



# 精度跃升数百倍，芯片级陀螺仪来了

■本报记者 王昊昊

电影《星际穿越》里，飞船穿过虫洞后还能精准对接；漆黑深海中，潜艇不依赖卫星信号也能知道往哪儿走。这些场景的背后都离不开一个核心传感器——陀螺仪。它能感知物体的旋转和方向，被称为运动物体的“定盘星”。

然而，长期以来，陀螺仪面临一个两难选择：要么做得又大又贵，精度高；要么做得像芯片一样小巧，但精度大打折扣。

如今，这一难题有了新的解决方案。国防科技大学、南方科技大学、湖南师范大学、日本理化学研究所等机构的研究者合作，提出并实验实现了一种基于尖点突变奇点增强科里奥利效应的新型芯片级陀螺仪。该方案利用数学中的尖点奇点概念，如同给微小信号装上了“放大器”，成功让芯片级陀螺仪的精度提升近 300 倍，信噪比提高 253 倍。相关研究成果近日发表于《自然》。



奇点增强微机电陀螺仪概念图。受访者供图

## 小陀螺的大困境

陀螺仪是一种检测角速度的传感器，应用十分广泛。小到手机、智能手环、大到无人机、自动驾驶汽车、卫星探测器，都能见到它的身影。简单来说，陀螺仪是不依赖外界信号，就能精准测量物体旋转角度和速度的“惯性导航器官”。

陀螺仪的核心原理是科里奥利效应。想象你站在一个旋转的转盘上，从中心径直走向边缘。奇妙的事情发生了——从外部视角观察，你行进的轨迹并非直线，而是弯曲的弧线。你明明往前走，却像被一个看不见的“神秘力量”推偏了。这个现象就是科里奥利效应。陀螺仪利用这一原理，即内部一个来回振动的质量块在旋转时会被科里奥利效应推偏，通过检测偏转量算出角速度。

目前，主流的陀螺仪分为两类：一是高端宏观陀螺仪，如半球谐振陀螺仪，精度极高、稳定性强，是航空航天、战略导航的“标配”，但体积大、重量沉、价格昂贵，一台设备动辄数十万甚至上百万元，根本无法装进手机、无人机、自动驾驶汽车等设备；另一类是芯片级科里奥利振动陀螺仪，通过微机电技术把

核心器件做到指甲盖大小，完美契合小型化、低成本、易集成的需求。

然而，芯片陀螺仪有一个致命短板——微型化的同时，灵敏度和精度甚至大幅下降。随着器件尺寸缩小到毫米甚至微米级，内部分子热运动产生的布朗噪声会急剧增强，而决定芯片陀螺仪信号强弱的关键参数——本征科里奥利因子，存在物理上限，无法突破。这就导致当物体发生微小旋转时，芯片陀螺仪产生的信号极其微弱，直接被噪声“淹没”，根本无法精准测量。

“能否在降噪的同时放大科里奥利效应本身？”论文通讯作者、湖南师范大学教授景辉表示，既要保留芯片陀螺仪小、轻、便宜的优势，又要让它的灵敏度、信噪比、稳定性向高端宏观陀螺仪靠拢。传统思路是从材料优化、结构改良、电路降噪入手，但“微型化必然牺牲性能”几乎成了一条铁律，始终难以突破，导致芯片陀螺仪只能在低中端场景应用，高端导航领域始终被大型陀螺仪垄断。

## 把物理“放大镜”装进芯片

那么，有没有办法打破这条铁律？联合研究团队的思路非常巧妙：既

然信号天生微弱，那能不能发明一种放大机制，将原本微小的旋转输入，在输出端被“撑大”之后再读取？

顺着这一思路，团队引入奇点物理概念，提出尖点突变奇点增强科里奥利效应的全新机制，相当于给微弱的旋转信号装上了一个天然“放大镜”，从物理根源上突破性能瓶颈。

奇点物理是研究系统状态发生突变的前沿物理领域，而尖点突变奇点是其中一种特殊的临界点——在普通系统里，输入变化小，输出变化也小，但在尖点奇点附近，极其微小的输入变化就能引发输出的指数级放大。这种非线性放大特性，正是芯片陀螺仪急需的能力。

在传统芯片陀螺仪中，旋转角速度和输出信号是线性关系，角速度小，输出信号就弱，很容易被噪声覆盖。而团队通过技术手段，让芯片陀螺仪的核心器件稳定工作在三阶尖点突变奇点附近，打破信号响应规律。

“我们采用直径仅 4 毫米的片上硅基圆谐振器作为核心器件。这个微型硅盘能产生一对对称的振动模式，就像两个同步摆动的微型摆锤。”论文通讯作者、南方科技大学教授周鑫表示，团队通过电静力驱动、检测和调谐技术，精准控制两个振动模式的耦合关系；再引入相位跟踪控制和模态刚度耦合，在相位跟踪频率空间中成功构建并锁定尖点突变结构，让系统始终稳定运行在奇点附近。

在传统模式下，角速度增加 1 倍，输出信号仅增加 1 倍；而在奇点模式下，角速度增加一点点，输出信号就会被放大数百倍。微弱的旋转信号瞬间被放大数百倍，再也不会被噪声淹没。

团队在温控角速率转台上开展了严苛的旋转测量实验，结果远超预期：有效科里奥利因子从固有值 0.588 飙升至 594，提升约 1010 倍，信号产生能力直接突破物理上限；信噪比相较于传统模式提升 253 倍，微弱信号清晰可辨，噪声干扰被大幅压制；测量精度提升 297 倍，微小旋转测量误差大幅降低。

更关键的是，团队进一步发现，尖

点奇点不仅能放大频率调制信号，还能实现超灵敏相位调制读出。相比频率信号，相位信号对器件温度漂移、频率波动等干扰具有天然“抵抗力”，稳定性更强。基于这一机制，团队奇点增强相位调制的指数级放大。这种非线性放大特性，正是芯片陀螺仪急需的能力。

## 重塑微型导航格局

景辉表示，该研究的重要性不仅在于做出了一个更灵敏的陀螺仪，更在于提出了一种新的传感器设计范式，突破了传统观点中“微型化会导致信噪比下降”的物理限制。过去传感器性能提升通常依赖于更好的材料、更高的品质因子、更精细的加工工艺和更低的噪声算法。而这项工作表明，系统本身的动力学结构也可以被设计成一种“响应放大器”。

据介绍，该成果未来有望服务于无 GPS 导航、自动驾驶、先进机器人、无人机、消费电子和微小卫星等应用场景，并可拓展至环境监测、医疗传感、地震探测、重力测量等需要极高灵敏度的测量系统。

“比如在室内导航、地下车库、偏远山区等无 GPS 信号场景，手机、智能手表、AR/VR 设备可搭载高性能芯片陀螺仪，实现精准定位和姿态跟踪，解决无信号就迷路的痛点。”周鑫介绍道，“微小卫星受体积、重量、成本限制，无法搭载大型陀螺仪。高性能芯片陀螺仪可作为核心导航器件，助力微小卫星实现高精度姿态控制、轨道维持，大幅降低太空探索门槛；同时，可让无人机、低空飞行器等实现长航时、高精度稳定飞行；民用直升机、小型飞机搭载该陀螺仪，可提升飞行安全性和操控稳定性。”

未来，团队将围绕尖点突变奇点增强芯片陀螺仪的产品化开展进一步研究，并将尖点突变奇点增强原理拓展到其他传感领域。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10565-w>

# 中国科学院党组举办树立和践行正确政绩观学习教育读书班

## 深入学习习近平总书记重要论述

本报讯 近日，中国科学院党组举办树立和践行正确政绩观学习教育读书班暨理论学习中心组集体学习会，深入学习习近平总书记关于树立和践行正确政绩观的重要论述，持续推动学习教育走深走实。中国科学院院长、党组书记侯建国主持读书班，副院长、党组副书记吴朝晖和其他党组成员出席会议。

当前，中国科学院正在深入贯彻中央关于开展树立和践行正确政绩观学习教育的各项要求，认真开展查摆问题、整改落实、建章立制等工作。在前期个人自学和读书班集中学习的基础上，结合党组成员督促检查、调研座谈等发现的问题和听取的意见建议，本次读书班采取领读领学、交流研讨等方式，认真学习习近平总书记关于树立和践行正确政绩观的重要论述，以及在地方工作期间坚持正确政绩观的生动实践学习材料，与会同志结合工作实际，谈认识、谈体会，找差距、找不足，深入交流学习心得。

会议指出，要持续深入学习贯彻习近平总书记关于树立和践行正确政绩观的重要论述，进一步深化思想认识、增强行动自觉，紧紧围绕“四个率先”和“两加快一努力”目标要求，深入查

找政绩观偏差，从思想根源、党性修养、管理机制、考核评价体系、管党治党责任落实等方面深挖问题症结，深入检视剖析，研提整改措施，切实提高国家战略科技力量主力军组织战斗力。

侯建国在总结讲话中对深入推进学习教育提出三点要求。一是持续深入学习，把学习贯彻习近平总书记重要论述作为重要政治任务，与学习贯彻习近平总书记关于科技创新的重要论述和对中国科学院的重要指示批示精神紧密结合，做到学思用贯通、知信行统一。二是扎实查摆整治，做好查摆问题的动态更新，以及问题的整改落实，细化整改措施、明确时间节点，确保责任到人、落实到位。三是抓好建章立制，深入查找现行制度机制特别是考核评价相关制度中不符合正确政绩观要求的规定，进一步完善制度、立好规矩，健全有效防范和纠正政绩观偏差工作机制，不断强化制度执行。

与会同志一致表示，通过此次学习，进一步深化了树立和践行正确政绩观的思想认识和行动自觉，将认真落实“立党为公、为民造福、科学决策、真抓实干”总要求，不断在深学真查、实改上狠下功夫，引领带动全院学习教育走深走实，以学习教育实际成效促进科技创新工作。（柯讯）

# 中国科学院举办“科学家精神大讲堂”第四期示范性宣讲

本报讯(记者袁一雷)5月28日，中国科学院“科学家精神大讲堂”第四期示范性宣讲在京举行。本次宣讲以大力弘扬科学家精神、培育优良学风为主题，邀请“两弹一星”元勋钱学森、于敏的子女作为宣讲嘉宾，讲述钱学森、于敏科技报国、无私奉献、勇攀高峰、淡泊名利的精神事迹，教育引导全院党员干部树立和践行正确政绩观，教育引导广大科研人员坚守“创新科技、服务国家、造福人民”科技价值观。中国科学院机关党委副书记王晓虹为宣讲嘉宾颁发中国科学院“科学家精神大讲堂”特邀专家纪念牌。

今年是钱学森诞辰 115 周年、于敏诞辰 100 周年，也是中国航天事业创建 70 周年。在宣讲环节，钱学森之子、上海交通大学钱学森图书馆馆长钱永刚以《为民族复兴选贤入生》为题，回顾钱学森一生 5 次重要人生抉择，始终将个人追求与国家命运紧密结合，从立志报国、回国铸盾到开创我国航天事业，以深厚素养与家国担当书写科学人生。于敏之子、中国科学院科学家精神宣讲团成员于辛以《愿将一生献宏谋》为题，讲述于敏两次服从国家部署调整研究方向，隐姓埋名数十年投身氢弹研制与核战略研究，在艰

苦条件下突破关键核心技术，以毕生智慧与坚守为国铸盾，生动诠释了“愿将一生献宏谋”的赤子情怀与科学家担当。

在圆桌交流环节，中国科学院力学研究所副所长、研究员王展，中国科学院物理研究所研究员陆雅翔与两位宣讲嘉宾，就传承弘扬钱学森、于敏等老一辈科学家精神，树立和践行正确政绩观，以及“创新科技、服务国家、造福人民”科技价值观等议题开展交流，谈认识、谈体会，号召中国科学院广大科技工作者主动践行老一辈科学家精神，培育优良作风学风，以国家需求为己任，把论文写在祖国大地上，把成果用在国家急需处，在抢占科技制高点、推进高水平科技自立自强的实践中实现人生价值。

本次活动由中国科学院机关党委主办，中国科学报社、中国科学院文献情报中心承办。活动通过中国科学院党建党建视频号、科学网、央视网、中国网、光明网、科技日报、中国青年报等新媒体平台全程直播。中国科学院京区院属单位党员干部和青年科研人员约 300 人现场参加，全院百余个院属单位及社会各界近 50 万人次线上观看。

# 2026 年“科学人生·百年”主题宣传活动启动

本报讯(记者高雅丽)5月28日，中国科学院学部科学道德建设委员会在中国科学院学术会堂主会场及黑龙江省科学技术馆、深圳科学技术馆分会场同步启动 2026 年“科学人生·百年”主题宣传活动。2026 年适逢 10 位中国科学院院士百年诞辰，包括“两弹一星”功勋奖章获得者、国家最高科学技术奖获得者于敏，国家最高科学技术奖获得者谷超豪等。

中国科学院学部科学道德建设委员会主任、中国科学院院士胡海岩表示，10 位百年诞辰院士爱国、创新、求实、奉献、协同、育人的精神，是我们建设世界科技强国最宝贵的精神财富。我们要从老一辈科学家身上汲取智慧和力量，坚定创新自信，勇攀科技高峰。我们更要向老一辈科学家为榜样，大力弘扬科学家精神，加强科学道德和学风建设，营造风清气正的科研生态。

启动仪式上，中国工程院院士、中

国工程物理研究院原院长胡思得作了题为《学习于敏院士的科学精神》的报告，以多年共事的亲身经历深情追忆于敏院士。随后，中国科学院大学集成电路学院学生表演了根据于敏事迹创作的话剧《无声的坚守》。

三地到场领导嘉宾、科技工作者与青年学生代表参观了 2026 年“科学人生·百年”院士风采展首展，并视频互动。本次活动系“科学人生·百年”主题宣传活动首次采用主分会场同步启动的组织形式。

当天，“科学人生·百年”主题网站同步上线，撷取每位百年诞辰院士的箴言语录、科学故事、影像资料等，多角度、立体化展现他们的人生故事、科研贡献与科学精神。

“科学人生·百年”主题活动自 2017 年开始举办，已系统展示了 206 位院士的科学成就和风范风采，足迹遍布全国，获得了良好社会反响。

# 科学家首次量化湿地甲烷排放概率

本报讯(记者冯丽妃)在全球变暖背景下，自然湿地甲烷排放将增加多少、发生概率有多大、长期缺乏可靠的定量评估。近日，中国科学院青藏高原研究所研究员张臻、李新联合国际团队，成功破解这一科学问题。相关成果在线发表于《自然-地球科学》。

甲烷是仅次于二氧化碳的重要温室气体，其 20 年尺度增温效应约为二氧化碳的 80 余倍。湿地作为全球最大的天然甲烷排放源，对全球甲烷循环和气候系统具有重要影响。近年来，多项研究表明，

全球湿地甲烷排放正在增强，但不同模型对未来增幅的预测差异巨大，长期缺乏对未来变化概率的可靠量化评估。

为解决这一难题，研究团队组织开展了“未来湿地甲烷模型比较计划”，集合 7 个国际主流湿地甲烷模型，在统一气候情景下系统模拟了 21 世纪全球湿地甲烷排放变化。

研究发现，全球湿地平均每年增加 1°C，湿地甲烷排放平均每年增加 24 ± 10 百万吨甲烷。研究团队进一步创新性提出基于“温度敏感性”的涌现约束方法，利用



胡思得(前)参观 2026 年“科学人生·百年”院士风采展首展。主办方供图

全球湿地观测网络的甲烷通量观测数据对模型预测进行约束，首次建立了未来湿地甲烷排放增加的概率约束框架，实现了未来湿地甲烷反馈风险的概率化定量评估。经过观测约束后，到 2090 年，全球湿地甲烷排放预测范围的不确定性减少约 50%，未来预测显著收敛。

研究结果显示，在高排放情景下，到 21 世纪末，全球湿地甲烷排放较当前可能增加 50% 至 60%。到 2030 年代，新增自然湿地甲烷排放有 90% 的概率抵消当前全球人为甲烷减排目标的 8% 至 10%。在 10% 的较低概率情景下，其影响甚至可能抵消全球人为甲烷减排目标的 1/3 以上。研究还发现，未来新增湿地甲烷排放约 68% 来自热带地

区，亚马孙盆地、刚果盆地和东南亚湿地将成为全球重要甲烷排放热点。

张臻表示，该研究最大的突破在于首次实现了未来湿地甲烷反馈风险的概率化定量评估。李新指出，目前全球湿地甲烷长期观测在热带和高寒地区仍然相对缺乏，随着全球持续变暖，青藏高原等高寒湿地可能成为未来甲烷排放的敏感区域，其潜在的气候反馈效应值得高度关注。未来需要进一步加强热带和高寒地区长期观测网络建设，并结合新一代卫星遥感与地球系统模型，提高对全球湿地甲烷变化及其气候反馈的监测与预测能力。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41561-026-01987-2>

# NASA 公布月球基地建设“三步走”路线图



本报讯 美国国家航空航天局(NASA)近日公布了月球永久基地建设路线图。NASA 初期将派遣自主月球车与跳跃式无人机对月表开展勘察，后续将由宇航员逐步打造月球基地，占地面积达数百平方公里。

建设月球基地一直是 NASA“阿耳忒弥斯”计划的组成部分，但按计划此前的核心目标是实现上世纪 70 年代后人类似月球任务。目前，载人航天进展顺利，今年 4 月，“阿耳忒弥斯 2 号”任务已搭载 4 名宇航员完成绕月飞行并安全返回地球。

5 月 26 日，NASA 正式宣布，今年将率先执行 3 项月球基地任务，2027 年前还会陆续公布至少 9 项相关任务。整个基地建设分为 3 个阶段：第一阶段将持续至 2029 年，重点开展机器人探测和关键技术验证；第二阶段为 2029 年至 2032 年，将部署早期驻留设施及能源、通信等基础设施；第三阶段为 2032 年及以后，目标是实现人类在月球长期驻留，并逐步开展月球资源利用和常态化科研活动。

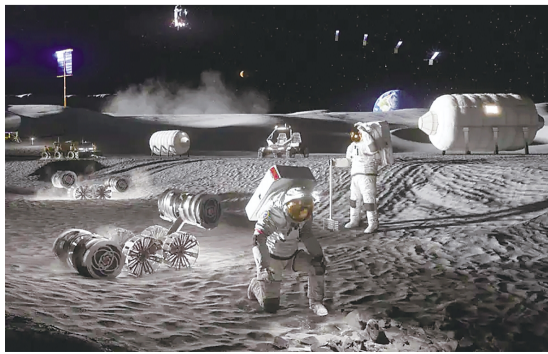
今年的 3 项任务均为无人任务，核心工作是精细勘察月表环境，降低后续载人登陆任务的危险；同时对自主月球车开展测试，为后续

月球车的设计提供依据。首项任务“月球基地 1 号”计划于今年底发射，着陆器由杰夫·贝索斯旗下太空公司蓝色起源研制，但目前尚未完成测试。“月球基地 2 号”与“3 号”同样定于今年发射，具体发射窗口期暂未确定。

除上述任务外，NASA 还宣布，在商业月球载荷服务计划框架下，分别向阿斯特拉布公司、月球前哨公司拨付超 2 亿美元，用于研发新一代月球车。

NASA 同时披露了月落任务的更多细节。该任务计划在 2028 年派遣 4 架跳跃式无人机在月表进行短距离移动，拍摄高清影像，为后续“阿耳忒弥斯”系列任务筛选出理想着陆点。

目前，月球基地多项核心配套方案仍缺乏详细内容，例如能源供给、主体结构方式及如何抵御太空强辐射等关键问题。NASA 前局长 Sean Duffy 曾提出，要在 2030 年前于月球表面建成核裂变反应堆，但现任局长 Jared Isaacman 并未提及这一计划的最新进展。（王方）



美国月球基地构想图。图片来源：NASA