

太阳能光热产业技术创新战略联盟标准

T/CSTA XXXX-YYYY

光热发电玻璃反射镜自清洁 纳米涂层技术规范

Technical Specification for Self-Cleaning Nano Coating of Reflective Glass
Mirrors for Solar Thermal Power Generation

（征求意见稿）

2026-xx-xx 发布

2026-xx-xx 实施

太阳能光热产业技术创新战略联盟 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
5 技术要求	2
5.1 外观	2
5.2 性能要求	2
6 试验方法	3
6.1 外观及表面质量检查	3
6.2 性能测试方法	3
7 检验规则	5
7.1 检验分类	5
7.2 出厂检验	5
7.3 型式检验	5
8 标志、包装、贮存和运输	5
8.1 标志	5
8.2 包装	5
8.3 贮存	5
8.4 运输	6
参考文献	7

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

本标准由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟提出并归口。

本标准起草单位：中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、广州希森美克新材料科技股份有限公司、弘慧（杭州）新能源科技有限公司、中国华电集团物资有限公司、中国资源循环集团新能源科技有限公司、华电电力科学研究院有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、北京京能能源技术研究有限责任公司。

本标准主要起草人：

本标准首次发布。

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这些专利的责任。

引 言

在光热发电站运营过程中，玻璃反射镜表面污染已成为制约降低发电成本、提升发电收益的关键因素。自清洁纳米涂层技术以其防尘、增透、抗静电和亲水等性能，成为解决光热发电玻璃反射镜表面污染问题的有效技术方案。该技术能够通过表面特性调控，降低灰尘附着力，实现雨水自动冲刷、光催化分解污染物等功能，显著减少光热电站玻璃反射镜的运维频次，提升聚光集热效率。同时，使用自清洁纳米涂层还可以减少化学清洁剂的使用，降低对环境的潜在污染，满足光热电站绿色运维的发展要求。

为规范光热发电用玻璃反射镜自清洁纳米涂层的适用范围与条件、技术要求、试验方法及检验规则，特制订本标准。本标准的实施将为行业用户提供可执行的技术依据，提升光热发电站运维效率，推动自清洁涂层的规范化与标准化应用，支撑光热发电行业高质量发展，并为国家“双碳”目标的实现贡献力量。

光热发电玻璃反射镜自清洁纳米涂层技术规范

1 范围

本标准规定了光热发电用玻璃反射镜自清洁纳米涂层的一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存与运输。

本标准适用于光热发电站聚光集热系统中用于玻璃反射镜自清洁纳米涂层的生产、设计和检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1725-2007 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
- GB/T 5210-2006 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 5250-2014 可渗透性烧结金属材料 流体渗透性的测定
- GB/T 6739-2022 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 9274-1988 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
- GB/T 14522-2008 机械工业产品用塑料、涂料、橡胶材料人工气候老化试验方法 荧光紫外灯
- GB 30981 工业防护涂料中有害物质限量
- GB/T 30447-2013 纳米薄膜接触角测量方法
- GB 1733-1993 漆膜耐水性测定法
- GBT 30984.3 太阳能用玻璃 第3部分：玻璃反射镜
- GBT 33234 光热发电玻璃反射镜反射比测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

纳米涂层 Nano coating

干膜厚度在1nm~150nm范围内的涂层。

[来源：GB/T 5206-2015，2.164，有修改]

3.2

自清洁纳米涂层 Self-cleaning nano coating

通过化学、物理方法在材料表面形成不同润湿性具有自清洁效果的纳米涂层。

3.3

接触角 Contact angle

气、液、固三相交界处的气-液界面和固-液界面之间的夹角，单位为度（°）。

[来源：JC/T 2168—2013，3.4]

3.4

抗静电性 Antistatic properties

涂层（3.1）材料抑制摩擦起电的特性。

[来源：GB/T 18374—2022，6.42，有修改]

3.5

附着力 Coating adhesion

涂层（3.1）间与基板间结合的牢固程度。

3.6

硬度 Coating hardness

涂层（3.1）抵抗擦划伤、摩擦、碰撞、压入等机械作用的能力。

[来源：GB/T 12754—2019，3.7]

3.7

光学反射率 Optical reflectance

从涂层（3.1）表面反射的光辐射通量与入射到该物体表面上的光辐射通量之比。

[来源：GB/T 12604.9—2021，3.56，有修改]

3.8

耐磨性 Abrasion resistance

1T/CERS0144—2025涂层（3.1）抵抗机械作用在表面上被磨损的能力。

[来源：GB/T 33376—2016，2.4.74，有修改]

4 一般要求

光热发电用玻璃反射镜自清洁纳米涂层的生产与应用不应对人体、生物与环境造成有害的影响，所涉及相关的安全与环保要求，应符合GB 30981的规定。

5 技术要求

5.1 外观

涂层应在玻璃反射镜表面形成均匀、致密的薄膜，且无裂纹、气泡或脱落等质量缺陷，允许有轻微彩虹纹。

5.2 性能要求

5.2.1 涂层自清洁性

涂层具有亲水性和抗静电性，能够减少灰尘、污垢等污染物在玻璃反射镜表面的附着。污染物在自然雨水、风或简单清洗条件下应能够轻松被冲洗干净，保持玻璃反射镜表面的长期洁净。

5.2.2 涂层初始水接触角

涂层的初始接触角应小于等于 10° 。

5.2.3 涂层硬度

涂层的硬度应大于等于 4H。

5.2.4 涂层附着力

涂层在玻璃反射镜表面的附着力应达到 0 级，确保涂层与表面具有极高的附着强度，不易脱落或受损，从而保证长期稳定的自清洁性能。

5.2.5 涂层耐久性

涂层进行Q-UV老化实验（3000 h）的合格标准为无气泡，无剥落，无粉化，允许轻微变色。

5.2.6 涂层抗静电性

涂层表面电阻值（25℃）应在 $10^6 \Omega \sim 10^9 \Omega$ 之间。

5.2.7 涂层耐水性

涂层应具有良好的耐水性，浸水 300 h 后应无可见起泡、起皱或脱落。

5.2.8 涂层光学反射率

光热电站用玻璃反射镜表面涂层的含镜面反射比（660nm）应不小于93%。

5.2.9 耐磨性

用标准方法摩擦后，测量涂层的静电阻抗值和光学反射率，并与初始数据对比，应确保变化幅度不超过5%。目测检查涂层表面无明显磨损、剥离或性能下降。

6 试验方法

6.1 外观及表面质量检查

采用目测方式进行检查，观察时视线与涂层表面保持约 45° 角度。检查涂层表面是否存在明显的缺陷或不均匀现象，涂层表面应符合 5.1 条要求。

6.2 性能测试方法

6.2.1 涂层自清洁性能试验

试验前，应检查涂层表面是否有油污、灰尘等附着物，确保其清洁。在涂层任意区域撒上模拟灰尘，静置 1 分钟后用水冲洗，重复测试 10 次。观察冲洗后的涂层表面，应无灰尘残留。若无残留，则视为符合本标准第 5.2.1 条要求。

6.2.2 涂层初始水接触角试验

按GB/T 30447进行测试。取 3 块 $50 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ 方形平整纳米薄膜涂层试样；经丙酮 / 中性洗涤剂、超声去离子水清洗，自然干燥 10 h 以上，避免有机物污染表面。在温度 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $50\% \pm 10\%$ 的试验环境下采用 GB/T 6682-2008 三级去离子水作为测试液体。将试样待测面朝上置于样

品台；以 0.5 $\mu\text{L/s}$ 流速挤出约 4 μL 水滴，使液滴脱离针头落在涂层表面形成座滴；以 ≥ 2 帧 /s 连续拍摄液滴铺展全过程，总记录时长 180 s。从录像中选取液滴接触 55-65 s 的 5 帧图像，球形拟合法计算接触角，取 5 帧平均值作为单块试样静态接触角；再取 3 个平行试样的算术平均值作为涂层最终静态水接触角，数值按 GB/T 8170 修约至小数点后两位。测试结果应符合本标准第5.2.2条要求。

6.2.3 涂层硬度试验

按 GB/T 6739 进行测试。应使用特定铅笔（笔芯外露 5 mm~6 mm），以 $45\pm 1^\circ$ 角在涂层表面划出长度不少于 3 mm 的划痕，铅笔硬度计的推动速度控制在 5mm/s~10 mm/s，重复测试 3 次。测试完成后，30 秒内用棉布或脱脂棉擦拭涂层，应检查是否出现可见划痕或变形。通过逐级测试，确定不划伤涂层的最硬铅笔，作为涂层硬度标准。测试结果应符合本标准第5.2.3条要求。

6.2.4 涂层附着力试验

按 GB/T 9286 进行测试。应使用刀片或划格器在涂层表面划出 100 个间距 1 mm 的小方格，划深至玻璃基材并去除毛刺。应将 3M 610 牌号粘胶带覆盖划格区域，压实确保无气泡后，以 90° 角迅速揭起胶带，检查涂层是否脱落。重复测试 3 次，所有测试均无涂层脱落视为合格。测试结果应符合本标准第 5.2.4条要求。

6.2.5 涂层耐久性试验

按GB/T 14522进行测试。应采用玻璃反射镜实际使用的材料制备不少于3个试样，在试验箱中使用荧光紫外灯对试样进行暴露试验，暴露结束后按有关标准或规范进行性能检测。检测结果应符合本标准第5.2.5条要求。

6.2.6 涂层抗静电性试验

应使用静电测试仪（型号：MODEL 800），在 25 $^\circ\text{C}$ 条件下，应在同一板面不同位置进行 5 次测量，并计算平均值。测试结果应符合本标准第5.2.6条要求。

6.2.7 涂层耐水性试验

按GB 1733进行测试。首先在三块 120mm $\times$ 25mm $\times$ 0.2~0.3mm 的马口铁板上制备涂层漆膜作为试板，在玻璃水槽中加入蒸馏水或去离子水，调节水温为 23 $^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ ，并在整个试验过程中保持该温度；将三块试板放入其中，并使每块试板长度的 2/3 浸泡于水中；在规定的浸泡时间结束时，将试板从槽中取出，用滤纸吸干，立即以目视检查试板，并记录是否有失光、变色、气泡、起皱、脱落、生锈等现象或恢复时间。三块试板中至少应有两块试板符合本标准第5.2.7条要求则为合格。

6.2.8 涂层光学反射率试验

按 GB/T 33234 进行测试。应采用分光测色计（型号：CM-26D）进行测试。在同一板面上选取不同位置测量 5 次，并计算其含镜面总反射比的平均值。测试结果应符合本标准第5.2.8条要求。

6.2.9 涂层耐磨性试验

涂装完成后 24 小时，应在涂层表面选取测试区域，使用干纸巾施加 1 公斤的力，以均匀速度沿同一方向摩擦板面 20 次~30 次。摩擦后，测量涂层的静电阻抗值和光学反射率，并与初始数据对比，确保变化幅度不超过 5 %。同时，目测检查涂层表面是否有明显磨损、剥离或性能下降。若测试数据符合要求，且涂层表面无明显损伤，则判定耐磨性能合格。测试结果应符合本标准第5.2.9条要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验类型分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 产品应按 6.1 和 6.2 的要求抽样检验，合格后方可出厂。

7.2.2 产品应按以下方式进行组批和抽样：

- a) 以同一天生产的相同原料、相同配方、相同规格和工艺条件下的产品为一个批次。
- b) 从每批产品中随机抽取不少于1个样品进行检验。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一应进行型式检验：

- a) 新产品试制、定型、鉴定时；
- b) 正常生产时，每年至少进行一次；
- c) 产品的原材料、配方、工艺及生产装备有较大变化，可能影响产品质量时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- e) 产品停产 6 个月以上，恢复生产时。

7.3.2 型式检验的内容为 6.1 和 6.2 全部项目。

8 标志、包装、贮存和运输

8.1 标志

产品外包装上应有印刷或粘贴牢固的标志，内容包括：

- a) 产品名称；
- b) 产品标记；
- c) 商标；
- d) 产品净质量；
- e) 多组分配比；
- f) 生产日期、批号、贮存期；
- g) 运输与贮存注意事项；
- h) 生产企业名称、地址。

8.2 包装

8.2.1 产品用带盖的铁桶或塑料桶密闭包装，不同组分的包装应有明显区别。

8.2.2 产品包装中应附有产品合格证和使用说明书。

8.3 贮存

8.3.1 产品不应露天堆放。

8.3.2 产品仓库堆放应有垫架，堆放整齐，不应靠墙，仓库还应有良好通风，贮存温度 5℃ ~ 40℃。

8.3.3 在正常贮存、运输条件下，贮存期自生产日起至少为 12 个月。

8.4 运输

运输过程中，不同批号、包装的产品应分别堆放，不应混杂。搬运时要求轻搬轻放，防止碰撞、挤压，运输过程中应防止日晒雨淋，不应接近热源、火源，注意通风。

参考文献

- [1] JC/T 2168 自洁净镀膜玻璃
 - [2] T_CERS 0144-2025 光伏电站自清洁纳米涂层应用技术规范
-