

# 石油钻井工程全生命周期成本管控的优化路径 及其经济效益研究

孙 磊 (中石化胜利石油工程有限公司海洋钻井公司, 山东 东营 257000)

**摘要:** 石油钻井工程投资巨大、风险极高。本研究首先分析了钻井工程各阶段的核心挑战。针对这些挑战, 研究从全生命周期成本管控视角, 提出了一系列具体的优化路径。研究表明, 这些路径不仅能带来直接的成本节约与工期价值, 更能通过降低风险、提升管理效率, 最终增强企业的核心竞争力与可持续发展能力。

**关键词:** 石油钻井工程; 全生命周期; 成本管控; 经济效益

中图分类号: TE24; F406.72 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2026) 004-0082-03

## Optimization Pathways and Economic Benefits of Life-Cycle Cost Management in Petroleum Drilling Engineering

Sun Lei (Offshore Drilling Company, Sinopec Shengli Petroleum Engineering Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

**Abstract:** Petroleum drilling projects involve enormous investment and high risks. This study first analyzes the core challenges at different stages of drilling engineering. From the perspective of life-cycle cost management, a series of specific optimization pathways are proposed to address these challenges. The research demonstrates that these pathways not only deliver direct cost savings and schedule benefits but also reduce risks and improve management efficiency, ultimately enhancing the core competitiveness and sustainable development capabilities of enterprises.

**Keywords:** petroleum drilling engineering; life-cycle; cost management; economic benefits

钻井工程作为油气勘探开发的核心环节, 投资规模大、技术风险高、管理链条长。成本管控的复杂性与难度尤为突出。传统的成本管理方式, 往往侧重于局部或阶段性控制。很难从规划设计、钻井施工到评估反馈, 进行全过程动态风险应对<sup>[1]</sup>。如此情况下, 就容易预算超支, 项目经济效益出现一定的流失。因此, 在钻井工程中, 系统性地应用将全生命周期成本管理理论, 就有了一定的必要性。在如此背景下, 针对石油钻井工程, 深入探索全生命周期成本管控的优化路径。并且, 同步分析其所能带来的经济效益。对于提升企业核心竞争力、保障国家能源安全而言, 是一项重要的现实课题。

### 1 全生命周期成本管控理论基础

#### 1.1 全生命周期成本理论概述

全生命周期成本理论起源于工程经济学与系统工程。其核心思想认为, 对一项资产或项目的成本考察, 不应局限在初始投资上面。相反, 必须涵盖其从规划设计到最终废弃处置的全部阶段, 所发生的所有成本。这一理论要求管理者在决策早期, 就要充分考虑远期可能发生的各项费用与风险。要通过科学的成本估算与折现技术, 实现全周期总成本的最优配置。

#### 1.2 石油钻井工程成本构成与特点

石油钻井工程的成本构成一般会比较复杂。其成

本项目一般包括设备购置与折旧、材料消耗、风险应急等多个方面内容<sup>[2]</sup>。这些成本并不是均匀分布的。而是会呈现出一种显著的阶段性。

同时, 会有一定的不确定性。彼此之间还会有一定的关联性。例如, 前期设计决策, 会关联到后期的施工效率与安全投入成本等。石油钻井工程成本管控, 不仅需要财务计算, 还需要与地质认知、工程技术、安全管理等领域, 进行深度融合<sup>[3]</sup>。成本动因往往复杂多样, 且相互交织。

#### 1.3 全生命周期成本管控在石油工程中的应用框架

将全生命周期成本管控体系应用于石油工程, 需要构建一个重要的闭环管理框架。该框架需要以成本最优为目标。管控活动需要系统性地嵌入到规划、设计、采购、施工、运营及后评估等各个环节。在规划阶段, 需建立以全周期成本为考量的决策模型。并以此指导方案比选。

在设计阶段, 要推行价值工程分析。从源头就直接锁定成本。在实施阶段, 则要依托实时数据, 对成本进行动态监控与预警。最后, 还要通过项目后评估, 形成成本数据库与知识积累。数据也要反馈到新的项目周期中, 用来辅助管控。如此, 才能将成本管控从被动核算转变为主动规划, 从事后补救转变为事前预控。

## 2 石油钻井工程全生命周期成本管控的现实挑战

### 2.1 前期规划与设计阶段的挑战

在前期规划与设计阶段，钻井工程项目的核心任务，是确立整体的技术与经济框架。然而，现实操作中，常会出现基础数据不精准一类的问题<sup>[4]</sup>。比如，地下地质构造具有高度不确定性。对其的初始勘探，数据往往不完善。而基于此去进行钻井设计与预算编制。先天就会带有数据偏差风险。同时，工程设计部门与成本控制部门的目标时常脱节。设计人员可能会更侧重于技术先进性与作业成功率。而对方案的全生命周期经济性，很少会进行深入的评估与约束。这种技术与经济思维的割裂性，会导致在起步阶段，项目就埋下成本超支的隐患。而前期决策的微小偏差，也会在后续阶段中被层层放大。最终，会显著影响到项目的总体成本。

### 2.2 钻井施工阶段的挑战

钻井施工阶段，是成本动态消耗与风险集中爆发的关键时期。此阶段最大的不确定因素，来自于地下复杂的实际地质条件。现场可能遭遇未预测的高压层、断层或坚硬岩层。这些情况，会直接导致钻井工具损耗加剧。作业时间被迫延长。甚至可能引发井漏、卡钻等井筒复杂事故。这些意外，都会大幅增加项目成本。同时，大量重型设备需要连续高强度运转。其故障率，也难以避免。设备的突发故障，会造成非生产性停待。作业效率会大打折扣。

### 2.3 后期评估与反馈阶段的挑战

项目结束后的评估与反馈阶段，是成本管控闭环最为薄弱的一处。首先，施工过程中产生的海量成本数据，是分散在甲方多个部门与多家承包商手中的<sup>[5]</sup>。数据口径常常不一。相应的归集工作，就严重滞后。甚至会有数据缺失的风险。这就会导致，项目结束后，无法快速、准确地核算出真实的全周期成本。而且，很多项目缺乏制度化、规范化的成本后评估机制。多数评估工作也未能深入分析到成本变化的根本原因。因此，那些用高昂代价换来的经验与教训，很多就没有转化为结构化知识。无法为后续的新项目，提供精准的决策支持。而类似的错误，就会在不同的项目中重复发生。

### 2.4 系统性管理挑战

除各阶段面临的具体问题外，石油钻井工程成本管控工作，还面临着一些系统性的管理挑战。比如，在企业内部，普遍会存在较高的部门壁垒。地质、工程、采购等部门，时常各自为政。成本信息流在部门间传递不畅、共享困难。跨部门的协同决策效率低下。而从管理体系上看，一些企业尚未真正建立起全生命

周期成本管控制度。只有一个壳，但没有完整的执行方案。现有的考核机制，也大多看重短期财务指标和工程进度。对于前期设计质量、后期运维成本这类长远经济性指标，一般缺乏有效的考核与激励措施。这种管理模式非常碎片化。全生命周期成本管控的理念，也难以真正落地。最终，自然无法形成持续的管理合力。

## 3 石油钻井工程全生命周期成本管控的优化路径

### 3.1 针对前期规划与设计阶段挑战的优化

针对前期阶段数据不准与设计脱节的挑战，项目要建立更加精准可靠的预算基础。项目需要打破地质、工程与经济评价之间的数据壁垒。尝试构建一个跨学科数据融合的精准预算模型。该模型需要集成地震、测井、邻井实钻等多源地质数据。并且，运用大数据分析机器学习算法，去降低地下认知的不确定性。之后，基于更可靠的地质模型，再进行钻井工程设计与成本模拟。同时，必须从根本上改变设计与成本管控脱节的现状。大力推行“成本为约束”的一体化协同设计机制。在设计工作启动时，就组建包含地质、钻井、设备、成本控制等多专业人员团队。将全生命周期成本目标，作为设计方案的刚性约束条件。在井身结构、钻具组合、钻井液体系等每一个技术决策中，都要坚定贯彻落实。通过多方案比选与价值工程分析，在保障安全与质量的前提下，寻求技术与经济最佳平衡点。从项目源头，牢牢锁住成本。

### 3.2 针对钻井施工阶段挑战的优化

面对施工阶段的复杂地质、设备故障与安全风险，以及其所带来的成本失控压力。优化的核心，是要实现过程的“可视化、自适应与可预控”。项目要广泛应用实时数据监测与自适应钻井技术。采用随钻测量（LWD）、随钻测井（MWD）等工具，实时获取井下压力等关键参数。并将数据同步传输至地面指挥中心。利用这些实时数据，工程人员能及时识别井下异常。然后动态调整钻井参数，甚至改变钻头轨迹，避开复杂地层。把“盲钻”变成“透明钻”、“智慧钻”。同时，要转变设备管理思路。不能再一味被动的选择故障后维修策略。而是要转向预防性维护与设备全生命周期管理策略。项目要充分分析设备的运行数据。预测其性能衰减趋势与故障概率。从而，在故障发生前，就安排好计划性检修与部件更换工作。这能大幅减少非计划停机时间。更好的保障作业连续性与钻井效率。

### 3.3 针对后期评估与反馈阶段挑战的优化

要解决后期评估薄弱、知识流失的问题，就要对成本数据，进行标准化归集，同时进行知识的体系化复用。首先，必须建立一套标准化、自动化的成本数

据归集系统。全公司乃至全行业的成本数据科目、编码与格式标准,需要充分统一。所有承包商与内部部门,必须按统一模板和接口报送数据。要充分利用物联网和信息技术,尽可能自动采集与实时上传作业现场成本数据。例如,通过传感器自动记录钻头使用时间、钻井液消耗量等。这能根本上解决数据分散、滞后与缺失的问题。同时,也能确保项目一结束,就能同步生成完整的成本数据库。在此基础上,还需要完善制度化的成本后评估流程。规定每个项目结束后,必须由多部门联合开展深入的复盘分析。不仅要核算总成本,更要逐项分析成本偏差的原因。探讨到底是地质风险、技术选择、管理失误还是市场波动等,所导致的问题。并将分析结论,形成标准化的后评估报告。最后,要建立一个企业级的知识共享平台。将后评估报告、典型案例、最优方案等结构化知识,上传至平台,并分类管理。新项目在规划阶段,才能便捷地检索和参考历史经验。让过去的教训,真正成为未来的经济效益,形成成本管控工作良性循环,持续改进管控质量。

### 3.4 针对系统性管理挑战的优化

面对部门壁垒与体系碎片化的系统性难题,需要从技术平台和制度机制两方面,进行顶层设计与重塑。技术层面,可以搭建一个跨部门成本协同平台。集成来自地质数据库、工程设计软件、供应链系统、财务系统等所有关键信息。打破原有的“信息孤岛”。让不同部门的授权人员,在同一个平台上,看到一致、实时、完整的项目成本视图。平台同时支持在线协同审批、方案会审与决策。提升沟通效率,保障成本信息流畅通。制度层面,必须健全覆盖全生命周期的成本绩效考核制度。设计一套新的、平衡的绩效指标体系。该体系要增加对“设计方案全周期经济性”、“单位进尺成本”等长远指标的考核权重。并将绩效考核结果,与项目团队、设计部门、施工单位的奖惩紧密挂钩。利用制度和激励牵引,让每个人都建立“全员、全过程、全成本”管控理念。最终,整合平台与制度的力量,形成支撑全生命周期成本管控落地的强大管理体系。

## 4 优化路径的经济效益

### 4.1 直接经济效益分析

实施前述优化路径,对于石油钻井工程而言,有巨大的直接经济效益。首先,在成本节约方面,可以从项目源头有效压缩预算水分。精准预算模型可以优化设计缺陷,大幅减少后期工程变更与返工费用。施工阶段,实时监测与自适应钻井技术,能减少复杂事故的处理时间。从而节约额外材料的消耗。预防性维

护策略,可直接降低设备突发故障。从而减少高额维修成本,缩减非生产性停待损失。同时,风险预警与应急预控体系,则能减少重大安全事故,降低善后费用。所有节约的成本,汇总后可以显著提升项目的投资回报率。其次,在工期价值方面,优化路径可以保证钻井作业连续性与高效性。优化后,可有效缩短工期,大幅减少设备租赁费、人工费等成本。油田也能更早投产,从而提前获取油气销售收入。

### 4.2 间接与长远经济效益

除直接经济效益外,优化路径还能带来更多的间接效益。首先,全生命周期成本管控下,会有更好的事前预警。这样,能大幅降低项目的隐性风险。尽可能将风险转化为可知、可控的成本项目。从而,避免一些灾难性事故引发的巨额亏损。也可以进一步保障企业经营的稳健性。其次,企业管理效率会整体提升,因而会带来更多的长期效益。比如,跨部门信息平台的构建、标准化流程的推行,会打破项目的内部协作壁垒。成本数据的流转会更为顺畅。管理决策所依据的信息,也会更为全面和及时。这不仅可以提升单个项目的管理效率。更可以培育企业整体的数据决策能力。这对企业而言,是一种可持续的管理资本。这可以从根本上增强企业的核心竞争力,提升企业的可持续发展力,为企业带来更大的经济效益。

## 5 结语

针对石油钻井工程全生命周期成本管控,本研究构建了一套集成化优化路径。研究表明,实现成本的有效管控,须从理念、技术、流程与制度多个维度,进行协同变革。这一系统性的优化方案,能够带来直接而显著的经济效益。更能从本质上,提升企业的风险管理能力与科学决策水平。对于石油企业在复杂环境下,实现精益运营与可持续发展,具有重要的实践参考价值。未来,技术进步与管理创新将进一步深度融合。全生命周期成本管控的理念与实践,必将成为驱动油气行业高质量发展的关键引擎。

### 参考文献:

- [1] 焦红英. 浅谈石油工程企业的成本控制 [J]. 中国集体经济, 2021,(02):55-56.
- [2] 曹晓丽, 陈永兴, 杨杰. 基于业财融合的钻井作业成本管理创新与应用 [J]. 中国管理会计, 2019,(02):72-77.
- [3] 张浩. 石油钻井工程项目中的成本控制研究 [J]. 石化技术, 2016,23(04):212.
- [4] 杨泽林, 姜佳亮, 杨雪峰, 张志鹏. 钻井成本管理若干问题研究 [J]. 会计之友, 2023,(S1):25-28.
- [5] 许慧琢. 油气藏开发过程中的成本控制策略研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025,45(12):80-82.