



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105674232 B

(45)授权公告日 2017. 11. 24

(21)申请号 201410663735.2

F23K 3/00(2006.01)

(22)申请日 2014.11.19

F23L 15/00(2006.01)

F23D 1/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105674232 A

(43)申请公布日 2016.06.15

(73)专利权人 武汉江河长能源科技有限公司

地址 430074 湖北省武汉市东湖开发区关山一路特1号华中曙光软件园

(72)发明人 肖波 张安 肖博剑 曾凡军

胡智泉 靳世平 黄传武

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 梁鹏

(56)对比文件

JP H0611101 A,1994.01.21,

US 2002112403 A1,2002.08.22,

CN 202791947 U,2013.03.13,

CN 101935568 A,2011.01.05,

审查员 沈春艳

(51)Int.Cl.

F22B 31/08(2006.01)

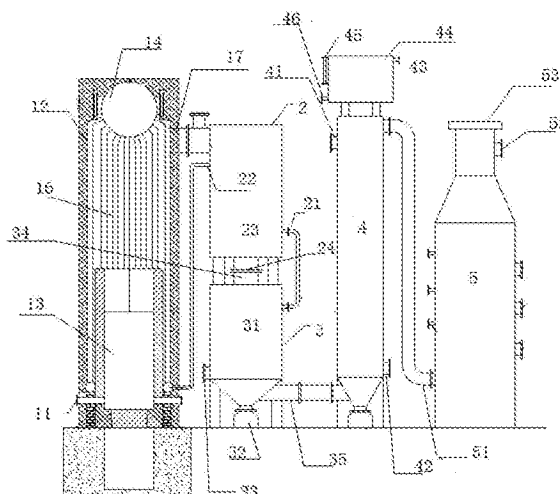
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉

(57)摘要

本发明公开了一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉,包括辐射换热炉、对流换热单元、省煤器和空气预热器等,其中辐射换热炉中设置有绝热燃烧室,由此构成一个相对封闭的储热及燃烧空间,该燃烧室的顶部安装有辐射换热水冷壁,由此对其执行高效辐射换热;对流换热单元与辐射换热炉呈分体式布置,它通过烟气出口与辐射换热炉相连通,由此利用燃烧后的烟气执行对流换热;省煤器和空气预热器依次设置在对流换热单元的下游侧,并利用烟气对空气执行预热后输送至辐射换热炉。通过本发明,能够获得高达1500℃以上的燃烧温度,锅炉热效率可达到90%以上,满足更多工业蒸汽和导热油炉加热的要求,同时与现有技术相比产物中基本无焦油、无残留碳和灰分。



1. 一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,该工业锅炉包括辐射换热炉、对流换热单元(2)、省煤器(3)、空气预热器(4)和烟气处理单元(5),其中:

所述辐射换热炉包括安装在炉体底部的燃料喷管(11)、冷水壁保温层(12)、设置在炉体内腔中下部的绝热燃烧室(13)、位于炉体内腔顶部的锅筒(14)、以及同样安装在炉体底部的流态排渣机构(15),其中该燃料喷管(11)的数量为一个或多个,并用于将平均粒径为400微米以下的生物质微米燃料与空气预混所形成的流态粉尘云,沿着切向方向以1m/秒~10m/秒的流速喷射至所述绝热燃烧室(13)中;该绝热燃烧室(13)的容积燃烧强度被设定为 $150\text{kg}/\text{m}^3\sim 350\text{kg}/\text{m}^3$,它的侧壁由保温材料层构成,被所述冷水壁保温层(12)所包围且使得流经侧壁的热量不超过燃料燃烧能量的10%,由此构成一个相对封闭的储热及燃烧空间,该绝热燃烧室的顶部则安装有辐射换热水冷壁(16)并延伸连通至所述锅筒(14);以此方式,燃料所产生的高温火焰对所述辐射换热水冷壁(16)执行辐射换热,并产生高温蒸汽汇集至所述锅筒(14)中;

所述对流换热单元(2)与所述辐射换热炉呈分体式布置,它包括进水口(21)和连接至所述辐射换热水冷壁(16)的出水口(22),并通过处于所述辐射换热炉的炉体内腔上部的烟气出口(17)与其相连通,由此继续利用所述绝热燃烧室完成高温燃烧后所产生的烟气执行对流换热;

所述省煤器(3)和所述空气预热器(4)依次设置在所述对流换热单元(2)的下游侧,并利用流经于此的烟气分别对锅炉进水和空气执行加热,其中预热后的空气被输送至所述绝热燃烧室(13),由此进一步提高所述绝热燃烧室内的燃烧温度;所述烟气处理单元(5)设置在所述空气预热器(4)之后,用于对烟气执行除尘过滤处理,然后将其予以排放。

2. 如权利要求1所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述生物质微米燃料与空气按照0.98~1.25的过剩空气系数进行预混,然后经由所述燃料喷管(11)喷射至所述绝热燃烧室(13)中。

3. 如权利要求1或2所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述绝热燃烧室(13)还具有水蒸汽入口,该水蒸汽入口用于在燃烧过程中向绝热燃烧室补充适量的水蒸汽,并且水蒸汽的加入量与所述生物质微米燃料之间的质量比被设定为1:30~150:1。

4. 如权利要求3所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述绝热燃烧室的容积燃烧强度被设定为 $200\text{kg}/\text{m}^3\sim 300\text{kg}/\text{m}^3$,并且其侧壁流经的热量不超过燃料燃烧能量的3%~6%。

5. 如权利要求4所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述绝热燃烧室是侧壁由纤维保温材料层构成的相对封闭储热空间,并且其侧壁壁厚为80mm~320mm,燃烧室高度与其平均截面积之比为0.8~4。

6. 如权利要求1或2所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述燃料喷管(11)的直径被设定为所述绝热燃烧室(13)直径的1/8到1/20,所述绝热燃烧室最低位的液态排渣活塞管径为所述绝热燃烧室(13)直径的1/15到1/25,并且所述绝热燃烧室的容积与所述辐射换热炉的腔体容积之间的比值被设定为0.8:4。

7. 如权利要求3所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述燃料喷管(11)的直径被设定为所述绝热燃烧室(13)直径的1/8到1/20,所述绝热燃烧室最低位的液态排渣活塞管径为所述绝热燃烧室(13)直径的1/18到1/22,并且所述绝热燃烧室的容积与所述

辐射换热炉的腔体容积之间的比值被设定为0.8:4。

8. 如权利要求1或2所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,所述辐射换热炉的底部还具有用于炉膛维修的检修人孔(61),该检修人孔(61)的下侧设置有检修地坑(62),由此形成炉膛维修进出通道,该通道一端向下倾斜,并在最低处设有自动抽水机构,以便地坑进水及时排出。

9. 如权利要求1或2所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,当采用常温空气与生物质微米燃料执行预混和燃烧时,所述绝热燃烧室(13)所获得的平均燃烧温度为 $1500^{\circ}\text{C}\sim 1600^{\circ}\text{C}$;当采用预热到 $70\text{--}150^{\circ}\text{C}$ 后的空气与生物质微米燃料执行预混和燃烧时,所述绝热燃烧室(13)所获得的燃烧温度为 $1620^{\circ}\text{C}\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 。

10. 如权利要求3所述的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,当采用常温空气与生物质微米燃料执行预混和燃烧时,所述绝热燃烧室(13)所获得的平均燃烧温度为 $1500^{\circ}\text{C}\sim 1600^{\circ}\text{C}$;当采用预热到 $70\text{--}150^{\circ}\text{C}$ 后的空气与生物质微米燃料执行预混和燃烧时,所述绝热燃烧室(13)所获得的燃烧温度为 $1620^{\circ}\text{C}\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 。

一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉

技术领域

[0001] 本发明属于可再生清洁能源设备领域,更具体地,涉及一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉。

背景技术

[0002] 我国工业锅炉保有量有65万台,其中85%是燃煤锅炉。工业锅炉对于国民经济有着支撑性意义,每年消耗7亿吨标煤,占我国煤炭年产量的20%。然而,以煤为原料的工业体系,每年向环境中排放大量污染烟尘,占我国每年烟尘总排放量的33%;此外,在原材料方面,向天然气和石油的转变又会进一步加速资源的枯竭,对新的能源的探索提出挑战。

[0003] 生物质燃料是指将农林废弃物如秸秆、锯末、甘蔗渣、稻糠等,经过粉碎、混合、挤压、烘干等工艺,制成各种成型燃料后直接执行燃烧的一种新型清洁燃料。开发生物质燃料不仅能合理利用农林废弃物,防止能源浪费,而且能够减少如CO₂、SO₂、NO_x和烟尘等排放,避免雾霾现象的产生,因而在国内外具备广阔的应用前景。本申请的发明人曾在2004年公开了一种有关生物质粉尘云燃烧炉的专利(CN2714965Y),其中通过向气化燃烧室通入生物质粉尘云点燃,并借助于蓄热体来保证燃料在进料波动的情况下连续稳定地燃烧,由此可获得高达1200℃以上的燃烧温度。

[0004] 然而,进一步研究表明,上述现有技术仍然具有以下不足或缺陷:首先,对于目前大多数的工业应用譬如高效率的锅炉蒸汽发电系统而言,燃料的燃烧温度要求能够达到1500℃以上,这主要是由于卡诺循环原理的制约,只有当锅炉燃料达到足够高的燃烧温度后,才能产生高压高温蒸汽,再利用转化后的机械能实现有经济价值的发电。同时,根据斯蒂芬-波尔兹曼理论,单位时间单位黑体表面向外界辐射传热的能量,与其表面的绝对温度的四次方成正比。也就是说,高温让同样的燃料能量发挥更高的效率,比如,燃料的燃烧温度从1400℃升高到1450℃,被辐射加热受热体获得的热能提高12%。我国工业锅炉每年消耗7亿吨燃煤,每节约1%的能源消耗,就能每年为国家节约700万吨的燃煤消耗,直接经济效益56亿元以上,二氧化碳减排1800万吨。所以,提高工业锅炉的能源效率水平和保护利用水平,对我国的可持续发展的意义重大。

[0005] 然而,上述燃烧温度是仅仅依靠微米量级的生物质燃料或者如CN2714965Y中通过粉尘云和蓄热体的燃烧方式所无法达到的;其次,根据化学组成分析可知,生物质燃料是一种复杂的高分子碳氢化合物固体材料,属于难以快速燃烧的燃料,而且由于组分中碳多氢少,含氢气的小分子先燃烧后,必然分离出难以和氧气接触反应的焦油、残留碳以及呈现固体状态的灰分,这样当它们在工业锅炉炉膛的停留时间相对有限时,就不能及时与氧气充分接触燃烧,相应会脱离燃烧环境,成为浪费能源和污染环境的焦油和碳粒,进而形成气溶胶和雾霾污染源;生物质成型燃料由于生物质燃料被压实成为致密的直径为10mm左右的颗粒,燃烧速率低,温度低,燃烧产生的焦油和碳粒和烟气一起排出,使得生物质成型燃料也被一些地区视为高污染燃料,被不提倡使用。

[0006] 尤其重要的是,千百年来生物质一直被国内外所沿袭的思路所约束,采用固体燃

料煤的层燃方法设计生物质燃料锅炉,离不开大面积的炉排和面积的排灰口,使得工业锅炉热损失量大,导致锅炉结构性热效率低,常规生物质燃料层燃特性决定的。但事实上生物质微米燃料属于气体燃气燃烧的范畴,不是层燃特性,因此有必要针对生物质微米燃料新的燃烧特性,开发高能源利用效率的工业锅炉,实现工业蒸汽的清洁生产。

发明内容

[0007] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉,其中通过采用粒径在400微米以下的生物质微米燃料与空气预混后在相对绝热环境下执行超高温燃烧,运用斯蒂芬—波尔兹曼理论,充分利用生物质微米燃料燃烧温度高的优势,在锅炉的辐射换热阶段发挥作用,以获得高效的生物质工业锅炉装备;同时,对其关键组件如绝热燃烧室、辐射换热单元、对流换热单元以及进料口的具体结构及其设置方式和关键参数等进行研究和设计,相应能够获得高达1500℃以上的燃烧温度,锅炉热效率可达到90%以上,满足更多工业高温生产的加热要求,同时与现有技术相比产物中基本无焦油、无残留碳和灰分,因而尤其适用于工业锅炉清洁和高效蒸汽生产的应用环境。

[0008] 为实现上述目的,按照本发明,提供了一种清洁高效的生物质微米燃料高温工业锅炉,其特征在于,该工业锅炉包括辐射换热炉、对流换热单元、省煤器、空气预热器和烟气处理单元,其中:

[0009] 所述辐射换热炉包括安装在炉体底部的燃料喷管、冷水壁保温层、设置在炉体内腔中下部的绝热燃烧室、位于炉体内腔顶部的锅筒、以及同样安装在炉体底部的流态排渣机构,其中燃料喷管的数量为一个或多个,并用于将平均粒径为400微米以下的生物质微米燃料与空气预混所形成的流态粉尘云,沿着切向方向以1m/秒~10m/秒的流速喷射至所述绝热燃烧室中;绝热燃烧室的容积燃烧强度被设定为 $150\text{kg}/\text{m}^3\sim 350\text{kg}/\text{m}^3$,它的侧壁由保温材料层构成,被所述冷水壁保温层所包围且使得流经侧壁的热量不超过燃料燃烧能量的10%,由此构成一个相对封闭的储热及燃烧空间,绝热燃烧室的顶部则安装有辐射换热水冷壁并延伸连通至所述锅筒;以此方式,燃料所产生的高温火焰对所述辐射换热水冷壁执行辐射换热,并产生高温蒸汽汇集至所述锅筒中;

[0010] 所述对流换热单元与所述辐射换热炉呈分体式布置,它包括进水口和连接至所述辐射换热水冷壁的出水口,并通过处于所述辐射换热炉的炉体内腔上部的烟气出口与其相连通,由此继续利用所述绝热燃烧室完成高温燃烧后所产生的烟气执行对流换热;

[0011] 所述省煤器和空气预热器依次设置在所述对流换热单元的下游侧,并利用流经于此的烟气分别对锅炉进水和空气执行加热,其中预热后的空气被输送至所述绝热燃烧室,由此进一步提高所述绝热燃烧室内的燃烧温度;所述烟气处理单元设置在所述空气预热器之后,用于对烟气执行除尘过滤等处理,然后将其予以排放。

[0012] 作为进一步优选地,所述生物质微米燃料与空气按照0.98~1.25的过剩空气系数进行预混,然后经由所述燃料喷管喷射至所述绝热燃烧室中。

[0013] 作为进一步优选地,所述绝热燃烧室还具有水蒸汽入口,该水蒸汽入口用于在燃烧过程中向绝热燃烧室补充适量的水蒸汽,并且水蒸汽的加入量与所述生物质微米燃料之间的质量比被设定为1:30~150:1。

[0014] 作为进一步优选地,所述绝热燃烧室的容积燃烧强度优选被设定为 $200\text{kg}/\text{m}^3\sim 300\text{kg}/\text{m}^3$,并且其侧壁流经的热量不超过燃料燃烧能量的 $3\%\sim 6\%$ 。

[0015] 作为进一步优选地,所述绝热燃烧室优选是侧壁由纤维保温材料层构成的相对封闭储热空间,并且其侧壁壁厚为 $80\text{mm}\sim 320\text{mm}$,燃烧室高度与其平均截面积之比为 $0.8\sim 4$ 。

[0016] 作为进一步优选地,所述燃料喷管的直径被设定为所述绝热燃烧室的直径的 $1/8$ 到 $1/20$,所述绝热燃烧室最低位的液态排渣活塞管径为所述绝热燃烧室的直径的 $1/15$ 到 $1/25$,最适宜的为 $1/18$ 到 $1/22$ 。

[0017] 作为进一步优选地,所述辐射换热炉的底部还具有用于炉膛维修的人孔门,该人孔门的下侧设置有地坑,由此形成炉膛维修进出通道,该通道一端向下倾斜,并在最低处设有自动抽水机构,以防地坑进水及时排出。

[0018] 作为进一步优选地,当采用常温空气与生物质微米燃料执行预混和燃烧时,所述绝热燃烧室所获得的平均燃烧温度为 $1500^\circ\text{C}\sim 1600^\circ\text{C}$;当采用预热到 $70\sim 150^\circ\text{C}$ 后的空气与生物质微米燃料执行预混和燃烧时,所述绝热燃烧室所获得的燃烧温度为 $1620^\circ\text{C}\sim 1700^\circ\text{C}$ 。

[0019] 总体而言,按照本发明的以上技术方案与现有技术相比,主要具备以下的技术优点:

[0020] 1、通过为生物质微米燃料的燃烧过程设置绝热燃烧室并对其关键性能参数如容积燃烧强度、热阻等进行设定,可形成一个相对封闭的储热及燃烧空间,将能量密度相对低的生物质燃料的能量聚积在其中,形成高温燃烧条件,与此同时,还使得微粉的气化和燃烧在同一空间内同时刻瞬间完成,反过来继续促进燃烧温度的持续上升,由此达到与现有技术相比显著提高的燃烧温度,燃烧效率可达到 98% 以上;

[0021] 2、通过对燃料喷管、液态排渣机构的规格尺寸等参数进行设计,能够使得工业锅炉获得更大的面体值的比值,也即锅炉水冷壁面积与锅炉整体体积之间的比值,同时确保在整个燃烧过程中燃烧参与物始终处于悬浮雾状而不会沉积燃烧室底部,相应有助于充分燃烧和燃烧温度的提高;

[0022] 3、通过在燃烧过程中添加适当比例的水蒸汽,在整个燃烧过程中水蒸汽可作为气化剂与燃烧中间产物发生反应,进而将其分解为氢气和一氧化碳等,其中的氢气又能够在相对封闭的绝热空间内加快燃烧速度,并且确保在极短时间内即达到期望的燃烧温度峰值和效率;

[0023] 4、通过将辐射换热与对流换热从工艺流程上分开,这样不仅可以更为合理地执行换热设计,充分利用高温烟气适合进行高效辐射换热特点,显著提高整体的换热效率,获得高效率的生物质工业锅炉设备。测试表明锅炉热效率可高达 90% 以上;此外,生物质高温燃烧使得燃料中无机灰分在燃烧室熔化,转变为液体炉渣,炉底部安装液态排渣系统,与现有技术的工业锅炉相比,极大低减少因大面积的排灰口所导致的锅炉热损失。本发明将锅炉检修人孔锅炉底部,并设置相应的地坑进出检修,与现有技术的工业锅炉相比,保证了水冷壁整体结构的完整性,提高了水冷壁整体的换热面积,方便锅炉制造。由于生物质无机物含量少,在 1% 左右,变成液态后,渣的体积更小,同时,液态排渣可以依靠重力自动流出,采用这种构造,能够方便的排渣和执行炉膛维修。与现有技术的工业锅炉相比,本专利的锅炉炉膛中没有机械结构,故障率低,炉膛检修频率低;

[0024] 5、本发明中由于生物质微米燃料的燃烧温度进一步被提高到1500℃-1600℃，使得中间产物如焦油、碳粒等完全分解，而且还可使得所含的不可燃烧的无机物组分也获得熔化，并在绝热燃烧室内转化成液体作为液态炉渣从炉底排出，与现有技术的工业锅炉相比，在环保方面具有优势，因而适用于各类工业锅炉应用环境下的清洁和高效要求。

附图说明

[0025] 图1是按照本发明的生物质微米燃料高温工业锅炉的整体构造示意图；

[0026] 图2是图1中所示辐射换热炉及其所配备的绝热燃烧室的主体结构示意图；

[0027] 图3是图1中所示绝热燃烧室与辐射换热水冷壁之间的相对位置示意图；

[0028] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中：

[0029] 2-对流换热单元 3-省煤器 4-空气预热器 5-烟气处理单元 11-燃料喷管 12-冷水壁保温层 13-绝热燃烧室 14-锅筒 15-流态排渣机构 16-辐射换热水冷壁 17-烟气出口 21-对流换热进水口 22-对流换热出水口 23-对流受热面 24-对流烟气出口 32-省煤器灰斗 33-锅炉冷水入口 34-省煤器烟气进口 35-省煤器烟气出口 41-热空气出口 42-冷空气入口 43-进水口 44-高位安全水管 45-水位计 46-出水口 51-除尘烟气进口 52-烟气出口 53-除尘上盖人孔 131-侧壁 59-液态排渣活塞 60-下降管 61-检修人孔 62-检修地坑 63-集箱

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0031] 图1是按照本发明的生物质微米燃料高温工业锅炉的整体构造示意图。如图1中所示，该工业锅炉采用平均粒径为400微米以下的生物质微米燃料与空气预混后在绝热环境下执行燃烧，并包括辐射换热炉、对流换热单元2、省煤器3、空气预热器4和烟气处理单元5等主要部分，其中通过对其中的关键组件如绝热燃烧室、辐射换热单元、对流换热单元以及进卸料口的具体结构及其设置方式和关键参数等进行研究和设计，相应能够获得高达1500℃以上的均燃烧温度，锅炉热效率可达到90%以上，满足更多工业锅炉应用场合的要求，同时与现有技术相比产物中基本无焦油、无残留碳和灰分。

[0032] 具体而言，所述辐射换热炉譬如为立式结构，它包括安装在炉体底部的燃料喷管11、均匀分布在炉壁中的冷水壁保温层12、设置在炉体内腔中下部的绝热燃烧室13、位于炉体内腔顶部的锅筒14、以及同样安装在炉体底部的流态排渣机构15等。其中，燃料喷管11的数量为一个或多个，燃料喷管11的直径被设定为绝热燃烧室13的直径的1/8到1/20，并用于沿着切向方向将平均粒径为400微米以下（譬如，220微米）的生物质微米燃料与空气预混所形成的流态粉尘云以1m/秒~10m/秒的流速喷射至绝热燃烧室13中，并使得流态粉尘云在离开喷嘴喷口的瞬间气化形成悬浮雾状，不降落燃烧室底部。

[0033] 此外，按照本发明的一个优选实施方式，生物质微米燃料与空气按照0.98~1.25、更具体为1.0~1.15的过剩空气系数进行预混，然后经由燃料喷管11喷射至绝热燃烧室13

中。之所以进行以上具体设定,首先是因为生物质燃烧需要空气,但实际上只是需要空气中的氧气,空气中氧气占21%,其余基本上全是惰性气体氮气,氧气和氮气分子量接近,分离十分困难,富氧空气和纯氧成本高,现实中绝大多数只能采用空气与燃料燃烧;而当一个立方米的氧气进入后续将要说明的绝热燃烧室时,会带入4个立方米的吸热并降低炉膛温度的氮气,因此首先应尽量减少过多的空气进入,将其过剩空气系数设定为1.25以下;与此同时,生物质微米化之后,在不用压缩的情况下组织结构为多孔网状,氧气可以渗透到其微孔结构之中,并且该生物质的挥发分含量高,500℃时固体结构即可分解70%左右同时氢含量高,因此控制过剩空气系数在0.98以上,对比测试表明能够有效增加流态粉尘云中空气中的氧向生物颗粒表面扩散的几率,确保氧气与生物颗粒之间的完全燃烧,减少过剩空气量并提高燃烧效率。

[0034] 参见图2,作为本发明的关键改进之一,绝热燃烧室13的容积燃烧强度被设定为 $150\text{kg}/\text{m}^3 \sim 350\text{kg}/\text{m}^3$,进一步优选为 $200\text{kg}/\text{cm}^3 \sim 300\text{kg}/\text{cm}^3$;它的侧壁由保温材料层构成,被冷水壁保温层12全部或90%以上地包围,并且使得流经侧壁的热量不超过燃料燃烧能量的10%,优选不超过燃料燃烧能量的3%~6%,由此构成一个相对封闭的储热及燃烧空间;此外,绝热燃烧室的顶部则安装辐射换热水冷壁16并连通至锅筒14,该水冷壁的结构可以是圆环形或者方形。以此方式,流态粉尘云在离开喷嘴喷口的瞬间(流态粉尘云在离开喷管喷口0.5倍~2.5倍管径的距离内)即完成气化,然后立即点燃与预混的空气执行原位燃烧,同时获得高达 $1500^\circ\text{C} \sim 1600^\circ\text{C}$ 的燃烧温度,该高温火焰从燃烧流出后对辐射换热水冷壁16执行辐射换热,并产生高温蒸汽汇集至锅筒14中;此外,燃烧过程中所产生的焦油和碳粒子在离开高温火焰之前获得了完全分解,而燃烧完毕后不可燃烧的灰分也被熔化成玻璃液态体,并沉降于绝热燃烧室底部经由所述流态排渣机构15排出。

[0035] 下面将具体解释上述设计的原理及其能够带来的技术效果。

[0036] 由于在辐射换热炉中形成有一个相对封闭的储热及燃烧空间,可以将能量密度相对低的生物质燃料的能量聚积在其中,形成超高温燃烧条件,超高温又保障了微粉的气化和燃烧在同一空间内同时刻瞬间完成,进而继续促进燃烧的中间产物焦油和残留碳顷刻分解的原位燃烧,由此达到与现有技术相比显著提高的燃烧温度,燃烧效率可达到98%以上,利用高温换热效率原理,达到了本发明生物质锅炉90%以上的锅炉热联系。从反应机理进行分析的话,是因为燃烧并不是燃料在炉膛中的简单堆积,而是大量的燃料分子能够与氧气分子执行一对一的分子高效碰撞反应,并在炉膛中尽快将能量释放出来,贡献于温度的积累,然后尽快消失腾出空间让新的燃料进入炉膛;换言之,在单位炉膛空间和单位燃烧时间内,燃料释放的能量越大,热量在一定燃烧空间内聚集的越多,温度就越高。由此按照本发明的上述设计,大量的对比测试表明能够获得高达 $1500^\circ\text{C} \sim 1600^\circ\text{C}$ 的燃烧温度。

[0037] 此外,按照热辐射理论,辐射力为发射物体每单位表面积在单位时间内向半球空间所发射的全波长能量,单位为 W/m^2 ,辐射力与温度的关系如下:

$$[0038] \quad E_b = \int_0^\infty E_{b\lambda} d\lambda = \int_0^\infty \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/(\lambda T)}} d\lambda = \sigma T^4$$

[0039] 由此可见,当燃烧温度譬如由 1300°C 辐射力提高到 1450°C 与时,则辐射力提高了:

$$[0040] \quad \rho = \frac{\sigma (1723^4 - 1573^4)}{\sigma 1573^4} \times 100\% = 43.95\%$$

[0041] 另一方面,以4t/h的工业锅炉为例,绝热燃烧室的容积1.8立方米,平均温度为1500℃;焦油和残留碳在900℃的高温条件下,也能高速分解后与氧气瞬间燃烧。可以根据下式求出燃烧产物在炉膛中停留的时间 τ :

$$[0042] \quad \tau = \frac{V \times 273}{B_j V_g (t_{av} + 273)}$$

[0043] 式中: B_j 为燃料消耗量(kg/s), V_g 为燃料烟气体积(Nm^3/kg), V 为炉膛体积(m^3), t_{av} 为平均烟温(℃)。由此计算得到烟气在绝热燃烧室的停留时间为 $\tau=0.26$ 秒。可见,本专利的高温条件和烟气停留时间能够有效的使焦油和残留碳完全燃尽,实现生物质无焦油无碳粒的烟气排放。以下给出了几个实施例予以更为具体的说明。

[0044] 实施例1

[0045] 生物质微米燃料进料量700kg/h,燃料热值4100Kcal/kg,绝热燃烧室内腔尺寸直径1400mm,高1800mm,微米燃料与一定量的空气混合均匀后,以5米/秒的风速从底部切线送入炉腔。炉腔采用耐火砖砌成内衬,内衬厚度114mm,内衬砖外采用一定厚度的高纯氧化铝纤维棉保温。

[0046] 以下为采用不同内衬外耐热保温棉厚度和不同过剩空气系数燃烧情况下的燃烧温度测试结果见表1:

[0047]

测试 温度 保温 厚度	过剩空气系数				
	1.0	1.05	1.1	1.15	1.20
0mm	1352℃	1383℃	1395℃	1390℃	1367℃
50mm	1416℃	1430℃	1445℃	1446℃	1420℃
100mm	1460℃	1489℃	1510℃	1508℃	1465℃
150mm	1484℃	1510℃	1543℃	1538℃	1490℃

[0048] 表1

[0049] 实施例2

[0050] 生物质微米燃料进料量705kg/h,燃料热值4100Kcal/kg。绝热燃烧室内腔尺寸直径1400mm,微米燃料与1.05的过剩空气混合均匀后,以5米/秒的风速从底部切线送入炉腔。炉腔采用耐火砖砌成内衬,内衬厚度114mm,内衬砖外采用150mm厚的高纯氧化铝纤维棉保温。采用不同绝热燃烧室高度情况下的燃烧温度测试结果可参见下面的表2,以及采用不同绝热燃烧室温度与水蒸汽条件下的烟气黑度测试结果可参见下面的表3。

绝热燃烧室 高度 (m)	水蒸汽加入量 (kg/h)			
	0	10	20	30
1	1211℃	1215℃	1218℃	1212℃
1.4	1430℃	1460℃	1475℃	1470℃
1.8	1518℃	1541℃	1550℃	1544℃
2.2	1540℃	1552℃	1563℃	1546℃

[0052] 表2

绝热燃烧室 高度 (m)	水蒸汽加入量 (kg/h)			
	0	10	20	30
1	3	2	1	1
1.4	2	1	1	0
1.8	1	0	0	0
2.2	0	0	0	0

[0054] 表3

[0055] 因此,按照本发明的燃烧温与现有技术相比平均提高150℃的情况,相应也能在燃烧室内的辐射力对比材料提高43%以上,并且焦油和残留碳的分解气化速率如上所计算地同样发生极大的提高,因此更有利形成无焦油、无残留碳和无灰分的清洁燃烧。

[0056] 作为本发明的另一关键性改进,所述对流换热单元2与辐射换热炉呈分体式布置,它包括进水口21、对流受热面23连接至辐射换热水冷壁16的出水口22等,并通过处于辐射换热炉的炉体内腔上部的烟气出口17与其相连通,由此继续利用辐射换热后的热烟气执行对流换热。通过上述设计,这样可以更为合理地执行换热设计,充分利用辐射换热效率高的特点,采用高温烟气对高温热水完成辐射换热且辐射换热效率达到锅炉总换热效率的50-60%以上,同时采用中温烟气用于对低温热水完成对流换热,相应减少了整个换热流程中的近温差换热,显著提高整体的换热效率,测试表明锅炉热效率可高达90%以上,总能源效率也可以达到87%以上。

[0057] 按照本发明的另一优选实施方式,所述燃料喷管11的直径被设定为所述绝热燃烧室13的直径的1/8到1/20,所述绝热燃烧室的容积与所述辐射换热炉的腔体容积之间的比值被设定为0.8:4。

[0058] 以此方式,所有燃烧产物都可通过截面积很小的排烟管道排除,不需要大面积的排灰炉排,也即相应增大了锅炉单位体积的水冷壁面积,因此该“面体比”大的换热炉构造可以进一步提高实际工作中的热效率。

[0059] 按照本发明的另一优选实施方式,所述辐射换热炉的底部还具有用于炉膛维修的检修人孔61,该检修人孔61的下侧设置有检修地坑62,由此形成炉膛维修进出通道。以此方式,操作人员可以经地坑锅炉从底部进入锅炉内,即能检修炉膛,又提高了锅炉水冷壁系统的完整,方便制造,有利于提高锅炉热效率;所述绝热燃烧室最低位的液态排渣活塞管径为

所述绝热燃烧室的直径13的1/15到1/25。

[0060] 按照本发明的又一优选实施方式,所述绝热燃烧室13还可以具有水蒸汽入口,该水蒸汽入口用于在燃烧过程中向绝热燃烧室补充适量的水蒸汽,并且水蒸汽的加入量与所述生物质微米燃料之间的质量比被设定为1:30~150,更具体为1:60~120。之所以进行以上操作及设计,是因为在整个燃烧过程中水蒸汽可作为气化剂与燃烧中间产物发生反应,进而将其分解为氢气和一氧化碳等,其中的氢气又能够在相对封闭的绝热空间内加快燃烧速度,并且确保在极短时间内即达到期望的燃烧温度峰值和效率。譬如,测试表明,通过按照本发明所设定的水蒸汽比例并与其他燃烧条件相配合,粉尘云在离开燃料喷管喷口的0.5-2.5倍管径距离后即可完全气化,中间产物如焦油和残留碳则在离开喷管喷口的0.1-0.2秒内即完成燃气转变,所有燃料可在0.5秒内与氧气在离开高温火焰区时完成燃烧反应。

[0061] 此外,所述省煤器3和空气预热器4依次设置在对流换热单元2的下游侧,并利用流经于此的烟气分别对锅炉进水预热和对燃烧室所需要的空气执行间接加热,然后将预热后的空气输送至绝热燃烧室13用于与生物质微米燃料执行预混,由此进一步提高所述绝热燃烧室内的燃烧温度。例如,绝热燃烧室13采用预热到70-150℃的空气,所述绝热燃烧室13所获得的燃烧温度为1620℃~1700℃,在采用预热空气的情况下,本专利的锅炉效率92%以上。

[0062] 所述烟气处理单元5譬如包括滤液喷雾除尘器等部件,以便实现对烟气的脱硝、脱硫、脱氯并除去其他的残余污染物。此外,本申请的锅炉还可以设有安全防爆门、水位计、安全卸压阀、压力表、点火门、燃烧室测温计、燃烧外壁测温计、辐射换热室测温计、锅筒外底测温计、分别对上述温度敏感点进行温度监测,以对换热过程和设备进行监控。锅筒底部设有适量的隔热层,以对锅筒进行热保护。

[0063] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

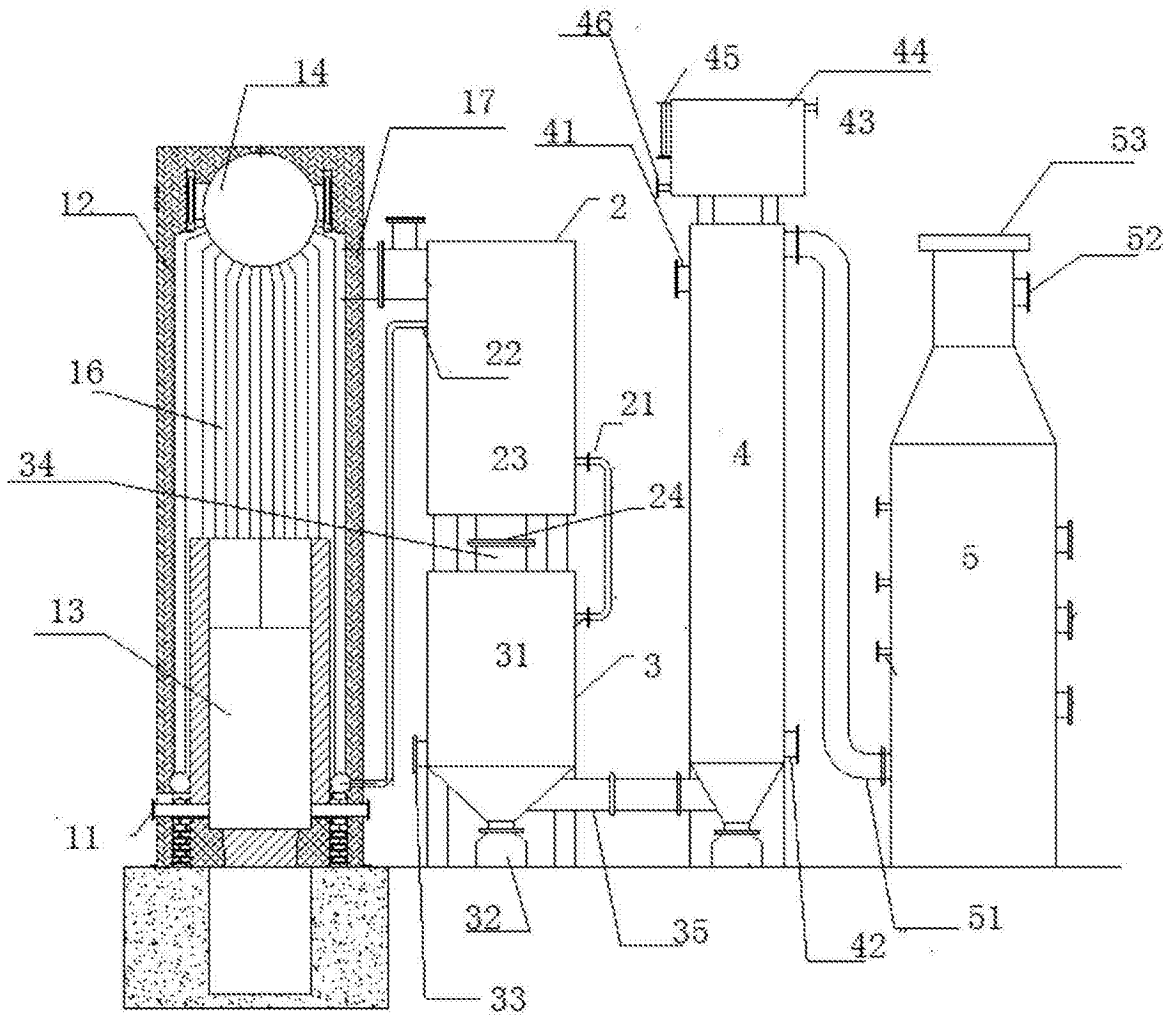


图1

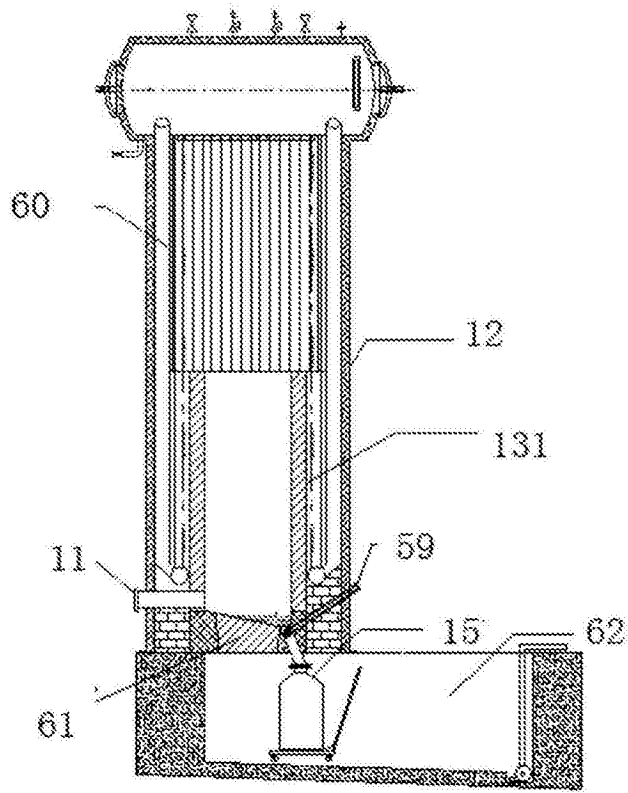


图2

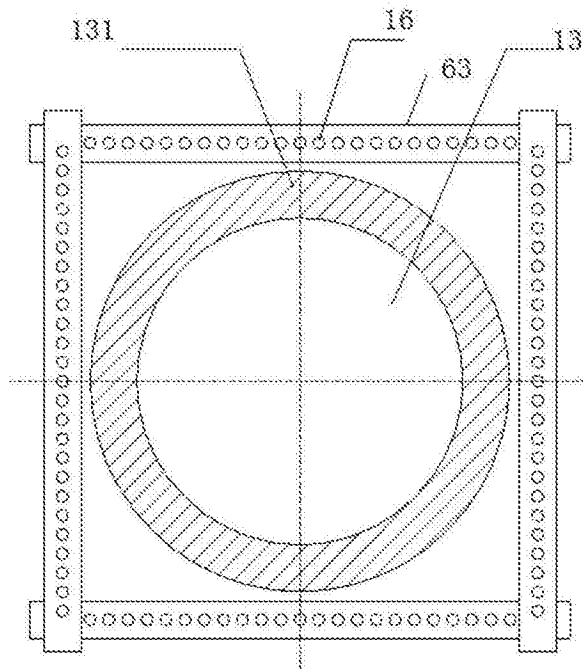


图3