**2025年度中国分析测试协会分析测试科学奖参与申报项目公示**

**一、项目名称：**

柔性传感器创制及其在水域环境中检测应用

**二、申报奖励等级：**

2025年度中国分析测试协会分析测试科学奖 一等奖

**三、项目简介：**

随着水域污染物日益复杂，现有柔性传感器在环境监测中的应用面临多重挑战。现有柔性传感器的核心识别元件精准度低，且长效稳定性不足，同时，识别元件与柔性传感器的融合效果差，且难以与水生动物的柔软体表适配，导致传感时空监测滞后。因此，提升柔性传感监测系统的精准度、稳定性和适配性是水域污染物检测的关键。本研究通过合成生物学对识别元件进行定制化改造，提升其选择性与稳定性，并将这些高效识别元件与柔性传感器系统深度融合。研制出新型柔性传感器材料，结合环境监测与水生物的应激响应，无损地实现水域环境的实时、连续监测。在水域环境检测领域取得的主要创新成果为：通过合成生物学改造水域污染物检测柔性传感器的识别元件，实现灵敏度提升2倍、最大输出提高6倍。通过优化三个功能模块，调节启动子和核糖体结合位点，有效减少模块衰减并提高系统稳定性，十代传代后仍能稳定运行，显著提升污染物精准检测和长期稳定性；基于微流控芯片，将水溶性膜受体系统与石墨烯晶体管阵列（GFETs）深度集成，实现多通道输入、高灵敏度和抗污染能力的仿生电子传感系统。平台的灵敏度提高了2倍，具有在复杂液体环境下依然稳定运行的优势，突破了传统传感器的应用瓶颈。提出基于发光铕离子水凝胶与卷积神经网络融合的“光-智能”柔性传感新方法，实现水环境中抗生素浓度分布的高精度识别（准确率>92%）与0.58 μg/L超低检测限下的时空可视化监测；构建PDA功能化EGaIn荧光探针，荧光增强8倍，实现Pb²⁺（10–100 μg/L）现场实时检测（LOD = 3 μg/L）；开发液态金属复合柔性传感平台，实现鱼类行为与应激状态的高灵敏、可贴合时空监测，突破传统水下传感器贴合性与稳定性瓶颈。本研究出版专著0部，发表论文44篇（其中SCI收录44篇），授权发明专利13项。研究成果在2家检测中心推广应用。

**四、主要完成人：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 单位 |
| 1 | 吴立冬 | 中国水产科学研究院 |
| 2 | 李敬 | 中国科学院长春应用化学研究所 |
| 3 | 唐鸿志 | 上海交通大学 |
| 4 | 耿利娜 | 北京理工大学 |
| 5 | 庆睿 | 上海交通大学 |
| 6 | 翟俊峰 | 中国科学院长春应用化学研究所 |
| 7 | 张妞 | 北京理工大学 |
| 8 | 李佩仪 | 中国水产科学研究院 |
| 9 | 穆迎春 | 中国水产科学研究院 |
| 10 | 彭超 | 中国科学院长春应用化学研究所 |

**五、主要完成单位：**

|  |  |
| --- | --- |
| 排名 | 单位 |
| 1 | 中国水产科学研究院 |
| 2 | 中国科学院长春应用化学研究所 |
| 3 | 上海交通大学 |
| 4 | 北京理工大学 |

**六、主要知识产权目录**

**1、10篇代表性论文**

* 1. Huan Liu, Lige Zhang, Weiwei Wang, Haiyang Hu, Xingyu Ouyang, Ping Xu, Hongzhi Tang. An Intelligent Synthetic Bacterium for Chronological Toxicant Detection, Biodegradation, and Its Subsequent Suicide, **Advanced Science**. 2023
  2. Rui Qing, Mantian Xue, Jiayuan Zhao, Lidong Wu, Andreas Breitwieser, Eva Smorodina, Thomas Schubert, Giovanni Azzellino, David Jin, Jing Kong, Tomás Palacios, Uwe B. Sleytr, Shuguang Zhang. Scalable biomimetic sensing system with membrane receptor dual-monolayer probe and graphene transistor arrays, **Science Advances**.2023
  3. Siyang He, Weiwei Wang, Weidong Wang, Haiyang Hu, Ping Xu, Hongzhi Tang.Microbial production of cis, cis-muconic acid from aromatic compounds in engineered Pseudomonas, **Synthetic and Systems Biotechnology**. 2023
  4. Lidong Wu, Yuanxin Li, Xueping Xiang, Haiyang Qin, Jinxue Zhao, Xuejing Zhai, Peiyi Li, Zhibo Li. Machine learning-enabled flexible luminescent sensor for non-destructive mapping antibiotics distribution on seafood, **Chemical Engineering Journal**. 2025.
  5. Yuanxin Li, Can Hu, Haiyang Qin, Jinxue Zhao, Xuejing Zhai, Peiyi Li, Zhibo Li, Jun Zhu & Lidong Wu. Polydopamine (PDA) Functionalized Eutectic Gallium–Indium (EGaIn) Nanoparticles as a Distortable Fluorescent Sensor for Pb2+ Detection**, Journal of Analysis and Testing**. 2024.
  6. Mengmeng Sun, Xueping Xiang, Haiyang Qin, Peiyi Li, Yuanxin Li, Jinxue Zhao, Xuejing Zhai, Lidong Wu. Polydopamine-triggered adhesive and conductive hydrogel for Morse code communication at polar environments, **Sensors and Actuators A: Physical**. 2023.
  7. Lu Shen, Lidong Wu, Wei Wei, Yi Yang, Michael J. MacLeod, Jintai Lin, Guodong Song, Junji Yuan, Ping Yang, Lin Wu, Mingwei Li, Minghao ZhuangMarine aquaculture can deliver 40% lower carbon footprints than freshwater aquaculture based on feed, energy and biogeochemical, **Nature Food**. 2024.
  8. Lidong Wu, Jinxue Zhao, Yuanxin Li, Haiyang Qin, Xuejing Zhai, Peiyi Li, Yang Li, Yingnan Liu, Ningyue Chen, Yuan Li. Biocompatible Protein/Liquid Metal Hydrogel-Enabled Wearable Electronics for Monitoring Marine Inhabitants’ Health, **Engineering**. 2025
  9. Mengmeng Sun, Peiyi Li, Haiyang Qin, Na Liu, Hude Ma, Zhilin Zhang, Junye Li, Baoyang Lu, Xiaofang Pan, Lidong Wu. Liquid metal/CNTs hydrogel-based transparent strain sensor for wireless health monitoring of aquatic animals, **Chemical Engineering Journal**. 2023.
  10. Bei Jing, Xinghai Wang, Jinxue Zhao, Xuejing Zhai, Wei Xia, Peiyi Li, Hongtao Lei, Lidong Wu. Phycocyanin/liquid metal hydrogel-based wearable electronics for monitoring physical stimulus-response behavior, **ACS Applied Engineering Materials**. 2025.

**2 、专利**

1. 2.1 一种纳米粒子、生物传感器及其制备方法，2025年5月23日授权，ZL202210524145.6；发明专利。
2. 一种传感器及其制备方法与应用，2025年1月21日授权，ZL202010338704.5；发明专利。
3. 磁性金属有机骨架复合材料、其制备方法及其应用，2024年7月2日授权，ZL202110566856.5；发明专利。
4. 磁性纳米复合材料及其制备方法、应用，2024年8月6日授权，ZL202010768548.6；发明专利。
5. 双网络水凝胶、双网络磁性水凝胶及其制备方法和应用，2024年3月15日授权，ZL202010921015.7；发明专利。
6. 用于葡萄糖在线监测的超灵敏苯硼酸水凝胶QCM传感器，2024年8月30日授权，ZL202210023152.8；发明专利。
7. 一种水凝胶复合材料及其制备方法和应用，2023年11月21日授权，ZL202211432178.4；发明专利。
8. 磁性复合材料在去除塑料碎片中的应用，2023年12月26日授权，ZL202210056303.X；
9. 一种酪氨酸酶修饰的黑磷及其在生物传感器中的应用，2020年6月11日授权，WO2020113362A1；国际发明专利。
10. 一种功能化黑磷/金复合材料及其应用，2020年6月11日授权，WO2020113361A1；国际发明专利。
11. 一种微塑料自动提取仪，2024年07月30日授权，ZL202322082807.1；发明专利。
12. Mesoporous Carbon Modified with Polyethylenimine Catalysis Bisphenol A in Organic Solvent，2020年3月12日授权，US20200080116A1；发明专利。
13. 一种多维微流控电泳芯片及检测装置,检测方法，耿利娜,邓玉林,陈辉,全宗良,赵小超,李永瑞,于世永，2019年7月11日授权，CN112354570B；发明专利。