[19]中华人民共和国专利局

[11] 授权公告号 CN 1026469C

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91104751.4

[51]Int.Cl[5]

[45]授权公告日 1994 年 11 月 9 日

B01D 53/04

[24]颁证日 94.8.31

[21]申请号 91104751.4

[22]申请日 91.6.19

[30]优先权

[32]90.6.19 [33]US[31]540,040

[32]91.6.5 [33]US[31]708,932

[73]专利权人 美国BOC氧气集团有限公司 地址 美国新泽西州

[72]发明人 N·O·伦科夫 R·C·格美林

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 齐曾度

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 用于分离气体混合物的变压吸附法

[57]摘要

分离气体混合物并生产预定纯度富集气方法，包括（a）在 15—500psig 吸附压力，把气体混合物通过入一吸附床，（b）从第一吸附床排出富集气，将其通入产品收集器，（c）当第一吸附床富气纯度降至低于预定纯度而成为贫气，将该贫气通入第二吸附床，使两床间的压力基本均衡，（d）停止第一吸附床贫气流，将床抽空，然后用产品收集器的富集气通入其内，进行吹洗，（e）用产品收集器的富集气反充第二吸附床而加压，（f）把气体混合物通入第二吸附床，进一步加压至 15—500psig 吸附压力，（g）在继续的循环中，重复上述步骤。

1.一种用于分离空气的吸附方法，用几个包括碳分子筛的吸附床互相以位相相差操作，生产有预定纯度的富氮气体，这方法包括如下步骤:

(a)在约15-500 psig的吸附压力，将空气通入一个吸附床的入口端，同时从上述一个吸附床的出口端排出富氮气体，并将其作为产品气收集;

(b) 当上述一个吸附床的出口端的富氮气体的纯度降低到低于上述预定纯度约0.1-10%，并由此变成贫气时，停止进入上述一个吸附床的空气流，并将上述一个吸附床的出口端的贫气通入另一个刚完成步骤(c)的吸附床的入口端，直到上述另一个吸附床的压力为吸附压力的约25-50%为止;

(c) 停止上述一个吸附床出口端的贫气流，并从该床的入口端抽空该床到约25-350毛的解吸压力，同时将富氮的产品气从上述一个吸附床的出口端通入，吹洗这个吸附床;

(d)通过把刚完成步骤(a)的另一个吸附床的出口端的贫气通入上述一个吸附床的入口端来对其部分加压，直到它的压力为吸附压力的约25-50%为止;

(e) 通过把富氮气体通入上述一个吸附床的出口端来反充上述一个吸附床，对其进一步加压，直到已反充吸附床的压力为吸附压力的约50-100%为止;

(f) 通过把空气通入上述一个吸附床的入口端，进一步加压该吸附床至约15-500 psig的吸附压力;

(g) 在继续的循环中，重复上述步骤，象上述一个吸附床那样处理上述几个吸附床中的其它各个吸附床。

2. 一种用于分离气体混合物的吸附方法，用几个吸附床互相以位相相差操作，生产具有预定纯度的富集气，该方法包括如下步骤:

(a) 在约15-500 psig的吸附压力，将气体混合物通入一个吸附床的入口端，同时，从上述一个吸附床的出口端排出富集气，将其作为产品气收集;

(b) 当上述一个吸附床的出口端的富集气的纯度降低到低于预定纯度约0.1-10%，由此变成贫气时，停止气体混合物流入上述一个吸附床，并把上述一个吸附床的出口端的贫气通入另一个刚完成步骤(c)的吸附床的入口端和出口端，直到上述另一个吸附床的压力达到吸附压力的约25-50%为止;

(c) 停止上述一个吸附床的出口端的贫气流，并从它的入口端抽空该吸附床到约25-350毛的解吸压力，同时把富集气产品气体通入到它的出口端来吹洗它;

(d) 通过把刚完成步骤(a)的另一个吸附床出口端的贫气通入上述一个吸附床的入口端和出口端，来对其进行部分加压，直到它的压力为吸附压力的约25-50%为止;

(e) 通过把富集气通入上述一个吸附床的出口端反充它，将其进一步加压，直到被反充吸附床的压力为吸附压力的约50-100%为止;

(f) 通过把气体混合物通入上述一个吸附床的入口端，将其进一步加压至约15-500 psig的吸附压力;

(g) 在继续的循环中，重复上述步骤，象上述一个吸附床那样，处理几个吸附床中的其它每一个吸附床。

3. 按权利要求2 的方法，其中气体混合物是空气，富集气是氮气。

4. 按权利要求1或2的方法，其中所述预定纯度为约90-99.9%。

5. 按权利要求2的方法，其中所述吸附床包含碳分子筛。

6. 按权利要求1或2的方法，其中在步骤(a)中，吸附压力为约50-

200 psig。

7. 按权利要求1或2的方法，其中在步骤(b) 中在压力均衡步骤后所述另一个吸附床的压力为吸附压力的约35-45% 。

8. 按权利要求1或2的方法，其中在步骤(c) 中，从入口端将所述一个吸附床抽空到约50-250毛的解吸压力。

9. 按权利要求1或2的方法，其中在步骤(c) 中，通过把富集的产品气通入所述一个吸附床的出口端，以约0.01-2升/升/循环的吹洗气流量吹洗所述一个吸附床。

10. 按权利要求1或2的方法，其中在步骤(c) 结束时，所述一个吸附床的压力为吸附压力的约60-80%。

11. 按权利要求1或2的方法，其中在步骤(f) 结束时，所述一个吸附床的压力为约50-200 psig。

用于分离气体混合物的变压吸附法

本申请是１９９０年6月１９日申请的，申请号为07/154004D申请的部分后续申请。

本发明涉及用于分离气体混合物以产生富集的气体的一种方法。具体地说，本发明涉及用于分离气体混合物的一种改进的变压吸附方法，该方法包括一吸附步骤、一压力平衡步骤、一反充气体步骤和一抽空及吹洗步骤。

变压吸附（ＰＳＡ）是一众所周知的分离气体混合物的方法。ＰＳＡ包括在高压下，将气体混合物通过能选择性地吸附气体混合物中的一个或几个组份的吸附剂床。然后，从该床排出富集了未被吸附气体组分的产品气。该吸附床可以通过使其减压来再生。

这里所使用的术语“气体混合物”指的是一气体混合物、例如空气，主要包括有不同分子大小的两种成分。术语“富集的气体”指的是在气体混合物通过吸附剂床后，包括未被吸附的气体混合物组分的气体。这种富集的气体一般必须满足预定的纯度值（未被吸附组分的）例如，从约９０％——约９９．９％。术语“贫气”指的是从吸附床排出的气体，它对富集的气体来说，不能满足其预定的纯度值。

吸附材料的选择性，或取决于吸附动力学的不同，或取决于吸附平衡的差别。碳分子筛的选择性通常由它的孔体积和孔径分布决定。动力学直径小于或等于吸附剂孔径的气体分子被吸附，并保留在吸附剂中，而动力学直径大于吸附剂孔径的气体分子将通过吸附剂。因此，吸附剂就按照气体的分子大小，筛分气体分子。吸附剂根据气体分子在吸附剂孔中的不同扩散速度，也可分离气体分子。

沸石分子筛吸附气体分子，取决于晶体的大小。一般来说，进入沸石而被吸附是快的，通常在几秒内达到平衡。沸石的筛分作用一般取决于气体混合物的各个组分的吸附平衡的差别。当用沸石吸附剂分离空气时，氮气比氧气优先被吸附，可以采用ＰＳＡ法生产富集氧气的产品。

碳分子筛的筛分作用一般不取决于气体混合物的各个组分的吸附平衡的差别，而是由气体混合物中的各个组分的吸附速度的差别决定。当使用碳分子筛分离空气时，氧气比氮气优先被吸附，可以采用PSA法生产富集氮气的产品。

当气体混合物通过吸附剂床传播时，可吸附的气体混合物的各组分进入并充满吸附剂的孔。在一段时间期间后，吸附剂床排出的气体组成基本上和进入该床的气体的组成相同。这命名为穿透点。在达到穿透点之前某一时间，吸附剂床必须进行再生。再生过程包括停止通过床的气体混合物流，并通过排出床吸附的组分到大气中来吹洗该床。

ＰＳＡ系统通常采用两个吸附剂床，以循环的方式操作，排列成互相的位相相差１８０°，因此，当一个床进行吸附步骤的时候，另一个床就进行再生步骤。两个吸附剂床可以串联，或并联。在串联排列中，第一个床的出口端排出的气体进入第二个床的入口端。在并联排列中，气体混合物进入构成系统的所有床的入口端。总的来说，为得到高纯度的气体产品，床的串联排列是较好的，对在一短的时间循环中纯化大量的气体混合物，床的并联是较好的。

在这里所使用的术语“吸附床”指的是一个吸附床或两个串联排列的吸附床。一床系统的入口端就是这个床的入口端，而两床系统（串联排列）的入口端是系统中第一床的入口端。一床系统的出口端

就是这个床的出口端，而两床系统（串联排列）的出口端则是系统中第二床的出口端。通过在系统中使用并联的两个吸附床和通过吸附床之间的循环（交替），可以连续地得到产品气。

在吸附步骤和再生步骤之间，通常通过把两个床的入口端连接在一起和把两个床的出口端连接在一起，在这两个床中平衡压力。在压力平衡期间，由于两个床之间压力差的存在，刚完成它的吸附步骤（在高压下）的吸附床内空隙空间的气流入刚完成它的再生步骤（在低压下）的吸附床内。这种压力平衡步骤提高了产品气的收率，这是因为刚完成其吸附步骤的床的空隙空间气已经被富集了。

通过PSA法进行气体分离，在“通过吸附方法进行气体分离”（Ralph T. Yang, Ed., Chapter 7, “变压吸附：原理和方法” Buttersworth 1987）中作了更充分地描述，在此可结合起来参考。

颁发给Vo 的4376640号美国专利公开了一种用于分离气体混合物的PSA法，它包括在第一吸附床分离气体混合物，用第一吸附床的较高压力的贫气对已排空和抽空的第二吸附床进行加压，断开第二床，使该加压后的容器通过吸附其内的气体来减压，在第二吸附床中分离气体混合物，并再生第一吸附床。

Garrett 的2195097A号英国专利申请描述了一种用于分离气体混合物的PSA法，它包括产品收集器到吸附床的气体流动的改进，只要在产品收集器中的压力超过吸附床的压力。

Hareuma 的昭63(1988)－79714号日本专利申请也披露了一种用于分离气体混合物的PSA法，它包括在非常特殊的变压吸附条件下，改进了循环中三个吸附床的循环方式。

虽然上述的ＰＳＡ法在分离气体混合物方面提供一些改进，但是这些方法并不完全令人满意。ＰＳＡ法共同的问题包括低的产品收率、低的产品纯度、需要大量的吸附剂和能量利用不充分的再生方法。因此，还有必要改进ＰＳＡ法。本发明提供了以高收率和高纯度分离气体混合物的改进的ＰＳＡ法。

本发明涉及用于分离气体混合物，以生产有预定纯度的富集气体的一种吸附方法，它包括如下步骤：（ａ）在约１５ psig 一约500 psig 的吸附压力下。将气体混合物通入第一吸附床的入口端，（ｂ）从第一吸附床的出口端排出富集了的气体，并将其通入产品收集器，（ｃ）当第一吸附床出口端的富集了的气体的纯度比预定纯度低约０．１％一约１０％，并因此而变成贫气时，将第一吸附床出口的贫气通入第二吸附床的入口端，以使第一和第二吸附床之间的压力基本平衡，其中第二吸附床的压力约为其吸附压力的２５％一约５０％，（ｄ）停止第一吸附床出口端的贫气流，并从入口端抽空第一吸附床到约为２５托——３５０托的解吸压力，并且，通过将产品收集器的富集气从第一吸附床的出口端通入，清洗第一吸附床，（ｅ）通过将产品收集器的富集气从第二吸附床的出口端通入，对第二吸附床反充气，使第二吸附床进一步加压，这里，反充第二吸附床的压力大约为吸附压力的５０％——约１００％，（ｆ）将约１５ psig ——约５００ psig 的吸附压力的气体混合物从第二吸附床的入口端通入，使第二吸附床进一步加压，和（ｇ）在一继续的循环中，重复上述步骤，象第一吸附床那样处理第二吸附床，并象第二吸附床那样处理第一吸附床。

在上述步骤的改进中，步骤（ｃ）是通过将第一吸附床出口端的

贫气同时通入第二吸附床的入口端和出口端来进行的，以使第一吸附床和第二吸附床的压力基本上平衡。

图1是根据本发明的适于分离气体混合物的新颖的吸附方法的两床变压吸附装置的示意图。

图2说明使用不同的PSA法（例1—5）分离空气时，所得到的单位氮气产品与氧气浓度的关系的图表。

图3说明使用不同的PSA法（例1—5）分离空气时，所得到的氮气产品的收率与氧气浓度关系的图表。

图4说明采用本发明的PSA法，在循环时间为180秒和240秒分离空气时（例1），所得到的单位氮气产品与氧气浓度的关系的图表。

图5说明采用本发明的PSA法，在循环时间为180秒和240秒（例1）分离空气时，所得到的氮气收率与氧气浓度关系的图表。

申请人发现，压力平衡步骤、抽空和产品气吹洗步骤、及产品气的反充步骤特殊的组合，可以提供以高纯度和高产率生产富集气的PSA法。压力平衡步骤、抽空及吹洗步骤和反充步骤的这种组合提高了产品气的纯度，并使吸附床更有效的再生。特别是，抽空和用产品收集器的富集气吹洗再生的吸附床，可以解吸更多的吸附气体，从而使该床在下一个循环中能吸附更多的气体。通过将第一吸附床出口端的贫气通入第二吸附床的入口端，或同时通入第二吸附床的入口端和出口端，来使吸附床之间的压力均衡，利用已经富集了的气体，由此提高了产品的纯度和收率。在压力平衡步骤之后，从出口端用产品气反充待再生的吸附床，将贫气置换进入更深的床内，在该床的顶端提供高度富集的气体，其结果是，首先从该床排出的气体是最纯的气

体，它并不被产品收集器中的气体杂质所污染。

本发明的第二个方面，用于分离气体混合物以产生有预定纯度的富集气的ＰＳＡ法包括如下步骤：（ａ）在约１５ psig——约500 psig的吸附压力下，将气体混合物通入第一吸附床的入口端，（b）从第一吸附床的出口端排出富集气，并将其通入一产品收集器，（c）当第一吸附床的出口端富集气的纯度低于预定纯度的约０．１％——约１０％，并由此变成贫气时，将第一吸附床出口端的贫气通入第二吸附床的入口端，或同时通入第二吸附床的入口和出口，以使第一吸附床和第二吸附床间压力平衡，其中第二吸附床的压力为吸附压力的约２５％——约５０％，（ｄ）停止第一吸附床出口端的贫气流，并从其入口端抽空第一吸附床，使达到约２５托——约３５０托的解吸压力，并且通过将产品收集器的富集气通入第一吸附床的出口端，吹洗第一吸附床，（ｅ）将产品收集器的富集气通入第二吸附床的出口端，以反充第二吸附床，对其进一步加压，其中已反充第二吸附床的压力为吸附压力的约５０％——约１００％，（ｆ）通过将在约１５ psig——５００ psig的吸附压力下的气体混合物通入第二吸附床的入口端，对第二吸附床进一步加压，和（ｇ）在继续的循环中，重复上述步骤，象第一吸附床那样处理第二吸附床，和象第二吸附床那样处理第一吸附床。

采用压力平衡步骤、抽空及吹洗步骤和反充步骤新颖组合的本发明的ＰＳＡ法，参考图１的装置可能更易理解。虽然本发明用了一些较好的实施例进行描述和说明，申请人认为，可以使用的一些改进和修改都没有离开本发明的精神。例如，包括任何气体混合物，但不限于空气（氮气和氧气）、甲烷和二氧化碳、氢气和一氧化碳，都可以

通过本发明的方法进行分离。为简化起见，虽然本发明的方法可以用来分离为一般的ＰＳＡ法分离的其它的气体混合物，但是，本发明的方法将就关于空气的分离来进行描述。

参看图１，两个耐压的塔１和２分别用吸附剂３和４的床填充。例如，用适于分离气体混合物，例如从空气中分离氮气的碳分子筛吸附剂填充床。塔１为第一吸附床，塔２为第二吸附床。当塔１和２是吸附剂床３和４时，它们基本上是相同的。虽然图１以竖式示出了塔１和２，但是，塔也可以采用卧式设置。

环境空气经空气加料管５加到压缩机６。压缩机６将空气压缩到吸附压力，然后通过空气入口管和断流阀（通—断断流阀）８或９分别将其引入塔１或塔２的入口端。断流阀８将原料空气引入在塔１底部的入口端，而阀９将原料空气引入在塔２底部的入口端。

原料空气在通入塔１或２前，通过将其通入一冷凝器除去过量的湿气（４０％的相对湿度或小于此值的湿度的空气是较好的），可以改进。也可以采用过滤器或洗涤器从原料空气中除去CO_2、SO_2或氮氧化物之类的气体。这些纯化步骤是任选的，它提高了产品气的纯度，也延长了吸附床的使用寿命。

加给塔１或２的原料空气，分别进入吸附床３或４被吸附，选择性地筛选氧。产品气（富集氮气）分别经断流阀１２或１３从塔１或２排出，并通过出口管１０进入产品收集器１１。同样，收集器１１的产品气可以经管１０和各自的断流阀１２或１３反充入塔１或塔２。

为排出产品气，产品收集器１１有一出口管１４和断流阀１５。瞬时的氮气流量通过一质量流量计测量，而富集气的氧含量在产品收集器的上流分析。

为了抽空塔1或2，首先塔1的入口端和塔2的入口端向大气排放，然后，经出口管16和各自的断流阀18和19与真空泵17相连接。为了达到压力平衡，塔1的出口端经管20和断流阀21及24连接到塔2的入口端或经断流阀21、23和24及相应的管连接到塔2的入口和出口端。同样，塔2的出口端经管20和断流阀23及22连接到塔1的入口端，或经断流阀21、22及23和相应的管与塔1的进出口端连接。

在PSA循环开始时，在压缩机6中将来自管5的原料空气压缩到吸附压力，然后，经管7和打开的断流阀8将其通入塔1的入口端和吸附床3。吸附压力为约15 psig——约500 psig，较好为约50 psig——约200 psig。同时，塔2的吸附床4抽空。在吸附床3中原料空气被吸附，以选择性地筛分氧气。富集了氮气并具有预定的纯度的产品气从塔1的出口经打开断流阀12和出口管10排出，并通入产品收集器11。产品气的预定纯度一般为约90%—约99.9%。

塔1出口端的富集气的纯度降到低于预定纯度的约0.1%至约10%，由此变成贫气时，断流阀8和12就关闭，停止产品气的生产。然后，根据本发明的第一个实施例，打开断流阀21和24，把塔1出口的贫气经管20通入塔2的入口端，使塔1和塔2之间的压力基本均衡。塔2的压力为约25%——约50%，较好是约35%——约45%的吸附压力。

当压力均衡步骤完成时，关闭断流阀21和24，并打开断流阀13。收集器11的产品气通入塔2的出口端，以反充塔2。反充塔2的压力通常为约50%——约100%，较好是约60%——约

８０％的吸附压力

当反充步骤完成时，打开断流阀９，把压缩机６的原料气加入塔２的入口端，重复循环。

塔１通过打开断流阀１２和１８进行再生，并对大气排空。塔１经断流阀１８从入口端抽空到解吸压力，而产品收集器１１的富集气或生产塔２的富集气，以产品气的吹洗速度，经断流阀口通入塔１的出口端。一般来说，解吸压力为约２５托——３５０托，较好是约50托——约２５０托。一般来说，产品气的吹洗速度为约０．０１Ｌ／Ｌ／循环——约２Ｌ／Ｌ／循环，较好是约０．１Ｌ／Ｌ／循环——约０．８Ｌ／Ｌ／循环。

因此，当一个吸附床正产气时，而另一个吸附床则被再生。一般来说，完成一个循环的时间（循环时间）为约３０秒——约６００秒，较好是约４５秒——约３００秒。

在上述的本发明的方法的实施例中，完成氮气生产步骤后的塔１和２之间的压力均衡是通过将刚完成生产的塔的出来的气，经它的出口输送到刚完成再生的塔（经再生塔的入口）（出口到入口压力均衡）来实现的。例如，当塔１完成了它的生产循环时，而塔２完成了它的再生循环，塔１和２之间的压力均衡是通过将塔１的气经阀２１、管２０和阀２４输送到塔２来进行的。

有时，碰巧均衡气流进入刚完成它的抽空步骤的塔内，显著地干扰这个塔的吸附床。由于进入抽空床的高压气的突然冲击产生的这些影响使得这个床激烈的搅动。当塔的直径与它的高度的比率小的时候，这种现象尤其突出。本发明的下面的另一个实施例的有这样一种构型的塔中，对床的干扰减到了最小。在这个实施例中，变压吸附步骤之

后的两个塔的压力均衡是通过改变上述的程序来实现的。

按这个实施例的程序，塔1和2间的压力均衡是通过将刚完成其生产步骤的那个塔的气体输送到刚完成它的抽空步骤的塔来完成的，流动方式是使前塔通过它的出口排出的气体，通过后塔的入口端和出口端（出口到入口和出口的压力均衡）流入后塔。加压气这种同时流入接收气体的塔的进出端，可以在整个压力均衡期间或仅部分期间中发生。例如，在整个压力均衡期间内，气体可以连续地通过第二塔的进出口端流入该塔，或在部分压力均衡期间内，气体通过塔的进出口两端流入该塔，并且，在剩余的压力均衡期间内，气体或者通过塔的入口流入，或者通过塔的出口流入该塔。在某部分的压力均衡期间，气体流动的任何组合都是许可的，只要向塔的进出口端的流动出现就行。

参看图1，这个实施例的改进的压力均衡可以按如下进行。在塔1完成其生产步骤和塔2完成其抽空步骤之后，塔1和2的压力均衡可以通过关闭断流阀8和12，打开断流阀21、23和24来完成。塔1出来的贫气流经它的出口端通过打开的阀21，由打开的阀23和24同时进入塔2。在转换的循环中，当塔2刚完成它的生产步骤而塔1刚完成它的抽空步骤时，关闭断流阀9和13，并打开断流阀21、22和23。这使得塔2出来的气体通过它的出口，由打开的阀23流出，并同时通过打开的阀21和22进入塔1。这个实施例改进的程序有一个优点，它允许塔1和2之间压力迅速均衡，对接收气体的吸附床的干扰影响很小或没有。

在另一个实施例中，本发明涉及用于分离气体混合物，以生产有预定纯度的富集气的装置，它包括：

（ a ）一个有一进口和一出口的第一吸附床；

（ b ）一个与第一吸附床并联连接的第二吸附床，该第二吸附床也有一进口和一出口；

（ c ）一个通过带断流阀的管连接到第一吸附床的入口端和第二吸附床的入口端的气体混合物源；

（ d ）一个产品收集器，通过带断流阀的管连接到第一吸附床和第二吸附床的出口端；

（ e ）一个真空泵，通过带断流阀的管连接到第一吸附床和第二吸附床的入口端，用来抽空第一和第二吸附床；

（ f ）带断流阀的管，用于将第一吸附床出口端的贫气通入第二吸附床的进出口端，使第二和第一吸附床之间的压力基本均衡；和

（ g ）带断流阀的管，用于将第二吸附床出口端的贫气通入第一吸附床进出口端，使第二吸附床和第一吸附床之间的压力基本均衡。

整个本发明申请，已参考不同的公开文献。为了更充分地理解本发明的技术状况，在上述文献中公开的技术内容在这里均可结合参考。

下面用实施例进一步解释本发明，它们用来说明本发明，但不是限制本发明的方法。

实施例 1 —— 7

这些实施例说明了用一般的 P S A 法和按本发明的 P S A 法，将气体混合物分离，生成富集气。

空气经 P S A 法被分离，生成富集的氮气，其工艺条件是：吸附压力为 1 0 0 psig，解吸压力为 1 3 5 托，循环时间为 2 4 0 秒，单位产品气清洗速度为 0 . 2 5 L／L／循环（升气／升吸附剂／循环）。

当按照本发明的方法进行空气分离时（出口端——入口端压力平衡步骤、反充步骤和抽空及吹洗步骤），所得氮气的纯度为９９％，单位时间产品量为１２９．２Ｌ／ｈ，产品气的收率为６６．５％．例１，参见图２——３。当用上面提出的方式（不同的是所进行的吹洗步骤没有抽空，只向大气排放）进行空气分离时，所得单位时间的产品量为７２．２Ｌ／ｈ，产品气的收率为５２％，例２，参见图２——３。当用上面提出的方式〔区别是通过将塔的顶端——顶端（出口端——出口端）和塔的底端——底端（入口端——入口端）相连接进行压力均衡步骤〕进行空气分离时，所得的单位时间的产品气量为１１７．６Ｌ／ｈ，产品气收率为６３．７％，例３，参见图２——３。当以上面提出的方式〔区别是通过将塔的顶端——顶端（出口端——出口端）和塔的底端——底端（入口端——入口端）相连接进行压力均衡步骤及所进行的吹洗步骤没有抽空，只向大气排放〕进行空气分离时，所得单位时间的产品气量为８１．７Ｌ／ｈ，产品气收率为５５．５％，例４，参见图２——３。当用上面提出的方式〔区别是通过将塔的顶端——顶端（出口端——出口端）和塔的底端——底端（入口端——入口端）相连接进行压力均衡步骤，所进行的吹洗步骤没有抽空，只向大气排放和加压步骤只使用贫空气进行及没有用反充步骤〕进行空气分离时，所得的单位时间的产品气量为７７．１Ｌ／ｈ，产品气收率为５４．４％，例５，参见图２——３。

如美国专利４３７６６４０号所描述的，当所进行的加压步骤只用贫气，将超压容器隔离，然后排空和抽空时，所得单位时间的产品气量为１２５．２Ｌ／ｈ，产品气收率为６２．６％。

当例１方法的循环时间从２４０秒减少到１８０秒时，所得纯度

为９９％氮气的单位时间的产品气量提高到１５０．２Ｌ／ｈ，产品气收率降低到６５．３％，参见图４——５。

例６通过本发明的方案说明空气的分离，其中压力均衡步骤是通过把完成了它的生产步骤的塔的气体通过这个塔的出口输送并通过完成了抽空步骤的塔的入口和出口进入这个塔来进行的。

在吸附压力为１００ｐｓｉｇ，循环时间为２４０秒，单位产品气的吹洗速度为０．５Ｌ／Ｌ／循环和在大气压下解吸的条件下，进行空气分离，得到富集的氮气。与这个试验在除塔的压力均衡是通过把刚完成它的生产步骤的塔的气体从其出口输送，并只从刚完成它的抽空步骤的塔的入口端进入来进行时除外的相同条件下进行相比，所得单位时间的产品气量和产品气收率分别提高２６．５％和１２．３％。

在例７中，除解吸是在压力为３００托外，其余重复例６的步骤。与只通过出口端到入口端进行压力均衡所得的单位时间的产品气量和产品气收率相比，分别提高了４．４％和５．２％。

因此，根据本发明的两个实施方案的用于分离气体混合物的改进的ＰＳＡ法，以高的收率和纯度提供了富集气。

十分清楚，上述的一些实施例只是举例，本领域内的技术人员可以进行许多修改和改进，而不离开本发明的精神和范围。所有这些改进和修改都包括在如所附的权利要求所定义的本发明的范围内。

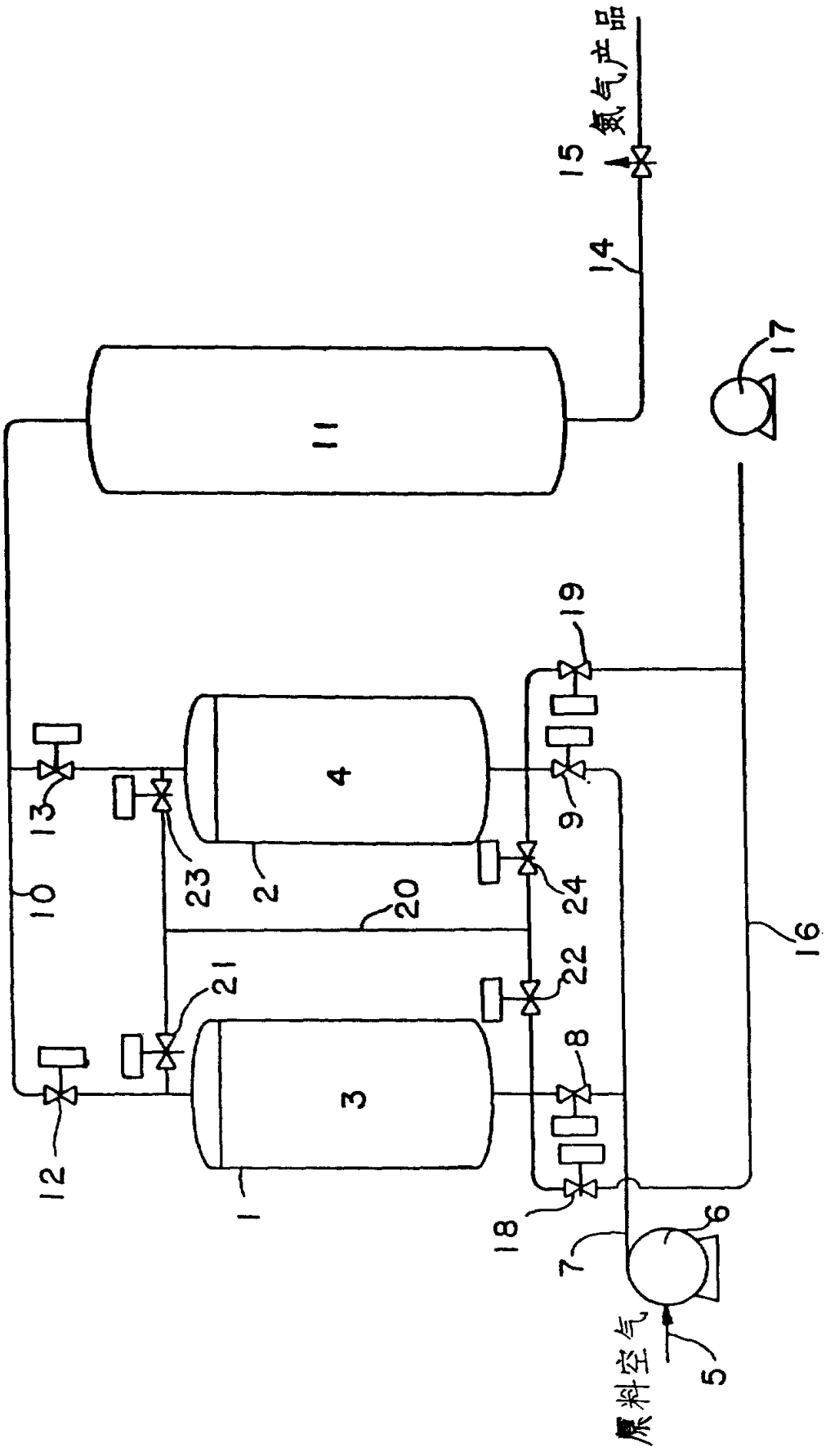


图 1

图 2

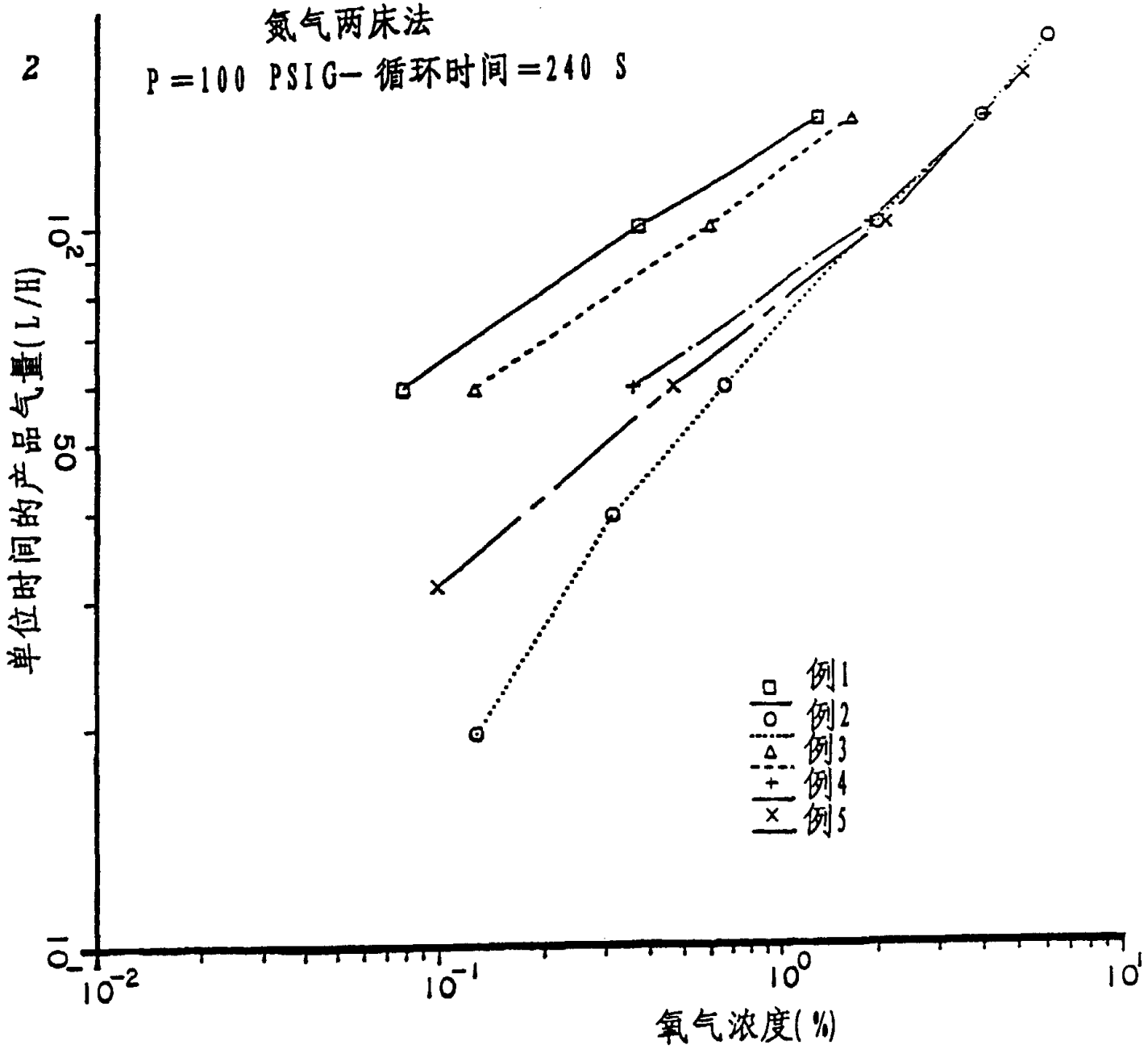

氮气两床法
P＝100 PSIG— 循环时间＝240 S
单位时间的产品气量(L/H)
10
50
1
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
氧气浓度(%)
例1
例2
例3
例4
例5

图 3

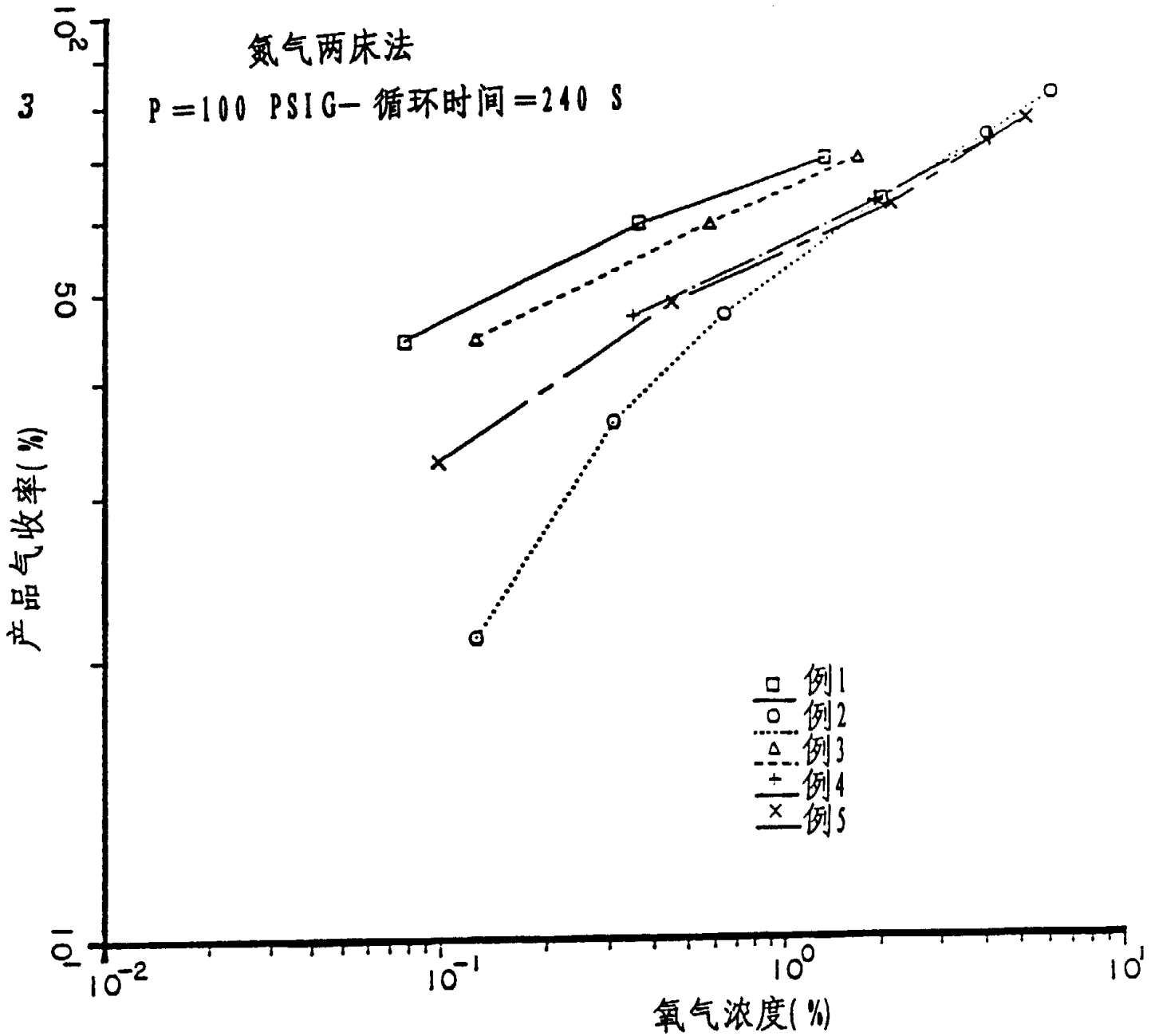


图 4

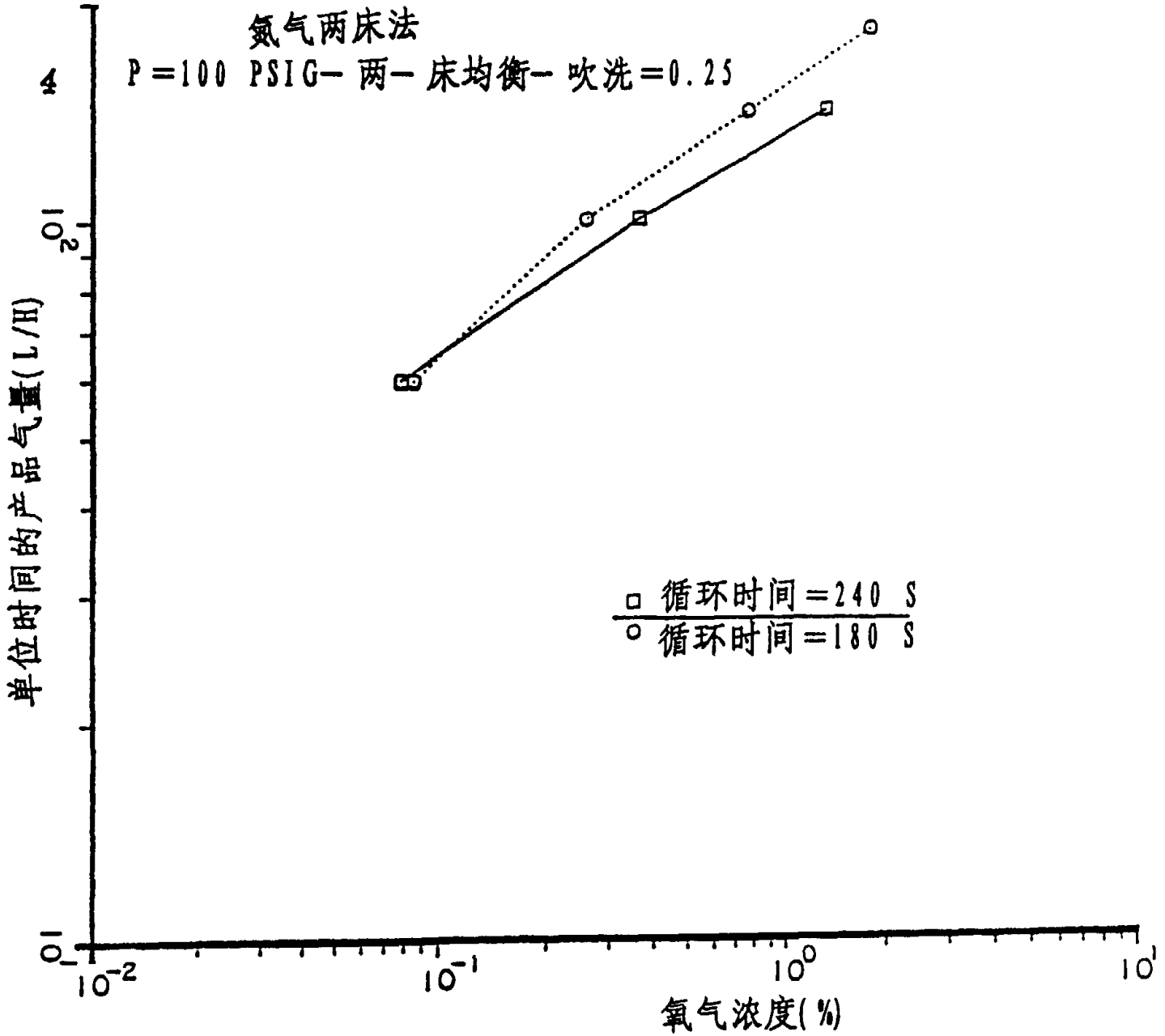
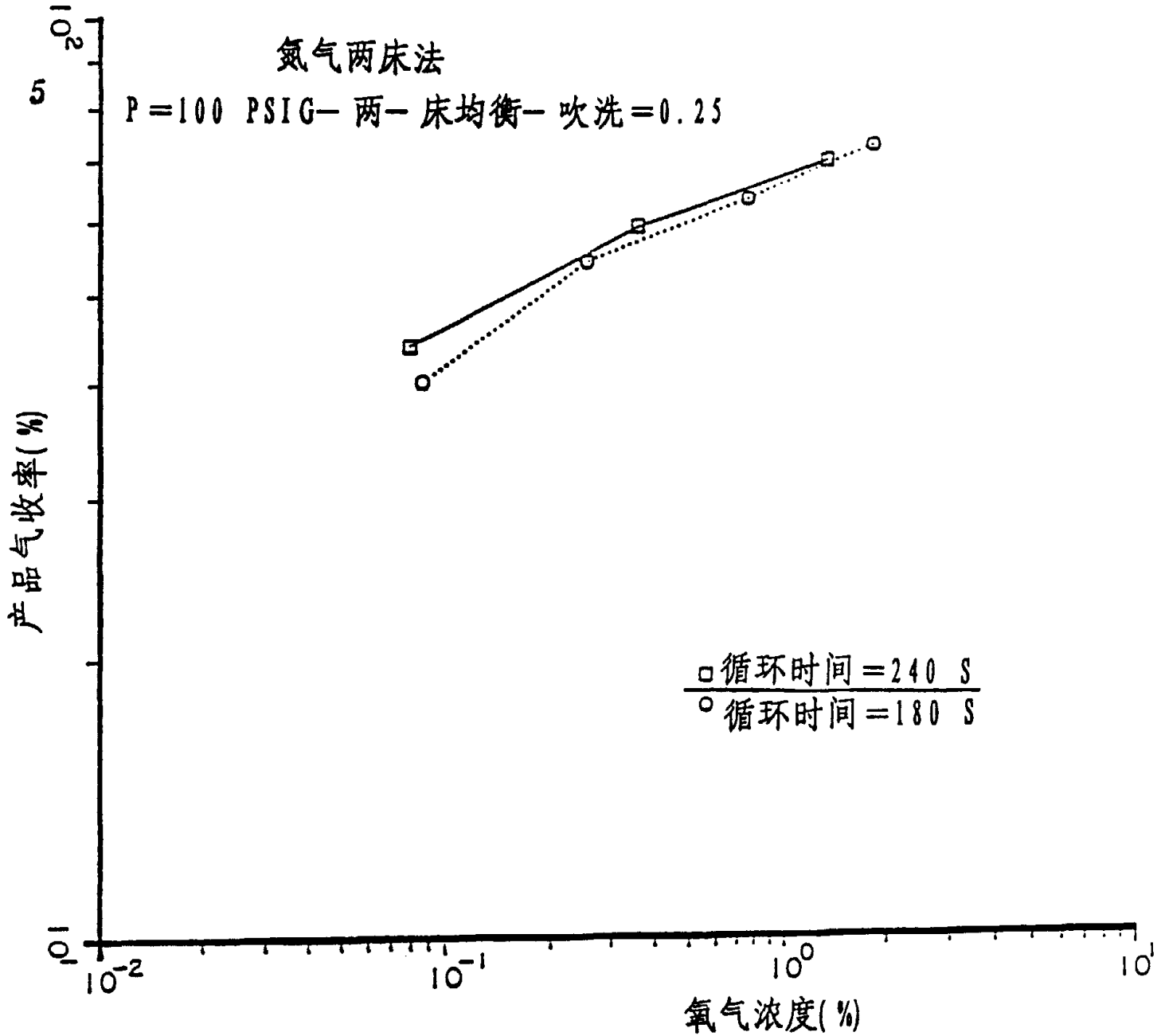

氮气两床法
P=100 PSIG- 两- 床均衡- 吹洗=0.25
单位时间的产品气量(L/H)
10^2
10^1
□ 循环时间=240 S
○ 循环时间=180 S
10^{-2}
10^{-1}
10^0
10^1
氧气浓度(%)

图 5


氮气两床法
P＝100 PSIG— 两— 床均衡— 吹洗＝0.25
10^{2}
10^{1}
产品气收率(%)
□循环时间＝240 S
○循环时间＝180 S
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
氧气浓度(%)