



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113236237 B

(45) 授权公告日 2022.05.03

(21) 申请号 202110511151.3

CN 106021793 A, 2016.10.12

(22) 申请日 2021.05.11

CN 107315203 A, 2017.11.03

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108150161 A, 2018.06.12

申请公布号 CN 113236237 A

CN 108252709 A, 2018.07.06

(43) 申请公布日 2021.08.10

CN 109856674 A, 2019.06.07

(73) 专利权人 西南石油大学

US 10371857 B1, 2019.08.06

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道8号

CN 110318745 A, 2019.10.11

CN 111812736 A, 2020.10.23

CN 112083515 A, 2020.12.15

(72) 发明人 程超 李培彦 周亚东 张亮
高妍 叶榆 李杰 刘兴刚

沙文武. 杭锦旗地区二叠系含气性评价.《石油天然气学报(江汉石油学院学报)》.2005,第27卷(第5期),第704-706页.

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214

李小刚等. 大宁-吉县地区二叠系致密砂岩含气性评价.《云南化工》.2017,第44卷(第6期),第90-92页.

代理人 刘小彬

何胜林等. 常规测井评价复杂砂岩储层孔隙结构的方法与应用——以莺歌海盆地黄流组储层为例.《地球物理学进展》.2017,第32卷(第6期),第2642-2649页.

(51) Int. Cl.

E21B 49/00 (2006.01)

审查员 尹浚羽

(56) 对比文件

CN 103233728 A, 2013.08.07

CA 2867583 A1, 2015.04.15

CN 105370272 A, 2016.03.02

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

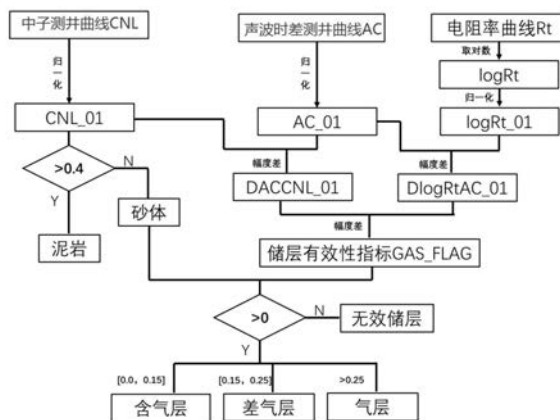
(54) 发明名称

一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,涉及气藏勘探领域,属于井筒地球物理测井评价技术,解决了现有技术中窄河道砂体发育但物性和含气性较差的无效储层以及高伽马有效储层的难以识别问题。本发明所述的基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法包括以下步骤:声波测井曲线归一化处理;中子测井曲线归一化处理;电阻率曲线取对数值后归一化处理;判断泥岩和砂体;计算声波、中子归一化后的幅度差曲线;计算声波、电阻率归一化后的幅度差曲线;计算砂体有效性评价指标。本发明在缺乏元素测井等特殊测井资料的情况下,利用常规测井曲线,以测井

曲线重叠法为基础,通过计算砂体有效性评价指标能快速直观的评价致密砂岩储层有效性,可为下一步该区勘探开发的各项工作提供有力技术支持和保障。



CN 113236237 B

1. 一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1. 声波时差测井曲线AC归一化处理,得到AC_01曲线;

步骤2. 中子测井曲线CNL归一化处理,得到CNL_01曲线;

步骤3. 对电阻率曲线Rt取对数值,得到logRt曲线;

步骤4. 对logRt曲线进行归一化处理,得到logRt_01曲线;

步骤5. 利用CNL_01曲线判断出砂体和泥岩;

步骤6. 计算CNL_01曲线和AC_01曲线的幅度差DACCNL_01;

步骤7. 计算logRt_01曲线和AC_01曲线的幅度差DlogRtAC_01;

步骤8. 计算储层有效性指标GAS_FLAG曲线,并利用该曲线对步骤5识别出的砂体进行储层有效性评价;

所述步骤6中的DACCNL_01曲线为步骤1计算得到的AC_01曲线与步骤2计算得到的CNL_01曲线的差值,即 $DACCNL_01 = AC_01 - CNL_01$;

所述步骤7中的DlogRtAC_01曲线为步骤3计算得到的logRt_01曲线与步骤1计算得到的AC_01曲线的差值,即 $DlogRtAC_01 = logRt_01 - AC_01$;

所述步骤8中的储层有效性指标GAS_FLAG曲线为步骤6计算得到的DACCNL_01曲线与步骤7计算得到的DlogRtAC_01曲线幅度差,即 $GAS_FLAG = DACCNL_01 - DlogRtAC_01$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其特征在于,所述步骤1中AC_01曲线的计算公式为:

$$AC_{01} = \frac{AC - AC_{min}}{AC_{max} - AC_{min}},$$

式中AC_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;AC为实测中子测井曲线,单位为 $\mu s/ft$; AC_{min} 为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\mu s/ft$; AC_{max} 为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\mu s/ft$ 。

3. 根据权利要求2所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其特征在于,所述步骤2中CNL_01曲线的计算公式为:

$$CNL_{01} = \frac{CNL - CNL_{min}}{CNL_{max} - CNL_{min}},$$

式中CNL_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;CNL为实测中子测井曲线,单位为%; CNL_{min} 为研究井段中子曲线最小值,单位为%; CNL_{max} 为研究井段中子曲线最大值,单位为%。

4. 根据权利要求3所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其特征在于,所述步骤3中logRt曲线为实测电阻率曲线的对数值,步骤4中logRt_01曲线的计算公式为:

$$logRt_{01} = \frac{logRt - logRt_{min}}{logRt_{max} - logRt_{min}},$$

式中logRt_01为实测电阻率测井曲线取对数后归一化后的曲线,无量纲;logRt为实测电阻率测井曲线的对数,单位为 $\Omega \cdot m$; $logRt_{min}$ 为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\Omega \cdot m$; $logRt_{max}$ 为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\Omega \cdot m$ 。

5. 根据权利要求4所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其

特征在于,所述步骤5中,利用步骤2中求取的CNL_01曲线判断砂体和泥岩;其中,CNL_01曲线 >0.4 时为泥岩,CNL_01曲线 ≤ 0.4 时为砂体。

6.根据权利要求1所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其特征在于,GAS_FLAG曲线小于等于0值的砂体为无效储层,GAS_FLAG大于0值的砂体为有效储层。

7.根据权利要求6所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,其特征在于,GAS_FLAG值为 $0.0\sim 0.15$ 时,砂体为含气层;

GAS_FLAG值大于 0.15 小于等于 0.25 时,砂体为差气层;

GAS_FLAG值大于 0.25 时,砂体为气层。

一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法

技术领域

[0001] 本发明属于井筒地球物理勘探领域,涉及测井资料地质评价技术,具体涉及一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法。

背景技术

[0002] 金华一中台山区块目前的钻采数据和地质研究成果表明侏罗系沙溪庙组气藏具有良好的勘探开发前景。四川盆地中部侏罗系沙溪庙组将是未来勘探开发的重点层系。四川盆地侏罗系沙溪庙组储层具有低孔隙度、低渗透率的特点,为典型的致密砂岩储层。随着区域钻采数据的增多和研究的不断深入,发现该区部分井段存在测井曲线指示砂体发育,但试油结果均证实为无效储层。测井曲线有含气性指示但物性较差,岩心物性分析数据证实孔隙度低于区域储层下限值,为致密无效储层。另外还发现存在一些井段具有高伽马测井响应特征,但钻井和录井均有良好油气显示,岩心分析物性也较好的储层,这类储层在缺少元素测井时易被错误解释为无效储层。因此该区沙溪庙组致密砂岩储层的有效性测井评价面临巨大挑战。

[0003] 地层含放射性成分、黏土类型的变化以及黏土颗粒吸附放射性有机分子、邻井注水时造成的放射性污染等都有可能造成储层显示高伽马值特征。因此,建立高伽马值储层的识别方法,进而进行含气性评价尤为重要。目前国内外针对高伽马储层测井评价已形成了以下相关技术,如张涛(2012)采用Pe-GR交会图法识别高伽马储层;程超(2008)采用元素测井资料和岩心分析资料识别高伽马储层;曲娟(2013)以常规测井为基础,首先分别计算出声波孔隙度、密度孔隙度和中子孔隙度曲线,再根据三条孔隙度的差值及比值法来评价高伽马储层。这些高伽马储层识别方法需要特殊测井资料或者需要经过比较复杂的测井处理,不利于现场工程师使用。发明专利(CN202010944199.9)公开了一种致密砂岩低阻储层挖掘效应的定量表征及含气性评价方法。该方法依据气测录井资料计算出地层中挖掘效应指数,实现了挖掘效应现象从定性描述到定量表征。发明专利(CN202010714325.1)公开了一种致密砂岩无水气藏含气性评价方法。该方法充分利用天然气在中子测井曲线上的挖掘效应以进行含气性指标参数的定量表征,通过分类评价有效的解决了现有技术致密砂岩无水气藏在缺乏地层水等资料的情况下难以准确评价储层含气性的技术问题。以上两种方法在金华一中台山区块均有良好的应用,但未对该区高伽马储层的适应性进行论证。发明专利(CN201510047950.4)公开了一种利用纵横波速度资料进行储层含气性分析的方法,该方法通过求取一系列岩石弹性力学参数来进行含气性评价,与张鹏等(2020)基于Xu-White模型提出的一种致密砂岩气层识别新方法一样,使用前提均需要获取地层纵横波资料。 $\Delta 1gR$ 技术是Exxon和Esso公司于1979年开发的一种烃源岩测井评价方法。该方法核心是将线性刻度的声波时差曲线与对数刻度的电阻率曲线重叠,确定富含有机质层段与重叠曲线间的对应关系。Passey(1990)等在此基础上提出了考虑烃源岩热变质指数(LOM)、不同成熟度条件下烃源岩的测井评价法,即 $\Delta 1gR$ 法,随后该方法在烃源岩评价领域有了广泛的应用(张小莉等,1998;张志伟等,2000)。李延钧等(2013)探索了用 $\Delta 1gR$ 法开展页岩气储层有机碳

含量评价的可行性,现已成为页岩储层TOC参数计算的重要方法之一。通过广泛调研,该方法目前还尚未应用到常规储层有效性的评价上。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于,提供一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,以AC、CNL、RT三条原始测井曲线为基础,经归一化后采用两两重叠计算其幅度差,无需经过复杂计算便能快速直观的评价致密砂岩储层有效性。实践证明该方法在金华秋林区块侏罗系致密砂岩储层的有效性评价中效果良好,方便现场工程师应用,不仅能有效解决致密无效储层和高伽马有效储层的识别难题,还能进行有效储层含气性评价。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0006] 本发明所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1. 声波时差测井曲线(AC)归一化处理,得到AC_01曲线;

[0008] 步骤2. 中子测井曲线(CNL)归一化处理,得到CNL_01曲线;

[0009] 步骤3. 对电阻率曲线(Rt)取对数值,得到logRt曲线;

[0010] 步骤4. 对logRt曲线进行归一化处理,得到logRt_01曲线;

[0011] 步骤5. 利用CNL_01曲线判断出砂体和泥岩;

[0012] 步骤6. 计算CNL_01曲线和AC_01曲线的幅度差DACCNL_01;

[0013] 步骤7. 计算logRt_01曲线和AC_01曲线的幅度差DlogRtAC_01;

[0014] 步骤8. 计算储层有效性指标GAS_FLAG曲线,并利用该曲线对步骤5识别出的砂体进行储层有效性评价。

[0015] 本发明的部分实施方案中,所述步骤1中AC_01曲线的计算公式为:

$$[0016] \quad AC_{01} = \frac{AC - AC_{min}}{AC_{max} - AC_{min}}$$

[0017] 式中AC_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;AC为实测中子测井曲线,单位为 $\mu\text{s}/\text{ft}$; AC_{min} 为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\mu\text{s}/\text{ft}$; AC_{max} 为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\mu\text{s}/\text{ft}$ 。

[0018] 本发明的部分实施方案中,所述步骤2中CNL_01曲线的计算公式为:

$$[0019] \quad CNL_{01} = \frac{CNL - CNL_{min}}{CNL_{max} - CNL_{min}}$$

[0020] 式中CNL_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;CNL为实测中子测井曲线,单位为%; CNL_{min} 为研究井段中子曲线最小值,单位为%; CNL_{max} 为研究井段中子曲线最大值,单位为%。

[0021] 本发明的部分实施方案中,所述步骤3中logRt曲线为实测电阻率曲线的对数值,步骤4中logRt_01曲线的计算公式为:

$$[0022] \quad \log R t_{01} = \frac{\log R t - \log R t_{min}}{\log R t_{max} - \log R t_{min}}$$

[0023] 式中logRt_01为实测电阻率测井曲线取对数后归一化后的曲线,无量纲;logRt为实测电阻率测井曲线的对数,单位为 $\Omega \cdot \text{m}$; $\log R t_{min}$ 为研究井段中子曲线最小值,单位为

$\Omega \cdot m$; $\log Rt_{\max}$ 为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\Omega \cdot m$ 。

[0024] 本发明的部分实施方案中,所述步骤5中,利用步骤2中求取的CNL_01曲线判断砂体和泥岩;其中,CNL_01曲线 ≥ 0.4 时为泥岩,CNL_01曲线 < 0.4 时为砂体。CNL为视石灰岩孔隙度曲线,表征的是地层中的含氢指数,理论上归一化后的CNL_01曲线越接近0,则岩石越致密,值越大含氢指数越高。由于泥岩的含氢指数高,因此高CNL_01值表征泥岩,低值则为砂体。纯泥岩的含氢指数理论值介于0.4~0.45,实践表明研究区砂体和泥岩的阈值取0.4应用效果良好。该方法能有效识别高自然伽马砂体,规避了在缺乏元素测井时利用自然伽马曲线无法划分高伽马储层的缺陷。

[0025] 本发明的部分实施方案中,所述步骤6中的DACCNL_01曲线为步骤1计算得到的AC_01曲线与步骤2计算得到的CNL_01曲线的差值,即 $DACCNL_01 = AC_01 - CNL_01$ 。DACCNL_01能有效表征砂岩的有效孔隙度,DACCNL_01值越小,有效孔隙度越小;DACCNL_01值越大,有效孔隙度越大。

[0026] 本发明的部分实施方案中,所述步骤7中的DlogRtAC_01曲线为步骤3计算得到的logRt_01曲线与步骤1计算得到的AC_01曲线的差值,即 $DlogRtAC_01 = logRt_01 - AC_01$ 。DlogRtAC_01能有效表征砂体的含气性,砂体DlogRtAC_01值越小含气性越好;砂体DlogRtAC_01值越大,含气性越差。

[0027] 本发明的部分实施方案中,步骤8中的所述的储层有效性指标GAS_FLAG曲线为步骤6计算得到的DACCNL_01曲线与步骤7计算得到的DlogRtAC_01曲线幅度差,即 $GAS_FLAG = DACCNL_01 - DlogRtAC_01$ 。

[0028] GAS_FLAG能较好的表征砂体的有效性,不仅能有效识别物性和含气性较差的无效储层,还可对有效储层进行含气性评价。由于DACCNL_01越大物性越好,DlogRtAC_01值越小含气性越好,所以两条曲线度在砂岩段重叠时,正幅度差越大储层有效性越好,负幅度差越大为无效储层;两条曲线近似重叠时,即DACCNL_01与DlogRtAC_01之差近似等于0时为储层有效性的分界。因此,在研究区GAS_FLAG曲线小于0值的砂体为无效储层,GAS_FLAG大于0值的砂体为有效储层,GAS_FLAG值越大,含气性越好。

[0029] 本发明的部分实施方案中,GAS_FLAG值为0.0~0.15时,砂体为含气层;

[0030] GAS_FLAG值大于0.15小于等于0.25时,砂体为差气层;

[0031] GAS_FLAG值大于0.25时,砂体为气层。

[0032] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0033] 本发明构思巧妙,设计科学,在缺乏元素测井等特殊测井资料的情况下,本发明创造性地基于常规测井曲线,以AC-CNL曲线重叠、AC-RT重叠为基础,通过计算曲线幅度差得到储层有效性评价指标,该指标能快速直观的评价致密砂岩储层有效性。实际应用效果表明本发明方法具有快速直观、准确性高的特点,能为下一步该区勘探开发的各项工作提供有力技术支持和保障。

附图说明

[0034] 图1是本发明技术流程图;

[0035] 图2是本发明四川盆地某井沙溪庙组致密砂岩储层有效性评价效果图。

具体实施方式

[0036] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图,对本发明进一步详细说明。显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作,因此其不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;当然的,还可以是机械连接,也可以是电连接;另外的,还可以是直接相连,也可以是通过中间媒介间接相连,或者可以是两个元件内说明书部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0037] 本发明所述的一种基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法,包括以下步骤:

[0038] 步骤1. 声波时差测井曲线(AC)归一化处理,得到AC_01曲线;

[0039] 步骤2. 中子测井曲线(CNL)归一化处理,得到CNL_01曲线;

[0040] 步骤3. 对电阻率曲线(Rt)取对数值,得到logRt曲线;

[0041] 步骤4. 对logRt曲线进行归一化处理,得到logRt_01曲线;

[0042] 步骤5. 利用CNL_01曲线判断出砂体和泥岩;

[0043] 步骤6. 计算CNL_01曲线和AC_01曲线的幅度差DACCNL_01;

[0044] 步骤7. 计算logRt_01曲线和AC_01曲线的幅度差DlogRtAC_01;

[0045] 步骤8. 计算储层有效性指标GAS_FLAG曲线,并利用该曲线对步骤5识别出的砂体进行储层有效性评价。

[0046] 所述声波时差测井曲线(AC)、中子测井曲线(CNL)、电阻率测井曲线(Rt)均指原始的测井曲线。

[0047] 所述步骤1中AC_01曲线的计算公式为:

$$[0048] \quad AC_{01} = \frac{AC - AC_{min}}{AC_{max} - AC_{min}}$$

[0049] 式中AC_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;AC为实测中子测井曲线,单位为 $\mu\text{s}/\text{ft}$; AC_{min} 为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\mu\text{s}/\text{ft}$; AC_{max} 为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\mu\text{s}/\text{ft}$ 。

[0050] 所述步骤2中CNL_01曲线的计算公式为:

$$[0051] \quad CNL_{01} = \frac{CNL - CNL_{min}}{CNL_{max} - CNL_{min}}$$

[0052] 式中CNL_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;CNL为实测中子测井曲线,单位为%; CNL_{min} 为研究井段中子曲线最小值,单位为%; CNL_{max} 为研究井段中子曲线最大值,单位为%。

[0053] 所述步骤3中logRt曲线为实测电阻率曲线(Rt)的对数值,步骤4中logRt_01曲线的计算公式为:

$$[0054] \quad \log R t_{01} = \frac{\log R t - \log R t_{\min}}{\log R t_{\max} - \log R t_{\min}}$$

[0055] 式中logRt_01为实测电阻率测井曲线取对数后归一化后的曲线,无量纲;logRt为实测电阻率测井曲线的对数,单位为 $\Omega \cdot m$;logRt_{min}为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\Omega \cdot m$;logRt_{max}为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\Omega \cdot m$ 。

[0056] 步骤5中,利用步骤2中求取的CNL_01曲线判断砂体和泥岩;其中,CNL_01曲线 ≥ 0.4 时为泥岩,CNL_01曲线 < 0.4 时为砂体。

[0057] 所述步骤6中的DACCNL_01曲线为步骤1计算得到的AC_01曲线与步骤2计算得到的CNL_01曲线的差值,即DACCNL_01=AC_01-CNl_01。

[0058] 所述步骤7中的DlogRtAC_01曲线为步骤3计算得到的logRt_01曲线与步骤1计算得到的AC_01曲线的差值,即DlogRtAC_01=logRt_01-AC_01。

[0059] 所述步骤8中的所述的储层有效性指标GAS_FLAG曲线为步骤6计算得到的DACCNL_01曲线与步骤7计算得到的DlogRtAC_01曲线幅度差,即GAS_FLAG=DACCNL_01-DlogRtAC_01。GAS_FLAG曲线小于0值的砂体为无效储层,GAS_FLAG大于0值的砂体为有效储层,GAS_FLAG值越大,含气性越好。GAS_FLAG值为0.0~0.15时,砂体为含气层;GAS_FLAG值大于0.15小于等于0.25时,砂体为差气层;GAS_FLAG值大于0.25时,砂体为气层。

[0060] 为了使本领域技术人员能够更好地理解本发明的技术方案,下面四川盆地某井为例对本发明进行详细描述:

[0061] (1) 声波测井曲线归一化处理,得到AC_01曲线:利用声波测井曲线数据,按公式(1)计算声波时差归一化曲线AC_01。

$$[0062] \quad AC_{01} = \frac{AC - AC_{\min}}{AC_{\max} - AC_{\min}} \quad (1)$$

[0063] 式中AC_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;AC为实测中子测井曲线,单位为 $\mu s/ft$;AC_{min}为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\mu s/ft$;AC_{max}为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\mu s/ft$ 。

[0064] (2) 中子测井曲线归一化处理,得到CNL_01曲线:利用中子测井曲线数据,按公式(2)计算声波时差归一化曲线CNL_01。

$$[0065] \quad CNL_{01} = \frac{CNL - CNL_{\min}}{CNL_{\max} - CNL_{\min}} \quad (2)$$

[0066] 式中CNL_01为中子测井曲线归一化后的曲线,无量纲;CNL为实测中子测井曲线,单位为%;CNL_{min}为研究井段中子曲线最小值,单位为%;CNL_{max}为研究井段中子曲线最大值,单位为%。

[0067] (3) 电阻率曲线取对数值,得到logRt曲线。

[0068] (4) 对logRt曲线进行归一化处理,得到logRt_01曲线。利用电阻率取对数后的logRt曲线,按公式(3)计算电阻率曲线取对数值后的归一化曲线logRt_01。

$$[0069] \quad \log R t_{01} = \frac{\log R t - \log R t_{\min}}{\log R t_{\max} - \log R t_{\min}} \quad (3)$$

[0070] 式中logRt_01为实测电阻率测井曲线取对数后归一化后的曲线,无量纲;logRt为

实测电阻率测井曲线的对数,单位为 $\Omega \cdot m$; $\log Rt_{\min}$ 为研究井段中子曲线最小值,单位为 $\Omega \cdot m$; $\log Rt_{\max}$ 为研究井段中子曲线最大值,单位为 $\Omega \cdot m$ 。

[0071] (5) 利用CNL_01曲线判断出砂体和泥岩。CNL为视石灰岩孔隙度曲线,表征的是地层中的含氢指数。理论上归一化后的CNL_01曲线越接近0,则岩石越致密,值越大含氢指数越高。由于泥岩的含氢指数高,因此高CNL_01值表征泥岩,低值则为砂体。研究区砂体和泥岩的阈值取0.4能很好的划分砂体和泥岩。CNL_01曲线 ≥ 0.4 时为泥岩,CNL_01曲线 < 0.4 时为砂体。该方法能有效识别高自然伽马砂体,规避了在缺乏元素测井时利用自然伽马曲线无法划分高伽马储层的缺陷。

[0072] (6) 计算CNL_01曲线和AC_01曲线的幅度差DACCNL_01。DACCNL_01曲线为步骤1计算得到的AC_01曲线与步骤2计算得到的CNL_01曲线的差值,即 $DACCNL_01 = AC_01 - CNL_01$ 。其值能有效表征砂岩的有效孔隙度,DACCNL_01值越小,有效孔隙度越小;DACCNL_01值越大,有效孔隙度越大。

[0073] (7) 计算 $\log Rt_{01}$ 曲线和AC_01曲线的幅度差DlogRtAC_01。DlogRtAC_01曲线为步骤4计算得到的 $\log Rt_{01}$ 曲线与步骤1计算得到的AC_01曲线的差值,即 $DlogRtAC_01 = \log Rt_{01} - AC_01$ 。其值能有效表征砂体的含气性,砂体DlogRtAC_01值越小含气性越好;砂体DlogRtAC_01值越大,含气性越差。

[0074] (8) 计算储层有效性指标GAS_FLAG曲线,并利用该曲线对步骤5识别出的砂体进行储层有效性评价。储层有效性指标GAS_FLAG曲线为步骤6计算得到的DACCNL_01曲线与步骤7计算得到的DlogRtAC_01曲线幅度差,即 $GAS_FLAG = DACCNL_01 - DlogRtAC_01$ 。该指标曲线能较好的表征砂体的有效性,不仅能有效识别物性和含气性较差的无效储层,还可对有效储层进行含气性评价。GAS_FLAG曲线小于0值的砂体为无效储层,大于0值的砂体为有效储层,且值越大,含气性越好,GAS_FLAG值为0.0~0.15时,砂体为含气层;GAS_FLAG值大于0.15小于等于0.25时,砂体为差气层;GAS_FLAG值大于0.25时,砂体为气层。

[0075] 结果如附图2所示,说明步骤8指示效果较好。

[0076] 实践结果表明本发明的基于常规测井曲线的致密砂岩储层有效性评价方法可以快速准确的评价储层的含气性。

[0077] 最后应说明的是:以上各实施例仅仅为本发明的较优实施例用以说明本发明的技术方案,而非对其限制,当然更不是限制本发明的专利范围;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围;也就是说,但凡在本发明的主体设计思想和精神上作出的毫无实质意义的改动或润色,其所解决的技术问题仍然与本发明一致的,均应当包含在本发明的保护范围之内;另外,将本发明的技术方案直接或间接的运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围。

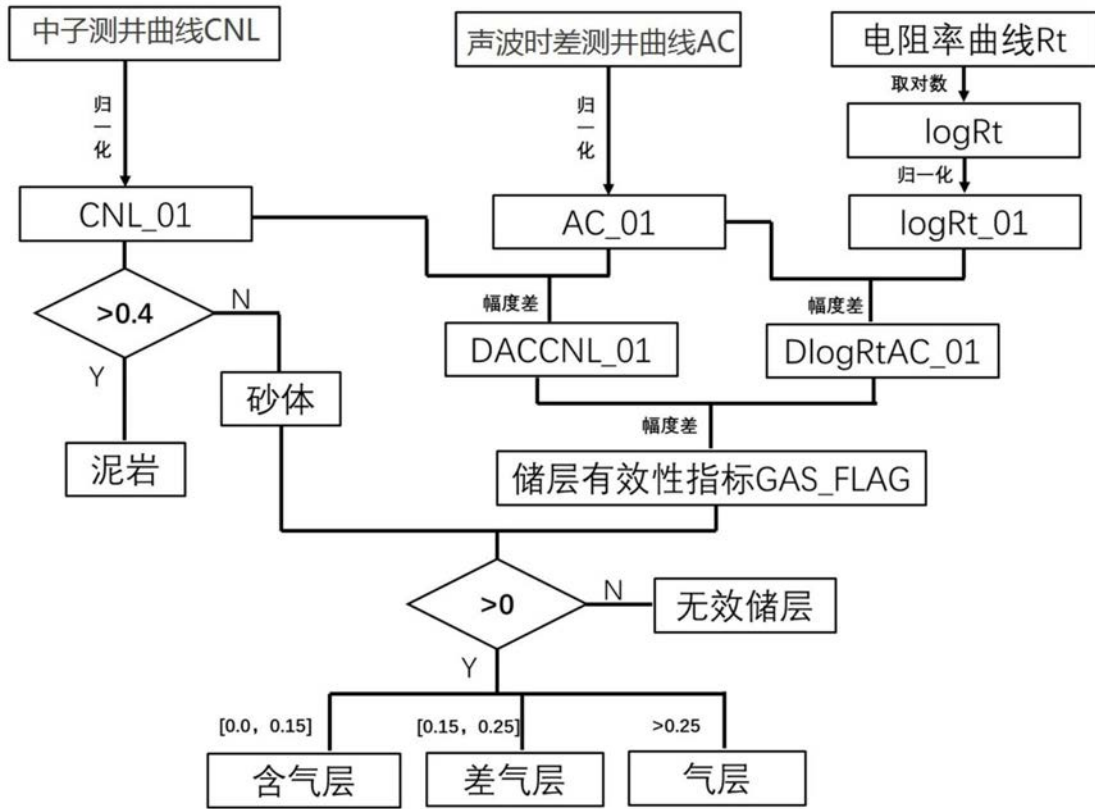


图1

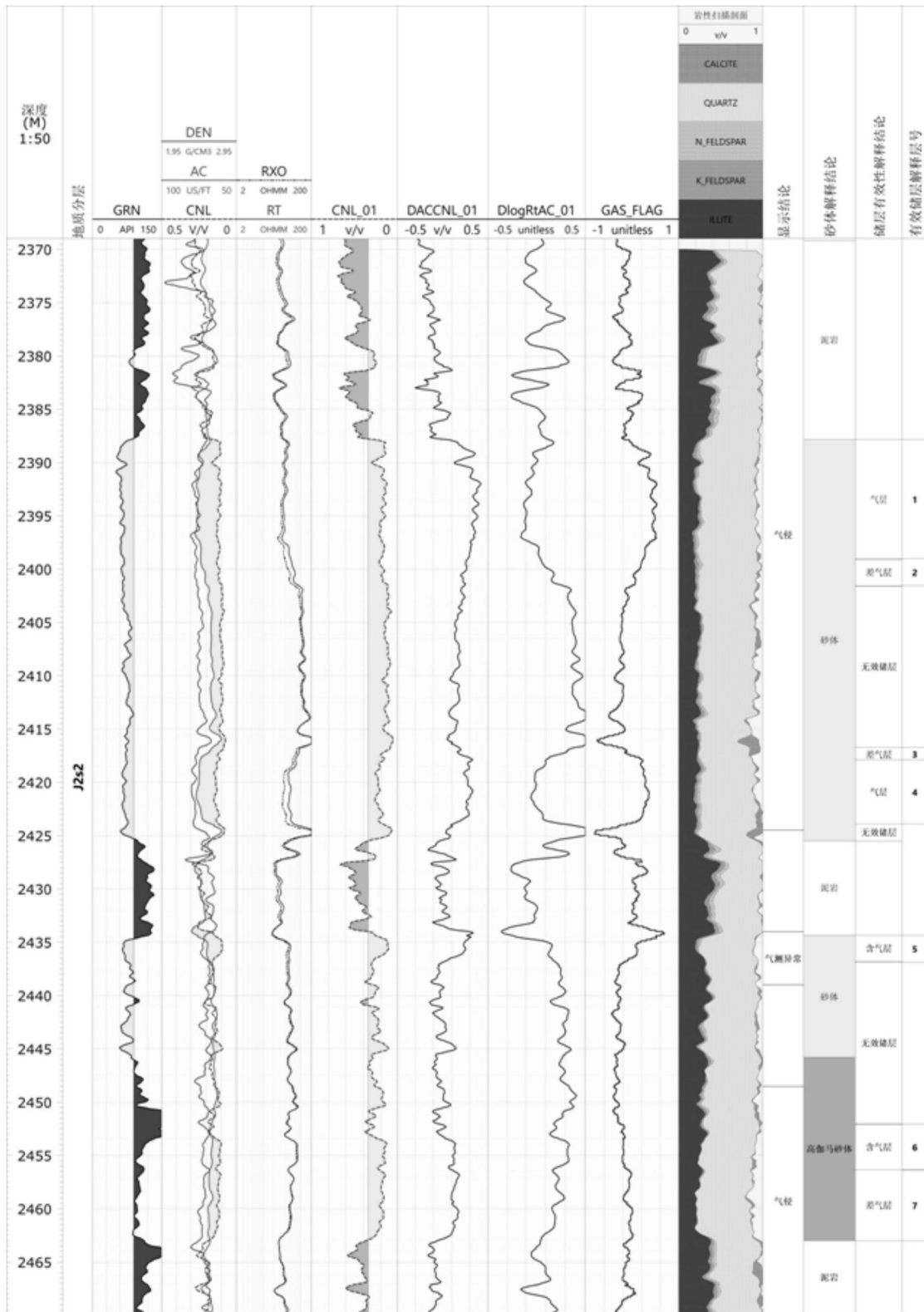


图2