

2025 年山西省自然科学奖提名项目公示材料

项目名称：非共轭发光聚合物的光物理机制、性能调控及应用

提名者：中北大学

提名意见：该项目围绕非共轭发光聚合物发光机理不清、性能调控规律缺乏及应用基础薄弱等国际前沿科学问题，长期开展系统深入研究，取得了一系列具有原创性的科学发现，建立了较为完整的非共轭发光聚合物流论体系与结构设计方法，为新型有机发光材料的发展提供了重要理论基础和技术支撑。项目提出“聚合诱导发光（PIE）”理论，突破了传统“ π 共轭结构决定发光”的经典认识，建立了“聚合过程—多级结构调控—发光行为”的统一理论框架，系统揭示了非共轭发光聚合物中发光来源及激发态演化规律，为非传统有机发光材料光物理机制研究提供了新的理论基础。

在此基础上，项目建立了非共轭发光聚合物的系统设计方法学，发展了二级结构调控、交联限域及侧链位阻等多尺度调控策略，实现了发光波长、发光效率及发光模式的精准调控，构建了系列单分子白光发射和长寿命室温磷光非共轭发光聚合物，为高性能有机发光材料的理性设计提供了新思路。同时，将发光体系推广至碳量子点等碳基发光结构，建立了从基础理论、材料设计、性能调控到功能应用的完整研究体系，拓展了非共轭发光理论的适用范围。

项目成果发表于 Journal of the American Chemical Society、Angewandte Chemie International Edition、Green Chemistry 等国际高水平学术期刊，受到国内外同行广泛关注与引用，对推动非共轭发光材料和碳基发光材料等领域的发展产生了重要学术影响，具有显著的原创性、系统性和国际影响力。

提名者认为，该项目科学发现突出，创新性强，学术价值高，符合山西省自然科学奖授奖条件，特提名申报山西省自然科学二等奖。

项目简介：本项目属于功能高分子材料研究领域，聚焦非共轭发光聚合物在新型光电功能材料中的基础科学问题与潜在应用。围绕非共轭

体系在缺乏传统共轭发色团条件下仍可实现高效发光这一核心科学现象，开展非共轭发光聚合物的分子结构设计、可控合成及其光物理过程调控机制研究，建立结构单元—分子结构—聚集态结构与激发态行为之间的构效关系。通过调控聚合物的多级结构构建了高效稳定的发光聚合物体系，并系统揭示其异常发光行为的微观起源与能量弛豫路径。相关研究为发展新型低成本、高稳定性、高性能有机发光材料提供了新的理论依据与材料设计策略。主要研究内容如下：

- 1) 在非共轭发光聚合物发光机理研究方面，针对非共轭体系发光来源不明确的关键科学问题，构建了系列具有不同官能团组成、链结构特征及聚集态构型的非共轭发光聚合物体系，系统研究了分子结构、聚集态结构与发光行为之间的内在关联。提出“聚合诱导发光”理论，揭示了生色团形成及激发态演化规律，阐明了非共轭体系异常发光的本质机制，建立了“分子结构—聚集态结构—发光性能”的理论框架；
- 2) 在非共轭发光聚合物性能调控研究方面，针对现有非共轭发光体系发光效率偏低、长波长发射困难以及结构设计缺乏指导规律等瓶颈问题，通过模型分子设计、结构调控（次级结构、拓扑结构、序列结构）及聚集态工程等策略，构建了多类高性能非共轭发光聚合物体系，实现了发光颜色与量子产率的协同调控。系统揭示了分子结构及聚集结构对能级调控和辐射跃迁过程的影响机制，建立了非共轭发光聚合物性能优化与结构设计方法学；
- 3) 在非共轭发光聚合物应用研究方面，针对光电器件、离子检测及生物成像等领域对新型发光材料的应用需求，构建了系列具有不同发光特性的非共轭发光聚合物体系，并系统开展了其在照明、荧光传感、生物成像等领域的应用研究，验证了非共轭发光聚合物在先进光电功能材料中的应用优势；进一步将非共轭发光聚合物推广至碳量子点体系，揭示了不同碳基发光材料统一的发光本质，建立了从发光机理、材料设计、性能调控到功能应用的完整研究体系。

客观评价：本项目在提供的 5 篇代表作中，均为 JCR 一区，总引用次数 480 次，其中入选 ESI 高被引论文 1 篇，单篇最高引用达 165 次，

引用主要发表在《Chemical Society Reviews》(IF=44.3)、《Progress in Polymer Science》(IF=32.8)、《Advanced Materials》(IF=29.1)、《Nature Communications》(IF=18.1)等国际知名期刊。5 篇代表性论文成果被国内外同行高度评价, 这些评价来自于新加坡国立大学刘斌院士、香港中文大学唐本忠院士、南京大学陈洪渊院士、清华大学陶磊研究员、英国杜伦大学 Martin R. Bryce 教授、国家杰青长江学者徐静娟教授、同济大学毛舜教授等。

代表论文:

- [1] Bin Liu, Bo Chu, Ya-Ling Wang, Zheng Chen, Xing-Hong Zhang, Crosslinking-Induced White Light Emission of Poly(Hydroxyurethane) Microspheres for White LEDs, *Advanced Optical Materials*, 2020, 8, 1902176
- [2] Bin Liu, Ya-Ling Wang, Wei Bai, Jun-Ting Xu, Zhi-Kang Xu, Ke Yang, Yong-Zhen Yang, Xing-Hong Zhang, Bin-Yang Du, Fluorescent Linear CO₂-Derived Poly(hydroxyurethane) for Cool White LED, *Journal of Materials Chemistry C*, 2017, 5, 4892
- [3] Bin Liu, Bo Chu, Ya-Ling Wang, Lan-Fang Hu, Shengliang Hu, Xing-Hong Zhang, Carbon dioxide derived carbonized polymer dots for multicolor light-emitting diodes, *Green Chemistry*, 2021, 23, 422
- [4] Bo Chu, Haoke Zhang, Kailuo Chen, Bin Liu, Qing-Lei Yu, Cheng-Jian Zhang, Jingzhi Sun, Qing Yang, Xing-Hong Zhang, Ben Zhong Tang, Aliphatic Polyesters with White-Light Clusteroluminescence, *Journal of the American Chemical Society*, 2022, 144, 15286–15294
- [5] Bo Chu, Haoke Zhang, Lanfang Hu, Bin Liu, Chengjian Zhang, Xinghong Zhang, Ben Zhong Tang, Altering Chain Flexibility of Aliphatic Polyesters for Yellow-Green Clusteroluminescence in 38% Quantum Yield, *Angewandte Chemie International Edition*, 2022, 61, e202114117

主要完成人情况:

第一完成人: 刘斌, 中北大学副教授, 是代表性论文 1, 2, 3 的第一作

者兼 1 和 3 的通讯作者，是代表性论文 4, 5 的第四作者。

第二完成人：张兴宏，浙江大学教授，是代表性论文 1, 2, 3, 4, 5 的通讯作者。

第三完成人：张浩可，浙江大学研究员，是代表性论文 4, 5 的共同第一作者。

第四完成人：储波，浙江大学博士研究生，是代表性论文 4, 5 的第一作者。

完成人合作关系说明：

项目“非共轭发光聚合物的光物理机制、性能调控及应用”的完成人为：刘斌，张兴宏，张浩可，储波。其中刘斌为中北大学教师，张兴宏和张浩可为浙江大学教师，储波为浙江大学博士研究生，项目完成人刘斌副教授与浙江大学张兴宏教授、张浩可研究员长期以来一直保持着学术交流与合作，是多篇论文的共同作者，团队成员共同完成该项目的相关工作。

知情同意证明：

代表性论文 1：第一作者和通讯作者：刘斌 (Bin Liu)，共同通讯作者：张兴宏 (Xing-Hong Zhang)；

代表性论文 2：第一作者：刘斌 (Bin Liu)，通讯作者：张兴宏 (Xing-Hong Zhang)；

代表性论文 3：第一作者和通讯作者：刘斌 (Bin Liu)，共同通讯作者：张兴宏 (Xing-Hong Zhang)；

代表性论文 4：第一作者：储波 (Bo Chu)，共同第一作者：张浩可 (Haoke Zhang)，通讯作者：张兴宏 (Xing-Hong Zhang)；

代表性论文 4：第一作者：储波 (Bo Chu)，共同第一作者：张浩可 (Haoke Zhang)，通讯作者：张兴宏 (Xing-Hong Zhang)。

上述人员知晓并同意上述代表性论文作为 2025 年度山西省自然科学二等奖“非共轭发光聚合物的光物理机制、性能调控及应用”项目的支撑材料。同意完成人及其排序：刘斌，张兴宏，张浩可，储波。