

给太空“千里眼”戴上“高清矫正镜”

■本报见习记者 李媛 通讯员 王冠玉

2022 年 9 月 5 日 12 时 52 分，四川泸定发生 6.8 级地震，厚重的云层之上，名为“巢湖一号”和“海丝一号”的中国卫星悄然调整姿态，向震区投射无形的雷达波束。不久后，一组清晰的地表影像被成功回传，为抢险救灾提供了至关重要的决策依据。

支撑这颗卫星稳定成像的核心技术之一，源自西安电子科技大学雷达信号处理国家重点实验室教授孙光才团队提出的“星载合成孔径雷达（SAR）多域仿射尺度变换成像理论”。它突破了传统星载 SAR 成像的理论桎梏，显著提升了我国对地观测的能力。不久前，这一创新成果荣获中国电子学会科学技术奖自然科学二等奖。

全新的成像处理方法

SAR 被誉为能穿透云雨、无视昼夜的“天眼”。然而，当人类对卫星观测提出更高要求，追求更高的分辨率或是将卫星部署到数万公里高的轨道实现超大幅宽观测时，传统的成像理论便捉襟见肘。

“传统的星载 SAR 成像，基于雷达直线飞行和地表平坦的理想假设。”孙光才解释道，“这就像用一套固定参数的眼镜看世界。当卫星轨道显著弯曲，地表呈现明显的球面曲率或者雷达信号带宽极大时，这套‘眼镜’就失效了。”失效的后果是图像出现模糊、扭曲、重影，边缘区域尤其严重，如同近视散光者眼中的世界。

2007 年，孙光才在攻读博士期间的一次研讨中突发奇想：“电磁波与卫星运动的时空耦合，是否正是突破‘一步一停’模型和窄带信号假设的关键？”这个大胆的设置，最终成为国家自然科学基金重大项目的核心

中国战队包揽机器人足球世界杯成人组冠亚军

本报讯（记者沈春蕾、田瑞颖）7 月 20 日，2025 RoboCup 巴西机器人足球世界杯人形组比赛落下帷幕，成人组清华火神队代表中国战队夺得冠军。这是 RoboCup 开赛 28 年以来，中国战队首次在人形组摘金，其使用的是北京加速进化科技有限公司（以下简称加速进化）T1 机器人。亚军队伍是中国农业大学山海队，其使用的也是加速进化 T1 机器人。中国战队在本届世界杯成人组赛事中包揽冠亚军。

在 2025 RoboCup 巴西机器人足球世界杯小型组决赛中，冠军队伍德国 Boosted HTWK 和亚军队伍清华

所 一 人 一 事

孔洁：20 年，在星辰大海中坚守自己的方向

■本报记者 叶满山

“在大西北坚守的 20 年里，幸福对我而言不是物质的堆砌，而是每一次攻坚克难后的满足与喜悦。”中国科学院近代物理研究所（以下简称近代物理所）研究员孔洁如此诠释她的幸福观。

从贵州到兰州

孔洁出生于贵州毕节一个普通家庭，尽管家里并不富裕，但父母始终坚信“知识改变命运”。在这样的家庭氛围中，孔洁从小就对知识充满了渴望，对科学家充满了崇敬之情。

2006 年，孔洁从贵州大学本科毕业，并获得了保研资格。她决定前往兰州，加入近代物理所。当时，她对研究所并不了解，只是单纯被那里的大科学装置——重离子加速器吸引。

“我就想看看那个传说中的重离子加速器，亲身感受大科学装置的魅力。”孔洁回忆道。

初到兰州，孔洁就被近代物理所特有的科研氛围吸引，而初见大科学装置带给她的震撼至今难以忘记。没过多久，她就融入了这里，从基础实验到复杂理论知识，她感觉自己“像海绵吸水一样”，不断充实。而大科学装置的魅力也让她坚定了毕业后留在兰州的选择，并坚守至今。

暗物质探测的艰辛历程

2011 年，孔洁接到了参与暗物质粒子探测卫星“悟空”号研制的任务。“能参与到这样的项目中，我感到无比激动。”孔洁告诉《中国科学报》，这是她科

课题。

破晓的征程始于最基础的理论重构。团队直面轨道弯曲的复杂几何现实，一砖一瓦地构建起能够精确刻画高轨卫星复杂运动与地球真实形态的三维模型，为超大幅宽成像奠定了坚实的几何基础，解开了导致图像畸变的第一重枷锁。

更大的挑战在于信号的“心跳”。超高分辨率意味着巨大的信号带宽，高速运动的卫星平台则让信号收发的过程充满动态变化，而传统理论只能对此简化处理。孙光才团队深入剖析了卫星连续高速飞行与大带宽信号传播之间精密的时空耦合关系，精准刻画了由此产生的强非线性信号调制特性，为卫星的“听觉”系统绘制了最精密的声谱图。

模型精确了，调制特性清晰了，最终需要强大的“大脑”处理这一切。团队创新性地提出了“多域仿射尺度变换”这一核心理论，并据此发明了全新的成像处理方法。这套方法如同“高清矫正镜”，能够将因复杂运动和地形导致的“散焦”信号在整个观测场景内统一、精确地“聚焦”还原，使图像的边缘与中心同样清晰，彻底破解了困扰太空“千里眼”已久的“近视散光”难题。

从理论到实证的 13 年

2020 年底，团队接到紧急任务——某关键型号卫星即将发射，团队研发的新理论正好可以在其上得到验证。然而，由于项目高度敏感，团队在卫星发射前一刻才接到消息。“卫星突然上天了，我们毫无准备，连基本参数都没有。”孙光才回忆道，当时他恰好在北京出差，闻讯立刻取消返程，直扑调试现场。

TH-MOS 使用的均是加速进化的 K1 机器人。加速进化 T1、K1 机器人揽获 RoboCup 世界杯成人组和小型组冠军。

加速进化 T1、K1 机器人不仅成为中国战队的官方机，也得到了国外强队的青睐。其中，加速进化 K1 机器人问世仅 4 个月。

据悉，RoboCup 机器人足球世界杯首届比赛始于 1997 年，其中人形组赛事在所有比赛项目中受关注度最高，需要轻巧灵活、皮实耐摔的机器人本体，还要具备复杂的实时感知与大脑决策、高级运动控制和多智能体协作战术，是一场机器人全栈技术的综合比拼。

所 一 人 一 事

孔洁：20 年，在星辰大海中坚守自己的方向

■本报记者 叶满山

“在大西北坚守的 20 年里，幸福对我而言不是物质的堆砌，而是每一次攻坚克难后的满足与喜悦。”中国科学院近代物理研究所（以下简称近代物理所）研究员孔洁如此诠释她的幸福观。

从贵州到兰州

孔洁出生于贵州毕节一个普通家庭，尽管家里并不富裕，但父母始终坚信“知识改变命运”。在这样的家庭氛围中，孔洁从小就对知识充满了渴望，对科学家充满了崇敬之情。

2006 年，孔洁从贵州大学本科毕业，并获得了保研资格。她决定前往兰州，加入近代物理所。当时，她对研究所并不了解，只是单纯被那里的大科学装置——重离子加速器吸引。

“我就想看看那个传说中的重离子加速器，亲身感受大科学装置的魅力。”孔洁回忆道。

初到兰州，孔洁就被近代物理所特有的科研氛围吸引，而初见大科学装置带给她的震撼至今难以忘记。没过多久，她就融入了这里，从基础实验到复杂理论知识，她感觉自己“像海绵吸水一样”，不断充实。而大科学装置的魅力也让她坚定了毕业后留在兰州的选择，并坚守至今。

暗物质探测的艰辛历程

2011 年，孔洁接到了参与暗物质粒子探测卫星“悟空”号研制的任务。“能参与到这样的项目中，我感到无比激动。”孔洁告诉《中国科学报》，这是她科

最初两周，调试进展极其艰难。传统方法完全失效，新方法的参数调整如同大海捞针。一天天过去，屏幕上依然只有雪花般的噪点。巨大的压力下，多个团队陆续选择撤离。“那种绝望感，至今难忘。看着空荡荡的座位，怀疑自己是不是走错了方向。”孙光才说。

饿了，啃口面包；困了，在椅子上眯一会儿。孙光才团队抓住每天允许调试的短暂窗口，争分夺秒地分析、推演、仿真。

转机出现在第三周。经过无数次失败和微调，屏幕上终于跳出了期待已久的图像轮廓。随着参数进一步优化，影像越来越清晰，最终纤毫毕现，这标志着团队的理论和技术经受住了最严苛的在轨验证，达到了国际公开报道的 SAR 卫星最高分辨率水平。

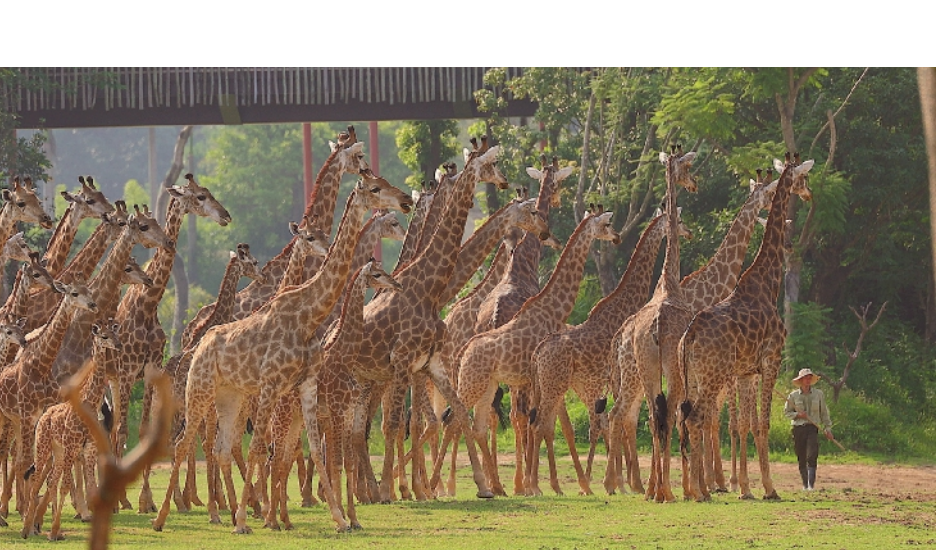
从理论雏形到太空实证，这条荆棘路，他们走了 13 年。

守护地震生命线

在 2022 年的四川泸定强震中，厚厚的云层阻碍了光学卫星的探测，无法绘制震区雷达影像。关键时刻，搭载了孙光才团队核心成像处理技术的“巢湖一号”和“海丝一号”SAR 卫星临危受命，凭借强大的穿透云层能力，在短时间内成功获取了 35 景高质量的震区雷达影像。

这些宝贵的数据被第一时间提供给相关部门，为研判灾情、评估次生灾害风险和指导救援提供了关键的信息支撑。

类似的场景在 2023 年土耳其强震后再次上演。在余震不断、灾情不明的危急时刻，“巢湖一号”卫星再次紧急成像，快速获取了震中周边区域的雷达遥感影像，为国际救援



近日，超过 100 头长颈鹿组成的庞大种群首次大规模合群，亮相广东清远长隆森林王国。这不仅创下国内最大长颈鹿种群合群纪录，更成为非洲以外地区规模最大的长颈鹿种群展示。图为长颈鹿成功合群。

本报记者朱汉斌报道 邓泳怡供图

所 一 人 一 事

孔洁：20 年，在星辰大海中坚守自己的方向

■本报记者 叶满山

“在大西北坚守的 20 年里，幸福对我而言不是物质的堆砌，而是每一次攻坚克难后的满足与喜悦。”中国科学院近代物理研究所（以下简称近代物理所）研究员孔洁如此诠释她的幸福观。

从贵州到兰州

孔洁出生于贵州毕节一个普通家庭，尽管家里并不富裕，但父母始终坚信“知识改变命运”。在这样的家庭氛围中，孔洁从小就对知识充满了渴望，对科学家充满了崇敬之情。

2006 年，孔洁从贵州大学本科毕业，并获得了保研资格。她决定前往兰州，加入近代物理所。当时，她对研究所并不了解，只是单纯被那里的大科学装置——重离子加速器吸引。

“我就想看看那个传说中的重离子加速器，亲身感受大科学装置的魅力。”孔洁回忆道。

初到兰州，孔洁就被近代物理所特有的科研氛围吸引，而初见大科学装置带给她的震撼至今难以忘记。没过多久，她就融入了这里，从基础实验到复杂理论知识，她感觉自己“像海绵吸水一样”，不断充实。而大科学装置的魅力也让她坚定了毕业后留在兰州的选择，并坚守至今。

暗物质探测的艰辛历程

2011 年，孔洁接到了参与暗物质粒子探测卫星“悟空”号研制的任务。“能参与到这样的项目中，我感到无比激动。”孔洁告诉《中国科学报》，这是她科

提供了来自中国卫星的清晰“图景”。

这穿透云雾的“千里眼”，在关键时刻守护着人民生命财产安全，展现了中国科技的温度与担当。项目技术已成功应用于多个国产星载 SAR 系统，持续服务于国土资源调查、环境监测、海洋观测等多个领域。

顶尖工程创新 往往诞生于最棘手的难题

团队成员兰朋伟是在孙光才团队中一步步成长起来的。他回忆道，在参与某重要机载 SAR 项目的联试联调中，成像结果出现了难以解释的系统性偏移。通过理论推导、仿真验证、反复比对，最终，他们锁定了一个几乎被所有人忽视的环节——雷达系统在记录高速连续脉冲时，存在微小的数据间隙未被正确处理。这个“非专业”的细微瑕疵，正是导致成像偏移的“元凶”。

在导师孙光才的指导下，兰朋伟不仅用严谨的数学推导证明了问题根源，还通过仿真复现了故障现象，为系统改进提供了依据。“顶尖的工程创新，往往诞生于解决那些最棘手的、看似‘非专业’的实际难题。”这次经历，让兰朋伟深刻领悟了孙光才常说的这句话。

如今，团队的一批批优秀毕业生奔赴祖国科研一线，成为支撑中国雷达事业薪火相传、不断超越的新锐力量。

站在新的起点，孙光才团队正致力于将星载 SAR 成像技术推向新的高度，探索三维成像等更丰富的信息获取手段，并积极研究如何与人工智能等新兴技术深度融合，进一步提升卫星对地观测的智能化水平和信息提取效率。

发现·进展

构建新模型 精准识别单株橡胶树

本报讯（记者王昊昊）中南林业科技大学教授周国雄与中国热带农业科学院橡胶研究所研究员王祥军科研团队联合提出了一种名为 RsegNet 的新模型，可有效分割橡胶树点云。相关研究成果近日在线发表于《植物表型组学》。

橡胶树是重要的热带经济作物，其生长状况直接关系到天然橡胶的产量与品质。分割技术对于识别单株橡胶树并提取其结构参数具有重要意义，有助于提高橡胶林的管理效率和作业智能化水平。然而，当前橡胶树点云分割过程中存在挑战。一是橡胶树枝叶结构高度重叠，导致点云形态模糊，使传统分割模型难以准确识别单株边界，易出现误分或漏分现象；二是林地背景干扰复杂，存在大量非目标对象，容易被模型误判为橡胶树本体；三是橡胶树个体间尺寸差异显著，单一尺度分割方法难以适应。

研究团队构建了一个涵盖多种生长状态和树木形态的精细标注橡胶树点云数据集，为橡胶林大范围智能管理与精准监测提供参考。团队提出的新模型在自建数据集上取得了 92.6% 的准确率、76.0% 的目标识别精度以及 86.1% 的综合表现分数。

该新模型集成了 3 个创新点。一是引入余弦特征提取网络，通过双向余弦相似度和动态稀疏控制，自适应地强化枝叶交叠区域的方向特征。二是构建双通道聚类模块，结合几何空间的广度优先搜索与高维语义特征的聚类，有效抑制杂草、地表等背景干扰，使单株分割更精准。三是提出动态聚类优化算法，将蝙蝠算法与粒子群优化集成，实时调整聚类带宽，帮助模型跳出局部最优并强化对大小差异树体及模糊边界的分割能力。这显著提升了模型在复杂场景下的分割性能。

此外，模型还能准确提取橡胶树的高度、冠径和冠体积等关键结构参数。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.plaphe.2025.100090>

发现·进展

构建新模型 精准识别单株橡胶树

本报讯（记者刁雯蕙）清华大学深圳国际研究生院副教授曲钧天团队围绕磁流体液滴机器人在大规模、独立与可编程操控方面的关键技术难题，成功开发出一套基于电磁线圈阵列的可编程操控平台。通过灵活部署液滴机器人，该平台在数字图案显示、信息编码及流体操作等领域展现出巨大应用潜力。相关研究成果近日发表于《IEEE 机器人学汇刊》。

团队首先构建了一种高密度分布式电磁线圈阵列，用于在毫米尺度上实现液滴机器人大规模可编程操控。该平台集成了 144 个小型尺寸电磁线圈，能够在 113×113 平方毫米的工作空间内生成多个局部磁场，从而实现多点独立驱动。

其次，团队深入探究了液滴机器人在局部磁场作用下的运动规律与变形机理。通过调节相邻线圈电流的方向与幅值，可以诱导液滴发生可逆分裂与合并。研究发现，当两个线圈施加方向相反的电场时，可驱动液滴产生拉伸形变。进一步调节磁场强度比，可精确控制分裂后的液滴体积比。为了实现多个液滴机器人的协同路径跟踪，团队提出了一种基于视觉反馈的离散闭环控制策略，使 4 个液滴机器人成功完成了复杂路径跟踪，误差控制在 1 毫米以内。

最后，团队展示了液滴机器人在自主排序、图案重构、数字显示、摩斯编码和流体混合等复杂任务场景下的高效协同能力。在流体混合实验中，多个液滴机器人分别从不同通道泵入染料，并在混合区完成主动搅拌，展现出该平台在数字微流控、反应调控与材料合成等领域的应用前景。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1109/TRO.2025.3584430>

发现·进展

中国科学院广州能源研究所 为电动汽车电池全生命周期管理和政策优化提供参考

本报讯（记者朱汉斌）中国科学院广州能源研究所研究员蔡国田、副研究员陈磊团队在退役家用电动汽车电池的全生命周期管理和政策优化研究方面取得突破。相关研究成果近日发表于《废物管理》。

随着我国家用电动汽车快速普及，大量动力电池将在未来 10 到 20 年内集中退役。针对目前电池退役过程中存在的区域发展差异明显、电池梯次利用匹配不足等问题，研究团队创新性提出了“省域时空－梯次适配－退役演化”的综合分析框架，为我国动力电池循环经济的高质量发展提供支撑。

该研究首先通过全生命周期建模方法，系统分析了电动汽车与电池退役生命周期的差异，分别研究了整车退役、电池提前更换和电池二次退役的情景，精确预测各省份电池的退役时间节点和规模，为区域回收基地布局提供数据支撑。同时，该研究还综合考虑了磷酸铁锂、高镍三元、固态电池等不同类型的电池的发展趋势，分析了电动化路径不同情景下的电池退役节奏，明确了对回收体系的不同影响。

此外，该研究还构建了综合成本效益分析模型，考虑了电池的梯次利用寿命、残余价值、回收材料价格和区域政策补贴，动态分析了不同地区电池退役至回收过程的经济效益变化。结果表明，经济发达地区前期回报较快但后期趋稳，西部地区在后期具有较大的经济潜力。研究团队还分析了不同类型电池的经济表现，提出了分类激励政策，建议政府根据电池类型和区域特征实施差异化的补贴与市场引导政策。

该研究不仅为我国建立退役动力电池资源高效利用体系提供了科学依据，也为实现“双碳”目标与构建电池循环经济提供了政策参考。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.115008>