

基于 CRT 技术的石油钻井工程效率提升 应用效果分析研究

杨小军

中石化西南石油工程有限公司重庆钻井分公司，四川 德阳 618000

摘要：本研究深入探讨了 CRT 在石油钻井工程中的应用，包括技术原理、设备组成及其优势。通过优化钻井工艺、提升设备性能、提高人员素质与操作技能以及加强管理水平与信息化建设，有效提升了钻井工程效率。此外，本研究还提出了 CRT 的推广策略，包括技术研发与创新、人才培养与培训、政策支持与资金投入以及企业合作与交流等方面。通过这些策略，CRT 有望在石油钻井工程中得到更广泛地应用，从而推动整个行业的技术进步和效率提升。

关键词： CRT；石油钻井工程；效率提升；钻井工艺优化；设备性能提升

Analysis and Research on the Application Effect of CRT Technology in Improving the Efficiency of Petroleum Drilling Engineering

Yang Xiaojun

Chongqing Drilling Branch of Sinopec Southwest Petroleum Engineering Co., Ltd. Deyang, Sichuan 618000

Abstract： This study deeply explores the application of CRT in petroleum drilling engineering, including technical principles, equipment composition, and its advantages. By optimizing drilling processes, improving equipment performance, enhancing personnel quality and operational skills, and strengthening management level and informatization construction, the efficiency of drilling engineering has been effectively improved. Furthermore, this study proposes promotion strategies for CRT, including technology research and innovation, talent cultivation and training, policy support and capital investment, and enterprise cooperation and exchange. Through these strategies, CRT is expected to be more widely used in petroleum drilling engineering, thus promoting technological progress and efficiency improvement in the entire industry.

Keywords： CRT; petroleum drilling engineering; efficiency improvement; drilling process optimization; equipment performance improvement

引言

随着石油资源的日益减少，石油钻井技术的创新和发展成为全球能源行业的重要课题。CRT 作为一种高效、可靠的钻井辅助技术，在石油钻井领域得到了广泛的应用。在石油钻井过程中，提高钻井效率是降低成本、提高产量的重要途径。然而，传统的钻井方法存在诸多问题，如钻杆连接和下入套管的时间长、劳动强度大等。CRT 的出现，为解决这些问题提供了新的思路和方法。通过顶部驱动系统（Top Drive System）的运用，CRT 实现了套管的快速、平稳下入，大大简化了传统钻井中繁琐的套管操作流程。此外，CRT 还具有提高作业效率、降低劳动强度、提升作业质量、增强适应性以及节约成本等显著优势。

一、CRT 技术概述

在石油钻井领域，顶驱下套管循环冲洗技术（CRT）凭借其高效、可靠的性能，已逐步成为行业内的主流选择。CRT 技术的应用，使得钻井作业过程中的套管下入更加顺畅，有效降低了作业难度。在钻井过程中，该技术能够实现循环冲洗，确保井壁清洁，防止井壁塌陷，从而大大减少了钻井事故的发生。

（一）CRT 技术原理

CRT 利用顶部驱动系统（Top Drive System）来实现套管

的下入作业。顶驱下套管系统是安装在顶驱系统上的装置，其集成了机械和液压控制系统，动力系统通过其驱动机构用于松开或夹紧套管。在顶驱转动和提升载荷的作用下，系统完成套管的上扣、卸扣、提升、下降、旋转等操作。由于该系统具有自密封机构，自密封机构可与夹紧的套管实现内部密封^[1]。

（二）CRT 技术设备组成

顶驱下套管设备是石油钻井作业中不可或缺的重要组成部分，其设计精良、功能齐全，确保了钻井作业的高效和安全。该设备由顶部驱动装置、钻杆升降装置、套管钳和控制系统这四个

核心部分构成。顶部驱动装置作为整个系统的动力源，安装在钻机顶部，它直接驱动钻杆和套管的旋转，为钻井作业提供连续的旋转动力。钻杆升降装置则用于控制钻杆的上下移动，以便于套管的连接和下入，这一功能极大地简化了钻井作业中的操作流程^[2]。套管钳则用于夹持和旋转套管，确保套管能够准确对接，提高了作业的精确性和安全性。控制系统包括电气控制和液压控制系统，实现了对整个顶驱下套管过程的精确控制，确保了钻井作业的顺利进行。这四个核心部分相互协作，共同构成了顶驱下套管设备，为石油钻井作业提供了强大的支持。

（三）CRT 技术优势与发展现状

在石油钻井领域，CRT 凭借其高效性和安全性，为钻井作业带来了显著的变革。这项技术的核心在于顶部驱动系统（Top Drive System），它不仅大幅缩短了钻井周期，还通过自动化操作流程降低了劳动强度，提高了作业安全性。精确控制套管的旋转和下入速度，有效避免了套管损坏和井壁磨损，从而提升了钻井质量。此外，CRT 的多功能性使其能够适应多种复杂地质条件，增强了钻井作业的适应性和灵活性。虽然初期投资较高，但长期来看，它通过提高作业效率和降低维护成本，实现了整体成本的节约。

国外 CRT 已经发展有十多年，从最初的机械式 CRT，发展到现在的液压式 CRT，典型的 CRT 有 Top-Tek。沙特市场目前普遍采用液压式 CRT 下套管。尽管 CRT 在中国的普及率相对较低，但这种技术正逐渐得到应用和发展。例如，四川中曼石油设备制造有限公司，一家专注于石油装备制造的企业，已经通过了国家级专精特新“小巨人”企业认定，表明该公司在专业技术水平、创新能力、制造能力等方面获得了社会的认可^[3]。该公司自主研发设计的顶驱设备在钻井参数、套管准确性等方面具有优势，并且已经在工业性测试中取得了良好的效果。

二、石油钻井工程效率提升关键因素分析

石油钻井工程是一项涉及众多领域的复杂系统工程，其作业效率的高低受到一系列相互交织的因素的共同影响。因此，为了确保钻井工程的高效运行，必须综合考虑这些因素，采取科学合理的措施，不断提升钻井技术和管理的整体水平。

（一）钻井设备性能提升

设备性能的提升是提高钻井效率的直接途径。这涉及对钻机、钻具、顶部驱动系统等关键设备的升级改造。高性能的钻机可以提供更稳定的钻井平台，减少非作业时间。先进的钻具能够适应更复杂的地质条件，减少钻具故障和更换时间。而顶部驱动系统的应用，则大大提高了套管下入的速度和安全性，从而提升了整体钻井效率。

（二）钻井工艺优化

钻井工艺的优化是提升工程效率的基石。这包括对钻井液体系、钻头选型、钻井参数以及钻井轨迹的持续改进。通过采用高效的钻井液体系，可以减少井下复杂情况的发生，提高机械钻速。同时，根据地层特性选择合适的钻头，可以显著提高破岩效

率^[4]。此外，对钻井参数的实时监测和优化调整，以及精确控制钻井轨迹，都能有效缩短钻井周期，提高效率。

（三）人员素质和操作技能

人员素质和操作技能是影响钻井效率不可忽视的因素。专业化的钻井队伍能够更好地应对井下复杂情况，快速做出正确决策。定期的技能培训和交流，可以提高操作人员的熟练度，减少操作失误。此外，建立激励机制，鼓励员工技术创新和经验分享，也是提升人员素质和操作技能的有效手段。

三、基于 CRT 的石油钻井工程效率提升应用

CRT 作为一种革命性的钻井辅助技术，已经在实践中证明了其对提升石油钻井工程效率的显著效果。

（一）CRT 在石油钻井工程中的应用

在石油钻井工程中，CRT 发挥着至关重要的作用。它通过顶部驱动装置的精确控制，实现了套管的快速、平稳下入，从而显著减少了传统下入方法中的反复起吊和调整。这一技术使得钻杆连接更加便捷，进一步减少了连接时间，提升了钻井作业的连续性。特别是在面对复杂地质条件，如井壁不稳定、高压层等挑战时，CRT 能够提供更加可靠的解决方案，有效保障钻井作业的安全^[5]。

（二）CRT 对钻井工程效率的提升作用

在石油钻井领域，CRT 正日益显现其重要性。这一技术的核心优势在于其自动化和连续化的操作方式，这不仅大幅减少了钻井过程中的非生产时间，还显著缩短了钻井的整体周期。此外，顶驱技术的精确控制显著降低了人为操作失误的风险，从而有效减少了井下事故的可能性。在套管下入方面，顶驱技术通过提高精密度，不仅有助于形成更加稳定的井壁，还显著提升了钻井的整体质量。

（三）CRT 在实际应用中的问题与对策

尽管 CRT 在石油钻井工程中展现出诸多优势，实际应用中也面临着挑战。第一，作为精密设备，顶驱装置的维护成本较高。通过优化维护计划和提高维修技术，可以有效降低维护成本。第二，CRT 对操作人员技能要求较高。为此，建立完善的培训体系，提高操作人员的专业水平，是解决这一问题的有效对策^[6]。第三，顶驱技术在不同地质条件下的适应性存在差异。持续技术创新，开发适应多种地质条件的顶驱设备，是提高技术适应性的关键。

四、CRT 在石油钻井工程中成功应用案例

（一）项目背景

四川门西 001-H3 气井位于地质结构复杂、地层压力异常并含有酸性气体的四川盆地，这些特殊条件对钻井技术提出了极高的要求。面对传统套管下入技术在此类复杂地质条件下效率低下、安全风险高的挑战，北京石油机械厂自主研发了顶驱下套管装置，旨在通过引入这一先进技术来显著提升套管作业的效率 and 安全性，从而有效应对复杂井况带来的各种难题。

（二）应用过程

在四川盆地复杂地质环境下开展门西001-H3气井的钻井作业前，北京石油机械厂的技术团队进行了周密的井况分析，并根据地质特性和套管下入的具体需求，对顶驱下套管装置进行了专项配置与优化。设备抵达现场后，技术人员对其进行了全面调试，特别是旋扣和扭矩控制系统的精确性，确保了装置的平稳运行。在作业实施过程中，顶驱下套管装置的旋扣系统稳定高效，避免了套管扭曲或损坏的风险，同时，上扣扭矩控制系统的精确调节保证了套管螺纹的紧固质量，防止了过扭矩损伤。整个作业过程中，技术人员对设备状态进行了实时监控，及时调整作业参数，保障了钻井作业的连续性和高效率。

（三）成效

采用顶驱下套管装置的门西001-H3气井钻井作业，相较于传统套管下入方法，实现了效率的显著提升，有效缩短了钻井周期。同时，装置的精确控制和稳定运行大大降低了作业风险，特别是在复杂地质条件下，增强了作业的安全性。此次技术的成功应用不仅填补了中国石油在装备制造领域的技术空白，也推动了套管作业技术的机械化和自动化发展。此外，它为中国石油处理复杂井况、提升钻井效率提供了关键的技术支持，并为类似地质条件的钻井作业积累了宝贵的经验。

（四）国外应用

目前国外常用的CRT为液压式CRT，对于9-5/8"和5-1/2"套管，下套管平均速度能达到23根/小时，比国内平均速度15根/小时提高53%。

五、CRT在石油钻井工程中的推广策略

技术的推广与应用是推动行业发展的重要动力。CRT作为一种高效、可靠的钻井技术，其推广对于提升整个石油钻井工程行业的发展水平具有重要意义。

（一）技术研发与创新

技术研发与创新是推进CRT不断进步的关键。为了促进技术的发展，推广策略应重点关注以下几个方面：一是深化基础研究，不懈探索顶驱技术的理论支撑，为技术革新奠定坚实的科学基础。二是紧贴市场需求，持续提升顶驱设备的性能，增强其稳定性和适应性，以应对多变的作业环境和技术挑战^[7]。三是融合物联网、大数据等先进信息技术，提高CRT的智能化程度，通过数据分析与远程监控，有效提升作业效率和安全性能。

（二）人才培养与培训

人才培养与培训是CRT广泛应用的根本。全面提升从业人员技术能力，关键在于以下策略的实施。一是构建一套全面的培训体系，至关重要。这包括精心设计的专业课程，覆盖CRT的理论知识、操作技巧以及安全规范，确保从业人员能够全面掌握技术和操作要点。二是推行具有远见的人才引进策略。主动吸引国内外顶尖技术专家和行业领军人物，他们的参与将激发技术研发的新活力，并带来前沿的技术视角和实践经验。三是加强校企合作，拓展人才培养路径^[8]。与高等教育机构和科研院所紧密联

手，打造一个融合理论与实践的人才培养平台，培养出既具有扎实理论知识，又能够应对实际工作挑战的高素质人才，为技术的不断创新发展提供持续的动力源。

（三）政策支持与资金投入

政策扶持与资金投入是CRT广泛推广的重要保障。为了确保这一技术的市场接受度和应用范围，以下策略应当得到重点关注和实施：一是政府应当制定并实施一系列优惠措施，以激发企业采纳CRT的积极性。通过提供税收减免、财政补贴等激励政策，可以有效降低企业的运营成本，从而推动技术的广泛普及和运用。二是政府和企业的资金支持必须加大力度，特别是在顶驱技术的研发领域。三是必须构建一个完善的激励机制，对于那些在CRT研发和应用方面取得显著成就的个人和团队，给予物质和精神上的双重奖励^[9]。

（四）企业合作与交流

企业间的合作与交流是CRT广泛传播的关键途径。为了高效实现技术普及，以下策略应予以采纳：一是倡议建立行业联盟，鼓励业内企业携手成立技术联盟。二是重视国际交流与合作，主动与国际上先进的企业和技术团队建立联系。三是定期举办行业交流论坛，为技术人员搭建一个互动交流的平台^[10]。

六、结束语

在抵达这一研究旅程的里程碑时，我们不禁审视CRT在油气钻井领域的广泛部署，及其对钻井作业综合效率的显著提升。从对底层理论的深入挖掘到现场实操的反复调校，每一步的进展都汇聚了科研人员不懈的专业智慧和辛勤汗水。我们期待，本研究不仅能成为业内专家和技术人员的权威参阅文献，更能在钻井工程领域激发深刻的行业思考，成为推动技术革新的催化剂。我们深知，技术发展的征程是一条不断延伸的产业链，每一项技术突破都是开启高效能、低成本钻井新纪元的新起点。

参考文献

- [1] 孙乾坤. CRT在东海的运用效果研究[J]. 化工管理, 2024,(09):69-71+81. DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2024.09.018.
- [2] 陈清正. CRT及在渤海油田的应用[J]. 化学工程与装备, 2023,(12):101-103. DOI:10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2023.12.065.
- [3] 孟令峰, 石坚, 樊金水, 等. 机械式顶驱旋转下套管装置的研制[J]. 石油和化工设备, 2023,26(04):20-23.
- [4] 徐慧斌, 赵义鹏, 邓冲, 等. 新型顶驱下套管工具的设计及研究[J]. 机电工程技术, 2022,51(01):65-68+79.
- [5] 徐新乐, 涂增文, 吴乐平, 等. 顶驱旋转下套管技术及在长宁H8平台的应用[J]. 化工管理, 2020,(33):197-198.
- [6] 李骥然, 赵博, 米凯夫, 等. 旋转下套管技术在川渝页岩气开发中的应用[J]. 石化技术, 2020,27(07):90-92+145.
- [7] 王峰, 崔波, 贾军, 等. 浅析顶驱旋转下套管技术[J]. 中国设备工程, 2019,(14):115-117.
- [8] 柳海峰, 刘芳, 代文星, 等. 基于大数据分析技术的钻井提效实践[J]. 石油钻采工艺, 2021,43(04):436-441. DOI:10.13639/j.odpt.2021.04.004.
- [9] 郭永峰. 中东天然气田使用美国自动钻机提高钻井效率[J]. 中国石油企业, 2021,(06):82-83.
- [10] 郭栋. 如何提高煤层气钻井效率的工艺技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023,43(21):151-153.