

生物医用纳米材料的创制与应用

魏炜^{1*}, 李舟^{2*}, 陈春英^{3*}

1. 中国科学院过程工程研究所, 生物药制备与递送全国重点实验室, 北京 100190

2. 清华大学生物医学工程学院/北京清华长庚医院, 北京 100084

3. 国家纳米科学中心, 纳米生物效应与安全性实验室, 北京 100190

* 联系人, E-mail: weiwei@ipe.ac.cn; li_zhou@tsinghua.edu.cn; chenchy@nanoctr.cn

Development and application of biomedical nanomaterials

Wei Wei^{1*}, Zhou Li^{2*} & Chunying Chen^{3*}

¹ State Key Laboratory of Biopharmaceutical Preparation and Delivery, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

² School of Biomedical Engineering, Tsinghua University/Tsinghua Changgung Hospital, Beijing 100084, China

³ Key Laboratory for Biomedical Effects of Nanomaterials and Nanosafety, National Center for Nanoscience and Technology, Beijing 100190, China

* Corresponding authors, E-mail: weiwei@ipe.ac.cn; li_zhou@tsinghua.edu.cn; chenchy@nanoctr.cn

doi: [10.1360/CSB-2025-5221](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-5221)



魏炜

中国科学院过程工程研究所研究员, 生物药制备与递送全国重点实验室主任, 国家重点研发计划首席科学家, 中国科学院战略性先导科技专项首席科学家。研究领域聚焦于可转化的创新剂型工程。获亚洲杰出科研工作者和工程师奖、中源协和生命医学创新突破奖、中国颗粒学会自然科学奖一等奖等。

生物医用纳米材料的迅猛发展正为医药领域带来革命性变化, 并为精准医疗提供创新范式。生物医用纳米材料凭借其纳米尺寸、高比表面积、可修饰性及良好的生物相容性等独特性质, 已被广泛应用于药物递送、诊断成像、组织工程与疾病治疗等关键领域。在纳米科学、材料科学、化学、生物学、药学与临床医学等多学科交叉融合的驱动下, 无机纳米材料、有机纳米材料、复合纳米材料, 以及细胞膜衍生纳米囊泡等各类新型纳米材料不断涌现, 持续推动着生物医用纳米材料的创新发展与临床转化应用。

近年来, 科研工作者致力于靶向递送系统构建、智能响应材料开发、纳米-生物界面调控以及体内代谢机理探索等方面的研究, 发展了脂质体递送系统、纳米催化药物、生物再生材料、纳米探针以及外泌体药物等新型诊疗体系, 在靶向治疗、再生修复、医学诊断和免疫调控等领域取得了一系列突破性进展。为了集中展示我国在这一领域的研究成果, 进一步推动生物医用纳米材料的发展, 促进同行之间学术思想的碰撞, 《科学通报》组织出版“生物医用纳米材料”专题, 特邀领域内多位学者撰文, 涉及生物医用纳米材料的创制新理念及其在药物递送、诊断成像、再生修复及疾病治疗等领域应用的最新成果^[1~12]。

围绕新型生物医用纳米材料的创制, 陈雨课题组^[1]系统总结了二维碳化合物、氮化物和碳氮化合物及其衍生物在调节活性氧用于高效的抗氧化和促氧化疾病治疗方面的最新进展及应用范例, 并探讨了其在临床应用面临的挑战及应用前景; 姬晓元课题组^[3]综述了异质结纳米催化剂的作用机制、合成策略及其在生物检测、抗菌与肿瘤治疗中的最新进展, 并指出其在精准性、安全性及有效性方面

引用格式: 魏炜, 李舟, 陈春英. 生物医用纳米材料的创制与应用. 科学通报, 2025, 70: 3803–3805

Wei W, Li Z, Chen C. Development and application of biomedical nanomaterials (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 3803–3805, doi: [10.1360/CSB-2025-5221](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-5221)



李舟

清华大学/北京清华长庚医院双聘教授, 博士生导师. 主要从事新型电子医疗器件和生物材料的研究. 获北京市科学技术奖自然科学奖二等奖、科睿唯安“全球高被引科学家”等, 主持国家重点研发计划、北京市自然科学基金重点研究专题等基金项目. 担任国家中长期科技发展规划先进制造领域传感器方向战略研究组专家、“十四五”重点研发计划“智能传感器”专项指南编制组和总体组专家等.



陈春英

中国科学院院士, 发展中国家科学院院士, 国家纳米科学中心研究员、博士生导师. 长期从事生物体系纳米材料的分析化学及其生物医学应用研究, 建立了纳米颗粒生物体内行为的检测方法与机制, 发现了纳米颗粒体内命运的隐身效应、远端效应、生物可利用效应等关键化学生物学特性, 指导纳米疫苗佐剂与药物递送系统等应用研究. 目前担任 *ACS Nano* 执行主编以及 *National Science Review*、*Science Bulletin* 等多个期刊的编委.

亟待解决的关键问题; 牛德超课题组^[4]总结了单原子催化剂及其限域载体的类型以及催化性能调控机制, 列举了其在抗菌、抗肿瘤、抗炎及生物成像与传感等领域的进展及应用前景; 罗亮课题组^[5]探讨了聚二炔材料在拉曼成像中的可行性、缺陷及增效策略, 并介绍了其在生物传感、组织工程及药物递送领域的研究进展及应用潜力; 冯良珠课题组^[6]综述了碳酸钙基微纳材料的可控合成方法及其在响应性纳米探针、药物靶向递释、微环境调控等肿瘤诊疗领域的研究现状, 并探讨了其临床转化挑战. 在合成生物医用材料快速发展的同时, 天然生物医用纳米材料凭借其独特的生物特性也已成为研究热点之一. 在天然生物医用材料的改造与应用方面, 汪超课题组^[2]将天然细胞源性纳米颗粒分为动物源性、植物源性和微生物源性纳米颗粒三大类, 分别对其在疾病免疫治疗中的作用机制及应用潜力进行总结, 并对其临床转化挑战进行探讨; 李振华课题组^[7]详述了外泌体在医药领域的优势、工程化构建策略以及其在疾病诊治方面的最新进展, 并探讨了基于外泌体的纳米材料在临床转化中面临的挑战.

在生物医用纳米材料的创新应用方面, 饶浪课题组^[8]探讨了纳米技术辅助的病毒防治手段相较于传统方法的优势, 并列举了纳米技术在呼吸道病毒的预防、诊断及治疗中的最新进展; 崔文国课题组^[9]从临床视角详细讨论了再生医学材料在开放手术、微创手术、无创手术和智能穿戴再生四个方面的应用及机制, 并探讨了再生医学材料现阶段面临的挑战与转化前景; 江淦课题组^[10]系统总结了纳米药物的跨血脑屏障递送策略、脑内病灶或特定细胞亚群精准靶向递送策略以及脑内药物代谢途径, 并列举了代表性的脑靶向纳米递送体系的研究进展; 薛雪课题组^[11]重点评述了基于壳聚糖及其衍生物的纳米药物在代表性的脑部疾病治疗中的研究进展. 基因组学与生物技术的快速发展使基因编辑成为生物医学研究与疾病治疗的重要工具. 聚焦基因编辑系统的纳米递送, 平渊课题组^[12]详述了当前主流的基因编辑系统和纳米递送系统, 重点分析了不同纳米递送系统在基因编辑中的应用案例, 并探讨了纳米递送系统在基因编辑领域的发展和未来.

本专题能够为相关研究者提供有益的借鉴和启发, 促进生物医用纳米材料研究的进步, 推动纳米科学、材料科学、化学、生物学与临床医学等学科的深度交叉融合, 为精准医疗时代提供核心驱动力. 最后, 感谢所有作者、审稿人和编辑人员的辛勤工作与贡献.

参考文献

- 1 Jin J, Huang Y, Wu C, et al. MXene-based pancatalytic biomaterials for medical applications (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3806–3815 [金隽轶, 黄毅琦, 吴陈瑶, 等. MXene基泛催化生物材料的医学应用. *科学通报*, 2025, 70: 3806–3815]
- 2 Dai H, Wang C. Research progress of natural cell-derived nanoparticles in immunotherapy (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3816–3824 [戴华星, 汪超. 天然细胞源性纳米颗粒在免疫治疗中的研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 3816–3824]
- 3 Yuan X, Shi J, Ji X. Heterojunction nanocatalytic medicine (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3825–3842 [袁雪, 师嘉程, 姬晓元. 异质结纳米

- 催化医学. 科学通报, 2025, 70: 3825–3842]
- 4 Xu S, Yin S, Niu D. Confined carrier and regulatory mechanism of single-atom catalysts for biomedical applications (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3843–3859 [徐世宇, 尹思源, 牛德超. 生物医药用单原子催化剂的限域载体及其调控机制. 科学通报, 2025, 70: 3843–3859]
 - 5 Liu Y, Luo L. Recent research progress of polydiacetylene materials for biomedical applications (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3860–3873 [刘喻菲, 罗亮. 聚二炔材料在生物医学领域的研究进展. 科学通报, 2025, 70: 3860–3873]
 - 6 Gao J, Feng L. Calcium carbonate-based micro/nano-materials for innovative tumor theranostics (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3874–3888 [高炬鑫, 冯良珠. 碳酸钙基微纳材料与肿瘤创新诊疗. 科学通报, 2025, 70: 3874–3888]
 - 7 Pan Y, Li Z. Research progress and prospects of medical applications of nanomaterials based on exosomes (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3889–3908 [潘玉璇, 李振华. 基于外泌体纳米材料的医学研究进展与前景展望. 科学通报, 2025, 70: 3889–3908]
 - 8 Chen L, Hu X, Pan Y, et al. Research progress in emerging nanotechnologies for the prevention, diagnosis, and treatment of respiratory viruses (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3909–3918 [陈乐凡, 胡心瑶, 潘远伟, 等. 新兴纳米技术在呼吸道病毒防治中的研究进展. 科学通报, 2025, 70: 3909–3918]
 - 9 Tang Y, Cui W. Developments and opportunities in regenerative medicine materials (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3919–3945 [汤云开, 崔文国. 再生医学材料的发展和机遇. 科学通报, 2025, 70: 3919–3945]
 - 10 Li P, Chen Y, Gao X, et al. A review on brain-targeting nano-based drug delivery (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3946–3968 [李沛颖, 陈曜星, 高小玲, 等. 脑靶向纳米递药. 科学通报, 2025, 70: 3946–3968]
 - 11 Chen C, Qi Y, Xue X. Application of chitosan-based nano-drugs in the treatment of brain diseases (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3969–3982 [陈畅, 齐一琳, 薛雪. 基于壳聚糖的纳米药物在脑部疾病治疗中的应用. 科学通报, 2025, 70: 3969–3982]
 - 12 Zhang Y, Ping Y. Nanodelivery systems for gene editing drugs (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3983–3998 [张瑶, 平渊. 基因编辑药物的纳米递送系统. 科学通报, 2025, 70: 3983–3998]