

浅谈变压吸附制氧设备的配置选择

钱宏青（杭州鼎岳空分设备有限公司，浙江 富阳 311400）

摘要：我国经济在飞速发展，各行各业都在不断前进，制氧行业也是如此。本文主要阐述变压吸附制氧设备的配置选择问题，分别从动力设备、程控阀门、吸附塔、吸附剂四个方面来进行详细分析，并着重提出其中的注意事项，希望对变压吸附制氧行业的发展有所帮助。

关键词：变压吸附；制氧设备；配置；选择

0 引言

变压吸附制氧技术的方法有两种：一种是用于小型变压吸附制氧项目上的 PSA 方式，即高压吸附和常压解吸。在小型臭氧项目、医疗、军事等方面多有应用；另一种则是用于中大型臭氧项目、工业冶炼钢铁、水泥制造等行业的 VPSA/VSA 方式，即低压吸附和真空解吸。两者相较之下，VPSA 有两个优势，即能耗低、吸附剂用量少，可将产品氧气回收率与纯度提高。所以，在不需要高压氧气、原料空气压力不足的情况下，VPSA 是更优选择。

1 变压吸附制氧动力设备选型

在早期，我国的真空变压吸附制氧技术所采用的设备是水环式真空泵、离心式鼓风机两种。随着技术的发展，当前我国所采用的一般为罗茨真空泵、罗茨鼓风机。^[1]

1.1 真空泵的比较

水环式真空泵：其主要靠泵腔内的容积变化来进行吸气、压缩、排气动作。水环式真空泵属于变容式真空泵类别，它在工作状态，非常平稳，吸气很均匀，其结构紧凑，但真空度较低，效率较差，一般为 30% 左右。

罗茨真空泵：该泵是容积式真空泵。特点是耗功少、启动快、运转维护费用低，而且该种类型的泵抽速很大，效率比水环式真空泵高。

1.2 鼓风机的比较

离心式鼓风机：其为恒压风机。当压力发生变化时，其输出的流量也会随之变化。流量虽然可以调节，但是在经过调节后，往往会偏离设计的最佳状态，效率会急速降低。

罗茨鼓风机：其为容积式鼓风机。罗茨鼓风机是恒流量风机，即输出压力变化时，风量变化不会发生太大变化。风量的稳定对于吸附床层产生的冲击减少，对于吸附剂的吸附工作有利。效率高于离心式鼓风机。

1.3 近期国内应用实况

在近些年，国内的真空变压吸附制氧装置所采用的大部分是“一拖二”的罗茨设备机组。具体配置为：1 台电机，1 台罗茨鼓风机，1 台罗茨真空泵。电机同时带动鼓风机和真空泵运转。相比于 1 台电机配置 1 台罗茨鼓风机，另 1 台电机配置 1 台罗茨真空泵的方式，“一拖二”的罗茨设备机组减少了 1 台电机，其占地面积减

少，能耗也降低了，主机的稳定性更强。

2 变压吸附制氧设备程控阀门选型

在真空变压吸附制氧过程中，主要是通过程控阀门的切换来进行控制和实现变压吸附制氧目的。因此，程控阀门的密封性、可靠性非常重要，是真空变压吸附制氧技术中最为重要的环节。由于真空变压吸附制氧设备周期为 30s，因此，程控阀门必须在短时间内迅速开关。其要求一般如下：①阀门密封好，无泄露；②阀门运行状况良好，可靠性高，无故障开关次数达标，约 200 万次以上；③阀门关闭时间小于 1s。

当前，真空变压吸附制氧装置所采用的蝶阀主要是三偏心蝶阀、两偏心蝶阀。两偏心蝶阀采取的是位置密封原理；而三偏心蝶阀则采取的是扭矩密封原理。两者相比三偏心蝶阀具有承压更高，启闭力矩更小的优点，但是相应的，价格也更高一些。^[2]

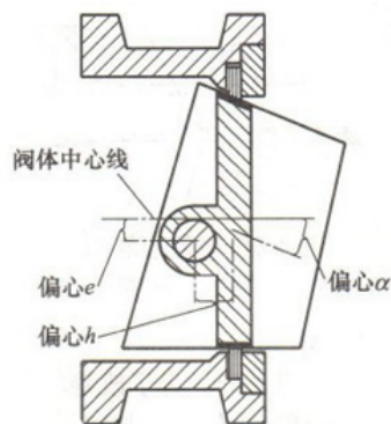


图 1 三偏心蝶阀

目前程控阀门主要有两种驱动方式。一种是气动方式，使用仪表气来对程控阀门的动作进行控制；另一种是液动方式，使用液压油来对程控阀门的动作进行控制。对于公称直径大于 DN600 的程控阀门，一般采用液动方式。因为如果采用气动方式，其仪表气驱动力大约为 5MPa，大口径的阀门相应气缸行程容积变大，仪表气在排出气缸时，因流通面积不够而造成阀门的动作缓慢，故障易发率高。如果采用液动方式，其采用的液压油压力在 8 至 9MPa 之间，且大口径阀门相应的尺寸并不大，便可驱动大口径的阀门进行动作。

3 变压吸附制氧设备吸附塔选型

作为真空变压吸附制氧装置中的重要设备，吸附塔

的结构设计会进一步影响到分子筛的应用效果,也会影响到最终产品的纯度、产量。

3.1 轴向塔结构

轴向塔结构一般应用于小于 $2000\text{Nm}^3/\text{h}$ 的真空变压吸附制氧装置。在生产过程中,空气由吸附塔的底部进入,再经过吸附剂进行分离之后,氧气从吸附塔的顶部流出。轴向塔结构具有装料填料方便、结构简单、制造费用不高,床层中吸附剂的机械磨损不大等优点,而且还能再高温高压下进行操作。但是它的缺点是死空间比较大,而且气流分布也很差,床层的阻力也大,相比于其他装置占地面积也比较大。如图 1 所示:

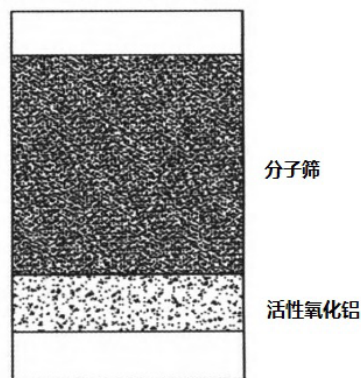


图 2 轴向塔结构示意图

3.2 径向塔结构

径向吸附塔结构一般应用于大于 $2000\text{Nm}^3/\text{h}$ 的真空变压吸附制氧装置。其由 3 个带有特殊开孔的中间圆柱体、中心筒、1 个外壳组成。如图 2 所示:

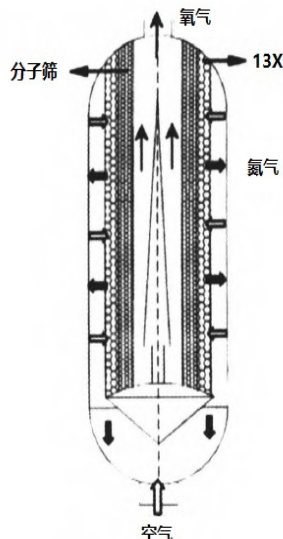


图 3 径向塔结构图

首先空气由吸附塔底部进入,之后通过气体分布器再进入最外层的环形空间,然后经过 13X 吸附层将空气中的水分吸附,再然后就是进入分子筛吸附层,这层主要目的是吸附空气中的氮气,最后氧气经由中心筒丝网后从顶部流出。解吸过程中,氮气分别通过中心筒、分子筛层、13X 吸附层,之后再从吸附塔底部排出。与轴向吸附塔相较之下,立式径向流吸附塔优点较多:其气流分布较均匀,床层的阻力也小,死空间也小,而且分

子筛与气体的瞬时接触面积较大,分子筛的利用率会更高。并且,其占地面积比较小,能耗也更低。

4 变压吸附制氧吸附剂选择

变压吸附制氧装置的最本质核心为吸附剂。决定变压吸附制氧装置是否符合考核指标,其关键在于吸附剂的性能是否优良。在一般的轴向吸附塔中,活性氧化铝、锂分子筛为装填的吸附剂,而在径向吸附塔中,则选用的是 13X 分子筛、锂分子筛进行装填。

4.1 活性氧化铝

活性氧化铝是一种高分散度、多孔性的固体材料。其表面积大、球状,抗破碎、抗磨损、无毒。活性氧化铝的物理化学性能都极为稳定,大部分气体、液体都不起化学反应。其填装在吸附塔的底部,主要作用是去除气源中的水分。

4.2 13X 分子筛

13X 分子筛是一种钠型的硅铝酸盐。与活性氧化铝相同,其物理化学性能也很稳定,也是球状。吸附塔中的 13X 分子筛,主要作用也是脱除气源中的水分。

4.3 锂分子筛

当前,锂分子筛是工业制氧的专用分子筛。因为半径最小的金属离子是 Li^+ ,其电荷密度很高,极化率也很高,与 N_2 的作用力更强。锂分子筛表面积很大,空隙分布均匀。在低压情况下,对氮气的吸附容量很高,且其吸附速度极快,选择性也强,强度很高,磨损率低。吸附塔中的锂分子筛,作用是将气源中的氮气吸附。

5 结束语

综上所述,变压吸附制氧设备的配置选择很重要,关系到最终产品的纯净度、生产效率,也关系到企业的生产成本、生产效益:①作为当前的主流真空变压吸附制氧装置的动力设备,罗茨鼓风机、罗茨真空泵具有很大的优势。但在设计工作中,要特别注意一下噪音的处理,应在国家标准规范内;^[3]②关于程控阀门,气动比液动的噪音大,但液动程控阀有液压油渗漏的风险,因此,在程控阀门驱动方式、结构形势的选择上应进行综合考量;③径向吸附塔比轴向吸附塔优点多,但是其结构复杂,在设计过程中,应特别注意装料方式、压紧装置,不然容易产生装料不均、分子筛粉化等诸多问题;④关于分子筛的选择,因其与吸附塔设备同寿命,所以在选择过程中,要注重其机械强度,选择较强的分子筛更为适宜。

参考文献:

- [1] 李红,段伟,王华金,孙艳,王小波.真空变压吸附制氧工艺设备选型及设计[J].四川化工,2020,23(01):42-44.
- [2] 万志国,刘磊,陈东,孙永运.浅谈变压吸附制氧设备的配置选择[J].深冷技术,2015(03):51-52.
- [3] 姜贺.变压吸附制氧工艺设备选型及设计[A].中国通用机械气体分离设备行业协会.变压吸附设备技术交流会论文集[C].中国通用机械气体分离设备行业协会:2004:3.