

团体标准

T/CPIA 0028.1—2024

代替 T/CPIA 0028.1—2021

光伏组件用玻璃 第1部分：前板减反射膜玻璃

Glass for photovoltaic modules—
Part 1: Front plate Anti-reflective coated glass for photovoltaic modules

中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

2024-12-15 发布

2024-12-30 实施

中国光伏行业协会 发布

全国团体标准信息平台

目 次

前 言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 1

5 要求 2

 5.1 尺寸及其允许偏差 2

 5.2 外观质量 2

 5.3 颜色均匀性 3

 5.4 弯曲度 3

 5.5 铁含量 3

 5.6 光伏透射比 3

 5.7 铅笔硬度 4

 5.8 耐洗刷性能 4

 5.9 耐酸性能 4

 5.10 耐中性盐雾性能 4

 5.11 耐热循环性能 4

 5.12 耐湿冻性能 4

 5.13 耐湿热性能 4

 5.14 耐紫外性能 4

 5.15 耐砂尘性能 4

 5.16 高压蒸煮（PCT）试验 4

 5.17 抗冲击性能 4

 5.18 碎片状态 5

 5.19 霰弹袋冲击性能 5

 5.20 耐热冲击性能 5

 5.21 弯曲强度 5

 5.22 表面应力 5

6 试验方法 6

 6.1 尺寸及允许偏差 6

 6.2 外观质量 6

 6.3 颜色均匀性 6

 6.4 弯曲度 7

 6.5 铁含量 7

 6.6 光伏透射比 7

 6.7 铅笔硬度 8

 6.8 耐洗刷试验 8

6.9 耐酸试验	8
6.10 耐中性盐雾试验	9
6.11 耐热循环试验	9
6.12 耐湿冻试验	10
6.13 耐湿热试验	10
6.14 耐紫外试验	11
6.15 耐砂尘试验	11
6.16 高压蒸煮 (PCT) 试验	11
6.17 抗冲击性试验	12
6.18 碎片状态	13
6.19 霰弹袋冲击性能	13
6.20 耐热冲击性能	13
6.21 弯曲强度	14
6.22 表面应力	14
7 检验规则	15
7.1 检验分类	15
7.2 出厂检验	15
7.3 型式检验	15
7.4 组批和抽样	16
7.5 判定规则	16
8 标志、包装、运输和贮存	17
8.1 标志	17
8.2 包装	17
8.3 运输	17
8.4 贮存	17
附录 A	18
附录 B	20
参考文献	22

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。

T/CPIA 0028-2024《光伏组件用玻璃》分为如下部分：

- 第1部分：前板减反射膜玻璃；
- 第2部分：双玻组件背板增反射镀层玻璃；

本文件是T/CPIA 0028—2024的第1部分。

本文件代替T/CPIA 0028—2021《光伏组件用玻璃 第1部分：前板减反射膜玻璃》，与T/CPIA 0028.1—2021相比，主要技术变化如下：

- 引用文件 GB/T 6739—2022 版本更新；
- 增加了术语定义 PCT；
- 修改了第4章材料 玻璃工艺类型；
- 增加铁含量要求和试验方法；
- 表5 透射比要求进行修改；
- 修改了5.18 玻璃耐热冲击的测试要求；
- 修改了5.19 玻璃弯曲强度的指标要求；
- 修改了试样尺寸条款涉及6.15.1、6.18.1和B.2；
- 修改了6.15.3 实验步骤要求；
- 修改了6.18.2 热冲击实验的实验步骤要求；
- 将5.20和6.20 高压蒸煮（PCT）测试调整为5.16和6.16；
- 增加表面应力的要求和试验方法。
- 附录B，修订B.2 试样，以制品为试样，随机抽取5块进行试验；修订B.3 试验装置，长度不少于365mm改为长度不少于1400mm；修订表B.1 玻璃厚度范围。
- 增加参考文献

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。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：阿特斯阳光电力集团股份有限公司、信义光伏产业（安徽）控股有限公司、中国电子技术标准化研究院、苏州阿特斯阳光电力科技有限公司、通威太阳能（合肥）有限公司、国家太阳能光伏产品质量检验检测中心、正泰新能科技股份有限公司、天合光能股份有限公司、隆基绿能科技股份有限公司、晶澳太阳能科技股份有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、湖南旗滨光能科技有限公司、福莱特玻璃集团股份有限公司、英利能源发展有限公司、苏州UL美华认证有限公司、浙江润海新能源有限公司、国家电投黄河上游水电开发有限责任公司西宁分公司、安徽信义光伏玻璃有限公司、郑州商品交易所。

本文件主要起草人：尉元杰、窦国强、刘笑荣、李淮宁、谢帮荣、郭素琴、郭钊伟、黄艳萍、何晨旭、王禹、魏晓虎、万波、柴玲、万军鹏、田密、王帆、朱华、王广顺、储银枝、徐小明、刘春鹏。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2021年首次发布T/CPIA 0028.1—2021；
- 本次为第一次修订。

全国团体标准信息平台

光伏组件用玻璃 第1部分：前板减反射膜玻璃

1 范围

本文件规定了光伏组件用前板减反射膜玻璃（以下简称“前板减反射膜玻璃”）的材料、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和储存等。

本文件适用于厚度大于等于1.6mm且小于等于4mm的光伏组件用前板减反射膜玻璃，其他厚度的光伏组件用前板减反射膜玻璃可参考本文件。

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 1347—2008 钠钙硅玻璃化学分析方法
- GB/T 1771—2007 色漆和清漆耐中性盐雾性能的测定
- GB/T 6739—2022 色漆和清漆铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 8170—2016 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 9056—2004 金属直尺
- GB/T 9266—2009 建筑涂料涂层耐洗刷性的测定
- GB 15763.2—2005 建筑用安全玻璃 第2部分：钢化玻璃
- GB/T 22523—2008 塞尺
- GB/T 34328—2017 轻质物理强化玻璃
- GB/T 30984.1—2015 太阳能用玻璃 第1部分：超白压花玻璃
- GJB 150.12A—2009 军用装备实验室环境试验方法第12部分：砂尘试验
- JC/T 2170—2013 太阳能光伏组件用减反射膜玻璃
- JB/T 2369—1993 读数显微镜
- IEC 61215-2:2021 地面用光伏组件 设计鉴定和定型 第2部分：测试程序（Terrestrial photovoltaic (PV) modules—Design qualification and type approval—Part 2:Test procedures）

3 术语和定义

GB/T 34328-2017 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏组件用前板减反射膜玻璃 anti-reflective coated glass for front plate of photo voltaic modules

用于太阳能光伏组件的前板玻璃，其表面涂覆有具备在特定波段范围内增加太阳光透射比功能的膜层。

3.2

光伏透射比 PV transmittance

在380nm~1100nm太阳光谱范围内，透射太阳光通量与入射太阳光通量的比值。

3.3

高压蒸煮试验 Pressure Cooker Test (PCT)

用于测定玻璃在高温高湿高压的恒定湿热条件下耐老化性能的试验。

4 材料

前板减反射膜玻璃原材料为超白压花玻璃，包括钢化和半钢化玻璃。

5 要求

5.1 尺寸及其允许偏差

5.1.1 边长及其允许偏差

边长及其允许偏差应当符合表 1 的规定。

表 1 边长及其允许偏差

单位为毫米

边长 (L)	允许偏差
$L < 2000$	± 1.0
$L \geq 2000$	± 1.5

5.1.2 对角线允许偏差

对角线允许偏差应符合表 2 的规定。

表 2 对角线允许偏差

单位为毫米

公称厚度 (T)	对角线差允许值		
	$L \leq 1000$	$1000 < L \leq 2000$	$L > 2000$
$1.6 \leq T \leq 4.0$	≤ 2.0	≤ 2.5	≤ 3.0

注：特殊规格及形状的玻璃对角线偏差由供需双方商定。

5.1.3 厚度允许偏差

厚度的允许偏差应符合表3的规定。

表 3 厚度允许偏差

单位为毫米

公称厚度 (T)	厚度允许偏差	厚薄差
$1.6 \leq T \leq 2.5$	± 0.15	≤ 0.25
$2.5 < T \leq 3.2$	± 0.20	≤ 0.30
$T > 3.2$	± 0.25	≤ 0.30

注：特殊规格及形状的玻璃厚度允许偏差及厚薄差由供需双方商定。

5.2 外观质量

前板减反射膜玻璃外观质量应符合表4的要求。

表 4 前板减反射膜玻璃的外观质量

缺陷类型	说明	要求			
压痕、皱纹	—	不允许			
彩虹、霉变	—	不允许			
线条/线道	—	不允许			
裂纹	—	不允许			
不可擦除污物	—	不允许			
开口气泡	—	不允许			
圆形气泡 ^a	长度范围/mm	L<0.5	0.5≤L<1.0	1.0≤L≤2.0	L>2.0
	允许个数/个	10×S	4×S	2×S	不允许
长形气泡	长度范围/mm	1.0<L≤3.0 且 W≤0.5	3.0<L≤5.0 且 W≤0.5	L>5.0 或 W>0.5	
	允许个数/个	10×S	2×S	不允许	
点状缺陷 (斑点、夹杂物) ^b	长度范围/mm	0.3≤L≤1.0			L>1.0
	允许个数/个	1×S			不允许
划伤(包括玻璃划伤和膜面划伤, 计总数) ^c	宽度≤0.2mm 长度<5 mm	1×S			
	宽度>0.2 mm 或 度>5 mm	不允许			
断面缺陷	玻璃爆边	每片玻璃每米边长上允许有长度不超过 5mm、自玻璃边部向玻璃板表面延伸深度不超过 1mm、自板面向玻璃厚度延伸深度不超过厚度 1/4 的爆边处为 1 处。			
	缺角	不允许			
	钢化玻璃凹凸	不允许			
注1: L表示缺陷的长度, 指缺陷光学变形尺寸; W表示缺陷的宽度, 指缺陷光学变形尺寸; S是以平方米为单位的玻璃板的面积。					
注2: 圆形气泡密集存在是指在100mm直径的圆面积内超过20个, 长形气泡密集存在是指在100mm直径的圆面积内超过10个。					
注3: 特殊规格及要求由供需双方商定。					
^a 直径大于 0.5 mm 的气泡, 气泡间及气泡与夹杂物的间距应大于 300mm, 气泡、夹杂物、划伤的数量允许上限制是以 S 乘以相应系数所得的数值。此数值应按 GB/T 8170 修约至整数。					
^b 不允许存在黑夹杂物。					
^c 在 100mm 直径的圆面积内划伤或夹杂物均不允许超过 1 条(个)。					

5.3 颜色均匀性

目视应无明显色差, 边部7mm以内颜色均匀性不计。

5.4 弯曲度

应符合下列要求:

a) 弓形弯曲: 弓形弯曲度不应超过 0.2%。

b) 波形弯曲:

- 1) $1.6 \leq T < 2.5\text{mm}$: 波形弯曲度任意 300mm 范围应不超过 0.4mm, 边部 25mm 区域翘曲不超过 0.5mm;
- 2) $2.5 \leq T \leq 4.0\text{mm}$: 波形弯曲度任意 300mm 范围应不超过 0.3mm, 边部 25mm 区域翘曲不超过 0.4mm。

5.5 铁含量

超白压延玻璃 Fe_2O_3 含量应不高于 0.015%; 超白浮法玻璃 Fe_2O_3 含量应不高于 0.015%。

5.6 光伏透射比

光伏透射比以 T_r 来表示, 应符合表5的要求 [来源: T/ZBH 017—2020 条款5.8]。

表 5 前板减反射膜玻璃光伏透射比

公称厚度 (T) mm	光伏透射比 (380nm~1100nm) %	
	单层镀膜	双层镀膜
1.6≤T≤4.0	Tr≥93.8	Tr≥94.1

5.7 铅笔硬度

膜层铅笔硬度应不低于3H。

5.8 耐洗刷性能

按6.8试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.9 耐酸性

按6.9试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.10 耐中性盐雾性能

按6.10试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.11 耐热循环性能

按6.11试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.12 耐湿冻性能

按6.12试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.13 耐湿热性能

按6.13试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.14 耐紫外性能

按6.14试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.15 耐砂尘性能

按6.15试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.16 高压蒸煮 (PCT) 试验

按6.16试验后，光伏透射比Tr的平均值衰减应不大于1%，且膜层无明显脱落、剥离、起皱现象。

5.17 抗冲击性能

按6.17试验后，试样应不破坏，抗冲击性能应满足表6的规定。

表 6 抗冲击性能要求

玻璃厚度（T）及类型	钢球质量 g	不破损高度 mm
T≤2.0mm 半钢化	227±2	1000
2.0mm<T≤2.8mm 半钢化	535±3	1000
T>2.8mm 钢化	1040±5	1000

5.18 碎片状态

钢化玻璃：进行试验的每块试样在记录任何50mm×50mm的区域内的最少颗粒度应符合表7的要求，且允许有少量长条形碎片，其长度不超过100mm。

表 7 颗粒度性能要求

公称厚度 mm	颗粒度 颗
≤2.5	≥15
>2.5	≥40

半钢化玻璃碎片状态不做要求。

5.19 霰弹袋冲击性能

按照6.19试验后，根据GB 15763.2—2005中相关要求执行。

5.20 耐热冲击性能

按照6.20试验后，玻璃外观完好无破裂。

5.21 弯曲强度

按照6.21试验后，前板减反射膜玻璃弯曲强度应满足表8要求：

表 8 弯曲强度要求

公称厚度 mm	弯曲强度 MPa
3.2	均值≥145 且最小值≥140； 或者最小值≥143
2.0	均值≥140 且最小值≥135； 或者最小值≥138
注：其他厚度玻璃弯曲强度要求由供需双方协议商定。	

5.22 表面应力

按照6.22试验后，表面应力需满足表9要求[来源：T/ZBH 026—2023 条款4.3]。

表 9 表面应力要求

公称厚度 mm	单点值 MPa	平均值 MPa	极差值 MPa
3.2	≥90	≥95	<15
2.0	≥60	≥65	<15
注：其他厚度玻璃表面应力要求由供需双方协议商定。			

6 试验方法

6.1 尺寸及允许偏差

6.1.1 尺寸检验

尺寸用最小刻度为 1mm 的钢卷尺测量。

6.1.2 对角线允许偏差

使用钢卷尺测量玻璃的两条对角线长度，按式（1）计算对角线偏差：

$$\Delta L = |L_1 - L_2| \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔL ——对角线偏差
 L_1 和 L_2 ——两条对角线长度

6.1.3 厚度允许偏差及厚薄差

用精度为0.01mm的外径千分尺或具有相同精度的仪器，在距玻璃板边15mm内的四边中点测量。测量结果的算术平均值即为厚度值，并以毫米（mm）为单位修约到小数点后2位。计算厚度值与公称厚度之差为厚度偏差。同一片玻璃厚薄差为四个测量值中最大值和最小值之差为厚薄差。

6.2 外观质量

以制品为试样，在不受外界光线影响的环境中，将试样垂直放置在距屏幕600mm的位置。屏幕为黑色无光泽屏幕，光强度在700lx，间距为300mm的荧光灯。观察者距离试样600mm，视线与试样法线夹角为0°～60°，进行观察，如图1所示。

采用符合GB/T 9056规定的分度值为1mm的金属直尺和符合JB/T 2369规定的分格值0.01mm的读数显微镜测量长度和宽度。

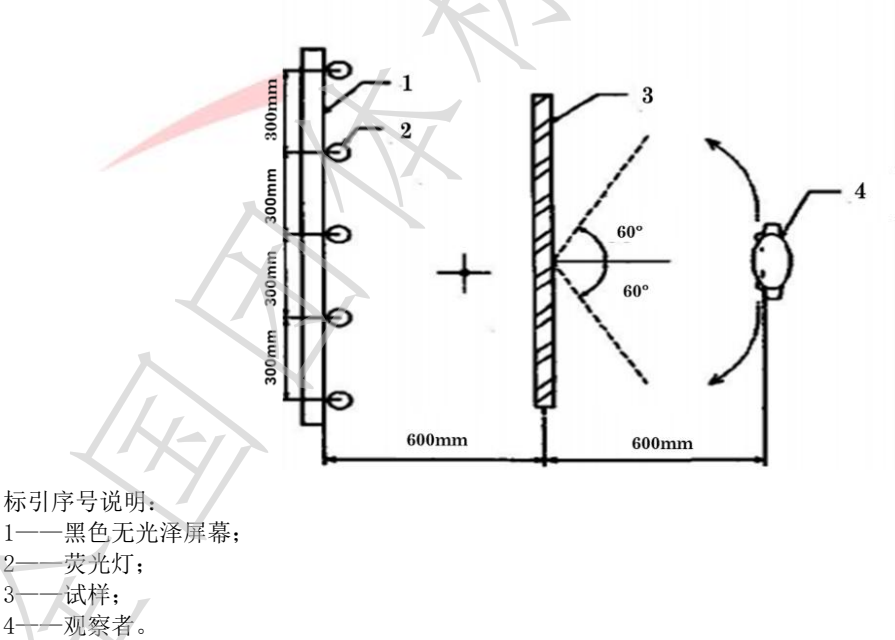


图 1 外观质量检查方法示意图

6.3 颜色均匀性

6.3.1 试样

以制品为试样。

6.3.2 测试方法

颜色均匀性按本文件中 6.2 的方法进行检查。

6.4 弯曲度

将试样垂直于水平面放置，不施加任何使其变形的外力。沿玻璃表面紧靠一根水平拉直的钢丝，用符合 GB/T 22523 规定的塞尺，测量钢丝与玻璃板之间的最大间隙，玻璃呈弓形弯曲时，测量对应弦长的拱高；玻璃呈波形时，测量对应两波峰间的波谷深度。按式（2）计算弯曲度：

$$c = \frac{h}{l} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

c ——弯曲度；

h ——拱高或者波谷深度，单位为毫米（mm）；

l ——弦长或波峰到波峰的距离，单位为毫米（mm）。

6.5 铁含量

按 GB/T 1347—2008 规定的方法进行试验。

6.6 光伏透射比

6.6.1 试验目的

测量试样的光伏透射比 Tr 。

6.6.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料，且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 300mm×300mm 或以上尺寸的样品作为试样，共 3 块。

6.6.3 测试方法

按 GB/T 30984.1—2015 中 6.5 规定的方法测试 380nm~1100nm 波段范围内的光伏透射比。

6.6.4 结果表达

按图 2 所示方法进行取点测量，在每点处测量光伏透射比 Tr 取 5 点算术均值。

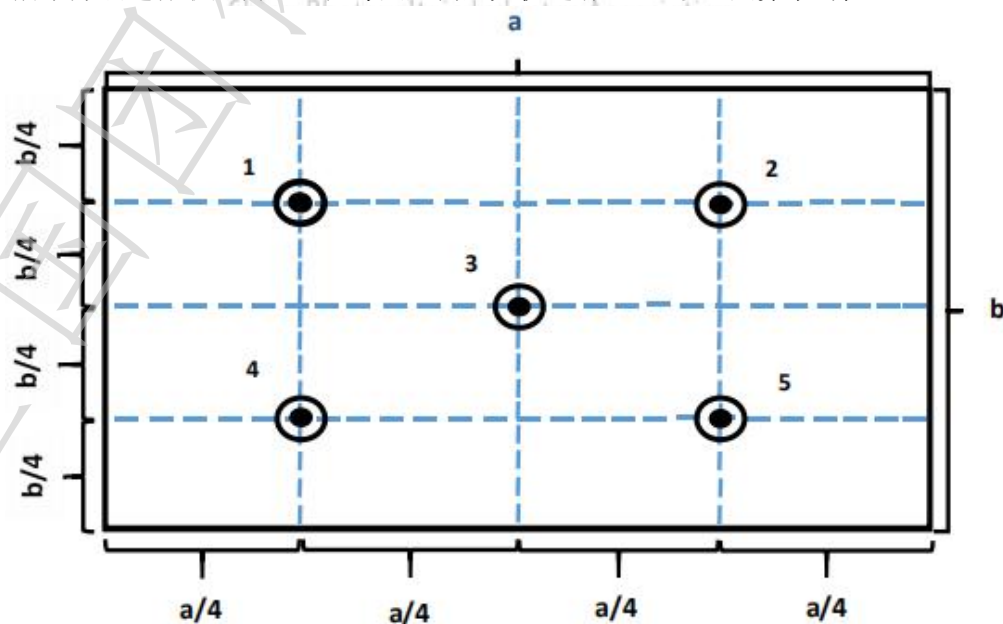


图 2 测量点选取示意图

6.7 铅笔硬度

6.7.1 试验目的

确定试样经过特定尺寸、形状和硬度铅笔芯的铅笔推过表面时，试样表面耐划痕的能力。

6.7.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料，且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 300mm×300 mm 或以上尺寸的样品作为试样，共 3 块。

6.7.3 仪器装置

仪器装置需符合 GB/T 6739—2022 的规定。

6.7.4 试验步骤

6.7.4.1 按 GB/T 6739—2006 中 9.1~9.5 的步骤用铅笔尖端在镀膜面至少推动 7mm 距离。

6.7.4.2 30s 后，再用蘸无水乙醇的无纺布擦拭干净，干燥后，在 10 倍刻度放大镜下检查试样表面，观察试样表面是否出现连续划痕。

6.7.4.3 如果未出现划痕，在未进行过试验的区域重复试验，更换硬度较高的铅笔，直到出现至少 3mm 长的划痕为止。

6.7.4.4 如果出现超过 3mm 的划痕，则降低铅笔硬度重复试验，直到超过 3mm 的划痕不再出现为止。平行测定两次。如果两次测定结果不一致，应重新试验。

6.7.5 结果表示

以没有使前板减反射膜玻璃出现超过 3mm 划痕的最硬的铅笔的硬度表示试样的铅笔硬度。

6.8 耐洗刷试验

6.8.1 试验目的

确定试样经受一定强度的洗刷试验后光伏透射比 T_r 的衰减以及外观变化情况。

6.8.2 试样

以与制品相同原料，且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 300mm×300mm 或 430mm×150mm 或以上尺寸的前板减反射膜玻璃作为试样，共 3 块。

6.8.3 仪器装置及材料

仪器装置及材料需符合 GB/T 6739—2006 的规定。

6.8.4 试验步骤

6.8.4.1 将试样有膜面向上，与刷子直接接触，按 GB/T 9266—2009 的方法进行耐洗刷试验。共 400 次往复洗刷。

6.8.4.2 试验结束后，取出试样，先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净，并放置于 $(110 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的烘箱中 0.5h，冷却至室温测量。

6.8.5 结果表示

试验结束前后，分别测定试验区域处均匀分布的 5 个点的有效透射比 T_r ，计算其平均值。最后求得耐洗刷前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.9 耐酸试验

6.9.1 试验目的

确定减反射膜玻璃经受一定强度的酸性环境后的光伏透射比 T_r 的衰减以及前板减反射膜玻璃外观变化情况。

6.9.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料,且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为300mm×300mm的前板减反射膜玻璃作为试样,共3块。

6.9.3 材料及试剂

1 mol/L 浓度的盐酸溶液。

6.9.4 试验步骤

6.9.4.1 将试样全部浸入(23±2)℃的1 mol/L的盐酸中,浸渍24h。

6.9.4.2 试验结束后,取出试样,先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净,并放置于(110±10)℃的烘箱中0.5h,冷却至室温测量。

6.9.5 结果表示

试验结束前后,按6.6的规定分别测量图2中5个区域的光伏透射比 T_r ,计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.10 耐中性盐雾试验

6.10.1 试验目的

确定试样经受一定强度的中性盐雾环境后的光伏透射比 T_r 的衰减以及前板减反射膜玻璃外观变化情况。

6.10.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料,且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为300mm×300mm的前板减反射膜玻璃作为试样,共3块。

6.10.3 仪器装置及材料

仪器装置及材料应符合GB/T 1771—2007中第5章和第6章的规定。

6.10.4 试验步骤

6.10.4.1 按GB/T 1771—2007中要求的方法进行中性盐雾试验,试验时间96h。

6.10.4.2 试验结束后,取出试样,先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净,并放置于(110±10)℃的烘箱中0.5h,冷却至室温测量。

6.10.5 结果表示

试验结束前后,按6.6的规定分别测量图2中5个区域的光伏透射比 T_r ,计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.11 耐热循环试验

6.11.1 试验目的

确定前板减反射膜玻璃承受由于温度重复变化而引起的光伏透射比 T_r 的衰减以及前板减反射膜玻璃外观变化情况。

6.11.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料,且与制品在同一工艺条件下制造的全尺寸为300mm×300mm的前板减反射膜玻璃作为试样,共3块。

6.11.3 仪器装置

仪器装置应符合A.2.1的规定。

6.11.4 试验步骤

6.11.4.1 按 A.2.2 的步骤进行热循环试验,循环次数为 200 次。

6.11.4.2 试验结束后,取出试样,先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净,并放置于 $(110 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的烘箱中 0.5h,冷却至室温测量。

6.11.5 结果表示

试验结束前后,按 6.6 的要求分别测量图 2 中 5 个区域的光伏透射比 T_r ,计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.12 耐湿冻试验

6.12.1 试验目的

确定前板减反射膜玻璃承受高温、高湿之后以及随后的零下温度影响后光伏透射比 T_r 的衰减以及前板减反射膜玻璃外观变化情况。

6.12.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料、且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的减反射膜玻璃作为试样,共 3 块。

6.12.3 仪器装置

仪器装置应符合 A.3.1 的规定。

6.12.4 试验步骤

6.12.4.1 按 A.3.2 的步骤进行湿冻试验,循环次数 10 次。

6.12.4.2 试验结束后,取出试样,先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净,并放置于 $(110 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的烘箱中半小时,冷却至室温测量。

6.12.5 结果表示

试验结束前后,按 6.6 的要求分别测量图 2 中 5 个区域的光伏透射比 T_r ,计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.13 耐湿热试验

6.13.1 试验目的

确定前板减反射膜玻璃承受长期湿气渗透后的光伏透射比的衰减以及前板减反射膜玻璃外观变化情况。

6.13.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料、且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的前板减反射膜玻璃作为试样,共 3 块。

6.13.3 试验步骤

6.13.3.1 试验应根据 JC/T 2170—2013 进行。将处于室温下没有经过任何预处理的试样放入气候室中。

6.13.3.2 在下列严酷条件进行试验:

- 试验温度: $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- 相对湿度: $85\% \pm 5\%$;
- 试验时间: 1000h。

6.13.3.3 试验结束后,取出试样,先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净,并放置 $(110 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的烘箱中半小时,冷却至室温测量。

6.13.4 结果表示

试验结束前后,按 6.6 的要求分别测量图 2 中 5 个区域的光伏透射比 T_r ,计算其平均值,最后计

算试验前后每一片试样光伏透射比 T 平均值的差值。

6.14 耐紫外试验

6.14.1 试验目的

确定试样承受一定强度的紫外照射后光伏透射比 T_r 的衰减以及外观变化情况。

6.14.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料, 且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的前板减反射膜玻璃作为试样, 共 3 块。

6.14.3 仪器装置及材料

仪器装置应符合 A.4.1 的规定。

6.14.4 试验步骤

6.14.4.1 按 A.4.2 的步骤进行紫外试验。

6.14.4.2 试验结束后, 取出试样, 先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净, 并放置于 $(110 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的烘箱中 0.5h, 冷却至室温测量。

6.14.5 结果表示

试验结束前后, 按 6.6 的要求分别测量图 2 中 5 个区域的光伏透射比 T_r 计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.15 耐砂尘试验

6.15.1 试验目的

为了确定试样经一定强度的吹尘、吹砂、降尘后光伏透射比 T_r 的衰减。

6.15.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料、且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的前板减反射膜玻璃作为试样, 共 3 块。

6.15.3 仪器装置及材料

符合 GJB 150.12A-2009 的砂尘试验箱及砂尘。

6.15.4 试验步骤

6.15.4.1 按 GJB 150.12A-2009 的规定进行吹尘、吹砂、降尘三个程序。其中: 吹尘试验浓度为 $(10.6 \pm 7) \text{g/m}^3$, 吹尘速度 8.9m/s ; 吹砂浓度为 $(1.1 \pm 0.3) \text{g/m}^3$, 吹砂速度 $18 \text{m/s} \sim 29 \text{m/s}$, 吹砂时间 90min。

6.15.4.2 取出试样后, 用风吹去试样表面砂尘, 然后用蒸馏水冲洗, 在自然环境中晾干。

6.15.5 结果表示

试验结束前后, 按 6.6 的要求分别测量图 2 中 5 个区域的光伏透射比 T_r , 计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.16 高压蒸煮 (PCT) 试验

6.16.1 试验目的

确定前板减反射膜玻璃耐高温高压高湿后的光伏透射比 T_r 的衰减以及前板减反射膜玻璃外观变化情况。

6.16.2 试样

以制品为试样或者以与制品相同原料、且与制品在同一工艺条件下制造的尺寸为 $300 \times 300\text{mm}$ 的前

板减反射膜玻璃作为试样，共 3 块。

6.16.3 仪器装置及材料

高压蒸煮试验箱：温度控制精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，湿度控制精度为 $\pm 3\% \text{RH}$ ，试验箱内气压随着温湿度变化而变化。

6.16.4 试验步骤

将试样放入高压蒸煮老化试验箱，试验条件如下：试验温度 $121^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 99%~100%，试验时间 48h。

6.16.5 结果表示

试验结束后，取出试样，先后用去离子水和无水乙醇冲洗干净，并放置 $(110 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中半小时，冷却至室温。按 6.6 的要求分别测量图 2 中 5 个区域的光伏透射比 T_r ，计算其平均值。最后计算试验前后每一片试样光伏透射比 T_r 平均值的差值。

6.17 抗冲击性试验

6.17.1 试验目的

评估玻璃在受到外力冲击时的韧性和破损抵抗能力。

6.17.2 试样

以制品为样品，共 6 块。

6.17.3 仪器装置及材料

抗冲击性实验装置是由 4 个壁厚 10~15mm 钢支架组成，钢支架放置如图 3 所示。钢支架与玻璃接触面衬以厚度为 3mm、宽度为 10~15mm、硬度为邵尔 A50 的橡胶垫。使冲击面保持水平，镀膜面朝上。

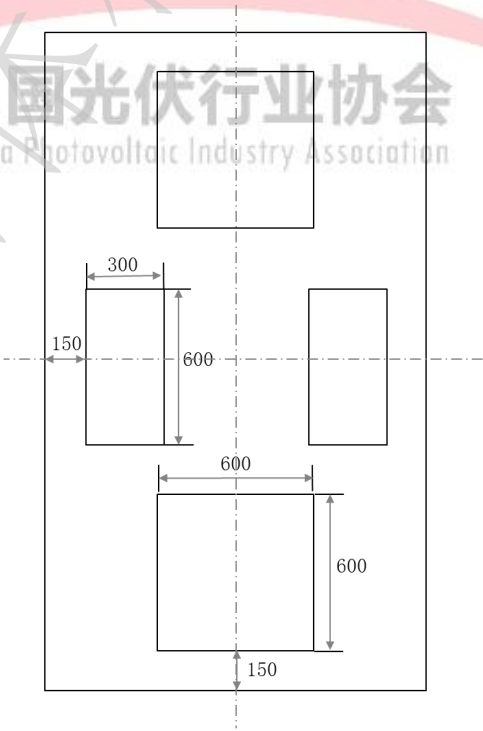


图 3 抗冲击试验装置示意图

6.17.4 试验步骤

按 GB/T 15763.2—2005 中 6.5.3 步骤进行试验。试验在室温下进行，使用表面光滑的钢球，按表 6 规定质量及高度自由落下，冲击位置为玻璃中心 25 mm 的范围内。

6.18 碎片状态

6.18.1 试样

以制品为试样，共 4 块。

6.18.2 试验装置

可保留碎片图案的任何装置。

6.18.3 试验步骤

按 GB/T 15763.2—2005 中 6.6.3 步骤进行试验。

6.19 霰弹袋冲击性能

以制品为试样，按照 GB/T 15763.2—2005 中相关要求进行了试验。

6.20 耐热冲击性能

6.20.1 试验目的

用于评估玻璃在快速温度变化条件下的抗裂和抗破损能力。

6.20.2 试样

以制品为样品，共 4 块。

6.20.3 仪器装置及材料

耐热冲击性能试验装置在定义的热冲击作用区域下方设计为镂空结构，便于进行热冲击测试。样品需平放在专门设计的试验装置上。

6.20.4 试验步骤

在进行测试时，应将玻璃的空气面（即光伏组件在正常使用状态下朝向空气的一面）朝下放置，并采用耐高温胶带将热电偶固定在玻璃的空气面，并与温度采集设备进行连接。加热点的位置包括：短边 L_1 的中心点、长边 L_2 的中心点、试样的中心点、玻璃长边 L_2 的 1/4 处、玻璃拐角处，如图 4 所示。除中心点外，其他各加热中心点距离玻璃边缘 10 毫米的位置上。测试过程中，使用热风枪对玻璃的非空气面进行局部加热，保持热风枪口与玻璃表面的距离在 5~10mm 之间。应在 30 秒内将指定位置的温度升高至 200℃，随后立即停止加热。若在加热过程中，玻璃的任何位置出现破裂或损坏，则该批次测试判定为不合格，应即刻终止试验。玻璃表面和边部鱼鳞状玻璃不应视作破坏。

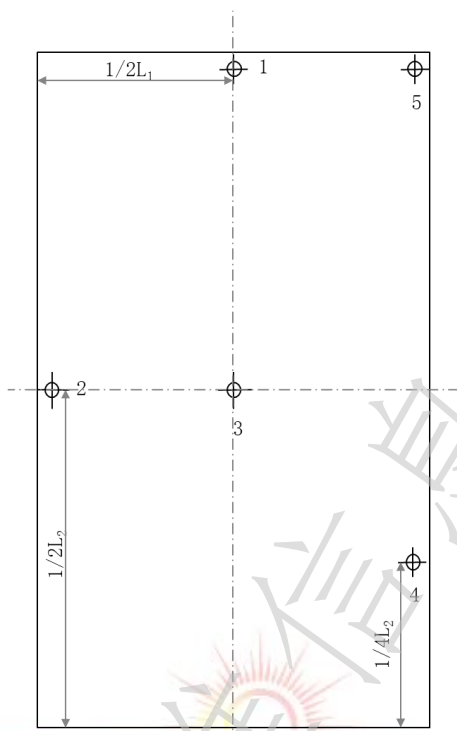


图 4 耐热冲击位置加热示意图

6.21 弯曲强度

按照附录 B 相关要求执行。

6.22 表面应力

6.22.1 试验目的

用于评估玻璃表面的压应力。

6.22.2 试样

以制品为试样，测试面为压花面、非镀膜面区域。测量前应清洁被测表面，被测点的选择应避开气泡、条纹、结石等玻璃缺陷位置，现场测量时应采取措施避免强光直射被测点。

6.22.3 试验步骤

在测试平台上放置黑色背景，将试样放置在平台上，无明显外界光源干扰，清洁玻璃测试面的灰尘、异物等。每片玻璃测量 9 点，按照序号顺序测量，测量点 1、3、7、9 应位于距离试样边部 100mm 以外的区域，测量点 2、4、6、8 位于距离试样边部不超过 100mm 区域，测量点 5 位于试样中心区域。测试点 1、2、3 为先出炉方向，7、8、9 为最后出炉方向。测量设备标识垂直于试样长边。测量点位置及测试仪器方向如图 5 所示。

6.22.4 数据处理

表面应力计算方法：记录 9 个测量点的应力值的绝对值，以其中的绝对值最小数值作为单点值，以绝对值的算术平均值作为平均值，以绝对值的最大值与绝对值的最小值的差值作为极差值。表面应力取样点如图 5 所示。

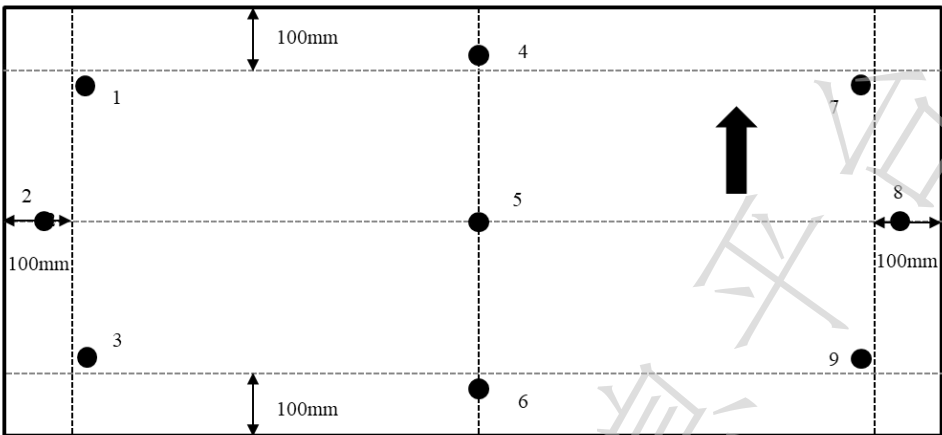


图 5 表面应力取样点示意图及仪器测量方向（实心箭头）

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

出厂检验项目包括尺寸及其允许偏差、外观质量、颜色均匀性、弯曲度和光伏透射比。
出厂检验项目应符合表 10 相应条款的规定。

表 10 出厂检验项目

名称	要求	试验方法
尺寸及其允许偏差	5.1	6.1
外观质量	5.2	6.2
颜色均匀性	5.3	6.3
弯曲度	5.4	6.4
光伏透射比	5.6	6.6

7.3 型式检验

在下列情况下，应进行型式检验，型式检验项目应符合表 11 相应条款的规定：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定性鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料和工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产后，每年至少进行一次型式检验；
- d) 产品长期停产后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

表 11 型式检验项目

名称	要求	试验方法
铅笔硬度	5.7	6.7
耐洗刷性能	5.8	6.8

耐酸性能	5.9	6.9
耐中性盐雾性能	5.10	6.10
耐热循环性能	5.11	6.11
耐湿冻性能	5.12	6.12
耐湿热性能	5.13	6.13
耐紫外性能	5.14	6.14
耐砂尘性能	5.15	6.15
高压蒸煮（PCT）测试	5.16	6.16
抗冲击性能	5.17	6.17
碎片状态	5.18	6.18
霰弹袋冲击性能	5.19	6.19
耐热冲击性能	5.20	6.20
弯曲强度	5.21	6.21
表面应力	5.22	6.22

7.4 组批和抽样

7.4.1 出厂检验时，企业可以根据生产状况制定合理的抽样方案抽取样品。

7.4.2 当进行型式试验时，可按表 12 规定的玻璃量和样本量抽样。

表 12 抽样表

批量	样本量	接收数	拒收数
2~8	2	0	1
9~15	2	0	1
16~25	3	0	1
26~50	3	0	1
51~90	5	0	1
91~150	5	0	1
151~280	8	0	1
281~500	8	0	1
501~1200	13	0	1
1201~3200	20	1	2

7.4.3 对于产品所要求的各项技术性能，若用制品检验时，根据检测项目所要求的数量从该批产品中随机抽取；若用试样进行检验时，应采用同一工艺条件下制备的试样。当该批产品批量大于 1200 块时，以每 1200 块为一批分批抽取试样，当检验项目为非破坏性试验时可以用它继续进行其他项目的检测。

7.5 判定规则

7.5.1 对产品外观质量、尺寸及其允许偏差、光伏透射比、颜色均匀性、弯曲度、铅笔硬度和弯曲强度进行检验时，一片玻璃其检验结果的各项指标均需满足要求，则该片玻璃为合格，否则为不合格。

7.5.2 进行产品的耐洗刷性、耐酸性、耐中性盐雾试验、耐热循环试验、耐湿冻试验、耐湿热试验、耐紫外试验、耐砂尘试验和高压蒸煮（PCT）测试检验时，每个项目试样数量3块，试样全部满足要求为合格；当有2块及2块以上试样不合格，则该项目不合格；当有1块试样不合格时，重新追加3块试样，3块试样全部合格规定时，该项目合格。

7.5.3 进行产品的抗冲击性能试验时，试样破坏数不超过1块为合格，多于或等于3块为不合格。破坏数为2块时，再另取6块进行试验，试样必须全部不被破坏为合格。

7.5.4 进行产品的碎片状态和霰弹袋冲击性能试验时，4块试验全部满足要求为合格，否则该项目不合格。

7.5.5 进行产品的耐热冲击性能试验时，当4块试样全部符合规定时认为该项性能合格。当有2块以上不符合时，则认为不合格。当有1块不符合时，重新追加1块试样，如果它符合规定，则认为该项性能合格。当有2块不符合时，则重新追加4块试样，全部符合规定时则为合格。

7.5.6 全部检验项目中，如果有一项不合格，则认为该批产品不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

包装标志应符合国家有关标准的规定，每个包装箱应标明“朝上、轻搬正放、小心破碎、防雨怕湿”等标志或字样；应标明玻璃尺寸、厚度、生产日期、合格证、厂名、厂址或商标。

8.2 包装

玻璃的包装可采用木箱、纸箱或集装箱（架）包装，箱（架）应便于装卸、运输。每箱（架）宜装同一厚度、尺寸的玻璃。玻璃与玻璃之间、玻璃与箱（架）之间应采取防护措施，防止玻璃的破损和玻璃表面的划伤，如有必要，需放置足量的干燥剂。

8.3 运输

产品可用各种类型的车辆运输，搬运规则、条件等应符合国家有关规定。运输时，玻璃应固定牢固，防止滑动、倾倒，应有防雨措施。

8.4 贮存

产品应贮存在干燥通风的地方。

附录 A
(规范性)
耐热循环、耐湿冻、耐紫外试验方法

A.1 概述

本附录修改采用了 IEC 61215-2 中的部分测试方法。

A.2 耐热循环试验

A.2.1 试验装置

试验装置包括：

- a) 一个气候室，有自动温度控制，有使内部空气循环和避免在试验过程中水分凝结在试样表面的装置，而且能容纳一个或多个试样进行如图 A.1 所示的热循环试验；
- b) 在气候室中有安装或支承试样的装置，并保证周围的空气能自由循环。安装或支承装置的热传导应小，因此实际上，应使试样处于绝热状态；
- c) 测量和记录试样温度的仪器，准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。温度传感器应置于试样中部的前或后表面。注：如多个试样同时试验，只需监测一个代表试样的温度。

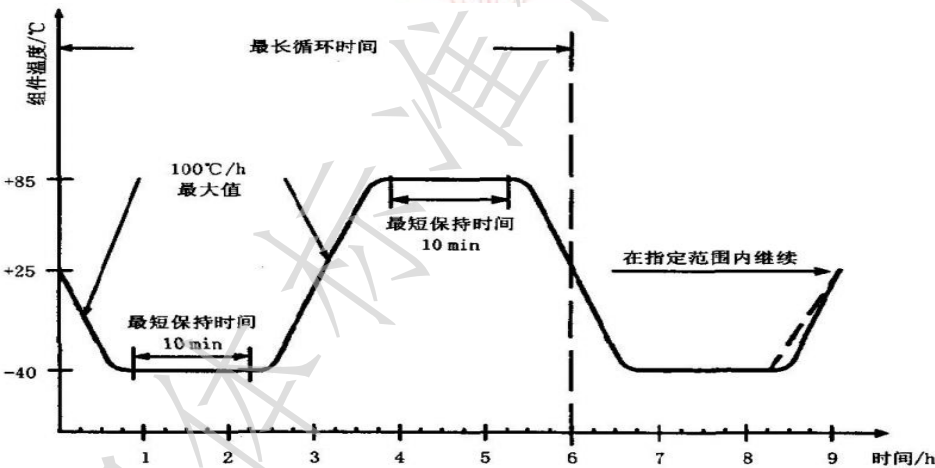


图 A.1 热循环示意图

A.2.2 试验步骤

按以下步骤进行试验：

- a) 在室温下将试样装入气候室；
- b) 关闭气候室，按图 A.1 的分布，使试样的温度在 $(-40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和 $(85 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 之间循环。最高和最低温度之间温度变化的速率不超过 100°C/h ，在每个极端温度下，应保持稳定至少 10 min。一次循环时间不超过 6 h；
- c) 在整个试验过程中，记录试样的温度。

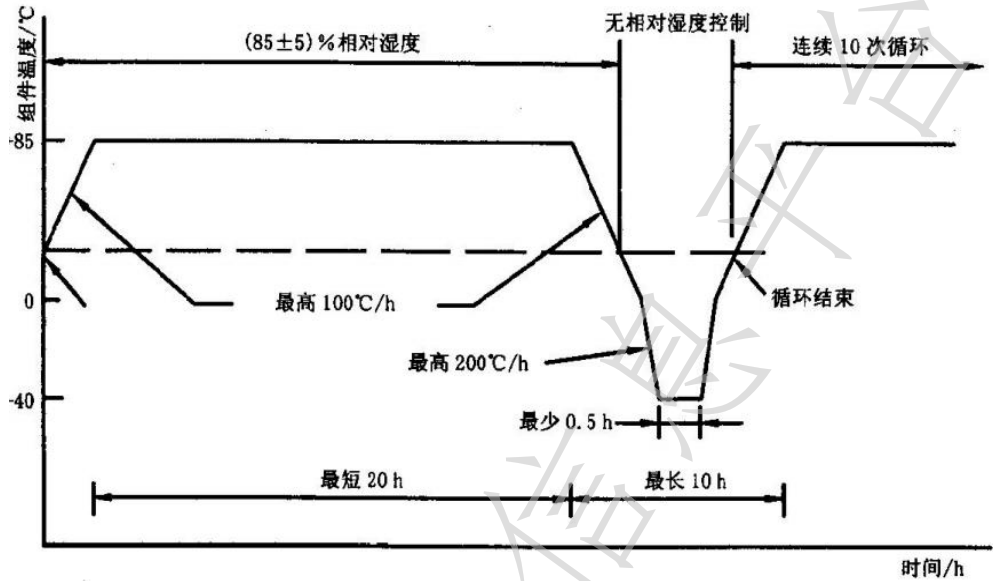
A.3 耐湿冻试验

A.3.1 试验装置

试验装置包括：

- a) 一个气候室，有自动温度和湿度控制，能容纳一个或多个试样进行如图 A.2 所规定的湿冻循环试验；
- b) 在气候室中有安装或支承试样的装置，并保证周围的空气能自由循环。安装或支承装置的热传导应小，因此实际上，应使试样处于绝热状态；

c) 测量和记录试样温度的仪器，准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。如多个试样同时试验，只需监测一个代表试样的温度。



A. 3. 2 试验步骤

按以下步骤进行试验：

- a) 将温度传感器置于试样中部的前或后表面；
- b) 在室温下将试样装入气候室；
- c) 将温度传感器接到温度监测仪；
- d) 关闭气候室，使试样完成如图A. 2的所示的10次循环。最高和最低温度应在所设定值的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内，室温以上各温度下，相对湿度应保持在所设定值的 $\pm 5\%$ 以内；
- e) 在整个试验过程中，记录试样的温度。

A. 4 耐紫外试验

A. 4. 1 试验装置

试验装置包括：

- a) 在经受紫外辐照时能控制试样温度的设备，试样的温度范围必须在 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 测量记录试样温度的装置，准确度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。温度传感器应安装在靠近试样中部的前或后表面，如果同时试验的试样多于一个，只需监测一个代表试样的温度。
- c) 能测试照射到试样试验平面上紫外辐照度的仪器，波长范围为280nm~320nm和320nm~385nm，准确度为 $\pm 15\%$ 。
- d) 紫外辐射光源，在试样试验平面上其辐照度均匀性为 $\pm 15\%$ ，无可探测的小于280nm波长的辐射，能产生A. 4. 2规定的光谱范围内需要的辐照度。

A. 4. 2 试验步骤

按以下步骤进行试验：

- a) 使用校准的辐射仪测量试样试验平面上的辐照度，确保波长在280nm~385nm的辐照度不超过 250 W/m^2 （约等于5倍自然光水平），且在整个测量平面上的辐照度均匀性达到 $\pm 15\%$ 。
- b) 安装试样到在步骤a) 选择位置的测量平面上，与紫外光线相垂直。保证试样的温度范围为 $(60\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 使试样经受波长在280nm~385nm范围的紫外辐射为 15 KWh/m^2 ，其中波长为280nm~320nm的紫外辐射至少为 5 KWh/m^2 ，在试验过程中维持试样的温度在前面规定的范围内。

附录 B
(规范性)
弯曲强度试验方法

B.1 试验条件

环境温度：23℃±5℃；环境相对湿度：40%~70%。为避免热应力的产生，在试验的全过程中，环境温度的波动应不大于1℃。

B.2 试样

以制品为试样，随机抽取5块进行试验。制备试样时，切割刀口应在试样的同一表面。

试验前24h内不得对试样进行任何加工或处理。如果试样表面贴有保护膜，需在实验前24h去除。试验前，试样应在B.1规定的条件下放置至少4h。

B.3 试验装置

采用材料试验机进行试验。试验机应能连续、均匀地对试样加载，且能够将由于加载产生的震动降低至最小。试验机应装有加载测量装置，并在其量程内的误差应小于±2%。支撑辊和加载辊的直径为50mm，长度不少于1400mm。支撑辊和加载辊均能围绕各辊轴线转动。加载辊间距 L_b 为200mm±1mm。支撑辊间距 L_s 偏差不应大于2mm。

B.4 试验程序

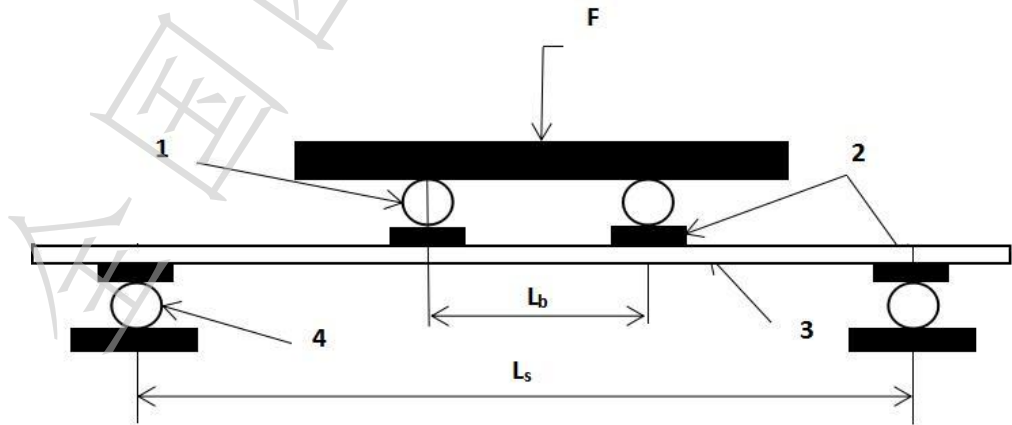
B.4.1 测量试样宽度及厚度

用符合GB/T 9056—2004规定的分度值为1mm的金属直尺或用符合QB/T 2443—2011规定的分度值为1mm的钢卷尺测量试样的宽度，分别测量3次，取其算术平均值，并以毫米（mm）为单位修约到小数点后1位。

用符合GB/T 1216—2018规定的分度值为0.01mm的外径千分尺或与此同等精度的器具测量试样的厚度，为避免由于测量而产生的表面破坏，测量应分别在试样的两端进行（至少应在试样的位于加载辊以外的部分进行测量）。分别测量4点，取其算术平均值，并以毫米（mm）为单位修约到小数点后2位。也可在试验后测量破碎后的试样厚度，每块试样取4块碎片测量厚度，取其算术平均值，并以毫米（mm）为单位修约到小数点后2位。

B.4.2 放置试样

以下放置试样方法适用于前板减反射膜玻璃加载面，其他种类减反射膜玻璃的加载面由供需双方商定。为便于查找断裂源和防止碎片飞散，可在试样上表面粘贴薄膜。按图B.1所示放置试样。橡胶条的厚度为3mm，硬度为（40±10）IRHD。



标引序号说明：
1 —— 加载辊；
2 —— 橡胶条；

3 —— 试样；
4 —— 支撑辊；
 L_b —— 加载辊间距；
 L_s —— 支撑辊间距。

图 B.1 四点弯曲强度试验试样放置示意图

B.4.3 选择支撑辊间距

图 B.1 中支撑辊间距 L_s 。根据试样的公称厚度按表进行选择。

表 B.1 支撑辊间距 L_s

单位为毫米

玻璃厚度 (T)	支撑辊间距 (L_s)
$1.6 \leq T < 2.0$	600
$2.0 \leq T < 2.5$	700
$2.5 \leq T < 3.0$	800
$3.0 \leq T \leq 4.0$	1000

B.4.4 加载

试验机以试样弯曲应力 $(2 \pm 0.4) \text{MPa/s}$ 的递增速度对试样进行加载，直至试样破坏。记录每块试样破坏时的最大载荷、从开始加载至试样破坏的时间（精确至 1s）以及试样的断裂源是否在加载辊之间。

B.5 数据处理

断裂源应当在加载辊之间，否则应追加新试样重新试验，以保证每组试样原来的数量。

按式 (B.1) 计算试样的弯曲强度。根据设备精度保留有效数据。

$$\sigma_{bGi} = F_{max} \frac{3(L_s - L_b)}{2Bh^2} \times 10^{-6} + \sigma_{bgi} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- σ_{bGi} —— 单个试样弯曲强度，单位为兆帕 (MPa)；
 F_{max} —— 试样断裂时的最大载荷，单位为牛 (N)；
 L_s —— 两支撑辊轴心之间的距离，单位为米 (m)；
 L_b —— 两加载辊轴心之间的距离，单位为米 (m)；
 B —— 试样的宽度，单位为米 (m)；
 h —— 试样的厚度，单位为米 (m)；
 σ_{bgi} —— 单个试样由于自重产生的弯曲强度，或通过式 (A.2) 计算得到，单位为兆帕 (MPa)。

$$\sigma_{bgi} = \frac{3\rho g L_s^2}{4h} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- ρ —— 试样密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)，对于普通钠钙硅玻璃 $\rho = 2.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ；
 g —— 单位换算系数， 9.8N/kg ；
 L_s —— 两支撑辊轴心之间的距离，单位为米 (m)；
 h —— 试样的厚度，单位为米 (m)。

参 考 文 献

- [1] T/ZBH 017—2020 晶硅光伏组件用材料 第1部分：面板玻璃
- [2] T/ZBH 026—2023 晶硅光伏组件用材料 第3部分：双玻光伏组件用压延玻璃弯曲强度、抗冲击性及表面应力技术规范
-

