

# “膜”法净化水质可精确去污

□ 任晓晶

**科普讲解**  
——栏目主持人：吴晶平——  
广东科学中心与科普时报社办

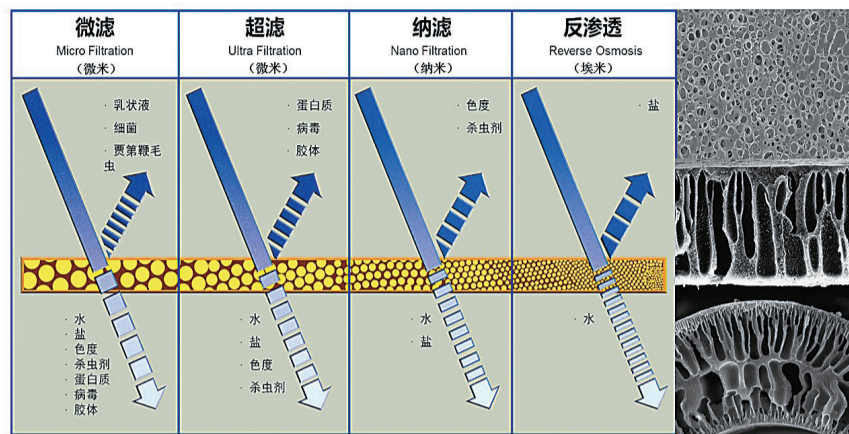
日前，北京电视台播出2024北京优秀节水典型案例展播专题，其中《小水滴大功臣：“膜”法来袭》详细介绍了以膜技术为核心的污水资源化技术，不仅能灭菌，还能除盐，真正实现了水资源绿色可再生利用。那么，膜到底是什么，膜技术又有什么神奇“魔法”？

所谓膜，其实就是具有选择性分离功能的过滤材料。针对水中不同分子量的污染物，只要选择一个与它相应孔径尺度的膜，就可以实现有效截留，类似于我们日常生活中孔径大小不同的筛网和漏斗。但是与传统过滤方法不同之处在于，膜是一种能够在分子范围内进行分离的精细过滤介质，这主要归功于它的表面和内部分布着形态各异且大小不一的孔洞。这些孔洞的大小从微米到纳米甚至到埃米，可以针对不

同分子量级别的污染物实现精准分离。具有不同孔径尺寸的分膜又有各自名称，如微滤膜、超滤膜、纳滤膜、反渗透膜。

膜法水处理技术完全是一个物理过程，可以达到精确去污，并且没有副产物，是真正意义上的绿色环保技术。如今，从环保领域的废水处理、污水回收和海水淡化，到食品行业的果汁浓缩、乳品分离和酒精提取，再到医学领域的血液分离、药物传递和人工器官的制备，甚至生物工程领域中毒素、细胞、蛋白质的纯化和浓缩，膜的身影随处可见，膜法已与我们的生活密不可分。

在水世界中，膜技术的应用仍面临一定的挑战，如功能化抗污染膜材料的研究、经济高效性膜组件的设计、低碳节能型膜设备的开发等，而这也正是北科院资源环境研究所的科研人员们一直不断研发创新的方向。通过深耕膜材料自主研发并与膜应用技术有效耦合，水资源研发中心的科研人员可以根据不同用户的来水情况、出水要求及不同膜应用



彩色图片为不同膜的分离性能。黑白图片为扫描电子显微镜下的微观形貌。  
任晓晶 制图

工艺的需求，提供系列化膜处理集成设备和完善的技术服务。

相信随着新型膜材料的研发和膜技术研究的不断深入，一个充满科技魅力的膜法水世界，正引领我们走向水资源

利用的新篇章。

(作者系北京市科学技术研究院2023年科普讲解大赛二等奖获得者、北京市科学技术研究院资源环境研究所研究员)

## “温室效应警察”如何捕获二氧化碳

□ 段跃初

**科苑览胜**  
——栏目主持人：张孟喜——

国际能源署3月1日发布《2023年二氧化碳排放》报告指出，2023年全球与能源相关的二氧化碳排放量达到创纪录的374亿吨，较上一年增加4.1亿吨，增幅为1.1%。

二氧化碳在我们的生活和工业活动中扮演着重要的角色。当我们消耗煤炭、石油、天然气等能源时，就会释放大量的二氧化碳。这种现象主要出现在电力生产、交通运输，以及工业生产等领域。农业活动也是二氧化碳的来源，比如砍伐森林、开荒、草原变成耕地等。尽管植物可以通过光合作用吸收一部分二氧化碳，但过度砍伐森林和大规模消耗木材会导致二氧化碳的净排放。各种工业生产过程，比如玻璃、钢铁、化学品、水泥、食品等，都会排放二氧化碳。采矿和矿物加工，尤其涉及碳酸盐矿物的开采和处理过程，也是二氧化碳的来源之一。此外，海洋生物通过呼吸和代谢过程释放二氧化碳，同时海水会吸收大气中的二氧化碳，然后随着时间的推移以溶解碳的形式释放出来。

为了应对气候变化，很多国家正在采取措施减少二氧化碳的排放，并研究碳捕获和封存技术，以减少这些排放对环境的影响。碳捕获、利用和封存技术(CCUS)被形象地比喻为“温室效应警察”，有望解决这一难题。

CCUS技术是一种综合利用碳的技术，可分为碳捕获、碳利用和碳封存三个步骤。

碳捕获是指将工业排放的二氧化碳气体从大气中分离出来，最常见的方法是通过化学吸收、物理吸附、膜分离等工艺来实现。化学吸收是利用吸收剂对二氧化碳进行吸附，然后再进行脱附和回收；物理吸附则是利用固体吸附剂对二氧化碳进行吸附，通过改变温度

或压力来进行脱附；而膜分离则是利用半透膜对二氧化碳进行筛选，从而实现分离。这些方法可以高效地将二氧化碳从废气中分离出来，为后续利用和封存提供可靠的来源。

碳利用是将捕获的二氧化碳转化为有用的化学品或材料的过程。目前，碳利用技术主要包括合成燃料、化学品生产、材料加工等方面。合成燃料是将二氧化碳与水利用电力或其他能源进行电解反应，生成碳氢化合物，如甲烷或甲醇，从而实现能源的再利用和储存。化学品生产则是利用二氧化碳合成有机物，如醇、醚、酮等，广泛应用于化工领域。而材料加工则是利用碳纳米管、碳纳米片等碳材料，生产具有导电、导热、高强度等优良性能的新型材料。

碳封存是将捕获的二氧化碳永久储存在地下或海底，以防止其再次释放到大气中的过程。目前，主要的碳封存方法包括陆上封存和海底封存。陆上封存主要通过将二氧化碳注入地下的盐穴或岩层中，利用地层封闭性来长期储存二氧化碳。而海底封存则是将二氧化碳输送到海底，通过水合物形成和溶解的方式，将二氧化碳稳定储存在海底。封存的目标主要是通过地质储

存将大气中的二氧化碳，长期储存起来以减少温室效应。

沙特阿拉伯阿美石油公司是世界最大的石油生产公司。该公司在碳捕获技术方面不断优化化学吸收、物理吸附、膜分离等工艺，提高二氧化碳的分离效率和能耗控制。阿美石油公司的前沿探索为CCUS技术的发展和推广应用提供了可靠的技术支持和实践经验。

随着全球碳中和目标的提出，CCUS技术在全球减排中具有重要的应用前景。作为一种能够将工业废气中的二氧化碳进行捕获、利用和封存技术，不仅可以降低工业的碳排放量，还可以为碳资源的合理利用和能源转型提供技术支持。

据报道，全球有25个国家正在开展CCUS技术。2023年，我国油气田CCUS项目二氧化碳注入量超200万吨。这意味着我国二氧化碳地质封存取得巨大进展。

作为一种综合利用碳的技术方案，CCUS技术在全球应对气候变化和减排目标中具有重要的地位和作用。随着技术的不断突破和应用的不拓展，相信CCUS技术将为全球气候治理带来更多的希望与可能。

(作者系中国科普作家协会会员)



国家能源集团江苏泰州电厂二氧化碳捕集利用与封存项目完成满负荷试运行后正式投产。  
新华社发 汤德宏 摄

## 光敏分子可提高碳捕获效率

科普时报讯(实习生王雨珂)据国际科学期刊《新科学家》最新报道，被称为光敏分子的光敏分子可提供一种更节能的方式来释放，并清除从空气中捕获的二氧化碳，以便将其储存或再利用。

这种方法对于直接采用空气捕集(DAC)系统尤为重要。该系统将空气吹向被称为吸附剂的碳捕集材料，而现有系统需要大量能源才能将纯二氧化碳从吸附剂中分离出来，以便将其储存或用于其他地方。

有研究者发现，在吸附剂中添加光酸可能会有所帮助。在光照条件下，每个光酸分子都会改变形状并释放一个质子，使溶液更具酸性。这种pH值(溶液酸碱程度衡量标准)波动将二氧化碳从吸附剂，即光酸混合物中释放出来。当灯光再次熄灭时，光酸和溶液的pH值就会恢复，使吸附剂再次吸收二氧化碳，然后循环往复。

瑞士苏黎世联邦理工学院博士安娜·德·弗里斯表示，通常使用热量或压力来释放二氧化碳，而使用阳光或灯则可以减少这一步骤所需的能源。然而，光酸往往不稳定，也不太溶于水，这就限制了它们释放二氧化碳的效率。于是，安娜·德·弗里斯和她的同事们在光酸溶液中加入各种溶剂，最终找到了一种混合溶剂，能使光酸更易溶解，并将光酸的寿命从几小时延长到近30天。

在另一种方法中，田纳西州橡树岭国家实验室的研究人员发现了一种不同的光酸。这种光酸对光的反应时间更长，产生的酸更多，使其能够更有效地从溶液中释放二氧化碳。

华盛顿州一家初创公司正在利用光酸从海水中分离二氧化碳，并计划在今年安装一套每年可去除1吨二氧化碳的系统。在这个系统中，光酸暴露在光线下，产生的酸性暂时转移到海水中，使海水释放出从大气中吸收的二氧化碳。