



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106402838 A

(43)申请公布日 2017. 02. 15

(21)申请号 201610819437.7

(22)申请日 2016.09.13

(71)申请人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路516号

(72)发明人 马有福 杨丽娟 岳荣

(74)专利代理机构 上海德昭知识产权代理有限公司 31204

代理人 郁旦蓉

(51)Int.Cl.

F22D 1/36(2006.01)

F22D 1/32(2006.01)

F22D 1/50(2006.01)

F23J 15/06(2006.01)

F23J 15/02(2006.01)

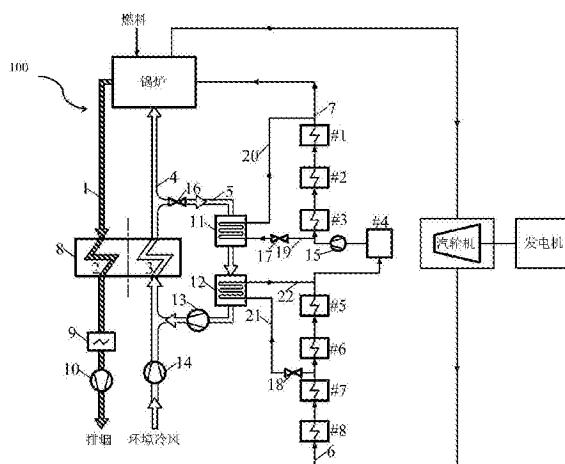
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统

(57)摘要

一种基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,包括:锅炉给水回热加热装置,具有顺序相连通的低压加热单元、高压加热单元、除氧单元及给水泵;和锅炉尾部烟气余热利用装置,其中,低压加热单元以锅炉产生的蒸汽做功后的低压抽汽作为换热热源,高压加热单元以蒸汽做功后的高压抽汽作为换热热源。该锅炉尾部烟气余热利用系统利用循环热风作为传热介质,提高了给水回热系统所回收利用烟气余热的气温水平和热功转换效率,实现了发电系统的供电效率的大幅提高,降低了余热回收系统投资与运行控制难度,避免了余热回收装置的腐蚀、积灰与磨损问题,克服了空气预热器的冷端低温腐蚀,而且无需新建旁通烟道,系统流程简洁,更易于工程实施。



1. 一种基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,用于在锅炉中对燃料进行燃烧且与含有以蒸汽做功驱动的汽轮机的汽轮机组相连接,其特征在于,包括:

锅炉给水回热加热装置,具有顺序相连通的低压加热单元、高压加热单元、除氧单元及给水泵;和

锅炉尾部烟气余热利用装置,其中,所述低压加热单元以锅炉产生的蒸汽做功后的低压抽汽作为换热热源,所述高压加热单元以蒸汽做功后的高压抽汽作为换热热源,

锅炉尾部烟气余热利用装置具有设置在锅炉外的空气预热器和再循环风道,所述空气预热器具有空气流道和烟气流道,所述再循环风道具有顺序相连通的高压换热器、低压换热器和再循环风机,

所述烟气流道的进口端与锅炉的尾部烟道相连通,锅炉排出的中温烟气从尾部烟道进入烟气流道后经烟气流道的出口排出,

所述空气流道的进口端与环境冷风的冷风风道相连通,出口端与锅炉的热风风道相连通,环境冷风被送风机送入冷风风道,与来自所述再循环风道出口的循环风混合后进入所述空气流道,并与所述烟气流道的中温烟气进行热量交换后被加热成为热风,该热风的一部分通过热风风道进入锅炉,

所述再循环风道的进口端与热风风道相连通,出口端与冷风风道相连通,热风风道内的热风的另一部分从再循环风道的进口端依次经过所述高压换热器、所述低压换热器以及所述再循环风机后经过所述再循环风道的出口流入冷风风道,

锅炉产生的蒸汽经过汽轮机做功后经冷凝得到凝结水,该凝结水的一部分进入所述低压加热单元换热得到低压加热水,另一部分进入所述低压换热器后被热风换热得到低压换热水,低压加热水与低压换热水混合后进入所述除氧单元被除氧得到除氧水,

除氧水经给水泵升压后,一部分进入所述高压加热单元换热得到高压加热水,另一部分进入所述高压换热器被热风加热后得到高压换热水,高压加热水与高压换热水混合后作为锅炉给水供给锅炉加热。

2. 根据权利要求1所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征在于:

其中,所述低压加热单元、高压加热单元均包括至少一个抽汽加热器。

3. 根据权利要求2所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征在于:

其中,所述低压加热单元具有从所述蒸汽做功后经冷凝得到凝结水的凝结水管道的出口端向所述除氧单元进水端依次串联设置的四个抽汽加热器。

4. 根据权利要求2所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征在于:

其中,所述高压加热单元具有从所述给水泵的出水端向所述锅炉给水端依次串联设置的三个抽汽加热器。

5. 根据权利要求1所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征在于:

其中,所述再循环风道设置有热风调节阀,该热风调节阀用于调节送入所述锅炉的热风量与再循环热风量的比例大小。

6. 根据权利要求1所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征
在于:

其中,所述除氧单元为除氧器。

7. 根据权利要求1所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征
在于:

其中,所述空气预热器为回转式空气预热器或管式空气预热器。

8. 根据权利要求1所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,其特征
在于:

其中,所述高压换热器为高压省煤器,所述低压换热器为低压省煤器。

9. 一种包含权利要求1-8中任意一项所述的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热
利用系统的高效发电系统,其特征在于,还包括:汽轮机组,让锅炉产生的蒸汽进入而做功,
具有输出轴;发电机组,与汽轮机组的输出轴连接,用于发电,其中,所述基于热风再循环的
电站锅炉尾部烟气余热利用系统为锅炉机组与汽轮机组之间的一种热力系统耦合。

基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统

技术领域

[0001] 本发明属于电站锅炉尾部烟气余热回收及高效发电技术领域,具体涉及电站锅炉排烟余热回收用于汽轮机组回热系统的高效发电系统。

背景技术

[0002] 在火力发电厂锅炉排烟中含有丰富的余热资源。燃煤煤锅炉的排烟温度为125℃左右,燃褐煤锅炉的排烟温度为150℃左右。相应地,锅炉排烟热损失约5~8%,是电站锅炉最大的一项热损失。为了进一步提高火电机组热效率,满足电力工业日益严格的节能减排要求,锅炉尾部烟气余热利用受到广泛重视。目前烟气余热利用的基本思路是,以汽轮机组给水回热系统中温度较低的凝结水或给水作为冷却介质回收烟气余热使排烟温度降低至约90℃,由此节省给水回热系统中的汽轮机抽汽,从而获得火力发电机组热效率的提高。

[0003] 目前广泛应用的烟气余热利用系统是在锅炉空气预热器的烟气下游布置低温省煤器(也称低压省煤器)系统,以机组凝结水作为冷却介质回收锅炉排烟余热至烟温约90℃。这种系统的不足之处是:由于低温省煤器的烟气降温区间为锅炉排烟温度至90℃,所以烟气侧烟温水平较低,所回收的烟气余热只能排挤做功能力较低的汽轮机低压抽汽,因而由烟气余热回收获得的发电机组节能效益较低,燃煤发电机组的节煤效益约为0.5%;而且,由于低温烟气与凝结水之间的换热温差较低,使得低温省煤器的成本和体积较大,降低了该余热利用系统工程应用的经济性。

[0004] 为了进一步提高锅炉尾部烟气余热回收系统的热功转换效率,德国学者提出了一种基于空气预热器旁通烟道的余热利用系统。它是在锅炉尾部设置与空气预热器并联的旁通烟道,同时在空气预热器下游布置水煤式空气预热器,利用低温段烟气放热预热送风,使得空气预热器入口分流出一部分烟气在旁通烟道内通过高压省煤器及低压省煤器分别加热机组给水与凝结水,从而明显提高由给水回热系统所回收烟气热能的烟温水平,相应地提高了烟气余热所排挤抽汽的品质,使余热回收系统的热效率明显提高。研究表明在相同的烟气余热回收量下,该系统的节能效益约为低温省煤器系统的2倍。

[0005] 经分析比较,在目前已公开的各类锅炉尾部烟气余热利用系统中,旁通烟道系统具有最优的热经济性和技术经济性。但是,从工程应用的角度,现有的旁通烟道系统仍存在以下不足:

[0006] (1) 采用空气预热器旁通烟道使得锅炉尾部受热面的烟气分配及安全运行较难控制,系统趋于复杂,锅炉尾部烟道的投资也增大。在该系统中,为控制空气预热器和低压省煤器冷端受热面的低温腐蚀,需要准确有效地控制空气预热器和旁通烟道各自出口的烟气温度,而出口烟气温度与烟气在这两个并联流路内的分配直接相关。关于如何有效控制烟气在空气预热器和旁通烟道间的分配,目前还未有成熟可靠的技术手段和运行经验。对于已然系统庞大的火力发电系统来说,增设旁通烟道使得系统更趋复杂,安全可靠运行和自动控制的难度增大。而且,增设旁通烟道需对锅炉尾部烟道重新设计,使烟道的改造投资增大。

[0007] (2) 采用烟气与机组给水或凝结水直接换热使得受热面腐蚀、磨损及积灰的风险较大,系统运行可靠性降低,旁通烟道内高压省煤器与低压省煤器的投资也较大。正如目前在低温省煤器系统实际应用中所遇到的运行难点,低温烟气与低温凝结水直接换热的省煤器面临着较为突出的低温腐蚀及堵灰问题,这是含硫燃料燃烧产生烟气的低温余热的利用中至今仍未有效解决的应用难点。为减轻低温腐蚀,一部分低压省煤器冷端受热面需采用价格昂贵的耐腐蚀材质,使得受热面投资增大。此外,由于旁通烟道内的省煤器是布置在含灰浓度较大的烟气中,所以为防止受热面磨损过快只能采用较低烟气流速,加之灰粒污染对受热面传热过程的弱化,使得受热面总传热系数较低,而且,为防止受热面严重积灰只能采用抗积灰效果好但翅化比较小的换热管型,低传热系数和低翅化比使得旁通烟道内省煤器的投资进一步增大,系统运行费用也随之增大。

[0008] (3) 采用水媒式空气预热器使得系统投资及运行费用明显增大,系统流程更加复杂,系统的工程可行性和投资经济性均降低。所谓水媒式空气预热器,是以闭式循环水为中间传热介质,通过低温烟气预热锅炉送风。由于低温烟气与空气通过中间介质间接传热,水媒式空气预热器的空气侧和烟气侧受热面的换热温差均很小,导致水媒式空气预热器的投资及运行费用很大,对系统的技术经济性造成了显著的不利影响。而且,水媒式空气预热器烟气侧受热面发生严重低温腐蚀与堵灰的风险也较高,使得影响系统安全可靠运行的风险点增多。此外,锅炉主空气预热器的安全可靠运行与水媒式空气预热器直接相关,而水媒式空气预热器是一个由烟气侧、空气侧受热面及闭式水循环回路共同构成的换热系统,使得余热利用系统整体过于复杂,运行参数不易调节控制。

发明内容

[0009] 本发明是为了解决上述问题而进行的,目的在于提供一种利用循环热风作为传热介质,提高了给水回热系统所回收利用烟气余热的气温水平和热功转换效率,实现了发电系统的供电效率的大幅提高,降低了余热回收系统投资与运行控制难度,避免了余热回收装置的腐蚀、积灰与磨损问题,克服了空气预热器的冷端低温腐蚀,而且无需新建旁通烟道,系统流程简洁,更易于工程实施。

[0010] 一种基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统(发明名称和主题要统一),用于在锅炉中对燃料进行燃烧且与含有以蒸汽做功驱动的汽轮机的汽轮机组相连接,其特征在于,包括:锅炉给水回热加热装置,具有顺序相连通的低压加热单元、高压加热单元、除氧单元及给水泵;和锅炉尾部烟气余热利用装置,其中,低压加热单元以锅炉产生的蒸汽做功后的低压抽汽作为换热热源,高压加热单元以蒸汽做功后的高压抽汽作为换热热源,

[0011] 锅炉尾部烟气余热利用装置具有设置在锅炉外的空气预热器和再循环风道,空气预热器具有空气流道和烟气流道,再循环风道具有顺序相连通的高压换热器、低压换热器和再循环风机,

[0012] 烟气流道的进口端与锅炉的尾部烟道相连通,锅炉排出的中温烟气从尾部烟道进入烟气流道后经烟气流道的出口排出,

[0013] 空气流道的进口端与环境冷风的冷风风道相连通,出口端与锅炉的热风风道相连通,环境冷风被送风机送入冷风风道,与来自再循环风道出口的循环风混合后进入空气流

道,并与烟气流道的中温烟气进行热量交换后被加热成为热风,该热风的一部分通过热风风道进入锅炉,

[0014] 再循环风道的进口端与热风风道相连通,出口端与冷风风道相连通,热风风道内的热风的另一部分从再循环风道的进口端依次经过高压换热器、低压换热器以及再循环风机后经过再循环风道的出口流入冷风风道,

[0015] 锅炉产生的蒸汽经过汽轮机做功后经冷凝得到凝结水,该凝结水的一部分进入低压加热单元换热得到低压加热水,另一部分进入低压换热器后被热风换热得到低压加热水,低压加热水与低压换热水混合后进入除氧单元被除氧得到除氧水,

[0016] 除氧水经给水泵升压后,一部分进入高压加热单元换热得到高压加热水,另一部分进入高压换热器被热风加热后得到高压换热水,高压加热水与高压换热水混合后作为锅炉给水供给锅炉加热。

[0017] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,低压加热单元、高压加热单元均包括至少一个抽汽加热器。

[0018] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,低压加热单元具有从蒸汽做功后经冷凝得到凝结水的凝结水管道的出口端向除氧单元进水端依次串联设置的四个抽汽加热器。

[0019] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,高压加热单元具有从给水泵的出水端向锅炉给水端依次串联设置的三个抽汽加热器。

[0020] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,再循环风道设置有热风调节阀,该热风调节阀用于调节送入锅炉的热风量与再循环热风量的比例大小。

[0021] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,除氧单元为除氧器。

[0022] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,空气预热器既可以为回转式空气预热器,也可以为管式空气预热器。

[0023] 本发明提供的基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统,还可以具有这样的特征,其特征在于:其中,高压换热器为高压省煤器,低压换热器为低压省煤器。

[0024] 本发明还提供一种包含基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统的高效发电系统,其特征在于,还包括:汽轮机组,让锅炉产生的蒸汽进入而做功,具有输出轴;发电机组,与汽轮机组的输出轴连接,用于发电,其中,本发明所述基于热风再循环的电站锅炉尾部烟气余热利用系统为锅炉机组与汽轮机组之间的一种热力系统耦合。

[0025] 发明作用与效果

[0026] 与现有技术相比较,本发明的锅炉机组和发电系统有益效果是:

[0027] (1) 仍能保证汽轮发电机组所利用烟气余热的品质与现有技术的旁通烟道系统接近,使得发电效率大大提高。这是因为通过热风再循环,增大了空气预热器内空气量,使得由锅炉尾部烟气来加热空气所需的热量增加,烟气温度降低,回收的烟气余热转移到热风中,加热后的热风温度与旁通烟气进口温度接近,仅有20℃左右的温差,两者品质接近。同

时在保证锅炉送风量和送风温度不变条件下,将多出的热风进行再循环,利用高品质的循环热风加热机组给水和凝结水,由此减少高压加热器和低压加热器的抽汽量,节省抽汽返回汽轮机继续膨胀做功,最后的结果是使得火力发电系统的发电效率得以大幅提高。

[0028] (2) 避免余热回收装置的腐蚀、积灰与磨损问题的出现,降低了余热回收装置换热面投资。这是因为采用清洁的循环热风作为热源,一方面,避免了余热利用装置的腐蚀、磨损与积灰问题;另一方面,因不存在积灰、磨损问题,可以提高换热器中热风的流速来提高换热系数从而降低换热器投资,而且还可以采用高翅化比的换热管型从而进一步降低换热器的体积、投资及运行费用。

[0029] (3) 避免了旁通烟道改造,不增加自动控制系统难度。由于采用空气作为中间传热介质,将烟气热量间接进行回收利用,故只需增加空气预热器原有换热面,不需要进行旁通烟道改造,也不需要增设复杂的烟气量调节和控制系统。

[0030] (4) 取消了水媒式空气预热器,从而避免了空气预热器的冷端低温腐蚀、降低投资与运行难度。本发明采用的空气预热器出口烟气直接降低到较低温度的水平,烟气余热已被最大化地回收,故可取消造价高、运行复杂的水媒式空气预热器,即、简化了尾部烟气的换热过程。同时可通过调节循环风的温度来调节空气预热器入口空气温度,从而控制空气预热器冷端受热面壁温在避免严重低温腐蚀的安全范围,实现在回收烟气余热的同时确保空气预热器安全可靠运行。

附图说明

[0031] 图1为本发明的系统组成示意图。

[0032] 1:尾部烟道;2:烟气流道;3:空气流道;4:热风风道;5:再循环风道;6:凝结水管道;7:进入锅炉给水管;8:空气预热器;9:除尘器;10:引风机;11:高压省煤器;12:低压省煤器;13:再循环风机;14:送风机;15:给水泵;16:热风调节阀;17、18:调节阀;19:旁通给水进水管;20:旁通给水出水管;21:旁通凝结水进水管;22:旁通凝结水出水管;#1~#8:抽汽加热器。

具体实施方式

[0033] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,以下实施例结合附图对本发明的锅炉机组的结构、原理、使用步骤、技术效果作具体阐述。

[0034] 实施例

[0035] 图1为本发明的系统组成示意图。

[0036] 如图1所示,发电系统100具有包含产生蒸汽的锅炉的锅炉机组以及包含汽轮机和发电机的汽轮发电机组。

[0037] 锅炉机组产生高温高压的蒸汽后进入汽轮机做功驱动汽轮机的输出轴转动,输出轴带动连接的发电机高速旋转发电。

[0038] 如图1所示,锅炉机组用于在锅炉中对燃料进行燃烧且与含有以蒸汽做功驱动的汽轮机的汽轮发电机组相连接,包括锅炉给水回热加热装置和锅炉尾部烟气余热利用装置。

[0039] 锅炉给水回热加热装置,具有顺序相连通的串联设置的四个抽汽加热器(#5~#8

抽汽加热器)组成的低压加热单元、具有顺次串联设置的三个抽汽加热器组成的高压加热单元(#1~#3抽汽加热器)、除氧单元(#4抽汽加热器,也承担着除氧器的功能)及给水泵15。

[0040] 其中,低压加热单元以锅炉产生的蒸汽做功后的低压抽汽作为换热热源,高压加热单元以蒸汽做功后的高压抽汽作为换热热源。

[0041] 锅炉尾部烟气余热利用装置具有设置在锅炉外的空气预热器8和再循环风道5,空气预热器8具有空气流道3和烟气流道2,再循环风道5具有顺序相连通的高压省煤器11、低压省煤器12和再循环风机13。

[0042] 烟气流道2的进口端与锅炉的尾部烟道1相连通,锅炉排出的中温烟气从尾部烟道1进入烟气流道2后经烟气流道的出口排出。

[0043] 空气流道3的进口端与环境冷风的冷风风道相连通,出口端与锅炉的热风风道4相连通,环境冷风被送入冷风风道后进入空气流道3,并与烟气流道2的中温烟气进行热量交换被加热后成为热风,该热风的一部分通过热风风道4进入锅炉。

[0044] 再循环风道5的进口端与热风风道4通过热风调节阀16相连通,出口端与冷风风道相连通,热风风道内的热风的另一部分从再循环风道5的进口端依次经过高压省煤器11、低压省煤器12以及再循环风机13后经过再循环风道5的出口端后流入冷风风道,与送风机送入的环境冷风混合后一起进入空气预热器8。

[0045] 锅炉产生的蒸汽经过汽轮机做功后经冷凝得到凝结水,该凝结水的一部分进入低压加热单元换热得到低压加热水,另一部分进入低压换热器后被热风换热得到低压换热水,低压加热水与低压换热水混合后进入除氧单元被除氧得到除氧水。

[0046] 除氧水经给水泵15升压后,一部分进入高压加热单元换热得到高压加热水,另一部分进入高压换热器被热风加热后得到高压换热水,高压加热水与高压换热水混合后作为锅炉给水供给锅炉加热。

[0047] 运行过程与原理

[0048] 燃料与热风进入锅炉炉膛进行燃烧放热产生高温烟气,高温烟气通过汽水受热面加热进入锅炉的给水,给水吸热汽化变为蒸汽,蒸汽进入汽轮机膨胀做功从而带动发电机发电。从汽轮机做功的蒸汽进入凝汽器冷凝,凝汽器中的凝结水通过凝结水泵升压后依次经过低压抽汽加热器(#5~#8抽汽加热器)和除氧器(#4抽汽加热器)加热,除氧器出口的水经给水泵15再次升压后通过高压抽汽加热器(#1~#3抽汽加热器)加热后进入锅炉(本图没有给出凝汽器、凝结水泵等部件,这些部件为发电系统常规部件)。锅炉炉膛内燃料燃烧产生的高温烟气经多组汽水受热面冷却后进入尾部烟道1。

[0049] 省煤器出口烟气经尾部烟道1进入空气预热器8,对空气预热器8内的空气(该空气由送风机抽取的环境冷风与再循环风道5内的循环风组成)进行加热,加热后的热风一部分通过热风风道4进入锅炉满足燃烧与制粉过程所需的风量;循环风进入再循环风道5,在新增的再循环风道5内设置高压省煤器11和低压省煤器12,高压省煤器11引入部分高压给水进入换热器,对热风进行冷却吸热,加热后的给水再引入给水管道7进入锅炉,低压省煤器12引入部分低压凝结水进入换热器,对高压省煤器11之后的循环风进行进一步冷却吸热,加热后的凝结水再引入凝结水管道6进入除氧器。低压省煤器12出口的循环风通过再循环风机13增压,增压后的循环风与送风机14抽取的环境冷风进行混合加热,混合后的空气进入空气预热器8进行加热。空气预热器8排出的烟气经过除尘器9除尘后引入脱硫装置净化

处理再排入环境中。

[0050] 实施例的作用和有益效果

[0051] 根据本实施例提供的锅炉机组和发电系统有益效果是：

[0052] (1) 仍能保证汽轮发电机组所利用烟气余热的品质与现有技术的旁通烟道系统接近,使得发电效率大大提高。这是因为通过热风再循环,增大了空气预热器内空气量,使得由锅炉尾部烟气来加热空气所需的热量增加,烟气温度降低,回收的烟气余热转移到热风中,加热后的热风温度与旁通烟气进口温度接近,仅有20℃左右的温差,两者品质接近。同时在保证锅炉送风量和送风温度不变条件下,将多出的热风进行再循环,利用高品质的循环热风加热机组给水和凝结水,由此减少高压加热器和低压加热器的抽汽量,节省抽汽返回汽轮机继续膨胀做功,最后的结果是使得火力发电系统的发电效率得以大幅提高。

[0053] (2) 避免余热回收装置的腐蚀、积灰与磨损问题的出现,降低了余热回收装置换热面投资。这是因为采用清洁的循环热风作为热源,一方面,避免了余热利用装置的腐蚀、磨损与积灰问题;另一方面,因不存在积灰、磨损问题,有利于提高换热器中热风的流速来提高换热系数从而降低换热器投资,而且还可以采用高翅化比的换热管型从而进一步降低换热器的体积、投资及运行费用。

[0054] (3) 避免了旁通烟道改造,不增加自动控制系统难度。由于采用空气作为中间传热介质,将烟气热量间接进行回收利用,故只需增加空气预热器原有换热面,不需要进行旁通烟道改造,也不需要增设复杂的烟气量调节和控制系统。

[0055] (4) 取消了水媒式空气预热器,从而避免了空气预热器的冷端低温腐蚀、降低投资与运行难度。本发明采用的空气预热器出口烟气直接降低到较低温度的水平,烟气余热已被最大化地回收,故可取消造价高、运行复杂的水媒式空气预热器,即、简化了尾部烟气的换热过程。同时可通过调节循环风的温度来调节空气预热器入口空气温度,从而控制空气预热器冷端受热面壁温在避免严重低温腐蚀的安全范围,实现在回收烟气余热的同时确保空气预热器安全可靠运行。

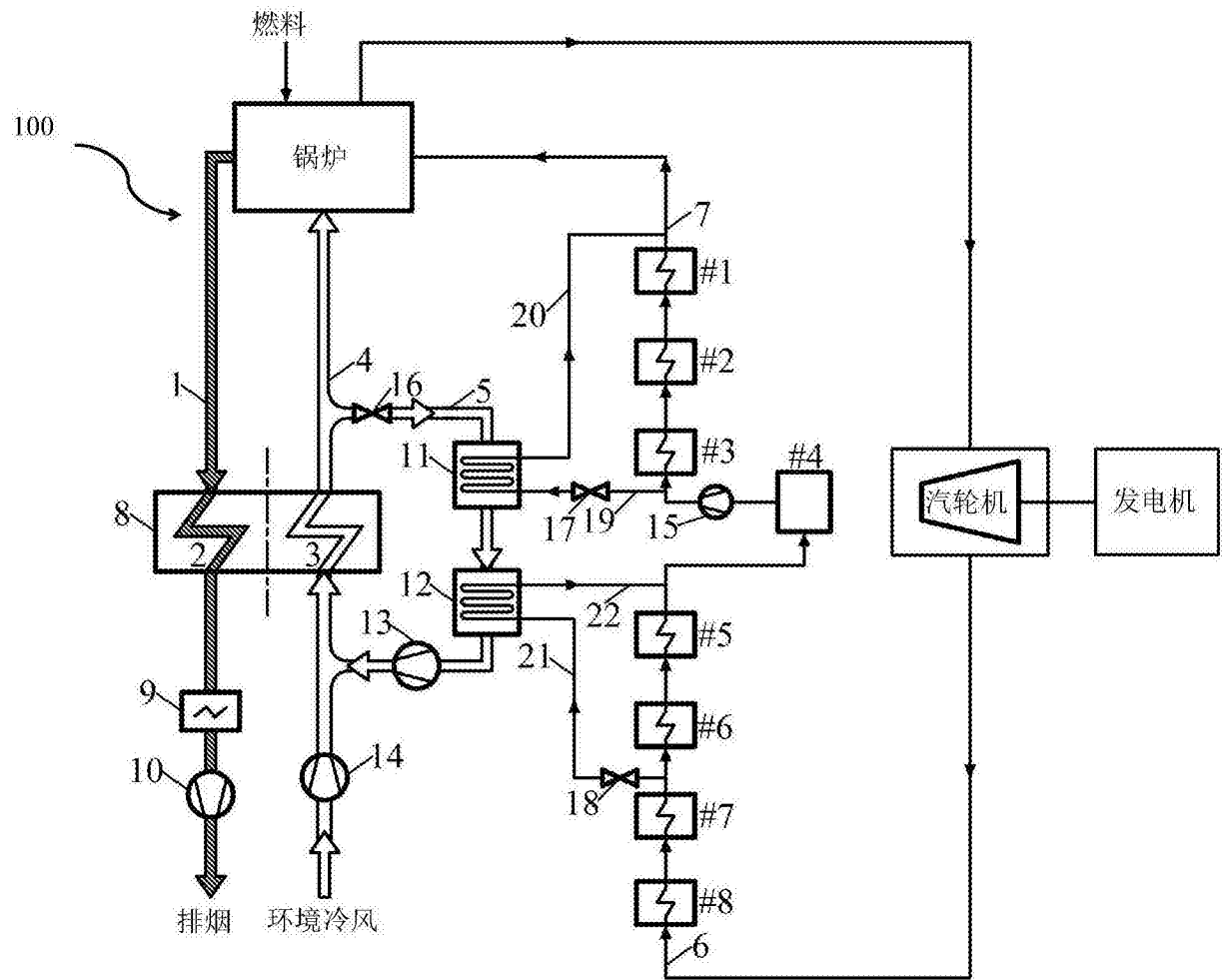


图1