ICS 29.260.10

CCS K65

团 体 标 准

T/ CPIA XXXX—202X

|  |
| --- |
|       |

光伏组件清扫机器人规范

Technical specifications for photovoltaic module cleaning robot

（征求意见稿）

|  |
| --- |
|  |
|   |

202X - XX - XX发布

202X - XX -XX 实施

中国光伏行业协会  发布

目 次

[前言 I](#_Toc27769)I

[引言 III](#_Toc4667)

[1 范围 1](#_Toc17994)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc30844)

[3 术语和定义 1](#_Toc30504)

[4 技术要求 1](#_Toc4259)

[4.1 工作环境 2](#_Toc20818)

[4.2 外观 2](#_Toc20818)

[4.3 外形尺寸 2](#_Toc6981)

[4.4 电源 2](#_Toc11706)

[4.5 防护等级（IP） 2](#_Toc28451)

[4.6 工作噪声 2](#_Toc1656)

[4.7 电磁兼容性（EMC） 2](#_Toc24763)

[4.8 电气安全性 2](#_Toc24763)

[4.9 抗振动性 2](#_Toc6240)

[4.10 移动能力 2](#_Toc26771)

[4.11 清扫效果 3](#_Toc29513)

[4.12 智能指标 4](#_Toc15791)

[4.13 可靠性能 4](#_Toc15791)

[4.14 耐候性能 4](#_Toc15791)

[5 试验方法 4](#_Toc26912)

[5.1 测试条件 5](#_Toc18805)

[5.2 外观 5](#_Toc18805)

[5.3 外形尺寸 5](#_Toc31080)

[5.4 电源 5](#_Toc14938)

[5.5 防护等级（IP） 5](#_Toc433)

[5.6 工作噪声 5](#_Toc6510)

[5.7 电磁兼容性（EMC）](#_Toc27744) 5

[5.8 电气安全性 5](#_Toc27744)

[5.9 抗振动性 5](#_Toc15037)

[5.10 移动能力 5](#_Toc30972)

[5.11 清扫效果 7](#_Toc1387)

[5.12 智能指标 6](#_Toc2054)

[5.13 可靠性能 7](#_Toc2054)

5.14 耐候性能 8

[6 检验规则 8](#_Toc26912)

[6.1 检验分类](#_Toc31080) 9

[6.2 质量一致性检验 9](#_Toc28124)

[6.3 鉴定检验 9](#_Toc14938)

[7 标志 10](#_Toc26912)

[8 包装、运输、贮存要求 10](#_Toc26912)

[8.1 包装 10](#_Toc18805)

[8.2 运输](#_Toc31080) 11

[8.3 贮存 11](#_Toc28124)

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。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会负责技术归口。

本文件起草单位：　。

本文件主要起草人：　。

光伏组件清扫机器人规范

1 范围

本文件规定了光伏组件清扫机器人技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存。

本文件适用于供电采用锂电池，镍电池，220V和光伏组件取电形式，用于光伏组件表面清扫作业，在无人干预的情况下，可在光伏组件表面自主完成无水清扫或有水清洗任务的光伏组件清扫机器人（以下简称机器人）。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验标准

GB/T 17799.2 电磁兼容通用标准 工业环境中的抗扰度试验

GB 17799.4 电磁兼容通用标准 工业环境中的发射

GB 31241 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全要求

IEC 61215-2 地面光伏(PV)模块 设计质量和型式批准 第2部分： 试验规程(Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2： Test procedures)

IEC 62133-2 二次电池和含有碱性或其他非酸性电解质的电池 便携式密封二次锂电池和便携式应用用二次锂电池的安全要求 第2部分：锂系统（Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary lithium cells， and for batteries made from them， for use in portable）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 光伏组件清扫机器人 photovoltaic(PV) module cleaning robot

专门应用于光伏组件表面清扫作业的机器人。

4 技术要求

4.1 工作环境

机器人应能适应以下工作环境：

1. 使用环境：适用于沙漠、沿海、山地、滩涂、水面、屋顶等多种场景；
2. 工作环境温度：-30℃～60℃；
3. 环境湿度：不受环境湿度限制；
4. 海拔高度：能适应海拔2000米。

4.2 外观

机器人表面各部分应光滑，清洁，不得有气泡、裂纹、毛刺、尖角等缺陷。

4.3 外形尺寸

机器人厂家产品规格书或说明书中表明的长、宽、高尺寸误差±1 %。

4.4 电源

机器人的电源应符合以下要求：

1. 机器人若采用充电电池，便携式机器人充电电池应符合GB 31241，非便携式机器人充电电池应符合IEC 62133-2的规定。
2. 机器人若采用220V供电，电源部分必须获得CCC认证。

4.5 防护等级（IP）

驱动板，控制板，通信板，电源系统等级应不低于IP65，电机防护等级应不低于IP54。

4.6 工作噪声

机器人工作时的噪声应不超过65dB。

4.7 电磁兼容性（EMC）

机器人抗扰度应符合GB/T 17799.2中性能判据B的规定；发射应符合GB 17799.4的规定。

4.8 电气安全性

机器人电气间隙、爬电距离和固体绝缘应满足GB/T 16935.1要求；若采用220V供电，供电装置应通过3C认证。

4.9 抗振动性

机器人按5.8要求进行试验，试验后插件、紧固件、电子元器件等不应有明显的位移、松动、损伤，机器人应能远程或遥控控制完成清扫任务。

4.10 移动能力

4.10.1 最小清扫面积

最小清扫面积应不低于1000 ㎡。

4.10.2 最小清扫效率

最小清扫效率应不低于500 ㎡/h。

4.10.3 最小爬升角度

最小爬升角度应不低于10º。

4.10.4 越障能力

机器人按5.10.4要求进行越障能力试验，机器人应能自动连续从一块组件移动到另一块，来回正常运行不低于10次。

1. 4.11 清扫效果
2. 4.11.1 除尘性能

清扫率应不小于90%。

4.11.2 清扫损伤

机器人清扫作业应不影响光伏组件外观，试验后光伏组件标准测试条件（STC）下功率衰减不超过1%，不增加光伏组件隐裂。

4.12 智能指标

4.12.1 远程控制全自动运行功能

机器人应能远程控制实现全自动运行，按时执行清扫计划，执行完成应在停机架待机，清扫计划执行允许有<15分钟延时。

4.12.2 行走纠偏功能

机器人按5.12.2进行试验，机器人应均能感知歪斜并能在不停机动态情形下，在2块光伏板距离内将机器人首尾运行方向误差补偿，补偿误差精度±6CM。

4.12.3 定位功能

机器人按5.12.3进行试验，通过远程网页平台或手持机器人APP可查实时看机器人所在组件位置，相对于定位基准点位置误差≤5m，位置显示允许有一定延时。

4.12.4 卡机保护功能

机器人按4.12.4试验1进行试验，此时机器人行走中途遇到障碍不能继续前行，机器人应能返回到停机架停机并故障报警；

机器人按4.12.4试验2进行试验，此时机器人行走中途遇到障碍既不能前进又不能返回，机器人应能在1min内停机原地待机并故障报警

4.12.5 亏电保护

机器人按4.12.5试验1进行试验，因电池剩余电量低于设定阈值，机器人应不予启动，亏电设定阈值应保证机器人有足够电量完成单次清扫任务，不应出现机器人亏电停在光伏组件方阵中间的情况。

机器人按4.12.5试验2进行试验，连续多回合运行，试验结果机器人应在某个回合因电量低于设定阈值，拒绝继续执行清扫任务，停在停机位优先进行充电，等待电量充足再继续执行下一次清扫任务或者新清扫任务。

4.12.6 天气联功能

机器人按4.12.6要求进行试验后，机器人应能根据当地气象信息，在恶劣天气时能自动启动保护机制，当日拒绝执行清扫计划。

4.12.7 故障报警功能

机器人按4.12.7要求进行试验后，机器人应能主动报警，能通过远程网页平台或手持机器人APP获取故障报警信息。

4.13 可靠性能

机器人按5.13要求进行试验，试验过程中故障次数不超过4次。500h累积运行试验后，按照5.10.1要求进行除尘性能试验，除尘性能应符合第4.11.1要求。

4.14 耐气候性能

4.14.1 高温运行性能

机器人按5.14.1要求进行试验后，按4.12.1～4.12.2要求进行试验，无异常。

4.14.2 高温存储性能

机器人按5.14.2要求进行试验后，按4.12.1～4.12.2要求进行试验，无异常。

4.14.3 低温性能

机器人按5.14.3要求进行试验后，按4.12.1～4.12.2要求进行试验，无异常。

4.14.4 低温充电电池充电性能

机器人若采用充电电池供电，按5.14.4要求进行试验后，电池低温环境应能正常充电。

4.14.5 高低温循环

机器人按5.14.5要求进行试验后，恢复至室温，按4.12.1～4.12.2要求进行试验，无异常。

4.14.6 恒定湿热性能

机器人按5.12.6要求进行试验后，恢复至室温，按4.12.1～4.12.2要求进行试验，无异常。

4.14.7 耐盐雾性能

机器人按5.12.7要求进行盐雾试验后，机器人表面应无目视可见锈蚀。

4.14.8 耐紫外性能

构成机器人外壳的主要塑料、橡胶、喷塑等高分子外观部件按5.12.8要求进行紫外辐照试验后，机器人外观无明显粉化、变色、开裂。

5 试验方法

5.1 测试条件

如无特殊要求，在以下环境中进行测试：

1. 机器人测试条件：
	1. 温度：18℃～25℃；
	2. 湿度：40%～60%。
	3. 照度：200 lux～300 lux
2. 光伏组件标准测试条件(STC)：
	1. 光强：1000W/m2；
	2. 频谱：1.5A；
	3. 组件温度：25℃。
3. 5.2 外观

机器人处于待机状态下进行目测观察检验。

5.3 外形尺寸

使用分度值为1mm的钢卷尺按照厂家产品规格书或说明书中表明的长、宽、高尺寸进行测量。

5.4 电源

便携式机器人充电电池按照GB 31241的规定进行，非便携式机器人充电电池按照IEC 62133-2的规定进行。

5.5 防护等级（IP）

按照GB/T 4208的规定进行。

5.6 工作噪声

在户外正常工作下，分别在机器人四周中间位置的外侧和高度1m交汇点，共四个测量点，用声级计测量发出的噪声，结果取最大值。

5.7 电磁兼容性（EMC）

将样品放置在无边框光伏组件（或玻璃）上正常运行，按GB/T 17799.2、GB 17799.4的规定进行。

5.8 电气安全性

机器人按GB/T 16935.1的要求进行试验。

5.9 抗振动性

将受试机器人固定在振动台上，在不工作状态下，按照GB 31241中7.3的规定进行振动波形进行正弦振动试验，按照三个相互垂直的方向进行振动试验，每个方向进行12个循环，每个方向循环时间共计3h的振动。

5.10 移动能力

5.10.1 最小清扫面积

取相同规格型号的面积不低于1.6㎡的四块光伏组件，水平方式安装固定后，使机器人在不低于95%电量的状态下，在四块组件表面自动连续运行，直至自带充电电池降至保护电压，并按公式（1）计算最小清扫面积：

  （1）

式中：

*S* ——最小清扫面积，单位为平方米（㎡）；

*n* ——完整清扫四块组件次数；

*S*0 ——单块光伏组件面积，单位为平方米（㎡）；

*S*计算——最后一次清扫的实际清扫面积，单位为平方米（㎡）。

5.10.2 最小清扫效率

取相同规格型号的面积不低于1.6㎡的四块光伏组件，水平方式安装固定后，使机器人在不低于95%电量的状态下，在四块组件表面自动连续运行，直至完整清扫四块组件，并按公式（2）计算最小清扫效率：

  （2）

式中：

η ——最小清扫效率，单位为平方米每小时（㎡/h）；

S0  ——单块光伏组件面积，单位为平方米（㎡）；

*t* ——消耗的时间，单位为（h）。

5.10.3 最小爬升角度

取相同规格型号的面积不低于1.6㎡的四块光伏组件，按照制造商给出的说明书中标明的机器人最小爬升角度（组件倾角）安装固定后，在四块组件表面自动连续来回运行不少于10次。

5.10.4 越障能力

取相同规格型号的面积不低于1.6㎡的四块光伏组件，水平方式安装固定，光伏组件之间形成不小于组件端面前后错差F=30mm、垂直组件面高低落差H=30mm、组件水平面间隙S=50mm。组件安装要求见图a)和b)。

 

a）俯视图 b）主视图

标引序号说明：

F——组件端面前后错差；

I——组件水平面间隙；

H——垂直组件面高低落差。

图1 组件安装要求

5.11 清扫效果

5.11.1 除尘性能

实验步骤：

1. 取相同规格型号的面积不低于1.6㎡的四块光伏组件，进行外观和标准测试条件（STC）下的最大功率平均值及EL测试；
2. 将500g细滤网180微米筛出来的细砂尘;
3. 将筛出的细砂尘与适量水混合，干湿近似润滑脂状；
4. 将脂状细砂尘均匀涂抹粘附在四块组件表面并等待干燥；
5. 完整清扫后进行外观和标准测试条件（STC）下的最大功率平均值及EL测试；
6. 并按公式（3）计算清扫率：

  （3）

式中：

P初始——涂抹前组件最大功率平均值；

P清扫——涂抹清扫后组件最大功率平均值。

5.11.2 清扫损伤

取相同规格型号的面积不低于1.6㎡的四块光伏组件，水平方式安装固定后，使机器人在四块组件表面自动连续运行，分别进行完整清扫5000次前后的外观、光伏组件标准测试条件（STC）下的电流电压特性及EL测试。

5.12 智能指标

5.12.1 远程控制全自动运行功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥5块，并通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项清扫计划，机器人按计划执行清扫工作。

5.12.2 行走纠偏功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥5块。机器人在正常行走时，将机器人尾部向行走方向平拉超前30CM±5CM，待机器人继续行走完成姿态纠偏后，重复以上实验3次；机器人在正常行走时，将机器人尾部向行走方反向平拉滞后30CM±5CM，机器人继续行走完成姿态纠偏后，重复以上实验3次。

5.12.3 定位功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥15块，通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项清扫计划，机器人执行定时清扫任务。

5.12.4 卡机保护功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥5块，通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项清扫计划，机器人按时执行清扫计划。

试验1：在机器人运行时，在行进方向机器人前方固定1根立柱，用来阻挡机器人继续前进，进行1次测试；

试验2：在机器人运行时，在行进方向机器人前后方各固定1根立柱，用来阻挡机器人前进和后退，进行1次测试；

5.12.5 亏电保护功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥5块。

试验1：通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项清扫计划，等待机器人执行定时清扫任务；

试验2：通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项连续多次清扫计划，比如50次，机器人持续执行定时清扫任务直到机器人停止运行。

5.12.6 天气联动功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥5块，通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项清扫计划，设置机器人所在地天气为恶劣天气情况或设置机器人到有恶劣天气情况的地区，等待机器人执行定时清扫计划。

5.12.7 故障报警功能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，运行方向光伏板排列数量≥5块，通过远程网页平台或手持机器人APP设定一项清扫计划，机器人按时执行清扫计划。测试5.12.4，5.12.5，及影响机器人运行的任务不执行，离线等故障。

5.13 可靠性能

将受试机器人安装于测试平台并处于待机状态，测试平台应包含光伏板，停机架以及必要支架，按制造商产品说明书操控机器人，成累积500h运行试验。每二个小时为一个测试循环，测试过程中允许停机充电或连接充电器连续工作，不允许更换零部件。500h累积运行试验后，按照5.10.1要求进行除尘性能试验。

5.14 耐气候性能

5.14.1 高温运行试验

按GB/T 2423.2 “试验Bb”进行，将受试机器人放入高温箱内，在环境温度60℃下控制机器人持续运行6h，取出恢复至室温，机器人按照4.12.1～4.12.2要求进行试验。

5.14.2 高温存储试验

按GB/T 2423.2 “试验Bb”进行，将受试机器人放入高温箱内，在环境温度80℃下存放24h后，取出恢复至室温，机器人按照4.12.1～4.12.2要求进行试验。

5.14.3 低温试验

按GB/T 2423.1 “试验Ad”进行，将受试机器人放入低温箱内，在环境温度-30℃下存储机器人8h后，机器人按照4.12.1～4.12.2要求进行试验。

5.14.4 低温电池充电实验

将受试机器人放入低温箱内，在环境温度-30℃下存储机器人24h后进行充电实验。

5.14.5 高低温循环试验

按GB/T 2423.22 “试验Nb”进行，将受试机器人放入试验箱内，控制温变速率为（3±0.6）K/min，温度变化范围-30℃～60℃，循环2次后，温度恢复至室温后，机器人按照4.12.1～4.12.2要求进行试验。

5.14.6 恒定湿热试验

按GB/T 2423.3 “试验Cab”进行，将受试机器人放入湿热箱内，在环境温度60℃，相对湿度95%RH下持续2h，温度恢复至室温后，机器人按照4.12.1～4.12.2要求进行试验。

5.14.7 盐雾试验

按GB/T 10125的规定进行试验，经240h试验后，取出受试机器人并清洗，在室温放置2h后进行外观检查。

5.14.8 紫外辐照试验

按IEC 61215-2中4.10的规定，受试机器人累计紫外辐照剂量为30kWh/㎡，试验后进行外观检查。

6 检验规则

6.1 检验分类

产品检验分为质量一致性检验（出厂检验）和鉴定检验。

6.2 质量一致性检验（出厂检验）

6.2.1 检验项目

质量一致性检验（出厂检验）项目应符合表1的规定。

表1 检验项目

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | 质量一致性检验 | 鉴定检验 | 技术要求 | 试验方法 |
| 外观 | √ | √ | 4.2 | 5.2 |
| 外形尺寸 | √ | √ | 4.3 | 5.3 |
| 电池 | -- | √ | 4.4 | 5.4 |
| 防护等级 (IP) | -- | √ | 4.5 | 5.5 |
| 工作噪音 | -- | √ | 4.6 | 5.6 |
| 电磁兼容性 (EMC) | -- | √ | 4.7 | 5.7 |

表1 检验项目（续）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | 质量一致性检验 | 鉴定检验 | 技术要求 | 试验方法 |
| 电气安全性 | -- | √ | 4.8 | 5.8 |
| 抗振动性 | -- | √ | 4.9 | 5.9 |
| 移动能力 | -- | √ | 4.10 | 5.10 |
| 清扫效果 | -- | √ | 4.11 | 5.11 |
| 智能指标 | √ | √ | 4.12 | 5.12 |
| 可靠性能 | -- | √ | 4.13 | 5.13 |
| 耐候性能 | -- | √ | 4.14 | 5.14 |

6.2.2 组批与抽样

6.2.2.1 按照相同设计，以相同材料、相同工艺连续生产的产品可以作为一个出厂批次。

6.2.2.2 外观为全数检查。

6.2.2.3 尺寸偏差检验抽检数量不少于每批产品的3%，且不少于3 套。

6.2.3 合格判定

6.2.3.1 外观符合要求的产品方可允许出厂，外观不合格的产品应根据情况进行返修或报废处理。

6.2.3.2 允许偏差项目在每批抽检样品中有不符合要求时，应从原批中加倍抽样复检。复检样品

全部合格，则判定该批产品合格，否则判定该批产品不合格。

6.2.3.3 智能指标都合格时，则该批产品合格。

6.3 鉴定检验

6.3.1 检验项目

鉴定检验项目应符合表1的规定。

6.3.2 检验频次

产品有下列情况（包含但不限于）之一时，应进行鉴定检验：

1. 新产品定型或产品改进设计后定型时；
2. 产品转厂生产时；
3. 产品关键部件、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
4. 产品长期停产再次恢复生产时；
5. 正常生产时应每年进行一次鉴定检验；
6. 质量技术监督机构等提出鉴定检验要求时。

6.3.3 检验样本

在质量一致性检验合格的产品中随机抽取，数量应满足鉴定试验项目要求，其中4.8，4.9，4.13，5.13.7均需要新产品单独测试，其他测试可共用产品顺序测试。

6.3.4 合格判定

当抽检样品所有鉴定检验项目检测结果都合格时，则该产品鉴定检验合格。若任一鉴定检验项目不合格，则该产品鉴定检验不合格。鉴定检验不合格时，整改后需重新抽样进行鉴定检验。

7 标志

机器人应在明显位置固定铭牌，铭牌上应清晰标明至少下列内容：

1. 产品名称、商标、型号、重量；
2. 电池电压、机器人额定功率；
3. 制造商名称；
4. 产品制造日期或编号。

8 包装、运输、贮存要求

8.1 包装

机器人包装包括产品包装、装箱要求：

——机器人产品所有易损部件件应使用缓冲材料加以保护；

——机器人装箱后应被固定，无法进行移动；

——机器人装箱内应包括机器人检验合格证、使用说明书和保修卡；

——机器人检验合格证内容应包括：名称和型号、制造商商标和名称、检验结果、检验员及检验日期；

——机器人使用说明书内容应包括：机器人工作原理、特点及用途、主要技术参数、结构示意图、电气线路图、安装说明、使用要求、维护保养及注意事项、常见故障原因对照表、机器人主要部件名称和数量。

8.2 运输

机器人在运输过程中应选择规格合适的运输工具，包装保证在运输、装卸过程中完好无损，并有减震、防冲击的措施。包装箱或木架上应贴有小心轻放，向上，堆压极限，请勿脚踩等警示标签。

8.3 贮存

机器人应贮存在通风、无腐蚀性物质的地点、远离火源。

