



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104403937 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201410788068.0

(22)申请日 2014.12.17

(73)专利权人 大连大学

地址 116622 辽宁省大连市经济技术开发区学府大街10号

(72)发明人 叶立强 李倩 冯宝民 姚子昂
吴海歌 崔红利 董娟 陈琼
余雅娴 钟林杉

(74)专利代理机构 大连智高专利事务所(特殊普通合伙) 21235

代理人 李猛

(51)Int.Cl.

C12M 1/34(2006.01)

C12M 1/12(2006.01)

C12M 1/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 204298407 U,2015.04.29,权利要求1-10.

CN 1762555 A,2006.04.26,全文.

CN 101538532 A,2009.09.23,全文.

CN 102272285 A,2011.12.07,全文.

CN 203346149 U,2013.12.18,全文.

WO 2005118116 A1,2005.12.15,全文.

KR 100805866 B1,2008.02.21,全文.

审查员 纪圆圆

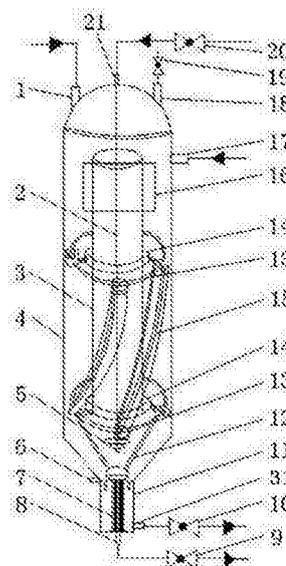
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

旋转内循环气升式膜生物反应器及其工艺系统

(57)摘要

本发明公开了一种旋转内循环气升式膜生物反应器,包括反应釜主体、一级膜分离装置和滤液收集装置;一级膜组件均布在导流筒的外圆壁四周,一级膜组件的两端分别可拆卸式固定在上下排布的两个旋转架上,旋转架固定在密封轴承上,密封轴承套装在导流筒上;滤液收集装置包括滤液收集器和滤液收集管;滤液收集器内可根据工艺选择安装二级膜组件。旋转内循环气升式膜生物反应器集气升反应与膜分离于一体,整个过程所需的能量大都由压缩气体提供,膜组件数量、角度、启用与否、膜通量都可以人工进行调节,以适应气升式反应器的不同操作,很好的实现了二者的耦合,具有能耗低、结构简单、操作灵活、反应条件温和等优点。



1. 旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:包括反应釜主体、一级膜分离装置和滤液收集装置;反应釜主体包括导气管(2)、导流筒(3)、釜体(4)和气体分布器(5),釜体(4)的顶部安装有压力表并设有进液口(1)、排气口(18)、通气口(21),排气口(18)与排气控制阀(19)相连,通气口(21)与通气阀(20)相连,釜体(4)的外圆壁上设有视窗(16)、循环液入口(17),釜体(4)的底部设有排液口(6),釜体(4)的内部安装有导流筒(3),导流筒(3)的内部安装有导气管(2),导气管(2)的上部与通气口(21)相连,下部与气体分布器(5)相连,气体分布器(5)为阶梯多环形;

一级膜分离装置包括旋转架(13)、密封轴承(14)和一级膜组件(15),一级膜组件(15)为马蹄形截面的弯管式中空结构,若干根所述的一级膜组件(15)均布在导流筒(3)的外圆壁四周,一级膜组件(15)的两端分别可拆卸式固定在上下排布的两个旋转架(13)上,旋转架(13)固定在密封轴承(14)上,密封轴承(14)套装在导流筒(3)上;

滤液收集装置包括滤液收集器(11)和滤液收集管(12),滤液收集器(11)包括密封轴承(14)、上旋盖(22)和罐体(24),上旋盖(22)与罐体(24)连接,密封轴承(14)套装在上旋盖(22)上,滤液收集器(11)通过上旋盖(22)安装在釜体(4)的底部且位于气体分布器(5)的正下方,滤液收集器(11)与位于下部的旋转架(13)通过滤液收集管(12)相连,罐体(24)的底部设有滤液口(8),滤液口(8)与真空控制阀(9)相连,罐体(24)外圆壁的下部设有循环液出口(31),循环液出口(31)与循环调节阀(10)相连。

2. 根据权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:所述的滤液收集器(11)内安装有二级膜组件(7)。

3. 根据权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:所述的两个旋转架(13)的间距为导流筒(3)长度的0.1-1。

4. 根据权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:所述反应釜主体的高径比为3-10。

5. 根据权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:所述一级膜组件(15)的倾斜角度为20-90度。

6. 根据权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:所述釜体(4)的侧面安装有温度计、pH计、溶氧电极、液位探头并设有取样口。

7. 根据权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器,其特征在於:所述的滤液收集器(11)与位于下部的旋转架(13)通过3根滤液收集管(12)呈120度间距相连。

8. 一种应用权利要求1所述的旋转内循环气升式膜生物反应器的系统,其特征在於:所述旋转内循环气升式膜生物反应器的通气阀(20)依次与气体流量计(30)、钢瓶(28)、压缩空气机(29)相连;旋转内循环气升式膜生物反应器的真空控制阀(9)依次与滤液收集罐(25)、真空泵(26)相连;旋转内循环气升式膜生物反应器的循环调节阀(10)依次与循环泵(23)、旋转内循环气升式膜生物反应器的循环液入口(17)相连。

9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在於:所述旋转内循环气升式膜生物反应器的滤液收集器(11)内安装有二级膜组件(7)。

10. 根据权利要求8所述的系统,其特征在於:所述的气体流量计(30)依次与反冲控制阀(27)、真空控制阀(9)相连。

旋转内循环气升式膜生物反应器及其工艺系统

技术领域

[0001] 本发明涉及膜生物反应器技术领域,尤其涉及一种旋转内循环气升式膜生物反应器及其工艺系统。

背景技术

[0002] 在生化反应过程中,随着反应进行,发酵产物不断积累,产物抑制作用逐渐突出,如在大众化学品如乙醇生产中,对一般酿酒酵母,单级罐批次发酵末期乙醇浓度达到18%-20%时菌体活性严重被抑制甚至出现菌体大量死亡。在酶法降解生物多糖制备活性寡糖的过程中,胞外酶往往受底物诱导和产物抑制双重作用,如卡拉胶或褐藻胶生产中,底物被酶切获得的二糖单位过多积累会影响菌体继续产酶。

[0003] 另一方面,产物消耗作用也经常存在,如灵芝多糖深层发酵过程中,发酵所得的灵芝多糖可以被发酵菌体利用,不及时移除系统会造成收率极大的降低。

[0004] 因此,为了提高反应得率和生产强度,利用膜生物反应器耦合反应与分离操作的特性,来“边反应边移走”体系中的产物是很好的解决方案之一。这类生物反应器将微生物发酵和产物分离相结合,常用于解决发酵产物抑制、底物选择供给等问题,通过长时间的连续发酵,达到微生物的高密度生长和增加发酵产物产率的目的,细胞密度或代谢产物产率通常可以达到间歇发酵的十倍甚至一百倍以上。在该过程中,发酵液进过膜过滤后,将发酵产物有效地移出发酵罐,减轻甚至消除了产物的抑制和消耗作用,而剩余的残液与被截留的细胞继续返回发酵罐中,从而保持了发酵罐中的高细胞浓度,同时很方便的实现了罐内液位平衡。例如采用膜生物反应器系统进行灵芝多糖的连续发酵,可溶性灵芝多糖可被连续渗透通过膜生物反应器的滤膜。通过连续补充新鲜料液,改善了糖源,减少了菌丝体对多糖的利用,提高了菌丝体的得率和灵芝多糖的产量,菌丝体生长则随稀释率的增大而增大,总的菌丝体干重可比间歇发酵增加20%以上。

[0005] 但在膜反应器运行过程中,料液经泵输送之后在膜表面进行分离,膜的污染极为严重,而经过膜分离出来的产物浓度与反应罐中产物浓度相同,后续处理比较麻烦;同时,由于泵的使用,该过程能耗较高,而且流体的湍动剧烈容易恶化反应条件,不利于菌体生长。

[0006] 为了克服这些问题,ZL01108189.9、ZL200520075139.9、ZL 200910026442.2先后提出了以压缩气体作为膜生物反应器的动力,取代传统的泵。但是前者通过普通管道将反应器与膜组件连接,致使反应器结构较为分散,流体循环线路较长,从而使得气液传质效果受到影响,较难满足大规模反应的需求。中者在前者的基础上提出了外环流气升式膜反应器,在该反应器中,膜组件与反应器很好的耦合,但是在该反应器中回流口位于反应釜体上部的扩大段处,回流口位于液面之上或者位于液面下的深度很小,同时回流口处没有导流管,大量压缩气体在循环结束后立即逸出排掉,只起到了循环动力的作用,未得到合理利用,造成能量损失。后者在前两者的基础上提出了外环流气提式膜生物反应器,该反应器在不改变气升式反应器基本结构的基础上引进膜组件,同时具备气升式反应器、膜生物反应

器和气提的功能。但该反应器中气提单元的存在,限制了该反应器的应用范围,即对抑制性产物有挥发特性的要求。同时,由于该类反应器的膜组件位于循环管内,增加了气升式反应器的循环阻力,容易造成反应釜内细胞与营养成分分布不均匀。上述这些发明在一定程度上解决了膜反应器反应单元-分离单元耦合的问题,但为了进行耦合引入了其他复杂结构而不利于放大,且存在能源利用率低、适用范围较窄、结构复杂、膜易受污染等问题和缺陷。

[0007] 由此可见,开发出一种新型的应用范围广阔的一体式膜生物反应器,特别是开发出一种适用于发酵领域的一体式膜生物反应器,将膜分离与气升式反应器的优势同时发挥出来,并具有高能量利用效率,具有十分重要的现实意义。

发明内容

[0008] 本发明的目的:为了解决上述在发酵领域所存在的产物抑制和产物消耗作用问题,根据膜分离反应器和气升式反应器的优势以及它们所具有的互相弥补缺点的特征,而提供一种旋转内循环气升式膜生物反应器及其工艺系统。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案是:旋转内循环气升式膜生物反应器,包括反应釜主体、一级膜分离装置和滤液收集装置;反应釜主体包括导气管、导流筒、釜体和气体分布器,釜体的顶部安装有压力表并设有进液口、排气口、通气口,排气口与排气控制阀相连,通气口与通气阀相连,釜体的外圆壁上设有视窗、循环液入口,釜体的底部设有排液口,釜体的内部安装有导流筒,导流筒的内部安装有导气管,导气管的上部与通气口相连,下部与气体分布器相连,气体分布器为阶梯多环形;一级膜分离装置包括旋转架、密封轴承和一级膜组件,一级膜组件为马蹄形截面的弯管式中空结构,若干根所述的一级膜组件均布在导流筒的外圆壁四周,一级膜组件的两端分别可拆卸式固定在上下排布的两个旋转架上,旋转架固定在密封轴承上,密封轴承套装在导流筒上;滤液收集装置包括滤液收集器和滤液收集管,滤液收集器包括密封轴承、上旋盖和罐体,上旋盖与罐体连接,密封轴承套装在上旋盖上,滤液收集器通过上旋盖安装在釜体的底部且位于气体分布器的正下方,滤液收集器与位于下部的旋转架通过滤液收集管相连,罐体的底部设有滤液口,滤液口与真空控制阀相连,罐体外圆壁的下部设有循环液出口,循环液出口与循环调节阀相连。

[0010] 进一步的,滤液收集器内安装有二级膜组件。

[0011] 进一步的,釜体的外圆壁上开设有视窗。

[0012] 进一步的,两个旋转架的间距为导流筒长度的0.1-1。

[0013] 进一步的,反应釜主体的高径比为3-10。

[0014] 进一步的,一级膜组件的倾斜角度为20-90度。

[0015] 进一步的,釜体的侧面安装有温度计、pH计、溶氧电极、液位探头并设有取样口。

[0016] 进一步的,滤液收集器与位于下部的旋转架通过3根滤液收集管呈120度间距相连。

[0017] 旋转内循环气升式膜生物反应器的工艺系统,旋转内循环气升式膜生物反应器的通气阀依次与气体流量计、钢瓶、压缩空气机相连;旋转内循环气升式膜生物反应器的真空控制阀依次与滤液收集罐、真空泵相连;旋转内循环气升式膜生物反应器的循环调节阀依次与循环泵、旋转内循环气升式膜生物反应器的循环液入口相连。

[0018] 进一步的,旋转内循环气升式膜生物反应器的滤液收集器内安装有二级膜组件。

[0019] 进一步的,气体流量计依次与反冲控制阀、真空控制阀相连。

[0020] 本发明的有益效果:

[0021] 1.一级膜分离装置采用旋转式一级膜组件,利用气升式反应器内流体动能带动一级膜组件旋转,无需额外的能量输入,同时达到增加了膜与反应器液体接触面积、提高膜通透量的作用;同时利用流体冲洗膜表面,降低膜污染;一级膜组件的数量与安装角度可调节,适用不同气含率反应和不同分离性质产物,扩大了此反应器的应用范围;

[0022] 2.滤液收集器内可依据需要设置二级膜组件,进行二次膜分离,二级膜分离过程可以通过循环泵将滤液收集器中的一级滤液泵入釜体中循环,循环泵可根据生产工艺选择开启,扩大反应器适用范围,提高产物纯度;

[0023] 3.膜分离时可选择采用正压操作或者负压抽吸,在进行正压过滤时,可以调小反应釜顶部的通气口处阀门,从而增大釜内压力,实现膜分离;当釜内压力为常压或负压时则打开真空泵进行负压操作;还可以调节釜内压力来调节膜分离装置的工作与否,如当釜内为常压时,膜分离装置处于关闭状态,这样同时可以调节通气量以及膜通量来改变产物的移出量,从而可以根据反应速率进行相应的调整,可适用于对氧需求量不同的反应过程,操作更具灵活性;

[0024] 综上,旋转内循环气升式膜生物反应器打破传统膜反应器中膜组件区域化概念,集气升反应与膜分离于一体,将一级膜组件均匀分散安置在内循环气升式反应器的降液区,实现膜反应器与气升式反应器在生物发酵领域中的有效耦合,整个过程所需的能量大都由压缩气体提供,膜组件数量、角度、启用与否、膜通量都可以人工进行调节,以适应气升式反应器的不同操作,很好的实现了二者的耦合,具有能耗低、结构简单、操作灵活、反应条件温和等优点,为发酵生产多糖、寡糖等产物、底物分子量差别大的过程提供新的反应设备与工艺。

附图说明

[0025] 图1是旋转内循环气升式膜生物反应器结构示意图;

[0026] 图2是一级膜分离装置俯视图;

[0027] 图3是一级膜组件截面示意图;

[0028] 图4是一级膜组件结构示意图;

[0029] 图5是滤液收集器结构示意图;

[0030] 图6是旋转内循环气升式膜生物反应器工艺系统图。

[0031] 其中:1.进液口,2.导气管,3.导流筒,4.釜体,5.气体分布器,6.排液口,7.二级膜组件,8.滤液口,9.真空控制阀,10.循环调节阀,11.滤液收集器,12.滤液收集管,13.旋转架,14.密封轴承,15.一级膜组件,16.视窗,17.循环液入口,18.排气口,19.排气控制阀,20.通气阀,21.通气口,22.上旋盖,23.循环泵,24.罐体,25.滤液收集罐,26.真空泵,27.反冲控制阀,28.钢瓶,29.压缩空气机,30.气体流量计,31.循环液出口。

具体实施方式

[0032] 实施例一

[0033] 如图1-图5所示,旋转内循环气升式膜生物反应器,包括反应釜主体、一级膜分离

装置和滤液收集装置；反应釜主体包括导气管2、导流筒3、釜体4和气体分布器5，釜体4的顶部安装有压力表并设有进液口1、排气口18、通气口21，排气口18与排气控制阀19相连，通过调节排气量从而调节釜体4内的压力，通气口21与通气阀20相连，釜体4的外圆壁上设有视窗16、循环液入口17，釜体4的侧面安装有温度计、pH计、溶氧电极、液位探头并设有取样口，釜体4的底部设有排液口6，釜体4的内部安装有导流筒3，导流筒3的内部安装有导气管2，导气管2的上部与通气口21相连，下部与气体分布器5相连，气体分布器5为阶梯多环形，反应釜主体的高径比为3-10；一级膜分离装置包括旋转架13、密封轴承14和一级膜组件15，一级膜组件15为马蹄形截面的弯管式中空结构，可减轻整体重量，更易旋转，增大一级膜组件15与液体接触的比表面积，一级膜组件15可根据生产需要更换为超滤或微滤无机膜，可耐受灭菌操作，拦截菌体和未反应完全的多糖底物，一级膜组件15的数量可根据生产工艺选择，一级膜组件15的倾斜角度可人工调节为20-90度，一级膜组件15在进行液/固分离时进行正压过滤，跨膜压差为0.01~1MPa，或采用负压抽吸，跨膜压差为0.01~1MPa，在气升降液区的4根一级膜组件15轴向45度均布在导流筒3的外圆壁四周，一级膜组件15的两端分别可拆卸式固定在上下排布的两个旋转架13上，两个旋转架13的间距为导流筒3长度的0.1-1，旋转架13固定在密封轴承14上，密封轴承14套装在导流筒3上；滤液收集装置包括滤液收集器11和滤液收集管12，滤液收集器11包括密封轴承14、上旋盖22和罐体24，上旋盖22与罐体24连接，密封轴承14套装在上旋盖22上，滤液收集器11通过上旋盖22安装在釜体4的底部且位于气体分布器5的正下方，滤液收集器11与位于下部的旋转架13通过3根滤液收集管12呈120度间距相连，产生旋转力矩，使旋转顺利进行，同时也利于一级膜组件15被冲刷，防止污染，滤液收集器11内可选择安装二级膜组件7，可根据生产需要更换为超滤或微滤无机膜，可耐受灭菌操作，拦截菌体和未反应完全的多糖底物，罐体24的底部设有滤液口8，滤液口8与真空控制阀9相连，罐体24外圆壁的下部设有循环液出口31，循环液出口31与循环调节阀10相连。

[0034] 如图1-图6所示，旋转内循环气升式膜生物反应器的工艺系统，旋转内循环气升式膜生物反应器的通气阀20依次与气体流量计30、钢瓶28、压缩空气机29相连；旋转内循环气升式膜生物反应器的真空控制阀9依次与滤液收集罐25、真空泵26相连；旋转内循环气升式膜生物反应器的循环调节阀10依次与循环泵23、旋转内循环气升式膜生物反应器的循环液入口17相连；气体流量计30依次与反冲控制阀27、真空控制阀9相连，可在生产结束后反冲洗一级膜组件15和二级膜组件7；应用于连续发酵产酶降解卡拉胶底物获得寡糖组分，通过原位灭菌后，通过进液口1向釜体4内加入料液，通过通气口21向其中鼓入压缩气体，气体经气体分布器5进入导流筒3，由于带有一定初速度的压缩气体的进入，在气升降液区与导流筒3之间产生密度差，在这两种的作用下，导流筒3内流体向上运动，气升降液区内液体向下运动，到达一级膜组件15时，可由真空控制阀9控制一级膜分离装置的开启；通过取样检测生物量、酶活测定等确定菌体产酶状况，达到产酶稳定时，12h左右，开启一级膜分离装置，其后进行连续发酵操作，一级膜分离装置始终开启；浓缩液经滤液收集管12进入滤液收集器11中，利用滤液收集器11中的中空纤维二级膜组件7，进行二级膜分离，使产物纯度和浓度同时提高；一级滤液需经滤液循环管路泵入釜体4，然后浓缩液收集到滤液收集罐25中；该实施方案还可用于琼胶寡糖、褐藻胶寡糖等产物、底物分子量差别大的发酵分离过程。

[0035] 实施例二

[0036] 如图1-图5所示,旋转内循环气升式膜生物反应器,包括反应釜主体、一级膜分离装置和滤液收集装置;反应釜主体包括导气管2、导流筒3、釜体4和气体分布器5,釜体4的顶部安装有压力表并设有进液口1、排气口18、通气口21,排气口18与排气控制阀19相连,通过调节排气量从而调节釜体4内的压力,通气口21与通气阀20相连,釜体4的外圆壁上设有视窗16、循环液入口17,釜体4的侧面安装有温度计、pH计、溶氧电极、液位探头并设有取样口,釜体4的底部设有排液口6,釜体4的内部安装有导流筒3,导流筒3的内部安装有导气管2,导气管2的上部与通气口21相连,下部与气体分布器5相连,气体分布器5为阶梯多环形,反应釜主体的高径比为3-10;一级膜分离装置包括旋转架13、密封轴承14和一级膜组件15,一级膜组件15为马蹄形截面的弯管式中空结构,可减轻整体重量,更易旋转,增大一级膜组件15与液体接触的比表面积,一级膜组件15可根据生产需要更换为超滤或微滤无机膜,可耐受灭菌操作,拦截菌体和未反应完全的多糖底物,一级膜组件15的数量可根据生产工艺选择,一级膜组件15的倾斜角度可人工调节为20-90度,一级膜组件15在进行液/固分离时进行正压过滤,跨膜压差为0.01~1MPa,或采用负压抽吸,跨膜压差为0.01~1MPa,在气升降液区的4根一级膜组件15轴向45度均布在导流筒3的外圆壁四周,一级膜组件15的两端分别可拆卸式固定在上下排布的两个旋转架13上,两个旋转架13的间距为导流筒3长度的0.1-1,旋转架13固定在密封轴承14上,密封轴承14套装在导流筒3上;滤液收集装置包括滤液收集器11和滤液收集管12,滤液收集器11包括密封轴承14、上旋盖22和罐体24,上旋盖22与罐体24连接,密封轴承14套装在上旋盖22上,滤液收集器11通过上旋盖22安装在釜体4的底部且位于气体分布器5的正下方,滤液收集器11与位于下部的旋转架13通过3根滤液收集管12呈120度间距相连,产生旋转力矩,使旋转顺利进行,同时也利于一级膜组件15被冲刷,防止污染,罐体24的底部设有滤液口8,滤液口8与真空控制阀9相连,罐体24外圆壁的下部设有循环液出口31,循环液出口31与循环调节阀10相连。

[0037] 如图1-图6所示,旋转内循环气升式膜生物反应器的工艺系统,旋转内循环气升式膜生物反应器的通气阀20依次与气体流量计30、钢瓶28、压缩空气机29相连;旋转内循环气升式膜生物反应器的真空控制阀9依次与滤液收集罐25、真空泵26相连;旋转内循环气升式膜生物反应器的循环调节阀10依次与循环泵23、旋转内循环气升式膜生物反应器的循环液入口17相连;气体流量计30依次与反冲控制阀27、真空控制阀9相连,可在生产结束后反冲洗一级膜组件15;应用于深层发酵法生产灵芝多糖的过程,通过进液口1向釜体4内加入料液,通过通气口21向其中鼓入压缩气体,气体经气体分布器5进入导流筒3,导流筒3内流体向上运动,气升降液区内液体向下运动,到达一级膜组件15时,打开真空泵26,调节跨膜压差,进行负压抽吸,使膜通量与补料速率一致,以保持罐内液面平衡;浓缩液经滤液收集管12进入滤液收集器11中,然后浓缩液收集到滤液收集罐25中,由于菌体无法通过微滤膜,菌体滞留在釜体4内,使得罐内含有较高的细胞浓度;该实施方案还可用于香菇多糖、云芝多糖、猴头菇多糖等一级膜过滤。

[0038] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

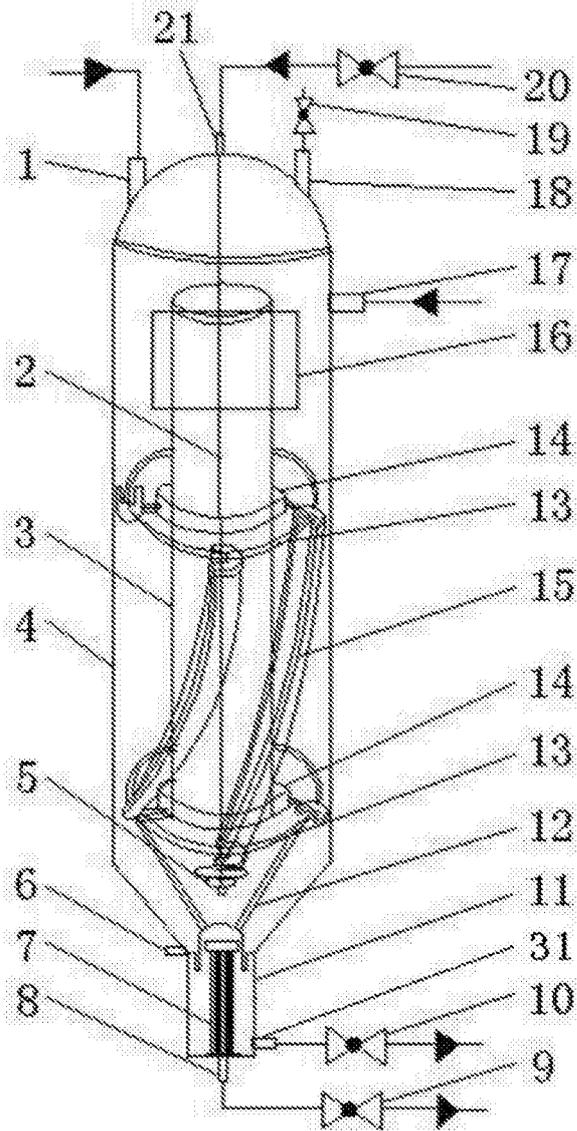


图1

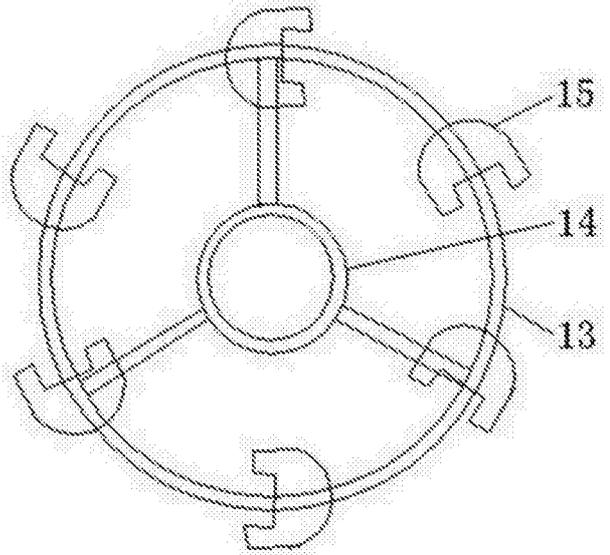


图2

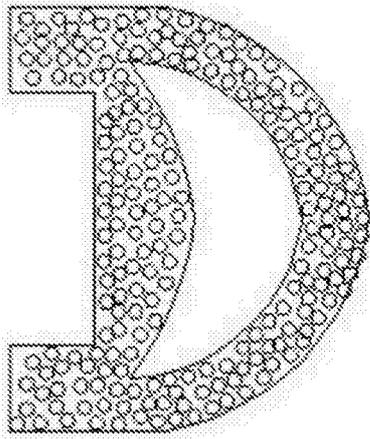


图3

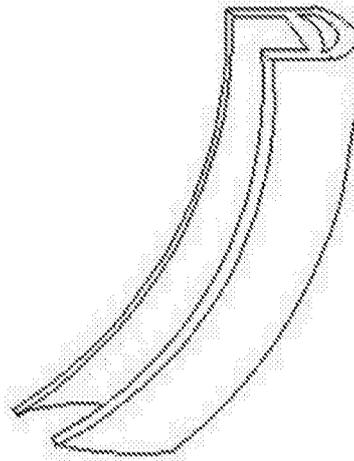


图4

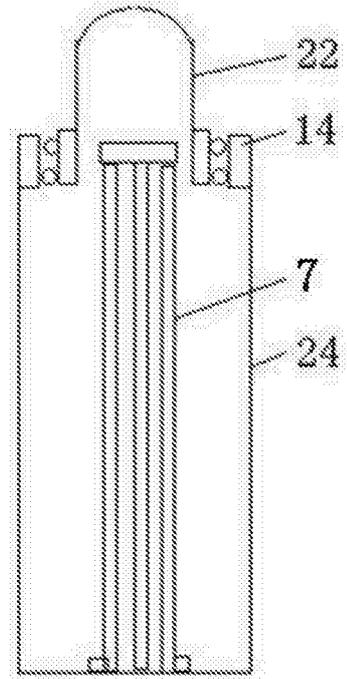


图5

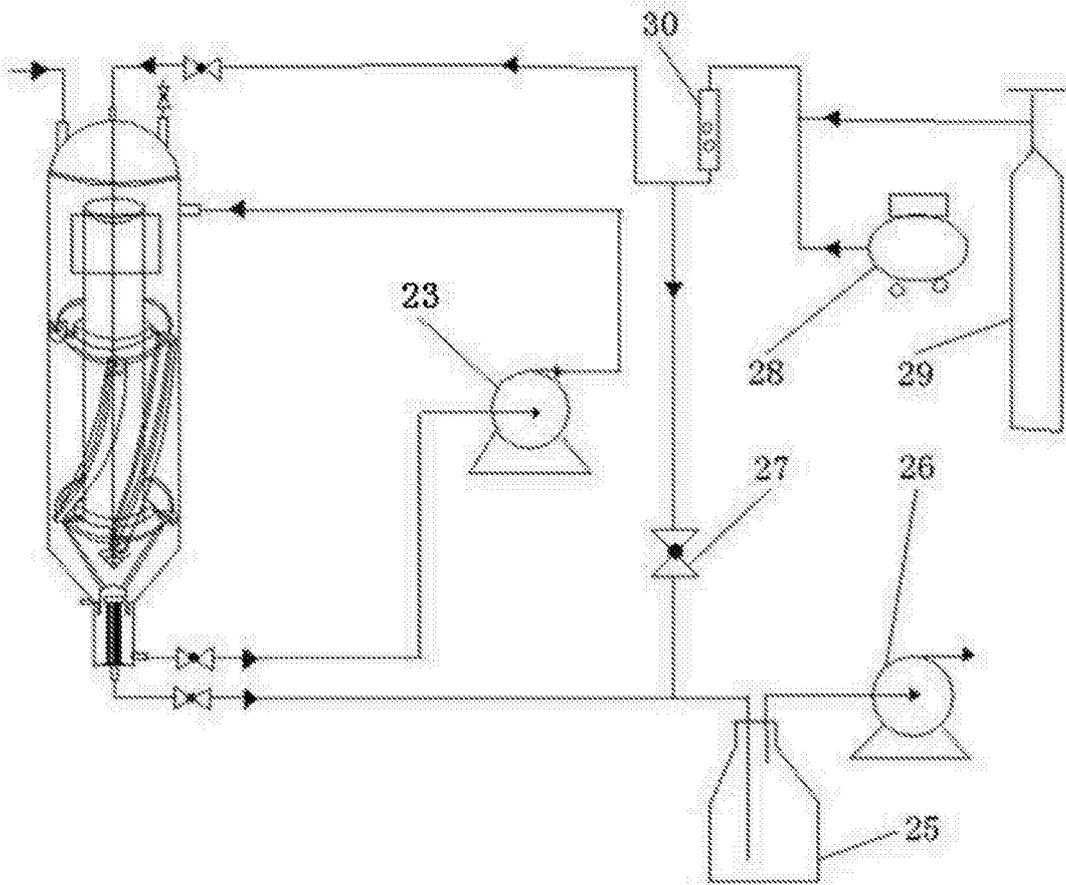


图6