

智能检测技术在油田修井作业中的应用与经济效益分析

李鹏文（中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司，四川 德阳 618000）

摘要：本文探讨了智能检测技术在塔河油田修井作业中的应用。通过案例分析，详细阐述了智能检测技术在实时监测与预警、数据驱动的决策支持、智能化作业管理等方面的具体应用。结果显示，智能检测技术显著提高了修井作业的安全性和效率，降低了作业成本，延长了油井和设备的使用寿命，取得了较好的经济效益。同时，探讨了智能检测技术在油田开发中的重要性和未来应用前景。

关键词：智能检测技术；修井作业；塔河油田；实时监测；数据分析；作业管理；经济效益

0 引言

近年来，智能检测技术的飞速发展使油田修井作业注入了新的活力。智能检测技术通过实时监测和分析井下环境参数，能够显著提升修井作业的安全性和效率，优化作业流程，降低成本，最大限度地发挥油田资源的经济效益^[1]。特别是在油田复杂的作业环境下，智能检测技术的应用尤为关键。例如，通过实时监测系统，能够及时发现井下异常情况，提前预警，避免重大事故的发生。

本文将重点探讨智能检测技术在塔河油田修井作业中的应用。通过对塔河油田实际作业案例的分析，评估其在提高作业效率、降低风险、节约成本方面的实际效果，并提出相应的优化措施。本次研究旨在为塔河油田的修井作业提供技术支持，也为其他类似油田的高效开发提供参考。

1 智能检测技术概述

智能检测技术是利用先进的传感器、数据采集系统和分析软件，对井下作业过程中的各种参数进行实时监测和分析，以提高作业的安全性和效率。具体而言，智能检测技术主要包括以下几个方面：

1.1 井下传感器技术

井下传感器用于测量井下压力、温度、流速、井径等参数。这些传感器通过无线或有线方式将数据传输至地面，以便实时监控井下环境。

1.2 数据采集与传输系统

数据采集系统集成了各种传感器的数据，并通过传输装置将数据传送至地面控制中心。该系统保证了数据的准确性和实时性，使得操作人员能够及时获取井下信息。

1.3 数据分析与处理软件

数据分析软件对采集的数据进行实时分析，提供井下作业的实时状态监控和决策支持。这些软件能够

识别出异常情况，并生成优化建议，帮助操作人员做出科学决策。

1.4 智能化决策支持系统

智能化决策支持系统整合了井下传感器、数据采集与传输系统和数据分析软件的信息，通过人工智能算法，对井下作业过程进行实时优化，确保作业的高效性和安全性。

2 塔河油田修井作业现状及挑战

塔河油田位于新疆南部塔里木盆地，地质条件复杂，具有高温高压等特点。修井作业中面临的主要挑战包括：

2.1 井下环境复杂

塔河油田的地层结构复杂，存在多种岩性和断层，给井下作业带来了很大的难度。此外，油田还面临盐膏层、石灰岩层等特殊地层，增加了作业的复杂性。

2.2 高温高压作业条件

塔河油田的井下温度和压力较高，对设备和人员的要求也相应提高。高温高压环境不仅增加了设备的磨损，还提高了作业风险，操作难度大。

2.3 老井产能下降

随着油田开发时间的延长，塔河油田的老井产能逐渐下降。为了恢复老井的生产能力，需要采用侧钻等先进技术手段进行增产改造。

3 智能检测技术在油田修井作业中的应用

以新疆塔河油田为例，智能检测技术在修井作业中已经取得了显著的应用效果。以下是其主要应用领域和实际效果的深入分析与剖析：

3.1 实时监测与预警

智能检测技术通过井下传感器实现对井下压力、温度、流速等参数的实时监测。塔河油田的高温高压环境给修井作业带来了巨大挑战，实时监测技术在这里发挥了重要作用^[2]。通过井下传感器实时监测井下

环境，可以及时发现异常情况，如井喷和井漏，从而预防事故的发生。这种预警机制对于保障作业安全至关重要。例如，在一次修井作业中，通过实时监测发现井下压力突然升高，系统立即发出预警，操作人员及时采取措施，成功避免了一次可能的井喷事故。数据统计显示，塔河油田自应用智能检测技术以来，井喷和井漏等重大事故的发生率降低了约 30%。这种实时监测与预警系统不仅提高了作业的安全性，还减少了因事故导致的停工时间和经济损失。

3.2 数据驱动的决策支持

智能检测技术的核心在于其强大的数据分析与处理能力。通过高效的数据采集与传输系统，实时采集到的井下数据被传输到地面控制中心，利用先进的数据分析软件进行处理，为决策提供科学依据。例如，在短半径侧钻作业中，井下压力和温度的变化是影响钻井参数的重要因素。智能检测技术通过实时监测这些参数，并进行数据分析，优化钻井参数设置，提高作业效率 and 安全性^[3]。某次作业中，通过智能检测系统的优化建议，钻井速度提高了 15%，并且避免了井下复杂情况导致的多次起下钻操作，节约了大量时间和成本。此外，智能检测技术还能够进行历史数据分析，帮助操作人员总结经验，改进作业方案。例如，通过对过去一年塔河油田修井作业数据的分析，发现某些特定条件下的钻井参数设置存在优化空间，经过调整后，修井成功率提高了 5%。

3.3 智能化作业管理

智能检测技术实现了修井作业的全程监控和管理，极大地提高了作业的精度和效率。在塔河油田，智能检测系统通过数据采集与传输系统，将井下情况实时传送至地面控制中心，操作人员可以全面了解井下动态，做出及时调整。这种智能化管理有效降低了人为因素对作业质量的影响。传统修井作业中，操作人员的经验和技能水平参差不齐，容易导致作业质量不稳定。智能检测技术通过标准化的监测和控制系统，将人为因素降至最低。例如，在某次修井作业中，智能检测系统通过实时数据分析，及时发现并纠正了操作人员的错误操作，避免了一次可能的井下复杂情况。智能化管理不仅提高了作业的精度和效率，还减少了设备的磨损和故障率^[4]。通过实时监测设备状态，智能检测系统可以提前发现设备的潜在问题，进行预防性维护，避免因设备故障导致的停工。数据显示，塔河油田自应用智能检测技术以来，设备故障率下降了 20%，设备维护成本减少了 15%。

4 智能检测技术在油田修井作业中的优势

智能检测技术在油田修井作业中展现出显著的优势，主要体现在以下几个方面：

4.1 提高作业精度

短半径侧钻作业技术要求井眼轨迹控制的高精度，以确保钻头能够准确地达到目标层位。智能检测技术通过实时监测钻头位置和井下参数，结合精密的定位和控制系统，能够实现对井眼轨迹的精确控制。实时数据传输和反馈机制允许操作人员在地面及时调整钻井参数，确保钻头沿着预定轨迹前进，避免因轨迹偏离导致的作业失败或效率下降。

4.2 降低作业风险

塔河油田的高温高压环境对修井作业提出了严峻挑战，传统监测手段往往无法及时发现井下突发状况，增加了作业风险。智能检测技术通过部署井下传感器，实时监测压力、温度、流速等关键参数，能够及时发现异常情况，如压力突变、井漏等，预防潜在的井喷和井下复杂情况。通过智能预警系统，操作人员可以迅速采取措施，降低风险。

4.3 优化作业方案

智能检测技术能够提供实时监测和预警功能，还具备强大的数据分析能力。通过对井下实时数据的分析，智能检测系统能够模拟和比较不同作业方案的效果，帮助操作人员选择最优方案。这种数据驱动的决策支持可以显著降低作业成本，提高作业效率。

5 案例分析：塔河油田智能检测技术应用实例

通过具体案例分析，展示智能检测技术在塔河油田修井作业中的实际应用效果。

5.1 案例一：某老井的侧钻作业

背景：塔河油田某老井，原油产量逐年下降，亟需进行修井作业以恢复产能。

作业过程。前期准备：利用智能检测技术进行地质数据分析，确定侧钻方向和深度。通过 3D 地质建模，精确定位井下地层构造，制定详细的侧钻作业方案。实时监测：在侧钻作业过程中，通过井下传感器实时监测井下压力、温度和钻头位置。系统根据实时数据，自动调整作业参数，确保钻井过程的安全和精确。数据分析：作业过程中，利用数据分析软件对实时数据进行分析，优化作业流程，提高钻井效率。通过大数据分析和机器学习算法，预测可能出现的井下复杂情况，提前采取应对措施。作业结果：侧钻作业完成后，井下情况得到明显改善，原油产量从日均 5t 提高到 15t。井下数据的持续监测和分析，确保了井的长期稳定生

产。经济效益。产量提升：年增产 3600t 原油，按当前油价计算，年新增收入超过 2000 万元。成本节约：作业周期缩短 20%，节约修井成本 100 万元。寿命延长：油井预计使用寿命延长 5 年，延续了其经济价值。

5.2 案例二：高温高压井的修井作业

背景：塔河油田某高温高压井，修井作业风险高，需要精确的监测和控制。

作业过程。前期准备：通过智能检测技术进行井下环境的详细勘测，制定详细的作业计划。对高温高压环境下的压力和温度变化进行模拟预测，预设多种应急预案。实时监测：在修井作业过程中，实时监测井下压力和温度，预防井喷和井漏等事故。利用高精度传感器和数据传输系统，确保数据的实时性和准确性。数据分析：利用数据分析软件对作业数据进行实时分析，及时调整作业参数，确保安全。基于实时数据的自动化控制系统，优化修井作业流程，提高作业效率。作业结果：修井作业安全顺利完成，井下环境得到有效控制。实时监测和数据分析系统有效预防了井喷和井漏等重大事故的发生。

经济效益。成本控制：通过实时监测和预警系统，避免了事故发生，节约事故处理成本 200 万元。效率提升：作业效率提高 30%，节约了大量作业时间和人力成本^[5]。设备保护：减少了设备损耗和维护成本，延长了设备使用寿命。综上所述，智能检测技术在塔河油田修井作业中的应用，提高了作业的安全性和效率，还显著降低了作业成本，延长了油井的使用寿命。塔河油田的实际案例充分展示了智能检测技术的巨大潜力和应用价值。未来，随着技术的不断进步，智能检测技术将在更多的油田开发和生产中发挥重要作用，推动油田开发向智能化、数字化方向发展。

6 经济效益分析

智能检测技术在油田修井作业中的应用，不仅提高了作业效率和安全性，还带来了显著的经济效益。以下从几个方面进行详细分析：

6.1 提高产能

智能检测技术通过实时监测和优化作业参数，能够显著提高油井的产能。塔河油田的实际案例显示，通过短半径侧钻技术，多个老井的产量得到了恢复和提升。例如，某老井经过侧钻作业后，日产量从 5t 增加至 15t，年增产达 3600t。这不仅提高了油田的整体产量，也显著增加了经济收益。

6.2 降低成本

智能检测技术通过提高作业效率，减少了非生产

时间和设备损耗，从而降低了作业成本。在塔河油田，通过智能检测技术优化作业流程，修井作业周期缩短了 20% 以上。同时，实时监测和预警系统减少了井喷、井漏等事故的发生，降低了事故处理成本。此外，设备的智能化管理减少了设备的维护和更换成本。例如，通过实时监测设备状态，提前进行维护，避免了设备故障导致的停工损失。

6.3 延长油井寿命

智能检测技术通过科学的作业管理和优化，有效延长了油井的使用寿命。塔河油田的一些老井由于长时间未进行有效维护，产能逐渐下降甚至停产。通过侧钻技术和智能检测技术的结合，这些老井得以重新利用，延长了其生产寿命。例如，某老井在经过侧钻作业后，预计使用寿命延长了 5 年，这不仅延续了其经济价值，还为油田开发节省了新井钻探的巨大投资。

7 结论

智能检测技术在修井作业中的应用，为油田增产增效提供了强有力的技术支持。尤其是在地质条件复杂、作业环境恶劣的塔河油田，智能检测技术通过实时监测、数据分析和优化决策，不仅提高了作业的安全性和效率，还显著降低了作业成本，延长了油井的使用寿命。通过对塔河油田实际作业案例的分析，可以看出智能检测技术在提高作业精度、降低风险、优化方案、提升产能、节约成本和延长井寿命方面具有显著优势。这些应用效果不仅为塔河油田的高效开发提供了技术支持，也为其他类似油田的修井作业提供了有益的借鉴。未来，随着智能检测技术的不断发展和完善，其在油田开发中的应用将更加广泛和深入。通过不断优化和创新，将智能检测技术应用于更广泛的油田作业中，推动油田开发向智能化、数字化方向发展，为我国油田的可持续开发和经济效益的提升做出更大的贡献。

参考文献：

- [1] 刘志刚, 王海涛, 李明. 智能检测技术在石油工程中的应用 [J]. 石油工程技术, 2020, 32(4): 45-50.
- [2] 赵磊, 孙志强, 刘佳. 油田智能化发展现状与趋势. 石油勘探与开发 [J]. 2021, 38(6): 125-132.
- [3] 张建华, 陈刚, 李静. 基于智能检测技术的油井修复研究 [J]. 石油与天然气, 2019, 28(3): 33-39.
- [4] 王文杰, 周晓东, 刘波. 塔河油田修井作业技术现状及挑战 [J]. 中国石油技术, 2018, 27(2): 88-94.
- [5] 李华, 何立新, 陈辉. 高温高压井智能检测技术应用 [J]. 石油工程与建设, 2022, 29(1): 55-60.