

《半导体功率器件真空回流焊接设备》

团体标准编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1.1 工作任务来源

半导体功率器件真空回流焊接设备是一种专为半导体功率器件（如 IGBT、MOSFET、SiC 器件等）封装过程中实现焊接工艺而设计的专用自动化设备，其核心是在真空环境下完成回流焊接操作，以解决传统焊接中易出现的气孔、空洞、氧化等问题，保障功率器件的焊接质量和可靠性。

国内半导体功率器件真空回流焊接设备的发展近年来呈现快速突破态势，技术迭代加速、市场需求激增与政策支持形成合力，推动行业进入国产化替代与高端化升级的关键阶段。市场需求爆发，新能源与第三代半导体驱动增长国内新能源汽车、光伏逆变器等领域的爆发式增长，直接拉动真空回流焊接设备需求。2025 年车规级封装市场规模预计突破 200 亿元，真空回流焊设备需求年增长率达 18%。目前行业正处于“技术追赶 - 局部超越 - 生态构建”的关键阶段。尽管在核心部件与高端市场仍存短板，但凭借政策红利、市场需求与企业创新，国产设备已在车规级、第三代半导体等领域实现规模化应用。未来 3-5 年，随着大基金二期投资落地与产业链协同深化，预计国产化率将突破 30%，部分高端设备有望进入国际一线供应链，推动中国从“设备进口国”向“技术输出国”转型。为了规范半导体功率器件真空回流焊接设备的生产和使用，满足行业发展需求，特制定本标准。

经标准起草组及专家组多次调研论证，根据《团体标准管理规定》有关规定，特立项本系列标准。标准项目计划编号为 T/CASME-XXX-2025。

1.2 主要工作过程

1.2.1 主要参加单位

本标准主要起草单位：深圳市思立康技术有限公司、佛山市屹博电子科技有限公司、苏州利亚得智能装备有限公司、北京中科同志科技股份有限公司、深圳市新迪精密科技有限公司、东莞市健时自动化设备有限公司、半导体科技（无锡）有限公司、苏州桓旭半导体科技有限公司、华兴中科标准技术（北京）有限公司等。起草单位主要参与草案的修改，测试方法验证等标准工作。

1.2.2 工作分工

1.2.2.1 第一次工作会议

2025 年 6 月 27 日，线上开启《半导体功率器件真空回流焊接设备》标准的启动会议。深圳思立康技术有限公司研发总监刘光辉宣讲了《半导体功率器件真空回流焊接设备》的标准草案，多家参编单位共同讨论。

经讨论形成以下意见：

第 6.1.3 建议需要记录失效数。

1.2.2.2 工作进度安排

2025 年 3 月，项目市场调研。

2025 年 4 月，开启立项论证会议，项目申报立项。

2025 年 5—6 月，建立标准编制组

2025 年 7 月，编写团体标准项目草案，召开标准启动会。

2025 年 8 月，公开征求意见。

2025 年 10 月，召开编制组内部讨论会议。

2025 年 12 月，召开标准审定会。

2026 年 1 月，准备报批资料，发布。

2026 年 2 月—3 月，出版印刷。

二、标准编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前电机铸铝转子的现状，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》的规定及相关要求编制。

三、标准主要内容的确定

1. 技术要求

1.1 系统单元性能要求

1.1.1 技术参数

成套设备正常工作后，应具备以下性能，见表 1。

表 1 技术参数

序号	项目	指标要求
----	----	------

序号	项目		指标要求
1	可适用加工芯片的真空焊接工艺		L400mm*W400mm 或者更大尺寸
2	支持芯片尺寸/mm		0201及以上
3	支持基板尺寸 /mm	长度	Max: 400 or更大尺寸
		宽度	Max: 400 or更大尺寸
5	空洞率	单个	$\leq 1\%$
		整体	$\leq 3\%$
6	温度均匀性/℃	炉内实际温度与设置温度误差	$\pm 5^{\circ}\text{C}$
		有效面积内的温度均匀性	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
7	焊接的良率		$\geq 99.8\%$
9	芯片装片精度	X、Y轴/ μm	$\leq \pm 25 @3\sigma$
		$\theta/^{\circ}$	$\leq \pm 1 @3\sigma$
10	铜片装片精度	X、Y轴/ μm	$\leq \pm 50 @3\sigma$
		$\theta/^{\circ}$	$\leq \pm 3 @3\sigma$

1.1.2 软件功能

成套设备软件应包括以下功能：

- 支持 SECS/GEM 协议，具有质量追溯功能；
- 实时显示工艺过程，统计各种工艺的时间、数量、氮气、链速、风机频率等；
- 支持联网和远程操控功能，具有数据上传、下载和保存功能；
- 显示器界面显示清晰、无变形，界面文字应清晰，界面规划应合理；
- 操作界面应支持带有功能键和鼠标；
- 用户界面操作菜单应简单，易于编程，机器参数设置、焊接程式选择，故障诊断。

1.1.3 设备可靠性

成套设备的平均故障间隔时间MTBF ≥ 168 H。

1.1.4 工作条件

成套设备的工作条件应符合表2的要求。

表 2 工作条件

项目	工作条件
环境温度	22℃~28℃
相对湿度	40%~90%
大气压力	86 kPa~106 kPa
真空回流焊炉	380 V±10%/50 Hz
真空设备配置	极限真空在 $\leq 3\text{mbar}$
场地净化级别	ISO-7级
供气系统压力	0.5 MPa~0.7 MPa

1.1.5 外观和结构

成套设备的外观和结构应满足以下条件：

- 设备各部件应布局合理、操作简便、外观平整，设备表面不应有明显的凸起、凹陷、粗糙不平、划痕和磕伤等缺陷；
- 设备结构应坚实牢固，置于地面后应平稳，所用螺钉、螺栓、销钉等紧固件，其紧固方式应防止松动，活动部分润滑和冷却状况良好；
- 电控柜电气元件应布局合理，接插件装配牢固，接线排列整齐，无杂乱、交叉、松脱等缺陷，导线绝缘良好无损坏；
- 设备中的液压、气动系统均不得有漏油、漏气现象，润滑和冷却情况良好；
- 机械机构应运动灵活、平稳、可靠，无死点、卡阻、硬性碰撞及异常声响；
- 设备表面涂漆层应光洁平整、色泽均匀，不应有漏漆、起皮、脱落等缺陷；
- 文字、符号、标志应清晰、端正，便于观察；
- 金属零件不应有锈蚀及其他机械损伤；
- 电力线与信号线尽可能分隔开，并对信号线采用屏蔽、双绞等抗干扰措施。

1.1.6 安全要求

1.1.6.1 一般要求

一般要求包括：

- a) 设备应具有安全警告标识，且应符合本文件 8.1 的要求；
- b) 设备应具有故障报警指示灯和急停开关，紧急操作应符合 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.3.4 的要求；
- c) 设备工作时的噪声应符合 GBZ 2.2 的要求。

1.1.6.2 电气安全要求

1.1.6.2.1 接地电阻和保护接地电路连续性

在保护接地端子与连接至保护联结回路的每个导电部分（手柄、监视器、门等）之间的电阻不应大于 $1\ \Omega$ 。

1.1.6.2.2 绝缘电阻

绝缘电阻应符合GB/T 5226.1—2019中18.3的要求。

1.1.6.2.3 耐压试验

耐压试验应符合GB/T 5226.1—2019中18.4的要求。

1.1.6.2.4 电源适应性

成套设备在满载和空载条件下，以下情况应能正常工作：

- a) 电源电压 90%~110%的范围内频率偏差+2%的情况下；
- b) 电压冲击峰值高达相间电源电压额定有效值 200%，时间不大于 1.5 ms；
- c) 成套设备在以下条件下无跳闸、中断等异常现象：电压为 50%标称值时持续 200 ms、电压为 70%标称值时持续 500 ms、电压为 80%标称值时持续 1000 ms。

1.1.6.2.5 泄漏电流

印刷机和贴片机的泄漏电流应 $\leq 30\ \text{mA}$ ，真空回流焊炉的泄漏电流应 $\leq 100\ \text{mA}$ 。

1.1.6.2.6 静电放电

静电放电要求如下：

- a) 设备接地导体的电阻值应小于 $1\ \Omega$ ；
- b) 设备辅助接地导体的电阻值应小于 $10\ \Omega$ ；
- c) 静电放电（ESD）消散时间：离子风机应在 5 s 内将电压从 1000 V 降到 100 V，消散后平衡电压不超过 35 V。

1.2 主要单元功能技术要求

1.2.1 上料设备

1.2.1.1 上料系统

上料系统应符合以下要求：

- a) 具备框架自动上料功能，支持堆栈式和上料，料框规格为：长度 150 mm~400 mm、宽度 50 mm~400 mm、料框高度 100 mm~350 mm；
- b) 具有防框架变形、防卡料功能；
- c) 具有自动推板功能。

1.2.1.2 轨道系统

轨道系统应符合以下要求：

- a) 具有自动推板功能；
- b) 具有料框的升降功能；
- c) 具有自动宽度调节适配框架功能、伺服驱动传动输送框架功能和框架位置检测功能。

1.2.2 丝印机

1.2.2.1 印刷系统

锡膏印刷机包含以下核心机构：

- a) 加锡膏机构：储存并均匀分布锡膏；
- b) 压印机构：通过刮刀压力实现锡膏转移；
- c) 视觉系统：用于钢网与 PCB 对位校准；
- d) 刮刀系统：采用左右刮刀工作模式；
- e) 网板清洗装置：保障印刷质量稳定性；

1.2.3 SPI - 锡膏厚度检测

1.2.3.1 锡膏测厚仪是一种利用激光非接触三维扫描密集取样技术，将印刷在 PCB 板上的锡膏（红胶）厚度、面积、体积等分布测量出来的设备

1.2.3.2 具备以下功能：

- a) Mark 识别：支持智能抗噪声算法，可识别多种形状 Mark；
- b) 3D 模式：色阶、网格、等高线模拟图任意角度旋转，比例和视野均可缩放，XYZ 三维刻度；
- c) 测量模式：一键全自动、半自动、手动截面分析；
- d) 测量结果：平均高度、最高、最低、面积、体积、面积比、体积比、长、宽、目标数量等，主要结果可导出至 Excel 文件；
- e) SPC 统计功能：平均值、最大值、最小值、极差、标准差、CP、k、CPK 等。Xbar-R 均值极差控制图（带超标警告区），直方图；
- f) 坐标采集：支持采集和导出坐标到 Excel 文件。

1.2.4 贴片机设备

1.2.4.1 “表面贴装系统”（Surface Mount System），在生产线上，它配置在点胶机或丝网印刷机之后，是通过移动贴装头把表面贴装元器件准确地放置 PCB 焊盘上的一种设备

1.2.4.2 具备以下功能

- a) 主机电控结构，控制设备整体运行；
- b) 工作头组件（Head Assembly）；
- c) 视觉系统（Vision System）；
- d) 送料平台（FeederPlate）；
- e) 袋装供料器、散装供料器和管装供料器（多管供料器），可安装在贴片机的前或后送料平台；
- f) 运输轨部件（Conveyor Unit）；
- g) 吸嘴站（Nozzle Station）：允许吸嘴的自动交换，总共可装载 16 个吸嘴，7 个标准和 9 个可选吸嘴。

1.2.5 真空回流焊设备

1.2.5.1 传送系统

传送系统应符合以下要求：

- a) 传送系统过载时报警提示；
- b) 输送面高度为 $900\text{ mm} \pm 30\text{ mm}$ ；
- c) 运输速度的抖动量 $\leq 2\%$ g；

- d) 进料输送宽度可手动及自动调节;
- e) 导轨的平行度 $\pm 0.5\text{ mm}$ 。

1.2.5.2 温控系统

温控系统应符合以下要求:

- a) 温区分布可根据产品的温度曲线设定, 常规分布包括多个热风加热区, 分为上下布局, 1个真空加热区, 多个冷却区并分为上下布局;
- b) 真空回流焊炉上/下部使用温度不高于 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 降温速率为范围 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{sec}$, 可通过调节冷水的流量或马达转速进行控制;
- d) 横向温差 $\leq \pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- e) 加热恒温后具备超温报警和超温保护功能, 温度超过设定范围时报警提示并断电停止加热。

1.2.5.3 真空系统

真空系统应符合以下要求:

- a) 真空流量 $< 300\text{ m}^3/\text{h}$, 极限真空 $\leq 3\text{ mbar}$;
- b) 一般的工作真空压力为 $5\sim 100\text{ mbar}$;
- c) 具有真空压力程序控制和超压报警功能;
- d) 具备真空速率调节功能;
- e) 具备真空泄压速率控制功能。

1.2.5.4 保护气体系统

保护气体系统应符合以下要求:

- a) 残氧浓度 $< 100\text{ ppm}$, 最小氮气消耗量范围为 $20\text{ m}^3/\text{h}\sim 25\text{ m}^3/\text{h}$ (氮气纯度 $\geq 99.999\%$), 氮气消耗量可通过流量机调节阀进行控制;
- b) 具有残氧浓度实时监控功能, 可通过采样口连接氧气分析仪进行监控, 残氧浓度超过设定范围时报警提示, 停止进板。

注: 残氧浓度值要求越低, 所需的氮气消耗量就越高。

1.2.6 下料系统

下料系统应符合以下要求:

- a) 具备框架自动上料功能, 支持堆栈式和上料, 料框规格为长度 $150\text{ mm}\sim 400\text{ mm}$, 宽度 $50\text{ mm}\sim 400\text{ mm}$, 料框高度 $100\text{ mm}\sim 350\text{ mm}$;
- b) 具有防框架变形、防卡料功能;
- c) 具有自动推板功能。

1.2.7 轨道系统

轨道系统应符合以下要求:

- a) 具有自动推板功能;
- b) 具有料框的升降功能;
- c) 具有自动宽度调节适配框架功能、伺服驱动传动输送框架功能和框架位置检测功能。

四、与国际、国外同类标准水平的对比情况

经查, 暂无相同类型的国际标准与国外标准, 故没有相应的国际标准、国外标准可采用。

本标准达到国内先进水平。

五、与国内相关标准的关系

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律法规和强制性国家标准的规定。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

八、其他

本标准不涉及专利。由于本标准首次制定，没有特殊要求。

团体标准起草组

2025 年 7 月