

基于全生命周期视角的水利投资效益评价理念探讨

朱友芳

宜黄县水利事业服务中心 江西 抚州 344400

摘要：本文旨在系统探讨基于全生命周期（Life Cycle, LC）视角的水利投资效益评价新理念。文章首先剖析了传统评价模式的困境与挑战，继而阐释了全生命周期评价（Life Cycle Assessment, LCA）理论的核心内涵及其在水利领域的适用性；在此基础上，构建了一个涵盖“时间-空间-价值”三维一体的全生命周期效益评价框架，并详细论述了其五大核心构成要素——系统边界界定、多维效益识别、动态量化方法、风险韧性评估与协同治理机制；最后，针对当前实践中的障碍，提出了完善顶层设计、强化数据支撑、创新金融工具及推动制度协同等路径建议。研究表明，引入全生命周期视角不仅是对传统评价范式的革新，更是实现水利投资从“成本中心”向“价值创造中心”转型、支撑国家水网高质量建设和流域综合治理现代化的关键路径。

关键词：全生命周期；水利投资；效益评价；综合价值；可持续发展

引言

水是生命、生产、生态之基，水利工程在国家发展中地位关键。近年来，国家推进诸多水利项目，投资规模不断攀升，但巨额投资能否转化为长期综合效益，关乎财政资金效率、水安全保障及生态文明目标实现。长期以来，我国水利投资效益评价以经济分析为主导，以项目可行性研究为起点，用静态或半动态指标评估直接经济效益。这种模式在特定时期作用重大，但新时代局限性凸显：时间维度割裂，忽视项目前期决策、资源消耗及后期环境与社会成本；价值维度单一，过度关注可货币化效益，对多元正负外部性关注不足；动态适应性缺失，难捕捉效益动态演变和潜在风险。在此背景下，引入全生命周期视角，对水利投资效益再认识与再评价成为共识。全生命周期评价源于环境科学，融入水利投资效益评价体系，有望突破传统范式局限，为构建科学决策支持系统提供依据，本文将围绕此展开探讨。

1 传统水利投资效益评价的困境与挑战

1.1 评价阶段的碎片化与短视化

传统评价流程从项目建议书或可行性研究阶段开始，到竣工验收后的初期运营评估结束，导致三个层面割裂。前期割裂，规划与设计阶段关键决策的长期影响未纳入效益核算，如忽视生态流量保障的水库，后续生态损害成本未计入；中期割裂，建设阶段的资源投入及环境足迹被视为“沉没成本”，不参与效益计算；后期割裂，水利工程服役期长，老化、退役处置等成本与效益处于评价盲区^[1]。这种短视导向易催生“形象工程”“政绩工程”，牺牲长远利益。

1.2 效益内涵的狭隘化与外部性忽略

传统“效益-费用”分析体系对“效益”与“费用”界定狭窄。经济效益主导，主要核算直接产出货币化收益，防洪减灾效益难以反映未来气候变化下的风险溢价；生态效益边缘化，水利工程对生态系统服务功能的贡献因难以精确货币化被低估或忽略，负面生态影响也未充分内化为成本；社会效益模糊化，工程带来的就业、区域发展、文化景观改变等问题多定性描述，缺乏量化评估框架，投资决策难平衡效率与公平、局部与整体关系。

1.3 静态模型的刚性与风险应对不足

传统评价多采用确定性参数和固定折现率构建静态或准静态模型，但水利工程运行环境高度不确定。自然系统方面，全球气候变化使基于历史水文序列设计的工程效益面临挑战；经济社会系统方面，人口流动、产业结构调整等因素会改变用水需求结构与水的价值认知；技术与政策方面，新能源发展可能削弱水电竞争力，环保法规可能增加合规成本。传统模型缺乏敏感性分析和情景模拟能力，评价结果稳健性差，无法为项目全生命周期的风险管理和适应性调整提供有效指引。

2 全生命周期视角的理论内涵与适用性

全生命周期评价（LCA）最初由ISO 14040/14044系列标准定义，是一种用于评估产品、过程或活动在整个生命周期中与环境相关的投入、产出及其潜在环境影响的方法。其核心思想是“系统思维”和“全过程管理”。将LCA理念拓展至水利投资效益评价，意味着我们需要超越单纯的环境影响，构建一个融合经济、社会、环境三大支柱的综合性评价框架。

2.1 全生命周期的阶段划分

对于水利工程而言，其全生命周期可划分为以下五

个相互关联的阶段：(1) 规划与设计阶段：包括需求分析、方案比选、选址论证、环境影响评价、社会影响评价、初步设计等。此阶段的决策奠定了项目全生命周期的“基因”。(2) 建设与施工阶段：涉及土地征用、移民安置、原材料开采与运输、现场施工、设备安装等。此阶段资源消耗集中，环境扰动剧烈。(3) 运营与维护阶段：工程发挥主体功能的漫长时期，包括日常调度、设施维护、安全管理、效益产出等。这是传统评价关注的核心，但需置于更长的时间尺度下审视^[2]。(4) 更新与改造阶段：为适应新的需求或技术标准，对工程进行功能提升、安全加固或绿色化改造。(5) 退役与处置阶段：工程达到设计寿命或因其他原因停止服务后，进行的安全拆除、场地清理、生态修复及资源回收等活动。

2.2 全生命周期评价的核心原则

将LCA应用于水利投资效益评价，应遵循以下原则：

(1) 系统性原则：将水利工程视为一个嵌入于更大自然-社会-经济复合系统中的子系统，评价其与系统内外要素的物质、能量、信息交换。(2) 全过程原则：覆盖从“概念诞生”到“物理消亡”的所有阶段，确保无重大环节遗漏。(3) 多维性原则：同步考量经济效益、社会效益、生态环境效益，构建多目标、多属性的综合评价指标体系。(4) 动态性原则：承认并量化不确定性，采用情景分析、蒙特卡洛模拟等方法，评估效益在不同未来路径下的演化趋势。(5) 透明性与可追溯性原则：明确界定系统边界、功能单位、数据来源与假设条件，确保评价过程可复现、结果可验证。

2.3 在水利领域的独特适用价值

水利工程具有投资大、周期长、公益性突出、外部性显著等特点，与LCA的理念高度契合：(1) 长周期特性匹配LCA的时间广度：LCA的长期视角能有效捕捉水利工程跨代际的效益与成本。(2) 强外部性要求LCA的系统边界：LCA强制要求考虑“上游”（如建材生产）和“下游”（如移民社区发展、生态系统响应）的影响，有助于内部化外部成本与收益。(3) 公共产品属性呼唤多维价值衡量：LCA的多维框架为量化非市场价值（如生态服务、文化价值）提供了方法论接口，使公共投资的综合回报得以显现。

3 基于全生命周期的水利投资效益评价框架构建

为将上述理念落地，本文提出一个“时间-空间-价值”三维一体的全生命周期效益评价框架。

3.1 时间维度：贯穿五阶段的动态链条

评价不再是某个时间点的快照，而是一条贯穿LC五个阶段的动态效益流。每个阶段都有其独特的投入、产

出与影响，需要分别识别、量化并进行跨期贴现（需谨慎选择贴现率，尤其对于远期生态效益）。例如，规划阶段的优质设计可以降低全生命周期的维护成本和环境风险；退役阶段的生态修复投入，则是对前期生态负债的偿还。

3.2 空间维度：从工程点到流域面的系统耦合

效益评价的空间尺度需从单一工程点扩展至整个流域乃至区域。水利工程的效益（如防洪）与影响（如下游生态退化）具有显著的空间溢出效应^[3]。评价框架应整合水文模型、生态模型、经济地理模型等，模拟工程在流域尺度上的水-能-粮-生态纽带关系，揭示其对区域发展格局的塑造作用。

3.3 价值维度：经济-社会-生态的三维整合

这是框架的核心，旨在构建一个包容性的综合价值账户。(1) 经济维度：不仅包括传统的直接收益（水费、电费），还应涵盖间接效益（如因供水改善带动的工业产值增长）、诱发效益（如工程建设带动的当地服务业发展），以及全生命周期成本（LCC），即涵盖规划、建设、运营、维护、退役各阶段的所有成本。(2) 社会维度：量化指标可包括：创造的就业岗位数量与质量、受影响社区的生计恢复与发展指数、公共服务（如饮水安全）可及性的提升、文化遗产的保护与活化程度、公众满意度与参与度等。(3) 生态维度：采用生态系统服务价值评估（ESV）方法，量化工程对水源涵养、土壤保持、生物多样性、气候调节、休闲游憩等服务功能的净影响。同时，需核算其碳足迹、水足迹、生态足迹等环境压力指标。

3.4 五大核心构成要素

3.4.1 要素一

清晰界定系统边界与功能单位。明确评价对象（如一座水库、一个灌区、一条输水干线），划定时空范围，并定义一个标准化的功能单位（如“提供1亿立方米可靠供水”或“削减100年一遇洪水峰值10%”），以便于不同方案间的横向比较。

3.4.2 要素二

全面识别与分类多维效益。建立效益清单，区分直接/间接、内部/外部、市场/非市场效益，并明确其归属主体（政府、企业、居民、生态系统）。

3.4.3 要素三

创新动态量化与整合方法。综合运用：a) 市场价值法、影子价格法量化经济与部分生态效益；b) 条件价值法（CVM）、选择实验法（CE）评估非使用价值；c) 社会调查、GIS空间分析评估社会效益；d) 系统动力学（SD）模

型、多智能体模型（ABM）模拟效益的长期动态交互。

3.4.4 要素四

嵌入风险与韧性评估。将气候变化情景（如RCPs/SSPs）、经济社会发展路径作为外生变量，通过压力-状态-响应（PSR）模型或韧性评估框架，分析工程在扰动下的效益稳定性、恢复力及适应潜力。

3.4.5 要素五

构建协同治理与反馈机制。评价过程本身应成为多方利益相关者（政府、投资者、社区、NGO、专家）参与对话、凝聚共识的平台。评价结果应及时反馈至规划、设计、运营等环节，形成“评价-决策-实施-再评价”的闭环，驱动工程全生命周期的持续优化。

4 实践路径与政策建议

4.1 完善顶层设计与标准规范

国家层面应修订《水利建设项目经济评价规范》等核心文件，强制要求重大水利工程在可行性研究及后评价中纳入全生命周期视角。制定《水利工程全生命周期效益评价技术指南》，统一系统边界、功能单位、数据采集、量化方法、报告格式等标准，确保评价的规范性与可比性。

4.2 强化数据基础设施与能力建设

构建水利LCA数据库，整合国土、气象、水文、生态、社会经济等多源异构数据，建立覆盖主要建材、施工工艺、运行模式的单元过程数据库，为量化分析提供底层支撑。发展数字化评价工具，鼓励开发集成了水文模型、经济模型、生态模型的集成化、可视化LCA软件平台，降低应用门槛^[4]。加强专业人才培养，在水利、环境、经济、管理等学科交叉领域，培养既懂工程技术又精通LCA方法的复合型人才。

4.3 创新投融资与激励机制

4.3.1 探索全生命周期成本定价

在水价、电价等资源价格形成机制中，逐步反映全生命周期的环境与社会成本，为绿色水利工程提供合理回报。

4.3.2 推广绿色金融工具

发行以全生命周期综合效益为标的的绿色债券、可持续发展挂钩债券（SLB），引导社会资本投向高综合价值的水利项目。

4.3.3 建立绩效付费（PbR）机制

对于PPP等模式的水利项目，将政府付费与项目全生命周期内达成的多维绩效指标（如水质改善、社区发展指数）挂钩，而非仅与工程交付绑定。

4.4 推动跨部门协同与公众参与

打破水利、发改、财政、自然资源、生态环境、农业农村等部门间的壁垒，建立基于全生命周期效益评价的联合审查与决策机制。同时，通过信息公开、听证会、公民陪审团等形式，保障公众在评价过程中的知情权、参与权与监督权，提升评价的合法性与公信力。

5 结语

水利事业关乎国计民生与长远发展。新时代下，我们要超越传统思维，转向全生命周期新范式。本文探讨的基于全生命周期视角的水利投资效益评价理念，以系统性等思维，全面真实动态展现水利工程综合价值。这一理念深化与实践，能提升水利投资决策科学化水平，推动水利行业从“工程水利”向“资源水利”等升级。它要求我们敬畏水资源与生态，让水利投资经得起检验，为子孙留美好水世界。未来，将该理念转化为可操作标准、政策工具和治理效能是挑战，这需要学术、政策与实践界携手持续探索。

参考文献

- [1]田先春.水利工程投资效益评价分析[J].治淮,2023,(10):62-63.
- [2]秦利.水利工程项目投资效益评估方法在流域管理中的应用研究[J].商业2.0,2025,(21):22-24.
- [3]汤洁,吴越昊,赵萍,等.水利工程项目投资效益分析与评价体系构建[J].农业开发与装备,2024,(11):97-99.
- [4]刘再兴.乡村振兴战略下农田水利投资效益与优化路径[J].新农民,2025,(16):40-42.