

ICS 97.030

CCS Y60

团 体 标 准

T/DZJN XXXX—202X

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

Technical Specification for Welding Quality and Control of Welding
Automation Production Line Based on Edge AI

（征求意见稿）

请您在提交反馈意见时，将您知道的相关专利连同支持性文件随意见一并附上。

本文件版权归中国电子节能技术协会所有，未经授权，不得复制、传播、使用，侵权必究！

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中 国 电 子 节 能 技 术 协 会 发 布

目 次

前言	
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 系统组成及基本参数	3
5 技术要求	4
6 监测连续性	7
7 数据中心	7
8 信息安全	8
7 参考文献	9

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。

本文件由中国电子节能技术协会智能制造技术与装备分会提出并归口。

本文件起草单位：湖南创研工业技术研究院有限公司

本文件主要起草人：汪兴旺

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

1 范围

本文件规定了基于边缘 AI 的焊接自动化产线的焊接质量与控制的制造技术的术语和定义、技术要求、监测连续性、数据中心和信息安全。

本文件适用于适用于采用焊接技术进行生产制造的企业。

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 2894 安全标志及使用导则标准大全
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 9387-2008 信息技术 开放系统互连 基本参考模型 第3部分:命名与编址
GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
GB/T 14253 轻工机械通用技术条件
GB/T 15706 机械安全 设计通则风险评估与风险减小
GB/T 18209.2 机械电气安全 指示、标志和操作 第2部分:标志要求
GB/T 22081 信息技术 安全技术 信息安全控制实践指南
GB/T 25069 信息安全技术术语
GB/T 31167 信息安全技术云计算服务安全指南
GB/T 31168 信息安全技术云计算服务安全能力要求
GB/T 32400 信息安全技术云计算概览与词汇
GB/T 35274 信息安全技术信息安全风险评估方法
GB/T 35295 信息技术大数据术语
GB/T 41778 信息技术工业大数据术语
GB/T 41780.3 物联网 边缘计算 第3部分:节点接口要求
GB 50174 数据中心设计规范
GB 50311 综合布线系统工程设计规范
JB 7233 包装机械安全要求

3 术语和定义、缩略语

GB/T 25069、GB/T 32400、GB/T 35295、GB/T 41778、GB/T 41780.3界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

边缘计算 edge computing

将计算、存储部署在靠近感知控制设备或数据源头的网络边缘侧的计算架构。

[来源：GB/T 41780.3-2022]

3.1.2

基于边缘AI的焊接自动化产线 welding automation production line based on edge AI

一种融合了边缘人工智能（AI）技术与传统焊接自动化技术的现代化生产系统。

3.1.3

异常响应 abnormal response

异常响应则是指生产系统针对这些异常情况所采取的一系列措施，以保障生产的安全、稳定和质量。

3.1.4

异常情况 abnormal situation

在工业生产过程中，异常情况包括设备故障、生产流程偏差、原材料质量问题等。

3.1.5

焊接可靠性 welding Reliability

焊接接头在规定的条件下、在规定的时间内，无故障地执行其预期功能的能力。

3.1.6

焊接准确率 welding accuracy

焊接作业结果与预设的理论设计或工艺要求之间的符合程度。

3.1.7

质量评估准确率 accuracy of quality assessment

基于既定质量标准得出的评估结果，能否真实反映被评估对象的客观质量水平，本质是“质量评估行为本身的精准度”。

3.1.8

焊缝缺陷识别准确率 accuracy of weld defect identification

检测系统对焊缝进行检测时，系统对缺陷的发现和分类的判断结果，与真实情况相符合的概率。

3.1.9

焊接速度监测精度 welding speed monitoring accuracy

通过特定监测手段实时采集或记录的焊接速度监测值，与焊接过程中焊枪 / 工件的实际移动速度的吻合程度。

3.1.10

异常响应时间 definition of Abnormal Response Time

系统、设备或流程首次检测到或触发一个异常信号开始，到相自动化系统开始采取明确的应对或处理行动为止，所经历的时间间隔。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI:人工智能(artificial intelligence)

PROFIBUS DP: 总线系统 (PROFIBUS Decentralized Periphery)

RGB: 红、绿、蓝 (Red、Green、Blue)

ERP:企业资源计划系统 (Enterprise Resource Planning)

SQL SERVER: 关系型数据库管理系统 (SQL Server)

MODBUS: 通信协议 (Modicon、Bus)

PLC:可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)

SCADA:监控与数据采集系统 (Supervisory Control And Data Acquisition)

OPC: 通信协议和标准 (OLEfor ProcessControl)

4 系统组成及基本参数

4.1 系统的组成

系统的组成应至少应包含以下设备

- a) 三色报警灯装置
- b) 线激光相机
- c) 监控大屏
- d) 焊接机器人装置
- e) 西门子PLC
- f) 云端数据服务器
- g) 边缘计算设备

4.2 基本参数

系统应包括以下基本参数

- a) 参考距离CD;毫米 (mm) ;
- b) 测量范围;毫米(mm) ;
- c) 光源波长:纳米 (nm) ;
- d) 激光器输出功率:兆瓦 (mw) ;
- e) 重复精度:微米 (μ m) ;
- f) 线性: 量程的范围 (F.S.) ;
- g) 轮廓数据间隔:微米 (μ m) ;
- h) 扫描速度:赫兹 (Hz) ;
- i) 送丝速度: 米每分钟 (m/S)
- j) 电压:单位为伏特 (V) ;
- k) 电流:毫安 (mA) ;
- l) 额定功率:单位为千瓦 (kW) ;
- m) 气压:单位为兆帕 (MPa) ;

5 技术要求

5.1 工作条件

5.1.1 网络环境

5.1.1.2 设备需要持续稳定的网络连接,以确保数据的实时传输和系统的正常运行。应采用高质量的网络设备,如路由器、交换机等,并确保其配置正确、性能稳定。

5.1.1.3 网络设备需要稳定的电源供应,以防止因电源故障导致网络中断。应配备不间断电源(UPS),确保在停电时网络设备能够继续运行一段时间,以便进行数据备份和系统关闭等操作。

5.1.1.4 定期检查电源设备的运行状态,确保其正常工作。及时更换老化或损坏的电源设备,以避免因电源问题影响网络的稳定性。

5.1.1.5 采用低延迟的网络技术,网络环境应与工业软件设备兼容,确保设备能够正常连接和运行。在选择网络设备和技术时,应考虑工业软件设备的要求,选择与之兼容的产品。

5.1.2 工作环境

5.1.2.1 供电电压偏差应符合 GB/T12325-2008 中 4.2 和 4.3 的规定。

5.1.2.2 环境温度: 0~50℃。

5.1.2.3 环境湿度: 35%~85% (无露水凝结)。

5.1.2.4 振动: 10Gs (10~500Hz)

5.1.2.5 保护气体比例: 99%/1% (Ar/CO₂)

5.2 外观

5.2.1 各设备的加工和装配后的外观质量应符合 GB/T14253 的规定。

5.2.2 设备表面不应有明显的锋棱、毛刺、刻痕和凹陷等缺陷。

5.2.3 焊接件的焊缝应平整,无影响外观质量的缺陷。外露金属零件表面应防腐处理。表面处理的零件应色泽均匀,无起泡、起层、锈蚀等缺陷。

5.3 安全

5.3.1 电气安全

5.3.1.1 生产线各设备的电气控制系统应符合 GB/T5226.1 第一部分的要求,安全可靠、控制准确,各电器接线应连接牢固并加以编号,操作按钮应灵活,指示灯显示应正常;应有急停装置,急停操作器的有效操作中止后续命令时,该操作命令在其复位前一直有效;复位只能在引发紧急操作命令的位置用手动操作;急停命令的手动复位不准许生产线自动起动,而只能按正常操作动作重新再起动。

5.3.1.2 动力电路导线和保护联结电路间施加 500V DC 时测得的绝缘电阻应不小于 1MΩ。

5.3.1.3 各设备所有外露可导电部分应按 GB/T5226.1 的要求连接到保护联结电路上。接地端子或接地触点与接地金属部件之间的连接,应具有低电阻值,其电阻值应不超过 0.1Ω。

5.3.1.4 各设备的动力电路导线和保护联结电路之间应经受至少 1s 时间的耐电压试验。

5.3.2 机械安全

5.3.2.1 各设备安全防护应符合 JB7233 的规定。

5.3.2.2 各设备安全防护设计应符合 GB/T 15706 的规定。

5.3.2.3 各设备活动式安全防护装置应设有保障人员安全的安全联锁装置,当操作人员打开安全防护装置时应报警并停止工作。

5.3.2.5 在待料停机、正常运行、故障报警时应具有声或光警示信号以显示设备状态的功能。

5.3.2.6 各设备应有操纵、润滑、调整和各种安全标志,标志应醒目、清晰、持久。安全标志应符合 GB2894 和 GB/T18209.2 的规定。

5.3.2.7 各设备的零件及螺栓、螺母等紧固件应固定可靠,不应松动或因震动而脱落。

5.4 主要技术参数

5.4.1 焊接可靠性

年漏气率低至万分之一。

5.4.2 焊接准确率

焊接精度达 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

5.4.3 焊接电流监测精度准确率

监测精度准确率不低于94%,焊接一次合格率 $\geq 99.5\%$ 。

5.4.4 焊接电压监测精度准确率

监测精度准确率不低于94%。

5.4.5 质量评估准确率

准确率应不低于90%。

5.4.6 焊缝缺陷识别准确率

准确率应不低于90%。

5.4.7 焊接速度监测精度(米/分钟)

速度监测精度 ± 1.0 。

5.4.8 异常响应时间(秒)

不大于0.2秒。

5.5 系统保障及配置

5.5.1 监控与数据采集系统(SCADA)

SCADA 系统应由生产监控、报警管理、数据显示模块、数据集成与存储、用户储存与管理模块组成。通过机器人传给 PLC 数据,在通过 S7 协议读取 PLC 实施读取焊接的电流、电压、送丝速度,如果有超出系统设置的范围就会报警提醒,并且数据会存储到本地数据库或者云端数据库。

5.5.2 数据分析与知识萃取

SCADA应及时对获取的生产数据进行分析,并对大数据进行分析挖掘,萃取与生产过程有关的知识,包括但不限于:

- a) 通过可编程序逻辑控制器(PLC)大数据分析系统,对即时采集的数据进行可视化显示;
- b) 建立数据分析模型,对生产数据进行分析,及时萃取有价值的生产过程的关键参数,形成关系型数据库管理系统(SQL Server),用于过程的监测、控制与管理。

5.5.3 数据显示模块

数据显示模块应满足：

- a) 以图形、动画、报表、趋势等手段展示设备运行状态，并能提供柱状图、曲线显示等多种数据展示与分析界面；
- b) 用户在使用过程中既可查看实时数据、也可以查询历史数据，多样化的数据展示界面，可为用户提供最直观的数据分析，帮助用户发现问题所在；
- c) 对用户访问数据库行为进行记录、分析和汇报，事后生成合规搜索报告和事故追根溯源，确保数据原始性和可追溯性。

5.5.4 报警管理

报警管理模块应达到功能：

- a) 关键信息进行实时显示，并对生产全过程进行实时调整、变更等自决策、自执行；
- b) 设置自动报警指令和规则，报警事件检测平台经自感应检测，将数据转换为状态，通过系统自决策、自执行的操作，并对当前状态的进行分析、预测未来故障的趋势。在检测到异常信息后，应通过声光、语音等多种方式发出报警；
- c) 能够识别报警处理情况，记录报警处理相关信息，评估已有行为的正确性或优良度，自动修改系统；
- d) 结构或参数以得到改进，实现系统自学习。

5.5.5 数据集成与存储

数据集成与存储模块，应满足下列要求：

- a) 应能支持 PROFBUS 协议、MODBUS 协议、OPC 通讯；
- b) 能够与 MES 系统、自动化系统、各单机 PIC 设备、能源管理系统(EMS)等进行集成，将获取的数据进行展示；
- c) 通过建立生产工艺信息数据库和生产质量信息数据库，完成全产品全生命周期的生产数据库的建立和存储；
- d) 实现数据规模 10000 点以上、连续压缩存储 3 年以上、客户端单点查询速度 20 万条记录/秒、生产数据自动汇总分析计算、以及数据元备份管理等数据存储的主要功能。

5.5.6 焊接缺陷检测与质量评估

焊接缺陷检测与质量评估模块应满足以下要求：

- a) 能够采集焊道基本数据并存储；
- b) 应能对根据焊道基本数据进行三维重建；
- c) 应能正确计算焊道宽度、高度、平整度等重要指标；
- d) 应能对焊接常见缺陷进行分类；
- e) 应该能综合焊道关键指标和焊接缺陷情况进行质量评估。

5.6 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。

5.7 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。

6 监测连续性

基于边缘AI的焊接自动化产线的焊接质量与控制系统应实现对生产检测过程的业务环节的集成，实现高效、连续的业务协同，包括但不限于：

- a) 在生产检测全过程连续实现高效的集成；
- b) 在生产检测全过程连续实现自感知、自决策和自执行；
- c) 在生产检测全过程中，采用智能化，连续实现对各种设备系统接口的集成、统一调度和监控。

7 数据中心

建立完善的基于边缘AI的焊接自动化产线的焊接质量与控制数据中心，数据中心建设内容按 GB50174标准的规定。

7.1 网络

应实现网络全覆盖，网络带宽应保障场内设施设备的文字、图像、音频等数据的稳定传输，车间实现工业物联网覆盖。企业互联网、物联网应用系统所使用的控制网络通信协议应符合GB/T 9387-2008标准的规定。

7.2 通讯线路

企业互联网、物联网通讯线路应符合GB 50311相关要求。

7.3 环境要求

- a) 温度和湿度:服务器机房和客户端使用场所应保持适宜的温度和湿度。服务器机房的温度一般应控制在 20℃-25℃之间，相对湿度在 40%-60% 之间。

- b) 电力供应:确保稳定的电力供应,避免因停电或电压波动对 ERP 系统造成影响。可以采用不间断电源(UPS)和备用发电机等设备来保障电力的连续性。
- c) 防尘和防静电保持设备环境的清洁,减少灰尘和静电对设备的损害。可以安装空气过滤器、防静电地板等设备。

8 信息安全

按GB/T 22081-2016、GB/T 31167、GB/T 31168、GB/T 35274标准相关规定。

参 考 文 献

- GB/T 9378 信息技术 开放系统互连 基本参考模型
- GB/T 8923 机械产品涂装、防锈规范
- GB/T 13423 工业控制用软件暂定准则
- GB/T 50231 机电设备安装工程施工及验收通用规范
- GB/T 50254 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
- GB/T 20867 工业机器人安全实施规范
- GB/T 37414.1 工业机器人电气设备及系统
- GB/T 14125 机械振动与冲击 振动与冲击对建筑物内敏感设备影响的测量和评价
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 14784 带式输送机安全规范
- GB 11291 中华人民共和国国家标准工业机器人安全规范
- GBJ 87 85 工业企业噪声控制设计规范
- GBJ 122 工业企业噪声测量规范
-