

基于物联网技术的焊接材料信息化管理系统研究与应用

卢坤¹, 赵永明², 孙秋阳¹, 汤昊¹, 孙柳青¹, 韩长仁¹

1. 核工业工程研究设计有限公司 北京 101300

2. 中核运维技术有限公司 浙江杭州 310000

摘要: 聚焦于基于物联网的焊接材料信息化管理系统, 该系统应用网络通信、图像处理、大数据分析等技术, 实现智能终端、数据可视化平台和APP的设计, 推动焊接材料管理数字化。通过自动采集和汇总焊接材料使用数据, 提高效率、保障质量, 并在项目各阶段快速分析焊接材料的使用情况, 为标准化管理提供支持。同时, 提升焊接材料发放和回收的数字化、可视化和精细化管理。

关键词: 物联网; 焊接材料管理; 信息化; 效率提升

Research and application of welding consumables information management system based on internet of things technology

LU Kun¹, ZHAO Yongming², SUN Qiuyang¹, TANG Hao¹, SUN Liuqing¹, HAN Changren¹

1. Nuclear Industry Engineering Research & Design Co., Ltd., Beijing 101300, China

2. CNNC Operation & Maintenance Technology Co., Ltd., Hangzhou 310000, Zhejiang, China

Abstract: Focuses on the information management system of welding consumables based on the internet of things. The system applies network communication, image processing, big data analysis and other technologies to realize the design of intelligent terminals, data visualization platforms and APPs, and promote the digitalization of welding consumables management. Improve efficiency, ensure quality, and quickly analyze welding consumables usage at all stages of the project by automatically collecting and summarizing welding consumables usage data to support standardized management. At the same time, it will improve the digitalization, visualization and refined management of welding consumables distribution and recycling.

Keywords: internet of things; welding consumables management; informatization; efficiency improvement

1 序言

随着工业4.0的推进, 焊接技术逐步迈向自动化和数字化, 不仅显著提升了效率, 而且推动了工艺创新。在核电项目中, 焊接材料管理作为焊接流程的关键环节, 其效率和精确度直接影响施工质量和

项目进度。通过调研发现, 当前焊接材料的发放与回收流程存在管理繁琐、信息传递滞后等问题, 传统的人工管理方式不仅容易出错, 而且纸质记录的低效率也限制了数据的追溯和共享^[1]。

物联网技术的引入为焊接材料管理带来了新的

契机,通过传感器、数据分析和智能设备的协同作用,可实现对焊接材料的自动化和智能化管理^[2]。基于物联网的管理系统不仅能够实时监控焊接材料的使用情况,还能优化管理流程,减少人工干预,提升管理精度和效率。本文旨在探讨如何利用物联网技术优化焊接材料管理流程,构建更为高效、安全的管理模式,以适应现代核电项目的需求,并推动焊接管理的智能化发展。

2 系统设计

本系统采用模块化设计,包括前端用户界面、后端服务器、物联网设备及移动APP应用模块4个主要部分。

1) 前端用户界面:采用现代Web技术,如Vue.js框架,以提供用户友好的交互界面。界面设计注重直观性和易用性,允许用户轻松地输入数据、查看报告和监控焊接材料状态。此外,系统还集成移动应用,允许用户通过手机或平板电脑远程查看焊接材料信息、提交领用申请和审批流程,实现无纸化办公和移动办公。

2) 后端服务器:使用Django框架,用于处理复杂的业务逻辑和数据管理。为了提高系统的可扩展性和性能,后端服务器采用微服务架构设计,将系统拆分为多个独立的服务,每个服务负责特定的功能。

3) 物联网设备:包括焊接材料发放回收智能终端、数据采集器和传感器等。这些设备负责收集现场数据,如焊接材料的发放和回收信息,并通过网络将数据传输到服务器。为了提高系统的安全性,物联网设备采用加密通信协议,如SSL/TLS,以保护数据传输过程中的安全性。

4) 移动APP应用:APP界面设计简洁直观,提供与Web前端相似的使用体验。用户可以通过APP实时查看焊接材料库存状态、提交领用申请、审批流程、接收通知提醒及查看历史记录。通过移动APP,可以随时随地管理焊接材料相关事务,极大地提升了工作效率和便捷性。

3 研究内容

3.1 基于物联网技术的焊接材料信息化管理系统后台及APP应用的研发与应用

功能模块包括焊接材料库存管理模块、焊接材

料领用记录模块、可用焊接材料清单模块、仓库管理模块、出入库记录模块和发放回收记录模块。焊接材料库存管理模块实时监控焊接材料库存,自动记录发放和回收数据,并提供库存预警功能。数据处理与分析模块对收集到的数据进行处理和分析,提供实时监控和预警功能,并支持历史数据的查询与分析。用户身份识别与权限管理模块采用人脸识别等技术,实现对用户的唯一身份认证,并根据用户角色分配不同的操作权限^[3]。

移动APP应用模块如图1所示,允许用户通过手机或平板远程查看焊接材料信息、提交领用申请和审批流程。系统开发采用敏捷开发方法,分阶段进行系统开发,包括需求分析、系统设计、编码实现和测试部署。系统实施在实际焊接生产环境中部署系统,与现有管理信息系统(如ERP、MES等)集成,实现数据的无缝对接和共享。

3.2 基于物联网技术的焊接材料智能存储终端的设计与研究

本研究聚焦于设计并研究一套焊接材料智能存储柜,通过集成物联网技术,实现焊接材料的自动化存储和高效管理。智能存储柜采用工业级硬件,包括传感器、控制器、显示器和通信模块,用



图1 移动APP应用模块

于监测存储环境、执行存储管理指令、显示存储状态和与物联网平台进行连接^[4]。软件开发环境为Android，功能包括焊接材料存储环境监控、存储状态实时显示、异常报警和数据上传至物联网平台等。

智能存储柜如图2所示，其业务功能包括自动开门与存储、人脸识别领用等。工作人员扫描焊接材料桶二维码，存储柜自动随机开门，工作人员将焊接材料桶放入并关门，焊接材料进入待焊工领用状态，焊接材料存入信息自动上传系统。设备设置有人脸识别模块，可多人同时领用，同时可避免工人误领误用焊接材料的情况发生。

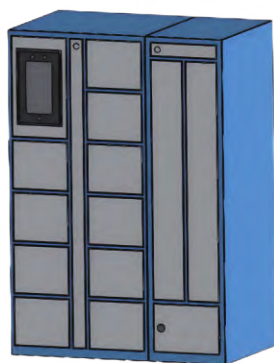


图2 焊接材料智能存储柜设计图

3.3 基于物联网技术的焊接材料发放与回收智能终端的设计与研究

焊接材料智能发放与回收终端如图3所示。通过物联网技术，实现焊接材料自动化管理，设备体积小，利用AI视觉计数技术回收焊条头，并能识别超长焊接材料头，减少浪费。设备核心为图像处理系统^[1]，采用深度学习算法，提高计数准确率，支持材质分类回收。此外，设备还能回收整根焊条，通过与领用数据比对，统计偏差，助力安全隐患排查，增强焊接施工安全管理。



图3 焊接材料智能发放回收终端设计图

(1) 电气控制及数据通信技术的应用 通过数字和模拟输入输出技术控制振动器和电动机，关键在于振动器频率控制，确保焊接材料头被振散，避免下落重叠。使用PLC将数字量转换为模拟量，输出标准信号控制变频器，实现0~50Hz频率调节。通信方面，采用MODBUS-RTU、RS485、RS232和socket通信，实现设备间通信和数据传输。

(2) 计算机视觉及深度学习技术的应用 焊条计数是焊接材料管理的关键环节。视觉算法在焊条计数中起着核心作用，其参数设置对计数结果的准确性有着直接影响。视觉算法参数包括图像处理算法、特征提取方法、阈值设定、滤波器类型等。这些参数的合理设置可以提高焊条计数的准确性和效率。

(3) 分析RTDETR大模型训练对焊条计数的影响 模型训练准确率试验结果见表1。通过调整不同的参数和训练策略，可以显著影响RTDETR模型在焊条计数任务中的性能。高质量的训练数据和合适的参数设置是提高模型准确性的关键^[5]。在实际应用中，结合具体情况选择最优的训练策略和参数

表1 模型训练准确率试验结果

测试类型	值	数据质量	数据增强	损失函数	优化算法	学习率	迭代次数	批大小	准确率 (%)	损失值
测试1	初始设置	高	是	交叉熵损失	Adam	1	1000	32	95.2	0.045
测试2	增加数据量	高	是	交叉熵损失	Adam	1	2000	32	96.7	0.035
测试3	增加学习率	高	是	交叉熵损失	Adam	5	1000	32	93.5	0.052
测试4	减少学习率	高	是	交叉熵损失	Adam	0.5	1000	32	94.8	0.047

表2 模型性能测试结果

测试类型	滤波器类型	图像质量	环境光照	焊条摆放	编码质量	滤波器尺寸	层数	分类器类型	分类准确率(%)	召回率(%)	F1值(%)
测试1	均值滤	高	正常	整齐	128	3×3	4	5YM	95.2	94.5	91.8
测试2	中值滤	中等	正常	整齐	120	3×3	4	5YM	93.7	93.2	93.4
测试3	场值滤	低	较暗	散乱	110	5×5	6	SVM	88.5	97.8	88.1
测试4	高斯滤	高	明亮	整齐	130	3×3	4	SVM	96.4	95.8	96.1

配置。

(4) 模型性能评估过程分析 评估模型的性能是判断模型是否达到预期目标的重要步骤。常用的评估指标包括准确率、召回率和F1值。准确率表示模型正确预测焊条数量的比例，召回率表示模型正确预测的焊条数量占真实焊条数量的比例，F1值是准确率和召回率的调和平均值，综合反映了模型的性能。模型性能测试结果见表2。

3.4 基于物联网技术的桌面式焊接材料计数发放智能终端设计与研究

该终端主要由工业计算机、触摸屏、人脸识别模块、打印机、成像相机及放料工装6部分组成，通过扫描焊接材料桶上二维码获取该焊接材料桶所属焊工唯一编码，同时实现与APP数据对接，根据焊工唯一编码获取焊接材料领用信息，包括：姓名、工号、炉批号、型号、规格、使用方向、日期和审批人等。

焊接材料发放终端屏幕显示该焊工的申领详细信息，工作人员将所需焊接材料放置到计数终端，如图4所示，完成高效精准计数，确认后将焊接材料装桶，终端自动打印焊接材料桶标签（姓名、工号、炉批号、型号、规格、日期及二维码），并粘贴到焊接材料桶或盘状焊丝外体。

3.5 基于物联网技术的焊接材料信息化管理系统集成分析

智能终端通过无线网络与物联网平台进行连接，设备接入网的工艺流程如图5所示。通过TCP、MQTT、HTTP等通信技术，智能终端与物联网平台实现高速、稳定的数据传输，确保数据的实时性和准确性。同时，网络集成还支持远程监控和维护，

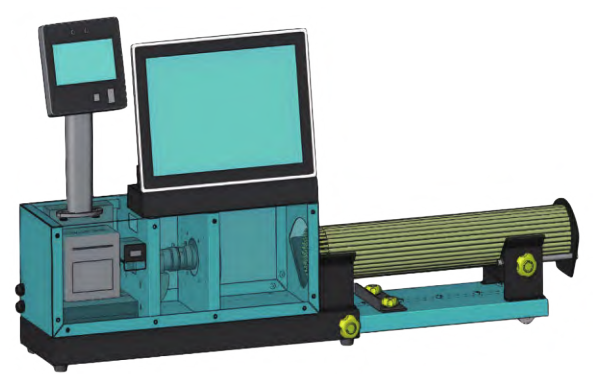


图4 桌面式桌面计数发放智能终端设计图

减少了现场维护的工作量，提高了系统的可靠性和稳定性^[6]。

4 结果分析与讨论

1) 在系统设计方面，采用模块化设计方法，可以确保系统的可扩展性和灵活性，系统开发采用敏捷开发方法，分阶段进行系统开发，可以确保开发过程的高效性和质量；系统测试包括功能测试、性能测试和用户接受测试，以确保系统的稳定性和可靠性。

2) RTDETR模型在焊条计数中精确识别和计数焊条头，训练过程影响计数结果。训练数据质量、数据增强和损失函数设置是关键因素。通过调整图像预处理参数和RTDETR大模型的参数，可以显著影响模型的性能。在不同的图像质量、环境光照和焊条摆放方式下，选择合适的参数配置能够提高模型的准确性和稳定性。

3) 在物联网智能终端与信息化系统集成方面，智能终端与系统集成和设备接入网方面的研究对于实现基于物联网技术的焊接材料信息化管理系统

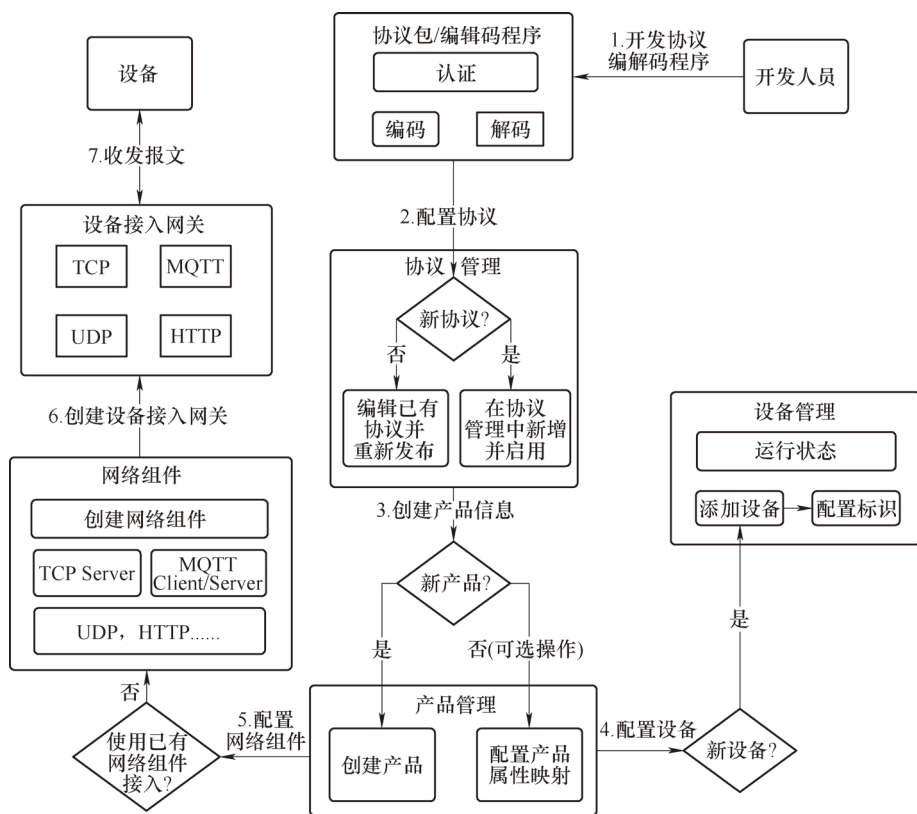


图5 设备接入网工艺流程

具有重要意义。通过这些集成，系统能够实现焊接材料的智能存储、自动化发放与回收、数据实时监控和远程管理，从而提高焊接材料管理效率，降低成本，保障焊接质量。此外，本研究为行业内其他信息化管理系统提供了借鉴，特别是在物联网技术应用、智能终端设计与集成、数据传输与监控等方面，为未来信息化管理系统的发展提供了宝贵的经验和参考。

5 工程验证

通过建立焊接材料信息化管理模式，集成焊接材料管理相关智能终端和软件系统，最终形成一个数据直观、实时更新、信息透明、安全可靠的焊接材料发放与回收系统平台，对焊接材料的统计、焊接材料的发放与回收做到精确管理，极大地简化了焊接材料的数据统计流程。此焊接材料发放与回收系统平台在一定程度上按照现行的焊接材料发放回收流程进行开发设计，可以大大简化管理人员对平台的操作流程，并且焊接材料发放与回收记录可以做到自动采集并汇总到系统中，同时具备多个维度

的自动统计功能，如班组焊接材料用量、个人焊接材料用量等。系统应用前后效果对比明显，见表3。

6 结束语

基于目前核电项目中焊接材料的发放与回收管理问题，对物联网技术下的焊接材料管理信息化系统进行了研究，基于焊接材料全生命周期管理，创新性地构建了焊接材料发放与回收的新流程模型，确保了管理措施与现场需求的紧密结合。信息化管理系统的投入使用显著提高了焊接材料管理的效率、精确度和安全性。相较于传统人工管理，系统通过自动化操作和实时监控，可快速、精准地处理焊接材料申领、发放与回收等环节，大幅减轻了人工负担。权限管理与人脸识别技术的应用有效避免了领用错误，确保了施工安全^[7]。通过数据分析与实时库存监控，系统优化了焊接材料使用与采购策略，实时补料，防止了因材料短缺而导致的停工现象。此外，系统的数据集成与自动报告功能提升了信息共享和决策效率。信息化管理系统的研究与应用推进了焊接材料管理向现代化、高效化转变，为

表3 焊接材料信息化系统应用前后对比（整体）

项目	现有人工管理	焊接材料信息化管理系统	提升效果与描述
焊接材料申领/（s/人次）	60	30	效率提高1倍，简化操作流程
焊接材料发放/min	40（60人）	10（60人）	效率提高3~4倍，减少排队时间
焊接材料回收/min	30（60人）	15（60人）	效率提高1倍，减少排队时间
数据记录/h	1~2	0	完全消除纸质记录，实时传递信息
精准焊接材料使用管理	人工记录，易错	精准实时监控，完整记录	避免错记、漏记和丢失
库存控制	人工盘点，易错	实时更新，准确数据	提供准确库存数据，预警和补货管理
权限管理	无权限管理，人工操作	权限管理和身份认证	提升安全性，确保数据真实性
人脸识别认证	无身份认证	人脸识别	避免领取错误，提升安全性
数据分析	无数据分析	记录和分析使用与回收数据	优化采购和使用策略，降低库存成本
库存动态监管	人工盘点	实时监控，及时补料	实现焊接材料库存实时监控，防止因缺料导致停工
信息共享	无数据集成	与数字化管理系统集成	提升整体管理效率，数据无缝对接
报告生成	人工生成报告	自动生成报表	方便决策和管理

项目带来了显著的经济效益和管理水平的提升。

参考文献：

[1] 郑日水. 核电工程核岛焊接综合管理[J]. 电焊机, 2009, 39（8）：1-5.

[2] 刘晓多, 杨军伟. 焊接填充材料管理平台系统开发[J]. 金属加工（热加工）, 2020（5）：78-83.

[3] 付兆婷. 基于物联网的能源管理系统设计与优化[J]. 信息记录材料, 2024, 25（4）：239-241.

[4] 陈凤, 孙晓叶, 高伊航. 基于移动物联网应用的互联蜂巢柜[J]. 现代信息科技, 2022, 6（8）：162-

164.

[5] 赵金剑, 刘蓓蕾, 赵勇. 基于多传感器融合的图像识别与目标检测研究[J]. 无线互联科技, 2024, 21（18）：31-34.

[6] 徐宝坪, 晋嘉昱, 刘桂刚, 等. 核电厂焊接信息管理系统研制及应用[J]. 科技创新导报, 2019, 16（36）：151-154.

[7] 肖嵩. 焊接企业信息化管理系统研究与开发[D]. 南昌：南昌航空大学, 2015.

MW 20241105

（上接第76页）

率，降低返修返工成本，有效助推企业产能提升，具有较强的实用性，可间接为企业创造效益。

参考文献：

[1] 李新群, 余钦伟, 李长洲. 履带起重机桁架臂中间节组扇拼装及定位焊质量控制[J]. 金属加工（热加工）, 2022（4）：56-58.

[2] 刘金江. 履带起重机产品现状及发展趋势[J]. 建筑机械, 2009（3）：32-34.

[3] 李家武. 两种履带起重机转台结构的比较[J]. 工程机

械, 2001（2）：4-6

[4] 谭顺利. 履带起重机结构特性及其在盾构吊装施工中的应用[J]. 工程机械与维修, 2022（1）：100-101.

[5] 刘通, 王欣, 高顺德. 基于ANSYS的履带起重机拓扑优化[J]. 建设机械技术与管理, 2016（7）：70-75.

[6] 李长洲, 李新群, 田旭, 等. 一种转台防变形装置：20223025905.3[P]. 2023-5-23.

MW 20241109