

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F24D 3/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810016992.1

[43] 公开日 2009年1月21日

[11] 公开号 CN 101349450A

[22] 申请日 2008.6.27

[21] 申请号 200810016992.1

[71] 申请人 赵 铭

地址 257000 山东省东营市东营区西城银座
花园 21 号楼 2-302

[72] 发明人 赵 铭

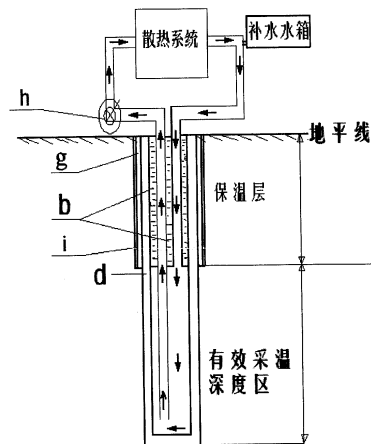
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称

深层地热可再生能源冬季采暖方法

[57] 摘要

本发明涉及一种无污染、零排放的清洁可再生低成本的深层地热可再生能源冬季采暖方法。其技术方案是：在地面下打深井，并下套管，对井下无效采温深度区域的套管进行保温处理，利用循环水通过套管管壁在有效采温深度区采集地下深层岩石所含热能，利用隔温抽水管将热能通过水循环带到地面为目标用户供暖，经过散热后，低温水经过隔温抽水管回流到地下，再次通过套管管壁在有效采温深度区采集地下深层岩石所含热能，形成循环采暖系统。本发明的有益效果是：可以实现零排放、可再生并且运行费极低、操作简单、一次投资终生受益，本发明是目前采暖节能手段的一个重大突破，将大大缓解目前冬季采暖能源供应状况，真正实现节能减排。



1、一种深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：在地面下打深井，并下套管，对井下无效采温深度区域的套管进行保温处理，利用循环水通过套管管壁在有效采温深度区采集地下深层岩石所含热能，利用隔温抽水管将热能通过水循环带到地面为目标用户供暖，经过散热后，低温水经过井中的套管回流到地下，再次通过套管管壁在有效采温深度区采集地下深层岩石所含热能，形成循环采暖系统。

2、根据权利要求1所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：所述的保温处理是指在套管外安设保温层，所述的保温层采用聚氨酯保温隔热材料、离心玻璃棉毡、复合硅酸盐保温隔热砂浆或泡沫石棉制品制成。

3、根据权利要求2所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：所述的保温层外加装外层保护层，保护质地较软的套管外保温层不被划伤。

4、根据权利要求1所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：所述的保温处理是指在套管内保温，在套管中的两根循环管及套管管壁之间加入隔热物质，隔热物质为聚氨酯保温隔热材料、复合硅酸盐保温隔热砂浆或发泡制品。

5、根据权利要求1、2、3或4所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：所述的隔温抽水管采用双层中空管，其中心夹层里充满惰性气体，将采热后的高温水与回流的低温水隔离。

6、根据权利要求5所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：所述的惰性气体为氦气。

7、根据权利要求1、2、3或4所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是：在目标供暖用户的顶部建筑物安装补水水箱，并连通水循环系统。

8、根据权利要求1所述的深层地热可再生能源冬季采暖方法，其特征是包括如下工艺：
(一)利用大型钻机打大直径的深井；(二)通过测井设备在测量地层温度达到40度时停钻，并测量井深；(三)更换小尺寸钻头继续向下打井；(四)当测量地层温度达到75-80度时停钻，并测量井深；(五)计算小尺寸井深长度和大直径的井深长度；(六)下小尺寸套管至井底，长度为1000-1600米；(七)同时对小尺寸套管安设保温外层至1000米；(八)进行井底的固井工作；(九)进行上井口的固井工作；(十)从小尺寸套管中下隔温抽水管直至井底，长度约2000-2500米；(十一)在井口处安装出水、回水分流接口；(十二)安装循环水泵和变频调速电机；(十三)在建筑物顶层安装补水水箱；(十四)连接各路水管线，检漏后进行管线保温处理；(十五)在采暖循环系统中加入软化水或超导液，直至充满整个采暖系统。

深层地热可再生能源冬季采暖方法

一、技术领域：

本发明涉及一种新能源采暖应用技术，特别是涉及一种无污染、零排放的清洁可再生低成本的深层地热可再生能源冬季采暖方法。

二、背景技术：

在当前地壳深层干热岩石地热能开发利用领域中，有关利用水在深井套管中流动抽取地壳深层低品位热能（40-80 度）来取暖的热力学研究由于造价高、技术复杂、适用范围小（只能用于冬季采暖，不能用其发电）因此在世界各地的热力学科研机构还没有对此深入研究。

目前，发达国家一般建筑物内的室温控制主要是依靠热泵技术来实现采暖和制冷的，1:4 的热泵节能效益不但可使建筑物保持全年恒温（22-24 度），其经济性和能耗都在可以接受的范围内，所以单一的采热技术无法替代热泵技术在两个季节的使用，因而发达国家并没有得到发展；而发展中国家则因为该技术一次性造价高及综合节能技术落后等问题无法进行深层地热利用的研究工作。

目前，国家提倡节能减排和可再生能源的利用，重视环保、重视建设节能型住宅，强力推行墙改政策，多项政策的实施提高了新型建筑物的保暖水平；由于新建筑物的室内主要采用地盘管采暖设施，用它代替了原来的外挂式暖气片；暖气片的取消使供热温度从原来的 80-100 度的高温入户降低到现在 50-60 度低温的入户，为低品位热能的使用提供了可能，同时井下隔热保温技术突飞猛进，为直接提取地壳深处低品位热能提供了技术支持；这都为我们这项技术的实现提供条件。

三、发明内容：

本发明的目的就是针对现有技术存在的上述缺陷，提供一种深层地热可再生能源冬季采暖方法，直接提取地壳深处低品位地热，为建筑物冬季供暖提供热源。

其技术方案是：在地面下打深井，并下套管，对井下无效采温深度区域的套管进行保温处理，利用循环水通过套管管壁在有效采温深度区采集地下深层岩石所含热能，利用隔温抽水管将热能通过水循环带到地面为目标用户供暖，经过散热后，低温水经过井中的套管回流到地下，再次通过套管管壁在有效采温深度区采集地下深层岩石所含热能，形成循环采暖系统。

一种保温处理的方法是指在套管外安设保温层，所述的保温层采用聚氨酯保温隔热材料、离心玻璃棉毡、复合硅酸盐保温隔热砂浆或泡沫石棉制品制成。该隔温层的作用是使温度在 35° 的循环回水在回流入井中时不被这 1000 米的低温地层吸走热量，减少回水总能量的耗损，提高采热效率。

进一步优选的方案是保温层外加装外层保护层，如铁皮，以保护质地较软的套管外保温材料层不被划伤。

另一种保温处理方法是指在套管内保温，在套管中的两根循环管及套管管壁之间加入隔热物质，该物质为：聚氨酯保温隔热材料、复合硅酸盐保温隔热砂浆或发泡制品。

为解决高低温差的水流温度短路问题，所述的双层中空管的中心夹层里充满惰性气体如氦气，将采热后的高温水与回流的低温水隔热。

为防止系统缺水造成水泵故障，在建筑物顶层安装补水水箱（抽水机的上位），并连通水循环系统，水箱内连接进水管以保持一定水位。

本发明利用 U 型管原理，我们可以使用低功率的电机就可实现 2000-3000 米高差的暖水循环，该电机是本系统唯一的动力来源，他只需克服水在管线中流淌时的阻力的能量，就可实现整个系统内水的循环运转。因此，即使是高层建筑也不须高扬程、大功率的水泵，照样实现热水循环，节电节能。

另外，上述采暖方法的实现需要采用如下施工方法：（一）利用大型钻机打大直径的深井；（二）通过测井设备在测量地层温度达到 40 度时停钻，并测量井深；（三）更换小尺寸钻头继续向下打井；（四）当测量地层温度达到 75-80 度时停钻，并测量井深；（五）计算小尺寸井深长度和大直径的井深长度；（六）下小尺寸套管至井底，长度为 1000-1600 米；（七）同时对小尺寸套管安设保温外层至 1000 米；（八）进行井底的固井工作；（九）进行上井口的固井工作；（十）从小尺寸套管中下隔温抽水管直至井底，长度约 2000-2500 米；（十一）在井口处安装出水、回水分流接口；（十二）安装循环水泵和变频调速电机；（十三）在建筑物顶层安装补水水箱；（十四）连接各路水管线，检漏后进行管线保温处理；（十五）在采暖系统中加入软化水或超导液，直至充满整个采暖系统。

当然，为起到更好的取热效果，我们可也使用超导液来代替软化水充当热载体；

其技术原理是相当于把热交换器安装在地下 1000（底层温度 40 度）米至 3000（底层温度 100 度）米长度为 1000-2000 米的套管内，利用超导液通过套管壁跟地层的地热进行热交换，然后利用离心泵把超导液携带的热能从地下带上来，供给用户采暖，热交换介质是超导液（超导液的热容量大于水、热传导速度是水的 4 倍），井里的超导液利用离心泵与建筑物的暖水系统直接连接，超导液在井中有效采热行程是 1000-2000 米。通过离心泵将井水下排，由离心泵将水直接循环到散热区排热后再排送回同一口井的上部。水是在井中垂直流动并在井深 1000-3000 米底层区间换热，因此也可叫“热井”，只要确保水与深井区井壁间流动的雷诺数来保证较高的传热系数，就可以得到很高的换热效率。为防止上层 1000 米低温底层吸收回水套管的热能，必须对地层上端 1000 米左右长的套管做保温处理。以确保采温地层热能恢复速度能够保证目标用户的采暖需求。

本发明的有益效果是：该种能源蕴藏丰富无穷无尽，使用该热源不但可以实现零排放、

可再生并且运行费极低、操作简单、一次投资终生受益。该项目是目前采暖节能手段的一个重大突破，如果普及推广该技术将大大缓解目前冬季采暖能源供应状况，真正实现节能减排，尤其是在中国北方地区，在当前这个特殊的经济环境、自然环境条件下具有很高的实用价值和推广价值。

四、附图说明：

附图 1 是本发明的一种保温方式的示意图；

附图 2 是本发明的另一种保温方式的示意图；

附图 3 是本发明的方法一中的热井上部出水、回水分流器接口结构示意图；

附图 4 是本发明的热井底部回水筛管的结构示意图；

附图 5 是本发明的保温层套管内切面示意图；

附图 6 是本发明的采温换热区的套管内切面示意图。

上图中：循环管（a、c）、隔热物质 b、套管 d、双层中空管 e、供热回管 f、保温层 g、循环水泵 h、保护层 i。

五、具体实施方式：

结合附图 2-4，对本发明作进一步的描述：

- (一) 利用大型钻机打一口 10 寸直径的深井；
- (二) 通过测井设备在测量地层温度达到 40 度时停钻，并测量井深；
- (三) 更换 7 寸钻头继续向下打井；
- (四) 当测量地层温度达到 75-80 度时停钻，并测量井深；
- (五) 计算 7 寸井深长度和 10 寸井深长度；
- (六) 下 7 寸套管至井底，长度约 1000-1600 米；
- (七) 同时带保温保护层寸套管至 10 寸和 7 寸交界处，长度约 1000 米；
- (八) 进行井底的固井工作；(九) 进行上井口的固井工作；
- (十) 从 7 寸套管中下 3 寸隔温抽水管直至井底，长度约 2000-2500 米；
- (十一) 在井口处安装出水、回水分流接口；
- (十二) 安装 10kw 循环水泵 h 和变频调速电机；(十三) 在建筑物顶层安装补水水箱；
- (十四) 连接各路水管线，检漏后进行管线保温处理；
- (十五) 在系统中加入软化水或超导液，直至充满整个系统；
- (十六) 开机试运行。

参照附图 1 和 5、6，其一种保温方式是在套管 d 中的两根循环管（a、c）及套管管壁之间加入隔热物质 b，参照附图 1，该物质可以是：聚氨酯保温隔热材料、HJ 复合硅酸盐

保温隔热砂浆、发泡制品等保温材料。

另一种保温方式是采用双层中空管 e，参照附图 2，该管 e 的中心夹层里充满氦气这种惰性气体，该气体起到更好的隔热作用，使采热后的高温水能够载温到达使用区域，解决了高低温差的水流温度短路问题；参照附图 3，在热井上部出水、回水分流器接口设有供热回管 f。

其主要的技术内容是：

(1) 对地面以下 1000 米左右无效采温深度区域使用的套管，要进行外层保温处理。并在保温层 g（又称黄夹克保温层）外加装外保护层 i（图中未显示）如铁皮，用以保护质地较软的套管外隔温材料层，以便在下套管时保温层不受地层岩石的划伤，为今后的使用起到保温效果。该隔温层的作用是使温度在 35° 的循环回水在回流入井中时不被这 1000 米的低温地层吸走热量，减少回水总能量的耗损，提高采热效率。套管外的保温材料可采用：聚氨酯保温隔热材料、离心玻璃棉毡、HJ 复合硅酸盐保温隔热砂浆、泡沫石棉制品等多种保温材料。HJ 复合硅酸盐保温隔热砂浆因其耐水性能优异、造价低是该套管外层保温的首选材料。

(2) 选用合适的隔温抽水管，为解决高低温差的水流温度短路问题，我们设计使用一种双层中空管 e，该管的中心夹层里充满氦气这种惰性气体，该气体起到更好的隔热作用。使采热后的高温水能够载温到达使用区域。

(3) 利用 U 型管原理，我们可以使用低功率的循环水泵 h 就可实现 2000-3000 米高差的暖水循环，该循环水泵 h 是本系统的动力来源，他只需克服水在管线中流淌时的阻力的能量，就可实现整个系统内水的循环运转。因此，即使是高层建筑也不须高扬程、大功率的水泵，照样实现热水循环，节电节能。

(4) 为防止系统缺水造成水泵故障，需设计补水箱以免造成系统损伤。补水箱一般按放在建筑物的顶层，抽水泵的上位。

(5) 为起到更好的取热效果，我们可也使用超导液来代替软化水充当热载体。

本发明实现的理论依据如下：

(一) 牛顿冷却定律 (Newton's law of cooling): 温度高于周围环境的物体向周围媒质传递热量逐渐冷却时所遵循的规律。当物体表面与周围存在温度差时，单位时间从单位面积散失的热量与温度差成正比，比例系数称为热传递系数。牛顿冷却定律是牛顿在 1700 年用实验确定的，在强迫对流时与实际符合较好，在自然对流时只在温度差不太大时才成立。该定律是传热学的基本定律之一，用于计算对流热量的多少。

$$\text{温差 } \Delta t = |t_w - t_f| \qquad q = h\Delta t \qquad \Phi = qA = Ah\Delta t = \Delta t / (1/hA)$$

其中的 $1/hA$ 称为对流传热热阻。

结论: 根据这一原理我们可以认为当井下套管中循环水的水温低于地下深层岩石的温度时，岩石中的热能将通过套管管壁向循环水传递。

(二) 傅立叶定律是传热学中的一个基本定律。

用来计算热量的传导量, 相关的公式如下:

$\Phi = -\lambda A(dt/dx)$ $q = -\lambda(dt/dx)$ 其中 Φ 为导热量, 单位为 W, λ 为导热系数
 A 为传热面积, 单位为 m^2 , t 为温度, 单位为 K, x 为在导热面上的坐标, 单位为 m
 q 为热流密度, 单位为 W/m^2 , 负号表示传热方向与温度梯度方向相反, λ 表征材料导热性能的物性参数 (λ 越大, 导热性能越好)

结论: 根据傅立叶定律结合牛顿冷却定律我们可以计算地层岩石对水的传热量。

(三) 地热和热传导

在当前干热岩石地热能开发利用领域中, 正在开展有关采用水在深井套管中流动进行热能抽取的热力学研究。在干热岩石地热开发系统中, 首先关心的是含有液体的地热岩体中大规模热传导的过程。地热岩体可被认为是一个由众多近似相互垂直和相互连通裂隙以及相对非渗透性的岩块构成的地热区。本发明则着眼于深层岩石的热能通过井壁面传至管内水流的热传导问题。

岩石中热传导基本形式包括热传导和热对流。其中, 对热传导过程的认识已很成熟。热对流是热能在岩石裂隙中通过水流的传递。热对流的机理为, 在一种流体中, 因流体物质运动造成各部分相混合, 而产生热的传递。流体运动可由外部因素造成(例如利用风扇或水泵等)。此种情况可称为被迫式热传递。如果流体运动是由温度差导致的密度差异而造成, 可称为自由或天然热传递。在地下深层干热岩石区, 热传导是主要的地热传递机制。然而, 热能抽取到地表是通过热从岩石到井壁中水流的热传递而实现。对无化学反应的单相流体, 经典的热传导方程如下:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \nabla(\rho v) = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left[\frac{\partial v}{\partial t} + v_0 \nabla v \right] = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + \rho F \quad (2)$$

$$\rho c \left[\frac{\partial T}{\partial t} + v_0 \nabla T \right] = k \nabla^2 T + Q_0 \quad (3)$$

式中: v, T, t, p, F 以及 Q_0 分别表示速度、温度、时间、压力、体力和热生成量; 而 ρ, μ, c 和 k 分别代表密度、动态粘滞度、比热和热传导系数等物理特性。

另外一种称之为放射的热传播方式, 在岩石的热传导基本形式中被忽略。对于固体热传导, 无速度项, 故上述方程组可减少为只有能量方程:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + Q_0 \quad (4)$$

方程(1)~(3)的导数中, 隐含着以下傅丽叶基本经验公式:

$$q = -kA \nabla T \quad (5)$$

式中： q 为热传导率， A 为垂直于热流的面积。

很多热传播问题，难以应用方程(1)~(3)，因而通常采用半经验方法亦即用一定形式的方程拟合实验数据。如此得到的方程通常表达了一种标准的无量纲的参数(数量)关系。这些参数来自于对上述方程组的进一步分析，或者来自于问题所涉及的物理与特性参数的量纲分析。就目前的水流体情况，有关的无量纲变量雷诺数(Re)和普朗特数(Pr)，由下式给出：

$$Re=UL/v \quad (6)$$

$$Pr=v/\alpha \quad (7)$$

式中： U 为特征流速， L 为依赖于问题的几何尺寸的特征长度， v 为动态粘滞数， α 为热扩散系数。

对于热对流问题，还涉及到努塞尔特数(Nu)，其定义如下： $Nu=hL/k$ (8)

式中： h 是重要的热对流传导参数，其值表示由热对流导致的热传导程度。 h 的作用可由牛顿定律看出：

$$q=hA\Delta T \quad (9) \quad \text{其中：}\Delta T \text{ 为岩石表面与流体间的温度差异值。}$$

(四) 岩石的导热系数

岩石传导热量的能力，称为热传导性，常用导热系数表示。根据热力学第二定律，物体内的热量通过热传导作用不断地从高温点向低温点流动，使物体内部温度逐步均一化。设面积为 A 的平面上，温度仅沿 x 方向变化，这时通过 A 的热流量(Q)与温度梯度 dT/dx 及时间 dt 成正比，即

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} dt$$

式中： k 为导热系数($W / (m \cdot K)$)，含义为当 dT 、 dx 等于 1 时单位时间内通过单位面积岩石的热量。

导热系数是岩石重要的热学性质指标，其大小取决于岩石的矿物组成、结构及含水状态。常见岩石的导热系数见表 3-4。由表可知，常温下岩石的 $k=1.61 \sim 6.07W / (m \cdot K)$ ，另外，多数沉积岩和变质岩的热传导性具有各向异性，即沿层理方向的导热系数比垂直层理方向的导热系数平均高约 10%~30%。岩石的导热系数常在实验室用非稳定法测定。

据研究表明，岩石的比热容(C)与导热系数(k)间存在如下关系：

$$k = \lambda \rho C$$

式中： ρ 为岩石密度； λ 为岩石的热扩散率(cm^2 / s)。

热扩散率反映岩石对温度变化的敏感程度， λ 愈大，岩石对温度变化的反应愈快，且受温度的影响也愈大。常见岩石的热扩散率见表

表 3-5 几种岩石的热学特性参数

表 3-5 几种岩石的热学特性参数

岩石	比热容 C J/(kg·K)	导热系数 k W/(m·K)	线膨胀系数 α ($10^{-3}/K$)	弹性模量 E (10^4 MPa)	热应力系数 α_s (MPa/K)
辉长岩	720.1	2.01	0.5~1	9~6	0.4~0.5
辉绿岩	699.2	3.35	1~2	4~3	0.4~0.5
花岗岩	782.9	2.68	0.6~6	1~8	0.4~0.6
片麻岩	879.2	2.55	0.8~3	3~6	0.4~0.9
石英岩	799.7	5.53	1~2	2~4	0.4
页岩	774.6	1.72	0.9~1.5	4	0.4~0.6
石灰岩	908.5	2.09	0.3~3	4	0.2~1.0
白云岩	749.4	3.55	1~2	4~2	0.4

(四)水的特性

水在常温下呈液态存在，具有一般液体的共性。与其它液体相比，又有许多独特的性质。

- (1)水在 0~4℃ 范围内不是热胀冷缩，而提冷胀热缩，即温度升高，体积缩小，密度增大。
- (2)在所有的液体中，水的比热容最大，为 4.18 焦耳/克度。因此水可作为优质的热交换介质，用于冷却、储热、传热等方面。
- (3)常温下 (0~100℃)，水可以出现固、液、气三相变化，利用水的相热转换能量很方便。
- (4)在液体中，除了汞 (Hg) 以外，水的表面能最大。
- (5)水溶解及反应能力极强。许多物质不但在水中有很大溶解度，而且有最大的电离度。
- (6)水的导电性能是随着水中含盐量的增加而增大。

结论：水可以作为热传导介质。

(五)超导液性质简介：

1、启动温度低，只需 35℃ 即可开始传温。水升温很慢，传递更慢，一般水暖的启动升温必须经过一至二小时，才能达到室温。超导采暖只需 3-5 分钟就可以把散热器加热，它的传递速度是水暖的数倍以上，每分钟可传递 15-20 米以上。

2、零下 40℃ 不会结冰，没有设备冻结之隐患。

结论：超导液可以代替水作为循环用的热传导介质。

(六)材料的热传导系数对比

	材料	热传导系数 (W/m·oK)
金属	铝	210
	铜	360
	钢	44
建筑材料	砖	0.7
	水泥	0.8
	木材	0.2
热绝缘体	石棉	0.1
	发泡塑料	0.04
	玻璃纤维	0.05

(七)水与岩石的热容量

40000 平米建筑的每小时供暖水进出温差 15 度时所消耗的能量与单位体积岩石所含热容量的对比值可对照表 5 进行分析

表 4 表示水与岩石单位时间内交换热温差各自所含热容量之间的关系

		比热容	面积	长度	温度差	热容量	热容量 (kW·h)
	单位	J / (kg·K)	平方分米	分米	度	焦耳(J)	千瓦·时
常规建筑	水	4180	100	1200	15	7524000000	2090
节能建筑	水	4180	100	800	15	5016000000	1393
	岩石	700	314	8000	10	17584000000	4885
	岩石	700	314	10000	13	28574000000	7937
	岩石	700	314	12000	15	39564000000	10990
	岩石	700	314	14000	18	55389600000	15387
	岩石	700	314	16000	20	70336000000	19540

从表 4 我们可以初步认为以竖井为轴心半径为 1 米，长 800-1600 米体积范围内的岩石提供的热容量是单位体积，单位时间循环水所需热容量的 2-20 倍，足以满足循环水的热能补偿需要。

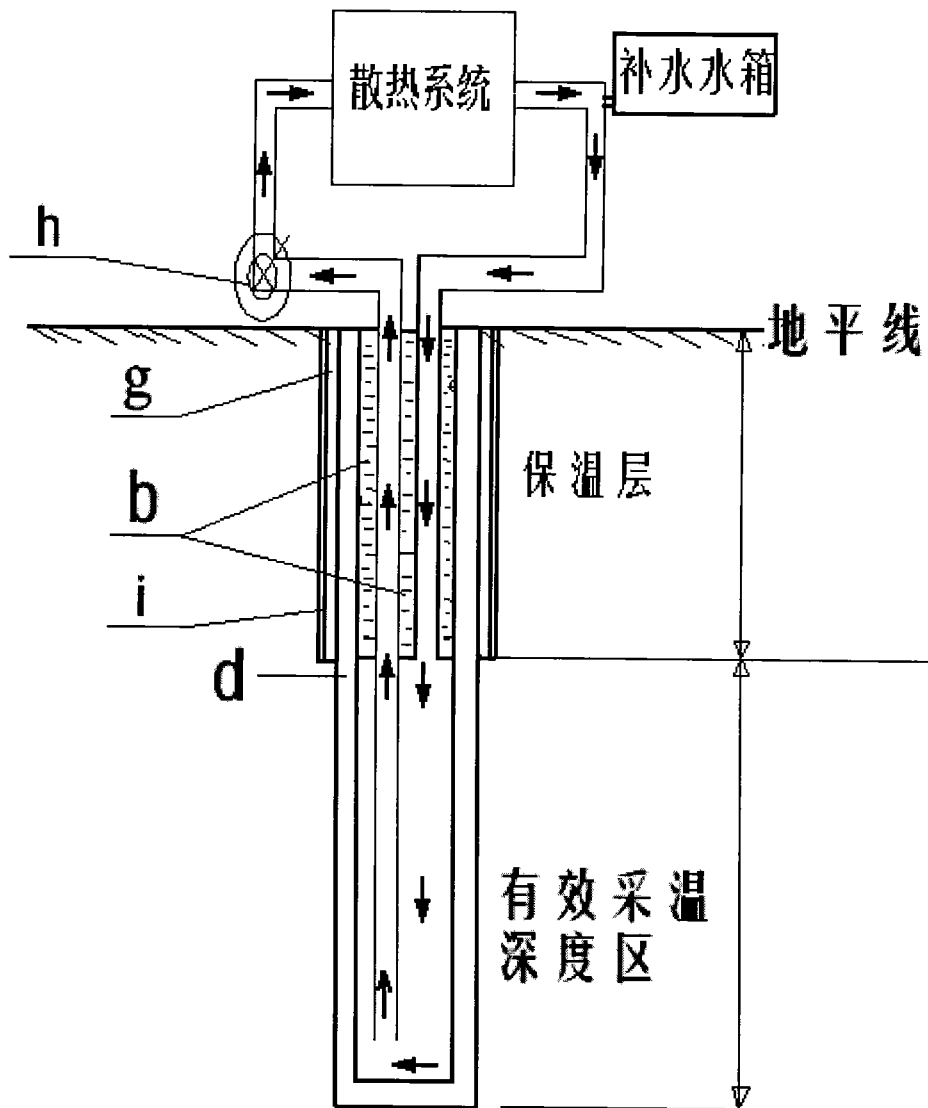


图 1

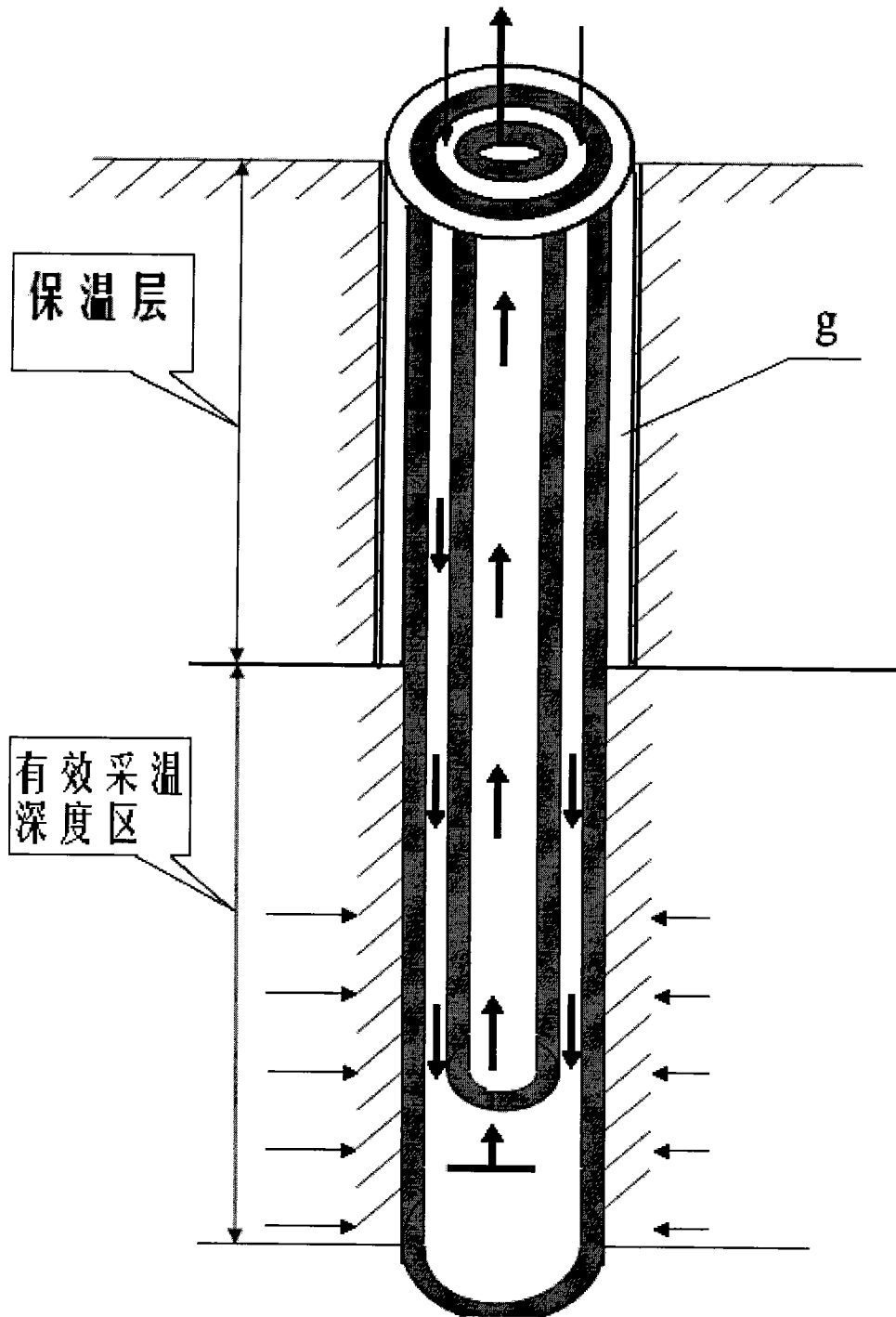


图 2

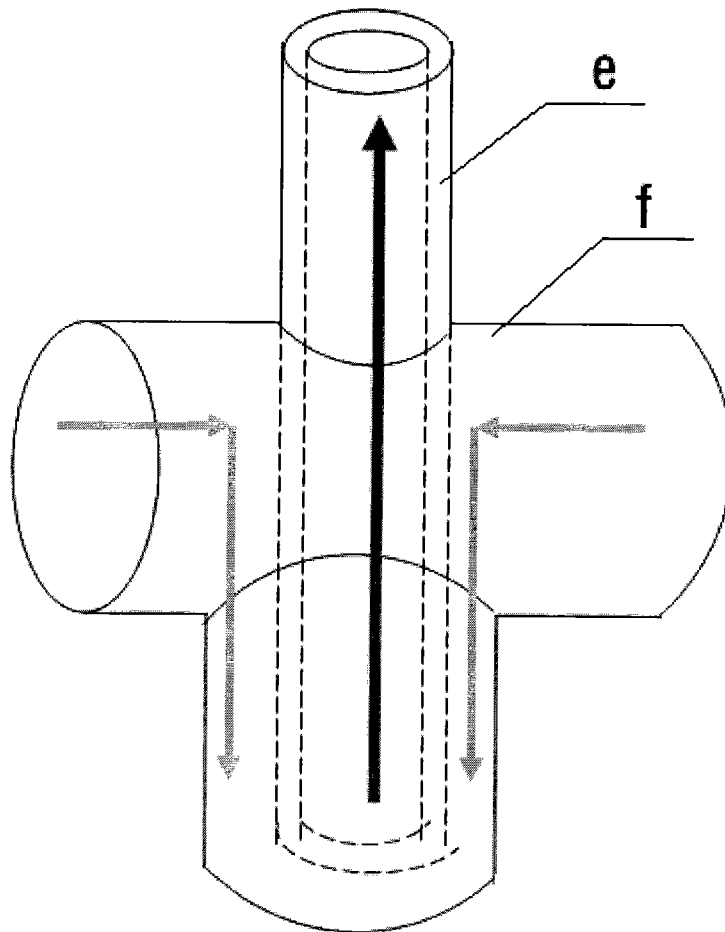


图 3

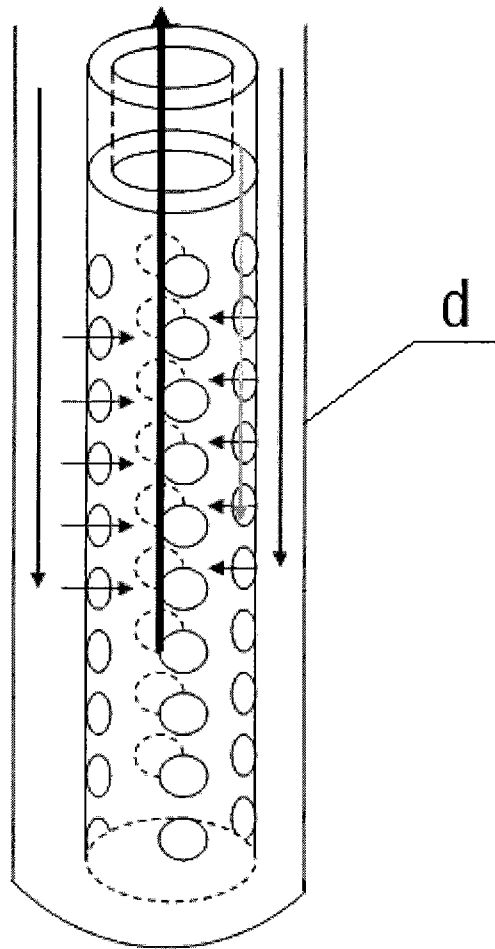


图 4

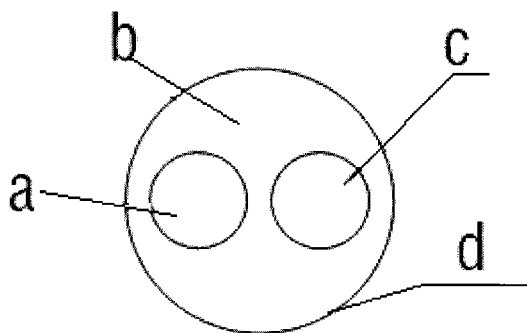


图 5

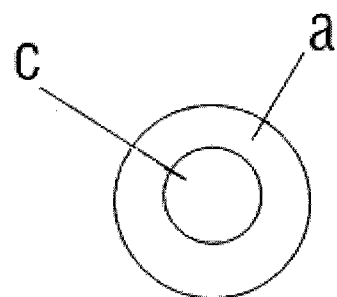


图 6