



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116242559 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 09

(21) 申请号 202310268217.X

(22) 申请日 2023.03.15

(71) 申请人 核工业北京化工冶金研究院

地址 101149 北京市通州区九棵树145号

(72) 发明人 赵龙昊 李召坤 廖文胜 杨立志

李星浩 张宇

(74) 专利代理机构 北京集智东方知识产权代理

有限公司 11578

专利代理师 陈攀

(51) Int.Cl.

G01M 3/26 (2006.01)

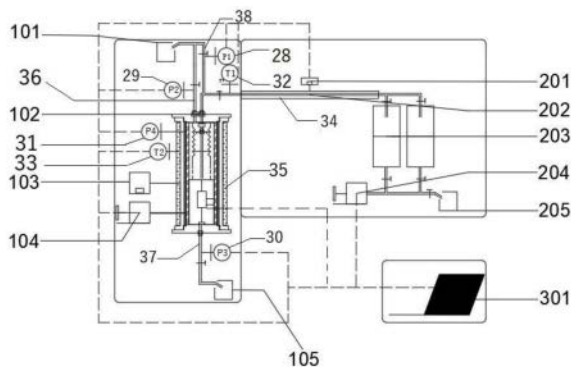
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能测试装置

(57) 摘要

本发明提供了地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,涉及地浸采铀技术领域,包括围岩模拟结构,包括套体、顶盖和底盖,所述顶盖与套体的上端口密封连接,所述底盖与套体的下端口密封连接;固井模拟结构,包括水泥环、PVC井筒和封隔器,检测模块,包括加压单元和控制中心,所述加压单元包括加压管路、第一阀门和第一压力表,所述加压管路的一端与所述注液管连通,所述第一阀门和第一压力表设置于加压管路上,所述加压管路另一端连接泵液单元,所述控制中心与第一压力表连接。本发明实现了对压裂液进行压裂时PVC井筒-水泥环窜流的压力和窜流范围进行测量,更好地在室内还原铀矿压裂时固井与微压裂过程,从而用于指导致密砂岩铀矿的开发。



1. 地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:包括:

围岩模拟结构,包括套体(19)、顶盖(17)和底盖(20),所述顶盖(17)与套体(19)的上端口密封连接,所述底盖(20)与套体(19)的下端口密封连接;

固井模拟结构,包括水泥环(12)、PVC井筒(1)和封隔器,所述水泥环(12)为在所述PVC井筒(1)外表面成形的环形结构,所述PVC井筒(1)、水泥环(12)和套体(19)由内向外依次嵌套,所述封隔器包括封隔器本体(9)以及与封隔器本体(9)连接的注液管(11),所述PVC井筒(1)内设有中空腔体,所述封隔器本体(9)嵌套在所述PVC井筒(1)的中空腔体内;

检测模块,包括加压单元和控制中心(301),所述加压单元包括加压管路(202)、第一阀门和第一压力表(28),所述加压管路(202)的一端与所述注液管(11)连通,所述第一阀门和第一压力表(28)设置于加压管路(202)上,所述加压管路(202)另一端连接泵液单元,所述控制中心(301)与第一压力表(28)连接。

2. 根据权利要求1所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述PVC井筒(1)的底端为封闭端,所述中空腔体的下段为布设有射孔(39)的射孔段(3),所述检测模块还包括第一泄压单元、第二泄压单元,其中:

第一泄压单元,包括第一泄压管路(36)、第二阀门和第二压力表(29),所述第一泄压管路(36)的一端与套体(19)顶部连通,所述第一泄压管路(36)的另一端与外界大气连通,所述第二阀门和第二压力表(29)设置于所述第一泄压管路(36)上;

第二泄压管路(37),包括第二泄压管路(37)、第三阀门和第三压力表(30),所述第二泄压管路(37)的一端与套体(19)底部连通,所述第二泄压管路(37)的另一端与外界大气连通,所述第三阀门和第三压力表(30)设置于所述第二泄压管路(37)上;

所述第二压力表(29)、第三压力表(30)分别与控制中心(301)连接。

3. 根据权利要求2所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述第一泄压管路(36)的另一端连有第一废液罐(101),所述第二泄压管路(37)的另一端连有第二废液罐(105)。

4. 根据权利要求3所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述加压管路(202)旁侧延伸出泄压支路(38)与第一泄压管路(36)的另一端汇合,所述泄压支路(38)上设有第四阀门。

5. 根据权利要求2所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述射孔段(3)上设有多个射孔开设区域,所述射孔开设区域包括若干个射孔(39),每个所述射孔开设区域周向一圈的外表面上布设有电极片组,所述中空腔体内壁的底面上设有公共电极,所述电极片组和公共电极(49)分别与电源(50)的正负极连接,所述电极片组连有导电性能检测单元,所述导电性能检测单元和电源(50)分别与控制中心(301)连接。

6. 根据权利要求5所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述电极片组包括在射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置的电极片簇(40),每圈电极片簇(40)包括周向间隔设置的电极片(47),所述导电性能检测单元包括采样电阻(48)、运算放大器(51)和无线传输模块,每个所述电极片(47)均连有采样电阻(48),每个所述采样电阻(48)均连有运算放大器(51),所述无线传输模块上设有若干个信号输入端口,每个所述运算放大器(51)与无线传输模块中对应的信号输入端口相连,所述无线传输模块与控制中心(301)信号连接。

7. 根据权利要求1所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述泵液单元包括第一泵体(204)、中间罐(203)和第三废液罐(205),所述第一泵体(204)与中间罐(203)的底部通过泵液管连通,所述中间罐(203)的顶部与加压管路(202)通过进液管连通,所述第三废液罐(205)与中间罐(203)的底部通过出液管连通,所述泵液管、进液管和出液管上均设有阀门,所述第一泵体(204)与控制中心(301)连接。

8. 根据权利要求1所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:还包括温度控制模块,所述温度控制模块包括第一温度控制单元,所述第一温度控制单元包括第一温度调节器(201)、第一加热电偶(34)和第一温度表(32),所述第一温度调节器(201)和第一温度表(32)分别与控制中心(301)连接,所述第一加热电偶(34)包裹在所述加压管的外部。

9. 根据权利要求8所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:还包括围压模拟单元,所述套体(19)包括外部套体(191)以及嵌套于外部套体(191)的内部胶套(192),所述围压模拟单元包括围压管路和第四压力表(31),所述围压管路的一端与外部套体(191)与内部胶套(192)之间的空间连通,所述围压管路的另一端外接第二泵体(104),所述第四压力表(31)与外部套体(191)与内部胶套(192)之间的空间连通,所述第四压力表(31)、第二泵液单元分别与控制中心(301)连接。

10. 根据权利要求9所述的地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,其特征在于:所述温度控制模块还包括第二温度控制单元,所述第二温度控制单元包括第二温度调节器(103)、第二加热电偶(35)和第二温度表(33),所述第二温度调节器(103)和第二温度表(33)分别与控制中心(301)连接,所述第二加热电偶(35)包裹在所述套体(19)的外部。

地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能测试装置

技术领域

[0001] 本发明涉及地浸采铀技术领域,具体而言,涉及一种地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能测试装置。

背景技术

[0002] 随着我国物性好的常规砂岩铀矿地浸开发的进行,现有和新勘探的铀资源逐渐从浅层向深层,从高渗透到低渗透发展,出现难采、低效、高成本的突出问题。微压裂能够通过高压流体在井筒周围形成微裂缝,对物性较差的深部低渗铀矿进行储层改造,最终利用密集的缝网联通注采井,有效提升致密铀矿砂岩的地浸开发效果。

[0003] 地浸采铀的套管多为PVC井筒,在微压裂时由于PVC井筒和水泥的润湿性与压缩系数不同,固井后的第一胶结面强度较差,极易在高压流体的作用下产生窜流,进而导致铀矿微压裂造缝失败。因此需要在室内测试PVC井筒和水泥之间的第一胶结面密封性能的装置,现有的测试装置只能模拟钢套管的固井工况以及水泥环成形的过程,无法对压裂液进行压裂时PVC井筒-水泥环窜流的压力和窜流范围进行测量,除此之外对于PVC井筒-水泥环的射孔压裂过程也无法模拟。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能测试装置,以改善上述问题。为了实现上述目的,本发明采取的技术方案如下:

[0005] 本申请提供了地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,包括:

[0006] 围岩模拟结构,包括套体、顶盖和底盖,所述顶盖与套体的上端口密封连接,所述底盖与套体的下端口密封连接;

[0007] 固井模拟结构,包括水泥环、PVC井筒和封隔器,所述水泥环为在所述PVC井筒外表面成形的环形结构,所述PVC井筒、水泥环和套体由内向外依次嵌套,所述封隔器包括封隔器本体以及与所述封隔器本体连接的注液管,所述封隔器本体嵌套在所述PVC井筒的中空腔体内;

[0008] 检测模块,包括加压单元和控制中心,所述加压单元包括加压管路、第一阀门和第一压力表,所述加压管路的一端与所述注液管连通,所述第一阀门和第一压力表设置于加压管路上,所述加压管路另一端连接泵液单元,所述控制中心与第一压力表连接。

[0009] 进一步地,所述PVC井筒的底端为封闭端,所述中空腔体的下段为布设有射孔的射孔段,所述检测模块还包括第一泄压单元、第二泄压单元,其中:

[0010] 第一泄压单元,包括第一泄压管路、第二阀门和第二压力表,所述第一泄压管路的一端与套体顶部连通,所述第一泄压管路的另一端与外界大气连通,所述第二阀门和第二压力表设置于所述第一泄压管路上;

[0011] 第二泄压管路,包括第二泄压管路、第三阀门和第三压力表,所述第二泄压管路的一端与套体底部连通,所述第二泄压管路的另一端与外界大气连通,所述第三阀门和第三

压力表设置于所述第二泄压管路上；

[0012] 所述第二压力表、第三压力表分别与控制中心连接。

[0013] 进一步地，所述第一泄压管路的另一端连有第一废液罐，所述第二泄压管路的另一端连有第二废液罐。

[0014] 进一步地，所述加压管路旁侧延伸出泄压支路与第一泄压管路的另一端汇合，所述泄压支路上设有第四阀门。

[0015] 进一步地，所述射孔段上设有多个射孔开设区域，所述射孔开设区域包括若干个射孔，每个所述射孔开设区域周向一圈的外表面上布设有电极片组，所述中空腔体内壁的底面上设有公共电极，所述电极片组和公共电极分别与电源的正负极连接，所述电极片组连有导电性能检测单元，所述导电性能检测单元和电源分别与控制中心连接。

[0016] 进一步地，所述电极片组包括在射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置的电极片簇，每圈电极片簇包括周向间隔设置的电极片，所述导电性能检测单元包括采样电阻、运算放大器和无线传输模块，每个所述电极片均连有采样电阻，每个所述采样电阻均连有运算放大器，所述无线传输模块上设有若干个信号输入端口，每个所述运算放大器与无线传输模块中对应的信号输入端口相连，所述无线传输模块与控制中心信号连接。

[0017] 进一步地，所述泵液单元包括第一泵体、中间罐和第三废液罐，所述第一泵体与中间罐的底部通过泵液管连通，所述中间罐的顶部与加压管路通过进液管连通，所述第三废液罐与中间罐的底部通过出液管连通，所述泵液管、进液管和出液管上均设有阀门，所述第一泵体与控制中心连接。

[0018] 进一步地，还包括温度控制模块，所述温度控制模块包括第一温度控制单元，所述第一温度控制单元包括第一温度调节器、第一加热电偶和第一温度表，所述第一温度调节器和第一温度表分别与控制中心连接，所述第一加热电偶包裹在所述加压管的外部。

[0019] 进一步地，还包括围压模拟单元，所述套体包括外部套体以及嵌套于外部套体的内部胶套，所述围压模拟单元包括围压管路和第四压力表，所述围压管路的一端与外部套体与内部胶套之间的空间连通，所述围压管路的另一端外接第二泵体，所述第四压力表与外部套体与内部胶套之间的空间连通，所述第四压力表、第二泵液单元分别与控制中心连接。

[0020] 进一步地，所述温度控制模块还包括第二温度控制单元，所述第二温度控制单元包括第二温度调节器、第二加热电偶和第二温度表，所述第二温度调节器和第二温度表分别与控制中心连接，所述第二加热电偶包裹在所述套体的外部。

[0021] 进一步地，所述封隔器本体的外壁上设有外螺纹段，所述中空腔体的内壁设有与所述外螺纹段相适配的内螺纹段。

[0022] 本发明的有益效果为：

[0023] 本发明通过围岩模拟结构模拟地层围岩结构，通过固井模拟结构模拟地浸采铀固井结构水泥环、PVC井筒和封隔器，通过所述检测模块中加压单元和控制中心，实现在测试PVC井筒和水泥环之间的第一胶结面密封性能的基础之上，对压裂液进行压裂时PVC井筒-水泥环窜流的压力进行测量，更好地在室内还原铀矿压裂时固井与微压裂过程，从而用于指导致密砂岩铀矿的开发。

[0024] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书阐述，并且，部分地从说明书中变得

显而易见,或者通过实施本发明实施例了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书、权利要求书、以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0026] 图1为本发明地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能测试装置的结构示意图。

[0027] 图2为具体实施方式中水泥环的成形装置示意图。

[0028] 图3为本发明中PVC井筒的结构示意图。

[0029] 图4为本发明中封隔器的结构示意图。

[0030] 图5为本发明中围岩模拟结构和固井模拟结构的装配结构示意图。

[0031] 图6为射孔压裂模拟实验结果之一中第一压力表的压力变化示意图。

[0032] 图7为射孔压裂模拟实验结果之一中第二压力表的压力变化示意图。

[0033] 图8为射孔压裂模拟实验结果之一中第三压力表的压力变化示意图。

[0034] 图9为射孔压裂模拟实验结果之二中第一压力表的压力变化示意图。

[0035] 图10为射孔压裂模拟实验结果之二中第二压力表的压力变化示意图。

[0036] 图11为射孔压裂模拟实验结果之二中第三压力表的压力变化示意图。

[0037] 图12为本发明中射孔开设区域布设方式一的结构示意图。

[0038] 图13为本发明中射孔开设区域周围压裂液的窜流区域图之一。

[0039] 图14为本发明中射孔开设区域周围压裂液的窜流区域图之二。

[0040] 图15为本发明中射孔开设区域周围压裂液的窜流区域图之三。

[0041] 图16为本发明中电流监测单元的结构原理示意图。

[0042] 图17为本发明中电流监测单元与微控制器的连接结构示意图。

[0043] 图中标记:1、PVC井筒;2、内螺纹段;3、射孔段;4、实心底座;5、快速接头;6、第一密封螺栓;7、旋转卡槽;8、第一密封塞;9、封隔器本体;10、外螺纹段;11、注液管;12、水泥环;13、水泥环外套筒;14、筛管外油性纸;15、套筒内油性纸;16、固定底座;17、顶盖;18、水泥;19、套体;20、底盖;21、第二密封塞与第二密封螺栓;22、第二泄压口;23、第一泄压口;24、注液口;25、第三密封塞与第三密封螺栓;26、连接成功的快速接头;27、第四密封塞与第四密封螺栓;28、第一压力表;29、第二压力表;30、第三压力表;31、第四压力表;32、第一温度表;33、第二温度表;34、第一加热电偶;35、第二加热电偶;36、第一泄压管路;37、第二泄压管路;38、泄压支路;39、射孔;40、电极片簇;41、监测模块;42、第一导线;43、第二导线;44、充电口;45、第三导线;46、第四导线;47、电极片;48、采样电阻;49、公用电极;50、电源;51、运算放大器;52、微控制器;101、第一废液罐;102、夹持器;103、第二温度调节器;104、第二泵体;105、第二废液罐;191、外部套体;192、内部胶套;201、第一温度调节器;202、加压管路;203、中间罐;204、第一泵体;205、第三废液罐;301、控制中心。

具体实施方式

[0044] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作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。

[0045] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。同时,在本发明的描述中,术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。本发明中术语“射孔密度”指的是每米长度内所射孔眼的数量,单位为孔/米,术语“相位角”指的是相邻两个射孔开设区域的射孔弹之间的夹角叫做相位角。

[0046] 本具体实施方式中,所述固井模拟结构的制作方法如下:

[0047] 首先,确定实验用水泥浆的水灰比、PVC井筒的参数和固井模拟装置参数,本实施例选用模拟的水灰比为1:1.5,PVC井筒的参数包括:内径优选为135mm、外径优选为145mm、内螺纹段2的高度优选为24cm、射孔段3的高度优选为2cm、射孔的孔径优选为5mm,射孔均匀布置在所述射孔段3上,射孔数量共计60个,所述PVC井筒1的底端为封闭端,所述PVC底端为实心底座4,所述实心底座4与内螺纹段2等高均优选为24cm,PVC井筒1的总高优选为50cm;固井模拟装置参数:水泥环外套筒13的内径优选为150mm,外径优选为155mm、固定底座16的内径优选为156mm。

[0048] 之后,将PVC井筒1按照图2的方式垂直放置于固井模拟装置固定底座16的正中心,将水泥环外套筒13垂直放置于固定底座16上;分别将水泥环外套筒内油性纸15和筛管外油性纸14分别完整紧密贴靠在水泥环外套筒13内侧以射孔段3外侧,以防止水泥浆从筛管处泄露到加压空腔内,并避免水泥浆凝固后胶结到水泥环外套筒13难以取出样品的问题,将封隔器本体9旋入PVC井筒1,旋紧后加固第一密封塞8和第一密封螺栓6,将水泥浆注入到固井模拟装置环空内,经过养护胶结后将样品从固井模拟装置中完整取出,所述样品即为固井模拟结构,所述固井模拟结构包括水泥环12、PVC井筒1和封隔器,所述水泥环12为在所述PVC井筒1外表面成形的环形结构,所述PVC井筒1、水泥环12和套体19由内向外依次嵌套,所述封隔器包括封隔器本体9以及与封隔器本体9连接的注液管11,所述封隔器本体9嵌套在所述PVC井筒1的中空腔体内。

[0049] 其中,所述PVC井筒1如图3所示,包括实心底座4、射孔段3、内螺纹段2,所述内螺纹段2与封隔器本体9上的外螺纹段10相适配,用于将封隔器本体9旋入PVC井筒1内的内螺纹段2,与所述实心底座4组成一个加压空腔,所述封隔器本体9的高度为5cm,材质为PVC,所述射孔段3用于模拟压裂射孔后的压裂液压裂,按照实际射孔段长度设计所述射孔段3的长度,孔径在1mm~1cm之间,所述实心底座4为PVC材质的实心底座,所述实心底座4与所述射孔段3连接,所述射孔段3再连接内螺纹段2,所述PVC井筒总高度为40cm~80cm,所述筛管段高度在1mm~10cm之间,所述实心底座4与所述螺纹段等高。

[0050] 如图4所示,所述模拟封隔器包括快速接头5、第一密封螺栓6、第一密封塞8、外螺

纹段10、旋转卡槽7、注液管11。

[0051] 如图1所示,本具体实施方式提供了一种地浸采铀固井水泥环胶结面密封性能检测装置,包括:

[0052] 上述装有固井模拟结构的围岩模拟结构;

[0053] 检测模块,所述检测模块包括:

[0054] 加压单元和控制中心301,所述加压单元包括加压管路202、第一阀门和第一压力表28,所述加压管路202的一端与所述注液管11连通,所述第一阀门和第一压力表28设置于加压管路202上,所述加压管路202另一端连接泵液单元,所述控制中心301与第一压力表28连接;

[0055] 第一泄压单元和第二泄压单元,所述第一泄压单元包括第一泄压管路36、第二阀门和第二压力表29,所述第一泄压管路36的一端与套体19顶部连通,所述第一泄压管路36的另一端与外界大气连通,所述第二阀门和第二压力表29设置于所述第一泄压管路36上;所述第二泄压管路37包括第二泄压管路37、第三阀门和第三压力表30,所述第二泄压管路37的一端与套体19底部连通,所述第二泄压管路37的另一端与外界大气连通,所述第三阀门和第三压力表30设置于所述第二泄压管路37上,所述第二压力表29、第三压力表30分别与控制中心301连接,所述第一泄压管路36的另一端连有第一废液罐101,所述第二泄压管路37的另一端连有第二废液罐105,所述加压管路202旁侧延伸出泄压支路38与第一泄压管路36的另一端汇合,所述泄压支路38上设有第四阀门,所述泵液单元包括第一泵体204、中间罐203和第三废液罐205,所述第一泵体204与中间罐203的底部通过泵液管连通,所述中间罐203的顶部与加压管路202通过进液管连通,所述第三废液罐205与中间罐203的底部通过出液管连通,所述泵液管、进液管和出液管上均设有阀门,所述第一泵体204与控制中心301连接,其中,所述套体19包括外部套体191以及嵌套于外部套体191的内部胶套192。

[0056] 温度控制模块,所述温度控制模块包括第一温度控制单元和第二温度控制单元,所述第一温度控制单元包括第一温度调节器201、第一加热电偶34和第一温度表32,所述第一温度调节器201和第一温度表32分别与控制中心301连接,所述第一加热电偶34包裹在所述加压管的外部,所述第二温度控制单元包括第二温度调节器103、第二加热电偶35和第二温度表33,所述第二温度调节器103和第二温度表33分别与控制中心301连接,所述第二加热电偶35包裹在所述套体19的外部;

[0057] 围压模拟单元,所述围压模拟单元包括围压管路和第四压力表31,所述围压管路的一端与外部套体191与内部胶套192之间的空间连通,所述围压管路的另一端外接第二泵体104,所述第四压力表31与外部套体191与内部胶套192之间的空间连通,所述第四压力表31、第二泵液单元分别与控制中心301连接。

[0058] 其中,所述顶盖17上设有注液口24和第一泄压口23,所述底盖20上设有第二泄压口22,将所述快速接头5与注液口24连接构成连接成功的快速接头26,旋入顶盖17和底盖20,将第一泄压口23与第二泄压口22分别通过管线连接到底盖20与顶盖17,并旋紧第二密封塞与第二密封螺栓21、第三密封塞与第三密封螺栓25、第四密封塞与第四密封螺栓27,关闭所有阀门,其中将所述第一泄压口23与第一泄压管路36连通,所述第二泄压口22与第二泄压管路37连通,所述注液口24与所述加压管路202连通。

[0059] 如图5所示,将取出的样品放入夹持器102内部的套体19中,所述夹持器102即为围

岩模拟结构,所述围岩模拟结构包括套体19、顶盖17和底盖20,所述顶盖17与套体19的上端口密封连接,所述底盖20与套体19的下端口密封连接。利用所述快速接头5将所述加压管路202与所述注液管11连接,向加压空腔内注液增压,所述第一密封螺栓6与第一密封塞8以保持所述封隔器在高压(30MPa以上)下密封状态,维持所述加压空腔的压力,所述外螺纹段10与所述PVC井筒1的内螺纹段2螺纹适配吻合,所述封隔器的注液管11可在30MPa以上压力下正常工作,所述旋转卡槽7用于旋紧所述封隔器与所述PVC井筒1。

[0060] 所述射孔段3上设有多个射孔开设区域,所述射孔开设区域包括若干个射孔39,每个所述射孔开设区域周向一圈的外表面上布设有电极片组,所述中空腔体内壁的底面上设有公共电极,所述电极片组和公共电极49分别与电源50的正负极连接,所述电极片组连有导电性能检测单元,所述导电性能检测单元和电源50分别与控制中心301连接。

[0061] 所述电极片组包括在射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置的电极片簇40,每圈电极片簇40包括周向间隔设置的电极片47,所述导电性能检测单元包括采样电阻48、运算放大器51和无线传输模块,每个所述电极片47均连有采样电阻48,每个所述采样电阻48均连有运算放大器51,所述无线传输模块上设有若干个信号输入端口,每个所述运算放大器与无线传输模块中对应的信号输入端口相连,所述无线传输模块与控制中心301信号连接。

[0062] 所述无线传输模块可直接将是否窜流的信息传输到控制中心301,进行集中数据处理,刻画第一胶结面的窜流范围。

[0063] 其中,所述多个射孔开设区域中至少包括两个不同射孔密度的射孔开设区域,在所述两个不同射孔密度的射孔开设区域中,其中一个射孔开设区域的射孔密度是另外一个射孔开设区域的射孔密度的1.3-2.6倍。多个射孔开设区域中至少包括两个不同射孔密度的射孔开设区域,由此可以对应模拟地浸采铀的地层存在不同渗透率和孔隙率。

[0064] 其中,相邻两圈电极片簇40上的电极片彼此呈错位设置。

[0065] 以下通过电极片在射孔开设区域上的几种不同的布设方式对本发明作进一步说明:

[0066] 布设方式一:

[0067] 如图12所示为射孔段3的展开示意图,所述射孔段3上设有两个射孔开设区域,两个射孔开设区域的相位角为 180° ,其中一个射孔开设区域包括竖直方向间隔设置的4个射孔39,该射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置有A、B、C、D、E和F共六圈电极片簇40,A圈依次间隔设置有电极片A1、A2...,B圈依次间隔设置有电极片B1、B2...,C圈依次间隔设置有电极片C1、C2...,D圈依次间隔设置有电极片D1、D2...,E圈依次间隔设置有电极片每个电极片D1、D2...,F圈依次间隔设置有电极片F1、F2...;另外一个射孔开设区域包括竖直方向间隔设置的6个射孔39,该射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置有A'、B'、C'、D'、E'和F'共六圈电极片簇40,A'圈依次间隔设置有电极片A'1、A'2...,B'圈依次间隔设置有电极片B'1、B'2...,C'圈依次间隔设置有电极片C'1、C'2...,D'圈依次间隔设置有电极片D'1、D'2...,E'圈依次间隔设置有电极片E'1、E'2...,F'圈依次间隔设置有电极片F'1、F'2...,每个所述射孔开设区域周向一圈的外表面上布设有电极片组,所述中空腔体内壁的底面上设有公共电极,所述电极片组和公共电极49分别与电源50的正负极连接,所述电极片组包括在射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置的电极片簇40,每圈

电极片簇40包括周向间隔设置的电极片47,,相邻两圈电极片簇40上的电极片彼此呈错位设置。

[0068] 如图16所示,每个所述电极片47均连有采样电阻48,每个所述采样电阻48均连有运算放大器51,每个所述运算放大器51与无线传输模块中对应的信号输入端口相连,电极片47、公共电极49、采样电阻48、运算放大器51和电源50共同构成一个电流监测单元,所有电流监测单元共用电源50和公共电极49。

[0069] 如图17所示,所述无线传输模块与控制中心301信号连接,所述无线传输模块为内置有Zigbee集成电路的微控制器52,微控制器52上设有对应每个电流监测单元的信号输入端口。

[0070] 在向PVC井筒1的中空腔体内注入压裂液之后,控制中心301控制打开电源,公用电极先接触到压裂液,压裂液在中空腔体内逐渐注入,当压裂液在射孔开设区域周围出现窜流,相应射孔开设区域周围布设的电极片47、所述公共电极49之间会形成电流回路,电流流经电阻形成压差经过运算放大器51放大后输出监测信号,每个电流监测单元输出电压,进入微控制器52的不同信号输入端口,微控制器52根据不同的输入端口对应各电极片47的设置位置,并将有电流信号的电极片47的位置信息通过Zigbee模块转化为无线信号发射到控制中心301,控制中心301将接收有电流信号的电极片47的位置信息并通过接受到的位置信息对射孔39周围的压裂液窜流范围进行绘图如图13-15所示。

[0071] 结合图12和图2所示,本发明中将电源以及导电性能检测单元共同集成为监测模块41,监测模块41预埋在所述实心底座4内部,所述电源为充电电源,实心底座4的底部设有充电电源的充电口44,所述导电性能检测单元与控制中心301之间信号连接,所述电源的开关为远程控制开关,所述电源的远程控制开关与控制中心301之间为远程控制连接,PVC井筒1在制备过程中将电极片簇40嵌设在PVC井筒1上射孔段3的外表面上,所述公用电极嵌设在中空腔体内壁的底面上,将连接电极片组与电源的第一导线42、连接公共电极和电源之间的第二导线43、连接充电电源和充电口44的第三导线45和连接电极片组与导电性能检测单元的第四导线46均预埋在PVC井筒1的内部。

[0072] 布设方式二:

[0073] 与布设方式一的区别在于,所述射孔段3上两个射孔开设区域的相位角为 90° 。

[0074] 布设方式三:

[0075] 与布设方式一的区别在于,所述射孔段3上两个射孔开设区域的相位角为 45° 。

[0076] 布设方式四:

[0077] 与布设方式一的区别在于,所述射孔段3上两个射孔开设区域的相位角为 30° 。

[0078] 布设方式五:

[0079] 与布设方式一的区别在于,所述射孔段3上设有三个射孔开设区域,相邻两个射孔开设区域的相位角为 120° ,其中有两个射孔开设区域的射孔密度相同,并且这两个射孔开设区域的射孔密度均大于剩余的一个射孔开设区域,三个射孔开设区域周向一圈的外表面上由内向外逐圈设置的电极片簇40布设方式与布设方式一相同。

[0080] 布设方式六:

[0081] 与布设方式一的区别在于,所述射孔段3上设有四个射孔开设区域,相邻两个射孔开设区域的相位角为 90° 使得四个射孔开设区域呈两组中心对称的射孔开设区域,其中一

组中心对称的射孔开设区域中的两个射孔开设区域的射孔密度相同,另一组中心对称的射孔开设区域中的两个射孔开设区域的射孔密度相同,所述其中一组中心对称的射孔开设区域的射孔密度大于另外一组中心对称的射孔开设区域的射孔密度。

[0082] 以下通过布置方式一的具体实验操作流程为例对本发明作进一步说明:

[0083] 打开第二泵体104用于给样品加围压,所述样品即为固井模拟结构,以模拟地层围岩的围压,本实施例围压设置为2MP;

[0084] 打开第二温度调节器103用于给样品加温,保持样品恒温环境,本实施例温度设置40℃,由此模拟地层温度;

[0085] 打开第一温度调节器201,以维持从中间罐203中注入到固井模拟结构内的液体温度,本实施例温度设置为40℃,由此模拟压裂液温度;

[0086] 打开储集压裂液的中间罐203的顶部和底部的阀门,本实施例压裂液选用0.1%滑溜水;

[0087] 打开设置在第一温度调节器201与注液口24之间的阀门,设置第一泵体204泵速为10~30ml/min,本实施例泵速为20ml/min开始向加压空腔内定流速的方式注入40℃恒温的压裂液。

[0088] 利用控制中心301检测围岩模拟结构的温度T2、注入液温度T1、第一泄压口压力P2、第二泄压口压力P3、固井模拟结构的围压P4、加压空腔内压力P1,当加压空腔内压力开始增加时,降低第一泵体204流速为1~10ml/min,本实施例第一泵体204的泵速为3ml/min。

[0089] 控制中心301持续检测记录P1随时间变化的数值,若出现压力突然降低的情况,记录骤降之前的压力P',该压力则为固井模拟结构在利用压裂液进行压裂时窜流的压力,即为固井模拟结构中水泥环胶结面的液测胶结强度。

[0090] 若出现P1压力增加较慢且不下降的情况,需及时记录导电性能检测单元、P2和P3随时间变化的数值,若导电性能检测单元后显示两个射孔位置其中一个或者两个都出现类似如图15所示的情况,说明压裂液窜流到射孔周围,且有可能已经溢出井筒。此时,还需继续检测P2和P3示数,P2和P3示数若逐渐随压裂液注入而增加,并逐渐与P1持平,说明样品制备过程中出现问题,水泥环未完全胶结到PVC井筒表面,存在裂缝或者连通的孔隙,需按照上述样品制备的流程重新制备样品,再次进行测试。

[0091] 若未出现P1压力增加较慢且不下降的情况,可正常实验,利用控制中心301持续检测P1、导电性能检测单元、P2、P3压力随时间的变化。当测试到P' (即P1骤降压力) 后,需立刻停止第一泵体204,关闭第一温度调节器201与注液口24之间的开关,并打开第三废液罐205,排空管线压力;

[0092] 打开第一泄压口23和第二泄压口22的开关,打开注液口24和第一废液罐101之间的开关,将加压空腔内和窜流到夹持器102中的压裂液排到第一废液罐101和第二废液罐105内。

[0093] 测试结束后,记录井筒液测胶结强度P',并整合水位传感器信息,按照时间步分析窜流位置变化情况。经控制中心301处理后,可确定不同时间导电性能检测单元检测到电极片的电流变化,并进行窜流区域绘图。

[0094] 控制中心301根据接收到的绘制窜流区域图方法如下所示:首先收集不同时间的导电性能检测单元检测到的数据,将导电性能检测单元检测到的数据对应的各个电极片设

置位置在射孔段3平铺图中标示出来,最终窜流区域如图13、图14所示的窜流区域图。图13表示水位传感器信号为:A9、A13、B13、B16、C16、C17、C118,窜流位置为左射孔开设区域。图14表示水位传感器信号为:A' 2、A' 3、A' 4、A' 5、B' 3、B' 4、B' 5、B' 6、C' 4、C' 5、C' 6、C' 7、D' 4、D' 5、D' 6、D' 7、D' 8、E' 4、E' 5、E' 6、E' 7、E' 8,窜流位置为右射孔开设区域。

[0095] 当需要快速确定射孔窜流在上端还是下端时,可以直接根据压力表P1、P2和P3的示数进行快速判断,判断方法如下:

[0096] 射孔压裂模拟实验结果之一如图6-8所示,出现压力表P1示数减低到时间t2后又逐渐增加,压力表P2示数同样在时间为t2时逐渐增加,并且压力表P3示数不变的情况下,则为射孔段3的上端窜流。

[0097] 射孔压裂模拟实验结果之二如图9-11所示,出现压力表P1示数减低到时间t2后又逐渐增加,压力表P3示数同样在时间为t2时逐渐增加,并且压力表P2示数不变的情况下,则为射孔段3下端窜流。

[0098] 本发明通过围岩模拟结构模拟地层围岩结构,通过固井模拟结构模拟地浸采铀固井结构水泥环、PVC井筒和封隔器,通过所述检测模块中加压单元和控制中心,实现在测试PVC井筒和水泥环之间的第一胶结面密封性能的基础之上,对压裂液进行压裂时PVC井筒-水泥环窜流的压力进行测量。除此之外,本发明还通过上述射孔段模拟了PVC井筒-水泥环的压裂射孔,并且通过第一泄压单元和第二泄压单元确定了射孔出现的具体位置,还通过上述结构模拟了地层压力、地层温度和压裂液温度。除此之外,本发明还通过上述电极片组、监测模块、公共电极确定射孔周围的窜流范围。由此更好地在室内还原铀矿压裂时固井与微压裂过程,从而用于指导致密砂岩铀矿的开发。

[0099] 其他布置方式的具体操作原理均与布置方式一相似,其他布置方式的具体操作流程可以根据布置方式一的具体操作流程类推。

[0100] 值得注意的是,本发明中射孔压裂模拟实验模拟的是射孔后压裂液在射孔处的压裂过程对水泥环胶结面的影响,不是对射孔过程本身进行的模拟。

[0101] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0102] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,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,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

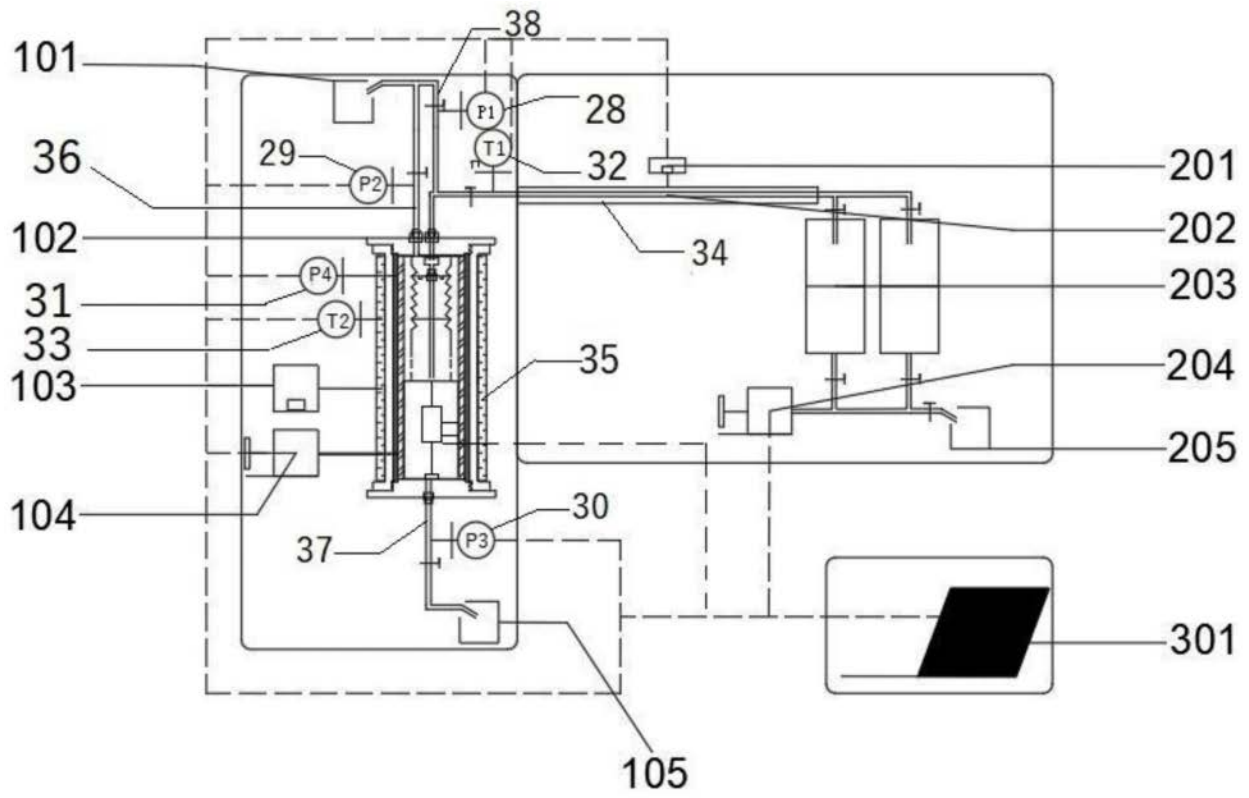


图1

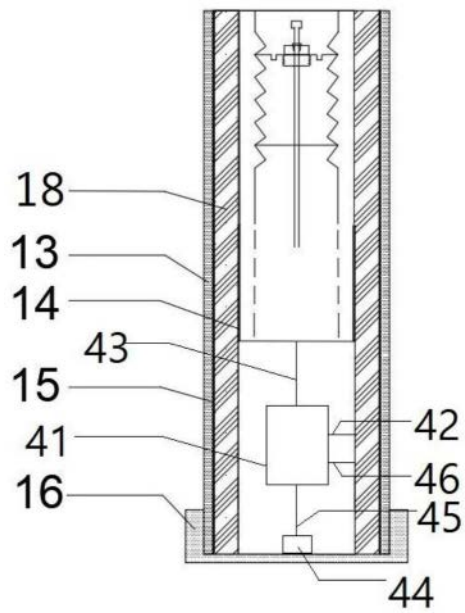


图2

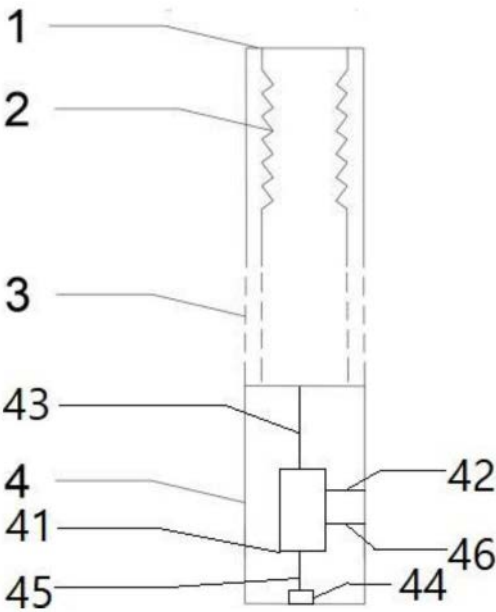


图3

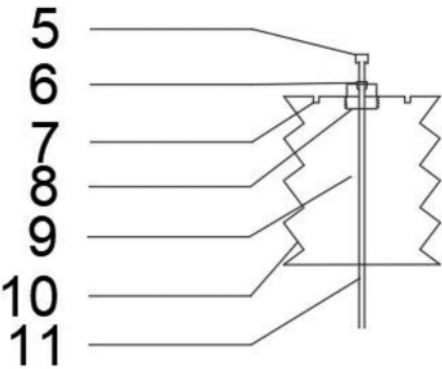


图4

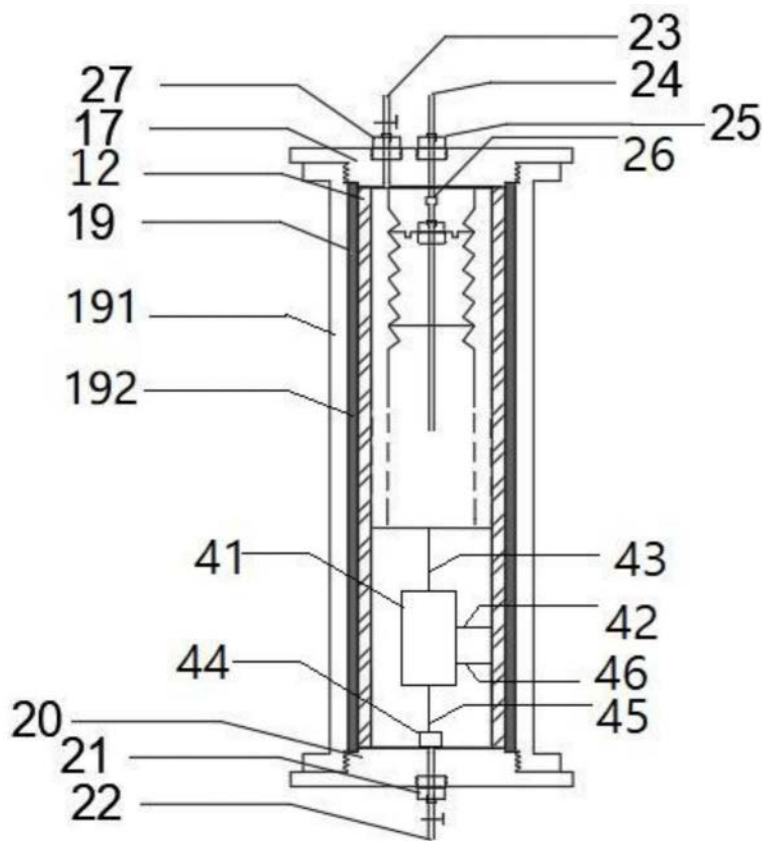


图5

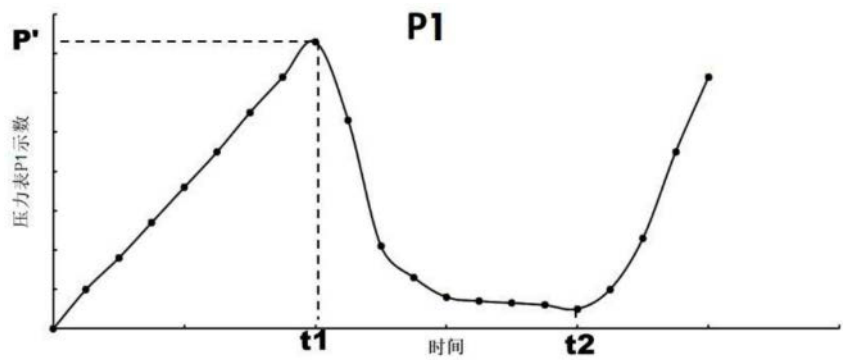


图6

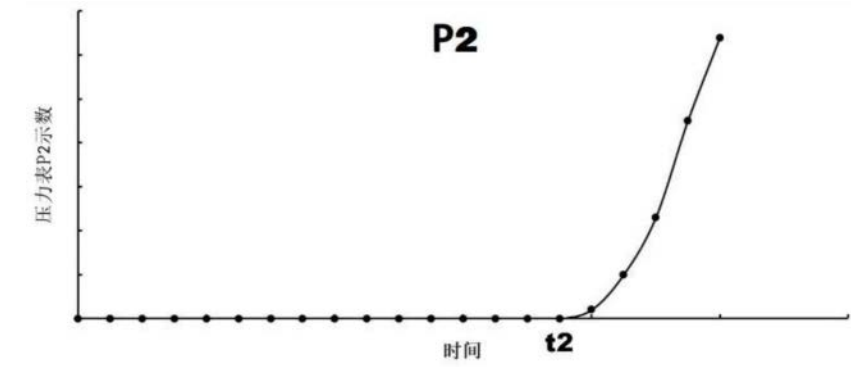


图7

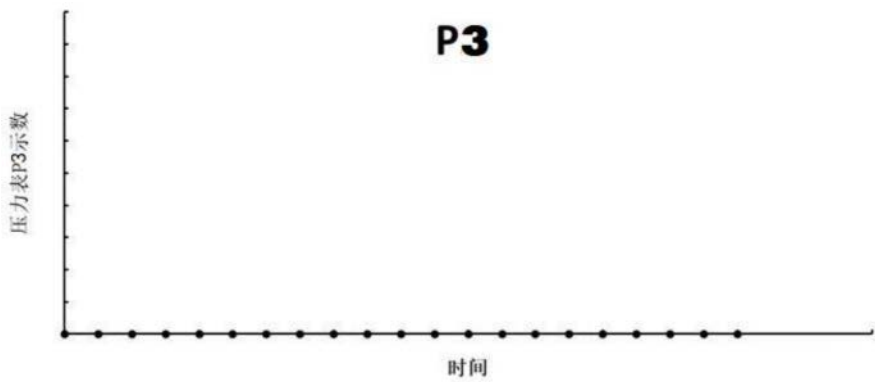


图8

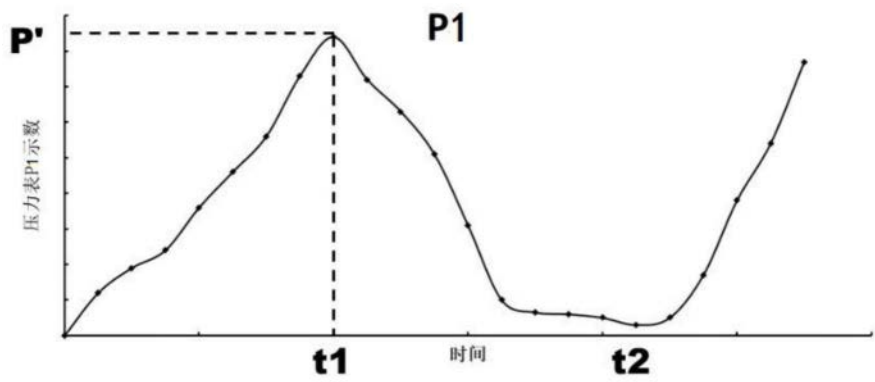


图9

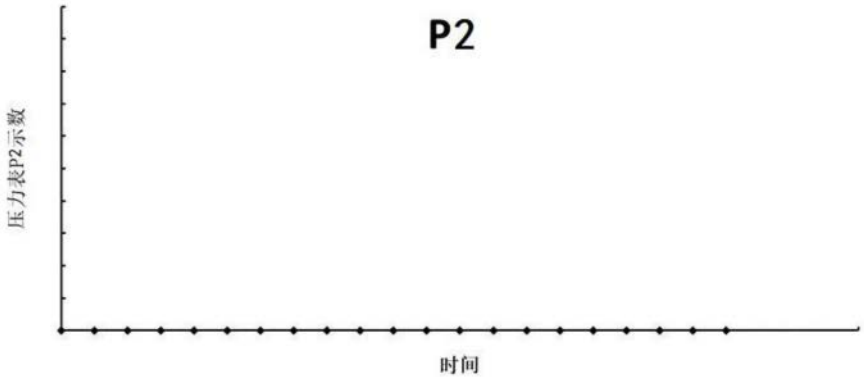


图10

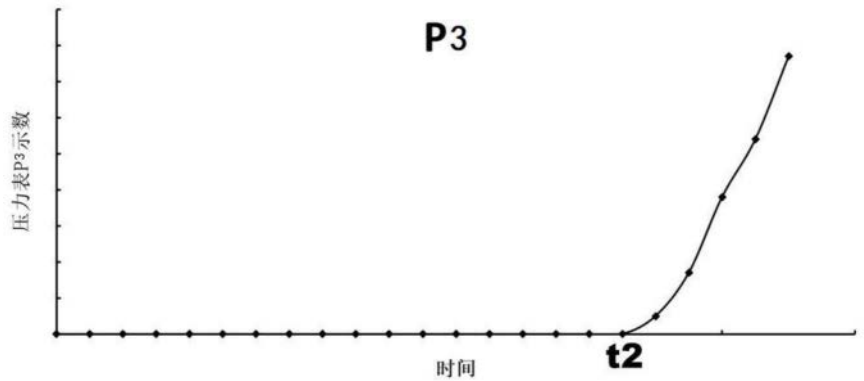


图11

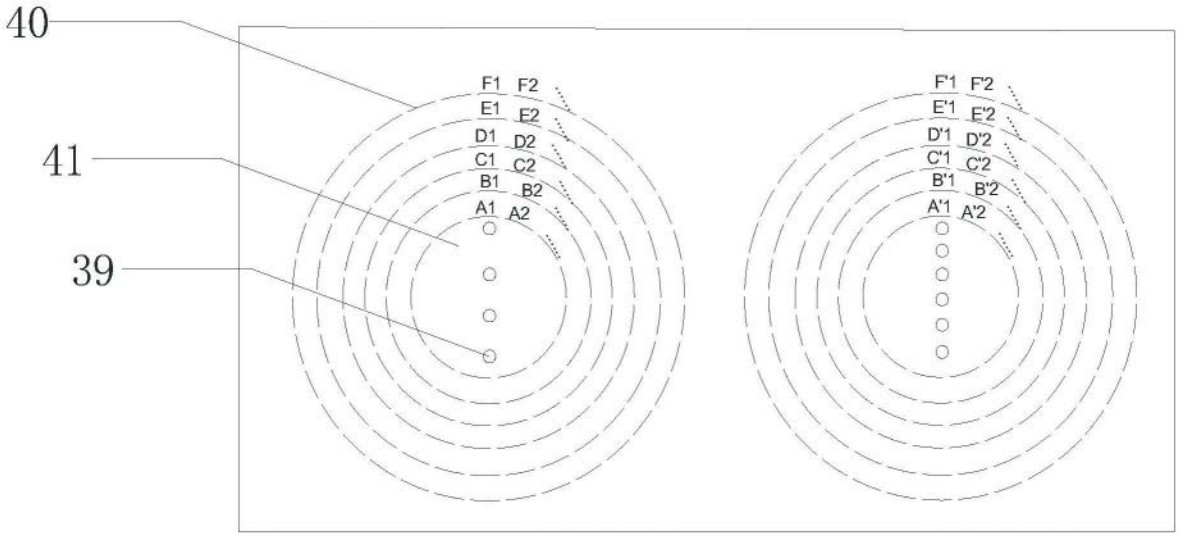


图12

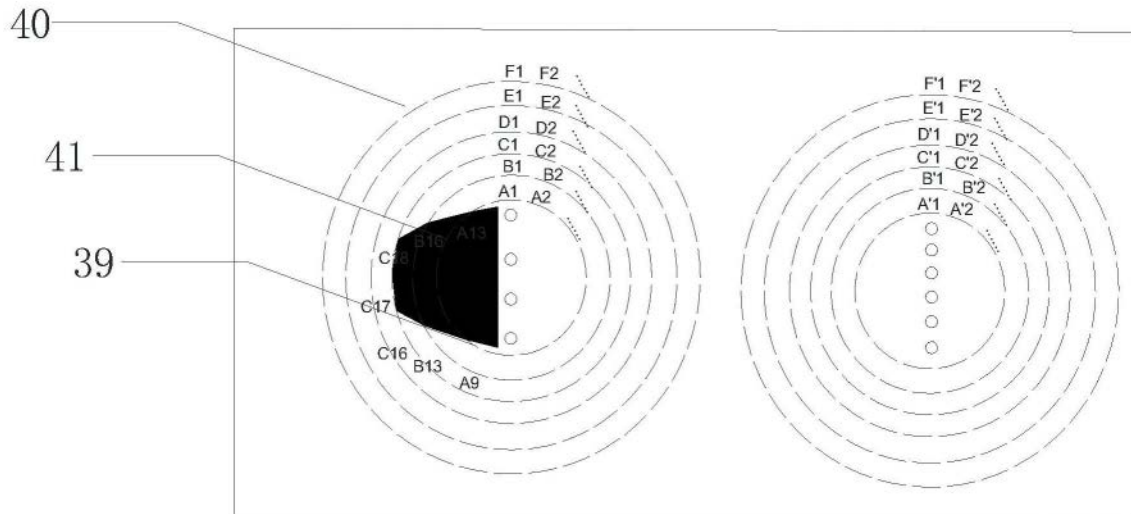


图13

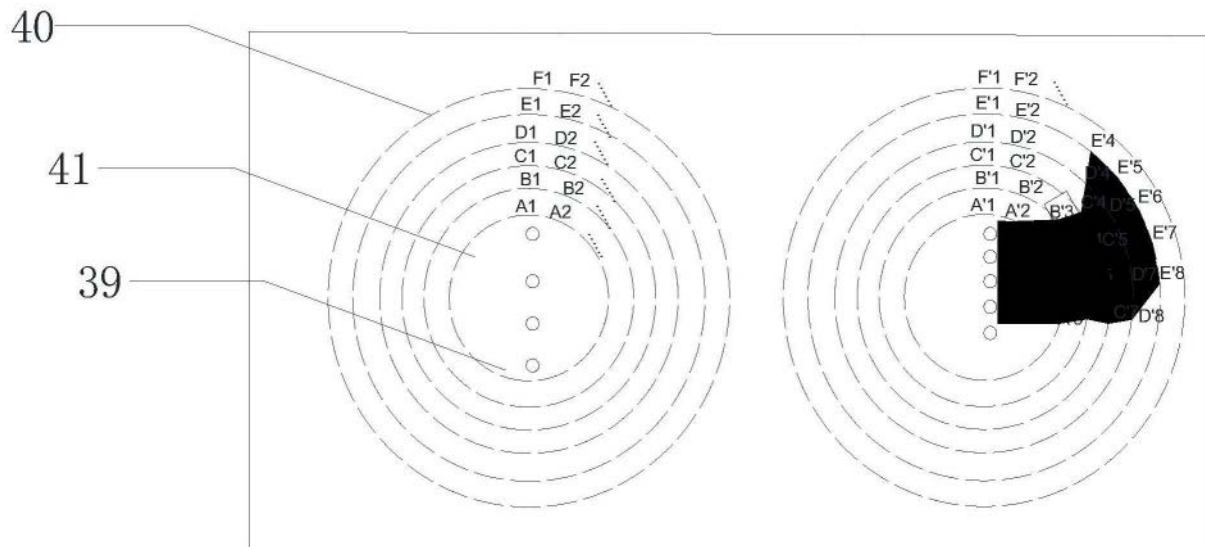


图14

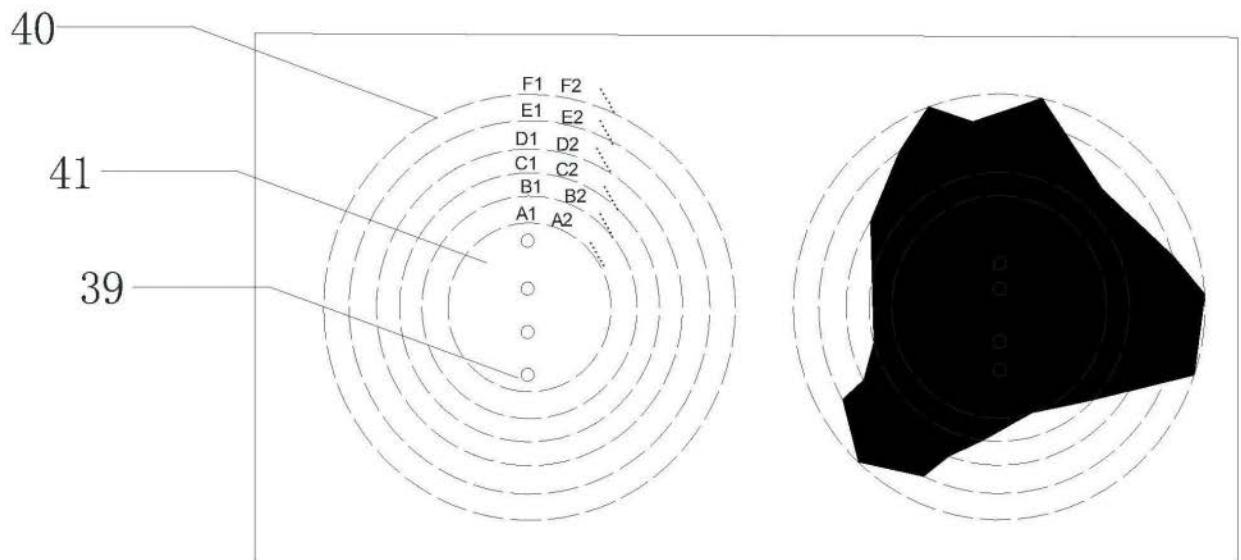


图15

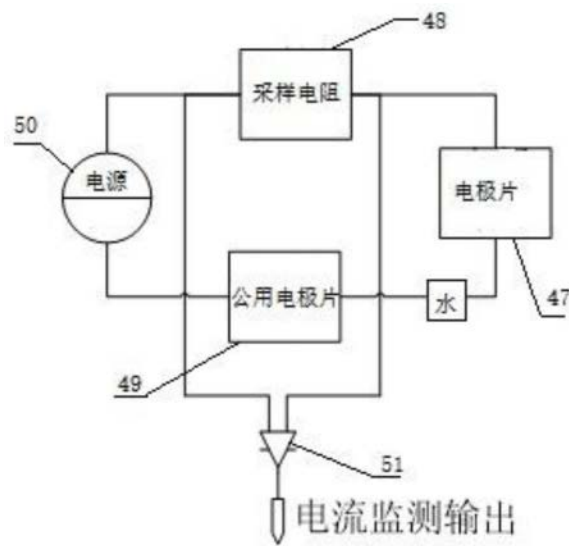


图16

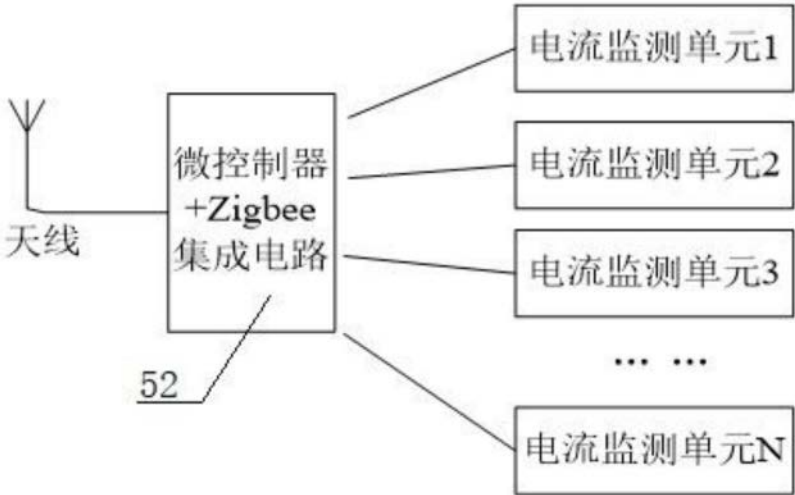


图17