

附件1

“海洋生物环境 DNA 技术方法优化与创新应用”

项目公示材料

一、项目名称：海洋生物环境 DNA 技术方法优化与创新应用

二、提名奖种：科学技术进步奖

三、提名单位：自然资源部第三海洋研究所

四、项目简介：

气候变化与人类活动影响持续扩大，海洋生物多样性丧失和渔业资源衰退均呈现加剧趋势，威胁着海洋生态系统的结构和功能以及渔业产出，急需对各生境的生物资源开展经常性监测和调查，区别于传统方法，项目组针对无破坏性且能快速监测的环境DNA技术，在河口、近岸、深远海、冷泉和极地等不同生境应用过程中进行了方法创新、优化和改进，并系统性开展了基于环境DNA技术的浮游生物、底栖生物、游泳动物和哺乳动物等各类生物多样性监测和渔业资源评估的应用。取得的系列创新成果如下：

1、创新研发了环境DNA和RNA收集、保存与固定装置，解决了传统滤膜法易污染、易降解、样品损耗大等技术瓶颈，大幅提升了样本的完整性和可靠性，为海洋生物多样性监测提供了突破性的技术支撑。成功构建了

覆盖河口、近岸、深远海、冷泉与极地等典型生境的多类群海洋生物比对参考数据库，为海洋生物多样性调查提供了本底数据库。

2、进一步优化和标准化了不同海洋生境条件下海洋环境DNA和RNA样本采集与保存方法，成功建立了适用于包含浮游生物、游泳动物、底栖生物以及鲸豚类等珍稀海洋生物在内的多生物类群环境DNA调查技术体系，成功突破传统方法在海洋生物多样性调查监测领域所存在的局限性，并降低对生境的破坏，推动海洋生物多样性调查进入“微创、高效、精准”的新阶段。

3、首次开发了经济鱼类、灾害生物及其天敌生物的特异性探针和引物，基于环境DNA的拷贝数与对应物种生物量关系构建了渔业资源量评估模型，开发了一套生态友好型的渔业资源定量评估技术体系，突破了传统方法的局限性，降低了海洋生物调查监测成本。

本项目通过对海洋生物环境DNA技术方法的优化与创新应用，提升了海洋生物多样性监测和渔业资源评估的综合效率。编制《海洋生物多样性监测规范 环境DNA宏条形码法》等2部标准、出版《南海有毒有害与危险海洋生物》等6部专著、获授权专利3项、软件著作权1项、发表论文75篇。项目核心技术得到自然资源部、生态环境部、农业农村部、教育部、中国科学院等部门10家单

位的应用，显著提升了生态系统监测的准确性，有效拓展了监测的覆盖范围，为及时了解生态系统动态提供了坚实的数据支撑，取得显著的生态和社会效益。

以丁德文院士为组长的成果评价专家组一致认为，该项目成果总体达到国际先进，其中开发特异性探针和引物进行经济鱼类环境DNA定量研究的成果达到国际领先水平。

五、主要完成单位：自然资源部第三海洋研究所、中国科学院海洋研究所、中国水产科学研究院南海水产研究所、华南农业大学、集美大学。

六、主要完成人及其贡献：

主要完成人	贡献
林龙山	主持多项海洋生物多样性调查工作，特别是在极地海洋生物多样性研究方面，创新性地应用环境DNA技术，系统调查了极地海域的鱼类群落结构，克服了传统调查方法在极端环境下的局限性。此外，参与针对南海珊瑚礁生态系统的保护需求，开发了长棘海星天敌鱼类霓虹雀鲷的特异性引物及探针，首次利用环境DNA技术实现了对该物种生物量的动态监测，为珊瑚礁生态修复和生物灾害防控提供了创新性解决方案。参与研发真鲷等经济鱼类的探针及特异性引物，量化环境DNA拷贝数与真鲷等渔业生物量之间的关系，建立渔业资源量评估模型，开发了一套生态友好型的渔业资源定量评估技术体系，突破了传统方法的局限性，同时降低了调查监测成本。
王芮	在本项目中承担了关键性现场采样工作，为环境DNA宏条形码技术在不同场景下的应用提供了重要支撑。在南极这一极端与复杂海域，开展了系统性环境DNA样本采集，克服了高寒、高压、强流等恶劣环境

	挑战，确保了样本的代表性与高质量。此外，分析了南极典型海域游泳动物、底层鱼类的多样性，为参考数据库的建立提供了数据基础。参与多类群海洋生物参考数据库的构建，特别是在底栖生物和游泳动物的多样性研究中提供了大量数据支持，完成了多类群海洋生物参考数据库的整合与优化，为物种鉴定和生物多样性评估提供了技术支持。
张辉	开发新型环境DNA和RNA收集装置，解决了传统滤膜法易污染、易降解、样品损耗大等技术瓶颈，大幅提升了样本的完整性和可靠性。构建了河口、近海、深远海、冷泉等典型生境的多类群海洋生物参考数据库。针对河口、近海、深远海、冷泉等不同生境，优化了水样环境DNA采集与保存方法，开创性地将此技术应用于多种典型海洋生态系统的生物多样性研究中，实现监测技术从传统调查到分子生态学的跨越。开发了黄金鲹的探针及特异性引物，运用环境DNA定量检测技术建立渔业资源量评估模型，突破了传统方法的局限性。通过量化环境DNA拷贝数与黄金鲹生物量之间的关系，形成了一套生态友好型的渔业资源定量评估技术体系，同时降低了调查监测成本。
李敏	建立了eDNA宏条形码与传统采样方法相结合的鱼类群落解析方法，对南海典型河口、近岸和深海的鱼类群落的时空差异进行了解析，表明eDNA宏条形码可作为一种重要的补充手段提升海洋鱼类群落的监测能力；构建基于eDNA技术的鱼类多样性多维评价方法，解析了南海北部陆架鱼类多样性时空变化特征，克服了传统方法在评估系统发育多样性方面的局限性；建立国内首个海洋鲸类的eDNA监测方案并应用于布氏鲸的亚种鉴定、食物背景信息调研和迁徙路线的监测，开展了涠洲岛布氏鲸种群的eDNA监测，拓展了对其分布范围的认知；开发了南海鲸类多样性eDNA检测引物，在西沙等海域成功检测到了多种鲸类，丰富了西沙海域的鲸类物种多样性信息。
李渊	研发真鲷、霓虹雀鲷等经济鱼类的探针及特异性引物，量化环境DNA拷贝数与真鲷、霓虹雀鲷等渔业生物量之间的关系，建立渔业资源量评估模型，开发了一套生态友好型的渔业资源定量评估技术体系，突破了传统方法的局限性，同时降低了调查监测成本。

	目前主导修订国家标准《海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查》。
邹柯姝	从水样采集量、过滤方法和提取方法上优化了海水体eDNA提取流程，构建了本地化的水体eDNA高效、高质量富集技术；使用真实和模拟的鱼类群落比较了三种生物信息学流程在eDNA宏条形码数据分析过程中的差异，遴选了鱼类群落eDNA宏条形码最优生物信息学解析方法；比较了环境DNA宏条形码技术与传统调查方法，应用于珠江八大入海口和河口滨海湿地的鱼类群落时空差异解析，表明了环境DNA宏条形码技术比传统渔业调查方法更灵敏高效，且同样适用于河口鱼类群落的时空分异格局分析。
张静	参与极地海洋生物多样性研究方面，创新性地应用环境DNA技术，系统调查了极地海域的鱼类群落结构，克服了传统调查方法在极端环境下的局限性。参与多类群海洋生物参考数据库的构建，特别是在底栖生物和游泳动物的多样性研究中提供了大量数据支撑，完成了多类群海洋生物参考数据库的整合与优化，为物种鉴定和生物多样性评估提供了技术支持。
李海	负责协调环境DNA技术基础方法的改进和优化、各典型海洋生态系统生物多样性的调查和监测、以及河口、海湾代表性海域渔业资源的评估分析等工作，挖掘了环境DNA技术在生物多样性保护、生态基线普查等方面的应用潜力，主持编制行业标准1项，主导了基于环境DNA宏条形码法的海洋生物多样性监测工作的标准化和规范化。

七、主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人))
发明专利	一种应用于河口环境DNA研究的水样采集和过滤装置	中国	ZL2020 1 0498889.6	华南农业大学；中国水产科学研究院南海水产研究所	邹柯姝；李敏；孙志伟。
实用新型专利	一种收集海水中环境DNA的装置	中国	ZL 2019 2 0125138.2	中国科学院海洋研究所	张辉；线微微

实用新型专利	一种采集、收集海水环境RNA的装置	中国	ZL 2023 2 0103616.6	中国科学院海洋研究所	张辉；李文琼；线微微
软件著作	危险海洋生物查询系统	中国	2023SR0217 170	自然资源部第三海洋研究所；北京海兰信数据科技股份有限公司	自然资源部第三海洋研究所；北京海兰信数据科技股份有限公司

八、代表性论文、专著目录

论文、著作名称	作者	刊物名称	刊登时间	被收录及他引用情况
First pelagic fish biodiversity assessment of Cosmonaut Sea based on environmental DNA	Liao, Y., Miao, X., Wang, R., Zhang, R., Li, H.*,& Lin, L.*.	Marine Environmental Research	2023-10-11	SCI / 他引频次7
Biodiversity exploration in autumn using environmental DNA in the South China sea.	Diao, C., Jia, H., Guo, S., Hou, G., Xian, W., & Zhang, H.*	Environmental Research	2021-11-01	SCI/ 他引频次21
A comparison of seasonal composition and structure of fish community between environmental DNA technology and gillnetting in the Pearl River Estuary, China.	Li, Z., Jiang, P., Wang, L., Liu, L., Li, M., & Zou, K.*	Ecological Indicators	2023-1-24	SCI/ 他引频次24
Application of environmental DNA technology in marine ranching-case study of Bailong Pearl Bay Demonstration area in Beibu Gulf	Jia, H., Ji, D., Zhang, L., Zhang, T., Xian, W., & Zhang, H.*	Ecological Indicators	2023-9-10	SCI/ 他引频次7
《南海有毒有害与危险海洋生物》	林龙山，李海，张静，李袁源，李渊等	海洋出版社	2024-11	专著/-