

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ 102—201×

玻璃幕墙工程技术规范

Technical code for glass curtain wall engineering

（报批稿，2012 年 9 月）

201×-××-×× 发布

201×-××-×× 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国住房和城乡建设部
公 告

第×××号

关于公布行业标准
《玻璃幕墙工程技术规范》的公告

现批准《玻璃幕墙工程技术规范》为行业标准，编号为 JGJ 102-201×，自 201×年×月×日起实施。其中，第 3.1.5 条、第 3.5.6 条、第 5.5.1 条、第 5.6.2 条、第 7.3.1 条、第 7.4.1 条、第 8.1.2 条、第 10.1.7 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003 同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
201×年×月×日

前 言

根据原建设部《关于印发〈2006 年工程建设标准规范制定、修订计划（第一批）〉的通知》（建标[2006]77 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范主要技术内容是：总则、术语和符号、材料、建筑设计、结构设计的基本规定、框支承玻璃幕墙结构设计、全玻璃幕墙结构设计、点支承玻璃幕墙结构设计、加工制作、安装施工、工程验收、使用维护。

本规范修订的主要内容是：1. 进一步明确了玻璃幕墙中采用安全玻璃的有关规定；2. 对隐框玻璃幕墙的适用范围作了限制；3. 修改了作用组合及组合值系数的有关规定；4. 考虑了不同胶片的作用，补充了夹层玻璃等效厚度的设计方法；5. 对结构胶粘接厚度计算方法进行了修改。

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。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送中国建筑科学研究院国家行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》管理组（地址：北京北三环东路 30 号，邮编 100013）。

本 规 范 主 编单位：中国建筑科学研究院

本 规 范 参 编单位：东南大学

上海现代建筑设计研究院有限公司

中国建筑材料科学研究总院玻璃科学研究所

沈阳远大铝业工程有限公司

北京江河幕墙装饰工程有限公司

武汉凌云建筑装饰工程有限公司

广东金刚幕墙工程有限公司

北京德宏幕墙工程技术有限公司

广东金刚玻璃科技股份有限公司

中国南玻集团股份有限公司

广州市白云化工实业有限公司

广东坚朗五金制品股份有限公司

深圳市三鑫幕墙工程公司

中山盛兴股份有限公司

郑州中原应用技术研究开发有限公司

深圳市方大装饰工程有限公司

深圳金粤幕墙装饰工程有限公司

杜邦中国集团有限公司

本规范主要起草人员：黄小坤 刘军进 赵西安 刘 刚 郭传军 孙宝莲 冯 健

崔庆辉 胡忠明 王德勤 张冠琦 曾晓武 崔 洪 韩 松

黄庆文 许武毅 杜万明 花定兴 姜清海 张明罡 黄拥军
万树春 周 臻
本规程主要审查人员：杜继予 廖学权 左 江 顾泰昌 黄 圻 王洪涛 徐 勤
刘忠伟 刘 明 刘新生 魏东海

目 次

1	总 则	10
2	术语和符号	11
2.1	术语	11
2.2	符号	12
3	材 料	15
3.1	一般规定	15
3.2	铝合金	15
3.3	钢材	16
3.4	玻璃	17
3.5	密封材料	17
3.6	其他材料	18
4	建筑设计	19
4.1	一般规定	19
4.2	性能及检测要求	19
4.3	构造设计	20
4.4	防火及防雷设计	21
4.5	安全规定	21
5	结构设计的基本规定	23
5.1	一般规定	23
5.2	材料力学性能	23
5.3	荷载和地震作用	25
5.4	作用组合	26
5.5	连接设计	27
5.6	硅酮结构密封胶设计	28
6	框支承玻璃幕墙结构设计	31
6.1	一般规定	31
6.2	玻璃	31
6.3	横梁	34
6.4	立柱	34
7	全玻璃幕墙结构设计	37
7.1	一般规定	37
7.2	面板	37
7.3	玻璃肋	37
7.4	胶缝	38
8	点支承玻璃幕墙结构设计	40
8.1	面板	40
8.2	支承装置	41
8.3	支承结构	41
9	加工制作	44
9.1	一般规定	44

9.2	铝型材构件.....	44
9.3	钢构件.....	45
9.4	玻璃.....	47
9.5	明框幕墙组件.....	48
9.6	隐框、半隐框幕墙组件.....	49
9.7	单元式玻璃幕墙组件.....	50
9.8	玻璃幕墙构件检验.....	52
9.9	包装、储存.....	52
10	安装施工	53
10.1	一般规定.....	53
10.2	安装施工准备.....	54
10.3	预埋件、后锚固连接件.....	54
10.4	构件式玻璃幕墙.....	55
10.5	单元式玻璃幕墙.....	56
10.6	全玻幕墙.....	58
10.7	点支承玻璃幕墙.....	59
10.8	张拉索杆支承结构.....	60
10.9	安全规定.....	60
11	工程验收	62
11.1	一般规定.....	62
11.2	主控项目.....	63
11.3	一般项目.....	63
12	使用维护	67
12.1	一般规定.....	67
12.2	检查与维修.....	67
12.3	清洗.....	68
附录 A	预埋件设计.....	69
本规范用词说明	72
引用标准名录	73
附：条文说明		

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	3
3	Materials	6
3.1	General.....	6
3.2	Aluminium Alloy	6
3.3	Steel.....	7
3.4	Glass.....	8
3.5	Sealing Material	9
3.6	Other Materials.....	9
4	Architectural Design	10
4.1	General.....	10
4.2	Performance and Inspection Requirements	10
4.3	Detailing.....	11
4.4	Fire and Lightning Protection Design	12
4.5	Safety Requirements	13
5	Basic Requirements of Structural Design	14
5.1	General.....	14
5.2	Mechanical Properties of Material	15
5.3	Load and Seismic Action	16
5.4	Combination of Actions	17
5.5	Connection Design.....	19
5.6	Design of Structural Silicone Sealant.....	20
6	Structural Design for Frame Supported Glass Curtain Wall.....	22
6.1	General	22
6.2	Glass.....	22
6.3	Beam	25
6.4	Column.....	25
7	Structural Design for Glass Curtain Wall with Glass Ribs	28
7.1	General.....	28
7.2	Panel.....	28
7.3	Glass Rib.....	28
7.4	Sealant Joint	29
8	Structural Design for Point-supported Glass Curtain Wall.....	31
8.1	Panel.....	31
8.2	Supporting Device.....	32
8.3	Supporting Structure	33
9	Manufacturing.....	35
9.1	General	35

9.2	Aluminium Profile	35
9.3	Steel Member	37
9.4	Glass.....	38
9.5	Members for Visible Frame Supported Curtain Wall	40
9.6	Members for Invisible Frame Supported Curtain Wall.....	41
9.7	Frame Supported Glass Curtain Wall Assembled in Prefabricated Units	42
9.8	Inspection of Structural Members	43
9.9	Packaging, Storage and Transportation.....	43
10	Installation	44
10.1	General	44
10.2	Preparation before Installation	45
10.3	Embedded Parts and Post-installed Fastenings Connector	45
10.4	Frame Supported Glass Curtain Wall Assembled in Elements	46
10.5	Frame Supported Glass Curtain Wall Assembled in Prefabricated Units	47
10.6	Glass Curtain Wall with Glass Ribs	49
10.7	Point-supported Glass Curtain Wall.....	50
10.8	Monolayer Cable Stayed Glass Curtain Wall.....	51
10.9	Safety Requirements	52
11	Acceptance of Construction Quality	53
11.1	General	53
11.2	Dominant Items	54
11.3	Ordinary Items	54
12	Maintenance.....	58
12.1	General	58
12.2	Inspection and Maintenance.....	58
12.3	Cleaning	59
Appendix A: Design of Embedded Parts		60
Explanation of Wording in This Specification.....		63
List of Quoted Standards.....		64
Addition: Expalnation of Provisions		

1 总 则

- 1.0.1** 为使玻璃幕墙工程做到安全可靠、技术先进、经济适用，制定本规范。
- 1.0.2** 本规范适用于民用建筑玻璃幕墙工程的设计、制作、安装施工、工程验收以及使用维护。
- 1.0.3** 在正常使用状态下，玻璃幕墙应具有良好的工作性能。抗震设计的玻璃幕墙，在多遇地震作用下应能正常使用；在设防烈度地震作用下经修理后应仍可使用；在预估的罕遇地震作用下幕墙支承结构体系不应脱落。
- 1.0.4** 玻璃幕墙工程除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 建筑幕墙 building curtain wall

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

2.1.2 玻璃幕墙 glass curtain wall

面板材料为玻璃的建筑幕墙。

2.1.3 斜玻璃幕墙 inclined glass curtain wall

与水平面夹角大于 75° 且小于 90° 的玻璃幕墙。

2.1.4 框支承玻璃幕墙 frame supported glass curtain wall

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

2.1.5 明框玻璃幕墙 visible frame supported glass curtain wall

面板边缘镶嵌于金属框架中的框支承玻璃幕墙。

2.1.6 隐框玻璃幕墙 invisible frame supported glass curtain wall

面板边缘通过硅酮结构密封胶粘接于金属框架外表面的框支承玻璃幕墙。

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

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

2.1.8 单元式玻璃幕墙 frame supported glass curtain wall assembled in prefabricated units

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

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

在现场依次安装立柱、横梁和面板的框支承玻璃幕墙。

2.1.10 全玻璃幕墙 glass curtain wall with glass ribs

面板和支承结构均为玻璃的建筑幕墙。

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

面板通过点支承装置与支承结构连接的玻璃幕墙。

2.1.12 点支承装置 supporting device

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

2.1.13 支承结构 supporting structure or structural members

玻璃幕墙中，直接支承或通过点支承装置支承玻璃面板的结构系统。

2.1.14 硅酮结构密封胶 structural silicone sealant

幕墙中用于面板与面板、面板与金属构架、面板与玻璃肋之间的结构用硅酮粘接材料，简称硅酮结构胶。

2.1.15 硅酮建筑密封胶 weatherproof silicone sealant

幕墙嵌缝密封用非定形硅酮密封材料，简称建筑密封胶。

2.1.16 双金属腐蚀 bimetallic corrosion

由不同的金属或其他电子导体作为电极而形成的电偶腐蚀。

2.1.17 相容性 compatibility

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

2.2 符号

2.2.1 材料力学性能

C30 ——表示立方体强度标准值为 30N/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。

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_y ——钢筋抗拉强度设计值；

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；

f_2 ——硅酮结构密封胶永久荷载作用下的强度设计值。

γ_g ——材料重力密度；

2.2.2 作用和作用效应

d_f ——作用标准值引起的幕墙构件挠度值；

G_k ——重力荷载标准值；

M ——弯矩设计值；

M_x ——绕 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_{Ek} ——平行于幕墙平面的集中地震作用标准值；

q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的水平地震作用标准值；

q_E ——垂直于幕墙平面的水平地震作用设计值；

q_G ——幕墙玻璃单位面积重力荷载设计值；

R ——构件截面承载力设计值；

S ——作用效应组合值；

S_{Ek} ——地震作用效应标准值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{wk} ——风荷载效应标准值；

V ——剪力设计值；

w ——风荷载设计值；

- w_0 ——基本风压；
 w_k ——风荷载标准值；
 σ_{wk} ——风荷载作用下幕墙玻璃最大应力标准值；
 σ_{Ek} ——地震作用下幕墙玻璃最大应力标准值。

2.2.3 几何参数

- a ——矩形玻璃板材短边边长；
 A ——构件截面面积或毛截面面积；玻璃幕墙平面面积；
 A_n ——立柱净截面面积；
 A_s ——锚固钢筋总截面面积；
 b ——矩形玻璃板材长边边长；
 c_s ——硅酮结构密封胶的粘结宽度；
 d ——锚固钢筋直径；
 l ——跨度；
 t ——玻璃面板厚度；型材截面厚度；
 t_s ——硅酮结构密封胶粘结厚度；
 W ——毛截面模量；
 W_n ——净截面模量；
 W_{nx} ——绕 x 轴的净截面模量；
 W_{ny} ——绕 y 轴的净截面模量；
 z ——外层锚固钢筋中心线之间的距离。

2.2.4 系数

- α ——材料线膨胀系数；
 α_{\max} ——水平地震影响系数最大值；
 β_E ——地震作用动力放大系数；
 β_{gz} ——阵风系数；
 φ ——稳定系数；
 γ ——塑性发展系数；
 γ_0 ——结构构件重要性系数；
 γ_E ——地震作用分项系数；
 γ_G ——永久荷载分项系数；
 γ_{RE} ——结构构件承载力抗震调整系数；
 γ_w ——风荷载分项系数；
 η ——折减系数；
 μ_s ——风荷载体型系数；
 μ_z ——风压高度变化系数；
 ν ——材料泊松比；
 ψ_E ——地震作用的组合值系数；
 ψ_w ——风荷载作用的组合值系数。

2.2.5 其他

$d_{f,lim}$ ——构件挠度限值；

λ ——长细比。

3 材 料

3.1 一般规定

- 3.1.1** 玻璃幕墙用材料应符合国家现行标准的有关规定，并应具有出厂合格证。
- 3.1.2** 玻璃幕墙应选用耐候性材料。除不锈钢外，钢材的外露表面应进行表面热浸镀锌处理、无机富锌涂料处理或采取其他有效的防腐措施；铝合金材料宜进行表面阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂或氟碳漆喷涂处理。
- 3.1.3** 玻璃幕墙材料宜采用不燃或难燃材料，其燃烧性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。
- 3.1.4** 与金属、镀膜玻璃、夹层玻璃、中空玻璃以及中性硅酮结构密封胶接触的建筑密封胶，应使用中性硅酮密封胶。
- 3.1.5 硅酮结构密封胶和建筑密封胶必须在有效期内使用；严禁建筑密封胶作为硅酮结构密封胶使用。**

3.2 铝合金

- 3.2.1** 玻璃幕墙采用铝合金材料的牌号所对应的化学成份应符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成份》GB/T 3190 的有关规定，铝合金型材质量应符合国家现行标准《铝合金建筑型材 基材》GB 5237.1、《铝合金建筑型材 阳极氧化、着色型材》GB 5237.2、《铝合金建筑型材 电泳涂漆型材》GB 5237.3、《铝合金建筑型材 粉末喷涂型材》GB 5237.4、《铝合金建筑型材 氟碳漆喷涂型材》GB 5237.5、《铝合金建筑型材 隔热型材》GB 5237.6、《建筑用隔热铝合金型材》JG 175 的规定，型材尺寸允许偏差应达到高精级或超高精级。
- 3.2.2** 铝合金型材采用阳极氧化、电泳涂漆、粉末喷涂、氟碳漆喷涂进行表面处理时，应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 阳极氧化、着色型材》GB 5237.2、《铝合金建筑型材 电泳涂漆型材》GB 5237.3、《铝合金建筑型材 粉末喷涂型材》GB 5237.4、《铝合金建筑型材 氟碳漆喷涂型材》GB 5237.5 的要求，表面处理层的厚度应满足表 3.2.2 的要求。

表 3.2.2 铝合金型材表面的处理层厚度要求

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

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

用穿条工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应符合国家现行标准《铝合金建筑型材用辅助材料 第一部分 聚酰胺隔热条》GB/T 23615.1、《建筑用硬质塑料隔热条》JG/T 174 的规定。

用浇注工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应符合现行国家标准《铝合金建筑型材用辅助材料 第二部分 隔热胶》GB/T 23615.2 的规定。

3.2.4 玻璃幕墙工程用铝合金门窗应符合现行国家标准《铝合金门窗》GB/T 8478 的规定。

3.3 钢材

3.3.1 碳素结构钢和低合金高强度结构钢的钢种、牌号和等级应符合国家现行标准《碳素结构钢》GB/T 700、《优质碳素结构钢 技术条件》GB/T 699、《合金结构钢 技术条件》GB/T 3077、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》GB/T 912、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》GB/T 3274、《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《建筑用钢质拉杆构件》JG/T xxx、《连续热镀锌板及钢带》GB/T 2518 等的有关规定。

3.3.2 玻璃幕墙用不锈钢材宜采用奥氏体型不锈钢，且含镍量不应低于 8%。不锈钢材应符合下列现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢冷加工棒》GB/T 4226、《不锈钢冷轧钢板》GB/T 3280、《不锈钢热轧钢带》YB/T 5090、《不锈钢热轧钢板》GB/T 4237、《不锈钢和耐热钢冷轧钢带》GB/T 4239、《一般用途耐蚀钢铸件》GB/T 2100 和《工程结构用中、高强度不锈钢铸件》GB/T 6967 的规定。

3.3.3 玻璃幕墙用耐候钢应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171。

3.3.4 玻璃幕墙用碳素结构钢和低合金结构钢应采取有效的防腐处理，当采用热浸镀锌防腐处理时，锌膜厚度应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定。

当采用防腐涂料进行表面处理时，除密闭的闭口型材的内表面外，涂层应覆盖钢材表面，其厚度应符合防腐要求。

3.3.5 幕墙支承结构用拉索、钢拉杆应符合下列规定：

1 钢绞线应符合国家现行标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224、《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152、《镀锌钢绞线》YB/T 5004 的规定；锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢绞线的要求可按现行国家标准《锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》GB/T 20492 的有关规定执行；

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

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

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

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

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

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

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

3.4 玻璃

3.4.1 幕墙玻璃的外观质量和性能应符合国家现行标准《平板玻璃》GB 11614、《中空玻璃》GB/T 11944、《建筑用安全玻璃 第1部分：防火玻璃》GB 15763.1、《建筑用安全玻璃 第2部分：钢化玻璃》GB 15763.2、《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB 15763.3、《建筑用安全玻璃 第4部分：均质钢化玻璃》GB 15763.4、《半钢化玻璃》GB/T 17841、《镀膜玻璃》GB/T 18915.1~2 以及行业标准《釉面钢化玻璃与釉面半钢化玻璃》JC/T 1006、《超白浮法玻璃》JC/T xxx、《真空玻璃》JC/T 1079 的有关规定。

3.4.2 幕墙玻璃应进行机械磨边处理，磨轮的目数不应小于 180 目。有装饰要求的玻璃边，宜采用抛光磨边。点支承幕墙玻璃的孔、板边缘均应进行磨边和倒棱，磨边宜细磨，倒棱宽度不宜小于 1mm。

3.4.3 玻璃幕墙采用镀膜玻璃时，离线法生产的镀膜玻璃应采用真空磁控溅射法生产工艺；在线法生产的镀膜玻璃应采用热喷涂法生产工艺。

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

1 中空玻璃气体层厚度不应小于 9mm；

2 中空玻璃应采用双道密封。第一道密封应采用丁基热熔密封胶，其性能应符合现行行业标准《中空玻璃用丁基热熔密封胶》JC/T 914 的规定。点支式、隐框、半隐框玻璃幕墙玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶，其性能应符合现行国家标准《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB 24266 的规定，其粘接宽度应符合本规范第 5.6.7 条的规定；

3 中空玻璃的间隔框可采用金属间隔框或金属与高分子材料复合间隔框，间隔框可连续折弯或插角成型，不得使用热熔型间隔胶条。间隔框中的干燥剂宜采用专用设备装填。

3.4.5 玻璃幕墙采用夹层玻璃时，宜采用干法加工合成，其胶片宜采用聚乙烯醇缩丁醛胶片或离子性中间层胶片；外露的聚乙烯醇缩丁醛夹层玻璃边缘应进行封边处理。

3.4.6 玻璃幕墙采用单片低辐射镀膜玻璃时，应使用在线热喷涂低辐射镀膜玻璃；离线镀膜的镀膜玻璃宜加工成中空玻璃或真空玻璃使用，且镀膜面应朝向中空气体层或真空层。

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

3.5 密封材料

3.5.1 玻璃幕墙的橡胶制品，宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶及硅橡胶。

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

3.5.3 玻璃幕墙的耐候密封应采用硅酮建筑密封胶，其性能应符合国家现行标准《幕墙玻璃接缝用密封胶》JC/T 882 的规定。不应使用添加矿物油的硅酮建筑密封胶。

3.5.4 组角胶应具有耐酸碱腐蚀性能，标准条件的下垂度不应大于 2.0mm，表干时间为 5~20min，剪切强度不应小于 10.0MPa。

3.5.5 幕墙用硅酮结构密封胶的性能应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定，中空玻璃用硅酮结构密封胶应符合现行国家标准《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB 24266 的规定。

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

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

3.6 其他材料

3.6.1 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。

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

3.6.3 玻璃幕墙的层间防火、防烟封堵材料应符合现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864 和《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267 的有关要求。

3.6.4 玻璃幕墙的保温材料，宜采用岩棉、矿棉、玻璃棉等不燃或难燃材料，其性能分级应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 的有关规定。

3.6.5 与玻璃幕墙配套用门窗用五金件、附件及紧固件应符合国家现行标准《紧固件 螺栓和螺钉》GB/T 5277、《建筑门窗五金件 通用要求》JG/T 212 以及相关标准的要求。

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

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 玻璃幕墙应根据建筑物的使用功能、立面设计、施工技术 & 经济分析, 确定其形式、材料与构造。

4.1.2 玻璃幕墙设计应与建筑整体设计相协调, 应与周边环境相适应, 其分格应不妨碍室内功能、有利于室内空间组合, 满足使用需求。

4.1.3 确定玻璃面板的分格尺寸, 应有效提高玻璃原片规格的利用率, 并应适应钢化、镀膜、夹层等生产设备的加工能力。

4.1.4 玻璃幕墙的热工设计应符合国家现行标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 的有关规定。

4.1.5 玻璃幕墙宜根据所处环境、幕墙类型及节能要求采取适当的遮阳措施。

4.1.6 幕墙上设置的开启扇或通风换气装置, 应安全可靠、启闭方便, 满足建筑立面、节能和使用功能要求。开启扇宜采用上悬方式, 其单扇面积不宜大于 1.5m^2 , 开启角度不宜大于 30° , 最大开启距离不宜大于 300mm 。当采用上悬挂钩式的开启扇时, 应设置防止脱钩的有效措施。

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

4.1.8 玻璃幕墙应便于清洁维护, 高度超过 50m 的幕墙工程宜设置清洗装置。

4.2 性能及检测要求

4.2.1 玻璃幕墙的性能设计应根据建筑物的类别、高度、体型以及所在地的地理、气候和环境等条件进行。

4.2.2 玻璃幕墙抗风压性能应满足在风荷载标准值作用下, 玻璃幕墙的变形不超过规定值, 且不发生任何损坏。

4.2.3 开启部分完全闭合的玻璃幕墙整体气密性能不应低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 中的 2 级, 其分级指标值不应大于 $2.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

4.2.4 玻璃幕墙的水密性能可按下列方法设计:

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

$$P = 1000\mu_z\mu_s w_0 \quad (4.2.4)$$

式中: P ——水密性能设计取值 (Pa);

w_0 ——基本风压 (kN/m^2);

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

μ_s ——体型系数, 可取 1.2。

2 其他地区,水密性可按第1款计算值的75%进行设计,且固定部分取值不宜低于700Pa;

3 可开启部分水密性等级宜与固定部分相同。

4.2.5 玻璃幕墙平面内变形性能,非抗震设计时,应按主体结构弹性层间位移角限值进行设计;抗震设计时,应按主体结构弹性层间位移角限值的3倍进行设计。

4.2.6 玻璃幕墙的传热系数、遮阳系数应符合幕墙热工设计要求,并可按现行行业标准《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151的有关规定进行计算。

4.2.7 玻璃幕墙的隔声性能设计应根据建筑物的使用功能和环境条件进行。

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

4.2.9 玻璃幕墙性能检测项目,应包括抗风压性能、气密性能和水密性能;设计有要求时可增加平面内变形性能及其他性能检测项目。

4.2.10 玻璃幕墙性能检测应由国家认可的检测机构实施。检测试件的材质、构造、安装方式应与工程设计一致。

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

4.3 构造设计

4.3.1 玻璃幕墙的构造设计应满足安全、实用和美观的基本原则,并应便于制作安装、局部更换和维修保养。

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

4.3.3 玻璃幕墙的密封胶缝应采用硅酮建筑密封胶。开启扇的周边缝隙宜采用氯丁橡胶、三元乙丙橡胶或者硅橡胶密封条制品嵌填与密封。

4.3.4 玻璃幕墙立面上,当有雨篷、压顶、线型或者其他突出墙面的建筑构造时,应采取排水与防水构造措施。雨篷的坡度不应小于3%。

4.3.5 玻璃幕墙宜采用具有防潮性能的保温材料;保温材料层的热阻应符合幕墙热工设计的要求。玻璃面板后面的保温材料与面板内表面的间隙不宜小于50mm,且宜设置透气孔。在严寒、寒冷和夏热冬冷地区,保温层靠近室内的一侧应设置隔汽层,隔汽层应完整、密封,穿透保温层、隔汽层处的支承连接部位应采取密封措施。

4.3.6 玻璃幕墙的金属连接部位,应采取有效措施防止产生噪声。构件式幕墙的立柱与横梁以螺栓连接时,可设置柔性垫片,或者预留1mm~2mm间隙,间隙内灌注建筑密封胶。

4.3.7 除奥氏体型不锈钢外,玻璃幕墙中不同金属材料的接触部位应设置绝缘垫片或采取其他防腐蚀措施。

4.3.8 幕墙玻璃之间的拼接胶缝的宽度应满足玻璃面板和密封胶的变形要求,胶缝宽度不宜小于10mm。硅酮建筑密封胶的施工厚度应不小于5mm;较深的密封槽口底部应采用聚乙烯发

泡材料填塞。

4.3.9 明框幕墙的玻璃板块下边缘与框料的槽底之间应衬垫硬橡胶垫块，垫块数量不应少于 2 块，厚度不应小于 5mm，每块长度不应小于 100mm，垫块邵氏硬度宜为 85~90。

4.3.10 明框玻璃幕墙的玻璃板块边缘至框料槽底的间隙宽度应满足下式要求：

$$2c_1(1+l_1/l_2 \times c_2/c_1) \geq u_{\text{lim}} \quad (4.3.10)$$

式中： u_{lim} ——主体结构层间位移引起框料的变形限值（mm）；

l_1 ——矩形玻璃板块竖向边长（mm）；

l_2 ——矩形玻璃板块横向边长（mm）；

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

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

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

4.3.11 隐框、半隐框玻璃幕墙和隐框开启扇采用中空玻璃且外片与支承框架无结构粘接时，其硅酮结构密封胶胶缝至少应有一对边与中空玻璃二道结构密封胶胶缝重合。

4.3.12 幕墙的玻璃板块及其支承结构不宜跨越主体结构的变形缝。在与主体结构变形缝相对应部位设计的幕墙构造缝，应能适应主体结构变形的要求。

4.3.13 玻璃幕墙的构件的内侧表面与主体结构的外缘之间应预留空隙，且不宜小于 35mm。

4.4 防火及防雷设计

4.4.1 玻璃幕墙的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

4.4.2 在无主体结构实体墙的部位，幕墙与周边防火分隔构件间的缝隙、与楼板或隔墙外沿间的缝隙等，应进行防火封堵设计；在有主体结构实体墙的部位，与实体墙面洞口边缘间的缝隙以及与实体墙周边的缝隙等，应进行防火封堵设计。

4.4.3 当玻璃幕墙无窗槛墙设计时，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者防火玻璃裙墙。位于楼板边缘的混凝土梁板或钢梁板的高度可以计入此高度。

4.4.4 玻璃幕墙与各层楼板、隔墙外沿的间隙应采取防火封堵措施，并应符合下列要求：

1 在窗槛墙部位宜采用上下两层水平防火封堵构造。当采用一层防火封堵时，防火封堵构造应位于窗槛墙的下部；

2 水平防火封堵构造应采用不小于 1.5mm 镀锌钢板与主体结构、幕墙框架可靠连接；钢板支撑构造与主体结构、幕墙构部件以及钢承托板之间的接缝处应采用防火密封胶密封；

3 当采用岩棉或矿棉封堵时，应填充密实，填充厚度应不小于 100mm。

4.4.5 幕墙的防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB50057 的规定。幕墙的金属框架应与主体结构的防雷装置可靠连接，并保持导电通畅。

4.5 安全规定

4.5.1 玻璃幕墙的玻璃板块不宜跨越两个相邻的防火分区。

4.5.2 建筑高度大于 100m 时，不宜采用隐框玻璃幕墙，否则应在面板和支承结构之间采取除

硅酮结构胶以外的防面板脱落的构造措施。外倾或倒挂的玻璃幕墙不应采用隐框玻璃幕墙。

4.5.3 有抗爆设计要求的玻璃幕墙，面板应选用防爆玻璃，其性能应符合现行国家标准《防爆复合玻璃》GA 667 的规定。

4.5.4 幕墙玻璃选用应符合下列规定：

- 1 玻璃幕墙的面板，除夹层玻璃外应选用钢化超白浮法玻璃、均质钢化玻璃及其制品；
- 2 全玻璃幕墙的玻璃肋宜采用夹层玻璃，且夹层玻璃应进行封边处理；
- 3 开孔玻璃肋应采用钢化夹层玻璃。

4.5.5 幕墙玻璃采用夹层玻璃时，应设置消防救援单元，且该单元应设置明显标志。

4.5.6 外露于玻璃幕墙墙面的装饰性构件应与幕墙支承结构或主体结构可靠连接。

4.5.7 人员流动密度大、青少年或幼儿活动的公共场所以及使用中容易受到撞击的玻璃幕墙部位，宜采用夹层玻璃，并应设置明显的警示标志。

5 结构设计的基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 玻璃幕墙应按围护结构设计。幕墙的结构设计使用年限不应少于 25 年，幕墙主要支承结构的设计使用年限宜与主体建筑相同。

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

5.1.3 玻璃幕墙结构的作用效应应符合下列规定：

1 非抗震设计时，应计算重力荷载和风荷载效应；

2 抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载和地震作用效应。

温度作用下，变形受到约束的支承结构尚应考虑温度作用的影响。

5.1.4 玻璃幕墙结构，可按弹性方法分别计算施工阶段和正常使用阶段的作用效应，并按本规范第 5.4 节的规定进行作用的组合。

5.1.5 玻璃幕墙构件应按各效应组合中的最不利组合进行设计。

5.1.6 幕墙结构构件应按下列规定进行承载力计算和挠度验算：

1 持久设计状况、短暂设计状况

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.1.6-1)$$

2 地震设计状况

$$S_E \leq R / \gamma_{RE} \quad (5.1.6-2)$$

式中： S ——荷载按基本组合的效应设计值；

S_E ——地震作用和其他荷载按基本组合的效应设计值；

R ——构件抗力设计值；

γ_0 ——幕墙结构构件重要性系数，可取 1.0；

γ_{RE} ——幕墙结构构件承载力抗震调整系数，可取 1.0。

3 挠度应符合下式要求：

$$d_f \leq d_{f,lim} \quad (5.1.6-3)$$

式中： d_f ——构件在风荷载标准值或永久荷载标准值作用下产生的挠度值；

$d_{f,lim}$ ——构件挠度限值。

4 双向受弯的杆件，两个方向的挠度均应符合本条第 3 款的规定。

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

5.1.8 在计算斜玻璃幕墙的承载力时，应计入重力荷载及施工荷载在垂直于玻璃平面方向作用所产生的弯曲应力。

5.2 材料力学性能

5.2.1 玻璃的强度设计值应按表 5.2.1 的规定采用。

表 5.2.1 玻璃的强度设计值 f_g (N/mm²)

种类	厚度 (mm)	大面	端面	边缘强度
平板玻璃	5~12	28.0	20.0	22.0
	15~19	24.0	17.0	19.0
	≥20	20.0	14.0	16.0
钢化玻璃	5~12	84.0	59.0	67.0
	15~19	72.0	51.0	58.0
	≥20	59.0	42.0	47.0

注：1 夹层玻璃和中空玻璃的强度设计值可按所采用的玻璃类型确定；

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

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

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

5.2.2 铝合金型材的强度设计值可按现行国家规范《铝合金结构设计规范》GB 50429 的规定采用，也可按表 5.2.2 的规定采用。

表 5.2.2 铝合金型材的强度设计值 f_g (N/mm²)

铝合金牌号	状态	壁厚 (mm)	强度设计值 f_g		
			抗拉、抗压	抗剪	局部承压
6061	T4	不区分	90	55	135
	T6	不区分	200	115	200
6063	T5	不区分	90	55	120
	T6	不区分	150	85	160
6063A	T5	≤10	135	75	150
		>10	125	70	140
	T6	≤10	160	90	120
		>10	150	85	160

5.2.3 钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用。

5.2.4 拉杆和拉索的不锈钢锚固件、连接件的抗拉、抗压强度设计值 f_s 应按其屈服强度标准值 $\sigma_{0.2}$ 除以系数 1.15 采用，其抗剪强度设计值可按其抗拉强度设计值的 0.58 倍采用。

5.2.5 张拉杆、索的抗拉力设计值应按下列规定采用：

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

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

3 钢拉杆的抗拉力设计值应按其极限抗拉承载力标准值除以系数 1.7 采用。

5.2.6 玻璃幕墙材料的弹性模量可按表 5.2.6 的采用。

表 5.2.6 材料的弹性模量 E (N/mm²)

材 料	E
玻璃	0.72×10^5
铝合金	0.70×10^5
钢、不锈钢	2.06×10^5
消除应力的高强钢丝	2.05×10^5
不锈钢绞线	$1.20 \times 10^5 \sim 1.50 \times 10^5$
高强钢绞线	1.95×10^5
钢丝绳	$0.80 \times 10^5 \sim 1.00 \times 10^5$

注：钢绞线弹性模量可按实测值采用。

5.2.7 玻璃幕墙材料的泊松比可按表 5.2.7 的规定采用。

表 5.2.7 材料的泊松比 ν

材 料	ν
玻璃	0.20
铝合金	0.30
钢、不锈钢	0.30
高强钢丝、钢绞线	0.30

5.2.8 玻璃幕墙材料的线膨胀系数可按表 5.2.8 的规定采用。

表 5.2.8 材料的线膨胀系数 α ($\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)

材 料	α
玻璃	0.80~1.00
铝合金	2.40
钢材	1.20
不锈钢板	1.60
混凝土	1.00

5.3 荷载和地震作用

5.3.1 玻璃幕墙材料的重力密度标准值可按表 5.3.1 的规定采用。

表 5.3.1 材料的重力密度 γ_g (kN/m^3)

材 料	γ_g
玻璃	25.6
钢材	78.5
铝合金	28.0
矿棉	1.2~1.5
玻璃棉	0.5~1.0
岩棉	0.5~2.5

5.3.2 玻璃幕墙的风荷载标准值应符合下列规定：

1 区分主要承重结构或围护结构，分别按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定；

2 计算张拉索杆支承结构、自振周期大于 1.0s 的大跨钢结构上作用的风荷载值标准值时，宜考虑风振效应的影响；

3 玻璃幕墙计算用风荷载标准值不应小于 1.0kN/m^2 。

5.3.3 玻璃幕墙体型复杂、群集的高层建筑、风荷载环境复杂或高度大于 200m 时，宜进行风洞试验，并参照风洞试验结果确定风荷载。

5.3.4 幕墙支承结构的地震作用宜采用振型分解反应谱法或时程分析方法确定。对玻璃面板、框支承幕墙中的横梁和立柱、全玻璃幕墙中的玻璃肋、跨度不超过 6m 的支承结构，垂直于玻璃幕墙平面上作用的分布水平地震作用标准值也可按下式计算：

$$q_{\text{Ek}} = \beta_{\text{E}} \alpha_{\text{max}} G_{\text{k}} / A \quad (5.3.4)$$

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

β_{E} ——动力放大系数，可取 5.0 ；

α_{max} ——水平地震影响系数最大值，应按表 5.3.4 采用。对水平倒挂玻璃及其支承结构，应按表 5.3.4 乘 0.65 后采用；

G_{k} ——玻璃幕墙构件（包括玻璃面板和铝框）的重力荷载标准值 (kN)；

A ——玻璃幕墙平面面积 (m^2)。

表 5.3.4 水平地震影响系数最大值 α_{max}

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

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。

5.3.5 平行于玻璃幕墙平面的集中水平地震作用标准值可按下式计算， β_{E} 按 5.3.4 规定取值：

$$P_{\text{Ek}} = \beta_{\text{E}} \alpha_{\text{max}} G_{\text{k}} \quad (5.3.5)$$

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

5.3.6 幕墙的主要受力构件以及连接件、锚固件所承受的地震作用标准值，应包括所支承的玻璃幕墙构件及自身重力荷载标准值产生的地震作用标准值。幕墙横梁和立柱重力荷载标准值产生的地震作用标准值，可按本规范第 5.3.5 条的规定计算。

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

5.4 作用组合

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

1 持久设计状况、短暂设计状况

$$S = \gamma_{\text{G}} S_{\text{Gk}} + \psi_{\text{w}} \gamma_{\text{w}} S_{\text{wk}} + \psi_{\text{T}} \gamma_{\text{T}} S_{\text{Tk}} \quad (5.4.1-1)$$

2 地震设计状况

$$S = \gamma_{\text{G}} S_{\text{Gk}} + \psi_{\text{E}} \gamma_{\text{E}} S_{\text{Ek}} + \psi_{\text{w}} \gamma_{\text{w}} S_{\text{wk}} \quad (5.4.1-2)$$

对张拉索杆体系，效应组合的设计值尚应包含预加应力产生的效应。预应力效应分项系数：当预应力作用对结构有利时取 1.0 ；对结构不利时应取 1.2 。

式中： S ——作用效应组合值；

S_{Gk} ——永久荷载效应标准值；

S_{Wk} ——风荷载效应标准值；
 S_{Ek} ——地震作用效应标准值；
 S_{Tk} ——温度作用效应标准值，对变形不受约束的支承结构及构件，可取 0；
 γ_G ——永久荷载分项系数；
 γ_W ——风荷载分项系数；
 γ_E ——地震作用分项系数；
 γ_T ——温度作用分项系数；
 ψ_w ——风荷载的组合值系数；
 ψ_E ——地震作用的组合值系数；
 ψ_T ——温度作用的组合值系数。

5.4.2 进行幕墙构件的承载力设计时，作用分项系数应按下列规定取值：

1 一般情况下，永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用的分项系数 γ_G 、 γ_w 、 γ_E 、 γ_T 应分别取 1.2、1.4、1.3 和 1.4；

2 当永久荷载的效应起控制作用时，其分项系数 γ_G 应取 1.35；

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

5.4.3 可变作用的组合值系数应按下列规定采用：

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

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

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

4 地震设计状况时，风荷载组合值系数 ψ_w 应取 0.2。

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

5.5 连接设计

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

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

5.5.3 横梁可通过角码、螺钉或螺栓与立柱连接。角码应能承受横梁的剪力，其厚度不应小于 3mm；角码与立柱之间的连接螺钉或螺栓应满足抗剪和抗扭承载力要求。

5.5.4 立柱与主体结构之间采用螺栓连接时，每个受力连接部位的连接螺栓不应少于 2 个，且连接螺栓直径不宜小于 10mm。

5.5.5 横梁与立柱可以采用焊缝连接。铝合金型材的焊接应符合现行国家标准《铝合金结构设

计规范》GB 50429 的规定；钢型材的焊接应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢设计规范》GB 50018 的规定。

5.5.6 框支承玻璃幕墙的立柱宜悬挂在主体结构上。

5.5.7 玻璃幕墙立柱与混凝土主体结构宜通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入，预埋件的位置应准确；当采用其他可靠的连接措施，应通过试验确定其承载力。

5.5.8 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，也可按附录 A 进行设计。

5.5.9 槽式预埋件及其他连接措施，应按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行设计，并宜通过试验确定其承载力。

5.5.10 玻璃幕墙构架与主体结构采用后加锚栓连接时，应符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定，且应符合下列要求：

1 产品应有出厂合格证；

2 碳素钢锚栓应经过防腐处理；

3 应进行承载力现场试验，必要时进行极限拉拔试验；

4 每个连接节点不应少于 2 个锚栓；

5 锚栓直径应通过承载力计算确定，且不应小于 10mm；

6 在与化学锚栓接触的连接件上进行焊缝焊接操作时，应充分考虑焊接对锚栓承载力和锚固性能的影响；

7 防火玻璃幕墙不宜采用化学锚栓；

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

5.5.11 幕墙与砌体结构连接时，宜在连接部位的主体结构上增设钢筋混凝土或钢结构梁、柱。

5.6 硅酮结构密封胶设计

5.6.1 硅酮结构密封胶的粘接宽度应符合本规范第 5.6.3 或 5.6.4 条的规定，且不应小于 7mm；粘接厚度应符合本规范第 5.6.5 条的规定，并不应小于 6mm，且不宜大于 12mm。硅酮结构密封胶的粘接宽度宜大于厚度，当采用单组份硅酮结构密封胶时粘接宽度不宜大于厚度的 2 倍。

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

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

1 在风荷载作用下，粘接宽度 c_s 应按下列式计算：

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} \quad (5.6.3-1)$$

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 (kN/m^2) ;
 a ——矩形玻璃板的短边长度 (mm) ;
 f_1 ——硅酮结构密封胶在风荷载或地震作用下的强度设计值, 取 0.2N/mm^2 。

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:

$$c_s = \frac{(q_E + 0.2w)a}{2000f_1} \quad (5.6.3-2)$$

式中: q_E ——作用在计算单元上的地震作用设计值 (kN/m^2) 。

3 在永久荷载作用下, 粘接宽度 c_s 应按下式计算:

$$c_s = \frac{q_G ab}{2000(a+b)f_2} \quad (5.6.3-3)$$

式中: q_G ——幕墙玻璃单位面积重力荷载设计值 (kN/m^2) ;

a 、 b ——分别为矩形玻璃板的短边和长边长度 (mm) ;

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

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

$$c_s = \frac{wa}{2000f_1} + \frac{q_G a}{2000f_2} \quad (5.6.4)$$

5.6.5 硅酮结构密封胶的粘接厚度 t_s (图 5.6.5) 应符合公式 (5.6.5-1) 的要求:

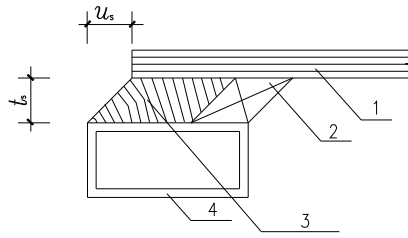


图 5.6.5 结构硅酮密封胶变形示意

1——玻璃; 2——双面胶条; 3——结构硅酮密封胶; 4——铝框

$$t_s \geq \frac{u_s}{3\delta} \quad (5.6.5-1)$$

$$u_s = \eta[\theta]h_g \quad (5.6.5-2)$$

式中: t_s ——硅酮结构密封胶的粘接厚度 (mm) ;

u_s ——主体结构侧移影响下, 硅酮结构密封胶沿厚度方向产生的剪切位移值 (mm) ;

η ——硅酮结构胶厚度方向剪切位移影响系数, 取 0.6;

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

h_g ——玻璃面板高度 (mm) , 取其边长 a 或 b ;

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

5.6.6 隐框或横向半隐框玻璃幕墙, 每块玻璃的下端应设置不少于两个铝合金或不锈钢托条, 托条和玻璃面板水平支承构件之间应可靠连接。托条应能承受该分格玻璃的重力荷载设计值。托条长度不应小于 100mm 、厚度不应小于 2mm 。托条上宜设置衬垫。中空玻璃的托条应托住

外片玻璃。

5.6.7 隐框、半隐框中空玻璃的二道密封硅酮结构胶应能承受外侧面板传递的荷载作用，其有效宽度应按本规范 5.6.3 条、5.6.4 条的原则由计算确定，且不应小于 7mm。

6 框支承玻璃幕墙结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 采用隔热条断桥的铝合金横梁应设置托板将玻璃面板的自重直接传送到横梁截面的主要受力部分。

6.1.2 钢型材与铝型材组合形成的横梁、立柱，当两者变形协调时，荷载和地震作用可按两者的弯曲刚度比例分配后分别进行计算和设计。

6.2 玻璃

6.2.1 框支承玻璃幕墙单片玻璃的厚度不应小于 6mm，离子性中间层夹层玻璃的单片厚度不应小于 4mm、聚乙烯醇缩丁醛中间层夹层玻璃的单片厚度不应小于 5mm；夹层玻璃、中空玻璃的单片玻璃厚度相差不宜大于 3mm。

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

1 最大应力标准值宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k a^2}{t^2} \eta \quad (6.2.2-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2} \eta \quad (6.2.2-2)$$

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) a^4}{Et^4} \quad (6.2.2-3)$$

式中： θ ——参数；

σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载、地震作用下玻璃截面的最大应力标准值（N/mm²）；

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

a ——矩形玻璃板材短边边长（mm）；

t ——玻璃的厚度（mm）；

E ——玻璃的弹性模量（N/mm²）；

m ——弯矩系数，可由玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 6.2.2-1 采用；

η ——折减系数，可由参数 θ 按表 6.2.2-2 采用。

表 6.2.2-1 四边支承玻璃板的弯矩系数 m

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

表 6.2.2-2 折减系数 η

θ	≤5.0	10.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0
----------	------	------	------	------	------	------	-------

η	1.00	0.95	0.89	0.80	0.72	0.66	0.58
θ	120.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0	≥ 400.0
η	0.48	0.47	0.44	0.36	0.33	0.31	0.30

2 最大应力设计值应按本规范第 5.4.1 条的规定进行组合；

3 最大应力设计值不应超过玻璃大面强度设计值 f_g 。

6.2.3 沿周边支承的单片玻璃在风荷载作用下的跨中挠度，应符合下列规定：

1 单片玻璃的刚度 D 可按下列公式计算：

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.2.3-1)$$

式中： D ——玻璃的刚度(Nmm)；

t ——玻璃的厚度 (mm)；

ν ——泊松比，可按本规范第 5.2.9 条采用。

2 玻璃跨中挠度可按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下式计算：

$$d_f = \frac{\mu w_k a^4}{D} \eta \quad (6.2.3-2)$$

式中： d_f ——在风荷载标准值作用下挠度最大值(mm)；

w_k ——垂直于玻璃幕墙平面的风荷载标准值 (N/mm^2)；

μ ——挠度系数，可由玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 6.2.3 采用；

η ——折减系数，可按本规范表 6.2.2-2 采用。

表 6.2.3 四边支承板的挠度系数 μ

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

3 在风荷载标准值作用下，四边支承玻璃的最大挠度不宜大于其短边边长的 1/60。

6.2.4 夹层玻璃的等效厚度可通过试验确定。单层胶片夹层玻璃的等效厚度也可按下列公式计算：

1 夹层玻璃的挠度可按本规范第 6.2.3 条的规定进行计算，但在计算玻璃刚度 D 时，应采用等效厚度 $t_{e,w}$ ， $t_{e,w}$ 可按下列公式计算：

$$t_{e,w} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + 12\Gamma I_s} \quad (6.2.4-1)$$

2 夹层玻璃夹胶层两侧单片玻璃的应力可按本规范第 6.2.2 条单片玻璃的规定进行计算，各自的等效厚度 $t_{1e,\sigma}$ 、 $t_{2e,\sigma}$ 可按下列公式计算：

$$t_{1e,\sigma} = \sqrt{\frac{t_{e,w}^3}{t_1 + 2\Gamma t_{s,2}}} \quad (6.2.4-2)$$

$$t_{2e,\sigma} = \sqrt{\frac{t_{e,w}^3}{t_2 + 2\Gamma t_{s,1}}} \quad (6.2.4-3)$$

$$I_s = t_1 t_{s,2}^2 + t_2 t_{s,1}^2 \quad (6.2.4-4)$$

$$t_{s,1} = \frac{t_s t_1}{t_1 + t_2} \quad (6.2.4-5)$$

$$t_{s,2} = \frac{t_s t_2}{t_1 + t_2} \quad (6.2.4-7)$$

$$t_s = 0.5(t_1 + t_2) + t_v \quad (6.2.4-8)$$

$$\Gamma = \frac{1}{1 + 9.6 \frac{EI_s t_v}{G t_s^2 L^2}} \quad (6.2.4-9)$$

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

G ——与温度相关的夹层玻璃中间层的剪切模量（N/mm²）；

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

L ——夹层玻璃的短边长度（mm）；

E ——玻璃的弹性模量（N/mm²）。

6.2.5 中空玻璃可按下列规定进行计算：

1 作用于中空玻璃上的风荷载标准值可按下列公式分配到两片玻璃上：

1) 直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k1} = 1.1 w_k \frac{t_1^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.5-1)$$

2) 不直接承受风荷载作用的单片玻璃：

$$w_{k2} = w_k \frac{t_2^3}{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.5-2)$$

2 作用于中空玻璃上的地震作用标准值 q_{Ek1} 、 q_{Ek2} ，可根据各单片玻璃的自重，按照本规范第 5.3.4 条的规定计算；

3 两片玻璃可分别按本规范第 6.2.2 条的规定进行应力计算；

4 中空玻璃的挠度可按本规范第 6.2.3 条的规定进行计算，但计算玻璃刚度 D 时，应采用等效厚度 t_e ， t_e 可按下式计算：

$$t_e = 0.95 \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (6.2.5-3)$$

式中： t_e ——中空玻璃的等效厚度（mm）。

5 中空玻璃采用夹层玻璃作为前后玻璃时，先分别按本规范第 6.2.4 条的规定计算其等效厚度 t_{e1} 、 t_{e2} ，等效为单片玻璃，再按本规范第 6.2.5 条的方法进行计算。

6.2.6 隐框玻璃面板附框与横梁、立柱固定的压块，其间距和数量应由面板所承受的荷载和作用计算决定。

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

6.2.8 中空玻璃内外片尺寸不同时，长度差不宜大于单片玻璃厚度的 5 倍。

6.2.9 玻璃幕墙转角处玻璃悬挑不宜超过 300mm。

6.3 横梁

6.3.1 横梁截面主要受力部位的厚度，应符合下列要求：

1 截面的宽厚比应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

2 铝合金横梁型材截面有效受力部位的厚度不应小于 2.0mm。铝合金型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、压连接时，应进行螺纹受力计算。螺纹连接处，型材局部加厚部位的壁厚不应小于 4mm，宽度不应小于 13mm；

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

6.3.2 应根据板材在横梁上的支承状况决定横梁的荷载，并计算横梁承受的弯矩和剪力。当采用大跨度开口截面横梁时，宜考虑约束扭转产生的双力矩。单元式幕墙采用组合横梁时，横梁上、下两部分应按各自承担的荷载和作用分别进行计算。

6.3.3 横梁截面受弯承载力和受剪承载力应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

6.3.4 玻璃在横梁上偏置使横梁产生较大的扭矩时，应进行横梁抗扭承载力计算，并采取相应的构造措施。

6.3.5 横梁在风荷载标准值作用下产生的挠度 d_f 应符合下列规定：

$$d_f \leq l/200 \quad (6.3.5)$$

式中： l ——横梁的跨度（mm），悬臂构件可取挑出长度的 2 倍。

6.4 立柱

6.4.1 立柱截面主要受力部位的厚度，应符合下列要求：

1 铝型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0mm，闭口部位的厚度不应小于 2.5mm；

2 铝型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受拉、压连接时，应进行螺纹受力计算，其螺纹连接处的型材局部加厚部位的壁厚不应小于 4mm，宽度不应小于 13mm；

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

4 对偏心受压立柱和偏心受拉立柱的杆件，其有效截面宽厚比应符合本规范第 6.3.1 条的相应规定。

6.4.2 上、下立柱之间互相连接时，连接方式应与计算简图一致，并应符合下列要求：

1 采用铝合金闭口截面型材的立柱，宜设置长度不小于 250mm 的芯柱连接。芯柱一端与立柱应紧密滑动配合，另一端与立柱宜采用机械连接方式固定；

2 采用开口截面型材的立柱，可采用型材或板材连接。连接件一端应与立柱固定连接，

另一端的连接方式不应限制立柱的轴向位移；

3 采用闭口截面型钢材的立柱，可采用本条第 1 款或第 2 款的连接方式；

4 两立柱接头部位应留空隙，空隙宽度不宜小于 15mm。

6.4.3 多层或高层建筑中跨层通长布置立柱时，立柱与主体结构的连接支承点每层不宜少于一个。

按铰接多跨梁设计的立柱每层设两个支承点时，上支承点宜采用圆孔，下支承点宜采用长圆孔。

6.4.4 在楼层内单独布置立柱时，其上、下端均宜与主体结构铰接，宜采用上端悬挂方式；当柱支承点可能产生较大位移时，应采用与位移相适应的支承装置。

6.4.5 承受轴力和弯矩作用的立柱，其承载力应符合下式要求：

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{\gamma W_n} \leq f \quad (6.4.5)$$

式中： N ——立柱的轴力设计值（N）；

M ——立柱的弯矩设计值（N·mm）

A_n ——立柱的净截面面积（mm²）；

W_n ——立柱在弯矩作用方向的净截面模量（mm³）；

γ ——截面塑性发展系数，冷弯薄壁型钢和铝型材可取 1.0，热轧钢型材可取 1.05；

f ——型材的抗弯强度设计值 f_a 或 f_s （N/mm²）。

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

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{\gamma W(1-0.8N/N_E)} \leq f \quad (6.4.6-1)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{1.1\lambda^2} \quad (6.4.6-2)$$

式中： N ——立柱的轴压力设计值（N）；

N_E ——临界轴压力（N）；

M ——立柱的最大弯矩设计值（N·mm）

φ ——弯矩作用平面内的轴心受压的稳定系数，可按表 6.4.6 采用；

A ——立柱的毛截面面积（mm²）；

W ——在弯矩作用方向上较大受压边的毛截面模量（mm³）；

λ ——长细比；

γ ——截面塑性发展系数，铝型材可取 1.0，钢型材可取 1.05；

f ——型材的抗弯强度设计值 f_a 或 f_s （N/mm²）。

表 6.4.6 轴心受压柱的稳定系数 φ

长细比 λ	热轧钢型材		冷成型薄壁型钢		铝型材			
	Q235	Q345	Q235	Q345	6063-T5 6061-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6
20	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.96	0.95

40	0.90	0.88	0.89	0.87	0.85	0.80	0.86	0.82
60	0.81	0.73	0.82	0.78	0.72	0.65	0.69	0.58
80	0.69	0.58	0.72	0.63	0.57	0.48	0.48	0.38
90	0.62	0.50	0.66	0.55	0.50	0.41	0.39	0.31
100	0.56	0.43	0.59	0.48	0.43	0.35	0.33	0.25
110	0.49	0.37	0.52	0.41	0.38	0.30	0.28	0.21
120	0.44	0.32	0.45	0.35	0.33	0.26	0.24	0.18
130	0.39	0.28	0.40	0.30	0.29	0.22	0.20	0.16
140	0.35	0.25	0.35	0.26	0.26	0.20	0.18	0.14
150	0.31	0.21	0.31	0.23	0.23	0.17	0.16	0.12

6.4.7 承受轴压力和弯矩作用的立柱，其长细比 λ 不宜大于 150。

6.4.8 立柱由风荷载标准值产生的挠度 d_f 应符合以下要求：

$$d_f \leq l / 200 \quad (6.4.8)$$

式中： l ——支点间的距离（mm），悬臂构件应取挑出长度的 2 倍。

7 全玻璃幕墙结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 玻璃高度大于表 7.1.1 限值的全玻璃幕墙应悬挂在主体结构上。

表 7.1.1 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	5	6

7.1.2 全玻璃幕墙的周边收口槽壁与玻璃面板或玻璃肋的空隙均不宜小于 8mm，吊挂玻璃下端与下槽底的空隙尚应满足玻璃伸长变形的要求。槽壁与玻璃间宜采用弹性垫块支承或填塞，并应采用硅酮建筑密封胶密封。

7.1.3 吊挂全玻璃幕墙的主体结构或结构构件应有足够的刚度，采用钢桁架或钢梁作为受力构件时，其挠度不应大于跨度的 1/250。

7.1.4 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。

7.1.5 玻璃自重不应由结构胶缝承受。

7.1.6 吊夹应符合现行行业标准《吊挂式玻璃幕墙支承装置》JG 139 的有关规定。

7.2 面板

7.2.1 非夹层玻璃的面板单片厚度不应小于 10mm；夹层玻璃单片厚度不应小于 6mm。

7.2.2 面板玻璃通过胶缝与玻璃肋相联结时，面板可作为支承于玻璃肋的单向简支板设计，其应力与挠度可分别按本规范第 6.2.2 条和第 6.2.3 条的规定计算，公式中的 a 值应取为玻璃面板的跨度，系数 m 和 μ 可分别取为 0.125 和 0.013；面板为夹层玻璃或中空玻璃时，可按本规范第 6.2.4 条或 6.2.5 条的规定计算。

7.2.3 通过胶缝与玻璃肋连接的面板，在风荷载标准值作用下，其挠度不宜大于跨度的 1/60；点支承面板的挠度不宜大于其支承点间较大边长的 1/60。

7.3 玻璃肋

7.3.1 全玻璃幕墙玻璃肋的截面厚度不应小于 12mm，截面高度不应小于 100mm。

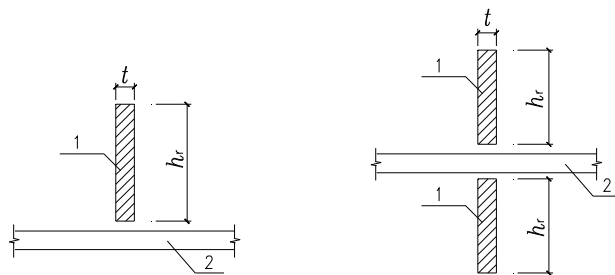
7.3.2 全玻璃幕墙玻璃肋的截面高度 h_r （图 7.3.2）可按下列公式计算：

$$h_r = \sqrt{\frac{3qlh^2}{8f_g t}} \quad (\text{双肋}) \quad (7.3.2-1)$$

$$h_r = \sqrt{\frac{3qlh^2}{4f_g t}} \quad (\text{单肋}) \quad (7.3.2-2)$$

式中： h_r ——玻璃肋截面高度 (mm)；
 q ——风荷载和地震作用组合设计值 (N/mm^2)；
 l ——两肋之间的玻璃面板跨度 (mm)；
 f_g ——取玻璃侧面强度设计值 (N/mm^2)；

- t ——玻璃肋截面厚度 (mm) ;
 h ——玻璃肋上、下支点的距离, 即计算跨度 (mm) 。



(a)单肋

(b)双肋

图 7.3.2 全玻璃幕墙玻璃肋截面尺寸示意

1——玻璃肋; 2——玻璃面板

7.3.3 全玻璃幕墙玻璃肋在风荷载标准值作用下的挠度 d_f 可按下列式计算:

$$d_f = \frac{5}{32} \times \frac{w_k l h^4}{E t h^3} \quad (\text{单肋}) \quad (7.3.3-1)$$

$$d_f = \frac{5}{64} \times \frac{w_k l h^4}{E t h^3} \quad (\text{双肋}) \quad (7.3.3-2)$$

式中: w_k ——风荷载标准值 (N/mm^2) ;

E ——玻璃弹性模量 (N/mm^2) 。

7.3.4 在风荷载标准值作用下, 玻璃肋的挠度不宜大于其计算跨度的 1/200。

7.3.5 采用金属件连接的玻璃肋, 其连接金属件的厚度不应小于 6mm。连接螺栓宜采用不锈钢螺栓, 其直径不应小于 8mm。连接接头应能承受截面的弯矩、剪力和轴力设计值。

7.3.6 玻璃肋面内承载力和变形验算时, 夹层玻璃肋的等效截面厚度可取两片玻璃厚度之和。

7.3.7 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, 必要时应采取设置水平玻璃肋或水平金属拉杆等防止侧向失稳的构造措施。

7.4 胶缝

7.4.1 全玻璃幕墙的胶缝必须采用硅酮结构密封胶。

7.4.2 全玻璃幕墙胶缝承载力应符合下列要求:

- 1 与玻璃面板平齐或突出的玻璃肋:

$$\frac{q l}{2 t_1} \leq f_1 \quad (7.4.2-1)$$

- 2 后置或骑缝的玻璃肋:

$$\frac{q l}{t_2} \leq f_1 \quad (7.4.2-2)$$

式中 q ——垂直于玻璃面板的分布荷载设计值 (N/mm^2) ;

- l ——两肋之间的玻璃面板跨度 (mm) ;
 t_1 ——粘接宽度, 取玻璃面板截面厚度 (mm) ;
 t_2 ——粘接宽度, 取玻璃肋截面厚度 (mm) ;
 f_1 ——硅酮结构密封胶在风荷载或地震作用下的强度设计值, 取 0.2N/mm^2 。

3 粘接厚度不应小于 6mm。

7.4.3 当粘接宽度不满足本规范第 7.4.2 条第 1、2 款的要求时, 可采取附加玻璃板条或不锈钢条等措施, 加大粘接宽度。

8 点支承玻璃幕墙结构设计

8.1 面板

8.1.1 四边形玻璃面板宜采用四点支承，三角形玻璃面板可采用三点支承。玻璃面板支承孔边与板边的距离不宜小于 70mm。

8.1.2 点支承玻璃幕墙中，单片玻璃厚度不应小于 6mm，与沉头式驳接头直接接触的单片玻璃厚度不应小于 8mm。

8.1.3 玻璃面板间的接缝宽度不应小于 10mm，有密封要求时应采用硅酮建筑密封胶嵌缝。

8.1.4 点支承玻璃支承孔周边应进行可靠的密封。当点支承玻璃为中空玻璃时，其支承孔周边应采取多道密封措施。

8.1.5 在垂直于幕墙平面的风荷载和地震作用下，四点支承玻璃面板的应力和挠度应符合下列规定：

1 最大应力标准值和最大挠度宜按考虑几何非线性的有限元方法计算，也可按下列公式计算：

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k b^2}{t^2} \eta \quad (8.1.5-1)$$

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b^2}{t^2} \eta \quad (8.1.5-2)$$

$$d_f = \frac{\mu w_k b^4}{D} \eta \quad (8.1.5-3)$$

$$\theta = \frac{w_k b^4}{Et^4} \text{ 或 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) b^4}{Et^4} \quad (8.1.5-4)$$

式中： θ ——参数；

σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——分别为风荷载、地震作用下玻璃截面的最大应力标准值（N/mm²）；

d_f ——在风荷载标准值作用下挠度最大值(mm)；

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

b ——支承点间玻璃面板长边边长（mm）；

t ——玻璃的厚度（mm）；

m ——弯矩系数，可由支承点间玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 8.1.5-1 采用；

μ ——挠度系数，可由支承点间玻璃板短边与长边边长之比 a/b 按表 8.1.5-2 采用；

η ——折减系数，可由参数 θ 按表 6.2.2-2 采用；

D ——玻璃面板的刚度，可按公式（6.2.3-1）计算(Nmm)；

表 8.1.5-1 四点支承玻璃板的弯矩系数 m

a/b	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
m	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134	0.136
a/b	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
m	0.138	0.140	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154	—

注： a 为支承点之间的短边边长。

表 8.1.5-2 四点支承玻璃板的挠度系数 μ

a/b	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60
μ	0.01302	0.01317	0.01335	0.01367	0.01417	0.01451	0.01496
a/b	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
μ	0.01555	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363
a/b	1.00	—	—	—	—	—	—
μ	0.02603	—	—	—	—	—	—

注： a 为支承点之间的短边边长。

2 玻璃面板最大应力设计值应按本规范第 5.4.1 条的规定计算，并不应超过玻璃大面强度设计值 f_g ；

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

8.1.6 四点支承的矩形夹层玻璃的挠度和应力应符合第 8.1.5 条的规定，其中夹层玻璃的厚度应取按本规程第 6.2.4 条的规定计算的等效厚度。

8.1.7 四点支承的矩形中空玻璃，应按下列规定进行计算：

1 作用于中空玻璃两片玻璃上的风荷载标准值 w_{k1} 、 w_{k2} ，可按照本规范 6.2.5 条的规定进行计算；

2 作用于中空玻璃上的地震作用标准值 q_{Ek1} 、 q_{Ek2} ，可按照各单片玻璃的自重，按照本规范 5.3.4 条的规定进行计算并符合其规定；

3 两片玻璃所承受的最大应力标准值应符合本规范 8.1.5 条的规定；

4 中空玻璃的挠度应符合本规范 8.1.5 条的规定，计算玻璃刚度 D 时，应采用等效厚度 t_e ， t_e 可按照本规范 6.2.5 条的规定确定；

5 采用夹层玻璃作为前后玻璃时，其厚度可按照本规范 6.2.4 条和 6.2.5 条的规定计算其等效厚度确定。

8.2 支承装置

8.2.1 支承装置应符合现行行业标准《点支式玻璃幕墙支承装置》JG/T 138 的规定。

8.2.2 驳接头应能适应玻璃面板在支承点处的转动变形。

8.2.3 驳接头的钢材与玻璃之间宜设置弹性材料的衬垫或衬套，衬垫和衬套的厚度不宜小于 1mm。衬垫或衬套的耐久性应满足玻璃幕墙的设计使用年限要求，当耐久性不能满足时，应明确更换时间。

8.2.4 除承受玻璃面板所传递的荷载或作用外，支承装置不宜兼做其他用途。

8.2.5 玻璃面板采用夹板点支承方式连接时，应符合下列规定：

1 金属夹板与玻璃面板之间的间隙应满足风荷载作用下面板转动变形要求，并考虑施工偏差带来的不利影响；

2 夹板与玻璃之间宜设置弹性材料的衬垫。

8.3 支承结构

8.3.1 计算支承结构时，玻璃面板不宜兼做支承结构的一部分；复杂的支承结构宜采用有限元方法进行分析。

8.3.2 玻璃肋可按本规范第 7.3 节的规定进行设计。

8.3.3 支承钢结构的设计应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规程》GB50018 和《索结构技术规程》JGJ 257 的有关规定。

8.3.4 型钢或钢管作为支承结构时，应符合下列规定：

- 1 端部与主体结构的连接构造应能适应主体结构的位移；
- 2 竖向构件宜按偏心受压构件或偏心受拉构件设计；水平构件宜按双向受弯构件设计，有扭矩作用时，应考虑扭矩的不利影响；
- 3 受压杆件的长细比 λ 不宜大于 150；
- 4 在风荷载标准值作用下，挠度不宜大于其跨度的 1/200。计算时，悬臂结构的跨度应取为其悬挑长度的 2 倍。

8.3.5 桁架或空腹桁架设计应符合下列规定：

- 1 可采用型钢或钢管作为杆件。采用钢管时宜在节点处直接焊接，主管不宜开孔，支管不应穿入主管内；
- 2 钢管外直径不宜大于壁厚的 50 倍，支管外直径不宜小于主管外直径的 0.3 倍。钢管壁厚不宜小于 4mm，主管壁厚不应小于支管壁厚；
- 3 桁架杆件不宜偏心连接。弦杆与腹件、腹杆与腹杆之间的夹角不宜小于 30°；
- 4 焊接钢管桁架宜按刚接体系计算，焊接钢管空腹桁架应按刚接体系计算；
- 5 轴心受压或偏心受压的桁架杆件，长细比不应大于 150；轴心受拉或偏心受拉的桁架杆件，长细比不应大于 350；
- 6 当桁架或空腹桁架平面外的不动支承点相距较远时，应设置平面外的稳定支撑；
- 7 桁架或空腹桁架在风荷载标准值作用下的挠度不宜大于其跨度的 1/250。计算时，悬臂桁架的跨度可取为其悬挑长度的 2 倍。

8.3.6 玻璃幕墙张拉索杆支承结构体系可采用索桁架、自平衡索桁架、单层平面索网、单层曲面索网、单向竖索等结构形式。

8.3.7 张拉索杆体系设计应符合下列规定：

- 1 应在正、反两个方向上形成承受风荷载或地震作用的稳定结构体系。在平面外方向应保证结构体系的稳定性；
- 2 连接件、受压杆和拉杆宜采用不锈钢材料，拉杆直径不宜小于 10mm；自平衡体系的受压杆件可采用碳素结构钢。拉索宜采用不锈钢绞线、锌-5%铝-混合稀土合金镀层高强钢绞线，也可采用铝包钢绞线或其他具有防腐性能的钢绞线。不锈钢绞线的钢丝直径不宜小于 1.2mm，钢绞线直径不宜小于 8mm；
- 3 与主体结构的连接部位应能适应主体结构的位移，主体结构应能承受拉杆体系或拉索体系的预拉力和荷载作用；
- 4 自平衡体系、索杆体系的受压杆件的长细比不应大于 150；
- 5 拉索宜采用冷挤压锚具、热铸锚，也可夹片式锚具等形式连接。

8.3.8 张拉索杆体系结构分析应符合下列规定：

- 1 结构力学分析时宜考虑几何非线性的影响；
- 2 分析模型及边界支承的计算假定应与实际构造相符合，并应计入索端支承结构变形的

影响；

- 3 张拉索杆体系的荷载状态分析应在初始预拉力状态的基础上进行；
- 4 张拉索杆体系中的拉杆或拉索在荷载设计值作用下，应保持一定的预拉力储备；
- 5 张拉索杆体系挠度控制应以初始预拉力状态作为挠度计算的初始状态，采用永久荷载、风荷载、温度荷载作用的标准组合。

8.3.9 索桁架设计应符合下列规定：

- 1 索桁架的形式应根据建筑造型、抗风能力、支承部位等因素确定；
- 2 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
- 3 索桁架矢高宜取跨度的 $1/10 \sim 1/20$ ；
- 4 索桁架的挠度不应大于其跨度的 $1/200$ 。

8.3.10 自平衡索桁架设计应符合下列规定：

- 1 自平衡索桁架矢高宜取跨度的 $1/10 \sim 1/20$ ；
- 2 中心压杆应按压弯构件进行设计；
- 3 自平衡索桁架一端应设置可沿纵向滑动的铰支座；
- 4 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
- 5 自平衡索桁架挠度不应大于其跨度的 $1/200$ 。

8.3.11 单层平面索网挠度不宜大于其短向跨度的 $1/45$ 。

8.3.12 单层曲面索网设计应符合下列规定：

- 1 曲面形状及初始预拉力状态应综合建筑造型、边界支承条件、抗风能力及施工可行性等要求，通过解析方法或有限元分析方法确定；
- 2 应进行张拉及加载过程的施工过程模拟分析工作；
- 3 索网纵横两个方向的索中应力分布宜分别相对均匀；
- 4 应考虑纵横索相交节点处索体不平衡力对索夹设计的影响；
- 5 单层曲面索网的挠度不宜大于其短向跨度的 $1/200$ 。

8.3.13 单向竖索设计应符合下列规定：

- 1 玻璃面板采用单向竖索支承时，竖索跨度不宜大于 15m ；
- 2 玻璃面板宜采用夹层玻璃；
- 3 边端索支承的边跨玻璃面板与主体结构之间的连接构造应能适应风荷载作用下索及玻璃的变形要求；
- 4 单向竖索的挠度不应大于其跨度的 $1/45$ 。

9 加工制作

9.1 一般规定

9.1.1 玻璃幕墙在加工制作前，应将幕墙施工图与建筑施工图进行核对，对已建主体结构进行复测，并按实测结果对幕墙设计进行复核。

9.1.2 加工幕墙构件所采用的设备、机具应满足幕墙构件加工精度的要求，量具应定期进行计量检定和校准。

9.1.3 单元式幕墙的单元组件应在工厂加工和组装。

9.1.4 采用硅酮结构密封胶粘结固定幕墙构件时，应在洁净、通风的室内环境进行，且环境温度、湿度条件应符合相应结构密封胶产品的规定，胶缝的宽度、厚度应符合设计要求。

9.2 铝型材构件

9.2.1 幕墙的铝型材加工，按照工序划分为截料，制孔，槽、豁、榫加工，弯加工等。加工质量应满足设计要求和相应的标准。

9.2.2 铝合金构件的截料应符合下列要求：

- 1 截料前应对铝型材的弯曲度、扭拧度进行检查，不应使用超偏的铝型材；
- 2 横梁长度允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，立柱长度允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，端头斜度的允许偏差为 $0^\circ \sim -15^\circ$ （图 9.2.2-1、9.2.2-2）；

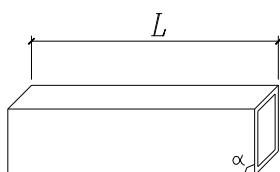


图 9.2.2-1 直角截料
 L ——长度 α ——角度

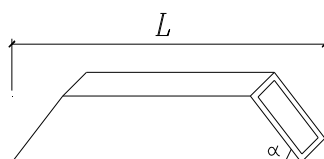


图 9.2.2-2 斜角截料
 L ——长度 α ——角度

- 3 截料端头不应有加工变形，并应去除毛刺。

9.2.3 铝合金构件的制孔应符合下列要求：

- 1 孔位的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，孔距的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，累计偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ；
- 2 铆钉的通孔尺寸偏差应符合现行国家标准《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现行国家标准《沉头螺钉用沉孔》GB 152.2 的规定；
- 4 圆柱头、螺栓的沉孔尺寸应符合现行国家标准《圆柱头、螺栓用沉孔》GB 152.3 的规定；
- 5 螺丝孔的加工应符合设计要求。

9.2.4 铝合金构件的槽、豁、榫的加工应符合下列要求：

- 1 铝合金构件槽口尺寸（图 9.2.4-1）允许偏差应符合表 9.2.4-1 的要求；

表 9.2.4-1 槽口尺寸允许偏差（mm）

项目	a	b	c
----	-----	-----	-----

允许偏差	+0.5 0.0	+0.5 0.0	±0.5
------	-------------	-------------	------

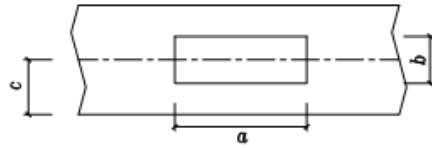


图 9.2.4-1 槽口示意图

2 铝合金构件豁口尺寸（图 9.2.4-2）允许偏差应符合表 9.2.4-2 的要求；

表 9.2.4-2 豁口尺寸允许偏差（mm）

项目	a	b	c
允许偏差	+0.5 0.0	+0.5 0.0	±0.5

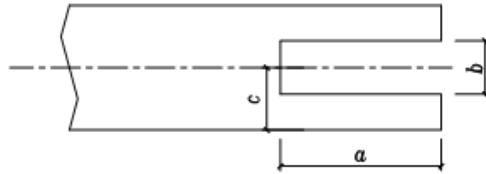


图 9.2.4-2 豁口示意图

3 铝合金构件榫头尺寸（图 9.2.4-3）允许偏差应符合表 9.2.4-3 的要求。

表 9.2.4-3 榫头尺寸允许偏差（mm）

项目	a	b	c
允许偏差	0.0 -0.5	0.0 -0.5	±0.5

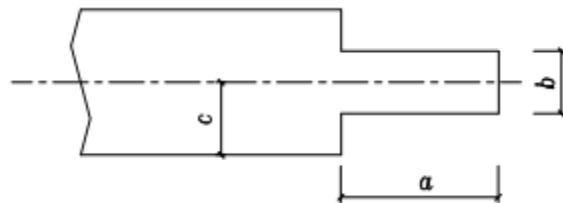


图 9.2.4-3 榫头示意图

9.2.5 铝合金构件弯加工应符合下列要求：

- 1 铝合金构件宜采用拉弯设备进行弯加工；
- 2 弯加工后的构件表面应光滑，不得有皱折、凹凸、裂纹。

9.3 钢构件

9.3.1 幕墙加工的钢构件主要包括玻璃幕墙的立柱、横梁、埋件、连接件和支承件等，加工质量应满足设计要求和相应的标准。

9.3.2 平板型预埋件锚板和锚筋的焊接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或本规范附录 A 的规定。预埋件加工精度应符合下列要求：

- 1 锚板边长允许偏差为±5mm；

2 一般锚筋长度的允许偏差为 $0\sim+10\text{mm}$ ；两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度的允许偏差为 $-5\sim 0\text{mm}$ ；

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，单位为 mm)。

9.3.3 槽型预埋件表面及槽内应进行防腐处理，其加工精度应符合下列要求：

1 预埋件长度、宽度和厚度允许偏差分别为 $0\sim+10\text{mm}$ 、 $0\sim+5\text{mm}$ 和 $0\sim+3\text{mm}$ ；

2 槽口的允许偏差为 $0\sim+1.5\text{mm}$ ；

3 锚筋长度允许偏差为 $0\sim+5\text{mm}$ ；

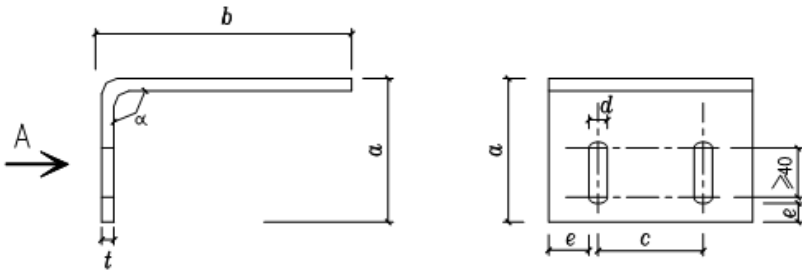
4 锚筋中心线允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ ；

5 锚筋与槽板的垂直允许偏差为 $l_s/30$ (l_s 为锚固钢筋长度，单位为 mm)。

9.3.4 玻璃幕墙的连接件、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、凹凸、翘曲、变形等缺陷；

2 连接件、支承件加工尺寸（图 9.3.4）允许偏差应符合表 9.3.4 的要求。



A 视图

图 9.3.4 连接件、支撑件尺寸示意图

表 9.3.4 连接件、支撑件尺寸允许偏差（mm）

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

9.3.5 钢型材立柱及横梁的加工、表面涂装均应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

9.3.6 玻璃幕墙的支承钢结构加工应符合下列要求：

1 应合理划分拼装单元；

2 管桁架宜按计算的相贯线采用数控设备切割加工；

3 钢构件拼装单元的节点位置允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；

4 构件长度、拼装单元长度的允许正、负偏差均可取长度的 $1/2000$ ；

5 管件连接焊缝应沿全长连续、均匀、饱满、平滑、无气泡和夹渣；支管壁厚小于 6mm

时可不切坡口；角焊缝的焊脚高度不宜大于支管壁厚的 2 倍；

6 钢结构的表面处理应符合本规范第 3.3 节的有关规定；

7 分单元组装的钢结构，宜进行预拼装。

9.3.7 钢拉杆、拉索加工除应符合现行国家标准《索结构技术规程》JGJ257、《钢拉杆》GB/T20934、《建筑用钢质拉杆构件》JG xxx 的相关规定外，尚应符合下列要求：

1 钢拉杆、拉索不应采用焊接连接；

2 自平衡索桁架应在工作台座上进行拼装，并应防止表面损伤。

9.3.8 钢构件焊接、螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 及《钢结构焊接规程》GB/T 8162 的有关规定。

9.4 玻璃

9.4.1 玻璃的加工和深加工应由玻璃生产厂家根据幕墙施工单位的工艺图完成。

9.4.2 玻璃幕墙的单片玻璃、中空玻璃、夹层玻璃的加工精度应符合下列要求：

1 单片玻璃的尺寸允许偏差应符合表 9.4.2-1 的要求；

表 9.4.2-1 单片玻璃尺寸允许偏差（mm）

项目	玻璃厚度（mm）	玻璃边长 $L \leq 2000$	玻璃边长 $L > 2000$
边长	6, 8, 10, 12	± 1.5	± 2.0
	15, 19	± 2.0	± 3.0
对角线差	6, 8, 10, 12	≤ 2.0	≤ 3.0
	15, 19	≤ 3.0	≤ 3.5

2 中空玻璃时的尺寸允许偏差应符合表 9.4.2-2 的要求；

表 9.4.2-2 中空玻璃尺寸允许偏差（mm）

项目		允许偏差
边长	$L < 1000$	± 2.0
	$1000 \leq L < 2000$	$+2.0, -3.0$
	$L \geq 2000$	± 3.0
对角线差	$L \leq 2000$	≤ 2.5
	$L > 2000$	≤ 3.5
厚度	$t < 17$	± 1.0
	$17 \leq t < 22$	± 1.5
	$t \geq 22$	± 2.0
叠差	$L < 1000$	± 2.0
	$1000 \leq L < 2000$	± 3.0
	$2000 \leq L < 4000$	± 4.0
	$L \geq 4000$	± 6.0

3 夹层玻璃的尺寸允许偏差应符合表 9.4.2-3 的要求。

表 9.4.2-3 夹层玻璃尺寸允许偏差（mm）

项目		允许偏差
边长	$L \leq 2000$	± 2.0

	$L > 2000$	± 2.5
对角线差	$L \leq 2000$	≤ 2.5
	$L > 2000$	≤ 3.5
叠差	$L < 1000$	± 2.0
	$1000 \leq L < 2000$	± 3.0
	$2000 \leq L < 4000$	± 4.0
	$L \geq 4000$	± 6.0

9.4.3 玻璃弯加工后，其每米弦长内拱高的允许偏差为 $\pm 3.0\text{mm}$ ，且玻璃的曲边应顺滑一致；玻璃直边的弯曲度，拱形时不应超过 0.5%，波形时不应超过 0.3%。

9.4.4 全玻璃幕墙的玻璃加工应符合下列要求：

- 1 玻璃边缘应倒棱并细磨，外露玻璃的边缘应抛光磨；
- 2 采用钻孔安装时，孔边缘应进行倒角处理，并不应出现崩边。

9.4.5 点支承玻璃加工应符合下列要求：

- 1 玻璃面板及其孔洞边缘均应倒棱和磨边，倒棱宽度不宜小于 1mm，磨边宜细磨；
- 2 玻璃切角、钻孔、磨边应在钢化前进行；
- 3 玻璃加工的允许偏差应符合表 9.4.5 的规定；

表 9.4.5 点支承玻璃加工允许偏差

项目	边长尺寸	对角线差	钻孔位置	孔距	孔轴与玻璃平面垂直度
允许偏差	$\pm 1.0\text{mm}$	$\leq 2.0\text{mm}$	$\pm 0.8\text{mm}$	$\pm 1.0\text{mm}$	$\pm 12'$

- 4 中空玻璃开孔后，开孔处应采取多道密封措施；
- 5 夹层玻璃、中空玻璃的钻孔可采用大、小孔相对的方式。

9.4.6 中空玻璃合片加工时，应考虑制作处和安装处不同气压的影响，采取防止玻璃大面变形的措施。

9.5 明框幕墙组件

9.5.1 明框幕墙组件加工尺寸允许偏差应符合下列要求：

- 1 组件装配尺寸允许偏差应符合表 9.5.1-1 的要求；

表 9.5.1-1 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	≤ 2000	± 2.0
	> 2000	± 2.5
组件对边尺寸差	≤ 2000	≤ 2.0
	> 2000	≤ 3.0
组件对角线尺寸差	≤ 2000	≤ 3.0
	> 2000	≤ 3.5

- 2 相邻构件装配间隙及同一平面度的允许偏差应符合表 9.5.1-2 的要求。

表 9.5.1-2 相邻构件装配间隙及同一平面度的允许偏差（mm）

项目	允许偏差
装配间隙	≤ 0.5
同一平面度差	≤ 0.5

9.5.2 单层玻璃与槽口的配合尺寸（图 9.5.2）应符合表 9.5.2 的要求。

表 9.5.2 单层玻璃与槽口的配合尺寸（mm）

玻璃厚度（mm）	a	b	c
5~6	≥ 3.5	≥ 15	≥ 5
8~10	≥ 4.5	≥ 16	≥ 5
≥ 12	≥ 5.5	≥ 18	≥ 5

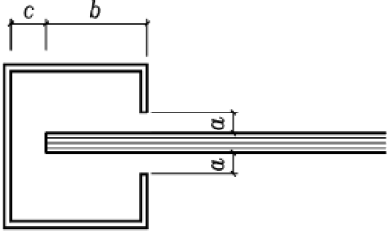


图 9.5.2 单层玻璃与槽口的配合示意

9.5.3 中空玻璃与槽口的配合尺寸（图 9.5.3）应符合表 9.5.3 的要求。

表 9.5.3 中空玻璃与槽口的配合尺寸（mm）

中空玻璃厚度 （mm）	a	b	c		
			下边	上边	侧边
$6+d_a+6$	≥ 5	≥ 17	≥ 7	≥ 5	≥ 5
$8+d_a+8$ 及以上	≥ 6	≥ 18	≥ 7	≥ 5	≥ 5

注： d_a 为气体层厚度，不应小于 9mm。

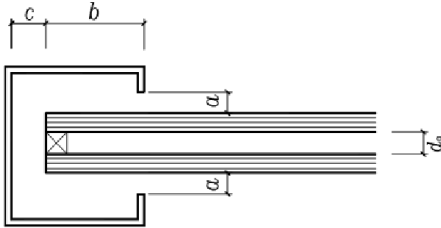


图 9.5.3 中空玻璃与槽口的配合示意

9.5.4 明框幕墙组件的导气孔及排水孔设置应符合设计要求，组装时应保证导气孔及排水孔通畅。

9.5.5 明框幕墙组件应拼装严密。设计要求密封时，应采用硅酮建筑密封胶进行密封。

9.5.6 明框幕墙组装时，应采取措施控制玻璃与铝合金框料之间的间隙。玻璃的下边缘应采用符合本规范第 4.3.10 条要求的垫块进行支承。

9.6 隐框、半隐框幕墙组件

9.6.1 半隐框、隐框幕墙中，对玻璃面板及铝框的清洁应按符合下列要求：

- 1 玻璃和铝框粘结表面的尘埃、油渍和其他污物，应分别使用带溶剂的擦布和干擦布清除干净；
- 2 应在清洁后一小时内进行注胶；注胶前再度污染时，应重新清洁；

3 每清洁一个构件或一块玻璃，应更换清洁的干擦布。

9.6.2 使用溶剂清洁时，应符合下列要求：

- 1 不应将擦布浸泡在溶剂里，应将溶剂倾倒在擦布上；
- 2 使用和贮存溶剂，应采用干净的容器；
- 3 使用溶剂的场所严禁烟火；
- 4 应遵守所用溶剂标签或包装上标明的注意事项。

9.6.3 硅酮结构密封胶注胶前，与其相接触的有机材料必须取得合格的相容性试验、剥离粘接性试验报告，必要时应加涂底胶；双组份硅酮结构密封胶应检查混合均匀性（蝴蝶试验）和混合后的固化速度（拉断试验）。

9.6.4 硅酮结构密封胶组件在固化并达到足够承载力前不应搬动。

9.6.5 隐框玻璃幕墙装配组件的注胶必须饱满，不得出现气泡，胶缝表面应平整光滑；收胶缝的余胶不得重复使用。

9.6.6 硅酮结构密封胶完全固化后，隐框玻璃幕墙装配组件的尺寸偏差应符合表 9.6.6 的规定。

表 9.6.6 结构胶完全固化后隐框玻璃幕墙组件的尺寸允许偏差（mm）

序号	项目	尺寸范围	允许偏差
1	框长宽尺寸		±1.0
2	组件长宽尺寸		±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≤2000 时 当长边>2000 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
10	组件厚度		±1.5

9.6.7 当隐框玻璃幕墙采用悬挑玻璃时，玻璃的悬挑尺寸应符合计算要求，且不宜超过 300mm。

9.7 单元式玻璃幕墙组件

9.7.1 单元式玻璃幕墙在加工前应对各板块编号，并应注明加工、运输、安装方向和顺序。

9.7.2 单元板块的构件连接应牢固，构件连接处的缝隙应采用硅酮建筑密封胶密封。

9.7.3 单元板块的硅酮结构密封胶不宜外露。

9.7.4 明框单元板块在搬动、运输、吊装过程中，应采取措施防止玻璃滑动或变形。

9.7.5 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。

9.7.6 采用自攻螺钉连接单元组件框时，每处螺钉不应少于 3 个，直径不应少于 4 mm，拧入深度不应小于 25 mm。螺钉连接部位应采用硅酮建筑密封胶做好密封处理。螺钉槽内径和扭矩应符合表 9.7.6 的要求。

表 9.7.6 螺钉槽内径和扭矩要求

螺钉公称直径 (mm)	螺钉槽内径及允许偏差 (mm)	扭矩 (N·m)
4.2	3.7±0.1	4.4
4.8	4.3±0.1	6.3
5.5	4.9±0.1	10.0
6.3	5.8±0.1	13.6

9.7.7 单元组件框加工制作允许偏差应符合表 9.7.7 的规定。

表 9.7.7 单元组件框加工制作允许尺寸偏差

序号	项 目	允许偏差	检查方法
1	框长(宽)度(mm)	≤2000	金属直尺
		>2000	
2	分格长(宽)度 (mm)	≤2000	金属直尺
		>2000	
3	对角线长度差 (mm)	≤2000	金属直尺
		>2000	
4	接缝高低差	≤0.5 mm	游标深度尺
5	接缝间隙	≤0.5 mm	塞片
6	框面划伤	≤3 处且总长≤100mm	
7	框料擦伤	≤3 处且总面积≤200mm ²	

9.7.8 单元组件组装允许偏差应符合表 9.7.8 的规定。

表 9.7.8 单元组件组装允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)	检查方法
1	组件长度、宽度 (mm)	≤2000	金属直尺
		>2000	
2	组件对角线长度差 (mm)	≤2000	金属直尺
		>2000	
3	胶缝宽度	+1.0 0	卡尺或金属直尺
4	胶缝厚度	+0.5 0	卡尺或金属直尺
5	各搭接量 (与设计值比)	+1.0 0	金属直尺
6	组件平面度	≤1.5	1m 靠尺
7	组件内镶板间接缝宽度 (与设计值比)	±1.0	塞尺
8	连接构件竖向中轴线距组件外表面 (与设计值比)	±1.0	金属直尺
9	连接构件水平轴线距组件水平对插中心线	±1.0 (可上、下调节时 ±2.0)	金属直尺

10	连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线	± 1.0	金属直尺
11	两连接构件中心线水平距离	± 1.0	金属直尺
12	两连接构件上、下端水平距离差	± 0.5	金属直尺
13	两连接构件上、下端对角线差	≤ 1.0	金属直尺

9.7.9 在组件上有门或窗时，其加工应分别符合现行国家标准《铝合金门窗》GB/T 8478 的规定。

9.7.10 在组件上安装附件，其连接强度、功能和外观应符合设计要求。

9.8 玻璃幕墙构件检验

9.8.1 幕墙加工制作应实行全过程质量控制，并保留检验记录。

9.8.2 玻璃幕墙构件应按构件的 5% 进行随机抽样检查，且每种构件不得少于 5 件。当有一个构件不符合要求时，应加倍抽查；仍有不合格构件时，应全数检查。

9.8.3 产品出厂时，应附有构件合格证书。

9.9 包装、储存

9.9.1 包装应满足装卸和运输的要求。

9.9.2 幕墙材料及加工完成的构件、组件不宜露天存放。对存放环境有要求时，应采取相应的措施。

10 安装施工

10.1 一般规定

10.1.1 安装玻璃幕墙的主体结构，应符合有关结构施工质量验收规范的要求。

10.1.2 点支承玻璃幕墙支承结构中的钢结构安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

10.1.3 进场安装的玻璃幕墙构件及附件的材料品种、规格、色泽和性能，应符合设计要求。幕墙构件安装前应进行检验。不合格的构件不得安装使用。

10.1.4 玻璃幕墙的安装施工应单独编制施工组织设计，并应符合现行国家标准《施工组织设计规范》GB 50502 的规定，且应包括下列内容：

- 1 工程概况、组织机构、责任和权利、施工进度计划安排；
- 2 与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案；
- 3 搬运、吊装方法；
- 4 测量方法及注意事项；
- 5 安装方法及允许偏差要求，关键部位、重点、难点施工部位安装方法应单独标出；
- 6 安装顺序及嵌缝收口要求；
- 7 构件、组件和成品的现场保护方法；
- 8 质量要求及检查验收计划；
- 9 安全措施及劳动保护计划。

10.1.5 单元式玻璃幕墙的安装施工组织设计尚应包括以下内容：

- 1 单元件的运输及装卸方案；
- 2 对主体结构的垂直度和楼层外轮廓的测量、监控方案；
- 3 吊具的类型和吊具的移动方法，吊具的安装位置和对主体结构的荷载影响，单元组件起吊地点、垂直运输与楼层内水平运输方法和机具；
- 4 收口单元位置、收口闭口工艺及操作方法；
- 5 单元组件吊装顺序及吊装、调整、定位固定等方法和措施；
- 6 幕墙施工组织设计应与主体工程施工组织设计相互衔接，单元幕墙收口部位应与总施工平面图中施工机具的布置协调。

10.1.6 点支承玻璃幕墙的安装施工组织设计尚应包括以下内容：

- 1 支承钢结构的运输、现场拼装和吊装方案；
- 2 拉杆、拉索体系预拉力的施加、测量、调整方案以及索杆的定位、固定方法；
- 3 玻璃的运输、就位、调整和固定方法；
- 4 胶缝的充填及质量保证措施。

10.1.7 隐框、半隐框玻璃幕墙组件严禁在施工现场打注硅酮结构密封胶。

10.1.8 采用脚手架施工时，应制定脚手架方案。悬挂式脚手架宜为 3 层层高；落地式脚手架应为双排布置。

10.1.9 玻璃幕墙的施工测量应符合下列要求：

- 1 幕墙分格轴线的测量应与主体结构测量相配合，及时调整、分配、消化主体结构偏差，

不得积累；

- 2 单元式幕墙施工，应对主体结构施工过程中的垂直度和楼层外廓进行测量、监控；
- 3 应定期对幕墙的安装定位基准进行校核；
- 4 对高层建筑幕墙的测量，应在风力不大于 4 级时进行。

10.1.10 幕墙安装过程中，应及时对半成品、成品进行保护；在构件存放、搬运、吊装时应轻拿轻放，不得碰撞、损坏和污染构件；对型材、玻璃的表面应采取保护措施。

10.1.11 安装镀膜玻璃时，镀膜面的朝向应符合设计要求。

10.1.12 焊接作业时，应采取保护措施防止焊渣溅落在支承构件和玻璃表面上。

10.1.13 可现场施工的硅酮建筑密封胶不宜在夜晚、雨天打胶，打胶温度应符合设计要求和产品要求，打胶前应使打胶面清洁、干燥。

10.2 安装施工准备

10.2.1 安装施工之前，幕墙安装厂商应会同土建承包商检查现场清洁情况、脚手架和起重运输设备，确认是否具备幕墙施工条件。

10.2.2 构件储存时应依照安装顺序排列，储存架应有足够的承载能力和刚度。在室外储存时应采取保护措施。

10.2.3 由于主体结构施工偏差而妨碍幕墙施工、安装预埋件位置偏差过大或主体结构未埋设预埋件时，应制订补救措施或可靠连接方案，经与业主、设计、施工单位洽商后并在幕墙安装前实施。

10.2.4 采用新材料、新技术的幕墙，宜先制作样板。

10.3 预埋件、后锚固连接件

10.3.1 玻璃幕墙与主体结构连接的预埋件，应在主体结构施工时按设计要求埋设。预埋件的形状、尺寸应符合设计要求，预埋件的焊接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或本规范附录 A 的规定。

10.3.2 预埋件位置偏差过大或未设预埋件时，应制订补救措施或可靠连接方案，经与业主、土建设计单位洽商同意后，方可实施。

10.3.3 预埋件的埋设位置应符合设计规定。预埋件的位置应使锚筋或锚爪位于构件的外层主筋的内侧。锚筋或锚爪至构件边缘的距离 c 、 c_1 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或本规范附录 A 的规定。预埋件安装到位后，应采取有效措施，对预埋件进行固定，并进行隐蔽工程验收。

10.3.4 锚栓孔的位置应符合设计要求。锚栓孔的直径、孔深和形状应符合锚栓产品的规定，并不得损伤主体结构构件钢筋。化学锚栓用锚栓孔应采用毛刷和压缩空气等方法将孔壁的粉尘清理干净。

10.3.5 膨胀型锚栓和扩孔型锚栓安装，应采取有效措施，防止损坏锚栓头部螺纹。

10.3.6 化学锚栓的安装应符合下列规定：

- 1 化学锚栓的表面应干燥、洁净无油污；
- 2 锚固胶容器无破损、药剂凝固等异常现象；放置方向和位置应符合产品要求；

3 螺杆安装时，宜采用专用工具，将螺杆旋转插入孔底。螺杆到达孔底后，应及时停止旋转；

4 螺杆安装完成后，应采取有效措施固定螺杆，防止螺杆松动、移位，并随时检查锚固胶固化是否正常。

10.3.7 后置锚栓安装完成后，应进行现场承载力试验并符合设计要求。

10.3.8 后置锚固连接件锚板安装时，应采取防止后置锚栓螺母松动和锚板滑移的措施。

10.3.9 平板型预埋件和后置锚固连接件锚板的安装允许偏差应符合表 10.3.9 的规定。槽型预埋件的允许偏差应符合设计要求。

表 10.3.9 平板型预埋件和后置锚固连接件锚板的安装允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
标高	±10
平面位置	±20

注：设计无要求时，标高和平面位置的允许偏差均为±20；

10.4 构件式玻璃幕墙

10.4.1 玻璃幕墙立柱的安装应符合下列要求：

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

10.4.2 玻璃幕墙横梁安装应符合下列要求：

- 1 横梁应安装牢固、贴缝严密。横梁与立柱间留有伸缩间隙时，其尺寸应满足设计要求；采用密封胶缝时，胶缝施工应均匀、密实、连续；
- 2 同一根横梁两端或相邻两根横梁端部的水平标高差不应大于 1 mm。同层横梁最大标高偏：当一幅幕墙宽度不大于 35 m 时，可取 5 mm；当一幅幕墙宽度大于 35 m 时，可取 7 mm；
- 3 安装完成一层后，应及时进行检查、校正和固定。

10.4.3 玻璃幕墙其他主要附件安装应符合下列要求：

- 1 隔热层及防火、保温材料应铺设平整、可靠固定，拼接处不应留缝隙；
- 2 冷凝水排出管及其附件应与水平构件预留孔连接严密，与内衬板排水孔连接处应采取密封措施；
- 3 通气槽、孔及雨水排出口等应按设计要求施工，不得遗漏；
- 4 封口处应进行封闭处理；
- 5 安装施工采用的临时螺栓等，应在幕墙固定后及时拆除；
- 6 采用现场焊接或高强螺栓紧固的构件，应在紧固后及时进行防锈处理。

10.4.4 幕墙玻璃安装应按下列要求进行：

- 1 玻璃安装前应进行表面清洁。除设计另有要求外，应将单片阳光控制镀膜玻璃的镀膜

面朝向室内，非镀膜面朝向室外；

2 应按规定型号选用玻璃四周的橡胶条，其长度宜比边框内槽口长 1.5%~2%；橡胶条斜面断开后应拼成预定的设计角度，并应采用专用粘结剂粘结牢固；镶嵌应平整。

10.4.5 铝合金装饰压板的安装，应表面平整、色彩一致，接缝应均匀严密。

10.4.6 构件式玻璃幕墙中硅酮建筑密封胶在接缝内应两对面粘结，不应三面粘结。

10.5 单元式玻璃幕墙

10.5.1 单元式幕墙的吊装机具准备应符合下列要求：

1 安装单元板块的吊装机具应进行专门设计。吊装机具的承载能力应大于板块吊装施工中各种荷载和作用组合的设计值；

2 应对吊装机具安装位置的主体结构承载能力进行校核。吊装机具应与主体结构可靠连接，并有防止脱轨或限位、防倾覆设施；

3 应采取有效措施，使板块在垂直运输和吊装过程中减小摆动；

4 吊装机具上宜设置防止板块坠落的保护设施、行程开关；

5 吊装机具运行速度应可控制，并有安全保护措施；

6 吊装前，应对吊装机具进行全面的质量、安全检验，并进行空载试运转之后才能进行吊装；

7 定期对吊挂用钢丝绳进行检查，发现断股应及时更换；

8 定期对吊装机具进行检查、保养，发现问题立即停工修理，严禁吊装机具带病作业；

9 吊装机具操作人员应经培训并考核合格；

10 做好吊装机具的防雨防潮和防尘措施；

11 单元板块的吊挂件、支撑件应具备可调整范围，并应采用不锈钢螺栓将吊挂件与立柱固定牢固，固定螺栓不得少于 2 个。

10.5.2 单元组件运输应符合下列要求：

1 做好成品保护，板块的摆放方向应符合板块规定的运输方向；摆放平稳，固定牢靠，减小板块或型材变形；

2 装卸及运输过程中，应采用有足够承载力和刚度的周转架、衬垫或弹性垫，使单元板块之间相互隔开并相对固定，防止划伤、相互挤压和串动；

3 异形板块和超过运输允许尺寸的单元板块，应采取特殊措施；

4 运输过程中，应采取措施减小颠簸并做好防止天气变化的准备措施，

5 楼层上设置的接料平台应进行专门设计，接料平台的承载能力应大于板块、周转架的最大自重以及搬运人员体重和其他施工荷载的组合设计值。同时，能承受承料台所承受水平荷载的分力。接料平台的周边应设置防护栏杆。

10.5.3 在场内堆放单元板块时，应符合下列要求：

1 宜设置专用堆放场地，并应有安全保护措施。短期露天存放时应采取防护措施；

2 宜存放在周转架上；

3 应依照安装顺序先出后进的原则按编号排列放置；

4 不应直接叠层堆放；

- 5 不宜频繁装卸。

10.5.4 板块起吊和就位应符合下列要求：

- 1 板块上的吊挂点位置、数量应根据板块的形状和重心设计，吊点不应少于 2 个。必要时，可增设吊点加固措施；
- 2 应进行试吊装；
- 3 起吊单元板块时，应使各吊点均匀受力，起吊过程应保持单元板块平稳；
- 4 吊装升降和平移应使单元板块不摆动、不撞击其他物体；
- 5 吊装过程应采取措施保证装饰面不受磨损和挤压；
- 6 单元板块就位时，应先将其挂到主体结构的挂点上，板块未固定前，吊具不得拆除。

10.5.5 固定于主体结构上的连接件（挂座）安装，应符合下列要求：

- 1 连接件调整完毕后，应及时进行防腐处理；
- 2 连接件安装允许偏差应符合表 10.5.5 的规定。

表 10.5.5 连接件安装允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)	检查方法
1	标高	± 1.0 (可上下调节时 ± 2.0)	水准仪
2	连接件两端点平行度	≤ 1.0	金属直尺
3	距安装轴线水平距离	≤ 1.0	金属直尺
4	垂直偏差(上、下两端点与垂线偏差)	± 1.0	金属直尺
5	两连接件连接点中心水平距离	± 1.0	金属直尺
6	两连接件上、下端对角线差	≤ 1.0	金属直尺
7	相邻三连接件（上下、左右）偏差	± 1.0	金属直尺

10.5.6 板块安装应按下列规定进行：

- 1 板块安装前，应对下一层板块的上横框型材进行清理，并检查板块接口之间的防水装置、密封措施是否符合设计要求；
- 2 安装施工中，严禁用铁锤等敲击板块；
- 3 每一板块安装后应进行测量，使幕墙的水平度和垂直度偏差不大于板块相应边长的 1/1000。

10.5.7 板块校正及固定应按下列规定进行：

- 1 单元板块就位后，应及时调整、校正；
- 2 单元板块调整、校正后，应及时安装防松脱、防双向滑移和防倾覆装置。采用焊接施工时，应及时对焊接部位进行防腐处理；
- 3 单元板块固定完成后，应及时清洁单元板块上部型材槽口，并按设计要求完成板块接口之间的防水密封处理；
- 4 按设计要求安装防雷装置、保温层、防火层。防火材料应采用锚钉固定牢固，防火层应平整，拼接处不留缝隙，完成后应进行隐蔽工程验收。幕墙工程安装完毕后，应及时清洁幕墙；清洁时应选用合适的清洁剂，避免腐蚀和污染已安装完毕的幕墙；
- 5 单元式幕墙安装固定后的偏差应符合表 10.5.7 的要求；

表 10.5.7 单元式幕墙安装允许偏差

序号	项 目		允许偏差 (mm)	检查方法
1	竖缝及墙面垂直度	幕墙高度 H (m)	≤ 10	激光经纬仪 或经纬仪
		$H \leq 30$		
		$30 < H \leq 60$	≤ 15	
		$60 < H \leq 90$	≤ 20	
		$90 < H$	≤ 25	
2	幕墙平面度		≤ 2.5	2m 靠尺、金属直尺
3	竖缝直线度		≤ 2.5	2m 靠尺、金属直尺
4	横缝直线度		≤ 2.5	2m 靠尺、金属直尺
5	缝宽度 (与设计值比)		± 2	卡尺
6	耐候胶缝直线度	$L \leq 20m$	1	金属直尺
		$20m < L \leq 60m$	3	
		$60m < L \leq 100m$	6	
		$L > 100m$	10	
7	两相邻面板之间接缝高低差		≤ 1.0	深度尺
8	同层单元组件标高	宽度不大于 35m	≤ 3.0	激光经纬仪或经纬仪
		宽度大于 35m	≤ 5.0	
9	相邻两组件面板表面高低差		≤ 1.0	深度尺
10	两组件对插件接缝搭接长度 (与设计值比)		± 1.0	卡尺
11	两组件对插件距槽底距离 (与设计值比)		± 1.0	卡尺

4 单元板块固定后，方可拆除吊具，并应及时清洁单元板块的型材槽口。

10.5.8 施工中如果暂停安装，应对板块对插槽口等部位进行保护；施工过程中应对安装完毕的单元板块及时进行成品保护。

10.6 全玻璃幕墙

10.6.1 全玻璃幕墙安装前，应清洁镶嵌槽；中途暂停施工时，应对槽口采取保护措施。

10.6.2 全玻璃幕墙安装过程中，应随时检测和调整面板、玻璃肋的水平度和垂直度，使墙面安装平整。

10.6.3 每块玻璃的吊夹应位于同一平面，吊夹的受力应均匀。

10.6.4 全玻璃幕墙玻璃两边嵌入槽口深度及预留空隙应符合设计要求，左右空隙尺寸宜相同。

10.6.5 全玻璃幕墙的玻璃宜采用机械吸盘安装，并应采取必要的安全措施。

10.6.6 全玻璃幕墙施工质量应符合表 10.6.6 的要求。

表 10.6.6 全玻璃幕墙施工质量要求

序号	项目	允许偏差	测量方法
----	----	------	------

1	幕墙平面的垂直度	幕墙高度 H (m)	10mm 15mm 20mm 25mm	激光仪或经纬仪
		$H \leq 30$		
		$30 < H \leq 60$		
		$60 < H \leq 90$		
		$H > 90$		
2	幕墙的平面度		2.5mm	2m 靠尺, 金属直尺
3	竖缝的直线度		2.5mm	2m 靠尺, 金属直尺
4	横缝的直线度		2.5mm	2m 靠尺, 金属直尺
5	线缝宽度 (与设计值比较)		$\pm 2.0\text{mm}$	卡尺
6	两相邻面板之间的高低差		1.0mm	深度尺
7	玻璃面板与肋板夹角与设计值偏差		$\leq 1^\circ$	量角器

10.7 点支承玻璃幕墙

10.7.1 点支承玻璃幕墙爪件安装前, 应精确定出其安装位置。爪座安装的允许偏差应符合本规范表 10.7.1 的要求。

表 10.7.1 支承结构安装允许偏差

名称	允许偏差 (mm)
相邻两竖向构件间距	± 2.5
竖向构件垂直度	$l/1000$ 或 ≤ 5 , l 为跨度
相邻三竖向构件外表面平面度	5
相邻两爪座水平间距和竖向距离	± 1.5
相邻两爪座水平高低差	1.5
爪座水平度	2
同层高度内爪座高低差: 间距不大于 35m	5
间距大于 35m	7
相邻两爪座垂直间距	± 2.0
单个分格爪座对角线差	4
爪座端面平面度	6.0

10.7.2 点支承玻璃幕墙面板安装质量应符合本规范表 10.7.2 的相应规定。

表 10.7.2 玻璃面板安装质量允许偏差

项 目	尺 寸 范 围	允许偏差 (mm)	检查方法
相邻两玻璃面接缝高低差		1.0	2.0 m 靠尺
上下两玻璃接缝垂直偏差		1.0	2.0 m 靠尺
左右两玻璃接缝水平偏差		1.0	2.0 m 靠尺
玻璃外表面垂直接缝偏差	$H \leq 20 \text{ m}$	3.0	金属直尺
	$H > 20 \text{ m}$	5.0	
玻璃外表面水平接缝偏差	$L \leq 20 \text{ m}$	3.0	金属直尺
	$L > 20 \text{ m}$	5.0	
玻璃外表面平整度	$H (L) \leq 20 \text{ m}$	4.0	激光仪

	$H(L) > 20\text{ m}$	6.0	
胶缝宽度（与设计值比）		± 1.5	2.0 m 靠尺

10.8 张拉索杆支承结构

10.8.1 幕墙张拉索杆支承结构的安装施工应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB 50755、《索结构技术规程》JGJ 257 的有关规定。

10.8.2 张拉索杆支承结构中拉杆和拉索预拉力的施加应符合下列要求：

- 1 钢拉杆和钢拉索安装时，应按设计要求施加预拉力，并宜设置预拉力调节装置。钢拉索和钢拉杆采用液压千斤顶张拉时，预拉力宜采用油压表控制；分级张拉结束时，宜采用测力计进行拉力复核；
- 2 钢拉杆采用扭力扳手施加预拉力时，应事先进行标定；
- 3 张拉前应评估索体张拉对相邻索位形及其中张拉力的影响；影响程度大时，应通过预应力施工全过程模拟计算确定预应力张拉方案；
- 4 施加预应力宜以张拉力为控制量；对结构重要部位宜进行索力和位移双控；
- 5 拉索张拉应遵循分阶段、分级、对称、缓慢匀速、同步加载的原则；在张拉过程中，应对拉杆、拉索的预拉力依据现场实际状况作必要调整；
- 6 张拉前必须对构件、锚具等进行全面检查，并应签发张拉通知单。张拉通知单应包括张拉日期、张拉分批次数、每次张拉控制力、张拉用机具、测力仪器及使用安全措施和注意事项；
- 7 应建立张拉记录；
- 8 拉杆、拉索实际施加的预拉力值应考虑施工温度的影响；
- 9 可结合张拉索杆支承结构的受力特性，从千斤顶直接张拉、拉索调节器调节、索端支座强迫就位、索体横向牵拉或顶推等方法中选择合适的张拉方法。

10.8.3 玻璃幕墙张拉索杆支承结构施工完成后，在面板安装前可根据重力荷载分布情况悬挂配重荷载，索体位形调整正确后，再替换配重安装面板。配重重量可取面板自重的 1.05~1.15 倍。

10.9 安全规定

10.9.1 玻璃幕墙安装施工除应符合现行行业标准《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 的有关规定外，还应遵守施工组织设计中确定的各项要求。

10.9.2 安装施工机具在使用前，应进行全面检查、检修；使用中，应定期进行安全检查。手持电动工具应进行绝缘电压试验；手持玻璃吸盘及玻璃吸盘机应进行吸附重量和吸附持续时间试验。开工前，应进行试运转。

10.9.3 当高层建筑的玻璃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应设置防护设施；在距离地面约 3m 高度处，应设置挑出宽度不小于 6m 的水平防护设施。

10.9.4 采用吊篮施工时，应符合下列要求：

- 1 施工吊篮应进行设计，使用前应进行严格的安全检查，符合要求方可使用；

- 2 安装吊篮的场地应平整，并能承受吊篮自重和各种施工荷载的组合设计值；
 - 3 吊篮用配重与吊篮应可靠连接；
 - 4 每次使用前应进行空载运转并检查安全锁是否有效。进行安全锁试验时，吊篮离地面高度不得超过 2.0m，并只能进行单侧试验；
 - 5 施工人员应经过培训，熟练操作施工吊篮；
 - 6 施工吊篮不应作为竖向运输工具，并不得超载；
 - 7 不应在空中进行施工吊篮检修和进出吊篮；
 - 8 施工吊篮上的施工工人必须戴安全帽、配系安全带，安全带必须系在保险绳上并与主体结构有效连接；
 - 9 吊篮上不得放置电焊机，也不得将吊篮和钢丝绳作为焊接地线，收工后，吊篮应降至地面，并切断吊篮电源；
 - 10 收工后，吊篮及吊篮钢丝绳应固定牢靠，并做好电器防雨、防潮和防尘措施。长期停用，应对钢丝绳采取有效的防锈措施。
- 10.9.5** 现场焊接作业时，应采取可靠的防火措施。
- 10.9.6** 施工过程中，每完成一道施工工序后，应及时清理施工现场遗留的杂物。施工过程中，不得在窗台、栏杆上放置施工工具。在脚手架和吊篮上施工时，不得随意抛掷物品。

11 工程验收

11.1 一般规定

11.1.1 玻璃幕墙工程验收前应将其表面清洗干净，玻璃幕墙工程验收时，应根据工程实际情况检查下列文件和记录的部分或全部：

- 1 幕墙工程的竣工图或施工图、结构计算书、热工性能计算书、设计变更文件、设计说明及其他设计文件；
- 2 建筑设计单位对玻璃幕墙工程设计的确认文件；
- 3 玻璃幕墙工程所用材料、构件及组件、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检测报告、进场验收记录；
- 4 均质钢化玻璃除应提供产品合格证外，尚应提供均质加工过程记录；
- 5 玻璃幕墙工程所用硅酮结构胶的认定证书和抽查合格证明；国家认可的检测机构出具的硅酮结构胶相容性和剥离粘结性试验报告；
- 6 后置埋件的现场拉拔检测报告、槽式埋件的现场拉拔强度检测报告；
- 7 封闭式玻璃幕墙的抗风压性能、气密性能、水密性能检测报告；有要求时，尚应提供平面内变形性能检测报告；
- 8 开放式玻璃幕墙的抗风压性能检测报告；
- 9 注胶、养护环境的温度、湿度记录；双组份硅酮结构胶的混匀性试验记录及拉断试验记录；
- 10 幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；
- 11 隐蔽工程验收文件；
- 12 幕墙安装施工质量检查记录；
- 13 张拉索杆体系预拉力张拉记录；
- 14 现场淋水试验记录；
- 15 其他质量保证资料。

11.1.2 玻璃幕墙工程应对下列材料进行复检：

- 1 主受力杆件的铝材、钢材的抗拉强度；
- 2 防火、保温材料的燃烧性能；
- 3 结构胶的邵氏硬度、标准状态下的拉伸粘结强度；
- 4 中空玻璃密封性能。

11.1.3 幕墙工程应对下列隐蔽工程项目进行验收：

- 1 预埋件或后置埋件、锚栓及连接件；
- 2 构件与主体结构的连接节点；
- 3 玻璃幕墙四周、玻璃幕墙内表面与主体结构之间的封堵；
- 4 玻璃幕墙伸缩缝、变形缝、沉降缝及墙面转角处的构造节点；
- 5 隐框玻璃板块的固定；
- 6 幕墙防雷连接节点；
- 7 幕墙防火、隔烟节点；

8 单元式玻璃幕墙的封口节点。

11.1.4 玻璃幕墙工程质量检验应进行观感检验和抽样检验，并按下列规定划分检验批，每幅玻璃幕墙均应检验：

- 1 相同设计、材料、工艺和施工条件的玻璃幕墙工程每 1000m^2 应划分为一个检验批，不足 1000m^2 也应划分为一个检验批。每个检验批每 100m^2 应至少抽查一处，每处不得小于 10m^2 ；
- 2 同一单位工程的不连续的玻璃幕墙工程应单独划分检验批；
- 3 对于异型或特殊要求的玻璃幕墙，检验批的划分应根据玻璃幕墙的结构、工艺特点及玻璃幕墙工程规模，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

11.2 主控项目

11.2.1 玻璃幕墙工程所使用的各种材料、构件和组件的质量，应符合国家现行标准及设计要求。

检验方法：检查材料、构件、组件的产品合格证书、进场验收记录、性能检测报告和材料的复验报告。

11.2.2 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及槽式预埋件、后置埋件的拉拔力应符合设计要求。

检验方法：检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；槽型预埋件、后置埋件的拉拔试验检测报告。

11.2.3 玻璃幕墙构架与主体结构预埋件或后置埋件的连接、幕墙构件之间的连接位置、面板连接件与面板的连接、面板连接件与幕墙构架的连接、安装应可靠并符合设计要求。

检验方法：手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

11.2.4 隐框或半隐框玻璃幕墙，每块玻璃下端应设置两个铝合金或不锈钢托条，其长度不应少于 100mm ，厚度不应少于 2mm 。

检验方法：观察；检查施工记录。

11.2.5 玻璃幕墙的防火、保温材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

11.2.6 玻璃幕墙节点、各种结构变形缝、墙角的连接点应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

11.2.7 玻璃幕墙开启窗的配件应齐全，安装应牢固，安装位置和开启方向、角度及开启距离应正确；开启应灵活，关闭应严密。

检验方法：观察；手扳检查；开启和关闭检查。

11.3 一般项目

11.3.1 玻璃幕墙表面应平整、洁净；整幅玻璃的色泽均匀；不得有污染和镀膜损坏。

检验方法：观察。

11.3.2 每平方米玻璃的表面质量和检验方法应符合表 11.3.2 的规定。

表 11.3.2 每平方米玻璃的表面质量和检验方法

项次	项目	质量要求	检验方法
----	----	------	------

1	明显划伤和长度>100mm 的轻微划伤	不允许	观察
2	长度≤100mm 的轻微划伤	≤8 条	用金属直尺检查
3	擦伤总面积	≤500mm ²	用金属直尺检查

11.3.3 一个分格铝合金型的表面质量和检验方法应符合表 11.3.3 的规定

表 11.3.3 一个分格铝合金型材的表面质量和检验方法

项次	项目	质量要求	检验方法
1	明显划伤和长度>100mm 的轻微划伤	不允许	观察
2	长度≤100mm 的轻微划伤	≤2 条	用金属直尺检查
3	擦伤总面积	≤500mm ²	用金属直尺检查

11.3.4 明框玻璃幕墙的外露框料或装饰压板应光滑顺直，颜色、规格应符合设计要求，压板安装应牢固。单元玻璃幕墙的单元接缝或隐框玻璃的分格玻璃接缝应光滑顺直、均匀一致。

检验方法：观察；手扳检查；检查进场验收记录，

11.3.5 玻璃幕墙的密封胶缝应平横竖直、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直。

检验方法：观察；手摸检查。

11.3.6 玻璃幕墙隐蔽节点的遮封装修牢固、整齐、美观。

检验方法：观察；手扳检查。

11.3.7 明框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合下表的规定。

表 11.3.7 明框玻璃幕安装的允许偏差和检验方法

项次	项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	幕墙垂直度	幕墙高度≤30m	10.0	用经纬仪检查
		30m<幕墙高度≤60m	15.0	
		60m<幕墙高度≤90m	20.0	
		幕墙高度>90m	25.0	
2	幕墙水平度	幕墙幅宽≤35m	5.0	用水平仪检查
		幕墙幅宽>35m	7.0	
3	构件直线度		2.0	用 2m 靠尺和塞尺检查
4	构件水平度	构件长度≤2m	2.0	用水平仪检查
		构件长度>2m	3.0	
5	相邻构件错位		1.0	用金属直尺检查
6	分格框对角线长度差	对角线长度≤2m	3.0	用金属直尺检查
		对角线长度>2m	4.0	

11.3.8 隐框、半隐框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合下表的规定。

表 11.3.8 隐框、半隐框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法

项次	项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	墙面垂直度 (幕墙高	$H \leq 30m$	10.0	用经纬仪检查
		$30m < H \leq 60m$	15.0	
		$60m < H \leq 90m$	20.0	

	度 H)	$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	25.0	
2	幕墙水平度	层高 $\leq 3\text{m}$	3.0	用水平仪检查
		层高 $> 3\text{m}$	5.0	
3	幕墙表面平整度		2.0	用 2m 靠尺和塞尺检查
4	板材立面垂直度		2.0	用 2m 靠尺和塞尺检查
5	板材上沿水平度		2.0	用 2m 靠尺和塞尺检查
6	相邻板材板角错位		1.0	观察
7	阳角方正		2.0	金属直尺检查
8	接缝直线度		3.0	用 2m 靠尺和塞尺检查
9	接缝高低差		1.0	金属直尺检查
10	接缝宽度		1.0	金属直尺检查

11.3.9 点支承玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合下表的规定。

表 11.3.9 点支承玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
竖缝及墙面垂直度	高度不大于 30m	10.0	激光仪或经纬仪
	高度大于 30m 但不大于 50m	15.0	
平面度		2.5	2m 靠尺、金属直尺
接缝直线度		2.5	2m 靠尺、金属直尺
接缝宽度		2.0	卡尺
接缝高低差		1.0	塞尺

11.3.10 单元式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合下表的规定。

表 11.3.10 单元式玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
墙面垂直度 (幕墙高度 H)	$H \leq 30\text{m}$	10.0	经纬仪
	$30\text{m} < H \leq 60\text{m}$	15.0	
	$60\text{m} < H \leq 90\text{m}$	20.0	
	$90\text{m} < H \leq 150\text{m}$	25.0	
	$H > 150\text{m}$	30.0	
墙面平面度		2.5	2m 靠尺
竖缝直线度		2.5	2m 靠尺
横缝直线度		2.5	2m 靠尺
单元间接缝宽度 (与设计值比)		2.0	金属直尺
相邻两单元接缝面板高低差		1.0	深度尺
单元对插配合间隙 (与设计值比)		+1.0	金属直尺

	0	
单元对插搭接长度	1.0	金属直尺

11.3.11 玻璃幕墙的金属构架应与主体防雷装置可靠接通，并符合设计要求。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录。

11.3.12 玻璃幕墙的水密性应符合设计要求。

检测方法：淋水试验。

12 使用维护

12.1 一般规定

12.1.1 幕墙工程竣工验收时，承包商应向业主提供《幕墙使用维护说明书》。《幕墙使用维护说明书》应包括下列内容：

- 1 幕墙的设计依据、主要性能参数及设计使用年限；
- 2 使用注意事项；
- 3 环境条件变化对幕墙工程的影响；
- 4 日常与定期的维护、保养要求；
- 5 幕墙的主要结构特点及易损零部件更换方法；
- 6 备品、备件清单及主要易损件的名称、规格；
- 7 承包商的保修责任。

12.1.2 幕墙交付使用后，业主应根据《幕墙使用维护说明书》的相关要求及时制定幕墙的维修、保养计划与制度。

12.1.3 雨天或4级以上风力的天气情况下不宜使用开启窗；5级以上风力时，应关闭开启窗。

12.1.4 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维修工作不应在4级以上风力和大雨、大雪天气下进行。

12.1.5 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维修使用的作业机具设备应保养良好、功能正常、操作方便、安全可靠；每次使用前都应进行安全装置的检查，确保设备与人员安全。

12.1.6 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维修的作业中，凡属高空作业者，应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80的有关规定。

12.2 检查与维修

12.2.1 日常维护和保养应符合下列规定：

- 1 应保持幕墙表面整洁，避免锐器及腐蚀性气体和液体与幕墙表面接触；
- 2 应保持幕墙排水系统的畅通，如发现堵塞应及时疏通；
- 3 在使用过程中如发现门、窗启闭不灵或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；
- 4 当发现密封胶或密封胶条脱落或损坏时，应及时进行修补与更换；
- 5 当发现幕墙构件或附件的螺栓、螺钉松动或锈蚀时，应及时拧紧或更换；
- 6 当发现幕墙构件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施。
- 7 发现玻璃面板破损时，应及时采取防护措施并更换。

12.2.2 定期检查和维修应符合下列规定：

1 在幕墙工程竣工验收后一年时，应对幕墙工程进行一次全面的检查，此后每五年应检查一次。检查项目应包括：

1) 幕墙整体、单元板块间有无变形、错位、松动，如有，则应对该部位对应的隐蔽结构进行进一步检查；幕墙的主要承力构件、连接构件和连接螺栓等是否损坏、连接是否可靠、有无锈蚀等；

2) 玻璃面板有无松动和损坏；

3) 密封胶有无脱胶、开裂、起泡, 密封胶条有无脱落、老化等损坏现象; 单元幕墙重点检查单元板块间的胶条有无松动、脱落、老化等损坏现象;

4) 开启部分是否启闭灵活, 五金附件是否有功能障碍或损坏, 安装螺栓或螺钉是否松动和失效, 防脱措施是否有效;

5) 幕墙排水系统是否通畅;

6) 电动开启系统是否正常工作。

2 应对第 1 款检查项目中不符合要求者进行维修或更换;

3 施加预拉力的拉杆或拉索结构的幕墙工程在工程竣工验收后六个月时, 应对该工程进行一次全面的预拉力检查和调整, 此后每三年应检查一次;

4 幕墙工程使用十年后应对该工程不同部位的结构硅酮密封胶进行粘接性能的抽样检查; 此后每三年宜检查一次。

12.2.3 灾后检查和修复应符合下列规定:

1 当幕墙遭遇强风袭击后, 应及时对幕墙进行全面的检查, 修复或更换损坏的构件, 对施加预应力的拉杆或拉索结构的幕墙工程, 应进行一次全面的预拉力检查和调整;

2 当幕墙遭遇地震、火灾等灾害后, 应由专业技术人员对幕墙进行全面的检查, 并根据损坏程度制定处理方案, 及时处理。

12.3 清洗

12.3.1 业主应根据幕墙表面的积灰污染程度, 确定其清洗次数, 但不应少于每年一次。

12.3.2 清洗幕墙应按《幕墙使用维护说明书》要求选用清洗液。

12.3.3 清洗幕墙过程中不得撞击和损伤幕墙。

附录 A 预埋件设计

A.0.1 由锚板 and 对称配置的直锚筋所组成的受力预埋件（图 A.0.1），其锚筋的总截面面积 A_s 应符合下列规定：

1 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时，应按分别按公式（A.0.1-1）和（A.0.1-2）计算，并取二者的较大值：

$$A_s \geq \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$A_s \geq \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-2})$$

2 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时，应分别按公式（A.0.1-3）和（A.0.1-4）计算，并取二者的较大值：

$$A_s \geq \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4Nz}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-3})$$

$$A_s \geq \frac{M - 0.4Nz}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{A.0.1-4})$$

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d) \sqrt{\frac{f_c}{f_y}} \quad (\text{A.0.1-5})$$

$$\alpha_b = 0.6 + 0.25 \frac{t}{d} \quad (\text{A.0.1-6})$$

式中： V ——剪力设计值（N）；

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

M ——弯矩设计值（ $\text{N} \cdot \text{mm}$ ）。当 M 小于 $0.4 Nz$ 时，取 M 等于 $0.4 Nz$ ；

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

α_v ——锚筋抗剪承载力系数。当 α_v 大于 0.7 时，取 α_v 等于 0.7；

d ——锚筋直径（mm）；

t ——锚板厚度（mm）；

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

z ——沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离 (mm);

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2), 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用;

f_y ——钢筋抗拉强度设计值 (N/mm^2), 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定采用, 但不应大于 300 N/mm^2 。

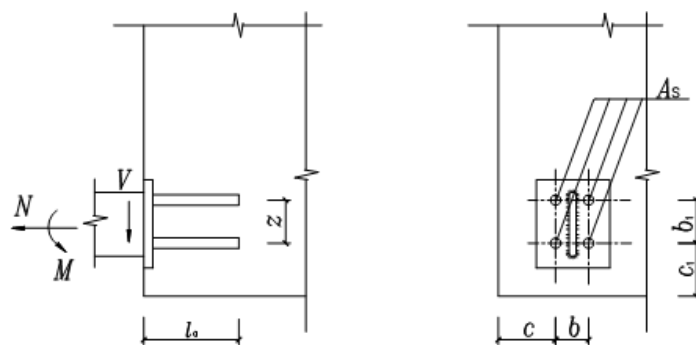


图 A.0.1 锚板和直锚筋组成的预埋件

A.0.2 预埋件的锚板宜采用 Q235、Q345 级钢。锚筋应采用 HRB400 或 HPB300 级钢筋, 严禁采用冷加工钢筋。

A.0.3 预埋件的受力直锚筋不宜少于 4 根, 且不宜多于 4 排; 其直径不宜小于 8mm, 且不宜大于 25mm。受剪预埋件的直锚筋可采用 2 根。预埋件的锚筋应放置在构件的外排主筋的内侧。

A.0.4 直锚筋与锚板应采用 T 型焊。当锚筋直径不大于 20mm 时, 宜采用压力埋弧焊; 当锚筋直径大于 20mm 时, 宜采用穿孔塞焊。当采用手工焊时, 焊缝高度不宜小于 6mm, 且对 300MPa 级钢筋不宜小于 $0.5d$, 对其他钢筋不宜小于 $0.6d$, d 为锚筋直径。

A.0.5 受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度应符合下列要求:

- 1 当计算中充分利用锚筋的抗拉强度时, 其锚固长度应按下式计算:

$$l_a = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (\text{A.0.5})$$

式中 l_a ——受拉钢筋锚固长度 (mm);

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值, 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》

GB50010 的规定取用; 当混凝土强度等级高于 C40 时, 按 C40 取值;

d ——锚筋公称直径 (mm);

α ——锚筋的外形系数, 光圆钢筋取 0.16, 带肋钢筋取 0.14。

- 2 抗震设计的幕墙, 钢筋锚固长度应按本规范公式 (A.0.5) 计算值的 1.1 倍采用;
- 3 当锚筋的拉应力设计值小于钢筋抗拉强度设计值 f_y 时, 其锚固长度可适当减小, 但不

应小于 15 倍锚固钢筋直径。

A.0.6 受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于 15 倍锚固钢筋直径。除受压直锚筋外，当采用 HPB235 级钢筋时，钢筋末端应作 180°弯钩，弯钩平直段长度不应小于 3 倍的锚筋直径。

A.0.7 锚板厚度应根据其受力情况按计算确定，不宜小于锚筋直径的 0.6 倍。锚筋中心至锚板边缘的距离 c 不应小于锚筋直径的 2 倍和 20mm 的较大值（图 A.0.1）。

对受拉和受弯预埋件，其钢筋的间距 b 、 b_1 和锚筋至构件边缘的距离 c 、 c_1 均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较大值（图 A.0.1）。

对受剪预埋件，其锚筋的间距 b 、 b_1 均不应大于 300mm，且 b_1 不应小于锚筋直径的 6 倍及 70mm 的较大值；锚筋至构件边缘的距离 c_1 不应小于锚筋直径的 6 倍及 70mm 的较大值，锚筋的间距 b 、锚筋至构件边缘的距离 c 均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较大值（图 A.0.1）。

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《建筑结构荷载规范》GB50009
2. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
3. 《建筑设计防火规范》GB 50016
4. 《钢结构设计规范》GB50017
5. 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
6. 《建筑物防雷设计规范》GB50057
7. 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
8. 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
9. 《施工组织设计规范》GB50502
10. 《钢结构工程施工规范》GB 50755
11. 《铝合金结构设计规范》GB 50429
12. 《铆钉用通孔》GB 152.1
13. 《沉头螺钉用沉孔》GB 152.2
14. 《圆柱头、螺栓用沉孔》GB 152.3
15. 《优质碳素结构钢 技术条件》GB/T 699
16. 《碳素结构钢》GB/T 700
17. 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》GB/T 912
18. 《不锈钢焊条》GB/T 983
19. 《不锈钢棒》GB/T 1220
20. 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
21. 《一般用途耐蚀钢铸件》GB/T2100
22. 《连续热镀锌板及钢带》GB/T 2518。
23. 《合金结构钢 技术条件》GB/T 3077
24. 《变形铝及铝合金化学成份》GB/T 3190
25. 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》GB/T 3274
26. 《不锈钢冷轧钢板》GB/T 3280
27. 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524
28. 《耐候结构钢》GB/T 4171
29. 《不锈钢冷加工棒》GB/T 4226
30. 《不锈钢热轧钢板》GB/T 4237
31. 《不锈钢和耐热钢冷轧钢带》GB/T 4239
32. 《碳钢焊条》GB/T 5117
33. 《低合金钢焊条》GB/T 5118
34. 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
35. 《铝合金建筑型材 基材》GB 5237.1
36. 《铝合金建筑型材 阳极氧化、着色型材》GB 5237.2
37. 《铝合金建筑型材 电泳涂漆型材》GB 5237.3

38. 《铝合金建筑型材 粉末喷涂型材》GB 5237.4
39. 《铝合金建筑型材 氟碳漆喷涂型材》GB 5237.5
40. 《铝合金建筑型材 隔热型材》GB 5237.6、
41. 《紧固件 螺栓和螺钉》GB/T 5277
42. 《工程结构用中、高强度不锈钢铸件》GB/T6967
43. 《结构用无缝钢管》GB/T 8162
44. 《铝合金门窗》GB/T 8478
45. 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
46. 《不锈钢丝绳》GB/T 9944
47. 《平板玻璃》GB 11614
48. 《中空玻璃》GB/T 11944
49. 《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
50. 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
51. 《建筑用安全玻璃 第1部分：防火玻璃》GB 15763.1
52. 《建筑用安全玻璃 第2部分：钢化玻璃》GB 15763.2
53. 《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB 15763.3
54. 《建筑用安全玻璃 第4部分：均质钢化玻璃》GB 15763.4
55. 《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776
56. 《半钢化玻璃》GB/T 17841
57. 《镀膜玻璃》GB/T 18915.1~2
58. 《锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线》GB/T 20492
59. 《一般用途钢丝绳》GB/T 20118
60. 《钢拉杆》GB/T 20934
61. 《建筑幕墙》GB/T 21086
62. 《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
63. 《铝合金建筑型材用辅助材料 第2部分：聚氨酯隔热胶》GB/T 23615.2
64. 《防火封堵材料》GB 23864
65. 《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB 24266
66. 《建筑用阻燃密封胶》GB/T24267
67. 《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498
68. 《不锈钢钢绞线》GB/T 25821
69. 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26
70. 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
71. 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
72. 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75
73. 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
74. 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81
75. 《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85

- 76. 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 77. 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 134
- 78. 《点支式玻璃幕墙支承装置》 JG/T 138
- 79. 《吊挂式玻璃幕墙支承装置》 JG 139
- 80. 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 81. 《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》 JGJ/T 151
- 82. 《建筑用硬质塑料隔热条》 JG/T 174
- 83. 《建筑用隔热铝合金型材》 JG 175
- 84. 《建筑用不锈钢绞线》 JG/T 200
- 85. 《建筑幕墙用钢索压管接头》 JG/T 201
- 86. 《建筑门窗五金件 通用要求》 JG/T 212
- 87. 《索结构技术规程》 JGJ 257
- 88. 《幕墙玻璃接缝用密封胶》 JC/T 882
- 89. 《中空玻璃用丁基热熔密封胶》 JC/T 914
- 90. 《釉面钢化玻璃与釉面半钢化玻璃》 JC/T 1006
- 91. 《真空玻璃》 JC/T 1079
- 92. 《建筑用钢质拉杆构件》 JG/T xxx
- 93. 《超白浮法玻璃》 JC/T xxx
- 94. 《不锈钢热轧钢带》 YB/T 5090
- 95. 《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》 YB/T 152
- 96. 《镀锌钢绞线》 YB/T 5004 的规定
- 97. 《防爆炸复合玻璃》 GA 667

中华人民共和国行业标准

玻璃幕墙工程技术规范

JGJ 102-201×

条文说明

修 订 说 明

《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-201x,经住房和城乡建设部 2012 年 月 日以第 号公告批准、发布。

本规范是在《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003 的基础上修订而成。上一版的主编单位是中国建筑科学研究院,参编单位是中山市盛兴幕墙有限公司、沈阳远大铝业工程有限公司、深圳方大装饰工程有限公司、武汉凌云建筑装饰工程有限公司、深圳三鑫特种玻璃技术股份有限公司、深圳北方国际实业股份有限公司、东南大学、上海建筑设计研究院有限公司、广州白云粘胶厂、广东金刚玻璃科技股份有限公司、中国建筑材料科学研究院,主要起草人员是黄小坤、赵西安、姜清海、谈恒玉、龚万森、谢海状、彭海龙、胡忠明、冯健、孙宝莲、王洪敏、黄庆文、李涛、黄拥军、杨建军。

本次修订的主要技术内容是:1.增加了对隐框幕墙应用高度的限制;2.对玻璃幕墙用玻璃的类型进行了详细规定;3.补充了防火、防雷设计的有关内容;4.补充了有关索支承结构幕墙的相关规定;5.修改了作用组合的组合值系数;6.修改了硅酮结构密封胶粘结厚度的计算方法;7.补充了考虑中间层胶片性质的夹层玻璃的设计方法;8.完善了玻璃幕墙工程验收的相关内容。

本规范修订过程中,编制组调查总结了国内外玻璃幕墙有关研究成果和工程实践经验,开展了夹层玻璃受弯性能试验研究、硅酮结构密封胶粘接厚度计算等专项研究,参考了国外有关先进技术标准,在全国范围内广泛征求了意见,并对反馈意见进行了汇总和处理。

为便于设计、科研、教学、施工等单位的有关人员在使用本规范时正确理解和执行条文规定,《玻璃幕墙工程技术规范》编制组按照章、节、条顺序编写了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了解释和说明。但是,本条文不具备与规程正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握条文规定的参考。

目 次

1	总则	80
2	术语和符号	82
3	材料	83
3.1	一般规定	83
3.2	铝合金	83
3.4	玻璃	83
3.5	密封材料	85
3.6	其他材料	86
4	建筑设计	87
4.1	一般规定	87
4.2	性能和检测要求	87
4.3	构造设计	88
4.4	防火及防雷设计	90
4.5	安全规定	91
5	结构设计的基本规定	93
5.1	一般规定	93
5.2	材料力学性能	95
5.3	荷载和地震作用	98
5.4	作用组合	99
5.5	连接设计	100
5.6	硅酮结构密封胶设计	102
6	框支承玻璃幕墙结构设计	108
6.1	一般规定	108
6.2	玻璃	108
6.3	横梁	111
6.4	立柱	112
7	全玻幕墙结构设计	114
7.1	一般规定	114
7.2	面板	114
7.3	玻璃肋	115
7.4	胶缝	115
8	点支承玻璃幕墙结构设计	116
8.1	面板	116
8.2	支承装置	116
8.3	支承结构	117
9	加工制作	122
9.1	一般规定	122
9.2	铝型材	122
9.3	钢构件	122
9.4	玻璃	123
9.5	明框幕墙组件	124
9.6	隐框幕墙组件	124
9.7	单元式玻璃幕墙	124

10	安装施工	126
10.1	一般规定	126
10.2	安装施工准备	127
10.3	预埋件、后锚固连接件.....	127
10.4	构件式玻璃幕墙.....	127
10.5	单元式玻璃幕墙.....	128
10.6	全玻璃幕墙	129
10.7	点支式玻璃幕墙.....	129
10.9	安全规定	129
11	工程验收.....	130
11.1	一般规定	130
11.2	主控项目	130
11.3	一般项目	131
12	使用维护	133
12.1	一般规定	133
12.2	检查与维修	133

1 总则

1.0.1 由玻璃面板与支承结构体系组成的、相对主体结构有一定位移能力、不分担主体结构荷载和作用的建筑外围护结构或装饰性结构，通称为玻璃幕墙。早在 100 多年前幕墙已开始在建筑上应用，但由于种种原因，主要是材料和加工工艺的因素，但也有思想意识和传统观念束缚的因素，使幕墙在 20 世纪中期以前，发展十分缓慢。随着科学技术和工业生产的发展，许多有利于幕墙发展的新原理、新技术、新材料和新工艺被开发出来，如雨幕原理的发现，并成功应用到幕墙设计和制造上，解决了长期妨碍幕墙发展的雨水渗漏难题；又如铝及铝合金型材、各种玻璃的研制和生产，特别是高性能粘接、密封材料（如硅酮结构密封胶和硅酮建筑密封胶），以及防火、隔热保温和隔声材料的研制和生产，使幕墙所要求的各项性能，如风压变形性能、水密性能、气密性能、隔热保温性能和隔声性能等，都有了比较可靠的解决办法。因而，幕墙在近 30~40 年来获得了飞速发展，在建筑上得到了比较广泛的应用。

应用大面积的玻璃装饰于建筑物的外表面，通过建筑师的构思和造型，并利用玻璃本身的特性，使建筑物显得别具一格，光亮、明快和挺拔，较之其他装饰材料，无论在色彩还是在光泽方面，都给人一种全新的感觉和视觉效果。

玻璃幕墙在国外已获得广泛的应用与发展。我国自 20 世纪 80 年代以来，在一些大中城市和沿海开放城市，开始使用玻璃幕墙作为公共建筑物的外装饰，如商场、宾馆、写字楼、展览中心、文化艺术交流中心、机场、车站和体育场馆等，取得了较好的社会经济效益，为美化城市做出了贡献。

为了使玻璃幕墙工程的设计、材料选用、性能要求、加工制作、安装施工和工程验收等有章可循，使玻璃幕墙工程做到安全可靠、实用美观和经济合理，我国于 1996 年颁布实施了《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-96，并于 2003 年进行了修订，对玻璃幕墙的健康发展起到了重要作用。但是，近年来，我国建筑幕墙行业发展很快，建筑幕墙建造量已位居世界前列，玻璃幕墙不仅数量多而且形式多样化，一方面新材料、新工艺、新技术、新体系被不断采用，如点支承玻璃幕墙、索支承幕墙得到了大量应用；另一方面，一些相关的国家标准、行业标准已经陆续完成了制订或修订，并发布实施。因此，有必要对规范进行修订和完善。

本次修订过程中，以原规范（JGJ 102-2003）为基础，考虑了现行有关国家标准或行业标准的有关规定，调研、总结了我国近年来玻璃幕墙行业科研、设计、施工安装成果和经验，补充了部分试验研究和理论分析，同时参考了国际上有关玻璃幕墙的先进标准和规范。

在提高建筑性能、建筑节能需求引导下，双层幕墙、光伏幕墙等新概念幕墙目前已得到了一定的应用，但限于现有的研究尚不够充分，本次修订时，暂不列入相关内容。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。其中未包含工业建筑玻璃幕墙，主要考虑到工业建筑范围很广，往往有不同于民用建筑的特殊要求，如可能存在腐蚀、辐射、高温、高湿、振动、爆炸等特殊条件，本规范难以全部涵盖。当然，一般用途的工业建筑，其玻璃幕墙的设计、制作等可参照本规范的有关规定；有特别要求的，应专门研究处理，采取相应的措施。

本规范仅考虑与水平面夹角大于 75 度、小于 90 度的斜玻璃幕墙或竖向玻璃幕墙。对大

跨度的玻璃雨篷、通廊、采光顶等结构设计，应符合国家现行有关标准的规定或进行专门研究。

JGJ 102-2003 版规范中未涵盖 9 度抗震设计的建筑物，主要原因是由于 9 度抗震设防地区缺乏玻璃幕墙应用的可靠经验，应用幕墙型式有可能发生比较严重的破坏。

2008 年 5 月 12 日汶川地震后，对主体结构未倒塌的建筑物外围护结构或装饰结构的破坏状况进行调查，得出结论：合理设计的建筑幕墙抗震性能较好，某些情况下优于多种其他形式的外墙围护装饰，如墙砖、湿贴花岗石、粘贴类铝塑板造型装饰，以及固定窗。经分析，建筑幕墙抗震性能良好主要受益于几方面：1）建筑幕墙由面板和相对独立的支承结构系统组成，不承担主体结构所受的荷载；2）建筑幕墙构造做法中采取了螺栓连接、胶体连接、槽式连接等方式，并提出了连接最小尺寸、变形性能、数量、间隙大小等构造要求，使得建筑幕墙可承受或可适应主体结构较大的变形；3）幕墙支承结构系统常采用铝材、钢材制作，材料本身具有良好的变形和延性，不致产生脆性断裂。鉴于建筑幕墙在汶川地震中的表现，本次规程中允许在设防烈度为 9 度地区采用建筑幕墙作为围护结构。

因民用建筑玻璃幕墙工程可在非抗震地区和国内 6~9 度抗震设防地区使用，本次修订时取消了 JGJ 102-2003 中在非抗震地区和国内 6~8 度抗震设防地区使用的限制要求。

1.0.3 一般情况下，对建筑幕墙起控制作用的是风荷载。幕墙面板本身必须具有足够的承载能力，避免在风荷载作用下破碎。我国沿海地区经常受台风袭击，设计中应考虑足够的抗风能力。

在风荷载作用下，幕墙与主体结构之间的连接件发生拔出、拉断等严重破坏的情况比较少见，主要问题是保证其足够的活动能力，使幕墙构件避免受主体结构过大位移的影响。

在地震作用下，幕墙构件和连接件会受到强烈的动力作用，相对更容易发生破坏。防止或减轻地震震害的主要途径是加强构造措施。

在多遇地震作用下（比设防烈度低约 1.55 度，重现期大约 50 年，50 年超越概率约 63.2%），幕墙不允许破坏，应保持完好；在中震作用下（对应于设防烈度，重现期大约 475 年，50 年超越概率约 10%），幕墙不应有严重破损，一般只允许部分面板破碎，经修理后仍然可以使用；在罕遇地震作用下（相当于比设防烈度约高 1.0 度，重现期大约 1500~2000 年，50 年超越概率约 2%~3%），必然会严重破坏，面板破碎，但骨架不应脱落、倒塌。幕墙的抗震构造措施，应保证上述设计目标的实现。

1.0.4 构成玻璃幕墙的主要材料有：钢材、铝材、玻璃和粘结密封材料等四大类，大多数材料均有国家和行业标准，在选择材料时应符合这些标准的要求。

另外，在幕墙的设计、制作和施工中，密切相关的还有下列现行国家标准或行业标准：《钢结构设计规范》、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》、《铝合金结构设计规范》、《混凝土结构设计规范》、《高层民用建筑钢结构技术规程》、《高层建筑混凝土结构技术规程》、《建筑设计防火规范》、《建筑物防雷设计规范》、《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》、《金属与石材幕墙工程技术规范》、《人造板材幕墙工程技术规范》、《建筑幕墙工程检测方法标准》等，其相关的规定也应参照执行。

2 术语和符号

在规范中涉及玻璃幕墙工程方面的主要术语有两种情况：

1. 在现行国家标准、行业标准中无规定，是本规范首次提出并给予定义的，如明框玻璃幕墙、半隐框玻璃幕墙、隐框玻璃幕墙、斜玻璃幕墙、全玻璃幕墙、点支承玻璃幕墙等。

2. 虽在随后颁布的国家标准、行业标准中出现过这类术语，但为了方便理解和使用，本规范进行了引用，如双金属腐蚀、相容性等。

本章共列出术语 17 条以及在本规范中使用的主要符号。

玻璃幕墙是建筑幕墙的一种形式。根据幕墙面板材料的不同，建筑幕墙一般可分为玻璃幕墙、金属幕墙（不锈钢、铝合金等）、石材幕墙、人造板材幕墙等。实际应用上，尤其是大型工程项目中，往往采用组合幕墙，即在同一工程中同时采用玻璃、金属板材、石材等作为幕墙的面板，形成更加灵活多变的建筑立面形式和效果。本规范适用于采用玻璃面板的建筑幕墙。

幕墙的分类形式较多，而且不完全统一。本规范按照下列方法分类：

1. 根据幕墙玻璃面板的支承形式可分为框支承幕墙、全玻璃幕墙和点支承幕墙。框支承幕墙的面板由横梁和立柱构成的框架支承，面板为周边支承板；立面表现形式可以是明框、隐框和半隐框。框支承幕墙的玻璃面板自重及承受的风载、地震作用直接传递给金属框架或通过硅酮结构密封胶的粘接传递给金属框架。全玻璃幕墙的面板和支承结构全部为玻璃或玻璃制品，玻璃面板通常为对边支承的单向板（整肋）或点支承面板（金属连接玻璃肋）。点支承幕墙的特点是支承面板的方式是点而不是线，一般应用较多的为四点支承，也有六点支承、三点支承等其他方式；面板承受的荷载和地震作用，通过点支承装置传递给其后面的支承结构（常为钢结构，也有玻璃肋），支承结构将面板受到的作用传递到主体结构上。

2. 框支承幕墙根据安装方式可分为构件式和单元式两大类。构件式幕墙的面板、支承面板的框架构件（横梁、立柱）等均在工程现场顺序安装；单元式幕墙一般在工厂将面板、横梁和立柱组装为各种形式的幕墙单元，以单元形式在工程现场安装为整体幕墙。

3. 根据幕墙自身平面和水平面的夹角大小可分为垂直玻璃幕墙、斜玻璃幕墙和玻璃采光顶等。这种划分并无严格标准。根据与现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113 的协调意见，本规范的应用范围主要是垂直玻璃幕墙以及与水平面夹角在 75°和 90°之间的斜玻璃幕墙，与水平面夹角在 0°和 75°之间的各种玻璃幕墙（包括一般意义上的采光顶）属于行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ113 的管理范围。

由于玻璃幕墙大多采用硅酮结构密封胶等化学粘接材料粘接受力或进行密封，接触粘结材料的隔离材料、衬垫材料、镶装材料、密封胶等不应产生对粘结材料有害反应（变色、脱粘）的性能。

3 材料

3.1 一般规定

3.1.2 幕墙处于建筑物的表面，经常受自然环境不利因素的影响，如日晒、雨淋、风沙等不利因素的侵蚀。因此，要求幕墙材料要有足够的耐候性和耐久性，具备防风雨、防日晒、防盗、防撞击、保温、隔热等功能。除不锈钢和轻金属材料外，其他金属材料都应进行热镀锌或其他有效的防腐处理，保证幕墙的耐久性。对于预埋件买入混凝土部分可以不镀锌，外露部分须作防腐处理

3.1.3 无论是在加工制作、安装施工中，还是交付使用后，幕墙的防火都十分重要，应尽量采用不燃材料和难燃材料。但是，目前国内外都有少量材料是不防火的，如双面胶带、填充棒等都是易燃材料，因此，在安装施工中应引起注意，并要采取防火措施。

3.1.4 酸性硅酮密封胶固化时放出醋酸，对金属材料、镀膜玻璃和夹层玻璃有一定的腐蚀性，并可能与中性的硅酮结构胶中的碳酸钙起反应，使其性能下降，使用时必须注意。

3.1.5 建筑密封胶和结构密封胶是化学活性材料，过期产品的性能往往达不到规定的质量要求，如粘结强度降低、耐候性能和变形性能下降等，因此不能在工程中使用。硅酮结构密封胶与建筑密封胶（耐候密封胶）是按不同的标准生产的，侧重点不同，性能有较大差别，因此两者替换使用会造成质量或安全隐患。设计要求使用建筑密封胶的部分不宜采用结构密封胶代换，以保证幕墙的水密性、气密性等要求；更不能将建筑密封胶作为结构密封胶使用，因为结构密封胶对力学性能有严格要求，对结构安全至关重要。

3.2 铝合金

3.2.1 铝合金型材有普通级、高精级和超高精级之分。幕墙属于比较高级的建筑产品，为保证其承载力、变形和耐久性要求，应采用高精级或超高精级的铝合金型材。

3.2.2 漆膜厚度决定了型材的耐久性，过薄的漆膜不能起到持久的保护作用，容易使型材被大气中的酸性物质腐蚀，影响型材的外观及使用寿命。

3.2.3 使用 PVC 型材做隔热材料，因其膨胀系数比铝型材高，在高温和机械荷载下会产生蠕变，导致型材变形。而 PA66GF25 膨胀系数与铝型材相近，机械强度高，耐高温、防腐性能好，是铝型材理想的隔热材料。

3.4 玻璃

3.4.2 玻璃在裁切时，其刀口部位会产生很多大小不等的锯齿状凹凸，引起边缘应力分布不均匀，玻璃在运输、安装过程中，以及安装完成后，由于受各种作用的影响，容易产生应力集中，导致玻璃破碎。另一方面，半隐框幕墙的两个玻璃边缘和隐框幕墙的四个玻璃边缘都

是显露在外部，如不进行倒棱处理，还会影响幕墙的整齐、美观。因此，幕墙玻璃裁割后，必须进行倒棱处理。

钢化和半钢化玻璃，应在钢化和半钢化处理前进行倒棱和倒角处理。

3.4.3 生产热反射镀膜玻璃有多种方法，如真空磁控阴极溅射镀膜法、在线热喷涂法、电浮化法、化学凝胶镀膜法等，其质量是有差异的。国内外幕墙使用热反射镀膜玻璃的情况表明，采用真空磁控溅射镀膜玻璃和在线热喷涂镀膜玻璃能够满足幕墙加工和使用的要求。

3.4.4 单道密封中空玻璃仅使用硅酮胶或聚硫胶时，气密性差，水气容易进入中空层，影响使用效果，不适用单独在幕墙上使用，但硅酮胶和聚硫胶的粘结强度较高；以聚异丁烯为主要成份的热熔丁基胶的密封性优于硅酮胶和聚硫胶，但粘结强度较低，也不能单独使用。因此，幕墙用中空玻璃应采用双道密封。用热熔丁基胶做第一道密封，可弥补硅酮胶和聚硫胶的不足，用硅酮胶或聚硫胶做二道密封，可保证中空玻璃的粘结强度。

第二道密封胶为聚硫密封胶或聚氨酯密封胶的中空玻璃，阳光长期照射胶体或胶体与玻璃的粘结界面时，会导致密封胶老化，发生开裂、粉化或脱胶等问题。因此，点支式玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封胶应采用硅酮密封胶，隐框、半隐框玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶。

明框幕墙用中空玻璃的第二道密封胶可采用聚硫密封胶、聚氨酯密封胶或硅酮密封胶。

3.4.5 目前国内外加工夹层玻璃的方法大体有两种，即干法和湿法。干法生产的夹层玻璃质量稳定可靠，而湿法生产的夹层玻璃质量不如干法，用其作为外围护结构的幕墙玻璃，特别是作为隐框幕墙的安全玻璃还有不成熟之处。因此，本条特别指明，幕墙玻璃应采用聚乙烯醇缩丁醛胶片或离子性中间层胶片干法加工合成的夹层玻璃。

离子性中间层（Ionoplast Interlayer）胶片在国内建筑幕墙夹层玻璃中应用时间不长，但经国外资料调研以及中国建筑科学研究院进行的相关试验，已经显示出采用离子性中间层胶片制作的夹层玻璃高具有高承载力、耐冲击等优点，在承载能力、变形性能要求较高时，具有一定的适用前景。为此，本次规范中增加了可使用离子性中间层胶片的规定。目前已在国内广州新电视塔、广州利通广场大厦、深圳京基大厦等大型工程中得到应用。

3.4.6 在线法生产的低辐射镀膜玻璃，由于膜层牢固度、耐久性好，可以在幕墙上单片使用，但其低辐射率（ e 值）比离线法要高；而离线法生产的低辐射镀膜玻璃，由于膜层牢固度、耐久性差，不能单片使用，必须加工成中空玻璃，且膜层应朝向中空气体层保护起来，但其低辐射率（ e 值）比在线法要低，适用于对隔热要求比较高的场合。

当低辐射镀膜玻璃加工成夹层玻璃时，膜层不宜与胶片结合，以免导致传热系数升高，保温效果变差。

按照国家标准《中空玻璃稳态 U 值（传热系数）的计算和测定》GB/T 22476 中第 5 条的规定，在使用低辐射镀膜中空玻璃时，镀膜玻璃的镀膜面在室内侧和室外侧，中空玻璃传热系数的计算值差异不大；这种情况下，中空玻璃的遮阳系数按照《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/T2680 中第 3.9 条计算差异较大。

3.4.7 根据现行国家标准《建筑用安全玻璃 防火玻璃》GB15736.1，防火玻璃分为复合和单

片防火玻璃。幕墙用防火玻璃宜采用单片防火玻璃或由其加工成的中空、夹层防火玻璃。灌浆法或用其他防火胶填充在玻璃之间而成的复合型防火玻璃，由于在高于 60℃ 以上环境或长期受紫外线照射后容易失效，因此不宜应用在受阳光直接或间接照射的幕墙中。

3.5 密封材料

3.5.1 当前国内明框幕墙的密封，主要采用橡胶密封条，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。国内几个大型工程采用胶条密封，至今没有出现问题。但如果在材质方面控制不严，有的橡胶接口在一、二年内就会出现质量问题，如发生老化开裂甚至脱落，使幕墙产生漏水、透气等严重问题，玻璃也有脱落的危险，给幕墙带来不安全的隐患。因此，不合格密封胶条绝对不允许在幕墙上使用。目前，国外正向以耐候硅酮密封胶代替橡胶密封条方向发展；用耐候性好、永久变形小的硅橡胶作密封胶条也是一个发展方向。

采用三元乙丙橡胶和硅橡胶制品时，要采取适当措施，保证胶条的连续性，以免接头位置脱开，降低幕墙的气密性能和水密性能。

3.5.2 幕墙用胶条，应当具有耐紫外线、耐老化、耐污染、弹性好、永久变形小等特性。如果不对胶条的材质进行控制，会出现老化开裂甚至脱落等严重问题，影响幕墙的气密性能和水密性能。应对胶条的材质进行控制，并符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498 的规定。

3.5.3 玻璃幕墙的耐候密封应采用中性硅酮类耐候密封胶，因为硅酮密封胶耐紫外线性能极好且与硅酮结构密封胶有良好的相容性。

填充矿物油的硅酮耐候密封胶可能符合行业标准 JC/T 882 的要求，但是由于矿物油容易从胶体中渗出和挥发，会导致胶体收缩或开裂，使密封性能下降，造成漏水等问题，与中空玻璃接触时会导致中空玻璃过早失效，因此应避免使用填充矿物油的硅酮密封胶。

3.5.4 单元板块的构件连接处的缝隙采用组角胶密封，同时也承担一定的连接强度，达到牢固连接。组角胶目前还没有国家及行业标准，国内产品均按照 BS EN 204 标准生产，指标规定的标准条件为温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $50\pm 5\%$ ，下垂度不大于 2.0mm 保证了构件连接处缝隙的组角胶填充密实，表干时间为 5~20min 使得构件组装的效率有保障，固化 7 天后的剪切强度不小于 10.0MPa 使单元板块的构件达到牢固连接。组角胶也叫隼口胶，在铝合金门窗构件角部连接也有广泛应用。

3.5.5 硅酮结构密封胶是影响玻璃幕墙安全的重要因素，国家在 1997 年颁布了硅酮结构密封胶的国家标准《硅酮结构密封胶》GB16776-1997。GB16776 是在 ASTM C1184 的基础上制定的，它规定了硅酮结构密封胶的最基本要求。2005 年，根据近几年硅酮结构密封胶的使用情况，对 GB16776 进行了重新修订，增加了弹性模量和最大强度时伸长率的要求。

用于中空玻璃的硅酮结构密封胶与用于粘结副框的硅酮结构密封胶在性能要求上有所不同，因此，2009 年又制订了国家标准《中空玻璃用硅酮结构密封胶》GB24266。

3.5.6 硅酮建筑密封胶和硅酮结构密封胶在使用前，应进行与其相接触材料（如间隔条、密

封垫、定位块及其他有机材料)相容性试验。如果使用了与密封胶不相容的材料,可能会导致密封胶的粘结性能的下降或丧失,留下的质量或安全隐患。由于硅酮结构密封胶是结构连接用材料,关乎建筑幕墙结构安全,因此尚应进行与面板、金属框架等接触材料的剥离粘结性试验以及拉伸粘接性试验、邵氏硬度试验,以保证结构粘接质量和安全性。

3.5.7 规程在本次修订时,对硅酮结构胶粘接厚度的计算公式进行了调整,公式中需利用硅酮结构胶的拉伸弹性模量。此外,硅酮结构密封胶的拉伸应力应变曲线能直观的反映胶体的拉伸受力性能。因此,本次修订时增加了对结构胶拉伸应力应变曲线的要求。应力应变曲线应提供拉伸全过程曲线,以及 0~0.25MPa 应力范围的局部放大曲线图。

3.6 其他材料

3.6.5 目前我国有关门窗用五金件、附件及紧固件的规程众多,此处正文仅列出 2 本,除此之外尚应参考现行国家标准《紧固件 螺栓和螺钉》GB/T 5277、《紧固件机械性能 螺栓 螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2、《紧固件机械性能 螺母 细牙螺纹》GB/T 3098.4、《紧固件机械性能 螺栓 自攻螺钉》GB/T 3098.5、《紧固件机械性能 不锈钢螺栓 螺钉和螺柱》GB/T 3098.6、《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15 和《紧固件机械性能 不锈钢自攻螺钉》GB/T 3098.21、《紧固件机械性能 自钻自攻螺钉》GB/T 15856 的规定、《建筑门窗五金件 通用要求》JG/T 212、《建筑门窗五金件 传动机构用执手》JG/T 124、《建筑门窗五金件 合页(铰链)》JG/T 125、《建筑门窗五金件 传动锁闭器》JG/T 126、《建筑门窗五金件 滑撑》JG/T 127、《建筑门窗五金件 撑挡》JG/T 128、《建筑窗用内平开下悬五金系统》GB/T 24601、《建筑门用提升推拉五金系统》JG/T 308、《建筑用闭门器门》JG/T 268、

QB/T 2697—2005 地弹簧等的有关规定。

3.6.6 为了提高幕墙的热工性能,必须采取措施,避免形成沟通室内外的“热桥”。除了采用铝合金隔热型材之外,也可采用隔热衬垫将内外型材隔开的隔热构造措施。这种断热构造措施不仅适用于内外均是同一材质的型材,而且还适用于内外是不同材质的型材。这种断热构造措施,在国外的明框幕墙工程中,已经得到了普遍采用。近年来,在国内的幕墙工程中,尤其是明框幕墙工程中,也得到了广泛应用。

隔热衬垫应采用耐候性好、导热系数低的材料制作,常用的材料有聚酰胺(PA66GF25)、聚氨酯胶(PU)和未增塑聚氯乙烯。隔热衬垫的形状和尺寸,尤其是隔热衬垫的高度,应根据设计计算确定,确保幕墙的热工性能符合建筑节能设计要求。与聚酰胺(PA66GF25)、聚氨酯胶(PU)和未增塑聚氯乙烯的材质和性能有关的产品标准有《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、《铝合金建筑型材用辅助材料 第 2 部分:聚氨酯隔热胶》GB/T 23615.2 和《门、窗用未增塑聚氯乙烯(PVC-U)型材》GB/T 8814 等,在进行幕墙断热构造衬垫设计时,可进行选用。在选用未增塑聚氯乙烯作为衬垫材料时,为保证幕墙构件的耐久性,宜选用老化时间分类为 S 类的未增塑聚氯乙烯(PVC-U)材料。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.2 玻璃幕墙设计是由建筑设计单位和幕墙设计单位先后完成的专项设计。幕墙概念设计阶段是建筑设计的重要内容。从建筑构思开始，到幕墙立面方案确定，合理选择造型、色调、虚实组合、玻璃品种、线形与分格，具有创意和标识性，并协调玻璃幕墙与建筑整体、与周边环境的关系，创造室内外良好的空间氛围和视觉感受，对幕墙的构造类别与用材规格提供概念性的设计要求，符合环境、节能、艺术及造价等方面的可操作性。幕墙技术设计阶段由承建该项目的幕墙公司完成，又称之为幕墙深化设计阶段。在概念设计基础上完成施工图设计后，按序进入加工制作和施工安装，建成外围护体系，满足建筑的使用需求。

4.1.3 玻璃幕墙的分格与立面效果密不可分。确定玻璃板块的尺度应考虑原片规格，并尽量运用现有的制作与合成技术，有效控制材料成本。

4.1.4 具体计算时也可参照《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 的要求。

4.1.5 遮阳技术对于改善玻璃幕墙建筑的热工性能有重要意义。从各种型式的遮阳方式中选择与玻璃幕墙相匹配的装置，无论采用内遮阳或者外遮阳，使建筑立面显得生动与变幻，增进室内舒适感，不同程度上减少反射光影响，改善环境效果，但要重视遮阳装置的安全可靠性。

4.1.6 玻璃幕墙作为建筑的外围护体系，应具有良好的密封性。如果幕墙立面上可开启的面积过大，一定程度上会增加空调能耗和雨水渗入的可能性，而单扇尺度过大，阻碍启闭，更易引发安全问题。本条规定，为保障立面开启扇的正常使用，应合理确定单扇尺度、开启角度、开启距离及设有防脱装置。

4.1.8 高度超过 50m 的幕墙工程，定期清洁与维护工作难以借助消防升降梯或其他设施。在幕墙设计阶段，应确定外墙清洗方式及设备类型，设计幕墙骨架时，要考虑设备的固定与连接构造，保障使用安全。

4.2 性能和检测要求

4.2.1 玻璃幕墙性能设计与建筑物的使用功能、造价等有关。在概念设计阶段，应从建筑高度、建筑外型、地理气候环境等因素出发，合理选择适合该玻璃幕墙建筑的各项物理性能指标，保障正常使用，保持安逸舒适的室内环境。

4.2.2 玻璃幕墙的抗风压性能是指幕墙在与其相垂直的风荷载作用下，保持使用正常、不发生任何开裂或损坏的能力。幕墙抗风压性能指标值是主要受力杆件或支承结构的相对挠度值达到规定限值时的瞬时风压值相对应。幕墙的抗风压能力应大于其所承受的风荷载标准值。检测方法可依据现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227。

4.2.3 玻璃幕墙的气密性能是指在风压作用下，其开启部分全部闭合时，空气透过幕墙的能力。对有空气调节要求的玻璃幕墙建筑，空气渗透所损失的能耗与板块缝隙处置相关，是建

筑节能关注的重要方面。现规定固定部位与开启部分都达到 2 级标准值，其检测方法可依据现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227。

4.2.4 玻璃幕墙的水密性能与所在地的气候条件有关。现公式中的系数 1000 为 kN/m^2 和 Pa 的换算系数；体型系数取值为 1.2（大面的 1.0 加上室内压 0.2，未考虑边角部位负压区）是考虑雨水渗漏现象在正风压作用下发生的可能性大。在沿海受热带风暴和台风袭击的地区，多发大风伴有大雨，气候特征有别于其他地区，水密性取值应较高，保证幕墙密封性，而其他地区按该公式计算值的 75%取值，但指标值至少满足 700Pa，相当于高性能窗的要求。检测方法可根据现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227 的规定，以整个箱体在标准的均匀淋水量、规定时间内的稳定压力作用下测试与取值。

4.2.5 层间位移角即楼层的层间位移与层高的比值。受风荷载或地震作用后，建筑物各层发生相对位移时，玻璃幕墙产生随动变形，这种平面内变形可能造成对幕墙的损害。平面内变形性能，应区分是否有抗震要求。有地震作用地区，近似取主体结构在多遇地震作用下弹性层间位移角限值的 3 倍为指标值。在风荷载或多遇地震作用下，主体结构楼层最大弹性层间位移角限值可根据《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定确定。

4.2.6 有隔热要求的玻璃幕墙，除了可采用隔热铝型材、LOW—E 中空玻璃外，还应考虑选择恰当的遮阳装置，阻挡阳光辐射。经计算玻璃幕墙的传热性能和遮阳性能后，可根据幕墙实际情况设计与选用合适的装置。确定幕墙传热系数应包含玻璃面板和其支承构造材料在内，不能单一选用玻璃面板的传热系数。

4.2.7 玻璃幕墙隔声性能是指室外噪声级和室内允许噪声级之差，是以计权隔声量作为指标值，达到室内声环境的需求。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》GBJ 50118 确定。也可参考《玻璃幕墙光学性能》GB/T 18091 的有关规定

4.2.8 本条规定引自现行国家标准《玻璃幕墙光学性能》GB/T 18091，该标准对玻璃幕墙的有害光反射及相关光学性能指标、技术要求、试验方法和检验规则进行了具体规定。

4.2.9 抗风压性能、气密性能和水密性能是玻璃幕墙应具备的基本性能，因此，是必要检测项目，称之为三性试验。有抗震要求时，可增加平面内变形性能检测。有保温、隔声、光学等要求时，可增加相应的检测项目。本规范对开放式玻璃幕墙的气密性、水密性不作要求。

4.2.11 幕墙性能检测中，由于安装施工不当，发生某项性能数值未能达到要求的情况，这种缺陷有可能弥补时，为节省人力物力，允许改进安装工艺，修补缺陷，重新检测，但检测报告中要说明改动的内容，并在实际工程中，按改正后的工艺施工安装。而由于设计或材料缺陷造成幕墙性能未达到规定值域时，必须修改设计或更换材料，另行制作与安装，重新检测。

4.3 构造设计

4.3.1 安全、实用、美观是幕墙设计的出发点，在这原则与前提指导下，构造设计应满足制作、安装、保养维修与局部更换的技术要求。

4.3.2 玻璃幕墙的整体密封与否直接关系到幕墙的使用功能和耐久性。为提高玻璃幕墙的水

密性能，其拼缝设计符合雨幕原理，消减腔体内外压差，防止空气压力差将雨水注入腔内。对插件和开启扇周边构造比较复杂，满足构件受力要求的同时，设计不能忽视构造排水途径，就近且便捷，及时导排可能渗入的少量雨水或冷凝水；对板块安装时形成幕墙立面上十字缝的相交部位，构造设计应能有效防止雨水倒灌。

4.3.3 由板块拼装组成的玻璃幕墙胶缝多，对于非受力胶缝应采用硅酮建筑密封胶加以密封，保障水密性和气密性；胶的质量直接影响到幕墙耐久性和使用性，并应在质保规定期内使用。幕墙设开启扇时，周边缝隙应采用符合质量要求的橡胶密封制品，保持开启部分规定的水密性与气密性。

4.3.4 立面上有雨蓬、压顶、突出于玻璃幕墙的标识性造型或者与玻璃幕墙相交的连接体等，如果结合部位的构造设计不当易引发渗漏，完善所有结合部位的防排水设计，是幕墙构造设计的重要内容。

4.3.5 保温材料受潮后性能明显降低，本身应加以防潮保护，从成品出厂到施工安装，都应保持防潮层的完整性。使用保温材料的部位，应避免紧贴面板玻璃，保持距离，防止热量散发影响玻璃的内应力变化。

4.3.6 构件式玻璃幕墙的立柱与横梁连接处采用螺栓连接的，应给予足够活动余地，适应热胀冷缩和防止相对摩擦发出响声；采用挂钩式连接与固定玻璃组件时，在挂钩接触面应避免构件间刚性接触产生磨擦噪音，设置了柔性垫片还能起弹性缓冲作用。

4.3.7 不同金属相互接触容易发生双金属腐蚀，可设置绝缘垫片或采取其他防腐蚀措施。在正常使用条件下，不锈钢材料不易出现双金属腐蚀现象，一般可不要求设置绝缘垫片。

4.3.8 玻璃幕墙的拼接胶缝应有一定的宽度，以保证玻璃幕墙构件的正常变形要求。必要时玻璃幕墙的胶缝宽度可参照下式计算，但不宜小于本条规定的最小值。

$$w_s = \frac{\alpha \Delta T b}{\delta} + d_c + d_E \quad (4.1)$$

式中： w_s ——面板材料的线膨胀系数（ $1/^\circ\text{C}$ ）；

α ——胶缝宽度（mm）；

ΔT ——玻璃幕墙年温度变化（ $^\circ\text{C}$ ），可取 80°C ；

δ ——硅酮密封胶允许的变位承受能力；

b ——计算方向玻璃面板的边长（mm）

d_c ——施工偏差（mm），可取为 3mm；

d_E ——考虑地震作用等其他因素影响的预留量，可取 2mm。

4.3.9 明框幕墙玻璃下边缘与框底之间硬橡胶垫块的承托面积太小，压应力会使橡胶垫块逐渐失效；规定其厚度是为保持垫块有足够的可压缩量，长期有效。

4.3.10 本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）。

利用公式（4.3.12）进行验算举例：

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。则公式（4.3.12）的左端为：

$$2c_1(1+\frac{l_1}{l_2}\times\frac{c_2}{c_1})=2\times3.5(1+\frac{1000}{1200}\times\frac{3.5}{3.5})=12.6\text{mm}$$

如果该幕墙安装在钢结构上，主体结构层间位移限值为：

$$3000\text{mm}\times3/300=30\text{mm}$$

由层间位移引起的分格框变形限值 u_{lim} 近似取为：

$$u_{\text{lim}}=30\text{mm}/3=10\text{mm}$$

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。

4.3.11 隐框、半隐框玻璃幕墙和隐框开启扇采用中空玻璃时，若外片与内片大小不一致，则在中空玻璃破坏时，外片有脱落的危险。本条的是为了防止内片自爆、损坏破碎导致外片脱落的安全事故。

4.3.12 主体结构在变形缝两侧会发生相对位移（沉降或者伸缩），若玻璃面板不可避免跨越建筑变形缝时，该部位的幕墙必须特殊设计，采取与主体建筑的变形缝相匹配的构造措施，否则玻璃面板不作跨越设计，在与变形缝两侧对应部位的幕墙，采取的构造处理方式，各自能适应主体的位移。

4.4 防火及防雷设计

4.4.1 在《建筑设计防火规范》GB 50016 中规定了外部实体裙墙高度的设计要求。

4.4.2 防火封堵构造是指相邻防火分区之间的防火隔烟措施，是通过在缝隙里密实填塞符合消防要求的不燃或难燃材料,并由此形成的系统，达到防止火焰和高温烟气在建筑内部扩散的目的。玻璃幕墙的防火封堵构造系统有多种有效的做法，无论何种方法，构成系统的材料都应具备设计规定的耐火性能。防火封堵材料或封堵系统应经过国家认可的专业机构测试，合格者方可应用于幕墙工程。

4.4.3 本条内容参照现行国家标准《高层建筑设计防火规范》GB 50045，为防火玻璃裙墙的内容。计算实体裙墙的高度时，可计入钢筋混凝土楼板厚度或边梁高度。

4.4.4 本条对玻璃幕墙与各层楼板、隔墙外沿的间隙的防火封堵措施提出了要求。

当采用一层封堵且面板为玻璃并置于窗槛墙下端时，玻璃极容易在短时间内烧爆而使火焰或烟气串上上一层楼面。现有的幕墙设计中，尽管封堵材料可达设计要求，但由于结构支撑或搭接部位不合理，产生钢板支撑遇火时长生垮塌或失效。防火构造除支撑连接要可靠，还要有一定的变位能力，方可解决遇火时产生大的拉压荷载将原有构造破坏。

4.4.5 作为建筑外围护体系的玻璃幕墙，其金属框架可与建筑本身的防雷设计相结合，与主体结构防雷系统可靠连接，并符合连接导体间接触面积的规定,保持真实有效的电气通路,比如：在幕墙立面规定范围之内，玻璃幕墙的铝合金立柱的芯套部位，设置柔性导线连通，铜质导线截面积不小于 25mm^2 ，铝质导线截面积不小于 30mm^2 。在设有水平均压环的楼层，对应于设置电气通路立柱的预埋件或固定件可采用圆钢或扁钢与均压环焊接，形成可靠的电气通路。

扁钢截面不宜小于 5mm×40mm，圆钢直径不宜小于 12mm。焊缝和连线应涂防锈漆。

4.5 安全规定

4.5.1 本条是为避免发生火灾时，相邻防火分区之间因玻璃爆裂而相通，导致火势和高温烟气迅速扩散和蔓延。

4.5.2 隐框幕墙的板块是用结构胶将玻璃面板与背框相黏结而成。设计与制作时，应选用性能稳定可靠、符合质量规定的结构胶。暴露于大气中的胶料面受风吹雨淋太阳晒，且结构胶材料自身随时间也会有老化现象。对于高层建筑，尤其是建筑高度超过 100 米时，一旦有结构胶发生意外的粘接失效，其脱落产生的危害非常巨大。因此，从提高安全性角度出发，对离地高度在 100m 上方的玻璃幕墙不推荐选用隐框构造方式。确有使用需求时，也应从安全使用出发，增设除硅酮结构胶以外的合理可靠的连接构造措施，作为强化构造安全性的辅助措施。

向室外倾斜的玻璃幕墙，或者设置于行人头顶上方的倒挂玻璃幕墙，面板脱落会带来更大的风险，同样不适宜选择隐框方式，鉴于其风险更大，规定不应采用。

4.5.4 浮法玻璃由于存在着肉眼不易看见的硫化镍结石，在钢化后这种结石随着时间的推移会发生晶态变化而可能导致钢化玻璃自爆。为了减少玻璃自爆碎落带来的风险，宜采用夹层玻璃或对玻璃提出更高的性能要求。采用夹层玻璃后，即使发生钢化玻璃自爆，也不会产生玻璃碎落伤人的风险。钢化玻璃的性能提升也可通过降低玻璃中的铁含量或对钢化玻璃进行二次热处理实现。

钢化玻璃二次热处理通常称为引爆处理或均质处理。进行钢化玻璃的二次热处理时，应分为三个阶段：升温、保温和降温过程。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；保温阶段为所有玻璃的表面温度均达到 290±10℃，且至少保持 2 小时的过程；降温阶段是从玻璃完成保温阶段后，温度降至 75℃ 时的过程。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，从而影响了其安全性。

降低铁含量的玻璃标准称法为低铁浮法玻璃，其术语定位为：采用浮法工艺生产的，成分中三氧化二铁含量不大于 0.015%，具有高可见光透射比的平板玻璃。国内也常简称为低铁玻璃或超白玻璃。铁含量的严格控制，使得玻璃自爆概率大幅降低，安全性能得到提升。目前，低铁浮法玻璃国内已有生产。2007 年 10 月 20 日，全国建筑用玻璃标准化技术委员会在秦皇岛市组织召开了《超白浮法玻璃》建材行业标准审查会议，与会专家一致通过了修改后的标准送审稿。

点支承玻璃幕墙由于点式夹持、或玻璃开孔原因，容易出现应力集中的不利情况，因此，规定应采用均质钢化玻璃及其合成制品，有效保障受力点的强度，减少自爆机率。

夹层玻璃的玻璃可选用浮法玻璃、半钢化玻璃、钢化玻璃、均质钢化玻璃等多种玻璃材料形式。

全玻璃幕墙中玻璃肋采用单片钢化玻璃、或单片半钢化玻璃时，一旦受到意外撞击或特

殊荷载作用，钢化玻璃会迅速破碎、并成颗粒状散落，从而使得玻璃肋支承结构的承载能力丧失为零，进而导致所支承的玻璃面板发生失效，发生大范围玻璃面板垮塌风险。采用夹层玻璃可以大幅降低钢化玻璃破碎成颗粒状、玻璃面板突然垮塌的风险；而单片浮法玻璃应力超限时，玻璃会出现裂纹，但出现裂纹的玻璃仍具有一定的残余承载力，降低了所支承面板立即发生大面积垮塌的风险。因此对于全玻璃幕墙中的玻璃肋，不建议采用单片钢化玻璃或者单片半钢化玻璃。

由于全玻璃幕墙玻璃肋粘接时多采用酸性硅酮结构密封胶，若采用夹层玻璃，会对胶片产生影响，因此在采用夹层玻璃作为玻璃肋时，应进行封边处理。

4.5.5 一旦需要消防救援时，应能及时击破各层规定部位的幕墙玻璃板块，快速开辟适合人员进出幕墙的洞口。在建设过程中，确定为救援单元的板块的识别标志应非常醒目，强化消防意识。消防救援单元可以选定于幕墙固定板块或者开启扇部位，便于击碎、开启或拆卸。玻璃面板可以选用与大面玻璃同类型玻璃的单层构造形式，既减少影响玻璃幕墙外观效果，又满足应急击碎的特殊需要。

4.5.7 公共场所安装的玻璃幕墙，由于玻璃的透明特性，易发生人员或物体冲撞、挤压事故，造成可能的人员伤害和财产损失。因此，此类部位的玻璃幕墙应采用安全玻璃中的夹层玻璃，并应设置明显的警示标志，有效防止此类事故的发生，降低事故危害。

5 结构设计的基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 幕墙是建筑物的外围护结构，主要承受自重以及直接作用于其上的风荷载、地震作用、温度作用等，不分担主体结构承受的荷载或地震作用。幕墙的支承结构与主体结构之间、玻璃与框架之间，须有一定变形能力，以适应主体结构的变形；当主体结构在外荷载作用下产生位移时，不应使幕墙构件产生过大内力和不能承受的变形。

幕墙结构的安全系数 K 与荷载的取值和材料强度设计值 f 的比值有关。因此，采用某一规范进行设计时，必须按该规范的规定计算各种作用 P ，同时采用该规范的计算方法和强度指标 f 。不允许荷载按某一规范计算，强度又采用另一规范的方法，以免产生设计安全度过低或过高的情况。

5.1.2 玻璃幕墙由面板和金属框架等组成，其变形能力是较小的。在水平地震或风荷载作用下，结构将会产生侧移。由于幕墙构件不能承受过大的位移，只能通过弹性连接件来避免主体结构过大侧移的影响。例如当层高为 3.5m，若弹塑性层间位移角限值 $\Delta u_p/h$ 为 1/70，则层间最大位移可达 50mm。显然，如果玻璃面板及幕墙构件本身承受这样的大的剪切变形，则幕墙构件可能会破坏。

幕墙构件与立柱、横梁的连接要能可靠地传递风荷载作用、地震作用，能承受幕墙构件的自重。为防止主体结构水平位移使幕墙构件损坏，连接必须具有一定的适应位移能力，使幕墙构件与立柱、横梁之间有活动的余地。

5.1.3 幕墙设计应区分是否抗震。对非抗震设防的地区，主要需考虑风荷载、重力荷载以及温度作用；对抗震设防的地区，尚应考虑地震作用。

经验表明，对于竖直的建筑幕墙，风荷载是主要的作用，其数值可达 $2.0 \sim 5.0 \text{ kN/m}^2$ 。因为建筑幕墙自重较轻，即使按最大地震作用系数考虑，一般也只有 $0.1 \sim 0.8 \text{ kN/m}^2$ ，远小于风荷载作用。因此，对幕墙构件本身而言，抗风设计是主要的考虑因素。但是，地震是动力作用，对连接节点会产生较大的影响，使连接发生震害甚至使建筑幕墙脱落、倒塌。所以，除计算地震作用外，还必须加强构造措施。

在幕墙工程中，温度变化引起的对玻璃面板、胶缝和支承结构的作用效应是存在的，问题是如何计算或考虑其作用效应。幕墙设计中，温度作用的影响有一些可以通过建筑或结构构造措施解决，如对支承结构沿纵向设置滑动连接构造做法、对框式幕墙玻璃面板与支承框之间预留足够的缝隙宽度。

对于框支承玻璃面板而言，当温度升高时，玻璃膨胀、尺寸增大，与金属边框的间隙减小。当膨胀变形大于预留间隙时，玻璃受到挤压，产生温度挤压应力。实际工程中，玻璃与铝合金框之间必须留有一定的空隙（本规范第 9 章第 9.5.2 条及第 9.5.3 条已规定），因此玻璃因温度变化膨胀后一般不会与金属边框发生挤压。例如对边长为 3000mm 的玻璃面板，在 80°C 的年温差下，其膨胀量为：

$$\Delta b = 1.0 \times 10^{-5} \times 80 \times 3000 = 2.4(\text{mm}) \quad (5.1)$$

而玻璃与边框的两侧空隙量之和一般不小于 10mm。由此可知，挤压温度应力的计算往往无实际意义。

另外，大面积玻璃在温度变化时，中央部分与边缘部分存在温度差，从而使玻璃产生温度应力，当玻璃中央部分与边缘部分温度差比较大时，有可能因温度应力超过玻璃的强度设计值而造成幕墙玻璃碎裂。原规范 JGJ102-96 第 5.4.4 条关于温差应力的计算公式如下：

$$\sigma_{tk} = 0.74E\alpha\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4(T_c - T_s) \quad (5.2)$$

式中： σ_{tk} ——温差应力标准值 (N/mm^2)；

E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2)；

α ——玻璃的线膨胀系数；

μ_1 ——阴影系数；

μ_2 ——窗帘系数；

μ_3 ——玻璃面积系数；

μ_4 ——嵌缝材料系数；

T_c 、 T_s ——玻璃中央和边缘的温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

公式 (5.2) 的计算方法是参考日本建筑学会《建筑工程标准·幕墙工程 (JASS-14)》(1985) 的规定编制的。在 JASS-14-96 版本中的 2.6 条，只列出了接头处耐温差性能要求，而没有再列出玻璃板中央与边缘温差应力的计算公式。目前，玻璃面板中央温度、边缘温度以及温差应力的计算尚处于研究阶段，还没有公认的方法，不同方法的计算结果有较大差异。

按照公式 (5.2)，假定在单块玻璃面积较大的玻璃幕墙中，浮法玻璃尺寸为 $2\text{m} \times 3\text{m}$ ，面积为 6m^2 ，其余各系数分别按原规范 JGJ102-96 第 5.4.4 条的规定取为： $\mu_1=1.6$ 、 $\mu_2=1.3$ 、 $\mu_3=1.15$ 、 $\mu_4=0.6$ ，温差取 15°C 。则温差应力标准值为：

$$\begin{aligned} \sigma_{tk} &= 0.74E\alpha\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4(T_c - T_s) \\ &= 0.74 \times 0.7 \times 10^5 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 1.6 \times 1.3 \times 1.15 \times 0.6 \times 15 \\ &= 11.2(\text{N/mm}^2) \end{aligned}$$

考虑温度作用分项系数取为 1.2，则温度应力设计值为：

$$\sigma_t = 1.2\sigma_{tk} = 13.4\text{N/mm}^2 < f_g = 17\text{N/mm}^2$$

因此，按照原规范 JGJ102-96 的计算方法，当温差不超过 15°C 时，温度作用不起主导作用。鉴于以上原因，本规范规定对于框式幕墙的玻璃面板可不考虑温度作用影响。

对于采用螺栓连接的普通横梁和立柱、自平衡索桁架，沿纵向通常可有一定的变形量，可以释放温度作用变形下的约束应力，因此也可不考虑温度作用的影响。

但是对于未采用滑动构造连接做法的幕墙支承结构（如平面索网、大跨索桁架）以及隐框幕墙的硅酮结构密封胶，均会因为温度作用产生附加内力及变形，此时，宜考虑温度作用的影响。温度作用下，变形受到约束的支承结构主要指：隐框幕墙的硅酮结构密封胶、未采用沿纵向滑动连接构造做法释放温度变形的支承结构。

5.1.4 目前，结构抗震设计的标准是小震下保持弹性，基本不产生损坏。在这种情况下，幕墙也应基本处于弹性工作状态。因此，本规范中有关内力和变形计算均可采用弹性方法进行。对变形较大的场合（如索结构），宜考虑几何非线性的影响。

5.1.6 玻璃幕墙承受永久荷载（自重荷载）、风荷载、地震作用和温度作用，会产生多种内力（应力）和变形，情况比较复杂。本规范要求分别进行永久荷载、风荷载、地震作用效应计算；温度作用的影响，通过构造设计或计算分析予以考虑。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。

幕墙构件的结构重要性系数 γ_0 ，与设计使用年限和安全等级有关。除预埋件之外，其余幕墙构件的安全等级不会超过二级，设计使用年限一般为 25 年。同时，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 γ_0 取不小于 1.0。

幕墙结构计算中，地震效应相对风荷载效应是比较小的，通常不会超过 20%，如果采用小于 1.0 的系数 γ_{RE} 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 γ_{RE} 取 1.0。

幕墙面板玻璃及金属构件（如横梁、立柱）不便于采用内力设计表达式，所以在本规范的相关条文中直接采用与钢结构相似的应力表达形式；预埋件设计时，则采用内力表达形式。采用应力设计表达式时，计算应力所采用的内力（如弯矩、轴力、剪力等），应采用作用效应的基本组合。

5.1.7 当玻璃面板偏离横梁截面形心时，面板的重力偏心会使横梁产生扭转变形。当采用中空玻璃、夹层玻璃等自重较大的面板和偏心距较大时，要考虑其不利影响，必要时进行横梁的抗扭承载力验算。

5.2 材料力学性能

5.2.1 目前，国内有关玻璃强度试验的工作不多，强度取值的方法也不统一。玻璃是最有代表性的脆性材料，其破坏特征是：几乎所有的玻璃都是由于拉应力产生表面裂缝而破碎。一直到破坏为止，玻璃的应力、应变都几乎呈线性关系，其弹性模量约为 $7.2 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 。但是，其破坏强度有非常大的离散性。

如图 5.1 (a) 所示，同一批、同尺寸玻璃受弯试件测得的弯曲抗拉强度，其范围为 70~160N/mm²，十分分散。实测的强度值与构件尺寸、试验方法、玻璃的热处理和化学处理方式、测试条件（加载速度、持荷时间、周围环境等）都有关系，而且变化很大。图 5.1 (b) 为尺寸改变时玻璃强度的变化情况。

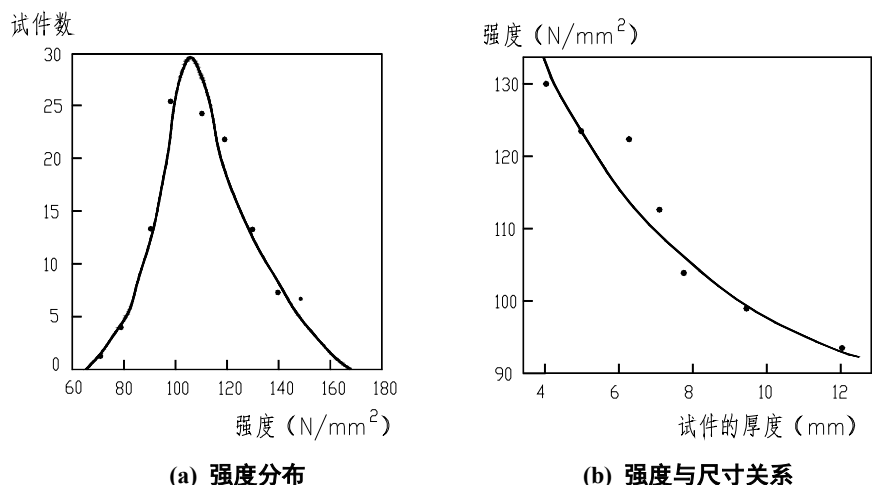


图 5.1 玻璃强度特性

因此，玻璃的实际强度设计值一般由生产厂家根据试验资料提供给设计人员，作为幕墙玻璃的设计依据。

日本建筑学会提供的实用设计方法中，给出了玻璃的强度（相当于标准值），如表 5.1。日本是按容许应力方法设计的，荷载、强度均采用标准值，设计安全系数 $K=2.5\sim3.0$ 。在国内缺乏足够试验数据的情况下，可参考日本的玻璃强度取值为基本数据，再根据国内的安全度要求和多系数表达方法予以调整。

在日本的玻璃承载力设计方法中，总安全系数 $K=K_1K_2$ ，见表 5.2。其中， K_1 为作用分项安全系数，取 $1.2\sim1.3$ ； K_2 为玻璃材料分项系数，可由总安全系数进行换算。

表 5.1 玻璃的强度标准值 f_{gk} (N/mm²)

玻璃类型	厚度 (mm)	f_{gk}
普通玻璃	2~6	50.0
浮法玻璃	3~8	50.0
	10	45.0
	12~19	35.0
磨砂玻璃	15	35.0
夹网玻璃	7~10	37.0
夹网吸热磨砂玻璃	7	30.0

表 5.2 玻璃安全系数 K

破坏概率	0.01	0.001	0.0001
K	2.0	2.5	3.0

由此可见，玻璃的安全系数 K 在 $2.5\sim3.0$ 之间。结合我国国情，玻璃的安全系数 K 取 2.5，由于起主导作用的风荷载分项系数采用 1.4，经换算可得出玻璃材料分项系数 $K_2=1.785$ 。

因此，本规范中，玻璃的强度设计值 f_g 取为标准值 f_{gk} 除以 K_2 ，即玻璃大面上的强度设计值。

玻璃的侧面经过切割、打磨打工，产生应力集中，强度有所降低。一般情况下，侧面强

度可按大面强度的 70%取用。侧面强度对玻璃受弯不起主导作用，因为侧面弯曲应力很小。在验算玻璃局部强度、连接强度时，会用到侧面强度设计值。

玻璃大部分是平面外受弯主导其承载力设计，受剪起主导作用的机会较少，因此目前没有再区分玻璃的抗拉、抗剪强度。

国内外研究资料显示，玻璃大面上靠近玻璃周边的边缘区域的玻璃强度通常介于大面中心区域强度和玻璃端面强度两者之间，本次修订增加了玻璃边缘强度设计值，作为当玻璃最大应力在边缘时设计取用。其取值参考现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113-2009 中的数值。

5.2.2 参照《铝合金结构设计规范》（GB 40429-2007）的相关内容编写本规定。

5.2.3 幕墙中钢材主要用于连接件（如钢板、螺栓等）和支承钢结构，其计算和设计要求应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定进行。

表 5.3 钢材的强度设计值 f_t (N/mm²)

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

注：表中厚度是指计算点的钢材厚度；对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

5.2.4 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，其强度设计值比照钢结构的安全度折算，总安全系数约为 1.6。

5.2.5 本条第 2 款、第 3 款与现行行业标准《索结构技术规程》JGJ 257 相统一。由于钢丝束、钢绞线和钢丝绳中各钢丝的受力不完全相同，因此“拉索的极限抗拉力标准值”为拉索的最小破断索力，而不是单根钢丝破断力的总和。

部分不锈钢材料的屈强比详见表 5.4。当不锈钢拉杆的抗拉强度设计值应按其屈服强度标准值 $\sigma_{0.2}$ 除以系数 1.4 采用时，其抗拉强度与不锈钢拉杆设计强度的比值约为 2.0~3.1，同样具有较高的安全储备。

表 5.4 常见不锈钢材料的屈强比

钢种	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 (N/mm ²)	屈服强度与抗拉强度比
SUS304	300	670	0.45
SUS304(Cu)	295	640	0.46
SUS316	312	625	0.5
SUS316L	245	525	0.47
SUS430	350	510	0.69
SUS409L	241	410	0.59

5.2.6 本条高强钢丝和高强钢绞线的弹性模量按《混凝土结构设计规范》GB 50010 取用。钢绞线和钢丝绳是由钢丝加工而成的，其弹性模量与普通钢丝相比会发生一定变化（实际上为等效变形模量），实际工程中宜通过具体试验确定。

5.3 荷载和地震作用

5.3.2 《建筑结构荷载规范》GB 50009 于 2011 年进行修订,修订中对围护结构风荷载的计算规定作了更详细的规定。规程修订时,不再具体列明风荷载计算公式,而规定直接引用《建筑结构荷载规范》相关规定采用。

阵风影响和风振影响在幕墙结构中是同时存在的。一般来说,幕墙面板及其横梁和立柱由于跨度较小,刚性较大,阵风的影响比较明显,在结构效应中可不必考虑其共振分量,此时可仅在平均风压的基础上,近似考虑脉动风瞬间的增大因素,采用阵风系数 β_{gz} 的考虑方法。

而对玻璃幕墙中的张拉杆索体系、或大跨度支承钢结构(如跨度大于 25m 以上、风荷载方向的自振周期超过 1s)时,风荷载对结构的作用表现为平均风压的不均匀分布作用和脉动风压的动力作用,风振动的影响较为敏感,宜采用风振系数的方式考虑风动力效应的影响。

对于玻璃面板、框支承幕墙中的横梁和立柱、全玻璃幕墙中的玻璃肋、跨度不超过 6m 的支承结构,其刚性相对较大,宜按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的围护结构确定风荷载标准值;

为更合理的考虑阵风或风振的影响,对于跨越多块玻璃面板的支承结构,应综合风荷载作用方向的结构刚度、跨度以及自振周期等因素,区分为主要承重结构、或围护结构后,再按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 确定风荷载标准值;

由于张拉杆索支承结构的响应与荷载可能呈非线性关系,所以定义索结构的荷载风振系数在理论上是不严密的,应该定义结构响应风振系数。在这方面,国内学者已开展了一定数量的研究工作。但是由于响应风振系数在实际使用中不甚方便,特别是考虑不同荷载的组合效应时;此外,响应风振系数也与现行荷载规范规定的荷载风振系数不相协调,在实际使用中易出现混淆问题,因此本规程仍采用了荷载风振系数的概念。对于风振系数取值,国内研究结果不完全统一。风振系数宜通过风振响应时程分析的方法确定。张拉索杆支承结构的风振系数也可取 1.6~2.0,其中,结构跨度较大且刚度较小者取大值。

风荷载标准值不应小于 1.0kN/m^2 的规定维持不变。

5.3.3 近年来,由于城市景观和建筑艺术的要求,建筑的平面形状和竖向体型日趋复杂,墙面线条、凹凸、开洞也采用较多,风荷载在这种复杂多变的墙面上的分布,往往与一般墙面有较大差别。这种墙面的风荷载体型系数难以统一给定。当主体结构通过风洞试验决定体型系数时,幕墙计算亦可采用该体型系数。

对高度大于 200m 或体型、风荷载环境比较复杂的幕墙工程,风荷载取值宜更加准确,因此在没有可靠参照依据时,宜采用风洞试验确定其风荷载取值。高度 200m 的要求与现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 的要求一致。

此外,本次修订时对群集的高层建筑也参考《建筑结构荷载规范》GB 50009 的相关内容做了规定。《建筑结构荷载规范》GB 50009 中已明确“当多个建筑物,特别是群集的高层建筑,相互间距较近时,宜考虑风力相互干扰的群体效应;一般可将单独建筑物的体型系数 μ_s 乘以相互干扰系数。相互干扰系数可按下列规定确定:

1 对矩形平面高层建筑,当单个施扰建筑与受扰建筑高度相近时,根据施扰建筑的位置,对顺风向风荷载可在 1.00~1.10 范围内选取,对横风向风荷载可在 1.00~1.20 范围内选取;

2 其它情况可比照类似条件的风洞试验资料确定,必要时宜通过风洞试验确定。

5.3.4~5.3.5 常遇地震(大约 50 年一遇)作用下,作为围护结构的幕墙面板的地震作用可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》GB50011-2010 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 β_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,玻璃幕墙结构的地震作用动力放大系数可表示为:

$$\beta_E = \gamma \eta \xi_1 \xi_2 \quad (5.3)$$

式中 γ ——非结构构件功能系数,可取 1.4;

η ——非结构构件类别系数,可取 0.9;

ξ_1 ——体系或构件的状态系数,可取 2.0;

ξ_2 ——位置系数,可取 2.0。

按照(5.3)式计算,幕墙结构地震作用动力放大系数 β_E 约为 5.0。

框支承幕墙中的横梁和立柱、全玻璃幕墙中的玻璃肋、跨度不超过 6m 的支承结构的结构刚度良好,也同样为非主体结构构件,采用和玻璃面板同样的地震作用动力放大系数 β_E 约为 5.0。

但随着玻璃幕墙发展,幕墙支承结构越来越复杂,跨越多块玻璃面板的支承结构(如索桁架、平面索网等)由于其刚度较小,涉及的面板数量和质量较大,按非结构构件的地震作用计算不再合理。本次修订时,提出了支承结构宜采用振型分解反应谱法或时程分析方法确定水平地震作用标准值的设计要求。但是,由于幕墙支承结构是依附于主体结构上,离地较高的主体结构会产生地震作用放大效应,因此,在采用反应谱或时程分析方法计算大范围的幕墙支承结构地震作用时,需要考虑主体结构的地震放大效应影响。

5.3.7 温度作用取值可按下列方法进行:

1 应以结构合拢或形成约束的时间确定其初始温度,所承受的最高(或最低)温度与初始温度的差值作为温度作用取值;

2 因幕墙通常与外界环境直接相邻,幕墙结构温度波动幅度要比主体结构大、温度变化速度相对主体结构要快。幕墙结构初始温度、所承受的最高(或最低)气温宜由小时平均气温确定;最高气温计算时尚宜依据结构朝向和表面吸热性质考虑太阳辐射的影响。幕墙结构最高(最低)温度可在《建筑结构荷载规范》中最高(最低)基本气温的基础上适当增大(降低)后确定。考虑结构朝向和表面吸热性质后,太阳辐射引起的温度变化情况可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》条文说明的相关内容确定。

5.4 作用组合

5.4.1~5.4.3 本规程第 5.1.3 条已规定需考虑重力荷载、风荷载、地震作用。对于隐框幕墙的硅酮结构密封胶、未采用沿纵向滑动连接构造做法的支承结构尚应考虑温度作用的影响。

在重力荷载、风荷载、地震作用、温度作用下,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。

非地震作用时，风荷载、温度荷载均为可变荷载。两种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（组合值系数小于 1.0）。

地震作用时，在现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中规定，当地震参与组合时，地震作用的组合值系数取 1.0、风荷载起主导作用的建筑风荷载的组合值系数 ψ_w 取 0.2。为保持和《建筑抗震设计规范》GB 50011 编写的统一性，本规程规定：有地震作用组合且风荷载参与组合时，风荷载组合值系数取 0.2。

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）的效应起主导作用时，其分项系数 γ_G 应取 1.35，同时所有可变作用均应考虑相应的组合值系数。当永久荷载作用对结构设计有利时，其分项系数 γ_G 应取不大于 1.0。

对于竖向幕墙和与水平面夹角大于 75 度、小于 90 度的斜玻璃幕墙，可不考虑竖向地震作用效应的计算和组合。对于大跨度的玻璃雨篷、通廊、采光顶等结构设计，应符合国家现行有关标准的规定或进行专门研究，同时应考虑竖向地震作用影响。

按照以上说明，幕墙结构构件承载力设计中，理论上可考虑下列典型组合工况：

无地震作用组合时：

- (1) $1.2G+1.0\times 1.4W+0.6\times 1.2T$
- (2) $1.0G+1.0\times 1.4W+0.6\times 1.2T$
- (3) $1.2G+0.6\times 1.4W+1.0\times 1.2T$
- (4) $1.0G+0.6\times 1.4W+1.0\times 1.2T$
- (5) $1.35G+0.6\times 1.0W(\text{风荷载向下})+0.6\times 1.0T$

有地震作用组合时：

- (1) $1.2G+1.0\times 1.3E+0.2\times 1.4W$
- (2) $1.0G+1.0\times 1.3E+0.2\times 1.4W$ （风荷载向上、地震荷载向上）

以上组合工况中， G 、 W 、 E 、 T 分别代表重力荷载、风荷载、地震作用、温度作用标准值产生的应力或内力。风荷载、地震、温度作用均可正可负，作用效应组合时，应考虑使得荷载效应向不利方向发展来确定荷载作用的正负号值。

预应力作用的分项系数取值参照国家行业标准《索结构技术规程》JGJ 257 的规定采用。

5.4.4 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，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。

5.5 连接设计

5.5.1 幕墙是建筑外围护结构或装饰结构，必须可靠地固定在主体结构上。幕墙与主体结构通常通过预埋件或后置埋件进行结构性连接。锚固连接破坏通常属于脆性破坏，一旦发生，会产生十分严重的后果。因此，幕墙与主体结构的锚固连接必须牢固、可靠；连接件与主体

结构的锚固承载力应通过计算或试验确认，并要留有余地，任何情况下不允许发生锚固破坏。支承幕墙的结构连接件、锚固件以及主体结构、结构构件，设计时应当以幕墙传递的荷载、地震作用为基本依据，避免发生承载力破坏或过大的变形，影响幕墙的质量或安全。

5.5.2 幕墙横梁与立柱的连接，立柱与锚固件或主体结构钢梁、钢材的连接，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 对上述连接均作了规定，应参照执行。同时受拉、受剪的螺栓应进行螺栓的抗拉、抗剪设计；螺纹连接的公差配合及构造，应符合有关标准的规定。

为防止偶然因素的影响而使连接破坏，每个连接部位的受力螺栓、铆钉等，至少需要布置 2 个。

5.5.6 框支承幕墙立柱截面较小，处于受压工作状态时受力不利，因此宜将其设计成轴心受拉或偏心受拉构件。立柱宜采用圆孔铰接接点在上端悬挂，采用长圆孔或椭圆孔与下端连接，形成吊挂受力状态。

5.5.7 幕墙构件与混凝土结构的连接，多数情况应通过预埋件实现，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，幕墙预埋件的设计和施工应引起足够的重视。

5.5.8 附录 A 对幕墙预埋件设计作了一般规定。对于预埋件的要求，主要是根据有关研究成果和现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010。

1 承受剪力的预埋件，其受剪承载力与混凝土强度等级、锚固面积、直径等有关。在保证锚固长度和锚筋到埋件边缘距离的前提下，根据试验提出了半理论、半经验的公式，并考虑锚筋排数、锚筋直径对受剪承载力的影响。

2 承受法向拉力的预埋件，钢板弯曲变形时，锚筋不仅单独承受拉力，还承受钢板弯曲变形引起的内剪力，使锚筋处于复合应力状态，在计算公式中引入锚板弯曲变形的折减系数。

3 承受弯矩的预埋件，试验表明其受压区合力点往往超过受压区边排筋以外，为方便和安全考虑，受弯力臂取外排锚筋中心线之间的距离，并在计算公式中引入锚筋排数对力臂的折减系数。

4 承受拉力和剪力或拉力和弯矩的预埋件，根据试验结果，其承载力均取线性相关关系。

5 承受剪力和弯矩的预埋件，根据试验结果，当 $V/V_{u0} > 0.7$ 时，取剪弯承载力线性相关；当 $V/V_{u0} \leq 0.7$ 时，取受剪承载力与受弯承载力不相关。这里， V_{u0} 为预埋件单独承受剪力作用时的受剪承载力。

6. 当轴力 $N < 0.5f_c A$ 时，可近似取 $M - 0.4NZ = 0$ 作为受压剪承载力与受压弯剪承载力计算的界限条件。本规范公式 (C.0.1-3) 中系数 0.3 是与压力有关的系数，与试验结果比较，其取值是偏于安全的。

承受法向拉力和弯矩的预埋件，其锚筋截面面积计算公式中拉力项的抗力均乘以系数 0.8，是考虑到预埋件的重要性、受力复杂性而采取提高其安全储备的折减系数。

直锚筋和弯折锚筋同时作用时，取总剪力中扣除直锚筋所能承担的剪力，作为弯折锚筋

所承受的剪力，据此计算其截面面积：

$$A_{sb} \geq 1.4 \frac{V}{f_y} - 1.25\alpha_r A_s \quad (5.4)$$

根据国外有关规范和国内对钢与混凝土组合结构中弯折锚筋的试验研究表明，弯折锚筋的弯折角度对受剪承载力影响不大。同时，考虑构造等原因，控制弯折角度在 $15^\circ \sim 45^\circ$ 之间。

当不设置直锚筋或直锚筋仅按构造设置时，在计算中应不予以考虑，取 $A_s = 0$ 。

这里规定的预埋件基本构造要求，是把满足常用的预埋件作为目标，计算公式也是根据这些基本构造要求建立的。

在进行锚筋面积 A_s 计算时，假定锚筋充分发挥了作用，应力达到其强度设计值 f_y 。要使锚筋应力达到 f_y 而不滑移、拔出，就要有足够的锚固长度，锚固长度 l_a 与钢筋型式、混凝土强度、钢材品种有关，可按附录（C.0.5）式计算。有时由于 l_a 的数值过大，在幕墙预埋件中采用有困难，此时可采用低应力设计方法，即增加锚筋面积、降低锚筋实际应力，从而可减小锚固长度，但不应小于 15 倍钢筋直径。

5.5.10 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，保证连结的可靠性。

5.5.11 砌体结构平面外承载能力低，难以直接进行连接，所以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考虑。

5.6 硅酮结构密封胶设计

5.6.1 硅酮结构密封胶承受荷载和作用产生的应力大小，关系到幕墙构件的安全，对结构胶必须进行承载力验算，而且保证最小的粘结宽度和厚度。

隐框幕墙玻璃板材的结构胶粘结宽度一般应大于其厚度；全玻幕墙结构胶的粘结厚度由计算确定，有可能大于其宽度。当满足结构计算要求时，允许在全玻幕墙的板缝中填入合格的发泡垫杆等材料后再进行前、后两面的打胶。

双组份硅酮结构胶的粘结宽度也不宜太宽，一般不宜大于其厚度的 2.5 倍。

5.6.2 硅酮结构密封胶缝应进行受拉和受剪承载力极限状态验算，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的有关规定。

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 0.6N/mm^2 。在风荷载或地震作用下，套用多系数表达式的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，硅酮结构密封胶的总安全系数取不小于 4，则其强度设计值 f_l 约为 $0.21\text{N/mm}^2 \sim 0.195\text{N/mm}^2$ ，本规范取为 0.2N/mm^2 ，此时材料分项系数约为 3.0。如果按照容许应力设计方法，本规范的取值相当于 0.14N/mm^2 ，与国际上绝大多数国家标准的取值基本一致。实际上，符合国家标准要求的硅酮结构密封胶的强度标准值均大

于 0.6N/mm^2 ，所以实际的设计安全度要大于上述假设。

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 取为风荷载作用下强度设计值的 $1/20$ ，即 0.01N/mm^2 。

5.6.3 四边支承的隐框幕墙玻璃在风荷载作用下的受力状态通常相当于承受均布荷载的双向板（图 5.2），面板在支承边缘的最大线均布拉力为 $aw/2$ ，由结构胶的粘结力承受，即：

$$f_1 c_s = \frac{aw}{2} \quad (5.5)$$

$$c_s = \frac{aw}{2f_1} \quad (5.6)$$

式中 f_1 ——结构硅酮密封胶在风荷载或地震作用下的强度设计值（ N/mm^2 ）；

w ——风荷载设计值（ N/mm^2 ）。当采用 kN/m^2 为单位时，须除以 1000 予以换算。

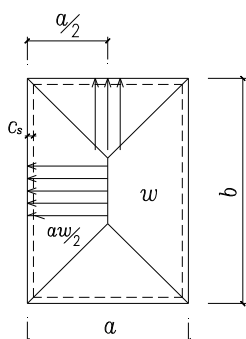


图 5.2 玻璃上的荷载传递示意

半隐框幕墙两对边打胶、另外两对边通常有明框支承。因明框支承的约束作用更强，硅酮结构胶中受力应比四边打胶时要相对有利。计算时，采用和隐框幕墙四边打胶相同的公式是安全的。

抗震设计时，上述公式中的 w 应替换为 $(q_E + 0.2w)$ ， q_E 为作用在计算单元上的地震作用设计值（ 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 τ 可表示为：

$$\tau = \frac{q_G ab}{2(a+b)c_s} \quad (5.7)$$

剪应力 τ 不应超过结构胶在永久荷载作用下的强度设计值 f_2 。

5.6.4 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，结构胶粘接宽度应分别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。

5.6.5 经中国建筑科学研究和多家硅酮结构胶生产供应商开展的针对硅酮结构胶的专题研究后，对结构胶的粘结厚度的计算公式作了改进，改进主要涉及两方面内容：

1) 公式形式调整为 $u_s / t_s \leq 3\delta$ ，式中 δ 为拉伸粘接性能试验中受拉应力为 0.14N/mm^2 时

的伸长率，亦即 0.14 N/mm^2 对应的拉伸应变。公式调整的依据如下：

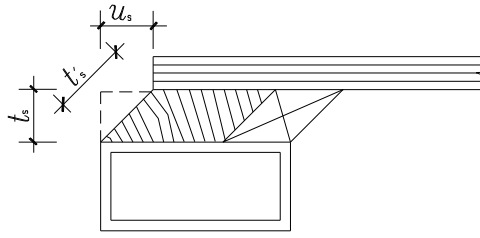


图 5.3 硅酮结构密封胶和双面胶带的拉伸变形示意

在低应力水平下，硅酮结构胶的拉伸弹性模量 E_{ss} 与其剪切模量 G_{ss} 之间近似存在着 $G_{ss} = E_{ss} / [2(1 + \mu_{ss})]$ 的关系， μ_{ss} 为结构胶胶体的泊松比，可按不可压缩的橡胶类材料的参数 0.5 进行取值。即 $G_{ss} = E_{ss} / 3$ 。因此，在相同的低应力水平状态下，胶体的剪切应变值等于 3 倍的胶体拉伸应变。

假定 0.14 MPa 拉伸应力下，胶体轴向拉伸下对应的拉伸应变值为 δ ；则 0.14 MPa 剪切应力下，胶体的剪切应变值 $\gamma = 3\delta$ 。

由图 5.3 可知，当胶体在主体结构侧移作用下，沿厚度 t_s 方向产生剪切变形 u_s 时，胶体的剪切应变 $\gamma = u_s / t_s$ 。为保证安全，胶体剪切应变不应超过剪应力允许值下的剪切应变值

$$u_s / t_s \leq 3\delta \quad (5.8)$$

$$\text{则可得到胶体厚度值计算公式 } t_s \geq \frac{u_s}{3\delta}$$

2) 考虑了地震作用下，硅酮结构胶实际发生的剪切位移要小于主体结构层间侧移的实际情况。经过理论推导和有限元数值模拟分析可知，当主体结构在风或地震作用下发生层间剪切变形时，由于硅酮结构胶的存在，玻璃面板会产生绕玻璃面板中心点的转动变形。玻璃面板的同向转动变形，使得硅酮结构胶的剪切位移要小于主体结构的层间位移。利用主体结构平动变形和玻璃面板转动变形的差值可求出硅酮结构胶的沿胶体纵向和横向剪切变形，进而确定出胶体剪应力；通过对胶和玻璃面板的隔离体取力的平衡和力偶平衡，即可求解出玻璃的转动变形和胶体剪切变形值。经理论公式以及有限元算例可知，硅酮结构胶最大剪切位移与主体结构层间侧移的比值通常位于 0.07~0.43 之间，因此，规程中偏安全的取 0.6。不同玻璃面板尺寸下的胶体剪切位移与层间位移比值 η 详见附表。

当胶体两侧基材承受不同的温度作用时，也会造成硅酮结构胶沿厚度方向产生剪切变形。但经过工程试算，对于常规的玻璃面板板块，温度作用引起的结构胶剪切变形值比地震或风荷载下主体结构侧移引起的硅酮结构胶剪切变形值要小，通常不起控制作用。因此，规范中对硅酮结构胶在温度作用下的剪切变形不提出验算要求。

表 5.5 不同面板尺寸下，胶体剪切位移与层间位移比值 η

宽度	高度	折减系数 η	高度	折减系数 η	高度	折减系数 η
600	6000	0.08	5000	0.08	4000	0.08
900	6000	0.13	5000	0.13	4000	0.12

1200	6000	0.17	5000	0.17	4000	0.16
1500	6000	0.21	5000	0.20	4000	0.20
1800	6000	0.24	5000	0.24	4000	0.23
2100	6000	0.28	5000	0.27	4000	0.26
2400	6000	0.31	5000	0.30	4000	0.29
2700	6000	0.35	5000	0.33	4000	0.31
3000	6000	0.38	5000	0.36	4000	0.33
3300	6000	0.41	5000	0.38	4000	0.35
3600	6000	0.43	5000	0.41	4000	0.37

表 5.5 不同面板尺寸下，胶体剪切位移与层间位移比值 η (续)

宽度	高度	折减系数 η	高度	折减系数 η	高度	折减系数 η
600	3000	0.08	2000	0.08	1000	0.07
900	3000	0.12	2000	0.12	1000	0.09
1200	3000	0.16	2000	0.14	1000	0.11
1500	3000	0.19	2000	0.17	1000	0.12
1800	3000	0.22	2000	0.19	1000	0.12
2100	3000	0.24	2000	0.20	1000	0.13
2400	3000	0.26	2000	0.21	1000	0.13
2700	3000	0.28	2000	0.22	1000	0.13
3000	3000	0.29	2000	0.23	1000	0.13
3300	3000	0.31	2000	0.24	1000	0.14
3600	3000	0.32	2000	0.24	1000	0.14

采用 JGJ102-2003 的计算公式和本规程修订后的计算公式的对比算例见表 5.6。

表 5.6 利用 JGJ102-2003 和本规范计算硅酮结构胶厚度

计算项		胶 0.14MPa 对应的拉伸变形能力=0.10						胶 0.14MPa 对应的拉伸变形能力=0.07					
		层间位移角 1/1000			层间位移角 1/500			层间位移角 1/1000			层间位移角 1/500		
主结构层间位移角	θ	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
层高	h_g (mm)	3000	4000	5000	3000	4000	5000	3000	4000	5000	3000	4000	5000
主结构层间侧移	u_0 (mm)	3	4	5	6	8	10	3	4	5	6	8	10
胶体剪切变形值	$u_s=u_0$ (mm)	3	4	5	6	8	10	3	4	5	6	8	10
胶变形承受能力	δ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
$\sqrt{\delta(\delta+2)}$		0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
JGJ102-2003 公式计算的胶厚值	t_s (mm)	6.5	8.7	10.9	13.1	17.5	21.8	7.9	10.5	13.1	15.8	21.0	26.3

JGJ102-2003 胶厚取值 (应≥6mm、且≤12mm)		6.5	8.7	10.9	不合 适	不合 适	不合 适	7.9	10.5	不合 适	不合 适	不合 适	不合 适
新公式胶剪 切位移系数	$\eta=0.6$	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
新公式胶体 剪切位移	$u_s=\eta u_0$ (mm)	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8	6.0	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8	6.0
新修订公式 计算胶厚值	$t_s= u_s/3\delta$	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	20.0	8.6	11.4	14.3	17.1	22.9	28.6
新修订规范胶厚取值 (应≥6mm、且≤12mm)		6.0	8.0	10.0	12.0	不合 适	不合 适	8.6	11.4	不合 适	不合 适	不合 适	不合 适

注：算例中隐框幕墙的面板高度等于楼层层高。

本次修订后的硅酮结构胶厚度计算公式与 JGJ102-2003 中计算公式的差异部分在于 $1/\sqrt{\delta(2+\delta)}$ 与 $\eta/3\delta$ 。为示意清楚，将 $\eta=0.6$ 时， $1/\sqrt{\delta(2+\delta)}$ 、 $\eta/3\delta$ 与 δ 之间的关系曲线绘制与同一张图中，见图 5.4。

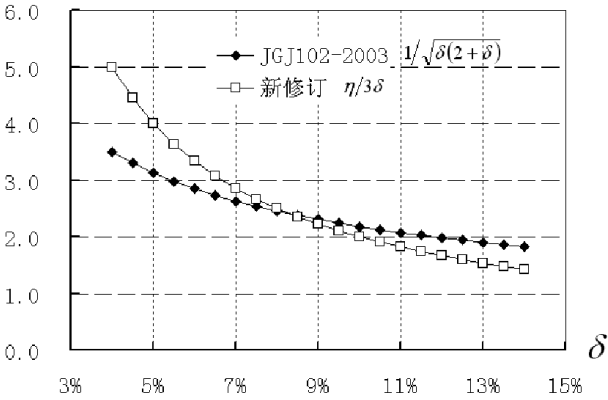


图 5.4 硅酮结构胶厚度计算公式差异部分关系曲线对比图

从图 5.4 中可以看出，当 $\delta=8.5\%$ 左右时，新老规范计算结果是几乎相同的。当硅酮结构胶的拉伸变位性能指标 δ 值大于 8.5% 后，规范修订公式计算得到的硅酮结构胶厚度将比 JGJ102-2003 计算厚度值要小；当硅酮结构胶的拉伸变为性能指标 δ 值小于 8.5% 后，规范修订公式计算得到的硅酮结构胶厚度将比 JGJ102-2003 计算厚度值要大。

5.6.6 硅酮结构密封胶承受永久荷载的能力很低，不仅强度设计值 f_2 仅为 0.01N/mm^2 ，而且有明显的变形，所以长期受力部位应设金属件支承。竖向幕墙玻璃应在玻璃底端设支托。由于中空玻璃外片与内片依靠中空玻璃二道结构密封胶粘接形成整体，为避免内外片之间的二道硅酮结构胶长期承受外片的重量，要求托条应托住中空玻璃外片。为实现托条承受玻璃重力荷载。减少硅酮结构胶受力的目的，托条宜在打胶前安设完成。

5.6.7 隐框中空玻璃二道密封硅酮结构胶宽度计算时，外侧面板传递的荷载作用主要包括重力、风荷载、地震作用。其中，重力仅指中空玻璃外侧面板的重量；风荷载标准值宜按本规程正文第 6.2.5 条第 1 款中直接承受风荷载作用的单片玻璃的计算公式确定；地震作用应仅考虑外侧面板重量按本规程正文第 5.3.4 计算确定。结构胶有效宽度 c_s 如图 5.5 所示。

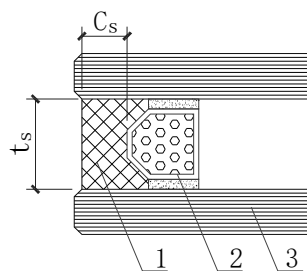


图 5.5 二道结构硅酮密封胶有效宽度示意

1——结构硅酮密封胶；2——间隔条；3——玻璃

6 框支承玻璃幕墙结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 采用隔热条断桥的铝合金横梁不宜进行弯曲加工。

6.2 玻璃

6.2.1 幕墙玻璃面积较大，不仅承受较大的风荷载作用，且运输安装过程的工序较多，其厚度不宜过小，以保证安全。从近几年幕墙工程设计和施工经验来看，6mm 的最小厚度是合适的。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，则两片玻璃受力大小会过于悬殊，容易因受力不均匀而破裂。

6.2.2~6.2.3 框支承幕墙玻璃在风荷载作用下，受力状态类同四边支承板，可按四边支承板计算其跨中最大弯矩和最大应力。此应力与其他作用产生的应力考虑分项系数进行组合后，不应大于玻璃强度设计值 f_g 。

玻璃板材的内力和变形采用弹性力学方法计算较为妥当，目前也有相应的有限元计算软件可供选择使用。但作为规范，为方便使用，也应提供简单、易行且计算精度可满足工程设计要求的简化设计方法。因此，本条对四边支承玻璃面板采用了弹性小挠度计算公式，并考虑与大挠度分析方法计算结果的差异，将应力与挠度计算值予以折减。

原规范 JGJ 102-96 中，在风荷载作用下玻璃面板的应力计算公式为：

$$\sigma_w = \frac{6mwa^2}{t^2} \quad (6.1)$$

公式（6.1）是在弹性小挠度情况下推导出来的，它假定玻璃板只产生弯曲变形和弯曲应力，而面内薄膜应力则忽略不计。弹性小变形理论的适用范围是：挠度 d_f 不大于玻璃板厚度 t 。

当玻璃板的挠度 d_f 大于板厚时，按（6.1）式计算的应力比实际的大，而且随着挠度与板厚之比加大，计算的应力和挠度偏大较多。由于计算的应力比实际大得多，计算结果不能反映玻璃面板的实际受力和变形状态，也会增加材料用量，而且规范规定的应力控制条件也失去了意义。

在原规范 JGJ 102-96 中，没有规定玻璃面板的挠度要求。实际上，与承载力设计一样，幕墙玻璃的变形设计也是幕墙设计的一个重要方面，因此，本次修订增加了该内容。通常玻璃板的挠度允许值可达到跨度的 1/60，对于跨度为 1000mm、厚度为 8mm 的玻璃板，挠度允许值可达 16mm，已为玻璃厚度的 2 倍，此时，按弹性小变形薄板理论计算的应力、挠度值会比实际值约大 30%~50%。依此计算结果控制承载力和挠度，比实际情况偏严较多。

为此，对玻璃板进行计算时，应对原规范 JGJ 102-96 的弹性小变形理论的计算公式，考虑一个折减系数 η 予以修正，即本规范表 6.1.2-2。

大挠度玻璃板的计算是比较复杂的非线性弹性力学问题，难以用简单公式表达，一般要用到专门的计算软件，针对具体问题进行具体计算分析。显然这对于常规幕墙设计是不方便的。

英国 B.Aalami 和 D.G.Williams 对不同边界的矩形板进行了系统计算，发表于《Thin Plate Design For Transverse Loading》一书中。根据其大量计算结果，适当简化、归并以利于实际应用，选择了与挠度直接相关的参量 θ 为主要参数，编制了表 6.1。表中，参数 θ 的量纲就是挠度与厚度之比：

$$\theta = \frac{qa^4}{Et^4} \sim \frac{qa^4}{Et^3} / t \sim \frac{qa^4}{D} / t \sim d_f / t \quad (6.2)$$

表 6.1 弹性小变形应力 σ 计算结果的折减系数 η

$\theta = \frac{qa^4}{Et^4}$	B.Aalami D.C Williams 的计算结果			表 6.1.2-2 的取值
	边长比 b/a			
	1.0	1.5	2.0	
≤ 1	1.000	1.000	1.000	1.00
10	0.975	0.904	0.910	0.96
20	0.965	0.814	0.820	0.92
40	0.803	0.619	0.643	0.84
120	0.480	0.333	0.363	0.65
200	0.350	0.235	0.260	0.57
300	0.285	0.175	0.195	0.52
≥ 400	0.241	0.141	0.155	0.50

按计算结果， η 数值随 θ 下降很快，即按小挠度公式计算的应力和挠度可以折减较多，为安全稳妥，在编制规范表 6.2.2-2 时，取了较计算结果偏安全的数值，留有充分的余地。按表 6.2.2-2 对小挠度公式应力计算结果进行折减，不仅减小了板材厚度、节省了材料，而且还有一定的安全余地。同样在计算板的挠度 d_f 时，也应考虑此折减系数 η （表 6.2）。

表 6.2 弹性小变形挠度 d_f 计算结果的折减系数 η

$\theta = \frac{qa^4}{Et^4}$	B.Aalami D.C Williams 的计算结果			表 6.1.2-2 的取值
	边长比 b/a			
	1.0	1.5	2.0	
≤ 1	1.000	1.000	1.000	1.00
10	0.955	0.906	0.916	0.96
20	0.894	0.812	0.832	0.92
40	0.753	0.647	0.674	0.84
120	0.482	0.394	0.417	0.65
200	0.375	0.304	0.322	0.57
300	0.304	0.245	0.252	0.52
≥ 400	0.201	0.209	0.221	0.50

上海市建筑科学研究院分别进行了玻璃板在均布荷载作用下的试验研究，得到了与表 6.2.2-2 取值相似的结果。

从试验结果来看，玻璃破损是由强度控制的，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，采用其短边边长（挠度）的 1/60 作为控制条件是合适的。由于在计算挠度时，采用风荷载标准值，同时又考虑大挠度影响对计算值加以折减，所以只要合理选用玻璃种类和厚度，应当是可以满足挠度限值要求的。

6.2.4 原规范（2003 版）中利用刚度分配的方法，将荷载分配到两层单片玻璃，计算等效厚度，忽略了夹层胶片对于受力性能的影响。根据中国建筑科学研究院与美国杜邦公司共同开展的夹层玻璃受弯性能试验研究结果以及国外近年的研究资料，夹层胶片自身的性能对夹层玻璃的受力性能影响很大。试验表明，传统的聚乙烯醇缩丁醛胶片由于自身刚度较小，粘结性也不高，尤其是温度升高至 30℃ 以上后，胶片的性能衰减较快，因此，可认为传统的聚乙烯醇缩丁醛胶片对夹层玻璃受力性能影响较小，计算时可以不予考虑。但近年来逐渐开始应用的离子性胶片，其粘接性与自身刚度均远高于聚乙烯醇缩丁醛胶片的性能（有厂家提供的离子性胶片的抗撕裂强度达到普通聚乙烯醇缩丁醛胶层的数倍，硬度甚至可达到普通聚乙烯醇缩丁醛胶层的数十倍），对夹层玻璃的受力性能影响很大。在进行受弯承载力研究时，相同条件下，应用离子性胶片的夹层玻璃承载力远大于应用聚乙烯醇缩丁醛胶片的夹层玻璃。

根据国外规范（美国 ASTM1300、澳大利亚规范等）的最新发展成果以及试验研究复核，现将胶片的性能参数纳入到规范中夹层玻璃的等效厚度计算中。由于国内对胶片性能的研究尚处于起步阶段，目前尚未有统一的测试方法和标准，因此，具体的胶片性能参数可由生产胶片的生产商提供，但应有一定的依据。

表 6.3~6.6 为美国杜邦公司提供的聚乙烯醇缩丁醛中间层和离子型中间层的材料性能参数在不同温度条件和持荷时间下的值。这些数据由美国杜邦公司提供，仅作参考。

表 6.3 聚乙烯醇缩丁醛胶片的剪切模量 G (MPa)

	3s	1min	1hr	1day	1mo.	>1yr
20℃	8.06	1.64	0.840	0.508	0.372	0.266
30℃	0.971	0.753	0.441	0.281	0.069	0.052
40℃	0.610	0.455	0.234	0.234	0.052	0.052
50℃	0.440	0.290	0.052	0.052	0.052	0.052

附表 6.4 聚乙烯醇缩丁醛胶片的泊松比 ν

	3s	1min	1hr	1day	1mo.	>1yr
20℃	0.4980	0.4996	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999
30℃	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.069	0.5000
40℃	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000
50℃	0.4999	0.4999	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

附表 6.5 离子型胶片的剪切模量 G (MPa)

	3s	1min	1hr	1day	1mo.	>1yr
20℃	211	195	169	146	112	86.6
30℃	141	110	59.9	49.7	11.6	5.31
40℃	63.0	30.7	9.28	4.54	3.29	2.95
50℃	26.4	11.3	4.20	2.82	2.18	2.00

附表 6.6 离子型胶片的泊松比 ν

	3s	1min	1hr	1day	1mo.	>1yr
20℃	0.449	0.453	0.459	0.464	0.473	0.479

30℃	0.466	0.473	0.485	0.488	0.497	0.499
40℃	0.484	0.492	0.498	0.499	0.499	0.499
50℃	0.493	0.497	0.499	0.499	0.500	0.500

夹层玻璃受力分析时，中间胶片层材料的剪切模量取值非常关键。ASTM E1300-09a 《建筑物中玻璃表面荷载作用确定方法》中关于剪切模量取值有要求如下：“剪切模量值应根据美国标准 ASMT-D4065 中的规定确定，剪切模量值的选取与温度和荷载持续时间是关联的，应通过 ASTM-D4065 中表 1 和图 5 要求的恒定振幅且固定频率的拉伸振荡试验来确定。供设计时采用的典型荷载持续时间与温度的组合为：（1）风荷载：3 秒持荷时间、50℃度；（2）雪荷载：30 天/23℃温度。对立面幕墙而言，主要采用风荷载的对应项。

由于离子性胶片在国内尚处于应用初期阶段，其剪切模量取值宜保守些。竖立面幕墙中查表确定离子性胶片剪切模量时，温度值可取 50℃确定；风荷载起控制作用时，持荷时间可取 1min。

6.2.5 中空玻璃的两片玻璃之间有气体层，直接承受荷载的正面玻璃的挠度一般略大于间接承受荷载的背面玻璃的挠度，分配的荷载相应也略大一些。为保证安全和简化设计，将正面玻璃分配的荷载加大 10%，这与本规范编制组关于中空玻璃的试验结果相近，也与美国 ASTM E1300 标准的计算原则相接近。

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，所以中空玻璃的等效厚度 t_e 考虑折减系数 0.95。

隐框、半隐框玻璃幕墙中空玻璃气体层两侧玻璃片材之间的二道密封胶会承受作用在外片玻璃上风荷载、重力荷载和地震荷载。作用在外片上的荷载均需通过玻璃片材之间的二道密封胶传递到内片玻璃，再传递给主体承重结构。为保证中空玻璃的外片玻璃在风荷载、重力荷载、地震荷载作用下的结构安全性，对中空玻璃不同片材之间的二道密封胶提出了设计要求。

6.2.6 斜玻璃幕墙还受到面外重力荷载的作用（自重、雪荷载、雨水荷载、检修荷载等），这些荷载也在玻璃中产生弯曲应力。通常这些荷载可作为均布荷载作用在玻璃上，按板理论计算其跨中最大应力 σ_G 。 σ_G 与风荷载应力 σ_w 进行组合后，其设计值不应大于玻璃的强度设计值 f_g 。

6.2.9 转角处玻璃外边沿距离支座的距离不宜过大，过大易导致面板间密封胶缝变形过大、中空玻璃二道密封胶和夹胶玻璃胶片受力均会产生影响。悬挑距离主要指自由的玻璃板边的边缘超出该面板最近竖向支承的尺寸。

6.3 横梁

6.3.1 受弯薄壁金属梁的截面存在局部稳定问题，为防止产生压应力区的局部屈曲，通常可用增加壁厚的方式加以控制。

我国现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 规定薄壁型钢受力构件壁厚不宜小于 2mm。我国现行国家标准《铝合金建筑型材》GB/T5237 规定用于幕墙的铝型材最小壁厚为 3mm。

本次修订取消了按跨度区分厚度要求的规定，统一取最小厚度为 2.0mm

为了保证直接受力螺纹连接的可靠性,防止自攻螺钉拉脱,受力连接时,在采用螺纹直接连接的局部,铝型材厚度不应小于 4mm,宽度不应小于 13mm;

钢材防腐蚀能力较低,横梁型钢的壁厚不应小于 2.5mm,。

本次修订取消了 2003 版规范最大宽厚比的具体要求,统一参考相关规范的要求。

6.3.3 本次修订取消了 2003 版规范中关于受弯承载力和受剪承载力的相关公式,参考相关规范执行。

6.3.5 横梁的挠度控制是正常使用状态下的功能要求,不涉及幕墙结构的安全,加之所采用的风荷载又是 50 年一遇的最大值,发生的机会较少,所以不宜控制过严,避免由于挠度控制要求而使材料用量增加太多。

隐框幕墙玻璃板的副框,一般采用金属件多点连接在横梁上;明框幕墙玻璃板与横梁间有弹性嵌缝条或密封胶。因此,横梁变形后对玻璃的支承状况改变不大。试验表明,横梁挠度达到跨度 1/180 时,幕墙玻璃的工作仍是正常的。由于横梁挠度的控制与横梁的材质无关,参考国外相关规范的规定,本次修订将挠度控制值统一为跨度的 1/200。

6.4 立柱

6.4.1 立柱截面主要受力部分厚度的最小值,主要是参照现行国家标准《铝合金建筑型材》GB/T5237 中关于幕墙用型材最小厚度为 3mm 的规定。对于闭口箱形截面,由于有较好的抵抗局部失稳的性能,可以采用较小的壁厚,因此允许采用最小壁厚为 2.5mm 的型材。

钢型材的耐腐蚀性较弱,最小壁厚取为 3.0mm。

偏心受压的立柱很少,因其受力较为不利,一般不设计成受压构件。当遇到立柱受压情况时,需要考虑局部稳定的要求,对截面的宽厚比加以控制,与本规范第 6.3.1 条的相应要求一致。

6.4.2 幕墙在平面内应有一定的活动能力,以适应主体结构的侧移。立柱每层设活动接头后,就可以使立柱有上、下活动的可能,从而使幕墙在自身平面内能有变形能力。此外,活动接头的间隙,还要满足以下的要求:

- 1 立柱的温度变形;
- 2 立柱安装施工的误差;
- 3 主体结构承受竖向荷载后的轴向压缩变形。

综合以上考虑,上、下柱接头空隙不宜小于 15mm。

6.4.3~6.4.4 立柱自下而上是全长贯通的,每层之间通过滑动接头连接,这一接头可以承受水平剪力,但只有当芯柱的惯性矩与外柱相同或较大且插入足够深度时,才能认为是连续的,否则应按铰接考虑。

因此大多数实际工程,应按铰接多跨梁来进行立柱的计算。现在已有专门的计算软件,它可以考虑自下而上各层的层高、支承状况和水平荷载的不同数值,计算各截面的弯矩、剪力和挠度,作为选用铝型材的设计依据,比较准确。

对于某些幕墙承包商来说,目前设计还采用手算方式,这时可按有关结构设计手册查出弯矩和挠度系数。

每层两个支承点时,宜按铰接多跨梁计算,求得较准确的内力和挠度。但按铰接多跨梁

计算需要相应的计算机软件，所以，手算时可以近似按双跨梁考虑。

一般情况下，立柱不宜设计成偏心受压构件，宜按偏心受拉构件进行截面设计。因此，在连接设计时，应使柱的上端挂在主体结构上。

6.4.6 考虑到在某些情况下可能有偏心受压立柱，因此本条列出偏心受压柱的稳定验算公式。本公式引自现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017-2003、《铝合金结构设计规范》GB 50429-2007。

表 6.4.6 中钢型材轴心受压构件的稳定系数 φ 根据《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)附

录 C (b 类截面)，由构件长细比 $\lambda\sqrt{\frac{f_y}{235}}$ 确定。例如当 $f_y = 345\text{MPa}$ 、 $\lambda = 20$ 时，

$$\lambda\sqrt{\frac{f_y}{235}} = 24; \text{查附录 C 表 C-2 得 } \varphi = 0.96;$$

表 6.4.6 中铝型材轴心受压构件的稳定系数 φ 根据《铝合金结构设计规范》(GB 50429-2007)

附录 B，由构件长细比 $\lambda\sqrt{\frac{f_{0.2}}{240}}$ 确定，其中 $f_{0.2}$ 由《铝合金结构设计规范》(GB 50429-2007)

附录 A 确定。例如当铝合金型材种类为 6063A-T5，查附录 A-2 知 $f_{0.2} = 150\text{MPa}$ ，当 $\lambda = 20$ 时，

$$\lambda\sqrt{\frac{f_{0.2}}{240}} = 16; \text{查附录 B 表 B-2 知 } \varphi = 0.93。$$

7 全玻璃幕墙结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 全玻璃幕墙的玻璃面板和玻璃肋的厚度较小，以 12mm~19mm 为多，如果采用下部支承，则在自重作用下，面板和肋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，使全玻璃幕墙的面板和肋所受的轴向力为拉力。中空玻璃、夹层玻璃的厚度按等效厚度考虑。

7.1.2 全玻璃幕墙的面板和肋均不得直接接触结构面和其他装饰面，以防玻璃挤压破坏。玻璃与下槽底的弹性垫块宜采用硬橡胶材料。

7.1.3 全玻璃幕墙悬挂在钢结构构件时，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，以免变形受限而使玻璃破损。当主体结构构件为其他材料时，也应具有足够的刚度和承载力。

7.1.4~7.1.5 全玻璃幕墙承受风荷载和地震作用后，上端吊夹会受到水平推力，该水平推力会使幕墙产生水平移动，因此要有水平约束，要设置刚性传力构件。

吊夹应能承受幕墙的自重，不宜考虑竖向胶缝单独承受面板自重。

7.2 面板

7.2.1 全玻璃幕墙面板的面积较大，面板通常是对边简支板，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，所以面板厚度不宜太薄。目前国内全玻璃幕墙的面玻璃厚度多在 12mm 以上。

7.2.2 采用玻璃面板和玻璃肋的全玻璃幕墙，通常有对边简支和多点支承两种面板支承方式，应分别按对边简支板或多点支承板进行计算。对边支承简支板的弯矩和挠度分别为：

$$M = \frac{1}{8}ql^2 \quad (7.1)$$

$$d_f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI} \quad (7.2)$$

式中， q 和 l 分别为作用于面板上的荷载和支承跨度。所以，对边支承简支板的弯矩和挠度系数分别为 0.125 和 0.013。

带孔玻璃面板的孔边，应力分布复杂，应力集中现象明显，可采用适宜的有限元方法进行计算分析，必要时可通过试验进行验证。

7.2.3 试验表明，浮法玻璃的挠度可以达到边长的 1/40 而不破坏，因此规定玻璃肋支承面板挠度限值为跨度的 1/60 是留有一定余地的。点支承面板通常采用钢化玻璃，可承受更大的挠度而不破坏；有球铰的点支承装置允许板面有相对自由转动，所以其允许挠度可以适当放松。综合考虑，点支承面板的挠度限制可取支承点长边的 1/60，支承点的间距应沿板边采用，而不取对角线距离。

7.3 玻璃肋

7.3.1 全玻璃幕墙的板块单元一般面积较大，玻璃肋类似楼盖结构的支承梁，要承受玻璃面板所传递的风荷载和地震作用，是全玻璃幕墙的关键结构构件。因此，本条规定了玻璃肋最小截面尺寸要求，以保证玻璃肋具有必要的刚度和承载力。

7.3.2~7.3.3 在水平荷载作用下，全玻璃幕墙的工作状态如同竖直的楼盖，玻璃面板如同楼板，玻璃肋如同楼面梁，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 7.3.2 条和 7.3.3 条公式就是从简支梁的应力和挠度公式演化而来。

7.3.5 点支承面板的玻璃肋通常由金属件连接，并在金属板上设置支承点。连接金属板和螺栓宜采用不锈钢材料。玻璃肋受力状态如同简支梁，其连接部位的抗弯、抗剪能力应加以计算。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侧面，应按侧面强度设计值进行校核。

7.3.7 目前国内工程中，单片玻璃肋的跨度已达 8m，钢板连接玻璃肋的跨度甚至达到 16m。由于玻璃肋在平面外的刚度较小，有发生横向屈曲的可能性。当正向风压作用使玻璃肋产生弯曲时，玻璃肋的受压部位有面板作为平面外的支撑；当反向风压作用时，受压部位在玻璃肋的自由边，就可能产生平面外屈曲。所以，跨度大的玻璃肋在设计时应考虑其侧向稳定性要求，必要时应进行稳定性验算，并采取横向支撑或拉结等措施。

7.4 胶缝

7.4.1 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。

8 点支承玻璃幕墙结构设计

8.1 面板

8.1.1 相邻两块四点支承板改为一块六点支承板后，最大弯矩由四点支承板的跨中转移至六点支承板的支座且数值相近，承载力没用显著提高，但跨中挠度可大大减小。所以，一般情况下可采用单块四点支承玻璃；当挠度过大时，可将相邻两块四点支承板改为一块六点支承板。

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，孔洞距板边不宜太近。此距离应视面板尺寸、板厚和荷载大小而定，一般情况下孔边到板边的距离有两种限制方法：一种即是本条的规定；另一种是按板厚的倍数规定，当板厚不大于 12mm 时，取 6 倍板厚，当板厚不小于 15mm 时，取 4 倍板厚。这两种方法的限值是大致相当的。孔边距为 70mm 时，可以采用爪长较小的 200 系列钢爪支承装置。

8.1.2 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幕墙玻璃更严格的基本要求。

8.1.3 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加以密封。无密封要求的装饰性点支承玻璃，可以不打密封胶。

8.1.4 为便于装配和安装时调整位置，玻璃板开孔的直径稍大于穿孔而过的金属轴，除轴上加封尼龙套管外，还应采用密封胶将空隙密封。

中空玻璃的干燥气体层要求更严格的密封条件，防止漏气后中空内壁结露，为此常采用多道密封措施。国外也有采用穿缝金属夹板夹持中空玻璃的方法，避免在中空玻璃上穿孔。

8.2 支承装置

8.2.1 《点支式玻璃幕墙支承装置》JG138/T 给出了钢爪式支承装置的技术条件，但点支承玻璃幕墙并不局限于采用钢爪式支承装置，还可以采用夹板式或其他形式的支承装置。

8.2.2 点支承面板受弯后，板的角部产生转动，如果转动被约束，则会在支承处产生较大的弯矩。因此支承装置应能适应板角部的转动变形。当面板尺寸较小、荷载较小、角部转动较小时，可以采用夹板式和固定式支承装置；当面板尺寸大、荷载大、面板转动变形较大时，则宜采用带转动球铰的活动式支承装置。

8.2.3 根据清华大学的试验资料，垫片厚度超过 1mm 后，加厚垫片并不能明显减少支承头处玻璃的应力集中；而垫片厚度小于 1mm 时，垫片厚度减薄会使支承处玻璃应力迅速增大。所以垫片最小厚度取为 1mm。

8.2.4 点支承幕墙的支承装置只用来支承幕墙玻璃和玻璃承受的风荷载或地震作用，不应在

支承装置上附加其他设备和重物。

8.2.5 点式玻璃幕墙中夹板点支承方式应用得越来越多，为保证该类夹板形式玻璃面板的安全性，对夹板的设计及构造提出了要求。

8.3 支承结构

8.3.1 点支承幕墙的支承结构可有玻璃肋和各种钢结构。面板承受直接作用于其上的荷载作用，并通过支承装置传递给支承结构。幕墙设计时，支承结构单独进行结构分析，一般不考虑玻璃面板作为支承结构的一部分共同工作。这是因为玻璃面板带有胶缝，其平面内受力的结构性能还缺少足够的研究成果和工程经验，所以本规范暂不考虑其对支承结构的有利影响。

8.3.2 尽管本规定位于“点支承玻璃幕墙结构设计”第8章节中，但是所提支承结构不仅可以支承点支承幕墙，也可支承框式幕墙。因此，为扩大其适用范围，规定跨越多块玻璃面板的非点支玻璃幕墙的支承结构可按本节相关规定进行设计。

8.3.4 单根型钢或钢管作为竖向支承结构时，是偏心受拉或偏心受压杆件，上、下端宜铰支承于主体结构上。当屋盖或楼盖有较大位移时，支承构造应能与之相适应，如采用长圆孔、设置双铰摆臂连接机构等。

构件的长细比 λ 可按下列公式计算：

$$\lambda = \frac{l}{i} \quad (8.1)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (8.2)$$

式中 l ——支承点之间的距离 (mm)；

i ——截面回转半径 (mm)；

I ——截面惯性矩 (mm⁴)；

A ——截面面积 (mm²)。

8.3.5 钢管桁架可采用圆管或方管，目前以圆管为多。本条有关钢管桁架节点的构造规定是参照《钢结构设计规范》GB50017 和国内的工程经验制定的，以保证节点连接质量和承载力。在节点处主管应连续，支管端部应按相贯线加工成形后直接焊接在主管的外壁上，不得将支管穿入主管壁内。

美国 API 规范规定 d/t 大于 60 时，应进行局部稳定计算。结合目前国内实际采用的钢管规格，本规范要求 d/t 不宜大于 50。此处， d 为钢管外径， t 为钢管壁厚。

主管和支管或两支管轴线的夹角不宜小于 30°，以保证施焊条件和焊接质量。

钢管的连接应尽量对中，避免偏心。当管径较大时，连接处刚度也较大，如果偏心距不大于主管管径的 1/4，可不考虑偏心的影响。

钢管桁架由于采用直接焊接接头，实际上杆端都是刚性连接的。在采用计算机软件进行内力分析时，均可直接采用刚接杆件单元。铰接普通桁架是静定结构，可以采用手算方法计算。因此，对于管接普通桁架，也允许按铰接桁架采用近似的手算方法分析。

桁架杆件长细比 λ 的限值，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的规定采用。

钢管桁架在平面内有较大刚度，但在平面外刚度较差。当跨度较大时，杆件在平面外自由长度过大则有失稳的可能。因此，跨度较大的桁架应按长细比 λ 的要求设置平面外正交方向的稳定支撑或稳定桁架。作为估算，平面外支撑最大距离可取为 $50D$ ， D 为钢管直径。

8.3.6 对我国近年来的幕墙工程中常见的张拉杆索支承结构形式作出了规定。除上版规范中提及的索桁架、自平衡索桁架外，增加了单层平面索网、单层曲面索网、单向竖索等新的支承结构形式。

8.3.7 张拉索杆体系的拉杆和拉索只承受拉力，不承受压力，而风荷载和地震作用是正反两个不同方向的。所以，张拉索杆系统应在两个正交方向都形成稳定的结构体系，除主要受力方向外，其正交方向亦应布置平衡或稳定拉索或拉杆，或者采用双向受力体系。

钢绞线是由若干根直径较大的光圆钢丝绞捻而成的螺旋钢丝束，通常由7根、19根或37根直径大于1mm的钢丝绞成。钢绞线比采用细钢丝、多束再盘卷的钢丝绳拉伸变形量小，弹性模量高，钢丝受力均匀，不易断丝，更适用于拉索结构。

拉索常常采用不锈钢绞线，不必另行防腐处理，也比较美观。当拉索受力较大时，往往需要采用强度更高的高强钢绞线，高强钢丝不具备自身防腐能力，必须采取防腐措施，常采用聚氨脂漆喷涂等方法。热镀锌防腐层在施工过程中容易损坏，不推荐使用。铝包钢绞线是在高强钢丝外层被覆0.2mm厚的铝层，兼有高强和防腐双重功能，工程应用效果良好。

张拉索杆体系所用的拉索和拉杆截面较小、内力较大，这类结构的位移较大，在采用计算机软件进行内力位移分析时，宜考虑其几何非线性的影响。

张拉索杆体系只有施加预应力后，才能形成形状不变的受力体系。因此，一般张拉索杆体系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。索杆体系与主体结构的屋盖和楼盖连接时，既要保证索杆体系承受的荷载能可靠地传递到主体结构上，也要考虑主体结构变形时不会使幕墙产生破损。因而幕墙支承结构的上部支承点要视主体结构的位移方向和变形量，设置单向（通常为竖向）或多向（竖向和一个或两个水平方向）的可动铰支座。

拉索和拉杆都通过端部螺纹连接件与节点相连，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钢绞线拉索连接。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，故不宜采用。

夹片式锚具按夹片形式可分为二片式和三片式；按齿形可分为粗齿和细齿两大类。夹片式锚具主要适用于多根高强钢丝组合而成的预应力钢绞线张拉。

8.3.8 用于幕墙的索杆体系常常对称布置，施加预拉力主要是为了形成稳定不变的结构体系。为避免索体松弛导致的结构失效和玻璃面板破损，要求在设计值作用下杆索还存在一定的拉力。

张拉索杆体系在施加预拉力过程中和在使用阶段，预拉力会因为产生可能的损失而下降。但是，索杆体系不同于预应力混凝土，它的杆件全部外露，便于调整，而且无混凝土等外部材料的约束。所以，锚具滑动损失可通过在张拉过程中控制张拉力得到补偿；由支承结构的弹性位移造成的预拉力损失可以通过分批、多次张拉而抵消；由于预拉力水平较低，钢材的松弛影响可以不考虑。因此，只要在施工过程中做到分批、多次、对称张拉，并随时检查、调整预拉力数值，预拉力的损失是可以补偿的，最终达到控制拉力的数值。因此，幕墙结构中

一般不专门计算预拉力的损失。

由于通透性高、可以跨越较大角度的特点，张拉杆索支承的玻璃幕墙在近年来得到了广泛的应用，但是张拉杆索支承结构分析有其自身的特殊性，如需考虑初始预应力状态、拉索索力作用下主体支承结构的变形等因素。因此，本次修订时对张拉杆索体系结构分析内容做了适当加强。除原有的两条规定外（考虑几何非线性影响、保持预拉力储备），还增加了计算模型计算假定与构造要求的符合性、支承结构变形的影响、挠度计算的初始状态等规定。索结构张拉力容易引起支承结构产生变形，因此，分析模型中应计入索端支承结构变形的影响。可采用对张拉杆索结构的支座增设线弹簧的方法进行考虑，也可采用对支座施加强制约束位移的方法在有限元分析模型中加以考虑。必要时，应建立玻璃幕墙张拉杆索支承结构与相连主体结构的整体模型进行协同分析。

8.3.9 对索桁架的设计提出了具体规定。索桁架有弧线型、多折线型、三折线型等形式（见图 8.1）。不同索桁架的抗风能力是不同的，应结合建筑要求、抗风能力要求、支承结构刚度等因素综合确定。建筑造型不受限时，宜优先选用弧线型索桁架中的第 1 种形式，其抗风能力和材料用量相对最优；设置直线弦索的多折线型索桁架抗风能力比不含弦索的多折线型索桁架的抗风能力要强很多，因此要求多折线型索桁架宜增设直线弦索；三折线索桁架的抗风能力比弧线型、多折线型要弱，宜在分段数较少时采用。

经理论推导和有限元分析，常见矢高的弧线型索桁架具有几何非线性特征不显著、初始张拉应力增加对抗风能力提高影响较小、索桁架跨矢比与挠度近似呈线性关系、索桁架索截面与跨中变形乘积值相对恒定等特点。在抗风能力不足的情况下，不宜通过增大初始应力来实现，而应增大索截面、增大索桁架矢高来实现。

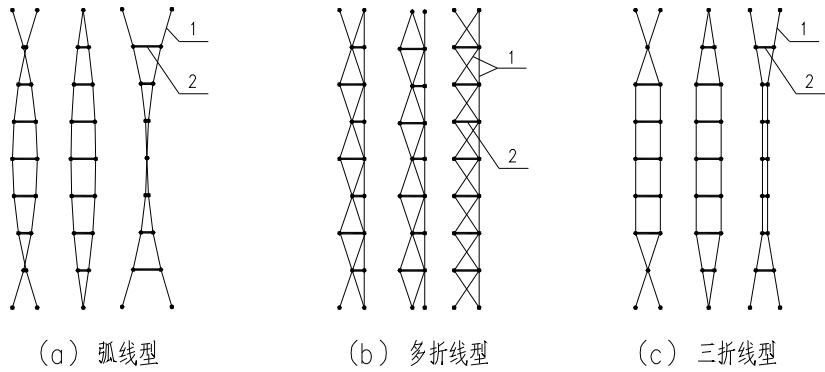


图 8.1 索桁架示意

1——拉索或拉杆 2 ——撑杆

8.3.10 对自平衡索桁架的设计提出了具体规定。常见的自平衡索桁架有两种形式，见图 8.2。通常优选图 8.2 中（a）形式。

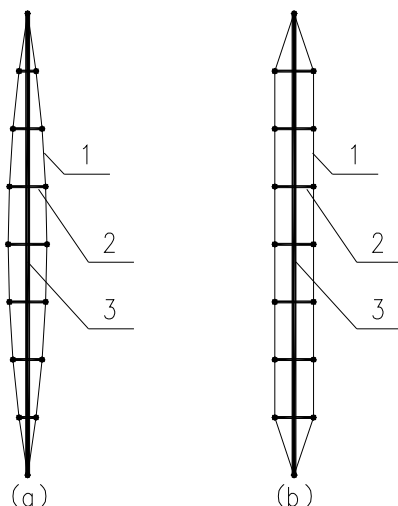


图 8.2 自平衡索桁架示意

1——拉索或拉杆 2——撑杆 3——中心压杆

8.3.11 对单层平面索网的设计提出了具体规定。单层平面索网为目前国内常见的一种支承结构形式，平面索网设计时索网挠度控制是关键点，目前国内通常习惯做法是按短跨长度的 $1/40 \sim 1/50$ 进行控制。对众多工程项目调查后，发现单层平面索网幕墙使用性能良好，因此，本次修订时将单层平面索网纳入范围，变形控制限值取短跨挠度的 $1/45$ 。

8.3.12 对单层曲面索网的设计提出了具体规定。单层曲面索网国内应用相对较少，由于其曲面特性，会造成索网张拉时出现不同索之间索力相互干扰、同一根索不同索段之间存在索力偏差等情况，因此对于单层曲面必须进行找形、施工张拉模拟分析。同时，应尽量通过合理找形方法提高索力分布的均匀性，减小同一节点相连纵横索的索力偏差值，降低对索夹设计要求过高、以及索夹预紧力过大对索损伤的不利影响。

《索结构技术规程》JGJ257-2012 中规定“曲面索网及双层索系玻璃幕墙自初始预应力状态之后的最大挠度与跨度之比不宜大于 $1/200$ ”。为保持两本标准的协调性，本规范也采用了变形限值取短跨跨度 $1/200$ 的规定。单层曲面索网幕墙和单层曲面索网屋面两者之间有一定的差别：曲面索网屋面周边通常有刚度较大的环形混凝土梁，而曲面索网幕墙可能仅采用刚度较小的钢结构作为周边支承；曲面索网屋盖的曲面度通常比立面幕墙的曲面度要大。因此，单层索网曲面幕墙的变形控制难度通常比曲面屋面要大。当变形限值无法满足时，可通过增大周边支承结构刚度、增大曲面索网曲度等方法予以改善。

8.3.13 单向竖索支承结构是单层平面索网支承结构的一种简化形式，在国内也有一些工程在加以应用，玻璃表面的风荷载和重力荷载均通过索夹以点荷载的形式作用在竖索上。单向竖向的变形限值和索端设置弹簧缓冲装置的设计要求均和单层平面索网相同。但由于单索无侧向约束，其体系相对单层平面索网而言要弱，因此，对其玻璃面板和最大适用高度提出了限制。

单索幕墙中竖索挠度限值按跨度的 $1/45$ 控制，而竖向支承框的挠度限值通常按跨度的 $1/250 \sim 1/200$ 进行控制。风荷载作用下，单向竖索幕墙（图中 A1、A6 及上方横粗线为主体支承结构，A2~A5 为单向竖索示意）中边跨索（A2 和 A5 索）与刚性良好的竖向支承框之间存在较大的变形差。为保证玻璃面板的安全性以及避免面板与支承框交界部位的雨水渗漏情

况，本条对其连接构造提出了要求。当有特殊要求需在竖索中串联弹簧装置时，弹簧刚度宜取索线刚度的 $1/4\sim 1/8$ 。

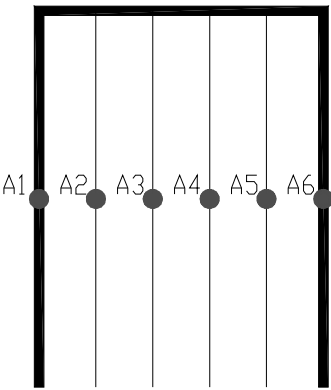


图 8.3 单索幕墙与周边支承结构立面示意图

9 加工制作

9.1 一般规定

9.1.1 幕墙结构属于围护结构，在施工前对主体结构进行复测，当其误差超过幕墙设计图纸中的允许值时，一般应调整幕墙设计图纸，原则上不允许对原主体结构进行破坏性修整。

9.1.2 加工幕墙构件的设备和量具，都应符合有关要求，并定期进行检查和计量认证，以保证加工产品的质量。如设备的加工精度、光洁度，量具的精度等，均应及时进行检查、维护或计量认证。

9.1.3 玻璃幕墙构件加工场所应在室内，并要求清洁、干燥、通风良好，温度也应满足加工的需要，如北方的冬季应有采暖，南方的夏季应有降温措施等。对于硅酮结构密封胶的施工场所要求较严格，除要求清洁、无尘外，室内温度不宜低于 15℃，也不宜高于 27℃，相对湿度不宜低于 50%。硅酮结构胶的注胶厚度及宽度应符合设计要求，且宽度不得小于 7mm，厚度不得小于 6mm。

9.1.4 硅酮结构密封胶应在洁净、通风的室内进行注胶，以保证注胶质量。全玻璃幕墙的大玻璃板块，由于必须在现场装配，因此当玻璃与玻璃之间采用硅酮结构胶粘结固定时，允许在现场注胶，但现场应保持通风无尘，且注胶前要特别注意清洁注胶面，并避免二次污染；现场还应有防风措施，避免在结构胶固化过程中受到玻璃板块变形的影响。

9.2 铝型材

9.2.2 铝型材的加工精度是影响幕墙质量的关键问题。由于运输、搬运等原因，玻璃幕墙铝合金构件在截料前应检查其弯曲度、扭拧度是否符合设计要求，超偏的须使用适当机械方法进行校直调整直到符合设计要求。型材长度允许正、负偏差。

9.2.4 槽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正偏差或负偏差；豁口的长度、宽度只允许正偏差不允许负偏差；榫头的长度和宽度允许负偏差不允许正偏差。因为幕墙用型材的几何形状是热加工或冷加工或冲压成型，不是机械加工成型的，所以，配合尺寸难以十分准确地控制，只能控制主要方面，以便配合安装施工。

9.2.5 采用拉弯设备进行铝合金构件的弯加工，是防止构件产生皱折、凹凸、裂纹的有效方法。

9.3 钢构件

9.3.2~9.3.3 预埋件加工要求参照了现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2002 的有关规定。

9.3.4 连接件与支承件的加工要求与现行行业推荐标准《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ/T139-2001 一致。

9.3.7 点支承玻璃幕墙的支承钢结构一般有管桁架、拉索和杆索体系，往往因为建筑设计的需要，而比普通钢结构具有更高的加工制作要求。

对于不采用球节点连接的管桁架，杆件端部加工精度要求很高，一般要求采用专用软件和数控机床进行切割和加工，加工精度应符合本条的规定。分单元组装的钢结构，通过预拼装，可对其加工精度进行校核和修正，保证工程安装顺利进行。

钢管接头焊缝趾部存在应力集中，焊接时也难以避免存在咬边、夹渣等缺陷，加之断续焊接时由于焊接变形可能产生管壁的层状撕裂，所以主管与支管的焊接应沿接缝全长进行，而且要求焊缝的尺寸适中、形状合理、与母材平滑过渡，以保证节点强度，防止脆性破坏。当支管受拉时，为防止焊缝抗拉强度不足，根据国外规范和国内施工经验，允许将焊缝厚度放宽至壁厚的 2 倍。

杆索体系的拉杆、拉索，在加工制作前，应进行拉断试验，确定其破断拉力，为结构设计和张拉力控制提供依据。拉索下料前一般应在专用台座上进行调直张拉，张拉力一般不超过其破断拉力的 50%。

9.4 玻璃

9.4.1~9.4.2 单片玻璃、中空玻璃、夹层玻璃应分别符合现行国家标准《钢化玻璃》GB/T9963、《中空玻璃》GB/T11944、《夹层玻璃》GB9962 的要求。此外，对于玻璃的外观尺寸、允许偏差作了更严的要求，加工时应以此为准。

根据玻璃表面的应力可以确定玻璃钢化的程度。半钢化玻璃是针对钢化玻璃自爆而发展起来的一种增强玻璃，其强度比普通玻璃高 1~2 倍，耐热冲击性能显著提高，一旦破碎，其碎片状态与普通玻璃类似，所以半钢化玻璃不属于安全玻璃。半钢化玻璃的一个突出优点是不会自爆，它与钢化玻璃的主要区别在于玻璃的应力数值范围不同。我国国家标准《幕墙用钢化玻璃与半钢化玻璃》GB17841，规定了用于玻璃幕墙的钢化玻璃其表面应力应大于 95MPa，主要是为了保证当玻璃破碎时，碎片状态满足钢化玻璃标准规定的要求。

9.4.3 对玻璃进行弯曲加工后，反射的影像会变得扭曲、变形，特别是镀膜玻璃的这种变形会很明显。因此对弧形玻璃的加工除几何尺寸要求外，特别规定了其拱高及弯曲度的允许偏差。

9.4.4 全玻幕墙玻璃边缘外露，为了避免应力集中而导致玻璃破裂，也为了建筑美观要求，必须进行边缘处理。采用钻孔安装时，孔位处的应力集中明显，必须进行倒角处理并且不得出现崩边。

9.4.5 因为玻璃钢化后不能再进行机械加工，因此玻璃的裁切、磨边、钻孔等都必须钢化前完成。玻璃板块钻孔的允许偏差是根据机械加工原理、公差理论、玻璃钻孔设备及刀具的加工精度而定的。

当玻璃板块由两片单层玻璃组合而成时，在制作过程中必须单片分别加工后再合片。如果两片玻璃孔径大小一致，则所有的孔都要对位准确，实际操作非常困难，主要是因为单片玻璃制作时存在形状、尺寸、孔位、孔径等允许偏差。常用的方法是两片单层玻璃钻大小不同的孔，以使多孔完全对位。

中空玻璃开孔后，开孔处胶层应双道密封，内层密封可采用丁基密封腻子，外层密封应采用硅酮结构密封胶，打胶应均匀、饱满、无空隙。

9.4.6 采用立式注胶法进行中空玻璃加工时，玻璃内的气压与大气压是平衡的，但当安装所在地与加工所在地的气压相差较大时，中空玻璃受到气压差的影响会产生不可恢复的变形，因此应采取适当措施来消除气压差。

9.5 明框幕墙组件

9.5.1 明框幕墙的组件，原则上包括型材、玻璃、连接件以及由此拼装而成的幕墙单元，型材、连接件、玻璃的加工制作在本规范第 9.2~9.4 节中已作了规定；由型材、玻璃等拼装成的框格（幕墙单元），可以在工程现场完成，也有在工厂拼装完成的，后者即所谓的“小单元幕墙”。本节主要规定了这种框格（幕墙单元）加工制作的要求。

9.5.5 明框幕墙的等压设计及排水系统最终是由组件中的导气孔及排水孔来实现的，若导气孔及排水孔堵塞，其功能就会失效，在组装时应特别注意保持孔道通畅。

9.5.6 明框幕墙的玻璃与槽口之间的间隙除应达到嵌固玻璃要求外，还要能适应热胀冷缩的变形及主体结构层间位移或其他荷载作用下导致的框架变形，以避免玻璃直接碰到金属槽口，造成玻璃破碎。通常，玻璃的下边缘应采用两块压模成型的氯丁橡胶垫块支承，垫块的宽度应与槽口宽度相同，长度不应小于 100mm，厚度不应小于 5mm。

9.6 隐框幕墙组件

9.6.1~9.6.2 半隐框、隐框幕墙制作中，对玻璃和支撑框的清洁工作，是关系到幕墙构件加工成败的关键步骤之一，要十分重视和认真按规范规定进行操作。如清洗不干净，将对构件的质量与安全留下隐患。一定要坚持二块布清洗的方法，一块布只用一次，不许重复使用；在溶剂完全挥发之前，用第二块干净的布将表面擦干；应将用过的布洗净晾干后再行使用；要坚持把用于清洗的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。清洗工作最好二人一组进行，一个用溶剂清洗玻璃及其支承构件，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。

9.6.3 硅酮结构密封胶的相容性要求同本规范第 3.6.2 条的解释。

9.6.4 硅酮结构密封胶在长期重力荷载作用下承载力很低（强度设计值仅为 0.01MPa），固化前强度更低，而且硅酮结构密封胶在重力作用下会产生明显的变形。若使硅酮结构密封胶在固化期间处于受力较大的状态，会造成幕墙的安全隐患。因此，在加工组装过程中应采取措减小结构胶所承受的应力。注胶后的隐框幕墙板块可采用周转架分块安置；如直接叠放时，要求放置垫块直接传力，并且叠放层数不宜过多。

9.7 单元式玻璃幕墙

9.7.1 由于单元幕墙板块在主体结构上的安装方式特殊，通常都采用插接方式，安装后不易更换，所以必须在加工前对各板块编号。根据单元幕墙对安装次序要求严格的特点，宜将

主体工程和幕墙工程作为一个系统工程考虑，对整个建筑工程施工机具设置的地点和时间，要进行总平面布置。比较合理的方案是每隔 3~5 层设一摆放层（即每隔 3~5 层移动一次上料平台），使摆放量不会占用太多楼面空间，有利于其他工种施工。

单元式幕墙组装时，为了减少运输工作量，往往要在工程所在地组装，还有一些元（部）件为外购件，要由供货厂商供货，这样单元组件的元（部）件的配送管理就显得十分重要。因为单元组件要按吊装顺序的要求组装，这样一个（一批）单元组件所需全部元、部件要全部送到组装厂后才能完成组装，并依照安装顺序的要求送往工地吊装、施工。

9.7.2 由于单元板块自重较大，且在工厂内组装，其连接构造应牢固可靠，以免在运输及吊装中存在安全隐患。单元式幕墙一般采用结构构造防水，其横梁、立柱常作为集水槽或排水道，且安装后不容易发现渗漏部位，因此构件连接处的缝隙应作好密封，以防渗漏。

9.7.3 单元式玻璃采用构造防水时，板块间的缝隙一般为空缝，若结构胶处于板块外侧直接受到紫外线照射会影响其性能，因此应采取措施使结构胶不外露，而且结构胶也不能作为防水密封材料使用。

9.7.4 明框单元板块中玻璃是靠压条固定的，而且玻璃与槽口要按规定保留间隙，因此在搬运、吊装过程中应采取措施防止玻璃滑动或变形。

9.7.5 此条的目的，主要是考虑幕墙的美观性，并保证幕墙的气密性和水密性。

10 安装施工

10.1 一般规定

10.1.1 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，尤其是外立面很复杂的结构，必须同主体结构设计相符，并满足验收规范的要求。相关的主体结构验收规范主要包括：《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB50203 等。

10.1.3 玻璃幕墙的构件及附件的材料品种、规格、色泽和性能，应在玻璃幕墙设计文件中明确规定，安装施工时应按设计要求执行。对进场构件、附件、玻璃、密封材料和胶垫等，应按质量要求进行检查和验收，不得使用不合格和过期的材料。对幕墙施工环境和分项工程施工顺序要认真研究，对会造成严重污染的分项工程应安排在幕墙安装前施工，否则应采取可靠的保护措施。

10.1.4 玻璃幕墙的安装施工质量，是直接影响玻璃幕墙能否满足其建筑物理及其他性能要求的关键之一，同时玻璃幕墙安装施工又是多工种的联合施工，和其他分项工程施工难免有交叉和衔接的工序。因此，为了保证玻璃幕墙安装施工质量，要求安装施工承包单位单独编制玻璃幕墙施工组织设计方案。

10.1.5 单元式幕墙的安装施工组织设计比构件式有明显区别。本条主要是针对单元式幕墙的自身特点而重点强调的。

10.1.6 点支承玻璃幕墙的安装施工的关键是支承钢结构，包括管桁架结构和索杆体系等。索杆的张拉方案包括锚具的选择和固定方法、张拉机具的要求、张拉顺序、张拉批次（包括张拉力分级和张拉时间）、张拉力或变形的测量和调整方法等，同时应作好张拉过程记录。

10.1.7 硅酮结构密封胶应在洁净、通风的室内进行注胶，以保证注胶质量；现场注胶质量难以控制，往往容易影响其粘接性能和密封性能。由于隐框、半隐框玻璃幕墙的特点，结构密封胶作用至关重要，因此，新设计工程应禁止在现场打注硅酮结构密封胶。

10.1.8 施工脚手架应根据工程和施工现场的情况确定，宜进行必要的计算和设计，连接固定必须牢固、可靠，确保安全。

10.1.9 玻璃幕墙的施工测量，主要强调：

1 玻璃幕墙分格轴线的测量应与主体结构的测量配合，主体结构出现偏差时，玻璃幕墙分格线应根据主体结构偏差及时进行调整，不得积累；

2 定期对玻璃幕墙安装定位基准进行校核，以保证安装基准的正确性，避免因此产生安装误差；

3 对高层建筑，风力大于 4 级时容易产生不安全或测量不准确问题。

10.1.9 安装过程的半成品容易被损坏、污染，应引起重视，采取保护措施。

10.1.10 镀膜玻璃膜面有方向性，向内、向外效果不同；如果方向不正确，还会影响镀膜的寿命。

10.2 安装施工准备

10.2.2 对于已加工好的幕墙构件，在运输、储存过程中，应特别注意防止碰撞、污染、锈蚀、潮湿等，在室外储存时更要采取有效保护措施。

10.2.3 为了保证幕墙与主体结构连接牢固的可靠性，幕墙与主体结构连接的预埋件应在主体结构施工时按设计要求的位置和方法进行埋设；若幕墙承包商对幕墙的固定和连接件有特殊要求或与本规范的偏差要求不同时，承包商应提出书面要求或提供埋件图、样品等，反馈给建筑设计单位，并在主体结构施工图中注明。

10.3 预埋件、后锚固连接件

10.3.1~10.3.2 幕墙工程中，常用的预埋件有平板型预埋件和槽型预埋件两大类。预埋件的制作质量和安装质量，直接关系到建筑幕墙的安全；预埋件位置的准确性，是幕墙支承构件安装施工质量的基础。实际工程中，可采用铁丝将锚筋或锚爪绑扎在构件钢筋上，防止捣制混凝土时造成预埋件位置偏移等缺陷。

10.3.6~10.3.7 幕墙立柱与混凝土主体结构宜通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入。实际工程中，会出现未埋、漏埋、预埋件位置偏离设计位置太远、设计变更造成已埋设预埋件无法使用或旧楼改建等原因，需要进行后锚固连接设计。幕墙工程中，常用的锚栓有：膨胀型锚栓、扩孔型锚栓和化学螺栓。为了保证后锚固连接设计的可靠性，本条对常用锚栓和后置锚固连接件锚板的施工安装做出了规定。

安装化学锚栓的锚栓孔孔壁和螺杆表面潮湿不干净时，会降低锚固胶与孔壁和螺杆的粘结强度，安装化学锚栓时，应保持孔壁和螺杆表面干燥、洁净、无油污。安装化学锚栓螺杆时，采用冲击电钻和专用夹具。冲击电钻可采用低转速，一方面便于螺杆击碎锚固胶容器（玻璃管），另一方面可对锚固胶进行搅拌，有利于锚固胶与孔壁和螺杆粘结。过于旋转、搅拌，会造成锚固胶溢出，减少粘结面，降低粘结承载力，所以条文规定：螺杆到达孔底后，应及时停止旋转。

锚固胶的固化需要一定的时间，在锚固胶完全固化前，应采取有效措施固定螺杆，防止螺杆松动、移位，并随时检查锚固胶固化是否正常。

10.3.8 槽型预埋件的形状及其与幕墙构件的连接构造与平板型预埋件不同，表 10.3.8 中，未对槽型预埋件的安装允许偏差进行规定。

10.4 构件式玻璃幕墙

10.4.1 立柱安装的准确性和质量，影响整个幕墙的安装质量，是幕墙安装施工的关键之一。通过连接件的幕墙平面轴线与建筑物的外平面轴线距离的允许偏差应控制在 2mm 以内，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，应认真对待。

立柱一般根据建筑要求、受力情况、施工及运输条件确定其长度，通常一层楼高为一整根，接头应有一定空隙，铝型材可以采用套筒连接方式，以适应和消除建筑受力变形及温差

变形的影响。

10.4.2 横梁一般分段与立柱连接，横梁两端与立柱连接处可以留出空隙，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。

10.4.3 防火、保温材料应可靠固定，铺设平整，拼接处不应留缝隙，应符合设计要求。如果冷凝水排出管及附件与水平构件预留孔连接不严密，与内衬板出水孔连接处不密封，冷凝水会进入幕墙内部，造成内部浸水，腐蚀材料，影响幕墙性能和使用寿命。

10.4.4 幕墙玻璃安装采用机械或人工吸盘，故要求玻璃表面擦拭干净，以避免发生漏气，保证施工安全。实际工程中，阳光控制镀膜玻璃曾发现有镀膜面安反的现象，这不仅影响装饰效果，而且影响其耐久性和使用寿命。因此，单片阳光控制镀膜玻璃的镀膜面一般应朝室内一侧；阳光控制镀膜中空玻璃镀膜面应在第二面；LowE 中空玻璃镀膜层位置应符合设计要求。

安装玻璃的构件框槽底部应设两块定位橡胶块，玻璃四周的嵌入量及空隙应符合要求，左右空隙宜一致，使玻璃在建筑变形及温度变形时，在胶垫的夹持下竖向和水平向滑动，消除变形对玻璃的不利影响。

10.4.6 硅酮建筑密封胶的施工必须严格遵照施工工艺进行。夜晚光照不足，雨天缝内潮湿，均不宜打胶；打胶温度应在指定的温度范围，打胶前应使打胶面干燥、清洁无尘。

框支承玻璃幕墙玻璃板材间硅酮建筑密封胶的施工厚度，一般要控制在 3.5~4.5mm，太薄对保证密封质量和防止雨水渗漏不利，同时对承受铝合金框热胀冷缩产生的变形也不利。当胶承受拉应力时，太厚也容易被拉断或破坏，失去密封和防渗漏作用。硅酮建筑密封胶的施工宽度不宜小于厚度的 2 倍或根据实际接缝宽度决定。

较深的密封槽口底部可用聚乙烯发泡垫杆填塞，以保证硅酮建筑密封胶的设计施工位置。

硅酮建筑密封胶在接缝内要形成两面粘结，不要三面粘结，否则，胶在反复拉压时，容易被撕裂，失去密封和防渗漏作用。为防止形成三面粘结，可在硅酮建筑密封胶施工前，用无粘结胶带置于胶缝的底部（槽口底部），将缝底与胶分开。

10.5 单元式玻璃幕墙

10.5.1 选择适当吊装机具将板块可靠地安装到主体结构上，是保证单元吊装的前提条件；强调吊具与单元板块之间，在起吊中不应产生水平方向分力，是为防止产生过大挤压力或拉力，使单元内构件受损。

10.5.2 不规范的运输会造成单元板块变形、破碎，影响单元幕墙质量，因此单元板块运输时应采取必要的措施。

10.5.3 单元板块宜设置专用堆放场地，并应有安全保护措施。周转架方便运输、装卸和存放，对保证单元板块质量作用很大，单元板块存放时应依照安装顺序先出后进的原则排列放置，防止多次搬运对单元板块造成损坏、变形，保证幕墙质量；单元板块应避免直接叠层堆放，防止单元板块因重力作用造成变形或损坏。

10.5.4 起吊和就位时，检查吊具、吊点和主体结构上的挂点，是安全需要。对吊点数量、位置进行复核，保证单元吊装的准确性、可靠性。如果吊点处没有足够强度和刚度，单元板块容易损坏，产生危险，因此，必要时可对吊装点进行必要加固和试吊。采用吊具起吊单元板块时，应使各吊装点的受力均匀，起吊过程应保持单元板块平稳，以减小动能和冲量。吊装

就位时，应先把单元板块挂到主体结构的挂点上；板块未固定前，吊具不得拆除，防止意外坠落。

10.5.8 施工中和安装完毕后，对单元板块进行保护处理，防止污染和损坏。

10.6 全玻璃幕墙

10.6.1 全玻璃幕墙的镶嵌槽口是否清洁，直接关系到结构胶的粘结质量，同时也影响其美观性，必须清理干净。

10.6.2 全玻璃幕墙安装过程中，面板和玻璃肋安装的水平度和垂直度，直接影响立面效果和安全，准确安装还可避免面板和玻璃肋因受力不均而破损。每次调整后应采取临时固定措施，并在完成注胶后进行拆除，对胶缝进行修补处理。

10.6.4 全玻璃幕墙玻璃两边嵌入槽口深度及预留空隙应符合设计要求，主要考虑到：

- 1 玻璃发生弯曲变形后不会从槽内拔出；
- 2 玻璃在平面内伸长时不致触及槽壁，以免变形受限；
- 3 玻璃表面与槽口侧壁留有足够空隙，防止玻璃被嵌固，造成破损。

10.6.5 全玻璃幕墙玻璃的尺寸一般较大，自重也较大，宜采用机械吸盘安装，并应采取必要的安全措施，防止玻璃倾覆、坠落或破碎。

10.7 点支式玻璃幕墙

10.7.1 爪件的安装精度，关系到点支承玻璃幕墙的美观性和安全性。通过爪件三维调整，使玻璃面板位置准确，保证爪件表面与玻璃面平行。

10.9 安全规定

10.9.1 玻璃幕墙安装施工应根据国家有关劳动安全、卫生法规和技术标准的规定，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。

10.9.3 采用外脚手架进行玻璃幕墙的安装施工时，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，保证其足够的承载力、刚度和稳定性。

10.9.4 玻璃幕墙的安装施工，经常与主体结构施工、设备安装或室内装修交叉进行，为保证幕墙施工安全，应在主体结构施工层下方（即幕墙施工层的上方）设置安全防护网进行保护。在距离地面约 3m 高度处，设置挑出宽度不小于 6m 的水平防护网，用以保护地面行人、车辆等的安全性。

11 工程验收

11.1 一般规定

11.1.5 在进行玻璃幕墙工程验收时，检查应包括软件和硬件两部分。本条为对软件检查的要求，作为幕墙工程验收的依据及验收的一个重要组成部分。

材料是保证幕墙质量和安全的物质基础，尤其是作为结构粘结用的硅酮结构密封胶，使用前应对其邵氏硬度、拉伸粘结强度，相容性进行复验。

面积较大的幕墙、采用新材料新技术的幕墙，应按本规范的相关规定进行幕墙性能检测，并提交相应的检测报告。

11.1.6 玻璃幕墙的材料种类繁多，如要求所有进场材料进行复检，不太现实，实际也没必要。故除所有材料须按本规范要求提供出厂合格证、性能检测报告外，这里列出了涉及幕墙安全性能及重要物理性能的材料要进行复检，中空玻璃要求对热工性能进行复检。

11.1.7 在幕墙施工完毕后，不少部位或节点已被装饰材料遮封隐蔽，工程验收时无法观察和检测，但这些部位或节点的施工质量至关重要，必须在安装施工过程中完成隐蔽验收。工程验收时，应对隐蔽工程验收文件进行认真的审核与验收。

11.1.8 由于幕墙为建筑物的全部或部分外围护结构，凡设计幕墙的建筑一般对外观质量要求较高，抽样检验并不能代表幕墙整体的外侧观感质量。因此，对幕墙的硬件验收检验应包括观感和抽样两部分。

当一幢建筑有一幅以上的幕墙时，考虑到幕墙质量的重要性，要求以一幅幕墙作为独立检查单元，对每幅幕墙均要求进行检验验收。对异形或有特殊要求的幕墙，检验批的划分可由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

11.2 主控项目

11.2.8 所有材料均要求检查产品合格证书、进场验收记录、性能检测报告，11.1.2 条列出的材料要检查复验报告。

11.2.9 幕墙工程使用的各种预埋件必须经过计算确定，以保证其具有足够的承载力。未了保证幕墙与主体结构连接牢固可靠，幕墙与主体结构连接的预埋件应在主体结构施工时，按设计要求的数量位置和方法进行埋设，埋设位置应正确。

当施工未设预埋件、预埋件漏放、预埋件偏离设计位置、设计变更、旧建筑加装幕墙时，往往要使用后置埋件。采用后置埋件（膨胀螺栓或化学螺栓）时，应符合设计要求并应进行现场拉拔试验。

11.2.10 预埋件或后置埋件既连接主体结构，又连接幕墙杆件，是结构中极为重要的构件及节点，而且施工完成后基本都隐蔽了，故要重点检查施工记录，必要时打开隐蔽部位复查。

11.2.11 横隐竖明的玻璃幕墙必须要检查此托块，对于横明竖隐的半隐框结构，可不设置此托块；但横向明框为断热型材时，也应设置托块，避免断热条承受竖向剪应力。

11.2.12 验收时防火、保温、防潮材料基本都隐蔽了，故应对隐蔽验收文件进行认真地审核与验收。

11.2.13 幕墙节点、各种结构变形缝、墙角的连接点等在验收时基本都隐蔽了，故只能检查隐蔽工程验收记录和施工记录，但对关键部位有异议时，可打开隐蔽部位进行检查验收。

11.2.14 开启扇的配件为易损件，除五金件的质量、安装质量外，与使用频率、使用方法也有很大关系，尤其是如内倒内开窗扇等功能较多的开启扇，还要重点检查其牢固与灵活性、材质及耐久性等。

11.3 一般项目

11.3.13 本条规定了玻璃幕墙观感检验质量要求，重点是幕墙的整体美观性。

11.3.14 本条规定了玻璃幕墙工程玻璃的抽样检验质量要求。

关于玻璃表面质量。有关玻璃表面缺陷的国家现行标准中将此分为三类：划伤或擦伤；划道或波筋；雾斑、斑点纹和针眼等。其中，第一类缺陷各种玻璃都存在，其他两类缺陷不是每种玻璃都有。在加工制作、安装施工中对玻璃可能造成的表面缺陷，一般为第一类缺陷。考虑到工程中所采用玻璃均为合格产品，后两类缺陷应在标准允许范围之内，施工中不会再次增加这类缺陷。因此，本规范仅将划伤、擦伤作为玻璃表面质量的检验项目。相关国标规定，建筑用浮法玻璃允许 1m² 有 3 条宽为 0.5mm，长为 60mm 的划伤；钢化玻璃合格允许每 1m² 有 4 条宽为 0.1~1mm、长不大于 100mm 的划伤；阳光控制镀膜玻璃合格品允许每 1m² 有 2 条宽不大于 0.8mm、长不大于 100mm 的划伤；夹层玻璃合格品的划伤和磨伤“不得影响使用”。本规范只能综合各种玻璃合格品的质量要求，制订了统一的规定。

11.3.15 本条规定了玻璃幕墙工程的铝材抽样检验质量要求。

关于铝合金型材表面质量。本规范以一个分格的框架构建作为检验单元。由于加工制作、运输、安装施工过程的许多环节，都可能造成对铝合金型材的表面损伤。因此，因幕墙用框料要求采用高精级铝合金型材，并加强各个环节的保护。

11.3.16 明框幕墙的外观质量主要体现在外露框料或装饰压板上，异形幕墙的外露框料或装饰压板要按设计效果的要求达到光滑顺直。

11.3.17 隐框幕墙除玻璃的平整度及外观要求外，胶缝的外观质量对隐框幕墙的整体外观质量影响很大，要重点检查。

11.3.18 遮封装修本不是幕墙系统本身的要求，而是表面观感的需要，多数情况下是由内装修完成的，故验收时要分清楚施工主体。

11.3.19 本条规定了明框玻璃幕墙工程的幕墙框料安装质量抽样检验要求，规定了各项目的允许偏差。

1 幕墙垂直度：本规范按幕墙高度分为 4 档，分别规定了垂直度允许偏差。在现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中，分别规定了测量放线的竖向偏差和结构施工的竖向偏差允许值。在决定幕墙的竖向偏差允许值时，考虑到作为建筑的外装饰，其竖向偏差允许值应比混凝土结构施工更严格，但同时又比测量放线的竖向偏差允许值稍宽松，以便既保证幕墙工程质量，又便于操作执行。

2 幕墙和构件水平度：根据工程经验，当幕墙幅宽不大于 35mm 时，允许偏差 5mm；当幅宽大于 35mm，允许偏差 7mm。根据工程经验，单根横向构建两端的水平度偏差一般不宜大于其跨度的 0.1%。因此规定，单根横向构建长度不大于 2000mm 时，允许偏差 2mm，大于

2000mm 时, 允许偏差 3mm。对同一高度相邻两根横向构件端部的安装允许高差为 1mm。

3 分格框对角线差: 竖向构件的垂直度和直线度, 横向构件水平度及其相邻两构件端部高度差等规定已基本上保证了分格框的方正。本规范将上述各允许偏差折算成分格框对角线允许偏差, 并参照《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 的规定。

关于明框幕墙的平面度, 由于其玻璃嵌在槽口内, 与框架料不在同一平面, 因此不设此项要求。

11.3.20 隐框、半隐框玻璃幕墙的安装质量要求基本上与明框幕墙相同, 其区别是隐框幕墙架不外露, 而是以缝代替框架。因此, 除下列两项与表 11.3.8 有区别外, 其他各项的允许偏差及其依据基本与表 11.3.8 相同。

1 由于隐框幕墙玻璃外露, 为防止墙面各玻璃拼在一起时不在一个平面而使墙面上的影像畸变, 因此要求检查时抽检竖缝相邻两侧玻璃表面的平整度, 并从严要求, 用 2m 靠尺检查, 允许偏差 2.0mm。

2 隐框幕墙玻璃拼缝整齐与否与幕墙的外观质量关系很大, 除了检查其垂直度、水平度之外, 为防止各缝宽窄不一的疵病, 增加接缝宽度与设计值比较的偏差检查, 以保证整幅隐框幕墙的整齐美观。

11.3.21 关于点支承玻璃幕墙安装质量要求, 本条规范确定了各项目的允许偏差。

1 竖缝及墙面垂直度: 因点支承玻璃幕墙多处于裙楼, 所以本条只规定了 50mm 以下的竖缝及墙面垂直度, 按两档分别为 10mm 和 15mm。

2 由于点支承幕墙玻璃外露且面积较大, 应检查幕墙表面平整度, 防止墙面各玻璃拼在一起时不在一个平面而使墙面上的影像畸变。检查时, 抽检竖缝相邻两侧玻璃表面的平面度, 并从严要求, 用 2mm 靠尺检查, 允许偏差 2.5mm。

3 点支承幕墙各玻璃拼缝整齐与否与幕墙的表现关系很大, 为防止各胶缝宽窄不一, 增加拼缝宽度与设计值比较的偏差检查, 以保证整幅点支承幕墙各玻璃拼缝的整齐美观。

11.3.22 关于单元式玻璃幕墙安装质量要求, 本条规范确定了各项目的允许偏差。

1 墙面垂直度: 本规范按幕墙高度分为 5 档, 分别规定了垂直度允许偏差。在现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中, 分别规定了测量放线的竖向偏差和结构施工的竖向偏差允许值。在决定幕墙的竖向偏差允许值时, 考虑到作为建筑的外装饰, 其竖向偏差允许值应比混凝土结构施工更严格, 但同时又比测量放线的竖向偏差允许值稍宽松, 以便既保证幕墙工程质量, 又便于操作执行。

2 墙面平整度: 由于单元式幕墙的玻璃嵌在框架外(隐框形式)。因此, 本条规范规定墙面平整度的允许偏差。规定采用 2m 靠尺和塞尺检查, 允许偏差为 2.5mm。

3 单元间接缝宽度: 单元式幕墙单元间的接缝宽度直接影响到幕墙的立面效果和对插搭接的效果。因此本条规范对上述两项都提出规定。

12 使用维护

12.1 一般规定

12.1.1 为了使幕墙在使用过程中达到和保持设计要求的功能，确保不发生安全事故，本规范规定承包商应提供给业主《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。

根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068 的有关规定，玻璃幕墙的结构构件一般属于易于替换的结构构件，其设计使用年限一般可取为不低于 25 年。

12.2 检查与维修

12.2.2 根据实际工程经验，在幕墙工程竣工验收后一年内，幕墙工程的加工和施工工艺及材料、附件的一些缺陷均有不同程度的暴露。所以在幕墙工程竣工验收后一年时，应对幕墙工程进行一次全面的检查，此后每五年检查一次。

由于存在不可避免的建筑物沉降、金属材料蠕变等现象，施加预拉力的拉杆或拉索结构的幕墙工程随时间推移会产生预拉力损失。为了保证这类幕墙的性能稳定和使用安全，本规范规定对预拉力幕墙结构全面检查和调整的时间从工程竣工验收后半年检查一次，此后每三年检查、调整一次。

对于使用硅酮结构密封胶的半隐框、隐框幕墙工程，本规范规定使用十年后进行首次粘结性能的检查，此后每五年检查一次。从世界各国以及我国的幕墙工程的实际情况来看，还未出现因硅酮结构密封胶粘结性能变化而造成的质量问题。考虑到对实际幕墙工程进行粘结性能的检查属破坏性检查，抽样比例小，则不能反映真实情况，抽样比例大，则费用高、时间长，而且有时可能对抽样附近幕墙的性能有影响。所以规定使用十年后进行首次粘结性能的检查是合适的。

关于抽样比例及抽样部位，本规范未做出具体规定。主要是考虑到不同的幕墙工程其环境条件不同，规定统一的抽样比例并不能反映不同的幕墙工程硅酮结构密封胶粘结性能的真实情况。实际幕墙工程的检查应由检查部门制定检查方案，由相应设计资质部门审核后实施。

“每五年检查一次”是建立在检查结果良好的基础上，如果粘结性能有下降趋势的话，应根据检查结果制定检查间隔时间、增加检查频次。