

# 水利工程施工进度管理中的信息化技术应用研究

马占山

中国水利水电第六工程局有限公司 辽宁 沈阳 110167

**摘要:** 水利工程作为国家重要的基础设施,其施工过程具有规模宏大、周期漫长、工艺复杂、环境多变等特点,这给施工进度管理带来了巨大挑战。传统的以人工经验为主的进度管理模式,已难以满足现代水利工程对精细化、动态化和协同化管理的迫切需求。本文聚焦于信息化技术在水利工程施工进度管理中的创新应用,系统梳理了BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)、物联网(IoT)、大数据及项目管理软件等核心技术的原理与功能。文章深入剖析了这些技术如何通过构建“4D/5D BIM模型”、“数字孪生工地”和“智慧调度平台”,实现对施工进度的可视化模拟、实时监控、智能预警与优化决策。同时,本文也指出了当前应用中存在的标准体系不统一、数据孤岛、复合型人才培养等现实瓶颈,并针对性地提出了加强顶层设计、推动技术融合、培养专业人才等发展对策。研究表明,深度整合信息化技术是提升水利工程施工进度管理水平、保障工程按期高质量交付的关键路径。

**关键词:** 水利工程;施工进度管理;信息化技术;BIM;GIS;物联网

## 引言

水利工程是国之重器,关乎国计民生、防洪安全、粮食安全和生态安全。从三峡大坝到南水北调,从大型水库到流域综合治理,每一项重大水利工程建设都是对国家综合国力与项目管理水平的严峻考验。其中,施工进度管理作为项目的核心环节,直接关系到工程能否如期发挥效益、投资能否有效控制。然而,水利工程固有的复杂性——如涉及土石方开挖、混凝土浇筑、金属结构安装等多种交叉作业,受汛期、地质、天气等外部因素影响显著——使得进度控制异常困难。传统依赖甘特图、横道图和人工报表的管理模式,信息传递滞后、反馈链条冗长、风险预警能力弱,极易导致进度失控、成本超支。进入21世纪,以BIM、GIS、物联网、云计算和人工智能为代表的新一代信息技术迅猛发展,为破解这一难题提供了全新的工具箱和方法论。这些技术能够将物理世界的工程项目在数字空间中进行全要素、全过程的映射与仿真,从而实现从“被动响应”到“主动预测”的管理范式转变。因此,深入研究并推广信息化技术在水利工程施工进度管理中的应用,不仅是提升行业现代化治理能力的必然要求,更是保障国家水安全战略顺利实施的重要支撑。本文旨在系统探讨这一主题,为相关理论研究与工程实践提供参考。

## 1 水利工程施工进度管理的传统困境与信息化转型需求

### 1.1 传统进度管理模式的主要痛点

在信息化浪潮席卷之前,水利工程施工进度管理主要依靠项目经理的经验和一系列静态的计划工具。这种

模式存在诸多难以克服的弊端:(1)信息割裂与孤岛效应:设计、施工、监理、业主等各方使用不同的软件和数据格式,信息无法有效共享与集成。进度计划与现场实际脱节,管理者难以获得全局、实时的项目状态。(2)可视化程度低:传统的二维图纸和表格无法直观展示复杂的三维施工场景和工序间的逻辑关系,对于大型水利枢纽工程而言,理解施工顺序和空间冲突尤为困难<sup>[1]</sup>。(3)动态调整能力弱:一旦出现设计变更、材料延误或恶劣天气等干扰因素,需要耗费大量人力重新计算和调整进度计划,响应速度慢,往往贻误最佳调整时机。(4)风险预警滞后:缺乏对关键路径和资源负荷的实时监控,无法提前预判潜在的进度延误风险,管理行为常常是“事后救火”而非“事前预防”。

### 1.2 信息化技术赋能的必要性与紧迫性

面对上述困境,信息化技术的引入成为破局的关键。其核心价值在于构建一个集成、动态、智能的进度管理新生态:(1)集成:打破信息壁垒,将设计、成本、进度、质量、安全等多维信息汇聚于统一的数字平台。(2)动态:通过传感器、移动终端等设备,实现对施工现场人、机、料、法、环等要素的实时数据采集,使进度计划与现场执行形成闭环反馈。(3)智能:利用大数据分析和算法模型,对海量数据进行挖掘,实现进度偏差的自动识别、风险的智能预警以及资源的优化调度。这种转型不仅是技术层面的升级,更是管理理念和组织模式的深刻变革,是水利工程建设迈向高质量发展的必由之路。

## 2 核心信息化技术及其在进度管理中的应用机制

### 2.1 BIM技术:构建进度管理的数字骨架

BIM (Building Information Modeling) 技术是信息化进度管理的核心引擎。它通过创建一个包含几何、物理、功能等全方位信息的参数化三维模型,为进度管理提供了前所未有的基础。(1) 4D/5D BIM模拟:将施工进度计划(时间维度,即4D)甚至成本信息(成本维度,即5D)与BIM模型进行关联。管理者可以在虚拟环境中直观地“预演”整个施工过程,清晰地看到每个时间点各部位的施工状态、资源投入情况以及工序间的衔接关系。这极大地提升了进度计划的科学性和可预见性,能在施工前就发现潜在的工序冲突和资源瓶颈。(2) 碰撞检测与方案优化:在复杂的水利机电安装或厂房结构施工中,BIM模型可以提前进行各专业(如水、暖、电、结构)的碰撞检测,避免因管线冲突导致的返工和工期延误。同时,可以对多种施工方案进行模拟比选,选择最优的进度-成本组合方案。

## 2.2 GIS与BIM融合:锚定工程的时空坐标

GIS (Geographic Information System) 擅长处理宏观的地理空间信息,而BIM则精于微观的建筑构件信息。两者的深度融合(BIM+GIS)为大型线性水利工程(如渠道、堤防、输水管道)的进度管理提供了强大的时空框架。(1) 宏观进度可视化:将BIM模型精准地嵌入到真实的地理环境中,管理者可以在一张地图上总览数百公里长的工程全线进度<sup>[2]</sup>。例如,可以直观地看到不同标段的土方开挖完成百分比、衬砌完成长度等,便于进行跨区域的资源统筹和协调。(2) 环境影响分析:结合GIS的地形、水文、地质等数据,可以分析施工活动对周边环境的影响,如弃渣场选址、施工便道规划等,确保施工进度安排符合环保要求,避免因环境问题导致的停工。

## 2.3 物联网(IoT)与移动互联网:打通现场数据的“最后一公里”

如果说BIM和GIS构建了进度管理的“大脑”和“眼睛”,那么物联网和移动互联网则是其敏锐的“神经末梢”。(1) 实时数据采集:在关键施工设备(如塔吊、挖掘机)、运输车辆、甚至工人安全帽上安装传感器,可以实时采集设备位置、运行状态、工作时长、物料消耗量等数据。这些数据通过无线网络自动上传至管理平台,取代了传统的人工日报表,确保了进度数据的真实性和时效性。(2) 移动端协同:现场工程师可以通过手机或平板电脑APP,随时查看最新的BIM模型和进度计划,记录现场问题,发起协同审批流程。这极大地提高了沟通效率,缩短了问题处理周期,保证了进度指令能够快速、准确地下达和执行。

## 2.4 大数据与人工智能:驱动智能决策

当海量的、实时的工程数据被汇聚到云端后,大数据分析和人工智能技术便有了用武之地。(1) 进度偏差智能诊断:通过机器学习算法,系统可以自动分析历史数据和实时数据,识别出导致进度延误的关键因素(如某类设备故障率高、某供应商交货不稳定),并生成根因分析报告。(2) 风险预测与预警:基于对天气预报、供应链数据、劳动力市场的综合分析,AI模型可以预测未来一段时间内可能出现的进度风险(如暴雨可能导致土方作业停滞),并向管理者发出预警,以便提前采取应对措施<sup>[3]</sup>。(3) 资源优化调度:利用优化算法,系统可以根据当前的进度状态和未来的任务需求,动态调整人力、机械和材料的分配方案,实现资源利用效率的最大化,从而保障关键路径的顺利推进。

## 3 信息化技术集成应用的典型模式:“数字孪生工地”

上述各项技术并非孤立存在,而是通过系统集成,共同构建起一个虚实映射、实时交互的“数字孪生工地”。这是当前水利工程施工进度管理信息化的最高形态。在一个成熟的数字孪生工地系统中,物理世界的每一个施工动作都会在数字世界中得到即时反映,反之,数字世界的模拟和优化结果也能指导物理世界的施工活动。例如,在大坝混凝土浇筑过程中,埋设在混凝土内部的温度、应力传感器会将数据实时传回数字孪生平台。平台上的BIM模型会根据这些数据,动态更新混凝土的强度发展状态,并与预设的进度计划进行比对。如果发现强度增长过慢,可能影响后续工序,系统会立即向管理人员发出预警,并建议调整养护方案或优化后续施工节奏。这种“感知-分析-决策-执行”的闭环,使得进度管理变得前所未有的精准和高效。山西省水利厅开展的BIM与数字孪生试点工作,如阳泉龙华口调水工程管理平台的成功上线,正是这一模式在中国水利工程领域的生动实践,标志着我国水利工程建设信息化水平迈上了新台阶。

## 4 应用挑战与未来发展对策

### 4.1 应用挑战

尽管前景广阔,但信息化技术在水利工程施工进度管理中的深度应用仍面临不少挑战:(1) 标准体系与数据互通壁垒:目前,BIM、GIS、IoT设备等来自不同厂商,其数据格式、建模深度(LOD)、交付标准尚未形成行业统一规范。这导致在项目全生命周期中,设计、施工、运维各方产生的模型与数据难以无缝对接,形成了新的、更为复杂的“数字孤岛”,严重制约了信息的价值挖掘。(2) 初期投入成本与投资回报疑虑:构建一个功能完备的数字孪生平台,涉及高昂的软硬件采购、定制化开发、网络基础设施建设和持续的运维费用。对于资

金相对紧张的中小型水利项目而言,这笔前期投入巨大,且其带来的效益(如工期缩短、返工减少)往往难以在短期内量化,导致业主和施工单位的投资意愿不强。(3)复合型人才结构性短缺:数字孪生工地的有效运行,极度依赖既精通水利工程施工技术与管理流程,又熟练掌握BIM建模、数据分析、物联网系统运维等信息化技能的复合型人才。目前,高校培养体系与行业实际需求存在脱节,市场上此类人才凤毛麟角,成为制约技术深化应用的关键瓶颈<sup>[4]</sup>。(4)组织协同与管理模式变革阻力:信息化转型不仅是技术升级,更是一场深刻的管理革命。它要求打破传统项目管理中设计、施工、监理等各方条块分割、信息保密的旧有模式,建立起基于共享数据平台的、高度透明和协同的工作流。这无疑会对现有组织架构、权责分配和企业文化构成挑战,遭遇来自惯性思维和利益格局的阻力。

#### 4.2 发展对策

为有效应对上述挑战,推动信息化技术在水利工程施工进度管理中的深度应用,未来应着力于以下发展对策:(1)强化顶层设计与标准引领:建议由国家水利部或相关行业协会牵头,加快制定覆盖水利工程全生命周期的BIM应用统一标准、数据交换协议(如IFC for Infrastructure)和分类编码体系,为跨平台、跨阶段的数据互通奠定坚实基础。(2)推广“云+端”轻量化与SaaS服务模式:鼓励发展基于公有云或混合云的软件即服务(SaaS)平台,让中小型项目能够以较低的成本按需租用所需功能模块,有效降低技术应用门槛和初期投入压力。(3)构建多层次人才培养体系:在高等教育层面,推动水利工程、土木工程等专业课程体系改革,增设BIM、智慧城市、数据科学等交叉学科内容;在职业培训层面,建立面向在职工程师的系统化、实战化培训认证体系,快速填补人才缺

口。(4)倡导全生命周期价值理念:引导业界认识到,信息化投入的价值不应仅局限于施工阶段的进度控制,更应着眼于项目从规划、设计、施工到长期运维的全生命周期效益最大化。通过展示其在提升工程质量、降低安全风险、优化后期运维等方面的综合价值,增强各方的战略投资信心。

#### 5 结语

信息化技术正以前所未有的深度和广度重塑水利工程施工进度管理的面貌。以BIM为核心,融合GIS、物联网、大数据和人工智能等技术,构建“数字孪生工地”,已成为实现进度管理精细化、智能化、协同化的关键路径。它不仅能够有效解决传统管理模式下的信息割裂、响应滞后等痛点,更能通过模拟、预测和优化,为管理者提供强大的决策支持,从根本上提升工程项目的管控能力和履约水平。尽管在标准、成本、人才等方面仍存在障碍,但随着技术的不断成熟、应用案例的持续积累以及行业共识的日益增强,信息化技术必将在保障国家重大水利工程顺利建设、推动水利行业高质量发展中发挥越来越不可替代的作用。未来的水利工地,将是一个物理世界与数字世界深度融合、高效协同的智慧生命体。

#### 参考文献

- [1]李洋,陶凤博.信息化技术在水利工程施工管理中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(19):214-216.
- [2]赵国梁,张莹.农田水利工程施工管理中信息化技术的应用实践探究[J].中国科技纵横,2026,(03):46-48.
- [3]赵宁.水利工程施工管理中信息化技术的应用[J].河北水利,2024,(09):43-44.
- [4]管魁.水利工程施工管理中信息化技术的应用分析[J].黑龙江水利科技,2024,52(02):131-133+155.