

# T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

## 光伏组件智能安装机器人

Intelligent installation robot for photovoltaic modules

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

## 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 技术要求 .....	2
4.1 外观要求 .....	2
4.2 基本参数 .....	2
4.3 机械结构要求 .....	2
4.4 控制系统要求 .....	2
4.5 感知系统要求 .....	2
4.6 环境适应性要求 .....	3
4.7 安全要求 .....	3
5 试验方法 .....	3
5.1 外观检查 .....	3
5.2 基本参数测试 .....	3
5.3 机械结构测试 .....	3
5.4 控制系统测试 .....	3
5.5 感知系统测试 .....	4
5.6 环境适应性测试 .....	4
5.7 安全性能测试 .....	4
6 检验规则 .....	4
6.1 检验分类 .....	4
6.2 出厂检验 .....	4
6.3 型式检验 .....	5
7 标志、包装、运输、贮存和质量证明书 .....	5
7.1 标志 .....	5
7.2 包装 .....	6
7.3 运输 .....	6
7.4 贮存 .....	6
7.5 质量证明书 .....	6

## 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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

# 光伏组件智能安装机器人

## 1 范围

本文件规定了光伏组件智能安装机器人（以下简称“机器人”）的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存和质量证明书。

本文件适用于光伏电站建设中，光伏组件搬运、定位、固定及辅助安装的智能安装机器人，其他类似场景的光伏组件安装设备可参照本文件执行。

## 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 191 包装储运图形符号标志

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 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

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 39463 工业机器人电气设备及系统 通用技术条件

GB/T 40013 服务机器人 电气安全要求及测试方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**光伏组件智能安装机器人** intelligent installation robot for photovoltaic modules

集成机械结构、控制系统、感知系统、动力系统，能够自主或半自动完成光伏组件从仓储点到安装支架的搬运、定位校准、紧固连接等作业的智能化工装。

### 3.2

**定位精度** positioning accuracy

机器人将光伏组件放置到预设安装位置时，实际位置与目标位置的偏差值。

### 3.3

**重复定位精度** repeat positioning accuracy

机器人多次完成同一光伏组件安装作业时，每次实际安装位置的偏差波动范围。

### 3.4

**安装效率** installation efficiency

单位时间内机器人完成的光伏组件安装数量。

### 3.5

### 自主导航 autonomous navigation

机器人通过自身感知设备获取环境信息，自主规划行驶路径并避开障碍物的功能。

## 3.6

### 负载能力 load capacity

机器人在额定工况下，能够稳定搬运的光伏组件最大重量。

## 3.7

### 爬坡能力 climbing ability

机器人于良好地面使用最低挡位匀速行驶时，能够克服的最大坡度。

## 4 技术要求

### 4.1 外观

- 4.1.1 表面平整光滑，无明显划痕、磕碰、变形及锈蚀。
- 4.1.2 涂装均匀，无流挂、气泡、脱落等缺陷，颜色一致。
- 4.1.3 标识清晰、牢固，符合相关标准要求，包括产品名称、型号、额定参数、制造商信息等。
- 4.1.4 线缆布置整齐，固定牢固，无缠绕、磨损现象。

### 4.2 基本参数

- 4.2.1 负载能力：应不小于当前主流光伏组件重量的 1.2 倍，且最小负载能力不低于 30 kg。
- 4.2.2 定位精度：平面定位误差 $\leq \pm 2\text{mm}$ ，高度定位误差 $\leq \pm 1\text{mm}$ 。
- 4.2.3 重复定位精度：平面重复定位误差 $\leq \pm 0.5\text{mm}$ ，高度重复定位误差 $\leq \pm 0.3\text{mm}$ 。
- 4.2.4 安装效率：单台机器人每小时安装光伏组件数量不低于 60 块。
- 4.2.5 续航能力：连续工作时间不低于 4 h，充电时间不超过 2 h（快充模式）。

### 4.3 机械结构要求

- 4.3.1 机器人主体结构应采用高强度轻质材料，满足抗冲击、抗变形要求，表面无尖锐棱角，涂层均匀无剥落。
- 4.3.2 抓取机构应具备自适应夹持功能，可兼容主流尺寸光伏组件（2465mm\*1134mm、2382mm\*1303mm，夹持压力可调，避免损伤组件边框及玻璃面）。
- 4.3.3 运动机构（车轮或履带）应具备良好的地面适应性，在光伏电站常见的碎石地、草地、坡度 $\leq 15^\circ$ 的场地中可稳定行驶。
- 4.3.4 紧固机构应能适配螺栓、压块等主流固定方式，紧固扭矩精度误差 $\leq \pm 5\%$ ，扭矩范围应覆盖光伏组件安装常用扭矩值（ $5\text{N}\cdot\text{m}\sim 25\text{N}\cdot\text{m}$ ）。

### 4.4 控制系统要求

- 4.4.1 应具备自主导航、路径规划、障碍识别与避障功能，障碍物识别距离不小于 3 m，规避响应时间 $\leq 0.5\text{ s}$ 。
- 4.4.2 控制系统应支持手动操作、半自动操作、全自动操作三种模式切换，切换过程稳定无故障。
- 4.4.3 应实时显示机器人工作状态（位置、电量、作业进度、故障信息等），显示精度误差 $\leq 5\%$ 。
- 4.4.4 具备故障自诊断功能，可识别机械卡滞、电量过低、传感器异常等常见故障，并发出声光报警信号，报警响应时间 $\leq 1\text{ s}$ 。
- 4.4.5 数据存储能力：应记录至少 6 个月的作业数据（安装位置、安装时间、扭矩值、故障记录等），支持数据导出与追溯。

### 4.5 感知系统要求

- 4.5.1 机器人静态环境自主导航重复定位误差不大于 $\pm 3\text{ cm}$ ，底盘综合控制误差不大于 $\pm 10\text{ cm}$ 。
- 4.5.2 机器人应具备防碰撞功能，在自主行走过程中正面遇到障碍物（高 500 mm×宽 300 mm）应及时停

止，对于停止的机器人，障碍物移除后应能恢复行走。

4.5.3 机器人应具备越障能力，越障高度不低于200mm，爬坡角度应不小于 $15^\circ$ ，侧向作业倾斜角度应不小于 $5^\circ$ 。

4.5.4 视觉传感器应能清晰识别光伏支架安装孔、组件边框定位点，识别精度 $\leq 0.3\text{ mm}$ ，在晴天、阴天等不同光照条件下均能稳定工作。

4.5.5 距离传感器测量范围应满足作业需求，测量误差 $\leq \pm 1\%$ 。

4.5.6 扭矩传感器应实时监测紧固扭矩，数据采集频率不低于10 Hz。

4.5.7 倾角传感器应能实时监测机器人机身及组件安装倾角，测量范围 $\pm 30^\circ$ ，测量误差 $\leq \pm 0.1^\circ$ 。

#### 4.6 环境适应性要求

4.6.1 工作温度： $-10^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ ，在该温度范围内能正常启动并完成安装作业。

4.6.2 相对湿度： $\leq 80\%$ （无凝露），在高湿环境下电气系统无短路、腐蚀现象。

4.6.3 防护等级：整机防护等级不低于IP67。

4.6.4 抗风能力：能抵御不低于5级风力的影响，无倾覆、移位风险。

#### 4.7 安全要求

4.7.1 应设置急停按钮，按钮响应时间 $\leq 0.1\text{ s}$ ，急停后所有运动部件立即停止动作。

4.7.2 电气系统应符合GB/T 39463的要求，绝缘电阻 $\geq 1\text{ M}\Omega$ ，接地电阻 $\leq 4\ \Omega$ ，无漏电现象。

4.7.3 抓取机构采用真空泵和吸盘组的吸附系统，吸附力大于200 kg，可实现断电保持功能，保持时间不小于5 min，

4.7.4 机器人工作区域应具备安全警示功能，当有人员进入危险区域时，立即暂停作业并发出声光报警。

### 5 试验方法

#### 5.1 外观

通过目视检查，表面无划痕、磕碰、变形、锈蚀，涂装均匀，标识清晰牢固，线缆布置整齐。

#### 5.2 基本参数测试

5.2.1 负载能力测试：逐步增加负载至额定负载的1.5倍，连续运行30 min，观察机器人是否能稳定工作，无结构变形、动力不足等现象。

5.2.2 定位精度测试：在标准测试平台上预设10个目标安装位置，机器人完成安装作业后，使用激光测距仪测量实际位置与目标位置的偏差，取最大值。

5.2.3 重复定位精度测试：在同一目标位置重复安装作业20次，测量每次实际位置的偏差，计算波动范围。

5.2.4 安装效率测试：选取标准尺寸光伏组件，在额定工况下连续作业1 h，统计安装完成数量。

5.2.5 续航能力测试：在全自动模式下连续作业，记录从满电到低电量报警的工作时间；采用指定充电器充电，记录从低电量到满电的充电时间。

#### 5.3 机械结构测试

5.3.1 结构强度测试：对主体结构、抓取机构进行静态载荷测试，施加额定负载1.5倍的力，保持1 h，检查结构无永久变形、裂纹。

5.3.2 夹持兼容性测试：选取3种不同尺寸的主流光伏组件，夹持60s后，测试抓取机构的夹持稳定性，组件无松动，外观、电池片无机械损伤。

5.3.3 地面适应性测试：在碎石地、草地、 $15^\circ$ 坡度场地分别行驶50 m，观察行驶稳定性，无卡顿、打滑现象。

5.3.4 紧固扭矩精度测试：使用标准扭矩仪校准紧固机构，在 $5\text{ N}\cdot\text{m} \sim 25\text{ N}\cdot\text{m}$ 范围内选取5个测试点，每个点测试10次，计算扭矩误差。

#### 5.4 控制系统测试

5.4.1 自主导航测试：在预设作业区域设置 3 个障碍物，启动自主导航功能，记录机器人路径规划合理性、障碍规避成功率及响应时间。

5.4.2 模式切换测试：分别进行手动、半自动、全自动模式切换，每种模式连续作业 30 min，检查切换稳定性及作业连续性。

5.4.3 状态显示测试：模拟不同工作状态（满电、低电、作业中、故障），检查显示数据的准确性。

5.4.4 故障自诊断测试：人为设置机械卡滞、传感器异常等故障，检查故障识别准确率及报警响应时间。

5.4.5 数据存储测试：连续作业 7 d，导出作业数据，检查数据完整性及可追溯性。

## 5.5 感知系统测试

5.5.1 视觉识别测试：在晴天、阴天环境下，对 10 个光伏支架安装孔进行识别，记录识别精度及成功率。

5.5.2 距离传感器测试：使用标准测距设备校准，在测量范围内选取 5 个测试点，计算测量误差。

5.5.3 扭矩传感器测试：通过标准扭矩源施加不同扭矩，记录传感器采样频率及数据准确性。

5.5.4 倾角传感器测试：在 0°、15°、30° 倾角下分别测试，计算测量误差。

## 5.6 环境适应性测试

5.6.1 高低温试验：按照 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 的要求，在 -10℃ 和 50℃ 环境下分别放置 24 h，启动后完成 10 块组件安装作业，检查工作稳定性。

5.6.2 湿热试验：按照 GB/T 2423.3 的要求，在 40℃、相对湿度 95% 环境下放置 48 h，检查电气系统无短路、腐蚀，机械结构无异常。

5.6.3 防护等级测试：对整机及电气控制柜进行防尘、防水测试，测试后无粉尘进入、无进水现象。

5.6.4 抗风试验：在风洞中模拟 5 级风力，持续 30min，观察机器人是否有倾覆、移位现象。

## 5.7 安全性能测试

5.7.1 急停功能测试：在机器人作业过程中按下急停按钮，检查运动部件是否立即停止，无延时。

5.7.2 电气安全测试：按照 GB/T 40013 的要求，测试绝缘电阻、接地电阻，检查有无漏电现象。

5.7.3 防坠保护测试：夹持组件后切断电源，保持 24 h，检查组件无坠落。

5.7.4 安全警示测试：模拟人员进入危险区域，检查机器人是否暂停作业并发出声光报警。

## 6 检验规则

### 6.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

### 6.2 出厂检验

6.2.1 每台产品出厂前必须进行出厂检验，检验合格并附有质量证明书后方可出厂，检验项目见表 1。

6.2.2 出厂检验项目全部合格时，判定该产品出厂检验合格；若有一项不合格，应返修后重新检验，直至合格。

表 1 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	外观	√	√
2	基本参数	负载能力	√
3		定位精度	√
4		重复定位精度	√
5		安装效率	-
6		续航能力	√
7	机械结构	结构强度	√

8		夹持兼容性	-	√
9		地面适应性	-	√
10		紧固扭矩精度	-	√
11	控制系统	自主导航	√	√
12		模式切换	√	√
13		状态显示	√	√
14		故障自诊断	-	√
15		数据存储	-	√
16	感知系统	视觉识别	√	√
17		距离传感器	√	√
18		扭矩传感器	-	√
19		倾角传感器	-	√
20	环境适应性	高低温试验	-	√
21		湿热试验	-	√
22		防护等级	-	√
23		抗风	-	√
24	安全性能	急停功能	√	√
25		电气安全	√	√
26		防坠保护	√	√
27		安全警示	√	√

### 6.3 型式检验

6.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 产品设计、工艺、材料有重大变更时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 国家质量监督机构要求进行型式检验时；
- e) 产品停产超过1年，恢复生产时；
- f) 每批量生产50台时，进行一次型式检验。

6.3.2 型式检验项目检验项目见表1。

6.3.3 型式检验应从出厂检验合格的产品中随机抽取3台，全部项目检验合格时，判定该批产品型式检验合格；若有1台产品不合格，应加倍抽样重新检验，若仍有不合格，则判定该批产品型式检验不合格。

## 7 标志、包装、运输、贮存和质量证明书

### 7.1 标志

7.1.1 产品机身应设置清晰的标志，包括：

- a) 产品名称、型号；
- b) 制造商名称、地址、联系方式；
- c) 额定参数（负载能力、工作电压、续航时间、充电电压的参数等）；
- d) 产品编号、生产日期；
- e) 防护等级、安全警示标志；
- f) 执行标准编号。

7.1.2 包装标志应符合GB/T 191的要求，包括：

- a) 产品名称、型号、数量；
- b) 制造商名称、地址、联系方式；
- c) 毛重、净重、外形尺寸；

- d) 运输注意事项（防潮、防晒、防震、禁止倒置等）；
- e) 出厂日期。

## 7.2 包装

7.2.1 机器人出厂时，底盘无包装，机械臂及真空吸附系统应采用木架包装，吸盘组中间放置填充物进行缓冲，保护吸盘组、延长模组和视觉引导相机不受损坏、腐蚀，并能满足运输、储存的要求。在木架上贴不可倒置标识，无侧倾标识，安全警告标识。

7.2.2 包装箱内应随带下列文件：

- a) 质量证明书；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱清单；
- d) 合格证；
- e) 易损件清单及备件。

7.2.3 电气部件应做好防潮、防静电处理。

## 7.3 运输

7.3.1 产品运输应符合国家相关运输规定，避免与易燃易爆、腐蚀性物品混运。

7.3.2 运输过程中应防止剧烈震动、撞击、雨淋、暴晒，禁止倒置、侧放。

7.3.3 装卸过程应使用专用设备，轻装轻卸，避免损伤产品。

## 7.4 贮存

7.4.1 产品应存放在干燥、通风、阴凉、无腐蚀性气体的库房内。

7.4.2 产品应放置在平整的地面上，远离热源、水源及易燃易爆物品。

7.4.3 产品长期贮存（超过3个月）时，应每月充电一次，保持电量在50%~70%，防止电池亏电损坏。

7.4.4 贮存期限：在规定的贮存条件下，产品贮存期限不超过1年，超过贮存期限的产品应重新进行检验，合格后方可使用。

## 7.5 质量证明书

每批产品应附有质量证明书，包括以下内容：

- a) 制造商名称、地址、联系方式；
  - b) 产品名称、型号、产品编号、生产日期、批量；
  - c) 检验项目、检验结果、检验人员签字、检验日期；
  - d) 执行标准编号；
  - e) 产品合格标识。
-