

建筑工程施工安全管理中的智能化应用研究

刘明崽

浙江航兴建设集团有限公司 浙江湖州 313000

【摘要】随着建筑行业的快速发展和信息技术的不断革新,传统的建筑工程施工安全管理模式已难以满足现代化建筑工程的需求。本文针对当前建筑工程施工安全管理中存在的问题,探讨了人工智能、物联网、大数据等新一代信息技术在施工安全管理中的应用前景与实施策略。通过分析智能化技术在安全监测、预警、管理决策等方面的具体应用,提出了建筑工程施工安全管理智能化的整体解决方案。研究表明,智能化技术的应用能够有效提升施工安全管理的效率和准确性,降低安全事故发生率,为建筑工程施工安全管理的现代化转型提供重要支撑。

【关键词】建筑工程; 施工安全; 智能化管理; 物联网; 人工智能; 大数据

引言:

建筑工程施工安全管理是确保工程顺利实施的重要保障,其效果直接关系到施工人员的生命财产安全和工程的整体质量。随着建筑工程规模的不断扩大和复杂程度的提高,传统的人工管理方式已显现出诸多不足,如信息获取滞后、预警机制不完善、管理效率低下等问题。在此背景下,将智能化技术应用于施工安全管理成为行业发展的必然趋势。本文旨在探讨智能化技术在建筑工程施工安全管理中的应用策略,为提升施工安全管理水平提供理论参考和实践指导。

1 建筑工程施工安全管理现状

1.1 传统施工安全管理模式的特点及存在问题

传统建筑工程施工安全管理主要依靠人工巡查、纸质记录和判断进行管理。管理人员通过定期巡视施工现场,观察施工人员的操作行为、检查安全防护设施、记录潜在安全隐患等方式开展工作。这种管理模式存在明显的局限性:安全检查覆盖面不足,无法实现全时段、全方位的监控;数据采集方式落后,大量依赖人工记录,导致信息采集滞后且易出错;安全隐患预警能力薄弱,往往在问题发生后才能发现和处理;安全管理信息难以有效传递和共享,各部门之间协调性差;安全事故分析缺乏科学依据,预防措施针对性不强。此外,传统管理模式下的安全培训方式单一,难以满足施工人员的实际需求,安全意识提升效果不理想。在建筑工程规模不断扩大、施工工艺日益复杂的背景下,这些问题日益凸显,严重制约着施工安全管理水平的提升。

1.2 施工安全管理智能化的必要性和可行性

智能化技术在施工安全管理中的应用是建筑行业发展的必然要求。^[1]从必要性角度看,建筑工程施工环境复杂多变,传统人工管理已难以应对日益增多的安全风险;施工过程中产生的海量数据需要高效处理和分析;工程建设各方对安全管理精细化、智能化的需求不断提高。从可行性角度看,物联网技术的成熟为实时数据采集提供了技术支撑;人工智能算法在图像识别、行为分析等领域的突破为安全风险识别创造了条件;云计算和大数据技术为数据存储、分析和决策提供了有力保障;5G通信技术的发展解决了数据传输的瓶颈问题。智能化设备成本的不断降低,也为智能化技术在施工现场的大规模应用创造了经济基础。智能化管理能够实现安全隐患的及时发现和处理,提高管理效率,降低人力成本,减少安全事故发生率。

1.3 国内外智能化施工安全管理研究现状

发达国家在建筑工程施工安全管理智能化方面已取得显著进展。美国通过BIM技术与物联网的结合,实现了施工现场的可视化管理和实时监控;日本开发了基于机器学习的安全风险评估系统,能够准确预测潜在危险;德国将数字孪生技术应用于施工安全管理,实现了虚实结合的智能监管。国内智能化施工安全管理起步相对较晚,但发展速度较快。国内研究主要集中在智能安全帽的应用、视频监控智能分析、环境监测预警等方面。部分大型建筑企业已建立了智能化安全管理平台,实现了施工现场的智能监测和预警。但总体来看,国内在系统集成、数据分析、智能决策等方面与国际先进水平仍存在差距。智能化技术在中小型工程项目中的普及率较低,标准化程度不高,智能化管理的深度和广度还需进一步提升。

2 施工安全管理智能化系统架构设计

2.1 系统总体架构及功能模块

施工安全管理智能化系统采用分层架构设计，由感知层、网络层、平台层和应用层构成。感知层包括各类传感器、智能设备和数据采集终端，负责现场数据的实时采集；网络层通过5G、WiFi等通信技术实现数据传输；平台层包含数据处理中心、AI分析引擎和云存储系统；应用层提供安全监测、预警预测、决策支持和应急处置等功能模块。^[2]系统各功能模块间相互协同，形成完整的智能化管理闭环。在数据安全方面，系统采用多重加密和访问控制机制，确保数据传输和存储的安全性。系统接口采用标准化设计，可与项目管理系统、BIM系统等实现无缝对接，支持后续功能扩展和升级。

2.2 安全监测与预警子系统

安全监测与预警子系统主要由现场监测设备、数据采集单元和预警分析模块组成。监测设备包括智能安全帽、环境监测器、摄像头等硬件设备，实时采集人员位置、环境参数和施工场景数据。数据采集单元对采集的数据进行初步处理和筛选，确保数据质量。预警分析模块基于深度学习算法，对施工现场的异常情况进行识别和预警，包括危险区域入侵、高空作业违规、安全防护缺失等场景。系统设定多级预警阈值，当监测数据超出安全范围时，自动触发相应级别的预警信号，通过手机APP、现场警示设备等多种方式发出预警信息。

2.3 数据分析与决策支持子系统

数据分析与决策支持子系统运用大数据分析技术，对施工现场采集的数据进行深度挖掘和分析。通过建立安全风险评估模型，系统能够识别潜在的安全隐患，预测可能发生的安全事故。决策支持模块基于历史数据和专家经验，构建安全管理知识库，为管理人员提供科学的决策建议。系统采用可视化技术展示分析结果，包括安全态势分析图、风险预测报告和改进建议等。机器学习算法的应用使系统具备自我学习能力，随着数据积累不断优化分析模型，提高预测准确性。

2.4 应急处置与管理子系统

应急处置与管理子系统为突发事件处理提供全流程支持。系统内置应急预案库，根据事件类型自动匹配相应的处置方案。通过移动终端实现应急指令的快速下达和信息共享，确保各方及时掌握现场情况。系统支持应急资源的智能调度，包括人员、设备和物资的统筹安排。事件处理过程

中，系统自动记录处置流程，生成应急处置报告。通过案例库的积累和分析，不断完善应急预案，提高处置效率。^[3]系统还包含应急演练模块，支持各类突发事件的模拟演练，提升应急响应能力。系统集成了智能分析功能，对历史应急事件进行分类归档和深度分析，总结事故规律和处置经验。基于大数据分析，系统能够对不同类型应急事件的处置效果进行评估，持续优化应急预案和处置流程。同时，系统通过人工智能技术实现应急预案的智能推荐，根据事件特征自动匹配最优处置方案，提高应急响应的科学性和有效性。

3 智能化技术在施工安全管理中的具体应用

3.1 基于物联网的现场安全监测

物联网技术在施工现场安全监测中的应用主要包括智能安全帽、环境监测设备和特种设备监控系统。智能安全帽集成了定位模块、生命体征传感器和通信模块，实时监测施工人员的位置信息和身体状态。环境监测设备通过温湿度传感器、噪声检测器、粉尘浓度检测器等，对施工现场的环境参数进行实时监测。特种设备监控系统对塔吊、升降机等关键设备进行实时监控，记录设备运行状态和使用情况。监测数据通过物联网网关传输至云平台，形成施工现场的数字化监测网络。各类传感设备和监测系统相互配合，构建起全方位的现场安全监测体系，实现施工现场的智能化管理和控制。

3.2 基于人工智能的风险识别与预警

人工智能技术在施工安全风险识别中发挥重要作用。基于深度学习的计算机视觉系统能够通过视频监控实时识别施工现场的不安全行为，如未佩戴安全帽、违规操作、高空作业无防护等。智能算法对施工人员的行为轨迹进行分析，识别异常行为模式。语音识别技术用于抓取现场的异常声音信号，及时发现设备故障或危险情况。人工智能系统通过对多源数据的融合分析，建立风险预警模型，对潜在的安全风险进行预判和预警。系统根据风险等级自动触发相应的预警机制，通过声光报警、短信通知等方式提醒相关人员采取预防措施。

3.3 基于大数据的安全管理决策

大数据技术为施工安全管理决策提供数据支撑和分析工具。通过对历史安全事故数据、监测数据和管理记录的挖掘分析，识别安全事故的发生规律和影响因素。利用数据建模技术构建安全风险评估模型，对施工项目的安全风险进行量化评估。大数据分析结果以可视化方式呈现，包括安全风险热力图、事故统计分析图表等，帮助管理人员直观了解安全

管理现状。系统根据分析结果自动生成安全管理建议，指导安全检查重点和管理措施的制定。大数据分析还支持安全生产标准化评价，为管理决策优化提供依据。

3.4 智能化应用的典型案例分析

某超高层建筑项目在施工过程中全面应用智能化安全管理系统，取得显著效果。项目部署智能安全帽定位系统，实现对2000余名施工人员的实时定位和管理。视频智能分析系统在项目实施期间识别出300余次安全隐患，预防多起潜在事故。环境监测系统对施工现场的PM2.5、噪声等指标进行24小时监测，有效管控环境风险。大数据分析平台对3个月施工数据进行分析，发现施工工序交叉作业是主要风险源，据此优化施工组织方案。智能化系统的应用使该项目的安全管理效率提升40%，安全事故率下降50%，投入产出比达到1:4。

4 施工安全管理智能化实施策略与效果评价

4.1 智能化系统实施路径

建筑工程施工安全管理智能化系统的实施采用分步推进策略。前期制定详细的实施计划，明确各阶段目标和重点任务。基础设施建设阶段重点完成网络布线、服务器部署、智能设备安装等硬件配置工作。系统部署阶段按照“试点先行、分步实施、全面推广”的原则，在部分区域或工序进行试点应用，积累经验后逐步扩大应用范围。数据积累阶段注重各类数据的采集和存储，建立完善的数据资源库。系统优化阶段根据实际应用效果，对系统功能进行调整和完善，不断提升系统性能。通过建立专业的技术团队，确保系统实施过程中的技术支持和运维保障。

4.2 保障措施与管理制度

智能化系统实施需要完善的保障措施和管理制度作为支撑。建立健全智能化安全管理组织架构，成立专门的管理机构，明确各部门职责分工。制定智能化安全管理制度，规范系统使用、数据管理、设备维护等工作流程。加强人员培训，提升管理人员和施工人员的系统操作能力和数据分析能力。建立考核激励机制，将智能化管理效果纳入绩效考核体系。完善应急响应机制，制定系统故障应急预案。建立系统运维保障制度，确保设备正常运转和数据安全。定期开展系统使用效果评估，及时发现和解决问题。

4.3 应用效果评价指标体系

建立科学的评价指标体系，对智能化系统应用效果进行全面评估。安全管理效率指标包括安全隐患识别率、预警信息准确率、问题处理及时率等。安全管理效果指标包括

安全事故发生率、重大隐患整改率、员工安全意识提升程度等。系统运行指标包括设备完好率、数据采集准确率、系统响应时间等。经济效益指标包括安全管理成本节约率、安全投入产出比等。社会效益指标包括企业安全管理水平提升程度、行业影响力等。通过对各项指标的定期统计和分析，客观评价智能化系统的实施效果。评价指标体系还应注重动态调整机制，根据施工项目特点和管理需求及时更新完善，确保评价结果的科学性和适用性。同时建立指标权重动态调整机制，针对不同类型工程项目特点，合理设置各项指标的评价权重。

4.4 存在问题及优化建议

智能化系统在实施过程中仍存在一些需要解决的问题。技术层面存在系统兼容性不足、数据质量不稳定、算法精度有待提高等问题；管理层面存在制度执行不到位、人员适应能力不足、数据应用深度不够等问题；成本层面存在初始投入较大、维护成本高等问题。针对这些问题，建议加强关键技术研发，提高系统稳定性和可靠性；完善标准规范，促进系统互联互通；强化人员培训，提升使用效率；创新商业模式，降低使用成本；加强行业合作，推动技术进步和标准统一。通过持续优化和改进，不断提升智能化系统的应用效果。建议构建行业级智能化安全管理平台，实现数据共享和经验互通，促进整个建筑行业安全管理水平的整体提升。同时加强产学研合作，推动智能化安全管理关键技术的突破和创新，为系统优化提供技术支撑。

结语

智能化技术在建筑工程施工安全管理中的应用，是顺应时代发展的必然选择。通过构建完善的智能化安全管理系统，能够实现施工现场的实时监控、风险预警和智能决策，有效提升施工安全管理水平。然而，智能化应用的推广仍面临着技术、管理等多方面的挑战，需要建筑行业各方共同努力，不断探索和完善，推动建筑工程施工安全管理的智能化转型和升级。

参考文献：

- [1] 马博. 装配式建筑智能化技术在工程施工管理中的应用[J]. 佛山陶瓷, 2022, 32(12): 72-74.
- [2] 詹培军. 智能化施工技术在装配式建筑工程施工管理中的应用[J]. 工程技术研究, 2022, 7(07): 130-132.
- [3] 吴纪飞. 装配式建筑智能化施工技术在建筑工程施工管理中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021, (11): 105-106.