$  为钢架实体面积与山墙毛面积之比,  $H$  为檐口高度,  $B$  为房屋宽度,  $S$  为柱间距。

**4** 部分封闭围护房屋指房屋中有一个受正风压的墙面, 其上的永久性开口面积超过该墙面面积的 5%, 也超过其余墙面和屋面上的永久性开口面积之和, 而其余墙面和屋面上永久性开口面积之和不应超过这些墙面和屋面面积的 20%。开敞式房屋指全部外墙至少有 80% 以上永久性开口面积。此外都为封闭式房屋。屋面或墙面上的采光带、窗户以及有门的洞, 不作为永久开口面积。

**H. 0. 3** 坡度不大于  $1/6$  的单坡屋面房屋承受横向风荷载时, 以跨度的  $1/2$  作为屋顶风荷载体型系数分区界线; 该界线分区作用与双坡房屋的屋脊线相同(图 H. 0. 3a); 承受纵向风荷载时, 山墙檐口较低一侧不另设区域  $W_z$ (图 H. 0. 3b)。各区域上的风荷载体型系数  $\mu_s$  与第 H. 0. 2 条的规定相同。  $W_z$  的取值同第 H. 0. 2 条。

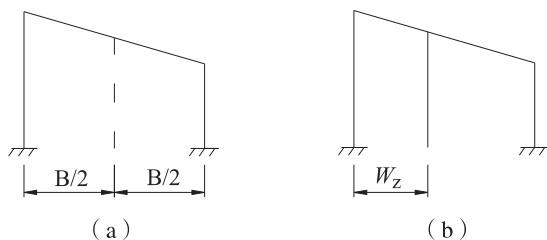


图 H.0.3 单坡屋面房屋风荷载体型系数的分区界线

**H.0.4** 坡度不大于 1/6 的房屋,局部风荷载体型系数  $\mu_s$  可按表 H.0.4-1 和表 H.0.4-2 的规定取用。

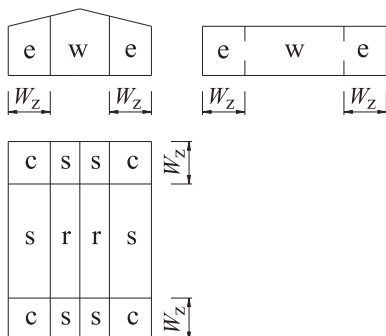


图 H.0.4-1 双坡屋面房屋风作用区域

**表 H.0.4-1** 双坡屋面房屋局部风载体型系数  $\mu_s$

构 件	风作用区域	全封闭围护房屋	部分封闭围护房屋
屋檐与墙梁 承载面积 $A \geq 10\text{m}^2$	r	-1.2	-1.6
	s	-1.4	-1.8
	c	-1.4	-1.8
	w	-1.1 或 +1.0	-1.5 或 +1.1
	e	-1.1 或 +1.0	-1.5 或 +1.1

续表 H. 0. 4-1

构 件	风作用区域	全封闭围护房屋	部分封闭围护房屋
屋面板、墙板及连接件 承载面积 $A \leq 1\text{m}^2$	r	-1.3	-1.7
	s	-1.7	-2.1
	c	-2.9	-3.3
	w	-1.2 或 +1.2	-1.6 或 +1.3
	e	-1.4 或 +1.2	-1.8 或 +1.3
外挑屋檐屋面及连接件 承载面积 $A \leq 1\text{m}^2$	r	-1.9	-2.3
	s	-1.9	-2.3
	c	-2.7	-3.1
外挑屋檐檩条及梁 承载面积 $A \geq 10\text{m}^2$	r	-1.8	-2.2
	s	-1.8	-2.2
	c	-0.9	-1.3
山墙墙架抗风柱 承载面积 $A \geq 20\text{m}^2$	w	-1.0 或 +1.0	-1.4 或 +1.1
	e	-1.1 或 +1.0	-1.5 或 +1.1
山墙墙架横梁 承载面积 $A \geq 10\text{m}^2$	r	-1.2	-1.6
	s, c	-1.3	-1.3

注: 1. 当屋面结构以及外挑屋面构件承载面积介于  $1\text{m}^2$  和  $10\text{m}^2$  之间时, 可采用半对数线性插值, 即

$$\mu_s = (2\mu_{s1} - \mu_{s10}) + (\mu_{s10} - \mu_{s1}) \log(10A)$$

式中:  $\mu_{s1}$  和  $\mu_{s10}$  和分别为  $A=1$  和  $A=10$  时的局部风荷载体型系数;

2. 风作用区域图见图 H. 0. 4-1, 其中  $W_z$  的取法与第 H. 0. 2 条相同;
3. 对于开敞式房屋, 墙梁、墙板及连接件的风荷载体型系数取表 H. 0. 2-5 的值, 屋檩、屋面板及连接件的风荷载体型系数取外挑屋檐与 1.25 乘表 H. 0. 2-5 两者中之较大值。

表 H. 0. 4-2 坡度大于 1/20 但不大于 1/6 的单坡屋面  
房屋局部风载体型系数  $\mu_s$

风作用区域	承载面积 $A(\text{m}^2)$		
	$A \leq 1$	$1 < A < 10$	$A \geq 10$
c	-3.4	$1.4 \log(10A) - 4.8$	-2.0
s	-2.6	$0.9 \log(10A) - 3.5$	-1.7
r	-2.0	$0.6 \log(10A) - 2.6$	-1.4

注: 1. 风作用区域图见图 H. 0. 4-2;

2. 坡度大于 1/20 但不大于 1/10 时, 局部风荷载体型系数可减少 15%;
3. 坡度小于 1/20 时, 局部风荷载体型系数采用表 H. 0. 4-1 中屋檐、屋面板及连接件的风荷载体型系数;
4. 对于部分封闭围护房屋, 风吸系数应增加 0.4 (指绝对值);
5. 对于开敞式房屋, 局部风荷载体型系数的取值与表 H. 0. 4-1 中的注 3 相同。

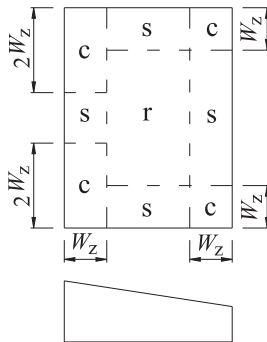


图 H. 0. 4-2 单坡屋面房屋风作用区域

**H. 0. 5** 高出屋面的周边凸出物, 其局部风荷载体型系数  $\mu_s$  取 1.3。



## 附录 J 压型金属屋面

**J. 0. 1** 屋面板 T 形支托的强度应按下式计算：

$$\sigma = \frac{R}{A_{\text{en}}} \leq f \quad (\text{J. 0. 1-1})$$

$$A_{\text{en}} = t_1 L_s \quad (\text{J. 0. 1-2})$$

式中  $\sigma$  —— 正应力(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $f$  —— 支托材料的抗拉和抗压强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $R$  —— 支座反力(N)；  
 $A_{\text{en}}$  —— 有效净截面面积(mm<sup>2</sup>)；  
 $t_1$  —— 支托腹板最小厚度(mm)；  
 $L_s$  —— 支托长度(mm)。

**J. 0. 2** 屋面板 T 形支托的稳定性可简化为等截面柱模型按下式计算：

$$\frac{R}{\varphi A} \leq f \quad (\text{J. 0. 2})$$

式中  $R$  —— 支座反力(N)；  
 $\varphi$  —— 轴心受压构件的稳定系数，应根据构件的长细比、铝合金材料的强度标准值  $f_{0.2}$  按《铝合金结构设计规范》GB 50429 取用；  
 $A$  —— 毛截面面积， $A = tL_s$ ； $t$  为 T 形支托等效厚度，取  $(t_1 + t_2)/2$ ； $t_1$  为支托腹板最小厚度， $t_2$  为支托腹板最大厚度。

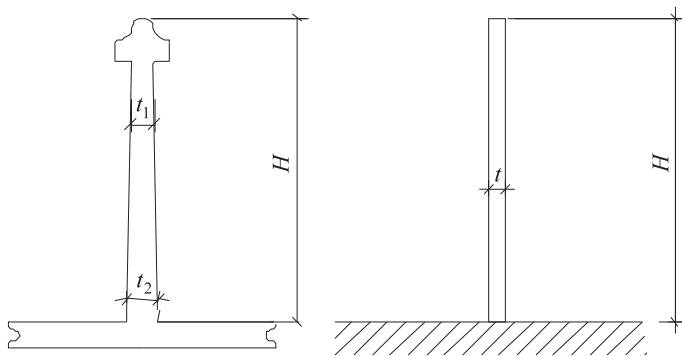


图 J.0.2 支托的简化模型

图中：H—T形支托高度

**J.0.3** 计算屋面板 T形支托的稳定系数时，其计算长度为：

$$l_0 = \mu H \quad (\text{J.0.3})$$

式中  $\mu$  —— 支托计算长度系数，可取 1.25~1.50 或由试验确定；

$l_0$  —— 支托计算长度(mm)。

**J.0.4** 铝合金屋面板的厚度宜为 0.6mm~3.0mm。铝合金面板宜采用长尺寸板材，减少板长方向的搭接。

**J.0.5** 金属屋面板长度方向的搭接端必须与支承构件有可靠的连接，搭接部位应有防水封堵措施，搭接处可采用焊接或泛水板，搭接部分长度方向中心宜与支承构件形心对齐，搭接长度  $a$  应符合设计要求，且宜不小于表 J.0.5 规定的限值：

表 J.0.5 金属屋面板长度方向搭接长度 (mm)

项 目		搭接长度 $a$
波高 $>70$		375
波高 $\leq 70$	屋面坡度 $<1/10$	250
	屋面坡度 $\geq 1/10$	200
过渡到墙面后		120

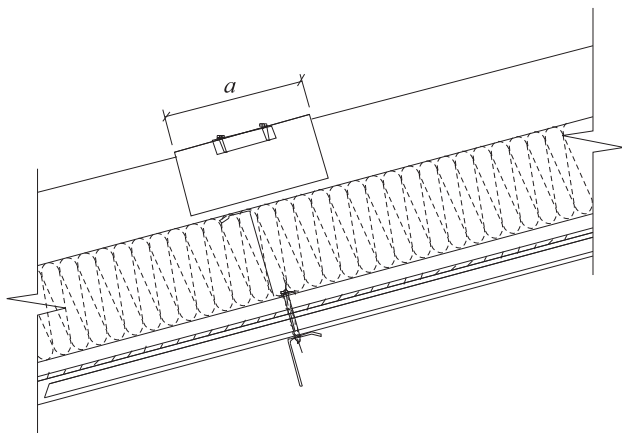


图 J.0.5 金属屋面面板搭接图

**J.0.6** 金属屋面板侧向可采用搭接、扣合或咬合等方式连接,并符合以下规定:

1 当侧向采用搭接式连接时,连接件宜采用带有防水密封胶垫的自攻螺钉。宜搭接一波,特殊要求时可搭接两波。搭接处应用连接件紧固,连接件应设置在波峰上。对于高波铝合金板,连接件间距宜为 700mm~800mm;对于低波屋面板,连接件间距宜为 300mm~400mm。

2 采用扣合式或咬合式连接时,应在檩条上设置与屋面波形板配套的专门固定支座,固定支座和檩条宜用自攻螺钉或射钉连接,金属屋面板应搁置在固定支座上。两片屋面板的侧边应确保在风吸力等因素作用下扣合或咬合可靠。

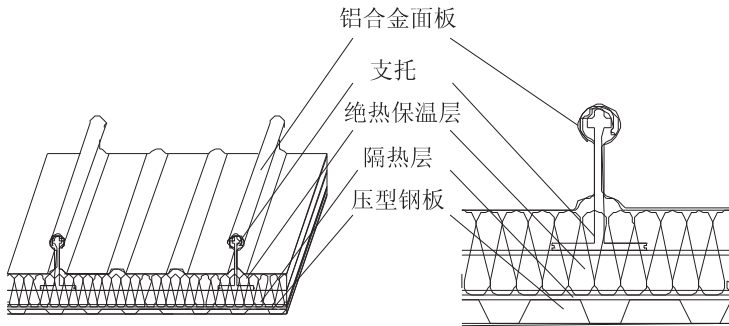


图 J.0.6 固定支座搭接

**J.0.7** 梯形及正弦波纹压型板屋面的有关尺寸:

- 1 压型板的横向搭接不小于一个波,纵向搭接不小于 200mm。
- 2 压型板挑出墙面的长度不小于 200mm。
- 3 压型板伸入檐沟内的长度不小于 150mm。
- 4 压型板与泛水的搭接宽度不小于 200mm。

## 本规范用词说明

一、非常严格：必须，不得，禁止，严禁。

该条文不能违背。

二、严格：应，不应。

正常情况下均应执行。

三、稍有选择：宜，不宜。

条件许可时首选。

四、有选择：可。

在一定条件下可以选用。

## 引用标准名录

序号	标准名称	标准编号
1	建筑结构荷载规范	GB 50009
2	混凝土结构设计规范	GB 50010
3	建筑抗震设计规范	GB 50011
4	建筑给水排水设计规范	GB 50015
5	建筑设计防火规范	GB 50016
6	钢结构设计规范	GB 50017
7	冷弯薄壁型钢结构技术规范	GB 50018
8	工程测量规范	GB 50026
9	建筑采光设计标准	GB/T 50033
10	高层民用建筑设计防火规范	GB 50045
11	建筑物防雷设计规范	GB 50057
12	建筑结构可靠度设计统一标准	GB 50068
13	民用建筑隔声设计规范	GB 50118
14	建筑隔声评价标准	GB/T 50121
15	民用建筑热工设计规范	GB 50176
16	公共建筑节能设计标准	GB 50189
17	混凝土结构工程施工质量验收规范	GB 50204
18	钢结构工程施工质量验收规范	GB 50205
19	建筑装饰装修工程质量验收规范	GB 50210
20	建筑物电子信息系统防雷技术规范	GB 50343
21	民用建筑设计通则	GB 50352
22	混凝土结构加固设计规范	GB 50367
23	铝合金结构设计规范	GB 50429
24	建筑物防雷工程施工与质量验收规范	GB 50601
25	平垫圈-C级	GB/T 95

序号	标 准 名 称	标 准 编 号
26	大垫圈-C 级	GB/T 96. 2
27	紧固件 铆钉用通孔	GB 152. 1
28	紧固件 沉头用沉孔	GB 152. 2
29	紧固件 圆柱头用沉孔	GB 152. 3
30	优质碳素结构钢	GB/T 699
31	碳素结构钢	GB/T 700
32	热轧型钢	GB/T 706
33	热轧槽钢尺寸、外形、重量及允许偏差	GB/T 707
34	十字槽盘头螺钉	GB/T 818
35	小垫圈-A 级	GB/T 848
36	等长双头螺栓-B 级	GB/T 901
37	碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带	GB/T 912
38	不锈钢焊条	GB/T 983
39	不锈钢棒	GB/T 1220
40	钢结构用高强度 大六角头螺栓	GB/T 1228
41	钢结构用高强度 大六角螺母	GB/T 1229
42	钢结构用高强度垫圈	GB/T 1230
43	夹层结构平拉强度试验方法	GB/T 1452
44	夹层结构滚筒剥离强度试验方法	GB/T 1457
45	钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋	GB/T 1499. 2
46	低合金高强度结构钢	GB/T 1591
47	铜及铜合金板材	GB/T 2040
48	连续热镀锌钢板及钢带	GB/T 2518
49	建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、 太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃 参数的测定	GB/T 2680
50	金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法	GB/T 3075
51	合金结构钢	GB/T 3077

序号	标 准 名 称	标 准 编 号
52	冷拔异型钢管	GB/T 3094
53	紧固件机械性能	GB/T 3098
54	紧固件术语 盲铆钉	GB/T 3099.2
55	紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母	GB/T 3103.1
56	变形铝及铝合金化学成分	GB/T 3190
57	碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板及钢带	GB/T 3274
58	不锈钢冷轧钢板和钢带	GB/T 3280
59	钛及钛合金板材	GB/T 3621
60	一般工业用铝及铝合金板、带材	GB/T 3880
61	陶瓷砖	GB/T 4100
62	耐候结构钢	GB/T 4171
63	焊接结构用耐候钢	GB/T 4172
64	不锈钢冷加工钢棒	GB/T 4226
65	不锈钢热轧等边角钢	GB/T 4227
66	不锈钢热轧钢板和钢带	GB/T 4237
67	碳钢焊条	GB/T 5117
68	低合金钢焊条	GB/T 5118
69	铝合金建筑型材	GB 5237
70	紧固件 螺栓和螺钉通孔	GB/T 5277
71	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂	GB/T 5293
72	工业用橡胶板	GB/T 5574
73	六角头螺栓	GB/T 5782
74	I型六角螺母	GB/T 6170
75	通用冷弯开口型钢尺寸、外形、重量及允许偏差	GB/T 6723
76	结构用冷弯空心型钢尺寸、外形、重量及允许偏差	GB/T 6728
77	结构用无缝钢管	GB/T 8162



序号	标 准 名 称	标 准 编 号
78	不锈钢复合钢板和钢带	GB/T 8165
79	铝合金门窗	GB/T 8478
80	建筑材料及制品燃烧性能分级	GB 8624
81	热轧等边角钢尺寸、外形、重量及允许偏差	GB/T 9787
82	热轧不等边角钢尺寸、外形、重量及允许偏差	GB/T 9788
83	不锈钢钢丝绳	GB/T 9944
84	钢化玻璃	GB/T 9963
85	天然饰面石材试验方法	GB/T 9966
86	建筑构件耐火试验方法第 8 部分： 非承重垂直分隔构件的特殊要求	GB/T 9978. 8
87	绝热材料稳态热阻及有关特性的测定防护热板法	GB/T 10294
88	3A 分子筛	GB/T 10504
89	铝及铝合金焊丝	GB/T 10858
90	聚乙烯(PE)树脂	GB/T 11115
91	热轧 H 型钢和部分 T 型钢	GB/T 11263
92	平板玻璃	GB 11614
93	绝热用岩棉、矿渣棉及其制品	GB/T 11835
94	中空玻璃	GB/T 11944
95	埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂	GB/T 12470
96	镶玻璃构件耐火试验方法	GB/T 12513
97	封闭型扁园头抽芯铆钉	GB/T 12615
98	封闭型沉头抽芯铆钉	GB/T 12616
99	开口型沉头抽芯铆钉	GB/T 12617
100	开口型扁园头抽芯铆钉	GB/T 12618
101	彩色涂层钢板及钢带	GB/T 12754
102	优质碳素结构钢冷轧薄钢板和钢带	GB/T 13237
103	绝热用玻璃棉及其制品	GB/T 13350

序号	标 准 名 称	标 准 编 号
104	金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法	GB/T 13912
105	预应力筋用锚具、夹具和连接器	GB/T 14370
106	硅酮建筑密封胶	GB/T 14683
107	钢结构防火涂料	GB 14907
108	结构用不锈钢无缝钢管	GB/T 14975
109	连续热镀锌铝锌合金镀层钢板及钢带	GB/T 14978
110	铝合金压铸件	GB/T 15114
111	建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法	GB/T 15227
112	玻璃纤维增强水泥性能试验方法	GB/T 15231
113	建筑用安全玻璃	GB 15763
114	建筑用硅酮结构密封胶	GB 16776
115	螺纹紧固件应力截面积和承载面积	GB/T 16823.1
116	人造板及饰面人造板理化性能试验方法	GB/T 17657
117	建筑幕墙用铝塑复合板	GB/T 17748
118	加工铜及铜合金板带材 外形尺寸及允许偏差	GB/T 17793
119	半钢化玻璃	GB/T 17841
120	玻璃幕墙光学性能	GB/T 18091
121	建筑幕墙平面内变形性能检测方法	GB/T 18250
122	建筑幕墙抗震性能振动台试验方法	GB/T 18575
123	金属覆盖层 钢铁制品热浸镀铝 技术条件	GB/T 18592
124	天然板石	GB/T 18600
125	天然花岗石建筑板材	GB/T 18601
126	着色玻璃	GB/T 18701
127	镀膜玻璃 第1部分:阳光控制镀膜玻璃	GB/T 18915.1
128	镀膜玻璃 第2部分:低辐射镀膜玻璃	GB/T 18915.2
129	天然大理石建筑板材	GB/T 19766
130	不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分	GB/T 20878

序号	标 准 名 称	标 准 编 号
131	建筑幕墙	GB/T 21086
132	雷电防护	GB/T 21714.1~4 IEC 62305-1~4
133	石材用建筑密封胶	GB/T 23261
134	建筑装饰用铝单板	GB/T 23443
135	铝合金建筑型材用辅助材料 第1部分:聚酰胺 隔热条	GB/T 23615.1
136	防火封堵材料	GB 23864
137	饰面石材用胶粘剂	GB 24264
138	建筑用阻燃密封胶	GB/T 24267
139	建筑门窗、幕墙用密封胶条	GB/T 24498
140	建筑隔声测量规范	GBJ 75
141	胶接铝蜂窝夹层结构和铝蜂窝芯子性能试验 方法	GJB 130
142	铝蜂窝夹层结构通用规范	GJB 1719
143	天然花岗石荒料	JC/T 204
144	夹丝玻璃	JC 433
145	聚氨酯建筑密封胶	JC/T 482
146	压花玻璃	JC/T 511
147	干挂饰面石材及其金属挂件	JC 830
148	贴膜玻璃	JC 846
149	建筑装饰用微晶玻璃	JC/T 872
150	干挂石材幕墙用环氧胶粘剂	JC 887
151	热弯玻璃	JC/T 915
152	超薄天然石材型复合板	JC/T 1049
153	玻璃纤维增强水泥外墙板	JC/T 1057
154	干挂空心陶瓷板	JC/T 1080
155	不锈钢建筑型材	JG/T 73

序号	标 准 名 称	标 准 编 号
156	建筑门窗五金件 传动机构用执手	JG/T 124
157	建筑门窗五金件 合页(铰链)	JG/T 125
158	建筑门窗五金件 传动锁闭器	JG/T 126
159	建筑门窗五金件 滑撑	JG/T 127
160	建筑门窗五金件 撑挡	JG/T 128
161	建筑门窗五金件 滑轮	JG/T 129
162	建筑门窗五金件 单点锁闭器	JG/T 130
163	建筑用铝型材、铝板氟碳涂层	JG/T 133
164	建筑玻璃点支承装置	JG/T 138
165	吊挂式玻璃幕墙支承装置	JG 139
166	混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓	JG 160
167	建筑门窗内平开下悬五金系统	JG/T 168
168	建筑用不锈钢绞线	JG/T 200
169	建筑幕墙用钢索压管接头	JG/T 201
170	建筑门窗五金件 通用要求	JG/T 212
171	建筑门窗五金件 旋压执手	JG/T 213
172	建筑门窗五金件 多点锁闭器	JG/T 215
173	建筑幕墙用瓷板	JG/T 217
174	建筑玻璃采光顶	JG/T 231
175	建筑装饰用搪瓷钢板	JG/T 234
176	建筑幕墙用高压热固化木纤维板	JG/T 260
177	高层建筑混凝土结构技术规程	JGJ 3
178	民用建筑电气设计规范	JGJ 16
179	建筑机械使用安全技术规程	JGJ 33
180	施工现场临时用电安全技术规范	JGJ 46
181	建筑施工高处作业安全技术规范	JGJ 80
182	建筑钢结构焊接技术规程	JGJ 81
183	预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程	JGJ 85

序号	标 准 名 称	标 准 编 号
184	高层民用建筑钢结构技术规程	JGJ 99
185	玻璃幕墙工程技术规范	JGJ 102
186	建筑玻璃应用技术规程	JGJ 113
187	金属石材幕墙工程技术规范	JGJ 133
188	夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准	JGJ 134
189	混凝土结构后锚固技术规程	JGJ 145
190	建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程	JGJ/T 151
191	民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范	JGJ 203
192	铝幕墙板	YS/T 429
193	铝及铝合金彩色涂层板、带材	YS/T 431
194	夹层结构用耐久铝蜂窝芯材料规范	HB 5443
195	建筑橡胶密封垫—预成型实心硫化的结构密封垫用材料规范	HG/T 3099
196	非接触食物搪瓷制品	QB/T 1855
197	地弹簧	QB/T 2697
198	闭门器	QB/T 2698
199	建筑锚栓抗拉拔、抗剪性能试验方法	DG/TJ08—003
200	建筑结构用索应用技术规程	DG/TJ08—019
201	建筑防排烟技术规程	DGJ08—88
202	建筑节能工程施工质量验收规程	DGJ08—113

上海市工程建设规范

建筑幕墙工程技术规范

DGJ08-56-2012

条 文 说 明

2012 上海

# 目 次

1	总 则 .....	(305)
3	材 料 .....	(306)
3.1	一般规定 .....	(306)
3.2	材料力学性能 .....	(306)
3.3	铝合金材料 .....	(308)
3.4	钢材、钢制品 .....	(308)
3.5	玻 璃 .....	(309)
3.6	金属板材 .....	(309)
3.8	人造板材 .....	(309)
3.9	复合板材 .....	(309)
3.10	金属连接件与紧固件 .....	(310)
3.11	结构胶与密封材料 .....	(310)
3.12	防火材料 .....	(310)
3.13	保温材料 .....	(310)
3.14	其它材料 .....	(311)
4	建筑设计 .....	(312)
4.1	一般规定 .....	(312)
4.2	性能设计 .....	(312)
4.3	安全措施 .....	(313)
4.5	建筑设计文件中有关幕墙设计的深度 .....	(313)
4.6	幕墙设计文件的深度 .....	(313)
5	幕墙光反射 .....	(314)
5.1	一般规定 .....	(314)

5.2	建筑设计	(314)
5.3	减少光反射影响的措施	(315)
6	幕墙热工设计	(316)
6.1	一般规定	(316)
6.2	构造与设计	(317)
7	幕墙防火	(318)
7.1	一般规定	(318)
7.2	构造与设计	(319)
7.3	双层幕墙的防火设计	(320)
8	幕墙防雷	(325)
8.1	一般规定	(325)
8.2	幕墙的防雷构造设计	(326)
8.3	其它防雷要求	(326)
9	结构设计的基本规定	(327)
9.1	一般规定	(327)
9.2	荷载和地震作用	(328)
9.3	作用效应计算	(331)
9.4	作用效应组合	(331)
9.5	幕墙及与主体结构的连接构造	(333)
9.6	硅酮结构密封胶	(335)
10	面板设计	(339)
10.1	一般规定	(339)
10.2	玻璃面板	(339)
10.3	金属面板	(342)
10.4	石材面板	(342)
10.5	人造面板	(344)



11	幕墙开启窗	(345)
11.1	一般规定	(345)
11.2	开启窗构造	(345)
11.3	采光顶窗构造	(346)
12	构件式幕墙	(347)
12.1	一般规定	(347)
12.2	横梁构造设计	(348)
12.3	立柱构造设计	(350)
12.4	横梁结构设计	(351)
12.5	立柱结构设计	(351)
13	单元式幕墙	(353)
13.1	一般规定	(353)
13.2	构造设计	(353)
13.3	结构设计	(354)
13.4	连接设计	(354)
14	双层幕墙	(355)
14.1	一般规定	(355)
14.3	通风量计算	(356)
14.4	热工设计	(356)
15	全玻璃幕墙	(357)
15.1	一般规定	(357)
15.2	构造设计	(357)
15.3	结构设计	(358)
16	点支承玻璃幕墙	(360)
16.1	一般规定	(360)
16.3	索杆桁架支承结构的构造与结构设计	(362)

16.4	单层索网及单拉索支承结构的构造与结构设计	(362)
16.5	驳接系统构造与结构设计	(363)
17	采光顶棚和金属屋面	(364)
17.1	一般规定	(364)
17.2	性能和检测	(364)
17.3	排水设计	(365)
17.4	连接设计	(365)
17.5	防渗漏设计	(366)
18	光伏幕墙	(367)
18.2	系统设计	(367)
19	检验与检测	(368)
19.1	一般规定	(368)
19.2	材料检验	(370)
19.3	性能检测	(370)
20	加工制作	(372)
20.1	一般规定	(372)
20.2	金属构件加工	(372)
20.3	玻璃面板加工	(373)
20.4	金属面板加工	(374)
20.5	石材及其他面板加工	(375)
20.6	构件组装	(375)
21	安装施工	(377)
21.1	一般规定	(377)
21.2	构件式幕墙安装	(377)
21.3	单元式幕墙安装	(378)

21.4	全玻璃幕墙安装	(379)
21.5	点支承玻璃幕墙安装	(379)
21.6	光伏幕墙安装	(379)
21.7	安全规定	(380)
22	工程验收	(381)
22.1	一般规定	(381)
22.2	进场验收	(381)
22.3	中间验收	(381)
22.4	竣工验收	(381)
23	维护保养	(382)
23.1	一般规定	(382)
23.2	检查与维护	(382)
附录 A	幕墙光反射环境评价方法	(383)
附录 B	槽型预埋件设计与构造	(388)
附录 E	多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力	(398)
附录 H	双坡及单坡屋面房屋的风荷载体型系数	(401)

# CONTENTS

1	General provisions .....	(305)
3	Materials .....	(306)
3.1	General requirements .....	(306)
3.2	Mechanical properties .....	(306)
3.3	Aluminium .....	(308)
3.4	Steel .....	(308)
3.5	Glass .....	(309)
3.6	Metal panels .....	(309)
3.8	Artificial panels .....	(309)
3.9	Composite panels .....	(309)
3.10	Connection and fixings .....	(310)
3.11	Sealants .....	(310)
3.12	Fireproofing materials .....	(310)
3.13	Thermal insulation materials .....	(310)
3.14	Others .....	(311)
4	Architectural design .....	(312)
4.1	General requirements .....	(312)
4.2	Performance-based design .....	(312)
4.3	Safety measures .....	(313)
4.5	Curtain wall design in architectural document .....	(313)
4.6	Principles of curtain wall design document .....	(313)
5	Daylight reflection .....	(314)

5.1	General requirements	(314)
5.2	Architectural design	(314)
5.3	Reduction measures of daylight reflection	(315)
6	Thermal performance design	(316)
6.1	General requirements	(316)
6.2	Detailing	(317)
7	Fireproofing	(318)
7.1	General requirements	(318)
7.2	Detailing	(319)
7.3	Fireproofing design for double skin facade	(320)
8	Lightning protection	(325)
8.1	General requirements	(325)
8.2	Detailing	(326)
8.3	Others	(326)
9	Basic requirements for structural design	(327)
9.1	General requirements	(327)
9.2	Loads and earthquake action	(328)
9.3	Calculations of loads and earthquake actions	(331)
9.4	Load combinations	(331)
9.5	Connection design of curtain wall and main structure	(333)
9.6	Design for structural silicon sealant	(335)
10	Panel design	(339)
10.1	General requirements	(339)
10.2	Glass panels	(339)
10.3	Metal panels	(342)

10.4	Stone panels .....	(342)
10.5	Artificial panels .....	(344)
11	Openable windows of curtain wall .....	(345)
11.1	General requirements .....	(345)
11.2	Detailing .....	(345)
11.3	Detailing of openable windows on skylight system .....	(346)
12	Stick curtain wall .....	(347)
12.1	General requirements .....	(347)
12.2	Detailing : transom .....	(348)
12.3	Detailing : mullion .....	(350)
12.4	Structure design of transom .....	(351)
12.5	Structure design of mullion .....	(351)
13	Unitized curtain wall .....	(353)
13.1	General requirements .....	(353)
13.2	Detailing .....	(353)
13.3	Structure design .....	(354)
13.4	Connection design .....	(354)
14	Double-skin facade .....	(355)
14.1	General requirements .....	(355)
14.3	Ventilation volume calculation .....	(356)
14.4	Thermal design .....	(356)
15	Full glass curtain wall .....	(357)
15.1	General requirements .....	(357)
15.2	Detailing .....	(357)
15.3	Structure design .....	(358)

16	Point supported glass curtain wall .....	(360)
16.1	General requirements .....	(360)
16.3	Design of tension rods or cable-rod truss supported structures .....	(362)
16.4	Design of one-way or two-way cable net supported structure .....	(362)
16.5	Design and engineering of glass fittings .....	(363)
17	Skylight and metal roofing .....	(364)
17.1	General requirements .....	(364)
17.2	Performance and testing requirements .....	(364)
17.3	Drainage design .....	(365)
17.4	Detailing .....	(365)
17.5	Waterproofing design .....	(366)
18	Photo voltaic curtain wall .....	(367)
18.2	Design of system .....	(367)
19	Inspection and testing .....	(368)
19.1	General requirements .....	(368)
19.2	Material inspection .....	(370)
19.3	Performance testing .....	(370)
20	Manufacture and fabrication .....	(372)
20.1	General requirements .....	(372)
20.2	Fabrication of metal components .....	(372)
20.3	Processing of glass panels .....	(373)
20.4	Fabrication of metal panels .....	(374)
20.5	Fabrication of stone panels and others .....	(375)
20.6	Assembling .....	(375)

21	Erection and construction .....	(377)
21.1	General requirements .....	(377)
21.2	Stick curtain wall .....	(377)
21.3	Unitized curtain wall .....	(378)
21.4	Full glass curtain wall .....	(379)
21.5	Point supported glass curtain wall .....	(379)
21.6	Curtain wall with PV system .....	(379)
21.7	Safety requirements .....	(380)
22	Acceptance inspection .....	(381)
22.1	General requirements .....	(381)
22.2	Site entering inspection .....	(381)
22.3	Mid-term inspection .....	(381)
22.4	Acceptance inspection .....	(381)
23	Maintenance .....	(382)
23.1	General requirements .....	(382)
23.2	Investigation and repairing .....	(382)
Appendix A	Method for environmental evaluation of curtain wall daylight reflection .....	(383)
Appendix B	Design and construction of anchor channel .....	(388)
Appendix E	Coefficients of continuous beam with hinges .....	(398)
Appendix H	External wind pressure coefficients for low- rise building cladding .....	(401)





# 1 总 则

**1.0.2** 建筑幕墙工程的新建、改建、扩建和既有幕墙工程的维护保养,均适用本规范。

**1.0.3** 本规范对各类幕墙的适用高度,是根据上海市已建成的幕墙建筑统计数据确定的。超过此高度的建筑幕墙,其可行性都通过了专项技术论证。

幕墙面板种类多,新品种不断出现。在本规范第 10.5.1 条中,列举了微晶玻璃、瓷板、陶板、千思板和玻璃纤维增强水泥外墙板在现有技术条件下适宜的安装高度。

按照消防要求,本规范第 7.3.2 条对整体式双层幕墙的建筑高度作了特别限定。

**1.0.5** 根据本市建筑幕墙二十多年的建设和使用情况,幕墙支承结构使用年限按 50 年设计比较符合幕墙建筑的使用状况。

## 3 材 料

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 材料是保证幕墙质量的物质基础。不同厂家或同一厂家不同产地的产品,都会存在质量差异。为了保证幕墙的安全可靠和满足使用性能的要求,幕墙材料应符合现行国家标准、行业标准和本市有关标准的规定。

**3.1.4** 统计结果表明,造成火灾中人员伤亡的主要原因之一是烟雾中的有毒气体。因此,幕墙应避免使用燃烧后或者高温环境下产生有毒有害气体的材料。

**3.1.5** 新材料的应用推动了幕墙行业发展,而材料标准往往滞后于新材料的应用。为了技术进步,为了“节能减排”,鼓励先进的、节约资源符合环保要求和可循环利用的、鉴定合格的新材料应用于建筑幕墙。

### 3.2 材料力学性能

**3.2.1** 本条参考现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 制定。

**3.2.2** 铝合金材料强度设计值按铝合金材料力学性能标准值除以抗力分项系数确定。为了便于设计应用,将得到的数值结果取5的整数倍。本条参考现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429 制定。

**3.2.6** 不锈钢钢绞线主要应用于索网幕墙,其应用跨度一般相对较大。为了保证设计安全,结合上海市工程建设规范《建筑结

构用索应用技术规程》DG/TJ08—019 的规定,本规范对不锈钢绞线的材料抗力分项系数取 2.0。

**3.2.7** 不锈钢材料(管材、棒材、型材)主要用于幕墙的连接件和支承结构,其强度设计值比钢结构的安全度略有增大,总安全系数约为 1.6。因国内外对不锈钢材料牌号的命名差异较大和国家标准新旧牌号命名也有所不同,为使用方便对应列出。

**3.2.9** 现行国家、行业标准对幕墙所用牌号的单层铝板的强度设计值未作相应规定。根据实际工程经验,本条单层铝合金板抗拉强度设计值按现行国家标准《一般工业用铝及铝合金板、带材第 2 部分:力学性能》GB/T 3880.2 规定的屈服强度标准值  $\sigma_0.2$  除以系数 1.286 采用,抗剪强度设计值取其抗拉强度设计值的 0.58 倍,相当于总安全系数为 1.8。

**3.2.10** 铝塑复合板、蜂窝铝板的种类很多,力学性能的研究尚不充分。为了便于实际工程使用,铝塑复合板、蜂窝铝板可根据厂家提供的强度试验平均值,除以材料抗力分项系数 1.428 后作为强度设计值。

**3.2.12** 花岗岩板是天然脆性材料,材性不均匀,强度离散性大,本条规定取总安全系数  $K=3.0$ ,材料抗力分项系数 2.15。花岗岩板用于特别重要部位时,可根据实际情况提高总安全系数。石材剪切强度取弯曲强度的 50%。

**3.2.13** 瓷板、陶板和微晶玻璃等属于人造板材。根据实际工程经验,陶板和微晶玻璃取总安全系数  $K=2.8$ ,材料抗力分项系数 2.0。用于特别重要部位时,可根据实际情况提高总安全系数。陶板和微晶玻璃的剪切强度取弯曲强度的 20%。

**3.2.14~3.2.15** GRC 板剪切强度取弯曲强度的 25%,千思板剪切强度取弯曲强度的 16%。

### 3.3 铝合金材料

**3.3.1** 铝合金型材尺寸允许偏差有普通级、高精级、超高精级三个级别。幕墙应采用高精级或超高精级的铝合金型材。

**3.3.3** 为防止大气中的酸性物质腐蚀铝合金型材表面,保证铝型材的外形美观和使用寿命,幕墙用铝合金型材应进行表面防护处理。常用的处理方法有阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂和氟碳喷涂四种,不同的表面处理方法具有不同的耐腐蚀性能。幕墙工程设计时,可根据幕墙的使用环境、腐蚀介质、浸蚀性作用和使用年限合理选择。

**3.3.4** 幕墙的热工性能要求越来越受到重视,隔热型材已普遍用于明框幕墙。PVC材料的热膨胀系数比铝型材高,在高温和机械荷载下会产生较大的蠕变,导致型材变形。PA66GF25热膨胀系数与铝型材相近,机械强度高,耐高温、防腐蚀性能好,成为铝型材理想的隔热材料。

**3.3.5** 为了保证幕墙的安全可靠和正常使用,隔热铝合金型材纵向剪切强度、横向拉伸强度、高温持久负荷等力学性能应符合《铝合金建筑型材 第6部分:隔热型材》GB 5237.6的相应规定。

### 3.4 钢材、钢制品

**3.4.6** 不锈钢材的防锈能力与其镍、铬含量有关,镍、铬含量越高防锈能力越好。常用的奥氏体不锈钢有S304××系列和S316××系列,可根据环境条件选用。

### 3.5 玻璃

**3.5.6** 在线法生产的低辐射镀膜玻璃,膜层牢固度、耐久性好,可以在幕墙上单片使用。离线法生产的低辐射镀膜玻璃,膜层牢固度、耐久性稍差,不能单片使用,可加工成中空玻璃,且膜层应朝向中空气体层。

### 3.6 金属板材

**3.6.1、3.6.2、3.6.5** 上海地处沿海,为了保证铝板的防腐蚀能力和耐久性要求,规定铝板表面涂层厚度。

### 3.8 人造板材

**3.8.1~3.8.5** 微晶玻璃、瓷板、陶板、玻璃纤维增强水泥板(GRC)和高压热固化木纤维板(千思板)在上海均有实际应用,但缺乏系统的归纳和总结。工程设计中要调查了解生产企业的产品性能,符合本规范规定,必要时作试验验证。

### 3.9 复合板材

**3.9.1** 铝塑复合板力学性能主要由上下面层铝板力学性能和铝合金板材与夹芯层的剥离强度决定,为保证铝塑复合板的力学性能和质量,本条对上下面铝合金板厚度和铝合金板材与夹芯层的剥离强度作了规定。上海地处沿海,所以本条及 3.9.2 条对铝板表面氟碳树脂涂层厚度作了规定。

**3.9.2** 铝蜂窝复合板力学性能主要由上下面层铝板、铝蜂窝芯力学性能和铝合金板材与夹芯层的剥离强度决定,为保证铝蜂窝复合板的力学性能和质量,本条对上下面铝合金板厚度、铝蜂窝

芯和铝合金板材与夹芯层的剥离强度作了规定。平拉强度和滚筒剥离强度试验方法见 GB/T 1452 和 GB/T 1457。

### **3.10 金属连接件与紧固件**

**3.10.5** 背栓产品质量存在差异,背栓的力学性能直接影响到面板连接的安全可靠性,本条规定背栓应进行力学性能检测以确定其承载能力。

### **3.11 结构胶与密封材料**

**3.11.6** 硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶的使用,关系到幕墙的安全、水密性和气密性。产品必须做相容性试验,硅酮结构密封胶还要做剥离粘结性试验和邵氏硬度试验。不得使用未经试验的产品、超过有效期的产品及相容性或其他指标不满足要求产品。本条规定应严格执行。

**3.11.7** 酸性硅酮结构密封胶会与金属结构或玻璃镀膜层内的金属元素发生化学反应,导致粘结破坏。

### **3.12 防火材料**

**3.12.2** 在火灾高温作用下,防火封堵材料必须能保持整体稳定,不产生移位、脱落等现象,才能保证其正常防火功能。玻璃纤维等耐高温性能差的材料,不适用于防火封堵。

**3.12.5** 防火铝塑板达不到防火设计时限要求。

### **3.13 保温材料**

**3.13.1** 随着对建筑节能的重视,保温隔热材料在幕墙工程中大量使用。由于某些保温隔热材料易燃或可燃,不符合消防要求,

因此选用岩棉、矿棉、玻璃棉等不燃材料作为幕墙的隔热保温材料。

### **3.14 其它材料**

**3.14.1** 硫化再生橡胶长期承压易变形,木片或其它吸水性材料会受潮膨胀,不得用作支承垫块。



## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本条强调,在建筑方案设计阶段选择建筑幕墙类型,在初步设计阶段确定建筑幕墙类型。

**4.1.5** 隐框玻璃幕墙应有防玻璃脱落的构造措施并经专项技术论证。高层建筑采用隐框、半隐框玻璃幕墙时应通过节能、防火和结构安全等专项技术论证。外倾式斜幕墙不应采用隐框玻璃幕墙。

**4.1.6~4.1.9** 为了保障公共安全,须控制单片玻璃面积,选择玻璃品种。临街幕墙玻璃面板宜选用夹层玻璃。

钢化玻璃自爆已成为本市关注的问题。本规范规定钢化玻璃应有防自爆坠落措施。

半钢化玻璃的使用,是近十多年来的一大争议。根据工程实践,半钢化玻璃可以在建筑幕墙中使用。本规范对其使用提出了相应要求。

4.1.7 条对于特别重要的建筑引入了抗爆设计的概念。

人流密度大的重要公共建筑,如大型交通类建筑、大型商业建筑、重要文化娱乐类公共建筑,幕墙面板应采用夹层玻璃,确保安全。

### 4.2 性能设计

**4.2.2** 本条符合《公共建筑节能设计标准》GB 50189 气密性不小于 3 级的要求。

**4.2.3** 本条规定了上海市建筑幕墙设计应达到的水密性要求,

保证台风暴雨季节幕墙围护的严密性。

**4.2.4** 根据 GB 50009, 墙角边按建筑物宽度的 0.1 或建筑物平均高度的 0.4, 取较小值, 但不小于 1.5m。

### **4.3 安全措施**

**4.3.4** 为防止人体或物体撞击, 保证临近楼地面周边部位玻璃板块的使用安全, 根据要求采取防护措施。警示标志应醒目地设置在在视线高度范围。

**4.3.5** 楼层外缘无实体墙的玻璃部位应设置防撞设施和醒目的警示标志, 包括设置固定护栏以保证安全使用。玻璃强度足以确保安全时可以不设护栏。条文规定了 4 款可以不设护栏的情况。

### **4.5 建筑设计文件中有关幕墙设计的深度**

本节内容包含方案设计、初步设计和施工图设计各阶段关于幕墙工程应提供的文件与资料, 是针对建筑设计各阶段关于外围护体系概念性设计的不同深度要求, 在设计深入过程中逐步完善。施工图设计文件是编制幕墙招投标文件的主要依据和组成部分, 应完整地包含有关幕墙工程的平、立、剖面设计图, 并含雨棚、女儿墙等设计部位的构造方式、外墙面留洞部位与形式、与相邻实体墙及楼地面的界面关系。以上内容在图中应标注清楚。

### **4.6 幕墙设计文件的深度**

本节内容包含建筑幕墙施工图设计阶段应完成的文件与资料。由具有设计资质的幕墙公司根据建筑设计招标文件、建设方提供的有关审批文件和相关标准的规定与要求, 全面完成外围护体系的施工图设计。该阶段通常称为幕墙工程深化设计阶段。

## 5 幕墙光反射

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 玻璃比大于 40% 的非幕墙建筑立面,可比照玻璃幕墙作光反射环境影响分析和评价。

**5.1.2** 随着城市区域的经济的发展,以玻璃幕墙作为建筑外围护的设计项目日益增多。幕墙玻璃因太阳光反射造成的环境影响逐渐显现。采用玻璃幕墙设计时应重视幕墙光反射对环境的影响,符合有关规定。本章条文所述“玻璃幕墙”,均指由玻璃或玻璃与其他材料组成的建筑幕墙。

**5.1.3** 玻璃幕墙设计方案需要进行环境影响分析和评价,将幕墙光反射对周边环境的影响控制在合理的范围内。本市结合多年来的管理和实践,形成了一套分析方法和评价体系,其主要内容见附录 A。幕墙光反射对环境的影响的分析方法和评价体系还在不断完善中。

### 5.2 建筑设计

**5.2.1~5.2.3** 玻璃比是衡量建筑立面外露玻璃数量的指标,玻璃比越大对周边环境的影响越大。

根据本市建筑实践,建筑立面玻璃比宜控制在 40% 以内,敏感目标多的区域玻璃比应不大于 40%。

**5.2.5** 必须避免反射光聚焦对人、车辆、绿化、设备及其他建筑物和构筑物造成不利影响。

**5.2.8** 玻璃制品易碎裂坠落,不宜在立面外作遮阳部件或装饰

部件。

**5.2.9** 一般大堂、门厅和裙房玻璃用量较大,但大堂、门厅和裙房不高,其光反射影响范围小。条文规定裙房与主立面分别计算玻璃比。

玻璃比计算时,立面上所有外露玻璃(幕墙玻璃和非幕墙范围的玻璃),均应计入。

### **5.3 减少光反射影响的措施**

**5.3.4** 如难以避免弧形立面,宜采用平板玻璃折线拼接,可以降低光反射对环境的影响。

## 6 幕墙热工设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 建筑幕墙是建筑外围护结构的组成部分。在幕墙设计阶段,主体建筑的节能设计已通过审查备案。因此,透明幕墙和非透明幕墙的热工性能指标,必须以建筑设计单位根据《公共建筑节能设计标准》权衡建筑围护结构各部位的保温隔热措施而提出来的热工性能为准。

**6.1.2** 玻璃幕墙建筑单一立面窗墙比,为可视幕墙(含框)面积与该立面面积的比值。

**6.1.3** 建筑的东、西朝向在夏季是受到太阳辐射热影响最大的墙面,透明幕墙热工性能差,会增加室内空调能耗,减少此朝向的透明幕墙面积是节能的有效措施。

**6.1.4** 透明幕墙设置遮阳措施,可有效减少太阳辐射热的影响,对降低空调能耗有显著的作用。遮阳以室外活动遮阳为宜,不但可以遮挡夏季辐射热,还可以在冬季充分利用太阳辐射热,减少冬季采暖能耗。高层建筑玻璃幕墙受风荷载的影响,设置室外活动遮阳应考虑遮阳构件的安全牢固。室内活动遮阳同样可以起到减少太阳辐射热的作用,也可以作为遮阳措施,但其遮阳效果不如室外活动遮阳。无论是室外还是室内活动遮阳均应做到与建筑幕墙一体化,确保遮阳措施的落实。

**6.1.5** 上海地处夏热冬冷地区,以夏季隔热为主,兼顾冬季采暖。外通风双层幕墙内外层之间的间隔层进深较大,可在此空间利用通风措施带走热量,并在间隔层设置活动遮阳设施,减少太阳辐射热从而起到减少空调能耗的目的。

**6.1.6** 透明幕墙中玻璃和框材的传热系数是不同的,应按照其面积比例进行加权计算,得出透明幕墙的整体平均传热系数,不能以玻璃自身的传热系数替代透明幕墙的传热系数。对于隐框玻璃幕墙,传热系数应按照玻璃之间的密封胶和玻璃的面积比例加权计算。透明幕墙的传热系数计算应符合现行《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 的规定。

**6.1.7** 非透明幕墙由透明或不透明面板、保温材料、墙体基层组成,面板可以是玻璃、金属板材、石材或其他材料。应按照不同材料相应的面积加权计算非透明幕墙的传热系数。

**6.1.8** 幕墙玻璃的光学性能和热工性能技术参数包括传热系数、遮阳系数、可见光透射率、可见光反射率等。

**6.1.9** 建筑物底层大堂可能难以避免局部采用单层幕墙玻璃。必须通过提高单层玻璃所在朝向的其他透明部分的热工性能,弥补单层玻璃的不足。控制单层玻璃的使用面积,是为了保证该朝向的透明幕墙整体传热系数可以控制在热工性能指标要求以内。单层玻璃幕墙所在朝向的透明幕墙应根据单层玻璃、中空玻璃和其他非玻璃面积加权计算传热系数。

## 6.2 构造与设计

**6.2.3** 外通风双层幕墙应以内层幕墙作为建筑的外围护部位,内通风双层幕墙应以外层幕墙作为建筑的外围护部位。凡是建筑的外围护部位,均须满足保温隔热的节能要求,幕墙玻璃应采用中空玻璃。

**6.2.5** 无保温层的非透明幕墙难以满足隔热保温要求。幕墙保温材料的内侧或外侧(至少一侧)应有不小于 50mm 的空气层。玻璃面板内侧应有不小于 50mm 的空气层。防火封堵处应符合第 7 章的有关规定。

## 7 幕墙防火

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 由于建筑节能的需求,保温材料在建筑中被广泛使用。2009年9月25日公安部、住房和城乡建设部联合印发了《民用建筑外保温系统及外墙装饰防火暂行规定》(公通字[2009]46号),规范建筑保温材料的防火设计、施工及使用。但近年来,南京中环国际广场、哈尔滨经纬360度双子星大厦、济南奥体中心、北京央视新址附属文化中心、上海胶州路教师公寓、沈阳皇朝万鑫大厦等相继发生火灾引燃建筑外保温材料,建筑易燃或可燃外保温材料已成为新的火灾隐患,由此引发的火灾已呈多发趋势。为遏止外保温材料引起火灾高发,2011年3月14日公安部下发的《关于进一步明确民用建筑外保温材料消防监督管理有关要求的通知》(公消[2011]65号)规定在新标准发布前,民用建筑外保温材料采用燃烧性能为A级的材料。待新标准发布后,应按新标准执行。

**7.1.3** 幕墙与楼板、防火分隔墙及洞口边缘等处的构造缝隙,在火灾情况下会形成“引火风道”。为防止火势在水平或垂直方向上快速蔓延酿成大火,建筑幕墙应采取规定的防火分隔和封堵措施,这和《建筑设计防火规范》GB 50016、《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045中关于建筑幕墙的相关规定是一致的。

非透明幕墙建筑如设置基层墙体,可防止火灾从幕墙缝隙或幕墙垮塌脱落处蔓延。基层墙体与建筑幕墙之间的空隙,应在每层楼板处封堵防火材料。

**7.1.4** 本条规定了消防登高立面处建筑幕墙的设置要求。

高层建筑发生火灾,消防登高车灭火救援在消防登高场地上展开,若在消防登高侧的建筑立面上大面积设置玻璃幕墙,一旦火灾中幕墙玻璃破碎掉落,将影响消防登高车的作业,影响消防队的灭火救援行动,甚至危害到消防队员的生命,所以,一般情况下建筑消防登高立面处以不设置大面积玻璃幕墙为好。当建筑立面设计确需在消防登高立面设置玻璃幕墙时,要布置应急击碎的幕墙玻璃,在火灾发生时,为消防登高创造条件。目前上海地区配置的最先进登高消防车作业高度范围达 90m,条文规定在建筑高度 100m 范围内设置应急击碎的幕墙玻璃。

**1** 为确保灭火救援的可靠性以及快速有效,要求每层设置不少于 2 块应急击碎的幕墙玻璃板块,间距不大于 20m。

**2** 应急击碎玻璃的尺寸要求,是为了满足消防队员背负空气呼吸器以及救援装备后能快速进出。

**3** 为避免碎落的玻璃伤及地面人员,应采取一定的防护措施。

## 7.2 构造与设计

**7.2.1** 防火玻璃裙墙或防火玻璃墙作为建筑的墙体构件,由防火玻璃与防火密封胶、幕墙框架等构件组成一个整体,并按照《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978 的垂直分隔构件耐火极限的测试方法测试,达到相应的耐火极限要求。防火玻璃仅仅是该墙体构件的一部分,不能代表防火玻璃裙墙或防火玻璃墙整体。

**7.2.5~7.2.6** 这两条对防火墙两侧玻璃幕墙的设置作出相应规定,与《建筑设计防火规范》GB 50016、《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 中关于防火墙两侧门、窗、洞口的设置要求一致。



### 7.3 双层幕墙的防火设计

**7.3.2** 双层幕墙的内外层之间留有使空气流通的空腔,一旦火灾发生,此空腔的烟囱效应加速火灾蔓延;由于双层幕墙给灭火救援行动带来诸多不利因素,给消防人员破拆强攻救援增加了难度,因此有必要对双层幕墙的防火设计作出规定。

整体式双层幕墙(图 7.1)没有横向和竖向的防火分隔,一旦发生火灾,极易因烟囱效应导致火势迅速蔓延,为此对设置整体式双层幕墙的建筑高度以及内外层幕墙之间的间距作出了规定。设置整体式双层幕墙的建筑高度限制在 50m 以下,内外层幕墙间距大于 2.00m,设置防火挑檐,直接阻碍火灾热烟气向上层窜升,火灾时的烟囱效应相对减弱,延缓火灾扩展。在日本,整体式双层幕墙建筑的内外层幕墙间,每层设置防火挑檐。

**7.3.3** 整体式双层幕墙的内层幕墙,是建筑物实质上的外墙系统,应符合本规范 7.1.1~7.1.3 条规定。

**7.3.4** 本条规定,除整体式双层幕墙外,其他类型双层幕墙建筑的每层内外层幕墙间需采取防火分隔措施,在火灾情况下有效阻止热烟气蔓延。若不能每层采取防火分隔措施,至少每隔二至三层设置防火分隔。不设防火分隔的层面应设置不燃烧体防火挑檐,满足建筑设计和建筑防火的共同需求。

**7.3.5** 竖井式双层幕墙(图 7.4)本身就如同烟囱井道形式。针对这个烟囱井道必须采取相应的防火措施,否则热烟气会由这个井道长驱直入,迅速蔓延到其他楼层或其他防火分区。

**7.3.6** 为了便于消防人员从室外通过灭火救援窗进入着火建筑灭火并及时救援被困人员,在与外层应急击碎玻璃相对应的位置,内层幕墙应设置内外均可开启的门,内外层幕墙之间设置方

便人员通行的连廊。

双层幕墙的防火分隔形式见图 7.1~图 7.4。

**7.3.8 双层幕墙建筑的防火和灭火存在诸多不利因素,采用双层幕墙的建筑,应完善室内消防设施,有效提高控制初期火势的能力。**

本章列举的双层幕墙类型如下:

### 1 整体式双层幕墙

没有横向和竖向约束措施,空气在内外层幕墙间流通。

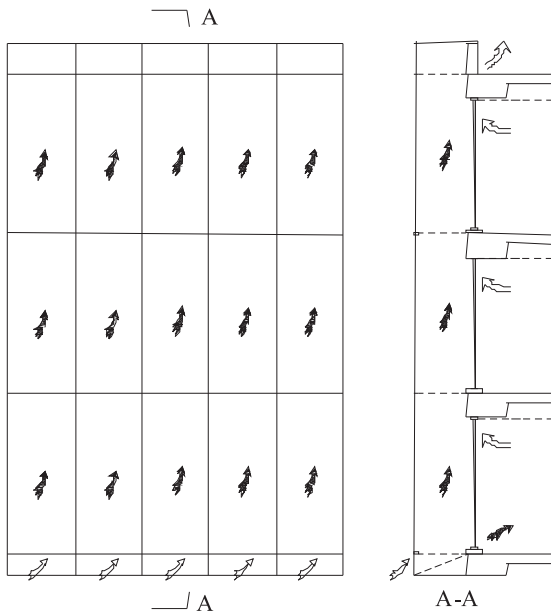


图 7.1 整体式双层幕墙示意图

### 2 横向约束式双层幕墙

#### 1) 廊道式(走廊式)

防火分隔设置在层间部位,空气间层在一层或若干层内。

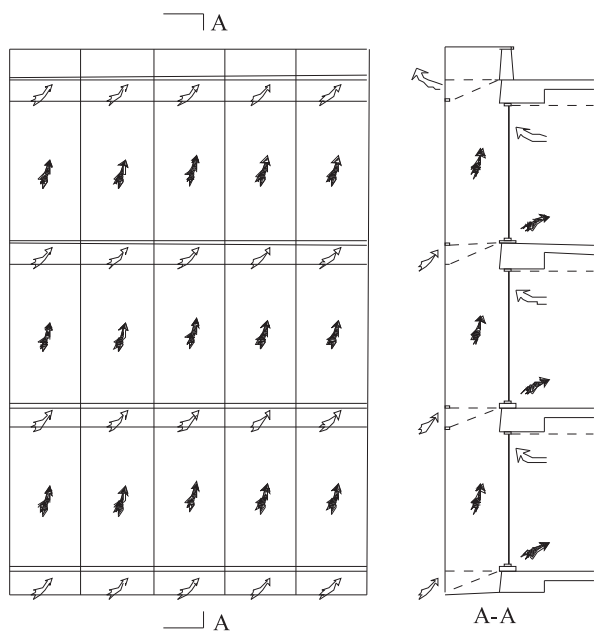


图 7.2 廊道式双层幕墙示意图

## 2) 箱体式(窗盒式)

防火分隔横向设置在若干层间、竖向设置在若干段内,空气间层在横向和竖向均被分隔。

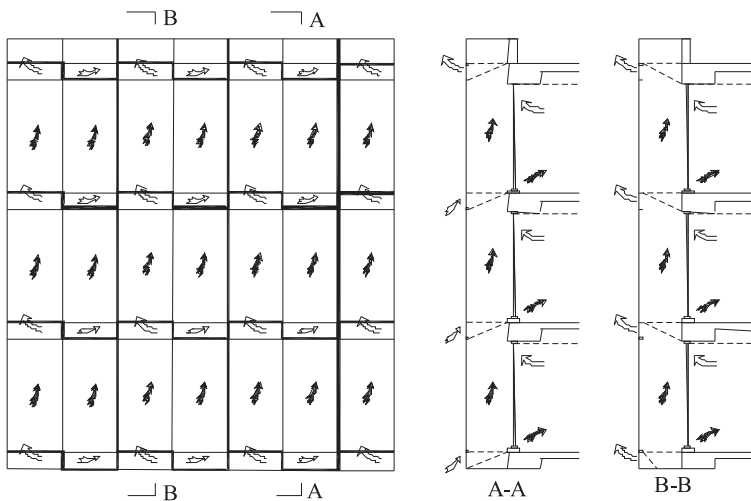


图 7.3 箱体式双层幕墙示意图

### 3 竖向约束式双层幕墙

#### 竖井式

通过竖向的防火隔离条形成专用井道，使室内空气从专用井道排出。

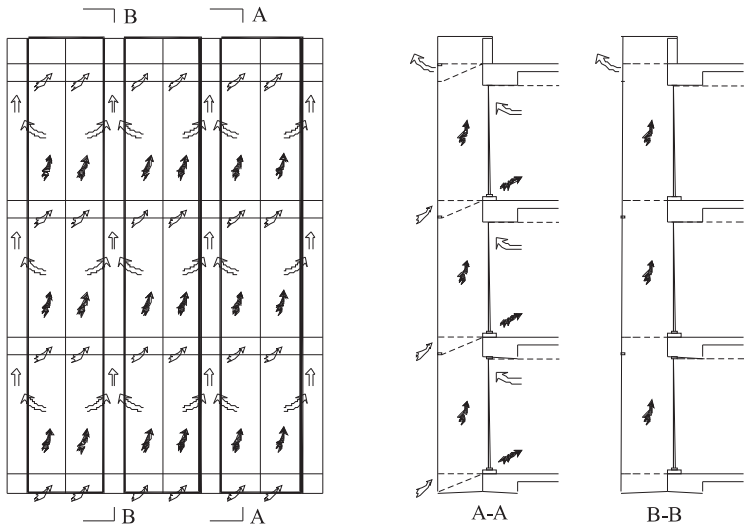


图 7.4 竖井式双层幕墙示意图

## 8 幕墙防雷

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 幕墙属于建筑的外围护结构,容易遭受雷电袭击,应根据《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 确定防雷分类,并采取相应的防直击雷、防雷电侧击以及等电位连接措施。

这里所述的等电位连接措施,是指用连接导线将处在需要防雷的空间内的防雷装置、建筑物的金属构架、金属装置、电气和电讯装置等连接起来。

当需要防雷的空间设有防雷装置时,处于该空间之外的金属构架可能遭受雷电效应,在设计时应估计这种效应,对处于该空间之外的金属构架也需要作等电位连接。

**8.1.3** 非金属幕墙面板不具导电性,在遭受雷击时,由于热膨胀可能导致材料开裂脱落,应按照第二类防雷分类考虑防雷设计。隐框幕墙、非金属面板幕墙、采光顶棚及置于屋顶的光伏组件等的防雷设计应考虑雷电直击、侧击的防护措施,例如采用网格尺寸不大于 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 的金属装饰条或面板四周包敷金属条等代替防雷接闪器。

**8.1.5** 超高层建筑遭受雷击的可能性大,构造复杂的幕墙防雷设计难度增加。根据《雷电防护》GB/T 21714.1/IEC 62305-1 的相关条款,宜对其雷电防护系统进行评估。

**8.1.6** 幕墙交付使用后,应根据《上海市雷电防护管理办法》的规定,把建筑幕墙纳入物业管理,并实行防雷年检制度。

## 8.2 幕墙的防雷构造设计

**8.2.2** 《建筑物防雷设计规范》GB 50057 规定,薄油漆层、厚度小于 0.5mm 的沥青层以及厚度小于 1.0mm 的聚氯乙烯层均不属于绝缘覆盖层。

**8.2.4** 幕墙的光伏组件一般安装在防雷区所划分的 LPZ0A 或 LPZ0B 区域内,当遭受雷击时,周围电磁场强度不会衰减,雷电有直接击中光伏组件的可能,雷电流通过光伏系统的信号或电源线路侵入后端设备,损坏光伏系统。因此,幕墙光伏系统在设计和安装时,应充分考虑防直击雷措施和防雷电波侵入措施。

## 8.3 其它防雷要求

**8.3.3** 由于两种不同的金属直接接触时容易产生电偶腐蚀,应采取防止或控制电偶腐蚀的措施。

铝及铝合金与钢铁接触时,常在接触部位加不锈钢垫片。

铝与钢铁连接的固定件,常采用不锈钢制作。当采用钢零件时,需要镀锌,镀锌层须有一定厚度。

铜质材料与铝合金材料的接触面须镀锌。

**8.3.4** JGJ 16—2008 规定,结构钢筋作为防雷独立接地引下线的冲击电阻不大于  $5\Omega$ 。

## 9 结构设计的基本规定

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 本条规定幕墙结构设计的基准期为 50 年。建筑幕墙的设计使用年限见 1.0.5 条。

**9.1.2** 幕墙结构设计是指对幕墙结构中所有部件、构件和连接的设计。

**9.1.3** 遵照《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068,本规范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进行计算。本规范要求分别进行永久荷载、风荷载、地震作用效应计算,是否考虑温度作用的影响应由设计分析后确定。承载能力极限状态设计时,应考虑作用效应的基本组合;正常使用极限状态设计时,作用的分项系数均取 1.0。本条给出的承载力设计表达式具有通用意义,作用效应设计值  $S$  或  $S_E$  可以是内力或应力,抗力设计值  $R$  可以是构件的承载力设计值或材料强度设计值。

结构或结构构件的重要性系数  $\gamma_0$ ,是《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 规定的,主要考虑的是结构或结构构件破坏后果的严重程度,与结构构件的安全等级、设计使用年限有关。对于幕墙设计使用年限争议比较大的是幕墙结构中胶条和结构胶等的老化问题,一般来说其设计使用年限在 25 年以内。但是从上海市 80 年代早期开始建设的联谊大厦及以后的希尔顿、虹桥开发区和新锦江等工程来看,预埋件、幕墙支承结构及其与主体结构连接等均按不低于 50 年的设计年限进行计算。幕墙大



多用于大型公共建筑,正常使用中不允许发生破坏。因此,结构重要性系数  $\gamma_0$  取不小于 1.0。

幕墙结构计算中,地震效应相对于风荷载效应是比较小的,通常不会超过风荷载效应的 20%,如果采用小于 1.0 的系数  $\gamma_{RE}$  对构件抗力设计值予以放大,对幕墙结构设计是偏于不安全的。所以,幕墙构件承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$  取 1.0。

幕墙面板、框架梁柱、索和杆等不便于采用内力设计表达式,在本规范的相关条文中直接采用应力表达形式;预埋件设计时,则采用内力表达形式。采用应力设计表达形式时,计算应力所采用的内力设计值(如弯矩、轴力、剪力等),应采用作用效应的基本组合。

**9.1.4** 漏算最不利构件和节点在最不利工况条件下的极限状态,可能危及幕墙工程的安全。建筑物转角部位、平面或立面突变部位的构件和连接应作专项验算。本条规定应严格执行。

## 9.2 荷载和地震作用

**9.2.1** 风荷载按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定进行计算。对于各系数取值,进行如下说明:

(1)风荷载随高度的变化由风压高度变化系数描述,其值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

(2)风荷载体型系数是指风荷载作用在幕墙表面上所引起的实际压力(或吸力)与来流风的速度压的比值,它描述的是建筑物表面在稳定风压作用下静态压力的分布规律,主要与建筑物的体型和尺度有关,也与周围环境和地面粗糙度有关。由于它涉及的是关于固体与流体相互作用的流体动力学问题,对于不规则形状的固体,问题尤为复杂,无法给出理论上的结果,一般可由风洞试

验或数值风洞的方法进行风荷载的确定。考虑到风荷载在建筑物表面分布是不均匀的,在檐口附近、边角部位较大,根据风洞试验结果和国外的有关资料,在上述区域风吸力系数可取 $-1.8$ ,其余墙面可考虑 $-1.0$ ,由于围护结构有开启的可能,所以还应考虑室内压 $-0.2$ 。从安全出发,本规范不考虑围护构件从属面积的影响。

(3)阵风系数 $\beta_{gz}$ 是瞬时风压峰值与 $10\text{min}$ 平均风压(基本风压 $w_0$ )的比值,取决于场地粗糙度类别和建筑物高度。对于框支承幕墙结构以及直接覆盖于主体结构上的幕墙面板及其连接,在计算其承载力和变形时应考虑阵风系数 $\beta_{gz}$ ,以保证幕墙构件的安全。

(4)对于采光顶结构中支承面板的主体钢结构、雨棚结构中支承面板的雨棚钢结构、索桁架或索网幕墙中的索体系与支承结构,阵风的瞬时作用影响相对较小,但是由于跨度大、刚度小、自振周期相对较长,风力振动的影响成为主要因素。对于上述结构,在进行风荷载计算时,可根据《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定,通过风振系数 $\beta_z$ 加以考虑。当然,现行规范中的风振系数简化计算方法和计算公式主要是针对高层和高耸结构提出的,对于这类结构,其振动一般以第一振型为主,得到的风振系数也主要考虑了第一振型的影响。对于空间结构,自振频率分布比较密集,风振系数必定会受到高阶振型较大的影响,不能完全套用规范公式,应针对具体的结构体系进行必要的试验或理论研究以确定 $\beta_z$ 的取用方法,具体可在以下方法中选用:①参考同类结构的已有数据;②根据刚性模型的风洞实验得到的脉动风压时程进行结构的非线性时程计算,按位移等效和应力等效原则确定风振系数,取其大值;③参考考虑流固耦合的数值模拟结果取用;④参

考气弹模型实验结果取用。当同时采用两种或两种以上方法确定时,应取其最大值。最近国内对支承钢结构的风振系数进行了分析和试验研究,提出了拉杆和拉索的风振系数  $\beta_z$  为 1.8~2.2。当然,风振系数与结构跨度有着密切的关系,具体取值时需要根据结构的实际情况确定。

**9.2.2** 风洞试验与实际工程存在差异,应对其结果分析判断。鉴于工程的重要性,高度大于 300m 的幕墙工程应由两个非关联单位各自提供独立的风洞试验报告作为分析判断的基础资料。

**9.2.3** 常遇地震(大约 50 年一遇)作用下,幕墙的地震作用采用简化的等效静力方法计算,地震影响系数最大值按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定采用。

由于玻璃面板是不容易发展成塑性变形的脆性材料,为使设防烈度下不产生破损伤人,考虑动力放大系数  $\beta_E$ 。按照《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关非结构构件的地震作用计算规定,建筑幕墙结构的地震作用动力放大系数可表示为:

$$\beta_E = \gamma \eta \epsilon_1 \epsilon_2 \quad (9.1)$$

式中  $\gamma$  —— 非结构构件功能系数,可取 1.4;

$\eta$  —— 非结构构件类别系数,可取 0.9;

$\epsilon_1$  —— 体系或构件的状态系数,可取 2.0;

$\epsilon_2$  —— 位置系数,可取 2.0。

按照上式计算,幕墙结构地震作用动力放大系数为 5.0。

对于直接支承幕墙面板或幕墙结构的主体结构,应该按照结构动力学或《建筑抗震设计规范》的有关规定进行结构的抗震计算。

幕墙的支承结构,如横梁、立柱、索桁架、索网、钢桁架等,其自身重力荷载产生的地震作用标准值,可按本条的原则进行

计算。

### 9.3 作用效应计算

**9.3.2** 对于规则构件:如规则幕墙体系中的立柱、横梁、玻璃等,可按具体的边界条件和力学计算模型,直接根据其解析解公式计算作用效应(如:弯矩、应力、位移等)。而对于具有复杂边界或荷载的构件:如三角形玻璃、梯形玻璃、变截面构件、空间复杂钢结构等,可通过有限元设计软件或分析软件计算其作用效应。

**9.3.3** 对于预应力拉索、拉杆和索网式支点幕墙的支承结构体系,由于结构体系刚度小,变形大,结构内力和变形应采用考虑几何非线性的有限元软件进行分析。

### 9.4 作用效应组合

**9.4.1** 对于预应力索桁架、索网幕墙中的支承索体系,由于结构体系刚度小,变形大,结构内力和变形应采用考虑几何非线性的有限元软件进行分析。具体计算时,应首先进行荷载(作用)的组合,然后再进行结构计算分析,内容包括:①零荷载状态下的结构找形分析,用以确定施工张拉阶段索中预应力的分布,并检查结构的初始状态几何形状、位置等是否符合设计要求;②工作状态下的承载力分析,确保结构在各种不利荷载组合作用下的内力满足设计要求;③结构变形分析,确保结构在恒载、风载、预应力标准值作用下的变形满足规范的要求。

对于不考虑非线性影响的结构体系,如幕墙结构的立柱、横梁可采用线弹性方法进行计算分析。具体计算时,可以先进行荷载(作用)的组合,然后再进行荷载(作用)效应计算分析;也可以先进行荷载(作用)效应计算,然后再进行荷载(作用)效应的组

合,这两者是一致的。

**9.4.2~9.4.4** 作用在幕墙上的风荷载、地震作用都是可变作用,同时达到最大值的可能性很小。因此,在进行效应组合时,第一个可变作用的效应应按 100% 考虑(组合值系数取 1.0),第二个可变作用的效应可进行适当折减(乘以小于 1.0 的组合值系数)。

在重力荷载、风荷载、地震作用下,幕墙构件产生的内力(应力)应按基本组合进行承载力极限状态设计,求得内力(应力)的设计值,以最不利的组合作为设计的依据。作用效应组合时的分项系数按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50011 和《建筑抗震设计规范》GB 50009 的规定采用。

现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50009 规定,当地震作用与风荷载同时考虑时,风的组合值系数取为 0.2。由于幕墙暴露在室外,受风荷载影响较为显著,特别是在上海地区,风荷载作用效应比地震作用效应大,应作为第一可变作用,其组合值系数一般取 1.0。地震作用作为第二个可变荷载时,现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50011 和《建筑抗震设计规范》GB 50009,都没有规定确切的组合值系数;考虑到幕墙工程中地震作用效应一般不起控制作用,同时考虑到幕墙结构设计的安全性,本规范规定其组合值系数取 0.5。

结构的自重是经常作用的永久荷载,所有的基本组合工况中都必须包括这一项。当永久荷载(重力荷载)的效应起控制作用时,其分项系数  $\gamma_G$  应取 1.35,但参与组合的可变作用仅限于竖向荷载,且应考虑相应的组合值系数。对一般幕墙构件,当重力荷载的效应起控制作用时( $\gamma_G$  取 1.35),可不考虑风荷载和地震作用;对水平倒挂玻璃及其框架,风荷载是主要竖向可变荷载,此

时,风荷载的组合值系数取 0.6,与《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定一致。当永久荷载作用对结构设计有利时,其分项系数  $\gamma_G$  应取不大于 1.0。

我国是多地震国家,在上海地区进行幕墙结构设计时,应考虑抗震设防,因此,风荷载和地震作用都应考虑。综上所述,上海地区幕墙结构构件承载力设计中,理论上可考虑下列典型组合:

$$1.2G+1.0\times 1.4W+0.5\times 1.3E \quad (9.2)$$

$$1.35G+0.6\times 1.4W(\text{风荷载向下}) \quad (9.3)$$

$$1.0G+1.0\times 1.4W(\text{风荷载向上}) \quad (9.4)$$

以上组合工况中,G、W、E 分别代表重力荷载、风荷载、地震作用标准值产生的应力或内力。对不同的幕墙构件应采用不同的组合工况,如第(9.3)、(9.4)项一般适用于水平倒挂的采光顶、雨棚等的设计。

**9.4.5** 根据幕墙构件的受力和变形特征,正常使用状态下,其构件的变形或挠度验算时,一般不考虑不同作用效应的组合。因地震作用效应相对风荷载作用效应较小,一般不必单独进行地震作用下结构的变形验算。在风荷载或永久荷载作用下,幕墙构件的挠度应符合挠度限值要求,且计算挠度时,作用分项系数应取 1.0。

## 9.5 幕墙及与主体结构的连接构造

**9.5.1** 安装幕墙的主体结构必须具备承受幕墙传递的各种作用的能力,主体结构设计时应充分加以考虑。当主体结构在外荷载作用下产生变形时,不应使幕墙构件产生过大的内力和变形。

**9.5.2** 由于幕墙结构承受的荷载最终都要通过连接件传递给主体结构,在幕墙构件和连接件调整到位后,需要进行焊接或其他

措施保证连接牢固不松动。防止产生相对滑移、脱落的现象。

**9.5.3** 幕墙横梁与立柱的连接,立柱与设置在主体结构上锚固件的连接,通常通过螺栓、焊缝或铆钉实现。现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 对上述连接均作了规定。同时受拉、受剪的螺栓应进行螺栓的拉、剪组合设计;螺纹连接的公差配合及构造,应符合国家规范的规定。

为防止偶然因素的影响而使连接破坏,每个连接件的每一连接处,受力螺栓、铆钉宜不少于 2 个,主要连接节点处应不少于 2 个。

**9.5.4** 幕墙的连接与锚固必须可靠,其承载力应通过计算或实际试验予以确认,并要留有余地,防止偶然因素产生突然破坏。连接件与主体结构的锚固承载力应大于连接件本身的承载力,任何情况下不允许发生锚固破坏。

**9.5.5** 幕墙构件与混凝土结构的连接,应通过预埋件实现,预埋件的锚固钢筋是锚固作用的主要来源,混凝土对锚固钢筋的粘结力是决定性的。因此,预埋件必须在混凝土浇灌前埋入,施工时混凝土必须密实振捣。目前实际工程中,往往由于未采取有效措施来固定预埋件,混凝土浇注时使预埋件偏离设计位置,影响与立柱的准确连接,甚至无法使用。因此,幕墙单位应提前介入主体结构设计单位对预埋件的设计。

**9.5.8** 当土建施工中未设预埋件、预埋件漏放、预埋件偏离设计位置太远、设计变更、旧建筑加装幕墙时,往往要使用后锚固螺栓进行连接。采用后锚固螺栓(机械膨胀螺栓或化学螺栓)时,应采取多种措施,保证连接的可靠性。焊接热量会致化学锚栓性能下降,注意按规定使用。

**9.5.9** 砌体结构平面外承载能力低,难以直接进行连接,宜增设

混凝土结构或钢结构连接构件。轻质隔墙承载力和变形能力低,不应作为幕墙的支承结构。

**9.5.12** 幕墙企业在实际工作中经常忽略这些问题,对幕墙安全造成隐患。

**9.5.13** 盖板、压条等部件及幕墙上的装饰件,其安全性能常被忽略。这一问题对于高层建筑尤为重要。

## 9.6 硅酮结构密封胶

**9.6.2** 硅酮结构密封胶缝应进行受拉和受剪承载能力极限状态验算,习惯上采用应力表达式。计算应力设计值时,应根据受力状态,考虑作用效应的基本组合。具体的计算方法应符合本规范有关条文的规定。

现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776中,规定了硅酮结构密封胶的拉伸强度值不低于 $0.6\text{N}/\text{m}^2$ 。在风荷载或地震作用下,硅酮结构密封胶的总安全系数取不小于4,套用概率极限状态设计方法,风荷载分项系数取1.4,地震作用分项系数取1.3,则其强度设计值 $f_1$ 约为 $0.21\text{N}/\text{m}^2\sim 0.195\text{N}/\text{m}^2$ ,本规范取为 $0.2\text{N}/\text{m}^2$ ,此时材料分项系数约为3.0。在永久荷载(重力荷载)作用下,硅酮结构密封胶的强度设计值 $f_2$ 取风荷载作用下强度设计值的 $1/20$ ,即 $0.01\text{N}/\text{m}^2$ 。隐框幕墙设计中,节点构造上严禁硅酮结构胶单独承受剪切作用。本条规定应严格执行。

**9.6.3** 幕墙玻璃在风荷载作用下的受力状态相当于承受均布荷载的双向板,在支承边缘的最大线均布拉力为 $\alpha w/2$ ,由结构胶的粘结力承受,即:

$$f_1 c_s = \frac{\alpha w}{2} \quad (9.5)$$



$$c_s = \frac{a\omega}{2f_1} \quad (9.6)$$

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

$\omega$  —— 作用在计算单元上的风荷载设计值( $\text{N/m}^2$ )。当采用  $\text{kN/m}^2$  为单位时,须除以 1000 予以换算。

抗震设计时,上述公式中的  $\omega$  应替换为  $(\omega + 0.5q_E)$ ,  $q_E$  为作用在计算单元上的地震作用设计值( $\text{kN/m}^2$ )。

在重力荷载设计值作用下,竖向玻璃幕墙的硅酮结构胶缝承受长期剪应力,平均剪应力  $\tau$  可表示为:

$$\tau = \frac{q_G ab}{2(a+b)c_s} \quad (9.7)$$

剪应力  $\tau$  不应超过结构胶在永久荷载作用下的强度设计值  $f_2$ 。

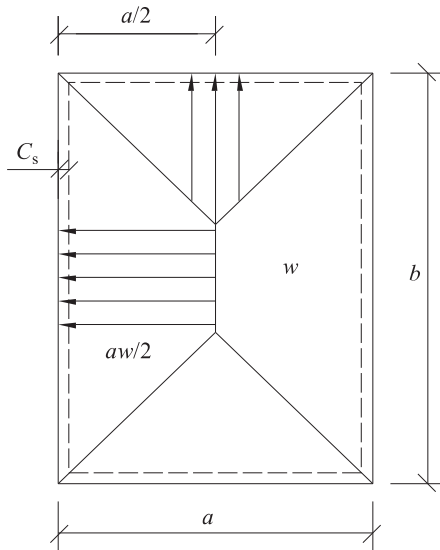


图 9.1 玻璃上的荷载传递示意图

**9.6.4** 倒挂玻璃的风吸力和自重均使胶缝处于受拉工作状态，但是风荷载为可变荷载，自重为永久荷载。因此，结构胶粘结宽度应采用其在风荷载和永久荷载作用下的强度设计值分别计算，并叠加。

**9.6.5** 结构胶的粘结厚度  $t_s$  由其承受的相对位移  $u_s$  决定。在发生相对位移时，结构胶和双面胶带的尺寸  $t_s$  变为  $t'_s$ ，伸长了  $(t'_s - t_s)$ 。这一长度应在硅酮结构密封胶和双面胶带延伸率允许的范围之内。结构胶的变位承受能力  $\delta = (t'_s - t_s) / t_s$ ，取对应于其受拉应力为  $0.14\text{N/mm}^2$  时的伸长率，不同牌号胶的取值会稍有不同，应由结构胶生产厂家提供。

由直角三角关系， $t_s^2 + u_s^2 = t_s'^2$ ， $t_s' = (1 + \delta)^2 t_s$ ， $(\delta^2 + 2\delta)t_s^2 = u_s^2$ 。

所以要求胶厚度  $t_s$  满足以下要求： $t_s \geq \frac{u_s}{\sqrt{\delta(2+\delta)}}$ ，例如，若胶的变位

承受能力为 12%，相对位移  $u_s$  为 3mm，则  $t_s \geq \frac{3}{\sqrt{0.12(2+0.12)}} =$

5.9mm，可取为 6mm。

楼层弹性层间位移角的限值，可以参见《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定。

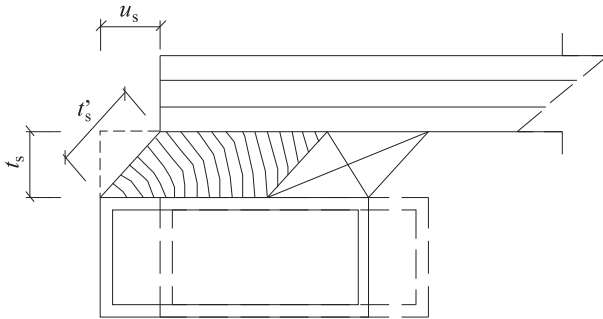


图 9.2 硅酮结构密封胶和双面胶带的拉伸变形示意图

硅酮结构密封胶承受永久荷载的能力很低,强度设计值  $f_2$  仅为  $0.01\text{N}/\text{mm}^2$ , 而且有明显的变形。长期受力部位应设金属件支承。本规范要求竖向幕墙玻璃应在玻璃底端设支托, 隐框幕墙的承托件应确保强度和刚度, 一般不宜设计悬挂式玻璃采光顶棚, 人流密集的建筑不应设计悬挂式玻璃采光顶棚等等, 在相应章节中都有规定。

## 10 面板设计

### 10.1 一般规定

**10.1.6** 各种幕墙面板的相对挠度和绝对挠度,应符合正常使用极限状态下的规定。超过极限状态的变形,会降低幕墙的气密性能、水密性及其他功能。

**10.1.7** 幕墙面板在使用过程中,会受到意外破坏或自然损坏,需要更换。面板设计应能满足正常维护和更换的需要。

### 10.2 玻璃面板

#### I 面板设计

**10.2.3** 夹层玻璃和中空玻璃的两片玻璃是共同受力的,如果厚度相差过大,容易因受力不均匀而破裂。光伏幕墙表层玻璃指光伏幕墙组件的外片玻璃,相关规定见本规范第 18.2.1 条。

**10.2.4** 玻璃由于存在硫化镍结晶,在钢化后这种结晶随着时间的推移会发生晶态变化,可能导致钢化玻璃自爆。为了减少钢化玻璃使用过程中的自爆概率,宜对钢化玻璃二次热处理进行引爆。

钢化玻璃的二次热处理分为升温、保温和降温过程。按 GB 15763.4—2009 规定,升温阶段为最后一块玻璃的表面温度从室温升至 280℃ 的过程。保温阶段,所有玻璃的表面温度均达到 (290±10)℃,保持不小于 2 小时。降温阶段是从玻璃完成保温阶段后,温度降至 70℃ 时的过程。大部分含硫化镍结晶的钢化玻璃在炉内炸碎。整个二次热处理过程应避免炉膛温度超过

320℃、玻璃表面温度超过 300℃,否则玻璃的钢化应力会由于过热而松弛,从而影响其强度。

**10.2.5** 颜色透视指数是光源(D65)透过玻璃后的一般显色指数,用  $R_a$  表示。物体在太阳光或白炽灯的照射下,显示出它的真实颜色,但在光源(D65)透过有色玻璃后,观察物体颜色就会有不同程度的失真。为了对玻璃的透视指数进行定量的评价,引入颜色透视指数的概念。以光源透过无色透明玻璃为准,将其显色指数定为 100,透过其他透明玻璃后的一般显色均低于 100。显色指数用  $R_a$  表示, $R_a$  值越大,玻璃的显色性越好。

**10.2.6** 从安全出发,除夹层玻璃外,半钢化玻璃的应力比宜控制在 0.90 以内。后续玻璃面板的应力设计计算均以 10.2.6 为基础,故上述要求对各幕墙体系中的半钢化玻璃普遍适用。单片半钢化玻璃的面积及相关安全措施见 4.1.6 条。

**10.2.7** 上海市标准《建筑幕墙工程技术规程》DBJ08-56-96 提出玻璃挠度按 1/100 控制。规程颁布后,我们对玻璃的承载能力和挠度进行了大量试验。从试验结果来看,幕墙玻璃存在非线性特征。钢化玻璃破坏时,其挠度甚至可达到跨度的 1/30~1/40。因此,在满足基本构造要求的前提下,玻璃挠度控制条件不宜过严,以免限制了其承载力的发挥。对于四边支承的玻璃板,挠度按短边边长的 1/60 作为控制条件比较合适。

**10.2.8** 夹层玻璃由两片玻璃夹胶合片而成,在垂直于板面的风荷载和地震作用下,两片玻璃的挠度是相等的,玻璃的弯曲刚度  $D$  按下式计算:

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

两片玻璃按其刚度(或厚度的立方)分配荷载。

夹层玻璃的等效刚度可近似表示为两片玻璃弯曲刚度之和： $D=D_1+D_2$ 。

计算夹层玻璃的挠度时，其等效厚度  $t_e$  可按两片玻璃厚度的立方和的立方根取用。也可分别按单片玻璃分配的荷载及相应的单片玻璃弯曲刚度计算挠度，所得结果相同。

**10.2.9** 中空玻璃的两片玻璃之间有气体层。根据试验结果，随着荷载的逐步增加，直接承受荷载的正面玻璃的挠度略大于间接承受荷载的背面玻璃的挠度。为保证安全和简化设计，将正面玻璃分配的荷载加大 10% 比较符合实际情况。

考虑到直接承受荷载的玻璃挠度大于按两片玻璃等挠度原则计算的挠度值，中空玻璃的等效厚度  $t_e$  取折减系数 0.95。

**10.2.10** 本条是对夹层玻璃与中空玻璃的综合。夹层玻璃在垂直于板面的风荷载和地震作用下，两片玻璃的挠度是相等的，计算中空单面夹层玻璃的挠度时，其等效厚度  $t_e$  可按三片玻璃厚度的立方和的立方根取用。同中空玻璃一样考虑折减系数 0.95。

## II 连接构造

**10.2.14** 幕墙玻璃下边缘与槽底间采用 2 块硬橡胶垫块承托，比全长承托效果好，但承托面积不能太小，以免压应力太大使橡胶垫块失效。垫块也不能太薄，否则可被压缩的量太小，玻璃位移将受到限制，甚至可导致玻璃开裂。

**10.2.15** 为避免结构胶长期处于受力状态，规定在玻璃面板底部的支承垫块部位设置金属承托件。承托件有效长度不大于支承垫块长度的 2 倍。由于玻璃大小不一，应对金属承托件的强度、挠度和连接构造的抗弯、抗剪进行验算。当不满足时，应加长支承垫块和承托件及加强连接构造。

**10.2.16** 本条保证玻璃与框之间弹性接触，涉及型材槽口与胶

条之间的配合,依靠胶条自身的弹性在槽内起密封作用,要求胶条具有耐紫外线、耐老化、永久变形小、耐污染等特性。

**10.2.17~10.2.18** JGJ 102-2003 说明条文主要参考日本建筑学会制订的建筑工程标准《幕墙工程》(JASS-14)。

假定明框幕墙层高为 3000mm,每块玻璃高 1000mm、宽 1200mm;玻璃和铝框的配合间隙  $c_1$  和  $c_2$  均为 5mm,考虑到施工偏差,验算时  $c_1$  和  $c_2$  均取为 3.5mm;考虑抗震设计。

$$2c_1(1 + \frac{l_1}{l_2} \times \frac{c_2}{c_1}) = 2 \times 3.5(1 + \frac{1000}{1200} \times \frac{3.5}{3.5}) = 12.6\text{mm}$$

如果该幕墙安装在钢结构上,主体结构层间位移限制值为:  
 $3000 \times 3/300 = 30\text{mm}$ 。

由层间位移引起的分格框变形限制  $\mu_{\text{lim}}$  近似值为:

$$\mu_{\text{lim}} = 30\text{mm}/3 = 10\text{mm}。$$

计算表明,满足本条公式要求,幕墙玻璃不会被挤坏,可认为  $c_1$ 、 $c_2$  取 5mm 是合适的。玻璃边缘至边框、槽底的间隙,应符合表 10.2.17 和表 10.2.18 中的配合尺寸规定。

**10.2.19** 为预防结构胶老化及施工因素致承载能力下降,全隐框玻璃幕墙应有防玻璃脱落的构造措施。

### 10.3 金属面板

**10.3.11** 仅有立柱支承的面板,挠度计算时水平边肋视作横梁;仅有横梁支承的面板,挠度计算时垂直边肋视作立柱。

### 10.4 石材面板

**10.4.1** 石材应选用火成岩如花岗石。因花岗石主要成分为长石、石英和云母等,其质地坚硬,有耐酸碱、耐腐蚀、耐高温、耐久

晒雨淋、耐冰雪冻融、耐磨性好等特点。

## I 面板设计

**10.4.2** 石材的吸水率是由石材中空隙的大小、数量及颗粒间的排列方式等决定的。通常,质地紧密坚硬的石材吸水率小。

吸水率高的石材容易发生冻融现象。当石材毛细孔吸收足够的水分后,一旦气温降到 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,石材中的水分开始结冰,体积发生膨胀。当冰块的膨胀力大于石材的抗拉强度时,石材就会产生碎裂。

**10.4.3** 石材是天然形成的脆性材料,材质离散性大。为保证使用安全,必须按规定检测弯曲强度。本条规定应严格执行。

**10.4.4** 石材面板厚度如无特别说明,均指磨光面板厚度。

**10.4.7** 通常采用在石材背面粘结安全防护网加强,即使石材碎裂也不会坠落,以提高石材幕墙的安全性。

**10.4.15** 背栓螺栓抗拉承载力与石材材质、背栓螺栓形式、背栓孔加工质量等因素有关,难以得出比较适用的计算方法,应通过载荷试验方法确定。建议背栓抗拉试验结果按总安全系数 $3.5\sim 4.0$ 控制,可根据石材材质、施工工艺、加工精度等因素取舍。公式10.4.15-2供比较判断使用。

## II 连接构造

**10.4.21** 单切面背栓连接安装方便,但抗正风压能力较小,面板与连接件的间隙填充具有高机械性抵抗能力的胶粘剂以提高背栓面板的安全性。



## 10.5 人造面板

### I 面板设计

**10.5.2** 人造面板是除了玻璃,石材,金属以外的幕墙面板材料,随着幕墙技术的发展,越来越多的材料应用于幕墙面板,有的已经颁布了规程,有的面板材料已经在实际工程中应用,但还没有相应的规程。本条对人造面板的设计和使用作出了规定。

### II 连接构造

**10.5.11** 陶板幕墙工程在施工和使用过程中,因安装、风荷载、温度变化以及主体结构位移等作用的影响,需采用胶粘剂和弹性垫片填充挂件和面板之间的缝隙。

**10.5.14** 玻璃纤维增强水泥板(GRC)面板单元由面板、锚固件和板后钢架组成,面板的规格、形状等可按设计要求制作,生产企业与建筑设计和幕墙设计单位须协调配合。

**10.5.15** 瓷板、微晶玻璃是高温烧制的吸水率低、耐候性好的匀质材料,采用开放式和封闭式均可,千思板是含有机合成纤维的材料,吸水率高,应优先考虑采用开放式。

# 11 幕墙开启窗

## 11.1 一般规定

**11.1.2** 幕墙开启窗不宜过大。开启窗过大使用不便,启闭困难,五金件难以满足要求。

**11.1.5** 旋压执手气密性差,易损坏,对角线大于0.7m的开启扇不得使用旋压执手。

**11.1.7** 窗框和型材构架的连接方式不当会产生安全隐患,同时对该处的密封也带来不利因素,易造成开启窗渗水。将开启窗框前端转折搭接在幕墙框架前端是一种较好的防渗漏连接方式(图11.1)。

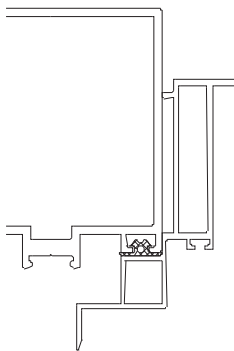


图 11.1 窗框与幕墙框架搭接示意图

## 11.2 开启窗构造

**11.2.1** 玻璃幕墙的水密性直接关系到幕墙的使用功能和耐久性。而开启扇是幕墙水密性的薄弱部位,接缝部位宜按雨幕原理

设计。缝隙内、外的压差是雨水渗入的主要动力,因此要求窗框下槛有 50mm 的内外高差,并设泄水孔。

**11.2.7** 锁点数量的合理选择,是保障门窗满足气密性、抗风压性能要求的重要因素。

**11.2.9** 近年来国内曾有明框玻璃幕墙的隐框开启窗外片玻璃整体脱落事故,系中空玻璃合片的第二道密封胶未采用硅酮结构胶所致。

### **11.3 采光顶窗构造**

**11.3.1** 采光顶用开启窗是雨水渗漏的重点部位,也是容易产生冷凝水的部位。开启窗自身以及与周边框架的连接构造上都应有泄排水措施。

## 12 构件式幕墙

### 12.1 一般规定

**12.1.4** 幕墙构件的制作精度和安装精度高于主体结构的施工精度。为了幕墙安装完成质量达到设计要求,幕墙立柱和主体结构连接应有调整措施。幕墙结构的螺栓连接,在温度与应力的反复作用下,会发生变化,因此,构造上应有相应的防松、防滑动的措施。一般立柱和主体结构的连接,是对称的,受力较合理清晰。由于幕墙的建筑形式多样,立柱和主体结构连接不能做到对称时,连接构造应按实际状况设计计算。

**12.1.5** 明框幕墙装饰条、扣板与压板之间的扣合连接可参考图 12.1。连接要求:压板厚度不小于 3mm,扣盖受力部位壁厚不小于 1.5mm,深不大于 30mm,扣盖宽度不大于 80mm,扣合设置深度和侧向限档的尺寸超过上述范围时,应作调整,提高连接强度。当装饰条承受较大外力时须采用机械连接。

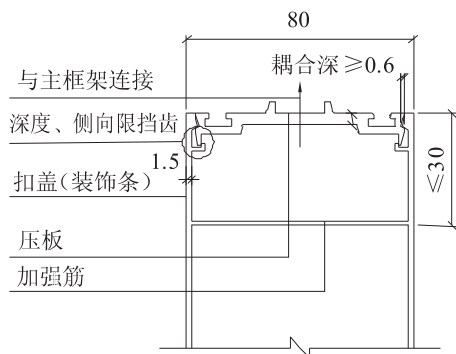


图 12.1 扣盖压板示意图

**12.1.7** 建筑主体结构与幕墙体系,由于荷载、温度、沉降等因素,均会产生纵向和横向变形。这些变形是不协调的,因此在构造上必须有相对位移的余地。

**12.1.8** 构件式幕墙平面或立面变化部位的强度和构造设计,应特别注意该部位外荷载的变化。

**12.1.9** 根据不同情况,构件式幕墙也可以设计成仅有立柱或仅有横梁的支承结构,并根据本章内容进行强度、刚度和构造设计。

## **12.2 横梁构造设计**

**12.2.1** 薄壁构件在受弯时,截面中弯压部份,有发生局部屈曲的问题。控制薄壁构件的宽厚比,使构件截面在整体强度丧失之前不会发生局部屈曲,保证截面整体强度。亦可按 GB 50429 及 GB 50018 相应条款计算检验。本条规定应严格执行。

**12.2.2** 承载构件的腐蚀将损害结构的承载能力,但腐蚀的截面损失与时间的影响关系是很复杂的。为了简化,除满足基本的防腐蚀要求外,对钢结构可按基本计算截面再加 1mm 厚作为防腐蚀安全储备。

**12.2.4** 幕墙横梁主要承受水平力和垂直力,由于垂直力主要为面板自重的长期作用荷载,而面板往往以偏心载荷形式作用于横梁上,由此产生的扭矩应予重视。

**12.2.5** 角码是小尺寸构件,却是传力的关键元件,控制其最小尺寸,保证在安装使用中不变形损坏。由于单个螺栓连接易扭转松动,规定每一连接处不少于 2 个。

**12.2.7** 立柱和横梁采用钢结构时焊接连接较方便,刚度亦较大,横向一定长度设一轴向自由连接,有利变形释放,避免横梁受变形约束,自由连接点宜设于同一个结构剖面内。

**12.2.8** 隔热型材有穿条式和浇注式,均系化学建材,耐久性差,且强度随时间衰减,不应作为传力部件。

**12.2.9** 螺钉与横梁直接连接时,需在型材壁上制出孔螺纹。当型材壁厚小于螺钉直径时,应校核螺纹受力。

例:

截面厚度  $t=4\text{mm}$ , 材料:铝 6063T5;

$$f=90\text{N/mm}^2$$

$$f_v=55\text{N/mm}^2$$

$$f_c^b=185\text{N/mm}^2$$

螺钉直径  $d_5$ , 螺钉有效截面面积  $A_s=14.2\text{mm}^2$

螺距  $p=0.8\text{mm}$

材料:A1-50 级不锈钢

$$\sigma_b=500\text{N/mm}^2$$

$$[\sigma]=230\text{N/mm}^2$$

$$[\tau]=175\text{N/mm}^2$$

验算螺钉与型材孔壁的连接强度

#### 1 螺钉抗拉力 $N$

$$N=A_s \cdot f=14.2 \times 230=3266(\text{N})$$

#### 2 螺钉剪切强度 $V$

$$V=A_s \cdot [\tau]=14.2 \times 175=2485(\text{N})$$

#### 3 截面孔壁的挤压强度 $F_1$

$$F_1=d \times t \times f_c^b=5 \times 4 \times 185=3700(\text{N})$$

#### 4 螺钉螺纹和孔螺纹表面的挤压强度 $F_2$

$$F_2=\pi \times D_2 \times \frac{p \cdot 5/8}{2 \times 0.866} \times \frac{t}{p} \times f_c^b$$

$$=3.14 \times (5 - 0.6498 \times 0.8) \times \frac{p \cdot 5/8}{2 \times 0.866} \times \frac{4}{0.8} \times 185$$

$$=3757(N)$$

螺纹中径  $D_2 = D - 0.6495 \times p = 4.48\text{mm}$

式中  $D$  为螺纹大径；

$$\frac{5}{8}p = \frac{5}{8} \times 0.8 = 0.5\text{mm 为螺纹牙高；}$$

$$\frac{t}{p} = \frac{4}{0.8} = 5 \text{ 为螺纹啮合牙数。}$$

### 5 孔螺纹牙根切出强度 $Q$

$$\begin{aligned} Q &= \pi \times D \times \left(p - \frac{p}{8}\right) \times \frac{t}{p} \times f_v \\ &= 3.14 \times 5 \times \left(0.8 - \frac{0.8}{8}\right) \times \frac{4}{0.8} \times 55 \\ &= 3022N \end{aligned}$$

螺钉受拉时,孔螺纹的牙根受剪,其切出抵抗力  $Q$  稍低于螺钉抗拉力  $N$ ,  $\frac{Q}{N} = \frac{3022}{3266} = 92.5\%$ , 相关的螺纹挤压抵抗力与螺钉抗剪力的比值为  $\frac{F_1}{V} = \frac{3700}{2485} = 149\%$ 。

此例显示,在截面厚度不小于  $0.8d$ ,截面铝材强度不低于 6063T5 时,可不必校核螺纹受力。

## 12.3 立柱构造设计

**12.3.2** 幕墙构件,一般相对较细,不利于受压工作,故宜采取上悬式。如采取下端支承,应计算其稳定性。立柱采用双支座构造,可减少立柱挠度。根据幕墙连接构造的特点,长短跨之比以不大于 10 为宜。

**12.3.7** 立柱是幕墙的主要受力部件,关系到幕墙的结构安全,其型材厚度不得低于本条规定的最小值。本条规定应严格执行。

**12.3.8** 钢铝组合式截面的立柱构造,是利用铝合金和钢各自的特点,作组合截面,发挥钢铝的各自优点。因两种材料的金属电位不同,所以组合中应隔离。两种材料的线膨胀系数分别为  $2.35 \times 10^{-5}$  和  $1.20 \times 10^{-5}$  (1/K),几乎差一倍,因此又要考虑温度胀缩影响的构造处理。

钢铝之隔离可以采用包复、支托,若采取穿插装配方式组合,须防止组合装配时隔离材料破损、移位致隔离失效。

## 12.4 横梁结构设计

**12.4.2** 公式  $\frac{M_x}{\gamma W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma W_{ny}} \leq f$  适用于对称矩形截面。对于非对称矩形,或开口式型材,可按斜弯曲或弯扭原理计算。强硬化铝型材和钢的后期强度储备较充裕,故取  $\gamma=1.05$ 。

铝合金材料的强屈比  $f_u/f_{0.2} \leq 1.2$  时为弱硬化合金,状态 T6 的铝合金为弱硬化;铝合金材料的强屈比  $f_u/f_{0.2} > 1.2$  时为强硬化合金。 $f_u$  为铝合金材料的抗拉极限强度, $f_{0.2}$  为铝合金材料的名义屈服强度。

**12.4.4** 幕墙面板对横梁的偏心距较大,在安装阶段就有横梁向下扭转而面板下垂的情形。横梁的挠度计算应考虑扭矩的附加影响。

## 12.5 立柱结构设计

**12.5.7** 钢铝组合截面中,铝材处于外壳,荷载先从外传至内芯钢材,铝材处于受力不利位置。另外由于铝材的力学特性,强度、延伸率均不如钢材。调整系数  $\gamma_F=1.05$  提高铝材的计算荷载,



加大铝材的计算截面。

钢铝共同受力的立柱设计,应考虑两者的剪力传递,经计算确定抗剪螺栓的设置。

**12.5.8** 建筑物转角部位采用单立柱时,应按本条要求设计。

## 13 单元式幕墙

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 单元式幕墙有插接式和对接式、横向集排水和纵向集排水等多种情况,可根据建筑物的外形、性能要求选择。

### 13.2 构造设计

**13.2.1** 单元式幕墙的构造设计直接关系到系统的水密性能,因此在单元式幕墙的接缝处要求按雨幕原理设计,减少雨水进入等压腔。等压腔的纵、横相交处应考虑内排水的流向。

**13.2.2** 水平导排构造应有一定的坡度,坡度的前后高差应考虑安装误差及型材的挤压精度。同层排水是缩短内排水距离的有效措施。

**13.2.4** 单元式幕墙的插接接缝设计:

只有当单元板块宽度大于 3m、单元板块高度大于 5m 时,立柱及顶、底横梁的搭接长度才有可能分别大于 10mm 及 15mm,因此只有当单元板的宽度及高度大于本条规定时才需要对搭接长度进行计算。

过桥型材与顶横梁间的间隙,应能满足温度及地震作用下的变形要求,密封胶不能被拉裂而失去密封功能。

**13.2.5** 单元式幕墙的对接缝设计:

对接式单元式幕墙的气密性完全取决于最后一道密封条的对接质量,取计算结果的 1.5 倍,主要是考虑密封条在最小压缩状态下尚应有一定的压力,以满足气密性能的要求。

**13.2.13** 单元板块在运输和吊装过程中,面板相对于框架之间易发生位移导致玻璃损坏,应设置柔性垫块防止板块损坏。

**13.2.16** 上海环境多尘,板块接缝间隙积尘遇小雨顺板面形成“挂灰”。采用三元乙丙挡尘板等措施可防止板面“挂灰”。

### 13.3 结构设计

**13.3.5** 开口型材的稳定性计算比较复杂,现在能计算开口型材的整体稳定性的有限元软件也不多,而且一般均需要实体建模进行计算。《铝合金结构设计规范》GB 50429 中对受弯构件的整体稳定计算有详细的规定,但其计算也十分复杂。附录 F 是将开口型材分类后,根据 GB 50429 规定,计算各种截面尺寸(腹板宽厚比 20~50)的整体稳定系数,然后归类统计,得出的强度折减近似值。

### 13.4 连接设计

**13.4.3** 单元板块与主体结构的连接宜采用挂接,只传递轴向力,不传递弯矩。这样既能简化计算,又能避免因承受较大的附加弯矩而加大构件的截面尺寸。

## 14 双层幕墙

### 14.1 一般规定

#### 14.1.6 风荷载的分配原则

双层幕墙是由外层玻璃幕墙与内层玻璃幕墙构成的幕墙类型之一。两层幕墙之间的空气间层,以自然通风或机械通风方式引导空气有序流通,有效地调节和提高了幕墙功能,满足室内舒适度要求。

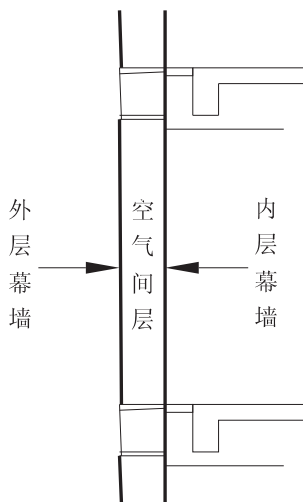


图 14.1 双层幕墙示意图

根据加拿大国家研究协会(National Research Council Canada)所作的试验和承压分配所得外通风双层幕墙的内层幕墙承受风荷载所占比例的图表,并查阅国内外相关资料得知,内层幕

墙承压分配比例与腔体体积、有效通风面积比存在一定的关系。在规范中定义的有效面积即为进风口或出风口的有效通风面积。由于内层幕墙承受风荷载所占比例比较复杂,所以也可按照双层幕墙结构形式采用风洞试验,测得的数据应分析判断,合理选用。

### 14.3 通风量计算

本规范给出了双层幕墙通风量计算理论公式和计算方法,主要是针对外通风双层幕墙系统及其通风方式计算,也适用于内通风双层幕墙的计算。

### 14.4 热工设计

双层幕墙系统的热工计算应考虑其正常运作与使用过程中的动态效应。动态效应主要是指内层幕墙与外层幕墙系统之间空气流动的特性。由空气的流动形成通风换气和烟囱效应等,实现了双层幕墙系统的功能。本规范中关于双层幕墙系统的热工计算,主要参考了“Thermal performance of curtain walling -Calculation of thermal transmittance”—BS EN 13947 : 2006,按照动态设计理论的热工计算,有利于节能评估。

系统的节能评价指标主要由双层幕墙系统的热工性能决定。衡量双层幕墙系统热工性能时,应与单层玻璃幕墙热工性能相权衡与比较,主要考虑以下两方面内容:与单层玻璃幕墙相比,通过遮阳系数  $S_c$  的评定,双层幕墙太阳能总透射率相对较小;与单层玻璃幕墙相比,通过传热系数  $U$  值的评定,双层幕墙传热系数相对较小。

## 15 全玻璃幕墙

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 全玻璃幕墙的玻璃面板和玻璃肋,厚度以 12mm~19mm 较多,如果采用下部支承,则在自重作用下,面板和肋板都处于偏心受压状态,容易出现平面外的稳定问题,而且玻璃表面容易变形,影响美观。所以,较高的全玻璃幕墙应吊挂在上部水平结构上,使其面板和肋所受的轴向力为拉力。

**15.1.2** 全玻璃幕墙的玻璃面板面积较大,通常是对边简支,在相同尺寸下,风荷载和地震作用产生的弯矩和挠度都比框支承幕墙四边简支玻璃板大,所以面板不宜太薄。

**15.1.3** 全玻璃幕墙玻璃肋类似楼盖结构的支承梁,玻璃面板所承受的风荷载和地震作用传到玻璃肋上。玻璃肋的截面尺寸不应过小,应保证必要的刚度和承载能力。本条规定应严格执行。

**15.1.4** 采用夹层玻璃可以保证其中一片玻璃破坏的情况下,玻璃肋仍有部分支承作用,防止幕墙整片塌落。采用金属连接件的玻璃肋由于穿孔连接,为保证玻璃孔边有足够的承载力,应采用钢化或半钢化(夹层)玻璃。

### 15.2 构造设计

**15.2.2** 为防止玻璃挤压破坏,全玻璃幕墙的面板及玻璃肋板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应留有足够的空隙,以适应玻璃的温度变形和其他受力变形,防止因变形受限而使玻璃开裂。本条规定应严格执行。

### 15.3 结构设计

**15.3.3~15.3.4** 在水平荷载作用下,全玻璃幕墙的工作状态犹如竖直的楼盖,玻璃面板如同楼板,玻璃肋如同楼板梁。面板将所承受的风荷载和地震作用传递到玻璃肋上,玻璃肋受力状态类似简支梁。第 15.3.3 条和 15.3.4 条公式就是从简支梁的应力和挠度公式演化而来。

**15.3.7** 玻璃肋在平面外的刚度较小,有发生横向屈曲的可能性。当玻璃受到正向风压作用使玻璃肋产生弯曲时,玻璃肋受压部位有玻璃面板作为平面外的支撑;当玻璃受到反向风压作用时,受压部位在玻璃肋的自由边,有可能产生平面外屈曲。所以,跨度大的玻璃肋在设计时须考虑其侧向稳定性要求,必要时应进行稳定性验算并采取横向支撑或横向拉结等构造措施。

**15.3.8** 由玻璃肋沿对边直接支承面板的全玻璃幕墙,面板承受的荷载和作用要通过胶缝传递到玻璃肋上去,胶缝承受剪力或拉、压力,所以必须采用硅酮结构密封胶粘结。硅酮结构密封胶的使用规定见本规范第 3.11.6 和 3.11.7 条。本条规定应严格执行。

**15.3.11** 全玻璃幕墙的玻璃自重应由底槽或玻璃吊夹承受,不应由结构胶单独承受。

**15.3.12** 吊挂式全玻璃幕墙承受风荷载和地震作用后,上部吊夹将受到水平推力,该水平推力会使幕墙产生水平移动,因此要有水平约束,应设置刚性水平传力构件或支承座。

**15.3.14** 全玻璃幕墙悬挂在钢结构构件上时,支承钢结构应有足够的抗弯刚度和抗扭刚度,防止幕墙的下垂和转角过大,避免变形受限而使玻璃破损。目前的工程实例表明,原  $1/250$  挠度限

值过宽,变形仍过大,因此参照主体钢结构变形标准要求,将竖向挠度限值提高到  $1/400$ ,水平荷载仍维持  $1/250$ 。

**15.3.15** 由于玻璃肋是在玻璃平面内受弯、受剪和抵抗螺栓的压力,最大应力发生在玻璃的端面,应按端面强度设计值进行校核。



## 16 点支承玻璃幕墙

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 点支承幕墙面板采用开孔支承装置时,玻璃板在孔边会产生较高的应力集中。为防止破坏,保证安全,孔洞距板边不宜太近。

**16.1.2** 点支承幕墙的支承结构可有玻璃肋和各种钢结构。面板承受的荷载与作用,通过支承装置传递给支承结构。幕墙设计时,支承结构应单独进行结构分析。玻璃面板的胶缝变形影响其平面内受力的结构性能,本规范规定玻璃面板不应兼做支承结构的一部分。

**16.1.3** 索杆桁架和索网支承体系的刚度来自截面刚度和拉索拉力影响两部分,结构分析应采用几何非线性方法。零状态计算是指确定结构各个构件的加工放样尺寸和结构拼装时的节点几何计算;初始状态计算是指在设计预拉力水平下的结构平衡内力或结构节点几何计算;工作状态计算是指在荷载组合作用下的结构稳定、强度和变形计算。

**16.1.4** 玻璃之间的缝宽要满足幕墙在温度变化和主体结构侧移时玻璃互不相碰的要求,同时在胶缝受拉时,其自身拉伸变形也要满足温度变化和主体结构侧向位移使胶缝变宽的要求。因此胶缝宽度不宜过小。有气密和水密要求的点支承幕墙的板缝,应采用硅酮建筑密封胶密封。无密封要求的装饰性点支承玻璃,可以不注胶。

**16.1.5** 点支承玻璃幕墙一般情况下采用四点支承装置,玻璃在

支承部位应力集中明显,受力复杂。因此点支承玻璃的厚度应具有比普通玻璃幕墙更严格的要求。本条规定应严格执行。

**16.1.7** 在安装和使用过程中,玻璃面板的破损难以避免,因此幕墙的玻璃面板应能单独更换,便于幕墙的保养维护。玻璃面板损坏或更换将会引起支承结构的负荷变化,此部分负荷变化在设计过程中应予考虑,使其不会导致支承结构的破坏。

**16.1.9** 点式幕墙支承与主体结构的连接,既要保证支承体系所受的荷载能可靠的传递到主体结构上,也要考虑主体结构变形时不会使幕墙产生损坏,其与主体结构的连接部位须能适应主体结构的位移。拉杆幕墙或拉索幕墙只有在施加预应力后,才能形成受力体系。因此,一般拉杆幕墙或拉索幕墙都会使主体结构承受附加的作用力,在主体结构设计时必须加以考虑。

**16.1.10** 拉索通常采用不锈钢绞线,不必另行防腐蚀处理。当拉索受力较大时往往需要采用强度更高的高强钢绞线,高强钢丝自身不具备防腐蚀能力,因此必须采取防腐蚀措施。铝包钢绞线是在高强钢丝外层被覆 0.2mm 厚的铝层,兼有高强和防腐蚀双重功能,工程应用效果良好。

**16.1.11** 连续索的相交节点两侧,索体的受力一般都不相等。为保证结构的几何稳定,在夹具与索体之间,拉索与钢管的摩擦力应大于夹具两侧索体的索力之差。

**16.1.12** 拉杆幕墙及拉索幕墙中,拉杆或拉索通常对称布置,施加预拉力形成稳定的结构体系,预拉力大小对减少挠度的作用不大。所以,预拉力不必过大,只要保证在荷载、地震、温度作用下杆索体系还存在一定的拉力、不至于松弛即可。

### 16.3 索杆桁架支承结构的构造与结构设计

**16.3.2** 与网壳等拱形结构类似,索杆体系支承结构的变形,对结构本身的内力和变形都有较大影响,可能会产生较大的附加内力,也可能使部分索段松弛而退出工作。

**16.3.6** 拉索和拉杆都通过端部螺纹连接件与节点连接,螺纹连接件也用于施加预拉力。螺纹连接件通常在拉杆端部直接制作,或通过冷挤压锚具与拉索连接。焊接会破坏拉杆和拉索的受力性能,而且焊接质量也难以保证,故不应采用。

**16.3.8** 在钢绞线拉索折线处,为保证钢绞线平滑过渡、避免应力集中,连续穿孔处应采用弧形过渡。

### 16.4 单层索网及单拉索支承结构的构造与结构设计

**16.4.2** 单层索网及单拉索支承结构只有在受拉状态下才能形成稳定的受力体系,因此结构体系中的拉索在任何荷载作用下均应保持受拉状态。预拉力保持装置使单层索网及单拉索支承结构在遇到支座位移、温差作用等不利情况时,可保证拉索预拉力始终维持在一个较小的范围内变化,从而保证幕墙的正常工作。

**16.4.3** 施工工况、断索、主体结构变形及支座不均匀沉降等对单层索网及单拉索幕墙结构体系影响较大,因此必须予以充分考虑,从而保证整体结构安全。

**16.4.4** 实际工程和三性试验表明,单层平面索网或单拉索体系即使到  $1/40$  的位移量也可以做到玻璃和支承结构完好,水密性和气密性满足要求,不妨碍安全和使用。因此挠度限值取其短跨支承点距离的  $1/50$  是安全可靠的。

## 16.5 驳接系统构造与结构设计

**16.5.1** 为减少支承点处玻璃的应力集中,点式驳接头须能适应玻璃面板在支承点处的转动变形。钻孔点支承系统玻璃面板的点连接处,宜采用活动铰连接来适应玻璃面板的转动变形。无孔点支承系统则应在驳接头与玻璃面板之间设置柔性垫片或球铰结构来适应玻璃面板的转动变形;为保证变形量满足要求,柔性垫片厚度不宜小于 6mm。

**16.5.7** 点式幕墙的支承装置只能用来承受玻璃面板所传递的荷载或作用,不应在支承装置上附加其他设备和重物。

## 17 采光顶棚和金属屋面

### 17.1 一般规定

**17.1.1** 采光顶可能出现的冷凝水和雨水渗漏,影响采光顶正常使用。可设置冷凝水和雨水收集排放系统,从构造上导排引流。

**17.1.2** 采光顶棚、金属屋面作为建筑的外围护结构,应具有良好的密封性。如果开启窗设置过多、开启面积过大,会增加雨水渗漏的可能性和空调能耗。透光面积和开启扇的设置,应满足实用、美观和节能的要求。开启窗具有消防和排烟功能,应与消防系统联动。

**17.1.3** 采光顶棚的设计应保证使用安全,满足屋面排水的需要,便于维护和清洗。必要时可设置专门清洗设施。

**17.1.5** 为安全起见,人员密集的建筑不宜采用点支承采光顶棚,尤其不应采用悬挂式点支承玻璃采光顶棚,以免破碎掉落。

### 17.2 性能和检测

**17.2.2** 屋面平均高度不大于 18m、房屋宽高比不大于 1.0、檐口高度不大于房屋最小水平尺寸的低矮建筑,风荷载体型系数可按附录 H 的规定采用。金属屋面的活荷载参照采用《结构直立锁边铝屋面板系统规范》ASTM E1637 的规定。

玻璃种类和厚度都影响玻璃强度值。作用在玻璃上的荷载分短期荷载和长期荷载,风荷载和地震作用为短期荷载,重力荷载和雨水荷载等为长期荷载。长期荷载使玻璃强度下降,普通玻璃与钢化、半钢化玻璃强度下降值不同,玻璃在长期荷载和短期

荷载作用下强度值也不同。

**17.2.5** 主体结构在荷载、地震作用、温度作用下会产生变形(如水平位移和竖向位移等),采光顶棚与金属屋面要求具备适应主体结构变形的能力,并保持其稳定性密封性。

**17.2.8** 不同功能的建筑所允许的噪声等级可根据《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定确定。聚碳酸酯属轻质材料,在雨水撞击情况下噪音较大,对声环境要求较高的建筑须经过测试,满足设计要求。

**17.2.9** 《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 对短期荷载和长期荷载的玻璃强度分别作出规定,采光顶棚的玻璃计算应取长期荷载的玻璃强度进行校核。

### 17.3 排水设计

**17.3.3** 屋面雨水排水系统的设计重现期,应根据建筑物的重要程度、汇水区域性质、气象特征等因素确定。

**17.3.4** 大型屋面的排水,建议设 2 组独立系统,以提高安全度。

**17.3.6** 屋面坡度按照屋面积水厚度不超过 50mm 设计,采光顶棚、金属屋面排水坡度不小于 3% 可满足要求。

### 17.4 连接设计

**17.4.1** 采光顶棚与金属屋面的连接节点种类很多,如中部节点、边部节点、交叉面节点、檐口节点等,各种节点的连接方式和构造差异较大。不论采用何种形式的连接都必须保证采光顶与金属屋面在使用过程中能够承受并可靠传递屋面的荷载和作用。

**17.4.2** 面板玻璃受到垂直于玻璃平面的荷载会产生较大的平面外变形。使用密封胶密封时,可选用位移能力较高抗剪切能力

好的硅酮密封胶。

**17.4.10** 由于清洗维护或特殊需要,采光顶棚部位穿过面板的构件处应防止漏水,宜采用多道防水措施。根据实际情况采用构造性防水或密封材料封堵。

## 17.5 防渗漏设计

**17.5.1** 为防止在每一个玻璃分割内出现积水现象,排水通道可以采用排水槽或排水孔的形式。

**17.5.4** 玻璃板开孔直径稍大于金属轴,除轴上加封尼龙套管外,还应采用密封胶将空隙密封。

**17.5.5** 为防止金属平板屋面渗漏,板间的连接密封时,宜选用密封胶密封连接。采用开放式连接结构时,应完善金属平板与支承结构间的密封和排水系统。

**17.5.6** 屋面金属板材伸入檐沟的长度不小于80mm。金属板材的类型不一,屋面的檐口和山墙应采用与板型配套的封檐板和包角板封严。

**17.5.7** 铺设金属板材屋面时,相邻两块板应顺主导风向搭接,上下两排板的搭接长度应根据板型和屋面坡长确定。压型板屋面的坡度一般较小,上下两块板的搭接长度宜稍长一些,最短不应小于200mm,搭接缝内应采用密封材料嵌填封严。

# 18 光伏幕墙

## 18.2 系统设计

**18.2.3** 为防止热斑效应,应避免装饰线条在太阳能电池上产生阴影。

**18.2.4** 规定光伏组件与墙体之间的距离是为了防止光伏组件背后的温度过高,影响发电效率。对晶硅电池,环境温度不可高于 80℃。



## 19 检验与检测

### 19.1 一般规定

**19.1.1** 以往对幕墙工程的性能检测只有要求,没有范围规定。实践中,不管什么情况,对面积很小的幕墙工程都要做性能检测,造成一定的浪费,社会反响很大,要求作一个规定。因此,本规范规定了以型式试验代替物理性能检测报告的范围。型式试验的有效期为2年。

**19.1.2** 建筑幕墙需定期维护。在建造和使用过程中,幕墙的部分材料、构件、节点等会发生不同程度的变化。为保证使用安全,本条对建筑幕墙的安全性能检测评估范围作了规定。

**19.1.3** 大型建筑的幕墙防火性能关系到国家和人民生命财产的安全。在大型建筑的全年能耗中,大约50%~60%消耗于空调制冷与采暖系统,而在空调采暖这部分能耗中,大约20%~50%由外围护结构传热所消耗。因此,对于大型幕墙建筑的节能、防火进行评估是必要的。

**19.1.4** 根据GB/T 21086和GB/T 50344,幕墙工程性能和质量中间检验抽样检测项目的样本容量及正常一次性抽样检测结果判定如表19.1和表19.2。

**表 19.1 幕墙工程性能和质量中间检验随机抽样的  
最小样本容量**

检验批容量	最小样本容量		检验批容量	最小样本容量	
	A类 一般检验	B类 严格检验		A类 一般检验	B类 严格检验
2~8	2	2	501~1200	32	80
9~15	2	3	1201~3200	50	125
16~25	3	5	3201~10000	80	200
26~50	5	8	10001~35000	125	315
51~90	5	13	35001~150000	200	500
91~150	8	20	150001~500000	315	800
151~280	13	32	>500000	500	1250
281~500	20	50	—	—	—

- 注:1. 石材弯曲强度试验的检验批容量不应大于 8000 件,同一种挂装组合单元挂装承载力试验的检验批容量不应大于 30000 件,均为严格检验;  
 2. 同一种石材挂装系统结构承载力试验的检验批容量不应大于 5000 件,为严格检验且每批抽样不少于 9 件;  
 3. 胶的相容性试验、粘结试验、切开剥离试验按 GB 16776 执行。

**表 19.2 幕墙工程性能和质量中间检验正常一次性抽样检测  
结果判定**

样本容量	合格判定数	不合格判定数	样本容量	合格判定数	不合格判定数
2~5	1	2	32	7	8
8	2	3	50	10	11
13	3	4	80	14	15
20	5	6	≥125	21	22

- 注:1. 不合格数不大于“合格判定数”,且不合格值不影响安全和正常使用,则可判定检验批合格;  
 2. 结构胶厚度、宽度检验应全部合格才判定检验批合格。

## 19.2 材料检验

**19.2.2** 铝合金型材的检测按 GB 5237.1~5、GB 5237.6 的规定进行。

**19.2.3** 钢材的检测按 GB 700 的规定进行。

**19.2.4** 玻璃的检测按 GB 15763.1、GB 15763.2、GB 15763.3、GB/T 11944、GB/T 17841、GB/T 18701、GB/T 18915.1、GB/T 18915.2、JC/T 511、JC 846 的规定进行。

**19.2.5** 石材和其它非金属板材的检测按 GB/T 9966.1、GB/T 9966.2、GB/T 9966.3、GB/T 18601、GB/T 19766、JC 830.1 的规定进行。

**19.2.6** 金属板材须符合 YS/T 429.2 的规定。金属复合板材须符合 GB/T 17748 的规定。

**19.2.7** 蜂窝板的剥离强度试验按 GB/T 1457 的规定进行。

**19.2.8** 硅酮结构胶须满足 GB 16776 的规定。密封胶须满足 GB/T 14683 的规定。

**19.2.9** 五金件及其他配件的检测按 JG/T 124、JG/T 125、JG/T 126、JG/T 127、JG/T 128、JG/T 129、JG/T 130、JG/T 212、JG/T 213、JG/T 215、JG/T 168、QB/T 2697、QB/T 2698 的规定进行。

## 19.3 性能检测

**19.3.2** 检测样品不同,检测结果就不一样。为了检测样品能真实反映幕墙的实际情况,本条对送检样品提出了具体的要求。

**19.3.3** 本条提出的检测顺序主要考虑了“循环测试”的概念,即在正常使用极限状况下,幕墙的气密性、水密性应该保持,所以在抗风压适用性测试(即最大测试压力为风荷载标准值  $w_k$ )之后,提

出再进行重复测试幕墙的气密性、水密性,而在承载能力极限状况下,对幕墙的气密性、水密性则不做要求。

**19.3.4** 对于幕墙性能检测应按国家现行规范进行,但动态水密性能、热循环试验和热工性能检测规范尚未颁发,因此参照国外相关规范结合我国的实际情况进行。

## 20 加工制作

### 20.1 一般规定

**20.1.1** 建筑幕墙在施工前要绘制零部件加工图,绘制加工图不能直接依据施工图,因为建筑结构有误差。所以建筑幕墙构件的加工图应以施工图为依据并参考测量建筑物的尺寸。

**20.1.2** 加工设备、计量器具的精度,直接决定幕墙构件的精度。设备、计量器具应按要求定期检验和计量认证。

**20.1.4** 为保证产品的可追溯性,对加工完成的构件编号是工厂加工后必不可少的一道工序。

**20.1.5** 为保证锚筋与混凝土的抱合力,预埋件的锚筋不应防腐蚀处理。

**20.1.6** 受场地和环境限制,施工现场加工组装条件远不如工厂,更不适合注硅酮结构胶。为保证精度和质量,应在工厂加工、组装、注硅酮结构胶。

### 20.2 金属构件加工

**20.2.1~20.2.3** 预埋件是建筑幕墙最重要的加工件之一,其加工工艺直接影响预埋件的加工质量,必须予以规范。

预埋件加工参照了《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。锚筋、锚板只要控制负偏差即可,一般可不控制正偏差。

**20.2.5** 型材的直线度直接影响幕墙安装质量,特别是明框幕墙。规定型材的直线度有利于保证建筑幕墙的质量。

**20.2.7~20.2.8** 型材的加工精度是影响幕墙质量的关键因素,必须对型材加工精度进行控制。

**20.2.9** 为方便安装施工,在幕墙型材加工时要控制其槽口、豁口、榫头的偏差。比如:槽口和豁口长度和宽度只允许正偏差不允许负偏差,以防出现装配受阻;中心离边部距离可以是负偏差或正偏差;榫头截面的长度和宽度只允许负偏差不允许正偏差。

**20.2.10** 随着建筑幕墙的发展,圆弧幕墙越来越多,需要弯加工的型材也越来越多。为了控制拉弯型材的精度,制定弯加工后的构件表面尺寸允许偏差。此偏差表根据多个拉弯厂家提供的经验数据整理而成,以表格数字表述拉弯构件的质量,便于掌握。

### 20.3 玻璃面板加工

**20.3.4** 硅酮结构密封胶在使用前,应进行与其接触材料的相容性实验,相容性实验合格才能使用。如果使用了与结构胶不相容的材料,将会导致结构胶的粘结强度和其他粘结性能的下降或丧失,留下安全隐患。

**20.3.5** 隐框、半隐框幕墙制作过程中,对玻璃和支撑构件的清洁工作,是关系到幕墙组件加工质量的关键步骤之一,要按规范进行操作。如清洗不干净,将对组件的质量与安全留下隐患。应坚持两块布清洗的方法,一块布只用一次,不允许重复使用。在溶剂完全挥发之前,用第二块干净的布将表面擦干。应将溶剂倒在干净的布上,不允许将布浸入溶剂中。玻璃槽口可用干净的布包裹油灰刀进行清洗。清洗工作应两人一组,一人用溶剂清洗玻璃及其支承件,另一人用干净的布在溶剂未完全干燥前,将表面的溶剂、松散物、尘埃、油渍和其他污物清除干净。

**20.3.6** 采用双组份硅酮结构密封胶注胶时,应进行混匀性试验

和拉断试验,这两项试验均应在打胶机注胶前进行。混匀性试验可以测试双组份硅酮结构密封胶是否充分混合;拉断试验可以测试双组份硅酮结构密封胶的基剂与固化剂的配合比是否符合设计要求。这两项测试指标非常重要,决定着注胶的质量。

**20.3.7** 玻璃面板注胶时,粘结基层是否净化、施工场所是否符合要求决定硅酮结构胶的粘结质量。硅酮结构胶的施工场所要求清洁、无尘,室内温度宜不低于 15℃、不高于 27℃,相对湿度宜不低于 50%。

**20.3.9** 硅酮结构密封胶在长期重力荷载作用下的承载力很低(强度设计值仅为  $0.01\text{N}/\text{mm}^2$ )。为避免硅酮结构密封胶在长期重力荷载作用下受到剪力作用,应在面板底边加承托构件。

**20.3.11** 硅酮结构密封胶有一定的固化时间,固化期间如受到震动,对粘结性和固化质量有很大影响。由硅酮结构密封胶粘结固定的玻璃面板必须经静置养护。未达到承载力要求前不可搬动,以免影响结构胶的粘结力。

**20.3.15** 吊挂玻璃一般用专用强力胶粘剂将楔形夹板与玻璃双面对称粘结,静置养护固化。一般 72 小时后方可移动,确保夹板与玻璃粘结强度满足设计要求。

## 20.4 金属面板加工

**20.4.2** 金属板的折弯半径过小会使金属板的强度降低,而且会影响转弯半径处的外表色泽。

金属板耳攀是将面板载荷传递到幕墙结构的关键部位,而抽芯铝铆钉很难满足幕墙的设计使用年限,条文规定使用不锈钢铆钉或实芯铝铆钉。

**20.4.3** 铝塑复合板、石材铝蜂窝板和瓦楞板折边加工时,保留

不小于 0.3mm 厚的聚乙烯塑料或 0.3mm~0.5mm 芯材并不得划伤外层金属板的内表面,是为了防止损伤外层金属面板,折边时避免金属面开裂。

外层金属面比较薄弱,金属折边应采取加强措施。

在加工过程中铝塑复合板不应与水接触,以免铝合金与水发生氧化反应。

## 20.5 石材及其他面板加工

**20.5.1** 建筑幕墙用石材一般为天然石材,石材表面不可避免有色差、内部有暗裂缺陷现象。为了保证石材的表面质量和建筑幕墙安全,应认真挑选。

## 20.6 构件组装

**20.6.1** 开启扇是幕墙外立面的重要部位,在恶劣天气或长时间开启使用的情况下,容易发生损坏,幕墙开启扇的加工及安装应符合规范要求。

带挂钩的开启扇容易左右滑动,导致一边间隙过小,影响开启扇的灵活性。所以带挂钩的开启扇应加防窜块。同样道理,采用铰链连接的开启扇和框之间,间隙要符合规定。

工程实际当中,有施工人员采用自攻钉直接自攻自钻。由于自攻钉的旋转角较大,容易退丝,故装配不应现场自钻自攻。为了保证螺钉与型材连接可靠,规定开启扇附件处的型材局部壁厚不小于螺钉的公称直径,不满足时扇框内壁可加衬板。

**20.6.6** 单元板编号并注明安装方向、顺序,是为了防止安装错误。单元板重量比较大,吊挂件的厚度和螺栓的直径应计算确



定,挂件的厚度最小不应小于 5mm,以确保安全。硅酮结构胶抗紫外线能力弱,不应暴露在外,防止硅酮结构胶过早老化。为了便于维修,单元板构造应可更换。

## 21 安装施工

### 21.1 一般规定

**21.1.1** 为了保证幕墙安装施工的质量,要求主体结构工程应满足幕墙安装的基本条件,特别是主体结构的垂直度和外表面平整度及结构的尺寸偏差,应与主体结构设计相符,并满足验收规范要求。

### 21.2 构件式幕墙安装

**21.2.2** 预埋件的安装位置如出现偏移、倾斜,受力状况会发生改变,承载力下降。安置预埋件时,应采取措施防止预埋件偏移。幕墙防雷一般都采用共同接地方式,有防雷接地要求的预埋件,必须与主体结构的接地导体连接成电器通路。

**21.2.4** 立柱安装的情况直接影响整个幕墙的安装质量,是幕墙安装施工的关键之一。为了增强立柱的抗扭能力,立柱与埋件连接的角码应双边固定。安装过程中应注意轴线的允许偏差,特别是建筑平面呈弧形、圆形和四周封闭的幕墙,其内外轴线距离影响到幕墙的周长,影响玻璃板的封闭。

**21.2.5** 考虑横梁的受力和温差变形,铝合金横梁与立柱连接应至少有一端留出伸缩间隙。留出的空隙可以注胶,也可以采用弹性橡胶垫。橡胶垫应有 20%~35%的压缩变形能力,以适应和消除横向温度变形的影响。

**21.2.6** 幕墙防火不仅是防火,更重要的是防烟。防火材料除了铺设平整并可靠固定外,拼装处不应留缝隙。幕墙保温需要隔

热,阻断空气对流,拼装处也不应留缝隙。开放式幕墙面板缝隙不封闭,雨水可进入内侧;由于幕墙面板遮挡,雨水不能如暴露在外那样快速蒸发,钢构架表面尽管经热镀锌处理,不久也会锈蚀,因此钢构架不应暴露在防水层外。

**21.2.10** 硅酮密封胶的施工应严格按照施工工艺进行。夜晚光照不足,注胶质量不能保证;雨天缝内表面潮湿,硅酮密封胶与注胶面不能有效粘接,容易造成渗漏。

**21.2.11** 幕墙安装现场与试验室情况不完全一样,为了保证幕墙的水密性能,安装过程中应通过现场淋水实验来检验幕墙的水密性。

### **21.3 单元式幕墙安装**

**21.3.5~21.3.6** 单元式幕墙须按设定顺序安装。为避免差错,单元板块在装卸、运输、堆放过程中要按施工顺序编号操作。单元板块的精度和板块的完好直接影响安装和单元幕墙的质量,在装卸、运输、堆放过程中应采取避免单元板块损坏、变形。

**21.3.7** 单元板块吊装是施工过程中的重要环节,吊装机具是完成吊装和保证安全的前提条件。吊装机具应经检测合格并满足设计要求,设备配置应能保证吊装安全和防止单元构件受损,以确保单元幕墙的吊装质量。

**21.3.8~21.3.9** 在起吊、就位的安装过程中,为保证安全,禁止超重起吊。作业人员应做好安全防护。雨、雪、雾和风力5级及以上天气不得吊装。吊装单元板块时,各吊装点应受力均匀,匀速、缓慢移动。在板块未固定前,吊具不得拆除,防止意外坠落。

## 21.4 全玻璃幕墙安装

**21.4.1** 全玻璃幕墙嵌槽不清洁,会直接影响注密封胶质量,甚至造成玻璃损坏,因此全玻璃幕墙安装过程中应做好清洁和槽口保护工作。

**21.4.4** 不同的结构体由于构造不同,其受力后的变形也不同。如果全玻璃幕墙的同一块玻璃吊在不同的结构体上,就会因吊点受力不均匀而使玻璃破碎,所以一块玻璃应吊在同一结构体上。

## 21.5 点支承玻璃幕墙安装

**21.5.1** 支承构件是点支承幕墙的主要受力结构,其位置、形状、外观效果、承载能力和变形能力均有严格要求,在装卸、运输、存放和安装施工过程中都应注意,避免支承结构损坏、变形。大型支承结构的吊装设计应包含吊装受力计算、吊点设计、必要的附件设计、就位和固定方案及就位后的位置调整等。支承结构就位后应及时紧固定位。对将被隐蔽的部位应做好隐蔽验收手续。

**21.5.2** 拉杆、拉索预拉力的大小,施加拉力的顺序和控制,对于支承结构的安全性及外形的准确性至关重要,因此在安装过程中必须严格控制。

## 21.6 光伏幕墙安装

**21.6.5** 安装光伏组件时,在太阳能电池受光面铺遮光板,以防止电击危险。

**21.6.7** 接通电路后局部遮挡光伏组件会产生热斑效应,因此不得局部遮挡光伏组件。

## 21.7 安全规定

**21.7.1** 建筑幕墙安装施工应遵守国家有关劳动安全、卫生法规和技术标准的规定,并结合工程实际情况,制定详细的安全操作守则,确保施工安全。

**21.7.3~21.7.4** 采用外脚手架进行建筑幕墙的安装施工时,脚手架应经过设计和必要的计算,在适当部位与主体结构应可靠连接,并经验收合格后方可使用。在安装施工中不得随意拆除脚手架设施,以保证其足够的承载力、刚度和稳定性,也不得在脚手架上堆放物料和超载,避免造成安全事故。

施工中有时需要拆除脚手架与主体结构的部分连接,应采取措施防止脚手架坍塌。

**21.7.5** 在幕墙的安装施工过程中,与主体结构或其他施工单位发生上下交叉施工时,很容易发生物料坠落现象。为了防止发生高空坠落伤人损物事故,根据建筑施工高处作业有关安全技术管理规定,本条为强制性条文,施工中必须严格执行。

## 22 工程验收

### 22.1 一般规定

为了确保幕墙工程的质量,必须做好施工全过程的质量控制。进场验收把好材料质量关,中间验收把好施工过程质量关,竣工验收把好幕墙工程总体质量关,这是质量控制全过程必须要做好的工作。要及时做好记录,建立完整的技术资料档案。

### 22.2 进场验收

为了保证使用的材料符合建筑幕墙工程的要求,对所有进场的材料要分别检查有关质量保证资料,对有些材料还应现场取样进行复验。

### 22.3 中间验收

为了全过程把好质量关,应跟随施工进度进行中间验收。施工过程中往往前道工序被后道工序覆盖,在被覆盖前应进行检查,并做好隐蔽工程验收记录。

### 22.4 竣工验收

本节规定了各类型幕墙竣工验收时应具备的技术资料以及应达到的安装质量要求。须检查的“其他质量保证资料”是本节中未提及的与工程质量相关的资料,如经业主或监理签字的技术变更单等。

## 23 维护保养

### 23.1 一般规定

**23.1.1** 为了使幕墙在使用过程中达到和保持设计要求的功能,确保安全,规定承建方应向业主提供《幕墙使用维护说明书》,作为工程竣工交付内容的组成部分,指导幕墙的使用和维护。

**23.1.2** 幕墙承建方在幕墙交付使用前应对相关使用人员进行业务培训。

### 23.2 检查与维护

**23.2.1** 幕墙在使用过程中定期检查和维护很重要,本条对此作了明确的规定,特别是幕墙使用十年后。根据上海市《关于开展本市既有玻璃幕墙建筑专项整治工作的通知》沪建交联[2006]553号文件规定,对使用十年的幕墙进行检查作为本市对既有幕墙日常管理的工作内容之一。

拉杆或拉索结构的幕墙工程随时间推移会产生拉力损失。为了保证这类幕墙的性能稳定和使用安全,拉杆或拉索幕墙在工程竣工验收后六个月时,必须进行一次的全面的拉力检查和调整,以后每三年检查一次。

# 附录 A 幕墙光反射环境评价方法

## A.2 光反射环境影响评价方法

A.2.2 表 A.1-1 和表 A.1-2 是正北为零,按顺时针方向计算的太阳方位角。

表 A.1-1 上海市太阳方位角(上午,正北为 0°, 顺时针计算方位角)

月	日	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1	1	—	—	117.24	125.70	135.89	148.37	163.32	180.00
	11	—	—	116.31	124.83	135.11	147.74	162.95	180.00
	21	—	—	114.83	123.44	133.85	146.71	162.35	180.00
2	1	—	—	112.62	121.34	131.91	145.11	161.39	180.00
	11	—	—	110.14	118.95	129.67	143.22	160.24	180.00
	21	—	—	107.28	116.16	127.00	140.89	158.79	180.00
3	1	—	—	104.78	113.68	124.56	138.72	157.38	180.00
	11	—	—	101.45	110.31	121.18	135.58	155.27	180.00
	21	—	—	97.97	106.72	117.46	131.98	152.71	180.00
4	1	—	86.27	94.08	102.62	113.07	127.49	149.27	180.00
	11	—	82.93	90.60	98.86	108.92	123.00	145.50	180.00
	21	—	79.79	87.27	95.21	104.76	118.26	141.08	180.00



续表 A. 1—1

月	日	5 : 00	6 : 00	7 : 00	8 : 00	9 : 00	10 : 00	11 : 00	12 : 00
5	1	—	76.94	84.22	91.79	100.77	113.45	136.08	180.00
	11	—	74.47	81.53	88.75	97.13	108.87	130.72	180.00
	21	—	72.44	79.31	86.21	94.04	104.83	125.45	180.00
6	1	—	70.81	77.51	84.13	91.48	101.39	120.53	180.00
	11	62.65	69.91	76.52	82.98	90.06	99.45	117.56	180.00
	21	62.37	69.62	76.19	82.60	89.58	98.78	116.52	180.00
7	1	62.65	69.92	76.52	82.99	90.07	99.45	117.57	180.00
	11	—	70.81	77.51	84.13	91.48	101.39	120.53	180.00
	21	—	72.25	79.10	85.96	93.74	104.43	124.90	180.00
8	1	—	74.41	81.46	88.67	97.04	108.75	130.57	180.00
	11	—	76.81	84.08	91.64	100.59	113.23	135.83	180.00
	21	—	79.58	87.05	94.96	104.47	117.92	140.75	180.00
9	1	—	82.93	90.59	98.85	108.91	123.00	145.49	180.00
	11	—	86.15	93.96	102.49	112.93	127.34	149.15	180.00
	21	—	89.47	97.36	106.09	116.79	131.31	152.22	180.00
10	1	—	—	100.72	109.56	120.41	134.86	154.77	180.00
	11	—	—	103.94	112.84	123.73	137.96	156.88	180.00
	21	—	—	106.96	115.85	126.69	140.62	158.62	180.00

续表 A.1-1

月	日	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
11	1	—	—	109.96	118.79	129.51	143.08	160.16	180.00
	11	—	—	112.34	121.07	131.66	144.90	161.27	180.00
	21	—	—	114.32	122.96	133.40	146.35	162.13	180.00
12	1	—	—	115.86	124.41	134.73	147.43	162.77	180.00
	11	—	—	116.92	125.40	135.63	148.16	163.19	180.00
	21	—	—	—	125.93	136.10	148.54	163.41	180.00

注:1. 太阳方位角,在不同地理坐标处,数值稍有误差;  
2. 表中时间为真太阳时,与“北京时间”稍有误差。

表 A.1-2 上海市太阳方位角(下午,正北为 0°, 顺时针计算方位角)

月	日	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
1	1	180.00	196.68	211.63	224.11	234.30	242.76	—	—
	11	180.00	197.05	212.26	224.89	235.17	243.69	—	—
	21	180.00	197.65	213.29	226.15	236.56	245.17	—	—
2	1	180.00	198.61	214.89	228.09	238.66	247.38	—	—
	11	180.00	199.76	216.78	230.33	241.05	249.86	—	—
	21	180.00	201.21	219.11	233.00	243.84	252.72	—	—
3	1	180.00	202.62	221.28	235.44	246.32	255.22	—	—
	11	180.00	204.73	224.42	238.82	249.69	258.55	—	—
	21	180.00	207.29	228.02	242.54	253.28	262.03	—	—

续表 A. 1—2

月	日	12 : 00	13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
4	1	180.00	210.73	232.51	246.93	257.38	265.92	273.73	—
	11	180.00	214.50	237.00	251.08	261.14	269.40	277.07	—
	21	180.00	218.92	241.74	255.24	264.79	272.73	280.21	—
5	1	180.00	223.92	246.55	259.23	268.21	275.78	283.06	—
	11	180.00	229.28	251.13	262.87	271.25	278.47	285.53	—
	21	180.00	234.55	255.17	265.96	273.79	280.69	287.56	—
6	1	180.00	239.47	258.61	268.52	275.87	282.49	289.19	—
	11	180.00	242.44	260.55	269.94	277.02	283.48	290.09	297.35
	21	180.00	243.48	261.22	270.42	277.40	283.81	290.38	297.63
7	1	180.00	242.43	260.55	269.93	277.01	283.48	290.08	297.35
	11	180.00	239.47	258.61	268.52	275.87	282.49	289.19	—
	21	180.00	235.10	255.57	266.26	274.04	280.90	287.75	—
8	1	180.00	229.43	251.25	262.96	271.33	278.54	285.59	—
	11	180.00	224.17	246.77	259.41	268.36	275.92	283.19	—
	21	180.00	219.25	242.08	255.53	265.04	272.95	280.42	—
9	1	180.00	214.51	237.00	251.09	261.15	269.41	277.07	—
	11	180.00	210.85	232.66	247.07	257.51	266.04	273.85	—
	21	180.00	207.78	228.69	243.21	253.91	262.64	270.53	—

续表 A. 1—2

月	日	12 : 00	13 : 00	14 : 00	15 : 00	16 : 00	17 : 00	18 : 00	19 : 00
10	1	180.00	205.23	225.14	239.59	250.44	259.28	—	—
	11	180.00	203.12	222.04	236.27	247.16	256.06	—	—
	21	180.00	201.38	219.38	233.31	244.15	253.04	—	—
11	1	180.00	199.84	216.92	230.49	241.21	250.04	—	—
	11	180.00	198.73	215.10	228.34	238.93	247.66	—	—
	21	180.00	197.87	213.65	226.60	237.04	245.68	—	—
12	1	180.00	197.23	212.57	225.27	235.59	244.14	—	—
	11	180.00	196.81	211.84	224.37	234.60	243.08	—	—
	21	180.00	196.59	211.46	223.90	234.07	—	—	—

注：1. 太阳方位角，在不同地理坐标处，数值稍有误差；  
 2. 表中时间为真太阳时，与“北京时间”稍有误差。

## 附录 B 槽型预埋件设计与构造

例:幕墙与主体连接如图 B.1 所示,地面粗糙度类别 C 类,横向分格 1.5m,层高 3.6m。剪力  $V=3240\text{N}$ ,拉力  $T=23220\text{N}$ , $\Phi 16$ (8.8 级)碳钢螺栓,混凝土  $f_{\text{cu,k}}=30\text{N}/\text{mm}^2$ ,验算槽型预埋件承载力。

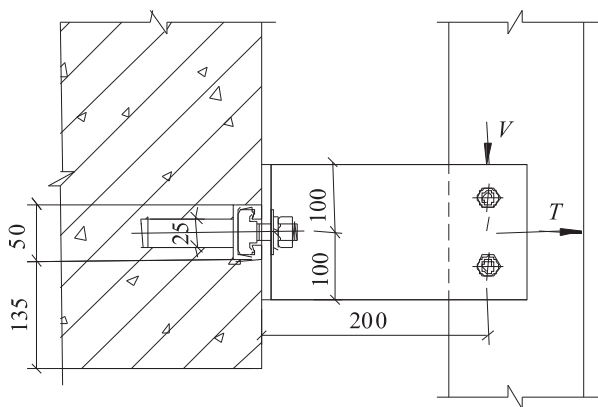


图 B.1 幕墙槽型预埋构件

案例计算一:

选用槽型预埋件产品(图 B.2)。

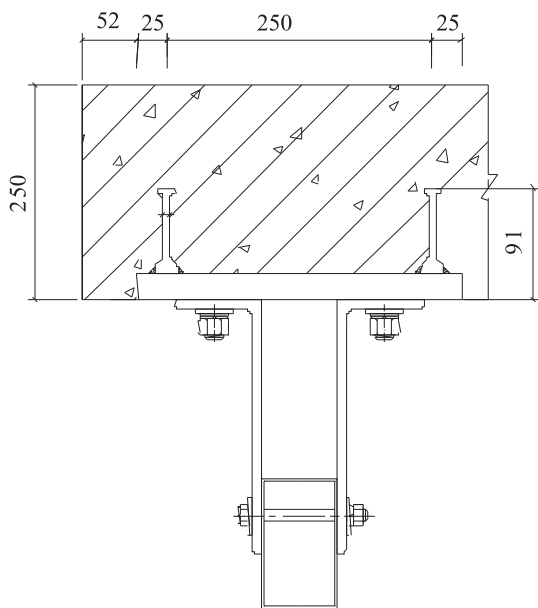


图 B.2 槽型预埋件

槽型预埋件产品特性:1、适用于混凝土基材

2、热浸镀锌涂层

3、T 型螺栓连接

4、专项认证(含动荷载和耐火测试)

槽型预埋件产品尺寸:1、槽体长度  $I_{ch}=300\text{mm}$

2、槽体宽度  $b_{ch}=40.5\text{mm}$

3、槽体高度  $h_{ch}=28\text{mm}$

4、有效埋置深度  $h_{ef}=91\text{mm}$

5、锚筋数量=2 个

6、锚筋间距  $S=250\text{mm}$

螺栓类型:1、品种代码 8.8F, M16×60

2、螺栓长度=60mm

3、螺栓直径=16mm

4、螺栓孔径=18mm

5、安装扭矩=60N·m

计算依据:上海市工程建设规范《建筑幕墙工程技术规范》

### 计算过程:

#### 一、外力计算

1、槽型预埋件螺栓承受的拉力荷载

外荷载拉力设计值  $T=23220\text{N}$

螺栓承受的拉力设计值  $T_1=T_2=\frac{23220}{2}=11610\text{N}$

2、槽型预埋件螺栓承受的剪力荷载

外荷载剪力设计值  $V=3240\text{N}$

$V_1=V_2=\frac{3240}{2}=1620\text{N}$

3、槽型预埋件锚筋承受的拉力设计值

$T'_1=T'_2=\frac{23220}{2}=11610\text{N}$

4、槽型预埋件锚筋承受的剪力设计值

$V'_1=V'_2=\frac{3240}{2}=1620\text{N}$

#### 二、抗拉承载力

5、单个螺栓(8.8F, M16×60mm)的抗拉承载力设计值(专业产品推荐值)

$N_{\text{Rd},\text{s,a}}=\frac{125.6}{1.5}=83.7\text{kN}>T_1=11610\text{N};$

按规范计算

$N_{\text{Rd},\text{s,a}}=f_{\text{df}}\cdot A_s=400\times 141.1=56440\text{N}>T_1=11610\text{N}$

满足设计要求。

6、单个锚筋的抗拉承载力设计值(专业产品推荐值)

$$N_{Rd,s,a} = \frac{33}{1.8} = 18.3 \text{ kN} > T_1' = 11610 \text{ N}$$

满足设计要求。

7、混凝土锥体抗拉承载力设计值

$$N_{Rd,c,a} = N_{Rd,c,a}^0 \cdot \alpha_{s,N,a} \cdot \alpha_{e,N,a} \cdot \alpha_{c,N,a} \cdot \psi_{re,N,a} \psi_{ucr,N,a}$$

$$N_{Rd,c,a}^0 = 4.5 \sqrt{f_{cu,k}} h_{ef}^{1.5} = 4.5 \times \sqrt{30} (91)^{1.5} = 21396 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{s,N,a} &= \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{cr,N,a}} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_i}{N_0} \right]} \\ &= \frac{1}{1 + \left( 1 - \frac{250}{390} \right)^{1.5} \cdot \frac{11610}{11610}} \\ &= 0.823 \end{aligned}$$

$s_i$  = 相邻锚筋间的距离 = 250mm

$s_{cr,N,a}$  = 锚筋的临界间距 = 390mm(依据专项测试认证报告)

$$\alpha_{e,N,a} = \left( \frac{c_1}{c_{cr,N,a}} \right)^{0.5} = \left( \frac{130}{195} \right)^{0.5} = 0.816 < 1.0$$

$$c_{cr,N,a} = \frac{s_{cr,N,a}}{2} = \frac{390}{2} = 195 \text{ mm}$$

假设锚筋中线与混凝土边缘的距离为 130mm

$$\alpha_{c,N,a} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,N,a}} \right)^{0.5} = \left( \frac{77}{195} \right)^{0.5} = 0.628 < 1.0$$

$$\psi_{re,N,a} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} = 0.5 + \frac{91}{200} = 0.955 < 1.0$$

$\psi_{ucr,N}$  = 1.4, 非裂缝混凝土基材

$$N_{Rd,c,a} = 21396 \times 0.823 \times 0.816 \times 0.628 \times 0.955 \times 1.4$$



$$=12065N \geq T_1' = 11610N$$

满足设计要求。

### 三、抗剪承载力

8、单个螺栓无力臂作用下(8.8F, M16×60mm)的抗剪承载力设计值(专业产品推荐值)

$$V_{Rd,s,a} = \frac{62.7}{1.25} = 50.16kN > V_1 = 1620N;$$

按规范计算

$$V_{Rd,s,a} = f_{d,v} \cdot A_s = 320 \times 141.1 = 45152N > V_1 = 1620N$$

满足设计要求。

### 9、混凝土锥体抗剪承载力设计值

$$V_{Rd,c,a} = V_{Rd,c,a}^0 \cdot \alpha_{s,v,a} \cdot \alpha_{c,v,a} \cdot \alpha_{h,v,a} \cdot \alpha_{90^\circ,v,a} \cdot \psi_{ucr,v,a}$$

$$V_{Rd,c,a}^0 = 2.7 \sqrt{f_{cu,k}} c_1^{1.5} = 2.7 \times \sqrt{30} (130)^{1.5} = 21920N$$

假设锚筋中心线与混凝土边缘的距离为130mm

$$\alpha_{s,v,a} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{cr,v,a}} \right)^{1.5} \cdot \frac{V_i}{V_0} \right]}$$

$$= \frac{1}{1 + \left[ \left( 1 - \frac{250}{601} \right)^{1.5} \times \frac{1620}{1620} \right]}$$

$$= 0.692$$

$$s_{cr,v,a} = 4c_1 + 2b_{ch} = 4 \times 130 + 2 \times 40.5 = 601mm$$

$b_{ch} = 40.5mm$ , 依据产品的尺寸

$$\alpha_{c,v,a} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,v,a}} \right)^{0.5} = \left( \frac{77}{300} \right)^{0.5} = 0.507 < 1.0$$

$$c_{cr,v,a} = 0.5 \cdot s_{cr,v,a} = 2c_1 + b_{ch} = 300mm$$

$$\alpha_{h,v,a} = \left( \frac{h_a}{h_{cr,v,a}} \right)^{0.5} = 1.0 \leq 1.0, \text{混凝土基材厚度远大于临界厚}$$

度要求

$\alpha_{90^{\circ},v,a} = 1.0$ , 剪力荷载与槽型预埋件垂直 90 度

$\phi_{ucr,v,a} = 1.4$ , 新建非裂缝混凝土

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,a} &= 21920 \times 0.692 \times 0.507 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.4 \\ &= 10766 N > V'_1 = 1620 N \end{aligned}$$

满足设计要求。

#### 四、拉剪组合验算

混凝土破坏模式校验

$$\left(\frac{11610}{12065}\right)^{1.5} + \left(\frac{1620}{10766}\right)^{1.5} = 1.0$$

满足设计要求。

锚筋抗剪及螺栓和锚筋的拉剪复合验算略。

#### 五、构造要求

10、混凝土基材厚度 250mm 大于 150mm, 且不小于  $1.2h_{ef} = 109\text{mm}$ , 满足要求。

11、所选槽型预埋件的锚筋有效锚固深度为 91mm, 大于规范要求的 90mm; 锚筋在混凝土内的间距为 250mm, 满足间距不得小于 100mm 和不大于 250mm 的要求。

12、上海为七度抗震设防地区, 建议选用带齿牙状的螺栓和 V 型槽件。

**案例计算二:**

**计算过程:**

选用槽型预埋件产品(图 B. 3)。

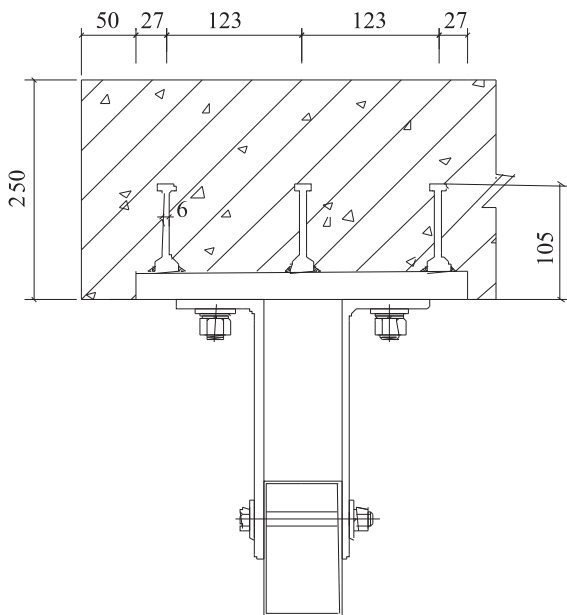


图 B.3 槽型预埋件

### 一、外力计算

#### 1、槽型预埋件螺栓承受的拉力荷载

外荷载拉力设计值  $T=23220\text{N}$

螺栓承受的拉力设计值  $T_1=T_2=\frac{23220}{2}=11610\text{N}$

#### 2、槽型预埋件螺栓承受的剪力荷载

外荷载剪力设计值  $V=3240\text{N}$

$V_1=V_2=\frac{3240}{2}=1620\text{N}$

#### 3、槽型预埋件锚筋承受的拉力设计值

$T'_1=T'_2=T'_3=\frac{23220}{3}=7740\text{N}$

#### 4、槽型预埋件锚筋承受的剪力设计值

$$V'_1 = V'_2 = V'_3 = \frac{3240}{3} = 1080N$$

#### 二、抗拉承载力

##### 5、单个螺栓(16mm, 8.8级碳钢螺栓)的抗拉承载力设计值

$$N_{Rd,s,a} = f_{d,t} \cdot A_s = 400 \times 141.1 = 56440N > T_1 = 11610N$$

满足设计要求。

螺栓连接的强度设计值见表 3.2.17-1。

##### 6、混凝土锥体抗拉承载力设计值

$$N_{Rd,c,a} = N_{Rd,c,a}^0 \cdot \alpha_{s,N,a} \cdot \alpha_{e,N,a} \cdot \alpha_{c,N,a} \cdot \psi_{re,N,a} \cdot \psi_{ucr,N,a}$$

$$N_{Rd,c,a}^0 = 4.5 \sqrt{f_{cu,k}} h_{ef}^{1.5} = 4.5 \times \sqrt{30} (105)^{1.5} = 26520N$$

$$\begin{aligned} \alpha_{s,N,a} &= \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{cr,N,a}} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_i}{N_0} \right]} \\ &= \frac{1}{1 + \left( 1 - \frac{123}{420} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_1}{N_2} + \left( 1 - \frac{123}{420} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_3}{N_2}} \\ &= \frac{1}{1 + \left( 1 - \frac{123}{420} \right)^{1.5} \cdot \frac{7740}{7740} + \left( 1 - \frac{123}{420} \right)^{1.5} \cdot \frac{7740}{7740}} \\ &= 0.457 \end{aligned}$$

假设  $s_{cr,N,a} = 4h_{ef} = 4 \times 105 = 420\text{mm}$

$$\alpha_{e,N,a} = \left( \frac{c_1}{c_{cr,N,a}} \right)^{0.5} = \left( \frac{130}{420/2} \right)^{0.5} = 0.787 < 1.0$$

$s_{cr,N,a} = 2c_{cr,N,a} = 420\text{mm}$

假设锚筋中心线与混凝土边缘的距离为 130mm

$$\alpha_{c,N,a} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,N,a}} \right)^{0.5} = \left( \frac{77}{420/2} \right)^{0.5} = 0.606 < 1.0$$

$$\psi_{\text{re},N,a} = 0.5 + \frac{h_{\text{ef}}}{200} = 0.5 + \frac{105}{200} = 1.025 > 1.0, \text{取值 } 1.0$$

$\psi_{\text{ucr},N,a} = 1.4$ , 非裂缝混凝土基材

$$\begin{aligned} N_{\text{Rd},c,a} &= 26250 \times 0.457 \times 0.787 \times 0.606 \times 1.0 \times 1.4 \\ &= 8092N > T_1' = 7740N \end{aligned}$$

满足设计要求。

### 三、抗剪承载力

7、单个螺栓(16mm, 8.8级碳钢螺栓)的抗剪承载力设计值

$$V_{\text{Rd},s,a} = f_{d,v} \cdot A_s = 320 \times 141.1 = 45152N > V_1 = 1620N$$

满足设计要求。

螺栓连接的强度设计值见表 3.2.17-1

### 8、混凝土锥体抗剪承载力设计值

$$V_{\text{Rd},c,a} = V_{\text{Rd},c,a}^0 \cdot \alpha_{s,v,a} \cdot \alpha_{c,v,a} \cdot \alpha_{h,v,a} \cdot \alpha_{90^\circ,v,a} \cdot \psi_{\text{ucr},v,a}$$

$$V_{\text{Rd},c,a}^0 = 2.7 \sqrt{f_{\text{cu},k}} c_1^{1.5} = 2.7 \times \sqrt{30} (130)^{1.5} = 21920N$$

假设锚筋中心线与混凝土边缘的距离为 130mm

$$\begin{aligned} \alpha_{s,v,a} &= \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[ \left( 1 - \frac{s_i}{s_{\text{cr},v,a}} \right)^{1.5} \cdot \frac{V_i}{V_0} \right]} \\ &= \frac{1}{1 + \left[ \left( 1 - \frac{123}{600} \right)^{1.5} \times \frac{1080}{1080} + \left( 1 - \frac{123}{600} \right)^{1.5} \times \frac{1080}{1080} \right]} \\ &= 0.413 \end{aligned}$$

$$s_{\text{cr},v,a} = 4c_1 + 2b_{\text{ch}} = 4 \times 130 + 2 \times 40 = 600\text{mm}$$

假设产品的  $b_{\text{ch}} = 40\text{mm}$

$$\alpha_{c,v,a} = \left( \frac{c_2}{c_{\text{cr},v,a}} \right)^{0.5} = \left( \frac{77}{300} \right)^{0.5} = 0.507 < 1.0$$

$$c_{\text{cr},v,a} = 0.5 \cdot s_{\text{cr},v,a} = 2c_1 + b_{\text{ch}} = 300\text{mm}$$

$$\alpha_{h,v,a} = \left( \frac{h_a}{h_{cr,v,a}} \right)^{0.5} = 1.0 \leq 1.0, \text{混凝土基材厚度远大于临界厚}$$

度要求

$$\alpha_{90^\circ,v,a} = 1.0, \text{剪力荷载与槽型预埋件垂直 } 90^\circ \text{ 度}$$

$$\psi_{ucr,v,a} = 1.4, \text{非裂缝混凝土}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,a} &= 21920 \times 0.413 \times 0.507 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.4 \\ &= 6426 \text{ N} > V'_1 = 1080 \text{ N} \end{aligned}$$

满足设计要求。

#### 四、拉剪组合验算

混凝土破坏模式校验

$$\left( \frac{7740}{8092} \right)^{1.5} + \left( \frac{1080}{6426} \right)^{1.5} = 1.0$$

满足设计要求。

锚筋的受力验算及螺栓拉剪复合验算略。

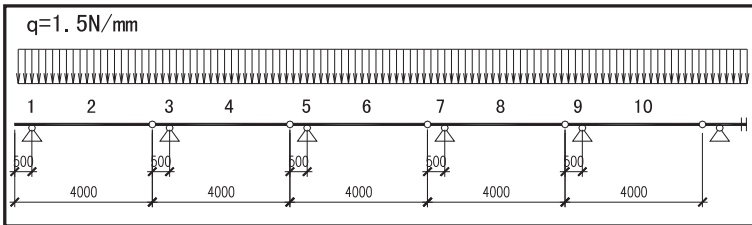
#### 五、构造要求

9、混凝土基材厚度 250mm 大于 150mm,且不小于  $1.2h_{ef} = 109\text{mm}$ ,满足要求。

10、所选槽型预埋件的锚筋有效锚固深度为 105mm,大于规范要求的 90mm;锚筋在混凝土内的间距为 123mm,满足间距不得小于 100mm 和不大于 250mm 的要求。

## 附录 E 多跨铰接梁弯矩、挠度和支座反力

例:下图为单支座多跨铰接梁示意图,均布荷载  $q = 1.5$  N/mm,梁为  $120 \times 60 \times 3$  铝合金方管,惯性矩  $I = 1973052\text{mm}^4$ ,求该梁的弯矩、挠度及支座反力。



先计算跨度 4000mm 简支梁的支座反力和跨中弯矩与挠度:

$$R_0 = \frac{ql}{2} = \frac{1.5 \times 4000}{2} = 3000\text{N}$$

$$M_0 = \frac{qL^2}{8} = \frac{1.5 \times 4000^2}{8} = 3000000\text{N} \cdot \text{mm}$$

$$d_{f_0} = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 \times 1.5 \times 4000^4}{384 \times 70000 \times 1973025} = 36.2\text{mm}$$

图中:  $a = 500\text{mm}$   $L = 4000\text{mm}$

则:  $a/L = 500/4000 = 0.125$

查表 E. 0. 1 得各支点的支座反力系数:

$$\xi_1 = 1.14 \quad \xi_3 = 2.12 \quad \xi_5 = 1.98 \quad \xi_7 = 2.00 \quad \xi_9 = 2.00$$

则各支点的支座反力为 ( $= \xi_i R_0$ ):

$$R_1 = 1.14 \times 3000 = 3420\text{N}$$

$$R_3 = 2.12 \times 3000 = 6360\text{N}$$

$$R_5 = 1.98 \times 3000 = 5940\text{N}$$

$$R_7 = 2.00 \times 3000 = 6000N$$

$$R_9 = 2.00 \times 3000 = 6000N$$

下图为用 Sap2000 验算的结果：

Joint Text	F3 N
1	3428.57
3	6367.35
5	5947.52
7	6007.5
9	5998.93

查表 E. 0. 1 得

各支点处弯矩系数：

$$m_1 = 0.06 \quad m_3 = 0.49 \quad m_5 = 0.43 \quad m_7 = 0.44 \quad m_9 = 0.44$$

挠度最大处弯矩系数：

$$m_2 = 0.73 \quad m_4 = 0.54 \quad m_6 = 0.57 \quad m_8 = 0.56 \quad m_{10} = 0.56$$

则各支点处弯矩为(= $m_i M_0$ ):

$$M_1 = 0.06 \times 3000000 = 180000N. mm$$

$$M_4 = 0.49 \times 3000000 = 1470000N. mm$$

$$M_5 = 0.43 \times 3000000 = 1290000N. mm$$

$$M_7 = 0.44 \times 3000000 = 1320000N. mm$$

$$M_9 = 0.44 \times 3000000 = 1320000N. mm$$

挠度最大处弯矩为(= $m_i M_0$ ):

$$M_2 = 0.73 \times 3000000 = 2190000N. mm$$

$$M_4 = 0.54 \times 3000000 = 1620000N. mm$$

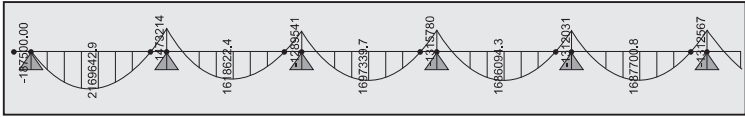
$$M_6 = 0.57 \times 3000000 = 1710000N. mm$$

$$M_8 = 0.56 \times 3000000 = 1680000N. mm$$

$$M_{10} = 0.56 \times 3000000 = 1680000N. mm$$



下图为用 Sap2000 验算的结果：



查表 E. 0. 1 得各跨的最大挠度系数：

$$\mu_2 = 0.53 \quad \mu_4 = 0.32 \quad \mu_6 = 0.35 \quad \mu_8 = 0.34 \quad \mu_{10} = 0.34$$

则各跨的最大挠度为( $=\mu_i d_{f0}$ )：

$$d_{f2} = 0.53 \times 36.2 = 19.2\text{mm}$$

$$d_{f4} = 0.32 \times 36.2 = 11.6\text{mm}$$

$$d_{f6} = 0.35 \times 36.2 = 12.7\text{mm}$$

$$d_{f8} = 0.34 \times 36.2 = 12.3\text{mm}$$

$$d_{f10} = 0.34 \times 36.2 = 12.3\text{mm}$$

下图为用 Sap2000 验算的结果：

Joint Text	U3 mm
2	-19.253512
4	-11.668048
6	-12.751686
8	-12.59688
10	-12.618996

## 附录 H 双坡及单坡屋面房屋的风荷载 体型系数

附录 H 摘自上海市工程建设规范《轻型钢结构技术规程》送审稿。

