智能建造技术在建筑工程管理中的应用研究

王非凡

江西远富建筑有限公司　江西　抚州　331800

摘　要：本文系统性地探讨了智能建造技术体系的核心构成及其在建筑工程全生命周期管理中的创新应用。研究表明，通过 BIM 技术实现的多维信息集成，为项目提供了统一的数据源和协同平台；物联网与智能传感技术构建了对人、机、料、法、环等要素的实时感知网络；人工智能与大数据分析则赋能于进度预测、风险预警、质量诊断和成本优化等高级管理决策。文章详细剖析了这些技术在设计协同、施工过程管控、质量安全监督、成本动态控制及智慧运维等关键场景的具体实践路径，并结合典型案例验证了其在提升管理效率、保障工程品质、降低建造成本和增强安全水平方面的显著价值。最后，本文指出了当前智能建造应用面临的挑战，并对未来发展趋势进行了展望，旨在为推动建筑业向高质量、高效率、可持续的智能化转型提供理论参考与实践指引。

关键词：智能建造；建筑工程管理；BIM；物联网；人工智能；大数据

引言

建筑业作为国民经济的支柱产业，长期以来面临着生产方式粗放、资源消耗巨大、安全事故频发、管理效率低下等诸多痛点。随着“数字中国”战略的深入推进以及“双碳”目标的提出，传统建筑业的转型升级已迫在眉睫。在此背景下，智能建造——这一深度融合新一代信息技术与先进制造技术的新型建造方式，被视为破解行业困境、引领未来发展的核心引擎。智能建造并非单一技术的简单叠加，而是一个涵盖“感知-分析-决策-执行”闭环的复杂技术生态系统。它通过对建筑工程项目全过程、全要素、全参与方的数字化、网络化和智能化改造，从根本上改变了信息的生成、传递、处理和利用方式，从而驱动管理模式从经验驱动向数据驱动、从被动响应向主动预测的根本性转变[1]。深入研究智能建造技术在建筑工程管理中的具体应用模式、内在机理与实施路径，对于加速建筑产业现代化进程、提升国家基础设施建设水平具有重大的理论与现实意义。

1 智能建造技术体系的核心构成

智能建造技术体系是一个多层次、多维度的技术融合体，其核心支柱主要包括以下几项关键技术：

1.1 建筑信息模型（BIM）技术

BIM 是智能建造的基石和信息载体。它通过创建和管理一个包含几何、物理、功能、成本、进度等多维信息的数字化建筑模型，打破了传统二维图纸的信息壁垒。主流 BIM 软件如 Autodesk Revit、Bentley OpenBuildings Designer 或国产的广联达 GIM，支持 LOD（Level of Detail）100 至 500 的不同精细度模型。BIM 模型不仅是设计成果的可视化表达，更是一个贯穿项目策划、设计、施工到运维全生命周期的中央数据库。例如，在 Revit 中，一个风管构件不仅包含其三维尺寸，还内嵌了材质、保温层厚度、流量、连接件规格乃至供应商信息，为后续的预制加工和运维管理提供了完备的数据基础。

1.2 物联网（IoT）与智能传感技术

物联网技术通过在施工现场部署各类传感器（如 RFID、GPS、UWB、倾角仪、应力计、环境监测仪等）、智能摄像头和可穿戴设备，构建了一个覆盖“人、机、料、法、环”的泛在感知网络。该网络能够实时、自动地采集人员定位、机械运行状态、物料流转、环境参数（温湿度、噪音、PM2.5）等海量现场数据，为精细化管理提供了坚实的数据基础。

1.3 人工智能（AI）与大数据分析技术

AI 与大数据是智能建造的“大脑”。依托于 BIM 模型和物联网采集的海量异构数据，通过机器学习、深度学习、计算机视觉等 AI 算法，可以对数据进行深度挖掘和智能分析[2]。例如，利用 YOLOv5 等目标检测算法训练的 AI 模型，可以在视频流中以每秒 25 帧的速度识别安全违规行为，准确率超过 95%。在进度管理中，采用 LSTM（长短期记忆网络）等时间序列预测模型，能够基于历史天气、劳动力投入、材料供应等多维数据，精准预测未来一周的施工完成量，误差率可控制在 5%以内。

1.4 云计算与移动互联网技术

云计算为智能建造提供了强大的算力支撑和弹性可

扩展的存储资源。以阿里云、腾讯云或华为云为代表的公有云平台，提供了从 IaaS（基础设施即服务）到 PaaS（平台即服务）的全套解决方案。复杂的 BIM 模型渲染、大规模点云数据处理、AI 模型训练等计算密集型任务均可在云端高效完成。同时，基于微服务架构开发的 SaaS（软件即服务）应用，如广联达的 BIM5D、明源云的天际等，使得项目各参与方可以通过 PC 端或移动端（iOS/Android App）随时随地访问项目数据，进行在线会审、问题跟踪、流程审批等操作，真正实现了“指尖上的项目管理”。

2 智能建造技术在设计与前期策划阶段的应用

2.1 BIM 驱动的多专业协同设计与碰撞检查

在传统模式下，建筑、结构、机电等各专业设计往往独立进行，极易出现管线碰撞、空间冲突等问题。基于 BIM 的协同设计平台（如 Autodesk BIM 360 或广联达协筑），各专业工程师在同一中心模型上并行工作，所有设计变更都能实时同步。通过 Navisworks 或 Fuzor 等软件进行自动化碰撞检查，可在设计阶段就精准发现并解决数千乃至数万个硬碰撞（实体冲突）和软碰撞（空间不足）。

2.2 基于 BIM 的 4D/5D 模拟与方案优化

将 BIM 三维模型与施工进度计划（4D）和工程量清单、成本数据（5D）进行关联，可以进行直观的施工过程模拟。管理者可以提前“预演”整个施工流程，评估不同施工方案的可行性、资源需求和潜在风险[3]。例如，在超高层建筑的核心筒施工中，通过 4D 模拟可以精确规划爬模系统的顶升节奏，优化工序逻辑，避免交叉作业冲突；通过 5D 模拟可以将模型中的每一根钢筋、每一块模板与预算成本挂钩，精确预测各时间节点的资金流，实现更科学的成本控制和资金调配。

2.3 AI 辅助的方案生成与性能分析

人工智能技术正逐步应用于设计前端。通过输入场地条件、规范要求、业主需求等约束条件，AI 算法可以自动生成多个符合要求的初步设计方案供设计师选择。例如，小库科技的 AI 建筑设计平台，能在几分钟内生成数百个满足日照、限高、容积率等条件的住宅布局方案。此外，BIM 模型还可以与专业的能耗分析软件对接，进行全年 8760 小时的逐时能耗模拟，帮助设计师快速迭代出更节能、更舒适的建筑方案，助力项目获得 LEED 或绿建三星认证。

3 智能建造技术在施工过程管理中的深度应用

3.1 进度管理：从静态计划到动态调控

传统的甘特图或网络图是一种静态的进度管理工具。在智能建造模式下，通过物联网技术实时追踪关键线路的施工进展。例如，在装配式建筑项目中，每个预制构件出厂时都带有唯一的二维码或 RFID 标签。当构件被吊装到位后，现场管理人员用手机 App 扫描标签，系统便自动将该构件的状态更新为“已安装”，并同步至 BIM 4D 模型。AI 算法可以对比计划与实际的偏差，分析延误原因（如材料供应延迟、劳动力不足），并预测未来的完工日期。基于此，管理者可以及时调整资源分配，采取纠偏措施，实现进度的动态、精准调控。

3.2 质量管理：从抽样检验到全过程追溯

智能建造将质量管理由事后抽检转变为事前预防和事中控制。一方面，通过 BIM 模型可以对复杂节点（如钢结构桁架、机电管综）进行 VR/AR 可视化交底，确保工人按图施工；另一方面，利用智能传感器可以对关键工序进行实时监控。例如，在大体积混凝土基础底板浇筑过程中，埋入式温度传感器（如 JDC-2 型）可以每 10 分钟自动上传一次内部各测点的温度数据至云端平台。一旦内外温差超过 25℃的警戒线，系统会自动向责任人推送预警信息，并建议启动冷却水管或增加保温覆盖。所有质量数据均可与 BIM 模型中的构件进行绑定，形成不可篡改的质量档案，实现质量问题的精准定位和全过程追溯。

3.3 安全管理：从人防到技防的智能化升级

安全生产是建筑工地的生命线。智能建造技术为此提供了全新的解决方案。通过在工地周界、危险区域（如基坑、塔吊下方）部署 AI 视频监控系统，可以利用计算机视觉技术自动识别未戴安全帽、未系安全带、闯入危险区域等违规行为，并实时向管理人员报警[4]。同时，为工人配备集成了生命体征监测模块的智能手环，可以实时监测其心率、体温和血氧饱和度。一旦系统判断工人可能中暑（如心率持续高于 120bpm 且体温超过 38.5℃），可立即在智慧工地大屏上高亮显示其位置，并通知附近的安全员前往处置。这种“技防 + 人防”的立体化安全管理体系，极大地提升了事故预防和应急响应能力。

3.4 成本管理：从概算控制到动态核算

借助 BIM 5D 技术，可以实现工程量的自动、精确统计，避免了人工计算的误差。在施工过程中，通过物联网技术实时采集材料进场、机械使用、人工考勤等数据，并与 BIM 模型中的成本信息联动，可以自动生成动态成本报表。管理者可以清晰地看到每一笔开支的去

向，并与预算进行实时对比分析。当出现成本超支风险时，系统可自动预警，帮助管理者及时采取措施，将成本控制在合理范围内。

4 智能建造技术在运维阶段的延伸价值

4.1 数字孪生与智慧运维

竣工后的 BIM 模型，连同施工过程中积累的所有设备参数、管线信息、隐蔽工程资料等，共同构成了建筑的“数字孪生体”。在运维阶段，通过 API 接口接入楼宇自控系统（BAS）、能源管理系统（EMS）、消防报警系统等的实时运行数据，管理者可以在虚拟的数字孪生体上直观地监控建筑的能耗、设备状态、环境舒适度等。例如，当冷水机组的电流异常升高时，数字孪生平台不仅能准确定位到机房内的具体设备，还能调取其品牌、型号、安装日期、保修信息、历次维修记录，并基于 AI 故障诊断模型，给出“可能是冷凝器结垢，建议进行化学清洗”的维修建议，极大提升了运维效率和用户体验。

4.2 设施管理与空间优化

基于 BIM 的设施管理系统（CAFM）可以对建筑内的所有资产（如办公家具、IT 设备、消防器材）进行全生命周期管理。每个资产都拥有唯一的数字身份，其采购、入库、领用、维护、报废等全过程信息均被记录在案。同时，通过分析空间使用数据（如会议室门禁系统的刷卡记录、工位下方压力传感器的数据），可以帮助企业优化空间布局。例如，系统分析发现某区域的会议室平均每周只被使用 10 小时，而相邻部门却经常找不到地方开会，管理者便可据此调整会议室分配策略，或引入共享办公模式，提高空间利用效率，降低运营成本。

5 应用挑战与未来展望

5.1 应用挑战

尽管智能建造前景广阔，但在推广应用过程中仍面临诸多挑战。首先，缺乏统一的数据标准和接口规范（如 IFC 标准在国内的落地应用尚不成熟），导致不同软件、硬件之间形成“数据孤岛”，阻碍了信息的有效流通。其次，初期软硬件投入成本较高，一套完整的智慧工地解决方案动辄需要百万元级投入，对中小型企业的资金实力提出了考验。再次，行业普遍缺乏既懂建筑又精通信息技术的复合型人才，现有教育体系培养的人才难以满足市场需求。最后，部分项目管理者对新技术存在认知偏差，习惯于传统管理模式，变革动力不足。

5.2 未来展望

展望未来，智能建造的发展将呈现以下趋势：一是技术融合将更加深入，BIM、IoT、AI、5G、区块链等技术将进一步无缝集成，形成更强大的技术合力；二是应用将从单点突破走向系统集成，覆盖项目全生命周期的“一站式”智能建造解决方案将成为主流；三是随着技术的成熟和成本的下降（如国产 BIM 软件的崛起），智能建造将从大型公建项目向普通住宅、市政工程等领域普及；四是相关标准体系、人才培养体系和政策支持体系将日趋完善，为行业的健康发展保驾护航。

6 结语

智能建造技术正在深刻地重构建筑工程管理的范式。它通过构建一个以 BIM 为核心、物联网为神经、人工智能为大脑、云计算为支撑的数字化生态系统，实现了对工程项目从宏观到微观、从静态到动态、从事后到事前的全方位、穿透式管理。实践证明，智能建造不仅能够显著提升工程项目的管理效率和经济效益，更能从根本上保障工程质量和施工安全，推动建筑业向绿色、低碳、可持续的高质量发展道路迈进。面对挑战，业界各方需携手共进，加强顶层设计、深化技术创新、培养跨界人才，共同迎接智能建造时代的全面到来。

参考文献

[1] 丁影影. 智能建造技术在建筑工程管理中的应用研究 [J]. 居业,2026,(03):228-230.

[2] 王熹, 徐西灵. 智能建造技术赋能，重构建筑工程管理新范式 [J]. 楼市,2026,(01):111-113.

[3] 王国强. 智能建造技术在建筑工程管理中的应用 [J]. 建材发展导向,2026,24(01):106-108.