

doi: 10.11720/wtyht.2014.5.05

丁永浩,任莉.中东 T 油田灰岩储层自然伽马能谱测井的应用[J].物探与化探,2014,38(5):890-894.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.5.05
Ding Y H, Ren L.The application of natural gamma spectrometry log to limestone reservoir in T oilfield of Middle East[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2014,38(5):890-894.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.5.05

中东 T 油田灰岩储层自然伽马能谱测井的应用

丁永浩,任莉

(大庆钻探工程公司 测井公司,黑龙江 大庆 163412)

摘要: 中东地区 T 油田主力含油储层受高放射性物质影响,导致利用常规自然伽马测井资料无法合理求取泥质含量。同时,由于岩芯分析资料较少,确定各主力含油储层的黏土类型就显得比较困难。针对这些问题,笔者基于自然伽马能谱测井中铀、钍、钾与地层中黏土矿物的密切关系,利用无铀伽马测井资料对泥质含量进行了合理计算,参考斯仑贝谢理论交会图版,利用钍与钾交会图法确定了黏土类型,通过制作钍与铀比值的直方图对沉积环境进行了研究,取得了较好的应用效果,为油田后期的开发提供了更加可靠的资料支持。

关键词: 中东地区;自然伽马能谱;泥质含量;黏土类型;沉积环境

中图分类号: P631.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)05-0890-05

中东地区 T 油田在构造区域上处于美索不达米盆地、底格里斯亚带的南部,为一平缓的长轴背斜构造,典型的孔隙型构造—岩性复合油藏,白垩系的多孔生物碎屑灰岩为主要含油气储层,含油气层位主要集中于白垩系的 Khasib、Mishrif、Rumaila 和 Mauddud 油层组,各油层组岩性主要以灰岩为主,局部夹泥岩和页岩条带。该油田部分含油储层受高放射性物质影响,导致利用常规自然伽马测井资料无法合理求取泥质含量。同时,由于岩芯分析资料较少,各主力含油储层黏土类型的确定就比较困难。

自然伽马能谱测井通过测量地层中具有伽马辐射的放射性核素,对地层的自然伽马射线进行能谱分析,由不同能量的伽马射线强度确定地层中铀、钍、钾的含量及分布。目前,自然伽马能谱测井资料主要被用来划分岩性、求取泥质含量、识别高放射性储层、分析沉积环境,而且在判别黏土矿物微观成分方面更具有独特的优势^[1-2]。笔者应用自然伽马能谱测井资料对泥质含量进行了合理计算,参考斯仑贝谢理论交会图版,利用钍与钾交会图法确定了储层纵向上黏土矿物的变化,还通过钍与铀比值的直方图对沉积环境进行了研究,从而为油田的后续开发提供了更多可靠的储层资料。

1 自然伽马能谱的地质应用

1.1 用无铀伽马曲线计算高含铀储层泥质含量

对于灰岩地层,由于水中含有易溶的铀元素,并随水运移,在一定条件下,形成具有高放射性的渗透层^[3]。而常规测井系列中,泥质含量是用自然伽马来计算的。在这种高放射性地层中,如果还用常规自然伽马曲线进行泥质含量计算,在确定岩性剖面时,往往会将储层误认为是泥灰岩层而漏掉。因此,必须找出一种不受地层放射性物质影响而只与地层泥质含量有关的测井曲线来进行泥质含量计算^[4]。

由于自然伽马能谱测井所测得的钍和钾的含量与泥质含量的关系比较稳定,且不受地层中所含放射性矿物的影响。因此采用自然伽马能谱测井中的无铀伽马(CGR)来计算泥质含量更加的科学合理。其计算公式^[3-4]如下:

$$\Delta CGR = \frac{CGR - CGR_{\min}}{CGR_{\max} - CGR_{\min}}, \quad (1)$$

$$V_{sh} = \frac{2^{GCUG \times \Delta CGR} - 1}{2^{GCUG} - 1}. \quad (2)$$

式中: ΔCGR 为计算泥质含量的测井曲线相对值; V_{sh} 为地层泥质含量; CGR 为目的层无铀伽马值; CGR_{\max} 为纯灰岩地层无铀伽马曲线; CGR_{\min} 为纯泥灰岩地层无铀伽马曲线; $GCUG$ 为岩石系数,第三系

地层取 3.7,老地层取 2。

1.2 确定黏土类型

在 Th-K 交会图上,蒙脱石具有低钾特征;伊利石具有明显的高钾特征;高岭石具有高钍低钾特征;绿泥石与高岭石测井响应特征相似^[1]。因此,参考斯仑贝谢理论交会图版,根据钍、钾含量的比值,可以大致确定黏土矿物的类型。具体方法是运用斯仑贝谢解释图版,制作 Th-K 交会图。在交会图中, Th/K 值小于 0.3 时为蒸发岩,在 0.3~0.6 为长石,在 0.6~1.5 为海绿石,在 1.5~2.0 为云母类,在 2.0~3.5 之间为伊利石,在 3.5~12 之间为蒙脱石,在 12~25 为高岭土,大于 25 为重钍矿^[3,5-7]。

1.3 分析地层的沉积环境

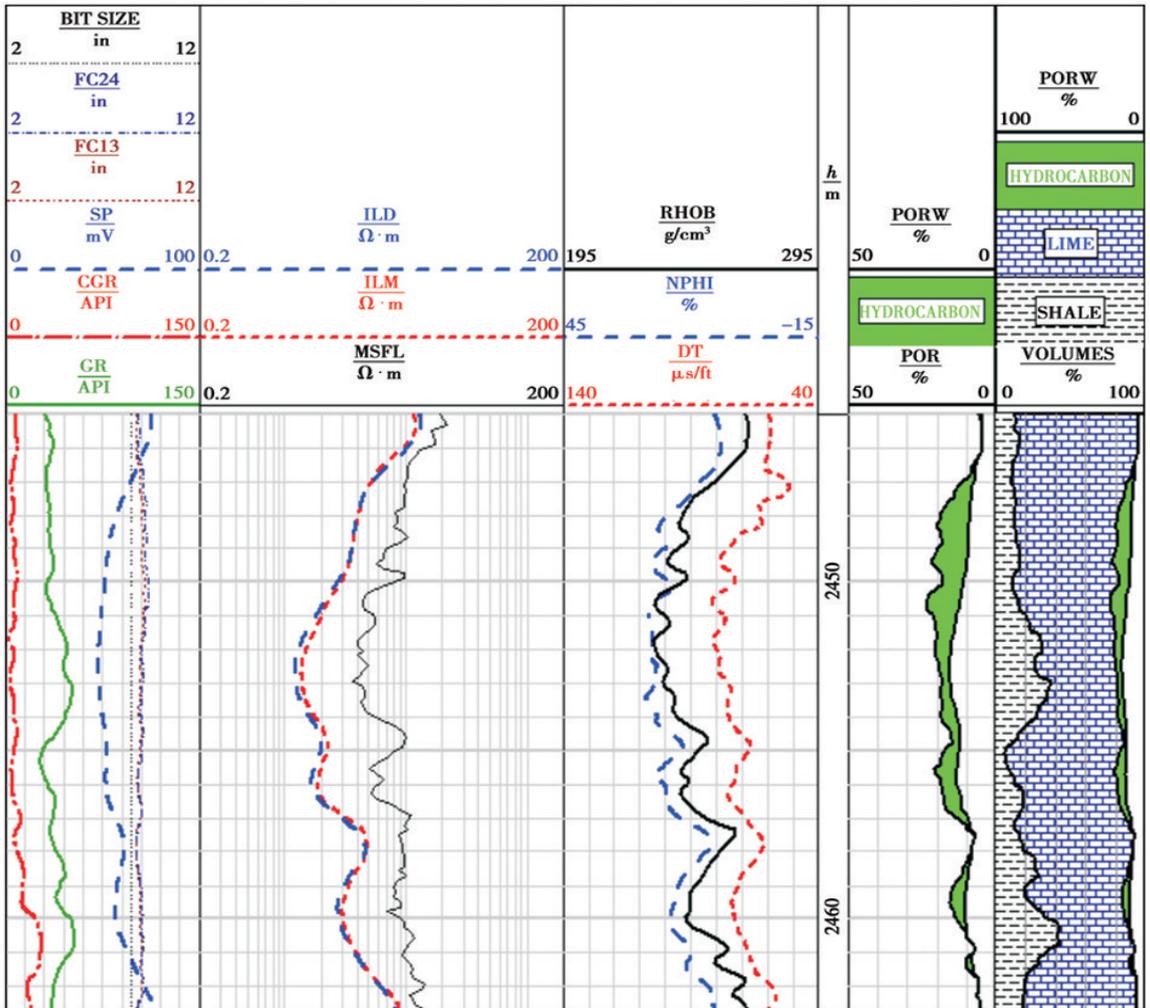
钍不溶于水,以悬浮形式搬运。在 高能环境下钍的含量比低能环境下高;而铀和钾则正好相反,低

能环境下含量比高能环境下的含量高。另外,铀在还原环境下的含量比在氧化环境下的含量高。因此,钍与铀的比值(Th/U)主要反映地球化学相,氧化环境下 Th/U 值高,还原环境下 Th/U 值低。据经验统计,Th/U 值>7 时,主要为陆相泥岩和铝土矿,这是风化完全、有氧化和淋滤作用的陆相沉积;2 ≤ Th/U ≤ 7 时,一般为海相沉积环境,岩性为灰色和绿色泥岩夹杂砂岩;Th/U < 2 时,为海相沉积,岩性为黑色海相泥岩、石灰岩及磷酸盐岩^[3,5-7]。

2 灰岩储层应用实例分析

2.1 计算泥质含量

A 井是中东 T 油田的一口开发井,该井 2 450~2 455 m 井段从钻井、录井及岩芯资料综合分析,岩性为灰岩,录井气测具有油气显示。该段用自然伽



BIT SIZE 为钻头尺寸;FC13 为四臂井径 x 方向井径曲线平均值;FC24 为四臂井径 y 方向井径曲线平均值;SP 为自然位曲线;CGR 为无轴伽马曲线;GR 为自然伽马曲线;ILD 为深感应曲线;ILM 为中感应曲线;MSFL 为微球形聚焦曲线;RHOB 为体积密度;NPHI 为补偿中子曲线;DT 为补偿声波时差曲线;PORW 为地层含水孔隙度;POR 有效孔隙度;HYDROCARBON 为地层含烃体积;LIME 为灰岩体积;SHALE 为泥质含量;VOLUMES 为骨架、泥质及孔隙的体积分布。图 2 同

图 1 A 井由自然伽马计算的泥质含量

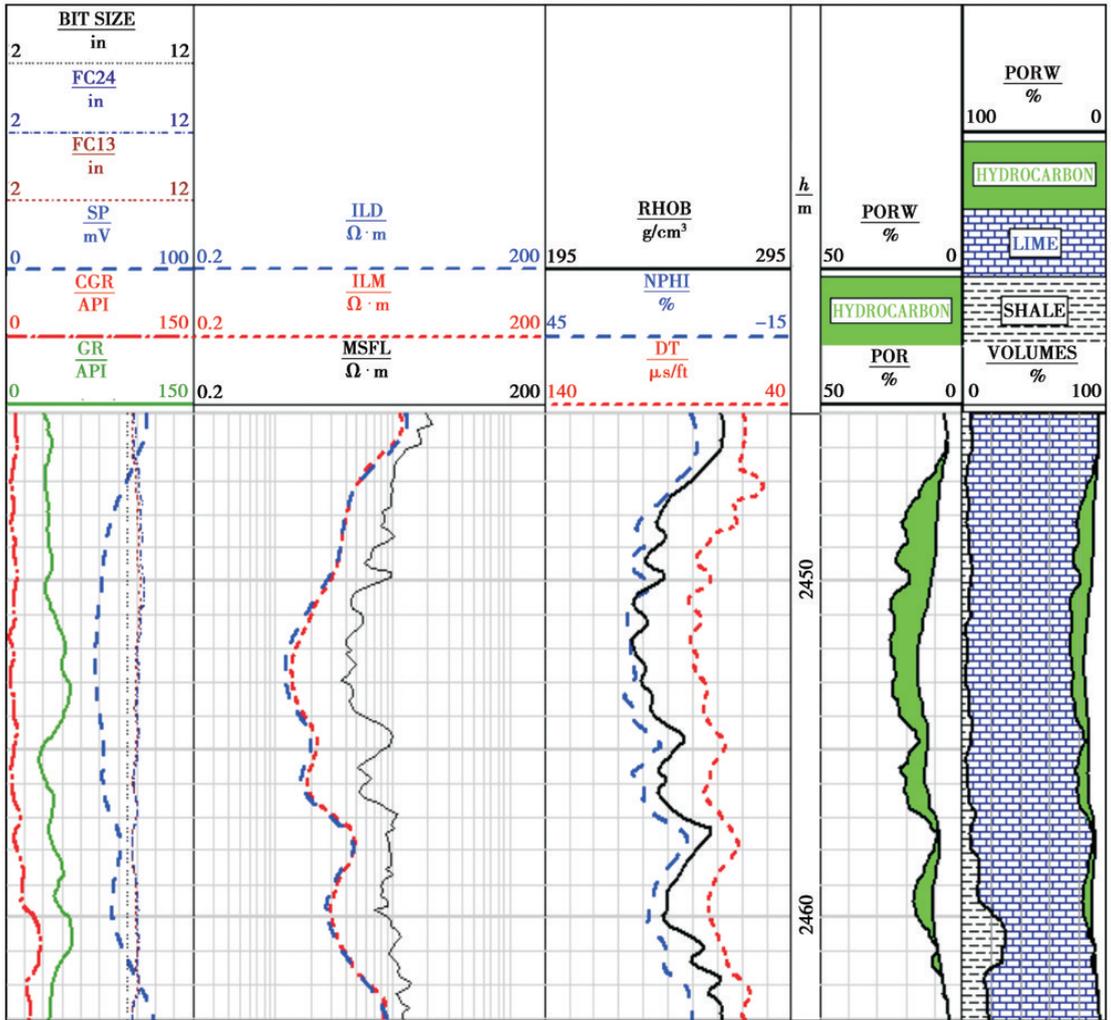


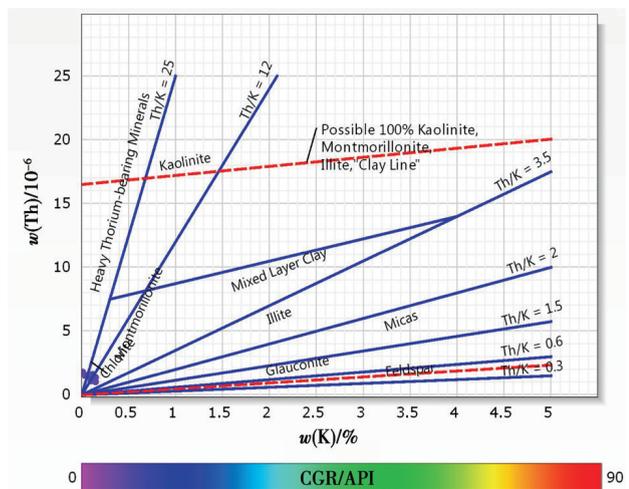
图2 A井由无轴自然伽马计算的泥质含量

马测井值计算的泥质含量较高,表现为泥灰岩特征(图1)。但无轴伽马值较低,且用无轴伽马值计算泥质含量较低,岩性表现为灰岩特征(图2),与岩芯薄片资料一致,且在数值上保持了一致,从而为油田后续开发提供了科学合理的储层参数。

2.2 主要含油储层黏土类型确定

对于中东 T 油田的主力油层,通过 Th-K 交会图可识别黏土类型。Khasib 油层的黏土类型主要以蒙脱石和伊利石为主(图3); Mishrif 油层的黏土类型主要以蒙脱石和伊利石为主,含有少量的云母矿物(图4); Rumaila 油层主要以蒙脱石和高岭石为主,含有少量的重钍矿(图5); Mauddud 油层主要以伊利石、云母矿物和海绿石为主,含有少量的蒙脱石(图6)。

由于 Khasib、Mishrif、Rumaila 三个油层泥灰岩段的黏土类型主要为蒙脱石和伊利石,蒙脱石在钻井过程中遇水膨胀,易造成井眼严重垮塌,使受井眼影响较大的测井曲线出现失真现象^[8-9],从而影响油水层的判别及储层参数的求取。



Heavy Thorium-bearing Minerals 为含钍重矿物; Kaolinite 为高岭石; Chlorite Montmorillonite 为含绿泥石的蒙脱石; Possible 100% Kaolinite, Montmorillonite, Illite, “Clay Line” 为可能 100% 含高岭石、蒙脱石、伊利石的纯黏土线; Mixed Layer Clay 为混合层的黏土; Illite 为伊利石; Micas 为云母; Glauconite 为海绿石; Felspar 为长石。图4~图6同

图3 Khasib 油层黏土类型分布

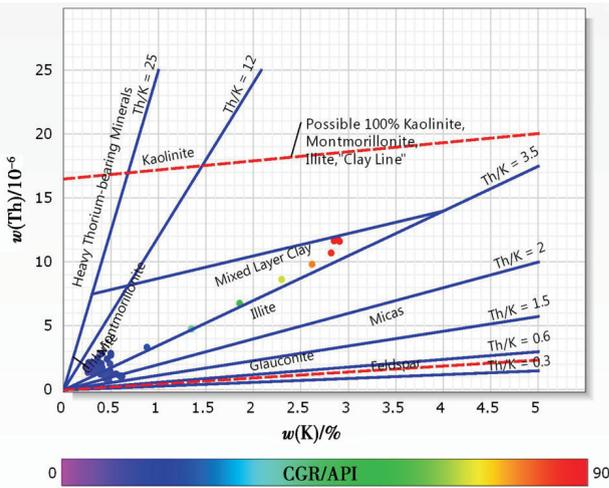


图 4 Mishrif 油层黏土类型分布

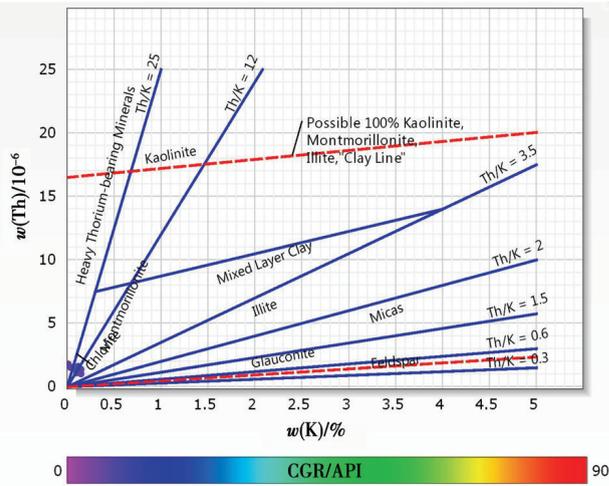


图 5 Rumaila 油层黏土类型分布

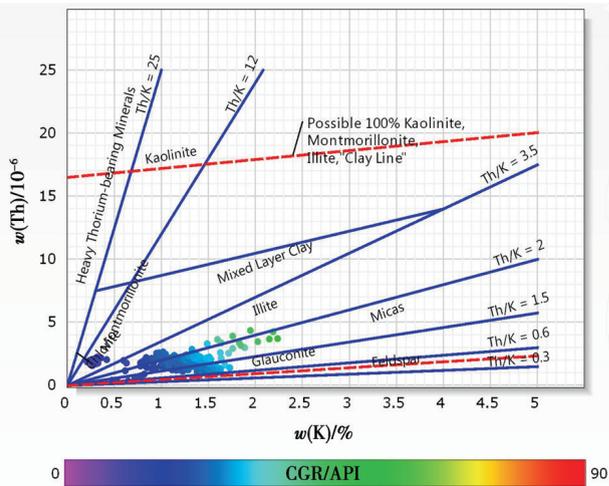


图 6 Mauddud 油层黏土类型分布

2.3 分析储层的沉积环境

从四个主力油层钍与铀比值的直方图(图 7)分析可知, Th/U 值大部分都小于 2, 该比值表明沉积环境以低能海相还原环境为主。再结合岩芯资料和录井资料综合分析, 主力含油储层为海相沉积, 岩性

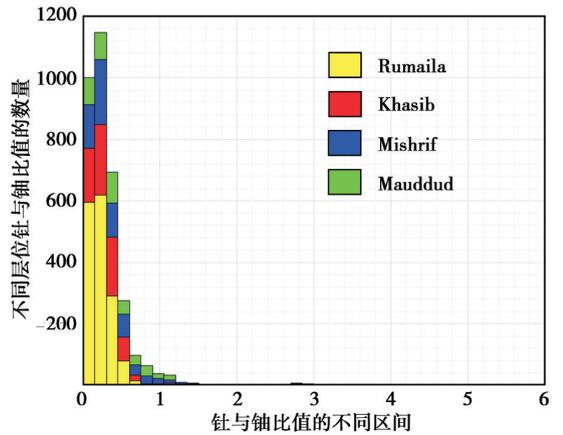


图 7 中东 T 油田四个油层钍与铀比值直方图
为大套的灰岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩夹白云岩。

3 结论

自然伽马能谱资料的应用为中东 T 油田后续的开发方案提供了科学合理的依据。笔者通过在该油田 Khasib、Mishrif、Rumaila 和 Mauddud 四个主力产油层的实际应用, 主要得到了以下几点认识。

(1) 合理的计算了泥质含量, 使泥质含量在数值上与岩心分析资料保持了一致, 消除了高放射物质的影响。

(2) 对中东 T 油四个主力产油层的黏土类型进行了识别, Khasib、Mishrif、Rumaila 三个油层的黏土类型主要为蒙脱石和伊利石, Mauddud 油层主要为伊利石、云母矿物和海绿石。

(3) 确定了中东 T 油田主力含油储层为低能海相还原沉积环境, 岩性为大套的灰岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩夹白云岩。

参考文献:

- [1] 刘峰, 李军, 廖定云. 自然伽马能谱测井在吐哈盆地盖层评价中的应用[J]. 测井技术, 2003, 27(3): 238-241.
- [2] 邢舟, 王军, 王志强, 等. 自然伽马能谱测井在碳酸盐岩储层的地质应用[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(6): 743-745.
- [3] 司马立强, 疏社志. 碳酸盐岩储层测井评价方法及应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009: 40-43.
- [4] 李凤琴, 秦菲莉, 陈汉林, 等. 自然伽马能谱资料在油田勘探中的应用[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(6): 874-876.
- [5] 黄隆基, 首祥云, 王瑞平. 自然伽马能谱测井原理及应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 176-195.
- [6] 李舟波. 地球物理测井数据处理与综合解释[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2003: 53-54.
- [7] 孙建孟, 李召成. 应用自然伽马能谱测井确定黏土矿物类型和含量[J]. 石油大学学报, 1999, 23(4): 29-32.
- [8] 石强. 利用自然伽马能谱测井定量计算黏土矿物成分方法初探[J]. 测井技术, 1998, 22(5): 349-352.

- [9] 董娉婷,杨飞,易浩,等.多参数岩性地震反演在盐岩地下储气库泥岩夹层分布中的应用[J].物探与化探,2013,37(2):318-322,327.
- [10] 陈冬,魏修成,季玉新.卡拉沙依组薄互层岩性识别技术[J].物探与化探,2010,34(3):320-323.
- [11] 冯宝华.火山沉积岩及其矿床研究中伽马测井曲线解释的误区[J].物探与化探,2008,32(2):171-174.
- [12] 梁齐端,赵世龙,丁忙生.自然伽马测井曲线的分形特征分析[J].物探与化探,2006,30(3):240-243.

The application of natural gamma spectrometry log to limestone reservoir in T oilfield of Middle East

DING Yong-Hao, REN Li

(Daqing Wireline Logging Company, Drilling and Exploration Engineering Company, Daqing 163412, China)

Abstract: The main reservoir can be affected by high radioactivity minerals in the T oil field of Middle East; as a result, shale content cannot be calculated exactly by natural gamma log data. In addition, it is difficult to confirm clay types of each main oil-bearing reservoir because of insufficient core analysis data. To tackle these problems, the authors used the close relationships between clay minerals and uranium, thorium, potassium from natural gamma ray spectrometry log to reasonably calculate argillaceous matter content by thorium and potassium content. According to the interpretation charts of Schlumberger, the clay types were defined by using Th-K cross-plots, and depositional environment was studied by making Th/U histogram, with satisfactory results achieved. The results obtained by the authors provide dependable reservoir evaluation data for late development of oil field.

Key words: Middle East; natural gamma spectrometry; argillaceous matter content; type of clay; depositional environment

作者简介: 丁永浩(1978-),男,工程师,主要从事测井资料处理与解释。E-mail: dyonghao@163.com。