



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105757645 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(21)申请号 201610158202.8

(22)申请日 2016.03.18

(71)申请人 中国科学院广州能源研究所  
地址 510640 广东省广州市天河区五山能源路2号

(72)发明人 涂爱民 朱冬生 莫逊 孙晋飞  
张洁娜

(74)专利代理机构 广州科粤专利商标代理有限公司 44001  
代理人 黄培智 莫瑶江

(51)Int.Cl.  
F22D 1/50(2006.01)  
F23L 15/00(2006.01)  
F23J 15/02(2006.01)

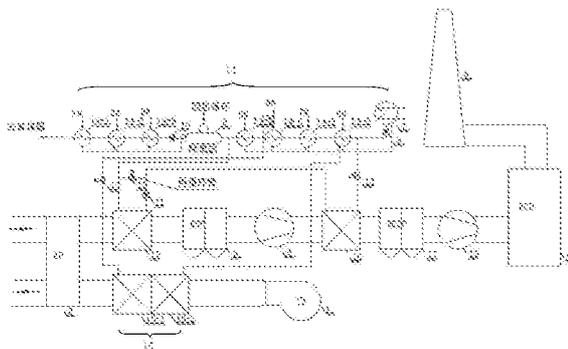
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统

(57)摘要

本发明公开一种燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,包括有依次连通的空气预热器、二次风机、低温省煤器、干式电除尘器、第一引风机、循环介质加热模块、脱硫塔、烟囱,还包括有依次连通的低低温省煤器、湿电除尘器和第二引风机,其烟气出口连通脱硫塔,所述低低温省煤器的换热器与循环介质加热模块的冷媒连通,还包括有设于二次风机与空气预热器入风口之间的暖风器,暖风器的换热器与循环介质加热模块的热媒连通,所述循环介质加热模块的热媒通过加热器给冷媒加热。本发明利用“温度对等、梯级利用”的原则,对余热资源的利用方式进行优化,达到提高机组整体能效水平的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统。



1. 一种燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,包括有设置于锅炉入风口和锅炉烟气出口的空气预热器(2)、向空气预热器(2)入风口送风的二次风机(1)、与空气预热器(2)烟气出口连通的低温省煤器(12)、与低温省煤器(12)烟气出口连通的干式电除尘器(3)、与干式电除尘器(3)烟气出口连通的第一引风机(4)、与低温省煤器(12)的换热器通过冷媒连通的循环介质加热模块(14)、接收烟气的脱硫塔(5)、与脱硫塔(5)烟气出口连通的烟囱(6),其特征在于,还包括有与第一引风机(4)烟气出口连通的低低温省煤器(16),与低低温省煤器(16)烟气出口连通的湿电除尘器(17),与湿电除尘器(17)烟气出口连通的第二引风机(18),其烟气出口连通脱硫塔(5),所述低低温省煤器(16)的换热器与循环介质加热模块(14)的冷媒连通,还包括有设于二次风机(1)与空气预热器(2)入风口之间的暖风器(15),暖风器(15)的换热器与循环介质加热模块(14)热媒连通,所述循环介质加热模块(14)的热媒作为暖风器(15)的热媒进行放热。

2. 根据权利要求1所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,低低温省煤器(16)采用ND钢材材料或氟塑料的耐酸腐蚀材料。

3. 根据权利要求1所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述低温省煤器(12)包括有近露点水温控制模块;所述近露点水温控制模块调节在低温省煤器(12)内再循环的凝结水流量比例,从而控制进入低温省煤器(12)换热器的入口水温不低于酸露点。

4. 根据权利要求1所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述暖风器(15)包括有凝汽段暖风器(15-1)和过冷段暖风器(15-2),所述过冷段暖风器(15-2)直接连通二次风机(1),所述凝汽段暖风器(15-1)设于空气预热器(2)入风口与过冷段暖风器(15-2)之间,所述热媒先后经过凝汽段暖风器(15-1)和过冷段暖风器(15-2)。

5. 根据权利要求4所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述冷媒经过暖风器(15)的流量,根据暖风器(15)出口温度不低于第一设定温度值或第一设定温度范围而设定。

6. 根据权利要求4或5所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述暖风器(15)依据暖风器(15)出口空气温度不低于第一设定温度值或第一设定温度范围,采用DCS系统自动控制通过暖风器(15)的热媒流量。

7. 根据权利要求6所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述第一设定温度值为 $100^{\circ}\text{C}$ ,第一设定温度范围为酸露点温度范围。

8. 根据权利要求1或2所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述低低温省煤器(16)的冷媒采用DCS系统控制,低低温省煤器(16)烟气出口温度处于第二设定温度值或第二设定温度范围为标准,从而自动控制进入低低温省煤器(16)的冷媒的流量。

9. 根据权利要求8所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述第二设定温度值为 $80^{\circ}\text{C}$ ,第二设定温度范围为 $75^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$ 。

10. 根据权利要求8所述的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,其特征在于,所述低温省煤器(12)和低低温省煤器(16)均设有自动清灰装置,定期对其内的受热面进行在线清灰。

## 一种燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃煤发电厂节能减排领域,特别涉及一种以优化锅炉尾部受热面换热布置,降低锅炉尾部受热面不可逆损失,提高锅炉能效和降低机组发电能耗的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统。

### 背景技术

[0002] 目前我国锅炉排烟余热回收利用的普遍做法是,在空预器之后、脱硫塔之前烟道的合适位置通过加装烟气冷却器,用来加热凝结水、锅炉送风或城市热网低温回水,回收部分热量,从而达到节能提效、节水效果。采用低压省煤器技术,若排烟温度降低 $30^{\circ}\text{C}$ ,机组供电煤耗可降低 $1.8\text{g}/\text{kWh}$ ,脱硫系统耗水量减少 $70\%$ 。这种余热利用方式系统相对简单,但回收过程的不可逆损失偏大,对机组的整体能效提高效果不太显著。近年来,随着更严格排放标准的实施,现行火电厂正着手超净排放改造,普遍采用在原有干式电除尘后再增设湿电除尘系统,由于湿电除尘效果对烟气温度更为敏感,适宜的温度在 $80^{\circ}\text{C}$ 左右,即需要将未增设低温省煤器的锅炉尾部烟气温度降低 $50^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ,或对已增设低压省煤器的系统尾部烟温再降低 $20^{\circ}\text{C}$ 左右,因而需要增加一低低温省煤器进行深度余热回收,以在回收余热的同时有利于烟气净化和节能节水。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种从电厂可利用的低品位余热资源入手,通过“温度对等、梯级利用”的原则,对余热资源的利用方式进行优化,达到提高机组整体能效水平的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统。

[0004] 为达到上述发明的目的,本发明通过以下技术方案实现:

[0005] 一种燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,包括有设置于锅炉入风口和锅炉烟气出口的空气预热器、向空气预热器入风口送风的二次风机、与空气预热器烟气出口连通的低低温省煤器、与低低温省煤器烟气出口连通的干式电除尘器、与干式电除尘器烟气出口连通的第一引风机、与低低温省煤器的换热器通过冷媒连通的循环介质加热模块、接收烟气的脱硫塔、与脱硫塔烟气出口连通的烟囱,还包括有与第一引风机烟气出口连通的低低温省煤器,与低低温省煤器烟气出口连通的湿电除尘器,与湿电除尘器烟气出口连通的第二引风机,其烟气出口连通脱硫塔,所述低低温省煤器的换热器与循环介质加热模块的冷媒连通,还包括有设于二次风机与空气预热器入风口之间的暖风器,暖风器的换热器与循环介质加热模块热媒连通,所述循环介质加热模块的热媒作为暖风器的热媒进行放热。

[0006] 进一步,所述低低温省煤器采用ND钢材料或氟塑料的耐酸腐蚀材料。

[0007] 进一步,所述低低温省煤器包括有近露点水温控制模块;所述近露点水温控制模块调节在低低温省煤器内再循环的凝结水流量比例,从而控制进入低低温省煤器换热器的入口水温不高于酸露点。

[0008] 进一步,所述暖风器包括有凝汽段暖风器和过冷段暖风器,所述过冷段暖风器直

接连通二次风机,所述凝汽段暖风器设于空气预热器入风口与过冷段暖风器之间,所述热媒先后经过凝汽段暖风器和过冷段暖风器。

[0009] 进一步,所述热媒经过暖风器的流量,根据暖风器出口温度不低于第一设定温度值或第一设定温度范围而设定。

[0010] 进一步,所述暖风器依据暖风器出口空气温度不低于第一设定温度值或第一设定温度范围,采用DCS系统自动控制通过暖风器的热媒流量。

[0011] 进一步,所述第一设定温度值为100℃,第一设定温度范围为酸露点温度范围。

[0012] 进一步,所述低低温省煤器的冷媒采用DCS系统控制,低低温省煤器烟气出口温度处于第二设定温度值或第二设定温度范围为标准,从而自动控制进入低低温省煤器的冷媒的流量。

[0013] 进一步,所述第二设定温度值为80℃,第二设定温度范围为75℃至85℃。

[0014] 进一步,所述低温省煤器和低低温省煤器均设有自动清灰装置,定期对其内的受热面进行在线清灰。

[0015] 本发明的一种燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,采用“温度对等、梯级利用”的原则对燃煤电厂余热资源的利用进行了优化,将经过低温省煤器、低低温省煤器的冷媒吸收烟气热量后作为热源,来加热凝结水,降低低压加热器的抽汽量,提高汽轮机发电量;暖风器的热媒来自6#低压加热器抽汽口,将外部空气从环境温度预热到100℃左右,该预热的好处有四点:一是提高了空气预热器入口空气温度,有效避免空预器受热面酸腐蚀;二是缩小了空气预热器20℃左右的冷端换热端差,减少了气气换热的不可逆损失;三是由于空气预热器入口空气温度的提升,提高了入炉空气温度,减少了炉内利用高品质热源加热空气的燃料消耗量;四是提升了空气预热器出口烟气温度,及提升进入低温省煤器的烟气余热资源品质。提升品质后的烟气进入低温省煤器加热冷媒,可利用高于酸露点温度值的烟气温度,较常规设计的低温省煤器的入口烟温高于酸露点30~50℃提高到高70~90℃左右;增设低低温省煤器进一步降低了进入湿电除尘器和脱硫系统的烟气温度,既有利于提高除尘效率,又降低了排烟热损失和脱硫系统的水耗。本发明的好处是利用汽轮机低压端近饱和蒸汽抽汽预热进锅炉空气,更好的体现了空气预热器的温度对等原则,同时低温省煤器的换热温差控制在更合理的范围内;本发明较对比的常规仅设有低温省煤器的余热回收系统,单位发电的标煤消耗可降低3~5g/kWh,比未设余热回收系统的发电系统可降低标煤消耗,6~8g/kWh,而系统新增投资,以年发电5000h计算,将在2年左右收回。

## 附图说明

[0016] 图1为常规烟气余热利用系统的结构示意图。

[0017] 图2为本发明的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统的结构示意图。

[0018] 附图标记

[0019] 1—二次风机,2—空气预热器,3—干式电除尘器,4—第一引风机,5—脱硫塔,6—烟囱,7—凝汽器,8—热力除氧器,9—凝结水泵,10—给水泵,11—增压泵,12—低温省煤器,13—电动调节阀,14-1至14-3—高压加热器组14-5至14-8—低压加热器组,15—暖风器,15-1—凝汽段暖风器,15-2—过冷段暖风器,16—低低温省煤器,17—湿电除尘器,18—第二引风机。

## 具体实施方式

[0020] 下面结合附图和实施例对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部实施例。

[0021] 请参阅图1和图2,图1为常规烟气余热利用系统的流程示意图,图2为本发明的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统的流程示意图。

[0022] 本实施例的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统,目的是利用温度对等、梯级利用的原则开发一种高效回收利用燃煤电站低品位余热资源的方法技术,使回收的余热返回热力系统中的“品质”得到提高,从而降低单位发电量的煤耗水平。本发明实施例的系统包括有:设置于锅炉入风口和锅炉烟气出口的空气预热器2、向空气预热器2入风口送风的二次风机1、与空气预热器2烟气出口连通的低温省煤器12、与低温省煤器12烟气出口连通的干式电除尘器3、与干式电除尘器3烟气出口连通的第一引风机4、与低温省煤器12的换热器(未图示)与循环介质加热模块14的冷媒连通、接收烟气的脱硫塔5、与脱硫塔5烟气出口连通的烟囱6;

[0023] 在本实施例中,采用的冷媒为凝结水,热媒为水蒸汽,采用的循环介质加热模块14包括有高压加热器组14-1~14-3、低压加热器组14-5~14-8、设于高压加热器组14-1~14-3和低压加热器组之间的热力除氧器8、设于热力除氧器8与高压加热器组14-1~14-3之间的给水泵10,设于低压加热器组14-5~14-8另一端的凝结水泵9和凝汽器7,所述高压加热器组14-1~14-3包括有1#高压加热器14-1、2#高压加热器14-2和3#高压加热器14-3,所述低压加热器组包括有5#低压加热器14-5、6#低压加热器14-6、7#低压加热器14-7和8#低压加热器14-8,所述汽凝器7接收低压加热器组14-5~14-8的水蒸汽与凝结水,水蒸汽和凝结水进一步放热后形成凝结水或更低温凝结水,凝结水通过凝结水泵9依次经过低压加热器组14-5~14-8、热力除氧器8、给水泵10和高压加热器组14-1~14-3后进入锅炉省煤器吸收锅炉的耗散热量,凝结水升温汽化并过热后进入汽轮机发电,做功后的部分水蒸汽进入高压加热器组14-1~14-3、低压加热器组14-5~14-8后作为热媒使用,因此高压加热器组14-1~14-3和低压加热器组14-5~14-8均包括有来自汽轮机抽汽口的加热蒸汽和被加热的来自凝汽器的凝结水,高压加热器组14-1~14-3和低压加热器组14-5~14-8还包括有回流通路,其将水蒸汽给凝结水加热释放热量后回流到凝汽器7,以此冷媒和热媒实现循环转化;高压加热器组14-1~14-3和低压加热器组14-5~14-8都是为了提高进入锅炉省煤器的水温,避免低温腐蚀,低压加热器组14-5~14-8还有提高进入除氧器8的凝结水温度的作用;

[0024] 所述低温省煤器12的换热器入口通过第一增压泵11连通5#低压加热器凝结水出口,凝结水从8#低压加热器14-8经电动调节阀13进入低低温省煤器16,进行第一次预热后再进入第一增压泵11;来自锅炉尾部受热面的烟气经空气预热器2进入低温省煤器12,此时凝结水吸收烟气放出的热量,烟气经过低温省煤器12释放热量后进入干式电除尘器3,除尘后的烟气经过第一引风机4通往下一级装置;

[0025] 本发明实施例的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统还包括有与第一引风机4烟气出口连通的低低温省煤器16,与低低温省煤器16烟气出口连通的湿电除尘器17,与湿电除尘器17烟气出口连通的第二引风机18,其烟气出口连通脱硫塔5,所述低低温省煤器16的换热器(未图示)与循环介质加热模块14的冷媒连通;所述烟气经过第一引风机4通往低

低温省煤器16;作为一个实施例,所述低低温省煤器16换热器的入口连通凝结水泵9的出口,低低温省煤器16换热器的出口则与低温省煤器12换热器的入口连通,此时低温省煤器12换热器的出口连通热力除氧器8的凝结水入口;凝结水吸收低低温省煤器16内烟气热量后,再吸收低温省煤器12内烟气热量,最后凝结水进入热力除氧器8中除氧;进一步作为另一个实施例,所述凝结水还经过循环管路与来自低低温省煤器16的凝结水混合再次进入低温省煤器12换热器吸收热量;所述烟气经过低低温省煤器16释放热量后进入湿电除尘器17,再次除尘净化后的烟气经过第二引风机18进入脱硫塔5,烟气脱硫后进入烟囱6进行合格排放;

[0026] 为了更好的利用余热资源,体现温度对等原则,还包括有设于二次风机1与空气预热器2入风口之间的暖风器15,暖风器15的换热器(未图示)与循环介质加热模块14热媒连通,所述循环介质加热模块14的热媒给通过暖风器的冷媒加热,在本实施例中,所述循环介质加热模块14的6#低压加热器14-6的出汽口与暖风器15的换热器入口连通,暖风器15的换热器出口与8#低压加热器14-8的凝结水系统连通,或者暖风器15的换热器出口直接与凝汽器7连通;

[0027] 进一步,作为一个实施例,所述暖风器15包括有凝汽段暖风器15-1和过冷段暖风器15-2,所述过冷段暖风器15-2直接连通二次风机1,所述凝汽段暖风器15-1设于空气预热器2入风口与过冷段暖风器15-2之间,所述热媒先后经过凝汽段暖风器15-1和过冷段暖风器15-2。来自环境的低温空气先通过过冷段暖风器15-2预热,再进入凝汽段暖风器15-1进行预热,热蒸汽先进入凝汽段暖风器15-1冷凝放热后再进入过冷段暖风器15-2进一步释放显热,在暖风器15换热器中的凝结水温度降至55℃左右后进入8#低压加热器14-8,与其中的凝结水一起回到凝汽器7;作为另一实施例所述暖风器15换热器中的凝结水直接回到凝汽器7。

[0028] 进一步,所述低低温省煤器16采用ND钢材料或氟塑料的耐酸腐蚀材料。

[0029] 进一步,所述低温省煤器12包括有近露点水温控制模块(未图示);所述近露点水温控制模块调节在低温省煤器12内再循环的凝结水流量比例,从而控制进入低温省煤器12换热器的入口水温不低于酸露点。

[0030] 进一步,所述热媒经过暖风器15的流量,根据暖风器15出口温度不低于第一设定温度值或第一设定温度范围而设定。采用DCS系统自动控制通过暖风器15的空气流量。

[0031] 进一步,所述第一设定温度值为100℃,第一设定温度范围为酸露点温度范围。

[0032] 进一步,所述低低温省煤器16的冷媒采用DCS系统控制,低低温省煤器16烟气出口温度处于第二设定温度值或第二设定温度范围为标准,从而自动控制进入低低温省煤器16的冷媒的流量。

[0033] 作为一个实施例,所述DCS系统通过在低温省煤器12循环管道处、低低温省煤器16换热器入口处和暖风器15换热器入口处设置电子调节阀13控制冷媒、热媒的流量。

[0034] 进一步,所述第二设定温度值为80℃,第二设定温度范围为75℃至85℃。

[0035] 进一步,所述低温省煤器12和低低温省煤器16均设有自动清灰装置,定期对其内的受热面进行在线清灰。

[0036] 与对比的常规电厂烟气余热利用系统相比,本发明利用6#低压加热器14-6抽汽口的低压蒸汽来将空气从环境温度预热到100℃左右后进入空气预热器2,由此带来四大好

处：一是提高了空气预热器2入口空气温度，有效避免空气预热器2受热面酸腐蚀；二是缩小了空气预热器2的20℃左右的冷端换热端差，减少了气气换热的不可逆损失；三是由于空气预热器2入口空气温度的提升，提高了入炉空气温度，减少了锅炉内利用高品质热源加热空气的燃料消耗量；四是提升了空气预热器2出口烟气温度，及提升进入低温省煤器12的烟气余热资源品质。

[0037] 锅炉尾部烟道出口烟气余热资源品质的提高，使得低温省煤器12可以将凝结水温度加热到130℃~140℃，即加热升温后的凝结水可直接并入5#低压加热器14-5出口或进入热力除氧器8，相对于对比常规余热回收系统，低温省煤器出口的凝结水温度提高了30℃左右。

[0038] 新增的低低温省煤器16目的之一是进一步将烟气温度降低到更有利于湿电除尘器17高效运行的烟气温度，使得烟气经过湿电除尘器17的二次除尘净化后达到新环保排气含尘标准；二是进一步回收了烟气余热，从而减少低压加热器的抽汽量。

[0039] 被加热的凝结水侧在低温省煤器12和低低温省煤器16的流程采用了串联的方式，与吸取的余热资源的温度更为对等，相对于对比常规余热回收系统，由仅节省6#和7#低压加热器的抽汽改成节省5#、6#、7#和8#低压加热器的抽汽，提高了汽轮机发电量，更符合“温度对等、梯级利用”的余热回收原则。

[0040] 根据“温度对等、梯级利用”的原则优化后的燃煤电厂低品位余热资源高效利用系统，相对于对比常规余热回收系统，发电燃料消耗可降低标煤3~5g/kWh，与未采用余热回收系统的燃煤电厂相比，发电燃料消耗可降低标煤6~8g/kWh，以年发电5000h计算，余热资源回收利用的改造投资费用在2年左右即可收回。

[0041] 上述实施例仅用以说明本发明而非限制本发明所描述的技术方案；因此，尽管本说明书参照上述的各个实施例对本发明已进行了详细的说明，但是，本领域的普通技术人员应当理解，仍然可以对本发明进行修改或者等同替换；而一切不脱离本发明的精神和范围的技术方案及其改进，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。



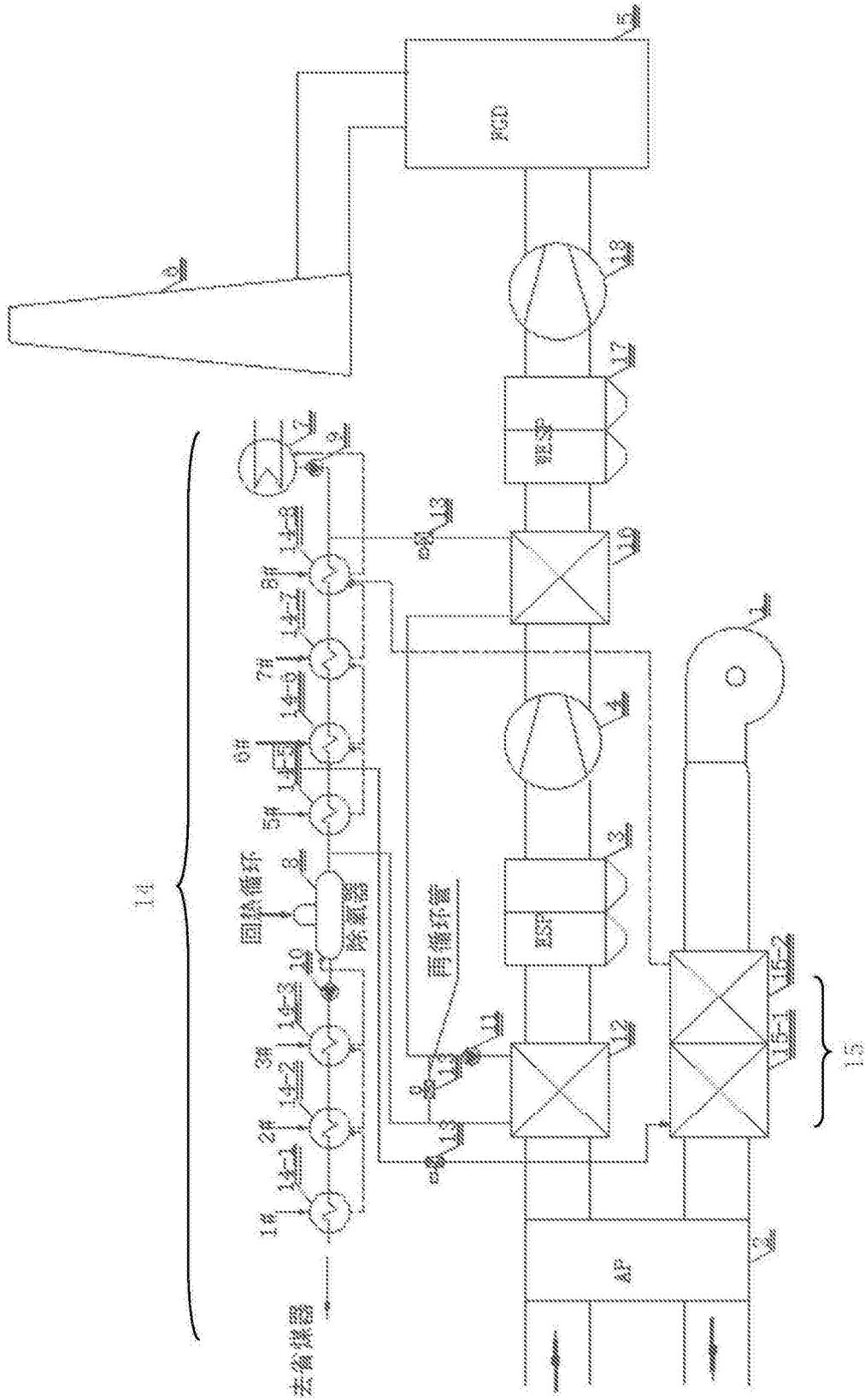


图2