

2025 年度海南省科学技术奖提名公示内容

(适用于项目主要完成单位、主要完成人所在单位)

公示单位(公章):

填表日期: 2026 年 2 月 10 日

项目名称	面向深海的跨域多模态光通信技术与应用
提名奖项及等级	海南省科学技术进步奖“一等奖”
提名者	三亚市人民政府
项目简介(1200 字以内)	<p>空天地海一体化网络中的海洋信息传输技术,是近年来发展迅速的前沿研究领域。目前,潜器与水下传感器之间,以及通过浮标进行跨域数据中继传输时,面临带宽低、水下作业困难、传输时延高等问题。基于多模态光通信实现水下接入与数据跨域回传,是构建空天地海一体化通信体系的关键环节。针对这一国家重大需求,本项目在多个国家级相关项目支持下,开创性提出了光纤与无线光融合的新型通信体制,突破了多场景下海量数据高速交互的技术难题,取得了系列重要成果。主要科学发现与科学价值如下:</p> <p>1) 针对水体吸收与散射导致光信号衰减快、多径及非线性效应导致系统带宽受限等问题,提出了阵列光源合束与多像素单光子高效探测技术,并建立了基于变步长广义正交匹配追踪的稀疏 Volterra 序列模型,设计了非线性时频域均衡算法,显著提升了水下无线光通信性能。首次实现了 200m/500Mbps 这一国际领先的水下光通信技术指标,并联合中科院深海所多次在南海海域成功开展海试验证,有力支撑了深海所承担的中科院战略先导专项、深海考古等重要任务。</p> <p>2) 针对动态水体环境与跨介质传输引起的光链路稳定性差问题,建立了跨空水介质信道模型,提出了基于深度学习的动态光链路对准技术,有效抑制了气泡扰动引起的光信号衰减与光斑漂移,首次实现了 26m/5.5 Gbps 的跨域无线光通信,并联合中天海</p>

	<p>洋系统有限公司在南海海域成功开展海试验证，有力支撑了该公司海洋信息化相关产品在海南省的推广落地。</p> <p>3) 针对水下多模态（光纤/无线光）互联中信号基波损耗大、转换过程复杂等问题，提出了基于铟/镱共掺光纤放大器与级联周期极化铌酸锂的三次谐波产生与放大理论，优化了信号波长与谐波阶数匹配策略，分析了三次谐波产生的非线性效应，并提出非线性预补偿方法，实现了红外光信号经光纤远距离传输后向水下蓝绿光信号的高效全光转换，验证了高达 13.46 Gbps 的跨模态转换速率，解决了面向深海环境的多模态海量数据高速交互难题。在此基础上，联合中航光电科技股份有限公司开发了可与波导板或光电复合板直接耦合的非接触式光纤/无线光转换技术。为海南海洋环境、渔业经济、沿海灾害监测预警、近海生态建设等领域跨模态大容量数据传输起到关键支撑作用，为海洋信息化工程装备提供有力支撑。</p> <p>项目累计发表高水平学术论文 47 篇，获授权发明专利 24 项、实用新型专利 7 项，登记软件著作权 3 项，主编团体标准 1 项。相关成果已通过海南埃菲科技有限公司、中航光电科技股份有限公司、中天海洋系统有限公司等企业实现产业化应用，为多家海洋领域龙头企业的产业布局提供了关键技术支持，取得了显著的经济与社会效益，培养了一批高素质专业人才，有力推动了产业链整体发展。</p> <p>本项目经多名院士及行业权威专家联合鉴定，一致认为整体技术达到国际先进水平，部分关键技术居于国际领先地位，社会效益显著。</p>
<p>提名书 相关内容</p>	<p>代表性论文专著目录：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 论文 作者：Y Dai, X Chen, X Yang, Z Tong, Z Du, W Lyu, C Zhang, H Zhang, H Zou, Y Cheng, D Ma, J Zhao, Z Zhang, J Xu*；论文名称：200-m/500-Mbps underwater wireless optical communication system utilizing a sparse nonlinear equalizer with a variable step size generalized orthogonal matching pursuit；刊物：Optics Express；年卷页码：2021,29(20): 32228-32243；发表时间：2021.9；被引总次数：86 次。 2. 论文 作者：X Chen, X Yang, Z Tong, Y Dai, X Li, M Zhao, Z Zhang, J Zhao, J Xu*；论文名称：150 m/500 Mbps underwater

wireless optical communication enabled by sensitive detection and the combination of receiver-side partial response shaping and TCM technology; 刊物: Journal of Lightwave Technology; 年卷页码: 2021,39 (14): 4614-4621; 发表时间: 2021.5; 被引总次数: 65 次。

3. **论文** 作者: X. Chen, W. Lyu, Z. Zhang, J. Zhao, and J. Xu*; 论文名称: 56-m/3.31-Gbps underwater wireless optical communication employing Nyquist single carrier frequency domain equalization with noise prediction; 刊物: Optics Express; 年卷页码: 2020,28(16): 23784-23795; 发表时间: 2020.7; 被引总次数: 68 次。
4. **论文** 作者: Y. F. Chen, M.W. Kong, T. Ali, J.L. Wang, R. Sarwar, J. Han, C. Y. Guo. B. Sun, N. Deng and J. Xu*; 论文名称: 26 m/5.5 Gbps Air-water Optical Wireless Communication Based on an OFDM-modulated 520-nm Laser Diode; 刊物: Optics Express; 年卷页码: 2017,25:14760-14765; 发表时间: 2017.6; 被引总次数: 257 次。
5. **论文** 作者: Haiwu Zou, Chao Zhang, Zihao Du, Xiyin Wang, Haipeng Wang, Guangbin Song, Yufan Zhang, Hao Zhang, Yunhai Gao, Bo Wu, Shiming Gao, and Jing Xu*; 论文名称: Bridging optical fiber communication and underwater wireless optical communication via third harmonic generation; 刊物: Optics Express; 年卷页码: 2023,31(21):34034-34044; 发表时间: 2023.10; 被引总次数: 7 次。

主要知识产权和标准规范目录:

6. **发明专利** 应用于水下无线光通信系统的基于变步长广义正交匹配追踪算法的非线性均衡方法 (中国); 授权号: ZL202110905300.4; 授权日期: 2022-11-22; 证书编号: 5595044; 权利人: 浙江大学; 发明人: 徐敬、戴逸展、陈潇、杨兴启、童志坚、杜子豪、马东方、张泽君; 发明专利有效状态: 有效。
7. **发明专利** 一种水下光 Massive MIMO 通信系统收发失准下的 OSIC 检测方法 (中国); 授权号: ZL202211424958.4; 授权日期: 2025-08-29; 证书编号: 8205768; 权利人: 浙江大学; 发明人: 李燕龙、徐敬、张泽君; 发明专利有效状态: 有效。
8. **发明专利** 一种垂直底面发射的并行无线光模块 (中国); 授权号: ZL202011475055.X; 授权日期: 2022-07-29; 证书编号: 5342774; 权利人: 中航光电科技股份有限公司; 发明人: 陈学永、王刚、郭建设、张磊、郝佳佳、周鹏举; 发明专利有效状态: 有效。
9. **发明专利** 光纤连接装置 (中国); 授权号: ZL202111159388.6; 授权日期: 2023-03-07; 证书编号: 5766608; 权利人: 中天科技海缆股份有限公司, 中天海洋系统有限公司; 发明人: 房海东、张钱鹏、张旭、任程刚、谢书鸿、郭朝阳、高春荣、康贻峰、范飞、袁晨、周煜; 发明专利有效状态: 有效。

	<p>10. 水下无线光通信系统传输检测技术规范（中国）；标准规范编号：T/CITS285—2025T/CITS285；标准规范发布日期：2025-03-14；标准规范起草单位：浙江大学、桂林电子科技大学、浙江大学舟山海洋研究中心、浙江大学海南研究院、中航光电科技股份有限公司、浙江深蓝时代光电科技有限公司、中天海洋系统有限公司、海南省无际光电技术有限公司、浙江舟山海洋输电研究院、西南民族大学、浙江海洋大学；标准规范起草人：徐敬、李燕龙、郭建设、王刚、吕伟超、王俊义、林晓波、李文秀、王宇、张泽君、焦磊、詹舒越、徐明生、马东方、郭朝阳、邱杨、黄慧、林建民、秦莉；标准规范有效状态：有效。</p>
<p>主要完成人 (排序、工作单位和贡献)</p>	<p>1. 徐敬，浙江大学海南研究院，项目总体设计，开展了面向南海海洋光通信方面多像素单光子探测技术及基于变步长广义正交匹配追踪稀疏 Volterra 序列模型的非线性时频域均衡技术研究，解决了通信系统中的非线性损伤和符号间干扰问题；同时，首次提出了基于机器学习的动态光链路对准技术，有效解决了光信号传输不稳定的问题，对主要科学发现点 1 与 2 均有重要贡献。</p> <p>2. 李燕龙，桂林电子科技大学，针对南海动态水体以及跨域传输导致的光链路稳性差的问题，建立了跨空水介质信道模型，基于阵列收发结构开展了 MIMO、OFDM 等信号处理和基于机器学习的动态光链路对准技术研究，克服信道影响，对主要科学发现点 2 有重要贡献。</p> <p>3. 郭朝阳，中天海洋系统有限公司，设计了高密度水密连接器，实现了光纤在深水环境中的无缆化、耐压连接，简化了光纤连接结构，对主要科学发现点 3 有重要贡献。</p> <p>4. 张泽君，浙江大学，开展了水下无线光通信的光束合成阵列方案，并参与设计了非线性时频均衡技术研究，突破了长距离系统带宽限制瓶颈，对主要科学发现点 1 有重要贡献。</p> <p>5. 郭建设，中航光电科技股份有限公司，针对水下无线光通信设备对无缆化、集成化、小型化、高密度互连链路的需求，攻克了可与波导板或光电复合板直接耦合的非接触式并行无线光通信技术，突破了复杂环境下海量数据高速交互的技术瓶颈，为深海装备的小型化和集成化提供了关键技术支撑，对主要科学发现点 3 有重要贡献。</p>

	<p>6. 陈家旺，东海实验室，主要贡献体现在技术成果的深海应用验证与工程转化方面。基于团队提出的阵列光源合束、多像素单光子探测、高效非线性均衡算法以及跨域动态链路对准技术，重点承担了本项目海南深海复杂环境中的工程适配与系统集成工作，对主要科学发现点 1 与 2 均有重要贡献。</p> <p>7. 张燕鹏，海南埃菲科技有限公司，开展了光通信样机的系统集成与测试验证工作，协助完成样机各模块的联调与功能集成，并通过对准性能测试、环境适应性测试等，验证光通信链路在复杂水域中的对准精度与系统稳定性，为样机的功能实现与可靠运行提供支持，对主要科学发现点 1 与 2 均有重要贡献。</p> <p>8. 胡筱琦，浙江大学，参与光通信链路对准技术的设计与实现，协助完成样机的结构设计、调试及优化，提升了光通信样机在复杂水域环境中的对准精度和稳定性，对主要科学发现点 1 与 2 均有重要贡献。</p>
<p>主要完成单位 (排序和贡献)</p>	<p>1. 浙江大学海南研究院，提出面向深海的跨域多模态光通信技术与应用总体技术框架及光纤与无线光融合的通信新体制，联合相关企业带领团队完成了核心技术攻关，完成了实验室测试和海试，推动了相关技术的产业化。围绕“智慧海洋”重大需求，攻关并形成水下高速通信整体解决方案，突破工程化与标准化瓶颈，完善海洋电子信息产业链，为海南自由贸易港建设提供了关键技术支撑与产业化基础。</p> <p>2. 浙江大学，以其雄厚的科研实力与创新平台为基础，为本项目技术发展提供了系统性支持：搭建高水平测试平台，模拟多种海洋场景，支撑本项目开展技术验证；提供技术支持，促进关键模块与核心算法研究；助力本项目高标准转化应用。</p> <p>3. 中航光电科技股份有限公司，参与研制了水下、跨空水介质及光纤与无线光融合的非接触式无线光通信系统，突破了光纤扩束及凹面镀膜、光柔板及光波导制备、光电转换及网络交换、微波光子及微系统集成等关键技术，构建了高可靠光互连技术体系，解决了面向深海环境的多模态海量数据高速交互难题。实现了系列产品的转化，相关成果已在海南等十几个省市规模应用，涵盖</p>

	<p>防务、通信及数据中心等领域，并取得显著经济效益。</p> <p>4. 中天海洋系统有限公司，突破了湿插拔连接器液压补偿和深水电容器绝缘等关键技术，完成深海立体观测组网系统及其关键装备开发。相关成果广泛应用于海洋资源勘探、环境监测及海洋牧场等领域，解决了深海复杂环境下信息高可靠传输难题，取得了显著经济效益。</p> <p>5. 桂林电子科技大学，突破了水下阵列光束合成调控、成像 MIMO 检测技术及非线性时频均衡算法，并完成相关算法的 FPGA 硬件实现与验证。参与了系统测试及标准规范的制定，突破水下长距离通信带宽限制，为促进相关成果产业化及海洋强国建设提供了关键理论和技术支撑。</p> <p>6. 东海实验室，依托完善的深海通信与探测实验平台，为阵列光源、多像素单光子探测及非线性均衡等核心技术的研发提供了测试环境。通过组织跨学科团队协作，推动了跨域光通信与多模态融合技术的持续创新。协助水下光通信相关成果在“海马号”ROV 等深潜器完成海试验证。</p> <p>7. 海南埃菲科技有限公司，构建了水下无线光通信工程化测试体系，成功组织并完成了多系统、多场景及复杂海况下的跨域通信测试。立足于海南自贸港区区位优势，为本项目成果转化提供全方位支持，有效推动了相关技术在海南及其他沿海省份的推广应用。</p>
--	---

说明：涉及国外的人和组织科学技术合作奖可不用公示，其余奖项必须公示至少

7 日。