



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108413637 B

(45)授权公告日 2019.02.26

(21)申请号 201810165737.7

F25B 9/08(2006.01)

(22)申请日 2018.02.28

F25B 40/06(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F25B 41/00(2006.01)

申请公布号 CN 108413637 A

F25B 41/06(2006.01)

(43)申请公布日 2018.08.17

F23J 15/02(2006.01)

(73)专利权人 中国科学院力学研究所

F23J 15/06(2006.01)

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

B01D 5/00(2006.01)

B01D 53/00(2006.01)

(72)发明人 潘利生 史维秀 李利峰 李冰 魏小林

(56)对比文件

CN 101813352 A,2010.08.25,全文.

CN 201866980 U,2011.06.15,全文.

CN 1249418 A,2000.04.05,全文.

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390

US 2012291462 A1,2012.11.22,全文.

JP 2007057156 A,2007.03.08,全文.

代理人 胡剑辉

审查员 张曼曼

(51)Int.Cl.

F25B 9/00(2006.01)

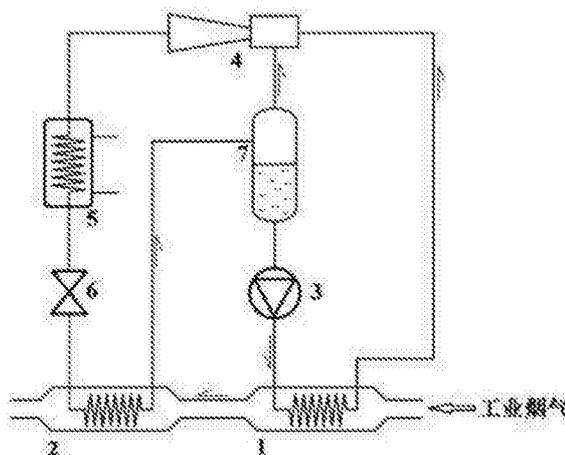
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种工业烟气余热回收及除湿系统

(57)摘要

本发明提供了一种工业烟气余热回收及除湿系统,主要包括加热器、蒸发器、工质泵、引射器、冷却器、节流阀以及气液分离器。该系统以烟气余热作为系统驱动热源,循环过程中通过烟气与加热器和蒸发器的换热实现烟气余热的深度利用和烟气中水蒸气的回收,回收的余热经过热泵提质后提供给外界用户,该系统从根本上提高了能源利用效率,节约了水资源,减少了对环境的污染。



1. 一种工业烟气余热回收及除湿系统,其特征在于,包括加热器、蒸发器、工质泵、引射器、冷却器、节流阀以及气液分离器;

所述加热器的烟气侧出口通过烟道与所述蒸发器的烟气侧进口连通;工业烟气通过烟道依次进入所述加热器和蒸发器换热,烟气温度降低,其中的水蒸气凝结,通过所述蒸发器上设置的凝水管道流出蒸发器被回收;降温后的烟气通过烟道排出;

通过管道,所述加热器的工质侧出口与所述引射器的高压进口连通,所述引射器的出口与所述冷却器的进口连通,所述冷却器的出口与所述节流阀的进口连通,所述节流阀的出口与所述蒸发器的工质侧进口连通,所述蒸发器的工质侧出口与所述气液分离器的进口连通,所述气液分离器的气相出口与所述引射器的低压进口连通,所述气液分离器的液相出口与所述工质泵的进口连通,所述工质泵的出口与所述加热器的工质侧进口连通,构成工质循环回路;

在所述加热器中吸收热量变为高温高压超临界状态的循环工质进入所述引射器,引射从所述气液分离器分离出来的饱和气态工质,两者混合并经扩压室增压达到中温中压状态,然后进入所述冷却器进行冷却,与其内的吸热介质换热,冷却至近临界状态,吸热介质作为热源向外界用户提供热能;

近临界状态的循环工质经所述节流阀节流降温降压达到气液两相状态,之后进入所述蒸发器与从所述加热器出来的高温烟气换热;

吸收热量的低温低压循环工质进入所述气液分离器,分离成饱和液态工质和饱和气态工质,饱和液态工质经所述工质泵加压后,进入加热器吸收热量成为高温高压的超临界态循环工质,并进入所述引射器引射,从所述气液分离器出来的饱和气态工质,进入所述引射器继续参与上述循环。

2. 根据权利要求1所述的工业烟气余热回收及除湿系统,其特征在于,还包括回热器,所述回热器的低压侧进口与所述冷却器的出口连通,所述回热器的低压侧出口与所述节流阀的进口连通;所述回热器的高压侧进口与所述工质泵的出口连通,所述回热器的高压侧出口与所述加热器的工质侧进口连通;

在冷却器中与吸热介质换热后,通过低压侧进口进入所述回热器的低压高温侧,与从所述工质泵进入所述回热器高压低温侧的循环工质换热成为近临界状态,之后再经低压侧出口进入所述节流阀进行节流降温降压;所述回热器高压低温侧的循环工质换热后经高压侧出口进入所述加热器,吸收热量后继续参与上述循环。

3. 根据权利要求1或2所述的工业烟气余热回收及除湿系统,其特征在于,所述加热器和所述蒸发器采用防腐材料制成或涂覆有防腐涂层。

4. 根据权利要求1或2所述的工业烟气余热回收及除湿系统,其特征在于,所述循环工质为CO₂。

一种工业烟气余热回收及除湿系统

技术领域

[0001] 本发明属于工业能源应用技术领域,具体涉及一种能够回收工业烟气中的显热/潜热以及水资源的工业烟气余热回收及除湿系统。

背景技术

[0002] 我国工业余热资源丰富,主要是低温工业烟气余热资源,但回收效率仍较低。当烟气中含有大量水分时,仅有部分烟气显热被回收利用,大量的烟气潜热和水资源未被回收。在能源和水资源紧缺的背景下,低温工业烟气余热和水资源的高效利用显得尤为重要。

[0003] 在我国,中高温烟气余热的利用方式被广泛研究和开发,但是低温烟气余热品位较低,传热热阻大,分布较分散等问题,导致大部分低温烟气被直接排放掉,造成能量的极大浪费。常用的低温烟气余热回收方式有:烟气余热用于加热空气或燃料,烟气余热用于加热工质或物料,烟气余热回收后供给外界。有些工业烟气还含有大量的水蒸气,这些水蒸气被直接排放进大气中,不仅损失了宝贵的水资源,还污染了周围环境。

[0004] 中国专利CN106853324A公开了一种烟气深度脱水处理与废热回收系统,将烟气与低温冷却水进行热量交换,在烟气脱水除湿的同时,采用热泵将烟气中的低品位热能回收用于加热供热循环水或加热锅炉进水等,提高了能源利用率。

[0005] 上述专利在一定程度上能够对烟气中的废热和水进行回收利用,但是,其结构设备相对复杂,在整个系统的循环过程中,热量的损耗较大。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种系统结构相对简单、紧凑,功耗小,采用烟气余热为驱动力,能够对烟气进行深度降温除湿,高效回收烟气余热资源和水资源,降低环境污染的工业烟气余热回收及除湿系统,减少烟气中热能的损失,提高热能利用率。

[0007] 为了达到上述目的,本发明的具体技术方案如下:

[0008] 一种工业烟气余热回收及除湿系统,包括加热器、蒸发器、工质泵、引射器、冷却器、节流阀以及气液分离器;

[0009] 所述加热器的烟气侧出口通过烟道与所述蒸发器的烟气侧进口连通;工业烟气通过烟道依次进入所述加热器和蒸发器换热,烟气温度降低,其中的水蒸气凝结,通过所述蒸发器上设置的凝水管道流出蒸发器被回收;降温后的烟气通过烟道排出;

[0010] 通过管道,所述加热器的工质侧出口与所述引射器的高压进口连通,所述引射器的出口与所述冷却器的进口连通,所述冷却器的出口与所述节流阀的进口连通,所述节流阀的出口与所述蒸发器的工质侧进口连通,所述蒸发器的工质侧出口与所述气液分离器的进口连通,所述气液分离器的气相出口与所述引射器的低压进口连通,所述气液分离器的液相出口与所述工质泵的进口连通,所述工质泵的出口与所述加热器的工质侧进口连通,构成工质循环回路;

[0011] 在所述加热器中吸收热量变为高温高压超临界状态的循环工质进入所述引射器,

引射从所述气液分离器分离出来的饱和气态工质,两者混合并经扩压室增压达到中温中压状态,然后进入所述冷却器进行冷却,与其内的吸热介质换热,冷却至近临界状态,吸热介质作为热源向外界用户提供热能;

[0012] 近临界状态的循环工质经所述节流阀节流降温降压达到气液两相状态,之后进入所述蒸发器与从所述加热器出来的高温烟气换热;

[0013] 吸收热量的低温低压循环工质进入所述气液分离器,分离成饱和液态工质和饱和气态工质,饱和液态工质经所述工质泵加压后,进入加热器吸收热量成为高温高压的超临界态循环工质,并进入所述引射器引射,从所述气液分离器出来的饱和气态工质,进入所述引射器继续参与上述循环。

[0014] 进一步地,还包括回热器,所述回热器的低压侧进口与所述冷却器的出口连通,所述回热器的低压侧出口与所述节流阀的进口连通;所述回热器的高压侧进口与所述工质泵的出口连通,所述回热器的高压侧出口与所述加热器的工质侧进口连通;

[0015] 在冷却器中与吸热介质换热后,通过低压侧进口进入所述回热器的低压高温侧,与从所述工质泵进入所述回热器高压低温侧的循环工质换热成为近临界状态,之后再经低压侧出口进入所述节流阀进行节流降温降压;所述回热器高压低温侧的循环工质换热后经高压侧出口进入所述加热器,吸收热量后继续参与上述循环。

[0016] 进一步地,所述换热器采用防腐材料制成或涂覆有防腐涂层。

[0017] 进一步地,所述循环工质为CO₂。

[0018] 本发明提供了一种工业烟气余热回收及除湿系统,以烟气余热作为加热器的热源,循环过程中通过烟气与加热器和蒸发器的换热回收其中的余热和水蒸气,并提供给外界用户,该系统从根本上提高了工业烟气中热能和水资源的利用率,减少了对环境的污染。

附图说明

[0019] 图1是本发明提供了一种工业烟气余热回收及除湿系统图;

[0020] 图2是本发明提供的另一种工业烟气余热回收及除湿系统图;

[0021] 1. 加热器,2. 蒸发器,3. 工质泵,4. 引射器,5. 冷却器,6. 节流阀,7. 气液分离器,8. 回热器。

具体实施方式

[0022] 以下结合具体实施例及其附图对本发明做进一步说明。

[0023] 以下实施方式中的循环工质为CO₂。

[0024] 如图1所示,一种工业烟气余热回收及除湿系统,通过烟道进入加热器1与蒸发器2的工业烟气,依次在加热器1和蒸发器2中与CO₂循环工质换热,烟气温度降低,烟气中的水蒸气凝结,冷凝水通过蒸发器2上设置的凝水管道流出蒸发器2被回收利用,降温后的烟气通过烟道排出。

[0025] CO₂循环工质在加热器1中吸收热量后变为高温高压超临界状态,通过管道由高压进口进入引射器4,作为引射工质引射从气液分离器7分离出来的饱和气态CO₂工质,使其继续参与系统循环,两者混合后压力趋于稳定,进入引射器4扩压室进行增压,达到中温中压状态,之后进入冷却器5进行冷却,与冷却器5中的吸热介质换热冷却至近临界状态,吸收了

热量的吸热介质作为热源向外界用户提供热能。

[0026] 近临界状态CO₂循环工质经节流阀6节流降温降压,达到气液两相状态,处于气液两相状态的低温低压CO₂循环工质进入蒸发器2与从加热器1出来的烟道中的烟气进行换热,二次吸收烟气中的热量,使烟气深度降温,水蒸气冷凝,并通过凝水管道流出蒸发器2,从而回收烟气中的显热、潜热和冷凝水。

[0027] 其中的节流阀6将低温中压超临界状态的循环工质继续降温降压,达到亚临界两相状态,实现了气态循环工质和液态循环工质的出现。在此处,尤其对于气态循环工质,由于从冷却器5出来的循环工质其状态依然处于超临界状态,若继续参与系统循环则需要对其进行压缩,而在压缩过程中功耗较大,而且对于系统本身的结构性能会有更高要求,此时通过节流阀6对其进行节流降温降压,达到两相状态,经过蒸发器2吸热后对液态工质增压,这就对之后消耗较少功耗且实现稳定运行提供了可能。这也正是本系统中对循环工质增压过程处理的关键所在。吸收烟气热量后的低温低压CO₂循环工质进入气液分离器7,分离成饱和液态工质和饱和气态工质,其中饱和液态工质通过工质泵3加压后进入加热器1加热吸收热量后进入引射器4,饱和气态工质被进入引射器4的高温液态CO₂循环工质引射进入引射器4继续参与上述循环。

[0028] 气液分离器7将从蒸发器2出来的两相状态的低温低压循环工质,利用密度差的原理,分离成饱和液态工质和饱和气态工质,从而具有了采用工质泵3增压代替压缩机增压的可能。

[0029] 该系统不仅能实现循环工质的持续顺利循环,功耗小,极大提高了热能利用率,提高了能源有效利用率。

[0030] 如图2所示,为本发明提供的另一种实施方式的工业烟气余热回收及除湿系统,其中增设了回热器8,通过烟道进入加热器1与蒸发器2的工业烟气,依次在加热器1和蒸发器2中与CO₂循环工质换热,烟气温度降低,烟气中的水蒸气凝结,冷凝水通过蒸发器2上设置的凝水管道流出蒸发器2被回收利用,降温后的烟气通过烟道排出。

[0031] CO₂循环工质在加热器1中吸收热量后变为高温高压超临界状态,通过管道由高压进口进入引射器4,作为引射工质引射从气液分离器7分离出来的饱和气态CO₂工质,使其继续参与系统循环,两者混合后压力趋于稳定,进入引射器4扩压室进行增压,达到中温中压状态,之后进入冷却器5进行冷却,与冷却器5中的吸热介质换热冷却至近临界状态,吸收了热量的吸热介质作为热源向外界用户提供热能。

[0032] 释放部分热量的CO₂循环工质通过低压侧进口进入回热器8的低压高温侧,与通过工质泵3增压的循环工质经高压低温侧进口进入回热器8的低温CO₂循环工质换热,冷却至近临界状态,吸收部分热量的高压低温侧循环工质经高压低温侧出口进入加热器1吸收热量后,进入引射器4继续参与上述循环。近临界状态的CO₂循环工质经低压侧出口进入节流阀6节流降温降压,达到气液两相状态,处于气液两相状态的低温低压CO₂循环工质进入蒸发器2与从加热器1出来的烟道中的烟气进行换热,进一步吸收烟气中的热量,使烟气深度降温,水蒸气冷凝,并通过凝水管道流出蒸发器2,从而回收烟气中的显热、潜热和冷凝水。

[0033] 吸收烟气热量后的低温低压CO₂循环工质进入气液分离器7,分离成饱和液态工质和饱和气态工质,其中饱和液态工质通过工质泵3加压后进入加热器1加热吸收热量后进入引射器4,饱和气态工质被进入引射器4的高温液态CO₂循环工质引射进入引射器4继续参与

上述循环。

[0034] 上述方案中,当蒸发器2中的吸热介质温度偏高,不足以将CO₂循环工质冷却至近临界状态时,需采用带回热器8的系统,利用从工质泵3出来的低温CO₂循环工质对从冷却器5出来的CO₂循环工质进一步冷却降温,将其冷却至近临界状态。若冷却器5中的冷却介质温度足够低,能够将CO₂循环工质冷却至临界状态,则采用不带回热器8的系统。

[0035] 若经过冷却除湿后,从蒸发器2出来的烟气,温度过低,可能导致烟气密度过大,无法在烟囱内产生足够的升力,影响正常排烟。针对这一问题,可将蒸发器2出来的烟气与烟道前段较高温烟气进行换热,利用较高温度烟气的热量对蒸发器2出来的烟气进行小幅加热,提高烟气在烟囱中的升力。也可将蒸发器2出来的烟气与引射器4出口工质进行换热,采用较高温度循环工质对蒸发器2出来的烟气进行小幅加热,实现顺利排烟。

[0036] 由于工业烟气中含有SO_x和NO_x等物质,在烟气的冷却除湿过程中,这些物质会随着冷凝水析出,从而使冷凝水具有腐蚀性,会对换热器等设备造成损害。针对这一问题,换热器需采用防腐材质制成或涂覆防腐涂层,凝结水需进行后续水处理,才可回收利用。

[0037] 以上,虽然说明了本发明的几个实施方式,但是这些实施方式只是作为例子提出的,并非用于限定本发明的范围。对于这些新的实施方式,能够以其他各种方式进行实施,在不脱离本发明的要旨的范围内,能够进行各种省略、置换、及变更。这些实施方式和其变形,包含于本发明的范围和要旨中的同时,也包含于权利要求书中记载的发明及其均等范围内。

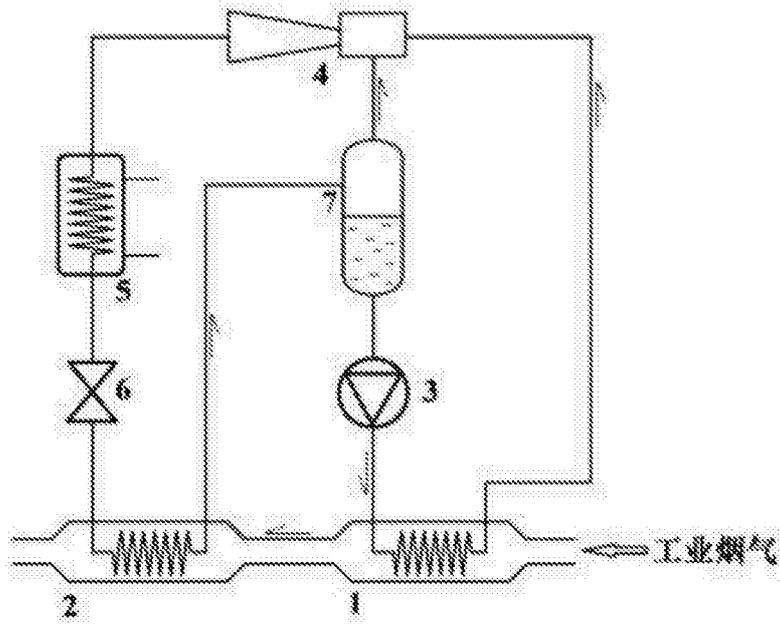


图1

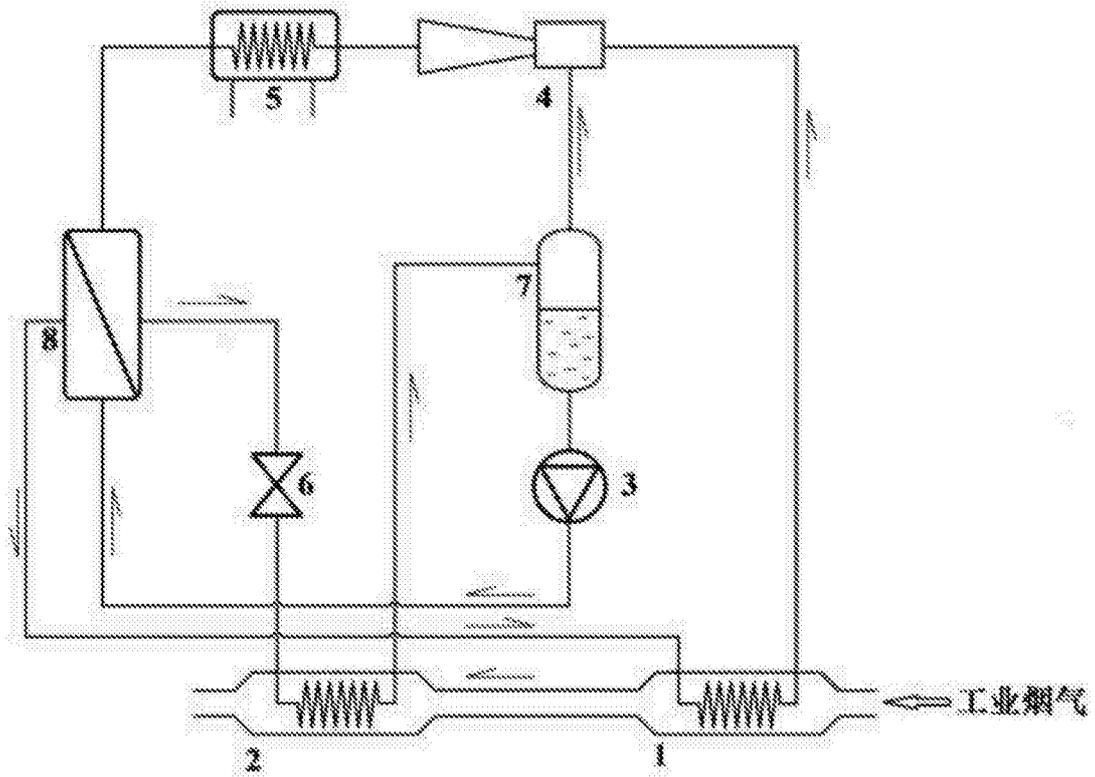


图2