

建筑工程中智能建造机器人的应用路径探索

王凯

511621*****3116

摘要:随着智能建造技术的快速发展，智能建造机器人已成为推动建筑工程行业转型升级的关键支撑。传统建筑施工模式存在效率低下、安全风险突出等问题，智能建造机器人凭借其技术优势可有效破解这些痛点。本文立足建筑工程施工全流程，梳理智能建造机器人的技术特性与应用价值，分析其应用中的现实挑战，系统探索不同施工环节的应用路径。研究旨在为促进智能建造机器人与建筑工程深度融合提供参考，助力建筑行业实现智能化转型。

关键词:建筑工程；智能建造机器人；应用路径；智能化转型

DOI: 10.64216/3104-9680.25.02.013

引言

建筑行业是国民经济的重要支柱产业，长期以来依赖传统人力施工模式。这种模式存在生产效率偏低、安全事故频发、施工质量稳定性不足等问题，难以满足新时代高质量发展需求。智能建造依托新一代信息技术，为建筑业转型升级提供了有效方案。智能建造机器人凭借精准作业、连续施工等优势，在建筑工程各环节展现出广阔应用前景。当前其应用尚处于探索阶段，面临诸多问题。因此，系统探索其应用路径，对推动建筑业智能化转型具有重要理论与实践意义。

1 智能建造机器人的技术基础与应用价值

1.1 核心技术构成

智能建造机器人的核心技术体系涵盖多个关键领域。感知技术是其实现环境认知的基础，通过视觉传感器、激光雷达等设备，可精准获取施工环境中的地形、构件位置等信息。决策与控制技术依托人工智能算法，能根据感知数据制定最优作业方案，并实时调整运动轨迹以保证作业精度。运动执行技术则通过高精度伺服系统、多自由度机械臂等部件，实现各类复杂施工动作的稳定完成。此外，数据通信与交互技术保障了机器人与控制系统、其他施工设备之间的信息同步，为协同作业提供了技术支撑。这些技术相互融合，共同构成了智能建造机器人高效作业的核心能力。

1.2 差异化特征

智能建造机器人与传统施工设备存在显著差异。传统施工设备多为半机械化操作，需要人工全程操控，作业效率与人工技能水平直接相关。智能建造机器人具备自主感知、自主决策能力，可减少对人工的依赖，甚至实现无人化作业。在作业精度方面，传统施工设备受人工操作误差影响较大，而智能建造机器人依托

精准的定位与控制技术，能将作业误差控制在较小范围。在适应性方面，传统施工设备功能相对单一，难以应对复杂多变的施工环境。智能建造机器人则可通过算法优化与参数调整，适应不同施工场景的需求，具备更强的环境适应性与作业灵活性。

1.3 核心应用价值

智能建造机器人在建筑工程中具有多方面核心应用价值。在效率提升方面，其可实现连续不间断作业，大幅缩短施工周期，尤其在重复性较高的作业环节，优势更为明显。在安全保障方面，机器人可替代人工进入高空、深坑、高风险作业区域，降低人员安全事故发生概率，提升施工过程的安全性。在质量控制方面，精准的作业能力可保证施工质量的稳定性与一致性，减少因人为操作失误导致的质量问题。在绿色施工方面，智能建造机器人可通过精准配料、优化作业流程等方式，减少材料浪费与能源消耗，符合建筑行业绿色低碳发展的要求。

2 建筑工程中智能建造机器人的应用的现实挑战

2.1 技术瓶颈问题

当前智能建造机器人应用面临显著的核心技术瓶颈与成熟度不足问题。在复杂环境感知方面，面对建筑施工现场的动态变化、遮挡物较多等情况，现有感知技术易出现信息获取不完整、识别精度下降等问题。在自主决策算法方面，针对多任务协同、突发状况应对等复杂场景，算法的决策效率与合理性仍有待提升。在核心零部件方面，部分高精度传感器、伺服电机等依赖进口，国产零部件在稳定性、使用寿命等方面与国际先进水平存在差距。这些技术问题导致部分智能建造机器人难以满足实际施工的高强度、高可靠性要求，限制了其大规模推广应用。

2.2 体系适配难题

智能建造机器人与现有建筑施工体系存在明显的适配性难题。现有施工流程、工艺标准多基于传统人力施工模式制定，与智能建造机器人的作业特性不匹配。部分施工环节的设计方案未考虑机器人作业需求，导致机器人无法充分发挥其作业优势。在施工管理方面，现有管理模式难以适配机器人作业的调度、监控与协同需求，缺乏针对机器人作业的高效管理机制。此外，建筑行业现有产业链分工与智能建造机器人的应用需求不协调，上下游企业之间的协同配合不足，进一步加剧了体系适配难度。

2.3 生态与规范困境

智能建造机器人应用面临产业生态不完善与标准规范缺失的困境。在产业生态方面，相关核心技术研发企业、设备制造企业、施工企业之间的协同创新机制不健全，缺乏完整的产业链支撑。配套服务体系不完善，机器人的维护保养、技术升级等服务难以满足实际需求。在标准规范方面，目前缺乏针对智能建造机器人的设计、生产、作业、安全等方面统一标准。现有建筑工程质量验收标准未充分涵盖机器人作业的质量要求，导致机器人作业成果的验收缺乏依据。标准规范的缺失增加了应用风险，阻碍了产业的健康发展。

3 建筑工程全流程智能建造机器人的应用场景梳理

3.1 前期设计与准备阶段

在建筑工程前期设计与准备阶段，智能建造机器人可发挥重要的辅助作用。在设计环节，搭载专用算法的机器人可对设计方案进行可行性分析，结合施工实际需求提出优化建议，提升设计方案的合理性与可施工性。在场地勘察方面，智能勘察机器人可替代人工完成地形测量、地质探测等工作，快速获取场地相关数据，并自动生成勘察报告，提升勘察效率与数据准确性。在施工准备阶段，智能搬运机器人可完成施工材料、设备的场内转运与精准摆放，智能放线机器人可实现施工放线的自动化作业，减少人工操作误差，为后续施工环节奠定良好基础。

3.2 主体施工阶段

主体施工阶段是智能建造机器人的核心作业场景。在混凝土施工环节，智能混凝土浇筑机器人可实现自动布料、振捣、抹平一体化作业，保证混凝土浇筑质量与施工效率。在钢筋作业方面，智能钢筋加工机器

人可完成钢筋的自动切断、弯曲、绑扎等工序，大幅提升钢筋加工精度与速度。在砌筑与抹灰作业中，智能砌筑机器人、抹灰机器人可根据设计要求精准完成墙体砌筑与墙面抹灰工作，减少材料浪费，提升墙面平整度。此外，智能吊装机器人可实现构件的精准吊装与拼接，保障主体结构施工的安全性与稳定性。

3.3 运维管理阶段

在建筑工程运维管理阶段，智能建造机器人可提供多样化的智能化服务。在设备巡检方面，智能巡检机器人可搭载红外传感器、高清摄像头等设备，对建筑内的机电设备、管线系统等进行定期巡检，实时监测设备运行状态，及时发现故障并发出预警，降低设备故障带来的损失。在维护维修方面，智能维修机器人可进入狭小、危险空间完成设备维修、管线更换等作业，提升维修效率与安全性。在节能管理方面，智能机器人可对建筑能耗进行实时监测与分析，提出节能优化建议，助力建筑实现节能降耗目标。

4 建筑工程中智能建造机器人的应用实施路径

4.1 精准适配与技术融合

基于施工环节的精准适配与技术融合是智能建造机器人的主要应用实施路径。针对不同施工环节的作业需求，对智能建造机器人进行个性化定制与参数优化，结合施工环境的动态变化调整技术参数，进一步提升机器人与具体施工场景的适配度。推动智能建造机器人技术与BIM技术、物联网技术等深度融合，整合施工全流程数据资源，构建数字化施工平台，实现施工过程的全流程可视化、智能化管理与动态调控。加强机器人之间的协同作业技术研发，建立多机器人通信与任务分配机制，实现多机器人在同一施工场景下的高效配合，显著提升施工整体效率。通过技术融合与精准适配，充分发挥智能建造机器人的技术优势，助力施工模式的智能化升级。

4.2 生态构建与资源整合

依托产业协同的生态构建与资源整合路径可有效推动智能建造机器人应用。建立核心技术研发企业、设备制造企业、施工企业、科研院校之间的协同创新平台，完善协同创新机制，明确各方权责与利益分配，加强产学研深度合作，共同攻克技术难题与应用瓶颈。整合产业链上下游资源，优化产业分工体系，推动上下游企业之间的紧密合作与协同联动，形成涵盖技术研发、设备制造、施工应用、维护服务的完整产业链。加强行业内资源共享，建立技术共享平台、设备租赁平台与信息交流平台等，降低企业应用智能建

造机器人的初始投入与运营成本，大幅提升资源利用效率与产业整体竞争力。

4.3 规范建设与风险防控

基于标准引领的规范建设与风险防控路径是保障智能建造机器人健康应用的关键。加快制定智能建造机器人的设计标准、生产标准、作业标准、安全标准及验收标准等一系列配套标准规范，明确各环节的技术要求与质量标准，填补行业标准空白。建立健全机器人作业的安全管理制度与全流程风险评估机制，引入智能监控设备对作业过程进行实时追踪，加强对施工过程的安全监控，及时排查与防控各类安全风险。推动现有施工工艺标准、质量验收标准的优化升级，结合机器人作业特性细化标准条款，使其充分适配智能建造机器人的作业特性。通过完善的标准规范体系与风险防控机制，有效降低应用风险，引导产业规范、有序发展。

5 智能建造机器人推动建筑行业转型的保障策略

5.1 技术研发保障

技术研发与创新保障是推动智能建造机器人应用的核心支撑策略。加大政府与企业对智能建造机器人核心技术研发的资金投入，设立专项研发基金，鼓励企业与科研院校组建联合攻关团队，重点突破复杂环境感知、自主决策优化、高精度核心零部件制造等关键技术瓶颈。建立健全技术创新激励机制，对原创性技术成果给予奖励，鼓励科研人员开展前沿技术研究，持续提升行业整体技术创新能力。加强知识产权保护力度，完善知识产权服务体系，建立知识产权纠纷调解机制，为技术创新提供坚实的法律保障。推动技术成果的转化应用，搭建专业化技术成果转化平台，促进科研成果快速落地并实现产业化应用，不断提升智能建造机器人的技术成熟度与实际应用价值。

5.2 人才培养保障

人才培养与团队建设是智能建造机器人应用的重要保障。高校应优化相关专业设置，增设智能建造、机器人技术等相关课程，培养具备跨学科知识的专业人才。企业应加强与高校、职业院校的合作，开展校企联合培养，通过实践教学提升人才的实操能力。建立完善的在职人员培训体系，针对现有施工人员、管理人员开展智能建造机器人相关知识与技能培训，提升其对新技术、新设备的适应能力。打造专业化的技

术团队与管理团队，为智能建造机器人的应用提供人才支撑。

5.3 政策与市场保障

政策支持与市场引导保障可有效推动智能建造机器人的推广应用。政府应出台针对性的扶持政策，通过财政补贴、税收优惠等方式，降低企业应用智能建造机器人的成本。加大对智能建造产业的规划引导，将智能建造机器人应用纳入相关产业发展规划，明确发展目标与重点任务。建立公平竞争的市场环境，鼓励企业开展技术创新与应用实践。推动行业协会发挥桥梁纽带作用，加强行业自律与交流合作，引导市场规范发展。通过政策与市场的双重引导，激发企业应用智能建造机器人的积极性。

6 结论

智能建造机器人是推动建筑工程行业转型升级的重要支撑力量，在提升施工效率、保障施工安全、优化施工质量等方面具有显著优势。本文通过研究发现，智能建造机器人的应用需依托完善的核心技术体系，同时面临技术瓶颈、体系适配、生态规范等现实挑战。其应用场景覆盖建筑工程前期设计、主体施工、运维管理全流程，通过精准适配与技术融合、产业协同与资源整合、标准引领与风险防控等路径可有效推动其应用落地。此外，技术研发、人才培养、政策支持等保障策略是实现智能建造机器人规模化应用的重要支撑。未来，随着技术的不断进步与产业生态的逐步完善，智能建造机器人将在建筑工程领域实现更广泛的应用，推动建筑行业向智能化、绿色化、高效化方向持续发展。

参考文献

- [1] 蔡金殿. 智能建造中机器人技术在钢筋绑扎作业中的应用分析[J]. 居业, 2025, (10): 22-24.
- [2] 张晨. 基于计算机与建造技术融合的智能建造技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (27): 85-87.
- [3] 天津发文鼓励积极选用建筑机器人及智能装备加速推动智能建造技术应用[J]. 工程质量, 2025, 43(10): 24.
- [4] 周彬. 智能建造技术在道路与桥梁工程中的应用探索[J]. 时代汽车, 2025, (17): 190-192.
- [5] 张仰福. 完善智能建造机器人技术, 提高建筑施工效率与安全性[J]. 楼市, 2025, (06): 14-16.