

AI 在石油天然气行业安全管理的应用现状及未来发展前景

胡宏志 (中海油安全技术服务有限公司, 天津 300450)

摘要: 本文在全面梳理 AI 技术发展背景的基础上, 着重剖析 AI 在石油天然气行业安全管理中的主要应用场景及实践现状。深入探究 AI 在风险识别、隐患排查、预测预警、应急决策、安全行为管理等方面的作用发挥情况, 同时客观分析当前应用中存在的数据、技术、管理等问题。结合行业数字化转型趋势, 对 AI 在石油天然气行业安全管理领域的未来发展进行展望, 为油气企业智能化安全管理体系建设提供理论参考和实践借鉴。

关键词: 人工智能; 石油天然气; 安全管理; 应用现状; 发展前景

中图分类号: TE38; TP18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 011-0007-03

Application Status and Future Development Prospects of Artificial Intelligence in Safety Management of the Oil and Gas Industry

Hu Hongzhi (CNOOC Safety & Technology Services Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: This article first introduces the development background of AI technology, and then focuses on how AI is used in the safety management of oil and gas industry. We have carefully watched the performance of AI in discovering risks, checking hidden dangers, predicting dangers, making emergency decisions, and managing safety behaviors, and also talked about the data, technology and management problems encountered when using AI now. Finally, combined with the trend of digital transformation in the industry, I guess what AI can do in oil and gas safety management in the future, and give some suggestions for oil and gas companies to build intelligent safety management systems.

Keywords: artificial intelligence; oil and gas industry; safety management; application status; development prospects

在油气勘探开发和生产运行过程中, 复杂工艺系统与高风险作业环境长期并存, 高温高压装置、易燃易爆介质以及受限空间作业等因素, 使安全管理始终处于高度敏感状态。尤其是在大型装置集中投运和工程建设密集推进阶段, 风险因素往往呈现叠加趋势, 一旦关键控制环节失效, 事故影响范围可能迅速扩大。国内外多起典型事件表明, 油气领域事故往往具有突发性强、次生风险多、处置难度大的特点, 其影响不仅局限于企业层面, 还可能波及生态环境和社会运行秩序。

过去较长一段时间内, 行业安全管理更多依赖制度约束、人员培训以及现场巡检等方式运行。依托经验判断开展风险辨识, 在一定阶段内取得了实际成效, 但这种模式对管理人员经验水平依赖较高, 对复杂工况下隐蔽风险的识别能力相对有限。随着装置规模扩大、承包商参与程度提升以及作业类型不断细分, 现场安全管理呈现出节奏加快、信息来源多元化的特点, 传统依靠人工巡查和事后分析的方式逐渐显现出响应滞后和资源消耗偏高等问题。

在此背景下, 信息化与智能化技术逐步进入安全管理领域。尤其是人工智能在多源数据处理和模式识别方面的应用, 为风险动态识别和趋势研判提供了新的技术条件。相较于单纯依赖经验判断的管理方式,

引入数据分析与模型辅助决策, 有助于提前识别异常信号, 并在一定程度上优化风险控制策略。由此, 安全管理的重心正在从事发后的处置, 逐步向事前预防与过程监测延伸。

1 人工智能与安全管理的理论基础

1.1 人工智能技术的发展概述

工业场景下的人工智能, 更多的是关于数据的处理能力、复杂系统状态的分析能力, 近几年来, 算力提升, 数据采集手段丰富, 机器学习、视觉识别等技术开始应用于生产现场。对于石油天然气行业来说, AI 更多的是根据设备运行参数、监测信号以及作业记录等数据进行分析, 从而识别出异常趋势和风险信号。相比单纯依靠经验判断的数据解读方式, 在多变量耦合环境下, 数据驱动的方法更具优势, 但其效果仍然取决于数据质量和场景适配度^[1]。

1.2 安全管理的系统性特征

油气生产活动包含人员操作, 设备运行, 工艺流程以及外部环境等诸多因素, 安全问题常常是诸多因素叠加的结果, 而非某一个失误所致。隐患或许长时间潜藏在参数波动或者操作偏差当中, 只有当某些条件具备的时候才会一并浮现出来, 所以安全管理要从系统的整体层面展开分析, 这就给采用可以处理多维

数据关系的技术手段形成了实际根基。

1.3 AI 支撑安全管理的作用机制

实际运用当中，人工智能更多时候起到辅助决策的作用，不断收集运行数据展开模式识别，给风险研判给予参考消息，模型给出的结果不能代替管理判断，只是为决策增添助力。通过数据积累和模型改良，分析结果大概会慢慢趋于稳定，在安全管理实际操作过程中形成起动态改善的机制。

2 AI 在石油天然气行业安全管理中的应用现状

2.1 现场视频分析与行为识别

在海上和陆地钻井平台和施工现场，视频监控系統已较为普及。近年来，一些项目在原有监控基础上叠加视觉识别算法，用于辅助识别人员违规行为或异常状态。例如，对未佩戴防护用品、进入限制区域或人员异常聚集等情况进行自动提示。需要注意的是，算法识别效果受光照条件、遮挡情况及网络稳定性影响，在复杂作业环境下仍需人工复核配合。因此，其作用更多体现在提高巡检覆盖效率，而非完全替代现场监督。现场真人安全监督，目前仍然无法替代^[2]。

2.2 设备状态监测与趋势分析

油田关键设备的稳定运行是油气生产安全的基础。通过对振动、温度、压力等参数的持续采集，并结合历史运行数据进行趋势对比，可以提前识别部分异常波动。相较于定期检修模式，这种基于数据分析的方式有助于优化维护计划。但在实际应用中，模型准确性与传感器数据质量密切相关，若基础数据不完整，预测效果往往有限。以中海油海外油田为例，由于各个国家业务单元所使用的标准、设备品牌型号均存在差异，并未形成维修标准化数据库，现场设备维修仍然依靠专业的维修队伍。

2.3 作业风险辅助评估

在动火、受限空间及高处作业等高风险场景中，一些企业尝试利用历史事故数据和作业条件参数建立风险评估模型，为作业审批提供参考。该类工具能够提示关键风险点，但最终风险判断仍需结合现场实际情况。特别是在不同项目之间工艺流程差异较大的情况下，模型往往需要进行本地化调整。

2.4 应急信息支持

事故发生时，现场信息的快速汇聚与研判是应急处置的前提。AI 技术能够对传感器数据、监控视频等多路信息进行实时整合与分析，帮助指挥人员更快掌握事态走向；自然语言处理技术则可用于历史事故档案的快速分类与信息提取，减少资料查阅的时间。但需注意，应急场景下系统的连续运行能力和响应速度至关重要，网络不稳定或数据延迟会直接影响上述功能的实际效

果，这也是目前该场景推广应用面临的主要制约。

2.5 安全培训支撑与人员行为数据分析

虚拟仿真技术通过构建高危作业模拟场景，使员工能够在无实际风险的环境下完成操作训练，提升实战能力。对违规记录与行为数据的系统分析，有助于归纳风险行为规律，为培训重点优化提供依据；但行为数据的采集须在合规框架内推进，并兼顾员工感受，避免因管理方式不当引发抵触。

3 AI 应用成效与面临的挑战

3.1 应用成效分析

从一些项目实践情况来看，人工智能在安全管理上的应用渐渐出现了一些效果。依靠对视频和设备数据的持续分析，某些异常情况可以被提前察觉，这样就能给现场处理争取时间，同单纯靠人工巡查相比，系统化的数据分析在覆盖范围和持续监测上更有优势。而且，通过历史数据构建的分析模型可以识别出不同装置、作业条件下的风险差异，从而使得一些管控措施更加有针对性，但是这种精准化管控仍然要以数据质量为基础，在数据缺失或者场景变化较大的情况下，效果会大打折扣。更重要的一点是，数据不断累积起来之后，安全管理不再全靠经验判断，通过对事故以及未遂事件的统计分析，企业可以比较客观地找出管理上的薄弱之处。不过这种改变往往是缓慢进行的，得同制度完善一同推进。^[3]

3.2 数据质量与标准规范问题

应用的效果很大程度上取决于数据的条件，目前油气行业内部系统多，数据格式、编码规则不完全相同，造成跨系统整合有一定困难。特别是老装置或早期建设项目的数据留存不够完整，使模型不能准确识别长期趋势。此外，现场的数据存在噪音、数据缺失或者记录冲突等现象，这些都会增加清洗和验证的工作量。如果缺少对数据的管理，即使模型是好的，也不能达到效果，所以数据治理可能比算法优化更底层，而且目前也没有听说过任何国家或油气企业建立 AI 安全管理的数据标准。

3.3 模型透明度与场景适配性问题

安全管理方面，决策过程的透明度很关键，有些深度学习模型在预测准确率上表现不错，但它们内部的逻辑比较复杂，管理人员很难直接看懂模型得出结论的依据，在处理事故调查或者判定责任的时候，这种“黑箱”特性也许会引发矛盾。同时，不同的油气田在工艺流程、地质条件以及环境因素上存在很大的差别，所以在一个场景中，训练出来的模型参数不一定能直接用到其他的项目当中去。中海油在海外各个业务单元由于当地环境法规、排放标准或者生产工

艺要求有差异,如果缺少专门针对本地情况的调整,那么环境监测数据的分析或者是风险预测就会出现偏差。比如说在非洲某些油田,水质和空气排放的标准也许跟亚洲油田不一样,要是直接沿用已有模型,或许会把环境风险低估或者错判安全隐患,所以在推广应用的时候要兼顾模型的预测能力及其解释性,保证技术在不同情况下都能可靠又合规地发挥作用。

3.4 组织架构与人员素质层面的制约

人工智能的引入不仅仅是技术部署,还有管理方式的变化,如果只是停留在系统建设层面,没有对流程和职责进行相应的调整,工具就很难融入到工作中去。如果AI技术注定要取代人力,在这个过程中势必会抢走现有的安全管理工作岗位,所以企业从事安全管理工作的人员就会抵制这个工具,而且学习使用AI工具也需要花费额外的时间和精力,这无疑会给一线员工增加工作负担,最终导致使用AI工具的积极性不高。而且有些管理人员对模型边界以及适用条件了解不够充分,或许会对分析结果过分倚重或者完全忽略两种极端状况,一线员工也许会对行为监测手段存有顾虑,怎样在技术应用与组织交流之间找到平衡点,这是促使系统长期运行的关键因素^[4]。

4 AI在石油天然气行业安全管理中的发展前景

4.1 平台整合与系统协同

数字化建设快速发展的环境下,AI在安全管理中的应用由分散探索转向系统整合。与过去单点功能部署相比,在生产运行系统、设备管理模块、承包商管理信息、应急资源数据等关联分析,更有利于消除由于信息割裂导致的判断偏差,借助统一的数据接口和共享机制,安全相关信息可以在各部门之间流转,提升风险识别与处置的协同性。但是平台整合往往涉及已有系统的改造和流程的重新设计,推进的效果也取决于企业原有的信息化基础和组织协调能力^[5]。

4.2 数字模型与辅助决策深化

数字孪生技术给安全管理增添新分析工具,创建同实际装置运行情况相符合的数字模型,可以在虚拟环境里对各种工况展开模拟,进而观察风险变动趋向^[6]。在此基础之上,AI算法能够加入到数据分析和参数调整当中来,给管理人员给予更多决策参考,但是要强化,模型准确度同数据更新速率紧密相关,在复杂环境条件之下,仿真结果仍需结合现场经验做综合判定,所以它的价值更多体现于辅助支撑,而不是取代专业判断。

4.3 人员行为分析与安全文化建设

技术再进化,人还是安全管理里关键的变量,将来AI也许会更多地针对人员行为数据做长远剖析,

违章次数,参加培训情况,工作成效的变化趋向等等^[7]。经过数据汇总,可以找出一些反复出现的风险举动,给培训重点和管理手段调整给予参照,而且还要顾及员工的理解程度和制度透明度,不能因为技术介入的方法不妥当,而抵消安全文化建设带来的正面效果^[8]。

4.4 制度完善与合规要求

AI系统在安全管理中的应用范围变大,相关的制度设计也要跟着完善起来,模型分析的结果怎样融入到审批流程当中,风险提示的责任怎么划分,数据如何合规地存储并使用,均为亟待厘清的核心问题。此外,人员行为数据的采集牵涉到隐私保护以及信息安全的要求,一定要在合法合规的前提下进行操作。只有当技术应用和制度规范相互配合的时候,人工智能工具才能在安全管理的实际操作中稳定运行,而不会只是停留在阶段性的试验层面^[9]。

5 结论

技术进步为石油天然气行业安全管理提供了重要支撑与发展契机,科学运用现代管理手段,有助于提升行业本质安全水平,推动安全管理模式的转型升级。展望未来,应夯实数据基础,健全管理机制,强化制度保障,实现行业安全、稳定与高质量发展。从技术发展的现实来看,人工智能在短期内仍难以取代安全管理人员,但将持续推动风险识别与决策支撑方式的变革,其价值能否充分体现,取决于数据治理能力与管理理念的同步提升。

参考文献:

- [1] 林伯韬,郭建成.人工智能在石油工业中的应用现状探讨[J].石油科学通报,2019,04(11):403-413.
- [2] 屈万忠.人工智能技术在石油工业领域的最新应用[J].国外油田工程,2005,21(11):24-26.
- [3] 方东菊.人工智能研究[J].信息与电脑,2016(13):159-159.
- [4] 佚名.创新工场人工智能战略白皮书发布:AI面临六大挑战[J].智能城市,2017(3):42.
- [5] 刘伟,闫娜.人工智能在石油工业领域应用及影响[J].石油科技论坛,2018(4):32-40.
- [6] 吴翔宇.浅析人工智能技术在生活中的应用[J].数码世界,2017(2):114-115.
- [7] 税旭东,任浩渊,任霖钦.石油天然气管道安全风险及保护措施探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(17):58-60.
- [8] 韩传军,尹涛,别沁,等.智能感知技术在石油天然气工程中的应用及展望[J].智能感知工程,2025,2(03):1-13.
- [9] 王心艺.石油天然气工程项目管理中的风险识别与应对策略[J].大众标准化,2025(16):77-79.