

FMI 测井在临盘油田的应用

王爱丽 伍泰荣 纪 蕾 吴晓伟 戴 群

(胜利油田有限公司临盘采油厂)

摘 要

王爱丽, 伍泰荣, 纪 蕾等. FMI 测井在临盘油田的应用. 测井技术, 2003, 27(增刊): 29~32

惠民凹陷火成岩广泛发育。对火成岩油藏认识不清, 对其研究无法取得根本性突破。通过引进斯伦贝谢公司微电阻率成像测井技术(FMI)在临盘油田商 741 井区的实际应用, 对该区火成岩体的成岩规律、构造、岩性、裂缝及储集性能等方面有了系统的认识和了解, 对该区的火成岩油藏进行合理开发利用做出了贡献。

关键词: 火成岩油藏 微电阻率成像测井 构造 岩相 孔隙裂缝 应用

ABSTRACT

Wang Aili, Wu Tairong, Ji Lei, *et al.*. Application of FMI Logging in Linpan Oilfield. WLT, 2003, 27(Suppl): 29-32

Volcanic rock is widely developed in Huimin depression, in which the volcanogenic reservoir is still fuzzy. Applications of FMI technology in Shang 741 area, Lingpan Oilfield, help us know the rock-forming regularity, structure, fracture and reservoir property, etc., thereby giving a guidance for reasonable development of this volcanogenic reservoir.

Subjects: volcanic rock reservoir FMI logging structure lithofacies pore fracture application

引 言

济阳拗陷火成岩广泛发育, 具有类型多、活动时期长、范围广的特点。但火成岩油藏的发现大都具有偶然性, 由于对火成岩成藏规律认识不清, 对其的研究并没有取得根本性突破。1996 年 12 月商 741 井在临邑凹陷东部沙三段辉绿岩中获日产 88 t 的高产工业油流, 在该区的勘探中对完钻新井引进了斯伦贝谢公司的微电阻率成像测井即 FMI 技术, 由于 FMI 电阻率成像在对待非均质地层构造、裂缝方面的独到之处, 使我们商 741 井区的火成岩体有了系统认识和了解, 可指导对该区的火成岩油藏进行合理开发利用。

FMI 测井原理

FMI 井壁微电阻率成像测井仪的 8 个极板上装有 192 个微电极, 每个微电极直径为 0.2 in*, 电极间距 0.1 in。测量时, 极板被推靠在井壁岩石上, 由地面仪器

控制向地层中发射电流, 每个电极所发射的电流强度随其贴靠的井壁岩石及井壁条件的不同而变化, 因此记录到的每个电极的电流强度及所施加的电压便反映了井壁四周的微电阻率变化。沿井壁每 0.1 in 采 1 次样便获得了全井段细微的电阻率变化。采样数据经过一系列校正处理, 如深度校正、速度校正、平衡等处理后就可形成电阻率图像, 既用一种渐变的色板或灰度代表电阻率的数值刻度, 将每个电极的每个采样点变成 1 个色元, 色彩的细微变化代表着岩性和物性的变化。FMI 图像的纵向和横向分辨率均为 0.2 in, 这足以辨别细砾岩的粒度和形状, 它是一个伪井壁图像, 可以反映井壁上细微的岩性、物性(如孔隙度)及井壁结构(如裂缝、井壁破损、井壁取心孔等)。另外, 在进行多井对比时, 同一颜色可能对应着不同的电阻率, 这是由于各井的微电阻率值变化范围不同造成的, 实际工作中尤其要注意这一特点。

* 非法定计量单位, 1 in=25.4 mm, 下同

成像测井的应用

成像测井应用在临盘油区主要包括以下3个方面，①构造特征分析。识别断层、不整合、牵引，确定地层产状、褶皱等；②岩性、岩相分析。识别砾石颗粒大小、结构、古水流方向、滑塌变形、沉积单元划分、砂体加厚等；③储层及裂缝分析。识别高角度裂缝、低角度裂缝、钻井诱导缝、节理、缝合线、融蚀缝、融蚀洞、气孔等。

1. 构造分析

从商74-6井FMI DIP 1:200图像拾取层理的倾向/倾向统计结果来看，1787~2050 m井段(见图1)地层的倾向基本一致，是以南西倾为主，层理的倾向变化较大，反映出它们基本是在同一个构造环境下的沉积产物。而层理倾向的变化与沉积作用有关，在2647~3076 m井段(见图2)，层系内有许多小断层，它们作用的结果是层理局部发生变化，但地层总体上为比较一致的南-南西倾，说明2647 m处有构造作用，而FMI图像及拾取的地层倾向/倾向结果都清楚地表明2647 m处为一个断层，其不仅造成了上下地层的倒转，而且造成了明显的拖拽褶皱。

段，地层层理非常杂乱，这与火山碎屑及角砾熔岩的杂乱堆积有关。在3318~3550 m井段，地层的层理表现为比较一致的西-南西倾，说明大规模的火山作用之后，该地区的沉积环境已发生很大的变化。

2. 岩性、岩相分析

根据地质资料及FMI图像所反映的岩性特征，在FMI测量井段内，商741块岩性主要由细粒沉积岩和火成岩(熔岩、角砾岩)组成。又据该区火成岩的产出特征，火成岩体主要有2种岩相类型，一种是沙一段时期岩浆喷出地表形成的火山碎屑岩相；另一种是沙三段时期，岩浆未喷出地表，顺层或穿层侵入在沉积岩中的侵入岩相。

商741块沙一段时期火山锥发育2个亚相，既火山口亚相及火山斜坡亚相。如商74-6井的1787~2050 m井段(见图1)岩性以厚层凝灰质砂岩为主，见蚀变的孔洞，属火山口亚相；而商74-12井的1976~2057.9 m的井段(见图3)岩性以泥质白云岩、凝灰岩为主，属火山斜坡亚相。

沙三中岩相分为中心亚相、过渡亚相、边缘亚相、蚀变亚相。商74-12井的2963.8~2985.4 m井段(见图4)，岩性以火山熔岩为主，多呈致密块状，裂缝较发育，有一定的层理结构，熔岩与上下沉积层多呈平行结构，

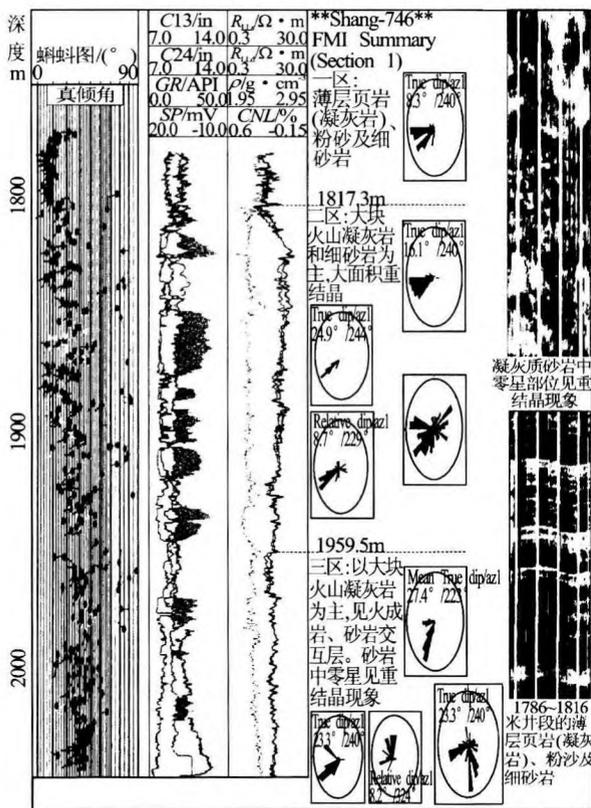


图1 商74-6井FMI DIP 1 787~2 050 m图像

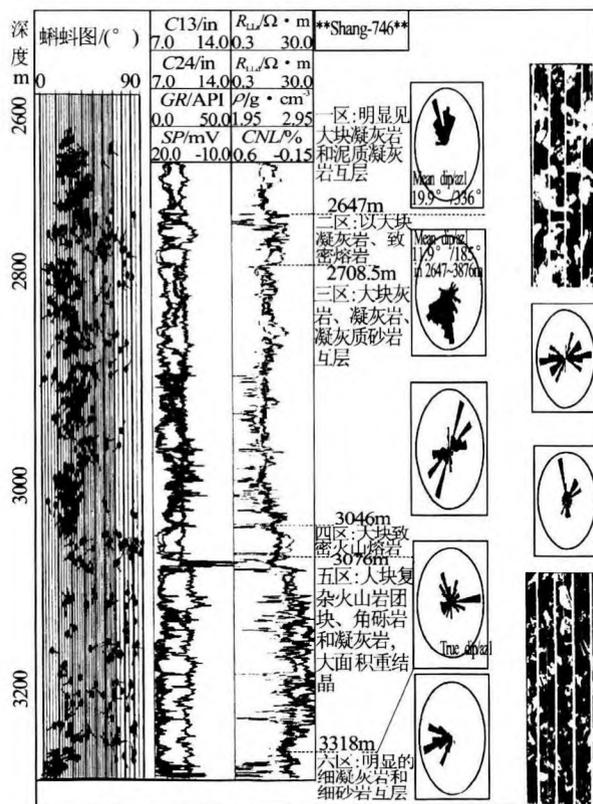


图2 商74-6井FMI DIP 2 647~3 076 m井段图像

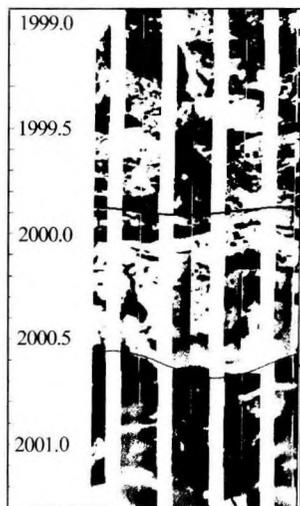


图 3 商 74-12 井 1 976~2 057.9 m 井段火山斜坡亚相特征

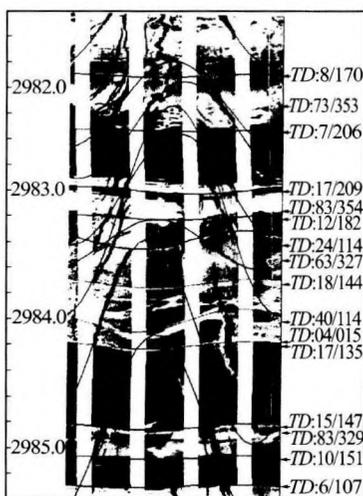


图 4 商 74-12 井 2 963.8~2 985.4 m 井段 FMI 图像

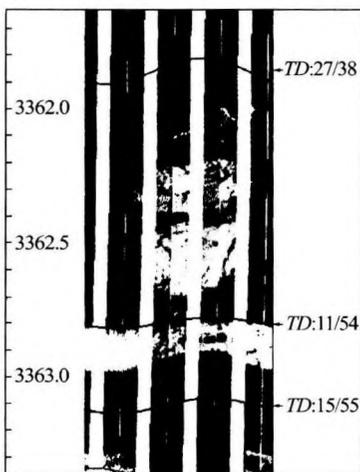


图 5 商 74-12 井 3 362.0~3 363.0 m 井段 FMI 图像

为中心亚相;3 362~3 363.0 m 处的侵入岩体(见图 5)没有见到明显切割沉积层理的现象,但见有插入沉积岩中的现象,造成上部地层的局部变形,是浅层侵入的辉绿岩,为过渡亚相。

3. 储层裂缝、孔洞分析

火成岩体是否存在储集空间和储集空间的发育程度是火成岩能否富集油气藏的关键所在,识别裂缝及孔洞对开发生产起到直接指导作用。对该区 11 口井在火成岩井段加测了成像测井,结合岩心观察、普通薄片观察以及扫描电镜,该地区火成岩的储集空间可以划分为以下几种类型。

(1) 原生孔隙

主要指原生气孔、火山角砾间孔等,其中原生气孔常呈孤立状,但由于构造裂隙或收缩裂缝常穿切气孔,从而使孤立的气孔间相互连通,使之成为有效的孔隙。如商 74-6 井的 1 826.5~1 838.8 m 井段(见图 1),发育大量原生孔隙。

(2) 溶解孔隙

指在成岩作用过程中由于介质条件的变化而使火成岩中某种组份遭受溶解而形成的孔隙。主要为火山碎屑砾间充填物和火山角砾内的气孔充填物和碳酸盐岩矿物、沸石类矿物等溶解而成。

(3) 裂缝

裂缝是火山岩油藏主要的储集空间。按裂缝的形成机理或产状可划分收缩缝和构造缝 2 种类型。收缩缝指熔浆在冷却过程中由于温度降低或者火成岩在成岩过程中组份脱水所形成的张性缝,常见的是近垂直方向分布,其倾角多在 80°以上,缝间近平行的节理缝,这种缝垂向延伸距离较长,在商 741 井区火成岩中这种缝常中止于围岩(即侵入岩体上下的变质泥岩),在岩心中多呈薄板状,其厚度一般为 1 cm 左右;其次是近水平方向延伸,其连续性较差,缝的宽度也较小,岩心中这种缝隙多被硅质充填,并且同前一种裂缝相比发育的规模小、数量少。

构造缝指由于构造应力作用所形成的一系列裂缝,常同区域构造应力作用有关。构造裂缝在火成岩储层中起到非常重要的作用,它本身不仅是火成岩储层重要的储集空间,而且又可连通气孔等孤立孔隙。该地区火成岩中构造裂缝按产状可以分出 2 种类型,其一是高角度倾斜缝,岩心中常呈帚状排列,向下收缩,向上呈向下弯曲的弧形撒开,但裂缝的基本倾向一致,如商 741 井区沙三段火成岩中的构造裂缝,据地层倾向测井解释结果和 FMI 成像测井解释,多为近东西向,与区域临邑断

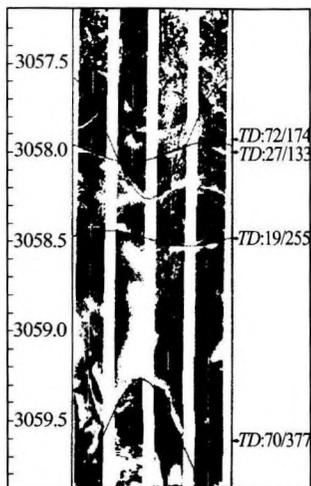


图6 商74-6井高阻闭合缝和高导开启缝FMI图像

裂的分支断层走向近于一致,倾角在65°以上,单个裂缝高度0.5~2.5 m,如商74-6井3 058 m处的高阻闭合缝和3 059.5 m处的高导开启缝(见图6)。其二是低角度开口缝,裂缝倾角一般小于60°,岩心中这种裂缝延伸距离一般较短,一般在0.3 m左右,并且多呈放射状分布,向上撒开,向下收敛。此外,这种放射状分布的低角度裂缝在与之接触的围岩中(即受到不同程度变质的泥岩)也有分布,其特点与火成岩中的这种裂缝相似,其成因与拱张力的作用有关。

应用效果

商741断块集科研与滚动勘探同步发展,通过测井

(上接第24页)

含油层Ng³、Ng⁶油水过渡带上新部署水平井6口,已完钻桩1-平8井等4口井,钻遇油层井段150~200 m,均投产,初期单井日产油28 t以上,含水较低,且水平井的含水上升速度远低于周围直井。在相同生产时间内,水平井产油量是直井的2.9倍。因此,该区块下一步规划水平井10口,整体开发,整体提高区块采油速度和采收率。

结 论

通过核磁共振测井与常规测井综合解释,可以准确地划分产层,识别油水层,定量评价出桩1区块剩余油分布规律,有效地指导了水平井开发,提高了区块采收

及其它新技术的推广应用,探明地质储量若干。以FMI测井资料做参考,合理选择射孔井段,共投产油井12口,单井初产平均日产油20 t以上,其中2口井获日产70 t以上的高产工业油流,该断块目前日产油水平85 t,累产原油12.7万t,体现了良好的经济效益。

结 论

1. FMI微电阻率成像测井直观反映地下储层结构、构造、裂缝、孔洞等地质信息,是常规测井所不能做到的,它对于火成岩特殊岩性储层更具有重要意义。
2. 商741断块滚动勘探的成功,对临盘油田展布面积近1 000 km²的100多个火成岩体的研究具有一定的借鉴意义。
3. 限于成本较高,在普通的砂泥储层中FMI测井技术不常用,随着科技的发展,成本的降低,这种精细测井方法必将在新的应用领域发挥其更大的作用。

参 考 文 献

[1] O. 塞拉. 测井资料地震解释. 北京:石油工业出版社, 1992

[2] 陈尚迪. 岩矿地质学基础. 地质出版社,1985

[3] 肖慈询等译. 测井地质学在油气勘探中的应用(译文集). 北京:石油工业出版社,1991

(收稿日期:2002-08-19 本文编辑 李总南)

率。

参 考 文 献

[1] 肖立志. 核磁共振成像测井与岩石核磁共振及其应用. 北京:科学出版社,1998

[2] 莫修文,李舟波. 核磁测井资料的解释方法与应用. 测井技术,1997,21(6):424~431

[3] 王光海,王端平,张凤军等. 用核磁共振方法确定储层参数. 测井技术,1997,21(6):393~396

[4] Akkurt R, Vinegar H J, Tutunjian P N, et al.. NMR Logging of Natural Gas Reservoirs. *The Log Analyst*, 1996, 37(6)

(收稿日期:2002-09-27 本文编辑 王 环)