

大型水利工程进度与成本协同控制模型研究

田地 邹佳怡

吉林松辽水资源开发有限责任公司，吉林省长春市，130021；

摘要：大型水利工程是国家基础设施建设的重要组成，其建设过程具有投资规模大、建设周期长、技术结构复杂、参与单位多等特点。在项目实施过程中，进度控制和成本管理是决定工程成败的关键环节。传统的管理方式把进度和成本分开，造成资源配置不均衡，信息传递不及时、决策依据片面等等一系列问题。为此，本文提出建立进度—成本协同控制模型，以期采用系统化的、集成化的手段，实现进度安排与成本支出的动态联动与综合优化。文中对模型的构建思路、结构及实现方式作出阐述，剖析其在实际工程中应用的流程与要点，给出保证模型正常运行的制度与技术手段。本文主要目的在于为提高大型水利工程的综合管理水平、实现经济效益与社会效益的统一提供理论支持以及操作方法。

关键词：大型水利工程；进度控制；协同模型；保障机制

DOI：10.69979/3060-8767.25.12.044

大型水利工程如大坝、引水工程、防洪工程等对区域经济的发展、水资源的安全、生态环境的改善等方面起着不可替代的作用。但是由于工程体量大、施工环境复杂、技术接口多，项目管理经常处于进度滞后和成本超支的困境中。若不能对进度和成本进行有效的统筹管控，就会造成资源的浪费，并且还会出现工程质量的隐患和社会风险。因此，要冲破传统分段式、静态化的管理局限，创建起具备动态联动能力的进度—成本协同控制模型，就成了改善工程管理现代化水平的当务之急。本文在系统工程理论以及现代项目管理方法的指导下，探寻适合于大型水利工程的进度—成本联合控制机制，从而推动水利工程建造的科学化、精细化、高效化。

1 大型水利工程进度—成本协同控制模型的构建思路

1.1 模型构建的理论

按照进度—成本协同控制模型的建立依据系统工程理论、集成项目管理方法、运筹学分析工具。系统工程理论认为工程是一个包含许多要素相互作用的复杂巨系统，进度和成本作为其中的两个主要子系统，存在内在的联系，需要从整体角度来协调优化^[1]。集成项目管理理论从项目的开始到结束的全过程都有方法支持，工作分解结构（WBS），关键路径法（CPM），挣值管理（EVM）等。运筹学方法，比如线性规划，多目标决策分析等等，给资源约束下的进度—成本均衡问题赋予了数学建模及求解途径^[2]。

1.2 模型构建的目标与原则

本模型的建立目的在于保证工程质量与安全的前提下，在进度和成本两个方面进行协同管理与动态调控，从而求得工期最短、资源消耗最低的综合最优解^[3]。为实现这一核心目的，模型的搭建遵照如下三项基本原则。系统性原则把进度与成本当作一个有机整体，在统一框架下分析进度与成本之间的内在联系及综合影响。动态适应性原则就是要求模型能够具有很强的反应速度，可以随着内、外环境的变化实时调整自己并且自我反馈。可操作性原则主要强调模型在实际应用中是否可行，保证模型参数的设置容易获取和更新，操作方法简单明了，便于执行，使模型能和复杂的工程实践紧密结合。

1.3 模型的基本架构

进度—成本协同控制模型主要由三大核心模块构成。首先，进度计划模块运用网络计划技术确定关键路径与工序时序，为项目制定可靠的进度基准。其次，成本测算模块系统整合各类直接与间接费用，构建与进度计划联动的动态资金流预测。最后，协同调控模块是整个模型的中枢，它通过建立进度与成本的量化关系，运用多目标优化技术寻求二者之间的最佳平衡点，并引入风险调节机制，显著增强模型在复杂环境下的适应性和稳定性。

2 进度—成本协同控制模型的具体构建方法

2.1 进度计划模块的构建

首先利用工作分解结构（WBS）将整个工程逐级分解为可以独立进行管理、计量的作业单元。在此基础上确定各个作业之间的逻辑关系，画出双代号网络图或者

前导图，找出关键路径以及其历时。根据资源供应条件以及风险预估，用资源平衡技术对非关键工序进行合理调度，从而优化工期^[4]。在过程中使用挣值管理法，比较计划工作量、已完成工作量和实际资源消耗，以此来准确地判断进度执行状况。

2.2 成本测算模块的构建

成本测算模块需建立动态成本数据库，整合人工、材料、机械等直接费用及管理、财务等间接费用。通过参数估算法与作业成本法结合，实现成本与进度计划的联动预测。同时引入成本偏差分析机制，实时追踪实际支出与预算的差异，为动态调控提供数据支持。该模块还需考虑价格波动、政策调整等外部因素，通过敏感性分析提升成本预测的鲁棒性。

2.3 协同调控模块的构建

该模块核心就是建立进度和成本的数学关联模型，例如成本和工期之间的函数关系，或者引入边际成本与进度压缩的敏感系数。采用多目标规划的方法，在保证质量、安全及资源的条件下，求得进度-成本帕累托最优解集。另外，利用蒙特卡洛模拟或者敏感性分析来评判不确定因素，譬如物价起伏，气候反常，政策变动等，对联合目标可能造成的影响，给风险应对留出调节余地。

3 模型在大型水利工程中的实施流程

3.1 应用步骤模型实施

该模型的实施过程包含五个相互衔接的阶段，形成一个完整的闭环管理系统。数据准备是首要环节，需要系统收集工程设计图纸、施工组织方案、市场价格动态和同类工程的历史数据，建立完整的项目数据库。在系统初始化阶段要结合具体工程特点，科学设定模型的关键参数和运行边界条件，保证模型与工程实际相匹配。进行模拟推演阶段时，用初始化好的模型来预测不同条件下进度、成本的变化趋势。根据推演的结果来制定工期和成本双管齐下的控制方案。方案进入到执行阶段之后，依靠信息化平台对全过程展开动态监测，创建起定时反馈的机制，按照执行状况对模型参数加以校准并改善，由此形成起持续改良的良性循环。

3.2 关键实施环节

模型的应用效果受三要素质量控制所决定。首要环节就是数据质量保障，要建立统一的数据采集标准和规范流程，保证输入信息的准确性、时效性，这是模型可靠运行的基础。第二，参数校准优化，要按照项目执行期间形成的实际监测数据，定时对预设参数实施校验并

动态调整，维持模型的预测精确度。第三个环节就是全过程的动态监控，要创建起一个进度和成本并重的双重指标预警系统，设定恰当的阈值，随时察觉执行出现的偏差并自动引发调控。这三个环节一环套一环，任何一个环节的疏漏都会影响模型的最终使用效果。

3.3 实施保障机制

为了保证模型能够顺利的应用，必须建立完善的保障体系。管理机制上，要确定项目各个参与方的职责划分，创建跨部门协作流程，制订标准化操作规范。人员能力建设上，要加强对项目管理团队的专项培训，重点提升项目管理团队的模型应用能力与数据分析能力，可采用定期举办专题研讨会、实操培训等形式^[5]。技术平台支撑上建议引入建筑信息模型（BIM）、大数据分析、云计算等先进技术，创建集成化的项目管理信息系统。该系统应该具有数据自动采集、智能分析、可视化展示等功能，能够实现进度、成本、质量等各方面数据的深度融合与共享，为管理决策提供强有力的支持。

4 模型应用中的关键风险与应对策略

4.1 强化风险的前瞻识别与预案储备

在大型水利工程之中推行进度 - 成本协同控制模型，首先得创建前瞻风险控制体系，在项目启动之际，就对全部风险展开全方位扫描与识别，技术上的、环境里的、市场的、政策方面的风险一个都不能少，尤其要聚焦设计变更、供应链波动、极端气候、法规调整等风险因素，用专业的评估方法来衡量各种风险事件发生可能性及其对工期、造价产生的影响程度，按照这样的评估结果，在基准进度计划和预算里合理地添加风险储备金和时间缓冲，把风险考量前置这种做法，意图给模型运行添一道坚实的缓冲屏障，让模型面对不确定性时韧性更强、容错率更高，不至于实际执行时计划和现实严重脱节。

4.2 构建动态的风险预警与监控体系

为了使协同控制模型能及时对内外部条件的变化做出响应，必须建立一个灵敏、持续运转的风险动态监控和预警系统。该系统应围绕关键风险驱动因素建立一套量化的预警指标和阈值，用项目管理信息系统实时采集、处理现场数据，与预设基准做自动对比分析。当某个指标超出正常范围并且到达警报线时，系统就应该立刻发出预警信号，提醒管理团队注意某种风险的出现或者加重趋向。持续性跟踪监测机制将传统的被动响应转变为被动干预，给管理决策提供宝贵的提前量，成为实

现进度和成本动态控制、防患于未然的关键技术支撑。

4.3 建立高效的风险响应与模型自适应机制

当已经识别出的风险事件真的发生时，快速而有条不紊的应急响应流程就显得非常重要。这就需要事先针对重大风险制定详尽的应对预案库，确定处置权限、资源调配方案、沟通决策路径。风险触发之后，要尽快启动对应的预案来控制事态的蔓延，而且要把风险事件引发的实际干扰，比如工期拖延，开支增加，当作新的边界条件，迅速放进协同控制模型里重新计算并加以改进^[6]。模型需要有良好的自适应性，根据最新的情境重新求得进度和成本之间新的最优平衡点，生成新的执行方案。这一套“监测-预警-应对-改进”的闭环管理，才是把风险带来的不良影响降到最低、保证项目总体目标可控的关键。

5 案例模拟分析：某大型水库工程的模型应用探讨

5.1 案例背景与模型初始化

为了实证检验本文所建立的进度—成本协同控制模型的实际应用效果，选取一个假设的大型水库工程为例加以说明。该工程规划建设周期为5年，大致的概算总投资额为80亿人民币。模型应用初期，根据项目的初步设计图纸、施工组织总设计等基础技术文件，对工程实体进行了工作分解结构（WBS）分析，将项目分解为导流工程、大坝主体施工、溢洪道、电站厂房、金属结构安装等12个工作包。在此基础上，明确了各个工作包的工艺逻辑关系和约束条件，绘制出详细的工程进度计划网络图，为以后协同分析打下了良好的结构基础。

5.2 模型运行与协同优化过程

模型运行阶段，成本测算子模块首先根据工程量清单的分解结果，结合项目所在地的现行的人工、材料、机械台班价格信息，对各个工作包做了详尽的费用估算，形成与进度计划相匹配的资金流负荷图。协同控制子模块紧接着核心运算就开始建立“工期-成本”关联函数，设置工期压缩情境（加快关键路径或非关键路径施工强度等），模拟分析不同情境下的总成本变化趋势。利用线性规划等运筹学的方法，在总投资预算的硬性限制下，对多种进度方案进行寻优计算，目标函数为寻找可能的最短总工期。

5.3 模拟结果分析与结论

模拟优化计算结果表明，在总投资规模基本不变的

前提下，通过协同控制模型动态资源配置优化，对非关键路径上工作包进行资源强度弹性调整以及投入时机的再规划，理论上可将项目计划总工期从60个月有效缩短到约57.5个月，工期优化幅度在4.2%左右。该模拟结果表明，所述模型在大型水利工程项目管理中具有很大的应用价值。它表明，经过进度与成本参数的联动分析及系统改良，可以保证投资受控并缩减工程建设时延，进而优化项目整体投资效益和经营绩效，给予工程决策者展开科学的进度—成本权衡赋予了宝贵的量化凭证和助力。

6 结论与展望

6.1 结论

本文主要研究大型水利工程进度与成本的协同控制模型的创建理念、方法体系及应用要点。该模型把进度计划和成本管理融合起来，加入多目标决策和动态调控机制，有利于冲破传统管理模式的限制，改善项目管理的系统性和前瞻性。由研究可知，模型要有效运作就得有准确的数据做依托，合理的参数要设定，还要有及时的进程监督以及完备的制度来保证。

6.2 展望

在未来的相关研究当中，可以继续探究人工智能算法在模型改进过程中的运用情况，依靠机器学习去预测工期以及成本的大致走向，还可以加大BIM同协同控制模型的结合力度，达成可视化的一整个过程的动态化管理效果。伴随着数字智能化技术的进步，进度—成本协同控制模型会渐渐被用来增强大型水利工程的综合效益。

参考文献

- [1] 刘松. 水利工程项目施工成本管控体系研究[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(10): 168-171.
- [2] 王丹. 水利工程施工阶段成本控制重难点对策[J]. 中国科技信息, 2025, (14): 49-51.
- [3] 王彩宁. 基于BIM技术的水利工程施工动态监管方法研究[J]. 工程技术研究, 2025, 10(12): 150-152.
- [4] 董华翠. 水利工程施工管理的成本控制与优化方法[J]. 城市建筑空间, 2025, 32(S1): 442-443.
- [5] 郭洁茹. 水利工程项目施工的成本控制与管理优化研究[J]. 工程与建设, 2025, 39(01): 236-239.
- [6] 张强. 水利水电工程施工管理存在的问题与完善策略[J]. 低碳世界, 2021, 11(07): 162-163.