

# 基于无人机与 BIM 技术的智慧工地监测系统设计与应用

孙松坡

中国电建集团山东电力建设有限公司, 山东济南, 250000;

**摘要:** 随着建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 技术和无人机技术的迅速发展, 这两者的融合为智慧工地监测提供了新的可能性。本研究以无人机与 BIM 技术为基础, 设计了一套智慧工地监测系统, 并对其应用进行了探讨。首先, 论述了智慧工地概念与发展现状, 进而详细介绍了系统设计的主要模块与工作流程。系统采取无人机自主飞行获取实时工地图像, 并通过图像处理技术与 BIM 模型进行匹配, 实现工地的实时监控和三维可视化呈现。通过案例测试, 验证了系统在工程进度监控、安全监测、物料管理等方面的有效性, 并分析了系统在提高工程管理效率、保障施工安全及降低管理成本方面的积极作用。最后, 指出系统运行中存在的问题和未来的发展方向, 旨在推动智慧工地监测技术的创新与应用。该系统的研究与应用不仅优化了工地管理模式, 而且为工程监控技术的进步提供了有益尝试。

**关键词:** 无人机; BIM 技术; 智慧工地监测系统; 工程管理; 三维可视化

**DOI:** 10.69979/3029-2727.24.04.016

## 1 智慧工地监测系统概述

### 1.1 智慧工地的概念与重要性

智慧工地是现代建筑行业信息化发展的重要组成部分, 其概念的提出源自于信息技术与建筑行业的深度融合<sup>[1]</sup>。智慧工地通过将先进的技术手段应用于施工现场, 实现了信息的实时交换与数据的智能分析, 从而提升了工程建设的全生命周期管理水平。建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM)、物联网、大数据、人工智能等技术共同构建了智慧工地的技术基础, 它们为提高施工效率、保证施工安全、优化资源配置提供了有力支持。

在智慧工地的架构中, 无人机技术的引入显著提高了信息获取的效率和精准度。无人机可以在复杂的施工环境中灵活操作, 获取高分辨率的实时图像和视频数据, 为工地动态信息的采集提供了新的手段。这些数据经过处理后, 与 BIM 模型结合, 能够实现施工过程的三维可视化及动态监控<sup>[2]</sup>。这不仅帮助管理人员实时掌握施工现状, 还能根据分析结果及时调整施工计划, 优化资源配置<sup>[3]</sup>。

智慧工地的建设对于工程项目管理具有重要意义。通过实时的监控与数据分析, 管理者可以快速发现施工过程中潜在的问题, 减少人为失误, 提高整体施工质量。智能化的监测手段能有效提高施工现场的安全性, 及时预警潜在的隐患, 从而减少事故发生率<sup>[4]</sup>。智慧工地还支持物料和设备的精细化管理, 有助于优化成本控制, 提高经济效益。

在施工质量和安全性的保障下, 智慧工地推动了建筑项目的可持续发展。这一概念的实施, 不仅能够提升当前项目的管理水平, 还为建筑行业的未来发展提供了新的思路和方向。智慧工地作为现代建筑管理的一种创新模式, 正逐渐成为建筑行业追求高效、安全、环保目标的重要工具。

### 1.2 无人机技术在工地监控中的作用

无人机技术在现代工地监控中扮演着重要角色, 其高效和便捷的特点使得传统监控方式得到了极大提升。在工地监测中, 无人机能够快速获取大范围的高清图像, 并利用其灵活的飞行能力覆盖施工现场的各个角落。这种高效的数据收集方式极大地增强了施工过程实时监控的能力。

无人机配合 BIM 技术, 实现了对建筑工地的立体监控和三维可视化。通过自主飞行, 无人机可以定期或根据需要拍摄施工现场图像, 结合 BIM 模型进行对比, 提供精确的进度追踪和施工质量监控。这种结合使得工地管理者能够在虚拟环境中实时查看施工现场的状态, 便于及时做出管理决策。

无人机在安全监测方面也表现出显著优势。其可以进入人类无法轻易到达或危险的区域, 进行详细的环境扫描和风险分析, 识别潜在的安全隐患并及时预警<sup>[5]</sup>。通过这些特性, 无人机有助于提升工地的安全管理水平, 降低事故发生的可能性。

在物料管理上, 无人机技术实现了高效的资源跟踪与盘点, 提升物流和供应链的可视化管理能力。通过实

时图像和数据分析,能够更好地掌握物资的使用情况和库存状态,从而优化物料分配与成本控制。无人机技术的应用,为智慧工地的建设提供了重要的技术支持,推动了工地监控的创新发展<sup>[6]</sup>。

## 2 智慧工地监测系统设计

### 2.1 系统架构设计

智慧工地监测系统的成功实施有赖于合理的系统架构设计<sup>[7]</sup>。系统架构的设计需充分考虑无人机与BIM技术的有机结合,以实现实时高效的工地监测。系统主要由数据采集层、数据处理层和展示层三部分组成。

数据采集层主要负责通过无人机自主飞行获取实时的工地图像信息。无人机需配备高分辨率摄像头和定位系统,以保证数据的准确性和全面性。这样获取的信息为系统后续的数据处理奠定基础。

数据处理层是系统的核心部分,主要任务是将采集的数据与BIM模型进行匹配和分析。通过先进的图像处理技术,能够精确识别工地的各个元素,并将其映射到对应的BIM模型中。这一过程不仅实现了监测数据的结构化处理,还能在BIM环境中生成动态的施工场景。

展示层则通过三维可视化技术与用户交互界面,为用户呈现直观的工地状态和施工进度。借助BIM的可视化能力,管理人员可以在虚拟环境中实时查看工地情况,并进行科学决策。

此架构设计不仅为系统的稳定运行提供了技术保障,还为提升工程管理效率和安全性奠定了基础。

### 2.2 无人机与BIM技术的融合方法

无人机与BIM技术的有效融合是智慧工地监测系统设计中的关键部分。无人机通过自主飞行获取工地的实时图像数据,提供全面的场地覆盖和灵活的视角,适合动态施工现场的复杂环境。BIM技术则提供建筑项目的三维数字模型,包含详细的几何信息和施工计划。

在技术融合过程中,图像处理技术用于将无人机采集的图像数据与BIM模型进行匹配。通过提取特征点和基于算法的图像匹配,可以实现工地实时动态与BIM模型的精确对齐。这一过程不仅提升了监测的精度,还使得施工进度和现场变化能够直观地与规划模型进行对比和分析。

融合方法中需考虑数据传输与管理策略,无人机获取的大量图像和视频数据需经过处理后,与BIM系统集成。采用高效的数据压缩和传输技术,确保实时性和数据完整性。而在BIM平台中,这些数据经过可视化处理,

提供决策支持。例如,通过时间序列分析与三维可视化,管理者能迅速识别施工偏差,保障项目按计划推进。融合方法的成功,实现了智慧工地监测系统在多层次任务中的协同工作,提高了施工现场的管理和监控效率。

### 2.3 实时监控与三维可视化技术的应用

实时监控与三维可视化技术在智慧工地监测系统中的应用,主要依托于无人机采集的高分辨率图像数据与BIM模型的精确结合。通过搭载高清摄像头的无人机自主飞行,实时获取工地图像,并利用图像处理算法将这些图像与BIM模型进行比对,生成高度一致的三维可视化现场环境。该过程不仅可实现对施工区域的实时动态监控,还能及时识别工程中的偏差与潜在问题,实现工地信息的全面感知。高精度的三维可视化模型使得工地管理人员能够在控制中心直观地了解工程进度、安全状况及资源配置,实现精确的远程管理与决策,显著提升施工效率与安全水平。

## 3 系统应用与效果分析

### 3.1 工程进度监控与管理

工程进度监控与管理在建筑项目中至关重要,直接影响项目的整体成功和效率<sup>[8]</sup>。通过智慧工地监测系统,可以有效提升监控精度与管理效能。无人机自主飞行技术支持实时工地图像采集,并结合BIM模型进行精确的进度对比。由于无人机能够快速覆盖大面积工地,其获取的数据丰富且详细,为管理者提供了全面的工程动态。

图像处理技术将无人机获取的现场图像与BIM模型进行匹配和分析,从而实现实时监控工地实际进展与计划进度的对比。这一过程减少了人工巡检的时间和误差,提高了数据的准确性和及时性。施工管理者能够通过系统界面直观查看三维可视化模型,确认每个施工阶段的完成情况,及时发现和解决潜在问题。

该系统还具备进度偏差分析功能,帮助管理人员识别并调整施工方案,以确保项目按计划进行。通过对比历史数据,可以实现对未来进度的预测和优化,为施工计划的调整提供科学依据。应用案例显示,智慧工地监测系统能够明显降低因进度管理不当导致的延误风险,提升工地运作效率和资源利用率。通过这一技术的应用,工地管理模式得以优化,整体工程质量和效益显著提高。

### 3.2 安全监测与风险预警

在智慧工地监测系统中,安全监测与风险预警是关键功能。无人机技术的运用为施工安全提供了创新的解决方案。通过自主飞行,无人机能够对施工现场进行全

方位的实时监测,捕捉精细图像信息。结合图像识别和数据分析技术,可迅速识别潜在安全隐患,如高空作业不规范、设备摆放不当等。

BIM技术在此过程中发挥重要作用,它为无人机采集的数据提供了直观的三维模型支持。通过将实时图像与BIM模型匹配,现场实际情况与设计方案的精准对比。一旦发现偏差,系统即时发出警报,为施工管理人员提供及时的风险预警信息。

安全监测系统还能够积累风险数据,进行风险趋势分析。这种数据驱动的方法提升了风险预判能力,使得施工安全管理从被动应对转向主动预防。通过不断的技术迭代和数据积累,智慧工地监测系统有望实现更精细化的安全管理,显著降低事故率,保障工地作业环境的安全性和可靠性。

### 3.3 物料管理与成本控制

在智慧工地监测系统中,物料管理与成本控制是关键环节。无人机与BIM技术的结合,可以实现对工地物料使用情况的精准监测。通过无人机实时采集现场图像,系统能够对照BIM模型快速识别物料的堆放位置和使用状态,确保物料的按需供应与合理配置,有效避免材料浪费和库存不足。监测系统还能够对材料进出场数据进行自动记录和分析,提供实时库存信息,辅助决策者进行精准采购与动态调度,从而降低管理成本。利用BIM技术对物料流动进行模拟预测,优化物料配送路径,提高物流效率。实践表明,该系统不仅提升了工地物料管理的透明度,而且通过降低误差和损耗,实现了显著的成本节约,对建筑项目的精细化管理起到了积极的推动作用。

## 4 结束语

本研究成功设计并应用了一套基于无人机与BIM技术的智慧工地监测系统,对智慧工地的概念、发展现状进行了深入分析,全面阐述了系统设计的关键模块和 workflows。通过实时获取的工地图像与BIM模型的有效匹配,该系统实现了工地的实时监测和三维可视化展示,经案例测试证明在工程进度监控、安全监测和物料管理等方面具有显著效用,有效地提高了工程管理效率,确保了施工安全,并在降低管理成本方面发挥了积极作用。然而,在实际应用中,我们也发现了系统运行的一些限

制和挑战,如图像处理的精准度、系统的稳定性、以及与现场实际环境的适配性等问题。对于未来的研究方向,首先,系统的进一步优化和升级势在必行,特别是加强图像识别算法的研究,以提高监测精度和效率;其次,探讨系统与现有建筑工程管理流程的更深度融合,以实现更广泛的应用;最后,加强系统的适应性研究,使其能够更好地应对复杂多变的施工场景,提高系统的泛用性和鲁棒性。通过这些方向的深入探索和创新,期待能够进一步推动智慧工地监测技术的发展,为建筑工程管理提供更为高效、智能的解决方案,为工程监控技术进步贡献更多力量。

### 参考文献

- [1]陈军. 无人机倾斜摄影航测技术与BIM技术结合在智慧公路系统中的应用[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(19): 91-92.
  - [2]杨常红,翟华,丁剑. 基于无人机倾斜摄影测量的智慧三维工地应用[J]. 北京测绘, 2022, 36(08): 1013-1018.
  - [3]秦烁晓吴军. 无人机倾斜摄影在智慧工地中的部分应用[J]. 建筑, 2022, (01): 74-75.
  - [4]张寅志. 智慧交通中无人机倾斜摄影航测技术与BIM技术的应用[J]. 市场调查信息: 综合版, 2022, (14): 00113-00115.
  - [5]许梁,崔绪良,赵梦迪,马骁,顾悦欣. 无人机倾斜摄影航测技术与BIM结合在智慧工地系统中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021, (09).
  - [6]吴永慧. 基于虚拟现实的无人机三维可视化技术与实现[J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2019, 0(14): 33-34.
  - [7]秦烁晓吴军. 无人机操控在智慧工地建设的运用[J]. 建筑, 2021, (01): 76-77.
  - [8]欧阳玉梅. 反无人机监测系统设计[J]. 科技视界, 2020, 0(09): 127-128.
- 作者简介: 孙松坡, 性别: 男, 民族: 汉, 出生年月: 1984年5月29日, 籍贯: 河南省西平县, 专业: 建筑专业, 研究方向: 建筑工程施工, 学历: 本科  
职称: 高级工程师。