

## 中山大学科技成果转化项目入选教育部 2025 年高校科技成果转化典型案例

本报讯 (通讯员/王晓松) 近日,教育部科技发展中心发布了 2025 年高校科技成果转化典型案例。我校环境科学与工程学院吕慧教授团队《“一种混养反硝化耦合微纳米曝气处理黑臭水体的装置等基于硫介导的碳协同废水处理系列技术”等五项专利技术所有权转让》项目入选科技成果转化类案例。该项目解决了困扰废水处理行业的关键技术问题,在深圳、广州、中山等地 40 余项工程中应用,累计处理废水超过 2000 万吨。与传统工艺相比,该工艺无需外加碳源、曝气量减少 60%、污泥量下降 50%,显著提升污染削减和碳减排效益。

针对低碳污水生物脱氮除磷过程碳源依赖强、运行成本高、污泥产量大、碳排高的瓶颈问题,吕慧教授团队充分发



挥硫介导微生物代谢过程电子传递能力强、能量利用效率高的优势,开发了复合生物载体强化硫自养反硝化脱氮技术,研制核心装备,形成了基于硫介导的碳污协同废水处理技术与装备体系,有效摆脱了传统脱氮除磷过程对外加碳源的依赖,大幅降低脱氮成本,进而

实现污水处理减污降碳协同增效。项目研发及转化过程中,累计授权中国发明专利 18 项,国际专利 4 项。获得教育部科学技术(工程技术类)二等奖、广东省技术发明二等奖等 4 项省部级科研奖项,取得了显著的社会、环境和经济效益。

## 中大团队揭示自闭症谱系群体数学能力核心特征与发展规律

本报讯 (通讯员/牟毅) 近日,中山大学心理学系牟毅副教授团队研究整合纳入过去四十年间符合统计标准的实证研究数据,从数学技能的“熟练度”与“异质性”两个维度刻画自闭症群体数学能力核心特征,厘清智力、年龄的动态调节作用及群体差距的长期变化趋势,为针对该群体的临床干预和融合教育提供数据基础和分析框架。相关成果发表于 *Nature Human Behaviour*。

自闭症谱系障碍是以社交沟通障碍、重复刻板行为为核心特征的神经发育障碍。长期以来,公众对自闭症群体的数

学能力存在“要么天才要么严重障碍”的刻板印象。研究团队检索多项数据库,筛选出 66 项实证研究并纳入 3051 名自闭症参与者与 2351 名非自闭症参与者(覆盖学龄前儿童至成人)。研究以标准化数学测试常模、匹配人口学特征的非自闭症群体为双重对照,采用 Hedges' g 衡量熟练度组间差异,以 lnVR (变异率自然对数)量化异质性差异,对比综合数学测试与特定数学技能任务的表现;通过稳健方差估计(RVE)与多水平元分析(ML-MA)处理数据依赖性,评估纳入研究的偏倚风险,并通过

PET-PEESE (精确效应检验与标准误精确效应估计)、3PSM (三参数选择模型)等方法校正发表偏倚。

结果显示,自闭症群体数学整体熟练度显著低于非自闭症群体,但智力越高的自闭症个体与非自闭症个体的差距会越小。然而,即便智力水平匹配,自闭症群体仍表现更弱,这提示注意、情绪调节、问题行为等非认知因素也可能对数学学习起到重要作用。研究还显示,智力(尤其是言语智力)对自闭症个体的数学能力发展可能起到类似于“稳定器”的作用。

## 中大最新研究成果 揭示青藏高原构造演化

本报讯 (通讯员/黄荣) 近日,地球科学与工程学院博士研究生王宇扬与导师王洋教授等人在国际著名综合期刊 *National Science Review* 上发表了关于青藏高原东南缘新生代构造演化及动力学的最新研究成果。

青藏高原东南缘位于持续向北楔入的印度板块和稳定的华南地块之间,地壳运动与构造变形强烈,发育了复杂的断裂系统,是调节该区现今陆内变形的重要载体。受控于印度-欧亚陆-陆碰撞和印

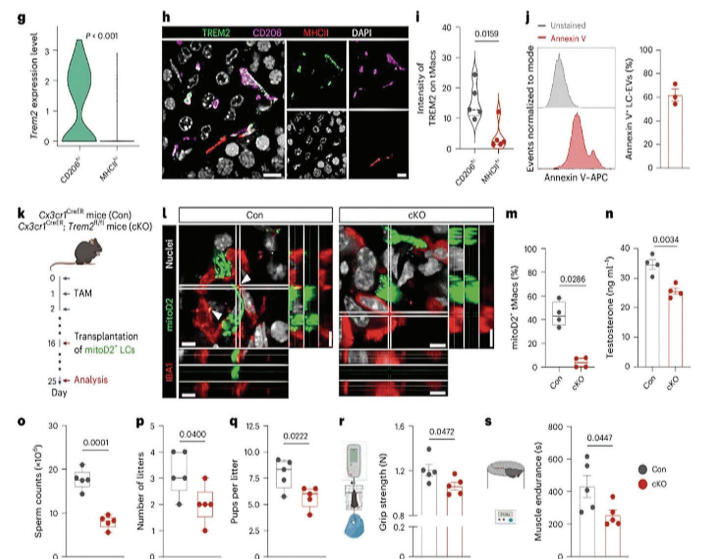
度洋俯冲体系所形成的复杂动力系统,有关青藏高原东南缘陆内变形的动力学模型存在极大争议。

研究基于三维粘弹塑性热力学数值模拟,定量重建了青藏高原东南缘新生代以来“地壳缩短-块体挤出-构造反转”三阶段构造演化,指示了块体挤出模型和下地壳流动模型并不互斥,而是由于三维流变结构和边界条件的改变先后主导区域构造变形。研究为高原侧向扩展过程中的陆内变形机制提供了新的见解。

## 中山大学团队揭秘睾丸里的 “线粒体物流网”

本报讯 (通讯员/夏凯) 2月27日,中山大学中山医学院项鹏教授团队,联合附属第一医院肖海鹏教授、邓春华教授、附属口腔医院陈莉莉教授团队,在国际权威期刊 *Nature Cell Biology* 发表了一项研究,首次发现睾丸内存在一个由细胞外囊泡介导的、精妙的“双向线粒体转移网络”。

研究首次描绘了睾丸内细胞间通过“快递包裹”(细胞外囊泡)进行线粒体双向交流的完整图景,不仅解答了睾丸间质细胞如何维持自身健康的长期谜题,更为理解、诊断和治疗男性性腺功能减退症,特别是与衰老相关的睾酮缺乏,提供了全新的理论基础和潜在干预靶点。



## 新型广谱流感疫苗研发取得系列新进展

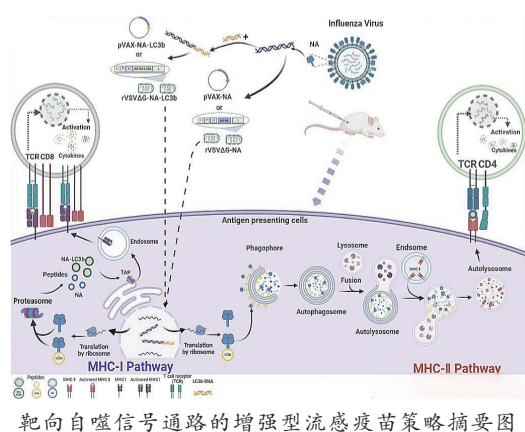
本报讯 (通讯员/何嘉敏) 近日,中山大学公共卫生学院(深圳)孙彩军教授团队在国际学术期刊 *Autophagy* 上发表题为“Redirecting neuraminidase antigen to autophagosomes confers enhanced cross-reactive T cell immunity against heterosubtypic influenza virus infection”的研究论文。该研究开发出一种通过

靶向自噬通路来增强神经氨酸酶(NA)免疫原性的新型广谱流感疫苗策略。

流感是严重威胁全球公共卫生的重要传染病,现有流感疫苗主要诱导针对血凝素(HA)的抗体反应,但由于流感病毒易发生抗原漂移和转换,其保护效果常不理想。NA是流感病毒表面的另一重要蛋白,其活性区域相对保守,是研发广谱疫苗的重要靶点。然而,天然NA蛋白的免疫原性弱,在现有流感疫苗策略中引发的免疫反应低。为解决这一难题,孙彩军教授团队提出创新策略,将NA抗原与自噬关键蛋白LC3B融合,

利用细胞自噬途径将其高效递送至抗原提呈路径。研究显示,该策略能显著增强目标抗原被抗原提呈细胞摄取、加工和通过MHC II类分子提呈给T细胞的能力。

在动物模型中,该策略有效激发了NA特异性体液和细胞免疫反应,尤其是其产生多功能性T细胞的频率显著高于对照组疫苗。攻毒实验表明该策略诱导的免疫应答可提供针对同源H1N1流感病毒的完全保护,并且对异亚型H3N2病毒攻击表现出显著的交叉保护作用。机制研究表明,该保护效果主要依赖于疫苗诱导的、针对多个新发现T细胞表位的多功能CD4<sup>+</sup>和CD8<sup>+</sup>T细胞反应。该研究不仅为研发广谱流感疫苗提供新思路,也为开发其他病原体疫苗及肿瘤免疫治疗提供新参考。该疫苗策略已获中国发明专利授权。



靶向自噬信号通路的增强型流感疫苗策略摘要图

## 中大团队揭示全球热浪-臭氧复合事件的 时空分异规律和人群死亡负担

本报讯 (通讯员/许瑞君) 近日,中山大学公共卫生学院刘跃伟教授团队在环境科学领域权威期刊 *Environmental Science & Technology* 在线发表题为“Global Spatiotemporal Variation and Death Burden of Compound Heatwave and Ozone Pollution Events”的研究论文,系统评估了2000~2021年间全球及218个国家或地区复合事件的时空分异规律及其人群死亡负担。结果发现,在大多数中纬度地区,复合事件及其人口暴露度的频率、持续天数和强度均显著增加;

研究期间复合事件暴露的人群死亡负担整体呈上升趋势,归因死亡分数在中东和北非地区最高,从2000年的0.99%增至2021年的2.01%,增加近一倍。

该项研究表明,近20年间全球复合事件趋势增强,人群死亡负担日益沉重,中东、北非和南亚是主要的热点地区。研究结果强调,迫切需要在热点地区开展区域特异性的复合暴露缓解和适应行动,针对性地降低易感人群的健康风险,为制定精准化的气候与公共卫生政策提供科学依据。