

螺旋桨正转，为何潜艇向后行驶？

■本报记者 陈彬

在人们的常识中，螺旋桨作为船舶、潜水艇等设备的主要动力来源，不但可以为航行器提供前进的动能，而且其旋转的方向直接影响着航行器的前进方向——螺旋桨正转，船体向前；螺旋桨倒转，则会带动航行器向后运动。

但有没有一种可能，螺旋桨无论是正转还是倒转，航行器都会向后运动？

不久前，美国《国家科学院刊》(PNAS)刊登了一项来自北京邮电大学物理科学与技术学院教授丁阳团队的研究成果。该团队首次发现在清水中能借助螺旋桨正常运动的微型潜艇，在硅油中却始终向后运动的现象，并通过分析解释了该现象出现的原因。

“我们将这个有趣的现象称为‘推进力反转’。”接受《中国科学报》采访时，丁阳表示，除了“有趣”之外，该现象的发现对于微型机器人等技术的研究也有着重要意义。

“失灵”的螺旋桨

很多重要的科学进展起因都是一次偶然的发现，这项研究便是如此。

“最初发现这一现象时，我们正在做一项关于水中机器人集群的实验。”丁阳团队成员、北京计算科学研究中心博士生付蓉说，这项实验需要将多个潜水艇模型随机放置到水池的不同位置，通过发送控制信号产生不同的集群行为。但由于水的阻力较小，潜艇游速过快。为了增加液体阻力，付蓉便将水换成更黏稠的硅油。

“问题”就在此时发生了——几个被放入硅油中的潜水艇模型开始“不听使唤”，不管付蓉如何调整螺旋桨的旋转方向，它们都不会向前行驶，反而纷纷“后退”。

这一螺旋桨“失灵”现象引起了丁阳团队的兴趣。

“在科学领域，有一个用来表述运动物体和流体之间关系的概念——雷诺数。简单来说，它等于运动物体受到的惯性力



丁阳(中)和团队成员付蓉(左)、李思雨在讨论。受访者供图

除以其受到的黏性力。”付蓉解释说，惯性力与黏性力决定着物体在流体中的运动状态。比如，在水中行驶的货船由于质量庞大，其惯性力也很大，水所能提供的黏性力则相对很小，所以货船的状态便是高雷诺数；而当幽门螺旋杆菌、大肠杆菌等细菌游动时，由于其尺寸极小，惯性力自然也很小，但周围流体施加的黏性阻力则相对较大，这就属于低雷诺数。

但无论在上述哪种情况下，都不会出现“推进力反转”现象。

不过丁阳团队发现，硅油中的潜艇模型并不属于上述两种情况，它属于第三种情况——中雷诺数，即潜艇模型的惯性力与硅油的黏性力之间差距并不大，而是处在相对“中等”的比值范围内。

是不是这个“比值”搞的鬼呢？

被“甩”出去的液体

在中雷诺数下，潜艇模型的螺旋桨与硅油之间的相互作用成为相关研究的突破口。“我们用计算机进行了三维数值模拟，从力场与流场两个维度分析了螺旋桨叶片与其所处流体(硅油)是否会有一些与众不同的相互作用。”丁阳团队成员、北

京师范大学博士生李思雨说，他们发现带有倾斜角度的螺旋桨叶片与硅油相遇时，会产生两种互相“较劲儿”的效应——“离心吸入效应”与“后向流体加速效应”。

这其中，前者源于螺旋桨带动硅油转动形成的类似龙卷风的旋涡，其离心力会在螺旋桨附近形成负压区，并将尾部硅油向前吸，这些被吸的硅油会产生一股向后吸引螺旋桨和潜艇的反作用力；后者则是硅油被螺旋桨撞击形成的向后的射流，产生使模型向前运

动的推动力。

在中雷诺数下，潜艇承受的向后吸力要大于向前的推动力，因此便发生后退。

“说得再通俗一些，通常情况下，螺旋桨的转动会持续将液体向后推，其反作用力便推动潜艇向前移动。”丁阳说，但当雷诺数处于某个区间时，螺旋桨并不会将液体向后推，而是将大部分液体“甩”向侧面，造成的低压区只能由后方的液体向前运动进行补充，进而产生了一股向后的反作用力。

“由于螺旋桨将液体‘甩’向侧面的动作不会受其正转或是反转的影响，因此无论人们如何操作螺旋桨，潜艇模型都只会向后运动。”丁阳说。

激动人心的事情

据介绍，该成果挑战了既往基于高雷诺数或低雷诺数建立的螺旋桨或螺旋形推进系统的流体动力学理论，证明了中雷诺数是一个有别于上述两种情况、有独特性的流体区间。

那么，这个独立流体区间的数值大致范围是多少？

“目前我们大致测算出的区间上下界

限是雷诺数为 50 至 180 和 1 至 3，具体数值受一些系统参数的影响，比如螺旋桨形状、螺旋桨距离船体远近，以及其与船体的比例等。”丁阳说。

需要注意的是，由于雷诺数只是一个比值，因此从理论上说，任何在液体中运动的物体都有可能发生“推进力反转”现象，且物体质量越小，产生这一现象所需的液体黏性力也越小。

“这意味着，当我们几厘米长的潜艇模型等比例缩小到毫米级的体量时，某些比硅油黏度小得多的液体都可能导致‘推进力反转’现象。”付蓉说，“比如血液、水等。”

“搞清楚这些原理，有助于我们解决实际问题。”丁阳表示，特别是伴随着机器人技术的持续推进，我们完全可以想象，未来人体血管里会有螺旋桨推进的治疗机器人在游动，而一旦这种场景成真，目前仅仅是“有趣”的“推进力反转”现象，就会变成一个必须要严肃应对的重要问题。

除此之外，未来微型航行器，如微型机器人的应用前景还很广，例如清除或收集水中的微塑料、重金属，或者对狭窄的生活或工业管道探伤与修复等，而这些设备一旦采用螺旋桨作为推进方式，都可能面临同样的问题。

丁阳告诉《中国科学报》，如果期望螺旋桨克服“推进力反转”现象，该研究中的一些关键影响因素和机制有望提供依据，比如增加螺旋桨与机器人身体的距离、改变螺旋桨形状等。至于如何才能让螺旋桨在中雷诺数下高效地产生推进力，还需要更多研究。

除了能为微型航行器的实用化提供助力外，丁阳还希望未来可以完整、细致地描绘出螺旋桨在中雷诺数场景中的流体动力学特征，甚至产生贯穿整个高、中、低雷诺数场景的推进理论。“那将是一件激动人心的事情。”丁阳说道。

相关论文信息：<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2504153122>

集装箱

全国首个基孔肯雅病毒核酸检测试剂盒获批上市

本报讯(记者朱汉斌)近日，由广州达安基因股份有限公司自主研发的基孔肯雅病毒核酸检测试剂盒(荧光 PCR 法)获得国家药品监督管理局批准，成为全国首个获批上市的基孔肯雅病毒检测产品。

该试剂盒用于体外定性检测基孔肯雅热疑似病例、其他需要进行基孔肯雅热感染诊断或鉴别诊断者的血清样本中的基孔肯雅病毒核酸。据悉，拿证后一周内即

可完成生产正式投放临床使用，最大产能根据需要可在 1 个月内提升到 1000 万人份/天，全力确保需求。

据介绍，早发现、早诊断、早治疗是降低基孔肯雅热重症率和病死率的关键。该试剂盒从 7 月开始立项研制到注册检测、临床试验，再到最后的注册申报、审评审批，总共不到 3 个月的时间，创造了疫情应急产品注册上市的“广东速度”。

国内首例多孔钽颗粒植骨关节翻修术完成

本报讯(记者孙丹宁)骨损伤是临床常见难题，尤其在关节翻修、创伤和骨肿瘤切除术后常伴随不规则骨缺损，传统修复材料难以匹配复杂形态且力学适配性欠佳。近日，中国科学院金属研究所副研究员刘文涛等与辽宁省人民医院研究团队开展合作，完成多孔钽颗粒植骨的国内首例关节翻修术。该方案帮助医生有效解决了患者的髋关节白刃不规则骨缺损的问题。

此前，团队对多孔钽材料体系的相关成骨机理进行了深入研究，基因测序结果显示该材料体系能对机体内 1829 个关键基因造成显著影响，尤其可通过上调整合素 $\alpha 6$ 的表达，激活 PI3K/AKT 信号通路，显著促进

成骨基因的表达，最终增强成骨细胞的分化与矿化能力。

针对骨科临床上常见的不规则骨缺损修复需求，研究团队又提出多孔钽颗粒填充修复的创新性策略。颗粒形式的多孔钽具备优良的流动性，可灵活适配各类复杂缺损形态，显著降低应力遮挡效应，提高手术操作的便捷性与修复稳定性。研究表明，多孔钽颗粒具有分级多孔结构，有利于营养物质传输和细胞迁移增殖，其弹性模量与天然骨更为接近，可有效促进新骨生长和早期愈合。

体内外研究证实，多孔钽金属具有良好的生物相容性和生物学功能，能显著加速新骨生成，增强骨与植入体整合效应，是骨修复领域的优选材料。

2025 国家工业软件大会在宁波召开

本报讯(记者沈春蕾)日前，由中国自动化学会主办，上海交通大学、青岛科技大学等 20 余家单位联合承办的 2025 国家工业软件大会在浙江省宁波市召开。

大会以“智驱新质”为主题，多位专家学者分别围绕“多领域数字孪生模型驱动的控制系统设计开发软件平台”“人工智能赋能工业软件创新与实践”“工业控制智能化发展方向”“人工智能时代下工业软件研发范式的思考与探索”“智能制造自动化生产线管控软件研发”“工业互联网产教融合创新模式的探索与实践”等主题作报告。

大会以“工业软件推动工业智能”为主题设置了高峰对话，邀请业内人士围绕“工业软件如何突破‘数据—算法—场景’闭环，实现工业智能的规模化落地”“工业软件生态与人才战略”“工业软件开源化——是颠覆生态的利

器，还是自毁长城的陷阱”三大话题，共同探讨了工业软件在智能制造中的核心地位与发展瓶颈，探索技术创新与产业应用的深度融合路径，并讨论了教育、科研与产业协同创新的新模式。

大会发布了《中国自动化技术发展报告》和《中国自动化产业发展报告》，以及国内首个针对有色金属冶炼行业的智冶大模型。该大模型可以让人工智能读懂工业语言，拥有冶金思维，精准调控生产全流程，实现了大模型从“能聊”到“能做”的具身智控工业应用新范式。

围绕工业软件在研发设计、生产制造、运维服务等全生产周期的应用需求，大会设置 11 场平行会议，通过专题演讲拆解核心技术、案例分享传递实战经验，高效促成政产学研用各方精准对接，加速细分领域技术迭代与产业协同发展。

首套全国产化硅光芯片“工具箱”问世

本报讯(记者李思辉 通讯员马文俊)近日，《中国科学报》记者从位于武汉的国家信息光子创新中心获悉，该中心发布了首套全国产化 12 英寸硅光全流程套件。在半个月时间内，全国已有超 40 家企业、高校、机构来中心沟通合作，其中十多家进入实质性合作阶段。

传统芯片靠电子传输数据，好比汽车运货。硅光芯片则让光子穿梭于光纤，变身“光速高铁”。近年来随着技术成熟，硅光芯片开启在人工智能、大数据等前沿产业领域的大规模应用。市场研究机构数据显示，2025 年全球硅光芯片市场规模将快速突破 80 亿美元。

造芯片，就像用上亿块乐高搭一座微缩城市。设计师不能乱搭，必须遵循工厂的制造规则。全流程套件，正是芯片工厂给设计

师的“官方工具箱”。它包含从芯片设计、测试到封装的全部环节，保证设计师在电脑上的创作能在真实工厂精准实现。

“有了这套‘工具箱’，芯片生产就有了统一的‘语言’。”国家信息光子创新中心相关负责人介绍，它能帮助相关上下游企业实现“设计即测试、测试完成即封装”，大幅缩短研发周期，降低制造成本。“目前套件性能已达标产要求，正支撑龙头企业试产高速硅光芯片。”

据了解，2017 年，国家信息光子创新中心落户光谷，承载解决我国信息光子制造业关键共性技术协同研发和首次商业化应用的战略任务。7 年多来，它突破了 1.6T 硅光互连芯片、2T 芯粒等关键技术。

首个羊产业垂直大模型发布

本报讯(见习记者李媛 通讯员王学锋)近日，在第二十一届羊业发展大会暨首届中国·榆林羊产业博览会上，西北农林科技大学教授陈玉林团队基于 Qwen3 架构自主研发的全国首个覆盖全品类、全链条的羊产业垂直大模型——苏武智慧羊大模型 V1.0(以下简称苏武大模型)正式发布。

苏武大模型研发团队集聚了西北农林科技大学动物科学、计算机科学与技术、动物医学、生物技术等多学科融合背景的人员，由陈玉林担任总负责人。该模型基于自主可控创新平台训练发布，通过创新算法架构突破了传统羊业数据处理中数据分散、整合困难以及分析效率低下的瓶颈，构建了多源数据融合、精准知识库构建、智能分析决策等先进方法，建立了涵盖全国主要羊业生产区域的大规模数据共享与分析平台，包含全领域知

识问答、羊只品种识别、羊只行为分析、羊只 3D 模型生成、羊只产奶性状分析以及羊只育种分析六大核心功能。

苏武大模型已在西北农林科技大学畜牧教学试验基地、江苏乾宝牧业有限公司、榆林上河三农科技(集团)股份有限公司、渭南产奶山羊数字化育种中心、甘肃庆环肉羊制种有限公司、陕西澳尼克奶山羊养殖有限公司、陕西微牧云信息科技有限公司等 7 家企业和机构推广应用，展现出显著的实用价值和经济效益。

“团队将继续深耕智慧羊领域，推进该模型与国家畜牧产业体系深度对接，持续优化算法、拓展功能，深化应用场景，并借助政策支持推动羊业技术革新和产业协同，以科技创新为引擎助力中国羊业实现高质量发展，为乡村振兴、现代畜牧业转型升级贡献科技力量。”陈玉林说。

按图索技

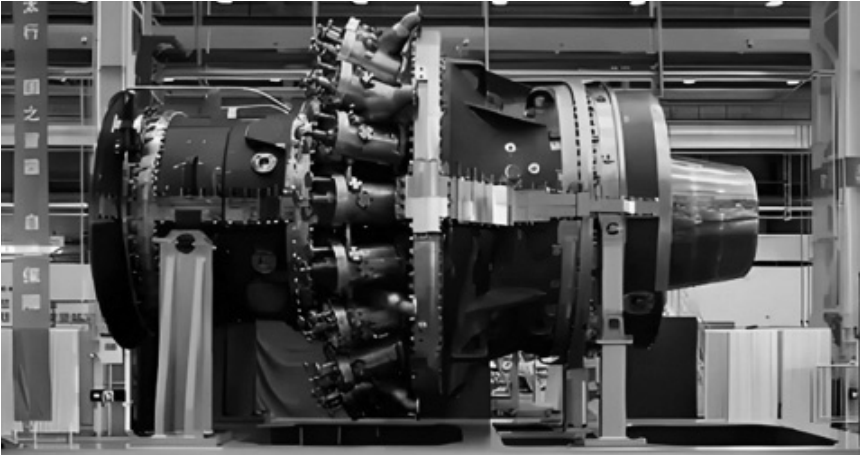
新型合金材料应用于“太行 110”

本报讯(记者孙丹宁)近日，国内功率最大的国产商业投运重型燃气轮机“太行 110”首台套商业机组在中国航发燃机制造装试基地出厂，这标志着我国自主研发的 110 兆瓦级重型燃气轮机正式迈入商业化应用新阶段。该燃机采用中国科学院金属研究所(以下简称金属所)研究员周兰章团队研制的具有自主知识产权的多种抗热腐蚀镍基高温合金材料，用于制造其关键热端部件。

据介绍，“太行 110”是中国航空发动机集团有限公司研制的国内功率最大的国产 110 兆瓦级重型燃气轮机，是国家能源局首批燃气轮机创新发展示范项目。金属所多种抗热腐蚀镍基高温合金成功应用于“太行 110”全部的四级涡轮导向叶

片、四级工作叶片以及涡轮整流支柱等关键热端部件，并已通过单机组累计 7000 余小时的运行考核，展现出优异的耐高温、抗热腐蚀性能和长期组织稳定性。

在工程化应用过程中，周兰章团队攻克了多项关键技术难题，包括高铬钨钼合金化基体在高温条件下组织失稳导致的长时力学性能下降问题、熔体浇注过程中多元复合稀土易氧化造成的铸件夹杂物超标(“满天星”现象)、以及大尺寸复杂空心结构导致的显微疏松严重、合格率低等制造瓶颈。团队还创新性地将平均电子空位数临界值 N_v 纳入国内等轴晶镍基高温合金技术标准，从材料设计与工艺控制两方面保障了母合金的高质量稳定供应。



交付仪式现场。金属所供图

目前，该抗热腐蚀镍基高温合金已大批量生产，并成为我国大、中、小型燃气轮机热端部件的优选材料，在船舶动

力、电力能源、工业驱动、天然气调峰电站、海洋油气平台动力等领域发挥了重要作用。

成立 6 年，这家研究所凭什么连续“放大招”？

■本报见习记者 江庆龄 记者 倪思洁

全球首个核酸适体核素造影剂进入临床试验，迄今最大规模结直肠癌基因组和转录组综合分析，全球首个核酸适体药物偶联物(ApDC)获美国食品药品监督管理局(FDA)孤儿药认定，绘制中国最大规模的三阴性乳腺癌蛋白质分子图谱……

作为中国科学院首个以医学命名的直属研究机构，中国科学院杭州医学研究所(以下简称杭州医学所)自 2019 年 5 月 8 日成立以来取得了一批原创性成果。

今年 9 月，杭州医学所科研团队在 ApDC 领域获得新突破，相关研究发表于《信号转导与靶向治疗》。系列成果背后是杭州医学所独特的科研组织架构和人才培养模式。

变散为聚，直击“癌中之王”早期诊断难题

胰腺癌被称为“癌中之王”。当前，胰腺癌的 5 年生存率仅为 7.2%，约 80%的胰腺癌初诊即晚期。

面对这一严峻形势，中国科学院于 2024 年 10 月审议通过先导 B 专项“基于核酸适体的胰腺癌早期诊断与临床研究”，由杭州医学所研究员吴琴牵头。

今年 5 月，杭州医学所成立创新研究院，积极探索有组织科研的新机制，而该专项就是创新研究院的第一个任务。

在创新研究院首席科学家吴琴带领下，团队开发了基于基因编辑的核酸适体筛选新方法和测序新技术，搭建了自动化、智能化的高通量筛选装置。同时，团队开发

了融合适体筛选与多组学数据的胰腺癌早期诊断新算法，目前已获得 4 个早期诊断候选标志物，并自主研发辅助诊断试剂盒。

“我们正在与多家医院合作，已完成 585 例临床样本验证，准确率达 87%。”团队成员、杭州医学所创新研究院特聘研究员陈锡高补充道。

青年领衔，推动肿瘤疫苗临床转化

“6 年的时间不长，我们和其他深耕多年的研究所相比，算是一支朝气蓬勃的生力军。”正如杭州医学所党委书记高军所说，这个年轻的研究所中，会聚了许多充满活力和创新思维的青年科学家。

该所医学合成生物学中心副主任谢斯滔就是其中之一。2024 年，浙江省批复了两个省地协同重大项目，谢斯滔牵头获批了其中一项——“mRNA 肿瘤疫苗临床研究”。

目前，团队利用自主研发的 mRNA 药物设计算法，开发了无需脂质纳米颗粒(LNP)的核酸适体-mRNA 精准递送新方法，突破国外 mRNA 递送关键核心技术，并首创无载体核酸肿瘤疫苗 HIM01。“我们已经完成了 12 位受试者的给药与监测，各项检测指标正常，临床安全性得到初步验证。”谢斯滔说道。

此外，团队首创的 EGFR 肺癌疫苗获临床有效性验证。在接受 EGFR 治疗的患者(包括单药治疗和联合治疗)体内，研究团队均观察到肿瘤持续缩小、且安全性良好。

“下一步，我们计划开发个性化肿瘤疫苗，延长疫苗效力，实现肿瘤术后复发和转移的长效预防。”谢斯滔表示。

上下游贯通，引领靶向核药创新研发

2022 年，杭州医学所打造了靶向核药研发与临床应用全链条创新平台，形成了上下游贯通、要素整合的全新研究范式。聚焦靶向核药，杭州医学所已取得多项突破性进展，形成了基于新型靶向配体的靶向核药研发与临床转化的先发优势。

基于杭州医学所在靶向核药领域的前期积淀，杭州医学所创新药物研究中心副主任王雪强团队承担了中国科学院先导 A 专项中的“ α 核药临床转化体系”子项目。

该项目要突破的关键瓶颈，是我国尚无进入临床试验阶段的 α 靶向核药，且相关研究体系仍是空白。王雪强表示，团队正在以高维数据分析、安全性评价体系、GMP(药品生产质量管理规范)制备工艺、临床研究为四大主要支点进行布局和攻关。

“未来，我们将以打造世界领先的核医学研究中心为目标，建立原创药物研发与系统评价的机制，实现科研和临床的双向循环，并构建核药完整的产业化链条。”王雪强表示。

前瞻布局，推动人工智能与生物医学融合

把上述成果串联起来的，是杭州医学所