



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111720876 B

(45) 授权公告日 2021.10.22

(21) 申请号 202010558972.8

F25B 9/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.06.18

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111720876 A

CN 110454851 A, 2019.11.15

CN 209263140 U, 2019.08.16

CN 106642278 A, 2017.05.10

(43) 申请公布日 2020.09.29

CN 109386837 A, 2019.02.26

US 2010281899 A1, 2010.11.11

(73) 专利权人 山西大学

CN 108131867 A, 2018.06.08

地址 030006 山西省太原市小店区坞城路
92号

张群力等. 燃气锅炉烟气余热回收利用技术研究.《建筑科学》.2016, 第32卷(第06期), 图5, 图16.

(72) 发明人 吴彦丽 郝艳红 白静利 陈赞林
赵子萱 康珈 武诗宇 吴少华

审查员 卞康

(74) 专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 申艳玲

(51) Int. Cl.

F24D 11/02 (2006.01)

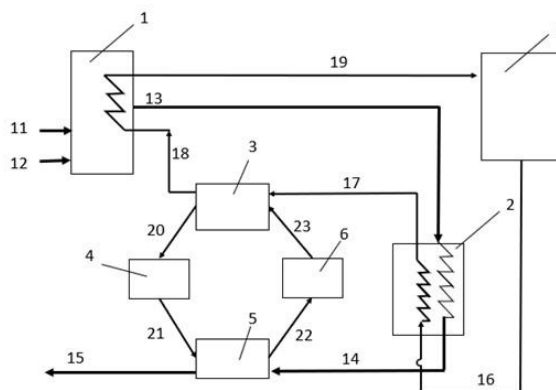
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统和方法,属于清洁供暖领域。该系统包括:燃气锅炉单元、烟气余热初级回收单元、二氧化碳热泵余热深度回收单元和与之对应的热网回水三级升温管网。该系统采用二氧化碳热泵进一步降低燃气锅炉烟气温度,实现烟气低温排放,同时发挥二氧化碳热泵对低温余热高效提质优势,将低温烟气余热深度高效回收至热网回水中,实现了烟气余热的深度高效回收利用;该系统通过烟气余热分级回收和热网回水分级加热,实现了能量梯级利用,减少了燃气能量的排烟损失,可大幅度提高燃气供暖系统效率,降低燃气供暖成本和燃气供暖污染物排放。



1. 一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,其特征在于:包括燃气锅炉单元、烟气余热初级回收单元、二氧化碳热泵余热深度回收单元和与之对应的热网回水三级升温管网;

所述燃气锅炉单元,用于天然气和空气燃烧,生成含有 CO_2 、 H_2O 及含硫氮化合物的高温烟气,同时放出大量的热量;

所述烟气余热初级回收单元用于将高温烟气与来自热用户的热网回水进行热交换,将高温烟气降温后成为低温烟气送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的蒸发装置,同时将来自热用户的热网回水进行第一级升温后送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置;

所述二氧化碳热泵余热深度回收单元包含二氧化碳蒸发装置、节流装置、二氧化碳气体冷却装置和压缩装置,低温烟气在二氧化碳蒸发装置与二氧化碳工质进行热交换,烟气温度进一步降低至 30°C 以下,第一级升温后的热网回水在二氧化碳气体冷却装置与高温高压的二氧化碳流体进行热交换,实现热网回水第二级升温后送往燃气锅炉单元;二氧化碳热泵余热深度回收单元包括依次连接构成回路的二氧化碳气体冷却装置、节流装置、二氧化碳蒸发装置和压缩装置;二氧化碳气体冷却装置为第一级升温后热网回水和高温高压二氧化碳流体的热交换装置,第一级升温后热网回水出口连接二氧化碳气体冷却装置;气体冷却装置出口的第二级升温后热网回水出口连接燃气锅炉单元;气体冷却装置出口的低温高压二氧化碳流体出口连接节流装置,节流装置出口连接二氧化碳蒸发装置,二氧化碳蒸发装置为低温烟气和低温低压二氧化碳流体的热交换装置,烟气余热初级回收单元的低温烟气出口连接二氧化碳蒸发装置,二氧化碳蒸发装置的排放烟气出口连接大气,高温低压二氧化碳流体出口连接压缩装置;压缩装置出口连接二氧化碳气体冷却装置;

采用上述基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统的供暖方法,包括以下步骤:

(1) 天然气和过量空气在燃气锅炉单元中充分燃烧,生成含有 CO_2 、 H_2O 的高温烟气,同时放出大量的热量;

(2) 燃气锅炉单元中的高温烟气物流送往烟气余热初级回收单元,燃烧热用于对在二氧化碳热泵余热深度回收单元实现第二级升温后热网回水进行第三级加热,第三级升温后热网回水送往热用户;

(3) 烟气余热初级回收单元将高温烟气与来自热用户的热网回水进行热交换,将高温烟气进行降温后成为低温烟气送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的二氧化碳蒸发装置,同时对来自热用户的热网回水进行第一级升温后热网回水送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置;

(4) 低温烟气在二氧化碳蒸发装置与二氧化碳工质进行热交换,成为 30°C 及以下低温烟气,通往大气中;

(5) 第一级升温后热网回水在二氧化碳气体冷却装置与高温高压二氧化碳流体进行热交换,成为第二级升温后热网回水送往燃气锅炉单元。

2. 根据权利要求1所述的基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,其特征在于:

燃气锅炉单元一侧设有天然气入口和过量空气入口,燃气锅炉单元另一侧设置的高温

烟气出口连接烟气余热初级回收单元；

烟气余热初级回收单元为高温烟气和热网回水的热交换装置，烟气余热初级回收单元设有高温烟气入口和热网回水入口，以及低温烟气出口和第一级升温后热网回水出口；

燃气锅炉单元输出第三级升温后热网回水，第三级升温后热网回水管道的出口连接热用户。

3. 根据权利要求2所述的基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统，其特征在于：气体冷却装置的低温高压二氧化碳流体管道连接节流装置，节流装置出口连接的低温低压二氧化碳流体管道连接二氧化碳蒸发装置，二氧化碳蒸发装置出口连接的高温低压二氧化碳流体管道连接压缩装置，压缩装置出口连接的高温高压二氧化碳流体管道连接气体冷却装置。

4. 一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖方法，采用权利要求1~3任一项所述的基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统，其特征在于包括以下步骤：

(1) 天然气和过量空气在燃气锅炉单元中充分燃烧，生成含有 CO_2 、 H_2O 的高温烟气，同时放出大量的热量；

(2) 燃气锅炉单元中的高温烟气物流送往烟气余热初级回收单元，燃烧热用于对在二氧化碳热泵余热深度回收单元实现第二级升温后热网回水进行第三级加热，第三级升温后热网回水送往热用户；

(3) 烟气余热初级回收单元将高温烟气与来自热用户的热网回水进行热交换，将高温烟气进行降温后成为低温烟气送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的二氧化碳蒸发装置，同时对来自热用户的热网回水进行第一级升温后热网回水送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置；

(4) 低温烟气在二氧化碳蒸发装置与二氧化碳工质进行热交换，成为 30°C 及以下低温烟气，通往大气中；

(5) 第一级升温后热网回水在二氧化碳气体冷却装置与高温高压二氧化碳流体进行热交换，成为第二级升温后热网回水送往燃气锅炉单元。

5. 根据权利要求4所述的基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖方法，其特征在于：燃气供暖系统选取天然气为原料，天然气的低位发热值为 32.76 MJ/m^3 ，当二氧化碳热泵的循环性能系数COP为2.5~6.5时，供暖系统效率达106.6%~110%。

基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统和方法,属于清洁供暖领域。

背景技术

[0002] 随着我国城市化进程的加快,城市集中供暖规模也随之不断扩大,与此同时,北方地区的供暖已成为冬季污染排放的主要来源。北方城市高效清洁供暖已成为能源生产和消费革命的重要内容。在“煤改气”的推动下,一些区域热源厂采用天然气锅炉,燃气锅炉供暖逐渐成为北方集中供暖的主要方式。但燃气锅炉集中供暖目前也面临着燃料短缺与供暖成本高的问题。

[0003] 目前燃气锅炉的排烟温度在150 °C到200 °C之间,如此高的排烟温度不仅会损失大量的烟气显热,且烟气中的水蒸气潜热也被完全浪费。锅炉的排烟热损失是锅炉热损失的主要组成部分,其损失的热量可占天然气低位发热量的10%~20%,导致燃气锅炉实际运行热效率较低,为80%~90%。锅炉烟气余热回收具有很大的节能潜力。如果将排烟温度降低到20~30 °C以下,充分回收利用烟气中水蒸气的潜热,可以取得较好的余热回收效果。

[0004] 对于现在的燃气热源厂,由于热网回水温度较高,一般高于60 °C,利用吸收式热泵来回收烟气余热用于对外供热,烟气余热回收量有限,严重影响余热利用量。

[0005] 二氧化碳热泵采用对环境无害的CO₂为工质,传热效率高,临界温度(31.1 °C)较低,如中国专利CN106568111A和CN 109442530A所述,近年来已逐步应用于地板采暖和火电厂汽轮机余热供热方面。二氧化碳热泵蒸发过程位于亚临界区,可以吸收燃气锅炉低温烟气的热量,实现烟气低温余热深度回收,进一步提高燃气热源厂燃料利用率和燃气供暖系统效率。

发明内容

[0006] 本发明旨在提供一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,解决了燃气热源厂排烟温度高、烟气余热利用有限、供暖效率低和供暖成本高等问题。

[0007] 本发明提供的基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,采用二氧化碳热泵进一步降低燃气锅炉烟气温度,实现烟气低温排放,同时发挥二氧化碳热泵对低温余热高效提质优势,将低温烟气余热深度高效回收至热网回水中,实现了烟气余热的深度高效回收利用;该系统通过烟气余热分级回收和热网回水分级加热,实现了能量梯级利用,减少了燃气能量的排烟损失,可大幅度提高燃气供暖系统效率,降低燃气供暖成本和燃气供暖污染物排放。

[0008] 本发明提供了一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,包括燃气锅炉单元、烟气余热初级回收单元、二氧化碳热泵余热深度回收单元和与之对应的热网回水三级升温管网;其中,燃气锅炉单元,用于天然气和空气燃烧,生成含有CO₂、H₂O及含硫氮化合物的高温烟气,同时放出大量的热量。其中高温烟气物流送往烟气余热初级回收单元,燃

烧热用于对在二氧化碳热泵余热深度回收单元实现第二级加热后的热网回水进行第三级加热,热网回水经第三级升温后送往热用户;烟气余热初级回收单元用于将高温烟气与来自热用户的热网回水进行热交换,将高温烟气降温后成为低温烟气送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的蒸发装置,同时将来自热用户的经第一级升温后的热网回水送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置;二氧化碳热泵余热深度回收单元包含二氧化碳蒸发装置、节流装置、二氧化碳气体冷却装置和压缩装置,低温烟气在二氧化碳蒸发装置与二氧化碳工质进行热交换,烟气温度进一步降低至30℃以下,第一级升温后的热网回水在二氧化碳气体冷却装置与高温高压的二氧化碳流体进行热交换,实现热网回水第二级升温后送往燃气锅炉单元。

[0009] 上述方案中,燃气锅炉单元一侧设有天然气入口和过量空气入口,燃气锅炉单元另一侧设置的高温烟气出口连接烟气余热初级回收单元;

[0010] 烟气余热初级回收单元为高温烟气和热网回水的热交换装置,烟气余热初级回收单元设有高温烟气入口和热网回水入口,以及低温烟气出口和第一级升温后热网回水出口;

[0011] 二氧化碳热泵余热深度回收单元包括依次连接构成回路的气体冷却装置、节流装置、二氧化碳蒸发装置和压缩装置;二氧化碳气体冷却装置为第一级升温后热网回水和高温高压二氧化碳流体的热交换装置,第一级升温后热网回水出口连接二氧化碳气体冷却装置;气体冷却装置出口的第二级升温后热网回水出口连接燃气锅炉单元;气体冷却装置出口的低温高压二氧化碳流体出口连接节流装置,节流装置出口连接二氧化碳蒸发装置,二氧化碳蒸发装置为低温烟气和低温低压二氧化碳流体的热交换装置,烟气余热初级回收单元的低温烟气出口连接二氧化碳蒸发装置,二氧化碳蒸发装置的排放烟气出口连接大气,高温低压二氧化碳流体出口连接压缩装置;压缩装置出口连接二氧化碳气体冷却装置。

[0012] 燃气锅炉单元输出第三级升温后热网回水,第三级升温后热网回水管道的出口连接热用户。

[0013] 进一步地,气体冷却装置的低温高压二氧化碳流体管道连接节流装置,节流装置出口连接的低温低压二氧化碳流体管道连接二氧化碳蒸发装置,二氧化碳蒸发装置出口连接的高温低压二氧化碳流体管道连接压缩装置,压缩装置出口连接的高温高压二氧化碳流体管道连接气体冷却装置。

[0014] 本发明提供了一种基于上述装置进行二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖方法,包括以下步骤:

[0015] (1)天然气和过量空气在燃气锅炉单元中充分燃烧,生成含有CO₂、H₂O的高温烟气,同时放出大量的热量;

[0016] (2)燃气锅炉单元中的高温烟气物流送往烟气余热初级回收单元,燃烧热用于对在二氧化碳热泵余热深度回收单元实现第二级升温后热网回水进行第三级加热,第三级升温后热网回水送往热用户;

[0017] (3)烟气余热初级回收单元将高温烟气与来自热用户的热网回水进行热交换,将高温烟气进行降温后成为低温烟气送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的二氧化碳蒸发装置,同时对来自热用户的热网回水进行第一级升温后热网回水送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置;

[0018] (4)低温烟气在二氧化碳蒸发装置与二氧化碳工质进行热交换,成为30℃及以下低温烟气,通往大气中;

[0019] (5)第一级升温后热网回水在二氧化碳气体冷却装置与高温高压二氧化碳流体进行热交换,成为第二级升温后热网回水送往燃气锅炉单元。

[0020] 上述方法中,燃气供暖系统选取天然气为原料,天然气的低位发热值为32.76 MJ/m³,当二氧化碳热泵的循环性能系数COP为2.5~6.5时,供暖系统效率达106.6%~110%。

[0021] 本发明的有益效果:

[0022] (1)本发明提供的一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,采用烟气余热分级回收和热网回水分级加热,实现了能量梯级利用。

[0023] (2)本发明提供的一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,通过设置二氧化碳热泵进一步降低烟气温度,实现烟气低温排放,同时发挥二氧化碳热泵对低温热高效提质优势,实现低温烟气余热的深度高效回收。

[0024] (3)本发明提供的一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,将烟气的低温余热回收至热网回水中,实现了烟气余热的深度高效回收利用,减少了燃气锅炉的排烟损失,可大幅度提高燃气供暖系统效率,降低燃气供暖成本和燃气供暖污染物排放。

附图说明

[0025] 图1为基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统图。

[0026] 图中:1为燃气锅炉单元,2为烟气余热初级回收单元,3为气体冷却装置,4为节流装置,5为二氧化碳蒸发装置,6为压缩装置,7为用户;

[0027] 11为天然气,12为空气,13为高温烟气,14为低温烟气,15为排放烟气;

[0028] 16为热网回水,17为第一级升温后热网回水,18为第二级升温后热网回水,19为第三级升温后热网回水;

[0029] 20为低温高压二氧化碳流体,21为低温低压二氧化碳流体,22为高温低压二氧化碳流体,23为高温高压二氧化碳流体。

具体实施方式

[0030] 下面通过实施例来进一步说明本发明,但不局限于以下实施例。

[0031] 实施例1:

[0032] 如图1所示,本发明提供了一种基于二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统,该系统包括:燃气锅炉单元1、烟气余热初级回收单元2、二氧化碳热泵余热深度回收单元和与之对应的热网回水三级升温管网。

[0033] 上述方案中,燃气锅炉单元1,用于天然气和空气燃烧,生成含有CO₂、H₂O及含硫氮化合物的高温烟气,同时放出大量的热量。其中高温烟气物流送往烟气余热初级回收单元2,燃烧热用于对在二氧化碳热泵余热深度回收单元实现第二级加热后的热网回水进行第三级加热,热网回水经第三级升温后送往热用户7;烟气余热初级回收单元用于将高温烟气与来自热用户的热网回水进行热交换,将高温烟气降温后成为低温烟气送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的蒸发装置5,同时将来自热用户的经第一级升温后的热网回水送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置3;二氧化碳热泵余热深度回收单元包含二

氧化碳蒸发装置5、节流装置4、二氧化碳气体冷却装置3和压缩装置6,低温烟气在二氧化碳蒸发装置5与二氧化碳工质进行热交换,烟气温度进一步降低至30℃以下,第一级升温后的热网回水在二氧化碳气体冷却装置3与高温高压的二氧化碳流体进行热交换,实现热网回水第二级升温后送往燃气锅炉单元1。

[0034] 燃气锅炉单元一侧设有天然气入口和过量空气入口,燃气锅炉单元另一侧设置的高温烟气出口连接烟气余热初级回收单元2,

[0035] 烟气余热初级回收单元2为高温烟气和热网回水的热交换装置,烟气余热初级回收单元2设有高温烟气13入口和热网回水16入口,以及低温烟气14出口和第一级升温后热网回水17出口;

[0036] 二氧化碳热泵余热深度回收单元包括依次连接构成回路的气体冷却装置3、节流装置4、二氧化碳蒸发装置5和压缩装置6;二氧化碳气体冷却装置3为第一级升温后热网回水17和高温高压二氧化碳流体23的热交换装置,第一级升温后热网回水17出口连接二氧化碳气体冷却装置3;气体冷却装置3出口的第二级升温后热网回水18出口连接燃气锅炉单元1;气体冷却装置3出口的低温高压二氧化碳流体出口连接节流装置4,节流装置出口连接二氧化碳蒸发装置5,二氧化碳蒸发装置5为低温烟气14和低温低压二氧化碳流体21的热交换装置,烟气余热初级回收单元2的低温烟气14出口连接二氧化碳蒸发装置5,二氧化碳蒸发装置5的排放烟气15出口连接大气,高温低压二氧化碳流体22出口连接压缩装置6;压缩装置6出口连接二氧化碳气体冷却装置3。

[0037] 进一步地,气体冷却装置3的低温高压二氧化碳流体20管道连接节流装置4,节流装置4出口连接的低温低压二氧化碳流体21管道连接二氧化碳蒸发装置5,二氧化碳蒸发装置5出口连接的高温低压二氧化碳流体管道连接压缩装置6,压缩装置6出口连接的高温高压二氧化碳流体23管道连接气体冷却装置3;

[0038] 燃气锅炉单元1输出第三级升温后热网回水19,第三级升温后热网回水19管道的出口连接热用户7。

[0039] 上述系统的使用过程包括以下步骤:

[0040] (1)天然气11和过量空气12在燃气锅炉单元1中充分燃烧,生成含有CO₂、H₂O的高温烟气13,同时放出大量的热量;

[0041] (2)燃气锅炉单元1中的高温烟气13物流送往烟气余热初级回收单元2,燃烧热用于对在二氧化碳热泵余热深度回收单元实现第二级升温后热网回水18进行第三级加热,第三级升温后热网回水19送往热用户7;

[0042] (3)烟气余热初级回收单元2将高温烟气13与来自热用户的热网回水16进行热交换,将高温烟气进行降温后成为低温烟气14送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的二氧化碳蒸发装置5,同时对来自热用户的热网回水进行第一级升温后热网回水17送往二氧化碳热泵余热深度回收单元的气体冷却装置3;

[0043] (4)低温烟气14在二氧化碳蒸发装置5与二氧化碳工质进行热交换,成为30℃及以下低温烟气15,通往大气中;

[0044] (5)第一级升温后热网回水17在二氧化碳气体冷却装置13与高温高压二氧化碳流体23进行热交换,成为第二级升温后热网回水18送往燃气锅炉单元1。

[0045] 本发明所提供的二氧化碳热泵深度余热回收的燃气供暖系统选取天然气为原料,

天然气的低位发热值为 32.76 MJ/m^3 ,当二氧化碳热泵的循环性能系数COP(coefficient of performance)为2.5~6.5时,供暖系统效率可达106.6%~110%,年可节约天然气用量13%~18%,年减少 CO_2 排放量13%~16%。

[0046] 以上所述的具体实例仅为了详细解释说明本发明的有益成果和特殊技术方案,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

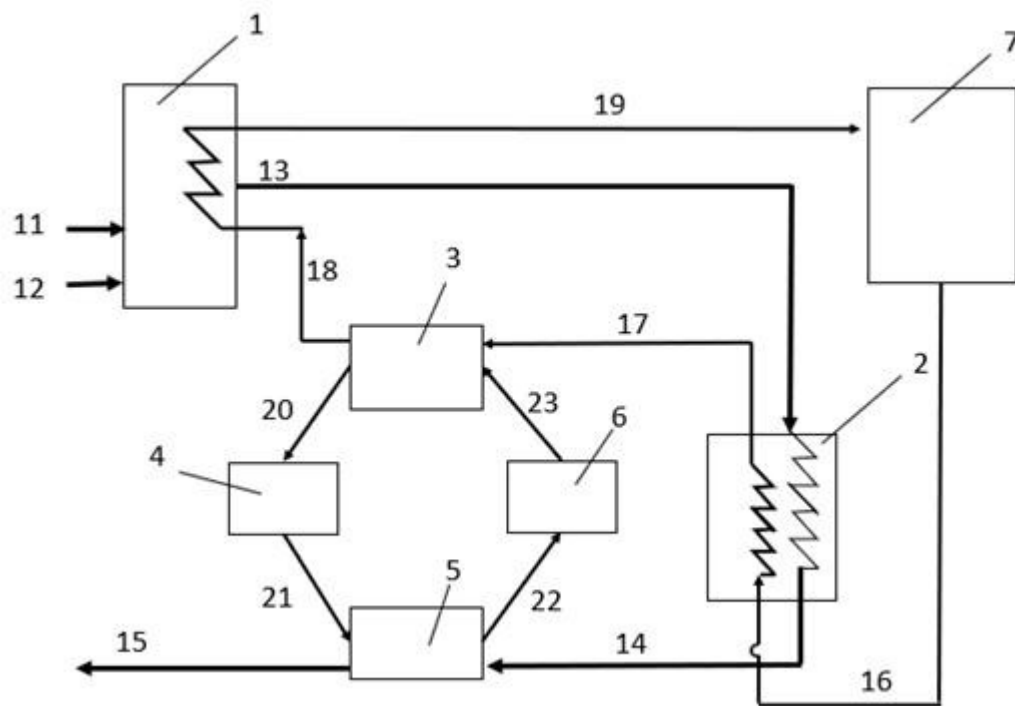


图1