



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113446681 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 16

(21) 申请号 202110633259.X

F24F 11/65 (2018.01)

(22) 申请日 2021.06.07

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102418969 A, 2012.04.18

申请公布号 CN 113446681 A

CN 201837000 U, 2011.05.18

CN 112212538 A, 2021.01.12

(43) 申请公布日 2021.09.28

JP 2019163892 A, 2019.09.26

JP 2013047597 A, 2013.03.07

(73) 专利权人 江苏大学

黄与飞. 低温工况热源塔热泵系统应用试验分析.《太阳能学报》.2021, 第42卷(第2期),

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路301号

Zicheng Hu. Heat storage

(72) 发明人 胡自成 李万锋 耿书文 王冲 刘晓媛

characteristics and application analysis of heat source tower in soil thermal balance of ground source heat pump.

《Energy & Buildings》.2021,

(51) Int. Cl.

F24F 5/00 (2006.01)

F24F 13/30 (2006.01)

F24F 11/89 (2018.01)

F24F 11/64 (2018.01)

审查员 王影

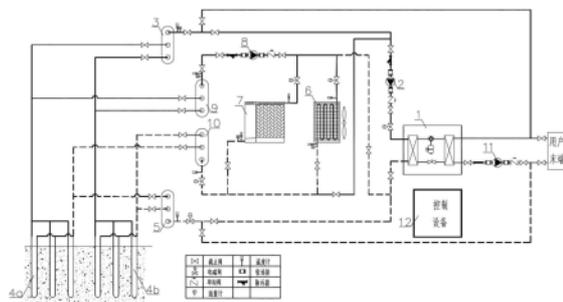
权利要求书3页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统及其控制方法,该复合系统的设备包括地源热泵主机、地埋管换热设备、间壁式换热设备、混合式换热设备和控制设备;控制设备根据所采集的信息控制复合系统的运行模式在地源制热模式、地源制冷模式、混地补热模式、间地补热模式、地源制冷与混地补热模式、地源制冷与间地补热模式、混地地补热模式、间地地补热模式和间地制热模式之间进行切换;可实现建筑的供热、供冷和土壤补热需求;另外,本发明的控制方法通过构建出设备和系统能效及换热计算模型,采用设备能效、系统能效、累积热量、温度、温差和运行时间等参数联合制定控制策略,实现了复合系统的精准控制和最佳运行能效。



1. 一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统,其特征在于,设备包括地源热泵主机(1)、地埋管换热设备(4)、间壁式换热设备(6)、混合式换热设备(7)和控制设备(12);地埋管换热设备(4)设有两组,分别是第一组地埋管换热设备(4a)和第二组地埋管换热设备(4b),第一组地埋管换热设备(4a)的出水口和第二组地埋管换热设备(4b)的出水口均通过管路连接第一集水器(3)和第二集水器(9);第一集水器(3)的出口有两条通道,一条是通过管路依次连接第一变频水泵(2)和地源热泵主机(1)进口,另一条是直接与地源热泵主机(1)进口连接;地源热泵主机(1)的出口通过管路分别连接用户末端和第一分水器(5);

第二集水器(9)通过管路连接第二变频水泵(8),第二变频水泵(8)出口分别通过管路连接间壁式换热设备(6)、混合式换热设备(7);间壁式换热设备(6)和混合式换热设备(7)的出口分别通过管路连接第二分水器(10)和第一变频水泵(2),第二分水器(10)通过管路分别连接第一组地埋管换热设备(4a)的入水口和第二组地埋管换热设备(4b)的入水口;

在上述管路中安装有阀门和测量设备,复合系统内的设备、阀门和测量设备通过信号线连接控制设备(12);实现相关信号的采集;控制设备(12)根据所采集的信息通过调节阀门的启闭以及各设备的启停,实现复合系统多种运行模式的切换;复合系统的运行模式包括地源制热模式、地源制冷模式、混地补热模式、间地补热模式、地源制冷与混地补热模式、地源制冷与间地补热模式、混地地补热模式、间地地补热模式和间地制热模式;

在所述地源制热模式,混合式换热设备(7)和间壁式换热设备(6)停止使用,由地源热泵主机(1)与地埋管换热设备(4)联合运行;此时,地埋管换热设备(4)中的水经过第一集水器(3)后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水经制热工况下的地源热泵主机(1)进行换热后,再经第一分水器(5)分别流回地埋管换热设备(4),从而完成循环;

在所述地源制冷模式,混合式换热设备(7)和间壁式换热设备(6)停止使用,由地源热泵主机(1)与地埋管换热设备(4)联合运行;此时,地埋管换热设备(4)中的水经过第一集水器(3)后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水经制冷工况下的地源热泵主机(1)换热后,再经第一分水器(5)流回地埋管换热设备(4),从而完成循环;

在所述混地补热模式,地源热泵主机(1)和间壁式换热设备(6)停止使用,此时地埋管换热设备(4)中的水经过第二集水器(9)后,由第二变频水泵(8)打入混合式换热设备(7),水在混合式换热设备(7)中换热后再经第二分水器(10),流回地埋管换热设备(4),从而完成循环,由混合式换热设备(7)与地埋管换热设备(4)联合运行给土壤补热;

在所述间地补热模式,地源热泵主机(1)和混合式换热设备(7)停止使用,此时地埋管换热设备(4)中的水经过第二集水器(9)后,由第二变频水泵(8)打入间壁式换热设备(6),水在间壁式换热设备(6)中换热后再经第二分水器(10),流回地埋管换热设备(4),从而完成循环;由间壁式换热设备(6)与地埋管换热设备(4)联合运行给土壤补热;

在所述地源制冷与混地补热模式,间壁式换热设备(6)停止使用,分为地源制冷循环和混地补热循环;地源制冷循环为:第二组地埋管换热设备(4b)中的水经过第一集水器(3)后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水经制冷工况下的地源热泵主机(1)换热后再经第一分水器(5),流回第二组地埋管换热设备(4b),从而完成地源制冷循环,给用户制冷;混地补热循环为:第一组地埋管换热设备(4a)中的水经过第二集水器(9)后,由第二变频水泵(8)打入混合式换热设备(7),水在混合式换热设备(7)内进行换热后,再经第二分水器(10)流回第一组地埋管换热设备(4a),从而完成混地补热循环,给土壤补热;

在所述地源制冷与间地补热模式,混合式换热设备(7)停止使用,分为地源制冷循环和间地补热循环;地源制冷循环为:第二组地埋管换热设备(4b)中的水经过第一集水器(3)后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水经制冷工况下的地源热泵主机(1)换热后再经第一分水器(5),流回第二组地埋管换热设备(4b),从而完成地源制冷循环,给用户制冷;间地补热循环为:第一组地埋管换热设备(4a)中的水经过第二集水器(9)后,由第二变频水泵(8)打入间壁式换热设备(6),水在间壁式换热设备(6)中进行换热后,再经第二分水器(10)流回第一组地埋管换热设备(4a),从而完成混地补热循环,给土壤补热;

在所述混地地补热模式,用户末端停止使用,混合式换热设备(7)、地源热泵主机(1)和地埋管换热设备(4)联合运行给土壤补热;此模式下,可分为地埋管换热设备侧循环和混合式换热设备侧循环;地埋管换热设备侧循环为:此时第一组地埋管换热设备(4a)、第二组地埋管换热设备(4b)中的水经过第一集水器(3)后,进入地源热泵主机(1),水在制热工况下的地源热泵主机(1)换热后再由第三变频水泵(11)打入第一分水器(5),流回第一组地埋管换热设备(4a)、第二组地埋管换热设备(4b),从而完成地埋管换热设备侧的循环;混合式换热设备侧循环为:水从混合式换热设备(7)流出后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水在制热工况下的地源热泵主机(1)换热后再流回混合式换热设备(7),从而完成混合式换热设备侧的循环;

在所述间地地补热模式,用户侧停止使用,间壁式换热设备(6)、地源热泵主机(1)和地埋管换热设备(4)联合运行给土壤补热;此模式下,可分为地埋管换热设备侧循环,间壁式换热设备侧循环;地埋管换热设备侧循环为:此时,第一组地埋管换热设备(4a)、第二组地埋管换热设备(4b)中的水经过第一集水器(3)后,进入地源热泵主机(1),水在制热工况下的地源热泵主机(1)换热后再由第三变频水泵(11)打入第一分水器(5),流回第一组地埋管换热设备(4a)、第二组地埋管换热设备(4b),从而完成地埋管换热设备侧的循环;间壁式换热设备侧循环为:水从间壁式换热设备(6)流出后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水在制热工况下的地源热泵主机(1)换热后再流回间壁式换热设备(6),从而完成间壁式换热设备侧的循环;

在所述间地制热模式,混合式换热设备(7)和地埋管换热设备(4)停止使用,地源热泵主机(1)和间壁式换热设备(6)联合运行给用户供热,从而减少从土壤吸热;此时水从间壁式换热设备(6)流出后,由第一变频水泵(2)打入地源热泵主机(1),水在制热工况下的地源热泵主机(1)换热后再流回间壁式换热设备(6),从而完成循环;

所述控制设备(12)包括计算模型模块、数据采集及存储模块、数据处理模块、判据形成模块和执行模块;

所述计算模型模块内置有换热设备热工计算模型、系统能效计算模型和土壤热平衡计算模型;

所述数据采集及存储模块用于采集及存储复合系统中各设备启停状态、空气与水的温度、湿度、流量、流速、设备耗电电能、换热设备结构参数、采暖开始和结束条件、制冷开始和结束条件等数据;

所述数据处理模块是基于数据采集及存储模块所采集和存储的数据,调用计算模型模块内的计算模型分别计算出以下参数:计算出空气与水热质交换过程中,实时和累积的显热换热量,潜热换热量,总热换热量;水与土壤热交换过程中,实时和累积的取热量,注热

量;风机、水泵、地源热泵主机(1)中实时和累积的耗电电能;用户末端实时和累积的供热量、供冷量;各种运行模式下,实时和累积的设备能效值和系统能效值;

所述判据形成模块:根据计算模型模块、数据采集及存储模块、数据处理模块所获得的数据,与预先的设定值进行比对,形成系统执行运行模式的判据;

所述执行模块:根据判据形成模块形成的判据,完成系统的运行模式的运行控制与切换。

2.一种基于权利要求1所述寒冷地区建筑用地源热泵复合系统的控制方法,其特征在于,根据建筑所在地的气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑处于采暖季还是非采暖季,非采暖季则根据是否有制冷需求进行运行模式选择;具体选择规则如下:

当处于采暖季时,调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量,进而计算累积的补热量和取热量的差值;若差值小于设定值,则仅运行地源制热模式;若差值大于设定值,则调用系统能效计算模型计算间地制热模式的能效,若间地制热模式的能效大于设定值,则仅运行间地制热模式;若间地制热模式的能效小于设定值,则仅运行地源制热模式;当采暖季结束时,间地制热模式和地源制热模式都停止运行;

当处于非采暖季,且无制冷需求时,调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量,进而计算累积的补热量和取热量的差值;若差值小于设定值,无需补热;若差值大于设定值,则进一步判断土壤累计的补热量和取热量的差值是否小于子流程设定值,若是,则运行混地补热模式、间地补热模式选择子流程;若否,则运行混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式选择子流程;当土壤的需求补热量小于设定值,所有补热模式停止运行。

当处于非采暖季,且有制冷需求时,调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量,进而计算累积的补热量和取热量的差值;若差值小于设定值,仅运行地源制冷模式;若差值大于设定值,则进一步判断制冷季补热量是否大于土壤累计的补热量和取热量的差值,如制冷季补热量大于差值,则运行地源制冷模式;如制冷季补热量小于差值,则进一步判断土壤累计的补热量和取热量的差值是否小于子流程设定值,若是,则运行混地补热模式、间地补热模式选择子流程;若否则运行混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式选择子流程;当制冷季结束时,地源制冷模式关闭;当土壤的需求补热量小于设定值,所有补热模式停止运行。

一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于地源热泵利用技术、设备系统及其控制方法领域,涉及一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统及其控制方法,具体的说是涉及一种可靠、高效、经济和完美解决寒冷地区建筑传统地源热泵系统土壤热失衡的复合系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 地源热泵具有高能源利用效率和运行经济性的优点,在世界各国应用广泛。寒冷地区建筑热负荷大,冷负荷小或没有,如果单独采用地源热泵系统作为建筑冷热源,长期运行会导致土壤热失衡,进而导致地源热泵系统无法运行的严重后果。为此,寒冷地区地源热泵系统的可靠长期使用,必须解决土壤热失衡问题。

[0003] 目前,寒冷地区地源热泵系统土壤热失衡的解决办法主要有三种:第(1)种:通过加大地埋管换热系统的管间距、深度、数量、布局优化等手段,尽可能将冷量扩散到地埋管换热系统所在土壤区域之外来保持土壤热平衡。第(2)种:辅助采用其他采暖系统,减少地源热泵系统的采暖运行时间,从而减少地源热泵系统从土壤取热来保持土壤热平衡。第(3)种:地源热泵系统与其他系统组成复合系统,利用地埋管换热系统向土壤补热或利用复合系统供热减少从土壤中取热,从而实现土壤热平衡。

[0004] 上述三种方法中,第(1)种方法能改善但不能彻底解决土壤热失衡问题,也不适用于建筑既有热失衡地源热泵系统。第(2)种方法需再设一套采暖系统,投资大,且存在系统设备匹配和控制切换复杂问题。第(3)种方法从能量来源角度看主要有太阳能、燃料、废热和空气能等,相应地,太阳能需大量集热装置,投资和占地面积大;燃料燃烧需要锅炉等设备,环保性差;废热需换热设备和废热来源;空气能来源广,但受气象参数影响和需换热设备;地源热泵系统与其他设备或系统集成,存在系统匹配问题,如太阳能集热系统与地源热泵系统集成时,若共用热泵主机,存在主机与太阳能集热系统匹配和控制调节问题;若不共用地源热泵主机,则需另设热泵主机,存在投资大、系统复杂和控制调节问题。由上可见,三种方法都受到很大限制,相比较而言,第(3)种方法中,利用空气能是最切实可行的方法,因为仅需一个从空气中吸收空气热量(显热或潜热)的换热设备,而且在非采暖季补热,空气温度和湿度都较高,有着很大优势。

[0005] 专利1(申请号20141069049.1,朱建章等,一种利用空气热能为土壤换热器直接补热的系统)提出通过风冷换热器从空气中吸收热量注入土壤,解决土壤热失衡问题;但风冷换热器仅能吸收空气显热,而且具体控制策略没有详细提及。专利2(申请号20161256968.6,孙茂伦,程建涛,一种解决地源热泵地埋管换热系统热不平衡系统)提出夏天通过换热设备将室外空气和室内环境热量注入土壤,解决土壤热失衡问题,同时通过监测环境温湿度、水流量、换热量和盘管温度,控制设备运行和防止室内结露;但换热设备仅利用了空气显热,同时室内存在温度低和结露风险,且不适用于建筑无冷负荷需求场合。专利3(申请号201910522032.0,李凯,刘伟,地温场自修复的地热能与空气能耦合式热泵空调系统)提出由能源塔、土壤源换热系统和板式换热器组成土壤补热系统,秋季,能源塔吸收

空气能通过板式换热器将热量注入土壤实现补热;能源塔能吸收空气潜热,但秋季某些日期气象参数下,能源塔吸收空气潜热可能为负值而不利于补热,同时采用板式换热器也降低了传热效率;另外专利3提出通过不运行或减少地源热泵运行时间来减少从土壤取热,但系统须采用两套热泵主机,投资大也不适用于既有建筑地源热泵系统改造。文献(Lingling Xu等,Hybrid ground source heat pump system for overcoming soil thermal imbalance:A review,Sustainable Energy Technologies and Assessments 44(2021) 101098)指出,地源热泵复合系统是传统地源热泵系统的发展方向,目前地源热泵复合系统的控制策略主要有温度控制、温差控制和运行时间段控制的手段,现有地源热泵复合系统的控制策略没有考虑系统及设备能效优化控制策略。

[0006] 由此可见,对寒冷地区建筑用地源热泵系统,需要充分考虑建筑冷热负荷特性差异、所处地区气候差异、地理管换热系统差异,合理选择补热热量来源、合理设计高效可靠的热量传递或能量形式转换的设备,精准设计控制系统和制定控制策略,有效克服地源热泵系统的土壤热失衡等问题。发展和提出简单、经济、高效且能与地源热泵系统有效复合匹配的复合系统及其控制方法非常急迫。

发明内容

[0007] 为了解决现有技术中存在的不足,本申请提出了一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统及其控制方法,能够可靠、高效、经济的解决寒冷地区建筑传统地源热泵系统土壤热失衡的复合系统及其控制方法。

[0008] 本发明所采用的技术方案如下:

[0009] 一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统,设备包括地源热泵主机、地理管换热设备、间壁式换热设备、混合式换热设备和控制设备;地理管换热设备设有两组,分别是第一组地理管换热设备和第二组地理管换热设备,第一组地理管换热设备的出水口和第二组地理管换热设备的出水口均通过管路连接第一集水器和第二集水器;第一集水器的出口有两条通道,一条是通过管路依次连接第一变频水泵和地源热泵主机进口,另一条是直接在地源热泵主机进口连接;地源热泵主机的出口通过管路分别连接用户末端和第一分水器;

[0010] 第二集水器通过管路连接第二变频水泵,第二变频水泵出口分别通过管路连接间壁式换热设备、混合式换热设备;间壁式换热设备和混合式换热设备的出口分别通过管路连接第二分水器 and 第一变频水泵,第二分水器通过管路分别连接第一组地理管换热设备的入水口和第二组地理管换热设备的入水口。

[0011] 在上述管路中安装有阀门和测量设备,复合系统内的设备、阀门和测量设备通过信号线连接控制设备;实现相关信号的采集;控制设备根据所采集的信息通过调节阀门的启闭以及各设备的启停,实现复合系统多种运行模式的切换;复合系统的运行模式包括地源制热模式、地源制冷模式、混地补热模式、间地补热模式、地源制冷与混地补热模式、地源制冷与间地补热模式、混地地补热模式、间地地补热模式和间地制热模式。

[0012] 进一步,在所述地源制热模式,混合式换热设备和间壁式换热设备停止使用,由地源热泵主机与地理管换热设备联合运行;此时,地理管换热设备中的水经过第一集水器后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水经制热工况下的地源热泵主机进行换热后,再经第一分水器分别流回地理管换热设备,从而完成循环。

[0013] 进一步,在所述地源制冷模式,混合式换热设备和间壁式换热设备停止使用,由地源热泵主机与地埋管换热设备联合运行;此时,地埋管换热设备中的水经过第一集水器后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水经制冷工况下的地源热泵主机换热后,再经第一分水器流回地埋管换热设备,从而完成循环。

[0014] 进一步,在所述混地补热模式,地源热泵主机和间壁式换热设备停止使用,此时地埋管换热设备中的水经过第二集水器后,由第二变频水泵打入混合式换热设备,水在混合式换热设备中换热后再经第二分水器,流回地埋管换热设备,从而完成循环,由混合式换热设备与地埋管换热设备联合运行给土壤补热。

[0015] 进一步,在所述间地补热模式,地源热泵主机和混合式换热设备停止使用,此时地埋管换热设备中的水经过第二集水器后,由第二变频水泵打入间壁式换热设备,水在间壁式换热设备中换热后再经第二分水器,流回地埋管换热设备,从而完成循环;由间壁式换热设备与地埋管换热设备联合运行给土壤补热。

[0016] 进一步,在所述地源制冷与混地补热模式,间壁式换热设备停止使用,分为地源制冷循环和混地补热循环;地源制冷循环为:第二组地埋管换热设备中的水经过第一集水器后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水经制冷工况下的地源热泵主机换热后在经第一分水器,流回第二组地埋管换热设备,从而完成地源制冷循环,给用户制冷;混地补热循环为:第一组地埋管换热设备中的水经过第二集水器后,由第二变频水泵打入混合式换热设备,水在混合式换热设备内进行换热后,再经第二分水器流回第一组地埋管换热设备,从而完成混地补热循环,给土壤补热。

[0017] 进一步,在所述地源制冷与间地补热模式,混合式换热设备停止使用,分为地源制冷循环和间地补热循环;地源制冷循环为:第二组地埋管换热设备中的水经过第一集水器后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水经制冷工况下的地源热泵主机换热后在经第一分水器,流回第二组地埋管换热设备,从而完成地源制冷循环,给用户制冷;间地补热循环为:第一组地埋管换热设备中的水经过第二集水器后,由第二变频水泵打入间壁式换热设备,水在间壁式换热设备中进行换热后,再经第二分水器流回第一组地埋管换热设备,从而完成混地补热循环,给土壤补热。

[0018] 进一步,在所述混地地补热模式,用户末端停止使用,混合式换热设备、地源热泵主机和地埋管换热设备联合运行给土壤补热。此模式下,可分为地埋管换热设备侧循环和混合式换热设备侧循环;地埋管换热设备侧循环为:此时第一组地埋管换热设备、第二组地埋管换热设备中的水经过第一集水器后,进入地源热泵主机,水在制热工况下的地源热泵主机换热后再由第三变频水泵打入第一分水器,流回第一组地埋管换热设备、第二组地埋管换热设备,从而完成地埋管换热设备侧的循环。混合式换热设备侧循环为:水从混合式换热设备流出后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水在制热工况下的地源热泵主机换热后再流回混合式换热设备,从而完成混合式换热设备侧的循环。

[0019] 进一步,在所述间地地补热模式,用户侧停止使用,间壁式换热设备、地源热泵主机和地埋管换热设备联合运行给土壤补热。此模式下,可分为地埋管换热设备侧循环,间壁式换热设备侧循环。地埋管换热设备侧循环为:此时,第一组地埋管换热设备、第二组地埋管换热设备中的水经过第一集水器后,进入地源热泵主机,水在制热工况下的地源热泵主机换热后再由第三变频水泵打入第一分水器,流回第一组地埋管换热设备、第二组地埋管

换热设备,从而完成地埋管换热设备侧的循环。间壁式换热设备侧循环为:水从间壁式换热设备流出后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水在制热工况下的地源热泵主机换热后再流回间壁式换热设备,从而完成间壁式换热设备侧的循环。

[0020] 进一步,在所述间地制热模式,混合式换热设备和地埋管换热设备停止使用,地源热泵主机和间壁式换热设备联合运行给用户供热,从而减少从土壤吸热;此时水从间壁式换热设备流出后,由第一变频水泵打入地源热泵主机,水在制热工况下的地源热泵主机换热后再流回间壁式换热设备,从而完成循环。

[0021] 进一步,所述控制设备包括计算模型模块、数据采集及存储模块、数据处理模块、判据形成模块和执行模块;

[0022] 所述计算模型模块内置有换热设备热工计算模型、系统能效计算模型和土壤热平衡计算模型;

[0023] 所述数据采集及存储模块用于采集及存储复合系统中各设备启停状态、空气与水的温度、湿度、流量、流速、设备耗电电能、换热设备结构参数、采暖开始和结束条件、制冷开始和结束条件等数据;

[0024] 所述数据处理模块是基于数据采集及存储模块所采集和存储的数据,调用计算模型模块内的计算模型分别计算出以下参数:计算出空气与水热质交换过程中,实时和累积的显热换热量,潜热换热量,总热换热量;水与土壤热交换过程中,实时和累积的取热量,注热量;风机、水泵、地源热泵主机中实时和累积的耗电电能;用户末端实时和累积的供热量、供冷量;各种运行模式下,实时和累积的设备能效值和系统能效值。

[0025] 所述判据形成模块:根据计算模型模块、数据采集及存储模块、数据处理模块所获得的数据,与预先的设定值进行比对,形成系统执行运行模式的判据。

[0026] 所述执行模块:根据判据形成模块形成的判据,完成系统的运行模式的运行控制与切换。

[0027] 一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统控制方法,根据建筑所在地的气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑处于采暖季还是非采暖季,非采暖季则根据是否有制冷需求进行运行模式选择;具体选择规则如下:

[0028] 当处于采暖季时,调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量,进而计算累积的补热量和取热量的差值;若差值小于设定值,则仅运行地源制热模式;若差值大于设定值,则调用系统能效计算模型计算间地制热模式的能效,若间地制热模式的能效大于设定值,则仅运行间地制热模式;若间地制热模式的能效小于设定值,则仅运行地源制热模式;当采暖季结束时,间地制热模式和地源制热模式都停止运行。

[0029] 当处于非采暖季,且无制冷需求时,调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量,进而计算累积的补热量和取热量的差值;若差值小于设定值,无需补热;若差值大于设定值,则进一步判断土壤累计的补热量和取热量的差值是否小于子流程设定值,若是,则运行混地补热模式、间地补热模式选择子流程;若否,则运行混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式选择子流程;当土壤的需求补热量小于设定值,所有补热模式停止运行。

[0030] 当处于非采暖季,且有制冷需求时,调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量,进而计算累积的补热量和取热量的差值;若差值小于设定值,

仅运行地源制冷模式；若差值大于设定值，则进一步判断制冷季补热量是否大于土壤累计的补热量和取热量的差值，如制冷季补热量大于差值，则运行地源制冷模式；如制冷季补热量小于差值，则进一步判断土壤累计的补热量和取热量的差值是否小于子流程设定值，若是，则运行混地补热模式、间地补热模式选择子流程；若否则运行混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式选择子流程；当制冷季结束时，地源制冷模式关闭；当土壤的需求补热量小于设定值，所有补热模式停止运行。

[0031] 本发明的有益效果：

[0032] (1) 本发明提出的复合系统仅在传统地源热泵系统基础上添加混合式和间壁式换热设备或混合式及间壁式一体化换热设备，系统简单紧凑，使用简便，既可用于既有地源热泵系统，也可用于新建地源热泵系统。

[0033] (2) 本发明提出的复合系统可实现建筑的供热、供冷和土壤补热需求，补热热源来自环境空气，且同时利用空气中的显热与潜热，环保高效，和现有补热方法相比，其设备投资大大降低，完美解决传热地源热泵系统的土壤热失衡瓶颈问题。

[0034] (3) 本发明提出的复合系统控制方法不是简单采用温度、温差或运行时间进行控制，而是在采集建筑及其热负荷参数、外部气象参数、系统运行数据、设备参数的基础上，构建出设备和系统能效及换热计算模型，采用设备能效、系统能效、累积热量、温度、温差和运行时间等参数联合制定控制策略，实现了复合系统的精准控制和最佳运行能效。

附图说明

[0035] 图1是本申请寒冷地区建筑用地源热泵复合系统示意图；

[0036] 图2是地源制热模式的流体循环回路图；

[0037] 图3是地源制冷模式的流体循环回路图；

[0038] 图4是混地补热模式的流体循环回路图；

[0039] 图5是间地补热模式的流体循环回路图；

[0040] 图6是地源制冷与混地补热模式的流体循环回路图；

[0041] 图7是地源制冷与间地补热模式的流体循环回路图；

[0042] 图8是混地地补热模式的流体循环回路图；

[0043] 图9是间地地补热模式的流体循环回路图；

[0044] 图10是间地制热模式的流体循环回路图；

[0045] 图11是采暖季的复合系统运行控制逻辑图；

[0046] 图12是非采暖季(无制冷)的复合系统运行控制逻辑图；

[0047] 图13是非采暖季(有制冷)的复合系统运行控制逻辑图；

[0048] 图14是混地补热模式、间地补热模式的复合系统运行控制逻辑图；

[0049] 图15是混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式的复合系统运行控制逻辑图；

[0050] 图中，1、地源热泵主机，2、第一变频循环水泵，3、第一集水器，4、地埋管换热设备，4a、第一组地埋管换热设备，4b、第二组地埋管换热设备，5、第一分水器，6、间壁式换热设备，7、混合式换热设备，8、第二变频循环水泵，9、第二集水器，10、第二分水器，11、第三变频水泵，12、控制设备。

具体实施方式

[0051] 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用于解释本发明,并不用于限定本发明。

[0052] 本申请所设计的寒冷地区建筑用地源热泵复合系统如图1所示,复合系统包括地源热泵主机1、地埋管换热设备4、间壁式换热设备6、混合式换热设备7和控制设备12;地埋管换热设备4设有两组,分别是第一组地埋管换热设备4a和第二组地埋管换热设备4b,第一组地埋管换热设备4a的出水口和第二组地埋管换热设备4b的出水口均通过管路连接第一集水器3和第二集水器9;第一集水器3的出口有两条通道,一条是通过管路依次连接第一变频水泵2和地源热泵主机1进口,另一条是直接与地源热泵主机1进口连接;地源热泵主机1的出口通过管路分别连接用户末端和第一分水器5。

[0053] 第二集水器9通过管路连接第二变频水泵8,第二变频水泵8出口分别通过管路连接间壁式换热设备6、混合式换热设备7;间壁式换热设备6和混合式换热设备7的出口分别通过管路连接第二分水器10和第一变频水泵2,第二分水器10通过管路分别连接第一组地埋管换热设备4a的入水口和第二组地埋管换热设备4b的入水口。

[0054] 在本实施例中,间壁式换热设备6与闭式冷却塔结构类似,间壁式换热设备6工作时,水在管束内流动,与管束外的空气发生显热热量交换,热量传递方向取决于空气和水的干球温度差值,热量交换后的空气排入大气环境中。混合式换热设备7与空调系统中冷却塔结构类似,混合式换热设备7工作时,水与空气直接接触进行传热传质过程,水与空气发生显热和潜热的交换,显热传热方向取决于空气和水的干球温度,潜热传递取决于空气含湿量和水膜表面附近空气的含湿量,总热传递方向取决于与显热和潜热代数之和。

[0055] 作为优选,间壁式换热设备6和混合式换热设备7可组合在一起。

[0056] 在上述管道上安装有各种阀门、过滤装置、软连接、测量设备等附件,上述设备、阀门和测量设备通过信号线连接控制设备12;实现相关信号的采集;控制设备12根据所采集的信息通过调节阀门的启闭以及各设备的启停,实现复合系统多种运行模式的切换。在本实施例中,测量设备具体有:地埋管换热设备4进、出水口处安装有温度探头,地埋管换热设备4出水口处安装的流量探头。间壁式换热设备6和混合式换热设备7的进水管处安装的温度探头,间壁式换热设备6和混合式换热设备7出水管处安装的温度探头和流量探头。间壁式换热设备6和混合式换热设备7的出风口处安装的温度探头,间壁式换热设备6和混合式换热设备7进风口处安装的风速探头、温度探头和湿度探头。地源热泵主机1、间壁式换热设备6、混合式换热设备7、第一变频水泵2、第二变频水泵8、第三变频水泵11均安装有电能测量仪。上述温度探头、湿度探头、流量探头、风速探头和电能测量仪均与所述控制设备12相连。

[0057] 本申请所设计复合系统的运行模式包括地源制热模式、地源制冷模式、混地补热模式、间地补热模式、地源制冷与混地补热模式、地源制冷与间地补热模式、混地地补热模式、间地地补热模式和间地制热模式;以下结合各个运行模式的运行特征和循环回路具体阐述如下:

[0058] 如图2所示的地源制热模式,在此运行模式下,混合式换热设备7和间壁式换热设备6停止使用,由地源热泵主机1与地埋管换热设备4联合运行;此时,地埋管换热设备(4a、

4b)中的水经过第一集水器3后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水经制热工况下的地源热泵主机1进行换热后,再经第一分水器5分别流回地埋管换热设备(4a、4b),从而完成循环,复合系统运行给用户供热。

[0059] 如图3所示的地源制冷模式,在此运行模式下,水循环回路同上述地源制热模式,唯一区别在于地源热泵主机1运行在制冷工况,而非制热工况。此时地埋管换热设备(4a、4b)中的水经过第一集水器3后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水经制冷工况下的地源热泵主机1换热后,再经第一分水器5流回地埋管换热设备(4a、4b),从而完成循环。

[0060] 如图4所示的混地补热模式,此运行模式下,地源热泵主机1和间壁式换热设备6停止使用,此时地埋管换热设备(4a、4b)中的水经过第二集水器9后,由第二变频水泵8打入混合式换热设备7,水在混合式换热设备7中换热后再经第二分水器10,流回地埋管换热设备(4a、4b),从而完成循环,由混合式换热设备7与地埋管换热设备4联合运行给土壤补热。本实施例,以长春为例设定混地补热模式启动的最低能效值,本设计中取5.0,设定土壤累计的补热量和取热量差值的最小值(取需求补热量的10%),形成控制策略中判据。

[0061] 如图5所示的间地补热模式,此运行模式下,地源热泵主机1和混合式换热设备7停止使用,此时地埋管换热设备(4a、4b)中的水经过第二集水器9后,由第二变频水泵8打入间壁式换热设备6,水在间壁式换热设备6中换热后再经第二分水器10,流回地埋管换热设备(4a、4b),从而完成循环;由间壁式换热设备6与地埋管换热设备4联合运行给土壤补热。

[0062] 如图6所示的地源制冷与混地补热模式,此运行模式下,间壁式换热设备6停止使用,可分为地源制冷循环和混地补热循环。地源制冷循环为:第二组地埋管换热设备4b中的水经过第一集水器3后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水经制冷工况下的地源热泵主机1换热后在经第一分水器5,流回第二组地埋管换热设备4b,从而完成地源制冷循环,给用户制冷。混地补热循环为:第一组地埋管换热设备4a中的水经过第二集水器9后,由第二变频水泵8打入混合式换热设备7,水在混合式换热设备7内进行换热后,再经第二分水器10流回第一组地埋管换热设备4a,从而完成混地补热循环,给土壤补热。地源热泵主机1和混合式换热设备7可以任意选择第一组地埋管换热设备4a或第二组地埋管换热设备4b进行组合。

[0063] 如图7所示的地源制冷与间地补热模式,此运行模式下,混合式换热设备7停止使用,可分为地源制冷循环和间地补热循环。地源制冷循环为:第二组地埋管换热设备4b中的水经过第一集水器3后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水经制冷工况下的地源热泵主机1换热后在经第一分水器5,流回第二组地埋管换热设备4b,从而完成地源制冷循环,给用户制冷。间地补热循环为:第一组地埋管换热设备4a中的水经过第二集水器9后,由第二变频水泵8打入间壁式换热设备6,水在间壁式换热设备6中进行换热后,再经第二分水器10流回第一组地埋管换热设备4a,从而完成间地补热循环,给土壤补热。地源热泵主机1和间壁式换热设备6可以任意选择第一组地埋管换热设备4a或第二组地埋管换热设备4b进行组合。

[0064] 如图8所示的混地地补热模式,此运行模式下,用户末端停止使用,混合式换热设备7、地源热泵主机1和地埋管换热设备4联合运行给土壤补热。此模式下,可分为地埋管换热设备侧循环和混合式换热设备侧循环。地埋管换热设备侧循环为:此时第一组地埋管换热设备4a、第二组地埋管换热设备4b中的水经过第一集水器3后,进入地源热泵主机1,水在

制热工况下的地源热泵主机1换热后再由第三变频水泵11打入第一分水器5,流回第一组地埋管换热设备4a、第二组地埋管换热设备4b,从而完成地埋管换热设备侧的循环。混合式换热设备侧循环为:水从混合式换热设备7流出后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水在制热工况下的地源热泵主机1换热后再流回混合式换热设备6,从而完成混合式换热设备侧的循环。

[0065] 如图9所示的间地地补热模式,此运行模式下,用户侧停止使用,间壁式换热设备6、地源热泵主机1和地埋管换热设备4联合运行给土壤补热。此模式下,可分为地埋管换热设备侧循环,间壁式换热设备侧循环。地埋管换热设备侧循环为:此时,第一组地埋管换热设备4a、第二组地埋管换热设备4b中的水经过第一集水器3后,进入地源热泵主机1,水在制热工况下的地源热泵主机1换热后再由第三变频水泵11打入第一分水器5,流回第一组地埋管换热设备4a、第二组地埋管换热设备4b,从而完成地埋管换热设备侧的循环。间壁式换热设备侧循环为:水从间壁式换热设备6流出后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水在制热工况下的地源热泵主机1换热后再流回间壁式换热设备6,从而完成间壁式换热设备侧的循环。

[0066] 如图10所示的间地制热模式,此运行模式下,混合式换热设备7和地埋管换热设备4停止使用,地源热泵主机1和间壁式换热设备6联合运行给用户供热,从而减少从土壤吸热。此时水从间壁式换热设备6流出后,由第一变频水泵2打入地源热泵主机1,水在制热工况下的地源热泵主机1换热后再流回间壁式换热设备6,从而完成循环。

[0067] 控制设备12包括计算模型模块、数据采集及存储模块、数据处理模块、判据形成模块和执行模块,各模块间通过信号相互连接,实现彼此间信号的传输。具体地,(1)计算模型模块:内置有换热设备热工计算模型、系统能效计算模型和土壤热平衡计算模型。(2)数据采集及存储模块:采集的基础数据包括建筑基础数据(建筑所在地气象数据;室内空气计算参数;室外空气计算参数;建筑热负荷数据;建筑冷负荷数据)、设备参数(混合式换热设备参数;间壁式换热设备参数;地埋管换热设备参数;地源热泵主机设备参数)、运行参数(设备所采集到的温度、湿度、流量、风度、水速、耗电量、运行时间等参数),具体如采集及存储设备启停状态、空气与水的温度、湿度、流量、流速、设备耗电电能、换热设备结构参数、采暖开始和结束条件、制冷开始和结束条件等数据。(3)数据处理模块:基于数据采集及存储模块所采集和存储的数据,调用计算模型模块内的计算模型分别计算出以下参数:计算出空气与水热质交换过程中,实时和累积的显热换热量,潜热换热量,总热换热量;水与土壤热交换过程中,实时和累积的取热量,注热量;风机、水泵、地源热泵主机1中实时和累积的耗电电能;用户末端实时和累积的供热量、供冷量;各种运行模式下,实时和累积的设备能效值和系统能效值。(4)判据形成模块:根据计算模型模块、数据采集及存储模块、数据处理模块所获得的数据,与预先的设定值进行比对,形成系统执行运行模式的判据。(5)执行模块:根据判据形成模块形成的判据,完成系统的运行模式的运行控制与切换。

[0068] 本申请计算模型模块内置的换热设备热工计算模型、系统能效计算模型和土壤热平衡计算模型的构建方法如下:

[0069] 1、换热设备热工计算模型

[0070] 换热设备热工计算模型包括间壁式换热设备6的热工计算模型和混合式换热设备7的热工计算模型,通过热工计算模型能够实现间壁式换热设备6和混合式换热设备7的换

热量计算或设备结构参数确定。

[0071] 针对间壁式换热设备6的热工计算模型,基于输入管材、管内外径/间距/排数/布置参数、翅片种类/高度/间距、流体(水、空气)物性及流动方式等参数,同时采集流体侧(水和空气)流量、温度参数;然后根据已有精度较高的间壁式换热计算模型(如文献1[史美中,王中铮.热交换器原理与设计[M],东南大学出版社,2018.]中记载的模型),采用MATLAB或其他语言编制换热设备热工计算程序,计算获得在换热设备结构一定,不同流体参数下的换热量,换热量包括显热换热量,潜热换热量和总换热量;或者根据已知换热设备需要实现的总换热量和换热流体参数下,实现计算确定换热设备的结构参数。

[0072] 针对混合式换热设备7的热工计算模型,基于输入填料材质/间距/比表面积/高/宽/厚、流体(水和空气)物性及流动方式等参数,同时采集流体侧(水和空气)流量、温度、湿度参数。然后根据已有精度较高的混合式换热传质计算模型(如文献2[Y.Huang,F.Ge,C.Wang,Z.Hu,Numerical study on the heat and mass transfer characteristics of the open-type cross-flow heat-source tower at low ambient temperature, International Journal of Heat and Mass Transfer 145 (2019) 118756.]和文献3[Zicheng Hu,Shuwen Geng,Yufei Huang,Fenghua Ge,Yuecheng Wang.Heat storage characteristics and application analysis of heat source tower in soil thermal balance of ground source heat pump,Energy and Building,Energy&Buildings 235 (2021) 110752.]中记载的模型),采用MATLAB或其他语言编制换热设备热工计算程序,计算获得在换热设备结构一定,不同流体参数下的换热量,包括显热换热量,潜热换热量和总换热量;或者根据已知换热设备需要实现的总换热量和换热流体参数下,实现计算确定换热设备的结构参数。

[0073] 2、土壤热平衡计算模型

[0074] 复合系统运行时,通过实时监测,实时采集水通过混合式换热设备7或间壁式换热设备6的进口温度、出口温度、出口流量及复合系统运行时间;监测水通过地埋管换热设备4的进口温度、出口温度、出口流量及复合系统运行时间,采用MATLAB或其他语言编制计算程序进行实时和累积计算,获得通过地埋管换热设备4向土壤补入的热量(即补热量)、从土壤吸取的热量(即取热量)、补热功率和取热功率。补热量、取热量、补热功率和取热功率的计算方法可参考文献3[Zicheng Hu,Shuwen Geng,Yufei Huang,Fenghua Ge,Yuecheng Wang.Heat storage characteristics and application analysis of heat source tower in soil thermal balance of ground source heat pump,Energy and Building,Energy&Buildings 235 (2021) 110752.]中记载的计算方法。

[0075] 3、系统效能计算模型

[0076] 基于土壤热平衡计算模型计算获得的补热功率、补热量、取热功率、取热量,结合监测获得的复合系统运行时间壁式换热设备和混合式换热设备中的风机、系统中的水泵等输送设备能耗,采用MATLAB或其他语言编制计算程序进行实时和累积计算,计算获得复合系统在各个模式运行下的系统能效。系统效能计算模型可参考文献3[Zicheng Hu,Shuwen Geng,Yufei Huang,Fenghua Ge,Yuecheng Wang.Heat storage characteristics and application analysis of heat source tower in soil thermal balance of ground source heat pump,Energy and Building,Energy&Buildings 235 (2021) 110752.]和文献

4[黄与飞,低温工况下热源塔传热特性及其反季节应[D],江苏大学,2019.]中记载的模型)
[0077] 基于上述寒冷地区建筑用地源热泵复合系统,本申请还提出了一种寒冷地区建筑用地源热泵复合系统控制方法,根据建筑所在地的气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑处于采暖季还是非采暖季,非采暖季则根据是否需要制冷进行运行模式选择;具体选择规则如下:

[0078] 1、采暖季的运行模式选择逻辑:

[0079] 控制设备12根据建筑所在地的气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑进入采暖季时。基于数据采集及存储模块内的基础数据,复合系统按以下方式选择相应的运行模式。

[0080] (1) 运行模式选择依据:调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统前期从土壤中的补热量和取热量(注:若有制冷运行,取热量为制热时取热量与制冷时注热量的差值,若无制冷运行,取热量为制热时的取热量),计算累积的补热量和取热量的差值。

[0081] 基于上述补热量和取热量的差值,若差值小于设定值,说明土壤热基本平衡,可直接取热制热,在采暖季,复合系统仅运行地源制热模式;

[0082] 若差值大于设定值,说明土壤热不平衡,减缓取热或需要少取热,根据差值大小选用间地制热模式和地源制热模式,若差值小于往年间地制热模式在采暖季从空气的吸热量的一定比值(注:比如20%,以防间地制热在低负荷、低COP下运行)时,采暖季仅运行地源制热模式;若差值大于往年间地制热模式在采暖季从空气的吸热量的一定比值时,采暖季复合系统的运行间地制热模式和地源制热模式。

[0083] (2) 地源制热运行模式运行条件:进入采暖季,调用土壤热平衡计算模型,若当仅运行地源制热模式时,地源制热模式在整个采暖季运行;若当采暖季的复合系统运行间地制热模式和地源制热模式,当间地制热模式运行时,地源制热模式停止运行,反之亦然。

[0084] (3) 间地制热模式开启条件及切换条件:采暖季的复合系统运行间地制热模式和地源制热模式时,调用系统能效计算模型,若间地制热模式能效大于设定值,间地制热模式运行,地源制热模式不运行,反之,若间地制热模式能效小于设定值,地源制热模式运行,间地制热模式不运行;

[0085] (4) 间地制热模式中途停止运行条件:采暖季复合系统运行中,调用土壤热平衡计算模型,实时计算土壤达到平衡的需求补热量,若土壤的需求补热量小于设定值,意味着可以从土壤取热,间地制热模式停止运行,地源制热模式开启运行。

[0086] (5) 采暖季结束,间地制热模式和地源制热模式都停止运行。

[0087] 2、非采暖季的运行模式选择逻辑

[0088] 2.1 无制冷需求时

[0089] 如图12,控制设备根据建筑所在地气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑进入非采暖季时。按以下逻辑选择运行模式。

[0090] (1) 90运行模式选择依据:调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统从土壤中的累积的补热量和取热量,计算累积的补热量和取热量的差值。基于上述补热量和取热量的差值,(NHS1):若差值小于设定值,说明土壤基本平衡,无需补热,非采暖季复合系统的所有补热模式不运行;

[0091] (2) 91 (NHS2):若差值大于设定值,说明土壤热不平衡,需要补热,可以运行间地补

热模式、混地补热模式、间地地补热模式、混地地补热模式,由于间地补热模式和混地补热模式的能效高于间地地补热模式和混地地补热模式,所以优先运行间地补热模式和混地补热模式。

[0092] (3) 补热模式选择依据:需要补热时,首先调用换热设备热工计算模型和土壤热平衡计算模型,计算往年间地补热运行模式和混地补热运行模式可以实现的补热之和(若没有往年数据,可根据换热设备及气象参数和设定的COP值进行计算),若满足需要的补热量,则仅运行间地补热运行模式和混地补热运行模式;若不满足需要的补热量,则优先运行间地补热运行模式和混地补热运行模式,辅助运行间地地补热模式和混地地补热模式。

[0093] (4) 补热模式开启和切换条件:如图14所示的混地补热模式、间地补热模式选择子流程,在间地补热模式和混地补热模式运行下,调用换热设备热工计算模型和能效计算模型进行计算,若间地补热模式能效小于相应条件下混地补热模式能效,间地补热模式切换到混地补热模式下运行,反之亦然;如图15所示的混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式选择子流程,间地地补热模式和混地地补热模式开启及切换条件:间地补热模式和混地补热模式都未开启,调用系统能效计算模型,若间地地补热模式能效小于相应条件下混地地补热模式能效,间地地补热模式开启运行,反之亦然;混地补热模式和间地补热模式开启及切换条件:混地地补热模式和间地地补热模式其一开启后,调用系统能效计算模型,若混地补热模式和间地补热模式其一的能效满足设定值,则间地地补热模式或混地地补热模式停止运行,混地补热模式或间地补热模式开启运行,若混地补热模式系统能效大于设定值,则运行混地补热模式,反之则运行间地补热模式。

[0094] (5) 补热运行模式停止运行条件:调用土壤热平衡计算模型实时计算土壤达到平衡的需求补热量,若土壤的需求补热量小于设定值,所有补热模式停止运行。

[0095] 2.2有制冷需求时

[0096] 如图13控制设备根据建筑所在地气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑进入非采暖季时。按以下逻辑选择运行模式。

[0097] (1) 运行模式选择依据:调用土壤热平衡计算模型,获得复合系统从土壤中的累积的补热量和取热量(注:有制冷运行,取热量为制热时取热量与制冷时注热量的差值),计算累积的补热量和取热量的差值。(NHS11):若差值小于设定值,说明土壤基本平衡,无需补热,过渡季(注:非采暖季包含过渡季和制冷季)复合系统的所有补热模式不运行,制冷季仅运行地源制冷模式;(NHS21):若差值大于设定值,说明土壤热不平衡,需要补热,可以运行间地补热模式、混地补热模式、间地地补热模式、混地地补热模式、地源制冷模式、地源制冷与补热模式同时运行模式,由于间地补热模式和混地补热模式的能效高于间地地补热模式和混地地补热模式,制冷模式制冷季必须运行,所以优先运行地源制冷模式、间地补热模式和混地补热模式。

[0098] (2) 模式选择依据:需要补热时,首先调用换热设备热工计算模型和土壤热平衡计算模型,计算往年制冷季可实现的补热之和(若没有往年数据,可根据换热设备及气象参数和设定的COP值进行计算),若满足需要的补热量,则仅运行制冷模式,或制冷模式与混地或间地补热模式;若不满足需要的补热量,首先调用换热设备热工计算模型和土壤热平衡计算模型,计算需求补热量与往年制冷季可实现的补热量之差,即为过渡季需要的补热量,过渡季可选用运行间地补热模式、混地补热模式、间地地补热模式、混地地补热模式。

[0099] (3) 模式开启和切换条件:如图14所示的混地补热模式、间地补热模式选择子流程,在间地补热模式和混地补热模式运行下,调用换热设备热工计算模型和能效计算模型进行计算,若间地补热模式能效小于相应条件下混地补热模式能效,间地补热模式切换到混地补热模式下运行,反之亦然;如图15所示的混地地补热模式、间地地补热模式、混地补热模式、间地补热模式选择子流程,间地地补热模式和混地地补热模式开启及切换条件:间地补热模式和混地补热模式都未开启,调用系统能效计算模型,若间地地补热模式能效小于相应条件下混地地补热模式能效,间地地补热模式开启运行,反之亦然;混地补热模式和间地补热模式开启及切换条件:混地地补热模式和间地地补热模式其一开启后,调用系统能效计算模型,若混地补热模式和间地补热模式其一的能效满足设定值,则间地地补热模式或混地地补热模式停止运行,混地补热模式或间地补热模式开启运行,若混地补热模式系统能效大于设定值,则运行混地补热模式,反之则运行间地补热模式。制冷季下,一直运行地源制冷模式,间地补热运行模式和混地补热运行模式开启和切换同上。

[0100] (4) 地源制冷模式启停条件:控制设备根据建筑所在地气象数据、室外空气计算参数,判断当前建筑进入制冷季时,若补热模式运行,优先分配地埋管换热设备给地源热泵主机,地源制冷模式开启,地源制冷模式与补热模式同时运行;当控制设备判断制冷季结束时,地源制冷模式关闭。

[0101] (5) 补热运行模式停止运行条件:非采暖季复合系统运行中,调用土壤热平衡计算模型实时计算土壤达到平衡的需求补热量,若土壤的需求补热量小于设定值,所有补热模式停止运行。

[0102] 本发明的技术方案中所述寒冷地区包括我国北部需要供暖的地区,具体以长春地区的办公建筑为例,具体如下:

[0103] 表1长春地区的办公建筑具体参数:

[0104]

序号	名称	单位		
1	建筑面积	M ²	15126	
2	设计热负荷	kW	1398	
3	设计冷负荷	kW	1130.70	
4	年热负荷	kWh	1841143	
5	年冷负荷	kWh	452583	
6	工作时间	Day/week	6day/week	
7	工作时间	Hour/day	10h/day	
8	制冷天数	day	144	
9	供暖天数	day	65	
10	地埋管类型		U型单管	
11	钻孔深度	m	120	
12	钻孔间距	m	4.5	
13	钻孔数		295	
14	管材		PE100	
15	管径	mm	32	
16	深土平均温度	°C	8.38	

17	土壤导热系数	W/(m.K)	1.883	制冷
18	土壤热扩散率	M ² /s	2.91*10 ⁻⁷	制冷
19	土壤导热系数	W/(m.K)	1.758	供暖
20	土壤热扩散率	M ² /s	2.57*10 ⁻⁷	供暖

[0105] 复合系统启动时,控制设备对长春的室外温度、湿度等参数进行采集,判断系统处于采暖季、过渡季还是制冷季。当判断此时长春处于采暖季时,调用土壤平衡计算模型,计算土壤的累计补热量和取热量,从而判断土壤是否处于平衡状态。若此时土壤处于热平衡状态,则说明此时不需要向土壤进行补热,因此在整个采暖季系统仅运行地源制热模式;若此时土壤处于热失衡状态,则说明此时需要向土壤进行补热,此时调用系统能效计算模型,计算间地制热模式的能效,若此时间地制热模式的能效大于设定值,则运行间地制热模式直到控制设备判断采暖季结束为止,否则运行地源制热模式;在运行地源制热模式的同时不断调用系统能效模型来计算间地制热模式的能效,通过判断间地制热模式的能效是否大于设定值来尝试启动间地制热模式,直到控制设备判断采暖季结束为止。

[0106] 当判断此时长春处于非采暖季时,调用土壤平衡计算模型,计算土壤的累计补热量和取热量,从而判断土壤是否处于平衡状态。若此时土壤处于热平衡状态,则说明此时不需要向土壤进行补热,在整个非采暖季系统仅运行地源制冷模式;若此时土壤处于热失衡状态,则说明此时需要向土壤进行补热,此时调用换热设备热工计算模型以及系统能效计算模型计算出整个制冷季系统对土壤的补热量,若制冷季的补热量大于土壤累计的补热量和取热量的差值时,说明制冷季系统对土壤的补热就可以使土壤达到热平衡,因此复合系统在制冷季运行地源制冷与间地补热模式,在过渡季复合系统不运行;否则过渡季需要运行复合系统来给土壤补热,若此时土壤累计的补热量和取热量的差值大于设定值则运行间地补热模式直到土壤平衡计算模型判断土壤达到热平衡为止,否则运行间地地补热模式;在运行间地地补热模式的同时不断调用系统能效模型来计算间地制热模式的能效,通过判断间地制热模式的能效是否大于设定值来尝试启动间地制热模式,直到土壤平衡计算模型判断土壤达到热平衡为止。

[0107] 以上实施例仅用于说明本发明的设计思想和特点,其目的在于使本领域内的技术人员能够了解本发明的内容并据以实施,本发明的保护范围不限于上述实施例。所以,凡依据本发明所揭示的原理、设计思路所作的等同变化或修饰,均在本发明的保护范围之内。

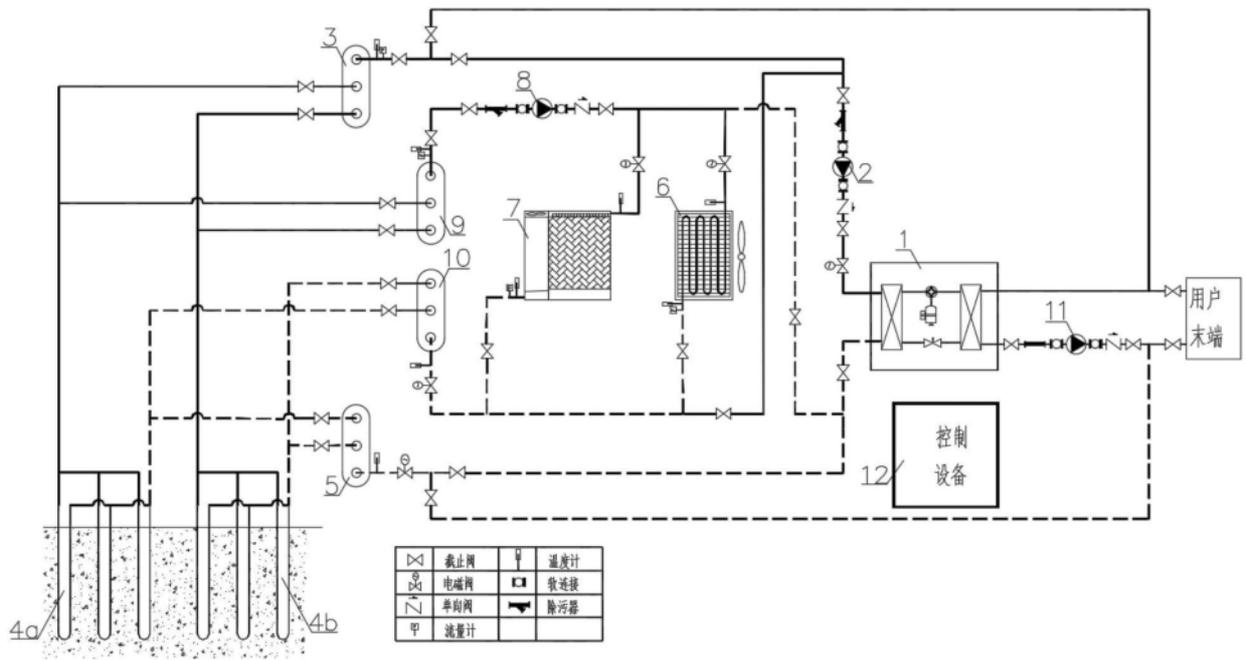


图1

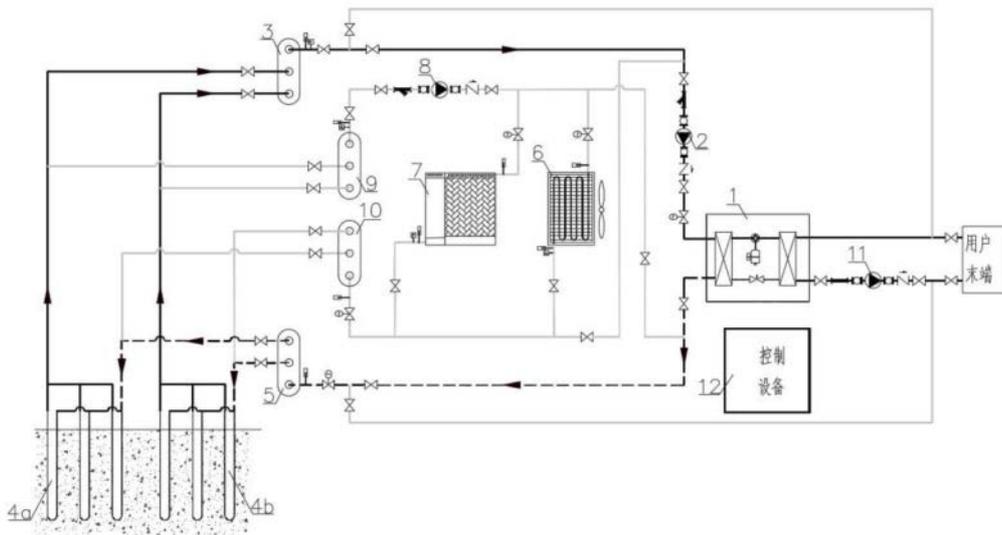


图2

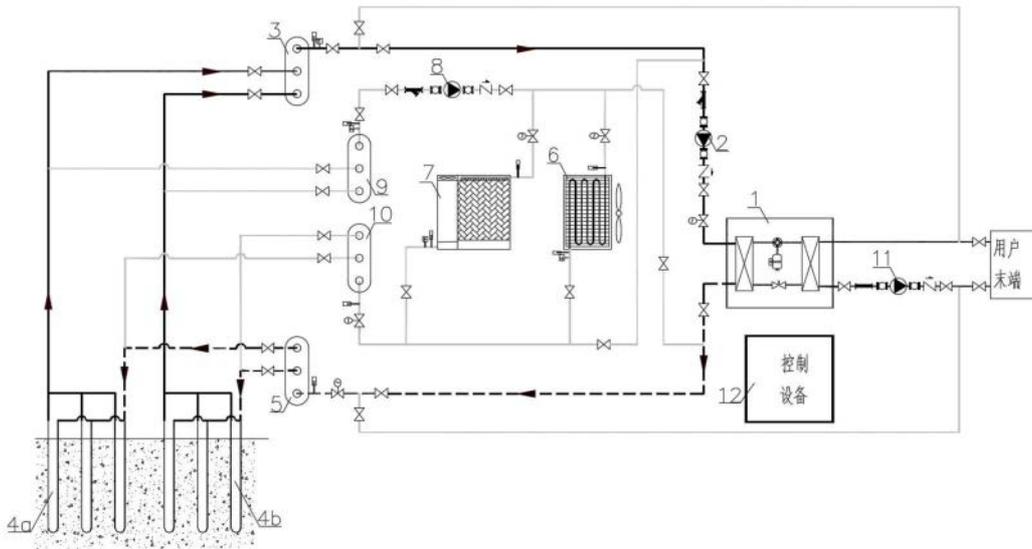


图3

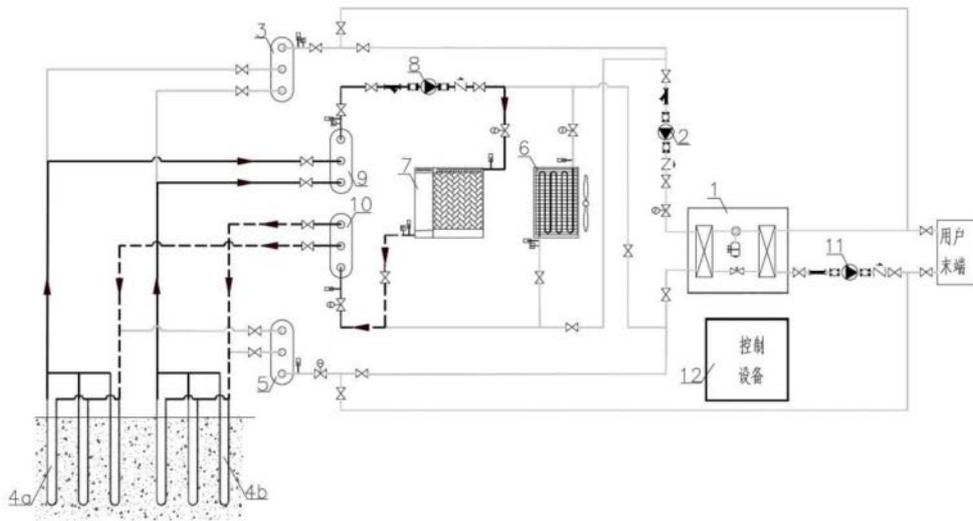


图4

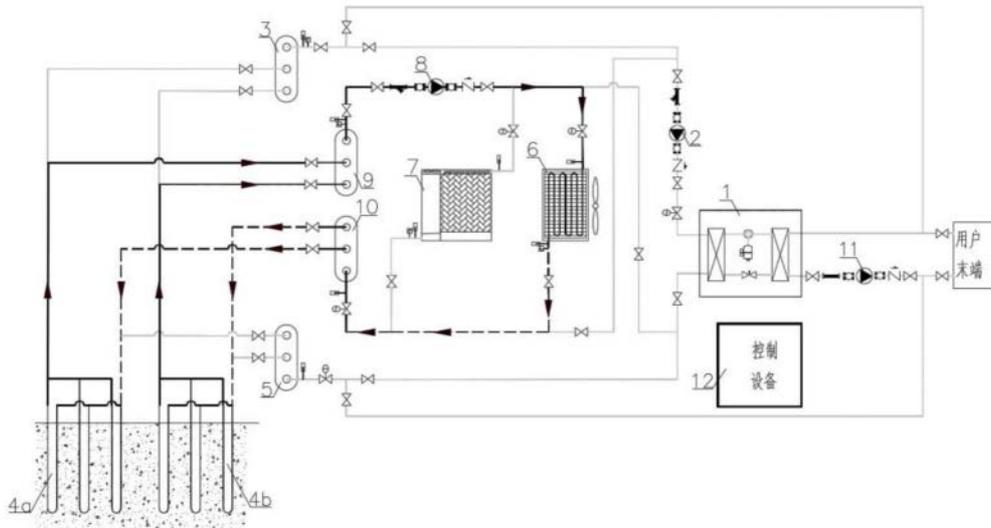


图5

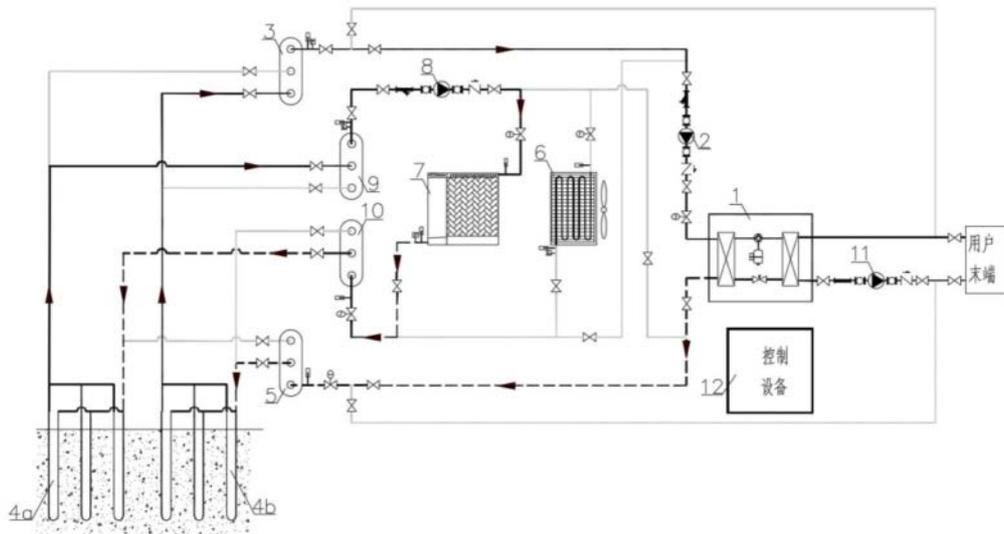


图6

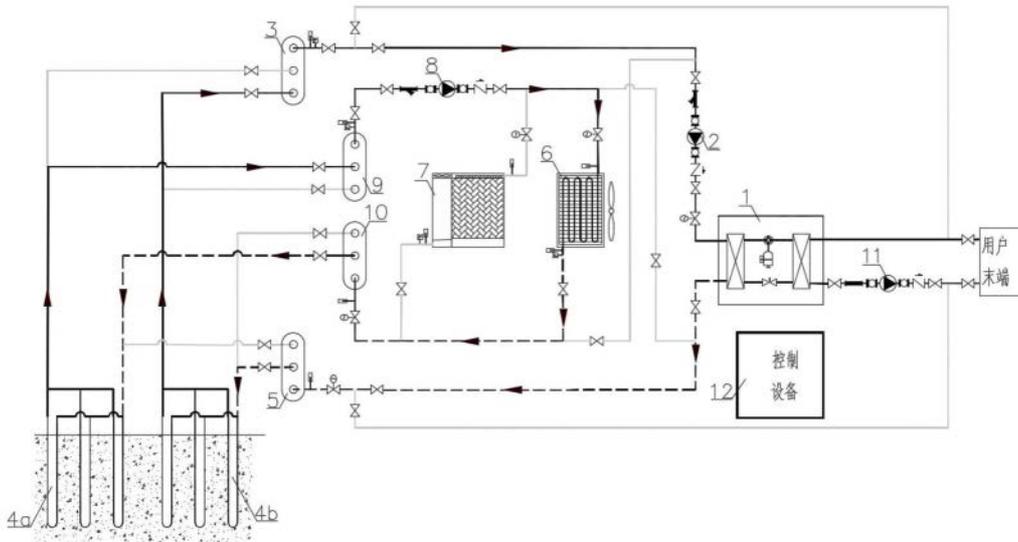


图7

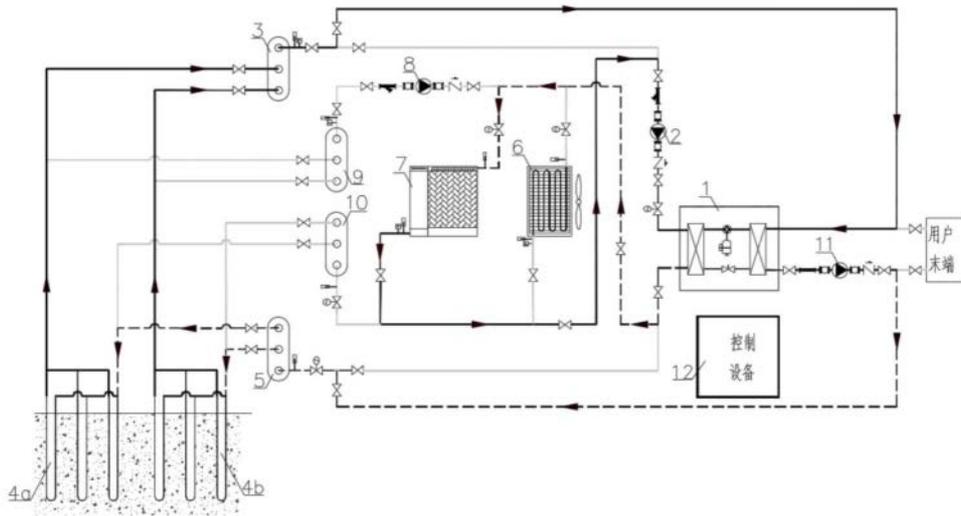


图8

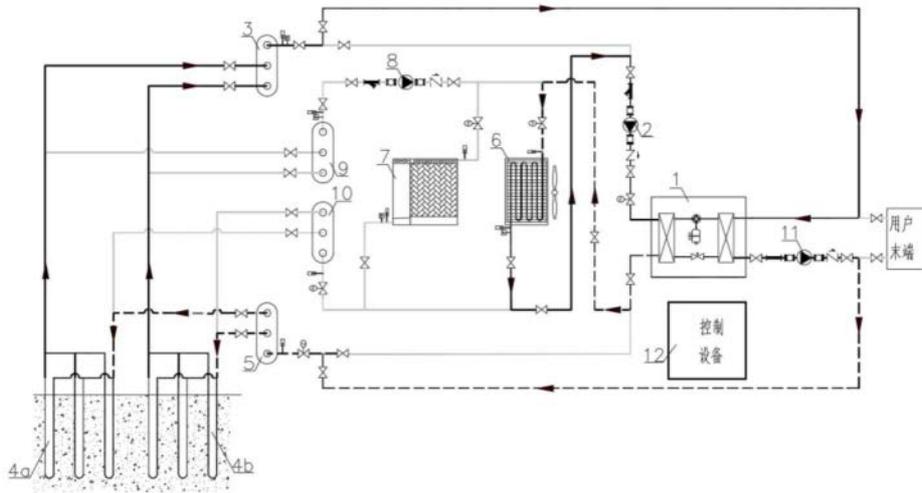


图9

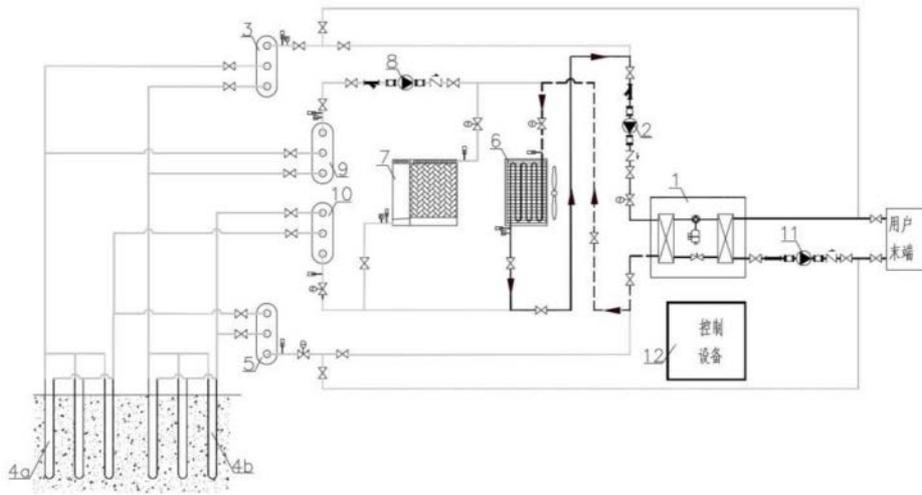


图10

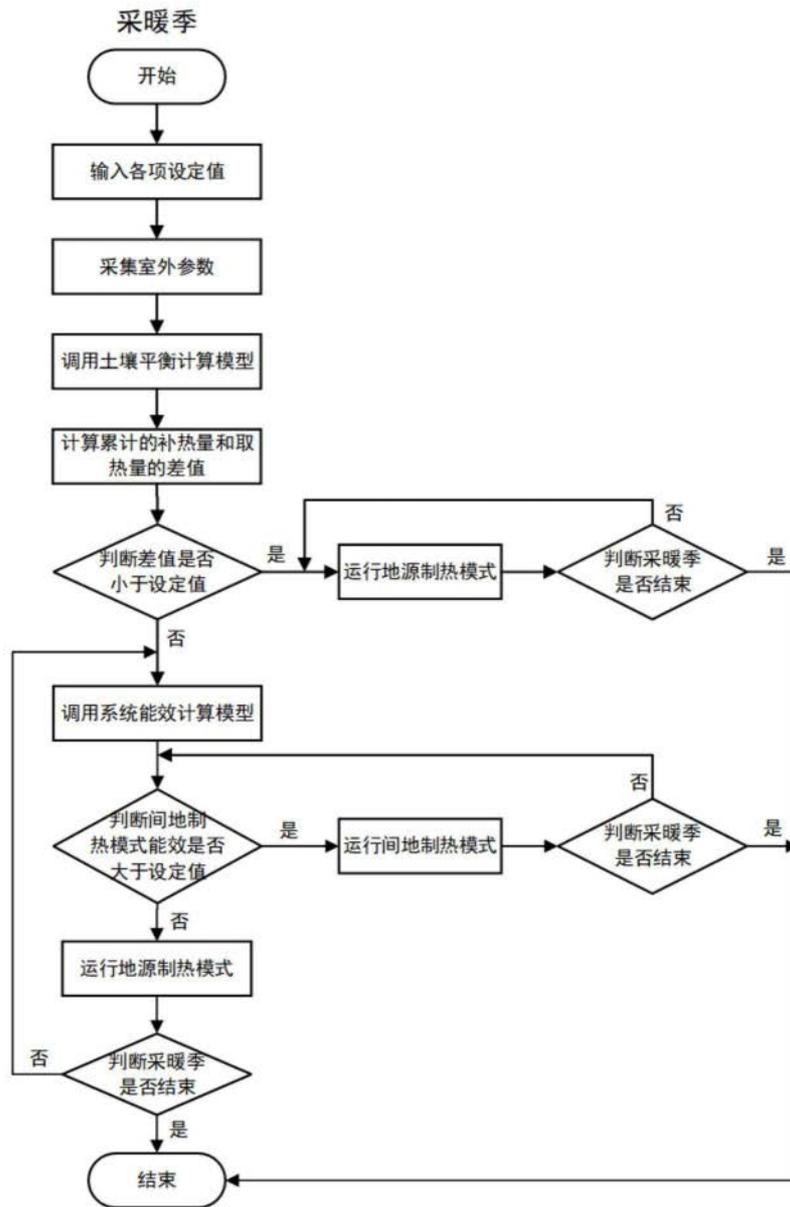


图11

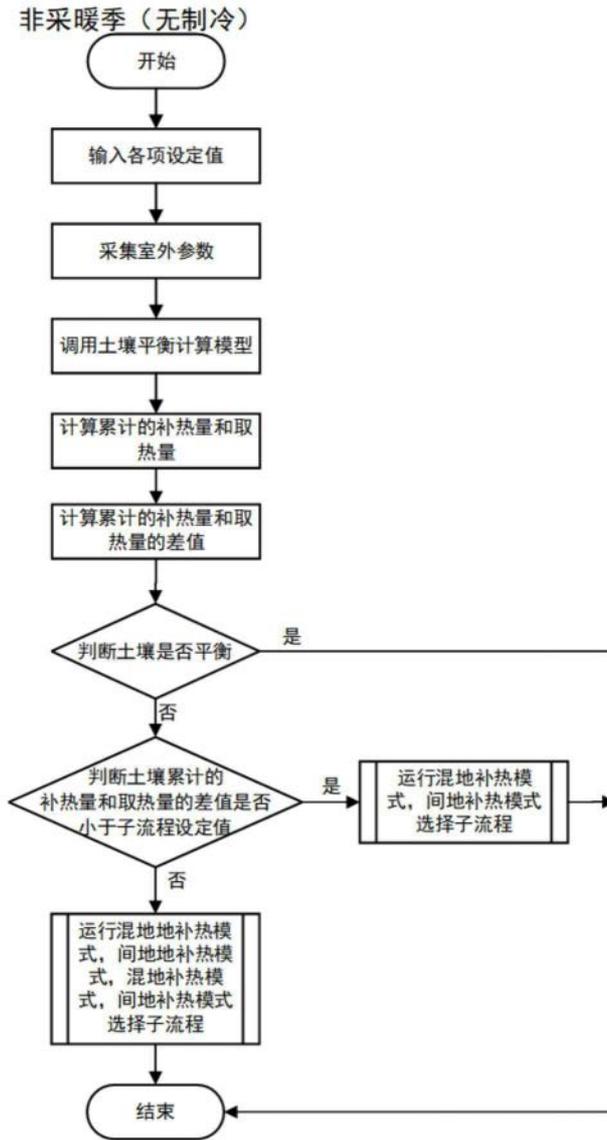


图12

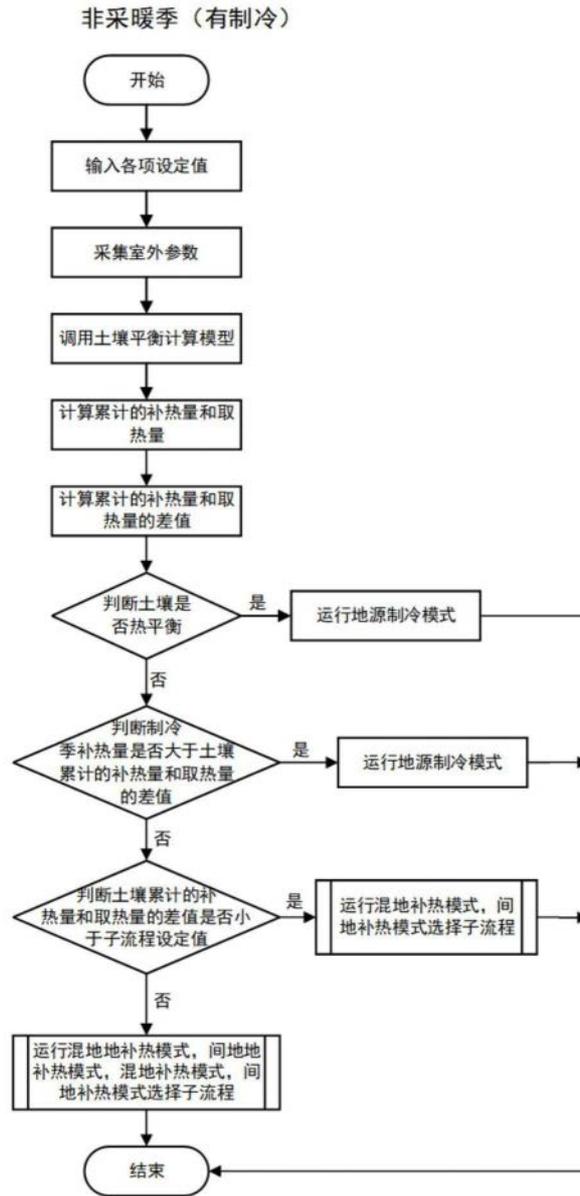


图13

混地补热模式，间地补热模式选择子流程

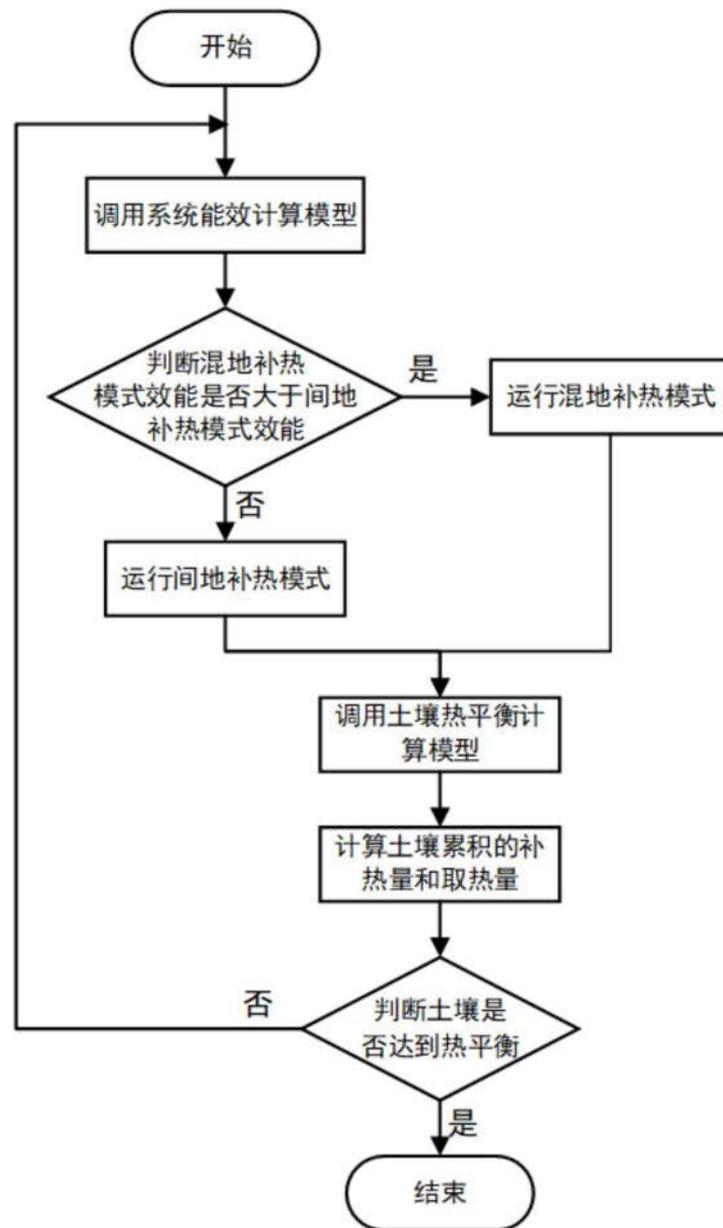


图14

混地地补热模式，间地地补热模式，混地补热模式，间地补热模式选择子流程

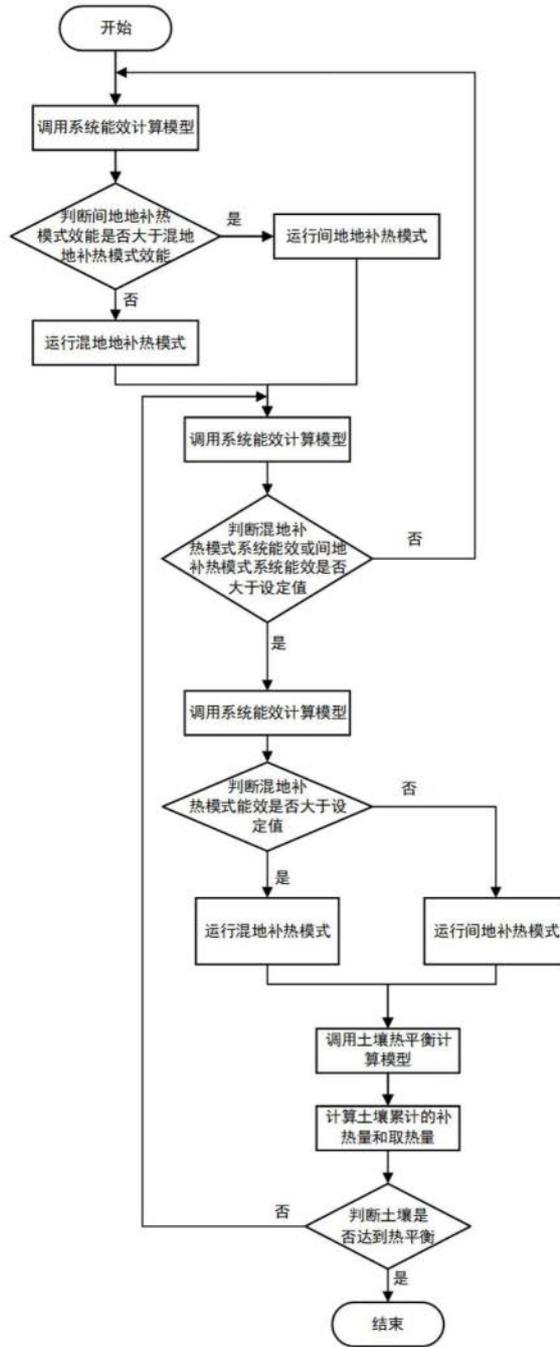


图15