

工业生产安全风险预警与污水处理系统联动防控机制研究

宋成功

中国石化华北油气分公司采油气工程服务中心, 中国·山西 晋中 030600

摘要: 随着工业化进程不断加快, 工业生产的安全风险与环境污染问题日益突出, 如何实现工业安全与环保协同管理成为工业企业高质量发展与可持续经营的重要命题。污水处理系统作为工业企业环境保护的重要环节, 其安全稳定运行与生产过程密切相关。当前, 许多工业企业在生产安全风险预警和污水处理系统的联动防控方面仍存在诸多短板, 导致事故隐患叠加、响应不及时、环境污染扩散等问题频发。论文以工业生产安全风险预警理论为基础, 分析了生产工艺、设备运行、原料属性等对污水处理系统运行的影响与风险耦合机制, 梳理了当前工业安全与污水治理协同中的典型问题, 提出了基于多源数据融合、智能监测与自动化控制等核心技术的风险预警与联动防控机制。研究认为, 构建“生产—治理—应急”一体化的联动响应体系, 能够有效提升企业安全事故与环境污染防控能力, 实现智能化、精细化、闭环化的风险管控, 助推工业企业实现本质安全和绿色生产。论文最后对机制持续优化、智能升级与行业标准化发展提出建议, 为中国工业企业安全环保协同治理提供理论借鉴与实践支撑。

关键词: 工业生产; 安全风险预警; 污水处理系统; 联动防控; 智能监测

Research on the Linkage Prevention and Control Mechanism between Industrial Production Safety Risk Warning and Sewage Treatment System

Chenggong Song

Oil and Gas Production Engineering Service Center, North China Oil and Gas Branch of Sinopec, Jinzhong, Shanxi, 030600, China

Abstract: With the continuous acceleration of industrialization, the safety risks of industrial production and environmental pollution problems have become increasingly prominent. How to achieve the coordinated management of industrial safety and environmental protection has become an important proposition for the high-quality development and sustainable operation of industrial enterprises. As an important part of environmental protection in industrial enterprises, the safe and stable operation of the sewage treatment system is closely related to the production process. At present, many industrial enterprises still have many shortcomings in the linkage prevention and control of industrial production safety risk warning and sewage treatment systems, resulting in frequent problems such as superimposed accident hazards, delayed response, and environmental pollution diffusion. Based on the theory of industrial production safety risk warning, this paper analyzes the influence and risk coupling mechanism of production processes, equipment operation, raw material properties, etc. on the operation of the sewage treatment system, sorts out the typical problems in the current coordination of industrial safety and sewage treatment, and proposes a risk warning and linkage prevention and control mechanism based on core technologies such as multi-source data fusion, intelligent monitoring, and automatic control. The research believes that the construction of an integrated linkage response system of “production - treatment - emergency” can effectively enhance the enterprise’s ability to prevent and control safety accidents and environmental pollution, achieve intelligent, refined, and closed-loop risk management, and promote industrial enterprises to achieve intrinsic safety and green production. Finally, the article puts forward suggestions for the continuous optimization, intelligent upgrading, and standardization development of the mechanism, providing theoretical reference and practical support for the coordinated governance of safety and environmental protection in industrial enterprises in China.

Keywords: industrial production; safety risk warning; sewage treatment system; linkage prevention and control; intelligent monitoring

0 前言

在国家“双碳”战略和高质量发展背景下, 工业企业面临着安全生产与环境保护双重压力。生产过程中的原料储

运、反应工艺、设备操作等均可能因人员失误、设备老化、工艺异常等原因引发各类安全风险, 而污水处理系统作为末端治理单元, 承担着污染物减排与达标排放的重任。两者运

行安全高度耦合,任何一方失效都可能引发连锁反应,带来安全事故、环境事件甚至企业停产重创。传统管理模式下,生产安全与污水处理往往分属不同部门,信息壁垒、响应延迟、协同不足等问题突出,难以满足现代工业企业复杂风险防控需求。随着物联网、人工智能、大数据等新兴技术的普及,数据驱动下的风险预警和智能联动已成为提升企业本质安全 and 环境治理能力的关键路径。论文在系统分析工业生产安全风险与污水处理系统运行耦合机制的基础上,提出多源数据融合的智能预警与联动防控模式,并对机制优化与行业推广进行展望。

1 工业生产安全风险与污水处理系统运行的耦合机制分析

工业生产过程中,原料特性、生产负荷、工艺参数、设备运行等因素时刻影响着安全风险水平。原材料的不稳定性、工艺波动、设备运行异常都可能导致有害物质泄漏、超温超压、爆炸火灾等安全事故。同时,这些变化也会直接影响污水系统的进水水质、水量和污染物浓度,带来污水处理负荷超载、毒性物质突发、反应系统失稳等风险。在某些高危化工企业中,反应釜突然失控是极为严重的安全风险事件。一旦失控,大量含有毒有害物质的废水迅速涌入污水处理系统,极大地威胁着后续处理环节的稳定运行。生化池中的微生物菌种对环境变化极为敏感,毒性废水的突然进入会导致菌种中毒、活性降低,甚至大量死亡,进而使污水处理效率急剧下降,出水水质无法达到排放标准。结果不仅造成环境污染风险急剧上升,还可能引发政府监管部门的强制停产整顿,给企业带来巨大的经济和信誉损失。

另一方面,污水处理系统自身的运行故障同样具有极大的破坏性。设备损坏如曝气系统失灵、加药设备出现故障、能耗异常或自动监控系统失灵等,都会导致污水处理功能障碍。未能有效处理的废水若倒灌回生产系统,不仅会影响生产设备的正常运行,还可能引发更为复杂的安全事故。同时,未达标的废水直接排放到环境中,导致水体污染,生态环境遭受破坏,引发一系列次生灾害。污水倒灌或外排不仅是环保问题,也关联到企业的可持续发展和社会责任。

这两大系统一反应釜生产系统和污水处理系统一通过动力管网、信息平台和管理体系等多维度耦合,构成一个高度动态且相互依赖的风险传导链条。系统中的任何一个环节出现异常,都可能迅速传导,导致整体风险水平的升高。尤其是在极端气候条件(如暴雨、洪水)、突发停电、原料更换或工艺调整等特殊工况下,这种风险叠加效应更加明显,突发事件的频率和严重程度也随之增加。这不仅增加了企业管理的复杂度,也对安全保障提出了更高的要求。

因此,企业必须跳出传统的单一环节、局部优化的管理视角,采用系统工程方法,实现“生产—治理—安全—环保”全过程的协同防控。通过建立集成化的信息平台,实现

各系统间的实时数据共享和联动响应,能够有效提升风险识别的敏感度和预警能力。结合动力管网的监控与智能分析,提前发现异常波动并快速响应,防止风险扩散。强化跨部门协作机制,推动安全管理、环保监管、生产调度等多方面形成合力,共同应对复杂的风险挑战。只有构建起这样一个多维度、多层级、全流程的系统化防控体系,企业才能真正保障生产安全和环境保护,实现可持续发展。

2 现有工业安全风险预警与污水处理协同不足的表现与成因

虽然中国工业企业在安全生产管理体系、危险源辨识与分级、应急预案等方面取得了长足进步,但在安全风险预警与污水处理协同方面,现实中依然存在明显短板。首先,部门壁垒严重,安全生产和环保治理分属不同职能部门,信息采集、数据共享、风险响应流程割裂,事故多因“信息传递迟缓”而扩大化。其次,预警技术主要侧重于生产系统本体,污水处理系统多为“被动式”运维,缺乏对生产波动、工艺调整带来的“源头风险”的动态预警与同步响应。再次,污水系统本身工况复杂,受进水负荷、污染物类型、生产异常等多种影响,现有预警阈值多为静态设定,导致误报、漏报频发,无法有效引导生产系统提前调控。最后,风险响应链条过长,缺乏跨部门、跨系统的标准化联动流程,信息上报与响应多依赖人工、流程繁琐,导致应急处置效率低下。当前,许多工业企业在自动化和智能化水平方面存在明显不足。关键节点的数据采集常常滞后,监测设备老化,系统集成度低,导致各环节之间信息孤岛现象严重。联动操作多依赖现场人员的经验和主观判断,缺乏科学、精准的智能辅助决策支持,这大大限制了风险预警和应急响应的时效性与准确性。同时,企业在风险防控理念上仍存在较大偏差,普遍表现为“重生产、轻治理”,更多关注事后事故的处理,而忽视了风险的前瞻性识别和主动管控。环境治理方面投入不足,技术升级动力不强,难以满足日益严峻的安全环保要求。这些问题交织在一起,导致工业企业面临多元化、复杂化的风险挑战,协同防控能力薄弱,事故发生频率较高,安全与环保形势严峻。因此,迫切需要企业引入先进理念,借助新技术、新机制,推动本质安全与环境协同治理的升级转型,实现风险的系统化预防和高效管控,提升整体安全管理水平。

3 基于多源数据融合的工业安全风险预警机制优化路径

以多源数据融合与智能分析为核心的安全风险预警机制,是工业企业提升风险辨识与响应能力的有效手段。第一,企业应统筹布局生产、污水、能耗、环境、设备等多维数据采集网络,依托物联网传感器、在线监测仪表、工业控制系统(如DCS、PLC、SCADA)实现对生产关键节点、污水进出水、设备健康状态、能源消耗、环境排放等全方位数据

的实时感知和采集。数据通过工业互联网平台汇聚至企业数据中心,实现安全、环保、生产、运维等多部门的数据互通。第二,依托大数据挖掘与人工智能算法,对历史运行、报警记录、工艺波动、事故案例等进行深入分析,建立基于机器学习的动态风险识别与预测模型。系统自动对工艺异常、污染物浓度突变、设备运行失稳等多源数据进行实时分析,对潜在风险进行分级、分类、趋势预警,并自动生成处置建议。第三,建立分层分级的多级预警机制,对轻微异常实现系统自愈、自动调节,对重大风险自动联动启动跨部门、跨系统响应,最大限度压缩响应时间。第四,开发智能化的风险可视化平台,实现生产—治理—环境风险态势的图形化、透明化,方便企业决策者、管理人员、操作人员多级联动、高效协作。第五,预警机制要具备自适应、动态学习能力,根据现场实际和历史经验定期校准模型与阈值,提升预警精准度。第六,加强数据安全治理,防范信息泄露、恶意攻击,确保系统的稳定、安全和可靠运行。通过上述路径,企业可形成“感知—分析—预警—响应—优化”闭环的数据驱动安全风险预警体系。

4 工业生产安全风险与污水处理系统联动防控机制的构建要点与实践策略

构建科学高效的工业生产安全风险与污水处理系统联动防控机制,需要从组织协同、技术支撑、流程再造、智能决策等多维度入手。一是组织与流程协同,建立“生产—污水—安全—环保”多部门联席会议制度,统一指挥、统一数据标准、统一应急预案,实现部门间无缝协作。各关键环节明确责任人和响应流程,完善跨系统联动台账、事件追溯机制,推动风险事件一体化、闭环化管理。二是技术与平台支撑,构建基于大数据、人工智能的风险监测、预警、联动控制平台,将生产自动化、污水运维、设备管理、能耗管控、环境监测等系统集成,实现多点感知、实时同步、远程操控。平台具备风险事件智能识别、应急指令自动下达、调度指令推送等核心功能。三是联动响应与应急处置,制定涵盖“生产波动—污水异常—环境超标”等多类型事故的标准化联动预案,确保各环节风险信号及时互通、一键启动响应,关键岗位形成联防联控快速响应小组。定期组织全员演练与复盘,强化岗位人员应急处置能力。四是智能化与自动化升级,推广无人值守、远程运维、AI 辅助决策等新模式。关键节点实现设备自动诊断、智能切换、参数自适应调整和自愈修复,有效降低人为失误。五是信息安全与数据治理,加强数据加密、身份验证、访问权限管理等措施,保障联动平台信息安全。六是行业合作与外部协同,加强企业与园区、政府、第三方应急资源的合作,完善跨企业、跨区域的联动预警与应急机制,提升社会化、区域化、行业化的协同防控能力。七是绩效评价与持续改进,建立机制绩效评估体系,

对预警准确率、响应效率、事故发生率、环境达标率等关键指标定期考核,根据评估结果持续优化联动防控机制,实现动态提升。

5 机制持续优化与智能化升级的展望

面向未来,工业生产安全风险预警与污水处理系统联动防控机制将向更高水平智能化、系统化、平台化、生态化方向发展。第一,企业需加大新一代信息技术与自动化设备投入,布局智能传感器网络、边缘计算终端、5G 专网通信,推动风险感知“无死角”,数据采集“无延迟”。利用 AI 算法在数据清洗、异常识别、风险预测、决策优化等环节实现深度应用,平台可自动学习、自动演进,逐步实现“无人值守—自动诊断—远程决策—自愈闭环”的智能联动。第二,推动企业内外部数据资源共享,依托云平台、工业互联网,建立“企业—园区—区域—行业”多层级风险预警与应急联动协作网络,实现产业链、供应链、生态链多维协同响应。第三,丰富多维评价指标体系,引入环境、能耗、碳排等绿色绩效考核,推动安全与环保协同绩效持续提升。第四,强化安全文化与绿色理念,常态化安全培训、环境教育与应急演练,提升全员风险意识与协作能力。第五,健全标准体系,推动联动机制技术标准、管理标准、操作规范的行业化、标准化,鼓励第三方专业机构参与评估、审计、认证。第六,推动企业绿色低碳转型,将风险预警与智能治理机制嵌入企业绿色工厂、智慧园区、数字化供应链等新型产业生态,全面支撑工业企业本质安全与高质量绿色发展。

6 结语

工业生产安全风险预警与污水处理系统联动防控机制是保障工业企业安全生产和绿色运营的核心抓手。通过基于多源数据融合、智能分析与自动控制的风险预警平台,企业可实现“生产—治理”一体化、智能化、闭环化的风险管控,极大提升安全事故和环境污染防控能力。多部门协同、智能决策、应急联动、绩效优化共同推动机制持续进化。未来,机制将向更高水平的智能化、标准化、系统化方向发展,助力企业构建本质安全、绿色高效的现代工业治理体系,为中国工业安全与环境管理高质量发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 王慧.工业企业安全风险分级管控与隐患排查治理体系建设[J]. 中国安全生产科学技术,2022,18(8):142-147.
- [2] 李勇,郑小刚.污水处理厂运行风险预警与应急联动机制探析[J]. 环境保护,2023,51(3):68-71.
- [3] 李超.智能制造环境下工业安全与环境管理一体化模式研究[J]. 机械管理开发,2022,37(6):112-117.

作者简介: 宋成功(1987-),男,中国山西高平人,本科,副主任师、高级工程师,从事安全生产、消防应急研究。