

现阶段石油地质勘探策略研究

赵鑫

中州能源(天津)有限公司 天津 300457

摘要: 石油地质勘探技术体系正向智能化、绿色化方向快速发展。本文系统分析了三维地震、智能测井、保压取心等关键技术的创新路径,探讨了多源数据融合、机器学习辅助决策等数据驱动方法在勘探中的应用。研究提出跨学科协同、全生命周期管理等资源整合策略,并强调绿色勘探与产学研协同创新对行业可持续发展的支撑作用,为提升勘探效率与精准度提供系统性解决方案。

关键词: 石油地质勘探; 技术体系创新; 数据驱动; 管理协同

引言: 在全球能源结构转型与勘探目标复杂化的背景下,石油地质勘探亟需通过技术创新与管理优化实现突破。当前研究聚焦物探、测井与钻井等关键技术升级,系统分析数据融合、机器学习在勘探决策中的作用,并探讨跨学科协作、全生命周期管理及资源配置等管理策略。绿色勘探与产学研协同创新机制的建立,将有助于构建适应可持续发展要求的技术体系与管理模式,为推进我国石油勘探行业的高质量发展提供系统性解决方案。

1 石油地质勘探技术体系创新策略

1.1 物探技术升级

三维地震勘探技术通过高分辨率采集与成像技术实现突破,在复杂地质构造识别领域展现出显著优势。该技术采用密集观测系统与宽频带激发接收装置,有效提升信号穿透深度与频带宽度,结合高精度速度建模与逆时偏移成像算法,可清晰刻画断层、褶皱等细微构造特征,为隐蔽油气藏勘探提供关键依据^[1]。四维地震监测技术通过周期性重复采集地震数据,动态追踪储层压力变化与流体运移规律。通过对比不同时间节点的地震响应差异,可精准识别剩余油分布区域,指导后续开发方案调整与注采策略优化,延长油气田生产周期。多波多分量地震技术整合横波与纵波信息,突破传统纵波勘探的局限性。横波数据对岩性变化更为敏感,结合纵波速度信息可构建更精确的弹性参数模型,有效区分砂泥岩、碳酸盐岩等不同岩性组合,提升岩性油气藏勘探成功率。

1.2 测井技术智能化

成像测井技术通过核磁共振、声波成像等工具实现井孔周围地质结构三维可视化。核磁共振测井利用氢原子核的弛豫特性,可定量评价孔隙度、渗透率等储层参数,同时识别流体类型。声波成像测井通过高频声波反射信号构建井壁微电阻率图像,清晰显示裂缝、层理等

沉积结构特征,为储层非均质性评价提供直观依据。随钻测井技术通过井下传感器实时监测钻井过程中的地层参数,包括电阻率、自然伽马、声波时差等关键指标。数据通过高速传输系统上传至地面决策平台,结合地质导向模型动态调整钻井轨迹,确保钻头始终沿目标层位延伸,提高钻井成功率与储层钻遇率。智能测井解释系统集成机器学习算法与地质知识库,可自动提取测井曲线中的特征模式,通过模式识别与分类算法快速识别储层类型、划分有效厚度并预测流体性质,显著缩短解释周期并提升解释精度。

1.3 特殊取心与钻井技术

保压取心技术针对非常规油气资源开发需求,通过特殊取心工具与压力保持装置,完整保存岩心原始孔隙压力与流体饱和状态。该技术采用双筒密封结构与压力补偿系统,有效防止岩心卸压导致的流体散失,为页岩气、煤层气等非常规储层评价提供真实可靠的实验样本。浅层水平井钻井技术通过优化井身轨迹控制与钻具组合设计,突破疏松地层与复杂构造的定向钻井难题。采用高效聚晶金刚石复合片钻头与旋转导向系统,可实现井眼轨迹精准控制,减少起下钻次数与钻井周期,降低开发成本。智能钻井液体系通过引入纳米材料与化学添加剂,构建自适应井壁稳定机制。纳米颗粒可填充岩石微裂缝形成致密保护膜,化学抑制剂通过竞争吸附抑制页岩水化膨胀,二者协同作用显著提升井壁稳定性,同时优化钻井液流变性,提高机械钻速与携岩能力。

2 数据驱动的勘探决策优化策略

2.1 多源数据融合与地质建模

地震-测井-地质数据联合反演技术在某区域地质建模中,整合地震数据、测井数据与地质资料。地震数据提供宏观构造框架,覆盖范围达500平方千米;测井数据补充井孔周围岩性细节,每口井测井数据点数量达5000个;地

质资料约束沉积演化规律^[2]。三者协同反演量化储层孔隙度、渗透率等关键参数空间分布,孔隙度预测误差控制在 ± 1 个单位以内,渗透率预测误差在 $\pm 0.5\text{mD}$ 以内。地质统计学方法利用空间插值与克里金算法,通过已知数据点推断未知区域属性值,有效克服数据稀疏性问题。该方法结合变差函数分析,可刻画储层参数的非均质性特征,提升预测结果与实际地质条件的匹配度。虚拟现实技术搭建三维可视化平台,将地质模型、地震剖面与工程数据集成于统一场景,支持勘探人员通过手势交互、视角切换等方式多维度分析数据,发现传统二维展示难以识别的地质规律,为决策制定提供直观依据。

2.2 数据挖掘与机器学习应用

属性分析与模式识别技术从海量地震数据中提取振幅、频率、相位等特征参数,通过关联规则挖掘建立属性与储层物性的映射关系。例如,特定频率衰减模式可能对应含油气砂体,振幅异常区域可能指示断层发育带,这些规律为隐蔽油气藏识别提供量化指标。深度学习预测模型基于历史勘探数据训练神经网络,自动学习数据中的复杂非线性关系。卷积神经网络可处理地震剖面图像,识别断层、河道等地质体;循环神经网络可分析测井序列,预测储层边界与流体性质。训练成熟的模型可快速预测新区域高产区与甜点分布,缩短勘探周期。不确定性量化管理通过蒙特卡洛模拟生成大量随机样本,评估储层参数、资源量等关键指标的分布范围,计算不同决策方案的成功概率与潜在损失,辅助决策者设定风险阈值,平衡勘探收益与成本。

2.3 实时监测与动态调整

光纤传感技术在某油气井监测中,利用光在光纤中传播特性,实现井筒温度、压力与应变等参数的分布式监测。该技术具备较高监测精度,温度监测精度达到 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力监测精度优于 $\pm 0.01\text{MPa}$,应变监测精度为 $\pm 1\mu\epsilon$ 。通过温度异常可有效识别流体运移状态,压力波动数据可反映储层能量变化,应变数据则用于预警井壁失稳风险。监测数据通过无线方式实时传输至地面系统,结合预警模型实现生产异常的快速识别与响应,系统响应时间可控制在10分钟以内。智能完井系统在某油气井生产调整中,集成智能滑套与分布式流量控制装置。系统依据各生产层位实时监测的压力、产液量等参数,动态调整滑套开度。在六个月生产周期内,当某层位压力下降 0.5MPa 或含水率出现明显上升时,系统可自动关闭对应滑套,切换至潜力层位。该调整机制有效提升油气井产量,并维持长期高效生产状态。

3 勘探管理协同与资源整合策略

3.1 跨学科团队协作模式

地质-地球物理-工程一体化团队通过整合地质调查、物探解释与钻井工程等核心专业,形成从数据采集到方案落地的完整技术链条。地质人员提供区域构造背景与沉积演化规律,地球物理专家运用地震反演与属性分析技术刻画储层空间展布,工程技术人员根据地质模型优化钻井轨迹与完井方案^[3]。三方通过定期联席会议与实时数据共享平台保持信息同步,确保勘探目标设定、技术方案制定与工程实施环节紧密衔接,减少因专业割裂导致的决策偏差。针对复杂地质问题组建的专项技术小组,汇聚多领域顶尖人才,集中攻关断层封堵性评价、非常规储层改造等关键技术难题。小组采用敏捷开发模式,快速迭代技术方案,通过多轮模拟实验与现场验证,形成可复制的技术解决方案,推动勘探效率与成功率提升。此外,团队还注重知识沉淀与经验传承,将成功案例纳入企业知识库,为后续项目提供参考依据。

3.2 全生命周期管理框架

勘探-开发-生产一体化平台以数据中台为核心,统一地质建模、工程设计与生产监控的数据格式与传输协议,实现从勘探发现到开发建产再到生产优化的全流程信息贯通。平台内置智能 workflow 引擎,根据业务场景自动触发数据调用、模型更新与决策推荐,例如地震解释成果可直接导入开发方案编制模块,生产动态数据实时反馈至地质模型修正环节。风险预警与应急响应系统集成地震监测、工程参数与生产数据,通过机器学习模型识别井喷、地层塌陷等灾害的早期征兆。系统根据风险等级自动启动分级响应机制,低风险时推送预警信息至现场人员,高风险时联动关井装置与应急救援资源,最大限度降低灾害损失。

3.3 资源优化配置策略

重点盆地与领域倾斜策略依据资源潜力评价结果,优先在构造落实、储层发育且配套条件完善的区域部署三维地震勘探与风险探井。通过集中投入高精度物探设备与专家团队,快速突破关键技术瓶颈,形成规模化勘探成果。老区深度挖潜与新区拓展结合策略在成熟油田实施精细勘探,利用高分辨率地震与智能测井技术重新评价剩余资源分布,通过侧钻水平井与多级压裂实现存量资产高效动用^[4]。新区拓展聚焦页岩气、煤层气等非常规领域,通过技术引进与自主创新形成适合目标区地质条件的开发技术体系,培育新的资源接替阵地。同时建立动态调整机制,根据勘探进展与市场变化及时优化资源配置方案。

4 可持续发展与技术创新生态构建

4.1 绿色勘探技术应用

低影响地震采集技术通过采用可控震源替代传统炸药激发,从源头上降低勘探活动对生态环境的扰动。可控震源通过连续振动产生地震波,能量释放均匀且可控,可显著减少对海洋生物栖息地或陆地植被的破坏,尤其适用于生态敏感区域。该技术结合高精度导航定位系统,可优化激发点位布局,避免重复采集造成的资源浪费。环保型钻井液体系以可生物降解材料为基液,替代传统油基或化学合成基液,在钻井过程中有效抑制页岩水化膨胀,维持井壁稳定的同时减少废弃物排放。基液中的生物酶成分可加速钻屑中有机物的分解,降低后续处理难度与成本,废弃钻井液经简单处理后即可达到环保排放标准,减轻对土壤与水体的污染风险。此外,绿色勘探技术还注重全过程的碳排放监控与减排评估,助力企业实现低碳化勘探目标。

4.2 技术标准化与知识产权保护

行业标准制定通过整合行业经验与技术成果,形成统一的技术规范与操作流程,为勘探设备研发、数据采集处理及成果评价提供基准。标准化可消除因技术差异导致的数据壁垒,促进不同企业间的技术互通与资源整合,提升行业整体效率。参与国际标准制定更能推动国内技术走向全球,增强国际市场话语权。核心技术专利布局聚焦勘探关键环节,如高精度地震成像、智能测井解释等,通过系统性的专利申请形成技术保护网络。专利组合既涵盖基础算法与工具方法,也延伸至设备结构与工艺流程,构建多层次技术壁垒,防止竞争对手模仿超越,为技术商业化应用提供法律保障。企业应建立知识产权全过程管理体系,从研发立项阶段即开展专利风险预警与布局规划。

4.3 产学研用协同创新机制

企业-高校-科研院所合作模式整合各方优势资源,企业提供实际需求与工程场景,高校贡献基础理论与人才

能,科研院所搭建中试平台与测试环境,形成从实验室研究到现场应用的完整创新链条。联合攻关团队针对量子传感、人工智能勘探等前沿方向开展跨学科研究,量子传感器可突破传统地震勘探的分辨率极限,人工智能算法能自动识别复杂地质模式,这些成果通过企业转化可快速形成产业竞争力^[5]。开放式创新平台通过技术共享协议与数据开放计划,吸引中小企业与初创团队参与技术迭代。平台提供算法库、模型库等公共资源,降低创新门槛,加速技术扩散,形成“大企业搭台、中小企业唱戏”的协同创新生态,推动勘探技术持续进化。未来,应进一步探索建立成果共享与利益分配机制,激发各方参与积极性。

结束语

石油地质勘探在技术、数据、管理及可持续发展等方面不断探索创新。通过技术体系升级、数据驱动决策优化、管理协同与资源整合以及构建创新生态,可提升勘探成功率与经济效益。未来,需持续关注前沿技术发展,加强跨领域合作,完善管理机制,推动石油地质勘探向智能化、绿色化、高效化迈进,保障能源安全与行业可持续发展。

参考文献

- [1]刘君成.石油开发过程中地质勘探技术的应用策略[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(23):178-180.
- [2]王滨,毛兴勇.石油地质勘探与储层评价的具体方法[J].化工管理,2023(17):44-47.
- [3]董丽丽.不同地质类型对石油勘探技术的影响[J].石油石化物资采购,2025(14):187-189.
- [4]邓又俊,郑伟群,许先俊,等.石油行业测井安全的管理控制策略探究[J].中国公共安全,2023(10):142-144.
- [5]党琳琳.数学方法在石油地质勘探数据处理中的路径创新应用研究[J].信息技术时代,2025(7):123-125.