

ICS 号
CCS 号

团体标准

团体标准编号
代替团体标准编号

热致调光中空玻璃应用技术规程

Technical regulations for engineering application of
thermochromic glass

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法（试行）》（国建节协（2017）40号）及《关于印发〈2022年度第一批团体标准制修订计划〉的通知》（国建节协[2022]16号）的要求，由中建研科技股份有限公司、重庆禾维科技有限公司会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认真总结实践经验，考察有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本规程。

本规程的主要内容包括：1总则；2术语；3材料；4设计；5安装施工；6验收。

本规程由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理（联系电话：010-57811218，010-57811483，邮箱：biaoban@cabee.org），由中建研科技股份有限公司、重庆禾维科技有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中建研科技股份有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路30号中国建筑科学研究院抗震楼3层，邮编：100029）

本 规 程 主 编 单 位： 中建研科技股份有限公司
重庆禾维科技有限公司

本 规 程 参 编 单 位： 北京建筑大学
北京工业大学
天津大学
天津商业大学
中国建筑科学研究院建筑设计院五院
上海水石建筑规划设计股份有限公司
重庆大学材料学院
重庆市绿色建筑技术促进中心
重庆市勘察设计协会
重庆新科建设工程有限公司
重庆建工住宅建设有限公司

.....

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 次

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 1 | 总则 | 1 |
| 2 | 术语 | 2 |
| 3 | 材料 | 3 |
| 3.1 | 玻璃 | 3 |
| 3.2 | 装配材料 | 4 |
| 4 | 设计 | 6 |
| 4.1 | 一般规定 | 6 |
| 4.2 | 热致调光中空玻璃选型 | 6 |
| 4.3 | 构造设计 | 6 |
| 4.4 | 密封设计 | 7 |
| 4.5 | 抗风压设计 | 8 |
| 4.6 | 热工设计 | 8 |
| 4.7 | 防热炸裂设计 | 9 |
| 4.8 | 安全设计及其他性能要求 | 10 |
| 5 | 安装施工 | 11 |
| 5.1 | 一般规定 | 11 |
| 5.2 | 施工准备 | 11 |
| 5.3 | 安装施工 | 11 |
| 5.4 | 施工安全 | 12 |
| 6 | 验收 | 14 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 6.1 一般规定 | 14 |
| 6.2 主控项目 | 14 |
| 6.3 一般项目 | 16 |
| 附录 A 热致调光中空玻璃起始雾化温度及完全雾化温度试验方法 | 17 |
| 附录 B 热致调光中空玻璃的光学、热工性能参数 | 18 |
| 附录 C 热致调光中空玻璃配合不同窗框的整窗传热系数 | 19 |
| 本规程用词说明 | 20 |
| 引用标准名录 | 21 |
| 条文说明 | 23 |

1 总则

1.0.1 为规范热致调光中空玻璃的应用，做到安全可靠，确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于民用建筑中采用热致调光中空玻璃的材料选型、设计、施工与验收。

1.0.3 热致调光中空玻璃的设计、施工与验收，除应执行本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑采光设计标准》GB/T 50033、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 等有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 热致调光材料 Thermochromic material

在一定范围内，随着温度升高可由透明状态转为雾化状态、随温度降低可由雾化状态转为透明状态的可逆热致变色材料。

注：如改性聚乙烯醇缩丁醛(PVB)胶片、纳米高分子凝胶等。

2.0.2 热致调光玻璃 Thermochromic glass

在两层玻璃之间夹进一层可逆热致调光材料，通过密封加工处理后，具有随着温度变化发生光透射特性改变的玻璃制品。

2.0.3 热致调光中空玻璃 Thermochromic insulating glass

由热致调光玻璃与带有中空层空腔的玻璃组合而成，具有随温度变化发生透射特性改变的中空玻璃制品。

2.0.4 雾化 Atomization

当温度升高到某一特定值时，热致调光材料发生相分离，形成无数细微颗粒，对入射光造成强烈散射，大部分光线被散射，玻璃逐渐变得不透明，这种现象称为雾化，发生雾化时的状态为雾化状态。

2.0.5 雾度 Fog degree

热致调光中空玻璃雾化后，由光散射引起的玻璃的不透明度。

2.0.4 起始雾化温度 Initial thermochromic temperature

随着温度升高，热致调光中空玻璃开始由透明状态向雾化状态转变的温度。

2.0.5 完全雾化温度 Complete thermochromic temperature

热致调光中空玻璃发生雾化后，随着温度继续升高，热致调光中空玻璃由透明状态转为完全雾化状态，透光性能不再发生变化的温度。

2.0.6 完全雾化状态 Complete thermochromic condition

热致调光中空玻璃发生雾化后，随着温度继续升高，热致调光中空玻璃透光性能不再发生变化的状态。

3 材料

3.1 玻璃

3.1.1 热致调光中空玻璃采用的玻璃材料应符合现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定。

3.1.2 热致调光中空玻璃的外观质量应符合表 3.1.2-1 和表 3.1.2-2 的规定。

表 3.1.2-1 热致调光中空玻璃外观质量要求

| 项目 | 要求 | 试验方法 |
|-------|---|--------------------------|
| 边部密封 | 密封胶应均匀连续整齐，与玻璃充分粘结，且不超出玻璃边缘。 | GB/T 11944 GB 15763.3 |
| 玻璃 | 宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 、长度 $\leq 30\text{mm}$ 的划伤不超过 4 条/ m^2 ； 0.2mm $<$ 宽度 $< 1\text{mm}$ 、长度 $\leq 50\text{mm}$ 的划伤不超过 1 条/ m^2 ； 其它缺陷应符合相应玻璃标准要求。 | |
| 间隔材料 | 无扭曲，表面平整光洁；表面无污痕、斑点及片状氧化现象。 | |
| 玻璃内表面 | 无妨碍透视的污迹和密封胶流淌。 | |
| 热致调光层 | 热致调光层不应有异物、渗漏。 | |

表 3.1.2-2 热致调光中空玻璃气泡外观质量要求

| 项目 | 气泡尺寸, mm | | | | 试验方法 |
|--------|---------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------|
| | 直径 ≤ 0.5 | 0.5 $<$ 直径 ≤ 1.0 | 1.0 $<$ 直径 ≤ 3.0 | 直径 > 3.0 | |
| 玻璃板面积 | / | / | 面积 $\leq 8 \text{ m}^2$ | 面积 $> 8 \text{ m}^2$ | GB/T 5949 |
| 允许气泡数量 | 允许存在 | 不允许密集存在，即在 200mm 直径的圆面积内不应超过 5 个 | ≤ 1 个/ m^2 | ≤ 1.2 个/ m^2 | |

3.1.3 热致调光中空玻璃的尺寸偏差应符合表 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 热致调光中空玻璃尺寸偏差（单位：mm）

| 项目 | 要求 | 试验方法 |
|----------------|---|------------|
| 长度、宽度边长 L 允许偏差 | $L < 1000$ ± 2 $1000 \leq L < 2000$ $+ 2, -3$ $L \geq 2000$ ± 3 | GB/T 11944 |

| | | |
|---------|---|--|
| 厚度允许偏差 | 不能超过构成热致调光中空玻璃的原片玻璃厚度允许偏差和中间层材料厚度允许偏差总和。原片玻璃厚度允许偏差应符合《平板玻璃》GB 11614 的规定。整体厚度偏差应符合《中空玻璃》GB 11944 的规定 | |
| 合片边长L叠差 | $L < 1000$ + 2 $1000 \leq L < 2000$ + 3 $L \geq 2000$ + 4 | |
| 对角线差 | 矩形对角线差不大于对角线平均长度的 0.2%，曲面和异性玻璃对角线差由供需双方商定 | |

3.1.4 热致调光中空玻璃的物理性能应符合表 3.1.4 的规定。

表 3.1.4 热致调光中空玻璃物理性能要求

| 项目 | 要求 | 试验方法 |
|-----------|--|--------------------------------------|
| 初始雾化温度 | 实际初始雾化温度与标称起始雾化温度不应超过±2℃ | 附录 A |
| 完全雾化温度 | 实际完全雾化温度不应高于标称起始雾化温度10℃ | 附录 A |
| 雾化均匀性 | 雾化后的反射色色差不应大于 3CIELAB | GB/T 18915.2 |
| 露点 | 热致调光中空玻璃中空层的露点应<-40℃ | GB/T 11944 |
| 室外侧可见光反射比 | 在透明状态下室外侧可见光反射比均不应超过 15% | GB/T 2680 |
| 耐紫外辐照 | 试验前后热致调光中空玻璃在透明和雾化状态下可见光透射比对应变化率不应大于 7% | GB/T 11944 GB/T 5137.2 |
| 水汽密封耐久性 | 水分渗透指数 $I \leq 0.25$ ，平均值 $I_{av} \leq 0.20$ | GB/T 11944 |
| 气体密封耐久性 | 经气体密封耐久性能试验后的气体含量应 $\geq 80\%$ (v/v) | GB/T 11944 |
| 光学、热工性能参数 | 不同类型的热致调光玻璃的可见光透射比、太阳得热系数及传热系数详见附录 B | GB/T 2680 GB/T 2410 GB/T 22476 |

3.2 装配材料

3.2.1 间隔条材料应符合现行行业标准《中空玻璃间隔条 第 1 部分：铝间隔条》JC/T 2069、《中空玻璃间隔条 第 2 部分：不锈钢间隔条》JC/T 2452、《中空玻

璃间隔条 第3部分：暖边间隔条》JC/T 2453等相关标准的规定。

3.2.2 密封材料应能够满足热致调光中空玻璃的密封性能与结构稳定性，且符合现行国家标准《建筑密封胶分级和要求》GB/T 22083、《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113的规定。

3.2.3 热致调光材料及安装所采用的配套材料应符合现行国家和行业有关标准的规定，并应优先采用节能、利废、环保的原材料，不得采用性能不稳定以及国家、行业明令淘汰、禁止使用的材料。其有毒有害限量值应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566、《民用建筑工程室内环境污染控制规程》GB 50325等相关国家标准的规定。

3.2.4 支承块宜采用挤压成型PVC或邵式A硬度为80~90的氯丁橡胶等材料制成。

3.2.5 定位块和弹性止动片宜采用有弹性的非吸附性材料制成。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 热致调光中空玻璃应用于幕墙工程时，其设计应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 和《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 等相关标准的规定。热致调光中空玻璃应用于门窗工程时，其设计应符合现行行业标准《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214 等相关标准的规定。热致调光中空玻璃应用于采光顶时，应符合现行行业《建筑玻璃采光顶技术要求》JG/T 231 等相关标准的规定。

4.1.2 热致调光中空玻璃与型材应配套选择，并在设计文件中应明确整窗（含幕墙）的抗风压性能、气密性能、水密性能、隔声性能、保温性能、抗震性、防火性、太阳得热系数等物理性能指标。

4.1.3 热致调光中空玻璃应用的设计文件中应有设计说明、施工图、设计计算书等相关技术要求。设计中有选用标准图集的，应注明门窗标准设计图集号和门窗编号，明确门窗种类、系列、规格以及所配的热致调光中空玻璃品种、厚度等技术参数。

4.2 热致调光中空玻璃选型

4.2.1 热致调光中空玻璃起始雾化温度应根据当地气候环境、建筑情况及特定需求确定。热致调光中空玻璃起始雾化温度的选择可按照下列方法进行：

根据夏季典型日的环境温度和太阳辐射强度，通过式 4-2 计算得到热致调光中空玻璃的起始雾化温度理论值，以理论值的临近值向下选取热致调光中空玻璃的产品类型。

$$T=0.0284 \times G+1.771+t \quad (4.2)$$

式中：T—起始雾化温度（℃）；

G—水平总辐射强度（W/m²）；

t—干球温度（℃）。

4.3 构造设计

4.3.1 热致调光中空玻璃应用于门窗、幕墙、采光顶时，其构造设计应满足安全、实用、美观的要求，并应便于制作、安装、维修和更换清洗。

4.3.2 热致调光中空玻璃可与隔热铝合金、彩钢、多腔塑料、实木、铝木等各类门窗型材组合使用，可设计为平开、推拉、立转、上悬、中悬、下悬等开启形式。

4.3.3 热致调光中空玻璃的热致变色层应做出清晰的标记，用于门窗、幕墙、采光顶等建筑外围护结构时，热致调光材料应位于玻璃中部偏室外一侧。

4.3.4 热致调光中空玻璃门窗槽口的宽度应等于玻璃与槽口的前部余隙、后部余隙、空气层厚度、热致调光层及玻璃公称厚度之和。

4.3.5 热致调光中空玻璃与门窗配套使用时，外开窗扇的宽度、高度、开启角度及锁闭点个数应符合现行行业标准《塑料门窗设计及组装技术规程》JGJ 362等相关标准的规定。

4.3.6 采光设计应符合下列规定：

- 1 采光设计应符合现行国家标准《建筑采光设计标准》GB/T 50033 的规定；
- 2 按不同建筑门窗采光性能要求合理设计窗墙比，窗墙比应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的规定。

4.3.7 热致调光中空玻璃应用于建筑的采光顶时，采光顶应具有适当的排水坡度，其自重下的挠度不应影响排水。

4.4 密封设计

4.4.1 水密性设计应符合下列规定：

1 热致调光中空玻璃门窗应按等压腔原理进行防水设计，并采取有效的密封防水措施；

2 玻璃镶嵌处采用胶条密封时，在窗型材上应设置排水孔及等压孔。排水孔的位置、数量及开口尺寸应符合现行行业标准《塑料门窗设计及组装技术规程》JGJ 362、《建筑门窗工程检测技术规程》JGJ/T 205 的相关规定。

3 构件连接缝隙、附件装配缝隙、螺栓、螺钉孔等部位应采取防水密封措施。

4.4.2 气密性设计应符合下列规定：

1 采用耐久性好并具有良好的弹性的密封胶或密封胶条进行玻璃镶嵌密封和框扇之间的密封；

2 推拉门窗用密封毛条宜选用毛束致密的加片型毛条；

- 3 密封胶条、密封毛条的设计应连续，形成四周封闭的密封结构；
- 4 门窗构件连接部位和五金件装配部位，应采用密封材料进行妥善的密封处理。

4.4.3 隔声设计应符合下列规定：

- 1 采用密封性能良好的门窗构造型式，外门窗框与墙体洞口之间的安装缝隙应采用弹性闭孔材料填充饱满，并做防水密封处理；
- 2 针对内外片不同厚度的中空玻璃，单片玻璃厚度相差不宜大于 3mm；
- 3 中空玻璃空气层内可充惰性气体，在杆件的腔体内填充吸声材料。

4.5 抗风压设计

4.5.1 作用在热致调光中空玻璃上的风荷载应按照现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113-2015 中 5.1 的要求进行计算，其计算参数取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的相关规定。若计算的风荷载标准值小于 1.0kPa，应按 1.0kPa 取值设计。对于高度大于 60 米的建筑，还应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

4.5.2 热致调光中空玻璃的抗风压设计应同时满足承载力极限状态和正常使用极限状态的要求，根据现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 进行设计。

4.5.3 幕墙玻璃抗风压设计应按现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 执行。

4.6 热工设计

4.6.1 热致调光中空玻璃应用于门窗、幕墙和采光顶时，宜采取以下措施降低整体传热系数增加其保温隔热性能：

- 1 采用有断桥结构的隔热型材；
- 2 提高门窗整体的气密性能；
- 3 门窗框与洞口墙体之间的安装缝隙进行保温处理。

4.6.2 建筑能耗模拟（权衡）计算时，外窗太阳得热系数应根据热致调光玻璃雾化的时间范围进行调整。

4.6.3 当热致调光中空玻璃与其它类型玻璃混合使用时，整窗传热系数、太阳得热系数、可见光透射比应按不同玻璃面积所占比例进行加权平均计算。

加权平均传热系数的计算公式如下：

$$K=K_1 \times a + K_2 \times b \quad (4.6-1)$$

式中：K—加权平均传热系数（W/（m²·K））；

K₁—热致调光中空玻璃传热系数（W/（m²·K））；

a—热致调光中空玻璃面积比；

K₂—其它玻璃传热系数（W/（m²·K））；

b—其它玻璃面积比。

加权平均太阳得热系数的计算公式如下：

$$SHGC=SHGC_1 \times a + SHGC_2 \times b \quad (4.6-2)$$

式中：SHGC—加权平均太阳得热系数；

SHGC₁—热致调光中空玻璃太阳得热系数；

SHGC₂—其它玻璃太阳得热系数。

加权平均可见光透射比的计算公式如下：

$$\tau=\tau_1 \times a + \tau_2 \times b \quad (4.6-3)$$

式中：τ—加权平均可见光透射比；

τ₁—热致调光中空玻璃可见光透射比；

τ₂—其它玻璃太可见光透射比。

4.6.4 热致调光中空玻璃应用于门窗、幕墙和采光顶时，传热系数应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015 的有关规定。

4.6.5 部分热致调光中空玻璃的热物理性能指标参数如附录 B 所示。

4.6.6 部分热致调光中空玻璃配合不同窗框的整窗传热系数如附录 C 所示。

4.7 防热炸裂设计

4.7.1 当热致调光中空玻璃明框安装且位于向阳面时，应进行热应力计算，且玻璃边部承受的最大应力值不应超过玻璃端面强度设计值。半钢化玻璃和钢化玻璃可不进行热应力计算。

4.7.2 设计及施工时应采用下列减少热炸裂的措施：

- 1 防止或减少玻璃局部升温；
- 2 对玻璃边部进行倒角磨边等加工处理，安装玻璃时不应造成边部缺陷；
- 3 玻璃的镶嵌应采用弹性良好的密封衬垫材料；

4 玻璃室内侧的卷帘、百叶及隔热窗帘等内遮阳设施，与窗玻璃之间的距离不宜小于 50mm。

4.8 安全设计及其他性能要求

4.8.1 热致调光中空玻璃设计选用时还应考虑下列情况，采用安全玻璃且门窗安全玻璃的使用应符合现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定。

- 1 7层及7层以上建筑物外开窗；
- 2 单块玻璃面积大于 1.5m²或玻璃底边离最终装修面高度小于 500mm 的落地窗；
- 3 门玻璃和固定门玻璃；
- 4 公共建筑出入口门、门厅等部位；
- 5 幼儿园或其它儿童活动场所的门；
- 6 倾斜窗、采光顶及其它易遭受撞击、冲击而造成人体伤害的门窗；
- 7 幕墙(全玻幕墙除外)；
- 8 观光电梯及其外围护；
- 9 用于承受行人行走的地面板。

4.8.2 开启门扇、固定门以及落地窗的玻璃，应符合现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 中的防止人体冲击安全规定。

4.8.3 推拉窗用于外墙时，应设有防止窗扇脱落的装置。

4.8.4 安装在易于受到人体或物体碰撞部位的玻璃应采取适当的防护措施。对于碰撞后可能发生高处人体或玻璃坠落的情况，应采用可靠的护栏。

5 安装施工

5.1 一般规定

5.1.1 热致调光中空玻璃的最小安装尺寸应符合现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的规定，应用于幕墙工程时，其安装尺寸应符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 的规定。

5.1.2 当热致调光中空玻璃应用于门窗、幕墙、采光顶等建筑时，在进行主体结构安装时，应符合国家现行标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 等有关标准的规定。

5.2 施工准备

5.2.1 施工前，热致调光中空玻璃的标高线、水平线和边界线应根据施工图要求在建筑洞口部位做好清晰标记。

5.2.2 热致调光中空玻璃安装施工前应确保下列要求：

- 1 合理安排热致调光中空玻璃施工的相关分项工程的施工工序；
- 2 构件及配套件的材料品种、规格、外观和性能应符合设计要求，构件应按品种、规格堆放在专用架子或垫木上；
- 3 成品热致调光中空玻璃的建筑物理性能及其他性能应符合设计要求，并应有完备的质量控制资料；
- 4 安装所需的机具、辅助材料和安全设施齐全可靠。

5.2.3 热致调光中空玻璃安装前应对下列项目进行验收：

- 1 构件与主体结构锚固节点（含预埋件）的安装；
- 2 支承钢结构、金属连接件、边框节点及转角节点的安装；
- 3 防雷、防火节点的安装。

5.2.4 热致调光中空玻璃施工操作人员应进行培训，培训合格后方可进行施工，施工前应进行明确的技术交底，告知施工方热致调光中空玻璃的安装方式及叠放要求，并应严格按照要求进行。

5.3 安装施工

5.3.1 热致调光中空玻璃部件在安装施工时严禁现场加工。

5.3.2 热致调光中空玻璃施工单位应配合土建结构施工，提供预埋件设计制作及布置图。

5.3.3 热致调光中空玻璃安装应符合下列规定：

1 安装前应将表面尘土和污物擦拭干净；

2 安装时，应观察玻璃正反面，打孔面一侧应朝室外，热致调光层应朝室外；

3 热致调光中空玻璃安装就位时，应初步定位，进行调整后再正式固定。

4 玻璃边框四周的缝隙应采用硅酮密封耐侯胶连续封闭，硅酮密封胶的施工厚度不应小于施工胶缝宽度的 1/2 倍，且不小于 3.5mm，接缝应严密不渗水。缝隙较深时，底部应选用聚乙烯发泡填充条等填充；

5 硅酮密封胶在接缝内应形成两相对面粘结，避免三面粘结，防止拉伸破裂。硅酮密封胶注胶完毕后将多余的胶压平刮去，并清除玻璃板面上多余的胶体；

6 密封胶应在环境温度为 5℃~35℃，基材温度不大于 45℃且表面不结露的条件下施胶，严禁在雨天、雪天或者强风等恶劣天气施胶。

5.3.4 热致调光中空玻璃在采用吸盘安装时，应避免吸盘吸附靠近热致调光材料一侧的玻璃。

5.3.5 安装施工中应对热致调光中空玻璃产品保护，安装施工中造成的污染应及时清除，安装固定后应清除表面污物，注胶处应清洗干净，防止结构胶固化不良或表面污染。

5.3.6 热致调光中空玻璃的构件及配套件等应制定产品保护措施，防止发生变形、变色、污染以及排水通道堵塞现象。

5.3.7 清洗热致调光中空玻璃以及铝合金件的清洗剂应选用对其无腐蚀作用的中性清洁剂。

5.3.8 热致调光中空玻璃的安装施工除应符合本规程外，应符合现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102 等相关标准的规定。

5.4 施工安全

5.4.1 热致调光中空玻璃安装施工应严格按照国家现行标准《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870、《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80 等安全生产、

高空作业相关的法规及标准执行。

5.4.2 现场使用的电动工具应选用 II 类手持式电动工具。现场用电应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的规定。

5.4.3 密封材料施工中严禁烟火，现场焊接工作应在焊件下方设接火装置，并应设专人监护。

5.4.4 玻璃搬运与安装应符合下列安全操作规定：

1 搬运与安装前应确认玻璃无裂纹或暗裂；

2 搬运与安装时应戴手套，且玻璃应保持竖向；

3 风力五级以上或楼内风力较大部位，难以控制玻璃时，不应进行玻璃搬运与安装；

4 采用吸盘搬运和安装玻璃时，应仔细检查，确认吸盘安全可靠，吸附牢固后方可使用。

5.4.5 施工现场玻璃存放应符合下列规定：

1 玻璃存放地应离开施工作业面及人员活动频繁区域，且不应存放于风力较大区域；

2 玻璃应竖向存放，玻璃面与地面倾斜夹角应为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，顶部应靠在牢固物体上，并应垫有软质隔离物。底部应用木方或其他软质材料垫离地面 100mm 以上；

3 单层玻璃叠放时应垂直叠放或倾斜叠放，不应水平叠放。叠片数量不应超过 20 片，中空玻璃叠片数量不应超过 15 片。

5.4.6 在安装施工完成后，施工现场应设置醒目标志或隔离带，不得在玻璃附近进行电焊和气割作业。

6 验收

6.1 一般规定

6.1.1 热致调光中空玻璃工程的验收除应符合本章的规定外，还应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 及《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 等相关标准的规定。

6.1.2 工程验收时应核查下列文件和记录：

- 1 热致调光中空玻璃工程的施工图、设计说明及其他设计文件；
- 2 热致调光中空玻璃及配套材料的产品合格证书、型式检测报告、复验报告和进场验收记录等质量证明文件；
- 3 隐蔽工程验收应在作业面封闭前进行并形成验收记录；
- 4 施工记录。

6.1.3 热致调光中空玻璃工程验收时其判定规则应符合下列要求：

1 单项判定原则：在进行尺寸偏差、对角线差、厚度差、外观质量及表 3.1.4 中提及的物理性能项目检验时，任意 1 片玻璃所有项目均符合相应条款要求，则判定该片玻璃合格，否则为不合格。

2 多项判定原则：当下述 6.2、6.3 的检验数量中所有项目均符合第 3 章的规定要求，判定该工程检验项目合格，否则判定为不合格。

6.1.4 同一品种、类型和规格的门窗玻璃每 100 樘应划分为一个检验批，不足 100 樘也应划分为一个检验批。

6.2 主控项目

6.2.1 热致调光中空玻璃的品种、规格、尺寸、外观质量应符合设计及本规程第 3 章的要求，并且不同玻璃间的雾度偏差应不大于 $\pm 2\%$ 。

检验方法：观察；尺量检查；检查型式检验报告、出厂检验报告、出厂合格证书。

检验数量：全数检查。

6.2.2 建筑用热致调光中空玻璃进场时，应对玻璃雾化状态下的太阳得热系数、可见光透射比、可见光反射比、密封性能进行复验，复验应为见证制样送检，复

检结果合格才可投入使用。

检验方法：传热系数、太阳得热系数、可见光透射比、可见光反射比的复验方法按照现行国家标准《建筑玻璃可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳光总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》GB/T 2680 中的规定进行。密封性能复验按照现行国家标准《中空玻璃》GB/T 11944 中的规定进行。

检验数量：每个检验批应至少抽查 5%，并不得少于 3 樘，不足 3 樘时应全数检查；高层建筑每个检验批应至少抽查 10%，并不得少于 6 樘，不足 6 樘时应全数检查。

6.2.3 安装完成后的玻璃应牢固，不得有裂纹、损伤和松动。玻璃能按设计规定的雾化温度雾化，雾化后颜色均匀；玻璃温度低于设计规定的雾化温度时，玻璃能恢复正常透明状态。

检验方法：观察；轻敲检查，核查玻璃的出厂检验报告及型式检验报告。玻璃能否按设计规定的雾化温度雾化可通过红外线加热器给玻璃升温，采用温度传感器测试玻璃的温度，观察玻璃达到起始雾化温度后是否开始雾化。

检验数量：每个检验批应至少抽查 5%，并不得少于 3 樘，不足 3 樘时应全数检查；。

6.2.4 热致调光中空玻璃安装应符合下列规定：

1 安装的方向应符合设计要求；

2 玻璃不应直接接触型材，应在玻璃四边垫上不同作用的垫块，垫块宽度应与中空玻璃的厚度相匹配；

3 玻璃密封条与玻璃及玻璃槽口的接触应平整，不得卷边、脱槽，密封条断口处接缝应粘接。采用密封胶密封时，注胶厚度应符合相关规定，粘接面应干燥、无灰尘、油污，注胶应密实、不间断，表面光滑整洁；

4 玻璃压条与玻璃应全部贴紧，压条与型材的接缝应无明显缝隙，压条角部对接缝隙应不大于 0.5mm，不得在一边使用 2 根及以上的压条，且压条应在室内侧。

5 在易受到人体或物体碰撞部位的玻璃，应有防碰撞措施。

检验方法：观察。

检验数量：全数检查。

6.2.5 安装材料应与周边接触材料相容，安装材料的选用应通过相容性试验确

定。

检验方法：检查材料的相容性试验报告。

检验数量：全数检查。

6.2.6 热致调光中空玻璃安装完成后应对建筑外门窗进行气密性检查，其气密性应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定。

检验方法：《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 7106。

检验数量：每个检验批应至少抽查 5%，并不得少于 3 樘，不足 3 樘时应全数检查；高层建筑每个检验批应至少抽查 10%，并不得少于 6 樘，不足 6 樘时应全数检查。

6.3 一般项目

6.3.1 整幅玻璃应色泽均匀，中空玻璃内外表面均应洁净，中空层内不得有灰尘和水蒸气。

检验方法：观察。

检验数量：全数检查。

附录 A 热致调光中空玻璃起始雾化温度及完全雾化温度试验方法

A.0.1 热致调光中空玻璃的起始雾化温度应按照下述方法进行测试。

1 选取 3 块试样规格为 50mmx50mm 的方片/圆片，试样应在相同的制品材料、加工工艺下制作。试样的其它要求应符合现行国家标准《透明塑料透光率和雾度的测定》GB/T 2410 的相关规定。

2 将 3 块样品放置于标称起始雾化温度 T 的恒温箱中恒温半小时，恒温过程结束后 3 分钟内，按照现行国家标准《透明塑料透光率和雾度的测定》GB/T 2410 规定的雾度计法测试样品的雾度，结果取 3 块试样的平均值 H 。然后将 3 块样品放置在 $T+2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中半小时，恒温过程结束后 3 分钟内测试样品的雾度，结果取 3 块试样的平均值 H_1 。最后将 3 块样品放置在 $T-2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中半小时，恒温过程结束后 3 分钟内测试样品的雾度，结果取 3 块试样的平均值 H_2 。若 $H_1 \geq H$ 或 $H_2 \leq H$ ，则热致调光中空玻璃的起始雾化温度符合要求。

A.0.2 热致调光中空玻璃的完全雾化温度应按照下述方法进行测试。

1 选取 3 块试样规格为 50mmx50mm 的方片/圆片，试样应在相同的制品材料、加工工艺下制作。试样的其它要求应符合现行国家标准《透明塑料透光率和雾度的测定》GB/T 2410 的相关规定。

2 将 3 块样品放置在 T_1 ($T_1=T+20$) 的恒温箱中半小时，恒温过程结束后 3 分钟内，按照现行国家标准《透明塑料透光率和雾度的测定》GB/T 2410 规定的雾度计法测试样品雾化状态下的雾度，结果取 3 块样品的平均值 H 。然后将 3 块样品放置在 T_2 ($T_2=T+10$) 的测试温度下恒温半小时，在恒温环境 T_2 时测试样品的雾度 H_1 。若 $H_1=H$ ，则热致调光中空玻璃的完全雾化温度符合要求。

附录 B 热致调光中空玻璃的光学、热工性能参数

表 B 热致调光中空玻璃的 optical、热工性能参数取值

| 玻璃类型 | 透明状态下可见光透射比 T_v | 太阳得热系数 SHGC | | 中部传热系数 $K[W/m^2 \cdot K]$ |
|--|-------------------|-------------|--------|---------------------------|
| | | 透明状态 | 完全雾化状态 | |
| 6 透明+2M+6 透明+12A+6 透明 | 0.71 | 0.75 | 0.18 | 2.5 |
| 6 透明+2M+6 绿色吸热+12A+6 透明 | 0.66 | 0.47 | 0.18 | 2.5 |
| 6 透明+2M+6 灰色吸热+12A+6 透明 | 0.38 | 0.44 | 0.18 | 2.5 |
| 6 透明+2M+6 中透光热反射+12A+6 透明 | 0.28 | 0.30 | 0.18 | 2.1 |
| 6 透明 +2M+6 高透光 LOW-E+12A+6 透明 | 0.72 | 0.54 | 0.18 | 1.7 |
| 6 透明 +2M+6 中透光 LOW-E+12A+6 透明 | 0.62 | 0.44 | 0.18 | 1.6 |
| 6 透明 +2M+6 较低透光 LOW-E+12A+6 透明 | 0.48 | 0.33 | 0.18 | 1.6 |
| 6 透明 +2M+6 低透光 LOW-E+12A+6 透明 | 0.35 | 0.26 | 0.18 | 1.6 |
| 6 透明+2M+6 高透光 LOW-E+12 氩气+6 透明 | 0.72 | 0.54 | 0.18 | 1.4 |
| 6 透明+2M+6 中透光 LOW-E+12 氩气+6 透明 | 0.62 | 0.44 | 0.18 | 1.3 |
| 6 透明+2M+6 高透光 LOW-E+12 氩气+6 高透光 LOW-E+12 氩气+6 透明 | 0.47 | 0.36 | 0.18 | 1.0 |
| 6 透明+2M+6 高透光 LOW-E+16 氩气+6 高透光 LOW-E+16 氩气+6 透明 | 0.47 | 0.36 | 0.18 | 0.8 |

注：5mm 玻璃的太阳得热系数取值参照 6mm 玻璃的太阳得热系数选用。

附录 C 热致调光中空玻璃配合不同窗框的整窗传热系数

表 C 热致调光中空玻璃配合不同窗框的整窗传热系数

| 玻璃品种及规格 (mm) | | 玻璃中部传热系数 K[W/m ² ·K] | 整窗传热系数 K[W/m ² ·K] | | | | |
|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | 铝合金型材 | | | 彩钢复合型材 | |
| | | | 非隔热型材 (窗框窗洞面积 比 15%) | 隔热型 材(窗框 窗洞面 积 比 20%) | 隔热型材 多腔密封 (窗框窗 洞面积比 20%) | 灌注式 型材(窗 框窗洞 面积比 25%) | 组合式 型材(窗 框窗洞 面积比 25%) |
| 中空玻璃 | 6 透明 +2M+6 透明 +9A/12A+6 透明 | 2.7/2.5 | 3.8/3.6 | 3.2/3.0 | 3.1/2.9 | 2.8/2.7 | 2.4/2.3 |
| | 6 透明 +2M+6 绿色吸热 +9A/12A+6 透明 | 2.7/2.5 | 3.8/3.6 | 3.2/3.0 | 3.1/2.9 | 2.8/2.7 | 2.4/2.4 |
| | 6 透明 +2M+6 灰色吸热 +9A/12A+6 透明 | 2.7/2.5 | 3.8/3.6 | 3.2/3.0 | 3.1/2.9 | 2.8/2.7 | 2.4/2.4 |
| | 6 透明+2M+6 中透光热反射 +9A/12A+6 透明 | 2.3/2.1 | 3.5/3.3 | 3.0/2.8 | 2.8/2.6 | 2.8/2.7 | 2.3/2.3 |
| | 6 透明+2M+6 低透光热反射 +9A/12A+6 透明 | 2.2/2.0 | 3.4/3.2 | 3.0/2.8 | 2.7/2.5 | 2.6/2.5 | 2.3/2.2 |
| | 6 透明 +2M+6 高透光 LOW-E+9A/12A+6 透明 | 1.9/1.7 | 3.1/2.9 | 2.6/2.4 | 2.4/2.3 | 2.3/2.2 | 1.9/1.9 |
| | 6 透明 +2M+6 中透光 LOW-E+9A/12A+6 透明 | 1.8/1.6 | 3.1/2.9 | 2.5/2.3 | 2.3/2.2 | 2.3/2.2 | 1.9/1.8 |
| | 6 透明 +2M+6 较低透光 LOW-E+9A/12A+6 透明 | 1.8/1.6 | 3.1/2.9 | 2.5/2.3 | 2.3/2.2 | 2.3/2.2 | 1.9/1.8 |
| | 6 透明 +2M+6 低透光 LOW-E+9A/12A+6 透明 | 1.8/1.6 | 3.1/2.9 | 2.5/2.3 | 2.3/2.2 | 2.3/2.1 | 1.8/1.7 |
| | 6 透明 +2M+6 高透光 LOW-E+9/12 氩气+6 透明 | 1.5/1.4 | 2.8/2.6 | 2.3/2.2 | 2.2/2.0 | 2.0/2.0 | 1.6/1.5 |
| | 6 透明 +2M+6 中透光 LOW-E+9/12 氩气+6 透明 | 1.5/1.3 | 2.7/2.6 | 2.3/2.1 | 2.1/1.9 | 2.0/1.9 | 1.5/1.5 |

注：5mm 玻璃的太阳得热系数取值参照 6mm 玻璃的太阳得热系数选用。

表格中前后两个数值分别代表热致调光中空玻璃透明状态及完全雾化状态时的传热系数。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 3 《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB 50210
- 4 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 5 《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB 50411
- 6 《建筑施工安全技术统一规范》 GB 50870
- 7 《民用建筑工程室内环境污染控制规程》 GB 50325
- 8 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 9 《透明塑料透光率和雾度的测定》 GB/T 2410
- 10 《建筑玻璃可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳光总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》 GB/T 2680
- 11 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 12 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》 GB/T 7106
- 13 《平板玻璃》 GB 11614
- 14 《中空玻璃》 GB 11944
- 15 《镀膜玻璃 第 2 部分:低辐射镀膜玻璃》 GB/T 18915.2
- 16 《建筑幕墙》 GB/T 21086
- 17 《建筑密封胶分级和要求》 GB/T 22083
- 18 《建筑采光设计标准》 GB/T 50033
- 19 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 20 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 21 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
- 22 《玻璃幕墙工程技术规范》 JGJ 102
- 23 《塑料门窗工程技术规程》 JGJ 103
- 24 《建筑玻璃应用技术规程》 JGJ 113-2015
- 25 《铝合金门窗工程技术规范》 JGJ 214
- 26 《建筑玻璃采光顶技术要求》 JG/T 231
- 27 《塑料门窗设计及组装技术规程》 JGJ 362

- 28 《中空玻璃间隔条 第 1 部分：铝间隔条》JC/T 2069
- 29 《中空玻璃间隔条 第 2 部分：不锈钢间隔条》JC/T 2452
- 30 《中空玻璃间隔条 第 3 部分：暖边间隔条》JC/T 2453

X / XXXX

X / XXXX XX-20XX

热致调光中空玻璃应用技术规程

Technical regulations for engineering application of
thermochromic glass

(条文说明)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

目 次

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 1 | 总则 | 25 |
| 3 | 材料 | 26 |
| 3.1 | 玻璃 | 26 |
| 3.2 | 装配材料 | 26 |
| 4 | 设计 | 27 |
| 4.1 | 一般规定 | 27 |
| 4.2 | 热致调光中空玻璃选型 | 27 |
| 4.3 | 构造设计 | 27 |
| 4.4 | 密封设计 | 28 |
| 4.5 | 抗风压设计 | 29 |
| 4.6 | 热工设计 | 30 |
| 4.7 | 防热炸裂设计 | 30 |
| 4.8 | 安全设计及其他性能要求 | 31 |
| 5 | 安装施工 | 32 |
| 5.2 | 施工准备 | 32 |
| 5.3 | 安装施工 | 32 |
| 5.4 | 安全技术措施 | 33 |
| 6 | 验收 | 34 |
| 6.2 | 主控项目 | 34 |

1 总则

1.0.1 目前,随着我国建筑面积不段扩大,相应的能源消耗也逐渐扩大。建筑中能源消耗最直接的因素是建筑围护结构以及隔热的性能,通过外窗玻璃进入室内的太阳辐射得热是造成室内热环境不良和空调能耗高的主要因素。热致调光玻璃能够调节玻璃内部条件从而响应环境温度的变化,自动调节对入射光线的透反射特性,满足对太阳辐射的需求导向控制或季节性控制,发挥保温隔热的作用,对于降低能耗损失具有十分重要的意义,有着十分广阔的应用前景。热致调光玻璃是一种新型建筑外门窗节能材料,具有遮阳、调光、隔热、保温、隔声的特点,可广泛用于建设工程的节能领域,制定本规程能够为建设工程采用热致调光中空玻璃提供设计、施工及验收依据。

3 材料

3.1 玻璃

3.1.1 热致调光中空玻璃采用的玻璃种类宜根据实际需求选择由平板玻璃、镀膜玻璃、夹层玻璃、钢化玻璃、防火玻璃、半钢化玻璃、均质钢化玻璃等制成，并应符合相应的国家、行业标准规定。

3.2 装配材料

3.2.1 间隔条材料可采用铝间隔条、不锈钢间隔条、暖边间隔条、复合材料间隔条、复合胶条等材料。间隔条的主要作用是提供玻璃层之间的固定间隙，起到密封作用，有助于延长中空玻璃的耐久性和密封寿命，同时也起到装饰作用。暖边间隔条较普通的铝间隔条、不锈钢间隔条的保温效果和密封性能好，暖边间隔条材料与中空玻璃结合可提高门窗幕墙系统的节能保温效果。

3.2.2 热致调光中空玻璃是一个密封结构的组成，所有的特性以及能力，都是建立在中空玻璃可以保持密封的前提下才能够达成的。中空玻璃安装之后由于经常面临来自外界的温差、气压、风荷载等外力的影响，因此要求密封还要保证系统的结构稳定。密封性依赖于结构的完整性，而结构性保证密封性的稳定。因此，选择的密封材料应能满足密封性和结构稳定性的要求。

3.2.4、3.2.5 支承块起支承玻璃的作用；定位块用于玻璃边缘，避免玻璃周边与框直接接触，并使玻璃在门窗框中正确定位；弹性止动片位于玻璃和槽竖直之间，防止因荷载作用而引起玻璃运动的弹性材料片，通常与不凝固混合物或硫化型混合物一同使用。支承块、定位块和弹性止动片的性能对玻璃的安装和密封材料的耐久性有一定的影响，故对其有要求。有弹性的非吸附性材料具有更高的耐磨性、耐腐蚀性和耐温性，能更好地抵抗腐蚀、磨损和温度变化，从而降低定位块和弹性止动片的磨损，延长使用寿命。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.2 门窗的抗风压性能、气密性能、水密性能、隔声性能、保温性能、抗震性、防火性分为不同等级，在设计文件中明确各项物理性能指标能够让用户结合当地气候、环境及建筑使用功能需求合理地进行选择。在正常使用条件下，整窗应具有良好的工作性能，应能在设计年限内满足各项功能的需求，不发生影响安全的坠落、玻璃自爆等安全隐患，以保证建筑物的各项性能。

4.1.3 设计文件中的设计说明应包括设计的依据及规范、结构特性及主要性能指标、材料说明、安装及工艺说明、注意事项等详细说明；施工图应包括平面图、立面图、立面大样图、节点图；设计计算书中应包括热工计算与结构计算。

4.2 热致调光中空玻璃选型

4.2.1 不同气候区夏季典型日的环境温度和太阳辐射强度可参考《城市居住区热环境设计标准》JGJ 286-2013 中的附录 A 确定。热致调光中空玻璃的产品分类可按表 4-2 进行。

表 4.2 热致调光中空玻璃的分类

| | 分类形式 | 代号 |
|--------|-------------|-------|
| 起始雾化温度 | 20℃热致调光中空玻璃 | 20 |
| | 25℃热致调光中空玻璃 | 25 |
| | 30℃热致调光中空玻璃 | 30 |
| | 35℃热致调光中空玻璃 | 35 |
| | | |

以北京地区为例，若用户想要热致调光中空玻璃 10 点开始发生雾化，根据《城市居住区热环境设计标准》JGJ 286-2013 中的附录 A 可知，干球温度 $t=26.4^{\circ}\text{C}$ ，水平总辐照强度 $G=472\text{W}/\text{m}^2$ ，由式 4-2 计算得出理论起始雾化温度 $T=41.58^{\circ}\text{C}$ ，则在实际应用中热致调光中空玻璃的型号应选择起始雾化温度为 40°C 的产品。

4.3 构造设计

4.3.1、4.3.2 热致调光中空玻璃的应用与不同类型门窗型材组合进行选择时，应根据其周围环境以及建筑物的自身特点、使用功能、防火要求，建筑高度、体

形系数等因素按现行相关标准要求进行确定，并应符合相关标准的规定。

4.3.3 热致调光材料随玻璃的表面温度变化，若将热致调光材料放在室内侧，夏天室内在开启空调后室内温度较低，可能会导致材料不能很好的发挥变色的效果，影响玻璃的雾化时间，导致隔热性能下降。因此，把热致调光材料放在室外侧，能更好地根据室外天气情况进行自主调整，发挥节能作用。热致调光中空玻璃的构造可按图 4.3.3 进行设计。

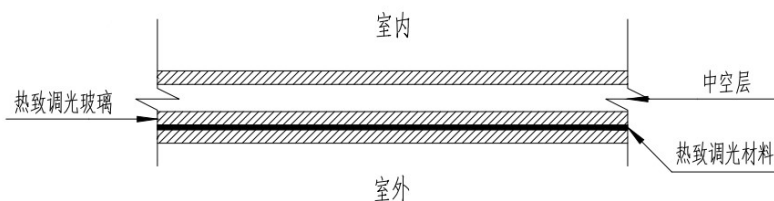


图 4.3.3 热致调光中空玻璃构造示意图

4.3.4 门窗槽口尺寸是指安装玻璃的槽或扇的内径尺寸，横向尺寸称为槽口宽度尺寸，高度方向即与墙里面一致的方向的尺寸称为槽口的高度尺寸。门窗槽口宽度示意图参见《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113-2015 中 12.1。

4.3.5 窗户的开启角度和开启距离过大，不仅开启扇本身不安全，而且会增加建筑使用中的不安全因素（如人员安全），因此对窗扇的开启应做出规定。《塑料门窗设计及组装技术规程》JGJ 362 规定外开窗扇的宽度不宜大于 600mm、高度不宜大于 1200mm，开启角度不应大于 85° ，锁闭点个数根据窗户的高度确定，应符合《塑料门窗设计及组装技术规程》JGJ 362 中 5.4 的规定。

4.3.7 玻璃是薄板，在自重的作用下，会发生变形，如果排水坡度不够，会造成集尘、积水，影响使用和装饰效果。玻璃采光顶的排水坡度宜不小于 3%。

4.4 密封设计

4.4.1 水密性能构造设计应根据门窗工程实际需要，综合采用防水、挡水、排水等措施。一般采用雨幕原理进行压力平衡的门窗细部设计，即通常所谓的“等压原理”设计，对于平开门窗和固定门窗，固定部分门窗玻璃的镶嵌槽空间以及开启扇的框与扇配合空间，可进行压力平衡的防水设计。对于不宜采用雨幕原理的门窗，如有的固定门窗，只能采用密封胶阻止水进入的密封防水措施；有的采用密封毛条的推拉门窗，也不宜采用雨幕原理，应采用提高门窗下框室内侧翼缘挡水高度的结构防水措施。据一般经验，水密性能风压力差值 10Pa，约需下框翼缘挡水高度 1mm 以上。排水孔的开口尺寸最小应在 6mm 以上，以防止排水孔被水

封住。排水孔应避免室内室外直通，内外侧排水槽应横向错开，排水孔宜加盖排水帽。

4.4.2 建筑外门窗若使用弹性差、耐久性能差的密封胶条，会在使用很短一段时间内出现气密性能急剧下降的现象，无法保证长期的密封节能效果。因此，密封条不宜采用性能低、易老化的改性 PVC 塑料，而应采用合成橡胶类的三元乙丙橡胶、氯丁橡胶、硅橡胶等耐久性好的材料。使用的密封条应连续完整，无断开，形成封闭的密封结构。

4.4.3 玻璃作为建筑用材，需要考虑的性能不仅仅是光线透过性和隔热性，隔声性也是非常重要的一项性能指标，因此其隔声设计应满足相应要求。

1 弹性闭孔材料可选用聚氨酯发泡胶等伸缩性较好的材料。

2 建筑外门窗空气声隔声性能指标计权隔声量($R_w + C_{tr}$)值应符合下列规定：临街的外窗、阳台门和住宅建筑外窗及阳台门不应低于 30dB，其他门窗不应低于 25dB，单层玻璃的隔声效果有限，通常采用单层玻璃时门窗的隔声性能只能达到 29dB 以下，提高门窗隔声性能最直接有效的方法就是采用隔声性能良好的中空玻璃或夹层玻璃，不同厚度玻璃组合的中空玻璃，可以避免共振。并且中空玻璃在受到风压或温度变化时会引起变形，规定单片玻璃厚度差不宜大于 3mm，是保证内外片受力基本一致，不至于因内外片厚度相差太大而使玻璃破损。

3 中空腔内可充入氩气、氪气等无色无味惰性气体。

4.5 抗风压设计

4.5.1 热致调光中空玻璃应用于建筑立面时，作用在玻璃上的荷载主要是风荷载，因此需要对风荷载进行计算。直接承受风荷载作用的单片玻璃和不直接承受风荷载作用的单片玻璃风荷载系数不同，为了更准确的对风荷载进行计算，需要先计算每个单片玻璃的风荷载系数。作用在中空玻璃上的风荷载可按荷载分配系数分配到每片玻璃上，荷载分配系数按照《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113-2015 中 5.2.5 进行计算。关于建筑玻璃最小风荷载标准值各国取值不同，澳大利亚标准 AS1288 规定为 0.5kPa；英国标准 BS6262 中规定为 0.6kPa；日本标准 JASS17 中规定为 1.0kPa。考虑我国具体实情，确定最小风荷载标准值取 1.0kPa。它表明，当建筑玻璃受到小于 1.0kPa 的风荷载标准值作用时，为了安全起见，应按 1.0kPa 进行设计。

4.5.2 承载能力极限状态是指结构或构件达到最大承载能力，或达到不适于继续承载的极限状态。超过承载能力极限状态，整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆, 滑动等)，结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏)，或因过度的塑性变形而不适于继续承载；正常使用极限状态是结构或构件达到正常使用或耐久性能中某项规定限度的状态，超过正常使用极限状态，影响正常使用或外观的变形，为了不影响热致调光中空玻璃的正常使用和对其造成破坏，抗风压设计应同时满足承载力极限状态和正常使用极限状态的要求。

4.6 热工设计

4.6.2 热致调光中空玻璃雾化后会导致外窗的太阳得热系数发生变化。因此，在建筑能耗模拟计算时应对太阳得热系数进行相应调整。例如热致调光中空玻璃的雾化时间为白天的某个时间段时，太阳得热系数应根据雾化时间段进行调整。以北京为例，若雾化时间为 10:00-15:00，则在建筑能耗模拟计算时，太阳得热系数在 10:00-15:00 之间应为完全雾化状态时的数值；其余时间的太阳得热系数应为透明状态时的数值。

4.6.3 热致调光中空玻璃在与其他玻璃混合使用时，当没有特别的设计要求时，应均匀性布置。

4.7 防热炸裂设计

4.7.1 只有明框安装的建筑玻璃存在阳光辐照下玻璃中部与边部的温差，才需要进行玻璃热应力的计算与设计。玻璃的热应力计算可参照《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 的计算方法进行计算。玻璃热炸裂是由于玻璃的热应力引起，玻璃热应力最大值位于玻璃板的边部，且热应力属平面内应力，因此玻璃强度设计值取端面强度设计值。由于半钢化玻璃和钢化玻璃抗热冲击能力强，一般情况下没有发生热炸裂的可能，因此不必进行热应力计算。

4.7.2 玻璃在温度过高时很容易破裂，产生玻璃爆裂现象。这会对人身安全造成伤害，也会损坏建筑物。因此，需要采取减少热炸裂的措施。

1 玻璃局部升温，会造成局部温差过大，直接影响到玻璃内部的热应力，热应力一旦超过玻璃的抗拉强度，玻璃会发生热炸裂，因此要避免玻璃局部升温的现象发生。门窗的立面分格框架设计和窗口室内、外的遮阳设计应防止或减少玻

璃局部升温造成的玻璃不同区域间的温度差，门窗的立面分隔框架应采用低热导率的框架材料，如铝、木材等。施工时防止或减少玻璃局部升温的措施：应尽量避免将玻璃暴露在高温环境中，尤其是在夏季施工时，应避免玻璃局部暴晒；避免玻璃局部接触到热源；控制施工工具的温度。

2 对于易发生炸裂的玻璃（如面积大于 1m² 的大板面玻璃、颜色较深的玻璃和着色玻璃等）应对其边部进行倒角磨边等加工处理。安装玻璃时也不应对玻璃周边造成人为的缺陷，如造成边部缺陷将极大地影响玻璃的端面设计强度，因此在安装时应注意。

4 玻璃室内侧的卷帘、百叶及隔热窗帘等内遮阳设施，与窗玻璃之间的距离过小，将影响玻璃热量的散发，从而使玻璃温度升高，热应力加大，增大热炸裂的风险。

4.8 安全设计及其他性能要求

4.8.1 安全玻璃是指符合现行国家标准规定的钢化玻璃和夹层玻璃以及由它们构成的复合产品，都统称为安全玻璃。单片半钢化玻璃(热增强玻璃)、单片夹丝玻璃不属于安全玻璃。安全玻璃具有良好的安全性，抗冲击性和抗穿透性，具有防盗、防爆、防冲击等功能。

4.8.3 推拉窗具有安装简单、使用方便、节省空间、外观美观、空间利用率高等优点，但推拉窗在使用过程中长因为安装不好或者使用不当而出现滑轮脱轨造成窗扇坠落事件。在外墙上安装时，为了自身和公共财产生命安全，应设置防止窗扇从室外脱落的装置，并且在门窗设计中应说明推拉窗设置的防脱落措施。防止窗扇脱落的装置可采用防脱落固定片、滑动拉环、锁扣、吸盘等装置。

5 安装施工

5.2 施工准备

5.2.1 热致调光中空玻璃在施工前，标记标高线、水平线、边界线可以准确确定施工的位置，方便施工人员准确安装，确保建筑洞口处玻璃的位置和尺寸符合要求，减少施工误差，保证热致调光中空玻璃的质量和使用寿命。

5.2.2 热致调光中空玻璃施工时，很有可能与热致调光中空玻璃施工相关的分项工程（如内装饰、设备管理安装、屋面防水工程）等交叉、立体作业，为防止相互干扰、损伤、污染热致调光中空玻璃以及安全施工的要求，施工总承包单位要注意合理安排好热致调光中空玻璃施工的相关分项工程的施工工序。

构件堆放在专用架子或垫木上可以防止构件受潮、受污染，防止构件因受潮而变形或发霉，保证构件的性能和使用寿命，也可以更好地保护构件，防止构件受到撞击、破坏等，保证构件的使用安全。总之，构件应按品种、规格堆放在专用架子或垫木上，可以有效的保证构件的正确使用，从而节省构件的使用成本，提高构件的使用效率。

5.2.3 构件与主体结构锚固节点（含预埋件）的安装是保护工程安全的关键所在，该条是为了保障施工的安全而作出的规定。

5.2.4 在工程应用中，热致调光中空玻璃的出厂验收是合格的，没有气泡等问题的存在，但在施工时往往会因施工方不规范的施工方法及存放方式而导致热致调光中空玻璃在安装完成使用一段时间后出现气泡，不仅影响建筑物的美观同时也会影响玻璃的性能。因此，工人在施工过程中应严格按照技术要求进行施工，防止因施工方法的不规范而产生气泡。热致调光中空玻璃的安装方式及叠放要求见本章 5.3、5.4 节。

5.3 安装施工

5.3.1 热致调光中空玻璃部件，一般无须辅助加工，为保证热致调光中空玻璃的整体性能，如需辅助加工应征得热致调光中空玻璃设计加工制作单位认可。

5.3.2 由于土建施工负责洞口的预留、洞口抹灰等工作，洞口大小直接影响采用热致调光中空玻璃的门窗安装，因此需与土建施工提前进行沟通设计。

5.3.4 玻璃吸盘的吸力很强，若吸盘吸附靠近热致调光材料一侧的玻璃时，极易

出现在安装不久后出现气泡的现象，从而严重影响热致调光中空玻璃的性能。

5.3.5 热致调光中空玻璃对密封性能要求高，热致调光材料的灌注孔和排气孔在生产过程中采用胶塞和外道密封胶进行双重密封，清洁时，严禁铲除胶塞处的外道密封胶，以免产品失效。

5.3.7 中性清洗剂的特点是温和无刺激、无需过水、不留痕迹，既可以保护膜层在清洗过程中不受损伤，也可以保证清晰过后的洁净度。

5.4 安全技术措施

5.4.2 II类电动工具的防电击保护不仅依靠基本绝缘，而且依靠提供的附加安全措施，例如双重绝缘或加强绝缘，没有保护接地措施也不依赖安装条件，这类工具外壳有金属和非金属两种，II类手持式电动工具手持部分是非金属，这类工具本身具有良好的双重绝缘性，可有效防止触电事故的发生。在潮湿场所或金属构架上作业，应选用II类或III类工具。

5.4.3 焊接过程中产生的热量很高，在焊件下方设接火装置旨在接住焊接火花，防止火灾发生及烧伤施工人员。设置现场安全监护人的目的是为进一步强化作业现场安全监护人的保障作用，落实现场安全管理和安全监护责任，确保施工安全，并且监护人应熟知焊接操作规程和抢救方法。

5.4.5 玻璃属于易碎品，在运输、使用和存放过程中均可能破裂，因此需要采取一定的安全措施。玻璃竖向存放的原因是为了防止玻璃受到压力而变形，玻璃顶部垫有软质隔离物的作用是为了防止玻璃间的摩擦及玻璃与牢固物的摩擦，减少玻璃受到损伤。玻璃底部用木方或软质材料垫离地面100mm以上的目的是防震、减震，同时可以防止玻璃底部受到摩擦和冲击。

5.4.6 在施工周围设置醒目的标志能够使人清楚的知道玻璃的存在，又能阻挡人体对玻璃的猛烈冲击。电焊和气割作业会产生强烈的热量，电焊和气割作业的温度可能会使玻璃局部受热造成玻璃变形、破裂等现象，严重影响玻璃的使用寿命，并且电焊和气割产生的灰尘会使玻璃表面受到污染，影响玻璃的性能及视觉效果。

6 验收

6.2 主控项目

6.2.1 热致调光中空玻璃的品种、类型、规格、外观质量可通过观察和尺量的方式进行检查，相关性能指标如雾化温度、雾化后颜色均匀性、中空玻璃的密封性能、可见光透射比、可见光反射比、太阳得热系数、传热系数、耐紫外线辐照性能、密封性能、隔声性能等可通过核查型式检验报告和送样复检报告确认是否符合设计文件的要求和本规程的要求。

6.2.2 热致调光中空玻璃制品不能切割，切割后其中的热致调光材料失去密封效果后容易失水，故采取见证制样的方式送检。在《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 中，遮阳装置如果采用透光或半透光材料时，要求应对其透光特性进行复验。热致调光中空玻璃雾化后具备遮阳功能，设计选用热致调光中空玻璃时，通常都考虑了其遮阳的功能。因此，本条要求对玻璃雾化状态下的可见光透射比、可见光反射比进行检验。

6.2.4 玻璃垫块分为支承垫块和定位垫块，支承垫块主要用于承担玻璃重量，定位垫块的主要作用是固定玻璃，确保玻璃在型材框架中处于稳固状态，避免玻璃移动。对于不同窗型尺寸及开启方式，垫块的安装部位会有所不同。垫块的材质、厚度尺寸、外形尺寸、安装位置和数量应符合现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 和《塑料门窗工程技术规程》JGJ 103 的规定。

6.2.5 玻璃安装材料如果与相关材料彼此不相容，可能造成材料的变性，使安装材料失效。因此，安装材料的选用应通过相容性试验确定。

6.2.6 热致调光中空玻璃具有良好的隔热效果，对密封性要求十分严格，一旦密封效果受损，其性能会大大降低。因此在玻璃安装完成后需对其进行气密性的检查。