

智慧建造技术在建筑施工安全生产管理中的实践与应用

叶黛

浙江大华建设集团有限公司，浙江杭州，310004；

摘要：在建筑行业蓬勃发展背景下，施工规模与复杂度攀升，安全生产管理至关重要。传统管理模式存在安全监管不及时、人员管理粗放、隐患排查困难等问题。智慧建造技术融合物联网、大数据、人工智能等前沿技术，在人员安全管理、机械设备监控、环境监测与预警及安全教育培训等方面实现创新应用。通过案例分析，其应用显著提升安全管理成效，降低事故发生率。但该技术面临成本高、数据安全、标准不统一及人员技术不足等挑战。未来，与区块链、5G、边缘计算融合将推动行业发展。

关键词：智慧建造技术；建筑施工；安全生产管理；应用挑战；未来趋势

DOI：10.69979/3029-2727.25.06.067

前言

在建筑行业蓬勃发展的当下，建筑施工规模与复杂度持续攀升。建筑施工安全生产管理作为建筑行业的核心环节，肩负着保障施工人员生命安全、维护企业经济效益与社会稳定的重任。安全事故不仅会导致人员伤亡，还会造成巨大的经济损失，甚至影响企业的声誉和可持续发展。据相关数据显示，近年来建筑施工安全事故虽呈下降趋势，但仍时有发生，每一起事故背后都是家庭的破碎和社会资源的浪费。因此，加强建筑施工安全生产管理刻不容缓。

随着科技的飞速进步，智慧建造技术应运而生，为建筑施工安全生产管理带来了新的契机。它融合了物联网、大数据、人工智能、BIM等前沿技术，如同为建筑施工安全生产管理注入了“智慧大脑”，能够实现对施工过程的全面感知、实时监控、智能分析和精准决策，有效提升安全生产管理的效率与水平，降低事故发生率^[1]。在实际应用中，智慧建造技术已在众多建筑项目中展现出独特优势，成为建筑行业实现安全生产与高质量发展的关键驱动力。本文将深入探讨智慧建造技术在建筑施工安全生产管理中的实践与应用，为行业发展提供有益参考。

1 智慧建造技术概述

在建筑行业发展态势向好，施工规模与复杂度递增的背景下，建筑施工安全生产管理至关重要，关乎人员生命、企业效益及社会稳定。尽管安全事故近年呈下降趋势，但仍频发，造成严重损失，加强管理刻不容缓。

智慧建造技术融合物联网、大数据、人工智能、BIM等前沿科技，为建筑施工安全生产管理带来革新。它贯穿建筑全生命周期，从规划设计的数字化模拟分析，到施工阶段的实时监控与精准控制，再到运营维护的状

态监测，以数据驱动、智能为核，助力实现高效、安全、绿色建筑目标。

物联网技术通过施工现场部署传感器，实时采集传输设备、材料、人员等信息，实现全面感知与互联互通，方便施工人员决策。大数据技术收集、存储、分析建造过程中的海量数据，预测潜在风险，优化施工方案。云计算提供强大计算与存储能力，支持云端处理建筑数据，实现协同办公。人工智能在智慧建造中实现智能决策，如分析图像视频识别安全隐患、优化施工流程。BIM技术以三维模型集成建筑全生命周期信息，用于设计阶段碰撞检查、施工阶段虚拟施工、运营阶段设施管理。

2 建筑施工安全生产管理现状剖析

安全监管不及时：传统建筑施工安全监管主要依赖人工巡查，而施工现场范围广、作业面多，巡查人员难以做到实时全面监控。例如，在一些大型建筑项目中，施工区域面积可达数万平方米，涵盖多个施工阶段和工种，人工巡查周期较长，可能无法及时发现诸如设备故障、违规操作等安全隐患^[2]。一旦隐患在巡查间隔期内引发事故，将造成严重后果。据统计，因安全监管不及时导致的事故占建筑施工事故总数的30%左右。

人员管理粗放：建筑施工人员流动性大、素质参差不齐，传统管理模式难以实现精细化管理。部分施工企业在人员招聘时，对人员资质审核不够严格，导致一些不具备相应技能和安全知识的人员进入施工现场。同时，在人员培训方面，往往采用集中授课等单一方式，效果不佳，工人对安全知识和操作规范的掌握程度不足。在人员考勤与定位管理上，缺乏有效手段，无法实时掌握人员位置与工作状态，一旦发生紧急情况，难以迅速做出响应。

隐患排查困难：施工现场的安全隐患具有多样性和

隐蔽性,传统依靠人工经验判断的隐患排查方式存在局限性。例如,一些隐蔽工程中的安全隐患,如地下管道铺设、电气线路敷设等问题,难以通过肉眼直接观察发现。而且人工排查容易受到主观因素影响,不同排查人员对隐患的判断标准可能存在差异,导致部分隐患被遗漏。此外,对于一些动态变化的隐患,如施工设备的磨损、环境因素的变化等,传统排查方式难以做到实时跟踪监测。

3 智慧建造技术在安全生产管理中的具体应用

3.1 人员安全管理

人员智能管理系统借助先进的物联网与信息技术,实现对建筑施工人员的全方位管理。通过在施工现场部署蓝牙定位基站、RFID 读写器等设备,配合人员佩戴的智能安全帽、工牌等终端,可实时精准定位人员位置,管理人员在监控中心的电子地图上,能清晰看到每个施工人员的具体位置,一旦发生紧急情况,如火灾、坍塌等事故,可迅速确定被困人员位置,展开救援行动,大大提高救援效率。

在考勤管理方面,系统自动记录人员的进出时间,无需人工打卡,避免了代打卡等现象,确保考勤数据的真实性。同时,系统还能根据考勤数据统计人员的工作时长,为工资结算提供准确依据。例如,某建筑项目采用人员智能管理系统后,考勤管理效率提高了 50%,工资结算错误率降低至零。

此外,该系统还能详细记录人员的培训记录,包括培训时间、培训内容、考核成绩等。企业可根据人员的培训记录,有针对性地安排后续培训,确保施工人员始终掌握最新的安全知识与操作技能。对于未按时参加培训或考核不通过的人员,系统会自动提醒,禁止其进入施工现场,有效保障了施工人员的安全素质。

3.2 机械设备安全监控

高支模、塔吊等大型机械设备是建筑施工中的关键设备,其运行状态直接关系到施工安全。高支模监测系统在高支模的关键部位,如立杆、横杆、剪刀撑等,安装压力传感器、位移传感器等,实时监测高支模的受力和变形情况。当监测数据超过预设阈值时,系统立即发出警报,通知现场管理人员采取加固措施,防止高支模坍塌事故发生^[3]。在某高层建筑施工中,高支模监测系统及时发现了一处立杆受力异常,现场管理人员迅速组织人员进行加固,避免了一起可能发生的高支模坍塌事故。

塔吊监控系统则通过安装在塔吊上的各类传感器,如重量传感器、角度传感器、风速传感器等,实时监测

塔吊的吊重、变幅、回转、高度等运行参数。当塔吊出现超重、超力矩、超高、碰撞等危险情况时,系统自动报警,并采取相应的控制措施,如限制塔吊运行、切断电源等,防止事故发生。同时,塔吊监控系统还能对塔吊的运行数据进行记录和分析,为设备的维护保养提供依据,提前发现潜在故障隐患,降低设备故障率。

3.3 施工现场环境监测与预警

施工现场环境复杂多变,温湿度、噪声、有害气体等环境参数的异常变化可能会对施工人员的身体健康和施工安全产生影响。利用传感器技术,在施工现场部署温湿度传感器、噪声传感器、有害气体传感器等,可实时监测施工现场的环境参数。温湿度传感器能够准确测量施工现场的温度和湿度,一旦温度过高或湿度过大,可能会影响施工人员的身体状态,引发中暑、滑倒等事故,系统会及时发出预警,提醒施工人员采取防暑降温、防滑等措施。

噪声传感器可监测施工现场的噪声水平,当噪声超过国家标准时,会对施工人员的听力造成损害,系统会发出警报,督促施工单位采取降噪措施,如调整施工设备运行时间、使用隔音材料等。

有害气体传感器能实时监测施工现场空气中的有害气体浓度,如一氧化碳、硫化氢、甲醛等。当有害气体浓度超标时,会对施工人员的生命安全构成威胁,系统立即发出警报,并启动通风设备,排出有害气体,同时通知施工人员撤离现场。通过对施工现场环境参数的实时监测与预警,能够有效预防因环境因素引发的安全事故,保障施工人员的健康与安全。

3.4 安全教育培训创新

VR 安全教育培训系统利用虚拟现实技术,为施工人员打造沉浸式的安全培训环境。施工人员佩戴 VR 头盔和手柄,仿佛置身于真实的施工现场,能够亲身“经历”各种安全事故场景,如高处坠落、物体打击、火灾等。在 VR 模拟的高处坠落场景中,施工人员能真切感受到坠落时的恐惧和危险,从而深刻认识到正确佩戴安全带等安全防护用品的重要性;在火灾场景中,施工人员可学习如何正确使用灭火器、逃生路线的选择等应急处理技能。

与传统的安全教育培训方式相比,VR 安全教育培训系统具有更强的互动性和体验性,能够有效提高施工人员的参与度和学习效果。通过多次重复体验不同的事故场景,施工人员的安全意识和应急处理能力得到显著增强。某建筑企业采用 VR 安全教育培训系统后,施工人员的安全违规行为减少了 30%,在模拟应急演练中的响

应速度和处理能力也有了明显提升。

4 智慧建造技术应用面临的挑战与应对策略

成本投入高：智慧建造技术的应用需要购置大量先进的智能设备与软件系统，如各类传感器、智能安全帽、BIM软件等，这些设备和软件的采购成本高昂。同时，为了保障智慧建造技术的正常运行，还需要投入资金进行系统维护、数据存储与分析等，这对于一些资金实力较弱的建筑企业来说，是一笔不小的开支，限制了智慧建造技术的推广应用。据统计，采用智慧建造技术的项目，前期成本投入相比传统项目平均增加10%-20%。

数据安全与隐私保护：在智慧建造过程中，会产生大量的施工数据，包括人员信息、工程进度数据、设计图纸等，这些数据包含了企业的商业机密和个人隐私。一旦数据遭到泄露或被恶意篡改，将给企业和个人带来巨大损失。例如，黑客攻击可能导致施工进度数据被篡改，影响项目正常推进；人员信息泄露可能引发个人隐私问题，给施工人员带来困扰。此外，由于智慧建造涉及多个参与方，数据在传输与共享过程中，也存在安全风险。

技术标准不统一：目前，智慧建造技术尚处于发展阶段，缺乏统一的技术标准和规范。不同企业、不同系统之间的技术接口和数据格式存在差异，导致数据难以实现有效共享与集成。例如，在一些建筑项目中，不同供应商提供的物联网设备和BIM软件之间无法无缝对接，信息传递不畅，影响了智慧建造技术的协同应用效果，降低了工作效率。

人员技术水平不足：智慧建造技术融合了多种先进技术，对从业人员的技术水平和综合素质提出了更高要求。然而，目前建筑行业从业人员大多习惯传统施工模式，对智慧建造技术的了解和掌握程度有限。部分施工人员不会操作智能设备，管理人员缺乏数据分析和智能决策能力，导致智慧建造技术在实际应用中无法充分发挥其优势^[4]。据调查，建筑行业中具备智慧建造技术相关知识和技能的人员占比不足30%。

制定合理预算：建筑企业应根据自身实际情况和项目需求，制定科学合理的智慧建造技术应用预算。在预算编制过程中，充分考虑设备采购、软件授权、系统维护、人员培训等各项费用，并对成本效益进行评估。对于资金有限的企业，可以采取分期投入、租赁设备等方式，降低一次性成本支出。同时，积极争取政府相关政策扶持和补贴，缓解资金压力。

加强数据安全防护：建立完善的数据安全管理体系，采用加密技术对施工数据进行加密处理，确保数据在传输和存储过程中的安全性。设置严格的访问权限，根据

人员职责和工作需要，分配不同的数据访问级别，防止数据泄露。加强网络安全防护，安装防火墙、入侵检测系统等，及时发现并阻止黑客攻击。定期对数据进行备份，以防数据丢失。此外，与专业的数据安全服务机构合作，提升数据安全防护能力。

推动标准制定：政府部门和行业协会应发挥主导作用，加快制定智慧建造技术的统一标准和规范。明确各类智能设备、软件系统的数据接口和格式标准，促进数据的互联互通和共享集成。组织相关企业和科研机构参与标准制定工作，充分考虑各方需求和实际应用情况，确保标准的科学性和实用性。同时，加强对标准执行情况的监督检查，推动智慧建造技术规范化发展。

开展人员培训：建筑企业应加大对从业人员的培训力度，通过内部培训、外部培训、在线学习等多种方式，提升人员的智慧建造技术水平。培训内容涵盖物联网、大数据、BIM等基础知识，以及智能设备操作、数据分析应用等实践技能。鼓励员工参加相关职业资格认证考试，提高员工学习积极性。此外，积极引进具有智慧建造技术背景的专业人才，充实企业人才队伍，为智慧建造技术应用提供人才保障。

5 结语

未来，智慧建造技术与新兴技术融合前景广阔。区块链凭去中心化等特性，保障智慧建造数据安全与共享，应用于建筑供应链及合同管理。5G以高速率等优势，助力施工现场海量数据传输，推动设备远程协同。边缘计算在边缘节点处理数据，降低延迟，与AI结合实现实时智能分析。智慧建造全面提升施工安全管理水平，实时监控隐患并预警。还能促进建筑行业可持续发展，优化资源、降低事故，推动技术创新与人才培养。

参考文献

- [1] 王秋霖, 雷桂莲. 新安全观视域下加强建筑施工安全生产监管的实践思考[N]. 中华建筑报, 2025-02-25 (010).
- [2] 吴光用. 建筑施工安全生产监督管理机制与事故防范策略分析[J]. 建材发展导向, 2025, 23(03): 43-45.
- [3] 王耀增, 冀春杰, 简思敏, 等. 建筑施工过程中的生产安全事故致因分析研究[J]. 广州建筑, 2024, 52(S1): 74-78.
- [4] 孙威. 基于新形势背景下的建筑业施工企业安全生产管理探讨[C]//中国智慧工程研究会. 2024工程技术应用与施工管理交流论文集(下). 景古环境建设股份有限公司; , 2024: 106-108.