

X 射线荧光元素录井技术 在 SD 油田的应用

叶兴树

(中国石油长城钻探工程有限公司,北京 100101)

摘要: 哈萨克斯坦南图尔盖盆地咸海以东的 SD 油田 SD-35 井在钻探过程中,由于钻井工艺的改进,导致录井过程中岩屑细小,使常规录井手段来划分地层存在技术性难题。X 射线荧光元素录井中的特征元素含量的变化趋势可以用来识别岩性,划分地层。基于 SD-35 井的岩心、岩屑特征元素含量与岩性的相关性关系,认为 1 437.0~1 464.0 m 井段的地层中 Si、Al、Mg、K、S、Co、Cd、Ti 等元素含量的变化趋势与底部变质石英岩的整体趋势一致,对比性强,结合其他资料分析识别出其岩性为具有部分风化性质的变质石英岩。研究表明,X 射线荧光元素录井技术可作为录井岩性识别的新的手段,同时可为地层的定量解释评价提供技术方面的支撑。

关键词: X 射线荧光元素录井;岩性识别;哈萨克斯坦;咸海;变质石英岩

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2017.02008

在油气钻井过程中,及时准确地识别地层岩性是正确选择施工参数、确保钻井安全、提高油气勘探效率的重要保证^[1]。录井上传统的岩性识别主要通过人工或利用光学仪器观察以定性描述地层岩性。但是由于录井人员专业水平的差别,对同一个岩样的岩石定名或特征描述会有所差异^[2]。同时,PDC 钻头及气体钻井等新技术、新工艺的应用,造成钻井产生的岩屑极其细小,使传统的岩性识别方法不能适应于钻井新工艺的需求^[3]。而 X 射线荧光元素录井技术利用微细岩屑中的元素组成信息,通过元素的组合特征来判别岩性,通过更深层次的数据分析处理用于解释储集层岩性和评价地层,从而开辟了一个录井岩性识别的新途径^[4]。

1 理论基础

收稿日期:2016-08-05

作者简介:叶兴树(1975—),男,博士,工程师,主要从事层序地层学和测井解释方面的工作。E-mail:yexingshu@cnlc.cn

1.1 X 射线荧光元素录井技术

X 射线是一种电磁辐射,其光谱波长介于 0.001~10 nm 之间。利用 X 射线荧光仪对油气钻井过程中井内返出的岩屑进行照射,产生各种波长的特征 X 射线(物质元素 X 射线的唯一性的原理^[5]),分别测量不同能量的 X 射线强度,通过研究 X 射线及光谱特征以达到检测或分析物质元素组成的目的^[6,7]。

1.2 元素含量与岩性的关系

岩石是由矿物组成的,不同岩性的岩石所含的矿物成分及各矿物含量不同,不同的矿物所含的物质不同,亦可通过相应的元素反映出来,根据矿物分子式的各种元素含量能判断岩石种类和名称,这就是元素录井识别与评价的依据和基础^[2]。

在实际应用过程中,一般分析石油地层中常见矿物的主要元素有 Si、Fe、S、P、K、Ca、Mg、Mn、Ti 和 Al 等 12 种元素^[2],这些元素基本反映了石油地层中主要矿物的指示元素,如 Si、Ti 元素含量高低可作为陆源、海相沉积指示标志。当矿物

的化学成分稳定时,矿物元素含量基本保持不变,通过 X 射线脉冲计数来记录元素产生的荧光能量和强度,数值单位为“脉冲/秒”。该单位虽然不能定量地描述具体元素的实际含量值,但却能定性地指示其元素含量的高低^[6,7],可作为地层岩性识别的基础数据。

2 区域概况

SD 油田位于威海以东、哈萨克斯坦南图尔盖盆地的南部,受喜马拉雅期挤压运动的影响,盆地普遍发育基底构造。油田所处的南图尔盖盆地具有双层基底,即前寒武纪的变质岩基底和前侏罗纪变形基底。前侏罗纪变形基底是由变质石英岩组成,与上覆的下白垩统的区域性泥岩形成盆地重要的油气成藏组合^[8]。

2015 年 7 月,在 SD 油田 SD-35 井的现场录井过程中,怀疑该井从 1 437.0 m 由白垩系泥岩地层钻入变质石英岩基底地层,但是由于钻井采用的是 PDC 钻头,岩屑较细,同时本区的变质石英岩与普通砂岩较难以区分,因此,使用现场的常规录井方法无法确定本段地层的岩性。随着该井的钻进,发现该井 1 464.0~1 485.0 m 为大段白垩系泥岩为主的地层,随后从 1 485.0 m 该井又进入了区域性的变质石英岩基底地层(图 1)。

如果将 1 437.0~1 464.0 m 的地层划分为白垩系砂泥岩地层,将 1 485.0 m 以下划分为变质岩基底地层,那么这将符合地区地层分布规律;但是如果将 1 437.0~1 464.0 m 的地层岩性划分为变质石英岩地层,1 464.0~1 485.0 m 划分为白垩系泥岩地层,1 485.0 m 以下划分为变质岩基底地层,这样是否意味着白垩系中多出了一套变质岩地层,基于以上问题,首先需要确定的就是 1 437.0~1 464.0 m 的地层岩性问题。

3 X 射线荧光元素录井技术的实际应用

3.1 X 射线荧光元素录井资料应用实例

SD-35 井位于 SD 洼陷南坡,靠近生油洼陷,钻探目的是为了解 SD 洼陷南坡白垩纪 M-II 地

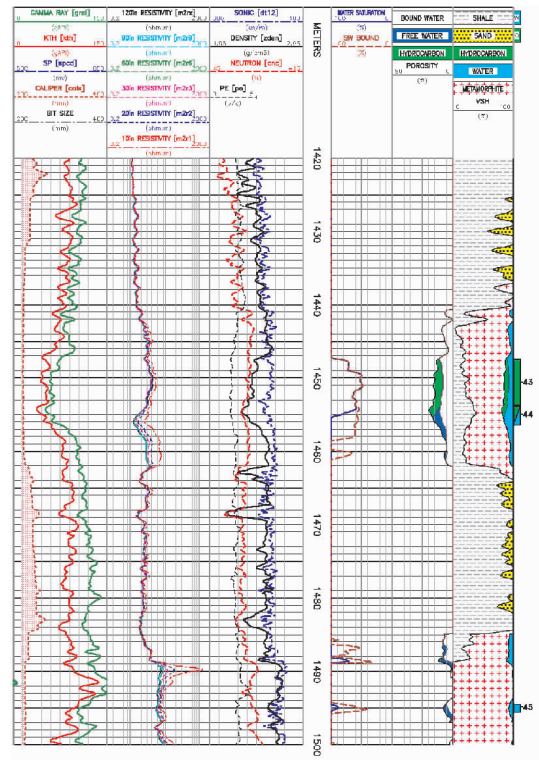


图 1 SD-35 井测井解释成果

Fig. 1 The logging interpretation result of Well SD-35

层和变质岩基底的油气储集性能。

本次研究收集了 SD-35 井的 1 437.0 m 以上及 1 464.0~1 485.0 m 的白垩系区域泥岩地层的 9 个岩样、白垩系典型砂岩岩样 7 个、1 437.0~1 464.0 m 的岩样 15 个、1 485.0 m 以下层段标准变质岩岩样 10 个,其他均为上述层段的岩屑样品 53 个。

通过样品试验分析(图 2):变质石英岩中 Si 元素含量高达 78.0% 以上,1 437.0~1 464.0 m 井段的 Si 元素含量稍低为 71.0% 左右,白垩系砂岩为 57% 左右和白垩系泥岩为 48.0% 左右;Al、Mg、K 元素含量中均是 1 437.0~1 464.0 m 的元素含量稍高于变质石英岩元素含量,而且其变化趋势与白垩系砂泥岩趋势相近;亲铁元素的 Co 元素含量在 1 437.0~1 464.0 m 井段和变质石英岩中基本无变化,这与其 Fe 元素含量变化趋势相一致^[9];Cd 元素含量在 1 437.0~1 464.0 m 井段有所变化,而且其二者数值均明显高于白垩系砂泥岩的元素含量,其趋势与 S 元素含量变化趋势一致;Ti 元素含量在白垩纪泥岩中最高,白

歪系砂岩次之,变质石英岩最低,而且变质石英岩的含量与1 437.0~1 464.0 m井段的元素含量较为接近。

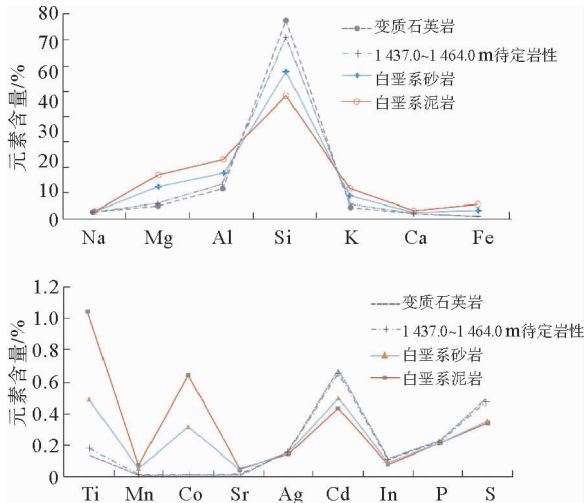


图2 SD-35井元素含量曲线

Fig. 2 The element content diagram of Well SD-35

通过上述X射线荧光元素录井结果,1 437.0~1 464.0 m井段元素含量整体上继承自基底的变质石英岩的元素含量。其中Al、Mg、K元素含量的变化趋势与白垩系的砂泥岩的元素含量变化趋势相近,分析认为1 437.0~1 464.0 m井段Al、Mg、K元素含量差异受来自于白垩系的泥岩的影响,这与本区的白垩系泥岩的黏土矿物中以伊蒙混层和伊利石为主的化验分析结果相一致^[10];而Cd元素含量在1 437.0~1 464.0 m井段变化趋势与S元素含量变化趋势一致则是源于Cd元素为亲硫元素^[11]。

3.2 效果验证

从SD-35井的过井地震剖面图(图3)看出(图中蓝色范围对应于1 437.0~1 464.0 m井段地层,其紧邻的下部粗红色线为基底变质石英岩地层,绿色为井眼轨迹),蓝色范围的1 437.0~1 464.0 m井段所属的地层整体超覆于底部基底变质岩之上,且在SD-35井1 437.0~1 464.0 m井段附近位置在垂向上局部超覆于1 464.0~1 485.0 m井段的白垩系泥岩地层之上。

通过X射线荧光元素录井技术对SD-35井

的岩样及岩屑的分析结果表明,1 437.0~1 464.0 m井段岩样及岩屑的元素含量与底部基底的变质石英岩的元素含量除Si元素外其他均差异较小,对比性强。分析认为SD-35井的1 437.0~1 464.0 m的地层原本同属于底部的基底变质石英岩地层,但是由于后期出露地表受到一定的风化、淋滤等作用,从而形成SD-35井1 437.0~1 464.0 m井段具有部分风化壳性质的变质石英岩地层^[12-14];通过测井曲线看,其中1 446.7~1 459.0 m地层的密度曲线数值变小,因此,测井解释为孔隙度较大,说明该段风化程度较重,其他层段的密度曲线数值较大,风化程度则相对较轻。

同时根据后期的试油结果数据得知,SD-35井1 445.0~1 453.0 m井段试油日产油144.0 m³/d,含带少量H₂S的气体,这也同时验证了X射线荧光元素录井中亲硫元素Cd的分析结果。

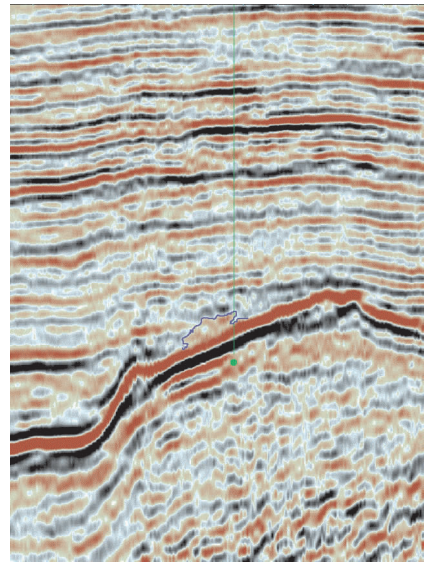


图3 SD-35井过井地震剖面

Fig. 3 The seismic profile passing through Well SD-35

4 结论

(1)通过对哈萨克斯坦咸海以东的SD油田SD-35井的X射线荧光元素录井的元素含量分析,SD-35井的1 437.0~1 464.0 m井段地层与基底的变质石英岩的元素含量相关性较好。

(2)通过X射线荧光元素录井分析结果结合地震资料,SD-35井的1 437.0~1 464.0 m井段地层岩性为具有部分风化性质的变质石英岩。

(3)X射线荧光元素录井技术在SD油田的应用证实,不同元素含量的变化能反映不同的地层岩性,进而可以有效地划分地层,用以解决目前面临的常规录井现场随钻快速、准确评价的难题;同时也可以为地层的定量解释评价提供技术方面的支撑。

参考文献:

- [1] 李春山,陈英毅,孙卫.利用元素录井资料的随钻岩性判别方法[J].中国石油大学学报:自然科学版,2011,35(6):66-70.
- [2] 朱根庆,何国贤,康永贵. X射线荧光录井资料基本解释方法[J].录井工程,2008,19(4):6-11.
- [3] 李一超,李春山,何国贤. X射线荧光分析在岩屑录井中的应用[J].岩石矿物学杂志,2009,28(1):58-68.
- [4] 谢元军,邱田民,李琴,等. X射线荧光元素录井技术应用方法研究[J].录井工程,2011,22(3):22-28.
- [5] 李一超,李春山,刘德伦. X射线荧光岩屑录井技术[J].录井工程,2008,19(1):1-8.
- [6] 梁钰. X射线荧光光谱分析基础[M].北京:科学出版社,2007.
- [7] 朱根庆,许绍俊,杨锐,等. X射线荧光岩屑录井仪器[J].录井工程,2009,20(1):47-50.
- [8] 孔祥宇,殷进垠,张发强. 哈萨克斯坦南图尔盖盆地油气地质特征及勘探潜力分析[J].岩性油气藏,2007,19(3):48-53.
- [9] 蓝先洪. 海洋地球化学的研究现状与展望[M].北京:海洋出版社,1994:55-66.
- [10] 叶兴树,姜忠朋,毛崇雁,等. 哈萨克斯坦南图尔盖盆地高自然伽马储层成因与识别[J].西安石油大学学报:自然科学版,2013,28(S1),9-12.
- [11] 金秉福,林振宏,季福武. 海洋沉积环境和物源的元素地球化学记录释读[J].海洋科学进展,2003,21(1):99-106.
- [12] 吴淑玉,陈建文,梁杰,等. 南黄海海相中—古生界碳酸盐岩储层特征及成藏模式[J].海洋地质前沿,2016,32(1):13-21.
- [13] 张庆玉,梁彬,曹建文,等. 塔里木盆地塔北露头区的古岩溶发育模式[J].海洋地质前沿,2013,32(1):33-36.
- [14] 张庆玉,梁彬,曹建文,等. 测井技术在奥陶系洞穴型岩溶储层识别中的应用[J].海洋地质前沿,2011,27(5):67-70.

APPLICATION OF X-RAY FLUORESCENCE ELEMENT LOGGING IN SD OILFIELD

YE Xingshu

(CNPC GreatWall Drilling Company, Beijing 100101, China)

Abstract: The Well of SD-35 was drilled in the SD oilfield of the South Turgay Basin of Kazakhstan which is located in the east of the Aral Sea. Improvement of drilling technology has made cuttings smaller in mud logging process, which results in difficulties to make stratigraphic classification with conventional mud logging means. The change tendency of the characteristic element content in the X-ray fluorescence element logging can be used as a tool to identify lithology and classify strata. Based on the correlation between characteristic element content and the lithology from the cores and cuttings of Well SD-35, it is revealed that the change tendency of the Si, Al, Mg, K, S, Co, Cd, Ti elements in the interval of 1437.0-1464.0m is similar with that of the metaquartzite of the bottom, and there is a strong correlation. Therefore, the lithology is identified as metaquartzite with partly weathering associated with other data. The results show that the X-ray fluorescence element technique can be used as a new mean to mud logging and lithology identification and a new technical support for the quantitative stratigraphic interpretation and evaluation.

Key words: X-ray fluorescence element logging; lithology identification; Kazakhstan; Aral Sea; metaquartzite