

# 团 体 标 准

T/ZZB 3711—2024

## 晶体硅太阳能电池片全自动串焊机

Automated stringer for crystalline silicon solar cell

2024 - 06 - 13 发布

2024 - 07 - 13 实施

浙江省质量协会 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 缩略语 .....	2
5 构成、工作条件和基本参数 .....	2
6 基本要求 .....	3
7 技术要求 .....	3
8 试验方法 .....	6
9 检验规则 .....	9
10 标志、包装、运输和贮存 .....	10
11 质量承诺 .....	11

## 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。

本文件由浙江省质量协会归口。

本文件起草单位：杭州康奋威科技股份有限公司、杭州市太阳能光伏产业协会、杭州康奋威自动化有限公司、杭州弗力敦进出口有限公司、浙江赐泽标准技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：余凯、康乐、任天挺、杜鹃、刘丽珺、王耀鹏、赵章、秦少国、赵永红、王陈朴、王倩、孔佳佳、叶仙珍。

本文件评审专家组长：顾航。



# 晶体硅太阳能电池片全自动串焊机

## 1 范围

本文件规定了晶体硅太阳能电池片全自动串焊机（以下简称“串焊机”）的术语和定义、缩略语、构成、工作条件和基本参数和基本参数、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存以及质量承诺。

本文件适用于6条~24条栅线的晶体硅太阳能电池片，以热浸镀锡铅合金的圆焊带在红外焊接条件下进行串联焊接的自动化设备。

## 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 包装储运图示标志

GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差

GB/T 2297 太阳光伏能源系统术语

GB 2893 安全色

GB/T 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分：安全标志和安全标记的设计原则

GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14253—2008 轻工机械通用技术条件

GB/T 18209.3 机械电气安全 指示、标志和操作 第3部分：操动器的位置和操作的要求

JB/T 5000.3 重型机械通用技术条件 第3部分：焊接件

JB/T 5944 工程机械 热处理件通用技术条件

SJ/T 10668 表面组装技术术语

VDI 3423—2011 机器和生产线的技术可用性 术语 定义 时间段的确定和计算 (Technical availability of machines and production lines - Terms, definitions, determination of time periods and calculation)

## 3 术语和定义

GB/T 2297、SJ/T 10668界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**稼动率** **technical availability**

设备无故障运行时间与设备总运行时间的百分比。

[来源：VDI 3423—2011, 3.1.11]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI：人工智能（artificial intelligence）

EL：电致发光（electro luminescent）

MES：制造执行系统（manufacturing execution system）

## 5 构成、工作条件和基本参数

### 5.1 构成

5.1.1 串焊机应由框架、焊带供料机构、焊带夹取定位摆放机构、电池片供料机构、视觉系统、机器人抓片机构、焊接皮带线机构、红外焊接机构、工装搬运机构、串传输机构、串裁切机构、串搬运机构、PLC 控制系统、焊接控制系统、串 EL 检测系统、气路系统、人机界面操作系统等构成。

### 5.2 工作条件

#### 5.2.1 环境温度

环境温度应保持在 20 °C~30 °C。

#### 5.2.2 环境湿度

环境相对湿度应保持在 5%~70%，不结露。

#### 5.2.3 电源

5.1.1.1 电源电压为三相 380 V，波动范围应不超过额定电压的±5%。

5.1.1.2 电源频率：50 Hz~60 Hz。

5.1.1.3 电源额定功率应不大于 65 kW。

5.1.1.4 三相五线。

#### 5.2.4 气源

气源压力范围为 0.6 MPa~0.8 MPa，耗气量不大于 150 m<sup>3</sup>/h，压缩空气应符合以下要求：

——最大固体颗粒：15 μm（三级）；

——最低压力露点：+3 °C（四级）；

——最大油雾浓度：5 mg/m<sup>3</sup>（四级）。

#### 5.2.5 排风

排风管外径为 150 mm，流量不小于 500 m<sup>3</sup>/h。

#### 5.2.6 洁净度

应在三十万级无尘车间环境中。

### 5.3 基本参数

串焊机的基本参数应符合表 1 的规定。

表1 基本参数

项目	参数
电池片尺寸 (mm)	156~230
电池片厚度 ( $\mu\text{m}$ )	110~230
圆焊带直径 (mm)	0.20~0.35
主栅数量 (条)	6~24
电池片间距 (mm)	-1~-0.4; 0.5~6
串焊机节拍 (小片/小时)	$\geq 10\ 000$
额定功率 (kW)	$\leq 65$
最大焊接串长 (mm)	$\leq 2\ 250$

## 6 基本要求

### 6.1 设计研发

应具备机械结构设计、机械结构模拟仿真计算、气动设计、电机选型计算、电气硬件设计、PLC编程、机械手编程、工业视觉算法软件编程、图像AI算法编程、人机界面编程等能力。

### 6.2 原材料与零部件

- 6.2.1 焊带夹爪、压扁上下模、焊带切刀等零部件应选用 SKD11 或同等性能的材料。
- 6.2.2 机架的焊接应符合 JB/T 5000.3 的规定。
- 6.2.3 切削加工件应符合 GB/T 1804、GB/T 1184 的规定。
- 6.2.4 热处理件应符合 JB/T 5944 的规定，传动轴、丝杆、夹爪、切刀经热处理硬度分别应该达到 HRC20~28、HRC25~30、HRC30~45、HRC56~62。

### 6.3 工艺装备

- 6.3.1 应采用高频热处理工艺、渗氮热处理工艺、调质和去应力退火处理、电沉积镍镀层、三价铬电镀、电泳喷涂等工艺。
- 6.3.2 应具备高精度加工、车削、磨削、镗削、铣削等机械加工能力。

### 6.4 检验检测

- 6.4.1 应具备二次元检测仪、洛氏硬度计、螺纹塞规、螺纹环规、偏摆仪、拉力计、涂层测厚仪、耐压测试仪、接地电阻测试仪等检测零部件物理尺寸、材质性能、电气性能的检测设备。
- 6.4.2 应具备串焊机功能、性能、安全规范等测试设备。

## 7 技术要求

### 7.1 结构

- 7.1.1 串焊机机械结构应符合 GB/T 14253—2008 中 4.3.1 的规定。
- 7.1.2 串焊机开关、按钮、显示屏等位置应准确，结构完整，操作灵活方便，连接可靠。

## 7.2 外观要求

- 7.2.1 串焊机外观钣金表面不应有裂纹、凹痕、划伤、污渍、毛刺等影响性能的明显缺陷。
- 7.2.2 串焊机外观钣金件涂层厚度应不少于 70  $\mu\text{m}$ ，应颜色均匀，无气泡、起壳、划痕和脱漆。

## 7.3 性能

### 7.3.1 碎片率

P型电池210以下 $\leq 0.15\%$ ，210以上（包含210） $\leq 0.20\%$ ；N型电池 $\leq 0.20\%$ 。

### 7.3.2 串返率

晶硅太阳能电池片加工串焊的串返率应不大于2%。

### 7.3.3 焊带与主栅线的重合度

焊带中心线与电池片主栅中心线的重合度误差应不大于0.3 mm。

### 7.3.4 抗拉性

正面和背面焊接拉力均应不小于1 N。

### 7.3.5 电池串尺寸精度

电池串应符合以下要求：

- a) 电池片间距误差应不大于 $\pm 0.3\text{ mm}$ ；
- b) 电池串总长度误差应不大于 $\pm 0.5\text{ mm}$ ；
- c) 电池串直线度误差应不大于 0.5 mm。

### 7.3.6 激光划片精度（选配功能）

激光划片精度应符合以下要求：

- a) 分片角度/精度： $\pm 100\ \mu\text{m}$ ；
- b) 无损切割引导裂纹深度：30%~50%；
- c) 无损切割引导裂纹长度：小于 2 mm；
- d) 开槽线宽：不大于 40  $\mu\text{m}$ 。

### 7.3.7 焊接温度可控性

焊接输送平带应具备加热、保温及温度检测装置，焊接温度控制误差应不大于 $\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 7.3.8 稳定性

- 7.3.8.1 串焊机在额定负荷工作条件下，应无故障正常连续工作 2 h 以上。
- 7.3.8.2 串焊机在空载状态下，噪声不应超过 75 dB (A)。

### 7.3.9 气密性

- 7.3.9.1 气动系统的管路、接头、法兰均应密封良好，气路管道通气初始压力 0.6 MPa，进气管路切断并密封保持 5 分钟，气路管道内部气压应不低于 0.4 MPa。
- 7.3.9.2 助焊剂管道系统应保持密封，加注助焊剂后保持 8 h，不应出现渗漏现象。

## 7.4 效能

#### 7.4.1 稼动率

稼动率应不小于95%。

#### 7.4.2 串焊机节拍

串焊机节拍应不小于 10 000 小片/小时。

### 7.5 功能

#### 7.5.1 自动化

7.5.1.1 应实现从电池片上料后到电池串出料前的全自动加工。

7.5.1.2 电池片正反面应自动连续焊接，组成电池串。

7.5.1.3 焊带应自动送料、自动切断，焊接完成后电池串应自动收料。

7.5.1.4 控制系统应具备全自动和手动 2 种操作方式，操作件应符合 GB/T 18209.3 的规定。

7.5.1.5 应根据需要设置和切换单步运动、单侧自动工作和整机自动工作循环模式。

7.5.1.6 应具备助焊剂槽加热及抽废气功能。

#### 7.5.2 可追溯性

可追溯性应符合以下要求：

- a) 应具备设备参数修改记录，参数修改具备可追溯性；
- b) 应具备设备报警信息记录，报警信息记录具备可追溯性；
- c) 应具备电池片视觉拍照图片保存功能；
- d) 应具备电池串 EL 检测、外观检测拍照图片保存功能；
- e) 应具备设备耗材使用时间统计及记录功能。

#### 7.5.3 影像自检

影像自检应符合以下要求：

- a) 应具备电池片视觉定位检测功能，视觉重复定位精度 $\geq 0.01$  mm；
- b) 应具备电池片边缘缺损检测功能，边缘缺损长度和宽度可设定，可检测出边缘缺损 $\geq 3$  mm $\times$  1 mm（长度 $\times$ 宽度）的不良；
- c) 应具备电池片破片检测功能，可检测电池片是否有裂缝；
- d) 应具备焊带与电池片主栅重合度检测功能，偏移检测精度 $\leq 0.1$  mm，可以检出偏移 $\geq 0.3$  mm 的不良，并且检测阈值可通过软件设定；
- e) 应具备电池片的间距尺寸检测功能，检测精度误差 $\leq 0.1$  mm，可以检出尺寸偏差 $\geq 0.3$  mm 的不良，并且检测阈值可通过软件设定；
- f) 应具备检测焊带焊接的起始点尺寸，检测精度误差 $\leq 0.1$  mm，可以检出尺寸偏差 $\geq 0.3$  mm 的不良，并且检测阈值可通过软件设定；
- g) 应具备串 EL 检测功能，可检测出单点虚焊，可检测面积 $\geq 2$  mm<sup>2</sup> 的脏污（表面非电池片本体物质均定义为脏污包括固体、液体），可检测长度 $\geq 5$  mm 的划伤，可检测电池片细栅线 $\geq 1$  mm 的断点，并且检测阈值可通过软件设定。

#### 7.5.4 扩展性

扩展性应符合以下要求：

- a) 应具备升级片 PL 检、串 EL、串外观检测功能；

- b) 应提供接入 MES 系统的标准数据接口；
- c) 应对接自动排版机；

## 7.6 安全防护

### 7.6.1 安全性

- 7.6.1.1 各电机负载需配备短路保护、断路器。
- 7.6.1.2 绝缘电阻的安全要求应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.3 的规定。
- 7.6.1.3 耐压测试应符合 GB/T 5226.1—2019 中 18.4 的规定。
- 7.6.1.4 控制电路、电源系统和电机应有可靠接地。
- 7.6.1.5 配电柜门应设置上锁装置，避免随意打开的触电风险。
- 7.6.1.6 安全门、维修门处都需安装联动防护开关。
- 7.6.1.7 报警和故障有声光指示，并提示准确区域位置，状态灯安装在整机机头上料区域的上方。
- 7.6.1.8 所有涉及危险因素的部位，张贴安全警示标志，安全标志应符合 GB/T 2893.1 的规定。
- 7.6.1.9 设置急停、复位等按钮，所有控制按钮都必须标识清楚，触发光栅、联锁须立即停机，再运行须复位。
- 7.6.1.10 助焊剂喷涂、浸泡区域周边不得设置插排及电源控制装置，机器内所有助焊剂管路应避免开电源控制箱区域，助焊剂槽区域涉及气管全部需要耐腐蚀气管，控制线路需要做助焊剂泄露腐蚀防护；避免发热、打火引发火灾，或因助焊剂泄露造成管线腐蚀引发的其它问题。
- 7.6.1.11 助焊剂管路材质应为耐腐蚀、阻燃材料，并在外层加阻燃套管。
- 7.6.1.12 操作区人员站立部位需设置急停、复位、光栅，光栅长度应覆盖整个目测区机构运动部位。

### 7.6.2 报警监测

应设置如下报警监测系统：

- a) 加热及焊接部位应具备超温报警功能及过热保护装置；
- b) 电机驱动异常、气压检测异常、传感器检测异常、视觉及机器人异常均应具备报警提示功能；
- c) 应具备红外灯管寿命预警功能，使用寿命时间可设置；
- d) 应具备助焊剂高/低液位报警功能；
- e) 应具备电池片缺料报警功能；
- f) 应具备电池串托盘满盒报警功能；
- g) 应具备焊带供料缺料预警功能。

## 8 试验方法

### 8.1 结构

- 8.1.1 串焊机机械结构按 GB/T 14253—2008 中 7.1 和 7.2 测试方法进行。
- 8.1.2 通过目测和操作进行。

### 8.2 外观要求

用色卡，百格等方式进行目测、对比和检验。

### 8.3 性能

### 8.3.1 碎片率

按GB/T 14253—2008的负荷试验规定进行，在连续生产时间不小于10 h的情况下，检测全部电池片后，碎片率应按式(1)计算：

$$\delta = \frac{N_i}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

- $\delta$  ——碎片率 (%)；
- $N_i$  ——损坏数量，单位为片 (pcs)；
- $N$  ——生产量，单位为片 (pcs)。

### 8.3.2 串返率

在设备操作界面“数据统计”中查看当班生产总串数量以及不合格串数量得出串返率。按公式(2)计算串返率 $\sigma$ ：

$$\sigma = \frac{A_1}{A_0} \times 100\% \quad (2)$$

### 8.3.3 示例焊带与主栅线的重合度

选取3片焊接电池片，利用二次元检测仪测量焊带中心线与电池片主栅中心线的间距。

### 8.3.4 抗拉性

选取1个焊接电池片，正反面各20点，用拉力为10 N的拉力计，反向斜180°拉焊带，其中拉力值整体合格率要为75%以上，且不能连续两个点小于0.8 N。

### 8.3.5 电池串尺寸精度

8.3.5.1 电池串片间距误差：选取3串电池串，每串上随机选取2处片间距，利用卡尺或二次元检测仪测量两片之间的间距，其值与理论值偏差均应在 $\pm 0.3$  mm。

8.3.5.2 电池串总长度误差：选取3串电池串，利用精度为0.2 mm（或高于此精度）的工装或者尺寸测量工具，测量首片电池片到末端电池距离，其与理论值偏差应在 $\pm 0.5$  mm。

8.3.5.3 电池串直线度误差：选取3串电池串，利用精度为0.2 mm（或高于此精度）的工装或者尺寸测量工具，测量串边缘一侧直线度，其与理论值偏差。

### 8.3.6 激光划片精度

取三片划片后的电池片，用二次元检测仪测量相近尺寸的长度之差。

### 8.3.7 焊接温度可控性

连续进行10个串焊作业循环，观察热电偶检测温度曲线，其温度曲线应该在设定值 $\pm 5$  °C范围内。

### 8.3.8 稳定性

8.3.8.1 在额定负荷工作条件下，应无故障正常连续工作2 h以上。

8.3.8.2 利用分贝仪在设备5个面（前、后、左、右，上），距离设备1 m测量其分贝值。

### 8.3.9 气密性

8.3.9.1 按 7.3.9.1 操作，观察气压表的压力值。

8.3.9.2 用目测方式进行。

## 8.4 效能

### 8.4.1 稼动率

在设备操作界面“数据统计”中查看12 h实际开机时间与停机时间，应按下式计算：

$$V_T = \left(1 - \frac{T_T}{T_B}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$V_T$  ——设备稼动率(%)；

$T_B$  ——设备运行总时间，单位为小时(h)；

$T_T$  ——设备非计划停机时间(指设备故障或异常停机时间)，单位为小时(h)。

### 8.4.2 串焊机节拍

使用设备操作界面中“带片空跑”功能，连续运行10串电池串(12小片/串)，串焊机节拍应按下式计算：

$$E = \frac{3600 \times Q}{T} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$E$  ——串焊机节拍，单位为片/小时(pcs/h)；

$T$  ——生产时间，单位为秒(s)；

$Q$  ——焊接的电池片数量。

## 8.5 功能

### 8.5.1 自动化

在负载情况下，通过手动和自动两种模式，操作并目测进行。

### 8.5.2 可追溯性

在设备操作界面中查看。

### 8.5.3 影像自检

在影像系统界面查看。

### 8.5.4 扩展性

用目测方式进行。

## 8.6 安全防护

### 8.6.1 安全性

8.6.1.1 用目测方式进行。

8.6.1.2 绝缘电阻试验按 GB/T 5226.1—2019 中 18.3 的规定进行。

8.6.1.3 耐压测试试验按 GB/T 5226.1—2019 中 18.4 的规定进行。

- 8.6.1.4 用目测方式进行。
- 8.6.1.5 用目测方式进行。
- 8.6.1.6 用目测方式进行。
- 8.6.1.7 用目测方式进行。
- 8.6.1.8 安全色及安全标志按 GB 2893 的规定进行
- 8.6.1.9 用操作并且目测的方式进行。
- 8.6.1.10 用目测方式进行。
- 8.6.1.11 用目测方式进行。
- 8.6.1.12 用目测方式进行。

## 8.6.2 报警监测

启动串焊机，在机器自动运行状态下进行系统故障试验，模拟不少于3次任意故障，用目测与耳听的方式进行。

## 9 检验规则

### 9.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验，检验项目见表2。

表2 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	结构	7.1	8.1	●	●
2	外观要求	7.2	8.2	●	●
3	性能	碎片率	8.3.1	○	●
4		串反率	8.3.2	○	●
5		焊带与主栅线的重合度	8.3.3	●	●
6		抗拉性	8.3.4	●	●
7		电池串尺寸精度	8.3.5	●	●
8		激光划片精度	8.3.6	●	●
9		焊接温度可控性	8.3.7	●	●
10		稳定性	8.3.8	○	●
11		气密性	8.3.9	●	●
12		效能	稼动率	8.4.1	○
13	串焊机节拍		8.4.2	○	●
14	功能	自动化	8.5.1	●	●
15		可追溯性	8.5.2	●	●
16		影像自检	8.5.3	●	●
17		扩展性	8.5.4	●	●
18	安全防护	安全性	8.6.1	●	●

表3 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
19	报警监测	7.6.2	8.6.2	●	●
注：●为必检项目，○为不检项目。					

## 9.2 出厂检验

9.2.1 每台串焊机应按表2出厂检验项目要求进行检验，全部出厂检验项目检验合格后，方可出厂。

9.2.2 串焊机出厂应附有检验合格的文件。

## 9.3 型式检验

### 9.3.1 检验条件

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，设计、工艺或材料有较大变更可能影响产品性能时；
- 正常生产应每年进行一次型式检验；
- 产品停产一年以上，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 其他相关方有需求时。

### 9.3.2 抽样方案

从出厂检验合格的串焊机中随机抽取1台作为型式检验的样机，按表2型式检验项目要求进行检验。

### 9.3.3 判定规则

型式检验样机全部项目检验合格，判该次型式检验合格。如有项目不合格时，允许再抽取1台样机对不合格项目进行复检，复检合格判该次型式检验合格，复检仍不合格，则判定该次型式检验不合格。

## 10 标志、包装、运输和贮存

### 10.1 标志

10.1.1 串焊机开关、操作件、指示灯、插座等应有明确标志、标牌。

10.1.2 每台串焊机应有固定铭牌，铭牌上标明：

- 产品名称及商标；
- 执行标准编号；
- 产品型号及主要参数；
- 出厂日期；
- 出厂编号；
- 制造商名及地址。

### 10.2 包装

10.2.1 包装及随机文件应符合 GB/T 13384 的规定。

10.2.2 专用工具应油封装于塑料袋中。

10.2.3 包装箱上的标志应符合 GB/T 191 的规定。

### 10.3 运输

串焊机的搬运和吊装应确保安全可靠，不应出现意外的移动、倾斜和转动，不应损伤包装。

### 10.4 贮存

10.4.1 应防止雨淋、潮湿、鼠害和碰撞，置于通风处贮存，不应颠倒、侧放。

10.4.2 长期存放时，应定期检查存放情况和包装状态。

## 11 质量承诺

11.1 串焊机应通过唯一性标识进行追溯。

11.2 在用户遵守运输、贮存和使用条件下，从制造商发货之日起 25 个月或安装调试合格后 24 个月（以先到日期为准），串焊机因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时，制造商应无偿为用户修理或更换部件。

11.3 在接到用户质量投诉时，制造商应在 2 h 内响应，48 h 内提出解决方案。