

水利工程 EPC 项目进度管理与优化研究

黄斌

安徽水安建设集团有限公司，安徽省合肥市，230601；

摘要：水利工程 EPC 项目采用设计、采购、施工一体化模式，其进度管理受自然环境影响大、专业协同要求高、资源调配复杂。当前项目存在自然环境风险应对不足、设计采购施工协同低效、资源配置与计划不匹配、进度监控调整手段滞后等问题。研究提出构建自然环境风险动态响应体系、搭建设计采购施工一体化协同平台、实施资源动态配置与智能调度、建立智慧化进度监控与自适应调整机制等优化措施，以提升水利工程 EPC 项目进度管理效率，保障项目如期完成。

关键词：水利工程；EPC 项目；进度管理

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.045

水利工程作为国家基础设施建设的关键领域，其实施效率直接影响民生保障与经济发展。近年来，EPC 一体化模式因能整合全产业链资源，在水利项目中应用日益广泛，然而受江河湖泊复杂自然环境、多专业协同作业及超长建设周期等因素影响，项目进度管理面临自然风险频发、专业衔接断层、资源调配失衡等现实挑战。现有管理手段在应对突发性灾害、跨环节协同及动态调整等方面存在明显滞后，导致工期延误现象频发。所以研究水利工程 EPC 项目进度管理的优化路径，对提升工程建设效能、保障水利设施如期发挥效益具有重要的实践意义。

1 EPC 项目模式概述

EPC 项目模式属于集成化工程建设模式范畴，其显著特征是对工程设计、采购和施工环节实施深度整合，由承包单位对项目全流程实施进行统一负责。在此模式框架下，业主仅需提出项目的功能需求与竣工标准，而具体的设计方案制定、设备采购执行及施工组织安排，均由 EPC 承包商进行统筹规划，这一机制可有效解决传统模式中设计与施工脱节、采购周期过长等问题。

该模式的核心优势体现在，通过全流程一体化管理实现建设周期的压缩，借助设计与施工的协同优化达成成本控制目标，同时通过明确单一责任主体来降低业主的管理风险。当前，此模式在能源、交通、工业厂房等大型复杂工程领域得到广泛应用，尤其适用于对工期和成本控制有严格要求的项目，正逐步成为现代工程建设领域的主流模式之一。

2 水利工程 EPC 项目进度管理特点

水利工程 EPC 项目的进度管理呈现鲜明的行业特性。

由于建设内容多包含大坝、灌区、堤防等复杂构筑物，设计环节需同时考虑水文地质条件、防洪抗旱标准等专业要素，致使设计周期与施工准备的衔接更为紧密，需在方案论证阶段即植入进度管控节点。采购环节中，闸门、泵站等专用设备的定制化生产周期较长，且运输受河道通航条件、山区路况等外部因素限制，进度管理需构建包含供应商产能评估、物流路径模拟的动态调控机制。

施工阶段受季节性水文变化的影响尤为显著，如河道截流必须在枯水期的时间窗口内完成，混凝土浇筑需避开汛期雨水的干扰，这就要求进度计划具备弹性缓冲空间。同时，水利工程多涉及生态保护与移民安置等配套工程，征地拆迁进度、环保审批流程等非工程因素常常成为关键线路上的制约点^[1]。

3 水利工程 EPC 项目进度管理存在的问题

3.1 自然环境风险应对不足

水利工程多布局于江河湖泊等水文条件复杂区域，部分项目在进度管控中对自然环境风险的预判与响应存在显著短板。例如在河道整治工程中，未能充分结合历史水文数据精确评估汛期洪水峰值对围堰施工的影响，致使枯水期施工窗口期规划失当，常因突发洪水被迫中止施工。部分 EPC 承包商在泥石流、滑坡等地质灾害预警机制建设方面滞后，尤其在山区水库项目中，未针对强降雨可能引发的边坡失稳问题制定专项应急预案，当滑坡掩埋施工便道时，常因缺乏备用物资运输路线而延误工期。此外，对特殊气候条件的适应性措施欠缺，如在高海拔地区水利项目中，未充分考虑低温环境对混凝土养护周期的延长作用，仍按常规进度计划组织

施工,导致实体工程质量不达标需返工,进一步加剧进度滞后。

3.2 设计采购施工协同低效

EPC 模式下“设计-采购-施工”的一体化管理要求常因协同机制不完善而难以落地。设计环节中,部分设计院对施工工艺可行性论证不充分,如大坝混凝土温控设计未结合现场骨料加工能力优化配合比,导致采购环节中温控设备型号与实际施工需求不匹配,设备到场后需二次改造。采购进度与施工计划脱节问题突出,闸门制造进度未与闸室混凝土施工进度同步衔接,常出现闸室已具备安装条件但闸门仍在厂内加工的情况,造成作业面闲置。设计变更与采购调整的联动效率低下,当坝体结构设计因地质勘察数据更新而修改时,已采购的钢筋型号可能无法适配新设计,既造成材料浪费又延误钢筋绑扎工序,这种跨环节的协同失效在水利工程复杂构筑物建设中尤为显著^[2]。

3.3 资源配置与计划不匹配

水利工程 EPC 项目的资源动态调配能力不足,导致进度计划与实际资源配置存在明显偏差。劳动力配置方面,河道疏浚工程常因汛期来临需突击施工,但劳务分包单位未建立应急用工储备机制,临时招募的工人缺乏专业培训,既影响施工效率又增加安全隐患。施工设备调配缺乏统筹规划,在灌区渠道施工中,挖掘机、装载机等设备在不同作业面的周转调度不及时,设备闲置率高达 30%以上,尤其在多标段同步施工时,因缺乏统一的设备管理平台而导致资源浪费。材料供应保障体系不完善,防汛抢险物资的储备定额未结合工程所在地交通条件动态调整,当突发暴雨导致道路中断时,水泥、钢材等主材供应中断,使关键线路上的混凝土浇筑作业被迫停工。

3.4 进度监控调整手段滞后

当前水利工程 EPC 项目的进度监控仍依赖传统管理模式,难以适应复杂建设环境的动态变化。现场进度数据采集多采用人工填报日报表的方式,数据滞后性显著,如混凝土浇筑方量的统计需滞后 2-3 天,导致管理层无法及时掌握实际进度与计划的偏差。进度偏差分析缺乏量化工具支撑,多数项目仅通过横道图比对进度,未利用挣值分析法等科学手段计算成本与进度的综合偏差,难以精准定位延误根源。调整措施针对性不足,当发生设计变更导致进度延误时,常采用增加夜间施工的粗放式赶工方案,未结合 BIM 技术进行施工工序的重新优化,

反而引发质量缺陷和安全事故。加之信息化管理平台应用深度不足,部分项目虽部署了项目管理系统,但各参建方数据录入不及时,进度监控模块形同虚设,未能实现全流程的动态预警。

4 水利工程 EPC 项目进度管理的优化措施

4.1 构建自然环境风险动态响应体系

构建自然环境风险动态响应体系需贯穿项目全周期,以提升水利工程 EPC 项目对水文、地质及气候等环境因素的适应能力。在风险识别阶段,应建立基于历史数据与实时监测的双维度评估机制,通过整合流域水文年鉴、地质勘察报告等基础资料,结合无人机航拍与卫星遥感技术获取现场地形地貌数据,运用大数据分析模型量化洪水、滑坡等灾害发生概率及对施工进度的影响程度,形成动态更新的风险图谱^[3]。

预警机制建设需融合物联网技术与专业预报系统,在河道沿岸布设水位传感器、边坡位移监测仪等智能设备,实时采集水文数据并接入气象部门预警平台,当监测数据超过阈值时自动触发分级预警响应。例如针对汛期洪水风险,可设定三级预警机制:蓝色预警时调整施工工序优先级,黄色预警时启动备用物资运输通道,红色预警时有序撤离施工人员并加固设备,确保风险响应的时效性。

应急方案制定需体现针对性与可操作性,针对山区水库项目易发生的滑坡灾害,应预先规划至少两条物资运输路线并储备应急施工设备;在高海拔地区项目中,需配置恒温养护棚等特殊设施,将低温环境对混凝土养护的影响纳入进度计划缓冲区间。同时,引入 BIM 技术构建环境风险-进度关联模型,实现水文地质变化对施工工序影响的可视化模拟,当发生设计变更时,系统可自动重新编排受影响的进度计划,辅助决策层快速制定赶工方案。

4.2 搭建设计采购施工一体化协同平台

搭建设计采购施工一体化协同平台需以数据互通为核心,构建覆盖 EPC 全流程的数字化管理体系。平台采用“云端数据库+终端应用”架构,集成设计单位的 BIM 模型、采购部门的供应商管理系统及施工端的进度管理 APP,通过统一数据接口实现信息实时同步,避免信息孤岛。如设计阶段的混凝土配合比参数可自动关联采购系统的骨料库存数据,同步推送至施工端浇筑计划模块,形成跨环节信息闭环。

功能模块突出协同性与可追溯性,设立“设计-采购-施工”联动控制中心:设计变更时,系统自动触发

采购订单变更预警并更新施工工序优先级;设备采购进度看板实时显示闸门制造状态,延误时自动推送工作面调整建议;施工日志数据反向验证设计合理性,形成反馈机制。

技术层面融合 BIM 与物联网技术,通过全专业三维模型验证设计可施工性,如利用 BIM 模拟泵站设备管线与混凝土结构冲突。在材料设备中植入 RFID 芯片,实时采集物流与库存数据,运输延迟时自动启动备选供应商应急采购,形成“设计优化-采购响应-施工调整”的一体化管控链条^[4]。

4.3 实施资源动态配置与智能调度

实施资源动态配置与智能调度需构建依托大数据的资源管理体系,实现劳动力、设备、材料等要素的精准调配与实时监控。在劳动力管理领域,创建区域劳务资源池,通过专业劳务企业签订战略合作协议,按工程需求分级储备水工、电工等特种作业人员,借助人脸识别考勤系统实时掌握各作业面人员投入状况,当河道截流工程出现工期滞后时,系统自动启动邻近项目的劳动力支援机制,保障关键工序的人力供给。

施工设备调度需依靠物联网技术搭建智能管理平台,在挖掘机、起重机等设备中加装 GPS 定位与工况传感器,实时采集设备运行数据与空间位置信息,通过 AI 算法优化不同作业面的设备周转路线。例如在灌区多标段施工过程中,平台依据各渠道开挖进度预测设备需求,自动调度闲置设备至需求高峰区域,将设备闲置率控制在 15%以内。针对水利工程专用设备,建立全生命周期管理档案,结合设备使用年限与维护记录智能规划保养计划,避免因设备故障导致进度延误。

材料供应保障体系需引入区块链技术实现供应链溯源管理,在水泥、钢材等主要材料出厂时植入唯一标识,通过区块链节点记录从生产到进场的全流程信息,在确保材料质量可追溯的同时,实时监控库存水平与运输轨迹。当突发暴雨造成道路中断时,系统依据预设的应急储备定额与周边料场库存数据,自动生成备选运输路径与紧急采购方案,保障混凝土浇筑等关键工序的持续施工。

4.4 建立智慧化进度监控与自适应调整机制

建立智慧化进度监控与自适应调整机制需构建“数据采集-智能分析-动态调整”的闭环管理体系。在数据采集环节,布设物联网传感器网络,借助无人机航拍、智能全站仪等设备实时采集大坝浇筑方量、渠道开挖进

度等实体工程数据,结合 RFID 物料追踪技术实现材料消耗与进度计划的自动比对,取代传统人工填报模式,将数据滞后时长压缩至 2 小时以内^[5]。

分析层面依托大数据算法构建进度偏差预警模型,整合 BIM 进度计划、实际施工数据及环境监测信息,运用挣值分析法自动核算成本与进度的综合偏差,当识别到混凝土养护周期延长等潜在延误时,系统按影响程度分级向管理层推送预警信息。调整机制需融合 AI 技术与施工工艺知识库,针对设计变更等突发情形,自动调取历史类似工程的赶工方案数据库,结合现场资源配置生成多版本进度优化建议,如优先调整非关键线路工序或启用备用设备组合方案。

技术应用上搭建可视化监控平台,通过三维 GIS 地图直观呈现各作业面进度状态,以红色标识关键线路延误风险点,用黄色预警资源配置不均衡区域。当水文监测数据显示即将进入汛期时,平台自动触发施工工序优先级重排,将河道截流等关键作业提前至枯水期窗口期,实现进度计划的自适应调整,最终形成基于数字孪生技术的全流程动态管控体系。

5 结语

本研究针对水利工程 EPC 项目进度管理中自然环境风险应对不足、专业协同低效等问题,提出构建动态响应体系、搭建协同平台等优化措施,为解决项目进度管理难题提供了系统性方案。这些措施通过技术整合与管理创新,可有效提升风险应对能力与资源配置效率,研究成果对规范水利工程 EPC 项目进度管理、提升行业建设水平具有积极推动作用。未来可进一步结合数字化技术发展,深化智能监控系统在复杂水利场景中的应用研究。

参考文献

- [1] 其其格. 水利工程 EPC 项目进度管理与优化研究[J]. 中国招标, 2025, (05): 136-138.
- [2] 岳建军. 水利工程 PPP 项目社会资本方开展建设期进度管理的实践与思考[J]. 水利技术监督, 2025, (03): 70-72+225.
- [3] 许晓瑞, 张旭, 蒋先能. 水利工程建设监理实训[M]. 中国水利水电出版社: 202307. 126.
- [4] 刘卫荣. Q 市智慧园区 EPC 项目进度管理优化研究[D]. 广州大学, 2023.
- [5] 刘晓娟. 关键链技术在 EPC 项目进度管理中的应用研究[D]. 华北水利水电大学, 2023.