

气体膜分离技术在 我厂合成氨生产中的应用

金 晶 (湖北化肥厂)

一、气体膜分离技术简介

气体膜分离技术是利用气体对气膜渗透能力的差异来分离气体的一种技术工程。气膜分离过程是：气体从气流主体扩散到气膜表面，被气膜选择吸附，借薄膜两端的总压差给气体的渗透提供推动力，使气体渗透过气膜并从气膜的另一侧面脱附进入渗透气的主气流中。

气膜分离技术自1979年在美国工业化以来，由气体分离膜组成的渗透器可设计成多种适合于气体分离的形式，如板式膜、管式膜、中空纤维膜等。目前，已从分离回收合成氨厂弛放气中的氢，发展到从甲醇尾气中分离回收一氧化碳或氢，以及从空气中制造纯氧等。我厂普里森分离器就是气体膜分离技术的一种具体应用。

二、普里森分离器的结构及其在我厂生产中的应用

我厂普里森分离器是美国孟山都公司的产品，分离器由中空纤维管（管外有膜涂层）及外壳组成。结构类似一个列管式换热器，数万根中空纤维管上端被密封胶封住，空心纤维管的下端嵌入下管板内。工作时气体先进入分离器的壳侧，在压差存在情况下，渗透气依次按渗透能力的快慢（水、氢、氮、二氧化碳、氧、氩、一氧化碳、甲烷、氨），通过管外表面的气体分离膜进入管内，从下管板的出口离开分离器。分离器的这种外形结构及其中空纤维薄膜的组成，使得分离器能有效地提高单位体积内薄膜的面积，从而缩小设备的尺寸。目前国内已能生产一种聚酯中空纤维膜，性能与美国杜邦公司的相似，适用于小型化肥厂和一些合成

回路中惰性气控制较高的中型氨厂。对回收的气体如要求纯度很高时，可采用多级分离或选用聚酰亚胺为主体的气体分离膜。

气体分离膜具有如下一些特性：1. 气体渗透选择性高，即各种不同气体成分的渗透速度差别较大。2. 耐化学药品性能较好，尤其是采用聚酰亚胺薄膜可省掉净化、吸收、冷却等预处理工序。3. 具有良好的耐热性。聚酰亚胺树脂可以在300℃的高温下长期使用，由它制成的中空纤维膜组件使用温度可达150℃，从而扩大了膜分离的应用范围。

采用哪种膜作为渗透器要根据工厂的实际情况而定。我厂选用的分离器是以聚砜中空纤维膜为主体的分离膜，该膜具有造价低廉、易于操作与维修、适应性广的特点，因而在全国大型合成氨厂中也得到了广泛的推广应用。

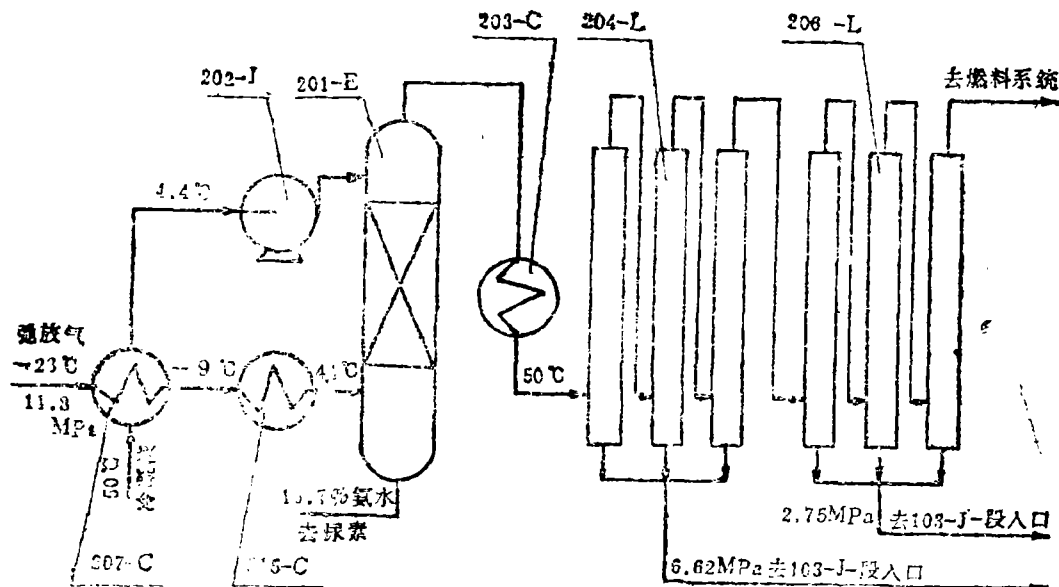
我厂普里森分离器，主要是用来回收合成氨弛放气中的有用组分氢。工艺过程由两部分组成，即预处理部分和分离部分。预处理部分的主要任务，一是将弛放气中的氨脱除至200ppm以下，因为氨不仅影响纤维管的性能及寿命，而且有损纤维管的密封。二是将弛放气的温度调整到纤维管最适宜的工作温度。利用气体随温度升高渗透能力增加的特性，减少分离表面积，合理降低造价。

装置（见图）工作时，来自弛放气分离器压力为11.8MPa、温度为-23℃的弛放气，一路进入冷凝液冷却器（207-C）换热，冷凝液由50℃降至4.4℃，经洗涤泵（202-J）注入洗涤塔（201-E）。另一路经旁路与冷却器（207-C）出口气体相汇合。两股气汇合后温度约为-9℃，进入蒸汽加热器

(215—C)加热, 气体温度升至4.4℃后, 进入洗涤器的底部与顶部来的冷凝液逆流接触, 产生浓度为13.7%的氨水送往尿素车间。顶部出塔气($\text{NH}_3 < 200\text{ppm}$)进入蒸汽加热器(203—C), 被加热至50℃后进入分离部分。

分离部分由6个分离器构成。前3个称一级分离器(204—L), 后3个称二级分离器(206—L)。进入该部分的工艺气体

首先进入一级分离器的壳侧, 氢气经纤维管外壁渗入孔内, 并在6.62MPa的压力下送至合成气压缩机(103—J)二段缸的入口。未经渗透的气体进入二级分离器的壳侧, 气体在此再次被分为两路。一路渗入孔侧以2.75 MPa压力送入合成气压缩机一段缸入口, 另一路非渗透气经壳侧出口送入燃料系统。分离器投运数, 一般根据处理气量、回收纯度与回收率来确定。



三、产量计算

1. 理论产量计算

理论产量是以回收有用气量为依据的。计算时以回收 1 Nm^3 氢为基准, 考虑在二段转化炉中加空气引起氢损以及回收氮气而减少的氢损。则每回收 1 Nm^3 氢能产合成氨 Q_0 (kg):

$$Q_0 = \frac{0.506}{1.1772 - 0.6258 \frac{b}{a} + 0.2826 \frac{b^2}{a^2}} \quad (\text{kg}) \quad (1)$$

式中: 0.503——每 1 Nm^3 纯氢完全生成合成氨的产量 (kg)。

a——回收气中氢的体积分率。

b——回收气中氮的体积分率。

其它常数均由式 $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ 及空

气中 $\frac{\text{O}_2}{\text{N}_2} = \frac{21}{79}$ 确定。

我厂分离器工作时, 总回收气量 $G = 4850 \text{ Nm}^3/\text{hr}$, $a = 34\%$, $b = 5.5\%$ (其余为惰气)。此时每 1 Nm^3 氢可生产合成氨 0.4449 kg , 则日产氨量 $= 0.4449 G (a + 0.5316b) \times 24 = 0.4449 \times 4850 \times (0.84 + 0.5316 \times 0.055) \times 24 = 45014.7 \text{ kg}$

2. 实际产氨量计算

实际产氨量计算除考虑上述因素外, 还要考虑回收气体被惰气带走这一因素 (即生产中用放空减少合成回路中惰气含量)。此时须对原式加以修正, 即得实际产氨量 $Q = [0.4449 G (a + 0.5316b) - 0.304 C] \times 24 \quad (2)$

式中: a, b, G 与原式意义相同。

C——分离器投用前后气体放空量的差值 (Nm^3/hr)。

0.304——(H_2 为 60% 时) 放空气生成氨系数。

根据我厂几年来的实际生产情况, C值取 $2100\text{Nm}^3/\text{hr}$, 则实际增产能力为

$$Q = [0.4449 \times 4850 (0.84 + 0.5316 \times 0.055) - 0.304 \times 2100] \times 24$$

≈ 29693 公斤/日。实测数为30吨/日与计算基本相符。所存在的误差, 主要是因计量环节多而引起, 因此公式(2)在分离器选用及实际生产中具有一定的参考价值。

四、经济效益估算

分离器投运后工厂日增合成氨32.45吨(其中含去尿素车间的氨水折成氨2.4⁵吨/日)。全年(300天计)成本增加及产量增加情况见附表。从表中可以看出该装置具有投资省、见效快, 经济效益高, 人工少的特点, 值得推广。

附表 年成本增加及产量提高收益对照表

项目	消耗	支出(万元)	收 益
增耗柴油	6768吨	148.9	
增耗中压蒸汽	15048吨	24.83	
增耗脱盐水	20808吨	2.081	
增加电耗	39800度	0.398	
装置投资		350	
设备折旧费		42	
工 资		2.4	
车间管理费		4.41	
车间成本		225.02	
企业管理费		19.85	
工厂成本		244.87	
增产合成氨			9735吨, 397.188万元
年获利税			152.318万元

五、评价与结论

我厂分离器自1984年10月投运以来, 生产一直很稳定。该装置动设备一台, 静设备10台, 占地面积为 $3.5\text{m} \times 5\text{m}$, 装置总重约20吨, 安装、操作十分方便, 未出现过重大事故。

由于该装置的目的, 是以回收氢来增加合成氨产量, 因在二段转化炉配N₂时造成一定的氢损失, 故在实际操作时我们根据上述计算理论, 以有意增大压差、降低回收氢的纯度, 增加氮气回收量来提高产量。正因氢回收率及氢纯度可利用压差在较大范围内调整, 从而充分地体现了该装置在化工生产中使用的灵活性。鉴于上述特点, 这项技术已被世界上许多大型氨厂所采用, 同时也促进了膜分离工程技术的应用和发展。

十几年来膜的种类已由单一品种发展为多品种, 处理气体的种类也日益增多, 从简单分离到高纯度气体的制取, 体现了这项技术的应用进展。因此在我国应重视这项技术的开发, 尤其是在小化肥及能耗高的中化肥厂推广应用, 必将给工厂的节能降耗、增加经济效益带来明显的效果。

参考文献

- [1] 大氮肥, 1, 1984
- [2] 大氮肥, 2, 1984
- [3] 大氮肥, 4, 1985

欢迎订阅1990年《化学建材》

您要了解我国化学建材科研、生产、加工、检测、设计、施工应用方面的最新进展与成果吗? 您要知道国外化学建材先进适用的生产技术以及科研、生产、应用动态吗? 请您从速订阅1990年《化学建材》! 《化学建材》为国家级建材技术系列期刊, 是国内唯一的化学建材专业技术刊物, 影响大, 本刊以技术交流为主, 信息量大, 兼有综合性论述, 以技术性、综合性、知识性、信息性和可读性为特色, 内容丰富, 崇尚实际。

本刊设置建筑塑料、建筑涂料、建筑胶粘剂、建筑防水密封材料、混凝土外加剂、其它复合建材、生产技术、新产品新工艺、技术讲座、知识窗、国内动态、国外信息以及专论与综述、市场调研、史话等栏目。读者对象主要是从事化学建材及其原料、助剂、颜填料、设备、仪器的科研、生产、加工、检测、设计、管理、开发、施工应用等部门的工程技术人员、科研人员、开发管理部门及大专院校相应专业的师生。

《化学建材》为双月刊, 逢双月15日出版, 全年订费8元(包括包装和邮寄费), 自办发行, 1990年《化学建材》已开始征订, 如需订阅, 请与本刊编辑部联系, 索取订单。欢迎订阅, 欢迎投稿, 欢迎刊登广告。

《化学建材》编辑部
地址: 上海市宛平南路75号
邮政编码: 200032