



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206036988 U

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201621054658.1

F23L 15/00(2006.01)

(22)申请日 2016.09.13

F23J 15/02(2006.01)

F22G 5/00(2006.01)

(73)专利权人 华能国际电力股份有限公司

地址 100031 北京市西城区复兴门南大街  
丙2号

专利权人 西安热工研究院有限公司

(72)发明人 白文刚 王月明 张一帆 吴帅帅  
李红智 姚明宇

(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 李宏德

(51)Int.Cl.

F22B 31/08(2006.01)

F22G 3/00(2006.01)

F23J 15/06(2006.01)

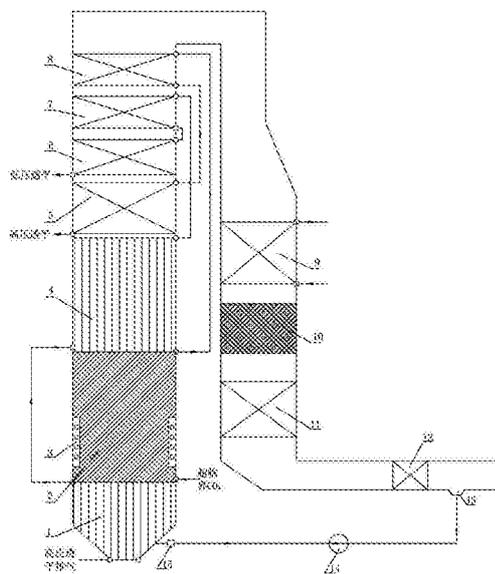
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,将超临界CO<sub>2</sub>锅炉中工质温度最低、管内工质对流换热系数更高的一次气辐射受热面布置在锅炉中热负荷最高的燃烧器区域,从而能够有效降低超临界CO<sub>2</sub>锅炉一次气辐射受热面的管壁温度,提高锅炉工作的安全性。此外,本实用新型在锅炉尾部烟道除尘器后的烟道上布置有烟气再循环抽烟口,此处烟气温度大约在100~150℃左右,且烟气中含尘量少,烟气对再循环烟道及再循环风机的磨损减轻,再循环烟道设计材质要求低。实际运行过程中,通过调整再循环烟气的抽取量,并将其送入锅炉炉膛底部,可实现对锅炉调峰时一次气和二次气温度的方便调节。



1. 一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,其特征在于,包括依次相连通的塔式锅炉炉膛、水平烟道及尾部烟道;

所述的塔式锅炉炉膛内沿烟气流通的方向依次布置有二次气辐射受热面(1)、一次气辐射受热面(2)、二次气墙式再热器(4)、高温过热器(5)、高温再热器(6)、低温再热器(7)和低温过热器(8);尾部烟道内布置有烟气冷却器(9);

所述的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统连接;煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中低温回热器的冷端出口分为两路,其中一路与烟气冷却器(9)的入口相通,另一路与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧入口相通,烟气冷却器(9)的出口及煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧出口通过管道并管后与一次气辐射受热面(2)的入口相通;

一次气辐射受热面(2)的出口与低温过热器(8)的入口相通,低温过热器(8)的出口与高温过热器(5)的入口相通,高温过热器(5)的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的高压透平的入口相通;

煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高压透平的出口与二次气辐射受热面(1)的入口相通,二次气辐射受热面(1)出口与二次气墙式再热器(4)入口相通,二次气墙式再热器(4)的出口与低温再热器(7)入口相通,低温再热器(7)出口与高温再热器(6)入口相通,高温再热器(6)的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的低压透平相通,低压透平的出口与高温回热器的热侧入口相通,高温回热器的热侧出口与低温回热器的热侧入口相通,低压透平的输出轴与发电机的驱动轴相连接。

2. 根据权利要求1所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,其特征在于,所述的二次气辐射受热面(1)布置在锅炉底部包括冷灰斗的区域。

3. 根据权利要求1所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,其特征在于,所述的一次气辐射受热面(2)布置在锅炉燃烧器(3)的区域。

4. 根据权利要求1所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,其特征在于,尾部烟道沿烟气流通的方向依次在烟气冷却器(9)后布置有SCR脱硝装置(10)、空气预热器(11)和除尘器(12)。

5. 根据权利要求4所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,其特征在于,尾部烟道除尘器(12)后的烟道上布置有烟气再循环抽烟口(13);所述烟气再循环抽烟口(13)与烟气再循环烟道相通,烟气再循环烟道通过膨胀节(15)与塔式锅炉炉膛底部的冷灰斗相通。

6. 根据权利要求5所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,其特征在于,烟气再循环烟道上布置有烟气再循环风机(14)。

## 一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环高效火力发电领域,涉及一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置。

### 背景技术

[0002] 不断提高发电机组的效率是电力行业研究的永恒主题和目标。对于发电企业而言,系统的循环效率越高,单位发电量的能耗就越低,对应的能源消耗量和污染物排放量就越低。对于传统的以蒸汽朗肯循环为能量转换系统的发电机组,若提高发电效率至50%左右,则需将主蒸汽参数提高至700℃,这就意味着需要花费高昂的经济代价和时间成本来研发新型镍基高温合金。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,目前普遍认可的超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环是极具潜力的新概念先进动力系统。这主要是由于超临界CO<sub>2</sub>具有能量密度大、传热效率高特点,超临界CO<sub>2</sub>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,不需要再开发新型的高温镍基合金,且设备尺寸小于同参数的蒸汽机组,经济性非常好。

[0003] 我国能源禀赋的特点决定了燃煤发电仍然是未来很长时期内我国电力结构的主体,因此,开发大型煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环高效发电系统非常符合我国的基本国情,具有十分广阔的应用前景。超临界CO<sub>2</sub>锅炉作为煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电机组的核心设备之一,其经济性和安全性直接关系到整个发电系统的稳定运行。因此,如何通过合理的受热面布置,既能降低锅炉成本,又能确保锅炉的长期安全稳定运行是煤基超临界CO<sub>2</sub>发电技术的难点之一。

[0004] 对于煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环高效发电系统来讲,由于整个循环系统中包含大量回热系统,其锅炉入口超临界CO<sub>2</sub>工质温度一般都要超过500℃。以系统参数为25MPa, 600/600/32℃的超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统为例,相应的超临界CO<sub>2</sub>锅炉入口工质温度约为480~530℃,而同等参数条件下用于朗肯循环的超临界蒸汽锅炉的入口工质温度为300~320℃左右。因此,超临界CO<sub>2</sub>锅炉辐射受热面的管壁温度要明显高于同参数的蒸汽锅炉,特别地,锅炉燃烧器区域的辐射受热面工作条件最恶劣,此处管壁温度也最容易超过材料的许用温度。针对超临界CO<sub>2</sub>锅炉的这种特点,如何通过受热面的合理布置尽可能地降低锅炉燃烧器区域辐射受热面的管壁温度就显得非常重要。此外,对于超临界CO<sub>2</sub>锅炉来讲,运行过程中如何实现锅炉一次气和二次气的气温调节也是需要解决的技术难题。

### 实用新型内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题,本实用新型提供一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,不仅能够有效降低超临界CO<sub>2</sub>锅炉燃烧器区域一次气辐射受热面的管壁温度,而且还能在锅炉变负荷运行时有效地调节一次气和二次气的温度。

[0006] 本实用新型是通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,包括依次相连通的塔式锅炉炉膛、水平烟道及尾部烟道;

[0008] 所述的塔式锅炉炉膛内沿烟气流通的方向依次布置有二次气辐射受热面、一次气辐射受热面、二次气墙式再热器、高温过热器、高温再热器、低温再热器和低温过热器;尾部烟道内布置有烟气冷却器;

[0009] 所述的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统连接;煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中低温回热器的冷端出口分为两路,其中一路与烟气冷却器的入口相连通,另一路与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧入口相连通,烟气冷却器的出口及煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧出口通过管道并管后与一次气辐射受热面的入口相连通;

[0010] 一次气辐射受热面的出口与低温过热器的入口相连通,低温过热器的出口与高温过热器的入口相连通,高温过热器的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的高压透平的入口相连通;

[0011] 煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高压透平的出口与二次气辐射受热面的入口相连通,二次气辐射受热面出口与二次气墙式再热器入口相连通,二次气墙式再热器的出口与低温再热器入口相连通,低温再热器出口与高温再热器入口相连通,高温再热器的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的低压透平相连通,低压透平的出口与高温回热器的热侧入口相连通,高温回热器的热侧出口与低温回热器的热侧入口相连通,低压透平的输出轴与发电机的驱动轴相连接。

[0012] 优选的,所述的二次气辐射受热面布置在锅炉底部包括冷灰斗的区域。

[0013] 优选的,所述的一次气辐射受热面布置在锅炉燃烧器的区域。

[0014] 优选的,尾部烟道沿烟气流通的方向依次在烟气冷却器后布置有SCR脱硝装置、空气预热器和除尘器。

[0015] 进一步,尾部烟道除尘器后的烟道上布置有烟气再循环抽烟口;所述烟气再循环抽烟口与烟气再循环烟道相连通,烟气再循环烟道通过膨胀节与塔式锅炉炉膛底部的冷灰斗相连通。

[0016] 再进一步,烟气再循环烟道上布置有烟气再循环风机。

[0017] 与现有技术相比,本实用新型具有以下有益的技术效果:

[0018] 本实用新型所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置,通过将超临界CO<sub>2</sub>锅炉中工质温度最低、管内工质对流换热系数更高的一次气辐射受热面布置在锅炉中热负荷最高的燃烧器区域,从而能够有效降低超临界CO<sub>2</sub>锅炉一次气辐射受热面的管壁温度,提高锅炉工作的安全性。此外,为了在超临界CO<sub>2</sub>锅炉变负荷运行时有效地调节锅炉一次气温和二次气温,本实用新型在锅炉尾部烟道除尘器后的烟道上布置有烟气再循环抽烟口,此处烟气温度大约在100~150℃左右,且烟气中含尘量少,烟气对再循环烟道及再循环风机的磨损减轻,再循环烟道设计材质要求低。实际运行过程中,通过调整再循环烟气的抽取量,并将其送入锅炉炉膛底部,可实现对锅炉调峰时一次气和二次气温度的方便调节。

## 附图说明

[0019] 图1为本实用新型实例中所述超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置的结构示意图。

[0020] 图中:1为二次气辐射受热面、2为一次气辐射受热面、3为燃烧器、4为二次气墙式再热器、5为高温过热器、6为高温再热器、7为低温再热器、8为低温过热器、9为烟气冷却器、10为SCR脱硝装置、11为空气预热器、12为除尘器、13为烟气再循环抽烟口、14为烟气再循环风机、15为膨胀节。

### 具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本实用新型做进一步的详细说明,所述是对本实用新型的解释而不是限定。

[0022] 参考图1,本实用新型所述的一种带烟气再循环的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置包括依次相连通的塔式锅炉炉膛、水平烟道及尾部烟道,其中,塔式锅炉炉膛通过水平烟道与尾部烟道相连,塔式锅炉炉膛内沿烟气流通的方向依次布置有二次气辐射受热面1、一次气辐射受热面2、二次气墙式再热器4、高温过热器5、高温再热器6、低温再热器7和低温过热器8,尾部烟道沿烟气流通的方向依次布置有烟气冷却器9、SCR脱硝装置10、空气预热器11和除尘器12;所述的超临界CO<sub>2</sub>锅炉装置与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统连接;

[0023] 煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中低温回热器的冷端出口分为两路,其中一路与烟气冷却器9的入口相连通,另一路与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧入口相连通,烟气冷却器9的出口及煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧出口通过管道并管后与一次气辐射受热面2的入口相连通;

[0024] 一次气辐射受热面2的出口与低温过热器8的入口相连通,低温过热器8的出口与高温过热器5的入口相连通,高温过热器5的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的高压透平的入口相连通;

[0025] 煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高压透平的出口与二次气辐射受热面1的入口相连通,二次气辐射受热面1出口与二次气墙式再热器4入口相连通,二次气墙式再热器4的出口与低温再热器7入口相连通,低温再热器7出口与高温再热器6入口相连通,高温再热器6的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的低压透平相连通。

[0026] 所述的二次气辐射受热面1布置在锅炉底部含冷灰斗区域,所述的一次气辐射受热面2布置在锅炉燃烧器3区域。

[0027] 尾部烟道除尘器12后的烟道上布置有烟气再循环抽烟口13,所述烟气再循环抽烟口13与烟气再循环烟道相连通,所述烟气再循环烟道通过膨胀节15与塔式锅炉炉膛底部冷灰斗相连通,所述烟气再循环烟道上布置有烟气再循环风机14。

[0028] 超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统包括预冷器、主压缩机、再压缩机、低温回热器、高温回热器、锅炉、高压透平、低压透平及发电机;低温回热器的热侧出口分为两路,其中一路经预冷器与主压缩机的入口相连通,主压缩机的出口与低温回热器的冷侧入口相连通,另一路与再压缩机的入口相连通,再压缩机的出口与低温回热器的冷侧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与一次气辐射受热面2的入口相连通,一次气辐射受热面2的出口与低温过热器8的入口相连通,低温过热器8的出口与高温过热器5的入口相连通,高温过热器5的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的高压透平的入口相连通,高压透平的出口与二次气辐射受热面1的入口相连通,二次气辐射受热面1出口与二次气墙式再热器4入口相连通,二次气墙式再热器4的出口与低温再热器7入

口相连通,低温再热器7出口与高温再热器6入口相连通,高温再热器6的出口与煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中的低压透平入口相连通,低压透平的出口与高温回热器的热侧入口相连通,高温回热器的热侧出口与低温回热器的热侧入口相连通,低压透平的输出轴与发电机的驱动轴相连接。

[0029] 本实用新型的具体工作工程为:

[0030] 将一次气辐射受热面2布置在锅炉炉膛内热负荷最高的燃烧器3区域,超临界CO<sub>2</sub>锅炉由于一次气工质的温度最低,且一次气辐射受热面管内工质的换热系数更高,从而能够有效降低超临界CO<sub>2</sub>锅炉一次气辐射受热面2的管壁温度,提高锅炉工作的安全性。此外,为了在超临界CO<sub>2</sub>锅炉变负荷运行时有效地调节锅炉一次气温和二次气温,本实用新型在锅炉尾部烟道除尘器12后的烟道上布置有烟气再循环抽烟口13,此处烟气温度大约在100~150℃左右,且烟气中含尘量少,烟气对再循环烟道及再循环风机14的磨损减轻,再循环烟道设计材质要求低。实际运行过程中,通过调整再循环烟气的抽取量,并将其送入锅炉炉膛底部,可实现对锅炉调峰时一次气和二次气温度的方便调节。

[0031] 此外,为了进一步降低锅炉排烟温度,提高锅炉热效率,本实用新型在锅炉尾部烟道内布置有烟气冷却器9,将煤基超临界CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中低温回热器冷端输出的超临界CO<sub>2</sub>工质分为两路,其中一路依次进入到烟气冷却器9中与尾部烟道中的烟气进行换热,另一路进入到CO<sub>2</sub>布雷顿循环发电系统中高温回热器的冷侧入口,烟气冷却器9输出的超临界CO<sub>2</sub>工质与高温回热器的冷侧出口输出的超临界CO<sub>2</sub>工质汇流后进入到一次气辐射受热面2中,换热后烟气的烟温降低到SCR脱硝反应的适宜温度区间,即350℃~400℃,然后降温后的烟气进入SCR脱硝装置10进行脱硝处理,脱硝处理后的烟气进入到空气预热器11中对进入到锅炉中的空气进行加热,使加热后空气的温度满足炉膛燃烧及传热要求。

[0032] 超临界CO<sub>2</sub>工质进入一次气辐射受热面2后被加热,被加热后的超临界CO<sub>2</sub>工质依次进入到低温过热器8和高温过热器5中被加热到额定一次气温度,然后再进入到高压透平膨胀做功放热,放热后的超临界CO<sub>2</sub>工质依次进入到二次气辐射受热面1、二次气墙式再热器4、低温再热器7及高温再热器6中被加热到额定再热气温,然后再进入低压透平膨胀做功。

[0033] 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。

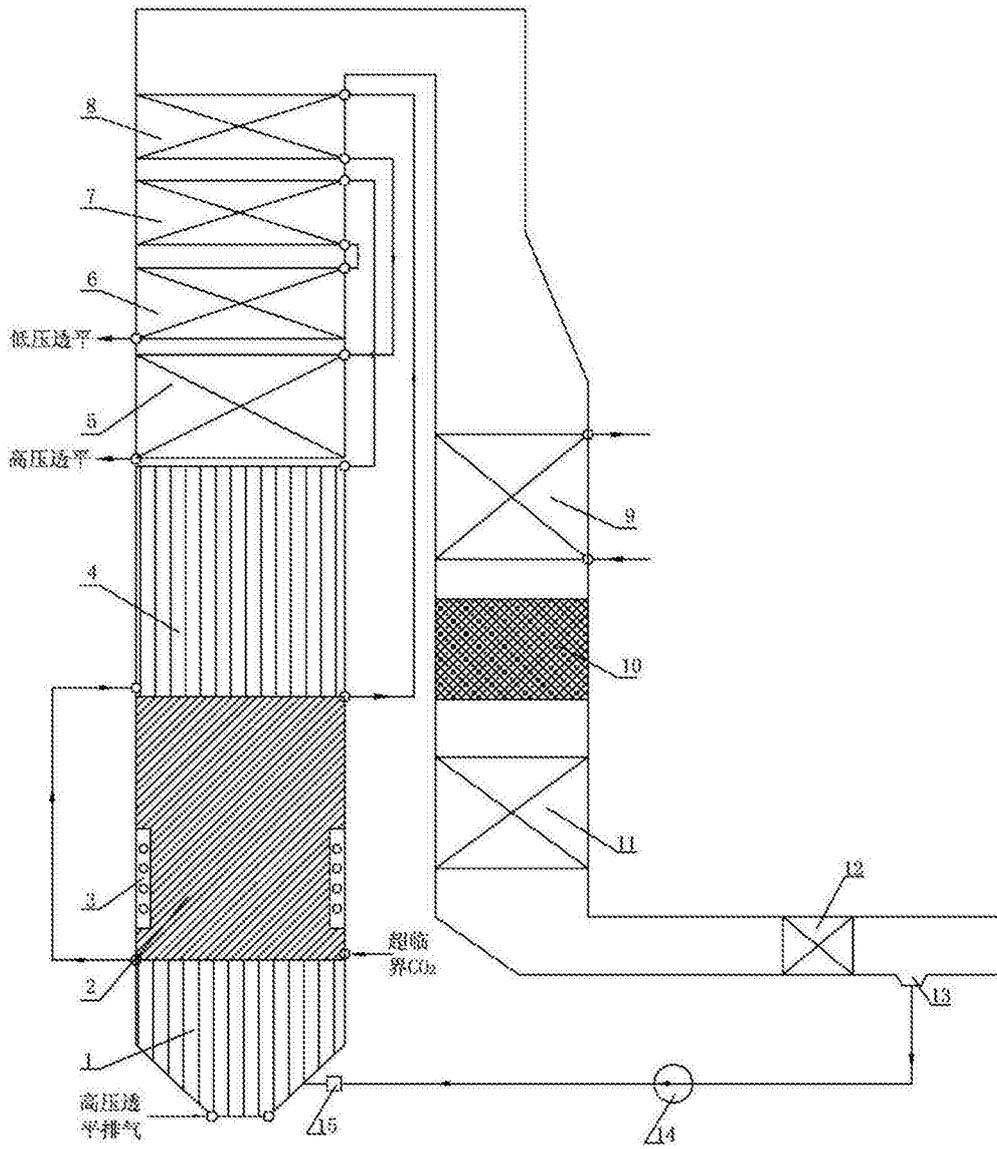


图1