



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113123779 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 18

(21) 申请号 202110366350.X

(22) 申请日 2021.04.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113123779 A

(43) 申请公布日 2021.07.16

(73) 专利权人 长江大学
地址 434023 湖北省荆州市南环路1号

(72) 发明人 张泉滢 邓瑞 陈冠达

(74) 专利代理机构 武汉智嘉联合知识产权代理
事务所(普通合伙) 42231
专利代理师 易贤卫

(51) Int.Cl.
E21B 47/11 (2012.01)
E21B 47/00 (2012.01)

(56) 对比文件

CN 109521487 A, 2019.03.26

US 4464930 A, 1984.08.14

CN 112034524 A, 2020.12.04

CN 104747179 A, 2015.07.01

US 4446369 A, 1984.05.01

US 5608215 A, 1997.03.04

Peter Westaway等.用于储集层分析的非弹性散射和俘获伽玛射线能谱仪.测井技术.1984, (第03期),第56-74页.

审查员 梅豆

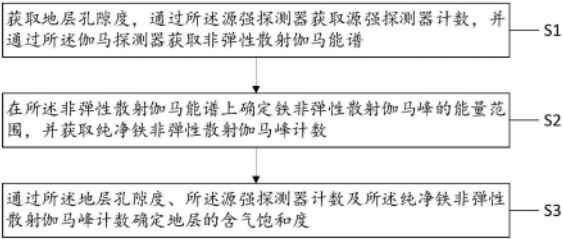
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置及方法,方法包括获取地层孔隙度,通过源强探测器获取源强探测器计数,并通过伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱;在非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数;通过地层孔隙度、源强探测器计数及纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的含气饱和度。本发明的有益效果是:采用基于铁非弹性散射伽马信息进行气层识别,即利用非弹性散射伽马能谱中的纯净铁非弹性散射伽马峰计数代替高能快中子信息进行气层识别,不仅保留了高能快中子受地层因素影响较小的优势,同时克服了总非弹性散射伽马信息受地层密度影响的缺点,具有更高的气层灵敏度。



1. 一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征在于,该方法对应的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置包括开槽钻铤、可控中子源、源强探测器及伽马探测器,所述可控中子源、所述源强探测器及所述伽马探测器均固定于所述开槽钻铤上,所述源强探测器位于所述可控中子源与所述伽马探测器之间且用于获取所述可控中子源释放的高能中子通量,所述源强探测器被由钨镍铁材料制成的壳体所包裹,所述伽马探测器用于获取非弹性散射伽马能谱中的铁非弹性散射伽马信息,以进行气层识别;

所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法包括:

获取地层孔隙度,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱;

在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数;

通过所述地层孔隙度、所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的含气饱和度;

其中,通过所述地层孔隙度、所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的含气饱和度,具体包括:

获取 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值;

根据所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} ;

根据获取到的 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系、地层孔隙度及地层的 R_{Fe} ,确定地层的含气饱和度。

2. 根据权利要求1所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征在于,所述伽马探测器与所述可控中子源之间的距离为70cm。

3. 根据权利要求1所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征在于,获取地层孔隙度,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱,具体包括:

将所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置下入到实际地层的钻孔的一预设位置;

通过所述可控中子源持续释放中子,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱;

获取所述钻孔在所述预设位置处的孔隙度。

4. 根据权利要求1所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征在于,在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数,具体包括:

在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,得到所述铁非弹性散射伽马峰的起点和终点;

将所述铁非弹性散射伽马峰的起点和终点进行连线,确定一条分界线方程;

获取所述铁非弹性散射伽马峰位于所述分界线上方的面积,作为纯净铁非弹性散射伽马峰计数。

5. 根据权利要求4所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征不在于,在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围的具体方法是:

在所述非弹性散射伽马能谱上选取能量峰值为0.84MeV的非弹性散射伽马峰,作为铁非弹性散射伽马峰,并确定其能量范围。

6. 根据权利要求1所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征不在于,获取 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值,具体包括:

将所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置下入到刻度井内,所述刻度井的不同位置处的孔隙度及含气饱和度均为已知;

获取刻度井内不同位置处的孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} ,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值;

建立孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的刻度关系。

7. 根据权利要求6所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征不在于,获取刻度井内不同位置处的孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的步骤中,获取刻度井内不同位置处的 R_{Fe} 的具体方法包括:

通过所述可控中子源持续释放中子,通过所述源强探测器获取刻度井内不同位置处的源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取刻度井内不同位置处的非弹性散射伽马能谱;

在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数;

根据所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} 。

8. 根据权利要求6所述的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,其特征不在于,建立孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的刻度关系,具体为:

获取不同孔隙度及不同含气饱和度条件下的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} ,建立表达 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度 S_g 的关系的图版。

一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测井技术领域,尤其是涉及一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置及方法。

背景技术

[0002] 随着石油勘探开发的不断深入,脉冲中子测井技术在随钻气层识别和划分方面发挥着越来越重要作用;基于天然气和油水等孔隙流体在中子减速和俘获能力方面的巨大差异,可以利用中子寿命测井、中子孔隙度测井以及中子俘获测井等方法进行气层识别,但由于热中子和俘获伽马射线在地层输运过程较为复杂,气层识别结果容易受地层泥质含量和地层水矿化度等因素影响。

[0003] 高能快中子在地层输运过程简单,受地层环境因素影响较小,对气层识别更有利,但由于衰减快和探测效率低,很难满足测井需要;因此,通常采用与高能快中子分布相关的总非弹性散射伽马信息进行气层识别,但是容易受到地层密度衰减的影响。

发明内容

[0004] 有鉴于此,有必要提供一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置及方法,用以解决采用总非弹性散射伽马信息进行气层识别容易受到地层密度衰减的影响的技术问题。

[0005] 为了实现上述目的,第一方面,本发明提供了一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置,包括开槽钻铤、可控中子源、源强探测器及伽马探测器,所述可控中子源、所述源强探测器及所述伽马探测器均固定于所述开槽钻铤上,所述源强探测器位于所述可控中子源与所述伽马探测器之间且用于获取所述可控中子源释放的高能中子通量,所述源强探测器被由钨镍铁材料制成的壳体所包裹,所述伽马探测器用于获取非弹性散射伽马能谱中的铁非弹性散射伽马信息,以进行气层识别。

[0006] 进一步地,所述伽马探测器与所述可控中子源之间的距离为70cm。

[0007] 第二方面,本发明还提供了一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,适用于所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置,且包括:获取地层孔隙度,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱;

[0008] 在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数;

[0009] 通过所述地层孔隙度、所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的含气饱和度。

[0010] 进一步地,获取地层孔隙度,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱,具体包括:

[0011] 将所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置下入到实际地层的钻孔的一预设位置;

[0012] 通过所述可控中子源持续释放中子,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱;

[0013] 获取所述钻孔在所述预设位置处的孔隙度。

[0014] 进一步地,在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数,具体包括:

[0015] 在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,得到所述铁非弹性散射伽马峰的起点和终点;

[0016] 将所述铁非弹性散射伽马峰的起点和终点进行连线,确定一条分界线方程;

[0017] 获取所述铁非弹性散射伽马峰位于所述分界线上方的面积,作为纯净铁非弹性散射伽马峰计数。

[0018] 进一步地,在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围的具体方法是:在所述非弹性散射伽马能谱上选取能量峰值为0.84MeV的非弹性散射伽马峰,作为铁非弹性散射伽马峰,并确定其能量范围。

[0019] 进一步地,通过所述地层孔隙度、所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的含气饱和度,具体包括:获取 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值;

[0020] 根据所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} ;

[0021] 根据获取到的 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系、地层孔隙度及地层的 R_{Fe} ,确定地层的含气饱和度。

[0022] 进一步地,获取 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值,具体包括:将所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置下入到刻度井内,所述刻度井的不同位置处的孔隙度及含气饱和度均为已知;获取刻度井内不同位置处的孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} ,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值;建立孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的刻度关系。

[0023] 进一步地,获取刻度井内不同位置处的孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的步骤中,获取刻度井内不同位置处的 R_{Fe} 的具体方法包括:通过所述可控中子源持续释放中子,通过所述源强探测器获取刻度井内不同位置处的源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取刻度井内不同位置处的非弹性散射伽马能谱;在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数;根据所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} 。

[0024] 进一步地,建立孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的刻度关系,具体为:获取不同孔隙度及不同含气饱和度条件下的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} ,建立表达 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度 S_g 的关系的图版。

[0025] 与现有技术相比,本发明提出的技术方案的有益效果是:通过采用基于铁非弹性散射伽马信息进行气层识别的技术方案,即利用非弹性散射伽马能谱中的纯净铁非弹性散射伽马峰计数代替高能快中子信息进行气层识别,不仅保留了高能快中子受地层因素影响较小的优势,同时也克服了总非弹性散射伽马信息受地层密度影响的缺点,具有更高的气

层灵敏度。

附图说明

[0026] 图1是本发明提供的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置的一实施例的结构示意图；

[0027] 图2是图1中剖面A-A的剖视图；

[0028] 图3是本发明提供的基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法的一实施例的流程示意图；

[0029] 图4是伽马探测器获取的非弹性散射伽马能谱；

[0030] 图5是图4中的非弹性散射伽马能谱中提取纯净铁非弹性散射伽马峰计数的方法的示意图；

[0031] 图6是距离可控中子源70cm处的纯净铁非弹性散射伽马峰计数与高能快中子通量的关系；

[0032] 图7是图3中步骤S1的流程示意图；

[0033] 图8是图3中步骤S2的流程示意图；

[0034] 图9是图3中步骤S3的流程示意图；

[0035] 图10是理想条件下 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度 S_g 的关系的图版；

[0036] 图中：1-开槽钻铤、2-可控中子源、3-源强探测器、4-伽马探测器、5-壳体、6-仪器外壳、11-泥浆倒流通道、 S_g -含气饱和度、 R_{Fe} -源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图来具体描述本发明的优选实施例，其中，附图构成本申请一部分，并与本发明的实施例一起用于阐释本发明的原理，并非用于限定本发明的范围。

[0038] 实施例1：

[0039] 请参照图1和图2，本发明提供了一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置，包括开槽钻铤1、可控中子源2、源强探测器3及伽马探测器4，开槽钻铤1内具有泥浆倒流通道11，所述可控中子源2、所述源强探测器3及所述伽马探测器4均固定于所述开槽钻铤1上，所述源强探测器3位于所述可控中子源2与所述伽马探测器4之间且用于获取所述可控中子源2释放的高能中子通量（即源强探测器计数），所述源强探测器3被由钨镍铁材料制成的壳体5所包裹，源强探测器3采用钨镍铁屏蔽的原因是为了阻止地层中的中子进入源强探测器3，源强探测器3仅记录来自可控中子源2直射的中子信息，从而方便用来检测中子源波动，所述伽马探测器4用于获取非弹性散射伽马能谱中的铁非弹性散射伽马信息，以进行气层识别，可控中子源2、源强探测器3及伽马探测器4均收容于仪器外壳6内，仪器外壳6由钢材制成且内嵌于开槽钻铤1内。

[0040] 具体地，请参照图1，所述可控中子源2为D-T中子源，采用重复脉冲工作方式，所述可控中子源2的脉冲宽度介于 $10\mu s$ 与 $30\mu s$ 之间，所述可控中子源2的工作周期不小于 $100\mu s$ 。

[0041] 优选地，请参照图1，所述可控中子源2的脉冲宽度为 $10\mu s$ ，所述可控中子源2的工作周期为 $200\mu s$ 。

[0042] 优选地,请参照图1,所述源强探测器为氦-4探测器。

[0043] 优选地,请参照图1,所述伽马探测器4与所述可控中子源2之间的距离为70cm。在这个距离下,伽马探测器4距离可控中子源2较远,非弹性散射伽马能谱中的纯净铁非弹性散射伽马峰计数与探测器附近的高能快中子通量近似成正比,几乎不受地层密度衰减影响,因此可以代替高能快中子信息进行气层识别。

[0044] 优选地,请参照图1,所述伽马探测器4采用高能量分辨率和探测效率的溴化镧闪烁晶体。所述溴化镧闪烁晶体的长度为20cm。

[0045] 实施例2:

[0046] 请参照图3,本发明还提供了一种基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别方法,适用于所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置,且包括:

[0047] S1、获取地层孔隙度,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱(见图4)。

[0048] S2、在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围(见图5),并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数。

[0049] S3、通过所述地层孔隙度、所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的含气饱和度。

[0050] 铁非弹性散射伽马射线是指由高能快中子与铁元素非弹性碰撞产生的伽马射线,地层中几乎没有铁,而开槽钻铤及仪器外壳几乎是由铁构成的,所以铁非弹性散射伽马射线的主要来源是开槽钻铤及仪器外壳铁非弹性散射伽马射线对非弹性散射伽马能谱的贡献主要表现在两个方面:(1)非弹性散射伽马能谱计数整体增加;(2)非弹性散射伽马能谱中出现铁非弹性散射伽马峰。

[0051] 在伽马探测器距离中子源较远的情况下(本实例中伽马探测器与可控中子源之间的距离为70cm),伽马探测器附近产生的铁非弹性散射伽马射线几乎不受地层密度衰减作用的影响,直接被伽马探测器记录,是能谱中铁非弹性散射伽马峰计数的主要来源。假定不考虑非弹性散射伽马能谱本底对铁非弹性散射伽马峰的贡献,那么纯净铁非弹性散射伽马峰计数可以表示如下

$$[0052] \quad N_{\text{Fe}} \approx n \Sigma_{\text{in-Fe}} N_f$$

[0053] 其中, N_f 为伽马探测器附近的高能中子通量,在距离较远的情况下,高能中子通量难以通过仪器测量得到, n 为一个快中子与Fe原子发生非弹性碰撞释放的平均伽马光子数, $\Sigma_{\text{in-Fe}}$ 为一个快中子与开槽钻铤中的Fe原子发生非弹性碰撞的概率。在开槽钻铤和伽马探测器参数不变的情况, n 和 $\Sigma_{\text{in-Fe}}$ 可以看做常数,纯净铁非弹性散射伽马峰计数与伽马探测器附近的高能快中子通量近似存在正比例关系(如图6所示),因此,可以提取纯净铁非弹性散射伽马峰计数代替高能快中子通量进行气层识别,这样既可以保留高能快中子受地层因素影响较小的优势,又克服了在距离较远的情况下,高能中子通量难以通过仪器测量得到的弊端。

[0054] 从图6还可以看出,纯净铁非弹性散射伽马峰计数还不受地层密度衰减影响,而现有技术中,采用总非弹性散射伽马信息代替高能快中子通量进行气层识别会受到地层密度衰减的影响,因此,采用非弹性散射伽马能谱中的纯净铁非弹性散射伽马峰计数代替高能快中子信息进行气层识别,克服了总非弹性散射伽马信息受地层密度影响的缺点,具有更

高的气层灵敏度。

[0055] 需要指出的是:图6中的伽马探测器附近的高能快中子通量是通过模拟和理论分析得出的。

[0056] 具体地,请参照图7,所述步骤S1具体包括:

[0057] S11、将所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置下入到实际地层的钻孔的一预设位置;

[0058] S12、通过所述可控中子源持续释放中子,通过所述源强探测器获取源强探测器计数,通过所述伽马探测器获取非弹性散射伽马能谱;

[0059] S13、获取所述钻孔在所述预设位置处的孔隙度,可以通过其他测井方法获取地层孔隙度,此为现有技术,对此不再赘述。

[0060] 具体地,请参照图8,所述步骤S2具体包括:

[0061] S21、在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围。

[0062] 具体方法是:在所述非弹性散射伽马能谱上选取能量峰值为0.84MeV的非弹性散射伽马峰,作为铁非弹性散射伽马峰。由理论分析可以得出:理想情况下,铁非弹性散射伽马射线的能量为0.84MeV,从而只需要在非弹性散射伽马能谱上选取能量峰值为0.84MeV的非弹性散射伽马峰,即为铁非弹性散射伽马峰。

[0063] 本实施例中,请参照图4和图5,铁非弹性散射伽马峰的能量范围为0.78MeV~1.00MeV,选取能量0.78MeV和1.00MeV对应的伽马能谱数据点作为铁非弹性散射伽马峰的起点和终点。

[0064] S22、将所述铁非弹性散射伽马峰的起点和终点进行连线,得到分界线方程。所述分界线将非弹性散射伽马能谱中铁非弹性散射伽马峰分为上下两部分,分界线以上的峰面计数为纯净铁非弹性散射伽马峰计数,分界线以下的峰面计数为非弹性散射伽马能谱本底计数。

[0065] S23、获取所述铁非弹性散射伽马峰位于所述分界线上方的面积,得到纯净铁非弹性散射伽马峰计数,本实施例中,利用0.78MeV~1.00MeV范围内非弹性散射伽马能谱计数之和减去分界线下方的伽马能谱本底计数之和,得到纯净铁非弹性散射伽马峰计数。

[0066] 具体地,请参照图9,所述步骤S3具体包括:

[0067] S31、获取 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值。

[0068] R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的刻度关系的获取方法包括;

[0069] S311、将所述基于铁非弹性散射伽马的随钻气层识别装置下入到刻度井内,所述刻度井的不同位置处的孔隙度及含气饱和度均为已知;

[0070] S312、获取刻度井内不同位置处的孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} ,其中, R_{Fe} 为源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值,获取刻度井内不同位置处的 R_{Fe} 的具体方法包括:(1)通过所述可控中子源持续释放中子,通过所述源强探测器获取刻度井内不同位置处的源强探测器计数,并通过所述伽马探测器获取刻度井内不同位置处的非弹性散射伽马能谱;(2)在所述非弹性散射伽马能谱上确定铁非弹性散射伽马峰的能量范围,并获取纯净铁非弹性散射伽马峰计数;(3)根据所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} 。

[0071] S313、建立孔隙度、含气饱和度及 R_{Fe} 的刻度关系。

[0072] 具体为：获取不同孔隙度及不同含气饱和度条件下的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} ，建立表达 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度 S_g 的关系的图版（见图10）。

[0073] S32、根据所述源强探测器计数及所述纯净铁非弹性散射伽马峰计数确定地层的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} 。

[0074] 为了避免中子源强对非弹性散射伽马测量的影响，采用源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} 进行气层划分，

$$[0075] \quad R_{Fe} = \frac{N_s}{N_{Fe}}$$

[0076] 其中， N_s 为源强探测器计数， N_{Fe} 为纯净铁非弹性散射伽马峰计数。

[0077] S33、根据获取到的 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的关系、地层孔隙度及地层的 R_{Fe} ，确定地层的含气饱和度。具体为：

[0078] 将获取到的源强探测器计数与纯净铁非弹性散射伽马峰计数的比值 R_{Fe} 及孔隙度数据投点到表达 R_{Fe} 与孔隙度及含气饱和度的关系的图版中，得到所述钻孔在所述预设位置处的含气饱和度。

[0079] 通过采用上述技术方案，相对于现有的采用总非弹性散射伽马信息进行气层识别的技术方案来说，本技术方案能够避免总非弹性散射伽马信息受地层密度衰减的影响，提高了对气层识别的灵敏度。如表1所示，纯净铁非弹性散射伽马峰计数在气水层的相对变化量要比总非弹性散射伽马计数信息高5%-18%，这表明基于铁非弹性散射伽马信息的气层识别方法对气层识别更加灵敏。

[0080] 表1不同孔隙度条件下的气水层相对变化量

[0081]

孔隙度(p.u.)	相对变化量(%)	
	总非弹性散射伽马计数	纯净铁非弹性散射伽马峰计数
5	10.39	15.74
10	19.53	28.72
15	29.13	40.88
20	39.63	53.90
25	48.51	67.38
30	59.98	78.37
35	71.51	87.59

[0082] 综上所述,通过采用基于铁非弹性散射伽马信息进行气层识别的技术方案,即利用非弹性散射伽马能谱中的纯净铁非弹性散射伽马峰计数代替高能快中子信息进行气层识别,不仅保留了高能快中子受地层因素影响较小的优势,同时也克服了总非弹性散射伽马信息受地层密度影响的缺点,具有更高的气层灵敏度。

[0083] 以上所述仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

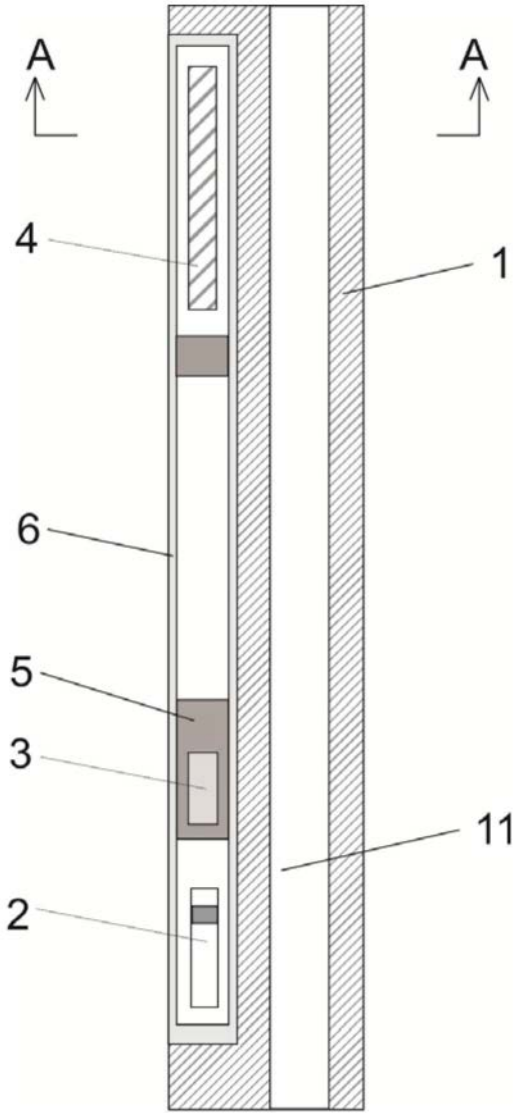


图1

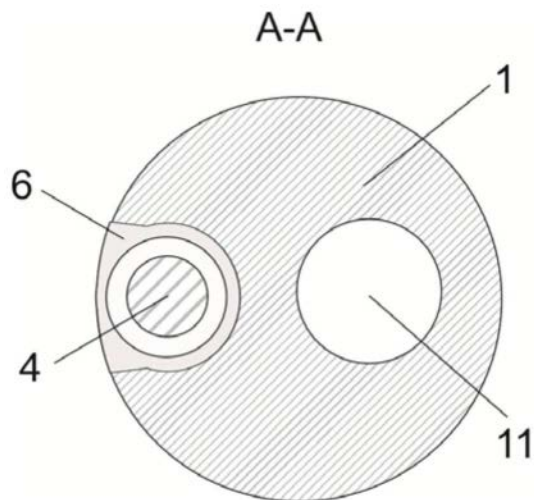


图2

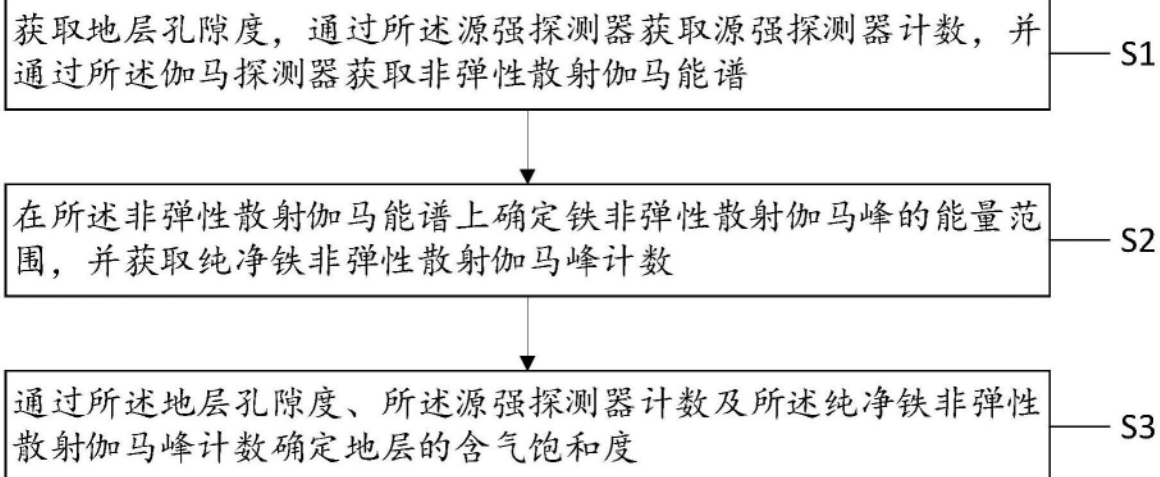


图3

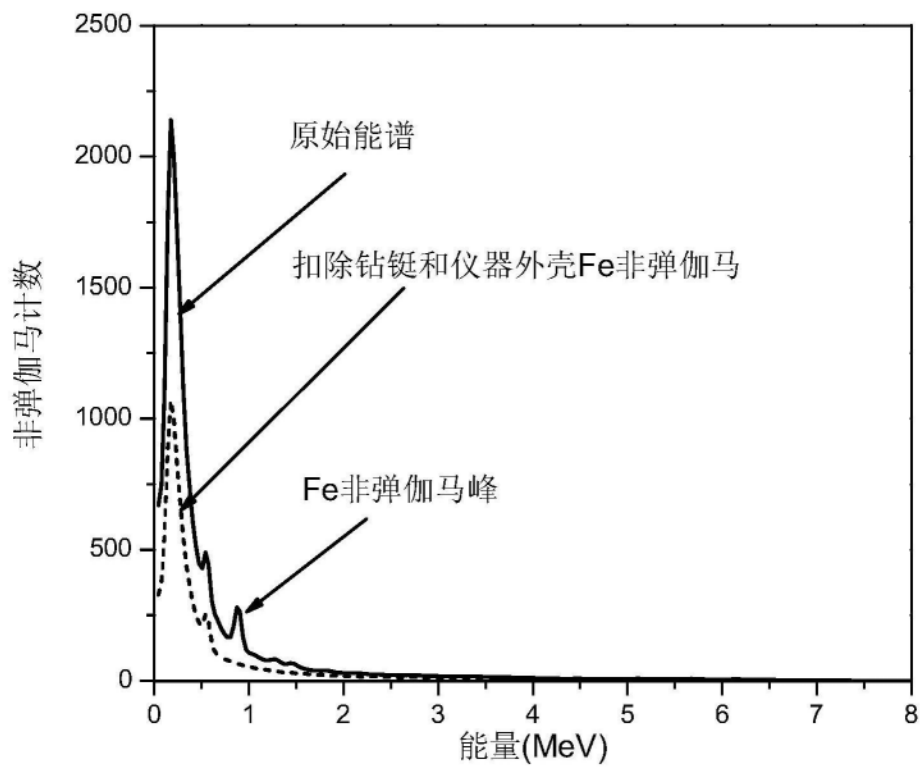


图4

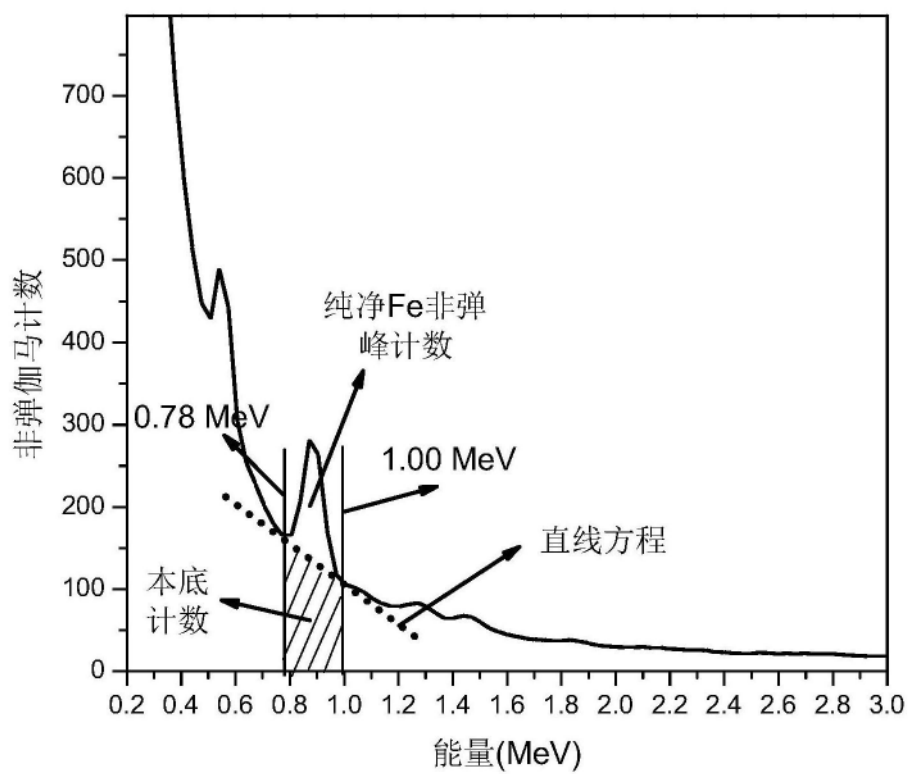


图5

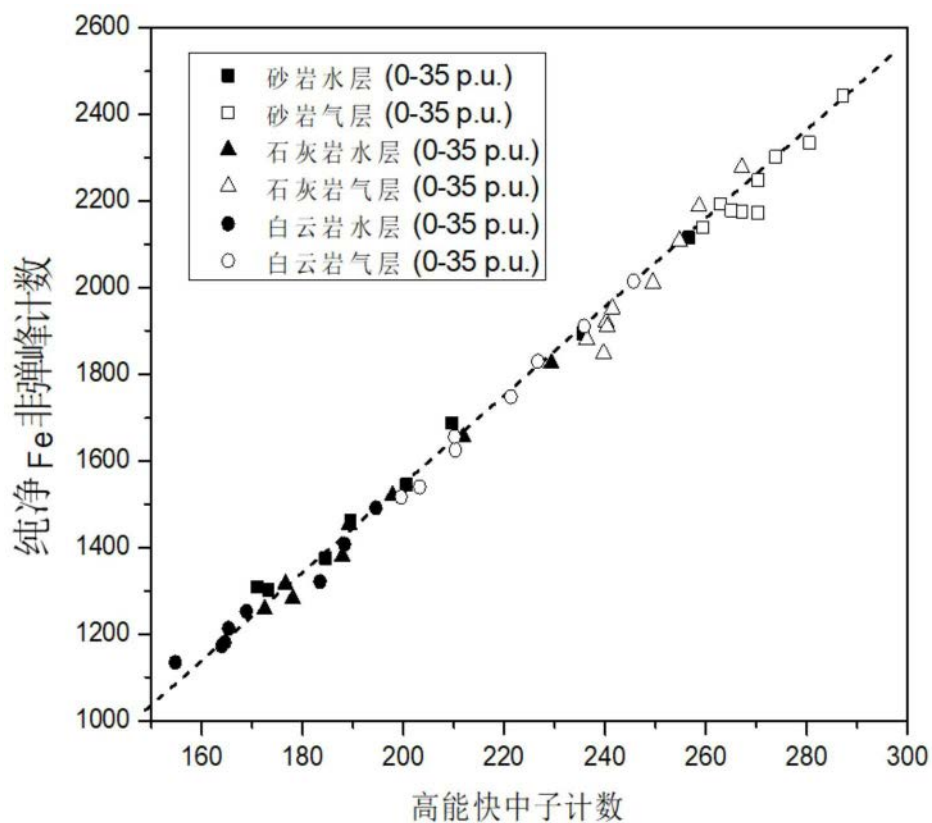


图6

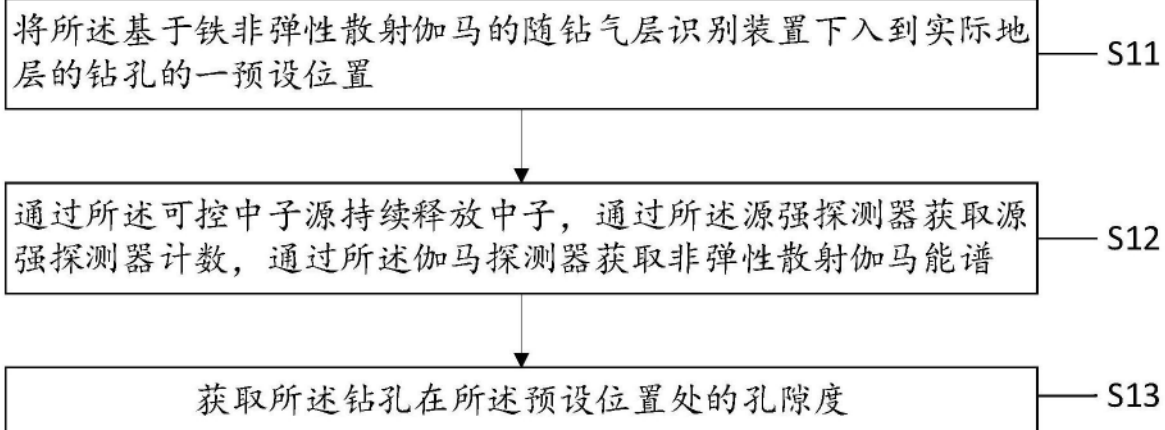


图7

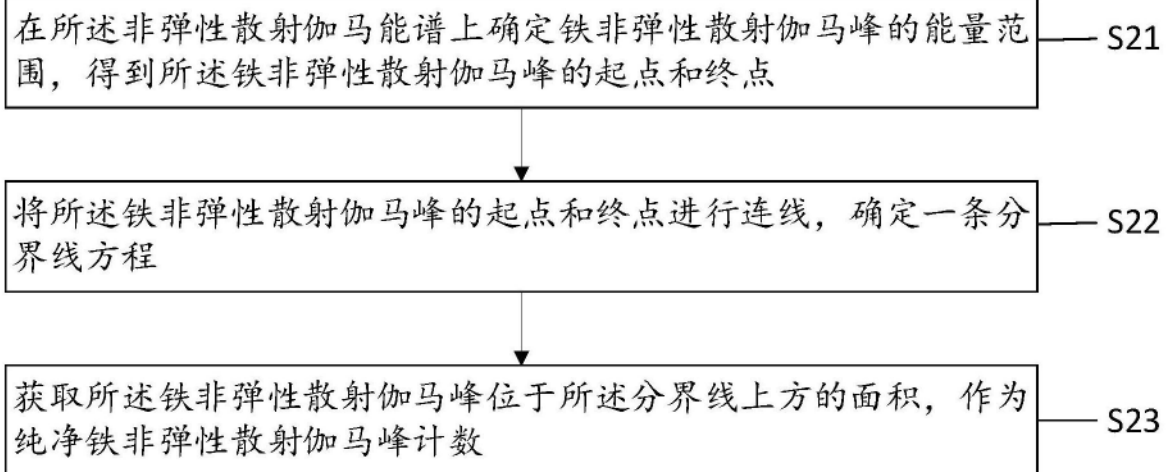


图8

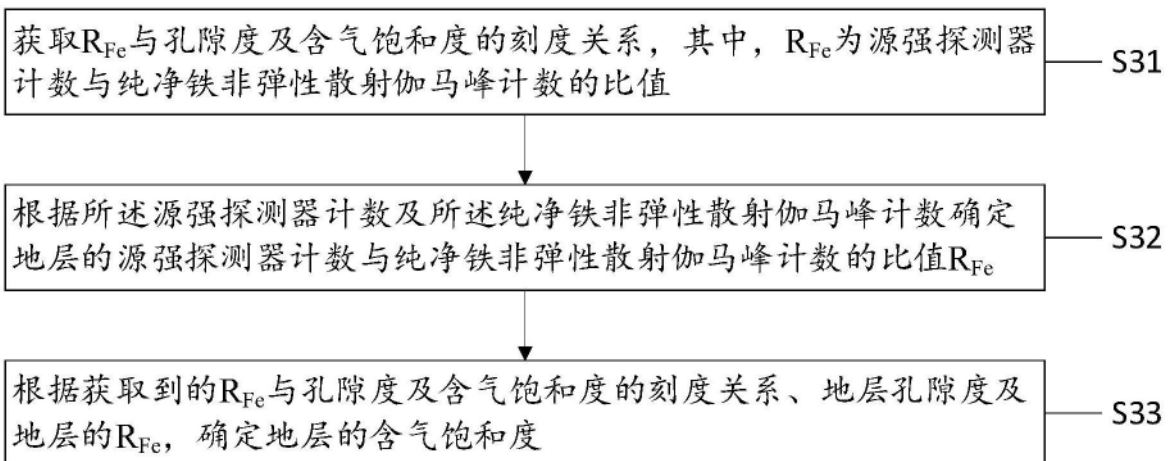


图9

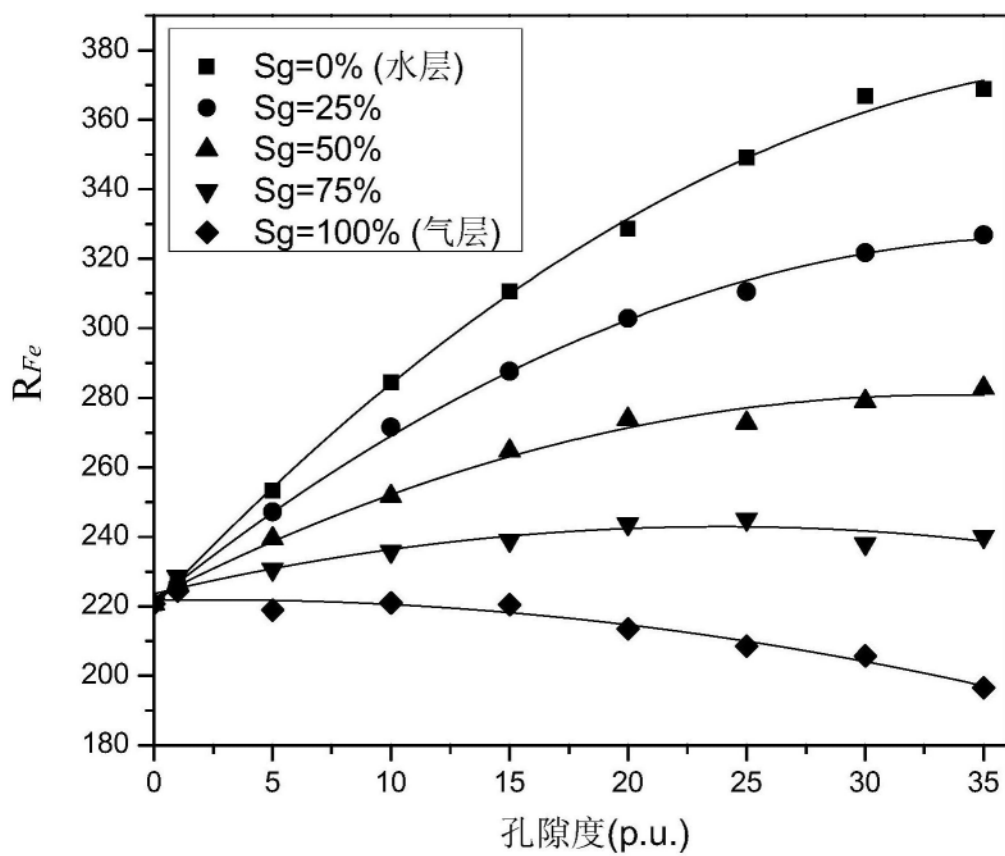


图10