

# 元素录井在辽东湾拗陷太古界潜山的应用

杜 照

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300450

**摘 要:** 当前,石油领域在勘探开发太古界潜山的汽油藏过程中获得良好成果,并发现大量油气藏。但是该部位油气藏的地质条件较为复杂,储集空间并未实现全面发育,由于地层中流体无法为测井电阻率提供充足贡献,所以无法借助电阻率测井进行有效测井评价。对此,本文结合辽东湾拗陷太古界潜山实例,引入元素录井,分析其应用要点。

**关键词:** 辽东湾拗陷;太古界潜山;元素录井

## Application of Element Logging in Archaean Buried Hill in Liaodong Bay Depression

Du Zhao

CNOOC Energy Development Co., Ltd. Engineering Technology Branch Tianjin 300450

**Abstract:** At present, the petroleum field has achieved good results in the exploration and development of petroleum reservoirs in the Archean buried hill, and a large number of oil and gas reservoirs have been discovered. However, the geological conditions of oil and gas reservoirs in this area are relatively complex, and the reservoir space has not fully developed. Because the fluid in the formation cannot provide sufficient contribution to the logging resistivity, it is impossible to conduct effective logging evaluation with the help of resistivity logging. In this regard, this paper introduces element logging and analyzes its application points based on the example of Archean buried hill in Liaodong Bay depression.

**Key words:** Liaodong Bay depression; Archaean buried hill; Element logging

前言:元素录井是录井行业新兴技术,与其他录井技术相比具有显著优势。第一,可以快速分析,采集样品、生成检测结果,整个过程仅需要3min—5min即可完成。第二,对于岩屑试样并无较高要求,可以将空气泡沫、螺杆、PDC钻头与其它钻井工艺影响路径工作顺利开展<sup>[1]</sup>。

### 1 区域概况

在渤海湾盆地中辽东湾拗陷属于次级构造模块,发育辽西低凸起正向构造模块(2个)、辽西凹陷、辽东凹陷以及辽中凹陷负向构造模块(3个),形成2凸3凹构造格局,所有构造模块都呈现南西—北东平行展布。辽东凹陷面积最小、辽东面积最大。凹陷新生代主要经理古今裂沉降时期与新近纪—第四纪的后裂陷沉降时期,古近纪沉降时期涵盖以下阶段65—38Ma(古新世—始新世伸张裂陷时期)、38—32.8Ma(始新世晚期—渐新世早期的后热裂陷时期)、32.8—24.6Ma(东营期的走滑拉分以及再次裂陷时期)。

古近系从上到下是E<sub>3</sub>d(东营组)、E<sub>2</sub>s(沙河街组)、E<sub>1</sub>k(孔店组),E<sub>1</sub>k—E<sub>2</sub>s主要是碳酸盐岩和泥岩的互层,同时都涵盖红色岩夹层,整体上是基于干旱环境的洪积扇与小湖泊两种沉积,以湖泊环境为主,在边缘部位发育近岸水

下扇与扇三角洲,为主力烃源岩的发育断层。

结合相关分析显示,辽西凸起潜山地层主要以3层复式结构为主,基于断块翘倾作用,太古界沿着主断棱广泛暴露,断槽低部位残留寒武—奥陶系,中生代的火山岩主要是沿着主断槽低洼位置进行堆积。基于潜山分段作用,不同分段潜山结构存在差异,不同分段抬升幅度呈现南低北高趋势。通常,主断棱的西北部为强度大、剥蚀时间长,漏出太古界的混合花岗岩,在向东南部位发展过程中,变为碳酸盐岩,之后变为中生界的成岩<sup>[2]</sup>。

### 2 元素录井

#### 2.1 元素录井物质基础

对于地壳来讲,主要涵盖洋壳与陆壳两部分内容。岩石是地壳关键独立组分,根据成分划分成:变质岩、沉积岩与岩浆岩。矿物是岩石基本构成成本,并且矿物中化学成本是固定的。地壳化学成分主要如下:水,1.4%;氧化钾,1.8%;氧化钠,3.4%;氧化钙,6.4%;氧化镁,3.4%;氧化铁,4.5%;三氧化二铁,3.3%;三氧化二铝,16.6%;氧化锶,0.9%;氧化硅,57.8%。

岩浆岩化合物如下:水、氧化钾、氧化钠、氧化钙、氧

化镁、氧化铁、三氧化二铁, 3.3%; 三氧化二铝、氧化锑、氧化硅, 化学成分涵盖地壳中元素, 然而含量缺乏平衡性, 在岩浆岩中, Ti、Na、K、Ca、Mg、Fe、Al、Si、O元素在化学元素中占比超出99%。

沉积岩涵盖岩盐、泥岩、砂岩等, 氧化物含量均值如下: 二氧化碳, 3.03%; 氧化钾, 1.43%; 氧化钠, 0.83%; 氧化钙, 3.5%; 氧化镁, 1.0%; 氧化铁, 0.77%; 三氧化二铁, 1.9%; 三氧化二铝, 5.97%; 氧化硅, 79.53%。

变质岩主要是地壳中沉积岩与岩浆岩变质发展而来, 矿物化学元素涵盖部分母岩内容<sup>[3]</sup>。

## 2.2 元素录井原理

元素录井将岩石学和测井技术产生直接关联, 借助化学源将快中子发射到地层中, 快中子具有非弹性散射特点, 可以形成g射线, g射线碰撞在快中子与Fe、Si、O、C反应中形成。快中子通过弹性碰撞与非弹性碰撞可以形成热中子, 并且原子核对1个热中子进行捕获, 将数个g光子放出, 并将激发能放出, 可以返回基态。散射g射线中具有原子核信息, 能够对物质元素构成加以了解。部分原子俘获截面较大, 所以相比于其它原子, 能够更加轻松俘获热中子。

元素录井所俘获信号源于K、Gd、Ti、S、Fe、Ca、Si、Cl、H中。因为氯元素与氢元素同时存在于地层水、钻井液与其它骨架物质内, 元素录井一般选择记录S、Fe、Mg能谱数据。借助元素录井解释能够对地层中S、Fe、Ca、Si矿物元素含量进行识别, 可以为岩性识别等工作提供良好依据。

## 3 太古界潜山中元素录井应用分析

### 3.1 卡取潜山面

在太古界潜山的中生界地层中, 以混合花岗岩角砾岩发育为主, 和太古宇的混合黄岗岩结构、成分并无较大差异, 传统地质技术无法进行有效判别。借助对锦州20-2—锦州25-1地区的15号口井的元素信息进行分析, 在地层从中生界发展到太古宇后, S、Fe、Ca、K、Si以及其他元素组织发生变化: 在\*\*28井中, 中生界S含量为1.5%、Mg含量为1.4%、Ca含量为5.6%、Fe含量为4.6%、K含量为2.8%、Si含量为59.7%; 太古宇S含量为0.1%、Mg含量为0.5%、Ca含量为3.2%、Fe含量为2.4%、K含量为3.5%、Si含量为64.3%。在\*\*24井中, 中生界S含量为0.5%、Mg含量为1.7%、Ca含量为4.1%、Fe含量为4.0%、K含量为2.7%、Si含量为59.7%; 太古宇S含量为0.2%、Mg含量为1.3%、Ca含量为1.5%、Fe含量为2.9%、K含量为3.5%、Si含量为64.0%。结合上述元素比值与变化情况, 即可以对潜山面进行精准卡取<sup>[4]</sup>。

### 3.2 识别潜山风化壳

太古宇潜山的风化壳发育空洞, 具有良好储层物性。准确识别潜山风化壳可以为认识潜山中油气藏提供良好依据。引入元素录井, 借助对风化指数进行分析, 能够对潜山风化壳进行精准识别。风化指数是指风化作用情况的地球化学参数, 随着比值增加, 风化作用程度减小。

地质历史阶段太古宇地层暴露地表受到日吹雨淋风化作用。由浅至深, 风化作用开始减弱, 同时向母岩中过渡。借助对锦州20-2—锦州25-1地区的15号口井的风化壳进行识别以及统计分析, 风化指数保持在0.1—0.5范围内, 没有风化段位的风化指数均超出0.6。所以, 借助风化指数能够有效识别风化壳。

### 3.3 识别潜山的内幕岩性

锦州20-2—锦州25-1地区的太古宇潜山以斜长角闪岩、片麻岩以及混合花岗岩为主, 并且夹有基性岩与中性岩。岩性不同, 脆性存在差异, 裂缝发育情况也存在差异。若是岩石质量分数较大、主要以长石、石英与其它浅色矿物, 那么就会易碎, 发育裂缝。若是岩石质量分数大, 但是主要涵盖黑云母、角闪石以及其他暗色矿物, 则不会轻易出现破碎, 未充分发育裂缝。所以, 对于上述变质岩, 裂缝最发育的是混合花岗岩, 其次为片麻岩, 最后为斜长角闪岩。对于基性岩与中性岩来讲, 裂缝教法语的是中性岩, 其次为基性岩。借助元素录井能够对内幕岩性进行精准识别, 进而全面认识油藏中岩性控制作用, 还可为认识内幕不同阶段油藏与整体评价潜山提供良好保障<sup>[5]</sup>。

锦州20-2—锦州25-1地区以斜长角闪岩、片麻岩与混合花岗岩为主, 矿物组成体现在浅色矿物开始降低, 暗色矿物不断提升。所以, 借助Fe与Si交会图能够充分区分三种岩性。其中, 斜长角闪岩的Fe质量分数在10.55%—14.59%范围内, Si质量分数在46.19%—49.66%范围内, 主要特征是铁值高、硅值低。片麻岩的Fe质量分数在4.96%—5.37%范围内, Si质量分数在56.19%—60.69%范围内, 主要特征是铁值中等、硅值中等。对于混合花岗岩的Fe质量分数在2.32%—4.53%范围内, Si质量分数在64.33%—75.26%范围内, 主要特征是铁值高、硅值低。在基性岩中煌斑岩是主要侵入体, 中性岩中闪长岩是主要侵入体。按照岩浆岩分类情况, 借助Fe与Si质量分数能够进行有效区分。其中, 煌斑岩的Fe质量分数在10.03%—13.69%范围内, Si质量分数在49.15%—53.79%范围内, 主要特征是铁值高、硅值低。闪长岩中的Fe质量分数在4.96%—7.73%范围内, Si质量分数在53.22%—60.01%范围内, 主要特征是铁值高、硅值低。

在锦州20-2—锦州25-1地区的15号口井应用元素录井, 可以100%卡取潜山面, 100%识别风化壳, 对潜山内幕实际岩性情况进行有效识别, 充分提升钻井安全性, 进而深入认识内幕油气藏。比如在5\*\*井中, 目的层是太古宇潜山的生产井, 将元素录井引入其中, 对潜山面实现精准卡取, 对潜山风化壳进行充分识别, 同时精准识别内幕岩性, 为内幕油气藏定性评价提供良好保障。在地层从中生界发展到太古宇过程中, 岩性从角砾岩发展到混合花岗岩, 元素信息如下: Mg质量分数从1.7%减小到0.9%; Ca质量分数从3.9%减小到1.9%; S质量分数从0.5%减小到0.1%; Fe质量分数从4.5%减小到2.6%; K质量分数从2.1%

增加到3.5%；Si质量分数从59.6%增加到62.9%，借助元素波动情况能够对潜山面进行确定。

钻井深度达到4303m之后，Mg质量分数从1.9%减小到1.1%；Ca质量分数从4.0%减小到2.1%；S质量分数从0.7%减小到0.3%；Fe质量分数从4.9%减小到2.1%；K质量分数从2.6%增加到2.7%；Si质量分数从63.1%增加到65.7%。风化指数从0.58开始不断提升，在井深达到4409m之后，风化指数开始达到稳定状态，所以，确定风化壳在4303m—4409m范围内。

在井深达到4507m之后，Mg质量分数从3.1%增加到3.7%；Ca质量分数从3.6%增加到4.1%；Fe质量分数从4.9%增加到6.3%；K质量分数从1.7%减小到0.7%；Si质量分数从57.9%减小到51.7%。所以，判断闪长岩在4507m—4679m范围内。

结束语：综上所述，通过研究辽东湾坳陷太古界潜山，对元素录井进行综合运用，精准卡取太古宇的潜山面、识别潜山风化壳以及内幕岩性。为钻井作业提供精准地质资料，充分提升钻井施工安全性。另外，借助识别内幕岩性，可以为相应油气藏分析工作提供全面地质信息。结束上述研究，

能够对现阶段潜山开发难题进行有效处理，为勘探开发与潜山评价等工作提供依据。

#### 参考文献：

[1]刘达贵,杨琳,牟兴羽,莫倩雯,安虹伊,唐锐峰.页岩气铂金箱体录井响应特征及其在川南水平井随钻解释中的应用[J].录井工程,2022,33(03):78-83.

[2]喻林,覃素华,乔凤远,陈红,张宁.高成熟探区复杂储层勘探技术及效果——以辽河西部凹陷兴隆台中生界为例[C]//SPG/SEG南京2020年国际地球物理会议论文集(中文).2020:586-589

[3]李鸿儒,谭忠健,胡云,郭明宇,别旭伟,杜波,田青青.渤中凹陷西南环M构造太古界潜山油气藏流体类型随钻识别方法[J].油气地质与采收率,2021,28(05):22-31.

[4]刘有武,杨春龙,曾志勇,孟繁涛,张培鑫.XRF元素录井技术在鄂尔多斯盆地西缘乌拉力克组页岩储层识别评价中的应用[J].录井工程,2022,33(03):27-33.

[5]温真桃,操良涛,简万洪,欧阳嘉穗.复杂构造区页岩气水平井高钻遇率井轨迹优化技术——以永川南区开发实践为例[J].非常规油气,2022,9(01):112-118.