

石油地质勘探技术的创新研究

张旭东

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300459

摘要：石油作为全球经济发展的重要基石，在能源结构中占据主导地位，其稳定供应深刻影响着各国的经济走势与战略布局。本文围绕石油地质勘探技术创新展开研究。阐述技术创新在提升勘探效率、精度，降低成本，适应复杂地质等方面的重要性。详细介绍地球物理、化学、钻井、测井等领域的创新方向，如多分量地震勘探、轻烃分析、自动化钻井及成像测井等技术。同时，对石油地质勘探技术智能化自动化、多学科融合、绿色环保化，以及深海深层勘探技术突破的发展趋势进行展望，为推动石油地质勘探行业技术进步提供理论支撑。

关键词：石油地质；勘探技术；创新研究

引言：石油作为重要能源，在全球经济中占据关键地位。但随着常规资源的逐渐减少，以及勘探目标向复杂地质区域转移，传统石油地质勘探技术的局限性日益凸显。在此背景下，创新石油地质勘探技术成为行业发展的必然趋势。通过技术创新，不仅能提高勘探效率与精度，降低勘探成本，还能满足复杂地质条件下的勘探需求。对石油地质勘探技术创新展开深入研究，剖析创新要点与发展趋势，旨在为石油勘探领域提供新思路与方法。

1 石油地质勘探技术创新的重要性

1.1 提高勘探效率

传统勘探流程繁琐，数据采集与分析耗时久。技术创新引入数字化设备，如自动化地震采集系统，能快速且有序地收集信息，无需大量人力现场操作，极大缩短数据采集周期。同时，大数据处理技术和云计算平台的应用，大幅提升数据处理和分析速度。以往需数月的分析工作，如今借助智能算法和高性能运算设备，数周甚至更短时间就能完成，极大加快了勘探节奏，助力石油资源的快速开发。

1.2 提升勘探精度

石油地质构造复杂多样，传统技术难以精准定位油藏。创新的勘探技术，如多分量地震勘探与成像测井技术，能更细致地刻画地下构造。多分量地震勘探通过综合分析纵波与横波，清晰识别地层细微变化；成像测井则为勘探人员提供直观的井壁图像。二者结合，准确判断断油藏位置、规模与内部结构，减少勘探误差，显著提高勘探精度与成功率。

1.3 降低勘探成本

勘探成本一直是行业难题，技术创新带来了解决方案。自动化设备的广泛使用，大幅减少人力投入。自动

化钻井技术不仅降低人力成本，还凭借精准操作，减少设备故障和事故，降低维修与返工费用。此外，高精度勘探技术帮助勘探人员准确锁定油藏，避免无效钻探，同时设备优化降低能耗，全方位降低勘探成本。

1.4 适应复杂地质条件

随着常规资源的减少，勘探逐渐转向深海、深层等复杂区域。在深海，专业的勘探设备能抵御高压、低温环境，准确采集数据；深层勘探中，耐高温、高压的钻井和测井技术持续突破。针对地质构造复杂的区域，综合运用地球物理、地球化学等多种勘探技术，建立详细地质模型，有效应对复杂地质带来的挑战^[1]。

2 石油地质勘探技术的创新方向

2.1 地球物理勘探技术创新

2.1.1 多分量地震勘探技术

多分量地震勘探突破了传统单一纵波勘探的局限，采集包括纵波与横波等多种地震波信息。纵波传播速度快，能快速获取地下大致结构信息，横波对岩石物性变化更为敏感，二者相互配合，极大提升勘探精度。在裂缝性油气藏勘探中，横波能有效识别岩石中细微的裂缝分布，通过分析纵波与横波的速度比、偏振特性等参数，可精确判断储层的孔隙度、渗透率。例如在某碳酸盐岩储层勘探中，传统纵波勘探难以确定裂缝发育带，多分量地震勘探技术运用后，清晰勾勒出裂缝走向与密度，帮助勘探人员准确锁定油气富集区域，大幅提升了勘探成功率，为后续的开发方案制定提供了可靠依据。

2.1.2 井中地震勘探技术

井中地震勘探以井为依托，在井中布置检波器接收地震波。相较于地面地震勘探，它能有效减少地表复杂地质条件对地震波传播的干扰，获取更为准确的地下信息。在开发阶段，井中地震可对井旁及井间的小断层、

薄储层进行精细刻画。当在已知油藏区域,为进一步查明剩余油分布时,井中地震能通过对井周反射波的精确分析,描绘出油藏内部的精细结构,帮助勘探人员确定剩余油富集位置,以便部署加密井或调整开采方案。

2.1.3 高分辨率地震勘探技术

高分辨率地震勘探旨在提升地震资料的分辨率,让勘探人员看清地下更细微的地质结构。它从采集、处理和解释三个环节进行优化。在采集环节,采用小间距、高覆盖次数的观测系统,确保采集到更丰富的地震信息;处理环节,运用先进的反褶积、偏移成像等技术,压制噪声,突出有效信号;解释环节,结合地质模型与地震属性分析,提高对地震资料的解读能力。在煤层气勘探中,高分辨率地震勘探能清晰分辨出煤层的厚度变化、小断层分布,准确圈定含气区域。在页岩气勘探时,也能有效识别页岩层内的岩性变化和裂缝发育情况,助力实现页岩气高效勘探与开发。

2.2 地球化学勘探技术创新

2.2.1 轻烃分析技术

轻烃作为石油的重要组成部分,广泛存在于油气藏上方的土壤、大气与水中。轻烃分析技术,通过对这些介质中的轻烃含量与组成进行精准测定,判断地下是否存在油气藏。该技术在勘探中具备独特优势,轻烃具有极强的挥发性与穿透性,能够从地下油气藏向地表垂直迁移,即便油气藏埋藏较深,也能在地表检测到其踪迹。在实际勘探中,工作人员采集土壤样本,运用气相色谱仪等设备,对样本中的轻烃成分展开分析。如在某含油盆地勘探时,依据轻烃组分的异常变化,成功圈定出多个潜在油气富集区,经后续钻探验证,部分区域获得了高产油气流,极大提高了勘探效率与准确性。

2.2.2 微生物地球化学勘探技术

微生物地球化学勘探技术,利用微生物对烃类物质的特殊代谢反应来寻找油气藏。在油气藏上方,由于烃类物质向地表渗漏,会改变土壤微生物的群落结构,使得一些以烃类为碳源的微生物大量繁殖。勘探人员通过采集土壤样本,分析其中微生物的种类、数量及活性,便能判断地下油气藏的存在。例如,在某沙漠地区的勘探中,传统物探方法因地表条件复杂效果不佳,而微生物地球化学勘探技术,通过识别特定微生物群落的分布,圈定出多个勘探靶区。后续钻探证实,在部分靶区发现了工业油气流,为沙漠等复杂地区的油气勘探开辟了新途径,降低了勘探成本与风险。

2.2.3 水化学勘探技术

水化学勘探技术基于地下水中化学成分的变化来寻

找油气藏。油气藏中的烃类及伴生元素,会在地下水的长期作用下发生溶解与迁移,致使地下水的化学成分发生改变。工作人员采集地下水样本,分析其中的溶解烃、微量元素及同位素等指标。以在某山区的勘探为例,该地区地形复杂,地质构造破碎,常规勘探方法难以奏效。通过水化学勘探,对山区溪流、泉水中的化学组分进行系统分析,发现了多个与油气藏相关的水化学异常区。经过进一步勘探,在部分异常区确定了油气藏的存在,为复杂山区的油气勘探提供了可靠的技术手段,助力实现油气资源的有效勘探。

2.3 钻井技术创新

2.3.1 定向钻井技术

定向钻井技术,突破了传统垂直钻井的局限,能够使井眼按照预定轨迹,向特定方向延伸。在实际作业时,工程师借助随钻测量(MWD)和有线随钻测量(LWD)等技术,实时监测井眼的方位、倾角等参数,通过调整井下动力钻具的弯角和方向,精确控制井眼轨迹。该技术在多个场景发挥关键作用,当多个油藏分布在不同方位,且难以通过直井开采时,定向钻井可从同一井口出发,钻出多口定向井,分别抵达不同油藏,实现一井多靶,大幅节省井口建设成本。

2.3.2 水平井钻井技术

水平井钻井技术通过在油气储层中钻出与储层平行的水平井段,极大地增加了井眼与油气储层的接触面积。在开发薄油层时,垂直井仅能穿过有限厚度的油层,采收率较低;而水平井能沿油层走向延伸数百米甚至上千米,显著提升原油的流入面积,让油藏中的原油更顺畅地流入井内。在底水油藏开发中,水平井还能有效延缓底水锥进,延长油井寿命。

2.3.3 自动化钻井技术

自动化钻井技术借助先进的传感器、自动化控制设备和计算机系统,实现钻井过程的自动化操作与实时监控。在钻井过程中,各类传感器持续采集钻压、扭矩、转速等关键参数,并将数据传输至控制系统。控制系统依据预设的参数范围,自动调整钻井设备的运行状态,避免因参数异常导致的卡钻、井漏等事故。同时,操作人员可在远程控制中心,对钻井作业进行实时监控与干预,减少现场作业人员数量,降低劳动强度和安全风险。

2.4 测井技术创新

2.4.1 成像测井技术

成像测井技术革新了传统测井仅能获取一维数据的弊端,通过阵列式传感器,全方位采集井周地层信息,并以图像形式直观呈现。在实际操作中,声电成像测

井设备沿井身移动,发射声波或电流,接收地层反射信号,经计算机处理生成高分辨率井壁图像。该技术在裂缝性储层勘探中优势显著,能清晰识别裂缝走向、密度和宽度,帮助勘探人员精准定位油气富集区域。在复杂岩性地层,成像测井能明确岩性变化和层理结构,为储层评价提供准确依据,极大提升了测井解释的准确性与可靠性。

2.4.2 随钻测井技术

随钻测井将测井作业与钻井过程同步开展,借助安装在钻头上或钻铤上的传感器,实时采集地层信息。在钻进时,传感器收集伽马射线、电阻率、声波等数据,通过泥浆脉冲或电磁波传输至地面系统。这一技术避免了常规测井因起下钻造成的时间延误,减少卡钻等风险。在实时地质导向中,随钻测井能帮助工程师依据地层变化,及时调整钻井轨迹,确保钻头始终处于最佳储层位置,大幅提高钻井成功率与油气采收率,尤其适用于海上钻井等作业环境复杂、成本高昂的项目。

2.4.3 多参数综合测井技术

多参数综合测井技术整合多种测井方法,同时获取地层多个物理参数,从不同维度分析地层特性。在作业时,将自然伽马、密度、中子等多种测井仪器组合使用,采集反映地层岩性、孔隙度、含油性等信息的数据。通过对这些数据的综合分析交叉验证,构建全面的地层评价模型。例如在判断油水层时,单靠单一测井参数易出现误判,多参数综合测井技术则能通过综合分析,准确识别油水界面,为油藏开发方案制定提供可靠的数据支撑,显著提升测井解释的精度和科学性^[2]。

3 石油地质勘探技术的发展趋势

3.1 智能化与自动化发展

伴随科技的飞速进步,智能化与自动化技术在石油地质勘探领域的应用愈发广泛。智能化设备能实时采集和分析海量数据,利用算法模型对地质构造和油气藏分布进行精准预测。自动化勘探装备可实现远程操控,降低人力依赖与作业风险。例如自动化钻井平台,能依据预设参数自动调整钻井作业,大幅提升工作效率,让石油地质勘探工作迈向智能化、无人化,显著降低运营成本。

3.2 多学科融合与综合勘探

石油地质勘探涉及多个学科领域,未来各学科的融合将成为必然趋势。地质、地球物理、地球化学等多学科协同合作,能从不同角度对勘探区域进行全面分析。通过整合各类数据,构建更为准确的地质模型,避免单一学科的局限性,大幅提升勘探成功率,更高效地寻找潜在油气藏,为油气田的开发提供科学、全面的决策依据。

3.3 绿色环保技术发展

在环保要求日益严格的大背景下,绿色环保技术在石油地质勘探中的应用将愈发关键。研发低污染、低能耗的勘探设备和技术,可减少对环境的负面影响。例如采用环保型钻井液,降低对土壤和水体的污染;运用低噪音地震勘探技术,降低对周边生态的干扰,从而实现石油地质勘探与环境保护的协调发展,推动行业的可持续发展。

3.4 深海及深层勘探技术突破

随着陆地浅部油气资源的逐渐减少,深海和深层油气资源的勘探开发成为新热点。然而,深海和深层的特殊地质条件对勘探技术提出了更高要求。研发适用于高压、高温环境的勘探设备和技术,攻克深海和深层地震成像、钻井、测井等难题,将有效提升深海及深层油气资源的勘探开发能力,为能源供应开辟新的渠道^[3]。

结束语

综上所述,石油地质勘探技术创新对行业发展意义重大。智能化与自动化提升了作业效率,降低人力成本;多学科融合为勘探决策提供了更科学依据;绿色环保技术助力行业与环境和谐共生;深海及深层勘探技术的突破则为能源供应开辟新途径。

参考文献

- [1]鲁晓容,赵庆华.探讨石油地质勘探技术的创新及其发展[J].化工管理,2020(25):82-82.
- [2]田超,窦喜靖.浅谈石油地质勘探技术的创新及其发展[J].科学时代,2021(1):44-44.
- [3]王辉.基于石油地质勘探技术的创新及其发展[J].科学与财富,2020(11):162-162.