

# 变压吸附制氧在臭氧发生系统上的优势

( 昆山锦沪机械有限公司，江苏省昆山经济开发区

215301)

**摘要** 本文介绍了 VPSA工艺在臭氧系统的优势，并比较了各种气源臭氧发生器系统的运行费用的差别。

**关键词：** 变压吸附制氧；臭氧发生器；臭氧；经济优越性

## 一、臭氧的用途

臭氧以其强氧化性，且在与氧气的转化过程中没有二次污染物产生，这是臭氧用于环保、食品加工、医疗等领域最大的优越性。随着近年来臭氧应用技术的不断发展，其应用领域越来越广泛，在自来水处理、啤酒饮料用水杀菌、食品加工用水处理、化工废水处理、染料废水处理、回用水处理、精细化工、香料合成、空气杀菌除臭、医疗等领域已具有成熟的应用经验<sup>[1]</sup>

## 二、臭氧发生器气源要求<sup>[3]</sup>

臭氧发生装置对气源中的水分、杂质气体、灰尘、油污等有严格的要求，具体参数要求如下：

1. 水分：要求气源露点低于-60，越高的露点对臭氧发生过程越有利；

2. 杂质颗粒度：要杂质颗粒小于1μm；

3. 含油量：要求含油量低于0.015mg/m<sup>3</sup>；

4. 温度：温度 <20 ；  
5. 压力：要求有一定的压力，一般要求 0.25MPa以上；

## 三、变压吸附制氧在臭氧发生器上的技术优越性

臭氧发生器的原材料一般是采取大气中的空气，因臭氧发生器需要如上所述的技术要求，一般空气难以达到要求，因此空气原料需要经过一些工艺处理才能达到要求，处理工艺一般有如下几种：

1. 把空气进行干燥、净化后作为气源。

2. 大型空分进行气体分离，使用液氧作为臭氧气源。

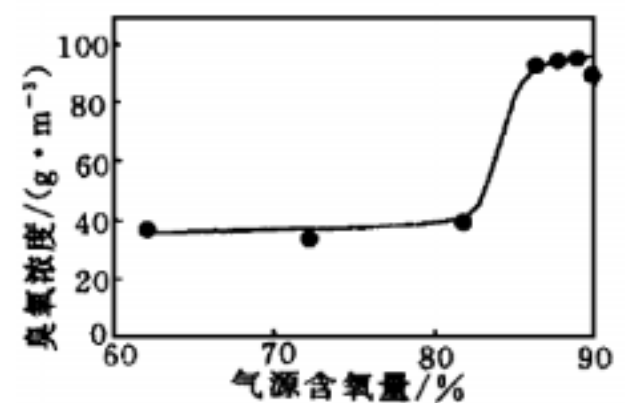
3. 经过一整套工艺空气纯化系统之后制取富氧作为气源；比如变压吸附制氧（VPSA PSA）

针对以上气源方式，有关部门做了相应的科学实验，经过实验表明：不同气源的单位体积内含氧量的高低对臭氧浓度和产量有很大的影响<sup>[2]</sup>如下图所示。

从图中可知，随着气源含氧量的增加。臭氧产生的浓度急剧增大，当气源的含氧量增大到 90%左右时，臭氧的产生浓度达到最高值左右，从图中曲线表明，当气源的含氧量在 90%左右时，产生臭氧的效果最佳<sup>[2]</sup>。

首先变压吸附制氧已经发展了 30 多年，可以连续制取 30-94%纯度的富氧。其次变压吸附制氧经过干燥剂及其分子筛的净化干燥后露点可以达到-60 以上，最高可达 -80 。

在科研机构实验数据中还深入研究了富氧和纯氧对臭氧浓度的影响；实验中表明在相同的单位体积富氧作为臭氧气源的臭氧浓度比纯氧作为气源产生的臭氧浓度大。原因是由于富氧气体中还有部分的氮气，这些气体



臭氧浓度与气源含氧量的关系曲线

在放电的情况下会形成等离子体，氮气被激发或者电离成为  $N_2^+$ 、 $N_2^+$ 、 $N_2^+$ 、 $N_2^+$ 、 $N_2^+$  等活性粒子，这些活性粒子对臭氧产生了催化作用。恰恰相反，当气源为含部分氮气的富氧时候，这些氮气对臭氧产生起了催化作用<sup>[2]</sup>；变压吸附制氧制取 90% 的氧气，另外还有 3% 左右的氩气和 6% 左右的氮气，综上所述所述变压吸附制氧在臭氧发生器工艺上具有很好的技术优越性。

#### 四、变压吸附制氧在臭氧发生器上的经济优越性

臭氧发生器系统的主要运行费用主要包括气源和臭氧发生器用电费用，采用不同气源的臭氧发生系统运行费用有很大的差别，下表中列出了采用液氧、空气源、现场 PSA 制氧工艺、变压吸附制氧 VPSA-li（锂分子筛工艺）、变压吸附制氧 VPSA-CA（钙分子筛工艺）作为气源的 70kg 臭氧发生器系统运行费用的比较。通过下表得出变压吸附制氧 VPSA 在臭氧发生系统上具有巨大的经济优势；

#### 五、变压吸附制氧工艺流程描述

VPSA 是英文 VACUUM PRESSURE SWING ADSORPTION 的缩写，即穿透大气压真空解吸流程，VPSA 是利用吸

附材料实现气体的分离，这种吸附材料通常是分子筛，对不同的气体有不同的吸附力，在不同的工作压力下有不同的吸附量。VPSA 制氧用的分子筛对氮气、二氧化碳、水蒸气有吸附作用，而且在较高压力下分子筛的吸附容量很大，在低压或负压时其吸附容量则变小。

利用上述原理，通过空气吸入—加压吸附—减压解吸—负压再生等步骤，VPSA 可生产出一定纯度的单一气体。下面以一种双床 VPSA 制氧系统为例，说明 VPSA 的制氧循环过程。如图 4.1 所示 VPSA 制氧系统为例，系统在两个吸附塔中装有制氧专用分子筛，该分子筛选择性地吸收氮气、水、二氧化碳和碳氢化合物，而让氧气（微量的氧气分子被吸收）和氩气分子通过分子筛表面获得产品气体。当分子筛遇到有压力的环境空气时，它就开始吸附。过了一段时间后，分子筛将被所吸附的分子填满（主要是氮分子筛），称为饱和。此时必须再生，也就是将分子筛中的废气排除，使分子筛活化。分子筛的再生是通过降低吸附塔的压力，将其解析出来排至大气中。

#### 六、总结

(1) 变压吸附制氧在臭氧发生器有独特的技术优势。具有高露点、

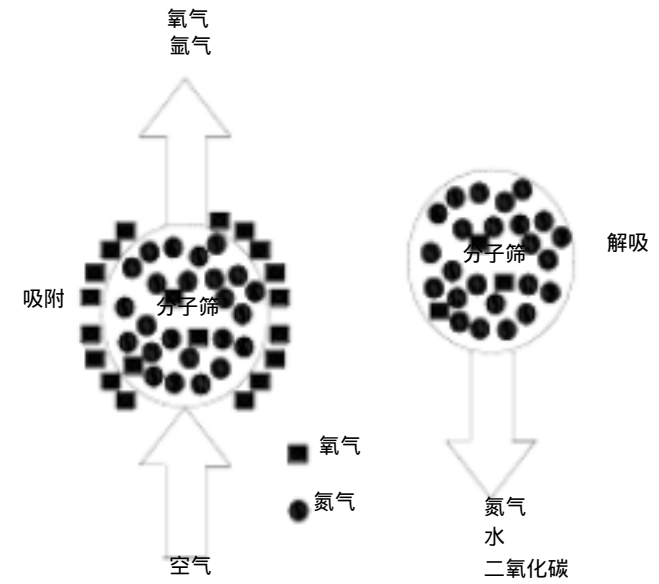


图4-1 VPSA制氧原理示意图

高洁净等优点。

(2) 变压吸附制氧在臭氧发生器有独特的经济优势。运行费用低，安全可靠，可实行无人操作。

(3) 变压吸附制氧在臭氧发生器上更加安全，利于大型化臭氧发生器的发展。

各种气源在臭氧发生器上的经济比较

分类	液氧	空气源	PSA	VPSA
发生器耗电 /h	525 KW	1120 KW	525 KW	525 KW
气源耗电 /h	0	400KW	840 KW	372 KW
气源用量 /h	500m <sup>3</sup>	0	0	0
年运行氧气费用	525.6 万元	0	0	0
年运行用电费用	371.4 万元	1065 万元	956.6 万元	628.6 万元
年维护费用	2	3	2	2
液氧罐租金费用	42 万元	0	0	0
合计	941 万	1068 万	958.6 万元	630.6 万

#### 参考文献

[1] 张芝涛, 白敏冬, 韩慧. 制取高纯度臭氧水方法. 大连海事大学学报, 2000; 26(1): 80-83

[2] 韩慧, 白敏冬. 变压吸附技术及其对臭氧浓度影响的研究. 2001: 27(1)

[3] 孙永运, 万志国. 变压吸附制氧(VPSA)在臭氧脱硝脱硝技术应用. 山东化工, 2015年第44卷