



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110631270 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201910901845.0

F24T 10/17(2018.01)

(22)申请日 2019.09.23

F24T 10/40(2018.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F28D 20/02(2006.01)

申请公布号 CN 110631270 A

审查员 姚露

(43)申请公布日 2019.12.31

(73)专利权人 西安科技大学

地址 710054 陕西省西安市雁塔路中段58号

(72)发明人 姬长发 常晔 陈蓉 张欢
姬晨阳

(74)专利代理机构 西安启诚专利知识产权代理
事务所(普通合伙) 61240

代理人 李艳春

(51)Int.Cl.

F24T 50/00(2018.01)

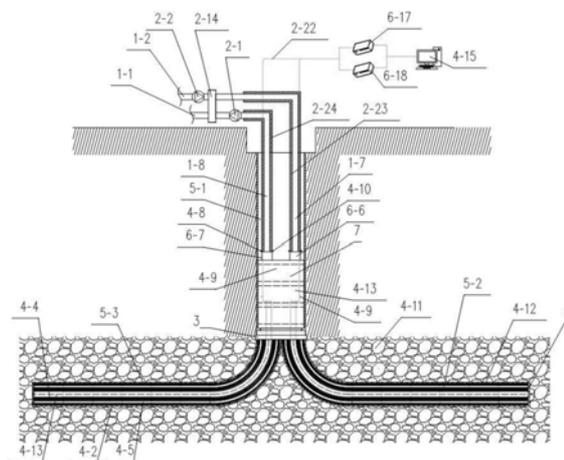
权利要求书8页 说明书21页 附图12页

(54)发明名称

一种干热岩地热开采利用方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种干热岩地热开采利用方法及系统,其方法包括步骤:一、地热能探测及钻井;二、固定支撑板;三、制备地下岩层换热管;四、连接布液箱与地下岩层换热管;五、地下岩层换热管下井;六、热源侧供水总管、热源侧回水总管下井;七、热源侧管路和一次热网管路的连接;八、一次热网管路和二次热网管路的连接;九、二次热网管路和负荷侧管路的连接;十、热源侧管路数据采集与监控线路的连接;十一、地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接;十二、地下换热系统运行。本发明步骤简单、设计新颖、方便节能,能够实现高效的地热开采及利用,并且可以达到很好的节能效果,实用性强,推广应用价值高。



1. 一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、进行地热能探测,钻取主井(5-1)并在主井(5-1)的底部钻取环形槽孔,再在主井(5-1)底部钻取均匀布置在主井(5-1)周围的多口副井;

步骤二、将用于固定支撑多口副井的井口的支撑板(3)吊装固定到主井(5-1)底部的环形槽孔内;

步骤三、制备地下岩层换热管(4);

步骤四、连接布液箱(6)与地下岩层换热管(4);

步骤五、将多组地下岩层换热管(4)同时下入主井(5-1)中,通过水平探测仪保证各组地下岩层换热管(4)对应位置截面处于同一水平面位置,确保各组地下岩层换热管(4)对应位置截面顺利穿过支撑板(3)进入各口副井中;当地下岩层换热管(4)前进至副井末端时,布液箱(6)精准落在支撑板(3)上的既定位置,完成布液箱(6)的下井和固定;

步骤六、将热源侧供水总管(1-6)和热源侧回水总管(1-7)下入主井(5-1)中并到达布液箱(6)的位置处;

步骤七、将热源侧供水总管(1-6)、热源侧回水总管(1-7)与去藕罐(2-5)热源侧接口连接,将一次热网供水管(1-1)、一次热网回水管(1-2)与去藕罐(2-5)热网侧接口连接;

步骤八、在一次热网供水管(1-1)预留接口上接出二次热网供水管(1-4),在一次热网回水管(1-2)预留接口上接出二次热网回水管(1-5),将二次热网供水管(1-4)、二次热网回水管(1-5)与换热站(2-4)热网侧接口连接;

步骤九、将负荷侧供水管(1-8)和负荷侧回水管(1-9)与换热站(2-4)负荷侧接口连接;

步骤十、进行热源侧管路数据采集与监控线路的连接;

步骤十一、进行地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接;

步骤十二、冷换热流体自热源侧供水总管(1-6)进入主井(5-1),通过布液箱(6)进入地下岩层换热管(4),冷换热流体经地下换热系统后,吸收地下岩层热量,温度升高,成为热换热流体,所述热换热流体自地下岩层换热管(4)和布液箱(6)进入热源侧回水总管(1-7);所述热换热流体自去藕罐(2-5)进入地上换热系统侧管路,最终热能被末端用户使用;冷换热流体自布液箱(6)进入地下岩层换热管(4),进行一级加热;经一级加热后的换热流体到达地下岩层换热管(4)末端时,再反向向布液箱(6)方向流动,并在地下岩层换热管(4)内换热,进行二级加热;地下换热系统运行过程中,地下数据采集与监控系统用以监测并控制地下换热系统的相关参数。

2. 按照权利要求1所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述主井(5-1)内设置有保温水泥套管,所述副井(5-2)内设置有导热水泥套管,所述导热水泥套管与干热岩层(4-11)之间的间隙内涂有导热剂;所述主井(5-1)底部的环形槽孔内安装有红外线照射仪;所述支撑板(3)包括L-L端板(3-1)和M-M端板(3-2),所述L-L端板(3-1)上设置有X形肋板(3-3),所述M-M端板(3-2)为活动端板;所述M-M端板(3-2)上安装有用于接收红外线照射仪发射的红外线信号的红外线信号接收器,所述M-M端板(3-2)下部安装有由弹性材料制成的导向板,所述L-L端板(3-1)和M-M端板(3-2)上对称设置有供地下岩层换热管(4)穿过的预留洞(3-6)。

3. 按照权利要求2所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述导向板的数量为两块且分别为45°导向板(3-4)和135°导向板(3-5);

步骤五中所述地下岩层换热管(4)进入各口副井过程中,根据所述45°导向板(3-4)和135°导向板(3-5)的受力变形特征,调整地下岩层换热管(4)下井速度,使45°导向板(3-4)和135°导向板(3-5)产生45°角的弹性变形。

4.按照权利要求1所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述地下岩层换热管(4)包括同心套管(4-1)、换热封装套管(4-3)和监测盘(4-14),所述同心套管(4-1)的末端封闭,所述同心套管(4-1)夹层中填充有高温相变蓄热材料(4-2),所述换热封装套管(4-3)固定于同心套管(4-1)内腔中,所述换热封装套管(4-3)上设置有对称布置的注液管(4-5)和回液腔(4-6),所述换热封装套管(4-3)夹层中填充有低温相变蓄热材料(4-4),所述换热封装套管(4-3)上设置有对称布置的数据线集线管(4-7);

步骤三种所述制备地下岩层换热管(4)的具体过程为:

步骤301、在同心套管(4-1)夹层中填充固相高温相变蓄热材料(4-2);

步骤302、将换热封装套管(4-3)紧固于同心套管(4-1)内腔中;

步骤303、向换热封装套管(4-3)夹层中填充固相低温相变蓄热材料(4-4);

步骤304、在地下岩层换热管(4)末端固定监测盘(4-14);

步骤305、将温度传感器(4-8)、真空度传感器(4-9)和流速传感器(4-10)安装至监测盘(4-14)相应位置处;

步骤306、将温度传感器(4-8)数据线、真空度传感器(4-9)数据线、流速传感器(4-10)数据线通过监测盘(4-14)预留孔道分别与温度传感器(4-8)、真空度传感器(4-9)、流速传感器(4-10)连接,再汇总至换热封装套管(4-3)中的数据线集线管(4-7)中;

步骤307、根据已钻副井各项实测长度,确定多个副井(5-2)内地下岩层换热管(4)的长度;

步骤308、重复步骤301~步骤307,直至完成地下岩层换热管(4)的制备。

5.按照权利要求4所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述布液箱(6)包括壳体(6-1)、A-A端板(6-2)、C-C端板(6-3)、E-E端板(6-4)和G-G端板(6-5),所述A-A端板(6-2)、C-C端板(6-3)和壳体(6-1)围成的封闭区域构成了集液腔,所述C-C端板(6-3)、E-E端板(6-4)和壳体(6-1)围成的封闭区域构成了信号线腔(6-12),所述E-E端板(6-4)、G-G端板(6-5)和壳体(6-1)围成的封闭区域构成了分液腔,所述A-A端板(6-2)上开有若干组对称分布的分液孔(6-9)、回液孔(6-15)和数据线集线孔(6-16),所述C-C端板(6-3)上开有回液集孔(6-10)和若干组对称分布的分液孔(6-9)和数据线集线孔(6-16),所述E-E端板(6-4)上开有回液集孔(6-10)和若干组对称分布的分液孔(6-9),所述G-G端板(6-5)上开有一组对称分布的注液集孔(6-19)和回液集孔(6-10),分液管(6-8)通过A-A端板(6-2)上的分液孔(6-9)和E-E端板(6-4)上的分液孔(6-9)连接,回液集管(6-7)通过C-C端板(6-3)上的回液集孔(6-10)和G-G端板(6-5)上的回液集孔(6-10)连接,所述A-A端板(6-2)底部开有X形槽孔(6-14),所述布液箱(6)的信号线腔(6-12)内设置抽真空阀(6-20)和真空度传感器(4-9),所述布液箱(6)的回液集管(6-7)和注液集管(6-6)中设置有温度传感器(4-8)和流速传感器(4-10);

步骤四中所述连接布液箱(6)与地下岩层换热管(4)时,将所述布液箱(6)的A-A端板(6-2)上的分液孔(6-9)、回液孔(6-15)和数据线集线孔(6-16)分别与所述换热封装套管(4-3)上的注液管(4-5)、回液腔(4-6)和数据线集线管(4-7)连接;

步骤五中所述布液箱(6)精准落在支撑板(3)上的既定位置时,L-L端板(3-1)上的X形肋板(3-3)与A-A端板(6-2)底部的X形槽孔(6-14)配合;

步骤六中所述将热源侧供水总管(1-6)和热源侧回水总管(1-7)下入主井(5-1)中并到达布液箱(6)的位置处,是到达布液箱(6)的G-G端板(6-5)的位置处,并将所述热源侧供水总管(1-6)和热源侧回水总管(1-7)分别与布液箱(6)的G-G端板(6-5)上的注液集管(6-6)和回液集管(6-7)连接;

步骤十二中所述冷换热流体通过布液箱(6)进入地下岩层换热管(4)时,先通过布液箱(6)的G-G端板(6-5)上的注液集孔(6-19)进入分液腔(6-11);冷换热流体自E-E端板(6-4)上对称分布的分液孔(6-9)进入分液管(6-8),通过A-A端板(6-2)上对称分布的分液孔(6-9)进入地下岩层换热管(4)中的注液管(4-5);

步骤十二中所述热换热流体自地下岩层换热管(4)和布液箱(6)进入热源侧回水总管(1-7)的具体过程为:所述热换热流体自地下岩层换热管(4)中对称分布的回液腔(4-6)通过G-G端板(6-5)上的回液孔(6-15)进入集液腔(6-13);热换热流体自C-C端板(6-3)上的回液集孔(6-10)进入回液集管(6-7),通过G-G端板(6-5)上的回液集孔(6-10)进入热源侧回水总管(1-7);

步骤十二中所述冷换热流体自布液箱(6)进入地下岩层换热管(4),进行一级加热的具体过程为:所述冷换热流体自布液箱(6)A-A端板(6-2)上对称分布的分液孔(6-9)进入若干组地下岩层换热管(4)中的各个注液管(4-5)中,沿注液管(4-5)向各组地下岩层换热管(4)末端方向流动,冷换热流体在所述注液管(4-5)中吸收回液腔(4-6)里换热流体的热量,进行一级加热;

步骤十二中所述经一级加热后的换热流体到达地下岩层换热管(4)末端时,再反向向布液箱(6)方向流动,并在地下岩层换热管(4)内换热,进行二次加热的具体过程为:所述经一级加热后的换热流体反向流入各个回液腔(4-6),沿回液腔(4-6)向布液箱(6)方向流动,同心套管(4-1)内壁与高温相变蓄热材料(4-2)换热,高温相变蓄热材料(4-2)通过同心套管(4-1)外壁与干热岩层(4-11)换热,换热流体间接从干热岩取热,同时一级加热后的换热流体在所述回液腔(4-6)中与低温相变蓄热材料(4-4)换热;当换热流体到达布液箱(6)的A-A端板(6-2)时,流入所述A-A端板(6-2)上对称分布的回液孔(6-15)。

6.按照权利要求5所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述地下数据采集与监控系统包括温度传感器(4-8)、真空度传感器(4-9)、流速传感器(4-10)、温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线、数据线集线管(4-7)、信号线腔(6-12)、数据传输线(2-9)、监测盘(4-14)、数据采集模块(6-1)、数据监控模块(6-18)和计算机(4-15);

步骤十中所述进行热源侧管路数据采集与监控线路的连接的具体过程为:

步骤1001、将所述温度传感器(4-8)、真空度传感器(4-9)和流速传感器(4-10)安装在监测盘(4-14)相应位置处;

步骤1002、将温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线通过监测盘(4-14)预留孔道分别与所述温度传感器(4-8)、真空度传感器(4-9)、流速传感器(4-10)连接,再汇总至所述换热封装套管(4-3)中的数据线集线管(4-7)中;

步骤1003、所述数据线集线管(4-7)通过所述布液箱(6)的A-A端板(6-2)上的数据线集

线孔(6-16)连通信号线腔(6-12),若干组所述地下岩层换热管(4)中的数据传输线(2-9)在信号线腔(6-12)中汇总成2)组,通过分别设置在热源侧供水总管(1-6)保温层和热源侧回水总管(1-7)保温层中的数据线集线管(4-7)连接到地面的数据采集模块(6-1)和数据监控模块(6-18);

步骤1004、数据采集模块(6-1)和数据监控模块(6-18)通过数据传输线(2-9)连接到计算机(4-15);

步骤十二中所述地下换热系统运行过程中,地下数据采集与监控系统用以监测并控制地下换热系统的相关参数的具体过程为:布设于监测盘(4-14)上的流速传感器(4-10),温度传感器(4-8),真空度传感器(4-9)每间隔一定时间测量换热流体流速,温度,真空度;数据传输线(2-9)将所测信号传输到数据采集模块(6-17)和数据监控模块(6-18);数据采集模块(6-17)和数据监控模块(6-18)将各测点处的换热流体流速信号、各测点处的换热流体温度信号、各测点处的真空腔(4-13)真空度信号连接显示在计算机(4-15)上,用以监测并控制地下换热系统的相关参数。

7.按照权利要求6所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述地上换热系统侧管路包括一次热网供水管(1-1)、一次热网回水管(1-2)、一次热网旁通管(1-3)、二次热网供水管(1-4)、二次热网回水管(1-5)、负荷侧供水管(1-8)和负荷侧回水管(1-9);

地上换热系统侧管路数据采集与监控系统包括:热源循环泵(2-1)、一次热网循环泵(2-2)、二次热网循环泵(2-3)、压差传感器、温差传感器、控制执行器(2-7)、数据传输线(2-9)、压力传感器数据线、温度传感器数据线、变频调节器、数据采集模块(6-1)、数据监控模块(6-18)和计算机(4-15);

步骤十一所述进行地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接的具体过程为:

步骤1101、循环水泵加装变频调节器,变频调节器通过数据传输线(2-9)连接到控制执行器(2-7);

步骤1102、循环水泵所在系统供水管上安装温度传感器(4-8),温度传感器(4-8)数据线一端连接到温度传感器(4-8),一端连接到控制执行器(2-7);

步骤1103、循环水泵所在系统回水管上安装温度传感器(4-8),温度传感器数据线一端连接到温度传感器(4-8),一端连接到控制执行器(2-7);

步骤1104、重复步骤1101、1102、1103,将热源循环泵(2-1)、一次热网循环泵(2-2)、二次热网循环泵(2-3)依次接入数据采集与监控系统;

步骤1105、一次热网旁通管(1-3)上安装流量开关(2-8),流量开关(2-8)通过数据传输线(2-9)连接控制执行器(2-7);

步骤1106、一次热网供水管(1-1)上安装压力传感器(2-6),压力传感器数据线一端连接到压力传感器(2-6),一端连接到控制执行器(2-7);

步骤1107、一次热网回水管(1-2)上安装压力传感器(2-6),压力传感器数据线一端连接到压力传感器(2-6),一端连接到控制执行器(2-7);

步骤1108、将多个所述控制执行器(2-7)通过数据传输线(2-9)分别连接到数据采集模块(6-1)和数据监控模块(6-18);

步骤1109、数据采集模块(6-1)和数据监控模块(6-18)通过数据传输线(2-9)连接计算机(4-15)。

8. 按照权利要求7所述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述地上换热系统侧管路数据采集与监控系统中,所述热源循环泵(2-1)、一次热网循环泵(2-2)、二次热网循环泵(2-3)变流量运行,变流量调节方式采用供回水温差控制模式,恒定所述水泵所在循环管路的供回水温差,根据温差的变化调整转速,控制方法采用优化模糊神经网络PID控制方法,具体过程为:

步骤一、控制器对供回水温差进行周期性采样;

步骤二、控制器根据公式 $e_i = X_s^i - X_u^i$ 对其第*i*次采样得到的供回水温差 X_s^i 与预设供回水温差 X_u^i 作差,得到偏差 e_i ;

步骤二、控制器根据公式 $e_c^i = \frac{de_i}{dt}$ 对偏差 e_i 求导,得到偏差 e_i 随时间 t 的变化率 e_c^i ;

步骤三、控制器将 e_i 和 e_c^i 作为模糊神经网络中输入层的两个节点;

步骤四、控制器将 e_i 和 e_c^i 划分模糊子集,确定模糊神经网络中模糊化层的节点数,隶属函数采用高斯函数;

步骤五、控制器确定模糊神经网络中模糊规则层的节点数;

步骤六、控制器对模糊神经网络中的去模糊层采用重心法解模糊,变成一个节点,并作为PID神经网络中PID输入层的一个节点;

步骤七、控制器将 K_P 、 K_I 、 K_D 作为PID神经网络中PID层的三个节点,采用改进的细菌觅食优化算法对PID神经网络的权值进行优化,使静态参数的 K_P 、 K_I 、 K_D 转化为动态调整形式;

其中,采用改进的细菌觅食优化算法对PID神经网络的权值进行优化的具体过程为:

步骤701、初始化细菌觅食优化算法参数:所述细菌觅食优化算法参数包括细菌菌群中与PID神经网络的权值相对应的细菌总数 S 、PID神经网络的权值的搜索工作维度 p 、PID神经网络的权值的趋化次数 N_c 、趋化过程中PID神经网络的权值单向运动的最大步数 N_s 、PID神经网络的权值的复制次数 N_{re} 、PID神经网络的权值的学习次数 N_{ed} 、PID神经网络的权值的最大趋化步长 C_{max} 和PID神经网络的权值的最小趋化步长 C_{min} ;

步骤702、初始化菌群位置:采用随机初始化的方法并按照公式 $X = X_{min} + rand \times (X_{max} - X_{min})$ 在 p 维空间初始化 $2S$ 个点作为细菌的初始化位置,其中随机选取 S 个细菌作为菌群 X_1 ,剩下的 S 个细菌作为菌群 X_2 ; X_{min} 为优化区间的最小值, X_{max} 为优化区间的最大值, X 为细菌的初始化位置, $rand$ 为均匀分布在 $[0, 1]$ 区间的随机数;

步骤703、适应度值更新:按照公式

$$J_{CC}(i, j, k, l) = \sum_{i=1}^S [-d_{attract} \exp(-w_{attract} \sum_{n=1}^p (P(i, j, k, l) - P(1:S, j, k, l))^2)] + \sum_{i=1}^S [-h_{repellant} \exp(-w_{repellant} \sum_{n=1}^p (P(i, j, k, l) - P(1:S, j, k, l))^2)]$$

计算各个细菌的适

应度值;其中, $d_{attract}$ 为细菌与细菌之间引力的深度, $w_{attract}$ 为细菌与细菌之间引力的宽度, $h_{repellant}$ 为细菌与细菌之间斥力的高度, $w_{repellant}$ 为细菌与细菌之间斥力的宽度, $P(i, j, k, l)$ 为细菌 i 在第 j 次趋向性操作、第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的位置, $P(1:S, j, k, l)$ 为当前个体 $P(i, j, k, l)$ 的邻域内的一个随机位置, $J_{CC}(i, j, k, l)$ 为细菌 i 在第 j 次趋向性操作、第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的适应度值;

步骤704、设置循环变量的参数:其中趋化循环次数j为1~N_c,复制循环次数k为1~N_{re},学习循环次数l为1~N_{ed};

步骤705、进入趋化循环,进行趋化操作,具体方法为:

对菌群X₂,按照以下步骤Q21~步骤Q211的趋化操作对每个细菌进行趋化:

步骤Q21、将细菌i重新赋值为i+1,判断细菌i的规模是否小于细菌规模S,当小于时执行步骤Q22,当不小于时跳转执行步骤Q212;

步骤Q22、计算细菌i的适应度值;

步骤Q23、细菌i在随机产生的方向上翻转一个单位步长;

步骤Q24、令j初始化为1;

步骤Q25、计算新位置上细菌i的适应度值;

步骤Q26、判断j是否小于最大步数N_c,当小于时执行步骤Q2,当不小于时跳转执行步骤Q21;

步骤Q27、将j的重新赋值为j+1;

步骤Q28、判断新位置上细菌i的适应度值是否改变,当改变时执行步骤Q29,当没有改变时令j=N_s,并跳转执行步骤Q26;

步骤Q29、更新细菌i的适应度值;

步骤Q210、细菌种群在翻转的方向上继续游动;

步骤Q211、跳转执行步骤Q25,继续循环,直至步骤Q21中i的取值等于S为止;

步骤Q212、趋化操作结束;

对菌群X₁,按照以下步骤Q11~步骤Q112的趋化操作对每个细菌进行趋化:

步骤Q11、将细菌i重新赋值为i+1,判断细菌i的规模是否小于细菌菌落规模S,当小于时执行步骤Q12,当不小于时跳转执行步骤Q112;

步骤Q12、计算细菌i的适应度值;

步骤Q13、根据公式 $D(i) = \frac{1}{SL} \sum_{i=1}^S \sqrt{\sum_{m=1}^p (X(m,i) - \bar{X})^2}$ 计算细菌菌群密度函数因子D(i),

并根据公式 $C(i) = A \cdot D(i) + B$ 计算趋化步长C(i);再令细菌i在随机产生的方向上翻转步长C(i);其中,L为搜索空间对角线中最大长度,X(m,i)为细菌i在搜索空间第m维的位置坐标值, \bar{X} 为当前搜索空间内所有细菌在搜索空间第m维的平均位置坐标值;

步骤Q14、令j初始化为1;

步骤Q15、计算新位置上细菌i的适应度值;

步骤Q16、判断j是否小于最大步数N_c,当小于时执行步骤Q1,当不小于时跳转执行步骤Q11;

步骤Q17、将j的重新赋值为j+1;

步骤Q18、判断新位置上细菌i的适应度值是否改变,当改变时执行步骤Q19,当没有改变时令j=N_s,并跳转执行步骤Q16;

步骤Q19、更新细菌i的适应度值;

步骤Q110、细菌种群在翻转的方向上继续游动;

步骤Q111、跳转执行步骤Q15,继续循环,直至步骤Q11中i的取值等于S为止;

步骤Q112、趋化操作结束；

步骤706、进入复制循环,进行复制操作,具体方法为:

对菌群 X_1 ,按照以下步骤F11~步骤F16的复制操作对每个细菌进行复制:

步骤F11、将细菌 i 重新赋值为 $i+1$,判断细菌 i 的规模是否小于细菌规模 S ,当小于时执行步骤F12,当不小于时跳转执行步骤F16;

步骤F12、计算细菌在上次复制操作循环中经过的所有位置的适应度之和,并定义为健康度值;

步骤F13、按照健康度值的优劣将细菌进行排序;

步骤F14、跳转执行步骤F11;

步骤F15、淘汰健康度差的 $\frac{1}{2}S$ 个细菌,剩余的 $\frac{1}{2}S$ 个细菌各自分裂出一个与自己完全相同的新个体;

步骤F16、复制操作结束;

对菌群 X_2 ,按照以下步骤F21~步骤F24的复制操作对每个细菌进行复制:

步骤F21、计算所有细菌的适应度值并按照从小到大的顺序进行排序,并选出当前最优的细菌作为精英细菌;

步骤F22、对当前最好的一半细菌,按照公式 $X'_2(i) = X_2(i) + N(0, 1)$ 实施变异操作,生成 $\frac{1}{2}S$ 个新细菌并与原来的细菌构成新的子细菌群 X'_2 ;其中, $N(0, 1)$ 为服从均值为0、均方差为1的高斯分布;

步骤F23、对当前最差的一半细菌,按照黄金分割率并取排序在前61.8%的细菌与步骤F21中挑选出来的精英细菌进行交叉操作,生成 $\frac{1}{2}S$ 个新细菌并与原来的细菌构成新的子细菌群 X''_2 ;

步骤F24、从子细菌群 X'_2 与子细菌群 X''_2 中挑选出适应度值最好的前 S 个细菌替换原来的细菌群 X_2 ;

步骤707、进入学习循环,进行学习操作,具体方法为:将菌群 X_1 与菌群 X_2 中的细菌进行排序,并将菌群 X_1 的排序在前61.8%的细菌按照轮盘赌法选择出 $0.382S$ 个细菌与菌群 X_2 中排序在后38.2%的细菌进行交换,交换来的 $0.382S$ 个细菌组成新的菌群 X_2 ;

步骤708、判断趋化循环、复制循环和学习循环的循环次数是否已达到设置值,当达到时,循环结束,通过适应度值比较两个菌群中发现的最优细菌,选择出最好的作为全局最优解,并将结果输出,否则,继续循环执行步骤705~步骤708,直到趋化循环、复制循环和学习循环的循环次数已达到设置值;

步骤八、PID神经网络中的输出层输出对热源循环泵(2-1)、一次热网循环泵(2-2)、二次热网循环泵(2-3)优化后的控制电压 U^* ,并驱动所述热源循环泵(2-1)、一次热网循环泵(2-2)、二次热网循环泵(2-3)。

9.一种实现如权利要求1所述方法的干热岩地热开采利用系统,其特征在于:包括干热岩地热开采系统和干热岩地热利用系统,所述干热岩地热开采系统包括流体输配系统、地下换热系统和地下监测控制系统,所述流体输配系统包括热源侧供水总管(1-6)、热源侧回

水总管(1-7)、热源循环泵(2-1)、主井(5-1)和布液箱(6);所述地下换热系统包括支撑板(3)、地下岩层换热管(4)和多口副井;所述地下监测控制系统包括温度传感器(4-8)、真空度传感器(4-9)、流速传感器(4-10)、温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线、数据传输线(2-9)、监测盘(4-14)、抽真空阀(6-20)、地下岩层换热管(4)、信号线腔(6-12)、布液箱(6)、数据线集线孔(6-16)、数据线集线管(4-7)、数据采集模块(6-17)、数据监控模块(6-18)和计算机(4-15)。

10.按照权利要求9所述的干热岩地热开采利用系统,其特征在于:所述主井(5-1)内设置有保温水泥套管,所述副井(5-2)内设置有导热水泥套管,所述导热水泥套管与干热岩层(4-11)之间的间隙内涂有导热剂;所述支撑板(3)包括L-L端板(3-1)和M-M端板(3-2),所述L-L端板(3-1)上设置有X形肋板(3-3),所述M-M端板(3-2)为活动端板;所述M-M端板(3-2)下部安装有由弹性材料制成的导向板,所述L-L端板(3-1)和M-M端板(3-2)上对称设置有供地下岩层换热管(4)穿过的预留洞(3-6);所述导向板的数量为两块且分别为45°导向板(3-4)和135°导向板(3-5);所述地下岩层换热管(4)包括同心套管(4-1)、换热封装套管(4-3)和监测盘(4-14),所述同心套管(4-1)的末端封闭,所述同心套管(4-1)夹层中填充有高温相变蓄热材料(4-2),所述换热封装套管(4-3)固定于同心套管(4-1)内腔中,所述换热封装套管(4-3)上设置有对称布置的注液管(4-5)和回液腔(4-6),所述换热封装套管(4-3)夹层中填充有低温相变蓄热材料(4-4),所述换热封装套管(4-3)上设置有对称布置的数据线集线管(4-7);所述布液箱(6)包括壳体(6-1)、A-A端板(6-2)、C-C端板(6-3)、E-E端板(6-4)和G-G端板(6-5),所述A-A端板(6-2)、C-C端板(6-3)和壳体(6-1)围成的封闭区域构成了集液腔,所述C-C端板(6-3)、E-E端板(6-4)和壳体(6-1)围成的封闭区域构成了信号线腔(6-12),所述E-E端板(6-4)、G-G端板(6-5)和壳体(6-1)围成的封闭区域构成了分液腔,所述A-A端板(6-2)上开有若干组对称分布的分液孔(6-9)、回液孔(6-15)和数据线集线孔(6-16),所述C-C端板(6-3)上开有回液集孔(6-10)和若干组对称分布的分液孔(6-9)和数据线集线孔(6-16),所述E-E端板(6-4)上开有回液集孔(6-10)和若干组对称分布的分液孔(6-9),所述G-G端板(6-5)上开有一组对称分布的注液集孔(6-19)和回液集孔(6-10),分液管(6-8)通过A-A端板(6-2)上的分液孔(6-9)和E-E端板(6-4)上的分液孔(6-9)连接,回液集管(6-7)通过C-C端板(6-3)上的回液集孔(6-10)和G-G端板(6-5)上的回液集孔(6-10)连接,所述A-A端板(6-2)底部开有X形槽孔(6-14),所述布液箱(6)的信号线腔(6-12)内设置抽真空阀(6-20)和真空度传感器4-9,所述布液箱(6)的回液集管(6-7)和注液集管(6-6)中设置有温度传感器(4-8)和流速传感器(4-10);所述地上换热系统侧管路包括一次热网供水管(1-1)、一次热网回水管(1-2)、一次热网旁通管(1-3)、二次热网供水管(1-4)、二次热网回水管(1-5)、负荷侧供水管(1-8)和负荷侧回水管(1-9);地上换热系统侧管路数据采集与监控系统包括:热源循环泵(2-1)、一次热网循环泵(2-2)、二次热网循环泵(2-3)、压差传感器、温差传感器、控制执行器(2-7)、数据传输线(2-9)、压力传感器数据线、温度传感器数据线、变频调节器、数据采集模块(6-1)、数据监控模块(6-18)和计算机(4-15)。

一种干热岩地热开采利用方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于地热资源开采及清洁能源利用领域,具体涉及一种干热岩地热开采利用方法及系统。

背景技术

[0002] 我国经济建设快速发展,对能源的需求快速增加。我国煤炭储量相对丰富,但开采及利用过程产生大量污染,对生态环境造成严重影响,同时我国石油资源匮乏,对外依存度居高不下,给国家能源安全带来潜在风险。加大清洁可再生能源开发利用是转变能源发展方式、调整能源结构的重要举措。

[0003] 地热资源作为一种极具竞争力的清洁可再生能源,因其可再生、无污染及储量丰富已成为国际积极开展试验研究的新课题。

[0004] 根据埋藏深度,地热能划分为浅层地温能、水热型地热资源和干热岩地热资源。利用浅层地温能的地源热泵供热技术,在我国已经有了近20年的发展历史,但其在推广应用仍面临多方面的问题和局限,而极具开发潜力的干热岩供热技术虽处于初步发展阶段。目前,干热岩开发尚存多项技术难题,国外也没有成熟的理论技术可借鉴,亟须多学科联合攻关,对干热岩开发中的关键技术进行深入研究。其中包括压裂及人工造储技术、热交换及热能提取技术。压裂及人工造储项目主要研究裂缝与延伸控制、后期温度变化特征与缝网变化预测、垂直裂缝压裂设计及裂缝分布监测等方向。需要满足热量的提取与热系统的寿命、保证流体的提取温度和效率、降低能耗和循环损失三个技术要求,但目前干热岩地热开采技术存在人工地下热储地热提取效率低和换热流体流失率高的问题,不满足热量提取与热系统寿命、流体的提取温度和效率、能耗和循环损失等技术指标,仍需要进行大量的试验和调研工作。

[0005] 2015年5月,设计深度4000米的干热岩资源勘查深井在福建漳州市清泉林场开钻,这是中国地质调查局实施的中国第一个干热岩资源勘查深井。2017年9月,勘查人员在青海共和盆地3705米深处钻获236℃的高温干热岩体,这是中国首次钻获埋藏最浅、温度最高的干热岩体,实现了我国干热岩勘查的重大突破。2018年5月,我国东部第一口干热岩参数井圆满完钻。中国地质大学和国家地热能中心等多单位共同举办的“干热岩选区、勘探和开发学术研讨会”透露,经过66天的钻探,我国东部第一口干热岩参数井在琼北圆满完钻,钻井在深度4387米处钻获超过185摄氏度干热岩,表明中国东部沿海存在干热岩,对我国干热岩地热能开发利用具有里程碑式的意义。

[0006] 我国北方传统集中供热方式采用集中热源产生的热水或蒸汽做热媒,通过热网向一个城镇或一个较大区域的生产、采暖、生活热用户供热。城镇集中供热的特点是大投资、大锅炉、大烟囱、大管网的大集中模式。造成建设投资巨大、节能减排水平不高、管网过长损耗严重、供热调节不灵活、收费标准诟病多等一系列问题。目前,干热岩的钻井技术有所突破,但地下热储构建技术不可控性高。主要表现在两方面,一方面是换热流体在人工热储层中泄漏严重,另一方面是换热流体在人工热储层中渗流通道阻力大。

[0007] 针对所述问题,结合目前技术发展现状,提出一种干热岩取用的方法及系统。利用钻井构造人工热储,通过地下岩层换热管从干热岩层中高效取热,再结合新型地上换热系统实现全年稳定可靠供热。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题在于针对所述现有技术中的不足,提供一种干热岩地热开采方法,其为利用人工钻井技术通过地下岩层换热管中换热流体取热的干热岩地热开采方法;我国传统集中供热技术存在建设投资大、节能水平低、管网过长损耗严重、供热调节不灵活、收费标准诟病多等一系列问题,为此提出一种实现新型分布式供热的干热岩地热利用方法。通过将所述干热岩地热开采方法及干热岩地热利用方法结合,综合得到一种干热岩地热开采利用方法。

[0009] 为解决所述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

[0010] 步骤一、进行地热能探测,钻取主井并在主井的底部钻取环形槽孔,再在主井底部钻取均匀布置在主井周围的多口副井;

[0011] 步骤二、将用于固定支撑多口副井的井口的支撑板吊装固定到主井底部的环形槽孔内;

[0012] 步骤三、制备地下岩层换热管;

[0013] 步骤四、连接布液箱与地下岩层换热管;

[0014] 步骤五、将多组地下岩层换热管同时下入主井中,通过水平探测仪保证各组地下岩层换热管对应位置截面处于同一水平面位置,确保各组地下岩层换热管对应位置截面顺利穿过支撑板进入各口副井中;当地下岩层换热管前进至副井末端时,布液箱精准落在支撑板上的既定位置,完成布液箱的下井和固定;

[0015] 步骤六、将热源侧供水总管和热源侧回水总管下入主井中并到达布液箱的位置处;

[0016] 步骤七、将热源侧供水总管、热源侧回水总管与去藕罐热源侧接口连接,将一次热网供水管、一次热网回水管与去藕罐热网侧接口连接;

[0017] 步骤八、在一次热网供水管预留接口上接出二次热网供水管,在一次热网回水管预留接口上接出二次热网回水管,将二次热网供水管、二次热网回水管与换热站热网侧接口连接;

[0018] 步骤九、将负荷侧供水管和负荷侧回水管与换热站负荷侧接口连接;

[0019] 步骤十、进行热源侧管路数据采集与监控线路的连接;

[0020] 步骤十一、进行地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接;

[0021] 步骤十二、冷换热流体自热源侧供水总管进入主井,通过布液箱进入地下岩层换热管,冷换热流体经地下换热系统后,吸收地下岩层热量,温度升高,成为热换热流体,所述热换热流体自地下岩层换热管和布液箱进入热源侧回水总管;所述热换热流体自去藕罐进入地上换热系统侧管路,最终热能被末端用户使用;冷换热流体自布液箱进入地下岩层换热管,进行一级加热;经一级加热后的换热流体到达地下岩层换热管末端时,再反向向布液箱方向流动,并在地下岩层换热管内换热,进行二级加热;地下换热系统运行过程中,地下

数据采集与监控系统用以监测并控制地下换热系统的相关参数。

[0022] 上述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述主井内设置有保温水泥套管,所述副井内设置有导热水泥套管,所述导热水泥套管与干热岩层之间的间隙内涂有导热剂;所述主井底部的环形槽孔内安装有红外线照射仪;所述支撑板包括L-L端板和M-M端板,所述L-L端板上设置有X形肋板,所述M-M端板为活动端板;所述M-M端板上安装有用于接收红外线照射仪发射的红外线信号的红外线信号接收器,所述M-M端板下部安装有由弹性材料制成的导向板,所述L-L端板和M-M端板上对称设置有供地下岩层换热管穿过的预留洞。

[0023] 上述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述导向板的数量为两块且分别为45°导向板和135°导向板;

[0024] 步骤五中所述地下岩层换热管进入各口副井过程中,根据所述45°导向板和135°导向板的受力变形特征,调整地下岩层换热管下井速度,使45°导向板和135°导向板产生45°角的弹性变形。

[0025] 上述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述地下岩层换热管包括同心套管、换热封装套管和监测盘,所述同心套管的末端封闭,所述同心套管夹层中填充有高温相变蓄热材料,所述换热封装套管固定于同心套管内腔中,所述换热封装套管上设置有对称布置的注液管和回液腔,所述换热封装套管夹层中填充有低温相变蓄热材料,所述换热封装套管上设置有对称布置的数据线集线管。

[0026] 步骤三种所述制备地下岩层换热管的具体过程为:

[0027] 步骤301、在同心套管夹层中填充固相高温相变蓄热材料;

[0028] 步骤302、将换热封装套管紧固于同心套管内腔中;

[0029] 步骤303、向换热封装套管夹层中填充固相低温相变蓄热材料;

[0030] 步骤304、在地下岩层换热管末端固定监测盘;

[0031] 步骤305、将温度传感器、真空度传感器和流速传感器安装至监测盘相应位置处;

[0032] 步骤306、将温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线通过监测盘预留孔道分别与温度传感器、真空度传感器、流速传感器连接,再汇总至换热封装套管中的数据线集线管中;

[0033] 步骤307、根据已钻副井各项实测长度,确定多个副井内地下岩层换热管的长度;

[0034] 步骤308、重复步骤301~步骤307,直至完成地下岩层换热管的制备。

[0035] 上述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述布液箱包括壳体、A-A端板、C-C端板、E-E端板和G-G端板,所述A-A端板、C-C端板和壳体围成的封闭区域构成了集液腔,所述C-C端板、E-E端板和壳体围成的封闭区域构成了信号线腔,所述E-E端板、G-G端板和壳体围成的封闭区域构成了分液腔,所述A-A端板上开有若干组对称分布的分液孔、回液孔和数据线集线孔,所述C-C端板上开有回液集孔和若干组对称分布的分液孔和数据线集线孔,所述E-E端板上开有回液集孔和若干组对称分布的分液孔,所述G-G端板上开有一组对称分布的注液集孔和回液集孔,分液管通过A-A端板上的分液孔和E-E端板上的分液孔连接,回液集管通过C-C端板上的回液集孔和G-G端板上的回液集孔连接,所述A-A端板底部开有X形槽孔,所述布液箱的信号线腔内设置抽真空阀和真空度传感器,所述布液箱的回液集管和注液集管中设置有温度传感器和流速传感器;

[0036] 步骤四中所述连接布液箱与地下岩层换热管时,将所述布液箱的A-A端板上的分液孔、回液孔和数据线集线孔分别与所述换热封装套管上的注液管、回液腔和数据线集线管连接;

[0037] 步骤五中所述布液箱精准落在支撑板上的既定位置时,L-L端板上的X形肋板与A-A端板底部的X形槽孔配合;

[0038] 步骤六中所述将热源侧供水总管和热源侧回水总管下入主井中并到达布液箱的位置处,是到达布液箱的G-G端板的位置处,并将所述热源侧供水总管和热源侧回水总管分别与布液箱的G-G端板上的注液集管和回液集管连接;

[0039] 步骤十二中所述冷换热流体通过布液箱进入地下岩层换热管时,先通过布液箱的G-G端板上的注液集孔进入分液腔;冷换热流体自E-E端板上对称分布的分液孔进入分液管,通过A-A端板上对称分布的分液孔进入地下岩层换热管中的注液管;

[0040] 步骤十二中所述热换热流体自地下岩层换热管和布液箱进入热源侧回水总管的具体过程为:所述热换热流体自地下岩层换热管中对称分布的回液腔通过G-G端板上的回液孔进入集液腔;热换热流体自C-C端板上的回液集孔进入回液集管,通过G-G 端板上的回液集孔进入热源侧回水总管;

[0041] 步骤十二中所述冷换热流体自布液箱进入地下岩层换热管,进行一级加热的具体过程为:所述冷换热流体自布液箱A-A端板上对称分布的分液孔进入若干组地下岩层换热管中的各个注液管中,沿注液管向各组地下岩层换热管末端方向流动,冷换热流体在所述注液管中吸收回液腔里换热流体的热量,进行一级加热;

[0042] 步骤十二中所述经一级加热后的换热流体到达地下岩层换热管末端时,再反向向布液箱方向流动,并在地下岩层换热管内换热,进行二次加热的具体过程为:所述经一级加热后的换热流体反向流入各个回液腔,沿回液腔向布液箱方向流动,同心套管内壁与高温相变蓄热材料换热,高温相变蓄热材料通过同心套管外壁与干热岩层换热,换热流体间接从干热岩取热,同时一级加热后的换热流体在所述回液腔中与低温相变蓄热材料换热;当换热流体到达布液箱的A-A端板时,流入所述A-A端板上对称分布的回液孔。

[0043] 上述的一种干热岩地热开采利用方法,其特征在于:所述地下数据采集与监控系统包括温度传感器、真空度传感器、流速传感器、温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线、数据线集线管、信号线腔、数据传输线、监测盘、数据采集模块、数据监控模块和计算机;

[0044] 步骤十中所述进行热源侧管路数据采集与监控线路的连接的具体过程为:

[0045] 步骤1001、将所述温度传感器、真空度传感器和流速传感器安装在监测盘相应位置处;

[0046] 步骤1002、将温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线通过监测盘预留孔道分别与所述温度传感器、真空度传感器、流速传感器连接,再汇总至所述换热封装套管中的数据线集线管中;

[0047] 步骤1003、所述数据线集线管通过所述布液箱的A-A端板上的数据线集线孔连通信号线腔,若干组所述地下岩层换热管中的数据传输线在信号线腔中汇总成组,通过分别设置在热源侧供水总管保温层和热源侧回水总管保温层中的数据线集线管连接到地面的数据采集模块和数据监控模块;

[0048] 步骤1004、数据采集模块和数据监控模块通过数据传输线连接到计算机；

[0049] 步骤十二中所述地下换热系统运行过程中，地下数据采集与监控系统用以监测并控制地下换热系统的相关参数的具体过程为：布设于监测盘上的流速传感器，温度传感器，真空度传感器每间隔一定时间测量换热流体流速，温度，真空度；数据传输线将所测信号传输到数据采集模块和数据监控模块；数据采集模块和数据监控模块将各测点处的换热流体流速信号、各测点处的换热流体温度信号、各测点处的真空腔真空度信号连接显示在计算机上，用以监测并控制地下换热系统的相关参数。

[0050] 上述的一种干热岩地热开采利用方法，其特征在于：所述地上换热系统侧管路包括一次热网供水管、一次热网回水管、一次热网旁通管、二次热网供水管、二次热网回水管、负荷侧供水管和负荷侧回水管；

[0051] 地上换热系统侧管路数据采集与监控系统包括：热源循环泵、一次热网循环泵、二次热网循环泵、压差传感器、温差传感器、控制执行器、数据传输线、压力传感器数据线、温度传感器数据线、变频调节器、数据采集模块、数据监控模块和计算机；

[0052] 步骤十一所述进行地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接的具体过程为：

[0053] 步骤1101、循环水泵加装变频调节器，变频调节器通过数据传输线连接到控制执行器；

[0054] 步骤1102、循环水泵所在系统供水管上安装温度传感器，温度传感器数据线一端连接到温度传感器，一端连接到控制执行器；

[0055] 步骤1103、循环水泵所在系统回水管上安装温度传感器，温度传感器数据线一端连接到温度传感器，一端连接到控制执行器；

[0056] 步骤1104、重复步骤1101、1102、1103，将热源循环泵、一次热网循环泵、二次热网循环泵依次接入数据采集与监控系统；

[0057] 步骤1105、一次热网旁通管上安装流量开关，流量开关通过数据传输线连接控制执行器；

[0058] 步骤1106、一次热网供水管上安装压力传感器，压力传感器数据线一端连接到压力传感器，一端连接到控制执行器；

[0059] 步骤1107、一次热网回水管上安装压力传感器，压力传感器数据线一端连接到压力传感器，一端连接到控制执行器；

[0060] 步骤1108、将多个所述控制执行器通过数据传输线分别连接到数据采集模块和数据监控模块；

[0061] 步骤1109、数据采集模块和数据监控模块通过数据传输线连接计算机。

[0062] 上述的一种干热岩地热开采利用方法，其特征在于：所述地上换热系统侧管路数据采集与监控系统中，所述热源循环泵、一次热网循环泵、二次热网循环泵变流量运行，变流量调节方式采用供回水温差控制模式，恒定所述水泵所在循环管路的供回水温差，根据温差的变化调整转速，控制方法采用优化模糊神经网络PID控制方法，具体过程为：

[0063] 步骤一、控制器对供回水温差进行周期性采样；

[0064] 步骤二、控制器根据公式 $e_i = X_s^i - X_u^i$ 对其第*i*次采样得到的供回水温差 X_s^i 与预设

供回水温差 X_m^i 作差, 得到偏差 e_i ;

[0065] 步骤二、控制器根据公式 $e_c^i = \frac{de_i}{dt}$ 对偏差 e_i 求导, 得到偏差 e_i 随时间 t 的变化率 e_c^i ;

[0066] 步骤三、控制器将 e_i 和 e_c^i 作为模糊神经网络中输入层的两个节点;

[0067] 步骤四、控制器将 e_i 和 e_c^i 划分模糊子集, 确定模糊神经网络中模糊化层的节点数, 隶属函数采用高斯函数;

[0068] 步骤五、控制器确定模糊神经网络中模糊规则层的节点数;

[0069] 步骤六、控制器对模糊神经网络中的去模糊层采用重心法解模糊, 变成一个节点, 并作为PID神经网络中PID输入层的一个节点;

[0070] 步骤七、控制器将 K_P 、 K_I 、 K_D 作为PID神经网络中PID层的三个节点, 采用改进的细菌觅食优化算法对PID神经网络的权值进行优化, 使静态参数的 K_P 、 K_I 、 K_D 转化为动态调整形式;

[0071] 其中, 采用改进的细菌觅食优化算法对PID神经网络的权值进行优化的具体过程为:

[0072] 步骤701、初始化细菌觅食优化算法参数: 所述细菌觅食优化算法参数包括细菌菌群中与PID神经网络的权值相对应的细菌总数 S 、PID神经网络的权值的搜索工作维度 p 、PID神经网络的权值的趋化次数 N_c 、趋化过程中PID神经网络的权值单向运动的最大步数 N_s 、PID神经网络的权值的复制次数 N_{re} 、PID神经网络的权值的学习次数 N_{ed} 、PID神经网络的权值的最大趋化步长 C_{max} 和PID神经网络的权值的最小趋化步长 C_{min} ;

[0073] 步骤702、初始化菌群位置: 采用随机初始化的方法并按照公式 $X = X_{min} + rand \times (X_{max} - X_{min})$ 在 p 维空间初始化 $2S$ 个点作为细菌的初始化位置, 其中随机选取 S 个细菌作为菌群 X_1 , 剩下的 S 个细菌作为菌群 X_2 ; X_{min} 为优化区间的最小值, X_{max} 为优化区间的最大值, X 为细菌的初始化位置, $rand$ 为均匀分布在 $[0, 1]$ 区间的随机数;

[0074] 步骤703、适应度值更新: 按照公式

$$J_{CC}(i, j, k, l) = \sum_{i=1}^S [-d_{attract} \exp(-w_{attract} \sum_{n=1}^p (P(i, j, k, l) - P(1:S, j, k, l))^2)] + \sum_{i=1}^S [-h_{repellant} \exp(-w_{repellant} \sum_{n=1}^p (P(i, j, k, l) - P(1:S, j, k, l))^2)]$$

计算各个细菌的适

应度值; 其中, $d_{attract}$ 为细菌与细菌之间引力的深度, $w_{attract}$ 为细菌与细菌之间引力的宽度, $h_{repellant}$ 为细菌与细菌之间斥力的高度, $w_{repellant}$ 为细菌与细菌之间斥力的宽度, $P(i, j, k, l)$ 为细菌 i 在第 j 次趋向性操作、第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的位置, $P(1:S, j, k, l)$ 为当前个体 $P(i, j, k, l)$ 的邻域内的一个随机位置, $J_{CC}(i, j, k, l)$ 为细菌 i 在第 j 次趋向性操作、第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的适应度值;

[0075] 步骤704、设置循环变量的参数: 其中趋化循环次数 j 为 $1 \sim N_c$, 复制循环次数 k 为 $1 \sim N_{re}$, 学习循环次数 l 为 $1 \sim N_{ed}$;

[0076] 步骤705、进入趋化循环, 进行趋化操作, 具体方法为:

[0077] 对菌群 X_2 , 按照以下步骤Q21~步骤Q211的趋化操作对每个细菌进行趋化:

[0078] 步骤Q21、将细菌 i 重新赋值为 $i+1$, 判断细菌 i 的规模是否小于细菌规模 S , 当小于

时执行步骤Q22,当不小于时跳转执行步骤Q212;

[0079] 步骤Q22、计算细菌i的适应度值;

[0080] 步骤Q23、细菌i在随机产生的方向上翻转一个单位步长;

[0081] 步骤Q24、令j初始化为1;

[0082] 步骤Q25、计算新位置上细菌i的适应度值;

[0083] 步骤Q26、判断j是否小于最大步数 N_c ,当小于时执行步骤Q2,当不小于时跳转执行步骤Q21;

[0084] 步骤Q2、将j的重新赋值为j+1;

[0085] 步骤Q28、判断新位置上细菌i的适应度值是否改变,当改变时执行步骤Q29,当没有改变时令j= N_s ,并跳转执行步骤Q26;

[0086] 步骤Q29、更新细菌i的适应度值;

[0087] 步骤Q210、细菌种群在翻转的方向上继续游动;

[0088] 步骤Q211、跳转执行步骤Q25,继续循环,直至步骤Q21中i的取值等于S为止;

[0089] 步骤Q212、趋化操作结束;

[0090] 对菌群 X_1 ,按照以下步骤Q11~步骤Q112的趋化操作对每个细菌进行趋化:

[0091] 步骤Q11、将细菌i重新赋值为i+1,判断细菌i的规模是否小于细菌菌落规模S,当小于时执行步骤Q12,当不小于时跳转执行步骤Q112;

[0092] 步骤Q12、计算细菌i的适应度值;

[0093] 步骤Q13、根据公式
$$D(i) = \frac{1}{SL} \sum_{i=1}^S \sqrt{\sum_{m=1}^p (X(m,i) - \bar{X})^2}$$
 计算细菌菌群密度函数因子 D

(i),并根据公式 $C(i) = A \cdot D(i) + B$ 计算趋化步长C(i);再令细菌i在随机产生的方向上翻转步长C(i);其中,L为搜索空间对角线中最大长度, $X(m,i)$ 为细菌i在搜索空间第m维的位置坐标值, \bar{X} 为当前搜索空间内所有细菌在搜索空间第m维的平均位置坐标值;

[0094] 步骤Q14、令j初始化为1;

[0095] 步骤Q15、计算新位置上细菌i的适应度值;

[0096] 步骤Q16、判断j是否小于最大步数 N_c ,当小于时执行步骤Q1,当不小于时跳转执行步骤Q11;

[0097] 步骤Q1、将j的重新赋值为j+1;

[0098] 步骤Q18、判断新位置上细菌i的适应度值是否改变,当改变时执行步骤Q19,当没有改变时令j= N_s ,并跳转执行步骤Q16;

[0099] 步骤Q19、更新细菌i的适应度值;

[0100] 步骤Q110、细菌种群在翻转的方向上继续游动;

[0101] 步骤Q111、跳转执行步骤Q15,继续循环,直至步骤Q11中i的取值等于S为止;

[0102] 步骤Q112、趋化操作结束;

[0103] 步骤706、进入复制循环,进行复制操作,具体方法为:

[0104] 对菌群 X_1 ,按照以下步骤F11~步骤F16的复制操作对每个细菌进行复制:

[0105] 步骤F11、将细菌i重新赋值为i+1,判断细菌i的规模是否小于细菌规模S,当小于时执行步骤F12,当不小于时跳转执行步骤F16;

- [0106] 步骤F12、计算细菌在上次复制操作循环中经过的所有位置的适应度之和,并定义为健康度值;
- [0107] 步骤F13、按照健康度值的优劣将细菌进行排序;
- [0108] 步骤F14、跳转执行步骤F11;
- [0109] 步骤F15、淘汰健康度差的 $\frac{1}{2}S$ 个细菌,剩余的 $\frac{1}{2}S$ 个细菌各自分裂出一个与自己完全相同的新个体;
- [0110] 步骤F16、复制操作结束;
- [0111] 对菌群 X_2 ,按照以下步骤F21~步骤F24的复制操作对每个细菌进行复制:
- [0112] 步骤F21、计算所有细菌的适应度值并按照从小到大的顺序进行排序,并选出当前最优的细菌作为精英细菌;
- [0113] 步骤F22、对当前最好的一半细菌,按照公式 $X'_2(i) = X_2(i) + N(0, 1)$ 实施变异操作,生成 $\frac{1}{2}S$ 个新细菌并与原来的细菌构成新的子细菌群 X'_2 ;其中, $N(0, 1)$ 为服从均值为0、均方差为1的高斯分布;
- [0114] 步骤F23、对当前最差的一半细菌,按照黄金分割率并取排序在前61.8%的细菌与步骤F21中挑选出来的精英细菌进行交叉操作,生成 $\frac{1}{2}S$ 个新细菌并与原来的细菌构成新的子细菌群 X''_2 ;
- [0115] 步骤F24、从子细菌群 X'_2 与子细菌群 X''_2 中挑选出适应度值最好的前 S 个细菌替换原来的细菌群 X_2 ;
- [0116] 步骤707、进入学习循环,进行学习操作,具体方法为:将菌群 X_1 与菌群 X_2 中的细菌进行排序,并将菌群 X_1 的排序在前61.8%的细菌按照轮盘赌法选择出0.382 S 个细菌与菌群 X_2 中排序在后38.2%的细菌进行交换,交换来的0.382 S 个细菌组成新的菌群 X_2 ;
- [0117] 步骤708、判断趋化循环、复制循环和学习循环的循环次数是否已达到设置值,当达到时,循环结束,通过适应度值比较两个菌群中发现的最优细菌,选择出最好的作为全局最优解,并将结果输出,否则,继续循环执行步骤705~步骤708,直到趋化循环、复制循环和学习循环的循环次数已达到设置值;
- [0118] 步骤八、PID神经网络中的输出层输出对热源循环泵、一次热网循环泵、二次热网循环泵优化后的控制电压 U^* ,并驱动所述热源循环泵、一次热网循环泵、二次热网循环泵。
- [0119] 本发明还公开了一种系统合理、方法步骤简单、设计新颖、方便节能、能够实现高效的地热开采及利用、并且可以达到很好的节能效果、实用性强、推广应用价值高的干热岩地热开采利用系统,其特征在于:包括干热岩地热开采系统和干热岩地热利用系统,所述干热岩地热开采系统包括流体输配系统、地下换热系统和地下监测控制系统,所述流体输配系统包括热源侧供水总管、热源侧回水总管、热源循环泵、主井和布液箱;所述地下换热系统包括支撑板、地下岩层换热管和多口副井;所述地下监测控制系统包括温度传感器、真空度传感器、流速传感器、温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线、数据传输线、监测盘、抽真空阀、地下岩层换热管、信号线腔、布液箱、数据线集线孔、数据线集线管、数据采集模块、数据监控模块和计算机。

[0120] 上述的干热岩地热开采利用系统,其特征在於:所述主井内设置有保温水泥套管,所述副井内设置有导热水泥套管,所述导热水泥套管与干热岩层之间的间隙内涂有导热剂;所述支撑板包括L-L端板和M-M端板,所述L-L端板上设置有X形肋板,所述M-M端板为活动端板;所述M-M端板下部安装有由弹性材料制成的导向板,所述L-L端板和M-M端板上对称设置有供地下岩层换热管穿过的预留洞;所述导向板的数量为两块且分别为45°导向板和135°导向板;所述地下岩层换热管包括同心套管、换热封装套管和监测盘,所述同心套管的末端封闭,所述同心套管夹层中填充有高温相变蓄热材料,所述换热封装套管固定于同心套管内腔中,所述换热封装套管上设置有对称布置的注液管和回液腔,所述换热封装套管夹层中填充有低温相变蓄热材料,所述换热封装套管上设置有对称布置的数据线集线管;所述布液箱包括壳体、A-A端板、C-C端板、E-E端板和G-G端板,所述A-A端板、C-C端板和壳体围成的封闭区域构成了集液腔,所述C-C端板、E-E端板和壳体围成的封闭区域构成了信号线腔,所述E-E端板、G-G端板和壳体围成的封闭区域构成了分液腔,所述A-A端板上开有若干组对称分布的分液孔、回液孔和数据线集线孔,所述C-C端板上开有回液集孔和若干组对称分布的分液孔和数据线集线孔,所述E-E端板上开有回液集孔和若干组对称分布的分液孔,所述G-G端板上开有一组对称分布的注液集孔和回液集孔,分液管通过A-A端板上的分液孔和E-E端板上的分液孔连接,回液集管通过C-C端板上的回液集孔和G-G端板上的回液集孔连接,所述A-A端板底部开有X形槽孔,所述布液箱的信号线腔内设置抽真空阀和真空度传感器,所述布液箱的回液集管和注液集管中设置有温度传感器和流速传感器;所述地上换热系统侧管路包括一次热网供水管、一次热网回水管、一次热网旁通管、二次热网供水管、二次热网回水管、负荷侧供水管和负荷侧回水管;地上换热系统侧管路数据采集与监控系统包括:热源循环泵、一次热网循环泵、二次热网循环泵、压差传感器、温差传感器、控制执行器、数据传输线、压力传感器数据线、温度传感器数据线、变频调节器、数据采集模块、数据监控模块和计算机。

[0121] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0122] 1、本发明的干热岩地热开采利用方法,若干副井通过合用一个主井,降低了钻井数目,提高了热源侧系统的紧凑性,节省地下空间;

[0123] 2、本发明的干热岩地热开采利用方法,地下岩层换热管仅铺设于地热能富集区域,系统经济型好;

[0124] 3、本发明的干热岩地热开采利用方法,地下岩层换热管采用复合相变蓄热材料,可以供应恒温热水;

[0125] 4、本发明的干热岩地热开采利用方法,实现分布式供热方式,突破了传统集中供热方式服务对象仅为采暖用户,还可以满足生产、生活用户的需求;

[0126] 5、本发明的干热岩地热开采利用方法,突破了传统集中供热方式实施区域仅为北方,原则上任意地理位置的热用户都能实现;

[0127] 6、本发明的干热岩地热开采利用方法,通过地下岩层换热管的二级加热结构,可以显著提高地下换热系统的换热效率,高效提取地热能,系统运行效率高;

[0128] 7、本发明的干热岩地热开采利用系统,换热流体在热源侧管路、一次热网侧管路和二次热网侧管路之间闭式循环流动,能够有效节约水资源,还可以减少因渗漏造成的能量损失;

[0129] 8、本发明的干热岩地热开采利用系统,采用改进型分布式二级泵间接输配系统,实现了地上换热系统、地下换热系统及流体输配系统的协调运行。

[0130] 综上所述,本发明的系统合理、方法步骤简单、设计新颖、方便节能,能够实现高效的地热开采及利用,并且可以达到很好的节能效果,实用性强,推广应用价值高。

[0131] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0132] 图1为本发明的干热岩地热开采利用系统的结构示意图;

[0133] 图2为本发明的地下换热系统的结构示意图;

[0134] 图3.1为布液箱的主视图;

[0135] 图3.2为图3.1的俯视图;

[0136] 图3.3为图3.1的A-A截面剖视图;

[0137] 图3.4为图3.1的B-B截面剖视图;

[0138] 图3.5为图3.1的C-C截面剖视图;

[0139] 图3.6为图3.1的D-D截面剖视图;

[0140] 图3.7为图3.1的E-E截面剖视图;

[0141] 图3.8为图3.1的F-F截面剖视图;

[0142] 图3.9为图3.1的G-G截面剖视图;

[0143] 图3.10为图3.2的H-H截面剖视图;

[0144] 图3.11为图3.2的I-I截面剖视图;

[0145] 图3.12为图3.1的轴测图;

[0146] 图3.13为图3.1的仰视图;

[0147] 图3.14为图3.1的J-J截面剖视图;

[0148] 图4.1为支撑板正视图;

[0149] 图4.2为图4.1的左视图;

[0150] 图4.3为图4.1的K-K截面剖视图;

[0151] 图4.4为图4.1的L-L截面剖视图;

[0152] 图4.5为图4.1的M-M截面剖视图;

[0153] 图4.6为图4.1的轴测图;

[0154] 图5.1为水平地下岩层换热管左视图;

[0155] 图5.2为图5.1的N-N(监测盘)剖视图;

[0156] 图5.3为图5.1的O-O剖视图;

[0157] 图5.4为监测盘轴测图;

[0158] 图5.5为图5.4的局部渲染图;

[0159] 图5.6为图5.4的布置图;

[0160] 图5.7为副井末端纵向截面剖视图。

具体实施方式

[0161] 如图1~图5.7所示,本实施例的干热岩地热开采及利用方法,包括以下步骤:

[0162] 步骤一、进行地热能探测,钻取主井5-1并在主井5-1的底部钻取环形槽孔,再在主井5-1底部钻取均匀布置在主井5-1周围的多口副井;

[0163] 具体实施时,采用地热能探测设备探测地下热量储量及分布,综合地形地质特点,选取合适的钻取主井5-1的位置和深度,所述主井5-1的深度为1500m~2000m;

[0164] 步骤二、将用于固定支撑多口副井的井口的支撑板3吊装固定到主井5-1底部的环形槽孔内;

[0165] 具体实施时,根据深层干热岩层4-11地质构造、结构特点及热流密度分布,通过控制钻井方位及深度等参数钻取副井若干,依次命名为I副井5-2、II副井5-3、…、N副井;所述I副井5-2、II副井5-3、…、N副井井口通过支撑板3均匀布置在主井5-1底部;

[0166] 本实施例中,副井5-2的数量为两口且分别为I副井5-2和II副井5-3,I副井5-2和II副井5-3通过支撑板3均匀布置在主井5-1底部;

[0167] 多口副井合用一个主井5-1,降低了钻井数目,提高了热源侧系统的紧凑性,节省地下空间;

[0168] 步骤三、制备地下岩层换热管4;

[0169] 步骤四、连接布液箱6与地下岩层换热管4;

[0170] 步骤五、将多组地下岩层换热管4同时下入主井5-1中,通过水平探测仪保证各组地下岩层换热管4对应位置截面处于同一水平面位置,确保各组地下岩层换热管4对应位置截面顺利穿过支撑板3进入各口副井中;当地下岩层换热管4前进至副井末端时,布液箱6精准落在支撑板3上的既定位置,完成布液箱6的下井和固定;

[0171] 步骤六、将热源侧供水总管1-6和热源侧回水总管1-7下入主井5-1中并到达布液箱6的位置处;

[0172] 具体实施时,所述热源侧供水总管1-6和热源侧回水总管1-7采用外敷保温材料的钢制管道制成;

[0173] 步骤七、将热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7与去藕罐2-5热源侧接口连接,将一次热网供水管1-1、一次热网回水管1-2与去藕罐2-5热网侧接口连接;

[0174] 即实现了热源侧管路和一次热网管路的连接,所述热源侧管路包括热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7和地下岩层换热管4,所述一次热网管路包括一次热网供水管1-1、一次热网回水管1-2和一次热网旁通管1-3;

[0175] 所述一次热网供水管1-1、一次热网回水管1-2通过去藕罐2-5与热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7实现连接;

[0176] 所述一次热网回水管1-2上安装一次热网循环泵2-2,热源侧回水总管1-7上安装热源循环泵2-1;

[0177] 步骤八、在一次热网供水管1-1预留接口上接出二次热网供水管1-4,在一次热网回水管1-2预留接口上接出二次热网回水管1-5,将二次热网供水管1-4、二次热网回水管1-5与换热站2-4热网侧接口连接;

[0178] 即实现了一次热网管路与二次热网管路的连接,所述二次热网管路包括二次热网供水管1-4和二次热网回水管1-5;

[0179] 所述一次热网供水管1-1上并联接出若干个二次热网系统,可以满足不同用户的供热需求;所述二次热网供水管1-4上安装二次热网循环泵2-3;

- [0180] 步骤九、将负荷侧供水管1-8和负荷侧回水管1-9与换热站2-4负荷侧接口连接；
- [0181] 即实现了二次热网管路和负荷侧管路的连接，所述负荷侧管路包括负荷侧供水管1-8和负荷侧回水管1-9；
- [0182] 具体实施时，根据用户的需要选择合适的末端系统形式，包括低温地板辐射采暖系统、散热器采暖系统、空调热风采暖系统、生活热水系统、全空气系统；
- [0183] 所述换热站2-4采用新型板式换热器，所述新型板式换热器冷热通道呈非对称结构，大、小流量侧流道的几何尺寸不同，并且可以通过螺栓调节板片之间的距离；
- [0184] 步骤十、进行热源侧管路数据采集与监控线路的连接；
- [0185] 步骤十一、进行地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接；
- [0186] 步骤十二、冷换热流体自热源侧供水总管1-6进入主井5-1，通过布液箱6进入地下岩层换热管4，冷换热流体经地下换热系统后，吸收地下岩层热量，温度升高，成为热换热流体，所述热换热流体自地下岩层换热管4和布液箱6进入热源侧回水总管1-7；所述热换热流体自去藕罐2-5进入地上换热系统侧管路，最终热能被末端用户使用；冷换热流体自布液箱6进入地下岩层换热管4，进行一级加热；经一级加热后的换热流体到达地下岩层换热管4末端时，再反向向布液箱6方向流动，并在地下岩层换热管4内换热；地下换热系统运行过程中，地下数据采集与监控系统用以监测并控制地下换热系统的相关参数。
- [0187] 本实施例中，所述主井5-1内设置有保温水泥套管，所述副井5-2内设置有导热水泥套管，所述导热水泥套管与干热岩层4-11之间的间隙内涂有导热剂。
- [0188] 本实施例中，所述支撑板3包括L-L端板3-1和M-M端板3-2，所述L-L端板3-1上设置有X形肋板3-3，所述M-M端板3-2为活动端板，开始处于未伸展状态；所述M-M端板3-2下部安装有由弹性材料制成的导向板，所述L-L端板3-1和M-M端板3-2上对称设置有供地下岩层换热管4穿过的预留洞3-6。
- [0189] 具体实施时，每块支撑板3上的预留洞3-6的数量为两个；M-M端板3-2与主井5-1底部预制环形槽孔配合，能够保证支撑板3方位水平且获得最大均匀支撑面积；所述支撑板3方位水平及L-L端板3-1上的X形肋板3-3有利于顺利下管；
- [0190] 本实施例中，所述导向板的数量为两块且分别为45°导向板3-4和135°导向板3-5；
- [0191] 步骤五中所述地下岩层换热管4进入各口副井过程中，根据所述45°导向板3-4和135°导向板3-5的受力变形特征，调整地下岩层换热管4下井速度，使45°导向板3-4和135°导向板3-5产生45°角的弹性变形，保证地下岩层换热管4在副井中顺利前进。
- [0192] M-M端板3-2的弹性导向板未承力时方位水平，在地下岩层换热管4下入副井过程中，持续挤压导向板，通过控制下管速度，使导向板呈45°变形，并对地下岩层换热管4施加反力，保证地下岩层换热管4在副井中顺利前进。
- [0193] 本实施例中，所述主井5-1底部的环形槽孔内安装有红外线照射仪，所述M-M端板3-2上安装有用于接收红外线照射仪发射的红外线信号的红外线信号接收器。
- [0194] 具体实施时，当红外线信号接收器接收到红外线照射仪发射的红外线信号后，红外线信号接收器向机械传动装置发送指令，使M-M端板3-2延伸入主井5-1底部的环形槽孔内。
- [0195] 本实施例中，所述地下岩层换热管4包括同心套管4-1、换热封装套管4-3和监测盘

4-14,所述同心套管4-1的末端封闭,所述同心套管4-1夹层中填充有高温相变蓄热材料4-2,所述换热封装套管4-3固定于同心套管4-1内腔中,所述换热封装套管4-3上设置有对称布置的注液管4-5和回液腔4-6,所述换热封装套管4-3夹层中填充有低温相变蓄热材料4-4,所述换热封装套管4-3上设置有对称布置的数据线集线管4-7。

[0196] 步骤三中所述制备地下岩层换热管4的具体过程为:

[0197] 步骤301、在同心套管4-1夹层中填充固相高温相变蓄热材料4-2;

[0198] 步骤302、将换热封装套管4-3紧固于同心套管4-1内腔中;

[0199] 步骤303、向换热封装套管4-3夹层中填充固相低温相变蓄热材料4-4;

[0200] 步骤304、在地下岩层换热管4末端固定监测盘4-14;

[0201] 步骤305、将温度传感器4-8、真空度传感器4-9和流速传感器4-10安装至监测盘4-14相应位置处;

[0202] 步骤306、将温度传感器4-8数据线、真空度传感器4-9数据线、流速传感器4-10 数据线通过监测盘4-14预留孔道分别与温度传感器4-8、真空度传感器4-9、流速传感器4-10 连接,再汇总至换热封装套管4-3中的数据线集线管4-7中;

[0203] 步骤307、根据已钻副井各项实测长度,确定多个副井5-2内地下岩层换热管4 的长度;

[0204] 步骤308、重复步骤301~步骤307,直至完成地下岩层换热管4的制备。

[0205] 所述地下岩层换热管4中包括高温相变蓄热材料4-2和低温相变蓄热材料4-4,高温相变蓄热材料4-2充填在同心套管4-1夹层中,低温相变蓄热材料4-4充填在换热封装套管4-3中;按照相变温度高的相变材料靠近地下岩层换热管4外壁一侧布置,相变温度低的相变材料靠近地下岩层换热管4内腔一侧布置,是不同熔点温度的相变蓄热材料复合配置,实现熔化-凝固的循环运行。

[0206] 所述地下岩层换热管4内设高温相变蓄热材料4-2和低温相变蓄热材料4-4,地下岩层换热管4内换热流体温度介于高温相变蓄热材料4-2熔点和低温相变蓄热材料 4-4熔点之间,基本可以实现全年供应恒温热水,满足用户不用季节,不同时段的各种生活所需,系统全年利用率高。

[0207] 本实施例中,所述布液箱6包括壳体6-1、A-A端板6-2、C-C端板6-3、E-E端板6-4和G-G端板6-5,所述A-A端板6-2、C-C端板6-3和壳体6-1围成的封闭区域构成了集液腔,所述C-C端板6-3、E-E端板6-4和壳体6-1围成的封闭区域构成了信号线腔6-12,所述E-E端板6-4、G-G端板6-5和壳体6-1围成的封闭区域构成了分液腔,所述A-A端板6-2上开有若干组对称分布的分液孔6-9、回液孔6-15和数据线集线孔6-16,所述C-C端板6-3上开有回液集孔6-10和若干组对称分布的分液孔 6-9和数据线集线孔6-16,所述E-E端板6-4上开有回液集孔6-10和若干组对称分布的分液孔6-9,所述G-G端板6-5上开有一组对称分布的注液集孔6-19和回液集孔 6-10,分液管6-8通过A-A端板6-2上的分液孔6-9和E-E端板6-4上的分液孔6-9 连接,回液集管6-7通过C-C端板6-3上的回液集孔6-10和G-G端板6-5上的回液集孔6-10连接,所述A-A端板6-2底部开有X形槽孔6-14,所述布液箱6的信号线腔6-12内设置抽真空阀6-20和真空度传感器4-9,所述布液箱6的回液集管6-7和注液集管6-6中设置有温度传感器4-8和流速传感器4-10;

[0208] 所述信号线腔6-12有效避免了冷热换热流体的直接接触,抽真空处理避免了冷换

热流体、热换热流体及壁面之间的导热及对流热损失,将信号线腔6-12内壁面及其内部注液管4-5、回液集管6-7外表面涂刷低发射率材料,使冷热壁面间的辐射换热量降至最低,最大限度地减少冷换热流体和热换热流体间的热损失。

[0209] 步骤四中所述连接布液箱6与地下岩层换热管4时,将所述布液箱6的A-A端板6-2上的分液孔6-9、回液孔6-15和数据线集线孔6-16分别与所述换热封装套管4-3上的注液管4-5、回液腔4-6和数据线集线管4-7连接;

[0210] 步骤五中所述布液箱6精准落在支撑板3上的既定位置时,L-L端板3-1上的X形肋板3-3与A-A端板6-2底部的X形槽孔6-14配合;实现对布液箱6的固定及定位;

[0211] 步骤六中所述将热源侧供水总管1-6和热源侧回水总管1-7下入主井5-1中并到达布液箱6的位置处,是到达布液箱6的G-G端板6-5的位置处,并将所述热源侧供水总管1-6和热源侧回水总管1-7分别与布液箱6的G-G端板6-5上的注液集管6-6和回液集管6-7连接;

[0212] 步骤十二中所述冷换热流体通过布液箱6进入地下岩层换热管4时,先通过布液箱6的G-G端板6-5上的注液集孔6-19进入分液腔6-11;冷换热流体自E-E端板6-4上对称分布的分液孔6-9进入分液管6-8,通过A-A端板6-2上对称分布的分液孔6-9进入地下岩层换热管4中的注液管4-5;

[0213] 步骤十二中所述热换热流体自地下岩层换热管4和布液箱6进入热源侧回水总管1-7的具体过程为:所述热换热流体自地下岩层换热管4中对称分布的回液腔4-6通过G-G端板6-5上的回液孔6-15进入集液腔6-13;热换热流体自C-C端板6-3上的回液集孔6-10进入回液集管6-7,通过G-G端板6-5上的回液集孔6-10进入热源侧回水总管1-7;

[0214] 步骤十二中所述冷换热流体自布液箱6进入地下岩层换热管4,进行一级加热的具体过程为:布液箱6A-A端板6-2上对称分布的分液孔6-9进入若干组地下岩层换热管4中的各个注液管4-5中,沿注液管4-5向各组地下岩层换热管4末端方向流动,冷换热流体在所述注液管4-5中吸收回液腔4-6里换热流体的热量,进行一级加热;

[0215] 步骤十二中所述经一级加热后的换热流体到达地下岩层换热管4末端时,再反向向布液箱6方向流动,并在地下岩层换热管4内换热,进行二次加热的具体过程为:反向流入各个回液腔4-6,沿回液腔4-6向布液箱6方向流动,同心套管4-1内壁与高温相变蓄热材料4-2换热,高温相变蓄热材料4-2通过同心套管4-1外壁与干热岩层4-11换热,换热流体间接从干热岩取热,同时一级加热后的换热流体在所述回液腔4-6中与低温相变蓄热材料4-4换热;当换热流体到达布液箱6的A-A端板6-2时,流入所述A-A端板6-2上对称分布的回液孔6-15。

[0216] 布液箱6上部连接热源侧供、回水总管,布液箱6下部连接地下岩层换热管4,通过布液箱6实现不同性质管道的连接;

[0217] 在支撑板3以下的地热能富集区域通过铺设在I副井5-2、II副井5-3、…、N副井中的地下岩层换热管4采集地热能;其余部分通过铺设在主井5-1中的热源侧供、回水总管外加保温层输送地热能;

[0218] 本实施例中,所述地下数据采集与监控系统包括温度传感器4-8、真空度传感器4-9、流速传感器4-10、温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线、数据线集线管4-7、信号线腔6-12、数据传输线2-9、监测盘4-14、数据采集模块6-1、数据监控模块6-18和计算机4-15;

[0219] 步骤十中所述进行热源侧管路数据采集与监控线路的连接的具体过程为:

[0220] 步骤1001、将所述温度传感器4-8、真空度传感器4-9和流速传感器4-10安装在监测盘4-14相应位置处;

[0221] 步骤1002、将温度传感器数据线、真空度传感器数据线、流速传感器数据线通过监测盘4-14预留孔道分别与所述温度传感器4-8、真空度传感器4-9、流速传感器4-10 连接,再汇总至所述换热封装套管4-3中的数据总线集线管4-7中;

[0222] 步骤1003、所述数据线集线管4-7通过所述布液箱6的A-A端板6-2上的数据线集线孔6-16连通信号线腔6-12,若干组所述地下岩层换热管4中的数据传输线2-9 在信号线腔6-12中汇总成2组,通过分别设置在热源侧供水总管1-6保温层和热源侧回水总管1-7保温层中的数据总线集线管4-7连接到地面的数据采集模块6-1和数据监控模块6-18;

[0223] 步骤1004、数据采集模块6-1和数据监控模块6-18通过数据传输线2-9连接到计算机4-15;

[0224] 步骤十二中所述地下换热系统运行过程中,地下数据采集与监控系统用以监测并控制地下换热系统的相关参数的具体过程为:布设于监测盘4-14上的流速传感器 4-10,温度传感器4-8,真空度传感器4-9每间隔一定时间测量换热流体流速,温度,真空度;数据传输线2-9将所测信号传输到数据采集模块6-17和数据监控模块6-18;数据采集模块6-17和数据监控模块6-18将各测点处的换热流体流速信号、各测点处的换热流体温度信号、各测点处的真空腔4-13真空度信号连接显示在计算机4-15上,用以监测并控制地下换热系统的相关参数。

[0225] 所述数据采集模块6-1、数据监控模块6-18通过数据传输线2-9与计算机4-15 实现连接,计算机4-15可以将系统各测点参数进行显示和监控;

[0226] 具体实施时,计算机4-15通过控制线与各种执行机构、动作原件继电器相连接,可以对系统进行调节和控制;

[0227] 多组地下岩层换热管4中的数据总线在信号线腔6-12中实现重组和精简,简化了数据采集与监控系统的复杂性;

[0228] 本实施例中,所述地上换热系统侧管路包括一次热网供水管1-1、一次热网回水管1-2、一次热网旁通管1-3、二次热网供水管1-4、二次热网回水管1-5、负荷侧供水管1-8和负荷侧回水管1-9;

[0229] 地上换热系统侧管路数据采集与监控系统包括:热源循环泵2-1、一次热网循环泵2-2、二次热网循环泵2-3、压差传感器、温差传感器、控制执行器2-7、数据传输线2-9、压力传感器数据线、温度传感器数据线、变频调节器、数据采集模块6-1、数据监控模块6-18和计算机4-15;

[0230] 步骤十一所述进行地上换热系统侧管路数据采集与监控线路的连接的具体过程为:

[0231] 步骤1101、循环水泵加装变频调节器,变频调节器通过数据传输线2-9连接到控制执行器2-7;

[0232] 步骤1102、循环水泵所在系统供水管上安装温度传感器4-8,温度传感器4-8数据线一端连接到温度传感器4-8,一端连接到控制执行器2-7;

[0233] 步骤1103、循环水泵所在系统回水管上安装温度传感器4-8,温度传感器数据线一

端连接到温度传感器4-8,一端连接到控制执行器2-7;

[0234] 步骤1104、重复步骤1101、1102、1103,将热源循环泵2-1、一次热网循环泵 2-2、二次热网循环泵2-3依次接入数据采集与监控系统;

[0235] 步骤1105、一次热网旁通管1-3上安装流量开关2-8,流量开关2-8通过数据传输线2-9连接控制执行器2-7;

[0236] 步骤1106、一次热网供水管1-1上安装压力传感器2-6,压力传感器数据线一端连接到压力传感器2-6,一端连接到控制执行器2-7;

[0237] 步骤1107、一次热网回水管1-2上安装压力传感器2-6,压力传感器数据线一端连接到压力传感器2-6,一端连接到控制执行器2-7;

[0238] 步骤1108、将多个所述控制执行器2-7通过数据传输线2-9分别连接到数据采集模块6-1和数据监控模块6-18;

[0239] 步骤1109、数据采集模块6-1和数据监控模块6-18通过数据传输线2-9连接计算机4-15。

[0240] 具体实施时,通过所述温度传感器4-8分别测量热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7内换热流体的温度;通过所述流速传感器4-10分别测量热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7内换热流体的流速;通过所述真空度传感器4-9测量信号线腔6-12内的真空度;通过抽真空阀6-20对信号线腔6-12及所述地下岩层换热管4中的真空腔4-13 进行抽真空;

[0241] 计算机4-15向控制执行器2-7发送指令,通过变频调节器改变循环泵转速,实现调节循环泵所在系统换热流体循环流量的要求。

[0242] 本实施例中,所述地上换热系统侧管路数据采集与监控系统中,所述热源循环泵2-1、一次热网循环泵2-2、二次热网循环泵2-3变流量运行,变流量调节方式采用供回水温差控制模式,恒定所述水泵所在循环管路的供回水温差,根据温差的变化调整转速,控制方法采用优化模糊神经网络PID控制方法,具体过程为:

[0243] 步骤一、控制器对供回水温差进行周期性采样;

[0244] 步骤二、控制器根据公式 $e_i = X_s^i - X_u^i$ 对其第*i*次采样得到的供回水温差 X_s^i 与预设供回水温差 X_u^i 作差,得到偏差 e_i ;

[0245] 步骤二、控制器根据公式 $e_c^i = \frac{de_i}{dt}$ 对偏差 e_i 求导,得到偏差 e_i 随时间*t*的变化率 e_c^i ;

[0246] 步骤三、控制器将 e_i 和 e_c^i 作为模糊神经网络中输入层的两个节点;

[0247] 步骤四、控制器将 e_i 和 e_c^i 划分模糊子集,确定模糊神经网络中模糊化层的节点数,隶属函数采用高斯函数;

[0248] 步骤五、控制器确定模糊神经网络中模糊规则层的节点数;

[0249] 步骤六、控制器对模糊神经网络中的去模糊层采用重心法解模糊,变成一个节点,并作为PID神经网络中PID输入层的一个节点;

[0250] 步骤七、控制器将 K_P 、 K_I 、 K_D 作为PID神经网络中PID层的三个节点,采用改进的细菌觅食优化算法对PID神经网络的权值进行优化,使静态参数的 K_P 、 K_I 、 K_D 转化为动态调整形式;

[0251] 其中,采用改进的细菌觅食优化算法对PID神经网络的权值进行优化的具体过程为:

[0252] 步骤701、初始化细菌觅食优化算法参数:所述细菌觅食优化算法参数包括细菌菌群中与PID神经网络的权值相对应的细菌总数 S 、PID神经网络的权值的搜索工作维度 p 、PID神经网络的权值的趋化次数 N_c 、趋化过程中PID神经网络的权值单向运动的最大步数 N_s 、PID神经网络的权值的复制次数 N_{re} 、PID神经网络的权值的学习次数 N_{ed} 、PID神经网络的权值的最大趋化步长 C_{max} 和PID神经网络的权值的最小趋化步长 C_{min} ;

[0253] 步骤702、初始化菌群位置:采用随机初始化的方法并按照公式 $X = X_{min} + rand \times (X_{max} - X_{min})$ 在 p 维空间初始化 $2S$ 个点作为细菌的初始化位置,其中随机选取 S 个细菌作为菌群 X_1 ,剩下的 S 个细菌作为菌群 X_2 ; X_{min} 为优化区间的最小值, X_{max} 为优化区间的最大值, X 为细菌的初始化位置, $rand$ 为均匀分布在 $[0, 1]$ 区间的随机数;

[0254] 步骤703、适应度值更新:按照公式

$$J_{CC}(i, j, k, l) = \sum_{i=1}^S [-d_{attract} \exp(-w_{attract} \sum_{n=1}^p (P(i, j, k, l) - P(1:S, j, k, l))^2)] + \sum_{i=1}^S [-h_{repellant} \exp(-w_{repellant} \sum_{n=1}^p (P(i, j, k, l) - P(1:S, j, k, l))^2)]$$

计算各个细菌的适应度值;

其中, $d_{attract}$ 为细菌与细菌之间引力的深度, $w_{attract}$ 为细菌与细菌之间引力的宽度, $h_{repellant}$ 为细菌与细菌之间斥力的高度, $w_{repellant}$ 为细菌与细菌之间斥力的宽度, $P(i, j, k, l)$ 为细菌 i 在第 j 次趋向性操作、第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的位置, $P(1:S, j, k, l)$ 为当前个体 $P(i, j, k, l)$ 的邻域内的一个随机位置, $J_{CC}(i, j, k, l)$ 为细菌 i 在第 j 次趋向性操作、第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的适应度值;

[0255] 步骤704、设置循环变量的参数:其中趋化循环次数 j 为 $1 \sim N_c$,复制循环次数 k 为 $1 \sim N_{re}$,学习循环次数 l 为 $1 \sim N_{ed}$;

[0256] 步骤705、进入趋化循环,进行趋化操作,具体方法为:

[0257] 对菌群 X_2 ,按照以下步骤Q21~步骤Q211的趋化操作对每个细菌进行趋化:

[0258] 步骤Q21、将细菌 i 重新赋值为 $i+1$,判断细菌 i 的规模是否小于细菌规模 S ,当小于时执行步骤Q22,当不小于时跳转执行步骤Q212;

[0259] 步骤Q22、计算细菌 i 的适应度值;

[0260] 步骤Q23、细菌 i 在随机产生的方向上翻转一个单位步长;

[0261] 步骤Q24、令 j 初始化为1;

[0262] 步骤Q25、计算新位置上细菌 i 的适应度值;

[0263] 步骤Q26、判断 j 是否小于最大步数 N_c ,当小于时执行步骤Q2,当不小于时跳转执行步骤Q21;

[0264] 步骤Q2、将 j 的重新赋值为 $j+1$;

[0265] 步骤Q28、判断新位置上细菌 i 的适应度值是否改变,当改变时执行步骤Q29,当没有改变时令 $j = N_s$,并跳转执行步骤Q26;

[0266] 步骤Q29、更新细菌 i 的适应度值;

[0267] 步骤Q210、细菌种群在翻转的方向上继续游动;

[0268] 步骤Q211、跳转执行步骤Q25,继续循环,直至步骤Q21中 i 的取值等于 S 为止;

[0269] 步骤Q212、趋化操作结束；

[0270] 对菌群 X_1 ，按照以下步骤Q11~步骤Q112的趋化操作对每个细菌进行趋化：

[0271] 步骤Q11、将细菌 i 重新赋值为 $i+1$ ，判断细菌 i 的规模是否小于细菌菌落规模 S ，当小于时执行步骤Q12，当不小于时跳转执行步骤Q112；

[0272] 步骤Q12、计算细菌 i 的适应度值；

[0273] 步骤Q13、根据公式 $D(i) = \frac{1}{SL} \sum_{i=1}^S \sqrt{\sum_{m=1}^p (X(m,i) - \bar{X})^2}$ 计算细菌菌群密度函数因子 D

(i)，并根据公式 $C(i) = A \cdot D(i) + B$ 计算趋化步长 $C(i)$ ；再令细菌 i 在随机产生的方向上翻转步长 $C(i)$ ；其中， L 为搜索空间对角线中最大长度， $X(m,i)$ 为细菌 i 在搜索空间第 m 维的位置坐标值， \bar{X} 为当前搜索空间内所有细菌在搜索空间第 m 维的平均位置坐标值；

[0274] 步骤Q14、令 j 初始化为1；

[0275] 步骤Q15、计算新位置上细菌 i 的适应度值；

[0276] 步骤Q16、判断 j 是否小于最大步数 N_c ，当小于时执行步骤Q1，当不小于时跳转执行步骤Q11；

[0277] 步骤Q1、将 j 的重新赋值为 $j+1$ ；

[0278] 步骤Q18、判断新位置上细菌 i 的适应度值是否改变，当改变时执行步骤Q19，当没有改变时令 $j=N_s$ ，并跳转执行步骤Q16；

[0279] 步骤Q19、更新细菌 i 的适应度值；

[0280] 步骤Q110、细菌种群在翻转的方向上继续游动；

[0281] 步骤Q111、跳转执行步骤Q15，继续循环，直至步骤Q11中 i 的取值等于 S 为止；

[0282] 步骤Q112、趋化操作结束；

[0283] 步骤706、进入复制循环，进行复制操作，具体方法为：

[0284] 对菌群 X_1 ，按照以下步骤F11~步骤F16的复制操作对每个细菌进行复制：

[0285] 步骤F11、将细菌 i 重新赋值为 $i+1$ ，判断细菌 i 的规模是否小于细菌规模 S ，当小于时执行步骤F12，当不小于时跳转执行步骤F16；

[0286] 步骤F12、计算细菌在上次复制操作循环中经过的所有位置的适应度之和，并定义为健康度值；

[0287] 步骤F13、按照健康度值的优劣将细菌进行排序；

[0288] 步骤F14、跳转执行步骤F11；

[0289] 步骤F15、淘汰健康度差的 $\frac{1}{2}S$ 个细菌，剩余的 $\frac{1}{2}S$ 个细菌各自分裂出一个与自己完全相同的新个体；

[0290] 步骤F16、复制操作结束；

[0291] 对菌群 X_2 ，按照以下步骤F21~步骤F24的复制操作对每个细菌进行复制：

[0292] 步骤F21、计算所有细菌的适应度值并按照从小到大的顺序进行排序，并选出当前最优的细菌作为精英细菌；

[0293] 步骤F22、对当前最好的一半细菌，按照公式 $X'_2(i) = X_2(i) + N(0,1)$ 实施变异操作，

生成 $\frac{1}{2}S$ 个新细菌并与原来的细菌构成新的子细菌群 X'_{2} ;其中, $N(0,1)$ 为服从均值为0、方差为1的高斯分布;

[0294] 步骤F23、对当前最差的一半细菌,按照黄金分割率并取排序在前61.8%的细菌与步骤F21中挑选出来的精英细菌进行交叉操作,生成 $\frac{1}{2}S$ 个新细菌并与原来的细菌构成新的子细菌群 X''_{2} ;

[0295] 步骤F24、从子细菌群 X'_{2} 与子细菌群 X''_{2} 中挑选出适应度值最好的前 S 个细菌替换原来的细菌群 X_{2} ;

[0296] 步骤707、进入学习循环,进行学习操作,具体方法为:将菌群 X_{1} 与菌群 X_{2} 中的细菌进行排序,并将菌群 X_{1} 的排序在前61.8%的细菌按照轮盘赌法选择出 $0.382S$ 个细菌与菌群 X_{2} 中排序在后38.2%的细菌进行交换,交换来的 $0.382S$ 个细菌组成新的菌群 X_{2} ;

[0297] 步骤708、判断趋化循环、复制循环和学习循环的循环次数是否已达到设置值,当达到时,循环结束,通过适应度值比较两个菌群中发现的最优细菌,选择出最好的作为全局最优解,并将结果输出,否则,继续循环执行步骤705~步骤708,直到趋化循环、复制循环和学习循环的循环次数已达到设置值;

[0298] 步骤八、PID神经网络中的输出层输出对热源循环泵2-1、一次热网循环泵2-2、二次热网循环泵2-3优化后的控制电压 U^* ,并驱动所述热源循环泵2-1、一次热网循环泵2-2、二次热网循环泵2-3。

[0299] 这样就实现了精确的温差变大,水泵转速变大,温差变小,水泵转速减小。

[0300] 如图1~图5.7所示,本实施例的一种实现所述方法的干热岩地热开采利用系统,包括干热岩地热开采系统和干热岩地热利用系统,所述干热岩地热开采系统包括流体输配系统、地下换热系统和地下监测控制系统,所述流体输配系统包括热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7、热源循环泵2-1、主井5-1和布液箱6;所述地下换热系统包括支撑板3、地下岩层换热管4和多口副井;所述地下监测控制系统包括温度传感器4-8、流量传感器、流速传感器4-10、温度传感器数据线、流量传感器数据线、流速传感器数据线、数据传输线2-9、监测盘4-14、抽真空阀6-20、地下岩层换热管4、信号线腔6-12、布液箱6、数据线集线孔6-16、数据线集线管4-7、数据采集模块6-17、数据监控模块6-18和计算机4-15。

[0301] 所述主井5-1内设置有保温水泥套管,所述副井5-2内设置有导热水泥套管,所述导热水泥套管与干热岩层4-11之间的间隙内涂有导热剂;所述支撑板3包括L-L端板3-1和M-M端板3-2,所述L-L端板3-1上设置有X形肋板3-3,所述M-M端板3-2为活动端板,开始处于未伸展状态;所述M-M端板3-2下部安装有由弹性材料制成的导向板,所述L-L端板3-1和M-M端板3-2上对称设置有供地下岩层换热管4穿过的预留洞3-6;所述导向板的数量为两块且分别为 45° 导向板3-4和 135° 导向板3-5;所述地下岩层换热管4包括同心套管4-1、换热封装套管4-3和监测盘4-14,所述同心套管4-1的末端封闭,所述同心套管4-1夹层中填充有高温相变蓄热材料4-2,所述换热封装套管4-3固定于同心套管4-1内腔中,所述换热封装套管4-3上设置有对称布置的注液管4-5和回液腔4-6,所述换热封装套管4-3夹层中填充有低温相变蓄热材料4-4,所述换热封装套管4-3上设置有对称布置的数据线集线管4-7;所述布液箱6包括壳体6-1、A-A端板6-2、C-C端板6-3、E-E端板6-4和G-G端板6-5,所述A-A端板6-

2、C-C端板6-3和壳体6-1围成的封闭区域构成了集液腔,所述C-C端板6-3、E-E端板6-4和壳体6-1围成的封闭区域构成了信号线腔6-12,所述E-E端板6-4、G-G端板6-5和壳体6-1围成的封闭区域构成了分液腔,所述A-A端板6-2上开有若干组对称分布的分液孔6-9、回液孔6-15和数据线集线孔6-16,所述C-C端板6-3上开有回液集孔6-10和若干组对称分布的分液孔6-9和数据线集线孔6-16,所述E-E端板6-4上开有回液集孔6-10和若干组对称分布的分液孔6-9,所述G-G端板6-5上开有一组对称分布的注液集孔6-19和回液集孔6-10,分液管6-8通过A-A端板6-2上的分液孔6-9和E-E端板6-4上的分液孔6-9连接,回液集管6-7通过C-C端板6-3上的回液集孔6-10和G-G端板6-5上的回液集孔6-10连接,所述A-A端板6-2底部开有X形槽孔6-14,所述布液箱6的信号线腔6-12内设置抽真空阀6-20和真空度传感器4-9,所述布液箱6的回液集管6-7和注液集管6-6中设置有温度传感器4-8和流速传感器4-10;所述地上换热系统侧管路包括一次热网供水管1-1、一次热网回水管1-2、一次热网旁通管1-3、二次热网供水管1-4、二次热网回水管1-5、负荷侧供水管1-8和负荷侧回水管1-9;地上换热系统侧管路数据采集与监控系统包括:热源循环泵2-1、一次热网循环泵2-2、二次热网循环泵2-3、压差传感器、温差传感器、控制执行器2-7、数据传输线2-9、压力传感器数据线、温度传感器数据线、变频调节器、数据采集模块6-1、数据监控模块6-18和计算机4-15。

[0302] 所述地下换热系统中,一级加热后的换热流体在回液腔4-6中与高温相变蓄热材料4-2换热,进行二级加热,实现换热流体间接从地下岩层取热;一级加热后的换热流体在回液腔4-6中与低温相变蓄热材料4-4换热,进而控制热换热流体温度在合适范围;改变地下岩层换热器中高温相变蓄热材料4-2熔点和低温相变材料4-4熔点可以控制并且调节二次换热后换热流体温度。

[0303] 所述干热岩地热利用系统包括:地上换热系统和地上监测控制系统;所述地上换热系统包括:热源侧系统、一次热网系统、二次热网系统;所述一次热网系统包括:一次热网供水管1-1、一次热网回水管1-2、一次热网旁通管1-3、一次热网循环泵2-2、去藕罐2-5;所述去藕罐2-5设置在热源侧和一次热网之间,将水系统分割为彼此独立的热源侧循环和一次热网循环,消除了两者在流量和压力上的相互影响。所述热源循环泵2-1只需承担热源侧系统循环动力,其余动力由一次热网上的一次热网循环泵2-2和各换热站2-4所在的二次热网上的二次热网循环泵2-3共同承担,使热源循环泵2-1的扬程降低,管网总供水压力降低。

[0304] 所述热源侧系统包括:热源侧供水总管1-6、热源侧回水总管1-7、布液箱6、地下岩层换热管4;所述二次热网系统包括:二次热网供水管1-4、二次热网回水管1-5、二次热网循环泵2-3、换热站2-4。

[0305] 具体实施时,所述干热岩地热利用系统中,热源为地下岩层换热管4,是沿整个地下岩层换热管加热的线热源,传统集中供热系统热源为锅炉,是单点炉膛加热的点热源;所述负荷侧系统包括低温地板辐射采暖系统、散热器采暖系统、空调热风采暖系统、生活热水系统、全空气系统;传统集中供热系统面向对象仅为采暖用户,所述干热岩地热利用系统还可以满足生产、生活用户的需求;干热岩地热利用系统突破传统集中供热系统供热地域仅限北方的限制,原则上任意地理位置的热用户都能实现;传统集中供热系统仅在供暖季运行,干热岩地热利用系统可以实现全年任意时间运行;所述换热流体在地下岩层换热管4及地上换热站2-4间闭式循环流动,换热流体不易流失,有利于节约水资源。所述干热岩地热利用系统中,所述新型非对称板式换热器特别适合换热站二次热网侧流量和换热站2-4负

荷侧流量不等的情况,对于换热站2-4二次热网侧流量和换热站2-4负荷侧流量变化具有较高的适应性;所述换热站 2-4将二次热网系统与末端负荷侧系统分离,形成相对独立的两套系统,负荷端用户更容易调节,可以更好的满足房间舒适度的要求;所述热源侧系统与一次热网系统通过设置去藕罐2-5消除了两者在流量和压力上的相互影响;所述热源循环泵2-1、一次热网循环泵2-2、二次热网循环泵2-3通过供回水温差控制模式实现了热源系统流量、一次热网系统流量和二次热网系统流量的匹配;所述地上换热系统中,所述二次热网系统和负荷侧系统通过设置新型换热站2-4适应了两者流量不等且经常变化的情况;所述一次热网旁通管1-3仅在流量开关开启时才有少量水流从一次热网供水管1-1 旁通到一次热网回水管1-2,保证换热站2-4在允许流量范围内运行。

[0306] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

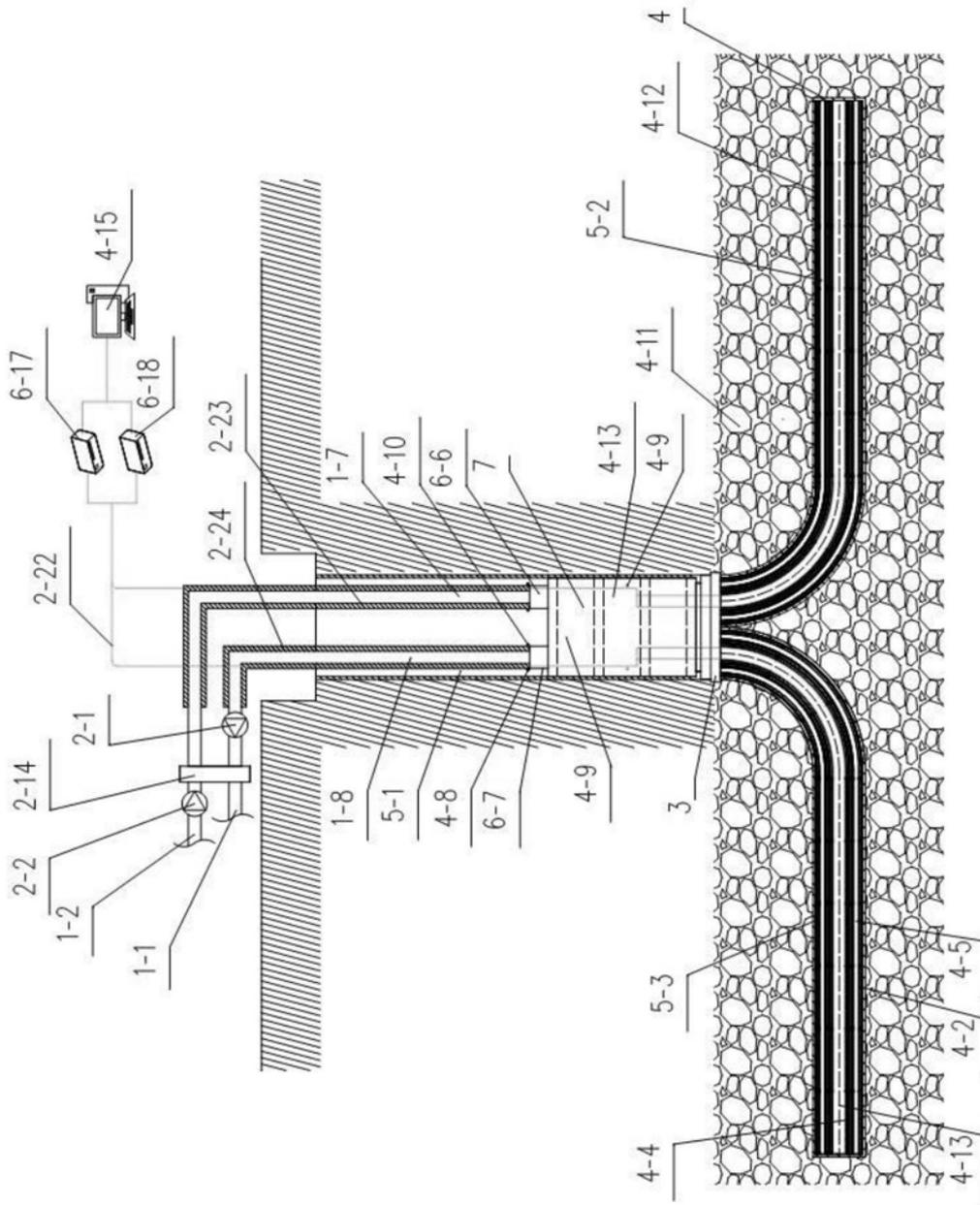


图2

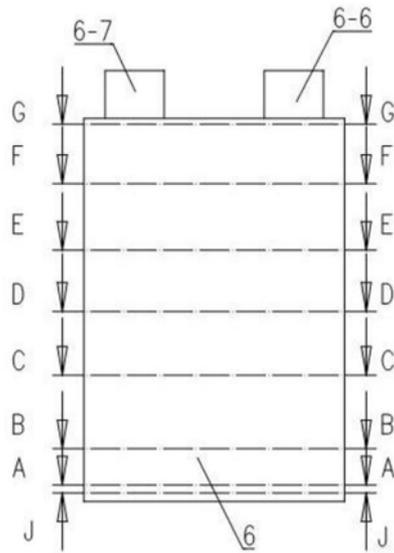


图3.1

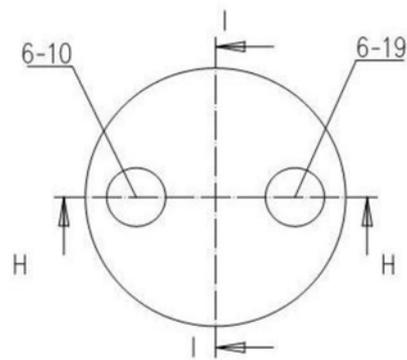


图3.2

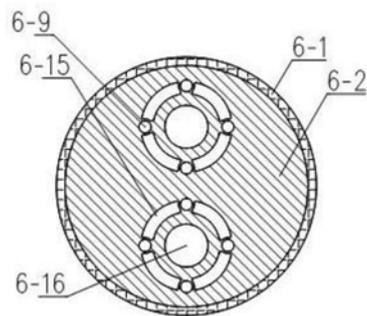


图3.3

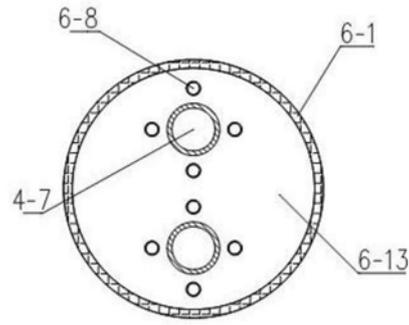


图3.4

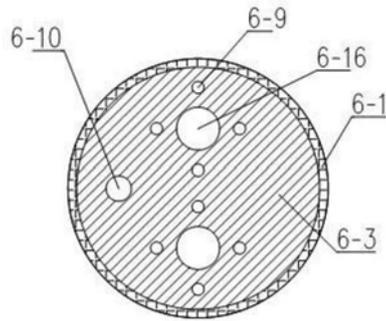


图3.5

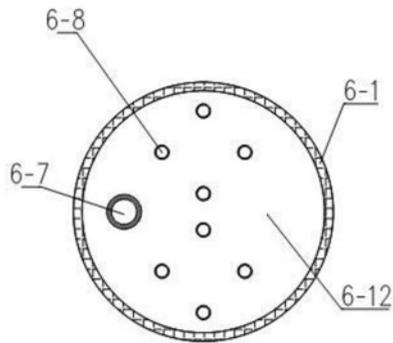


图3.6

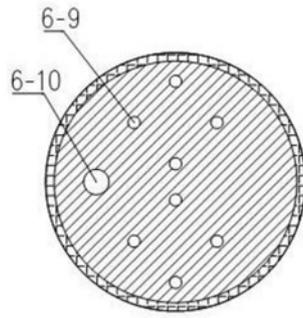


图3.7

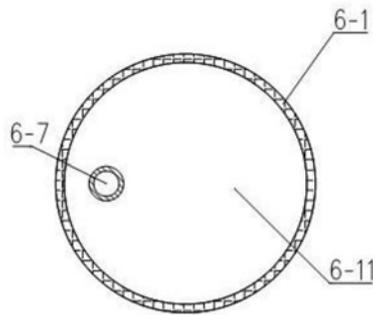


图3.8

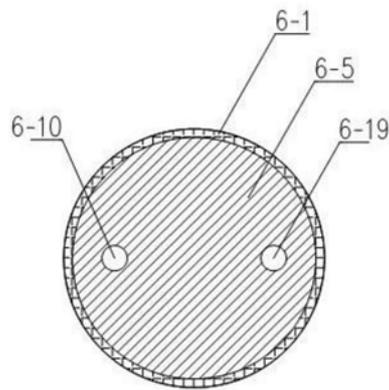


图3.9

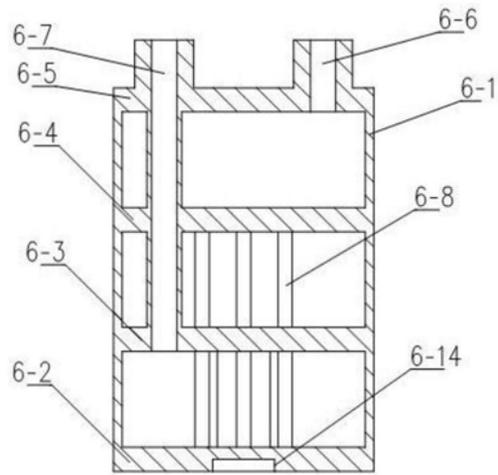


图3.10

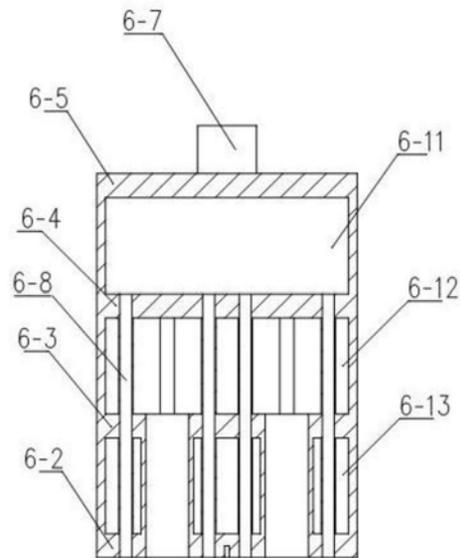


图3.11

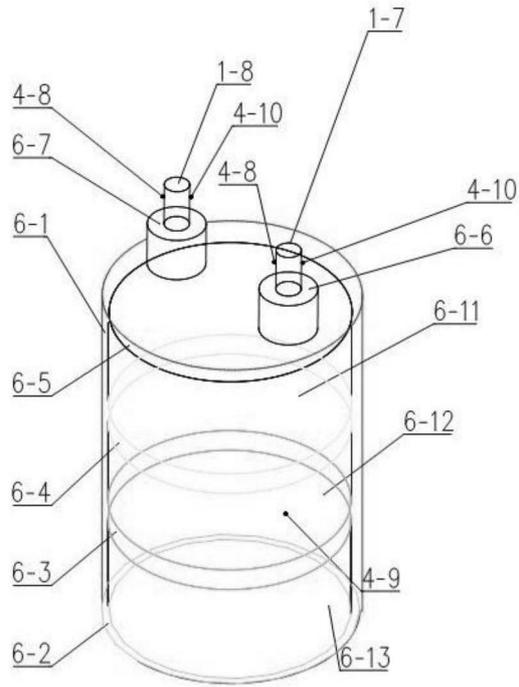


图3.12

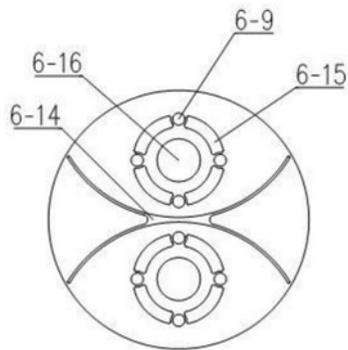


图3.13

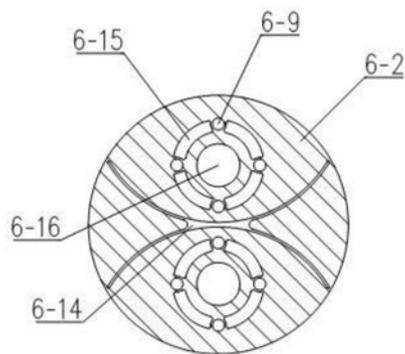


图3.14

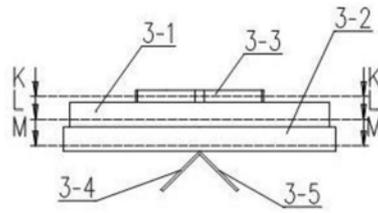


图4.1

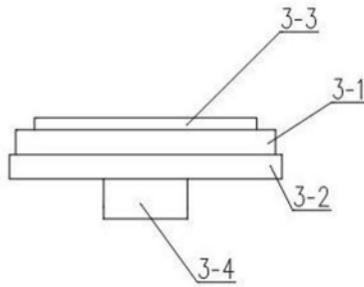


图4.2

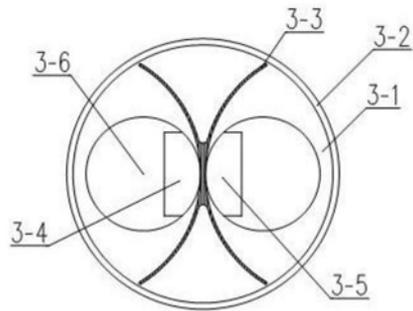


图4.3

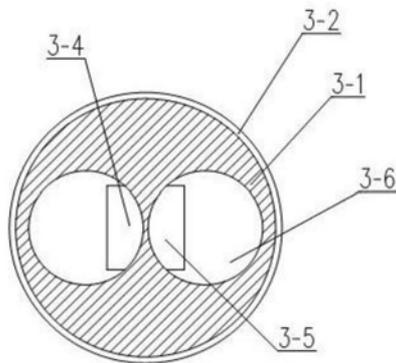


图4.4

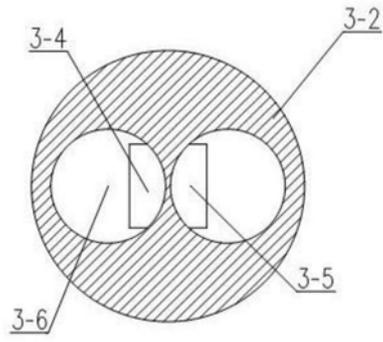


图4.5

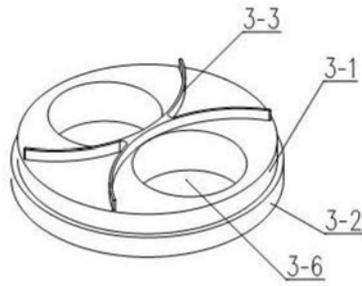


图4.6

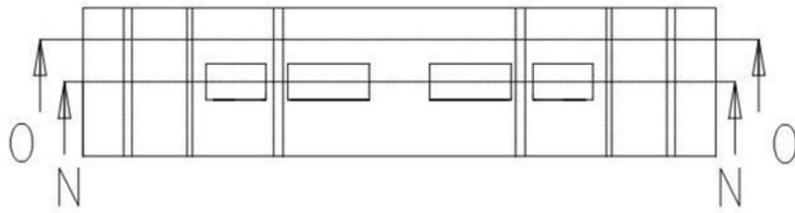


图5.1

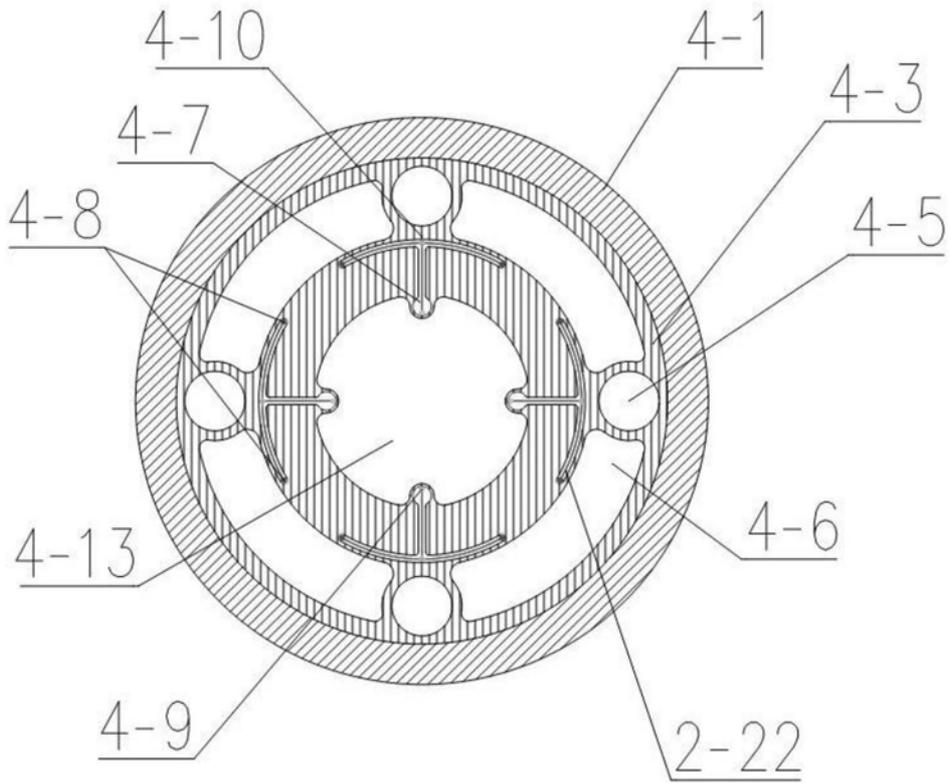


图5.2

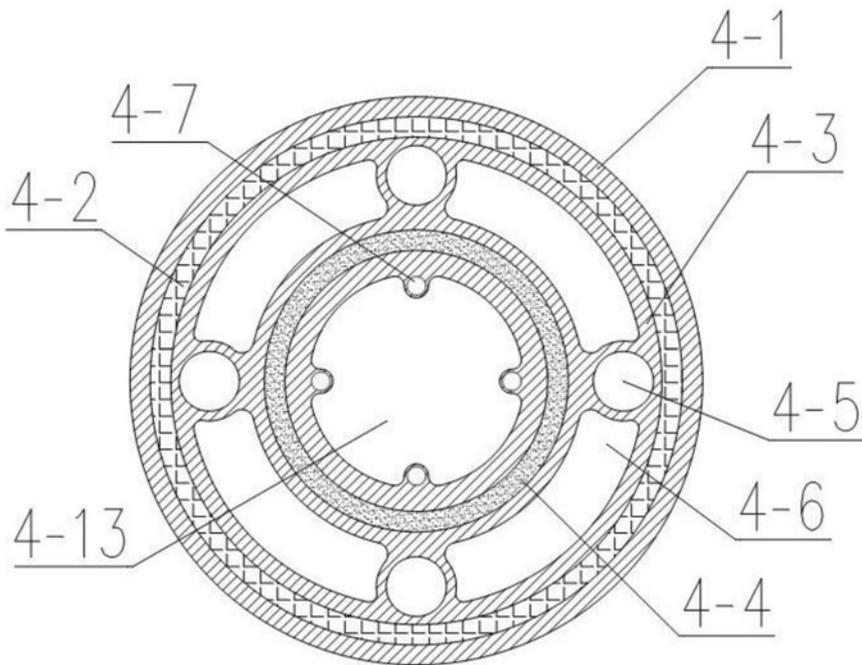


图5.3

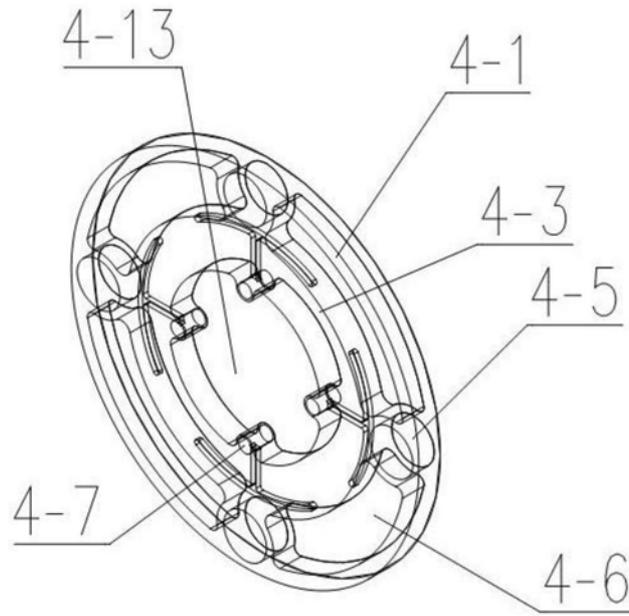


图5.4

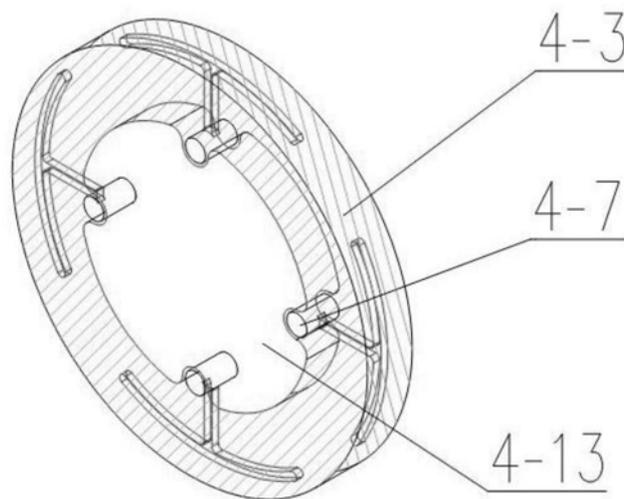


图5.5

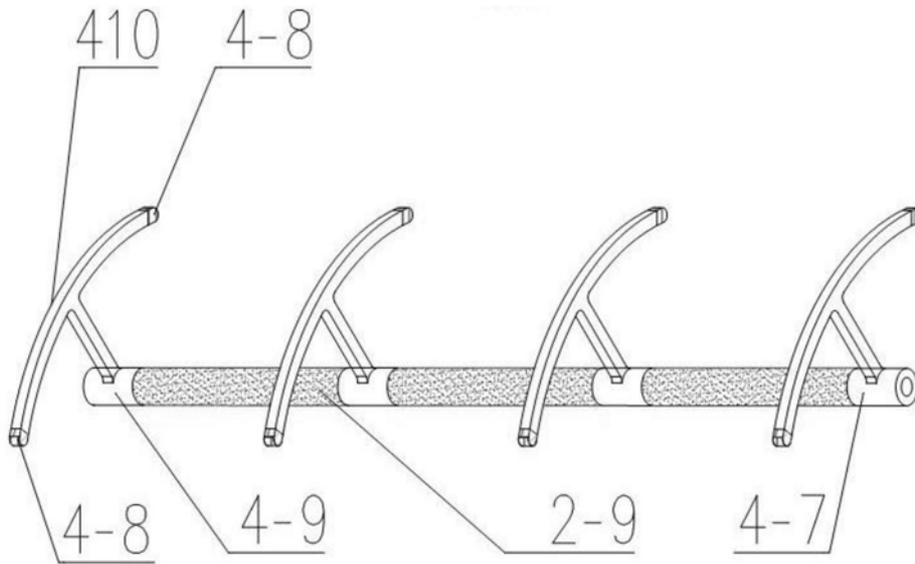


图5.6

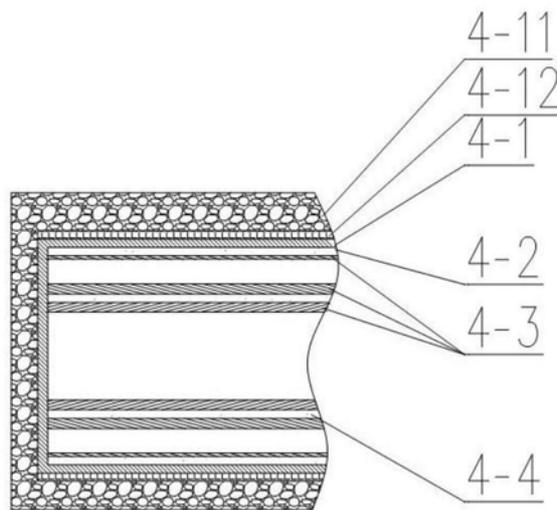


图5.7