



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103244214 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 14

(21) 申请号 201310164791. 7

(22) 申请日 2013. 05. 07

(71) 申请人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路 2 号

(72) 发明人 徐进良 刘超

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 薄观玖

(51) Int. Cl.

F01K 27/00 (2006. 01)

F01K 17/02 (2006. 01)

F24H 8/00 (2006. 01)

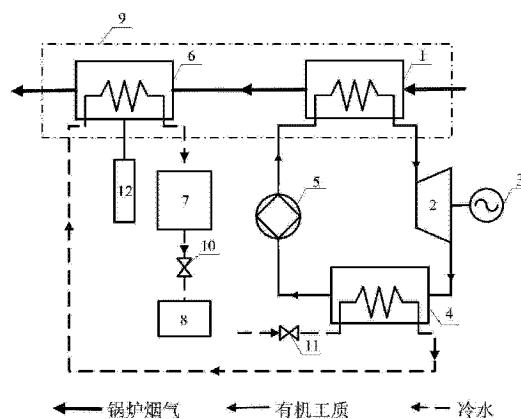
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

基于有机朗肯循环的烟气冷凝热回收热电联供系统

(57) 摘要

基于有机朗肯循环的烟气冷凝热回收热电联供系统,属于能源利用技术领域。系统包括蒸发器(1)、冷凝器(4)等;蒸发器(1)与烟气冷凝换热器(6)装于锅炉尾部烟道内。本发明用于阶梯回收锅炉排烟显热及潜热,实现排烟余热梯级深度利用;利用有机朗肯循环吸收利用烟气中较高品位显热输出电能;利用冷水吸收烟气中较低品位显热及水蒸气潜热,将烟气温度降至露点以下。同时,有机朗肯循环冷凝温度低于排烟温度,使冷水依次流经冷凝器与烟气冷凝换热器吸热升温,深度利用烟气余热。本发明能够实现有机朗肯循环的热电联供,实现天然气锅炉烟气梯级深度利用,充分回收利用热能;环保;对提高我国化石能源综合利用效率,促进工业节能具有重要意义。



1. 基于有机朗肯循环的烟气冷凝热回收热电联供系统,其特征是,该系统包括蒸发器(1)、膨胀机(2)、发电机(3)、冷凝器(4)、工质泵(5)、烟气冷凝换热器(6)、热水储水箱(7)、热水流量控制阀门(10)、冷水流量控制阀门(11)以及冷凝液回收装置(12);

所述蒸发器(1)与烟气冷凝换热器(6)装于锅炉尾部烟道(9)内,使锅炉尾部烟气先后流经蒸发器(1)与烟气冷凝换热器(6)进行放热之后排入大气;蒸发器(1)、膨胀机(2)、冷凝器(4)、工质泵(5)通过管道依次相连,且发电机(3)与膨胀机(2)相连,构成有机朗肯循环发电系统;所述冷水流量控制阀门(11)位于冷凝器(4)入口处;冷凝器(4)、烟气冷凝换热器(6)、热水储水箱(7)通过管道依次连接;热水储水箱(7)与热用户(8)通过热水流量控制阀门(10)及管道相连;烟气冷凝换热器(6)连接有冷凝液回收装置(12)。

2. 根据权利要求1所述的基于有机朗肯循环的烟气冷凝热回收热电联供系统,其特征是,所述蒸发器(1)、冷凝器(4)及烟气冷凝换热器(6)为间壁式热交换器。

基于有机朗肯循环的烟气冷凝热回收热电联供系统

技术领域

[0001] 本发明涉及基于有机朗肯循环的烟气冷凝热回收热电联供系统,具体涉及一种基于有机朗肯循环的锅炉烟气冷凝热回收热电联供系统,属于能源利用技术领域。

背景技术

[0002] 我国工业余热资源总量高达 8 亿吨标煤,占我国总能耗约 30%,实现余热有效利用对我国工业节能具有重要意义。其中烟气余热量占工业余热资源总量的 50% 以上,分布于冶金、化工、建材、机械、电力等各个行业,节能潜力大,是余热利用的主要对象。

[0003] 低温烟气余热包含显热和潜热两部分,在燃煤锅炉烟气中水蒸气体积份额约为 8%,携带热量占 30% 左右;燃气和燃油锅炉烟气中水蒸气体积份额高达 18%,携带热量占 65% 左右。降低排烟温度至烟气露点温度之下,能够回收显热和潜热,大大提高锅炉效率。同时由于水蒸气冷凝过程中冷凝水可吸收一部分有害气体如 SO_2 、 NO_x ,减少了污染物的排放,有利于环保。国外早在上世纪七八年代已开始研制使用冷凝式锅炉,我国的研究尚处于初级阶段。

[0004] 有机朗肯循环是以低沸点有机物作为工质的闭式朗肯循环。与水相比,低沸点有机物在中低温热源下能够汽化产生较高压力蒸汽做功,发电效率高。且系统设备简单易维护,成本较低,已逐渐成为余热回收利用的主流核心技术。

[0005] 针对锅炉烟气特点,采用有机朗肯循环发电技术,梯级回收利用烟气显热及潜热,对提高我国化石能源综合利用效率,促进工业节能具有重要意义。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于,提出一种基于有机朗肯循环的热电联供系统,阶梯回收锅炉排烟显热及潜热,实现排烟余热的梯级深度利用。

[0007] 为了实现上述目标,采用的技术方案为:基于有机朗肯循环的热电联供系统,包括:蒸发器、膨胀机、发电机、冷凝器、工质泵、烟气冷凝换热器、热水储水箱以及流量控制阀门等。蒸发器与烟气冷凝换热器装于锅炉尾部烟道内,使锅炉尾部烟气先后流经蒸发器与烟气冷凝换热器进行放热之后排入大气;蒸发器、膨胀机、冷凝器、工质泵通过管道依次相连,且发电机与膨胀机相连,构成有机朗肯循环发电系统;冷水流量控制阀门位于冷凝器入口处,用于控制进入冷凝器、烟气冷凝换热器的冷水流量;冷凝器、烟气冷凝换热器、热水储水箱通过管道依次连接;热水储水箱与热用户通过热水流量控制阀门及管道相连,热水流量控制阀门用于控制从热水储水箱流向热用户的热水量,以满足热用户需求;烟气冷凝换热器连接有冷凝液回收装置。

[0008] 系统原理是:由于烟气中水蒸气体积份额低于 20%,通过计算水蒸气分压可知,烟气露点通常低于 60°C ,而水蒸气潜热占烟气余热量的 65% 左右。因此,水蒸气潜热具有量大,品位低的特点。同时,锅炉排烟温度通常 $150^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$,烟气中显热品位较高,若直接利用换热器进行回收则因温差较大而产生较大损失。由于有机朗肯循环采用卤代烃等有

机物作为循环工质,能够适应不同温度范围的低温余热热源,且设备简单,热效率较高。因此,采用有机朗肯循环将烟气中较高品位热量转化为电能,低品位热量加热冷水,实现能量的“温度对口,梯级利用”。同时,设计有机朗肯循环冷凝温度低于烟气排出温度,则可将冷凝器与烟气冷凝换热器串接,梯级加热冷水,深度利用余热。冷凝器中,冷水同时起到冷却工质的作用,可简化设备,降低成本。烟气冷凝换热器中,烟气通过与冷水进行换热,温度降至露点温度以下,释放出大部分潜热后排入大气。冷水进入热水储水箱,供热用户使用。烟气冷凝液通过回收装置进行回收。

[0009] 本发明的特点以及所产生的有益效果为:

[0010] (1) 梯级回收利用天然气锅炉排烟所含显热及潜热,大幅度提高锅炉热效率的同时输出高品位电能,对提高我国化石能源综合利用效率,促进工业节能具有重要意义;

[0011] (2) 将冷凝器与烟气冷凝换热器相连,实现有机朗肯循环系统的热电联供,充分回收利用热能,提高系统整体热效率;

[0012] (3) 锅炉烟气所含水蒸气冷凝过程中冷凝水可吸收一部分有害气体如 SO_2 、 NO_x ,降低了污染物的排放,有利于环保。

附图说明

[0013] 图1为本发明系统原理以及部件连接示意图。其中:1-蒸发器,2-膨胀机,3-发电机,4-冷凝器,5-工质泵,6-烟气冷凝换热器,7-热水储水箱,8-热用户,9-锅炉尾部烟道,10-热水流量控制阀门,11-冷水流量控制阀门,12-冷凝液回收装置。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步说明。实施例结合数据进行了计算分析。但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0015] 锅炉烟气余热回收有机朗肯循环热电联供系统,包括:蒸发器、膨胀机、发电机、冷凝器、工质泵、烟气冷凝换热器、热水储水箱以及流量控制阀门;其系统组成为:蒸发器1与烟气冷凝换热器6装于锅炉尾部烟道9内,使锅炉尾部烟气先后流经蒸发器1与烟气冷凝换热器6进行放热之后排入大气;蒸发器1、膨胀机2、冷凝器4、工质泵5通过管道依次相连,且发电机3与膨胀机2相连,构成有机朗肯循环发电系统;冷水流量控制阀门11位于冷凝器4入口处;冷凝器4、烟气冷凝换热器6及热水储水箱7依次连接;热水储水箱7与热用户8通过流量控制阀门10及管道相连;烟气冷凝换热器6连接有冷凝液回收装置12。

[0016] 系统循环为:锅炉排烟进入尾部烟道,在蒸发器内加热有机工质,使其成为饱和(或过热)的高温高压气体,进入膨胀机做功,驱动发电机发电;做功后乏汽从膨胀机排出之后进入冷凝器与冷水进行换热,凝结为低压液体,经泵加压后进入蒸发器开始下一个循环。锅炉烟气流经蒸发器后温度降至 100°C 以下,进入烟气冷凝换热器与来自冷凝器的冷水进行换热,到达露点后烟气中水蒸气发生凝结,继续降温至 $35^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ 时排出。冷水通过阀门11依次流经冷凝器4、烟气冷凝换热器6吸热升温后,流入热水储水箱7,供热用户使用;冷水流量控制阀门11用于控制进入冷凝器4及烟气冷凝换热器7的冷水流量,使工质温降及热水出口水温在工况要求范围内;热水流量控制阀门10用于控制从热水储水箱7流向热用户8的热水流量,以满足热用户的需求。烟气冷凝液通过回收装置进行回收。

[0017] 实施例 1：

[0018] 以天然气供暖锅炉为例,进行了模拟计算。如表 1 所示为计算所采用的数据及计算结果。其中有机朗肯循环选用工质为 R600a,为亚临界循环。由表中可看出,装置吸收余热总量为 3943kW,由传统的低位热值标准计算得热效率提高至 101.08%,可见装置能够显著提高效率,达到节能减排效果。同时,计算可知,未经余热回收的烟气中,水蒸气的质量分数高达 12.21%,体积分数 18.76%,露点温度为 59.0℃。当烟气最终排出温度降至 40℃时,水蒸气的质量分数 5.13%,质量回收率为 61.15%,释放潜热量 2574kW。由此可见,烟气中水蒸气潜热具有量大而品位低的特点,因而对烟气余热进行梯级深度回收利用,对节能减排具有重要意义。表 1 实施例计算数据及结果

	参数	数值
[0019]	额定功率 (MW)	29
	额定效率	0.8900
	燃料低位热值 (MJ/Nm ³)	34.4850
	蒸发器入口烟气温度 (°C)	150
	蒸发器出口烟气温度 (°C)	70
	排烟温度 (°C)	40
	冷凝器入口冷水温度 (°C)	10
	冷水质量流量 (kg/s)	25.0
	有机工质膨胀机入口温度 (°C)	96
	有机工质膨胀机入口压力 (MPa)	1.801
	有机工质冷凝温度 (°C)	30
	泵等熵效率	0.85
	膨胀机等熵效率	0.85
	膨胀机机械效率	0.98
	发电效率	0.98
	吸收余热量 (kW)	3943
	发电量 (kW)	136
	冷水获得热量 (kW)	3801
	冷水出口温度 (°C)	46.3
	锅炉系统热效率	1.0108

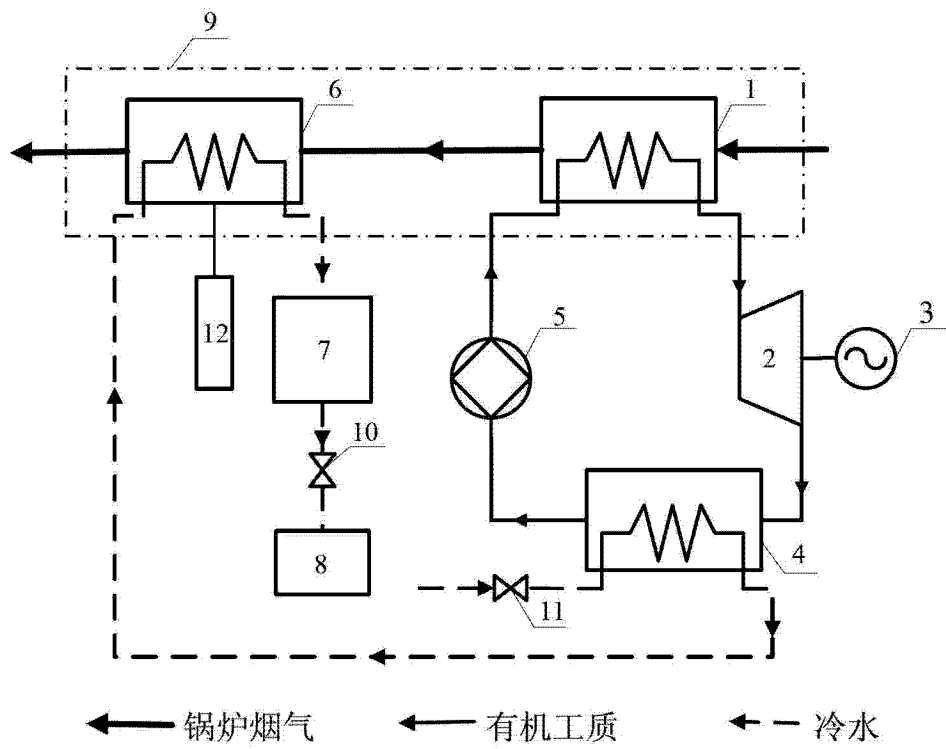


图 1