

# 电气装联过程中虚焊、假焊的成因及防控措施研究

李志恒

中国船舶集团有限公司第七一三研究所 河南 郑州 450000

**【摘要】**：电气装联环节中的虚焊、假焊缺陷，是影响电气产品可靠性与安全性的关键隐患，极易造成电路接触异常、信号传导失常，严重时还会诱发设备故障乃至安全事故。本文以虚焊、假焊缺陷防控为核心导向，结合电气装联实际生产工况，明确此类缺陷的核心诱发因素集中在焊料甄选不当、焊接工艺参数偏离标准、操作人员技能水准不足及环境因素干扰四个方面。基于上述分析，本文构建了针对性防控方案，通过规范焊料选用标准、优化焊接工艺参数、强化操作人员技能培育及严格管控作业环境，可有效降低虚焊、假焊的发生概率，保障电气装联工艺质量，为电气产品的平稳运行提供可靠技术支撑。

**【关键词】**：电气装联；虚焊；假焊；成因；防控措施

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.039

## 引言

电气装联是电气产品生产制造的核心环节，其工艺质量直接决定产品的运行稳定性、可靠性与使用寿命。虚焊、假焊作为电气装联中最为常见且危害突出的质量缺陷，长期以来都是行业亟待破解的关键难题。该类缺陷隐蔽性强，在装联初期难以通过常规检测识别，设备长期运行时易引发电路断路、信号失真等故障，不仅增加产品维修成本，更可能在航空航天、工业控制等关键领域造成重大安全隐患与经济损失。基于上述现实问题，本文聚焦电气装联中虚焊、假焊的成因与防控路径，结合实际生产工况深入剖析问题根源，构建科学可行的防控方案，为后续正文研究展开奠定基础，助力全面提升电气装联整体工艺质量水平。

## 1 电气装联行业背景及虚焊、假焊问题现状

电气装联作为各类电气设备研发生产的核心环节，广泛渗透于航空航天、工业控制、新能源、消费电子等关键领域，是支撑电气设备完成电路衔接、信号传导、能量输送的核心基础，装联工艺水准直接决定设备整体效能与运行稳定性。当前阶段，电气设备正朝着小型化、高密度、高可靠性的方向加速迭代，对电气装联的精度把控与工艺规范提出更为严苛的要求，装联流程也随之复杂化，涵盖焊料甄选、焊接设备操控、作业环境调控等多个关键节点。虚焊与假焊问题长期困扰行业发展，这类缺陷具备极强的隐蔽性，装联初期常规检测手段难以察觉，却会在设备运行过程中逐步显现，造成电路接触异常、信号损耗、设备误操作等问题，严重时还会引发设备停运、短路等安全隐患，既削弱电气产品的市场竞争力，也可能威胁相关领域生产安全与运行平稳，已然成为阻碍电气装联行业高质量发展的关键症结，厘清其行业发展背景与问题实际情形，是推进后续成因探究与防控技术研究的重要基础。

## 2 电气装联过程中虚焊、假焊的核心成因分析

电气装联中虚焊、假焊的产生并非单一因素导致，而是材料选用、工艺执行、环境管控与界面处理等多环节耦合作用的

系统性问题，各类诱因相互交织、叠加放大，共同构成缺陷形成的核心条件。从材料层面来看，焊料与元器件引脚的材质相容性不足、焊料纯度不达标、合金配比失衡是主要诱因，此类问题会直接降低焊料润湿性能，难以在焊接界面形成均匀致密且结合牢固的冶金结合层，极易出现焊锡与引脚结合疏松、接触不实、局部脱开等典型虚焊问题<sup>[1]</sup>。工艺层面，焊接参数设置失准则是关键影响因素，焊接温度过高易造成焊料氧化溢流、元器件引脚烧蚀损伤，温度偏低则会使焊料熔融不充分、浸润不足，无法实现有效包覆；焊接时长把控不当、焊枪角度与行进轨迹偏差，同样会破坏正常焊接成型过程，导致焊点结构残缺、附着失效，最终形成假焊缺陷。环境与界面管控方面，作业环境温湿度异常波动、空气中粉尘及悬浮杂质附着焊接界面，会显著削弱界面结合强度；而元器件引脚预处理不到位、表面氧化层与油污未彻底清除，会直接阻断焊接过程中的冶金结合反应，大幅提升虚焊、假焊发生率。上述材料适配偏差、工艺参数失准、环境界面管控不足三类问题彼此影响、相互强化，共同构成电气装联过程中虚焊、假焊频发的根本原因，也为后续针对性防控措施的制定提供了明确方向。

## 3 针对虚焊、假焊成因的针对性防控措施

### 3.1 规范焊料与元器件选用标准

(1) 严格把控焊料质量与匹配性：焊料质量与适配性是决定电气装联焊接强度的核心要素，也是从源头防范虚焊、假焊的首要环节。在焊料选用阶段，需结合产品应用场景、焊接环境条件及元器件引脚材质特性，综合筛选纯度合格、成分配比科学、润湿性能优良的焊料，确保焊料与引脚材质间具备良好冶金相容性，避免因材质不匹配出现浸润不良、结合薄弱等问题。同时建立全流程焊料入库检验机制，对每批次焊料的成分比例、熔点区间、润湿性能及机械稳定性进行逐项检测，严格执行准入把关制度，杜绝不合格焊料流入生产工序。通过源头选材管控与入厂检验双重约束，切实筑牢焊接质量第一道防线，从根本上降低虚焊、假焊的发生可能。

(2) 强化元器件预处理管控：元器件引脚表面状态是决

定焊接质量的核心前提，表面附着的氧化膜、油污、粉尘及碎屑等杂质，会严重削弱焊料润湿性能，阻断界面冶金结合，是诱发虚焊、假焊的重要因素。对待装联元器件需执行规范化、全流程预处理工序，结合引脚材质、镀层特性与结构形式，科学选用化学清洗、机械打磨、微蚀处理等适配方式，彻底清除各类污染物，保证引脚表面洁净度与可焊性达到工艺要求<sup>[2]</sup>。预处理完成后应及时转入密封、防潮、防静电的专用环境存放，避免引脚暴露在空气中再次氧化或沾染杂质，维持稳定可靠的焊接适配条件。通过对预处理、转运、存储全过程闭环管控，有效改善界面结合状态，提升焊点牢固度，从元器件前期处理环节降低虚焊、假焊产生概率。

### 3.2 优化电气装联焊接工艺参数

(1) 精准设定核心焊接参数：精准设定核心焊接参数，是提升电气装联质量、抑制虚焊假焊缺陷的关键工艺环节。需综合考量焊料理化特性、元器件规格尺寸、引脚材质及整体装联工艺要求，对焊接温度、焊接时长与焊枪角度进行精细化、协同化调控，确保各参数适配匹配、协同发挥作用。依据焊料熔点区间科学确定加热温度，既要保证焊料充分熔融、均匀润湿被焊表面，又要避免温度过高导致焊料氧化、成分劣化，或温度偏低影响浸润效果。合理控制焊接时长，兼顾界面冶金结合充分性与元器件结构安全性，避免时长过短造成焊点薄弱、接触不实，或时长过长引发引脚烧损、焊料溢流。同时优化焊枪操作角度与进给姿态，确保焊料均匀铺展、全面覆盖焊接区域，提升界面结合致密性与牢固度，从工艺源头最大限度降低虚焊、假焊发生率，为高质量焊接提供保障。

(2) 建立工艺参数动态调整机制：针对不同电气装联应用场景、元器件封装规格及引脚材质特性，建立分类分级、可迭代更新的焊接工艺参数数据库，将典型工况、最优参数组合与成熟工艺经验固化为标准化工艺指南。在实际生产过程中，结合环境温湿度变化、元器件批次差异及表面状态等现场条件，对焊接温度、时长、角度等关键参数进行实时优化调整，确保工艺设置与装配需求高度匹配<sup>[3]</sup>。同时建立常态化设备校准与维护机制，定期校验焊接设备的温控精度、动作响应及输出稳定性，及时处理设备老化、精度漂移、部件损耗等问题，保证设备精准执行预设工艺参数。通过参数动态适配与设备稳定保障的双重管控，持续削弱工艺波动带来的质量风险，从运行管控层面有效抑制虚焊、假焊产生，为电气装联全过程质量稳定提供坚实支撑。见图1所示：



图1 工艺参数动态调整机制流程图

### 3.3 严控作业环境与过程管理

(1) 规范作业环境条件：作业环境是影响电气装联焊接质量的重要外部因素，也是抑制虚焊、假焊产生的基础保障环节。需搭建满足高精度电气装联要求的标准化作业场地，对环境温度与相对湿度进行全程动态监测、自动调节与精细化管理，避免温湿度大幅波动改变焊料润湿特性，削弱界面结合力，进而诱发焊接缺陷。同时建立常态化防尘、防污、防杂管控机制，采用区域密闭隔离、空气净化过滤与定时定点清洁相结合的方式，严格控制空气中粉尘、油污、悬浮微粒等污染物浓度，防止其附着于元器件引脚与焊盘表面，干扰焊接过程中的冶金结合。通过营造稳定、洁净、可控的作业环境，从外部条件层面降低缺陷发生率，为高质量焊接提供可靠支撑。

(2) 强化装联过程全流程管控：构建覆盖焊前准备、焊接执行、焊后检验的电气装联全流程质量管控体系，对各工序节点实施标准化、规范化与可追溯化管控。焊前重点核查元器件状态、焊料规格及设备参数，焊接过程严格遵循工艺规程，统一操作手法、行进路径与质量判定准则，对每个焊接点位逐点核验、逐项确认，精准识别并现场处置虚焊、假焊等潜在风险<sup>[4]</sup>。同步建立完备的作业台账与质量记录，详细留存工艺参数、操作过程、检验结果等关键信息，为后续问题溯源、责任界定与工艺优化提供坚实依据。通过全过程闭环监管、实时纠偏与持续改进，有效压缩缺陷产生空间，显著提升装联工序稳定性与一致性，从过程管控层面筑牢焊接质量防线，最大限度抑制虚焊、假焊问题发生。

## 4 电气装联虚焊、假焊防控措施的应用成效

### 4.1 大幅降低虚焊、假焊缺陷发生率

通过规范焊料与元器件选用标准、优化核心焊接参数、强化环境管控及全过程监管等系统化防控措施，能够从根源上破解长期制约电气装联质量的关键问题，全面抑制虚焊、假焊缺

陷的产生。严格执行焊料准入与匹配性审核,杜绝不合格、不兼容焊料流入工序,从材料源头消除缺陷诱因;精准设定并动态调整焊接温度、时长、角度等关键参数,避免因工艺失准导致焊料熔融不足、润湿不良或过度氧化;同时强化作业环境净化与全流程操作规范,清除粉尘、温湿度波动及人为操作偏差等外部干扰。各项措施相互支撑、协同发力,实现对虚焊、假焊形成路径的全链条阻断,使焊接缺陷发生率显著下降,装联一次合格率大幅提升,有效减少返工返修带来的成本浪费与工期延误,推动电气装联工序向标准化、精细化、高质量方向持续升级。

#### 4.2 提升电气设备运行稳定性与可靠性

虚焊、假焊是电气设备运行中极具隐蔽性的典型隐患,也是导致设备性能波动、故障频发的重要诱因,对其有效防控可直接提升设备整体运行稳定性与可靠性。传统电气装联中,虚焊、假焊常引发电路接触不良、信号传输失真、控制指令误响应等问题,严重时可出现瞬时断路、局部过热乃至短路停机,直接威胁设备安全运行。在实施系统化焊接质量防控措施后,焊点界面结合致密、连接牢固且电气接触稳定,能够显著改善电路导通性能,从根源上规避焊接缺陷诱发的各类运行故障,延长设备服役寿命<sup>[5]</sup>。该提升效果广泛适用于工业控制装备、新能源电气系统及航空航天精密器件等场景,可有效降低设备停机概率与运维成本,保障设备长期稳定服役,切实满足高端制造与关键领域对电气系统高可靠性、高稳定性的严苛要求。

#### 参考文献:

- [1] 潘伟民.虚焊在电子装联过程焊接中的研究及分析[J].价值工程,2025,44(36):144-146.
- [2] 张晓强.电子装联中虚焊的成因及其控制措施[J].印制电路信息,2023,31(06):41-45.
- [3] 杨志,赵亚飞,王薇,等.基于改进 Canny 算法的航天电子装联焊点缺陷检测方法[J].计算机测量与控制,2025,33(09):261-270.
- [4] 张孟轩,赵淑红,刘丹,等.航空电子产品电子装联焊接缺陷检测技术研究[J].电脑知识与技术,2024,20(36):131-133.
- [5] 宋向辉.浅论发展中的电子装联焊接工艺[J].现代工业经济和信息化,2023,13(05):297-299.

#### 4.3 推动电气装联行业规范化发展

系统化焊接质量防控措施的全面落地,不仅有效解决了电气装联中长期存在的虚焊、假焊共性难题,更有力引领行业向规范化、标准化、精细化方向转型升级。在措施实施过程中,可逐步形成覆盖焊料选型、元器件预处理、工艺参数设定、作业环境控制及全流程质量监管的完整标准体系,为行业内各类企业提供可复制、可推广、可落地的规范化管控模式。同时,防控机制的普及及能够强化企业质量责任意识,倒逼企业优化生产流程、改进工艺装备、提升操作技能,逐步淘汰粗放式、经验式的传统装联方式,推动生产模式向标准化作业转变。行业整体焊接质量与可靠性的提升,也将增强电气产品在市场中的核心竞争力,突破行业长期存在的质量瓶颈,推动产业向高质量、高效率、高稳定性方向发展,为电气装联行业可持续、健康有序发展奠定坚实基础。

#### 5 结语

电气装联是电气产品制造的关键工序,虚焊、假焊缺陷直接制约产品质量提升与运行安全。本文从行业背景与问题现状切入,系统剖析材料选用、工艺执行、环境管控等多方面诱发因素,构建起覆盖焊料管控、工艺参数优化、全流程监管的完整防控体系。各项举措落地后,可有效改善焊接缺陷,提升电气设备运行可靠性,推动行业规范化发展。研究证实,多维度协同管控是破解虚焊、假焊难题的核心,唯有强化源头把控、过程监督与闭环管理,才能根本根除这类隐蔽性隐患。相关成果可为电气装联生产提供实操参考,助力提升产品质量,为电气装备行业稳定发展筑牢支撑,夯实高质量制造基础。