



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115772419 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 10

(21) 申请号 202211672745.3

(22) 申请日 2022.12.26

(71) 申请人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路
南一段24号

(72) 发明人 江霞 杨峥豪 常玉龙 何臻

马生贵 袁远平 汪华林

(74) 专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限

公司 11429

专利代理师 敬川

(51) Int. Cl.

G10B 49/10 (2006.01)

B01D 50/40 (2022.01)

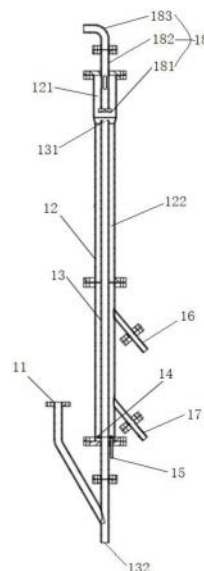
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置

(57) 摘要

本发明属于资源碳中和领域,具体公开了一种用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,旨在解决如何有效分离热载体和生物炭的问题。该装置的气流床分离系统主要由分离外管、提升内管和挡流出气部件组成,通过挡流出气部件的挡板可对气料出口喷出的颗粒混合物进行阻挡,以将大部分颗粒混合物导送至环形鼓泡腔,进而可利用生物炭与热载体的粒度、密度差,并结合外管进气管送入的流化风,来控制环形鼓泡腔中气固流态结构,使具有粒径、密度差的颗粒在该过程中呈现不同的下降距离,较轻的生物炭颗粒悬浮在床层表面并从上溢流管输送出,较重的热载体沉降至生物炭颗粒的下侧并从下溢流管输送出,从而达到在密相区对颗粒高效分离的目的。



1. 用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,包括气流床分离系统(1)、进料系统和气力输送系统;

所述气流床分离系统(1)包括竖直设置的分离外管(12)以及上端伸入分离外管(12)内的提升内管(13),所述提升内管(13)将分离外管(12)的内腔分为上部的排气腔(121)和下部的环形鼓泡腔(122);

所述分离外管(12)的上下两端均为封闭结构,其下端设置有与环形鼓泡腔(122)连通的外管进气管(15),所述分离外管(12)的侧壁上倾斜设置有下溢流管(17),所述下溢流管(17)的上端进料口与环形鼓泡腔(122)连通;

所述提升内管(13)的上端设有气料出口(131),其下端设有提升风进气口(132);所述提升内管(13)未伸入分离外管(12)内的管段上设置有进料管(11);

所述进料系统包括进料仓(2),所述进料仓(2)的出料口与进料管(11)的进料口连接;

所述气力输送系统的出气口分别与外管进气管(15)的进气口和提升风进气口(132)连接;

其特征在于:所述分离外管(12)的侧壁上倾斜设置有上溢流管(16),所述上溢流管(16)位于下溢流管(17)的上侧,且上溢流管(16)的上端进料口与环形鼓泡腔(122)连通;

所述气流床分离系统(1)还包括挡流出气部件(18);所述挡流出气部件(18)包括设置在排气腔(121)中并处于气料出口(131)正上方的挡板(181)、以及下端伸入排气腔(121)中的出气接管(182);

所述出气接管(182)伸入排气腔(121)中的管段上设有废气进气口(1821),所述废气进气口(1821)位于挡板(181)的上侧,所述出气接管(182)的上端设有废气出气口(1822)。

2. 根据权利要求1所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:所述环形鼓泡腔(122)中设置有环形气体分布器(14),所述环形气体分布器(14)位于下溢流管(17)的上端进料口的下侧;

所述环形气体分布器(14)的上缘设有至少两个沿其周向均匀分布的流化风出气孔(141),所述环形气体分布器(14)上还设有流化风进气口(142),所述流化风进气口(142)与外管进气管(15)的出气口连接。

3. 根据权利要求1所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:还包括收集系统和除尘系统;

所述进料系统还包括设置在进料管(11)上的进料控制阀(3);

所述收集系统包括生物炭收集罐(4)和热载体收集罐(5);

所述生物炭收集罐(4)的进料口与上溢流管(16)的下端出料口连接;

所述热载体收集罐(5)的进料口与下溢流管(17)的下端出料口连接;

所述废气出气口(1822)通过转接管(183)与除尘系统的进气口连接。

4. 根据权利要求3所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:所述挡板(181)的底面上设有导流凹槽(1811);

所述出气接管(182)的下端与挡板(181)的顶面连接;

所述废气进气口(1821)至少为两个,并沿出气接管(182)的周向均匀分布;

所述除尘系统包括除尘罐(6),所述除尘罐(6)内装有除尘液,所述除尘罐(6)上设置有除尘进气管(61)和除尘出气管(62);

所述除尘进气管(61)的进气口为除尘系统的进气口,所述除尘进气管(61)的出气口没入除尘液中;

所述除尘出气管(62)与除尘罐(6)的内腔连通,并处于除尘液的液面之上。

5. 根据权利要求1所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:所述气力输送系统包括气源(71)、气体净化器(72)和气体减压器(73);

所述气源(71)的出气口与气体净化器(72)的进气口连接;

所述气体净化器(72)的出气口与气体减压器(73)的进气口连接;

所述气体减压器(73)的出气口为气力输送系统的出气口,且气体减压器(73)的出气口通过带有第一气体流量计(74)的第一气体管路与提升风进气口(132)连接,气体减压器(73)的出气口还通过带有第二气体流量计(75)的第二气体管路与外管进气管(15)的进气口连接。

6. 根据权利要求1至5中任意一项所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:所述分离外管(12)的高径比为8~25:1,所述提升内管(13)的内径与分离外管(12)的内径之比为1:1.5~6。

7. 根据权利要求6所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:所述分离外管(12)的内径为8~16cm、管长为1.5~2m;

所述提升内管(13)的内径为3~5cm、管长为1.5~2.5m;

所述气料出口(131)与挡板(181)底面之间的距离为30~50cm。

8. 根据权利要求6所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,其特征在于:所述上溢流管(16)的上端进料口与分离外管(12)的底面之间的距离为分离外管(12)管长的1/3~2/3,所述上溢流管(16)的中心轴线与分离外管(12)的中心轴线之间的夹角为30°~60°;

所述下溢流管(17)的上端进料口与分离外管(12)的底面之间的距离为分离外管(12)管长的1/25~1/10,所述下溢流管(17)的中心轴线与分离外管(12)的中心轴线之间的夹角为30°~60°。

9. 用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的方法,其特征在于:采用权利要求1至8中任意一项所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置作为分离设备,来将生物质热转化过程中的生物炭与热载体分离开;

所述生物质包括但不限于酒糟、秸秆和木屑中的一种,所述热载体包括但不限于三氧化二铝、石英砂和陶瓷球中的一种;

所述生物炭与热载体的配比为1:30~60。

10. 根据权利要求9所述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的方法,其特征在于,该方法包括进气流速控制步骤;

进气流速控制步骤:分离设备工作过程中,将提升风进气口(132)的进气流速控制为 U_1 , $U_1=2.5\sim 3\text{m/s}$;将外管进气管(15)的进气口的进气流速控制为 U_2 , $U_2=1\sim 1.40U_{mf}<U_1$;

U_{mf} 表示颗粒混合物在环形鼓泡腔(122)中能够流化形成鼓泡流化床的床层最小流化速度;

所述颗粒混合物包括气体、热载体和生物炭。

用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置

技术领域

[0001] 本发明属于资源碳中和领域,具体涉及一种用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置。

背景技术

[0002] 在碳中和目标下,未来的发展之路是由化石能源向可再生能源转变。生物质作为化石资源的重要替代品,是世界上储量最丰富的可再生资源,是唯一可以大规模替代化石资源的可再生资源,也是国际公认的可再生能源中唯一的零碳燃料。

[0003] 生物质是指通过光合作用而形成的各种有机体,它包括植物、动物和微生物。生物质可通过气化、热解等热化学方法转化为传统的固体、液体和气体燃料,显著增加生物质的能源化利用效率,实现对化石燃料的有效替代。

[0004] 为了提高热解/气化产品的品质,许多工艺中借助催化剂或热载体来提高反应和传热的效率。而催化剂和热载体大多需要在反应系统内循环利用,因而需要考虑热解/气化产物与催化剂/热载体的分离问题。如果反应器内部的热解/气化产生的生物炭颗粒不能迅速去除,反应器内的炭颗粒会降低生物油的收率。如果炭颗粒在反应器内堆积,会引起流化问题,导致反应停止。

[0005] 为避免上述问题,可以选择燃烧生物炭,生物炭燃烧产生的热量被用来加热热载体,然后回收回反应器。然而,在这种反应器配置下,固体灰可能回到反应器,进而可能导致系统中不必要的灰积聚,从而降低生物油收率。此外,用于燃烧加热的生物炭也是一种用途广泛的材料,可用于制作吸附剂、催化剂载体、储能材料、肥料等等。如果能对反应器中剩余的较大炭颗粒进行选择分离,不仅可以提高生物原油的收率和质量,还可以回收更高价值的生物炭。

[0006] 为了能够分离炭颗粒,期刊《农机化研究》中(徐士振,易维明,李志合,张德利.热载体与生物质半焦散体颗粒的分离特性研究[J].农机化研究,2011,33(12):191-194+199.)公开了一种分离生物质半焦颗粒和热载体的工艺,该工艺提出了利用惯性分离生物质半焦颗粒和热载体,同时利用筛网进一步筛分,但该工艺中热载体对生物质半焦颗粒携带作用明显,降低了分离效率,且筛网易导致床层结焦堵塞。

[0007] 为了减少颗粒间的碰撞,提高分离效率,公开号为CN106269508A的中国发明专利申请就公开了一种颗粒混合物的环形流化床分离器,其中心提升管的上端伸入环形流化床内部一定高度,使环形流化床分为下部的环形区域和上部的圆柱形区域;在中心提升管和环形流化床的底部分别设有进风口和布风板;在中心提升管底部设有进料口,在环形流化床的环形区域底部设有重颗粒出口与重颗粒收集罐连接,环形流化床顶部的气流出口经旋风分离器连接至轻颗粒收集罐。颗粒混合物在中心提升管内经过快速流态化,进行一次分散;然后随气流上升进入到环形流化床,进行二次分散。

[0008] 虽然上述的颗粒混合物的环形流化床分离器在常温或高温的条件下,均可连续快速地对轻重颗粒混合物进行高效率分离,解决了传统空气分级器中颗粒群未充分分散,颗

粒间碰撞剧烈,从而分离效率低的问题,但是由于其采用重力场,并通过旋风分离器产生气固之间的曳力在稀相区进行分离,依然存在轻颗粒的粒径越大,越容易被重颗粒携带的问题,导致比重大而粒径小的热载体和比重小而粒径大的生物炭颗粒难以分离,轻颗粒的分离效率较低。

发明内容

[0009] 本发明提供了一种用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,旨在解决如何有效分离热载体和生物炭的问题。

[0010] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,包括气流床分离系统、进料系统和气力输送系统;

[0011] 所述气流床分离系统包括竖直设置的分离外管以及上端伸入分离外管内的提升内管,所述提升内管将分离外管的内腔分为上部的排气腔和下部的环形鼓泡腔;

[0012] 所述分离外管的上下两端均为封闭结构,其下端设置有与环形鼓泡腔连通的外管进气管,所述分离外管的侧壁上倾斜设置有下溢流管,所述下溢流管的上端进料口与环形鼓泡腔连通;

[0013] 所述提升内管的上端设有气料出口,其下端设有提升风进气口;所述提升内管未伸入分离外管内的管段上设置有进料管;

[0014] 所述进料系统包括进料仓,所述进料仓的出料口与进料管的进料口连接;

[0015] 所述气力输送系统的出气口分别与外管进气管的进气口和提升风进气口连接;

[0016] 所述分离外管的侧壁上倾斜设置有上溢流管,所述上溢流管位于下溢流管的上侧,且上溢流管的上端进料口与环形鼓泡腔连通;

[0017] 所述气流床分离系统还包括挡流出气部件;所述挡流出气部件包括设置在排气腔中并处于气料出口正上方的挡板、以及下端伸入排气腔中的出气接管;

[0018] 所述出气接管伸入排气腔中的管段上设有废气进气口,所述废气进气口位于挡板的上侧,所述出气接管的上端设有废气出气口。

[0019] 进一步的,所述环形鼓泡腔中设置有环形气体分布器,所述环形气体分布器位于下溢流管的上端进料口的下侧;

[0020] 所述环形气体分布器的上缘设有至少两个沿其周向均匀分布的流化风出气孔,所述环形气体分布器上还设有流化风进气口,所述流化风进气口与外管进气管的出气口连接。

[0021] 进一步的,该装置还包括收集系统和除尘系统;

[0022] 所述进料系统还包括设置在进料管上的进料控制阀;

[0023] 所述收集系统包括生物炭收集罐和热载体收集罐;

[0024] 所述生物炭收集罐的进料口与上溢流管的下端出料口连接;

[0025] 所述热载体收集罐的进料口与下溢流管的下端出料口连接;

[0026] 所述废气出气口通过转接管与除尘系统的进气口连接。

[0027] 进一步的,所述挡板的底面上设有导流凹槽;

[0028] 所述出气接管的下端与挡板的顶面连接;

[0029] 所述废气进气口至少为两个,并沿出气接管的周向均匀分布;

[0030] 所述除尘系统包括除尘罐,所述除尘罐内装有除尘液,所述除尘罐上设置有除尘进气管和除尘出气管;

[0031] 所述除尘进气管的进气口为除尘系统的进气口,所述除尘进气管的出气口没入除尘液中;

[0032] 所述除尘出气管与除尘罐的内腔连通,并处于除尘液的液面之上。

[0033] 进一步的,所述气力输送系统包括气源、气体净化器和气体减压器;

[0034] 所述气源的出气口与气体净化器的进气口连接;

[0035] 所述气体净化器的出气口与气体减压器的进气口连接;

[0036] 所述气体减压器的出气口为气力输送系统的出气口,且气体减压器的出气口通过带有第一气体流量计的第一气体管路与提升风进气口连接,气体减压器的出气口还通过带有第二气体流量计的第二气体管路与外管进气管的进气口连接。

[0037] 进一步的,所述分离外管的高径比为8~25:1,所述提升内管的内径与分离外管的内径之比为1:1.5~6。

[0038] 进一步的,所述分离外管的内径为8~16cm、管长为1.5~2m;

[0039] 所述提升内管的内径为3~5cm、管长为1.5~2.5m;

[0040] 所述气料出口与挡板底面之间的距离为30~50cm。

[0041] 进一步的,所述上溢流管的上端进料口与分离外管的底面之间的距离为分离外管管长的1/3~2/3,所述上溢流管的中心轴线与分离外管的中心轴线之间的夹角为30°~60°;

[0042] 所述下溢流管的上端进料口与分离外管的底面之间的距离为分离外管管长的1/25~1/10,所述下溢流管的中心轴线与分离外管的中心轴线之间的夹角为30°~60°。

[0043] 本发明还提供了一种能够将比重大而粒径小的热载体和比重小而粒径大的生物炭颗粒有效分离的方法,该方法采用上述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置作为分离设备,来将生物质热转化过程中的生物炭与热载体分离开;

[0044] 所述生物质包括但不限于酒糟、秸秆和木屑中的一种,所述热载体包括但不限于三氧化二铝、石英砂和陶瓷球中的一种;

[0045] 所述生物炭与热载体的配比为1:30~60。

[0046] 进一步的,该方法包括进气流速控制步骤;

[0047] 进气流速控制步骤:分离设备工作过程中,将提升风进气口的进气流速控制为 U_1 , $U_1=2.5\sim 3\text{m/s}$;将外管进气管的进气口的进气流速控制为 U_2 , $U_2=1\sim 1.40U_{mf}<U_1$;

[0048] U_{mf} 表示颗粒混合物在环形鼓泡腔中能够流化形成鼓泡流化床的床层最小流化速度;

[0049] 所述颗粒混合物包括气体、热载体和生物炭。

[0050] 本发明的有益效果是:

[0051] 1) 该装置分离过程中无需使用旋风分离器再次进行气固分离,相对于现有技术,结构更为简单,制作和使用的成本更低,易于工业化应用。

[0052] 2) 该装置的气流床分离系统主要由分离外管、提升内管和挡流出气部件组成,通过分离外管以及上端伸入分离外管内的提升内管构成的气流床对热载体与生物炭进行分离,分离过程中由提升风进气口送入提升风使混合物料在高风速下快速流态化并形成颗粒

粒混合物,通过挡流出气部件的挡板可对气料出口喷出的颗粒混合物进行阻挡,以将大部分颗粒混合物导流输送至环形鼓泡腔,又由于在分离外管的侧壁上同时设置了用于输送出生物炭的上溢流管和用于输送出热载体的下溢流管,因此利用生物炭与热载体的粒度、密度差,并结合外管进气管送入的流化风,来控制环形鼓泡腔中气固流态结构,使得鼓泡流化床的床层中气泡与空穴不断运动和交换,具有粒径、密度差的颗粒在该过程中呈现不同的下降距离,较轻的生物炭颗粒悬浮在床层表面并从上溢流管输送出,较重的热载体沉降于生物炭颗粒的下侧并从下溢流管输送出,从而达到在密相区对颗粒高效分离的目的,最终可使得生物质热转化过程中比重小而粒径大的生物炭与比重大而粒径小的热载体能够有效分离,提高了轻颗粒的分离效率。

[0053] 3) 该装置可连续、快速地对生物炭与热载体的混合物料进行高效率分离,且达到较高处理量。

[0054] 4) 通过将提升风进气口的进气流速控制为 $2.5\sim 3\text{m/s}$,同时将外管进气管的进气口的进气流速控制为 $U_2, U_2 = 1\sim 1.40U_{mf} < U_1$,能够实现对气固两相流态结构进行有效调控的目的,使得鼓泡流化床中气泡作用最为明显,大大提高了对比重小而粒径大的生物炭颗粒的分离效率。

附图说明

[0055] 图1是本发明的实施结构示意图;

[0056] 图2是本发明中气流床分离系统的实施结构示意图;

[0057] 图3是本发明中环形气体分布器的实施结构示意图;

[0058] 图4是本发明中挡流出气部件的实施结构示意图;

[0059] 图5是本发明中气流床分离系统的工作原理图;

[0060] 图6是实施例1中外管进气管的进气口的进气流速对炭颗粒质量分数的轴向分布影响图;

[0061] 图7是实施例1中外管进气管的进气口的进气流速对炭颗粒质量分数的对数的轴向分布的影响图;

[0062] 图8是实施例2中外管进气管的进气口的进气流速对炭颗粒质量分数的轴向分布影响图;

[0063] 图9是实施例2中外管进气管的进气口的进气流速对炭颗粒质量分数的对数的轴向分布的影响图;

[0064] 图中标记为:气流床分离系统1、进料管11、分离外管12、排气腔121、环形鼓泡腔122、提升内管13、气料出口131、提升风进气口132、环形气体分布器14、流化风出气孔141、流化风进气口142、外管进气管15、上溢流管16、下溢流管17、挡流出气部件18、挡板181、导流凹槽1811、出气接管182、废气进气口1821、废气出气口1822、转接管183、进料仓2、进料控制阀3、生物炭收集罐4、热载体收集罐5、除尘罐6、除尘进气管61、除尘出气管62、气源71、气体净化器72、气体减压器73、第一气体流量计74、第二气体流量计75。

具体实施方式

[0065] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0066] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”、“下”、“顶”、“底”、“内”、“外”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,而不是指示或暗示所指的装置或部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;术语“多个”指两个或两个以上;“主要由……组成或构成”的表达方式,其解释为还可以含有该句中没有述及的结构组成部分;“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如:A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况;符号“/”是分隔号,其分隔供选择或可转换的两项时表示“或”,其分隔组成一对的两项时表示“和”。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0067] 结合图1和图2所示,用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置,包括气流床分离系统1、进料系统和气力输送系统;

[0068] 所述气流床分离系统1为该装置的主要部件,用于形成气流床来分离生物质热转化过程中的生物炭与热载体;所述气流床分离系统1包括竖直设置的分离外管12以及上端伸入分离外管12内的提升内管13,所述提升内管13将分离外管12的内腔分为上部的排气腔121和下部的环形鼓泡腔122;所述环形鼓泡腔122可以为多种环形结构,优选为能够提高分离效果的圆环形结构;

[0069] 所述分离外管12的上下两端均为封闭结构,其下端设置有与环形鼓泡腔122连通的外管进气管15,所述分离外管12的侧壁上倾斜设置有下溢流管17,所述下溢流管17的上端进料口与环形鼓泡腔122连通;所述下溢流管17主要用于将分离的热载体输送出;

[0070] 所述提升内管13主要用作气流床分离系统1的输送床;所述提升内管13的上端设有气料出口131,其下端设有提升风进气口132;所述提升内管13未伸入分离外管12内的管段上设置有进料管11;

[0071] 所述进料系统主要用于向气流床分离系统1投放待分离的混合物料,所述混合物料包括生物炭和热载体;所述进料系统包括进料仓2,所述进料仓2的出料口与进料管11的进料口连接;

[0072] 所述气力输送系统主要用于向气流床分离系统1输送提升风和流化风,以使混合物料流态化,形成颗粒混合物并高速送入环形鼓泡腔122中,之后使颗粒混合物在低气流速下流化形成鼓泡流化床;所述气力输送系统的出气口分别与外管进气管15的进气口和提升风进气口132连接;

[0073] 所述分离外管12的侧壁上倾斜设置有上溢流管16,所述上溢流管16位于下溢流管17的上侧,且上溢流管16的上端进料口与环形鼓泡腔122连通;所述上溢流管16主要用于将分离出的生物炭输送出;

[0074] 所述气流床分离系统1还包括挡流出气部件18;所述挡流出气部件18包括设置在排气腔121中并处于气料出口131正上方的挡板181、以及下端伸入排气腔121中的出气接管182;

[0075] 所述挡板181主要用于将从气料出口131喷出的颗粒混合物大部回挡入环形鼓泡腔122中,以省去旋风分离器,并利于颗粒混合物在环形鼓泡腔122中进行气泡与空穴地不断运动和交换,使具有粒径、密度差的颗粒呈现不同的下降距离,从而有效分离出生物炭;通常在挡板181的底面上设有提高其挡流效果的挡流结构,例如:倒“V”字形结构、圆弧形挡

槽等等；

[0076] 所述出气接管182主要用于排出分离外管12中多余的废气，以控制气流床分离系统1内的压力，保证可以连续地对生物炭与热载体进行高效率分离；所述出气接管182伸入排气腔121中的管段上设有废气进气口1821，所述废气进气口1821位于挡板181的上侧，所述出气接管182的上端设有废气出气口1822。

[0077] 该装置的气流床分离系统1主要由分离外管12、提升内管13和挡流出气部件18组成，通过分离外管12以及上端伸入分离外管12内的提升内管13构成的气流床对热载体与生物炭进行分离，分离过程中由提升风进气口132送入提升风使混合物料在高风速下快速流态化，并通过挡流出气部件18的挡板181可对气料出口131喷出的颗粒混合物进行阻挡，以将大部分颗粒混合物导流输送至环形鼓泡腔122，又由于在分离外管12的侧壁上同时设置了用于输送出生物炭的上溢流管16和用于输送出热载体的下溢流管17，因此可利用生物炭与热载体的粒度、密度差，并结合外管进气管15送入的流化风，来控制环形鼓泡腔122中气固流态结构，使颗粒混合物在低风速下流化形成鼓泡流化床，在床层中气泡与空穴不断运动和交换，具有粒径、密度差的颗粒在该过程中呈现不同的下降距离，较轻的生物炭颗粒悬浮在床层表面并从上溢流管16输送出，较重的热载体沉降至生物炭颗粒的下侧并从下溢流管17输送出，从而达到在密相区对颗粒高效分离的目的，最终可使得生物质热转化过程中产生的比重小而粒径大的生物炭与比重大而粒径小的热载体能够有效分离开。

[0078] 考虑到分离外管12的高径比以及提升内管13的内径与分离外管12的内径之比过大或过小，都可能导致床层中气流的不均匀分布，进而导致腾涌和沟流两种较为严重的不正常流化，从而造成器壁磨损严重，且分离效率降低；因此，优选将分离外管12的高径比控制为8~25:1，并将提升内管13的内径与分离外管12的内径之比控制为1:1.5~6。分离外管12的高径比是指分离外管12的管长与分离外管12的内径之比。

[0079] 再优选的，所述分离外管12的内径为8~16cm、管长为1.5~2m；

[0080] 所述提升内管13的内径为3~5cm、管长为1.5~2.5m；

[0081] 上述尺寸的分离外管12和提升内管13配合后，可使得颗粒混合物能够较为均匀的散布于环形鼓泡腔122中，以保证分离效果，避免因进料位置、尺寸大小等问题对颗粒分离造成不良影响；提升内管13的厚度通常为其内径的1/10~1/5；

[0082] 所述气料出口131与挡板181底面之间的距离为30~50cm；如此，可保证整个装置分离的连续性，并保证分离效率；若相距过大，则容易导致更多颗粒易被气体携带或通过惯性作用从废气进气口1821被带出，降低了分离效率；若相距过小，则容易导致颗粒混合物喷出不畅，增加了装置能耗，并降低了分离速度。

[0083] 再优选的，所述上溢流管16的上端进料口与分离外管12的底面之间的距离为分离外管12管长的1/3~2/3，所述上溢流管16的中心轴线与分离外管12的中心轴线之间的夹角为30°~60°；

[0084] 所述下溢流管17的上端进料口与分离外管12的底面之间的距离为分离外管12管长的1/25~1/10，所述下溢流管17的中心轴线与分离外管12的中心轴线之间的夹角为30°~60°。

[0085] 将上溢流管16和下溢流管17控制在上述角度位置，可保证其出料的顺畅性，避免发生架桥堵塞；由于床层顶部的生物炭质量分数最高、床层底部的热载体质量分数最高，将

上溢流管16和下溢流管17分别安装在上述高度位置,可以确保上溢流管16和下溢流管17分别对应于床层顶部和床层底部附近,以进一步提高颗粒的分离效率。

[0086] 具体的,结合图2和图3所示,所述环形鼓泡腔122中设置有环形气体分布器14,所述环形气体分布器14位于下溢流管17的上端进料口的下侧;

[0087] 所述环形气体分布器14的上缘设有至少两个沿其周向均匀分布的流化风出气孔141,所述环形气体分布器14上还设有流化风进气口142,所述流化风进气口142与外管进气管15的出气口连接。

[0088] 上述环形鼓泡腔122主要用于使得外管进气管15输送入的流化风在环形鼓泡腔122中均匀地朝上吹,以形成均匀且稳定的鼓泡流化床,利于提高对生物炭与热载体的分离效果。

[0089] 为了提高挡流以及废气排出的效果,结合图2和图4所示,所述挡板181的底面上设有导流凹槽1811;所述导流凹槽1811主要用于朝下导流,其可以为多种结构,例如:倒“V”字形结构、“∩”形结构、圆弧形挡槽等等;

[0090] 所述出气接管182的下端与挡板181的顶面连接;

[0091] 所述废气进气口1821至少为两个,并沿出气接管182的周向均匀分布;如此,便于废气均匀地排出,利于保证气流床的流态稳定性,提高鼓泡流化床的分离效果。

[0092] 具体的,再如图1所示,该装置还包括收集系统和除尘系统;

[0093] 所述进料系统还包括设置在进料管11上的进料控制阀3,所述进料控制阀3主要用于控制进料量和进料速度,以保证分离效果;进料控制阀3可以为多种,优选为球阀;

[0094] 所述收集系统主要用于收集分离出的生物炭和热载体;所述收集系统包括生物炭收集罐4和热载体收集罐5;

[0095] 所述生物炭收集罐4的进料口与上溢流管16的下端出料口连接;

[0096] 所述热载体收集罐5的进料口与下溢流管17的下端出料口连接;

[0097] 所述除尘系统主要用于除去因气体携带或通过惯性作用而带出的小部分细粉颗粒;除尘系统可以为多种,例如:布袋除尘器、喷淋塔等等;

[0098] 所述废气出气口1822通过转接管183与除尘系统的进气口连接;所述转接管183主要用于将废气出气口1822与除尘系统的进气口连接,其可以为多种结构,优选为与出气接管182的上端通过法兰连接的弯管。

[0099] 优选的,再如图1所示,所述除尘系统包括除尘罐6,所述除尘罐6内装有除尘液,所述除尘罐6上设置有除尘进气管61和除尘出气管62;

[0100] 所述除尘进气管61的进气口为除尘系统的进气口,所述除尘进气管61的出气口没入除尘液中;

[0101] 所述除尘出气管62与除尘罐6的内腔连通,并处于除尘液的液面之上。除尘液可以为多种,具体可根据废气的成分和需要去除的物质进行配制。

[0102] 上述除尘系统结构简单、使用方便、除尘效果良好、制作和使用成本均较低。

[0103] 优选的,再如图1所示,所述气力输送系统包括气源71、气体净化器72和气体减压器73;

[0104] 所述气源71主要用于提供产生提升风和流化风的气体介质,其可以为多种,例如:气罐、压缩机、风机等等;所述气源71的出气口与气体净化器72的进气口连接;

[0105] 所述气体净化器72主要用于除去气体介质中的杂质或不利于混合物料分离的物质;所述气体净化器72的出气口与气体减压器73的进气口连接;

[0106] 所述气体减压器73主要用于调控气体介质的压力和流速,以方便使用;所述气体减压器73的出气口为气力输送系统的出气口,且气体减压器73的出气口通过带有第一气体流量计74的第一气体管路与提升风进气口132连接,气体减压器73的出气口还通过带有第二气体流量计75的第二气体管路与外管进气管15的进气口连接。

[0107] 具体的,所述气源71为空气压缩机,所述气体净化器72为空气净化器,所述气体减压器73为减压阀。

[0108] 结合图1、图2和图5所示,气流床分离系统1分离生物炭与热载体的工作原理为:混合物料由进料管11送入提升内管13,同时由提升风进气口132进入的提升风使得混合物料快速流态化,形成颗粒混合物的输送床;颗粒混合物随气流上升由气料出口131喷出,其中一小部分细粉颗粒被气体携带或通过惯性作用继续上升,再通过出气接管182排入除尘系统被捕集处理,其中大部分颗粒混合物因被挡板181阻挡,并在重力作用下进入到环形鼓泡腔122中;环形鼓泡腔122中的颗粒混合物由于受到从外管进气管15进入的流化风作用,流化形成鼓泡流化床,在鼓泡流化床里气泡与空穴不断运动和交换,使具有粒径、密度差的颗粒在该过程中呈现不同的下降距离,从而使得生物炭与热载体发生分离,较轻的生物炭颗粒悬浮在床层表面,从上溢流管16出料并由生物炭收集罐4收集,较重的热载体颗粒从下溢流口17出料并由热载体收集罐5收集。

[0109] 本发明还提供了一种用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的方法,该方法采用上述的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置作为分离设备,来将生物质热转化过程中的生物炭与热载体分离开;

[0110] 所述生物质可以为多种,包括但不限于酒糟、秸秆和木屑中的一种,包括但不限于是指除去所列出的示例物质以外还可以有其他性质类似的物质进行替代,例如:生物质还可以为椰壳、稻壳等等;所述热载体也可以为多种,包括但不限于三氧化二铝、石英砂和陶瓷球中的一种;

[0111] 所述生物炭与热载体的配比为1:30~60。

[0112] 优选的,该方法包括进气流速控制步骤;

[0113] 进气流速控制步骤:分离设备工作过程中,将提升风进气口132的进气流速控制为 U_1 , $U_1=2.5\sim 3\text{m/s}$,该气速下颗粒群能够稳定有效地输送至环形鼓泡腔122中,且能够最大限度地避免细粉颗粒受气固曳力作用被带出;

[0114] 将外管进气管15的进气口的进气流速控制为 U_2 , $U_2=1\sim 1.40U_{mf}<U_1$,该气速下鼓泡流化床中气泡作用最为明显,分离效果较好;

[0115] U_{mf} 表示颗粒混合物在环形鼓泡腔122中能够流化形成鼓泡流化床的床层最小流化速度;

[0116] 所述颗粒混合物包括气体、热载体和生物炭。

[0117] 实施例1

[0118] 采用本发明提供的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置作为分离设备,来将二元颗粒混合物A中的生物炭与热载体分离开;

[0119] 上述装置中分离外管12的内径为85mm、管长为1.7m,提升内管13的内径为40mm、管

长为2m,气料出口131与挡板181底面之间的距离为30cm;

[0120] 二元颗粒混合物A的质量流率通过进料控制阀3进行控制;

[0121] 二元颗粒混合物A为生物炭I与热载体以1:30的配比混合物,本实施例分离的原理为:将二元颗粒混合物A加入到进料仓2并输送入环形鼓泡腔122中,在环形鼓泡腔122中以高于 U_{mf} 的气速进行流化,此时床层中气固处于激烈的湍动流态化,颗粒发生充分混合后再呈现不同的下降距离。

[0122] 具体分离过程为:混合物料A由进料管11送入提升内管13,同时将提升风进气口132的进气流速控制为 $U_1=2.56\text{m/s}$,由提升风进气口132进入的提升风使得混合物料快速流态化,形成颗粒混合物的输送床;颗粒混合物随气流上升由气料出口131喷出,其中一小部分细粉颗粒被气体携带或通过惯性作用继续上升,再通过出气接管182排入除尘系统被捕集处理,其中大部分颗粒混合物因被挡板181阻挡,并在重力作用下进入到环形鼓泡腔122;将外管进气管15的进气口的进气流速控制为 U_2 , $U_2=1\sim 1.40U_{mf}$, $U_{mf}=0.15\text{m/s}$;环形鼓泡腔122中的颗粒混合物由于受到从外管进气管15进入的流化风作用,流化形成鼓泡流化床,在鼓泡流化床里气泡与空穴不断运动和交换,使具有粒径、密度差的颗粒在该过程中呈现不同的下降距离,从而使得生物炭与热载体发生分离,较轻的生物炭颗粒悬浮在床层表面,从上溢流管16出料并由生物炭收集罐4收集,较重的热载体颗粒从下溢流口17出料并由热载体收集罐5收集。

[0123] 本实施例中,所涉及颗粒的性质以及二元颗粒混合物的性质分别见下表1和表2。

[0124] 本实施例在分离外管12一侧轴向均匀设置了五个采样点,在床层发生分离后进行采样,以探究床层颗粒的轴向分布。分离结果如图6和图7所示, X 表示炭颗粒的质量分数, X_0 表示初始床层中炭颗粒的质量分数;可见,对于本实施例尺寸的装置,当二元颗粒混合物A给料速率为 20kg/h 时,随着外管进气管15进气口气速的增加,整个床层的分离程度逐渐增加;气速选择为 $U_2=1.13\sim 1.40U_{mf}$,生物炭和热载体分离效率都能达到95%以上,该装置分离得到生物炭的分离效率最高可达96%,生物炭的分离效率定义为:从生物炭收集罐4得到的炭颗粒质量占进入装置总的炭颗粒质量的比例,热载体的分离效率最高可达98%,热载体的分离效率定义为:从热载体收集罐5得到的热载体颗粒质量占进入装置总的热载体颗粒质量的比例。

[0125] 实施例2

[0126] 采用本发明提供的用于生物质热转化过程中分离生物炭与热载体的装置作为分离设备,来将二元颗粒混合物B中的生物炭与热载体分离开;

[0127] 上述装置中分离外管12的内径为15cm、管长为2m,提升内管13的内径为5cm、管长为2.5m,气料出口131与挡板181底面之间的距离为50cm;

[0128] 二元颗粒混合物B的质量流率通过进料控制阀3进行控制;

[0129] 二元颗粒混合物B为生物炭II与热载体以1:60的配比混合物,本实施例分离的原理为:将二元颗粒混合物B加入到进料仓2并输送入环形鼓泡腔122中,在环形鼓泡腔122中以高于 U_{mf} 的气速进行流化,此时床层中气固处于激烈的湍动流态化,颗粒发生充分混合后再呈现不同的下降距离。

[0130] 具体分离过程为:混合物料B由进料管11送入提升内管13,同时将提升风进气口132的进气流速控制为 $U_1=3\text{m/s}$,由提升风进气口132进入的提升风使得混合物料B快速流

态化,形成为颗粒混合物的输送床;颗粒混合物随气流上升由气料出口131喷出,其中一小部分细粉颗粒被气体携带或通过惯性作用继续上升,再通过出气接管182排入除尘系统被捕集处理,其中大部分颗粒混合物因被挡板181阻挡,并在重力作用下进入到环形鼓泡腔122;将外管进气管15的进气口的进气流速控制为 U_2 , $U_2=1\sim 1.40U_{mf}$, $U_{mf}=0.15\text{m/s}$;环形鼓泡腔122中的颗粒混合物由于受到从外管进气管15进入的流化风作用,流化形成鼓泡流化床,在鼓泡流化床里气泡与空穴不断运动和交换,使具有粒径、密度差的颗粒在该过程中呈现不同的下降距离,从而使得生物炭与热载体发生分离,较轻的生物炭颗粒悬浮在床层表面,从上溢流管16出料并由生物炭收集罐4收集,较重的热载体颗粒从下溢流口17出料并由热载体收集罐5收集。

[0131] 本实施例中,所涉及颗粒的性质以及二元颗粒混合物的性质分别见下表1和表2。

[0132] 本实施例在分离外管12一侧轴向均匀设置了五个采样点,在床层发生分离后进行采样,以探究床层颗粒的轴向分布。分离结果如图8和图9所示, X 表示炭颗粒的质量分数, X_0 表示初始床层中炭颗粒的质量分数;可见,对于本实施例尺寸的装置,当二元颗粒混合物B给料速率为 20kg/h 时,随着外管进气管15进气口气速的增加,整个床层的分离程度逐渐增加;气速选择为 $U_2=1.00\sim 1.40U_{mf}$,生物炭和热载体分离效率都能达到95%以上,该装置分离得到生物炭的分离效率最高可达99%,热载体的分离效率最高可达98%。

[0133] 表1:生物炭与热载体的性质

[0134]

颗粒名称	原料类型	颗粒密度 (kg/m^3)	筛分粒径 (μm)	平均粒径 (μm)
生物炭I	酒糟	340	800~1000	900
生物炭II	木屑	450	600~800	700
热载体	三氧化二铝	3900	280~320	300

[0135]

[0136] 表2:二元颗粒混合物的性质

[0137]

	生物炭	热载体	质量比	粒径比	密度比
A	酒糟	三氧化二铝	1:30	3	0.09
B	木屑	三氧化二铝	1:60	2.33	0.12

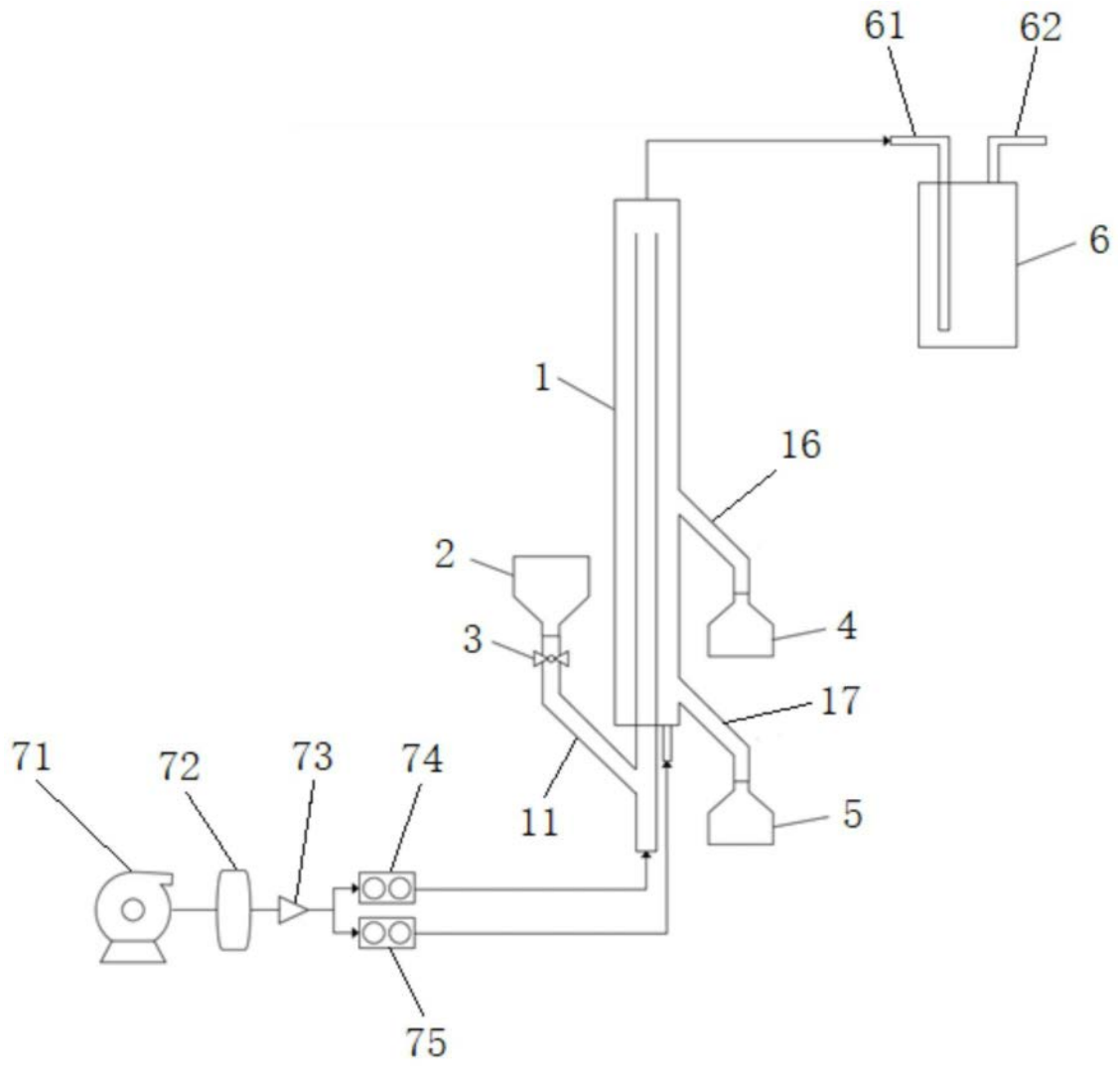


图1

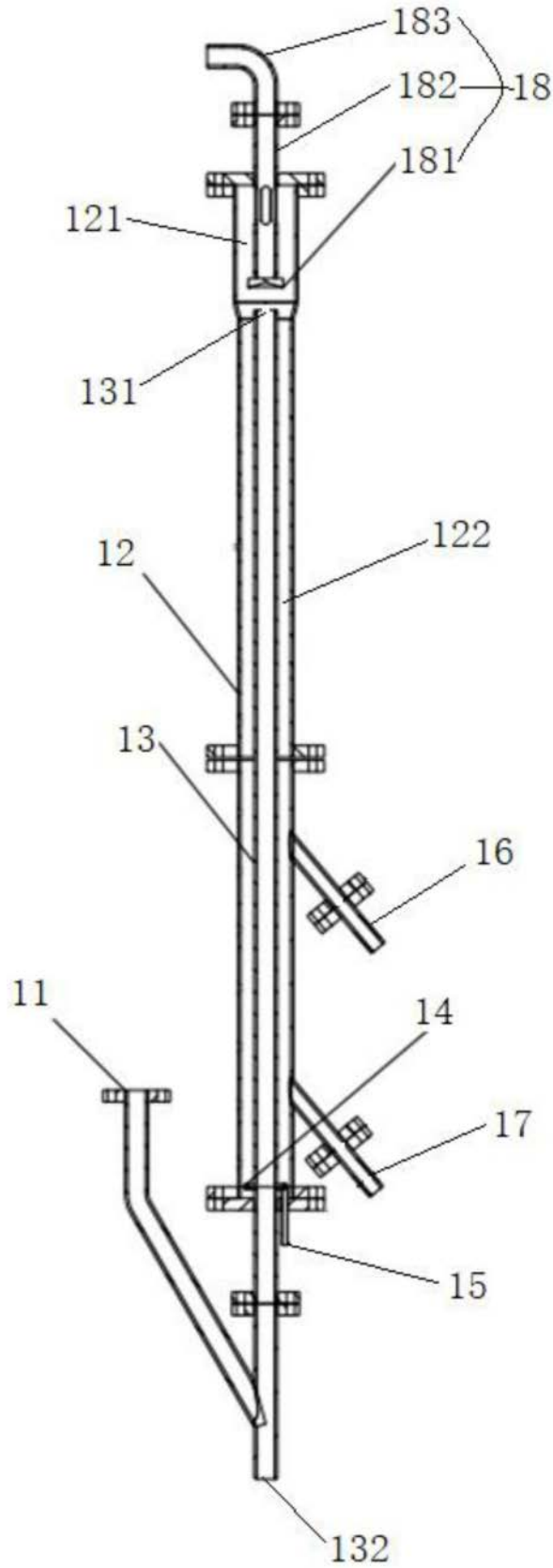


图2

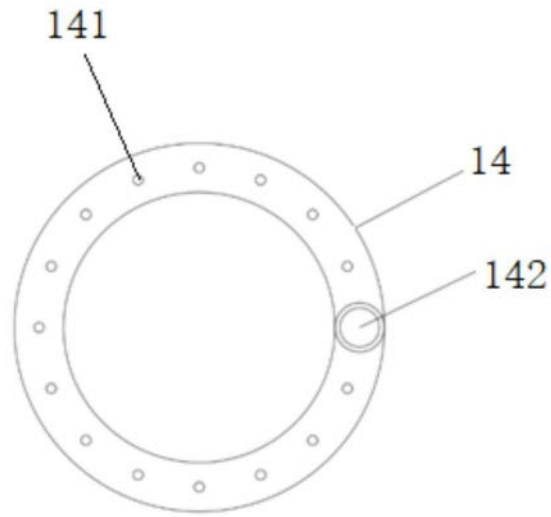


图3

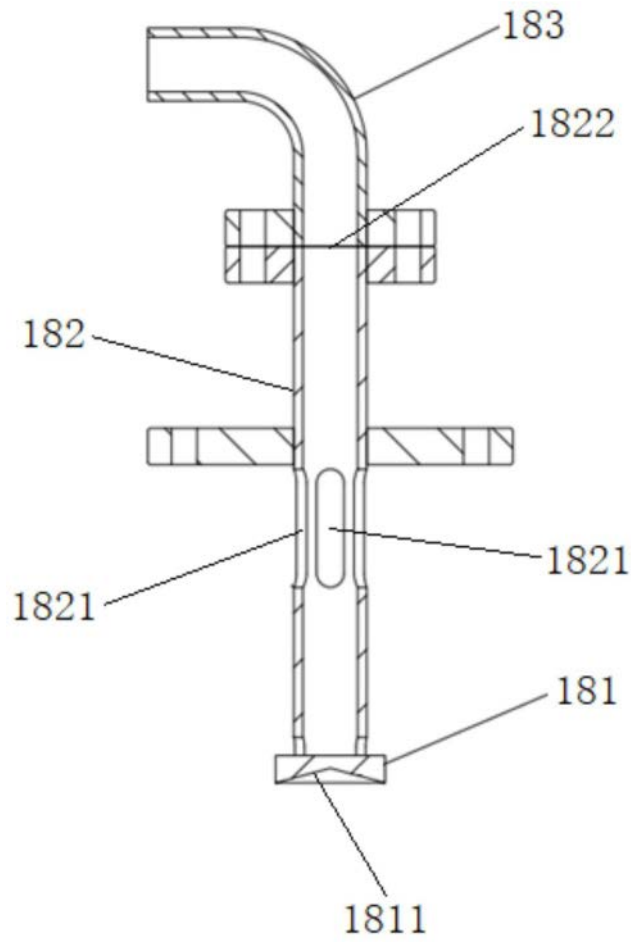


图4

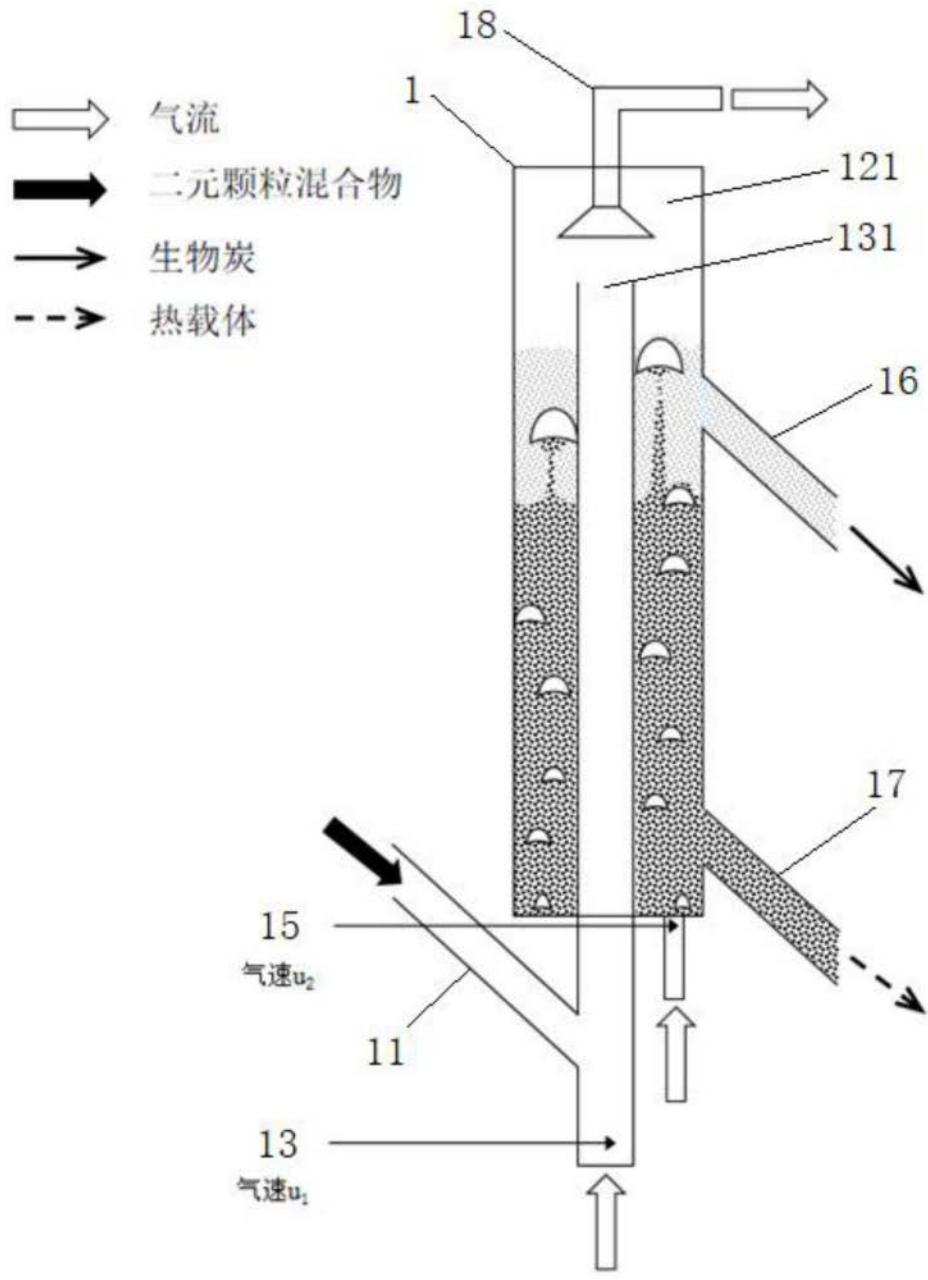


图5

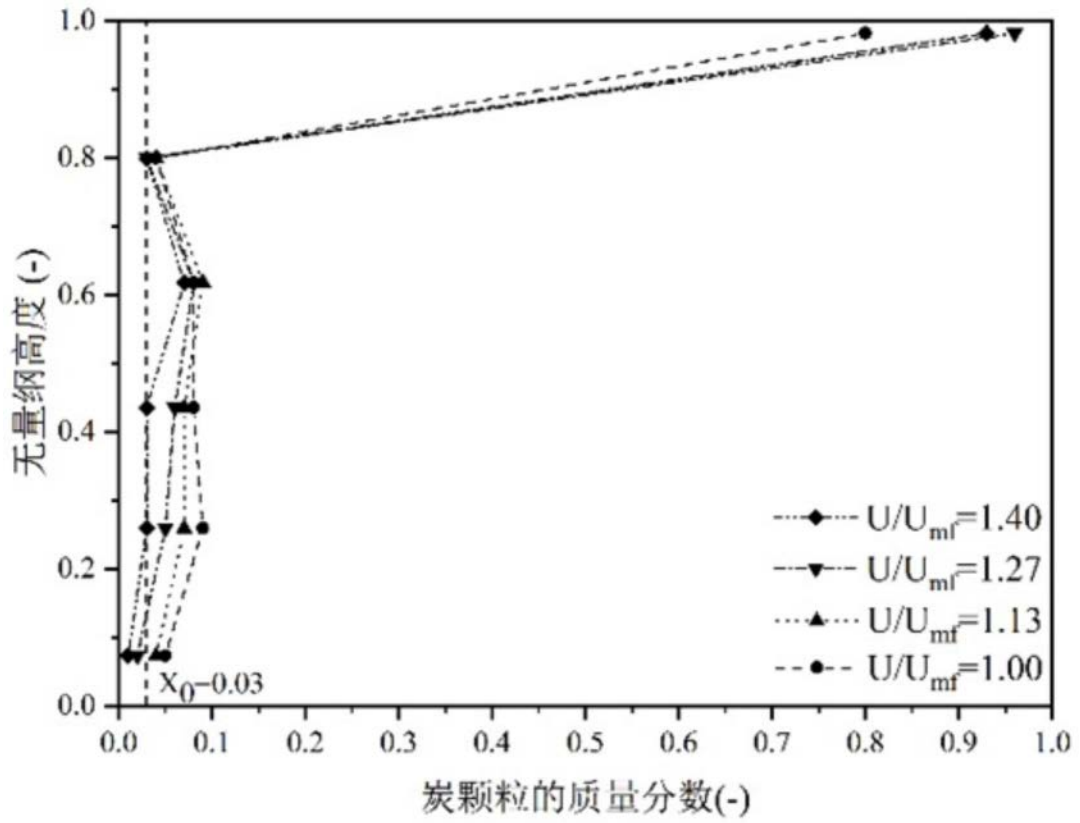


图6

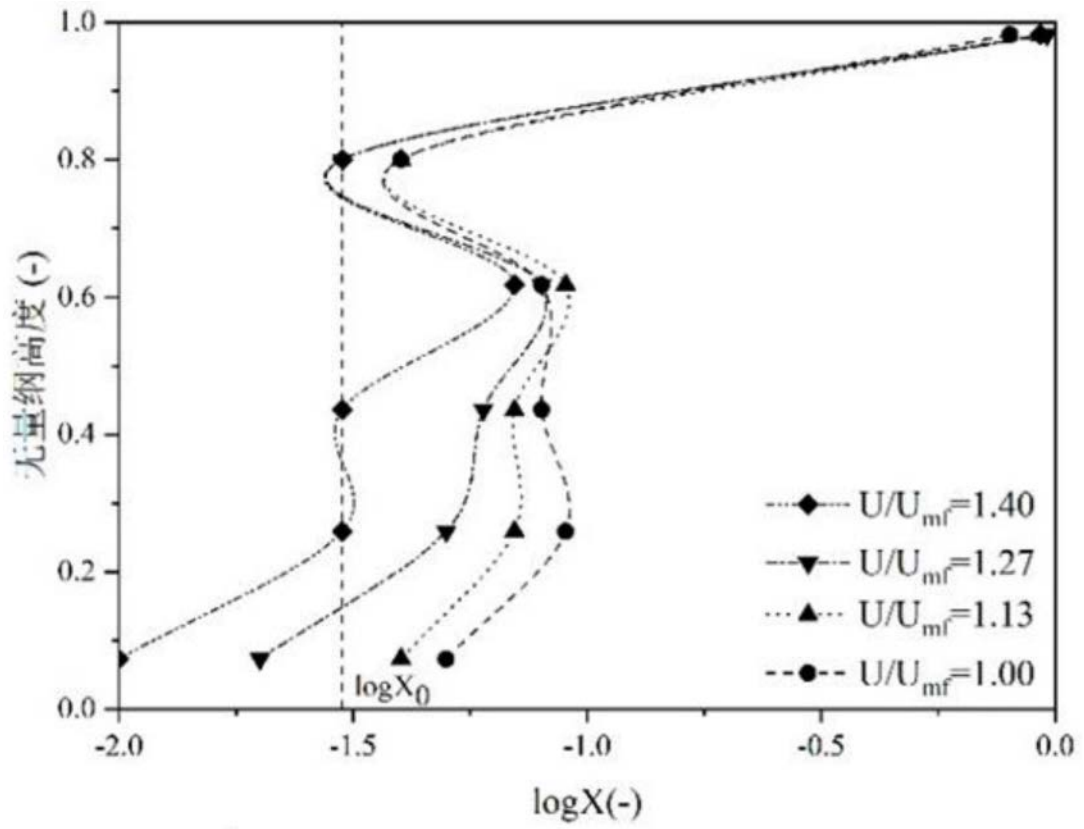


图7

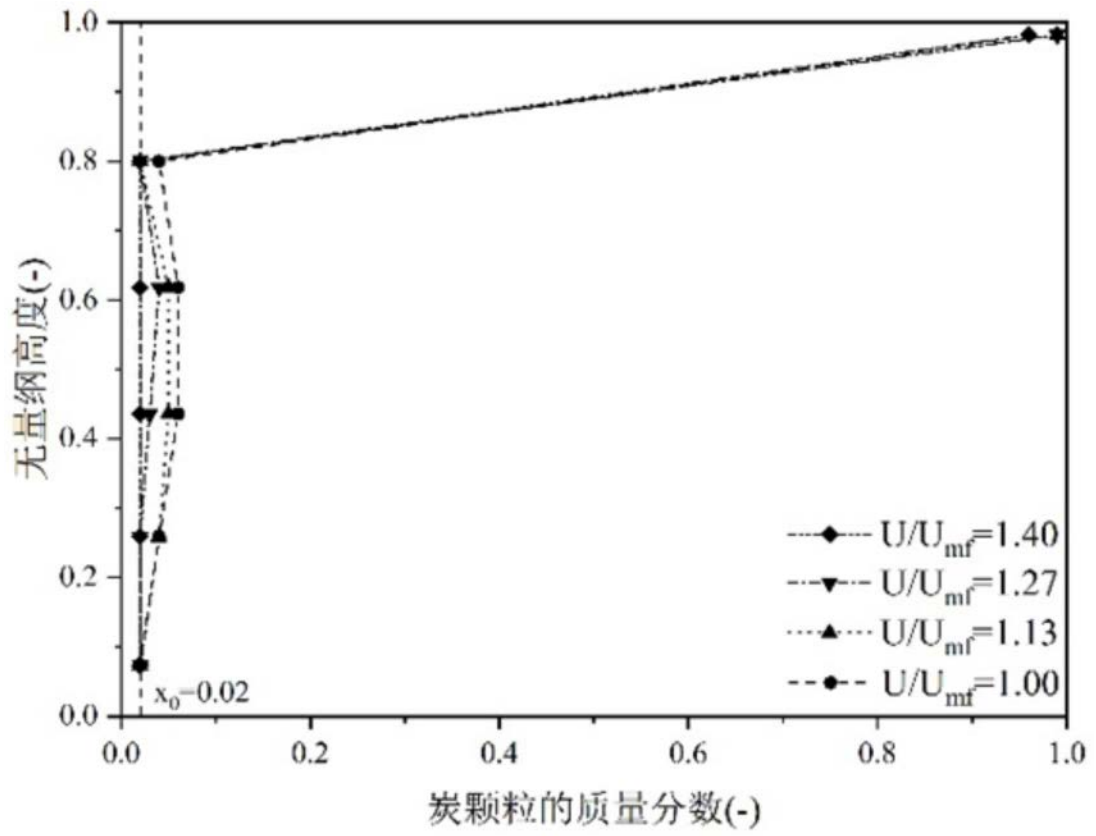


图8

