

浅谈大型变压吸附制氧机的吸附器设计

(昆山锦沪机械有限公司, 江苏省昆山经济技术开发区陆家镇陆丰东路 8 号 215331)

摘要：大型变压吸附制氧机吸附器的结构设计不合理，会使分子筛吸附效率下降，能耗增加。简介立式轴向结构吸附器的结构和影响其性能的两个因素，从导流管、气流挡板和气流分布器的设置，由大塔分成小塔的模组化设计等方面，阐述实现吸附器内气流均布，进而提高吸附效率的措施。

关键词：变压吸附；制氧设备；吸附器；气流分布器；模组化设计

中图分类号：TQ051.86 文献标识码：B

Approach to design of adsorber for large-sized pressure swing adsorption oxygen generator

(Kunshan Elegant Machinery Co., Ltd., 8[#] East Lufeng Road, Lujia Town, Kunshan Economic & Technical Development Zone, Suzhou 215331, Jiangsu, P. R. China)

Abstract: Irrational structural design of adsorber for large-sized pressure swing adsorption oxygen generator would result in decreased adsorption efficiency of molecular sieve and increased energy consumption. Here, the structure and two factors impacting the performances of vertical axial adsorber are briefed from aspects of the setting of guide tube, gas baffle and gas distributor, and the modulated design dividing big tower into small towers, and the measures to ensure even gas distribution in the adsorber and improve the adsorption efficiency are proposed.

Keywords: Pressure swing adsorption; Oxygen generating equipment; Adsorber; Gas distributor; Modulated design

前言

自 20 世纪 70 年代以来，随着吸附剂的性能不断提高，变压吸附（PSA）制氧技术逐步向规模化发展，变压吸附制氧机的能耗问题越来越突出，而能耗的重要影响因素是吸附器的结构。吸附器的结构设计不合理，容易造成分子筛受潮、气流分布不均匀、死空间过大、沿壁效应、吸附层提前“穿透”和分子筛粉化等现象，使吸附效率下降，产氧浓度降低。特别是气流分布不均匀，必然导致

某些区域流速较大，其他区域流速过小，流速大的地方空气容易直接穿透，并且分子筛容易粉化甚至失效。

合理的吸附器结构能够保证气流的均匀分布，最大限度地发挥吸附能力；防止分子筛在周期性气流下蠕动并发生粉化；合理的结构设计可以节约分子筛的用量，降低能耗，提高产品纯度。

立式轴向结构吸附器是目前大部分中、小型变压吸附制氧机采用的气体分离方式（如图 1 所示），其结构简单，分子筛装填方便。空气由吸附

收稿日期：2012-04-012；修回日期：2012-07-05

器底部导流管进入吸附塔下分布器，经过分子筛吸附分离后，高纯度的氧气由顶部流出。其主要优点在于能较好地使气体均匀流过吸附层，能够最大程度地利用吸附剂。立式轴向吸附器内部结构设计主要包括床层的确定和各种辅助结构，如导流器、分流板等。

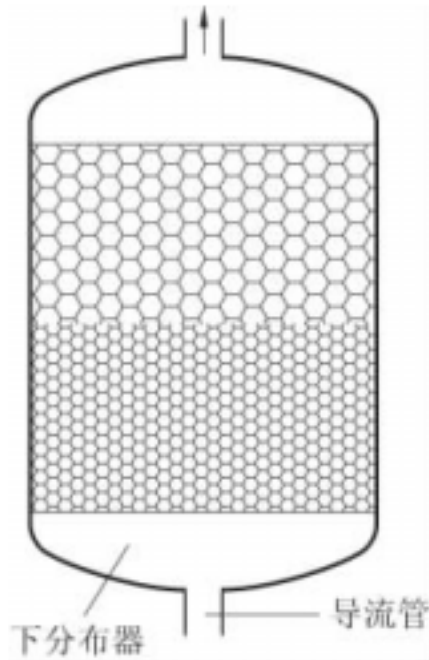


图 1 立式轴向结构吸附器结构示意图

1 立式轴向结构吸附器性能的两个制约因素

立式轴向结构吸附器主要受到两个制约因素的限制：气流速度；气流穿过整个吸附剂床层的压降。

在设计立式轴向变压吸附制氧机时，首先要确定床层允许的气流速度，然后才能确定吸附床的直径。当填充床层中的气流速度高于床层的流化速度时，会产生流化现象。流化现象会使分子筛较快地磨损和粉化，并导致吸附分离过程的失败。故流化速度限制了最小的床层直径，所以在设计时需考虑流化速度限制。绝大多数商用吸附剂，其床层中向上的流速限制一般是流化速度的 70% ~ 75%。压降是制约立式轴向吸附器的另一个重要因素，如果吸附剂床层过厚，会造成床层阻力过大，能耗增加，上部分子筛利用率低。故要求吸附和解吸期间的总压降最小，这对吸附器中分子筛装填高度就有要求。

2 气流均布的措施

气流分布是变压吸附制氧技术的核心之一，气流不稳、流速不定、流场不均都会影响分子筛性能的发挥，降低产氧率和产氧纯度。导流管和气流分布板是实现立式轴向流固定床内流体均匀分布的重

要手段和必要措施。

2.1 导流管

由罗茨鼓风机压入的气体压力较大，如果不对其进行缓冲或分流，对吸附剂冲击太大，底部的分子筛很容易粉化，导致制氧失败。因此，在进气口必须加一段导流直管，如图 2 所示。

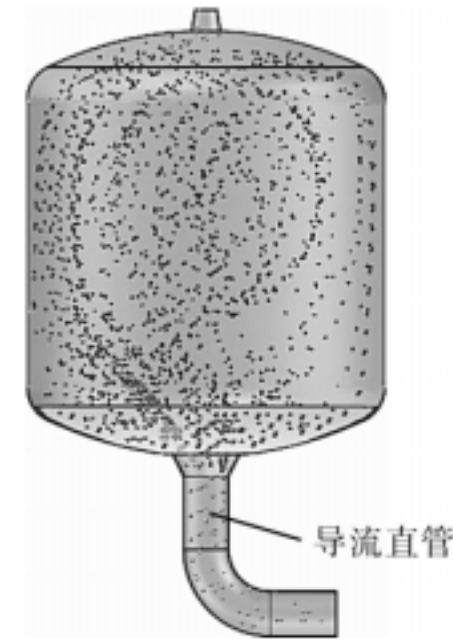


图 2 吸附器设置导流直管后气流分布三维软件模拟

若进气口导流直管较短，气流分布有一定的不均匀性（如图 3 所示），造成部分分子筛利用率不高，产氧量降低。故必须添加一定长度的导流管。

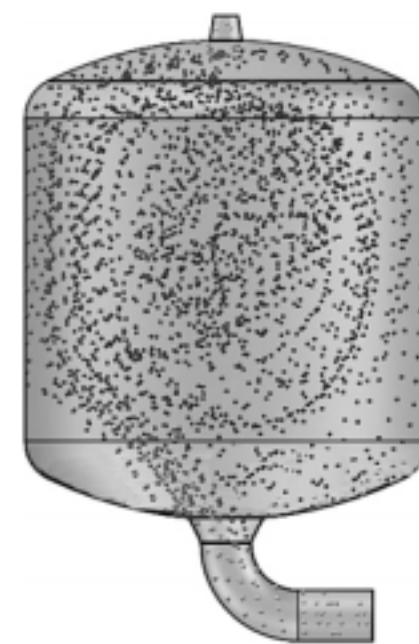


图 3 导流直管较短造成的气流分布不均匀

2.2 气流挡板和气流分布器

对大、中型变压吸附制氧机的吸附器来说，工作性能优劣的至关重要的问题就是气流分配和气流速度，两者主要受气流分布板本身的结构和气流分布板与气流进口间相对位置的影响。气流分布板位于吸附器底部进气端，一般位于氧化铝下部（如图 4 所示）。

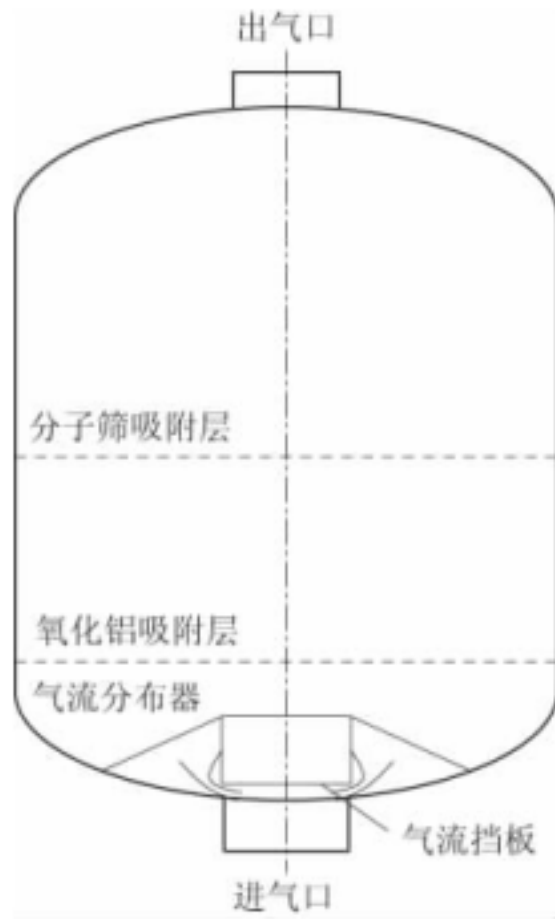


图 4 立式轴向吸附器内部结构示意图

对于气流进气口在吸附器中央的情况，气流分布板承担着分布气流的主要任务。其结构设计主要从以下几个方面考虑。

(1) 从吸附器气流分布三维软件模拟(如图 5 所示)可以看出，吸附器中部流速最大，并且气流相对集中，会造成气流局部短路。因此需要降低吸附器中心的气流速度，并且让气流扩散到四周。降低吸附器底部的气流速度，可通过增加气流挡板来实现，进而降低吸附器中心的气流速度，防止吸附器中部流速过大，造成底部的氧化铝粉化。

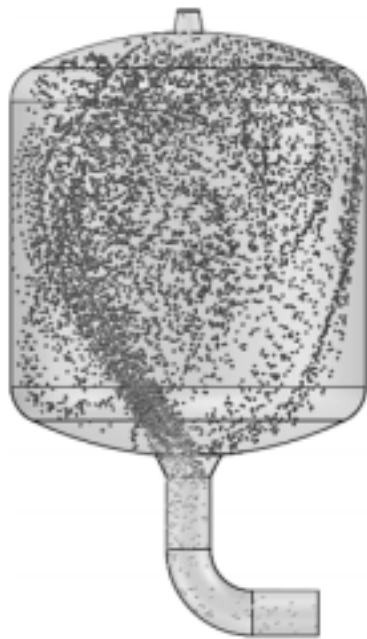


图 5 吸附器气流分布三维软件模拟

(2) 增设底部气流分布器，让气流扩散到四周。气流分布器在支撑吸附剂同时也可以增加吸附器四周的气量，让气流均匀地经过分子筛，发挥其

最佳的吸附性能。

增设气流分布器后，靠近塔壁的速度有所提升，塔中心的流速有所下降(如图 6 所示)，气流分布效果很好。气流分布板的强度和功能对制氧系统非常重要，若设置不合理，会引发分子筛泄漏等故障。

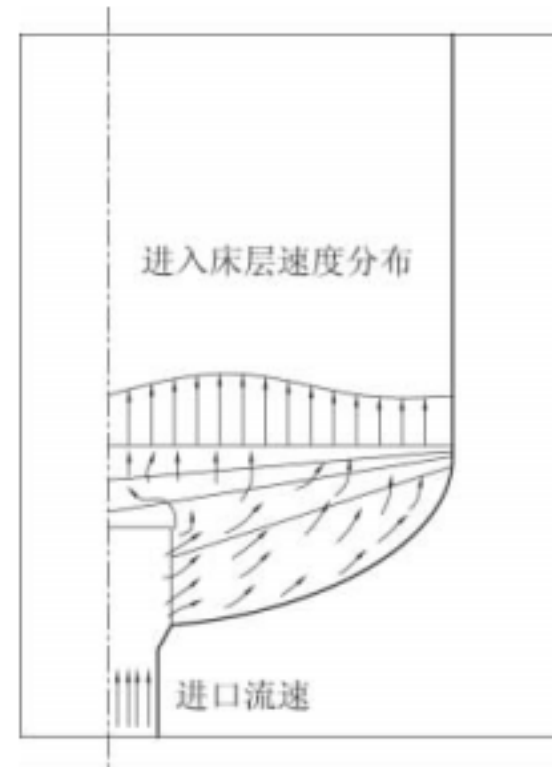


图 6 气流分布器的使用效果

2.3 不均匀式的气流分布器

增加气流分布器和气流挡板后，吸附器中心的气流速度有所下降，四周速度有所提升，但中心的分子筛得不到充分利用。虽然均匀性孔板对气流分布能起到一定的作用，但由于增加了气流挡板，其效果并非很理想，故采用非均匀孔板效果更好。非均匀性孔板有效降低了中心区域的流速，提高了四周的流速，改变了传统结构内部的分布形式。而非均匀孔板的中间孔径小、边缘孔径大，其出口截面积呈不均匀分布，正好符合流体的分布特征，较小的孔径可以使空气承受较大的阻力，从而使四周孔中的流体增加；四周较大的孔径保证了气流顺利通过，有效改善了气流分布情况。故气流分布器宜采用不均匀式。两种气流分布器如图 7 所示。

2.4 大塔和小塔的气流分布

从吸附器气流分布三维软件模拟可以清晰看出，吸附器直径较大时，即使增加气流挡板和气流分布器，其实际效果也不如直径较小的吸附器，故可以采用大塔分成小塔的方法，既可以解决运输问题，吸附器又可以标准化生产，不需要现场制作。

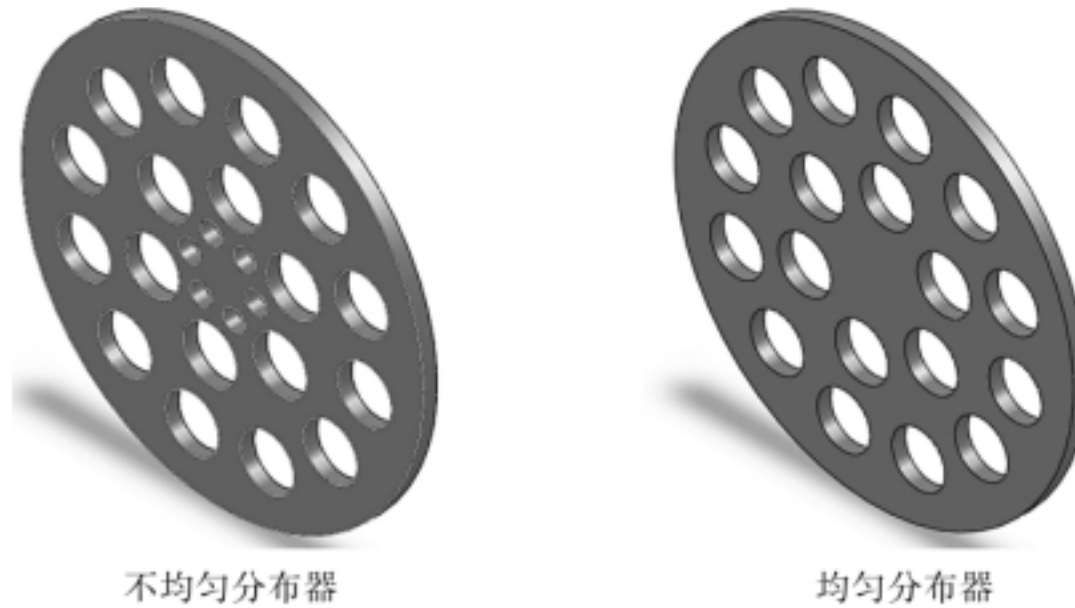


图 7 两种气流分布器示意图

如图 8 所示变压吸附制氧装置，由一根主要进气管道和五个小型空气缓冲罐组成，共有五条进气管道平均分布在小型空气缓冲罐，进入五个吸附器的气量几乎相等，可以进一步实现模块化设计。

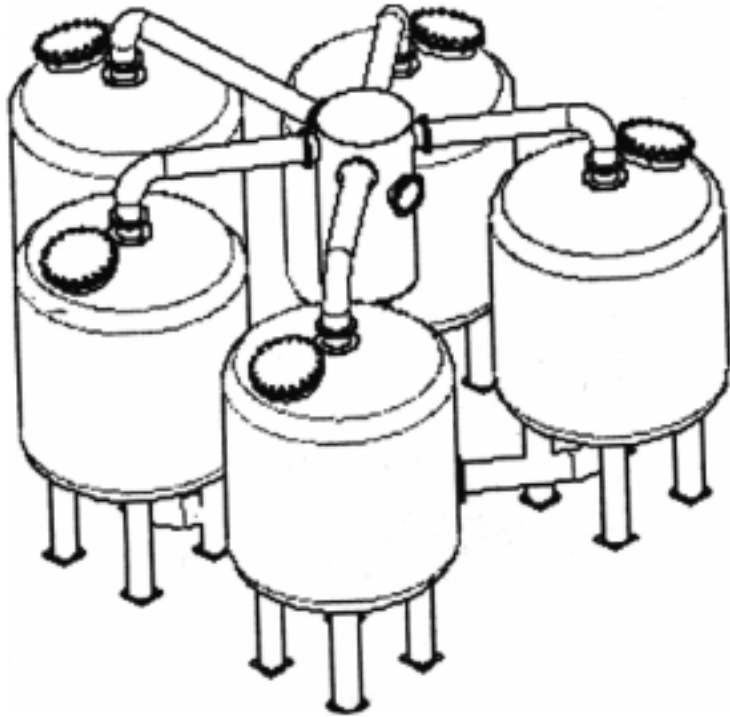


图 8 模块化设计变压吸附制氧装置示意图

3 结论

(1) 实现变压吸附制氧装置大型化，就吸附

器结构而言，通过三维软件模拟可发现采用大塔分成小塔，有利于模块化设计，提高变压吸附制氧装置的标准化设计进程。

(2) 增加气体导流管才能使分子筛利用率提高，能耗降低。

(3) 由气流分布三维软件模拟结果可知，采用不均匀式气流分布器的气流分布效果较好。

(4) 气流分布板的支撑效果及功能对气流分布很重要。？

参考文献：

- [1] 李化治. 制氧技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001.
- [2] 田津津, 张玉文, 王锐. 变压吸附系统气流分布器结构的数值模拟计算及分析 [J]. 低温工程, 2005 (5): 45-48.
- [3] 张辉, 刘应书, 刘文海, 等. 变压吸附制氧机吸附器结构研究进展 [J]. 化工进展, 2007, 26 (11): 1602-1609.

大唐多伦煤化工空分设备已连续稳定运行 111 天

截至 2012 年 10 月 11 日，大唐国际内蒙古多伦煤化工公司空分分厂 2[#]58000 m³/h 空分设备已连续稳定运行 111 天，实现了国内最大空分设备稳定运行突破 100 天的好成绩。

2[#]58000 m³/h 空分设备主要用于向化工区煤气化装置

提供氧气，其副产的氮气可供煤气化、甲醇、净化和聚丙烯等装置使用。多伦煤化工项目建设有三套 58000 m³/h 空分设备，是国内单套规模最大的国产化内压缩流程空分设备。