

# “数学与海洋经济”主题论坛

## 非平稳极值统计模型在海洋灾害与工程可靠性评估中的应用

高猛（烟台大学）



**报告摘要：**气候变化导致海平面上升与风暴强度增强，使得传统基于平稳假设的极值统计模型难以准确刻画海洋水文要素的长期演变趋势。本研究在各类广义极值模型中引入非平稳性，将气候协变量纳入模型的参数估计，实现从平稳统计模型到非平稳统计模型的过渡，并以海岸防护工程为例，评估其在非平稳环境下的工程可靠性与失效概率。研究表明：忽略非平稳性将显著低估极端荷载风险，而非平稳模型能为海岸工程可靠性评估提供更科学的理论依据。

**报告人简介：**高猛，男，烟台大学数学与信息科学学院教授、博士生导师。2009年入职中国科学院烟台海岸带研究所，2021年4月作为统计学专业学科带头人入职烟台大学数学与信息科学学院。已承担国家自然科学基金，科技部863项目子课题，以及中科院、山东省等科研课题多项，以第一或通讯作者发表科研论文40余篇，总被引用1700余次，申请软件著作权3项，参加编写专著2项，指导硕士研究生15人；2016入选中国科学院青年创新促进会，曾担任SCI期刊《Ocean & Coastal Management》编委（2019-2024）、以及美国《数学评论》评论员。目前研究方向包括生态环境时间序列分析与预测、复杂网络及其在时间序列分析中的应用、人工智能方法在生态环境数据分析中应用和极端事件的统计建模与海岸带风险评估等。

## 截面相关双阈值变量面板模型的估计及应用

胡毅（中国科学院大学）



**报告摘要：**本文提出一种截面相关双阈值变量面板数据模型，以克服传统模型在识别双重非线性结构与截面依赖性方面的局限。该模型允许解释变量在双阈值变量划分下对因变量产生多区制异质边际效应，并通过不可观测共同因子捕捉共性冲击。针对截面相关、双重非线性及潜在内生性问题，构建了结合共同相关效应、核密度平滑与广义矩估计的CKGMM估计策略，在一定正则条件下证明了估计量的一致性与渐近正态性。

同时，扩展了截面相关性检验以适用于阈值结构，并设计了序贯阈值效应检验用于识别阈值效应与最优区制划分。蒙特卡洛模拟显示，提出的估计量与检验方法具有良好的有限样本表现。实证分析以跨国能源与经济数据为例，表明化石能源依赖度与能源价格对经济增长存在显著的非线性影响与截面相关特征，验证了模型在识别复杂经济机制中的有效性与实用性。

**报告人简介：**胡毅，中国科学院大学经济与管理学院教授、博士生导师，现代产业学院院长，入选国家级人才计划。研究方向为计量经济学模型及其应用、经济预测方法与应用等。在Humanities & Social Sciences Communications、Energy Economics、Journal of Forecasting、《管理科学学报》、《数量经济技术经济研究》、《统计研究》等国内外高水平期刊发表论文多篇；多篇论文入选ESI高被引论文及获新华文摘及人大报刊复印资料全文转载；出版

学术专著 6 部；作为项目负责人主持了国家自然科学基金面上项目等 10 余项；研究成果获北京市第十六届哲学社会科学优秀成果奖。兼任《计量经济学报》助理主编、中国管理现代化研究会管理与决策科学专委会秘书长、中国优选法统筹法与经济数学研究会青年工作委员会常务委员等。

## 不可压 Navier-Stokes 方程的雷诺数鲁棒离散方法

蓝日辉（中国海洋大学）



**报告摘要：**海洋数值模型在现代气候预测、海洋环流研究中扮演着关键角色。传统的“静水压近似”模型假设垂直方向上的压力主要由重力平衡，但在模拟小尺度海洋现象（如内波、湍流混合）时，我们需要更精确的“非静水压模型”——这种模型直接求解三维流体运动方程

（Navier-Stokes 方程），并考虑地球自转效应（科氏力）和自由海表面波动。然而，这些方程的数学求解极具挑战性：1. 高分辨率难题：

根据湍流理论（K41 定律），模拟真实海洋的高雷诺数流动需要网格尺寸极细，计算成本高昂；2. 数值稳定性：常规算法在粗网格下容易崩溃，需要设计对雷诺数不敏感（鲁棒）的数值方法。在本报告中，我将介绍两种高效且稳定的数值求解策略：1. 通过引入“辅助标量”（SAV 方法），将非线性问题转化为容易求解的线性方程组，大幅降低计算复杂度；2. 采用“人工可压缩”技巧，巧妙解耦速度和压力的计算，避免传统方法需要反复迭代的瓶颈。这些方法可为海洋模拟提供兼顾精度与效率的解决方案，适用于从海岸带过程到全球环流的多种应用场景。

**报告人简介：**蓝日辉，中国海洋大学副教授。2020 年博士毕业于美国内华达大学拉斯维加斯分校，导师为孙澎涛教授。2020 年至 2022 年在美国南卡罗莱纳大学开展博士后研究，导师为鞠立力教授。2023 年 1 月入职中国海洋大学。主要研究领域为偏微分方程数值解。在 *Math. Comp.*, *J. Comput. Phys.*, *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, *J. Sci. Comput.* 以及 *Geosci. Model Dev.* 等杂志发表论文 29 篇，主持国家自然科学基金青年项目，山东省优秀青年科学基金项目（海外），和山东省青年创新团队。

## SSP 情景下中国广东罗非鱼养殖受极端干旱影响的预测：基于损失函数的气候—产量建模方法

廖泽芳（上海海洋大学）



**报告摘要：**全球气候变暖正对罗非鱼养殖业带来日益严峻的挑战。然而，从局部气候看，真的是这样嘛？本文基于中国历史干旱数据，构建了一个针对性的损失函数，用以评估极端干旱对罗非鱼养殖长期影响。研究采用 CMIP6 框架下的 TaiESM1 气候模型，在 SSP245、SSP370 和 SSP585 三种情景下，对广东省 2024—2100 年的未来变化进行预测分析。结果表明，在所有情景下，极端干旱发生频率总体呈下降趋势。在

SSP245 情景下，技术进步与干旱风险降低的共同作用，可能推动广东罗非鱼养殖产量到 2100 年提高至 236.9 万—241.8 万吨。在 SSP370 和 SSP585 情景下，尽管湿度有所上升，但干旱风险的下降幅度相对有限，因此产量略低，分别为 228.5 万—240.8 万吨和 230.0 万—241.6 万吨。进一步地，在采用统一损失参数的条件下，三种 SSP 情景下的预测产量均呈现 U 型变化趋势，即在世纪中期于 SSP370 情景下达到最低点，随后至世纪末逐步回升。这一过程主

要由不同情景下生产对极端干旱风险变化的边际响应差异所驱动，揭示了复杂气候因素与社会经济交互作用下气候影响的非线性特征。需要指出的是，本文结论仍受到单一气候模型模式以及损失函数框架中干旱影响简化处理所带来的不确定性约束。

**报告人简介：**廖泽芳，上海海洋大学学术委员会委员、经济管理学院教授、博士生导师、应用经济系主任、学科负责人，国际经济与贸易专业负责人，兴滇惠才，兼任教育部学位中心专家、教育部人文社科项目评审专家、全国研究生教育评估监测专家库专家、复旦发展研究院兼职研究员、云南省红河州特聘专家、中国老挝磨憨-磨丁经济合作区开放发展研究院特聘专家、新兴经济体论坛智库专家、中国服务贸易协会专家委员会专家、商务部国际商务官员研修基地客座教授、上海市世界经济学会“一带一路”专委会成员等，《国际金融研究》、《当代经济科学》审稿人。主要研究方向：国际经济、海洋经济、口岸经济。主持国家社科基金重大项目子课题、国家社科后期资助、教育部人文社科规划基金、中国博士后基金、省自然科学基金等课题 30 余项，获得省哲学社会科学优秀成果奖等科研奖励 10 余项；在《中国人民大学学报》、《国际贸易问题》、《国际金融研究》、《Applied Economics Letters》等期刊发表学术论文 70 余篇，出版独立专著 2 部，参加著作与教材编写 5 部，决策咨询获得中央政治局委员批示、上海市委办公厅单篇采纳等。

## 产业演化、区域发展与海洋经济

刘强（首都经济贸易大学）



**报告摘要：**报告从区域经济发展与产业组织变革视角，分析我国产业演化的主要阶段特征以及当前产业与区域发展的新形势、新要求，探讨海洋产业、海洋经济在现代产业体系建设中的战略地位与作用。结合演化经济地理学与新经济地理学理论，梳理我国产业空间演化的范式变迁轨迹，给出现代产业体系建设研究中的前沿问题。结合 PSM-DID 模型，从资金支持、人才培养、数字技术赋能等维度，探讨专精特新“小巨人”企业培育政策在制造业价值链升级进程中的影响及作用路径。

**报告人简介：**刘强，二级教授，博士生导师，现任首都经济贸易大学图书馆馆长，曾任教务处处长、发展规划与评估处处长。兼任京津冀开发区创新发展联盟专家委员会主任、产业发展研究中心主任。主要研究领域：区域经济与政策、数字经济、社会经济统计。主持国家社科基金（3 项）、北京市社科基金重大项目、首都高端智库领导决策重大项目、北京市社科基金重点项目、北京市自然科学基金面上项目以及农业农村部、国家统计局、国家粮食与物资储备局等单位委托课题 40 余项。在《光明日报·理论版》《经济理论与经济管理》《中国软科学》《数学学报》《统计研究》《The Annals of Regional Science》《Communications in Mathematics and Statistics》《Acta Mathematica Sinica, English Series》等刊物发表论文 100 余篇。

## 数学驱动：从海洋科研到产品创新的跨界实践

刘欣（中国科学院海岸带研究所）



**报告摘要：**本报告将围绕“数学赋能”这一主线，结合主讲人作为海洋环境领域科研学者与民营企业产品研发设计顾问的双重身份，系统展示数学方法在多个交叉领域中的关键作用。报告首先聚焦海洋溢油应急管理 with 污染防控，介绍数学模型在溢油扩散预测、应急资源优化

配置等方面的应用与实战成果；其次，探讨环境经济学与生态价值评估中，数学工具如何支撑生态系统服务价值量化与损失补偿测算；第三部分关注渔业资源评估与可持续管理，介绍种群动态模型与数据同化方法在资源量估算与管理策略制定中的实践。最后，报告将介绍一款由主讲人亲自参与设计研发的非侵入式脑机接口产品，重点阐述数字电子技术在该产品中的核心作用，展现数学与电子工程交叉融合如何推动前沿产品的落地。通过以上内容，报告旨在呈现数学作为连接基础研究、应用技术与社会需求的桥梁，在科研与产品两端所释放出的实际价值。

**报告人简介：**刘欣，中国科学院海岸带研究所研究员，博士生导师。2006年获德国理学博士学位，曾先后任职于德国海岸研究中心（2007）、英国伯明翰大学（2009）、美国普林斯顿大学（2012）及澳洲国立大学（2018 - 2024）。迄今已发表学术论文及著作 88 篇，获国家发明专利 1 项、软件著作权 1 项。主持或参与欧盟、德国联邦教育部、英国州政府及中国国家级科研项目 20 余项，其中主持国家自然科学基金项目 2 项，参与科技部 973 计划项目等。作为核心科研骨干参与的“全球滨海湿地台风防护减灾生态功能价值评估”研究（2021）。2022 年及 2024 年连续承担联合国可持续发展目标（SDG）相关项目，研究成果为国际社会认可中国在打击非法海洋捕捞领域的政策成效提供了有力支撑，为中国于 2025 年加入《港口国措施协定》提供科学支撑。

## **Evaluating Method for Economic and Environmental Impacts of the Seawater Desalination Industry with Different Technologies in a Macroeconomic System and Its Application**

刘秀丽（中国科学院数学与系统科学研究院）



**报告摘要：** Seawater desalination is an effective approach to address the shortage of fresh water resources, with more than 300 million people worldwide relying on fresh water provided by seawater desalination projects to meet various needs. The Outline of China's 15th Five-Year Plan proposes to "strengthen, refine, and expand the marine industry" and "expand emerging marine industries such as seawater desalination".

Reverse Osmosis (RO) and Multi-Effect Distillation (MED) are mainstream and mature large-scale commercial seawater desalination technologies, accounting for 72.0% to 99.6% of the total scale of China's seawater desalination projects in recent years. However, few studies have analyzed the economic and environmental impacts of seawater desalination industries with different technology types from the perspective of the macroeconomic system, making it difficult to provide scientific guidance for industrial development planning at the macro level. To this end, this study proposes a method for measuring the economic and environmental impacts of seawater desalination industries with different technologies based on the macroeconomic system, and applies it to the relevant measurement and analysis of China's seawater desalination industry in multiple years since 2007. Based on the analysis of the measurement results, countermeasures and suggestions for the high-quality development of China's seawater desalination industry are put forward. The innovation of this study is mainly reflected in three aspects: (1) Integrating the cost analysis of seawater desalination projects, the use structure of desalinated water and the input-output analysis table, and distinguishing RO and MED seawater desalination sectors in the macroeconomic system. (2) Measuring the pulling and pushing effects of RO and MED seawater desalination sectors and other industrial sectors on the macroeconomic system, conducting ranking and comparison, and quantitatively reflecting the importance of RO and MED seawater desalination sectors in the macroeconomic system. (3) Not only measuring the direct CO<sub>2</sub>

emissions of RO and MED seawater desalination projects, but also calculating their indirect CO<sub>2</sub> emissions; meanwhile, constructing a CO<sub>2</sub> Emission Association Path Length (APL) model to identify the associated sectors leading to their high CO<sub>2</sub> emissions. This study provides an analytical framework and applicable model method for comprehensively and systematically measuring the economic and environmental impacts of mainstream seawater desalination technology sectors. This method can be further extended to the economic and environmental impact analysis of fields such as the utilization of marine chemical resources including lithium, uranium, and gallium, the coupling of seawater desalination with hydrogen production from seawater, and the synergy of seawater desalination, hydrogen production from seawater, and renewable energy in diversified energy applications.

**报告人简介：**刘秀丽，中国科学院数学与系统科学研究院二级研究员、博士生导师、中国科学院大学岗位教授，哈佛大学“福布莱特”访问学者，美国伊利诺伊大学香槟分校及纽约大学高级访问学者，入选国家“万人计划”哲学社会科学领军人才、中宣部文化名家暨“四个一批”人才。研究领域为：宏观经济-人口-资源-环境复杂系统建模与预测；机器学习与因果分析；可持续发展政策仿真与决策支持等。已在 *Sustainable Production and Consumption*, *Energy*, *Nutrients*, *Desalination* 等顶级和重要期刊发表论文 120 余篇，出版英文和中文专著 4 部，合编著作 15 部。主笔的政策研究报告得到国家主要领导人的批示几十次，有效支持了相关部门的科学决策。担任经济分析与预测科学研究室主任、系统科学研究所 2 支部书记。兼任中国投入产出学会副理事长与常务理事、中国运筹学会常务理事、中国系统工程学会系统理论专业委员会委员、水利系统工程学会专业委员会常务委员等。部分研究成果曾获国家科技进步二等奖、大禹水利科学技术奖一等奖、华夏建设科学技术奖一等奖、中国科学院科技促进发展奖二等奖、北京市科学技术奖一等奖等重要奖项。

## 极地高分辨率海洋海冰数值模拟预测中的数学问题

牟龙江（崂山国家实验室）



**报告摘要：**极地海洋与海冰系统的模拟预测对全球气候变化研究及极地航行安全至关重要。随着计算能力的跃升，极地数值模拟正快速迈向公里乃至亚公里级的高分辨率时代。然而，空间分辨率的提升并非单纯的网格加密，在数值算法、数据同化、求解器及预报理论等层面引发了一系列亟待解决的深层数学问题。在数值算法方面，高分辨率使得海冰流变学（如黏塑性本构模型）表现出极强的刚性和非线性，海冰破裂、冰间水道等不连续现象的涌现，打破了传统连续介质假设的平滑性，对离散格式的保结构性、稳定性和快波捕捉能力提出了严峻挑战。这直接导致系统离散后生成超大规模、高度病态的非线性代数方程组，使得传统求解器面临收敛性退化和并行扩展性瓶颈，迫切需要发展新型预处理技术或求解算法。在数据同化方面，高分辨率模型解析了更多包含强烈非线性和非高斯特征的小尺度动力过程，面对高频观测数据，传统同化方法遭遇严重的“维数灾难”、协方差矩阵秩亏及局地化难题。此外，在预报层面，小尺度过程的混沌效应显著增强，多尺度耦合下的误差非线性增长机制更加复杂。因此，推动极地物理海洋学与数学的深度交叉创新，已成为应对高分辨率模型挑战、突破预报瓶颈的重要发展方向。

**报告人简介：**牟龙江，男，崂山国家实验室，研究员，主要从事极地数值模拟与预测研究。在国产超算上研发当前最高水平分辨率泛北极冰海耦合模式；建立我国首个北极短期集合预测系统，支撑我国北极科考首次穿越中央航道；开发全球无缝隙海冰预报系统，解决无缝隙

预报关键技术瓶颈，发表 SCI 研究论文 40 余篇。担任国际极地青年科学家 APCES-CHINA 协会副主席，中国海洋学会海冰专业委员会委员、中国气象学会冰冻圈与极地气象专业委员会委员、数字极地专业委员会会员，作为领域专家参与科技部“十五五”国家中长期技术预测。

## 图上合作博弈及其在经济中的应用

单而芳（上海大学管理学院）



**报告摘要：**本报告系统介绍图上合作博弈的核心理论体系与应用进展，重点阐述图限制合作博弈、最小生成树成本博弈等主流模型，梳理图上合作博弈的 Myerson 值、Position 值、图 solidarity value 等典型解概念，围绕各类解的公理化刻画展开深入分析，并结合经济管理实际问题，展示图上合作博弈在成本分摊、收益分配、网络合作治理等场景的应用实践，为相关经济决策与管理优化提供理论方法支撑。

**报告人简介：**单而芳，上海大学教授、博士生导师，上海市浦江人才。主要研究方向为图论、图上合作博弈及其应用。担任中国运筹学会图论与组合分会常务理事、中国运筹学会博弈论分会常务理事、中国计算机学会计算经济分会执行委员。在 SIAM Discrete Math.、Eur. J. Combin.、Int. J. Game Theory、J. Optim. Theory Appl.、Ann. Oper. Res.、Econ. Lett.、Oper. Res. Lett.、《中国管理科学》等国际国内权威期刊发表论文 190 余篇。曾连续 5 次主持国家自然科学基金面上项目，科研成果荣获上海市自然科学奖。

## 受迫共振水弹性波：从高速铁轨道到冰路前行

王展（中国科学院力学研究所）



**报告摘要：**极地海洋环境的特殊之处在于“冰与水的流固耦合”；随着人类在高纬度地区活动的日渐增加，为了安全高效地利用漂浮冰层，亟需深刻理解其力学特性（如承载能力、动力学行为和破碎机理）。在本报告中，我们探讨深水区大型漂浮整冰对于其上的移动载荷的响应问题，聚焦安全使用超大浮冰作为海上机场和交通通道的理论基础。针对过往所建立的线性与弱非线性理论与实际观测严重不符这一事实，通过发展一系列全新的多尺度模型，揭示冰层局部大变形及后继的“波脱落”现象的实质是大振幅波包孤波的扰动与失稳。进一步地，我们建立该问题与“火箭橇快速轨道”问题在数学本质上的相似性。最后，我们阐明水弹性波问题的临界共振体系有别于吴耀祖先生上世纪 80 年代所发展的浅水船形波强迫共振理论，其根源在于两者在共振点处有着完全不同的分岔机理。

**报告人简介：**王展，中国科学院力学研究所研究员、副所长、学术委员会副主任。博士毕业于威斯康星大学麦迪逊分校应用数学专业，毕业后曾先后担任伦敦大学学院研究助理和巴斯大学讲师。主要从事非线性水波、地球物理流体力学、电磁流体力学、流动稳定性等方向的理论与应用基础研究。曾任美国 Woods Hole 海洋研究所 GFD Fellow 和 Staff Member，目前担任中国科学院大学岗位教授、亚洲流体力学委员会委员、中国力学学会环境力学专业委员会主任、《力学进展》和《Wave Motion》副主编等。

## 海洋内孤立波动力学演变

袁春鑫（崂山国家实验室）



**报告摘要：** Inspired by the need to theoretically understand the naturally occurring interactions between internal waves and mesoscale phenomena in the ocean, we derive a novel model equation from the primitive rotational Euler equations using the multi-scale asymptotic expansion method. By applying the classic balance  $\epsilon = \mu^2$  between nonlinearity (measured by  $\epsilon$ ) and dispersion (measured by  $\mu$ ), along with the assumption that variations in the transverse direction are of order  $\mu$ , which is smaller than those in the propagation direction, we arrive at terms from the classic Kadomtsev - Petviashvili equation. However, when incorporating background shear currents in two horizontal dimensions and accounting for Earth's rotation, we introduce three additional terms that, to the best of the authors' knowledge, have not been addressed in the previous literature. Theoretical analyses and numerical results indicate that these three terms contribute to a tendency for propagation in the transverse direction and an overall variation in wave amplitudes. The specific effects of these terms can be estimated qualitatively based on the signs of the coefficients for each term and the characteristics of the initial waves. Finally, the potential shortcomings of this proposed equation are illuminated.

**报告人简介：** 袁春鑫，崂山国家实验室副研究员，本科毕业于中国海洋大学海洋科学专业，博士毕业于英国伦敦大学学院数学专业，主要从事海洋与数学交叉研究，以第一或通讯作者在 JFM、JPO、JGR-Oceans 等国际权威期刊发表内波领域研究论文 18 篇，主持国家自然科学基金 2 项、省部级课题 4 项。同时活跃于学术共同体，担任 IAPSO 中国委员会海洋物理分会秘书长、中国力学学会环境力学专委会委员，以及《Ocean》和《Journal of Ocean University of China》两本 SCI 期刊的青年编委。



## 水产生物视觉个体识别与测量

郑海永（中国海洋大学）

**报告摘要：** 面向海洋经济高质量发展和智慧渔业建设，水产养殖亟需由经验驱动走向数据驱动，而个体级、非接触、连续的表型信息获取是连接资源评估、过程调控与产业增效的基础环节。报告围绕水产生物视觉感知中的“识别—测量—统计”链条，系统介绍鱼类个体识别、体长体宽体重估计及群体计数等关键技术的研究进展，讨论表征学习、几何约束、回归建模与群体统计等数学方法在复杂养殖场景中的作用，以及遮挡、形变、密集分布和跨场景泛化带来的挑战。结合前期团队在水产养殖个体识别与表型测量方面的探索，进一步说明视觉感知技术结合数学方法可为苗种管理、生长监测、精准投喂、产量评估和数字渔业提供数据与方法支撑，服务于智慧养殖、海洋牧场和数字渔业的降本增效与精细化决策，助力海洋经济高质量发展。

**报告人简介：** 郑海永，教授、博士生导师，中国海洋大学电子工程学院副院长，山东省泰山学者青年专家。从事微纳感知与信息智能相关研究，主持包括国家自然科学基金在内的科研项目 10 余项，发表包括计算机视觉顶级期刊 TPAMI、IJCV 和三大顶级会议 CVPR、ICCV、ECCV 以及多媒体顶级会议 ACM MM 在内的学术论文 100 余篇，授权国家发明专利 10 多项。担任 IEEE Journal of Oceanic Engineering、Information Processing in Agriculture、

Intelligent Marine Technology and Systems、OCEAN 和《电波科学学报》期刊编委，IEEE 海洋工程学协会光学与成像技术委员会主席，IEEE 海洋工程学协会山东分会主席，中国图象图形学学会青年工作委员会委员，山东电子学会理事，新侨创新创业青岛联盟理事，青岛西海岸新区海洋电子信息联盟副理事长，北太平洋海洋科学组织 PICES 工作组 WG48 和 WG54 成员，VALSE 首批常务领域主席等。

注：按姓氏拼音排序。