**2020年国家自然科学奖拟提名项目公示表**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 多孔有机骨架材料 |
| 提  名  意  见 | 我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。  提名意见：该项目围绕多孔材料领域高比表面积和高稳定性难以兼顾的国际难题，率先提出芳环基单元指导孔道结构的设计思想，揭示拓扑导向构筑多孔有机骨架的核心机制，开创了基于碳碳键连接的多孔芳香骨架材料（PAF）新领域，设计合成了五十余种具有自主知识产权的多孔骨架结构，在能源气体储存和高效分离领域取得了突破性进展。该项目研究成果受到国内外同行的跟踪研究和广泛认可，英国皇家学院院士A. Cooper教授赞誉“PAF-1是多孔有机骨架材料领域的重要里程碑”。该项目8篇代表作发表在Angew. Chem. Int. Ed.和J. Am. Chem. Soc.等学术期刊上，他引2136次，单篇最高他引946次，3篇入选ESI高被引论文，出版多孔有机骨架材料相关专著2部，部分研究成果获吉林省科学技术奖一等奖3项。  提名者：吉林省。提名该项目为国家自然科学奖二等奖。 |
| 项  目  简  介 | 多孔骨架材料在精细/石油化工中的吸附与分离领域具有重要应用。突破无机骨架分子筛的孔道可调性和金属有机骨架的稳定性等局限，创制一类组成和键连方式不同的多孔材料，实现孔道的设计性和稳定性的完美结合是多孔材料领域中的关键科学问题之一。该项目聚焦多孔有机骨架材料这一新兴领域，致力于在分子水平上调控材料的结构与性能，提出芳环基单元导向孔道结构的设计思想，首创多孔芳香骨架材料（PAF = Porous Aromatic Framework），实现高比表面积、高稳定性和多功能多孔有机骨架材料的设计合成。重要科学发现如下：  **1、提出了芳环基单元导向孔道结构的设计思想，开创了超高比表面积和高稳定性PAF-1（CAS Registry Number: 1206965-50-5）多孔芳香骨架的合成。**基于金刚石的拓扑结构，提出了以苯环替换金刚石结构中碳碳键的设计理念，通过筛选聚合反应，四溴四苯基甲烷在Ni(0)催化下构筑了首例多孔芳香骨架材料PAF-1，实现了多孔材料的超高比表面积（5600 m2 g-1）和高稳定性（520 ℃）这两个重要属性的完美结合。英国皇家学院院士A. Cooper教授以Highlight专题评述此工作；随后在“Ultrahigh Surface Area in Porous Solids”综述中，赞誉“PAF-1是目前已知比表面积最高的多孔材料，是该领域的重要里程碑，改变了超高比表面积多孔材料必须是长程有序结构的固有认识”。  **2、发现了硼和氮替代碳原子的离子化效应对孔道微观环境的影响规律，设计合成了离子型PAF系列材料，实现了特定分子的选择性识别。**引入离子中心，增强骨架极性，提升其对客体分子的相互作用，合成了硼阴离子骨架材料PAF-23、PAF-24和PAF-25，实现放射性碘的高效吸附，达到当时最高值2.76 g g-1。合成了季铵盐基阳离子骨架PAF-50，调变平衡阴离子，精确调控孔道尺寸，实现了氢气和甲烷等能源气体的精准筛分。  **3、揭示了多孔有机骨架中分子基块对称性对孔道结构开放度和维度的影响规律，拓展了拓扑导向构筑概念，实现了多孔有机骨架的目标合成。**突破传统多孔聚合物孔道结构难以设计的局限，在拓扑理论指导下，选择具有高对称性的直线型、三角型、四面体型和立方体型等有机分子为基元，设计合成了二维六方和三维金刚石等有序孔道结构的多孔有机骨架。在Chem. Comm.撰写“Topology-directed design of porous organic frameworks and their advanced applications”专论，在Springer出版社发表专著“Porous Organic Frameworks: Design, Synthesis and Their Advanced Applications”（付费下载量6900余次）。  八篇代表性论文发表在Angew. Chem. Int. Ed.、J. Am. Chem. Soc.等期刊，被Science和Nature Materials等期刊他引2136次，单篇最高他引946次，3篇入选ESI高被引论文，出版多孔有机材料相关专著2部。西班牙皇家工程院院士和美国工程院院士A. Corma教授在其综述中将PAFs归纳为有序共价有机骨架的两大分支之一。获吉林省科学技术奖一等奖3项。在国内外重要学术会议作大会邀请报告21次，作为会议主席主办国际会议2次。 |
| 代表性论文专著目录 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 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 | Targeted Synthesis of a Porous Aromatic Framework with High Stability and Exceptionally High Surface Area/  ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION/  Ben, Teng;  Ren, Hao;  Ma, Shengqian; Cao, Dapeng;  Lan, Jianhui;  Jing, Xiaofei;  Wang, Wenchuan;  Xu, Jun;  Deng, Feng; Simmons, Jason M.;  Qiu, Shilun;  Zhu, Guangshan | 2009年48卷9457-  9460页 | 2009年12月7日 | 裘式纶  朱广山 | 贲腾 | 贲腾  任浩  曹达鹏  蓝建慧  景晓飞  汪文川  徐君  邓风  裘式纶  朱广山 | 946 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 是 | | 2 | Gas storage in porous aromatic frameworks (PAFs)/ENERGY ENVIRONMENTAL SCIENCE/  Ben, Teng;  Pei, Cuiying; Zhang, Daliang; Xu, Jun;  Deng, Feng;  Jing, Xiaofei;  Qiu, Shilun | 2011年4卷3991-  3999页 | 2011年10月1日 | 裘式纶 | 贲腾 | 贲腾  裴翠颖  张大梁  徐君  邓风  景晓飞  裘式纶 | 310 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 否 | | 3 | Highly Efficient Enrichment of Volatile Iodine by Charged Porous Aromatic Frameworks with Three Sorption Sites/  ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION/  Yan, Zhuojun; Yuan, Ye;  Tian, Yuyang; Zhang, Daming; Zhu, Guangshan | 2015年54卷12733-  12737页 | 2015年10月19日 | 朱广山 | 闫卓君  元野 | 闫卓君  元野  田宇阳  张大明  朱广山 | 143 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 是 | | 4 | Targeted Synthesis of Porous Aromatic Frameworks and their Composites for Versatile, Facile, Efficacious, and Durable Antibacterial Polymer Coatings/  ADVANCED MATERIALS/  Yuan, Ye;  Sun, Fuxing;  Zhang, Feng;  Ren, Hao;  Guo, Mingyi;  Cai, Kun;  Jing, Xiaofei;  Gao, Xue;  Zhu, Guangshan | 2013年25卷6619-  6624页 | 2013年12月3日 | 朱广山 | 元野 | 元野  孙福兴  张凤  任浩  郭明义  蔡锟  景晓飞  高雪  朱广山 | 46 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 否 | | 5 | Porous aromatic frameworks with anion-template-d pore apertures serving as polymeric sieves/  NATURE COMMUNICATIONS/  Yuan, Ye;  Sun, Fuxing;  Li, Lina;  Cui, Peng;  Zhu, Guangshan | 2014年  5卷  文献号4260 | 2014年6月25日 | 朱广山 | 元野 | 元野  孙福兴  李莉娜  崔鹏  朱广山 | 88 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 否 | | 6 | Targeted synthesis of a 2D ordered porous organic framework for drug release/  CHEMICAL COMMUNICATIONS/  Zhao, Huanyu;  Jin, Zhao;  Su, Hongmin; Jing, Xiaofei;  Sun, Fuxing;  Zhu, Guangshan | 2011年47卷6389-  6391页 | 2011年6月14日 | 朱广山 | 赵环宇 | 赵环宇金钊  苏红敏  景晓飞  孙福兴  朱广山 | 137 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 否 | | 7 | 3D Porous Crystalline Polyimide Covalent Organic Frameworks for Drug Delivery/JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY/  Fang, Qianrong; Wang, Junhua; Gu, Shuang; Kaspar, Robert B.;  Zhuang,  Zhongbin;  Zheng, Jie;  Guo, Hongxia; Qiu, Shilun;  Yan, Yushan | 2015年137卷8352-  8355页 | 2015年7月8日 | 裘式纶  Yan Yushan | 方千荣 | 方千荣  裘式纶 | 377 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 是 | | 8 | Three-Dimensional Covalent Organic Frameworks with Dual Linkages for Bifunctional Cascade Catalysis/JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY/  Li, Hui;  Pan, Qinying; Ma, Yunchao; Guan, Xinyu; Xue, Ming;  Fang, Qianrong;  Yan, Yushan; Valtchev, Valentin;  Qiu, Shilun | 2016年 138卷14783-  14788页 | 2016年11月9日 | 方千荣  裘式纶 | 李辉  泮琴英 | 李辉  泮琴英  马云超  管新宇  薛铭  方千荣  裘式纶 | 89 | SCI-E  SSCI  A&HCI  ESCI  CPCI-S  CPCI-SSH  BKCI-S  BKCI-SSH  CNKI | 是 | | 合 计 | | | | | | | 2136 |  |  | |
| 主要完成人 | 1.姓名：朱广山  排名：1  行政职务：院长  技术职称：教授  工作单位：东北师范大学  完成项目时所在单位：吉林大学  对本项目主要学术贡献：提出多孔芳香骨架的总体学术思想，提出总体研究方案，与合作者一起实施了研究方案。对《重要科学发现》1、2和3均做出创造性贡献，是第1篇代表性论文的共同通讯作者和第3、4、5和6篇代表性论文的通讯作者。  曾获国家科技奖励情况：  2008年度国家自然科学奖二等奖，“新型规则纳米孔材料的分子工程”，第二完成人，  证书编号：2008-Z-103-2-04-R02。  2.姓名：裘式纶  排名：2  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：吉林大学  完成项目时所在单位：吉林大学  对本项目主要学术贡献：在超高比表面多孔芳香骨架和晶态多孔有机骨架的研究方面做出重要贡献。对《重要科学发现》1和3做出重要贡献，是第1、7和8篇代表性论文的共同通讯作者，第2篇代表性论文的通讯作者。  曾获国家科技奖励情况：  1999年度国家自然科学三等奖，“新型微孔晶体合成与新合成路线开发研究”第六完成人，  证书编号：24-3-002-06  2008年度国家自然科学奖二等奖，“新型规则纳米孔材料的分子工程”，第一完成人，  证书编号：2008-Z-103-2-04-R01。  3.姓名：贲腾  排名：3  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：吉林大学  完成项目时所在单位：吉林大学  对本项目主要学术贡献：在超高比表面多孔芳香骨架的研究方面做出重要贡献。对《重要科学发现》1做出重要贡献，是第1和2篇代表性论文的第一作者。  曾获国家科技奖励情况：无  4.姓名：方千荣  排名：4  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：吉林大学  完成项目时所在单位：吉林大学  对本项目主要学术贡献：在晶态多孔有机骨架的研究方面做出重要贡献。对《重要科学发现》3做出重要贡献，是第7篇代表性论文的第一作者和第8篇代表性论文的共同通讯作者。  曾获国家科技奖励情况：  2008年度国家自然科学奖二等奖，“新型规则纳米孔材料的分子工程”，第五完成人，  证书编号：2008-Z-103-2-04-R05。  5.姓名：薛铭  排名：5  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：吉林大学  完成项目时所在单位：吉林大学  对本项目主要学术贡献：在晶态多孔有机骨架的研究方面做出一定贡献。对《重要科学发现》3做出一定贡献，是第8篇代表性论文的主要合作者。  曾获国家科技奖励情况：无 |
| 合作人关系说明 | 本人朱广山是本项目第一完成人，提出多孔芳香骨架的总体学术思想，提出总体研究方案，和合作者一起实施了研究方案。本人在2007-2011年期间和裘式纶教授以及贲腾教授开展关于多孔芳香骨架的合作研究。共同开发具有超高比表面积的多孔芳香骨架PAF-1，贲腾是第1篇代表性论文的第一作者，本人和裘式纶教授是第1篇代表性论文的共同通讯作者。此外，本人是第3、4、5和6篇代表性论文的唯一通讯作者。  吉林大学裘式纶教授是本项目第二完成人，在超高比表面多孔芳香骨架和晶态多孔有机骨架的研究方面做出重要贡献。他在2007-2011年期间和本人开展关于多孔芳香骨架的合作研究。共同开发具有超高比表面积的多孔芳香骨架PAF-1，他是第1篇代表性论文的共同通讯作者。此外，在代表性成果1基础之上，和贲腾教授共同完成第2篇代表性论文，是代表性论文2的通讯作者。他在2014-2016年期间和方千荣教授开展晶态多孔有机骨架的研究工作，他是代表性论文7的国内通讯作者（Prof. Yan Yushan是国外通讯作者），他和方千荣教授是代表性论文8的共同通讯作者。  吉林大学贲腾教授是本项目第三完成人，他在2008-2011年期间和本人以及裘式纶教授开展关于多孔芳香骨架材的合作研究。共同开发具有超高比表面积的多孔芳香骨架PAF-1，他是第1篇代表性论文的第一作者。此外，在代表性成果1基础之上，和裘式纶教授共同完成第2篇代表性论文，是第2篇代表性论文的第一作者。  吉林大学方千荣教授本项目第四完成人，他在2001–2007年期间在本人和裘式纶教授的共同指导下攻读博士，于2014年入职吉林大学。他在2014-2016年期间和裘式纶教授开展晶态多孔有机骨架的研究工作。他是第7篇代表性论文的第一作者和第8篇代表性论文的共同通讯作者。  吉林大学薛铭教授是本项目第五完成人，他在2003-2008年在本人和裘式纶教授的共同指导下攻读博士学位，于2008年入职吉林大学。他在2014-2016年期间和裘式纶教授以及方千荣教授开展晶态多孔有机骨架的研究工作。他是第8篇代表性论文的主要合作者。  **完成人合作关系情况汇总表**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 合作方式 | 合作者 | 合作时间 | 合作成果 | 证明  材料 | 备注 | | 1 | 论文合著 | 贲腾  裘式纶  朱广山 | 2008年9月-2009年12月 | Targeted Synthesis of a Porous Aromatic Framework with High Stability and Exceptionally High Surface Area | 代表性论文1 |  | | 2 | 论文合著 | 贲腾  裘式纶 | 2010年8月-2011年10月 | Gas Storage in Porous Aromatic Frameworks (PAFs) | 代表性论文2 |  | | 3 | 论文合著 | 朱广山 |  | Highly Efficient Enrichment of Volatile Iodine by Charged Porous Aromatic Frameworks with Three Sorption Sites | 代表性论文3 |  | | 4 | 论文合著 | 朱广山 |  | Targeted Synthesis of Porous Aromatic Frameworks and their Composites for Versatile, Facile, Efficacious, and Durable Antibacterial Polymer Coatings | 代表性论文4 |  | | 5 | 论文合著 | 朱广山 |  | Porous Aromatic Frameworks with Anion-templated Pore Apertures Serving as Polymeric Sieves | 代表性论文5 |  | | 6 | 论文合著 | 朱广山 |  | Targeted Synthesis of a 2D Ordered Porous Organic Framework for Drug Release | 代表性论文6 |  | | 7 | 论文合著 | 方千荣  裘式纶 | 2014年11月-2015年07月 | 3D Porous Crystalline Polyimide Covalent Organic Frameworks for Drug Delivery | 代表性论文7 |  | | 8 | 论文合著 | 薛铭  方千荣  裘式纶 | 2014年12月-2016年11月 | Three-Dimensional Covalent Organic Frameworks with Dual Linkages for Bifunctional Cascade Catalysis | 代表性论文8 |  | |