(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112413573 B
(45)授权公告日 2022.12.27

(21)申请号 201910776262.X

(22)申请日 2019.08.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112413573 A

(43)申请公布日 2021.02.26

(73)专利权人 中国科学院工程热物理研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路11号

(72)发明人 李伟 任强强 李诗媛 刘志成

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
专利代理师 任岩

(51)Int.Cl.
F23C 10/00(2006.01)
F23C 10/10(2006.01)
F23C 10/18(2006.01)
F23L 7/00(2006.01)
F23J 7/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2017321889 A1,2017.11.09
CN 1189885 A,1998.08.05
US 6000930 A,1999.12.14
FR 2735560 A1,1996.12.20
EP 0851173 A2,1998.07.01
CN 106838891 A,2017.06.13
US 2016018102 A1,2016.01.21
CN 1159563 A,1997.09.17
US 3717700 A,1973.02.20
朱书骏等.氮气浓度对半焦预热过程的影响.《中国粉体技术》.2019,(第03期),
朱书骏等.基于循环流化床预热的半焦燃烧试验研究.《工程热物理学报》.2018,(第04期),
周祖旭等.煤气化残炭的预热燃烧试验研究.《锅炉技术》.2015,(第05期),
吕清刚等.高温煤基燃料的燃烧特性及NO_x排放试验研究.《中国电机工程学报》.2008,(第23期),

审查员 黄健

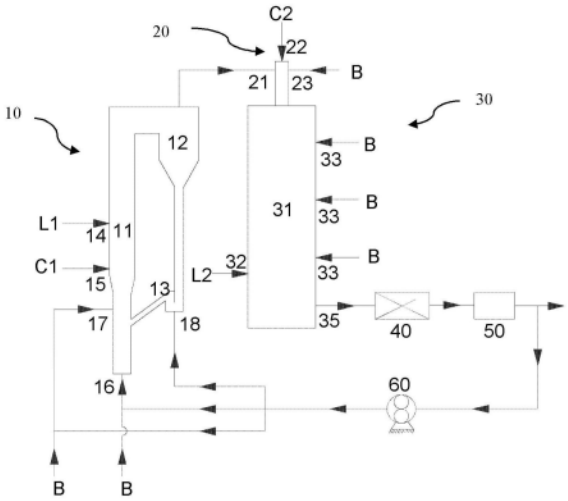
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种循环流化床富氧燃烧系统及富氧燃烧方法

(57)摘要

一种循环流化床富氧燃烧系统及富氧燃烧方法,系统包括:循环流化床本体(10),用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气;烧嘴(20),用于接收高温含灰烟气、第二燃料以及烧嘴风,以使第二燃料在所述高温含灰烟气和烧嘴风的作用下气化,生成气化燃料;第二燃烧室(30),用于接收气化燃料以及四次风,以使气化燃料燃烧,产生第二烟气;再循环回路,用于将部分所述第二烟气作为再循环烟气送入所述循环流化床本体(10)。解决了加压带来的第一燃烧室(11)受热面布置不足的问题、避免了局部超温的问题、降低了循环流化床富氧燃烧系统的NOx排放,同时通过在循环流化床本体和第二燃烧室喷入石灰石进行两级脱硫,提高了脱硫效率。



CN 112413573 B

1.一种循环流化床富氧燃烧系统,包括:

循环流化床本体(10),用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气;

烧嘴(20),与所述循环流化床本体(10)的出口相连通,用于接收所述高温含灰烟气、向所述烧嘴通入第二燃料以及烧嘴风,以使所述第二燃料在所述高温含灰烟气和烧嘴风的作用下发生部分燃烧或气化反应,生成气化燃料;

第二燃烧室(30),与所述烧嘴相连通,用于将所述气化燃料以及四次风通入所述第二燃烧室,以使所述气化燃料燃烧,产生第二烟气;

再循环回路,用于将部分所述第二烟气作为再循环烟气送入所述循环流化床本体(10)。

2.根据权利要求1所述的循环流化床富氧燃烧系统,所述循环流化床本体(10)包括第一燃烧室(11),所述第一燃烧室(11)的侧壁还包括二次风进口(17),用于输入二次风;所述第一燃烧室(11)的底部包括一次风进口(16),用于输入一次风。

3.根据权利要求1所述的循环流化床富氧燃烧系统,所述循环流化床富氧燃烧系统的运行压力为0.1-3.0MPa。

4.一种循环流化床富氧燃烧系统,包括:

循环流化床本体(10),用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气;

多个烧嘴(20),用于接收所述高温含灰烟气、向所述烧嘴通入第二燃料以及烧嘴风,以使所述第二燃料在所述高温含灰烟气和烧嘴风的作用下燃烧,生成烧嘴燃烧产物;

第二燃烧室(30),包括反应室(31)、四次风进口(33)、第三燃料给料口(34)以及烟气出口(35),其中,所述第三燃料给料口(34)用于输入所述第二燃料,所述烟气出口(35)设于所述反应室(31)的底部。

5.根据权利要求4所述的循环流化床富氧燃烧系统,所述四次风进口(33)与第三燃料给料口(34)相对设于所述反应室(31)的两个相对的侧壁上。

6.一种循环流化床富氧燃烧系统,包括:

循环流化床本体(10),用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气;

多个烧嘴(20),用于接收所述高温含灰烟气、第二燃料以及烧嘴风,以使所述第二燃料在所述高温含灰烟气和烧嘴风的作用下部分燃烧或气化,生成气化燃料;

第二燃烧室(30),包括反应室(31)和烟气出口(35),其中,所述烟气出口(35)设于所述反应室(31)的底部;所述反应室(31)的侧壁从高到底依次设有所述多个烧嘴(20),以使所述气化燃料在所述反应室(31)内继续燃烧。

7.一种基于权利要求1～3任意一项所述的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法,包括:

将氧气与所述再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口(16)和二次风进口(17)送入第一燃烧室(11);

将第一燃料送入所述第一燃烧室(11),与所述一次风和二次风进行燃烧反应,生成所述高温含灰烟气,其中,所述第一燃料为颗粒状;

将所述高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入所述烧嘴(20)内进行部分燃烧或气化反应,获得高温半焦与煤气,其中,所述第二燃料为粉状;

将所述高温半焦与煤气送到所述第二燃烧室(30)中,与氧气进行燃烧反应。

8.根据权利要求7所述的富氧燃烧方法，在所述第一燃烧室(11)中，氧气浓度为10%-21%、燃烧温度为850-950℃以及过氧系数为0.95-1.05。

9.根据权利要求7所述的富氧燃烧方法，在所述第二燃烧室(30)中，氧气浓度为21%-50%、燃烧温度小于1200℃以及过氧系数为1.1-1.2。

10.根据权利要求7所述的富氧燃烧方法，在所述烧嘴(20)内过氧系数为0.3-0.6。

11.根据权利要求7所述的富氧燃烧方法，所述第一燃料占总燃料重量的40%-60%，所述第二燃料占总燃料重量的60%-40%。

12.一种基于权利要求4或5所述的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，包括：

将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过所述一次风进口(16)和二次风进口(17)送入第一燃烧室(11)；

将第一燃料送入所述第一燃烧室(11)，与所述一次风和二次风进行燃烧反应，生成所述高温含灰烟气，其中，所述第一燃料为颗粒状；

将所述高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入所述烧嘴(20)内进行燃烧或气化反应，其中，所述第二燃料为粉状；

将所述烧嘴(20)内燃烧或气化反应产物送到所述反应室(31)中，与氧气进一步进行燃烧反应。

13.根据权利要求12所述的富氧燃烧方法，所述烧嘴(20)内过氧系数为1.05-1.2。

14.一种基于权利要求6所述的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，所述烧嘴(20)包括第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴，所述方法包括：

将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过所述一次风进口(16)和二次风进口(17)送入第一燃烧室(11)；

将第一燃料送入所述第一燃烧室(11)，与所述一次风和二次风进行燃烧反应，生成所述高温含灰烟气，其中，所述第一燃料为颗粒状；

所述高温含灰烟气分为三部分，分别与氧气混合后生成第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风，将所述第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风分别送入第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴与第二燃料进行部分燃烧或气化反应，其中，所述第二燃料为粉状；

将所述烧嘴(20)内燃烧反应产物送到所述反应室(31)中，与氧气进一步进行燃烧反应。

15.根据权利要求14所述的富氧燃烧方法，所述第一烧嘴风中氧气浓度为21%-30%，所述第二烧嘴风中氧气浓度为30%-50%，所述第三烧嘴风中氧气浓度为50%-70%；所述第一烧嘴风占总烧嘴风体积的45%-55%，所述第二烧嘴风占总烧嘴风体积的25%-35%，所述第二烧嘴风占总烧嘴风体积的15%-25%。

一种循环流化床富氧燃烧系统及富氧燃烧方法

技术领域

[0001] 本发明涉及富氧燃烧技术领域，尤其涉及一种循环流化床富氧燃烧系统及富氧燃烧方法。

背景技术

[0002] 现有常压富氧燃烧技术相对于常规空气燃烧机组而言，由于增加了空气分离制氧系统、烟气再循环系统和烟气压缩纯化系统，锅炉岛的投资和运行成本将大幅度增加，从而会使全厂经济效率下降约8%～12%左右，常压富氧燃烧系统中，空气分离制氧系统和烟气压缩纯化系统都是在加压环境下运行，而锅炉岛在常压环境下运行，因此存在加压-泄压-加压的运行状态，这过程中增加了了大量的电能消耗，降低了富氧燃烧系统的经济性。

[0003] 加压富氧燃烧系统的空分系统、锅炉岛和烟气压缩纯化系统都在高压下运行，避免了升降压力导致的电能消耗；而且，加压富氧燃烧有利于提高锅炉的燃烧效率；同时加压富氧燃烧大大提高了烟气中水蒸气的凝结温度，增加了从锅炉排烟中回收的水的潜热。这些因素都有利于提高系统的经济性。

[0004] 由于循环流化床燃料适应性强、热流密度均匀、NOx排放低和脱硫成本低等优势，循环流化床是加压富氧燃烧系统的锅炉岛的优选炉型之一。但目前加压循环流化床富氧燃烧系统中主要存在的问题有：1)在加压条件下，供风系统提供的氧气和再循环烟气的密度高，为了保证燃烧室内的流化风速，炉膛横截面尺寸要大大缩小，带来了炉膛受热面不足的问题；2)加压燃烧和富氧燃烧都会提高燃料的燃烧速度，因此在加压循环流化床富氧燃烧锅炉中存在局部超温、物料结渣的风险，危害加压循环流化床富氧燃烧锅炉的安全稳定运行；3)在加压条件下，利用石灰石脱硫过程中，石灰石不分解，SO_2和$CaCO_3$直接反应，但是反应速率慢，石灰石脱硫效果差。

发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 基于上述技术问题，本发明提供了一种循环流化床富氧燃烧系统及富氧燃烧方法，通过将循环流化床本体和第二燃烧室耦合，解决了加压带来的第一燃烧室11受热面布置不足的问题；通过燃料在第一燃烧室11内低氧浓度加压燃烧，避免了局部超温的问题；通过分级燃烧，降低了循环流化床富氧燃烧系统的NOx排放；通过在循环流化床本体和第二燃烧室喷入石灰石进行两级脱硫，提高了脱硫效率。

[0007] (二)技术方案

[0008] 第一方面本公开提供了一种循环流化床富氧燃烧系统，包括：循环流化床本体10，用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气；烧嘴20，与所述循环流化床本体10的出口相连通，用于接收高温含灰烟气、向所述烧嘴第二燃料以及烧嘴风，以使第二燃料在高温含灰烟气和烧嘴风的作用下发生部分燃烧气化，生成气化燃料；第二燃烧室30，与所述烧嘴相连通，用于接收气化燃料以及四次风，以使气化燃料燃烧，产生第二烟气；再循环回路，用于将

部分第二烟气作为再循环烟气送入循环流化床本体10。

[0009] 可选地，循环流化床本体10包括第一燃烧室11，第一燃烧室11的侧壁设有第一石灰石给料口14，第一石灰石给料口14用于输入第一石灰石。

[0010] 可选地，第一燃烧室11的侧壁还包括二次风进口17，用于输入二次风；第一燃烧室11的底部包括一次风进口16，用于输入一次风。

[0011] 可选地，第二燃烧室30包括反应室31以及第二石灰石给料口32，第二石灰石给料口32设于反应室31的侧壁，用于输入第二石灰石。

[0012] 可选地，循环流化床富氧燃烧系统内的运行压力为0.1-0.3MPa。

[0013] 第二方面本公开提供了另一种循环流化床富氧燃烧系统，包括：循环流化床本体10，用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气；多个烧嘴20，与所述循环流化床本体10的出口相连通，用于接收高温含灰烟气、第二燃料以及烧嘴风，以使第二燃料在高温含灰烟气和烧嘴风的作用下燃烧，生成气化燃料；第二燃烧室30，与所述烧嘴相连通，包括反应室31、第二石灰石给料口32、四次风进口33、第三燃料给料口34以及烟气出口35，其中，第三燃料给料口34用于输入第二燃料，烟气出口35设于反应室31的底部。

[0014] 可选地，四次风进口33与第三燃料给料口34相对设于反应室31的两个相对的侧壁上。

[0015] 可选地，四次风进口33与第三燃料给料口34的数量均大于或等于三。

[0016] 可选地，第二石灰石给料口32设于反应室31侧壁的下部。

[0017] 第三方面本公开提供了又一种循环流化床富氧燃烧系统，包括：循环流化床本体10，用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气；多个烧嘴20，用于接收高温含灰烟气、第二燃料以及烧嘴风，以使第二燃料在高温含灰烟气和烧嘴风的作用下发生部分燃烧或气化反应，生成气化燃料；第二燃烧室30，包括反应室31、第二石灰石给料口32以及烟气出口35，其中，烟气出口35设于反应室31的底部；第二石灰石给料口32设于反应室31下部侧壁上；反应室31的从高到低，侧壁上依次设有多个烧嘴20，以使气化燃料在反应室31内继续燃烧。

[0018] 第四方面本发明提供了一种基于上述第一种循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，包括：将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口16和二次风进口17送入第一燃烧室11；将第一燃料送入第一燃烧室11，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，；将高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入烧嘴20内进行部分燃烧或气化反应，获得高温半焦与煤气；将高温半焦与煤气送到反应室31中，与氧气进行燃烧反应。

[0019] 可选地，第一燃料为颗粒状，第二燃料为粉状。

[0020] 可选地，该富氧燃烧方法还包括：将第一石灰石经第一石灰石给料口14送入第一燃烧室11，将第二石灰石经第二石灰石给料口32送入反应室31，以进行脱硫反应。

[0021] 可选地，在第一燃烧室11中，氧气浓度为10％-21％、温度为850-950℃以及过氧系数为0.95-1.05。

[0022] 可选地，在反应室31中，氧气浓度为21％-50％、温度小于1200℃以及过氧系数为1.1-1.2。

[0023] 可选地，反应室31中，燃烧反应的温度自1200℃沿高度方向逐渐下降至750-900℃。

[0024] 可选地，在烧嘴20内的过氧系数为0.3-0.6。

[0025] 可选地，一次风的氧气浓度为10％-15％，二次风的氧气浓度为15％-21％。

[0026] 可选地，一次风与二次风的体积比为2:3～3:2.

[0027] 可选地，高温含灰烟气与氧气组成的混合气体中，氧气浓度为21％-30％。

[0028] 可选地，第一燃料占总燃料重量的40％-60％，第二燃料占总燃料重量的60％-40％。

[0029] 可选地，第一石灰石占总石灰石重量的30％-50％，第二石灰石占总石灰石重量的50％-70％。

[0030] 可选地，第一石灰石为颗粒状，第二石灰石为粉状。

[0031] 第五方面本发明提供了一种基于上述第二种循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，包括：将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口16和二次风进口17送入第一燃烧室11；将第一燃料送入第一燃烧室11，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状；将高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入烧嘴20内进行燃烧或气化反应，其中，第二燃料为粉状；将烧嘴20内燃烧反应产物送到反应室31中，与氧气进一步进行燃烧反应。

[0032] 可选地，富氧燃烧方法还包括：将第一石灰石经第一石灰石给料口14送入第一燃烧室11，将第二石灰石经第二石灰石给料口32送入反应室31，以进行脱硫反应。

[0033] 可选地，烧嘴20内燃烧反应的过氧系数为1.05-1.2。

[0034] 第六方面本发明提供了一种基于上述第三种循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，烧嘴20包括第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴，所述方法包括：将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口16和二次风进口17送入第一燃烧室11；将第一燃料送入第一燃烧室11，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状；高温含灰烟气分为三部分，分别与氧气混合后形成第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风，将第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风分别送入第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴与第二燃料进行燃烧或气化反应，其中，第二燃料为粉状；将所述烧嘴20内燃烧反应产物送到反应室31中，与氧气进一步进行燃烧反应。

[0035] 可选地，第一烧嘴风中氧气浓度为21％-30％，第二烧嘴风中氧气浓度为30％-50％，第三烧嘴风中氧气浓度为50％-70％。

[0036] 可选地，第一烧嘴风占总烧嘴风体积的45％-55％，第二烧嘴风占总烧嘴风体积的25％-35％，第二烧嘴风占总烧嘴风体积的15％-25％。

[0037] 可选地，第二燃料被分成三份分别送入第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴，每份第二燃料的重量占第二燃料总重量的30％-40％。

[0038] 可选地，第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴内燃烧反应的过氧系数为1.05-1.2。

[0039] (三)有益效果

[0040] 本发明提供了一种循环流化床富氧燃烧系统及富氧燃烧方法，至少具有如下技术效果：

[0041] (1)通过将循环流化床本体和第二燃烧室耦合，燃料分别在循环流化床本体和第二燃烧室内燃烧，解决了加压带来的第一燃烧室受热面布置不足的问题；

[0042] (2)通过燃料在第一燃烧室内低氧浓度加压燃烧，避免了局部超温的问题；

[0043] (3)通过燃料和氧气分级燃烧,降低了循环流化床富氧燃烧系统的NO_x排放;

[0044] (4)通过在循环流化床本体和第二燃烧室喷入石灰石进行两级脱硫,提高了脱硫效率。

[0045] 从而实现了安全高效低排放的循环流化床富氧燃烧,有利于提高循环流化富氧燃烧系统的经济性。

附图说明

[0046] 图1示意性示出了本公开第一实施例提供的循环流化床富氧燃烧系统的结构示意图;

[0047] 图2示意性示出了根据本公开第一实施例提供的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法;

[0048] 图3示意性示出了本公开第二实施例提供的循环流化床富氧燃烧系统的结构示意图;

[0049] 图4示意性示出了根据本公开第二实施例提供的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法;

[0050] 图5示意性示出了本公开第三实施例提供的循环流化床富氧燃烧系统的结构示意图;以及

[0051] 图6示意性示出了根据本公开第三实施例提供的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法。

具体实施方式

[0052] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0053] 本发明第一方面提供了一种循环流化床富氧燃烧系统,参见图1,包括:循环流化床本体10,用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气;烧嘴20,与循环流化床本体10的出口相连通,用于接收高温含灰烟气、向其中通入第二燃料以及烧嘴风,以使第二燃料在高温含灰烟气和烧嘴风的作用下气化,生成气化燃料;第二燃烧室30,与烧嘴20相连通,用于接收气化燃料以及向其中通入四次风,以使气化燃料燃烧,产生第二烟气,再循环回路,用于将部分第二烟气作为再循环烟气送入循环流化床本体10。。该循环流化床富氧燃烧系统的系统压力为0.1～3.0Mpa,以下将结合具体实施例对该循环流化床富氧燃烧系统进行详细介绍。

[0054] 循环流化床本体10,用于第一燃料的燃烧并产生高温含灰烟气。

[0055] 例如,该循环流化床本体10包括第一燃烧室11、旋风分离器12以及返料器13。其中,第一燃烧室11底部设有一次风进口16,用于输入第一燃烧室11燃烧所需的一次风。该第一燃烧室11侧面中部设有二次风进口17、第一燃料给料口15以及第一石灰石给料口14,其中,二次风进口17用于输入二次风、第一燃料给料口15用于输入第一燃料C1、第一石灰石给料口14用于输入第一石灰石L1。旋风分离器12设于第一燃烧室11上部,用于对第一燃烧室11产生的烟气进行固气分离,并将高温含灰烟气R输出。返料器13设于旋风分离器12下部,并将旋风分离器12分离的固体送入第一燃烧室11,且其下部设有返料风入口18。第一燃料

C1燃烧生成高温含灰烟气R，该高温含灰烟气R的温度可以在850℃-950℃之间，高温含灰烟气R主要由CO_2组成，含有少量的H_2O，CO，O_2和飞灰等，烟气R中CO_2浓度(干基)大于90％。

[0056] 烧嘴20，与循环流化床本体10的出口相连通，用于接收高温含灰烟气、第二燃料以及烧嘴风，以使第二燃料在高温含灰烟气和烧嘴风的作用下气化，生成气化燃料。

[0057] 例如，烧嘴20包含高温含灰烟气进口21，该高温含灰烟气进口21通过管道与循环流化床本体10的出口(即旋风分离器出口)相连通，在烧嘴20壁面上还设有第二燃料进口22以及烧嘴风进口23。其中，第二燃料进口22用于将第二燃料C2送入烧嘴20；烧嘴风进口23用于将烧嘴风送入烧嘴20。第二燃料C2在高温含灰烟气和烧嘴风的作用下部分燃烧或气化，生成气化燃料。

[0058] 本发明实施例中，燃料包括第一燃料C1和第二燃料C2，第一燃料可以为颗粒状，粒径为0-10mm，颗粒状燃料C1占总燃料量的40-60％；第二燃料C2可以为粉状，粒径为0-100μm，粉状燃料C2占总燃料量的60-40％。

[0059] 第二燃烧室30，与烧嘴相连通，用于接收气化燃料以及向其中通入四次风，以使气化燃料在第二燃烧室30中燃烧，产生第二烟气。

[0060] 例如，第二燃烧室30可以包括反应室31、第二石灰石给料口32、四次风进口33、以及再循环烟气出口35。其中，四次风进口33数量大于或等于三，沿反应室31的高度方向依次布置，用于将四次风通入第二燃烧室30。第二烟气出口35设于反应室31的底部，用于排出第二燃烧室30燃烧产生的第二烟气。第二石灰石给料口32设于反应室31下部侧壁上，用于输入第二石灰石L2。

[0061] 再循环回路，用于将部分第二烟气作为再循环烟气Y送入循环流化床本体(10)。

[0062] 该再循环回路可以再循环风机60和循环烟气管路，反应室内燃烧产生的第二烟气，经烟气换热器40、布袋除尘器50降温除尘处理后，一部分进行压缩纯化后直接利用或者填埋，另部分作为再循环烟气通过再循环风机60升压后经过循环烟气管路送入一次风进口16、二次风进口17以及返料风入口18。

[0063] 本发明实施例中，一次风、二次风、返料风以及烧嘴风共同组成了该循环流化床富氧燃烧系统的供风系统，其中，一次风由再循环烟气Y和氧气B组成，从第一燃烧室11底部的一次风进口16输入第一燃烧室11，占供风系统总风量的40-60％，氧气浓度为10％-15％。二次风由氧气B和再循环烟气Y组成，从第一燃烧室11侧面中部的二次风进口17输入第一燃烧室11，占供风系统总风量的60-40％，其中的氧气B浓度为15％-21％。返料风为再循环烟气Y。一次风、二次风以及返料风输入第一燃烧室11，使第一燃烧室11内的氧气浓度保持在10％-21％，过氧系数为0.95-1.05，使得第一燃烧室11内进行低氧气浓度条件燃烧。本发明实施例中送入烧嘴20的烧嘴风为氧气B与旋风分离器12输入的高温含灰烟气R组成混合气体、其中，氧气浓度为21-30％，使得过氧系数保持在0.3-0.6之间，进而使得烧嘴20内发生气化反应，生成气化燃料，即高温半焦和煤气；本发明实施例中四次风为氧气B，使得第二燃烧室30的过氧系数为1.1.1.2，氧气浓度为21％-50％。该循环流化床富氧燃烧系统的整体氧气浓度为21％-40％，整体过氧系数为1.05-1.2。

[0064] 本发明实施例中，第一燃烧室11的燃烧温度控制在850℃-950℃之间；第二燃烧室30最高温度控制在1200℃以内燃烧温度自最高温度点沿着反应室31的高度方向逐渐降温，并在第二烟气出口35处达到750-900℃。

[0065] 本发明实施例中的第一石灰石L1和第二石灰石L2分别为颗粒状和粉末状，用作脱硫剂。颗粒状第一石灰石L1通过第一石灰石给料口14送入第一燃烧室11，颗粒状第一石灰石L1占总石灰石量的30％-50％。粉末状第二石灰石L2通过第二石灰石给料口32送入反应室31的低温段(800℃-1000℃)，粉末状第二石灰石L2占总石灰石量的70％-50％。

[0066] 第二方面本发明提供了一种基于上述本发明第一方面提供的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，参见图2，包括步骤：

[0067] S210，将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口16和二次风进口17送入第一燃烧室11；

[0068] S220，将第一燃料送入第一燃烧室11，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状；

[0069] S230，将高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入烧嘴20内进行气化反应，获得高温半焦与煤气，其中，第二燃料为粉状；

[0070] S240，将高温半焦与煤气送到反应室31中，与氧气进行燃烧反应。

[0071] 该富氧燃烧方法还包括：将第一石灰石经第一石灰石给料口14送入第一燃烧室11，将第二石灰石经第二石灰石给料口32送入反应室31，以进行脱硫反应。

[0072] 本发明第三方面提供了一种循环流化床富氧燃烧系统的第二实施例，参见图3，与上述第一实施例不同的是第二燃烧室30还包括第三燃料给料口34。四次风进口33与第三燃料给料口34相对设于反应室31的两个相对的侧壁上。且四次风进口33与第三燃料给料口34的数量均大于或等于三，第三燃料给料口34同时用于输入第二燃料C2。另外与第一实施例不同的是烧嘴20内的过氧系数为1.05～1.2。

[0073] 本发明第四方面提供了一种基于上述第二实施例的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，参见图4，包括步骤：

[0074] S410，将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口16和二次风进口17送入第一燃烧室11；

[0075] S420，将第一燃料送入第一燃烧室11，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状；

[0076] S430，将高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入烧嘴20内进行燃烧或气化反应，其中，第二燃料为粉状；优选的，烧嘴20内反应的过氧系数为1.05-1.2。

[0077] S440，将烧嘴20内燃烧反应产物送到反应室31中，与氧气进一步进行燃烧反应。

[0078] 该富氧燃烧方法还包括：将第一石灰石经第一石灰石给料口14送入第一燃烧室11，将第二石灰石经第二石灰石给料口32送入反应室31，以进行脱硫反应。

[0079] 本发明第五方面提供了一种循环流化床富氧燃烧系统的第三实施例，参见图5，与上述第一实施例不同的是该第二燃烧室30不包括四次风进口33，而在反应室31的侧壁上沿高度方向不同位置布置三个烧嘴20，从上往下分别为第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴。从旋风分离器12处出来的高温含灰烟气R分别为三路分别进入第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴。每个烧嘴中氧气B和高温含灰烟气R组成混合气体。其中，第一烧嘴混合气体的氧气浓度为21％-30％，混合气体体积占第二燃烧室30总供风量的45％-55％。第二烧嘴混合气体的氧气浓度为30％-50％，混合体体积占第二燃烧室30总供风量的25％-35％％。第三烧嘴混合气体的氧气浓度为50％-70％，混合气体体积占第二燃烧室30总供风量的15％-25％。

粉状第二燃料C2分别给入三个烧嘴20，各个烧嘴粉状燃料量占粉状燃料C2总量的30％-40％。各个烧嘴内进行燃烧反应，过氧系数为1.05-1.2。

[0080] 本发明第六方面提供了一种基于上述第三实施例的循环流化床富氧燃烧系统的富氧燃烧方法，参见图6，包括：

[0081] S610，将氧气与所述再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口16和二次风进口17送入第一燃烧室11；

[0082] S620，将第一燃料送入第一燃烧室11，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状；

[0083] S630，高温含灰烟气分为三部分，分别与氧气混合后生成第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风，将第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风分别送入第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴与第二燃料进行燃烧或气化反应，其中，第二燃料为粉状；

[0084] S640，将烧嘴20内燃烧反应产物送到反应室31中，与氧气进一步进行燃烧反应。

[0085] 综上所述，本发明通过将循环流化床本体和第二燃烧室耦合，燃料分别在循环流化床本体和第二燃烧室内燃烧，解决了加压带来的第一燃烧室受热面布置不足的问题；通过燃料在第一燃烧室内低氧浓度加压燃烧，避免了局部超温的问题；通过燃料和氧气分级燃烧，降低了循环流化床富氧燃烧系统的NOx排放；通过在循环流化床本体和第二燃烧室喷入石灰石进行两级脱硫，提高了脱硫效率。从而实现了安全高效低排放的循环流化床富氧燃烧，有利于提高循环流化富氧燃烧系统的经济性。

[0086] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、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，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

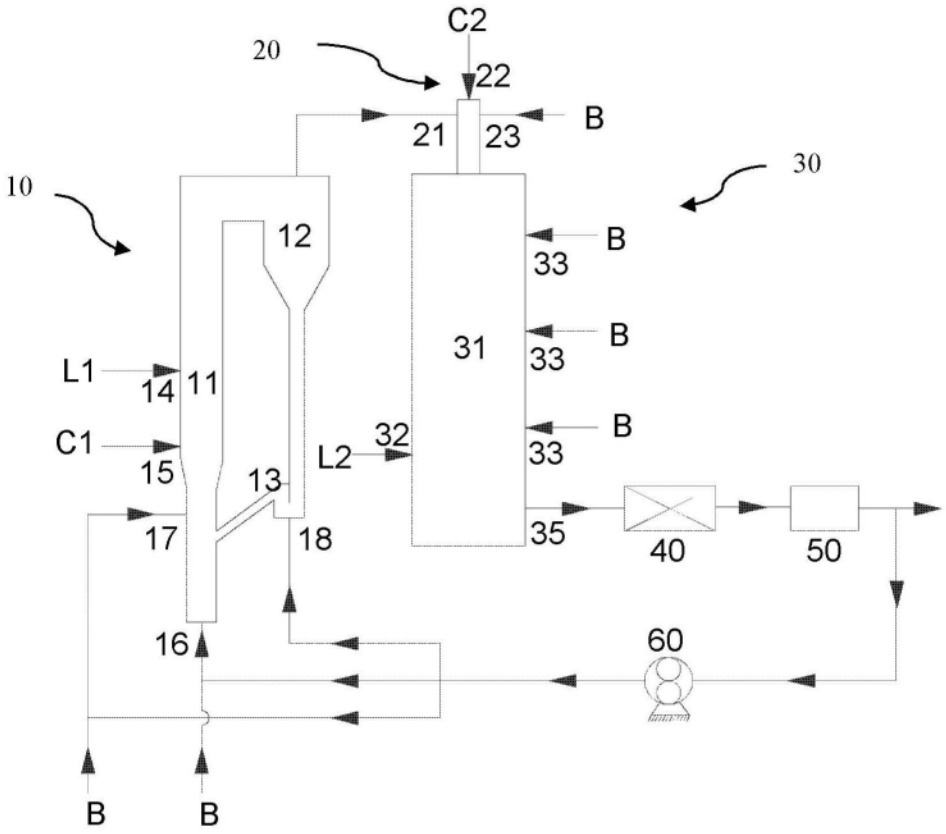

C2
20
22
21
23
B
10
30
12
B
33
31
B
33
L1
14
11
C1
15
32
L2
B
33
13
17
18
35
40
50
16
60
B
B

图1

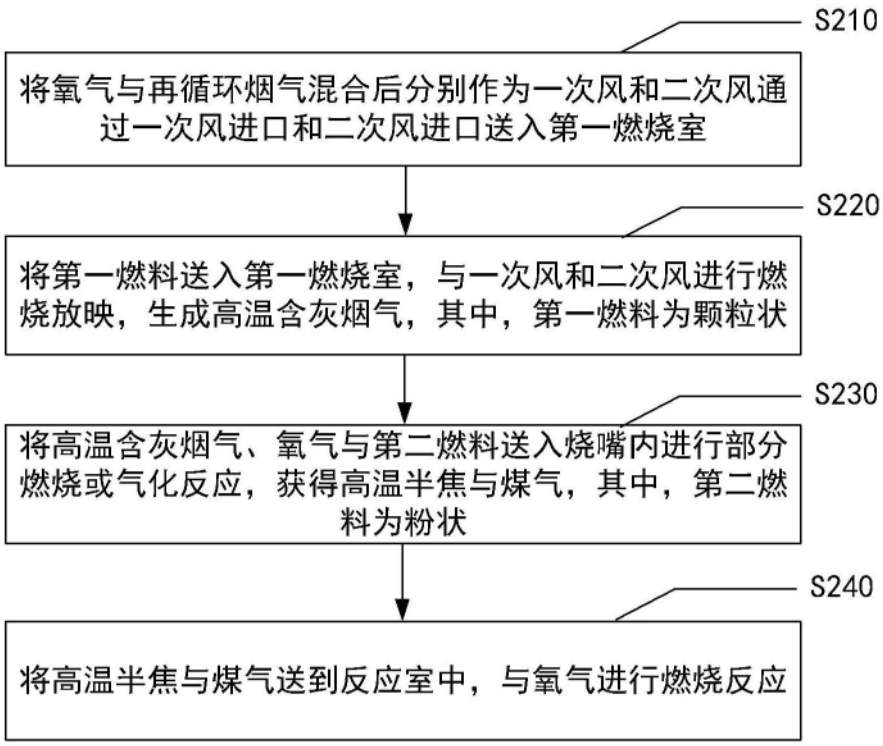

S210
将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口和二次风进口送入第一燃烧室
S220
将第一燃料送入第一燃烧室，与一次风和二次风进行燃烧放映，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状
S230
将高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入烧嘴内进行部分燃烧或气化反应，获得高温半焦与煤气，其中，第二燃料为粉状
S240
将高温半焦与煤气送到反应室中，与氧气进行燃烧反应

图2

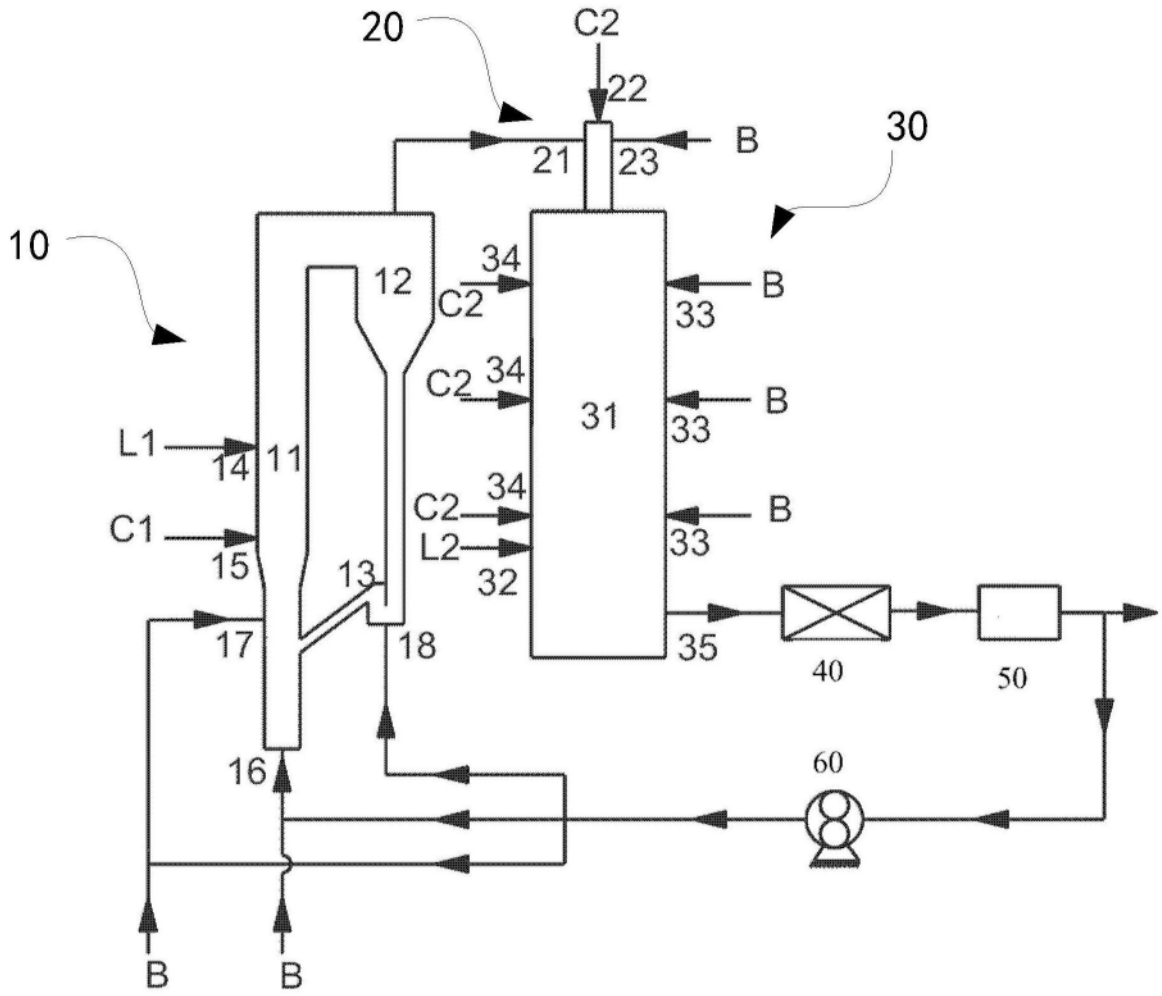

20
C2
22
B
21
23
30
10
12
34
C2
33
B
C2
34
31
33
B
L1
14
11
C2
34
33
B
C1
15
13
L2
32
17
18
35
40
50
16
60
B
B

图3

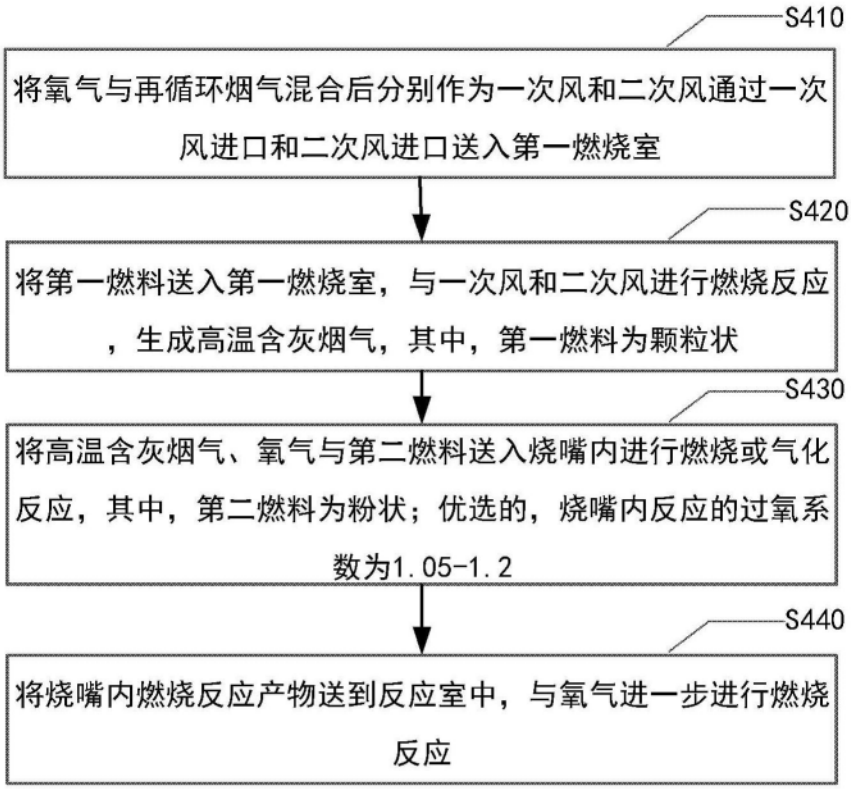

S410
将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口和二次风进口送入第一燃烧室
S420
将第一燃料送入第一燃烧室，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状
S430
将高温含灰烟气、氧气与第二燃料送入烧嘴内进行燃烧或气化反应，其中，第二燃料为粉状；优选的，烧嘴内反应的过氧系数为1.05-1.2
S440
将烧嘴内燃烧反应产物送到反应室中，与氧气进一步进行燃烧反应

图4

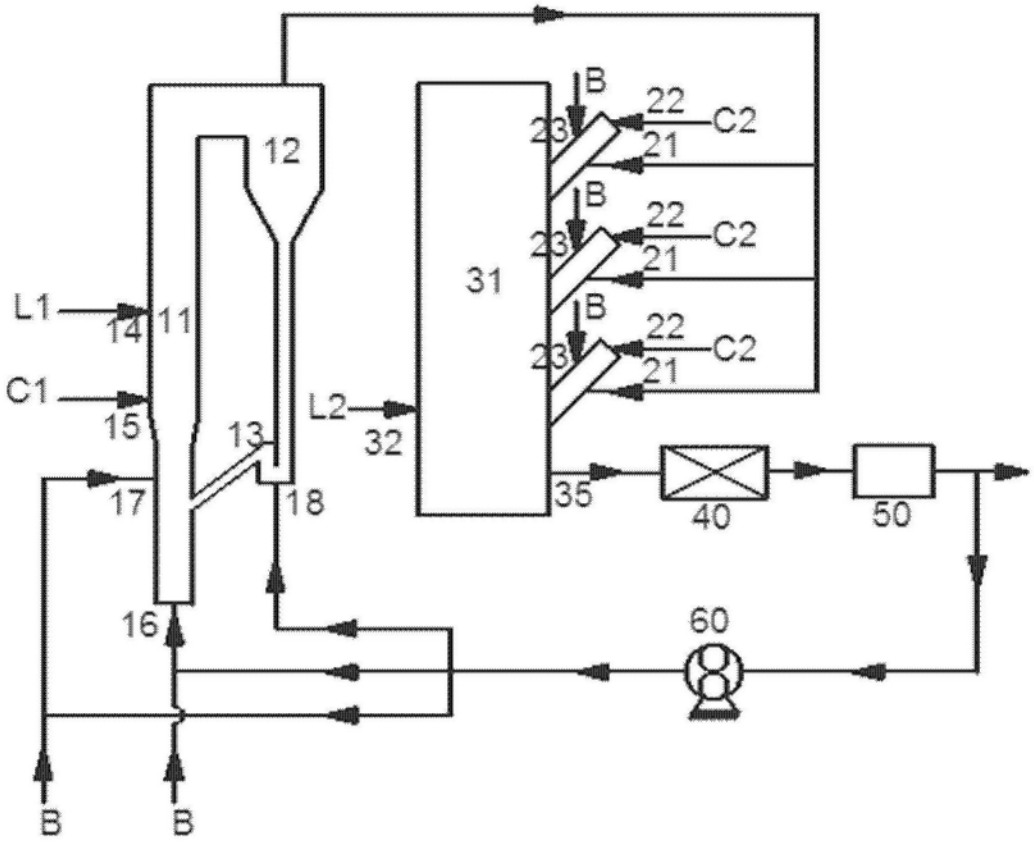

L1
14
11
C1
15
12
13
17
18
16
B
B
L2
32
31
B
22
C2
23
21
B
22
C2
23
21
B
22
C2
23
21
35
40
50
60

图5

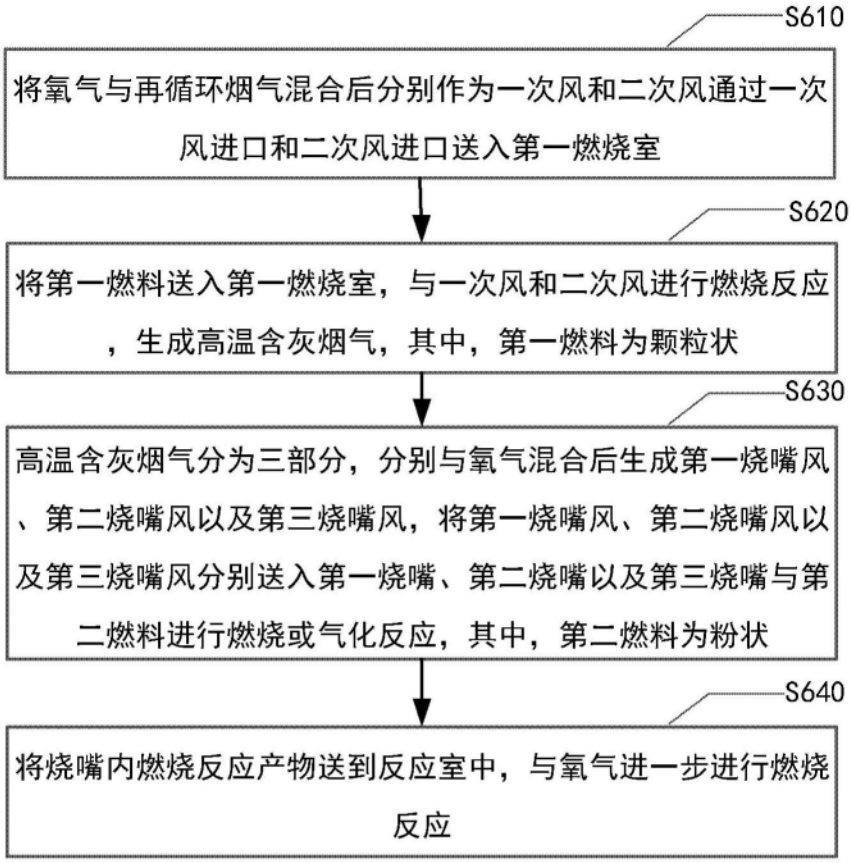

S610
将氧气与再循环烟气混合后分别作为一次风和二次风通过一次风进口和二次风进口送入第一燃烧室
S620
将第一燃料送入第一燃烧室，与一次风和二次风进行燃烧反应，生成高温含灰烟气，其中，第一燃料为颗粒状
S630
高温含灰烟气分为三部分，分别与氧气混合后生成第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风，将第一烧嘴风、第二烧嘴风以及第三烧嘴风分别送入第一烧嘴、第二烧嘴以及第三烧嘴与第二燃料进行燃烧或气化反应，其中，第二燃料为粉状
S640
将烧嘴内燃烧反应产物送到反应室中，与氧气进一步进行燃烧反应

图6