



在稳定支持下，一群年轻人挑战百年难题

■本报见习记者 赵婉婷

为减小阻力，高铁、飞机常常被设计为流线型。但高速下，流体经过表面时会产生复杂湍流，衍生诸多工程难题。湍流机理复杂，被诺贝尔物理学奖得主理查德·费曼称为“经典物理学的最未解难题”。

在中国科学院力学研究所(以下简称力学所)，研究员王士召带领一支平均年龄 39 岁的团队向百年难题发起挑战。他们针对工程难题背后的基础科学问题和关键核心技术，以涡环的时空演化切入，发展了复杂边界压力场的计算和测量方法。

这支团队取得成功的背后有一套机制密码——中国科学院与财政部联合启动的“稳定支持基础研究领域青年团队计划”(以下简称“青年团队计划”)。

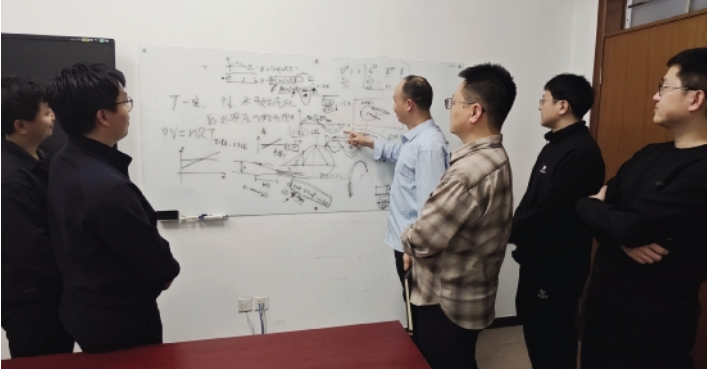
瞄准湍流百年难题

当我们稍稍拧开水龙头时，流出的液体平缓而清澈，这是有序稳定的层流；而河流从屋顶快速倾泻而下时，就形成了翻涌飞溅、浑浊泛白的瀑布。流体力学家将瀑布这样“不规则”的高速流动定义为湍流。

湍流由大小不一的涡旋构成，涡旋随时间和空间不断变化，涉及旋转、变形、重联等过程。这些变化会直接改变接触边界上的力、热量等物理量，引发边界压力脉动、流动阻力激增等问题，这也是各类高速装备噪声、能耗的核心诱因。然而，长期以来，科学界难以全面揭示湍流的时空演化规律，将其称为“百年难题”。

王士召自 2006 年读博以来，就一直探索湍流与力的关系。此前，他与团队发展了基于涡旋形心的升力公式，系统揭示了扑翼推进中的涡旋结构与力作用机理，并受邀在流体力学旗舰期刊《流体力学年鉴》和航空航天领域顶级期刊《航空航天科学进展》上撰写综述文章。

2021 年起，中国科学院与财政部联合启动“青年团队计划”，这是中国科学院根据基础研究创新人才成长发展的特点和要求施行的新举措。2023 年，在该计划发布的重大科学问题清单中，王士召看到了“湍流时空结构的起源与演化”项目。这是“青年团队计划”中第一个基础力学研究领域的课题。从国家战略需求与工程需



王士召(右四)团队。受访者供图

要出发，他决定申请该项目。

“湍流是大飞机、高端机械等装备研发的核心技术瓶颈。”王士召说，目前，工程界在尝试改造设备外形以降低湍流带来的影响，但缺少明确的方法论。从源头摸清湍流的运动机制，逐步揭示湍流结构与力的机理，才能为工程设计提供精准的改进方案。

经过多轮遴选，他们成功“揭榜挂帅”，入选 2023 年“青年团队计划”。在中国科学院的统筹支持下，该项目由力学所牵头，以王士召为团队负责人，联合中国科学技术大学、中国科学院数学与系统科学研究院、中国科学院大学共同承担。

这支团队聚焦湍流时空变化的核心原理，目标是建立湍流时空结构起源与演化的新模型，提出湍流模拟的新方法，为工程设计提供指导。

分工明确，优势互补

在“青年团队计划”的支持下，来自不同机构、不同专业背景的年轻人得以将各自的特长聚焦在同一个重要问题上。

团队分工明确，中国科学技术大学教授司徒负责湍流起源研究及相关实验，中国科学院数学与系统科学研究院副研究员王旭承担数学建模和数值方法相关工作，中国科学院大学副教授陈隆主导多物理场耦合模拟实验，王士召带领力学所的“小分队”主攻湍流演化中的理论研究。

此外，团队内部的年轻人还能优势互补。

团队中的“85 后”、力学所副研究员

刘毅此前常常奔波于行业项目对接，在一心投入“青年团队计划”后，他自主开发了一个复杂的流体力学数值模拟计算程序。“在流体力学领域写程序是一项投入产出比相对较低的工作，底层算法设计和程序重构都需要反复探索，不断推翻和迭代，前期需要投入大量的时间和精力。”刘毅说，“现在，得益于‘青年团队计划’长周期评价、宽容失败、鼓励原创的理念，我能够沉下心来，集中精力解决超大规模数值模拟中的计算性能瓶颈问题。”

王士召感慨：“‘青年团队计划’让年轻人可以安心地深耕极具挑战性但具有长期价值的问题，也能激发年轻人持续攻关的科研定力。”

刘毅的投入，为研究湍流结构提供了重要工具。团队的“90 后”、力学所副研究员张鑫磊利用机器学习将刘毅程序的计算结果，和团队成员、力学所研究员徐多负责的流体力学实验结果关联起来；反过来，机器学习又能指导实验测量传感器的优化布置，以及湍流模型的参数调整。

团队的每位成员发挥所长，得到了综合训练。他们之中，有的获得了中国科学院院长特别奖，有的拿到力学所“力量计划”的人才支持项目。在王士召看来，青年的快速成长与发展，也是交给“青年团队计划”的“答卷”。

“给了我们探索的空间和时间”

王士召感慨，在推动组建跨界团队的同时，“青年团队计划”的稳定支持

“给了我们探索的空间和时间”。

近 3 年来，在“青年团队计划”的支持下，团队取得一系列成果。

他们完善了复杂边界流动大规模并行计算方法，实现了大规模的湍流大涡模拟。此外，他们开发了基于机器学习的曲面动边界压力场重构技术。这些方法与机理研究是工程改进的重要参考。

涡环的相互作用是研究湍流问题的经典途径，此前研究仅关注涡旋的变形或重联单一因素，而未明确旋转的角色。“我们想设计一个非常干净的模型，让两个涡环斜着碰撞，看看旋转和变形是如何发生的。”王士召解释道。

团队通过模拟涡环运动发现，在旋转与变形同时发生时两种状态产生的压力可以相互抵消。在进一步分离并量化旋转与变形的影响后，团队提出通过改变设备外形以调整涡旋的旋转方式的可行性。

他们凝练出一张清晰简洁的涡环示意图，其背后是复杂的数学模型简化工作。为精准复刻真实流体的复杂流动结构，完整捕捉湍流旋转、变形、拉伸的核心特征，他们开展了大量试算与迭代。只有在不断探索与验证中，才能拼凑出完整的图景。

王士召坦言，湍流问题是长周期难题，在获得“青年团队计划”的稳定支持前，团队需要分散精力申请各类项目，“现在我们没有年度硬性考核，开展研究就不会太保守，我们无需频繁调整方向应对经费压力，研究的连续性得到了保障”。

谈及基础研究中的长线探索，王士召笃定地说：“我们这些做流体力学，特别是偏基础研究的人，一开始就想好了，这个问题肯定要研究一辈子。”

如今，在“青年团队计划”的支持下，团队正在拆解更为复杂的涡环运动，并尝试在模型上设计凸起和弯曲以改变湍流流动形态，继续解决国家重大技术需求背后的科学问题。



和耀喜：在海拔 5370 米找到科研坐标

■本报记者 张楠

海拔 5370 米的西藏山南地区普玛江塘乡，是世界海拔最高的有人居住乡，当地石碑上刻着“世界之巅”4 个字。

中国科学院昆明动物研究所研究员和耀喜第一次站在那里时，感受到了什么叫“像在月球上走路”——呼吸急促，脚步虚浮，整个人轻飘飘的，极其不舒服。

和耀喜看到湖北来的援藏干部因为长期缺氧，记忆力严重衰退，简单几句欢迎词都要看稿子读。抽血检查时，他们的血液黏稠得几乎抽不出来。

“我当时就觉得，如果真正破解高原适应的遗传奥秘，就能为当地百姓和这些援藏干部做点什么。”和耀喜说。

这位出生于丽江的纳西族青年科学家，从云南大山走向国际学术前沿，把论文写在青藏高原和热带雨林，写在祖国最需要的边境线上。

五颜六色的地图上，东南亚是空白

和耀喜有个同卵双胞胎弟弟，导致他从小就有强烈的竞争意识。“从子宫里面就开始竞争了。”接受《中国科学报》采访时，他笑言“两个人都很好强”。

但真正让他找到科研方向的，不是“好强”，而是一张地图。

在读博期间，和耀喜跟随导师到美国参加人类遗传学会年会。一位国际顶尖学者在会上展示了一幅全球基因组研究进展地图。那张地图五颜六色，包括日本、韩国、新加坡和中国沿海地区在内的亚洲东部色彩斑斓，但我国西南地区却暗淡稀疏，而整个东南亚地区几乎是一片空白。

“当时大家都在讲精准医学、精准医疗，很多标准和数据都来自英国生物样本库。”和耀喜感慨，“在东方，那么多人口和民族，基因组数据却是空的。”

于是，那片“空白地图”刻进了他的脑中。

2015 年，和耀喜被派往西藏做高原适应采样。纳西族与藏族在基因层面共享很多片段，他原以为自己会适应高原环境，但在拉萨不行，到了普玛江塘乡更是不行。

“在海拔 5370 米，我基本睡不着觉，呼吸急促，走路轻飘飘的。”和耀喜第一次感受到“第三极”的苍凉。也正是在那里，他看到了一群“舍不下”的人——援藏干部。

“那位来自湖北的干部，即便高原反应很严重，也没有提前离开。”和耀喜说，“如果我们能把高原适应的遗传奥秘真正解开，从基因层面找到调控因子，开发靶点药物，就能帮助很多像他这样的人。”

从“空白地图”到海拔 5370 米的普玛江塘乡，和耀喜找到了自己的坐标：把科研做在国家最需要的地方。

两类“极端”中的科学突破

青藏高原的 80 多个县，和耀喜几乎跑遍了。



和耀喜在“世界之巅”碑前留影。中国科学院昆明动物研究所供图

他和团队通过大规模多组学分析，提出了一个颠覆性结论——藏族人群适应高原的核心机制，不是学界传统认为的“强化效应”，而是“钝化效应”。

“不是越强越好，重点是怎么适应、怎么降低高原反应。藏族人是弱化了环境敏感性，不会有很强烈的缺氧反应。我们叫‘以退为进’。”和耀喜说。

团队构建了藏族千人基因组和万人表型组数据库，定位了 192 个适应关键基因，打造了首个藏族高质量参考基因组“珠峰 1 号”，建立了国际首个全球高原人群数据库 HiLand Resource。

与此同时，和耀喜把目光投向了另一个极端环境——热带雨林。

“高原是减法，雨林就是加法。”他解释。雨林环境高热、高湿且病原体多，适应机制集中在代谢、免疫、皮肤系统，“深肤色是其中一个表现”。

这两类极端环境——低压、低氧的高原与高热、高湿的雨林是独特的天然实验室，也是和耀喜科研版图的两极。

于是，他联合泰国、柬埔寨、老挝等 6 个国家的 34 个科研团队，发起“东南亚人群基因组计划”。2025 年，以和耀喜为第一作者的相关成果发表于《自然》。该成果构建了全球最完整精准的东南亚人群基因组变异数据集 SEA3K，首次系统揭示了我国西南及东南亚人群遗传结构与演化轨迹，并发现适应热带雨林的关键基因。

那片“空白地图”终于被填上了颜色。

“上个月去雅典开会，我们意识到，中国的基因组研究水平已经全球领先了。”和耀喜说。

在孩子心里种下种子

付诸文字的是科研成果，未能言说的是细碎日常。（下转第 2 版）



旷野中最亮的光——野外台站巡礼

麦田底下藏着什么？科学家用它们记了 40 年水土账

（详见第 4 版）

研究人员造出全新拓扑光子“高速路”

本报讯(记者陈彬)东南大学毫米波全国重点实验室电磁超材料团队联合南京大学、香港科技大学团队，提出并实现了一种新型拓扑光子波导——无绝缘体拓扑光子多通道“高速公路”。该研究针对传统拓扑光子波导中拓扑保护与空间利用率难以兼顾的问题，提出了一种新的解决思路。相关研究成果近日发表于《自然》。

随着光通信和光子计算不断发展，如何在有限面积内容纳更多通道并减少反射和串扰，成为集成光子学的重要问题。拓扑光子波导虽然能够帮助光绕过缺陷和急弯，却需要较宽的光子绝缘体区域提供拓扑保护和光场约束，这些区域不参与传输，限制了器件的空间利用率。

可以把传统拓扑波导想象成一条被宽厚隔离带包围的专用道路，车辆行驶稳定，但真正用于通行的路面只占一小部分。此次研究构建的“光子高速公路”则更像多车道紧密排列的高速公路，每个通道既传输自身信号，也是邻近通道的“护栏”，因此无需额外设置大面积隔离层。

其背后物理基础是团队设计的四种特殊光子晶体——光子谷平准金属。它的两个能谷自由度一个表现为无带隙的狄拉克金属，而另一个则表现为拓扑绝缘体，因此可扮演波

导和拓扑光子绝缘层的双重角色。将四种谷平准金属按照特定顺序排列后，可以形成四条空间上并行的单向通道。不同通道相互协同，在保证每个区域拓扑单向传输的同时实现了 100%的空间利用率。

团队在微波频段搭建实验平台，验证了四个单向导波通道，并展示了电磁波通过 60°、90° 和 120° 急弯时仍能沿预定通道单向传播，反向散射和通道串扰受到有效抑制。与传统拓扑波导中光主要集中在狭窄界面附近不同，新结构中的波可以分布在整个通道内。因此，通过改变通道的宽度和形状，还可以使场分布发生展宽、压缩或横向移动，为在紧凑空间内同时实现信号传输和波场形貌调控提供了新的可能。

该成果在基础研究上突破了拓扑光传输依赖材料边界或界面的传统框架，开辟了利用整个区域并行且单向鲁棒导光的新路径；在应用层面，有望为高密度光子芯片提供新方案，减少无效空间、提高通道密度和信息承载能力。据团队介绍，该技术未来可拓展至通信光、太赫兹等多个实用频段；但真正落地应用，还需要解决材料损耗、器件耦合等工程难题。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10817-9>



本报讯 美国能源部(DOE)近日公布“创世纪计划”首批人工智能(AI)研究资助项目名单。这是一项由 DOE 牵头、联邦政府层面全面发力，依托 AI 开展科研攻关的重大计划。据《科学》报道，此次共计 278 个项目获得资助，资金来自 DOE 承诺投入的 2.5 亿多美元，支持跨机构团队运用 AI 开展各类研究，涵盖核反应堆设计、土壤微生物研究等诸多领域。

DOE 部长 Chris Wright 在公布资助名单的声明中称：“本次遴选的 278 个项目代表了美国科学界顶尖的研究

力量。”

美国官方表示，首批资助仅仅是开端。白宫近日宣布，将进一步加大投入力度，为该计划追加超过 50 亿美元资金，但并未明确资金来源与支出周期。美国国家科学基金会、美国国家航空航天局、美国国立卫生研究院等多家机构也相继表态，将加入“创世纪计划”。

“创世纪计划”于 2025 年 11 月正式启动，旨在依托 AI 攻克 26 个“本世纪重大科学难题”。今年春季，DOE 面向科研人员征集项目方案，围绕其中 21 个难题开放申报。团队必须在 6 周时间内组建，成员至少来自以下 3 类机构中的两类：高校与科研院所、DOE 下属 17 家国家实验室、私营企业。尽管筹备时间仓促，DOE 依然收到 5000 多份申报方案。

首轮获批项目中，除一个项目外，

其余全部获得一期资助，经费额度 50 万至 75 万美元，支持为期 9 个月的研究工作。如果一期研究取得预期成果，团队可继续申请二期资助，经费额度 600 万至 1500 万美元。

唯一一个直接获得二期资助的项目将获得 6000 万美元经费。该项目名为“普罗米修斯”，汇聚 5 个国家实验室、4 所高校以及 20 余家企业，研发全球首套可实现自主设计、建造与运行的核反应堆。

美国爱达荷国家实验室的 Peter Snyderhous 介绍，传统新型反应堆设计通常需要 15 年时间、数百名工程师参与。联合团队希望借助 AI 将研发周期缩短一半。他估算，这项算力密集型研究需要处理万亿级别的词元。该项目同时获得产业界超 2 亿美元配套投资。首轮申报最终资助率不足 5.6%，不

少科研人员对此感到意外。美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校的 Jaki Noronha-Hostler 担心部分研究领域可能因此被边缘化。

美国橡树岭国家实验室主任 Stephen Streiffer 推测，有限的二期资助名额竞争将异常激烈。“淘汰比例会很高，我预估一期项目里大概只有 1/10 能够成功晋级。”

申报方案数量之多反映出科研界对利用 AI 开展科研抱有极高热情。“创世纪计划”负责人、DOE 主管科学事务的副部长 Dario Gil 表示：“我们在设计项目机制时并没有预设 5%左右的资助比例。出现这一结果，纯粹是科研群体热情高涨所致。”他透露，后续还会持续增加投入，希望参与申报的科研人员“继续坚持”。（王方）