

T/CCPITBSC

团 体 标 准

T/CCPITBSC XXXX—2025

建筑幕墙节能设计规范

Specifications for energy efficiency design of building curtain walls

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

中国国际贸易促进委员会建设行业分会 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 缩略语	2
5 总体要求	2
6 性能设计	3
7 光伏幕墙	4
7.1 基本要求	4
7.2 构造设计	4
7.3 结构设计	5
7.4 连接设计	5
8 双层幕墙	5
8.1 基本要求	5
8.2 构造设计	5
8.3 结构设计	6
8.4 连接设计	6
9 点支承玻璃幕墙	7
9.2 构造设计	7
9.3 结构设计	7
9.4 连接设计	9
10 单元组合幕墙	9
10.1 基本要求	9
10.2 构造设计	9
10.3 结构设计	10
10.4 连接设计	11

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。

本文件由中国国际贸易促进委员会建设行业分会提出。

本文件由中国国际贸易促进委员会建设行业分会归口。

本文件起草单位：绿城房地产建设管理集团有限公司、深圳派成铝业科技有限公司、深圳市土木检测有限公司、海德联创设计集团有限公司、广东省机电建筑设计研究院有限公司、杭州绿发建筑设计有限公司、深圳中航幕墙工程有限公司、连云港市赣榆区建筑工程质量监督站、深圳市建筑设计研究总院有限公司、深圳市朋格幕墙设计咨询有限公司。

本文件主要起草人：陈锋锋、习锐、吴健飞、朱江、汪志然、梁树林、程源、张琴、李启迪、张昱、罗培森、崔红。

建筑幕墙节能设计规范

1 范围

本文件规定了建筑幕墙节能设计的总体要求、性能设计、光伏幕墙、双层幕墙、点支承玻璃幕墙、单元组合幕墙的要求。

本文件适用于建筑幕墙的节能设计。

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 14683 硅酮和改性硅酮建筑密封胶
- GB 16776 建筑用硅酮结构密封胶
- GB/T 20934 钢拉杆
- GB/T 21086 建筑幕墙
- GB/T 29551 建筑用太阳能光伏夹层玻璃
- GB/T 29759 建筑用太阳能光伏中空玻璃
- GB/T 31433 建筑幕墙、门窗通用技术条件
- GB/T 32512 光伏电站防雷技术要求
- GB/T 33026 建筑结构用高强度钢绞线
- 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（2024年版）
- GB/T 50011 建筑抗震设计标准（2024年版）
- GB 50016 建筑设计防火规范（2018年版）
- GB 50017 钢结构设计标准（附条文说明[另册]）
- 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 50176 民用建筑热工设计规范
- GB 50189 公共建筑节能设计标准
- GB/T 50378 绿色建筑评价标准（2024年版）
- GB 50429 铝合金结构设计规范（附条文说明）
- GB 50797 光伏电站设计标准（2024年版）
- GB/T 50878 绿色工业建筑评价标准
- GB/T 51350 近零能耗建筑技术标准
- GB/T 51368 建筑光伏系统应用技术标准
- 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 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
- DL/T 1364 光伏电站防雷技术规程
- GA 667 防爆炸透明材料
- JGJ 99 高层民用建筑钢结构技术规程
- 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（附条文说明）

JG/T 138 建筑玻璃点支承装置
 JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
 JGJ/T 151 建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程
 JG/T 201 建筑幕墙用钢索压管接头
 JGJ 255 采光顶与金属屋面技术规程
 JG/T 278 建筑遮阳产品用电机
 JGJ 336 人造板材幕墙工程技术规范
 JGJ/T 365 太阳能光伏玻璃幕墙电气设计规范
 JG/T 389 建筑用钢质拉杆构件
 JG/T 455 建筑门窗幕墙用钢化玻璃
 YB/T 4294 不锈钢拉索

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建筑幕墙 building curtain wall

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

3.2

光伏幕墙 photovoltaic curtain wall

含有光伏构件并具有太阳能光电转换功能的幕墙。

3.3

双层幕墙 double-skin curtain wall

由外层幕墙、空气间层和内层幕墙构成的建筑幕墙。

3.4

点支承幕墙 point supporting curtain wall

以点连接方式（或近似于点连接的局部连接方式）直接承托和固定面板的建筑幕墙。

3.5

单元组合幕墙 unitized curtain wall

由面板与支承框架在工厂制成的不小于一个楼层高度的幕墙结构基本单位，直接安装在主体结构上组合而成的框支承建筑幕墙。分为插接型、连接型和对接型三类。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EVA：乙烯-醋酸乙烯共聚物（Ethylene Vinyl Acetate）

Low-E：低辐射（Low Emissivity）

SC：遮阳系数（Shading Coefficient）

5 总体要求

5.1 根据建筑物功能、建筑设计、建筑节能要求以及技术经济指标，合理选择面板的材料种类和构造形式，并应符合 GB/T 21086、GB 50176、GB 50189、JGJ 102、JGJ 133、JGJ 336 的规定。

5.2 幕墙面板的热工性能、色泽及图案应符合建筑设计的要求，并应满足节能环保及绿色建筑要求。

5.3 建筑幕墙中透光幕墙和非透光幕墙的热工性能指标应按照 GB 50176 和 JGJ/T 151 的规定计算，并应符合主体建筑的热工设计要求。

5.4 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，以有效降低传热系数，提高建筑外围护结构的热工性能。传热系数较低的中空玻璃宜采用暖边间隔条。

- 5.5 有热工要求的金属幕墙、石材幕墙、人造板材幕墙及非透光的玻璃幕墙等，面板背后应设置不燃材料保温层，保温材料应采取防水、隔汽措施。防水层应设置在保温材料的室外侧，隔汽层应设置在保温材料的室内侧。
- 5.6 明框幕墙的金属型材应采用隔热型材或采取其他有效的隔热措施。隐框幕墙的外露金属护边宜采用隔热型材。隔热材料的性能应符合 GB 55015 的规定。
- 5.7 双层玻璃幕墙宜在内、外层幕墙之间设置可调节的活动遮阳装置。
- 5.8 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。
- 5.9 非透明幕墙面板背后应设置保温构造层。幕墙保温材料与面板或与主体结构外表面之间不应小于 50 mm 的空气层，玻璃面板内侧不应小于 50 mm 的空气层。
- 5.10 幕墙的透光与非透光部位之间的保温构造应保持连续。
- 5.11 设置非透光幕墙的开启通风扇时，非透光开启扇的传热系数应满足非透光幕墙传热系数的规定限值和气密性要求。难以满足时，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。
- 5.12 建筑幕墙节能设计应符合 GB 55015 的规定。

6 性能设计

- 6.1 幕墙的性能等级应根据建筑物的类别、高度、体型、功能以及建筑物所在的地理、气候和环境条件进行设计，并符合 GB/T 21086、GB/T 31433 的规定。
- 6.2 幕墙的气密性能应符合建筑物所在地建筑节能设计要求且指标值应符合表 1 的规定。

表1 建筑幕墙气密性指标

可开启部分 (q_L) $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$	幕墙整体 (q_A) $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
$q_L \leq 1.5$	$q_A \leq 1.2$
注1：可开启部分和幕墙整体的气密性指标分级不应低于GB/T 21086中规定的3级指标值。 注2：开放式建筑幕墙的气密性能指标值不作规定。	

- 6.3 不同建筑类型、不同地区幕墙的保温性能设计指标应符合 GB 50189、GB 55015 的相关规定，并符合下列规定：

- 甲类公共建筑的透光幕墙保温性能应符合 GB 55015-2021 中表 3.1.10-1~表 3.1.10-6 的规定，乙类公共建筑的围护结构透光部分热工性能应符合 GB 55015-2021 中表 3.1.11-1 和表 3.1.11-2 的规定；甲类公共建筑幕墙的保温性能应符合 GB 50189-2015 中 3.3.1 的规定，乙类公共建筑幕墙的保温性能应符合 GB 50189-2015 中 3.3.2 的规定；
- 居住建筑透光围护结构的保温性能指标应符合 GB 55015-2021 中表 3.1.9.-1~表 3.1.9-5 的规定；
- 近零能耗建筑透光幕墙传热系数应符合 GB/T 51350 的规定，可按表 2 选取。

表2 近零能耗建筑透光幕墙传热系数

建筑类型	性能参数	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	温和地区
居住建筑	传热系数 $K/[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	≤ 1.0	≤ 1.2	≤ 2.0	≤ 2.5	≤ 2.0
公共建筑	传热系数 $K/[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	≤ 1.2	≤ 1.5	≤ 2.2	≤ 2.8	≤ 2.2

- 6.4 幕墙隔热性能应符合 GB/T 31433 的规定。幕遮阳性能分级及指标值 SC 应符合 GB/T 31433-2015 中表 14 的规定。幕墙透光部分的隔热性能分级采用太阳得热系数表示。

- 6.5 幕墙的隔热性能设计指标符合下列规定：

- 居住建筑透光围护结构的隔热性能指标应符合 GB 55015-2021 中表 3.1.9-2~表 3.1.9-5 的规定；

- b) 甲类公共建筑的围护结构隔热性能应符合 GB 55015-2021 中表 3.1.10-3~表 3.1.10-6 以及 GB 50189-2015 中表 3.3.1-3~表 3.3.1-6 的规定；乙类公共建筑的围护结构隔热性能应符合 GB 55015-2021 中表 3.1.11-2 以及 GB 50189-2015 中表 3.3.2-2 的规定；
- c) 近零能耗建筑透光幕墙太阳得热系数应符合 GB/T 51350 的规定，可按表 3 选取。

表 3 近零能耗建筑透光幕墙太阳得热系数

太阳得热系数	季节	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	温和地区
居住建筑	冬季	≥ 0.45	≥ 0.45	≥ 0.40	—	≥ 0.40
	夏季	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.15	≤ 0.30
公共建筑	冬季	≥ 0.45	≥ 0.45	≥ 0.40	—	—
	夏季	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.15	≤ 0.15	≤ 0.30

6.6 建筑幕墙及采光顶的热工性能应符合主体建筑节能设计和相关标准的要求，热工性能指标应按照 GB 50176、GB 50189、GB 55015 和 JGJ/T 151 的规定计算。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 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。

6.7 光伏发电系统的设计应按负载性质、用电量、幕墙结构、工程特点、建筑性质和所在地的建筑供电条件合理确定设计方案，并符合 GB/T 29551、GB/T 29759、GB 50797、GB/T 51368、JGJ/T 365 的规定。

7 光伏幕墙

7.1 基本要求

7.1.1 光伏幕墙的规划设计应综合考虑建筑场地条件、建筑功能、所在地区的气候及太阳能资源条件等因素，确定建筑的布局、朝向、间距、群体组合和空间环境，满足光伏系统设计和安装技术要求。

7.1.2 光伏组件或方阵的选型和设计应与建筑结合，在综合考虑发电效率、发电量、电气和结构安全、实用美观的前提下，合理选用光伏组件型式，并与建筑模数相协调，不应影响安装部位的建筑功能。

7.1.3 光伏幕墙宜朝向南面或西南面，避免设置在建筑阴影部位。

7.1.4 防雷性能应符合 GB 50057 的规定，防火性能应符合 GB 50016 的规定，消防安全应符合 GB 51348 的规定。

7.1.5 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。

7.1.6 光伏幕墙设计应预留光伏输配电和控制用线缆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。

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

7.2 构造设计

7.2.1 用于光伏幕墙组件的外片玻璃应为超白玻璃，厚度不应小于 3.2 mm，边部应进行三边研磨。

7.2.2 透明组件夹层胶片宜采用聚乙烯醇缩丁醛，胶片厚度不应小于 0.76 mm，宜采取封边处理或有与外界隔离水汽的措施。不应采用 EVA 胶片。

7.2.3 透明型组件的中空玻璃气体层厚度不应小于 12 mm，宜填充惰性气体。

7.2.4 光伏组件宜采用隐框构造设计，带有外装饰线条的组件，其外形尺寸在有效日照时间内不应遮挡电池片。

7.2.5 用于实体墙或层间梁部位的光伏组件，玻璃内侧与实体墙或保温层的距离不应小于 50 mm。

7.2.6 光伏幕墙组件不宜着地安装，底部距离地面完成面高度不应小于 300 mm。

7.2.7 斜幕墙、采光顶宜根据当地的气象资料确定光伏组件安装的最佳倾角，可在南面或西南面与水平面成 21° ~ 23° 倾角设计。

7.2.8 立柱横梁设计时应留有供电气系统管线布置的可方便拆卸的空腔，且光伏玻璃组件的接线盒宜隐藏。

7.2.9 用于光伏幕墙的光伏组件可采用单晶硅、多晶硅及薄膜电池。透明幕墙宜采用薄膜电池组件或电池片间隔布置的晶硅组件合成的中空组件，非透明幕墙宜采用单层的薄膜电池组件或电池片满布的晶硅组件。

7.3 结构设计

7.3.1 光伏幕墙构件的结构计算应符合 JGJ 102 和 JGJ 255 的规定。

7.3.2 光伏幕墙的荷载和作用应符合 GB 50009 和 GB 50068 的规定。

7.3.3 光伏幕墙构件的承载力设计时，作用分项系数应按 GB 55001、GB 55002 和 JGJ 102 的规定取值。

7.3.4 铝合金型材和钢材的强度设计值应分别符合 GB 50017 和 GB 50429 的规定。

7.3.5 点支承光伏幕墙中，张拉杆、索的强度设计值应按下列要求采用：

- a) 不锈钢拉杆的抗拉强度设计值应按其屈服强度标准值 0.2 除以系数 1.4 采用；
- b) 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，并按其等效截面面积换算后采用；当已知钢绞线的极限抗拉承载力标准值时，其抗拉承载力设计值应取该值除以系数 2.0 采用。

7.4 连接设计

7.4.1 光伏幕墙构件间的连接件、焊缝、螺栓、螺钉设计，应符合 GB 50017、GB/T 50018、GB 50429、JGJ 99 的规定。采用螺栓或螺钉连接时，连接处的受力螺栓、螺钉不应少于 2 个。

7.4.2 光伏幕墙构件与主体结构的连接件可采用螺栓连接或焊接。连接件钢板厚度不宜小于 6 mm；采用螺栓连接时，螺栓直径不宜小于 10 mm，螺栓数量不应少于 2 个。支承构件与主体结构的连接应能承受光伏幕墙方阵结构传来的应力，并应能有效传递至主体结构。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

7.4.3 光伏幕墙方阵的支承结构与主体混凝土结构宜通过预埋件连接。光伏幕墙构件与钢结构的连接，应按 GB 50017 的规定进行设计，且当主体结构为钢结构时，埋件应与主体钢结构在加工厂内同步加工。

7.4.4 由锚板 and 对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件，应符合 GB/T 50010、JGJ 102 的规定。

7.4.5 当光伏幕墙的支承结构与主体混凝土结构采用后加锚栓连接时，应符合 JGJ 145 的规定，并使用抗震型锚栓。

8 双层幕墙

8.1 基本要求

8.1.1 根据建筑物所在地的地理、气候和环境条件，结合保温隔热、新风和隔声等性能要求，经综合的经济技术分析，选择采用双层幕墙的构造类型和通风形式。

8.1.2 采用双层幕墙的建筑，其建筑设计效果应与周围环境相协调，并根据建筑立面效果、防火要求、热工性能、光学性能、隔声性能及其他舒适性要求，确定双层幕墙的立面划分、空气间层的通风形式、空气间层的长度和宽度、空气间层的循环高度以及进出风口的尺寸。

8.1.3 采用双层幕墙应有利于提高建筑物的舒适度和节能性能。双层幕墙应具备室内外自然通风换气功能；双层幕墙的设计应有效利用太阳辐射热，减少太阳辐射热对室内环境的负面影响。

8.1.4 以隔热为主时宜采用外通风双层幕墙，以保温为主时宜采用内通风双层幕墙或进出风口可关闭功能的双层幕墙。

8.1.5 玻璃选用应符合下列规定：

- a) 外通风双层幕墙的外层幕墙宜采用单层或夹层玻璃，内层幕墙应采用 Low-E 中空玻璃；
- a) 内通风双层幕墙的外层幕墙应采用中空玻璃或 Low-E 中空玻璃，内层幕墙可采用单层或夹层玻璃；
- b) 宽腔双层幕墙的外层幕墙应采用夹层玻璃及其制品，窄腔双层幕墙的外层幕墙宜采用夹层玻璃及其制品。

8.1.6 双层幕墙宜设置中间遮阳装置，遮阳产品的控制系统应符合 JG/T 276 和 JG/T 278 的规定。

8.1.7 根据双层幕墙的不同结构形式，应设置可供双层幕墙清洗和维护的配套装置和设施。

8.2 构造设计

8.2.1 内通风双层幕墙符合下列规定：

- a) 幕墙构造类型可采用构件式幕墙或单元式幕墙；
- b) 外层幕墙应为节能幕墙系统，外层幕墙玻璃宜选用中空玻璃或夹层中空玻璃；
- c) 内外层幕墙空气间层厚度不宜小于 200 mm；
- d) 机械通风管采用电控系统，系统接口应密闭；
- e) 内通风幕墙遮阳系统宜采用内置式百叶帘装置。

8.2.2 外通风双层幕墙符合下列规定：

- a) 外层幕墙可采用构件式幕墙或单元式幕墙，内层幕墙构造类型可采用框支承幕墙、单元式幕墙或窗式幕墙，也可使用内外整体单元式幕墙；
- b) 外层玻璃宜选用夹层玻璃，内层幕墙应为节能幕墙系统，内层玻璃宜选用中空节能玻璃；
- c) 幕墙空气间层厚度不宜小于 150 mm；
- d) 进风口和出风口处宜设置有效的防虫网，可根据需要选用空气过滤装置。进风口、出风口宜设置自动启闭装置，开启应灵活、关闭应严密；
- e) 外通风幕墙遮阳装置宜采用专用室外百叶。

8.2.3 双层幕墙空气间层内的构件应易于清洗、维修和保养。

8.2.4 应分别对外层幕墙、内层幕墙、检修通道、支承外层幕墙的悬挑构件以及连接内层幕墙与主体结构的连接件进行承载力和挠度验算。

8.2.5 分体式双层幕墙内、外层幕墙应分别验算其承载能力、刚度、稳定性和相对于主体结构的位移。当双层幕墙的内、外两层幕墙共用同一支立柱时，立柱计算考虑偏心重力荷载。

8.2.6 双层幕墙采用悬挑构件支承外层幕墙时，悬挑构件应具有足够的刚度，其挠度不宜超过 $L/300$ ，安装外层幕墙的悬挑构件应具有足够的侧向刚度，必要时可设侧向支撑。

8.2.7 遮阳百叶片应具有足够刚度。在空气间层内气流作用下，不应发生明显摆动，在重力作用下叶片最大下垂挠度不应超过 $L/500$ 和 3 mm 的较小值。

8.2.8 外层幕墙未采用夹层玻璃时，检修通道外侧宜设置防护装置。

8.3 结构设计

8.3.1 双层幕墙的风荷载标准值应区分主要受力结构或围护结构，分别按 GB 50009 的规定计算。

8.3.2 内通风双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值应根据自身的结构类型按 8.3.1 的规定计算，并应符合下列规定：

- a) 内通风双层幕墙的外层幕墙应承受完全的风荷载，且风荷载标准值不应小于 1.0 kN/m^2 ；
- b) 内通风双层幕墙的内层幕墙承受的风荷载标准值可按 50 % 进行折减，且折减后的风荷载标准值不应小于 0.8 kN/m^2 。

8.3.3 外通风双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值应根据自身的结构类型按 8.3.1 的规定计算，并应符合下列规定：

- a) 外通风双层幕墙的外层幕墙应承受完全的风荷载；
- b) 外通风双层幕墙的内层幕墙为主要受力结构时，内层幕墙应承受完全的风荷载；外通风双层幕墙的内层幕墙为围护结构时，内层幕墙承受的风荷载标准值可按 80 % 进行折减；
- c) 外通风双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值均不应小于 1.0 kN/m^2 。

8.3.4 内外通风转换的双层幕墙的内、外层幕墙风荷载标准值应按 8.3.3 的规定确定。

8.4 连接设计

8.4.1 双层幕墙的结构与构造连接的连接件、焊缝、螺栓、螺钉设计应符合 GB 50017、GB 50429 和 JGJ 99 的规定。

8.4.2 内外层幕墙组成单元体的连接件、螺栓、螺钉符合下列规定：

- a) 连接边的连接件的数量应根据被连接构件的受力需要确定，且不应少于两处；铝合金板材连接件的壁厚不应小于 8 mm，钢连接件的壁厚不应小于 6 mm；
- b) 每处连接件上的螺栓或螺钉直径不应小于 8 mm，数量不应少于 2 个。

8.4.3 双层幕墙的构造连接符合下列规定：

- a) 通道连接边的连接件数量应根据受力需要确定，且不少于两处；铝合金连接件的壁厚不应小于 4 mm，钢连接件的壁厚不应小于 3 mm；每处连接件上的螺栓或螺钉的直径不应小于 5 mm，数量不少于 2 个；
 - b) 进出风口、空气间层内隔板、遮阳设施连接边的连接件数量应根据受力需要确定，且不少于两处；铝合金连接件的壁厚不应小于 3 mm，钢连接件的壁厚不应小于 2.5 mm；每处连接件上的螺栓或螺钉的直径不应小于 5 mm。
- 8.4.4 连接件应满足抗拉、抗剪、抗弯、抗扭的承载力要求，焊缝、螺栓、螺钉应具有与连接件相匹配的承载能力。

9 点支承玻璃幕墙

9.1 基本要求

- 9.1.1 严寒、寒冷地区和夏热冬冷地区宜选用双层 Low-E 中空玻璃，夏热冬暖地区可选用单层 Low-E 玻璃或双层 Low-E 中空玻璃。
- 9.1.2 对节能要求较高的建筑，可选用三层中空玻璃或真空复合中空玻璃。
- 9.1.3 点支承玻璃支承孔周边应进行可靠的密封。当点支承玻璃为中空玻璃时，其支承孔周边应采取多道密封措施。
- 9.1.4 玻璃拼接缝及支承点密封应选用硅酮建筑密封胶，确保接缝具有良好的耐候性、弹性和长期粘结稳定性，适应幕墙在温度变化、风荷载和地震作用下的位移需求。硅酮建筑密封胶应符合 GB/T 14683 和 GB 16776 的规定。
- 9.1.5 支承结构与玻璃、主体结构的连接部位应采用隔热垫片，防止形成热桥，降低能量损失并避免内表面结露。所用隔热垫片应具备良好的抗压强度和耐久性，且厚度不应小于 50 mm，确保有足够的热阻长度来有效抑制热量传导。
- 9.1.6 幕墙与主体结构的连接部位应能适应主体结构的变形，主体结构应能承受支承体系的荷载作用，主体结构的荷载不应传递至幕墙支承体系上。

9.2 构造设计

- 9.2.1 钢质支承桁架、横梁的节点部位应设置隔热衬垫，以阻断钢材之间的直接金属接触，防止形成热桥，降低热量通过高导热材料的传递速率。隔热衬垫宜采用导热系数低、抗压强度高的非金属材料。
- 9.2.2 铝合金支承型材应采用穿条式或浇注式隔热型材。
- 9.2.3 拉索、拉杆与主体结构的连接节点，应采用隔热套或隔热垫板，减少热传导。
- 9.2.4 驳接爪与玻璃面板的接触面应设置弹性隔热垫片，垫片的面积应覆盖整个接触区域。
- 9.2.5 连接件与支承结构的连接处，宜采用隔热螺栓或隔热套筒，阻断热桥路径。
- 9.2.6 对温差较大地区的幕墙，可在连接件外侧设置保温罩。

9.3 结构设计

- 9.3.1 结构设计应兼顾节能构造要求，不应结构布置破坏热桥阻断措施或密封性能；支承结构的截面设计应平衡强度、刚度与热工性能，避免过度增大截面导致热损失增加。
- 9.3.2 支承钢结构的设计应符合 GB 50017、GB/T 50018 和 JGJ 257 的规定。
- 9.3.3 型钢或钢管作为支承结构时，符合下列规定：
- a) 端部与主体结构的连接构造应能适应主体结构的位移宜采用铰接构造；
 - b) 竖向构件宜按偏心受压构件或偏心受拉构件设计；水平构件宜按双向受弯构件设计，有扭矩作用时，考虑扭矩的不利影响；
 - c) 受压杆件的长细比不宜大于 150；
 - d) 在风荷载标准值作用下，挠度不宜大于其跨度的 1/250；计算时，悬臂结构的跨度应取其悬挑长度的 2 倍。
- 9.3.4 桁架或空腹桁架设计符合下列规定：
- a) 可采用型钢或钢管作为杆件，采用钢管时宜在节点处直接焊接，主管不宜开孔，支管不应穿入主管内；

- b) 钢管外直径不宜大于壁厚的 50 倍，支管外直径不宜小于主管外直径的 0.3 倍；钢管壁厚不宜小于 4 mm，主管壁厚不应小于支管壁厚；
 - c) 桁架杆件不宜偏心连接，弦杆与腹件、腹杆与腹杆之间的夹角不宜小于 30° ；
 - d) 焊接钢管桁架宜按刚接体系计算，焊接钢管空腹桁架应按刚接体系计算；
 - e) 轴心受压或偏心受压的桁架杆件，长细比不应大于 150；轴心受拉或偏心受拉的桁架杆件，长细比不应大于 350；
 - f) 当桁架或空腹桁架平面外的不动支承点相距较远时，应设置平面外正交方向的稳定支撑结构；
 - g) 桁架或空腹桁架在风荷载标准值作用下的挠度不应大于其跨度的 1/250；计算时，悬臂架的跨度可取其悬挑长度的 2 倍。
- 9.3.5 张拉索杆体系设计符合下列规定：
- a) 应在正、反两个方向上形成承受风荷载或地震作用的稳定结构体系；在平面外方向应保证结构体系的稳定性；
 - b) 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；自平衡体系的受压杆件可采用碳素结构钢；拉索宜采用不锈钢绞线、锌-5%铝-混合稀土合金镀层高强钢绞线；也可采用铝包钢绞线或其他具有防腐性能的钢绞线；不锈钢绞线的钢丝直径不宜小于 1.2 mm，钢绞线直径不宜小于 8 mm；
 - c) 拉杆应符合 GB/T 20934 和 JG/T 389 的规定，拉杆、拉索与接头及与外部连接均不应焊接；
 - d) 自平衡体系、索杆体系的受压杆件的长细比不应大于 150；
 - e) 拉索幕墙的不锈钢绞线和拉索头应符合 GB/T 33026 和 JG/T 201、YB/T 4294 的规定；
 - f) 钢绞线拉索折线处可设置锚具或连续穿孔，连续穿孔处应采用弧形过渡。
- 9.3.6 张拉索杆体系结构分析符合下列规定：
- a) 结构力学分析时考虑几何非线性的影响；
 - b) 分析模型及边界支承的计算假定应与实际构造相符合，并应计入索端支承结构变形的影响；
 - c) 张拉索杆体系的荷载状态分析应在初始预拉力状态的基础上进行；
 - d) 张拉索杆体系中的拉杆或拉索在荷载设计值作用下，应保持一定的预拉力储备；
 - e) 张拉索杆体系挠度控制应以初始预拉力状态作为挠度计算的初始状态，采用永久荷载、风荷载、温度荷载作用的标准组合。
- 9.3.7 索桁架设计符合下列规定：
- a) 索桁架的形式应根据建筑造型、抗风能力、支承部位等因素确定；
 - b) 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
 - c) 索桁架矢高宜取跨度的 1/10~1/20；
 - d) 索桁架的挠度不应大于其跨度的 1/200。
- 9.3.8 自平衡索桁架设计符合下列规定：
- a) 自平衡索桁架矢高宜取跨度的 1/10~1/20；
 - b) 中心压杆应按压弯构件进行设计；
 - c) 自平衡索桁架一端应设置可沿纵向滑动的铰支座；
 - d) 索桁架满足索中预拉力储备时，索初始张拉应力不宜过大；
 - e) 自平衡索桁架挠度不应大于其跨度的 1/200。
- 9.3.9 单层曲面索网设计符合下列规定：
- a) 曲面形状及初始预拉力状态应综合建筑造型、边界支承条件、抗风能力及施工可行性等要求，通过解析方法或有限元分析方法确定；
 - b) 应进行张拉及加载过程的施工过程模拟分析工作；
 - c) 索网纵横两个方向的索中应力分布宜分别相对均匀；
 - d) 考虑纵横索相交节点处索体不平衡力对索夹设计的影响；
 - e) 单层平面索网挠度不应大于其短向跨度的 1/45，单层曲面索网的挠度不宜大于其短向跨度的 1/200。
- 9.3.10 单向竖索设计符合下列规定：
- a) 玻璃面板宜采用夹层玻璃；

- b) 边端索支承的边跨玻璃面板与主体结构之间的连接构造应能适应风荷载作用下索及玻璃的变形要求；
 - c) 单向竖索的挠度不应大于其跨度的 1/45。
- 9.3.11 铝合金支承型材的最小壁厚不应小于 2.5 mm，以确保其在风荷载、自重及地震作用下具备足够的强度和刚度，满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计要求。铝合金构件的表面处理宜采用氟碳喷涂或阳极氧化工艺，以提高其耐候性、耐腐蚀性和装饰效果，延长使用寿命。

9.4 连接设计

- 9.4.1 连接节点的设计应同时满足荷载传递（安全）和热桥阻断（节能）要求，不应追求连接强度而忽略隔热构造，或因设置隔热垫片而降低连接可靠性。
- 9.4.2 连接材料应与玻璃面板、支承结构材料兼容，避免电化学腐蚀；密封材料应与相邻材料兼容，不发生化学反应，确保密封性能长期稳定。
- 9.4.3 连接节点应能适应温度变形、地震位移和安装偏差，确保连接牢固且密封性能不受影响；拉索、拉杆支承幕墙的连接节点应具有一定的位移补偿能力。
- 9.4.4 幕墙与主体结构的连接部位应能适应主体结构的变形主体结构应能承受拉杆体系或拉索体系的拉力和荷载作用，主体结构的荷载不应传递至幕墙支承结构。
- 9.4.5 采用驳接头连接时，驳接头与玻璃面板的间隙应能满足在风荷载作用下支承点处的转动变形要求，并考虑施工偏差造成的不利因素。
- 9.4.6 拉索或拉杆端部可设计成单耳板或双耳板连接。调节和张紧用的连接器，数量和位置应按体系构造状况设定。

10 单元组合幕墙

10.1 基本要求

- 10.1.1 根据建筑形体及设计要求合理选择单元组合幕墙，单元组合幕墙构造系统设计应安全可靠，并便于制作、安装、维修保养和局部更换。
- 10.1.2 单元组合幕墙板块及相配套的装置和部件应在工厂内加工并完成组装，受运输或吊装影响的装饰构件可在施工现场组装，保温、防火、防雷、灯光和电动开窗装置等，宜与单元板块的安装同步施工。
- 10.1.3 单元框体宜选用铝合金隔热型材，隔热条应采用聚酰胺材质，隔热条截面高度不应小于 24 mm；当采用钢质框体时，钢质框体应采用耐候钢并进行防腐处理，钢质框体宜采用断热构造设计，且内外侧金属板之间应填充保温材料。
- 10.1.4 单元框体腔体内填充的保温材料导热系数不应大于 0.04 W/(m·K)，燃烧性能等级不应低于 B1 级；热桥阻断构件（隔热垫片、隔热套筒）导热系数不应大于 0.3 W/(m·K)。

10.2 构造设计

- 10.2.1 铝合金单元框体应采用穿条式或浇注式隔热型材，隔热条应贯穿整个框体截面，不应中断；转角部位应采用专用转角隔热件，确保隔热构造连续，避免形成热桥。
- 10.2.2 玻璃面板与单元框体之间应设置弹性隔热垫片和密封胶条，垫片应覆盖玻璃边缘，避免玻璃与金属直接接触。
- 10.2.3 单元框体腔体内应填充连续、饱满的保温材料，保温层厚度不应小于框体隔热条宽度，且不应堵塞排水通道。
- 10.2.4 单元组合幕墙与主体结构、屋面、墙体的交接部位，应采用保温密封材料填充，保温层厚度不小于框体隔热厚度；开启扇五金配件应选用隔热型，密封胶条连续布置；吊挂件、定位件等辅助构件应设置隔热垫片。
- 10.2.5 隔热型材的隔热条应与框体端面平齐，不应切割短缺；框体拼接处的隔热构造应连续，采用专用胶粘剂密封；钢质框体的保温层应完整覆盖内外侧金属板，不应存在空隙或遗漏区域。
- 10.2.6 单元框体内表面应设置保温层或采用隔热型材，防止热桥效应导致内表面温度降低至室内空气露点温度以下而产生结露；内道密封胶条应具有隔汽性能，防止水蒸气进入减压腔；框体底部设置冷凝水收集槽，与排水孔连通。

10.2.7 易渗入雨水和凝聚冷凝水的部位，应设计导排水构造中应无积水现象。水平构件上腹板面上不宜开导排水孔，内排水设计宜采用同层排水方式。

10.2.8 单元组合幕墙插接接缝设计符合下列规定：

- a) 单元式幕墙板块之间应设置适量的搭接长度，立柱的搭接长度不应小于 12 mm，顶、底横梁的搭接长度不应小于 15 mm，并能容纳下列位移而不对幕墙性能产生任何影响：
 - 1) 设计荷载及重复周期作用下造成的翘曲；
 - 2) 建筑位移造成的尺寸和形状改变，包括沉降、收缩、弹性压缩、楼板梁挠度、裂缝、风造成的摇摆、地震、扭曲、倾斜及温差和潮湿引起的位移；
 - 3) 主体支承结构或建筑框架的任何节点的位移，不论其节点设计是否容纳位移。
- b) 对于板块宽度大于 2 m 或者板块高度大于 5 m 的单元组合幕墙应插接接缝。

10.2.9 单元组合幕墙的通气孔和排水孔宜采用透水材料封堵。通气孔宜为直径不小于 8 mm 的圆孔，排水孔宜采用不小于 20 mm×8 mm 的长形孔。

10.2.10 单元组合幕墙与主体结构或其他系统的相接部位，应保持幕墙防水系统的完整。可增加配置或选用与单元组合幕墙同一系列的型材作收口、收边构件，并采取密闭封堵措施。

10.2.11 单元组合幕墙面材与框架及框架与框架连接部位，应有可靠的密封措施。

10.3 结构设计

10.3.1 明框单元板块的龙骨采用隔热型材时，玻璃应采用结构胶与隔热型材的主要受力部分牢固粘接。明框单元体幕墙使用铝扣条安装玻璃的，应设计可靠的防脱构造措施。玻璃与型材之间的间隙应满足注胶要求且不小于 8 mm，并应大于立柱与玻璃之间的侧向相对变形值，当此间隙采用密封胶密封时，密封胶应有相应的变位能力。

10.3.2 大板块、复杂板块设计符合下列规定：

- a) 宽度超过 2 m 的大板块及有中立柱的复杂单元板块宜整体建模计算复核，各连接点的刚接、铰接假定应与实际情况相符；横梁立柱间直接由螺钉连接的节点宜按铰接考虑，必要时宜增设辅助连接件加强处理；
- b) 对于复杂造型、不规则单元体及转角单元体幕墙设计时应提高整体刚度；使用与桁架结构结合设计的单元体板块，桁架宜直接与主体结构进行连接；单元体框架连接构造应专设辅助连接件加强，必要时可设置板内支撑系统，强化整体和角部构造；
- c) 以中立柱、左右立柱为主要传力构件时，中立柱与上下横梁的连接、上下横梁与左右立柱的连接应安全可靠，应分别复核吊装和使用状态下的承载能力，中立柱宜直接固定在主体结构上；
- d) 转角处单元组合幕墙应保持防水连续性，应根据板块的位移伸缩方法进行设置连接挂件与过桥料；转角采用分体单元时，转角处一侧的单元板块应限制平面内的水平位移；采用整体单元时，单元板块应限制平面内的水平位移。

10.3.3 带外装饰条的单元体幕墙设计符合下列规定：

- a) 固定外装饰条的立柱、横梁应能独立承受装饰条、面板传递的拉力、剪力、双向弯矩、扭矩等共同作用；
- b) 装饰条宜固定在左右立柱或上下横梁中刚度较大的型材上，立柱、横梁插接部位的厚度应能有效传递、协调公母型材上的荷载，确保公母型材的协调变形；
- c) 外挑装饰条的尺寸自面板外侧算起，悬挑尺度不宜大于 300 mm，不应大于 600 mm；超过上述尺度的装饰构件或遮阳构件，宜直接固定在主体结构上；
- d) 装饰条连接宜采用螺栓固定，可按构造和受力需要，采用单排或双排螺栓固定，外装饰条连接件应安全牢固；
- e) 外装饰条不宜设计有铝合金扣条，易脱落；当设有铝合金扣条时，应采取有效的机械防脱措施；
- f) 外装饰条宜设计有垂直或者水平定位措施；
- g) 单元板块底部应有防侧向滑移的措施，并能承受作用于其上的侧向荷载；
- h) 横梁与立柱的连接节点及截面设计，考虑来自装饰构件的荷载所产生的拉力、剪力和扭矩，必要时连接节点宜增设辅助连接件加强处理；

- i) 装饰条应独立承受自身所负担的荷载和作用，满足强度和刚度要求；装饰条不宜与梁、柱组成复合构件受力；
 - j) 外装饰条设计宜考虑外装饰条内的孔洞引起的风噪声；
 - k) 连接件与埋件系统应有抗侧向荷载措施。
- 10.3.4 可维护设计符合下列规定：
- a) 幕墙面板设计安装宜便于更换维修，板块应有防滑脱、防坠落的构造措施，宜有供面板拆卸更换用的临时固定构造措施；
 - b) 单元体幕墙排水不宜直接排水至面板表面，减少在面板及缝隙表面形成水流而造成脏污流痕；
 - c) 根据建筑设计要求，幕墙设计应与擦窗机设计、灯光设计、透明电子屏、广告屏等进行，连接位置应牢固可靠，且不应破坏幕墙的防水与节能系统；
 - d) 擦窗机的防风销及防坠扣索应连接牢固可靠，防风销与防坠扣索应能承受上、下、左、右、外五个方向不小于 2.7 kN 的短时荷载，各类连接结合处不应破坏幕墙系统的物理性能。

10.4 连接设计

10.4.1 阴阳角单元板块的连接应采用专用转角连接件，连接件应同时满足转角部位的受力传递和隔热要求。

10.4.2 连接件与单元框体、主体结构的接触部位应设置隔热垫片。对于外露的金属连接件，应在安装后设置保温罩进行包裹，保温罩应连续设置，完全包裹连接件外露部分，并与周边保温层衔接严密。

10.4.3 连接节点应设置滑动支座或弹性连接件，允许单元板块在水平和垂直方向有一定的位移，适应温度变形和地震作用；位移补偿部位的密封应采用弹性和耐久性的密封材料，确保位移后密封性能不受影响。

10.4.4 遮阳构件与单元板块的连接处应设置密封胶条，避免形成空气渗透通道；密封胶条应与遮阳构件和单元框体紧密贴合，适应遮阳系统的调节位移。
