

# 大数据背景下建筑工程安全管理智能化平台构建与应用

高义宽

中国建筑技术集团有限公司, 北京 100000

DOI:10.61369/ERA.2026050040

**摘 要 :** 近年来, 伴随建筑工程项目越来越大以及越来越复杂, 安全管理出现了信息壁垒, 安全隐患不能及时发现并且缺乏有效的决策依据的情况。借助大数据, 物联网以及人工智能等技术手段, 建立智能建筑安全管理云平台, 实现施工现场各类型异构数据的实时采集、处理与风险报警。平台以数据治理为基础、知识图谱为核心, 做到对人员行为跟踪、机械设备状况监控以及危险行为提前干预, 形成全链条闭环管理机制。应用到具体项目现场之后, 大大提升了安全隐患排查的速度, 减少了违规现象的发生次数, 强化了机械设备的日常保养维护, 整体安全管理能力得到了很大的提升, 可以有效促使建筑工地的安全管理从被动反应变为预先防范。

**关 键 词 :** 大数据; 建筑工程; 安全管理; 智能化平台; 风险预警; 物联网

## Construction of and Application of an Intelligent Platform for Construction Project Safety Management under the Background of Big Data

Gao Yikuan

China Building Technique Group Co., Ltd., Beijing 100000

**Abstract :** In recent years, as construction projects have grown increasingly large and complex, safety management has faced information barriers, leading to delayed identification of potential hazards and a lack of effective decision-making support. By leveraging technologies such as big data, the Internet of Things, and artificial intelligence, an intelligent building safety management cloud platform has been established. This platform enables real-time collection, processing, and risk alerts for various heterogeneous data from construction sites. Grounded in data governance and centered around knowledge graphs, it facilitates personnel behavior tracking, machinery condition monitoring, and proactive intervention against hazardous behaviors, establishing a comprehensive closed-loop management system. When implemented at specific project sites, this platform has significantly accelerated hazard identification, reduced violations, enhanced routine maintenance of equipment, and substantially improved overall safety management capabilities—effectively shifting construction site safety management from reactive responses to proactive prevention.

**Keywords :** big data; construction engineering; safety management; intelligent platform; risk early warning; Internet of Things

## 引言

伴随着建筑工程项目越来越庞大与复杂的趋势, 在建筑施工中发生的大小事故层出不穷并且危害巨大, 传统的依靠目测观察以及经验估测的安全管理手段已经无法适应高要求快速准确性的安全管理工作需要。多源异质信息、实时感知、智能化处理等技术的进步给建筑施工现场安全管理带来了新思路: 大数据结合物联网应用可以做到对现场人的活动轨迹追踪、机器设备的工作情况跟踪以及危险程度评价等, 形成了预警机制和全链条式闭环系统, 使得施工现场的安全管理从原来的被动应对转变为主动防范, 大大减少了事故发生频率, 提高了整个项目的施工进度水平。

## 一、大数据驱动下建筑工程安全管理的新特征与挑战

### (一) 建筑工程安全管理的数据化演进趋势

信息化技术的应用深入到建筑行业当中使得安全管理体系的数据化发展也进入了全方位扩张阶段, 以往靠人工填写的安全检

查表格以及纸面化的记录方式正在转变为依靠现场感知终端进行信息采集, 施工现场产生的视频流、传感器波形线、定位轨迹以及环境监控数据成为新的数据来源依据, 高清摄像头、环境传感器与人员携带型设备等自动化的采集终端可以随时捕捉工地的变化情况从而构建完整的数据感知体系。

同时安全管理数据具有结构型与非结构型共存的特点，打卡系统以及设备状态等结构化数据同图像、点云、音频等非结构化的数据一起构成了多源异构的数据集合体，需要管理系统有强大的多源异构数据融合及特征处理的能力。另外安全管理的空间与组织维度也在不断进化，由单一项目的闭环管理发展成为基于大数据的企业甚至区域的整体风险图谱，从而服务于顶层的安全决策制定。

（二）传统安全管理模式在数据利用上的核心短板

虽然目前已经有多种信息系统应用于施工现场当中但是数据孤岛现象仍然严重。劳务系统、机械系统、质量管理、进度控制等多个系统各自独立运行，缺少统一的数据格式及分享渠道，在发生事故或者隐患追溯时都比较麻烦。各个数据之间无法形成有效的联系，安全管理信息割裂极大地限制了管理能力<sup>[1]</sup>。

除此外，传统的安全督查更多的是以日常巡视的方式为主，隐患排查及消除存在一定的时间差，不能做到对突发危险进行即时制止，在危险性评判的时候也大多凭借主观经验来定夺，缺少对于过往大数据的相关概率算法以及走势预测的依据，很难制定出一套合理有效的危险防范措施。

（三）大数据赋能安全管理的突破方向

大数据技术借助相关性分析发现现场安全风险规律，如通过把工人疲劳状况、违章作业的发生率以及时间间隔分布等因素进行多因子交叉比对从而找出存在安全隐患的行为特征，在事故发生之前进行防范；根据时序信息开发的风险预警模型可以针对基坑变形情况恶化、塔式起重机相撞这些危险点提前发出警报信号，提高风险预测水平。

同时，通过建立针对个人违法行为档案以及根据行为记录发送相应的安全教育培训可以由传统的“大水漫灌式”的培训转换成“精准滴灌式”的个性化的教育，提升培训效率并且加深安全意识。

（四）智能化平台构建面临的关键挑战

智能化平台的技术挑战是在现场恶劣环境下大数据量并发地收集及短时间内的快速传输问题；多种类型的信息对齐以及噪声处理对算法设计提出了更高标准的技术需求；施工现场无线网络信号强度、设备稳定性、信息同步机制对平台性能也影响很大。

另一方面，管理者和基层员工对于智能化监管的认知不同以及对投入产出率的不同认知，会带来推行过程中的障碍以及实际操作上的难题。同时由于不同的厂家设备接口及协议不同造成的数据难以统一、互联互通的问题，还有数据的所有权及隐私的安全保护等问题都需要予以界定，以维持系统的持续运行。

二、建筑工程安全管理智能化平台总体架构与关键技术

（一）平台总体架构设计（“四横两纵”体系）

智能化平台构建了“四横两纵”的系统框架结构，做到涵盖从前端采集到后端决策闭环全方位的安全管理。基础设施方面有高清 AI 摄像头、UWB 定位基站、环境监测装置（PM2.5、声音检测器、风速计）、塔吊及升降机黑匣子以及智慧式安全帽等多种前端采集设备，借助 5G/Wi-Fi6 无线通信技术进行现场数据的实时回传以及大量并发收集，是进行有效监视和处理的前提条件。

数据资源层依托统一的数据湖为基础，汇集 BIM 模型、GIS 地图以及施工现场业务系统的相关数据，完成来自多方不同来源

不同类型的数据的一体化集中存储及管理。数据预处理，数据标注和元数据管理等方式保障了数据的质量以供后文的相关分析、模型构建等工作使用。同时创建相应的安全专题库可以针对不同的施工过程进行具体的研究和追溯<sup>[2]</sup>。

智能引擎层集合规则引擎 + 算法模型库，规则引擎根据国家规定、建筑标准进行严格数值报警，如大臂下禁止进入等；算法模型库包括 YOLO v8 视觉检测、LSTM 时间序列预测、知识推理引擎等，能够做到对于人的行为判断、机器的运行状态预测以及危险推理。业务应用层基于 WEB 端驾驶舱 + 移动端 APP 进行交互，提供风险一幅图、隐患随时拍、智能巡视汇报、应急方案推送等功能形成一个闭环管理体系。

两纵支撑体系为平台稳定运营以及统一化使用提供支持。规范标准体系确立了数据接口标准、模型训练样本标签规则，使得各设备、系统的设备间可以相互传递信息。安全管理运维体系对数据传输进行加密保护，设置用户访问权级并做好系统容灾保护来保证该平台能应对各种复杂的施工环境，并能够保护平台的安全性。如下图 2-1 所示。

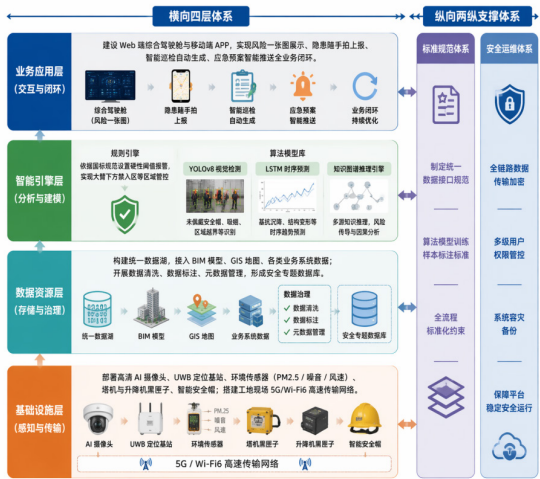


图 2-1 建筑工程安全管理智能化平台总体架构图（四横两纵）

图 2-1 平台总体架构设计

（二）多源异构安全大数据融合与特征提取技术

施工现场产生的安全信息种类繁多，有视频流、位置轨迹、传感器波形、设备日志以及 BIM 模型等等，在此基础上为了更好地应用这些多元化的信息首先要做的是将视频流进行结构化操作，即采用实时视频结构化技术将视频直播转换成文字型的信息，如：“人：张三；动作：进入危险区域；可信度：98%”，再将这种结构化的记录保存在数据库当中，从而给进一步分析、报警等操作以精确的基础支撑，此过程基于目标识别以及行为理解模型的配合完成，在多个对象，多种行为情况下能够做到精准的理解。

物联网的数据与 BIM 模型轻量级结合成为实现信息与工程对象语义连接的核心。在现场测点传感器例如应变片、位移传感器等发出的时间序列信号，经过坐标转换以及语义标记的方法使得每个传感器都与 BIM 元素一一对应了起来，使真实物理状态与数字化模型同步起来，在此基础上可以将实时采集到的信息进行可视化映射在三维界面当中来，方便管理人员了解危险性部位的位置及变化情况而提升问题判断能力。

（三）基于知识图谱的施工安全风险推理模型

知识图谱技术对于复杂的安全生产风险推理和判断提供了逻辑

基础。建立包含人员、设备、环境、管理四大对象类别的本体模型并设定对象属性及相关联性，如“塔机－由－操作人员操纵”，“风力－对－一起吊工作的影响”等等这种本体模型可以让彼此不同的业务数据在语义层面相互联系起来构成一个完整安全风险的知识体系。

在动态推理模块中，可以利用即时信息以及现有的关联规则来自动推演，比如风力传感器读数大于六级以上并伴有塔吊运转的情况下，知识图谱推理引擎就可以判定为存在吊装安全隐患状况并且会主动地采取应急措施如暂停施工、报警提醒以及发送消息到施工现场工作人员的手机上一系列的动作来进行处理；另外通过知识图谱中的因果链条模型也可以帮助我们事后进行倒查分析，从而找到问题所在以及明确相应的安全责任归属和制度改进方向等。

（四）深度学习驱动的主动式安全监管算法

为了解决施工现场复杂的环境中安全监控的问题，应用深度学习驱动的主动式监控算法提高检测率以及智能化报警水平，在围栏闯入、危险区域报警场景下，采用双目视觉加雷达点云信息相结合的方式进行分析，得到人和大型设备之间的相对距离，克服了单传感器方式造成的假警和虚警现象。

个人防护设备（PPE）全天候检测算法对夜间、逆光、遮挡等一系列恶劣光线、恶劣环境进行了适应性调整，在上述条件下对头盔以及反光衣等防护用品有更强的抗干扰能力<sup>[3]</sup>，模型采用强化学习与多目标学习相结合的方法，在极端恶劣环境中也能够获得较高的识别水平。

对于危险行为的时间性活动监测则是基于对连续带动作业行为序列进行分析，而不再是单一帧判断，通过时间上的观察来获取行为逻辑，当连续检测到作业人员高空作业过程中未佩戴安全带的行为序列时可以做出完整地危险行为模式警报而不再是单一的行为错误报警，大大降低误报概率使得预警更加精准可靠。

三、智能化平台在建筑工程现场的应用实践与效能验证

（一）典型应用场景解析

对企业大型机械全寿命安全管理而言，平台借助塔式起重机防冲撞监测系统、可视化吊篮跟踪、施工电梯人证对比及过载警告等方式，做到对机械使用过程全程监测。平台对机械运转时间、维修日志以及操作证件的有效期限等信息建立联系，自动禁止非法操作行为，保障机械设备安全运转<sup>[4]</sup>。

高支模及深基坑施工时，平台采用无线倾角传感器、轴力传感器以及沉降静力水准仪等感知装置对结构进行实时监控，在监测数值变化速度达到一定限度以后，平台会发出声光警报并在手机端发送逃生路线图使施工人员可以迅速进行逃生。结合数据与BIM模型，可以做到基坑、模板支撑体系的状态可视化展示，方便风险辨识更直观、准确。

在人员管控安全管理方面的改进，在UWB高精度定位基础

参考文献

[1] 王金鹏. 基于大数据技术的建筑工程消防监督工作的研究 [J]. 建材发展导向, 2025, 23 ( 24 ) : 100-102.  
[2] 韩旭东. 智慧工地在建筑工程安全管理和质量管理中的运用 [J]. 建材发展导向, 2026, 24 ( 01 ) : 49-51.  
[3] 彭俊翔. 应用智能化工程管理技术, 突破建筑工程管理瓶颈 [J]. 楼市, 2026, (01): 129-131.  
[4] 王诗鑫. 智能建造技术在建筑工程质量管理工作中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2026, ( 02 ) : 59-61.  
[5] 王存健, 陈超. 建筑给排水工程中智能化技术的应用研究 [J]. 水上安全, 2024, ( 15 ) : 70-72.  
[6] 池小龙. 智能化工程管理技术的应用研究 [J]. 企业改革与管理, 2025, ( 21 ) : 12-14.

上设立虚拟围栏以及智能签到平台，可以对施工现场工人的行动轨迹、危险区人数、停留时长进行全面监测，一旦出现坍塌或突发状况时，指挥部可以第一时间掌握被困人数以及具体的身份资料等情报，从而做出正确的判断来抓住黄金施救时机，大大提高了救援速度以及现场管控的安全系数<sup>[5]</sup>。

（二）应用案例实证分析——以某大型商业综合体项目为例

该项目建筑总面积为25万平方米左右，施工时间紧、难点多。其中高空作业、复杂的基础结构是主要困难。平台搭建的过程是先安装设备及联网调试之后，然后开展软件使用培训以及测试工作，在施工的过程中实时对各项数据进行监测记录。如下表1。

表1 核心指标对比

| 指标          | 部署前 | 部署后   | 提升幅度 |
|-------------|-----|-------|------|
| 隐患发现效率（次/天） | 3.2 | 实时抓拍  | 400% |
| 违章行为发生率     | 基线  | 降低85% | 85%  |
| 设备故障停机时间    | 基线  | 减少30% | 30%  |
| 安全员巡查强度     | 高   | 降低    | 约50% |

系统的实时捕捉报警让隐患查找速度提高到每天4倍左右，违章现象大大降低，预知性维修降低了非计划停产的时间大约三分之一，专职的安全管理人员巡检量减少，精力可以放在重点危险部位的现场监督上，经过多种数据分析及智能分析，施工现场安全管理由被动管理变成了主动管理，使得管理的效果以及管理水平都有了很大的进步。

（三）应用推广策略与生态构建

推广方案采取分步推进的路线图：先做到点状感知，例如视频监控、物理量传感器等信息的采集；然后逐步做到系统联动，整合不同来源的信息，形成动态的风险画像；最后达成智能化的决策，在算法模型上进行提升以及预测性的分析来完成对全场景下的闭环管理。

人机协同机制明确了人工智能预警后的人工复核以及进行处理的程序，在一定程度上缓解了一线操作者的焦虑情绪以及担心被取代的情绪，提升了平台的应用普及程度<sup>[6]</sup>。日后平台可以向数字化孪生的方向发展，开展施工过程的安全模拟预演，建立跨项目之间数据互连的数据中心以及安全黑匣子库，为保险公司进行精算工作、风险分析以及投标资质评审等提供参考依据。从而达到促进行业安全管理水平智能化的目的。

四、结语

依托大数据、物联网与AI技术相互融合，建筑施工安全管理实现了由采集、计算到决策的全方位智能控制，智能系统对设备全寿命监控、高大模板及深基坑报警、人员活动跟踪等方面大大提高隐患识别速度、违规处置能力和设备检修质量，平台促使安全监管由事后应对转变为事前防范，为现场安全管理赋能赋智，也为行业内信息化、智慧化建设打下良好基础。