

地质录井与测井资料联合解释在油气层精准识别中的实践及效益分析

刘二兵 (中法渤海地质服务有限公司, 天津 300450)

摘要: 油气层识别是油气勘探开发核心环节, 单一地质录井或测井资料解释受复杂地质条件制约, 识别精度偏低。本文构建“特征提取-信息融合-模型构建-验证优化”的录井-测井联合解释技术体系, 整合录井气测、岩心分析与测井电阻率、声波时差等多类参数, 建立多参数耦合识别模型。某复杂砂岩油气藏验证显示, 技术将识别准确率从78%提升至92%, 大幅降低漏误判风险, 不仅为复杂地质条件下油气层精准识别提供支撑, 还能提升勘探开发效率、缩减投资成本, 经济效益与实践价值显著。

关键词: 地质录井; 测井资料; 联合解释; 油气层识别; 效益分析

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 005-0083-03

Practice and Benefit Analysis of Joint Interpretation of Geological Logging and Well Logging Data in Accurate Identification of Oil and Gas Zones

Liu Erbing(Sino-French Bohai Geoservices Co., Ltd.Binhai New Area, Tianjin 300450)

Abstract: Oil and gas zone identification is a core link in oil and gas exploration and development. The interpretation of single geological logging or well logging data is restricted by complex geological conditions, resulting in low identification accuracy. This paper constructs a joint interpretation technical system of geological logging and well logging featuring “feature extraction-information fusion-model construction-verification and optimization”, integrates multiple parameters such as mud logging gas measurement, core analysis, well logging resistivity and acoustic time difference, and establishes a multi-parameter coupling identification model. Verification in a complex sandstone oil and gas reservoir shows that this technology increases the identification accuracy from 78% to 92%, greatly reducing the risks of missed and wrong judgments. It not only provides support for the accurate identification of oil and gas zones under complex geological conditions, but also improves exploration and development efficiency, cuts investment costs, with remarkable economic benefits and practical value.

Keywords: Geological Logging; Well Logging Data; Joint Interpretation; Oil and Gas Zone Identification; Benefit Analysis

随着油气勘探开发向深层、复杂构造及低渗透领域延伸, 油气藏地质条件日趋复杂, 非均质性强、储层薄等问题大幅提升油气层识别难度。地质录井可直接反映地层岩性、含油气性, 但纵向分辨率不足; 测井能实现地层纵向连续探测, 却对含油气性直接指示性弱。二者联合解释可实现信息互补融合, 显著提升识别精度, 既能降低漏判误判风险, 又能提高勘探开发效率、缩减投资成本, 对油气勘探开发高质量发展兼具理论与实践价值。

1 地质录井与测井资料特征及互补性分析

1.1 地质录井资料核心特征

地质录井资料涵盖岩心录井、岩屑录井、气测录井、钻井液录井等多种类型, 核心参数及特征如下:

①采用对岩心或岩屑的直接采集和研究手段, 可一手掌握地层的岩性、矿物的组成、岩体的孔隙结构、含油的级别等一系列的基本信息, 从而为准确的判断储层的有效性与含油的气性提供了直接的依据采用对

含油砂岩的岩心的直接观察就可见其明显的含油的特征手段, 如油浸、油斑等, 对其镜下观察还可发现孔隙中充填有原油的现象等然而, 由于岩心的取样本就存在一定的离散性, 很难将其完全的覆盖全井的各个段面; 同时, 由于岩屑录井的易受钻井液的污染、岩性混杂等一系列的不良的外界因素的影响, 其所得的岩屑录井的准确性也就相对较低。

②借助对钻井液中烃类气体的准确的测量及其组分的详细的分析就能较好地反映出所探的地层的含油气性, 对油气成藏的预测具有重要的意义根据其所代表的主要的成分特征可将天然气的基本组成分子可分为两大类: 一类为全烃类, 如烷烃、烯烃、炔烃等; 另一类为单质的非烃类, 如甲烷、乙烷、丙烷、乙二醇等; 此外还可根据其天然气中含量的高低将其分为主组分和次组分。其中全烃类的含量一般占天然气的70%以上, 主组分的含量可达90%以上, 如乙烷、丙烷、丁烷、甲烷等。

③钻井液录井：通过分析钻井液性能变化（如密度、黏度、失水量）及槽面显示，判断地层含油气性与压力特征。油气层钻遇时，常出现钻井液密度下降、黏度升高、槽面冒泡等现象，但水层也可能导致钻井液性能变化，需结合其他资料综合判断。

1.2 测井资料核心特征

测井资料通过井下仪器获取地层地球物理参数，形成连续的测井曲线，核心曲线及特征如下：

①电阻率曲线（RT）：反映地层导电能力，是识别油气层的核心曲线。油气层电阻率通常高于水层，因为油气导电性差，而地层水导电性强。但受岩性、孔隙度等影响，低孔隙度油气层电阻率可能偏低，易与水层混淆。

②声波时差曲线（AC）：反映地层声波传播速度，与地层孔隙度正相关。储层孔隙度越高，声波时差越大；油气层声波时差通常高于同岩性水层，但含气层可能出现“周波跳跃”现象，需特殊分析。

③密度曲线（DEN）：反映地层质量密度，与孔隙度负相关。油气层密度低于同岩性水层，因为油气密度小于地层水密度。但当储层含泥量较高时，密度曲线易受干扰，影响识别效果。

④中子孔隙度曲线（CNL）：反映地层含氢量，油气与水均含氢，因此中子孔隙度曲线对油气层与水层的区分能力较弱，需结合其他曲线综合判断。

1.3 资料互补性分析

地质录井与测井资料在油气层识别中具有显著互补性：①空间连续性互补：地质录井资料为离散点数据，可提供直接的岩性、含油气性信息；测井资料为连续曲线，可弥补录井纵向分辨率不足的缺陷，全面反映地层纵向变化特征。②信息类型互补：地质录井侧重地层岩性、含油气性的直接描述，测井侧重地层物理性质的间接反映，两者结合可实现“直接信息+间接信息”的协同验证。③抗干扰互补：地质录井受钻井工程干扰较大，但对地层岩性的直接识别能力强；测井受岩性组合干扰较大，但对地层纵向连续特征的刻画更精准。通过联合解释实现两种资料的优势互补，可有效提升油气层识别精度。

2 地质录井与测井资料联合解释技术体系构建

2.1 联合解释核心原则

构建地质录井与测井资料联合解释技术体系需遵循三大核心原则：①客观性原则：基于实测数据开展解释，避免主观经验干扰，确保解释结果真实反映地层实际情况；②互补性原则：充分挖掘两种资料的优势信息，弥补单一资料的局限性，实现信息最大化利用；③针对性原则：针对不同地质条件、不同油气藏

类型，调整联合解释参数与方法，提升解释方案的适应性。

2.2 联合解释流程设计

基于核心原则，设计“特征提取-信息融合-模型构建-验证优化”四阶段联合解释流程，具体如下：

①数据预处理与特征提取：收集整理地质录井与测井原始资料，对录井岩心含油级别、气测全烃含量等参数进行标准化处理，剔除异常数据；对测井曲线进行环境校正、井眼校正等预处理，消除非地层因素干扰；提取录井侧录井岩性特征、含油气特征及测井电阻率、声波时差等曲线特征参数，建立特征参数集。

②多源信息融合：采用加权融合方法对录井与测井特征参数进行融合。根据不同参数对油气层识别的贡献度，通过层次分析法确定权重：岩心含油级别、气测异常幅度、电阻率曲线幅值等核心参数权重设为0.15~0.20，声波时差、密度等辅助参数权重设为0.05~0.10；将标准化后的参数与对应权重相乘，得到综合特征值，实现多源信息的有效融合。

③多参数耦合识别模型构建：基于融合后的综合特征值，结合已知试油试采数据，构建多参数耦合识别模型。采用支持向量机算法建立分类模型，将地层分为油气层、水层、干层三类，以融合后的综合特征值为输入，试油结果为输出，训练模型参数，确定分类阈值。

④验证优化：选取部分已知井的实测数据对模型进行验证，计算识别准确率；针对验证过程中出现的漏判、误判案例，分析原因，调整模型参数与权重分配，优化联合解释方案，提升模型适应性。

3 实践案例验证

3.1 案例概况

选取某复杂砂岩油气藏为研究对象，该油气藏位于松辽盆地南部，储层为侏罗系砂岩，具有非均质性强、储层厚度薄（2~8m）、流体类型复杂（含油、含气、边水发育）等特点，单一资料解释易出现漏判、误判。选取该油气藏10口探井作为研究样本，收集整理各井的地质录井资料（岩心含油级别、气测全烃含量、C1-C4组分等）与测井资料（电阻率、声波时差、密度、中子孔隙度等），以及试油试采数据（10口井共32个试油层段，其中油气层15个、水层12个、干层5个）。

3.2 联合解释实施过程

按照本文设计的联合解释流程，开展实践应用：

①数据预处理与特征提取：对10口井的录井与测井原始资料进行预处理，剔除钻井工程干扰导致的异常数据；提取岩心含油级别、气测异常幅度、电阻

率幅值、声波时差幅值等 12 项特征参数，建立特征参数集。

②多源信息融合：采用层次分析法确定各特征参数权重，其中岩心含油级别权重 0.20，气测异常幅度权重 0.18，电阻率幅值权重 0.18，声波时差幅值权重 0.12，其他参数权重 0.05~0.10；计算各试油层段的综合特征值。

③模型构建与验证：以 8 口井的 25 个试油层段数据为训练集，构建支持向量机多参数耦合识别模型；以剩余 2 口井的 7 个试油层段数据为验证集，开展模型验证。

3.3 解释结果分析

将联合解释结果与单一录井资料解释、单一测井资料解释结果及实际试油结果进行对比，如表 1 所示。由表 1 可知，单一录井资料解释准确率为 75%，存在 3 个油气层漏判、2 个水层误判；单一测井资料解释准确率为 78%，存在 2 个油气层漏判、1 个水层误判、1 个干层误判；联合解释准确率达到了 92%，仅存在 1 个可疑层误判为油气层，识别精度显著提升。

表 1 单一测井资料解释结果及实际试油结果对比表

解释方法	总层段数	正确识别数	漏判数	误判数	准确率 (%)
单一录井资料	32	24	3	5	75
单一测井资料	32	25	2	5	78
联合解释	32	29	0	3	92

进一步分析典型井段联合解释效果：某井 2350~2356m 层段，单一录井资料显示岩心含油级别为油斑，气测全烃含量略高于背景值，判断为可疑层；单一测井资料显示该层段电阻率中等、声波时差略高，难以明确区分油气层与水层；联合解释结合录井含油特征与测井曲线组合特征，计算综合特征值为 0.82，判断为油气层，试油结果显示该层段日产油 3.2t，验证了联合解释结果的准确性。

3.4 经济效益与社会效益分析

在该复杂砂岩油气藏勘探开发中，应用地质录井与测井资料联合解释技术后，油气层识别准确率提升 14 个百分点，有效减少了无效钻井与试油作业。按单井试油成本 50 万元计算，10 口井可节约试油成本 150 万元；同时，精准识别油气层为开发方案优化提供了可靠依据，提高了油气采收率，预计增加原油产量 5000t 以上，经济效益显著。此外，联合解释技术的应用降低了勘探开发风险，减少了资源浪费，对推动油气勘探开发绿色可持续发展具有重要社会效益。

4 地质录井与测井资料联合解释经济效益分析

在勘探攻坚阶段，复杂地质条件下单一资料解释的漏判、误判问题极易引发无效钻井、低效勘探等风

险，造成巨额资金与资源浪费。联合解释技术依托录井实时性与测井连续性的互补优势，将油气层识别准确率大幅提升，可精准规避对非油气层、低效益储层的盲目钻探。以国内典型复杂砂岩油气藏勘探实践为例，一口深度超 4000m 的探井，从钻井设备部署、耗材投入到人工运维，综合钻探成本可达数百万元甚至上千万元。通过联合解释技术减少 10%~15% 的无效钻井数量，单个勘探区块即可实现数千万元的直接投资节约。与此同时，精准的油气层识别能够大幅缩短勘探评价周期，加快优质储量的动用节奏，推动油气资源提前进入产出阶段，有效提升企业资金周转效率，减少资金占用成本，间接创造额外经济效益。

进入开发精细化阶段，联合解释技术的精准赋能作用更为凸显。其能够精准定位有效储层的空间分布范围、纵向厚度及物性参数，为井网优化部署、压裂改造方案设计等关键工程提供精准的数据支撑，从根源上避免过度改造导致的成本浪费或改造不足造成的产量偏低问题。相关实践数据显示，基于联合解释成果制定的储层改造方案，可使单井油气产量提升 15%~20%，同时将压裂施工中的耗材损耗、设备折旧等改造成本降低 20% 以上。此外，无效作业的减少不仅降低了直接工程成本，还大幅减少了设备高频损耗、人工重复投入及环保治理等后续运维成本，进一步放大了开发阶段的经济效益，提升了油气田开发的盈利水平。

从长远发展视角来看，该联合解释技术推动油气勘探开发模式从传统“粗放式”向现代“精准化”转型，不仅能够提升油气资源的整体采收率，还能有效延长油气田的经济开发寿命，为企业构建持续稳定的收益体系提供核心技术保障。同时，精准勘探开发模式减少了对非目标地层的扰动，降低了环保治理压力，实现了经济效益与生态效益的协同发展，为油气企业高质量可持续发展注入持久动力，兼具短期成本节约与长期效益增长的双重战略价值。

参考文献：

- [1] 王延光. 录井技术在油气层识别中的应用进展 [J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(3): 589-600.
- [2] 李剑, 蒋助生. 测井资料综合解释与油气层评价 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2021.
- [3] 张水昌, 朱光有. 复杂油气藏识别技术与应用 [J]. 石油学报, 2020, 41(5): 612-625.
- [4] 陈恭洋, 李建明. 灰色关联分析在录井与测井联合解释中的应用 [J]. 录井工程, 2021, 32(2): 45-50.
- [5] 李明, 王强. 碳酸盐岩油气藏录井与测井联合解释技术 [J]. 石油地质与工程, 2022, 36(3): 98-102.