

### 光伏电站组件减反射膜失效检测方法

Failure detection for anti-reflection coatings of photovoltaic panels in photovoltaic power station

2023-09-18 发布

2023-12-01 实施

浙江省电力学会 发布



浙江省电力学会  
ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

## 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 原理 .....	2
5 仪器设备与测试系统 .....	2
5.1 总则 .....	2
5.2 无人机 .....	2
5.3 光反射比测试设备应符合下列规定 .....	2
6 检测环境 .....	2
6.1 安全条件 .....	2
6.2 环境及光伏组件质量要求 .....	3
7 检测方法 .....	3
7.1 航摄备案 .....	3
7.2 航摄勘察 .....	3
7.3 根据目标区域范围，设定航迹规划 .....	3
7.4 影像质量要求 .....	3
8 数据处理过程 .....	3
8.1 根据采集的分视图像，生成光伏电站测试区域的全景数字影像 .....	3
8.2 基于图像处理算法，识别测试区域内各组串的经纬度信息 .....	3
8.3 分别调取各组串的分视图，并对各分视图中的组串区域进行标注 .....	3
8.4 将规整的组串图像从组串区域中提取出来 .....	4
8.5 计算组串中各组件的平均灰度值 .....	4
8.6 确定抽测组件，检测光反射比值 .....	4
8.7 确定标记组件的光反射比数值与灰度值之间的函数关系 .....	4
8.8 场区内其余组件光反射比值计算 .....	4
8.9 组件减反射膜失效判断 .....	4

## 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。

本文件由浙江省电力学会提出。

本文件由浙江省电力学会清洁能源（节能）专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：浙江省白马湖实验室有限公司、浙江浙能技术研究院有限公司、浙江省新能源投资集团股份有限公司、浙江浙能电力股份有限公司。

本文件主要起草人：秦刚华、滕卫明、寿春晖、贺海晏、范海东、孙士恩、黄绵吉、金胜利、黄超鹏、丁莞尔、郭智俊、袁文清、朱跃亮、周剑武、朱钦辰、邬荣敏、沈曲、洪凌、彭浩、李晓洁。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至浙江省电力学会标准工作委员会（地址：浙江省杭州市南复路1号，邮编：310008，网址：<http://www.zjsee.org/>，邮箱：[zjseeorg\\_bz@163.com](mailto:zjseeorg_bz@163.com)）。



浙江省电力学会  
ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

## 引 言

《光伏电站组件减反射膜失效检测方法》所规定的方法是用于指导如何采用无人机航测，并结合图片识别的技术进行光伏电站组件减反射膜失效的判定工作。规定了光伏电站组件减反射膜失效检测方法的术语和定义、原理、仪器设备与测试系统、检测环境、检测方法和数据处理过程。

主要内容拟由以下八个章节构成。

第 1 章为范围：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。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：给出了规范性引用文件。

第 3 章为术语和定义：给出了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：给出了需要的仪器设备。

第 6 章为检测环境：给出了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。



# 浙江省电力学会

ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER



浙江省电力学会  
ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

# 光伏电站组件减反射膜失效检测方法

## 1 范围

本文件规定了光伏电站组件减反射膜失效检测方法的术语和定义、原理、仪器设备与测试系统、检测环境、检测方法和数据处理过程。

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。

## 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 2297 太阳光伏能源系统术语
- GB/T 21649.1 粒度分析 图像分析法 第1部分：静态图像分析法
- GB/T 35694 光伏电站安全规程
- GB/T 38902 中空纤维膜丝截面结构尺寸的测定 图像分析法
- GB/T 38931 民用轻小型无人机系统安全性通用要求
- GB/T 38997 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求
- GB 50797 光伏发电站设计规范
- CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**光伏组件 photovoltaic (PV) module**

具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的、最小不可分割的太阳电池组合装置。又称太阳电池组件 (solar cell module)。

### 3.2

**减反射膜 antireflection coating**

系数敷在太阳电池受光面或盖片上的光学薄膜，用以减少入射光的反射，提高太阳电池的性能。

### 3.3

**光反射比 luminous reflectance**

被物体反射的光通量 $\Phi_{\rho}$ 与入射到物体的光通量 $\Phi_i$ 之比。光反射比以 $\rho_v$ 表示。

$$\rho_v = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi_i}$$

### 3.4

**定位定向系统 position and orientation system (POS)**

包含惯性测量单元 (Inertial measurement unit) 和全球定位系统 (Global Position System)，可以生成实时的导航数据，为航测 (航空摄影测量) 作数据支撑。

### 3.5

**像素 pixel**

数字化图像中的独立单元是由水平和垂直方向划分的均一区域。

[GB/T 21649.1-2008, 定义 3.1.11]

### 3.6

**灰度图像 gray image**

每个像素有不同灰度等级的图像。

[GB/T 21649.1-2008, 定义 3.1.8]

3.7

**二值化 binary**

数字图像由一系列数值为 0 或 1 的像素构成, 在可视屏上这些数值通常显示为明、暗两种区域, 或由两种不同颜色的伪色彩图表示。

[GB/T 21649.1-2008, 定义 3.1.3]

3.8

**阈值分割 threshold segmentation**

通过设定不同的特征阈值, 把图像像素点分为若干类。包括直接来自原始图像的灰度或彩色特征, 以及由原始灰度或彩色值变换得到的特征。

[GB/T 38902-2020, 定义 3.5]

3.9

**色空间 color space**

表示颜色的三维空间。

[GB/T 5698-2001, 定义 4.57]

4 原理

采用无人机对光伏电站目标区域的所有光伏组件进行航空摄影, 获取可见光影像, 并通过对可见光影像进行色空间转换, 计算得到每块组件的灰度值, 并与抽测组件的光反射比测试值进行拟合, 获得灰度值与光反射比值之间的函数关系。根据此函数关系和灰度值计算得出待评估组件的光反射比值, 并由此判断待评估组件减反射膜层是否失效。

ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

5 仪器设备与测试系统

5.1 总则

仪器设备与测试系统由无人机和光反射比测试设备组成。

5.2 无人机

5.2.1 使用的无人机须符合 GB/T 38931-2020 和 GB/T 38997-2020 的规定。

5.2.2 无人机应至少包括飞行平台、飞控系统、影像数据采集系统、影像存储系统、数据传输系统, 主要性能指标应符合下列规定:

- a) 抗风能力应大于 4 级;
- b) 横滚角、俯仰角、航向角测量误差均应小于  $3^\circ$ ;
- c) 定位定向系统具备 RTK (Real Time Kinematic, 实时动态) 或 GNSS (Global Navigation Satellite System, 全球卫星导航系统) 定位模块, 具有厘米级的定位精度;
- d) 影像数据采集系统有效像素应不小于 2000 万;
- e) 影像存储系统空间应满足不小于 5000 幅像片的存储能力。

5.3 光反射比测试设备应符合下列规定

5.3.1 基于积分球测试系统的便携式设备, 可测量物体在可见光波段 (360-1100 nm) 的光反射比值。

5.3.2 宜可直接读出不同波段光反射比值, 波长精度应小于 5 nm。

6 检测环境

6.1 安全条件