

建筑工程项目进度管理关键技术与实践分析

任思广

山东宸居建筑工程集团有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i7.4465

[摘要] 建筑行业数字化转型的大背景之下,进度管理是工程建设项目全生命周期的控制内容,它的好坏直接影响项目成本效率以及质量安全,并且对市场竞争力有重要的影响。本文以行业发展为导向,初步定义建筑工程项目进度管理主要因素,再对BIM+4D动态建模、物联网和边缘计算融合监测、大数据驱动智能优化、区块链赋能协同追溯这四种关键技术的应用逻辑展开剖析,最后在实践中给出计划体系数字化重构、施工过程精益化管控、资源配置智能化协同、全周期风险动态防控四个有效的途径,在实践中证明,可以为企业提高项目进度管理水平,为推进数字化升级赋予可行的实操支持,促使建筑业由经验驱动转为数据驱动。

[关键词] 建筑工程项目; 进度管理; 数字化转型; BIM技术; 精益管控; 智能协同

中图分类号: G278 **文献标识码:** A

Key Technology and Practice Analysis of Construction Project Schedule Management

Siguang Ren

Shandong Chenju Construction Engineering Group Co., Ltd.

[Abstract] In the context of digital transformation in the construction industry, schedule management serves as a critical control element throughout the entire lifecycle of engineering projects. Its effectiveness directly impacts project cost efficiency, quality assurance, and market competitiveness. This paper, guided by industry development trends, first defines the key factors in construction project schedule management. It then analyzes the application logic of four core technologies: BIM+4D dynamic modeling, IoT and edge computing integrated monitoring, big data-driven intelligent optimization, and blockchain-enabled collaborative traceability. Finally, it proposes four practical approaches—digital reconstruction of planning systems, lean construction process control, intelligent resource allocation coordination, and dynamic risk prevention across the entire lifecycle. These methods have been proven in practice to enhance project schedule management capabilities, provide actionable support for digital transformation, and facilitate the transition of the construction industry from experience-driven to data-driven operations.

[Key words] construction project; schedule management; digital transformation; BIM technology; lean management; intelligent collaboration

引言

随着建筑工程规模越来越大、技术越来越复杂以及多参与方之间的协同需求加强,传统的依靠二维图纸和人工监管来应对信息断层、响应滞后、风险预判不足等方式已经不能满足要求了。行业内数据显示,我国近六成的建筑项目存在一定的工期延误情况,进度管理方式落后也是主要原因之一。伴随着数字化转型浪潮的兴起,物联网、大数据、人工智能、BIM等技术

与进度管理的深度融合,给行业痛点找到了新的解决途径。进度管理不再仅仅是个体工期的控制,而是融合到计划编制、过程监控、资源调配、风险预判等多维体系中的一种综合性的系统

工程,其主要目的在于依靠科学技术和有效的实践来促进项目进度的动态可控、资源的有效利用以及多方的合作。

1 建筑工程项目进度管理核心要素

建筑工程项目进度管理的核心要素组成是进度管控体系的基础框架,各个要素互相联系、共同保证进度目标的实现。进度计划属于核心导向要素,根据项目范围分解和工序逻辑来安排行动计划,用工作分解结构把项目分解出来,找到要做的工作包,然后确定关键的里程碑节点,确定关键线路保证资源投入,人力资源保障是支撑要素,按照人员合理配置、供应来满足关键工作的需求,它的科学性决定工序推进的连续性,不会使某一项工程

停工或者延迟；组织协同是关键保障要素，对多参建方的责任界限做出规定，建立畅通的信息流通机制，保证计划与实际进度数据一致，并且为决策服务，风险管理属于前置要素，提前识别可能出现的风险并加以防范，建立起一个预警系统以及应急预案^[1]。

2 建筑工程项目进度管理的关键技术

2.1 BIM+4D动态建模技术

BIM+4D动态建模技术是建筑行业数字化转型背景下进度管理的主要技术之一，其基本原理在于把BIM三维模型上加上海量维度，在这个模型中包含空间信息、构件属性、施工工艺和进度计划这四个方面的内容。该技术通过将进度计划和BIM模型中的构件做联系映射的方式，完成施工过程的可视化模拟，可以很直观地展示出各个阶段的任务、资源投入量以及空间作业冲突，给进度计划的优化编制打下基础。在进度实施的过程中，该技术可以实时录入现场施工的数据，并与计划进度相比较，进行偏差对比分析，从而自动产生偏差预警，为管理人员及时调整施工方案提供数据支持。BIM建模给信息交流和共享提供了便利条件，在一定平台上完成所有工作，弥补因信息传递不畅而造成的工程进度滞后现象，进而明显提高协同效率，大幅度降低决策成本^[2]。

2.2 物联网与边缘计算融合监测技术

物联网和边缘计算融合的监测技术是在施工现场安装RFID标签、智能传感器、无人机等感知设备，并将边缘计算节点的数据处理能力赋予这些设备，使其完成现场施工中人员、设备、材料等各方面的实时状态感知以及数据采集。该技术克服了传统人工巡检时空受限的问题，可以全天候采集施工现场的信息，如人员到岗情况、设备运行参数、材料进场数量和位置、施工工序完成进度等。边缘计算节点解决了现场施工过程中网络不稳定问题，在采集到大量的数据之后对其中的关键信息进行局部预处理、降维和分类处理，然后把数据分析结果发送出去，从而保证了分析数据的有效传输。依靠该技术获得的实时数据，可以为进度动态控制提供精准的数据支持，使管理者及时发现进度偏移、资源枯竭等状况，提高进度管控制度的精细化程度。

2.3 大数据驱动的智能进度优化技术

以大数据为核心驱动的智能进度优化技术，其数据来源是建筑行业大量的历史项目资料、实时施工资料和外界条件数据，依靠机器学习、数据分析构建一套智能化进度预测与改进模型。该技术可以对历史项目进度数据进行深入研究，找出影响进度的因素以及规律，给新建项目的进度计划编制提供科学的依据，提高计划编制的合理性、前瞻性。随着进度的推进，此技术可以随时整合施工现场的资源投入、工序完成情况、天气变化等各方面的数据，实时预报项目后续的进度走势，预先发现可能存在的进度风险。当出现进度偏差时，该技术依靠算法自动生成最合理的纠偏方案，如资源调配改变、工序逻辑调整等，为管理者的智能化决策提供有效支撑，实现进度计划的动态优化和精确控制^[3]。

2.4 区块链赋能的协同追溯技术

区块链赋能的协同追溯技术依靠区块链去中心化、不可篡改、可追溯的特点，创建建筑工程项目众多参与主体的信任合作平台。项目进度控制中关键的数据，如项目设计变更文件、材料进场验收记录、工序验收结果、进度调整指令等，存放在区块链平台上，防止因数据篡改或丢失而引发责任纠纷。另外，利用区块链智能合约技术建立责任追溯机制，在某些参建方未能达到进度要求时，智能合约会自动进行违约处理，确保进度安排顺利完成。它突破了传统协同管理模式中信息壁垒、信任等问题，实现了进度管理数据全流程追溯和多参与方有效协作，提高了进度管理的透明度和执行力。

3 建筑工程项目进度管理有效实践路径

3.1 进度计划体系的数字化重构

进度计划体系数字化重构的核心在于冲破传统的管理模式信息孤岛和静态局限，用数字化平台实现进度计划全流程的闭环管理。与纸质计划和Excel表格的被动适应相比，数字化平台依靠工作分解结构技术，把项目的全生命周期任务拆解成细化的工作包，确定技术标准、资源限量和工期边界；还可以用网络计划算法对工作的流程进行梳理，找到重要的环节，从而创建一个科学而具有前瞻性的进度计划系统。这一重构不单未能把工具去掉，而是在数据融合的基础上建立起来的一种协作联动方式，保证进度计划受设计变更、资源波动等因素影响的时候可以快速响应、动态适应，保证施工推进的连贯性以及可控性^[4]。

以超高层项目为主体结构施工过程为例，数字化进度管理平台的运用将使进度计划由原来的静态编制变为现在的动态调整。项目团队先使用平台把主体结构施工拆解成桩基、核心筒、钢结构吊装等关联的工作包，利用平台算法生成包括关键线路的可视化进度计划，确定各个工序之间的衔接节点和资源需求。施工中由于地质条件变化而使桩基施工拖延，在平台的实时数据采集中自动捕捉到这个偏差并迅速做出延误会对核心筒施工、钢结构吊装等后续工序产生的连锁影响；管理人员依靠平台分析结果，准确预测核心筒施工的影响，并及时调整进度计划，把串行的部分工序改造成并行操作，在整个过程中信息得到同步传送，保证各个部分衔接流畅。最后依靠数字化重构的进度计划体系来控制桩基础延误给项目带来的影响，在复杂的工程项目中证明该方式的有效性。

3.2 施工过程的精益化管控实施

施工过程的精益化管理主要从“价值流”的角度来创建全流程的控制体系，用消除无效作业、优化资源流转、准确把控工序节点的办法来提高进度和效益。与传统的粗放式管控依靠经验判断不同，精益化管理是以数字化检测为主，创建起“实时感知—动态分析—精准纠偏”的管控环路，在用挣值法、形象进度法等量化方法把进度偏差判识成“事后补救”，转而变为“事中控制”。对施工全流程的各个环节进行拆解，确定各个工序的价值贡献，侧重于关键工序和瓶颈环节来加强控制，用标准化作业

规范降低返工、窝工等浪费,保证施工资源准确对接进度要求,提高整体作业效率。

大型综合体项目机电安装过程中,精益化管理实践的价值被充分地发挥出来。机电安装工序多、管线交错,传统的管控容易由于管线碰撞、构件供应滞后等而出现进度延误。项目团队以精益化管控为主导,先用移动端APP搭建实时数据采集通道,从而实现各施工班组作业进度、构件使用情况的动态上报;借助数字化平台整合数据,用挣值法分析出机电管线安装进度滞后的根本原因在于管线构件供应滞后。对于以上问题,项目团队立刻启动多供应商协同机制,通过调配使用供应商资源保证构件供应,结合BIM技术模拟管线安装最优路径,优化作业顺序,将原来串行的管线安装改为主次分明地进行并行实施,在很大程度上消除了交叉作业的隐患。除此之外,按照标准化作业指导书对施工现场的操作进行规范,从而减少由于操作不当造成的返工浪费。一系列精益化控制手段的落实,既保证了机电安装环节在规定的期限内完成,又降低了施工成本,给以后装饰装修环节的顺利开展打下了基础。

3.3 资源配置的智能化协同优化

资源配置的智能化协同优化是破解建筑项目资源错配、供需失衡问题的重要途径,核心在于依靠大数据和人工智能技术,创建起跨参建方、全过程的资源协同管理机制。传统配置方式依靠的是人来判断,很容易形成闲置资源或不足的局面,而智能化的协同优化整合项目全周期的数据、用智能算法对大量的数据进行准确预测,并及时动态调配资源。其根本目的在于冲破信息壁垒,实行多方资源的信息资源共享,保证资源随着进度实时准确地对接到用户的手中,在全流程跟踪中提高资源的利用效率,降低进度延误的风险。

地铁项目土方开挖和运输环节,属于资源化智能协同优化的重要场景之一。本环节涉及土方开挖量、运输车辆的使用、道路及目的地等各个方面,资源协同程度高但是传统管理中会存在车辆闲置、运输阻塞的现象,这样的管理模式很容易出现车辆不利用的情形。项目团队建设智能化资源协同管理平台,把土方开挖进度、运输车辆运力、实时交通状况、弃土场容量等多维数据融合在一起,用智能算法建立资源匹配模型。平台可以实时地对各个开挖区的土方出库量和运输车辆运力进行比较分析,如果某个区域出现车辆闲置的情况,则会发出调度指令把闲置的车辆移入该区域的大车数中去;结合实时交通数据来灵活安排交通运输方案,降低拥堵路段的通行时间。此外,平台和土方供应商之间建立起实时数据对接机制,在开挖进度达到设置的需求之后立即作出土方运输的安排,防止供应商在需要的时候不能满足需求,保障工程按计划推进。通过智能化协同优化的方法,土方开挖、运输效率由原来的30%左右增加到现在的27%,保证之后主体结构施工进度需求不降低,从而降低运输成本以及资源闲置率。

3.4 全周期风险的动态防控构建

全周期风险的动态防控构建主要依靠创建起“事前识别—

事中检测—事后处理”的全过程风险管控框架,在数字化技术支撑下迅速地降低风险给进度带来的影响。动态防控在于依靠大数据分析来搭建起由过去历史项目的风险数据、当前施工数据和外部环境数据构成的风险预测模型,进而提前预防风险。而且要形成分级预警机制,即对不同的风险等级实行分类应对的制度,并且把风险造成的损失降级到最低限度^[5]。

城市管廊工程施工环节,由于其地下管线多、施工环境变化频繁的特点,所以在工程进度控制方面具有较高的难度,属于全周期风险动态防控构建的典型应用领域。项目团队在规划阶段,根据过去的历史管廊项目施工数据来总结出来,按照本次项目施工的范围和环境特点来识别出地下管线冲突、雨季施工积水、材料供应延迟这三种主要的风险点,建立风险清单和分级评估标准,对不同的风险点做出差异性的应急预案。通过GIS的技术叠加地下管线分布数据与施工进度数据,创建出动态监测地图,及时跟踪施工位置和地下管线距离,在施工区域内靠近管线的时候立即发出一级警告,并召开设计、施工、监理三方协同会,优化施工方案、修改开挖路线,尽量减少管线损坏给进度带来的影响。为防止雨水季节的施工水位风险,在降雨到来之前四十八小时内启动二级预警,及时组织排水设备、加固施工区域围挡,保证降雨期间施工区域能够不积水,保证施工正常进行。通过全周期风险动态防控的方式,项目施工过程中未能出现大的进度风险问题,各个主要节点都提前完成。

4 结语

随着建筑工程项目规模的不断扩大以及复杂程度越来越高,在这个背景下,数字化转型给进度管理开辟了一条全新的途径。经过融合前沿技术后,创建起包含计划、管控、协同、风控全方位管理体系,由原来的静态管理变为动态智能。转向的这一种转型大大地加快了进度控制精细化、智能化的过程,也使建筑行业从经验驱动转变为数据驱动发展的趋势,给项目成功的交付、企业的成本降低、行业的持续发展提供强大的推力,推动建筑工程管理迈入更高发展阶段的现代化。

[参考文献]

- [1]郭帅.建筑工程的进度管理分析[J].建材发展导向,2024,22(19):83-85.
- [2]李永彬,田亮.住宅建筑工程现场进度管理与质量控制研究[J].居舍,2024,(04):177-180.
- [3]管军.建筑工程项目施工进度管理质量提升措施探究[J].中国住宅设施,2024,(01):157-159.
- [4]陈君.建筑工程项目施工进度管理要点[J].居业,2023,(6):146-148.
- [5]魏荣,邵转吉.协同施工视域下建筑工程项目进度管理方法研究[J].四川建材,2023,49(01):254-256.

作者简介:

任思广(1985--),男,汉族,山东枣庄人,大学本科,工程师,研究方向:建筑工程。