

文章编号: 1007 - 8924(2003)04 - 0054 - 07

新世纪膜分离技术市场展望

王从厚 陈 勇 吴 鸣

(中国科学院大连化学物理研究所, 大连 116023)

摘 要: 介绍了新世纪国外液体膜过滤技术, 特别是 MF 和 UF 技术在饮用水和废水处理方面的进展和市场展望, 以及在水质深层净化中所遇到的激素裂解产物及似隐小孢子对人体健康的危害. 另外, 重点介绍了气体膜分离技术在制氮、富氧、提氢和天然气净化、蒸气/气体分离及蒸气/蒸气分离方面的进展和市场展望. 新世纪膜分离技术将在更多的领域得到推广应用, 市场前景很好.

关键词: 膜分离技术; 市场; 展望; 液体过滤; 气体分离

中图分类号: TQ028.8 **文献标识码:** A

在过去的 35 年间, 膜已经从一种实验室工具发展成为具有明显技术和商业影响的工业产品. 今天, 膜技术在制备饮用水、废水处理方面日趋成熟, 正在成为水市场上的一支新生力量. 它们对食品和医药产品的浓缩和纯化以及基本化学品的生产也是一种有效的工具. 膜技术在气体分离方面的应用领域也正在拓宽, 所涉及的工艺门类正在增加, 已成为膜工业的重要组成部分. 另外, 膜在人造器官、药物释放装置和能量转化系统中也是关键部分. 在与传统技术相结合方面, 膜对高质量产品的生产常常可以提供一种比较干净和能效更高的生产方法.

总之, 它要比 40 年前, 当第一种合成膜成为可用时, 人们对它们的估计要好得多. 预计在新世纪膜分离技术将有更多的研究和开发机遇; 在改造传统工艺, 创建新工艺中将发挥更多的作用, 特别是随着具有促进传递性能和化学及热稳定性更好的新膜的开发, 许多新的潜在应用将得到确认, 并将在更多领域和化工分离过程中得到应用. 总之, 新世纪膜分离技术市场仍将看好.

1 全球液体膜过滤市场展望

1.1 概况

微滤 (MF) 和超滤 (UF) 技术已经使用了几十

年, 并在商业上获得成功, 特别在普遍用于生产城市供水和废水再利用后才得到更快的发展.

回顾历史, 不难看出, 促进这 2 种技术发展的主要原因是得益于国家的政策法规和人们对健康的关心, 有人调查的结果证明了这一点. 如 1985 年至 1994 年间, 全球微滤和超滤装置的生产能力增长缓慢, 而 1995 年以后增长速率明显加快. 其原因是 1995 年以后, 以美国为代表的许多国家重新制定了新的法规, 对饮用水有了新的标准. 另外, 在一些国家和地区的似隐小孢子 (cryptosporidium) 引发疾病的事例时有发生, 并呈上升趋势, 促使人们更加关心饮用水卫生. 估计 2002 年, 全球微滤和超滤装置的生产能力为 $4.917 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, 2003 年全球装机生产能力将达到 $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$. 以这种速率增长, 在今后的 2 年间微滤和超滤膜过程的总装机生产能力将超过反渗透 (RO) 和纳滤 (NF) 加在一起的生产能力.

调查结果表明, 在北美的装置数量最多, 生产能力最大, 其中已有和在建的装置 361 套, 总生产能力为 $4.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$. 在欧洲已安装的设备有 231 套, 生产能力为 $1.9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$. 在太平洋周围的装置数量最多, 为 385 套, 但大都是小型装置. 为了开创更多更新的应用, 日本已安装了大量的膜生物反应器,

收稿日期: 2003 - 06 - 11

作者简介: 王从厚(1940 -), 男, 山东省青岛市人, 研究员, 从事膜科学与技术调研及信息服务, 电话: 0411 - 4379196.

其中包括用于食品加工废水、家庭废水、办公建筑和其他方面的废水。

微滤和超滤应用方面的截面图示于图 1。虽然，目前已安装的装置中用于反渗透预处理部分的比例较小，但是，可以预计在今后的几年间这部分将快速增长。其中，在北美把 MF 和 UF 用于 RO 预处理的增长最快，其次是欧洲，中东和非洲。随着商业活动的明显增加和设计方面的改进，微滤或超滤的成本几乎可以与传统的预处理方法相竞争。

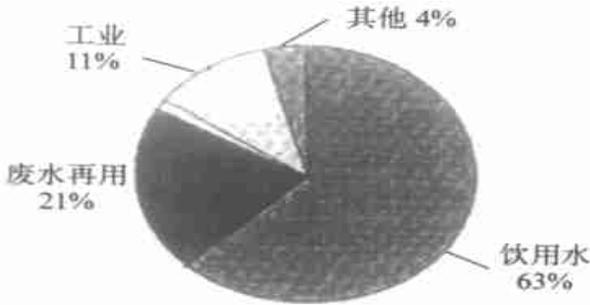


图 1 全球微滤和超滤设备的应用分布情况

1.2 在饮用水方面

在过去的 7 年间，微滤和超滤技术在饮用水方面的应用增长最快，其主要原因是成本大幅度下降，如用于地下水过滤的系统成本已降为 5.28 ~ 7.92 美分/L，操作成本降为 2.64 ~ 3.17 美分/L，从而增强了膜法与传统方法的竞争力，而且刺激了人们对大组件的开发热情。图 2 示出世界微滤和超滤技术应用的地区分布情况，其中北美占 58%，欧洲占 32%，其次是中东和非洲占 7%。

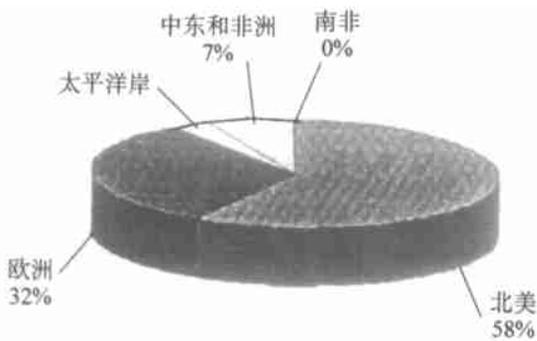


图 2 全球微滤和超滤的地区应用分布

在欧洲，饮用水部分占总装机生产能力的 75%，反渗透预处理方面占 10%（参见图 3）。预计今后随着大组件的开发成功，这部分所占比例将明显增加。如最近在荷兰安装的饮用水系统，将成为今后开发应用大系统的先导。

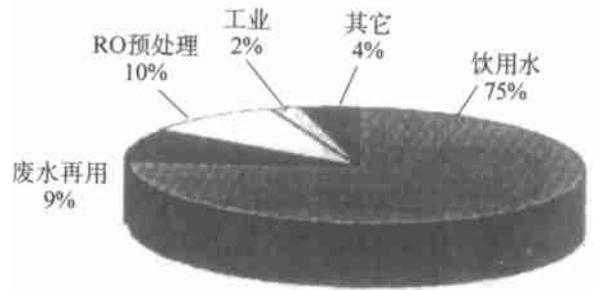


图 3 欧洲的微滤和超滤应用情况

在北美，饮用水市场也占主导地位，占总装机生产能力的 69%（参见图 4），而且目前生产能力在 $0.758 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 或以上的装置非常普遍。其次是废水再用部分占到 19%，目前这部分正在快速增长，最近建于加利福尼亚洲生产能力为 $0.303 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 的装置将成为拓展废水再用实践的先导。

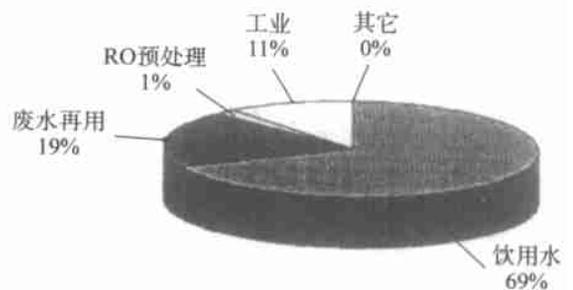


图 4 北美的微滤和超滤应用情况

在太平洋沿岸，用于饮水生产的微滤和超滤装置数量最多，为 385 套，但大都是小型膜生物反应器系统，在日本就有 175 套装置，其生产能力大都为 $100 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

1.3 在废水处理方面

从上面的数据不难看出，虽然目前饮用水市场仍占主导地位，但是从长远看，特别是在今后的 5 年间，废水处理市场将有更大的增长。在欧洲，2000 年欧洲工业过程水处理设备的市场销售额为 4.5 亿美元，并正在吸引一些公司进入该市场，年平均综合增长速率为 8%，估计到 2007 年的市场销售额将达到 7.21 亿美元。图 5 示出 1997 ~ 2007 年间预计的市场增长情况，其所涉及的设备类型主要有反渗透、微滤、超滤和纳滤、离子交换、活性炭装置、臭氧设备、紫外 (UV) 灭菌设备。其中，膜法、紫外和臭氧化的应用将增长的更快些。

所涉及的地区或国家主要有德国、法国、意大利、英国、伊比利亚语系（西班牙和葡萄牙）、斯堪的

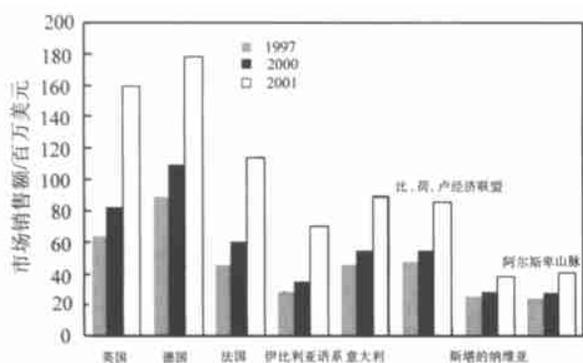


图5 欧洲按地域的市场增长情况(1997~2007年)

表1 欧洲按地域的市场收入百分比(1997~2007)

年份	英国	德国	法国	Iberia	意大利	Benelux	Scandinavia	Alpine
1997	17.2	24.0	12.3	7.8	12.4	12.7	6.9	6.6
1998	17.5	24.0	12.5	7.9	12.2	12.6	6.7	6.5
1999	17.8	24.1	12.7	8.0	12.1	12.4	6.5	6.4
2000	18.1	24.1	12.9	8.1	12.0	12.2	6.4	6.2
2001	18.4	24.1	13.1	8.2	11.9	12.0	6.2	6.1
2002	18.6	24.2	13.3	8.4	11.8	11.7	5.9	5.9
2003	19.0	24.3	13.5	8.6	11.7	11.5	5.7	5.7
2004	19.4	24.1	13.7	8.8	11.7	11.3	5.5	5.6
2005	19.8	23.9	14.0	8.9	11.6	11.1	5.3	5.4
2006	20.2	23.6	14.3	9.0	11.5	11.0	5.1	5.2
2007	20.5	23.1	14.8	9.0	11.5	11.0	4.9	5.1

注:Iberia:伊比利亚语系;Benelux:比、荷、卢经济联盟;Alpine:阿尔卑斯山脉;Scandinavia:斯堪的纳维亚。

浸埋式中空纤维膜组件. 这种方法的特点是渗透过程从纤维的外部向内部进行, 因此容易清洗, 特别适合用于高悬浮固体溶液的处理. 目前该法已广泛用于城市废水的处理. 在废水处理方面, 也趋向大型化. 最近建于科威特的装置生产能力可达 375 000 m³/d.

总之, 全球废水处理市场将呈强势增长, 美国商务通讯公司的研究表明, 2001 年全球的废水处理装置的总产值约 35 亿美元. 预计该市场今后将以 5.5 % 的年平均增长速率增长, 到 2006 年将达到 46 亿美元. 其中, 膜技术在今后的 5 年间用于废水处理的年平均增长速率为 6.8 %, 并将成为废水处理的首选技术.

新世纪美国的膜技术市场仍将看好, 据美国商务通讯公司在“新世纪的膜技术”报告中预测, 在今后的 5 年间, 美国膜市场的年平均增长速率为 8.3 %, 到 2005 年, 膜市场将接近 24 亿美元. 其中美国的反渗透(RO)市场 2000 年为 2.38 亿美元, 年增长速率为 8.3 %. 纳滤(NF)是 RO 的一个分支, 其市

场销售额为 0.33 亿美元. RO 和 NF 市场结合起来的年平均增长速率为 7.9 %, 预计到 2005 年总计将达到 3.97 亿美元. 美国的超滤(UF)市场 2000 年为 2.48 亿美元, 年平均增长速率为 7.6 %, 预计到 2005 年将超过 3.42 亿美元. 2000 年, 美国的微滤(MF)膜市场为 7.07 亿美元, 年平均增长速率为 9.0 %, 预计到 2005 年将超过 10.25 亿美元. 超滤和微滤加在一起的市场最大, 预计今后将以每年平均 8.7 % 的最高速率增长. 此外, 微滤、超滤和反渗透加在一起约占 2000 年总销售额的 75 %, 约 12 亿美元. 美国膜与组件的销售额约占世界膜市场的 1/3, 由此推测, 到 2005 年, 世界膜市场将超过 70 亿美元.

在美国, 废水处理市场也有很大的发展, 他们在早期采用内置式中空纤维膜组件的基础上, 开发了

1.4 水处理市场面临的新课题

值得指出的是, 在新世纪除掉废水中的激素裂解产物和似隐小孢子(cryptosporidium)正在成为人们关注的热点, 因为由上述产物引起的环境污染和对人类健康的影响正在成为不争的事实.

在废水中, 除含有天然和合成的激素, 如雄二醇

和乙炔雄二醇外,还有一些具有激素效应的化学品,像农药、增塑剂、船用防垢漆三丁基锡和用作表面活性剂的烷基酚聚氧乙烯醚,以及它们的分解产物烷基酚。有几种物质,如壬基苯酚和它们的衍生物出现在污染废水装置的流出物(见图 6)和地表水中。人们饮用含有激素的水会引起内分泌系统失调。科学研究表明,雌激素活性物质的出现和性差别失灵(如两性人)或水生生物体再生过程失调之间存在一定的关系,专家们认为这有可能影响人类健康(如癌症)。

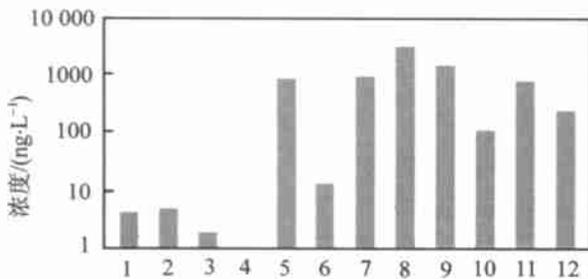


图 6 废水处理装置中的雌激素裂解产物

1. 雌二醇; 2. 雌酮; 3. 乙炔雄二醇; 4. 美雌醇; 5. 谷留醇;
6. 染料木素; 7. 壬基酚; 8. 壬基酚聚氧乙酸酯;
9. 壬基酚聚氧乙烯醚; 10. 双酚 A; 11. 邻苯二甲酸二丁酯;
12. 邻苯二甲酸苯基丁基酯

另外,1984 年以来由似隐小孢子引发疾病的报道案例已有 10 多起,涉及人数达 40 多万人。因此,除掉水中的激素裂解产物和似隐小孢子将成为新世纪饮用水市场的深层课题。

2 全球气体膜分离市场展望

2.1 概述

在 1980 年间,Permea(现在的 Air Products 公司分部)开发出用于氢分离的 Prism 膜。从那时起,膜基气体分离技术的交易额已增长到现在的每年 1.5 亿美元,在不久的将来,会有更大的增长。

表 2 列出气体膜分离的主要应用和每种应用的市场概况。其中列于表中的聚合物膜材料只有 8 种或 9 种,在已装配的全部气体分离膜装置中,90% 以上是采用这些膜材料制造的。在过去的几年间,已报道过数百种新聚合物材料,但是,真正制造成工业上可使用的膜却很少,这是难以置信的。因此,在新世纪对膜材料的改进和修饰,提高膜的渗透性和选择性仍将成为工作的重点。

另外,提高膜的稳定性和薄层化及组装成具有高表面积和低成本的组件也是今后工作的重点,否则膜法很难与其他方法相竞争。

表 2 2000 年主要气体分离市场、生产厂商和膜系统

公 司	所用主要膜材料	组件类型	主要市场/ 估计销售额
Permea (Air Products)	聚砜	中空纤维	均系大的气体公司,氮/空气:0.75 亿美元/a,氢分离:0.25 亿美元/a
Medal (Air Liquide)	聚酰亚胺/聚芳酰胺	中空纤维	
Generon (MG Industries)	四溴聚碳酸酯	中空纤维	
IMS (Praxair)	聚酰亚胺	中空纤维	
Kvarner	乙酸纤维素	螺旋卷式	大都系天然气分离,0.30 亿美元/a
Separex (UOP)	乙酸纤维素	螺旋卷式	
Cynara (Natco)	乙酸纤维素	中空纤维	
Parker - Hannifin	聚苯醚	中空纤维	蒸气/气体分离,空气脱湿及其它,0.25 亿美元/a
Ube	聚酰亚胺	中空纤维	
GKSS Licensees	硅橡胶	板框式	
MTR	硅橡胶	螺旋卷式	

表 2 还表明,迄今总的气体膜分离市场的 2/3 是属于从空气中分离氮,和从合成氨弛放气或合成气中提氢。这些气流是干净的,一般没有使膜粘污或塑化的组分。但是,今后将面向天然气的处理,以及石油炼制和石油化学装置方面。因为在这些气流中常常含有高的塑化剂、可冷凝的蒸气,这些物质会降低膜的性能。另外,这些气流在组分和流量上也是变化的,所以需要能够处理“失常状态”的耐用膜组件,

其中,螺旋卷式膜组件有利于满足这些要求。

2.2 在膜法制氮方面

在氮气分离方面,目前大约总费用组成的 2/3 是与压缩原料空气有关,1/3 或不到是与膜组件有关的。因此,减少压缩机的大小是降低制氮成本的关键。

早先,从空气中分离氮的膜,例如 Generon 的聚 4-甲基-戊烯-1,其氧/氮的选择性为 4。用这类

膜,压缩空气中氮含量的 75% 就会在生产纯度达到 99% 的氮气时损失掉. 因此,需要大的空气压缩机,其能耗将大量增加而无法采用.

目前可采用具有氧/氮选择性为 7-8 的膜,空气压缩机的大小几乎可以减半. 氮气的生产成本将大幅度下降,这对每天需氮气不到 $28\ 300\ \text{m}^3$ 的小用户在成本上就会很有吸引力. 若能将氧/氮的选择性,在相同的渗透速率下从 8 增加到 12,则压缩机的大小可减少大约 20%. 这样或许可以降低氮气的生产成本达 10%~15%.

2.3 在膜法富氧方面

在氧气分离方面,已经证明在进气端加压的方法在经济上是不可行的,而在“渗透气一边”抽真空的能耗大约是压缩进料空气能耗的一半. 但是要比生产同样的气量需要大约一倍的膜面积,要使这种操作方式可行,也需要高通量和低成本的膜.

由于膜法空气分离只能生产富氧,而不是纯氧,这对大多数需要纯氧的用户可采用外加二级分离方法来生产. 要生产与现行深冷技术相比在成本价格上有竞争力的氧气,也需要膜具有对氧的选择性大大超过对氮的(即良好的分离性能),以及具有高的膜渗透通量(以控制成本)两方面的性能.

促进传递膜正在受到重视,在这些化合物中,含氧的载体化合物起着“慢慢迁移”的作用,选择性地使氧传递透过膜. 但是它有许多问题,如化学和物理稳定性都很差. 在膜法提氢方面这是一个有待研究领域,因为一旦突破,就会带来明显的市场效果.

2.4 膜法提氢

在氢气回收方面,回收炼油厂中的氢气,将是一个巨大的市场. 因为在炼油厂中,对氢的需求正在增加. 最便宜的氢气新来源就是在化工过程中产生的可燃气体、流化床催化裂化装置尾气和加氢裂化器/加氢处理器的尾气.

在用膜法回收氢时,随着氢气的透过,剩下的气体富含烃类,并由此使露点提高. 为了避免烃在膜上凝结,必须把气体加热. 通常加热到残留气体预计的露点以上 15~20. 这样操作温度可能高达 80,在该温度下,膜和组件的性能可能都会受到影响. 另外进气组分随时而变,也将给操作带来不少麻烦.

在炼油厂用设备中,目前膜法氢回收装置已在炼油厂安装了 100 多台,但其市场远没有饱和. 在美国就有 150 个大型炼油厂,世界其他地区有 300~400 个,另外还有许多小的炼油厂. 因此,在所有这

些炼油厂中安装多级氢回收装置将是一个很大的潜在市场. 不过,上面提到的问题,如操作温度,塑化和原料气组成不稳定等都必需认真解决,否则无法广泛应用.

解决上述问题的一种方法是开发可渗透氢的膜,使它能够在高的烃分压和高温下操作. 第二种途径是把原料气进行更好的预处理,例如,用烃可渗透膜来降低原料气的露点,以减少对氢可渗透膜的影响.

2.5 天然气净化

目前,全世界每年大约生产 $1.42 \times 10^{12}\ \text{m}^3$ 天然气,美国每年大约生产 $0.566 \times 10^{12}\ \text{m}^3$ 天然气. 粗天然气的组成随产地不同差别很大,但是甲烷总是主要成分,一般为 75%~90%,其次是乙烷以及某些丙烷和丁烷,还存在 1%~3% 的其他高级烃类. 天然气中还含有一些杂质,如水、二氧化碳、氮和硫化氢. 因此,在天然气净化方面的市场是很广阔的,如在管输天然气中,在送入管道前,就要大约 20% 的费用在处理上. 这对膜来说就是机遇.

目前,天然气新加工方法用设备的总市场每年大约 20~50 亿美元,这是最大的气体分离应用市场. 不过,膜法只占该市场的 1% 不到. 而且几乎都是用于除去二氧化碳的. 目前,除二氧化碳的装置已经安装了数百套,不过许多装置是很小的,每天加工气体只有 $5.66 \times 10^5 \sim 5.66 \times 10^6\ \text{m}^3/\text{d}$. 通常使用乙酸纤维素膜,其二氧化碳/甲烷的选择性大约 15%. 另外,聚酰亚胺膜正在替代醋酸纤维素膜,其二氧化碳/甲烷的选择性为 20%~25%. 此外,还在开发选择性为 30%~40% 的稳定膜,这将改进膜的竞争地位,而且这些改进会在今后的几年间实现.

另外,脱除天然气凝析液是天然气处理中不可缺少的. 通常粗天然气中的 C_3^+ 烃接近饱和,它们在管道系统局部受冷就会凝结出来. 为了避免这种问题出现,通常需要在气体送入主管道前,把较高的烃类除掉,使气体的露点降到大约 -20. 此外,在天然气脱湿方面,目前美国就有 42000 个乙醇脱水装置,这是膜法的竞争对手,也是膜法的潜在市场. 膜法要与其竞争,必需减少甲烷随水的脱除而流失. 总之,膜法在天然气脱湿和除掉凝析液方面会有许多市场开发的空间和机遇.

2.6 蒸气/气体分离

蒸气/气体混合物可以用橡胶状材料,例如硅酮橡胶来分离,使更多可冷凝的蒸气透过;也可用玻璃

状聚合物,使“更小的”气体优先透过。

目前,大多数装置采用蒸气可渗透膜。例如在从氮气分离丙烯的一般过程设计中,先把压缩过的原料气送入冷凝器。在气体冷却情况下,有一部分丙烯作为冷凝液排出,剩下“未冷凝”的丙烯通过膜系统除掉,得到纯度99%的氮气。富丙烯的渗透气循环到进来的原料气中。在丙烯冷凝液中还含有一些溶解的氮气,所以要把液体进行低压闪蒸去掉氮气。这样产生的丙烯纯度可在99.5%以上。

在过去的几年间,已经安装了上百套蒸气回收装置。通常与其竞争的技术有低温冷凝法或变压吸附法。膜法的特点是比较适合处理较小的气量,如范围在113.2~1132 m³/min之间。目前这类装置已用于从罐装置场回收车用汽油、从聚烯烃装置的排出口回收丙烯和乙烯、以及从聚氯乙烯装置中回收氯乙烯单体,而且市场看好,呈上升趋势。

2.7 蒸气/蒸气分离

蒸气/蒸气分离可能会成为今后膜技术开发进入的主要应用领域,特别是从乙烷(BP-88.9)中分离乙烯(BP-103.9);从丙烷(BP-42.8)中分离丙烯(BP-47.2)和从异丁烷(BP-10)中分离正丁烷(BP-0.6)。乙烯和丙烯是2种体积最大的有机化工原料,因此,其潜在的市场很大。不过,在实际的工业装置中,进气压一般为0.705~1.06 MPa,温度足以保持其处于气相。透过气压将为0.0705~0.14 MPa。在这些条件下,大多数膜会被塑化,选择性下降。这些问题应该认真考虑,或许可以采用成本较高的陶瓷膜来解决。

最近报道,在实现烯烃/石蜡分离中采用固态聚电解质膜可以获得良好的选择性,并在用于乙烯/乙烷混合物的分离中,分离性能和稳定性均良好,乙烯通过这些膜的渗透性是乙烷的100倍。

3 结语

总之,在新世纪气体膜分离技术市场广阔,前景看好。表3列出膜法气体分离市场的某些预测情况。从表中可以看出,总的市场呈上升趋势是非常清楚的,但是,正如在表3中所示出的那样,所有领域的增长不可能是均一的。目前,膜法在天然气方面的销售额每年大约3千万美元,而且增长最快,到2010年或许会达到9千万美元。在炼油厂和烯烃的应用中,应重点开发更加耐粘污和耐塑化的膜,这样,膜在氢回收系统的应用也会快速增长。

最终,假若能够开发出选择性好,足以有效分离沸点接近的气相混合物的膜,则蒸气/蒸气分离方面的应用也会增长,到2020年销售额有可能达到1亿美元。

表3 膜法气体分离主要目标市场的预测

分离物系	百万美元		
	2000年	2010年	2020年
氮气(来自空气)	75	100	125
氧气(来自空气)	<1	10	30
氢气	25	60	150
天然气			
CO ₂	30	60	100
天然气凝析油	<1	20	50
N ₂ /H ₂ O	0	10	25
蒸气/氮气	10	30	60
蒸气/蒸气	0	20	100
空气脱湿	15	30	100
合计	155	360	740

参 考 文 献

- [1] Strathman H. Membrane separation technology: relation and future opportunity[J]. AIChE J, 2001, 47(5): 1077~1087.
- [2] Mehts M J. Membrane R&D Opportunities in the New Millennium [J]. Membr Sep Technol News, 2001, 19(12): 7~8.
- [3] David H, Furukawa PE. Global status of microfiltration and ultrafiltration membrane technology[J]. News Lett Watermark, 2002, (17): 1~8.
- [4] Mollvine R. What's hot in global liquid filtration[J]. Filtr Sep, 2001, 38(8): 24~25.
- [5] Menzefricke K. Focus on the industrial process water treatment market in Europe[J]. Filtr Sep, 2001, 38(8): 32~35.
- [6] US membrane market to reach nearly \$2.4 billion by 2005[J]. Membr Technol, 2001, (134): 2~3.
- [7] The European market for liquid membrane separation systems[J]. Filtr Sep, 1998, 35(9): 672~673.
- [8] Singley J A. Waterborne pathogens: the hidden germ[J]. Water Cond Pur, 2001, (5): 72~74.
- [9] Wintgevs T, Melin T. Removing endocrine-disrupting compounds from wastewater[J]. Membr Technol, 2001, (138): 11~12.
- [10] Baker R. Future directions of membrane gas-separation technology[J]. Membr Technol, 2001, (138): 5~10.
- [11] Koros W J. Opportunities and constraints on growing the large-scale gas separation membrane market[J]. Membr

Sep Technol News, 2001, 20(1): 7~9.

- [12] 王从厚, 陈勇, 吴鸣. 新世纪国外膜分离技术应用续编[M]. 分离信息荟萃, 第二十八集. 中国科学院大连化学物理研究所, 2002.
- [13] 王从厚, 陈勇, 吴鸣. 新世纪国外膜分离技术应用续编[M]. 分离信息荟萃, 第二十九集. 中国科学院大

连化学物理研究所, 2002.

- [14] 王从厚, 陈勇, 吴鸣. 国外膜技术市场及其厂商名录汇编[M]. 分离信息荟萃, 第三十集. 中国科学院大连化学物理研究所, 2003.
- [15] 王从厚, 吴鸣. 国外膜工业发展概况[J]. 膜科学与技术, 2002, 22(1): 65~72.

Prospect of membrane separation technology market in the new century

WANG Conghou, CHEN Yong, WU Ming

(Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023, China)

Abstract: This paper reviewed the prospect of membrane technology market in the new century, especially the MF and UF technologies market and forecast in drinking water and waste water treatment, as well as the removing endocrine-disrupting compounds and waterborne pathogens - cryptosporidium from the wastewater, and the future direction of membrane gas-separation technology, such as air separation, hydrogen recovery, natural gas application, vapour/gas separation and vapour/vapour separation.

Key words: membrane separation technology; market; prospect; liquid filtration; gas separation

(上接第46页)



图3 68 t/h UF装置照片

(6) 由于超滤无放大效应, 处理量达到 100 t/h 以上时, 用全自动超滤比用全自动砂滤的设备投资少, 运行成本低, 水的处理成本大约为 0.1 元/t.

(7) 由于 UF 膜元件的膜过滤孔径的均匀性较好, 从而使 UF 系统水质更稳定, 当处理量小于 100t/h 时, 整个 UF-RO 系统的投资也小于或等于

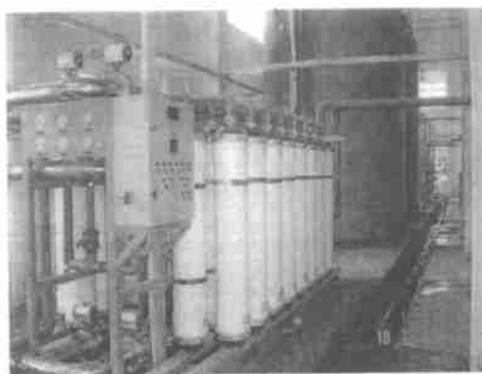


图4 140 t/h 的 UF 照片

砂滤-RO系统的投资。

参 考 文 献

- [1] 时钧, 袁权, 高从堦. 膜技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. 1
- [2] 日本日电工集团美国海德能公司产品技术手册[Z], 2002.

Industrial application of UF membrane in the pretreatment for RO system

CHEN Lianggang, CHEN Qing

(Litree Science & Technology Co. Ltd., Haikou 570216, China)

Abstract: This article introduces the advantages and economic benefits of inside pressure capillary hollow fiber ultrafiltration membrane application in the prepretreatment equipment for RO system feed.

Key words: hollow fiber; ultrafiltration membrane; RO systems feed