

Research on the Application of Internet of Things Technology in Construction Safety Management

Song Xiong

North-South Water Diversion Ecological Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

With the development of information technology, Internet of Things (IoT) technology has become a key driving force for the digital transformation and intelligent management of the construction industry. It achieves interconnection and data interaction through information sensing devices, revolutionizing the traditional construction safety management model. This study starts with the concept and development history of IoT technology, analyzes problems such as weak safety control awareness and unreasonable management systems in construction, explores its application paths and core technologies in areas such as personnel management, and elaborates with the case of a smart construction site system. Finally, it proposes strategies to promote application from the dimensions of technology, management, and platform construction, such as promoting system integration and architecture optimization. The research shows that the in-depth application of IoT technology can enhance the level of construction safety management and prevent accidents, providing support and guidance for the development of the industry.

Keywords

Internet of Things technology; construction engineering; construction safety; smart construction site BIM

物联网技术在建筑工程施工安全管理中的应用研究

熊松

南水北调生态环保工程有限公司，中国·湖北 武汉 430000

摘要

伴随信息技术发展，物联网技术成建筑行业数字化转型与智能化管理关键动力，它通过信息传感设备实现互联与数据交互，变革传统施工安全管理模式。本研究从物联网技术概念与历程入手，剖析施工安全控制意识淡薄、管理体系不合理等问题，探究其在人员管理等领域的应用路径与核心技术，结合智慧工地系统案例阐述。最后从技术、管理、平台建设维度提出促进应用策略，如推动系统集成与架构优化。研究表明，深度应用物联网技术可提升施工安全管理水平、防范事故，为行业发展提供支撑与指南。

关键词

物联网技术；建筑工程；施工安全；智慧化工地；BIM

1 物联网技术概述

1.1 物联网的定义与发展

学者们普遍将物联网（IoT, Internet of Things）界定为一种综合利用射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统（GPS）、激光扫描器、气体传感器、高清摄像头等多种信息传感装置，遵循既定的通信协议，将任何具有联网需求的物理对象接入互联网或专用网络，从而实现智能化识别、定位、跟踪、监控和精细化管理的分布式网络系统^[1]。该概念最早由美国麻省理工学院的 Kevin Ashton 教授在 1999 年研究射频识别技术时正式提出，经过二十余年的持续演进与技术积累，物联网已经从最初局限于实验室环境

的、单一功能的设备连接示范，逐步发展为架构清晰、技术成熟、生态繁荣的综合性技术体系。根据国际数据公司（IDC）的最新预测，到 2030 年全球物联网市场规模将突破 3 万亿美元大关，其应用场景已从最初的物流追踪、智能家居，迅速扩展到智能制造、智慧城市、智慧医疗、智能农业、智能建筑等国民经济主战场，展现出极其广阔的应用前景和巨大的经济价值^[2]。

1.2 物联网的核心技术组成

物联网系统通常由三个逻辑层次构成，各层之间通过标准接口进行通信，共同完成从物理世界到信息世界的映射：

感知层（基础层）：是物联网的皮肤和五官，主要负责识别物体和采集信息。包括各类传感器、RFID 电子标签、二维码标签、摄像头、GPS/北斗定位模块等。

网络层（传输层）：是物联网的神经中枢和血脉系统，

【作者简介】熊松（1988—），男，中国湖北仙桃人，本科，工程师，从事建筑工程研究。

主要负责将感知层采集到的数据安全、可靠地传输到应用层，构建起一个覆盖整个施工现场的泛在网络，确保数据能够低延迟、高带宽、稳定地汇聚到云平台或本地数据中心进行处理。

应用层（处理层）：是物联网的社会分工和最终价值体现，主要负责对网络层传输来的海量数据进行存储、挖掘、分析和可视化，并与行业专业知识相结合，形成面向特定场景的智能化解决方案。该层基于大数据处理平台、云计算服务、人工智能算法等技术，开发出诸如人员安全管理、设备运行监控、环境风险预警、隐患排查闭环管理、BIM模型轻量化展示与交互等一系列应用功能，为项目管理者决策提供直观、准确的数据支持^[1]。

2 建筑工程施工中的主要安全问题分析

2.1 全过程安全控制意识不足

当前，众多建筑企业，尤其是资源相对有限、管理规范化程度有待提升的中小型施工单位，在项目施工过程中普遍存在一个突出问题：项目决策层和管理者往往将主要精力和关注点放在追求工程进度、控制项目成本、确保施工质量等显性指标上，而对作为一切工作基础和底线的安全管理的重要性缺乏足够的、持续性的认识和重视。由于这种管理重心的偏移和短期利益导向，贯穿于项目立项、设计、施工准备、现场作业、竣工验收等各个阶段的全过程安全管理理念在实际操作中常常被割裂，未能得到有效贯彻和落实。

2.2 安全管理体系不健全

许多企业制定的安全管理制度内容空洞、千篇一律，往往流于形式，缺乏针对不同项目类型、不同施工阶段、不同作业环境的差异化和可操作性，难以适应复杂多变项目的实际需求。^[4]对新材料、新工艺带来的新型风险认知不足，缺乏相应的管理标准和应对流程。这使得安全管理体系看似完备，实则脆弱，无法形成有效的防御屏障。

2.3 设施与技术水平相对滞后

部分施工企业出于压缩短期成本、追求利润最大化的考虑，存在刻意压缩安全投入、继续使用老旧淘汰设备、忽视新技术引进和升级的现象。部分工地仍广泛采用纸质记录单进行安全检查、验收和交接，然后通过人工方式进行统计、汇总和上报，这种信息处理方式效率低下，容易出错，且导致安全信息在不同部门和人员之间形成“孤岛”，无法实现共享与联动，难以为管理层的科学决策提供及时、准确、全面的数据支撑。^[5]

3 物联网技术在建筑工程施工安全管理中的具体应用

3.1 人员安全管理

人脸识别与门禁系统：通过在工地主出入口、重要区域部署动态人脸识别闸机或门禁设备，利用生物特征识别技术，对进出人员进行快速、准确的实名制身份核验，确保只

有经过安全教育和授权的人员才能进入相应区域，有效防止无关人员、身份不明人员混入现场，从源头上减少潜在的安全威胁^[2]。

劳务实名制管理：结合RFID芯片或IC卡技术，为每一位进场施工人员建立唯一的电子身份档案，实现从入场安全教育、合同签订、住宿分配到工时统计、工资发放的全过程信息化管理。

定位与追踪技术：为施工人员，尤其是高风险岗位人员配备智能安全帽。在施工现场关键区域部署定位基站，可实时、高精度监控人员位置。当人员误入或接近预设的危险区域时，系统可立即通过智能安全帽的声光报警装置或手持终端向其发出预警信息，提醒其迅速撤离。在发生事故时，救援人员可根据定位信息快速确定被困人员位置，极大提高救援效率^[7]。

3.2 施工安全监管

物联网技术可对施工现场的关键设备与高风险作业环节实施全天候、不间断、可视化的自动监管，有效提升安全管理的效能和覆盖面：

塔吊、升降机等特种设备监控：在塔吊关键部位安装高精度倾角传感器、超声波风速仪等传感器，在司机操作室、吊钩下方安装高清摄像头，实时采集塔吊运行数据并传输至智慧工地平台。平台算法模型将数据与安全阈值比对分析，若发现超载、超力矩等异常情况，系统自动向塔吊司机驾驶室声光报警，还可按预设策略执行限位、断电等保护操作，同时将报警信息推送给相关管理人员手机App，防止设备倾覆、碰撞等事故。^[4]

深基坑与边坡监测：利用埋入式或表面安装的位移传感器、钢筋计式应力计、孔隙水压力渗压计等设备，对深基坑支护结构的水平位移、竖向沉降、支撑轴力、地下水位变化等关键参数进行24小时自动化监测。监测数据实时上传至云平台，平台自动生成数据变化曲线和报表，当监测数据接近或超过预设的预警值或控制值时，系统会立即启动多级报警机制。

安全隐患排查与整改闭环管理：现场人员发现安全隐患后，可通过手机App上传至智慧工地平台。平台自动生成隐患整改通知单，派发给责任人。责任人收到通知后，需在规定时限内完成整改并上传整改后的照片或视频反馈。提交后，由指定人员复检验收，验收通过，隐患处理流程结束。此过程全程留痕，责任清晰，极大地提升了隐患排查治理的效率和透明度，确保了安全隐患能够得到及时、彻底的消除^[5]。

3.3 安全风险预警与应急响应

物联网系统通过构建覆盖全场的感知网络，实现对环境风险和人员不安全行为的智能预警，变被动应对为主动预防：

环境风险预警：在施工现场易产生有害气体区域、消防重点部位、噪音扬尘敏感区域等部署对应传感器，实时监

测环境参数。若监测到异常超标情况，系统会自动触发场内声光报警器，同时通过短信、App推送等多渠道向安全管理人员报警，提醒相关人员赶赴现场处置，或通知作业人员紧急撤离。

电子围栏与入侵检测：利用周界红外对射、激光雷达或UWB精确定位技术，在非作业区、危险源周边、高压线下方等区域设置虚拟的电子围栏。当有未经授权的人员或设备进入该区域时，附近的摄像头会自动转向并跟踪，系统立即发出语音警告，并上报入侵事件，防止意外伤害发生。^[6]

AI视频行为识别：结合关键区域的高清网络摄像头与边缘计算设备，利用计算机视觉和深度学习算法实时分析视频流，自动识别施工人员未戴安全帽、未系安全带、在危险区域吸烟、人员聚集超员等典型不安全行为。识别到违规行为后，系统数秒内自动产生报警截图和记录，并通知就近安全员干预处理。

4 物联网技术在施工安全管理中的应用措施

4.1 推动技术集成与系统优化

建筑企业应转变观念，加大在物联网相关技术、设备和人才方面的投入，摒弃过去“头痛医头、脚痛医脚”的零散式技术应用模式，着力构建一个统一规划、统一标准、数据互通、业务协同的智慧工地集成管理平台。该平台应能有效整合来自人员定位系统、设备监控系统、环境监测系统、视频监控系统、BIM模型等多个独立子系统的数据，打破信息孤岛，实现数据的融合共享与交叉分析。同时，在平台设计和建设过程中，必须高度重视系统的稳定性、可靠性、安全性和可扩展性，确保其能够承受施工现场复杂恶劣的环境考验，支持海量终端设备的并发接入与数据处理，并具备平滑升级和扩展新功能的能力，确保在大规模、长周期的应用场景下仍能持续、可靠、高效运行。^[2-5]

4.2 构建可视化与智能化管理平台

可视化是提升安全管理直观性与决策效率的关键。应利用BIM技术的精细化三维建筑模型，结合GIS提供的宏观地理环境信息，将物联网前端实时采集的人员位置、设备状态等动态信息，以图表等形式精准叠加融合到BIM三维模型或GIS地图相应位置，打造“数字孪生”可视化管控中心。管理人员无需亲临现场，即可在指挥中心大屏或电脑终端上，一目了然地掌握整个工地的实时安全态势、资源分布和作业进展。通过数字孪生技术，不仅可以进行静态的展示，还可以对施工过程进行模拟推演，对潜在风险进行预测预警，对应急预案进行可视化演练，从而支持管理人员进行

更加科学、精准的指挥与调度决策。^[6]

4.3 完善安全管理制度与标准

物联网技术的深度应用，必然会对传统的安全管理流程、组织职责、工作方式带来冲击和改变。因此，建筑企业必须同步推进管理制度的创新与优化，制定与物联网技术应用相配套的一系列管理规范、操作规程和工作标准，明确从公司决策层到项目部，再到具体操作人员，在物联网系统使用、数据解读、报警响应等各个环节的职责和权限，确保技术应用与管理制度相互促进、深度融合，形成“人防+技防+管防”三位一体的现代化安全管理新格局^[4]。同时，要加强人员培训，确保各级管理人员和作业人员能够熟练使用相关系统和设备，理解报警含义，并掌握正确的应急处置方法。

5 结语

综上所述，物联网技术以全面感知、可靠传输、智能处理能力，为建筑工程施工安全管理带来理念、方法和技术的变革。它通过精准识别与追踪人员、实时监控与预警机械设备、持续感知与报警作业环境风险，构建安全管理网络，提升施工现场安全管理的预见性、精准性和高效性，降低安全事故概率，保障人员生命与工程顺利进行。

展望未来，5G通信、边缘计算、人工智能、数字孪生等前沿技术成熟并与物联网深度融合，物联网在建筑安全管理的应用场景将更丰富，功能更强，效果更智能。建筑企业应顺应趋势，加大投入、勇于实践，构建完善现代化施工管理体系，为建筑业高质量、可持续发展奠定安全基础。

参考文献

- [1] 李海利. 新时代背景下土建施工中问题和实践路径思考[J]. 中华建设, 2022(5): 33-34.
- [2] 李佩琪, 慕春明, 韦春昌, 等. 基于BIM和物联网技术的建筑项目智慧工地施工安全管理的研究[J]. 项目管理技术, 2022, 20(6): 48-52.
- [3] 肖旭宇. 物联网技术在社会消防安全管理中的要点分析[J]. 消防界(电子版), 2022, 8(12): 54-55.
- [4] 胡刚. 物联网技术在数字化井场建设中的应用[J]. 信息系统工程, 2022(4): 15-18.
- [5] 王建国, 张伟. 物联网技术在建筑施工安全监测中的应用研究[J]. 施工技术, 2021, 50(S2): 521-524.
- [6] 陈晓东, 李娜. 智慧工地建设中物联网与BIM的集成应用研究[J]. 建筑技术, 2023, 54(2): 191-194.
- [7] 张涛, 李静. 智慧工地人员定位安全管理系统设计与实现[J]. 土木建筑工程信息技术, 2022, 14(04): 98-103.