

光伏电站组件减反射膜失效检测方法

编 制 说 明



浙江省电力学会

ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER



浙江省电力学会
ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

目 次

1 编制背景	2
2 编制主要原则	2
3 与其他标准文件的关系	2
4 主要工作过程	2
5 标准结构和内容	3
6 条文说明	3
7 数据处理过程	3



浙江省电力学会

ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

1 编制背景

由于光伏玻璃表面减反射膜的显著发电增益效果（可达 3%以上），近年以来已经成为光伏组件厂家的标配，但是根据荷兰皇家帝斯曼集团测算，全球之前有超过 40GW 的无减反射膜组件已经安装在光伏电站上。此外，正在运行的镀减反射膜组件也经受着长期的户外考验，沙尘、雨水、有机污染物等都会逐步侵蚀玻璃表面的中空 SiO₂ 减反射膜层，造成减反射作用的逐步丧失。而光伏组件的工作寿命长达 25 年以上，与玻璃一起高温烧结制备的减反射膜层无法匹配光伏组件的生命周期，通过对电站端组件的表面反射率检测，发现安装 5 年以上的光伏组件有相当高比例已经存在膜层脱落的问题，需要对电站所有组件进行较为精准的膜层评估来确定是否需要重新镀膜。

目前国内光伏电站装机量已达 2.4 亿千瓦，是全国第三大电源，结合我国能源转型发展战略目标，到 2030 年，中国非化石能源占一次能源消费比重将达 20%，2050 年将达 50%以上，光伏作为最有前景的清洁能源之一，将会迎来更加蓬勃的应用发展。因此针对显著影响户外组件发电量的减反射膜层的失效性问题，需要制定更符合业务应用的标准规范。

2 编制主要原则

2.1 本标准按照 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》的要求和规定，确定导则的组成要素。

2.2 本标准按照国家、行业现行的相关法律、法规、标准、规范等要求和规定进行编制。

2.3 本标准在制订过程中遵循了以下几个原则：

- a) 保证科学性和规范性；
- b) 保证先进性和实用性；
- c) 与相关的标准、法规接轨，与现行相关标准协调一致，不与现行的有关法律、法规、政策冲突；
- d) 标准充分考虑了光伏减反射膜最新技术水平，使本标准更加适用和有针对性，便于推广。

3 与其他标准文件的关系

针对利用无人机对光伏组件的减反射膜层进行失效检测，国内外暂无此类标准。

此标准以《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国标准化法实施细则》、《中华人民共和国标准化法实施条例》、《浙江省电力学会团体标准管理办法》为依据。

本标准规范性引用国家标准 7 个，行业标准 1 个。本标准主要引用了《GB/T 38997-2020 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求》。本标准要求现场测试人员应掌握《GB/T 35694-2017 光伏电站安全规程》、《CH/Z 3001-2010 无人机航摄安全作业基本要求》的有关要求。

4 主要工作过程

4.1 编制任务正式启动

2021 年 2 月，标准工作委员发布了标准制修的征集计划，填报申报表。

4.2 召开立项评审会

2021 年 7 月 7 日，标准工作委员会在杭州召开了 2021 年标准项目的立项审定工作，正式确定了标

准制修计划，项目具体研究内容、研究范围，项目工作计划、时间安排，工作任务分工等。

4.3 召开立项评审会

2021年7月-2022年5月，标准编制组多家单位多次组织研讨交流，讨论标准的框架和内容，并由主编单位进行多次实验和汇总，形成标准征求意见稿。

2022年6月，将标准征求意见稿提交浙江省电力学会标准工作委员会，挂网征求意见。

5 标准结构和内容

本标准的主要内容包括如下部分：

第1章为范围：本文件规定了光伏场站的组件表面减反射膜层的失效检测方法和检测要求，包括环境要求、技术要求、安全要求等。本文件适用于允许无人机飞行及拍摄的光伏电站的减反射膜检测工作。

第2章为规范性引用文件：给出了本文件的规范性引用文件。

第3章为术语和定义：给出了本文件需要界定的术语和定义。

第4章为原理：给出了利用无人机进行减反射膜失效检测的原理。

第5章为仪器设备和测试系统：给出了本文件需要的仪器设备。

第6章为检测环境：给出了本文件要求的安全条件和环境及光伏组件质量要求。

第7章为检测方法：给出了采用无人机对组件阵列进行航空摄影的步骤。

第8章为数据处理过程：给出了航摄作业及影像数据处理的通用步骤。

6 条文说明

第3.6条，给出了图像灰度的定义，灰度图像的灰度值等于亮度值，图像亮度值与被拍摄组件的反射率相关，因此采用灰度值作为关键考察数据。

第6.2条，给出了拍摄环境的辐照度条件，应避免强烈阳光带来的大面积反光影响。

7 数据处理过程

7.1 组串图像提取

按照标准正文第8章要求从组串区域中提取出规整的组串图像



图 1 组串图像

7.2 组串图像灰度转换

按 8.5.1 要求将组串原始彩色图像转换为灰度图像

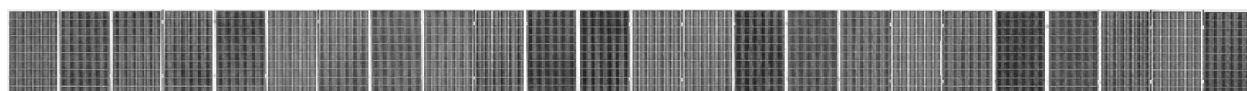


图 2 组串灰度图像

7.3 组串图像二值化

按 8.5.2 要求将组串图像二值化

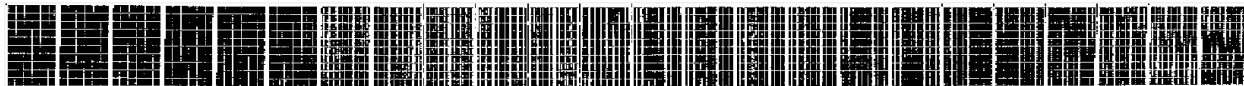


图 3 组串二值化图像

7.4 提取组件

按 8.5.3 要求提取组件

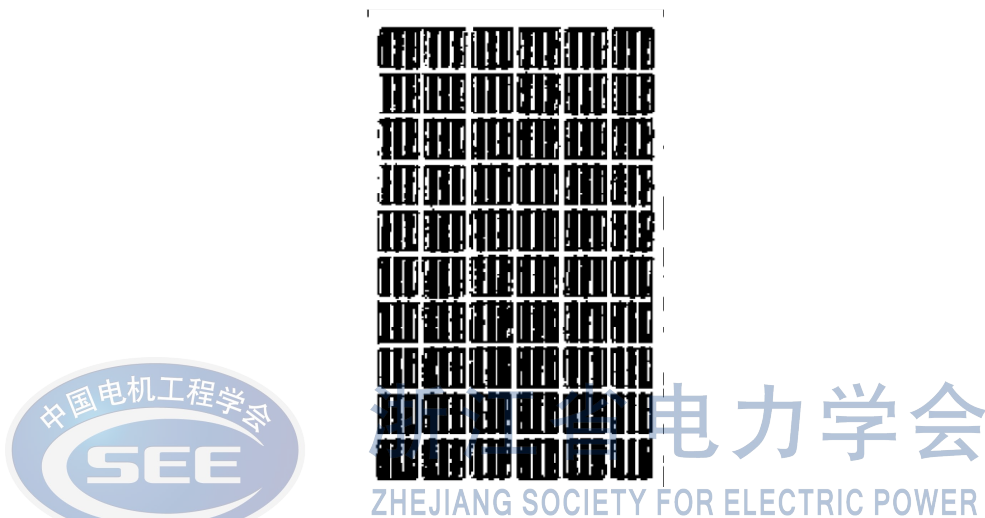


图 4 提取出的组件图像

7.5 组件灰度值计算

按 8.5.4 要求计算组件的灰度值

表 1 组件灰度值

组件序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
灰度值	108	110	108	110	110	108	104	106	86	86	90	88
组件序号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
灰度值	86	81	84	86	83	86	98	87	88	85	83	85

7.6 组件光反射比值测量

按 8.6 要求测量组件光反射比值

表 2 组件光反射比值

组件序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
反射值	4.66	4.88	4.91	4.98	4.85	4.82	4.58	4.76	2.87	3.14	3.29	3.51
组件序号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
反射值	3.36	2.59	2.6	3.20	3.06	2.84	4.35	2.91	2.84	2.75	2.70	2.76

7.7 确定标记组件的光反射比数值与灰度值之间的函数关系

将表 1 和表 2 中的灰度值与光反射率比值进行拟合，宜用线性拟合，得到灰度值与光反射比值的函数关系如下：

$$\text{光反射比值} = 0.0821 * \text{灰度值} - 4.0487 \dots \dots \dots (1)$$

$$R^2 = 0.9551$$

7.8 组件减反射膜失效判断及结果可靠性验证

随机选取另外 30 块组件，通过公式 (1) 计算得到组件的预测光反射比值，同时按 8.6.2 要求测量组件光反射比值，结果见表 3。

表 3 另外 30 块组件的实测光反射比值、灰度值及预测光反射比值

组件序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测光反射比值	6.06	4.86	4.83	3.42	4.51	4.89	2.73	4.39	4.06	4.37
灰度值	125	109	109	91	105	107	82	103	98	102
预测光反射比值	6.21	4.90	4.90	3.42	4.57	4.74	2.68	4.41	4.00	4.33
组件序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
实测光反射比值	4.31	2.93	4.37	4.40	2.22	4.78	4.28	4.45	3.69	4.74
灰度值	102	85	102	101	77	106	101	103	94	106
预测光反射比值	4.33	2.93	4.33	4.24	2.27	4.65	4.24	4.41	3.67	4.65
组件序号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
实测光反射比值	4.76	2.76	4.55	3.11	4.56	4.70	5.57	4.94	3.33	3.86
灰度值	106	82	105	88	107	108	116	108	89	97
预测光反射比值	4.65	2.68	4.57	3.18	4.74	4.82	5.47	4.82	3.26	3.92

由表 3 和图 5 可知，预测光反射比值和实测光反射比值差异较小，表明本标准所涉及的方法具有较高的可靠性。

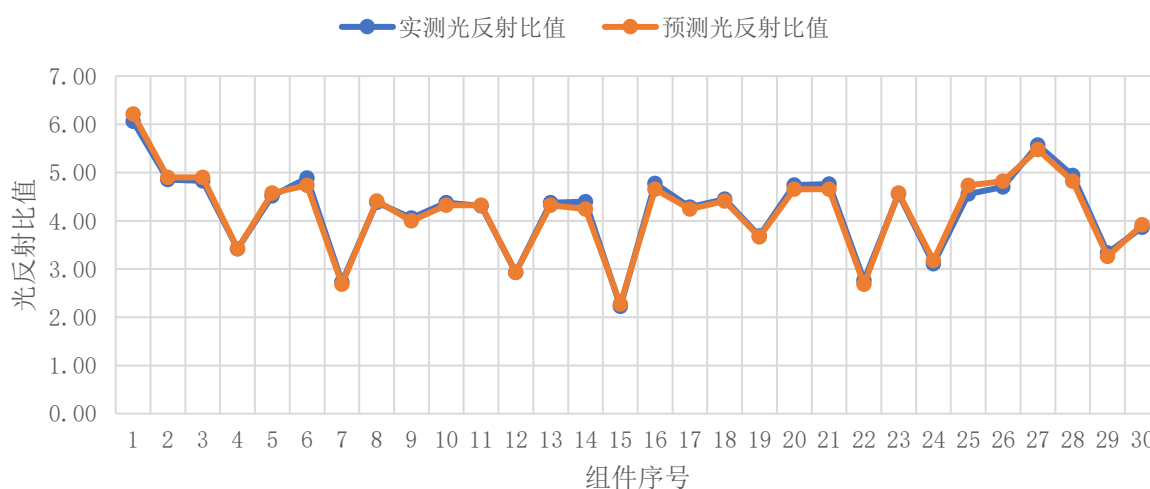


图 5 组件实测光反射比值和预测光反射比值对比