

基于物联网与智能识别的电焊机远程控制系统研究与实现

姜泽乾 纪晓鹏 吴喜元 刘号 徐佳宸

中建深圳装饰有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i7.18218

[摘要] 焊接作业作为建筑装饰行业的关键工序,其安全管理长期面临监管难、预警弱、责任追溯不清等痛点。本文基于中建深圳装饰有限公司的实践案例,提出并构建了一套电焊机“一机一芯”智能管理系统。该系统通过物联网芯片、远程控制模块与智能算法的深度融合,实现了设备与人员的精准绑定、作业过程的智能管控和风险状态的实时预警。研究结果表明,该系统不仅有效提升了焊接作业的安全水平,更探索出了一条从“人防”到“技防”的施工安全管理新路径。

[关键词] 电焊机管理; 物联网技术; 智能管控; 施工安全; 数字化转型; 边缘计算

中图分类号: TG434.1+1 文献标识码: A

Research and Implementation of a Remote Control System for Electric Welding Machines Based on IoT and Intelligent Recognition

Zeqian Jiang Xiaopeng Ji Xiyuan Wu Hao Liu Jiachen Xu

China Construction Shenzhen Decoration Co., Ltd.

[Abstract] As a critical process in the construction decoration industry, welding operations have long faced challenges in safety management, including difficulties in supervision, inadequate early warning systems, and unclear accountability. Drawing upon practical case studies from China Construction Shenzhen Decoration Co., Ltd., this paper proposes and constructs an intelligent management system for welding machines based on the principle of ‘one machine, one chip’. Through the deep integration of IoT chips, remote control modules, and intelligent algorithms, the system achieves precise binding between equipment and personnel, intelligent control of operational processes, and real-time early warning of risk conditions. Research findings indicate that this system not only significantly enhances welding safety standards but also pioneers a new construction safety management pathway, transitioning from human-dependent safeguards to technology-enabled prevention.

[Key words] Welding Machine Management; Iot Technology; Intelligent Control; Construction Safety; Digital Transformation; Edge Computing

1 重新思考焊接作业的安全管理范式

焊接作业作为建筑装饰施工过程中的重要环节,其特殊性在于作业点分散、作业时间不固定、作业环境复杂,这些特点使得传统安全管理模式面临巨大挑战。据统计,建筑行业焊接作业事故在工业事故中占有相当比例,且往往造成严重后果。传统的“人盯人”管理模式不仅成本高昂,而且效果有限,特别是在大型项目中,安全管理人员难以实现对每个焊接作业点的实时监控。

随着工业4.0时代的到来,物联网、大数据、人工智能等新技术为解决这些问题提供了新的思路^[1]。然而,当前市场上的多数解决方案仍停留在简单地将线下流程搬到线上的阶段,未能从根本上重构安全管理模式。笔者认为,真正的智能化管理应当实现三个根本性转变:首先是管理理念的转变,从被动响应向主动

预防转变;其次是技术路径的转变,从单一技术应用向多技术融合转变;最后是价值创造的转变,从成本控制向价值提升转变。

2 系统设计的创新理念与技术架构

2.1 设计理念的重构与突破

本研究首先从理念层面进行了创新突破,提出了“设备即管理终端”的核心思想。这一理念的先进性在于,它将传统的设备管理对象转变为参与管理的主体,通过赋予设备智能识别、自主判断和执行能力,使每台电焊机成为安全管理网络中的智能节点。这种转变带来了管理模式的根本性变革:管理者不再需要时刻关注作业人员的具体行为,而是通过管控设备这个关键点,实现对作业行为的间接但更有效的管理。

在具体实现上,我们构建了“四个一体化”的设计原则:首先是人机绑定一体化,通过生物识别与设备编码的双重验证,确

保人机关系的唯一性和稳定性;其次是流程管控一体化,将审批、作业、监控、验收等环节无缝衔接,形成完整的管理闭环;第三是数据驱动一体化,通过多源数据的采集与分析,实现基于证据的决策支持;最后是预警处置一体化,建立分级响应机制,确保风险处置的及时性和有效性^[2]。

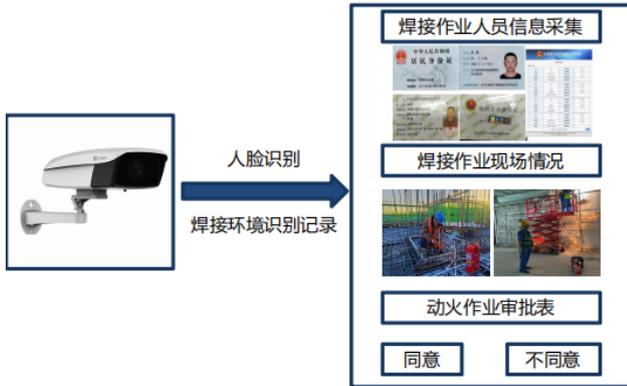


图1 身份认证与设备绑定流程

2.2 系统架构的技术创新与实现

本系统采用“云-管-边-端”的四层架构设计,在技术实现上进行了多项创新:

在终端层,我们研发的远程控制模块采用创新的外接式设计,支持220V/380V两种电压规格,具备即插即用特性。模块采用工业级元器件,防护等级达到IP54,能够适应施工现场的恶劣环境。在通信方面,模块支持4G和Wi-Fi双模通信,确保在网络条件不同的施工现场都能稳定运行。此外,模块还具备电源状态监测、故障自诊断、断电记忆等功能,提高了系统的可靠性。

在边缘计算层,我们在控制模块中集成了边缘计算能力,能够对设备状态、环境数据进行实时分析和处理。

在平台层,我们构建了基于微服务架构的管理平台,支持高并发访问和弹性扩展。平台采用多租户架构,支持不同项目的独立管理。在数据管理方面,平台建立了统一的数据模型,支持结构化数据和非结构化数据的融合处理。

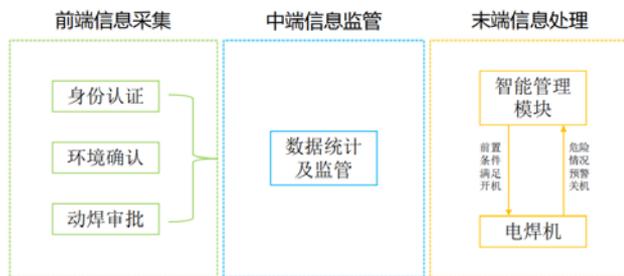


图2 系统架构

在应用层,我们创新性地采用“微信小程序+WEB管理端”的轻量化方案。微信小程序面向作业人员,提供了极简的操作界面,支持刷脸登录、扫码绑定、拍照上传等核心功能。WEB管理端面向管理人员,提供作业审批、设备管理、数据统计等管理功能。

这种设计既降低了使用门槛,又保证了功能的完整性。

3 关键技术的深度突破与创新

3.1 动态身份认证机制的创新实现

传统的身份认证多局限于初始验证环节,存在中途换人、资质借用等风险。本研究提出了“全过程动态认证”机制,这一机制的核心创新点在于将身份验证贯穿于作业全过程。系统在四个关键节点进行身份复核:作业申请时进行初始验证,设备启动时进行二次验证,作业过程中进行随机抽查,作业完成后进行最终确认^[3]。

在技术实现上,我们开发了多模态生物特征识别系统,支持人脸识别、声纹识别等多种识别方式。

3.2 智能预警算法的研发与优化

基于大量现场数据的分析,我们构建了焊接作业风险预警模型。该模型的创新之处在于采用了多维度、多层次的评估体系:

特别值得强调的是,系统建立了预警闭环管理机制。每个预警都会生成处理任务,明确责任人和处理时限,系统自动跟踪处理进度,确保每个预警都得到有效处置。

3.3 轻量化系统集成的创新实践

针对施工现场信息化基础薄弱的特点,我们创新性地提出了“轻量化集成”理念。这一理念体现在三个层面:

在部署实施层面,我们采用模块化部署策略。系统支持分阶段实施,项目可以根据自身需求,选择基础功能模块或全功能模块。这种灵活的部署方式降低了初期投入,便于系统推广。

4 实施过程中的挑战与系统性解决方案

4.1 技术集成挑战的克服

在研发过程中,我们面临的最主要挑战是如何在保证系统可靠性的前提下,实现多种技术的有机集成。特别是在硬件开发方面,380V焊机在不同项目中的接线方式存在较大差异,这给控制模块的兼容性设计带来巨大挑战^[4]。

经过深入分析和多次试验,我们最终确定了“基础功能标准化,扩展功能模块化”的设计思路。基础控制模块实现统一的通信协议和控制逻辑,确保核心功能的稳定性。针对特殊的接线需求,我们开发了可选的适配模块,通过模块组合实现个性化配置。这种设计既保证了系统的可靠性,又提供了足够的灵活性。

4.2 现场适应性问题的系统解决

施工现场环境复杂,设备需要适应高温、高湿、粉尘、振动等恶劣条件。我们通过系统性解决方案来提升设备的现场适应性:

在硬件设计方面,我们采取多重防护措施:关键元器件采用工业级产品,工作温度范围达到-40℃至85℃;控制模块采用全密封设计,防护等级达到IP54;电路设计考虑防雷击、防浪涌等保护措施;机械结构设计考虑防震、防脱落要求。

5 应用效果与价值创造的全面分析

经过多个项目的实践检验,本系统展现出了显著的应用价值和意义。我们将从多个维度对系统效果进行深入分析:

5.1 安全管理水平的质的提升

系统应用最显著的成效体现在安全管理水平的提升上。通过对试点项目的跟踪统计,系统运行后,违规焊接作业发生率下降,焊接相关安全隐患数量减少。这一成效的取得主要得益于几个方面:

首先是源头管控的有效性。系统通过人机绑定机制,从根本上杜绝了无证操作的可能。统计显示,系统运行后,无证上岗现象完全杜绝,资质借用现象得到有效遏制。

其次是过程监管的全面性。系统通过视频监控、环境监测等手段,实现了对作业全过程的有效监管。特别是智能预警系统的应用,使得多数安全隐患能够在萌芽状态就被发现和处理。

最后是责任追溯的精确性。系统完整记录了每个作业环节的操作痕迹,包括操作人员、作业时间、作业环境、审批流程等信息。这些记录为事故调查和责任界定提供了可靠依据。

5.2 管理效率的显著提高

系统通过自动化、智能化的管理方式,大幅提升了管理效率。根据实际使用情况统计,管理人员效率提升,具体体现在:

审批效率显著提升。传统的纸质审批流程通常需要数小时甚至更长时间,系统实现的线上审批平均只需15分钟。审批人员可以通过手机随时随地进行审批,不再受时间和地点限制。

监控效率大幅提高。传统模式下,一个安全管理人员最多能同时监控3-5个作业点,而通过系统,一个管理人员可以同时监控20个以上的作业点。系统自动识别异常情况并推送给管理人员,大大减轻了工作负荷。

记录管理更加高效。传统的纸质记录需要人工整理和归档,既费时又容易出错。系统自动生成电子记录,支持快速查询和统计分析,为管理决策提供及时准确的数据支持^[5]。

5.3 数据驱动的持续改进机制

系统积累的大量作业数据为管理优化提供了有力支撑。我们建立了数据分析和持续改进机制,通过对作业数据的深度挖掘,识别管理薄弱环节,实现精准改进。

5.4 行业示范效应的形成与扩大

本系统的成功实践,为行业提供了可复制的智能化管理样板。系统的设计理念、技术路线和实施方法已经引起同行的广泛关注,形成了良好的示范效应。

目前,系统已在多个项目中成功应用。这些项目的成功经验正在通过行业交流、技术研讨等方式向更多企业传播。

6 未来展望与发展方向的深入思考

基于当前的研究成果和应用实践,笔者认为智能焊接管理系统还有很大的发展空间。我们将从技术发展、应用拓展和生态建设三个维度,对系统未来发展进行展望:

6.1 技术发展的重要方向

在技术层面,未来有几个重要发展方向值得关注:首先是5G技术的深度应用。5G网络的高速率、低延迟特性,将为系统带来新的可能性。我们可以实现更高清的视频监控、更复杂的远程控制、更丰富的AR/VR应用。例如,通过AR技术,可以实现远程专家指导,帮助现场操作人员解决复杂问题。

6.2 应用拓展的潜在空间

在应用层面,系统具有广阔的拓展空间。首先是可以向上下游延伸,形成完整的焊接作业管理生态。向上游可以延伸至焊工培训管理,通过VR培训系统提升培训效果;向下游可以延伸至焊接质量评估,通过智能检测技术实现焊接质量的自动评估。

6.3 生态建设的战略思考

在生态建设层面,需要从以下几个方面着力推进:首先是标准体系的建立。推动建立统一的技术标准和管理规范,为系统的规模化应用奠定基础。标准体系应该包括设备接口标准、数据格式标准、安全管理规范等多个方面。

7 结论与启示

本研究通过电焊机“一机一芯”智能管理系统的研发与实践,证明了技术创新在提升传统施工安全管理方面的巨大潜力。系统的成功应用不仅解决了焊接作业管理的具体问题,更重要的是探索出了一条施工安全智能化的可行路径。

[参考文献]

[1] GB/T 38183-2019, 物联网系统接入安全技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.

[2] JGJ 59-2021, 建筑施工安全检查标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.

[3] 王磊, 李静. 智能识别技术在施工人员身份认证中的应用研究[J]. 建筑安全, 2023, 38(4): 88-92.

[4] 陈明, 刘洋. 5G技术在工业物联网中的架构与挑战[J]. 电信科学, 2022, 38(7): 124-130.

[5] 周涛, 赵磊. 微服务架构在工程管理平台中的设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(12): 230-238.

作者简介:

姜泽乾(1986--), 男, 汉族, 河南安阳人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 建筑装饰施工。

纪晓鹏(1979--), 男, 汉族, 湖北大冶人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 建筑装饰施工。

吴喜元(1987--), 男, 汉族, 天津人, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑装饰施工。

刘号(1996--), 男, 汉族, 河南周口人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 建筑装饰施工。

徐佳宸(1994--), 男, 汉族, 湖南湘潭人, 本科, 初级工程师, 研究方向: 建筑装饰施工。