

Research and Practice on the Digital Application System for Safe Production Based on Industrial Internet

Xibin Chang Yonghai Xie Guoyuan Dang Xuming Sheng Wenpeng Hao*

Qinghai Huixin Asset Management Co., Ltd., Geermu, Qinghai, 816000, China

Abstract

As China's industrial development enters a new stage, the traditional safety control model is facing severe challenges and urgently needs to utilize new-generation information technologies to achieve the digital transformation and intelligent upgrade of safety production. The industrial internet, as the product of the deep integration of new-generation information technologies and manufacturing, provides a key path for building a new safety production management system. This paper systematically elaborates on the digital application system of safety production based on the industrial internet, and focuses on analyzing the application models, key technologies and practical value of this system in core business modules such as monitoring and early warning of major hazards in enterprises, digital construction of the dual-prevention mechanism, electronic operation ticket management, full-process control of contractors, online safety education and training and examinations, intelligent emergency management, and change management.

Keywords

Industrial Internet; Safety Production; Digitalization

基于工业互联网的安全生产数字化应用体系研究与实践

常喜斌 谢永海 党国元 盛绪明 郝文鹏*

青海汇信资产管理有限责任公司, 中国·青海 格尔木 816000

摘要

随着我国工业发展进入新阶段,传统安全管控模式面临严峻挑战,亟需利用新一代信息技术实现安全生产的数字化转型与智能化升级。工业互联网作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物,为构建新型安全生产管理体系提供了关键路径。本文系统阐述了基于工业互联网的安全生产数字化应用体系,重点分析了该体系在企业重大危险源监测预警、双重预防机制数字化建设、电子作业票管理、承包商全过程管控、线上安全教育培训与考试、智能化应急管理、以及变更管理等核心业务模块的应用模式、关键技术与实践价值。

关键词

工业互联网; 安全生产; 数字化

1 引言

安全生产是企业可持续发展的生命线,更是关系人民生命财产安全和社会稳定的基石。然而,在传统的安全管理模式下,企业普遍存在风险感知滞后、管理流程割裂、信息孤岛林立、决策依赖经验、责任难以追溯等问题,导致安全管理效率低下,事故预防能力不足。

工业互联网通过构建连接人、机、物、法、环的全要素、全产业链、全价值链的新型基础设施与应用生态,为破解上述难题提供了全新的解决方案。其核心在于利用物联网(IoT)技术实时采集数据,利用云计算和大数据技术存储与处理数据,利用人工智能(AI)和数字孪生技术分析模拟数据,

最终实现安全生产管理从静态分析向动态感知、从被动响应向主动预警、从单点防控向全局联控的深刻变革。

2 企业重大危险源监测预警: 从被动监控到主动预警

2.1 全域感知与数据集成

通过部署智能传感器(如压力、温度、液位、可燃/有毒气体浓度传感器)、视频监控(AI智能识别)、无人机巡检等,实现对重大危险源关键工艺参数、设备状态、周界环境信息的7x24小时不间断采集。工业互联网平台充当“数据中枢”,不仅集成物联网数据,还打通与企业的DCS(集散控制系统)、SCADA(数据采集与监视控制系统)、ERP(企业资源计划)等系统的数据链路,形成重大危险源的“全息画像”。

2.2 风险预警模型与数字孪生应用

基于汇聚的多维数据,利用大数据分析和机器学习算法,构建风险预警模型。

【作者简介】常喜斌(1976-),男,土族,硕士,高级经济师/高级工程师,从事盐湖化工、资源综合利用研究。

- 阈值预警：对关键参数设定多重报警阈值，实现超限报警。
- 趋势预警：通过对历史数据的学习，识别参数的不良变化趋势，在事故发生前发出早期预警（如压力缓慢持续上升）。
- 关联预警：分析多个参数间的关联关系，当出现异常组合时发出报警。
- 数字孪生：为重大危险源构建高保真虚拟模型，通过实时数据驱动，实现对设备运行状态的仿真、故障的预测性诊断和事故后果的模拟推演，为决策提供“沙盘”。

2.3 闭环处置与联动控制

一旦系统发出预警，平台自动生成预警工单，通过移动终端推送至相关责任人，明确处置措施和时限。处置过程全程线上记录，形成“感知-预警-处置-反馈-核查”的闭环管理。在紧急情况下，系统可与紧急停车（ESD）、消防喷淋等安全仪表系统联动，实现自动应急处置，最大限度控制事态发展。

3 双重预防机制数字化建设：筑牢风险管控的两道防线

安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制是当前安全生产领域的核心制度。工业互联网技术使其从繁重的纸质记录和人为管理中解放出来，实现动态化、精准化、高效化运行。

3.1 风险分级管控的数字化

- 风险单元电子地图：在工厂的二维/三维地图上，对风险辨识出的所有风险点进行可视化标注，不同颜色代表不同风险等级（红、橙、黄、蓝），一目了然。
- 风险数据库与动态评估：建立标准化的风险数据库，收录风险点基本信息、危害因素、潜在后果、现有管控措施及责任部门。当工艺、设备、人员发生重大变更时，系统自动提示需要进行风险再评估。
- 管控措施线上落实：将风险点的管控措施（如巡检、检修、培训）转化为具体的工作任务，并自动纳入相关人员的日常工作清单，确保措施落地。

3.2 隐患排查治理的闭环管理

任务智能推送：系统根据风险数据库和巡检标准，自动生成日常、专项、季节性等隐患排查任务，并通过移动APP推送给对应责任人。

移动化现场排查：检查人员使用移动终端进行扫码检查，通过勾选、拍照、录像、录音等方式记录隐患，标准统一，信息真实。

流程化闭环治理：发现隐患后，APP自动生成隐患整改通知单，明确责任单位、整改时限。整改责任人上传整改过程及结果照片，申请验收。验收人员现场核查后线上确认关闭。全过程留痕，超期自动预警，实现“发现-上报-整改-验收-销号”的线上闭环。

大数据分析预警：平台对所有隐患数据进行多维度统计分析，识别高频隐患、薄弱环节、重复性问题，为企业优化风险管控措施、调整隐患排查重点提供数据决策支持。

4 电子作业票管理：实现特殊作业的全过程受控

特殊作业（动火、受限空间、高处作业等）是事故高发环节。电子作业票系统将线下繁琐、易出错的纸质票证审批流程，转变为线上高效、规范、可追溯的数字化流程。

4.1 线上流程与电子签名

作业申请人通过PC端或移动端在线填写电子作业票，系统内置标准模板和填写规范，减少错漏。审批流程根据预设规则自动流转，各级审批人（监护人、属地负责人、安全管理人员等）通过电子签名方式在线审批，不受时空限制，极大提升效率。

4.2 安全措施联锁确认

系统将作业安全措施（如能量隔离、气体检测、消防器材准备）设置为必确认项。审批人和监护人必须到现场逐项确认并拍照/录像上传，系统才允许进入下一环节。通过与物联网系统集成，可自动读取能量隔离系统的锁具状态、气体检测仪的实时数据，实现“技防”替代“人防”的验证。

4.3 作业过程实时监控与异常预警

在作业期间，系统通过集成视频监控、气体检测传感器等，对作业现场进行实时监控。一旦检测到可燃/有毒气体浓度超标、作业人员异常行为（如未佩戴安全带），系统立即向监护人和管理人员发出预警。作业票证具有时效性，超时未完成需重新审批，确保作业条件持续安全。

4.4 数据沉淀与知识库构建

所有电子作业票及相关数据均被存档，形成企业特殊作业知识库。可用于分析作业风险规律、评估承包商绩效、追溯事故原因，并为后续同类作业的风险研判提供历史数据支持。

5 承包商管控：实现外来风险的系统化治理

承包商安全管理是企业安全管理的难点和短板。工业互联网平台可实现对承包商“准入-作业-评估-退场”的全生命周期一体化管理。

5.1 一站式准入与资质审查

建立承包商线上准入库，承包商在线提交营业执照、资质证书、安全许可证、主要人员社保及特种作业证书等。系统自动进行有效性校验和提醒，安全管理人员在线审核，建立合格承包商名录。

5.2 人员入场统一培训与考试

审核通过的承包商人员，必须通过企业线上安全培训平台，完成规定课程的学习并通过在线考试。系统自动记录学习时长和考试成绩，合格者信息自动同步至门禁系统，授权入场权限。

5.3 作业过程全程可追溯

承包商的所有作业活动必须通过电子作业票系统进行

申请和审批。其作业行为、违章记录、隐患整改情况等均被系统记录，并与该承包商及其人员的信用档案关联。

5.4 动态信用评价与黑名单机制

基于承包商的作业合规率、事故/违章数量、隐患整改及时率等数据，系统自动生成其安全绩效评分和信用等级。对评分低、屡次违章的承包商，系统自动限制其投标资格或列入黑名单，实现优胜劣汰，引导承包商加强自主管理。

6 线上安全教育培训考试：构建全员安全能力提升体系

传统的集中式、课堂化安全培训模式成本高、组织难、效果难以评估。线上平台实现了安全培训的个性化、便捷化和精准化。

6.1 丰富的课程资源与个性化推送

建立多媒体安全课程库，包含视频、动画、PPT、文档等多种形式。系统可根据员工的岗位、风险 exposure、历史培训记录，智能推送定制化的学习内容（如新员工三级教育、年度再培训、专项作业前培训）。

6.2 灵活的学习模式与过程监控

员工可通过 PC 端或手机 APP 随时随地进行碎片化学习。系统后台实时监控学习进度，对未按时完成的员工自动发送提醒。

6.3 在线考试与自动阅卷

培训结束后，系统可组织在线考试，从题库中智能组卷，支持多种题型。考试结束后系统自动阅卷，即时生成成绩，并建立个人电子培训档案。

6.4 培训效果分析与优化

平台对整体培训数据进行分析，如课程完成率、考试通过率、错题分布等，帮助安全管理人员识别培训薄弱环节，优化课程内容和培训计划。

7 智能化应急管理：提升事故响应与处置效能

工业互联网技术极大地增强了企业的应急指挥和救援能力，使应急管理从“预案文本”走向“实战演练”。

7.1 数字化应急预案与资源管理

将文本预案结构化、电子化，并与风险点、重大危险源信息关联。建立应急资源（应急队伍、装备、物资、医疗点）数据库，并在电子地图上精准定位，实现一键查询和调度。

7.2 智能接警与一键启动

当传感器报警或人工接警后，系统可自动识别事故地点和类型，并基于预设规则，一键启动相应级别的应急预案，通过短信、APP、语音电话等方式，自动通知应急指挥中心和所有救援人员。

7.3 可视化应急指挥与协同

在指挥中心，基于数字孪生或三维模型，实时显示事故现场态势、人员位置（通过定位手环/手机）、救援力量

分布、扩散模拟结果等。指挥人员可通过视频会议、集群对讲等功能，实现跨部门、跨区域的远程可视化协同指挥。

7.4 应急演练线上化与评估

系统支持线上模拟演练和现场演练的数字化记录。可设定虚拟事故场景，各参演单位在线上进行响应操作，系统自动记录并评估演练过程，生成评估报告，助力预案持续改进。

8 变更管理（MOC）：控制管理盲区的系统性风险

8.1 线上化变更申请与审批

任何涉及工艺、设备、仪表、原料、人员、程序等的变更，都必须通过线上系统提交变更申请，详细说明变更内容、理由、可能带来的风险。系统按照预设流程，推送至工艺、设备、安全等相关专业技术人员和管理人员进行审查和批准。

8.2 系统化风险分析与措施制定

在审批流程中，系统强制要求对变更进行风险分析（如 HAZOP 分析），并制定相应的安全措施、培训计划和更新相关文件的要求。这些内容作为变更申请的组成部分，需经审批人确认。

8.3 闭环沟通与落实跟踪

变更批准后，系统自动将变更内容、新风险、新操作规程等信息推送至所有受影响的人员（包括承包商），并要求其完成确认和学习。系统跟踪所有后续措施（如文件更新、培训完成、措施落实）的完成情况，确保变更全过程受控，形成管理闭环。

9 结论与展望

工业互联网与安全生产的深度融合，不是简单的技术叠加，而是对传统安全管理模式的一场深刻革命。本文所构建的涵盖重大危险源、双重预防、作业许可、承包商、培训、应急、变更等核心业务的数字化应用体系，体现了数据驱动、流程闭环、责任明晰、智能决策的现代安全管理理念。

未来，随着 5G、人工智能、数字孪生等技术的不断成熟，“工业互联网+安全生产”将向更深层次发展，如实现更高精度的预测性维护、更智能的自主安全巡检、更逼真的应急演练仿真，最终迈向具有自感知、自学习、自决策、自执行能力的“智慧安全”新阶段。企业应把握数字化转型机遇，以工业互联网为抓手，持续构筑坚固的安全生产防线，为实现高质量发展保驾护航。

参考文献

- [1] 张国之;王云龙;穆波.工业互联网在化工企业安全生产中的研究现状和发展趋势[J].应用化工,2022(05)
- [2] 侯忠生;许建新.数据驱动控制理论及方法的回顾和展望[J].自动化学报,2009(06)
- [3] 黄浪;吴超;王秉.“流”视域下的系统安全协同理论模型构建[J].中国安全科学学报,2019(05)