

大数据驱动的石油安全生产双重预防机制的研究进展与未来展望

沈媛媛 (天津市滨海新区大港油田第五采油厂, 天津 300283)

摘要: 随着大数据技术的不断发展, 数据驱动理念引入石油安全生产领域, 成为提升双重预防机制的重要途径。本文基于大数据驱动背景, 阐述石油安全生产双重预防机制的研究进展, 分析石油生产典型风险源, 构建多源异构数据采集体系, 在此基础上, 设计风险分级管控框架, 提出差异化管控策略, 明确隐患排查治理智能化平台的关键技术流程。借助多源数据融合智能化手段的应用, 提升风险识别能力, 提高隐患治理效率, 为未来石油安全生产管理提供参考。

关键词: 大数据; 石油安全生产; 双重预防机制; 研究进展; 未来展望

中图分类号: TE687 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 012-0004-03

Research Progress of Dual Prevention Mechanism of Oil Production Safety Driven by Big Data

Shen Yuanyuan (Tianjin Binhai New Area Dagang Oilfield No.5 Oil Production Plant Tianjin 300283, China)

Abstract: With the advancement of big data and information technology, adopting data-driven approaches in petroleum safety management has emerged as a critical pathway to enhance the dual prevention mechanism. This study investigates the big data-powered dual prevention framework for oil production safety, analyzes typical risk sources, and establishes a multi-source heterogeneous data collection system. Building upon this foundation, it develops a risk classification control framework and differentiated management strategies, while proposing key technologies and workflows for an intelligent platform for hidden danger identification and remediation. Through the application of multi-source data fusion and intelligent means, the risk identification ability and hidden danger management efficiency are improved, which provides reference for the safety production management of petroleum.

Keywords: big data; oil production safety; dual prevention mechanism; research progress

石油生产作为高风险工业活动, 生产过程涉及高温高压环境, 在易燃易爆介质的影响下, 涉及大量复杂作业环节, 安全生产形势长期面临较大压力。随着油气开发规模不断扩大, 油气生产条件日益复杂, 石油生产过程中, 风险因素呈现多源化特点, 并随着生产的推进动态变成, 具有耦合化特征, 这也对安全管理能力提出了更高要求。在传统安全管理模式下, 风险识别依赖以往的工作经验, 隐患排查往往的定期开展, 并不能实时排查, 难以适应现代石油生产的安全管理需求。与此同时, 石油生产过程中, 积累了大量与安全相关的数据资源, 设备监测全过程数据, 作业过程的各项数据, 对外部环境环境监测数据, 生产管理记录, 为安全管理模式转型提供了数据基础。

1 油气生产场景下风险因素的辨识与解构

在石油生产的过程中, 受到生产环境的影响, 行业风险源较为多样, 亟需展开系统分析, 以便于准确识别风险因素, 以便采取系统的管理手段, 降低安全风险。从生产系统构成看, 石油生产风险源分布多个方面, 一旦某一环节发生异常, 往往会放大风险影响范围^[1]。在设备设施方面, 石油生产设备工作环境复杂,

一般处于高压高温状态下, 长时间的运行, 极易导致设备老化, 生产材料疲劳, 设备密封失效, 多种问题的出现, 影响设备正常运行。石油生产的关键设备, 一旦发生泄漏, 导致结构破坏, 极易引发火灾爆炸严重事故。设备运行状态监测不力, 故障预警不及时, 也是石油生产的风险源。在作业过程中, 石油生产涉及大量高风险作业, 动火作业, 在有限空间内的高处作业, 检维修作业, 往往作业条件复杂, 人员流动性大, 若操作不规范, 安全措施落实不到位, 很容易引发事故。

2 石油安全生产全维度数据采集体系的研究进展

2.1 设备监测数据

在石油生产过程中, 离不开生产设备的支持, 石油生产设备工作环境较为复杂, 极易造成设备损坏, 对设备生产情况的监测, 产生大量设备监测数据, 作为石油生产安全数据体系中核心的组成部分, 反映生产设备的运行状态, 展现石油生产设备的健康水平^[2]。石油生产过程中, 关键设备长期处于高负荷运行状态, 一旦发生异常, 往往具有突发性, 造成较大破坏。因此, 持续设备运行数据, 及时发现设备异常, 实时监控设

备运行状态,具有重要意义。设备监测数据类型多样,如压力、温度、流量、振动、电流等运行参数,数据借助现场传感器,经由自动化控制系统,在设备管理系统处采集,设备监测数据的实时性强,数据量庞大,随着生产的实施,更新频率高。

2.2 作业过程数据

在石油生产过程中,作业过程数据反映各类作业活动的实施情况,作为识别人为因素风险的数据来源。石油生产现场涉及大量高风险作业,安全性在很大程度上取决于作业过程的规范性。作业过程数据涵盖作业类型,确定作业时间,统计作业人员信息,整理作业审批记录,记录作业过程日志,数据来源多样,既包括结构化数据,也非结构化数据,数据类型复杂。

2.3 环境监测数据

在石油生产过程中,外部环境复杂,对于生产环境的监测,直接反映石油生产现场外部安全条件。石油生产过程中,存在大量易燃易爆气体,有毒有害物质较多,面对高温噪声环境风险,环境因素具有隐蔽性,监控难度较大。环境监测数据较为多样,分析生产现场可燃气体浓度、有毒气体浓度,配合生产参数,通常选择移动式监测设备,完善数据的采集过程,以便于实时监控环境变化。

2.4 管理记录数据

石油安全生产过程中,完善双重预防机制,产生大量管理记录数据,这些数据是安全管理活动的重要信息资源,记录隐患排查过程,整理发生的事故事件,根据安全检查结果,分析培训考核记录,管理记录数据体现了管理层面的要求^[3]。从风险水平来看,数据更新频率相对较低,但在风险分析中,具有重要的历史参考价值。整理分析历史管理记录数据,识别事故多发环节,及时发现管理薄弱区域,为风险分级管控提供经验参考。

3 精准治理的风险分级管控体系研究进展

3.1 红色风险管控措施

红色风险是风险分级管控中需要重点管控的风险类型,属于最高等级,一旦发生安全事故,往往会造成重大人员伤亡,设备出现严重损毁,对环境的影响极大,所有红色风险因素,都是风险分级管控中的重点对象。对于红色风险,采取最严格的管控措施,确保风险可控。在管控措施上,坚持从源头控制,严格管理生产过程。对于判定为红色风险的设备或作业,优先采取停产停工的方式,采用隔离强制控制措施,在风险未降低前,不得恢复运行。同时,加强对关键参数的实时监测,一旦出现异常及时预警,确保风险状态持续受控。在管理层面,红色风险由企业主要负

责人直接负责,专人专责,强化现场监管。

3.2 橙色风险管控措施

橙色风险后果较为严重,但在采取控制措施后,往往能得到控制,这一风险类型在石油生产中极为常见,总体来看数量较多,是风险管控的重点环节之一。针对橙色风险,在管理措施选择上,以强化过程控制为主,完善作业方案,引入现金技术手段,加强技术投入,完善现场管理,尽可能降低风险水平。在具体实施中,不断优化作业流程,加强关键环节监控,严格执行安全生产操作规程,防止风险向红色演化。在管理责任划分上,橙色风险由相关职能部门负责,主管人员根据岗位职责,准确识别风险来源,结合生产实践,确定管控建议。在生产中,明确管控责任,严格控制管控要求,结合数据分析结果,动态调整管控措施,实现对橙色风险的管控,为风险降级创造条件,将其转化为黄色风险。

3.3 黄色风险管控措施

黄色风险为一般风险,发生可能性较低,但若长期忽视,可在特定条件下演变为红色风险。对此,黄色风险的管理,以预防为主,加强规范管理,完善管控过程^[4]。在管控措施上,黄色风险落实标准化作业,加强日常检查,重视对工作人员的培训教育。规范作业行为,提升人员安全意识,降低风险发生概率。同时,依托数据分析结果,对黄色风险展开趋势监测,及时发现风险变化迹象,采取相应的管理手段。

3.4 蓝色风险管控措施

蓝色风险的程度较低,影响范围较小,在管理上不会太复杂,简单的管理手段,即可有效控制风险。不过,尽管这一风险等级较低,仍不可忽视,避免因管理缺失,导致风险累积。针对蓝色风险,采取简化的管控措施,定期展开检查,加强台账管理,重视基础培训。在信息化条件下,系统自动记录,统计蓝色风险数据,减少人工干预,提高管理效率。蓝色风险的管控重点,在于持续监测,实时规范管理,为企业安全生产提供稳定基础,同时避免耗费太多管理资源。

4 隐患排查治理的智能化平台架构研究进展

4.1 隐患智能识别技术

石油生产风险本身具有较强的隐蔽性,隐患识别难度较高,对此,重视风险是被过程,针对隐患排查治理,借助智能化平台,运用隐患智能识别技术,利用多源数据资源,采用智能算法,自动识别潜在隐患,发现异常情况,及时提出预警,借助监控手段主动识别风险,尤其是识别隐蔽风险。图像识别技术的应用,直观性看到识别结果,适用于石油生产的全过程,在石油生产现场,部署视频监控设备,结合图像识别算

法,实时分析设备状态,监控现场作业行为,衡量现场环境,及时发现其中的异常情况,方便采取后续干预手段。在设备隐患识别上,根据图像的变化,发现设备外观异常,找出锈蚀泄漏的位置,当系统检测结果异常时,图像特征与平时不同,自动触发预警信息,提示相关人员注意,进入现场核查处理。在作业行为识别方面,迅速发现未佩戴防护用品的人员,识别生产现场的违规操作行为,评估存在的安全隐患,加强现场作业监督管理。借助自然语言处理技术,智能挖掘文本数据中的信息,结合石油安全生产管理过程,查阅隐患排查记录,分析作业票证说明,根据以往的事故报告,发现巡检日志的异常,利用现有的数据资源,自动解析文本数据,提取与隐患相关的信息,以便于准确识别安全隐患。结合工作要求,分析历史隐患记录,识别高频隐患类型,为隐患预防提供依据。同时,运用自然语言处理技术,识别异常情况,自动筛选分类隐患线索,物联网技术的应用,针对重点区域,在关键位置布设传感器,实时监测设备运行的关键参数,为隐患识别提供数据。当监测数据超出预设阈值,呈现异常变化趋势,系统自动触发预警信息,尽早识别隐患,采取处理措施。

4.2 隐患闭环管理流程

石油行业隐患分布范围较广,检查难度较高,隐患排查是风险管控的基础,而隐患治理则是及时止损的重要手段,对此,优化隐患闭环管理流程,迅速识别隐患的位置,选择合适的管控手段。在大数据驱动下,借助信息化手段,实现隐患治理的闭环管理^[5]。在石油安全生产管理工作中,及时发现安全隐患,上报安全隐患信息,作为闭环管理流程的起点,隐患智能识别技术的应用,展开物联网监测,运用文本分析,系统自动识别潜在隐患,生成隐患信息。在隐患上报时,依托信息化平台,选择多渠道上报,以便及时提出预警。系统自动识别隐患信息,借助管理系统,在移动终端统一上报,上报时,说明隐患类型,确定隐患位置,明确风险等级,整理相关数据,为后续整改提供依据。在闭环管理中,发现安全隐患之后,展开隐患整改验证,系统根据风险等级,自动匹配相应的整改要求,确定责任主体。特别注意的是,对于高风险隐患,确定整改的等级,优先安排整改,加强过程监督,确保措施落实到位。整改完成后,开展隐患验证工作,确认整改效果,在验证环节,防止隐患整改不彻底问题的出现,确保真正消除隐患。隐患闭环管理流程的运行,统计分析隐患治理数据,分析隐患发生频率,识别隐患治理中的薄弱环节,优化隐患闭环管理流程。

4.3 治理效果评估体系

双重预防机制中,风险分级管理与隐患排查工作并非独立存在,而是借助大数据技术,实现二者的联通,在风险管理中发现异常情况,隐患排查重点扫描生产区域,二者相互配合,起到较好的隐患治理效果,确保石油安全生产工作的实施。根据隐患排查治理工作目标,降低安全风险,避免安全事故的发生,构建科学的治理效果评估体系,分析隐患排查治理工作状态,衡量智能化平台运行效果,实施治理效果评估体系,以数据为基础,评价隐患治理全过程。在大数据驱动下,依托隐患智能识别手段,整理闭环管理中积累的数据,从多个维度分析治理效果,确保评估结果的客观性。在评估内容设计上,重点关注隐患治理工作,分析隐患从发现到整改完成的时间,评估治理效率,统计整改后隐患复发情况,分析不同类型隐患变化趋势,反映整体风险控制水平。借助多种评估指标,从不同角度出发,反映隐患治理工作的成效。优化治理效果评估体系,与风险分级管控结果相结合,对比分析不同风险等级隐患治理效果,检验分级管控策略的合理性。当高风险隐患数量明显降低,发生频次下降时,这也说明重点管控措施效果较好;如果风险隐患数量不降反升,则调整管控策略,选择不同的治理措施,以便起到调整优化的效果,尽可能降低风险发生率。在实施方式上,依托信息化平台,自动统计现存隐患,评估治理效果,为后续决策提供依据。

5 结语与展望

综上所述,大数据技术的应用,为未来石油安全生产管理工作提供方向。对石油生产典型风险源的系统分析,构建多源异构数据采集体系,为风险识别评估提供数据支撑。在此基础上,建立风险分级管控框架,实施差异化管控策略,实现风险防控资源的合理配置,精准管控风险资源。在未来以数据分析为支撑,构建隐患治理效果评估体系,全面反映隐患排查治理工作的成效,提升石油安全生产管理水平,借助大数据驱动,为安全生产双重预防机制的完善提供参考。

参考文献:

- [1] 陈艳昕. 石油化工安全生产风险管控策略分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(15): 28-30.
- [2] 古忠维. 石油化工安全生产风险控制技术探讨[J]. 当代化工研究, 2025, (14): 194-196.
- [3] 徐晓兰, 薛苗, 赵丹丹, 等. 石油化工企业安全生产风险控制的关键技术[J]. 石化技术, 2025, 32(07): 19-21.
- [4] 桑德林. 石油安全风险监测预警体系构建与系统应用思考[J]. 信息系统工程, 2025, (06): 4-7.
- [5] 曲忠华, 宿健, 王丽莉. 基于层次法的石油钻井生产风险分析[J]. 化工安全与环境, 2024, 37(09): 7-10.