

膜分离技术在环保工程中的应用

王益凡

(三明高等专科学校 化学与生物工程系, 福建 三明 365004)

[摘要] 膜分离技术作为一种新兴的分离技术, 具有高效、节能、应用范围广等独特优点。文章综述了膜分离机理、发展现状, 研究膜分离技术在环保工程中的应用。

[关键词] 离子膜; 分离机理; 膜分离条件; 应用

[中图分类号] X3 [文献标识码] A [文章编号] 1671- 1343(2002) 04- 0036- 04

1 前言

近二十年来, 膜分离技术的应用取得了很大的进展, 已逐步发展成一门应用科学。早期主要用于海水和苦咸水的淡化, 而后则被广泛地应用在电子、医药、化工、电力等工业的超纯水制备及各种物系的浓缩、分离和净化过程。特别是在开发水资源及三废治理中已成为一种节能、高效的新型水处理手段。

1.1 膜分离技术应用的广泛性

膜分离技术就是借用于一种膜, 根据被分离物系中各组分选择透过的能力不同来实现物系各组分分离的技术。膜分离过程主要包括微滤、超滤、纳滤、反渗透、电渗透、液膜、渗透蒸发、膜蒸馏等。当前应用最广泛的是前六种分离过程。

膜分离过程有许多重要的特点:

(1) 一般说来膜分离过程不发生相变比, 与有相变化的分离法和其它分离法相比, 能耗更低。膜分离技术是一种节能的技术, 因此膜分离过程的运行费用较低。表 1 给出了各种海水淡化方法所需的能量值, 表明反渗透法所需能量最低。

表 1 海水淡化所需的能量^[1]

分离工艺名称	需消耗的动力(kW·h/m ³)	需消耗的热量(kJ/m ³)
反渗透法	3.5	12.6 × 10 ³
冷冻法	9.3	33.5 × 10 ³
萃取法	25.6	92.1 × 10 ³
电渗析法	32.2	116 × 10 ³
多极闪蒸法	62.8	220 × 10 ³

(2) 膜分离过程是在常温下进行的, 同时特别适用于对热敏感的物质, 如果汁、酸、血液及生化制剂的分离、分级、浓缩和富集。因此也适用于生产废水中生物活性物质的回收。

(3) 膜分离技术不仅适用于有机物和无机物、病毒细菌和微粒的分离, 而且还适用于许多特殊溶液体系的分离。如溶液中大分子与无机盐的分离; 水和乳化液滴的分离; 一些共沸物或近沸点物系的分离等。

[收稿日期] 2002-09-28

[作者简介] 王益凡(1965-), 男, 福建莆田人, 三明高等专科学校化学与生物工程系讲师。

(4) 由于膜分离过程主要是用压力作为膜分离的推动力, 因此分离装置简单, 操作简单, 设备占地面积少, 造价低。

1.2 膜分离技术的发展趋势

由于膜分离技术具有上述特点, 近 20 年来, 膜分离技术作为一门新兴的化工分离单元操作, 在各个领域得到广泛的应用, 并发挥着越来越重要的作用。膜分离技术的迅速发展可从世界用膜的销售额得到说明, 见表 2。

表 2 世界分离膜市场的动向(亿美元)^[1]

年	膜	微滤	超滤	反渗透	气体分蒸	电渗透	渗透气化	透析	合计
美国	86	3.0	0.65	0.75	0.3	0.7		0.5	5.9
	91	4.5	0.9	1.0	0.6	0.73	0.4	0.7	8.83
	96	7.0	1.5	1.5	1.0	0.81	0.7	0.8	13.31
西欧	86	1.0	0.3	0.25			0.3	2.5	4.35
	91	1.6	0.55	0.4	0.05	0.03	0.8	3.2	6.63
	96	2.6	0.8	0.6	0.18	0.03	0.12	3.8	8.23
日本	86	0.6	0.1	0.2	0.03	0.35		1.7	2.98
	91	1.0	0.2	0.25	0.08	0.4	0.05	1.8	3.78
	96	1.7	0.3	0.35	0.18	0.55	0.12	2.1	5.30
其它	86	0.1						0.2	0.3
	91	0.3	0.1	0.05				0.8	1.25
	96	0.9	0.6	0.12	0.06	0.07		2.3	4.05
合计	86								13.53
	91								20.49
	96								30.89

2 膜分离技术在环保工程的应用

随着工业的进一步发展, 水源和大气污染日益严重。为了保护环境不受污染, 同时回收有用物质, 在工业废水、废气排放之前必须进行净化处理。膜分离技术在环境工程特别是工业废水、废气的处理中应用已被证明卓有成效, 在不少废水处理中能够实现闭路循环。既对废水废气进行有效净化, 又能回收有用物质。目前膜分离技术已被广泛应用在电镀、化纤、印染、化工、电泳漆、矿山、造纸以及放射性等废水的处理。膜分离技术在环保工程中应用广泛。

2.1 膜分离技术用于饮用水的净化

由于环境污染、洪涝灾害、战争等原因, 造成人类饮用水源水质恶化, 严重威胁着人类的健康与生存。因此发达国家和多数发展中国家对水的净化都给予高度重视。

在中国, 膜与膜技术大约从 60 年代开始研究, 在“六五”、“七五”和“八五”及当前国家任务中均被列为重点项目。在微滤、超滤、反渗透、电透析等方面都已产业化, 有的膜产品已达到国际水平。但产品的种类和产业化规模与国外先进水平尚有较大差距。

水净化的主要内容是饮用水的净化, 不仅要求去除水中的致病菌、病毒、有害的重金属离子, 而且还要除去水中的有机物, 特别是象农药、表面活性剂、消毒剂等。传统饮用水处理工艺是原水——絮凝沉淀——机械过滤——加氯——自来水。但根据国际卫生组织报道, 由传统工艺生产的自来水有 756 种有害物质, 其中致癌物 20 种, 促癌物 18 种, 致突变物 56 种。这说

明水污染已给人类带来严重的危害, 这此因素要求我们寻求有效的净水措施。

人们对饮用水净化的要求, 也促进了水净化技术及瓶装净水工业的发展。1995 年 11 月卫生部制定了瓶装饮用水的国家标准, 明确规定了反渗透技术是可以采用的技术之一。

2.2 膜分离技术在电镀工业中的应用

70 年代初期开始用反渗透膜处理电镀废水, 并首先用于镀镍废水的回收处理, 此后又用于处理镀铬、镀锌、镀铜、镀锡漂洗水。由于该项技术的可靠性和明显的经济效益, 已被广泛采用。

例如美国芝加哥 API 工业公司采用美国杜邦公司的“B-9”中空纤维反渗透组件对镀镍漂洗水做处理, 含镍 650mg/L 的漂洗水, 经反渗透处理, 可将镍浓缩到 13000mg/L, 膜对 Ni^{2+} 分离率为 92%, 膜面污染每月清洗一次。

我国采用反渗透技术处理镀镍废水, 于 1979 年在北京广播器材厂镀铬生产线上应用。漂洗水的 Ni^{2+} 浓度为 1510-2400mg/L, 系统对铬的分离率为 97%, 透水速度 $410 \pm 10 \text{L}/\text{m}^2 \text{d}$, 对镍的回收率 > 99%, 三年内即可收回反渗透设备投资。

2.3 处理含重金属离子废水

用电渗析法处理含重金属离子废水的一个成功事例, 是蚀蚀工艺和电子工艺中印刷线路板氯化铜废水的处理。在印刷线路板生产工艺中, 用蚀蚀铜箔方法来生产线路板, 因而有大量被蚀蚀下来的铜离子被水冲洗下来, 成为工业废水中的主要有害离子而被排放。一个年排废水 20 万立方米的电路弧小型工厂, 一年内就要排放掉近 30 吨金属铜, 这不仅浪费铜资源, 而且严重污染环境。

处理蚀蚀工艺含铜废水的传统方法是中和沉淀法或离子交换法。中和沉淀法存在着废水处理工程占地面积大, 耗用大量化学试剂以及处理后水中含盐提高, 尤其是 Cl^- 含量高却不能直接回收利用等缺点, 而采用离子交换法处理, 因废水中铜离子浓度高, 易存在离子交换树脂负荷重, 失效快和再生频繁, 运行费用高和容易造成二次污染等弊端, 而在该离子浓度范围内恰恰是电渗析技术的最佳适用范围。

我们对电渗析法处理氯化铜废水的技术可行性和经济性进行系统研究和评价。主要结果如下:

(1) 氯化铜溶液的脱盐及浓缩特性

据文献报道^[2], 当电流密度足够高时, 铜的浓缩液根据浓度可选 $2.45 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。即使在浓缩液与除盐液铜离子浓度比达 900 倍以上的条件, 仍然呈现出良好的脱除和浓缩特性。

(2) 离子交换膜的适应性

离子交换膜是电渗析的关键部件之一(其费用约占电渗析器总成本 40%), 对未使用的原膜与使用 8 个月之久的离子交换膜进行性能测试, 结果如表 3。

表 3 国产异相离子交换膜使用前性能对比^[3]

膜类	含水量(%)	交换容量 (mmol/g 干)	面电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	迁移数
使用前阳膜	49.98	2.23	8.32	0.968
使用后阳膜	50.20	3.12	9.14	0.970
使用前阴膜	37.24	2.13	12.20	0.973
使用后阴膜		2.23	9.00	0.981

表 3 数据显示离子交换膜的各项性能指标基本上没有发生变化,所选的离子交换膜处理酸性刻蚀工艺含铜废水并没出现所谓的“中毒”现象,换言之,所选用的膜是适用的。

(3) 电耗评价

电渗析法处理氯化铜废水时,其浓缩液与除盐液的浓度倍数 P 与电渗析本体耗电量 W 之间的关系,如图 1 所示。

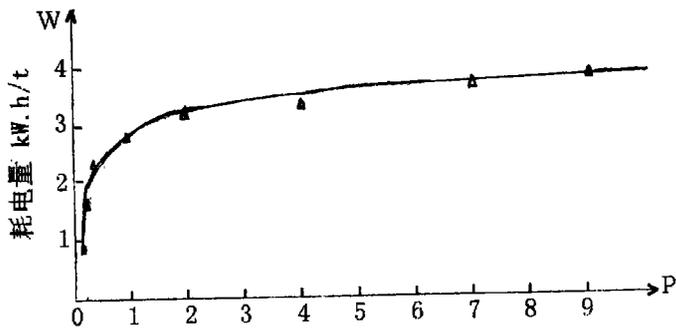


图 1 耗电量(处理 1 吨水)与浓缩倍数的关系

原废水铜离子浓度在 $1000\text{--}3000\text{mg/L}$ 的范围,而除盐液铜离子浓度降至 20mg/L 以下时,每处理 1m^3 废水的本体耗电量低于 $1.0\text{kW}\cdot\text{h}$ 。在浓缩液中铜离子浓度高于 20g/L 时,除盐液中铜离子降到 20mg/L 以下每处理 1m^3 废水的本体耗电量在 $3.0\text{kW}\cdot\text{h}$ 左右。可见用电渗析法处理氯化铜废液,耗电量还是比较低的。

3 结束语

膜分离技术是一种较先进的分离方法,可广泛应用于电镀、化工、造纸等废水的处理,它具有酸碱度不强、耗电少、节能等优点,为广大消费者及生产厂家普遍看好,同时它对保护环境及综合利用具有一定借鉴意义

[参 考 文 献]

- [1] 黄真. 表面活性剂(上册)[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1997: 810- 815.
- [2] 陈锡民. 离子交换法[J]. 中国科学, 1996: 39- 46.
- [3] 赵英. 环境工程化学[M]. 河北: 华北电力大学出版社, 1997: 138- 183.

(责任编辑: 赖文忠)

Application of the Membrane Separation Technique in Environmental Engineering

WANG Yifan

(Department of Chemistry and Biology Engineering, Sanming College, Sanming 365004, China)

Abstract: As a new and developing technique, the membrane separation technique is providing high efficiency and energy conservation, and its application field is wide. This article analysed the separation mechanism and the present developing condition of membrane separation technique. The application of the membrane separation in environmental engineering was discussed.

Key words: ion exchange membrane; separation mechanism; membrane separation technique; application