

人工智能在工程项目安全管理中的应用研究

张青旭

中国水利水电第八工程局有限公司，湖南长沙，410000；

摘要：工程项目安全管理涉及施工环境、人员行为、设备运行等多维度要素，但其传统管理模式在动态性与精准性上逐渐显现局限。文章聚焦人工智能技术在该领域的应用，从技术支撑体系切入，探讨计算机视觉、物联网与AI融合及知识图谱技术的落地路径；通过施工现场监测、人员行为识别等具体场景，解析技术应用的实际运作逻辑；同时梳理当前技术适配性、数据质量及人员协同层面的现存问题，最终提出定制化开发、数据治理及能力培育等优化方向。

关键词：人工智能；工程项目；安全管理；应用研究

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.029

引言

工程项目施工场景具有露天作业多、工序交叉频繁、不确定因素密集等特征，安全管理需对各类隐患进行实时捕捉与提前干预。传统模式下，安全管控多依赖人工巡检与经验判断，面对复杂场景时易出现隐患漏判、响应滞后等情况。随着人工智能技术逐步成熟，其数据处理高效性与模式识别精准性为安全管理提供了新的解决思路。从图像识别到风险推演，人工智能正逐步渗透到安全管理的全流程中。

1 人工智能在工程项目安全管理中的应用基础

工程项目安全管理的核心在于动态把控人、机、环系统，而技术工具迭代直接影响管理效能发挥。人工智能技术介入并非替代传统管理模式，而是通过数据驱动的方式弥补人工管理短板，其应用需以对传统模式特征的认知为前提，同时依托特定技术体系实现落地。

1.1 工程项目安全管理的传统模式特征

传统安全管理以人工主导为核心逻辑，流程上多遵循计划、巡检、整改的闭环。巡检环节中，安全员需按既定路线对施工现场进行排查，通过肉眼观察识别脚手架搭设、临边防护等部位的隐患，随后通过纸质记录或口头传达将信息反馈至管理层。风险评估则依赖历史事故案例与个人经验，定性判断施工工序潜在风险，如根据季节特点预判暴雨天气对土方的影响^[1]。这种模式下，信息传递需经过现场、班组、项目部的多层级流转，部分隐患信息在传递中易出现偏差或延迟。此外，对人员行为的规范多依赖安全教育与现场提醒，难以实现对违规行为的即时干预。

1.2 人工智能应用的技术支撑体系

1.2.1 计算机视觉技术

计算机视觉技术通过模拟人类视觉系统，能自动解析图像与视频信息。在工程项目中，该技术以施工现场布设的摄像头为信息入口，对采集画面进行像素级分析。其核心在于通过深度学习模型提取目标特征——如将“未佩戴安全帽的人员”特征拆解为“头部区域无特定颜色覆盖”“轮廓与安全帽模型不匹配”等指标，再基于训练后的算法比对识别实时画面。针对复杂场景，技术会采用多摄像头联动采集，通过图像拼接消除视觉盲区，同时引入红外成像技术，解决夜间或低光照环境下的识别难题^[2]。

1.2.2 物联网与AI的融合技术

物联网技术为AI提供了“感知末梢”，而AI则赋予物联网数据决策能力，二者融合实现了采集、分析、响应闭环。物联网终端包括部署在设备上的振动传感器、附着于结构上的应力传感器及人员佩戴的定位标签等，这些终端按预设频率采集数据。数据经无线传输至AI平台后，算法会对其进行清洗与特征提取，剔除信号干扰导致的异常值，再将处理后的数据与预设阈值比对，如发现某时段塔吊起重量持续超出额定值，系统会自动标记为高风险状态。

1.2.3 知识图谱技术

知识图谱技术会构建实体与关系的网络，将分散的安全管理知识结构化。其构建过程需先梳理领域内的核心实体，包括安全规范条款、施工工序、设备参数、事故类型等，再定义实体间的关联关系，如脚手架立杆间距超标与坍塌事故存在因果关联，塔式起重机与起重量限制器存在部件从属关系等^[3]。基于此，知识图谱可实现风险推理功能，并进一步推导出“可能导致局部坍塌”

的风险预判，同时调取相关规范条款作为判断依据。

2 人工智能在工程项目安全管理中的具体场景应用

人工智能技术的价值需通过具体场景落地实现。在工程项目安全管理中，其应用覆盖了从现场监测到风险评估的多个环节，针对不同场景的管理需求，技术可调整数据采集方式与算法逻辑。

2.1 施工现场实时监测

施工现场环境处于动态变化中，土方开挖、构件吊装等工序会持续改变现场的安全状态，实时监测需即时捕捉这些变化。人工智能系统通过整合摄像头、传感器及无人机等多源设备构建全方位监测网络。无人机按预设航线每 2 小时对施工现场进行航拍，AI 算法对航拍图像进行像素比对，识别基坑边坡的位移变化，自动标识重点监测对象、识别突变，并自动触发预警。监测结果会以可视化图表形式呈现于管理平台，标注隐患位置的经纬度坐标及风险等级，同时通过移动端 APP 推送至相关管理人员^[4]。

2.2 人员行为规范识别

人员的不安全行为是引发安全事故的主要诱因之一，对行为的规范需实现识别、提醒、记录”的即时响应。人工智能通过计算机视觉技术对施工现场人员进行实时解析。系统先对画面中的人员进行轮廓提取，区分施工人员、管理人员等不同角色，再针对关键行为设置识别逻辑：如识别高空作业未系安全带的情况，需先定位人员所处高度（通过与周围参照物的像素比例计算），若高度超过 2 米且躯干与固定物间无线条连接（安全带特征），则判定为违规行为。识别完成后，系统会通过现场广播设备发出语音提醒，同时截取违规画面作为记录，关联人员信息（通过安全帽上的二维码或定位标签匹配）存入数据库，形成个人行为规范档案。

2.3 设备运行状态预警

工程设备运行状态直接关系到施工安全，需基于设备参数动态分析来予以预警。人工智能系统接入设备的控制系统，实时采集如施工电梯的运行速度、轿厢载重、制动系统温度等运行数据，同时接收设备自带传感器的监测数据（如轴承振动频率、液压系统压力）。算法将这些数据输入预设的健康模型，该模型通过对设备历史运行数据的训练，已明确正常状态的参数范围。当某一参数超出范围时，系统先判断参数偏离程度：轻微偏离时仅记录数据，中度偏离时推送检查提示，严重偏离时则立即发出停机指令，并锁定设备操作界面，直至维修

人员确认隐患排除后解锁^[5]。

2.4 安全风险智能评估

安全风险评估需综合多维度信息，传统评估因依赖人工整合数据而存在滞后性，人工智能则实现了评估的动态精准化。系统在评估时可先调用施工现场的实时数据（人员到岗情况、设备运行状态、环境监测数据等），再结合知识图谱中的规范标准与历史案例，构建评估指标体系：如深基坑工程风险的评估指标包括边坡坡度、支护结构强度、地下水位、周边荷载等参数。算法对各项指标进行量化打分，根据指标重要性赋予不同权重，最终通过加权求和得出风险总分，按分数划分为低、中、高、极高四个等级。评估报告中会注明各项指标的得分情况，标注“地下水位上升过快”“支护结构位移超标”等关键影响因素，并附相关数据曲线作为佐证。

3 人工智能应用于工程项目安全管理的现存问题

人工智能在工程项目安全管理中的应用仍处于探索阶段，技术落地过程中受项目特性、数据条件及人员认知等因素影响，难免出现与实际需求不匹配的情况。不过这些问题并非技术本身的缺陷，而是技术与管理场景融合过程中需逐步解决的衔接问题。

3.1 技术适配性不足

不同工程项目的施工工艺、现场环境存在显著差异，通用型 AI 系统难以完全适配所有场景。以水利水电工程项目为例，其场景差异具有典型性：部分项目位于高山峡谷区域，边坡坡度大，施工区域受自然水系分割呈碎片化分布；另有部分项目处于平原湖区，汛期水位变幅大，作业面多为软土地基或滩涂地貌。针对坝体混凝土浇筑场景开发的 AI 监测系统，应用于隧洞开挖场景时易出现功能偏差，其针对模板变形识别训练的算法，在处理隧洞围岩裂隙图像时，常发生两类误判：或将正常岩体纹理识别为结构性裂缝，或对实际存在的裂隙未形成有效识别。

3.2 数据质量支撑不够

AI 系统有效运行依赖于高质量数据的持续供给，当前工程项目的数据采集与管理环节存在明显短板。以水利水电工程为例，在坝基防渗施工中，部分帷幕灌浆孔的压力与流量数据因传感器布设密度不足出现缺失，导致 AI 系统难以完整还原灌浆过程的压力变化规律；在边坡监测中，针对深层岩体位移的监测点布设较少，多数数据集中于表层，使得系统对边坡内部变形的判断缺乏依据。并且，数据标准化程度不足，不同标段采集的

同一类数据常存在差异：如针对溢洪道闸门运行的监测数据，甲标段以分钟为单位记录开关次数，乙标段则以小时为单位，且数据格式既有表格形式也有文本形式，AI系统需额外耗费算力进行格式统一校准。

3.3 人员操作协同不畅

AI系统应用需管理人员与技术工具形成协同，但当前人员对系统的认知与操作能力仍有欠缺。部分管理人员对AI预警信息解读存在偏差：将系统发出的橙色预警（中等风险）等同于紧急情况，采取过度管控措施；或忽视黄色预警（低风险）的持续提示，错失隐患整改时机。系统操作流程与现场管理习惯存在脱节：AI平台要求每日下班前提交数据确认报告，但传统项目的交接班时间较早，管理人员需额外占用时间完成操作，导致执行积极性不高。基层人员对技术的信任度不足：部分施工人员认为“机器识别不如人眼准确”，对系统发出的违规行为提醒不予理睬，仍按经验进行操作，影响技术应用效果。

4 人工智能在工程项目安全管理中应用的优化方向

针对现存问题，应针对技术、数据、人员三个方面进行优化，通过相应调整推动人工智能技术与安全管理场景的深度适配，提升应用实际效能。

4.1 定制化开发技术模块

基于项目特性调整技术方案是提升适配性的核心路径。针对水利水电工程场景，可按施工类型与环境特征开发专属技术模块。坝体施工模块需强化混凝土浇筑过程的参数监测功能，算法重点训练仓面温度场分布、振捣密实度的识别逻辑，同步接入平仓机、振捣机的运行数据接口，实现施工参数与设备状态的联动分析；隧洞开挖模块则优化围岩稳定性判断算法，通过训练不同岩性（如花岗岩、页岩）的裂隙发育图像样本，提升对掌子面岩体完整性的识别精度，同时集成超前地质预报数据接口，将地质雷达探测结果纳入风险判断模型。针对高山峡谷与平原湖区的环境差异，开发环境适配子模块：高海拔区域模块强化设备低温运行补偿算法，平原湖区模块则优化水位变化对施工面影响的动态修正逻辑，确保不同场景下数据采集分析稳定。

4.2 构建数据治理体系

建立全周期数据管理机制，可从源头提升数据质量。针对水利水电工程，需先明确分场景数据采集规范：坝

体施工阶段按仓面分区布设传感器，每50平方米仓面至少设置1个温度传感器与2个压力传感器，采集频率随浇筑强度调整，初凝阶段每10分钟采集1次；边坡监测则按坡高分层设置监测点，坡高超过30米时每10米增设1组深层位移计。同时搭建统一数据标准框架，且要对坝体沉降、闸门开度等关键指标的定义进行统一。

4.3 完善人员能力培育

提升人员与AI系统的协同能力，需从认知与操作两个层面开展培育。一是设计分层培训方案。管理层培训侧重预警信息的决策应用，通过案例讲解提升分析能力；操作层培训聚焦系统基础操作，包括数据查看、预警确认、简单故障排除等，采用实操和考核相结合的模式，确保操作人员能独立完成日常任务。二是优化系统操作流程。结合项目管理习惯调整功能设计，如将数据确认报告的提交时间提前至传统交接班时段，简化移动端操作步骤并增加语音操作功能。三是可建立AI应用案例库。收集技术成功应用的实例制作成图文或视频资料，在项目例会中展示，同时记录技术应用中的典型问题及解决过程，供管理人员参考。

5 结语

人工智能要在工程项目安全管理中真正发挥作用，关键在于技术、数据和人员三方面匹配。一是根据项目特点调整算法，明确测试标准，确保系统在新场景下仍准确；二是建立统一的数据采集、清洗和共享规则，保证信息完整、格式一致；三是分岗位培训管理人员和操作人员，让每个人都清楚系统怎么用、报警怎么看、问题怎么处理。扎实落实上述措施，才能建立起全天候、全要素、全生命周期的安全守护网络，使“零事故”从口号变为可计算、可验证、可持续的工程常态。

参考文献

- [1] 赵兵. 人工智能在工程项目管理中的应用与创新研究[J]. 中国战略新兴产业, 2025, (20): 50-52.
- [2] 吕朔君. 生成式人工智能在建筑工程项目管理中的应用[J]. 建设科技, 2024, (07): 73-76.
- [3] 张伟. 人工智能在工程项目管理中的应用探索[J]. 四川建材, 2024, 50(03): 18-20+23.
- [4] 何思聪. 人工智能技术在工程施工安全管理中的应用[J]. 云南水力发电, 2024, 40(S1): 42-46.
- [5] 吕朔君. 生成式人工智能在建筑工程项目管理中的应用[J]. 建设科技, 2024, (07): 73-76.