

中国石化录井技术新进展与发展方向思考

景先娟

中石化经纬有限公司地质测控技术研究院 山东 东营 257064

摘要：中国石化录井技术取得显著新进展，包括激光、超声波、核磁共振等新型技术应用，以及人工智能、大数据处理技术的引入，提高了数据采集精度与处理效率。未来发展方向将聚焦于提高精准度与多参数分析、智能化与自动化、高温高压环境适应性研究，同时加强交叉学科融合与环保可持续发展，以推动录井技术向更高效、精准、智能、绿色方向发展。

关键词：中国石化录井技术；新进展；发展方向

引言：随着油气勘探开发难度的加大，中国石化录井技术不断革新，迎来新的发展阶段。新技术如激光、超声波及核磁共振的应用，显著提升了地质信息获取的精度与深度。面对未来，录井技术需进一步向智能化、精细化迈进，同时兼顾高温高压等特殊环境下的作业需求，并强化环保理念，以实现更加高效、精准、可持续的油气勘探开发。

1 石化录井技术概述

1.1 录井技术定义

录井技术作为石油勘探与开发过程中的一项关键技术，承载着从钻井现场直接获取地下地质信息、油气显示、钻井工程参数等重要数据的任务。它通过多种手段和方法，实时监测和分析钻井过程中钻遇的地质层位、岩性特征、油气水显示情况、钻井液性能变化以及钻井工程状态，为油气田的勘探评价和开发决策提供科学依据。具体而言，录井技术包括地质录井、气测录井、钻井液录井、工程录井和地球化学录井等多种方法。地质录井主要通过岩心观察描述、岩屑录井等手段，获取地层岩性、沉积构造、古生物化石等信息；气测录井则利用钻井过程中从地层中逸出的烃类气体进行分析，判断地下油气层的存在与性质；钻井液录井关注钻井液性能变化，如密度、粘度、含砂量等，反映地层压力、渗透率及漏失情况；工程录井关注钻井作业过程中的工程参数，如钻速、扭矩、井径变化等，确保钻井作业的安全与效率；而地球化学录井则运用地球化学原理，通过检测地层中的微量元素、同位素等，深入分析地层的成因、演化及油气生成条件。录井技术最显著的特点在于其实时性、精确性和直观性。实时性体现在能够随钻井过程同步进行，迅速反映地层变化；精确性则依赖于先进的仪器设备和科学的分析方法，确保数据准确可靠；直观性则通过岩心、岩屑的直观展示以及数据的图表化

呈现，使地质人员能够直观理解地下地质情况。

1.2 录井技术的发展历程

录井技术的发展经历了从传统到现代的巨大变革。传统录井技术主要依靠人工观察和经验判断，如人工岩心描述、钻井液性能的人工监测等，这种方法虽然简单易行，但存在主观性强、数据收集不完整、处理效率低等局限性。随着科技的进步和勘探开发需求的提高，现代录井技术应运而生。现代录井技术引入了自动化、智能化设备和技术，实现了从数据采集到处理分析的全程自动化和智能化。自动化录井设备能够实时、连续地采集钻井过程中的各种数据，如钻井液参数、气测数据、工程参数等，并通过计算机进行自动处理和分析。同时，人工智能技术、大数据技术等也被广泛应用于录井领域，通过构建智能分析模型和算法，对录井数据进行深度挖掘和智能解读，提高了数据的处理效率和解释的准确性。现代录井技术的发展不仅提高了录井工作的效率和质量，也为油气田的勘探开发提供了更加全面、准确的地质信息支持。未来，随着科技的不断进步和勘探开发需求的持续增长，录井技术将继续向智能化、精细化、高效化方向发展。

2 中国石化录井技术新进展

2.1 新型录井技术应用

(1) 激光录井技术。激光录井技术以其独特的优势，在中国石化的勘探实践中得到了广泛应用。该技术利用激光能量高、精度高的特点，对地下岩心进行高精度照射，通过激光与岩石的相互作用，获取岩石的微观结构、矿物组成、孔隙度等丰富的地质信息。激光录井技术不仅能够提高岩心描述的精度，还能为油气层的精细评价提供重要依据。此外，激光技术还具有非接触式测量的优点，减少了对岩心的物理损伤，保护了样品的完整性。(2) 超声波录井技术。超声波录井技术则是

利用超声波的穿透性和反射性,对井壁和地层进行全方位、高精度的扫描。通过超声波回波信号的分析,可以准确识别地层的岩性变化、裂缝发育情况以及流体的存在与性质。该技术具有探测深度大、分辨率高的特点,能够显著提升地层岩性、含油气性等信息的判断准确性。在复杂油气藏勘探中,超声波录井技术发挥着不可替代的作用^[1]。(3)核磁共振录井技术。核磁共振录井技术则是基于核磁共振原理,对地下流体进行精确检测的一种技术手段。该技术通过测量流体中氢原子的核磁共振信号,可以获取流体的类型、含量、分布及运动状态等信息。核磁共振录井技术具有测量速度快、精度高、无损检测等优点,能够显著提升流体性质和分布情况的判断精度。在油气层识别与评价、剩余油分布研究等方面,该技术具有广阔的应用前景。

2.2 数据处理与解释技术

随着勘探开发数据的海量增长,中国石化在数据处理与解释技术方面也不断创新。人工智能(AI)与机器学习(ML)技术的引入,为录井数据的智能化处理与解释开辟了新的途径。AI和ML技术通过构建复杂的数学模型和算法,对录井数据进行深度挖掘和智能分析,能够快速提取有用信息、发现潜在规律并给出准确的解释结果。这不仅提高了数据处理的效率和精度,还为地质人员提供了更加直观、便捷的数据分析工具。同时,数据共享与交互也成为提升数据处理与解释效率的重要手段。中国石化积极推动录井数据的标准化和共享化建设,通过搭建数据共享平台、制定数据交互标准等措施,实现了不同勘探项目、不同单位之间数据的无缝对接和高效利用。这不仅有助于减少数据冗余和重复劳动,还促进了知识的积累和技术的传播。

2.3 远程监控与指挥系统

在钻井作业过程中,远程监控系统发挥着越来越重要的作用。中国石化研发的远程监控与指挥系统,集成了实时监测、智能指挥和移动办公等多种功能于一体。该系统通过高清摄像头、传感器等前端设备实时采集钻井现场的各种数据和信息,并通过网络传输至监控中心进行集中处理和分析。监控中心的工作人员可以通过大屏幕、计算机等终端设备远程监控钻井作业的全过程,及时发现并解决问题。同时,该系统还具备智能指挥功能,能够根据实时监测数据和预设规则自动生成指挥指令并发送给钻井现场的执行人员,实现钻井作业的智能化管理、自动化控制。此外,移动办公功能的加入也进一步提高了工作效率和便捷性,使得地质人员可以随时随地接入系统进行数据查看和指挥调度。

2.4 数字录井技术成果

以“某地区三高井录井数据采集系统”为例,中国石化在数字录井技术方面取得了显著成果。该系统针对川渝地区高温、高压、高含硫等复杂地质条件下的钻井作业需求而研发设计,集成了高精度数据采集模块、智能分析模块和大数据处理模块等多个功能模块于一体。该系统能够实时采集钻井过程中的各种数据和信息(如钻井液参数、气测数据、工程参数等),并通过智能分析模块对数据进行快速处理和分析以获取有用信息;同时利用大数据处理模块对海量数据进行深度挖掘和关联分析以发现潜在规律和预测未来趋势。该系统不仅提高了数据采集的精度和效率还提升了数据解释的准确性和可靠性,为川渝地区复杂油气藏的勘探评价和开发决策提供了强有力的技术支持。

3 中国石化录井技术发展方向的深度思考

3.1 提高精准度与多参数分析

(1)定量荧光分析技术。随着油气勘探向深层、复杂层系迈进,对地层含油性评价的精度要求日益提高。定量荧光分析技术以其独特的荧光光谱分析能力,能够精确测量岩样中烃类物质的种类、含量及成熟度等信息,为油气藏的精细评价提供了有力工具。未来,中国石化将进一步优化定量荧光分析设备,提升检测灵敏度与稳定性,同时结合大数据与机器学习技术,构建更加精准的含油性评价模型,实现从“定性”到“定量”再到“智能化预测”的跨越。(2)高分辨率成像技术。高分辨率成像技术是揭示地层微观构造、孔隙结构及矿物成分的重要手段。中国石化应加大对高分辨率成像技术的研发投入,推动成像技术向更高分辨率、更宽视场、更快速成像方向发展。通过集成多种成像手段(如电子显微镜、光学显微镜、X射线衍射等),构建多维成像体系,实现地层岩心的全方位、精细化描述。同时,加强成像数据与岩石物理、地球化学等多源数据的融合分析,提高地层评价的全面性和准确性^[2]。(3)多参数综合分析技术。油气勘探与开发是一个复杂的地质过程,涉及多个地层参数的相互作用。中国石化应积极推进多参数综合分析技术的发展,将温度、压力、电导率、声波速度、磁化率等多种参数纳入录井评价体系中。通过构建多参数综合数据库和智能分析平台,实现对地层特性的全面刻画和精准预测。这不仅有助于提高油气勘探的成功率,还能为油气田的开发方案制定提供科学依据。

3.2 智能化与自动化

(1)智能化录井技术。人工智能与大数据技术的快速发展为录井技术的智能化转型提供了强大支撑。中国

石化应积极探索智能化录井技术的实现路径,通过构建智能数据采集系统、智能分析模型和智能决策支持系统,实现录井数据的实时采集、快速处理、智能解释和自动预警。智能化录井技术的应用将大幅提高数据处理的效率和精度,降低人为干扰和误差,为油气勘探的快速响应和精准决策提供有力保障。(2)自动化录井设备研发。自动化录井设备是实现智能化录井的重要基础。中国石化应加大自动化录井设备的研发力度,推动设备向小型化、集成化、智能化方向发展。通过引入物联网、机器人等先进技术,实现录井设备的远程监控、自主调节和故障自诊断等功能。自动化录井设备的广泛应用将大幅减少人工操作量,降低劳动强度和安全风险,提高录井作业的效率 and 安全性^[3]。

3.3 高温高压环境下的研究

(1) 高温高压传感器技术。针对高温高压环境下的特殊需求,研发具有高耐受性、高精度和长寿命的传感器是首要任务。这些传感器应能在极端条件下稳定工作,准确捕捉地层温度、压力、流体成分等关键参数。通过采用新材料、新工艺和新结构,提升传感器的耐高温耐压性能,确保录井数据的连续性和可靠性。(2) 高温高压数据处理与分析算法。高温高压环境下采集的数据往往伴随较高的噪声和干扰,对数据的处理和分析提出了更高的要求。中国石化应研发专门针对此类数据的处理算法和分析模型,提高数据清洗、滤波、压缩等环节的效率和准确性。同时,结合大数据和人工智能技术,挖掘高温高压数据背后的规律和特征,为油气藏的精准评价和有效开发提供科学依据。(3) 高温高压设备模拟测试平台。为了验证高温高压录井技术和设备的性能与可靠性,建设高标准的模拟测试平台是必要措施。该平台应能够模拟深海、超深井等实际勘探环境,对传感器、仪器、设备等进行全面、系统的测试。通过模拟测试,及时发现并解决技术和设备存在的问题,为后续的推广应用奠定坚实基础。

3.4 加强交叉学科融合

(1) 与物理学的融合。物理学中的光学、声学、电磁学等理论和技术为录井技术的创新提供了广阔空间。中国石化应与物理学界加强合作,共同研发基于物理原理的新型录井仪器和方法,如光纤传感技术、超声波成

像技术等,提高录井数据的采集精度和分辨率。(2) 与化学的融合。化学分析在油气勘探中发挥着重要作用。中国石化应继续深化与化学学科的交叉融合,开发更加灵敏、快速、环保的油气检测技术,如色谱分析、质谱分析等,提升地层流体成分和性质分析的准确性和时效性。(3) 与生物学的融合。近年来,微生物油气勘探逐渐成为研究热点。中国石化应关注生物学领域的最新进展,探索微生物在油气勘探中的应用潜力。通过与生物学界的合作,研发基于微生物代谢活动的油气检测和评价技术,为油气勘探开辟新的思路和方法。

3.5 环保与可持续发展

(1) 环保型录井设备与材料。研发环保型录井设备和材料是减少环境污染的重要途径。中国石化应加大对环保型钻井液、录井化学剂等产品的研发力度,降低其生物毒性和环境影响。同时,加强废弃物处理和回收利用技术的研究和应用,实现录井作业的绿色化、低碳化。(2) 节能减排技术应用。在录井作业中推广节能减排技术是实现可持续发展的重要措施。中国石化应优化录井设备的设计和运行参数,降低能耗和物耗。通过采用高效节能的电机、泵和控制系统等设备以及优化能源利用方案和管理制度等措施减少能源消耗和排放对环境的影响。

结束语

中国石化录井技术历经创新突破,展现出蓬勃的发展态势和潜力。新技术的广泛应用与智能化水平的提升,为油气勘探开发提供了更为精准、高效的支持。展望未来,中国石化将持续深化技术研究,推动录井技术向更高精度、更强智能化方向发展,同时积极应对高温高压等复杂环境挑战,并加强环保与可持续发展,为实现能源行业的绿色转型和可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]徐建雄.石油钻探中的录井技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,(23):172-174.
- [2]王立峰.录井技术及监督管理在油田勘探开发中的重要作用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,(09):86-87.
- [3]王全.石油行业录井技术发展中的问题和解决措施[J].化工管理,2022,(11):75-77.