

# 我国气体膜分离技术综述

刘庆祥, 倪文杰

(山东科技大学 山东 青岛 266590)

摘要: 气体膜分离技术的条件是具有选择透过性的气相膜, 气体膜分离技术因其操作灵活、高效、节能、运行稳定、占地面积小、见效快等优点广受各企业以及国家的重视与应用。本文从气体膜技术的原理、分类及应用等来介绍气体膜技术。

关键词: 气体膜; 原理; 分类; 应用

## 1. 气体膜分离技术的原理

气体膜分离技术是利用一种高分子聚合物薄膜的选择透过性, 其可以选择性的透过气体中的部分气体, 从而达到分离的目的。当由不同气体组成的气体混合物通过此膜时, 由于各气体在聚合物中溶解扩散系数的差异, 所以其通过膜的速率不同, 在驱动力的作用下, 速率较快的优先透过膜壁在低渗透侧富集, 而速率较慢的则被截留在高渗透侧富集, 故实现对气体的分离与提纯。

## 2. 气体膜分离技术的分类和应用

气体膜分离技术可分为压差驱动型、浓差驱动型与温差驱动型等多种分离方式。但在日常的分离技术中, 这三种运用较为广泛, 所以本文将对这三种分离技术进行详细的介绍。

### 2.1 压差驱动分离

#### 2.1.1 有机高分子膜

有机高分子膜主要分为多孔膜以及非多孔膜。多孔膜主要利用各种气体透过多孔膜的细孔的速率不同进行分离, 而其又因为气体的种类与所处条件以及孔径的大小分为四种类型: 当分离使两种以上的气体流过只有几纳米到几十纳米的细孔时, 为分子流; 而当孔径变小时, 为表面扩散流; 当细孔的孔径比分子筛的孔径稍大约零点几纳米到一点几纳米时, 为毛细管凝缩作用; 当孔径介于两种气体直径之间时, 为分子筛作用。

与多孔膜不同, 非多孔膜会先与空气进行接触, 然后气体在膜表面溶解, 导致膜的两侧出现浓度梯度, 从而使气体向膜外扩散, 从而实现了气体的分离。

有机高分子膜由于具有力学性能、耐热性好、耐环境性能都很优良, 目前主要应用于气体处理分离、污染处理、医学、食品工业等各方面

#### 2.1.2 无机膜

无机膜属于固体膜, 由无机材料制成, 具有聚合物分离膜不具有的优点, 主要分为碳膜、钡膜。碳膜具有优良的气体分离选择性、热选择性以及化学稳定性, 其在分离过程中有四种机理: 当孔径小于分子自由程时 ( $<10\text{nm}$ ), 为努森扩散; 在高压和低温条件下, 混合气体通过膜时, 为毛细冷凝; 当混合气体的一种或者几种吸附在膜孔表面时, 气体分离主要为表面扩散; 当孔径在  $0.3\text{--}0.5\text{nm}$  时, 高温下气体通过时, 小分子通过, 大分子截留, 称为分子筛分。

钡膜属于致密型膜, 只能渗透氢气。其扩散原理是首先氢分子吸附在钡膜的表面, 在膜的作用下, 氢分子解离成氢原子, 进一步电离为质子与电子, 导致两侧出现浓度差, 质子与电子扩散到钡膜的另一侧并重新结合成氢原子, 氢原子在键合为氢分子在另一侧排出。

无机膜现在技术已趋近成熟, 应用领域广泛, 现在已逐步渗透到食品工业、环境工程、生物化工、高温气体除尘、电子行业气体净化。

### 2.2 浓差驱动分离

#### 2.2.1 渗透蒸发

渗透蒸发不同于常规膜分离方法, 首先通入的液体在膜的表面选择性地吸收, 然后在膜内进行扩散并渗透在膜的另一侧变成气相与膜分离。在我国渗透蒸发技术已在石油化工、精细化工、医药化工等工业方面领域应用。

#### 2.2.2 蒸汽渗透

蒸汽渗透原理是利用气体混合物各组分在膜内的溶解与扩散性能的不同, 在蒸汽压力差的推动下, 实现混合物的分离。目前蒸汽渗透技术在石油化工、医药、食品、环保等工业领域拥有广阔的应用前景。

#### 2.2.3 液膜分离

液膜与常规膜相比具有选择性高与通量大的优点, 其过程分为萃取与反萃取, 这两个过程发生在膜的两侧, 溶质萃取进入膜, 并扩散到膜的另一侧, 在被反萃取入接收相, 由此实现分离。目前此项技术主要应用于气体分离、金属分离浓缩以及蛋白质氨基酸的分离与研制工作。

#### 2.2.4 膜吸收分离

膜吸收分离是由膜基气体分离与物理吸附、化学吸收、低温精馏与深冷分离结合的新型分离技术。其基本机理气体与吸收液在微孔膜的两侧流动, 利用吸收液的选择吸收性吸收气体中的某一部分来达到分离的目的。目前主要应用于气体污染处理、油田环境保护等方面。

### 2.3 温差驱动分离

#### 2.3.1 膜蒸馏

膜蒸馏是利用高发分子膜结构上的功能达到蒸馏的目的的一种新型膜分离技术, 其基本原理是利用液体的表面张力使水溶液不能通过孔膜, 而其营造的两端的暖冷两侧, 暖侧一方的水蒸气在两侧这种相当于温度差的蒸汽压差的作用下, 进入冷测并冷凝, 进而达到分离的效果。目前膜蒸馏技术主要用于海水淡化、废水处理、反渗透浓水处理。

#### 2.3.2 渗透蒸馏

渗透蒸馏原理是利用由被处理物质与脱除剂中的易挥发组分在膜两侧产生的渗透活度差, 被处理物质中的易挥发组分气化选择性的通过膜, 然后被脱除剂吸收, 完成分离。目前渗透蒸馏主要应用于食品工业、生物工业领域。

## 3. 展望

近年来, 随着膜技术的发展, 由于其投资省、操作灵活、节能、高效、适应性强、绿色环保的优越性能, 在取得良好的经济效益的同时减少了对环境的污染, 因而受到各个国家与企业的重视与开发。我国气体膜技术已经有了长足的发展, 工业应用日益广泛, 但由于发展过晚, 依旧存在着许多弱势与不足, 需要研究人员进一步发展和改善, 为我国的经济建设做出贡献。

### 参考文献

- [1]白攀峰,于津修,郑奎礼.钡膜及钡膜反应器的研究进展[J].广东化工,2014,41(16):90-91.
  - [2]黄晓磊,吴旭飞,宋新巍.膜分离技术在气体分离纯化中的应用[J].化学推进剂与高分子材料,2018,16(06):23-28.
  - [3]朱圣东,吴迎.渗透蒸馏的特点及其工业应用[J].过滤与分离,2000(03):24-25.
  - [4]王学松.气体膜分离技术及其开发与进展[J].化学进展,1992(02):107-122.
  - [5]林彬,陈国需,杜鹏飞,肖德志.膜分离技术在石油化工领域的应用[J].当代化工,2017,46(06):1196-1199.
- 作者简介: 刘庆祥 (2000-), 男, 汉族, 山东泰安人, 现于山东科技大学攻读学士学位, 主要从事化学工程相关研究。