

建筑工程施工进度计划编制中的关键节点控制研究

王 体

四川省攀枝花市建筑机械化施工有限公司 四川攀枝花

【摘要】建筑工程施工进度计划编制是确保项目按期交付的核心环节，关键节点控制直接影响工期、成本与质量。随着建筑规模扩大与技术复杂度提升，动态化与精细化管控成为管理重点。研究通过分析关键节点的定义、影响因素及控制策略，提出结合信息技术与风险管理的综合方法，为提升施工效率与资源利用率提供理论支持。

【关键词】建筑工程；施工进度；关键节点；控制策略；BIM 技术

【收稿日期】2024 年 12 月 12 日

【出刊日期】2025 年 1 月 29 日

【DOI】10.12208/j.ace.202500015

Research on key node control in the preparation of construction schedules for building projects

Ti Wang

Sichuan Panzhihua Construction Mechanized Construction Co., Ltd, Panzhihua, Sichuan

【Abstract】The preparation of construction schedules is crucial to ensuring on-time delivery of projects, with key node control directly affecting duration, cost, and quality. As construction scales enlarge and technological complexity increases, dynamic and detailed management becomes a focus. This study analyzes the definition, influencing factors, and control strategies of key nodes, proposing an integrated approach that combines information technology with risk management, providing theoretical support for enhancing construction efficiency and resource utilization.

【Keywords】Building engineering; Construction schedule; Key nodes; Control strategies; BIM technology

引言

城市化进程加速推动建筑项目需求增长，但工期延误、资源浪费等问题频发。传统进度管理方法难以应对复杂工程需求，关键节点失控易导致连锁延误与成本超支。如何科学识别关键节点并实施动态控制，成为提升工程效率的关键。研究旨在探索施工进度计划中关键节点的精准识别与控制策略，为优化项目管理提供实践参考。

1 关键节点的定义与识别方法

关键节点在建筑工程施工进度计划中具有决定性影响，直接影响项目的整体进度、成本及质量目标。这些节点通常表现为技术复杂、资源密集或工序逻辑关系紧密的环节，如基础施工、主体结构封顶和设备安装等。其核心特征包括对工期有连锁

影响、高度依赖资源调配以及严格的技术要求。

识别关键节点需要结合工程特点与多维度分析方法。首先，通过梳理工序逻辑关系，利用关键路径法（CPM）确定总时差为零的工序，筛选出直接影响工期的关键节点^[1]。其次，基于资源依赖性评估，标记需高强度资源投入的环节，例如桩基施工阶段。风险等级分析可辅助识别潜在瓶颈，如地质条件复杂的施工区域。实践中常使用信息化工具提高识别精度，如 BIM 技术构建的 4D 模型模拟施工流程并动态调整关键节点。部分项目还结合专家经验与量化指标进行综合判断，确保结果科学且可操作。

关键节点的识别并非一次性工作，需根据施工进度动态修正。设计变更或外部环境干扰可能改变

原有工序逻辑关系，需重新评估关键节点清单^[2]。例如，某商业综合体项目在土方开挖阶段遭遇地下障碍物，原定“基础施工完成”节点被调整为“障碍物清除验收”，并更新资源配置计划。动态调整依托协同管理机制：技术部门实时监控数据，项目团队定期召开进度协调会，并结合甘特图与里程碑计划对比实际进度偏差。多方协作至关重要，监理单位参与节点验收标准制定，业主提供政策支持减少外部干扰，最终实现精准识别与精细化管控。

2 关键节点失控的主要影响因素

资源调配不足是导致关键节点失控的核心因素之一。人力短缺、材料供应延迟及设备故障直接影响节点推进效率。施工高峰期常出现劳动力不足，尤其农忙期或节假日，工人流动性加剧人力缺口，导致工序衔接断裂。材料供应链问题表现为供应商未能按时交付或质量不达标，例如钢筋、混凝土等关键建材延误，迫使施工方停工待料，进一步拉长关键路径周期。设备维护不足或备用设备缺失同样引发进度风险，如桩基施工机械突发故障可能导致关键节点停滞数日。资金链断裂或支付延迟直接影响资源采购能力，业主拖欠工程款或分包商垫资能力不足，均会中断施工连续性。

技术方案缺陷与外部环境不可控性加剧关键节点失控风险。设计变更频繁是典型技术干扰因素，施工过程中图纸修改、功能调整需重新协调工序逻辑，打破原有进度计划^[3]。新工艺应用不当或缺乏经验，如大跨度钢结构安装技术失误，可能引发返工甚至安全事故，导致关键节点连锁延误。外部环境干扰涵盖自然条件与政策限制：极端天气（暴雨、高温）迫使户外作业暂停，复杂地质条件（如溶洞、软弱地基）需额外处理时间；政策审批延迟（如环评许可）或突发环保检查，直接中断施工节奏。社会因素如周边居民投诉、交通管制亦可能打乱关键节点部署。

管理机制不完善与动态监控缺失是进度失控的深层次原因。计划编制脱离实际，未科学应用关键路径法（CPM）或缓冲时间设计，导致资源分配失衡^[4]。责任划分模糊导致执行效率低下，例如多部门协作中任务界面不清，问题响应滞后。动态监控体系缺失表现为进度数据采集滞后，无法实时预警偏差，如未采用 BIM 或物联网技术跟踪施工进

展，难以快速识别节点延误。管理流程僵化加剧风险，部分项目依赖周期性会议协调问题，错过最佳纠偏时机；应急预案不完善则使突发问题（如供应商违约）无法快速解决。绩效考核与激励机制缺位削弱团队执行力，关键岗位人员责任意识不足进一步放大管理漏洞。

3 关键节点动态控制策略

建筑工程关键节点动态控制的核心在于构建多维度实时监控体系。基于 BIM 技术搭建的 4D 进度模型，能够将时间维度与三维空间模型深度融合，实现工序逻辑关系的可视化推演与进度偏差的智能预测。某大型商业综合体项目通过物联网传感器自动采集钢结构吊装进度数据，与 BIM 模型实时比对后触发三级预警机制：当偏差超过 10 天启动蓝色预警，触发资源配置调整指令；超过 30 天则升级为红色预警，启动跨部门应急响应预案。预警系统与进度协调机制形成闭环管理，每周进度例会结合《施工日记》记录的每日节点数据，利用关键路径法（CPM）重新计算总时差，动态修正资源配置方案。针对突发设计变更，采用数字孪生技术模拟变更影响，如某厂房项目通过虚拟建造发现管线碰撞风险，提前调整施工顺序，避免 15% 的返工率。EPC 项目通过设置接口工程师管理设计配合资料清单，将文件验证流程纳入进度计划监控，确保技术资料交付与施工节奏同步^[5]。

破解关键节点失控需建立全周期资源优化机制与风险预控体系。人力资源配置实施“干一观二计划三”模式，某地铁项目在盾构施工阶段提前三个月储备注浆工种，并通过领导跟班制确保关键工序 24 小时连续作业。材料供应采用 JIT 物流与双供应商策略，如深圳某超高层建筑通过智能调度系统将混凝土供应误差压缩至 2 小时，同时设置安全库存应对突发断供风险。风险管控贯穿项目全生命周期：施工前运用 WBS 分解法识别高风险工序，某桥梁工程针对溶洞地质编制专项处理方案，节省地质勘探时间 20 天；施工中建立环境变量评估模型，珠海某滨海项目通过气象大数据分析，在台风季前完成幕墙封闭施工；竣工后引入区块链技术记录验收数据，确保节点质量追溯透明可信。针对资金链断裂风险，建立业主支付担保制度与分包商垫资能力评估体系，某产业园项目通过供应链金融工

具缓解材料款支付压力。

智能建造技术与组织管理模式的协同创新正在重构节点控制范式^[6]。BIM 与数字孪生技术的深度融合使进度管理进入虚实交互新阶段，上海某会展中心项目通过数字孪生平台模拟机电安装流程，优化管线排布方案，减少交叉作业冲突 40%。人工智能预测模型的应用显著提升决策效率，某机场扩建工程利用机器学习算法分析历史延误数据，对主体结构封顶节点的混凝土浇筑时段进行动态优化，规避雨季对施工质量的影响。组织管理层面推行“战争地图”可视化管理系统，将各部门节点任务与接口标准公示于协同平台，某 EPC 总承包项目通过该机制将设计变更响应时间从 7 天压缩至 48 小时。激励机制创新方面，建立里程碑专项奖励基金，成都某智慧园区项目对提前完成数据中心供配电节点的团队给予 3% 的进度奖金，激发施工效率提升 25%。

4 技术赋能与未来趋势

建筑行业正加速融合 BIM、物联网与人工智能技术，形成多维度的数字化管理能力^[7]。BIM 技术已从三维建模升级为 4D 进度模拟与动态协同工具，例如西昌川兴北环线项目通过 BIM 模型优化管线碰撞检测，减少返工率 15%。物联网传感器与无人机结合 AI 视觉技术实现工地实时监控，某项目采用无人机航拍结合图像识别算法，自动检测未覆盖防尘网的土方区域，精度达 98%并同步生成整改清单。DeepSeek 等 AI 工具通过自然语言处理与数据分析能力，辅助生成施工报告、核查合同条款，并将会议录音自动转化为待办事项，使技术人员文书处理效率提升 50%。智能调度系统根据天气、资源等变量动态优化施工流程，某项目通过 AI 预测模型提前 3-5 天预警进度风险，并生成针对性缓解措施。

BIM 与数字孪生、人工智能的深度融合正在重构工程管理范式。数字孪生技术通过实时数据映射构建虚拟工地，某厂房项目利用该技术模拟钢结构吊装顺序，减少交叉作业冲突并缩短工期 18%。AI 预测模型基于历史数据训练，可计算工序延误概率并推荐缓冲策略，如主体结构封顶节点通过机器学习分析天气、劳动力数据，动态调整混凝土浇筑计划。区块链技术开始应用于碳排放管理，博兴工程

管理平台通过不可篡改的能耗数据记录，支持绿色债券发行与碳交易^[8]。德国初创公司 Triqbriq 开发的木结构模块化系统，结合 AI 分析气候适应性，使建筑在拆卸后可重复利用率达 90%，推动循环建造模式发展。

智能建造与绿色低碳技术将成为行业核心驱动力。2025 年建筑机器人市场预计以 33.2% 年复合增长率扩张，焊接机器人、3D 打印设备可替代高危工序，某项目引入自动焊接设备使质量合格率提升至 99.5%。光伏建筑一体化（BIPV）与风电集成设计加速普及，深圳某园区通过建筑立面光伏板与微电网系统实现 80% 能源自给。全生命周期碳管理技术推动行业向“双碳”目标迈进，BIM+AI 平台可计算材料隐含碳排放，优化设计方案降低碳足迹 30%。建筑企业逐步向“投建运一体化”转型，成都某片区开发项目通过数字孪生平台实现 20 年运维期能耗预测，使运营成本降低 25%。未来，自适应进度管理系统将整合 5G、边缘计算与 AI 算法，实现施工流程的自主决策与动态优化，开启建筑行业智能化新纪元。

结语

建筑工程施工进度计划中的关键节点控制需融合动态监控、资源优化与技术创新，形成多维度管理体系。当前实践表明，基于 BIM 的 4D 模拟、物联网实时监控及 AI 预测模型的应用显著提升了节点控制的精准性，例如某项目通过动态预警机制减少工期偏差达 30%。未来，智能建造技术将进一步推动节点控制向自主决策发展：建筑机器人可替代高危工序，数字孪生技术将实现全生命周期进度仿真，而区块链技术有望建立不可篡改的节点验收数据库。

参考文献

- [1] 王喆. 建筑项目施工进度管理与关键节点控制分析[J]. 中国房地产业, 2021, 13: 87-88.
- [2] 陈培成. 房屋建筑工程施工现场进度及质量管理的探讨[J]. 低碳世界, 2020, 10(5): 104-105.
- [3] 徐主运. 房屋建筑工程施工总进度的管理探讨[J]. 装饰装修天地, 2020, 7: 42.
- [4] 张真真. 房屋建筑施工进度管理中的关键节点控制措施[J]. 建筑工程技术与设计, 2019, 17(8): 350.

- [5] 高林, 李青松. 基于BIM技术的建筑项目关键节点控制策略研究[J]. 建筑经济, 2023, 34(1): 82-85.
- [6] 刘强, 赵立宏. 建筑施工进度关键节点控制与风险管理方法[J]. 建筑技术, 2022, 53(4): 244-248.
- [7] 杨扬, 陈浩. 建筑工程施工关键节点动态监控系统的设计与实施[J]. 现代城市研究, 2021, 36(8): 92-96.
- [8] 孙梅, 王秀艳. 施工进度计划中的关键节点优化管理探

讨[J]. 建筑科技, 2022, 49(2): 117-120.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS