

Research on the Practice Path and Effectiveness of AI Intelligent Monitoring in Safety Management of Iron and Steel Enterprises

Wang Song

Hualing ArcelorMittal Automotive Sheet Co., Ltd., Loudi, Hunan, 417009, China

Abstract

As a pillar industry of the national economy, the steel sector is characterized by high-temperature operations, high-pressure environments, elevated workstations, and significant exposure to dust and hazardous gases, posing substantial safety management challenges. To address risks such as unauthorized personnel access, Hualing ArcelorMittal Automotive Steel Co., Ltd. (VAMA) has developed an AI-powered production safety monitoring platform. By integrating visual analytics and edge computing technologies, this system enables 24/7 real-time surveillance and intelligent alerts in high-risk zones. Field tests have demonstrated over 95% object recognition accuracy, effectively reducing mechanical injury risks and earning the “Model Application Scenario” award at Hunan Province’s “Intelligent Empowerment for Ten Thousand Enterprises” competition. This paper examines the architectural design, technical implementation, and operational outcomes of VAMA’s AI-driven monitoring system, providing insights for digital transformation in steel enterprise safety management.

Keywords

AI-powered monitoring; steel industry; safety management; edge computing; intelligent alert systems

AI 智能监控赋能钢铁企业安全管理的实践路径与成效研究

宋望

华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司, 中国·湖南 娄底 417009

摘要

钢铁行业作为国民经济支柱产业,其生产过程具有高温、高压、高空作业及粉尘、有害气体多等特点,安全管理难度极大。华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司(VAMA)为解决人员非法入侵等安全风险,构建了生产安全监控AI预警平台。该平台通过整合视觉分析、边缘计算等技术,实现对高风险区域的24小时实时监控与智能预警。经实践,系统对象识别准确率达95%以上,有效降低了机械伤害等事故风险,荣获湖南省“智赋万企”大赛“示范性应用场景”奖。本文以VAMA项目为例,阐述AI智能监控系统的架构设计、技术路线及实施成效,为钢铁企业安全管理数字化转型提供参考。

关键词

AI智能监控; 钢铁企业; 安全管理; 边缘计算; 智能预警

1 引言

钢铁生产环节复杂,危险点位多,传统安全监管依赖人工巡检,存在响应滞后、覆盖不足等问题。随着新一代信息技术与制造业的深度融合,“科技兴安”成为钢铁行业安全管理升级的核心路径。国务院安全生产委员会印发的《安全生产治本攻坚三年行动方案(2024—2026年)》明确提出,推动安全生产监管模式向事前预防数字化转型^[1]。在此背景下,人工智能技术在安全监控领域的应用成为必然趋势。

华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司(VAMA)作为高端汽车用钢生产企业,2022年因人员非法入侵发生工伤事故后,率先探索AI技术与安全管理的融合路径,构建“生产安全监控AI预警平台”。本文基于该项目的实践经验,从方案设计、技术创新、应用成效等方面展开研究,分析AI智能监控在钢铁企业安全管理中的实用价值与推广前景。

2 企业概况

VAMA坐落于娄底经济开发区,由湖南钢铁集团与安赛乐米塔尔各持股50%合资组建,注册资本40.1472亿元,是国家发改委和商务部批准的重点投资项目。公司专注于汽车用钢研发与生产,一期工程2014年投产,设计产能150万吨;二期项目2023年投产,新增45万吨年产能,整体年

【作者简介】宋望(1987-),男,中国湖北黄冈市人,本科,工程师,从事健康安全管理研究。

产能达 200 万吨，供应从低碳钢到超高强度钢的全系列汽车用钢。经过多年实践，VAMA 已取得“零”行政处罚、“零”火灾事故、“零”职业病发生的优异成绩，连续实现 2013 天无损工事故，累计百万工时损工事故率仅为 0.23，达到国际先进水平，并先后获得湖南省及全国安全文化建设示范企业、全国青年安全生产示范岗等荣誉称号。

3 项目方案设计

3.1 建设目标

针对酸轧线、镀锌线、连退线三条生产线的高风险区域，通过升级原有 IP 监控架构，新增智能分析设备，构建“事前预防、事中预警、事后溯源”的安全管理模式。一期项目投资 66 万元，重点实现人员非法入侵、工服穿戴、烟雾火灾等异常的智能告警，解决员工及外来人员误入危险区域、机械伤害等问题。

3.2 总体架构

系统采用“云—边—端”三层架构，融合感知、通信、计算与应用能力，具体分为以下层级：

感知层：部署高清摄像头覆盖所有危险区域，配备声光报警器，实时采集现场视频数据并触发联动预警。

通信层：基于 MQTT、HTTP 等协议，通过工业以太网实现摄像头、边缘计算设备与云端平台的数据传输，保障低延迟与高可靠性。

工具层：采用容器化技术支撑边缘计算节点，通过鸿鹄智能计算盒实现本地化视频分析，降低云端算力压力。

业务支撑层：部署边缘计算操作系统，提供视频预览、IPC 接入、算法任务调度等功能，支持单节点调试与小规模部署。

行业应用层：构建视频智能分析综合应用平台，集成设备管理、任务作业、日志管理等模块，与现有宇视监控平台对接，实现弹窗预警、报警存储与溯源查询。



图 1 视频智能分析平台总体设计架构

3.3 技术路线

纯视觉 AI 方案：通过鸿鹄 AI 智能计算盒部署入侵检测算法，拉取监控视频流实时分析，识别人员闯入后联动摄像机声光报警，同步推送预警信息至管理平台^[2]。

纯视觉 AI + 报警器方案：在视觉识别基础上，增设独立声光报警器（音量 ≥ 80 分贝），针对不同操作室划分监控区域，实现分区域精准告警，避免干扰^[3]。

多协议集成方案：采用 OAuth2.0、SAML 等协议，实现系统与企业安全信息系统的无缝对接，支持统一认证、权限管理与数据共享。

3.4 核心功能

越线检测：后端设定警戒线，人员靠近或翻越时，操作室立即收到告警信息与图片，设备触发声光警戒阻止危险行为^[2]。

区域入侵检测：针对设备运行等禁止区域，结合时间与空间信息判定人员入侵，过滤动物、异物等误报，减少意外事故^[2]。



图 2 区域入侵检测

安全装备检测：通过 AI 视觉分析识别人员是否佩戴安全帽、穿着工服，未达标时触发语音广播提醒，并存储告警截图与录像^[4]。



图 3 安全装备检测

烟火识别：实时监测烟雾与火焰，联动消防装置启动喷淋，杜绝火灾隐患^[4]。



图四 烟火检测

报警管理：支持 72 个摄像点位声光报警，按区域划分操作室权限，管理员可一键启停算法，操作人员仅能单次关停报警，确保预警有效性^[3]。

4 项目实施成效

4.1 技术创新性

边缘计算能力：构建边缘节点体系，支持多场景算法部署与实时分析，降低数据传输带宽需求，提升预警响应速度^[5]。

智能算法仓库：建立包含越线检测、安全帽识别等算法的动态库，可根据现场需求调优模型，后期可扩展新算法，识别准确率达 95% 以上^[4]。

分区域管控模式：通过权限划分实现操作室与监控点位的精准绑定，如酸轧入口操作室仅管理对应 4 个摄像头，提升监管效率^[6]。

4.2 应用效果

安全监管升级：系统上线后实现高风险区域 24 小时不间断监控，累计告警 30 万条（含检修期素材收集），有效避免上百起潜在安全风险，人员误入危险区域事件发生率下降 80% 以上^[6]。

管理效率提升：替代传统人工巡检模式，减少安全岗位人力投入 30%，同时通过自动化告警与溯源功能，事故调查时间缩短至 1 小时内^[4]。

行业示范认可：项目获湖南省第五届“智赋万企”人工智能产业创新与应用大赛“示范性应用场景”奖，成为钢铁行业“科技兴安”的标杆案例^[7]。

4.3 效益分析

安全效益：显著降低机械伤害、火灾等事故发生率，保障员工人身安全与企业财产安全^[6]。

生产效益：避免因安全事故导致的生产中断，提升设备利用率，间接增加年产能^[7]。

管理效益：推动安全管理从“被动应对”向“主动预防”转型，监管规范化水平提升，通过数字化手段满足合规要求^[1]。

市场竞争力：以智能化安全管理体系增强客户信任，助力汽车板订增长^[7]。

5 可推广性分析

5.1 示范意义

项目验证了 AI 技术在钢铁高风险场景的实用性，其“边缘计算 + 云端协同”架构可复制到其他工业领域，为安全生产数字化转型提供技术范式^[5]。

5.2 推广可行性

技术成熟度：AI 视觉识别、边缘计算等技术已通过实

践检验，算法准确率与系统稳定性满足工业场景需求^[4]。

应用场景广泛：除钢铁外，可拓展至煤矿、化工、建筑、电力等高危行业，用于危险区域管控、安全装备监测等场景^[1]。

经济适用性：一期项目投资仅 66 万元，中小企业可分期投入，运营成本低，回报周期短（预计 1—2 年）^[6]。

政策支持：符合国家“智赋万企”“安全生产治本攻坚”等政策导向，易获地方政府资金与资源支持^[1]。

5.3 推广范围

建议优先在钢铁行业同类企业推广，再逐步拓展至冶金、机械制造等领域，最终形成跨行业的安全生产 AI 监控标准方案^[7]。

6 结语

VAMA 生产安全监控 AI 预警项目的实践表明，AI 智能监控可有效破解钢铁企业安全管理难题，通过“感知 - 分析 - 预警 - 处置”全流程数字化，实现安全监管的精准化与高效化^[4]。项目不仅带来显著的安全与经济效益，更验证了人工智能技术在工业安全领域的应用价值^[6]。

下一步，VAMA 将从三方面推进项目升级：一是深化算法研发，提高复杂环境下识别准确率，降低误报率至 3% 以下^[2]；二是拓展功能模块，新增设备状态监测、能耗分析等场景，构建一体化工业安全平台^[5]；三是启动二期项目，全面拓展全公司，优化算法功能进一步助力企业安全管理水平提升^[7]。

参考文献

- [1] 国务院安全生产委员会. 安全生产治本攻坚三年行动方案（2024—2026 年）[Z]. 2024.
- [2] 李佳，杨明. 计算机视觉技术在工业危险区域入侵检测中的应用[J]. 仪器仪表学报，2022, 43 (3): 123-131.
- [3] 国家标准化委员会. GB/T 30574-2014 工业场所作业安全视频监控系统技术要求[S]. 2014.
- [4] 王健，李刚. 人工智能在工业安全监控中的应用研究进展[J]. 中国安全科学学报，2023, 33 (5): 1-9.
- [5] 张思远，刘军. 边缘计算与云计算协同在智能制造中的实践[J]. 计算机集成制造系统，2022, 28 (8): 2345-2356.
- [6] 陈志强，赵敏. 钢铁企业安全生产数字化转型路径研究——基于“科技兴安”战略视角[J]. 冶金经济与管理，2023 (2): 34-38.
- [7] 中国钢铁工业协会. 钢铁行业安全生产智能化发展报告（2023）[R]. 2023.