



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103644682 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201310651428. 8

(22) 申请日 2013. 12. 04

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 雷飞 胡平放

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 李智

(51) Int. Cl.

F25B 30/06(2006. 01)

F24J 3/08(2006. 01)

F24F 5/00(2006. 01)

审查员 梁琼

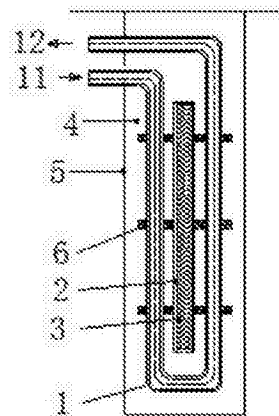
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种相变蓄热型地埋管换热器

(57) 摘要

本发明公开了一种相变蓄热型地埋管换热器,属于土壤源热泵空调领域。相变蓄热型地埋管换热器由一个或多个相变蓄热型地埋管换热井组成,所述相变蓄热型地埋管换热井包括水循环U形管、相变蓄热管、相变蓄热材料和回填料;水循环U形管设置在钻井内,水循环U形管的进水管道与出水管之间设置有至少一个相变蓄热管,相变蓄热管内填充相变蓄热材料,相变蓄热管的两端口密闭,钻井壁与水循环U形管之间、水循环U形管与相变蓄热管之间的空隙填充回填料。本发明通过提高钻井内蓄热能力和减少地埋管热短路,由此增强地埋管换热器的换热性能。



1. 一种相变蓄热型地埋管换热器, 由一个或多个相变蓄热型地埋管换热井组成, 其特征在于, 所述相变蓄热型地埋管换热井包括水循环U形管(1)、相变蓄热管(2)、相变蓄热材料(3)和回填料(4); 水循环U形管(1)设置在钻井内, 水循环(U)形管(1)的进水管(11)与出水管(12)之间设置有至少一个相变蓄热管(2), 相变蓄热管(2)内填充相变蓄热材料(3), 相变蓄热管(2)的两端口密闭, 钻井壁与水循环U形管(1)之间、水循环U形管(1)与相变蓄热管(2)之间的空隙填充回填料(4)。

2. 根据权利要求1所述的相变蓄热型地埋管换热器, 其特征在于, 所述水循环U形管为单U循环管或双U循环管。

3. 根据权利要求1或2所述的相变蓄热型地埋管换热器, 其特征在于, 所述相变蓄热管采用塑料管材。

4. 根据权利要求1或2所述的相变蓄热型地埋管换热器, 其特征在于, 所述相变蓄热材料采用石蜡类或无机盐类。

5. 根据权利要求4所述的相变蓄热型地埋管换热器, 其特征在于, 在所述水循环U形管内平均水温为20~30℃时, 所述相变蓄热材料采用石蜡类蓄热材料十八烷。

6. 一种相变蓄热型地埋管换热器, 其特征在于, 所述一个或多个相变蓄热型地埋管换

热井的有效总井深L满足
$$L = Q \frac{R_f + R_{pe} + R_{b/2} + \frac{R_{pcm}(R_{b/2} + R_s)}{R_{b/2} + R_s + R_{pcm}}}{T_{\max} - T_s - \frac{(R_{b/2} + R_s)}{R_{b/2} + R_s + R_{pcm}}(T_{pcm} - T_s)}$$
 式中, Q为地埋

管换热器所处环境的高峰散热量, T_{\max} 为水循环U形管中循环水的最高温度限值, R_f 为水循环U形管中循环水到管壁的对流换热热阻, R_{pe} 为水循环U形管管壁的导热热阻, T_s 为水循环U形管所处环境的初始温度, R_s 为地层热阻, R_{pcm} 为回填料到蓄热管内相变材料的导热热阻, $R_{b/2}$ 为回填材料导热热阻的一半, T_{pcm} 为蓄热相变材料的相变温度。

一种相变蓄热型地埋管换热器

技术领域

[0001] 本发明涉及土壤源热泵空调领域,具体为一种相变蓄热型地埋管换热器。

背景技术

[0002] 土壤源热泵空调系统通过地埋管换热器吸收地下土壤中的冷量和热量,实现建筑制冷供热,比常规空调供暖系统高效节能,是一项极具发展前途的可再生能源利用新技术。

[0003] 地埋管换热器是土壤源热泵系统特有的设施,是关系到系统建设初投资和整体运行效率的最关键的部分。地埋管换热器的建设费用一般约占系统总建设费用的20~30%,这使土壤源热泵建设费用高于常规空调系统。由于地下土壤的恒温性,地埋管换热器吸收冷热量的效率高于常规系统,这决定了土壤源热泵空调系统具有的运行节能效果。由于地埋管换热器的建设成本很高,对地埋管换热器的技术改进主要体现在提高地埋管换热器性能,以降低系统建设费用方面。

[0004] 地埋管换热器一般由一个或多个地埋管换热井组成,地埋管换热井内布置循环水管,并填充回填料。地埋管换热器的关键性能是换热井的换热性能。地埋管换热井的换热,按照区域分为地埋管钻井外换热和钻井内换热。地埋管钻井外换热的主要影响因素是地埋管井外的土壤热物性和地下水流动等地质情况,无法人为控制改变。钻井内影响换热性能的因素是,井内安置的地埋管形式和回填料。现有的回填料分为普通导热系数的回填料(如原浆回填)和高导热系数的回填料。高导热系数的回填料降低了钻井内换热热阻。中国发明专利说明书CN102351475公开了一种地源热泵专用灌浆回填材料,这种灌浆回填材料中含有金属及其化合物组份,使导热系数提高到 $2.8\sim 5.6\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。在地埋管形式上,现有的常规埋管形式为单U管和双U管,这两种形式都存在地埋管进水管与出水管之间热短路的不利情况。中国实用新型专利说明书CN2004002624130公开了一种地埋管的固定方式,这种方式通过弹簧固定钻井中的进水管和出水管,使两管间保持最大间距,以提高两管间热阻,减少热短路。

[0005] 现有的提高地下埋管换热器热性能的手段,如上述专利文献,都是从强化换热、减少循环管间热短路角度出发,即单纯强化钻井内换热,没有考虑钻井内的蓄热性能对换热器热性能的影响,并进一步采取相应的改进措施。同时现有的地下埋管换热器的设计方法,将钻井内换热处理为稳态换热,没有考虑井内的蓄热性。

发明内容

[0006] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种相变蓄热型地埋管换热器,其目的在于,通过提高钻井内蓄热能力和减少地埋管热短路,由此增强地埋管换热器的换热性能。

[0007] 一种相变蓄热型地埋管换热器,由一个或多个相变蓄热型地埋管换热井组成,相变蓄热型地埋管换热井包括水循环U形管、相变蓄热管、相变蓄热材料和回填料;水循环U形管设置在钻井内,水循环U形管的进水管与出水管之间设置有至少一个相变蓄热管,相

变蓄热管内填充相变蓄热材料,相变蓄热管的两端口密闭,钻井壁与水循环U形管之间、水循环U形管与相变蓄热管之间的空隙填充回填料。

[0008] 进一步地,所述水循环U形管为单U循环管或双U循环管。

[0009] 所述一个或多个所述的相变蓄热型地埋管换热井的有效总深度L满足

$$[0010] \quad L = Q \frac{R_f + R_{pe} + R_{b/2} + \frac{R_{pcm}(R_{b/2} + R_s)}{R_{b/2} + R_s + R_{pcm}}}{T_{\max} - T_s - \frac{(R_{b/2} + R_s)}{R_{b/2} + R_s + R_{pcm}}(T_{pcm} - T_s)},$$

[0011] 式中,Q为地埋管换热器所处环境的高峰散热量, T_{\max} 为水循环U形管中循环水的最高温度限值, R_f 为水循环U形管中循环水到管壁的对流换热热阻, R_{pe} 为水循环U形管管壁的导热热阻, T_s 为水循环U形管所处环境的初始温度, R_s 为地层热阻, R_{pcm} 为回填料到蓄热管内相变材料的导热热阻, $R_{b/2}$ 为回填材料导热热阻的一半, T_{pcm} 为蓄热相变材料的相变温度。

[0012] 本发明的有益技术效果体现在:

[0013] 本结构在原钻井埋管形式中增设相变蓄热管,一方面利用相变蓄热管存储热量,另一方面相变蓄热管减少了换热器循环管间的热短路现象。采用相变材料,使本结构在有限的空间内具有较高的蓄热能力。

[0014] 采用本发明的土壤源热泵空调系统,在冷负荷尖峰时间,通过相变蓄热材料部分吸收了地埋管对土壤的散热量,降低了地埋管换热器的出口水温,进而减少了系统所需的埋管数量,降低了建设成本。本发明特别适用于在具有短时尖峰冷负荷特征的建筑内应用,如在办公类建筑负荷应用中,本发明可降低5%左右的埋管长度。

附图说明

[0015] 图1是本发明相变蓄热型地埋管换热器的组成结构示意图。

[0016] 图2是本发明相变蓄热型地埋管换热井的组成结构示意图,其中,图2(a)为主视图,图2(b)为俯视图。

[0017] 图3是本发明的地埋管井内热阻热容传热计算模型图。

[0018] 图4是本发明的在单U循环中的实施方式布管图,其中,图4(a)为本发明的第一种实施方式示意图,4(b)为本发明的第二种实施方式示意图,图4(c)为本发明的第三种实施方式示意图。

[0019] 图5是本发明的在双U循环中的实施方式布管图。

[0020] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0021] 1-水循环U形管、2-相变蓄热管、3-相变蓄热材料、4回填料、5-井壁、6-固定支架、11-水循环U形管1的进水管道、12-水循环U形管1的出水管道、13-相变蓄热型地埋管换热井。

具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并

不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0023] 建筑供冷负荷即需求,具有很大的不均匀性和非持续性,而地埋管换热器的散热性能,即供给,具有长时间的热惯性。由此产生了负荷需求和换热器供给能力的时间错位,通过钻井内相变蓄热可以平衡二者。由此,本发明提出了一种相变蓄热型地埋管换热器。

[0024] 如图1所示,本发明相变蓄热型地埋管换热器由一个或多个相变蓄热型地埋管换热井13组成。如图2所示,相变蓄热型地埋管换热井包括水循环U形管1、相变蓄热管2、相变蓄热材料3和回填料4。水循环U形管1设置在常规钻井5内,水循环U形管1的进水管11与出水管12之间设置有相变蓄热管2,相变蓄热管2通过固定支架6固定。相变蓄热管2内填充相变蓄热材料3,相变蓄热管2的两端口密闭。相变蓄热管与钻井内的进出水循环U管并排布置,相变蓄热管定位在循环U管之间,通过专用管卡固定位置。回填料4密实填充钻井壁与钻井内蓄热管2和循环U形管1间的空隙。

[0025] 相变蓄热管2可采用塑料管材,如PE管、PB管、PVC管等。相变蓄热管2的长度略短于循环U形管埋管长度。相变蓄热管2的形状可根据井内空间采用圆形、椭圆和矩形。

[0026] 相变材料可采用石蜡类、无机盐类等低温相变蓄热材料,相变材料根据使用地点的年平均温度和地埋管运行温度确定,在20~30℃之间。优选石蜡族蓄热材料十八烷(Paraffin C18),其导热系数为0.15W/m·K,熔解热244kJ/kg,熔点28℃。

[0027] 地埋管换热器的传热计算一般分解为两个连续的串联传热过程:井内稳态传热和井外非稳态传热,如规范“地源热泵系统工程技术规范(GB50366-2009)”提供了两个过程相应的计算公式。本发明大幅提高了井内热容量,对此专门提出了一个相应的井内传热计算方法,即相变热阻热容算法。算法的特征是:在规范“地源热泵系统工程技术规范(GB50366-2009)”算法基础上,对规范中给出的管内稳态热阻计算方法加以改进,增加相变热容吸热环节;地埋管井外的传热计算原理和过程同“地源热泵系统工程技术规范(GB50366-2009)”算法。

[0028] 图3是本发明的地埋管井内相变热阻热容传热计算模型。图中, Q_f ,地埋管每米井深换热量,W/m; Q_b ,通过井壁的每米井深换热量,W/m。 T_f ,地埋管换热器循环进出水平均温度,℃; T_{grout} ,井内回填料平均温度,℃; T_b ,地埋管井壁平均温度,℃; T_{pcm} ,井内蓄热相变材料的相变温度,℃; T_s ,地埋管周围土壤初始温度,℃; R_f ,地埋管循环水到管壁的对流换热热阻, $m^2\cdot K/W$; R_{pe} ,地埋管管壁的导热热阻, $m^2\cdot K/W$; R_b ,回填料材料的导热热阻, $m^2\cdot K/W$; $R_{b/2}$ 为 R_b 值的一半; R_s ,地层热阻, $m^2\cdot K/W$; R_{pcm} ,地埋管回填料到蓄热管内相变材料的导热热阻, $m^2\cdot K/W$; C_{pcm} ,每米井深蓄热管内相变材料的相变热容,J/m。

[0029] R_f, R_{pe}, R_b, R_s 计算方法采用现有规范“地源热泵系统工程技术规范(GB50366-2009)”的井内稳态热阻计算方法。 R_{pcm} 采用计算传热学方法对二维单井模型通过数值计算确定。

[0030] 地埋管换热器的总有效深度L为各井的有效深度 L_1, L_2, \dots, L_n 之和。以夏季为例,根据地埋管换热器夏季设计负荷,选择所需的相变材料填充量以及相应的相变蓄热管尺寸和实施形式,使夏季高峰设计负荷时段蓄热管内相变材料处于相变状态。本装置包括循环水管和蓄热管,根据图2的传热计算模型可得出,夏季工况的埋管有效深度计算公式为:

$$[0031] \quad L = Q \frac{R_f + R_{pe} + R_{b/2} + \frac{R_{pcm}(R_{b/2} + R_s)}{R_{b/2} + R_s + R_{pcm}}}{T_{\max} - T_s - \frac{(R_{b/2} + R_s)}{R_{b/2} + R_s + R_{pcm}}(T_{pcm} - T_s)}$$

[0032] 式中, Q , 地理管换热器的夏季高峰散热量, W ; T_{\max} , 地理管换热器中循环水的夏季最高温度限值, $^{\circ}\text{C}$ 。

[0033] 实施1: 本发明应用在单U循环垂直地理管换热器中, 根据蓄热量需要和井内空间, 布置相变蓄热管。按照布管数量的不同, 可以有三种相变管布置方式: 单U循环单管相变蓄热, 单U循环双管相变蓄热, 单U循环三管单相变蓄热。见图4。

[0034] 实施2: 本发明应用在双U循环垂直地理管换热器中, 根据蓄热量需要和井内空间, 确定相变蓄热管管径大小。布管数量为一根, 布置在井中心, 即为双U循环单管相变蓄热。见图5。

[0035] 本领域的技术人员容易理解, 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

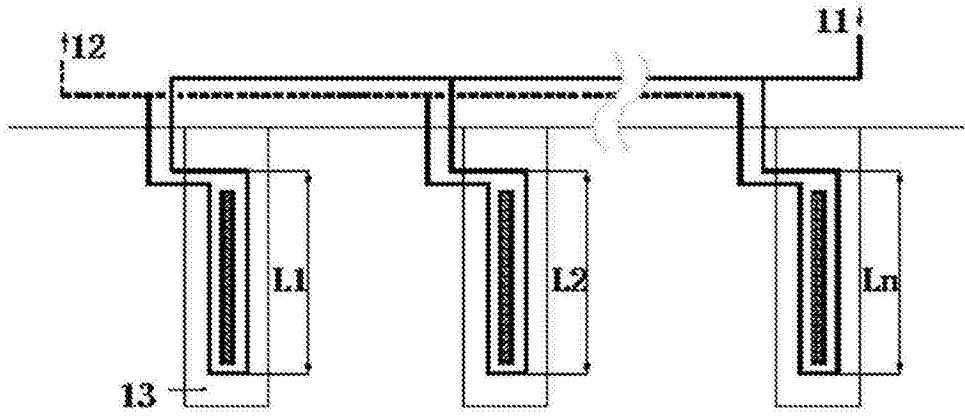


图1

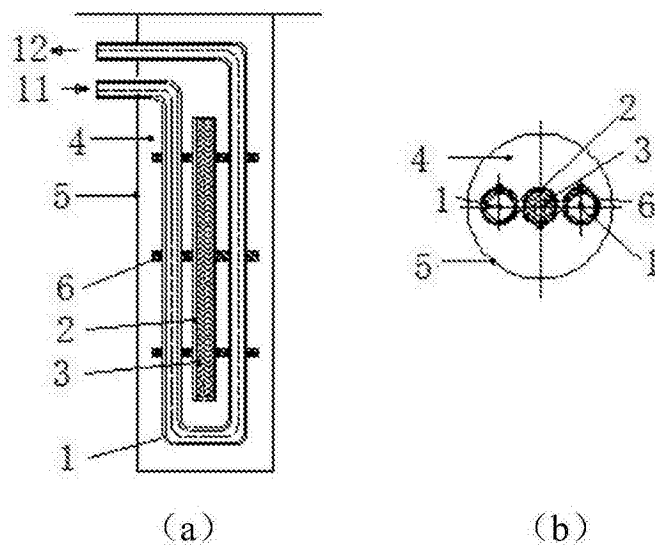


图2

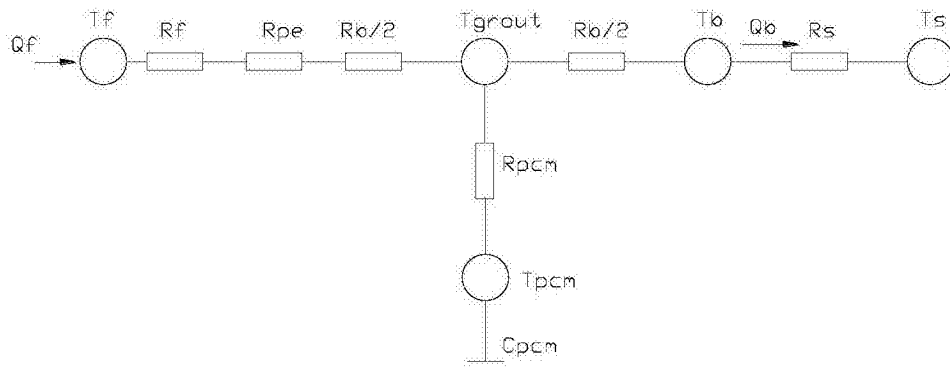


图3

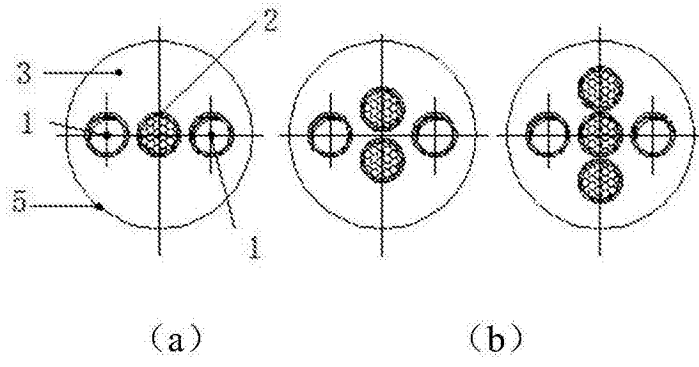


图4

