

高性能膜材料
科技发展“十二五”专项规划
(征求意见稿)

科学技术部
二〇一二年五月

目 录

一、形势与需求	1
(一) 全球膜材料技术和产业强劲发展.....	1
(二) 我国膜技术发展活跃、市场增长较快.....	1
(三) 保障我国水安全的需求日益迫切.....	2
(四) 保障工业节能减排和清洁生产的需求日益迫切.....	2
二、总体思路、基本原则及发展目标	3
(一) 总体思路.....	3
(二) 基本原则.....	3
(三) 发展目标.....	4
三、重点任务	6
(一) 膜材料设计与制备的基础研究.....	7
(二) 高性能水处理膜材料.....	7
(三) 面向过程工业的特种分离膜材料.....	8
(四) 离子交换膜材料.....	9
(五) 膜装备及集成应用技术.....	10
(六) 创新平台建设.....	11
四、保障措施	12
(一) 加强政府引导，强化组织保障.....	12
(二) 加强资源集成，加大资金扶持力度.....	12
(三) 加强机制创新，提升行业自主创新.....	12
(四) 深化国际交流合作，提高国际影响力.....	13
(五) 营造良好环境，加强人才队伍和平台建设.....	13

高性能膜材料是新型高效分离技术的核心材料，已经成为解决水资源、能源、环境等领域重大问题的共性技术之一，在促进我国国民经济发展、产业技术进步与增强国际竞争力等方面发挥着重要作用。高性能膜材料的应用覆盖面在一定程度上反映一个国家过程工业、能源利用和环境保护的水平。

为促进我国高性能膜材料产业的快速发展，推动膜技术在节能减排、保障民生等方面的应用，按照《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》、《国家“十二五”科学和技术发展规划》和《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》的相关要求，制定本专项规划。

一、形势与需求

(一) 全球膜材料技术和产业强劲发展

高性能膜材料的发展得到了全球范围的高度重视，多国政府将膜技术作为 21 世纪高新技术进行研究与开发，制定了相应的研究开发计划，促进了膜材料技术和产业的强劲发展。目前全球高性能膜材料的发展呈现以下几方面特点：膜材料产业向高性能、低成本及绿色化方向发展；膜材料市场快速发展，与上下游产业结合日趋紧密；膜技术对节能减排、产业结构升级的推动作用日趋明显；膜技术对保障饮水安全，减少环境污染的作用显著增强。

(二) 我国膜技术发展活跃、市场增长较快

2010年，我国膜产值超过300亿元，占全球膜市场的10%左右。全国从事分离膜研究的科研院所、大学近100家，膜制品生产企业达300余家，工程公司超过1000家，已初步建立了较完整的高性能膜材料创新链和产业链。在高性能水处理膜材料、特种分离膜材料、气体分离膜材料、离子交换膜材料、生物医用膜材料等方面，开发了一批具有自主知识产权的膜材料，部分产品实现了规模化生产，制备技术和应用技术得到了快速发展，促进了膜材料市场的增长。

(三) 保障我国水安全的需求日益迫切

水资源匮乏和水污染日益严重已成为制约我国社会进步和经济发展的瓶颈，膜法水处理技术是解决资源型缺水和水质型缺水问题的重要技术。开发高性能反渗透膜材料，可以大幅降低膜法制水成本，解决沿海地区缺水问题；开发高性能水质净化膜材料，可以提高自来水水质，保障人民身体健康；开发高强度、抗污染的膜-生物反应器（MBR）专用膜材料，可以实现市政污水回用，解决城市缺水问题。膜技术已逐渐成为水处理的主流技术，成为保障我国水安全的重要内容，对膜材料需求日益迫切。

(四) 保障工业节能减排和清洁生产的需求日益迫切

以耐溶剂、耐高温的特种分离膜材料为基础，发展高效分离技术是降低过程能耗、减少环境污染、提高资源利用率的重要手段。近年来，化工、冶金、电力、石油等行业的废水处理回用和

原油加工、石化产品生产等行业的有机溶剂回用处理，迫切需要开发耐溶剂的高性能分离膜材料。天然气利用和输送中的脱水、脱二氧化碳和脱硫化氢，以及实现煤的清洁利用，迫切需要开发高性能的气体分离与净化膜材料。发酵工业和过程工业中恒沸体系的分离及物料脱水，是过程工业节能降耗的关键技术，迫切需要开发高性能的渗透汽化膜和耐溶剂的纳滤膜。

二、总体思路、基本原则及发展目标

(一) 总体思路

以膜材料的研究开发为核心、产业化为目标，坚持政府引导和市场推动相结合，深化产学研用合作，着力突破相关膜材料制备的关键技术，推动膜材料在水资源、节能减排、资源高效利用等相关行业的应用，促进膜行业的发展，提升我国膜领域的科技创新能力和产业的国际竞争力。

(二) 基本原则

坚持统筹规划，构建创新体系。在国家层面进行顶层设计，统筹各类科技计划，形成膜领域创新资源的优化布局。通过项目、人才、基地的联动，充分整合地方和社会创新资源，构筑我国膜领域的知识创新体系、技术创新体系和中介服务体系。

坚持材料创新，提升产业层次。以膜材料的创新为核心，在若干重要应用领域形成具有自主知识产权和自主品牌的国产膜材

料，提高市场占有率，改变“高端产业、低端环节”的困境，提升膜产业的附加值和市场竞争力。

坚持需求牵引，做大产业规模。以海水淡化、饮用水净化、市政污水资源化的水处理膜和过程工业中的特种分离膜等领域为切入点，实施水处理膜材料和特种分离膜材料并重的发展战略，加大技术研发和市场开拓力度，做大产业规模。

坚持企业主体，打造龙头企业。以若干有一定基础的创新型企业为核心，通过国家和地方的联动、高校院所和企业资源的组合、科技人才与金融资本的衔接，提升企业的技术创新能力和市场开拓能力，培育具有国际竞争力的上市公司和企业集团。

坚持以人为本，形成人才高地。把提升自主创新能力与组建高水平的创新团队结合起来，促进人才在高校院所和企业之间的充分流动，鼓励高校院所科技人才创新创业，鼓励科技人才与企业家结合，着力打造若干人才集聚区，形成具有国际先进水平的研发中心，建成具有持续创新能力的国家级创新平台。

(三) 发展目标

“十二五”期间，实现我国膜领域科技发展“三个提升、一个完善”的总体目标。**提升自主创新能力：**基础研究走在国际前列，培养若干有国际影响力的学术研究方向、创新团队和知名学术带头人；原始创新能力有所提高，在固体氧化物燃料电池膜材料、金属和金属间化合物膜材料、智能膜材料等优势前沿领域形

成专利池，占领产业发展制高点；关键技术实现重大突破，在国家重大需求的水处理膜材料、特种分离膜材料、离子交换膜材料领域，着力解决产业化关键技术难题，形成具备国际竞争力的技术基础。

提升产业竞争力：膜产业保持快速增长，预期到 2015 年达到千亿元规模；产业附加值有显著提升，陶瓷膜、MBR 专用膜材料、高分子超滤微滤膜等重要膜品种的国内市场占有率显著提高；着力培育龙头企业，力争上市公司达到十家以上；布局若干膜产业集聚区，推动集群创新。

提升在资源节约、环境友好型社会建设中的贡献度：具备大型海水淡化成套装备和膜材料的设计、制造和运行调试能力，膜法海水淡化成本降到 4-5 元/立方米；具备大型饮用水成套装备国产化能力，膜法自来水厂改造初步形成产业；具备大型 MBR 工程装备国产化能力，建成若干市政污水全回用的示范城市；膜催化反应器技术获得大面积推广应用，离子膜氯碱集成工艺装备国产化，渗透气化和蒸汽渗透技术成为取代传统的蒸馏、蒸发过程的主流技术之一；膜技术在油田回注水、炼焦废水、农药废水、印染废水处理等领域获得全面推广应用。

完善创新体系建设：在建设好膜技术国家工程研究中心、国家液体分离膜工程技术研究中心的同时，新建国家特种分离膜工程技术研究中心，形成气体分离膜、液体分离膜和特种分离膜的创新布局；依托国家级创新平台和重点研发机构，整合地方资源，建设若干膜材料领域专业性孵化器、技术转移中心和产业技术研究

院，促进科技人才创新创业和人才、技术的转移；政府引导、市场运作，设立若干膜产业发展基金，推进行业科技与金融的结合。

高性能膜材料“十二五”科技发展主要指标

类别	序号	指标	属性
科技	1	形成发明专利 500 项以上	预期性
	2	5~8 种关键膜材料实现国产化,性能达到国际先进水平	约束性
	3	培养和引进 20~30 名战略性科技创新领军人才和科技创业领军人才	
	4	形成 10~15 个有国际影响力的产学研创新团队	
	5	形成 10~15 个产学研用创新人才培养基地	
	6	新增 3~5 个国家级研发和服务平台	
经济	1	建成膜生产线 3~6 条	约束性
	2	产业增长率 30%	预期性
	3	形成 10 家上市公司,形成千亿产业	
社会	1	示范工程 3~5 项,示范工程废水减排 30%	预期性
	2	示范工程 2~3 项,示范工程节能 20%	
	3	为水资源利用和保护提供关键技术	
	4	为饮用水安全提供保障技术	
	5	为过程工业节能减排提供共性技术	

三、重点任务

按照“三个提升、一个完善”的目标要求，结合国家、地方和企业创新资源分布情况，本规划的重点任务分解为基础研究(任务一)、产业化关键技术研究(任务二、三、四)、集成应用示范(任务五)、创新平台建设(任务六)等四部分。

（一）膜材料设计与制备的基础研究

面向国家重大需求,加强膜领域的基础理论和原创技术研究,提升膜领域发展的自主性和可持续性。围绕膜分离性能与膜材料微结构的关系、膜材料的微结构形成机理与控制方法、应用过程中膜材料微结构的演变规律三个关键科学问题开展研究,进一步完善面向应用过程的膜材料设计与制备理论框架,在膜材料的基础理论研究方面取得突破。通过研究智能膜材料、合金膜材料、新型结构膜材料等新材料,形成一系列原创性的膜材料和专有制备技术,构建我国膜材料设计与制备的技术平台,为我国开发具有自主知识产权的高性能膜材料奠定基础。

（二）高性能水处理膜材料

在水资源领域,重点突破海水淡化用高性能反渗透膜、水质净化用纳滤膜和废水处理用膜生物反应器专用膜材料的规模化制备技术,以解决制约我国国民经济可持续发展的水资源短缺和饮用水安全问题。

1. **高性能反渗透膜材料。**满足海水淡化、苦咸水淡化等技术对高性能反渗透膜材料的需求,重点开发高性能聚酰胺类反渗透膜原材料;研究开发抗污染、抗氧化、耐溶剂反渗透膜材料;研究开发反渗透膜元件卷制封装技术,建设自主知识产权的反渗透膜规模化生产线;研究海水淡化膜材料大规模产业化关键技术,开发大型海水淡化膜元件;鼓励开发高脱硼海水淡化反渗透膜材

料、正渗透膜材料、膜蒸馏技术等。

2. 高通量纳滤膜材料。围绕水质深度净化技术对膜材料的需求，重点开发高通量聚酰胺薄层复合纳滤膜材料及其规模化制备技术；研究开发万吨/日的纳滤膜过滤高硬度地下水/井水制备饮用水工艺，中空纤维复合纳滤膜规模化制备技术，微污染水深度处理工业化应用技术；研究界面聚合法制备完整无缺陷复合纳滤膜技术，开发膜面缺陷在线监测系统；鼓励开发脱硝和海水软化纳滤膜，耐腐蚀、耐溶剂纳滤膜。

3. MBR 专用膜材料。围绕污水综合治理、废水资源化等水处理技术对膜材料的需求，重点开发增强型 MBR 专用膜材料等高强度、抗污染 MBR 膜材料；研究涂膜液配方与大型膜液调配系统；开发增强型 PVDF 等膜生产线；开发大型膜组器工业化生产技术；开发大型 MBR 装置。

（三）面向过程工业的特种分离膜材料

针对过程工业中高温、溶剂和反应体系等苛刻环境下的分离问题，重点突破陶瓷纳滤膜材料、气体分离和净化膜材料、渗透汽化和蒸汽渗透膜材料的规模化制备关键技术，引领我国膜产业向高端化发展，为我国节能减排具体目标的实现提供技术支撑。

1. 高性能陶瓷膜及膜反应器。围绕过程工业的需求，重点开发高分离精度的陶瓷膜材料及膜反应器；研究陶瓷纳滤膜的微结构调控及表面功能化技术，开发规模化陶瓷纳滤膜制备技术及生

产线；开发新型陶瓷纳滤膜应用装备。

2. 气体分离膜材料。围绕能源清洁利用和环境减排对膜材料的需求，重点发展透氢与透氧的气体分离膜材料，特别是用于高纯氢气制备的复合钯膜材料和用于高纯氧气制备的混合导体透氧膜材料；开发用于天然气净化与综合利用的气体分离膜材料；开发用于分离捕集温室气体的膜材料，尤其是用于分离二氧化碳的固定载体膜材料；开发卷式分离膜及中空纤维复合膜规模化连续生产技术；鼓励发展富氮膜材料。

3. 气体净化膜材料。围绕产业结构调整升级的需求，开发高温气体净化工程化装备及关键膜材料；重点研究碳化硅支撑体成型技术和烧结技术，开发非对称纯质碳化硅膜材料及规模化生产技术；开发高孔隙率非对称陶瓷膜材料制备技术；研究膜层在支撑体表面的均匀涂覆技术，开发抗热震多孔金属复合膜材料规模化制备技术；鼓励开发耐高温亲水性聚四氟乙烯膜材料及其应用技术。

4. 渗透汽化膜材料。围绕溶剂分离的需求，重点开发疏水型膜材料；开发高稳定性分子筛膜材料、有机无机复合膜材料规模化制备技术；开发中空纤维纳米杂化多层膜材料及其规模化制备技术；开发高装填面积膜组件；鼓励开发用于有机物-有机物分离的膜材料和有机气体回收的膜材料。

（四）离子交换膜材料

针对氯碱行业的重大需求，重点突破全氟离子交换膜工程化技术，进一步提高膜性能；面向燃料电池和储能电池的应用需求，重点开发高性能、低成本离子交换膜材料和固体氧化物燃料电池膜材料；针对酸碱回收的需求，开发双极膜和扩散渗析膜的规模化制备技术及成套装备，实现批量生产。

1. 全氟离子交换膜。围绕氯碱行业、燃料电池和储能电池的重大需求，重点开发高性能离子交换膜制备技术及在氯碱行业的工业化应用技术，开发高性能、低成本电池用离子交换膜；鼓励开发新型耐热离子交换膜、抗过氧化氢氧化离子交换膜、氢氧根传导离子交换膜材料。

2. 固体氧化物燃料电池膜材料。围绕高效率燃料电池技术及产业化需求，研究开发高电导率固体氧化物膜材料，开发制备超薄固体氧化物膜材料；鼓励开发单室固体氧化物燃料电池和微型固体氧化物燃料电池。

3. 双极膜和扩散渗析膜。围绕过程工业的废酸碱资源化利用，重点研究新型扩散渗析膜材料规模化制备技术；开发高性能双极膜材料规模化制备技术；开发废酸和废碱回收成套装备与工程化技术，双极膜应用的成套装备与工程化技术。

（五）集成应用示范

重点开发新型膜分离集成过程，注重过程强化及在水资源、能源、生态环境、传统产业改造、社会发展和循环经济等领域的

应用，形成基于膜分离集成过程的水资源综合治理产业链、生态产业链、传统产业改造链等，发展新型共性技术，为膜产业发展提供技术支撑。

1. **基于膜分离集成过程的水资源综合利用技术。**重点建设沿海工业园区海水淡化及水资源综合利用示范工程，形成包括反渗透预处理、反渗透海水淡化、浓盐水后处理、园区废水处理和中水回用的海水综合利用集成系统；重点开发大型 MBR 市政污水处理工艺，建成十万吨级市政污水处理及全回用示范工程。

2. **膜法深度水处理技术。**重点开发膜法自来水深度处理工艺，建成万吨级纳滤膜自来水生产示范工程；重点开展膜法污水处理工艺研究，实现焦化废水、油田采出水、农药废水、印染废水等国民经济重点行业废水无害化、资源化处理，建成万吨级膜法污水处理工艺及成套装备。

3. **面向过程工业的膜集成技术。**针对钢铁冶金、化工制药、生物工程等相关领域，着重研究过程强化的膜分离工艺，开发形成膜集成技术；重点开发化工和石油化工行业重要反应与膜分离过程耦合工程化技术，建成膜反应器成套装置应用示范工程；重点开发离子膜大规模制备技术并建成生产线，开发膜法盐水精制-离子膜氯碱成套工艺，建成离子膜氯碱生产示范工程。

（六）创新平台建设

加强科技创新服务平台的建设，对现有国家级创新平台予以

重点支持，新建国家特种分离膜工程技术研究中心。组建膜材料产业技术创新联盟，培育膜领域创新群体。依托国家级创新平台，布局建设若干国家级孵化器、产业技术研究院和技术转移中心。设立若干膜领域专业性的投资基金，支持科技人才创新创业。加强高层次人才培养与引进，通过人才、项目、基地建设的联动，提升行业自主创新能力。

四、保障措施

（一）加强政府引导，强化组织保障

加强政府引导，实现从基础研究到产业化示范全链条的布局，扶持膜生产及应用的龙头企业发展，强强结合，不断提高创新能力，优化提升产业链。加强组织协调，充分调动地方发展膜产业的积极性，整合中央、地方、企业和国际资源，布局若干膜产业集聚区。

（二）加强资源集成，加大资金扶持力度

加大国家投入，带动社会投资，引导各类金融机构资金支持膜材料产业发展；鼓励行业和企业推广应用膜技术，通过评估应用前后节能减排指标量给予相应税收优惠；鼓励企业应用国产膜材料，鼓励地方政府对高性能膜材料及装备采用政府采购模式，推动市场发展。

（三）加强机制创新，提升行业自主创新能力

组织实施一批膜系统集成、生产线、应用示范工程，提升我国膜技术工程应用水平。鼓励企业加快科技成果产业化进程，通过与科研院所、大专院校组建产业技术创新联盟，构建长效的产学研合作机制和成果转化新机制，提高企业的可持续发展能力。加强企业合作和资源优化配置，形成产业集聚区，推进集群创新。

（四）深化国际交流合作，提高国际影响力

积极开展国际合作和交流，组织承办有影响力的国际膜会议，提升学术地位；鼓励企业参与国际市场竞争，提升产品竞争力；鼓励企业通过国际合作、并购、参股国外企业等方式掌握关键技术，通过引进消化吸收和再创新，提高对相关技术的掌握能力。

（五）营造良好环境，加强队伍和平台建设

通过人才、项目、基地建设联动，构筑膜材料和膜过程人才高地，为产业发展提供基础研究和原创技术。鼓励各类产业园区加强孵化作用，通过实验开发、测试等公共服务平台建设，为产业发展提供良好的支撑环境；通过设立高性能膜材料专项基金，推动科技人员创新创业，促进科技成果转化。