



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109355074 B

(45) 授权公告日 2023. 12. 01

(21) 申请号 201811303715.9

C10B 53/04 (2006.01)

(22) 申请日 2018.11.02

C10B 51/00 (2006.01)

C10B 57/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109355074 A

(56) 对比文件

CN 101108970 A, 2008.01.23

CN 107760346 A, 2018.03.06

CN 107903924 A, 2018.04.13

CN 108048140 A, 2018.05.18

CN 203999499 U, 2014.12.10

CN 204981749 U, 2016.01.20

JP 2006124496 A, 2006.05.18

(43) 申请公布日 2019.02.19

(73) 专利权人 武汉兰多生物科技有限公司

地址 430300 湖北省武汉市黄陂区临空经

济产业示范园川龙大道8号B3厂房4层

401、402、403室

(72) 发明人 李鹏 李相宏

审查员 李瑞臻

(74) 专利代理机构 北京景闻知识产权代理有限公司

公司 11742

专利代理师 李芳

(51) Int. Cl.

C10B 53/00 (2006.01)

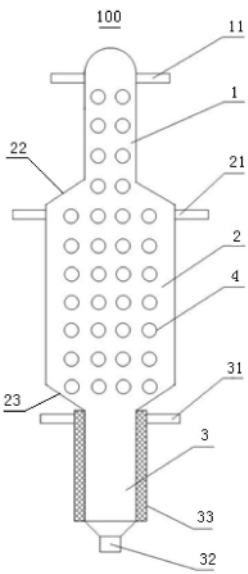
权利要求书1页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

生物质与煤共热解反应器

(57) 摘要

本发明公开了一种生物质与煤共热解反应器,包括:反应器本体,反应器本体包括从上到下依次设置的第一生物质热解筒体、煤热解筒体和第二生物质热解筒体,第一生物质热解筒体的侧壁上设有至少一个第一生物质给料口,煤热解筒体的侧壁上设有至少一个煤给料口,第二生物质热解筒体的侧壁上设有至少一个第二生物质给料口且底部设有产物出口,第一生物质热解筒体和煤热解筒体内分别设有均匀间隔设置的多个蓄热式辐射管,第一生物质热解筒体和第二生物质热解筒体的横截面积分别小于煤热解筒体的横截面积,第二生物质热解筒体的外壁上设有保温材料件。根据本发明的生物质与煤共热解反应器,生物质与煤共热解反应器的结构相对简单。



1. 一种生物质与煤共热解反应器,其特征在于,包括:

反应器本体,所述反应器本体包括从上到下依次设置的第一生物质热解筒体、煤热解筒体和第二生物质热解筒体,所述第一生物质热解筒体的侧壁上设有至少一个第一生物质给料口,所述煤热解筒体的侧壁上设有至少一个煤给料口,所述第二生物质热解筒体的侧壁上设有至少一个第二生物质给料口且底部设有产物出口,所述第一生物质热解筒体和所述煤热解筒体内分别设有均匀间隔设置的多个蓄热式辐射管,所述第一生物质热解筒体和所述第二生物质热解筒体的横截面积分别小于所述煤热解筒体的横截面积,所述第二生物质热解筒体的外壁上设有保温材料件;

每个所述蓄热式辐射管的两端分别设有燃烧器;

多个所述蓄热式辐射管在横向和纵向上分别等间距水平排布在所述反应器本体内;

所述第一生物质热解筒体和所述第二生物质热解筒体的直径分别为所述煤热解筒体的直径的20%~50%;

所述第一生物质给料口与所述第一生物质热解筒体顶部之间的距离占所述第一生物质热解筒体高度的 $1/12 \sim 1/6$;

所述煤给料口与所述煤热解筒体顶部之间的距离占所述煤热解筒体高度的 $1/12 \sim 1/6$;

所述第二生物质给料口与所述第二生物质热解筒体顶部之间的距离占所述第二生物质热解筒体高度的 $1/12 \sim 1/6$ 。

2. 根据权利要求1所述的生物质与煤共热解反应器,其特征在于,所述保温材料件包覆在所述第二生物质热解筒体的整个外周壁上。

3. 根据权利要求1所述的生物质与煤共热解反应器,其特征在于,所述第一生物质热解筒体和所述煤热解筒体之间连接有从上到下横截面积逐渐增大的第一扩口段,所述煤热解筒体和所述第二生物质热解筒体之间连接有从上到下横截面积逐渐减小的第二扩口段。

4. 根据权利要求1所述的生物质与煤共热解反应器,其特征在于,每个所述蓄热式辐射管上的温度差不高于 40°C 。

5. 根据权利要求1所述的生物质与煤共热解反应器,其特征在于,所述第一生物质热解筒体内的所述蓄热式辐射管的温度为 $350^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$,所述煤热解筒体内的所述蓄热式辐射管的温度为 $650^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ 。

6. 根据权利要求1所述的生物质与煤共热解反应器,其特征在于,所述第一生物质热解筒体和所述第二生物质热解筒体的高度分别为所述煤热解筒体的高度的30%~80%。

7. 根据权利要求1所述的生物质与煤共热解反应器,其特征在于,从所述第一生物质给料口和所述第二生物质给料口进入的所述生物质与从所述煤给料口进入的所述煤的进料流率比分别在 $1:6 \sim 1:1$ 之间。

生物质与煤共热解反应器

技术领域

[0001] 本发明涉及化工、能源技术领域,尤其是涉及一种生物质与煤共热解反应器。

背景技术

[0002] 煤炭是世界上探明储量最为丰富的常规资源之一。作为世界上最大的煤炭生产和消费国,我国的能源结构特点是富煤、贫油、少气。煤炭的清洁高效利用是国民生产的迫切需求。

[0003] 同时,我国生物质资源也非常丰富,每年仅农作物秸秆、薪柴、动物粪便和生活垃圾等四类生物质原料的产量就相当于7.8亿toe(Ton Oil Equivalent的简称,吨油当量),比我国2000年总能源消耗量的50%还多。生物质作为唯一可以储存和运输的可再生能源之一,其在全球产量巨大,分布广泛,受地域限制较小,可以再生。随着世界各国对能源节约、环境保护和全球气候变化等问题的重视,使得可再生能源在能源发展中的战略地位更加突出,将生物质转换为高品位的气体 and 液体燃料已引起了世界各国的高度重视。

[0004] 相对于煤炭燃烧、气化、液化工艺,快速热解将煤转化成固态、液态和气态产品,是实现煤清洁利用的重要方法,也是将生物质转化为液态燃料及气体的一种重要途径。煤是一种贫氢物质,热解收率低,因此,在对煤热解过程中通常要采用外加氢气化的方式提高煤的转化率,但是一般外加纯氢的生产成本较高,寻找一种廉价的氢源成为研究的热点。生物质作为一种富氢物质,不仅热解温度低于煤热解温度,先于煤发生热解,而且富产氢气,可以作为煤热解的供氢源,生物油收率高,但氧含量高。为了克服两者单独热解不足,将煤与生物质共热解气化,能将两者热解气化过程有效的结合起来,优势充分发挥,降低成产成本,提高目标产品收率。

[0005] 目前,从加热方式来看,国内外现有热解工艺多采用瓷球以及热解产物半焦作为固体热载体,或产物半焦气化后的煤气作为气体热载体等加热方式。这种加热方式涉及到热载体的加热、分离等过程,导致系统工艺流程长,系统故障率较高。半焦、瓷球等固体热载体严重影响了热解炉装置的处理能力,煤气等气体热载体预热也存在较大安全隐患。

[0006] 从反应器类型角度来看,多数采用热天平、固定床、流化床、气流床等对生物质与煤共热解进行研究。根据反应器类型的不同,大致可分为慢速热解及快速热解两种类型,但研究结果鲜少表明两者之间存在协同作用,主要原因是生物质与煤热解的温度区间几乎没有重叠,相差100℃以上。对于在热天平和固定床上进行的慢速热解反应而言,当煤开始热解时,生物质已基本热解完全,生物质中富余的氢不能有效为煤热解使用,导致很难发生协同作用;而对于在流化床或气流床上进行的快速热解而言,快的加热速率会缩小两者热解温差,但由于两者密度差及气流作用,生物质中的富氢也不易转移到煤热解油气中,协同作用亦不明显。

发明内容

[0007] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本发明的一个目的

在于提出一种生物质与煤共热解反应器,生物质和煤热解的协同作用更好。

[0008] 根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器,包括:反应器本体,所述反应器本体包括从上到下依次设置的第一生物质热解筒体、煤热解筒体和第二生物质热解筒体,所述第一生物质热解筒体的侧壁上设有至少一个第一生物质给料口,所述煤热解筒体的侧壁上设有至少一个煤给料口,所述第二生物质热解筒体的侧壁上设有至少一个第二生物质给料口且底部设有产物出口,所述第一生物质热解筒体和所述煤热解筒体内分别设有均匀间隔设置的多个蓄热式辐射管,所述第一生物质热解筒体和所述第二生物质热解筒体的横截面积分别小于所述煤热解筒体的横截面积,所述第二生物质热解筒体的外壁上设有保温材料件。

[0009] 根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器,通过设置从上到下依次连通的第一生物质热解筒体、煤热解筒体和第二生物质热解筒体,并使第一生物质热解筒体和第二生物质热解筒体的横截面积均小于煤热解筒体的横截面积,第一生物质热解筒体内生物质产生的富氢可以在重力作用下进入到煤热解筒体内,从而为煤热解提供所需的富氢环境,使得生物质中的富氢可以有效地转移到煤中,生物质和煤协同作用明显,提高了煤的热解转化率;煤热解后得到的产物可以在重力作用下向下流动并为第二生物质热解筒体内的生物质热解提供热量,从而第二热解筒体内的生物质可以顺利热解。由此,无需向反应器本体内通入提升气体,简化了生物质与煤共热解反应器的结构。

[0010] 而且,通过在第二生物质热解筒体的外壁上设置保温材料件,从而可以利用煤热解筒体热解产生的高温油气及半焦显热为第二生物质热解筒体内的生物质热解提供所需的热量,无需对第二生物质热解筒体单独提供热解热源,减少了能耗,降低了成本,且通过第二生物质热解筒体内生物质热解的吸热,可以降低煤例如低阶煤热解油气的温度,可以充分减小二次反应,从而可以提高煤热解焦油收率。另外,通过设置第一生物质热解筒体和第二生物质热解筒体,提升了生物质热解的处理量。

[0011] 此外,通过在第一生物质热解筒体和煤热解筒体内分别布置均匀间隔设置的多个蓄热式辐射管,与传统的采用瓷球以及热解产物半焦作为固体热载体、或产物半焦气化后的煤气作为气体热载体等加热方式相比,取消了热载体和机械转动装置,工艺流程简单、系统控温准确、调温方便,无需气体和固体热载体的加热、分离过程,降低了系统的故障率。

[0012] 根据本发明的一些实施例,所述保温材料件包覆在所述第二生物质热解筒体的整个外周壁上。

[0013] 根据本发明的一些实施例,所述第一生物质热解筒体和所述煤热解筒体之间连接有从上到下横截面积逐渐增大的第一扩口段,所述煤热解筒体和所述第二生物质热解筒体之间连接有从上到下横截面积逐渐减小的第二扩口段。

[0014] 根据本发明的一些实施例,每个所述蓄热式辐射管的两端分别设有燃烧器。

[0015] 根据本发明的一些实施例,每个所述蓄热式辐射管上的温度差不高于40℃。

[0016] 根据本发明的一些实施例,所述第一生物质热解筒体内的所述蓄热式辐射管的温度为350℃~550℃,所述煤热解筒体内的所述蓄热式辐射管的温度为650℃~950℃。

[0017] 根据本发明的一些实施例,多个所述蓄热式辐射管在横向和纵向上分别等间距水平排在所述反应器本体内。

[0018] 根据本发明的一些实施例,所述第一生物质热解筒体和所述第二生物质热解筒体

的直径分别为所述煤热解筒体的直径的20%~50%。

[0019] 根据本发明的一些实施例,所述第一生物质热解筒体和所述第二生物质热解筒体的高度分别为所述煤热解筒体的高度的30%~80%。

[0020] 根据本发明的一些实施例,从所述第一生物质给料口和所述第二生物质给料口进入的所述生物质与从所述煤给料口进入的所述煤的进料流率比分别在1:6~1:1之间。

[0021] 根据本发明的一些实施例,所述第一生物质给料口与所述第一生物质热解筒体顶部之间的距离占所述第一生物质热解筒体高度的 $1/12 \sim 1/6$;所述煤给料口与所述煤热解筒体顶部之间的距离占所述煤热解筒体高度的 $1/12 \sim 1/6$;所述第二生物质给料口与所述第二生物质热解筒体顶部之间的距离占所述第二生物质热解筒体高度的 $1/12 \sim 1/6$ 。

[0022] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0023] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0024] 图1是根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器的示意图。

[0025] 附图标记:

[0026] 100:生物质与煤共热解反应器;

[0027] 1:第一生物质热解筒体;11:第一生物质给料口;

[0028] 2:煤热解筒体;21:煤给料口;22:第一扩口段;23:第二扩口段;

[0029] 3:第二生物质热解筒体;31:第二生物质给料口;32:产物出口;

[0030] 33:保温材料件;4:蓄热式辐射管。

具体实施方式

[0031] 下面参考图1描述根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器100。其中,煤可以为低阶煤,低阶煤为燃烧时火焰较长而有烟、煤化程度较低的一类煤。在本申请下面的描述中,以低阶煤为例进行说明。当然,本领域技术人员可以理解,煤还可以为其它类型的煤,例如,高阶煤等。

[0032] 如图1所示,根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器100,包括反应器本体。

[0033] 具体而言,反应器本体包括从上到下依次设置的第一生物质热解筒体1、煤热解筒体2和第二生物质热解筒体3。例如,在图1的示例中,第一生物质热解筒体1、煤热解筒体2和第二生物质热解筒体3可以同轴布置且均沿竖直方向延伸,第一生物质热解筒体1、煤热解筒体2和第二生物质热解筒体3均彼此内部连通且自上向下依次布置,煤热解筒体2位于第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3之间。由此,通过设置第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3这两个用于生物质热解的筒体,提高了生物质热解处理量。在本发明的描述中,“第一特征”、“第二特征”可以包括一个或者多个该特征。

[0034] 第一生物质热解筒体1的侧壁上设有至少一个第一生物质给料口11,第二生物质热解筒体3的侧壁上设有至少一个第二生物质给料口31。生物质例如农作物秸秆、薪柴、动物粪便和生活垃圾等可以通过第一生物质给料口11和第二生物质给料口31分别进入到第

一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3内。煤热解筒体2的侧壁上设有至少一个煤给料口21。煤例如低阶煤等可以通过煤给料口21进入到煤热解筒体2内。第二生物质热解筒体3的底部设有产物出口32,热解后得到的产物通过产物出口32排出。

[0035] 第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内分别设有均匀间隔设置的多个蓄热式辐射管4。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上。蓄热式辐射管4为生物质与煤共热解反应器100中的热解反应提供热源。当多个蓄热式辐射管4工作时,可以将第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内的生物质和煤分别进行热解。而且,通过在第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内分别布置均匀间隔开的多个蓄热式辐射管4,可以单独为反应器本体中的煤和生物质提供热源,使生物质和煤受热均匀,从而可以使得到的产物质量均匀,同时保证了热解产物的产率,而且,由于没有热载体和机械转动装置,工艺流程简单、系统控温准确、调温方便,无需气体和固体热载体的加热、分离过程,降低了系统的故障率。

[0036] 第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3的横截面积分别小于煤热解筒体2的横截面积。也就是说,第一生物质热解筒体1的横截面积小于煤热解筒体2的横截面积,且第二生物质热解筒体3的横截面积小于煤热解筒体2的横截面积。由此,通过设置使第一生物质热解筒体1的横截面积小于煤热解筒体2的横截面积,可以有效保证生物质与煤热解达到协同作用,具体地,例如,由于第一生物质热解筒体1的横截面积小于煤热解筒体2的横截面积,这样,生物质热解过程中产生的氢会先在空间相对较小的第一生物质热解筒体1内聚集,从而形成富含氢的气体,进而当这些富含氢的气体在进入到煤热解筒体2的顶部时仍然保持在富含氢的状态。通过设置使第二生物质热解筒体3的横截面积小于煤热解筒体2的横截面积,煤热解筒体2内热解后的产物的热量可以向下流动并聚集在第二生物质热解筒体3内,以使第二生物质热解筒体3内的生物质得以顺利热解。

[0037] 第二生物质热解筒体3的外壁上设有保温材料件33。由此,通过在第二生物质热解筒体3外设置保温材料件33,由煤热解筒体2内煤热解产生的高温油气及半焦显热为第二生物质热解筒体3内的生物质热解提供所需的热量,从而无需单独为第二生物质热解筒体3内的生物质提供热解热源,减少了能耗,实现了节能。从另一个角度来说,通过第二生物质热解筒体3内生物质热解的吸热,降低了煤例如低阶煤等热解油气的温度,可以充分减小二次反应,提高了煤热解焦油收率。

[0038] 根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器100的热解过程如下:

[0039] 将生物质通过第一生物质给料口11和第二生物质给料口31分别通入第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3内,将煤例如低阶煤通过煤给料口21通入煤热解筒体2。第一生物质热解筒体1内的生物质在自身重力作用下将向下流动,并被第一生物质热解筒体1内的蓄热式辐射管4加热,发生热解反应,生成油气。该油气向下进入煤热解筒体2的顶部,并与由煤给料口21进入的煤例如低阶煤混合,为煤例如低阶煤热解提供所需的富氢环境。煤热解筒体2顶部的煤例如低阶煤在富氢的环境下受重力作用向下流动,并被煤热解筒体2内的蓄热式辐射管4加热,发生热解反应,产生气态、液态产物以及固体半焦。该气态、液态产物以及固体半焦从煤热解筒体2的底部进入第二生物质热解筒体3的顶部,并与来自第二生物质给料口31的生物质混合,为第二生物质热解筒体3内的生物质热解提供热量。第二生物质热解筒体3内的生物质在第二生物质热解筒体3外壁的保温材料件33的作用下,发生热解反应。同时,通过第二生物质热解筒体3内生物质热解的吸热作用,可以降低煤例如低

阶煤热解油气的温度,充分减小二次反应,提高了煤热解焦油收率。最终,热解产物从第二生物质热解筒体3底部的产物出口32移出,进入后续产品除尘、冷凝、分离以及精制系统。

[0040] 根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器100,通过设置从上到下依次连通的第一生物质热解筒体1、煤热解筒体2和第二生物质热解筒体3,并使第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3的横截面积均小于煤热解筒体2的横截面积,第一生物质热解筒体1内生物质产生的富氢可以在重力作用下进入到煤热解筒体2内,从而为煤例如低阶煤热解提供所需的富氢环境,使得生物质中的富氢可以有效地转移到煤中,生物质和煤协同作用明显,提高了煤的热解转化率;煤热解后得到的产物可以在重力作用下向下流动并为第二生物质热解筒体3内的生物质热解提供热量,从而第二生物质热解筒体3内的生物质可以顺利热解。

[0041] 由此,无需向反应器本体内通入提升气体,简化了生物质与煤共热解反应器100的结构。而且,通过将第一生物质热解筒体1布置在第二生物质热解筒体3的上方,使得煤热解筒体2中的煤迅速在其上方的第一生物质热解筒体1中的生物质热解气氛下热解完全,同时将生物质中的富氢有效地转移到煤中,对煤热解油气产生一定的加氢饱和作用,提高煤热解转化率。

[0042] 而且,通过在第二生物质热解筒体3的外壁上设置保温材料件33,从而可以利用煤热解筒体2热解产生的高温油气及半焦显热为第二生物质热解筒体3内的生物质热解提供所需的热量,无需对第二生物质热解筒体3单独提供热解热源,减少了能耗,降低了成本,且通过第二生物质热解筒体3内生物质热解的吸热,可以降低煤例如低阶煤热解油气的温度,可以充分减小二次反应,从而可以提高煤热解焦油收率。另外,通过设置第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3,提升了生物质热解的处理量。

[0043] 此外,通过在第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内分别布置均匀间隔设置的多个蓄热式辐射管4,与传统的采用瓷球以及热解产物半焦作为固体热载体、或产物半焦气化后的煤气作为气体热载体等加热方式相比,取消了热载体和机械转动装置,工艺流程简单、系统控温准确、调温方便,无需气体和固体热载体的加热、分离过程,降低了系统的故障率。

[0044] 根据本发明的一些实施例,保温材料件33包覆在第二生物质热解筒体3的整个外周壁上,如图1所示。由此,煤热解筒体2内煤例如低阶煤等热解产生的高温油气及半焦显热在进入到第二生物质热解筒体3内不至于温度降得太快,使得其内的生物质可以顺利热解,第二生物质热解筒体3内生物质的热解率较高。

[0045] 进一步地,参照图1,第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2之间连接有从上到下横截面积逐渐增大的第一扩口段22,煤热解筒体2和第二生物质热解筒体3之间连接有从上到下横截面积逐渐减小的第二扩口段23。由此,通过设置第一扩口段22,富氢在进入到煤热解筒体2的顶部时与由煤给料口21进入的煤更近,从而进一步提高了生物质和煤的协同作用。通过设置第二扩口段23,热解后的产物可以更加顺利地向下流动到第二生物质热解筒体3内,而不会在煤热解筒体2的底部聚集。

[0046] 根据本发明的一些实施例,每个蓄热式辐射管4的两端分别设有燃烧器。具体地讲,例如,蓄热式辐射管4在其管体两端分别设置有燃烧器,在蓄热式辐射管4的一端的燃烧器燃烧产生的火焰在喷出时形成温度梯度,即从燃烧器向外温度逐渐降低。类似地,在蓄热式辐射管4的另一端的燃烧器燃烧产生的火焰在喷出时也形成温度梯度。当蓄热式辐射管4

两端的燃烧器交替进行燃烧时,所形成的两个温度梯度叠加,从而使得整个蓄热式辐射管4整体温度分布均匀,进而可以使得第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内的反应物料受热均匀。当然,蓄热式辐射管4两端的燃烧器还可以同时进行燃烧,同样可以使得整个蓄热式辐射管4整体温度分布均匀。

[0047] 进一步地,每个蓄热式辐射管4上的温度差不高于 40°C 。时每个蓄热式辐射管4上的最高温度与最低温度之差小于等于 40°C 。由此,如果每个蓄热式辐射管4上的温度差大于 40°C ,此时每个蓄热式辐射管4上的温差相对较大,从而可能出现第一生物质热解筒体1或煤热解筒体2内的反应物料受热不均匀的现象,换言之,通过设置使每个蓄热式辐射管4上的温度差不高于 40°C ,可以有效保证第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内反应物料受热均匀。

[0048] 可选地,第一生物质热解筒体1内的蓄热式辐射管4的温度为 $350^{\circ}\text{C}\sim 550^{\circ}\text{C}$ (包括端点值),煤热解筒体2内的蓄热式辐射管4的温度为 $650^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ (包括端点值)。由此,可以保证生物质和煤热解达到协同作用。具体地,此时采用分段控温的方法,在同一时间分别达到生物质和煤热解的最佳温度,使得生物质中的富氢有效转移到煤中,从而煤热解可以在生物质热解气氛下热解完全,进而提高了煤热解转化率以及目标产品收率。

[0049] 根据本发明的一些实施例,如图1所示,多个蓄热式辐射管4在横向和纵向上分别等间距水平排布在反应器本体内。由此,可以进一步保证第一生物质热解筒体1和煤热解筒体2内的生物质和煤受热均匀。

[0050] 根据本发明的一些实施例,第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3的直径分别为煤热解筒体2的直径的 $20\%\sim 50\%$ (包括端点值)。换句话说,第一生物质热解筒体1的直径为煤热解筒体2的直径的 $20\%\sim 50\%$ (包括端点值),第二生物质热解筒体3的直径为煤热解筒体2的直径的 $20\%\sim 50\%$ (包括端点值)。此时第一生物质热解筒体1、第二生物质热解筒体3和煤热解筒体2的横截面形状均为圆形。由此,可以很好地保证第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3内的生物质和煤热解筒体2内的煤热解达到协同作用。

[0051] 进一步地,第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3的高度分别为煤热解筒体2的高度的 $30\%\sim 80\%$ (包括端点值)。此时第一生物质热解筒体1的高度为煤热解筒体2的高度的 $30\%\sim 80\%$ (包括端点值),第二生物质热解筒体3的高度为煤热解筒体2的高度的 $30\%\sim 80\%$ (包括端点值)。由此,可以进一步保证第一生物质热解筒体1内的生物质和煤热解达到很好的协同作用,且第二生物质热解筒体3内相对较多的生物质可以进行完全热解。

[0052] 可选地,从第一生物质给料口11和第二生物质给料口31进入的生物质与从煤给料口21进入的煤的进料流率比分别在 $1:6\sim 1:1$ (包括端点值)之间。即从第一生物质给料口11进入的生物质与从煤给料口21进入的煤的进料流率比在 $1:6\sim 1:1$ (包括端点值)之间,从第二生物质给料口31进入的生物质与从煤给料口21进入的煤的进料流率比在 $1:6\sim 1:1$ (包括端点值)之间。由此,可以进一步保证第一生物质热解筒体1内的生物质和煤热解达到很好的协同作用,且第二生物质热解筒体3内相对较多的生物质可以进行完全热解。

[0053] 根据本发明的一些实施例,参照图1,第一生物质给料口11设在第一生物质热解筒体1的上部,煤给料口21设在煤热解筒体2的上部,第二生物质给料口31设在第二生物质热解筒体3的上部。由此,通过将第一生物质给料口11布置在第一生物质热解筒体1的上部,使得生物质可以在第一生物质热解筒体1内充分热解后,在重力作用下向下流动到煤热解筒

体2内,从而保证了生物质的热解效果,同时也为煤热解提供了良好的富氢环境。通过将煤给料口21布置在煤热解筒体2的上部,从煤给料口21新进入的煤可以与上方从第一生物质热解筒体1进入的生物质热解产生的油气更好地混合,从而可以为煤热解提供所需的富氢环境。通过将第二生物质给料口31布置在第二生物质热解筒体3的上部,煤热解筒体2内煤热解产生的高温油气及半焦显热可以迅速与由第二生物质给料口31进入的生物质接触,使其热解,热解效果好,且可以为煤热解提供了良好的富氢环境。

[0054] 进一步可选地,第一生物质给料口11与第一生物质热解筒体1顶部之间的距离占第一生物质热解筒体1高度的 $1/12 \sim 1/6$ (包括端点值);煤给料口21与煤热解筒体2顶部之间的距离占煤热解筒体2高度的 $1/12 \sim 1/6$ (包括端点值);第二生物质给料口31与第二生物质热解筒体3顶部之间的距离占第二生物质热解筒体3高度的 $1/12 \sim 1/6$ (包括端点值)。由此,可以进一步保证生物质和煤热解达到很好的协同作用。

[0055] 图1中显示了两个第一生物质给料口11、两个煤给料口21和两个第二生物质给料口31用于示例说明的目的,但是普通技术人员在阅读了下面的技术方案之后、显然可以理解将该方案应用到三个或者更多个第一生物质给料口11、煤给料口21和第二生物质给料口31的技术方案中,这也落入本发明的保护范围之内。

[0056] 具体地,例如,在图1的示例中,第一生物质热解筒体1的两侧分别设置有一个第一生物质给料口11,煤热解筒体2的两侧分别设置有一个煤给料口21,第二生物质热解筒体3的两侧分别设置有一个第二生物质给料口31。进一步地,两个第一生物质给料口11可以沿第一生物质热解筒体1的径向相对,两个煤给料口21可以沿煤热解筒体2的径向相对,两个第二生物质给料口31可以沿第二生物质热解筒体3的径向相对。

[0057] 可选地,第一生物质给料口11、煤给料口21和第二生物质给料口31分别为螺旋给料口。此时第一生物质给料口11、煤给料口21和第二生物质给料口31处可以分别设有螺旋给料机构,以将反应物料分别螺旋输送至对应的给料口(即上述的第一生物质给料口11、煤给料口21和第二生物质给料口31)。但不限于此。

[0058] 根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器100的操作过程如下:

[0059] 将干燥、预热后的温度为 $100^{\circ}\text{C} \sim 270^{\circ}\text{C}$,粒度80%小于10mm以下的生物质经第一生物质给料口11和第二生物质给料口31分别送入第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3;将干燥、预热后的温度为 $100^{\circ}\text{C} \sim 270^{\circ}\text{C}$,粒度80%小于6mm以下的煤例如低阶煤经煤给料口21送入煤热解筒体2。第一段生物质热解筒体内的生物质受重力作用沿第一生物质热解筒体1向下流动,在 $2 \sim 8\text{s}$ 内被其内的蓄热式辐射管4加热至 $350 \sim 550^{\circ}\text{C}$,发生热解反应,生成油气。该油气进入煤热解筒体2顶部,并与来自煤给料口21的煤例如低阶煤混合,为低阶煤热解提供所需的富氢环境。煤热解筒体2顶部的低阶煤在富氢的环境下,受到重力的作用,沿煤热解筒体2向下流动,在 $3 \sim 12\text{s}$ 内被其内的蓄热式辐射管4加热至 $650 \sim 950^{\circ}\text{C}$,发生热解反应,产生气态、液态产物以及固体半焦。这些气态、液态产物以及固体半焦从煤热解筒体2底部进入第二生物质热解筒体3顶部,并与来自第二生物质给料口31的生物质混合,为生物质热解提供热量。在第二生物质热解筒体3外壁的保温材料件33的作用下,生物质维持在 $400 \sim 550^{\circ}\text{C}$,发生热解反应。同时,通过第二生物质热解筒体3内生物质热解的吸热作用,降低了低阶煤热解油气的温度,充分减小了二次反应,提高了煤热解焦油收率。最终,热解产物从第二生物质热解筒体3底部的产物出口32移出,进入后续产品除尘、冷凝、分

离以及精制系统。

[0060] 根据本发明的一些实施例,当反应器本体在常压(即一个大气压)下操作时,反应器本体的横截面形状为方形或圆形。但不限于此。可以理解的是,反应器本体内的压力与外部大气压力大致相同时,反应器本体的具体形状可以根据实际需求进行设计,以更好地满足实际应用。

[0061] 当然,本发明不限于此,根据本发明的另一些实施例,当反应器本体在高压(即大于一个大气压)下操作时,反应器本体的横截面形状为圆形。此时由于反应器本体内的压力大于外部大气的压力,通过将反应器本体的横截面形状设置为圆形,可以有效保证反应器本体具有良好的耐压性能。

[0062] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0063] 下面以生物质为水稻秸秆和煤例如新疆褐煤为原料,经粉碎、干燥、预热,水稻秸秆干燥到水分小于8%,80%粒度小于8mm;新疆褐煤干燥到水分小于15%,80%粒度小于4mm为例进行说明。

[0064] 水稻秸秆进料流率为5kg/s,新疆褐煤进料流率为15kg/s。将水稻秸秆分别加到第一生物质热解筒体1的第一生物质给料口11和第二生物质热解筒体3的第二生物质给料口31,将新疆褐煤增加到煤热解筒体2的煤给料口21。第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3、以及煤热解筒体2均为圆筒形,直径分别为0.8m、2.8m和0.8m,高度分别为3m、7.5m和3m。第一生物质给料口11和第二生物质给料口31分别位于第一生物质热解筒体11和第二生物质热解筒体3的顶部以下0.2m,煤给料口21位于煤热解筒体2的顶部以下0.7m。对反应器本体进行升温,在3-4s,第一生物质热解筒体1内的蓄热式辐射管4温度升高到450~500℃;在5-6s左右,煤热解筒体2内的蓄热式辐射管4温度升高到800~850℃左右。第一生物质热解筒体1顶部的水稻秸秆在重力作用下沿第一生物质热解筒体1向下流动,发生热解反应,产生富氢气体。含有富氢气体的油气迅速进入煤热解筒体2,并与煤热解筒体2顶部来自煤给料口21的新疆褐煤混合,发生热解反应,生成热解气、焦油、水以及半焦。这些热解气、焦油、水以及半焦同时沿煤热解筒体2向下进入第二生物质热解筒体3顶部,并与来自第二生物质给料口31的水稻秸秆混合,为水稻秸秆热解提供热量。在第二生物质热解筒体3外壁的保温材料件33的作用下,维持450~500℃,发生水稻秸秆热解反应。同时,通过第二生物质热解筒体3内水稻秸秆热解的吸热作用,降低了新疆褐煤热解油气的温度,充分减小了二次反应,提高了新疆褐煤热解焦油收率。最终,热解产物从第二生物质热解筒体3底部的产物出口32移出,进入后续产品除尘、冷凝、分离以及精制系统。

[0065] 采用上述生物质与煤共热解反应器100进行水稻秸秆与新疆褐煤共热解研究,发现焦油收率比两者单独热解收率平均高出40~50%,转化率高出15~20%,说明采用根据本发明的生物质与煤共热解反应器100进行热解的生物质与煤共热解存在明显的协同效应。

[0066] 根据本发明实施例的生物质与煤共热解反应器100为一种下行多段式生物质与煤

例如低阶煤共热解反应器,其具有以下优点:

[0067] 1) 在同一反应器本体上设置三段下行床,前后两段分别为第一生物质热解筒体1和第二生物质热解筒体3,中间一段为煤热解筒体2,分别设置生物质、煤、生物质的进料位置(即上述的第一生物质给料口11、煤给料口21、第二生物质给料口31),并采用分段控温的方法,在同一时间分别达到二者热解的最佳温度;

[0068] 2) 将第一生物质热解筒体1安装在第二生物质热解筒体3的上方,使得位于中间的煤热解筒体2中的煤迅速在其上方第一生物质热解筒体1中生物质热解气氛下热解完全,同时将生物质中的富氢有效地转移到煤中,对煤热解油气产生一定的加氢饱和作用,提高了煤热解转化率;

[0069] 3) 通过在第二生物质热解筒体3的外筒壁上设置保温材料件33,由中间段煤热解筒体2热解产生的高温油气及半焦显热为第二生物质热解筒体3内的生物质热解提供所需的热量,无需单独提供生物热解热源,减少能耗,实现了节能;

[0070] 4) 通过第二生物质热解筒体3热解的吸热,降低了煤例如低阶煤热解油气的温度,充分减小二次反应,提高了煤热解焦油收率;

[0071] 5) 采用多根蓄热式辐射管4,为反应器本体中煤和生物质提供热源,没有热载体和机械转动装置,工艺流程简单、系统控温准确、调温方便,无需气体和固体热载体的加热、分离过程,降低了系统的故障率;

[0072] 6) 结合对流、热传导和辐射传热,提高了系统的热效率;

[0073] 7) 与半焦作为热载体相比,降低焦油含尘量;

[0074] 8) 对煤种适应性强,无论对于非黏结性煤、弱黏结性煤、强黏结性煤等均可适应;

[0075] 9) 生物质与煤共热解反应器100的结构设计简单、操作方便,容易实现规模生产。

[0076] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。

[0077] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

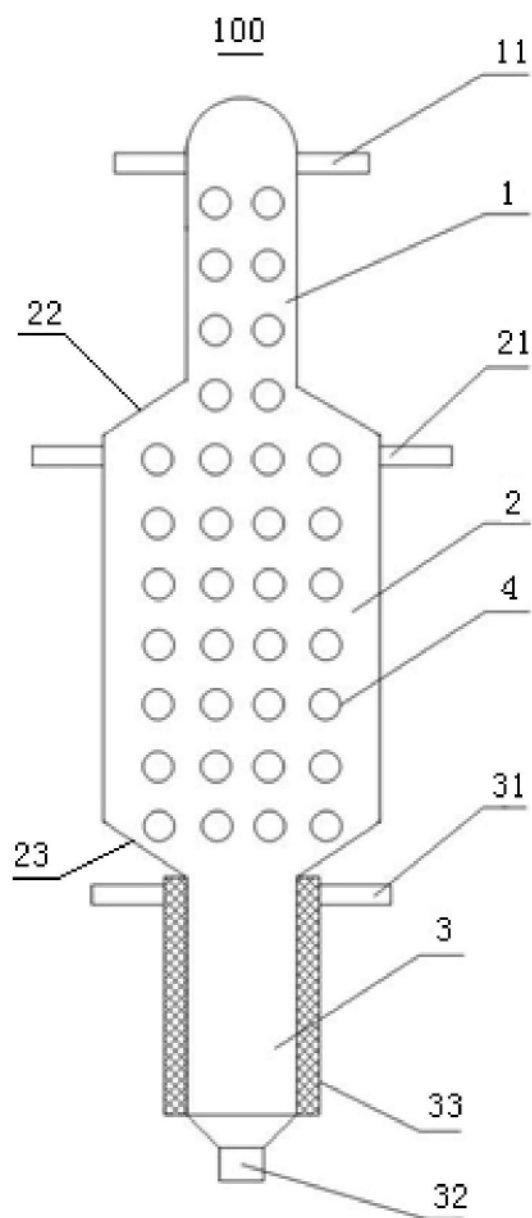


图1