

# 石油录井技术的空间拓展分析

马识途

中石化经纬有限公司中原测控公司 河南 濮阳 457000

**摘要：**石油录井技术当前在数据采集覆盖范围、服务场景边界、技术协同空间存在局限，严重制约油气勘探开发。其空间拓展受油气勘探目标迁移、技术交叉融合、油气开发全流程协同需求驱动。关键方向为数据采集、服务场景、技术协同空间拓展。推进路径包括技术研发、资源整合、系统协同。通过这些举措，全力推动石油录井技术空间拓展，提升油气勘探开发效能。

**关键词：**石油录井技术；空间拓展；驱动因素；关键方向；推进路径

引言：石油录井技术是油气勘探开发的关键支撑，在获取基础数据与初步分析方面作用重大。然而，当前技术存在数据采集覆盖范围不足、服务场景受限、技术协同狭窄等问题，制约着油气勘探开发向更深、更广领域推进。在此背景下，探讨石油录井技术的空间拓展具有紧迫性和必要性，有助于挖掘技术潜力，满足行业发展新需求，推动油气产业高质量发展。

## 1 石油录井技术的核心构成与当前空间特征

### 1.1 核心技术模块梳理

常规地质录井聚焦地层岩性识别与描述，通过对岩屑、岩心的观察分析，记录地层分层信息，为判断地下地质构造提供基础依据。综合录井以实时监测钻井过程参数为核心，涵盖钻井液性能、钻时、扭矩等数据采集，可及时捕捉钻井过程中的异常情况，辅助判断油气显示迹象<sup>[1]</sup>。地球化学录井则通过分析岩屑、钻井液中的化学组分，检测油气相关的化学指标，为油气层的识别与评价提供化学层面的数据支撑。不同技术模块各有功能侧重，共同构成石油录井技术的核心体系，支撑油气勘探中的基础数据获取与初步分析工作。

### 1.2 当前技术在空间维度的局限

数据采集覆盖范围存在明显不足，在垂直方向上，受限于传感器探测深度与信号传输能力，对超过一定深度的深部地层，难以获取连续完整且精度达标的地质数据，导致深部地质信息存在断裂与偏差；水平方向上，现有设备的探测范围仅能覆盖钻井井眼周边数十米内的区域，对于井眼之外大范围的地下地质结构、油气分布边界等情况，无法形成有效探测，存在大量信息空白。服务场景边界较为固定，技术研发与设备设计长期以陆地常规油气田为核心场景，对于深海区域的高压、高盐、低温环境，极地地区的极端低温、冰层覆盖条件，以及高海拔区域的低气压、复杂地形，设备的适应性与

稳定性大幅下降，无法持续开展高效录井作业，难以满足多样化场景的录井需求。技术协同空间狭窄，不同录井技术模块的数据格式、采集标准存在差异，缺乏统一的数据分析平台与数据流通机制，导致地质录井、综合录井、地球化学录井等模块的监测数据无法实现高效整合与交叉验证，难以形成统一的数据分析体系，制约整体技术效能的充分发挥。

### 1.3 现有空间特征对油气勘探开发深度与广度的制约表现

在勘探深度方面，由于深部地层数据采集能力不足，技术人员无法精准掌握深部地层的岩性组合、孔隙度、渗透率等关键参数，也难以准确判断深部油气资源的赋存状态与分布范围，导致油气勘探难以向更深地层推进，大量潜在的深部油气资源无法进入开发规划，限制深部油气资源的开发利用。在勘探广度方面，受特殊区域适配能力弱的影响，深海、极地、高海拔等区域蕴含的丰富油气资源，因缺乏适配的录井技术支持，无法开展系统且有效的勘探工作，使得这些区域的油气资源开发长期处于停滞状态，大幅缩小了油气勘探的整体范围。同时，技术协同不足导致录井数据仅能在勘探阶段发挥基础作用，无法与钻井环节的参数优化、采油环节的产量调控、储层环节的动态监测等后续流程形成数据联动，难以支撑油气田从勘探到开发、生产、维护的全生命周期需求，进一步制约油气勘探开发的整体效率提升与综合效益增长。

## 2 石油录井技术空间拓展的核心驱动因素

### 2.1 油气勘探目标的空间迁移驱动

随着常规油气资源开发不断推进，油气勘探目标逐渐向深层、超深层油气藏转移。这类油气藏埋藏深度大，地下地质条件更为复杂，常伴随高压、高温环境以及地层岩性剧烈变化，对录井技术的空间覆盖能力提出

新要求, 不仅需要提升数据采集的深度, 还需增强对动态地层环境的适应能力, 例如在高压环境下保障数据传输的稳定性, 在高温条件下避免设备元件性能衰减。传统录井技术在深层地层数据采集的完整性与精准度上已无法满足需求, 需要拓展技术的垂直探测范围, 提升对深层地层信息的捕捉能力, 才能支撑深层、超深层油气藏的有效勘探。非常规油气藏如页岩油、煤层气等逐渐成为勘探重点, 这类油气藏空间分布呈现非均质性强、储层边界模糊等特点, 对录井技术的适配性提出更高要求, 需通过技术空间拓展适应复杂的储层分布特征, 实现对非常规油气藏的精准勘探。

## 2.2 技术交叉融合的赋能驱动

信息技术的快速发展为录井技术空间拓展提供重要支撑。大数据技术能够整合海量录井数据, 打破数据分散的局限, 实现对数据的全面梳理与挖掘, 为多维度分析地下地质情况提供基础, 助力发现传统分析中易被忽略的地质规律; 人工智能技术可优化录井数据处理与分析流程, 提升数据解读的效率与准确性, 帮助技术突破传统分析模式的限制, 拓展数据处理的空间边界, 例如快速识别复杂地层中的油气显示特征<sup>[2]</sup>。传感技术与自动化技术的进步则为录井设备升级提供助力, 新型传感器可增强对细微地层变化的感知能力, 拓展设备的探测精度范围, 例如捕捉微小的岩性差异; 自动化技术能减少人工干预, 提升设备在复杂环境下的作业稳定性, 帮助设备突破传统作业场景的限制, 拓展录井设备的空间作业范围。

## 2.3 油气开发全流程协同的需求驱动

油气开发模式的转变对录井技术提出全生命周期服务需求。传统录井技术主要服务于钻井阶段, 随着开发流程的不断完善, 需要将服务范围从钻井阶段向开发、生产阶段延伸, 实时提供储层动态变化数据, 为开发方案调整、生产参数优化提供支撑, 这就要求录井技术拓展服务的空间覆盖环节。油气开发各环节的协同性需求不断提升, 测井、钻井、开采等环节需要紧密配合, 录井技术作为数据核心来源, 需提升空间协同能力, 实现与其他环节的数据高效流通与共享, 打破环节间的技术壁垒, 为全流程协同开发提供数据保障, 助力提升整体开发效率, 降低开发过程中的资源浪费与成本消耗, 例如减少因数据断层导致的重复作业, 避免无效开采带来的经济损失。

# 3 石油录井技术空间拓展的关键方向

## 3.1 数据采集空间的多维拓展

传统录井数据采集多集中于单一井眼范围内, 难以

全面反映井周地层的整体情况。数据采集空间需向井周地层空间实现横向拓展, 通过研发搭载高精度感应元件的新型井周探测设备, 扩大近井地层参数的探测范围, 精准捕捉井眼周边更大区域内的岩性变化、孔隙分布及流体运动特征, 填补井眼之外的地质信息空白, 为精准判断油气藏边界与分布提供更全面的数据支撑。需推动采集模式从地面-井下线性采集向全井场立体采集实现纵向拓展, 通过在井场不同区域部署多类型、多位置的采集设备, 实现钻井液参数、地层压力、井口作业状态等多维度数据的同步采集, 构建覆盖井口、井筒、井周的全井场立体数据网络, 提升对井下与地面作业状态的整体感知能力。

## 3.2 服务场景空间的跨界延伸

陆地油气勘探是录井技术的传统应用场景, 随着油气资源勘探范围的扩大, 服务场景需向海洋、极地等特殊地理空间延伸。针对海洋环境的高压、高盐特性, 需采用耐蚀合金材料优化录井设备的密封性能与抗腐蚀能力, 确保设备在海上钻井平台长期稳定运行; 针对极地低温、冰层覆盖的条件, 需为设备加装恒温保护系统, 强化低温启动与抗寒性能, 适配极地特殊的作业环境, 满足海洋与极地油气勘探的录井需求。服务场景还需向新能源领域跨界拓展, 在地热勘探中, 可利用录井技术的地层温度实时监测、岩性精细分析能力, 为地热资源的储层深度识别与开发潜力评估提供精准数据支持, 实现从传统油气领域向新能源领域的技术应用延伸。

## 3.3 技术协同空间的深度拓展

录井技术需与测井、地震勘探技术加强空间数据融合与协同解释, 打破不同技术的数据格式壁垒, 将录井获取的实时地层岩性数据与测井的井筒电阻率、声波时差等精细参数、地震勘探的区域地质构造剖面数据相结合, 通过搭建统一的数据处理与分析平台实现多源数据的高效整合分析, 提升对地下地质结构与油气资源分布的综合判断精度<sup>[3]</sup>。需与油气开发工程技术如压裂、完井技术实现空间作业协同适配, 根据压裂施工中的地层压力动态变化、流体注入速率等情况, 通过录井技术实时反馈地层应力与流体运移数据, 为压裂参数动态调整提供科学依据; 在完井阶段, 结合录井获取的储层有效厚度、渗透率分布信息, 优化完井管柱设计与射孔方案, 确保开发工程技术与地层实际情况精准匹配, 提升油气开发效率。

# 4 石油录井技术空间拓展的推进路径

## 4.1 技术研发路径

针对极端空间环境的录井设备核心部件攻关需聚焦

不同场景的特殊需求。面对深海高压环境，除研发耐压且抗海水腐蚀的密封部件外，还需优化部件的结构强度，采用新型复合材料提升抗疲劳性能，避免长期高压作业导致部件损坏，确保设备在数千米深海中持续稳定运行；应对极地低温环境，在突破核心电路低温适配技术的同时，需为设备加装高效保温层，减少低温环境对设备内部元件的影响，筛选耐低温性能更优的元器件并优化电路布局，保障设备在零下几十摄氏度的环境中仍能精准传输数据。多维度数据融合与智能解释算法的研发优化需结合实际勘探需求，不仅要整合录井获取的地层岩性数据、测井的井筒参数以及地震勘探的区域地质信息，还需纳入钻井过程中的实时作业数据，设计适配多源异构数据的融合模型，通过数据清洗、格式转换等环节解决数据格式差异导致的整合难题；基于海量实际地层数据样本训练智能解释算法，引入自适应学习机制，让算法能根据不同地质区域的特征动态调整参数，提升对复杂地质条件的适应能力，减少数据解读过程中的偏差，为技术空间拓展筑牢算法基础。

#### 4.2 资源整合路径

构建产学研协同研发机制需明确各方定位与合作模式，形成高效联动的研发体系。企业依托丰富的工程实践经验，提供技术应用场景与实际需求反馈，协助确定研发方向与重点；高校发挥基础研究优势，开展材料科学、计算机算法等领域的理论探索，为技术突破提供理论支撑；科研机构聚焦技术难点进行专项攻关，配备专业研发团队与先进实验设备，加速技术成果转化。三方可通过共建实验室、联合申报科研项目等方式，集中资金、人才、技术等资源推动关键技术突破，避免重复研发，实现资源高效利用。建立分层分类的专业人才培养体系需紧密结合技术拓展方向，针对设备研发岗位，强化材料科学、机械工程、电子信息等跨学科知识储备，培养具备设备设计与优化能力的人才；针对数据处理岗位，侧重计算机算法、大数据分析、人工智能等技术的能力培养，打造能高效处理多源数据的专业团队；针对现场作业岗位，注重极端环境适应能力、设备运维技能的训练，确保人员能在深海、极地等场景中顺利开展工作，通过差异化培养全面满足技术拓展对不同类型人才

的需求。

#### 4.3 系统协同路径

推动跨领域技术协同标准的制定与推广，需联合行业内的技术机构、设备厂商、油气开发企业等相关主体，组建专项标准制定小组。小组需深入调研录井与测井、钻井、开采等环节的协同需求，梳理各环节间关键的数据交互点与作业衔接流程，明确数据传输的格式要求、接口协议以及作业协同的操作规范，制定统一的数据接口规范与作业协同标准。标准发布后，通过行业培训、技术交流会议等方式推广，引导相关企业与机构严格执行，确保不同领域技术在数据交互与作业配合中可顺畅对接，减少协同障碍。搭建开放式技术平台需全面整合行业内的技术资源、数据资源与服务资源，采用模块化设计理念，构建可兼容不同品牌设备、不同类型软件的灵活架构。平台需支持各类技术模块的灵活接入，无论是录井设备的数据采集模块，还是测井软件的数据分析模块，都能快速融入平台；同时实现数据实时共享，让参与油气开发的各方主体能及时获取所需数据，打破技术壁垒与数据孤岛，提升整个技术体系的兼容性与协同效率，为石油录井技术空间拓展的落地提供有力支撑。

#### 结束语

石油录井技术的空间拓展是顺应油气行业发展潮流的必然选择。通过明确核心驱动因素，找准关键拓展方向，并沿着技术研发、资源整合、系统协同等路径稳步推进，能够有效突破现有局限，提升技术在复杂环境和全流程中的适应性与协同性。这不仅有助于发现更多油气资源，还能提高开发效率、降低成本，为油气产业的可持续发展注入强大动力，开启石油录井技术发展的新篇章。

#### 参考文献

- [1]冯鹏飞.地质录井技术在水平井钻井中的应用探讨[J].西部探矿工程, 2023,35(02):23-24,27.
- [2]李忠明.地质录井技术在页岩油水平井钻井中的应用[J].西部探矿工程, 2022,34(10):114-116.
- [3]王俊,岳红星,秦榜伟,等.吉木萨尔页岩油录井综合地质导向技术应用研究[J].录井工程,2023,34(01):47-53.