

变压吸附装置及其旋转阀

技术领域

本发明涉及变压吸附分离技术领域，更具体地涉及一种变压吸附
5 装置及其旋转阀。

背景技术

随着氢能源需求的不断增加，对氢气提纯技术提出了更多的要求，
传统的变压吸附技术受限于程控阀组的限制，存在吸附周期长（一般
10 为 10 分钟一个吸附、均压、解吸、增压周期）、占地面积大的不足。
特别在小型化供氢的场合，如加氢站，对氢气提纯装置的集成化提出
更高要求。

专利文献 CN101139088A 提出了旋转分子筛微型变压吸附制氧装
置的设计理念，然而，该方案需要装填分子筛的塔器进行旋转，限制
15 了装置的放大与操作灵活性。事实上，通过分析可以发现，该专利文
献提出的旋转结构并不能实现变压吸附过程。

专利文献 CN101446361A 公开了旋转阀，其具有转子和定子，旋
转阀利用至少一个压缩弹簧在转子和定子之间提供接触。弹簧被构造
用以对抗使转子和定子分开的压力，并减小阀内转动转子所需要的扭
20 矩大小，同时防止转子和定子之间产生泄漏。使用该旋转阀作为转动
部件，虽然无需吸附塔旋转，但是由于维修和更换需要停机操作，一
般仅用于非长周期项目。

在长周期项目中，一方面转动部件长时间运行会造成磨损，引起
气体泄漏问题，此时往往需要停机进行更换；另一方面，原料可能会
25 产生波动，当原料气的重组分增多时，需要增加内部气吹扫步骤，甚
至需要产品气吹扫步骤，才能实现吸附剂床层的彻底解吸，当原料气
组成较好时，则无需增加辅助再生步骤。现有技术中的采用旋转阀的
变压吸附装置存在原料适应性较差、工艺调整范围有限等问题，因此
难以适用于长周期项目。

30 公开于该背景技术部分的信息仅仅旨在增加对本发明的总体背景
的理解，而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领
域一般技术人员所公知的现有技术。

发明内容

本发明的目的之一在于，提供一种变压吸附装置及其旋转阀，从而改善现有技术的旋转阀及变压吸附装置缺乏操作灵活性，无法适应原料波动等问题。

本发明的另一目的在于，提供一种变压吸附装置及其旋转阀，从而改善现有技术中旋转阀的维修与更换不便，不适用于长周期项目等问题。

为实现上述目的，根据本发明的第一方面，本发明提供了一种旋转阀，包括：

阀体，所述阀体内设有第一组流道、第二组流道和第三组流道，第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口设置在所述阀体的表面；以及

阀套，所述阀套被同轴地密封套地设在所述阀体外，所述阀套均匀开设多个通孔，每个通孔的内端设置有沿阀套的内壁上下延伸的竖直槽，所述竖直槽沿竖直方向分为三段，分别连通第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口，第一组流道处于工作状态，所述通孔处设有切换阀，所述切换阀将第二组流道和第三组流道中的一组切换为工作状态，

所述阀体围绕旋转轴线相对于所述阀套旋转，以使得所述多个通孔与处于工作状态的第三组流道和第三组流道中的一组以及第一组流道的端口以预定组合的方式连通从而实现不同的工艺时序，每个通孔至多与第一组流道、第二组流道或第三组流道中的一组的端口相连通。

优选地，所述第二组流道包括多个流道，第三组流道包括多个流道。

优选地，所述阀体由至少两个阀块组成，所述至少两个阀块可拆卸连接，所述第二组流道和第三组流道设置在不同的阀块中。

优选地，所述第二组流道和第三组流道对应于相同或不同的工艺时序。

优选地，所述第一组流道的一个端口位于所述阀体的顶面中心，所述第一组流道的另一个端口位于所述阀体的侧壁上且设置有沿阀体的外侧壁水平地延伸的弧形槽。

根据本发明的第二方面，本发明提供了一种变压吸附装置，包括：

原料气阀，其为权利要求 1 所述的旋转阀，所述原料气阀的端口包括设置在顶面中心的进料端口和设置在底面中心的排出端口；

产品气阀，其为权利要求 1 所述的旋转阀，所述产品气阀的端口
5 包括设置在顶面中心的产品气端口，所述产品气阀的阀体与所述原料气阀的阀体按照预定时序同步旋转；以及

具有底部气道和顶部气道的多个吸附塔，底部气道分别与所述原料气阀的通孔相连通，顶部气道分别与所述产品气阀的通孔相连通。

优选地，所述产品气阀的第一组流道是产品气通道，其一个端口
10 为所述产品气端口，另一个端口位于产品气阀的阀体的侧壁上且设置有沿产品气阀的阀体的外侧壁水平地延伸的第一弧形槽，所述第一弧形槽用于引导相应吸附塔的产品气在所述产品气端口和与所述第一弧形槽对齐的通孔之间流动；

所述产品气阀的第二组流道是第一均压通道，其两个端口均设置
15 在产品气阀的阀体的侧壁上，所述第一均压通道用于引导产品气在与所述第一均压通道的两个端口对齐的两个通孔之间流动；以及

所述产品气阀的第三组流道是第二均压通道，其两个端口均设置
在产品气阀的阀体的侧壁上，所述第二均压通道用于引导产品气在与所述第二均压通道的两个端口对齐的两个通孔之间流动。

20 优选地，所述第一均压通道的数量为 2~10 个，相邻的所述第一均压通道的夹角为 10° 至 45° ；所述第二均压通道的数量为 2~10 个，相邻的所述第二均压通道的夹角为 10° 至 45° ；所述第一均压通道的布置与所述第二均压通道的布置相同或不同。

优选地，所述产品气阀的阀体由上阀块、中阀块和下阀块构成，
25 所述产品气通道设置在所述中阀块内并穿过所述上阀块，所述第一均压通道和所述第二均压通道分别设置在所述上阀块和所述下阀块内，所述上阀块和所述下阀块与所述中阀块可拆卸地连接。

优选地，所述原料气阀的第一组流道是原料气通道，其一个端口
30 为所述进料端口，另一个端口位于阀体的侧壁上且设置有沿原料气阀的阀体的外侧壁水平地延伸的第二弧形槽，所述第二弧形槽用于将进料气流引导至与所述第二弧形槽对齐的通孔中，所述第二弧形槽与所述第一弧形槽的弧度相同、竖直相对；

所述原料气阀的第二组流道是第一排气通道，其一个端口为所述排出端口，另一个端口为第一尾气入口位于所述原料气阀的阀体的侧壁上，所述第一排气通道用于将尾气从与所述第一尾气入口对齐的通孔引导至所述排出端口；以及

- 5 所述原料气阀的第三组流道是第二排气通道，其与所述第一排气通道构成 F 型，所述第二排气通道的一个端口为所述排出端口，另一个端口为第二尾气入口位于所述原料气阀的阀体的侧壁上，所述第二排气通道用于将尾气从与所述第二尾气入口对齐的通孔引导至所述排出端口。

- 10 优选地，所述第一尾气入口和/或所述第二尾气入口设置有沿原料气阀的阀体的外侧壁水平地延伸的第三弧形槽，所述第三弧形槽用于将尾气从与所述第三弧形槽对齐的通孔引导至所述排出端口。

优选地，所述第一弧形槽和所述第二弧形槽的弧度为 $\pi/6 \sim 5\pi/6$ 。

优选地，所述吸附塔的数量大于或等于 4 个。

- 15 优选地，所述设定时序为变压吸附的工艺时序。

优选地，所述产品气阀的阀体与所述原料气阀的阀体匀速旋转或步进旋转。

- 根据本发明的第三方面，本发明提供了一种使用上文所述的变压吸附装置从气体混合物回收吸附性较弱的组分的方法，所述多个吸附塔包括第一吸附塔、第二吸附塔、第三吸附塔和第四吸附塔，所述方法能选择性地以第一工艺时序和第二工艺时序中的一个操作。

优选地，第一工艺时序包括如下步序：

步序一：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔处于第一增压步骤，第三吸附塔处于逆放再生步骤，第四吸附塔处于第一减压步骤；

- 25 步序二：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第三吸附塔处于吹扫再生步骤，第四吸附塔处于吹扫步骤；

- 步序三：第一吸附塔处于吸附+增压步骤，第二吸附塔处于吸附准备增压步骤，第三吸附塔处于第二增压步骤，第四吸附塔处于第二减压步骤；

步序四：第一吸附塔处于第一减压步骤，第二吸附塔处于吸附步骤，第三吸附塔处于第一增压步骤，第四吸附塔处于逆放再生步骤；

步序五：第二吸附塔处于吸附步骤，第三吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第四吸附塔处于吹扫再生步骤，第一吸附塔处于吹扫步骤；

步序六：第一吸附塔处于第二减压步骤，第二吸附塔处于吸附+增压步骤，第三吸附塔处于吸附准备增压步骤，第四吸附塔处于第二增压步骤；

步序七：第一吸附塔处于逆放再生步骤，第二吸附塔处于第一减压步骤，第三吸附塔处于吸附步骤，第四吸附塔处于第一增压步骤；

步序八：第三吸附塔处于吸附步骤，第四吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第一吸附塔处于吹扫再生步骤，第二吸附塔处于吹扫步骤；

步序九：第一吸附塔处于第二增压步骤，第二吸附塔处于第二减压步骤，第三吸附塔处于吸附+增压步骤，第四吸附塔处于吸附准备增压步骤；

步序十：第一吸附塔处于第一增压步骤，第二吸附塔处于逆放再生步骤，第三吸附塔处于第一减压步骤，第四吸附塔处于吸附步骤；

步序十一：第四吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第二吸附塔处于吹扫再生步骤，第三吸附塔处于吹扫步骤；

步序十二：第一吸附塔处于吸附准备增压步骤，第二吸附塔处于第二增压步骤，第三吸附塔处于第二减压步骤，第四吸附塔处于吸附+增压步骤。

优选地，第二工艺时序包括如下步序：

步序一：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔处于第一增压步骤，第三吸附塔处于逆放再生步骤，第四吸附塔处于第一减压步骤；

步序二：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔、第三吸附塔和第四吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序三：第一吸附塔处于吸附+增压步骤，第二吸附塔处于吸附准备增压步骤，第三吸附塔处于第二增压步骤，第四吸附塔处于第二减压步骤；

步序四：第一吸附塔处于第一减压步骤，第二吸附塔处于吸附步骤，第三吸附塔处于第一增压步骤，第四吸附塔处于逆放再生步骤；

步序五：第二吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔、第三吸附塔和第四吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序六：第一吸附塔处于第二减压步骤，第二吸附塔处于吸附+增压步骤，第三吸附塔处于吸附准备增压步骤，第四吸附塔处于第二增压步骤；

步序七：第一吸附塔处于逆放再生步骤，第二吸附塔处于第一减压步骤，第三吸附塔处于吸附步骤，第四吸附塔处于第一增压步骤；

步序八：第三吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔、第二吸附塔和第四吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

10 步序九：第一吸附塔处于第二增压步骤，第二吸附塔处于第二减压步骤，第三吸附塔处于吸附+增压步骤，第四吸附塔处于吸附准备增压步骤；

步序十：第一吸附塔处于第一增压步骤，第二吸附塔处于逆放再生步骤，第三吸附塔处于第一减压步骤，第四吸附塔处于吸附步骤；

15 步序十一：第四吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔、第二吸附塔和第三吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序十二：第一吸附塔处于吸附准备增压步骤，第二吸附塔处于第二增压步骤，第三吸附塔处于第二减压步骤，第四吸附塔处于吸附+增压步骤。

20 与现有技术相比，本发明具有如下一个或多个有益效果：

1. 本发明通过旋转阀的阀体与阀套结构设计及流道布置相配合，能够切换流道组的工作状态，从而实现不同时序工艺的在线切换，满足现场原料波动对工艺条件改进的需求，提升了生产灵活性；也可以在流道组出现磨损等状况时，及时切换至其它流道组，延长装置的使用周期。

2. 通过旋转阀的分体设计配合可切换工作状态的流道组布置，能够实现阀块（及相应的流道组）在线更换与维修，保证了旋转阀的在线率，提高生产效率，特别适用于长周期项目。

3. 本发明的变压吸附装置采用高度集成的旋转阀设计代替常规变压吸附的多个程控阀组，能够实现 10 秒至 10 分钟一个吸附周期的变压吸附过程，节省了物耗；同时，本发明的变压吸附装置仅旋转阀的阀体为转动部件，吸附塔及其它管线为固定布置，进一步解决了装置

的集成问题。

上述说明仅为本发明技术方案的概述，为了能够更清楚地了解本发明的技术手段并可依据说明书的内容予以实施，同时为了使本发明的上述和其它目的、技术特征以及优点更加易懂，以下列举一个或多个优选实施例，并配合附图详细说明如下。

附图说明

图 1 是根据本发明的变压吸附装置的剖面结构示意图。

图 2 是根据本发明的一个实施方式的产品气阀的阀体在第一工艺
10 时序时的流道布置示意图。

图 3 是根据本发明的一个实施方式的产品气阀的阀体在第二工艺时序时的流道布置示意图。

图 4 是根据本发明的一个实施方式的原料气阀的阀体在第一工艺时序时的流道布置示意图。

15 图 5 是根据本发明的一个实施方式的原料气阀的阀体在第二工艺时序时的流道布置示意图。

图 6 是根据本发明的一个实施方式的变压吸附装置的工作过程示意图，其中变压吸附装置切换为第一工艺时序，未示出产品气阀和原料气阀的阀套结构。

20 图 7 是根据本发明的一个实施方式的变压吸附装置的工作过程示意图，其中变压吸附装置切换为第二工艺时序，未示出产品气阀和原料气阀的阀套结构。

图 8 是根据本发明的一个实施方式的变压吸附装置的立体结构示意图。

25 主要附图标记说明：

10、20、30、40-吸附塔，11、21、31、41-底部气道，12、22、32、42-顶部气道，50-产品气阀，51-阀体，511-上阀块，512-中阀块，513-下阀块，52-阀套，520-通孔，521-竖直槽，522-切换阀，531-产品气通道，5311-产品气端口，5312-端口，5313-第一弧形槽，541、542、543-
30 第一均压通道，551、552-第二均压通道，60-原料气阀，61-阀体，62-阀套，620-通孔，621-竖直槽，622-切换阀，631-原料气通道，6311-进料端口，6312-端口，6313-第二弧形槽，641-第一排气通道，6411-

排出端口, 6412-第一尾气入口, 6413-第三弧形槽, 642-第二排气通道, 6422-第二尾气入口, 70-产品收集管道, 80-原料气供气管道, 90-尾气收集管道。

5 具体实施方式

下面结合附图, 对本发明的具体实施方式进行详细描述, 但应当理解本发明的保护范围并不受具体实施方式的限制。

除非另有其它明确表示, 否则在整个说明书和权利要求书中, 术语“包括”或其变换如“包含”或“包括有”等等将被理解为包括所
10 陈述的元件或组成部分, 而并未排除其它元件或其它组成部分。

在本文中, 为了描述的方便, 可以使用空间相对术语, 诸如“下面”、“下方”、“下”、“上面”、“上方”、“上”等, 来描述一个元件或特征与另一元件或特征在附图中的关系。应理解的是, 空间相对术语旨在包含除了在图中所绘的方向之外物件在使用或操作中的不同方向。
15 例如, 如果在图中的物件被翻转, 则被描述为在其它元件或特征“下方”或“下”的元件将取向在元件或特征的“上方”。因此, 示范性术语“下方”可以包含下方和上方两个方向。物件也可以有其它取向(旋转90度或其它取向)且应对本文使用的空间相对术语作出相应的解释。

在本文中, 术语“第一”、“第二”等是用以区别两个不同的元件
20 或部位, 并不是用以限定特定的位置或相对关系。换言之, 在一些实施例中, 术语“第一”、“第二”等也可以彼此互换。

图1示出了根据本发明的变压吸附装置, 其包括产品气阀50和原料气阀60, 产品气阀50的阀体51与原料气阀60的阀体61按照设定
25 时序同轴、同步旋转。本实施例的变压吸附装置设有四个吸附塔10、20、30和40, 相应地, 产品气阀50和原料气阀60各有四个通孔。应当理解的是, 变压吸附装置可以设置有任何数量的吸附塔, 只要吸附塔的数量与产品气阀50和原料气阀60的通孔的数量相对应即可, 而不偏离本发明的范围。

实施例1

30 如图1~3所示, 产品气阀50为根据本发明的实施例1的旋转阀, 产品气阀50包括阀体51和阀套52。阀体51容纳在阀套52的内部腔中。阀体51为圆柱体结构, 阀体51内设有三个流道组: 第一组流道、

第二组流道和第三组流道。第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口设置在阀体 51 的表面。阀套 52 同轴密封套设在阀体 51 外，阀套 52 均匀开设多个通孔 520，每个通孔 520 的内端设置有沿阀套的内壁上下延伸的竖直槽 521，竖直槽 521 沿竖直方向分为三段，分别对应第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口。应当理解的是，阀体 51 和阀套 52 的内部腔可以是横截面为椭圆的柱形、锥形、或者垂直于旋转阀的旋转轴具有圆形截面的任何其它的形状。阀体 51 和阀套 52 的内部腔之间容纳密封件，诸如填密件、O 形环、垫圈或者适合于防止气体在阀体 51 和阀套 52 之间流动的其它的弹性体材料（未示出）。该填密件、O 形环、垫圈或者其它的弹性体材料应当具有低摩擦系数，以允许在此材料和阀体 51 的外表面和/或阀套 52 的内部腔的内表面之间的密封滑动接触。

通孔 520 处设有切换阀 522，切换阀 522 将第二组流道和第三组流道中的一组切换为工作状态。阀体 51 能够围绕轴线相对于阀套 52 旋转，以使得多个通孔 520 与处于工作状态的第二组流道或第三组流道的端口相组合连通从而改变工艺操作模式，每一个通孔 520 至多与阀体 51 的一个端口相连通。

产品气阀 50 的三个流道组包括一个常开流道组（第一组流道）和两个切换流道组（第二组流道和第三组流道）。第一组流道包括产品气通道 531，产品气通道 531 的两个端口分别为位于阀体 51 顶面中心的产品气端口 5311 和位于阀体 51 的侧壁上的端口 5312，端口 5312 设置有沿阀体的外侧壁水平地延伸的第一弧形槽 5313。其中第二组流道包括三个第一均压通道 541、542 和 543，第一均压通道 541、542 和 543 的端口均设置在阀体 51 的侧壁上；第三组流道包括两个第二均压通道 551 和 552，第二均压通道 551 和 552 的端口均设置在阀体 51 的侧壁上。在本实施例中，两个切换流道组对应的工艺时序不同，应当了解的是，本发明并不限于所公开的具体流道组。本领域技术人员可以根据需要选择任何合适数量和结构的流道组。

在本实施例中，阀体 51 由上阀块 511、中阀块 512 和下阀块 513 组成，产品气通道 531 设置在中阀块 512 中，并向上穿过上阀块 511，第一均压通道 541、542 和 543 设置在上阀块 511 中，第二均压通道 551 和 552 设置在下阀块 513 中。上阀块 511 和下阀块 513 均可拆卸。将

切换阀 522 切换至中阀块 512 和下阀块 513 中的第三组流道处于工作状态后，可以将上阀块 511 拆卸下来；将切换阀 522 切换至上阀块 511 和中阀块 512 中的第二组流道处于工作状态后，可以将下阀块 513 拆卸下来。不论是拆卸上阀块 511 还是下阀块 513，产品气通道 531 可保持工作状态，因此无需停机。

实施例 2

如图 1、4 和 5 所示，原料气阀 60 为根据本发明的实施例 2 的旋转阀，原料气阀 60 包括阀体 61 和阀套 62。阀体 61 容纳在阀套 62 的内部腔中。阀体 61 为圆柱体结构，阀体 61 内设有三个流道组：第一组流道、第二组流道和第三组流道。第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口设置在阀体 61 的表面。阀套 62 同轴密封套设在阀体 61 外，阀套 62 均匀开设多个通孔 620，每个通孔 620 的内端设置有沿阀套的内壁上下延伸的竖直槽 621，竖直槽 621 沿竖直方向分为三段，分别对应第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口。应当理解的是，阀体 61 和阀套 62 的内部腔可以是横截面为椭圆的柱形、锥形、或者垂直于旋转阀的旋转轴具有圆形截面的任何其它的形状。阀体 61 和阀套 62 的内部腔之间容纳密封件，诸如填密件、O 形环、垫圈或者适合于防止气体在阀体 61 和阀套 62 之间流动的其它的弹性体材料（未示出）。该填密件、O 形环、垫圈或者其它的弹性体材料应当具有低摩擦系数，以允许在此材料和阀体 61 的外表面和/或阀套 62 的内部腔的内表面之间的密封滑动接触。

通孔 620 处设有切换阀 622，切换阀 622 将第二组流道和第三组流道中的一组切换为工作状态。阀体 61 能够围绕轴线相对于阀套 62 旋转，以使得多个通孔 620 与处于工作状态的第二组流道或第三组流道的端口相组合连通从而改变工艺操作模式，每一个通孔 620 至多与阀体 61 的一个端口相连通。

原料气阀 60 的三个流道组包括一个常开流道组（第一组流道）和两个切换流道组（第二组流道和第三组流道）。第一组流道包括原料气通道 631，原料气通道 631 的两个端口分别为位于阀体 61 顶面中心的进料端口 6311 和位于阀体 61 的侧壁上的端口 6312，端口 6312 设置有沿阀体的外侧壁水平地延伸的第二弧形槽 6313。第二组流道包括第一排气通道 641，第一排气通道 641 的两个端口分别为位于阀体 61 底面

中心的排出端口 6411 和位于阀体 61 的侧壁上的第一尾气入口 6412，第一尾气入口 6412 设置有沿阀体的外侧壁水平地延伸的第三弧形槽 6413。第三组流道包括第二排气通道 642，第二排气通道 642 与第一排气通道 641 构成 F 型，第二排气通道 642 的两个端口分别为位于阀体 5
61 底面中心的排出端口 6411 和位于阀体 61 的侧壁上的第二尾气入口 6422。在本实施例中，两个切换流道组对应的工艺时序不同，应当了解的是，本发明并不限于所公开的具体流道组。本领域技术人员可以根据需要选择任何合适数量和结构的流道组。

参考图 1~8 所示，变压吸附装置包括产品气阀 50 和原料气阀 60、
10 以及四个吸附塔 10、20、30 和 40。吸附塔 10、20、30 和 40 的底部气道 11、21、31 和 41 分别与原料气阀 60 的通孔 620 相连通，顶部气道 12、22、32 和 42 分别与产品气阀 50 的通孔 520 相连通。产品气阀 50 的产品气端口 5311 连接产品收集管道 70，原料气阀 60 的进料端口 6311 与原料气供气管道 80 相连通，排出端口 6411 与尾气收集管道 90 相连
15 通。第一弧形槽 5313 与第二弧形槽 6313 的弧度相同并且上下严格相对。

在本实施例中，第一弧形槽 5313 与第二弧形槽 6313 的弧度均为 $\pi/2$ ，第三弧形槽 6413 的弧度为 $\pi/6$ 。产品气阀 50 的第一均压通道 541 的两个端口之间的夹角为 180° ，第一均压通道 542 的两个端口之间的
20 夹角为 90° ，第一均压通道 543 的两个端口之间的夹角为 90° ，相邻第一均压通道之间的夹角为 30° ；第二均压通道 551 的两个端口之间的夹角为 180° ，第二均压通道 552 的两个端口之间的夹角为 90° ，相邻第二均压通道之间的夹角为 60° 。应当理解的是，第一弧形槽 5313、第二弧形槽 6313 和第三弧形槽 6413 的弧度以及产品气阀 50 的各个第
25 一均压通道 541，542，543 和第二均压通道 551，552 的两个端口之间的夹角可以采用任何其它合适的值，而不偏离本发明的范围。本领域技术人员可以根据吸附塔的具体数量和具体的工艺步骤要求来选择合适的值。

在本实施例中，第一弧形槽 5313 用于引导至少一个吸附塔的产品
30 气在产品气端口 5311 和与第一弧形槽 5313 对齐的通孔 520 之间流动；第一均压通道 541、542 和 543 用于引导产品气在与第一均压通道 541、542 和 543 的两个端口对齐的两个通孔 520 之间流动；第二均压通道

551 和 552 用于引导产品气在与第二均压通道 551 和 552 的两个端口对齐的两个通孔 520 之间流动。

在本实施例中，第二弧形槽 6313 用于将进料气流引导至与第二弧形槽 6313 对齐的通孔 620 中；第一排气通道 641 用于将尾气从与第一
5 尾气入口 6412 对齐的通孔 620 引导至排出端口 6411；第二排气通道 642 用于将尾气从与第二尾气入口 6422 对齐的通孔 620 引导至排出端口 6411；第三弧形槽 6413 用于将尾气从与第三弧形槽 6413 对齐的通孔 620 引导至排出端口 6411。

本实施例的变压吸附装置可实现两种变压吸附工艺时序：第一工
10 艺时序和第二工艺时序。在工作过程中，仅产品气阀 50 的阀体 51 和原料气阀 60 的阀体 61 同步旋转，其它部件均固定不动。

下面结合图 6 和表 1，说明本实施例的变压吸附装置采用第一工艺时序的工作过程。

产品气阀 50 的切换阀 522 使得产品气通道 531 和第一均压通道 541、
15 542 和 543 处于工作状态，原料气阀 60 的切换阀 622 使得原料气通道 631 和第一排气通道 641 处于工作状态。每个吸附塔在第一工艺时序的一个工艺周期中经历吸附、第一均压、吹扫再生、第二均压、逆放再生（或逆流再生）和增压的步骤。产品气阀 50 的阀体 51 和原料气阀 60 的阀体 61 沿顺时针方向同步转动，步序间隔为 30°。

20

表 1：第一工艺时序的各步序中各个吸附塔 10、20、30、40 的步骤

步序 吸附塔	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
10	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	10
20	9	X	10	1	1	2	3	4	5	6	7	8
30	6	7	8	9	X	10	1	1	2	3	4	5
40	3	4	5	6	7	8	9	X	10	1	1	2

步骤 1—吸附步骤：引入原料气到处于步骤 1 的吸附塔的底部气道，
25 其中通过吸附剂将吸附性较强的组分除去，并且吸附性较弱的组分从

该吸附塔的顶部气道作为产品气体被抽出。所有这些产品气体是送到可选择的最最终产品气体收集罐的最最终的产品气体，并且从那里传送到下游使用者。

5 步骤 2—吸附+增压步骤：继续引入原料气到处于步骤 2 的吸附塔的底部气道，其中，吸附性较强的组分通过吸附剂除去，并且吸附性较弱的组分穿过该吸附塔的顶部气道作为产品气体。产品气体的一部分送到可选择的最最终产品气体收集罐的最最终产品气体并且从那里到下游使用者，并且产品气体的另一部分被引入到经受增压步骤的另一个吸附塔的顶部气道（步骤 10）。

10 步骤 3—第一减压步骤：通过从处于步骤 3 的吸附塔的顶部气道抽出减压气体，从步骤 2 中的压力开始对该吸附塔降压，直到该吸附塔中的压力下降到第一中间压力，其中，减压气体引入到经受第一增压步骤（步骤 9）的吸附塔的顶部气道。也就是说，步骤 3 是从吸附塔完成吸收步骤之后的压力下降到第一中间压力的第一减压步骤。

15 步骤 4—吹扫步骤：通过从该吸附塔的顶部气道抽出吹扫气体，从第一中间压力开始对该吸附塔降压，直到该吸附塔中的压力下降到第二中间压力，其中该吹扫气体逆流地引入到经受吹扫再生（步骤 7）的吸附塔的顶部气道。也就是说，步骤 4 是将吹扫气体引入经受吹扫再生（步骤 7）的吸附塔的吹扫步骤。

20 步骤 5—第二减压步骤：通过从处于步骤 5 的吸附塔的顶部气道抽出减压气体，从第二中间压力开始对该吸附塔降压，直到该吸附塔中的压力下降到第三中间压力，其中，减压气体引入到经受第二增压步骤（步骤 8）的吸附塔的顶部气道。也就是说，步骤 5 是从吸附塔从第二中间压力下降到第三中间压力的第二减压步骤。

25 步骤 6—逆放再生步骤：处于步骤 6 的吸附塔的底部气道与第一排气通道 641 相连通，该吸附塔内的逆放尾气由上至下排出，实现该吸附塔的逆放再生步骤。

步骤 7—吹扫再生步骤：通过引入吹扫气体到处于步骤 7 的吸附塔的顶部气道，该吸附塔的底部气道经第三弧形槽 6413 与第一排气通道 30 641 相连通，吹扫尾气由上至下排出该吸附塔，进行该吸附塔的吹扫再生步骤，其中从经受吹扫步骤（步骤 4）的吸附塔的顶部气道提供吹扫气体。

步骤 8—第二增压步骤:通过引入加压气体到处于步骤 8 的吸附塔的顶部气道,从第三中间压力开始对该吸附塔增压到等于或者小于第一中间压力的第四中间压力,其中,从经受第二减压步骤(步骤 5)的吸附塔的产品端提供加压气体。

- 5 步骤 9—第一增压步骤:通过引入加压气体到处于步骤 9 的吸附塔的顶部气道,从第四中间压力开始对该吸附塔增压,其中,从经受第一减压步骤(步骤 3)的吸附塔的产品端提供加压气体。

10 步骤 10—准备吸附增压步骤:通过引入产品气体到处于步骤 10 的吸附塔的顶部气道,对该吸附塔增压,其中,产品气体从经受步骤 2 的吸附塔的顶部气道被提供。在此步骤的结束处,该吸附塔准备好开始步骤 1。步骤 1 到 10 以循环的方式重复。在一个例子中,更强吸附的组分是氮气并且吸附性较弱的组分是氧气。在另一个例子中,更强吸附的组分是氮气并且吸附性较弱的组分是氢气。应当理解的是,本发明可用来分离其它任何合适的气体混合物。

- 15 步序一:吸附塔 10 处于步骤 1;吸附塔 20 处于步骤 9;吸附塔 30 处于步骤 6;吸附塔 40 处于步骤 3。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60,经由第二弧形槽 6313 和底部气道 11 进入吸附塔 10 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 10 中的吸附剂床层后,杂质被吸附在床层中,提纯的产品气经顶部气道 12 进入通孔,在第一弧形槽 5313 的引导下进入产品气阀 50 的产品气通道 531 并排出。吸附塔 10 处于吸附步骤。吸附塔 20 的顶部气道 22 和吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第一均压通道 541 相连通,吸附塔 20 与吸附塔 40 进行第一均压步骤。吸附塔 30 的底部气道 31 与第一排气通道 641 相连通,吸附塔 30 内的逆放尾气由上至下排出,实现吸附塔 30 的逆放再生步骤。

- 25 步序二:吸附塔 10 处于步骤 1;吸附塔 20 处于切出状态,不进行任何操作;吸附塔 30 处于步骤 6;吸附塔 40 处于步骤 3。吸附塔 10 仍处于吸附步骤。吸附塔 30 的顶部气道 32 和吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第一均压通道 543 相连通,吸附塔 30 的底部气道 31 经第三弧形槽 6413 与第一排气通道 641 相连通,吹扫尾气由上至下排出吸附塔 30,进行吸附塔 40 对吸附塔 30 的吹扫再生步骤。

步序三:吸附塔 10 处于步骤 2;吸附塔 20 处于步骤 9;吸附塔 30 处于步骤 6;吸附塔 40 处于步骤 3。吸附塔 10 仍处于吸附步骤。同时,

吸附塔 10 的顶部气道 12 与吸附塔 20 的顶部气道 22 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 10 对吸附塔 20 进行增压，在此过程中，吸附塔 20 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 30 的顶部管线 32 与吸附塔 40 的顶部管线 42 通过第一均压通道 542 相连通，吸附塔 30 与吸附塔 40 进行第二均压步骤。

步序四：吸附塔 10 处于步骤 3；吸附塔 20 处于步骤 1；吸附塔 30 处于步骤 9；吸附塔 40 处于步骤 6。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 21 进入吸附塔 20 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 20 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层中，提纯的产品气经顶部气道 22 由第一弧形槽 5313 进入产品气阀 50 由产品气通道 531 排出。吸附塔 20 处于吸附步骤。吸附塔 30 的顶部气道 32 和吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第一均压通道 541 相连通，吸附塔 30 与吸附塔 10 进行第一均压步骤。吸附塔 40 的底部气道 41 与第一排气通道 641 相连通，吸附塔 40 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 40 的逆放再生步骤。

步序五：吸附塔 10 处于步骤 4；吸附塔 20 处于步骤 1；吸附塔 30 处于切出状态，不进行任何操作；吸附塔 40 处于步骤 7。吸附塔 20 仍处于吸附步骤。吸附塔 10 的顶部气道 12 和吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第一均压通道 543 相连通，吸附塔 40 的底部气道 41 经第三弧形槽 6413 与第一排气通道 641 相连通，吹扫尾气由上至下排出吸附塔 40，进行吸附塔 10 对吸附塔 40 的吹扫再生步骤。

步序六：吸附塔 10 处于步骤 5；吸附塔 20 处于步骤 2；吸附塔 30 处于步骤 10；吸附塔 40 处于步骤 8。吸附塔 20 仍处于吸附步骤。同时，吸附塔 20 的顶部气道 22 与吸附塔 30 的顶部气道 32 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 20 对吸附塔 30 进行增压，在此过程中，吸附塔 30 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 10 的顶部管线 12 与吸附塔 40 的顶部管线 42 通过第一均压通道 542 相连通，吸附塔 10 与吸附塔 40 进行第二均压步骤。

步序七：吸附塔 10 处于步骤 6；吸附塔 20 处于步骤 3；吸附塔 30 处于步骤 1；吸附塔 40 处于步骤 9。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 31 进入吸附塔 30 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 30 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层

中，提纯的产品气经顶部气道 32 进入通孔，在第一弧形槽 5313 的引导下进入产品气阀 50 的产品气通道 531 并排出。吸附塔 30 处于吸附步骤。吸附塔 20 的顶部气道 22 和吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第一均压通道 541 相连通，吸附塔 20 与吸附塔 40 进行第一均压步骤。吸附塔 10 的底部气道 11 与第一排气通道 641 相连通，吸附塔 10 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 10 的逆放再生步骤。

步骤八：吸附塔 10 处于步骤 7；吸附塔 20 处于步骤 4；吸附塔 30 处于步骤 1；吸附塔 40 处于切出状态，不进行任何操作。吸附塔 30 仍处于吸附步骤。吸附塔 20 的顶部气道 22 和吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第一均压通道 543 相连通，吸附塔 10 的底部气道 11 经第三弧形槽 6413 与第一排气通道 641 相连通，吹扫尾气由上至下排出吸附塔 10，进行吸附塔 20 对吸附塔 10 的吹扫再生步骤。

步骤九：吸附塔 10 处于步骤 8；吸附塔 20 处于步骤 5；吸附塔 30 处于步骤 2；吸附塔 40 处于步骤 10。吸附塔 30 仍处于吸附步骤。同时，吸附塔 30 的顶部气道 32 与吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 30 对吸附塔 40 进行增压，在此过程中，吸附塔 40 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 10 的顶部管线 12 与吸附塔 20 的顶部管线 22 通过第一均压通道 542 相连通，吸附塔 10 与吸附塔 20 进行第二均压步骤。

步骤十：吸附塔 10 处于步骤 9；吸附塔 20 处于步骤 6；吸附塔 30 处于步骤 3；吸附塔 40 处于步骤 1。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 41 进入吸附塔 40 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 40 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层中，提纯的产品气经顶部气道 42 由第一弧形槽 5313 进入产品气阀 50 由产品气通道 531 排出。吸附塔 40 处于吸附步骤。吸附塔 30 的顶部气道 32 和吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第一均压通道 541 相连通，吸附塔 30 与吸附塔 10 进行第一均压步骤。吸附塔 20 的底部气道 21 与第一排气通道 641 相连通，吸附塔 20 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 20 的逆放再生步骤。

步骤十一：吸附塔 10 处于切出状态，不进行任何操作；吸附塔 20 处于步骤 7；吸附塔 30 处于步骤 4；吸附塔 40 处于步骤 1。吸附塔 40 仍处于吸附步骤。吸附塔 20 的顶部气道 22 和吸附塔 30 的顶部气道 32

通过第一均压通道 543 相连通，吸附塔 20 的底部气道 21 经第三弧形槽 6413 与第一排气通道 641 相连通，吹扫尾气由上至下排出吸附塔 20，进行吸附塔 30 对吸附塔 20 的吹扫再生步骤。

步序十二：吸附塔 10 处于步骤 10；吸附塔 20 处于步骤 8；吸附塔 30 处于步骤 5；吸附塔 40 处于步骤 2。吸附塔 40 仍处于吸附步骤。同时，吸附塔 40 的顶部气道 42 与吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 40 对吸附塔 10 进行增压，在此过程中，吸附塔 10 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 20 的顶部管线 22 与吸附塔 30 的顶部管线 32 通过第一均压通道 542 相连通，吸附塔 20 与吸附塔 30 进行第二均压步骤。

下面结合图 7 和表 2，说明本实施例的变压吸附装置采用第二工艺时序的工作过程。

产品气阀 50 的切换阀 522 使得产品气通道 531 和第二均压通道 551 和 552 处于工作状态，原料气阀 60 的切换阀 622 使得原料气通道 631 和第二排气通道 651 处于工作状态。每个吸附塔在第二工艺时序的一个工艺周期中经历吸附、第一均压、第二均压、逆放再生和增压的步骤。产品气阀 50 的阀体 51 和原料气阀 60 的阀体 61 沿顺时针方向同步转动，步序间隔为 30°。

表 2：第二工艺时序的各步序中各个吸附塔 10、20、30、40 的步骤

步序 吸附塔	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
10	1	1	2	3	X	4	5	X	6	7	X	8
20	7	X	8	1	1	2	3	X	4	5	X	6
30	5	X	6	7	X	8	1	1	2	3	X	4
40	3	X	4	5	X	6	7	X	8	1	1	2

步骤 1—吸附步骤：引入原料气到处于步骤 1 的吸附塔的底部气道，其中通过吸附剂将吸附性较强的组分除去，并且吸附性较弱的组分从该吸附塔的顶部气道作为产品气体被抽出。所有这些产品气体是送到

可选择的最最终产品气体收集罐的最最终的产品气体，并且从那里传送到下游使用者。

步骤 2—吸附+增压步骤：继续引入原料气到处于步骤 2 的吸附塔的底部气道，其中，吸附性较强的组分通过吸附剂除去，并且吸附性较弱的组分穿过该吸附塔的顶部气道作为产品气体。产品气体的一部分送到可选择的最最终产品气体收集罐的最最终产品气体并且从那里到下游使用者，并且产品气体的另一部分被引入到经受增压步骤的另一个吸附塔的顶部气道（步骤 8）。

步骤 3—第一减压步骤：通过从处于步骤 3 的吸附塔的顶部气道抽出减压气体，从步骤 2 中的压力开始对该吸附塔降压，直到该吸附塔中的压力下降到第一中间压力，其中，减压气体引入到经受第一增压步骤（步骤 7）的吸附塔的顶部气道。也就是说，步骤 3 是从吸附塔完成吸收步骤之后的压力下降到第一中间压力的第一减压步骤。

步骤 4—第二减压步骤：通过从处于步骤 4 的吸附塔的顶部气道抽出减压气体，从第二中间压力开始对该吸附塔降压，直到该吸附塔中的压力下降到第三中间压力，其中，减压气体引入到经受第二增压步骤（步骤 6）的吸附塔的顶部气道。也就是说，步骤 4 是从吸附塔从第二中间压力下降到第三中间压力的第二减压步骤。

步骤 5—逆放再生步骤：处于步骤 5 的吸附塔的底部气道与第一排气通道 641 相连通，该吸附塔内的逆放尾气由上至下排出，实现该吸附塔的逆放再生步骤。

步骤 6—第二增压步骤：通过引入加压气体到处于步骤 6 的吸附塔的顶部气道，从第三中间压力开始对该吸附塔增压到等于或者小于第一中间压力的第四中间压力，其中，从经受第二减压步骤（步骤 4）的吸附塔的产品端提供加压气体。

步骤 7—第一增压步骤：通过引入加压气体到处于步骤 7 的吸附塔的顶部气道，从第四中间压力开始对该吸附塔增压，其中，从经受第一减压步骤（步骤 3）的吸附塔的产品端提供加压气体。

步骤 8—准备吸附增压步骤：通过引入产品气体到处于步骤 8 的吸附塔的顶部气道，对该吸附塔增压，其中，产品气体从经受步骤 2 的吸附塔的顶部气道被提供。在此步骤的结束处，该吸附塔准备好开始步骤 1。步骤 1 到 8 以循环的方式重复。在一个例子中，更强吸附的组

分是氮气并且吸附性较弱的组分是氧气。在另一个例子中，更强吸附的组分是氮气并且吸附性较弱的组分是氢气。应当理解的是，本发明可用来分离其它任何合适的气体混合物。

步序一：吸附塔 10 处于步骤 1；吸附塔 20 处于步骤 7；吸附塔 30 处于步骤 5；吸附塔 40 处于步骤 3。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 11 进入吸附塔 10 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 10 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层中，提纯的产品气经第一弧形槽 5313 进入产品气阀 50 由产品气通道 531 排出。吸附塔 10 处于吸附步骤。吸附塔 20 的顶部气道 22 和吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第二均压通道 551 相连通，吸附塔 20 与吸附塔 40 进行第一均压步骤。吸附塔 30 的底部气道 31 与第二排气通道 651 相连通，吸附塔 30 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 30 的逆放再生步骤。

步序二：吸附塔 10 处于步骤 1。吸附塔 10 仍处于吸附步骤。吸附塔 20、30 和 40 均处于切出状态，不进行任何操作。

步序三：吸附塔 10 处于步骤 2；吸附塔 20 处于步骤 8；吸附塔 30 处于步骤 6；吸附塔 40 处于步骤 4。吸附塔 10 仍处于吸附步骤。同时，吸附塔 10 的顶部气道 12 与吸附塔 20 的顶部气道 22 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 10 对吸附塔 20 进行增压，在此过程中，吸附塔 20 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 30 的顶部管线 32 与吸附塔 40 的顶部管线 42 通过第二均压通道 552 相连通，吸附塔 30 与吸附塔 40 进行第二均压步骤。

步序四：吸附塔 10 处于步骤 3；吸附塔 20 处于步骤 1；吸附塔 30 处于步骤 7；吸附塔 40 处于步骤 5。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 21 进入吸附塔 20 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 20 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层中，提纯的产品气经第一弧形槽 5313 进入产品气阀 50 由产品气通道 531 排出。吸附塔 20 处于吸附步骤。吸附塔 30 的顶部气道 32 和吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第二均压通道 551 相连通，吸附塔 30 与吸附塔 10 进行第一均压步骤。吸附塔 40 的底部气道 41 与第二排气通道 651 相连通，吸附塔 40 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 40 的逆放再生步骤。

步序五：吸附塔 20 处于步骤 1。吸附塔 20 仍处于吸附步骤。吸附塔 10、30 和 40 均处于切出状态，不进行任何操作。

步序六：吸附塔 10 处于步骤 4；吸附塔 20 处于步骤 2；吸附塔 30 处于步骤 8；吸附塔 40 处于步骤 6。吸附塔 20 仍处于吸附步骤。同时，
5 吸附塔 20 的顶部气道 22 与吸附塔 30 的顶部气道 32 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 20 对吸附塔 30 进行增压，在此过程中，吸附塔 30 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 10 的顶部管线 12 与吸附塔 40 的顶部管线 42 通过第二均压通道 552 相连通，吸附塔 10 与吸附塔 40 进行第二均压步骤。

10 步序七：吸附塔 10 处于步骤 5；吸附塔 20 处于步骤 3；吸附塔 30 处于步骤 1；吸附塔 40 处于步骤 7。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 31 进入吸附塔 30 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 30 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层中，提纯的产品气经第一弧形槽 5313 进入产品气阀 50 由产品气通道
15 531 排出。吸附塔 30 处于吸附步骤。吸附塔 20 的顶部气道 22 和吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第二均压通道 551 相连通，吸附塔 20 与吸附塔 40 进行第一均压步骤。吸附塔 10 的底部气道 11 与第二排气通道 651 相连通，吸附塔 10 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 10 的逆放再生步骤。

20 步序八：吸附塔 30 处于步骤 1。吸附塔 30 仍处于吸附步骤。吸附塔 10、20 和 40 均处于切出状态，不进行任何操作。

步序九：吸附塔 10 处于步骤 6；吸附塔 20 处于步骤 4；吸附塔 30 处于步骤 2；吸附塔 40 处于步骤 8。吸附塔 30 仍处于吸附步骤。同时，吸附塔 30 的顶部气道 32 与吸附塔 40 的顶部气道 42 通过第一弧形槽
25 5313 相连通，吸附塔 30 对吸附塔 40 进行增压，在此过程中，吸附塔 40 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 10 的顶部管线 12 与吸附塔 20 的顶部管线 22 通过第二均压通道 552 相连通，吸附塔 10 与吸附塔 20 进行第二均压步骤。

步序十：吸附塔 10 处于步骤 7；吸附塔 20 处于步骤 5；吸附塔 30
30 处于步骤 3；吸附塔 40 处于步骤 1。原料气由进料端口 6311 进入原料气阀 60，经由第二弧形槽 6313 和底部气道 41 进入吸附塔 40 的塔底。原料气自下而上经过吸附塔 40 中的吸附剂床层后，杂质被吸附在床层

中，提纯的产品气经第一弧形槽 5313 进入产品气阀 50 由产品气通道 531 排出。吸附塔 40 处于吸附步骤。吸附塔 30 的顶部气道 32 和吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第二均压通道 551 相连通，吸附塔 30 与吸附塔 10 进行第一均压步骤。吸附塔 20 的底部气道 21 与第二排气通道 651 5 相连通，吸附塔 20 内的逆放尾气由上至下排出，实现吸附塔 20 的逆放再生步骤。

步序十一：吸附塔 40 处于步骤 1。吸附塔 40 仍处于吸附步骤。吸附塔 10、20 和 30 均处于切出状态，不进行任何操作。

步序十二：吸附塔 10 处于步骤 8；吸附塔 20 处于步骤 6；吸附塔 10 30 处于步骤 4；吸附塔 40 处于步骤 2。吸附塔 40 仍处于吸附步骤。同时，吸附塔 40 的顶部气道 42 与吸附塔 10 的顶部气道 12 通过第一弧形槽 5313 相连通，吸附塔 40 对吸附塔 10 进行增压，在此过程中，吸附塔 10 增压至吸附压力，准备接收原料气。吸附塔 20 的顶部管线 22 与吸附塔 30 的顶部管线 32 通过第二均压通道 552 相连通，吸附塔 20 15 与吸附塔 30 进行第二均压步骤。

本实施例的变压吸附装置可以根据实际项目需要切换至合适的工艺时序，并根据原料波动等现场条件进行在线切换工艺时序，无需停机，保证了生产灵活性。第二工艺时序没有吹扫步骤和对应的吹扫再生步骤，因此当原料气的重组分较多时，切换至第一工艺时序，当原料气组成较好（即，重组分较少）时，切换至第二工艺时序。当某一 20 工艺时序对应的产品气阀的阀块需要更换或维修时，也可以实现在线操作，提高了旋转阀的在线率和生产效率，确保长周期项目的连续运行。

以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明 25 并不限于此。在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种简单变型，包括各个具体技术特征以任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复，本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。但这些简单变型和组合同样应当视为本发明所公开的内容，均属于本发明的保护范围。

30

权 利 要 求

1. 一种旋转阀，包括：

阀体，所述阀体内设有第一组流道、第二组流道和第三组流道，
5 第一组流道、第二组流道和第三组流道的端口设置在所述阀体的表面；
以及

阀套，所述阀套被同轴地密封套地设在所述阀体外，所述阀套均匀开设多个通孔，每个通孔的内端设置有沿阀套的内壁上下延伸的竖直槽，所述竖直槽沿竖直方向分为三段，分别连通第一组流道、第二
10 组流道和第三组流道的端口，第一组流道处于工作状态，所述通孔处设有切换阀，所述切换阀将第二组流道和第三组流道中的一组切换为工作状态，

所述阀体围绕旋转轴线相对于所述阀套旋转，以使得所述多个通孔与处于工作状态的第二组流道和第三组流道中的一组以及第一组流
15 道的端口以预定组合的方式连通从而实现不同的工艺时序，每个通孔至多与第一组流道、第二组流道或第三组流道中的一组的端口相连通。

2. 根据权利要求 1 所述的旋转阀，其中，所述第二组流道包括多个流道，第三组流道包括多个流道。

3. 根据权利要求 1 所述的旋转阀，其中，所述阀体由至少两个阀
20 块组成，所述至少两个阀块可拆卸连接，所述第二组流道和第三组流道设置在不同的阀块中。

4. 根据权利要求 1 所述的旋转阀，其中，所述第二组流道和第三组流道对应于相同或不同的工艺时序。

5. 根据权利要求 1 所述的旋转阀，其中，所述第一组流道的一个
25 端口位于所述阀体的顶面中心，所述第一组流道的另一个端口位于所述阀体的侧壁上且设置有沿阀体的外侧壁水平地延伸的弧形槽。

6. 一种变压吸附装置，包括：

原料气阀，其为权利要求 1 所述的旋转阀，所述原料气阀的端口包括设置在顶面中心的进料端口和设置在底面中心的排出端口；

30 产品气阀，其为权利要求 1 所述的旋转阀，所述产品气阀的端口包括设置在顶面中心的产品气端口，所述产品气阀的阀体与所述原料气阀的阀体按照预定时序同步旋转；以及

具有底部气道和顶部气道的多个吸附塔，底部气道分别与所述原料气阀的通孔相连通，顶部气道分别与所述产品气阀的通孔相连通。

7. 根据权利要求6所述的变压吸附装置，其中：

所述产品气阀的第一组流道是产品气通道，其一个端口为所述产品气端口，另一个端口位于产品气阀的阀体的侧壁上且设置有沿产品气阀的阀体的外侧壁水平地延伸的第一弧形槽，所述第一弧形槽用于引导相应吸附塔的产品气在所述产品气端口和与所述第一弧形槽对齐的通孔之间流动；

所述产品气阀的第二组流道是第一均压通道，其两个端口均设置在产品气阀的阀体的侧壁上，所述第一均压通道用于引导产品气在与所述第一均压通道的两个端口对齐的两个通孔之间流动；以及

所述产品气阀的第三组流道是第二均压通道，其两个端口均设置在产品气阀的阀体的侧壁上，所述第二均压通道用于引导产品气在与所述第二均压通道的两个端口对齐的两个通孔之间流动。

8. 根据权利要求7所述的变压吸附装置，其中，所述第一均压通道的数量为2~10个，相邻的所述第一均压通道的夹角为 10° 至 45° ；所述第二均压通道的数量为2~10个，相邻的所述第二均压通道的夹角为 10° 至 45° ；所述第一均压通道的布置与所述第二均压通道的布置相同或不同。

9. 根据权利要求7所述的变压吸附装置，其中，所述产品气阀的阀体由上阀块、中阀块和下阀块构成，所述产品气通道设置在所述中阀块内并穿过所述上阀块，所述第一均压通道和所述第二均压通道分别设置在所述上阀块和所述下阀块内，所述上阀块和所述下阀块与所述中阀块可拆卸地连接。

10. 根据权利要求7所述的变压吸附装置，其中：

所述原料气阀的第一组流道是原料气通道，其一个端口为所述进料端口，另一个端口位于阀体的侧壁上且设置有沿原料气阀的阀体的外侧壁水平地延伸的第二弧形槽，所述第二弧形槽用于将进料气流引导至与所述第二弧形槽对齐的通孔中，所述第二弧形槽与所述第一弧形槽的弧度相同、竖直相对；

所述原料气阀的第二组流道是第一排气通道，其一个端口为所述排出端口，另一个端口为第一尾气入口位于所述原料气阀的阀体的侧

壁上，所述第一排气通道用于将尾气从与所述第一尾气入口对齐的通孔引导至所述排出端口；以及

所述原料气阀的第三组流道是第二排气通道，其与所述第一排气通道构成 F 型，所述第二排气通道的一个端口为所述排出端口，另一个端口为第二尾气入口位于所述原料气阀的阀体的侧壁上，所述第二排气通道用于将尾气从与所述第二尾气入口对齐的通孔引导至所述排出端口。

11. 根据权利要求 10 所述的变压吸附装置，其中，所述第一尾气入口和/或所述第二尾气入口设置有沿原料气阀的阀体的外侧壁水平地延伸的第三弧形槽，所述第三弧形槽用于将尾气从与所述第三弧形槽对齐的通孔引导至所述排出端口。

12. 根据权利要求 10 所述的变压吸附装置，其中，所述第一弧形槽和所述第二弧形槽的弧度为 $\pi/6 \sim 5\pi/6$ 。

13. 根据权利要求 6 所述的变压吸附装置，其中，所述吸附塔的数量大于或等于 4 个。

14. 根据权利要求 6 所述的变压吸附装置，其中，所述设定时序为变压吸附的工艺时序。

15. 根据权利要求 6 所述的变压吸附装置，其中，所述产品气阀的阀体与所述原料气阀的阀体匀速旋转或步进旋转。

20 16. 一种使用根据权利要求 10 所述的变压吸附装置从气体混合物回收吸附性较弱的组分的方法，所述多个吸附塔包括第一吸附塔、第二吸附塔、第三吸附塔和第四吸附塔，所述方法能选择性地以第一工艺时序和第二工艺时序中的一个操作。

25 17. 根据权利要求 16 所述的方法，其中，当原料气阀的切换阀使得原料气阀的第二组流道处于工作状态且产品气阀的切换阀使得产品气阀的第二组流道处于工作状态时，所述方法以第一工艺时序操作；

第一工艺时序包括如下步骤：

步骤一：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔处于第一增压步骤，第三吸附塔处于逆放再生步骤，第四吸附塔处于第一减压步骤；

30 步骤二：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第三吸附塔处于吹扫再生步骤，第四吸附塔处于吹扫步骤；

步序三：第一吸附塔处于吸附+增压步骤，第二吸附塔处于吸附准备增压步骤，第三吸附塔处于第二增压步骤，第四吸附塔处于第二减压步骤；

步序四：第一吸附塔处于第一减压步骤，第二吸附塔处于吸附步骤，第三吸附塔处于第一增压步骤，第四吸附塔处于逆放再生步骤；

步序五：第二吸附塔处于吸附步骤，第三吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第四吸附塔处于吹扫再生步骤，第一吸附塔处于吹扫步骤；

步序六：第一吸附塔处于第二减压步骤，第二吸附塔处于吸附+增压步骤，第三吸附塔处于吸附准备增压步骤，第四吸附塔处于第二增压步骤；

步序七：第一吸附塔处于逆放再生步骤，第二吸附塔处于第一减压步骤，第三吸附塔处于吸附步骤，第四吸附塔处于第一增压步骤；

步序八：第三吸附塔处于吸附步骤，第四吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第一吸附塔处于吹扫再生步骤，第二吸附塔处于吹扫步骤；

步序九：第一吸附塔处于第二增压步骤，第二吸附塔处于第二减压步骤，第三吸附塔处于吸附+增压步骤，第四吸附塔处于吸附准备增压步骤；

步序十：第一吸附塔处于第一增压步骤，第二吸附塔处于逆放再生步骤，第三吸附塔处于第一减压步骤，第四吸附塔处于吸附步骤；

步序十一：第四吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔处于切出状态，不进行任何操作，第二吸附塔处于吹扫再生步骤，第三吸附塔处于吹扫步骤；

步序十二：第一吸附塔处于吸附准备增压步骤，第二吸附塔处于第二增压步骤，第三吸附塔处于第二减压步骤，第四吸附塔处于吸附+增压步骤。

18. 根据权利要求 16 所述的方法，其中，当原料气阀的切换阀使得原料气阀的第三组流道处于工作状态且产品气阀的切换阀使得产品气阀的第三组流道处于工作状态时，所述方法以第二工艺时序操作；

第二工艺时序包括如下步序：

步序一：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔处于第一增压步

骤，第三吸附塔处于逆放再生步骤，第四吸附塔处于第一减压步骤；

步序二：第一吸附塔处于吸附步骤，第二吸附塔、第三吸附塔和第四吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序三：第一吸附塔处于吸附+增压步骤，第二吸附塔处于吸附准备增压步骤，第三吸附塔处于第二增压步骤，第四吸附塔处于第二减压步骤；

步序四：第一吸附塔处于第一减压步骤，第二吸附塔处于吸附步骤，第三吸附塔处于第一增压步骤，第四吸附塔处于逆放再生步骤；

步序五：第二吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔、第三吸附塔和第四吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序六：第一吸附塔处于第二减压步骤，第二吸附塔处于吸附+增压步骤，第三吸附塔处于吸附准备增压步骤，第四吸附塔处于第二增压步骤；

步序七：第一吸附塔处于逆放再生步骤，第二吸附塔处于第一减压步骤，第三吸附塔处于吸附步骤，第四吸附塔处于第一增压步骤；

步序八：第三吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔、第二吸附塔和第四吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序九：第一吸附塔处于第二增压步骤，第二吸附塔处于第二减压步骤，第三吸附塔处于吸附+增压步骤，第四吸附塔处于吸附准备增压步骤；

步序十：第一吸附塔处于第一增压步骤，第二吸附塔处于逆放再生步骤，第三吸附塔处于第一减压步骤，第四吸附塔处于吸附步骤；

步序十一：第四吸附塔处于吸附步骤，第一吸附塔、第二吸附塔和第三吸附塔均处于切出状态，不进行任何操作；

步序十二：第一吸附塔处于吸附准备增压步骤，第二吸附塔处于第二增压步骤，第三吸附塔处于第二减压步骤，第四吸附塔处于吸附+增压步骤。