

Analysis of investment control strategy of petrochemical project based on life cycle theory

Na Chen¹ Yafei He²

1. China Petroleum Port Petrochemical Company, Tianjin, 300280, China
2. Shandong CNPC Kunlun Gas Co., Ltd., Weihai, Shandong, 264200, China

Abstract

Petroleum and petrochemical projects are characterized by large-scale investments, extended timelines, and high risks. The scientific approach to investment control directly impacts corporate capital efficiency and economic performance. Building on the full life cycle theory, this study examines CNPC's petrochemical projects to systematically analyze key challenges in investment control across three phases: decision-making, construction, and operation. The research establishes a comprehensive control system covering costs, risks, and performance metrics, proposing an investment control framework centered on digital monitoring, dynamic adjustments, and performance feedback. Results demonstrate that implementing a closed-loop mechanism of "pre-control—mid-process regulation—post-evaluation" enables scientific decision-making, precise execution, and profit maximization. This approach provides institutional and technical support for the high-quality development of petroleum and petrochemical enterprises.

Keywords

whole life cycle theory; PetroChina petrochemical; project investment; cost control; risk management

基于全生命周期理论的中石油石化项目投资控制策略分析

陈娜¹ 何亚菲²

1. 中国石油大港石化公司, 中国·天津 300280
2. 山东中石油昆仑燃气有限公司, 中国·山东 威海 264200

摘要

石油石化项目具有投资规模大、周期长、风险高等特征, 投资控制的科学性直接关系企业资本效率与经济效益。基于全生命周期理论, 本文以中石油石化项目为研究对象, 从决策、建设与运营三阶段系统分析投资控制的重点与难点。研究构建了覆盖成本、风险与绩效的全过程管控体系, 提出以数字化监测、动态调整和绩效反馈为核心的投资控制路径。结果表明, 建立“事前预控—事中调控—事后评估”的闭环机制, 可实现投资决策科学化、执行精准化与收益最大化, 为石油石化企业高质量发展提供制度与技术支持。

关键词

全生命周期理论; 中石油石化; 项目投资; 成本控制; 风险管理

1 引言

中石油石化项目投资具有资金密集、建设周期长、技术复杂及外部环境敏感度高特点, 任何阶段的管理偏差都可能导致巨额经济损失。传统投资控制模式多侧重建设期成本核算, 忽视前期决策与后期运行阶段的动态反馈, 难以形成系统化、闭环式的管控机制。随着能源产业转型与数字化管理体系的深化, 全生命周期理论为石油石化项目投资提供了新的思维框架。该理论强调项目各阶段的关联性与持续优化, 通过全过程信息集成与动态决策, 实现投资的系统控制与资源配置优化。本文基于全生命周期视角, 分析中石油石

化项目投资控制的主要难点与关键策略, 构建适应企业数字化转型与高质量发展的综合控制体系, 为行业提供可复制的管理范式。

2 全生命周期理论与石油石化项目投资特征分析

2.1 全生命周期理论的内涵与管理价值

全生命周期理论源自系统工程思想, 主张项目从立项到退役的全过程管理。该理论将项目生命周期划分为决策、设计、建设、运营与报废五个阶段, 并强调阶段间的相互作用与反馈机制。通过在项目早期识别风险与成本影响因素, 可实现“预防优于纠正”的投资控制思维。对于石油石化行业而言, 全生命周期管理不仅是技术经济管理的系统化体现, 更是提升资本效率与资源配置能力的重要途径。其核心

【作者简介】陈娜(1987-), 女, 中国河南濮阳人, 本科, 经济师, 从事投资项目管理研究。

价值在于以信息化和数据化手段实现项目全过程可视化、动态化与精细化管理，从而提升投资效益与企业竞争力。

2.2 中石油石化项目投资的行业特征

石油石化项目具有投资规模大、周期跨度长、技术工艺复杂和安全环保要求高等特征。项目建设通常涉及勘探、管道、炼化、储运等多个环节，各阶段之间高度关联，任何环节偏差都会引起系统性风险。此外，国际油价波动、政策调整与碳达峰目标等外部因素亦会影响项目收益预期与投资决策。传统投资管理往往注重短期财务回报，忽视生命周期总成本与环境影响，难以实现可持续发展目标。因此，将全生命周期理念引入石油石化项目投资，是实现高效能与高韧性管理的重要途径。

2.3 生命周期视角下的投资控制逻辑

在生命周期框架下，投资控制贯穿项目全程，体现“事前预控、事中调控、事后评估”的系统逻辑。事前阶段通过科学可研与经济评估确定投资边界，事中阶段通过动态监控与信息反馈优化资金分配，事后阶段则基于绩效评价与数据复盘改进后续项目。该逻辑的核心是将投资决策与运营绩效形成闭环，以数据驱动的方式实现持续优化。通过数字化平台与智能分析工具，可实现从静态控制向动态预测的转变，从而提高决策的前瞻性与精准性。

3 投资决策阶段的控制重点与优化路径

3.1 科学可研与经济性论证机制

投资决策阶段是影响项目全生命周期成本的关键环节。科学的可行性研究不仅要评估经济指标，还需综合考虑技术路线、市场环境、政策风险及环境约束。中石油石化企业应建立多维度的可研评估体系，引入净现值（NPV）、内部收益率（IRR）与生命周期成本（LCC）分析模型，以定量方式预测项目投资回报。通过数据建模与敏感性分析，可量化油价波动、汇率变化及政策调整对项目经济性的影响，提升决策科学性与抗风险能力。

3.2 投资结构优化与资本配置效率

石油石化项目通常投资额巨大、周期长、资金占用率高，合理的投资结构是确保项目可持续发展的关键。企业应在自有资金、政策性贷款、债券融资及社会资本引入等多元渠道中实现最优配置，以降低财务成本与融资风险。项目融资（Project Finance）模式的应用，可通过风险分担与收益分配机制，吸引外部资本参与项目建设，从而减轻母公司资产负担并提高财务杠杆效率。同时，企业应基于全生命周期成本分析法（LCCA）评估不同投资方案的综合回报，权衡建设期支出与运营期收益之间的平衡关系，防止“重建设、轻运营”的决策倾向。投资结构的优化还需结合资金时间价值与现金流稳定性进行动态调整，建立以收益率、风险暴露度与偿债能力为核心的投资绩效评价体系，实现从资本投入到收益实现的全过程精细化控制。通过构建科学的资本配置

模型，中石油石化企业可在宏观经济波动与能源结构调整背景下保持投资决策的韧性与灵活性。

3.3 风险识别与决策审查机制

风险管理是石油石化项目投资决策阶段的核心环节，其复杂性源于政策环境多变、市场波动剧烈及技术迭代加快等多重因素。企业应建立多层次、全要素的风险识别体系，综合运用风险矩阵分析、德尔菲法与蒙特卡洛模拟等工具，对项目的财务风险、市场风险、技术风险、法律风险及环境风险进行量化评估。应在项目立项阶段设立独立的投资评审委员会，实行“三级审查—多轮论证—全过程问责”的决策监督机制，防止信息不对称与管理层短期行为对投资质量的影响。借助数字化项目管理平台，企业可构建“风险档案+动态监测+反馈闭环”的风险控制体系，实现项目风险从静态评估向动态预警的转变。在投资决策过程中，建议引入人工智能辅助分析与大数据建模技术，对外部宏观变量与内部执行参数进行交叉验证，从而提高风险预测的精度与决策的前瞻性。通过科学化、制度化、智能化的风险审查体系，中石油石化企业可实现投资过程的可控化与透明化，确保项目在复杂经济环境下实现稳健投资与可持续增长。

4 建设实施阶段的投资控制策略

4.1 全过程成本管理与动态监控

石油石化项目建设阶段通常投资体量大、工序复杂、周期长，是投资风险最为集中的阶段。全过程成本管理要求企业从设计、采购、施工到交付全过程进行成本识别与动态监控。基于目标成本管理理念，企业应将总体投资目标分解至各子项目与责任单位，形成纵向贯通、横向协同的成本控制网络。通过建立成本数据库与动态预算系统，实现对物料采购、设备安装、人工投入及施工进度的实时跟踪与分析。BIM（建筑信息模型）与ERP系统的集成应用，使成本控制从静态核算转向实时预测与动态调整。项目管理人员可通过成本偏差曲线（CV）与进度偏差指标（SV）分析投资执行状态，及时进行资源再分配与计划修正^[1]。

4.2 合同管理与供应链协同

合同管理是建设阶段投资控制的制度基础和责任约束机制。石油石化项目多采用EPC总承包或分包管理模式，涉及设计、采购、施工、监理等多方主体，其合同条款应明确成本控制边界、风险分担机制及违约惩戒条款，确保合同执行的严肃性和可追溯性。数字化供应链协同平台的建设，有助于打通设计、采购与物流环节的数据壁垒，实现合同履行状态、物料采购价格与供应商绩效的全流程监控。通过区块链技术记录采购与交付数据，可有效防止信息篡改与采购舞弊。与此同时，供应链协同模式能够实现集中采购与分级授权相结合，提升采购透明度、缩短审批周期、降低物流成本。对于关键设备与特殊材料的供应，应推行战略合作与长期协议模式，建立基于绩效的供应商分级评价体系，以实现

采购效率与投资控制的双重优化。

4.3 项目进度与质量一体化控制

项目进度与质量控制在建设阶段呈现高度耦合关系,任何一方失衡均会引发投资偏差。石油石化项目应采用关键路径法(CPM)与挣值管理(EVM)结合的控制体系,将时间、成本与质量指标纳入统一监控框架。通过建立数字化施工管理平台,实现对工程节点进度、设备安装与检验结果的实时反馈。基于物联网(IoT)技术的现场监测系统可自动采集温度、压力、振动等关键参数,辅助管理层进行工况分析与预警决策。移动终端应用则能实现跨部门协同与远程监督,提升决策响应速度。为确保质量与进度的协同,应在项目管理体系中引入“质量成本”理念,通过量化返工损失、工期延误与资源浪费的经济影响,倒逼施工单位强化质量管理。通过建立“进度—质量—成本”三位一体的闭环控制机制,石油石化项目能够实现投资执行过程的科学化、透明化与可持续优化,确保项目在安全、质量和经济性目标之间取得最优平衡^[2]。

5 运营维护阶段的投资效益管理

5.1 全生命周期成本核算与绩效反馈

在石油石化项目的运营阶段,投资控制的核心目标是实现收益最大化与成本最优化。全生命周期成本(LCC)核算方法以“全过程、全要素、全成本”为导向,对设备维护、能源消耗、备件更换、环保治理及退役处理等环节进行系统测算,从而揭示项目全程的经济性与运行效率。通过LCC模型,企业能够识别出成本构成的关键变量及其敏感性因素,为优化运营决策提供数据依据。绩效反馈机制则是闭环管理的重要环节。通过建立运行数据的动态监测系统,实现能耗、产能、维护成本及环境排放等指标的实时追踪,并将结果反馈至投资决策与预算调整环节,形成持续改进链条。中石油石化企业可依托能源管理系统(EMS)和资产管理系统(EAM),实现设备健康诊断、能耗优化与绩效分析一体化,从而有效降低单位产品成本,提升资本回收率与投资回报水平^[3]。

5.2 数字孪生技术与智能运维

数字孪生技术的引入为石油石化项目运维阶段的投资控制提供了创新手段。通过将物理设备、工艺流程与运行环境在虚拟空间中同步映射,企业可实现从状态监测到预测性维护的全面升级。基于实时采集的传感器数据与AI算法的模型分析,数字孪生系统能够识别潜在故障并提前发出维护

预警,减少非计划停机带来的产能损失。智能运维系统结合机器学习与专家知识库,能动态优化设备运行参数,实现能耗最小化与生产效率最大化。同时,数字孪生平台具备决策模拟功能,可在不同投资方案、市场价格与能耗策略下进行场景预测,为企业提供投资回报率(ROI)与生命周期经济性分析依据。通过虚实融合的智能化决策支持系统^[4]。

5.3 风险预警与可持续发展评估

石油石化项目在运行阶段面临多维度风险,包括设备老化、市场波动、政策变化及环境事件等。建立基于大数据与人工智能的风险预警系统,是提升投资安全性与项目韧性的关键途径。通过实时采集设备运行状态、市场价格与政策参数,企业可利用多变量风险模型进行异常检测与趋势预测,形成“早识别、早干预、早控制”的风险防线。安全与环境风险管理亦应成为投资绩效的重要组成部分。将碳排放强度、能源利用效率、污染物排放量等指标纳入绩效考核体系,可引导企业在经济效益与社会责任之间实现平衡。通过可持续发展评估体系的构建,企业不仅能强化绿色低碳转型能力,还能提升品牌信誉与资本市场认可度^[5]。

6 结语

基于全生命周期理论的投资控制体系,为中石油石化项目提供了系统化、科学化与智能化的管理框架。研究表明,项目投资控制应突破阶段割裂的传统思维,实现从前端决策到后期运维的全程闭环管理。通过强化数据治理、智能监控与风险预警机制,企业可实现投资结构优化与资源配置高效化。未来,中石油石化企业应加快构建数字化投资管理平台,完善跨部门协同机制,推动技术创新与管理创新深度融合,从而实现项目投资的可持续、高质量发展,为我国能源产业转型升级提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 刘应红.石油石化企业投资项目比选排队指标体系设计[J].当代石油石化,2017,25(07):25-31+50.
- [2] 刘易.国外石油石化公司项目投资决策与咨询机构的作用[J].化学工业,2007,(11):21-24.
- [3] 袁鑫鹏.能源化工企业集团投资规模测算研究[J].当代石油石化,2025,33(07):49-53.
- [4] 胡奇风.上海石化乙二醇装置扩建项目风险管理研究[D].华东理工大学,2017.
- [5] 韩敬谦.中油化建四公司惠州项目风险管理研究[D].兰州交通大学,2017.