

RMT 测井技术在水驱油藏中的应用

杜宝会, 陈永昌, 陈晓琼, 张贵荣, 曹连友

(中国石油集团测井有限公司 华北事业部, 河北 任丘 062552)

摘要: 将油藏监测技术(Reservoir Monitor Tool, RMT)应用于华北油田水驱油藏, 评价剩余油饱和度, 并为挖潜增效提供依据。该技术采用定性分析和定量计算的方法并结合其他测井资料, 对油井储层进行综合分析, 给出合理的解释结论。实际应用表明, RMT 测井采用碳氧比模式测量, 在识别流体性质、判断水淹层、确定剩余油饱和度、识别常规测井资料漏失的油气层方面非常有效。

关键词: RMT 测井; 水驱油藏; 剩余油饱和度; 储层评价; 应用

中图分类号: TE122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7512(2007)03-0171-07

Application of RMT Well Logging Technology in the Water Drive Reservoir

DU Bao-hui, CHEN Yong-chang, CHEN Xiao-qiong, ZHANG Gui-rong, CAO Lian-you
(Huabei Company, China Petroleum Logging LTD. Renqiu 062552, China)

Abstract: Reservoir Monitor Tool (RMT) logging technique is used in the water drive reservoir of Huabei Oilfield. The quantitative and qualitative ways are employed in this technique and other log data are referenced to analysis reservoir bed and offer a reasonable conclusion. The practical application shows that RMT logging technique is a very effective way in identifying the fluid nature, judging water flooded layer, calculating the remaining oil saturation when it works on the C/O mode.

Key words: RMT logging; water drive reservoir; oil remaining saturation; reservoir evaluation; application

华北油田多年来一直采用注水开发, 长期注水造成储层水淹日趋严重, 含油性等储层物性也发生了变化, 表现为许多老开发区块含水率不断上升, 原油产量大规模递减。为进一步挖潜改造, 提高原油产量, 必须对储层进行重新认识, 一方面了解高含水井水淹油层内的剩余油分布, 另一方面找回较薄的漏失油气层, 以便采取合理的增油挖潜措施。常规测井方法识别油水层的关

键参数是储层的电性特征, 对于识别淡水水淹, 目前还处在定性评价阶段, 不适合在老油区检测。相比之下, RMT 测井应用放射性测井原理, 能定性识别流体性质、定量计算剩余油饱和度, 评价水淹级别, 为调整开发方案提供重要的措施依据; 在仪器设计方面也有很多的优势。因此, 本工作拟将该技术应用于华北油田老开发区水驱油田, 并将检测数据用于油田的挖潜改造,

以提高原油产量。

1 RMT 测井仪的测井原理

RMT 测井仪的主要部件是脉冲中子发生器,它发射 14 MeV 快中子,中子与地层中某些核素反应产生非弹性散射伽马射线、俘获伽马射线及活化伽马射线。仪器采用一种交错式的操作模式对各种伽马射线进行测量,即 20 ms 的 10 kHz 中子脉冲测量和 5 ms 的本底测量交错进行,仪器共记录 256 道能谱,两个探测器可分别记录中子发射时的测量信号(用于分析非弹性能谱)、脉冲交互期间的测量信号(用于分析俘获能谱)及本底测量信号(用于分析活化和本底能谱),同时还提供一个中子俘获截面(Σ)测量值。

RMT 仪器有两种测量模式,相当于碳氧比(C/O)测井和中子寿命测井。在优化 C/O 模式下,可以获得 C/O、Ca/Si、地层俘获截面、多种元素产额、孔隙度指示及氧活化等信息。在俘获测量模式下,可得到高质量的俘获截面(Σ_{FM}),同时可以进行活化谱测量。

2 测井资料解释方法

2.1 优化处理

在对测井资料进行数字处理过程中,首先对测取的多条曲线求平均,并采用稳谱技术对谱信息进行校正,以消除仪器不稳定因素对测井曲线造成的影响;再对测井曲线进行环境校正,以消除井眼环境对测井曲线造成的影响。

2.2 定性分析

华北油田大部分区块为淡水水淹,故采用 C/O 模式测井。在测井资料解释过程中,将 C/O 和 Ca/Si 曲线在标准水层处重叠,依据储层处两曲线包络面积的大小定性分析储层是否含油。

2.3 定量计算

利用 RMT 测井解释软件,通过选择合理的解释参数,对测井资料进行优化处理,从而得到储层的剩余油饱和度。计算公式为:

$$S_o = [1.27(1.0 - 0.37\varphi)\Delta C/O] / [\varphi(\Delta C/O + 0.0178\rho_{hc})]$$

其中, $\Delta C/O = R_{C/O} - 0.2R_{Ca/Si} + 0.02\varphi - 0.185K$; S_o 为剩余油饱和度; φ 为地层孔隙度; ρ_{hc} 为区块油气密度; $R_{C/O}$ 、 $R_{Ca/Si}$ 分别为测量的 C/O、Ca/Si 值。

2.4 综合分析

结合本井裸眼井测井资料(包括电测曲线、

井壁取心、地质录井等)、产液情况、邻井开采或注水情况,进行综合分析,进一步确定储层的流体性质或评价水淹级别,为控水稳油措施提供合理化建议。

3 RMT 测井技术的应用

不同的解释结论在 RMT 测井图上的响应不同,由此可以判断油水层;根据储层的原始含油饱和度资料和 RMT 测得的剩余油饱和度综合分析,可以判断水淹层和水淹程度;也可以对储层的原始解释结论做合理的调整,对遗漏的储层重新解释,从而为补孔作业提供有利的依据。

3.1 能够识别油层、水层,为油田后期开发提供理论依据

油层在 RMT 测井解释成果图上的响应特征为:C/O 高,C/O 与 Si/Ca 曲线包络面积大,计算的剩余油饱和度为 50% 以上;在常规测井曲线图上的响应特征为储层岩性、物性、渗透性好,电性高。

L8 井在开采初期为油层,其常规测井曲线示于图 1a。图 1a 测井曲线显示出明显的水层特征。此井因高含水关井,为了在该井中寻找其他潜力层,采用 RMT 测井技术对其进行监测,结果示于图 1b。图 1b 显示该井 17 号层的 C/O 和 Ca/Si 曲线有较大的包络面积,定性分析为含油特征,计算得剩余油饱和度为 54%,达到油层标准,考虑感应电阻率低,综合解释油水同层,产液以油为主。建议射孔开采。开采后,试油证实该层为纯油层,日产油高达 41.6 t。

3.2 识别水淹层,为老井稳油控水提供作业依据

水淹层在常规测井图上显示为油层、差油层特征,在 RMT 测井解释成果图上的响应特征为:C/O 低,C/O 与 Ca/Si 比曲线包络面积小,计算的剩余油饱和度低于储层原始饱和度。

C34 井是一口多层合采井,含水率为 92%。其电测井曲线示于图 2a。图 2a 显示,该井 25 号层电阻率为高值,自然伽马曲线数值低,自然电位曲线异常幅度较大,原始解释结论为油层。为寻找潜力层,采用 RMT 测井技术对其进行监测,结果示于图 2b。图 2b 显示,C/O 和 Ca/Si 曲线基本无包络面积,定性分析为含水特征,计算得剩余油饱和度 < 10%,为水层特征,故该层综合解释为强水淹层。对该层封堵作业后,该井产液量下降,含水率下降到 36%。

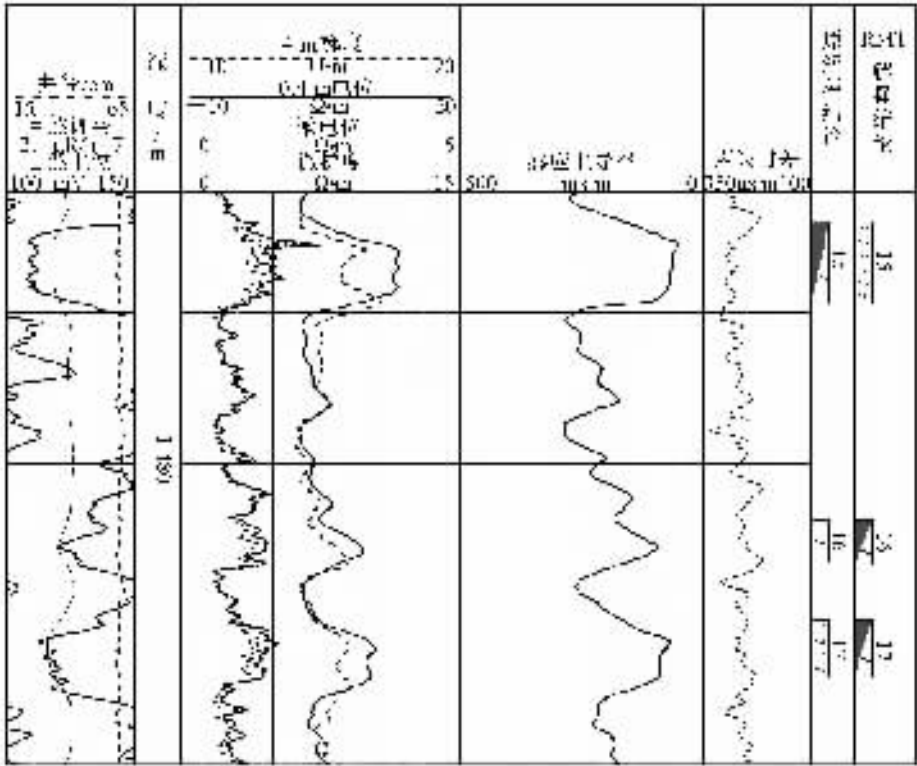


图 1a L8 井电测曲线图

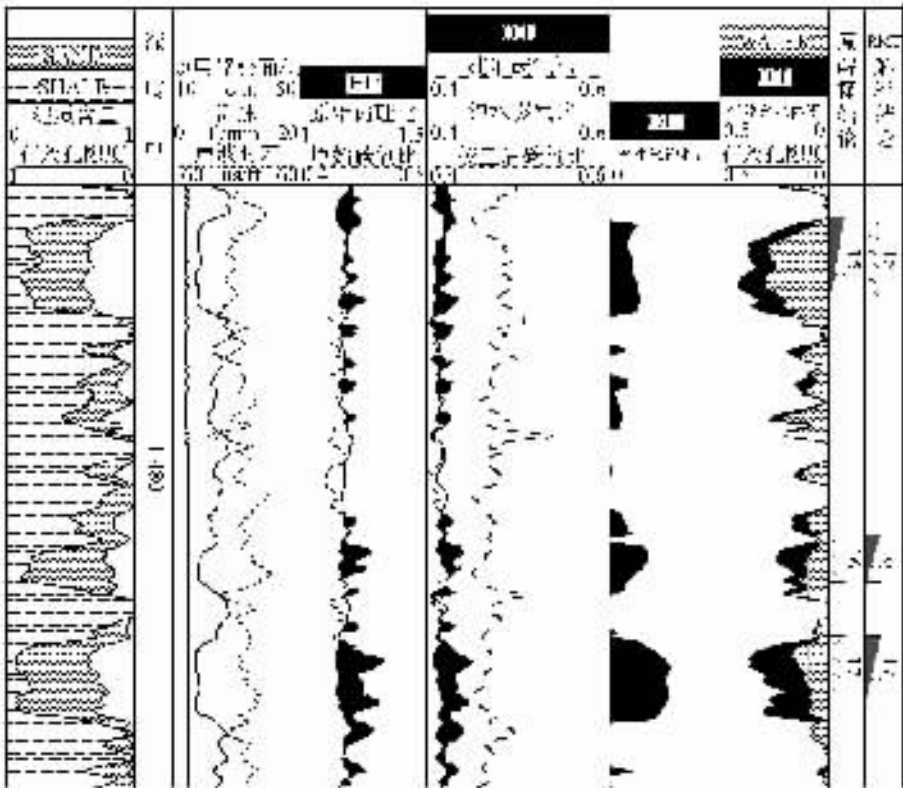


图 1b L8 井 RMT 曲线图

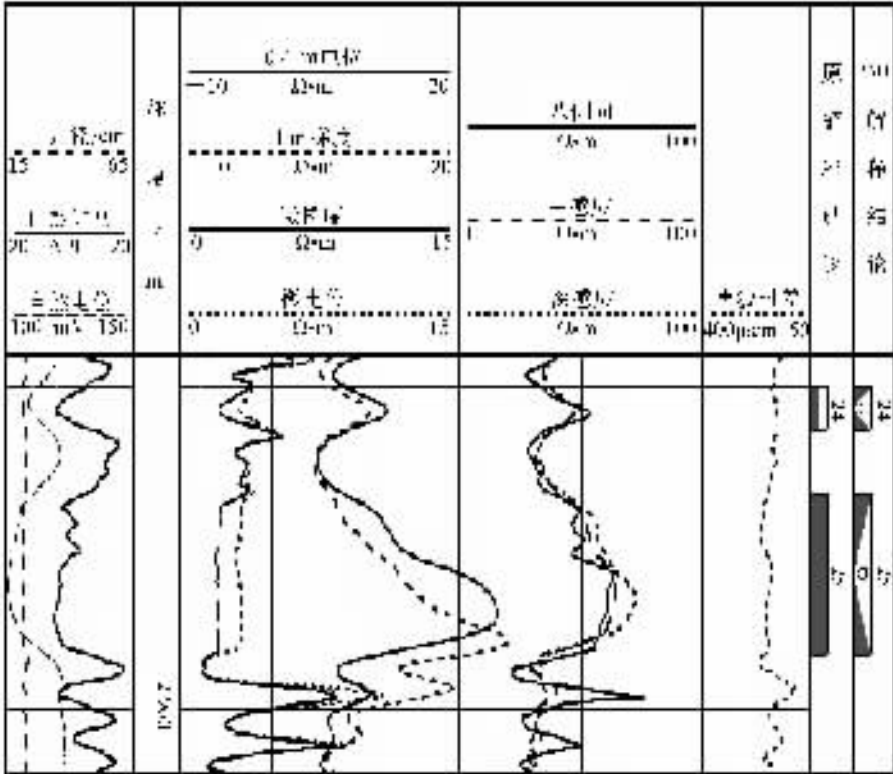


图 2a C34 井电测曲线图

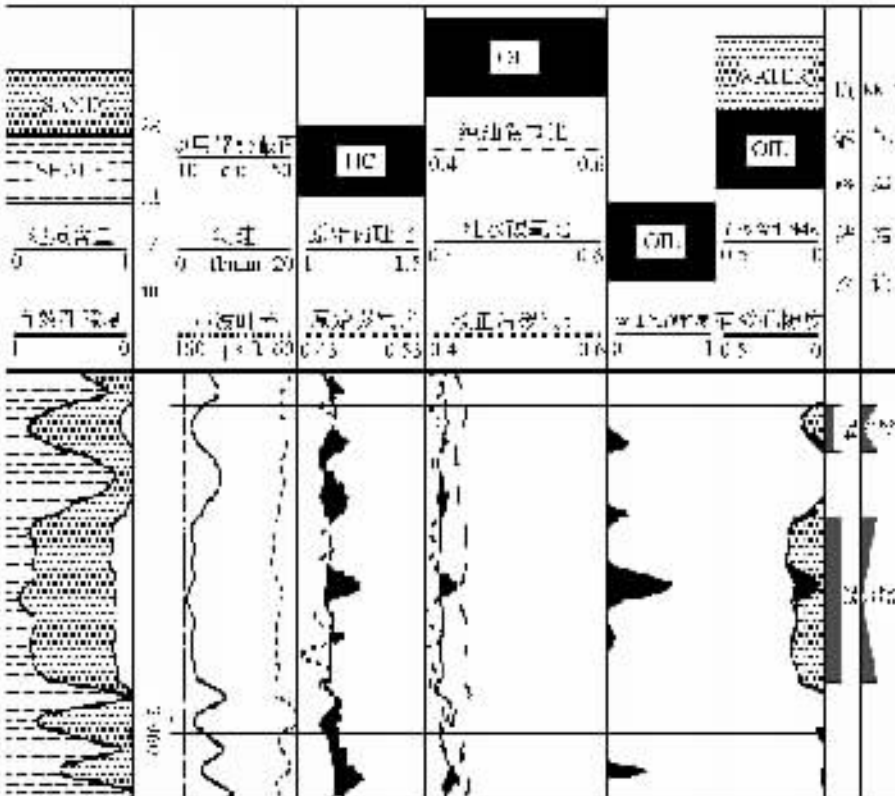


图 2b C34 井 RMT 曲线图

3.3 了解厚层内剩余油饱和度分布,判断水淹程度

层内水淹在 RMT 测井解释成果图上的响应特征为:C/O 及剩余油饱和度在层内变化大,纵向上分布不均匀,剩余油饱和度的高低反应不同的水淹程度,也反应储层的非均质性,而常规测井曲线反映不明显。

C112 井由于高含水于 2005 年 11 月 25 日进行了 RMT 测井,该井的常规测井曲线及 RMT 测井曲线分别示于图 3a 和图 3b。图 3a 显示,第 52 号层电阻率数值较高,岩性、物性好,解释为油层。图 3b 则显示,该层为明显层状水淹,中上部和中部, C/O 低, C/O 与 Si/Ca 曲线包络面积很小,计算的剩余油饱和度 < 20%, 为强水淹特征,中部和下部 C/O 较高, C/O 与 Si/Ca 曲线包络面积较大,计算的剩余油饱和度 > 60%, 为弱水淹特征;该层上部计算的剩余油饱和度约为 40%, 为中水淹特征, RMT 分别解释为强、中、弱水淹层。采油厂根据解释结论对该层进行封堵后,又对其中弱水淹层段进行射孔开采。采取这些措施后,产出油中含水率大幅度降低。

3.4 发现漏失的油层,为补孔开采提供依据

H101 井因产油量差而对其进行了 RMT 测

井。其电测井资料及 RMT 测井曲线分别示于图 4a 和图 4b。根据图 4a, 22、23 号层均解释为差油层。2 061.4~2 062.6 m 井段,从常规测井资料看,其岩性与 22 号层相当,物性、电性均比 22、23 号层差,故该段未做解释。由图 4 可以看出,该段 C/O 比 22、23 层高,重叠曲线的包络面积也比 22、23 层大,剩余油饱和度 > 60%, 孔隙度约为 17%, 为油层特征,故解释为油层。此后,采油厂对该段进行了补孔作业,产油量由原来的 3.5 t/d 提高到 4.2 t/d,含水率下降了 15%。

4 结束语

RMT 测井自 2004 年在华北油田开始应用,目前共测井 60 余井次,测量井段超过 20 000 m,解释储层数 1 400 余层,其中新发现的漏失油层有 24 层,共 32.6 m。采用 RMT 油井后,采油厂对 67 层进行作业,解释符合率为 89.3%。实际应用表明,该方法可以确定地层的剩余油饱和度;识别油水层、水淹层,确定水淹级别;可以发现常规测井漏掉的有价值的储层。可以预见, RMT 仪器在老井挖潜方面将具有非常好的应用前景。

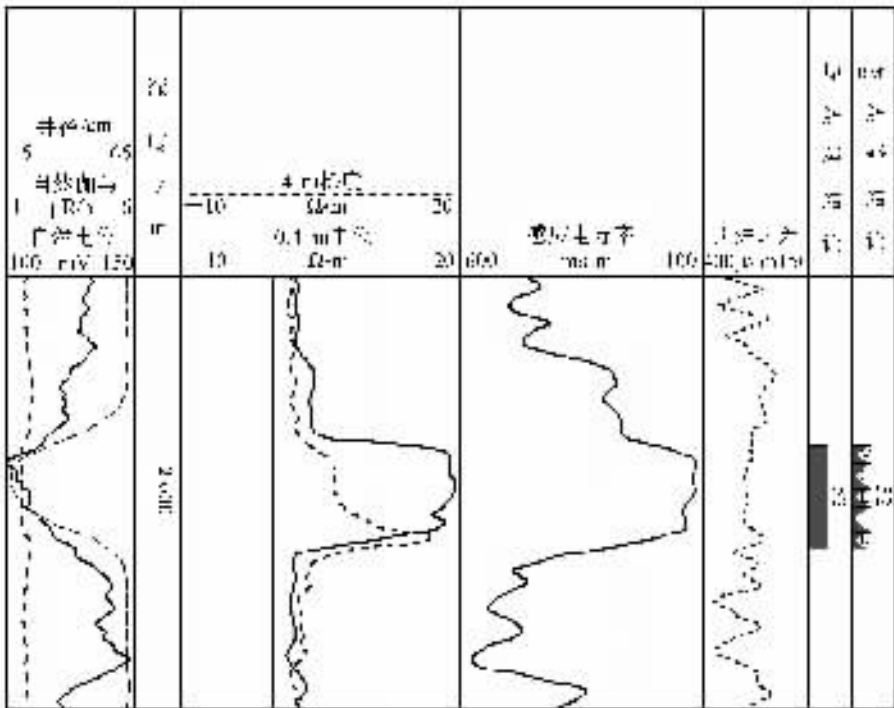


图 3a C112 井电测曲线图

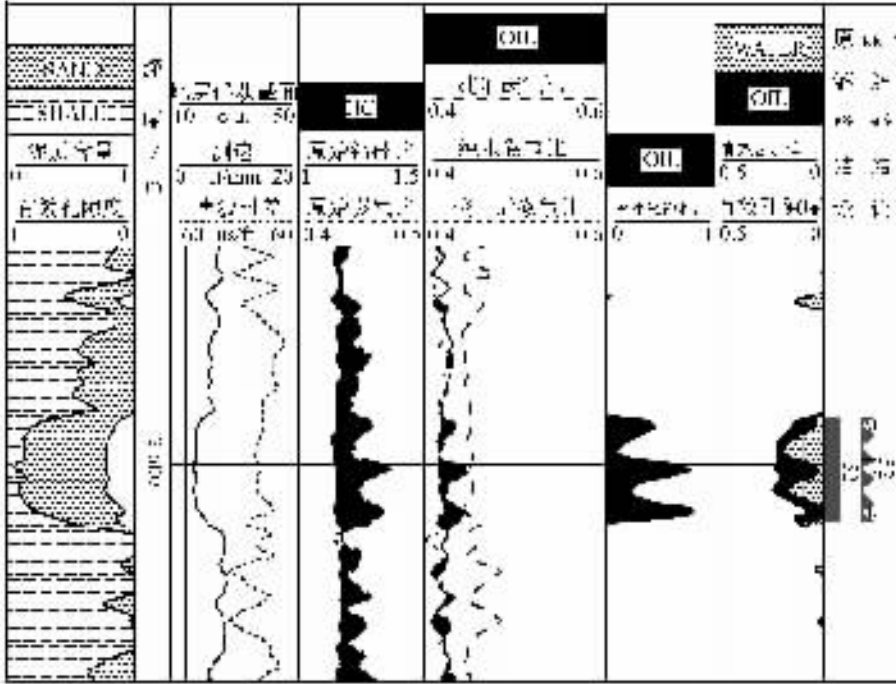


图 3b C112 井 RMT 曲线图

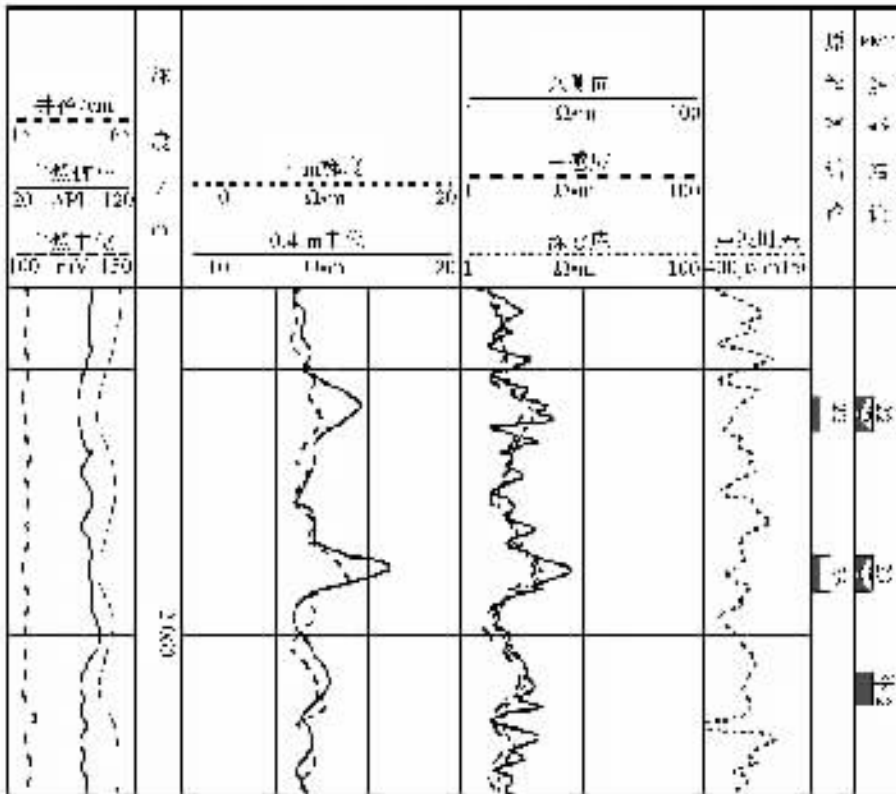


图 4a H101 井电测曲线图

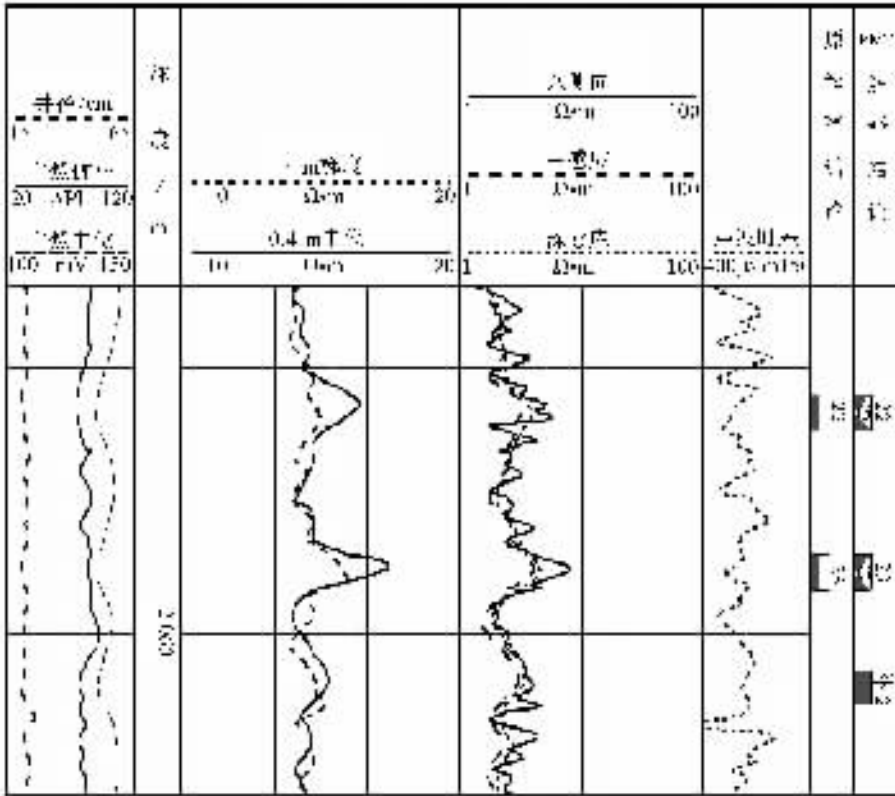


图 4b H101 井 RMT 曲线图

参考文献:

[1] 燕军, 刘堂晏. 水淹层岩石电性实验及解释方法研究[J]. 测井专刊, 1996, 5.

[2] 王向公, 黄文新. 华北油田晋 45 断块水淹层解释

方法研究[J]. 江汉石油学院学报, 1999, 21(4).

[3] 宋万超. 高含水期油田开发技术和方法[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 178-184.

专利简讯:

烟气排放连续监测方法及其系统

【公开日】2006. 12. 27 【分类号】G01N21/17 【公开号】CN1885008 【申请日】2006. 07. 04
 【申请号】200610052310. 3 【申请人】王健

本发明公开了一种烟气排放连续监测方法,具体步骤为:a. 管道内的烟气通过取样探头取样;b. 取样后的烟气送入加热装置内,烟气在加热装置内先经加热预处理,之后通入加热测量池内;c. 使用光谱分析技术测量出加热测量池内至少一种被测气体或常态下是非气态但在加热测量池内是气态的单质或化合物的浓度。本发明还公开了一种用于实施上述方法的烟气排放连续监测系统。本系统测量误差小、成本低、响应速度快、可拓展性好、易标定、可靠性高、监测方法简单方便。