

钻井安全与经济效益协同提升策略研究

袁 磊 (中国石化胜利工程公司渤海钻井总公司, 山东 东营 257200)

摘 要: 本文探讨了如何在钻井作业中兼顾安全与效益, 分析了相关的安全影响因素和效益评估方法。通过对比国内外油田的实际案例, 总结出一套综合改进方案, 包括智能监控、工艺优化、安全培训和管理制度完善等措施。实践表明, 加强技术投入和管理改进, 能够有效减少事故发生、提高作业效率, 从而兼顾安全与效益, 为钻井企业提供了可操作的参考。

关键词: 钻井安全; 经济效益; 协同提升; 智能化管理

中图分类号: TE28 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 032-0088-03

Research on Collaborative Improvement Strategies for Drilling Safety and Economic Benefits

Yuan Lei (Sinopec Shengli Engineering Company Bohai Drilling Corporation, Dongying Shandong 257200, China)

Abstract: This paper discusses how to balance safety and efficiency in drilling operations, analyzing relevant safety influencing factors and economic benefit evaluation methods. By comparing practical cases from domestic and international oilfields, a comprehensive improvement plan is summarized, which includes measures such as intelligent monitoring, process optimization, safety training, and management system refinement. Practice demonstrates that strengthening technological investment and management improvements can effectively reduce accident rates and enhance operational efficiency, thereby achieving a balance between safety and economic benefits. This provides actionable references for drilling enterprises.

Keywords: Drilling safety; Economic benefits; Collaborative improvement; Intelligent management

钻井作业是油气开采过程中非常重要的一部分, 其安全水平和经济效益直接决定着项目整个周期的平稳运行。随着深层页岩气等非常规资源的开发逐步开展, 钻井面临的地质情形日趋繁杂, 施工难度跟风险成本大幅攀升, 安全事故不仅对人员安全与生态环境构成威胁, 还会引起设备破坏、工期延误和经济损失。

减少成本支出, 缩短必要的工期, 一定程度上会忽视安全方面的投入, 带来风险和隐患。因此, 如何在确保安全的基础上提高经济效益, 已成为行业亟待解决的问题。推动安全与效益共同提升, 既是实现油气勘探可持续发展的现实需要, 也是企业走向高质量发展的必由之路。

1 理论基础

1.1 钻井安全的内涵与影响因素

钻井安全的核心, 是通过科学的管理方法、专业的技术手段和规范的操作流程, 有效防范井喷、井漏、火灾及井壁坍塌等事故, 从而保证相关生产作业人员的生命财产安全, 以及设备稳定运行。它既涉及生产过程中的作业安全, 也包括环境保护和应急处置等全方位的管理内容。

钻井安全主要受以下四点影响:

- ①地下地质条件, 如高压气层、断层等复杂构造;
- ②设备与技术状况, 包括钻机性能和防喷器可靠性;

③相关生产作业人员的操作水平与安全意识; ④安全管理能力, 涉及制度建设和风险防控措施。

这些因素相互关联, 共同决定着作业安全状况。

1.2 钻井经济效益的评价指标体系

钻井经济效益是评估钻井工程投入与产出关系的核心指标。其评价指标体系需综合衡量成本控制、生产效率以及资源利用等多维度状态, 直接经济指标涉及的项目有单井钻井成本、机械钻速、日进尺以及完井周期, 这些数据可直接体现施工效率跟成本投入的高低水平。

此外, 长期效益还与井筒质量、产能贡献以及后期的运营维护费用有关, 一系列因素决定了钻井成果能否保持稳定。同时, 还需把环境保护投入与风险控制成本结合起来, 评定安全与环保对总体经济效益的支撑意义, 依靠建立多层级、动态变动的指标体系, 才能科学、全面地判断钻井工程的经济效益水平, 为优化决策给出依据。

1.3 安全与效益的关系分析: 矛盾与协同

在钻井工程中, 安全与经济效益相互制约, 又彼此促进。从制约方面看, 安全投入, 如升级井控设备或加强人员培训, 往往会增加短期成本, 并可能延长施工周期。但从协同效应看, 安全措施能有效减少事故, 如井喷、井漏、降低停工损失和赔偿费用, 提升作业稳定性, 最终提高整体经济效益。

安全投入是保障长期效益的基础，而效益提升又能为安全改进提供更多支持。通过科学管理，可以实现“安全促效益、效益保安全”的良性循环。

1.4 协同提升的理论模型与逻辑框架

要实现钻井安全与经济效益的协同提升，可基于系统工程与协同管理理论构建模型。从系统角度看，钻井过程由地质、设备、人员和管理等要素构成，而安全与效益则分别反映了系统的运行质量与产出效率。

钻井安全与经济效益的协同提升可以通过一个三级体系来推进：

①基础层重在打好根基，通过更新技术、健全制度、加强培训，为安全与效益的协同创造基本条件；②执行层负责具体落实，借助风险管控、过程监督和工艺改进，在实际作业中同步提升安全水平和生产效率；③目标层关注最终成果，以事故率、成本和工期等关键指标的改善情况，来检验协同提升的实际效果。

该体系强调安全投入与经济效益的良性互动：安全改进降低事故损失，效益提升反哺安全投入，形成持续优化的正向循环。

1.5 钻井安全管理现状与问题分析

目前，在全球范围内，钻井行业已搭建出起比较完善的安全管理体系，覆盖了设备标准、作业流程、应急预案和人员培训等主要方面。领先企业通过推行分级风险管控，并应用智能监测与预警技术，显著提高了事故预防能力。

尽管如此，仍存在部分企业制度执行不严、应急演练形式化、现场监管不到位等问题，造成安全管理与实际操作脱节。此外，老旧设备维护不足、大量使用经验不足的人员、简化安全检查等现象也持续带来安全风险。这些行为显著增加了事故风险，既影响长期效益，也暴露了安全与效益协同机制的不足。

2 钻井经济效益影响因素与制约分析

2.1 钻井成本结构与效益构成

钻井成本主要包括直接成本和间接成本两大部分。直接成本占比超过 70%，包括钻机使用费、钻具损耗、钻井液材料、能源消耗及人员工资等。间接成本虽然占比不高，但涵盖管理、技术服务、设备维护及安全环保等必要投入，对保障施工质量与安全至关重要。一旦发生设备故障或安全事故，造成的非生产性损失将严重影响总成本。

钻井效益的提升主要表现在：单位进尺成本下降、机械钻速提高、完井周期缩短以及井筒质量更有保障。高质量的钻井作业不仅能减少后期维护费用，还能提高油气产量，从而获得更长期的经济回报。

2.2 设备利用率、工序优化与生产效率

设备利用率关系着钻井效益。提高设备效率既能降低单位进尺成本，也能减少不必要的停机时间。若钻机、泥浆泵等关键设备因维护不足或调配不当而频繁停工，将直接推高工期与成本。

优化施工流程是提升效率的关键。像改进钻井液、合理安排钻头更换、压缩起下钻时间这些做法，都能有效提高钻速和整体工作效率。信息化调度与自动化控制也能改善工序衔接，减少人为失误。

设备用得好，工序安排得合理，两者结合起来能大幅提升生产效率。这不仅保证了作业安全，也带来了更好的经济效益。

2.3 安全事故导致的直接与间接经济损失

钻井作业一旦发生安全事故，通常会造成严重的直接和间接经济损失。直接损失主要体现为设备损坏、井筒报废掉、物资消耗数量增多以及事故处理费用支出，比如井喷火灾有概率造成钻机以及井口设施全部损毁。直接经济损失有时候多达上千万元。

而间接损失的影响更为长远，涉及工期延误、产能损失、合同违约赔偿、环保治理费用以及企业声誉受损等。特别是在国际市场中，事故导致的停产不仅会减少油气产量，还可能削弱企业的市场竞争力。间接损失往往要超过直接损失，其对整体经济效益带来的影响变得更隐匿且长久。

2.4 技术投入与经济回报的平衡分析

技术投入对保障钻井安全和提升作业效率至关重要。投入不足或过量都会影响经济效益。合理的技术投入包括选用高性能钻机、先进井控设备、智能监测系统以及优化钻井流程，这些措施能够提高钻速、减少事故、缩短非生产时间，从而提升效益。

然而，技术投入往往伴随较高前期成本。若投入过量而未能充分发挥效用，短期回报可能受限。因此，需要通过科学评估投资回报率、施工周期和风险控制效果，实现技术投入与经济效益的合理平衡。

3 钻井安全与经济效益协同提升的策略路径

3.1 智能化监控与预测性维护

现场安装的智能监控系统，能一直收集钻机运行、井下压力和钻井液等方面的数据。通过对这些数据的分析，系统可以提早发现可能出问题的地方，及时发出预警，为现场人员判断和决策提供参考。预测性维护技术凭借大数据和设备健康评估模型，合理安排设备保养及部件替换，切实防范突发故障造成的停工或意外。

这些新技术的应用，既让钻井作业更安全，也减少了设备闲置时间，使设备得到更充分的利用。安全

水平和经济效益因此得到了同步提升。

3.2 节能降耗与钻井工艺优化

通过优化钻井工艺、改进钻头选型和钻井液方案，能够有效降低能耗与物资浪费。使用高效钻头和智能钻井液配方，有助于减少钻进阻力与泵送耗能。

此外，合理安排作业流程、缩短起下钻时间并优化井眼轨迹，还能进一步提高钻机利用率和施工效率。这些节能降耗措施不仅能节约运营成本，减轻环境压力，更有助于实现经济效益与安全保障的双重提升。

3.3 安全培训与技能提升机制建设

安全培训是强化钻井作业人员风险意识和操作技巧的有效方式。企业需搭建起分级分类的培训体系，涵盖新员工入职培训、在岗技能提升培训以及关键岗位专项培训，运用理论授课、现场实操和模拟演练相结合的途径，增强员工应对紧急状况的处置能力。在此基础上，完善技能考核跟认证制度，把培训成果跟岗位晋升及绩效评价进行挂钩，激励员工不断增进专业水准。

通过培训、案例梳理和经验分享，可以不断提升安全文化建设水平，让安全意识在大家心中扎根生长。完备的培训机制可降低人为操作出现的失误，还可让施工效率以及团队协作水平上升，为钻井作业的安全及效益提供坚实支撑。

3.4 制度建设与风险评估优化

完善的安全管理规章是保障钻井作业规范化的依托，应包含操作细则、责任划分、应急应对方案及奖惩制度，依靠搭建科学的风险评估体系，对井控、设备的状态情形、人员操作行为和环境因素进行动态剖析，可预先找出潜在隐患并设定应对方案。在此基础上，按期审查与优化制度流程，保障管理措施跟实际作业同步更新，由此减少事故出现的概率，增进施工安全与经济效益水平，实现安全跟效益的共同提高。

3.5 投资回报与成本收益平衡方案

在钻井工程的实施中，实现安全投入跟经济效益的平衡，需要科学规划投资回报及成本收益方案，需对各类安全技术、设备更新及培训投入开展成本效益分析，对潜在事故降低造成的经济收益进行量化，界定投入之后的回报周期，凭借优化资金的分配安排，把有限资源优先投入到高风险、高影响的环节，实现风险控制和效益提升的极致效果。

另一方面，可把工序优化、提高设备利用率与节能降耗措施结合起来，提高投资运用效率，采用动态监测投入产出状况的方式，企业可及时对策略进行调整，做到安全保障投入有效防控各类风险，又可收获可观的经济收入，达成安全跟效益的共同改进。

4 实践案例与成效评估

国内案例：中海油“海洋石油 981”深水钻井平台。“海洋石油 981”为中国首座自行建造的深水半潜式钻井平台，由中船集团替中国海洋石油总公司设计与建造，造价估计约 60 亿元人民币，2012 年 5 月 9 日，该平台在南海成功进行石油与天然气的勘探开发工作，显示中国在深海油气勘探开发范畴实现了重大进展。该平台采用了多项全球顶尖技术，就如 DP3 动力定位系统、深水钻井技术以及水下防喷器等，保证了作业既安全又高效，自投入使用的那一刻起，平台于南海的多个油气田实施了钻井作业，为保障中国能源安全和促进海洋经济发展贡献巨大。

国际案例：马来西亚“Dulang West”海上钻井项目。马来西亚国家石油公司在“Dulang West”海上油田项目中，通过应用智能钻井系统和高效钻头等技术，使钻井效率和油气产量得到显著提升。项目投产后，油田日产量增长 20%，单位成本降低 15%，在保障安全的同时实现了经济效益的提升。

该案例表明，通过技术升级和管理优化，能够兼顾钻井作业的安全与效益。建议企业结合自身条件，从技术选型、流程改进和人员培训等方面制定合理方案，全面提升作业安全水平和经济效益。

5 结论与建议

研究表明，技术投入、工艺优化、智能监控、安全培训和管理规范是实现钻井安全与效益双赢的关键。实践证明，有效的风险管控体系能够显著降低事故率，同时提升施工效率和经济回报。

未来，建议企业结合自身条件，制定灵活的安全策略，优化成本与流程，加强员工培训与安全文化建设，并积极应用智能化和信息化手段，从而持续推动安全与效益同步提升。

参考文献：

- [1] 孙建. 浅析钻井设备预防性维护对安全生产与经济效益的影响 [J]. 中国设备工程, 2025, (07): 53-55.
- [2] 李子睿. 石油钻井中安全影响因素与控制途径分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(08): 26-27.
- [3] 付建民, 韦龙贵, 张宝平, 等. 自升式钻井平台就位风险评估与安全控制系统建设及应用 [J]. 石油工程建设, 2020, 46(03): 24-29.
- [4] 刘伟, 张宏飞, 李海洋. 基于大数据的钻井安全风险智能预警技术研究 [J]. 石油学报, 2022, 43(4): 567-574.
- [5] 赵东, 宋涛. 钻井作业成本控制与经济效益优化模型 [J]. 石油勘探技术, 2021, 49(2): 8-14.
- [6] 王建华, 高卫国. 深海钻井安全屏障系统效能评估与改进 [J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(10): 70-76.