

公路施工项目进度管理与资源优化配置策略

陈依山

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 公路施工项目的进度管理与资源优化配置是保障工程顺利实施的核心环节。在复杂多变的施工环境中,进度滞后与资源浪费往往成为制约项目成功的关键因素。本文通过系统分析公路施工项目进度管理的核心要素与资源优化配置的内在逻辑,结合动态调整、技术赋能与协同管理的理论框架,提出一套涵盖进度规划、动态监控、变更管理以及人力资源、物力资源、财力资源优化的综合策略体系。通过引入BIM、物联网、大数据等新技术,构建进度-资源协同管理平台,为提升项目管理效能提供理论支撑与实践路径,助力公路建设行业实现高质量发展。

关键词: 公路施工; 进度管理; 资源优化; 动态调整; 技术赋能; 协同管理

引言

公路施工项目具有工期长、环境复杂、资源需求多样等特点,其管理过程常面临进度延误与资源浪费的双重困境。据统计,我国公路建设项目中因进度延误导致的成本超支率高达35%,而资源闲置造成的浪费约占项目总投资的12%。这一现象揭示了进度管理与资源优化配置的紧密关联性:进度失控往往源于资源配置失衡,而资源浪费又会加剧进度压力,形成恶性循环。随着我国公路建设从规模扩张向质量提升转型,对项目管理的精细化水平提出更高要求。传统“重进度轻资源”的管理模式已难以适应新时代发展需求,亟需构建以动态平衡为核心的进度-资源协同管理体系。这一体系需具备三大特征:一是能够实时感知施工环境变化,通过物联网、传感器等技术实现数据采集;二是具备资源弹性调配能力,通过动态规划与智能调度优化资源配置;三是通过技术赋能实现决策智能化,利用BIM、大数据、人工智能等技术提升管理效率。

1 进度管理的核心要素与实施路径

1.1 科学规划: 进度管理的基石

1.1.1 任务分解与里程碑设定

项目启动阶段需采用系统化分解方法(如WBS工作分解结构),将整体工程细化为可量化、可控制的子任务体系。通过层级化分解,可精确估算每项任务所需资源与时间,为进度计划编制提供数据支撑^[1]。里程碑节点的设定需兼顾技术可行性与管理效能,典型公路项目可设置路基交验、基层摊铺、路面竣工等关键节点。每个节点应预留合理缓冲期(如3-5天),以应对地质变化、天气影响等突发风险。科学设置里程碑可将整体工期压

缩10%-15%,同时降低返工风险。

1.1.2 进度计划编制技术

网络计划技术(CPM/PERT)是制定科学进度计划的核心工具。通过识别关键路径,可确定影响总工期的决定性环节(如桥梁桩基施工)。对于存在不确定性的任务(如土方开挖受地质条件影响),可采用三点估算法(乐观时间、最可能时间、悲观时间)计算期望工期,提高计划弹性。甘特图则适用于直观展示进度安排,通过颜色编码区分不同施工阶段(如准备期、施工期、验收期),使管理团队能快速识别进度瓶颈。现代项目管理软件(如PrimaveraP6、MicrosoftProject)已实现网络计划与甘特图的动态联动,当关键路径发生变化时,系统可自动调整相关任务时间参数,并生成预警报告。

1.2 动态监控: 进度偏差的早期预警

1.2.1 多维度进度跟踪机制

建立“日清日结”的进度上报制度,要求施工班组每日填报实际完成量、资源消耗、质量问题等信息。采用移动端APP(如企业微信、钉钉)实时采集数据,系统自动生成进度偏差分析报告(如计划完成率、实际与计划对比曲线)^[2]。关键工序的专项监控尤为重要,在沥青路面施工中,需重点监测摊铺温度(165-175℃)、压实度($\geq 96\%$)等参数。通过物联网传感器实时传输数据至管理平台,当关键指标连续3次低于标准值时自动触发预警,并将信息推送至项目经理、技术负责人等相关人员,确保及时干预,将返工率控制在较低水平(如 $\leq 2\%$)。

1.2.2 偏差分析与纠正措施

采用结构化分析法(如鱼骨图、5W1H分析法)深入剖析进度偏差根源,从设备、材料、技术、人力、环境等维度建立分析模型。例如,若某路段路基施工进度

作者简介: 陈依山(1990-2),男,汉,河南开封,本科学历,中级工程师,研究方向:路桥项目管理

滞后,可能原因包括:设备故障(压路机损坏)、材料供应延迟(水泥未按时到货)、技术问题(填筑厚度超标)、人力不足(班组人数减少)、天气影响(连续降雨)。项目团队据此制定针对性措施:增加备用设备(租赁1台压路机)、建立区域化物资调配中心(与周边项目共享水泥库存)、开展可视化技术交底(通过BIM模型演示填筑标准)、实施弹性排班制度(雨天安排室内作业)、优化雨季施工方案(采用覆盖防雨布、增加排水设施)。通过闭环管理机制(计划-执行-检查-处理),确保纠正措施有效落实,最终在下月追回进度缺口。

1.3 变更管理:应对不确定性的缓冲机制

1.3.1 变更申请与评估流程

建立标准化变更管理程序,要求所有变更申请必须包含技术可行性分析(如变更后结构是否满足承载要求)、成本影响评估(如增加钢筋用量导致的费用变化)、进度调整方案(如延长混凝土养护时间对总工期的影响)等内容。组织跨部门联合论证(设计、施工、监理、业主代表),通过BIM模型模拟变更后的施工场景,准确预测工期影响。采用价值工程方法评估变更必要性,确保每次变更都能带来明确的效益提升(如缩短工期、降低成本、提高质量)。

1.3.2 变更实施与效果跟踪

对批准的变更实施闭环管理,采用“计划-执行-检查-处理”(PDCA)循环,每周对比实际进度与调整后计划。例如,当发现因混凝土养护时间延长(由7天增至10天)导致进度偏差时,立即调整后续工序顺序,优先进行非关键路径的防撞护栏施工,同时增加人力投入以缩短护栏安装时间^[3]。通过动态优化施工顺序,确保总工期不受影响,同时保证工程质量(如混凝土强度达到设计要求)。

2 资源优化配置的系统性策略

2.1 人力资源:从数量配置到效能提升

2.1.1 动态调配机制

根据施工强度变化建立弹性用工制度,在雨季采用“核心班组+临时用工”模式。保留核心技术人员(如测量员、试验员)确保技术连续性,其余工人(如普工、小工)根据天气预报动态调整(雨天减少室外作业人员)。建立工人技能数据库,记录关键岗位人员的技术等级(如初级、中级、高级工)、操作证书(如挖掘机操作证)、历史绩效(如完成任务准确率)等信息,将人员的技术等级与工序要求精准匹配。通过技能-任务匹配模型,优化人员配置方案,使单日掘进进度显著提升(如从50米增至70米)。

2.1.2 培训与激励机制

实施“理论+实操+考核”的三维培训体系,重点讲解新技术(如3D摊铺技术)、新工艺(如温拌沥青技术)、新标准(如《公路工程质量检验评定标准》)。建立以进度绩效为核心的奖惩制度,将月度进度完成率(如实际完成量/计划完成量 $\times 100\%$)与奖金挂钩。对超额完成任务的班组给予工资总额5%-10%的奖励,对连续未达标的班组进行人员调整(如更换班长、减少奖金)。通过正向激励(奖励)与负向约束(惩罚)相结合,激发施工团队的积极性,提高工作效率。

2.2 物力资源:全生命周期管理

2.2.1 物资采购与库存控制

采用JIT(准时制)采购模式减少库存成本,与供应商签订动态供货协议(如按周供货)。根据周进度计划提前通知送货(如周一报送下周需求计划),将库存周转率提升至较高水平(如每月周转4次)。设备配置需兼顾效率与成本,对使用周期超过一定时长(如3年)的设备采取购置方式,对短期使用的设备(如打桩机)采用租赁模式。通过成本-周期分析模型(如计算设备购置成本与租赁成本的平衡点),优化设备配置方案,降低总成本。

2.2.2 设备维护与技术创新

实施“预防性维护+状态监测”的双重保障体系,在关键设备(如沥青搅拌站、压路机)上安装振动传感器、温度传感器等监测装置。实时监测设备运行状态(如振动频率、发动机温度),当振动频率超出阈值(如 $\geq 100\text{Hz}$)时自动报警,并推送至维修人员手机APP。推广智能化施工设备提升效率,采用无人驾驶摊铺机实现高精度控制(如摊铺厚度误差 $\leq 3\text{mm}$)。通过技术升级,单日摊铺面积大幅提升(如从2000平方米增至3000平方米),且平整度标准差显著降低(如从1.5mm降至1.0mm)。

2.3 财力资源:资金流的精准调控

2.3.1 资金预算与动态调整

建立三级预算管理体系(公司级、项目级、分项级),将预算细化到每个分项工程(如路基工程、路面工程、桥梁工程)。通过预算-实际对比分析(如每月对比实际成本与预算成本),及时发现工程量高估(如土方开挖量多报10%)或低估问题^[4]。设置进度款支付里程碑(如路基完成支付30%、路面完成支付50%、竣工验收支付20%),将总工程款分为多个阶段支付。既保证施工单位资金需求(避免因资金短缺导致停工),又形成进度约束机制(若未按时完成里程碑,则延迟支付进度款)。

2.3.2 成本监控与风险预警

开发成本动态监控系统，实时对比实际成本（如人工费、材料费、机械费）与预算。当发现人工成本超支（如实际人工费比预算高15%）时，立即调整施工方案（如减少非关键工序人力投入、增加机械化作业）。建立成本风险储备金制度，按总投资的一定比例（如5%）提取风险准备金，用于应对地质灾害（如滑坡）、政策调整（如环保停工令）等不可预见支出，确保项目在遭遇突发风险时仍能按计划推进（如因资金问题导致工期延误）。

3 进度-资源协同管理的创新实践

3.1 BIM技术：可视化协同平台

应用BIM技术构建三维数字模型，集成设计（如路线平面图、纵断面图）、施工（如施工进度模拟、资源需求计划）、运维（如设施管理、维修养护）全生命周期信息。通过碰撞检测功能提前发现管线冲突（如电力管线与排水管线交叉），避免返工损失（如减少设计变更费用）；利用进度模拟功能优化施工顺序（如先施工桥梁下部结构再施工上部结构），缩短关键路径工期（如减少工期10天）；通过物资需求计划自动生成功能，根据施工进度自动计算材料需求量（如每周需水泥500吨），提高材料采购准确性（避免材料积压或短缺）。BIM技术可实现进度-资源-质量的协同管理，提升项目管理综合效能。

3.2 物联网技术：实时感知与智能调度

在混凝土搅拌站、运输车辆、摊铺机上安装物联网传感器，实时采集原材料配比（如水泥：砂：石 = 1：2：3）、运输时间（如从搅拌站到工地耗时30分钟）、摊铺温度（如170℃）等数据。系统自动分析发现某批次混凝土因运输时间过长（如超过45分钟）导致初凝时间缩短（从3小时降至2小时），立即调整后续车辆调度方案（如增加运输车辆、优化运输路线）。物联网技术可实现施工过程的实时监控与智能决策，提高资源利用效率（如减少混凝土浪费5%）。

3.3 大数据分析：预测性决策支持

收集同类工程数据（如工期、成本、资源消耗），

建立进度-资源关联模型（如工期与人工投入的关系、成本与材料价格的关系）。通过分析发现天气（如连续降雨天数）、材料价格（如水泥价格波动）等因素对进度的影响规律（如每增加1天降雨，工期延长0.5天），制定针对性预案（如雨季增加排水设施、提前储备材料）。基于这些规律，项目团队可提前调整施工计划（如雨天安排室内作业、晴天加班赶工），将天气影响导致的工期延误大幅降低（如从10天减至3天），材料成本波动控制在较小范围内（如水泥成本波动 ≤ 5%）。大数据分析可实现进度风险的预测性管理，提升项目抗风险能力。

4 结语

公路施工项目进度管理与资源优化配置是相互渗透、动态平衡的系统工程。通过构建“科学规划—动态监控—变更管理”的进度控制体系，实施“人力资源效能提升—物力资源全周期管理—财力资源精准调控”的资源优化策略，并借助BIM、物联网、大数据等新技术实现协同管理，可显著提升项目管理水平。未来研究可进一步探索：1）人工智能在进度预测与资源调度中的应用，开发智能决策支持系统（如基于机器学习的进度预测模型、基于强化学习的资源调度算法）；2）区块链技术保障供应链透明度的实践路径，建立可信的物资追溯体系（如记录材料来源、运输路径、使用部位等信息）；3）绿色施工理念下的资源循环利用模式，推动公路建设可持续发展（如回收利用旧沥青路面材料、采用太阳能照明设备）。随着管理技术的不断进步，公路施工项目将实现更高效率、更低成本、更可持续的发展目标，为我国交通基础设施建设提供有力支撑。

参考文献

- [1]肖黎.公路工程施工进度动态管理策略探究[J].交通科技与管理,2025,6(17):177-179.
- [2]胡泉.公路工程施工项目进度全过程管理探究[J].交通科技与管理,2025,6(15):144-146.
- [3]潘石林.公路工程施工管理的多项目资源配置与调度研究[J].运输经理世界,2025,(04):31-33.
- [4]黄伟.公路施工管理问题与优化措施[J].运输经理世界,2021,(36):34-36.