附件 2

学会评审组

自然资源科学技术奖推荐书

(科技进步奖)

(2022 年度)

一、成果基本情况

成果编号

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 成果  名称 | 名称 | | 新型矿物功能材料及在能源领域应用基础研究 | | | | | | |
| 公布名 | | 新型矿物功能材料及在能源领域应用基础研究 | | | | | | |
| 主要完成人 | | | 廖立兵、刘昊、吕国诚、梅乐夫、郭庆丰 | | | | | | |
| 主要完成单位 | | | 中国地质大学（北京） | | | | | | |
| 推荐单位  (盖章)  院士  (签字) | | | 中国地质学会地质教育研究分会 | | 成果名称可否公布 | | 是 | | |
| 密 级 | |  | | |
| 定 密 日 期 | |  | | |
| 保密期限(年) | |  | | |
| 定密审查机构 | |  | | |
| 学科分类  名称 | | 1 | 资源科学技术 | | | | 代码 | | 61050 |
| 2 | 矿物学 | | | | 代码 | | 1705021 |
| 3 | 无机非金属材料其他学科 | | | | 代码 | | 4304599 |
| 所属国民经济行业 | | | 科学研究、技术服务和地质勘查业 | | | | | | |
| 任 务 来 源 | | | 国家自然科学基金、部委计划 | | | | | | |
| 具体计划、基金名称、项目名称和编号： (不超过 300 字)   1. 天然磷灰石的发光机制及其功能化的研究，41172053，国家自然科学基金 2. 冰晶石结构上转换纳米晶的可控制备与发光机理研究，41672044，国家自然科学基金 3. 新型蒙脱石荧光传感材料的构建及其对苯酚高灵敏响应机制的基础研究，国家自然科学基金 4. 高性能无机保温材料制备技术研究及应用示范子课题，2017YFB0310702，国家重点研发计划课题 5. 三维石墨烯气凝胶/电镀硅柔性复合材料制备及其储锂性能研究，51502271，国家自然科学基金 | | | | | | | | | |
| 授权发明专利 (项) | | | | 11 | | 授权的其他知识产权 (项) | | 1 | |
| 项目起止时间 | | | | 起始： 2012年 1月 1 日 | | 完成： 2020 年 12 月 31 日 | | | |
| 推荐单位推荐等级 | | | | 一等奖 | | | | | |

二、推荐意见

(适用于推荐单位)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 推荐单位 | 中国地质学会地质教育研究分会 | | | |
| 通讯地址 | 北京市海淀区学院路29号 | | 通讯地址 | 北京市海淀区学院路29号 |
| 联 系 人 | 熊金玉 | | 联 系 电话 | 18201680769 |
| 电子邮箱 |  | | 传 真 |  |
| 推荐意见： (限 600 字)  本申报项目针对我国矿物资源应用基础研究薄弱的问题，围绕矿物材料结构－成分－性能构效关系，系统、深入地开展了矿物在发光、储能及节能领域的应用基础研究，取得了一系列重要科学认识和创新性成果，主要包括：（1）阐明了磷灰石结构对发光性能的影响机制，率先实现了磷灰石结构材料发光颜色调控以及高灵敏度温度测量；首次实现了多种新型冰晶石结构发光材料晶型、粒径、形貌的可控制备；揭示了黏土矿物抑制有机荧光小分子猝灭的机制，研发了一系列发光性能和热稳定性能优异的黏土矿物/有机荧光复合材料。（2）揭示了典型矿物晶体结构对储能特性的影响规律及机理，开发了制备天然矿物纳米电极材料的新方法；研发了具有国际上最高能量密度的水系流体电容器件。（3）揭示了以酸性喷出岩、高岭土等为主要原料制备的多孔地质聚合物的微结构－成分－物理性能关系，研发了一系列新型高性能无机保温材料，实现了难用资源的高效利用。以上研究为矿物资源在能源领域高值化应用提供了重要的理论基础和指导。在人才培养方面，建立了一支高水平研究队伍，团队骨干已成为矿物材料领域的知名和重要学者。  综上，本申报项目为推动矿物资源在能源领域的高值化利用作出了重要贡献，推动了相关行业的发展和进步，具有重大的经济社会效益。同意推荐本项目申报2022年度自然资源科学技术奖一等奖。 | | | | |
| 声明：本单位遵守《自然资源科学技术奖章程 (暂行) 》规定，承诺遵守评审工作纪律，所提供 的材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等 相关法律法规及侵犯他人知识产权的的情形。本单位承诺认真履行作为推荐单位的义务并承担相应的 责任。 | | | | |
| 法人代表签名： | | 推荐单位 (公章)  年 月 日 | | |

三、成果简介

(限 1 页，1200 字)

在当前严峻的国际能源形势以及我国“双碳”目标背景下，开展绿色、高效、节能的相关技术研究已成为当今科学研究及社会发展的重要议题。天然矿物具有种类多、成本低和环境友好等优势，但是由于应用基础研究薄弱，我国矿物资源以低端利用为主。针对以上问题，研究团队以“师法自然、应用自然、改造自然”思想为指导，以晶体化学/晶体物理学为基础，系统、深入地研究了矿物材料结构－成分－性能构效关系，开展了矿物在发光、储能及节能领域的应用基础研究。取得的主要创新成果如下：

（1）以天然矿物（磷灰石、冰晶石、黏土矿物）结构为基础，制备了一系列新型磷灰石结构下转换发光材料、冰晶石结构上转换发光材料和黏土/有机发光小分子复合发光材料，揭示了成分、结构与发光性能关系，实现了蓝-绿-红全光谱发射调控及白光发射且热稳定性处于国际领先水平，首次制备了一种具有高灵敏度温度响应的新型磷灰石结构发光材料。

（2）以水钠锰矿、辉钼矿、闪锌矿、辉锑矿等矿物为研究对象，揭示了矿物晶体结构对电化学储能特性的影响规律及机理，开发了制备基于天然矿物的纳米电极材料的新方法,制备了具有国际上最高能量密度的水系流体电容器。

（3）以珍珠岩、黑曜岩、松脂岩等酸性喷出岩和高岭土为主要原料，利用常温发泡法制备了系列多孔地质聚合物，查明了其微结构－成分－物理性能关系及机制，并首创一种低温热处理制备多级孔结构和简易除钠方法，有效提升了材料的保温性能并解决了该类保温材料耐久性差的难题，制备了一系列新型高性能无机保温材料。

在上述研究基础上，研究团队在国际能源领域顶级期刊Advanced Energy Materials（IF 29.698，Q1）、材料领域著名期刊Journal of Materials Chemistry C（IF 8.067，Q1）和建筑/能源领域著名期刊Energy and Building(IF 7.201，Q1)等发表学术论文80余篇，其中代表性论文8篇，累计SCI他引303次；出版专著1部、教材2部；获授权国家发明专利11项，实用新型专利1项。以上研究为矿物材料在能源领域高值化应用提供了理论基础和指导，极大地拓展了矿物材料的应用范围。相关研究受到澳大利亚斯威本科技大学可持续基础设施中心主任Jay G.Sanjayan教授、加拿大建筑科学研究主席、瑞尔森大学[Umberto Berardi](https://www.sciencedirect.com/author/35106606400/umberto-berardi)教授等国内外知名学者的正面引用和积极评价。研究团队骨干成为领域内知名和重要学者，其中廖立兵教授被推选为中国晶体学会副理事长，吕国诚教授被推选为中国矿物岩石地球化学学会矿物岩石材料专业委员会主任委员，刘昊教授被推选为中国材料研究学会青年工作委员会理事、中国矿物岩石地球化学学会矿物物理专业委员会委员，梅乐夫教授被推选为中国硅酸盐学会工艺岩石学分会理事、中国稀土学报(中、英文版)青年编委，同时为矿物相关行业培养青年才俊近百名。

五、客观评价

(限 2 页)

上述研究得到国内外同行的肯定和积极评价。关于磷灰石单组分三色白光LED荧光粉的研究（代表性论文1），相关成果发表后被《Journal of Materials Chemistry C》、《Dyes and Pigments》等期刊文章多次正面引用达160余次。例如，甘肃省光致无机发光材料行业技术中心主任、甘肃省光功能材料工程实验室主任、国家杰出青年基金获得者、兰州大学王育华教授在《Journal of Materials Chemistry C》（IF8.076，Q1）发表题为《Structure, photoluminescence and thermal properties of Ce3+, Mn2+ co-doped phosphosilicate Sr7La3[(PO4)2.5(SiO4)3(BO4)0.5](BO2) emission-tunable phosphor》文章指出：“研究发现[SiO4]4+可以取代[PO4]3-形成固溶体，如Ca5(PO4)2SiO4…，这种替代可以增加结构无序程度，进而影响了稀土离子掺杂中的晶体场和电子云延展效应，从而造成发光性能的多样性”。发光领域国际知名专家、韩国国立釜庆大学Jung Hyun Jeong教授在《Dyes and Pigments》（IF5.122，Q1）上发表的题为《Full-color tuning by controlling the substitution of cations in europium doped Sr8-xLa2+x(PO4)6-x(SiO4)xO2 phosphors》论文中评价：“磷灰石结构型化合物是一种实用的荧光粉载体，因其稳定性及结构可调性，在固态照明和显示工业中得到了广泛的应用…”。关于磷灰石氮氧硅酸盐荧光粉的研究（代表性论文2），相关成果发表后短时间被《Journal of Materials Chemistry C》、《Inorganic Chemistry Frontiers》等期刊文章多次正面引用。例如，甘肃省光致无机发光材料行业技术中心主任、甘肃省光功能材料工程实验室主任、国家杰出青年基金获得者、兰州大学王育华教授在《Journal of Materials Chemistry C》（IF8.076，Q1）发表《Enhancing stability of Eu2+ in La10-xSrx(Si6-xPxO22N2)O2 phosphors by the design of apatite structures with an ([Si/P][O/N]4) framework and tunable luminescence properties》文章评价：“Guo等人发展并制备了Lu10(Si6O22N2)O2材料，在这种结构中氮替换部分氧可以帮助二价铒在三价晶格点位稳定存在…”。关于冰晶石结构上转换发光材料的研究（代表性论文3），印度发光协会主席、那格浦尔大学Sanjay J. Dhoble教授发表在《Infrared Physics and Technology》(IF2.638，Q2)的综述论文《Upconversion in some fluoride crystal system –A review》多次大篇幅介绍我们的工作，例如：“Dan Yang等人发现在980 nm激发下，Er3+/Yb3+掺杂的K3ScF6具有强红光发射…,K3ScF6是一种潜在冰晶石基新型上转换发光基质材料，为实现预期应用提供了更大的可能性”。关于有机发光小分子-皂石复合发光材料的研究（代表性论文4），国际黏土学会副主席、黏土类国际著名刊物《Applied Clay Science》编委、《Clay Minerals》刊物主编、浙江工业大学周春晖教授发表在《Applied Clay Science》(IF5.907，Q1)的综述论文《Modification, hybridization and applications of saponite: An overview》评价该工作：在皂石层间域内负载染料分子，通过四面体层负电荷与染料分子的静电相互作用可有效抑制染料的团聚，还可以提高染料分子的荧光强度及寿命”。来自斯洛伐克科学院无机化学研究所Juraj Bujdák高级研究员在《Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews》(IF17.176，Q1)发表《The effects of layered nanoparticles and their properties on the molecular aggregation of organic dyes》评论到：“调整无机模板的电荷可导致染料组件的结构变化和荧光增强…。通过基底电荷调控吸附染料分子的荧光性能的思路也被研究过”。

矿物基电极材料相关研究受到同行的肯定和积极评价。关于埃洛石模板制备低维电极材料的研究（代表性论文5）短时间内被《Green Chemistry》、《Applied Clay Science》等知名期刊论文多次正面引用。例如，美国环境保护局国家风险管理研究实验室水系统部高级科学家、美国德克萨斯州萨姆-休斯顿州立大学教授Rajender S. Varma和利贝雷茨技术大学自然科学纳米材料部门科学主任Miroslav Černík教授发表在《Green Chemistry》(IF 11.034，Q1)的《Sustainable and safer nanoclay composites for multifaceted applications》指出：“…黏土矿物应用在超级电容器中提高其器件性能…”。关于尖晶石型锰酸锂锂离子型流体电容器的研究（代表性论文6）短时间内被《Chemical Society Reviews》、《Chemical Materials》等知名期刊论文多次正面引用。例如，国家杰出青年获得者、汤森路透“全球最具影响力的科研精英”获得者、英国皇家化学会会士、《Energy Materials》主编、复旦大学/南京工业大学吴宇平教授在《Chemical Society Reviews》（IF 60.615，Q1）的综述文章评价该工作，认为：“采用非对称装置非常有效地提高了流体电容器的能量密度。通过采用高性能的锂插层型电极材料和活性炭浆料电极，获得了具有最高能量密度的水系流体锂离子型电容器”。

矿物基保温材料相关研究得到国内外同行的广泛认可和积极评价。例如，关于珍珠岩尾矿的工作（代表性论文7）发表后，短时间内被发表在领域顶级刊物《Renewable and Sustainable Energy Reviews》、《Energy and Building》、《Construction and building materials》、《Journal of hazardous materials》等综述或学术论文正面引用数十次。例如，国际著名地聚合物材料研究专家、澳大利亚斯威本科技大学可持续基础设施中心主任、澳大利亚工程师协会会员、澳大利亚混凝土学会荣誉会员、《Concrete in Australia》主编Jay G.Sanjayan教授在《Renewable and Sustainable Energy Reviews》（IF 16.799，Q1）的研究论文《Comparative analysis of building insulation material properties and performance》评价该工作，认为：“Gao, Liu等人制备了一种新颖的珍珠岩基发泡多孔保温材料，…。这相对于其他无机材料，这种新型隔热材料质轻、低热导且机械强度相近”。关于多级孔保温材料的设计与制备研究（代表性论文8），加拿大建筑科学研究主席、《Canadian Acoustics》主编、《Journal of Building Engineering》副主编、加拿大瑞尔森大学[Umberto Berardi](https://www.sciencedirect.com/author/35106606400/umberto-berardi)教授在《Energy and Buildings》（IF 7.201，Q1）上发表综述文章《An overview of and introduction to current researches on super insulating materials for high-performance buildings》高度评价该工作，认为：“来自中国地质大学的Huan Gao及研究团队通过设计一种三级孔结构，提高了发泡珍珠岩保温材料的性能。这种不同种类的孔是通过热处理方式得到的，孔径可以小到微米尺度，有效抑制了空气热传导，使得这种材料将成为未来超级保温材料的重要候选者之一”。

八、主要知识产权和标准规范等目录 (不超过 10 件)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产 权(标准)  类别 | 知识产权  (标准) 具 体名称 | 国家 (地区) | 授权号 (标准 编号) | 授权(标  准发布) 日期 | 证书编号  (标准批 准发布  部门) | 权利人  (标准 起草  单位) | 发明人  (标准 起草  人) | 发明专利  (标准)有 效状态 |
| 发明 | 一种磷灰石型荧光粉材料及其制备方法 | 中国 | ZL20160603243.3 | 2018.3.27 | 2859783 | 中国地质大学（北京） | 梅乐夫、刘海坤、廖立兵、张园园 | 有效 |
| 发明 | 作为可调节发光的光泽精皂石复合材料及其制备方法和应用 | 中国 | 201410718575.7 | 2016.6.29 | 2131007 | 中国地质大学（北京） | 吕国诚、吴丽梅、刘梦、王丽娟、廖立兵 | 有效 |
| 发明 | 一种硫化物矿物基复合材料及其制备和应用 | 中国 | ZL202010060161.5 | 2022.9.6 | 5436100 | 中国地质大学（北京） | 廖立兵、刘昊、海韵、王硕男、梅乐夫、吕国诚 | 有效 |
| 发明 | 一种由珍珠岩粉常温发泡制备的新型无机保温板及其制备方法 | 中国 | ZL201810462020.9 | 2021.8.17 | 4617986 | 中国地质大学（北京） | 廖立兵、高欢、刘昊、梅乐夫、吕国诚 | 有效 |
| 发明 | 一种高稳定性多功能白磷钙石型荧光粉的制备及应用 | 中国 | Zl202110367103.1 | 2022.6.24 | 5260992 | 中国地质大学（北京） | 潘鑫、廖立兵、梅乐夫、郭庆丰 | 有效 |
| 发明 | 一种光泽精插层的有机/无机复合材料及其制备方法和应用 | 中国 | ZL2014107202999.8 | 2017.1.11 | 2342463 | 中国地质大学（北京） | 吕国诚、吴丽梅、刘梦、梅乐夫、廖立兵 | 有效 |
| 发明 | 一种松脂岩保温材料及其制备方法 | 中国 | ZL201811185784.4 | 2020.8.4 | 3921605 | 中国地质大学（北京） | 廖立兵、王泽杰、梅乐夫、刘昊、吕国诚、高欢、梁立明、黄丹蓝 | 有效 |
| 发明 | 一种以高岭土为骨料的新型轻质保温材料及其制备方法 | 中国 | ZL201910314177.1 | 2022.4.5 | 5051315 | 中国地质大学（北京） | 梅乐夫、高欢、张帆、张龙辉、廖立兵、刘昊 | 有效 |
| 发明 | 一种新型稀土掺杂的磷灰石结构吸波材料，制备方法及其应用 | 中国 | ZL201810317248.9 | 2021.6.15 | 4489927 | 中国地质大学（北京） | 梅乐夫、刘海坤、刘宁、廖立兵 | 有效 |
| 发明 | 一种有机改性海泡石的制备方法以及有机改性海泡石的应用 | 中国 | ZL201710265478.0 | 2019.12.24 | 3641813 | 中国地质大学（北京）、湘潭海泡石科技有限公司 | 廖立兵、龚志金、张泽朋、吕国诚、梅乐夫、欧阳东红、刘卫湘、谭建杰 | 有效 |