

智能建造技术在复杂建筑项目中的应用探索

曹 停

陕西铜川煤矿建设有限公司 陕西 铜川 727000

摘 要：随着建筑行业的快速发展，复杂建筑项目日益增多，对建造技术和管理水平提出了更高要求。智能建造技术作为建筑行业的新兴力量，通过融合物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，显著提升了复杂建筑项目的建造效率、质量和安全性。本文旨在探讨智能建造技术在复杂建筑项目中的应用，分析其优势、挑战及未来发展趋势。

关键词：智能建造技术；建筑项目；应用探索

引言

复杂建筑项目通常具有规模大、技术难度高、工期紧等特点，传统建造方式难以满足其高效、精准、安全的需求。智能建造技术的出现，为复杂建筑项目的实施提供了新的解决方案。通过集成多种先进技术，智能建造技术能够实现设计、生产、施工和运维等全过程的智能化管理，有效应对复杂建筑项目中的各种挑战。

1 智能建造技术的核心概念与关键技术

1.1 核心概念

智能建造，作为建筑业的一场革命性变革，其核心在于深度融合新一代信息技术与先进制造技术、工业化建造技术。这一新型建造方式，依托物联网（IoT）、大数据、云计算、人工智能（AI）、建筑信息模型（BIM）等前沿科技，全面提升了建筑设计、生产、施工及交付各阶段的工业化、数字化、智能化水平。智能建造不仅仅是一种技术革新，更是一种建造理念的转变。它强调以数据为驱动，通过信息化手段实现建造过程的全链条优化，从而提高建造效率，降低建造成本，提升建筑品质，同时减少资源浪费和环境污染。

1.2 关键技术

1.2.1 建筑信息模型（BIM）技术

BIM技术是智能建造的核心支撑之一。它通过构建建筑项目的三维数字模型，将项目全生命周期内的所有信息集成在一起，包括设计、施工、运维等各个阶段的数据。这个三维模型不仅是一个可视化的工具，更是一个数据共享和协同工作的平台。在复杂建筑项目中，BIM技术的优势尤为明显。它可以帮助设计师进行精确建模和仿真分析，优化设计方案，减少设计变更和错误。通过BIM技术，设计师可以更加直观地理解建筑结构的空间关系，发现潜在的设计问题，并及时进行调整。同时，BIM技术还可以为施工和运维阶段提供准确的数据支持，提

高整个建造过程的效率和质量。

1.2.2 物联网（IoT）技术

物联网技术在智能建造中扮演着至关重要的角色。它通过传感器、射频识别等设备，实现了对施工现场各类数据的实时采集和监控。这些数据包括建筑结构的健康状态、施工设备的运行状态、环境参数等。在复杂建筑项目中，物联网技术的应用可以大大提高施工管理的效率 and 安全性^[1]。例如，通过实时监测建筑结构的健康状态，可以及时发现并处理潜在的安全隐患；通过监控施工设备的运行状态，可以确保设备的正常运转，避免因设备故障导致的施工延误；通过监测环境参数，可以及时调整施工方案，确保施工过程的顺利进行。

1.2.3 人工智能（AI）技术

人工智能技术是智能建造中不可或缺的一部分。它通过机器学习、深度学习等算法，对建筑数据进行智能分析和决策。在复杂建筑项目中，AI技术可以辅助施工管理人员进行进度预测、质量控制、安全风险评估等。通过AI技术，施工管理人员可以更加准确地预测施工进度，及时发现并解决可能影响进度的问题；同时，AI技术还可以对施工质量进行智能监控，确保施工质量的稳定性和可靠性；此外，AI技术还可以对施工过程中的安全风险进行评估和预警，帮助施工管理人员采取有效的措施来降低安全风险。

1.2.4 机器人与自动化技术

机器人与自动化技术在智能建造中的应用日益广泛。在复杂建筑项目中，许多高强度、高重复性的施工任务都可以由机器人和自动化设备来完成。例如，智能塔吊可以根据施工计划自动调整吊装位置和高度，提高吊装效率；混凝土浇筑机器人可以精确地控制混凝土的浇筑量和浇筑位置，确保施工质量的稳定性；墙面打磨机器人可以自动对墙面进行打磨处理，提高墙面的平整

度和美观度^[2]。这些机器人和自动化设备的应用不仅可以提高施工效率和精度，还可以降低人工依赖和安全隐患，为智能建造的发展提供有力的支持。

2 智能建造技术在复杂建筑项目中的应用

2.1 设计阶段

在复杂建筑项目的设计阶段，智能建造技术为设计师提供了强大的辅助工具。通过BIM技术，设计师可以构建起建筑项目的三维数字模型，这个模型不仅包含了建筑的几何信息，还集成了材料、结构、设备等多方面的数据。在这样的模型基础上，设计师可以进行多方案的比选和优化设计，通过模拟不同设计方案的效果，找到最佳的设计方案。同时，虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术的结合，为设计师提供了沉浸式的设计体验。设计师可以戴上VR头盔，身临其境地感受建筑空间，进行更加直观的设计调整。AR技术则可以在实际场景中叠加虚拟信息，帮助设计师进行技术交底和培训，提高设计团队的整体水平和效率。

2.2 施工阶段

进入施工阶段，智能建造技术的优势更加凸显。物联网技术的应用，使得施工管理人员可以实时监测施工设备的运行状态和环境参数。通过传感器收集的数据，管理人员可以及时了解设备的工作状况，如温度、湿度、振动等，一旦发现异常，可以立即采取措施进行处理，避免潜在的安全隐患。AI技术的结合，则让施工管理更加智能化。通过机器学习算法，系统可以对施工进度进行预测，帮助管理人员合理安排施工计划。同时，AI技术还可以对施工质量进行智能监控，通过数据分析，及时发现施工中的问题，确保施工质量的稳定性^[3]。此外，AI技术还可以进行安全风险评估，为施工现场的安全管理提供有力支持。机器人与自动化技术的应用，则大大提高了施工效率和精度。智能机器人可以执行高强度、高重复性的施工任务，如砖块搬运、墙面喷涂等，不仅减轻了工人的劳动强度，还提高了施工的精度和速度。

2.3 运维阶段

在运维阶段，智能建造技术同样发挥着重要作用。通过物联网传感器和数据分析技术，运维管理人员可以实时监测建筑结构的健康状态和使用性能。例如，通过监测建筑物的沉降、裂缝等情况，可以及时发现并处理潜在的问题，确保建筑的安全稳定。AI技术的应用，则让运维管理更加智能化。通过故障预测算法，系统可以提前预知建筑设备可能出现的故障，进行预防性维护，从而延长建筑的使用寿命，降低运维成本。同时，智能

建造技术还可以为建筑的能源管理提供支持，通过数据分析，优化建筑的能源使用，提高能源利用效率。

3 智能建造技术在复杂建筑项目中的优势与挑战

3.1 优势

3.1.1 提高建造效率

智能建造技术通过引入自动化施工设备和机器人，极大地提升了复杂建筑项目的建造效率。智能塔吊能够根据施工计划自动调整吊装位置和高度，减少人工操作的繁琐和误差，显著提高吊装效率。混凝土浇筑机器人则能够精确控制混凝土的浇筑量和位置，确保施工过程的连续性和准确性，大大缩短了施工周期。这些自动化设备的运用，不仅减少了人工依赖，还提高了施工的整体速度和效率。

3.1.2 提升工程质量

智能建造技术在工程质量方面的提升同样显著。通过BIM技术的精确建模和仿真分析，设计师可以在施工前对设计方案进行多次优化，减少设计变更和错误，确保施工过程的顺利进行。同时，物联网技术和AI技术的结合，使得施工管理人员能够实时监控施工质量和安全状态。通过传感器收集的数据，管理人员可以及时发现施工中的问题，如材料质量不达标、施工工艺不符合规范等，从而及时采取措施进行整改，确保工程质量和安全性。

3.1.3 降低安全风险

智能建造技术还通过实时监控和预警机制，有效降低了施工过程中的安全风险。塔机安全监测系统能够实时监测塔吊的运行状态，如载荷、高度、角度等，一旦发现异常，立即发出警报，避免塔吊作业过程中的安全事故。AI防高坠系统则通过智能识别技术，对施工现场的高空作业人员进行实时监控，及时发现并预警潜在的高坠风险，有效降低了高空坠落事故的发生率。

3.2 挑战

3.2.1 技术成熟度不足

尽管智能建造技术具有诸多优势，但目前其仍处于快速发展阶段，部分技术尚未成熟。机器人与自动化技术在复杂施工环境下的适应性和稳定性仍需进一步提高。例如，在极端天气或复杂地形条件下，自动化设备的运行可能会受到影响，甚至出现故障^[4]。这需要技术人员不断研发和改进，提高设备的适应性和稳定性。

3.2.2 成本高昂

智能建造技术的应用需要投入大量资金购买先进设备和系统。对于部分建筑企业而言，这高昂的成本可能成为其推广应用的障碍。尤其是在当前市场竞争激烈的情况下，建筑企业需要权衡投入产出比，谨慎决策是否

采用智能建造技术。

3.2.3 人才短缺

智能建造技术涉及多学科交叉领域，需要具备信息技术、建筑技术和管理知识等多方面能力的复合型人才。然而，目前这类人才相对短缺，难以满足智能建造技术的快速发展需求。建筑企业需要加大人才培养和引进力度，建立完善的人才培养体系，为智能建造技术的推广应用提供有力的人才保障。

4 案例分析

4.1 厦门翔安大桥项目

4.1.1 项目背景

厦门翔安大桥项目集合了海洋、城市施工环境和桥梁、隧道施工工艺，是福建省第一个海中段预制装配大桥。该项目具有规模大、技术难度高、工期紧等特点，对建造技术和管理水平提出了极高要求。

4.1.2 智能建造技术应用

①BIM轻量化技术：通过BIM轻量化技术，实现了对关键节点与重难点工序施工的技术指导，以及BIM结合二维码应用进行施工技术交底，提高了施工效率和准确性。②三维模型的全正向协同设计：通过三维模型的全正向协同设计，集成了设计、生产和工艺等多种参数和信息，提高了钢板和焊材的利用率，减少了材料浪费。③实时风险可视化在线监测预警系统：建立了下穿基坑工程、BRT高架桥及现浇隧道结构实时风险可视化在线监测预警系统，实现了对基坑变形、支护受力、隧道结构变形等关键参数的自动化监测和预警，确保了施工安全。④AI智能云盒：借鉴计算机领域的雾计算及边缘计算思想，首创性提出“雾监测”概念，开发出AI智能云盒，实现了去中心监测及可视化预警，提高了监测效率和准确性。

4.1.3 应用效果

通过智能建造技术的应用，厦门翔安大桥项目在缩短建设工期、攻克技术难题、提高施工质量和安全性等方面取得了显著成效。主桥比合同批复工期提前5个月通车，为厦门东部区域的经济腾飞奠定了良好基础。

4.2 南京公共安全人工智能产业园项目

4.2.1 项目背景

南京公共安全人工智能产业园项目作为我市首批智能建造试点及BIM应用示范项目，总建筑面积约达9万平方米，包含多栋办公楼和综合楼。该项目在全生命周期内深度融合了BIM技术与智能建造技术，旨在打造新质生产力应用场景。

4.2.2 智能建造技术应用

①混凝土激光整平机器人：在施工现场应用了混凝土激光整平机器人，通过先进的传感器技术和精密的控制系统，实现了高精度、高效率的混凝土整平作业，提高了施工质量和效率。②巡检机器人、ALC板安装机器人及抹光打磨机器人：这些智能设备能够执行高强度、高重复性的施工任务，降低了人工依赖和安全隐患，提高了施工效率和精度。③BIM与AR技术结合：在机电管综工程中，通过BIM与AR技术的结合，实现了对机电管线的精准安装和校验。现场安装位置、管线走向及高度等关键信息能够实时同步比对，确保了施工质量和准确性。④BIM与360度技术融合：通过BIM与360度技术的融合应用，实现了对施工现场的全天候、全方位监控。技术人员可以在办公室内通过云端监测和追踪功能，实时查看施工进度和细节，及时发现问题并采取相应措施。

4.2.3 应用效果

通过智能建造技术的应用，南京公共安全人工智能产业园项目显著提高了施工效率和质量。混凝土激光整平机器人等智能设备的应用，不仅提高了施工精度和效率，还节省了人力成本。同时，BIM与AR技术的结合应用，确保了机电管综工程的精准安装和校验，提高了项目的整体施工质量。

结语

智能建造技术在复杂建筑项目中的应用具有显著优势，能够提高建造效率、提升工程质量和降低安全风险。然而，目前智能建造技术仍面临技术成熟度不足、成本高昂和人才短缺等挑战。未来，随着技术的不断进步和应用的深入推广，智能建造技术将在复杂建筑项目中发挥更加重要的作用。同时，政府和企业应加大对智能建造技术的研发和推广力度，培养更多复合型人才并推动相关标准的制定和完善，以促进智能建造技术的健康发展。

参考文献

- [1]董霄.当代建筑工程中的智能建造技术及其应用研究[J].住宅与房地产,2024,(32):72-74.
- [2]唐海元.房屋建筑工程智能建造技术应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(34):38-40.
- [3]张建弘,曹真真.建筑工程管理中智能建造技术的创新应用[J].房地产世界,2024,(19):164-166.
- [4]王璐.智能建造在建筑施工技术中的应用及其发展趋势[J].四川水泥,2024,(10):22-24.