

ZJSEE

浙江省电力学会标准

T/ZJSEE XXXX-YYYY

光伏电站组件减反膜失效检测方法

Failure Detection for Anti-reflection Coatings of Photovoltaic Panels in Plant

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

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 成果检查.....	3
6 作业及数据处理过程.....	3
附录 A（资料性附录）流程图.....	5

前 言

为规范光伏组件减反膜失效检测要求和检测方法制定本标准。

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》给出的规则起草。

本标准由浙江省电力学会标准工作委员会提出并解释。

本标准起草单位：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。

本标准主要起草人：秦刚华，吴荣辉，范海东，寿春晖，贺海晏，郭智俊，黄绵吉，金胜利，邬荣敏，丁莞尔，黄超鹏，周剑武，朱钦辰，沈曲，洪凌，彭浩，李晓洁，袁文清，朱跃亮。

本标准首次发布。

光伏电站组件减反膜失效检测方法

1 范围

本标准给出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。

本标准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，仅所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 35694-2017 光伏电站安全规程

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

CH/Z 3002-2010 无人机航摄安全作业基本要求

SY/T 7344-2016 油气管道工程无人机航空摄影测量规范

GB/T 2297-1989 太阳光伏能源系统术语

IEC/TS 61836-2016 太阳光伏能量系统术语、定义和符号

GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

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。

3.2

光伏组件串 photovoltaic (PV) modules string

在光伏发电系统中，将若干个光伏组件串联后，形成具有一定直流电输出的电路单元。

3.3

光伏电站 photovoltaic (PV) power station

以光伏发电系统为主，包含各类建（构）筑物及检修、维护、生活等辅助设施在内的发电站。

3.4

辐照度 irradiance

照射到面元上的辐射通量与该面元面积之比（ W/m^2 ）。

3.5

减反射膜 antireflection coating

系指数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。

3.6

反射率 Reflectance

是指任何物体表面反射阳光的能力。这种反射能力通常用百分数来表示。

3.7

无人驾驶航空器 unmanned aircraft

由遥控设备或自备程序控制装置操纵，机上无人驾驶的航空器。

3.8

航迹规划 trajectory planning

在综合考虑到达时间、燃料消耗、安全威胁以及飞行区域等因素的前提下，制定从起始点到目标点并满足无人驾驶航空器最优或满意性能指标的飞行航迹，以保证更好完成飞行任务。

3.9

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。

3.10

悬停 hovering

旋翼无人驾驶航空器利用旋翼产生的升力平衡自身的重力及下洗阻力，稳定在空中某一位置且不转动的飞行状态。

3.11

图像灰度 (image grayscale)

把白色与黑色之间按对数关系分为若干等级，称为灰度。图像的灰度可以等同于亮度，也就是色彩的深浅程度。

4 一般要求

4.1 工作目标

采用无人机对光伏场站目标区域的组件阵列进行航空摄影，获取可见光影像，并通过对可见光影像进行色彩空间转换，计算得到组件阵列的亮度值，并与组件的反射率测试值对照，获得组件表面的减反膜层的有效性信息。

4.2 一般规定

4.2.1 使用的无人驾驶航空器须符合GB/T 38931-2020的规定。

4.2.2 在光伏电站进行作业应符合GB/T 35694-2017的规定。

4.2.3 无人机拍摄作业须符合CH/Z 3002-2010的规定。

4.2.4 航摄作业前应对光伏场站目标区域进行踏勘，收集与目标区域有关的地形图、工程调查报告等资料和数据，确定飞行区域的空域条件、设备的适应性，制定详细实施方案。

4.2.5 航摄作业前应进行备案登记，获得飞行计划许可。

4.3 航摄系统要求

4.3.1 无人机航摄系统应该至少包括飞行平台、飞控系统、影像数据采集系统、数据传输系统。

4.3.2 航摄系统主要性能指标宜符合下列规定：

- 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°。
- c) 具备 RTK 或 GNSS 定位模块，具有厘米级的定位精度。
- d) 航摄数码相机应采用定焦镜头，有效像素宜大于 2000 万。

e) 影像存储空间宜满足 5000 幅像片的存储能力。

4.4 飞行环境要求

需要避开雨雪、雷暴等天气，航摄环境的太阳辐照度宜低于 300 W/m^2 。

4.5 飞行质量要求

4.5.1 像片航向重叠度宜大于 70%。

4.5.2 无人机拍摄像片时应处于悬停状态。

4.5.3 航摄中出现的相对漏洞和绝对漏洞均应及时补摄，应采用前一次航摄飞行的数码相机补摄。

4.5.4 每次飞行结束均应填写航摄飞行记录。

4.6 影像质量要求

4.6.1 影像应清晰、层次丰富、反差适中、色调柔和，应能建立清晰的二维模型。

4.6.2 影像上不宜有云、云影、烟、大面积反光等缺陷。

5 成果检查

影像的清晰度、层次、反差可通过目视检查；航空摄影资料应包括下列内容：

- a) 航摄计划书。
- b) 航摄飞行记录。
- c) 影像数据。
- d) 标明飞行方向、起止像片编号的航线示意图。
- e) POS数据。
- f) 其他相关资料。

6 作业及数据处理过程

6.1 根据目标区域范围，设定航迹规划，令无人机搭载可见光云台相机在划定区域内以往返遍历方式开展航拍。设定无人机的飞行高度在 30 米以上，为保障后续建模精度，航向重叠率、旁向重叠率值一般需高于 70%。

6.2 根据采集的航拍图像，生成光伏电站目标区域的数字影像。数字影像可借助三维/二维模型建立软件，包括 Smart3D、Pix4D、大疆智图等生成。

6.3 基于数字影像与图像处理算法，识别划定区域内各组串的经纬度信息；通过阈值分割法、颜色空间转换、连通区域分析或图像形态处理等算法将数字影像中的光伏组串区域与背景区域分离，并提取各组串中心点的 XY 模型坐标。结合若干个特征点的经纬度坐标和 XY 模型坐标，得到 XY 模型坐标与经纬度坐标转换公式，进一步得到划定区域内各组串中心点的经纬度坐标。

6.4 分别提取各组串的可见光图像，并对各可见光图像中的拟提取组串区域进行标注；根据拟提取组串的经纬度匹配最相近的可见光图像，并对该可见光图像进行进一步图像处理，通过结合组串经纬度、可见光图像中心点经纬度、飞行高度、偏航角等参数在匹配的可见光图像中标注出拟提取组串的区域。

6.5 依次针对标注的组串区域开展组串角点提取，并根据角点坐标提取组串区域转化为规整的组串图像；依据阈值分割、边缘检测或边缘形态监测等算法自动提取组串角点，并根据图像角点映射关系将规整的组串图像从组串区域中提取出来。

6.6 识别规整组串图像的组件边框，提取组串中各组件的中心区域，计算各组件中心区域的平均灰度值；

通过阈值分割法及图像形态处理法等方法，自动识别出组串边框，组串横坐标为 $S_x(i), i=1, 2, \dots, m, m+1$ ，组串边框纵坐标为 $S_y(j), j=1, 2, \dots, n, n+1$ ；所提取的各组件中心区域的顶点坐标如下， $LT=[S_x(i)+\alpha, S_y(j)+\alpha]$ ， $RT=[S_x(i+1)-\alpha, S_y(j)+\alpha]$ ， $LB=[S_x(i)+\alpha, S_y(j+1)-\alpha]$ ， $RB=[S_x(i+1)-\alpha, S_y(j+1)-\alpha]$ ，其中 $i=1, 2, \dots, m$ ， $j=1, 2, \dots, n$ ， α 为组件边框向组件内部的像素值，可根据实际情况选取。各组件中心区域的灰度值即各组件中心区域内所有像素点灰度值的平均值。

6.7 根据组件灰度值，选定标记组件，检测标记组件的反射率，得到灰度值与反射率值的关系函数：

标记组件根据划定区域内所有有光伏组件的平均亮度值 $\overline{L_k} (k = 1, 2, \dots, \text{PanelNum})$ ， PanelNum 为划定区域内光伏组件的总数量）分布进行选择，选择其中极大值、极小值和中位数对应的组件为标记组件；关系函数由可见光区域内的反射率值 R_k 与 $\overline{L_k}$ 值进行数值拟合得到。

6.8 计算其余所有光伏组件的反射率值，并统计划定区域内组件减反膜层的失效情况。

将其余所有光伏组件的 $\overline{L_k}$ 值代入关系函数计算，得到其余光伏组件的 R_k 计算值；汇总划定区域内所有组件的反射率 R_k 值信息，设定失效阈值 T ，及 $R_k \geq T$ 即为失效。统计区域内组件减反膜层的失效情况，计算得到划定区域内所有光伏组件的减反膜失效比例。

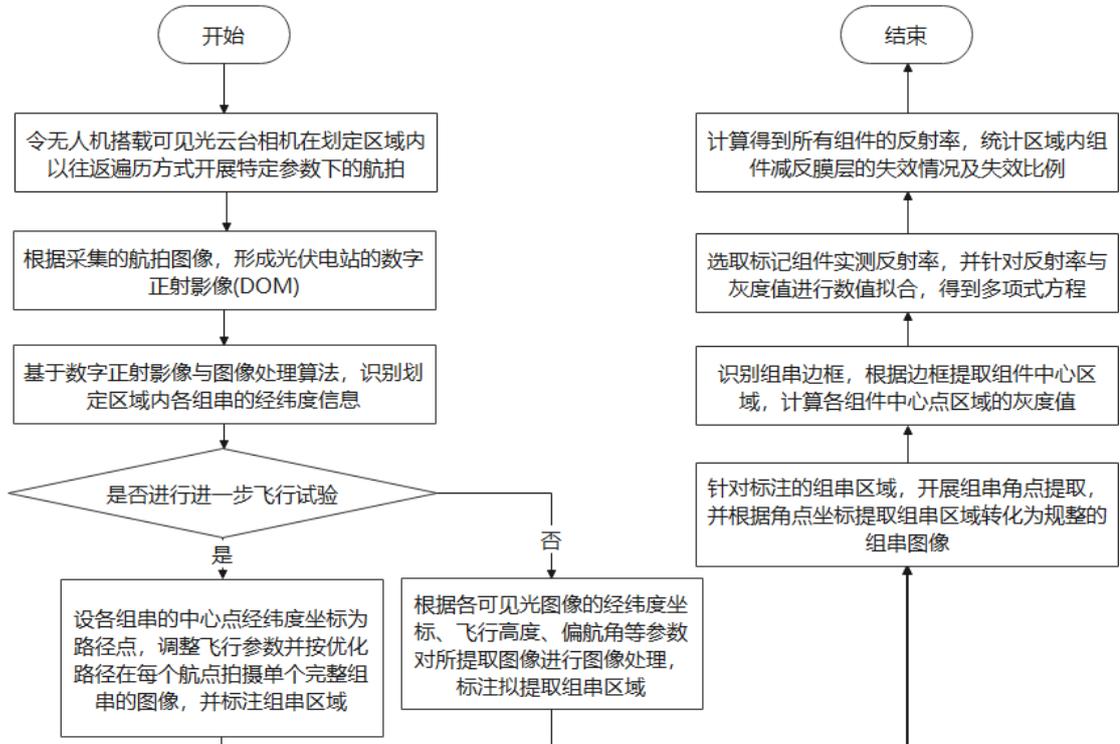
6.9 失效程度判断按表1进行。

表1 失效程度判定

T	2.5%	3%	4%	5%
失效等级	轻微失效	部分失效	严重失效	完全失效

附录A（资料性附录）流程图

A.1 流程图



表A.1 流程图