

自然科学奖公示：

项目名称	无机膜微结构设计及其分离机制研究
提名者	中国科学院沈阳分院
提名意见	<p>该项目面向 CO₂ 减排这一国际性重大环境议题，针对燃烧前 CO₂ 捕获、燃烧后 CO₂ 捕获以及纯氧燃烧三大主要减排战略技术，围绕低能耗、高稳定性无机膜分离体系中膜微观结构的设计与调控，首次提出并验证了超薄二维金属-有机骨架分子筛膜新概念，实现了膜渗透通量数量级提升，突破了罗宾逊上限，达到燃烧前 CO₂ 捕获工业应用要求，为我国膜分离领域具有独立自主知识产权的重大研究进展，成果被国际同行评价为具有里程碑意义，代表了燃烧前 CO₂ 捕获膜分离性能最高水平；其次，该项目提出了金属-有机骨架膜材料纳米笼调控新策略，强化了笼内空间位阻效应，显著提升了膜分子尺寸分离能力，性能同样突破了罗宾逊上限，成果被国内外同行高度评价为膜结构的一个新颖微环境修饰策略及巧妙的笼调控概念，在燃烧后 CO₂ 捕获膜分离领域显示出巨大潜力；最后，该项目提出了无机膜材料微结构调变提升膜渗透性和稳定性的方法和理论，解决了膜材料稳定性和渗透性相互制约的难题，实现了无机透氧膜在纯氧燃烧 CO₂ 捕获条件下的稳定运行，膜渗透通量提高了 1 个数量级，成果被国际同行认可为一种全新稳定机理。</p> <p>该项目所包含科学发现点具有高度原创性，所涉及膜新结构及结构调控新理论均为国内外首创，获得国内外膜分离领域同行的高度认可，研究成果处于国际领先地位。</p> <p>提名该项目为辽宁省自然科学奖一等奖。</p>
项目简介	<p>化石能源过度消耗导致温室气体 CO₂ 大量排放。CO₂ 浓度居高致使全球平均气温升高、极端气候事件频发，严重威胁人类生存环境。因此，各国政府高度重视 CO₂ 减排。CO₂ 捕获是目前 CO₂ 减排重要途径之一，主要技术有：燃烧前捕获、燃烧后捕获以及纯氧燃烧，分别涉及 H₂/CO₂ 分离、CO₂/N₂ 分离及 O₂/N₂ 分离等。溶剂吸收、深冷精馏等热驱动的分选技术能耗高，利用压力驱动的膜分离技术将大幅度降低能耗。膜材料是膜分离技术的核心。无机膜由于具有优异的热稳定性及化学稳定性，是理想的 CO₂ 捕获膜材料。本研究提出了无机膜微观结构设计调控新策略、新方法，深入研究了微观结构动态演变下的膜分离机制，并在多项 CO₂ 捕获应用领域中取得了突破。主要科学发现点包括，</p> <p>1、聚焦于膜材料微观构筑单元设计，首次提出并验证了超薄二维金属-有机骨架分子筛膜新概念，解决了单层金属-有机骨架纳米片合成以及超薄纳米片膜构筑的关键科学问题，突破了 H₂/CO₂ 分离选择性与渗透性相互制约关系（罗宾逊性能上限），达到燃烧前 CO₂ 捕获工业应用要求。研究工作被国际同行评价为膜分离领域重大突破（a huge breakthrough），具有里程碑意义（a milestone），单篇论文 SCI 他引 565 次。</p> <p>2、聚焦于膜材料孔结构与孔内微环境调变，提出了金属-有机骨架膜材料纳米笼调控新策略，显著提升了该膜 CO₂/N₂ 分子尺寸筛分选择性，并突破罗宾逊性能上限，为燃烧后 CO₂ 捕获分离膜的创制提供了新思路。研究工作被国内外同行评价为</p>

<p>新颖的微环境修饰策略 (a novel strategy), 巧妙的笼调控概念 (an elegant concept), 显示出在工业分离中应用潜力 (potential for industrial separation)。</p> <p>3、聚焦于膜材料表面结构、体相以及晶界构建, 提出了膜材料微结构调变提升膜渗透性和稳定性的方法和理论, 解决了膜材料稳定性和渗透性相互制约的难题, 实现了透氧膜在纯氧燃烧 CO₂ 捕获条件下的稳定运行。国际同行认为该项研究使 O₂ 渗透通量提高了 1 个数量级 (1 order of magnitude higher), 是一种全新稳定机理 (a new stabilization mechanism)。</p> <p>代表性研究成果发表在 Science, Angew. Chem. Int. Ed., Chem. Commun., Adv. Mater., Nano Lett. 等权威期刊上, 被 Nature Chem.、C&EN 等进行了专题评述和亮点报道, 并且被 Chem. Rev., Chem. Soc. Rev. 等权威期刊大篇幅引用及高度评价, 8 篇代表性文章 SCI 他引 1033 次; 应邀撰写学术专著 2 部, 分别由 Nature Springer (电子版下载 7500 次) 和科学出版社出版 (获 2016 年国家科学技术学术著作出版基金资助)。项目完成人 2 次获得中国科学院优秀导师称号 (2015、2019), 为培养我国无机膜领域研究人才作出了贡献。</p> <p>上述研究成果显著提升了我国在无机膜分离领域的国际影响力。项目完成人应邀在国际无机膜会议上作大会邀请报告 (美国, 2016), 并作为会议主席主持召开了国际分子筛膜会议 (大连, 2016)。</p>									
<p>主要完成人 (完成单位)</p> <p>完成人按照排名顺序填写 (不超过 5 人)</p> <p>1、杨维慎 (中国科学院大连化学物理研究所)</p> <p>2、彭媛 (中国科学院大连化学物理研究所)</p> <p>3、朱雪峰 (中国科学院大连化学物理研究所)</p> <p>4、李砚硕 (中国科学院大连化学物理研究所)</p> <p>5、班宇杰 (中国科学院大连化学物理研究所)</p>									
代表性论文 (专著) 目录 (不超过 8 篇)									
序号	论文 (专著) 名称/刊名 /作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否包含国外单位
1	Metal-organic framework nanosheets as building blocks for molecular sieving membranes/ SCIENCE /Yuan Peng, Yanshuo Li, Yujie Ban, Hua Jin, Wenmei Jiao, Xinlei Liu, Weishen Yang	2014 年 346 卷 1356 - 1359 页	2014 年 12 月 12 日	李砚硕 杨维慎	彭媛	彭媛 李砚硕 班宇杰 金花 矫文美 刘新磊 杨维慎	565	SCI	否
2	Two-dimensional metal-organic framework	2017 年 56 卷	2017 年 6 月 22	杨维慎	彭媛	彭媛 李砚硕	103	SCI	否

	nanosheets for membrane-based gas separation/ ANGEW ANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION /Yuan Peng, Yanshuo Li, Yujie Ban, Weishen Yang	9757 – 9761 页	日			班宇杰 杨维慎			
3	Confinement of ionic liquids in nanocages: Tailoring the molecular sieving properties of ZIF-8 for membrane-based CO ₂ capture/ ANGEW ANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION /Yujie Ban, Zhengjie Li, Yanshuo Li, Yuan Peng, Hua Jin, Wenmei Jiao, Ang Guo, Po Wang, Qingyuan Yang, Chongli Zhong, Weishen Yang	2015 年 54 卷 1548 3–1548 7 页	2015 年 10 月 30 日	李砚硕 阳庆元 杨维慎	班宇杰	班宇杰 李正杰 李砚硕 彭媛 金花 矫文美 郭昂 王泼 阳庆元 仲崇立 杨维慎	92	SCI	否
4	Improvement of hydrothermal stability of zeolitic imidazolate frameworks/ CHEMICAL COMMUNICATIONS /Xinlei Liu, Yanshuo Li, Yujie Ban, Yuan Peng, Hua Jin, H. Bux, Longya Xu, J. Caro, Weishen Yang	2013 年 49 卷 9140 – 9142 页	2013 年 8 月 7 日	李砚硕 杨维慎	刘新磊	刘新磊 李砚硕 班宇杰 彭媛 金花 徐龙仟 杨维慎	111	SCI	是
5	Microstructural engineering and architectural design of metal–organic framework membranes/ ADVANCED MATERIALS /Yi Liu, Yujie Ban, Weishen Yang	2017 年 29 卷 1606 949 页	2017 年 6 月 19 日	杨维慎	刘毅	刘毅 班宇杰 杨维慎	38	SCI	否
6	Novel dual-phase membranes for CO ₂ capture via an oxyfuel route/	2012 年 48	2011 年 11 月 2 日	朱雪峰 杨维慎	朱雪峰	朱雪峰 刘焕英 丛铀	77	SCI	否

	CHEMICAL COMMUNICATIONS/ Xuefeng Zhu, Huanying Liu, You Cong, Weishen Yang	卷 251 -253 页				杨维慎			
7	Nanoparticles at grain boundaries inhibit the phase transformation of perovskite membrane/ NANO LETTERS /Yan Liu, Xuefeng Zhu, Mingrun Li, Ryan P. O'Hayre, Weishen Yang	2015 年 15 卷 7678 - 7683 页	2015 年 10 月 26 日	朱雪峰 杨维慎	刘妍	刘妍 朱雪峰 李名润 杨维慎	17	SCI	否
8	Stabilization of low-temperature degradation in mixed ionic and electronic conducting perovskite oxygen permeation membranes/ ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION /Yan Liu Xuefeng Zhu, Mingrun Li, Weishen Yang	2013 年 52 卷 3232 - 3236 页	2013 年 2 月 10 日	朱雪峰 杨维慎	刘妍	刘妍 朱雪峰 李名润 杨维慎	30	SCI	否

承诺：①本项目所列知识产权符合提名要求且无争议。②已明确告之上述论文（专著）所有作者：所列论文（专著）用于提名 2020 年辽宁省自然科学奖，项目如获奖后，所列论文（专著）不得再次参评省部级科技奖，如未获奖，所列论文（专著）再次参评须间隔一年。③未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见，与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。④如因上述事项引发争议，将积极配合调查处理并承担相应责任。

