
变压吸附装置

技术领域

本发明涉及一种变压吸附装置，主要应用于气体介质分离的技术领域之中。

背景技术

变压吸附法（简称 PSA）作为一种气体分离技术问世后，就受到各国工业界的关注，竞相开发和研究，发展迅速。其工作原理是：利用吸附剂分子筛对不同气体分子“吸附”性能的差异而将气体混合物分开，吸附平衡后根据分子筛在不同压力下对吸附气体吸附量不同的特性，降低压力使分子筛解除对吸附气体的吸附，这一过程称为再生。目前，变压吸附装置通常使用两塔或多塔并联，这样可以交替进行加压吸附和解压再生，从而获得连续的产品气。

目前，市场上大多数的变压吸附装置，如图 3 所示，主要都是通过传统的压缩机 1'对气体进行压缩后经过管道 2'进入到吸附塔(罐)3'中利用分子筛进行气体的分离。管道 2'上设置有阀门 4'。

这种装置存在以下几点缺陷：分离式设计、零部件多、体积大、结构松散、管耗阀损大、单位功率出气率低，需要复杂的控制电路，同步控制困难，可靠性差，成本高。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种结构简单紧凑，不需要复杂的气体管路，同步控制简单，省去传统装置中相应的电磁阀及其复杂

的控制电路的变压吸附装置。

本发明是通过以下技术方案来实现的：一种变压吸附装置，包括：

外壳，所述外壳的内表面为弧面，所述外壳设置有至少一个进气口、至少一个排气口、至少一个用于排出被分离气体的出气口；

转子，所述转子设置在所述外壳内，所述转子设置有至少两个与所述外壳内表面始终保持滑动接触的接触端，所述转子外表面与所述外壳内表面在相邻接触端之间形成单独腔体即气腔，各气腔由所述接触端进行分隔；

吸附室，所述吸附室设置在所述转子内部，为转子的一部分，与转子一起旋转，所述吸附室内部装填分子筛，且所述吸附室对应各气腔设置筛孔同气腔连通。

进一步具体的，所述单独腔体在每一个工作循环随所述转子旋转依次经过进气口、出气口、排气口。

进一步的，所述转子的中心与所述外壳中心不重合，所述转子在旋转过程中其中心绕外壳的中心转动。

作为优化的方案，所述变压吸附装置还包括位于外壳中心处的由电机驱动旋转的具有外齿轮的中心轴，所述转子中心处设置有内齿轮，所述中心轴的外齿轮与所述转子的内齿轮相互啮合，所述外齿轮的齿数小于所述内齿轮的齿数。

作为进一步优化的方案，所述出气口处设置有泄压阀。

作为第一种优化的实施方式，所述转子顺时针设置有三个与外壳内表面始终保持滑动接触的接触端：第一接触端、第二接触端、第三

接触端，所述转子外表面与所述外壳内表面之间形成三个气腔，所述转子的内部对应三个气腔分别设置有吸附室：第一吸附室、第二吸附室、第三吸附室，其中第一吸附室位于第一接触端和第二接触端之间，第二吸附室位于第二接触端和第三接触端之间，第三吸附室位于第三接触端和第一接触端之间，所述外壳设置有 1 个出气口，1 个进气口和 1 个排气口，初始位置时，转子的第一接触端位于进气口的顺时针侧处，第三接触端位于排气口的逆时针侧处，进气口和排气口位于初始位置的第一接触端和第三接触端之间，且进气口位于排气口顺时针位置，出气口正对第二接触端。

上述实施方式中，所述外壳的内表面的弧形轨迹由下列方程得到：

$$x=R*\cos \alpha +e*\cos 3 \alpha ;$$

$$y=R*\sin \alpha +e*\sin 3 \alpha ;$$

转子的轮廓线由下列方程得到：

$$v=30+t*60$$

$$d=-3*e*\sin(3*v)/R$$

$$u=2*v-\arcsin(d)$$

$$x=2*e*\cos(u)*\cos(3*v)+R*\cos(2*v)$$

$$y=2*e*\sin(u)*\cos(3*v)+R*\sin(2*v)$$

上述公式中，R 为创成半径，e 为转子的中心与外壳中心的距离， $\alpha \in [0^\circ, 360^\circ]$ ，t 为时间。

作为第二种优化的实施方式，所述转子顺时针设置有四个与外壳

内表面始终保持滑动接触的接触端：第一接触端、第二接触端、第三接触端、第四接触端，所述转子外表面与所述外壳内表面之间形成四个气腔，所述转子的内部对应四个气腔分别设置有吸附室：第一吸附室、第二吸附室、第三吸附室、第四吸附室，其中第一吸附室位于第一接触端和第二接触端之间，第二吸附室位于第二接触端和第三接触端之间，第三吸附室位于第三接触端和第四接触端之间、第四吸附室位于第四接触端和第一接触端之间，所述外壳设置有 1 个出气口，1 个进气口和第一排气口、第二排气口，初始位置时，转子的第一接触端位于进气口的顺时针侧处，第四接触端位于第二排气口的逆时针侧处，进气口和第二排气口位于初始位置的第一接触端和第四接触端之间，且进气口位于第二排气口顺时针位置，第一排气口位于第三接触端和第四接触端之间，出气口位于第二接触端和第三接触端之间，紧邻第三接触端。

第二种优化的实施方式中，所述外壳内表面的弧形轨迹由下列方程得到：

$$x = e * \cos(\alpha) + R * \cos(\alpha / 4)$$

$$Y = e * \sin(\alpha) + R * \sin(\alpha / 4)$$

转子的轮廓线由下列方程得到：

$$x_r = e * \cos\beta + e * \cos(\alpha - \beta/3) + R * \cos(\alpha/4 - \beta/3)$$

$$y_r = e * \cos\beta + e * \sin(\alpha - \beta/3) + R * \sin(\alpha/4 - \beta/3)$$

$$tg(5\beta/8) = \frac{5 \sin(\alpha/2) - K \sin(3\alpha/10)}{5 \cos(\alpha/2) + K \cos(3\alpha/10)}$$

上述公式中， $\alpha \in [0^\circ, 360^\circ]$ ， e 为偏心距， R 为创成半径， $K=R/e$ 。

本发明的有益效果：

本发明在结构上与传统的相比将吸附室设置于转子的内部，结构更加紧凑，不再需要复杂的气体管路，气体管路的通断由转子转动的角度而决定，同步控制简单，传统装置中相应的电磁阀及其复杂的控制电路也可以减免，在气体压缩的同时也同步进行了气体的分离，完整实现了一体化的功能。整套装置布局合理，结构简单紧凑，出气率高，运行可靠，成本低，是一种较佳的新型变压吸附装置。

附图说明

图 1-1 至图 1-6 为实施案例 1 发明变压吸附装置的结构示意图；

图 2-1 至图 2-8 为实施案例 2 发明变压吸附装置的结构示意图；

图 3 是现有的变压吸附装置结构原理示意图。

具体实施方式

下面根据附图和实施例对本发明作进一步详细说明。

实施案例 1：

图 1-1 至图 1-6 为本发明变压吸附装置的结构示意图，参照图 1-1，变压吸附装置，包括：外壳 1、转子 2、吸附室 32、吸附室 34、吸附室 36，其中，外壳 1 的内表面 10 为弧面，其弧形轨迹由下列方程得到：

$$x=R*\cos \alpha +e*\cos 3 \alpha ;$$

$$y=R*\sin \alpha +e*\sin 3 \alpha ;$$

$$\alpha \in [0^{\circ} , 360^{\circ}] \quad e=1.5 \quad R=10$$

外壳设置有进气口 12、排气口 14 以及出气口 16，出气口 16 用

于排出被分离气体。转子 2 的轮廓线由下列方程得到：

$$e=1.5 \quad R=10$$

$$v=30+t*60$$

$$d=-3*e*\sin(3*v)/R$$

$$u=2*v-\arcsin(d)$$

$$x=2*e*\cos(u)*\cos(3*v)+R*\cos(2*v)$$

$$y=2*e*\sin(u)*\cos(3*v)+R*\sin(2*v)$$

转子 2 设置在外壳 1 内并可旋转，转子 2 设置有三个与外壳内表面 10 始终保持滑动接触的接触端，转子 2 与外壳内表面 10 在相邻接触端之间形成单独腔体即气腔，气腔随转子 2 旋转依次经过进气口 12、出气口 16、排气口 14。

吸附室 32、吸附室 34、吸附室 36 设置在转子 2 内部，成为转子一部分，并可与转子一起旋转，每个吸附室设置筛孔同气腔连通，每个吸附室内部分别装填有分子筛。

具体地，在本实施案例中，外壳 1 设置有 1 个出气口 16，1 个进气口 12 和 1 个排气口 14，进气口 12 及排气口 14 设置在外壳 1 的左侧，出气口 16 设置在外壳 1 的右侧。出气口 16 处设置有泄压阀 160。

转子 2 设置有 3 个接触端，分别记为接触端 21、接触端 23、接触端 25，通过 3 个接触端分隔有 3 个吸附室，分别记为吸附室 32、吸附室 34 和吸附室 36。

在本实施案例中，转子 2 的中心与外壳 1 中心不重合，转子 2 在旋转过程中其中心绕外壳 1 的中心转动。更具体地，外壳 1 中心处设

置有外齿轮 100，转子 2 中心处设置有内齿轮 200，外齿轮 100 与内齿轮 200 相互啮合，外齿轮 100 的齿数小于内齿轮 200 的齿数。

本发明，变压吸附装置，其工作过程为：

参照图 1-1，图 1-1 为初始阶段，转子 2 的接触端 21 位于进气口 12 的顺时针侧处，接触端 25 位于排气口 14 的逆时针侧处，即吸附室 36、接触端 21、接触端 25 与外壳内表面 10 所构成的气腔 A 处于新阶段的进气过程与上一阶段的排气过程中，内齿轮 200 和外齿轮 100 旋转带动转子 2 顺时针旋转，随着接触端 25 顺时针移动越过排气口 14 后，气腔 A 开始全部进入进气状态。在此过程中，气腔 A 的容积逐渐增大。

参照图 1-2，图 1-2 为气腔 A 容积最大阶段，随着转子 2 的顺时针旋转，此时气腔 A 的容积达到最大，接触端 25 越过进气口 12，接触端 21 滑动至右侧，气腔 A 完全封闭，已完成进气过程。随着转子 2 继续顺时针旋转，气腔 A 的容积将逐渐减小。

参照图 1-3，图 1-3 为压缩过程并准备出气阶段，接触端 21 滑动至出气口 16，随着转子 2 的继续顺时针旋转，气腔 A 的容积进一步减小，气腔 A 继续压缩容积，气腔 A 内的气体压力逐渐增大，当压力高于分子筛的吸附压力后，分子筛开始吸附对应气体。经过一段时间后当对应气体全部吸附完成且气腔 A 内气体压力高于泄压阀 160 的阈值时，泄压阀 160 打开，气腔 A 内未被吸附室 36 吸附的气体开始通过出气口 16 输出。

参照图 1-4，图 1-4 为气腔 A 容积最小阶段，随着转子 2 的继续

顺时针旋转，气腔 A 的容积逐渐减小，此阶段气腔 A 的容积达到最小，保持持续由出气口 16 出气。

参照图 1-5，图 1-5 为准备排气阶段，随着转子 2 的继续顺时针旋转，接触端 25 慢慢靠近出气口 16，气腔 A 的体积逐渐增大，气腔 A 内气体压力逐渐降低，当气腔 A 内气体压力低于泄压阀 160 的阈值时，泄压阀 160 开始闭合。随着转子的转动，气腔 A 内气体压力继续降低，当气腔 A 内气体压力低于分子筛解吸附压力后分子筛开始解吸附气体。此时，吸附室 36 内已吸附的气体开始进入气腔 A，接触端 21 滑动至排气口 14 的逆时针侧处，气腔 A 进入准备排气的阶段。

参照图 1-6，图 1-6 为排气阶段，接触端 21 越过排气口 14，接触端 25 滑过出气口 16，气腔 A 充满了由吸附室 36 解吸附出的气体，气腔 A 全部进入排气阶段。

继续参照图 1-1，此时完成了一个气腔及相应吸附室的工作循环过程。

实施案例 2：

图 2-1 至图 2-8 为本发明变压吸附装置的结构示意图，参照图 2-1，变压吸附装置，包括：外壳 10、转子 20、吸附室 320、吸附室 340、吸附室 360、吸附室 380，其中，外壳 10 的内表面 100 为弧面，其弧形轨迹由下列方程得到：

$$x = e * \cos(\alpha) + R * \cos(\alpha / 4)$$

$$Y = e * \sin(\alpha) + R * \sin(\alpha / 4)$$

$\alpha \in [0^\circ, 360^\circ]$, e 为偏心距, $e=12$, R 为创成半径, $R=96$ 。

外壳设置有进气口 120、第二排气口 140 与第一排气口 160 以及出气口 180, 出气口 180 用于排出被分离气体; 转子 20 的轮廓线由下列方程得到:

$$x_r = e \cos \beta + e \cos(\alpha - \beta/3) + R \cos(\alpha/4 - \beta/3)$$

$$y_r = e \sin \beta + e \sin(\alpha - \beta/3) + R \sin(\alpha/4 - \beta/3)$$

$$\tan(5\beta/8) = \frac{5 \sin(\alpha/2) - K \sin(3\alpha/10)}{5 \cos(\alpha/2) + K \cos(3\alpha/10)}$$

$\alpha \in [0^\circ, 360^\circ]$, e 为偏心距, $e=12$, R 为创成半径, $R=96$, $K=R/e$ 。

转子 20 设置在外壳 10 内并可旋转, 转子 20 设置有 4 个与外壳内表面 100 始终保持滑动接触的接触端, 转子 20 与外壳内表面 100 在相邻接触端之间形成单独腔体即气腔, 气腔随转子 20 旋转依次经过进气口 120、出气口 180、第一排气口 160 与第二排气口 140。

吸附室 320、吸附室 340、吸附室 360、吸附室 380 设置在转子 20 内部, 成为转子 20 一部分, 并可与转子 20 一起旋转, 每个吸附室设置有筛孔同气腔连通, 每个吸附室内部分别装填有分子筛。

具体地, 在本实施案例中, 外壳 10 设置有出气口 180, 进气口 120 和第二排气口 140 与第一排气口 160, 进气口 120 和第二排气口 140 设置在外壳 10 的左侧, 出气口 180 与第一排气口 160 设置在外壳 10 的右侧。出气口 180 处设置有泄压阀 180。

转子 20 设置有 4 个接触端, 分别记为接触端 210、接触端 230、接触端 250、接触端 270, 通过 4 个接触端分隔有 4 个吸附室, 分别

记为吸附室 320、吸附室 340、吸附室 360、吸附室 380。

在本实案例中，转子 20 的中心与外壳 10 中心不重合，转子 20 在旋转过程中其中心绕外壳的中心转动。更具体地，外壳 10 中心处设置有外齿轮 1000，转子 20 中心处设置有内齿轮 2000，外齿轮 1000 与内齿轮 2000 相互啮合，外齿轮 1000 的齿数小于内齿轮 2000 的齿数。

本发明变压吸附装置，其工作过程为：

参照图 2-1，图 2-1 为初始阶段，转子 20 的接触端 210 位于进气口 120 的顺时针侧处，接触端 270 位于第二排气口 140 的逆时针侧处，即吸附室 380、接触端 210、接触端 270 与外壳内表面 100 所构成的气腔 B 处于新阶段的进气过程与上一阶段的排气过程中，内齿轮 2000 和外齿轮 1000 旋转带动转子 20 顺时针旋转，在此过程中，气腔 B 的容积逐渐增大。

参照图 2-2，图 2-2 为持续进气并准备出气阶段，随着转子 20 的顺时针旋转，接触端 270 顺时针移动越过第二排气口 140 后，气腔 B 全部进入进气状态，其容积逐渐增大，接触端 210 滑动至右侧靠近出气口 180。再随着转子 20 继续顺时针旋转，气腔 B 的容积将逐渐减小。

参照图 2-3，图 2-3 为压缩过程并开始出气阶段，随着转子 20 的顺时针旋转，气腔 B 继续压缩容积，随着气腔 B 的容积逐渐减小，气腔 B 内的气体压力逐渐增大，当压力高于分子筛的吸附压力后，分子筛开始吸附对应气体。经过一段时间后当对应气体全部吸附完成

且气腔 B 内气体压力高于泄压阀 180 的阈值时，泄压阀 180 打开，气腔 B 内未被吸附室 380 吸附的气体开始通过出气口 180 输出。

参照图 2-4，图 2-4 为气腔 B 容积最小阶段，随着转子 20 的继续顺时针旋转，气腔 B 的容积继续减小，保持持续出气，此阶段气腔 B 容积到达最小。当气腔 B 内气体压力低于泄压阀 180 的阈值时，泄压阀 180 开始闭合。

参照图 2-5，图 2-5 为准备排气阶段，随着转子 20 的继续顺时针旋转，接触端 270 慢慢靠近出气口 180，气腔 B 的体积逐渐增大，气腔 B 内气体压力逐渐降低，当气体压力小于分子筛解吸附压力后，分子筛开始解吸附气体。此时，吸附室 380 内吸附的气体开始进入气腔 B，接触端 210 滑动至第一排气口 160 的右侧处，气腔 B 进入准备第一次排气的阶段。

参照图 2-6，图 2-6 为第一次排气阶段，随着转子 20 的继续顺时针旋转，接触端 210 开始滑过第一排气口 160，气腔 B 充满了由吸附室 380 解吸附出的气体，气腔 B 进入第一次排气阶段。

参照图 2-7，图 2-7 为双排气阶段，接触端 270 并未完全滑过第一排气口 160，接触端 210 滑过第二排气口 140，吸附室 380 继续释放被吸附的气体，第一次排气尚未结束，第二次排气已开始，此时第一排气口 160 与第二排气口 140 同时排气。

参照图 2-8，图 2-8 为全部排气阶段，接触端 270 完全滑过第一排气口 160，接触端 210 也越过了第二排气口 140，此时气腔 B 内仍有部分从吸附室 380 内释放的气体，由第二排气口 140 独立排空剩余

气体。

继续参照图 2-1，此时完成了一个气腔及相应吸附室的工作循环过程。

上述实施案例只为说明本发明的技术构思及特点，其目的在于让熟悉此领域技术的人士能够了解本发明内容并加以实施，并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰，都应涵盖在本发明的保护范围内。

1. 一种变压吸附装置，其特征在于，包括：

外壳，所述外壳的内表面为弧面，所述外壳设置有至少一个进气口、至少一个排气口、至少一个用于排出被分离气体的出气口；

转子，所述转子设置在所述外壳内，所述转子设置有至少两个与所述外壳内表面始终保持滑动接触的接触端，所述转子外表面与所述外壳内表面在相邻接触端之间形成单独腔体即气腔，各气腔由所述接触端进行分隔；

吸附室，所述吸附室设置在所述转子内部，为转子的一部分，与转子一起旋转，所述吸附室内部装填分子筛，且所述吸附室对应各气腔设置筛孔同气腔连通。

2. 根据权利要求 1 所述的变压吸附装置，其特征在于，所述单独腔体在每一个工作循环随所述转子旋转依次经过进气口、出气口、排气口。

3. 根据权利要求 1 所述的变压吸附装置，其特征在于，所述转子的中心与所述外壳中心不重合，所述转子在旋转过程中其中心绕外壳的中心转动。

4. 根据权利要求 3 所述的变压吸附装置，其特征在于，所述变压吸附装置还包括位于外壳中心处的由电机驱动旋转的具有外齿轮的中心轴，所述转子中心处设置有内齿轮，所述中心轴的外齿轮与所述转子的内齿轮相互啮合，所述外齿轮的齿数小于所述内齿轮的齿数。

5. 根据权利要求 1 所述的变压吸附装置，其特征在于，所述出

气口处设置有泄压阀。

6、根据权利要求 4 所述的变压吸附装置，其特征在于：所述转子顺时针设置有三个与外壳内表面始终保持滑动接触的接触端：第一接触端、第二接触端、第三接触端，所述转子外表面与所述外壳内表面之间形成三个气腔，所述转子的内部对应三个气腔分别设置有吸附室：第一吸附室、第二吸附室、第三吸附室，其中第一吸附室位于第一接触端和第二接触端之间，第二吸附室位于第二接触端和第三接触端之间，第三吸附室位于第三接触端和第一接触端之间，所述外壳设置有 1 个出气口，1 个进气口和 1 个排气口，初始位置时，转子的第一接触端位于进气口的顺时针侧处，第三接触端位于排气口的逆时针侧处，进气口和排气口位于初始位置的第一接触端和第三接触端之间，且进气口位于排气口顺时针位置，出气口正对第二接触端。

7、根据权利要求 6 所述的变压吸附装置，其特征在于：所述外壳的内表面的弧形轨迹由下列方程得到：

$$x=R*\cos \alpha +e*\cos 3 \alpha ;$$

$$y=R*\sin \alpha +e*\sin 3 \alpha ;$$

转子的轮廓线由下列方程得到：

$$v= 30+ t* 60$$

$$d= - 3* e* \sin(3* v) / R$$

$$u= 2* v- a\sin(d)$$

$$x= 2* e* \cos(u) * \cos(3* v) + R* \cos(2* v)$$

$$y= 2* e* \sin(u) * \cos(3* v) + R* \sin(2* v)$$

上述公式中, R 为创成半径, e 为转子的中心与外壳中心的距离, $\alpha \in [0^\circ, 360^\circ]$, t 为时间。

8、根据权利要求 4 所述的变压吸附装置, 其特征在于: 所述转子顺时针设置有四个与外壳内表面始终保持滑动接触的接触端: 第一接触端、第二接触端、第三接触端、第四接触端, 所述转子外表面与所述外壳内表面之间形成四个气腔, 所述转子的内部对应四个气腔分别设置有吸附室: 第一吸附室、第二吸附室、第三吸附室、第四吸附室, 其中第一吸附室位于第一接触端和第二接触端之间, 第二吸附室位于第二接触端和第三接触端之间, 第三吸附室位于第三接触端和第四接触端之间、第四吸附室位于第四接触端和第一接触端之间, 所述外壳设置有 1 个出气口, 1 个进气口和第一排气口、第二排气口, 初始位置时, 转子的第一接触端位于进气口的顺时针侧处, 第四接触端位于第二排气口的逆时针侧处, 进气口和第二排气口位于初始位置的第一接触端和第四接触端之间, 且进气口位于第二排气口顺时针位置, 第一排气口位于第三接触端和第四接触端之间, 出气口位于第二接触端和第三接触端之间, 紧邻第三接触端。

9、根据权利要求 7 所述的变压吸附装置, 其特征在于: 所述外壳内表面的弧形轨迹由下列方程得到:

$$x = e * \cos(\alpha) + R * \cos(\alpha / 4)$$

$$Y = e * \sin(\alpha) + R * \sin(\alpha / 4)$$

转子的轮廓线由下列方程得到:

$$x_r = e * \cos\beta + e * \cos(\alpha - \beta/3) + R * \cos(\alpha/4 - \beta/3)$$

$$y_f = e \cdot \cos \beta + e \cdot \sin(\alpha - \beta/3) + R \cdot \sin(\alpha/4 - \beta/3)$$

$$\tan(5\beta/8) = \frac{5 \sin(\alpha/2) - K \sin(3\alpha/10)}{5 \cos(\alpha/2) + K \cos(3\alpha/10)}$$

上述公式中， $\alpha \in [0^\circ, 360^\circ]$ ， e 为偏心距， R 为创成半径， $K=R/e$ 。