



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108150999 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 28

(21) 申请号 201711459300.6

(22) 申请日 2017.12.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108150999 A

(43) 申请公布日 2018.06.12

(73) 专利权人 华电电力科学研究院有限公司
地址 310030 浙江省杭州市西湖区三墩镇
西园一路10号

(72) 发明人 高新勇 陈菁 孙士恩 俞聪
郑立军 何晓红 费盼峰 王伟

(74) 专利代理机构 杭州天欣专利事务所(普通
合伙) 33209
专利代理师 屠福河

(51) Int. Cl.
F22D 1/50 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 204730303 U, 2015.10.28

CN 101943435 A, 2011.01.12

CN 102032612 A, 2011.04.27

CN 203717051 U, 2014.07.16

审查员 张晴

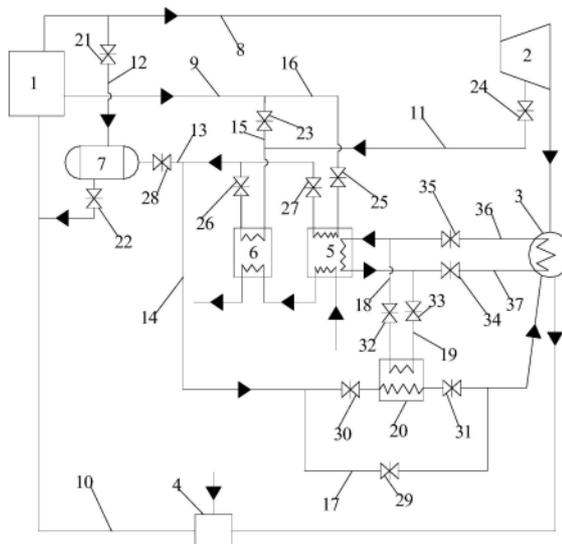
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种联合循环机组供热疏水除氧系统及除氧方法

(57) 摘要

本发明公开了一种联合循环机组供热疏水除氧系统,包括余热锅炉、蒸汽轮机、凝汽器、轴封蒸汽换热器、吸收式热泵、热网换热器、除氧器、疏水换热器,余热锅炉通过高压蒸汽管与蒸汽轮机进汽口连接,蒸汽轮机的排汽口与凝汽器连接,凝汽器通过锅炉给水管与余热锅炉连接,且在锅炉给水管上设置有轴封蒸汽换热器,余热锅炉与低压蒸汽管连接,低压蒸汽管通过低压蒸汽A支管、低压蒸汽B支管分别与热网换热器、吸收式热泵的进汽口连接,吸收式热泵与热网换热器的疏水出口通过疏水A支管、疏水B支管分别与除氧器、疏水换热器的疏水进口连接,除氧器的蒸汽进口通过高压蒸汽支管与高压蒸汽管连接,除氧器的给水出口与锅炉给水管连接。



CN 108150999 B

1. 一种利用联合循环机组供热疏水除氧系统的除氧方法,其特征在于,所述除氧系统包括余热锅炉(1)、蒸汽轮机(2)、凝汽器(3)、轴封蒸汽换热器(4)、吸收式热泵(5)、热网换热器(6)、除氧器(7)、疏水换热器(20),余热锅炉(1)通过高压蒸汽管(8)与蒸汽轮机(2)进汽口连接,蒸汽轮机(2)的排汽口与凝汽器(3)连接,凝汽器(3)通过锅炉给水管(10)与余热锅炉(1)连接,且在锅炉给水管(10)上设置有轴封蒸汽换热器(4),余热锅炉(1)与低压蒸汽管(9)连接,低压蒸汽管(9)通过低压蒸汽A支管(15)、低压蒸汽B支管(16)分别与热网换热器(6)、吸收式热泵(5)的进汽口连接,吸收式热泵(5)与热网换热器(6)的疏水出口通过疏水A支管(13)、疏水B支管(14)分别与除氧器(7)、疏水换热器(20)的疏水进口连接,除氧器(7)的蒸汽进口通过高压蒸汽支管(12)与高压蒸汽管(8)连接,除氧器(7)的给水出口与锅炉给水管(10)连接,疏水换热器(20)的疏水出口与凝汽器(3)连接,吸收式热泵(5)的低温循环水通过低温循环出水A支管(19)、低温循环进水A支管(18)分别与疏水换热器(20)的低温循环水进、出口连接,吸收式热泵(5)的低温循环水还通过低温循环出水B支管(37)、低温循环进水B支管(36)分别与凝汽器(3)的低温循环水进、出口连接,热网水系统依次与吸收式热泵(5)、热网换热器(6)连接进行吸热;

利用除氧器(7)对疏水进行除氧时,此时由于锅炉给水温度 T_1 升高而引起烟气余热吸收量减少,余热吸收减少量函数 $f(T_1) = A \times \alpha \times d_w / d_n \times [(T_m - (T_{10} + T_{102}) / 2) - (T_m - (T_1 + T_{12}) / 2)]$,其中,A为余热锅炉的换热面积, α 为余热锅炉的换热系数, d_w 为余热锅炉的换热管外径, d_n 为余热锅炉的换热管内径, T_m 为余热锅炉的换热管管壁温度, T_{10} 为升温前的锅炉给水温度, T_{102} 为升温前的锅炉出口温度, T_1 为升温后的锅炉给水温度, T_{12} 为锅炉给水温度升温后的锅炉出口温度;利用凝汽器(3)对疏水进行除氧时,吸收式热泵可吸收的低温热源的热量 $Q_x = q_1 \times (h_{11} - h_{22}) \times (COP - 1)$, q_1 为驱动蒸汽流量, h_{11} 为驱动蒸汽焓值, h_{22} 为驱动蒸汽形成的疏水焓值,COP为吸收式热泵的性能系数;蒸汽轮机的乏汽余热函数 $f(T_2) = q_2 \times [h_1(T_2) - h_2(T_2)]$, q_2 为乏汽流量, $h_1(T_2)$ 为乏汽焓值, $h_2(T_2)$ 为乏汽形成的疏水焓值, T_2 为汽轮机的乏汽温度;疏水进入凝汽器(3)除氧时所释放的热量 $f(T_3) = q_3 \times [h_3(T_3) - h_4(T_4)]$, q_3 为疏水流量, $h_3(T_3)$ 为疏水焓值, T_3 为疏水温度, $h_4(T_4)$ 为疏水降至背压对应温度 T_4 时的焓值,对上述函数大小进行比较,根据函数比较的结果采用如下的除氧方法:

(1) 当 $Q_x \geq f(T_2) + f(T_3)$ 时,除氧器(7)不投入运行,疏水换热器(20)投入运行,利用凝汽器(3)对疏水进行除氧;

(2) 当 $Q_x \geq f(T_2)$ 时,疏水换热器(20)不投入运行,除氧器(7)投入运行,利用除氧器(7)对疏水进行除氧;

(3) 当 $f(T_2) < Q_x < f(T_2) + f(T_3)$ 时,则按以下方法进行除氧方法的选择:(A)若 $f(T_1) < f(T_2) + f(T_3) - Q_x$,疏水换热器(20)不投入运行,除氧器(7)投入运行,利用除氧器(7)对疏水进行除氧;(B)若 $f(T_1) \geq f(T_2) + f(T_3) - Q_x$,除氧器(7)不投入运行,疏水换热器(20)投入运行,利用凝汽器(3)对疏水进行除氧。

2. 根据权利要求1所述的除氧方法,其特征在于,所述蒸汽轮机(2)通过采暖抽汽管(11)与热网换热器(6)的进汽口连接,采暖抽汽管(11)上装有第四阀门(24)。

3. 根据权利要求1所述的除氧方法,其特征在于,所述疏水换热器(20)的疏水管路设置有疏水旁路(17),且在疏水换热器(20)的疏水进水管、疏水出水管与疏水旁路(17)上分别装有第十阀门(30)、第十一阀门(31)、第九阀门(29)。

4. 根据权利要求1所述的除氧方法,其特征在于,所述低温循环出水A支管(19)、低温循环进水A支管(18)上分别装有第十三阀门(33)、第十二阀门(32),低温循环出水B支管(37)、低温循环进水B支管(36)上分别装有第十四阀门(34)、第十五阀门(35)。

5. 根据权利要求1所述的除氧方法,其特征在于,所述轴封蒸汽换热器(4)为直接接触式换热器或者间壁式换热器。

6. 根据权利要求1所述的除氧方法,其特征在于,所述低压蒸汽A支管(15)、低压蒸汽B支管(16)上分别装有第三阀门(23)、第五阀门(25),吸收式热泵(5)与热网换热器(6)的疏水出口、疏水A支管(13)上分别装有第七阀门(27)、第六阀门(26)、第八阀门(28)。

7. 根据权利要求1所述的除氧方法,其特征在于,所述高压蒸汽支管(12)上装有第一阀门(21),除氧器(7)的给水出口装有第二阀门(22)。

一种联合循环机组供热疏水除氧系统及除氧方法

技术领域

[0001] 本发明属于低温余热回收领域,具体涉及一种联合循环机组供热疏水除氧系统及除氧方法,尤其适于利用吸收式热泵回收余热的联合循环电厂。

背景技术

[0002] 燃气-蒸汽联合循环机组是一种热能、电能同时生产的能源利用形式,它将高品位的热能用于发电,低品位的热能用于供热,既提高能源的利用效率,又减少了环境污染。特别是最近几年来,由于环境污染严重,作为主要清洁能源的天然气燃料得到迅速的开发和全面的利用,解决了联合循环机组的燃料瓶颈,从而使得联合循环机组在电力行业中的重要作用逐步得到了发挥。另外,联合循环电厂不仅具有高效率的供电供热功能,还具有很强的调峰作用,同时还可以当作基本负荷来满足电网的需求。由此在电力发展中,扮演着越来越重要的角色。虽然联合循环机组具有较高的能源利用率,但其仍有将近20%以上的低温余热通过汽轮机乏汽或锅炉排烟而浪费掉。为此,专利为“联合循环低温余热回收装置(专利号201320887173.0)”公开了一种回收低温乏汽余热的回收装置,有效解决了联合循环机组因乏汽余热被排放而能源效率无法进一步提高的问题。但是,针对热网系统与吸收式热泵系统利用后的蒸汽疏水,未经除氧而直接进入余热锅炉,会对余热锅炉的安全运行带来一定的影响。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是提供一种联合循环机组供热疏水除氧系统及除氧方法,能够除去蒸汽疏水中的氧气,保护余热锅炉的安全运行,有效回收中低温余热。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的一种联合循环机组供热疏水除氧系统,所述除氧系统包括余热锅炉、蒸汽轮机、凝汽器、轴封蒸汽换热器、吸收式热泵、热网换热器、除氧器、疏水换热器,余热锅炉通过高压蒸汽管与蒸汽轮机进汽口连接,蒸汽轮机的排汽口与凝汽器连接,凝汽器通过锅炉给水管与余热锅炉连接,且在锅炉给水管上设置有轴封蒸汽换热器,余热锅炉与低压蒸汽管连接,低压蒸汽管通过低压蒸汽A支管、低压蒸汽B支管分别与热网换热器、吸收式热泵的进汽口连接,吸收式热泵与热网换热器的疏水出口通过疏水A支管、疏水B支管分别与除氧器、疏水换热器的疏水进口连接,除氧器的蒸汽进口通过高压蒸汽支管与高压蒸汽管连接,除氧器的给水出口与锅炉给水管连接,疏水换热器的疏水出口与凝汽器连接,吸收式热泵的低温循环水通过低温循环出水A支管、低温循环进水A支管分别与疏水换热器的低温循环水进、出口连接,吸收式热泵的低温循环水还通过低温循环出水B支管、低温循环进水B支管分别与凝汽器的低温循环水进、出口连接,热网水系统依次与吸收式热泵、热网换热器连接进行吸热。

[0005] 作为优选,所述蒸汽轮机通过采暖抽汽管与热网换热器的进汽口连接,采暖抽汽管上装有第四阀门。

[0006] 作为优选,所述疏水换热器的疏水管路设置有疏水旁路,且在疏水换热器的疏水

进水管、疏水出水管与疏水旁路上分别装有第十阀门、第十一阀门、第九阀门。

[0007] 作为优选,所述低温循环出水A支管、低温循环进水A支管上分别装有第十三阀门、第十二阀门,低温循环出水B支管、低温循环进水B支管上分别装有第十四阀门、第十五阀门。

[0008] 作为优选,所述轴封蒸汽换热器为直接接触式换热器或者间壁式换热器。

[0009] 作为优选,所述低压蒸汽A支管、低压蒸汽B支管上分别装有第三阀门、第五阀门,吸收式热泵与热网换热器的疏水出口、疏水A支管上分别装有第七阀门、第六阀门、第八阀门。

[0010] 作为优选,所述高压蒸汽支管上装有第一阀门,除氧器的给水出口装有第二阀门。

[0011] 为解决上述技术问题,本发明的一种联合循环机组供热疏水除氧系统的除氧方法,利用除氧器对疏水进行除氧时,此时由于锅炉给水温度 T_1 升高而引起烟气余热吸收量减少,余热吸收减少量函数 $f(T_1) = A \times \alpha \times d_w / d_n \times [(T_m - (T_{10} + T_{102}) / 2) - (T_m - (T_1 + T_{12}) / 2)]$,其中,A为余热锅炉的换热面积, α 为余热锅炉的换热系数, d_w 为余热锅炉的换热管外径, d_n 为余热锅炉的换热管内径, T_m 为余热锅炉的换热管管壁温度, T_{10} 为升温前的锅炉给水温度, T_{102} 为升温前的锅炉出口温度, T_1 为升温后的锅炉给水温度, T_{12} 为锅炉给水温度升温后的锅炉出口温度;利用凝汽器对疏水进行除氧时,吸收式热泵可吸收的低温热源的热量 $Q_x = q_1 \times (h_{11} - h_{22}) \times (COP - 1)$, q_1 为驱动蒸汽流量, h_{11} 为驱动蒸汽焓值, h_{22} 为驱动蒸汽形成的疏水焓值,COP为吸收式热泵的性能系数;蒸汽轮机的乏汽余热函数 $f(T_2) = q_2 \times [h_1(T_2) - h_2(T_2)]$, q_2 为乏汽流量, $h_1(T_2)$ 为乏汽焓值, $h_2(T_2)$ 为乏汽形成的疏水焓值, T_2 为汽轮机的乏汽温度;疏水进入凝汽器除氧时所释放的热量 $f(T_3) = q_3 \times [h_3(T_3) - h_4(T_4)]$, q_3 为疏水流量, $h_3(T_3)$ 为疏水焓值, T_3 为疏水温度, $h_4(T_4)$ 为疏水降至背压对应温度 T_4 时的焓值,对上述函数大小进行比较,根据函数比较的结果采用如下的除氧方法:

[0012] (1) 当 $Q_x \geq f(T_2) + f(T_3)$ 时,除氧器不投入运行,疏水换热器投入运行,利用凝汽器对疏水进行除氧;

[0013] (2) 当 $Q_x \leq f(T_2)$ 时,疏水换热器不投入运行,除氧器投入运行,利用除氧器对疏水进行除氧;

[0014] (3) 当 $f(T_2) < Q_x < f(T_2) + f(T_3)$ 时,则按以下方法进行除氧方法的选择:(A) 若 $f(T_1) < f(T_2) + f(T_3) - Q_x$,疏水换热器不投入运行,除氧器投入运行,利用除氧器对疏水进行除氧;(B) 若 $f(T_1) \geq f(T_2) + f(T_3) - Q_x$,除氧器不投入运行,疏水换热器投入运行,利用凝汽器对疏水进行除氧。

[0015] 本发明与现有技术相比,具有以下优点和效果:1) 本发明可以有效实现热网疏水的除氧,降低余热锅炉的给水含氧量,提高系统的运行安全性;2) 基于余热回收最大量的原则,进行除氧方法的选择,在保证疏水有效除氧的同时,最大程度的回收联合循环系统的中低温余热,进一步提升联合循环系统的综合能源利用效率。3) 本发明是针对专利“联合循环低温余热回收装置”在北京某联合循环机组的余热回收工程应用中所存在的技术问题,而进行的技术发明创造,具有很大的实用性和推广意义。

附图说明

[0016] 图1是本发明一种联合循环机组供热疏水除氧系统示意图。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明,以下实施例是对本发明的解释而本发明并不局限于以下实施例。

[0018] 如图1所示,一种联合循环机组供热疏水除氧系统,所述除氧系统包括余热锅炉1、蒸汽轮机2、凝汽器3、轴封蒸汽换热器4、吸收式热泵5、热网换热器6、除氧器7、疏水换热器20,余热锅炉1顶部通过高压蒸汽管8与蒸汽轮机2进汽口连接,使余热锅炉1的高压蒸汽进入蒸汽轮机2做功,蒸汽轮机2的排汽口与凝汽器3连接,凝汽器3通过锅炉给水管10与余热锅炉1连接从而对余热锅炉1进行补水,且在锅炉给水管10上设置有轴封蒸汽换热器4对锅炉给水进行加热,余热锅炉1与低压蒸汽管9连接,低压蒸汽管9通过低压蒸汽A支管15、低压蒸汽B支管16分别与热网换热器6、吸收式热泵5的进汽口连接,吸收式热泵5与热网换热器6的疏水出口通过疏水A支管13、疏水B支管14分别与除氧器7、疏水换热器20的疏水进口连接,除氧器7的蒸汽进口通过高压蒸汽支管12与高压蒸汽管8连接,除氧器7的给水出口与锅炉给水管10连接,疏水换热器20的疏水出口与凝汽器3连接,吸收式热泵5的低温循环水通过低温循环出水A支管19、低温循环进水A支管18分别与疏水换热器20的低温循环水进、出口连接,吸收式热泵5的低温循环水还通过低温循环出水B支管37、低温循环进水B支管36分别与凝汽器3的低温循环水进、出口连接,热网水系统依次与吸收式热泵5、热网换热器6连接进行吸热。

[0019] 热网水系统依次与吸收式热泵5、热网换热器6连接,热网水首先利用吸收式热泵5回收低温循环水吸收的余热(低温循环水吸收的余热来自凝汽器3和疏水换热器20)和余热锅炉1的低压蒸汽的热量来加热,然后再利用热网换热器6吸收余热锅炉1的低压蒸汽的热量进一步加热,之后对外供热,从而实现了热能的梯级利用。设置疏水换热器20主要是为了通过吸收式热泵5进一步回收疏水的余热,降低疏水的温度,同时避免了因疏水温度过高而引起凝汽器3真空度的降低,从而提高了系统的综合能源利用效率。

[0020] 作为优选,所述蒸汽轮机2通过采暖抽汽管11与热网换热器6的进汽口连接,采暖抽汽管11上装有第四阀门24。蒸汽轮机2的采暖抽汽可以单独作为热网换热器6的热源对热网水进行加热,蒸汽轮机2的采暖抽汽也可以和余热锅炉1的低压蒸汽一起作为热网换热器6的热源,余热锅炉1的低压蒸汽也可以单独作为热网换热器6的热源。

[0021] 作为优选,所述疏水换热器20的疏水管路设置有疏水旁路17,且在疏水换热器20的疏水进水管、疏水出水管与疏水旁路17上分别装有第十阀门30、第十一阀门31、第九阀门29。

[0022] 作为优选,所述低温循环出水A支管19、低温循环进水A支管18上分别装有第十三阀门33、第十二阀门32,低温循环出水B支管37、低温循环进水B支管36上分别装有第十四阀门34、第十五阀门35。

[0023] 作为优选,所述轴封蒸汽换热器4为直接接触式换热器(混合式换热器)或者间壁式换热器。

[0024] 作为优选,所述低压蒸汽A支管15、低压蒸汽B支管16上分别装有第三阀门23、第五阀门25,吸收式热泵5与热网换热器6的疏水出口、疏水A支管13上分别装有第七阀门27、第六阀门26、第八阀门28。

[0025] 作为优选,所述高压蒸汽支管12上装有第一阀门21,除氧器7的给水出口装有第二

阀门22。

[0026] 根据上述一种联合循环机组供热疏水除氧系统的除氧方法,利用除氧器7对疏水进行除氧时,此时由于锅炉给水温度升高,引起余热锅炉1的换热性能降低,从而引起烟气余热吸收量减少,余热吸收减少量函数为 $f(T_1)$,升温后的锅炉给水温度为 T_1 ,此时的热量函数 $f(T_1)$ 通过余热锅炉的性能分析,假定其它参数一定时,函数 $f(T_1)$ 的计算公式为: $f(T_1) = A \times \alpha \times d_w/d_n \times [(T_m - (T_{10} + T_{102})/2) - (T_m - (T_1 + T_{12})/2)]$,其中,A为余热锅炉的换热面积, α 为余热锅炉的换热系数, d_w 为余热锅炉的换热管外径, d_n 为余热锅炉的换热管内径, T_m 为余热锅炉的换热管管壁温度, T_{10} 为升温前的锅炉给水温度, T_{102} 为升温前的锅炉出口温度, T_1 为升温后的锅炉给水温度, T_{12} 为锅炉给水温度升温后的锅炉出口温度。

[0027] 利用凝汽器3对疏水进行除氧时,吸收式热泵5可吸收的低温热源的热量为 Q_x ,此时的热量函数 Q_x 与吸收式热泵5的COP值有关,公式为 $Q_x = q_1 \times (h_{11} - h_{22}) \times (COP - 1)$, q_1 为驱动蒸汽流量(驱动蒸汽为来自余热锅炉的低压蒸汽), h_{11} 为驱动蒸汽焓值, h_{22} 为驱动蒸汽形成的疏水焓值,COP为吸收式热泵的性能系数;

[0028] 蒸汽轮机2的乏汽余热函数 $f(T_2)$, T_2 为蒸汽轮机2的乏汽温度,此时的乏汽余热函数 $f(T_2)$ 也等于蒸汽轮机2的乏汽凝结为饱和疏水时所释放出的热量,计算公式为 $f(T_2) = q_2 \times [h_1(T_2) - h_2(T_2)]$, q_2 为乏汽流量, $h_1(T_2)$ 为乏汽焓值, $h_2(T_2)$ 为乏汽形成的疏水焓值;

[0029] 疏水进入凝汽器3除氧时所释放的热量函数为 $f(T_3)$, T_3 为疏水温度,此时的热量函数 $f(T_3)$ 为疏水进入凝汽器3所能释放出的热量,设定凝汽器3背压一定,其值则主要与疏水温度有关,公式为 $f(T_3) = q_3 \times [h_3(T_3) - h_4(T_4)]$, q_3 为疏水流量, $h_3(T_3)$ 为疏水焓值, $h_4(T_4)$ 为疏水降至背压对应温度 T_4 时的焓值。

[0030] 对上述函数大小进行比较,根据函数比较的结果采用如下的除氧方法:

[0031] (1) 当 $Q_x \geq f(T_2) + f(T_3)$ 时,除氧器7不投入运行,疏水换热器20投入运行,利用凝汽器3对疏水进行除氧;

[0032] (2) 当 $Q_x \leq f(T_2)$ 时,疏水换热器20不投入运行,除氧器7投入运行,利用除氧器7对疏水进行除氧;

[0033] (3) 当 $f(T_2) < Q_x < f(T_2) + f(T_3)$ 时,则按以下方法进行除氧方法的选择:(A) 若 $f(T_1) < f(T_2) + f(T_3) - Q_x$,疏水换热器20不投入运行,除氧器7投入运行,利用除氧器7对疏水进行除氧;(B) 若 $f(T_1) \geq f(T_2) + f(T_3) - Q_x$,除氧器7不投入运行,疏水换热器20投入运行,利用凝汽器3对疏水进行除氧。

[0034] 利用除氧器7除氧时,以余热锅炉1的高压蒸汽作为驱动汽源,在除氧器7中,对来自热网换热器6和吸收式热泵5的热网疏水进行除氧,除氧后的给水与来自轴封蒸汽换热器4的给水进行混合后,进入余热锅炉1。

[0035] 利用凝汽器3除氧时,来自热网换热器6和吸收式热泵5的热网疏水先进入疏水换热器20,与吸收式热泵5的低温循环水进行换热,用低温循环水吸收余热降低热网疏水的温度,热网疏水之后再进入凝汽器3,利用凝汽器3的真空度对其进行除氧。

[0036] 此外,需要说明的是,本说明书中所描述的具体实施例,其零、部件的形状、所取名称等可以不同,本说明书中所描述的以上内容仅仅是对本发明结构所作的举例说明。凡依据本发明专利构思所述的构造、特征及原理所做的等效变化或者简单变化,均包括于本发明专利的保护范围内。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,只要不偏离本发明的结构或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

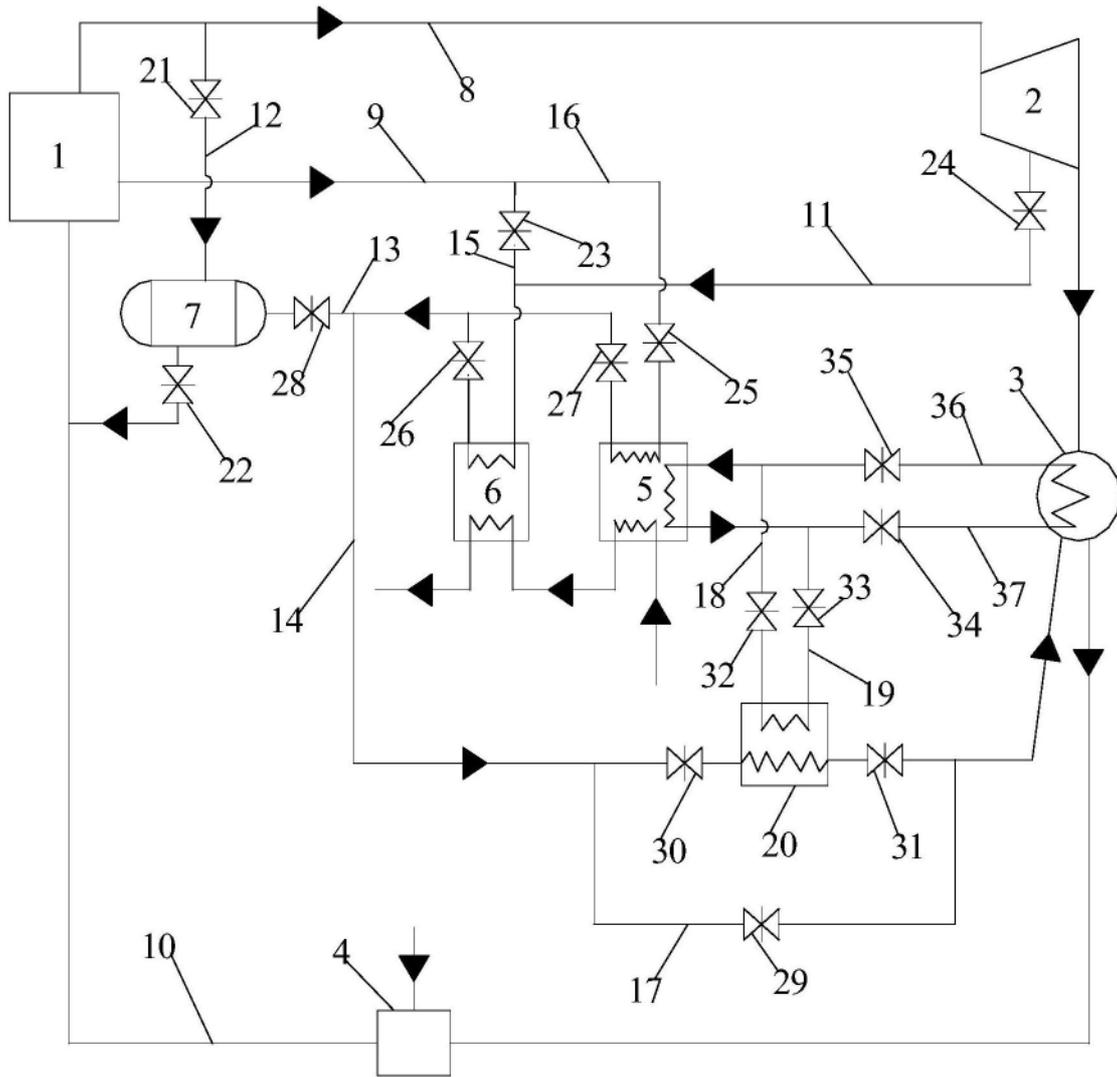


图1