

陕西省自然科学奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

| | |
|--------|-----------------------|
| 项目名称 | 新型光电功能配合物的结构设计与性能调控 |
| 主要完成人 | 翟全国、王颖、袁文玉、张鹏、李淑妮、蒋育澄 |
| 主要完成单位 | 陕西师范大学 |

二、提名意见（适用于提各单位）

| | |
|--|--------|
| 提 名 者 | 陕西省教育厅 |
| 提名意见（不超过 600 字）： 成果“新型光电功能配合物的结构设计与性能调控”聚焦于解决如何分子水平上精准控制配合物结构实现特定光电性能调控这一关键科学问题，在光电功能配合物的设计合成和应用方面开展了系统而深入的研究工作。项目组立足于配位化学和晶体工程学基本原理，发展了离子热合成、协同结晶、孔道分区、晶格匹配等系列合成方法学策略，成功构筑了一系列具有优异光电响应和光电催化性能的新型配合物，为分子基晶态材料的开发和应用提供了新的设计思路和备选材料。5 篇代表性成果发表在 <i>Advanced Materials</i> (2 篇)、 <i>Angewandte Chemie International Edition</i> 、 <i>ACS Applied Material and Interfaces</i> 和 <i>Science China Materials</i> 等相关领域高水平期刊，被国内外顶级期刊正面引用和评价 600 余次，有效促进了配位化学、合成化学及超分子化学等学科的发展，对解决当下能源、环境和气候问题具有重要意义，将为我国实现“碳达峰、碳中和”目标和经济社会可持续发展贡献力量。同意提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。 | |
| 说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。项目组与提各单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目提交后，提名等级建议不得变更。 | |

三、项目简介

(限 2 页)

本项目属于无机化学学科中的配位化学领域。在国家自然科学基金项目(20801033, 21271123, 21901151)和陕西省自然科学基金项目(2010JQ2010, 2018JC-019)的资助下, 聚焦于如何在分子水平上精准控制配合物结构实现特定光电性能调控这一关键科学问题, 在光电功能配合物的设计合成和应用方面开展了系统而深入的研究工作。项目组立足于配位化学和晶体工程学基本原理, 发展了离子热合成、协同结晶、孔道分区、晶格匹配等系列合成方法学策略, 成功构筑了系列新型光电介质、光电传感和光电催化功能配合物材料, 为分子基晶态材料的开发和应用提供了新的设计思路和备选材料, 对解决当下能源、环境和气候问题具有重要意义, 将为我国实现“碳达峰、碳中和”目标和经济社会可持续发展贡献力量。主要科学发现和贡献如下:

一、针对高效非贵金属基电催化剂的可控设计合成这一能源环境领域的关键科学问题, 基于配位化学原理, 发展了自下而上的晶面匹配合成新策略, 构筑了系列新型配位聚合物基异质催化剂材料, 实现了催化剂的精准控制合成和性能定向调控; 以多金属双层氢氧化物为模板, 选择至少两个晶格方向成倍数匹配的配位聚合物结构, 通过晶格嫁接的方式, 可控配位构造系列配合物基异质纳米管催化剂, 实现了中孔尺寸、界面组成、生长取向的多重调控, 明晰了异质纳米管催化剂对电解水析氧性能增强的作用机理; 基于强螯合配位作用, 将单分散的贵金属位点锚定在异质结构, 可控构筑了系列具备优异全解水性能的配合物基异质纳米树催化剂, 实现了催化剂构效关系的精准调控, 获得了超高电催化水分解和二氧化碳还原性能。

二、针对光催化领域中光吸收范围窄、光生载流子分离难、催化活性低等难题, 基于配合物结构工程, 系统开展了分子结构调控、孔工程、金属调控及多尺度孔工程研究, 揭示了在光吸收、电荷转移、中间物种吸附中的影响机理; 证实了混金属在优化电子结构和调控反应路径中的重要作用; 揭示了金属配体合理设计在光激发、电子跃迁及转移中的关键作用; 阐明了连接方式及孔结构对传质动力学的重要影响; 基于气体选择性吸附和光催化活性的综合研究, 揭示了二者的“火山图”效应, 建立了气体吸附—催化转化的连续解决方案; 基于多策略耦合, 实现了光催化性能的巨大提升, 同时也为光催化污染物降解、光催化 CO_2 还原等应用提供了普适性材料设计方案。

三、针对如何在分子水平上精准合成光电介质功能配合物材料的关键科学问题, 系统发展了离子热合成新策略, 构筑了系列具有优异铁介电、非线性光学、离子导电、固态荧光和电磁功能的配合物材料; 运用咪唑类离子液体的分子不对称性, 实现了非心光电功能配合物的可控制备, 获得了首例离子液体诱导的具备铁电性能和超高介电常数的非心配合物材料, 并实现了中心对称与非心结构的可控转化; 基于离子热合成, 构筑了系列具备优异 NLO 效应的类钙钛矿非心无机-有机杂化配合物材料; 利用异核金属配位模式差异, 实现了系列非心配合物材料的可控合成及 NLO 效应调控等; 利用离子型溶剂的优异特性, 发展了新型卤氰合亚铜/银和铜/银铅卤氧化物三元/

四元光电配合物晶态材料体系；基于离子型溶剂的良好溶解能力，解决了卤氰亚铜/银盐在传统合成方法中的溶解难题，结合离子液体的模板效应和结构导向剂功能，首次构筑了系列从零维到三维的新型三元卤氰合亚铜/银和四元铜/银铅卤氧化物晶态材料；此外，采用过渡金属离子对自由基桥联配体的预组装作用，实现了稀土金属中心的强磁耦联和良好的氧化还原活性，通过在自由基桥联稀土单分子磁体体系中引入过渡金属离子，实现了优异的氧化还原活性，并通过化学还原方法分离提纯了其单电子还原产物。

四、针对如何在分子水平上精准设计合成高性能光电传感探针的关键科学问题，创造性将激发态分子内质子转移（ESIPT）机制与高效配位聚合物孔空间分区策略相结合，构建了系列具有优异光电响应功能的荧光探针；通过在有机配体中羧基邻位连续引入不同个数羟基官能团策略，首次在配位聚合物材料中实现了对 ESIPT 荧光效应的逐步调控，成功构建了对铝离子、氟离子、硝基化合物等有毒有害物质具有高选择性、低检测限、可视化和可重复使用的配合物荧光探针；发展了配位聚合物限域空间中多重氢键及其光学诱导的质子转移用于超级传感元件的新型分子识别过程，通过 ESIPT 信号转导和限域配位聚合物孔道协同作用实现了联氨分子的特异性识别；创建了基于配合物的新型光电双功能传感器，实现了对易挥发性有机物的高灵敏度检测；通过配合物中活性官能团的引入，实现了首例室温下对氨分子呈现快速、定量的电阻和荧光双模式传感；基于电阻传感模式，首次实现了配合物材料对丁醇同分异构体的区分鉴定；探索了配合物前驱体导向的介孔 In_2O_3 材料对甲醛的传感性能，获得了创纪录的电阻传感灵敏度数值等。

相关成果以学术论文形式发表在具有国际影响力的化学、晶体学和材料科学 SCI 源刊上，包括 *Advanced Materials*, 2021, 2006351（代表性论文 1，高被引，他引 227 次）；*Advanced Materials*, 2022, 2107488（代表性论文 2，高被引，他引 185 次）；*Angewandte Chemie International Edition*, 2023, 62, e202218540（代表性论文 3，他引 34 次）；*ACS Applied Material and Interfaces*, 2019, 11, 11338-11348（代表性论文 4，他引 179 次）；*Science China Materials*, 2023, 66, 2317-2328（代表性论文 5，他引 8 次）等。

项目团队基于配位合成化学，聚焦新型光电功能配合物晶体生长、结构设计和性能调控过程的研究，拓展了一系列光电功能配合物精准合成的新策略，指导设计了新型光电催化剂、铁介电、非线性光学（NLO）、固体荧光和光电传感性能的晶态功能材料。项目成果受到国内外学术界关注，被国内外知名学者引用并正面评价。项目完成人多次受邀在国际国内学术会议上做邀请报告，受邀担任 *Chinese Journal of Structural Chemistry*, *Advanced Powder Materials*, *Rare Metals* 编委/青年编委等学术职务。项目团队入选陕西高校青年创新团队，项目负责人入选教育部新世纪优秀人才、国家级青年人才（青年学者）、陕西省杰青和陕西省青年科技新星，项目成员获得陕西省青年人才托举项目支持。

四、客观评价

【限 2 页。围绕科学发现点的原创性、公认度和科学价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价内容要有客观依据，主要包括国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。】

“新型光电功能配合物的结构设计性能调控”项目相关成果以陕西师范大学为第一通讯单位发表在 *Advanced Materials*, *Angewandte Chemie International Edition*, *ACS Applied Material and Interfaces*, *Science China Materials*, *Chemical Communications*, *Inorganic Chemistry* 等本领域顶尖学术期刊上。5 篇代表性论文（包含两篇 ESI 高被引论文）的 WOS 核心合集他引次数为 633 次。

在 MOF 基异质催化剂可控构筑方面，里斯本大学 Kirillov 教授在其综述论文（*Coordination Chemistry Reviews*, 2025, 216256）中正面评价了团队在共轭 MOF 与多功能无机物异质生长机理中的工作意义，并且评价到“this strategy could generate fascinating hierarchical MOF/LDH structures”。在催化析氢性能以及其构效关系机制方面，Samad Sabbaghi 教授在综述（*Coordination Chemistry Reviews*, 2026, 217083）中评价“导电多孔 MOF/LDH 异质纳米管阵列被设计用于高效的水氧化。异质结构在高电流密度下表现出出色的活性和稳健的性能，证明了它们在实际水电解中的适用性”（代表性论文 1）。

在催化位点电子结构调控方面，中国科学技术大学江海龙教授在其综述（*Chemical Reviews*, 2025, 125, 2703-2792）中大篇幅引用并作为优秀催化案例评价，MOF 异质催化剂调节催化位点周围的几何结构，从而大幅增加了传质和底物的可及性，对其全解水性能有整体增强作用。德州大学陈邦林肯定了团队提出的界面工程对催化活性中心的调控机制（*Angewandte Chemie International Edition*, 2022, 134, e202214794）。中山大学李光琴，台湾大学 Chen HaoMing 教授肯定了团队提出的异质界面锚定贵金属活性中心机理，并作为优秀催化剂对比（*Angewandte Chemie International Edition*, 2023, 62, e202302220; *Journal of the American Chemical Society*, 2023, 145, 32, 17892–17901）。（代表性论文 2）

MOF 中金属电子结构的调控方面，佛罗伦萨大学的 Mauro Perfetti 在其综述中肯定了团队提出的预组装过渡金属离子，实现了四个稀土金属中心的强磁耦联和良好的氧化还原活性（*Coordination Chemistry Reviews*, 2023, 215213）。卡尔斯鲁厄理工学院的 Sagar Paul 教授，中国科学院张闯教授多次引用有关耦合 4f 金属对 MOF 金属中心电子进行强调控的机制（*Journal of the American Chemical Society*, 2024, 146, 18899-18904; *Angewandte Chemie International Edition*, 2024, 63, e202405873）。（代表性论文 3）。

在结合 d^{10} 金属卤化物和多氮唑的配位化学，实现配合物材料晶体结构和荧光性能的精准控制方面，团队提出的“基于激发态分子内质子转移（ESIPT）探针”研究

方法和机理研究结果被多名学者采纳。中山大学苏成勇教授在其综述中提到“具有较强光热稳定性、光谱响应特异性和优异光学性能的 ESIPT 诱导的 MOF 框架的构建是该领域发展的重要方向” (Accounts of Materials Research, 2023, 4, 939-952)。牛津大学谭晋崇教授在其综述中大量引用本机制, 并评价道“ESIPT 过程的效率以及互变异构性将直接受到周围环境的影响, 因此这些 MOF 材料在检测许多化合物方面表现出优异的能力” (Chemical Reviews, 2022, 122, 10438-10483)。此外, 南开大学尹学博教授, 阿里格尔穆斯林大学 Mohd Khalid 教授等均在其综述中正面评价了团队该工作的重要意义 (Accounts of Materials Research, 2020, 53, 485-495; Coordination Chemistry Reviews, 2023, 474, 214859)。(代表性论文 4)。

安徽工业大学安徽省杰青楚化强等在综述论文中描述 (Renew. Sust. Energ. Rev. 2024, 190, 114086): “COOH^{*}的解离还会产生 CO^{*}, 当 CO^{*}与催化剂表面结合较弱, CO 逸出形成产物。翟等人报道并提出了详细机理过程。在 Pd/MOF 表面, CO₂ 倾向于被解离的 H^{*}氢化成 COOH^{*}, 随后 CO^{*}生成并从脱附。” (代表性论文 5)

五、代表性论文专著目录

(不超过 8 条。其中代表性论文不超过 5 篇, 代表性专著不超过 3 部, 应公开发表 2 年以上, 即 2023 年 8 月 1 日前)

| 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 | 知识 产权 是否 归国 内所 有 |
|----|--|--------------------|--|---------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|---|-----------------------|-----------|---------------------------------|
| 1 | Lattice matching growth of conductive hierarchical porous MOF/LDH heteronanotube arrays for highly efficient water oxidation | Advanced Materials | Ying Wang, Liting Yan, Kamran Dastafkan, Chuan Zhao*, Xuebo Zhao, Yingying Xue, Jiamin Huo, Shuni Li, Quanguo Zhai* | 2021, 2006351 | 2020 年 11 月 21 日 | Chuan Zhao, Quanguo Zhai | Ying Wang | 王颖, 闫理停, 赵学波, 薛颖颖, 霍嘉敏, 李淑妮, 翟全国 | 227 | SCI-E | |
| 2 | Competitive coordination-oriented monodispersed ruthenium sites in conductive MOF/LDH heteronanotree catalysts for efficient overall splitting in alkaline media | Advanced Materials | Ying Wang, Shuo Wang, Ze-Lin Ma, Li-Ting Yan, Xue-Bo Zhao, Ying-Ying Xue, Jia-Min Huo, Xiao Yuan, Shu-Ni Li, Quanguo Zhai* | 2022, 2107488 | 2021 年 12 月 24 日 | Quanguo Zhai | Ying Wang | 王颖, 王硕, 马泽林, 闫理停, 赵学波, 薛颖颖, 霍嘉敏, 袁潇, 李淑妮, 翟全国 | 185 | SCI-E | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|-----------------------|------------------|---|--------------|--|-----|-------|--|
| 3 | Radical-bridged heterometallic single-molecule magnets incorporating four lanthanoceniums | Angewandte Chemie International Edition | Peng Zhang* , Qian-Cheng Luo , Zhenhua Zhu, Wanrong He, Nan Song, Juntao Lv, Xuning Wang, Quan-Guo Zhai*, Yan-Zhen Zheng* , Jinkui Tang* | 2023, 62, e202218 540 | 2023 年 01 月 29 日 | Peng Zhang, Quan-Guo Zhai, Yan-Zhen Zheng , Jinkui Tang | Peng Zhang | 张鹏, 罗前程, 朱振华, 贺婉蓉, 宋楠, 吕俊霆, 王旭宁, 翟全国, 郑彦臻, 唐金魁 | 34 | SCI-E | |
| 4 | Highly selective and sensitive turn-off-on fluorescent probes for sensing Al ³⁺ ions designed by regulating the ESIPT process in metal-organic | ACS Applied Material and Interfaces | Yong-Peng Li , Xiao-Han Zhu , Shu-Ni Li , Yu-Cheng Jiang , Man-Cheng Hu , Quan-Guo Zhai* | 2019, 11, 11338-11348 | 2019 年 03 月 05 日 | Quan-Guo Zhai | Yong-Peng Li | 李永鹏, 祝晓涵, 李淑妮, 蒋育澄, 胡满成, 翟全国 | 179 | SCI-E | |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|-------------------------|--|---------------------|------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----|-------|--|
| 5 | Ultrafine Pd nanoparticles anchored on hierarchically porous titanium-based MOFs for superior photothermal CO ₂ reduction | Science China Materials | Hong-Juan Lv, Qadeer Ul Hassan, Shu-Cong Fan, Ying Wang, Yurong An, Gang-Qiang Zhu, Yu-Cheng Jiang, Wen-Yu Yuan*, Quan-Guo Zhai* | 2023, 66, 2317-2328 | 2022 年 12 月 30 日 | Wen-Yu Yuan, Quan-Guo Zhai | Hong-Juan Lv (吕红娟) | 吕虹娟, 范书聪, 王颖, 安玉蓉, 朱刚强, 蒋育澄, 袁文玉, 翟全国 | 8 | SCI-E | |
| 合 计 | | | | | | | | | 633 | | |
| 补充说明（视情填写）：无 | | | | | | | | | | | |

六、主要完成人情况表

| | | | |
|--|--------|------|--------|
| 姓 名 | 翟全国 | 排 名 | 1 |
| 行政职务 | 副院长 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 陕西师范大学 | 完成单位 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目负责人，负责实施方案的设计与制定、主持科研基金项目的汇报、阶段性成果报告。发展了光电功能配合物精准合成新策略，阐明了配合物结构单元对光电性能的影响机制；揭示了配位聚合物异质结界面构筑新策略；基于配位化学基础，提出了原子尺度下光电功能晶态多孔材料设计方法。为代表性论文 1-5 的通讯作者。</p> | | | |

| | | | |
|---|--------|------|--------|
| 姓 名 | 王颖 | 排 名 | 2 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 副研究员 |
| 工作单位 | 陕西师范大学 | 完成单位 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>设计构筑了系列配合物异质催化剂，研究了自发构筑异质纳米结构中异质界面的属性、组成和配合物生长取向对催化增强的作用机理，实现了电催化剂性能的显著提升。为代表性论文 1-2 的第一作者。</p> | | | |

| | | | |
|--|--------|------|--------|
| 姓 名 | 袁文玉 | 排 名 | 3 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 副研究员 |
| 工作单位 | 陕西师范大学 | 完成单位 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>设计构筑了系列多级孔配位聚合物基催化剂，阐明了孔结构及异质结结构对光催化中的吸附、传质、催化动力学过程的影响机制，为解决光催化中光吸收、载流子分离和催化活性等难题提出了晶态多孔材料的多尺度协同设计方案，实现了光催化 CO_2 还原性能的显著提升。为代表性论文 5 的通讯作者。</p> | | | |

| | | | |
|---|--------|------|--------|
| 姓 名 | 张鹏 | 排 名 | 4 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 副研究员 |
| 工作单位 | 陕西师范大学 | 完成单位 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>设计构筑了系列过渡金属的预组装体系，阐明了自由基对金属中心的调控机制，实现了体系氧化还原活性和强磁偶联性质的极大提升，并且通过化学还原方法进一步分离提纯了其单电子还原产物，为代表性论文 2 的通讯作者。</p> | | | |

| | | | |
|--|--------|------|--------|
| 姓 名 | 李淑妮 | 排 名 | 5 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 陕西师范大学 | 完成单位 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>设计开发了系列高性能配合物荧光探针，基于配体工程，揭示了其内在电荷及质子转移机制，实现了对常见金属离子(Al^{3+})的快速灵敏荧光检测；参与了系列配位聚合物基异质催化剂的设计开发。为代表性论文 4 的通讯作者，代表性论文 1 和 2 的参与作者。</p> | | | |

| | | | |
|--|--------|------|--------|
| 姓 名 | 蒋育澄 | 排 名 | 6 |
| 行政职务 | 无 | 技术职称 | 教授 |
| 工作单位 | 陕西师范大学 | 完成单位 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>参与设计开发了系列高性能配合物荧光探针，实现了对有害物质的快速灵敏荧光检测；参与了系列配合物基异质催化剂的设计开发和性能调控。为代表性论文 4 和 5 的参与作者。</p> | | | |

七、主要完成单位情况表

| | |
|--|--------|
| 单位名称 | 陕西师范大学 |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>陕西师范大学为本项目的研究与实施工作提供了充分的人力、物力和财力支持，保证了项目成果的顺利完成。具体体现在以下三个方面：</p> <p>（1）支持配位合成化学研究团队建设，切实开展了光电功能配合物的设计合成和性能调控相关研究；</p> <p>（2）为本项目提供了必要的办公条件、试验场所、仪器设备和图书资料，全方位保障项目研究工作的顺利开展；</p> <p>（3）学校具有设备先进、管理规范实验室，具备各种实验条件，为本项目的顺利实施提供了有效的硬件保障。</p> | |

八、完成人合作关系说明

王颖、李淑妮和翟全国合作完成代表性论文 1 和 2，张鹏和翟全国合作完成代表性论文，李淑妮、蒋育澄和翟全国合作完成代表性论文 4，王颖、蒋育澄、袁文玉和翟全国合作完成代表性论文 5，翟全国、李淑妮和蒋育澄合成完成陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖 1 项。

| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
|----|------|-----------------------------|-------------------|---|---------|
| 1 | 论文合著 | 王颖(2); 李淑妮(5); 翟全国(1) | 201809- 202012 | Lattice Matching of Growth of Conductive Hierarchical Porous MOF/LDH Heteronanotube Arrays for Highly Efficient Water Oxidation, Adv. Mater., 2021, 33, 2006351 | 代表性论文 1 |

| | | | | | |
|---|------|--|-------------------|---|---------|
| 2 | 论文合著 | 王颖(2); 李淑妮(5); 翟全国(1) | 201906- 202203 | Competitive Coordination- Oriented Monodispersed Ruthenium Sites in Conductive MOF/LDH HeteroNanotree Catalysts for Efficient Overall Water Splitting in Alkaline Media, Adv. Mater., 2022, 34, 2107488. | 代表性论文 2 |
| 3 | 论文合著 | 张鹏(4); 翟全国(1) | 202012- 202302 | Radical-Bridged Heterometallic Single-Molecule Magnets Incorporating Four Lanthanoceniums, Angew. Chem. Int. Ed., 2023, 62, e202218540. | 代表性论文 3 |
| 4 | 论文合著 | 李淑妮(5); 蒋育澄(6); 翟全国(1) | 201709- 201905 | Highly Selective and Sensitive Turn- Off-On Fluorescent Probes for Sensing Al ³⁺ Ions Designed by Regulating the Excited-State Intramolecular Proton Transfer Process in Metal-Organic Frameworks, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2019, 11, 11338 | 代表性论文 4 |
| 5 | 论文合著 | 王颖(2); 蒋育澄(6); 袁文玉(3); 翟全国(1) | 202110- 202304 | Ultrafine Pd nanoparticles anchored on hierarchically porous | 代表性论文 5 |

| | | | | | |
|---|------|------------------------------|-------------------|---|--------|
| | | | | titaniumbased MOFs for superior photothermal CO ₂ reduction, Sci. China Mater., 2023, 66, 2317 | |
| 6 | 共同获奖 | 翟全国(1); 李淑妮(5); 蒋育澄(6) | 201301- 202004 | 新型光电功能配合物的结构设计与性能调控（陕西省高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖） | 奖励证明附件 |