

## 2025年度厦门市自然科学奖受理名单

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
1	深海冷泉烃驱动的微生物—病毒生命系统及其多元素耦合机制	自然资源部第三海洋研究所	董西洋, 章楚雯, 彭用一, 韩迎春	<p>本项目属于海洋生物学与深部生命科学交叉领域，围绕深海冷泉这一典型且重要的化能生态系统，系统探究了深部烃持续供能条件下，微生物与病毒主导的深部生命系统及其与多元素生物地球循环的耦合机制。深海冷泉是连接地球深部碳库与海洋生物圈的关键界面，对甲烷等温室气体调控、深海生态系统稳定及全球碳循环意义重大，但其长期稳定运行的生命机制缺乏系统认识。本项目以全球冷泉沉积物为研究对象，综合运用宏基因组、宏转录组、代谢组、病毒组学与地球化学分析技术，构建了迄今最系统的冷泉遗传资源库，重点阐明三大核心科学问题：深部烃类如何驱动由微生物与病毒构成的冷泉生命系统运转，不同烃类与多种电子受体如何形成稳定的能量流与物质流，以及冷泉生命系统在进化过程中形成了哪些独特的遗传与化学功能。项目的核心科学发现包括以下三个方面：第一，明确深海冷泉是深部烃持续供能、微生物与病毒协同调控，且沿沉积物垂向形成稳定分层与进化分化的深部生命系统。项目组构建了涵盖1.47亿个非冗余基因和3164个物种水平基因组的全球冷泉资源库，其中约94%为新物种，显著拓展了对深海生命系统的认识。研究证实，沉积物深度是决定冷泉微生物与病毒群落结构、功能组成和进化特征的关键因子，反映了深部烃供能与电子受体梯度对生命系统空间分布的调控效应。第二，揭示深海冷泉中甲烷及非甲烷烃通过多种厌氧代谢途径供能，并与氮、硫及金属和类金属循环紧密耦合，构成支撑深部生命系统运行的多元素能量网络。研究突破了“冷泉主要依赖硫酸盐耦合甲烷氧化”的传统认识，证实非甲烷烷烃和芳烃等可在铁、锰、砷等多种电子受体参与下被利用，与生物固氮及砷、汞等元素的氧化还原转化形成协同耦合机制，构建了贯穿沉积物柱的“烃驱动能量骨架”，从而完善了冷泉生态系统能量供给理论。第三，发现深海冷泉在长期烃驱动与极端环境约束下，形成了高度新颖的遗传与化学功能体系。项目组在冷泉中鉴定出2865个次级代谢产物生物合成基因簇，绝大多数为全新类型；同时在代谢组中发现大量未注释的新型天然产物分子，证实冷泉沉积物是极具价值的深部遗传与化学资源库。此外，病毒广泛携带辅助代谢与遗传调控模块，在宿主代谢调控与遗传创新中发挥关键作用，推动了深部生命系统的演化与功能多样化。基于上述科学发现，项目组在Nature Communications（4篇）、Science Advances、Trends in Microbiology、The ISME Journal（2篇）和Microbiome等国际顶级期刊发表论文14篇，累计他引538次。研究成果多次入选国际深部生命中心年度亮点论文，并获省级优秀学术论文奖励，受到多位国际权威学者在综述与评论中高度评价。本项目以“深部烃驱动”为核心切入点，建立了冷泉微生物—病毒生命系统与多元素循环耦合的理论框架，推动了深海微生物学、生物地球化学与深部生命科学的交叉发展。项目成果不仅深化了对地球深部碳循环与温室气体调控机制的认知，也为深海生物制造等前沿领域提供重要科学基础，具有显著学术价值与广阔应用前景。</p>	自然资源部第三海洋研究所

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
2	弱特征函数法与非线性退化抛物方程解的适定性研究	厦门理工学院	詹华税	<p>本项目涉及的是数学领域前沿和重要问题：聚焦于双曲-抛物混合型方程（1）与具有变指数特征的非线性退化抛物方程（2）解的适定性问题研究。问题来源于反应扩散问题、Prandtl边界层、电磁流变理论和图像恢复等应用领域，具有奇异性、退化性、非标准增长阶的特征，每一次突破都带有理论创新和技术革新的特点而成为PDE研究热点和重点课题之一。1. 提出了弱特征函数方法，发现空间区域的几何特征可以代替传统的Dirichlet边界条件（novel innovation）来讨论弱解的稳定性：本项目在代表作1提出的弱特征函数方法来克服由上述两大类方程（1）（2）的因强退化性所而无法按光滑函数极限来定义弱解在边界上的迹的本质困难，为退化抛物方程适定性理论研究搭建了一个新的框架。成果除了代表作1，代表作2和代表作4之外，还发表在top期刊[JDE, 284（2021）156 - 182][Computers and Mathematics with Applications, 76（2018）2272 - 2285]与知名期刊[Z. Angew. Math. Phys.（2017）68:134], [Advances in Differential Equations, 25（2020）255-278], [Anal. Math. Phys.,（2022）12:20]等，相关研究结论得到了知名数学家 Shmarev S. 和 Tersenov, A. S. 等的关注和引用。2. 发展了方程（1）整体解的BV分析理论。本项目提出了各向异性双曲-抛物混合型方程（1）的一类新的熵解的定义，继承和发展了中国学者于上世纪80年代所提出的BV分析技巧，在熵不等式中引入一个任意常数来保留解的唯一性信息，然后利用Kruzkov双变量的方法证明了熵解的稳定性。成果体现在代表作2和代表5，和未列入代表的文top期刊[JDE, 323（2022）152 - 181], [JDE, 2679（2019）2874-2890]和知名期刊[Z. Angew. Math. Phys.（2023）74:210], [数学年刊A\C辑, 46（2025）101-122]等。本项目不仅提出的弱特征函数法，还对方程（1）（2）解的框架都做了新的搭建，包括定义新的弱解及其迹的概念，发展了各向异性（变指数，带权）Sobolev空间的相关理论，推广了Gronwall不等式，具有明显的创新性和普适性。利用这些成果，申报人近年来又在二维Prandtl边界层的整体解的存在唯一性方面的研究取得了全新的突破，见top期刊[Chaos, Solitons and Fractals, 185（2024）115167], [Chaos, Solitons and Fractals, 199（2025）, 116753]和知名期刊[Nonlinear Anal. RWA, 88（2026）104490]等上面。得到了国内外学者、杂志、机构和平台的高度评价，详见后面的客观评价材料。</p>	厦门理工学院

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
3	神经-免疫相互作用介导认知障碍疾病发生发展的机制	厦门大学, 瓯江实验室	王鑫, 郑秋阳, 高月, 赵依妮, 宋伟宏, 周颖, 张海彬, 蔡芳	<p>阿尔茨海默病 (Alzheimer's disease, AD) 是最为常见的神经退行性疾病和痴呆类型, 全球约有5000万患者, 我国约有1000万。然而目前阿尔茨海默病致病机制仍不清楚, 且无有效的治疗手段。唐氏综合征 (Down syndrome, DS) 是最常见的先天智力障碍疾病, 患者携带有额外的21号染色体拷贝, 所有唐氏患者在40岁后均会出现与阿尔茨海默病相似的神经病理特征。这两种疾病之间关系密切, 但其具体机制仍不清楚。对二者共患病机制的研究将有助于理解阿尔茨海默病的致病机理, 并为寻找新的治疗靶点提供重要线索。候选人团队长期致力于解析唐氏综合征和阿尔茨海默病的共患病机制和潜在药物靶点。主要研究成果及其创新性简述如下: 科学发现一、揭示外周免疫调控唐氏综合征神经病理的新机制。从免疫与神经系统交互作用角度, 揭示了外周免疫调控唐氏综合征神经病理发生的新机制, 并为开发针对唐氏认知损伤的治疗策略提供了重要的理论基础。科学发现二、发现B2M-A<math>\beta</math>共聚物并阐明外周B2M调控阿尔茨海默病的机制。发现了对阿尔茨海默病病理发生至关重要的淀粉样蛋白共聚物B2M-A<math>\beta</math>, 修正了阿尔茨海默病淀粉样蛋白学说。基于B2M可以穿梭血脑屏障的特点, 提出了靶向外周B2M作为治疗阿尔茨海默病的潜在策略, 或能规避阿尔茨海默病药物常见的难以通过血脑屏障的挑战。科学发现三、发现USP25为阿尔茨海默病治疗新靶点并阐明其调控小胶质细胞的分子机制。从小胶质细胞-神经元互作的角度深入解析了21-三体调控唐氏综合征和阿尔茨海默病的共患病机制, 为理解这两种疾病的发病机制提供了新的视角。结合遗传学和药理学方法验证, 提出了靶向USP25改善小胶质细胞稳态治疗唐氏综合征和阿尔茨海默病的策略。该项目5篇代表性论文发表于Cell、Nature Neuroscience (封面论文)、Journal of Clinical Investigation、Science Advances、Molecular Psychiatry等国际高水平学术期刊, 篇均影响因子27.5。相关成果提交发明专利申请13项 (包括2项PCT专利申请, 2项美国专利申请), 授权3项。基于项目研究成果, 第一完成人王鑫教授获得国家自然科学基金卓越研究群体项目 (原基础科学中心项目) B类和国家杰出青年科学基金资助, 并荣获福建省青年科技奖; 主要完成人宋伟宏教授荣获浙江省国际科学技术合作奖, 高月教授入选国家特支计划青年拔尖人才。该项目研究成果引起国际学术界广泛关注, 受到国内外阿尔茨海默病和唐氏综合征权威专家积极评价; 完成人受邀为Molecular Neurodegeneration、Protein &amp; Cell等期刊撰写综述, 并多次应邀在国内重要学术会议上作主题报告, 包括世界青年科学峰会、国际衰老生物学大会、中国细胞生物学学会全国学术大会、生物物理大会、中国衰老与抗衰老学术大会等。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
4	大规模工业物联网无线安全博弈理论与方法	厦门大学	肖亮, 卢晓珍, 闵明慧, 杨和林, 苏为	<p>工业物联网安全机制防御电子欺骗等安全威胁，防止非法接入、通信网络中断、设备失控和感控任务失败，亟待解决电子欺骗检测难、干扰攻击防御难和虚假感知抑制难等难题，是保障网络空间安全国家重大战略的关键。工业物联网安全博弈理论揭示网络终端和边缘设备对抗各种安全威胁的性能演化规律，奠定安全机制设计和优化的理论基础。随着网络规模的增长和新型智能攻击的涌现，安全博弈机理日益复杂，对攻防模型、性能极限和防御方法研究带来巨大的挑战，成为网络安全研究的前沿科学难题。本项目在国家自然科学基金等支持下，系统研究大规模工业物联网无线安全博弈理论与方法，揭示海量低算力工业无线设备对抗安全威胁的性能演化规律，阐明博弈机理，为提升工业物联网安全提供了重要理论与方法支撑。取得的主要科学发现点如下：1) 低算力工业无线终端电子欺骗检测博弈模型：在国际上率先揭示了低算力工业无线终端的认证策略与电子欺骗的攻击频率之间的博弈机理，阐明了物理层认证算法检测精度的演化规律，为融合无线信道频域物理层本质特征实现低开销的认证方法提供了重要的科学依据。2) 大规模工业终端智能抗干扰攻击的通信机制：揭示了大规模工业无线终端通信策略与干扰攻击策略的对抗机理，提出了基于强化学习的智能抗干扰通信机制，构建了大规模工业无线终端的抗干扰通信优化策略，为适应高并发通信带宽受限条件提供了新思路，比国际前沿算法PQAJ降低了85%的抗干扰通信时延。3) 工业边端协同抗虚假感知攻击博弈均衡机理：揭示了工业无线边端协同感知策略与虚假感知攻击策略的博弈对抗机理，阐明了抗虚假感知攻击博弈的斯坦伯格均衡特征，给出了工业终端抗虚假感知攻击的性能演化规律和理论极限，提升了对工业网络虚假感知攻击的认识，为研究虚假感知防御提供了新方法。5篇代表性论文的谷歌引用2245次，SCI他引888次。其中，3篇入选ESI高被引论文，3篇IEEE期刊热点论文，1篇入选IEEE通信学会BestReadings，1篇获福建省自然科学优秀学术论文奖。成果用于电力无线终端认证等工业物联网安监和集群对抗，为北京冬奥会等国家重大活动的安监保障提供了支撑，经济和社会效益显著。张平院士领衔的中国电子学会专家组评价，“融合无线信道频域特征的工业终端检测电子欺骗攻击博弈模型和基于强化学习的大规模工业无线终端智能抗干扰攻击通信机制达到国际领先水平”。研究成果获IEEE通信学会亚太杰出论文奖、ICC等8个国际会议最佳论文奖、中国通信学会青年科技奖、紫金科技创新奖、ACMSIGSAC中国新星奖。基于相关成果，完成人入选长江学者特聘教授、IEEE Fellow、青年长江、IEEE杰出讲师、福建省优青和福建省优博，担任国家重点研发计划总体组专家，TWC和TCOM等多个IEEE国际权威期刊编委，《中国科学》等国内期刊编委。项目成果受到国际学术界认可，连续5年中国高被引学者，应邀在美国普林斯顿大学等机构做报告，在多个国际会议做主旨报告和大会报告。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
5	分子基磁电材料的设计合成与磁电耦合机制	厦门大学	龙腊生, 赵海霞, 刘晓林, 李冬, 庄桂林, 董新伟, 王宾	<p>随着传统CMOS器件尺寸不断逼近物理极限，信息技术正加速迈入以能耗瓶颈和冯·诺依曼架构限制为主要特征的后摩尔时代，亟需发展基于新物理机制的低功耗、非易失信息存储与处理方案。磁电材料同时具有磁极化和电极化，且两种极化之间存在耦合，可以实现电场、磁场作用下的交叉调控，被认为是突破传统电子器件功耗与微缩极限的重要候选体系。尤其是基于磁电耦合效应实现的“电写磁读”工作模式，在避免大电流写入的同时保持磁态稳定性，为新一代低功耗信息器件提供了关键物理基础。因此，磁电耦合材料被普遍视为后摩尔时代信息技术发展的关键基础材料。然而，受限于磁与电极化在量子层面上的互斥，如何在同一材料体系中实现强磁电耦合并拓展其工作温区，始终是磁电材料领域面临的核心科学挑战。现有磁电材料研究主要集中于无机金属氧化物体系，其构筑策略通常依赖磁性离子与铁电离子的复合或磁致多铁机制。前者由于磁与电来源相对独立，磁电耦合通常较弱；后者虽可获得较强的内禀磁电耦合，但往往依赖特殊磁有序，工作温区极低，且电控磁行为受限。这些共性问题严重制约了磁电材料的性能提升及其实际应用。针对上述瓶颈，亟需发展新的材料体系和新的磁电耦合机制。本项目立足配位化学与分子基磁电功能材料领域，从电子转移这一磁与电极化共享的自由度出发，突破传统“磁-电分离设计”范式，系统构建分子尺度磁-电内在关联的新思路。依托分子基材料结构可设计、功能基元可调控的优势，项目围绕电子转移功能基元的构筑与调控，系统探索了分子内磁电耦合的形成机制及其增强路径，逐步实现磁电耦合由形成到增强、由低温向室温的迈进。围绕上述思路，项目取得了一系列具有原创性的科学发现：1. 基于三角几何金属簇基元分子内电荷转移设计电子铁电极化，建立磁与电极化本征关联，电荷与自旋协同调控，实现磁电耦合。2. 首次引入同时承载电荷与自旋的自由基配体，重构磁电耦合路径，显著增强磁电响应。3. 通过调控金属-金属电荷转移单元的电子局域化，实现室温、低场强磁电耦合。4. 面向应用，利用分子基铁电体易加工、可集成优势，率先构筑分子基磁电复合材料，实现室温强磁电效应。基于上述研究，本项目成功获得了具有室温强磁电耦合效应的分子基材料，在J. Am. Chem. Soc., Adv. Mater., Natl. Sci. Rev., Angew. Chem. Int. Ed. 等国际期刊发表多篇代表性论文，相关成果受到国内外同行的广泛关注与引用，在分子基磁电材料研究领域产生了积极影响。研究工作不仅显著丰富了磁电材料的体系类型，也推动了磁电耦合研究由传统无机体系向分子体系的拓展。总体而言，本项目系统建立了以电子转移为核心的分子基磁电耦合新框架，丰富了磁电材料的物理内涵与实现路径，为后摩尔时代低功耗、多功能信息器件的发展提供了新的材料基础和物理支撑。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
6	高灵敏高分辨表面等离子体耦合定向发射荧光分析法	厦门大学	李耀群, 曹烁晖, 谢堂堂, 谢凯信, 蔡伟鹏	<p>表面等离子体耦合定向发射荧光（SPCE）是一种基于纳米尺度光学与电磁场相互作用的特殊荧光辐射现象。与传统荧光各向同性发射不同，SPCE能将界面纳米尺度内的荧光辐射，耦合转化为高度定向、偏振的锥形光束，其光学属性直接承载了分子相互作用、距离与取向等关键界面信息，因而在高灵敏生物传感、单分子检测、界面过程动态解析及新型光电器件等领域具有独特优势，是国际光学分析、纳米光子学和生物传感交叉领域的前沿与热点研究方向。项目组在国家自然科学基金委仪器专项及面上项目的持续支持下，针对该领域的国际前沿挑战及国内研究的空白，系统开展了SPCE的基础机制探索、技术方法攻关与仪器研制工作，构建了从理论创新、器件制备、仪器创制到方法建立的全链条自主创新体系，建立了高灵敏、高分辨的SPCE分析系统与方法体系。主要研究成果包括：（1）研制国际首套多模式SPCE分析系统及高分辨方法学平台，成功攻克了高精度角度分辨荧光收集、偏振态实时解析、纳米间距精确控制及外场集成等系列关键技术，实现从角度、偏振、光谱、空间等多维度协同获取界面荧光信息，为复杂生物化学界面过程的高时空分辨、多参数解析提供了独创性仪器平台。（2）提出高灵敏SPCE增强新机理与新结构，利用界面电荷调控诱导纳米“热点”自组装，实现了近三个数量级的荧光增强；进一步结合二维材料耦合场效应，提升了增强能力与调控灵活性，为高灵敏度、动态可调传感界面奠定了物理与材料基础。（3）创建界面分子可控的增强型生物传感新方法，基于自主研发的仪器与增强基底，建立了系列生物分子互作SPCE分析新方法；借助外场调控能力，实现了对生物分子构象、取向、纳米距离等参数的主动干预与精确定量，推动SPCE从静态表征向动态操控分析跨越，并成功应用于生命分析、界面化学等前沿领域的原创性研究。项目成果已发表J. Am. Chem. Soc. 等系列高水平学术论文，参与编写了由Wiley及Springer国际出版社出版的表面等离子体荧光领域专著2部，受到国内外同行广泛关注与肯定，16篇核心论文SCI他引487次，受到包括中国科学院谭蔚弘院士、李景虹院士，第三世界科学院董绍俊院士，以及国际SPCE研究先驱Joseph R. Lakowicz教授、Chris D. Geddes教授等国内外著名专家在国际主流学术刊物上正面引用与积极评价。本项目通过持续基础研究和技術攻关，成功将SPCE前沿物理现象转化为功能强大的高端分析仪器，并创新方法学，显著提升分析性能，整体处于国际先进水平，有力提升我国在该领域的自主创新能力和国际竞争力。相关成果对推动我国分析仪器事业发展、促进生命科学与纳米科技等前沿领域的原始创新具有重要科学意义与长远社会效益。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
7	若干结构矩阵特征值问题的黎曼优化算法及其应用	厦门大学, 杭州电子科技大学	白正简, 赵志, 肖贵云	<p>本项目属计算数学领域中的数值代数方向。数值代数主要针对各类科学与工程领域中出现的矩阵计算问题，提出快速可靠的算法，其主要研究内容包括线性方程组的求解、线性最小二乘问题和矩阵特征值问题以及它们在科学与工程计算、机器学习、数据科学和人工智能领域中的应用。本项目主要针对不同结构矩阵特征值问题，设计有效的黎曼优化算法，并给出收敛性理论分析。成果包括：（1）结构矩阵特征值反问题的黎曼优化算法结构矩阵特征值反问题在信号处理、控制设计、系统分析、主成分分析、勘探与遥感、模态参数估计、无线通信、地球物理学、结构力学及电路理论等领域中都有重要的应用。我们主要针对基于给定谱数据的对称非负矩阵、随机矩阵、正双随机矩阵以及双随机矩阵的重构问题，将其转化为矩阵流形上的矩阵方程或优化问题，并提出黎曼梯度类型和黎曼牛顿类型的优化算法。在一定的假设条件下，我们给出这些算法的收敛性理论。数值实验以及实际应用算例均表明所提出的算法非常有效。</p> <p>（2）基于系统矩阵和响应数据上的部分二次矩阵特征值配置问题振动结构体（如桥梁、建筑物和飞行器等）在受到外力（如地震和湍流等）作用时，常常会产生共振。一个控制结构体共振的经典方法是采取阻尼被动控制。近年来，工程实践中往往采取主动振动控制，即通过状态反馈控制替换引起共振的自然频率同时保持振动结构体的大部分固有自然频率不变。这就是部分二次矩阵特征值配置问题。我们研究了基于系统矩阵和响应数据的部分二次矩阵特征值配置问题，提出构造法以及体现鲁棒性的非凸优化算法。数值算例验证了我们的算法的有效性。相关研究成果不仅丰富了矩阵特征值反问题的理论，而且可为实际工程应用提供实用的模型和有效的算法参考。（3）稀疏优化问题和特征值问题的（几何）优化算法概率单纯形约束稀疏最小二乘回归问题出现在很多实际应用中，如概率布尔网络重构、非参数分布估计以及稀疏高光谱解混等。借助变正则化参数的L1正则化，我们提出几何近端梯度方法且为包含的超球面约束优化问题推导出其全局解的明确表达式，并给出全局收敛性分析。另外，我们还为概率布尔网络重构问题提出一种修正的正交匹配追踪算法。随机矩阵分解在信息检索和过滤、自然语言处理及文本机器学习中有重要应用。借助交替最小化和近端交替线性最小化方法的思想，我们为稀疏随机矩阵分解提出一种按列更新的算法并给出全局收敛性分析。数值实验以及实际应用算例均表明所提出的算法非常高效。项目组成员在项目期间发表论文Web of Science检索被引243次，他引177次，其中5篇代表作被引62次，他引34次。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
8	标注受限条件下的视觉感知理解理论与方法	厦门大学	曲延云, 张亚超, 卢杨, 吴垚, 李佳豪	<p>十五五规划建议指出：加快人工智能等数智技术创新，突破基础理论和核心技术，强化算力、算法、数据等高效供给。视觉感知理解作为人工智能的关键任务之一，在新一轮科技革命和产业变革中发挥着重要作用。本项目紧扣开放世界海量数据的视觉学习，率先提出一套标注受限条件下的视觉感知理解理论与方法，应对开放世界海量数据标注受限引起的“卡脖子”问题，团队深耕多年，硕果累累。针对部分标注、无标注及零样本的视觉学习，系统开展高泛化性能的视觉感知理解理论与方法研究，从数据、结构、关系三个维度的正则化约束系统诠释“标注受限”场景下的视觉感知理解机制，全面提升算法在开放场景中的鲁棒性、泛化性及迁移能力。本项目重要科学发现可归结为如下三点：1) 部分标注条件下的视觉感知理解：针对部分标记下基于半监督的视觉理解建模不鲁棒问题，首创了基于自学习的伪标签正则化约束方法，设计自监督辅助任务、伪标签自训练学习，不断扩大可靠的伪标签数据量，有效提升模型鲁棒性，为半监督视觉感知理解提供新的求解思路。2) 无标注条件下的视觉感知理解：针对海量无标签数据视觉分布模式难发现问题，创新性地提出解析结构上具备潜在一致性与互补性的二值化高阶张量低秩约束方法，通过构建多视角一致性、互斥性约束等实现无标注数据的高阶语义挖掘，高效描述多源、高维、异构数据的高阶关联，为无监督学习提供新的范式。3) 零样本条件下的视觉感知理解：针对零样本视觉理解从已知到未知知识难迁移问题，率先提出视觉-语义关联的广义零样本学习方法，通过语义解耦、自蒸馏嵌入、对比学习机制，增强视觉-语义关联正则性约束，提高类内紧凑性和类间可分性，为零样本视觉感知提供新途径。基于标注受限条件下视觉感知理解的重要发现，代表性成果集中凝练于2021-2024年，5篇代表性论文均发表于相关专业领域顶刊顶会，被国内外同行充分认可，例如被AIJ、TPAMI、IJCV、TMM、TGRS等计算机科学和机器学习顶刊正面引用。本项目研究成果是在科技部2030新一代人工智能国家科技重大专项、国家自然科学基金委青年基金、中国博士后基金连续支持下的定向性研究，探究了标注受限条件下视觉感知理解新范式。相关研究成果应用于无人驾驶、工业品外观缺陷检测、高铁弓网在途安全监测、机场人脸识别等重要领域，提升了我国视觉感知理解研究水平。在落地应用中，获得了潍柴动力股份有限公司、京东方科技集团股份有限公司、中电集团的高度认可，成功服务于智能制造、国防科学基础建设。综上所述，标注受限条件下的视觉感知理解理论不仅为人工智能与计算机视觉基础研究提供了新的学习范式，也在实际应用中为视觉感知的智能化落地提供了坚实支撑，推动计算机科学、机器人学等多学科融合发展，助力人工智能实现从“闭集学习”到“开集学习”的范式跃迁，对我国经济建设与社会发展具有深远影响。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
9	沉积物匮乏型海岸地貌对海平面变化的敏感响应	厦门大学	余凤玲, 黄昭权	<p>所属基础学科领域：海洋地质学、自然地理学核心内容与科学价值：本项目聚焦于全球海岸带研究中常被忽视但分布广泛的“沉积匮乏型”中小尺度海湾系统。以华南青澳湾为典型研究区，利用钻孔岩芯沉积物粒度、有孔虫、孢粉及放射性碳测年（AMS14C）等多指标分析，系统重建了该海湾全新世以来的地貌演化历史。项目核心发现揭示了沉积匮乏型海湾独特的“三阶段”演化模式：早全新世的海侵充填阶段（8400-6000calyrBP）、中全新世的高能敞开放式海湾阶段（6000-3000calyrBP）以及晚全新世的半封闭泻湖-潮滩及人类活动影响阶段（3000calyrBP至今）。与已广泛研究的大河三角洲（如珠江、长江三角洲）相比，本项目提出了极具科学价值的“地貌演化滞后效应”理论：在沉积物供给受限的背景下，沉积匮乏型海湾的初始沉积、岸线进积以及人类围垦定居的时间节点，均比大河三角洲滞后数千至上千年。该发现挑战了以往基于三角洲模型对所有海岸系统演化的一般性认知，证明了海平面变化而非沉积物供给通量是此类海岸演化的主控因素。学术影响及潜在应用前景：本研究填补了华南沿海中小海湾全新世演化记录的空白。其成果不仅为理解从“汇”到“源”转变过程中不同类型海岸的差异性响应提供了关键证据，更对当前全球变暖背景下的海岸带管理具有重要警示意义：沉积匮乏型海岸对海平面上升的敏感度远高于大河三角洲，未来面临的侵蚀与淹没风险更为严峻。相关结论可为沿海区域防灾减灾策略制定和国土空间规划提供科学依据。本研究系统揭示了华南沿海中小型海湾的全新世演化历史，填补了该区域此类地貌单元长尺度演化记录的空白。研究成果具有多重学术价值与实践意义：在理论层面，本工作为深入理解海岸系统从“沉积汇”向“沉积源”转变的动态过程提供了关键证据。通过厘清沉积匮乏型海湾与大河三角洲在演化时序、主控因素和形态响应上的显著差异，研究深化了对不同海岸类型差异化行为机制的认识，推动了海岸地貌学理论的完善。在现实意义层面，本研究对全球变暖背景下的海岸带管理具有重要的警示作用。研究明确指出，沉积物供给有限的中小海湾及类似海岸，对海平面上升的响应更为敏感和脆弱。与大河三角洲通常拥有丰富的沉积物缓冲和滩涂增生潜力不同，这些海岸系统抵御侵蚀和淹没的自然能力较弱，在未来海平面加速上升的情景下，可能面临更为严峻的国土流失、生态退化和灾害风险。因此，本研究结论可为我国沿海地区，特别是华南众多中小海湾周边的防灾减灾体系构建、生态保护修复与国土空间规划提供直接的科学依据。它强调在管理实践中需摒弃“一刀切”的策略，应高度重视沉积匮乏型海岸的特殊脆弱性，采取更具针对性的适应与保护措施，以提升海岸带社区与生态系统的气候韧性。代表性论文专著情况：本项目核心成果已发表在国际权威期刊《Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology》上。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
10	高比容量硅基负极微纳复合结构和界面调控与性能提升机制	厦门大学, 南京林业大学, 厦门稀土材料研究所, 福建师范大学	张桥保, 韩响, 陈慧鑫, 李加新, 陈继章, 杨勇	<p>高比能、长寿命锂离子电池是推动经济高质量发展和实现“碳达峰碳中和”目标的重要能源载体。研发先进的电极材料，并实现其微纳结构和界面调控及诠释其结构与性能间的构效关系，是实现高比能、长寿命锂离子电池的关键前提。该项目聚焦于高比容量硅基复合负极材料的可控制备、性能提升与机理探究，在其微纳复合结构调控、表/界面结构稳定性和储锂性能增强机制等三个层面开展了系统的创新性研究工作，取得了显著成果。主要包括：（1）提出了通过组分协同优化构建高比容量核/壳结构硅基负极材料的新策略，并发现了其性能增强机制提出了电极活性组分间协同优化相结合的新策略，构建了中空铜纳米线阵列及薄层碳/二氧化钛包覆型核/壳结构硅基（硅/锗和硅/二氧化钛-碳）复合材料，有效解决了硅负极导电性差和体积膨胀大的科学难题，同步实现了其倍率和循环性能的显著提升；通过原位观测首次发现了复合材料性能增强的“共嵌锂/共脱锂”微观新机制，揭示了包覆层和活性物质协同调控对改善电极材料循环稳定性的影响规律，为高容量硅基负极性能优化提供了实验依据。（2）建立了构筑微纳结构高比容量硅基负极材料的新方法，并揭示了其结构稳定性提升的微观机理建立了一种气相去合金法构筑新颖三维互连纳米硅骨架和内部三维贯穿孔结构的类蜂巢状多孔微米硅负极材料的新方法，破解了微米硅负极循环过程中巨大体积膨胀引发的应力累积和界面反应增加的共性难题，大幅提升了硅基高比能电池的长循环稳定性（1000次稳定循环）；并揭示了缓解其体积膨胀的“自体积适应”微观新机理及其与优异循环稳定性间的本质关联，为研发长循环稳定性的硅基复合负极提供了新的解决思路。（3）发展了调控高比容量硅基负极材料界面稳定性的普适性策略，并提出了增强其界面稳定性的机制发展了增强高比容量硅负极材料界面稳定性的原位固态化策略，构建了兼具高模量、高离子传导和化学稳定的固态电解质界面相（SEI），突破了硅基负极在液态电解液中因界面退化引发容量快速衰减的瓶颈，实现了循环稳定性的显著提升。通过系统研究微米硅负极在固态电解质和液态电解液环境中界面SEI的演变行为，发现了原位固化固态电解质中形成的薄的SEI主要分布在硅颗粒的表面且化学成分以LiF-Li<sub>2</sub>O等富无机组分为主，为调控和优化硅基负极界面稳定性提供了新的有效途径。该项目的研究成果引起了国内外同行的广泛关注和跟踪研究，5篇代表性论文分别发表在Nat. Commun.、Energy Environ. Sci. (2)、Energy Storage Mater. (2)、等期刊上，被Science、Nat. Nanotechnol.、Nat. Rev. Mater.、等国际顶尖期刊SCI他引1300次，其中一篇论文入选“2019年度中国百篇最具影响力的国际学术论文”。第一完成人获2021年国家自然科学基金优秀青年科学基金资助；发表学术论文230余篇，总引用22000余次，H因子86。项目团队中国家杰出青年基金获得者1人，国家重点研发计划项目首席科学家1人，国务院特殊津贴获得者1人。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
11	双曲极化激元及天文变换类比	厦门大学, 中国地质大学（武汉）	陈焕阳, 戴志高, 肖雯, 陈锦辉, 周杨阳	<p>我国《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》明确将光子集成技术列为新一代信息技术的核心突破方向，发展自主可控的集成光电器件已成为我国突破“卡脖子”难题、抢占科技竞争制高点的战略选择。双曲极化激元是物质极性激发与光子耦合的准粒子，具有双曲型色散关系，能够将光束束缚在纳米尺度，突破衍射极限，有望成为下一代集成光子器件的理想载体。然而，当前双曲极化激元研究沿袭传统等离激元研究范式，调控手段有限，难以充分发挥其纳米尺度优势，亟需新的调控策略。本项目创新性地提出“天文现象”启发光场调控思路，研究双曲极化激元与天文类比的交叉，为双曲极化激元纳米光学带来了新的研究内容与操控策略，并发展出一系列独具特色的光场调控器件，主要取得了以下创新成果：1、提出各向同性介质模拟静态度规的“变换宇宙学”普适方法，创新性地从光学视角研究弯曲时空的拓扑性质，揭示了德西特时空、施瓦西黑洞等引力系统与光学渐变折射率透镜间的对应关系；基于该方法实现了高品质因子回音壁黑洞微腔、光学幻象效应，为光学模拟引力及天文现象启发光子器件设计提供了重要的理论指导与实验依据。2、实现天体开普勒问题的精确光学类比。针对各向同性开普勒问题，基于渐变介质类比了银河系中央恒星S2绕黑洞SgrA*的进动。针对各向异性开普勒问题，在光学非对称透镜中类比了轨道的周期和混沌效应，进一步建立了各向异性费马原理和几何动力学，设计了双曲极化激元聚焦器件，为操纵双曲极化激元搭建了理论框架。3、提出双曲极化激元拓扑转变的可调策略，创新性地构建了双曲二维材料三氧化钨和各向同性石墨烯堆叠的异质结构，通过简单调节石墨烯厚度和费米能级实现双曲极化激元的拓扑转变；进一步利用有效介质理论剖析了层间堆叠导致的拓扑转变机制，极大简化了多层异质结构设计的复杂度；将双曲二维材料三氧化钨引入隐身器件设计中，突破了变换光学隐身衣的材料参数无限大和制备难的困境。本项目研究成果在NanoLetters、eLight等国内外权威期刊上发表论文40余篇，产生了广泛影响力。变换光学黑洞微腔、双曲极化激元可调拓扑转变的工作入选封面论文，被世界光学顶级期刊Light: Science&amp;Applications、纳米技术知名网站Nanowerk等亮点评述；天然二维材料隐身装置论文被科技日报、PhysOrg等媒体亮点报道；光学类比银河系中央恒星进动的论文入选发表期刊当年下载量排行TOP10。项目完成人获国家优秀青年基金、福建省杰出青年基金，入选教育部青年长江学者，福建省科协青年人才托举工程，湖北省青年拔尖人才，获中国物理学会萨本栋应用物理奖、全国百篇优秀博士学位论文等荣誉，第一完成人连续11年入选爱思唯尔中国高被引学者。项目在厦门大学国家集成电路产教融合创新平台的布局下，研究双曲极化激元纳米光场器件的设计，为集成光学器件的研发提供了新的思路，是光学与天文学交叉的特色案例。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
12	光子轨道角动量高维量子信息调控机理及技术基础研究	厦门大学	陈理想, 张武虹, 邱晓东	<p>在量子信息技术向高维、高精度、实用化升级的关键阶段，光子轨道角动量（OAM）凭借其独特的高维正交模式特性，成为突破传统二维量子编码容量限制、提升量子信息系统性能的核心技术方向。本项目聚焦光子轨道角动量（OAM）的高维特性，精准瞄准当前OAM量子技术在操控探测、传输应用等领域的核心痛点，开展量子信息关键技术研发与应用探索，旨在突破传统二维量子编码的容量瓶颈，推动高维量子信息系统的集成化与实用化，为量子通信、量子传感等领域的技术革新提供核心支撑。项目围绕核心目标取得系列突破性成果，主要体现在三大关键领域：一是突破OAM量子态产生与操控关键技术，成功研发一套操控分类不同OAM的高效干涉仪，该干涉仪具备高转换效率、低串扰的优势，可实现多种OAM模式的高效转换与精准调控；同时攻克光子数水平下OAM探测的技术难题，解决了长期制约OAM量子技术实用化的探测能力缺失核心瓶颈，为后续高灵敏度量子信息处理奠定基础。二是完成OAM量子态传输验证的创新性突破，不仅在实验室环境中成功实现高维OAM纠缠态的隐形传态，更在国际上首次验证了基于高维OAM纠缠编码的量子图像隐形传态可行性，填补了高维量子图像传输领域的技术空白，为量子图像通信、量子遥感等新兴应用场景提供了核心技术路径。三是推进高维OAM量子应用落地验证，在厦门大学校园内顺利完成单光子水平120米自由空间远程传感实验，验证了OAM量子技术在城市环境下高精度传感领域的应用潜力；同步开展OAM在大气湍扰等真实复杂环境下的信息传输实验，完成传输保真度初步演示，为基于OAM的量子信息传输技术走向实际应用场景提供了关键技术支撑与数据参考。本项目系列成果发表于《PhysicalReviewLetters》《NatureCommunications》《Optica》等国际物理学与光学领域顶刊，相关研究入选亚太物理学快报“研究亮点”、期刊内封面文章，并获美国物理学会（APS）编辑“研究难点”专题推介。成果先后斩获“2014年中国光学重要成果奖”（现“中国光学十大进展”）、“第十二届、第十五届福建省自然科学优秀学术论文一等奖”等重要奖项，研究团队曾被“福建新闻联播”以“认真贯彻总书记重要指示全方位推动高质量发展超越”及“赶超世界的福建量子科技”头条新闻报道。项目负责人陈理想入选教育部长江学者，荣获中国物理学会“萨本栋应用物理奖”、中国光学学会“饶毓泰基础光学奖”、福建省青年科技奖。人才培养成效显著，项目执行期内共培养博士6名、硕士16名。其中，张武虹、邱晓东的博士学位论文均获评福建省优秀博士学位论文；张武虹的论文入选中国光学学会优秀博士学位论文（当年全国仅5篇），邱晓东则荣获中国光学学会第十六届王大珩光学奖。未来，团队将依托现有成果，持续深化真实环境下的应用验证，推动QAM技术在量子领域的规模化落地，助力我国在高维量子信息技术赛道抢占国际竞争制高点。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
13	靶向激活智能分子开关设计及生物医学影像应用	厦门大学	刘刚, 刘超, 楚成超, 陆治香, 张阳	<p>恶性疾病的发生与发展过程中，往往涉及多信号通路协同调控的复杂动态网络。本项目针对恶性疾病诊疗中关键分子靶点动态调控缺失的核心难题，突破了智能分子开关设计中的激活响应迟滞、脱靶效应显著等关键技术瓶颈，成功研发了系列可逆型、环境响应型智能分子开关探针。主要创新点如下：1. 提出并阐明生物大分子定向表达智能开关设计新理论和新机制。创新性地构建了基于基因工程表达定向肽的分子开关构筑新技术，通过脂质双层修饰功能大分子能够维持三维结构，为仿生纳米囊泡构建提供新理论。此外，本团队通过表面活性剂的精准调控建立了纳米囊泡尺寸可控的制备方法，为仿生纳米囊泡的规模化制备提供了新途径。进一步地，团队建立了分子探针标记新方法 with 活体成像监测体系，通过微环境中纳米囊泡与靶标细胞的可控融合，实现了对肿瘤细胞的精准锚定，进而为肿瘤早期精准影像诊断提供了“靶向-融合-放大”三位一体的全新诊断机制。2. 提出并揭示磁共振分子组装智能开关构筑新原理并探索临床应用新策略。针对现有磁共振成像技术在早期肝癌诊断中铁代谢异常评估困难等局限性，团队创新性地利用临床常用造影剂吲哚菁绿（ICG），开发了基于Fe（III）-ICG可控组装的高精度肝铁定量方法。通过调控微环境Fe（III）与ICG的动态组装，实现了核磁共振信号的可控开关，为肝癌伴随的铁代谢异常提供了无创、定量的智能影像学评估手段。进一步地，团队通过分子动力学模拟揭示了组装机制，阐明了体内组装行为的分子调控新机制。该方法已通过多家三甲医院医学伦理委员会审核，目前正在开展多中心临床试验，为肝癌早期精准诊断提供新型智能影像工具。3. 提出并创建超临界控释光学开关设计新思路并推广临床转化应用新范式。本团队开发一种超稳定均相药剂制备技术（SHIFT），并且利用SHIFT技术将临床用ICG与碘油稳定均质混合，制备成具有优异的荧光强度和抗淬灭特性的SHIFT-ICG制剂，可使ICG智能缓释，为介入栓塞后的择期精准肝切除提供精准的术中导航信号。SHIFT-ICG凭借其稳定的ICG滞留以及天然肿瘤靶向性，能够将临床诊断与择期荧光导航肝切除有效整合，实现“一体化”应用。本项目研发SHIFT-ICG和10余家三甲医院达成了临床研究协议，并且已经完成了100多例肝癌患者的智能诊断，都取得了明显优于传统方法的诊疗效果。目前为止，本项目引领了多模态影像智能诊断新模式并在国际知名杂志发表SCI论文300余篇。其中，近五年在NatureNanotechnology、NatureCommunications、ScienceAdvances等高水平、交叉学科学术期刊发表论文数十篇并获授权发明专利10余项，7项专利实现了向生物制药公司的技术转移。综上所述，本项目为智能化靶向诊断提供了新理论，并且研究技术和产品能促进科技进步。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
14	神经免疫调控阿尔茨海默病病理进程的作用及机制	厦门大学	陈小芬, 卜国军, 钟力, 盛璇, 王婉冰, 徐颖, 姚蕴玲	<p>阿尔茨海默病是严重威胁老龄化社会健康的神经退行性疾病，其发生发展不仅涉及神经元自身病变，也与中枢神经系统免疫调控异常密切相关。近年来的遗传学研究表明，小胶质细胞免疫受体TREM2是阿尔茨海默病中效应显著的免疫相关风险基因之一，但其在疾病病理进程中的作用机制仍有待系统阐明。本项目围绕TREM2介导的小胶质细胞神经免疫调控机制，聚焦阿尔茨海默病病理进程中小胶质细胞功能状态变化这一关键科学问题，系统开展了分子、细胞及整体水平的研究。项目从TREM2的分子互作特征出发，解析其与补体系统及病理相关蛋白之间的相互作用机制，揭示了中枢免疫调控在突触稳态维持、病理蛋白处理及神经炎症反应中的作用规律。研究发现，TREM2通过调控补体介导的突触吞噬过程，参与神经退行性变中的突触损伤；其剪切产生的可溶性形式sTREM2并非简单代谢产物，而是具有明确免疫调控功能的活性分子，可影响小胶质细胞存活、吞噬及炎症反应状态；此外，阿尔茨海默病核心病理产物<math>\beta</math>-淀粉样蛋白可通过直接结合TREM2，调控小胶质细胞免疫应答方式。上述研究从多个层面揭示了TREM2信号轴在中枢神经免疫调控中的关键作用。相关研究成果发表于Immunity、NatureCommunications、TheJournalofExperimentalMedicine、ScienceTranslationalMedicine等国际权威学术期刊，形成了系统、稳定的代表性论文成果。本项目深化了对神经免疫调控参与阿尔茨海默病发生发展机制的认识，为理解遗传风险基因通过免疫途径影响神经退行性病变提供了重要理论依据。同时，围绕核心科学发现，项目进一步探索了基于TREM2/sTREM2的免疫调控策略，为阿尔茨海默病精准免疫干预研究提供了可验证的理论基础和潜在技术路径。</p>	厦门大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
15	锂电池固态电解质合成及界面研究	集美大学, 苏州大学, 厦门大学	吴启辉, 李艺, 颜佳伟, 谷宇, 王卫伟, 毛秉伟, 郑明森, 胡洁美	<p>发展清洁高效的新型储能技术是解决生态环境恶化以及实现新旧动能转换的重要途径。传统液态电解液的锂离子电池储能技术存在能量密度低、安全性差等缺点，固态锂电池因高比能、长续航、高安全等优点，被视为二次锂电池研究领域中的颠覆性技术，但固态电解质成膜、电极与电解质界面的低阻抗封装等工艺是目前固态锂电池量产的难点所在，因此固态电解质材料研究和设计的突破以及对固态电解质/电极界面的研究变得尤为重要和迫切，这方面的研究成果可以加快我国固态锂电池的产业化进程，进而推动我国能源高效利用。本项目基于此考虑，从固态电解质/电极界面研究到固态电解质材料设计，探究了金属锂SEI膜平整化控制和固态电解质的电化学性质，相关研究取得了一系列代表性成果。1、揭示了SEI膜形成过程的化学/电化学过程，研究构建了一种金属锂电化学抛光方法，实现了电解质/金属锂电电极界面平整化制备和构筑分子尺度光滑的SEI膜。利用原位电化学原子力显微镜和准原位光电子能谱研究并揭示了锂电池SEI膜的化学/电化学过程和成份，深入探讨了SEI膜形成机理。采用恒电位溶出-恒电流沉积的联合控制策略，通过精确调控锂溶出一沉积及其与电解液的反应动力学，首次在金属锂电电极表面实现了原子尺度的整平，并原位构筑出分子尺度光滑的SEI膜。该SEI膜呈现富无机层与富有机层交替排列的多层复合结构，既具有一定刚性又具优良弹性；膜厚在10 - 30nm范围内可调且富含锂物种，有利于锂离子传导，能够在显著提升SEI膜锂离子电导率的同时，有效抑制锂枝晶生长。利用电位阶跃法在锂核表面构筑的“一体式SEI壳层”，实现各区域力学性质均一，锂呈多位点溶出，形成褶皱状SEI膜壳层，实现可逆的锂沉积溶出行为。2、制备无机有机复合物固态电解质，首创同一螺旋介孔硅纳米纤维分别构建凝胶电解质骨架与负极基体的双功能设计，减少了固态电解质/电极界面，提升锂电池电化学性能。利用自组装和静电纺丝等方法制备硅基无机有机固态电解质，方法和过程简单，成本低，有实现产业化量产的潜力。制备的固态电解质室温下即实现<math>3.0 \times 10^{-3} \text{Scm}^{-1}</math>的离子电导率，并兼具<math>370^\circ \text{C}</math>热稳定与5.6V电化学窗口，突破了传统无机固态电解质“高安全性-高电导率”难以兼得的瓶颈。将螺旋介孔硅纳米纤维嵌入P（VDF-HFP）得到无机有机复合凝胶膜，并以Fe-N掺杂碳包覆介孔硅纳米纤维获得自支撑纳米纤维负极实现电解质/电极“同源互锁”一体化界面。该策略在室温下给出<math>1.2 \times 10^{-3} \text{Scm}^{-1}</math>离子电导、5.30V电化学窗口及0.43的<math>\text{Li}^+</math>迁移数，同时抑制锂枝晶，突破传统准固态电池界面阻抗高、循环寿命短的瓶颈。</p>	集美大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
16	镁合金孪晶诱导微结构竞争的高应变速率成形机理	集美大学, 湖南科技大学, 中南林业科技大学	刘筱, 朱必武, 郭鹏程, 唐昌平, 刘文辉	<p>镁合金作为国家关键战略金属材料，凭借其优异的高比强度/刚度及最轻金属结构材料的特性，在航空航天、轨道交通、新能源汽车及3C电子等重大领域具有不可替代的应用前景。然而，其密排六方晶体结构固有的低成形极限、窄加工温窗及高应变速率敏感性，导致传统塑性成形依赖低应变速率、多道次、频繁退火的低效工艺，存在严重边裂、成材率低下、强韧性不足、成本偏高等关键瓶颈，限制了其规模化应用潜力。本项目围绕上述挑战开展研究，在镁合金塑性变形基础理论与强韧化机理方面取得重要进展：1) 揭示“孪晶诱导动态再结晶、第二相和微裂纹竞争形核”机制：系统阐明了在高应变速率变形下，孪晶诱导的动态再结晶过程及第二相析出/分布，能够有效竞争微裂纹的形核位点，通过优先占据高能位置、释放局部应力，显著抑制微裂纹的萌生与早期扩展，打破了高应变速率必然加剧镁合金开裂的传统理念，为突破成形技术瓶颈提供了理论支持。2) 阐明“孪晶-再结晶协同钝化裂纹”抑制边裂机理：基于上述机制，深入揭示了高应变速率成形过程中，孪晶触发的细小动态再结晶晶粒，能够有效包裹、钝化裂纹尖端，通过消耗位错，减少应力集中，抑制裂纹扩展，显著提升高应变速率轧制成形工件成形质量与成材率。该机理明确了孪晶及其诱导的再结晶在抑制边裂中的协同主导作用。3) 揭示“孪晶诱导的多尺度组织协同强化”机理：利用高应变速率成形技术成功制备了孪晶诱导的多尺度组织镁合金，并揭示了孪晶强化、剪切带强化、细晶强化与第二相强化四种机制在微观尺度的协同作用规律。明确了孪晶在多尺度组织形成及强韧化中的核心地位，为设计在高速重载严苛工况下具有优异抗冲击性能的镁合金提供了理论支撑。本项目的核心科学贡献在于对镁合金在高应变速率下变形微观机理（涉及孪晶、第二相、再结晶、裂纹交互作用）及多尺度组织强韧化机制的探索与深化。“竞争形核机制”、“孪晶-再结晶协同钝化机理”及“多尺度组织协同强化”不仅成功解决了高质高效成形的技术瓶颈，实现了镁合金短流程、高成材率、高性能化，更拓展了密排六方金属塑性变形理论及强韧化机制，具有很好的科学价值。成果获多项国家及省部级基金持续支持，发表包括ESI高被引论文在内的高水平SCI论文10余篇，总引超600次，代表论文5篇，其中ESI高被引论文2篇，总引368余次，SCI他引325余次，单篇最高SCI他引103次，获美、德、英、日等十余国学者广泛引用与积极评价，为厦门市及国家重要产业实现关键部件轻量化设计与高效制备提供理论依据与技术支撑。</p>	集美大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
17	网络通信安全中的不确定性数学理论研究	集美大学, 华中科技大学, 福建师范大学	谢加良, 伍冬睿, 林铭炜	<p>网络空间已成为海洋、陆地、天空、太空四维空间之外的人类活动第五维空间，网络空间安全对国家和社会的发展具有举足轻重的地位。随着网络技术的飞速发展，数据泄露、黑客攻击等网络通信安全事件频频发生。本项目围绕网络通信安全中的图像多形态信息加密隐藏技术、网络异常行为检测技术、网络安全态势感知方法等实际问题，重点解决基于模糊集的图像不确定性表征方法、基于动态直觉模糊模式的分类方法以及网络信息攻击传播的不确定性演变机理等科学问题，取得了以下重要科学发现。（1）提出基于优化模糊系统与STC编码的自适应图像隐写方法。采用多任务遗传算法（MTGA）同时优化一型与区间二型模糊系统，兼顾性能与运算代价。利用模糊集处理图像边缘与纹理的不确定性，依据复杂度优先等原则选取嵌入区域，结合HILL算法定义像素失真代价，使修改更集中，最终通过STC编码实现自适应信息嵌入，显著提升隐写性能。（2）提出基于动态直觉模糊集的网络异常入侵检测方法针对网络正常与异常行为界限模糊的问题，提出一种基于动态直觉模糊集的检测方法。首先通过卡方检验筛选特征，构建时序动态直觉模糊集并据此设计分类器，有效处理不确定性信息。该方法计算复杂度低，检测效果显著提升，并可与粒球计算结合，适用于工业物联网大规模入侵检测场景。（3）提出基于不确定性攻击路径分析的网络安全态势感知方法。贝叶斯网络能有效刻画网络攻击传播中的不确定性。针对其条件概率表参数难以确定的问题，提出一种融合概率语言术语集的方法，将专家语言评价数学化，用以计算节点条件概率并进行风险评估，更贴合实际决策习惯。针对防护策略的多目标权衡难题，提出一种模糊系统改进的NSGA-III算法，动态调整遗传参数，从攻防双重视角求解最优防护路径，实现对关键路径的针对性加固。两种方法共同提升了网络安全态势感知的精准性与主动性。项目执行以来，共发表高水平学术论文18篇，授权发明专利5个（专利转让10万），项目理论研究带动北卡科技的味信、北卡密信、虎视等产品完成技术迭代，并应用于党政机关、军队等领域，形成从理论创新、技术迭代到产品应用的完整闭环。本申请书所列的5篇代表性论文合计他引256次，最高被他引137次，影响因子总和为43.96，其中4篇发表在SCI一区TOP期刊上。论文得到王耀南、FranciscoHerrera等8位国内外院士、HamidoFujita、金耀初等19位国内外知名期刊主编以及27位IEEE Fellow的正面评价。项目研究所升级的味信、北卡密信、虎视等北卡科技产品通过军用信息安全产品认证、涉密信息系统产品检测、信息技术产品安全测试，得到多家主流媒体的关注和报道，为国家相关部门提供高强度互联网专用通信安全保障。</p>	集美大学

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
18	超级电容器和光电容器的构效关系研究	华侨大学	吴季怀, 范乐庆, 谢奕明, 林建明, 黄妙良	<p>超级电容器和光电容器的优异特性使之成为新兴储能器件发展的前沿热点。课题组在国家自然科学基金等持续支持下，围绕储能器件性能提升和稳定性改善等等关键技术挑战，聚焦材料器件的组成结构、制备组装和性能效能关系的核心科学问题，系统提出电介准固杂化、电极多孔异质、部件匹配协同、模块耦合互洽、功能协调优化的创新研究策略，开展储能电池构效关系研究，取得系列创新性成果。五项重要科学发现如下：①准固态电解质开发：阐明电解质基体、溶剂和离子作用规律，引入氧还梭子组分，开发组份多元杂化的PVA-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-KI-VOSO<sub>4</sub>、PVDF-HFP/BMIMI/CNTs等系列准固态电解质。②多孔异质电极开发：揭示电极组成结构与电导催化性的关系，开发具有多孔异质结构性能优良的CoMoO<sub>4</sub>/Co<sub>1-x</sub>S、N-rGO/NiSe<sub>2</sub>等系列新型电极。③电解质与电极匹配：设计亚纳米六元瓜环碳为电极，离子液体MMIMBF<sub>4</sub>为电解质，实现电极和电解质“孔-球”精准匹配，产生协同效应，开发能量密度高达117Wh/kg的超级电容器。④光伏储能耦合互洽：厘清光电容器的能量演化过程，以超级电容器为储能模块，钙钛矿太阳能电池为光伏模块，光伏模块和储能模块耦合互洽，组装存储效率90%、光储效率超20%的光电容器。⑤储能供能协调优化：首先定义焦耳效率为供能与储能之比。设计工作电压可调的超级电容器为储能模块，串联硅电池为光伏模块，供能储能协调优化，构建存储效率98%、焦耳效率86%的光电容器。经查新，5个创新点未见其它相同报道。值得一提的是：上述结果也成功地应用于染料敏化太阳电池，因此受美国化学会和英国皇家化学会邀请，在ChemRev和ChemSocRev发表综述论文。研究取得循环稳定性好、能量密度117Wh/kg的超级电容器、存储效率98%的光电容器等国际先进水平的研究成果，深化拓展对新型储能电池科学问题的认识，丰富储能技术、功能材料和电化学等学科内涵，具有重要科学意义和实用价值。从2009至2023年，课题组已在Energy&amp;EnvironSci、NanoEnergy、JEnergyChem等发表SCI论文54篇，其中ESI高被引论文6篇，论文被SCI正面他引3341次，H-因子38，引文包括ChemRev、NatureMater、NatureRevChem等顶级刊物。课题负责人吴季怀教授2014-2024连续11年入选Elsevier中国高被引学者，2020-2025连续6年入选全球前2%顶尖科学家，2018年入选Clarivate全球高被引科学家。博士研究生获福建省优秀博士学位论文奖。多次受邀作为上述Top级期刊特约审稿人，多次受邀担任国内外重要专业会议学术委员会成员并作大会邀请报告，主持召开新能源材料与光电国际研讨会，提升我国新型储能电池研究前沿整体创新能力和学术影响力。</p>	华侨大学（厦门校区）

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
19	随机介质中复杂光场的传输机理、调控与成像研究	华侨大学	陈子阳, 蒲继雄, VinuRaveendran PillaiVasanthakumari, 王志远, 范伟如, 陈丽	<p>一、研究背景与科学问题光在随机介质中的传输是光学领域极具挑战性的前沿科学问题，随机介质引起的多重散射和相位畸变，严重阻碍了光场信息的稳定传输与精确解译。本项目旨在揭示光经过随机介质的演化规律，突破传统成像与调控的物理极限，为复杂环境下的光学通信、生物成像及传感提供重要支撑。二、核心科学发现1. 提出了鬼衍射全息成像理论框架：创造性地提出了鬼衍射全息技术，打破了强度关联成像在相位定量表征上的技术障碍，为复杂场成像提供了全新的参考方案。2. 构建了多模光纤偏振传输矩阵模型：提出了偏振传输矩阵理论，实现了光纤模式耦合的完整表征，显著提升了多模光纤成像的保真度与质量，为高维光信息传输奠定了物理基础。3. 揭示了随机介质中复合维度光场的模式识别新机制：提出了基于深度学习的轨道角动量模式表征方法，利用散斑场的“非定域性”特征，实现了极低采样率（原始面积1/64）下高准确率（98%）的轨道角动量模式识别，突破了传统探测对空间采样率的依赖。4. 实现了强散射环境下的相位成像：构建了透过强散射介质的定量相位成像模型，有效克服了强散射对光场相位的破坏，实现了高保真、大视场的定量相位重建，为散射环境下的精密测量开辟了新路径。5. 发现了椭圆涡旋光束的抗湍流物理机制：揭示了椭圆涡旋光束的闪烁抑制效应，发现“椭圆率”是决定光束抗湍流性能的关键几何因子，为复杂大气环境下的激光通信链路优化提供了理论依据。三、科学价值与国际影响项目研究成果在国内外光学界产生了广泛影响。相关工作累计被引661次，5篇代表性论文被引251次，多项成果得到国际同行的高度认可。专著撰写：应国际光学工程协会会士、美国光学学会会士JosephRosen教授邀请，撰写了其主编的专著《Holography-RecentAdvancesandApplications》的章节；应加拿大国际科学研究院JinyangLiang教授邀请，撰写了其主编的专著《CodedOpticalImaging》的章节，体现了本项目在鬼成像及偏振成像领域的国际学术引领力。学术奖励：研究成果荣获中国光学工程学会“计算成像三年成果展-优秀成果”。论文（ChinOptLett19,022603）入选中国科学文献计量评价研究中心“高PCSI论文”和“高被引论文”（2023年3-4月），并获评“ChineseOpticsLetters20210outstandingPaper”。封面论文：应编辑部的邀请，发表了题为“基于相关全息原理的散射成像技术及其进展”的综述论文，论文入选《激光与光电子学进展》封面论文及年度下载排行Top10。论文（JBiophoton,e202100400,2022）被选为内封面论文。综上所述，本项目围绕随机介质中光场传输与成像这一核心科学难题，从基础理论创新、物理模型构建、表征机制突破到成像范式演进等维度展开了深入系统的研究。一系列原创性成果得到了国际学术界的关注与引用，有效推动了计算成像与复杂环境光学传输学科的发展。</p>	华侨大学（厦门校区）

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
20	低维金属电催化剂表面活性层的原子尺度调控	华侨大学	谢水奋, 蔡俊林, 黄虹浦, 王秋祥	<p>本项目属化学学科的合成化学研究领域，是无机化学、物理化学、能源化学和纳米材料化学的交叉领域。低维贵金属催化剂是燃料电池、电解水制氢等绿色电化学能量转化装置的关键材料，对推动国家能源产业升级具有重要作用。早期贵金属纳米催化剂的研发依赖于大量实验试错，主要以经验为主。近年来，贵金属催化剂研究逐步从宏观实验现象的总结演变到在原子水平上对催化剂进行理性设计，以实现满足工业需求的催化综合性能和成本控制。受限于贵金属资源的稀缺性，贵金属纳米催化领域最主要的挑战是如何在保证催化剂高活性、高稳定性和高选择性的同时尽可能降低贵金属使用量。本项目以贵金属电催化剂“降本增效”为研究目标，围绕燃料电池核心电催化剂的活性表层（最表面1~3个原子层）理性设计、构效关系及强化机制开展系统研究。针对多元贵金属催化剂的催化活性表层建立表面原子异质结精准构建的新体系，提出低配位表面缺陷态诱导双位点协同催化的新策略，并发展了表面活性组分基于原子层数的精准厚度调控新方法，有效提升低维多元贵金属电催化剂在燃料电池关键电化学反应体系中的综合催化性能和创新研发。主要科学发现点包括：1. 建立原子尺度表面异质结的精准构建方法和高效电催化体系：发展了从原位表面掺杂到客体原子分散态精准调控的递进式合成策略，成功构建了一系列表面配位环境精准可控、电子结构可调的低维原子异质界面催化剂。进一步阐明了主客体金属原子异质结、氧化态-金属异质结在优化反应路径与提高催化稳定性方面的强化机制。该发现点对优化电催化剂本征活性、增强材料稳定性和抗毒化能力的协同提升具有重要的指导意义。2. 提出低配位表面空位缺陷态诱导协同催化的通用策略：发展原子尺度表面空位缺陷精准构筑与界面电子调控的通用方法，成功构建一系列缺陷态可控、具有空间功能分化特征的金属磷化物及合金催化剂。同时阐明缺陷位诱导的电子重排与双位点协同机制，有效解决了碱性氢氧化反应及醇氧化反应中关键中间体的竞争吸附难题，实现活性与抗毒化能力的协同跃升。该发现点对突破传统晶面调控局限、实现燃料电池催化剂本征活性的理性设计具有重要的指导意义。3. 发展表面催化活性组分原子层厚度的精准调控方法：基于晶体生长动力学调控，发展了微量注射辅助精准控制合成体系中金属原子添加与定向生长速率的新方法；通过调节表面原子沉积与扩散速率比，实现了材料表面活性金属原子排列与原子层数的可控合成，比如表面铂（Pt）原子层数从1到5层的精准设定；揭示表面金属原子沉积与迁移的动力学影响规律，为活性组分催化性能和原子利用率的精准优化提供了重要前提。该项研究自2016年启动以来，在包括</p> <p>Angew. Chem. Int. Ed., ACS Catal., Adv. Funt. Mater., NanoLett., Sci. China. Mater. 等国内外著名SCI期刊上发表研究论文20余篇，申请国家发明专利12项，已获授权国家发明专利6项，论文总引超800次，研究成果受到国内外同行的广泛关注和高度评价。</p>	华侨大学（厦门校区）

序号	项目名称	主要完成单位	主要完成人	项目简介（摘自提名书）	提名单位
21	富勒烯功能材料与器件的应用基础研究	华侨大学	田成波, 陈静甫, 侯恩龙, 杨盼盼, 孙超, 梁玉明	<p>本项目针对光伏器件中的富勒烯关键材料在功能优化及应用中所面临的分子异构体复杂和易团聚等“卡脖子”难题，围绕“如何实现功能化富勒烯的精准合成”及“如何通过富勒烯分子设计与聚集态调控，实现光伏器件性能的优化”两个科学问题，构建了“分子精准合成-聚集态调控-器件性能优化”的系统研究，在材料创制、机理阐释与器件应用等方面取得创新成果如下：（1）发展了空间限域的精准合成方法，丰富了功能化富勒烯的合成策略。突破了传统合成中异构体复杂的瓶颈，实现了结构明确富勒烯材料的高效构筑，为从分子层面揭示材料结构与光伏性能的构效关系奠定了基础（代表作2：J. Am. Chem. Soc. 2024, 146（4）, 2494-2502；其他论文1：Adv. Mater. 2024, 36（44）, 2410248；其他论文2：Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63（51）, e202411659）。（2）提出了次级键和共价键调控策略，有效增强了富勒烯聚集态稳定性。通过增强富勒烯分子间及其相关界面的相互作用，有效提升了富勒烯本体及其在相关界面上的聚集态稳定性，最大程度发挥富勒烯的材料优势（代表作3：Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63（20）, e202402775；代表作5：Sci. Bull. 2021, 66（4）, 339-34；其他论文3：Angew. Chem. Int. Ed. 2025, 64（4）, e202416703）。（3）通过富勒烯配位调控策略，提高薄膜光电性能，实现了高性能光伏器件。尤其是通过富勒烯配位调控锡基钙钛矿薄膜的结晶生长过程，有效提高钙钛矿薄膜质量，相应锡基钙钛矿太阳能电池刷新了世界效率纪录，并大幅提升器件稳定性（代表作1：Nat. Photonics 2024, 18（5）, 464-470；代表作4：Adv. Funct. Mater. 2022, 32（14）, 2110139；其他论文4：Angew. Chem. Int. Ed. 2025, 64（7）, e202420150）。本项目研究成果推动了功能化富勒烯的精准合成和聚集态调控的发展，为高性能结构明确的富勒烯材料的制备提供了新途径。同时，深化了对富勒烯调控钙钛矿结晶动力学、缺陷态与界面性能的理解，丰富了光伏材料的调控策略，为高性能光伏器件的开发提供了材料基础与理论支撑。项目成果推动了富勒烯光伏材料从合成方法到器件应用的系统创新，受到国内外同行的广泛关注与积极评价。项目第一完成人入选2024年度教育部“长江学者奖励计划”青年学者，形成了具有一定影响力的研究团队。</p>	华侨大学（厦门校区）