

* 国际交流与合作 *

浅议世界膜科学与技术研究的发展动向

——国际膜科学与技术大会的启示

陈观文*

(化学研究所 北京 100080)

关键词 膜科学, 研究动向

以选择性分离膜为中心的膜学研究自本世纪 50 年代形成为一个学科以来,取得了飞速发展,相继对离子交换膜(含电渗析过程、双极性膜等)、反渗透、超滤、微滤、气体分离、渗透汽化等膜的制备、结构与性能关系、传质机理等开展了深入的研究,促进了分离膜产业的形成与发展。

国外学术界、产业界认为,作为一项高技术,膜技术将成为 21 世纪的基础产业技术之一,在国民经济中具有不可替代的战略地位,并且正逐步渗透到国民经济的各个部门,因而各国政府均给予相当的重视与支持。国际间的学术交流也日趋频繁,1984 年在意大利召开了首届大型综合性国际膜学术会议(ICOM),此后每三年召开一次,1999 年 6 月将在加拿大多伦多召开下一次大会。此外,大量的讲习班和分科讨论会每年都要举办多次。

为推动我国膜研究与膜技术的发展,加强国际交流与合作,1998 年国际膜科学技术会(ICMST'98)6 月 9—13 日在北京召开,会议由中国科学院、中国膜工业协会、中国海水淡化与水再利用学会、欧洲膜学会共同主办,国家自然科学基金委员会协办,中国科学院化学研究所具体承办。中国科学院院士袁权与欧洲膜学会主席 E. Drioli 教授共同担任主席,3 名副主席来自欧洲与中国。出席会议的代表 226 名,其中海外正式代表 100 名,分别来自世界 25 个国家和地区。

1 当前膜学发展特点

会议交流论文总数 198 篇,内容涉及膜分离和膜反应研究的所有领域。由中、意、美、日、荷、德六国科学家作的 7 篇大会邀请报告,反映了当今膜学研究的重点和热点,包括气体分离膜、反渗透、膜荷电膜、纳滤膜及其相关过程、集成与杂化膜过程、人造器官及膜在生物医学方面的应用。纵观这次大会可以看出,膜学的发展有以下特点:

(1)以处理水为主的反渗透、超滤、微滤等膜过程及相关膜材质的研究仍将占有分离膜研究的中心位置,纳滤(纳米级过滤)膜的研究正迅速发展。

* 化学研究所研究员

收稿日期:1998 年 7 月 20 日

(2) 气体分离和渗透汽化膜及相关膜过程已成为研究、开发的重点,并确立为重大膜过程的产业地位。本次会议有关渗透汽化膜及其相关过程的论文达到 27 篇就反映出这一特点。

(3) 膜反应将成为膜学研究和技术开拓的一个新领域。

(4) 尝试用一种膜实现两种或两种以上膜过程(如利用微滤膜实现气/液分离等),将为膜过程的多样化和开拓应用奠定理论基础。

(5) 集成膜过程和杂化膜过程(膜过程与其它非膜分离过程的结合)是解决实际分离任务的最好办法,日益受到重视。

(6) 膜材料和制膜技术将不断更新,两者受到同等重视。无机膜的研究正迅速展开。

(7) 分子水平微结构可控高性能膜的研究正在展开。

(8) 对膜的传质机制等的研究,正采用模型模拟、动力学研究等理论处理方法来代替以往的经验分析。

2 今后重点发展的研究领域和前沿课题

根据 IMCST'98 会议的论文内容,可以推测国内外今后膜科学与技术重点发展的研究领域和前沿课题为:

(1) 反渗透膜的高表面积获得,以大大提高通量。低压与超低压复合膜的制备,工作压力向等于或稍大于渗透压的方向努力,追求极限。

(2) 超滤。截留分子量低于 1 000、高于 100 万的极限尺寸的膜的制备和透过机制。消除膜污染是研究的主攻方向。无机超滤膜的制备。

(3) 微滤膜。制膜工艺从完全挥发相转化发展到凝胶相转化、控制拉伸致孔、核辐射刻蚀致孔,孔径从 0.1 微米至 75 微米的系列化。

(4) 纳滤。界面缩聚(或原位聚合)制备复合膜的活性层的方法。提高对一价、二价阴离子及分子量小于 300 的有机物的截留率。

(5) 气体分离膜。二氧化碳的分离受到空前注目。大透量和高选择性材料的制备始终是气体分离膜的主攻方向;简便而有效地制备具有超薄皮层的非对称膜或复合膜方面,Lewis 酸-Lewis 碱络合物法、干湿相转化法及双浴湿相转化过程很有前途。复合膜方面,控制支撑体表面上最大孔径小于稀悬浮聚合物链线团动力学半径的理论很有指导意义。有机废气(如 VOCs)的膜法处理,也是研究热点。

(6) 渗透汽化膜。有机液/有机液混合体系的分离十分重要。

(7) 无机膜。其主要研究课题和方向为:超薄化、超微孔化复合膜的制备,多组分复合膜的制备(如在铝中加入钛、锆或稀有元素形成复合氧化物膜,使膜不仅具有微孔性,而且还具备吸附性、催化性及其它特有性能);电导移动膜的制备;无机与有机材料接枝膜及纳米级复合膜膜的制备。

(8) 膜催化和膜反应器的研究在欧美受到相当重视。例如用于烃类脱氢,选择氧化反应。催化反应器的传质、传热模型也是研究焦点之一。

(9) 膜过程在环境保护及治理、食品工业、饮用水制备、燃料电池隔膜等方面应用的理论基础与技术。

欧洲有关膜的研究覆盖了膜学领域的所有方面,在渗透汽化、超滤、膜催化与膜反应器以及一些膜过程的基本传质机理方面,一直处于世界前列。近年来,无机膜方面的研究也处于国

际主导地位。美国、日本涉及的领域也十分广泛,美国在反渗透、气体分离膜、液膜方面是世界的主流;日本在膜应用技术的开发方面有相当出色的工作。澳大利亚在膜污染方面的研究十分深入。

3 我国膜学研究的现状与对策

我国在膜学领域的研究从本世纪50年代末以来取得飞速发展,研究内容覆盖了膜学领域的绝大部分,本次ICMST'98会议上,我国学者发表的论文的水平较之以往有明显提高,部分论文在理论上很有深度。但总的来说,多属于应用基础研究。即使国家自然科学基金委员会资助的有关膜的研究项目中,属基础理论的也很少。纵观全国研究状况,应用基础性的比例较小,应用开发性质的工作居多。这就使得我国在膜领域的技术工作缺乏有力的理论依托,难于达到国际先进水平(部分领域除外)。

在反渗透方面,科学技术部虽已将其作为“九五”期间四项重大膜技术之一布点,但全国每年新增膜组件的90%靠国外进口,近两年又从美国进口三条低压复合膜生产线。应用基础研究、开发和国内产业严重脱节,国产膜无论脱盐率、渗透通量都与国际水平差距较大。

离子交换膜的薄弱环节是均相膜研究较少。异相膜虽然全国已年产40万平方米,但种类少,性能低,难以进行高浓度浓缩和不同离子分离。

超滤是国内最活跃的研究领域,但膜的通量和截留率的综合性能较低,其应用研究领域也集中在一些要求不高的场合。加强膜污染和清洗的研究十分必要。

微滤在相转化法制膜方面研究比较深入,聚稀烃控制拉伸致孔方面也有突破,但还不能很好控制平均孔径、孔径分布,这方面尚缺乏深入的工作。

近年来对纳滤和无机膜的研究十分活跃,但无论理论研究还是技术性开发均很不够。

气体分离膜在 H_2/N_2 、 O_2/N_2 分离,天然气中除酸性气体和脱湿方面开展了不同层次的工作,取得了一定的结果,总的来说基本上属于跟踪性研究。

渗透汽化的研究近五年来取得重大进展,在膜材料与膜过程方面有所突破,成为国内90年代膜研究的热点,但理论上深度不够。

渗析膜(人工肾)国内研究几乎是空白,而国际上这方面的产业已占到整个膜产业产值的40%—50%。

膜反应器、膜催化方面的研究,国内工作甚少,差距较大。

就我国的膜科学研究而言,总的来说应加强微滤、渗析膜、纳滤膜和无机膜的研究(包括应用研究)。这些领域有很好的应用背景,但我国或是刚起步,或是工作开展不够,应做战略性的调整。

在已开展多年工作的领域,如气体分离、渗透汽化,主要应扶植高性能膜材料的开发研究。

反渗透膜的研究国家已经布点。鉴于我国在该领域的技术与国外差距较大,现在国外组件倾销严重,又进口了三条生产线,当前应侧重消化国外技术,在新起点上不断创新理论与技术。

膜蒸馏、膜萃取、膜催化(膜反应器)等新膜过程及集成膜过程、杂化膜过程的研究目前仅能以探索为主,但必须建立素质较高的研究队伍。

膜技术和膜工业将围绕造水、水处理、气体分离、回收有用物质、建立工业新技术、医疗、新能源和环境保护等重大课题,开创跨世纪的业绩,而相应的基础理论和应用基础理论研究应当先行,而且面临着新的挑战。