

DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 2417—2025

建筑幕墙工程技术规程

Technical specification for building curtain wall

2025 - 08 - 20 发布

2025 - 12 - 20 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

前言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 5

4 材料 5

 4.1 一般规定 5

 4.2 材料力学性能 6

 4.3 铝合金材料 12

 4.4 钢材、钢制品 13

 4.5 玻璃 13

 4.6 金属板材 14

 4.7 石材板材 15

 4.8 人造板材 16

 4.9 连接件与紧固件 16

 4.10 结构胶与密封材料 16

 4.11 防火封堵材料 16

 4.12 保温隔热材料 16

 4.13 其他材料 17

5 建筑设计 17

 5.1 一般规定 17

 5.2 性能设计 17

 5.3 安全设计 19

 5.4 构造设计 19

 5.5 幕墙防火设计 19

 5.6 幕墙防雷设计 20

 5.7 幕墙防渗漏设计 20

6 结构设计的基本规定 20

 6.1 一般规定 20

 6.2 荷载和作用 20

 6.3 作用效应组合 22

 6.4 支承结构的挠度容许值 23

 6.5 连接设计 24

 6.6 埋件的设计与构造 24

 6.7 硅酮结构密封胶 24

7 支承结构设计 28

 7.1 一般规定 28

 7.2 框支承结构 28

7.3	玻璃肋	32
7.4	索结构	33
8	面板设计	34
8.1	一般规定	34
8.2	玻璃面板	35
8.3	金属面板	39
8.4	石材面板	41
8.5	人造面板	46
8.6	复合面板	47
9	幕墙开启窗	49
9.1	一般规定	49
9.2	开启窗构造	49
10	框支承幕墙	50
10.1	一般规定	50
10.2	构造设计	51
10.3	连接设计	53
11	全玻璃幕墙	53
11.1	一般规定	53
11.2	构造设计	54
12	点支承玻璃幕墙	54
12.1	一般规定	54
12.2	支承装置构造设计	54
13	采光顶和雨篷	54
13.1	一般规定	54
13.2	结构设计	55
13.3	排水设计	55
13.4	构造设计	56
14	光伏幕墙	56
14.1	一般规定	56
14.2	系统设计	56
14.3	运行与维护	56
15	幕墙信息模型	56
15.1	一般规定	56
15.2	模型建立	56
15.3	模型应用	58
15.4	模型交付	59
15.5	模型精度	59
16	检验与检测	61
16.1	一般规定	61
16.2	材料检验	61
16.3	现场检测	62
16.4	性能检测	62

17 加工制作 63

 17.1 一般规定 63

 17.2 铝合金构件加工 63

 17.3 钢构件加工 64

 17.4 玻璃面板加工 65

 17.5 金属面板加工 66

 17.6 石材及其他板材加工 67

 17.7 构件组装 68

 17.8 构件检验 70

18 安装施工 70

 18.1 一般规定 70

 18.2 安装施工准备 71

 18.3 构件式幕墙安装 71

 18.4 单元式幕墙安装 72

 18.5 全玻璃幕墙安装 73

 18.6 点支承玻璃幕墙安装 74

 18.7 索结构幕墙安装 74

 18.8 采光顶、雨篷、栏板 74

 18.9 光伏幕墙安装 75

 18.10 安全规定 75

19 工程验收 76

 19.1 一般规定 76

 19.2 隐蔽项目验收 77

 19.3 主控项目和一般项目 77

20 维护保养 85

 20.1 一般规定 85

 20.2 检查与维护 86

 20.3 清洗 87

21 标准实施及评价 87

附录 A（资料性） 埋件的设计与构造 89

 A.1 平板埋件的设计与构造 89

 A.2 槽式预埋件的设计与构造 91

 A.3 板槽预埋件设计与构造 109

 A.4 后置埋件设计与构造 111

附录 B（资料性） 金属板和石材弯矩系数 112

附录 C（资料性） 石材蜂窝复合板等效弯曲刚度计算 114

附录 D（资料性） 湖北省地方标准实施信息及意见反馈表 117

条文说明 119

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：湖北省建筑装饰协会、武汉凌云建筑装饰工程有限公司、中信建筑设计研究总院有限公司、武汉创高建装股份有限公司、湖北高艺装饰工程有限公司、中建装饰绿创科技（武汉）有限公司、中建幕墙有限公司、湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司、湖北省城乡建设发展中心、武汉建工华达建筑装饰设计工程有限公司、湖北世纪星建筑装饰工程有限公司、湖北天壁建筑装饰工程有限公司、银翰工程建设有限公司、正隆众智建设集团有限公司、武汉博宏建设集团有限公司、湖北鼎元建筑装饰工程有限公司、中铁十一局集团有限公司、湖北联斯建设工程有限公司、广州集泰化工股份有限公司、喜利得（中国）商贸有限公司、咸宁南玻节能玻璃有限公司、广东坚朗五金制品股份有限公司。

本文件主要起草人：胡忠明、陶志雄、成诗、朱裕良、吴明君、童颜、程显锋、余凡姣、李丹鄂、孙炜、吕冰锋、潘莹、胡子人、陈然、罗正林、郝乐、张书斌、陈家前、汪建勇、邓志嵘、王康、董兵锋、钟建军、吴金涛、孙洋、周奎平、张小斌、谈理、徐维玉、曹巍、屈璇、蒋祥飞、周昌文、严俊、付晓、廖先彬、韩宇琪、傅义铁、付军涛、王学斌、李延鑫、肖珍、朱志云、秦贵锋、徐敏、张坚义、刘建春、赵波。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：bkc@hbszjt.net.cn。对本文件的有关修改建议或意见请反馈至湖北省建筑装饰协会，联系电话：027-87366819，邮箱：hbsjzzsxh@163.com。

建筑幕墙工程技术规程

1 范围

本文件规定了幕墙的材料、建筑设计、结构设计的基本规定、支承结构设计、面板设计、幕墙开启窗、框支承幕墙、全玻璃幕墙、点支承玻璃幕墙、采光顶和雨篷、光伏幕墙、幕墙信息模型、检验与检测、加工制作、安装施工、工程验收、维护保养等内容。湖北省建筑幕墙除应符合本文件规定外，尚应符合国家、行业和本省有关标准的规定。

本文件适用于湖北省民用建筑幕墙的设计、加工制作、安装施工、检验检测、工程验收以及维护保养的全过程质量控制。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 152.1 紧固件 铆钉用通孔
- GB/T 152.2 紧固件 沉头螺钉用沉孔
- GB/T 152.3 紧固件 圆柱头用沉孔
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 2518 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
- GB/T 3098.1~3098.21 紧固件机械性能
- GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3621 钛及钛合金板材
- GB/T 3880（所有部分） 一般工业用铝及铝合金板、带材
- GB/T 4171 耐候结构钢
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 5237（所有部分） 铝合金建筑型材
- GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 5574 工业用橡胶板
- GB/T 8485 建筑门窗空气声隔声性能分级及检测方法
- GB/T 9944 不锈钢丝绳
- GB 11614 平板玻璃
- GB/T 11835 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品
- GB/T 11944 中空玻璃
- GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
- GB/T 14683 硅酮和改性硅酮建筑密封胶
- GB/T 15227 建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法

GB 15763（所有部分） 建筑用安全玻璃
GB 16776 建筑用硅酮结构密封胶
GB/T 17748 建筑幕墙用铝塑复合板
GB/T 17793 加工铜及铜合金板带材 外形尺寸及允许偏差
GB/T 17841 半钢化玻璃
GB/T 18091 玻璃幕墙光热性能
GB/T 18250 建筑幕墙层间变形性能分级及检测方法
GB/T 18575 建筑幕墙抗震性能振动台试验方法
GB/T 18601 天然花岗石建筑板材
GB/T 18915（所有部分） 镀膜玻璃
GB/T 19154 擦窗机
GB/T 20934 钢拉杆
GB/T 21086 建筑幕墙
GB/T 23261 石材用建筑密封胶
GB/T 23443 建筑装饰用铝单板
GB/T 23615（所有部分） 铝合金建筑型材用隔热材料
GB 23864 防火封堵材料
GB 24266 中空玻璃用硅酮结构密封胶
GB/T 24267 建筑用阻燃密封胶
GB/T 24498 建筑门窗、幕墙用密封胶条
GB/T 25821 不锈钢钢绞线
GB/T 29043 建筑幕墙保温性能检测方法
GB/T 29061 建筑玻璃用功能膜
GB/T 29907 建筑幕墙动态风压作用下水密性能检测方法
GB/T 31433 建筑幕墙、门窗通用技术条件
GB/T 32223 建筑门窗五金件 通用要求
GB/T 32512 光伏电站防雷技术要求
GB/T 32837 天然石材防护剂
GB/T 34327 建筑幕墙术语
GB/T 37127 混凝土结构工程用锚固胶
GB/T 37266 建筑幕墙用点支承装置
GB/T 38264 建筑幕墙耐撞击性能分级及检测方法
GB 50009 建筑结构荷载规范
GB/T 50010 混凝土结构设计标准
GB/T 50011 建筑抗震设计标准
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB/T 50018 冷弯型钢结构技术标准
GB 50057 建筑物防雷设计规范
GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准
GB 50118 民用建筑隔声设计规范
GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
GB 50176 民用建筑热工设计规范

GB 50189 公共建筑节能设计标准
 GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
 GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
 GB 50210 建筑装饰装修工程质量验收标准
 GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
 GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
 GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
 GB/T 50378 绿色建筑评价标准
 GB 50411 建筑节能工程施工质量验收标准
 GB 50429 铝合金结构设计规范
 GB/T 50502 建筑施工组织设计规范
 GB/T 50878 绿色工业建筑评价标准
 GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准
 GB 51348 民用建筑电气设计标准
 GB/T 51350 近零能耗建筑技术标准
 GB/T 51410 建筑防火封堵应用技术标准
 GB 55001 工程结构通用规范
 GB 55002 建筑与市政工程抗震通用规范
 GB 55006 钢结构设计通用规范
 GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
 GB 55016 建筑环境通用规范
 GB 55022 既有建筑维护与改造通用规范
 GB 55023 施工脚手架通用规范
 GB 55024 建筑电气与智能化通用规范
 GB 55030 建筑与市政工程防水通用规范
 GB 55031 民用建筑通用规范
 GB 55032 建筑与市政工程施工质量控制通用规范
 GB 55036 消防设施通用规范
 GB 55037 建筑防火通用规范
 DL/T 1364 光伏电站防雷技术规程
 JC/T 204 天然花岗石荒料
 JC 887 干挂石材幕墙用环氧胶粘剂
 JC/T 914 中空玻璃用丁基热熔密封胶
 JC/T 940 玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品
 JC/T 1006 釉面钢化及釉面半钢化玻璃
 JC/T 1057 玻璃纤维增强水泥（GRC）外墙板
 JC/T 1079 真空玻璃
 JC/T 2069 中空玻璃间隔条 第1部分：铝间隔条
 JC/T 2072 中空玻璃用干燥剂
 JC/T 2128 超白浮法玻璃
 JC/T 2561 建筑装饰用不燃级金属复合板
 JG/T 124 建筑门窗五金件 传动机构用执手
 JG/T 127 建筑门窗五金件 滑撑

- JG/T 128 建筑门窗五金件 撑档
- JG/T 138 建筑玻璃点支承装置
- JG/T 139 吊挂式玻璃幕墙用吊夹
- JG/T 160 混凝土用机械锚栓
- JG/T 174 建筑铝合金型材用聚酰胺隔热条
- JG/T 201 建筑幕墙用钢索压管接头
- JG/T 213 建筑门窗五金件 旋压执手
- JG/T 215 建筑门窗五金件 多点锁闭器
- JG/T 217 建筑幕墙用瓷板
- JG/T 231 建筑玻璃采光顶技术要求
- JG/T 324 建筑幕墙用陶板
- JG/T 328 建筑装饰用石材蜂窝复合板
- JG/T 331 建筑幕墙用氟碳铝单板制品
- JG/T 334 建筑外墙用铝蜂窝复合板
- JG/T 339 建筑用钛锌合金饰面复合板
- JG/T 342 建筑用玻璃与金属护栏
- JG/T 354 建筑门窗及幕墙用玻璃术语
- JG/T 389 建筑用钢质拉杆构件
- JG/T 397 建筑幕墙热循环试验方法
- JG/T 471 建筑门窗幕墙用中空玻璃弹性密封胶
- JG/T 475 建筑幕墙用硅酮结构密封胶
- JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
- JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
- JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范
- JGJ 102 玻璃幕墙工程技术规范
- JGJ 113 建筑玻璃应用技术规程
- JGJ 133 金属与石材幕墙工程技术规范
- JGJ 134 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准
- JGJ/T 139 玻璃幕墙工程质量检验标准
- JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
- JGJ/T 150 擦窗机安装工程质量验收标准
- JGJ/T 151 建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程
- JGJ 168 建筑外墙清洗维护技术规程
- JGJ 202 建筑施工工具式脚手架安全技术规范
- JGJ/T 235 建筑外墙防水工程技术规程
- JGJ/T 251 建筑钢结构防腐技术规程
- JGJ 255 采光顶和金属屋面技术规程
- JGJ 257 索结构技术规程
- JGJ/T 264 光伏建筑一体化系统运行与维护规范
- JGJ 336 人造板材幕墙工程技术规范
- JGJ/T 338 建筑工程风洞试验方法标准
- JGJ/T 351 建筑玻璃膜应用技术规程
- JGJ/T 423 玻璃纤维增强水泥（GRC）建筑应用技术标准

JGJ/T 470 建筑防护栏杆技术标准
 YB/T 4294 不锈钢拉索
 YS/T 429 (所有部分) 铝幕墙板
 YS/T 431 铝及铝合金彩色涂层板、带材
 DB42/T 559 低能耗居住建筑节能设计标准
 DB42/T 1319 绿色建筑设计与工程验收标准
 DB42/T 1709 湖北省既有建筑幕墙可靠性鉴定技术规程

3 术语和定义

GB/T 34327、JGJ 255、JGJ 334、JG/T 217、JG/T 354界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采光顶 transparent roof system, skylight

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

[来源：JGJ 255-2012，2.1.1，有修改]

3.2

全玻璃幕墙 full glass curtain wall

肋板及其支承的面板均为玻璃的幕墙。又称玻璃肋支承玻璃幕墙，glass rib supported glass curtain wall。其面板与肋板仅以结构胶连接。

[来源：GB/T 34327-2017，3.3.2.1，有修改]

3.3

点支承玻璃幕墙 point supported glass curtain wall

以点连接方式（或近似于点连接的局部连接方式）直接承托和固定玻璃面板的幕墙。其面板与支撑结构以驳接件连接。

[来源：GB/T 34327-2017，3.3.3，有修改]

3.4

铝蜂窝复合板 aluminum honeycomb composite panel

以铝蜂窝为芯材、两面粘合铝板的复合板材。

[来源：JG/T 334-2012，3.1，有修改]

3.5

支承结构 supporting structure

用于支承幕墙面板的构件和部件，如支承框架、玻璃肋、钢拉索和钢拉杆等，与主体结构以连接件相连接，不承担主体结构的荷载和作用。

3.6

幕墙信息模型 curtain wall information model

使用建筑信息模型技术创建的数字化幕墙模型。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 建筑幕墙所选用的材料应符合国家标准、行业标准和本省有关标准的规定。

- 4.1.2 幕墙材料应满足安全性、耐久性、环境保护和防火要求。
- 4.1.3 幕墙主要材料应具有产品合格证、质量保证书及相关性能检测报告。

4.2 材料力学性能

4.2.1 玻璃的强度设计值应按 JGJ 113 的规定采用，部分数据摘录如下，见表 1。

表1 玻璃的强度设计值 f_g

单位为N/mm²

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

4.2.2 铝合金型材的强度设计值应按 GB 50429 的规定采用，部分数据摘录如下，见表 2。

表2 铝合金型材强度设计值

单位为 N/mm²

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

4.2.3 热轧钢材的强度设计值应按 GB 50017 的规定采用，部分数据摘录如下，见表 3。

表3 热轧钢材强度设计值

单位为 N/mm²

钢材牌号	厚度或直径 d /mm	抗拉、抗压、抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压（刨平顶紧） f_{ce}
Q235	$d \leq 16$	215	125	320
	$16 < d \leq 40$	205	120	
	$40 < d \leq 60$	200	115	
Q355	$d \leq 16$	305	175	400
	$16 < d \leq 40$	295	170	
	$40 < d \leq 63$	290	165	

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

4.2.4 冷成型薄壁型钢的强度设计值应按 GB/T 50018 和 GB/T 1591 的规定采用，部分数据摘录如下，见表 4。

表4 冷成型薄壁型钢强度设计值

单位为 N/mm²

钢材牌号	抗拉、抗压、抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压（磨平顶紧） f_{ce}
Q235	205	120	310
Q355	300	175	400

4.2.5 耐候钢的强度设计值可按表 5 采用。

表5 耐候钢强度设计值

单位为N/mm²

钢号	厚度/mm	屈服强度 $\sigma_{0.2}$	抗拉强度 f	抗剪强度 f_v	承压强度 f_{ce}
Q235NH	≤16	235	216	125	295
	>16~40	225	207	120	295
	>40~60	215	198	115	295
	>60	215	198	115	295
Q295NH	≤16	295	271	157	344
	>16~40	285	262	152	344
	>40~60	275	253	147	344
	>60	255	235	136	344
Q355NH	≤16	355	327	189	402
	>16~40	345	317	184	402
	>40~60	335	308	179	402
	>60	325	299	173	402
Q460NH	≤16	460	414	240	451
	>16~40	450	405	235	451
	>40~60	440	396	230	451
	>60	430	387	224	451
Q295GNH（热轧）	≤6	295	271	157	320
	>6	295	271	157	320
Q295GNHL（热轧）	≤6	295	271	157	353
	>6	295	271	157	353
Q345GNH（热轧）	≤6	345	317	184	361
	>6	345	317	184	361
Q345GNHL（热轧）	≤6	345	317	184	394
	>6	345	317	184	394
Q390GNH（热轧）	≤6	390	359	208	402
	>6	390	359	208	402
Q295GNH（冷轧）	≤2.5	260	239	139	320
Q295GNHL（冷轧）	≤2.5	260	239	139	320
Q345GNHL（冷轧）	≤2.5	320	294	171	369

4.2.6 张拉杆、索的抗拉强度设计值按下列规定采用：

- a) 高强度绞线或不锈钢绞线的抗拉强度设计值应按其极限抗拉承载力标准值除以系数 2.0 采用；
- b) 钢拉杆应符合 GB/T 20934 规定，屈服强度可选取 355 MPa、450 MPa、550 MPa 或 650 MPa 等级别；不锈钢拉杆应符合 JG/T 389 规定；
- c) 拉杆的抗拉强度设计值应按其极限抗拉承载力标准值除以系数 1.7 采用。

4.2.7 不锈钢抗拉、抗压强度设计值 f_s 可按其屈服强度标准值 $\sigma_{0.2}$ 除以系数 1.15 采用，抗剪强度设计值 f_{vs} 可按抗拉强度设计值的 0.58 倍采用，部分数据摘录如下，见表 6。

表6 不锈钢材料的强度指标

单位为N/mm²

种类	统一 数字 编号	牌号	不锈钢强度标准值		不锈钢强度设计值			纵向/横向应变 强化系数 N
			屈服强度 标准值 $f_{0.2}$	抗剪 强度 f_u	抗拉、抗压和 抗弯强度 f	抗剪 强度 f_v	端面承压 强度 f_{ce}	
奥氏体型	S30408	06CR19Ni10	205	515	175	100	450	6/8
	S30403	022CR19Ni10	170	485	145	85	420	6/8
	S31608	06CR17Ni12Mo2	205	515	175	100	450	7/9
	S31603	022CR17Ni12Mo2	170	485	145	85	420	7/9
双相型	S22053	022CR23Ni5Mo3N	450	620	385	220	540	5/5
	S22253	022CR22Ni5Mo3N	450	620	385	220	540	5/5

4.2.8 单层铝合金板的抗拉强度设计值可按 GB/T 3880.2 规定的屈服强度标准值 $\sigma_{0.2}$ 除以系数 1.286 采用，抗剪强度设计值 f_{va1} 可按抗拉强度设计值的 0.58 倍采用，部分数据摘录如下，见表 7。

表7 单层铝合金板的强度设计值

单位为N/mm²

牌号	状态	规定非比例延伸应力 $\sigma_{p0.2}$	抗拉强度 f_{a1}^t	抗剪强度 f_{a1}^v
1060	H14、H24	70	54	32
1050	H14、H24	75	58	34
1100	H14、H24	95	74	43
3003	H14	125	97	56
3003	H24	115	89	52
3004	O	60	47	27
3004	H14	180	140	81
3004	H24	170	133	77
5005	H14	120	93	54
	H24、H34	110	86	50
5052	O	65	50	29

4.2.9 石材面板的抗弯、抗剪强度设计值可根据其弯曲强度试验的平均值 f_{gm} 按照表 8 所规定的安全系数计算得出。石材抗弯强度设计值、抗剪强度设计值应按下列公式（1）、公式（2）计算。

$$f_{g1} = f_{gm} / K_{bm} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

f_{g1} ——石材面板抗弯强度设计值（N/mm²）；
 f_{gm} ——石材面板弯曲强度试验平均值（N/mm²）；
 K_{bm} ——石材抗弯设计材料安全系数。

$$f_{g2} = f_{gm} / K_{cm} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

f_{g2} ——石材面板抗剪强度设计值（N/mm²）；
 f_{gm} ——石材面板弯曲强度试验平均值（N/mm²）；
 K_{cm} ——石材抗剪设计材料安全系数。

表8 不同石材的安全系数的取值

石材种类	抗弯设计	抗剪设计
	材料强度安全系数 K_{bm}	材料强度安全系数 K_{cm}
花岗岩	2.15	4.30
大理石	3.60	7.10
石灰石	4.30	8.60
砂岩	5.70	11.40

4.2.10 陶板抗弯、抗剪强度设计值可按下列公式（3）、公式（4）计算。

$$f_{p1} = f_{pm} / 2.00 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

f_{p1} ——陶板抗弯强度设计值（N/mm²）；
 f_{pm} ——陶板弯曲强度试验平均值（N/mm²）。

$$f_{p2} = f_{pm} / 10.00 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

f_{p2} ——陶板抗剪强度设计值（N/mm²）；
 f_{pm} ——陶板弯曲强度试验平均值（N/mm²）。

4.2.11 玻璃纤维增强水泥外墙板（GRC）的抗弯、抗剪和抗裂强度设计值按 JGJ/T 423 确定。

4.2.12 硅酮结构胶强度设计值按表 9 采用。

表9 硅酮结构胶强度设计值

单位为 N/mm²

项目	强度设计值 f_1	项目	强度设计值 f_2
短期荷载作用下	0.20	长期荷载作用下	0.01

4.2.13 螺栓、铆钉、焊缝等连接材料强度设计值应按 GB 50017 的规定采用，部分数据摘录如表 10～表 13。后锚固锚栓的强度设计值，可按 JGJ 145 采用。

表10 螺栓连接的强度设计值

单位为 N/mm²

螺栓的性能等级、锚栓和 构件钢材的牌号		普通螺栓						锚栓	承压型连接			
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓				高强度螺栓			
		抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压		抗拉	抗拉	抗剪	承压
		f_t^b	f_v^b	f_c^b	f_t^b	f_v^b	f_c^b		f_t^a	f_t^b	f_v^b	f_c^b
普通螺栓	4.6、4.8 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—	—	
	8.8 级	—	—	—	400	320	—	—	—	—	—	
承压型连接高强 度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	400	250	—	
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	500	310	—	
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	—	470	
	Q355 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	—	590	
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	—	615	
注1：A级螺栓用于公称直径 d 不大于24 mm、螺杆公称长度不大于 $10d$ 且不大于150 mm的螺栓。												
注2：B级螺栓用于公称直径 d 大于24 mm、螺杆公称长度大于 $10d$ 或大于150 mm的螺栓。												
注3：A、B级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C级螺栓孔允许偏差和孔壁表面粗糙度，应符合GB 50205的规定。												

表11 铝铆钉连接的强度设计值

单位为 N/mm²

铆钉牌号	抗剪 f_v^r	承压 f_c^r
5B05-HX08	90	—
2A01-T4	110	—
2A10-T4	135	—

表12 不锈钢螺栓连接的强度设计值

单位为 N/mm²

类别	组别	性能等级	抗拉强度	抗剪强度
A（奥氏体）	A1、A2	50	230	175
	A3、A4	70	320	245
	A5	80	370	280
C（马氏体）	C1	50	230	175
		70	320	245
		100	460	350
	C3	80	370	280
	C4	50	230	175
		70	320	245
F（铁素体）	F1	45	210	160
		60	275	210

表13 焊缝的强度设计值

单位为 N/mm²

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
	牌号	厚度或直径 d mm	抗压 f_c^w	抗拉和抗弯受拉 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压 、抗剪 f_t^w
				一级、二级	三级		
自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的手工焊	Q235	$d\leq 16$	215	215	185	125	160
		$16< d\leq 40$	205	205	175	120	
		$40< d\leq 60$	200	200	170	115	
自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手工焊	Q355	$d\leq 16$	305	305	260	175	200
		$16< d\leq 40$	295	295	250	170	
		$40< d\leq 63$	290	290	245	165	
自动焊、半自动焊和 E55 型焊条的手工焊	Q390	$d\leq 16$	350	350	300	205	220
		$16< d\leq 35$	335	335	285	190	
		$35< d\leq 50$	315	315	270	180	
	Q420	$d\leq 16$	380	380	320	220	220
		$16< d\leq 35$	360	360	305	210	
		$35< d\leq 50$	340	340	290	195	
注1：表中的一级、二级、三级是指焊缝质量等级，应符合GB 50205的规定。厚度小于6 mm钢材的对接焊缝，不应采用超声探伤确定焊缝质量等级。							
注2：自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属力学性能不低于GB/T 5293和GB/T 12470的规定。							
注3：表中厚度 d 是指计算点钢材厚度，对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。							

4.2.14 材料的物理力学性能指标可按表 14 采用。

表14 材料的物理力学性能指标

材料	弹性模量 E / (N/mm ²)	泊松比 ν	线膨胀系数 α (1/℃)
玻璃	0.72×10^5	0.200	$0.80 \times 10^{-5} \sim 1.00 \times 10^{-5}$
铝合金型材、单层铝板	0.70×10^5	0.300	2.35×10^{-5}
钢材	2.06×10^5	0.300	1.20×10^{-5}
不锈钢			1.80×10^{-5}
不锈钢绞线	$1.20 \times 10^5 \sim 1.50 \times 10^5$	0.300	1.80×10^{-5}
消除应力的高强钢丝	2.05×10^5		根据产品 实测值
高强钢绞线	1.95×10^5		
钢丝绳	$0.80 \times 10^5 \sim 1.00 \times 10^5$		
花岗岩板	0.80×10^5	0.125	0.80×10^{-5}
陶板	0.20×10^5	0.130	0.70×10^{-5}
微晶玻璃	0.81×10^5	0.200	0.61×10^{-5}
瓷板	0.60×10^5	0.250	0.60×10^{-5}
玻璃纤维增强水泥板	0.20×10^5	0.240	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$

4.2.15 材料的重力密度标准值可按表 15 采用。

表15 材料的重力密度 γ_g

单位为 kN/m^3

材料	γ_g	材料	γ_g
玻璃	25.6	玻璃纤维增强水泥板	18.0~20.0
钢材	78.5	岩棉	0.8~2.5
铝合金	28.0	石灰岩	26.0
花岗岩	28.0	瓷板	22.5~23.5
陶板	20.0~24.0		

4.3 铝合金材料

4.3.1 铝合金材料的牌号所对应的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定；铝合金型材的质量要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存等应符合 GB/T 5237.1~5237.6 的规定，型材尺寸允许偏差应达到高精级或超高精级。

4.3.2 铝合金型材应经表面阳极氧化、喷粉、喷漆或电泳涂漆处理，表面处理层的厚度应满足表 16 和表 17 的要求。

表16 铝合金型材表面处理

单位为 μm

表面处理方法			厚度 t	
			平均膜厚	最小局部膜厚
液体喷涂	氟碳	三涂	≥ 40	≥ 34
		四涂	≥ 65	≥ 55
	聚酯、丙烯酸		≥ 25	≥ 20
粉末喷涂	氟碳/聚酯		60~120	≥ 40
阳极氧化	AA15		≥ 15	≥ 12
	AA20		≥ 20	≥ 16
	AA25		≥ 25	≥ 20

表17 铝合金型材表面处理

单位为 μm

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

4.3.3 用穿条工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应使用 PA66GF25（聚酰胺 66+25%玻璃纤维），不应采用二次回收料及 PVC（聚氯乙烯）材料，并符合 GB/T 23615.1 的规定。用浇注工艺生产的隔热铝型材，其隔热材料应使用聚醚型聚氨酯（PU）材料，不应采用聚酯型聚氨酯，并应符合 GB/T 23615.2 中 II 级隔热胶的规定。

4.3.4 隔热铝合金型材外观质量、力学性能应符合 GB/T 5237.6 的规定。

4.3.5 与幕墙配套用铝合金门窗型材的外观质量、性能要求应符合铝合金门窗相关标准规定。

4.4 钢材、钢制品

4.4.1 钢材、钢制品的表面不应有裂纹、气泡、结疤、泛锈、夹渣等，其牌号、规格、化学成分、力学性能、质量等级应符合国家和行业标准的规定。

4.4.2 钢材宜采用 Q235 钢、Q355 钢，并具有屈服强度，断后伸长率，抗拉强度和硫、磷量的合格保证，在低温使用环境下尚应具有冲击韧性的合格保证；对焊接结构尚应具有碳或碳当量的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构所采用的钢材还应具有弯曲试验的合格保证。

4.4.3 建筑幕墙用耐候钢应符合 GB/T 4171 要求。

4.4.4 冷弯薄壁型钢构件应符合 GB/T 50018 的规定，表面处理应符合 GB 50205 的规定。

4.4.5 钢型材表面除锈等级不应低于 Sa2.5 级，并采取有效的防腐蚀措施。采用热浸镀锌防腐处理时，锌膜厚度应符合 GB/T 13912 的规定；采用常温氟碳喷涂或聚氨酯漆喷涂时，面漆厚度宜不小于 80 μm ；采用防腐漆时，应符合 JGJ/T 251 要求。对于环境腐蚀等级大于或等于 IV 级且使用期间不能重新涂装的钢构件，应预留适当的腐蚀裕量。

4.4.6 镀锌钢板的锌层厚度按照 GB/T 2518 执行。

4.4.7 不锈钢材料宜采用奥氏体不锈钢或奥氏体-铁素体型双相不锈钢，不锈钢材料均应经固溶处理。不锈钢板应符合 GB/T 3280、GB/T 4237 的规定。

4.4.8 不锈钢绞线的质量和性能应符合 GB/T 25821、YB/T 4294、GB/T 9944、JGJ 257 的规定。

4.4.9 建筑幕墙用钢索压管接头应符合 JG/T 201 的规定。

4.4.10 点支承玻璃幕墙用的支承装置应符合 JG/T 138 的规定。全玻璃幕墙用的吊夹装置应符合 JG/T 139 的规定。

4.5 玻璃

4.5.1 玻璃的外观质量和性能指标应符合国家标准的规定。

4.5.2 平板玻璃应符合 GB 11614 的规定；超白浮法玻璃应符合 JC/T 2128 的规定；防火玻璃、钢化玻璃、夹层玻璃、均质钢化玻璃应符合 GB 15763（所有部分）的规定；半钢化玻璃应符合 GB/T 17841 的规定；釉面玻璃应符合 JC/T 1006 规定；真空玻璃应符合 JC/T 1079 规定。

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

- a) 中空玻璃选用的主要原材料中，干燥剂应符合 JC/T 2072 的规定；中空玻璃用硅酮结构密封胶应符合 JG/T 471、GB 24266 的规定；丁基热熔密封胶应符合 JC/T 914 的规定；中空玻璃间隔条应符合 JC/T 2069 的规定；
- b) 幕墙用硅酮结构密封胶应符合 GB 16776 和 JG/T 475 的规定；中空玻璃用硅酮结构密封胶应符合国家 GB 24266 的规定；
- c) 单道气体层的中空玻璃，气体层的厚度不宜小于 12 mm；两道或以上气体层的中空玻璃，每道气体层的厚度不宜小于 9 mm；中空玻璃应采用双道密封，由专用注胶机混合、注胶；第一道密封应采用丁基热熔密封胶；隐框幕墙、半隐框幕墙、点支承玻璃幕墙及幕墙开启窗用中空玻璃的第二道密封应采用硅酮结构密封胶，结构胶宽度经计算确定；明框玻璃幕墙用中空玻璃的第二道密封宜采用聚硫类玻璃密封胶，也可采用硅酮密封胶；

- d) 中空玻璃钻孔时，孔边倒角应细磨，合片时孔位应采取多道密封措施；
 - e) 中空玻璃的间隔铝框可采用连续折弯型或插角型，不应使用热熔型间隔胶条。
- 4.5.4 玻璃幕墙采用夹层玻璃时，夹层玻璃宜采用 PVB（聚乙烯醇缩丁醛）或离子性中间层胶片干法加工合成技术，采用 PVB 胶片厚度不应小于 0.76 mm，采用离子性中间层胶片厚度不应小于 0.89 mm。夹层玻璃的技术性能要求应符合 GB 15763.3 的规定。夹层玻璃合片时应防止两层玻璃间出现气泡。
- 4.5.5 阳光控制镀膜玻璃应符合 GB/T 18915.1 的规定。低辐射镀膜玻璃应符合 GB/T 18915.2 的规定。玻璃幕墙采用单片或夹层低辐射镀膜玻璃时，应使用在线化学气相沉积法低辐射镀膜玻璃；离线真空磁控溅射的低辐射镀膜玻璃应合成中空玻璃，膜面应密封在中空玻璃腔体内。
- 4.5.6 建筑玻璃贴膜的外观、质量及物理性能应符合 GB/T 29061、JGJ/T 351 的规定。建筑玻璃安全贴膜厚度应满足设计要求。

4.6 金属板材

- 4.6.1 铝单板宜采用 1 系列、3 系列和 5 系列铝合金板材，所用铝及铝合金的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定。铝单板的外观质量和性能指标应符合 GB/T 23443 的规定，并符合 JG/T 331、YS/T 429.1～429.2、YS/T 431、GB/T 3880.1～3880.3 的规定。
- 4.6.2 铝单板表面处理层的厚度应满足表 18 的要求。

表18 铝单板表面处理

单位为 μm

表面处理方法			厚度 t	
			平均膜厚	最小局部膜厚
辊涂	氟碳	三涂	≥ 32	≥ 30
	聚酯、丙烯酸		≥ 16	≥ 14
液体喷涂	氟碳	三涂	≥ 40	≥ 34
		四涂	≥ 65	≥ 55
	聚酯、丙烯酸		≥ 25	≥ 20
粉末喷涂	氟碳/聚酯		60～120	≥ 40
阳极氧化	AA15		≥ 15	≥ 12
	AA20		≥ 20	≥ 16
	AA25		≥ 25	≥ 20

- 4.6.3 铝蜂窝复合板宜采用 3 系列和 5 系列铝合金板，所用铝及铝合金的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定。铝板厚度及涂层厚度应符合 JG/T 334 的规定。面板厚度不应小于 1.0 mm，背板厚度不应小于 0.7 mm。
- 4.6.4 铜及铜合金板应符合 GB/T 2040、GB/T 17793 的规定。
- 4.6.5 钛合金板应符合 GB/T 3621 的规定。钛锌合金复合板应符合 JG/T 339 的规定。
- 4.6.6 铝塑复合板应满足 GB/T 17748 的要求，并符合下列规定：
- a) 平均厚度（不包括涂层厚度）不应小于 4.0 mm，面板和背板厚度均不应小于 0.5 mm；
 - b) 燃烧性能为 A 级，并应符合 JC/T 2561 的相关要求；
 - c) 物理力学性能指标符合表 19 的要求。

表19 铝塑复合板物理力学性能

项 目			技术指标
弯曲强度/MPa			≥100
弯曲弹性模量/MPa			≥2×10 ⁴
贯穿阻力/kN			≥7. 0
剪切强度/MPa			≥22. 0
滚筒剥离强度/[(N • mm) /mm]	平均值		≥110
	最小值		≥100
耐温差性	滚筒剥离强度下降率/%		≤10
	涂层附着力 ^a /级	划圈法	1
		划格法	0
	外观		无变化
热膨胀系数/℃ ⁻¹			≤4. 0×10 ⁻⁵
热变形温度/℃			≥95
耐热水性			无变化
^a 划圈法或划格法可任选一种，仲裁时采用划圈法。			

4.7 石材板材

- 4.7.1 石材面板应进行表面防护处理，其外观质量和性能指标应符合 GB / T 32834、JC/T 204、JGJ 133 的相关要求。
- 4.7.2 石材面板宜选用花岗岩，其物理性能应满足表 20 的要求。

表20 花岗岩物理性能

项目		花岗岩	
		磨光面板	粗面板材
最小厚度/mm		≥25	≥28
体积密度/（g/cm ³ ）		≥2.56	
吸水率/%		≤0.40	
干燥	弯曲强度/（N/mm ² ）	≥8.3	
水饱和			
干燥	压缩强度/（N/mm ² ）	≥130	
水饱和			
单块面积/m ²		不宜大于 1.5	

4.8 人造板材

- 4.8.1 瓷板的物理性能和力学性能应符合 JG/T 217 的规定。
- 4.8.2 陶板应符合 JG/T 324 的规定。
- 4.8.3 瓷板、陶板的强度设计值按 JGJ 336 取值，数据摘录如表 21。

表21 瓷板、陶板的强度设计值

单位为 N/mm²

材料种类	抗弯强度设计值			抗剪强度设计值		
瓷板	15.0			7.5		
陶板	A I 类	A II a 类	A II b 类	A I 类	A II a 类	A II b 类
	10.0	6.2	4.5	2.0	1.2	0.9

- 4.8.4 玻璃纤维增强水泥（GRC）板材料应符合 JC/T 1057 和 JC/T 940 的规定，其材料的物理力学性能应满足 JC/T 940-2022 中 7.3 条“表 4 物理力学性能指标”之“I 级”的指标要求。
- 4.8.5 石材蜂窝复合板应符合 JG/T 328、JGJ 336 的规定，其背板应符合 JG/T 334 的要求。

4.9 连接件与紧固件

- 4.9.1 紧固件宜选用不锈钢或铝合金材料，应符合国家标准的规定。
- 4.9.2 室外环境使用的不锈钢紧固件应为 S316 组别。
- 4.9.3 紧固件的机械性能、化学成分应符合 GB/T 3098.1~3098.21 的规定。
- 4.9.4 后置锚栓的金属螺杆可采用不锈钢、碳素钢或合金钢材质，且应符合 JG/T 160 和 JGJ 145 的要求。

4.10 结构胶与密封材料

- 4.10.1 幕墙用硅酮结构密封胶应符合 GB 16776 和 JG/T 475 的规定。除全玻璃幕墙外，应使用中性硅酮结构密封胶。
- 4.10.2 幕墙用耐候密封胶应采用中性硅酮类耐候密封胶，符合 GB/T 14683 的规定。
- 4.10.3 用于石材、陶板、纤维水泥板等多孔性材料板缝的耐候密封胶，应符合 GB/T 23261 的规定，并在使用前应进行与其相接触材料的污染性试验。
- 4.10.4 石材幕墙用的环氧树脂结构胶应符合 JC 887 的规定。
- 4.10.5 防火密封胶应符合 GB 23864 和 GB/T 24267 的规定。
- 4.10.6 幕墙用密封胶条宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶、热塑性弹性体及硅橡胶制品，并应符合 GB/T 24498 的规定。
- 4.10.7 锚固胶应符合 GB/T 37127 的规定。

4.11 防火封堵材料

- 4.11.1 防火封堵材料应符合防火设计要求，并符合 GB/T 51410 的规定。
- 4.11.2 防火密封胶、防火密封漆应符合 GB 23864 的规定。

4.12 保温隔热材料

- 4.12.1 幕墙保温隔热材料，应采用岩棉、矿棉等不燃材料，并应符合 GB/T 11835 的规定，容重不应

低于 80 kg/m^3 。

4.13 其他材料

- 4.13.1 玻璃支承垫块宜采用邵氏硬度为 80~90 的三元乙丙、氯丁橡胶、聚四氟乙烯等材料。
- 4.13.2 不同金属材料接触面设置的绝缘隔离垫片，宜采用尼龙 12、耐热的环氧树脂玻璃纤维布等制品。
- 4.13.3 与单组份硅酮结构密封胶配合使用的低发泡间隔双面胶带，应具有透气性。
- 4.13.4 幕墙宜采用聚乙烯泡沫棒作填充材料，其密度宜不大于 37 kg/m^3 。
- 4.13.5 聚酰胺隔热条（PA66GF25）的物理力学性能应符合 GB/T 23615.1、JG/T 174 的规定。
- 4.13.6 防水透气膜和防潮隔气膜，用于外墙时应符合 JGJ/T 235 的规定。
- 4.13.7 石材防护剂应符合 GB/T 32837 的要求。

5 建筑设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 建筑幕墙类型及构造应根据建筑物的使用功能、所处环境、立面设计、节能环保、施工技术条件，经综合技术经济分析确定。
- 5.1.2 建筑幕墙材料应根据湖北省的气候特点、围护结构耐久性、绿色环保、节能等要求确定，避免反射光、眩光等不利影响。
- 5.1.3 建筑幕墙设计应与相关专业进行一体化设计。
- 5.1.4 建筑幕墙的分格宜与室内布局和防火分区相协调，同一块面板不应跨越两个防火分区。
- 5.1.5 建筑幕墙开启窗和通风换气装置的设置及选用应结合建筑立面、使用功能、建筑节能等要求确定其类型，不应使用外平开窗形式。
- 5.1.6 开启窗的布置和面积应按通风设计要求计算确定。当开启窗面积不满足要求时，宜采用其他的通风换气的方法和措施。
- 5.1.7 避难层通风要求应符合 GB 55036 的规定。

5.2 性能设计

5.2.1 建筑幕墙的性能等级

建筑幕墙的性能等级应根据建筑类别、使用功能、所在地的地理气候及环境等条件确定。

5.2.2 建筑幕墙的抗风压性能

抗风压性能应根据幕墙工程所受的风荷载标准值 w_k 确定。计算风荷载标准值应符合本文件 6.2.1 条的规定，且不应小于 1.0 kN/m^2 。

5.2.3 建筑幕墙的层间变形性能

建筑幕墙层间性能指标值不应小于主体结构弹性层间位移角控制值的 3 倍，主体结构楼层最大弹性层间位移角计算应符合 GB/T 50011 的规定。

5.2.4 建筑幕墙的水密性能

- 5.2.4.1 水密性能设计取值按公式（5）计算。

$$P = 0.75 \times 1000 \mu_z \mu_s w_0 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

P ——水密性设计值 (N/m^2)；

μ_z ——风压高度变化系数，按GB 50009的规定采用；

μ_s ——风荷载体型系数，取1.2；

w_0 ——基本风压 (kN/m^2)，按GB 50009的规定。

5.2.4.2 建筑幕墙水密性不应低于 GB/T 31433 中规定的 2 级。可开启部分水密性能等级宜与固定部分相同。开放式建筑幕墙的水密性能不作要求。

5.2.5 建筑幕墙的气密性能

建筑幕墙气密性不应低于GB/T 31433中规定的3级。开放式建筑幕墙的气密性不作要求。

5.2.6 建筑幕墙的热工性能

5.2.6.1 建筑幕墙及采光顶的热工性能应符合主体建筑节能设计及相关标准的要求，热工性能指标应按照 GB 55015、GB 50176、GB 50189 和 JGJ/T 151 的规定计算，并应符合 DB42/T 559 的相关要求。当建筑物有绿色建筑评价要求时，建筑幕墙性能还应符合 GB/T 50378、GB/T 50878 及 DB42/T 1319 的规定；当建筑物为超低能耗建筑、近零能耗建筑和零能耗建筑时，建筑幕墙性能还应符合 GB/T 51350 的规定。

5.2.6.2 非透光幕墙的传热系数按照其构造组成，由各材料层热阻相加的方法计算，并应考虑幕墙框架的冷热桥对传热系数的影响。透光幕墙传热系数可按照 JGJ/T 151 的规定计算。

5.2.6.3 玻璃幕墙的热工性能（传热系数、遮阳系数、可见光透射比等）等级应符合 GB 50189 的规定。

5.2.6.4 玻璃幕墙应作抗结露计算，并应符合 GB 50176 和 JGJ/T 151 的规定。抗结露计算应以按照工程冬季计算条件下幕墙型材和玻璃内表面温度是否低于露点温度为判定依据。

5.2.6.5 玻璃幕墙层间阴影盒的玻璃面板宜采用中空玻璃。如采用非中空玻璃，应有防止层间玻璃及四周边框结露的有效措施。

5.2.6.6 透明幕墙宜采用有效的遮阳措施，并符合 GB 50176 的规定。

5.2.6.7 透光幕墙玻璃宜采用中空玻璃、Low-E 中空玻璃、充惰性气体 Low-E 中空玻璃等保温性能良好的玻璃，也可采用双中空玻璃、真空玻璃等。传热系数较低的中空玻璃宜采用暖边间隔条。当公共建筑入口大堂采用全玻璃幕墙时，全玻璃幕墙中非中空玻璃的面积不应超过该建筑同一立面透光面积（门窗和玻璃幕墙）的 15%。

5.2.6.8 幕墙与主体结构间（除结构连接部位外）不应形成热桥，并应对跨越室内外的金属构件或连接部位采取隔断热桥措施。建筑幕墙与周边墙体、屋面间的接缝处应采用保温措施，并应采用耐候密封胶等密封。幕墙的透光与非透光部位之间的保温构造应连续。

5.2.6.9 非透光开启扇的传热系数应符合透光幕墙的传热系数要求，并按透光面积计入窗墙比。

5.2.7 建筑幕墙耐撞击性能

人员流动密度大或者青少年、幼儿及老人活动的公共建筑的建筑幕墙，耐撞击性能不应低于GB/T 31433中规定的2级。

5.2.8 建筑幕墙光学性能

5.2.8.1 建筑幕墙在满足采光、隔热和保温要求的同时，不应对环境产生有害反射光的影响，并符合环保、规划和城市管理等政策法规的规定。在居住建筑、医院、中小学校、幼儿园周边区域以及主

干道路口、交通流量大的区域设置玻璃幕墙时，应进行玻璃幕墙反射光影响分析；长时间工作或停留的场所，玻璃幕墙反射光在其窗台面上的连续滞留时间不应超过 30 min；在驾驶员前进方向垂直角 20° 、水平角 $\pm 30^\circ$ 、行车距离 100 m 内，玻璃幕墙对机动车驾驶员不应造成连续有害反射光。幕墙的金属构件外表面，不宜使用可见光反射比大于 0.30 的镜面和高光泽材料。

5.2.8.2 玻璃幕墙可见光透射比和太阳能总透射比（太阳得热系数 *SHGC*）应按照行业标准 JGJ/T 151 的规定计算确定。

5.2.8.3 玻璃幕墙光热性能要求应符合 GB/T 18091 的规定。

5.2.9 建筑幕墙隔声性能

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设计，并应符合 GB/T 31433、GB 50118 和 GB 55016 的规定，隔声性能等级不低于 GB/T 21086 中规定的 2 级。

5.3 安全设计

5.3.1 楼层外缘无实体墙的玻璃部位应设置防撞设施或醒目的警示标志。设计固定护栏时，护栏应符合 GB 55031 的规定。具备以下条件之一可不设护栏：

- a) 在应设置护栏高度位置设有幕墙横梁，且横梁与立柱经抗冲击专项验算，横梁应能承受可能发生的冲击力；冲击力标准值取 1.2 kN，应计入冲击系数 1.50、荷载分项系数 1.50；幕墙在该部位的玻璃中包含有夹层玻璃，且满足防冲击要求，玻璃厚度、面积符合 JGJ 113 的规定；
- b) 在应设置护栏高度位置未设置幕墙横梁，幕墙在该部位的玻璃内片选用夹层玻璃，厚度经专项计算确定，计算时荷载作用于玻璃板块中央，冲击力标准值为 1.5 kN，冲击系数 1.50，荷载分项系数 1.50。

5.3.2 室内护栏可利用幕墙立柱作为支撑结构，且应与幕墙进行一体化设计。

5.3.3 临空部位的栏杆，应符合 JGJ/T 470、JG/T 342 的要求。

5.3.4 吊顶、斜幕墙朝向地面一侧的脆性面板材料应有防止破裂后整体坠落的安全措施。

5.4 构造设计

5.4.1 建筑幕墙应在建筑主体变形缝位置设置对应的幕墙变形缝，需满足防水、抗风、隔热保温、气密性等建筑性能要求，且与主体结构变形相协调。

5.4.2 幕墙构件内侧表面与主体结构外缘之间的距离不宜小于 30 mm。

5.4.3 建筑幕墙应采取措施防止产生噪声。幕墙结构的立柱与横梁以螺栓连接时，可设置柔性垫片，或者预留 1 mm～2 mm 间隙，间隙内灌注建筑密封胶。

5.5 幕墙防火设计

5.5.1 建筑幕墙的防火设计应符合 GB 50016 和 GB 55037 的规定。

5.5.2 玻璃幕墙与其周边防火分隔构件间的缝隙、与楼板或防火隔墙外沿间的缝隙、与实体墙洞口边缘间的缝隙等，应进行防火封堵。防火封堵材料的性能应符合 GB 23864 的规定。

5.5.3 建筑幕墙的层间封堵应符合下列规定：

- a) 幕墙与建筑窗槛墙之间的空腔应在建筑缝隙上、下沿处分别采用矿物棉等背衬材料填塞，填塞高度均不应小于 200 mm；在矿物棉等背衬材料下面应设置承托板，上面应覆盖具有弹性的防火封堵材料或采用钢质封板进行封堵；
- b) 幕墙与防火墙或防火隔墙之间的空腔应采用矿物棉等背衬材料填塞，填塞厚度不应小于防火墙或防火隔墙的厚度；矿物棉等背衬材料表面应覆盖具有弹性的防火封堵材料或采用钢质封板进行封堵，封板之间的缝隙应采用具有弹性的防火封堵材料进行封堵；

c) 钢质承托板及封板的厚度均不应小于 1.5 mm; 封板与幕墙、建筑外墙之间及封板之间的缝隙, 应采用具有弹性的防火封堵材料进行封堵;

d) 防火封堵的构造应具备自承重和适应缝隙变形的性能。

5.5.4 幕墙与建筑实体墙的间隙或装饰性构造的空腔, 应每三层设置一道水平防火封堵。当外墙设置有外墙外保温系统时, 应在外墙保温系统的防火隔离带位置对应设置幕墙防火封堵构造。相邻防火封堵构造应连续封闭。

5.5.5 幕墙面板及板后的填充材料应采用 A 级不燃材料。

5.5.6 消防救援及排烟窗的设置应符合 GB 50016 的规定。消防排烟窗应符合 GB 51251 的规定。

5.6 幕墙防雷设计

5.6.1 幕墙建筑防雷设计应符合 GB 50057、GB 51348 和 GB 55024 的规定。幕墙的金属框架应与主体结构的防雷体系可靠连接。

5.6.2 除第一类防雷建筑物外, 采用金属框架支承的幕墙、采光顶, 宜采用外露金属本体作为接闪器, 其材料规格应符合 GB 50057 的规定, 并按第二类建筑接闪器及其网格尺寸要求, 与主体建筑防雷系统可靠连接或独立防雷接地。

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

5.7 幕墙防渗漏设计

5.7.1 幕墙防水设计应符合 GB 55030 的规定。

5.7.2 檐口、封口板、窗台、装饰线条等外露构造的水平面和采光顶、雨篷, 应设置有足够的排水坡度, 避免积水, 坡度宜大于 3%, 底部应设滴水线。各突出部位, 应完善其结合部位的防水构造设计。女儿墙上封口, 宜采用向内倾斜的盖顶。

5.7.3 女儿墙上封口为石材或金属板时, 内侧宜设第二道防水层。

5.7.4 幕墙高出屋面的部分, 宜在适当的部位设置连续的防水构造层进行断水, 避免直接将渗漏水排入下部的幕墙构造中。

6 结构设计的基本规定

6.1 一般规定

6.1.1 幕墙应按照围护结构设计。结构设计使用年限 25 年。

6.1.2 幕墙的支承结构、面板与框架之间, 需有一定的变形能力, 以适应主体结构的位移; 幕墙只承受自身荷载, 不分担主体结构的荷载或作用。结构设计应根据其使用条件考虑永久荷载、风荷载、地震作用、活荷载、雪荷载、温度作用和施工、清洗、维护荷载。

6.1.3 结构应具有足够的承载能力、刚度、稳定性和适应主体结构变形的能力。应根据传力途径对幕墙面板、支承结构、连接件与锚固件等依次设计和验算, 确保幕墙安全适用。

6.1.4 幕墙结构采用以概率理论为基础的极限状态设计方法, 用分项系数设计表达式计算, 按承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

6.1.5 双向受弯的杆件, 两个方向的挠度应分别满足挠度容许值要求。

6.2 荷载和作用

6.2.1 风荷载标准值应按公式(6)计算。

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_z w_0 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

w_k ——风荷载标准值 (kN/m^2)，作用于幕墙的风压不应小于 1.0 kN/m^2 ，作用于采光顶的负风压不应小于 1.0 kN/m^2 ，正风压不应小于 0.5 kN/m^2 ；

β_{gz} ——高度 Z 处的风荷载脉动放大系数，按 GB 50009 规定计算，并不应小于 $1 + 0.7 / \sqrt{\mu_z}$ ；

μ_{s1} ——风荷载局部体型系数，按 GB 50009 中对围护结构的规定采用；

μ_z ——风压高度变化系数，按 GB 50009 的规定采用；

w_0 ——基本风压 (kN/m^2)，按 GB 50009 的规定采用，且不应小于 0.3 kN/m^2 ，特别重要的幕墙工程应专项确定。

6.2.2 位于山区的建筑，风荷载标准值计算时应考虑地形修正系数；位于有明确主导风向地区的建筑，还应考虑风向影响系数。

6.2.3 体型复杂、周边干扰效应明显或风敏感等重要结构宜进行风洞试验。当风洞试验结果与 6.2.1 条规定值差别较大时，应进行对比试验。无独立的对比实验时，风荷载取值不应低于 6.2.1 条规定值的 90%；有独立的对比实验时，应按两次试验结果的较高值取用，且不应低于 6.2.1 条规定值的 80%。

6.2.4 建筑体型不规则，有较大凸出或凹口时，应按不规则程度将立面划分为多个大面区和角部区，分别考虑风荷载体型系数。凹口宽度不大于 3 m 且深度不大于 2 m 时，迎风面视为连续，凹口正、侧面均视为大面区。

6.2.5 双层面板的幕墙局部体型系数宜按下列规定采用。

- a) 外层幕墙为封闭式的，内层幕墙局部体型系数可按内压采用，外层幕墙宜按本文件 6.2.1 条采用。
- b) 外层幕墙为非封闭式的，外层幕墙风荷载可按实际受风面积计算，局部体型系数可按下列规定采用：
 - 1) 外层幕墙透风率不大于 20% 时，外层幕墙局部体型系数宜按本文件 6.2.1 条采用，内层幕墙局部体型系数折减系数不宜小于 0.8 或通过风洞试验确定；
 - 2) 外层幕墙透风率大于 20% 且小于或等于 30% 时，外层幕墙局部体型系数宜按本文件 6.2.1 条采用，内层幕墙局部体型系数可按与外层幕墙相同采用；
 - 3) 外层幕墙透风率大于 30% 时，内层幕墙局部体型系数宜按本文件 6.2.1 条采用，外层幕墙局部体型系数折减系数不宜小于 0.9 或通过风洞试验确定。

6.2.6 楼梯、看台、阳台和上人屋面等的栏杆活荷载标准值，不应小于下列规定值：

- a) 住宅、宿舍、办公楼、旅馆、医院、托儿所、幼儿园，栏杆顶部的水平荷载应取 1.0 kN/m ；
- b) 食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆或体育场，栏杆顶部的水平荷载应取 1.0 kN/m ，竖向荷载应取 1.2 kN/m ，水平荷载与竖向荷载应分别考虑；
- c) 中小学校的上人屋面、外廊、楼梯、平台、阳台等临空部位应设防护栏杆，栏杆顶部的水平荷载应取 1.5 kN/m ，竖向荷载应取 1.2 kN/m ，水平荷载与竖向荷载应分别考虑。

6.2.7 立面幕墙垂直于幕墙面的均布水平地震作用标准值可按公式(7)计算。

$$q_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k / A \dots\dots\dots (7)$$

式中:

q_{Ek} ——垂直于幕墙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；

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值，见表 22；

G_k ——幕墙面板和框架的重力荷载标准值（kN）；

A ——幕墙平面面积（ m^2 ）。

6.2.8 平行于幕墙面的集中水平地震作用标准值可按公式（8）计算。

$$P_{Ek} = \beta_E \alpha_{\max} G_k \dots\dots\dots (8)$$

式中：

P_{Ek} ——平行于幕墙面的集中水平地震作用标准值（kN）；

β_E ——动力放大系数，可取5.0；

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值，见表22；

G_k ——幕墙面板和框架的重力荷载标准值（kN）。

表22 水平地震影响系数最大值

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
多遇地震 $\alpha_{\max}$	0.04	0.08（0.12）	0.16（0.24）
注：括号中数值分别用于设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区。			

6.2.9 幕墙构件应考虑温度作用。面板温差可取 80℃，支承结构温差可取 40℃。

6.3 作用效应组合

6.3.1 幕墙支承结构可按弹性方法计算，计算模型应与实际受力状况一致。

6.3.2 幕墙结构计算效应组合应符合 GB 50068、GB 55001、GB 50009、GB/T 50011、GB 55002 的规定。

6.3.3 幕墙构件承载力极限状态设计基本组合的效应设计值按公式（9）中最不利值确定。

$$S_d = S(\sum_{i \geq 1} \gamma_{G_i} G_{ik} + \gamma_P P + \gamma_{Q_1} Q_{1k} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q_j} \psi_{cj} Q_{jk}) \dots\dots\dots (9)$$

式中：

S_d ——作用效应组合的设计值；

$S(*)$ ——作用组合的效应函数；

G_{ik} ——第 i 个永久作用的标准值；

P ——预应力作用的有关代表值；

Q_{1k} ——第1个可变作用的标准值；

Q_{jk} ——第 j 个可变作用的标准值；

γ_{G_i} ——第 i 个永久作用的分项系数或地震作用时重力荷载分项系数；

γ_P ——预应力作用的分项系数；

γ_{Q_1} ——第1个可变作用的分项系数；

γ_{Q_j} ——第 j 个可变作用的分项系数；

ψ_{cj} ——第 j 个可变作用的组合值系数。

6.3.4 当作用和作用效应按线弹性方法计算时，幕墙构件承载力极限状态设计的作用效应设计值可按公式（10）和公式（11）中最不利值计算。

a) 非地震设计状况。

$$S_d = \sum_{i \geq 1} \gamma_{G_i} S_{G_{ik}} + \gamma_{Q_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q_j} \psi_{cj} S_{Q_{jk}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- S_d ——作用效应组合的设计值；
- γ_{G_i} ——第 i 个永久作用的分项系数或地震作用时重力荷载分项系数；
- γ_{Q_1} ——第 1 个可变作用的分项系数；
- γ_{Q_j} ——第 j 个可变作用的分项系数；
- $S_{G_{ik}}$ ——第 i 个永久作用效应标准值；
- $S_{Q_{1k}}$ ——第 1 个可变作用效应标准值；
- $S_{Q_{jk}}$ ——第 j 个可变作用效应标准值；
- ψ_{cj} ——第 j 个可变作用的组合值系数。

b) 地震设计状况。

$$S_d = \gamma_G S_{GE} + \gamma_E S_{E_k} + \gamma_w \psi_w S_{w_k} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- S_d ——作用效应组合的设计值；
- S_{GE} ——重力荷载代表值的效应；
- S_{E_k} ——水平地震作用效应标准值；
- S_{w_k} ——风荷载作用效应标准值；
- γ_G ——重力荷载分项系数；
- γ_E ——地震作用分项系数；
- γ_w ——风荷载分项系数；
- ψ_w ——风荷载组合值系数。

6.3.5 幕墙构件的承载力设计，作用（效应）分项系数按下列规定取值：

- a) 非地震设计状况下，永久作用分项系数 γ_{G_i} 和预应力作用分项系数 γ_P ，当其作用效应对承载力不利时取值 1.3；当其作用效应对承载力有利时取值 1.0；
- b) 非地震设计状况下，风荷载、温度作用、雪荷载等其他可变作用的分项系数，当其作用效应对承载力不利时取值 1.5；当其作用效应对承载力有利时取值 1.0；
- c) 地震设计状况下，应符合 GB/T 50011、GB 55002 规定。重力作用分项系数 γ_G ，当其作用效应对承载力不利时取值 1.3；当其作用效应对承载力有利时取值不应大于 1.0。地震作用分项系数 γ_E ，取值 1.4，风荷载分项系数，取值 1.5。

6.3.6 可变作用的组合值系数按下列规定采用：

- a) 非地震设计状况下，当风荷载效应起控制作用时，风荷载组合值系数 ψ_w 取 1.0，活荷载或雪荷载作用组合值系数 ψ_L 取 0.7，温度作用组合值系数 ψ_T 取 0.6；当活荷载或雪荷载效应起控制作用时，活荷载或雪荷载作用组合值系数 ψ_L 取 1.0，风荷载和温度作用组合值系数 ψ_w 、 ψ_T 取 0.6；当温度效应起控制作用时，温度作用组合值系数 ψ_T 取 1.0，活荷载或雪荷载作用组合值系数 ψ_L 取 0.7，风荷载组合值系数 ψ_w 取 0.6；
- b) 地震设计状况下，风荷载组合值系数 ψ_w 取 0.2。

6.4 支承结构的挠度容许值

6.4.1 幕墙结构受弯构件的挠度应按照荷载的标准组合计算，最大挠度值不应超过表 23 规定的挠度容许值。

表23 幕墙结构的挠度容许值

类型	相对挠度	绝对挠度/mm
铝合金型材	$L/180$	—
钢型材	$L/250$	—
钢桁架、铝桁架	$L/250$	—
单层索结构	$L/45$	—
索杆结构或索桁架	$L/200$	—
玻璃肋	$L/300$	—
纯装饰构件	$L/120$	—
栏杆扶手	$L/250$	20
注1：“—”表示不作要求。 注2：计算悬臂构件挠度容许值时，其计算跨度L按实际悬臂长度的2倍取用。 注3：在自重标准值作用下，单块面板两端间局部相对挠度尚应满足GB/T 21086的规定，不大于端距的1/500且不大于3 mm。 注4：横向受力钢构件挠度不满足要求时，可采取预起拱措施。		

6.5 连接设计

- 6.5.1 幕墙支承结构构件采用螺栓、螺钉、自攻螺钉或销钉连接的，每个节点的紧固件数量不应少于2个。连接设计应符合GB 55006、GB 50017、GB/T 50018、GB 50429的规定。
- 6.5.2 支承结构构件的受拉连接不应采用自攻螺钉和铆钉。
- 6.5.3 主要受力构件的连接不应采用铝质抽芯铆钉。
- 6.5.4 受力的钢垫片应采用焊接形式进行固定，垫片厚度及焊缝应经计算确定。
- 6.5.5 采用螺纹受力连接时，应进行承载力计算。螺纹连接部位的铝型材截面厚度不宜小于螺钉公称直径 d ，不应小于 $0.8d$ ，宽度不应小于 $2.5d$ 。

6.6 埋件的设计与构造

- 6.6.1 预埋件和后置埋件的埋板表面应热浸镀锌处理。镀锌厚度应符合GB/T 13912规定。
- 6.6.2 预埋件的混凝土基材强度等级不应低于C25。后锚固连接，其基材混凝土强度等级不应低于C30。
- 6.6.3 后置埋件的设计应符合JGJ 145的要求。
- 6.6.4 幕墙用后置埋件设计计算宜采用开裂混凝土的假定。
- 6.6.5 对于幕墙雨篷、抗风柱等重要构件，宜采用预埋件，无预埋件时，后置埋件应采用机械自扩底锚栓或特殊倒锥形化学锚栓。锚栓的锚固深度按照JGJ 145要求执行。
- 6.6.6 群锚锚栓应采用同品牌、同类型和同规格的锚栓。
- 6.6.7 后锚固连接除按规定计算外，尚应经现场拉拔试验确定其承载能力。
- 6.6.8 平板埋件、槽式埋件、板槽埋件、后置埋件的设计与构造等详见附录A。

6.7 硅酮结构密封胶

- 6.7.1 硅酮结构密封胶的粘接宽度和粘接厚度应经计算确定。粘接厚度不应小于6 mm，粘接宽度宜大于厚度且不应小于7 mm；当采用单组份硅酮结构密封胶时粘接宽度不宜大于厚度的2倍。

6.7.2 硅酮结构密封胶应根据不同的受力情况进行承载力极限状态验算。在风荷载、水平地震作用下，硅酮结构密封胶的应力设计值不应大于其短期荷载作用下的强度设计值；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长期荷载作用下的强度设计值。

6.7.3 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公式（12）和公式（13）计算，并取计算结果的较大值。

a) 在风荷载作用下，粘接宽度 c_s 应按公式（12）计算。

$$c_s = \frac{wa}{2000 f_1} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度（mm）；

W ——作用于计算单元上的风荷载设计值（kN/m²）；

a ——矩形玻璃面板的短边长度（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0.2 N/mm²。

b) 在风荷载和地震作用下，粘接宽度应按公式（13）计算。

$$c_s = \frac{(q_E + 0.2w)a}{2000 f_1} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

q_E ——作用于计算单元上的地震作用设计值（kN/m²）；

c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度（mm）；

W ——作用于计算单元上的风荷载设计值（kN/m²）；

a ——矩形玻璃面板的短边长度（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0.2 N/mm²。

6.7.4 外倾或倒挂的半隐框幕墙，隐框边玻璃和铝框之间硅酮结构密封胶的粘接宽度 c_s 应分别按照下面两个公式计算，并取计算结果的较大值。

a) 在永久作用和风荷载作用下，粘接宽度 c_s 应按公式（14）计算。

$$c_s = \frac{(q_G + w)a}{2000 f_1} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度（mm）；

q_G ——用于计算单元上的永久作用设计值（kN/m²）；

W ——作用于计算单元上的风荷载设计值（kN/m²）；

a ——矩形玻璃面板的短边长度（mm）；

f_1 ——硅酮结构密封胶在风荷载作用下短期强度设计值，取0.2 N/mm²。

b) 在永久作用下，粘接宽度应按公式（15）计算。

$$c_s = \frac{q_G a}{2000 f_2} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

c_s ——硅酮结构密封胶的粘接宽度（mm）；

q_G ——用于计算单元上的永久作用设计值（kN/m²）；

a ——矩形玻璃面板的短边长度（mm）；

f_2 ——硅酮结构密封胶在永久作用下的长期强度设计值，取0.01 N/mm²。

6.7.5 结构胶的厚度可按照 6.7.6 和 6.7.7 分别计算吸收热膨胀位移需要的厚度和吸收结构层间位移需要的厚度，取二者中的较大值。

6.7.6 幕墙面板通过硅酮结构密封胶与型材粘接时，硅酮结构密封胶吸收热膨胀位移需要的厚度不应小于公式（16）计算值。

$$t_s = \frac{\Delta T(\alpha_c - \alpha_v)}{3\delta} \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + b^2} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

t_s ——硅酮结构密封的粘接厚度（mm）；

α_c ——金属框的线膨胀系数（1/℃）；

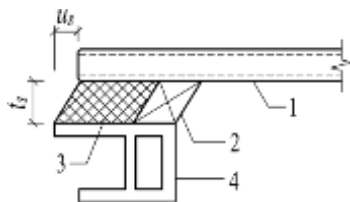
α_v ——面板的线膨胀系数（1/℃）；

ΔT ——面板和金属框相对结构胶施工时的温度差，取面板和金属框相对温差的较大值（℃）；

δ ——硅酮结构密封胶拉伸粘接性能试验中受拉应力为0.14 N/mm²时的伸长率；

a 、 b ——四边形面板横向和竖向的长度（mm），当该边不采用结构胶时取0。

6.7.7 依靠结构胶变位能力来适应层间位移的玻璃幕墙，硅酮结构密封胶的厚度（图 1）应按下列公式（17）～公式（20）计算。



标引序号说明：

1——玻璃面板；

2——双面胶条；

3——硅酮结构密封胶；

4——铝合金副框。

图1 硅酮结构密封胶变形示意图

$$t_s \geq \frac{u_s}{3\delta} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

t_s ——硅酮结构密封的粘接厚度（mm）；

u_s ——主体结构侧移时，硅酮结构密封胶沿厚度方向的剪切位移（mm）；

δ ——硅酮结构密封胶拉伸粘接性能试验中受拉应力为0.14 N/mm²时的伸长率。

式（17）中的 u_s 可按式（18）计算。

$$u_s = \eta[\theta]h_g \dots\dots\dots (18)$$

式中：

u_s ——主体结构侧移时，硅酮结构密封胶沿厚度方向的剪切位移（mm）；

η ——位移折减系数，取值0.60；

$[\theta]$ ——风荷载或多遇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 ——玻璃板块高度（mm）。

当面板四边与副框相连，并且可相对龙骨移动时，可考虑隐框面板安装间隙的影响，式（17）中的 u_s 可按照式（18）和式（19）分别计算并取二者较小值。

$$u_s = \eta_1 ([\theta] - \theta) h_g \dots\dots\dots (19)$$

式中：

u_s ——主体结构侧移时，硅酮结构密封胶沿厚度方向的剪切位移（mm）；

η_1 ——位移折减系数，取值0.80；

$[\theta]$ ——风荷载或多遇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）；

θ ——主体结构侧移时，面板的转动角；

h_g ——玻璃板块高度（mm）。

式（19）中的 θ 可按式（20）计算。

$$\theta = \frac{2c_1(1+l_1/l_2 \times c_2/c_1)}{l_1} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

θ ——主体结构侧移时，面板的转动角；

l_1 ——矩形玻璃板块竖向边长（mm）；

l_2 ——矩形玻璃板块横向边长（mm）；

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

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

6.7.8 隐框玻璃幕墙玻璃面板的结构胶宽度 c_s 和厚度 t_s 尺寸及配合尺寸见图 2 和图 3。隐框中空玻璃的结构胶宽度 c_{s1} 应按中空玻璃外片所受荷载计算确定。

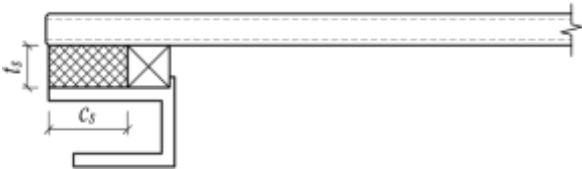


图2 隐框玻璃（单层、夹层）组件配合尺寸示意图

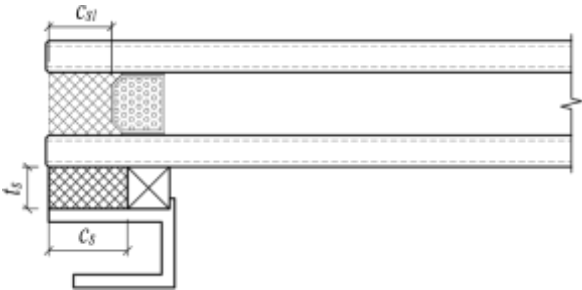
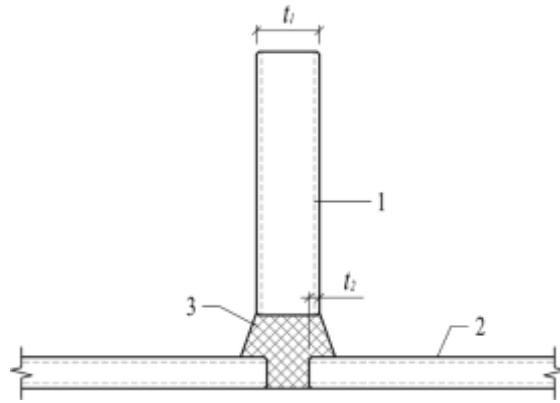


图3 隐框中空玻璃组件配合尺寸示意图

6.7.9 全玻璃幕墙胶缝厚度不应小于 6 mm，承载力（图 4）应满足下列要求。



标引序号说明：
1——玻璃肋；
2——玻璃面板；
3——结构胶。

图4 玻璃肋后置或骑缝平面示意

玻璃肋后置或骑缝按公式（21）进行计算。

$$\frac{ql}{t_1} \leq f_1 \dots\dots\dots (21)$$

式中：
 q ——垂直于玻璃面板的分布荷载设计值(N/mm²)，抗震设计时应包含地震作用的分布荷载设计值；
 l ——两肋之间的玻璃面板跨度（mm）；
 t_1 ——胶缝宽度，取玻璃肋截面厚度（mm）；
 f_1 ——硅酮结构密封胶在短期荷载作用下的强度设计值，取0.2 N/mm²。
注：玻璃肋采用后置或骑缝时，玻璃面板与肋的搭接长度 t_2 不应小于5 mm。

7 支承结构设计

7.1 一般规定

幕墙支承结构设计应根据实际支承状况进行刚度、强度及稳定性的验算，满足幕墙结构安全及性能的要求。

7.2 框支承结构

7.2.1 构件设计

框支承结构构件截面宽厚比不满足本文件10.2.1.1条时应进行截面局部稳定性验算。

7.2.2 横梁结构设计

7.2.2.1 横梁截面受弯承载力应符合公式（22）。

$$\frac{M_x}{\gamma W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma W_{ny}} \leq f \dots\dots\dots (22)$$

式中：

- M_x ——横梁绕 X 轴（平行于幕墙平面方向）的弯矩设计值（ $N \cdot mm$ ）；
 M_y ——横梁绕 Y 轴（垂直于幕墙平面方向）的弯矩设计值（ $N \cdot mm$ ）；
 W_{nx} ——横梁截面绕 X 轴（幕墙平面内方向）的净截面最小抵抗矩（ mm^3 ）；
 W_{ny} ——横梁截面绕 Y 轴（垂直于幕墙平面方向）的净截面最小抵抗矩（ mm^3 ）；
 γ ——截面塑性发展系数，铝型材取1.0，钢型材按GB 50017取值，也可取1.05；
 f ——型材的强度设计值 f_a 或 f_s （ N/mm^2 ）。

7.2.2.2 横梁截面受剪承载力应符合公式（23）～公式（24）。

$$\frac{V_y S_x}{I_x t_x} \leq f_v \quad \text{..... (23)}$$

式中：

- V_y ——横梁竖直方向（ Y 轴）的剪力设计值（ N ）；
 S_x ——横梁截面绕 X 轴的毛截面最大面积矩（ mm^3 ）；
 I_x ——横梁截面绕 X 轴的毛截面惯性矩（ mm^4 ）；
 t_x ——横梁截面垂直于 X 轴腹板的截面总厚度（ mm ）；
 f_v ——型材的抗剪强度设计值（ N/mm^2 ）。

$$\frac{V_x S_y}{I_y t_y} \leq f_v \quad \text{..... (24)}$$

式中：

- V_x ——横梁水平方向（ X 轴）的剪力设计值（ N ）；
 S_y ——横梁截面绕 Y 轴的毛截面最大面积矩（ mm^3 ）；
 I_y ——横梁截面绕 Y 轴的毛截面惯性矩（ mm^4 ）；
 t_y ——横梁截面垂直于 Y 轴腹板的截面总厚度（ mm ）；
 f_v ——型材的抗剪强度设计值（ N/mm^2 ）。

7.2.2.3 当面板偏置或外挑装饰件等原因使横梁产生较大扭矩时，应进行横梁抗扭承载力计算。

7.2.2.4 横梁挠度验算时，水平荷载与竖向荷载应分别计算，并满足限值要求。

7.2.3 立柱结构设计

7.2.3.1 承受轴向拉力和弯矩作用的立柱，其承载力应符合公式（25）。

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{\gamma W_n} \leq f \quad \text{..... (25)}$$

式中：

- N ——立柱的轴力设计值（ N ）；
 M ——立柱的弯矩设计值（ $N \cdot mm$ ）；
 A_n ——立柱的净截面面积（ mm^2 ）；
 W_n ——立柱在弯矩作用方向的净截面最小抵抗矩（ mm^3 ）；
 γ ——截面塑性发展系数，铝型材取1.0，钢型材按GB 50017取值，也可取1.05；
 f ——型材的强度设计值 f_a 或 f_s （ N/mm^2 ）。

7.2.3.2 承受轴向压力和弯矩作用的立柱，其在弯矩作用平面内的稳定性应符合公式（26）～公式（28）。

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{\gamma W(1 - 0.8N/N_E)} \leq f \quad (26)$$

式中：

- N ——立柱轴向压力设计值（N）；
 N_E ——临界轴向压力（N）；
 M ——立柱最大弯矩设计值（N·mm）；
 φ ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数，可按表24采用；
 A ——立柱毛截面面积（mm²）；
 W ——弯矩作用平面内立柱截面较大受压侧的毛截面抵抗矩（mm³）；
 γ ——立柱截面塑性发展系数，铝型材取1.0，钢型材按GB 50017取值，也可取1.05；
 f ——立柱的强度设计值 f_a 或 f_s （N/mm²）。

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{\beta \lambda^2} \quad (27)$$

式中：

- N_E ——临界轴向压力（N）；
 A ——立柱毛截面面积（mm²）；
 λ ——立柱长细比；
 E ——立柱弹性模量；
 β ——材料系数，铝型材取1.2，钢材取1.1。

$$\lambda = \frac{l}{i} \quad (28)$$

式中：

- λ ——立柱长细比；
 l ——立柱计算长度（mm），两端简支 $l=L$ ，一端简支一端固结 $l=0.7L$ ，两端固结 $l=0.5L$ ，悬臂式立柱 $l=2L$ ， L 为立柱支承长度；
 i ——立柱截面回转半径（mm）。

表24 轴心受压柱的稳定系数 φ

长细比或特征值	铝型材		热轧钢型材		冷弯薄壁钢型材	
钢：长细比 λ	6060-T5	6061-T6	Q235	Q355	Q235	Q355
铝： $\lambda \sqrt{\frac{f_{0.2}}{240}}$	6063-T5	6063-T6				
	6063A-T5	6063A-T6				
20	0.90	0.95	0.97	0.96	0.95	0.94
40	0.73	0.82	0.90	0.86	0.89	0.87
60	0.51	0.58	0.81	0.73	0.82	0.78
80	0.34	0.38	0.69	0.58	0.72	0.63
90	0.28	0.31	0.62	0.50	0.66	0.55
100	0.23	0.25	0.56	0.43	0.59	0.48
110	0.20	0.21	0.49	0.37	0.52	0.41
120	0.17	0.18	0.44	0.32	0.45	0.35

表 24 轴心受压柱的稳定系数 φ （续）

长细比或特征值	铝型材		热轧钢型材		冷弯薄壁钢型材	
钢：长细比 λ	6060-T5	6061-T6	Q235	Q355	Q235	Q355
铝： $\lambda\sqrt{\frac{f_{0.2}}{240}}$	6063-T5	6063-T6				
	6063A-T5	6063A-T6				
130	0.15	0.16	0.39	0.28	0.40	0.30
140	0.13	0.14	0.35	0.25	0.35	0.26
150	0.11	0.12	0.31	0.21	0.31	0.23
注： $f_{0.2}$ ——铝合金材料的规定非比例伸长应力，也称名义屈服强度。						

7.2.3.3 框支承幕墙立柱长细比 λ 应满足下列规定：

- a) 承受轴向压力和弯矩作用时，铝型材长细比 λ 不宜大于 150；单根型钢或钢管、桁架杆件长细比 λ 不宜大于 150，当轴心受压杆件内力设计值不大于承载能力的 50%时，容许长细比值可取 200；
- b) 轴心受拉或偏心受拉的桁架杆件，长细比不应大于 350。

7.2.3.4 框支承幕墙立柱为组合构件时，立柱的荷载分配原则如下。

- a) 有确保左、右立柱协同变形的构造措施时，可根据公式（29）～公式（30）分配荷载后按各自承担的荷载及作用分别计算。

$$q_{1k} = q_k \frac{I_1}{I_1 + I_2} \dots\dots\dots (29)$$

式中：

- q_k ——作用于组合立柱上的线荷载标准值（N/mm）；
- q_{1k} ——分配到左立柱上的线荷载标准值（N/mm）；
- $I_1、I_2$ ——左、右立柱沿计算方向的毛截面惯性矩（mm⁴）。

$$q_{2k} = q_k \frac{I_2}{I_1 + I_2} \dots\dots\dots (30)$$

式中：

- q_k ——作用于组合立柱上的线荷载标准值（N/mm）；
- q_{2k} ——分配到右立柱上的线荷载标准值（N/mm）；
- $I_1、I_2$ ——左、右立柱沿计算方向的毛截面惯性矩（mm⁴）。

- b) 无确保左、右立柱协同变形的构造措施时，应根据各自承担的荷载及作用计算。

7.2.3.5 钢铝组合截面立柱设计原则如下。

- a) 钢铝共同工作的组合截面可按刚度分配原理，分别按公式（31）～公式（32）计算其荷载。

$$q_{al} = \frac{I_{al}E_{al}}{I_{al}E_{al} + I_sE_s} \cdot q \cdot \gamma_F \dots\dots\dots (31)$$

式中：

- q ——作用于立柱上的线荷载值（N/mm）；
- q_{al} ——组合截面上铝型材承受的线荷载值（N/mm）；
- E_{al} ——铝型材弹性模量（N/mm²）；
- E_s ——钢材弹性模量（N/mm²）；
- I_{al} ——组合截面中铝型材独立的截面惯性矩（mm⁴）；

I_s ——组合截面中钢材独立的截面惯性矩 (mm^4) ;

γ_F ——调整系数, 取1.05。

$$q_s = \frac{I_s E_s}{I_{al} E_{al} + I_s E_s} \cdot q \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

q ——作用于立柱上的线荷载值 (N/mm) ;

q_s ——组合截面上钢型材承受的线荷载值 (N/mm) ;

E_{al} ——铝材弹性模量 (N/mm^2) ;

E_s ——钢材弹性模量 (N/mm^2) ;

I_{al} ——组合截面中铝型材独立的截面惯性矩 (mm^4) ;

I_s ——组合截面中钢材独立的截面惯性矩 (mm^4) 。

b) 钢铝组合构造截面中, 不参与组合截面共同工作的铝型材部分, 仍须按实际受力状况作局部受力和连接部位的强度计算。

7.3 玻璃肋

7.3.1 全玻璃幕墙玻璃肋在均布线荷载作用下截面高度 h_r 的最小值 (图 5) 可按下列公式 (33) 计算。

$$h_r = \sqrt{\frac{3wlh^2}{4f_g t}} \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中:

h_r ——玻璃肋截面高度 (mm) ;

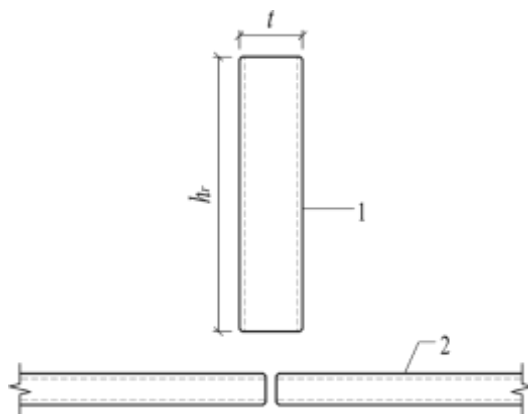
w ——风荷载设计值 (N/mm^2) ;

l ——两肋之间的玻璃面板跨度 (mm) ;

f_g ——玻璃端面强度设计值 (N/mm^2) ;

t ——玻璃肋截面厚度 (mm) , 夹层玻璃肋的等效截面厚度取各单片玻璃厚度之和;

h ——玻璃肋上、下支点的距离, 即计算跨度 (mm) 。



标引序号说明:

1——玻璃肋;

2——玻璃面板。

图5 玻璃肋截面尺寸示意

7.3.2 全玻璃幕墙玻璃肋在风荷载标准值作用下的挠度 d_f 可按公式 (34) 计算。

$$d_f = \frac{5}{32} \times \frac{w_k l h^4}{E_g t h_r^3} \dots\dots\dots (34)$$

式中：
 d_f ——风荷载标准值作用引起的幕墙构件挠度值；
 l ——两肋之间的玻璃面板跨度（mm）；
 h ——玻璃肋上、下支点的距离，即计算跨度（mm）；
 h_r ——玻璃肋截面高度（mm）；
 w_k ——风荷载标准值（N/mm²）；
 E_g ——玻璃弹性模量（N/mm²）。

- 7.3.3 高度大于 8 m 的玻璃肋应验算平面外的稳定性，必要时应采取防止侧向失稳的构造措施。
- 7.3.4 玻璃肋采用玻璃孔内螺栓传递荷载时，应计算螺栓受剪和玻璃孔壁承压，同时应验算孔内填充材料的抗挤压强度。
- 7.3.5 玻璃孔壁承压应按公式（35）验算。

$$N \leq \eta_1 \eta_2 D t f_{gd} \dots\dots\dots (35)$$

式中：
 N ——吊挂节点或连接节点各孔中受力最大孔的径向作用力（N），应考虑拉压弯剪的共同作用；
 D ——孔径（mm）；
 t ——玻璃厚度（mm），多片玻璃粘合时取各单片厚度之和；
 f_{gd} ——玻璃端面强度设计值（N/mm²）；仅验算在面板和肋自重作用下的玻璃孔壁承压时，取长期荷载作用下的端面强度设计值；
 η_1 ——玻璃孔螺栓传力折减系数，取 0.7；
 η_2 ——孔加工及合片精度折减系数，双片玻璃取 0.85，多片玻璃取 0.80。

- 7.3.6 玻璃孔内填充材料应按公式（35）验算抗挤压强度， f_{gd} 取填充材料抗挤压强度设计值， D 取螺栓衬套外径， η_1 取 1.0。
- 7.3.7 玻璃肋采用植入金属连接件的夹层玻璃时，金属植入连接节点宜进行试验验证或有限元分析，有限元分析中玻璃的最大主拉应力值不应超过玻璃强度设计值。

7.4 索结构

- 7.4.1 索结构的设计应符合 JGJ 257 的规定。
- 7.4.2 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 10 mm。
- 7.4.3 拉索宜采用不锈钢绞线或高强度钢绞线。钢绞线的钢丝直径不宜小于 1.2 mm，钢绞线直径不宜小于 8 mm。
- 7.4.4 不锈钢绞线和拉索头应符合 GB/T 25821、JG/T 201 规定。
- 7.4.5 直径不大于 30 mm 的拉索可采用冷挤压锚具连接，直径大于 30 mm 的拉索宜采用热铸锚锚具连接。
- 7.4.6 索结构节点应满足其承载力设计值不小于拉索内力设计值 1.25 倍的要求。
- 7.4.7 索结构应分别对初始预应力及荷载作用做计算分析，计算应考虑几何非线性影响。在任何荷载作用组合工况下拉索均应保持受拉状态。
- 7.4.8 荷载状态分析应在初始预应力状态的基础上，考虑永久荷载、风荷载、地震作用、温度作用、活荷载、雪荷载、主体结构变形作用及施工安装荷载。温度作用温差应区分升温、降温工况，分别取张

拉阶段温度与使用阶段最高或最低温度之差。

7.4.9 索结构计算模型宜考虑与主体支承结构的相互影响。

7.4.10 拉索（杆）两端固定在两个不同的结构单元时，应协调相邻两结构单元之间的变形影响，宜采取防松和防过载措施。

7.4.11 索杆桁架受压杆件长细比 λ 不宜大于 150。

7.4.12 单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。

7.4.13 拉索和拉杆的抗拉力设计值按公式（36）计算。

$$F = F_{tk} / \gamma_R \dots\dots\dots (36)$$

式中：

F ——抗拉力设计值（kN）；

F_{tk} ——极限抗拉力标准值（kN）；

γ_R ——抗力分项系数，拉索取2.0，拉杆取1.7。

拉索和拉杆的承载力按公式（37）验算。

$$\gamma_0 N_d < F \dots\dots\dots (37)$$

式中：

F ——抗拉力设计值（kN）；

N_d ——拉索或拉杆承受的最大轴向拉力设计值（kN）；

γ_0 ——结构重要性系数，一般取1.0。

8 面板设计

8.1 一般规定

8.1.1 面板与幕墙支承结构的连接，应能满足荷载作用所产生的幕墙平面内和平面外的变形要求。

8.1.2 面板设计应考虑加工制作、运输、安装、维护和更换的要求。

8.1.3 面板的挠度限值应符合表 25 的规定。

表25 面板的挠度限值 $d_{f,lim}$

面板种类	支承形式	挠度限值
玻璃面板	四边简支	短边/60
	对边简支	跨度/60
	简支三角形	长边对应的高/60
	点支承	沿边长方向较长支承点间距/60
	点支承三角形	短边对应的高/60
光伏玻璃面板	四边简支	短边距/120
金属面板	四边简支	短边距/90
穿孔铝板	四边简支	短边距/45

表 25 面板的挠度限值 $d_{f,lim}$ (续)

面板种类	支承形式	挠度限值
石材面板	—	—
玻璃纤维增强水泥外墙 (GRC) 板	—	支承点 (边) 间长边边长/250
石材蜂窝板面板	四点支承	支承点间长边边长/120 (铝蜂窝和钢蜂窝背板)
注1: 悬挑板的跨距可取悬挑长度的2倍。		
注2: 本文件未明确人造板材, 其面板挠度限值参见JGJ 336相关要求。		

8.2 玻璃面板

- 8.2.1 幕墙所用玻璃应选用钢化玻璃、夹层玻璃及其制品; 钢化玻璃宜采用超白钢化玻璃或经均质处理的钢化玻璃。
- 8.2.2 玻璃厚度应经承载力和变形验算确定。单片玻璃及中空玻璃的任一单片厚度不应小于 6 mm, 夹层玻璃的单片玻璃厚度不应小于 5 mm, 夹层玻璃的单片厚度差不应大于 3 mm。
- 8.2.3 中空玻璃各层玻璃分配到的荷载应按照各自等效刚度的比例进行分配。在进行强度校核时, 中空玻璃的外片应在分配荷载基础上乘以 1.1 的放大系数。其中等效刚度的计算如公式 (38)。

$$D_e = \frac{Et_e^3}{12(1-\nu^2)} \dots\dots\dots (38)$$

式中:

D_e ——玻璃等效刚度 (N·mm) ;

E ——玻璃弹性模量 (N/mm²), 可按表14取值;

t_e ——单层玻璃的厚度或多层玻璃的等效厚度 (mm), 按本文8.2.4计算;

ν ——泊松比, 可按表14取值。

8.2.4 由多片玻璃组成的玻璃面板, 计算玻璃平面外刚度时, 等效厚度计算方法如下。

a) PVB 夹层玻璃的等效厚度可按公式 (39) 计算。

$$t_{e,w} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n t_i^3} \dots\dots\dots (39)$$

式中:

$t_{e,w}$ ——PVB夹层玻璃的等效厚度 (mm) ;

t_i ——单层玻璃的厚度 (mm) 。

b) 离子型胶片夹层玻璃在计算挠度时, 等效厚度 $t_{e,w}$ 可按公式 (40) 计算, 且等效厚度不应大于两片玻璃厚度之和。当玻璃为多片时, 可先算两片的等效厚度, 再用等效厚度当做玻璃厚度进行计算。

$$t_{e,w} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3 + 12\Gamma I_s} \dots\dots\dots (40)$$

式中:

$t_{e,w}$ ——离子型夹层玻璃在计算挠度时的等效厚度 (mm) ;

t_1 、 t_2 ——双片离子型夹层玻璃中第1片、第2片的厚度 (mm) ;

Γ ——离子型夹胶片的剪力传递系数。

在计算应力时，等效厚度可取内外层玻璃等效厚度 $t_{1e,\sigma}$ 、 $t_{2e,\sigma}$ 的较小值，且不宜大于两片玻璃厚度之和。

$$t_{1e,\sigma} = \sqrt{\frac{t_{e,w}^3}{t_1 + 2\Gamma t_{s,2}}} \quad \dots\dots\dots (41)$$

式中：

$t_{1e,\sigma}$ ——离子型胶片夹层玻璃内外层玻璃的等效厚度（mm）；

$t_{e,w}$ ——离子型夹层玻璃在计算挠度时的等效厚度（mm）；

t_1 ——双片离子型夹层玻璃中第1片的厚度（mm）；

Γ ——离子型夹胶片的剪力传递系数。

$$t_{2e,\sigma} = \sqrt{\frac{t_{e,w}^3}{t_2 + 2\Gamma t_{s,1}}} \quad \dots\dots\dots (42)$$

式中：

$t_{2e,\sigma}$ ——离子型胶片夹层玻璃内外层玻璃的等效厚度（mm）；

$t_{e,w}$ ——离子型夹层玻璃在计算挠度时的等效厚度（mm）；

t_1 ——双片离子型夹层玻璃中第1片的厚度（mm）；

Γ ——离子型夹胶片的剪力传递系数。

$$I_s = t_1 t_{s,2}^2 + t_2 t_{s,1}^2 \quad \dots\dots\dots (43)$$

式中：

t_1 、 t_2 ——双片离子型夹层玻璃中第1片、第2片的厚度（mm）。

$$t_{s,1} = \frac{t_s t_1}{t_1 + t_2} \quad \dots\dots\dots (44)$$

式中：

t_1 、 t_2 ——双片离子型夹层玻璃中第1片、第2片的厚度（mm）。

$$t_{s,2} = \frac{t_s t_2}{t_1 + t_2} \quad \dots\dots\dots (45)$$

式中：

t_1 、 t_2 ——双片离子型夹层玻璃中第1片、第2片的厚度（mm）。

$$t_s = 0.5(t_1 + t_2) + t_v \quad \dots\dots\dots (46)$$

式中：

t_1 、 t_2 、 t_v ——双片离子型夹层玻璃中第1片、第2片和中间层胶片的厚度（mm）。

$$\Gamma = \frac{1}{1 + 9.6EI_s t_v / G t_s^2 L^2} \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中：

Γ ——离子型夹胶片的剪力传递系数；

G ——离子型夹胶片的剪切模量（N/mm²），详见条文说明；

t_v ——双片离子型夹层玻璃中间层胶片的厚度（mm）；

- L ——夹层玻璃的短边长度 (mm) ;
 E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2) ,可按表14取值。
 c) 中空玻璃的等效厚度可按公式 (48) 计算。

$$t_{e,w} = 0.95 \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n t_i^3} \dots\dots\dots (48)$$

式中:

- $t_{e,w}$ ——中空玻璃的等效厚度 (mm) ;
 t_i ——单层玻璃的厚度或夹层玻璃的等效厚度 (mm) 。

8.2.5 四边支承玻璃在垂直于玻璃幕墙平面的风荷载和地震作用下的最大应力标准值。

- a) 最大应力标准值可按几何非线性有限元方法计算,也可按下列公式 (49)~公式 (51) 计算。

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k a^2}{t^2} \eta \dots\dots\dots (49)$$

式中:

- σ_{wk} ——风荷载作用下玻璃截面的最大应力标准值 (N/mm^2) ;
 w_k ——垂直于玻璃幕墙平面的风荷载作用标准值 (N/mm^2) ;
 a ——矩形玻璃面板短边边长 (mm) ;
 t ——玻璃厚度 (mm) ;
 E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2) ,可按表14取值;
 m ——弯矩系数,由玻璃面板短边与长边边长之比 a/b 按表26采用;
 η ——折减系数,由参数 θ 按表27采用。

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2} \eta \dots\dots\dots (50)$$

式中:

- θ ——参数;
 σ_{Ek} ——地震作用下玻璃截面的最大应力标准值 (N/mm^2) ;
 q_{Ek} ——垂直于玻璃幕墙平面的地震作用标准值 (N/mm^2) ;
 a ——矩形玻璃面板短边边长 (mm) ;
 t ——玻璃厚度 (mm) ;
 E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2) ,可按表14取值。
 m ——弯矩系数,由玻璃面板短边与长边边长之比 a/b 按表26采用;
 η ——折减系数,由参数 θ 按表27采用。

$$\text{非抗震设计 } \theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \text{ 或抗震设计 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k) a^4}{Et^4} \dots\dots\dots (51)$$

式中:

- θ ——参数;
 w_k 、 q_{Ek} ——垂直于玻璃幕墙平面的风荷载、地震作用标准值 (N/mm^2) ;
 a ——矩形玻璃面板短边边长 (mm) ;
 t ——玻璃厚度 (mm) ;
 E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2) ,可按表14取值。
 跨中最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值。

表26 四边支承玻璃板的弯矩系数 m

a/b	0.01	0.25	0.33	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
m	0.1250	0.1230	0.1180	0.1115	0.1000	0.0934	0.0868	0.0804
a/b	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	—
m	0.0742	0.0683	0.0628	0.0576	0.0528	0.0483	0.0442	—

表27 折减系数 η

θ	≤ 5	10	20	40	60	80	100
η	1.00	0.96	0.92	0.84	0.78	0.73	0.68
θ	120	150	200	250	300	350	≥ 400
η	0.65	0.61	0.57	0.54	0.52	0.51	0.50

- b) 最大应力设计值应按本文件 6.3 节的规定组合。
 - c) 跨中最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值。
- 8.2.6 四边支承玻璃在风荷载作用下的跨中挠度，可按公式（52）计算。

$$d_f = \frac{\mu w_k a^4}{D_e} \eta \dots\dots\dots (52)$$

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/mm²）；

μ ——挠度系数，由玻璃面板短边与长边边长之比 a/b 按表28采用；

η ——折减系数，按本文件表27采用；

D_e ——玻璃面板等效刚度（N·mm），可按公式（38）计算。

表28 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

8.2.7 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可按本文件 8.2.5~8.2.6 条文中的公式计算，但此处应注意其字符含义。

式中：

a ——支承点间玻璃面板长边边长（mm）；

m ——弯矩系数，按表29采用；

μ ——挠度系数，按表30采用；

η ——折减系数，按本文件表27采用，计算 θ 时，此处公式中的 a 取支承点间玻璃面板长边边长；

D_e ——玻璃面板刚度（N·mm）。

孔边最大应力设计值不应超过玻璃边缘强度设计值，跨中最大应力设计值不应超过玻璃中部强度设计值。

表29 四点支承玻璃板的弯矩系数 m

φ	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
φ	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： φ 为支承点之间的短边与长边边长之比。								

表30 四点支承玻璃板的挠度系数 μ

φ	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
μ	0.01303	0.01317	0.01335	0.01367	0.01417	0.01451	0.01496	0.01555
φ	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
μ	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363	0.02603	—
注： φ 为支承点之间的短边与长边边长之比。								

- 8.2.8 玻璃面板也可采用非线性有限元方法分析计算。
- 8.2.9 当玻璃幕墙采用悬挑玻璃时，玻璃的悬挑长度尺寸应经过结构验算、符合要求，且不宜超过 150 mm。大小片长度差不宜大于单片玻璃厚度的 5 倍。
- 8.2.10 玻璃上开孔时，孔边至玻璃边距离不应小于单片玻璃厚度的 4 倍和孔径的 2 倍，且不应小于 70 mm。相邻两孔的孔边距不应小于单片玻璃厚度的 5 倍，且不应小于孔径的 3 倍。

8.3 金属面板

- 8.3.1 面板的厚度应通过计算确定，弧形及异型板宜采用几何非线性的有限元方法计算确定；单层铝合金板厚度不应小于 2.5 mm，单层铜板厚度不应小于 2.0 mm，单层不锈钢板不应小于 1.5 mm。
- 8.3.2 金属平板四边支承面板弯曲应力可按下列规定进行计算。
- a) 折边和肋所形成的面板区格，沿板材四周边缘按简支边计算，中肋支承线按固定边计算。
 - b) 在垂直于面板的风荷载、地震作用下，面板最大弯曲应力标准值可按几何非线性有限元方法计算，也可按下列公式（53）～公式（54）计算。

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k a^2}{t^2} \dots\dots\dots (53)$$

式中：

σ_{wk} ——风荷载作用下板中最大弯曲应力标准值（N/mm²）；

w_k ——垂直于板面上的风荷载标准值（N/mm²）；

a ——面板区格短边边长（mm）；

t ——面板厚度（mm）；

m ——弯矩系数，可根据其边界条件由本文件附录B表B.1确定。

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} a^2}{t^2} \dots\dots\dots (54)$$

式中：

- σ_{Ek} ——地震作用下板中最大弯曲应力标准值 (N/mm²) ;
 q_{Ek} ——垂直于板面方向的地震作用标准值 (N/mm²) ;
 a ——面板区格短边边长 (mm) ;
 t ——面板厚度 (mm) ;
 m ——弯矩系数, 可根据其边界条件由本文件附录B表B.1确定。
 c) 中肋支承线上的弯曲应力标准值, 取板格两侧固端弯矩的平均值计算。
 d) 面板在荷载作用下产生大挠度变形时, 公式(56)~公式(57)计算的应力值可乘以折减系数 η (η 按表31采用)。

表31 折减系数 η

θ	5	10	20	40	60	80	100
η	1.00	0.95	0.90	0.81	0.74	0.69	0.64
θ	120	150	200	250	300	350	400
η	0.61	0.54	0.50	0.46	0.43	0.41	0.40

表31中 θ 按公式(55)计算。

$$\theta = \frac{w_k a^4}{Et^4} \quad \text{或} \quad \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2w_k)a^4}{Et^4} \dots\dots\dots (55)$$

式中:

- w_k ——垂直于面板上的风荷载标准值 (N/mm²) ;
 q_{Ek} ——垂直于面板方向的地震作用标准值 (N/mm²) ;
 a ——面板区格的短边边长 (mm) ;
 t ——面板厚度 (mm) ;
 E ——面板的弹性模量 (N/mm²) 。

e) 面板最大应力设计值按本文件 6.3 节规定组合。最大应力设计值不应超过面板的强度设计值。

8.3.3 金属平板在组合荷载作用下, 单向肋面板区格的跨中挠度可采用几何非线性有限元方法计算, 也可按下列公式(56)~公式(57)简化计算。

$$d_f = \frac{\mu w_k a^4}{D} \eta \dots\dots\dots (56)$$

式中:

- d_f ——挠度最大值 (mm) ;
 w_k ——垂直于面板的风荷载标准值 (N/mm²) ;
 a ——面板区格短边边长 (mm) ;
 D ——面板弯曲刚度 (N·mm) ;
 η ——折减系数 (按表31采用) 。

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \dots\dots\dots (57)$$

式中:

- D ——面板弯曲刚度 (N·mm) ;
 t ——面板厚度 (mm) ;
 E ——面板弹性模量 (N/mm²) (按表14采用) ;

ν ——面板泊松比（按表14采用）。

8.3.4 金属平板采用双向肋面板区格形式时，按实际受力形式计算；宜采用有限元分析计算。

8.3.5 中肋应有足够的刚度。在组合荷载标准值作用下，中肋与面板挠度的限值 $d_{f,lim}$ 宜按板的短边 $1/90$ 采用。

8.3.6 金属面板加劲肋的设置和连接构造应经计算确定，并符合下列规定：

- a) 采用 8.3.3 中的公式（56）～公式（57）进行计算时，面板折边与加劲肋端部应可靠连接；
- b) 加劲肋与金属面板背面连接可采用焊接螺柱固定或硅酮结构密封胶粘接，焊接螺柱相邻间距不应大于 250 mm。

8.4 石材面板

8.4.1 面板厚度应经计算确定。花岗石石材有效厚度不应小于 25 mm，单块石材板面面积不宜大于 1.5 m^2 。

8.4.2 面板加工完后应作六面防护处理。面板边缘宜经磨边和倒棱，倒棱宽度不宜小于 1 mm。

8.4.3 面板与支承结构的连接应便于更换，不应采用钢销、T 形插板、蝶型码和 R 型插板连接件。

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

- a) 两侧短槽连接时（图 6），支承边的计算长度为两支承点的中心距，非支承边的计算长度取边长；抗弯设计时，取两距离（ a_0 、 b_0 ）中较大值为长边进行计算；

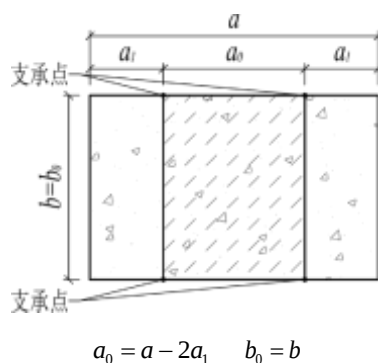


图6 面板连接的计算边长 a_0 、 b_0

- b) 背栓支承连接时（图 7），横、纵向支承边的计算长度分别为两个方向支承点间的距离（图中 a_0 、 b_0 ）；抗弯设计时，取两距离（ a_0 、 b_0 ）中较大值为长边进行计算。

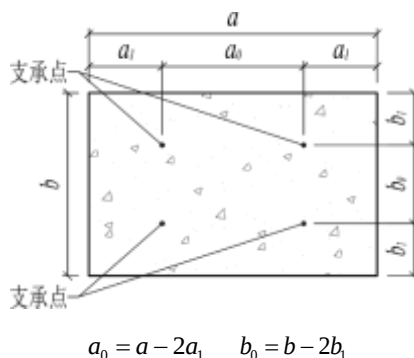


图7 背栓支承连接时面板连接的计算边长 a_0 、 b_0

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

8.4.6 异形板或多点支承面板按有限元方法计算。

8.4.7 面板抗弯设计应符合下列规定。

a) 四点支承板最大弯曲应力标准值按下列公式 (58) ~ 公式 (59) 计算。

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k b^2}{t^2} \dots\dots\dots (58)$$

式中:

 σ_{wk} ——风荷载作用下截面的最大应力标准值 (N/mm²) ; w_k ——垂直于幕墙平面的风荷载作用标准值 (N/mm²) ; b ——计算边长, 面板长边 (mm) ; t ——面板厚度 (mm) ; m ——均布荷载作用下的最大弯矩系数 (按本文件附录B表B.2采用) 。

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek} b^2}{t^2} \dots\dots\dots (59)$$

式中:

 σ_{Ek} ——地震作用下截面的最大应力标准值 (N/mm²) ; q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的地震作用标准值 (N/mm²) ; b ——计算边长, 面板长边 (mm) ; t ——面板厚度 (mm) ; m ——均布荷载作用下的最大弯矩系数 (按本文件附录B表B.2采用) 。

b) 对边简支板最大弯曲应力标准值按下列公式 (60) ~ 公式 (61) 计算。

$$\sigma_{wk} = 0.75 \frac{w_k a^2}{t^2} \dots\dots\dots (60)$$

式中:

 σ_{wk} ——风荷载作用下截面的最大应力标准值 (N/mm²) ; w_k ——垂直于幕墙平面的风荷载作用标准值 (N/mm²) ; a ——面板计算跨度 (mm) ; t ——面板厚度 (mm) 。

$$\sigma_{Ek} = 0.75 \frac{q_{Ek} a^2}{t^2} \dots\dots\dots (61)$$

式中:

 σ_{Ek} ——地震作用下截面的最大应力标准值 (N/mm²) ; q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的地震作用标准值 (N/mm²) ; a ——面板计算跨度 (mm) ; t ——面板厚度 (mm) 。

c) 四边简支板最大弯曲应力标准值按下列公式 (62) ~ 公式 (63) 计算。

$$\sigma_{wk} = \frac{6mw_k a^2}{t^2} \dots\dots\dots (62)$$

式中:

 σ_{wk} ——风荷载作用下截面的最大应力标准值 (N/mm²) ; w_k ——垂直于幕墙平面的风荷载作用标准值 (N/mm²) ; a ——矩形面板短边边长 (mm) ; t ——面板厚度 (mm) ;

m ——跨中弯矩系数，按表32采用。

$$\sigma_{Ek} = \frac{6mq_{Ek}a^2}{t^2} \dots\dots\dots (63)$$

式中：
 σ_{Ek} ——地震作用下截面的最大应力标准值（N/mm²）；
 q_{Ek} ——垂直于幕墙平面的地震作用标准值（N/mm²）；
 a ——矩形面板短边边长（mm）；
 t ——面板厚度（mm）；
 m ——跨中弯矩系数，按表32采用。

表32 四边简支面板的跨中弯矩系数

（ $\nu=0.125$ ）

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

d) 面板中最大弯曲应力标准值按本文件 6.3 节规定组合，所得的最大弯曲应力设计值不应超过石板的抗弯强度设计值。

8.4.8 通槽支承面板的槽口抗弯设计应符合下列规定。

a) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，槽口处最大弯曲应力标准值，按下列公式(64)计算。

$$\sigma_k = \frac{8q_klh}{(t-c)^2} \dots\dots\dots (64)$$

式中：
 σ_k ——槽口处最大弯曲应力标准值（N/mm²）；
 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²）；
 l ——面板跨度，即支承边的距离（mm）；
 h ——槽口受力一侧深度（mm）；
 t ——面板厚度（mm）；
 c ——槽口宽度（mm）。

b) 由各种荷载作用在槽口处产生的弯曲应力标准值，按本文件 6.3 节规定组合。

c) 面板槽口处最大弯曲应力设计值 σ 满足下列公式（65）要求。

$$\sigma \leq 0.7f_{g1} \dots\dots\dots (65)$$

式中：
 σ ——槽口处面板最大弯曲应力设计值（N/mm²）；
 f_{g1} ——面板抗弯强度设计值（N/mm²），可按本文件4.2.9条规定采用。

8.4.9 短槽和通槽面板抗剪设计应符合下列规定。

a) 短槽面板在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，挂钩在槽口边产生的剪应力标准值按公式（66）～公式（67）计算。

两边连接 $\tau_k = \frac{q_k ab}{n(t-c)s} \beta \dots\dots\dots (66)$

式中：
 τ_k ——槽口处面板的剪应力标准值（N/mm²）；
 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²）；
 $a、b$ ——面板短边及长边边长（mm）；
 c ——槽口宽度（mm）；
 s ——单个槽底总长度（mm），矩形槽的槽底总长度 s 取槽长加上槽深的2倍；
 t ——面板厚度（mm）；
 n ——两边连接的每边上挂件数或四边连接的长边挂件数；
 β ——应力调整系数（可按表33采用）。

四边连接 $\tau_k = \frac{q_k (2b-a)a}{2n(t-c)s} \beta \dots\dots\dots (67)$

式中：
 τ_k ——槽口处面板的剪应力标准值（N/mm²）；
 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²）；
 $a、b$ ——面板短边及长边边长（mm）；
 c ——槽口宽度（mm）；
 s ——单个槽底总长度（mm），矩形槽的槽底总长度 s 取槽长加上槽深的2倍；
 t ——面板厚度（mm）；
 n ——两边连接的每边上挂件数或四边连接的长边挂件数；
 β ——应力调整系数（可按表33采用）。

b) 通槽面板在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，在槽口处剪应力标准值按公式（68）计算。

$\tau_k = \frac{q_k a}{t-c} \dots\dots\dots (68)$

式中：
 τ_k ——槽口处面板的剪应力标准值（N/mm²）；
 q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²）；
 a ——面板跨度，即支承边的距离（mm）；
 c ——槽口宽度（mm）；
 t ——面板厚度（mm）。

c) 由各种载荷和作用产生的剪应力标准值按本文件 6.3 节规定组合，剪应力设计值应满足石材抗剪强度设计值。

表33 应力调整系数

每块板短槽或背栓个数	4	6	8
β	1.25	1.3	1.35

8.4.10 背栓面板抗拉设计应符合下列规定。
a) 在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，单个背栓螺栓所受拉力按下列公式（69）计算。
 $F_t = \frac{q_k \cdot a \cdot b \cdot \beta}{n} \dots\dots\dots (69)$

式中：

F_t ——单个背栓螺栓受到水平拉力标准值（N）；

q_k ——风荷载或垂直于板面方向地震作用标准值（N/mm²）；

a 、 b ——面板短边、长边边长（mm）；

β ——应力调整系数，按表33采用；

n ——每块面板上背栓螺栓数量。

b) 各种荷载作用按本文件 6.3 节规定组合。

c) 受拉时单个背栓螺栓承载力设计值 R_t 应通过荷载试验确定，材料强度系数取 2.5~3.0，所得设计值不应小于下列经验公式（70）计算值；不满足时，材料强度安全系数应取 3.5。

$$R_t = \frac{C f_k^{0.6} \cdot h_v^{1.7}}{3.0} \dots\dots\dots (70)$$

式中：

f_k ——面板抗弯强度设计值（N/mm²）；

h_v ——锚固深度（mm）；

C ——材质系数，花岗岩取17，大理石、砂岩、石灰岩等取30。

d) 小尺寸面板或条状面板，背栓位置不满足 8.4.16 条要求时，背栓中心线至面板边缘距离不宜小于板厚的 2 倍且不小于 50 mm，该背栓螺栓承载力设计值应乘以折减系数 0.50。

e) 背栓螺栓应按净面积验算抗拉承载力并满足强度要求。

8.4.11 背栓面板抗剪设计应符合下列规定。

a) 背栓面板在风荷载或垂直于板面方向地震作用下，剪应力标准值取以下公式（71）~公式（72）计算结果的较大值。

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n\pi(d+t-h_v)(t-h_v)} \beta \text{（正压时）} \dots\dots\dots (71)$$

式中：

τ_k ——背栓螺栓处面板的剪应力标准值（N/mm²）；

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

a 、 b ——面板短边、长边边长（mm）；

d ——背栓螺栓孔直径（mm）；

n ——单块面板上的背栓个数；

h_v ——背栓螺栓切入孔深度（mm）；

t ——面板厚度（mm）；

β ——应力调整系数（可按表33采用）。

$$\tau_k = \frac{q_k ab}{n\pi(d+h_v)h_v} \beta \text{（负压时）} \dots\dots\dots (72)$$

式中：

τ_k ——背栓螺栓处面板的剪应力标准值（N/mm²）；

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

a 、 b ——面板短边、长边边长（mm）；

d ——背栓螺栓孔直径（mm）；

- n ——单块面板上的背栓个数；
 h_v ——背栓螺栓切入孔深度（mm）；
 t ——面板厚度（mm）；
 β ——应力调整系数（可按表33采用）。
b) 各种荷载作用按本文件 6.3 节规定组合；背栓螺栓处剪应力设计值应符合下列公式（73）条件。

$$\tau \leq f_{g2} \dots\dots\dots (73)$$

式中：
 τ ——面板背栓螺栓处剪应力设计值（N/mm²）；
 f_{g2} ——面板抗剪强度设计值（N/mm²），可按本文件4.2.9规定采用。

- c) 背栓螺栓处于本文件 8.4.10 条 d) 款所述位置时，面板剪应力设计值应乘以放大系数 1.50。
- 8.4.12 面板的支承连接构造，可采用短槽、通槽和背栓形式，同一块面板上可有不同的连接构造。
- 8.4.13 应根据面板的尺寸、材质、厚度、形状和所在位置等合理选择连接方式。
- 8.4.14 石材挂件材质应采用不锈钢和铝合金，不应采用碳钢。
- 8.4.15 短槽/通槽连接构造应满足下列要求：
- a) 挂件尺寸经计算确定。不锈钢挂件厚度不小于 3 mm，铝合金挂件厚度不小于 4 mm；
 - b) 挂件在面板内的实际插入深度不小于 15 mm，短槽有效长度应比挂件长度大 20 mm，宽度宜为挂件厚度加 2 mm，深度不小于挂件插入深度加 3 mm；槽口两侧板厚度均不小于 8 mm；
 - c) 短槽的中心宜设置在板边的 1/4 处；
 - d) 面板挂装时，应在面板短槽内注入胶粘剂，充盈度不应小于 80%；
 - e) 挂件与龙骨应采用不锈钢螺栓连接，直径不小于 5 mm。
- 8.4.16 背栓孔切入的有效深度不宜小于面板厚度 1/2，也不宜大于石材厚度 2/3，孔底至板面的剩余厚度不应小于 10 mm，孔底应扩孔。背栓孔离石板边缘净距不宜小于 50 mm，背栓间的间距不应小于 80 mm。

8.5 人造面板

8.5.1 幕墙用人造面板的适用高度见表 34。

表34 人造面板适用高度

单位为 m

材质	陶板	瓷板	微晶玻璃	玻璃纤维增强水泥外墙（GRC）板	
				平板	带肋板、单层板和背附钢架板
高度（≤）	80	60	70	24	80

- 8.5.2 人造面板应按实际受力模型计算。
- 8.5.3 空心陶板的最大弯曲应力标准值宜采用有限元方法分析计算，也可通过均布静态荷载弯曲试验确定其受弯承载能力，并应符合公式（74）规定。

$$q \leq \frac{Q}{\gamma_r} \dots\dots\dots (74)$$

式中：
 Q ——空心陶板均布静态荷载弯曲试验的最小破坏荷载（N/mm²）；

q ——垂直于空心陶板板面方向的风荷载标准值和地震作用标准值，按本文件6.3节规定进行组合后所得之面板承受的荷载设计值（ N/mm^2 ）；

γ_r ——陶板的材料性能分项系数，可取1.8。

- 8.5.4 异型面板可采用有限元方法计算。
- 8.5.5 金属挂件安装缝内所用的填充材料宜选用环氧胶粘剂，胶粘剂应符合 JC 887 规定。
- 8.5.6 人造面板最小厚度应符合表 35 规定。面板材料选用应符合相关规范要求。

表35 人造面板材料厚度

面板材料	瓷板	陶板		GRC板
		实心	空心壁厚	
最小厚度/mm	13	15	8	10

- 8.5.7 面板的计算厚度分别为：
 - a) 实心瓷板或陶板：表面平整时，按公称厚度减去背纹厚度采用；表面有波纹或者装饰性凹凸时，按公称厚度减去背纹厚度和表面凸起高度或凹陷深度采用；
 - b) 空心瓷板或陶板：按有限元建模计算结果采用；
 - c) GRC 板：正面平整且无装饰层，按结构层的厚度采用。
- 8.5.8 大尺度 GRC 面板宜采用带肋板或背附钢架板。
- 8.5.9 瓷板应符合 JGJ 336 的规定，并满足如下要求：瓷板背栓埋置深度不小于 8 mm，孔底距面板净厚度不小于 5 mm，背栓螺栓直径不小于 6 mm。背栓承载力应通过试验确定。
- 8.5.10 陶板应符合 JGJ 336 的规定：
 - a) 陶板长度不宜大于 1.5 m；
 - b) 陶板、陶棍及其他陶质部件安装时，应有防碎裂坠落措施。
- 8.5.11 GRC 面板连接可采用短槽、背栓、预埋锚杆或螺母套等构造形式，其构造和设计应符合 JGJ/T 423 规定，并满足以下要求：
 - a) GRC 平板采用四点支承时，弯矩和挠度可按本文件 8.2.7 条规定计算，并取折减系数 $\eta = 1.0$ 。其它板型及支承形式应按有限元分析计算；
 - b) GRC 板的预埋锚固点，应通过试验来确定其连接部位的承载力。

8.6 复合面板

- 8.6.1 铝塑复合板和构造相似的其他金属复合板可采用刻槽折边，刻槽不应触及面层金属板，刻槽后剩余芯层厚度不应小于 0.3 mm，面板周边应设置加强边框，与面板和折边可靠连接。
- 8.6.2 石材蜂窝复合板面层采用亚光面或镜面时，其石材厚度不宜大于 5 mm，采用粗面时，其厚度不宜大于 8 mm。
- 8.6.3 铝蜂窝复合板和石材蜂窝复合板的铝蜂窝芯宜为六边形结构，厚度不宜小于 14 mm，芯格边长不宜大于 6 mm，壁厚不宜小于 0.07 mm。蜂窝芯和粘接层不应外露。
- 8.6.4 石材蜂窝复合板的锚固螺栓应在工厂制作板材时埋入，不应现场埋置。粘结填嵌的材料应与粘结体相容。预埋锚固螺栓的承载力应经试验确定。
- 8.6.5 石材蜂窝复合板边长不宜大于 2 m，板块面积不宜大于 2 m²。
- 8.6.6 石材蜂窝复合板所用的铝蜂窝复合板，应符合 JG/T 334 的要求。
- 8.6.7 复合面板的加劲肋的设置和连接应经计算确定。加劲肋应与面板和边框可靠连结。
- 8.6.8 复合面板的面板计算应符合下列规定。

- a) 边和肋所形成的矩形面板区格，沿板材四周边缘可按简支边考虑，中肋支承线可按固定边考虑。
- b) 复合金属板的抗弯强度设计值可根据面板与背板的铝板牌号及合金状态确定。
- c) 垂直于面板风荷载、地震作用下，矩形区格面板的最大弯曲应力标准值可采用几何非线性有限元计算，也可按下列公式（75）～公式（77）计算。

$$\sigma_{wk} = \frac{mw_k a^2}{W_e} \eta \dots\dots\dots (75)$$

式中：

- σ_{wk} ——风荷载作用下产生的最大应力标准值（N/mm²）；
 w_k ——垂直于面板的风荷载作用标准值（N/mm²）；
 a ——金属板区格的短边边长（mm）；
 m ——跨中弯矩系数，可根据其边界条件由本文件附录B表B.1确定；
 W_e ——金属复合板和铝蜂窝复合板的等效截面模量（mm³），可按表36、38取值；
 η ——折减系数，可按表31取值。

$$\sigma_{Ek} = \frac{mq_{Ek} a^2}{W_e} \eta \dots\dots\dots (76)$$

式中：

- σ_{Ek} ——地震作用下产生的最大应力标准值（N/mm²）；
 q_{Ek} ——垂直于面板的地震作用标准值（N/mm²）；
 a ——金属板区格的短边边长（mm）；
 m ——跨中弯矩系数，可根据其边界条件由本文件附录B表B.1确定；
 W_e ——金属复合板和铝蜂窝复合板的等效截面模量（mm³），可按表36、38取值；
 η ——折减系数，可按表31取值。

$$\text{非抗震设计 } \theta = \frac{w_k a^4}{11.2 D_e t_e} \text{ 或抗震设计 } \theta = \frac{(q_{Ek} + 0.2 w_k) a^4}{11.2 D_e t_e} \dots\dots\dots (77)$$

式中：

- σ_{wk} 、 σ_{Ek} ——风荷载、地震作用下产生的最大应力标准值（N/mm²）；
 w_k 、 q_{Ek} ——垂直于面板的地震作用标准值（N/mm²）；
 a ——金属板区格的短边边长（mm）；
 t ——面板厚度（mm）；
 t_e ——面板的折算厚度，铝塑复合板可取0.8 t ，蜂窝铝板可取0.6 t ；
 m ——跨中弯矩系数，可根据其边界条件由本文件附录B表B.1确定；
 D_e ——金属复合板和铝蜂窝复合板的等效弯曲刚度（N·mm），可按表37、39取值；
 η ——折减系数，可按表31取值。

表36 铝塑复合板的等效截面模量 W_e

厚度/mm	4	5	6
W_e / mm^3	1.6	2.0	2.7

表37 铝塑复合板的等效弯曲刚度 D_e

厚度/mm	4	5	6
$D_e / (\text{N} \cdot \text{mm})$	2.4×10^5	4.0×10^5	5.9×10^5

表38 铝蜂窝复合板的等效截面模量 W_e

厚度/mm	10	15	20	25
W_e / mm^2	4.5	14.0	19.0	24.0

表39 铝蜂窝复合板的等效弯曲刚度 D_e

厚度/mm	10	15	20	25
$D_e / (\text{N} \cdot \text{mm})$	0.2×10^7	0.7×10^7	1.3×10^7	2.2×10^7

- d) 中肋支承线上的弯曲应力标准值，取板格两侧固端弯矩的平均值计算。
- e) 面板最大应力设计值按本文件 6.3 节规定组合。最大应力设计值不应超过面板的强度设计值。
- 8.6.9 垂直于面板风荷载、地震作用下，金属和铝蜂窝复合板的面板跨中挠度可采用几何非线性有限元计算，也可按下列公式（78）计算。

$$d_f = \frac{\mu w_k a^4}{D_e} \eta \dots\dots\dots (78)$$

式中：

d_f ——挠度最大值（mm）；

w_k ——垂直于面板的风荷载作用标准值（N/mm²）；

a ——金属板区格的短边边长（mm）；

μ ——挠度系数（可按表28近似采用）；

D_e ——金属复合板和铝蜂窝复合板的等效弯曲刚度（N·mm），可按表37、39取值；

η ——折减系数，可按表31取值。

8.6.10 石材蜂窝复合板的截面性质按照附录 C 进行计算，铝蜂窝复合板的计算可参考附录 C。

9 幕墙开启窗

9.1 一般规定

- 9.1.1 幕墙开启窗（非排烟窗）开启距离不应大于 300 mm，开启扇的面积不宜大于 1.5 m²，不应大于 2.0 m²，外开窗应有防止窗扇脱落的措施。通风换气用幕墙开启窗不应采用外平开窗。
- 9.1.2 幕墙开启窗应便于开启，启闭力不宜大于 50 N。
- 9.1.3 幕墙开启窗五金件应能满足功能和安全使用要求，应符合 GB/T 32223 的规定，并应便于安装、维修和更换。
- 9.1.4 开启窗框、窗扇、五金件及连接，应进行承载力的验算。
- 9.1.5 开启窗窗扇不应采用全隐框形式。必要时窗扇应增加安全连接构造，并进行单独承载验算。

9.2 开启窗构造

9.2.1 窗框与窗扇间宜采用双道密封，外层密封应有排水措施。窗框型材的内外高差不宜小于 35 mm，对容易渗入雨水或形成冷凝水的部位，宜在构造上设置导排水措施。

9.2.2 开启窗的窗框、窗扇的角部接缝处应采用可靠的密封措施。窗胶条周圈宜连续，转角部位宜连续折弯无接缝，中间接缝应密实。

9.2.3 开启窗周边用密封条应采用氯丁橡胶、三元乙丙橡胶条或硅橡胶密封条等制品，其性能应符合 GB/T 24498 的规定。胶条邵氏硬度不宜大于 50。

9.2.4 开启窗的型材壁厚不宜小于 2 mm。

9.2.5 上悬窗采用悬挂式连接时，窗扇挤角组角连接应进行承载力验算。

9.2.6 开启窗五金件型号应根据设计荷载选定，其连接承载力应满足使用要求。

9.2.7 开启窗采用不锈钢滑撑时，滑撑应按开启窗的自重和要求确定型号、规格，其性能应符合 JG/T 127 的规定，长度不宜小于窗扇高度的 1/3。

9.2.8 开启窗采用不锈钢撑档时，撑档应按开启扇的面积和要求确定型号、规格，其性能应符合 JG/T 128 的规定，并两侧对称配置。当滑撑长度小于边框 1/2 时，开启扇面积大于 1.0 m² 的，宜设置限位撑档；开启扇面积大于 1.5 m² 的，应设置限位撑档。

9.2.9 开启窗采用执手、锁闭器时，应按开启窗的面积、功能及要求确定型号、规格，其性能应符合 JG/T 124、JG/T 215 的规定。不应采用旋压式执手，应采用多点锁闭器。锁点应根据计算确定，且锁点间距不宜大于 400 mm。

9.2.10 开启窗五金件的连接，宜采用不锈钢螺栓或实心铆钉紧固连接。当采用螺钉直接连接时，螺钉公称直径不应小于 4 mm；螺钉单独受力时，连接处型材壁厚不应小于螺钉公称直径。当不满足时，应增加衬板、铆螺母等连接加强措施。外露螺钉头与型材的结合处应有密封措施。

9.2.11 窗扇结构胶粘接的位置，宜与中空玻璃的结构胶位置重合。玻璃下端应设置托条，托条应满足本文件 10.1.6 条规定。夹层玻璃、中空玻璃外露端面宜有防护措施。

10 框支承幕墙

10.1 一般规定

10.1.1 钢框架横梁与立柱采用焊接连接时，幅宽不宜超过 12 m。

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

10.1.3 起密封作用的明框玻璃外压板应与接缝等长。

10.1.4 明框单层玻璃、夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 40 规定。最小配合尺寸 c （图 8）应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形；玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

表40 单层玻璃、夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸

单位为 mm

面板厚度 t	a	b	c	检测方法
6	≥ 3.5	≥ 15	≥ 5	卡尺
8~10	≥ 4.5	≥ 16	≥ 5	卡尺
12 以上	≥ 5.5	≥ 18	≥ 5	卡尺
注：夹层玻璃按总厚度计算。				



图8 单层玻璃、夹层玻璃面板与型材槽口配合尺寸示意图

10.1.5 明框及半隐框幕墙中空玻璃面板、中空夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸应符合表 41 规定。最小配合尺寸 c (图 9) 应满足玻璃面板温度变化和幕墙平面内变形；玻璃面板与槽口之间应可靠密封。

表41 中空玻璃面板、中空夹层玻璃面板与型材槽口的配合尺寸

单位为 mm

面板总厚度 t (含空气层及胶片厚度)	a	b	c			检测方法
			下边	上边	侧边	
$t \leq 24$	≥ 5	≥ 17	≥ 7	≥ 5	≥ 5	卡尺
$24 < t \leq 44$	≥ 6	≥ 18	≥ 7	≥ 5	≥ 5	卡尺
注：玻璃面板总厚度大于44mm，经计算确定。						

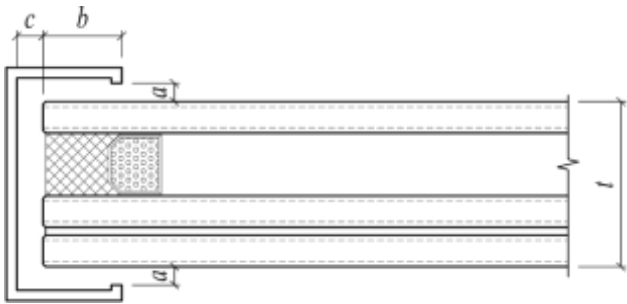


图9 中空玻璃面板、夹层中空玻璃面板与型材槽口的配合尺寸示意图

10.1.6 竖明横隐的半隐框玻璃幕墙，每块玻璃的下端应设置两个承托件。其承托件长度不应小于 100 mm，厚度不应小于 2 mm，并应验算其承载力及连接强度。

10.1.7 半隐框玻璃幕墙的压块与面板玻璃副框连接的搭接量不应小于 10 mm，压块端部与副框内侧的间隙不应小于 5 mm。

10.2 构造设计

10.2.1 横梁构造设计

10.2.1.1 横梁截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

- a) 截面自由挑出部位[图 10-a)]和双侧加劲部位[图 10-b)]的宽厚比 b_0/t 应满足表 42 的要求，并符合 GB 50429、GB/T 50018 的规定；

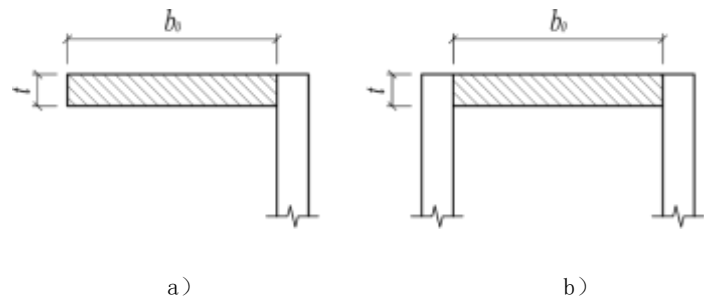


图10 横梁截面部位示意

表42 横梁截面宽厚比 b_0/t 限值

截面部位	铝型材				钢型材	
	6063-T5 6461-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6	Q235	Q355
自由挑出	17	15	13	12	15	12
双侧加劲	50	45	40	35	40	33
注：表中数值为上限。						

- b) 当横梁跨度不大于 1.2 m 时，铝合金型材截面主要受力部位的厚度不应小于 2.0 mm；当横梁跨度大于 1.2 m 时，其截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5 mm；
- c) 热轧钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 3.0 mm，焊接部位厚度不应小于 4.0 mm。

10.2.2 立柱构造设计

10.2.2.1 立柱截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

- a) 铝型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0 mm，闭口部位的厚度不应小于 2.5 mm；
- b) 热轧钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 3.0 mm，焊接部位厚度不应小于 4.0 mm；
- c) 偏心受压立柱的截面宽厚比宜符合表 42 的相应规定。

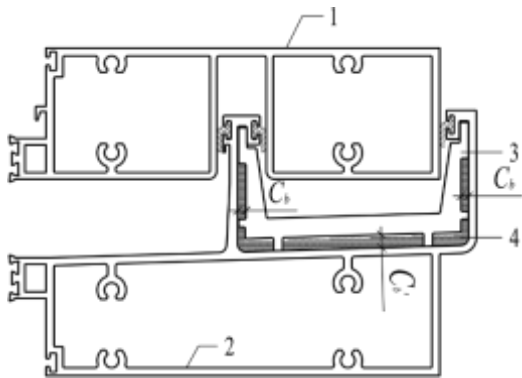
10.2.3 单元式幕墙构造设计

- 10.2.3.1 单元式幕墙的构造应形成 2 道或以上连续的密封线，保证水密、气密性能。
- 10.2.3.2 单元式幕墙板块间的对插部位，铝型材宜有导插构造。
- 10.2.3.3 单元式幕墙板块的插接部位应有合理的搭接长度，立柱的搭接长度不应小于 10 mm；顶、底横梁的搭接长度不应小于 15 mm。在极限状态下搭接长度不应小于 5 mm。
- 10.2.3.4 单元式幕墙面材与框架及框架与框架连接处，应有可靠的密封措施，保证独立单元板块的密封完整性。
- 10.2.3.5 相邻单元板块采用横滑插芯连接时，横滑插芯长度不宜小于 250 mm。
- 10.2.3.6 插芯型材与顶横梁间应有一定的间隙并用硅酮密封胶密封，间隙 C_b 和 C_b' 可按公式 (79) 计算，且 C_b 不应小于 5 mm， C_b' 不应小于 3 mm（图 11）。

$$(C_b、C_b') \geq \frac{\alpha b \Delta t + d_E}{n \sqrt{\delta(2 + \delta)}} \dots\dots\dots (79)$$

式中：

- C_b 、 C_b' ——过桥型材与顶横梁间的间隙（mm）；
 α ——顶横梁的线膨胀系数（1/K）；
 b ——单元板块的分格宽度（mm）；
 Δt ——幕墙的年温度变化（K）；
 d_E ——考虑地震作用等其它因素影响的预留量（mm），不少于3 mm；
 n ——过桥型材两端均可伸缩取2，只有一端可伸缩取1；
 δ ——硅酮密封胶允许的变位承受能力。



标引序号说明：

- 1——上横梁；
2——下横梁；
3——插芯型材；
4——硅酮密封胶。

图11 插芯型材与横梁配合示意图

10.3 连接设计

- 10.3.1 构件式幕墙横梁与立柱采用销钉连接时，应有防脱装置。销钉的直径不应小于 5.0 mm，销钉材质宜为不锈钢。立柱销孔处的局部壁厚应经计算确定，且应满足配合精度要求。
- 10.3.2 构件式幕墙横梁与立柱采用角码连接时，每个连接处的螺钉或螺栓不应少于 2 个。螺钉或螺栓直径不应小于 6 mm。
- 10.3.3 构件式幕墙横梁与立柱间应有 1.0 mm~1.5 mm 间隙，并应采用柔性橡胶垫片或硅酮密封胶封闭。
- 10.3.4 构件式幕墙上、下立柱的连接构造应符合下列要求：
- a) 采用插芯连接时，插芯与上、下立柱结合长度均不小于 80 mm；
 - b) 上、下立柱之间应留有不小于 15 mm 的缝隙，龙骨与面板共同组成气密线时，接缝应密封处理。闭口钢立柱接缝宜密封处理。
- 10.3.5 单元式幕墙框架立柱和横梁的连接，应采用不锈钢自攻螺钉或机制螺钉，且应采取密封措施。连接螺钉的直径不应小于 5 mm，螺钉数量应经计算确定且每个连接点不少于 3 个，螺钉与型材的有效连接长度不宜小于 35 mm。

11 全玻璃幕墙

11.1 一般规定

- 11.1.1 玻璃肋应采用夹层玻璃，开孔玻璃肋应采用钢化夹层玻璃。

11.1.2 全玻璃幕墙玻璃肋的截面厚度不应小于 12 mm。夹层玻璃肋的厚度可取两片玻璃厚度之和。

11.1.3 采用金属构件连接的玻璃肋，其连接金属件的厚度不应小于 6 mm，连接螺栓宜采用不锈钢螺栓，其直径不小于 8 mm。

11.1.4 吊夹应符合 JG/T 139 的规定；玻璃吊夹应仅承受玻璃自重，应设置其他支承构件用于承担玻璃面板和肋板所传递的水平荷载。

11.1.5 吊夹承力的全玻璃幕墙，吊夹承载力设计值不应小于所吊挂玻璃自重荷载标准值的 2 倍，中空玻璃宜采用玻璃开孔的悬挂形式。

11.2 构造设计

11.2.1 全玻璃幕墙的周边收口槽壁与玻璃面板或玻璃肋的空隙均不宜小于 8 mm，玻璃与槽壁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。下端支承的玻璃与下槽底应采用不少于两块硬质垫块支承，垫块长度不应小于 100 mm，厚度不应小于 10 mm。吊挂玻璃下端与下槽底的空隙应满足玻璃伸长变形的要求。

11.2.2 螺栓与玻璃孔之间应设置软铝、软铜等软金属衬套或非金属衬套，或采用高弹性模量环氧树脂填充密实。

11.2.3 螺栓承力的吊挂式全玻璃幕墙，玻璃孔壁叠差不宜大于 1.0 mm。

11.2.4 当夹层玻璃构件采用金属植入连结节点时，夹层玻璃的中间层宜采用离子型胶片，且胶片厚度不应小于 1.52 mm；夹层玻璃中单片玻璃的厚度不宜小于 10 mm；金属预埋件宜采用钛合金、不锈钢材质，且宽度不宜小于 60 mm，在夹层玻璃内埋置深度不宜小于 30 mm，金属预埋件边部距离玻璃边缘的距离不宜小于夹层玻璃单片厚度的 5 倍。

12 点支承玻璃幕墙

12.1 一般规定

12.1.1 点支承玻璃幕墙的支承体系可选用钢结构（单柱式、钢桁架、拉杆桁架）、索结构（单向竖索、单层索网、索桁架、自平衡索桁架）、玻璃肋等结构体系。计算支承结构时，玻璃面板不宜兼做支承结构的一部分；复杂的支承结构宜采用有限元方法进行分析。

12.1.2 穿孔式点支承装置的驳接头应能适应玻璃面板在支承点处的转动变形。夹板式点支承装置的夹持头与玻璃面板间应设置柔性垫片等构造，以适应玻璃面板的转动变形。

12.1.3 采用浮头式连接件的幕墙外片玻璃厚度不应小于 6 mm；采用沉头式连接件的幕墙外片玻璃厚度不应小于 8 mm。玻璃面板间的接缝宽度不应小于 10 mm。

12.2 支承装置构造设计

12.2.1 点支承装置可采用穿孔式或夹板式，应符合 JG/T 138 的规定。

12.2.2 支承装置与玻璃之间宜设置弹性材料的衬垫或衬套，厚度不宜小于 1 mm。

12.2.3 索幕墙边界宜采用索结构收边。非索结构收边时应有变形协调构造措施，宜采取可调节变形措施。转角和收边结构应能适应索结构的变形，可采用调整索力等方法处理。

13 采光顶和雨篷

13.1 一般规定

13.1.1 采光顶设计应符合 JGJ 255 的规定。其建筑物理性能分级应符合 JG/T 231 的规定。

- 13.1.2 封闭式采光顶的热工性能和通风性能应满足节能要求，并符合 GB 50189、JGJ 134 的规定。
- 13.1.3 采光顶上有消防要求的开启天窗应与消防系统联动。
- 13.1.4 倾斜面采光顶檐口直接临街或下方为人流聚集区时，应设置融雪、挡冰装置。
- 13.1.5 采光顶应有防止玻璃坠落的构造措施。
- 13.1.6 雨篷的设计和构造应适应主体结构的变形。并根据建筑特点和外挑宽度选择排水方式，有组织排水时，雨水主水管应采取暗藏形式；无组织排水时，应避免主要出入口出现水帘现象。
- 13.1.7 倒置式玻璃雨篷不应采用隐框或点支承的构造设计。
- 13.1.8 雨篷排水坡度不宜小于 3%，且玻璃面板在自重作用下的变形不应造成积灰、积水。
- 13.1.9 出入口、人行通道的雨篷应有防止玻璃坠落的构造措施。
- 13.1.10 玻璃雨篷的边缘采用无框设计时，该处玻璃在自重作用下的挠度不应超过跨距的 1/400。

13.2 结构设计

- 13.2.1 采光顶、雨篷雪荷载的基本雪压应按 100 年重现期取值。
- 13.2.2 采光顶风荷载局部体型系数按 GB 50009 的有关规定取值；雨篷风荷载局部体型系数按以下规定取值：
 - a) 悬挑雨篷负风压体型系数取-2.0；
 - b) 正风压体型系数取+1.0。
- 13.2.3 采光顶、雨篷防冲击性能应符合 GB/T 31433 中 5.2.1.4 条的 3 级。
- 13.2.4 采光顶、雨篷玻璃强度设计值应符合 JGJ 113 的规定。
- 13.2.5 采光顶、雨篷支承构件及面板的最大挠度应符合表 43 的规定。玻璃面板在自重作用下的变形不应造成积灰、积水。

表43 采光顶支承构件及面板的最大挠度

支承构件或面板			最大相对挠度（ L 为跨距）
支承构件	单根金属构件	铝合金型材	$L/180$
		钢型材	$L/250$
玻璃面板	简支矩形		短边/60
	简支三角形		长边对应的高/60
	点支承		沿边长方向最大支承点间距/60
	点支承三角形		短边对应的高/60
光伏玻璃面板	四边简支		短边距/120
注：悬臂构件的跨距 L 可取其悬挑长度的2倍。			

13.2.6 采光顶、雨篷的结构构件与主体结构宜通过预埋件连接；当没有条件采用预埋件时，应采用可靠的方式与主体结构连接，可采用机械自扩底锚栓、特殊倒锥形化学锚栓、对穿夹板式后置埋件等，不应采用普通化学锚栓。后置埋件的设计应符合 JGJ 145 的规定。

13.3 排水设计

- 13.3.1 采光顶排水坡度不宜小于 5%。
- 13.3.2 采光顶宜有冷凝水和渗漏水的收集导排系统。
- 13.3.3 面积较大的采光顶宜采用有组织排水系统。

13.4 构造设计

13.4.1 附着于采光顶的景观照明装置及清洗维护装置应与采光顶一体化设计。

13.4.2 采光顶、雨篷所采用的玻璃，长边边长不宜大于 2 m，采光顶玻璃单块面积不应大于 2.5 m²，雨篷玻璃单块面积不宜大于 2.5 m²。

13.4.3 采光顶、雨篷所采用的玻璃应使用夹层玻璃，其胶片厚度不应小于 1.14 mm。

14 光伏幕墙

14.1 一般规定

14.1.1 光伏组件选用及电气线路的设计，应符合国家及行业有关标准的规定。

14.1.2 规划设计应综合考虑建筑功能、周边环境、地区气候及太阳能资源等因素。光伏幕墙的布局、朝向、间距、组串形式和空间环境，应满足光伏电气系统设计和安装技术要求。

14.1.3 防雷性能应符合 GB 50057 的规定。防火性能应符合 GB 50016 的规定。

14.1.4 建筑光伏系统防雷与接地系统的运行与维护应符合 GB/T 32512、DL/T 1364 的规定。

14.1.5 光伏幕墙设计应预留光伏输配电和控制用缆线及电气设备的布局空间，统筹安排、集中布置，安全、隐蔽且方便维护和保养。

14.1.6 光伏组件的选型和设计应与建筑设计相协调，不应因安装部位的建筑及幕墙造成不利影响。

14.2 系统设计

14.2.1 光伏幕墙组件应由发电玻璃与结构玻璃经夹层工艺组合而成。结构玻璃应为超白玻璃，并经过钢化及均质处理，单片厚度不应小于 6 mm。

14.2.2 结构玻璃胶片宜采用 PVB，胶片厚度不应小于 1.14 mm，不应采用 EVA 胶片。

14.2.3 光伏组件在进行结构计算时，不考虑发电玻璃的有利影响，其最大挠度控制应符合相应的要求。发电玻璃的变形不应影响发电功能，并应进行强度验算。

14.2.4 光伏幕墙构造应考虑通风散热设计。当光伏幕墙背后有围护结构时，应留有间隙，距离不小于 50 mm。

14.3 运行与维护

光伏幕墙的运行与维护应符合 JGJ/T 264 的规定。

15 幕墙信息模型

15.1 一般规定

15.1.1 幕墙信息模型应直观、适用。作为建筑信息模型的一个子项，应与建筑信息模型的要求相协调。幕墙信息模型可根据具体工程项目的需求单独创建，也可在建筑信息模型总体架构下协同创建。空间关系复杂的异形幕墙，应创建并使用幕墙信息模型。

15.1.2 幕墙信息模型可按幕墙工程不同阶段的需求进行创建，并基于模型输出相关数据信息，如二维图纸、虚拟仿真漫游、施工方案模拟等。

15.1.3 幕墙工程 BIM 模型资源应统一管理，根据工程项目名称和实施阶段命名模型文件，幕墙工程分类及标记应符合 GB/T 21086 的规定。

15.2 模型建立

- 15.2.1 建模范围应与工程项目幕墙设计建造合同中约定的工作范围一致。模型的创建及维护应与幕墙的方案设计、深化设计、施工建造、竣工交付及运维等阶段相对应，正确反映幕墙设计建造过程的真实信息。
- 15.2.2 建模软件的选择，可根据具体工程项目对建筑信息模型管理要求、幕墙造型的复杂程度、模型应用规划和使用阶段等进行确定。
- 15.2.3 建模流程一般包含建模准备、模型创建、模型校核、模型优化及深化四个阶段。
- 15.2.4 建模准备一般包括基础资料梳理与确认、工作流程与协同方式、建模标准、建模计划及模型应用计划等。
- 15.2.5 模型创建一般根据前期收集整理的数据材料进行模型创建，模型项目地理位置信息、坐标系、单位与公差等应与设计文件一致，宜采用经济、便捷的建模细度准确建模，精确反映幕墙构件及相关信息。
- 15.2.6 幕墙设计建造不同阶段对模型成果的几何精度和信息精度的最低要求应符合表 44 规定。

表44 幕墙设计建造各阶段模型成果最低精度等级

幕墙实施阶段	几何精度等级	信息精度等级
方案设计阶段	G2	I2
深化设计阶段	G3	I3
施工建造阶段	G4	I4
竣工交付阶段	G4	I5

- 15.2.6.1 幕墙信息模型的规划标准应符合所在工程项目总的建筑信息模型建模规划标准的规定。无相关标准要求时，可按以下要求创建。
- a) 单位及坐标：
 - 1) 长度单位为毫米（mm），标高单位为米（m）；
 - 2) 采用建模软件自带的通用坐标系，以相对标高±0.000 为坐标原点的 Z 轴坐标点。
 - b) 幕墙信息模型的拆分标准可选划分方法：
 - 1) 按建筑楼体划分；
 - 2) 按幕墙系统类型划分；
 - 3) 按楼层划分；
 - 4) 按建筑立面划分；
 - 5) 按幕墙安装区域和批次划分；
 - 6) 按模型构件材料划分。
 - c) 模型及构件命名规则：
 - 1) 模型与构件命名应由英文字母、数字、下划线组成；
 - 2) 模型命名应以拆分先后顺序逐级命名，以体现模型之间的从属关系；
 - 3) 模型文件的一般命名方式为项目编号或项目简称__设计建造阶段__建筑楼体号__幕墙系统编号__所在楼层号/立面号__施工区域或批次号__八位数字日期。
 - d) 模型色彩标准：
 - 1) 对模型中的构件依据材料的不同赋予不同颜色；
 - 2) 模型颜色按 RGB 标准定义。
 - e) 文件夹及文件命名规则：

- 1) 信息模型相关文件夹一般分为核心文件夹和项目文件夹，核心文件夹包含族库文件夹、标准文件夹及样板文件夹；项目文件夹包含设计依据文件夹、模型创建文件夹；其中设计依据文件夹包含建筑设计文件、建筑结构文件、幕墙设计文件、关联专业文件；模型创建文件夹包含临时文件、模型成果文件；
- 2) 除模型文件外，其他文件的命名应按约定的规则保持文件名称的唯一性。

15.2.7 模型校核主要包括以下内容：

- a) 模型与建模标准的匹配度校核；
- b) 模型精度校核。应对模型的几何精度和信息精度分别校核；
- c) 模型与图纸的匹配度校核。模型碰撞问题校核。

15.2.8 模型优化及深化主要包括以下内容：

- a) 应整合建筑、结构、装饰、幕墙等各专业形成整合的模型，并进行碰撞检测、空间优化及分格优化、曲面优化、设计下料及施工辅助等；
- b) 碰撞检测应设定基本原则，宜使用 BIM 三维碰撞检测软件和可视化技术，发现并调整模型中的冲突和碰撞；包含幕墙构件之间、幕墙构件与主体结构之间的冲突检测，形成碰撞检测报告；
- c) 碰撞检测报告应包含建筑结构整合模型的三维透视图、轴测图、剖切图，以及通过模型剖切的平面、立面、剖面等二维图，并对检查修改前后的建筑结构模型作对比说明；空间优化应使用 BIM 可视化技术对幕墙表皮与结构之间的空间进行检测分析，结合幕墙支撑系统给出最优间距；
- d) 幕墙曲面优化应使异形曲面幕墙的表皮分格合理，在保证圆滑过渡效果的前提下尽量减少双曲异形板；
- e) 根据幕墙设计方案完善幕墙细部连接构造节点、收边收口节点、与其他专业接口节点、预埋件布置等；
- f) 深化模型材质设置应符合相关标准指定的统一材质命名规则；
- g) 构件宜有唯一的标识编码，以方便确认具体信息；
- h) 深化模型除应包括施工图设计模型元素外，还应包括节点、预埋件等模型元素。

15.3 模型应用

模型应用阶段概括可按照幕墙工程BIM应用流程，包括幕墙设计阶段（方案设计、施工图设计、加工图设计）、幕墙施工阶段（生成加工、现场安装、竣工验收）、幕墙运维阶段（运营维护）等几个步骤。

15.3.1 基本要求

幕墙信息模型应满足幕墙工程建造合同中约定的模型应用要求，包括模型可视化、碰撞检查、数据统计、施工进度模拟、施工工艺模拟、现场问题预判、协调、评估等。

15.3.2 模型可视化

15.3.2.1 模型可视化应简单直接，贯穿幕墙建造的各个阶段，如外立面效果确认、幕墙构造空间关系检查、关联专业或设计施工交底等。

15.3.2.2 模型可视化宜选择可使模型轻量化的软件。

15.3.3 模型碰撞检查

15.3.3.1 在方案设计阶段，碰撞检查可用于幕墙系统与建筑主体空间尺寸的初步确认。

15.3.3.2 在深化设计阶段，可通过幕墙信息模型与建筑主体设计信息模型的碰撞检查，具体判定幕墙构造是否满足空间尺寸的要求。

15.3.3.3 在施工建造阶段，可通过幕墙信息模型与建筑主体现场信息模型的碰撞检查，具体判定幕墙构造对建筑主体偏差的适应性是否满足要求。

15.3.4 模型数据统计

15.3.4.1 在幕墙方案设计阶段，可基于模型作初步工程量统计，并根据输入的幕墙单价信息估算幕墙造价。

15.3.4.2 在幕墙深化设计阶段，可基于模型作精准工程量统计，对幕墙材料用量进行测算，根据输入的材料单价信息完成幕墙概算。

15.3.4.3 在幕墙加工组装阶段，可基于模型中输入的加工组装信息，对加工组装计划作合理安排。

15.3.4.4 在幕墙施工建造阶段，可基于模型中输入的安装信息，实施资金流量分析。

15.3.5 施工进度模拟

15.3.5.1 在方案设计阶段，可基于信息模型中的施工进度要求来选择合理的幕墙系统。

15.3.5.2 在深化设计阶段，可基于信息模型进行幕墙及相关专业交接口的合理设计。

15.3.5.3 幕墙施工建造阶段进行多专业交叉施工模拟，可辅助优化施工工艺及工期、合理化施工顺序、协调施工机具及设备设施的综合利用，以节约施工成本、提高施工效率。

15.3.6 施工工艺模拟

在幕墙施工建造阶段可作施工工艺模拟，在施工方案的基础上辅助合理化施工方法设计、提高设备利用率、保障施工质量、优化重难点部位的施工工艺。

15.3.7 施工现场问题预判与协调

幕墙的施工阶段，可利用拍摄设备记录与幕墙相关工作面的施工过程与竣工结果，与建筑信息模型作定性对比以发现问题，并以实际测量作定量分析，评估相关工作面偏差对幕墙的影响，协调解决问题。

15.3.8 模型评估

15.3.8.1 幕墙施工完成后宜根据模型进行评估。

15.3.8.2 对照实际工程完工时间与幕墙模型施工模拟进度计划，评估差异环节施工效率、分析原因总结经验教训。

15.3.8.3 对照工程完工发生的实际成本与幕墙模型的预算成本，评估差异环节盈亏数据，分析原因总结经验教训。

15.3.8.4 巡查完工后幕墙质量状态，对存在的水密、气密等质量缺陷进行模型对比分析，给出售后维护方案并总结教训。

15.3.8.5 对照实际完工效果与幕墙设计模型，评估幕墙建筑效果实现程度。

15.4 模型交付

15.4.1 模型应满足幕墙建造合同中约定的交付标准。不同阶段所交付的成果可按 15.2.5 条的建模规划标准创建，并符合 15.5 节规定的精度要求。不同精度等级的幕墙信息模型应分别交付。

15.4.2 幕墙设计建造各阶段交付的模型包括可编辑的源模型、可被轻量化软件读取的模型。

15.4.3 幕墙信息模型宜作为技术资料的一项内容在幕墙竣工验收时一并交付。

15.5 模型精度

15.5.1 幕墙信息模型精度包括模型几何精度和模型信息精度。

15.5.2 各等级模型几何精度应符合表 45 规定。

表45 模型几何精度等级

构件分类	G1	G2	G3	G4	G5
主材	分格线位置	近似体形状	准确外轮廓	完整内构造	精细全尺寸
辅材	无	无	准确外轮廓	完整内构造	完整内构造
零件	无	无	无	准确外轮廓	准确外轮廓
注1：表中模型构件分类描述如下。 主材：面材、龙骨等主要系统构成材料； 辅材：转接件、埋件、阴影盒衬板、胶条、封修板等次要系统构成材料； 零件：螺钉、加强筋、垫片等非主要系统构成材料。 注2：表中模型详细程度描述如下。 分格线位置：以线元素描述幕墙分格的空间边界关系； 近似体形状：以近似的体量元素描述构件，不要求精确尺寸，无细节； 准确外轮廓：要求构件模型有准确的外轮廓边界，以表现不同构件之间的空间关系，对构件内部尺寸无细节要求； 完整内构造：要求构件模型有准确的外轮廓边界和内构造细节，以表现构件的产品状态； 精细全尺寸：要求构件模型的全部几何尺寸与构件被安装后的真实状态一致。					

15.5.3 各等级模型信息精度应符合表 46 规定。

表46 模型信息精度等级

精度等级/信息类别	I1	I2	I3	I4	I5
几何信息	有	有	有	有	有
材料信息	无	有	有	有	有
制造信息	无	无	有	有	有
建造信息	无	无	无	有	有
维保信息	无	无	无	无	有

15.5.4 幕墙信息模型的信息类型包括几何信息、材料信息、制造信息、建造信息、维保信息，其体现方式见表 47。

表47 模型信息格式及体现方式

信息类型	信息内容	信息格式	体现方式
几何信息	几何尺寸	数值	模型
	位置	数值	模型
	颜色	数值	模型
	二维表达	模型/图纸	模型/附件
材料信息	材料名称	文本	模型
	材质	文本	模型

表 47 模型信息格式及体现方式（续）

信息类型	信息内容	信息格式	体现方式
材料信息	技术参数	文本	模型
	材料单价	数值	模型
	材料产商	文本	模型
	质保书	图片	附件
	质保时限	数值	模型
制造信息	加工制造商	文本	模型
	产品合格证	图片	附件
	生产日期	文本	模型
	产品单价	数值	模型
建造信息	施工日期	文本	模型
	施工单位	文本	模型
	设计年限	文本	模型
维保信息	维保单位	文本	模型
	维保频率	文本	模型
	免保时限	数值	模型
注1：材料单价及产品单价可由建设单位或其授权单位确定是否录入。			
注2：信息模型中施工日期的范围及精度可由建设单位或其授权单位确定是否录入。			

16 检验与检测

16.1 一般规定

16.1.1 高度大于 24 m，总面积大于等于 300 m² 的建筑幕墙，应检测其基本物理性能。建筑幕墙的热工、隔声、防火、防雷等其他物理性能应根据要求按相关规定检测，必要时作专项评估。对于应用高度不超过 24 m，且总面积不超过 300 m² 的单体建筑幕墙产品，交收检验时幕墙性能必检项目可采用 2 年内同一企业同类幕墙的型式试验结果，但型式试验结果应满足：

- a) 型式试验试件应能代表该幕墙产品；
- b) 型式试验试件性能指标不低于该幕墙的性能指标。

16.1.2 建筑幕墙工程竣工验收后，其可靠性鉴定的检测、评定方法按 DB42 / T 1709 的规定执行。

16.1.3 抽样检测项目的样本容量及检测结果判定按 GB/T 21086、GB/T 31433、JGJ/T 139 的规定执行。

16.1.4 雨篷、采光顶、栏杆等检验检测应按照相应标准执行。

16.2 材料检验

16.2.1 所有进场材料均需要提供产品合格证、出厂检验报告。

16.2.2 材料进场复验的项目，同一生产厂家的同一品种、同一类型、同一批次的进场材料应按照相关抽样比例要求进行样品复验。

16.2.3 铝合金型材的检验项目包括力学性能、几何尺寸、膜厚、硬度和表面质量等。隔热型材的检测

项目为横向拉伸和纵向剪切。

16.2.4 钢材的检验项目包括力学性能、几何尺寸、表面质量和防腐蚀处理等，必要时检测化学成分。

16.2.5 玻璃的检验项目包括光学性能、中空玻璃露点、热工性能、外观质量、几何尺寸、应力和边缘处理情况等。

16.2.6 石材和人造板材的检验项目包括力学性能、密度、吸水率、放射性（安装于室内侧时）、几何尺寸、表面质量等。

16.2.7 金属板材及金属复合板材的检验项目包括厚度、金属板与夹心层的剥离强度、板材表面涂层质量等。

16.2.8 蜂窝板的检验项目包括正、背面金属板厚度和剥离强度等。

16.2.9 硅酮结构密封胶、硅酮建筑密封胶及密封材料检验包括以下项目：

- a) 硅酮结构密封胶相容性、剥离粘结性、邵氏硬度、标准状态拉伸粘结性能、破坏形式等，应符合 GB 16776、JG/T 475 的规定；
- b) 硅酮建筑密封胶的相容性及粘结性能应符合 GB 16776、JG/T 471 的规定；
- c) 石材用建筑密封胶应进行与接触材料的污染性检测，检测结果应符合 GB/T 23261 的规定；
- d) 其他密封材料及衬垫材料应符合 GB/T 24498、GB/T 5574 的规定。

16.2.10 五金件及其他配件的检验项目包括力学性能和外观等，必要时检测耐腐蚀性、膜厚及附着力。石材面板及人造面板的挂件、背栓应检测抗拉拔性能。

16.2.11 保温材料及防火材料的检验包括以下项目：

- a) 保温材料的吸水率、密度、导热系数；
- b) 防火材料的吸水率、密度、燃烧性能。

16.2.12 幕墙工程应对下列材料及其性能指标进行复验：

- a) 铝塑复合板的剥离强度；
- b) 石材、瓷板、陶板、微晶玻璃板、木纤维板、纤维水泥板和石材蜂窝板的抗弯强度；室内幕墙用天然和人造石材的放射性及其辅材的污染性；
- c) 幕墙用结构胶的邵氏硬度、标准条件拉伸粘结强度、相容性试验、剥离粘结性试验；石材用密封胶的污染性；
- d) 中空玻璃的密封性能；
- e) 防火、保温材料的燃烧性能；
- f) 主受力杆件的力学性能。

16.3 现场检测

16.3.1 幕墙工程所用的后置埋件的锚栓、面板的背栓，应现场检测抗拉拔力。不同类型、不同规格和用于不同结构和构件的锚栓，其检测方法、检测数量按 JGJ 145 的规定执行。

16.3.2 施工过程中，应选取幕墙典型部位实施现场淋水试验，试验方法应按 GB/T 21086-2007 附录 D 的规定确定。当有需求时，可实施相关浸水、蓄水等试验。

16.3.3 幕墙耐撞击、栏杆水平推力等根据需求按 GB/T 21086、JGJ/T 470、JG/T 342 的规定进行现场试验。

16.4 性能检测

16.4.1 幕墙性能相关标准规定程序检测

16.4.1.1 气密性能、水密性能以及抗风压性能按 GB/T 15227 的规定检测。

16.4.1.2 动态水密性能按 GB/T 29907 的规定检测。

- 16.4.1.3 层间变形性能按 GB/T 18250 的规定检测。
- 16.4.1.4 热循环试验按 JG/T 397 的规定执行。
- 16.4.1.5 耐撞击性能按 GB/T 38264 或 GB/T 21086 的规定检测。
- 16.4.1.6 保温性能按 GB/T 29043 的规定检测。
- 16.4.1.7 隔声性能按 GB/T 8485 的规定检测。
- 16.4.1.8 抗震性能振动台检测按 GB/T 18575 的规定执行。

16.4.2 对试件的技术要求

- 16.4.2.1 试件应有足够的尺寸和配置,且应包括典型的垂直接缝、水平接缝和可开启部分,试件上可开启部分占试件总面积的比例与实际工程接近,试件应能代表建筑幕墙典型部分的性能。
- 16.4.2.2 试件材料、规格和型号等应与生产厂家所提供图样一致。
- 16.4.2.3 试件宽度至少应包括一个承受设计荷载的垂直承力构件。试件高度至少应包括一个层高,并在垂直方向上应有两处或两处以上和承重结构相连接。
- 16.4.2.4 抗风压性能检测需要对面板变形进行测量时,幕墙试件至少应包括 2 个承受设计荷载的垂直承力构件和 3 个横向分格,所测量挠度的面板应能模拟实际状态。
- 16.4.2.5 全玻璃幕墙试件应有一个完整跨距高度,宽度应至少有 3 个玻璃横向分格或 4 个玻璃肋。
- 16.4.2.6 单元式幕墙至少应有一个单元的四边与邻近单元形成的接缝与实际工程相同,且高度应大于 2 个层高,宽度不应小于 3 个横向分格。
- 16.4.2.7 幕墙防雷接地检测参照 GB 51348 的相关要求执行。

17 加工制作

17.1 一般规定

- 17.1.1 幕墙构件的加工制作,应以依照审查合格的施工图或模型绘制的加工图为依据。
- 17.1.2 构件加工所采用的机具、设备应满足加工精度的要求,量具应定期检定校准。
- 17.1.3 幕墙构件的原材料应满足设计要求并符合相关规范。
- 17.1.4 幕墙构件、组件和配件均应按工艺要求在工厂完成加工。

17.2 铝合金构件加工

- 17.2.1 铝合金构件加工应符合以下要求:
 - a) 铝合金构件加工应按工序依次完成;
 - b) 加工时应保护型材表面,半成品应在明显处贴标识;
 - c) 经冲孔、铣切等工序后的型材切口应平整、光滑;
 - d) 加工工序完成后应进行检验,并进行成品保护;
 - e) 铝合金型材加工前应作校直检验。型材直线度允许偏差为 1/1000。
- 17.2.2 铝合金横梁长度允许偏差为 ± 0.5 mm,立柱长度允许偏差为 ± 1 mm;端头斜度允许偏差为 $-15'$,截料端头不应有加工变形,并应去除毛刺。
- 17.2.3 型材钻孔应符合以下要求:
 - a) 孔位允许偏差为 ± 0.5 mm,孔距允许偏差为 ± 0.5 mm,累计偏差为 ± 1.0 mm;
 - b) 铆钉的通孔尺寸偏差应符合 GB/T 152.1 的规定;
 - c) 沉头螺钉的沉孔尺寸偏差应符合 GB/T 152.2 的规定;
 - d) 圆柱头螺栓的沉孔尺寸应符合 GB/T 152.3 的规定;

- e) 螺孔加工应符合设计要求。
- 17.2.4 铝合金构件上的槽、豁、榫加工按 JGJ 102 的规定执行。

17.3 钢构件加工

17.3.1 预埋件加工

- 17.3.1.1 锚板及锚筋的材质应符合设计要求。
- 17.3.1.2 预埋件的锚筋与锚板之间的焊缝应符合国家相关规范和设计要求。

17.3.2 平板型预埋件加工精度

- 17.3.2.1 锚板边长允许偏差为 $\pm 3\text{ mm}$ 。
- 17.3.2.2 锚筋长度不允许负偏差。两面为整块锚板的穿透式预埋件的锚筋长度最大允许偏差为 $+5\text{ mm}$ ，不应凸出锚板。
- 17.3.2.3 锚筋的中心线允许偏差为 $\pm 5\text{ mm}$ 。
- 17.3.2.4 锚筋与锚板面的垂直度允许偏差为 $l_s/30$ （ l_s 为锚筋长度）。

17.3.3 槽式预埋件加工精度

槽式预埋件尺寸及允许偏差按GB / T 38525的规定执行。

17.3.4 连接件、支承件加工精度

- 17.3.4.1 连接件、支承件外观应平整，不应有裂纹、毛刺、凹凸、翘曲、变形等缺陷。
- 17.3.4.2 连接件、支承件外形加工尺寸允许偏差见表 48。

表48 连接件、支承件尺寸允许偏差

单位为 mm

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

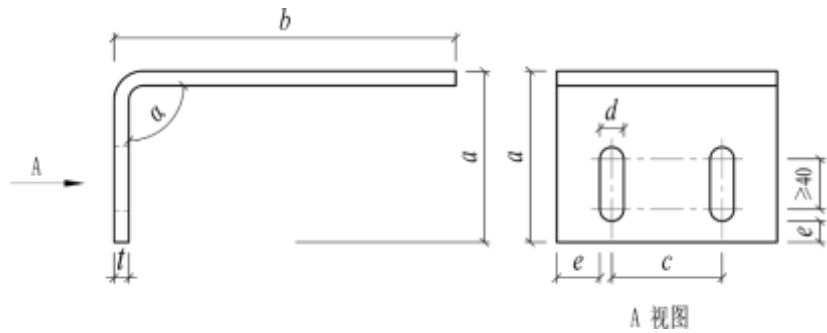


图12 连接件、支承件尺寸示意图

17.3.5 钢型材加工

- 17.3.5.1 钢型材加工前应作校直检验，钢型材直线度允许偏差为 1/500，有装饰要求的钢型材直线度允许偏差为 1/1000。
- 17.3.5.2 钢型材横梁长度允许偏差为-1 mm~+0.5 mm；立柱长度允许偏差为-2 mm~+1 mm。
- 17.3.5.3 钢构件表面涂装应符合 GB 50205 的规定。

17.3.6 钢构件焊接

钢构件焊接应符合GB 50017的规定。

17.4 玻璃面板加工

- 17.4.1 玻璃幕墙和采光顶用钢化玻璃应进行三边细磨或三边抛光，其倒棱宽度不应小于 1 mm，孔边缘不应崩边。
- 17.4.2 玻璃面板加工尺寸偏差应符合表 49~表 51 的规定。

表49 单片钢化玻璃面板尺寸允许偏差

单位为 mm

项目	玻璃厚度	玻璃边长 $L \leq 2000$	玻璃边长 $L > 2000$
边长	6, 8, 10, 12	± 1.0	± 1.5
	15, 19	± 1.5	± 2.0
对角线差	6, 8, 10, 12	≤ 1.5	≤ 2.0
	15, 19	≤ 2.0	≤ 2.5

表50 中空玻璃面板尺寸允许偏差

单位为 mm

项目		允许偏差
边长	$L < 1000$	± 1.0
	$1000 \leq L < 2000$	± 1.5
	$L \geq 2000$	± 2.0
对角线差	$L \leq 2000$	≤ 1.5
	$L > 2000$	≤ 2.0
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

表51 夹层玻璃面板尺寸允许偏差

单位为 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

- 17.4.3 平面玻璃的弯曲度，弓形时不应超过 0.15%，波形时不应超过 0.1%。
- 17.4.4 弯曲加工成型后的玻璃板块应符合以下要求：
- a) 曲边顺滑一致，每米弦长内拱高允许偏差为 $\pm 3\text{ mm}$ ；
 - b) 直边弯曲度，弓形时不大于 0.5%，波形时不大于 0.3%。
- 17.4.5 硅酮结构密封胶与玻璃或构件粘结前，应取得合格的剥离强度和相容性检验报告，必要时应加涂底漆。硅酮结构密封胶与配套使用的底漆宜采用同一品牌。
- 17.4.6 注胶前，材料被粘结部位表面的灰尘、油渍和其他污物应分别使用带溶剂的擦布和干擦布清除干净，并符合下列要求：
- a) 溶剂应存放在干净的容器中，保存和使用溶剂应遵守各项溶剂注意事项；
 - b) 应将溶剂倾倒在擦布上，不应用擦布蘸溶剂，不应将擦布浸泡在溶剂中；
 - c) 每清洁一个构件或一块面板，应换用清洁的干擦布；
 - d) 清洁后应在 1 小时内注胶；注胶前再度污染时，应重新清洁。
- 17.4.7 采用双组份硅酮结构密封胶时，应进行混匀性试验和拉断试验。
- 17.4.8 玻璃面板注胶工序应在洁净通风的室内作业，室内温度、湿度条件应符合硅酮结构胶产品的规定。注胶宽度和厚度应符合设计要求。
- 17.4.9 镀膜玻璃应根据镀膜材料的粘结性能和技术要求，确定加工制作工艺。当镀膜与硅酮结构密封胶不相容时，应除去镀膜层。
- 17.4.10 注胶应饱满，不应出现气泡，表面应平整光滑。
- 17.4.11 采用硅酮结构密封胶粘结固定的玻璃面板应静置养护，养护时间根据结构胶的固化程度确定。
- 17.4.12 夹层玻璃中的胶片不宜接触硅酮密封胶，注胶前可对其端面密封处理。
- 17.4.13 吊挂式玻璃加工应符合下列要求：
- a) 夹板粘结部位玻璃表面处理应符合本文件 17.4.6 条的规定；
 - b) 楔形夹板和衬垫材料应满涂专用强力胶粘剂，玻璃双面粘贴夹紧后静置养护至胶粘剂完全固化。
- 17.4.14 隐框玻璃组件尺寸偏差应符合 JGJ 102 的规定。

17.5 金属面板加工

- 17.5.1 金属板材的品种、规格、材质、表面处理及色泽应符合设计要求。

- 17.5.2 单层金属板加工应符合下列要求：
- a) 金属板折弯加工时，折弯外圆弧半径不应小于板厚的 1.5 倍；
 - b) 金属板加强肋的固定采用焊接螺柱时，金属板外表面不应变形、变色。
- 17.5.3 金属复合板加工应符合下列要求：
- a) 在铣切内层金属板和芯材时，应保留不小于 0.3 mm 厚的芯材；
 - b) 钻孔、切口等处的外露芯材及角缝，应采用中性硅酮耐候密封胶密封；
 - c) 在加工过程中铝复合板不应与水接触；
 - d) 复合板折边后，金属折边应采用加强措施。
- 17.5.4 金属板加工尺寸偏差应符合表 52 的规定。

表52 金属板加工允许偏差

单位为 mm

项目		允许偏差
边长	≤2000	±1.0
	>2000	±1.5
对边尺寸	≤2000	≤1.5
	>2000	≤2.0
对角线长度	≤2000	≤1.5
	>2000	≤2.5
折弯高度		≤1
平面度		≤2/1000
孔的中心距		±1.5

17.6 石材及其他板材加工

- 17.6.1 石板加工应符合下列要求：
- a) 石材的品种、石板的外形尺寸、色泽、纹理应符合设计要求；
 - b) 石板应无暗裂缺陷、连接部位无崩裂。外侧不应有崩边、缺角现象；内侧非连接部位崩边不大于 5 mm×20 mm，缺角不大于 20 mm；
 - c) 花岗石石板加工尺寸允许偏差应符合 GB/T 18601 中规定的一等品要求；没有专项标准的非花岗石石板，加工尺寸允许偏差可参照 GB/T 18601 执行；
 - d) 加工后的石材表面应清理干净，不应采用溶剂型的化学清洁剂清洗；
 - e) 石板应进行各面防护处理；
 - f) 石板的槽口宽度、深度尺寸按设计要求加工。
- 17.6.2 通槽式、短槽式的石板加工应符合下列要求：
- a) 石材通槽允许位置偏差±0.5 mm，槽宽偏差+2 mm，槽深偏差+3 mm；
 - b) 石材短槽允许位置偏差，厚度方向±0.5 mm，长度方向±5 mm；槽宽偏差+2 mm，槽深偏差+3 mm；
 - c) 石材开槽后不应有损坏或崩裂，槽内应光滑、洁净。
- 17.6.3 石材及其他板材的背栓式钻孔应符合设计要求。
- 17.6.4 背栓孔加工应符合下列要求：

a) 除背栓产品开孔精度有特殊要求外，石板背栓孔加工精度应符合表 53 的规定；

表53 石材背栓钻孔精度

单位为 mm

背栓	直孔孔径 允许偏差	底扩孔直径 允许偏差	钻孔深度 允许偏差
M6/M8	-0.2~+0.4	±0.3	-0.1~+0.4

b) 陶板、瓷板背栓孔加工尺寸偏差应符合表 54 的规定。

表54 陶板、瓷板背栓孔加工尺寸允许偏差

单位为 mm

项目	孔径	扩孔	孔深	孔中心到端边距离
允许偏差	0~+0.4	±0.3	0~+0.2	-1.0~+5.0

17.6.5 人造板材加工制作尚应符合 JGJ 336 的规定。

17.7 构件组装

17.7.1 开启扇组装

- 17.7.1.1 采用带挂钩的开启扇，应按加工图设置防滑和防脱落装置。
- 17.7.1.2 采用铰链传动的开启扇，扇和框之间的间隙允许偏差为±0.5 mm。
- 17.7.1.3 装配五金件的孔应攻丝，丝孔应符合设计要求。
- 17.7.1.4 开启窗安装附件处的型材壁厚小于螺钉的公称直径时，扇框内壁宜加衬板。
- 17.7.1.5 开启窗四周的橡胶条转角和接头部位应采用粘结剂粘结牢固，镶嵌平整。
- 17.7.1.6 开启窗应保证拼接处密封性能，框、扇宜采用组角方式组装。
- 17.7.1.7 开启窗的组件加工尺寸偏差应符合表 55 的要求。

表55 开启窗组件加工尺寸允许偏差

单位为 mm

序号	项目		允许偏差
1	框或扇长度尺寸		±1.0
2	框或扇组件长度尺寸		±1.5
3	框或扇接缝高度差		≤0.3
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	≤1.0 ≤2.0
5	框或扇组装间隙		≤0.5
6	硅酮结构密封胶宽度		0~+2.0
7	硅酮结构密封胶厚度		0~+0.5
8	结构组件平面度		≤1.5

17.7.2 石板背栓组装

17.7.2.1 石材背栓组装应按设计和产品加工组装要求执行。玻璃幕墙组件装配尺寸偏差应符合表 56 的要求。

表56 玻璃幕墙组件装配尺寸允许偏差

单位为 mm

项目	构件长度	铝型材组件允许偏差	钢组件允许偏差
组件对边尺寸差	$L \leq 2000$	≤ 1.0	≤ 2
	$L > 2000$	≤ 1.5	≤ 2.5
组件对角线尺寸差	$L \leq 2000$	≤ 1.5	≤ 3
	$L > 2000$	≤ 2.0	≤ 3.5
相邻构件装配间隙	$L \leq 2000$	≤ 0.5	≤ 1
	$L > 2000$	≤ 0.5	≤ 1.5
相邻构件平面度	$L \leq 2000$	≤ 0.5	≤ 1
	$L > 2000$	≤ 0.5	≤ 1.5

17.7.3 单元板组装

17.7.3.1 单元板块应按加工图和工艺要求加工组装。

17.7.3.2 单元板块的硅酮结构密封胶不应直接外露在室外。

17.7.3.3 型材螺钉孔内径和拧入扭矩应符合表 57 的要求。

表57 螺钉孔内径和扭矩要求

螺钉公称直径/mm	最小孔径/mm	最大孔径/mm	扭矩/Nm
4.2	3.430	3.480	4.4
4.6	4.015	4.065	6.3
5.5	4.735	4.785	10.0
6.3	5.475	5.525	13.6

17.7.3.4 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。

17.7.3.5 单元板组装应质量符合表 58 的规定。

表58 单元板组装允许偏差

单位为 mm

序号	项目		允许偏差	检查方法
1	组件长度、宽度	≤ 2000	± 1.0	钢尺
		> 2000	± 1.5	
2	组件对角线长度差	≤ 2000	≤ 1.5	钢尺
		> 2000	≤ 2.0	
3	接缝高低差		≤ 0.5	游标深度尺
4	接缝间隙		≤ 0.5	塞尺

表 58 单元板组装允许偏差（续）

序号	项目	允许偏差	检查方法
5	框面划伤	≤3 处且总长≤100	钢尺
6	框面擦伤	≤3 处且总面积≤200 mm ²	钢尺
7	胶缝宽度	+1.0 0	卡尺或钢板尺
8	胶缝厚度	+0.5 0	卡尺或钢板尺
9	各搭接量（与设计值比）	+1.0 0	钢板尺
10	组件平面度	≤1.5	1 m 靠尺
11	组件内镶板间接缝宽度（与设计值比）	±1.0	塞尺
12	连接构件竖向中轴线距组件外表面（与设计值比）	±1.0	钢尺
13	连接构件水平轴线距组件竖向对插中心线	±1.0 (可上、下调节时±2.0)	钢尺
14	连接构件竖向轴线距组件竖向对插中心线	±1.0	钢尺
15	两连接构件中心线水平距离	±1.0	钢尺
16	两连接构件上、下端水平距离差	±0.5	钢尺
17	两连接构件上、下端对角线差	±1.0	钢尺

17.8 构件检验

- 17.8.1 幕墙构件应按构件总数的 5%随机抽样检查，且每种构件不应少于 5 件。当有一个构件不符合要求时，应加倍抽查，复验合格后方可交付。
- 17.8.2 产品应附有检验合格证书。

18 安装施工

18.1 一般规定

- 18.1.1 幕墙安装施工应符合国家和地方相关规范和管理文件的要求。
- 18.1.2 幕墙安装施工前，主体结构应验收合格。
- 18.1.3 幕墙安装施工前，设计图纸及资料应经审核批准。
- 18.1.4 典型幕墙系统宜制作样板，经相关单位认可后再批量施工。
- 18.1.5 幕墙安装施工前，应按项目招标要求完成相应的性能试验，并取得国家认可的检测机构出具的试验合格报告，方可大面积展开施工。
- 18.1.6 进场安装的幕墙构件及附件产品材料的品种、规格、颜色和性能，应符合设计要求。
- 18.1.7 幕墙安装施工全过程应做好产品保护。
- 18.1.8 防火、防雷及隐蔽设施安装施工应符合设计要求。
- 18.1.9 幕墙安装施工应编制专项施工组织设计。并应符合 GB/T 50502 和当地相应文件的规定。
- 18.1.10 隐框、半隐框玻璃幕墙组件不应在施工现场打注硅酮结构密封胶。
- 18.1.11 进行焊接作业时，应对受其影响的幕墙部件采取有效的保护措施。施焊后应对受到焊接影响

的钢材部位进行表面防护处理。

18.1.12 人造板材幕墙安装施工应符合 JGJ 336 的规定。

18.2 安装施工准备

18.2.1 安装施工前首先应对幕墙施工图进行熟悉和理解，掌握项目幕墙系统分类和主要特征。

18.2.2 安装施工前应进行安装施工技术交底。

18.2.3 安装施工之前，应检查现场清洁情况、脚手架和起重运输等设备，确认是否具备幕墙施工条件。

18.2.4 安装施工前应进行幕墙测量放线，测量放线应符合下列要求：

- a) 幕墙标高及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，偏差不应累积；
- b) 应对幕墙的安装定位基准进行校核；
- c) 幕墙施工，应对主体结构施工过程中的垂直度和楼层外轮廓进行测量、监控；
- d) 测量放线工作应在确保作业安全的条件下进行。

18.2.5 构件临时存放应依照安装顺序排列。室外存储时应采取保护措施。

18.2.6 预埋件施工应符合设计要求及 GB 50204 的规定。不宜大面积采用后补埋件的形式。

18.2.7 预埋件安装应符合下列要求：

- a) 预埋件安装前应按照幕墙设计尺寸定位；
- b) 浇筑混凝土时应采取措施防止埋件发生位移，保持埋件位置准确；
- c) 预埋件的位置偏差应满足设计要求；
- d) 有防雷接地要求的预埋件，应符合 GB 50057 的规定；
- e) 安装连接件前应清理预埋件，使埋板露出金属面。

18.2.8 偏位预埋件的处理应符合下列要求：

- a) 偏差过大不满足设计要求的预埋件应补充后置埋件；
- b) 就位后需焊接作业的后置埋件应符合本文件附录 A 的规定；
- c) 后置埋件钻孔时，钻孔深度应满足后置埋件的有效埋设长度，并清理钻孔。

18.2.9 索结构预埋件应随主体结构施工同步实施，应尽量避免使用后置埋件。

18.3 构件式幕墙安装

18.3.1 立柱安装应符合下列要求：

- a) 立柱安装轴线偏差不应大于 2 mm；
- b) 相邻两根立柱安装标高偏差不应大于 3 mm，同层立柱的最大标高偏差不应大于 5 mm；相邻两根立柱固定点的距离偏差不应大于 2 mm；
- c) 立柱就位及调整后应及时紧固。

18.3.2 横梁安装应符合下列要求：

- a) 横梁应安装牢固，符合设计要求；
- b) 同一根横梁两端或相邻两根横梁的水平标高偏差不应大于 1 mm；同层标高偏差：当一幅幕墙宽度小于等于 35 m 时，不应大于 5 mm；当一幅幕墙宽度大于 35 m 时，不应大于 7 mm；
- c) 一层横梁安装完成后，应及时检查、校正和固定。

18.3.3 幕墙主要附件安装应符合下列要求：

- a) 防火、保温材料应密实、平整、牢固，拼接处应封堵；
- b) 封口处理应符合设计要求；
- c) 现场焊接或高强螺栓紧固的构件，焊接或紧固后应及时防锈处理；
- d) 幕墙安装时用的临时衬垫、固定材料，应在构件紧固后拆除；

- e) 胶条安装应符合设计要求。
- 18.3.4 面板安装应满足 JGJ 102、JGJ 133 和 JGJ 336 的规定。
- 18.3.5 装饰构件应顺直平整、接缝均匀。
- 18.3.6 构件式石材幕墙安装允许偏差除应符合本节的相关规定外，其石材幕墙挂件安装允许偏差尚应符合表 59 的规定。

表59 石材幕墙挂件安装允许偏差

单位为 mm

序号	项目	允许偏差	检查方法
1	挂件水平位置	≤1.0	水平仪
2	挂件标高	±1.0	水平仪、水平尺
3	挂件前后水平标高差	≤1.0	水平尺
4	挂件挂钩中心线与石材板槽口中心线差	≤2.0	钢板尺
5	挂件入槽深度（与设计值比）	±2.0	钢板尺
6	背栓挂件钩尖至背栓中心线距离	±1.0	钢板尺
7	背栓挂件插入（锚入）支撑横梁凸缘的深度（与设计值比）	±1.0	钢板尺

- 18.3.7 硅酮建筑密封胶施工应符合下列要求：
 - a) 注胶时空气温湿度应符合设计要求和产品要求，注胶前应使注胶面清洁、干燥。雨天不应注胶；
 - b) 密封胶厚度应大于 3.5 mm，厚度不宜大于宽度的 0.5 倍，槽口较深时，应先填塞聚乙烯发泡材料，材料规格尺寸应适当，防止发泡材料回弹或收缩；
 - c) 接缝内的硅酮密封胶应与接缝两侧端面粘结，不应三面粘结。
- 18.3.8 明框幕墙组件的透气孔和排水孔设置应符合设计要求，并保持通畅。
- 18.3.9 明框幕墙安装时，应控制面板与框料之间的间隙。垫块的位置、尺寸应符合设计要求。
- 18.3.10 明框幕墙采用硅酮密封胶密封处，基层应清洁处理，注胶符合设计要求。

18.4 单元式幕墙安装

- 18.4.1 单元板块的运输和存放应符合下列要求：
 - a) 单元板块应做好成品保护；
 - b) 现场宜设置专用堆放场地，单元板块应存放在周转架上。
- 18.4.2 单元式幕墙的吊装应符合下列要求：
 - a) 安装单元板块的吊装机具应进行专门设计；
 - b) 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，并有限位、防止脱轨或防倾覆设施；
 - c) 单元板块不应超重吊装。雨、雪、雾和风力 5 级及以上天气不应吊装。吊装应有防碰撞、防坠落措施。
- 18.4.3 单元板块的安装应符合下列规定：
 - a) 板块安装应按照施工组织设计的要求进行，并按设计要求做好板块接缝的防水密封处理；
 - b) 板块调整、校正后，应及时安装防松脱、防止侧向滑移装置；采用焊接施工时，应及时对焊接部位进行防腐处理；
 - c) 应按设计要求安装防雷装置、保温层、防火层；
 - d) 单元式幕墙安装允许偏差应符合表 60 的规定。

表60 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	$H \leq 30 \text{ m}$	10.0	激光经纬仪或经纬仪
		$30 \text{ m} < H \leq 60 \text{ m}$	15.0	激光经纬仪或经纬仪
		$60 \text{ m} < H \leq 90 \text{ m}$	20.0	
		$H > 90 \text{ m}$	25.0	
2	幕墙平面度		2.5	2.0 m 靠尺、钢板尺
3	竖缝直线度		2.5	2.0 m 靠尺、钢板尺
4	横缝直线度		2.5	2.0 m 靠尺、钢板尺
5	缝宽度（与设计值比）		± 2.0	卡尺
6	板缝直线度	$L \leq 20 \text{ m}$	1.0	激光经纬仪或经纬仪
		$20 \text{ m} < L \leq 60 \text{ m}$	3.0	
		$60 \text{ m} < L \leq 100 \text{ m}$	6.0	
		$L > 100 \text{ m}$	10.0	
7	两相邻面板之间接缝的高低差		1.0	深度尺
8	同层单元组件标高差	宽度不大于 35 m	3.0	激光经纬仪或经纬仪
		宽度大于 35 m	5.0	
9	相邻两组件面板表面的高低差		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

18.5 全玻璃幕墙安装

- 18.5.1 全玻璃幕墙安装前，应清洁镶嵌槽；中途暂停施工时，槽口应采取保护措施。
- 18.5.2 全玻璃幕墙宜采用机械吸盘安装，并应采取必要的安全措施。
- 18.5.3 全玻璃幕墙安装完成后，玻璃嵌入槽口深度及预留空隙应符合本文件第 11 章的规定。
- 18.5.4 全玻璃施工质量要求应符合表 61 的规定。

表61 全玻璃幕墙施工质量要求

序号	项目		允许偏差/mm	检查方法
1	幕墙平面的垂直度	幕墙高度 H/m	10.0	激光经纬仪或经纬仪
		$H \leq 30 \text{ m}$		
		$30 \text{ m} < H \leq 60 \text{ m}$	15.0	
		$60 \text{ m} < H \leq 90 \text{ m}$	20.0	
		$H > 90 \text{ m}$	25.0	
2	幕墙平面度		2.5	2.0 m 靠尺、钢板尺
3	竖缝直线度		2.5	2.0 m 靠尺、钢板尺
4	横缝直线度		2.5	2.0 m 靠尺、钢板尺
5	缝宽度（与设计值比）		± 2.0	卡尺
6	两相邻面板之间的高低差		1.0	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

18.6 点支承玻璃幕墙安装

18.6.1 点支承玻璃幕墙支承结构安装要求:

- a) 支承结构安装过程中，组装、焊接和涂装修补等，应符合相关标准的规定；
- b) 支承结构安装就位，经调整后应及时紧固定位，并对隐蔽工程验收。

18.6.2 拉杆、拉索施加预拉力的要求:

- a) 拉杆、拉索应按设计要求施加预拉力，设置预拉力调节装置并测定预拉力；
- b) 张拉前应全面检查，明确具体要求；
- c) 在张拉过程中，应分批、分次对称张拉，随时调整预拉力，并做好张拉记录。

18.6.3 点支承幕墙玻璃与金属连接件不应直接接触。

18.6.4 点支承结构构件安装偏差应符合表 62 的规定。

表62 点支承结构安装技术要求

单位为 mm

名称	允许偏差
相邻两竖向构件间距	± 2.5
竖向构件垂直度	$L/1000$ 或 ≤ 5.0 , L 为跨度
相邻三竖向构件外表面平面度	5.0
相邻两爪座水平间距和竖向间距	± 1.5
相邻两爪座水平高度差	1.5
爪座水平度	2.0
同层高度内爪座高低差: 间距不大于 35 mm	5.0
间距大于 35 mm	7.0
相邻两爪座垂直间距	± 2.0
单个分格爪座对角线差	4.0
爪座两端面平面度	6.0

18.7 索结构幕墙安装

18.7.1 索结构幕墙的安装应符合设计要求,并满足 JGJ 257 的规定。不锈钢拉索质量和性能应符合 YB/T 4294 的规定,不锈钢拉杆质量和性能应符合 JG/T 389 的规定,索结构幕墙的支承爪件应符合 GB/T 37266 的规定。

18.7.2 索结构幕墙的安装应符合下列要求:

- a) 拉索在安装过程中应采取有效措施防止损坏;
- b) 索结构安装时, 需规范施工, 并做好相应的专项安全防护措施;
- c) 在户外作业时, 宜在风力不大于 4 级的情况下进行; 在安装过程中应注意风速和风向, 应采取安全防护措施避免拉索发生过大摆动; 有雷电时, 应停止作业;
- d) 拉索在安装过程中, 应防止雨水进入索体及锚具内部。

18.8 采光顶、雨篷、栏板

18.8.1 采光顶、雨篷的安装施工应满足 JGJ 255 的要求。

18.8.2 装饰压板应顺水流方向设置，表面平整，接缝应符合设计要求。

- 18.8.3 栏板外观应满足下列要求：
- a) 栏板及扶手表面应平滑、无锐边、尖角和毛刺；
 - b) 焊接处应圆整、光滑，不应有裂纹、明显焊斑；
 - c) 产品表面无明显擦伤、划伤。
- 18.8.4 栏板安装的尺寸允许偏差应符合下列要求：
- a) 护栏高度以及装配措施需满足护栏相关设计要求；
 - b) 护栏允许施工偏差应符合表 63 的规定。

表63 护栏允许偏差要求

单位为 mm

序号	项目	允许偏差
1	立柱间距	±3.0
2	杆件间距	0 -3.0

18.8.5 栏板施工过程中，应做好警示标志和防护措施，防止栏板成品损伤。

18.9 光伏幕墙安装

- 18.9.1 光伏幕墙辅助系统、电器设备安装应符合 GB 50303、GB 50169 的规定。
- 18.9.2 光伏幕墙组件在存放、搬运、吊装等过程中应做好成品保护。
- 18.9.3 施工安装人员应穿绝缘鞋，做好劳动防护。
- 18.9.4 电池板的正负极与接线盒安装完成后应用专用密封胶密封。
- 18.9.5 施工场所应有清晰、醒目、易懂的电气安全标识。
- 18.9.6 安装光伏组件时，太阳能电池板受光面应铺遮光板。
- 18.9.7 光伏系统完成或部分完成连接后，如发生组件破裂，应及时设置限制接近的警示牌，并由专业人员处置。

18.10 安全规定

- 18.10.1 对于危险性较大的分部分项工程应执行相关规定。
- 18.10.2 幕墙安装施工应符合 JGJ 80、JGJ 33、JGJ 46 和其他相关规定。
- 18.10.3 幕墙作业人员施工前应接受安全技术交底，并形成书面记录；特种作业人员应取得操作资格证书后持证上岗。
- 18.10.4 施工机具在使用前应严格检查。电动工具应经绝缘测试；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。吊装前应对吊装机具进行全面的质量、安全检验。
- 18.10.5 现场焊接作业前应申领动火证，焊接作业时，应有接火措施。
- 18.10.6 配合幕墙安装的脚手架搭设、拆除、使用过程中，不应与幕墙构件碰撞，应符合 GB 55023、JGJ 202 的规定。
- 18.10.7 当幕墙安装与主体结构施工交叉作业时，在主体结构的施工层下方应设置硬质隔断防护网。
- 18.10.8 采用吊篮施工的要求：
- a) 吊篮设置应符合设计要求，使用前应经安全检查并通过验收；
 - b) 吊篮不应作为竖向运输工具；
 - c) 不应在空中检修吊篮；

- d) 吊篮上的施工人员应按规定配系安全带；
- e) 安全绳应固定在独立可靠的结构上，安全带挂在安全绳的自锁器上，不应挂在吊篮上；
- f) 5级及以上大风、浓雾、雨雪等恶劣天气和夜间不应吊篮作业。当施工过程中遇到恶劣天气或其他不宜施工的情况时，应停止作业，并应将吊篮平台停放至地面，应对钢丝绳、电缆进行绑扎固定。

18.10.9 擦窗机不应作为幕墙施工辅助设备使用，其使用应符合 GB/T 19154 的规定。

19 工程验收

19.1 一般规定

19.1.1 幕墙工程完工后应进行幕墙子分部工程专项验收。幕墙工程验收应包括检验批、分项工程及其隐蔽工程的质量验收。幕墙工程验收除符合本文件规定外，尚应符合 GB 55032、GB 50300、GB 50210 的规定。幕墙节能工程按照 GB 50411 相关要求验收。

19.1.2 验收前应保持验收部位完好及清洁。

19.1.3 幕墙工程验收时，应根据工程实际情况检查下列文件和记录：

- a) 幕墙工程的施工图、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；
- b) 建筑设计单位对幕墙工程设计的确认文件；
- c) 幕墙工程所用材料、构件、组件、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检验报告、进场验收记录和复验报告；强制性认证产品应有认证报告，进口材料应有中文说明书和商检证明；
- d) 幕墙工程所用硅酮结构胶（包括中空玻璃合片用）的认定证书和抽查合格证明；国家批准的检测机构出具的硅酮结构胶相容性和剥离粘结性检验报告；硅酮结构密封胶生产商提供的结构胶拉伸试验的应力应变曲线和质量保证书；石材用密封胶的耐污染性检验报告；
- e) 均质钢化玻璃除应提供产品合格证外，尚应提供玻璃均质加工过程记录；
- f) 预埋系统、后置埋件锚固质量及锚栓拉拔力的现场检验性能报告及石材挂件组合单元挂装强度试验报告；
- g) 幕墙的抗风压性能、气密性能、水密性能、层间变形性能检验报告及其他设计要求的性能检测报告；开放式幕墙按设计要求检测其相应性能的检测报告；
- h) 注胶、养护环境的温度、湿度记录；双组分硅酮结构胶的混匀性试验记录及拉断试验记录；
- i) 幕墙与主体结构防雷接地点之间的电阻检测记录；
- j) 隐蔽项目验收记录；
- k) 幕墙构件、组件和面板的加工制作检查记录；
- l) 幕墙安装施工记录；
- m) 张拉杆索体系预拉力张拉记录；
- n) 现场淋水检验记录；雨篷、排水槽蓄水检验记录；
- o) 幕墙使用维护说明书及其他质量保证资料。

19.1.4 幕墙工程施工质量验收应进行观感质量检查和实物抽样检验，抽样检验批的划分应符合下列要求且每幅幕墙均应检验：

- a) 相同设计、材料、工艺和施工条件的幕墙工程，每 500 m²~1000 m²应划分为一个检验批，不足 500 m²也应为一个检验批，每个检验批每 100 m²应至少抽查一处，每处不应小于 10 m²；设计、材料、工艺和施工条件相同的防护栏杆工程，每 500 m 应为一个检验批，不足 500 m 应划分为一个检验批，每个检验批每 100 m 应至少查一处，每处不应少于 10 m；防护栏杆工程检验批的划分也可由建设单位和施工单位根据工程情况共同商定；

- b) 同一工程中不连续幕墙工程应分别划分检验批；
- c) 异型或有特殊要求的幕墙，检验批应根据幕墙的结构、工艺特点及幕墙工程的规模划分，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

19.2 隐蔽项目验收

19.2.1 幕墙工程应在安装施工过程中对下列隐蔽项目进行验收，隐蔽项目应有详细的文字记录和图文及影像资料：

- a) 预埋系统或后置埋件及锚栓锚固质量；
- b) 幕墙构件与主体结构的连接节点；
- c) 幕墙四周、幕墙内表面与主体结构之间的封堵；
- d) 幕墙变形缝及墙面转角处的构造节点；
- e) 幕墙面板托条及面板固定连接；
- f) 幕墙防雷连接构造节点；
- g) 幕墙的防水、保温隔热构造；
- h) 幕墙防火、隔烟构造节点；
- i) 单元式幕墙安装装配、密封构造节点。

全玻璃幕墙和点支承幕墙的隐蔽项目验收部位尚应包括：全玻璃幕墙吊夹具、索杆件与主体结构的连接；玻璃与镶嵌槽间的安装构造间隙；幕墙支承钢结构的隐蔽部位。

19.3 主控项目和一般项目

19.3.1 幕墙工程主控项目和一般项目的验收内容、检验方法、检查数量应符合 GB/T 21086 和 JGJ 102、JGJ 133、JGJ 336、JGJ 255、JGJ/T 470 的规定。

19.3.2 玻璃幕墙工程主控项目应包括下列项目：

- a) 玻璃幕墙工程所使用的各种材料、构件和组件质量；
- b) 玻璃幕墙的造型和立面分格应符合设计要求；
- c) 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及预埋系统或后置埋件及锚栓锚固性能应符合设计要求；
- d) 玻璃幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接，板材与幕墙构架的连接、安装应可靠并应符合设计要求；
- e) 明框玻璃幕墙压板应通长，隔热条不应承受永久荷载，固定螺钉规格、间距应符合设计要求；
- f) 吊挂在主体结构上的全玻璃幕墙吊夹具应符合设计要求，玻璃与玻璃，玻璃与玻璃肋之间的缝隙，应采用硅酮结构密封胶填嵌严密；
- g) 玻璃幕墙周边、与主体结构连接节点、各类变形缝、墙角的连接点应符合设计要求；
- h) 玻璃幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致；
- i) 有水密性要求的玻璃幕墙应无渗漏；板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和厚度应符合设计要求；密封胶的施工厚度不应小于 3.5 mm；
- j) 金属框架和连接件及焊缝的防腐处理应符合设计要求，不同金属材料之间应避免双金属腐蚀；
- k) 玻璃幕墙开启窗的配件应符合设计要求，配置应齐全，安装应牢固，安装位置和开启方向、角度应正确；开启应灵活，关闭应严密；
- l) 玻璃幕墙的金属构架应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

19.3.3 金属幕墙工程主控项目应包括下列项目：

- a) 金属幕墙所使用的各种材料、构件和组件质量；
- b) 金属幕墙的造型、立面分格及金属面板的品种、规格、颜色、光泽、花纹应符合设计要求；

- c) 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及预埋系统或后置埋件及锚栓锚固性能应符合设计要求；
- d) 金属幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、板材与幕墙构架的连接、金属面板加劲肋（支座和挂钩）的连接、安装应可靠并应符合设计要求；
- e) 金属幕墙周边、各类变形缝、墙角、勒脚的连接点应符合设计要求；
- f) 金属幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致；
- g) 有水密性要求的金属幕墙应无渗漏。板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和厚度应符合设计要求；密封胶的施工厚度不应小于 3.5 mm；
- h) 金属幕墙的框架和连接件及焊缝的防腐处理应符合设计要求，不同金属材料之间应避免双金属腐蚀；
- i) 金属幕墙的金属面板及金属构架应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

19.3.4 石材幕墙工程主控项目应包括下列项目：

- a) 石材幕墙所使用的各种材料、构件和组件质量；
- b) 石材幕墙的造型、立面分格及石材的品种、规格、颜色、光泽、花纹应符合设计要求；
- c) 石材开孔、开槽的数量、深度、位置、尺寸应符合设计要求；
- d) 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及预埋系统或后置埋件及锚栓锚固性能应符合设计要求；
- e) 石材幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、石材与幕墙构架的连接、石材造型连接、安装应可靠并应符合设计要求；
- f) 石材幕墙周边、各类变形缝、墙角、勒脚的连接点应符合设计要求；
- g) 石材幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致；
- h) 有水密性要求的石材幕墙应无渗漏；板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，胶缝宽度和厚度应符合设计要求；
- i) 石材幕墙的框架和连接件及焊缝的防腐处理应符合设计要求，不同金属材料之间应避免双金属腐蚀；
- j) 石材幕墙的防雷装置应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

19.3.5 人造板材幕墙工程主控项目应包括下列项目：

- a) 人造板材幕墙所使用的各种材料、构件和组件质量；
- b) 人造板材幕墙的造型、立面分格及石材的品种、规格、颜色、光泽、花纹应符合设计要求；
- c) 人造板材开孔、开槽的数量、深度、位置、尺寸应符合设计要求；
- d) 主体结构的预埋件和后置埋件的位置、数量、规格尺寸及预埋系统或后置埋件及锚栓锚固性能应符合设计要求；
- e) 人造板材幕墙构架与主体结构埋件的连接、构件之间的连接、板材与幕墙构架的连接、板材造型连接、安装应可靠并应符合设计要求；
- f) 人造板材幕墙周边、各类变形缝、墙角、勒脚的连接点应符合设计要求；
- g) 人造板材幕墙的防火、保温、防潮材料的设置应符合设计要求，填充应密实、均匀、厚度一致；
- h) 有水密性要求的人造板材幕墙应无渗漏；板缝注胶应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，胶缝宽度和厚度应符合设计要求；
- i) 人造板材幕墙的框架和连接件及焊缝的防腐处理应符合设计要求，不同金属材料之间应避免双金属腐蚀；
- j) 人造板材幕墙的防雷装置应与主体结构防雷装置可靠接通，并应符合设计要求。

19.3.6 玻璃幕墙工程一般项目应包括下列项目：

- a) 玻璃幕墙表面应平整、洁净；整幅玻璃的色泽应均匀一致；不应有污染和镀膜损坏；

b) 每平方米玻璃的表面质量要求和检验方法应符合表 64 的规定；

表64 每平方米玻璃面板的表面质量和检验方法

序号	项目	质量要求	检验方法
1	明显划伤和长度>100 mm的轻微划伤	不允许	观察、用钢尺检查
2	长度≤100 mm的轻微划伤	≤8条	用钢尺检查
3	擦伤总面积	≤500 mm ²	用钢尺检查

c) 一个分格铝合金型材的表面质量要求和检验方法应符合表 65 的规定；

表65 一个分格铝合金型材的表面质量和检验方法

序号	项目	质量要求	检验方法
1	明显划伤和长度>100 mm的轻微划伤	不允许	观察、用钢尺检查
2	长度≤100 mm的轻微划伤	≤2条	用钢尺检查
3	擦伤总面积	≤500 mm ²	用钢尺检查

- d) 明框玻璃幕墙的外露框或压条应横平竖直，颜色、规格应符合设计要求，压条安装应牢固；单元玻璃幕墙的单元拼缝或隐框玻璃幕墙的分格玻璃拼缝应横平竖直、均匀一致；
- e) 玻璃幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；
- f) 玻璃幕墙隐蔽节点的封修应牢固、整齐、美观；
- g) 明框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 66 的规定；

表66 明框幕墙铝合金框架安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	幕墙垂直度	高度 $H\leq 30\text{ m}$	≤ 10	激光仪或经纬仪
		$30\text{ m}<H\leq 60\text{ m}$	≤ 15	
		$60\text{ m}<H\leq 90\text{ m}$	≤ 20	
		$90\text{ m}<H\leq 150\text{ m}$	≤ 25	
		$H>150\text{ m}$	≤ 30	
2	构件直线度		≤ 2.5	2 m靠尺，塞尺，钢板尺
3	横向构件水平度	长度 $\leq 2\text{ m}$	≤ 2.0	水平仪
		长度 $>2\text{ m}$	≤ 3.0	
4	同高度相邻两根横向构件高度偏差及错位偏差		≤ 1.0	钢板尺，塞尺
5	幕墙横向构件水平度	幅宽 $\leq 35\text{ m}$	≤ 5.0	水平仪
		幅宽 $>35\text{ m}$	≤ 7.0	
6	分格框对角线差	对角线长度 $\leq 2\text{ m}$	≤ 3.0	对角线尺 或钢卷尺
		对角线长度 $>2\text{ m}$	≤ 3.5	
注1：表中1~5项按根数抽样检查，第6项按分格数抽样检查。				
注2：垂直于地面的幕墙，竖向构件垂直度包括幕墙平面内及平面外的检查。				
注3：直线度包括幕墙平面内及平面外的检查。				

h) 隐框、半隐框玻璃幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 67 的规定；

表67 隐框、半隐框玻璃幕墙安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	竖缝及墙面垂直度	高度 $H \leq 30$ m	≤ 10	激光仪或经纬仪
		$30 \text{ m} < H \leq 60$ m	≤ 15	
		$60 \text{ m} < H \leq 90$ m	≤ 20	
		$90 \text{ m} < H \leq 150$ m	≤ 25	
		$H > 150$ m	≤ 30	
2	幕墙的平面度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺
3	竖、横缝直线度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺，钢板尺
4	拼缝宽度（与设计值比）		± 2.0	钢板尺
5	板块立面垂直度		± 2.0	垂直检测尺
6	板块上沿水平度		± 2.0	1 m 水平尺，钢板尺
7	相邻板块板角错位		± 1.0	钢板尺
8	接缝高低差		± 1.0	塞尺，钢板尺

i) 全玻璃幕墙安装允许偏差和检验方法应符合表 68 的规定；

表68 全玻璃幕墙安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	幕墙平面的垂直度	高度 $H \leq 30$ m	≤ 10	激光仪或经纬仪
		$H > 30$ m	≤ 15	
2	幕墙的平面度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺
3	横、竖缝的直线度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺，钢板尺
4	拼缝宽度（与设计值比）		± 2.0	钢板尺
5	相邻面板间高低差		± 1.0	塞尺，钢板尺
6	玻璃面板与肋板夹角偏差（与设计值比）		$\leq 1^\circ$	量角器

j) 点支承玻璃幕墙结构构件安装允许偏差和检验方法应符合表 69 的规定；

表69 点支承结构构件安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	相邻两竖向构件间距		± 2.5	钢卷尺
2	竖向构件垂直度		$L/1000$ 或 ≤ 5.0 (L 为跨度)	激光仪或经纬仪
3	相邻三竖向构件外表面平面度		< 5.0	拉通线，用钢板尺检查
4	相邻两爪座水平间距和竖向间距		± 1.5	钢卷尺
5	相邻两爪座水平高低差		≤ 1.5	水平仪
6	爪座水平度		≤ 2.0	水平尺
7	同层高度内爪座高低差	间距 ≥ 35 m	≤ 5.0	水平仪
		间距 > 35 m	≤ 7.0	水平仪
8	相邻两爪座垂直间距		± 2.0	钢卷尺
9	单个分格爪座对角线		≤ 4.0	钢卷尺

k) 点支承玻璃幕墙面板安装允许偏差和检验方法应符合表 70 的规定；

表70 点支承玻璃幕墙面板安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	竖缝及墙面垂直度	高度 $H \leq 30$ m	≤ 10	激光仪或经纬仪
		$30 \text{ m} < H \leq 50$ m	≤ 15	
		$H > 50$ m	≤ 20	
2	平面度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺
3	胶缝直线度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺，钢板尺
4	拼缝宽度		≤ 2.0	钢板尺
5	相邻玻璃平面高低差		≤ 1.0	塞尺，钢板尺

1) 单元式玻璃幕墙安装应符合表 71 的规定。

表71 单元式玻璃幕墙安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	竖缝及墙面垂直度	高度 $H \leq 30$ m	≤ 10	激光仪或经纬仪
		$30 \text{ m} < H \leq 60$ m	≤ 15	
		$60 \text{ m} < H \leq 90$ m	≤ 20	
		$90 \text{ m} < H \leq 150$ m	≤ 25	
		$H > 150$ m	≤ 30	
2	幕墙表面平整度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺
3	接缝直线度		≤ 2.5	2 m 靠尺，塞尺，钢板尺
4	相邻两单元接缝高低差		≤ 1	钢板尺，塞尺
5	单元之间接缝宽度与设计值偏差		± 2.0	塞尺，钢板尺
6	单元对插配合间隙与设计值偏差		± 1.0	钢板尺
7	单元对插搭接宽度		± 1.0	塞尺

19.3.7 金属幕墙工程一般项目应包括下列项目：

- a) 金属板表面应平整、洁净；色泽应均匀、一致；不应有污染、严重划伤；
- b) 金属幕墙的压条应平直、洁净、接口严密、安装牢固；
- c) 金属幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；
- d) 金属幕墙排水方向、坡度应正确，滴水线应顺直；
- e) 每平方米金属板的表面质量和检验方法应符合表 72 的规定；

表72 每平方米金属面板的表面质量和检验方法

序号	项目	质量要求	检验方法
1	明显划伤和长度 > 100 mm 的轻微划伤	不允许	观察
2	长度 ≤ 100 mm 的轻微划伤	≤ 8 条	用钢尺检查
3	擦伤总面积	$\leq 500 \text{ mm}^2$	用钢尺检查
注：露出金属基体者为划伤；没有露出金属基体者为擦伤。			

f) 金属幕墙安装允许偏差和检验方法应符合表 73 的规定。

表73 金属幕墙安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm	检验方法
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30$ m	≤ 10	经纬仪
		$30 \text{ m} < H \leq 60$ m	≤ 15	
		$60 \text{ m} < H \leq 90$ m	≤ 20	
		$90 \text{ m} < H \leq 150$ m	≤ 25	
		$H > 150$ m	≤ 30	
2	幕墙水平度	层高 ≤ 3 m	≤ 3.0	水平仪
		层高 > 3 m	≤ 5.0	
3	幕墙表面平整度		≤ 2.0	2 m 靠尺，塞尺
4	面板立面垂直度		≤ 3.0	垂直检测尺
5	面板上沿水平度		≤ 2.0	1 m 水平尺，钢板尺
6	相邻板材板角错位		≤ 1.0	钢板尺
7	阴阳角方正		≤ 2.0	直角检测尺
8	接缝直线度		≤ 3.0	拉 5 m 线，不足 5 m 拉通线，用钢板尺检查
9	接缝高低差		≤ 1.0	钢板尺，塞尺
10	接缝宽度		≤ 1.0	钢板尺

19.3.8 石材幕墙工程一般项目应包括下列项目：

- a) 石材幕墙表面应平整、洁净、无污染，不应有缺损和裂痕。颜色和花纹应协调一致、无明显色差、无明显修痕；
- b) 石材幕墙的压条应平直、洁净、接口严密、安装牢固；
- c) 石材接缝应横平竖直、宽窄均匀；阴阳角石板压向应正确，板边合缝应顺直；凸凹线出墙厚度应一致，上下口应平直；石材面板上洞口、槽边应套割吻合，边缘应整齐；
- d) 石材幕墙板缝注胶应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；
- e) 石材幕墙排水方向、坡度应正确，滴水线应顺直；
- f) 每平方米石材的表面质量要求和检验方法应符合表 74 的规定；

表74 每平方米石材的表面质量和检验方法

序号	项目	质量要求	检验方法
1	裂痕、明显划伤和长度 > 100 mm 的轻微划伤	不允许	观察
2	长度 ≤ 100 mm 的轻微划伤	≤ 2 条	用钢尺检查
3	擦伤总面积	$\leq 500 \text{ mm}^2$	用钢尺检查

- g) 石材幕墙安装的允许偏差和检验方法应符合表 75 的规定。

表75 石材幕墙安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差/mm		检验方法
			光面	麻面	
1	幕墙垂直度	高度 $H \leq 30\text{ m}$	≤ 10		经纬仪
		$30\text{ m} < H \leq 60\text{ m}$	≤ 15		
		$60\text{ m} < H \leq 90\text{ m}$	≤ 20		
		$H > 90\text{ m}$	≤ 25		
2	幕墙水平度		≤ 3.0		水平仪
3	板块立面垂直度		≤ 3.0		1 m 水平尺, 钢板尺
4	板块上沿水平度		≤ 2.0		钢板尺
5	相邻板块板角错位		≤ 1.0		垂直检测尺
6	幕墙表面平整度		≤ 2.0	≤ 3.0	直角检测尺
7	阴阳角方正		≤ 2.0	≤ 4.0	拉 5 m 线, 不足 5 m 拉通线, 用钢板尺检查
8	接缝直线度		≤ 3.0	≤ 4.0	钢板尺, 塞尺
9	接缝高低差		≤ 1.0	—	钢板尺
10	接缝宽度		≤ 1.0	≤ 2.0	水平仪

19.3.9 人造板材幕墙工程一般项目应包括下列项目:

- 幕墙表面应平整、洁净、无污染、色泽一致, 不应有缺角、开裂、斑痕等缺陷。瓷板、陶板的施釉表面不应有裂纹;
- 幕墙板缝应横平竖直、宽窄均匀。注胶板缝应饱满、密实、连续、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直、无气泡, 胶缝的宽度和厚度应符合设计要求; 胶条板缝应连续、均匀、牢固;
- 转角部位面板边缘应整齐、合缝顺直, 压向应符合设计要求;
- 幕墙排水方向、坡度应正确, 滴水线应宽窄均匀、光滑顺直;
- 幕墙隐蔽节点的遮封装修应整齐美观;
- 幕墙面板的表面质量和检验方法应符合表 76~表 77 的规定。

表76 每平方米瓷板、陶板幕墙面板的表面质量和检验方法

序号	项目	质量要求		检验方法
		瓷板	陶板	
1	缺棱: 长度、宽度不超过 10 mm×1 mm (长度小于 5 mm 不计) 周边允许 (个)	1	1	用钢尺检查
2	缺角: 面积不超过 5 mm×2 mm (面积小于 2 mm×2 mm 不计) 周边允许 (个)	1	2	用钢尺检查
3	裂纹 (包括隐裂、釉面龟裂)	不允许	不允许	目测观察
4	窝坑 (毛面除外) <i>L</i>	不明显	不明显	目测观察
5	明显擦伤、划伤	不允许	不允许	目测观察
6	单条长度≤100 mm 的轻微划伤	不多于 2 条		用钢尺检查
7	轻微擦伤总面积	≤300 mm ² (面积<100 mm ² 不计)		用钢尺检查
注: 表中规定的质量指标是指单块面板的质量要求; 目测检查是指距面板3 m处肉眼观察。				

表77 石材蜂窝复合板幕墙面板的表面质量和检验方法

序号	项目	质量要求	检验方法
1	缺棱	最大长度≤8 mm，最大宽度≤1 mm，每边每米长允许 1 处（长度<5 mm，宽度<1 mm 不计）	用钢尺检查
2	缺角	最大长度≤4 mm，最大宽度≤2 mm，每块板允许 1 处（长度、宽度<2 mm 不计）	用钢尺检查
3	裂纹	不允许	目测观察
4	色斑	最大面积≤20 mm×30 mm，最大宽度≤2 每米，每块板允许 1 处（面积<10 mm×10 mm 不计）	用钢尺检查
5	色线 ^a	长度不超过两端顺延至板边总长的 1/10，每块板允许 2 条（长度<40 mm 的不计）	用钢尺检查
6	砂眼 ^b	不明显	目测观察
7	划伤	不允许	目测观察
8	擦伤	不允许	目测观察
^a 此项适用于花岗石产品。			
^b 此项适用于砂岩、石灰石等产品。			

g) 人造板材幕墙的安装质量和检验方法应符合表 78 的规定。

表78 人造板材幕墙安装质量和检验方法

序号	项目	尺寸范围	允许偏差/mm	检验方法
1	相邻立柱间距尺寸（固定端）	—	±2	用钢尺检查
2	相邻两横梁间距尺寸	≤2000 mm	±1.5	用钢尺检查
		>2000 mm	±2	用钢尺检查
3	单个分格对角线长度差	长边边长≤2000 mm	3	用钢尺检查
		长边边长>2000 mm	3.5	用钢尺检查
4	立柱、竖缝及墙面的垂直度	幕墙总高度≤30 m	10	激光仪或经纬仪
		幕墙总高度≤60 m	15	
		幕墙总高度≤90 m	20	
		幕墙总高度≤150 m	25	
		幕墙总高度>150 m	30	
5	立柱、竖缝直线度	—	2	2 m 靠尺，塞尺
6	立柱、墙面的平面度	相邻两墙面	2	激光仪或经纬仪
		一幅幕墙总宽度≤20 m	5	
		一幅幕墙总宽度≤40 m	7	
		一幅幕墙总宽度≤60 m	9	
		一幅幕墙总宽度>80 m	10	
7	横梁水平度	横梁长度≤2000 mm	1	水平尺
		横梁长度>2000 mm	2	
8	同一标高横梁、横缝的高度差	相邻两横梁、面板	1	钢直尺、塞尺或水平仪
		一幅幕墙幅宽≤35 m	5	
		一幅幕墙幅宽>35 m	7	
9	缝宽度与设计值偏差	—	±2	卡尺
注：一幅幕墙是指立面位置或平面位置不在一条直线或连续弧线上的幕墙。				

- 19.3.10 建筑幕墙节能工程验收按 GB 55015、GB 50411 及湖北省地方标准的规定执行。
- 19.3.11 幕墙玻璃光学性能应符合环境评价光反射指标。
- 19.3.12 当幕墙工程施工质量不符合要求时，应按下列规定进行处理：
- a) 经返工或返修的检验批，应重新进行验收；
 - b) 经有资质的检测机构检测鉴定能达到设计要求的检验批，应予以验收；
 - c) 经有资质的检测机构检测鉴定达不到设计要求、但经原设计单位核算认可能满足安全和使用功能的检验批，可予以验收。
- 19.3.13 当经返修或加固处理的幕墙工程，确认能满足安全及使用功能要求时，应按技术处理方案和协商文件的要求予以验收。
- 19.3.14 经返修或加固处理仍不能满足安全或重要使用功能要求的幕墙工程及其分项工程，不应验收。

20 维护保养

20.1 一般规定

- 20.1.1 幕墙工程竣工验收或投入使用后应按规定进行维护保养。幕墙的维护保养应符合 GB 55022、DB42/T 1709 的规定。
- 20.1.2 幕墙工程竣工验收时，承建方应向建设方提供《幕墙使用与维护说明书》，说明书包括下列内容：
- a) 幕墙的设计依据、主要性能参数及设计使用年限；
 - b) 承建方的保修责任；
 - c) 使用过程中的注意事项；
 - d) 特殊开启形式窗的使用与维护要求；在特殊功能开启窗明显部位设置的使用警示标志和说明；
 - e) 环境条件变化可能对幕墙使用产生的影响及一般使用应对方法；
 - f) 日常与定期的检查评定及维护保养要求；
 - g) 幕墙的主要结构特点及易损零部件更换方法；
 - h) 备品、备件清单及主要易损件的名称、规格。
- 20.1.3 幕墙工程承包商在工程交付使用前应为业主或物业服务企业培训维修、维护人员。
- 20.1.4 幕墙保修期由合同约定，但不应少于 2 年。
- 20.1.5 幕墙交付使用后，业主或物业服务企业应根据《幕墙使用与维护说明书》的相关要求制定幕墙的检查与维护计划，并根据《幕墙使用与维护说明书》对幕墙使用和维护过程中的主要事项做好记录，并妥善保存记录文件。业主或使用者不应人为改变《幕墙使用与维护说明书》规定的幕墙使用条件、使用性质及使用环境。
- 20.1.6 日常维护应符合下列规定：
- a) 保持幕墙表面整洁，避免锐器及腐蚀性气体和液体与幕墙表面接触；
 - b) 保持幕墙排水系统的畅通，发现堵塞时应及时疏通；
 - c) 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；
 - d) 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；
 - e) 发现幕墙构件或附件的螺栓、螺钉出现松动或锈蚀时应及时拧紧或更换；
 - f) 发现幕墙面板挂件、背栓等连接部件松动或脱落时应及时修补或更换；
 - g) 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；
 - h) 破损的板材应及时更换。
- 20.1.7 雨天或 4 级以上风力的天气不宜使用开启窗；6 级及以上风力时，应关闭开启窗，并锁闭牢靠。

20.1.8 幕墙外表面的检查、清洗、保养与维护工作不应在 4 级以上风力和雨雪天进行。

20.1.9 幕墙检查、清洗、保养与维护使用的作业机具设备应安全可靠、保养良好、功能正常、操作方便。每次使用前应检查安全装置，确保设备和人员安全。

20.1.10 幕墙检查、清洗、保养与维护的作业应符合 JGJ 168 的规定，高空作业时应符合 JGJ 80 的规定。

20.1.11 安装擦窗机的工程应符合 JGJ/T 150 的规定；采用擦窗机进行维修清洗作业时，应设置安全装置，并能即时锁紧。

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

20.1.13 幕墙使用过程中，业主或物业服务企业应收集整理幕墙检查、评定、检测鉴定和维修改造资料，建立幕墙使用全过程的档案资料。

20.2 检查与维护

20.2.1 幕墙工程竣工验收或交付使用后，应严格按照国家的有关法律法规、标准规范及湖北有关规章制度的规定，明确建筑幕墙安全检查维护责任，落实建筑幕墙检查维护管理要求。

20.2.2 既有幕墙检查前，应收集幕墙设计、施工、验收、历次检查及评定、维护和改造情况等相关资料。

20.2.3 既有建筑幕墙的检查分为定期检查和特定检查两类。

20.2.4 定期检查应符合下列规定：

- a) 幕墙工程竣工验收或交付使用日后满一年，应对幕墙进行一次全面的检查，此后每五年检查一次；幕墙使用满 10 年，每 3 年应检查一次；
- b) 施加预拉力的拉杆或拉索结构的幕墙，在幕墙工程竣工验收或交付使用日后满 6 个月，应对该工程进行一次全面的预拉力检查，此后每 3 年应检查一次；
- c) 全隐框、半隐框玻璃幕墙工程使用满 10 年，应对不同部位的硅酮结构密封胶进行抽样检查，此后每 3 年应检查一次；
- d) 石材蜂窝板幕墙使用满 10 年，应对石材蜂窝板进行抽样检查，此后每 3 年应检查一次；
- e) 当既有建筑幕墙达到或超过设计使用年限时，对已取得安全性鉴定报告且鉴定等级为 ASu 级或整改后达到 ASu 级标准的，应每 3 年进行一次使用性鉴定，否则应每年进行一次使用性鉴定。

20.2.5 在遭遇持续高温、强风、暴雨、冰雹、雷击、地震等自然灾害或发生火灾、爆炸等突发事件后，应及时对既有幕墙进行特定检查。

20.2.6 既有建筑幕墙的检查内容应包括下列内容：

- a) 幕墙的大面、转角、四周封口部位有无变形、错位、松动。如发现有上述情况，应进一步检查该部位对应的隐蔽构造；
- b) 幕墙的主要承力构件、连接构件和紧固件等有无松动、锈蚀、损坏，连接是否可靠；
- c) 幕墙的面板和外露构件有无松动和损坏；
- d) 幕墙的密封胶有无脱胶、开裂、起泡，橡胶密封条有无松动脱落、老化等损坏现象；单元幕墙重点检查单元板块间的胶条有无移位、脱落、老化等损坏现象；
- e) 幕墙的开启部分是否启闭灵活，最大开启行程和角度有无超限，五金附件是否有功能障碍或损坏，紧固件是否松动和失效，防脱措施是否有效；
- f) 幕墙室内侧、隐蔽构造的封闭内侧有无渗漏，幕墙排水系统是否通畅；
- g) 幕墙的背栓连接装置是否松动、损坏；
- h) 幕墙电动开启系统是否正常工作。

20.2.7 既有幕墙在实施检查后,应根据检查结果等进行评定,评定应基于真实、可靠的检查结果、检测数据、资料和分析给出评定结果。

20.2.8 检查和评定应做好记录并妥善保存记录文件,当存在下列情况时,应对幕墙可靠性进行检测鉴定:

- a) 发现危及幕墙使用安全的缺陷、变形和损伤;
- b) 幕墙达到设计工作年限拟继续使用;
- c) 幕墙依附的主体建筑进行纠倾、改造或幕墙进行改造前;
- d) 幕墙遭遇到自然灾害、人为灾害、环境改变或事故,对幕墙的可靠性造成较大影响;
- e) 主体建筑使用功能改变导致建筑抗震设防类别提高。

20.2.9 既有建筑幕墙在检查及评定中发现的损伤,应根据损伤的程度采取修缮、改造、更新置换或废弃拆除等处理措施;在采取上述措施前,应及时采取停用或临时解除危险的措施。

20.3 清洗

20.3.1 幕墙清洗次数应根据幕墙表面的积灰或污染程度确定,积灰或污染严重的幕墙每年清洗次数不应少于一次。

20.3.2 幕墙清洗应符合 JGJ 168、JGJ 80 的规定,并应符合下列规定:

- a) 清洗前应制定与幕墙类型和幕墙造型相适应的清洗施工作业方案;
- b) 幕墙的清洗应由经过专业培训并取得上岗资格的人员进行;采用机器人清洗的,机器人操作人员应经过专业培训;
- c) 宜采用幕墙专用清洗设备、工具进行清洗;
- d) 清洗过程中不应撞击和损伤幕墙;人工挂绳清洗时,应在幕墙顶部采取有效保护措施;
- e) 清洗方法和清洗工具、材料应与幕墙面板材料相适应,不应污染、腐蚀和损伤面板、幕墙构件、密封材料或嵌缝材料;
- f) 局部污染严重的幕墙,宜采用 PH 值为 6.0~8.0 的中性清洗剂或其他对幕墙面板、构件无污染、无损害的措施进行局部清洗,并及时采用清水冲洗;
- g) 清洗开放式幕墙时,应对水流量进行控制,防止清洗用水大量渗入幕墙背面;
- h) 清洗应自上而下进行,喷水嘴与幕墙立面宜成 60° 斜角,并对水压进行控制;
- i) 幕墙清洗不应在打雷天、雨天、雪天、雾天、气温高于 35℃ 或低于 5℃ 等天气时进行,风力超过 4 级时,不应进行高空清洗作业;
- j) 清洗作业面下方地面,应设置围挡和警示标志并派专人监护。

21 标准实施及评价

21.1 结合实际,认真做好标准实施准备,包括标准实施的方案准备、组织准备、知识准备、手段准备和物质条件准备等。

21.2 制定标准实施方案,明确适用对象和场景、提供实施必备条件和保障(组织、制度、资金、人员和设备仪器等)、推荐方法路径,确定资源要素配置、关键环节和控制点,提出标准实施中的注意事项。

21.3 针对相关方和具体对象/岗位进行标准宣贯和培训,结合标准要求,落实责任制,做到横向到边,纵向到底。

21.4 标准实施主要涵盖幕墙材料、建筑设计、结构设计基础规定、支承结构设计、面板设计、幕墙开启窗、框支承幕墙、全玻璃幕墙、点支承玻璃幕墙、采光顶和雨篷、光伏幕墙、幕墙信息模型、检验与检测、加工制作、安装施工、工程验收、维护保养等项目。标准实施的重点在于确保幕墙产品开发符合功能性能、质量、安全、技术要求及接口规范,同时促进节能环保、资源节约,提升维护和维修效率。

21.5 标准实施的检查主要是检查标准实施方案的落实情况，需要逐条检查标准实施内容的落实，并记录未实施内容的理由或原因。标准实施检查也要检查标准实施的支持手段和物质条件的落实情况。做好标准实施验证记录，畅通标准实施信息采集的方式方法和反馈渠道，定期整理并处理收集到的意见建议。对标准实施评价的基本依据是《中华人民共和国标准化法》等。

21.6 在标准实施一定时间后，对照标准实施方案，开展标准实施效果评价分析，总结实施经验成效，梳理存在的薄弱环节，标准实施的评价主要是评价标准实施的效果，主要从技术进步、质量水平提高、客户满意度、规范秩序、效率提高、节约费用、节省时间、履行社会责任等方面进行有益性评价，同时还要评价标准实施带来的问题，以便为未来改进提供参考。

21.7 适时向专业标准化技术委员会和标准归口管理单位反馈情况，提出标准推广、修改、补充、完善或者废止等意见建议。

21.8 标准实施信息及意见反馈表相关示例见附录 D。

附 录 A (资料性) 埋件的设计与构造

A.1 平板埋件的设计与构造

A.1.1 平板预埋件的锚板宜采用Q235B、Q355B级钢，锚板厚度应根据其受力和加劲肋设置情况按计算确定，不宜小于锚筋直径的0.6倍。受拉和受弯平板预埋件的锚板厚度应通过计算确定。锚板长宽尺寸宜大于被连接构件至少50 mm，以便调节和容差。

A.1.2 平板预埋件的锚筋应采用HRB400或HPB300级热轧钢筋，不应采用冷加工钢筋。

A.1.3 平板预埋件的受力直锚筋直径不宜小于8 mm，且不宜大于25 mm。直锚筋数量不宜少于4根，且不宜多于4排；受剪预埋件的直锚筋可采用2根。平板预埋件的锚筋应放置在构件的外排主筋的内侧。

A.1.4 平板预埋件直锚筋与锚板的焊接要求：

- a) 直锚筋与锚板应采用 T 形焊接。当锚筋直径不大于 20 mm 时宜采用压力埋弧焊或手工焊；当锚筋直径大于 20 mm 时宜采用穿孔塞焊；
- b) 对 HPB300 级钢筋宜采用 E43 型焊条，对 HRB400 级钢筋宜采用 E55 型焊条；当采用压力埋弧焊时宜采用 HJ431 型焊剂或其他性能相近的焊剂；
- c) 当采用手工焊时，焊缝高度不宜小于 6 mm，且对 HPB300 级钢筋不宜小于 0.5d，对其他钢筋不宜小于 0.6d，d 为锚筋的直径。

A.1.5 由锚板 and 对称配置的直锚筋所组成的受力平板预埋件（图A.1），其锚筋的总截面面积 A_s 应符合下列规定。

- a) 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时，应分别按下列公式（A.1）和公式（A.2）计算，并取其中的较大值。

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

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

- b) 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时，应分别按下列公式（A.3）和公式（A.4）计算，并取其中的较大值。

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

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

当 $M < 0.4Nz$ 时，取 $0.4Nz$ 。

上述公式中的系数 α_v 、 α_b 应按下列公式（A.5）～公式（A.6）计算。

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

$$\alpha_b = 0.6 + 0.25 \frac{t}{d} \dots\dots\dots (A. 6)$$

当 $\alpha_v > 0.7$ 时, 取 $\alpha_v = 0.7$; 当采取防止锚板弯曲变形的措施时, 可取 $\alpha_b = 1.0$ 。

式中:

f_y ——锚筋的抗拉强度设计值 (N/mm²), 按GB/T 50010规定采用, 但不应大于300 N/mm²;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²), 按GB/T 50010规定采用;

V ——剪力设计值 (N);

N ——法向拉力或法向压力设计值 (N), 法向压力设计值不应大于 $0.5 f_c A$, 此处, A 为锚板的面积 (mm²);

M ——弯矩设计值 (N·mm);

α_r ——锚筋层数的影响系数; 当锚筋按等间距布置时, 两层取1.0; 三层取0.9; 四层取0.85;

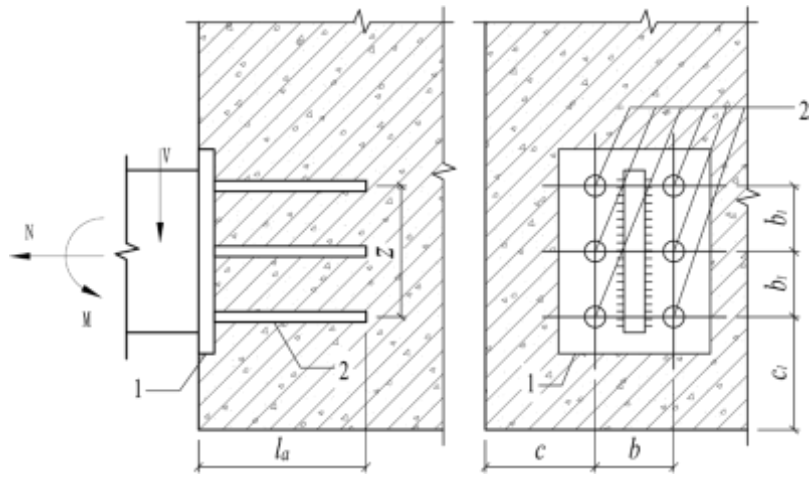
α_v ——锚筋的受剪承载力系数;

d ——锚筋直径 (mm);

α_b ——锚板的弯曲变形折减系数;

t ——锚板厚度 (mm);

z ——沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离 (mm)。



标引序号说明:

1——锚板;

2——直锚筋。

图A.1 锚板和直锚筋组成的平板预埋件

c) 有双向剪力、拉(压)力和双向弯矩共同作用时, 可将另一方向剪力和弯矩需要的锚筋面积叠加到公式(A.1)~公式(A.4)中; 但对于公式(A.3)和公式(A.4), 应将 N 用 $0.5N$ 代替。
 α_r 和 z 对于两个方向取不同值。

d) 当有比较大的扭矩作用时, 应按照锚筋的布置计算出单根锚筋的最大剪力, 由此得出剪力最大的单根锚筋的附加面积 A_{st} , 将 A_{st} 乘以锚筋的总根数叠加到 A_s 中。

A.1.6 受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度应符合下列要求, 且不应小于15d和200 mm。

a) 受拉直锚筋的基本锚固长度应按公式(A.7)计算。

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中：

- l_{ab} ——受拉钢筋基本锚固长度（mm）；
 - f_y ——钢筋抗拉强度设计值（N/mm²），见公式（A.1）；
 - f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，按GB/T 50010规定取用，其强度等级高于C40时按C40取值；
 - d ——锚筋公称直径（mm）；
 - α ——锚筋的外形系数，光圆钢筋取0.16，带肋钢筋取0.14。
- b) 对于地震作用不起控制作用的埋件，锚筋的锚固长度可按下式折减。

$$l_a = \zeta_a \cdot l_{ab} \cdots \cdots \cdots (A.8)$$

式中：

- l_a ——受拉钢筋锚固长度（mm）；
 - l_{ab} ——受拉钢筋基本锚固长度（mm），按公式（A.8）计算；
 - ζ_a ——锚固长度修正系数，取计算需要的配筋面积与实际配筋面积的比值。
- c) 锚筋末端采用弯钩或机械锚固措施时，包括弯钩和锚固端头在内的锚固长度（投影长度）可取基本锚固长度 l_{ab} 的60%。弯钩和机械锚固的形式和技术要求应符合GB/T 50010规定。
- d) 抗震设计的幕墙，钢筋锚固长度应按照计算锚固长度放大1.1倍采用。

A.1.7 受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于15倍锚固钢筋直径。除受压直锚筋外，当采用HPB300级钢筋时，钢筋末端应作180°弯钩，弯钩平直段长度不应小于3倍的锚筋直径，此弯钩不属于机械锚固措施。

A.1.8 锚筋中心至锚板边缘的距离不应小于锚筋直径的2倍且不小于20 mm：

- a) 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倍且不小于45 mm（图A.1）；
- b) 对受剪预埋件，其锚筋的间距 b 、 b_1 均不应大于300 mm， b_1 不应小于锚筋直径的6倍且不小于70 mm；锚筋至构件边缘的距离 c_1 不应小于锚筋直径的6倍且不小于70 mm，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倍且不小于45 mm（图A.1）。

A.1.9 混凝土的厚度不能满足锚筋的锚固长度要求时，可采用两侧都有锚板的对穿埋件。但应保证设计内力不超过混凝土的冲切承载力。

A.2 槽式预埋件的设计与构造

A.2.1 槽式预埋件设计采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用承载力分项系数的设计表达式进行设计。

A.2.2 槽式预埋件设计承载力应按下列设计公式（A.9）～公式（A.11）验算所有可能的失效模式。
非抗震设计时，

$$S \leq R_d \cdots \cdots \cdots (A.9)$$

抗震设计时，

$$S \leq k \cdot R_d \cdots \cdots \cdots (A.10)$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} \cdots \cdots \cdots (A.11)$$

式中：

S ——承载能力极限状态下，槽式预埋件上荷载及作用效应组合设计值（N）；

R_d ——槽式预埋件承载力设计值（N）；

R_k ——槽式预埋件承载力标准值（N）；

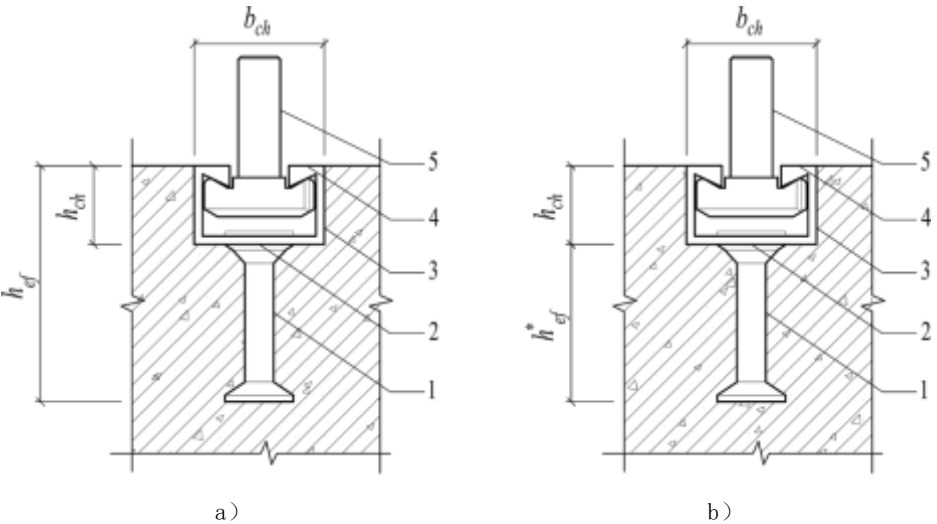
γ_R ——槽式预埋件承载力分项系数，按 A. 2. 8. 4 条取值；

k ——地震作用下槽式预埋件承载力调整系数。当地震作用效应不大于荷载效应组合值 S 的 20% 时， $k=1.0$ 。当地震作用效应大于荷载效应组合值 S 的 20% 时，宜根据试验或认证报告确定。

当存在平行于槽体长度方向剪力时，除能提供试验检测认证报告外，不应依靠 T 型螺栓与钢槽卷边之间的摩擦力来抗剪，T 型螺栓应采用除焊接以外的其他防滑移措施。

A. 2. 3 承载力标准值由产品型式检验报告或认证报告提供，测试方法可按照国家与行业相关标准执行。

A. 2. 4 槽式预埋件各部件示意图 A. 2。当槽式预埋件 $h_{ch} / h_{ef} \leq 0.4$ 且 $b_{ch} / h_{ef} \leq 0.7$ 时，槽式预埋件的有效埋置深度应按图 A. 2-a) 取 h_{ef} ；如不满足上述条件，槽式预埋件的有效埋置深度应按图 A. 2-b) 取 h_{ef}^* 。



标引序号说明：

- 1——锚筋；
- 2——锚筋与槽体连接处；
- 3——槽体；
- 4——槽体卷边；
- 5——T型螺栓；
- b_{ch} ——槽体宽度；
- h_{ch} ——槽体高度；
- $h_{ef}^* = h_{ef} - h_{ch}$

图A. 2 槽式预埋件各部件示意图

A. 2. 5 槽式预埋件受拉内力可按下列情况进行计算。

- a) 位于槽式预埋件任意位置的 T 型螺栓受拉时，槽式预埋件各锚筋的受力可沿集中力影响范围线性分配，每根锚筋所受拉力可按公式（A. 12）～公式（A. 13）计算。当槽式预埋件受多处集中力时，锚筋所受拉力等于各集中力的线性分布力叠加值。若钢槽上集中受力的位置未知或可调，应根据不同破坏模式假定受力位置为最不利时对其进行验算。

$$N_{Ed,i}^a = \frac{A_i'}{\sum_{i=1}^n A_i'} \cdot N_{Ed}^{cb} \dots\dots\dots (A. 12)$$

$$l_i = 13 \cdot I_y^{0.05} \cdot s^{0.5} \geq s \dots\dots\dots (A.13)$$

式中：

A_i' ——以荷载 N_{Ed}^{cb} 为高度单位 1.0，与其影响长度 $2l_i$ 形成的三角形范围内锚筋 i 纵坐标值（mm）；

l_i ——拉力作用对槽式预埋件的影响长度；

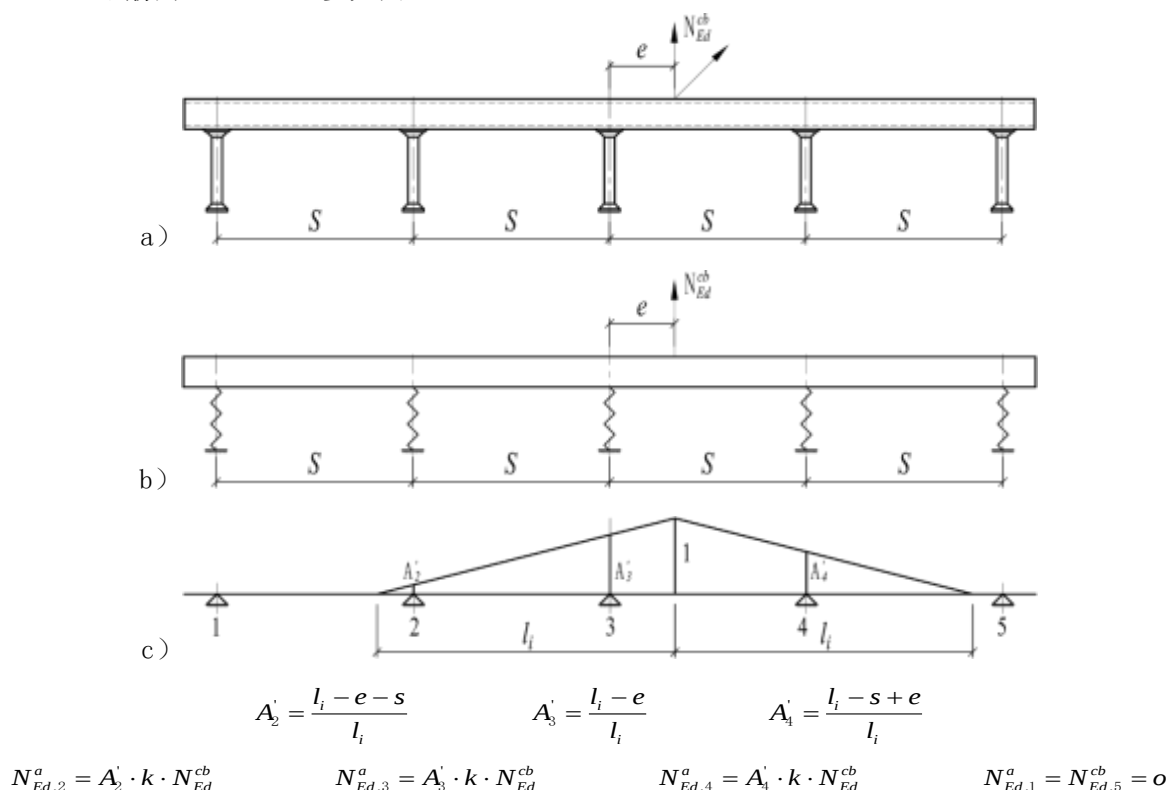
N_{Ed}^{cb} ——槽式预埋件受到的拉力设计值，参见图 A.3；

$N_{Ed,i}^a$ ——锚筋 i 受到的拉力设计值；

n ——拉力影响长度内的锚筋数量；

I_y ——钢槽截面惯性矩（mm⁴），由相关产品型式检验报告或认证报告提供；

s ——锚筋间距（mm），参见图 A.3。



标引序号说明：

a)——槽式预埋件示意图；

b)——弹性支撑示意图；

c)——荷载三角形分配计算方法。

注：槽式预埋件受拉内力计算时，荷载三角形内各 A_i' 总和的倒数 k 可按 $k=1/\sum_1^n A_i'$ 计算。

图A.3 槽式预埋件锚筋受力计算示意图

b) 位于槽式预埋件任意位置 T 型螺栓受拉时，槽式预埋件会产生整体受弯，该弯矩设计值 M_{Ed}^{ch} ，可假定槽式预埋件是以锚筋为支点的简支梁进行计算。

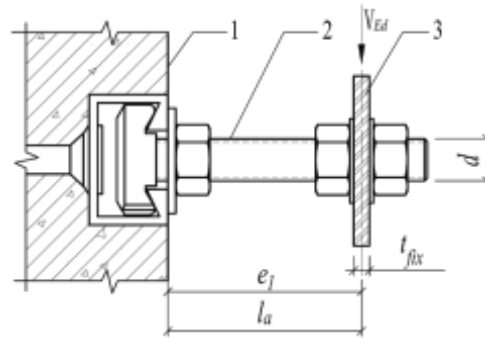
A.2.6 槽式预埋件受剪力时的内力可按下列情况进行计算：

a) 槽式预埋件受垂直于钢槽长度方向的剪力 $V_{Ed,y}$ 时，其内力可按照 A.2.5 条进行计算；

- b) 槽式预埋件受平行于钢槽长度方向的剪力 $V_{Ed,x}$ 时, 仅由受力方向尾部的三根锚筋平均承担荷载, 即尾部三根锚筋的力值均为 $V_{Ed,x}/3$; 锚筋数量不大于 3 时, 可将剪力 $V_{Ed,x}$ 平均分配到各锚筋上。

A. 2. 7 下列两个条件同时满足时, 作用于钢槽的剪力可认定为没有杠杆臂的纯剪切状态, 否则应按照有杠杆臂受剪进行计算 (图A. 4), 考虑T型螺栓根部受弯。

- a) 被紧固物为刚性材料, 其固定孔与 T 型螺栓的接触长度不小于 t_{fix} , t_{fix} 为被紧固物厚度;
b) 被紧固物同时紧贴混凝土表面和槽道顶面。



图A. 4 杠杆力臂长度示意图

当不满足上述条件时, 应验算T型螺栓根部的受弯承载力, T型螺栓根部弯矩 M_{Ed} 可按公式A. 14计算。

$$M_{Ed} = \alpha_M \cdot V_{Ed} \cdot l_a \quad \text{..... (A. 14)}$$

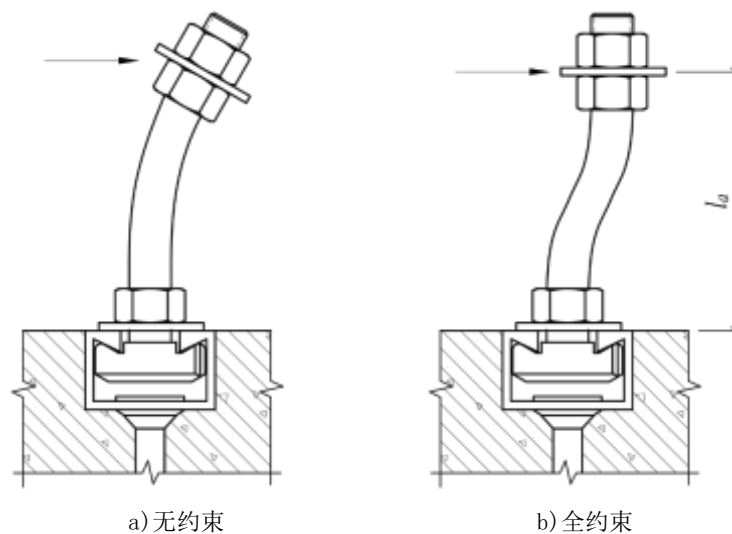
式中:

M_{Ed} ——T型螺栓根部弯矩设计值;

V_{Ed} ——T型螺栓所受剪力设计值;

α_M ——T型螺栓根部弯矩调整系数, 根据T型螺栓端部转动受约束的情形分为两种情况, 转动无约束时, $\alpha_M = 1.0$ [参见图A. 5-a)], 转动全约束时, $\alpha_M = 0.5$ [参见图A. 5-b)];

l_a ——T型螺栓受弯杠杆臂长度。

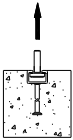
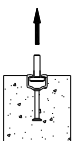
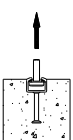
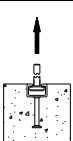
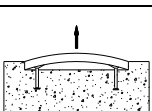
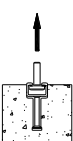
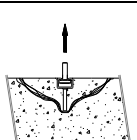
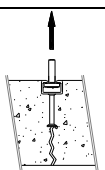


图A. 5 T 型螺栓端部转动约束情况示意图

A. 2. 8 槽式预埋件设计时，应分别对拉力和剪力引起的槽式预埋组件及混凝土结构强度进行校核，并验算拉剪复合作用。

A. 2. 8. 1 槽式预埋件应按照表 A. 1 计算受拉承载力。

表A. 1 拉力作用下槽式预埋件的验算项目

序号	失效模式		承载力验算	最不利的受力部位或部件	示意图
1	钢材破坏	锚筋受拉	$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,s,a} = N_{Rk,s,a} / \gamma_{Ms}$	受力最大的锚件	
2		锚筋与钢槽连接处受拉	$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,s,c} = N_{Rk,s,c} / \gamma_{Ms,ca}$	受力最大的锚件	
3		钢槽卷边受拉破坏 (验算螺栓受力最大者)	$N_{Ed}^{cb} \leq N_{Rd,s,l} = N_{Rk,s,l} / \gamma_{Ms,l}$	受力最大的 T 型螺栓	
4		螺栓受拉	$N_{Ed}^{cb} \leq N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	受力最大的 T 型螺栓	
5		钢槽整体受拉弯曲破坏	$M_{Ed}^{ch} \leq M_{Rd,s,flex} = M_{Rk,s,flex} / \gamma_{Ms,flex}$	受弯矩最大的槽道	
6	混凝土破坏	锚筋受拉拔出破坏	$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,p} = N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	受力最大的锚件	
7		混凝土锥体破坏 (不满足要求时，可考虑设置抗拉附加钢筋)	$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,c} = N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	最不利的锚件	
8		混凝土劈裂破坏	$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$	最不利的锚件	

A. 2. 8. 2 槽式预埋件应按照表 A. 2 计算垂直受剪承载力。

表A. 2 垂直剪力作用下槽式预埋件的验算项目

序号	失效模式		承载力验算	最不利的受力部位或部件	示意图
1	钢材破坏	锚筋受剪	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,a,y} = V_{Rk,s,a,y} / \gamma_{Ms}$	受力最大的锚件	
2		锚筋与钢槽连接处受剪	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,c,y} = V_{Rk,s,c,y} / \gamma_{Ms,ca}$	受力最大的锚件	
3		钢槽卷边受剪破坏	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,l,y} = V_{Rk,s,l,y} / \gamma_{Ms,l}$	受力最大的 T 型螺栓	
4		(无杠杆臂) 螺栓受剪	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s} = V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	受力最大的 T 型螺栓	
5		(有杠杆臂) 螺栓受剪	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,M} = V_{Rk,s,M} / \gamma_{Ms}$	最不利的 T 型螺栓	
6	混凝土破坏	混凝土剪撬破坏	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,cp,y} = V_{Rk,cp,y} / \gamma_{Mc}$	最不利的锚件	
7		混凝土边缘破坏（不满足要求时，可考虑加密箍筋）	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,c,y} = V_{Rk,c,y} / \gamma_{Mc}$	最不利的锚件	

A. 2. 8. 3 槽式预埋件应按照表 A. 3 计算平行受剪承载力。

表A.3 平行剪力作用下槽式预埋件的验算项目

序号	失效模式		承载力验算	最不利的受力部位或 部件	示意图
1	钢 材 破 坏	锚筋受剪	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,a,x} = V_{Rk,s,a,x} / \gamma_{Ms}$	受力最大的锚件	
2		锚筋与钢槽连接处受剪	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,c,x} = V_{Rk,s,c,x} / \gamma_{Ms,ca}$	受力最大的锚件	
3		钢槽卷边受剪破坏	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,l,x} = V_{Rk,s,l,x} / \gamma_{Ms,l,x}$	受力最大的 T 型螺栓	
4		(无杠杆臂)螺栓受剪	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s} = V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	受力最大的 T 型螺栓	
5		(有杠杆臂)螺栓受剪	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,M} = V_{Rk,s,M} / \gamma_{Ms}$	最不利的 T 型螺栓	
6	混 凝 土 破 坏	混凝土剪撬破坏	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,cp,x} = V_{Rk,cp,x} / \gamma_{Mc}$	最不利的锚件	
7		混凝土边缘破坏（不满足要求时，可考虑加密箍筋）	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,c,x} = V_{Rk,c,x} / \gamma_{Mc}$	最不利的锚件	

A. 2. 8. 4 槽式预埋件与混凝土结构锚固连接的承载力分项系数，应按照表 A. 4 采用。

表A.4 槽式预埋件设计的承载力分项系数

破坏模式	分项系数代号	分项系数
槽式预埋件钢材破坏		
1 锚筋受拉、螺栓受拉	γ_{Ms}	1.5
2 锚筋受剪, 螺栓受剪 (有杠杆臂、无杠杆臂)	γ_{Ms}	1.25
3 锚筋与钢槽连接处受拉、受剪	$\gamma_{Ms,ca}$	1.8
4 钢槽卷边受拉、垂直受剪	$\gamma_{Ms,l,y}$	1.8
5 钢槽卷边平行受剪	$\gamma_{Ms,l,x}$	1.8
6 钢槽整体受拉弯曲	$\gamma_{Ms,flex}$	1.15
混凝土破坏		
7 混凝土受拉锥体破坏、混凝土受拉边缘破坏、混凝土受剪边缘破坏、混凝土受剪剪撬破坏	γ_{Mc}	1.5
8 混凝土劈裂破坏	γ_{Msp}	1.5
锚筋受拉拔出破坏		
9 锚筋受拉拔出破坏	γ_{Mp}	1.5

注: 表中分项系数为无认证报告或检测报告时采用的数据; 当有认证报告或检测报告时, 可采用报告中的分项系数。

A.2.9 槽式预埋件受拉钢材破坏应满足下列要求。

- a) 槽式预埋件验算拉力作用下的失效时, 对表 A.1 中 1~4 项钢材受拉破坏承载力标准值 $N_{Rk,s,a}$ 、 $N_{Rk,s,c}$ 、 $N_{Rk,s,l}$ 、 $N_{Rk,s}$ 应按产品认证报告取值, 若无认证报告, 应经检测确定。且 $N_{Rk,s,a}$ 、 $N_{Rk,s}$ 不应大于 $A_s \cdot f_{yk}$ (其中 A_s 为锚筋或 T 型螺栓受拉应力截面面积, f_{yk} 为锚筋或 T 型螺栓屈服强度标准值)。
- b) 设计时应保证相邻 T 型螺栓的轴心间距 $S_{chb} \geq 2 \cdot b_{ch}$ (其中 b_{ch} 为槽式预埋件钢槽宽度, S_{chb} 为相邻 T 型螺栓轴心间距), 否则承载力标准值 $N_{Rk,s,l}$ 应当乘以折减系数 $0.5 \cdot [1 + S_{chb} / (2 \cdot b_{ch})] \leq 1.0$ 。
- c) 钢槽受拉弯曲钢材破坏的抗弯承载力标准值 $M_{Rk,s,flex}$ 由产品认证报告提供。若无认证报告, 可按公式 (A.15) 计算。

$$M_{Rk,s,flex} = W_{pl,y} \cdot f_{yk} \dots\dots\dots (A.15)$$

式中:
 $W_{pl,y}$ ——槽式预埋件 y 轴向的塑性截面抵抗矩, 根据钢槽确定;
 f_{yk} ——钢槽材料的屈服强度标准值。

A.2.10 锚筋受拉拔出破坏承载力标准值可按公式 (A.16) 计算。

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot f_{cu,k} \cdot A_h \dots\dots\dots (A.16)$$

式中:
 k_2 ——混凝土开裂影响系数, 开裂混凝土取6.0, 非开裂混凝土取8.4;
 A_h ——锚筋端部承压面积 (mm²); 锚筋端部为圆头时, $A_h = \pi / 4 \cdot (d_h^2 - d_a^2)$, d_a 为锚筋平直段直径, d_h 为锚筋端部圆头直径, 其中 d_h 不应大于 $6t_h + d_a$, t_h 为锚筋端部圆头的厚度 (参考图A.2);
 $f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm²)。

A. 2. 11 槽式预埋件单根锚筋发生混凝土锥体破坏受拉承载力标准值计算按公式 (A. 17)。

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{re,N} \cdots \cdots (A. 17)$$

式中:

$N_{Rk,c}^0$ ——单根锚筋受拉时, 混凝土理想锥体破坏的受拉承载力标准值 (N), 可按A. 2. 12条计算;

$\psi_{ch,s,N}$ ——相邻锚筋间距影响系数, 可按A. 2. 13条计算;

$\psi_{ch,e,N}$ ——混凝土基材边缘距离影响系数, 可按A. 2. 14条计算;

$\psi_{ch,c,N}$ ——混凝土基材边角影响系数, 可按A. 2. 15条计算;

$\psi_{re,N}$ ——表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的影响系数, 可按A. 2. 16条计算。

A. 2. 12 槽式预埋件单根锚筋受拉时, 混凝土理想锥体破坏的受拉承载力标准值可按公式 (A. 18) 计算。

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot h_{ef}^{1.5} \cdots \cdots (A. 18)$$

式中:

$N_{Rk,c}^0$ ——单根锚筋受拉时, 混凝土理想锥体破坏的受拉承载力标准值 (N);

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm²);

k_1 ——系数, 开裂混凝土取 $7.9 \cdot \alpha_{ch,N}$, 非开裂混凝土取 $11 \cdot \alpha_{ch,N}$, 其中 $\alpha_{ch,N} = (h_{ef}/180)^{0.15}$ 且不大于 1.0;

h_{ef} ——槽式预埋件有效埋置深度 (mm)。

A. 2. 13 槽式预埋件相邻锚筋间距影响系数可按公式 (A. 19) ~ 公式 (A. 20) 计算。

$$\psi_{ch,s,N} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[\left(1 - s_i / s_{cr,N} \right)^{1.5} \cdot N_i / N_0 \right]} \leq 1.0 \cdots \cdots (A. 19)$$

$$s_{cr,N} = 2 \cdot (2.8 - 1.3 \cdot h_{ef} / 180) \cdot h_{ef} \geq 3 \cdot h_{ef} \cdots \cdots (A. 20)$$

式中:

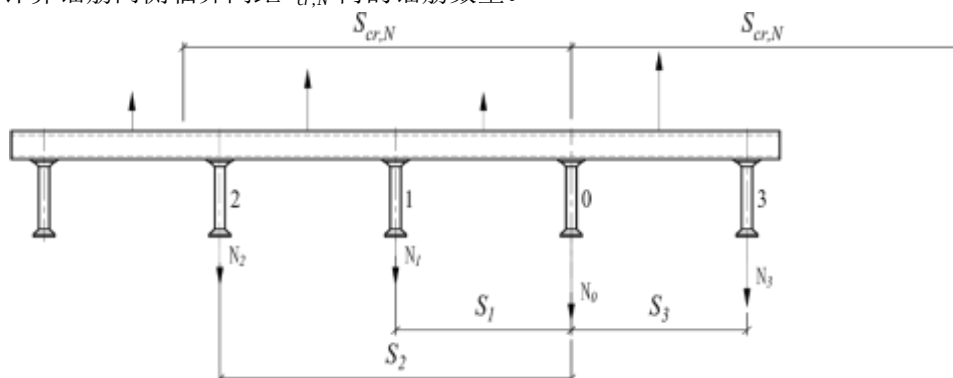
s_i ——相邻锚筋间的距离 (mm), 见图A. 6, 其值不应大于锚筋的临界间距 $s_{cr,N}$;

$s_{cr,N}$ ——锚筋临界间距 (mm), 见图A. 6;

N_i ——临界间距 $s_{cr,N}$ 内单个锚筋所承受的拉力荷载值 (N);

N_0 ——计算锚筋所承受的拉力荷载值 (N);

n ——计算锚筋两侧临界间距 $s_{cr,N}$ 内的锚筋数量。



图A. 6 槽式预埋件受拉示意

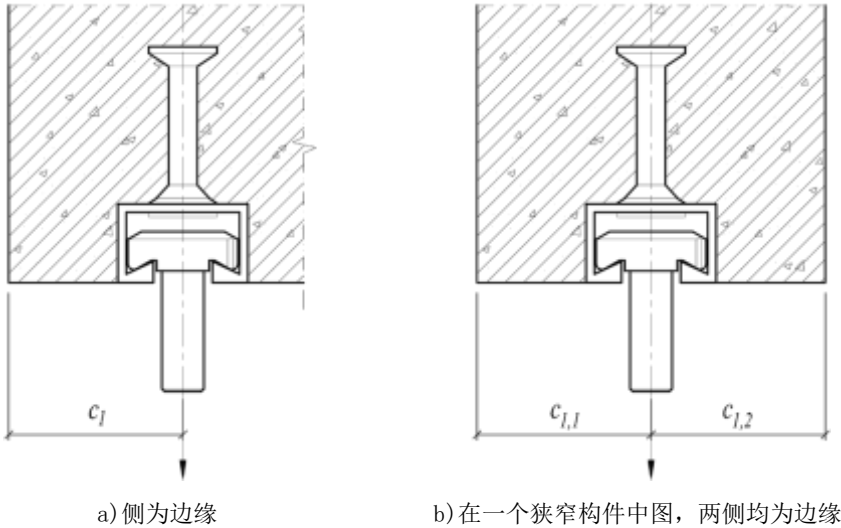
A. 2. 14 混凝土基材边缘距离影响系数可按公式 (A. 21) 计算。

$$\psi_{ch,e,N} = \left(\frac{c_1}{c_{cr,N}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 21)$$

式中:

c_1 ——槽式预埋件的边距, 见图A. 7, 基材构件为狭窄构件时, 取 $c_{l,1}$ 和 $c_{l,2}$ 的较小值;

$c_{cr,N}$ ——临界边距 $c_{cr,N} = 0.5s_{cr,N}$, $c_{cr,N}$ 见A. 2. 13条。



图A. 7 槽式预埋件边距示意

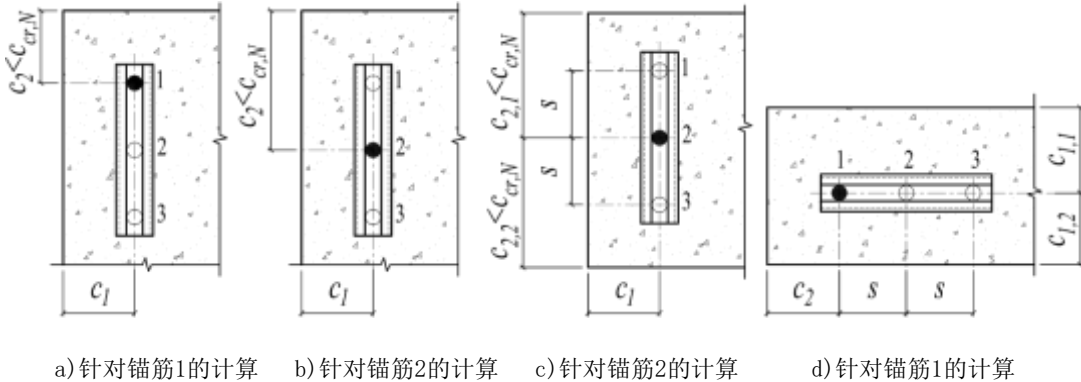
A. 2. 15 混凝土基材边角影响系数可按公式 (A. 22) 计算。

$$\psi_{ch,c,N} = \left(\frac{c_2}{c_{cr,N}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 22)$$

式中:

c_2 ——所验算锚筋的边角距离, 见图A. 8;

$c_{cr,N}$ ——临界边距 $c_{cr,N} = 0.5s_{cr,N}$, $c_{cr,N}$ 见A. 2. 14条。



图A. 8 槽式预埋件边角距离 c_2 取值示意

A. 2. 16 表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的影响系数 $\psi_{re,N}$ 在满足以下任一条件时可取 1. 0, 否则按公式 (A. 23) 计算。

a) 有效锚固深度 $h_{ef} > 100$ mm。

- b) 锚固区钢筋间距 $s \geq 150$ mm。
 c) 锚固区钢筋直径 $d \leq 10$ mm 且钢筋间距 $s \geq 100$ mm 时,

$$\psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1.0 \quad \text{..... (A. 23)}$$

式中:

h_{ef} ——槽式预埋件有效埋置深度 (mm)。

A. 2. 17 混凝土受拉劈裂破坏验算。

- a) 应满足最小边距 $c_{\min}$ 、最小间距 $s_{\min}$ 、混凝土基材最小厚度 $h_{\min}$ 和最小配筋等要求, 避免安装过程中的混凝土劈裂破坏。
 b) 为避免荷载条件下的劈裂破坏, 设计应满足下列条件之一:
 1) 任何方向的边距 $c \geq 1.2c_{cr,sp}$, 且基材厚度 $h \geq h_{\min}$; $c_{cr,sp}$ 为劈裂破坏临界边距, 按产品认证报告或测试报告取值, 无报告时可取 3 倍有效埋深, 即 $c_{cr,sp} = 3h_{ef}$;
 2) 计算混凝土受拉锥体破坏时, 是按照开裂混凝土计算承载力的, 且考虑劈裂力时基材裂缝宽度 $w_k \leq 0.3$ mm, 并设置有附加钢筋抵抗劈裂力, 该附加钢筋应当在靠近每一个锚筋的地方对称设置, 附加钢筋的数量可按公式 (A. 24) 计算。

$$A_{s,re} = 0.5 \cdot \gamma_{Ms,re} \cdot \frac{N_{Ed}^a}{f_{yk}} \quad \text{..... (A. 24)}$$

式中:

$A_{s,re}$ ——单根锚筋边上抗劈裂附加钢筋的截面积, 槽式预埋件的每根锚筋附近均应设置同样数量的附加钢筋;

N_{Ed}^a ——槽式预埋件中受拉力最大的锚筋所承受的拉力;

f_{yk} ——附加钢筋的屈服强度标准值;

$\gamma_{Ms,re}$ ——分项系数, 可取 1.15。

- c) 不满足上述条件时, 混凝土劈裂破坏承载力标准值应按公式 (A. 25) ~ 公式 (A. 27) 计算。

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk}^0 \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad \text{..... (A. 25)}$$

$$N_{Rk}^0 = \min(N_{Rk,p}, N_{Rk,c}^0) \quad \text{..... (A. 26)}$$

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{\min}} \right)^{2/3} \quad \text{且} \quad \psi_{h,sp} \leq \max \left\{ 1; \left(\frac{h_{ef} + c_{cr,N}}{h_{\min}} \right)^{2/3} \right\} \leq 2.0 \quad \text{..... (A. 27)}$$

式中:

$N_{Rk,p}$ ——锚筋受拉拔出破坏承载力标准值, 按 A. 2. 10 条计算;

$N_{Rk,c}^0$ ——混凝土受拉锥体破坏力标准值, 按 A. 2. 12 条计算;

$\psi_{h,sp}$ ——基材厚度影响系数;

h ——混凝土基材厚度;

$h_{\min}$ ——混凝土基材最小厚度, 验算取 $h_{\min} = h_{ef} + 30$ mm 或相关认证报告、测试报告中的 $h_{\min}$ 值。

另外, $\psi_{ch,s,N}$ 、 $\psi_{ch,c,N}$ 、 $\psi_{ch,e,N}$ 、 $\psi_{re,N}$ 均按照 A. 2. 12 条相关公式计算, 式中的临界边距 $c_{cr,N}$ 和临界间距 $s_{cr,N}$, 应分别用 $c_{cr,sp}$ 和 $s_{cr,sp}$ 替代, 其中劈裂破坏临界间距 $s_{cr,sp} = 2 \cdot c_{cr,sp}$ 。

A. 2. 18 混凝土受拉边缘剥落破坏验算。

当槽式预埋件锚筋与混凝土边缘的距离 $c \geq 0.5h_{ef}$ 时不必验算混凝土受拉边缘破坏，否则应按公式 (A. 28)～公式 (A. 31) 对混凝土受拉边缘破坏的承载力进行验算。

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \psi_{ch,s,Nb} \cdot \psi_{ch,c,Nb} \cdot \psi_{ch,h,Nb} \dots\dots\dots (A. 28)$$

$$N_{Rk,cb}^0 = k_s \cdot c_1 \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot \sqrt{A_h} \dots\dots\dots (A. 29)$$

$$\psi_{ch,c,Nb} = \left(\frac{c_2}{c_{cr,Nb}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 30)$$

$$\psi_{ch,h,Nb} = \frac{h_{ef} + f}{4c_1} \leq \frac{2c_1 + f}{4c_1} \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 31)$$

式中：

$N_{Rk,cb}$ ——混凝土受拉边缘剥落破坏承载力标准值；

$N_{Rk,cb}^0$ ——单一锚筋的理想混凝土受拉边缘剥落破坏承载力标准值；

$\psi_{ch,s,Nb}$ ——相邻锚筋间距影响系数，按A. 30条公式计算，式中的 $s_{cr,N}$ 用 $s_{cr,Nb} = 4c_1$ 代替；

$\psi_{ch,c,Nb}$ ——混凝土基材边角影响系数，如果一个锚筋同时受到基材两个边角的影响，见图A. 8-c)，应同时采用 $c_{2,1}$ 和 $c_{2,2}$ 来计算边角影响系数 $\psi_{ch,c,Nb}$ ，并代入到公式 (A. 27) 中，取较小值；

$\psi_{ch,h,Nb}$ ——基材厚度影响系数，当锚筋顶端基材厚度 $f \leq 2c_1$ （见图A. 9）时，应考虑基材厚度影响系数；

c_1 ——槽式预埋件的边距，见图A. 7；

A_h ——锚筋端部的受力面积（见A. 2. 11条），也可按认证报告取值；

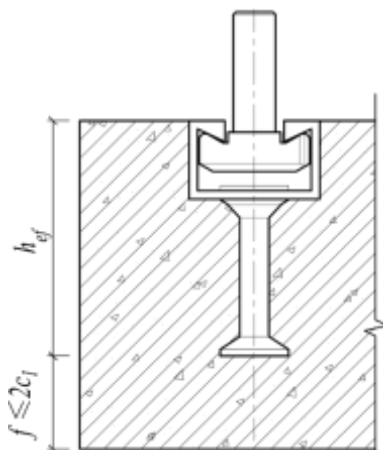
k_s ——系数，开裂混凝土取7.8，非开裂混凝土取11.0；

c_2 ——所验算锚筋的边角距离，见图A. 8；

$c_{cr,Nb}$ ——临界边距， $c_{cr,Nb} = 2c_1$ ；

h_f ——槽式预埋件有效埋深，按图A. 2取值；

f ——槽式预埋件锚筋顶端基材厚度，见图A. 9。



图A. 9 槽式预埋件在较薄的混凝土基材中边界

A. 2. 19 槽式预埋件受剪钢材破坏（垂直于槽体剪力 $V_{Rk,y}$ 和平行于槽体剪力 $V_{Rk,x}$ ）。

- a) 槽式预埋件在垂直或平行于钢槽长度方向剪力作用下, 锚筋的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,a,y}$ 或 $V_{Rk,s,a,x}$ 应按产品认证报告取值; 若无认证报告, 可经检测确定。若无相关报告, 可根据 JGJ 145 取 $0.5 \cdot A_s \cdot f_{yk}$, 其中 A_s 为锚筋受拉应力截面面积, f_{yk} 为锚筋屈服强度标准值。
- b) 槽式预埋件在垂直或平行于钢槽长度方向剪力作用下, 锚筋与钢槽连接处钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,c,y}$ 或 $V_{Rk,s,c,x}$ 应取认证报告或相关标准中给出的承载力标准值。若无相关报告, 可按公式 (A. 32) 计算。

$$V_{Rk,s,c,x} = V_{Rk,s,a,x} \cdot \frac{N_{Rk,s,c}}{N_{Rk,s,a}} \leq V_{Rk,s,a,x} \quad \text{..... (A. 32)}$$

式中:

$V_{Rk,s,a,x}$ ——按本条a) 款取值;

$N_{Rk,s,c}$ ——按A. 2. 10条取值;

$N_{Rk,s,a}$ ——按A. 2. 10条取值。

- c) 垂直于钢槽剪力作用下, 钢槽卷边钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,l,y}$, 应取认证报告或相关标准中垂直于钢槽的剪切测试给出的承载力标准值, 设计时应保证相邻 T 型螺栓的轴心间距 $s_{chb} \geq 2 \cdot b_{ch}$, (b_{ch} 为槽式预埋件宽度), 否则该承载力标准值应乘以折减系数 $0.5 \cdot [1 + s_{chb} / (2 \cdot b_{ch})] \leq 1.0$ 。平行于钢槽剪力作用下, 钢槽卷边钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,l,x}$, 应取相关认证报告或相关标准中平行于钢槽的剪切测试给出的承载力标准值。分项系数按表 A. 4 或按相关认证或测试报告取值。
- d) 无杠杆臂的纯剪切状态, 垂直或平行于钢槽剪力作用下, T 型螺栓的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,y}$ 、 $V_{Rk,s,x}$, 应按认证报告取值。若无认证报告, 可取相关标准中的受剪承载力标准值, 或根据 JGJ 145 取 $0.5 \cdot A_s \cdot f_{yk}$, 其中 A_s 为螺栓受拉应力截面面积, f_{yk} 为螺栓屈服强度标准值。
- e) 有杠杆臂的弯剪复合受力 (图 A. 5), 平行于钢槽剪力作用下, T 型螺栓的钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk,s,M,x}$, 应按测试报告取值。垂直于钢槽剪力作用下, T 型螺栓的受剪承载力标准值可按公式 (A. 33) ~ 公式 (A. 35) 计算 (l_a 见图 A. 4)。

$$V_{Rk,s,M,y} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad \text{..... (A. 33)}$$

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}}\right) \quad \text{..... (A. 34)}$$

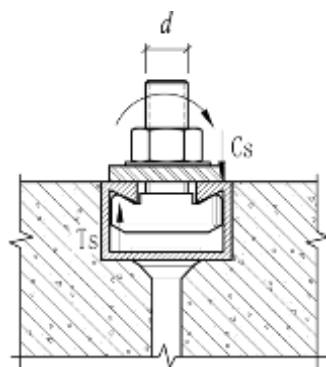
$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms} \quad \text{..... (A. 35)}$$

式中:

α_M ——被连接件约束系数, 当被紧固物无约束时 [图 A. 5-a)], 取 1.0; 当被紧固物完全约束时 [图 A. 5-b)], 取 2.0;

$M_{Rk,s}$ ——抗弯承载力标准值;

$M_{Rk,s}^0$ ——槽式预埋件螺栓的理想抗弯承载力标准值, 由认证报告提供; 无相关认证报告时, 可按 JGJ 145 的公式 $M_{Rk,s}^0 = 1.2 \cdot W_{el} \cdot f_{yk}$ 计算, 且不应大于 $0.5 \cdot N_{Rk,s,l} \cdot a$, 其中 $N_{Rk,s,l}$ 见 A. 2. 10 条, a 为 T 型螺栓受剪时的内力臂长度 (图 A. 10)。



图A.10 T型螺栓受剪时的内力臂长度示意图

A. 2. 20 混凝土剪撬破坏承载力标准值，应选取槽式预埋件中的最不利锚筋按公式（A. 36）～公式（A. 37）进行计算。

$$V_{Rk,cp,y} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad \text{..... (A. 36)}$$

$$V_{Rk,cp,x} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad \text{..... (A. 37)}$$

式中：

k_8 ——影响系数，由相关认证报告提供，没有认证报告时可按JGJ 145规定取 $k_8 = 2.0$ （幕墙工程中有效埋深不小于90 mm）；

$N_{Rk,c}$ ——混凝土锥体破坏受拉承载力标准值，按照A. 2. 12条进行计算。

A. 2. 21 垂直于钢槽长度方向剪力作用下，混凝土边缘破坏受剪承载力标准值，按公式（A. 38）进行计算。

$$V_{Rk,c,y} = V_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{ch,s,V} \cdot \psi_{ch,c,V} \cdot \psi_{ch,h,V} \cdot \psi_{ch,90^\circ,V} \cdot \psi_{re,V} \quad \text{..... (A. 38)}$$

式中：

$V_{Rk,c}^0$ ——单根锚筋承受垂直于钢槽剪力时，混凝土理想边缘破坏承载力标准值(N)，按A. 2. 22条计算；

$\psi_{ch,s,V}$ ——相邻锚筋间的影响系数，可按A. 2. 23条计算；

$\psi_{ch,c,V}$ ——混凝土基材边角影响系数，可按A. 2. 24条计算；

$\psi_{ch,h,V}$ ——混凝土基材厚度影响系数，可按A. 2. 25条计算；

$\psi_{ch,90^\circ,V}$ ——考虑剪力与边缘平行时对受剪承载力的影响系数，如图A. 11时取 $\psi_{ch,90^\circ,V} = 2.5$ ，其他条件下（不平行时）取 $\psi_{ch,90^\circ,V} = 1.0$ ；

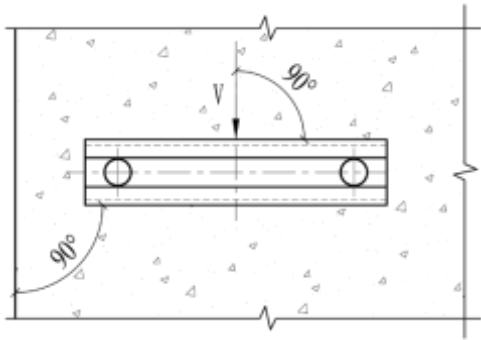
$\psi_{re,V}$ ——混凝土边缘有无配筋或所处位置对承载力的影响系数。

a) 构件为开裂混凝土，且边缘无纵向钢筋或箍筋时， $\psi_{re,V} = 1.0$ ；

b) 构件为开裂混凝土，在槽式预埋件和构件边缘之间有纵向钢筋，且直径不小于12 mm时， $\psi_{re,V} = 1.2$ ；

c) 构件为开裂混凝土，边缘有纵向钢筋和箍筋，且纵筋直径不小于12 mm，箍筋间距不大于100 mm时， $\psi_{re,V} = 1.4$ ；

d) 构件为非开裂混凝土时， $\psi_{re,V} = 1.0$ 。



图A.11 剪力方向与混凝土基材边缘平行示意图

A. 2. 22 单根锚筋承受垂直于钢槽剪力时, 混凝土理想边缘破坏承载力标准值按公式 (A. 39) 计算。

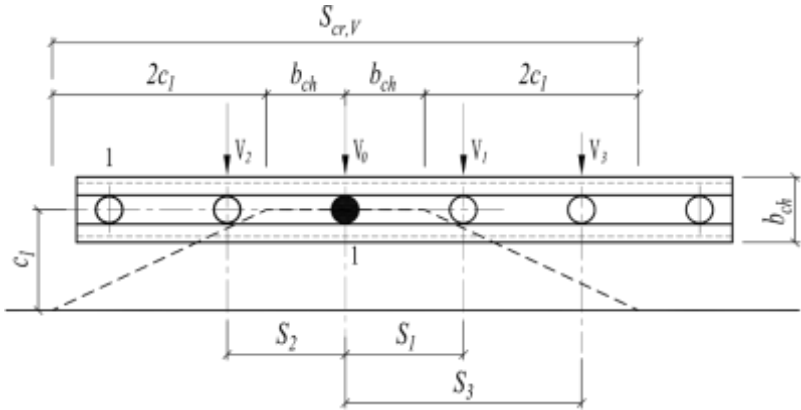
$$V_{Rk,c}^0 = k_{12} \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot c_1^{2/3} \dots\dots\dots (A. 39)$$

- 式中：
- k_{12} ——系数，按相关认证报告中开裂或非开裂混凝土的取值(如无认证报告，开裂混凝土可取 $k_{12} = 4.1$ ，非开裂混凝土可取 $k_{12} = 5.7$ ；
 - $f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm²)；
 - c_1 ——沿剪力方向的边距。

A. 2. 23 相邻锚筋间的影响系数可按公式 (A. 40) 计算。

$$\psi_{ch, s, V} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left[\left(1 - S_i / S_{cr, V} \right)^{1.5} \cdot V_i / V_0 \right]} \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 40)$$

- 式中：
- S_i ——相邻锚筋与所验算锚筋的间距 (mm)，见图A. 12，应 $S_i \leq S_{cr, V}$ ；
 - $S_{cr, V}$ ——锚筋的临界间距 (mm)， $h_{ch} / h_{ef} \leq 0.4$ 且 $b_{ch} / h_{ef} \leq 0.7$ 时(见图A. 12)取 $S_{cr, V} = 4c_1 + 2b_{ch}$ ，上述条件不满足时 $S_{cr, V}$ 应由相关认证报告或测试报告提供且不小于 $4c_1 + 2b_{ch}$ ；
 - V_i ——临界距离 $S_{cr, N}$ 内某个相邻锚筋所承受的剪力 (N)；
 - V_0 ——所验算锚筋所承受的剪力荷载 (N)；
 - n ——所验算锚筋两侧临界距离 ($S_{cr, N}$) 内的锚筋数量。



图A.12 垂直钢槽剪力作用下混凝土边缘破坏示意图 (1 为进行验算的锚筋)

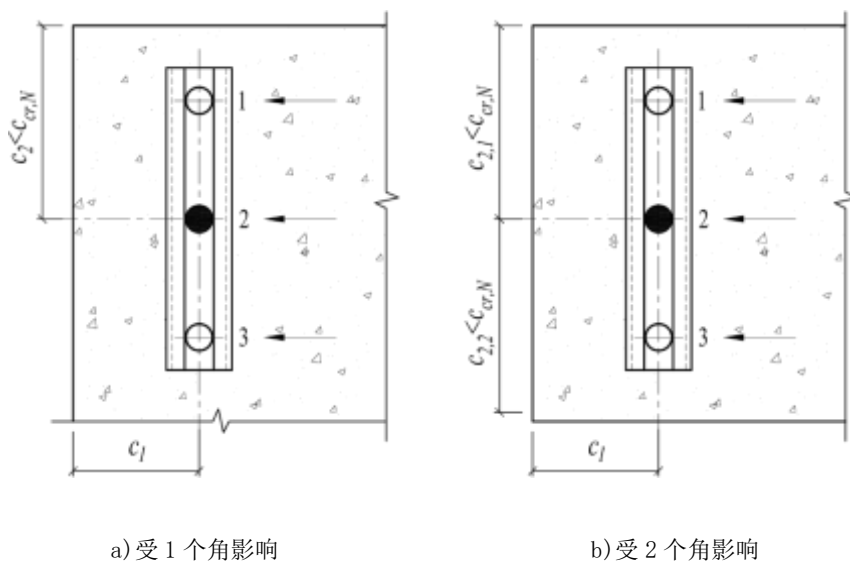
A. 2. 24 混凝土基材边角影响系数可按公式 (A. 41) 计算。

$$\psi_{ch,c,V} = \left(\frac{c_2}{c_{cr,V}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad \text{..... (A. 41)}$$

式中:

$c_{cr,V}$ —— $c_{cr,V} = 0.5S_{cr,V}$ ($S_{cr,V}$ 为临界间距, 见A. 2. 23条);

c_2 ——为垂直剪力方向的边距, 如果一个锚筋同时受到基材两个边角的影响, 见图A. 13-b), 应同时采用 $c_{2,1}$ 和 $c_{2,2}$ 来计算边角影响系数 $\psi_{ch,c,V}$, 并代入到公式(A. 40)中, 最后取较小值。



图A. 13 槽式预埋件锚筋受边角影响示意图

A. 2. 25 混凝土基材厚度影响系数的计算。

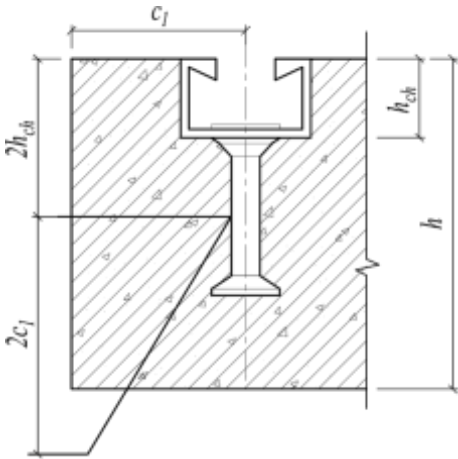
当构件厚度 $h \geq h_{cr,V}$ 时 $\psi_{ch,h,V}$ 可直接取为1.0; $h < h_{cr,V}$ 时按公式 (A. 42) 进行计算。

$$\psi_{ch,h,V} = \left(\frac{h}{h_{cr,V}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad \text{..... (A. 42)}$$

式中:

$h_{cr,V}$ ——基材临界厚度 (mm); 槽式预埋件 $h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4$ 且 $b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7$ 时 (见图A. 2) 取 $h_{cr,V} = 2c_1 + 2h_{ch}$ (h_{ch} 为槽式预埋件的高度, 见图A. 14), 上述条件不满足时, $h_{cr,V}$ 应由相关认证报告或测试报告提供且不小于 $2c_1 + 2h_{ch}$;

h ——混凝土构件厚度。



图A.14 槽式预埋件锚筋受构件厚度影响示意图

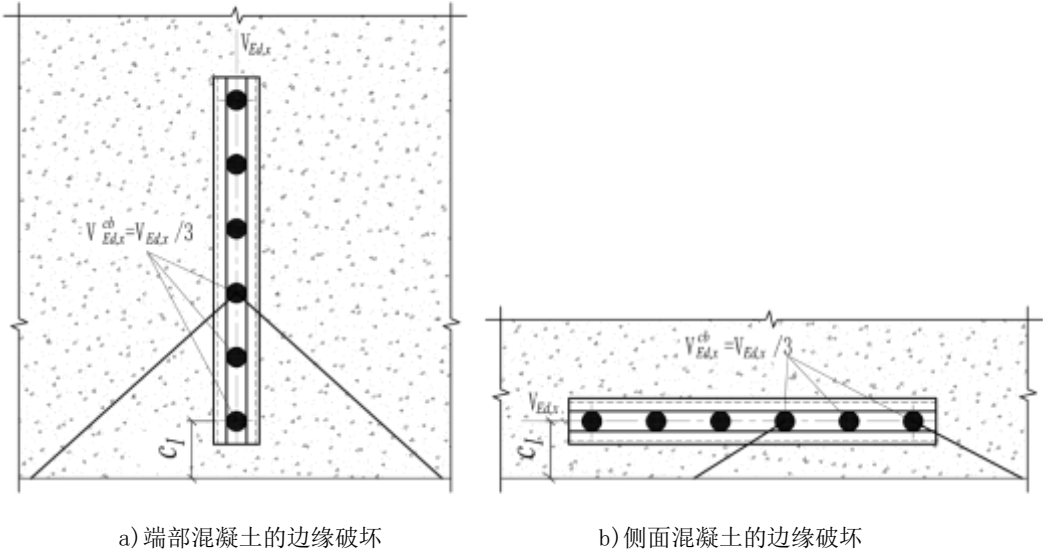
A. 2. 26 在平行于钢槽长度方向的剪力作用下，当钢槽垂直混凝土边缘预埋时，最不利单根锚筋混凝土边缘破坏受剪承载力标准值应根据公式（A. 43）[图A. 15-a)]计算；当钢槽平行混凝土边缘预埋时，最不利单根锚筋混凝土边缘破坏受剪承载力标准值应根据公式（A. 44）[图A. 15-b)]计算。

$$V_{Rk,c,x} = V_{Rk,c,x}^0 \cdot (A_{c,V} / A_{c,V}^0) \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{re,V} \dots\dots\dots (A. 43)$$

$$V_{Rk,c,x} = 2 \cdot V_{Rk,c,x}^0 \cdot (A_{c,V} / A_{c,V}^0) \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{re,V} / n_a \dots\dots\dots (A. 44)$$

式中：

n_a ——预埋槽的锚筋数量，当锚筋数量大于3时取3；其他参数均按JGJ 145-2013中6. 1. 15条计算。



图A.15 混凝土的边缘破坏承载力标准值示意图

A. 2. 27 槽式预埋件承受拉剪复合力时，应分四种情况验算：

- a) T 型螺栓钢材破坏；
- b) 卷边破坏和钢槽受弯破坏；
- c) 锚筋破坏和锚筋与钢槽连接破坏；
- d) 混凝土破坏。

A. 2. 27. 1 槽式预埋件承受拉剪复合力时，T 型螺栓的钢材破坏模式验算应满足公式 (A. 45)。螺栓承受的剪力存在有杠杆力臂情况时不必进行本验算。

$$\left(\frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}^{cb}}{V_{Rd,s}}\right)^2 \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 45)$$

式中：

N_{Ed}^{cb} ——分配到槽式预埋件T型螺栓的拉力 (N)；

$N_{Rd,s}$ ——槽式预埋件T型螺栓受拉破坏承载力设计值 (N)；

V_{Ed}^{cb} ——槽式预埋件T型螺栓上所分配到的剪力 (N)，即T型螺栓上所受垂直受垂直于钢槽轴向剪力和平行于钢槽轴向剪力的合力；

$V_{Rd,s}$ ——槽式预埋件T型螺栓受剪破坏承载力设计值 (N)。

A. 2. 27. 2 槽式预埋件承受拉剪复合力时，其卷边破坏、钢槽受弯破坏模式的验算，应满足下列公式 (A. 46)～公式 (A. 47)。

卷边验算

$$\left(\frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s,l}}\right)^{k_{13}} + \left(\frac{V_{Ed,y}^{cb}}{V_{Rd,s,l,y}}\right)^{k_{13}} \leq \left[1 - \left(\frac{V_{Ed,x}^{cb}}{V_{Rd,s,l,x}}\right)\right]^{k_{13}} \dots\dots\dots (A. 46)$$

受弯验算

$$\left(\frac{M_{Ed}^{ch}}{M_{Rd,s,flex}}\right)^{k_{13}} + \left(\frac{V_{Ed,y}^{cb}}{V_{Rd,s,l,y}}\right)^{k_{13}} \leq \left[1 - \left(\frac{V_{Ed,x}^{cb}}{V_{Rd,s,l,x}}\right)\right]^{k_{13}} \dots\dots\dots (A. 47)$$

式中：

k_{13} ——指数， $V_{Rd,s,l,y} \leq N_{Rd,s,l}$ 时，取 $k_{13}=2.0$ ， $V_{Rd,s,l,y} > N_{Rd,s,l}$ 时按相关认证报告取值（如无认证报告，可取 $k_{13}=1.0$ ），当考虑了抗震的相关计算时，可取 $k_{13}=1.0$ ；

N_{Ed}^{cb} ——分配到槽式预埋件螺栓的拉力 (N)；

$N_{Rd,s,l}$ ——槽式预埋件钢槽卷边受拉破坏承载力设计值 (N)；

$V_{Ed,y}^{cb}$ ——分配到槽式预埋件螺栓上垂直于槽式预埋件轴向的剪力 (N)；

$V_{Ed,x}^{cb}$ ——分配到槽式预埋件螺栓上平行于槽式预埋件轴向的剪力 (N)；

$V_{Rd,s,l}$ ——槽式预埋件的钢槽卷边受剪破坏承载力设计值 (N)；

M_{Ed}^{ch} ——拉力作用下钢槽整体受弯的弯矩设计值 (N·m)，见A. 2. 6条；

$M_{Rd,s,flex}$ ——钢槽整体受拉弯曲的承载力设计值 (N·m)。

A. 2. 27. 3 槽式预埋件承受拉剪复合力时，其锚筋破坏、锚筋与钢槽连接破坏模式的验算，应满足下列公式 (A. 48) 的要求。

$$\max\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,s,a}}; \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,s,c}}\right)^{k_{14}} + \max\left(\frac{V_{Ed,y}^a}{V_{Rd,s,a,y}}; \frac{V_{Ed,y}^a}{V_{Rd,s,c,y}}\right)^{k_{14}} \leq \left[1 - \max\left(\frac{V_{Ed,x}^a}{V_{Rd,s,a,x}}; \frac{V_{Ed,x}^a}{V_{Rd,s,c,x}}\right)\right]^{k_{14}} \dots\dots\dots (A. 48)$$

式中：

k_{14} ——指数； $\max(V_{Rd,s,a,y}; V_{Rd,s,c,y}) \leq \min(N_{Rd,s,a}; N_{Rd,s,c})$ 时取 $k_{14}=2.0$ ； $\max(V_{Rd,s,a,y}; V_{Rd,s,c,y}) > \min(N_{Rd,s,a}; N_{Rd,s,c})$ 时应按相关认证报告，或取 $k_{14}=1.0$ ；当考虑了抗震的相关计算时，可取 $k_{14}=1.0$ ；

N_{Ed}^a ——分配到槽式预埋件锚筋的拉力 (N)；

$N_{Rd,s,a}$ ——槽式预埋件锚筋的抗拉承载力设计值 (N)；

- $N_{Rd,s,c}$ ——钢槽与锚筋连接处的抗拉承载力设计值 (N) ;
 $V_{Ed,y}^a$ ——分配到锚筋上垂直于槽式预埋件轴向的剪力 (N) ;
 $V_{Ed,x}^a$ ——分配到锚筋上平行于槽式预埋件轴向的剪力 (N) ;
 $V_{Rd,s,a,x}$ ——锚筋在平行于槽体轴向的抗剪承载力设计值 (N) ;
 $V_{Rd,s,a,y}$ ——锚筋在垂直于槽体轴向的抗剪承载力设计值 (N) ;
 $V_{Rd,s,c,x}$ ——钢槽与锚筋连接处平行于槽体轴向的抗剪承载力设计值 (N) ;
 $V_{Rd,s,c,y}$ ——钢槽与锚筋连接处垂直于槽体轴向的抗剪承载力设计值 (N) 。

A. 2. 27. 4 槽式预埋件承受拉剪复合力时, 混凝土破坏模式的验算应满足下列公式 (A. 49)。

$$\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed,y}^a}{V_{Rd,i,y}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed,x}^a}{V_{Rd,i,x}}\right)^\alpha \leq 1.0 \dots\dots\dots (A. 49)$$

式中:

α ——指数, 当考虑了抗震的相关计算时可取1.0, 当布置了附加钢筋承担拉力和剪力时可取1.0, 当没有附加辅助钢筋承担拉力和剪力且未考虑抗震相关计算时可取1.5;

$N_{Rd,i}$ ——锥体破坏受拉承载力设计值 $N_{Rd,c}$, 锚筋受拉拔出破坏承载力设计值 $N_{Rd,p}$ 、劈裂破坏 $N_{Rd,sp}$ 或受拉边缘剥落破坏 $N_{Rd,cb}$ 等4个模式, 采用其中 $(N_{Ed}^a / N_{Rd,i})$ 的较大值;

$V_{Rd,i,y}$ ——应分别验算垂直于钢槽受剪情况下, 混凝土边缘破坏、剪撬破坏等2个模式, 采用其中 $(V_{Ed}^a / V_{Rd,i,y})$ 的较大值;

$V_{Rd,i,x}$ ——应分别验算平行于钢槽受剪情况下, 混凝土边缘破坏、剪撬破坏等2个模式, 采用其中 $(V_{Ed}^a / V_{Rd,i,x})$ 的较大值。

A. 2. 28 槽式预埋件的混凝土基材厚度不应小于200 mm; 槽式预埋件有效锚固深度 h_{ef} 不小于90 mm; 锚筋数量不小于2个, 相邻锚筋间距不小于100 mm, 不大于250 mm; 槽式预埋件与混凝土构件的最小边距 c_1 和 c_2 均不小于50 mm。

A. 2. 29 槽式预埋件的钢槽内宜采用对人体无毒害的低密度聚乙烯材料填充, 应填充密实, 浇注混凝土时不应漏浆, 且便于拆除。

A. 2. 30 幕墙立柱的连接件在槽式预埋件上每侧用一个螺栓时, 该螺栓实际净截面积按规定的计算面积至少应增加50%, 并使用双螺帽固定。

A. 2. 31 槽式预埋件的动载性能、耐火性能和抗震性能应通过相关认证测试, 其承载力按认证报告取值。对有抗震设防要求或者有侧向荷载 (平行于槽口方向) 的幕墙建筑, 应采用槽口与配套T型螺栓形成机械传力的槽式预埋件。不应采用仅依靠T型螺栓与钢槽卷边之间的摩擦力来承受剪力荷载。

A. 2. 32 槽式预埋件的选型应校核其在拉力、垂直剪力、平行剪力共同作用下的钢材与混凝土破坏承载力。

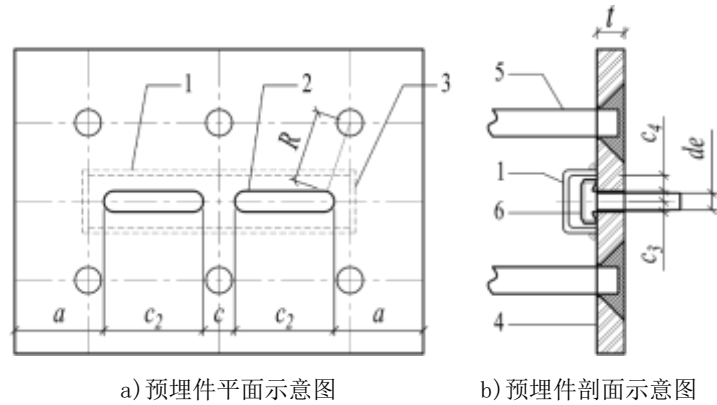
A. 2. 33 当混凝土锥体受拉和边缘抗剪承载力不足的情况下, 可添加辅助钢筋。钢筋的直径、间距、根数须通过计算确定。为保证钢筋有效, 还应符合以下规定:

- 辅助钢筋应为 $f_{yk} \leq 600$ MPa 的带肋钢筋, 且钢筋的直径不大于 16 mm;
- 钢筋与锚筋的距离在 $0.75c_1$ 以内, 辅助钢筋应尽可能地靠近槽道;
- 混凝土内的锚固长度不应小于 $10d$, d 为辅助钢筋直径;
- 当为受力最大的锚筋设计辅助钢筋时, 其他锚筋的周围也应有相同承载力的钢筋。

A. 3 板槽预埋件设计与构造

A. 3. 1 板槽埋件应满足A. 1条平板埋件设计与构造的要求, 且锚板、T型连接螺栓应符合以下规定:

- a) 埋件的锚板宜采用 Q235B、Q355B 级钢，锚板厚度应根据板内受力情况计算确定，且不宜小于锚筋直径的 60%；受拉和受弯预埋件的锚板厚度不应小于 $b/8$ ， b 为锚筋的间距；锚筋应采用 HRB400 或 HPB300 级钢筋，不应采用冷加工钢筋；
- b) 板槽埋件(如图 A. 16 所示)的槽孔设置应沿锚筋或锚板中心对称布置，宜为长槽孔，且不通长、不连续开通；



图A. 16 板槽预埋件示意图

- c) 槽孔形式依照配置的螺栓外形及安装使用方便确定；根据孔内螺栓数量，长型孔长度 c_2 可取值 50 mm~110 mm，槽孔累计长度不宜大于锚板边长的 55%，并满足水平方向的偏差调整；长槽的宽度应与槽用连接螺栓的直径配合，螺栓与槽的间隙尺寸 c_3 不宜大于 0.75 mm；
- d) 锚板上两长型孔的水平间距 c 不应小于 50 mm；槽孔边缘与埋板边缘距离 a 不应小于外排锚筋中心与埋板边缘的距离，槽孔边缘与锚筋中心最小距离 R 应大于锚筋直径的 2.5 倍；
- e) 板槽埋件的工艺槽壳体宜采用厚度不小于 1.5 mm 的钢板压制成型，并与锚板牢固焊接；
- f) 板槽埋件在安装浇筑混凝土时，板槽后的工艺槽壳体腔内不应漏浆，宜采用聚乙烯 (LDPE) 泡沫材料填充密实，或采用其他有效防漏措施；
- g) 板槽埋件槽内净高应适应螺帽设置的净空要求，宜采用槽用方颈螺栓或 T 型螺栓安装连接，应有防转动滑脱措施；
- h) 螺栓与板槽孔底部搭接尺寸 c_4 不应小于 6.0 mm；
- i) 根据幕墙连接安装和传力需要，板槽孔可设计成双孔双螺栓、双孔四螺栓或三孔三螺栓等形式。

A. 3. 2 板槽埋件的锚板厚度除满足A. 3. 1条规定外，受拉板槽的锚板厚度及承载力设计值应满足如表 A. 5要求。

表A. 5 板槽锚板厚度及承载力设计值

锚板厚度/mm	拉力承载力设计值/kN
10	25
12	45
14	60

A. 3. 3 幕墙安装调整后，其连接件应采取相应的抗滑移固定构造措施。采用焊接时，焊缝长度宜不小于40 mm。有竖向装饰条悬挑长度大于200 mm时，焊缝的长度及高度宜通过计算确定。当采用铝合金连接件时，锚板局部承压强度不应大于 $0.35dtf_{ce}$ ，其中 d 为连接螺栓直径， t 为锚板厚度， f_{ce} 为锚板的抗压承载力设计值。

A. 4 后置埋件设计与构造

A. 4. 1 后置埋件设计与构造符合本章及JGJ 145的规定，其设计使用年限不宜小于30年。设计应按使用年限对材料选用、施工质量、检测检验和维护保养提出相应要求。

A. 4. 2 混凝土基材的厚度 h 应满足下列规定：

- a) 对于机械锚栓， h 不应小于 $2h_{ef}$ ，且 h 应大于 100 mm； h_{ef} 为锚栓有效锚固深度；
- b) 对于胶粘型锚栓， h 不应小于 $h_{ef} + 2d_0$ ，且 h 应大于 100 mm； d_0 为钻孔直径。

A. 4. 3 群锚锚栓最小间距 s_{min} 和最小边距 c_{min} ，应根据锚栓产品的认证报告确定, 无认证报告时应符合表A. 6的规定。

表A. 6 锚栓最小间距 s_{min} 和最小边距 c_{min}

锚栓类型	最小间距 s_{min}	最小边距 c_{min}
扩底型锚栓	$6 d_{nom}$	$6 d_{nom}$
胶粘型锚栓	$6 d_{nom}$	$6 d_{nom}$
注： d_{nom} 为锚栓公称外径。		

A. 4. 4 锚栓不应布置在混凝土保护层中，有效锚固深度 h_{ef} 不应包括装饰层或抹灰层。

A. 4. 5 承受扭矩的群锚，应采用胶粘剂将锚板上的锚栓孔间隙填充密实。

A. 4. 6 锚板厚度应按国家标准GB 50017进行设计，厚度不宜小于8 mm。

A. 4. 7 锚板孔径 d_f 应满足表A. 7的要求。

表A. 7 锚板孔径及最大间隙允许值

单位为 mm

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

A. 4. 8 扩底型锚栓的埋深应满足表A. 8的规定。

表A. 8 扩底型锚栓的埋深规定

单位为 mm

锚栓直径	10	12	16	20	24
有效锚固深度 h_{ef}	≥ 60	≥ 80	≥ 100	≥ 150	≥ 180

A. 4. 9 特殊倒锥形胶粘型锚栓的埋深应满足表A. 9的规定。

表A. 9 特殊倒锥形胶粘型锚栓的埋深规定

单位为 mm

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

附 录 B
(资料性)
金属板和石材弯矩系数

B.1 金属板的最大弯矩系数可按表 B.1 采用。

表B.1 金属板的最大弯矩系数 m

a/b	四边简支	三边简支 —长边固定	a 对边简支 b 对边固定
0.5	0.1022	-0.1212	-0.0843
0.55	0.0961	-0.1187	-0.0840
0.60	0.0900	-0.1158	-0.0834
0.65	0.0839	-0.1124	-0.0826
0.70	0.0781	-0.1087	-0.0814
0.75	0.0725	-0.1048	-0.0799
0.80	0.0671	-0.1007	-0.0782
0.85	0.0621	-0.0965	-0.0763
0.90	0.0574	-0.0922	-0.0743
0.95	0.0530	-0.0880	-0.0721
1.00	0.0489	-0.0839	-0.0698

a/b	三边简支 —短边固定	b 对边简支 a 对边固定
0.50	-0.1215	-0.1191
0.55	-0.1193	-0.1156
0.60	-0.1166	-0.1114
0.65	-0.1133	-0.1066
0.70	-0.1096	-0.1013
0.75	-0.1056	-0.0959
0.80	-0.1014	-0.0904
0.85	-0.0970	-0.0850
0.90	-0.0926	-0.0797
0.95	-0.0882	-0.0746
1.00	-0.0839	-0.0698

注1：系数前的负号，表示最大弯矩在固定边。

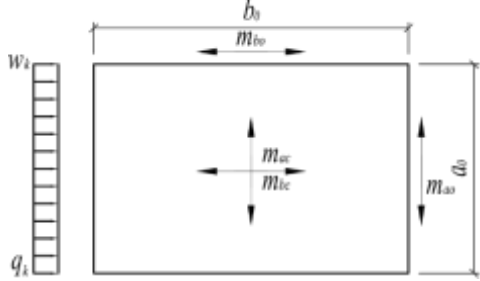
注2： a ——短边； b ——长边。

注3：此表适用于泊松比为0.25~0.33。

注4：弯矩 $M = mqa^2$ ， q 为荷载。

B.2 四点支承矩形石板弯矩系数可按表 B.2 采用。

表B.2 四点支承矩形石板弯矩系数 $\nu=0.125$

				
计算边长 a_0/b_0	m_{ac}	m_{bc}	m_{a0}	m_{b0}
0.50	0.0180	0.1221	0.0608	0.1303
0.55	0.0236	0.1212	0.0682	0.1320
0.60	0.0301	0.1202	0.0759	0.1338
0.65	0.0373	0.1189	0.0841	0.1360
0.70	0.0453	0.1177	0.0928	0.1383
0.75	0.0540	0.1163	0.1020	0.1408
0.80	0.0634	0.1149	0.1117	0.1435
0.85	0.0735	0.1133	0.1220	0.1463
0.90	0.0845	0.1117	0.1327	0.1494
0.95	0.0961	0.1100	0.1440	0.1526
1.00	0.1083	0.1083	0.1559	0.1559

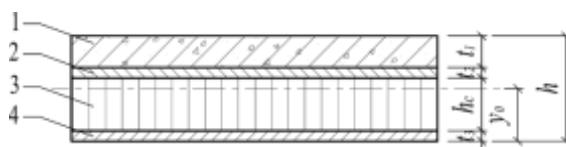
附录 C

(资料性)

石材蜂窝复合板等效弯曲刚度计算

C.1 石材蜂窝复合板中性轴计算应符合下列规定。

a) 石材面板位置在上侧的石材蜂窝复合板中性轴位置见图 C.1。

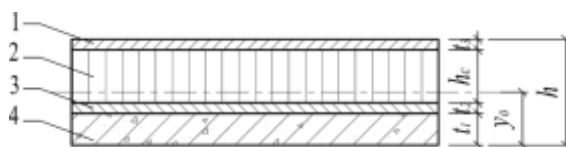


标引序号说明：

- 1——石材面板，厚度为 t_1 ；
 2——与石材面板粘结的背板内面板，厚度为 t_2 ；
 3——铝蜂窝芯，厚度为 h_c ；
 4——背板外面板，厚度为 t_3 。

图C.1 石材面板位置在上侧的石材蜂窝复合板中性轴位置

b) 石材面板位置在下侧的石材蜂窝复合板中性轴位置见图 C.2。



标引序号说明：

- 1——背板外面板，厚度为 t_3 ；
 2——铝蜂窝芯，厚度为 h_c ；
 3——与石材面板粘结的背板内面板，厚度为 t_2 ；
 4——石材面板，厚度为 t_1 。

图C.2 石材面板位置在下侧的石材蜂窝复合板中性轴位置

c) 以下侧板(图 C.1 中背板外面板、图 C.2 中石材面板)的下表面为计算坐标原点，石材蜂窝复合板中性轴的位置可按公式 (C.1) 计算。

$$y_0 = \frac{t_3 E_3 t_3 / 2 + h_c E_c [h_c / 2 + t_3] + t_2 E_2 [h_c + t_3 + t_2 / 2] + t_1 E_1 [h_c + t_3 + t_2 + t_1 / 2]}{t_3 E_3 + h_c E_c + t_2 E_2 + t_1 E_1} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- E_1 、 E_2 ——背板内、外面板材料的弹性模量 (N/mm^2)；
 E_3 ——石材面板的弹性模量 (N/mm^2)，可按表14取值；
 E_c ——铝蜂窝芯的弹性模量 (N/mm^2)；
 h_c ——铝蜂窝芯厚度 (mm)；
 t_1 、 t_2 、 t_3 ——详见图C.1、图C.2中符号解释。

d) 当不考虑铝蜂窝芯层的弹性模量时，石材蜂窝复合板中性轴的位置也可按下列简化公式(C.2)计算。

$$y_0 = \frac{t_3 E_3 t_3 / 2 + t_2 E_2 [h_c + t_3 + t_2 / 2] + t_1 E_1 [h_c + t_3 + t_2 + t_1 / 2]}{t_3 E_3 + t_2 E_2 + t_1 E_1} \dots\dots\dots (C. 2)$$

式中:

E_1 、 E_2 ——背板内、外面板材料的弹性模量 (N/mm^2) ;

E_3 ——石材面板的弹性模量 (N/mm^2) ,可按表14取值;

E_c ——铝蜂窝芯的弹性模量 (N/mm^2) ;

h_c ——铝蜂窝芯厚度 (mm) ;

t_1 、 t_2 、 t_3 ——详见图C. 1、图C. 2中符号解释。

注: 由于铝蜂窝芯的弹性模量远远小于其他材料的弹性模量, 因而有 E_c 项的计算可取 E_c 为零值。

- e) 石材面板位置在上侧(图 C. 1)的石材蜂窝复合板中性轴距石材面板的距离可按下列公式(C. 3)计算。

$$l = h - y_0 \dots\dots\dots (C. 3)$$

式中:

l ——石材蜂窝复合板中轴距石材面板表面的距离 (mm) ;

h ——石材蜂窝复合板整板厚度 (mm) ;

y_0 ——石材蜂窝复合板中性轴的距离 (mm) 。

- f) 石材面板位置在下侧(图 C. 2)的石材蜂窝复合板中性轴距石材面板的距离可按下列公式(C. 4)计算。

$$l = y_0 \dots\dots\dots (C. 4)$$

式中:

l ——石材蜂窝复合板中轴距石材面板表面的距离 (mm) ;

y_0 ——石材蜂窝复合板中性轴的距离 (mm) 。

C. 2 石材蜂窝复合板等效弯曲刚度计算应符合下列规定。

- a) 当风荷载方向为垂直向下作用于板图 C. 1 中石材面板或图 C. 2 中背板外面板)的表面时, 石材蜂窝复合板等效弯曲刚度可按下列公式(C. 5)计算。

$$\begin{aligned} D_e = & \frac{E_1 t_1^3}{2} + E_1 t_1 \left[t_3 + t_2 + \frac{t_1}{2} + h_c - y_0 \right]^2 + \frac{E_2 t_2^3}{12} \\ & + E_2 t_2 \left[t_3 + h_c + \frac{t_2}{2} - y_0 \right]^2 + \frac{E_c h_c^3}{12} \\ & + E_c h_c \left[t_3 + \frac{h_c}{2} - y_0 \right]^2 + \frac{E_3 t_3^3}{12} \\ & + E_3 t_3 \left[\frac{t_3}{2} - y_0 \right]^2 \end{aligned} \dots\dots\dots (C. 5)$$

式中:

D_e ——石材蜂窝复合板的等效弯曲刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}$) 。

E_1 、 E_2 ——背板内、外面板材料的弹性模量 (N/mm^2) ;

E_3 ——石材面板的弹性模量 (N/mm^2) ,可按表14取值;

E_c ——铝蜂窝芯的弹性模量 (N/mm^2) ;

h_c ——铝蜂窝芯厚度 (mm) ;

y_0 ——石材蜂窝复合板中性轴的距离 (mm)；

t_1 、 t_2 、 t_3 ——详见图C. 1、图C. 2中符号解释。

b) 当不考虑铝蜂窝芯层的刚度时，石材蜂窝复合板等效弯曲刚度也可按下列简化公式(C. 6)计算。

$$D_e = \frac{E_1 t_1^3}{2} + E_1 t_1 \left[t_3 + t_2 + \frac{t_1}{2} + h_c - y_0 \right]^2 + \frac{E_2 t_2^3}{12} \\ + E_2 t_2 \left[t_3 + h_c + \frac{t_2}{2} - y_0 \right]^2 + \frac{E_3 t_3^3}{12} + E_3 t_3 \left[\frac{t_3}{2} - y_0 \right]^2 \quad \dots\dots\dots (C. 6)$$

式中：

D_e ——石材蜂窝复合板的等效弯曲刚度 (N·mm)。

E_1 、 E_2 ——背板内、外面板材料的弹性模量 (N/mm²)；

E_3 ——石材面板的弹性模量 (N/mm²)，可按表14取值；

E_c ——铝蜂窝芯的弹性模量 (N/mm²)；

h_c ——铝蜂窝芯厚度 (mm)；

y_0 ——石材蜂窝复合板中性轴的距离 (mm)；

t_1 、 t_2 、 t_3 ——详见图C. 1、图C. 2中符号解释。

C.3 石材面板位置在上侧(图 C. 1)时计算的结果应代表石材蜂窝复合板受正风荷载、石材面板表面受压时，整板的弯曲刚度；石材面板位置在下侧(图 C. 2)时计算的结果应代表石材蜂窝复合板板材受负风荷载、石材面板表面受拉时，整板的弯曲刚度。

附 录 D
(资料性)
湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

湖北省地方标准实施信息及意见反馈表如表D.1所示。

表D.1 湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

标准名称及编号			
总体评价	适用性	该标准与当前所在地的产业或社会发展水平是否相匹配？	☐ 是 ☐ 否
	协调性	该标准的特色要求与其他强制性标准的主要技术指标、相关法律法规、部门规章或产业政策是否协调？	☐ 是 ☐ 否
	执行情况	标准执行单位或人员是否按照标准要求组织开展相关工作？	☐ 是 ☐ 否
实施信息	标准实施过程中是否存在阻力和障碍？		☐ 是 ☐ 否
	实施过程中存在的主要问题		
修改意见	总体意见	☐ 适用 ☐ 修改 ☐ 废止	
	具体修改意见	需修改章节： 具体修改意见：	
反馈渠道	☐ 标准化行政主管部门 ☐ 省直行业主管部门 ☐ 专业标准化技术委员会（工作组） ☐ 标准起草组（牵头起草单位）		
反馈人	姓名： 单位： 联系方式：		

填表说明：为及时掌握标准实施情况，了解地方标准实施过程中存在的问题，并为标准复审提供科学依据，特制定《湖北省地方标准实施信息及意见反馈表》。可根据实际情况在表格中对应方框打勾，有需要文字说明的反馈意见可在相应位置进行文字描述，也可另附页。

湖北省地方标准

建筑幕墙工程技术规程

DB42/T 2417—2025

条文说明

目 次

1 范围 121

4 材料 121

 4.1 一般规定 121

 4.2 材料力学性能 121

 4.4 钢材、钢制品 121

 4.7 石材板材 121

5 建筑设计 121

 5.1 一般规定 121

 5.2 性能设计 122

 5.3 安全设计 122

 5.4 构造设计 122

 5.5 幕墙防火设计 122

6 结构设计的基本规定 123

 6.2 荷载和作用 123

 6.3 作用效应组合 123

 6.4 支承结构的挠度容许值 124

 6.5 连接设计 124

 6.6 埋件的设计与构造 124

 6.7 硅酮结构密封胶 124

7 支承结构设计 124

 7.1 一般规定 124

 7.2 框支承结构 125

 7.3 玻璃肋 125

 7.4 索结构 126

8 面板设计 126

 8.1 一般规定 126

 8.2 玻璃面板 126

 8.3 金属面板 126

 8.4 石材面板 127

 8.5 人造面板 127

 8.6 复合面板 127

9 幕墙开启窗 127

 9.1 一般规定 127

 9.2 开启窗构造 127

10 框支承幕墙 128

 10.1 一般规定 128

 10.2 构造设计 128

11 全玻璃幕墙 128

- 11.1 一般规定..... 128
- 11.2 构造设计..... 128
- 12 点支承玻璃幕墙..... 129
 - 12.1 一般规定..... 129
- 13 采光顶和雨篷..... 129
 - 13.1 一般规定..... 129
 - 13.3 排水设计..... 130
- 14 光伏幕墙..... 130
 - 14.2 系统设计..... 130
- 15 幕墙信息模型..... 130
 - 15.1 一般规定..... 130
 - 15.2 模型建立..... 130
 - 15.3 模型应用..... 130
 - 15.4 模型交付..... 131
- 16 检验与检测..... 131
 - 16.1 一般规定..... 131
 - 16.3 现场检测..... 131
- 17 加工制作..... 131
 - 17.2 铝合金构件加工..... 131
 - 17.4 玻璃面板加工..... 131
 - 17.7 构件组装..... 132
- 18 安装施工..... 132
 - 18.1 一般规定..... 132
 - 18.2 安装施工准备..... 132
 - 18.3 构件式幕墙安装..... 132
 - 18.4 单元式幕墙安装..... 132
 - 18.5 全玻璃幕墙安装..... 132
 - 18.6 点支承玻璃幕墙安装..... 132
 - 18.8 采光顶、雨篷、栏板..... 133
 - 18.9 光伏幕墙安装..... 133
 - 18.10 安全规定..... 133
- 19 工程验收..... 133
 - 19.1 一般规定..... 133
 - 19.2 隐蔽项目验收..... 133
 - 19.3 主控项目和一般项目..... 134
- 20 维护保养..... 134
 - 20.1 一般规定..... 134
 - 20.2 检查与维护..... 134
- 附录 A 埋件的设计与构造..... 134

建筑幕墙工程技术规程

1 范围

工业建筑幕墙可参照选用本文件。建筑幕墙结构设计使用年限不小于25年。本文件不适用于面板直接粘贴在主体结构的外墙装饰系统、无支承框架结构的外墙干挂系统。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 本文件未列入的材料按相关国家、行业标准执行。

4.2 材料力学性能

4.2.2 焊接要求按 GB 50429 及相关规范。

4.4 钢材、钢制品

4.4.5 对于石材幕墙，金属幕墙，人造板幕墙等在使用期间不能重新涂装的钢结构，由于使用环境封闭，潮湿，钢结构易腐蚀，此时环境腐蚀等级应按Ⅳ级确定，除了防腐蚀保护层外，需根据建筑幕墙使用年限要求，预留腐蚀裕量。钢结构的单面腐蚀裕量可按下式计算。

$$\Delta\delta = K[(1-P)t_i + (t - t_i)] \dots\dots\dots (4.4.5)$$

式中：
 $\Delta\delta$ ——钢结构单面腐蚀裕量（mm）；
 K ——钢结构单面平均腐蚀速率，可现场实测确定，也可按0.05取值；
 P ——保护效率（%），可按0.85取值；
 t_i ——防腐蚀保护层的设计使用年限；
 t ——钢结构的设计使用年限。

4.7 石材板材

4.7.2 石材的吸水率是由石材中空隙的大小、数量及颗粒间的排列方式等决定的。通常，质地紧密坚硬的石材吸水率小；最小厚度为最小公称厚度。

吸水率高的石材容易发生冻融现象。当石材毛细孔吸收足够的水分后，一旦气温降到0℃以下，石材中的水分开始结冰，体积发生膨胀。当冰块的膨胀力大于石材的抗拉强度时，石材就会产生碎裂。

采用其它种类石材时，也应符合GB / T 32834的相关要求。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1-5.1.2 建筑幕墙应根据建筑功能，从建筑构思到幕墙立面方案确定，合理选择幕墙类型及构造，并应符合环境、节能、艺术、造价和耐久性等方面的可操作性要求。

5.1.3 建筑幕墙设计中需与相关专业协同，进行一体化设计，从而保证项目的完整性。

5.1.4 建筑幕墙不仅要关注室外效果及与环境的协调，室内布局、防火分区也须合理布置，创造室内外良好的空间氛围和视觉感受。

5.2 性能设计

5.2.4-5.2.5 开放式建筑幕墙为装饰构件，水密性、气密性不作要求。

5.2.6 建筑幕墙的热工性能

5.2.6.2 非透光幕墙由面板，保温材料，墙体基层组成，应按不同材料相应的面积加权计算非透光幕墙的传热系数。

5.2.6.4 近年来的玻璃幕墙工程，由于设计缺失和构造不当造成的结露问题时有发生，因此玻璃幕墙在设计时须进行结露计算，施工过程中对易形成结露的部位应采取有效的防结露措施。

5.2.6.6 遮阳措施对于改善透明幕墙建筑的热工性能有重要意义，从各种形式的遮阳方式中选择与透明幕墙相匹配的装置，可以增加室内的舒适感，不同程度上减少反射光影响，改善环境效果。

当建筑物窗墙比大于0.7时，应采取有效的外遮阳措施。

5.2.6.7 建筑物底层大堂可能难以避免局部采用单层幕墙玻璃。控制单层玻璃的使用面积，是为了保证该朝向的透明幕墙整体传热系数可以控制在热工性能指标要求以内。

单层玻璃幕墙所在朝向的透明幕墙应根据单层玻璃、中空玻璃及其他非玻璃面积加权计算传热系数。

5.2.6.9 非透光开启传热系数很难达到实体墙要求，如果计算窗墙比时此部分按非透明部分计算，实际构造上难以实现。

5.3 安全设计

5.3.1 玻璃幕墙的室内侧不设栏杆时，应对可能出现的荷载充分考虑，并进行专项验算，确保安全。

5.3.4 吊顶玻璃、斜幕墙朝向地面一侧的玻璃，多采用夹层玻璃及其组合，破裂后的整体坠落具有更大的危险性，更易造成人身伤害，需要采取构造措施，或加设金属丝、金属网、格栅等进行阻挡，为维修更换争取时间。

5.4 构造设计

5.4.1 主体结构变形缝两侧的幕墙应设置独立的幕墙支承结构，在变形缝处幕墙龙骨和面板应断开处理，且应与主体结构协同变形。

幕墙构造缝应采用柔性连接或滑动型连接设计，且易于修复。变形缝的变量设计，应满足结构变形要求。

5.4.2 考虑到主体结构的施工误差，为保证安装施工顺利进行，建议幕墙构件内侧表面与主体结构外缘之间留有适当的距离，避免发生干涉。

5.4.3 构件式幕墙的立柱与横梁连接处采用螺栓连接时，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刚性接触产生摩擦噪音，设置柔性垫片能起到弹性缓冲作用。幕墙构件的室外空腔建议封闭，避免风引起啸叫。

5.5 幕墙防火设计

5.5.3 承托板对于确保防火封堵构造在火灾时的可靠性具有重要作用，需采用厚度不小于 1.5 mm 的钢质材料，可不连续，但要有可靠的支撑和固定结构，以确保其具有更好的承托性能。

为保证发生火灾时，不发生串烟现象，矿物棉等背衬材料上面应全部满涂防火密封漆、具有弹性的防火密封胶。也可连续覆盖钢板进行封堵，钢板之间的间隙采用防火密封胶进行密封。

5.5.4 当设置外墙外保温系统时，应在外墙保温系统的防火隔离带位置对应设置幕墙防火封堵构造，以对建筑幕墙与外保温系统之间的空隙和孔洞进行封堵。

6 结构设计的基本规定

6.2 荷载和作用

- 6.2.1 考虑到幕墙相对水平面的各种不同角度情况，结合 JGJ 102 和 JGJ 255 对风荷载标准值最小取值进行了规定。根据 GB 55001，对风荷载脉动放大系数的最小值进行了规定。计算幕墙面板时，不考虑局部风荷载体型系数折减。
- 6.2.2 地形修正系数和风向影响系数可结合 GB 50009 和 GB 55001 取值。
- 6.2.3 风洞试验按照 JGJ/T 338 执行，对比试验宜在不同试验室独立进行。
- 6.2.4 建筑体型不规则，有较大凸出或凹口时，应按不规则程度将立面划分为多个大面区和角部区，分别考虑风荷载体型系数。凹口宽度不大于 3 m 且深度不大于 2 m 时，迎风面视为连续，凹口正、侧面均视为大面区。
- 6.2.6 本条栏杆荷载结合了 GB 55001、GB 50009 和 JGJ / T 470。
- 6.2.9 根据 GB 50009，湖北地区除巴东（-10℃~25℃）外，年温差为-7℃~38℃，考虑到钢结构施工合拢时一般在 5℃以上，故取 40℃温差基本能够涵盖所有情况。

6.3 作用效应组合

- 6.3.3 对于基本组合，幕墙相关规范的设计表达式仅限于作用与作用效应按线性关系考虑的情况，非线性关系时不适用。
- 由于拉索幕墙等柔性结构应考虑结构的非线性，另外幕墙除了立面结构，也涉及采光顶、雨篷等水平结构，幕墙结构所受荷载不仅涉及风载和温度，还涉及其他可变荷载，故本条基本组合参考GB 50068 的表达式，对线性与非线性均适用，设计人员可直接采用。
- 6.3.4 本条是作用和作用效应可按线弹性方法计算时的基本组合简化表达，设计人员也可按照 6.3.3 进行计算。

考虑到幕墙结构设计使用期不超过50年，根据GB 50068，结构设计使用年限荷载调整系数为1.0，故公式省略了使用年限调整系数。采用线弹性方法计算时，可先计算各荷载与作用的效应，再进行荷载与作用效应的组合。考虑几何非线性影响时，应先进行荷载与作用的组合，再计算组合荷载与作用的效应。

6.3.5 GB 50068-2018 中永久作用不利时分项系数为 1.3，所有可变作用分项系数均为 1.5。GB 55002 中，地震作用分项系数取 1.4。

6.3.6 在实际工程应用中，可变荷载的情况是非常复杂的，条文中只针对一般情况作了规定。

所有的可变荷载作用均可正可负，作用效应组合时应按实际可能发生的工况予以考虑，并选取最不利的组合进行计算和校核。作用与作用效应为线性关系时，幕墙常用荷载组合如下表：

类型	基本组合	标准组合
立面幕墙	1.3G+1.0×1.5W 1.0G+1.0×1.5W 1.3G+1.0×1.4E+0.2×1.5W 1.0G+1.0×1.4E+0.2×1.5W	1.0G+1.0W

类型	基本组合	标准组合
采光顶和雨篷	1. 3G+1. 0×1. 5L+0. 6×1. 5W（向下） 1. 3G+1. 0×1. 5W（向下）+0. 7×1. 5L 1. 0G+1. 0×1. 5W（向上） 1. 3(G+0. 5S)+1. 0×1. 4E+0. 2×1. 5W 1. 0(G+0. 5S)+1. 0×1. 4E+0. 2×1. 5W	1. 0G+0. 7L+1. 0W（向下） 1. 0G+1. 0L+0. 6W（向下） 1. 0G+1. 0W（向上）
栏杆	1. 3G+1. 0×1. 5W 1. 3G+1. 0×1. 5L+0. 6×1. 5W 1. 3G+1. 0×1. 5W+0. 7×1. 5L 1. 3G+1. 0×1. 4E+0. 2×1. 5W	1. 0G+0. 7L+1. 0W 1. 0G+1. 0L+0. 6W 1. 0G+1. 0W
注：以上组合工况中，G、W、E、L、S分别代表永久作用、风荷载（又分吸风和压风）、地震作用、活荷载、雪荷载标准值产生的应力或内力，其中L为屋面活荷载和雪荷载中的较大值。		

6.4 支承结构的挠度容许值

6.4.1 对于纯装饰构件，其挠度对幕墙各项性能要求均无影响时，可放宽挠度容许值要求。纯装饰构件的挠度容许值参考美国规范 IBC 的相关要求。为保证栏杆扶手的使用安全感，采用绝对挠度 20 mm 进行控制。

6.5 连接设计

6.5.3 铝质抽芯铆钉承载力小，而且加工过程中容易破坏，质量不稳定，故建议受力大的场合慎用。

6.6 埋件的设计与构造

6.6.5 雨篷、特殊钢结构的重要后置埋件与幕墙一般后置埋件需要区别对待。

6.7 硅酮结构密封胶

6.7.1 单组分结构胶宽度太宽时，固化困难，尽量控制其宽度不大于 15 mm。

6.7.6 硅酮结构密封胶在温度作用时的位移计算参考欧标 ETAG 002，结构胶的变形能力计算方法与承受层间变形能力计算的方法保持一致。

6.7.7 隐框幕墙玻璃面板与副框粘接，结构胶厚度的计算和确定与幕墙安装方式有关。本文件明确：支承隐框玻璃面板的立柱与主体结构间有可调节措施，横梁与立柱的连接、副框与横梁及立柱之间、压板端部与副框之间，均留有必要的间隙。

在风荷载或地震作用下，隐框幕墙随主体结构侧向位移时，面板与副框间的结构胶发生剪切位移，此项位移是结构胶厚度计算的基础。国内外有关规范和技术论文对此均有反映。本条计算方法同时适用于隐框和半隐框幕墙。

6.7.9 全玻璃幕墙面材承受的荷载和作用通过胶缝传递给玻璃肋，胶缝受到剪力、拉力或压力的作用，应采用硅酮结构密封胶粘接。结构胶承载力跟玻璃肋的粘接宽度相关，需有足够的粘接宽度保证荷载的可靠传递。后置或骑缝式玻璃肋胶缝的受力状态跟面材与玻璃肋的搭接宽度有关，搭接宽度越小胶缝受力越不均匀，胶缝应力也越大。

7 支承结构设计

7.1 一般规定

幕墙支承结构是幕墙系统的主要受力体系。直接决定着幕墙系统的安全及主要的性能指标是否满足要求,因此幕墙支承结构设计在幕墙设计中显得尤为重要。幕墙支承结构在设计时要对各个构件的挠度变形,承载能力进行验算,受压构件还需补充整体稳定性验算,以确保支承结构的安全可靠。

7.2 框支承结构

7.2.1 幕墙框支承结构构件通常采用铝合金型材或钢型材,当型材截面的板件宽厚比不满足本文件 10.2.1.1 条的限值要求时,截面临界屈曲应力达不到材料强度许用值,不能充分发挥截面的承载能力,因此,在设计中当截面板件宽厚比不满足要求时,应根据实际的受力状况进行截面局部稳定性验算,确保截面不发生局部失稳现象。

7.2.3 立柱结构设计

7.2.3.4 组合式立柱常见的组合形式有对接式和插接式,幕墙板块左右立柱的荷载分配取决于组合构造。试验表明,在通常的插接方式下左右立柱协同作用不明显,设有专门的拉结扣件时具有显著的协同作用。

7.2.3.5 钢铝组合截面中铝合金型材处于外壳,荷载先从外传至内芯钢材,铝合金型材处于受力不利位置。另外由于铝合金型材的力学特性,强度、延伸率均不如钢材。调整系数 $\gamma_F = 1.05$ 提高铝材的计算荷载,加大铝合金型材的计算截面。

7.3 玻璃肋

7.3.1~7.3.2 在水平荷载作用下,全玻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,7.3.1条和7.3.2条公式就是从简支梁承受均布线荷载的应力和挠度公式演化而来,当玻璃肋受力形式和构造形式与图5不同时,可按以上计算原理推导相应的计算公式,也可以采用有限元法分析计算。

7.3.3 目前国内工程中,单片玻璃肋的跨度已达 10 m,钢板连接玻璃肋的跨度甚至达到 16 m。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。

玻璃肋稳定性验算可采用有限元分析方法,也可参考 T / CECS 1099 中的有关计算方法,澳大利亚规范 AS 1288 附录 C。

7.3.4 全玻璃幕墙的玻璃肋采用玻璃孔内螺栓传递荷载时,须按本文件 11.2.2、11.2.3 条规定严格控制。

7.3.5 玻璃肋开孔部位在荷载作用下存在应力集中现象,是玻璃肋结构的薄弱部位,开孔处的破坏会使整个玻璃肋丧失结构支撑能力,因此对玻璃肋开孔部位进行局部承载力的验算尤其必要。

玻璃在长期荷载作用下设计需用强度下降明显,为了确保安全,应补充仅在面板和肋自重作用下的孔壁承压验算。通过一系列试验,本文件考虑影响玻璃孔受力的各项因素,并建议螺栓和玻璃孔的间隙 5 mm~7 mm。一般夹层玻璃合片误差较大,影响玻璃孔的承载能力,对用于螺栓吊挂的夹层玻璃,要求合片后孔壁不平整度不宜大于 1.0 mm。玻璃孔壁不平整度不满足时,除按本条作强度验算外,还需附加安全措施。

7.3.6 经一系列试验,不同填充胶的力学性能差异较大。使用填充胶时,应以试验结果作为设计依据,可将抗压极限强度试验值除以总安全系数 1.50 作为设计值。填充剂通常为双组分胶,胶的储存和使用环境(温度)、注胶操作方法及养护,严重影响胶的固化及其抗压性能。

7.4 索结构

7.4.3 拉索通常采用不锈钢绞线，不必做防腐蚀处理。当拉索采用碳钢绞线时，钢丝自身不具备防腐蚀能力，应采取防腐蚀措施。

7.4.7 索只能受拉不能受压。单层索网及单拉索支承结构只有在受拉状态下才能形成稳定的受力体系，拉索在任何荷载作用下均应保持受拉状态。索杆桁架和索网支承体系的刚度来自截面刚度和拉索拉力影响两部分，结构分析应采用几何非线性方法。

7.4.9 拉索结构属于预应力结构，施加预应力通常给主体结构带来很大的反力，尤其是单索结构，引起主体结构变形加大，而主体结构变形又会造成索结构内部预应力的损失，达不到设计的预应力值。因此，在进行索结构计算时，宜将与索结构相连的周边结构带入模型进行整体计算，以考虑索结构与周边主体结构的相互影响。

将索结构与主体结构分开计算时，应将索结构计算的支座反力施加到周边主体结构，再将周边主体结构的变形量叠加到索结构后重新校核计算，以考虑周边主体结构变形对索结构整体刚度和内力的影响。

8 面板设计

8.1 一般规定

8.1.2 在幕墙面板设计中，应根据面板材料的性能和加工制作特点，选用合理的分格尺寸。

8.1.3 各种幕墙面板的相对挠度和绝对挠度，应符合正常使用极限状态下的规定。超过极限状态的变形，会降低幕墙的气密性能、水密性能及其他功能。

8.2 玻璃面板

8.2.1 玻璃为脆性材料，存在易破裂的风险。玻璃面板应采用安全玻璃，即钢化玻璃、夹层玻璃及其制品。夹层玻璃包含钢化夹层玻璃、半钢化夹层玻璃。

8.2.2 夹层玻璃的两片玻璃是共同受力的，如果厚度相差过大，容易因受力不均匀而破裂。

8.2.4 根据美国杜邦公司提供的离子型中间层的材料性能参数，离子型夹胶片的力学参数可取 50℃ 和 1 min 荷载时的值，剪切模量可取 11.3 MPa，泊松比可取 0.497。

考虑到直接承受荷载的玻璃挠度大于按两片玻璃等挠度原则计算的挠度值，中空玻璃的等效厚度 t_e 取折减系数 0.95。

8.2.5 最大应力标准值可按几何非线性有限元方法计算，也可按本条公式计算。

8.3 金属面板

8.3.2 金属板的周边，折边或肋的扭转刚度比较薄弱，在荷载作用下金属板在其位置均可以产生转动，可以作为简支边计算；一般荷载作用是均匀分布的，中肋两侧的板区格同时受力，跨度相等或接近时，基本上不发生明显的板面转动，可作为固定边计算。采用非线性有限元方法计算带肋面板时，边肋的约束条件可以设定为垂直于面板方向的线位移等于零。

弹性薄板理论计算公式的假设条件，板的变形为小挠度，板只承受弯曲作用，只产生弯曲应力而面内薄膜应力忽略不计。因此，弹性薄板理论只适用于计算挠度不大于板厚的条件。当面板的挠度大于板厚时，采用薄板理论计算公式将会产生显著的误差，随着挠度和板厚之比的加大，计算应力和挠度会偏大到工程不可接受的程度，失去了计算的意义，不仅会使材料用量大大增多，而且规定的应力和挠度控制条件也失去意义。

对于金属面板计算时，是在现有小挠度条件的应力和挠度计算结果考虑了适当的折减系数。

8.3.6 为保证金属面板的承载能力和工作效果,必要时用设置加强肋方式增加其刚度,保持板面平整。作为面板的支承结构,加强肋是面板区格的不动支承,所以应保证中肋与边肋、中肋与中肋的可靠连结,满足传力要求。

一些工程中,中肋只与面板连结,以此来保证面板的平整度,未与边肋或单层铝板的板边连结,中肋处于无支承的浮动状态,无法作为区格面板的支承边,该面板计算时不应采用8.3.3的公式进行核算。

8.4 石材面板

8.4.1 对于其它非花岗石的计算按照 JGJ 133 要求执行。

8.4.3 一些拼接面板,各面板无相对位移要求,可以用金属连接件和胶连接,预拼组合成一个组件再整体安装,其连接件不受此要求限制。

8.4.10 背栓螺栓抗拉承载力与石材材质、背栓螺栓形式、背栓孔加工质量等因素有关,难以得出比较适用的计算方法,应通过载荷试验方法确定。建议背栓抗拉试验结果按总安全系数 3.5~4.0 控制,可根据石材材质、施工工艺、加工精度等因素取舍。公式(69)~(70)作比较判断使用。

8.5 人造面板

8.5.7 GRC 结构层厚度指正面、背面均为平整面时,按基材的公称厚度采用;正面有装饰花纹时,还应减去装饰花纹的凸起高度或凹下深度。

8.6 复合面板

8.6.2~8.6.6 按照幕墙的使用性质和耐久年限要求,可选用厚度为 10 mm、12 mm、15 mm、20 mm 和 25 mm 的铝蜂窝板。

9 幕墙开启窗

9.1 一般规定

9.1.1 开启扇防脱措施可采用钢丝绳、限位装置等。

9.1.2 便于开启有下列要求:

- a) 开启窗的分布位置便于人员操作,开启操作无阻挡,位置不宜过高、过低或过于狭小;
- b) 不需要过大的启闭力即可开启;
- c) 如上述条件难以满足,又确需开窗,建议采用电动、气动、或其它机械电气装置开启。

9.1.1~9.1.5 幕墙开启窗面积不宜过大,开启扇过大将导致使用不便,启闭困难,五金件难以满足要求。为使用安全,对窗的开启间距和面积作了限制。开启扇作为围护结构的重要部分,应分别对其开启、关闭状态进行承载力校核。

9.2 开启窗构造

9.2.1 水密性直接关系到幕墙的使用功能和耐久性,缝隙内外气压差是雨水渗漏的主要动力,开启扇成为幕墙水密性的最薄弱部位。窗框下槛内外高差不宜小于 35 mm,宜设置排水孔。

9.2.9 锁点数量的合理选择,是保障门窗满足气密性、抗风压性能要求的重要因素。旋压执手易损坏,气密性差,JG/T 213-2017 在“1 范围”规定“单个旋压执手只能用于开启对角线不超过 0.7 m 的建筑窗”。考虑到幕墙开启窗尺寸一般大于此数值,本文件从严,作出此限制。

9.2.10 连接措施中,有连接螺纹的不锈钢衬板厚度不小于 2.5 mm,铝垫块厚度不小于螺钉公称直径。

9.2.11 玻璃粘框结构胶与玻璃合片结构胶不在同一位置,不仅影响美观性,受力情况也不利,具体情

况需结合实际受力分析确定，但不建议错位超过 30 mm。

10 框支承幕墙

10.1 一般规定

10.1.1 同一幕墙立面连续焊接长度不宜超过 12 m。幅宽若超过 12 m，应有适应温度变形的措施。

10.1.2 幕墙玻璃下边缘与槽底间采用 2 块硬橡胶垫块承托，比全长承托效果好，但承托面积不能太小，以免压应力太大使橡胶垫块失效。垫块也不能太薄，否则可被压缩的量太小，玻璃位移将受到限制，甚至可导致玻璃开裂。

10.1.3 明框构造形式的玻璃，如果用外压板压紧胶条与玻璃贴合的形式进行防水密封，则外压板应为通长，在胶条全长范围内压紧，才能形成有效密封。工程实践表明，采用分段的局部压板，不能形成有效密封，容易漏水。

10.1.6 为避免结构胶长期处于受拉、受剪状态，规定在玻璃面板底部的支承垫块部位设置金属承托件。承托件有效长度不大于支承垫块长度的 2 倍。由于玻璃大小不一，应对金属承托件的强度、挠度和连接构造的抗弯、抗剪进行验算。当不满足时，应加长支承垫块和承托件及加强连接构造。

10.2 构造设计

10.2.1 横梁构造设计

10.2.1.1 受弯薄壁构件存在局部稳定问题，有发生局部屈曲的可能。限制薄壁构件的宽厚比，能够保证构件整体破坏前不发生局部屈曲。

10.2.3 单元式幕墙构造设计

10.2.3.6 插芯型材与顶横梁间的间隙须计算确定，应能满足变形要求，且密封胶不被拉裂而失去密封功能。

11 全玻璃幕墙

11.1 一般规定

11.1.1 玻璃肋开孔后会降低开孔处强度，为保证玻璃孔边有足够的承载力，应采用钢化夹层玻璃。采用夹层玻璃可以保证在其中一片玻璃破坏的情况下，玻璃肋仍有部分支承作用，防止整片塌落。

11.1.2 全玻璃幕墙的玻璃肋是平面内受力，夹层玻璃肋的厚度可取两片玻璃厚度之和。

11.1.3 吊挂式全玻璃幕墙面板及肋通常采用金属板连接，连接金属板和螺栓宜采用不锈钢材料，考虑到玻璃开孔边距及间距与螺栓直径有关系，因此这里对最小螺栓进行要求，最终需根据计算结果确定。

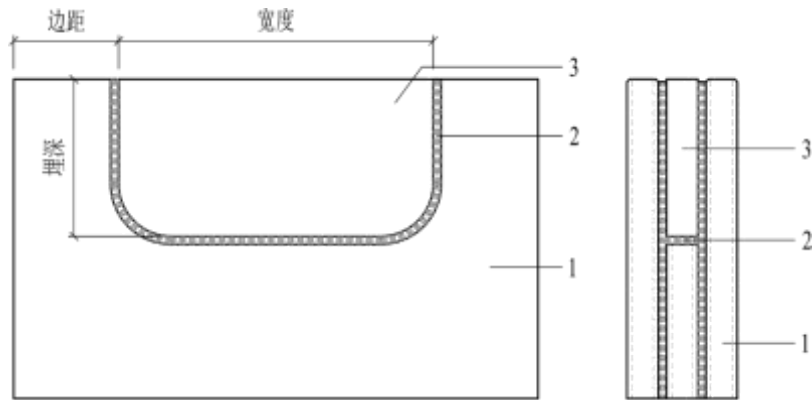
11.1.4 吊挂玻璃的吊具顶部通常采用螺杆吊挂方式，因而只能承受竖向重力，不能承担水平荷载，也不能承担偏心荷载。吊挂式全玻璃幕墙承受风荷载和地震作用时，上部吊具受到水平推力，该推力会使幕墙产生水平移动，因此要有水平约束，设置刚性水平传力构件等支承。

11.2 构造设计

11.2.1 全玻璃幕墙的面板和肋均不应直接接触结构面和其它装饰面，以防玻璃挤压破坏。如果是底部支承式全玻璃幕墙底部垫块应采用硬质垫块，如果是吊挂式全玻璃幕墙，应防止吊夹松动、玻璃下滑与槽底直接硬接触，导致玻璃破损，因此底部应放置弹性垫块，且垫块与玻璃的间隙不影响玻璃伸缩变形。

11.2.2 针对玻璃肋的开孔连接进行了大量的实验，特别是孔内注胶实验。玻璃孔的叠片误差、胶固化后的弹性模量、胶的抗挤压强度都会影响玻璃孔的承载能力。根据实验和工程实践经验，建议螺栓和玻璃孔周边的间隙可取 5 mm~7 mm, 玻璃孔叠片误差不宜大于 1 mm。

11.2.4 金属植入连接是玻璃结构中采用的一种新型连接方式，构造如下图所示，将金属件埋置于预先开槽的玻璃板中，与夹层玻璃同时制成，金属预埋件与玻璃之间主要通过中间层材料剪切作用传递荷载。



- 标引序号说明：
- 1——玻璃；
 - 2——中间层；
 - 3——金属预埋件。

金属植入连接节点示意图

当预埋件的尺寸较小时，预埋件与玻璃之间的粘接面积不足，承载力偏低，容易发生粘接破坏；当玻璃厚度较小时，节点在荷载作用下会先发生玻璃的脆性破坏，对节点力学性能不利。

12 点支承玻璃幕墙

12.1 一般规定

12.1.1 点支承幕墙的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。由于玻璃面板胶缝平面内的结构性能缺少足够的研究成果和工程经验，故建议不考虑其对支承结构的有利影响。

12.1.2 点支承玻璃幕墙的玻璃面板在驳接固定处会产生应力集中现象，采取适当的构造措施能予以缓解。

12.1.3 点支承玻璃幕墙的玻璃面板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比普通幕墙玻璃的厚度要求严格。

13 采光顶和雨篷

13.1 一般规定

13.1.4 将倾斜面采光顶作为建筑顶部造型的设计形式越来越普遍，出于对建筑效果的追求，部分采光顶檐口直接临街或朝向人流聚集区。在秋冬低温雨雪天气下，采光顶玻璃外表面容易积雪或结冰，因玻璃面倾斜且光滑，雪块、冰块极易整块滑落而对下方的人、物造成伤害，出于安全考虑，应设置融雪、挡冰装置。

13.1.10 本条作此限定，是为了保证雨篷外露的玻璃边缘具有较好的外观效果。

13.3 排水设计

13.3.1 采光顶玻璃面板自重下会有挠度，形成“锅底”，如果锅底积水、积灰会影响采光顶外观。考虑玻璃变形后排水要求，排水坡度不宜小于 5%。防止在每一个玻璃分格内出现积水现象。半隐框采光顶的明框部分宜顺排水方向布置。

采光顶的支承结构体系在制作时宜预起拱，排水坡度接近5%时应预起拱。

14 光伏幕墙

14.2 系统设计

14.2.1 结构玻璃根据围护结构的设计要求，可选用单片玻璃、夹层玻璃、中空玻璃。

14.2.4 光伏幕墙应有通风散热设计，特别是用在非透明幕墙部位由于温度过高影响光伏组件的发电效率也容易产生热炸裂。

15 幕墙信息模型

15.1 一般规定

15.1.1 本章节制定的目的在于推进幕墙信息模型在幕墙工程中的可用性，提高湖北地区幕墙行业对幕墙信息模型相关技术的应用能力。幕墙信息模型作为建筑信息模型的一个子项，应与建筑信息模型的管理要求一致。幕墙信息模型可根据具体工程项目的需求单独创建。对于空间关系复杂的曲面异形幕墙，建议创建并应用幕墙信息模型。

15.2 模型建立

15.2.3 信息模型应清晰描述幕墙与相关专业间的交接界面、接口做法，确定符合管理要求的模型传递路径。对设计方案不明确处应做记录并加以汇总，要求设计补充完善方案。

15.3 模型应用

15.3.2 可视化应用是信息模型最直接、最简单的应用，贯穿幕墙设计与建造的各个阶段，如外立面效果确认、幕墙构造空间关系检查、关联专业或设计施工交底等。

15.3.3 将需作碰撞检查的不同模型或构件通过软件进行空间关系分析，并快速得出碰撞体之间空间关系的量化结论。

15.3.4 模型算量统计是基于对幕墙信息模型中包含的信息和几何数据进行分类统计进而获得所需的指定量化数据。

15.3.5 施工进度模拟是基于幕墙信息模型中包含的安装时间信息，通过模拟软件按现场施工顺序逐个显示该时间点安装的幕墙构件或单元板块。

15.3.6 施工工艺模拟是基于包含施工现场工况、施工机具及设备设施的信息模型，利用软件对整体或局部区域的幕墙施工过程进行机具动作及安装路径设定并展示。

15.3.7 建筑施工对幕墙工作面的精度要求有可能不完全了解，有时存在诸多施工界面不协调问题。利用信息模型进行现场问题预判与协调，及时发现并解决问题，避免损失。在复杂幕墙建筑的施工阶段，尚可利用航拍设备等手段记录与幕墙相关工作面的施工过程及完成状况，并与理论建筑信息模型作定性对比。如发现问题，可实际测量、定量分析，评估相关工作面偏差对幕墙的影响。

15.4 模型交付

幕墙设计分三个子阶段（方案设计、施工图设计、加工图设计），采用信息化建模成果内容有幕墙（方案、施工图、加工图）设计模型、BIM导出图纸、效果图、工程概算、工程量统计、清单、材料清单报告等。根据合同约定及实际需求提供不同阶段、不同精度的信息模型。

16 检验与检测

16.1 一般规定

16.1.1 面积较小的工程，经相关方协商同意，可以用其它工程近似系统和构造的测试报告作为旁证资料，不单独做测试。

16.1.3 根据 GB/T 21086 和 GB/T 50344，确定幕墙工程性能和质量中间检验随机抽样检测项目的样本容量及正常一次性抽样检测的结果判定。

16.3 现场检测

16.3.1 石材背栓检测可以在实验室进行，现场进行抽样检查。

17 加工制作

17.2 铝合金构件加工

17.2.2-17.2.3 型材的加工精度是影响幕墙质量的关键因素，应控制型材加工精度。

17.4 玻璃面板加工

17.4.5 硅酮结构密封胶在使用前，应进行与其接触材料的相容性试验，相容性试验合格才能使用。如果使用了与结构胶不相容的材料，将会导致结构胶的粘结强度和其他粘结性能的下降或丧失，留下安全隐患。

17.4.6 隐框、半隐框幕墙制作过程中，对玻璃和支撑构件的清洁工作，是关系到幕墙组件加工质量的关键步骤之一，要规范操作。如清洗不干净，将对组件的质量与安全留下隐患。应坚持两块布清洗的方法，一块布只用一次，不允许重复使用。在溶剂完全挥发之前，用第二块干净的布将表面擦干。应将溶剂倒在干净的布上，不允许将布浸入溶剂中。玻璃槽口可用干净的布包裹油灰刀进行清洗。清洗工作应两人一组，一人用溶剂清洗玻璃及其支承件，另一人用干净的布在溶剂未完全干燥前，将表面的溶剂、松散物、尘埃、油渍和其他污物清除干净。

17.4.7 双组份硅酮结构密封胶应在打胶机注胶前进行混匀性试验和拉断试验。混匀性试验可以测试双组份硅酮结构密封胶是否充分混合；拉断试验可以测试双组份硅酮结构密封胶的基剂与固化剂的配合比是否符合设计要求。这两项测试指标非常重要，决定着注胶的质量。

17.4.8 玻璃面板注胶时，粘结基层是否净化及施工场所是否符合要求将决定硅酮结构胶的粘结质量。注胶场所要求清洁、无尘，室内温度宜不低于 15℃、不高于 27℃，相对湿度宜不低于 50%。

17.4.11 硅酮结构密封胶有一定的固化时间，固化期间如受到震动，对粘结性和固化质量有很大影响。由硅酮结构密封胶粘结固定的玻璃面板应静置养护。未达到承载力要求前不可搬动，以免影响结构胶的粘结力。

17.4.13 吊挂玻璃通常采用专用强力胶粘剂将楔形夹板与玻璃双面对称粘结，静置养护固化。一般 72 小时后方可移动，确保夹板与玻璃粘结强度满足设计要求。

17.7 构件组装

17.7.1 开启扇组装

遇恶劣天气或经长期启闭使用情况下，幕墙开启扇容易发生损坏。幕墙开启扇要严格按标准加工和安装。

带挂钩的开启扇无左右限位时，容易左右滑动，导致一边间隙过小，影响开启扇的灵活性。所以带挂钩的开启扇应加防窜块。采用铰链连接的开启扇和框之间，间隙要符合相关规定。

为保证螺钉与型材可靠连接，规定开启扇附件处的型材局部壁厚不小于螺钉的公称直径，不满足时扇框内壁可加衬板。

18 安装施工

18.1 一般规定

18.1.2 为保证幕墙安装质量，要求主体结构工程应满足幕墙安装的基本条件，以满足验收规范要求。

18.1.4 为规范施工安装程序，提高功效，控制安装质量，建议典型系统施工前，现场样板先行，样板验收合格后，作为后续大面施工的作业标准，以便指导施工和质量控制。

18.2 安装施工准备

18.2.1 施工前需要先熟悉施工图，研究各系统的施工方案和施工顺序，以及维护安全措施，并制定针对性的施工组织设计。

18.2.2 施工前应由设计师对方案进行施工技术交底。并对施工图未表达详尽之处做补充说明。

18.2.4 预埋件的安装位置如出现偏离、倾斜，受力状况会发生改变，承载力下降。安置预埋件时，应采取措施防止预埋件偏移。幕墙防雷一般都采用共同接地方式，有防雷接地要求的预埋件，应与主体结构的接地导体连接成电器通路。

18.2.9 索结构预埋件对主体结构的反力一般较大，若漏埋后采用后置埋件，会增加施工难度和结构安全隐患。

18.3 构件式幕墙安装

18.3.7 硅酮密封胶的施工应严格按照施工工艺进行。夜晚光照不足，注胶质量得不到保证；雨天板缝内表面潮湿，硅酮密封胶与注胶面不能有效粘接，容易造成日后渗漏。

18.4 单元式幕墙安装

18.4.2 单元板块吊装是安装施工过程中的重要环节，吊装机具是完成吊装和保证安全的前提条件。吊装机具应经检测合格并满足设计要求，设备配置应能保证吊装安全和防止单元构件受损，确保单元幕墙吊装质量。起吊与就位的安装过程中不应超重起吊。作业人员应严格做好安全防护，雨、雪、雾和风力5级及以上天气不应吊装。吊装单元板块时，各吊装点应受力均匀，匀速、缓慢移动。在板块未固定前，吊具不应拆除，防止意外坠落。

18.5 全玻璃幕墙安装

18.5.1 全玻璃幕墙的嵌槽不清洁会直接影响注密封胶质量，甚至造成玻璃损坏，因此全玻璃幕墙安装过程中应做好清洁和槽口保护工作。

18.6 点支承玻璃幕墙安装

18.6.1 支承构件是点支承幕墙的主要受力结构，其位置、形状、外观质量、承载能力和变形能力均有严格要求，在装卸、运输、存放和安装施工过程中都应注意，防止支承结构受损、变形。大型支承结构的吊装设计应包含吊装受力计算、吊点设计、必要的附件设计、就位和固定方案及就位后的在位调整等。支承结构就位后应及时紧固定位。对将被隐蔽的部位应及时完成隐蔽验收手续。

18.6.2 拉杆、拉索预拉力的大小，施加拉力的顺序和控制，对于支承结构的安全性及外形的准确性至关重要，因此在安装过程中应严格控制。

18.8 采光顶、雨篷、栏板

18.8.1 采光顶、雨篷属于特殊部位施工，施工周边环境复杂，结构安全要求高，施工作业也相对困难，施工前需制定针对性的施工组织设计，确保施工方案的可实施性和科学安全性。

18.8.3 栏板属于室外构件，既要起防护安全作用，也要兼顾外观装饰效果。

18.9 光伏幕墙安装

18.9.6 安装光伏组件时，在太阳能电池受光面铺遮光板，防止电击危险。

18.10 安全规定

18.10.2 建筑幕墙安装施工应遵守国家有关劳动安全、卫生法规和技术标准的规定，并结合工程实际情况，制定详细的安全操作守则，确保施工安全。

18.10.3 幕墙施工是一项技术性强、质量要求高、危险性大的作业，从事此项活动的人员应具备一定的安全操作技能。本条是根据住房和城乡建设部《建筑施工特种作业人员管理规定》（建质 2008, 75 号）和幕墙施工的重要性提出的强制性条文规定。

18.10.7 在幕墙的安装施工过程中，与主体结构或其他施工单位发生上下交叉作业时，很容易发生物料坠落现象。为了防止发生高空坠落伤人损物事故，根据建筑施工高处作业有关安全技术管理规定，本条应严格执行。

19 工程验收

19.1 一般规定

幕墙工程验收是幕墙工程质量在施工单位自行检查合格的基础上，由工程质量验收责任方组织，工程建设相关单位参加，对检验批、分项工程及其隐蔽项目的质量进行抽样检验，对技术文件进行审核，并根据设计文件和相关标准以书面形式对工程质量是否达到合格做出确认。

幕墙工程采用的主要材料、构件、组件、紧固件应进行进场检验。凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、构件、组件、紧固件，应按幕墙专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复验并出具复验报告，检验内容、检验方法及数量详见第19章。

幕墙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。

19.2 隐蔽项目验收

19.2.1 幕墙工程施工过程中，前道工序的幕墙材料、构配件往往被后道工序遮蔽或覆盖，工序被遮蔽前应进行隐蔽项目检查，并作好隐蔽项目验收记录并保留图文及影像资料。幕墙隐蔽工程验收对于满足施工质量要求至关重要，因此，工程验收时应应对隐蔽项目验收文件进行全面的查验和审核。

19.3 主控项目和一般项目

GB 50300将幕墙工程验收纳入建筑装饰装修分部工程，GB 50210也明确规定了玻璃幕墙工程、金属幕墙工程、石材幕墙工程、人造板材幕墙工程验收的主控项目和一般项目及其检验方法。本文件在此基础上结合各专业幕墙技术规范中幕墙工程主控项目和一般项目的验收内容、检查方法、检查数量等规定将相关条文内容进行细分，将涉及幕墙安全、主要使用功能、节能、环境保护等起决定作用的项目列为“主控项目”。“一般项目”大部分为外观质量要求。

19.3.12~19.3.14 此部分对应 GB 50300-2013 中 5.0.6~5.0.8 条内容。

20 维护保养

20.1 一般规定

20.1.1 为了使幕墙在使用过程中达到和保持设计要求的预定功能，确保不发生安全事故，规定幕墙工程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。

20.1.2 随着幕墙行业的发展，幕墙新产品越来越多，幕墙的结构形式也越来越复杂，技术含量越来越高，对维修、维护人员的要求也越来越高。本条要求幕墙工程承包商在幕墙交付使用前应为业主培训合格的幕墙维修、维护人员。

20.1.3 幕墙可开启部分的抗风压、水密性、气密性等性能参数均为关闭状态的设计参数。在幕墙工程的实际维修工作中，开启部分维修频率最高，而非正常开启所造成的损坏是其主要原因之一。

20.2 检查与维护

20.2.1 幕墙在使用过程中定期检查和维修很重要，湖北省也有相应的地方规章制度，本条对此作了明确的规定。

附录 A 埋件的设计与构造

A.1 平板埋件的设计与构造

A.1.9 考虑到对穿埋件如果不采用现场焊，很难施工。故要求对穿埋件的锚筋与内侧埋件板的焊接宜设计为现场焊。

A.2 槽式预埋件的设计与构造

A.2.32 当建筑幕墙有抗震设防或沿槽道轴线方向荷载的设计要求时，应根据 A.3 章进行承载力计算并提供计算报告。由于通过 T 型螺栓与钢槽卷边之间摩擦力提供的轴线方向抗剪承载力较弱，故应采用槽口与配套 T 型螺栓形成机械传力的槽式预埋件。同时在布置槽式预埋件时，还应尽量避免槽道轴线方向与最大荷载方向重合。例如，当预埋槽在顶埋位置且风荷载为最大荷载时，应避免槽式预埋件槽道轴线垂直于混凝土边缘方向预埋；当预埋槽在侧埋位置且幕墙单元自重为最大荷载时，应避免槽式预埋件竖向埋于混凝土板侧面。