

栾恩杰：探索浩瀚宇宙 建设航天强国

■本报记者 赵宇彤 崔雪芹

在人类探索浩瀚星际的征程中，月球是至关重要的一步。

“地球耕耘六万载，嫦娥思乡五千年。残壁遭训催思奋，虚度花甲无滋味。”2004 年 1 月，中国探月工程“嫦娥工程”被批复并正式启动那天，作为中国工程院院士、中国探月工程首任总指挥，时年 64 岁的栾恩杰激动地写下这首诗。

“嫦娥工程”是中国航天人的重大责任。为了胜利完成中国人探索月球的目标，栾恩杰心里憋着一股劲“一定要为国家争口气”。在我国迈向月球和深空的每一步征程中，都有栾恩杰的身影。

今年 8 月，栾恩杰入选“感动中国 2024 年度人物”。85 岁的他满头白发，拄着拐杖，高举奖杯。“中国人的脚步将越走越远，领导宇宙的新潮流。”他的嗓音依旧洪亮，眼中饱含对月球与深空探测工程的深情与期望。

近日，记者走进栾恩杰的办公室，听他讲述“迈向星辰大海”的故事。



受访者供图

阴差阳错结缘深空

《中国科学报》：你最近被评为“感动中国 2024 年度人物”，心情如何？

栾恩杰：非常激动。探月工程不仅是我的事，更是国家、民族的大事。这是我国实现深空探测零突破的起点，我相信中国总有一天会成为航天强国，领导宇宙的新潮流。

《中国科学报》：作为我国月球与深空探测工程的开创者、组织者，你是怎样踏上深空探测道路的？

栾恩杰：在上学的时候，我的理想其实是做一个工程师，能修缝纫机和手表。1960 年，我报考了哈尔滨工业大学（以下简称哈工大）电机系。但当我刚到电机系报到、放下行李时，学校机关的同志就来通知我，我不在这里住，要到哈工大二部报到。

我当时不知道二部是干什么的，那时的二部在原哈尔滨航校附近，哈工大在这里建立了飞机系、无线电系和自动控制系统，我被分配到自动控制系统。我的同学都是从其他系转过来的，大家都是一头雾水，不知道为什么被转到了这里。

我们专业的名字是“惯性导航和陀螺仪表”。陀螺仪表是飞机飞行仪表中最重要的，也是最精密的，靠它来实现飞机的稳定飞行，也要靠它实现飞机的自动驾驶，它也可以用于导弹制导。这些内容都是保密的，每次上课之前才会把教材发下来，下课后再统一上交。

现在回想，那个时候中国刚完成机

械化和电气化，哈工大就已经为国家航空航天的发展培养控制系统专业的人才。大学的学习经历也让我明白，我们向老师学技术、学知识，更重要的是学习方法，这让我受益匪浅。

此后，我就一直在这一领域深耕。导弹和深空探测都是航天事业的一部分，实际上导弹技术和运载技术是相通的，有了运载能力，我们就可以将卫星送上太空。

1998 年，国务院任命我为国防科工委副主任兼国家航天局局长。国务院交给我们的一项重要任务就是做好新世纪中国航天事业发展的规划论证。

2000 年，我国首部航天白皮书《中国的航天》中正式提出“大航天”这一概念。航天事业不能只停留在工业层面，而要将空间技术、空间应用和空间科学统一纳入国家航天发展规划体系，往上要发展空间科学，研究空间的科学问题，探索外太空；往下做航天应用，包括军用、民用、军民融合应用等。

打响深空探测的“中国牌”

《中国科学报》：当前我国深空探测研究在全球处于什么水平？

栾恩杰：从 1999 年开展我国首个深空探测项目，经过 20 余年的发展，我们以月球探测为切入点，带动火星探测和小行星探测的发展，取得了一系列突出成果，在全球打响了深空探测的“中国牌”，国际话语权也有了很

大提升。

我们的优势在于一系列国家计划环环相扣、进展顺利，目前已经在独立自主、自力更生的基础上完成了深空探测的起步阶段，进入全球深空探测领域的第一梯队。

我国深空探测已经进入学科建设与工程实践相结合的新阶段，以空间技术支撑空间科学实践，以空间科学和空间应用的需求推动空间技术发展，这一相互促进、相互支撑的新局面已经形成。对中国宇航学会深空探测技术专业委员会来说，我们要和中国航天界的其他同志一起扛起重任，凝聚力量，共同推动我国深空探测的深入发展。

《中国科学报》：我国深空探测领域发展面临

哪些挑战？

栾恩杰：在这个阶段应当形成共识：深空探测的目标是什么？我认为我们的目标是“探索浩瀚宇宙，建设航天强国”，方针是以技术突破带动工程实践，促进强国强军的实现。

针对这一目标，当前我国深空探测领域的发展还存在几点不足。

首先是技术上的短板。绝对的进步并不意味着相对的进步，要清醒地认识到我们与国际先进技术仍然存在差距，深空探测领域的科学研究仍有待深入，各方力量的凝聚力不足，探测工程的规划和基础建设相对分散。

我们必须重视深空探测中的技术攻关和突破，如果只有工程成果成功，缺少国际水平的科研成果产出，不能从差距中找出问题，没有深刻地总结、归纳和提升，并从基础条件建设入手补短板，就难以保持持续发展的势头。因此必须充分发挥科学技术基础的牵引作用，带动工程实践的突破。

其次是生产规模方面。技术突破并不等同于技术提交和转化，部分单位并不具备生产能力，一些突破性的先进技术在进入生产阶段时，工程能力不一定能跟上，在工程质量和技术稳定性方面存在差距。

因此，我建议以工程实践为支撑、技术突破为重点，聚焦创新，通过全国大协作解决技术攻关和应用推广问题。当前我们要聚焦于国家发展战略，为“十五五”时期深空探测的进一步发

展做好科学论证和工程规划。

工程学人才在“干中学”

《中国科学报》：人工智能(AI)技术的发展为深空探测带来哪些机遇？

栾恩杰：深空探测的发展必须重视 AI 技术。传统的控制系统是以反馈系统的误差控制作为主回路，而 AI 控制系统并非完全依赖传统的反馈系统，而是可以进行智能控制的知识系统。

AI 不仅牵引着我国深空探测技术发展，也持续赋能深空探测设备。如何建成地面、深空一体化的测控体系，以及怎样开展 AI 控制系统的设计和实践活动，都是未来深空探测需要重点关注的问题。

此外，我们不能仅关注单项技术，也要重视 AI 技术与工程实践的结合。以建设天地统筹的深空探测地面 AI 系统为例，这其中包括多种情境模拟和仿真，都可以利用 AI 技术的辅助，为深空探测进一步发展奠定良好的基础。

《中国科学报》：中国探月工程走过 20 余年，未来有哪些规划？

栾恩杰：今后我们要推动实施探月工程后期的创新规划，构建月球科研站基本型，开启星际探测新征程。这一基本型由运行在月球轨道和月面的多个探测器组成，具备月球科学技术研究、资源开发利用和技术验证的能力。

从工程实践角度，目前我国运载能力最强的火箭是长征五号，近地轨道运载能力可达 25 吨。为了满足未来探月工程及深空探测的需求，火箭推力要更强。未来我国将研制 100 吨级的重型运载火箭，实际上，当近地轨道达到 100 吨级这样一个载荷，我们就可以到月球上去了。

《中国科学报》：随着我国深空探测领域研究逐渐深入，我们需要培养怎样的人才？

栾恩杰：工程学的人才都是“干中学”打造出来的。深空探测的发展需要具有工程品质的人才，最关键的是不能在遇到困难时打退堂鼓，而要迎难而上，在实践中反复锤炼“真本领”。

当今中国的强劲发展和强国建设的新时代，正是中华民族人才辈出的好时机。人才永远不是在温室中培养出来的，将军是战争中打出来的，科技人才也是在实践当中锻炼得来的。随着科学技术的进一步发展，我国遍地都需要人才，而人才就在眼前，关键是要敢用，敢给年轻人创造更多展示自己才能的机会，让他们在实践中提升自己的能力，挑大梁、担重任。

一所一人一事

程鹏飞：“实事求是”是科研“压舱石”

■本报记者 孙丹宁

在中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）的实验室里，副研究员程鹏飞正专注地观察着面前的薄膜。这是他在团队首创的一种新型材料——聚合物金属卤化物。该材料可以通过注塑的方式加工成各种形状，还可用于防伪荧光油墨等领域。

这些年来，程鹏飞和团队持续在金属卤化物领域开展研究，使其不仅能明亮发光，甚至在停止激发后，还能持续发光数分钟之久。

在这趟“追光”路上，真正让程鹏飞感到“值得”的是团队首次观察到奇妙余辉的瞬间。“于我而言，那种由好奇心驱动并最终获得科学回馈的体验，带来了很大的成就感。它不仅代表我们向着未知又迈进了一小步，也为后续研究打开了新方向。”

平实而深刻的科学启蒙

程鹏飞的科学启蒙，来得平实而深刻。

“我从小时候就在课本里认识了钱学森先生。”程鹏飞回忆道。这位科学巨匠展现出的报国情怀与学术贡献，让他很早就意识到科研工作的重要意义，也在他心中埋下了科学报国的种子。

科学的奇妙同样蕴藏在日常生活里。“小时候，家里常用醋去除水壶里的水垢，我看着气泡滋滋冒出，水垢就被溶解掉了，觉得很神奇。”后来学习化学，程鹏飞明白是醋酸与碳酸钙发生了反应，“原来生活中司空见惯的现象背后，藏着如此有趣的科学原理。”这种从生活细节中萌生的好奇心，驱动着程鹏飞一步步走向科学的深处。

2011 年，程鹏飞进入中国石油大学（华东）读书，并且选择了材料专业作

为攻读的方向。大三那年，程鹏飞参加了大连化物所的招生宣讲。系统化的科研平台、顶尖的学术资源、多学科交叉融合的浓厚氛围……深深吸引了他。随后，他通过推免顺利进入大连化物所，在研究员韩克和的指导下开启科研生涯。

程鹏飞说，博士阶段的严格训练，塑造了他严谨求实的科研作风，为他后续开展研究奠定了坚实的基础。

破解谜题后有“意外之喜”

博士毕业后，程鹏飞将研究方向聚焦于金属卤化物发光材料。

金属卤化物是一类光电性质优异的半导体材料，在太阳能电池、显示和照明等领域展现出广阔的应用前景。然而，目前报道的几乎所有金属卤化物，包括全无机类和有机-无机杂化类金属卤化物都是结晶材料，加工性和可塑性较差，限制了它们的使用场景。

“我们课题组有很多方向，当时同学李顺顺在从事高分子研究，有一次日常交流中，我们突然想到，能不能将金属卤化物的优异光电性能与高分子材料良好的柔韧性和可加工性结合起来？这样也许能发挥两者优势，甚至产生一定的协同增强效应。”程鹏飞说。

在和团队讨论后，他们决定摒弃以往简单将两种材料物理混合的常规思路，选择了一条更具挑战性的路径——从分子设计层面出发，“自下而上”地直接将聚合物作为核心结构单元，与金属卤化物进行化学键合。一个新颖的“聚合物金属卤化物”概念就此诞生。

此类聚合物金属卤化物还成功实现了材料制备。与晶态金属卤化物相比，此类材料展现出优异的加工性能和结构容忍性，其聚合物与发光多面体的

比例不受化学计量比限制，具有广泛的可调范围。

有了进展后，程鹏飞干劲更足了。团队将目光放在了金属卤化物的发光调控方面，该调控对于其在背光显示、室内照明和温度传感等领域的应用具有很重要的意义。

然而，当他们在材料中引入一价铜时，却观察到了通常只有二价铜才具备的近红外发光。“现象与认知发生了冲突。”程鹏飞说。

为了破解这个谜题，团队一遍遍验证，一次次推演，设计了系统的对照实验，最终提出并验证了“一价铜在光照条件下可逆转变为二价铜”这一全新机制，完美解释了异常现象。

科学总会给那些保持好奇心的人带来“意外之喜”。在研究过程中，他们偶然发现，在停止光照后，这种新材料竟能持续发出数分钟的明亮余辉。“这远远超出了我们最初的预期。”程鹏飞谈及此处，仍带着一丝兴奋。

蓝色长余辉与明亮宽带荧光的组合使金属卤化物材料在固态照明、夜视和智能防伪等领域展示了重要的应用潜力，也为设计多功能金属卤化物材料提供了新的思路。

“90 后”的新角色

程鹏飞这位从事科研工作的“90 后”，如今有了新的“角色”——指导博士生的日常学业。身份的转变，让他对科研育人有了更深的理解。

“作为一名仍在成长中的科研工作者，我觉得自己还有很多需要学习和提升的地方。”他说，导师最重要的职责并非仅是传授知识，还要传递精神。“我最希望向学生传递的科研理念就是‘实事求是’的



大连化物所供图

科学精神——尊重实验事实，保持严谨逻辑，确保研究过程可重复、结果可验证。这是科学研究能够建立信任、积累价值的根本。‘实事求是’是科研的‘压舱石’。”

程鹏飞说：“目前国家对科技创新日益重视，科研经费投入持续增长，学术合作与交流的平台也更加丰富，这为年轻人参与高水平研究、开拓学术视野创造了良好条件。与此同时，学术竞争日趋激烈，如何在追求创新性与影响力的同时保持定力、坚守学术初心，是许多人需要面对的课题。”

而对于聚合物金属卤化物的未来，程鹏飞也抱有很大的期待。这类材料在成本、效率和加工性上的优势，使其在光波导、太阳能聚光板等领域展现出应用潜力。“我们希望能够 在现有研究基础上持续深耕，力争在材料研究领域取得一些原创性的成果，推动对相关科学问题的深入理解和解决。同时也希望我们的研究工作不仅停留在理论或论文层面，而是与实际应用更紧密地结合，为行业或社会发展提供有价值的支撑。”

2019 年，刘聪来到美国哈佛大学做博士后研究，见到了自己的学术偶像爱德华·威尔逊。这位被誉为“现代社会的达尔文”“社会生物学之父”的生物学巨擘，还是一位高产的科普作家，其著作两次获得普利策奖。

见面时，刘聪带着威尔逊所著的《蚂蚁》——蚂蚁研究人员的案头“圣经”。听刘聪介绍自己手头的研究，彼时 90 岁高龄的威尔逊很欣慰——这么多年过去，还有人继续做岛屿蚂蚁研究。那是刘聪因威尔逊选择研究蚂蚁的第 7 年，而威尔逊研究蚂蚁已有 70 余年。

今年 9 月，以刘聪为第一作者兼共同通讯作者的一项研究，正式上线《科学》。该研究利用群体遗传方法，重建了斐济群岛的蚂蚁在数千年尺度上的种群动态，印证并扩展了威尔逊过去提出的理论。

验证

20 世纪 50 年代，威尔逊在太平洋岛屿进行了多次蚂蚁调查，并提出一个理论：岛屿物种遵循入侵岛屿并扩张、在局部栖息地逐渐稳定并特化、随着竞争和环境变化走向衰退甚至灭绝的规律。

然而，威尔逊的理论很难真正被验证。即使实地考察数十年，他也只能捕捉到演化的“瞬间截图”。

2012 年，第二代测序技术快速发展，科学家得以对大量 DNA 片段进行高通量测序，并借助群体遗传学模型重建种群历史。这年，刘聪赴日本冲绳科学与技术大学读博，他的导师 Evan Economo 的实验室藏有大量从斐济群岛采集的千制蚂蚁标本。这是验证威尔逊理论的好时机。

2014 年，刘聪启程前往斐济，补充采集标本。

刘聪与同事曾借住在当地人家中，也会在火山口扎帐篷过夜。那两个月里，几乎天天下雨，刘聪总是蹚在泥里、不停地摔跤。但他把那段时光称为“感觉是做梦一样”。

随后，刘聪筛选出 127 个物种的 4000 余个标本，建立群体遗传学模型。

刘聪分析发现，斐济蚂蚁群落逐渐演化出 88 个本地特有种。约 3000 年前，79% 的特有种出现衰退趋势。这种趋势在近 300 年欧洲殖民、商业农业扩张和外来物种引入后加剧。与此同时，外来种在新的生态格局下反而扩张。这种“特有种衰退-外来种扩张”的格局与威尔逊的理论高度契合。

阻力

研究经历了一个漫长的过程。

4000 多份蚂蚁标本中，不少原本靠形态学鉴定的物种需重新修正。为了保证结果的准确性，刘聪花费了大量时间系统厘清物种边界。后续的群落分析涉及庞大数据与复杂运算，进一步拉长了研究周期。

2024 年 8 月，刘聪将论文投至《科学》。一位审稿人提出一个关键问题：你们使用的不是全基因组测序，而是简化基因组测序，这会不会影响结论的稳健性？为此，刘聪在不同种群、参数设置下重复分析，结果都高度一致，从而说服了审稿人。

至于为什么不用全基因组测序，原因很简单——贵。刘聪笑言，给 4000 多份标本做全基因组测序将花费上百万，这是一笔生物多样性的课题组无法负担的开销。他坦言，如今经费申请难上加难。

无论回国还是继续在美申请，刘聪都会将蚂蚁研究继续下去。原因很简单，蚂蚁很好玩。有的蚂蚁会吐丝，有的蚂蚁会吸血……更为重要的是，蚂蚁是促进土壤循环、分解有机物的“生态工程师”，还参与害虫防治。

然而，蚂蚁的生态角色、演化历史和功能多样性还有许多未解之谜。刘聪想做的，就是一点点破译蚂蚁的自然密码。

刘聪：将蚂蚁视为『真爱』的人

■本报见习记者 赵婉婷

传承

刘聪真正爱上蚂蚁，是读研究生之后。

2012 年，刘聪在中国科学院西双版纳热带植物园读研，其间开始了解威尔逊的蚂蚁研究。

在这里学习与生活，刘聪自然而然地产生了一个问题：云南不少热带雨林被橡胶林取代，这种环境变化会对蚂蚁造成怎样的影响？带着这样的问题，他决心继续深造，攻读博士学位。

2018 年，刘聪在深圳参加亚洲演化生物学大会。他主动上前与哈佛大学的科研人员交流，询问是否有合适的博士后项目。因为哈佛大学是他的学术偶像威尔逊求学、任教一生的地方，其校内的比较动物学博物馆还收藏着全世界最丰富的蚂蚁模式标本。

巧的是，哈佛大学次年即将启动一个生物多样性博士后奖学金项目，而这个项目正是威尔逊设立的。2019 年，刘聪成为该项目两位入选者之一，开启了博士后工作。

刘聪开展了横断山蚂蚁多样性研究，其间也得到了威尔逊的鼓励：“山地昆虫多样性是一个非常重要却仍有许多未知的领域，整理这份名录是一项重要的贡献。”

2020 年，刘聪出版了横断山蚂蚁多样性专著，并特意送给威尔逊一本。次年冬日，威尔逊逝世了。刘聪与同事整理威尔逊的遗物时，看到了威尔逊书桌上的这本专著。当时专著尚未开封，威尔逊就亲自在空白的封面上写下标题与刘聪的名字。翻开这本 170 多页的专著，刘聪还看到了威尔逊的细致批注。

“威尔逊希望你留着它。”威尔逊生前的秘书把书递到刘聪手里。看着偶像的字迹，刘聪感慨不已：“它不仅是一份学术的传承，也是我科研旅程中最珍贵的记忆。”

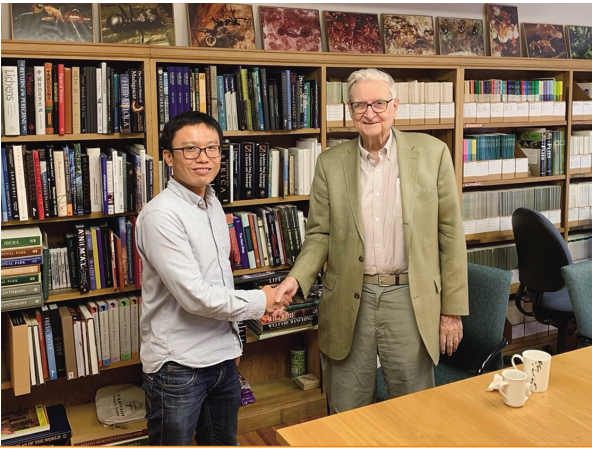
作为一名生物演化学家，刘聪相信随机事件与时机的力量。

在生物演化理论中，“随机性”是驱动演化的重要动力之一——某些关键事件的发生概率不受生物“主观需求”或“适应性目标”的直接控制，却可能改变种群的基因组成。

刘聪的本科就读于安徽师范大学，当时差点去当高中生物老师。但一个念头总是闪过：去中国生物多样性最丰富的地方看看。于是，他便开启了学术生涯，又在威尔逊的书 中坚定了目标与方向，最终来到蚂蚁研究者的殿堂。

“随机”中的必然，是刘聪不变的热情。刘聪目前开展的课题是蚂蚁颜色的演化与适应。他解释，这有助于理解蚂蚁如何在复杂的世界中适应并生存。

“你选的课题，就跟你的真爱一样，必须让你感兴趣、充满热情，愿意为它奉献一生，并且乐在其中。”



刘聪与威尔逊(右)2019 年的合影。受访者供图