

化学工程联合国家重点实验室（天津大学）公众开放周



拥抱天大，走进膜法世界

王志

化学工程国家重点实验室（天津大学）教授
天津市膜科学与海水淡化技术重点实验室主任
天津大学图书馆馆长

2020.08.29



目 录



底蕴深厚的天津大学



全国领先的天大化工



异彩纷呈的膜法世界

目 录



底蕴深厚的天津大学



全国领先的天大化工



异彩纷呈的膜法世界

开高等教育之先河



(中国第一张大学文凭)

- ✓ 中国**第一张**大学文凭
- ✓ 中国**第一批**高等教育学科
- ✓ 中国**第一批**留学生
- ✓ 中国**第一批**硕士生



负民族振兴之大计

诞生于甲午战败、民族危亡之际，天津大学自诞生起就肩负了**兴学强国**的使命；

流传百余年的校歌里“**不从纸上逞空谈，要实地把中华改造**”；

历史上天津大学长期高举“**实业救国**”旗帜，见证并参与了**中国近现代工业体系建立全过程**；

在学科专业方面，与社会、与产业结合最为紧密的**工科和管理学科**是天津大学优势学科。

中国第一台飞机发动机



钱塘江大桥



第一台回旋加速器





引领国家发展之大计



精馏技术



内燃机燃烧技术



三峡工程

今天，天津大学在新世纪继续为国家贡献着新的智慧和力量——天津大学的**精馏技术**在国内化工行业的技术覆盖率占到80%以上，天津大学的**内燃机燃烧新技术**引领着我国的柴油机技术发展，天津大学的**安全高效施工仿真技术**为三峡、二滩等大型水利工程保驾护航等，不一而足。

承国家领袖之关注

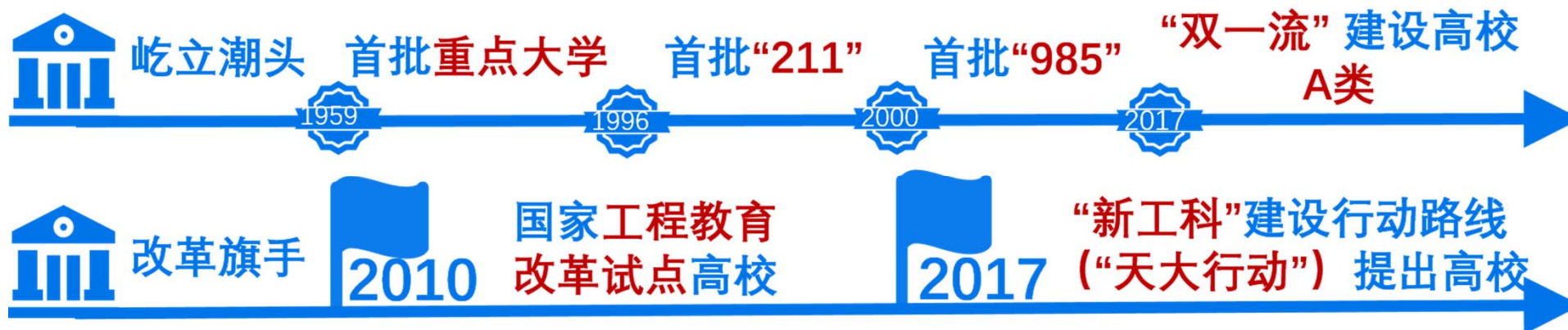


天津大学的建设受到党和国家领导人的亲切关怀，天津大学也是迄今为止

唯一一所毛泽东，周恩来，邓小平，江泽民，胡锦涛，习近平等党和国家领导人都视察过的学校。



立高教发展之潮头



2017年9月21日，教育部、财政部、国家发展改革委联合发布

《关于公布世界一流大学和一流学科建设高校及建设学科名单的通知》

天津大学入选“**双一流**”建设高校（**A类**）

一流学科建设：**化学、材料、化工、管理**等十个学科群三十余个学科

展现代大学之风范

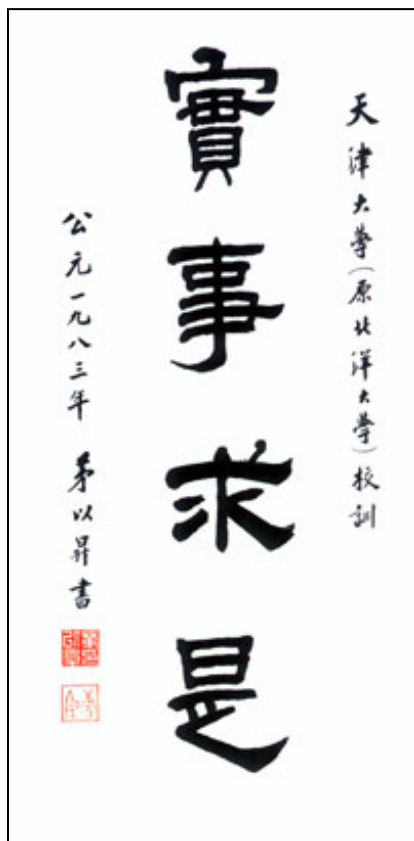


TOP75亚洲最具创新力大学

学校	大陆排名	亚洲排名
清华大学	1	6
北京大学	2	13
.....		
天津大学	8	39

2017年6月，路透社发布“**2017 TOP75 亚洲最具创新力大学**”榜单，列出在促进科学进步、发明新技术和帮助推动全球经济方面做得最突出的教育机构，天津大学位列中国大陆上榜高校**第八位**。

探作育人才之真谛



校训： 实事求是 (Seek truth from facts)

1915年确定

是一所大学对自己的要求和期待

对待科学、技术要勇于探索、求真求实

培养人才要严谨治学、求真求实

对自己学生品格最大的期待，也是求真求实的“实事求是”

选五湖四海之英才



 大类招生	✓ 2018年 全面实施 大类招生选拔机制
 招生计划 动态调节	✓ 招生计划的 20% 用于 动态调节 让更多考生选到心仪专业
 转专业政策	✓ 多次机会 确认主修专业，转出 无门槛
 求是卓越班	✓ 选拔各省市 最优生源 ，宽口径卓越人才培养 学生可 任选 全校所有专业

□ 更多的**选择机会** □ 更大的**成功概率** □ 更优的**专业**匹配 □ 更好的**未来发展**

育九州华夏之桃李



马寅初

(1901级)

经济学家、教育学家、人口学家
曾任北大校长等职



徐志摩

(1916级)

现代诗人、散文家
北洋大学攻读法科
(预科)



张太雷

(1915级)

政治活动家、宣传家
中国共产党早期的重要领导人之一



知名校友

教育名家



爱国教育家
赵天麟

1904年考入北洋
大学法科



杰出化学家
侯德榜

1921年到北洋
大学任教



桥梁专家
茅以升

1926年到北洋
大学任教



育九州华夏之桃李



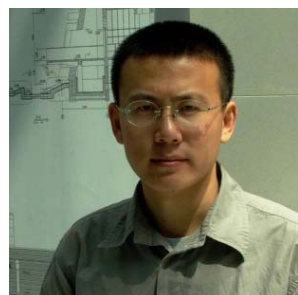
奥运项目总指挥
崔 恺（1984届）



G20, APEC主会场
刘方磊（1994届）



奥林匹克公园主持
周 恺（1988届）



“鸟巢”中方主持
李兴钢（1988届）



张 璐
天津大学材料学院
2010届毕业生



“水立方”主持
赵小钧（1989届）

2017年风险投资领域福布斯30岁以下杰出
人物

被评为风险投资领域的荣誉主题人物

目 录



底蕴深厚的天津大学



全国领先的天大化工



异彩纷呈的膜法世界

北洋大学建立了化工系科



1895年，我国近代第一所大学——北洋大学创立，以“兴学强国”为使命发展工科教育；



1937年
工学

1946年，北洋大学复校
学院下设化工系；

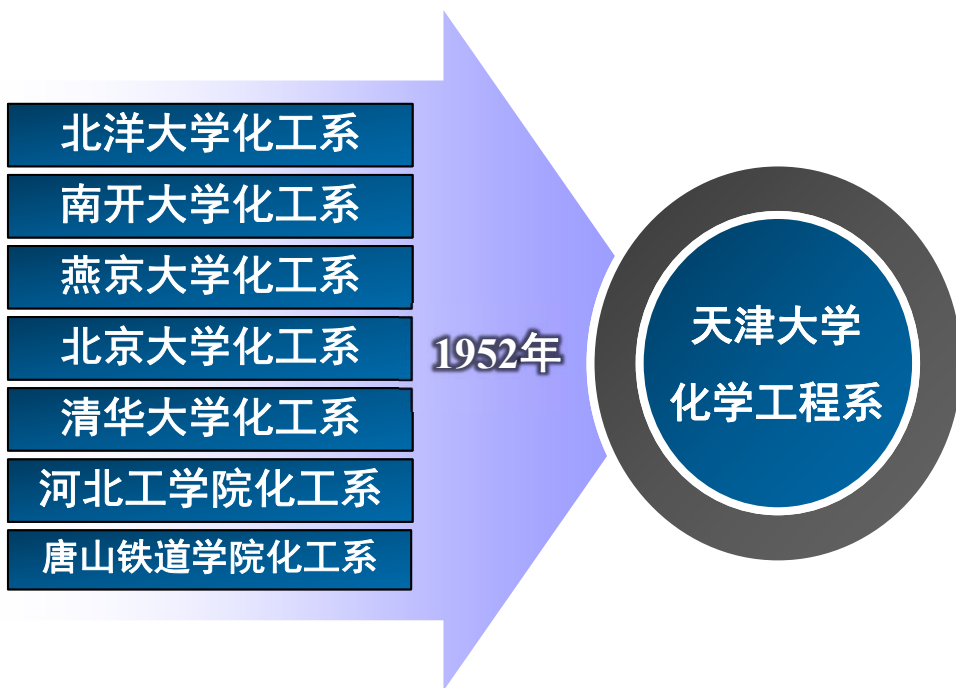


国立北洋大学 1947 年化学工程系毕业生合影

院系调整奠定了天大化工的雄厚基础



- ◆ 1952年，燕京大学等七所华北高校化工系并入天津大学化工系。
一时间大师云集，星光璀璨，大批优秀青年人才也因此蕴育而生，
为化工学科的发展奠定了雄厚的基础。



潘正涛



丁绪淮



汪德熙



张建候



汪家鼎



余国琮

改革开放为我国工业发展做出重大贡献



- ◆ 1984年，成立天津石油化工技术开发中心与石油化工学院；
- ◆ 1989年，由中石化投资建设的化工学院大楼正式投入使用；
- ◆ 1995年，成立精馏技术国家工程研究中心。

校企合作模式 $\xrightarrow{\text{推动}}$ 精馏技术、结晶技术飞速发展。



石油化工技术开发中心



天津大学化工学院



精馏技术国家工程研究中心

精馏技术



- 新型高效精馏塔及设计新方法
- 透热及内部能量集成技术
- 热耦合精馏及复杂精馏塔技术
- 精馏能量系统集成技术
- 复合精馏及过程强化技术

领域	核心技术覆盖率 (%)
炼油常减压精馏塔	80~90
石油化工	40~60
空分精馏塔	70~80
化学品分离	40~60
其他	~30



工业结晶技术



- 国家科技进步二等奖 2 项(1996、1999)
- 国家技术发明二等奖 1 项(2008)



新世纪推进国际化实现跨越提升



- ◆ 2005年，成为全国首批26个“111”学科创新引智基地之一；
- ◆ 2008年，化学工程与工艺专业通过了**英国化学工程师学会 (IChemE)** **最高级别的专业认证**，成为国内首家，亚洲仅有的两所通过该级别“Master Level”认证的高校之一。



2009年，认证颁发仪式



2014年，时任天津大学李家俊校长会见 IChemE认证专家

近年强化学科建设巩固领先地位



- ◆ 2013年，在国内率先成立了“天津化学化工协同创新中心”。
- ◆ 2017年，化学工程与技术在学科评估中实现“四连冠”；



2013年4月11日中心入选认定名单



天大化学工程与技术一级学科
第四次蝉联第一

目 录



底蕴深厚的天津大学



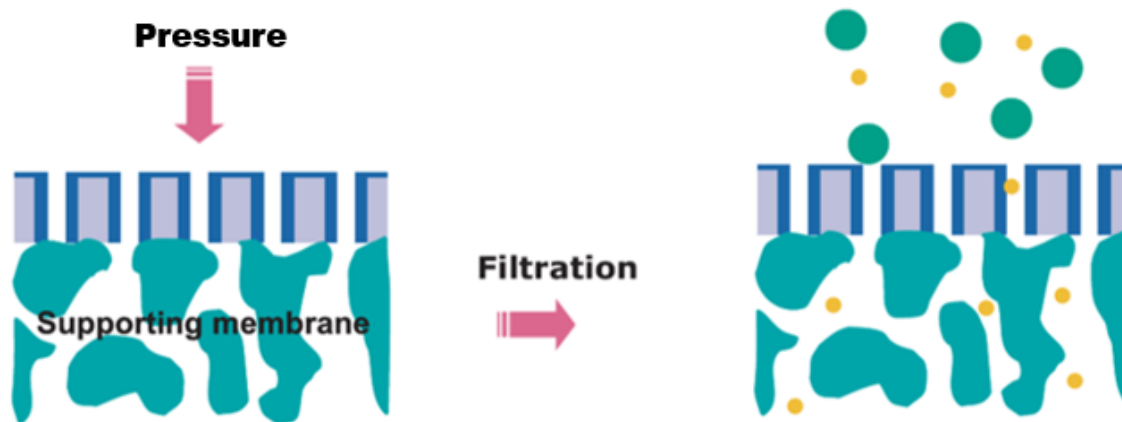
全国领先的天大化工



异彩纷呈的膜法世界

分离原理

筛分机理:



常见的液体分离膜:

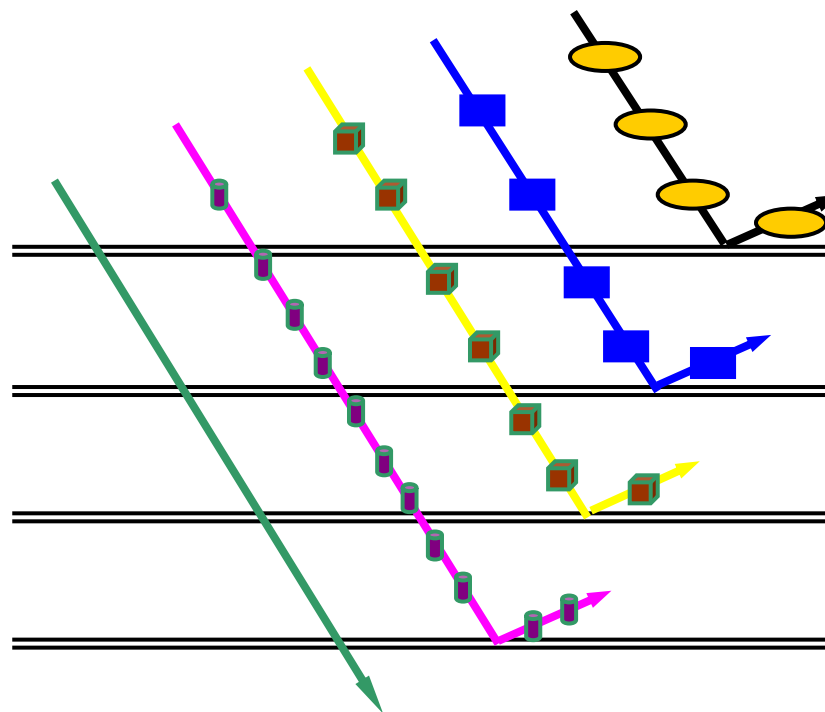
微滤 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$:
水, 溶剂, 溶解物

超滤 $0.005 \sim 0.1 \mu\text{m}$:
水, 溶剂, 小分子

纳滤 $0.0005 \sim 0.005 \mu\text{m}$:
水, 一价离子

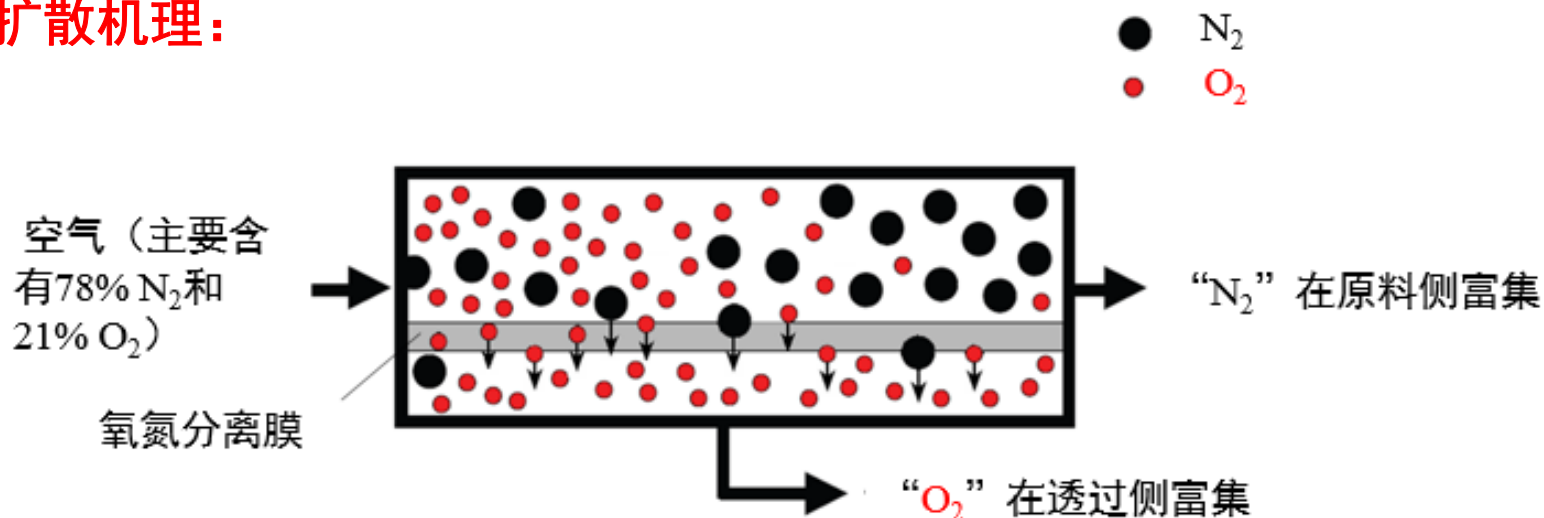
反渗透 $0.0001 \sim 0.001 \mu\text{m}$:
水, 溶剂

水、小于 100Da 的有机溶质



分离原理

溶解扩散机理：



CO₂、N₂、CH₄和H₂分子性质差异是实现分离的基本依据

气体分子	动力学直径 (Å)	临界温度 (K)	能否与胺基或羧酸根反应
CO ₂	3.3	304.2	能
N ₂	3.64	126.1	不能
CH ₄	3.8	190.7	不能
H ₂	2.89	33.3	不能

分离膜技术的应用



海水淡化 工业废水处理 超纯水制备



天然气 生物质利用 燃料电池

水资源

能源

膜

传统工业

生态环境

石化 药品 食品 电子



CO₂ 捕集 CH₄ 洁净燃烧 除霾



膜分离技术在海水淡化中的应用

海水淡化

蒸馏技术（热法）

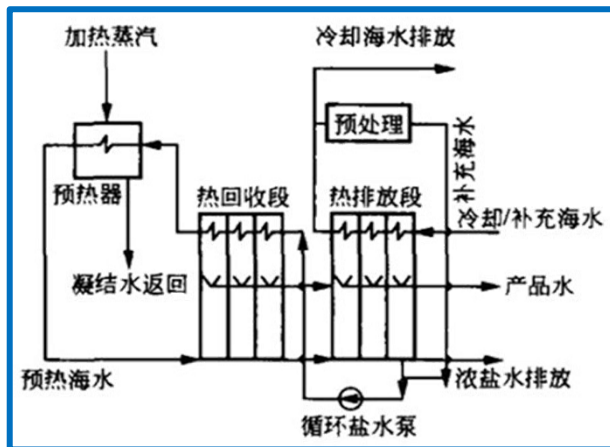
膜分离技术（膜法）

多级闪蒸

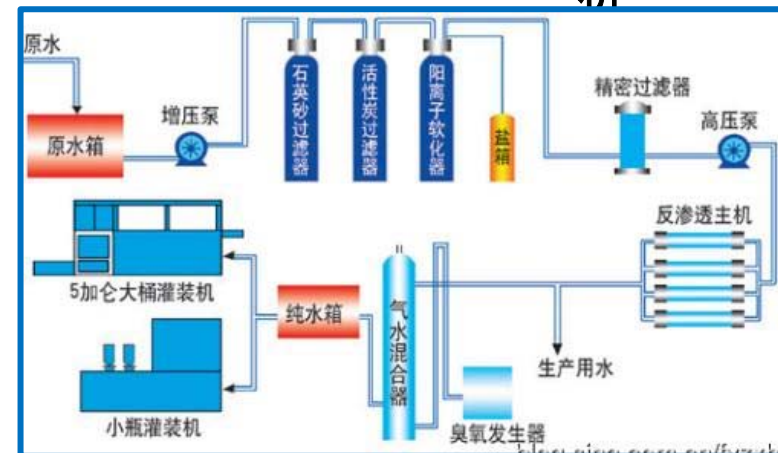
多效蒸馏

反渗透

电渗析



多级闪蒸示意图



反渗透膜法示意图

- 反渗透膜法占整个海水淡化技术 60%。
- 反渗透膜分离技术过程中不涉及相变，能耗较低；工艺流程简单，环境友好。
- 膜分离技术（反渗透膜技术）仍然持续超过蒸馏技术（多级闪蒸），是海水淡化工程中应用最多的方法。

膜分离技术在海水淡化中的应用



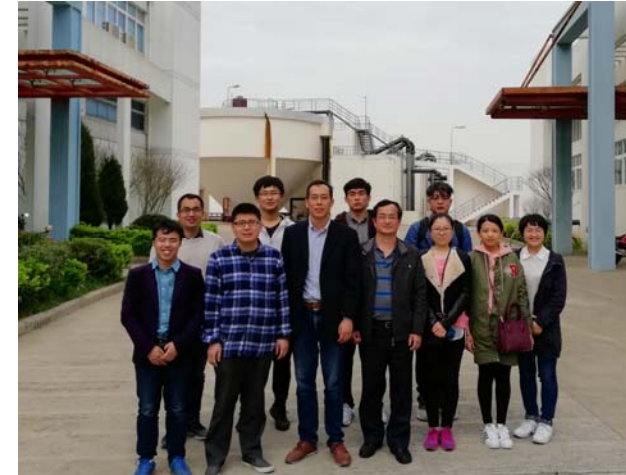
以色列 Sorek 反渗透海水淡化工厂



海水淡化厂全景图

- ◆ 目前全球规模最大的反渗透海水淡化厂以色列Sorek反渗透海水淡化厂，始建于2011年。产水规模达至 6.24×10^5 吨/天，其中约 5.4×10^5 吨的水直接供应给以色列的供水系统，为超过150万人提供纯净的饮用水，占以色列市政供水的20%。

膜分离技术在海水淡化中的应用



嵊泗1000吨/天反渗透海水淡化装置图

重点实验室学生参观海水淡化厂

- 2000年，分别在烟台长岛和浙江嵊泗建成日产千吨级反渗透海水淡化示范工程，吨水耗电 3.5KW/h，淡化后水质符合国家饮用标准，满足当地居民用水需求。
- 2014年至今，天津大学“化学工程联合国家重点实验室”及“天津市膜科学与海水淡化技术重点实验室”与杭州水处理技术研究开发中心有限公司合作，将实验室规模高性能反渗透膜制备技术推广至工业应用中。



膜技术在饮用水领域应用

自来水含有氯气消毒后残留的余氯和重金属离子等，影响人们身体健康。高温烧煮不但不能完全去除重金属离子，还会产生致癌物质。基于膜分离技术制备的家用净水器能够很好的去除水体中对人体有害的物质。



家用净水器



PP棉
去除泥沙
和铁锈等

颗粒活性炭
去除余氯和
胶体等

超滤膜
去除悬浮物
和细菌等

反渗透膜
去除可溶性
离子等

后置活性炭
改善饮用水
的口感

膜技术在锅炉用水的应用



工业生产中，利用水的汽化相变是一种重要的传热换热方法。水体中含有钙镁等离子易沉淀产生水垢。水垢的形成会降低设备运行效率，导致局部过热，进而引发事故。利用分离膜技术软化水体，能够高效的去除水中钙镁离子，来降低水体硬度，达到减缓结垢的目的，进而保证设备的使用寿命和运行安全。



膜技术在电子行业的应用



在半导体芯片、大规模集成电路和精密仪器制备等电子领域，需要使用极其纯净的超纯水。反渗透膜技术因产水水质优异、运行稳定和工艺简单等优点在超纯水制备领域广泛应用，为各行业提供了优质的水源。



膜技术在烟道气碳捕集的应用



IN WITNESS WHEREOF, THE PA
AGREEMENT.



天津大学
Tianjin University

钟登华

姓名/Name 钟登华/Zhong Denghua

MTR

Richard Baker

姓名/Name Richard Baker

MTR是唯一在美国能源部资助下进行过烟道气CO₂膜法捕集工业示范的机构。鉴于天大在CO₂分离膜技术方面取得的成就，MTR与天津大学签署合作协议。旨在共同开发CO₂分离膜材料的应用，包括烟道气、合成气和天然气中CO₂的分离。

膜技术在能源气体纯化领域的应用



沼气脱CO₂膜分离示范装置

2011年建于河北廊坊，日处理1500标方，连续稳定运行1500h，该示范装置所用的膜材料为天津大学自主开发的聚乙烯基胺复合物。



天然气脱CO₂膜分离装置

2006年建于海南澄迈油田，日处理40000标方，国内首套装置，长期运行稳定，目前仍在运行。

膜技术在防雾霾领域应用



· 雾霾中的北京



· 雾霾中的上海



· 雾霾中的深圳



· 雾霾中的厦门



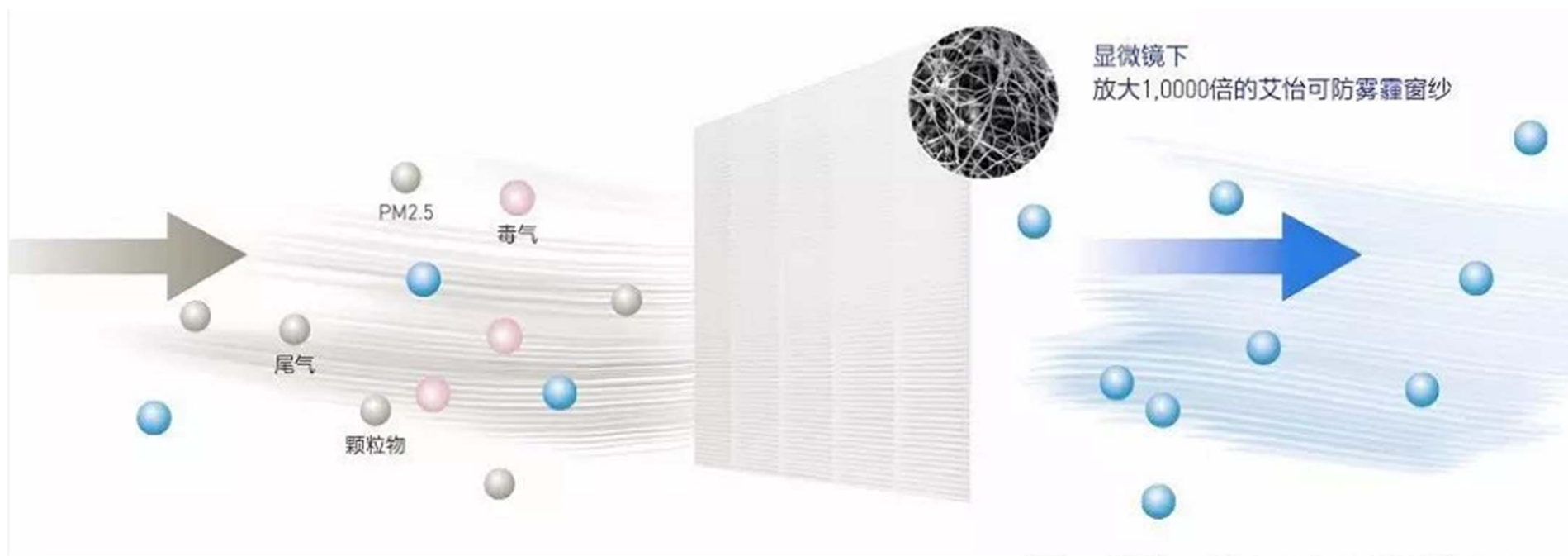
雾霾笼罩下的北京、上海、深圳、厦门

河北一小学建防霾“气膜体育馆”³⁴



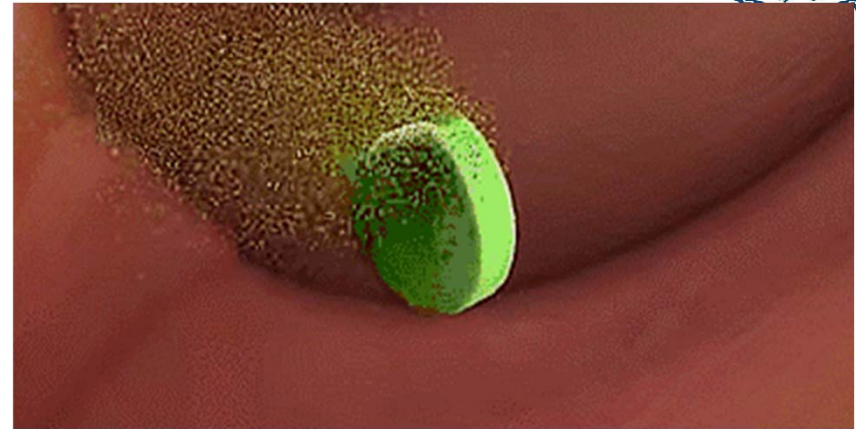
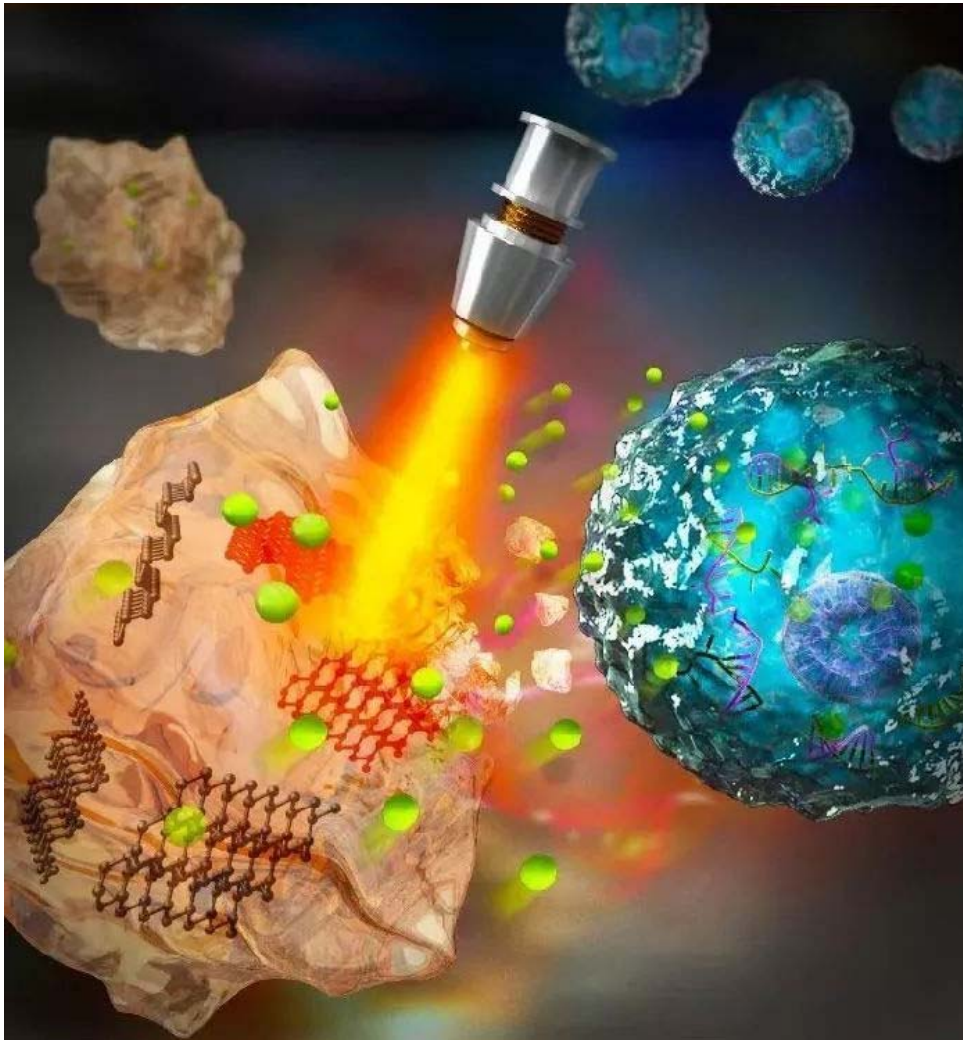
膜技术在防雾霾领域应用

微孔防雾霾阻尘纱窗的孔径比灰尘、雾霾（PM2.5）的直径小，比空气分子大一千倍，所以灰尘和雾霾是无法进入室内的，而空气却能自由通过。



同时，室内污染物（如甲醛、苯系物、氨气、一氧化碳、二氧化碳等）、放射性气溶胶、氡及其子体等有害气体可依据空气自由扩散及浓度平衡原理迅速扩散至室外。

膜技术在药物控制释放领域应用



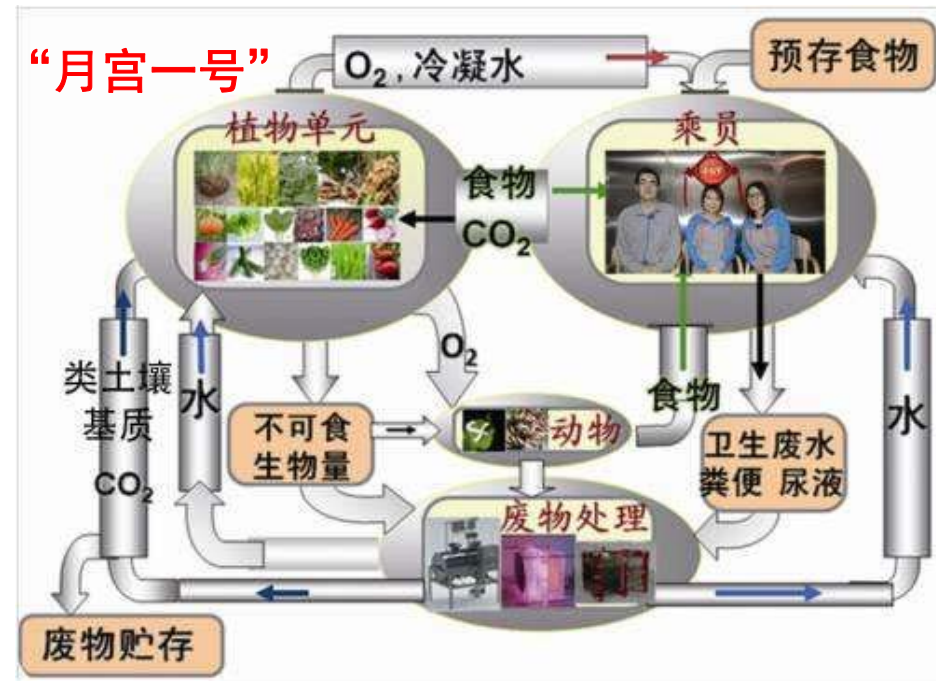
利用离子交换膜技术实现药物的定位释放、透皮释放和鼻腔释放，从而使药物可直接作用于病变部位而达到最佳的治疗效果。

膜技术在国防领域应用



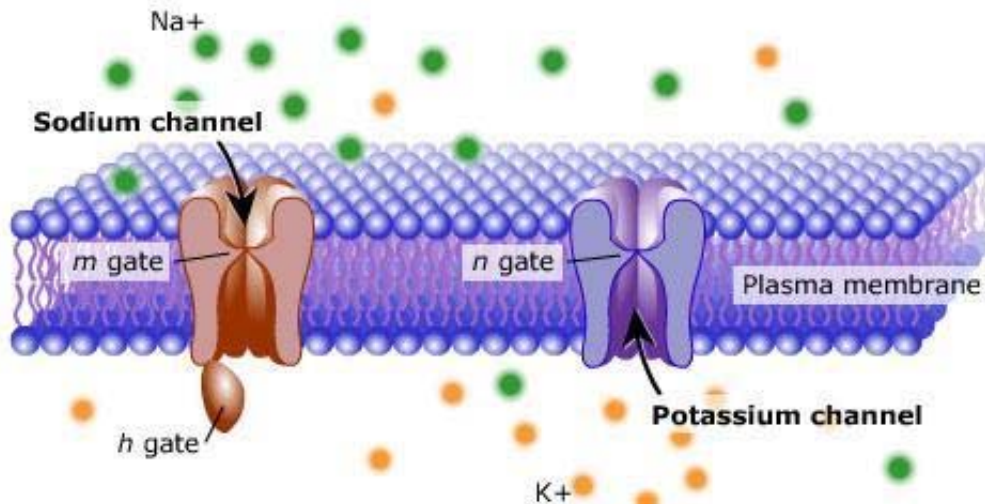
膜法富氧技术已开始应用于舰艇与高海拔驻地训练场等室内活动空间。据报道，采用富氧技术可保证氧含量达到平原地区的80%以上，解决驻地缺氧问题。

膜技术在太空领域应用

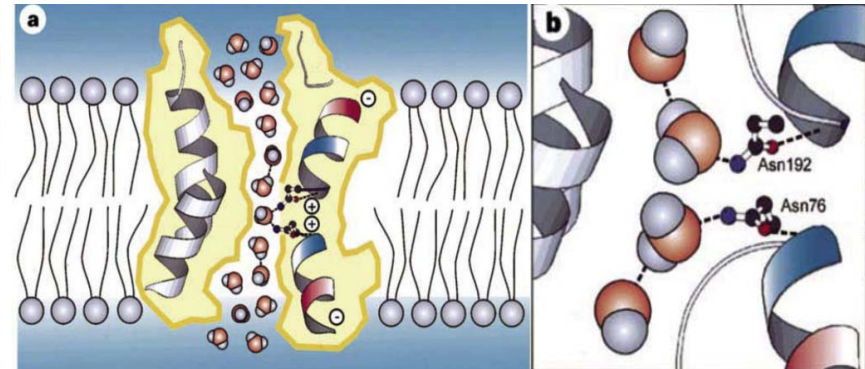


“月宫一号”上搭载的的包括微滤膜、超滤膜和低压反渗透膜的太空水处理设备系统，保证了空间站内水的循环再生使用和日常饮水。

膜技术展望——仿生智能膜



仿生智能膜示意图



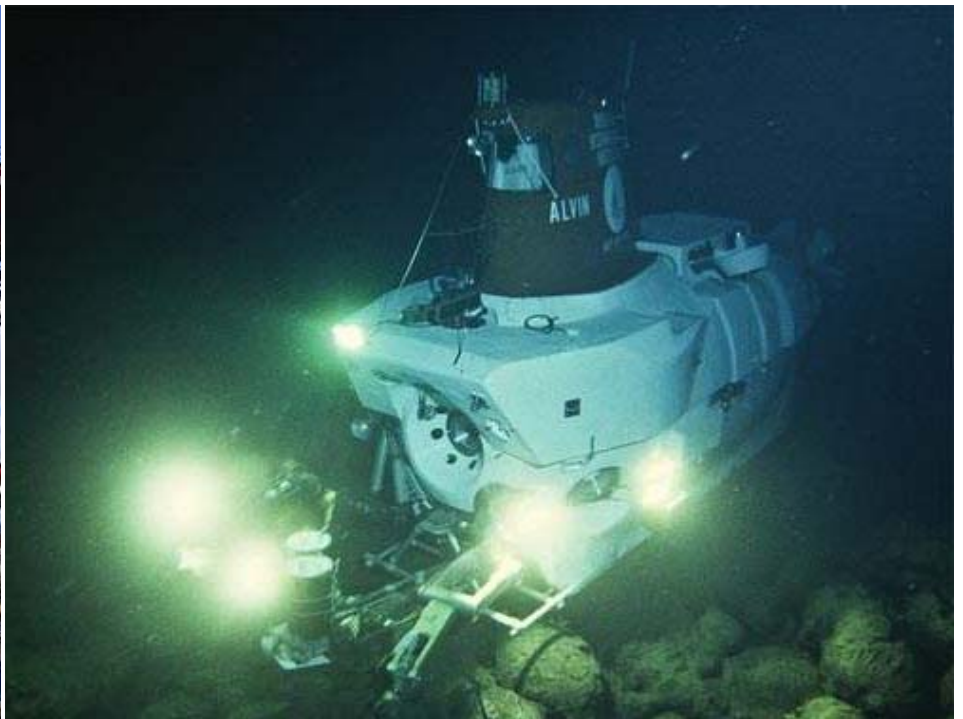
水通道蛋白智能膜示意图

感知和响应外界物理和化学信号的仿生智能膜在控制释放、化学传感器、人工细胞、人工脏器、水处理等领域具有重要的应用价值，成为膜研究领域的新热点。

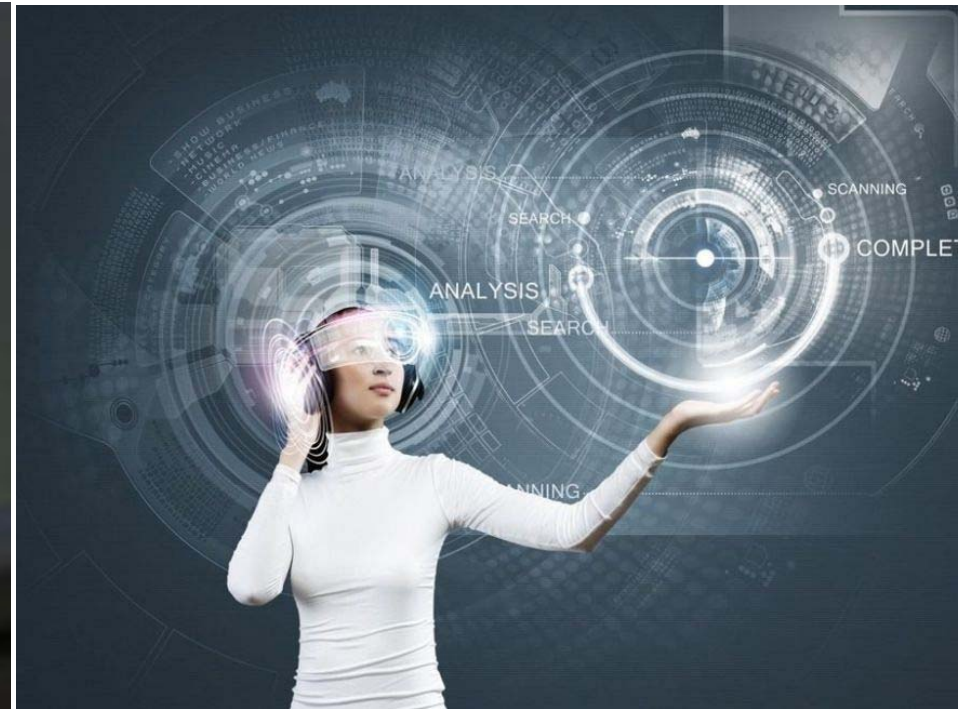
膜技术展望——深海淡水供给



深海载人潜水器可以完成多种复杂任务，包括海底资源勘查、海底管道检测等。深海潜水器内空间紧密，分离膜设备因为占地面积小的特点，在潜水器内淡水供应方面具有十分突出的优势。



膜技术展望——人工智能



膜技术的发展带来了多种多样的膜传感器，薄膜传感器给人工智能以“眼”去看世界，给他们一个“好耳朵”，赋予人工智能“对事物的敏锐触觉”。

祝各位同学：

立天大志向！ 成就天大事业！

谢谢！

