



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206036990 U

(45)授权公告日 2017. 03. 22

(21)申请号 201621057344.7

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(22)申请日 2016.09.14

(73)专利权人 西安热工研究院有限公司

地址 710032 陕西省西安市碑林区兴庆路  
136号

专利权人 华能集团技术创新中心

(72)发明人 张一帆 王月明 李红智 姚明宇  
高炜 陈渝楠

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200

代理人 徐文权

(51) Int. Cl.

F22B 31/08(2006.01)

F23J 15/02(2006.01)

F01K 11/02(2006.01)

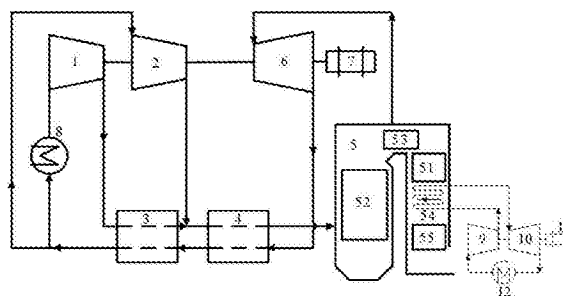
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统,包括高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统及低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统,低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括底层循环加热器、底层循环发电机、底层循环透平、底层循环压缩机及底层预冷器,底层循环加热器位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中的锅炉尾部烟道内,且底层循环加热器位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中省煤器与空气预热器之间,该系统能够实现超临界二氧化碳锅炉烟气热量的梯级利用,能够保证锅炉尾部烟道中空气预热器安全运行。



1. 一种煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统,其特征在于,包括高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统及低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统,低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括底层循环加热器(54)、底层循环发电机(11)、底层循环透平(10)、底层循环压缩机(9)及底层预冷器(12),底层循环加热器(54)位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中的锅炉尾部烟道内,且底层循环加热器(54)位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中省煤器(51)与空气预热器(55)之间;

底层循环加热器(54)的出口依次经底层循环透平(10)、底层预冷器(12)及底层循环压缩机(9)与底层循环加热器(54)的入口相连通,底层循环压缩机(9)、底层循环透平(10)及底层循环发电机(11)同轴设置。

2. 根据权利要求1所述的煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统,其特征在于,高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括锅炉(5)、高温回热器(4)、低温回热器(3)、主压缩机(1)、再压缩机(2)、透平(6)、发电机(7)及预冷器(8),锅炉(5)包括水冷壁(52)、过热器(53)、省煤器(51)、底层循环加热器(54)及空气预热器(55);

过热器(53)、省煤器(51)、底层循环加热器(54)及空气预热器(55)位于锅炉(5)的尾部烟道内且沿烟气流通的方向依次设置,透平(6)的乏气出口依次经高温回热器(4)的热侧及低温回热器(3)的热侧后分为两路,其中一路与再压缩机(2)的入口相连通,另一路依次经预冷器(8)及主压缩机(1)与低温回热器(3)的冷侧入口相连通,低温回热器(3)的冷侧出口与再压缩机(2)的出口通过管道并管后与高温回热器(4)的冷侧入口相连通,高温回热器(4)的冷侧出口依次经省煤器(51)、水冷壁(52)及过热器(53)与透平(6)的入口相连通;空气预热器(55)的出气口与锅炉(5)的空气入口相连通。

3. 根据权利要求2所述的煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统,其特征在于,锅炉(5)的尾部烟道内设有SCR脱硝装置,底层循环加热器(54)、SCR脱硝装置及空气预热器(55)沿烟气流通的方向依次布置。

4. 根据权利要求1所述的煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统,其特征在于,锅炉(5)为 $\pi$ 型锅炉。

## 煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于超临界二氧化碳高效火力发电领域,涉及一种煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统。

### 背景技术

[0002] 发电机组效率的高低对国民经济的发展和环境保护都有着重要影响,我国能源储备的构成特点决定了火力发电机组仍然是未来几十年内我国电力行业的主力军,因此,提高火力发电机组的效率在我国显得尤为重要。

[0003] 提高蒸汽参数是一种有效的提高火力发电系统效率的方法,将蒸汽朗肯循环发电机组的主蒸汽参数提高至700℃,可将机组的发电效率提高至50%左右。但是,目前700℃高温合金材料开发难度大,成本高,材料问题成为了700℃发电技术的最大瓶颈。为了避开材料方面的技术瓶颈,各国学者纷纷将目光转移到新型动力循环系统,以期实现发电效率的提升。经过各国学者大量的前期研究和论证,目前普遍认为超临界二氧化碳布雷顿循环系统是极具潜力的新概念先进动力系统。这主要是由于超临界二氧化碳具有能量密度大、传热效率高等特点,超临界二氧化碳布雷顿循环高效发电系统可以在620℃温度范围内达到常规蒸汽朗肯循环700℃的效率,避开了新型的高温合金的制约,且设备尺寸小于同参数的蒸汽机组,经济性非常好。

[0004] 但是,超临界二氧化碳布雷顿循环高效发电系统作为一种新型的先进发电系统,仍然有一些问题有待解决。尤其是对于用于火力发电的超临界二氧化碳布雷顿循环,其二氧化碳锅炉与蒸汽锅炉有显著差别,二氧化碳锅炉烟气余热梯级利用是目前亟待解决的问题。

[0005] 由于二氧化碳和水物性的不同,二氧化碳布雷顿循环与蒸汽朗肯循环的发电原理也有明显差异,在超临界二氧化碳布雷顿循环火力发电系统中,二氧化碳锅炉入口工质的温度比同参数蒸汽锅炉高出100-200℃,这意味着当600℃等级的超临界二氧化碳锅炉仍采用传统超临界蒸汽锅炉的结构形式时,省煤器内工质温度会达到500-550℃,省煤器处的烟气温度则会高达600℃以上,而省煤器后的空气预热器比较合理的烟气入口温度应为400℃,这就导致了600℃-400℃的这部分烟气余热无法利用,锅炉热效率低,严重影响了机组的发电效率。此外,过高的烟气温度会造成空预器的损坏以及脱硝设备无法正常工作。因此,提出一种能够实现超临界二氧化碳锅炉烟气热量梯级利用的联合循环,降低锅炉排烟温度,提高锅炉及系统效率十分有必要。

[0006] 然而经调研可知,目前国内外公开成果和专利中关于以超临界二氧化碳布雷顿循环为基础的联合循环火力发电系统的内容很少,更没有专利涉及通过联合循环的方式解决超临界二氧化碳锅炉烟气热量梯级利用的问题,同时现有的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统不能保证锅炉尾部烟道内空气预热器的安全运行。

### 实用新型内容

[0007] 本实用新型的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供了一种煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统,该系统能够实现超临界二氧化碳锅炉烟气热量的梯级利用,能够保证锅炉尾部烟道中空气预热器安全运行。

[0008] 为达到上述目的,本实用新型所述的煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统包括高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统及低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统,低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括底层循环加热器、底层循环发电机、底层循环透平、底层循环压缩机及底层预冷器,底层循环加热器位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中的锅炉尾部烟道内,且底层循环加热器位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中省煤器与空气预热器之间;

[0009] 底层循环加热器的出口依次经底层循环透平、底层预冷器及底层循环压缩机与底层循环加热器的入口相连通,底层循环压缩机、底层循环透平及底层循环发电机同轴设置。

[0010] 高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括锅炉、高温回热器、低温回热器、主压缩机、再压缩机、透平、发电机及预冷器,锅炉包括水冷壁、过热器、省煤器、底层循环加热器、空气预热器;

[0011] 过热器、省煤器、底层循环加热器及空气预热器位于锅炉的尾部烟道内且沿烟气流的方向依次设置,透平的乏气出口依次经高温回热器的热侧及低温回热器的热侧后分为两路,其中一路与再压缩机的入口相连通,另一路依次经预冷器及主压缩机与低温回热器的冷侧入口相连通,低温回热器的冷侧出口与再压缩机的出口通过管道并管后与高温回热器的冷侧入口相连通,高温回热器的冷侧出口依次经省煤器、锅炉的水冷壁及过热器与透平的入口相连通;空气预热器的出气口与锅炉的空气入口相连通。

[0012] 锅炉的尾部烟道内设有SCR脱硝装置,底层循环加热器、SCR脱硝装置及空气预热器沿烟气流的方向依次布置。

[0013] 锅炉为 $\pi$ 型锅炉。

[0014] 本实用新型具有以下有益效果:

[0015] 本实用新型所述的煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统在高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中锅炉的尾部烟道中增加低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中的底层循环加热器,实现高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统与低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统的联合发电,其中,底层循环加热器位于省煤器与空气预热器之间,从而实现锅炉烟气热量的梯级利用,解决传统二氧化碳布雷顿循环中中温烟气热量无法合理利用的难题,降低锅炉排烟问题,提高锅炉效率及系统的发电效率,同时降低进入到空气预热器中烟气的温度,保证空气预热器安全、稳定运行。

## 附图说明

[0016] 图1为本实用新型的结构示意图。

[0017] 其中,1为主压缩机、2为再压缩机、3为低温回热器、4为高温回热器、5为锅炉、51为省煤器、52为水冷壁、53为过热器、54为底层循环加热器、55为空气预热器、6为透平、7为发电机、8为预冷器、9为底层循环压缩机、10为底层循环透平、11为底层循环发电机、12为底层预冷器。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本实用新型做进一步详细描述：

[0019] 参考图1，本实用新型所述的煤基双二氧化碳工质联合循环发电系统包括高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统及低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统，低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括底层循环加热器54、底层循环发电机11、底层循环透平10、底层循环压缩机9及底层预冷器12，底层循环加热器54位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中的锅炉尾部烟道内，且底层循环加热器54位于高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统中省煤器51与空气预热器55之间；底层循环加热器54的出口依次经底层循环透平10、底层预冷器12及底层循环压缩机9与底层循环加热器54的入口相连通，底层循环压缩机9、底层循环透平10及底层循环发电机11同轴设置。

[0020] 高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统包括锅炉5、高温回热器4、低温回热器3、主压缩机1、再压缩机2、透平6、发电机7及预冷器8，锅炉5包括水冷壁52、过热器53、省煤器51、底层循环加热器54、空气预热器55；过热器53、省煤器51、底层循环加热器54及空气预热器55位于锅炉5的尾部烟道内且沿烟气流的方向依次设置，透平6的乏气出口依次经高温回热器4的热侧及低温回热器3的热侧后分为两路，其中一路与再压缩机2的入口相连通，另一路依次经预冷器8及主压缩机1与低温回热器3的冷侧入口相连通，低温回热器3的冷侧出口与再压缩机2的出口通过管道并管后与高温回热器4的冷侧入口相连通，高温回热器4的冷侧出口依次经省煤器51、锅炉5的水冷壁52及过热器53与透平6的入口相连通，空气预热器55的出气口与锅炉5的空气入口相连通。

[0021] 另外，锅炉5的尾部烟道内设有SCR脱硝装置，底层循环加热器54、SCR脱硝装置及空气预热器55沿烟气流的方向依次布置；锅炉5为 $\pi$ 型锅炉。

[0022] 高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统的工作过程为：透平6输出的乏气依次流经高温回热器4的热侧及低温回热器3的热侧对各自冷侧工质进行加热，低温回热器3热侧输出的工质分为两路，其中一路经预冷器8冷却放热后进入到主压缩机1中升压，然后再进入到低温回热器3的冷侧中吸热，另一路进入到再压缩机2中升压，低温回热器3冷侧输出的工质与再压缩机2输出的工质汇流后进入到高温回热器4的冷侧吸热形成锅炉5的新工质，锅炉5的新工质依次经过省煤器51、水冷壁52和过热器53加热形成高温高压工质，然后再进入到透平6中做功带动发电机7发电，并成为乏气，至此工质在高参数超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统内实现了一个完整的闭式布雷顿循环。

[0023] 低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统的工作过程为：底层循环透平10输出的乏气经底层预冷器12预冷后进入到底层循环压缩机9中升压，再进入到底层循环加热器54与锅炉5尾部烟道中进行换热，使其达到温度达到设计参数，然后再进入到底层循环透平10中做功，并形成乏气，至此工质在底层循环内实现了一个完整的闭式布雷顿循环。

[0024] 底层循环加热器54布置在锅炉5的尾部烟道，省煤器51、底层循环加热器54及空气预热器55沿烟气流的方向依次布置，底层循环加热器54有效吸收了省煤器51至空气预热器55之间的中温烟气热量（以600℃机组为例，中温烟气为温度大约在600℃至400℃的烟气），通过低参数的超临界二氧化碳布雷顿循环发电系统使该部分烟气热量转化为电能，既实现了锅炉5中烟气余热的梯级利用，又保证了空气预热器55烟气侧入口温度处于一个合

理的范围,确保空气预热器55安全稳定运行。

[0025] 以上所述的具体实施方式,对本实用新型的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本实用新型的具体实施方式而已,并不用于限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

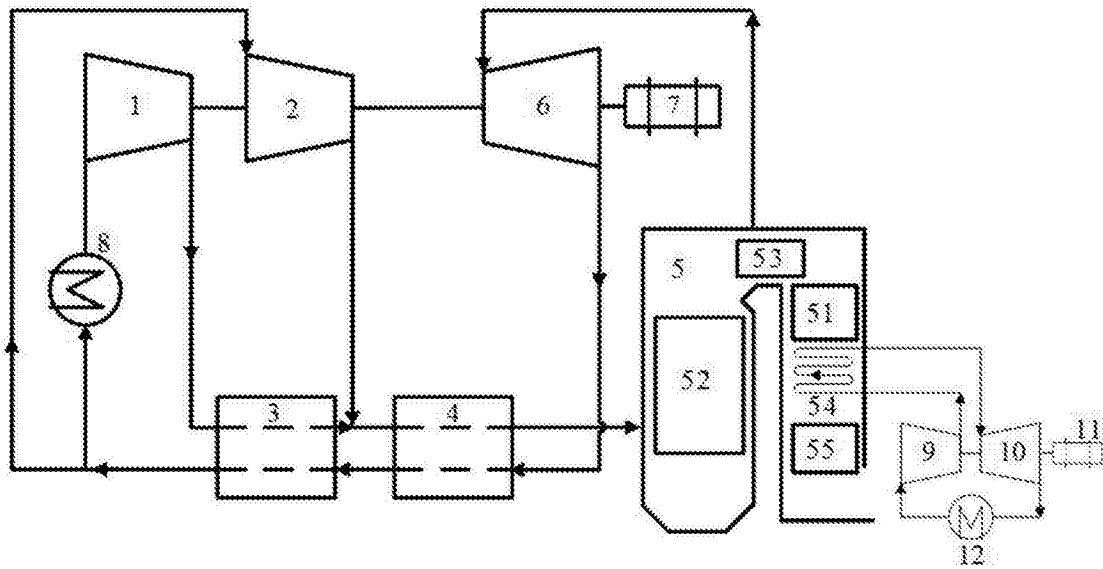


图1