

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl<sup>6</sup>



# [12] 发明专利说明书

B01D 53/04

B01D 53/22

C01B 13/02 C01B 21/04

[21] ZL 专利号 92111256.4

[45]授权公告日 1998年6月10日

[11] 授权公告号 CN 1038651C

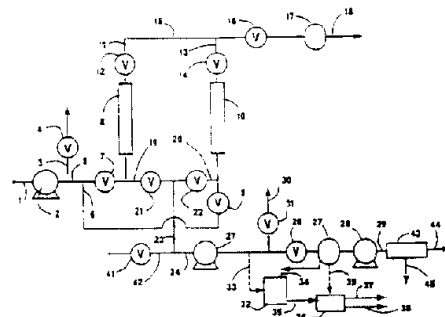
[22]申请日 92.10.7 [24]颁证日 98.3.19  
 [21]申请号 92111256.4  
 [30]优先权  
     [32]91.10.8 [33]US[31]772,867  
 [73]专利权人 普拉塞尔技术有限公司  
     地址 美国康涅狄格州  
 [72]发明人 D·A·拉吉里 D·R·汤普森  
 [74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
     代理人 张元忠  
 审查员 45 17

权利要求书 3 页 说明书 13. 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 双产物压力吸附和膜操作的方法和系统

[57]摘要

将 PSA 空气分离操作的废气通入到膜系统中以便提高第二产物的回收率。通过捕集废气流中含有高浓度氮或氧的那部分，提高了整个分离的效率。



# 权 利 要 求 书

---

1.一种变压吸附方法，用来在吸附系统中将氧或氮作为高纯产物回收，该系统有至少一个吸附剂床，床中含有能够选择性吸附进料空气中容易吸附的组分氧或氮的吸附剂材料，该方法包括各床中在循环基础上的吸附/解吸/再加压程序，其中从系统里回收所要的产品气体，废气流则由系统中分别排放，该方法进一步包括：

(a)从其剩余的净废气部分分离部分废气流，该分离部分具有的非产物组分纯度比废气流中该组分的平均纯度高，该分离部分的纯度符合或超过预定的非产物组分的最低纯度；

(b)将该非产物组分的分离部分通过能够从杂质中选择性回收作为该废气流的主要组分的氮或氧的可透膜系统；

(c)排放该废气流的净废气部分；

(d)从膜系统中排放该杂质；和

(e)从膜系统回收作为高纯第二产物的该废气流的主要组分，从而，以高纯氧和氮气流的回收而提高总的分离效率。

2.权利要求 1 的方法，其中废气流的分离部分的即时纯度被监测，当分离部分的纯度符合或超过非产物组分的预定最低纯度时，于吸附程序的此刻，从净废气中分离出废气流。

3.权利要求 1 的方法，其中将分离的部分废气流通入储槽，监测储槽中分离的部分非产物组分的纯度，将该分离的部分废气流通入储槽一定时间，这期间分离的部分非产物组分的纯度符合或超过预定的非产物组分的最低纯度。

4.权利要求 1 的方法，其中预先设定部分废气流与净废气分离的时间增量，以便使分离出的部分废气流的纯度符合或超过预定的非产

物组分的最低纯度。

5.权利要求1的方法，包括将分离出的部分废气流通入储槽中，监测通入储槽的分离出的部分废气流的量，当储槽中已装满分离出的部分废气流时，将额外的废气流转移排放。

6.权利要求1的方法，其中进料空气中较易吸附组分包括氮，和氧构成其不易吸附组分。

7.权利要求6的方法，其中氧是吸附系统所要的产物，其废气流含有氮作为其主要组分，高纯度氮从膜系统中作为第二产物被回收。

8.权利要求6的方法，其中氮是吸附系统所要的产物，废气流中含有氧作为其主要组分，高纯度的氧从膜系统中作为第二产物被回收。

9.以上任一权利要求的方法，其中该吸附剂材料含有沸石型分子筛材料，它能选择性地吸附进料空气中作为易吸附组分的氮。

10.一种用来在吸附系统中回收氧或氮产物的变压吸附系统，该吸附系统至少有一个吸附剂床，能选择性吸附进料空气中容易吸附的组分氧或氮，该系统适合以包括吸附、解吸和再加压的操作程序操作，其中，从系统中回收所要的组分和排放掉废气流，该系统包括：

(a)一种可透膜系统，它能从杂质中选择性回收作为废气流主要组分存在的氮或氧；

(b)从其剩余净废气部分分离部分废气流的控制装置，该分离部分具有的非产物组分纯度比废气流中该组分的平均纯度高，该纯度符合或超过预定的该非产物组分的最低纯度；

(c)用来将该分离的部分非产物组分通过该膜系统的导管装置；

(d)用来从膜系统中排放杂质的导管装置；

(e)用来从膜系统中分别回收废气流中主要组分的导管装置，由此，高纯度氧和氮气流的回收提高了整个空气分离操作的效率。

11.权利要求 10 的系统, 包括用来监测废气流即时纯度的分析器装置和控制装置, 每当废气流的纯度符合或超过预定的非产物组分的最低纯度时, 控制装置从净废气流分出该部分废气流。

12.权利要求 10 的系统, 包括: (f)供分离出的部分废气流用的储槽, (g)用来将分离出的那部分通向储槽的导管装置, (h)用来监测储槽内分离出的部分非产物组分的纯度的分析器装置, 和(i)控制装置, 用来将分离出的部分废气流通入储槽内一段时间, 在此期间内分离出的部分非产物组分的纯度符合或超过预定的非产物组分的最低纯度。

13.权利要求 10 的系统, 包括用来预设时间增量的控制装置, 在此时间增量内将一部分废气与净废气分开, 使得分离出的部分废气流的纯度符合或超过预定的非产物组分的最低纯度。

14.权利要求 10 的系统, 包括: (g)用来将分离出的部分废气流通往储槽的导管, (h)用来测量通往储槽的分离出的部分废气流数量的监测装置, 和(i)控制装置, 当储槽已被分离出的部分废气充满时, 用它将额外数量的废气流转移排放。

15.权利要求 10 的系统, 其中该吸附剂床能够吸附作为易吸附组分的氮, 和进料空气中不易吸附的组分氧。

16.权利要求 15 的系统, 其中氧是吸附系统所要的产物, 其废气流包括作为其主要组分的氮, 该膜系统适合从其中回收作为第二产物的高纯度氮。

17.权利要求 15 的系统, 其中吸附剂包括沸石型分子筛。

18.权利要求 10-17 任一项的系统, 其中该吸附系统包括 2-4 个吸附剂床。

19.权利要求 18 的系统, 其中该吸附系统 2 个吸附剂床。

# 说 明 书

## 双产物变压吸附和膜操作的方法和系统

本发明涉及用变压吸附和膜气体分离的方法和系统分离气体。更具体地说，本发明涉及由此回收高纯产物和高纯第二产物气。

变压吸附 (PSA) 法及系统在很多工业应用中用来制造高纯气流。在这种方法中，通常是将含有较易被吸附的组分和不易被吸附的组分的进料气体混合物通入吸附剂床中，吸附剂床能在较高的吸附压力下吸附较易被吸附的组分。然后将吸附剂床减压到较低的解吸压力，以便从吸附剂材料中将较易吸附的组分解吸，并且从床中将其除掉，接着向床中补充加入进料气体混合物，继续床中的吸附—解吸循环操作。这种PSA方法通常在多床系统中进行，每个床都在循环的基础上按所要求的PSA操作程序操作，并且与系统中各床中进行的操作程序相互关连。

PSA系统通常在工业应用中用来从给定的进料气源中制得单种产物气流。就空气分离而言，PSA系统实现了所要求的氧和氮的分离，因为所用的吸附剂对于氧或是氮有更大的选择性。任何特定的吸附剂材料的吸附能力都在较高的压力下增加，在较低的压力下减小。在用来制造高纯氧产物的PSA方法和系统中，所用的吸附剂可

以对所希望的氧产物或氮产物有更大的选择性。在所用的吸附剂是对氮有选择性的材料(例如沸石型分子筛)的系统中,产物氧在较高吸附压力的吸附阶段作为从床中除掉的不易吸附的组分而制得。当氧是用对氧有选择性的材料(例如碳分子筛)的系统中所要的产物时,产物氧在吸附剂床减压到较低的解吸压力时作为较易吸附的组分制得。在氮是所要产物的PSA方法和系统中,取决于PSA系统使用的是对氧还是对氮有选择性的吸附剂,有着类似的结果。

本领域的技术人员会理解,PSA系统固有地不能将任何给定的进料气流组分与进料气流的其它组分完全分开。一般来说,PSA分离产生的产物气流含有高百分含量的某一组分和少量的其余组分。从PSA系统中除掉的其它气流,即废气流,将含有输入的所有进料气流组分。吸附系统不能将输入的进料气流中的任何组分与其它组分完全分离这一事实,常常是为什么在PSA操作中存在所谓废气流的原因。相当常见的是,这种非产物废气流不含有百分含量高得足以有实际工业应用的任何给定组分。因此,此气流对于气体分离操作的最终用户没有重要价值。

在具有工业重要性的PSA空气分离技术中,仍然希望以分离的高纯气流的形式将废气流中最重要的组分回收,不管是氧或氮。这样的回收将会提高在日益增长的具有重要工业应用的领域中使用PSA操作的技术与经济可行性。例如,在用于空气分离制氧的典型吸附方法中,废气流的平均氧纯度一般约为10%,废气流的其余90%主要由氮组成。与空气的成分相比,废气流的氧纯度比空气的降低了50%以上。因此,由这种废气流制得所要纯度的氮,所需的分离装置比处理进料空气流所需要的必然会小而便宜,因为空气中

存在的氧已除掉了一半以上。另外，为将此废气流供给分离装置所需的任何压缩设备要比处理空气时所需的设备小，而且消耗的功率较少。但是，从废气流中捕集有价值组分的任何方法必须能经济地获得这一理想结果，以便使附加操作的花费不超过由于捕集了某组分而实现的节约。

因此，本发明的目的之一是用PSA系统实现进料气体混合物的分离和从PSA废气流中回收进料气体混合物中有价值的组分。

本发明的另一目的是提供一种PSA空气分离方法和系统，它能制得氧或氮产物，具有增强的回收高纯气流的装置，气流中含有废气流中最重要的组分。

考虑到这些目的及其它目的，本发明将详加叙述，在所附的权利要求中具体指出本发明的新特点。

本发明适当地捕集一部分PSA气体分离废气流，其中含有高浓度的非主产物废气流的所要组分，以便在可透膜系统内进一步处理时制得富集的第二产物气流。

下面参照附图说明本发明，图中包括PSA制氧系统的工艺流程图，其中将从PSA系统中回收的富氮废气通入到可透膜系统中，以制得富氮副产物气流。

本发明的目的最好是通过接收一部分PSA废气流来完成，该部分气流含有高浓度的所要组分作为富集的产物气流，它可以方便地通入到可透膜系统中进一步纯化。这一方法是可行的，因为发现PSA废气流的即时纯度在该废流产生期间有变化。因此，捕集废气流中浓度最高的部分会得到高纯气流，其中富集着否则将和PSA废气流一起排放掉的组分。

在实施本发明时，监测废气流的即时纯度，每当其纯度符合或超过最低可接受水平时即将此气流捕集。当废气流的纯度水平低于上述的最低可接受水平时，将废气流象通常对PSA空气分离操作的所有废气一样地排放掉。为此，可以使用两个控制阀以导引废气流的流动。两个控制阀彼此反向操作，一个阀用来捕集废气流，另一个用来排放该气流。根据废气的即时纯度读数来操作阀门。

因为废气中的所要组分是以间歇的方式回收，所以使用一个缓冲槽来保持所要的富集组分作为双产物气流连续地流向最终用户。在缓冲槽的下游将该双产物气流压缩到所要求的操作压力。

参照图中的PSA制氧系统，进料空气经由管线1和空气压缩机2通入到处在所要求的较高吸附压力水平的PSA床。如果需要，安装一根带有阀门4的管线3，以便使系统的压缩空气转换方向。管线1分成两个进料管线5和6，以便将进料空气在循环的基础上通到画出的PSA系统中两个床体的每一个。带有阀7的管线5通到吸附床8的底部或进料端，而带有阀9的管线6则通到吸附剂床10的底部或进料端。带阀12的管线11由吸附剂床8的上部或产物端通出。带阀门14的管线13由吸附剂床10的上端或产物端通出。管线11和13合在一起形成带止回阀16的管线15，通到储槽17，富集的氧由储槽17经过管线18作为高纯产物气流回收。

在吸附剂床的底端，管线19和20分别由管线5和6延伸，并且分别带有阀21和22。上述管线19和20合在一起形成管线23，延伸到带真空泵25、阀26、储槽27和产物压缩机28的管线24上，富集的气体从压缩机28经由管线29通入到下面提到的膜系统。带阀门31的管线30由真空泵25和阀26之间的管线24延伸出去。



吸附剂床中排出的废气的纯度用纯度分析器32监测，响应取自管线24的输入信号33，取样部位处在真空泵25和管30由管线24延伸处之间。纯度分析器也适合通过输入信号34监测储槽27中的气体纯度。纯度分析器32适合向控制系统36输送输出信号35，该控制系统用来通过输出信号37和38分别地适当操作阀31和26，以便使管线24中的PSA废气或是通过管线30，或是继续通过管线24到达储槽27。控制系统36还通过输入信号39监测储槽27中存在的富气数量。

在图中所示系统的PSA部分的操作中，压缩的进料空气在循环的基础上以较高的吸附压力通过床8和10。吸附剂床8和10包含着平衡型的吸附剂材料，例如沸石型分子筛，它们能选择性地吸附氮，而氧或者氧和氩则通过床体，在管线15中被回收，通入到储槽17中作为富氧产物使用。在各床中吸附/解吸PSA操作程序的解吸期间，较易吸附的氮气，即，PSA制氧操作中的典型废气，由减压到较低的解吸压力的床体下部进料端流出，通入到排放管23中。当使用真空泵25降低压力以便解吸时，氮气流过阀21或阀22到达排放管23，由那里流到管线24、真空泵25和管线30，以便从系统中排放。

在实施本发明时，废氮气流不是连续地输送到管线30，而是通过控制阀26和31分成两股分离的气流。通过阀31和管线30的氮气代表本方法的净废气流。流过阀26的氮气含有从废气流中回收的富氮气体。从进行减压的PSA床流出的废气流的即时纯度用纯度分析器32监测，纯度分析器32的输出信号输往控制系统36，以便根据最终用户可接受的最低纯度，控制含氮气体经由带阀31的管线30排放或是经由阀26通往储槽27。当即时纯度低于可接受的水平时，流动被引向经过阀31和管线30以便作为“净”废气从系统中排放掉，例如

排放到大气中。当即时纯度在此水平之上时，流动被引向经由阀26进入储槽27。该槽最好是与体积恒定型不同的软外壳型，以便减小对于实施本发明所需的体积。需要用储槽来维持富氮产物向最终用户恒定流动，因为经过阀26的流过将是不连续的。由于从PSA床流出的废气是处在较低的解吸压力下，所以通常需要将回收的富氮产物气流压缩。用压缩机28向实施本发明中使用的膜系统供应富氮气体，以便制得进一步富集的氮气流，通往最终用户。

正如上面所指出的，控制系统36还通过输入信号39监测储槽27内的富气数量。当储槽不能再装入更多的气体时，信号39将压倒纯度输入信号，使气体通过阀31排放掉，不管其纯度如何。

作为一种可选择的操作方式，可以用控制系统36通过输入信号34监测储槽27内气体的纯度，而不是象上面提到的利用输入到纯度分析器32的信号33测量即时纯度。如果槽中的纯度水平高于可接受的水平，通过简单地增加阀门26保持开启的时间增量，用户将回收更多的废气。同样，阀31将保持关闭更长的时间，以便使作的废气排掉的气体减少。正如前面所提到的，如果储槽27内的气体体积达到了它的最高水平，输入信号39将压倒这一纯度信号。

作为进一步可选择的操作控制方式，在知道了即时的纯度分布型式之后，可以将系统设定，以便回收富氮产物气，而不是连续地监测即时纯度或储槽内气体的纯度。在这种情形下，根据应回收的废气所需要的时间增量，在控制系统36内将控制阀预先设定。控制阀将根据这些预设的时间操作，因此它们的操作与那一种纯度均无直接关系。压倒这些预设增量的仅有信号是信号39，指示储槽27已充满。

在典型的废气流分布型式中，可以将特定的PSA系统的废气纯度，例如以气流中氧的百分含量的形式，对时间作图，就象对于在整个吸附/解吸/再加压操作程序中使用的具体操作步骤一样。在这方面，应该指出，PSA操作程序通常采用压力平衡步骤，在该步骤中气体由一个床的产物端放出，通入到系统中另一个床体（即，图1的二床实施方案中的另一床）的产物端，以便使两个床中的压力相等。在此压力平衡步骤中，即不需要空气压缩机2，也不需要真空泵25。因此，在这段时间内二者均处于“卸载”状态。例如，压缩机2经由管线1吸入空气，将其压缩到稍微升高的压力，经由阀4把此空气排放到大气中。类似地，真空泵25经由阀41和管线42与24吸入空气，将其压缩到略微升高的压力，经由阀31把此空气排放到大气中。于是，在循环的卸载部分，即，在与床体之一的减压成压力平衡的期间，和在整个操作程序的后一部分与床体重新加压形成随后的压力平衡期间，空气经由真空泵25流动，与废气不同。在此卸载阶段中氧浓度最高，在这种情形下氧浓度上升到接近空气量的水平（21%）。一旦在特定床的同向减压—压力平衡过程之后开始了循环的再生部分，氧浓度立即减小。关于卸载阶段，应该指出，因为卸载阶段的时间短和操作线中的混合效应，氧的纯度达不到21%的水平。

应该了解，废气流的分布型式将随所用的具体的操作循环时间，所用的吸附剂材料。所用的吸附剂床的数目、具体采用的PSA操作顺序等因素而变。应该指出，与循环的卸载部分不同，在解吸阶段的早期部分废气中的氧浓度一般较高。给定了回收的废气流中的最大可接受的氧浓度，容易确定回收富氮产物气的最佳持续时

间。例如，在基于图中两床系统的说明性实例中，如果最大可接受的纯度为8%氧，业已确定在一个床约27秒的吸附阶段的约11秒之后，废气流的氧浓度为8%或更小。在这一实例中，此状态将继续下去，氮产物气被捕集，直到卸载阶段、即两床之间的压力平衡化开始为止。此时，将废气象常规的PSA操作中一样地排放掉。在这方面应该强调，从PSA系统中作为富氮产物回收的废气的平均氧纯度显然将低于最大可接受水平。

正如上面所提出的，回收高纯度的或富氮的产物的最佳时间增量可以从上述类型任何给定的PSA制氧系统的这样一种废气流纯度分布图确定。最佳时间增量当然会随PSA操作程序和循环步骤时间的变化而变。一般来说，如果时间增量全都以相等的百分量变化，则作为富氮产物来回收废气的持续时间应以同样的百分量变化。在所有的情形里，准确的时间增量应该如上所述通过对废气纯度的即时监测来确定。

对于废气中同样的最大允许氧含量，回收氮产物气体的时间增量可以随给定的PSA制氧系统的具体特点或长或短。另外，时间增量在一个PSA系统和方法的PSA操作程序中发生的时刻可以与在另一个中的不同。最佳回收时间将随在特定的PSA系统中采用的具体的吸附剂、循环程序和阶段时间增量而变。

在以附图的实施方案为基础的特定的说明性实施例中，PSA床的废气的平均氧浓度发现为8.5%。如果所有的废气均被捕集，同时在卸载阶段空气如上述流动，则会得到含有8.5%氧的氮气流。考虑到废气流在其产生期间即时纯度有变化，通过只回收特定部分的废气流，可以按照要求得到较高纯度的氮气流，即，氧浓度较低的氮

气流。例如，在以上实例中，通过只回收PSA废气中含8%或更少氧气的那部分，将平均氧浓度降低到约7.5%，可以提高所得氮产物的平均纯度。

当然，可以对本发明的细节作各种变动和修改，而不偏离在所附权利要求中陈述的本发明的范围。例如，可以使用能从进料空气中选择性地吸附氮或氧的任何商品吸附剂。于是，可以采用平衡型的吸附剂，例如沸石型分子筛材料，如13X、5A、10X和丝光沸石，它们将把氮作为进料空气中较易吸附的组分选择性吸附。也可以使用能从进料空气中选择性吸附氧的速度型选择性吸附剂，例如碳分子筛。还应该理解，具体采用的PSA操作程序可以变化，这是工艺中一般都了解的。虽然一般的吸附/解吸/再加压程序属于PSA操作，但是正如在PSA工艺中已知的，也可以采用各种其它的操作步骤作为操作程序的一部分。例如，PSA制氧程序可以包括例如以下程序：(1)在较高的吸附压力下吸附；(2)同向减压，从床体的非进料端释放气体，该气体用来提供另一个床的吹洗气；(3)同向减压—压力平衡化；(4)反向减压，从床的进料端放出气体，床减压到较低的解吸压力，包括在真空条件下减压到低于大气压力；(5)在较低的解吸压力下吹洗；(6)利用压力平衡部分地重新加压；和(7)用进料空气进一步重新加压到较高的吸附压力。一个具体的PSA制氮顺序见Werner等的专利，即，美国专利4,599,094。其中包括：(1)将另一床排出的联产品排放气引入到床的排放端，以便将压力增加到中等水平；(2)用进料空气进一步重新加压到较高的吸附压力；(3)将较易吸附的氮作为同向吹洗气通入到在上述较高吸附压力下的床的进料端；(4)利用从床的进料端排放出较易吸附的氮气，将床反向减压到

中等压力；(5)进一步将床反向减压到低于大气压的解吸压力；(6)将不易吸附的氧气引入到床的排放端，反向吹洗床体，以便从床的进料端排放出更多数量容易吸附的氮气；和(7)在循环的基础上重复步骤(1)-(6)，在步骤(2)中将更多数量的进料空气通过床体。

本发明可以在具有至少一个吸附剂床的吸附剂床中实施，以在有2到4个吸附剂床的体系中为佳，最好是有2或3个吸附剂床。

在实施本发明时，管线29中的富氮气体本身就可以是用于某些目的的所要产物，它为膜系统43提供了高压气流，膜系统适合从富氮气流中除去水、二氧化碳和其它这类杂质，以及更多的氧，从而为本文说明和提出要求的PSA/膜系统下游的实用工业操作提供合适的高纯度氮气流。如图所示，使用压缩机28经由管线29向膜系统43提供连续的高压气流。利用膜系统，通过从此气流中除掉至少一种不良组分或杂质，使气流中所要的组分进一步富集。进一步富集的氮气流在管线44中回收，所列举的不良组分则通过管线45排放。

本领域技术人员会理解，就本发明而言，所采用的膜系统的具体类型并非关键，只要该膜能有效地将要纯化的富集组分与通入膜系统43的富集气流中的其它组分或杂质分开。因此，膜的成分、膜的类型(即，组合膜或不对称膜)、采用操作变量的膜的级数等，将随储槽27中的气体成分以及具体的最终用户要求的气体纯度和其它需要而变。

本发明的PSA/膜集成系统方便地使用PSA废气流以减小功率消耗和膜系统的投资费用。例如，以典型的PSA制氧系统为基准，废气流通常含有约10%的氧，其余的主要是氮。使用此气流作为膜系统的进料气，与向膜系统通入进料空气相比，具有经济优越性。为

制得数量相等的高纯度氮，使用PSA制氧废气流可以用较小的压缩机和较小的膜表面积，因为供应给膜系统的进料气中氧量较少。此外，这样一种较小的压缩机所消耗的功率比使用进料空气流的情形要小。

PSA废气流所要部分的分离和使用能使非产物组分的纯度提高，使图中实施方案里压缩机28的尺寸进一步减小，从而降低了它的投资费用和功率消耗。另外，本发明的这种较高纯度的优选实施方案可以使用较小的膜系统，从而进一步减少了整个系统的投资费用，就象从PSA制氧系统的废气流中制取高纯氮的情形一样。

虽然通常最好是只回收含有最高氮浓度的那部分废气流，但是，应该明白，本发明的范围不受这些实施方案的限制。膜系统可以容易地以从PSA制氧系统中回收的废气的预期纯度和最终用户所要求的产物气纯度为根据。在PSA废气流除了氮以外还含有氧、二氧化碳和水作为其主要组分时，将使用膜系统除去这些组分中的至少一种，以制得进一步富集的高纯度氮产物气流。

应该了解，对于这里所说的方法和系统的细节可以作出各种变动和修改，而不偏离在所附权利要求中陈述的本发明。因此，如上所述，可以在本发明的膜系统中使用组合膜或不对称膜。虽然也可以使用致密的膜，但是因为它们固有的可透性较低的特点，所以最好不用，在实施本发明时使用的可透膜通常组装成膜束使用，一般是安装在封闭体内形成膜组件，构成膜系统的基本元件。膜系统可以含有单独一个膜组件，或是许多并联或串联排列的这种组件。

膜组件可以用膜束结构成任何方便的中空纤维形式，或是螺旋型、折叠型、平板型或其它所希望的膜构型。膜组件结构成具有一

个进料气体(空气)面和一个与之相对的透气流出面,对于中空纤维膜,进料面可以是空心的一边,用于从内向外的操作,或是中空纤维的外面,用于从外向内的操作。提供了向系统中引入进料气和用来抽取透过的和未透过的气流的装置,一般如图中所示。

应该了解,在实施本发明中使用的膜的成分对于所希望的分离具有高的选择性或分离因子,例如,对水的分离因子大于氮。于是,将水和希望从富氮气流中分离出去的其它组分通过图中的膜43。水/氮分离以至少50为宜,最好是大于1000,以增强从富氮气流中除去水。此外,膜对于氮的可透性应相对低,以便减小所要的高纯产物的损失。乙酸纤维素酯是符合这些标准的膜材料的一个实例。但是应该了解,也可以使用许多其它的膜材料,例如乙基纤维素,硅橡胶,聚氨酯,聚酰胺,聚苯乙烯等。

虽然已参照空气分离操作,特别是参照PSA制氧系统和由其废气回收高纯氮气,对本发明作了说明,但是应该指出,同样可以使用PSA制氮系统以便从废气流中回收高纯度的氧。应该了解,在这种情形下,进料空气流入床内,以便在较高的吸附压力下选择性地吸附氮,同时氧组分穿过床体,在此期间内,氧废气流将是床体非进料端排出的不易吸附的组分。还应该了解,在这样的实施方案中,可以在床的对面一端使用图中所示的控制系统、纯度分析器和其它装置,以便使富氧气流与净废气流理想地分离,富氧气流通常被通入到储槽中,气体从那里流过压缩机到达膜系统,以便按照在关于纯化和回收高纯度氮的附图中说明的方式,进一步纯化和回收高纯度的氧。

可以看出本发明加强了PSA空气分离操作在工业实际应用中的



优越性。由于能回收高纯度的双产物，本发明用非常理想和方便的膜气体分离系统作为PSA空气分离方法和系统的补充，大大提高了使用该方法和系统的技术与经济可行性，以制得高纯度的氧和氮。

# 说 明 书 附 图

