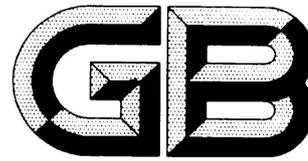


ICS 91.060.50  
CCS P32



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 21086—XXXX  
代替：GB/T 21086-2007

## 建筑幕墙

Curtain walling in buildings

(征求意见稿)

2025年07月18日

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	4
4 分类标记 .....	4
5 通用要求 .....	6
6 材料构造要求 .....	8
7 外观装配及性能要求 .....	13
8 试验方法 .....	16
9 检验 .....	17
10 评价 .....	19
附录 A (资料性) 材料标准 .....	22
附录 B (规范性) BIM 交付使用要求 .....	25
附录 C (规范性) 石材弯曲强度标准值计算方法 .....	27
附录 D (规范性) 装饰翼荷载检测方法 .....	28
附录 E (规范性) 牵制扣荷载检测方法 .....	30
附录 F (规范性) 性能分级表 .....	32
附录 G (规范性) 热工计算基本要求 .....	39
附录 H (规范性) 光学分析基本要求 .....	41
附录 I (规范性) 循环往复风压试验方法 .....	44
附录 J (规范性) 烟密闭性试验方法 .....	45

## 前 言

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

本文件代替 GB/T 21086—2007《建筑幕墙》，与 GB/T 21086—2007 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 标准范围扩展，涵盖了除原建筑幕墙之外的采光顶、装饰型金属屋面、附属构造等；
- 建筑幕墙定义做了扩展，在原有基础上重新定性为用于屋面及墙面的、包括封堵构造的装配化围护结构；
- 修改了第5章：通用要求，从建筑幕墙为支承建筑的安全、舒适、绿色、智慧而应具备的功能要求的角度，重新编制了通用要求的内容；
- 将原标准第6章-第13章的各类幕墙专项要求，合并调整为新标准的第6章：材料构造要求，提炼建筑幕墙构造共性，重新梳理内容逻辑关系；
- 将原标准的第5章：通用要求（主要是性能要求）调整为新标准的第7章：性能要求，更加明确了建筑幕墙作为工程产品的性能指标要求。同时补充和增加了相关性能要求；
- 将原标准第14章：试验方法调整为本标准的第8章：试验方法，补充和增加了相关性能的试验方法；
- 将原标准第15章：检验规则调整为新标准的第9章：检验，内容适当做了调整；
- 将原标准第16章：标志、使用说明书，以及第17章：包装、运输、贮存，删除。补充增加了第10章：评价。
- 将原标准附录B、附录D、附录E及附录F删除，增加了相关附录，包括BIM交付使用要求、装饰翼荷载检测方法、牵制扣荷载检测方法、性能分级表、热工计算基本要求、光学分析基本要求、循环往复风压试验方法及烟密闭性试验方法。

本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本文件由全国建筑幕墙门窗标准化技术委员会（SAC/TC 448）归口。

本文件起草单位：中国建筑科学研究院有限公司

本文件主要起草人：



# 建筑幕墙

## 1. 范围

本文件规定了建筑幕墙系统的分类标记、通用要求、技术要求、外观装配及性能要求、试验方法、检验与评价。

本文件适用于建筑围护结构及其附属构造。

本文件不适用于面板直接粘贴在主体结构的墙体系统。

## 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 2410 透明塑料透光率和雾度的测定

GB/T 2680 建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关玻璃参数的测定

GB/T 15227 建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法

GB/T 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯

GB/T 18091 玻璃幕墙光热性能

GB/T 18250 建筑幕墙平面内变形性能检测方法

GB/T 18575 建筑幕墙抗震性能振动台试验方法

GB/T 21086 建筑幕墙

GB/T 29043 建筑幕墙保温性能检测方法

GB/T 29048 干挂石材幕墙用环氧胶粘剂

GB/T 29737 建筑门窗防沙尘性能分级及检测方法

GB/T 29738 建筑门窗和幕墙抗风携碎物冲击性能分级及检测方法

GB/T 29739 门窗反复启闭耐久性试验方法

GB/T 29908 光伏组件用玻璃技术规范

GB/T 31433 建筑幕墙、门窗通用技术条件

GB/T 34327 建筑幕墙术语

GB/T 34824 建筑光伏组件用浮法镀膜玻璃

GB/T 38264 建筑幕墙耐撞击性能分级及检测标准

GB/T 39526 建筑幕墙空气声隔声性能分级及检测方法

GB/T 39794.1 建筑用太阳能光伏夹层玻璃重测导则 第1部分：冰雹试验

GB/T 39794.2 建筑用太阳能光伏夹层玻璃重测导则 第2部分：循环静压试验

GB/T 39968 建筑用通风百叶窗技术要求

GB/T 39969 建筑用通风百叶窗通风及防雨性能检测方法

GB/T 41336 建筑幕墙防火性能分级及试验方法

GB/T 41504 建筑光伏组件热斑耐久试验方法

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB/T 50344 建筑结构检测技术标准

GB 50352 民用建筑设计统一标准

GB/T 50378 绿色建筑评价标准

GB 51348 民用建筑电气设计标准

JG/T 282 遮阳百叶窗气密性试验方法

JG/T 397 建筑幕墙热循环试验方法

### 3. 术语和定义

GB/T 34327界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **建筑幕墙 curtain walling**

由面板、支承体系及与主体结构连接封堵构造组成的、相对主体结构有位移变形适应能力、不承担主体结构所受作用、具有围护功能或装饰功能的装配化墙体及屋面。

#### 3.2

##### **建筑幕墙系统 facade**

建筑幕墙及其附属的功能性或装饰性部品构件有机组合而成的装配式围护结构。

#### 3.3

##### **功能 function**

建筑幕墙为满足建筑正常运营需求而必须承担的作用。

#### 3.4

##### **性能 performance**

反映建筑幕墙满足某项功能的能力，并以特定的指标参数表达。

### 4. 分类标记

#### 4.1 分类及代号

4.1.1 按构造体形式分类及代号见表1。

表1 按构造体形式分类及代号

构造体形式	单元式	构件式
代号	DY	GJ

## 4.1.2 按主要面板材料分类及代号见表2。

表2 按主要面板材料分类及代号

面板材料	透光			非透光			
	玻璃	刚性树脂	柔性树脂	石材	金属	人造板材	组合板
代号	BL	GS	RS	SC	JS	RZ	ZH
注1：刚性树脂包括聚碳酸酯（PC）、有机玻璃（PMAA）、高温高压树脂板等； 注2：柔性树脂包括STFE膜、PTFE膜、ETFE膜、PVC膜等； 注3：石材类包括花岗石、大理石、石灰石、石英砂岩、溶石等； 注4：金属板包括铝板、铝塑复合板、蜂窝铝板、彩色钢板、搪瓷涂层钢板、不锈钢板、锌合金板、钛合金板、铜合金板等； 注5：人造板材包括瓷板、陶板、陶瓷板、微晶玻璃、石材蜂窝板、木纤维板、纤维水泥板、水泥基预制外墙挂板（PC、GRC、HPC、UHPC）等；高性能喷射配方混凝土砂浆（GRC），高性能配方浇筑混凝土及砂浆（HPC）、超高性能配方混凝土及砂浆（UHPC）； 注6：组合板指面板中包括两种及两种以上材质复合而成，且至少一种为非透光的面板。							

## 4.1.3 按主要支承结构材料分类及代号见表3。

表3 按主要支承结构材料分类及代号

支承结构材料	刚性				柔性	
	铝合金	钢材	木材	复合材	钢绞线	碳纤维
代号	LHJ	GC	MC	FHC	GJX	TXW
注1：复合材料包括聚氨酯复合型材、玻璃纤维增强、碳纤维增强、玄武岩增强。						

## 4.1.4 按面板支承形式分类及代号见表4。

表4 按面板支承形式分类及代号

面板支承形式	框支承			肋支承	点支承
	明框	半隐框	隐框		
代号	KMK	KBY	KYK	LZ	DZ

## 4.1.5 按密闭形式分类及代号见表5。

表5 按密闭形式分类及代号

密闭形式	单层		双层		
	封闭式	开放式	全封闭式	外封内开式	外开内封式
代号	FB	KF	SFB	SFK	SKF

## 4.1.6 按功能属性分类及代号见表6。

表6 按功能属性分类及代号

功能属性	围护型	装饰型
代号	WH	ZS

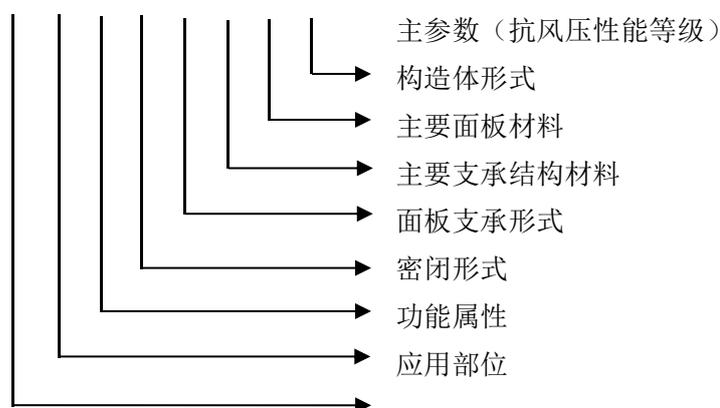
## 4.1.7 按应用部位分类及代号见表7。

表7 按应用部位分类及代号

应用部位	外			内	
	墙体	屋顶	倒挂	墙体	吊顶
代号	WQ	WW	WG	NQ	ND

## 4.2 标记方法

幕墙 GB/T 21086 □-□-□-□-□-□-□-□



示例：幕墙 GB/T 21086 外墙体-围护型-单层封闭式-明框-铝合金-玻璃-单元体-3级

## 5. 通用要求

- 5.1 建筑幕墙系统的功能设定，应基于建筑设计对安全、舒适、绿色、智慧提出的目标需求。
- 5.2 建筑幕墙系统应基于工程所在地的区域气候特征、地貌条件、环境特性、施工条件，及建筑设计美学、功能目标、性能指标及造价成本综合确定材料选型及构造形式。
- 5.3 建筑幕墙系统设计阶段应明确工作年限内的正常使用和维护保养要求，且设计工作年限不应少于25年。当采用参数化设计时，参数化成果交付要求见附录C。
- 5.4 建筑幕墙系统用连接、支承、面板、密封及五金配件等材料及构件，外观质量、物理化学及力学性能除满足相应的国家现行产品标准（见附录A）要求外，尚需符合本标准的规定。无国家现行标准规定的，应制定企业标准进行规定。
- 5.5 建筑幕墙系统的构造设计应实现面板、开启部位、遮阳及附属构造等宜拆除组件的独立拆装且不对其他组件造成功能障碍的要求。
- 5.6 在设计工作年限内或更换周期内建筑幕墙系统应满足设计要求的正常使用条件，以及维护保养的内容和频次。超过设计工作年限或设计工作年限内发生安全事故的建筑幕墙系统，应进行安全性评估，并依据评估结果确定是否继续使用。
- 5.7 既有的建筑幕墙系统改造，改造前应评估改造可行性及改造目标，改造后应满足本标准及相关现行国家标准规范的规定。
- 5.8 设计工作年限内，建筑幕墙系统安全功能要求如下：
- 自身重力、风荷载、地震、温差作用，以及全生命期可能存在的包括雨雪荷载、覆冰荷载、维修等临时荷载或活荷载作用下，建筑幕墙系统不应发生影响正常使用功能的缺陷。在人体撞击、爆炸波冲击、弹击及风暴裹挟碎物侵袭等偶然荷载作用下，构件不应发生脱落、破碎、断裂等质量缺陷；
  - 启闭类活动构造应保持机械可靠性，开启构造不应发生脱落；
  - 与主体建筑防雷体系应可靠连接，单独设接地装置时接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ ，与电子系统及电气系统共用接地装置时，接地电阻不应大于 $1\ \Omega$ ；

- d) 跨越防火分区位置，与主体建筑的连接部位应设置与该部位楼板或墙体等效耐火阻烟功能的封堵，阻止相邻空间的火焰或烟气蔓延；
- e) 避难层及避难间部位应设置具备消防排烟功能的开启部位，且清晰标示位置及操作说明，建筑运营中满足每季度启闭 1 次的频次；
- f) 用于建筑高度 50m 以下时，应设置易于从室内和室外打开或破拆的消防救援口，且清晰标示位置及操作说明；
- g) 采用的成品电器装置、电动驱动构件、光伏组件及智能化装备等，其电气安全要求应符合 GB51348-2019 的规定。

#### 5.9 设计工作年限内，围护型建筑幕墙系统舒适功能要求如下：

- a) 按开启部位面积和开启后的空气流通界面面积的较小值确定的有效通风换气面积应满足建筑设计要求的通风换气水平，且不允许在建筑运营过程中改变功能而影响通风换气能力；
- b) 封闭式围护型幕墙及其封堵系统直接传声隔声性能应根据建筑所处位置噪声环境和室内的噪声限值综合确定，建筑幕墙的侧向传声隔声性能应不低于房屋间隔墙及楼板的隔声要求，且不产生额外的噪声；
- c) 透光幕墙有采光要求时，室内侧可见光透光比不应低于 0.6，兼备光伏发电时可见光透光比不应低于 0.2。在城市快速路、主干道、立交桥、高架桥两侧的建筑物 20m 以下及一般路段 10m 以下的透光幕墙室外侧可见光反射比不应大于 0.16，其他区域应用时室外侧可见光反射比不应大于 0.30。有聚光风险时，太阳光直接反射比不宜大于 0.30；
- d) 透光幕墙宜采用遮阳产品或遮阳构造调节室内空间的光热舒适度。活动遮阳构造展开和收回应满足透光面板全遮蔽和无遮蔽的要求；
- e) 固定部位或关闭状态下的开启部位，室内侧不应出现雨水渗漏、沙尘侵入及返潮发霉现象；
- f) 冬季室内温度 18℃~25℃、湿度 30%~50%，夏季室内温度 23℃~28℃、湿度 30%~60%的条件下，封闭式围护型建筑幕墙室内侧不应出现结露现象；
- g) 可开启部位宜具备防蚊虫侵入功能；
- h) 不应产生表面处理失效、无法恢复的外观污染或变形缺陷。

#### 5.10 设计工作年限内，建筑幕墙系统绿色功能要求如下：

- a) 材料应满足气候适应性；
- b) 活动构造应满足设计使用频次要求，不应因功能丧失或性能衰减原因发生拆改维修。通风构造开启应满足日启闭 3 次的频次，日常人员通行开启应满足日启闭 30 次的频次；可调式遮阳构造应满足展开收回全过程  $\geq 1.5$  万次的频次需求。
- c) 封闭式围护型建筑幕墙的密封性能及热工性能，应综合考虑所在气候分区、建筑类型、窗墙比、朝向及房间功能等因素，应满足建筑设计要求的节能指标。采用透光面板时宜附加遮阳构造措施调节太阳得热系数；
- d) 应采用对人身健康、环境卫生不造成伤害和影响的绿色建材产品。在满足功能需求和性能指标要求的前提下，宜采用全生命期碳排放水平低的材料；
- e)
- f) 采用光伏幕墙时，发电效率不应衰减超过 50%。

- 5.11 设计工作年限内，建筑幕墙系统智慧功能要求如下：
- a) 宜采用具备环境自适应调节能力的产品及构造；
  - b) 宜采用智能环境采集系统，并具备与幕墙系统协同调节的功能；
  - c) 宜采用智能监测系统保障建筑幕墙系统运营的安全性；
  - d) 生产制作、组装及安装宜采用智能化设备。
- 5.12 工程遇到下列情况时，应基于功能需求，采用实体模型试验、数值模拟分析或专项论证等措施进行验证：
- a) 采用的材料、构造在现行标准中对技术要求未做规定或规定不明确的；
  - b) 面板的材料、规格、厚度及构造形式与现行推荐性标准要求冲突的；
  - c) 附属构造对建筑幕墙系统造成的影响不确定的；
  - d) 利用环境变化激发传感器驱动构造活动部件，触发动作的稳定性和有效性不确定的；
  - e) 功能需求特殊，性能要求无法确定，或性能指标要求存疑，或缺少测试方法验证的；
  - f) 因特殊原因需通过风洞试验或数值模拟分析确定幕墙风荷载条件的。

## 6. 材料构造要求

### 6.1 构造基本要求

- 6.1.1 构造工艺及装配质量应满足设计要求或国家现行相关标准规定。
- 6.1.2 荷载传递与结构应满足下列要求：
- a) 构造体系中，构件之间和构件与建筑主体之间的荷载传递路径应明确、连续和可靠；
  - b) 所有构件应满足荷载作用下的强度、刚度和稳定性要求。对于存在明显机械振动的构件，应满足可能荷载作用下的结构振动稳定性要求；
  - c) 构件间采用无螺母螺栓或螺钉连接时，应有结构振动状态下的防松动措施要求。
- 6.1.3 构造体系在主体结构及自身构件位移变形的条件下，应保证不发生功能性障碍，且不应产生可感知的摩擦噪声（变形适应性）。
- 6.1.4 适应主体结构变形应满足下列要求：
- a) 刚性支承建筑幕墙系统的支承构造应每层设置适应主体结构变形的构造缝。同一面板单元不宜跨越构造缝，当跨越时应论证其适应变形能力满足要求；
  - b) 柔性幕墙系统应适应自身变形与主体结构边界变形叠加的作用。
- 6.1.5 建筑幕墙系统与主体结构的锚固连接部位应采用钢质或铝质构件，并满足实际承载方向上的强度、刚度及所需位移调节要求。
- 6.1.6 支承构造应满足下列要求：
- a) 刚性支撑宜采用均质非脆性材料的连接构造。采用脆性材料时，应考虑充足的冗余度及破碎后冗余构造；
  - b) 柔性支撑应采用设置受力过盈索力限制器及阻尼减振装置的预应力材料的连接构造，宜设置满足精度及维护更换需求预应力监测装置；

c) 外围护型封闭式框架幕墙的刚性支承框架宜采用热工性能与面板均衡性匹配度高的型材构造。

#### 6.1.7 面板及其连接构造应满足下列要求：

- a) 外围护型玻璃幕墙应采用单片玻璃厚度不小于 3mm 的夹层半钢化或单片玻璃厚度不小于 6mm 的表面应力不大于 105MPa 的均质钢化玻璃作为主受力面板。玻璃面板与支承体系连接应设置避免发生刚性接触的构造；
- b) 外围护型刚性树脂幕墙宜采用厚度不小于 8mm，抗弯强度不低于 80MPa，树脂含量大于 95%，防火性能为难燃以上，且具有耐候防护层的树脂材料。构造所用材料之间应化学相容，面板与支承体系连接部位应预留 1.3 倍温度变形量。单块板幅长度超过 2.5m 时，长边方向应至少设置一个预留变形缝隙不小于 20mm 的自由边；
- c) 外围护型柔性树脂幕墙用膜材的经向与纬向的抗拉强度差应小于 20%，断裂延伸率应小于等于 35%；
- d) 外围护型石材幕墙用石材挂装部位保留厚度不应小于 12mm，当保留厚度小于 15mm 时应采取六面防护处理。石材的弯曲强度应依据附录 C 的方法确定，吸水率应小于 0.8%，用于严寒和寒冷地区时抗冻系数不应小于 0.8；
- e) 金属板幕墙折边部位应设置防止开裂的构造措施。外幕墙用不锈钢平板不应小于 1.5mm，当为波纹板时，不应小于 1.0mm；铝板单独使用时厚度不应小于 2.5mm，作为面层复合使用时厚度不应小于 0.5mm，作为蜂窝铝板面层使用时正背面厚度均不应小于 1.0mm。内幕墙及倒挂外幕墙用铝板单独使用时厚度不应小于 2.0mm；
- f) 外围护型人造板材幕墙用陶瓷类板材抗弯强度应 $\geq 28\text{Mpa}$ ，吸水率 $\leq 1\%$ ，挂装部位厚度应不小于 20mm。水泥基预制外墙挂板抗弯强度不应小于 22MPa，表面宜采用厚度 $\geq 0.3\text{mm}$ ，渗透深度 $> 1\text{mm}$  纳米密封剂处理，表面防水处理后吸水率不应大于 0.5%，当抗压强度小于 120MPa 时，禁止采用背栓式挂装；
- g) 外围护型组合板幕墙作为独立墙体时，其构造应满足墙体相关要求；
- h) 高、薄、窄且易失稳的面板宜采用座装方式，不宜采用吊装方式，或结合其他防失稳措施；
- i) 面板背部附支撑框架时，应考虑不同材料的变形协调性，面板不应受拉；
- j) 面板不应与支承构造直接粘结。湿法安装时应有附框转换。

#### 6.1.8 密封及排水构造应满足下列要求：

- a) 建筑幕墙系统内部固定构件之间、相邻单元之间及与墙体/地面/屋面的交接部位，应采用适应位移变形的连接构造；
- b) 封闭式幕墙应采用弹性恢复率不小于 70%、位移能力级别不小于 20 级且满足相容性的建筑密封胶或密封胶条密封；
- c) 开放式幕墙应设置有效、路径清晰的排水构造。宜采用“等压原理”设计；
- d) 外围护型封闭式幕墙的开启部位，宜采用框扇叠压量不小于 6mm 且至少两道连续无断缝胶条密封的构造形式。

#### 6.1.9 开启构造应满足下列要求：

- a) 开启活动部位承重五金配件与型材的连接，宜采用无松脱的构造形式，满足机械疲劳作用。当采用无螺帽的螺钉连接时，应采用局部加强满足至少 2 丝连接；

- b) 开启部位关闭状态下应保证所有锁闭点均处于工作状态。当采用多点传动锁闭五金时，锁点间距不宜大于 400mm；
  - c) 开启部位成对配置的五金配件，应具备同步协调性，且满足其中一个损坏时不影响启闭功能的要求；
  - d) 开启活动部位框、扇型材角部应采用组角工艺加强构造，且开启部位面板的自重应完全由下部横梁承载；
  - e) 采用电动启闭时，应设置断电状态下采用手动启闭实现启闭功能的措施；
  - f) 开启构造的防水宜设置挡水密封胶条或披水板，排水构造应路径清晰；
  - g) 底层用于人员通行的门体宜以幕墙框架作为支承框。当门体采用独立支承体系时，应设置防止门体下沉倾覆的构造；
  - h) 宜设置纱窗。
- 6.1.10 转角构造应满足下列要求：
- a) 刚性支承构造转角部位竖向构件应能同时适应转角两侧平面内水平位移，禁止转角两侧构造相互制约；
  - b) 柔性支承构造转角部位应能同时适应在转角两侧平面外最大变形时，连接部位结构密封胶不发生脱离。
- 6.1.11 层间及隔墙封堵构造应满足下列要求：
- a) 建筑幕墙与建筑主体结构防火分区部位及阻隔侧向传声部位，均应设置封堵构造；
  - b) 封堵应与幕墙框架面板及主体结构形成封闭连续构造，且满足封堵构造变形及幕墙层间位移作用下的密封要求；
  - c) 外围护型封闭式幕墙室内侧设置在主体结构防火分区部位的封堵应与主体结构刚性连接，不应与幕墙框架刚性连接；
  - d) 与主体结构间存在空腔且有可燃材料时，外装饰型幕墙的每一层防火分区部位应连续不间断设置封堵构造；
  - e) 封堵材料的燃烧性能不应低于难燃，且应满足高温下不发生脆断。当封堵构造含岩棉时，岩棉压缩后密度不应低于  $80\text{kg/m}^3$ ；
  - f) 当卷火高度不满足要求，或卷火墙距离幕墙面大于 300mm 时，应增设支承构造，且应同时满足结构强度及耐火等级要求。
- 6.1.12 外幕墙系统防雷构造应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057 的相关规定。金属支承框架及其与主体结构应相互连接形成导电通路。

## 6.2 专项构造

### 6.2.1 单元体幕墙构造应满足下列要求：

- a) 采用插接式单元体构造时，上下单元体间连接的插芯，至少一端应自由无约束。插芯插入深度不应小于立柱截面内腔高度，竖向搭接长度不应小于 20mm，横向搭接长度不应小于 15mm；
- b) 采用对碰式单元体构造时，应设置传力连接件，对碰部位应增设压缩密封的发泡胶条；
- c) 单元体十字接口处防、排水构造应路径清晰；

- d) 单元体应设置专用吊装构造，吊装时构造不得发生不可恢复的变形；
  - e) 含开启构造的单元体，应满足幕墙整体相关型式检验要求。
- 6.2.2 采光顶构造应满足下列要求：
- a) 应综合面板挠度变形及积雪荷载等因素确定排水坡度；
  - b) 开启部位不宜与固定部位共面。当共面时，室内侧应有冷凝水和雨水的收集导排构造；
  - c) 宜采用具有韧性的树脂透光面板。当采用玻璃面板时，至少室内一侧应采用夹层玻璃。
- 6.2.3 装饰性金属屋面构造应满足下列要求：
- a) 面板材料及构造应采取吸音或隔音措施；
  - b) 边部应设置挡水、挡雪构造，排水坡度不宜小于 3%，天沟排水坡度不宜小于 0.5%。
- 6.2.4 隐框幕墙构造应满足下列要求：
- a) 面板下部应有承托构造；
  - b) 脆性材料面板周边应有护边构造。
- 6.2.5 吊顶及倒挂构造应满足下列要求：
- a) 不宜采用自重过大的脆性面板材料。当采用时，应具备可靠的防破碎坠落构造措施；
  - b) 受拉部位不应采用自攻螺钉或自攻自钻螺钉连接。
- 6.2.6 内倾斜及外倾斜幕墙应满足下列要求：
- a) 内倾斜及外倾斜幕墙不应设置平开类开启构造；
  - b) 外倾斜幕墙不宜采用隐框构造，受拉部位不应采用自攻螺钉或自攻自钻螺钉连接；
  - c) 内倾斜幕墙宜设置分层披水构造；
  - d) 不宜采用自重过大的脆性面板材料。当采用时，应具备可靠的防破碎坠落构造措施。
- 6.2.7 防火幕墙构造应满足下列要求：
- a) 支承连接、框架、面板、密封及开启构造均应满足设计耐火极限要求，且开启部位应具备遇火自闭自锁功能；
  - b) 构造系统用材料的燃烧性能不应低于 B1 级，且宜采用高温不炸裂材料。
- 6.2.8 无支承框架幕墙构造应满足下列要求：
- a) 建筑主体结构作为支承体，采取面板点挂构造时，不应破坏基层墙体的防水保温功能；
  - b) 建筑主体结构作为支承体，采用脆性面板自支撑或互为支撑构造时，应考虑构造稳定性，且采用长期荷载下的强度允许值作为校核依据；
  - c) 应预留面板各方向适应变形的构造或缝隙。
- 6.2.9 双层幕墙构造应满足下列要求：
- a) 宜具备室内外自然通风换气功能，热通道应具备耐火阻烟功能及日常检修条件，且宜实现洁净通风、上下层及左右侧空间侧向隔声、以及可调节遮阳功能；
  - b) 外循环系统的热通道在每层层间部位应设水平挑檐，进/排风口间距 $\geq 0.5\text{m}$ 。
- 6.2.10 光伏幕墙构造应满足下列要求：
- a) 在有效日照时间内其他构件不应应对光伏组件造成遮挡阴影；
  - b) 严禁在开启部位、活动遮阳构件等可动部位集成光伏组件；

- c) 光伏电气系统应包含接地系统、防雷系统、漏电保护系统和防逆流系统。光伏组件的布线及线路应考虑散热、应用环境保护及外观要求；
  - d) 光伏组件用玻璃最小厚度不应小于 3.2mm；
  - e) 光伏组件内侧至实体墙外侧保温层的距离不应小于 50mm。
- 6.2.11 开合屋面构造应满足下列要求：
- a) 宜采用非易碎、轻质面板；
  - b) 可不具备节能功能；
  - c) 在全开、全闭位置时，应设定锁定装置，在运动过程中任意位置紧急制动时，应有锁紧措施。
- 6.2.12 遮阳构造应满足下列要求：
- a) 活动式遮阳全展开状态应能完全遮蔽透光面板，全收回状态应不遮挡透光面板，且活动过程不发生摩擦、卡阻现象；
  - b) 当采用活动遮阳构造时，应具备角度调节功能，水平遮阳调节角度宜为 0-90 度，垂直遮阳调节角度宜为 0-180 度；
  - c) 非一体化外遮阳构造应与幕墙支承框架或建筑主体结构连接，且宜采用便于拆换的安装构造；
  - d) 一体化遮阳构造采用中空内置遮阳构造时，应采用三边框形式，且边框应兼具刚度和隔热功能；
  - e) 一体化遮阳采用面板变色调节时，宜满足无极调节要求，且色态满程切换时间应小于等于 5 分钟；
  - f) 活动式遮阳宜具备光热环境感应功能，且宜利用清洁能源驱动；当利用电驱动时，应具备断电后可以手动操作的功能。
- 6.2.13 消防救援窗及消防排烟窗构造应满足下列要求：
- 消防救援窗及消防排烟窗构造应满足 GB/T 31433-XXXX《建筑用窗通用技术要求》的规定。
- 6.2.14 机械通风设备应满足下列要求：
- 当采用机械排风设备时，其通风能力应满足建筑及消防设计要求的等效通风量要求。
- 6.2.15 弧形或曲面构造应满足下列要求：
- 实际建造完成的曲度与设计值偏差应满足相关规范或设计要求，空间网格定位精度要求曲面偏差 $\leq 2.5\text{mm}$ ，外形尺寸偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。
- ### 6.3 附属构造
- 6.3.1 突出表面的附属物应满足下列要求：
- a) 附属物（如大型装饰构件、遮阳板）与幕墙面板的距离大于 600mm 时，应与建筑主体结构直接连接，大于 300mm 时，宜与建筑主体结构直接连接。且应进行单独的安全性测试（附录 D）或计算分析；
  - b) 当距离小于 300 且与幕墙支承结构连接时，不得与开口截面型材连接，且应进行整体抗风抗震及机械振动性能测试（附录 D）或计算分析。
- 6.3.2 栏杆及栏板应满足下列要求：
- a) 应满足 GB 50352《民用建筑设计统一标准》对人体冲击性能的要求；
  - b) 当采用垂直杆件做栏杆时，杆件净间距不应大于 0.11 米；
  - c) 公共场所的临空栏杆，在距可踏面顶面 0.10 米高度范围内不应设置任何可攀爬或留空构造。

- 6.3.3 格栅应满足建筑外观设计及必要的通风面积的要求。
- 6.3.4 百叶应满足建筑对通风面积和通风系数的要求，并符合 GB/T 39968《建筑用通风百叶窗技术要求》的相关规定
- 6.3.5 雨篷应满足下列要求：
- a) 设置于人行道上空时，其下沿距地面净高不应小于 3.0m；
  - b) 宜与主体结构直接连接。当与幕墙支承结构连接时，应计算分析对幕墙支承结构产生的作用；
  - c) 应综合面板挠度变形及积雪荷载等因素确定排水坡度，四周宜设置雨水的收集导排构造；
  - d) 宜采用具有韧性的树脂透光面板。当采用玻璃面板时，应采用夹层玻璃。
- 6.3.6 外标识与广告位宜与建筑主体结构直接连接。当与幕墙支承系统连接时，应与幕墙系统协同设计，且预留连接构造条件。
- 6.3.7 泛光照明应与幕墙系统协同设计。内透式 LED 照明构造宜与幕墙型材结合设计安装。
- 6.3.8 牵制扣（擦窗机插座）宜采用不锈钢材质，且应经过强度计算、稳定性分析或试验验证（附录 E）。构造设计应便于检修和更换。

## 7 外观装配及性能要求

### 7.1 外观

建筑幕墙系统用材料及构件应无破碎、断裂、脱落、不可恢复变形、污染、老化、紧固点松脱、光畸变等不符合设计要求的质量缺陷；表面采用同一颜色时，同幅幕墙相邻分隔色差值  $\Delta E^*_{ab} \leq 1.5$ ，不相邻分隔色差值  $\Delta E^*_{ab} \leq 2.0$ 。

### 7.2 装配

建筑幕墙系统的组装质量应符合工艺文件或国家相关标准要求。

### 7.3 气密性能

7.3.1 外围护型封闭式建筑幕墙阻止空气渗透的能力应满足节能设计要求。内幕墙和开放式外幕墙可不具备阻止空气渗透的能力。双层幕墙至少一层应具备阻止空气渗透的能力。

7.3.2 气密性能以可开启部分单位缝长空气渗透量  $q_L$  和整体单位面积空气渗透量  $q_A$  为分级指标，依据表 F.1 的规定分级。

### 7.4 水密性能

7.4.1 外围护型封闭式建筑幕墙应根据工程所在地的气象观测数据，在设计基准期内的最大降雨等级、最大风速或风压作用下，不发生雨水渗漏。内幕墙和开放式外幕墙可不具备阻止雨水渗漏的能力。双层幕墙至少一层应具备阻止雨水渗漏的能力。

7.4.2 水密性能以发生渗漏压力差值的前一级压力差值  $\Delta P$  为分级指标，并依据表 F.2 对固定部分和可开启部位的规定分级。

7.4.3 非开启通风百叶窗动态防雨性能以阻雨率  $\alpha$  作为分级指标，依据表 F.3 的规定分级。

### 7.5 抗风性能

7.5.1 外围护型建筑幕墙系统应满足在垂直面板方向的风荷载标准值作用下，主承力构件的变形挠度值应不超过允许值，且不应出现使用功能障碍和永久性变形。在风荷载设计值作用下，系统不应发生

损坏。当含活动外遮阳系统时，尚应满足全展开和全收回状态下在风荷载设计值作用下不发生损坏。沿海地区或承受较大负风压的装饰性金属屋面、雨篷或开放式采光顶等，在不小于风荷载设计值的风压作用下，在抗风揭性能检测下，不应发生功能障碍。在不小于风荷载标准值的风压作用下，建筑幕墙系统应满足循环往复风压作用下不发生功能性障碍的要求。

7.5.2 建筑幕墙抗风压性能以组合荷载标准值  $p_s$  为分级指标，依据表 F.4 的规定分级。

## 7.6 层间变形及抗震性能

7.6.1 建筑幕墙系统相对于主体结构的位移适应能力，在非抗震设计及抗震设计时，X、Y 及 Z 三个方向的综合层间变形分别不应小于主体结构弹性层间位移角 1 倍控制值及 3 倍控制值。

7.6.2 建筑幕墙层间变形性能以 X 轴维度方向层间位移角  $\gamma_x$ 、Y 轴维度方向层间位移角  $\gamma_y$ 、Z 轴维度方向层间高度变化量  $\delta_z$  为分级指标，依据表 F.5 的规定分级。

7.6.3 建筑幕墙系统应满足工程所在地抗震设防烈度的要求。对有抗震设防要求的下列建筑幕墙系统，在设计的峰值加速度条件下不应发生破坏：

- a) 面板为脆性材料，且单块面板面积或厚度超过现行标准规范的限制；
- b) 面板为脆性材料，且与后部支承结构的连接体系为首次应用；
- c) 应用高度超过标准规范规定的高度限制；
- d) 工程所在地区为 9 度以上（含 9 度）设防烈度；

## 7.7 热工性能

7.7.1 外围护封闭式建筑幕墙系统，热工性能包括保温性能和隔热性能，应区分居住建筑和公共建筑，满足节能设计要求。水平和倾斜面板构件的建筑幕墙系统，尚应计及面板放置角度。当有遮阳措施时，尚应考虑遮阳措施完全展开且关闭，以及完全收回两种状态。幕墙热工性能计算应满足附录 G 的要求。

7.7.2 保温性能应综合分析包括框架、面板及密封系统的结合传热，以传热系数  $K$  为分级指标，依据表 F.6 的规定分级。

7.7.3 隔热性能以太阳得热系数  $SHGC$  为分级指标，依据表 F.7 的规定分级。

## 7.8 采光性能

7.8.1 外围护透光幕墙应保障透过面板光照度满足采光设计要求，且颜色变化、影像变形及眩光等现象满足视觉舒适度需求。光污染分析计算应满足附录 H 的要求。

7.8.2 含树脂的透光幕墙面板可见光透射比不应低于 0.6，雾度不应大于 1%，颜色透色指数不应小于 80；幕墙系统采用具有反光特性面板时，反射比不应大于 0.3，用于橱窗部位的透光面板应具备降低反射光的能力；。

7.8.3 外围护玻璃幕墙的采光性能以透光折减系数和颜色透射指数作为分级指标，依据表 F.8、F.9 的规定分级。

7.8.4 透光树脂板采光性能以透光率、雾度及色彩稳定性作为分级指标，依据表 F.10 的规定分级。

## 7.9 空气声隔声性能

7.9.1 围护型封闭式建筑幕墙系统应具备阻隔室外噪声传入室内的直接传声隔声性能、阻隔相邻室内空间的侧向传声隔声性能及防止幕墙系统构件装配体摩擦噪声能力。

7.9.2 直接传声隔声性能用隔声量  $R$  表征, 以“计权隔声量和交通噪声频谱修正量之和 ( $R_w + C_{tr}$ )”为分级指标; 侧向传声隔声性能用规范化侧向声压级差  $D_{n,f,w}$  表征, 以“计权规范化侧向声压级差与粉红噪声频谱修正量之和 ( $D_{n,f,w} + C$ )”为分级指标, 依据表 F.11 的规定分级。

#### 7.10 防火阻烟性能

7.10.1 非防火幕墙的封堵及防火幕墙应具备耐火性能和烟密闭性能, 满足建筑设计的耐火极限要求。

7.10.2 耐火性能以耐火时间  $t$  为分级指标, 依据表 F.12 的规定分级。

7.10.3 烟密闭性能以漏烟量  $Q_i$  为分级指标, 依据表 F.13 的规定分级。

#### 7.11 抗冲击性能

7.11.1 外幕墙室外侧有抵抗风暴携带碎物冲击、爆炸冲击波冲击、人体撞击等荷载要求时, 应满足在冲击荷载作用下, 不发生伤及人身安全的破坏。

7.11.2 耐撞击性能以撞击能量  $E$  为分级指标, 耐软物或硬物撞击, 分别依据表 F.14 和表 F.15 的规定分级。

7.11.3 抗风携碎物冲击性能以发射物的质量  $m$  和速度  $v$  为分级指标, 依据表 F.16 的规定分级。

7.11.4 抗爆炸冲击波性能应分为抗汽车炸弹级、抗手持炸药包级, 以试件承受爆炸冲击波作用后的危险等级为分级指标, 依据表 F.17、F.18 的规定分级。

7.11.5 有防爆性能要求的建筑幕墙以空气冲击波等级和危险等级确定分级指标:

- a) 空气冲击波等级以空气冲击波正压峰值  $P_{max}$  和正压冲量  $I_{pos}$  表示, 包括汽车炸弹级和手持炸药包级。汽车炸弹级以 EXV 表示, 手持炸药包级以 SB 表示, 分别依据表 F.19、表 F.20 的规定分级
- b) 危险等级根据试验后玻璃的破坏情况、幕墙构件破坏情况评定, 依据表 F.21 的规定分级

#### 7.12 防沙尘性能

7.12.1 外幕墙室外侧有防沙石和尘土冲击要求时, 应具备抵御沙尘侵入室内的能力。

7.12.2 防沙性能应以沙质量  $M$  为分级指标, 依据表 F.22 的规定分级。

7.12.3 防尘性能应以可吸入颗粒物透过量  $C$  为分级指标, 依据表 F.23 的规定分级。

#### 7.13 防非正常开启性能

7.13.1 外幕墙开启部位有防盗要求时, 应具备在关闭状态下防非正常开启的能力。

7.13.2 防非正常开启性能以破坏等级作为分级指标, 依据表 F.24 的规定分级。

#### 7.14 耐久性能

7.14.1 建筑幕墙开启部位、活动遮阳装置应具备在规定启闭频次的反复启、闭循环作用下, 不发生影响正常使用的变形、故障或损坏。外幕墙在室外温度、湿度、红外辐射及淋水等气候循环变化的作用下, 不发生外观及功能性障碍、部件损坏, 低温下不应出现严重结露现象, 水密性能和气密性能衰减后不应低于目标需求。应具备耐候性能要求, 有冷热循环作用要求的外幕墙应具备耐冷热循环要求。

7.14.2 开启部位反复启闭耐久性以反复启闭次数  $N$  为分级指标, 依据表 F.25 的规定分级。

7.14.3 耐候性能以热循环试验后不发生雨水渗漏时, 气密性能衰减率  $\mu_r$  为分级指标, 依据表 F.26 的规定分级。

#### 7.15 启闭力

7.15.1 采用手动启闭时, 启闭过程的操作力应根据开启部位规格、锁闭装置安装位置、锁闭装置操作形式及开启功能要求确定, 不应为实现启闭造成障碍。电动启动时, 启闭力性能不做规定。

7.15.2 开启部位启闭力以活动扇操作力  $F_h$  和锁闭装置操作力  $F_s$  或  $M_s$  为分级指标, 依据表 F.27 的规定分级。

#### 7.16 光伏发电性能

7.16.1 光伏幕墙组件的发电性能, 应充分考虑阴影遮挡状态下的工作状态。

7.16.2 单晶硅光伏组件的发电性能, 应符合表 F.28 规定。

7.16.3 碲化镉薄膜光伏组件的发电性能, 应符合表 F.29 的规定。

### 8. 试验方法

#### 8.1 外观质量

8.1.1 采用目测手感的方式检查。

#### 8.2 组装质量

8.2.1 采用量具测量。

#### 8.3 气密性能

气密性能检测应按 GB/T 15227 执行。当要求检测遮阳百叶窗气密性能时, 应按 JG/T 282 规执行

#### 8.4 水密性能

水密性能检测应按 GB/T15227 执行, 热带风暴和台风地区, 应采用波动加压法测试水密性能。当要求检测非开启通风百叶外窗静态防雨性能检测时, 应按 GB/T 39969 执行

#### 8.5 抗风性能

8.5.1 抗风压性能检测应按 GB/T 15227 执行。检测风荷载设计值取 1.5 倍检测风荷载标准值。当要求检测纱窗的动风压和静风压性能时, 应按 GB/T 34824 执行。

8.5.2 静态抗风揭检测应按 GB/T 39794.1 执行。动态抗风揭检测应按 GB/T 39794.2 执行。

8.5.3 抗循环往复风荷载性能检测应按附录 G 执行。

#### 8.6 层间变形及抗震性能

8.6.1 层间变形性能应按 GB/T 18250 执行。

8.6.2 抗震性能检测应按 GB/T 18575 执行。

#### 8.7 热工性能

8.7.1 保温性能检测应按 GB/T 29043 执行。

8.7.2 隔热性能检测应按 ISO 19467 或等效国标执行。

#### 8.8 光学性能

8.8.1 玻璃采光性能检测应按 GB/T 18091 执行。当要求检测面板可见光透射比时, 应按 GB/T 2680 执行。

8.8.2 透光树脂类板材的光学性能按照 GB/T 2410-2008 标准进行测试, 色彩稳定性按照 GB/T 16422.2-2022 标准进行测试。

8.8.3 透光幕墙的光污染分析应满足附录 I 的要求。

#### 8.9 空气声隔声性能

空气声隔声性能检测应按 GB/T 39526 执行。

## 8.10 防火阻烟性能

8.10.1 防火性能检测应按 GB/T 41336 执行。

8.10.2 烟密闭性能检测应按 GB/T 31433 附录 J 执行。

## 8.11 抗冲击性能

8.11.1 耐软重物体撞击性能检测，应按 GB/T 38264 执行。

8.11.2 抗风携碎物冲击性能检测应按 GB/T 29738 执行。

8.11.3 抗爆炸冲击波性能检测应按 GB/T 29908 执行。

## 8.12 防沙尘性能

8.12.1 防沙尘性能检测应按 GB/T 29737 执行。

## 8.13 防非正常开启性能

8.13.1 防非正常开启性能检测应按 GB/T 41504 执行。

## 8.14 耐久性能

8.14.1 反复启闭性能检测应按 GB/T 29739 执行。

8.14.2 透光人造板材耐久性能，人工加速老化测试按照 GB/T 16422.2-2022 标准执行，至少模拟 10 年户外暴露条件。

8.14.3 热循环检测应按 JG/T 397 执行。

## 8.15 启闭力

8.15.1 开启部位的启闭，应以完成所有启闭动作的最少路径为一个启闭主循环。采用复合开启形式且部分开启动作按实际需求较少使用时，主启闭循环可不包含较少使用的动作，但应按启闭频次需求单独完成子启闭循环。

8.15.2 启闭开关性能检测应按 GB/T 29048 执行。

## 8.16 光伏发电性能

8.16.1 光伏组件的 IV 测试应采用类似电池片技术、类似电路的标准板，设备及标准板应由计量单位校准并在有效期内。

# 9. 检验

## 9.1 检验类别

建筑幕墙系统的检验包括型式检验、中间检验及交收检验。单元体幕墙尚应包括单元体的型式检验和出厂检验。

## 9.2 型式检验

9.2.1 型式检验应对生产所执行标准要求的全部性能进行检测，并出具型式检验报告。

9.2.2 型式检验样品应满足下列要求：

- a) 用于各项性能测试的样品应完全一致；
- b) 工程应用时包括的其他附属构造影响耐火、隔声、采光、热工等功能的遮阳装置，腔体灌注、面板配置、表面喷涂层信息及通风部件等，应包括在内。无法判断内部构造的，应采取验证内部构造一致性的措施。

### 9.2.3 型式检验报告应满足下列要求：

- a) 生产商名称；
- b) 样品信息的详细表述，包括材料及构造，以施工图的形式全面表达；
- c) 检测机构名称，授权的检测方法标准，测试人员，操作人员；
- d) 检测设备及其校准信息；
- e) 测试时间地点；
- f) 测试项目及结果；
- g) 授权签字信息。

## 9.3 中间检验

9.3.1 建筑幕墙系统在竣工验收前，应委托第三方检验机构在工程现场按抽样方式抽取关键材料构件进行检验进行中间检验，并出具检验报告。

9.3.2 中间检验在工程现场的样品抽样数量应满足下列要求：

- a) 抽样检验采用 GB/T 50344 一般项目的一次正常检验方式的规定；
- b) 检验批内检验对象应为同类对象，且规格相同。检验批宜按照相关规范划分。

9.3.3 中间检验的样品检验项目应满足下列要求：

- a) 埋件现场拉拔；
- b) 支承框架的规格型号及尺寸；
- c) 玻璃的类别、厚度、表面应力；
- d) 石材弯曲强度试验、同一种挂装组合单元挂装承载力试验；
- e) 胶的宽度、厚度、相容性试验、粘结试验、切开剥离试验；
- f) 开启部位的开关。

9.3.4 中间检验报告应满足下列要求：

- a) 工程信息；
- b) 样品信息；
- c) 检测机构名称，授权的检测方法标准，测试人员，操作人员；
- d) 检测设备及其校准信息；
- e) 测试时间及位置；
- f) 测试项目及结果；
- g) 授权签字信息；

## 9.4 交收检验

9.4.1 建筑幕墙系统验收前应执行交收检验，满足外观质量、组装质量及性能要求。

9.4.2 单元体幕墙型式检验报告表述的建筑幕墙系统，与在工程实际应用的，采用单元体幕墙时，与型式检验样品相同的工程，竣工验收时可采用型式检验报告。当工程实际应用的建筑幕墙系统在立面分格形式、连接构造、开启锁固方式、受力构件材质相同的前提下，与型式检验报告中的样品不完全相符，但结构强度增强、节能属性提升、适用范围更广时，可采用型式检验报告作为验收文件；对于不符合替代原则的产品，应根据实际使用条件选取最不利的典型试件进行一项或多项性能的工程检验验证。

#### 9.4.3 交收检验的样品应满足下列要求：

- a) 样品应具有代表性，工程中不同结构类型的幕墙可分别或以组合形式进行必检项目的检验；
- b) 对于应用高度不超过 24m，且总面积不超过 300m<sup>2</sup> 的建筑幕墙产品，交收检验时可采用同类产品的、满足要求的型式试验结果；
- c) 工程检测时，样品状态应与工程实际应用一致。样品信息应包括规格尺寸，分格形式，开启方式，框架材料构造及填充物信息、面板种类尺寸及构造信息，密封材料及构造信息，五金配件信息等；
- d) 工程应用时包括的其他附属构造影响耐火、隔声、采光、热工等功能的遮阳装置，腔体灌注、面板配置、表面喷涂层信息及通风部件等，应包括在内。无法判断内部构造的，应采取验证内部构造一致性的措施；
- e) 样品因构造形式及规格尺寸无法满足实验室测试时，应按要求的项目进行现场检验；现场检验后的样品满足要求的，可继续留在现场作为正式产品使用。

### 10. 评价

#### 10.1 评价类别

建筑幕墙系统的评价包括样板评价、生产一致性评价、工程应用评价。

#### 10.2 样板评价

##### 10.2.1 建筑幕墙系统评价实际样板（非视觉样板），应符合下列要求：

- a) 样板应符合实际样品要求，构造相同，以确保测试结果的准确性和代表性；
- b) 一块样板可以含有多个构造，同时验证。但是性能按最低的算；
- c) 样板的制作过程应模拟实际生产中的工艺流程，包括切割、焊接、组装等步骤，样板的制作应符合相关的国家和行业标准；
- d) 样板应展示所有关键的细节处理，如接缝、转角、连接件等，以评估其密封性和耐久性。
- e) 样板完成后，应进行必要的性能测试，如风压测试、水密性测试、气密性测试和热工性能测试；
- f) 样板应展示易于维护和更换的设计，以便于后期的维护工作；
- g) 样板完成后，应提交给客户或第三方进行审核，以确保满足他们的要求和期望。根据客户或第三方的反馈，对样板进行必要的调整和改进。
- h) 样板的测试结果应记录在测试报告中。所有测试报告应由制造商保存至少 10 年，从与之相关的幕墙组件的最后生产日期起算。
- i) 单元式幕墙样板制作时，应符合下列要求：样板应与实际工程中的幕墙形式、板块分格、型材截面相同；与单元板块连接的装饰构件应包括在样板制作范围；样板高度尺寸宜取 1 个单元板块，宽度尺寸宜取 3 个单元板块；样板的制作应包括铝型材、钢构件、玻璃等材料的加工处理，及明框幕墙组件、隐框幕墙组件的检验。

#### 10.3 生产一致性评价

##### 10.3.1 建筑幕墙系统一致性评价，应符合下列要求：

- a) 应对生产流程、原材料及供应商、生产设备、人员、过程质量、成品检验等程序，制定产品质量生产管理体系文件，并评价运行有效性；
- b) 应针对目标需求，对产品的材料选型、构造设计、工艺控制等制定产品研发设计手册，对构造设计改变、原材料或供应商变更或生产工艺调整等，制定限制条件说明文件；
- c) 产品研制应通过设计计算和试验验证性能设计的符合性，产品的定型应采用有代表性的典型试件进行型式检验。
- d) 所有进料原材料和部件的规格应形成文件，确保其符合性的检验方案也应形成文件。如果使用供应的套件组件，该组件的性能系统的稳定性应在该组件的适当的统一技术规范中给出。
- e) 单个幕墙组件应可识别并可追溯其生产来源。制造商应制定书面程序，确保与粘贴可追溯性代码和/或标记有关的过程得到定期检查。
- f) 制造商应在受控条件下计划和实施生产。
- g) 制造商应有书面程序规定如何处理不符合要求的产品。任何此类事件应在发生时记录下来，这些记录应在制造商书面程序规定的期限内保存。
- h) 当产品不符合验收标准时，应适用不符合产品的规定，立即采取必要的纠正措施，并对不符合的产品或批次进行隔离和适当识别。
- i) 控制和试验的结果应妥善记录。产品说明、生产日期、采用的测试方法、测试结果和验收标准应记入记录，并由控制/测试负责人签名。

#### 10.4 工程应用评价

##### 10.4.1 安全性评价，应评价以下内容：

- a) 在不同风压下的变形和受力状况，评估其是否符合设计要求，是否出现结构破坏或不可修复的变形，最大变形是否超过允许值；
- b) 通过层间变形试验或静力、动力分析，评估幕墙系统在地震作用下，各连接部件、支撑及面板系统是否能够保证在极端地震条件下的结构完整性；
- c) 通过耐火、阻烟试验，评估其耐火性能是否满足建筑防火等级要求，是否有效防止火灾或烟气的纵向或横向蔓延；

##### 10.4.2 节能性评价，应评价以下内容：

- a) 通过热传导试验或计算机模拟计算，评估幕墙的传热系数是否符合建筑节能设计标准；
- b) 通过实体模型试验或计算分析，结合当地气候条件，评估幕墙的太阳得热系数是否满足夏季降温和能源节约的需求。当包含自动调节遮阳构造时，应包含全展开和全收回两种状态；
- c) 通过实体模型试验，评估幕墙的气密性是否满足建筑节能设计标准。

##### 10.4.3 舒适性评价，应符合下列规定：

- a) 通过测试或计算分析，评估幕墙的隔声性能，包括正向及侧向空气声隔声是否符合建筑设计中的噪音隔离效果的要求；
- b) 通过测试，评估幕墙的雨水阻隔能力是否满足设计要求；
- c) 通过测试或分析，评估幕墙的室内光环境、室外光环境是否有利于人们生活生产需求。当包含自动调节遮阳构造时，应包含全展开和全收回两种状态；
- d) 通过分析，评估智能技术、自动化技术、无障碍及适老技术的应用效果；

e) 通过分析评价运营中的维护保养技术是否有效。

10.4.4 耐久性评价，应符合下列规定：

- a) 通过气候加速老化、环境模拟等试验，评价幕墙用材料表面及其自身的耐久性水平；
- b) 通过疲劳耐久性测试，评价幕墙用活动机构的耐久性水平；

10.4.5 绿色建材评价，应满足下列要求：

- a) 资源属性应对所使用材料的回收再利用率水平做出等级评价；
- b) 能源属性应对产品生产全生命期的能源消耗及碳排放水平做出评价；
- c) 环境属性应对产品及其生产过程中排放的废气废水等做出评价；
- d) 品质属性应对安全性、节能性、舒适性及耐久性做出评价。

10.4.6 绿色建筑用幕墙系统评价要素，应满足 GB/T 50378 要求，且评价下列要素：

- a) 室外环境应评价与光污染相关的玻璃幕墙可见光反射比；
- b) 节能与资源利用应评价与通风相关的幕墙可开启部分的面积占比，与热工性能相关的热工性能水平；
- c) 节材与材料资源利用应评价与节材相关的构件优化设计水平、采用工业化生产的预制构件用量比例，与材料选用相关的材料运输距离、可再利用和可再循环材料用量比例、使用以废弃物为原料生产的材料比例、采用耐久性好易维护的材料比例；
- d) 室内环境应评价与室内声环境相关的主要功能房间的空气声隔声及侧向传声空气声隔声、采取减少噪声干扰的措施，与室内光环境与视野相关的主要功能房间的采光系数、改善建筑室内天然采光效果的控制炫光措施，与室内热湿环境相关的可调节措施，与室内空气质量相关的改善自然通风效果、气流组织合理性等；
- e) 评价光伏幕墙全年平均发电功率的水平。

附录A  
(资料性)  
相关材料标准

#### A.1 铝型材及铝板类

- GB/T 5237 (所有部分) 铝合金建筑型材
- GB/T 8013.1-2018 铝及铝合金阳极氧化膜与有机聚合物膜 第1部分: 阳极氧化膜
- GB/T 3190-2020 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 17748-2016 建筑幕墙用铝塑复合板
- YS/T 429.1-2023 铝幕墙板 第1部分: 基材
- YS/T 429.2-2012 铝幕墙板 第2部分: 有机聚合物喷涂铝单板
- YS/T 431-2009 铝及铝合金彩色涂层板、带材

#### A.2 玻璃类

- GB 11614-2022 平板玻璃
- GB/T 11944-2012 中空玻璃
- GB 15763.1-2009 建筑用安全玻璃 第1部分: 防火玻璃
- GB 15763.2-2005 建筑用安全玻璃 第2部分: 钢化玻璃
- GB 15763.3-2009 建筑用安全玻璃 第3部分: 夹层玻璃
- GB 17840-1999 防弹玻璃
- GB/T 18091-2015 玻璃幕墙光热性能
- GB/T 18915 (所有部分) 镀膜玻璃
- GB/T 29551-2023 建筑用太阳能光伏夹层玻璃
- GB/T 29759-2013 建筑用太阳能光伏中空玻璃
- JC/T 915-2024 热弯玻璃

#### A.3 金属板类

- GB/T 2040-2017 铜及铜合金板材
- GB/T 3621-2022 钛及钛合金板材
- GB/T 13149-2009 钛及钛合金复合钢板焊接技术要求
- JG/T 334-2012 建筑外墙用铝蜂窝复合板
- JGJ/T 453-2019 金属面夹芯板应用技术标准

#### A.4 天然及人造板材类

- GB/T 18601-2024 天然花岗石建筑板材
- GB/T 23266-2009 陶瓷板
- GB/T 27972-2011 干挂空心陶瓷板
- GB/T 37214-2018 陶瓷外墙砖通用技术要求
- JG/T 116-2012 聚碳酸酯(PC)中空板

JG/T 217-2007 建筑幕墙用瓷板  
 JG/T 347-2012 聚碳酸酯（PC）实心板  
 JG/T 567-2019 建筑用轻质高强陶瓷板  
 JGJ/T 423-2018 玻璃纤维增强水泥(GRC)建筑应用技术标准

#### A.5 索膜类

GB/T 30161-2013 膜结构用涂层织物  
 JG/T 423-2013 遮阳用膜结构织物  
 JGJ 257-2012 索结构技术规程

#### A.6 钢材类

GB/T 699-2015 优质碳素结构钢  
 GB/T 700-2006 碳素结构钢  
 GB/T 702-2017 热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差  
 GB/T 706-2016 热轧型钢  
 GB/T 706-2008 热轧工字钢尺寸、外形、重量及允许偏差  
 GB/T 709-2019 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差  
 GB/T 1220-2007 不锈钢棒  
 GB/T 1591-2018 低合金高强度结构钢  
 GB/T 2518-2019 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带  
 GB/T 3280-2015 不锈钢冷轧钢板和钢带  
 YB 4104-2000 高层建筑结构用钢板  
 GB/T 4171-2008 耐候结构钢  
 GB/T 4226-2009 不锈钢冷加工钢棒  
 GB/T 4237-2015 不锈钢热轧钢板和钢带  
 YB/T 4836-2020 结构用高频焊接薄壁 H 型钢  
 GB/T 5117-2012 非合金钢及细晶粒钢焊条  
 GB/T 5118-2012 热强钢焊条  
 GB/T 6725-2017 冷弯型钢通用技术要求  
 GB/T 6728-2017 结构用冷弯空心型钢  
 GB/T 8162-2018 结构用无缝钢管  
 GB/T 14975-2012 结构用不锈钢无缝钢管 A.7 橡胶及塑料制品类  
 GB/T 23261-2009 石材用建筑密封胶  
 GB 16776-2005 建筑用硅酮结构密封胶  
 GB/T 14683-2017 硅酮和改性硅酮建筑密封胶  
 JG/T 471-2015 建筑门窗幕墙用中空玻璃弹性密封胶  
 JG/T 475-2015 建筑幕墙用硅酮结构密封胶  
 JC/T 482-2022 聚氨酯建筑密封胶  
 JC/T 483-2022 聚硫建筑密封胶  
 JC/T 484-2006 丙烯酸酯建筑密封胶

JC/T 485-2007 建筑窗用弹性密封胶  
JC/T 881-2017 混凝土接缝用建筑密封胶  
JC/T 882-2001 幕墙玻璃接缝用密封胶  
JC/T 885-2016 建筑用防霉密封胶  
JC 887-2001 干挂石材幕墙用环氧胶粘剂  
JC/T 914-2014 中空玻璃用丁基热熔密封胶

#### A.8 建筑配件类

GB/T 3098.5-2016 紧固件机械性能 自攻螺钉  
GB/T 3098.1-2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱  
GB/T 3098.2-2015 紧固件机械性能 螺母  
GB/T 3098.6-2023 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱  
GB/T 3098.15-2023 紧固件机械性能 不锈钢螺母  
GB/T 3098.19-2004 紧固件机械性能 抽芯铆钉  
GB/T 5276-2015 紧固件螺栓、螺钉、螺柱及螺母 尺寸代号和标注  
GB/T 9074.18-2017 自攻螺钉和平垫圈组合件  
GB/T 12615.1~4-2004 封闭型平圆头抽芯铆钉  
GB/T 12616.1-2004 封闭型沉头抽芯铆钉 11 级  
GB/T 18981-2008 射钉  
JG/T 138-2010 建筑玻璃点支承装置  
JG/T 139-2017 吊挂式玻璃幕墙用吊夹

#### A.9 防火保温材料类

GB/T 11835-2016 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品  
GB 51251-2017 建筑防烟排烟系统技术标准  
JGJ 144-2019 外墙外保温工程技术标准

**附录B**  
**(规范性)**  
**BIM交付使用要求**

B.1 应确保幕墙工程的各个阶段（设计、制造、施工和维护）中的信息交换和管理满足我国相关标准和ISO19650的规定；

B.2 应确保BIM模型的完整性和准确性，包含所有必要的几何和非几何信息。

B.3 BIM应用于建筑幕墙各个阶段的目标要求：

- 1 为特殊气候条件或地点定制的幕墙设计提供支持，确保幕墙系统在各种环境中的性能和耐久性。
- 2 在设计阶段应通过BIM模型进行设计验证和冲突检测，提前发现和解决潜在问题，确保设计的可行性和合理性。
- 3 在加工制作及安装阶段，宜使用BIM技术对预制幕墙构件进行详细管理，确保加工制作过程的准确性和高效性。
- 4 在加工制作及安装阶段，宜使用BIM技术实现幕墙构件的数字化制造，提高生产效率和质量。
- 5 造型构造和复杂形态幕墙，应使用BIM模型进行施工过程模拟，优化施工方案，减少现场变更和返工。
- 6 宜在维护和操作阶段集成BIM，为持续维护和性能监测提供数字支持。
- 7 宜通过BIM技术进行幕墙系统的全生命周期管理，包括定期维护和故障预测，延长幕墙系统的使用寿命。

B.4 BIM模型各个阶段交付精度要求：

a) LOD100（概念设计阶段）应包括下列内容：

- 1) 几何信息：简单的几何形状和大致位置。
- 2) 幕墙面板：表示为简单的二维平面或线条。
- 3) 支撑结构：表示为大致位置的线条或轮廓。
- 4) 用途：用于初步设计方案选择和可行性研究。

b) LOD200（方案设计阶段）应包括下列内容：

- 1) 几何信息：初步的三维几何信息，显示幕墙系统的整体布局。
- 2) 幕墙面板：基本形状和位置，包含大致尺寸。
- 3) 支撑结构：显示主要支撑元素的位置和大致尺寸。
- 4) 组件识别：可以识别主要的幕墙组件（如面板和支撑结构）。
- 5) 用途：用于方案设计、初步的成本估算和分析。

c) LOD300（设计发展阶段）应包括下列内容：

- 1) 几何信息：精确的三维几何信息，显示幕墙组件的准确尺寸、形状和位置。
- 2) 幕墙面板：
- 3) 尺寸：显示面板的精确尺寸（高度、宽度、厚度）。
- 4) 材料：标注面板的材料类型和颜色。
- 5) 形状：包含面板的形状细节，如弧形、折角等。
- 6) 支撑结构：
- 7) 尺寸：显示支撑结构的精确尺寸（高度、宽度、厚度）。
- 8) 材料：标注支撑结构的材料类型和处理方式。
- 9) 连接方式：显示支撑结构的主要连接方式和位置。

- 10) 详细信息：包括接缝、固定件和主要的装饰性细节。
  - 11) 接缝处理：显示面板之间的接缝类型和处理方式。
  - 12) 固定件：标注固定件的位置和类型。
  - 13) 用途：用于详细设计、施工图纸的生成和精确的成本估算。
- d) LOD350（施工图阶段）应包括下列内容：
- 1) 几何信息：更高细节层次，包含幕墙系统的连接方式和安装细节。
  - 2) 幕墙面板：
  - 3) 制造和安装细节：包括加工孔位和边缘处理。
  - 4) 支撑结构：
  - 5) 连接节点：详细展示所有连接节点的设计，包括螺栓、焊接点等。
  - 6) 施工细节：模型中包含所有的施工细节，如节点详图、焊接和螺栓连接等。
  - 7) 节点详图：展示所有连接节点的详细设计，包括螺栓、焊接点等。
  - 8) 用途：用于施工图纸的生成、施工协调和冲突检测。
- e) LOD400（施工阶段）应包括下列内容：
- 1) 几何信息：包含所有构件的精确几何信息，符合施工要求。
  - 2) 幕墙面板：
  - 3) 制造公差：标注每个面板的制造公差（例如 $\pm 1\text{mm}$ ），确保制造精度。
  - 4) 安装位置：提供每个面板的安装位置和编号。
  - 5) 支撑结构：
  - 6) 制造公差：标注支撑结构的制造公差，确保安装时的精确对接。
  - 7) 安装方法：详细描述每个支撑结构的安装方法，包括使用的工具和步骤。
  - 8) 制造信息：包括每个构件的制造公差、装配方式和材料规格。
  - 9) 制造公差：标注每个构件的制造公差范围，确保制造精度。
  - 10) 装配方式：详细描述每个构件的装配方法，包括使用的工具和步骤。
  - 11) 用途：用于预制构件的制造、施工指导和现场安装。
- f) LOD500（竣工和运营维护阶段）应包括下列内容：
- 1) 几何信息：包含最终安装的幕墙系统的精确几何信息。
  - 2) 幕墙面板：记录每个面板的实际安装位置、尺寸和材料。
  - 3) 支撑结构：记录支撑结构的实际安装位置、尺寸和材料。
  - 4) 竣工信息：模型中包含所有实际安装的幕墙组件的详细信息，包括维护和操作指南。
  - 5) 维护信息：包含每个组件的维护周期、维护方法和维护记录。
  - 6) 操作指南：提供详细的操作和维护指南，确保运营阶段的高效管理。
  - 7) 用途：用于竣工文档、运营和维护管理。

附录C  
(规范性)  
石材弯曲强度标准值计算方法

### C.1 范围

本附录规定了石材弯曲强度试验值的标准值的计算方法。

### C.2 试验值的标准值按下式计算：

$$X_{5\%} = e^{\bar{x}_{\ln} - k \cdot s_{\ln}} \quad (\text{C.1})$$

式中：

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ——试验值；

$n$ ——试验值数量；

$\bar{x}$ ——试验值的算术平均数， $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ；

$S$ ——试验值的标准差， $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ ；

$\bar{x}_{\ln}$ ——试验值对数的算术平均数， $\bar{x}_{\ln} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i$ ；

$s_{\ln}$ ——试验值对数的标准差， $s_{\ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \bar{x}_{\ln})^2}$ ；

$k$ ——置信系数，按表 A1 取值。

表 C1 系数  $k$  的取值

数据个数	3	5	8	10	15	20	30	40	50	$\infty$
$k$	3.15	2.46	2.19	2.10	1.99	1.93	1.87	1.83	1.81	1.64

C.3 石材弯曲强度检验报告应包括全部被测样品的试验值、标准值、平均值、标准差和标准值。

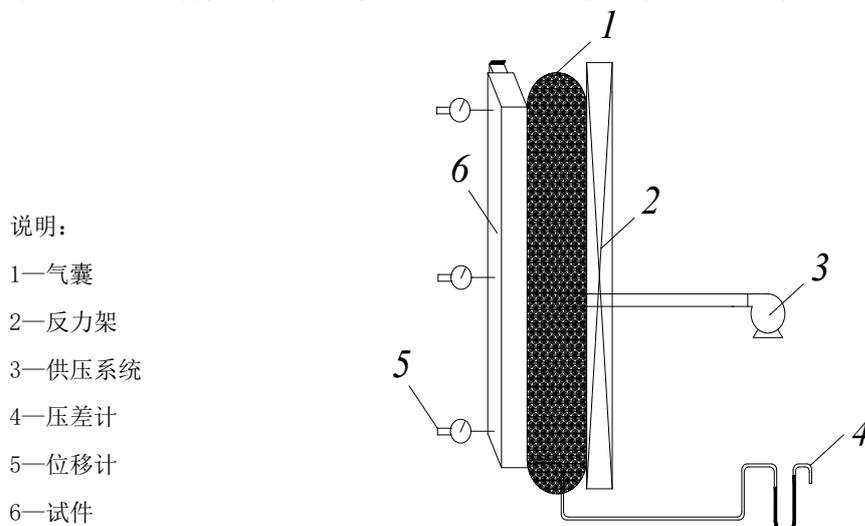
附录D  
(规范性)  
装饰翼荷载检测方法

### D.1 范围

规定了建筑幕墙外装饰翼荷载检测的装置、试件、方法、结果评定等。

### D.2 检测装置

检测装置由气囊、反力架、供压系统、压差计及位移计组成。检测装置的构成如图D.1所示。



图D.1 均布荷载检测装置示意图

D.2.1 气囊尺寸应能满足试件的要求；气囊与试件接触面积不应小于试件表面积。

D.2.2 支承试件的安装横架应有足够的刚度和强度，并固定在有足够刚度和强度的支承结构上。

D.2.3 供风设备应能施加正向的压力差，并能达到检测所需要的最大压力差；压力控制装置应能调节出稳定的气流，并能在规定的时间达到检测风压。

D.2.4 差压计的精度应达到1%；波动风压应由有合适响应速度的传感器测量，传感器的输出应由图表记录仪或可显示压力变化的设备记录。

D.2.5 位移计的精度应达到满量程 $\pm 0.25\%$ ；位移测量仪表的安装支架应保证其在测试过程中的紧固性，并应保证位移的测量不受试件或试件支承设施的变形、移动所影响。

D.2.6 试件的外侧应设置防止试件突然损坏造成人身伤害的安全防护网。

### D.3 试件

D.3.1 试件应为生产厂家按所提供的图纸生产的合格产品或研制的试件，应使用与实际施工中相同的材料、细部构造、施工方法及锚固（固定、镶嵌）方式，不得加设任何特殊附件或采用其他特殊措施。

D.3.2 试件应有足够的尺寸和配置，代表典型部分的性能。

### D.4 检测方法

D.4.1 试件安装完毕，须经核查，符合设计图样要求后，方可开始进行检测。

D.4.2 安装位移测量仪器，测点布置要求为：位移宜在构件或杆件的支承处和较大位移处测量。

D.4.3 使用均布荷载装置对建筑幕墙外装饰进行加载，缓慢向气囊内部充气，并测量气囊内部的压力差值。在加压过程中观察并记录外装饰出现损坏或功能障碍的状况和部位。待气囊内部压力差值达到指定的风荷载值时停止加压，并采集该压力下的位移计的数值。

#### D.5 评定

在风荷载标准值所对应的均布荷载作用下，试件相对面法线挠小于设计要求且未出现功能障碍和损坏，应判为满足设计要求；在风荷载标准值所对应的均布荷载作用下，试件面法线挠大于设计要求或试件出现功能障碍和损坏，应注明试件发生功能障碍和损坏的状况和部位，应判为不满足设计要求。

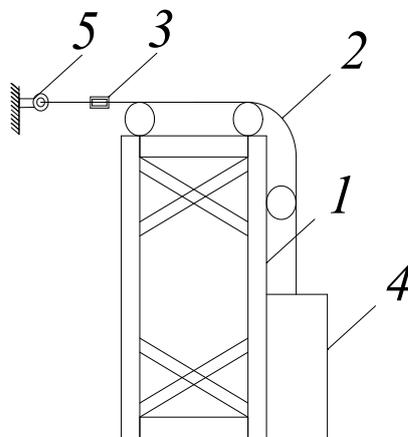
附录E  
(规范性)  
牵制扣荷载检测方法

### E.1 范围

规定了建筑幕墙牵制扣荷载检测的装置、试件、检测方法、结果评定等。

### E.2 检测装置

集中荷载检测装置由反力架、钢丝绳、测力计、加载装置组成。检测装置的构成如图2所示。



说明:

- 1—反力架
- 2—钢丝绳
- 3—测力计
- 4—加载装置
- 5—试件

图E.2 集中荷载检测装置示意图

E.2.1 支承试件的安装横架应有足够的刚度和强度，并固定在有足够刚度和强度的支承结构上。

E.2.2 集中荷载加载装置应能施加拉力，并能达到检测所需要的最大拉力差。

E.2.3 位移计的精度应达到满量程 $\pm 0.25\%$ ；位移测量仪表的安装支架应保证其在测试过程中的紧固性，并应保证位移的测量不受试件或试件支承设施的变形、移动所影响。

E.2.4 钢丝绳的强度应能满足最大测试荷载的要求，宜为直径5 mm的不锈钢钢丝绳。

### E.3 试件

E.3.1 试件应为生产厂家按所提供的图纸生产的合格产品或研制的试件，应使用与实际施工中相同的材料、细部构造、施工方法及锚固（固定、镶嵌）方式，不得加设任何特殊附件或采用其他特殊措施。

E.3.2 试件应有足够的尺寸和配置，代表典型部分的性能。

### E.4 检测方法

E.4.1 试件安装完毕，须经核查，符合设计图样要求后，方可开始进行检测。

E.4.2 将牵制扣插入牵制扣座内，检查牵制扣与牵制扣座是否连接紧密。

E.4.3 将钢丝绳与牵制扣连接,使用集中荷载装置进行加载,可根据要求依次对牵制扣座进行水平向左、水平向右、垂直向上、垂直向下以及向外的集中荷载。每个方向的荷载持续时间不少于 10 s。在加载过程中观察并记录外牵制扣座出现损坏或功能障碍的状况和部位。

E.4.4 如牵制扣在检测过程中发生损坏或变形,可更换牵制扣后重新进行该方向的检测。

#### **E.5 评定**

在指定集中荷载作用下,牵制扣座及与幕墙的连接部位均未出现功能障碍和损坏,应判为满足设计要求;在指定集中荷载作用下,牵制扣座及与幕墙的连接部位出现功能障碍和损坏,应注明试件发生功能障碍和损坏的状况和部位,应判为不满足设计要求。

附录F  
(规范性)  
性能分级表

表 F.1 气密性能分级

分级	1	2	3	4	5*
$q_L$ ( $m^3/(m \cdot h)$ )	$4.0 \geq q_L > 2.5$	$2.5 \geq q_L > 1.5$	$1.5 \geq q_L > 0.5$	$0.5 \geq q_L > 0.25$	$q_L \leq 0.25$
$q_A$ ( $m^3/(m^2 \cdot h)$ )	$4.0 \geq q_A > 2.0$	$2.0 \geq q_A > 1.2$	$1.2 \geq q_A > 0.5$	$0.5 \geq q_A > 0.25$	$q_A \leq 0.25$

注：5级时，同时标注具体数值，如5级（ $0.10 m^3/(m \cdot h)$ ； $0.20 m^3/(m^2 \cdot h)$ ）

表 F.2 水密性能分级

分级		1	2	3	4	5*
$\Delta P$ (Pa)	固定部分	$500 \leq \Delta P < 700$	$700 \leq \Delta P < 1000$	$1000 \leq \Delta P < 1500$	$1500 \leq \Delta P < 2000$	$\Delta P \geq 2000$
	可开启部位	$250 \leq \Delta P < 350$	$350 \leq \Delta P < 500$	$500 \leq \Delta P < 700$	$700 \leq \Delta P < 1000$	$\Delta P \geq 1000$

注：5级时，同时标注具体数值，如5级（3000 Pa；1500 Pa）

表 F.3 非开启通风百叶窗动态防雨性能分级

分级	1	2	3	4
阻雨率 $a$	$a < 80\%$	$80\% \leq a < 95\%$	$95\% \leq a < 99\%$	$a \geq 99\%$

表 F.4 抗风压性能分级

分级	1	2	3	4	5	6	7	8	9*
组合荷载标准值 $P_3$ (kPa)	$1.0 \leq P_3 < 1.5$	$1.5 \leq P_3 < 2.0$	$2.0 \leq P_3 < 2.5$	$2.5 \leq P_3 < 3.0$	$3.0 \leq P_3 < 3.5$	$3.5 \leq P_3 < 4.0$	$4.0 \leq P_3 < 4.5$	$4.5 \leq P_3 < 5.0$	$P_3 \geq 5.0$

注：9级时，同时标注具体数值，如9级（6.5kPa）

表 F.5 层间变形性能分级

分级	1	2	3	4	5*
$\gamma_x$	$1/400 \leq \gamma_x < 1/300$	$1/300 \leq \gamma_x < 1/200$	$1/200 \leq \gamma_x < 1/150$	$1/150 \leq \gamma_x < 1/100$	$\gamma_x \geq 1/100$
$\gamma_y$	$1/400 \leq \gamma_y < 1/300$	$1/300 \leq \gamma_y < 1/200$	$1/200 \leq \gamma_y < 1/150$	$1/150 \leq \gamma_y < 1/100$	$\gamma_y \geq 1/100$
$\delta_z$	$5 \leq \delta_z < 10$	$10 \leq \delta_z < 15$	$15 \leq \delta_z < 20$	$20 \leq \delta_z < 25$	$\delta_z \geq 25$

注：5级时，同时标注具体数值，如5（1/60）  
 $\delta_z$ 宜根据温差、加工安装偏差、梁板在活荷载下的变形、立柱压缩量等确定。

表 F.6 保温性能分级

分级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*
传热系数 K (W/(m <sup>2</sup> ·K))	K>5.0 0	5.00 ≥K > 4.00	4.00 ≥K > 3.50	3.50 ≥K > 3.00	3.00 ≥K > 2.50	2.50 ≥K > 2.00	2.00 ≥K > 1.60	1.60 ≥K > 1.30	1.30 ≥K > 1.10	1.10 ≥K > 0.90	0.90 ≥K>0.80	K≤0.80

注：12级时，同时标注具体数值，如12级（0.65 W/(m<sup>2</sup>·K)）

表 F.7 隔热性能分级

分级	1	2	3	4	5	6	7	8*
太阳得热系数 SHGC	SHGC>0.70	0.70≥SHGC >0.60	0.60≥SHGC >0.50	0.50≥SHGC >0.40	0.40≥SHGC >0.30	0.30≥SHGC >0.20	0.20≥SHGC >0.10	SHGC≤0.10

注：8级时，同时标注具体数值，如8级（0.08）

表 F.8 透光折减系数分级

分级	1	2	3	4	5
透光折减系数 T <sub>r</sub>	0.20≤T <sub>r</sub> <0.30	0.30≤T <sub>r</sub> <0.40	0.40≤T <sub>r</sub> <0.50	0.50≤T <sub>r</sub> <0.60	T <sub>r</sub> ≥0.60

表 F.9 颜色透射指数分级

分级	1		2		3	4
	A	B	A	B		
颜色透射指数 Ra	Ra≥90	80≤Ra<90	70≤Ra<80	60≤Ra<70	40≤Ra<60	20≤Ra<40

表 F.10 透光树脂板采光性能指标

种类	亚克力板材	聚碳酸酯板材	透明PVC板材	其他板材
平均透光率	≥90%	≥88%	≥85%	≥85%
雾度	≤1.5%	≤3%	≤4%	≤4%
色彩稳定性	稳定	稳定	稳定	稳定

表 F.11 空气声隔声性能分级

分级	1	2	3	4	5*
直接传声隔声量 R <sub>e</sub> +C <sub>tr</sub> (dB)	25≤R <sub>e</sub> +C <sub>tr</sub> <30	30≤R <sub>e</sub> +C <sub>tr</sub> <35	35≤R <sub>e</sub> +C <sub>tr</sub> <40	40≤R <sub>e</sub> +C <sub>tr</sub> <45	R <sub>e</sub> +C <sub>tr</sub> ≥45
侧向传声隔声量 D <sub>n,f,w</sub> +C (dB)	35≤D <sub>n,f,w</sub> +C<40	40≤D <sub>n,f,w</sub> +C<45	45≤D <sub>n,f,w</sub> +C<50	50≤D <sub>n,f,w</sub> +C<55	D <sub>n,f,w</sub> +C≥55

注：5级时，同时标注具体数值，如5级（47 dB；60 dB）

表 F.12 耐火极限分级

分级		1	2	3	4	5
耐火时间 t (min)	耐火完整性 E	30≤t<60	60≤t<90	90≤t<120	120≤t<180	t≥180
	耐火隔热性 I					
	耐辐射热性 W					

注 1: 级别表示, 如 E30、I60、W90;

注 2: 外窗及非封闭阳台门应注明室内火荷载、室外火荷载, 以及室内和/或室外受火面。内窗应注明受火面。

表 F.13 烟密闭性能分级

分级	1	2	3	4	5
漏烟量 $q_t$ (ppm)	$q_t > 100$	$100 \geq q_t > 50$	$50 \geq q_t > 25$	$25 \geq q_t > 10$	$q_t \leq 10$

表 F.14 耐软重物撞击性能分级

分级		1	2	3	4
室内侧	撞击能量 $E$ (J)	735	980	$E$	—
	降落高度 $h$ (mm)	1500	1500	1500	—
室外侧	撞击能量 $E$ (J)	343	539	882	$E$
	降落高度 $h$ (mm)	700	1100	1800	$h$

注 1: 性能标注时按: 室内侧定级值/室外侧定级值, 例如: 室内 2 级/室外 3 级。

注 2: 当室内侧指标为 3 级时标注撞击能量实际测试值, 当室外侧指标为 4 级时标注撞击能量实际测试值。

注 3: 室内 3 级撞击能量  $E$  由委托方提出, 无具体指标时取软重物质量为 70 kg, 撞击能量  $E$  为 1029 J。

注 4: 室外 4 级撞击能量  $E$  由委托方提出, 无具体指标时取降落高度  $h$  为 2000 mm, 撞击能量  $E$  为 980 J。

a 采用质量 50 kg 的软重物。

b 采用质量 66.7 kg 的软重物。

c 根据撞击能量和降落高度计算软重物质量。

表 F.15 耐硬物撞击性能分级

分级	1	2
撞击能量 $E$ (J)	10.2	$E$
降落高度 $h$ (mm)	1000	$h$

表 F.16 抗风携碎物冲击性能分级

分级	1	2	3	4	5
发射物	钢球	木块	木块	木块	木块
质量 $m$	$2g \pm 0.1g$	$0.9kg \pm 0.1kg$	$2.1kg \pm 0.1kg$	$4.1kg \pm 0.1kg$	$4.1kg \pm 0.1kg$
速度 $v$	39.6m/s	15.3m/s	12.2m/s	15.3m/s	24.4m/s

表 F.17 抗汽车炸弹级性能分级

汽车炸弹级 等级代号	危险等级代号					
	A	B	C	D	E	F
EXV1	EXV1 (A)	EXV1 (B)	EXV1 (C)	EXV1 (D)	EXV1 (E)	EXV1 (F)
EXV2	EXV2 (A)	EXV2 (B)	EXV2 (C)	EXV2 (D)	EXV2 (E)	EXV2 (F)
EXV3	EXV3 (A)	EXV3 (B)	EXV3 (C)	EXV3 (D)	EXV3 (E)	EXV3 (F)
EXV4	EXV4 (A)	EXV4 (B)	EXV4 (C)	EXV4 (D)	EXV4 (E)	EXV4 (F)
EXV5	EXV5 (A)	EXV5 (B)	EXV5 (C)	EXV5 (D)	EXV5 (E)	EXV5 (F)

EXV6	EXV6 (A)	EXV6 (B)	EXV6 (C)	EXV6 (D)	EXV6 (E)	EXV6 (F)
EXV7	EXV7 (A)	EXV7 (B)	EXV7 (C)	EXV7 (D)	EXV7 (E)	EXV7 (F)

表 F. 18 抗手持炸药包级性能分级

手持炸药包级 等级代号	危险等级代号					
	A	B	C	D	E	F
SB1	SB1 (A)	SB1 (B)	SB1 (C)	SB1 (D)	SB1 (E)	SB1 (F)
SB2	SB2 (A)	SB2 (B)	SB2 (C)	SB2 (D)	SB2 (E)	SB2 (F)
SB3	SB3 (A)	SB3 (B)	SB3 (C)	SB3 (D)	SB3 (E)	SB3 (F)
SB4	SB4 (A)	SB4 (B)	SB4 (C)	SB4 (D)	SB4 (E)	SB4 (F)
SB5	SB5 (A)	SB5 (B)	SB5 (C)	SB5 (D)	SB5 (E)	SB5 (F)
SB6	SB6 (A)	SB6 (B)	SB6 (C)	SB6 (D)	SB6 (E)	SB6 (F)
SB7	SB7 (A)	SB7 (B)	SB7 (C)	SB7 (D)	SB7 (E)	SB7 (F)

表 F. 19 空气冲击波等级—汽车炸弹级

等级代号	空气冲击波正压峰值 $P_{\text{mas}}$ (kPa)	正压冲量 $I_{\text{pos}}$ (kPa·ms)
EXV1	30	180
EXV2	50	250
EXV3	80	380
EXV4	140	600
EXV5	250	850
EXV6	450	1200
EXV7	800	1600

表 F. 20 空气冲击波等级—手持炸药包级

等级代号	空气冲击波正压峰值 $P_{\text{mas}}$ (kPa)	正压冲量 $I_{\text{pos}}$ (kPa·ms)
SB1	70	150
SB2	110	200
SB3	250	300
SB4	800	500
SB5	700	700
SB6	1600	1000
SB7	2800	1500

表 F. 21 危险等级

危险等级代 号	危险程 度	说明	
		玻璃破坏情况	构件破坏情况
A	无损坏	玻璃未发生破碎	构件保持完整，开启扇、五金件可正常启闭
B	无危险	玻璃发生破碎，室内表面玻璃仍完整保留在试样框架上，	构件无明显破坏，开启扇、五金

		试样内表面没有裂口和材料碎片脱落，室外侧玻璃可能破碎后凸出或掉落	件未发生脱落，可启闭
C	最小危险	见证板上的有效穿孔或有效凹痕数量不应大于3个，距离玻璃内表面1m~3m之间地面上的碎片总体尺寸的和不应大于250mm，玻璃发生破碎，室外侧玻璃可能破碎后掉落或凸出。室内表面玻璃应完整保留在试样框架上，玻璃裂缝长度与玻璃从框架上脱出的边缘长度之和小于可见玻璃周长的50%。如果由于设计意图，玻璃从框架上脱出的边缘长度超出玻璃可见周长的50%，但玻璃仍被特制夹具固定住，如果碎片满足本危险等级要求，也可以被评定为C级，但应在检测报告中说明玻璃破坏情况和夹具固定情况	构件保持完整，开启未脱落，开启扇经简单维修后能进行启闭。密封胶条和五金件可有脱落现象，但不系统的完整性造成影响
D	低危险	玻璃发生破碎，认验箱体内部脱落的玻璃主要位于距离玻璃内表面1m内的地面上，距离玻璃内表面1m~3m之间地面上的碎片总体尺寸之和不超过250mm。见证板上不应有三个以上有效穿孔或有效凹痕	构件基本完整，开启扇未脱落。部分五金件可发生脱落。掉落位置位于后侧玻璃初始位置1m范围之内
E	中等危险	玻璃发生破碎，玻璃碎片或者整块玻璃飞落在距离试件内表面1m~3m的地面上以及见证板0.5m以下的区域，同时，见证板0.5m以上区域的有效穿孔数量不应大于10个，且有效穿孔深度不应大于12mm	开启扇连接部件脱落，五金件飞落在距离试件内表面1m~3m的地面上和竖直见证板不超过0.5m的区域，试件发生系统性破坏
F	高危险	玻璃发生破碎，见证板0.5m以上区域的有效穿孔数量大于10个；或者见证板0.5m以上区域有一个以上深度大于12mm的有效穿孔	开启扇整体发生脱落，但试件骨架不应脱落
注：玻璃碎末、薄片和所有其他较小的颗粒不属于碎片。			

表 F.22 防沙性能分级

分级	1	2	3	4
分级指标值 $M$ (g/m)	$6.0 \geq M > 4.5$	$4.5 \geq M > 3.0$	$3.0 \geq M > 1.5$	$M \leq 1.5$

表 F.23 防尘性能分级

分级	1	2	3	4	5	6
分级指标值 $C$ (mg/m <sup>2</sup> )	$60.0 \geq C > 50.0$	$50.0 \geq C > 40.0$	$40.0 \geq C > 30.0$	$30.0 \geq C > 20.0$	$20.0 \geq C > 10.0$	$C \leq 10.0$

表 F.24 防非正常开启性能分级

检测项目	试件类型	分级指标	单位	防非正常开启性能等级				
				1	2	3	4	5
抗静载性能	窗	F <sub>1</sub>	KN	3.0	3.0	6.0	10.0	15.0
		F <sub>2</sub>	KN	1.5	1.5	3.0	6.0	10.0

		F <sub>3</sub>	KN	3.0	3.0	6.0	10.0	15.0
	百叶窗	F <sub>1b</sub>	KN	3.0	3.0	6.0	10.0	15.0
		F <sub>2b</sub>	KN	1.5	1.5	3.0	6.0	10.0
		F <sub>3b</sub>	KN	1.5	1.5	3.0	6.0	10.0
抗冲击性能	窗、百叶窗	H	mm	450	450	750	—	—
抗人工破坏性能	窗、百叶窗	T <sub>j</sub>	min	3	3	5	10	20
		T <sub>g</sub>	min	15	15	20	30	50

注 1: 抗人工破坏性能 1 级、2 级采用工具组不同, 分级不同。  
 注 2: F<sub>1</sub> 为面板角部荷载, F<sub>2</sub> 为扇梃角部荷载, F<sub>3</sub> 为锁闭点荷载。  
 注 3: F<sub>1b</sub> 为叶片端部水平荷载, F<sub>2b</sub> 为叶片中点水平荷载, F<sub>3b</sub> 为叶片中点竖向荷载。  
 注 4: H 为落差高度。当试件防非正常开启性能等级为 4 级或 5 级时, 可不进行抗冲击性能检测。  
 注 5: T<sub>j</sub> 为验证试验的检测净时间、T<sub>g</sub> 为验证试验的检测总时间。

表 F. 25 反复启闭性能分级

分级指标	1	2	3	4	5*
反复启闭次数 N (次)	10000 次	20000 次	30000 次	40000 次	≥50000 次

注: 5 级时, 同时标注具体数值, 如 5 级 (55000 次)

表 26 遮阳系统启闭性能表

外遮阳产品	硬卷帘	软卷帘	中间遮阳中空玻璃制品 (三玻两腔)	
	伸展收回	伸展收回	伸展收回	开启关闭
耐久性	≥1.5 万次	≥1.5 万次	≥3 万次	≥6 万次

表 F. 26 耐候性能分级

分级	1	2	3	4	5	6	7
气密性衰减率 W <sub>r</sub> (%)	W <sub>r</sub> ≥ 20	15 ≤ W <sub>r</sub> < 20	10 ≤ W <sub>r</sub> < 15	6 ≤ W <sub>r</sub> < 10	3 ≤ W <sub>r</sub> < 6	1 ≤ W <sub>r</sub> < 3	W <sub>r</sub> < 1

表 F. 27 启闭力分级

分级		1	2	3	4	5	6	
活动扇操作力 F <sub>h</sub> (N)		150 ≥ F <sub>h</sub> > 100	100 ≥ F <sub>h</sub> > 75	75 ≥ F <sub>h</sub> > 50	50 ≥ F <sub>h</sub> > 25	25 ≥ F <sub>h</sub> > 10	F <sub>h</sub> ≤ 10	
锁闭装置操作力	手操作	最大力 F <sub>s1</sub> (N)	150 ≥ F <sub>s1</sub> > 100	100 ≥ F <sub>s1</sub> > 75	75 ≥ F <sub>s1</sub> > 50	50 ≥ F <sub>s1</sub> > 25	25 ≥ F <sub>s1</sub> > 10	F <sub>s1</sub> ≤ 10
		最大力矩 M <sub>s1</sub> (N·m)	15 ≥ M <sub>s1</sub> > 10	10 ≥ M <sub>s1</sub> > 7.5	7.5 ≥ M <sub>s1</sub> > 5	5 ≥ M <sub>s1</sub> > 2.5	2.5 ≥ M <sub>s1</sub> > 1	M <sub>s1</sub> ≤ 1
	手指操作	最大力 F <sub>s2</sub> (N)	30 ≥ F <sub>s2</sub> > 20	20 ≥ F <sub>s2</sub> > 15	15 ≥ F <sub>s2</sub> > 10	10 ≥ F <sub>s2</sub> > 6	6 ≥ F <sub>s2</sub> > 4	F <sub>s2</sub> ≤ 4
		最大力矩 M <sub>s2</sub> (N·m)	7.5 ≥ M <sub>s2</sub> > 5	5 ≥ M <sub>s2</sub> > 4	4 ≥ M <sub>s2</sub> > 2.5	2.5 ≥ M <sub>s2</sub> > 1.5	1.5 ≥ M <sub>s2</sub> > 1	M <sub>s2</sub> ≤ 1

注 1: 活动扇操作力、锁闭装置操作力和力矩分别定级后, 以最低分级定为启闭力分级;  
 注 2: 特种规格、特种形式的开启构造, 可由供需双方商定指标值。

表 F. 28 单晶硅光伏组件性能要求

指 标	单位	招标要求值
太阳能电池片转换率	-	$\geq 23\%$
首年功率衰减	-	$\leq 2.0\%$
25年功率衰减	-	$\leq 20\%$
峰值功率温度系数	$\%/^{\circ}\text{C}$	$\geq -0.36$

表 F. 29 碲化镉薄膜光伏组件性能要求

指 标	单位	招标要求值
碲化镉电池片转换率	-	$\geq 14\%$
首年功率衰减	-	$\leq 5.0\%$
25年功率衰减	-	$\leq 20\%$
峰值功率温度系数	$\%/^{\circ}\text{C}$	$\geq -0.295$

**附录G**  
**(规范性)**  
**热工计算基本要求**

### G.1 范围

本附录规定了建筑幕墙系统热工（或节能）计算的基本要求和内容。

### G.2 基本要求

G.2.1 建筑幕墙系统的热工性能指标应经计算或试验验证。计算应依据专项节能设计说明、设计图纸，符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 附录 B 和《民用建筑热工设计规范》GB 50176 附录 C 和《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008 规定，并满足主体建筑设计提出的性能指标要求。

G.2.2 热工计算假定空气渗透量为零，采用稳态传热计算方法。计算幕墙定型产品的热工参数时，幕墙框与墙的连接界面作为绝热边界条件处理。幕墙框的传热系数、框与面板接缝的线传热系数及抗结露宜采用二维稳态热传导理论计算。

G.2.3 应分别计算典型透光幕墙单元和非透光幕墙单元，典型计算单元应按最不利单元选取。非透光开启部位按照外墙面积计入窗墙面积比时，其热工性能应满足外墙热工性能限值；非透光开启部位按照透光面积计入窗墙面积比时，其热工性能应满足外窗热工性能限值。

### G.3 基本内容

G.3.1 建筑幕墙系统热工计算主要包含传热系数、太阳得热系数、结露性能指标。

G.3.2 传热系数计算应采用冬季标准计算条件，并取太阳辐射照度为 0；遮阳系数、太阳光总透射比计算应采用夏季标准计算条件；抗结露计算应按照实际工程的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。实际工程设计边界条件的采用应符合《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151 规定。

G.3.3 非透明幕墙的传热系数应按照其构造组成的各材料层热阻相加的方法计算，同时应将幕墙框架的热冷桥对非透明幕墙的传热系数影响计算在内。幕墙面板背后材料层不同时，应按照相应数值的面积加权平均计算。

G.3.4 双层幕墙的传热系数应根据空气间层的通风情况按非通风状态、微通风状态或强通风状态进行计算。

G.3.5 当设置外遮阳装置构件时，透光围护结构的太阳得热系数应为其本身的太阳得热系数与建筑遮阳系数的乘积。透光围护结构本身的太阳得热系数和建筑遮阳系数应按现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 附录 B 和《民用建筑热工设计规范》GB50176 的有关规定计算。

G.3.6 结露性能评价指标应采用各个部件内表面温度最低的 10%面积所对应的最高温度值。

G.3.7 应根据框截面、镶嵌面板类型的不同将幕墙框节点进行分类，不同种类的框节点进行分类，不同种类的框截面节点均应计算其传热系数及对应框和镶嵌面板接缝的线传热系数。幕墙计算的节点应包括幕墙所有典型的节点，对于复杂的节点可拆分计算。

G.3.8 幕墙计算的边界和单元的划分应根据幕墙形式的不同而采用不同的方式。构件式幕墙计算单元可从型材中线剖分，单元式幕墙计算单元可从单元间的拼缝处剖分。

G.3.9 当幕墙背后有其他墙体（包括实体墙、装饰墙等），且幕墙与墙体之间为封闭空气层时，幕墙与该墙体共同组成的围护结构，应符合建筑物建筑节能设计对外墙的传热系数要求。按《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T 151-2008 的 4.3.2~4.3.4 规定计算。

G.3.10 若幕墙与墙体之间存在热桥，当热桥的总面积不大于墙体部分面积 1%时，热桥的影响可忽略；当热桥的总面积大于实体墙部分面积 1%时，应计算热桥的影响。计算热桥的影响，可采用当量热阻替代计算方法。

G.3.11 开放式幕墙或幕墙装饰层与保温层间隔大于 100mm 时，其间隔层和装饰面板不应计入热工计算的热阻。

#### G.4 热工计算表达

G.4.1 幕墙热工计算报告应至少包括下列内容：

- 1 计算说明，包括概述、计算依据、计算边界条件、采用的软件等；
- 2 基本参数，包括建筑体形系数、窗墙比、对幕墙的指标要求、热工设计构造说明等；
- 3 传热系数计算，包括计算模型和节点的选取及简化、各节点传热系数计算、幕墙整体传热系数计算等；
- 4 太阳得热系数计算；
- 5 幕墙系统结露性能计算；
- 6 热工性能综合评价，专项节能计算与主体建筑设计单位的节能计算列表进行比对，是否符合主体建筑设计要求。

## 附录H (规范性) 光学分析基本要求

### H.1 范围

本附录提出了建筑幕墙光环境评价分析的要求。

### H.2 要求

#### H.2.1 材料

1 建筑幕墙应采用可见光反射比不大于 0.30 的玻璃,不宜使用可见光反射比大于 0.30 的镜面和高光泽非玻璃材料。

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

#### H.2.2 建筑设计

1 建筑立面设计应考虑幕墙面板对周围环境产生的太阳光反射影响,符合环保、规划和城市管理等相关规定。

2 确定设计方案时应作幕墙光反射环境影响分析和评价。

3 建筑周边,在建筑高度 5 倍范围内有居住建筑、医院、中小学校、幼儿园以及主干道路口、交通流量大的区域等敏感目标时,玻璃幕墙设计应通过光反射环境分析论证。

4 不宜采用弧形玻璃幕墙。内凹状外立面应防止反射光聚焦对环境造成不利影响。

5 玻璃幕墙、玻璃采光顶、玻璃面板雨篷或屋面,应防止反射光进入敏感目标的窗户。

6 建筑幕墙应控制幕墙玻璃的连续面积,宜采用玻璃与其他面板材料构成的组合幕墙形式。

7 建筑物外立面的装饰部件和遮阳部件不宜采用玻璃材质。

#### H.2.3 光学分析要求

1 玻璃幕墙光反射环境影响评价范围不应小于幕墙玻璃设置高度的 5 倍距离。

2 玻璃幕墙的反射光分析应选择典型日进行,典型分析日的选择可参照 GB/T 18091 进行。

3 玻璃幕墙反射光对周边建筑的影响分析应选择日出后至日落前太阳高度角不低于  $10^\circ$  的时段进行。

4 分析玻璃幕墙反射光对周边建筑或场地影响时,窗户、建筑、场地的采样点位置及间隔取值应符合 GB/T 50947 的相关规定。

5 在与水平面夹角  $0^\circ \sim 45^\circ$  的范围内,玻璃幕墙反射光照射在周边居住建筑的居住空间窗台面的连续滞留时间不应超过 30 min,计算时间间隔不宜大于 1.0 min。

6 在驾驶员前进方向垂直角  $20^\circ$ ,水平角  $\pm 30^\circ$  内,行车距离 100m 内,玻璃幕墙对机动车驾驶员不应造成连续有害反射光,计算时间间隔不宜大于 1.0 s。

7 玻璃幕墙的反射光分析建模应符合以下规定:

- a) 所有模型应采用统一的平面和高程基准;
- b) 应对构成遮挡的地形、建构筑物 and 附属物进行建模;
- c) 玻璃幕墙外部的遮阳和格栅等构件应按实际建模;

d) 被影响建筑墙体、窗户和遮阳等构件应按实际建模。

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

9 玻璃幕墙反射光环境影响分析应包括直射光在相邻建筑玻璃幕墙间产生的二次反射光影响。

10 玻璃采光顶、玻璃面板雨篷或屋面，应作光反射环境影响分析与评估。

#### H.2.4 光学分析方法

##### 1 光反射评价量的计算

##### 1) 太阳位置

太阳位置由高度角和方位角确定，太阳高度角和方位角按下列公式计算：

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (\text{H.2.4.1-1})$$

$$\sin A = \cos \delta \sin t / \cos h \quad (\text{H.2.4.1-2})$$

$$t = 15^\circ (n-12) \quad (\text{H.2.4.1-3})$$

式中： $h$ ——太阳高度角（度），直射阳光与水平面的夹角；

$A$ ——太阳方位角（度），直射阳光水平投影与正南方位的夹角，正南为 $0^\circ$ ，

顺时针方向为正，逆时针方向为负；

$t$ ——太阳时角（度），观测点天球子午圈与太阳所在时圈的夹角（每小时 $15^\circ$ ）；

$n$ ——时间（24 时制）；

$\varphi$ ——地理纬度；

$\delta$ ——太阳赤纬（度），太阳光垂直照射地点与地球赤道所夹的圆心角。

##### 2) 照度、亮度

直射日光在板面上产生的照度按下列公式计算为：

$$E = E_{dn} \cos(\alpha) \quad (\text{H.2.4.1-4})$$

一般可取

$$E_{dn} = 1.37 \times 10^5 e^{-\frac{0.223}{\sin h}} \quad (\text{H.2.4.1-5})$$

式中： $E$ ——直射日光在板面上的照度（lx）；

$E_{dn}$ ——直射日光的法线照度（lx）；

$\alpha$ ——日光入射角；

$h$ ——太阳高度角（度）；

$e$ ——自然对数底（ $e \approx 2.7183$ ）。

亮度按下列公式计算为：

$$B = \rho E / \pi \quad (\text{H.2.4.1-6})$$

式中： $B$ ——亮度（cd/m<sup>2</sup>）；

$E$ ——照度（lx）；

$\rho$ ——可见光反射比；

$\pi$ ——圆周率。

3) 反射光入射角 ( $\theta$ )

反射光平行直线的方向向量为  $L = (m, n, p)$ ，受照立面的法线向量为  $N = (A, B, C)$ ，则反射光入射角  $\theta$  按公式下列计算：

$$\cos \phi = \frac{|Am + Bn + Cp|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} \cdot \sqrt{m^2 + n^2 + p^2}} \quad (0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ) \quad (\text{H.2.4.1-7})$$

## 4) 眩光

眩光特征分类见表 I.1。

表 H.1 眩光特征分类表

入射光角度	人眼对眩光感觉程度
0°	极强烈
15°	强烈
30°	中等
45°	微弱
60°	无眩光

## 2 反射光影响时间

地球自转一周 360°，对应 24 小时，即视太阳每小时移动 15°，每 4 分钟移动 1°，据此计算幕墙玻璃反射光影响时间。

附录I  
(规范性)  
循环往复风压试验方法

### I.1 范围

本附录规定了用循环往复风压检验建筑幕墙抵抗疲劳破坏性能的试验方法。

### I.2 设备

#### I.2.1 试验框架

试验框架应足够坚固，能承受试验荷载，且不影响试验结果，并具有满足试验安装的紧固装置。

#### I.2.2 循环加压设备

循环加压设备应保证峰值压力误差±5%以内，风压加载周期误差±10%以内。

#### I.2.3 位移采集设备

位移采集设备应保证采样频率不低于 50Hz，位移值测量误差±5%以内。

### I.3 试验环境

试验样品应在 15°C~30°C温度范围、25%~75%相对湿度的非破坏性环境中存放和试验。

### I.4 程序

#### I.4.1 循环往复风压大小

循环往复风压应取建筑幕墙风压标准值。循环往复风压周期应不小于 1s。

#### I.4.3 循环往复次数

循环往复次数应按下式计算：

$$N = A \times 365 \times 24 \times \frac{3600}{T} \quad (\text{H.1})$$

式中：

$N$  为循环往复风压次数；

$A$  为建筑幕墙设计使用年限；

$T$  为建筑平均风荷载周期，保守计算时宜取 600s。

#### I.4.4 位移监测位置

位移监测位置设置按 GB/T 15227 抗风压性能试验的规定进行。

#### I.4.4 试验过程

循环往复加载过程中，观察并记录试件的状况；试验初始、试验结束阶段采集试件位移峰值，其中初始阶段位移峰值应取最初 10 个循环往复风压周期峰值的平均值，结束阶段位移峰值应取最后 10 个循环往复风压周期峰值的平均值。

#### I.4.5 结果判定

出现下列情况之一应判定为不合格：

- a) 幕墙试件零部件脱落；
- b) 幕墙面板破损；
- c) 试验结束阶段幕墙最大挠度超过初始阶段最大挠度的 30%。

附录J  
(规范性)  
烟密闭性能检测方法

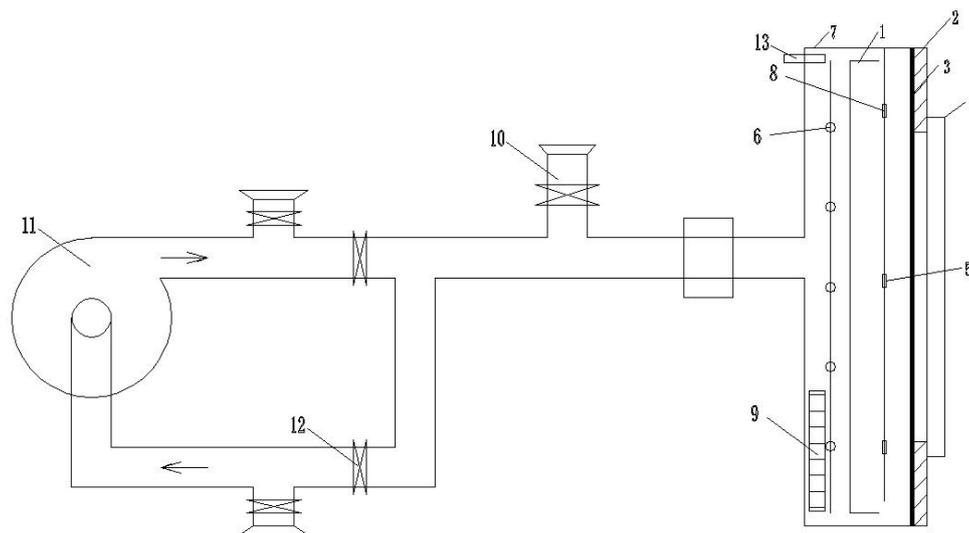
### J.1 原理

采用模拟静压箱法，对安装在压力箱上的试件进行烟密闭性能检测，以漏烟量表示。将试件通过试件框安装在压力箱上，通过供压装置使试件两侧形成稳定压差，同时利用循环空气加热系统使试件一侧达到恒定温度，向压力箱内通入适量的二氧化碳示踪气体，通过监测示踪气体浓度检测试件的漏烟量。

### J.2 检测装置

#### J.2.1 组成

试验装置由压力箱、测量装置（温度传感器、压力传感器、二氧化碳浓度检测仪）、供压装置（供风设备、压力控制装置）、循环空气加热系统以及二氧化碳在线检测系统等组成。试验装置主体为前垂直开口的压力箱，开口处用于安装试件，并形成一個密闭的空间区域。试验装置的示意图布置如图A.1所示。



标引序号说明：

- |           |                |              |
|-----------|----------------|--------------|
| 1——导流屏；   | 7——压力箱；        | 13——示踪气体注入孔。 |
| 2——试件框；   | 8——二氧化碳在线监测系统； |              |
| 3——耐高温胶条； | 9——循环风机；       |              |
| 4——试件；    | 10——漏气阀；       |              |
| 5——温度传感器； | 11——供压风机；      |              |
| 6——加热管；   | 12——四通阀；       |              |

图 J.1 试验装置示意图

#### J.2.2 压差测量设备

压差测量设备位于压力箱内的探测点应安装在压力箱内中心距离试件内表面 $(100\pm 10)$  mm处。测量精度为 $\pm 5$  Pa或测量值的 $\pm 10\%$ ，以差异较小值为准。

### J.2.3 温度测量设备

应采用9支热电偶检测和控制压力箱内的温度，热电偶应水平排列成3行，每行3支，最顶端一行热电偶应距试验装置的前开口上边缘以下150mm，最底端一行热电偶应距试验装置的前开口下边缘150mm，中间一行热电偶位于顶端与底端之间中线位置。热电偶前端应距试件表面 $(100\pm 10)$  mm。热电偶采用外径不超过1.0mm的K型铠装热电偶。热电偶的测量上限应能达到 $250^{\circ}\text{C}$ ，精度为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

### J.2.4 二氧化碳在线监测系统

二氧化碳在线监测系统应至少包含6个二氧化碳监测点，检测点应水平排列成3行，每行2个，最顶端一行应距试验装置的前开口上边缘以下150mm，最底端一行应距试验装置的前开口下边缘150mm，中间一行位于顶端与底端之间中线位置。监测点前端应距试件表面 $(100\pm 10)$  mm。二氧化碳在线监测系统应满足以下要求：

- a) 气体采集应采用泵吸式；
- b) 测量范围： $(0\sim 50000)\times 10^{-6}$ ；
- c) 重现性： $\leq \pm 1\%$ 满刻度；
- d) 零点漂移： $\leq \pm 2\%$ 满刻度/h；
- e) 跨度漂移： $\leq \pm 2\%$ 满刻度/3h；
- f) 温度附件误差： $(\text{在 } 10^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}) \leq \pm 2\%$ 满刻度/ $10^{\circ}\text{C}$ ；
- g) 一氧化碳干扰： $1250\text{mg}/\text{m}^3\text{CO} \leq \pm 0.3\%$ 满刻度；
- h) 响应时间： $t_0 \sim t_{90} < 15\text{s}$ 。

## J.3 试件

### J.3.1 试件要求

试件应为按所提供图纸生产的合格产品或研制的试件，不应附有任何多余的零配件或采用特殊的组装工艺或改善措施。试件应按设计要求组合、装配完好，并保持清洁、干燥。在可行的情况下，应在试验前确定试件的尺寸、厚度和材料规格。

### J.3.2 数量

应对试件的两面都进行测试，其中常温试验仅需测试一个试件， $200^{\circ}\text{C}$ 试验需测试两个单独的试件。试件的几何结构对称时，或特殊情况下只需评估试件其中一面的烟密闭性能时，只需测试一个试件。应在试验报告中写明使用一个试件的依据。

### J.3.3 试件安装条件

试件在安装前，应在环境温度不低于 $5^{\circ}\text{C}$ 的室内放置不小于24h。试件应安装在试件框上，应采取措施避免试件边框变形或开启扇无法开启。试件安装之后应将开启部分开启不少于10次，以确保开启扇能正常开启。

## J.4 试验步骤

### J.4.1 检测环境温度下的附加二氧化碳浓度变化量

J.4.1.1 采用密封措施充分密封试件上的可开启部分缝隙和镶嵌缝隙。

J.4.1.2 向压力箱内通入适量的二氧化碳，关闭气源，通气后压力箱内外压差应小于10Pa。开启循环

风机，使二氧化碳分布均匀。1h 后记录压力箱内二氧化碳的初始浓度  $c$ ，当二氧化碳浓度低于 40% 时，重复之前的操作。

J. 4. 1. 3 采用供压系统使压力箱内外压差稳定在 25Pa，30min 后计算压力箱内二氧化碳的浓度差值  $\Delta c_f(20)$ 。

#### J. 4. 2 检测环境温度下的总二氧化碳浓度变化量

去除试件上的密封措施，重复 A. 4. 1. 2、A. 4. 1. 3 的操作，计算压力箱内二氧化碳的浓度差值  $\Delta c_z(20)$ 。

#### J. 4. 3 检测 200℃ 下的总二氧化碳浓度变化量

将压力箱内的平均空气温度在  $(30 \pm 5)$  min 内从环境温度升高至稳定温度  $(200 \pm 20)$  °C，使其平均气温保持在图 A.2 所示的范围内，同时各个热电偶测量的温度应控制在  $(200 \pm 40)$  °C。温度达到指定温度后 10 分钟内，采用供压系统使压力箱内外压差稳定在 50Pa，重复 A.4.1.2、A.4.1.3 的操作，计算压力箱内二氧化碳的浓度差值  $\Delta c_z(200)$ 。在加热过程中，压力箱内应保持压力稳定，不应出现超压。

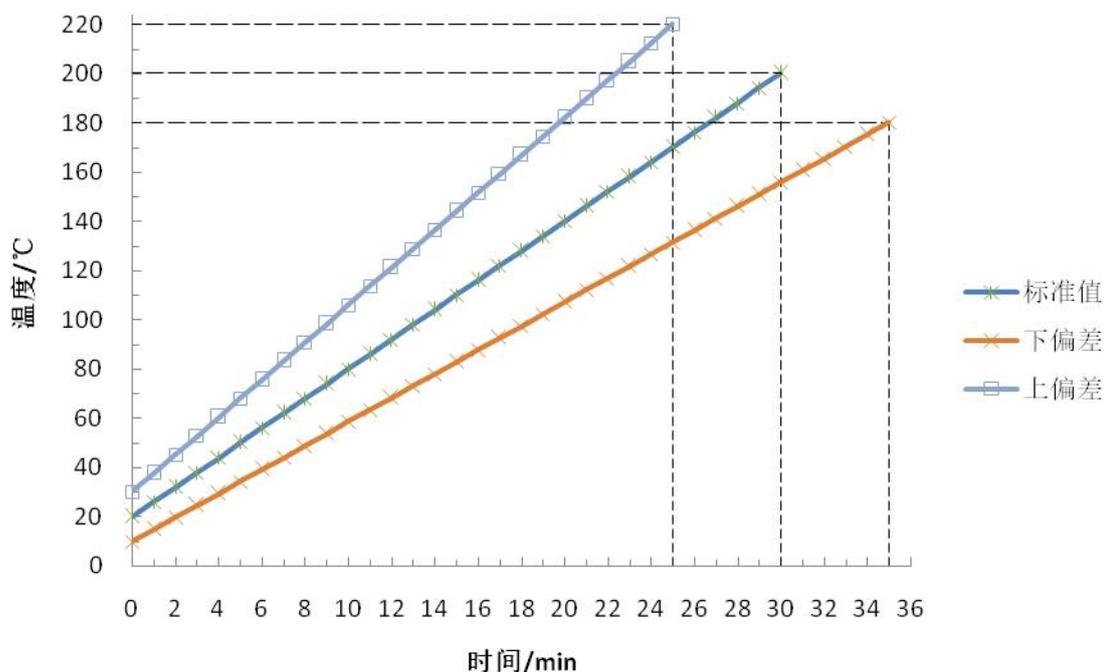


图 J.2 升温速率及允许限值

#### J. 4. 4 检测 200℃ 下的附加二氧化碳浓度变化量

保持压力箱内的温度不变，采用密封措施充分密封试件上的可开启部分缝隙和镶嵌缝隙，采用供压系统使压力箱内外压差稳定在 50Pa，重复 A. 4. 1. 2、A. 4. 1. 3 的操作，计算压力箱内二氧化碳的浓度差值  $\Delta c_f(200)$ 。

#### J. 4. 5 观察

在检测过程中应记录密封件出现严重脱落时的压力和温度，以及试件出现损坏或功能性障碍的状况和部位。

#### J.5 数据处理

计算各试验条件下试件的漏烟量

$$\Delta c = \Delta c_z - \Delta c_f \dots\dots\dots (J.1)$$

式中：

$\Delta c$  ——二氧化碳浓度变化量，‰；

$\Delta c_z$  ——总二氧化碳浓度变化量，‰；

$\Delta c_f$  ——附加二氧化碳浓度变化量，‰。

