

# 气体膜分离技术的工业应用

钱济民

(江苏省无锡县雪浪膜分离化工设备厂 214125)

## 1 国内外气体膜分离技术发展概况

1979年,美国孟山都公司宣布中空纤维膜 $N_2-H_2$ 分离器研制成功,并投放市场。气体膜分离技术是利用不同分子量的气体,在溶消、渗透高分子膜时,具有不同透过速率的特性,在待加工气流中,有选择地把“快”气体(如氢气),从“慢”气体中分离出来。其工艺新颖、技术可靠、生产成本低、节能效益高。因此,在短短时期内,在世界各地广泛推广。截止到1986年,已有122套气体膜分离装置,在21个国家和地区操作运行。我国从1983年开始,先后有13家大化肥厂、4家中化肥厂引进美国孟山都公司的该项技术,耗去近千万美元外汇。

由于气体膜分离技术的巨大成功,极大地刺激了世界各大著名公司的研究与开发。研究的领域也迅速扩大。目前已有 $H_2$ 、 $He$ 的回收和提纯; $O_2$ 、 $N_2$ 的分离富集; $CO_2$ 、 $SO_2$ 、 $H_2O$ 的回收和脱除。技术上也从单一的气体分离进展到化学反应与分离结合的集成过程。应用领域也从合成氨放空气中回收氢气,发展到环保、生活应用各方面,如富氧应用到燃烧、生物反应、医用富氧器;富氮应用到油矿、油库的保护,粮食、水果的保鲜;等等。

我国国家科委已把 $N_2-H_2$ 膜分离、 $O_2-N_2$ 膜分离列为九十年代发展高新技术推广项目。1990年12月,中科院大连化物所研制的高性能中空纤维 $N_2-H_2$ 膜分离器通过国家级鉴定,获中科院科技成果特等奖。1991年我厂与大连化物所合作,正式生产膜分离回收氢气成套装置,并开始在小氮肥厂推广应用,1993年9月分别在江苏吴江化肥厂和溧阳化肥厂投入使用。经过一年多的操作运转证明,该装置工艺合理、制造质量可靠,用户也获得了理想的经济效益。

## 2 2万t/a合成氨厂使用膜分离回收氢气经济

## 效益分析

### 2.1 设计基础数据

- (1) 日产合成氨67吨;
- (2) 放空气组成: $H_2$ 55%、 $N_2$ 23%、 $CH_4$ +Ar22%(包括氨含量11%);
- (3) 吨氨理论放空气 $180Nm^3/tNH_3$ 。回收值取 $150Nm^3/tNH_3$ 。氢气回收率85%~95%;
- (4) 降低合成压力3~5 MPa

### 2.2 经济效益估算

- (1) 全年回收氢气:  $150 Nm^3/tNH_3 \times 67t \times 300 \times 55\% \times 0.85 = 1469512 Nm^3(H_2)$

回收价值: 每 $Nm^3$ 氢气按0.6元计, 应为34.57万元

- (2) 高压水洗回收放空气中全部氨, 每小时可得 $NH_3$ 35kg。每吨按1200元计, 全年价值39.24万元,

- (3) 降低合成压力3~5 MPa后, 吨氨节电60~100kW·h(取平均值80kW·h), 电费按0.2元/kW·h计, 全年节电费 $80 \times 0.2 \times 2万 = 32$ 万元
- 三项总计: 全年增值146.81万元

### 2.3 说明

- (1) 以上计算仅是一级分离所产生的价值(氢气的回收率按85%计), 如按二级分离计(氢气的浓度可以 $>99\%$ ), 其价值更高。

- (2) 扣去折旧费、操作费、维修费等, 年利润也能超过100万元。而上述估算价则是按现在各项最低价格计算。

- (3) 以上所用数据为吴江化肥厂、溧阳化肥厂操作中的实测数据。

## 3 小氮肥厂采用膜分离技术回收氢气的几种方案

根据各厂的具体工艺条件, 及对氢气的不同要求, 可采用不同的膜分离装置技术, 分述如下。

(1) 以增加合成氨产量3.5%~5%，降低电耗6%左右为目标，可选用一级膜分离回收氢的方案。合成塔后放空空气经高压水洗后回收到的氢气，其浓度可达80%~85%。氢气的回收率在85%~95%。回收后的氢气返回合成系统再利用。

(2) 以获得商品氨及搞以氢为原料的化工产品为目的。则必须在上述(1)装置的基础上，再增加一级膜分离装置，这样可以把氢气的浓度提高到99%以上。经纯化后可达 $\geq 99.5\%$ 。如再增加技术配套装置，氢气的浓度可以 $> 99.99\%$ 。

(3) 已上变压吸附装置的厂再增加膜分离技术，可以把两者的优点结合在一起。这是一种很有前途的应用方法。因为膜分离技术的综合节能效果非常高，而变压吸附法可以把氢气浓度提高99%以上。两者结合后，氢气的回收率可以 $\geq 90\%$ ，而氢气的浓度可以 $> 99.5\%$ 。

(4) 以需要大量的氢气为目的。有时候，仅利用回收放空空气中的氢气，其数量不够使用。这种情况下，可以利用膜分离技术直接从精炼气中提取氢。这种方法提取氢，氢的利用率为100%。

#### 4 几个问题的讨论

1. 对氢气如何利用最为经济。经专家评估认为：

(1) 把放空空气中的氢气作为燃料和作为城市煤气配气使用，都是一种浪费能源的不合理工艺。

(2)  $1\text{Nm}^3$ 氢气供燃烧只值0.04元煤的热量。 $1\text{Nm}^3$ 氢气制出合成氨，价值在0.8元左右。 $1\text{Nm}^3$ 商品氢气则可增值至2~3元。所以，应该尽量提高回收氢气的品位，在发展精细化工产品中找出路，这是小合成氨提高经济效益的有效途径。而采用膜分离技术可以达到这一目

的。特别应该指出的，如用电解法制氢，生产 $1\text{Nm}^3$ 氢气仅电耗就要5.8~6kW·h，可见对氢气的合理使用至为重要，必须引起广大小氮肥厂的领导重视并关心本厂的利益。

2. 采用膜分离技术设计中应注意的几点：

(1) 规模相同，设备相同的小氮肥厂，其采用膜分离技术的工艺条件不一定相同，因为各厂气体成份、气量、软水的纯度都是不同的。所以，一定要根据正确的数据来确定装置的参数。如设计处理放空气量大，而实际处理气量没有这么多，结果装置控制在下限，甚至低于下限线，就使操作很难控制，也不经济。同样，在二级分离中如实际气量与设计气量差距过大，提浓的氢气也难以达到设计指标。

(2) 必须重视水质的处理。在已使用膜分离技术的两个化肥厂中先后因软水质量关系发生堵塔现象。因此，除要求后来厂吸取这一教训外，我厂在提供配套设备时，在设计上，已增加了一套多功能软水槽及自动化监控装置，把水中的杂质、胶体物在进水洗塔前就处理掉；同时，也改进了塔中填料，从而防止了堵塔泛塔事故的发生。

(3) 采用膜分离技术，自控仪表的优选是一个至关重要的问题，整个装置只要有一台仪表不合格或选择不当，就会影响生产。因此，有些用户厂想以本厂仪表来配用以节约费用，实际上会引向得不偿失的地步。我厂本着为用户着想的原则，既考虑到用户的经济承受能力（如全部用进口仪表，可靠性高了但费用高几倍），又要在操作上保证安全可靠的性能。因此，对国产仪表进行了比较和选择，所有仪表全部直接从生产厂进货，避免了假冒、伪劣产品的混入，保证了自控元件的可靠性，并在制造完成后进行调试验收，减少了现场装配的工作量。

(上接第13页) 远明化工节能设计研究所订购 $\phi 800$ 和 $\phi 600$ “YD型激冷式氨合成塔内件”各一台，以更换 $\phi 800$ 轴径向激冷间冷式和 $\phi 600$ 双绝热内冷分流型内件。云南省峨山氮肥厂、

湖南省湘北的两家氮肥厂，也都向贵州远明化工节能设计研究所订购了“YD型激冷式氨合成塔内件”。据悉，化工部有关主管部门将组织推广应用这项专利技术。（本刊讯）