

# 膜化学与膜技术

3601587

自我介绍

Twxu@ustc.edu.cn

<http://membrane.ustc.edu.cn>

# 主要参考书-国内

1. 时钧，袁权，高从阶主编，膜技术手册，化学工业出版社
2. 朱长乐，刘茉娥，朱才全，“化学工程手册”第18篇，“薄膜过程”，北京，化学工业出版社，1987
3. 王湛编，膜分离技术基础，北京，化学工业出版社，2000
4. 刘茉娥等编著，膜分离技术，化学工业出版社，2000
5. 刘茉娥等编著，膜技术应用手册，化学工业出版社，2001
6. 李基森，许景文，徐元耀等。离子交换膜及其应用，北京：科学出版社，1977
7. 王振坤编，离子交换膜—制备，性能及应用，北京：化学工业出版社，1985
8. 张维润等著，电渗析工程学，北京：科学出版社，1995
9. 李琳译，膜技术基本原理（第二版），北京：清华大学出版社，1999
10. 高以垣，叶凌碧，膜分离技术基础，1989，北京：科学出版社

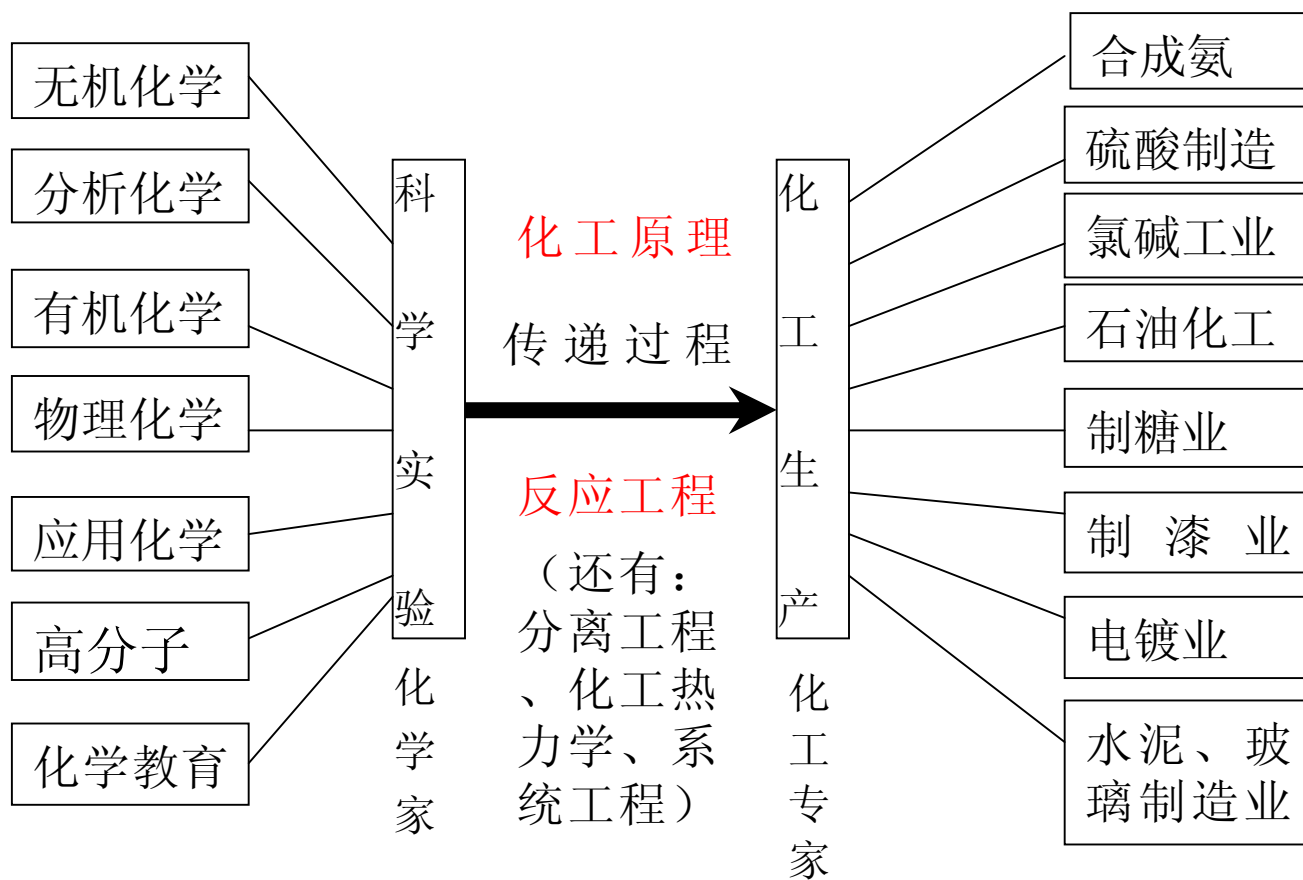
## 主要参考书-[国际](#)

- 手册类
- 通用教材（参考书）
- 分类参考书

# 主要刊物

- 膜科学与膜技术
- 水处理技术
- Journal membrane Sci; J Memb Bio, Desalination
- 高分子类: Polymer, Polymer int, J Appl Poly, J Poly Sci, Macromolecules
- 电化学类: J Appl Electrochem, J Electro Ana Chem
- 分离工程类: Sep Sci Tec, Sep Puri ethod/Technology
- 环境、界面、食品

# 从化学与化工谈起



# 对象与目的

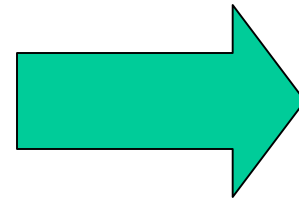
- 如何合成得到新物质？如何提取新物质？如何表征新物质？这是化学家的事
- 化学工程研究的是，如何把化学家们的小试研究成果，开发放大为中试，再开发为生产规模。是在科学实验与化工生产之间架桥的工作，是直接为人类服务的创造价值的劳动。

# 化工解决的手段

- 蒸发—浓缩
- 萃取与反萃—不同相
- 吸收与解吸—不同态
- 过滤—离心
- 精馏—不同沸点
- 干燥—不同沸点
- 吸附—不同化学性质
- 亲和—色谱
- 动量—质量—热量的传递（化工传递过程）

# 存在的问题

- 分子级别的分离分级
- 带电离子的分离
  - 不同电性
  - 同一电性不同电荷
- 恒沸体系
- 过程的连续与耦合?
- 化学平衡的局限?

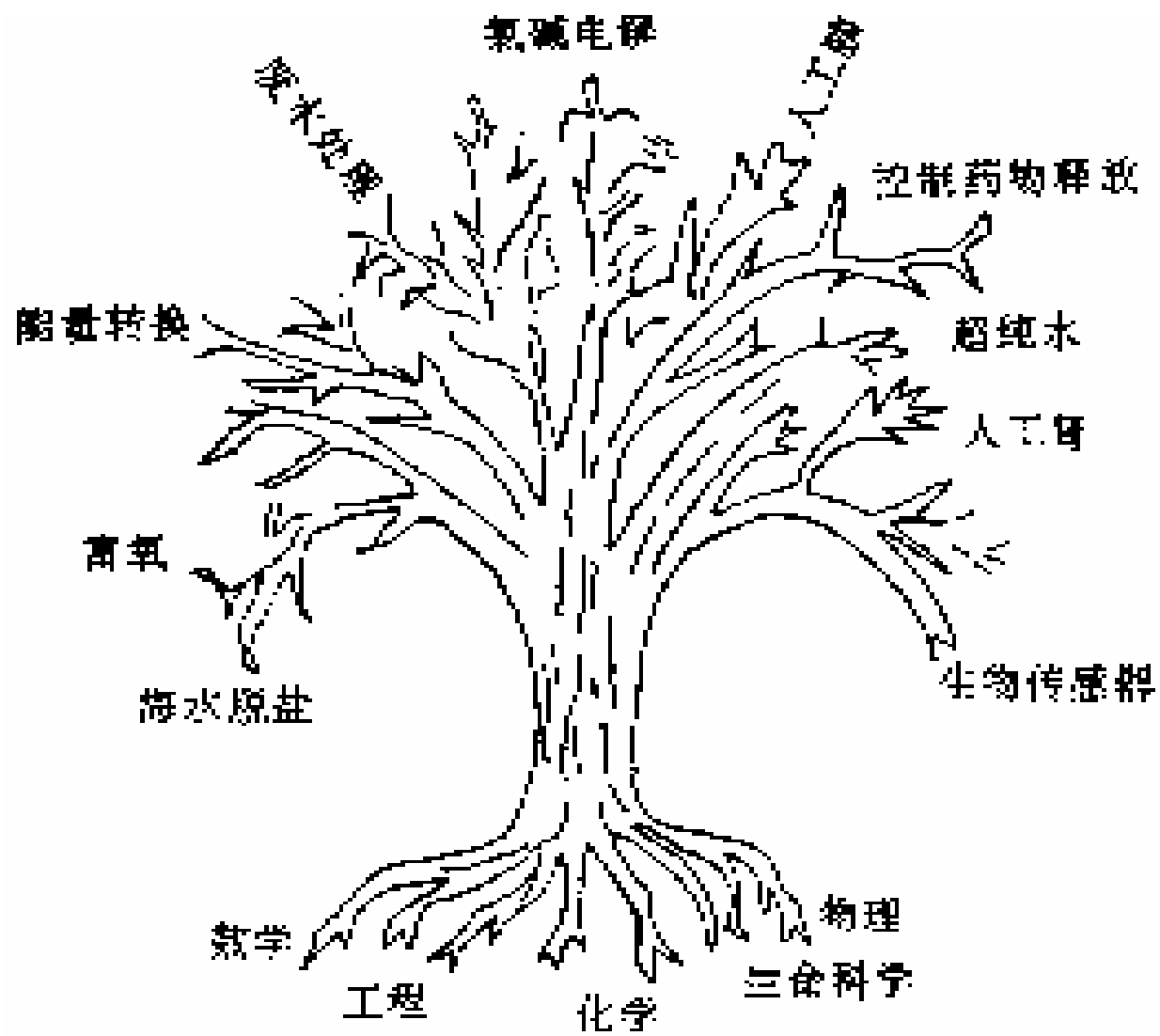


膜化学  
与  
膜技术



# 膜学与基础科学的关系

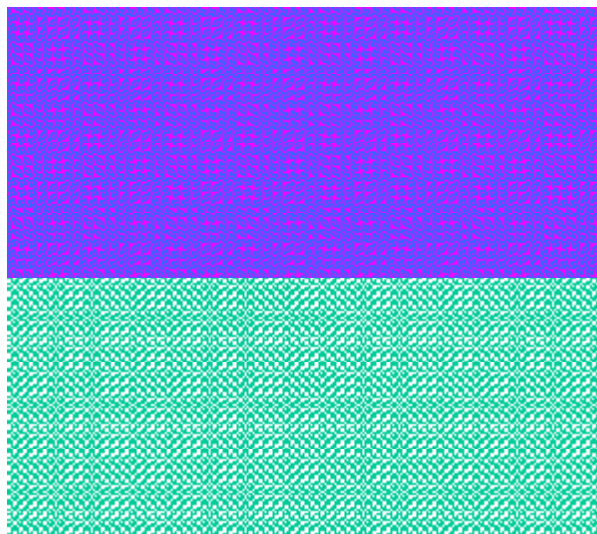
- 膜材料选择与改性—材料化学与物理  
无机膜——无机化学  
高分子膜——高分子物理与化学
- 膜材料合成—有机化学
- 膜制备—相图与相平衡——物理化学
- 膜分离—化学工程、传递过程、分析化学
- 膜器设计—数学、机械、系统工程、自控
- 膜应用领域—物理、生物、电子、环境、食品、航空  
航天、海洋



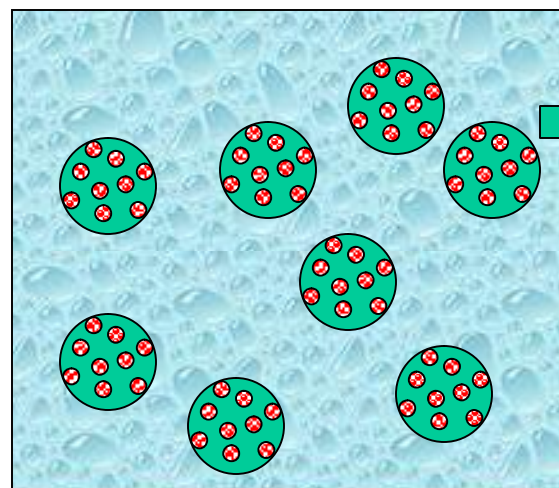
# 膜的定义

- 膜还没有一个精确完整的定义。一种通用的广义上的定义是“膜”是两相之间的不连续区间。该定义重点强调“膜”是有一定三维结构的隔层，以与区别通常所说的“相界面”，即两互不相溶液体之间的相界面，一种气体和一种液体之间的相界面或一种气体和一种固体之间的相界面。按照这个定义，膜可分为固相、液相和气相。

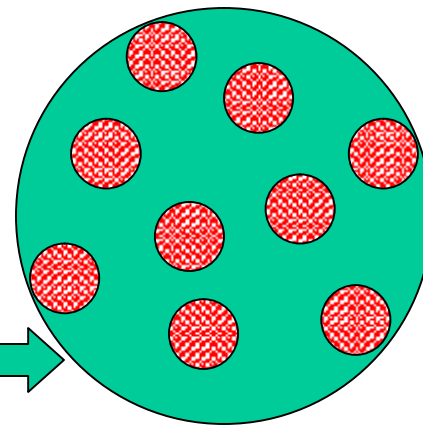
# 相界面与液膜的差别



无厚度，界面位置  
因外界条件而改变  
(暂时的稳定)



固定厚度，界面位  
置稳定

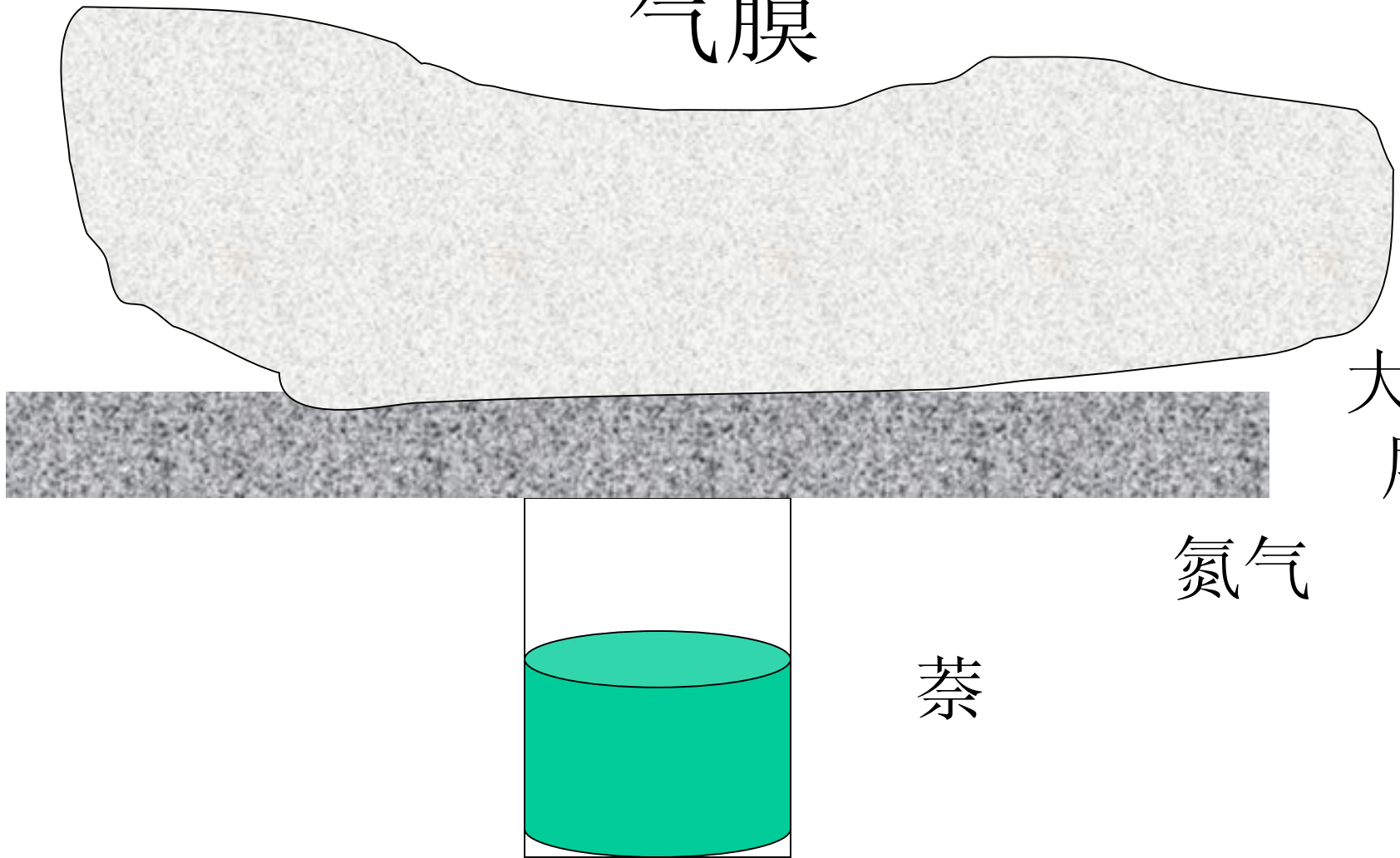


气膜

大气层

氮气

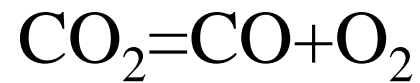
萘



# 膜的分类

- 按功能分

反应型：控制反应物的输入或生成物的输出



分离型：以分离为目的

# 膜的分类

- 按来源分

天然型：天然物质改性或再生而成

合成型：无机膜、有机膜、无机-有机复合膜

# 膜的分类-其他

结构分类	多孔膜	微孔介质、多孔陶瓷、压缩粉末等
	非多孔膜	玻璃、无机膜、各种形状聚合物膜
	晶形膜	结晶型、无定型
	液膜	乳化液膜、支撑液膜
按用途分类	气相系统用膜	分子流动、气体（溶解）扩散、活化传递等
	气液系统用膜	气体扩散进入液体或从液体中移去某种液体
	液液系统用膜	液膜、气体从一种液相进入另一液相（人造器官、血液氧化器等）
	气固系统用膜	气体中微粒的去除、烟道气除尘
	液固系统用膜	悬浮颗粒的过滤、钛白粒子的回收
	固固系统用膜	基于颗粒大小的固体筛分



# 膜的分类

按作用机理分类	吸附性膜	多孔玻璃、活性炭、硅胶、压缩粉末等
	扩散性膜	聚合物膜（扩散性的溶解流动）、金属膜（原子状态的扩散）、玻璃膜（分子状态的扩散）等
	离子交换膜	均相、非均相、半均相等（详见电膜过程）
	反应性膜	促进迁移（液膜）、膜催化、膜反应器等
按形状划分	板式膜	
	管式膜	
	中空纤维膜	
	蜂窝状膜	

# 常见分类

- ✓ 多孔膜（微孔膜）
- ✓ 均质膜
- ✓ 非对称膜
- ✓ 离子交换膜
- ✓ 液膜
- ✓ 无机膜
- ✓ 无机-有机复合膜

# 膜技术的特点

- 高效、简单实用
- 集成度高、占地少
- 应用范围广
- 节能（多数无相变）
- 附加值高
- 易放大、可专一配膜
- 无毒、无公害、无污染、零排放
- 重要——受到各国的重视

# 膜的发展历史 — 古代

- 在我国古代的《淮南子》已有制豆腐的记叙。后来人们又知道了制豆腐皮、薄粉等方法。这可以说是人类利用天然物制得食用“人工薄膜”的最早记载。对膜过程的利用，最早的记述也可以追溯到2000多年以前。我国古代的先民们在造纸、烹饪、炼丹和制药的实践中，就利用了天然生物膜的分离特性。古籍中提到“莞蒲厚洒”、“弊箬淡卤”及“海井淡化海水”等记载。
- 在国外，200多年前，Nollet 在1748年就注意到水能自发地扩散穿过猪膀胱而进入到酒精中的渗透现象，但由于受到人们认识能力和当时科技条件的限制，直到100年后的1864年Traube才成功研制成人类历史上第一片人造膜-亚铁氰化铜膜。

# 膜的发展历史

- 早期发展历史
- 1950年以后，多数膜过程进入了工业化的开发
- 1980年以后，出现三类主要的新型膜过程：
  - (1) 以膜为基础的平衡分离过程；
  - (2) 开发研究中的新膜分离过程；
  - (3) 膜反应器、控制释放及其他非分离膜过程（膜电极、膜传感器）

# 我国的膜技术发展和膜产业现状

- 膜学会——膜的研究  
国家自然科学基金——膜分离、分离膜；  
国家计委——膜专项
- 膜工业协会——膜的生产，中央重视
- z jiahua; Cheng S W, Gu Jue s
- 海水淡化与水再生利用协会
- 膜展

# 膜科学发展趋势-商业化膜过程

- 膜的选择性
- 过程的比产值
- 操作的可靠性

不同的膜过程对这些问题的要求及目前研究解决的程度相差甚大

# 膜科学发展趋势—新型膜过程

- 仿生膜的开发
- 新型高效电解质膜研究
- 分子认识型膜材料及膜系统的开发与研究
- 膜科学发展的主要方向

高从阶根据Strathmann先生来华讲学资料总结出了膜科学目前发展的七个主要方向，它们是：集成膜过程、杂化过程、水的电渗离解、细胞培养的免疫隔离、膜反应器、催化膜、手征膜(Chirale)。



# 膜科学发展趋势-膜材料

## (1) 继续开发功能高分子膜材料

- 根据现今对膜分离机理的认识，继续合成各种分子结构的功能高分子，制成均质膜，定量地研究分子结构与分离性能之间的关系，按照一定的分离要求来“组装、设计”膜材料。
- 在膜表面进行化学改性，根据不同的分离对象，引入不同的活化基团，通过改变高分子的自由体积和链的柔软性，改进其分离性能或改变其物理、化学性质；
- 发展高分子合金，通常制取高分子合金要比通过化学反应合成新材料容易些，它还可以使膜具有性能不同甚至截然相反的基团，在更大范围内调节其性能。

## (2) 开发无机膜材料

- 无机膜的制备始于20世纪60年代，长期以来发展不快。近来，随着膜分离技术及其应用的发展，对膜使用条件提出愈来愈高的要求，其中有些是高分子膜材料所无法满足的，如耐高温及耐溶剂等。因此，无机分离膜日益受到重视并取得重大进展。无机膜的研究除结合膜反应、超滤、微滤中的各种应用要求进行开发外，以下四方面是广泛重视的课题。
- 溶胶-凝胶法制备陶瓷膜的工艺条件-结构-性能之间的关系及其形成规律；
- 分子筛膜；
- 有机/无机和无机/无机复合/杂化膜的制备；
- 耐强酸碱的无机支撑体。
- 无机膜制备新工艺。

# 应重点研究的课题—美国能源部

次序	课题	得分	次序	课题	得分
●	有机物/有机物分离的 PVAP 膜	201	●	抗高温耐溶剂的 UF 膜及组件	102
●	耐氧化的 RO 膜	187	●	高水通量的 RO 膜	99
●	薄表皮层 GS 膜	184	●	抗污染可清洗长寿命的 MF 膜	91
●	对 O <sub>2</sub> 具有选择性的固体 FT 膜	182	●	对烯烃有选择性的固体 FT 膜	90
●	高 O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> 选择性的 GS 膜	180	●	GS 膜表面的反应处理	86
●	抗污染的 UF 膜	179	●	对 O <sub>2</sub> 具有选择性的 GS 膜	86
●	耐溶剂的 PVAP 组件	167	●	ED 双极性膜	84
●	GS 薄层复合膜	164	●	开发性能更好的 GS 膜材料	80
●	廉价的 MF 膜组件	151	●	耐高温 PH 和氧化的 UF 膜	77
●	耐高温抗溶剂的 MF 膜和组件	151	●	可蒸汽消毒的 ED 膜	70
●	耐高温 ED 膜	138	●	FT 膜装置的优化设计	69
●	用于酸性气体分离的 GS 膜材料	137	●	RO 清洗方法改进	68
●	廉价寿命长的 UF 膜	135	●	用于铜铀分离的 FT 膜接触器	62
●	低能耗的 UF 膜组件	132	●	PVAP 装置设计和研究	58
●	水中有机溶剂分离的 PVAP 膜	129	●	可连续使用的 MF 膜	55
●	RO 预处理的改进	122	●	用于烟道气分离的 FT 膜接触器	51
●	用于酸碱脱水的 PVAP 膜	120	●	抗污染的 ED 膜	39
●	微生物在 RO 膜表面吸附	112	●	价廉抗污染的 MF 膜组件	38
●	流体分布良好的 ED 隔板	111	●	RO 的消毒	31

# 思考题

- 1.膜的主要作用是什么？如何体现？
- 2.有人说，膜是有一特定形状的区域，这话对不对？为什么？
- 3.试举一常见生活中用到膜的例子。
- 4.在膜分离中，通常的推动力有哪几种？各适用于什么过程？
- 5.膜的优点和缺点各是什么？