

2024 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）：南京航空航天大学 填表日期：2025 年 6 月 18 日

项目名称	南海复杂场景下智能反射面增强无线安全通信理论与方法
提名奖项及等级	海南省自然科学奖一等奖
提名者	海南大学
项目简介(1200 字以内)	信息通信安全是网络强国战略的重要内容，在维护社会安定、促进经济繁荣、提升国防实力等方面发挥基础性作用。海南自由贸易港建设以大规模远洋海运、低纬度卫星发射、高密度低空飞行等产业为特色，信息通信安全是其稳健快速发展的根基。然而，海南省四面环海的特殊地理环境和南海错综复杂的国际形势，导致信息通信安全问题极为严峻，主要在于频遭外部势力恶意窃听、窃取、攻击。为保障海南及南海海域无线通信安全，充分发挥智能反射面(IRS)自由度优势，创造通信物理层低秩信道的内生安全条件，打破传统无线网络以高功耗高复杂度获取高安全速率的桎梏，已成为网络强国战略的重要研究领域和国际学术前沿。本项目针对南海海洋、低空无人机、空天卫星等复杂海况下的信道建模不精确、网络低秩环境安全速率受限、空时频跨域窃听风险高发等三大关键科学挑战，在 IRS 增强跨域安全高精度信道建模、空间多流安全传输、隐蔽安全通信性能优化等方面建立了新理论，有效提升了海洋及空天无线网络安全性，有力支撑了“海洋强国”、“低空经济”、“航天强国”等国家战略，快速推动了海南省以“五向图强”为目标打造新质生产力。本项目取得了如下主要科学发现： 1、IRS增强的跨域安全信道建模机理：发现了南海复杂环境中无线信道在时域、频域和空域的异质表征特性，提出了基于跨域角度估计的信道参数降维优化方法，建立了IRS增强的跨域非平稳高精度级联信道建模理论，高效解决了复杂海况下信道模型不精确导致信息无法安全传输的难题。 2、IRS增强的空间多流安全传输机理：发现了南海无线信道人工噪声汇聚效应与空域低秩影响物理层安全特性，揭示了人工噪声汇聚效应抑制与低秩信道增秩机理，提出了IRS增强方向调制的空间多流高速率安全传输方法，高效解决了南海低秩环境安全速率受限的难题。

	3、IRS增强的隐蔽通信性能优化机理：发现了南海复杂通信环境中多源异构信号传播易被监测的特性，揭示了IRS中继转发对隐蔽通信速率提升的影响机理，提出了IRS增强的隐蔽传输性能倍增方法，高效解决了南海异构信号交织环境下隐蔽速率低和跨域窃听风险高的难题。 发表国内外权威 SCI 论文 100 余篇，授权发明专利 18 件，出版学术专著 3 部。8 篇代表性论文均为无线通信领域权威期刊，谷歌学术引用 1239 次，SCI 总引 735 次（单篇最高引用达 214 次），SCI 他引 581 次，其中 5 篇 SCI 论文入选 ESI 热点论文和高被引论文；获得了来自中国、美国、加拿大、英国等国家的 100 余位 IEEE Fellow 的高度评价，获批国家优青项目、重点项目和重点研发青年科学家项目，入选了 IEEE 通信学会亚太地区杰出青年学者、国际无线电联盟青年科学家及海南省领军人才等计划；主要完成人中有 6 位 2024 年度入选斯坦福大学与爱思唯尔的全球前 2% 顶尖科学家，其中尤肖虎教授入选了中国科学院院士，王江舟教授入选了中国工程院外籍院士；成果应用于海南国际商业航天发射有限公司、海南大鹏航空科技有限公司等企业，在卫星发射、测控通信等重大任务中发挥了关键作用。
提名书 相关内容	1. Feng Shu, Yaolu Qin, Tingting Liu, Linqing Gui, Yijin Zhang, Jun Li, Zhu Han, Low-Complexity and High-Resolution DOA Estimation for Hybrid Analog and Digital Massive MIMO Receive Array, <i>IEEE Transactions on Communications</i>, vol. 66, no. 6, pp. 2487-2501, Jun. 2018. (ESI 高被引论文，影响因子：8.3) 2. Feng Shu, Yin Teng, Jiayu Li, Mengxing Huang, Weiping Shi, Jun Li, Yongpeng Wu, Jiangzhou Wang, Enhanced Secrecy Rate Maximization for Directional Modulation Networks via IRS, <i>IEEE Transactions on Communications</i>, vol. 69, no. 12, pp. 8388-8401, Dec. 2021. (影响因子：8.3) 3. 束锋, 吴肖敏, 尤肖虎, 陆锦辉, 胡锦松, 朱伟, 余海, 许正文, 陈日清. 基于方向调制的物理层安全无线传输原理、关键技术与未来应用. 中国科学: 信息科学, 2017, 47: 1209-1225. 4. Weiping Shi, Xiaobo Zhou, Linqiong Jia, Yongpeng Wu, Feng Shu, Jiangzhou Wang, Enhanced Secure Wireless Information and Power Transfer via Intelligent Reflecting Surface, <i>IEEE Communications Letters</i>, vol. 25, no. 4, pp. 1084-1088, Apr. 2021. (ESI 高被引论文，影响因子：4.4) 5. Jinsong Hu, Shihao Yan, Xiangyun Zhou, Feng Shu, Jun Li, Jiangzhou Wang, Covert Communication Achieved by a Greedy Relay in Wireless Networks, <i>IEEE Transactions on Wireless Communications</i>, vol. 17, no. 7, pp. 4766-4779, Jul. 2018. (中科院一区，影响因子：10.7)

	6. Xiaobo Zhou, Shihao Yan, Qingqing Wu, Feng Shu, Derrick Wing Kwan Ng, Intelligent Reflecting Surface (IRS)-Aided Covert Wireless Communications with Delay Constraint, <i>IEEE Transactions on Wireless Communications</i>, vol. 21, no. 1, pp. 532-547, Jan. 2022. (ESI 热点+高被引论文, 中科院一区, 影响因子: 10.7) 7. Baiping Xiong, Zaichen Zhang, Hao Jiang, Jiangfan Zhang, Liang Wu, Jian Dang, A 3D Non-Stationary MIMO Channel Model for Reconfigurable Intelligent Surface Auxiliary UAV-to-Ground mmWave Communications, <i>IEEE Transactions on Wireless Communications</i>, vol. 21, no. 7, pp. 5658-5672, Jul. 2022. (ESI 热点+高被引论文, 中科院一区, 影响因子: 10.7) 8. Fuhui Zhou, Zheng Chu, Haijian Sun, Rose Qingyang Hu, Lajos Hanzo, Artificial Noise Aided Secure Cognitive Beamforming for Cooperative MISO-NOMA Using SWIPT, <i>IEEE Journal on Selected Areas in Communications</i>, vol. 36, no. 4, pp. 918-931, Apr. 2018. (ESI 高被引论文, 中科院一区, CCF A 类期刊, 影响因子: 17.2)
主要完成人 (排序、工作单位和贡献)	1. 束锋, 排名 1, 教授, 海南大学 贡献: 主持项目的全面工作, 是总体技术路线和方案的设计者, 对重要科学发现所列发现点都做出了贡献, 揭示了海洋等低秩信道增秩机理, 发现了方向调制的人工噪声汇聚效应, 提出了 IRS 增强方向调制的空间多流安全传输方法和隐蔽通信性能优化方法。是代表性论文 1、2 和 3 的第一作者, 代表性论文 1、4 和 5 的通讯作者, 代表性论文 6 的其他作者。 2. 江浩, 排名 2, 副教授, 南京信息工程大学 贡献: 参与了科学发现 1 的研究工作, 创建了 IRS 增强的跨域非平稳高精度级联信道建模理论, 解决了复杂南海环境下信道模型不精确导致信息无法安全传输的难题。是代表性论文 7 的通讯作者。 3. 周小波, 排名 3, 教授, 安徽农业大学 贡献: 参与了科学发现 3 的研究工作, 揭示了 IRS 增强的隐蔽通信性能的影响机理, 提出了短数据包场景下的 IRS 增强隐蔽通信性能倍增方法。是代表性论文 6 的第一作者, 代表性论文 4 的其他作者。 4. 尤肖虎, 排名 4, 教授, 中国科学院院士, 东南大学 贡献: 尤肖虎院士参与了科学发现 2 的研究工作, 发现了方向调制网络人工噪声汇聚现象, 指导明晰了 IRS 增强方向调制的空间多流安全传输机理。是代表性论文 3 的其他作者。 5. 周福辉, 排名 5, 教授, 南京航空航天大学 贡献: 参与了科学发现 2 的研究工作, 提出了 IRS 增强方向调制的安全传输速率倍增方法, 对揭示 IRS 增强的空间多流安全传输机理和隐蔽通信性能优化机理提供了理论支撑。是代表性论文 8 的

	第一作者。 6. 贾林琼, 排名 6, 副教授, 南京理工大学 贡献: 参与了科学发现 2 的研究工作, 参与揭示了低秩信道增秩机理, 提出了信能同传网络中的 IRS 增强物理层安全传输机理。是代表性论文 4 的通讯作者。 7. 张在琛, 排名 7, 教授, 东南大学 贡献: 参与了科学发现 1 的研究工作, 揭示了 IRS 阵列物理特征与跨域传输特性对信道建模效率的影响机理, 指导明晰了 IRS 增强的跨域非平稳高精度级联信道建模方法。是代表性论文 7 的通讯作者。 8. 王江舟, 排名 8, 教授, 中国工程院外籍院士, 东南大学 贡献: 王江舟院士参与了科学发现 2 和 3 的研究工作, 参与揭示了海洋等低秩信道增秩机理; 提出了 IRS 增强方向调制的空间多流安全传输方法。是代表性论文 2、4 和 5 的其他作者。
主要完成单位 (排序和贡献)	1. 海南大学, 第一完成单位 贡献: 项目主持单位。对研究内容、技术路线、组织实施进行全面策划, 组织参加单位对项目执行情况、存在难题展开讨论。主要贡献有: (1) 为项目提供全面支持, 包括为项目提供信息与通信工程创新科研团队、科研基地、启动经费等; (2) 对科学发现 1、2、3 做出了重要贡献。揭示了 IRS 增强的跨域安全信道建模机理、空间多流安全传输机理和隐蔽通信性能优化机理, 并组织科研团队对 IRS 增强无线安全通信理论中的具体技术难题展开了全面的攻关, 解决了项目核心问题; (3) 推动了南海复杂场景下 IRS 增强无线安全通信理论与方法产学研转化, 显著提升了科研成果的产业化落地效率, 实现了从基础研究到工程部署的快速转化。 2. 南京信息工程大学, 第二完成单位 贡献: 南京信息工程大学对于科学发现 1 的贡献显著, 揭示了 IRS 阵列物理特征与跨域传输特性对信道建模效率的影响机理, 创建了 IRS 增强的跨域非平稳高精度级联信道建模理论, 为 IRS 增强的空间多流安全传输和通信安全性能优化提供了通用信道建模理论框架, 实现了从传统信道建模到智能可控信道建模的范式变革。 3. 安徽农业大学, 第三完成单位 贡献: 安徽农业大学对于科学发现 3 的贡献显著, 揭示了数据包长度、IRS 单元数量、发射功率等对隐蔽通信性能的影响机理, 提出了 IRS 增强隐蔽通信性能倍增方法, 解决了南海异构信号交织环境下跨域窃听风险高的难题。 4. 东南大学, 第四完成单位 贡献: 东南大学对于科学发现 1 的贡献显著, 揭示了 IRS 增强的安全通信信道在时-频-空跨域耦合下的异质特性影响机理, 提出了 IRS 增强的跨域非平稳高精度级联信道建模方法, 解决了复杂海

	况下信道模型不精确导致信息无法安全传输的难题。 5. 南京航空航天大学，第五完成单位 贡献：南京航空航天大学对于科学发现 2 的贡献显著，提出了 IRS 增强方向调制的安全传输速率倍增方法，对揭示 IRS 增强的空间多流安全传输机理提供了理论支撑。 6. 南京理工大学，第六完成单位 贡献：南京理工大学对科学发现 2 的研究工作贡献显著，设计了 IRS 增强安全信息与能量传输的联合优化方法，降低了方向调制的安全风险，对揭示 IRS 增强的空间多流安全传输机理提供了理论支撑。
--	---

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。