

石油测井技术发展现状与趋势

步 斌

中石化经纬有限公司胜利测井公司 山东 东营 257000

摘 要：石油测井技术作为油气勘探开发的关键手段，其发展水平影响着行业效率与资源利用。当前，该技术面临复杂地层适应性差、多物理场干扰、设备精度及稳定性不足、专业人才短缺等问题。智能化、高精度、集成化成为未来发展趋势。加强技术研发、推动设备升级、完善人才培养体系，是应对挑战、促进石油测井技术持续进步，满足能源行业发展需求的重要举措。

关键词：石油测井技术；发展现状；趋势

引言

在能源需求持续增长的背景下，石油作为重要战略资源，其高效勘探开发至关重要。石油测井技术凭借对井下地质信息的精准获取，为油气田开采提供关键决策依据。然而，随着勘探环境日益复杂，现有技术暴露出诸多短板。本文聚焦石油测井技术，深入剖析发展现状，探讨面临的技术瓶颈、设备局限及人才困境，并展望未来趋势，提出针对性发展对策，以期为行业发展提供参考。

1 石油测井技术概述

石油测井，是在钻孔中进行地球物理测量的一项技术，其目的是获取井孔周围地层的各种物理信息，进而判断地层中是否存在油气资源，并对油气层的性质、储量等进行评估。该技术自诞生以来，不断革新，从最初简单的测量手段逐步发展为如今涵盖多种学科、运用各类先进技术的复杂体系。早期的测井技术较为单一，主要通过测量地层的简单物理参数，如电阻率等，来初步判断地层情况。随着科技的进步，多参数测量技术逐渐兴起，声波测井、核测井、电磁波测井等技术纷纷涌现，极大地丰富了测井信息的维度和精度。不同的测井方法基于不同的物理原理，例如声波测井利用声波在不同介质中的传播特性差异，来分析地层的岩性、孔隙度等参数；核测井则通过探测地层的放射性特征，获取地层的相关信息。这些技术的综合运用，使得对地层的认识更加全面和准确。测井技术在石油工业的各个环节都具有不可替代的作用。在勘探阶段，能够帮助地质学家确定潜在的油气藏位置，减少勘探的盲目性，节约勘探成本；在开发阶段，为油藏的动态监测提供数据支持，助力优化开采方案，提高油气采收率；在生产阶段，可实时监测井况，及时发现并解决可能出现的问题，保障生产安全。测井技术贯穿于石油工业从勘探到生产的全

过程，是推动石油工业发展的关键技术之一。

2 石油测井技术发展现状

2.1 技术瓶颈

2.1.1 复杂地层适应性难题

随着油气勘探开发工作不断向纵深领域拓展，所面临的地层条件愈发复杂多样。深层、超深层地层，高温高压地层，以及非常规油气藏所在的复杂岩性地层等，对现有的测井技术构成了严峻挑战。在深层和超深层地层环境中，由于地层压力和温度极高，常规的测井仪器难以稳定工作，其测量精度和可靠性会受到严重影响。例如，在高温环境下，仪器的电子元件可能出现性能漂移，导致测量数据偏差增大。对于复杂岩性地层，如页岩气储层，其岩性组成复杂多变，孔隙结构异常复杂，常规的测井解释模型难以准确刻画其地质特征，无法精确计算储层参数，给油气资源的评估带来极大困难。

2.1.2 多物理场干扰问题

实际测井过程中，井孔周围存在着多种物理场的相互交织与干扰，这严重影响了测井数据的质量和准确性。例如，在进行电磁测井时，地层中的自然电场、井内的金属套管以及周围的电磁干扰源等，都会对测量的电磁场信号产生干扰，使得有效信号难以准确提取。同样，在声波测井中，井内流体的流动、地层的非均质性等因素也会引发声波的散射、衰减和畸变，导致声波时差、幅度等测量参数出现误差，进而影响对地层岩性和孔隙度的准确判断。这些多物理场干扰问题增加了测井数据处理和解释的复杂性，制约了测井技术在复杂地质条件下的应用效果^[1]。

2.2 设备局限

2.2.1 仪器精度与分辨率不足

当前部分测井仪器在精度和分辨率方面仍存在较大提升空间。对于一些薄互层油气藏的探测，现有的测井

仪器难以清晰分辨薄层的边界和内部特征,导致对油气层的识别和评价不够准确。例如,在一些储层厚度仅为几十厘米甚至更薄的情况下,常规测井仪器的纵向分辨率无法满足精确测量的需求,容易造成对薄油气层的漏判或误判。在测量一些关键参数如地层渗透率时,仪器的测量精度有限,难以准确反映地层的实际渗透能力,给油藏数值模拟和开采方案的制定带来不确定性。

2.2.2 设备稳定性与耐久性欠佳

在恶劣的井下环境中,测井设备的稳定性和耐久性面临严峻考验。井下高温、高压、高湿度以及腐蚀性流体等因素,容易导致仪器的零部件损坏、性能下降,影响设备的正常运行和数据采集的连续性。例如,在海上油气勘探中,海水的腐蚀性较强,测井设备在长期使用过程中,其外壳、传感器等部件容易受到腐蚀,进而影响设备的密封性和测量精度。设备的频繁故障不仅增加了维修成本和作业时间,还可能导致部分重要数据的丢失,对油气勘探开发工作造成不利影响。

2.3 人才短缺

2.3.1 复合型人才招聘

石油测井技术涉及地球物理、电子工程、计算机科学、地质学等多个学科领域的知识,需要具备跨学科综合素养的复合型人才来推动技术的研发、应用和创新。目前行业内这类复合型人才严重不足。第一,传统的教育培养体系相对单一,各学科之间的交叉融合不够深入,导致毕业生在知识结构上存在局限性,难以满足测井技术发展的实际需求。第二,企业在人才培养过程中,缺乏对员工进行跨学科知识培训和实践锻炼的有效机制,使得员工在面对复杂的测井技术问题时,难以从多学科角度进行分析和解决。

2.3.2 高端创新人才稀缺

在石油测井技术向高端化、智能化方向发展的进程中,对具备前沿技术研发能力和创新思维的高端人才需求极为迫切。但现实情况是,行业内高端创新人才稀缺。与国际先进水平相比,国内在测井技术的基础研究和原始创新方面相对滞后,缺乏能够在国际上引领技术发展潮流的顶尖人才。这导致我国在一些关键核心技术上受制于人,如高端测井仪器的研发、先进测井数据处理算法的创新等方面,难以与国际知名企业竞争,制约了我国石油测井技术的整体提升和产业发展^[2]。

3 石油测井技术发展趋势

3.1 智能化方向

随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的飞速发展,智能化已成为石油测井技术的重要发展趋势。智

能化测井系统能够自动采集、处理和分析海量的测井数据,通过机器学习和深度学习算法,快速准确地识别地层特征、判断油气层性质,并预测油藏动态变化。例如,利用人工智能算法对测井图像进行分析,可以实现对复杂岩性地层的自动分类和储层参数的精确计算,大大提高了工作效率和解释精度。智能化测井设备具备自我诊断和故障预警功能,能够实时监测设备的运行状态,及时发现潜在问题并采取相应措施,保障测井作业的顺利进行。通过物联网技术,测井数据可以实现实时远程传输和共享,方便不同地区的专家团队协同工作,为油气田的高效开发提供有力支持。

3.2 高精度方向

为了满足日益复杂的油气勘探开发需求,石油测井技术正朝着高精度方向不断迈进。在仪器研发这一关键领域,科研人员投入了大量的精力与智慧,积极探索并采用更为先进的材料与制造工艺。他们不断挑战技术极限,力求显著提升仪器的测量精度与分辨率。例如,在核磁共振测井仪的研发上,科研团队成功研制出新一代高分辨率设备,该仪器凭借其卓越的性能,能够实现对地层孔隙结构和流体性质的更精确测量,为油气水层的识别提供了更加准确、可靠的数据依据。在数据处理与解释方面,团队也持续发力,不断优化算法,有效减少多物理场干扰对数据的影响,确保数据的准确性和可靠性。结合地质统计学、岩石物理等多学科知识,构建更为精准的测井解释模型,进一步提升对储层参数的计算精度。这些努力为油藏评价和开发方案的制定提供了坚实的数据支持,推动了油气勘探开发技术的不断进步^[3]。

3.3 集成化方向

未来石油测井技术将呈现出高度集成化的发展趋势。第一,不同类型的测井仪器将实现一体化集成设计,减少井下作业次数,提高作业效率。例如,将电阻率测井、声波测井、核测井等多种功能集成在一台仪器上,能够在一次下井过程中获取多种物理参数,全面反映地层信息。第二,测井技术将与钻井、录井、油藏模拟等其他油气勘探开发技术深度融合,形成一体化的综合解决方案。通过数据共享和协同工作,实现对油气藏的全方位、全过程动态监测和管理,为提高油气采收率提供更有效的技术手段。第三,集成化的测井系统还将具备更好的兼容性和扩展性,能够方便地与其他新技术、新设备进行集成,适应不断变化的勘探开发需求。

4 石油测井技术发展对策

4.1 加强技术研发

(1) 针对复杂地层适应性难题,加大研发投入,开

展基础研究。组织跨学科团队,深入研究深层、超深层以及复杂岩性地层的物理特性,开发耐高温、高压的新型测井仪器及配套技术。例如,利用新型耐高温材料制造仪器外壳与电子元件,确保在高温高压环境下仪器稳定工作;针对复杂岩性地层,基于岩石物理实验数据,建立全新的测井解释模型,提高对这类地层地质特征的刻画能力。(2)聚焦多物理场干扰问题,研发先进的数据处理算法。通过引入自适应滤波、信号增强等技术,从复杂的干扰背景中准确提取有效测井信号。开展数值模拟研究,深入分析不同物理场干扰的产生机制与传播规律,为干扰抑制技术的研发提供理论支撑。优化测井仪器的设计,采用电磁屏蔽、声波隔离等手段,降低外界物理场对测量信号的干扰。(3)紧跟智能化、高精度、集成化发展趋势,加大新兴技术在测井领域的应用研究。加强与高校、科研机构合作,共同开展人工智能、大数据在测井数据处理与解释中的应用研究;在仪器研发方面,利用微机电系统(MEMS)技术,提高仪器的精度与分辨率;推进不同类型测井仪器的集成化设计研究,实现多种测井功能的一体化。

4.2 推动设备升级

(1)提升仪器精度与分辨率。研发新型传感器技术,如采用纳米材料制作传感器,提高对地层参数变化的敏感度,从而提升仪器分辨率,准确识别薄互层油气藏。改进仪器测量电路设计,降低噪声干扰,提高测量精度。例如,在测量地层渗透率时,运用高精度的压力传感器与先进的流量测量技术,更精准地反映地层实际渗透能力。(2)增强设备稳定性与耐久性。选用高性能、耐腐蚀的材料制造测井设备外壳与内部零部件,如在海上作业环境中,采用抗海水腐蚀的钛合金材料。优化设备的散热、密封与防护结构设计,降低井下恶劣环境对设备性能的影响。建立设备全生命周期监测与维护系统,利用物联网技术实时监测设备运行状态,提前发现潜在故障隐患,及时进行维护,确保设备稳定运行,减少数据丢失风险。(3)推动设备智能化升级。在现有测井设备基础上,集成智能控制模块与数据分析软件。通过内置的智能算法,实现设备自动校准、自动调整测量参数,提高测量效率与准确性。例如,智能测井设备可根据地层特性自动选择合适的测井模式与参数,同时

具备自我诊断与故障预警功能,保障设备在井下长期稳定工作。

4.3 完善人才培养体系

(1)改革高校教育培养体系。在相关专业课程设置中,增加跨学科课程比例,如开设地球物理与电子工程、计算机科学相结合的综合性课程。建立产学研联合培养机制,高校与企业共同制定人才培养方案,让学生参与实际测井项目,积累实践经验,培养具备跨学科知识与实践能力的复合型人才。(2)加强企业内部人才培养。企业定期组织员工参加跨学科培训课程,邀请行业专家进行技术讲座,拓宽员工知识面。建立内部导师制度,由经验丰富的技术骨干指导新员工,帮助其快速成长。鼓励员工参与企业内部的技术研发项目,在实践中提升解决复杂技术问题的能力。(3)吸引与培养高端创新人才。企业制定具有竞争力的薪酬福利与职业发展规划,吸引国内外高端创新人才加入。设立企业内部的科研基金,支持员工开展前沿技术研究,鼓励创新。与国际知名企业、科研机构开展人才交流与合作项目,选派优秀员工出国学习先进技术与管理经验,培养一批具备国际视野、能够引领石油测井技术发展的高端创新人才^[4]。

结语

综上所述,石油测井技术作为油气勘探开发的核心支撑,虽在复杂环境下面临适应性、精度及人才等多重挑战,但智能化、高精度、集成化的发展方向为其开辟了新的路径。通过强化技术研发、推动设备迭代升级以及构建完善的人才培养体系,石油测井技术有望突破瓶颈,实现跨越式发展,为能源行业的高效、可持续发展提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1]李海龙,陈辉,陈志强.测井技术发展现状及趋势分析与探索[J].中国化工贸易,2020,12(8):98-99.
- [2]吴海欧,阳成军,陈超.测井曲线智能合成技术发展现状与趋势[J].石化技术,2021,28(3):159-160.
- [3]侯亮,杨虹,李晓光,等.测井曲线智能合成技术发展现状与趋势[J].世界石油工业,2020,27(4):49-56.
- [4]李长文,王江波,鲁保平,等.石油测井专用计量技术发展现状及对策探讨[J].工业计量,2020,30(5):80-83,86.