



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112032804 A

(43) 申请公布日 2020.12.04

(21) 申请号 202010730110.9

(22) 申请日 2020.07.27

(71) 申请人 中国地质科学院水文地质环境地质研究所

地址 050061 河北省石家庄市中华北大街268号

申请人 中国地质科学院 浙江陆特能源科技股份有限公司

(72) 发明人 王贵玲 刘彦广 唐显春 金磊

(74) 专利代理机构 浙江永鼎律师事务所 33233 代理人 陆永强 张建

(51) Int. Cl.

F24D 3/18 (2006.01)

F03G 4/06 (2006.01)

F01K 25/08 (2006.01)

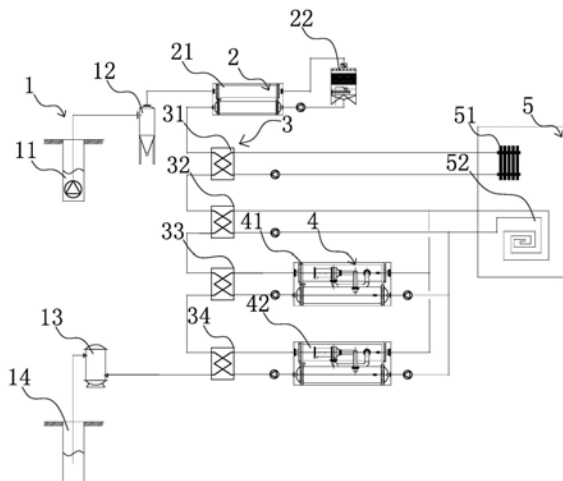
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统及方法。它解决了现有技术设计不够合理等技术问题。包括中深层水热地热井采灌系统、地热发电系统、具有至少四个板式换热器的地热板换供暖系统与建筑室内系统相连,地热板换供暖系统的各个板式换热器依次首尾相连且均与建筑室内系统并联接,还包括具有至少两个地热热泵的地热热泵供暖系统,且地热热泵供暖系统的地热热泵分别与地热板换供暖系统的板式换热器一一对应且相互串联在建筑室内系统上。优点在于:本发明通过五级梯级利用地热能,可以根据实际项目地热水温度特点,进行部分梯级利用,但整体能源利用效率超过80%。



1. 一种中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,包括中深层水热地热井采灌系统(1),所述的中深层水热地热井采灌系统(1)连接有地热发电系统(2),其特征在于,所述的地热发电系统(2)连接有具有至少四个板式换热器的地热板换供暖系统(3),且所述的地热板换供暖系统(3)与建筑室内系统(5)相连,且所述的地热板换供暖系统(3)的各个板式换热器依次首尾相连且均与建筑室内系统(5)并联接,本热电联供装置还包括具有至少两个地热热泵的地热热泵供暖系统(4),且地热热泵供暖系统(4)的地热热泵分别与地热板换供暖系统(3)的板式换热器一一对应且相互串联在建筑室内系统(5)上。

2. 根据权利要求1所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,其特征在于,所述的地热发电系统(2)包括与中深层水热地热井采灌系统(1)相连的地热ORC朗肯发电机组(21),所述的地热ORC朗肯发电机组(21)与冷却塔(22)相连。

3. 根据权利要求2所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,其特征在于,所述的建筑室内系统(5)包括依次设置的室内散热器(51)和/或采暖地板(52)。

4. 根据权利要求3所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,其特征在于,所述的地热板换供暖系统(3)包括与地热ORC朗肯发电机组(21)相连的一级板换(31),所述的一级板换(31)依次逐级串联有二级板换(32)、三级板换(33)与四级板换(34),且所述的一级板换(31)与室内散热器(51)相连,所述的二级板换(32)、三级板换(33)和四级板换(34)均与采暖地板(52)相并联接。

5. 根据权利要求4所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,其特征在于,所述的地热热泵供暖系统(4)包括一级地热热泵(41)和二级地热热泵(42),所述的一级地热热泵(41)串联设置在三级板换(33)和采暖地板(52)之间,所述的二级地热热泵(42)串联设置在四级板换(34)和采暖地板(52)之间。

6. 根据权利要求4或5所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,其特征在于,所述的中深层水热地热井采灌系统(1)包括地热水采水井(11),所述的地热水采水井(11)通过除砂器(12)与地热ORC朗肯发电机组(21)相连,所述的四级板换(34)通过回灌水处理装置(13)与地热水回灌井(14)相连。

7. 根据权利要求5所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,其特征在于,所述的一级地热热泵(41)为气悬浮热泵,且所述的二级地热热泵(42)为螺杆压缩机热泵。

8. 根据权利要求1-7中任意一项所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法,其特征在于,本方法包括以下步骤:

S1. 地热发电系统(2)通过中深层水热地热井采灌系统(1)内的地热水进行发电,地热水尾水供应给地热板换供暖系统(3)和/或地热热泵供暖系统(4)用以给建筑室内系统(5)供暖;

S2. 地热板换供暖系统(3)的至少两个板式换热器对地热水尾水进行逐级换热用以给建筑室内系统(5)供暖,地热板换供暖系统(3)的剩余板式换热器和地热热泵供暖系统(4)的地热热泵串联对地热水尾水再次进行逐级换热继续用以给建筑室内系统(5)供暖。

9. 根据权利要求8所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法,其特征在于,在步骤S1中,地热ORC朗肯发电机组(21)利用地热水进行发电,尾水供应给后续级别供暖使用。

10. 根据权利要求9所述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法,其特征在在于,在步骤S2中,一级板换(31)的用户侧与建筑室内系统(5)的室内散热器(51)连接,供应循环热水进行供暖,二级板换(32)的用户侧与建筑室内系统(5)的采暖地板(52)连接,三级板换(33)与一级地热热泵(41)连接,一级地热热泵(41)采用气悬浮热泵,三级板换(33)供应循环热水给一级地热热泵(41)生产温度更高的热水供应给采暖地板(52)进行室内供暖,四级板换(34)与二级地热热泵(42)连接,四级板换(34)供应循环热水给二级地热热泵(42)再次生产温度更高的热水供应给采暖地板(52)进行室内供暖。

## 中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于中深层地热能高效开发利用技术领域。具体涉及利用150℃~15℃中低温地热水的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统及方法,为建筑和农业设施供电和集中供热。

### 背景技术

[0002] 地热能是蕴藏在地球内部的热能,是一种清洁低碳、分布广泛、资源丰富、安全优质的可再生能源。中深层地热能主要是指地下200米至3000米范围内的地层中蕴含的热能资源,中深层地热能以水热型开发为主,中国水热型地热资源储量巨大,总量折合标煤1.25万亿吨,主要是150℃以下中低温的地热类型。

[0003] 中低温地热开发利用技术有中低温地热发电技术和中低温地热供暖技术,适合中低温地热发电技术的有蒸汽闪蒸循环、Kalina循环发电技术和有机朗肯循环(ORC)发电技术,中低温地热供暖技术主要是水热地热供暖技术,根据水热温度品位不同,又分为水热直供供暖技术、水热板换间接供暖技术、水热热泵供暖技术。常规的地热梯级利用在能源利用上,由于发电技术和热泵技术的成熟度问题,并没有根据能源的品位高低,最大程度地实现能量的“温度匹配、梯级利用、品位对口”从而减少能量损失。

[0004] 为了解决现有技术存在的问题,人们进行了长期的探索,提出了各种各样的解决方案,例如中国专利文献公开了一种梯级利用中低温余热的热电联供方法与装置[申请号:CN201710330949.1]:包括:一级蒸发器;膨胀机,凝汽器,储罐一,工质泵,散热器,二级蒸发器,压缩机,换热器,储罐二等,本发明将中低温余热分为三级进行梯级利用,将中低温余热降低到15度左右,扩大中低温余热的利用温区,大幅提升中低温余热的利用效率,其中第一级为有机朗肯循环,第二级为暖气片或地暖,第三级为电热泵循环供暖,发明可回收中低温余热同时进行发电和供热,实现热电联产。

[0005] 上述方案虽然实现了地热发电与地热供暖装置的集成,形成地热热电联供的梯级利用形式,但是上述方案只是将地热等余热进行三级梯级利用,其第二级利用及第三级利用还可以细分梯级利用,才能充分实现“温度匹配、品位对口、梯级利用”的原则,提高整个系统的能源利用效率。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是针对上述问题,提供一种中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统。

[0007] 本发明的另一个目的是针对上述问题,提供一种中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法。

[0008] 为达到上述目的,本发明采用了下列技术方案:本中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,包括中深层水热地热井采灌系统,所述的中深层水热地热井采灌系统连接有地热发电系统,所述的地热发电系统连接有具有至少四个板式换热器的地热板换供

暖系统,且所述的地热板换供暖系统与建筑室内系统相连,且所述的地热板换供暖系统的各个板式换热器依次首尾相连且均与建筑室内系统并联接,本热电联供装置还包括具有至少两个地热热泵的地热热泵供暖系统,且地热热泵供暖系统的地热热泵分别与地热板换供暖系统的板式换热器一一对应且相互串联在建筑室内系统上。

[0009] 本发明可回收中低温余热同时进行发电和供热,实现热电联产,采用有机朗肯循环发电技术和水热板换及热泵供暖技术的梯级利用技术,这样实现结合我国中低温地热资源特征,提供一种适用于中低温地热发电供暖五级梯级利用系统,通过高效的地热发电和热泵技术,最大程度地实现能量的梯级高效利用。

[0010] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中,所述的地热发电系统包括与中深层水热地热井采灌系统相连的地热ORC朗肯发电机组,所述的地热ORC朗肯发电机组与冷却塔相连。

[0011] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中,所述的建筑室内系统包括依次设置的室内散热器和/或采暖地板。

[0012] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中,所述的地热板换供暖系统包括与地热ORC朗肯发电机组相连的一级板换,所述的一级板换依次逐级串联有二级板换、三级板换与四级板换,且所述的一级板换与室内散热器相连,所述的二级板换、三级板换和四级板换均与采暖地板相并联接。

[0013] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中,所述的地热热泵供暖系统包括一级地热热泵和二级地热热泵,所述的一级地热热泵串联设置在三级板换和采暖地板之间,所述的二级地热热泵串联设置在四级板换和采暖地板之间。

[0014] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中,所述的中深层水热地热井采灌系统包括地热水采水井,所述的地热水采水井通过除砂器与地热ORC朗肯发电机组相连,所述的四级板换通过回灌水处理装置与地热水回灌井相连。

[0015] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中,所述的一级地热热泵为气悬浮热泵,且所述的二级地热热泵为螺杆压缩机热泵。

[0016] 上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法如下所述:

[0017] 本中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法,包括以下步骤:

[0018] S1.地热发电系统通过中深层水热地热井采灌系统内的地热水进行发电,地热水尾水供应给地热板换供暖系统和/或地热热泵供暖系统用以给建筑室内系统供暖;

[0019] S2.地热板换供暖系统的至少两个板式换热器对地热水尾水进行逐级换热用以给建筑室内系统供暖,地热板换供暖系统的剩余板式换热器和地热热泵供暖系统的地热热泵串联对地热水尾水再次进行逐级换热继续用以给建筑室内系统供暖。

[0020] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法中,在步骤S1中,地热ORC朗肯发电机组利用地热水进行发电,尾水供应给后续级别供暖使用。

[0021] 在上述的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法中,在步骤S2中,一级板换的用户侧与建筑室内系统的室内散热器连接,供应循环热水进行供暖,二级板换的用户侧与建筑室内系统的采暖地板连接,三级板换与一级地热热泵连接,一级地热热泵采用气悬浮热泵,三级板换供应循环热水给一级地热热泵生产温度更高的热水供应给采暖地板

进行室内供暖,四级板换与二级地热热泵连接,四级板换供应循环热水给二级地热热泵再次生产温度更高的热水供应给采暖地板进行室内供暖。

[0022] 与现有的技术相比,当本发明的优点在于:

[0023] 1、高效利用中低温地热所有温度范围,尤其是45度到25度的温度范围,将气悬浮热泵的高效工作区间与地热尾水工况进行匹配,提升了整个系统的利用效率。

[0024] 2、本发明通过五级梯级利用地热能,可以根据实际项目地热水温度特点,进行部分梯级利用,但整体能源利用效率超过80%。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明的原理图;

[0026] 图中,中深层水热地热井采灌系统1、地热水采水井11、除砂器12、回灌水处理装置13、地热水回灌井14,地热发电系统2、地热ORC朗肯发电机组21、冷却塔22、地热板换供暖系统3、一级板换31、二级板换32、三级板换33、四级板换34、地热热泵供暖系统4、一级地热热泵41、二级地热热泵42、建筑室内系统5、室内散热器51、采暖地板52。

## 具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细的说明。

[0028] 如图1所示,本中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统,包括中深层水热地热井采灌系统1,中深层水热地热井采灌系统1连接有地热发电系统2,地热发电系统2连接有具有至少四个板式换热器的地热板换供暖系统3,且地热板换供暖系统3与建筑室内系统5相连,且地热板换供暖系统3的各个板式换热器依次首尾相连且均与建筑室内系统5并联,本实施例中还包括具有至少两个地热热泵的地热热泵供暖系统4,且地热热泵供暖系统4的地热热泵分别与地热板换供暖系统3的板式换热器一一对应且相互串联在建筑室内系统5上。

[0029] 本发明可回收中低温余热同时进行发电和供热,实现热电联产,采用有机朗肯循环发电技术和水热板换及热泵供暖技术的梯级利用技术,这样实现结合我国中低温地热资源特征,提供一种适用于中低温地热发电供暖五级梯级利用系统,通过高效的地热发电和热泵技术,最大程度地实现能量的梯级高效利用。

[0030] 具体来讲,本实施例中的地热发电系统2包括与中深层水热地热井采灌系统1相连的地热ORC朗肯发电机组21,地热ORC朗肯发电机组21与冷却塔22相连。

[0031] 其中,这里的建筑室内系统5包括依次设置的室内散热器51和/或采暖地板52。

[0032] 优选地,这里的地热板换供暖系统3包括与地热ORC朗肯发电机组21相连的一级板换31,一级板换31依次逐级串联有二级板换32、三级板换33与四级板换34,且一级板换31与室内散热器51相连,二级板换32、三级板换33和四级板换34均与采暖地板52相并联。

[0033] 进一步地,这里的地热热泵供暖系统4包括一级地热热泵41和二级地热热泵42,一级地热热泵41串联设置在三级板换33和采暖地板52之间,二级地热热泵42串联设置在四级板换34和采暖地板52之间。优选地,这里的一级地热热泵41为气悬浮热泵,且二级地热热泵42为螺杆压缩机热泵。

[0034] 更进一步地,这里的中深层水热地热井采灌系统1包括地热水采水井11,地热水采

水井11通过除砂器12与地热ORC朗肯发电机组21相连,四级板换34通过回灌水处理装置13与地热水回灌井14相连。

[0035] 本实施例中,中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热系统中的中深层水地热井采灌系统1包含地热水采水井11、除砂器12、回灌水处理装置13以及地热水回灌井14,经过地热ORC朗肯发电机组21和四级板换循环至地下进行换热,将热量通过发电和四级供暖的利用提供给建筑室内使用。

[0036] 其中,水地热采水井11、冷却塔22和地热ORC朗肯发电机组21相连形成地热发电系统,其发的电供系统用电设备使用,余电可上网,四级供暖板换通过直接输配和热泵提升,将热水供应给室内散热器和采暖地板。

[0037] 其中,地热热泵供暖系统4分为两级使用,一级地热热泵41采用气悬浮热泵,可以将入口温度从常规的25度提高到30度,气悬浮机组无润滑油且无齿轮传动系统,随着蒸发温度的升高,仅需降低其压缩机的压缩比即可,相应的电机功率会降低很多,对系统有极大的能效提升,二级地热热泵42利用温度区间较低,则可以使用常规的螺杆压缩机热泵,此外还通过散热器和采暖地板对温度的需求差异,分两级匹配板式换热器换热后的供水温度,也是提高了梯级利用的效率。

[0038] 显然,本发明通过降低温度损失,精细化分级利用地热,尤其是匹配高效的气悬浮热泵机组创造性地利用了地热尾水较高的温度,减少了温度损失带来的效率损失。

[0039] 本实施例中的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法,包括以下步骤:

[0040] S1.地热发电系统2通过中深层水地热井采灌系统1内的地热水进行发电,地热水尾水供应给地热板换供暖系统3和/或地热热泵供暖系统4用以给建筑室内系统5供暖;

[0041] S2.地热板换供暖系统3的至少两个板式换热器对地热水尾水进行逐级换热用以给建筑室内系统5供暖,地热板换供暖系统3的剩余板式换热器和地热热泵供暖系统4的地热泵串联对地热水尾水再次进行逐级换热继续用以给建筑室内系统5供暖。

[0042] 在步骤S1中,地热ORC朗肯发电机组21利用地热水进行发电,尾水供应给后续级别供暖使用。

[0043] 在步骤S2中,一级板换31的用户侧与建筑室内系统5的室内散热器51连接,供应循环热水进行供暖,二级板换32的用户侧与建筑室内系统5的采暖地板52连接,三级板换33与一级地热热泵41连接,一级地热热泵41采用气悬浮热泵,三级板换33供应循环热水给一级地热热泵41生产温度更高的热水供应给采暖地板52进行室内供暖,四级板换34与二级地热热泵42连接,四级板换34供应循环热水给二级地热热泵42再次生产温度更高的热水供应给采暖地板52进行室内供暖。

[0044] 具体来讲,本实施例中的中低温地热梯级开发利用的发电和集中供热方法具体步骤包括:

[0045] 通过地热ORC朗肯发电机组21,将150℃以下的地热水利用到75℃,尾水供应给后续级别供暖使用,发电效率可以达到10%左右,发出的电力足以覆盖整套装置其他用电设备的耗电量,形成能源自给自足,余电还可以上网。

[0046] 接下来,一级板换31将75℃的地热水利用到60℃,一级板换31的用户侧与建筑室内的散热器51连接,供应60℃~55℃的循环热水进行供暖,二级板换32将60℃的地热水利用到45℃,一级板换31的用户侧与建筑室内系统5的采暖地板52连接,由于辐射末端对供水

温度需求较低,可供应45℃~35℃的循环热水进行供暖,三级板换33将45℃的地热水利用到35℃,三级板换33与一级地热热泵41连接,由于一级地热热泵41采用气悬浮热泵,三级板换33可供应30℃~20℃的循环热水给一级地热热泵41生产45℃~35℃的热水,供应给采暖地板52进行室内供暖,四级板换34将35℃的地热水利用到15℃,四级板换34与二级地热热泵42连接,四级板换34可供应15℃~7℃的循环热水给二级地热热泵42生产45℃~35℃的热水,供应给采暖地板52进行室内供暖,根据建筑室内末端设备类别可以选择一级板换31或二级板换32的分支系统,此外还可以根据室内热负荷及地热水流量大小,选择三级板换33和四级板换34的分支系统,总体效率是依次递减的,选择保留高效的利用方式,也是本发明的一种特征。

[0047] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

[0048] 尽管本文较多地使用了中深层水热地热井采灌系统1、地热水采水井11、除砂器12、回灌水处理装置13、地热水回灌井14,地热发电系统2、地热ORC朗肯发电机组21、冷却塔22、地热板换供暖系统3、一级板换31、二级板换32、三级板换33、四级板换34、地热热泵供暖系统4、一级地热热泵41、二级地热热泵42、建筑室内系统5、室内散热器51、采暖地板52等术语,但并不排除使用其它术语的可能性。使用这些术语仅仅是为了方便地描述和解释本发明的本质;把它们解释成任何一种附加的限制都是与本发明精神相违背的。



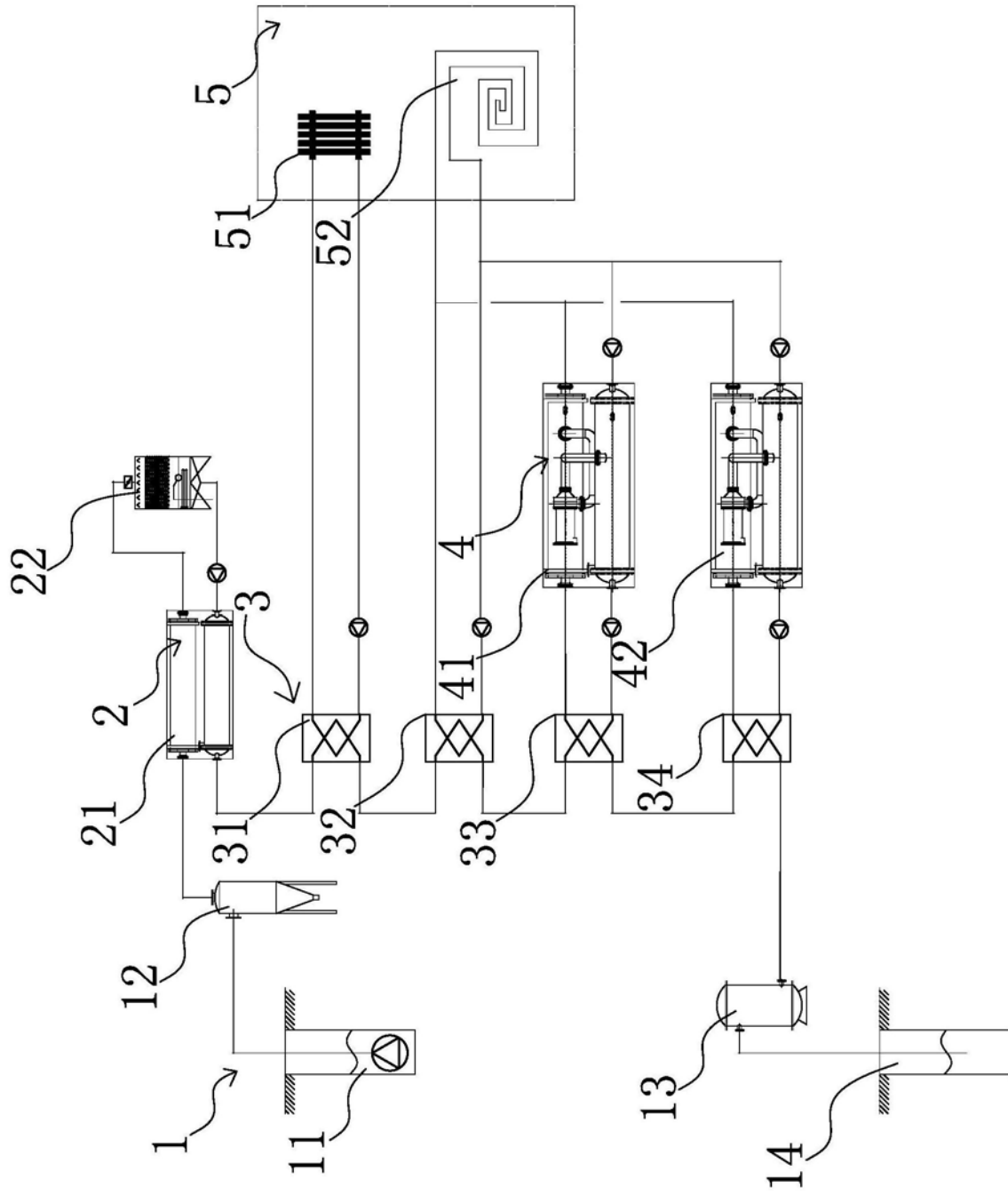


图1