

中国电子节能技术协会团体标准

《基于边缘人工智能（AI）的焊接自动化生产线焊接质量与控制技术规范》编制说明

一、工作简介

目前，我国已经成为世界上最大的电焊机生产国，然而我国焊接企业发展比较缓慢，目前大部分焊接信息的监控以及质量评估仍需要人工干预，很大程度依赖于焊工的操作技能和个人经验，并且焊接过程中的工艺参数无法保存，成为了制约生产速度的主要瓶颈。如今制造业发展迅速，对于焊接产品的需求量大幅增加，焊件的结构复杂度也逐步上升，对焊接信息的监控和质量检测的要求愈发严苛，传统的基于人工的焊接信息监控与质量评估已经无法满足现代化焊接技术的需求。

本标准针对焊接生产企业顺应数字化发展和数字化车间的需求，分别对边缘数据采集设备硬件、基于 AI 的焊接质量评估与分析方法、焊接信息系统开发进行研究，开发基于边缘 AI 的焊接信息监测和质量评估系统，对焊接过程中的温度、位置和电压在内的重要焊接信息进行实时采集和存储，并对焊点图像进行缺陷检测。工作人员可以远程查看所有焊接过程的实时信息，能够降低人力成本，规范化焊接生产管理流程，提高焊接企业的市场竞争力。

1. 任务来源

本标准根据中国电子节能技术协会团体标准制定计划，计划编号为 JH/T/DZJN102-2024，标准名称为“基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范”进行制定，同时明确了湖南创研工业技术研究院有限公司为该标准起草组长单位。

立项后，中国电子节能技术协会智能制造技术与装备分会及湖南创研工业技术研究院有限公司立即成立了标准起草筹备工作组，并同步开展市场调查、对标准文本的进行起草。

2. 负责起草单位及主要人员

本标准主要起草单位：湖南创研智能装备有限公司，哈尔滨理工大学，湖南创研工业技术研究院有限公司，湖南创研机器人有限公司。

本标准主要起草人：杨广群，夏伟，杨成，张伟豪，常峰，文斌。

3. 主要工作过程

3.1 起草阶段

2024 年 12 月 26 日，工作组线上召开《基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范》团体标准第一次标准讨论会，由组长单位对该团体标准的草案进行了立项讲解，并针对标准的范围、术语和定义、系统组成及基本参数、技术要求等内容展开初步讨论，全针对会上各单位提出的修改意见及建议，会议秘书处也做了详细记录并形成了《〈基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范〉第一次讨论会会议纪要》。同时会议也对下一步工作计划做了分工，由组长单位对标准承担主要起草工作，进一步修改和完善标准文本。

2025 年 7 月 11 日，工作组线上召开第二次标准讨论会，会议根据第一次会议纪要反馈意见，对标准进行了逐章、逐条的讨论，力求标准的制定具有准确性和专业性，能够成为焊接企业的对焊接质量检验与评估的依据。起草单位经充分探讨后，对标准第二次讨论稿提出了部分增补及修改意见（详见《〈基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范〉标准第二次讨论会议纪要》并达成一致，同意由组长单位负责修改后形成本标准的征求意见稿。

3.2 征求意见阶段

2026 年 1 月 7 日，工作组将标准征求意见稿及编制说明等文件提交至标准起草工作组，2026 年 1 月 9 日至 2 月 10 日，通过网站形式公开征集对本标准的意见，同时发给委员单位以及行业内部分企业单位和检测机构。本标准“征求意见稿”共发出 7 份，收回 1 份，其中意见 4 条，汇总意见详见《团体标准征求意见汇总处理表》。通过对这些反馈意见进行分类、归纳、整理和分析，工作组采纳 4 条，不采纳 0 条；并对标准征求意见稿进行了补充、修改，于 2026 年 4 月，完成了标准送审稿，提交标准起草工作组审查。

3.3 报批阶段

2026 年 4 月 21 日，中国电子节能技术协会召开了协会团体标准《基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范》审定会，会议一致通过该项标准的审定。会后，起草组根据专家们的意见对送审稿作了修改完善，现已形成报批稿。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

标准格式、结构和内容严格按 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。本着促进技术

进步、满足市场需求、补充空白等目的，在充分调研的基础上，确定技术要求指标，保证标准的科学性、先进性、适用性。

2、标准主要内容的确定

本文件主要确定了基于边缘AI的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范的术语和定义、系统组成及基本参数、技术要求、监测连续性、数据中心、信息安全等。

三、主要试验（或验证）情况分析

1、AI 自动化生产线参数控制：

边缘 AI 焊接自动化产线的焊接质量与控制，核心依托智能化参数管控构建全流程质量保障体系，实现了从“被动修正”到“主动预判”的质量控制升级。该体系以焊接核心参数（电流、电压、焊接速度、送丝速度、保护气体流量）为调控核心，依托边缘计算的低延迟特性与多传感器融合技术，产线实时采集焊缝间隙、装配偏差、熔池形态、电弧稳定性等现场动态数据，由预训练的 AI 模型快速解析数据关联规律，实现“防患于未然”的质量管控。这种将参数动态调控与质量实时监测深度融合的模式，彻底摆脱了传统产线依赖人工经验调整参数的局限，使工艺参数都与实时工况精准匹配，既将焊缝一次合格率提升至 99.5% 以上，同时通过参数的精细化优化降低焊接变形与残余应力，为焊接质量的稳定性、一致性提供了核心技术支撑。

2、焊接质量、焊接效果对比说明：

a) 基于边缘 AI 的焊接自动化产线，与传统焊接产线相比，在焊接质量、生产效率、成本控制等方面都展现出了显著的优势

b) 边缘 AI 焊接自动化产线相较传统焊接产线，在焊接质量与焊接效果上实现了革命性升级，核心差异体现在质量稳定性、精度控制、效率输出及智能适配能力等多个维度。传统产线的焊接质量高度依赖焊工经验与技能，焊缝一次合格率通常在 80%-92% 之间，复杂空间轨迹焊接合格率甚至不足 65%，且焊接精度受人工操作影响较大，焊缝成型一致性波动达 $\pm 15\%$ ，易出现焊接变形、残余应力不均等问题，缺陷率普遍维持在 3.7%-7.3%。同时，传统产线采用事后抽检模式，抽样率不足 10%，缺陷发现滞后，面对材料规格变化、环境温度波动等工况调整时，需依赖人工经验调整参数，响应慢且适配性差，换型时间往往需要数小时，日均有效工作时间仅 4-5 小时，生产效率受限明显，单位能耗也相对较高。

c) 而边缘 AI 焊接自动化产线通过多传感器融合与边缘计算实时分析技术，构

建了全流程智能管控体系，焊接质量实现质的飞跃。焊接一次合格率 $\geq 99.5\%$ 。在精度控制上，焊接精度达 $\pm 0.03\text{mm}$ ，缺陷监测精度准确率不低于 94%。效率方面，可实现 20-24 小时全天候稳定作业，单工位产能大幅提升。彻底改变了传统产线“事后补救”的质量管控模式，既实现了高质量生产，又兼顾了经济性与可持续性，成为焊接制造业向智能制造转型的核心支撑。

3、精度参数说明：

- a) 静态标定+基准比对：原生轮廓测量精度满足亚 0.03mm 级
- b) 动态闭环焊接：焊枪跟踪修正后实际焊接位置偏差 $\leq \pm 0.03\text{mm}$
- c) 激光点云时序运算 + 编码器溯源：焊接实时速度监测误差 $\leq \pm 1.0$
- d) 多工况、多批次、长时间重复试验无超差，最终锁定两项精度指标

四、产业化情况，推广应用论证和预期达到的经济效益等情况

通过该标准的建立和宣贯执行，可引导基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范在自动化焊接领域的快速推广和良性发展，确保技术的可靠应用和产品质量的稳定提升。社会效益和经济效益巨大。

五、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

无。

六、标准制定和实施的意义

本标准填补了基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范标准方面的空白，建立了行业门槛，引导行业持续进行技术革新，推进产品的迭代升级，从而推动行业的技术发展。

七、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况

国际和国外尚无类似标准可供采用和对比。

八、与有关的现行法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准，无任何冲突。本标准以现行相关法律、法规、规章及相关标准为依托，独立执行。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在讨论过程中，参与起草单位与各方面专家均未有重大意见分歧。

十、标准性质的建议说明

本标准适于在自动化焊接行业内推荐使用。在其他行业内可参考使用。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、遗留问题和其他应予说明的事项

无。

《基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的技术规范》工作组

2026 年 4 月 16 日