

AI 技术在安全工程应急风险预测中的应用 与经济效益评估

张 靖 闫 乐 (陕西延长石油(集团)管道运输第三分公司, 陕西 延安 716000)

摘要: AI 技术凭借其强大的数据挖掘水平, 以及较高的模式识别能力, 实现安全风险的超前预测, 针对风险展开精准防控, 直接转化为经济效益。本文系统梳理了 AI 技术在安全工程应急风险预测中的应用, 提出了涵盖风险识别、风险评估、风险预警与决策支持的应用路径, 构建智能化的应急管理体系。AI 技术在安全工程应急预测中的应用, 不仅提升了安全水平, 更能减少安全事故, 降低运维成本, 保障生产连续性, 创造直接且可观的经济价值, 为工业企业的高质量发展提供支持。

关键词: 人工智能; 应急管理; 风险预测; 安全工程; 经济

中图分类号: X928.04; TP18 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 034-0073-03

Application and Economic Benefit Evaluation of AI Technology in Safety Engineering Emergency Risk Prediction

Zhang Jing, Yan Le(Third Pipeline Transport Branch of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Yanan Shanxi 716000, China)

Abstract: AI technology, leveraging its advanced data mining capabilities and pattern recognition prowess, enables proactive prediction of security risks and targeted prevention measures, directly translating into economic benefits. This paper systematically examines the application of AI in emergency risk prediction for safety engineering, proposing an integrated approach that encompasses risk identification, assessment, early warning, and decision support to establish an intelligent emergency management system. The implementation of AI in emergency prediction not only enhances safety standards but also reduces accidents, lowers operational costs, ensures production continuity, and generates tangible economic value, thereby supporting the high-quality development of industrial enterprises.

Keywords: Artificial Intelligence; Emergency Management; Risk Prediction; Safety Engineering; Economy

当前, 随着城市化进程的加快, 工业系统愈加复杂, 安全工程面临着日益严峻的风险挑战。人工智能技术借助强大的计算能力, 学习能力较强, 数据分析精准, 为安全工程带来了创新动力。人工智能技术借助智能预警, 实现预测性防控, 为安全工程带来革命性突破。以国家电网智能预警系统为例, 探讨 AI 技术在风险识别中的价值, 分析预测精度提升的成效, 并重点分析其带来的经济效益, 促进安全生产管理的智能化转型。

1 AI 技术的应用优势

1.1 多源数据融合

在安全工程应急风险预测中, 数据类型广泛, 并且数据结构复杂, 海量的传感器监测数据、历史事故数据、视频图像资料、气象信息、地理空间数据等, 在处理时难度较高。传统的数据处理方式过于单一, 往往难以兼顾结构化与非结构化信息之间的关联, 而 AI 技术, 尤其是深度学习技术的应用, 使得多源数据的融合成为可能^[1]。借助大数据建模技术, 构建多模态数据融合模型, AI 技术在不同类型数据之间建立关

联机制, 提取关键信息, 从而全面识别风险因素。

1.2 动态学习能力

AI 系统具备持续学习的能力, 并在学习中自我优化, 根据环境变化获取新数据, 不断调整自身模型参数, 提升预测的实时性, 确保数据调查的准确性。与传统静态风险评估模型相比, AI 借助机器学习算法, 不断更新预测模型, 从而适应复杂多变的应急管理场景。在安全工程实践中, 应急风险具有高度的不确定性, 并在出现很难预测, 具有突发性, 静态模型往往难以及时响应, 无法应对突发事件的演化过程。而 AI 技术借助动态学习机制, 实时接入最新监测数据, 分析风险发展趋势, 动态修正风险等级, 完成风险评估过程。

1.3 高精度预测

AI 技术依托强大的计算能力, 应用算法优化机制, 在应急风险预测中, 展现出远超传统方法的高精度优势^[2]。基于深度神经网络, 集成学习先进算法, AI 模型从大量历史案例中自动提取复杂特征变量, 应用实时数据, 构建多维度的预测模型。非线性建模能力适

用于多因子下的应急场景，尤其是多阶段交互影响的高风险环境，如火灾、化学泄漏、建筑坍塌。在实际应用中，AI 以较高的精度，捕捉事故发生的先兆特征，提高预警的准确率，保证数据获取的时效性。

1.4 可解释性增强

随着 AI 技术在风险预测中的广泛应用，模型的可解释性成为保障其可靠性和可操作性的重要前提。在安全工程领域，决策必须透明、结果需可追溯，因此 AI 模型的“黑箱”问题一度限制了其大规模应用。为解决这一问题，近年来涌现出一系列可解释 AI 技术，使 AI 预测结果不再是“难以理解的概率输出”，而是可以清晰解释的因果推理过程。

2 AI 技术在安全工程应急风险预测中的具体应用

2.1 风险识别

风险识别是应急管理的首要环节，而 AI 技术为其赋予了前所未有的智能化能力。在数据采集方面，可通过部署物联网（IoT）传感器采集关键参数数据，如气体浓度、温度、振动等，同时利用无人机与固定摄像头获取视频图像，实现计算机视觉（CV）层面的实时监测^[3]。结合自然语言处理（NLP）技术，可对舆情平台中的文本信息进行实时抓取，识别潜在社会风险信号，从而构建“空 – 天 – 地 – 网”四位一体的数据采集网络，实现全域、全时、全维度感知。在数据清洗与融合阶段，AI 算法可对噪声数据进行自动识别与剔除，利用异常检测算法筛查数据异常点，并通过缺失值填充技术提升数据完整性。融合阶段可使用图神经网络（GNN）对结构化与非结构化数据进行整合分析，例如将“人口密度”与“危化品储罐位置”进行空间关联，实现复杂数据的语义融合。

2.2 风险评估

在完成风险识别后，AI 系统构建动态评估模型，预测风险事件的发展趋势，分析风险的严重程度。在模型选择与训练阶段，根据风险类型，分析数据特征，选择合适的模型，例如，长短期记忆网络（LSTM）适用于处理设备传感器产生的时间序列数据，准确捕捉风险指标的演化趋势；而随机森林等集成学习模型，适用于多维因素交互作用分析，同时考虑设备状态，分析环境变量，衡量人员操作行为。模型训练过程中，分析历史事故数据，实时监测数据，实现数据的融合输入，以提升模型的泛化能力。在模型验证与优化方面，采用交叉验证技术，防止过拟合，借助对抗样本测试（AET），检验模型在极端异常条件下的鲁棒性。在风险分级方面，AI 根据模型输出的风险概率，结合风险矩阵评估方法，从“可能性”和“影响程度”两个维度出发，定量分级风险，划分为“低、中、高、

极高”四级，为后续响应提供科学依据。

2.3 风险预警

AI 驱动的风险预警系统，在安全隐患初现时即发出警报，为应急管理赢得关键时间窗口。在实时预警触发方面，系统设定关键监测指标的报警阈值，联动 AI 模型的预测结果，当两者均指示高风险状态时，自动选择短信、APP 推送、LED 告警牌、声光报警器等通道触发预警，实现立体化信息传达^[4]。在动态调整策略方面，AI 系统整合环境数据与预测结果，实时融合相关数据。

例如，当气象信息显示，未来 3h 有大风来临，模型推断该气象条件的不良后果，可能导致毒气扩散速度加快，建议调整原有方案，扩大疏散半径，增加防护装备投放量。构建人机协同决策机制，在高风险场景中，AI 模型输出风险等级与影响范围预测结果，而人类专家则结合现场实际，总结设备经验，修正 AI 建议，最终形成混合决策模式，在 AI 判断的基础上，实现人工干预，提升应急响应的科学性，确保灵活操作。

2.4 决策支持

AI 技术在应急响应后期的决策支持中，发挥着优化指挥流程的作用，不断优化资源配置。在方案模拟方面，借助数字孪生技术，构建现实场景的虚拟映射，结合强化学习算法，对不同应急方案展开仿真对比，如模拟“关闭 A 区阀门”与“启动自动喷淋系统”，分析两种措施下的风险变化趋势，从而推荐合理的应对策略，保证效果最优，并将成本降至最低。在资源调度方面，AI 整合 GIS 空间数据，获取实时监控信息，配置救援车辆、人员、装备等资源。例如，分析道路交通拥堵情况，优化消防车辆前往事故现场的路径；根据各区域风险等级，优先配置防毒面具、灭火器等关键物资，实现资源精准投送。在效果评估方面，AI 系统衡量实际处置结果，并和模型预测数据展开对比分析，进而反向优化模型参数，不断提升预测与决策的精度。

3 AI 技术在安全工程应急风险预测中的应用建议

3.1 提升数据质量

数据质量是 AI 模型预测能力的基础。应急风险预测场景中，相关数据通常涉及多个维度，如环境监测、设备运行、人员活动、气象条件等，来源广泛，格式复杂。若数据存在缺失问题，AI 模型难以稳定运行^[5]。加强数据采集硬件设施的维护，推荐采用冗余部署策略，在关键位置，设置多个传感器交叉验证，在危险品仓储区，布设双重气体浓度传感器，不仅降低设备故障的误判风险，还能增强数据的容错性。此

外,定期校准传感器的,完善故障监控机制尤为重要,借助自校准算法,应用远程诊断系统,及时发现数据异常源。

针对现实中数据缺失问题,或者存在稀疏采样问题,借助生成对抗网络(GAN),展开数据增强与填补。GAN运用生成器与判别器的博弈学习机制,在学习已有数据分布特征的基础上,合成与真实样本相近的补充数据,在历史数据样本不足的情况下,为AI模型提供更加稳定的输入。

3.2 增强可解释性

在安全工程这一高度决策导向的领域, AI系统不仅要算得准,更要“说得清”,可解释性成为AI应用的技术瓶颈。在应急风险预测场景中,涉及公共安全与应急响应,若模型输出结果无法透明解释,将难以获得一线人员的信任,也不利于快速响应。因此,全面部署可解释AI工具,为深度学习提供全局解释能力,识别模型决策中起关键作用的输入变量。例如,在预测某装置发生泄漏的风险时, AI系统给出“高风险(85%)”的结论,同时指出主要风险触发因素,如“装置温度持续升高、振动频率突变和作业人数异常”,使管理人员迅速定位问题根源。可解释性工具可嵌入可视化平台中,以图形化方式呈现预测路径,分析数据特征贡献度,并结合现有数据分析相似历史案例,为决策提供可追溯的智能参考路径。

3.3 定制化模型开发

应急风险预测涉及不同工业场景,各行业的风险源存在显著差异,传播机制有所不同,应急流程过于复杂。通用AI模型在内容处理上专业性有所不足,推动定制化AI模型开发,实现高精度预测,是系统调整的重要路径^[6]。针对行业需求,构建领域专用模型,例如,在化工领域,重点监测反应釜温压,分析危险品种类,了解储量等变量,构建多维风险联动模型。调研典型事故案例,分析一线作业流程,优化模型结构,明确输入特征,使模型贴近实际工况。为提升模型的可信度,更好地与行业适配,引入专家知识规则库,构建复合式决策体系。例如,设定若干硬性规则,当AI预测结果与规则判断不一致时,触发人工复审机制,从而减少误判。

4 AI安全预警技术在国家电网的应用与经济效益的实证分析

国家电网有限公司是关系国计民生的国有企业,其输电线路穿越地形复杂的区域,如山区、林区等,极易面临外力破坏,产生突发风险,遭遇严重威胁。传统人工巡线模式效率较低,难以实现全天候覆盖,更无法精准预测突发风险。一旦因山火导致线路跳闸,

将引发大范围停电,造成巨额经济损失。为应对这一挑战,国家电网基于人工智能,部署输电线路智能防山火与外力破坏预警系统,整合卫星遥感技术,运用无人机巡航,安装地面智能监控装置。系统的真正价值在于后台强大的AI数据处理能力,结合实际情况展开风险预测。借助深度学习算法,对海量影像视频展开融合分析,整合传感器数据。AI图像识别模型可自动识别输电通道附近的烟雾、明火及大型机械等危险源,并精确计算其与线路距离。更关键的是,系统整合气象数据、植被指数和历史山火信息,利用机器学习构建预测模型,能够对未来24-72h的山火风险进行等级预报,实现从“事后应急”向“事前预警”的根本转变。

该技术的应用带来了显著的经济效益。最直接的是事故损失的大幅降低:通过精准预警,运维部门可提前调整运行方式或采取临时措施,避免恶性事故。据某省级公司统计,系统年均成功预警并处置超50起险情,直接避免的电量损失和设备抢修费用年均超过2000万元。其次是运维成本的节约:AI预警实现了“机巡为主,人巡为辅”的模式,使相关区域人工巡视频次减少约60%,年均节约人工、车辆等成本约500万元。

5 结语

综上所述, AI技术在安全工程应急风险预测中的应用,不仅提升了风险识别与预警的效率与准确率,更推动了应急管理模式由“静态应对”向“动态预控”的根本转型。国家电网的案例证明, AI技术在安全风险预测中的应用具有极高投资回报率,主动预警替代被动应对,将安全管理从“亡羊补牢”转变为“未雨绸缪”,最终转化为实实在在的经济效益和社会效益,为重大基础设施的数字化转型提供了成功范例。

参考文献:

- [1] 王莉芳.智能化技术在机电工程安全管理中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(07):87-89.
- [2] 张晓夕,张楠.云计算技术在建筑工程安全管理系统中的应用[J].大众标准化,2025,(11):164-166.
- [3] 陈艳.信息化监测技术在农业水利工程质量安全管理中的应用研究[J].水上安全,2025,(10):151-153.
- [4] 葛玲.PCR技术在食品工程安全检测中的应用研究[J].现代食品,2025,(10):176-178.
- [5] 徐文元.数据挖掘技术在工程安全管理决策支持中的应用[J].信息记录材料,2025,26(05):139-141.
- [6] 杨滨.现代信息技术在应急工程中的创新应用研究[J].中国信息界,2025,(02):128-130.