

工程项目全过程进度管理中的关键路径优化与控制策略

吴 宁

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司应急救援总队 宁夏 银川 751400

【摘要】：工程项目全过程进度管理中，项目复杂性和多工序交错常导致工期延误和资源浪费。工程项目进度管理应贯穿项目前期手续办理、施工过程监督监理和施工单位按计划推进、后期验收结算的全过程。关键路径优化不涉及直接调度工序或调整作业细节，核心在于通过动态跟踪和节点管控，督促相关责任方按计划履约。通过分析关键路径优化方法，结合进度控制策略设计，提出基于全阶段统筹、监督履约和风险预判的关键路径管理模式，实现对项目全过程的科学调控。实践表明，该模式能够显著缩短项目周期，提高计划执行准确性，优化资源配置效率，并降低延误风险，为工程项目进度管理提供可操作性策略。

【关键词】：工程项目管理；关键路径优化；进度控制策略；履约监督；全过程统筹

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.081

1 关键路径在项目进度管理中的挑战

1.1 项目进度复杂性分析

工程项目涉及多工序、多专业、多分包协同作业，任务高度依赖且交叉性强，进度计划复杂。项目进度管理不仅需处理工序衔接、资源冲突及环境变化等施工因素，前期立项投决、备案审批、征地证件等手续进度同样对总工期产生决定性影响。工序周期不确定性和多因素干扰加剧了进度预测难度。通过精细化管理和数字化监控，系统分析任务耦合度与关键路径长度，可准确识别潜在风险与瓶颈，为优化进度控制提供科学依据。

1.2 关键路径动态变化问题

项目实施过程中，关键路径随任务进展、资源调整及环境变化动态演变，延误或资源重分配均会引起路径移动，使原有进度计划失效^[1]。关键路径的动态性增加了进度控制的不确定性，也使前期手续与施工进度的衔接关系更加复杂。通过动态建模和实时数据分析，对关键路径持续更新与重构，重点跟踪手续办理和施工关键节点，结合敏捷管理与风险预警，能够及时发现延误节点并督促整改，实现对全过程进度的可控性调整。

1.3 传统控制策略不足

传统进度控制多依赖静态计划和经验判断，难以应对任务高度耦合、资源有限及多变环境的复杂性。固定缓冲与阶段性检查易忽视前期手续和后期验收结算对工期的制约作用，导致关键路径节点无法及时调整。现代进度管理强调数据驱动的全过程统筹，通过实时跟踪、监督监理和施工单位按计划推进，并将前期手续与后期结算纳入管控，实现项目全过程精准监控，确保关键节点按计划执行。

2 关键路径优化方法设计

2.1 关键路径识别与分析

关键路径识别是工程项目进度管理中核心环节，其准确性

直接影响后续优化策略的有效性。工程项目中任务节点数量庞大，任务间存在复杂依赖关系，工序间时间间隔和资源约束交错分布，使关键路径的分析难度显著增加。关键路径的识别不应局限于施工任务节点，前期手续节点同样应纳入分析框架，因为这些手续的完成进度直接决定项目能否按计划进入施工阶段。通过构建基于工作分解结构的任务网络模型，结合节点最早开始时间、最晚完成时间及缓冲时间等指标，可以精确识别对项目总工期影响最大的任务链条。同时，现代数字化管理理念强调将进度数据与资源信息、风险因子和外部环境动态信息结合，实现关键路径的量化分析与可视化展示。在识别过程中，应利用多维度指标评估节点重要性和风险敏感性，分析任务间相互作用对路径延伸的潜在影响，从而形成可操作的优化基础。通过系统化分析，不仅能够明确关键任务的位置和优先级，还能对潜在瓶颈节点进行预判，为资源配置优化和动态调整提供科学依据。

2.2 路径优化算法与方法

关键路径优化的核心在于通过科学算法优化任务安排、缩短工期并降低资源冲突风险。基于网络计划技术，可以运用关键路径法（CPM）、关键链法（CCM）以及改进的遗传算法、模拟退火和混合启发式算法对路径进行优化计算。这些算法通过迭代计算节点工期、缓冲时间和资源消耗，实现路径压缩和资源平衡。优化方法不仅关注施工节点持续时间，还将前期手续办理周期、监理单位履职情况、施工单位资源投入情况以及后期验收结算节点纳入决策模型^[2]。数字化管理平台能够对优化结果进行模拟验证，分析不同优化策略对总体项目进度和资源调配的影响。通过人工智能和大数据分析，能够识别潜在瓶颈并选择最优路径，实现全过程进度管理与关键任务优化的深度融合。

2.3 动态调整机制构建

工程项目的关键路径在实施过程中会受施工进度波动、资源变化和外部环境影响而不断变化，因此建立动态调整机制至

关重要。动态调整机制通过实时数据采集、任务监控和履约监管系统，实现对关键路径的持续更新和预警。机制设计需考虑节点工期变化、延误风险和监理/施工单位履约情况的影响，将项目进度信息与优化算法、预警模型相结合，实现关键任务监管重点的实时调整，并督促监理单位据此优化施工安排。现代发展理念提倡集成化管理，将进度控制与风险管理、合同管理和智能调度平台相结合，利用大数据分析和预测模型提前识别潜在延误节点，及时发出预警并督促整改。动态机制不仅保证关键任务及时响应变化，还可对非关键路径进行缓冲时间优化，提升整体项目灵活性和可控性。通过建立闭环反馈体系，能够对调整策略的效果进行验证与改进，实现关键路径优化与进度控制的高效协同，确保工程项目在复杂环境下保持计划执行的稳定性和科学性。

3 进度控制策略体系构建

3.1 风险预判与控制措施

工程项目中各工序节点存在多种潜在风险，包括工期延误、资源短缺和施工环境变化等，这些风险对关键路径的稳定性和工期可控性构成直接威胁。风险预判需建立多维度评估模型，将前期手续办理进度、施工单位资源投入情况、监理单位履职情况以及后期结算节点风险量化，通过数据分析和模拟预测对关键节点可能的延误概率进行识别和排序。控制措施应以动态监督为核心，对高风险节点设置优先督办、增加检查频次，并要求监理单位组织施工单位优化施工计划，确保关键任务能够按计划推进。同时，应将风险等级与关键路径优化算法结合，实时生成调整方案，提高进度管理的科学性和响应速度。现代发展理念强调智能化风险管理，通过大数据、物联网和人工智能技术实现实时监测和预警，能够在潜在风险发生前提供有效对策，使关键路径调整具备前瞻性和可操作性，为全过程进度控制提供坚实支撑。

3.2 资源调度与协调方法

项目进度控制的核心在于监督监理和施工单位按计划推进项目，而非直接介入施工工序调度或资源分配。管控职责体现在对施工组织设计中的工序衔接、资源投入计划进行审查，并监督监理单位落实进度控制责任。调度方法应结合线性规划、约束优化和启发式算法，分析合同约定的资源投入与实际执行的冲突并提供调整策略，实现工序衔接与履约监督的平衡。协调方法强调跨部门和多专业协作，通过信息共享平台对关键节点完成情况进行实时监控，结合关键路径分析结果优先督办关键任务节点的落实情况。现代发展理念推动数字化集成管理，通过智能调度系统实现进度预测、实时预警和动态协调，使关键任务与非关键任务的管控更加合理，提高项目进度执行效率，降低因履约不到位导致的工期延误风险^[3]。

3.3 节点进度跟踪与反馈

节点进度跟踪是保证关键路径优化效果和项目整体可控性的核心环节。通过对每个关键节点的工期完成情况、监理单位检查记录和施工单位自报进度进行实时监测，可及时发现偏差并采取针对性督办措施。跟踪系统需建立数据采集、进度分析和反馈闭环，将前期手续进度、施工进度、质量验收和结算节点整合到统一平台，实现关键路径的动态更新与优化。反馈机制应支持快速决策，通过算法分析对节点督办优先级和整改要求，及时修正偏差，使关键任务始终保持计划可控性。现代发展理念强调数字孪生与智能监控，将虚拟模型与施工现场数据结合，实现对节点状态的全生命周期管理，使进度跟踪不仅反映现状，还能预测潜在问题，如结算阶段可能出现的资料缺失或审计滞后，为优化策略提供科学依据和操作支撑，提高工程项目全过程进度管理的精细化和智能化水平。

4 优化策略在实际项目中的应用

4.1 案例项目分析

优化策略在实际项目中需通过系统分析验证有效性。以某典型工程为例：项目前期重点跟踪立项投决、备案审批和征地证件办理进度，识别手续办理中的关键瓶颈节点；施工阶段利用进度监控平台对监理月报、施工单位周报及关键节点工期进行跟踪，重点监督监理单位是否履行进度检查职责、施工单位是否按计划组织资源；后期阶段提前介入竣工验收和结算审计准备工作，确保按期交付与资金闭合。通过构建任务网络模型和关键路径优化框架，对关键任务链条进行量化分析。在实施阶段，通过进度监控平台对关键节点的工期、履约情况和风险状况进行实时跟踪，确保优化策略与实际状态保持一致。数字化管理平台能够动态呈现关键路径变动趋势，对潜在延误和履约不到位问题提供预警信息，实现项目全过程的精细化管理和科学调控。

4.2 策略实施效果评估

对关键路径优化策略实施效果的评估需以节点完成率、履约情况和风险控制效果为核心。通过对前期手续按时办结率、关键节点工期偏差、整改响应速度及结算周期进行量化分析，可以科学判断策略的有效性^[4]。数字化管理系统能够收集实时数据，对策略执行过程进行模拟和对比，评估不同优化方案在缩短手续办理周期、提高管控效率和减少延误风险方面的效果。同时，结合动态关键路径调整 and 智能调度算法，能够实现对节点优先级和整改顺序的实时优化。现代发展理念强调数据驱动的闭环管理，通过持续监控和分析反馈，策略实施效果能够得到客观量化，从而客观评价监理和施工单位的履约表现，为优化方法的改进和管控重点提供科学依据，确保关键路径优化在实践中产生实际价值，提高项目进度管理的整体效率和可靠性。

4.3 问题改进与优化

在优化策略实施过程中,关键路径可能仍受到手续办理延误、监理履职不到位、施工单位资源不足和外部环境变化的影响,需要构建完善的改进机制。通过对实施过程中的偏差数据、履约冲突和节点延误情况进行系统分析,可以识别优化策略存在的不足,并通过调整管控重点、加大督办力度进行改进。改进机制需将节点进度监控、风险预判和合同管理相结合,形成多维度优化闭环,使关键路径能够在实际施工中保持可控性。现代发展理念强调智能化、数字化与数据驱动,将历史数据与实时进度信息结合,优化关键路径算法和管控策略,实现对全过程进度的持续优化。通过建立反馈机制和动态改进体系,关键路径优化策略在实践中可以不断提升执行效率和计划可靠性,在不直接调度工序的前提下,通过强化履约监督不断提升监理和施工单位的执行效率,使项目进度管理更加科学、精细和高效,确保项目按计划推进并适应复杂多变的施工环境。

5 优化策略的综合效果分析

5.1 工期缩短与效率提升

优化策略在关键路径管理中的应用能够显著缩短工期并提升管控效率。通过对关键路径节点进行动态跟踪和重点督办,减少前期手续与施工进场之间的空档期,提高各阶段衔接的流畅性。进度监控平台结合实时数据采集与分析,实现关键节点工期的精确追踪与偏差预警,使任务调整及时响应潜在延误,避免工期积压。通过将前期手续数据、施工进度信息和结算节点相结合,不仅能够科学评估工期缩短效果,还可对不同管控方案进行仿真分析,为提高执行效率提供量化依据。最终,工期缩短与效率提升相辅相成,通过优化策略形成闭环控制,实现关键任务高效完成与项目整体工期的有效压缩,提高全过程管理水平和执行精度。

5.2 资源配置优化成果

关键路径优化策略能够实现对施工单位资源配置的监督优化,降低资源浪费并提高施工效率。通过对施工组织设计中

的劳动力计划、设备配置方案进行审查,确保施工单位按合同约定投入足够资源支持关键任务^[5]。动态监控机制在关键路径调整过程中同步评估施工单位资源到位情况,确保高负荷节点得到充分关注,同时非关键节点资源获得合理缓冲。通过数字化管理平台将资源监督与进度监控、风险预判相结合,实现全局优化与局部自适应调整。资源配置优化体现在使用效率和协调性,通过综合分析资源消耗报告、任务优先级和工序依赖关系,确保关键路径任务资源充足,同时优化合同支付节点与工程进度的匹配,提高项目整体施工效率和经济性。

5.3 项目进度可控性增强

关键路径优化策略通过动态监控与闭环反馈机制提升项目进度可控性。进度管理系统对关键节点进行实时数据采集与分析,对工期偏差、监理履职不到位和施工单位进度滞后进行快速预警,实现督办优先级与整改要求的即时调整。结合风险预判与合同管理,关键路径在变化环境下保持稳定,前期手续与后期结算对总工期的影响得到有效削减。工程项目全过程进度管理贯穿前期、中期、后期三大阶段:前期重点管控投决备案、征地证件等手续进度,避免合规问题延误工期;中期重点监督监理和施工单位按计划推进,识别滞后节点并督促整改;后期重点统筹竣工验收、结算审计,确保按期交付与资金闭合。进度可控性的增强提升了整体管理效率,为资源优化和工期压缩提供保障,形成科学、可持续的全过程进度管理体系。

6 结语

优化关键路径与进度控制策略能够提升工程项目全过程管理的科学性和效率,通过动态分析、履约监督和节点督办,实现关键节点精准控制与工期压缩,增强项目整体可控性。全过程进度管理应覆盖前期立项投决备案征地证件办理、施工过程监督监理和施工单位按计划推进、后期竣工验收与结算审计等全部环节。结合数字化与数据驱动方法,持续提升施工效率与资源利用水平,为复杂工程项目提供高效、精细和可靠的进度管理模式。

参考文献:

- [1] 李恒强.基于关键链法的工程项目进度管理与优化策略[J].建设监理,2025(11):23-26.
- [2] 郁军,陈宗辉,陆涛.建筑工程项目进度管理与成本控制策略探讨[J].现代工业工程,2025(4):49-51.
- [3] 王智毅,姚秋实,郭风帅,彭关伟.工程项目进度管理的优化路径探究[J].区域治理,2025(9):0168-0170.
- [4] 楼洪根.大型工程项目进度管理中关键路径法的精细化应用[J].中国科技期刊数据库工业 A,2025(3):025-028.
- [5] 桂成.建筑工程项目进度管理中的关键路径法应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):041-044.