# 安徽省自然科学奖提名项目公示内容

# （2024年度）

**一、项目名称：荧光碳点的核-壳结构设计与生物功能调控**

**二、提名者及提名意见：**

提名者：安徽大学

**提名意见：**毕红教授团队长期从事碳点材料设计和生物功能化的研究工作。在国家自然科学基金委、安徽省科技厅等项目资助下，取得了“荧光碳点的核-壳结构设计与生物功能调控”原创性成果：围绕“部分-整体-协同”的碳点核-壳结构设计理念，构建了系列具备细胞器及生物大分子特异性靶向能力的碳点材料；在国际上首次提出氟/氮元素共掺杂策略调控碳点发光特性，将其发光波长拓展至近红外生物窗口；创新性地发展了核-壳协同作用机制，拓展了多功能碳点材料在活体成像、RNA动态可视化及肿瘤光动力治疗等方面的应用。团队5篇代表性论文累计他引585次，其中4篇入选高被引论文，分别发表于《先进材料》、《德国应用化学》、《中国化学快报》等国内外高影响力期刊，并被Carbontech Magazine、科技日报等知名科技媒体多次作为亮点报道和转载。该项目所产生的科研成果在领域内权威期刊如Nat. Nanotech.、Chem. Rev.和Angew. Chem.等上获得多次正面评价，提出的碳点核-壳协同设计理念被同行采纳并跟踪研究40余次。第一完成人在项目期内（2018年1月-2024年4月）培养省级优秀研究生10余人，发表41篇相关论文，被正面他引2000余次，其中被引50次以上的论文10余篇。我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，符合申报条件及填写要求。同意提名2024年度安徽省自然科学奖。

**三、项目简介：**

**本项目属于碳素材料与超硬材料领域。**

碳点作为一类新型碳基纳米材料，凭借其独特的光学特性、优异生物相容性及良好水溶性等优势，在生物医学领域展现出显著应用潜力。​然而，当前碳点材料的设计和功能化与生物医学应用的核心需求缺乏深度融合，在精准生物靶向、光学生物窗口拓展及生物多功能协同等关键挑战上亟待突破。本项目聚焦碳点的碳核与表面结构两大核心要素，发展了“部分（碳核/表面态独立调控）-整体（核壳结构一体化）-协同（核-壳功能耦合）”的递进式设计理念，系统阐明了核-壳相互作用对碳点光学性质与生物功能的调控机制，成功构筑了一系列具备特异性靶向、近红外光响应及多模态协同的生物功能化碳点材料。主要发现如下：

（1）针对碳点与生物靶标特异性结合能力不足，导致富集效率低、背景干扰强的问题，团队从源头分子设计出发，在碳点表面引入特异性识别基元，结合电荷和亲疏水性的精细调控，构筑了系列对细胞器和生物大分子具有精准靶向能力的碳点材料。该部分工作开创了基于壳层分子设计的碳点生物靶向功能化新途径，揭示了前驱体在碳点形成过程中的结构演化机制，首次实现了RNA靶向碳点对胞内应激颗粒的动态成像，体现该发现点的代表作1、2、5被引用313次。

（2）针对碳点近红外生物窗口响应能力弱，难以实现对深层组织和活体成像的挑战，团队从核-壳结构一体化设计出发，创新性地提出了氟/氮元素共掺杂策略，通过在表面引入电子给/受体基团与碳核构筑D-π-A共轭域，将碳点的光吸收/发射范围从传统紫外-可见光区拓展到深红乃至近红外生物窗口。该工作发展了基于核-壳结构整体设计的碳点光学生物功能化新方法，揭示了核-壳电荷转移对能级结构的调控机制，实现了碳点材料的多光子吸收及活体成像，体现该发现点的代表作1、2、3被引用478次。

（3）针对当前碳点材料生物功能单一，难以满足复杂场景多功能需求的问题，团队创新性的提出了碳点的核-壳功能协同策略，揭示了核-壳结构中碳核和表面态的相互作用机制，阐明了该机制对碳点发光特性、活性氧产生效率等光物理/化学性质的调控规律，构建了具有多模态成像和治疗功能的碳点生物材料，体现该发现点的代表作4、5已被引用107次。

上述研究成果受到来自国内外同行的广泛关注，第一完成人在项目期内培养省级优秀研究生10余人，发表41篇相关论文，共计被正面他引2000余次，被引50次以上的论文10余篇。其中，团队首次提出的氟/氮共掺杂策略调控碳点光学性质的研究思路被同行采纳并跟踪研究40余次，首次合成的RNA靶向碳点被多家科技媒体广泛报道和转载，产生了较高的学术影响。

**四、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 | RNA-Targeting Carbon Dots for Live-Cell Imaging of Granule Dynamics/Advanced Materials/ Lei Jiang, Hao Cai, Wanwan Zhou, Zijian Li, Liang Zhang, Hong Bi | 2023年35卷2210776页 | 2023-01-16 | Zijian Li, Liang Zhang, Hong Bi | Lei Jiang | 蒋磊、蔡皓、周婉婉、李子健、张亮、毕红 | 96 | Web of Science | 否 |
| 2 | UV–Vis–NIR Full-Range Responsive Carbon Dots with Large Multiphoton Absorption Cross Sections and Deep Red Fluorescence at Nucleoli and In Vivo/Small/Lei Jiang, Haizhen Ding, Mingsheng Xu, Xiaolong Hu, Shengli Li, Mingzhu Zhang, Qiong Zhang, Qiyang Wang, Siyu Lu, Yupeng Tian, Hong Bi | 2020年16卷2000680页 | 2020-04-13 | Siyu Lu, Yupeng Tian, Hong Bi | Lei Jiang, Haizhen Ding | 蒋磊、丁海贞、徐明生、胡孝龙、李胜利、张明珠、张琼、王其洋、卢思宇、田玉鹏、毕红 | 195 | Web of Science | 否 |
| 3 | Photoactivated Fluorescence Enhancement in F,N-Doped Carbon Dots with Piezochromic Behavior/Angewandte Chemie International Edition/ Lei Jiang, Haizhen Ding, Siyu Lu, Ting Geng, Guanjun Xiao, Bo Zou, Hong Bi | 2020年59卷9986页 | 2019-11-19 | Siyu Lu, Guanjun Xiao, Hong Bi | Lei Jiang, Haizhen Ding | 蒋磊、丁海贞、卢思宇、耿婷、肖冠军、邹勃、毕红 | 187 | Web of Science | 否 |
| 4 | Copper-Doped Carbon Dots for Optical Bioimaging and Photodynamic Therapy/Inorganic Chemistry/ Jingmin Wang, Mingsheng Xu, Dong Wang, Zhenzhen Li, Fernando Lucas Primo, Antonio Claudio Tedesco, Hong Bi | 2019年58卷13394页 | 2019-10-24 | Hong Bi | Jingming Wang | 汪静敏、徐明生、王冬、李真真、毕红 | 85 | Web of Science | 是 |
| 5 | Lysosome-targeted carbon dots with a light-controlled nitric oxide releasing property for enhanced photodynamic therapy/Chinese Chemical Letters/Hao Cai, Xiaoyan Wu, Lei Jiang, Feng Yu, Yuxiang Yang,Yan Li, Xian Zhang, Jian Liu, Zijian Li, Hong Bi | 2024年35卷108946页 | 2024-03-08 | Zijian Li, Hong Bi | Hao Cai, Xiaoyan Wu | 蔡皓、吴晓妍、俞凤、杨宇翔、李燕、张弦、刘健、李子健、毕红 | 22 | Web of Science | 否 |

**五、主要完成人：毕红、李子健、蒋磊、汪静敏、蔡皓**

**六、主要完成单位：安徽大学**