

集成膜过程

高从堦, 俞三传, 金可勇

(国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心, 杭州 310012)

[摘要] 文章扼要阐述了部分集成膜过程在水净化、废液处理和清洁生产中的应用, 如纯水和超纯水制备、饮用水净化、污水处理和回用、有机废水处理、乳清综合利用和海水淡化等, 分析了集成膜过程的优势和广阔的应用前景。

[关键词] 膜分离; 集成膜过程; 水净化; 脱盐; 清洁生产

1 前言

自1960年反渗透膜取得突破性进展以来, 刺激了膜科技的快速进步, 促进了膜产业化的迅速发展。其发展过程大致为50年代的电渗析(ED), 60年代的反渗透(RO)和超滤(UF), 70年代的气体分离(GS), 80年代的渗透汽化(PV)、纳滤(NF)和无机膜(IM), 90年代的双极膜(BPM), 膜蒸馏和膜反应器等。30多年来不少膜过程已成为工业操作单元, 如海水、苦咸水淡化, 纯水、超纯水制备, 酶和蛋白的纯化和浓缩, 料液的净化和除菌, 恒沸物分离, 氢气回收, 氧和氮的浓集, 气体除湿和净化……许多膜过程对传统工艺进行了替代和改造, 在国民经济的许多部门发挥着重要的作用, 产生了显著的经济和社会效益。^[1,2]

各种膜过程有其各自的特点、应用范围和一定的局限性。要更好地符合可持续发展的要求, 则要保证过程为清洁生产, 资源合理而充分利用, 节能和技术先进, 这样在许多情况下, 应优先考虑集成

膜过程, 利用集成的协同作用, 达到优化、高效、低成本、低能耗及无污染或少污染的要求。

集成技术, 就是为高效地实现所要求的总目标而选择的合适工艺过程的优化组合。集成膜技术是膜技术与其他传统工艺的优化组合。可充分地发挥各种膜过程的优势, 将极大地促进膜技术的发展和推广应用, 下面是几个方面的应用示例。

2 集成膜过程应用

2.1 纯水和超纯水制备^[3]

众所周知, 大规模集成电路的制作工艺中, 对超纯水有极大的依赖性。随着集成度的提高, 对超纯水的要求也越来越高, 如1 M的集成, 要求超纯水在25℃时的电阻率达到18 MΩ·cm, 粒径0.1 μm的微粒<20个/mL, 总有机物 $\rho_{\text{TOC}} < 0.05 \text{ mg/L}$, 细菌<0.01个/mL, $\rho(\text{SiO}_2) < 10 \text{ μg/L}$, 溶解氧 $\rho(\text{O}_2, \text{溶}) < 0.1 \text{ μg/L}$ 。要达到这些要求, 只能靠集成膜过程来解决, 图1为一制备超纯水的代表性流程:



图1 超纯水的制备流程图

Fig. 1 Flow diagram of ultrapure water production

这里,利用反渗透和离子交换等过程使水的电阻率 $\rho(25^\circ\text{C})$ 达到 $18\text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$;利用反渗透和超滤(或微滤)等使 $0.1\ \mu\text{m}$ 的微粒达 $20\ \text{个}/\text{mL}$ 以下;利用凝聚过滤,活性炭,反渗透,离子交换,紫外氧化,超滤等使总有机物 ρ_{TOC} 达 $0.05\ \text{mg}/\text{L}$ 以下;利用活性炭,反渗透,紫外杀菌,超滤(微滤)使细菌达 $0.01\ \text{个}/\text{mL}$ 以下;利用凝聚过滤,活性炭,反渗透,离子交换和超滤使 $\rho(\text{SiO}_2) < 10\ \mu\text{g}/\text{L}$;利用真空脱气(吹扫),可使溶解氧 $\rho(\text{O}_2, \text{溶})$ 达 $0.1\ \mu\text{g}/\text{L}$ 左右。

随着集成度的提高(如 4M),对水质要求会更高(如高温超纯水),这需要膜过程本身的进一步发展及新的集成膜过程的开发。上述超纯水制备过程,可供其他纯水制备参考,不同纯净度,可采用不同的集成程度。

2.2 饮用水净化和废水处理

2.2.1 饮用水处理的集成膜技术^[4]

随着越来越严格的水法规的限制和可用淡水供应的不足,压力驱动膜过程在饮用水处理方面正在发挥越来越重要的作用。这包括脱盐、消毒、消毒副产物控制、澄清、脱色,除去各种有害的有机化合物和无机物。由于膜性能不断提高,技术日益先进,成本大幅度下降,所以应用越来越广,一些代表性过程示意如图 2。

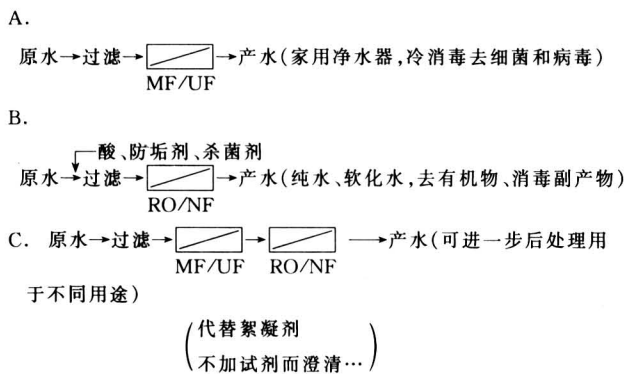


图 2 饮用水处理集成膜过程示意图

Fig.2 Integrated membrane separation processes for drinking water treatment

2.2.2 浸没式膜活性污泥反应器

在污水处理和回用过程中,将生物反应器与直接浸入其中的 MF 中空纤维装置相结合,以上升气泡使生物量更新,污泥量少(为常规的 $1/2 \sim 1/4$),泥龄长(约 20 天),可有效去 N 和有机物,不必化学清洗,紧凑占地少,体积小,负压吸滤,能耗低 ($0.3\ \text{kWh}/\text{m}^3$),成本低。产水可直接作 RO、NF 的

供水,与常规处理方法比较,流程很短,如图 3 所示。

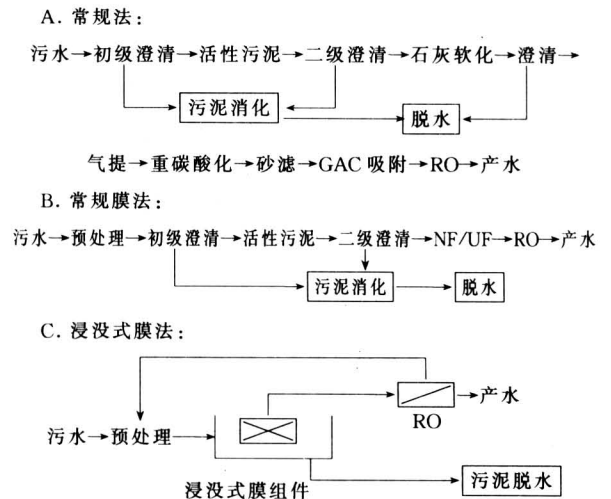


图 3 集成膜过程用于污水处理和回用

Fig.3 Integrated membrane separation processes for sewage treatment and reuse

2.2.3 乳清(奶乳清和大豆乳清)综合利用^[5]

乳清是奶和大豆深加工过程中的副产物,内含一定量的乳糖、低聚糖、蛋白、多肽、脂肪和无机盐等。若不处理排放,由于 TOC 特别高,是一严重污染物,用集成膜过程回收之,则不仅变废为宝,而且大大地减轻了环境污染。下面是乳清处理的两个方案,见图 4。

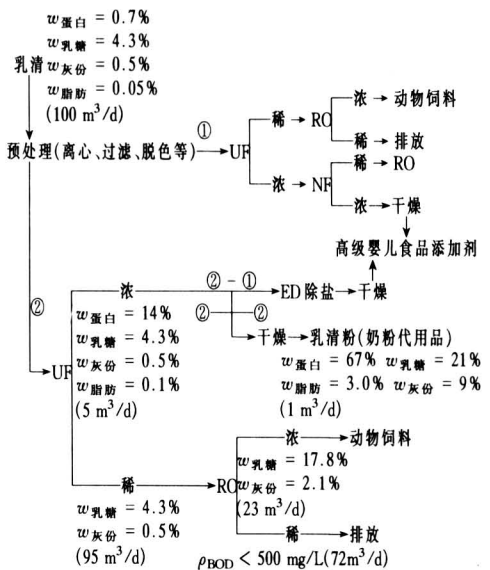


图 4 乳清处理中集成膜过程

Fig.4 Integrated membrane separation processes for whey treatment

2.2.4 含少量有机物废水的处理^[6]

在化工生产中，会产生大量的有机物废水，利用集成膜技术，可有效实现对该类废水的处理。图 5 给出了 PV + RO 集成膜技术处理含酚废水的流程图。当要求处理后稀液中酚的质量分数为 150×10^{-6} 时，采用 RO + PV 集成技术，浓缩液中酚的质量分数可高达 2.8%，废液处理率高达 99%；而采用单一的 RO 或 PV 技术，浓缩液中酚的质量分数分别仅为 0.13% 和 0.29%，废液处理率亦分别只有 70% 和 88%。

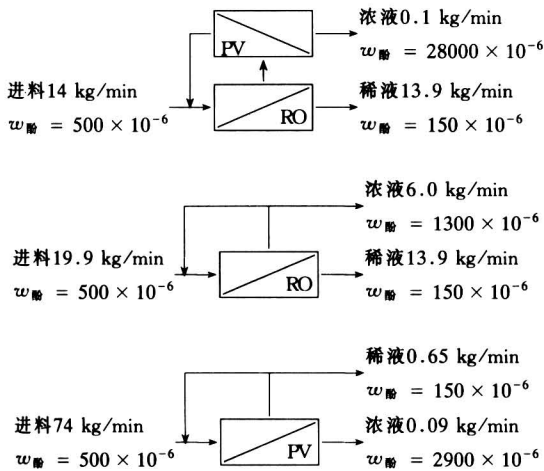


图 5 含酚废水处理集成膜过程示意图

Fig.5 Integrated membrane separation processes for phenol waste water treatment

2.3 膜反应器^[7]

膜反应器 (MR) 分为膜生物反应器和膜催化反应器，它们又各有反应和分离耦合在一起的单元以及两者分开的再循环膜单元，代表性的两个集成过程如下：

发酵法制乙醇、乳酸，以及两者的膜催化酯化反应，采用 MR + PV；

发酵法制乙酸、酒石酸、乳酸、氨基酸、维生素、抗生素等，采用 MR + ED、NF、BPM 等。

膜反应器与集成过程的应用，可显著提高化学反应的转化率和生产的收率，简化生产工艺，具有显著的经济效益。

2.4 海水淡化

近几年来，随着纳滤 (NF) 技术的发展，国外成功地开发了海水淡化的 NF + 反渗透 (SWRO) + 多级闪蒸 (MSF) 集成技术^[8]，其淡化流程如图 6 所示。海水经纳滤技术处理后，去除了 80% 以上的硬度，TDS 下降了 40% 左右，且脱除了所有的有机污染物，从而可提高 SWRO 的操作压力和回收率 (回收率可达 60% 左右)，且能保证 SWRO 膜元件的安全、长期、稳定运行，提高了淡化效益。而 SWRO 过程的浓缩海水，由于其硬度低、不易结垢，可再经由 MSF 处理，获得淡水，进而可使 SWRO + MSF 过程的回收率进一步提高到 90% 左右。该集成技术具有良好的应用前景，

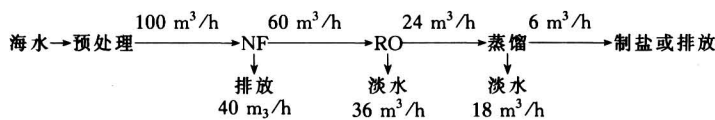


图 6 NF + SWRO + MSF 集成技术

Fig.6 NF + SWRO + MSF integrated technology

但目前还需有效解决 NF 浓水的处理问题。

3 结论

膜技术经过四十几年的发展，已形成相当的产业。在海水和苦咸水淡化、纯化和超纯水制备、污水处理和回用、废水 (液) 处理、物料分离和浓缩等方面已成为单元操作，并被广泛应用于电力、电子、化工、医药、食品和饮料等行业，取得了明显的社会和经济效益。同时膜技术在改造传统工艺方面亦取得显著效果。

集成膜技术的开发和优化，可有效、充分发挥

各种单一膜过程的优势。将集成膜技术和传统工艺技术进行优化组合，可进一步拓展膜技术的应用领域，充分发挥膜技术的节能、低耗、高效等优越性，有效地降低生产成本。

膜集成过程是今后膜科学发展中应加强研究开发的主要方向之一。

参考文献

[1] 高从培. 膜分离技术在水处理中应用与发展[A]. 第三届全国膜和膜过程学术报告讨论会文集[C]. 北京, 1999.7~10

- [2] 邓麦村,刘丽,袁权. 气体分离膜研究和应用新进展 [A]. 第三届全国膜和膜过程学术报告讨论会文集 [C]. 北京,1999.18~25
- [3] 闻瑞梅,王在忠. 高纯水的制备及检测技术[M]. 北京:科学出版社,1997.66~173
- [4] 高从培. 膜技术在饮用水处理中的应用[A]. 中华预防医学会饮水深度净化卫生研讨会学术报告文集 [C]. 杭州,1999.1~11
- [5] Mourato D. Water reuse with the immersed membrane & the membrane bioreactor. *Desalination & Water Reuse*[J].2000,9(4):27~30
- [6] 刘茉娥等编著. 膜分离技术[M]. 北京:科学出版社,1998.228~230
- [7] Roderic J R, Newbold D D. Hybrid membrane separation systems [P]. U S patent 4944882,1990-06-31
- [8] Winston Ho W S, Kamalesh S K. Membrane reactor [A]. In: *Membrane Handbook* [M]. New York: Van Nostrand Reinhold,1992,809~832
- [9] Hassan A M, AL-Soft M AK, Al-Amoudi A, et al. A new approach to membrane and thermal seawater desalination process using nanofiltration membranes[J]. *Desalination & Water Reuse*,1998,8(1):53~59

Integrated Membrane Separation Processes

Gao Congjie, Yu Sanchuan, Jin keyong

(*Development Center of Water Treatment Technology, SOA, Hangzhou 310012, China*)

[Abstract] The application of integrated membrane separation processes in water purification, wastewater treatment, cleaning manufacture, etc., was reviewed in this paper. Processes such as preparation of ultrapure water, drinking water purification, sewage treatment and reuse, organic wastewater treatment, multipurpose use of whey, sea water desalination were discussed in detail. The advantages and prospect of integrated membrane separation process were also analyzed in the review.

[Key words] membrane separation; integrated membrane separation process; water purification; desalination; cleaning manufacture

发现可阻止肿瘤细胞生成的基因

据新华社 7 月 17 日报道, 意大利的米兰欧洲肿瘤研究所一研究小组发现, 一种称为 PML 的基因能阻止肿瘤细胞的生成。

这个研究小组的领导人朱塞佩·佩利奇日前在米兰介绍了他们的研究成果。佩利奇的研究小组发现, 当一个细胞出现变异迹象时, PML 基因很快就会感觉到, 并被激活, 从而抑制这个细胞生成肿瘤细胞。

佩利奇说, 他们还观察到, PML 基因能激活 P19 和 P53 这两种基因。后两种基因已被发现有抑制肿瘤细胞形成的功能。佩利奇说: “在 PML 基因增加时, 基因 P53 和 P19 被激活, 肿瘤细胞随之死亡。”

佩利奇说, 今后的研究方向是弄清 PML 基因能够感觉细胞变异的机理, 从而开发出利用这种基因防治肿瘤的方法。