

聚合气体分离膜 行业发展报告



定义

气体膜分离技术是利用气体组分在膜内溶解和扩散性能的不同，即渗透速率的不同来实现分离的技术。气体混合物在膜两侧分压差的作用下，各组分气体以不同渗透速率透过膜，使混合气体得以分离或浓缩的过程。聚合物气体分离膜是一种无机膜，相较于金属膜、陶瓷膜等有机膜价格更为低廉，应用更为广泛。

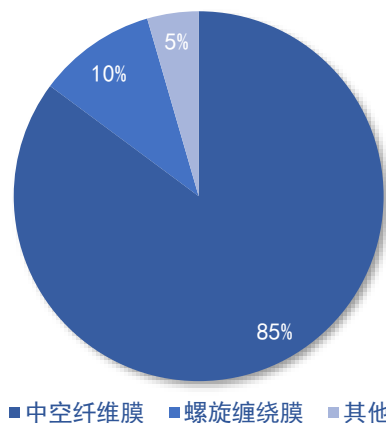
功能特点

聚合物气体分离膜是一种选择性的能承受一定的机械强度压差的分离膜。在工业后燃、预燃和富氧燃烧中CO₂/N₂、CO₂/H₂ 和 O₂/N₂ 的分离对环境保护很重要。聚合物气体分离膜在灵活性和可扩展性方面具有明显优势，在碳捕获过程中的应用越来越受到关注，已广泛用于许多工业过程中的混合物分离，包括富氧、沼气净化和燃烧后碳捕获。

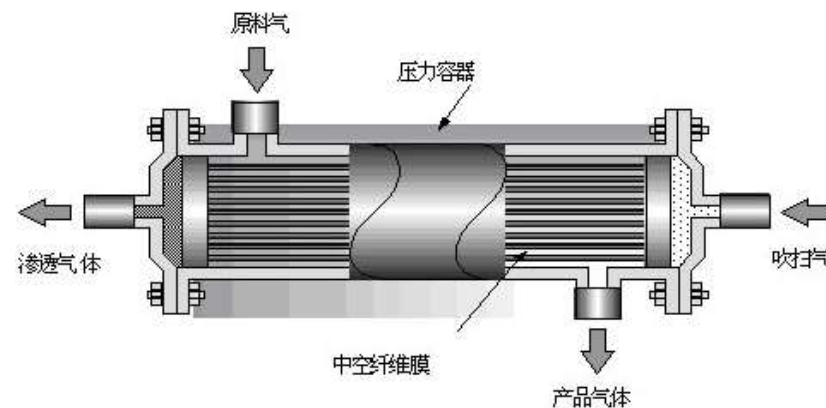
分类

聚合物气体分离膜主要分为中空纤维膜、螺旋缠绕膜等。中空纤维膜是指外形像纤维状，具有自支撑作用的膜，是目前使用最广泛的纤维类型，2021年，该类型约占全球总销量的81%。

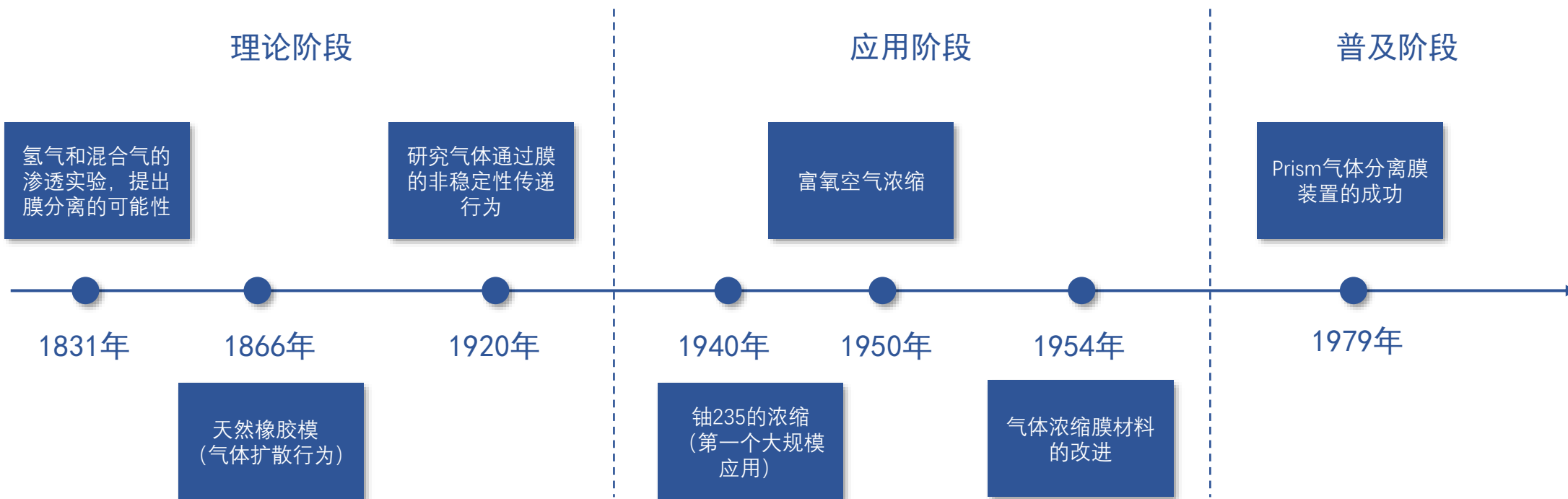
2021年全球聚合物气体分离膜分类占比



结构图



人类对于膜现象有了初步认识是在1748年，然而认识膜的功能到被挖掘，却经历了200多年的漫长历程，才为人类服务。人们在近几十年来，开始对膜进行科学研究。其发展的历史大致为：30年代微孔过滤；40年代透析；50年代电渗析；60年代反渗透；70年代超滤和液膜；80年代气体分离；90年代渗透汽化。同时以膜为基础的其它离过程，以及膜分离与其它分离过程结合的复合应用也日益得到重视和发展。



1979年将气体分离推向工业化应用的基础，是孟山都 (Monsanto) 公司用于H₂/N₂分离的低温制氮系统 (Prism) 的建立。陶氏 (Dow) 化学公司在1985年向市场提供以富N₂为目的空气分离器，“Generon”气体分离用于天然气、石油、化工生产等领域，大大提高了气体生产过程的经济效益。

我国从1958年研究离子交换膜开始，80年代中期我国研究的气体分离膜取得长足进步，1985年中国科学院大连化物所首次成功研制中空纤维N₂/H₂分离器，与国外同类产品主要的性能指标接近。

图 全球聚合物气体分离膜消费量发展趋势（2018-2028）

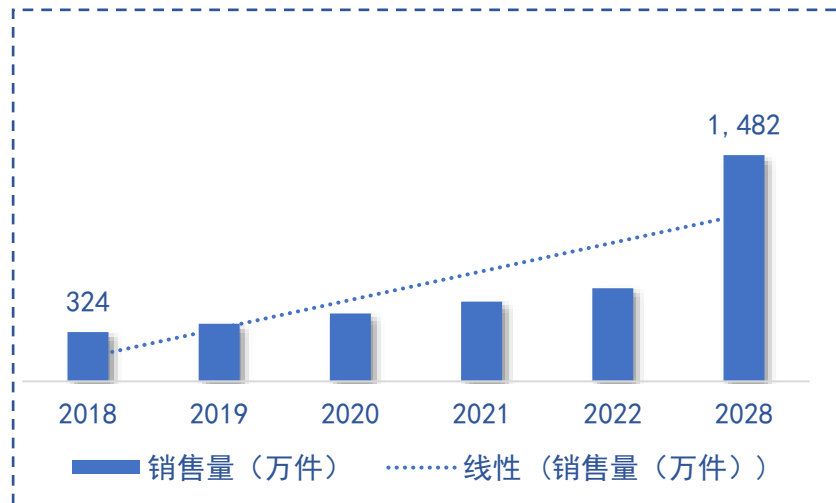


图 全球聚合物气体分离膜市场规模发展趋势（2018-2028）

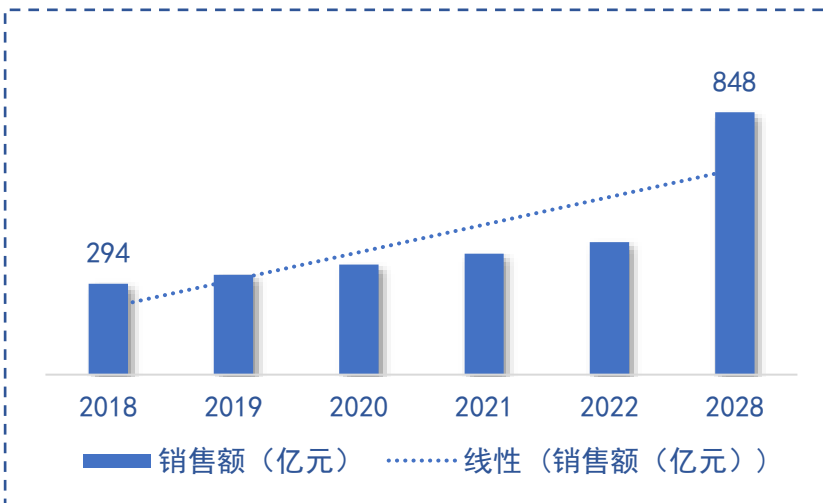


图 中国聚合物气体分离膜市场规模发展趋势（2018-2028）

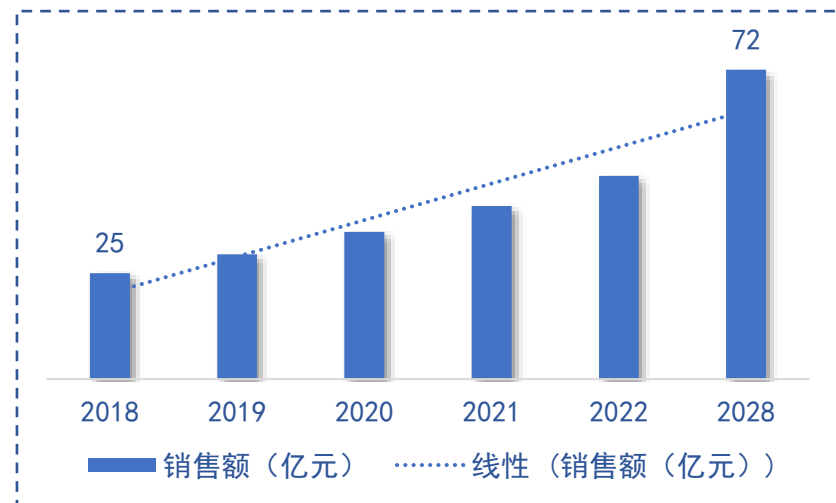
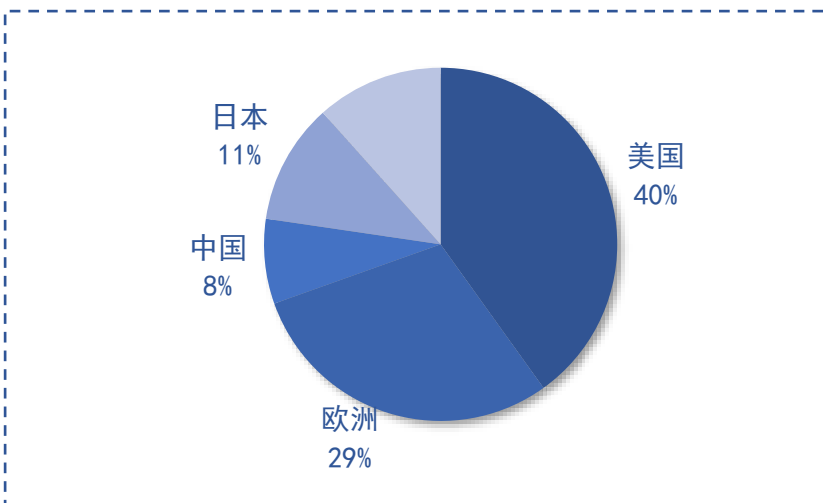


图 全球主要地区聚合物气体分离膜市场规模（2021）



随着科学技术的不断提升和进步，聚合物气体分离膜进入成熟发展时期，下游应用不断增加，行业市场规模保持着稳定的增长态势。

2021年，全球聚合物气体分离膜消费量约324万件，2018-2022全球消费量CAGR为17.23%，预计2028年将达到1482万件。

2021年，全球聚合物气体分离膜销售额约294亿元，2018-2022全球销售额CAGR为9.87%，预计2028年将达到848亿元。

从地区分布来看，美国和欧洲是聚合物气体分离膜的最大消费市场，2021年，以上两地区的市场规模占比分别为40%和29%。

但得益于近年来中国市场对天然气、沼气和和其他环境可持续能源解决方案需求的快速增长，中国成为聚合物气体分离膜的重要市场之一，2021年，中国地区聚合物气体分离膜的销售额为25亿元，占全球市场总规模的8%。

上游

产业链上游为膜原材料、设备等行业。其中膜原材料作为膜技术应用的基础，其性能改进与创新影响着膜分离装备性能。除膜原材料之外，聚合物合成设备、聚合物分离设备及聚合物脱水及干燥设备等设备市场成熟度高，供应稳定，本行业受上游原材料厂商限制程度较低。

原材料

聚芳酰胺

聚砜

聚酰亚胺

醋酸纤维素

其他材料

生产设备

聚合物合成设备

聚合物分离设备

聚合物脱水干燥设备

原材料

中游



中空纤维膜



螺旋缠绕膜

领先企业

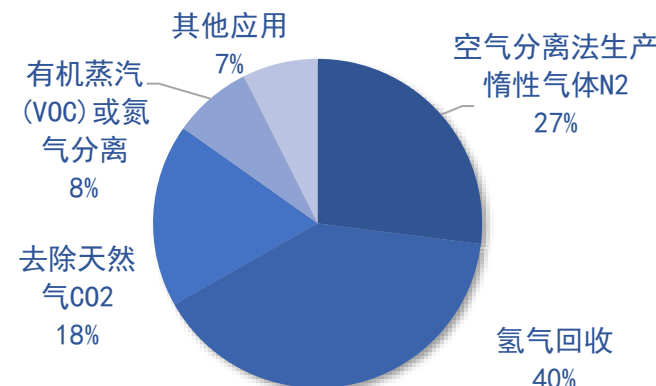


生产集成

下游

氢气回收是当前聚合物气体分离膜最大的应用领域，已广泛应用于合成氨工业、炼油工业和石油化工领域中。如，合成氨弛放气中H₂的分离回收，炼油工业尾气中H₂的分离回收以及石油化学工业中合成气的调节等。

图 全球聚合物气体分离膜应用市场规模占比（2021）



应用

1 相关产业政策推动行业往良性方向发展

在《中国制造2025》中把膜产品作为关键材料的发展重点，提出到2025年水处理膜材料的成本下降20%以上，特种分离膜和气体分离膜能耗下降20%，以分离膜材料为核心的分离装备成为石油化工、煤化工等行业的主要分离手段，分效率提高30%，国产化率将超过50%。

《“十四五”国家重点研发计划重点专项2021年项目指南》提出：高端功能与智能材料围绕6个技术方向，拟启动35个项目：1. 先进能源材料2. 关键医用与防疫材料3. 高端分离膜及催化材料4. 机敏仿生超材料5. 特种与前沿功能材料6. 材料基因工程应用技术7. 青年科学家项目。

2 新冠疫情影响着全球市场供需结构变化，促使全球经济下行压力增加

①对全球经济的影响 新冠疫情的爆发以及海内外新冠疫情反复，增加全球经济下行压力，这种下行的经济压力使得世界经济面临着很大的不确定性，造成全球市场的生产端、消费端均受到不同程度的冲击，最终可能造成产业链下游应用市场需求萎缩。

②对国外出口业务的影响 聚合物气体分离膜行业发展至今已经在全球形成成熟、稳定的产业链，跨国公司之间的产品交易一直以来都是行业内企业收入的重大来源之一。疫情爆发及反复持续，对企业的海外业务将会造成负面影响，从而影响行业内企业的盈利能力。

3 国内经济环境仍存在不确定性

2022年年初以来，中国国内超预期的新冠疫情多点暴发，中国经济受此影响艰难前行，最终二季度GDP增速实现了0.4%的正增长、上半年GDP增速为2.5%。我国经济仍将处于疫情冲击后的恢复阶段，经济发展动力不足，不稳定不确定因素增多，国内企业缺乏活力，经济下行压力将持续加大。二是产业链供应链安全隐患可能更加突出。2020和2021年由于全球疫情影响和供应紧张，美国对我国部分领域的供应链管控有所放松，但美国将我国作为战略竞争对手的态势已经形成，并正在拉拢更多国家统一对我国中高端产业进行打压，2022年有可能对我国更多领域的关键零部件供应形成更大的安全挑战。四是通胀压力将有所增加。综合考虑大宗商品价格传导、部分领域关键零部件供应短缺。

4 行业壁垒提升企业发展难度

人才壁垒：膜分离行业在中国仍处于起步阶段，中国尚未建立起专门的膜分离行业人才培养和教育体系，膜分离从业人员多是来自相关专业，缺乏综合性人才。业内各企业基本上以自己培养为主，但由于膜分离行业应用较广，需要跨越多个学科的全面技术人才，这类人才培育周期较长，相对稀缺。新进入者面临人才壁垒。

技术壁垒：一般纯水处理的膜分离相关产品的技术壁垒较低，竞争者众多。应用于医药、食品等专业领域膜分离系统产品技术难度高，其核心技术及应用技术的掌握需要长时间积累。企业不仅仅需要掌握各种类型膜分离设备的特性以及在组合时候不同的作用，同时必须积累相关的数据。新进入者需要对行业发展方向和技术发展趋势进行把握，短期内很难与先进者在核心技术层面和应用技术层面展开竞争。

聚合物气体分离膜性能优势明显，下游应用领域需求快速增加

随着全球经济的发展，人民日益增长的基础需求，钢铁、石油化工等传统行业稳定增长将从需求端推动全球工业气体市场规模的发展。

据统计，2021年全球工业气体总产量超5000亿标准立方米，预计到2027年将超8000亿标准立方米。根据业界经验数据，全球气体行业增速是全球GDP增速的2-2.5倍。

其中，大宗气体被称为工业生产的“血液”，是国民经济各领域和相关制造业不可或缺的配套产品，受需求端和供给端双重推动，中国全球及中国大宗气体的市场规模稳定增长。

图 全球工业气体市场规模（2018-2022）

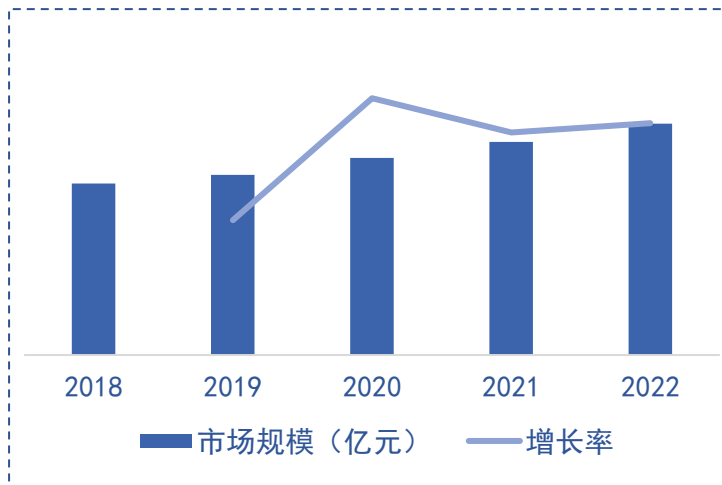
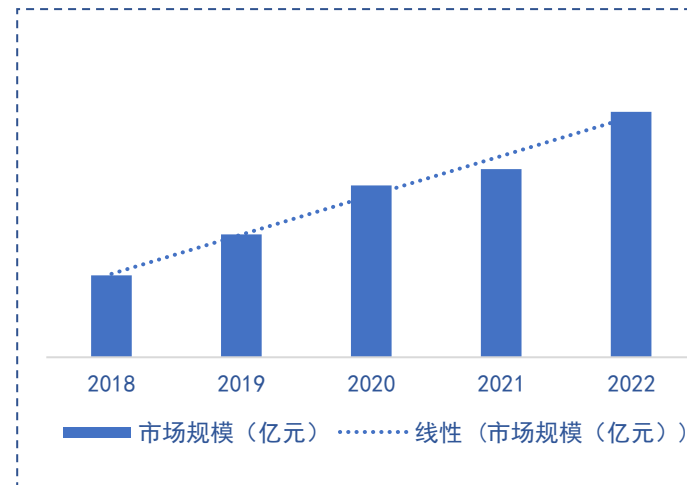


图 中国大宗气体市场规模（2018-2022）



全球实现节能减排和环境保护的迫切需求反向拉动聚合物气体分离膜的市场增长

应对全球气候变化、减少温室气体排放、降低能源消费强度、提高可再生能源比重是人类在21世纪的首要时代命题。随着世界各国和企业加快“脱碳”进程，全球在2050年左右实现“碳中和”的前景令人期待。2020年9月，中国提出了实现碳中和目标的具体时间表，体现了大国担当。美国则在近期重返《巴黎协定》，承诺在2050年实现碳中和。

气体分离是一个基本的工业过程，占世界能源消耗的很大一部分。但是，现代工业中广泛采用的精馏分离法能耗高，能源利用率很低。仅乙烯/乙烷这一气体对的分离就消耗了世界能源总量的0.3%。在新兴的分离技术中，膜分离是一种非热驱动的分选技术，理论上能极大降低分离过程的能耗。因此膜分离技术被广泛认为是未来最具前景的新型分离技术之一。高性能气体分离膜作为新型高效分离技术的核心材料，具有高分离性能、高稳定性、低成本和长寿命等特征，是实现节能减排和环境保护的重要基础材料，聚合物气体分离膜材料得到各国政府的高度重视，在石油化工、医药、食品、电子、水处理与净化、海水淡化和空气净化等领域具有良好的应用前景。

二氧化碳捕集分离

双碳政策下，CCUS技术的应用迅速扩大，据统计，2021年全球二氧化碳捕获能力已经超4000万吨。当前第一代碳捕集技术（燃烧后捕集技术、燃烧前捕集技术、富氧燃烧技术）发展渐趋成熟，主要瓶颈为成本和能耗偏高、缺乏广泛的大规模示范工程经验；第二代技术（如新型膜分离技术、新型吸收技术、新型吸附技术、增压富氧燃烧技术等）将是未来发展方向，技术成熟后其能耗和成本会比成熟的第一代技术降低30%以上。

氢气回收

进入新世纪以来，由于资源能源的短缺，进一步回收低氢（xH₂<40%）石油化工尾气中的氢气资源，降低炼油成本是膜科技工作者面临的新挑战。从长远角度看，研制出超高选择性的氢气分离膜，采用基础的单级气体膜分离过程就能获得高纯度的氢气，是应对挑战的有效途径。

工业尾气及其他气体分离回收

膜法VOCs回收相较于冷凝法、燃烧法、吸附法、吸收法等处理工艺更为优越。在VOCs高浓度范围时可与冷凝法联合使用，处理效率高，费用低，并且可以回收有经济价值的VOCs溶剂，在低浓度范围时也能达到较好的处理效果，回收的VOCs足以补贴其回收成本。

天然气脱碳

膜分离脱碳技术作为一种新兴的高效绿色分离技术，展现出许多独特优势，近些年在工业应用中显示出一定的发展潜力。对于天然气脱碳过程，CO₂在膜的渗透侧富集，CH₄在膜的渗余侧富集。膜分离过程不发生相变，具有能耗低、操作简单、设备占地面积小等优点，特别适用于空间受限的场合，如海上平台天然气脱碳处理。因此，膜分离脱碳技术受到广泛关注，被认为是分离领域最重大的技术进展之一。

图 2021年中国CCUS项目分布



就聚合物气体分离膜的材料本身而言，混合基质膜将成为未来产品发展方向之一。

无机膜具有气体透过性好、稳定性佳的优点，但其成膜性差、制备成本高；高分子膜虽然制备过程简单、成本低，但分离效果不理想，且高分子膜受制于透过性与选择性间此升彼降的矛盾关系，无法同时达到两者的理想水平。

混合基质膜制备出的膜材料同时具有无机膜与高分子膜的优点，常见的用于制备混合基质膜的聚合物有：聚砜、聚醚砜（PES）、聚酰亚胺以及嵌段共聚物（如Pebax）等根据混合基质膜中的填料相态，填料可分为固态填料、液态填料与同时含有固液2类填料的三元混合基质膜。

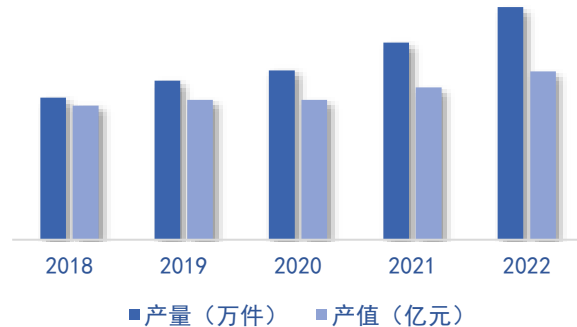
Air Products

公司成立于1940年，专注于服务于能源、环境和新兴市场，为数十个行业的客户提供必需的工业气体、相关设备和应用专业知识，包括炼油、化工、金属、电子、制造以及食品和饮料。该公司气体膜分离解决方案业务部专注于中空纤维膜分离器和现场制气系统的开发，主要产品有PRISM®膜分离器、船用膜分离系统以及ETO 定制化膜分离系统。

图 PRISM®膜分离器



图 2018-2022年企业年产量及产值



该企业生产的PRISM®膜分离器是一款性能可靠、可移动且低维护的现场制气设备。它通过其内成千上万根用作气体分离的中空纤维，将压缩气体分离成氮或氢等单独元素。PRISM®膜分离器可应用于船舶、航空航天、海上油井钻探、食品和饮料、运输及国防等行业。

Air Liquide

Air Liquide成立于 1902 年，业务遍及 80 多个国家/地区，是全球气体分离膜市场的重要参与者。该公司拥有广的气体分离膜产品组合广泛应用于多个领域。该企业气体分离膜由气体和服务部门的液化空气高级分离 (ALAS) 部门提供，将气体分离膜业务作为主要业务战略，以加强其在气体分离膜市场的地位。

图 2018-2022年企业年产量及产值

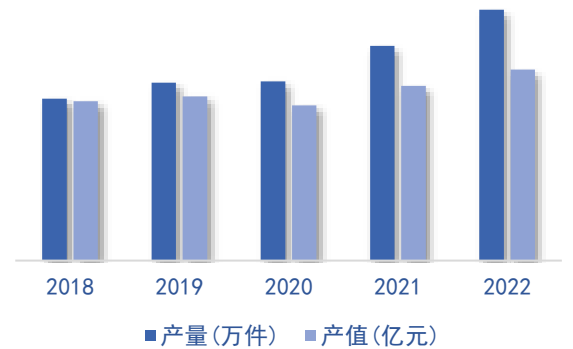


表 Air Liquide 聚合物气体分离器产品特征

MEDAL膜	MEDAL 模块化滤芯和平行流设计便于安装和线性放大，可以满足纯化和回收等多种应用需求的纤维类型，具有使用寿命长、易操作的特点。
PoroGen膜	PoroGen膜技术基于多孔聚醚醚酮 (PEEK) 膜技术，对有机溶剂呈惰性，可在高温下运行。PoroGen 膜的中空纤维配置为膜装置与传统技术相比，设备体积小，重量轻，操作便捷且配件少。
IMS膜	IMS膜服务于从海军舰艇的空气脱水，也可用于从地质天然气中回收高压氦气等各种应用。