



团 体 标 准

T/DZJN 550—2026

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

Technical specification for welding quality and control of Welding
Automation Production Line Based on Edge AI

2026-08-05 发布

2027-02-05 实施

中国电子节能技术协会 发 布
中国标准出版社 出 版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义、缩略语.....1

4 生产线组成及基本参数3

5 技术要求3

6 系统要求5

7 数据中心6

参考文献.....8

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和湖南创研工业技术研究院有限公司共同提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件起草单位：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。

本文件主要起草人：杨广群、夏伟、杨成、张伟豪、常峰、文斌。

基于边缘人工智能(AI)焊接自动化 产线焊接质量与控制技术规范

1 范围

本文件规定了基于边缘人工智能(AI)焊接自动化生产线(以下简称“生产线”)的组成及基本参数、技术要求、系统保障与数据中心。

本文件适用于基于边缘人工智能(AI)焊接自动化生产线生产企业对焊接质量的监控与评估。

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 安全色和安全标志
- 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 9387.3 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 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 网络安全技术 信息安全控制
- 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 35274 数据安全技术 大数据服务安全能力要求
- 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

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]

3.1.2

基于边缘人工智能(AI)的焊接自动化产线 welding automation production line based on edge AI
融合边缘人工智能技术与传统焊接自动化技术的现代化生产系统。

3.1.3

焊接可靠性 welding reliability

焊接接头在规定的条件下和时间内,无故障地执行其预期功能的能力。

3.1.4

焊接精度 welding accuracy

在焊接过程中,焊接接头的尺寸、形状、位置及内在质量与设计/理论值的符合程度,以及同批次工件间的一致性。

3.1.5

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,系统对缺陷发现和分类的判断结果与真实情况相符合的概率。

3.1.6

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。

3.1.7

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,到向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。

注 1: 单位为秒(s)。

注 2: 异常信号一般包括设备故障、生产流程偏差、原材料质量问题等。

3.1.8

焊接一次合格率 first-pass yield of welding

在首次焊接、未返修的前提下,经检测、外观检验、尺寸检验等验收合格的焊接接头数量,占当期总施焊接头数量的百分比。

3.1.9

焊接电流监测精度准确率 welding current monitoring accuracy

在规定环境条件与焊接工作工况范围内,焊接电流监测系统输出的测量结果满足预设精度误差限值的次数占总有效测量次数的百分比。

注: 焊接电流监测精度准确率综合表征监测系统测量偏差水平与测量结果合格可靠性。

3.1.10

焊接电压监测精度准确率 welding voltage monitoring accuracy

在规定环境条件与焊接工作工况范围内,焊接电压监测系统输出的测量结果满足预设精度误差限值的有效测量次数占全部有效测量总次数的百分比。

注: 焊接电压监测精度准确率综合表征监测系统的电压测量偏差水平与测量结果合格可靠性。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI: 人工智能 (Artificial Intelligence)

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

MES: 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)

OPC: 通信协议和标准 (OLE for Process Control)

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

RTU: 远程终端单元 (Remote Terminal Unit)

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

UPS:不间断电源(Uninterruptible Power Supply)

4 生产线组成及基本参数

4.1 生产线的组成

生产线的组成应至少包含以下设备:

- 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) PLC;
- f) 云端数据服务器;
- g) 边缘计算设备。

4.2 基本参数

生产线应包括以下基本参数:

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

4.3 信息安全

生产线的信息安全应符合 GB/T 22081、GB/T 31167、GB/T 31168、GB/T 35274 的相关规定。

5 技术要求

5.1 工作条件

在下列条件下生产线应能正常工作:

- a) 供电电压:20 kV 及以下三相,电压偏差为标称电压的 $\pm 7\%$;220 V 单相电压偏差为标称电压的 $\pm 7\% \sim 10\%$ 。
- b) 环境温度: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 环境相对湿度: $35\% \sim 85\%$ (无露水凝结)。

- d) 振动:10 Gs (10 Hz~500 Hz)
- e) 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/T 14253 的规定。
- 5.2.2 焊接件的焊缝应平整,无影响外观质量的缺陷。
- 5.2.3 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/T 5226.1 的要求,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 500 V 直流电时测得的绝缘电阻应不小于 1 M Ω 。
- 5.3.1.3 各设备所有外露可导电部分应按 GB/T 5226.1 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 0.1 Ω 。
- 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 1 s 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 JB 7233 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。
- 5.3.2.4 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。
- 5.3.2.5 各设备应有操纵、润滑、调整和安全各种标志,标志应醒目、清晰、持久。安全标志应符合 GB 2894 和 GB/T 18209.2 的规定。
- 5.3.2.6 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

年漏气率应低至万分之一。

5.4.2 焊接精度

焊接精度应达 ± 0.03 mm。

5.4.3 焊接电流监测精度准确率

焊接电流监测精度准确率应不低于 94%。

5.4.4 焊接电压监测精度准确率

焊接电压监测精度准确率应不低于 94%。

5.4.6 焊缝缺陷识别准确率

焊缝缺陷识别准确率应不低于 90%。

5.4.7 焊接速度监测精度

焊接速度监测精度应为 $\pm 1.0 \text{ m/min}$ 。

5.4.8 异常响应时间

异常响应时间应不大于 0.2s。

5.4.9 焊接一次合格率

焊接一次合格率应 $\geq 99.5\%$ 。

6 系统要求

6.1 监控与数据采集系统(SCADA)

系统应通过标准工业通信协议(如 S7、Modbus TCP 等)从可编程逻辑控制器(PLC)实时采集焊接工艺参数,包括但不限于焊接电流、焊接电压、送丝速度等。

当所采集参数超出预设阈值范围时,系统应自动触发报警,并以声光、图形或消息推送等方式通知操作人员。

所有采集数据及报警事件应结构化存储于本地关系型数据库或云端数据库,确保数据的完整性、可追溯性与安全性,为后续分析、诊断及信息系统集成提供支撑。

SCADA 系统应具备以下基本功能模块:

- a) 生产监控;
- b) 报警管理;
- c) 数据显示;
- d) 数据集成与存储;
- e) 用户权限管理。

6.2 数据分析与知识萃取

SCADA 系统应具备对采集的生产数据进行实时处理、分析与知识萃取的能力,并支持基于大数据技术的深度挖掘,以提升过程监控、控制与管理水平。具体要求如下。

a) 边缘侧数据预处理

应在靠近 PLC 或 RTU 的边缘侧,完成对原始数据的初步清洗、降噪与关键特征提取,降低数据传输负载,提升系统响应速度。

b) 实时数据可视化

应基于经边缘处理后的数据流,构建大数据分析与可视化系统,实现对设备状态、工艺参数及运行指标的动态图形化展示。

c) 数据分析模型与关键参数萃取

应建立面向焊接生产过程的数据分析模型,对历史与实时数据进行融合分析,自动识别并提取影响产品质量、能效或安全的关键过程参数(如热输入量、熔深特征、焊缝成形指标等)。

d) 关系型数据库管理

应将萃取的关键参数、分析结果及相关知识结构化存储于关系型数据库管理系统(如 SQL Server),为过程监测、闭环控制、故障诊断及上层信息系统(如 MES、ERP)提供可靠数据支撑。

6.3 数据显示模块

数据显示模块应满足以下要求:

- 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。

6.4 报警管理

报警管理模块应具备下列功能。

- a) 关键信息进行实时显示,并对生产全过程进行实时调整。
- 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,并对当前的状态进行分析、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) 系统应具备基于预设规则的自动报警与控制联动功能,并支持模型更新机制。

6.5 数据集成与存储

数据集成与存储模块应满足以下要求:

- a) 应能支持 PROFIBUS 协议、Modbus 协议、OPC 通信;
- b) 能够与 MES 系统、自动化系统、各单机 PLC 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 10 000 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/s、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。

6.6 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

7.1 设计要求

应建立完善生产线的焊接质量与控制数据中心,数据中心的设计应符合 GB 50174 的要求。

7.2 通信线路

企业互联网、物联网通信线路应符合 GB 50311 的相关要求。

7.3 环境要求

数据中心环境应符合下列要求：

- a) 温度和湿度：服务器机房的温度应控制在 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，可采用 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。可安装空气过滤器、防静电地板等设备。

7.4 网络要求

数据中心网络应符合下列要求：

- a) 厂区应实现网络全域覆盖与车间工业物联网全覆盖，网络带宽需满足场内设施设备文字、图像、音频等各类数据稳定传输需求；
- b) 网络连接应持续稳定，所用网络设备应为工业级产品，网络选用低延迟技术，且与工业软件、设备完全兼容，选型时充分匹配工业软硬件使用要求；
- c) 配套配备不间断电源(UPS)保障供电可靠；
- D) 企业互联网、物联网应用系统的控制网络通信协议应满足 GB/T 9387.3 的规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 41780.3—2025 物联网 边缘计算 第3部分:节点接口要求
-

中国电子节能技术协
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
T/DZJN 550—2026

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 00 字数 00 千字
2026年8月第1版 2026年8月第1次印刷

*

书号:155066·5-22611 定价 00.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/DZJN 550—2026