

T/ZJREA

浙江省可再生能源协会团体标准

T/ZJREA XXXXX—XXXX

履带型光伏组件清洁机器人

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

征求意见稿

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品结构	2
5 基本要求	2
6 技术要求	2
7 试验方法	3
8 检验规则	6
9 标志、包装、运输、贮存	7

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。

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。

本文件由浙江省可再生能源协会提出并归口管理。

本文件主要起草单位：

本文件参与起草单位：

本文件主要起草人：

本文件由浙江省可再生能源协会负责解释。

履带型光伏组件清洁机器人

1 范围

本文件规定了履带型光伏组件清洁机器人的术语和定义、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于履带型光伏组件清洁机器人制造、检测、使用。

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 2297-1989 太阳光伏能源系统术语

GB/T 5226.1 机械电气安全机械电气设备第1部分：通用技术条件

GB/T 4208 外壳防护等级

GB/T 17248.3 声学 机器和设备发射的噪声 采用近似环境修正测定工作位置和其他指定位置的发射声压级

GB/T 26849—2011 太阳能光伏照明用电子控制装置性能

GB/T 15342 滑石粉

GB 50794 光伏电站施工规范

GB 50797 光伏电站设计规范

GB/T 13306 标牌

GJB 4477 锂离子蓄电池组通用规范

ISO 12944-5 色漆和清漆 钢结构涂层保护体系 防护涂料体系

ISO 12944-6 色漆和清漆 钢结构涂层保护体系 实验室性能测试方法

3 术语和定义

GB/T 2297界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏组件清洁机器人

在无人干预的情况下，对光伏组件表面的灰尘、污垢、鸟粪等自主进行清洁的机器人。

3.2

限位装置

通过停止来限制清洁机器人最大工作距离的装置，并且该装置与控制程序及任务程序无关

3.3

保护性停止

允许运动有序终止并保持程序逻辑以便重新启动的一种操作中断形式

4 产品分类与结构

机器人按清洁组件分类可分为：滚刷式、刮刷式。

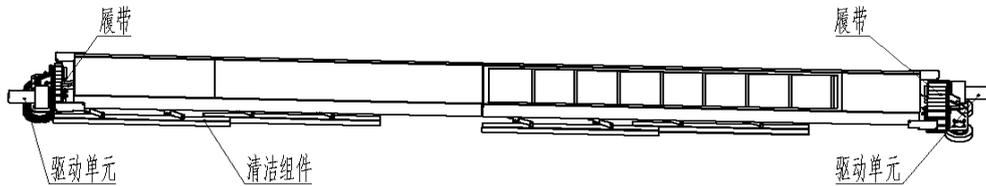


图1 履带型光伏清洁机器人结构示意图

5 基本要求

5.1 研发设计

5.1.1 履带型光伏组件清洁机器人（以下简称机器人）应采用数据建模、结构与运动仿真等手段进行产品设计。

5.1.2 复杂零部件应采用3D打印仿真进行产品结构验证。

5.1.3 应通过台架试验、现场验证对产品可靠性及运行效果进行验证。

5.2 原材料及零部件

5.2.1 充放电控制器对蓄电池的控制要求、保护功能应满足GB/T 26849—2011 太阳能光伏照明用电子控制装置性能要求的规定。

5.2.2 锂电池应符合GJB 4477 锂离子蓄电池组通用规范的要求。

5.2.3 电机绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻不得小于0.5 MΩ。

5.3 工艺装备

5.3.1 应配备多轴自动钻孔机、钻攻一体机,重复定位精度 $\leq 0.05\text{mm}$ 。

5.3.2 过桥、刮杆等型材应采用自动切割下料。

5.3.3 生产过程中对传感器组装、控制系统组装环节进行过程检验。

5.4 检验检测

5.4.1 通过台架试验检测设备控制系统、通讯系统的功能与可靠性。

5.4.2 通过现场验证（负载试验）检测设备动力系统、运行状态的稳定性与可靠性。

6 技术要求

6.1 环境条件

6.1.1 机器人应能在符合GB 50794的光伏阵列上保持正常运行。

6.1.2 机器人在以下环境条件下应能正常工作：

a) 温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

b) 风力 ≤ 12 m/s。

注：严于正常环境要求的，由用户根据实际情况另行提出。

6.1.3 光伏阵列组件安装倾角 $\geq 10^\circ$ 。

6.2 外观质量要求

机器人整机应外观美观整洁，不应有伤痕、毛刺等其他缺陷。

6.3 结构要求

6.3.1 机器人外露转动部件宜有防护罩。

6.3.2 机器人行走滚轮、履带等转动件转动灵活，无卡塞现象，固定螺栓应设有防松装置。

6.3.3 机器人应有保护涂层或防腐设计，本体、罩壳、驱动零部件防腐能力应符合 ISO 12944-5 涂层防腐体系的 C3 要求。

6.3.4 机器人清洁件布置应覆盖光伏组件发电区域。

6.4 性能指标

6.4.1 运行速度

清洁运行速度 ≥ 6 m/min 可调。

6.4.2 续航能力

蓄电池供电情况下，在电池容量满电时，具备不低于技术规格书规定的 4 倍阵列长度的连续续航能力。

6.4.3 除尘率

机器人清洁后，组件上积尘去除率达到95%以上。

6.4.4 故障率

机器人故障率小于 0.3%

6.4.5 越障能力

6.4.5.1 清洁机器人能跨越相邻光伏组件间边缘高差 10 mm。

6.4.5.2 侧向位移（转弯）角： 6° 。

6.4.5.3 高差（爬坡）角： 12° 。

6.5 控制系统功能要求

6.5.1 人机界面应操作便捷、反应及时、显示正确。

6.5.2 可在现场或远程启动和停止机器人，设定启用时间、清洁次数、运行速度等运行参数。

6.5.3 应实时采集机器人运行过程中运行电流、保护性停止或运行完成等状态数据并存储。

6.5.4 机器人运行时各驱动单元应有自适应功能。

6.5.5 机器人应具备低电量提示功能，宜实现低电量时的自动返航。

6.6 安全要求

6.6.1 蓄电池短路安全

蓄电池在出现短路情况下不应出现起火、爆炸伤害。

6.6.2 电控箱防护安全

机器人电控箱的外壳防护等级应符合 GB/T 4208 的要求，防护等级应不低于 IP55。

6.6.3 驱动单元保护

机器人的驱动单元应具有防止机械伤害的装置。

6.6.4 意外情况保护

外部障碍物阻碍机器人导致无法运行时，机器人应立即启动保护性停止。

6.6.5 限位保护

机器人运行到最大工作距离未停止时，能通过限位装置实现保护性停止。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验光伏方阵

除非另有商定，一般按表1规定的光伏组件阵列进行试验。

表 1 试验光伏阵列的要求

项目	要求
长度/m	≥ 10
宽度/m	≥ 3.28
相邻光伏组件间边缘高差/mm	10
侧向位移（转弯）角	6°
高差（爬坡）角	12°
组件倾角	$30^\circ \pm 2^\circ$

7.1.2 试验环境

机器人试验环境温度： $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 。

7.2 外观质量检验

7.2.1 采用目测、手感等方式检查机器人外观，检查结果应符合 6.2 要求。

7.3 结构要求检验

7.3.1 采用目测、手感等方式验证机器人结构，检查结果应符合本文件 6.3.1、6.3.2、6.3.4 的要求。

7.3.2 机器人零部件防腐能力按 ISO 12944-6 要求检测，检查结果应符合本文件 6.3.3 的要求。

7.4 性能指标检验

7.4.1 运行速度

记录机器人在同一距离的运行时间，计算运行速度，运行速度检测结果应符合 6.4.1 要求。

7.4.2 续航能力

在蓄电池满电量的条件下，启动机器人运行至低电量保护，续航能力应符合 6.4.2 要求。

7.4.3 除尘率检测

7.4.3.1 安装光伏组件阵列

应选择与试验用机器人相匹配的组件、支架，阵列的安装应满足GB 50797的要求。阵列安装符合按表1要求。

7.4.3.2 筛选滑石粉

试验用滑石粉应满足GB/T 15342的要求，每次试验使用滑石粉应用200目的金属方孔筛滤过，滑石粉不得重复使用。

7.4.3.3 滑石粉的收集与称量

试验过程中应使用毛刷和器皿对滑石粉进行收集，试验人员应佩戴专用手套，应使用测量误差 $\pm 0.1\%$ 以内的电子天平对滑石粉进行称量。

7.4.3.4 试验步骤：

机器人除尘率应满足6.4.3的要求，试验步骤如下：

- a) 试验前机器人应停靠在试验装置的停机位上；
- b) 将滑石粉以 50 g/m^2 的密度均匀分布在一块光伏组件表面，分布的滑石粉质量为 m_0 ，按制造商使用说明启动机器人，机器人自主完成4次清扫工作后，收集组件表面残余滑石粉的质量为 m_1 ，按公式（1）计算第1次清洁后的除尘率：

$$K_1 = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

- c) 再重复进行上述N次试验，则累计进行N次试验后收集的残余灰尘质量分别 m_1 、 m_2 、 $\dots\dots$ 、 m_N ，计算每次除尘率，分别为 K_1 、 K_2 、 $\dots\dots$ 、 K_N ；

$$K = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_N}{N} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

K ——除尘率；

K_N ——第N次试验的除尘率；

m_0 ——每次试验放置的灰尘质量；

m_n ——第N ($n=1, 2 \dots N$) 次试验收集的残余灰尘质量

$N=3$ ——当 $(K_{\max} - K_{\min}) / K_{\min} \times 100\% > 10\%$ 时， $N=5$ 。

7.4.4 故障率检测

在7.1的试验条件下，机器人连续运行1000个来回，记录故障次数。故障率计算见公式（3）。

$$F = \frac{N}{M} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

F ——故障率；

N ——实际发生故障次数的累计；

M ——设备正常运行的累计次数。

注：单台设备在运行过程中因机器人自身的机械、电气控制系统产生硬件破损失效或系统无法控制，导致无法运行的这类状态称为机器人故障。

7.4.5 越障能力测试

机器人在符合本文件 6.4.5 要求的阵列上运行，能顺利通过。

7.5 控制系统检验

7.5.1 通过操作面板、手机软件或计算机，检查输出是否有相应的变化，检测结果应符合本文件 6.5.1 的要求。

7.5.2 设定和操控系统，检测结果应符合本文件 6.5.2 的要求。

7.5.3 检查后台运行数据记录，检测结果应符合本文件 6.5.3 的要求。

7.5.4 对机器人其中一侧驱动单元增加阻力至停止，观察两个驱动单元偏转角的变化，机器人应能进行保护性停止；如在保护性停止前该阻力消失，观察其自适应性。检测结果应符合本文件 6.5.4 的要求。

7.5.5 对使用蓄电池的机器人按说明书设定的低电量保护值，启动机器人，在电量低至保护值时，观察机器人是否返航至停机位。

7.6 电气安全检验

7.6.1 蓄电池短路安全检测

外部短路试验的主要试验步骤如下：应随机抽取机器人蓄电池作为外部短路安全试验样品，将样品分别用导线进行正负极短接，直至壳体温度恢复到与环境温度相差10℃以内，然后至少再继续短接1 h，记录上述过程中的温度变化，6 h之后再行观察。试验结果应满足本文件5.6.1的要求。

注：若有保护装置的试样，应先检验保护装置是否动作，然后在回路中串联一个可变电阻，并不断增大阻值，直至保护装置不再动作，再进行外部短路试验。

7.6.2 电控箱防护安全检测

电控箱的外壳防护等级按GB/T 4208-2017中13.4、14.2.5的要求测试，检测结果应符合本文件6.6.2的要求。

7.6.3 驱动单元保护检测

采用观察方式评定转动件外围是否安装有安全装置，检测结果应符合本文件6.6.3的要求。

7.6.4 意外情况保护检测

机器人在运行过程中，阻挡其前行，观察机器人运行状态，包括过电流保护在内的意外情况检测结果应符合本文件6.6.4的要求。

7.6.5 限位保护检测

拆除位置传感器，观察机器人在运行过程中，越过安全位后是否保护性停止，检测结果应符合本文件6.6.5的要求。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 出厂检验项目的要求及试验方法按表 2 要求。

8.2.2 出厂检验为全检, 出厂检验项目全部合格, 则判定出厂检验合格。

表 2 检验项目

检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
外观质量要求	√	√	6.2	7.2
结构要求检验	√		6.3.1	7.3.1
	√		6.3.2	7.3.2
	-		6.3.3	7.3.3
性能指标检验	-		6.4.1	7.4.1
	-		6.4.2	7.4.2
	-		6.4.3	7.4.3
	-		6.4.4	7.4.4
	-		6.4.5	7.4.5
	-		6.4.6	7.4.6
控制系统检验	√		6.5.1	7.5.1
	√		6.5.2	7.5.2
	√		6.5.3	7.5.3
	-		6.5.4	7.5.4
	-		6.5.5	7.5.5
安全检验	-		6.6.1	7.6.1
	-		6.6.1	7.6.1
	-		6.6.1	7.6.1
	-		6.6.1	7.6.1
	-		6.6.1	7.6.1
注：“√”为必检项目，“-”为不检项目。				

8.3 型式检验

8.3.1 型式检验项目按表 1 规定。

8.3.2 型式检验的样本数量为 1 台。

8.3.3 有下列情况之一时应进行型式检验：

- 新产品和老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产在设计，材料、结构、工艺有较大改变，可能影响整机性能时；
- 正常生产时，定期或积累一定产量后，应每年进行一次检验；
- 企业停产 1 年以上，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。产品初次设计定型时。

8.3.4 型式检验项目全部合格，则判定型式检验合格。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

每台机器人应在明显部位固定符合GB/T 13306的标牌，清晰标明以下内容：

- f) 制造厂名称、地址。
- g) 名称和型号。
- h) 制造日期。
- i) 出厂编号。
- j) 产品执行标准编号。

9.2 包装、运输

9.2.1 机器人的包装箱应符合安全运输需要，标注“小心轻放”、“勿倒置”等需要提示的内容。

9.2.2 包装箱内应下列文件：

- a) 装箱清单；
- b) 产品合格证；
- c) 操作说明书。

9.2.3 可依据产品规格另行商定包装与运输方式。

9.2.4 产品在运输过程中，按规定的起吊位置起吊，包装箱按规定朝向安置，不得倾倒。

9.3 贮存

存放机器人产品的仓库，环境温度宜为0~40℃，周围环境应无腐蚀、易燃气体，无强烈机械振动、冲击及强磁场作用。
