

陈孝钿：以恒星为笔，绘宇宙之图

■本报记者 甘晓

浩瀚无垠的宇宙中，每一颗恒星都是时间与空间的见证者，深深吸引了拥有好奇心的人。对中国科学院国家天文台研究员陈孝钿来说，它们更是描绘银河系乃至更远星系精细结构的关键画笔。

近年来，在天文研究的前沿阵地，陈孝钿围绕变星这一宇宙“量天尺”开展系列研究并取得成果，探索银河系及宇宙的奥秘。今年5月，陈孝钿被授予中国科学院青年五四奖章。

日前，陈孝钿在接受《中国科学报》采访时表示：“我们将迎来天文学与人工智能融合的新时代。”他正带领团队致力于构建天文学家的大语言模型，旨在让机器具备理解和解释复杂天文数据的能力。

变星“收割机”

陈孝钿专注于对变星的观测和研究。变星被喻为宇宙“量天尺”或者“标准烛光”，是指一种亮度随着时间呈周期性变化的恒星，这一规律为天文学家提供了一种测量宇宙距离的独特方式。

“标准烛光”正像一盏已知功率的灯，在亮度一致，当人们离它越远，就会感觉它越暗。而根据年龄不同，变星通常分为年轻（千万年）的“造父变星”和年老（百亿年）的“天琴座 RR 型变星”两种。

陈孝钿解释：“我们通过观察变星亮度的周期性波动，可以推断出其固有亮度，而固有亮度与观测到的亮度差异则可用来估算恒星与地球之间的距离。”

科学家掌握的“标准烛光”越多，得到的距离就越准确。陈孝钿开始利用世界上大型望远镜收集的数据，在数以亿计的星空寻找变星。

这何尝不是一件枯燥的事情：为了确保准确性，不仅需要大数据处理，还要靠人的肉眼识别。当时，在两三个月的时间里，陈孝钿每天查看两三万张图片，终于从中分辨出上千颗造父变星。

陈孝钿带领科研团队逐渐建立起一套



陈孝钿

受访者供图

分析方法，从庞大数据中“挖掘”变星。2018年，陈孝钿等学者发布了包含近千颗造父变星的红外全天变星表，这批像珍珠般宝贵的恒星正是指示银河系年轻恒星盘形状的绝佳示踪体。

2019年，陈孝钿与合作者在《自然—天文学》发表论文，公布首张银河系恒星盘的三维全貌图。结果出人意料，银河系竟然不是过去想象的“圆盘”形状，而是“炸薯片”一样的弯曲形状。

经过不断优化，陈孝钿独创的这套分析方法逐渐成为一台高效的变星“收割机”。到2020年，已经有超过80万颗变星被发现，他们据此构建了全球收录变星样本量最大的数据库。

基于这一数据库，2023年，陈孝钿利用天琴座 RR 型变星这种年老的变星，打造了

一把新的“量天尺”，实现了对远处星系的确切距离测量，误差仅在1%至2%之间，被誉为宇宙中目前所知最好的“标准烛光”。

“我们始终在追寻如何更准确地绘制星系群的形状，深入了解宇宙的膨胀状态，为解决‘哈勃常数危机’这一天文学难题提供证据。”陈孝钿告诉《中国科学报》。

天文学将迎崭新时代

陈孝钿接受《中国科学报》采访时正值高考生。作为一位青年天文学家，他向广大学生呼吁：“欢迎选择天文学。”

随着我国天文事业的蓬勃发展，越来越多的高校开设了天文学专业，为青年学子提供了广阔舞台。“天文学离不开物理和数学理论应用，希望擅长物理、数学并有志于探索宇宙奥秘的年轻人投身天文学研究，共同书写人类探索宇宙的新篇章。”陈孝钿表示。

当然，天文学研究也面临一个挑战——观测对象数量极其庞大，科学家尝试应用的物理模型往往过于简化，难以充分捕捉宇宙深处的复杂性。

对此，陈孝钿认为，构建一个能够映射现实宇宙的数字化模型尤为重要，这相当于在虚拟世界中复刻一个“数字宇宙”。面向这一需求，研究人员的首要任务便是创建一个天文学专属的大语言模型。

陈孝钿致力于构建这个大语言模型，走在了人工智能与天文学交叉领域的创新前沿。最近一个月，他已经初步建立起模型，参数达到了 2×10^9 。

“虽然目前模型的推理能力有限，但已能够回答专业问题。”陈孝钿期待终有一天，人工智能在具备理解和解释复杂天文学现象的大模型基础上，独立完成复杂的科学任务，带来更多新发现。

从爱好者到研究者

陈孝钿的天文学之路从爱好者开始。早

在青少年时代，他就展露出非凡的数学才能，并对浩渺宇宙怀揣深深的好奇与向往。2007年，他考入北京师范大学天文学专业深造，开启了探索宇宙奥秘的旅程。

在经历博士阶段的迷茫与挑战后，陈孝钿逐渐找到了自己的科研方向。这得益于他意外收到一封来信。当时，还在北京大学攻读博士学位的陈孝钿完成了一项关于造父变星的研究。论文发表后，诺贝尔物理学奖得主亚当·里斯主动向他请教。

“他为什么会关注造父变星的数据？很长时间里，我感到很迷惑。”陈孝钿为此花了很多时间搜集并学习各方面文献，才终于明白亚当·里斯的用心。他从此笃定信念：如果把恒星作为用于丈量宇宙的工具，这将是天文学的前沿方向。

回忆当年，陈孝钿告诉《中国科学报》：“这封信对我启发非常大，最终决定了我今天的研究方向。”

从爱好者到研究者，除了选择对的方向外，还离不开长期的坚守。作为国际 SONG 计划的一部分，中国 SONG 望远镜先期坐落于海拔 3200 米的青海德令哈观测站，陈孝钿与一位同事轮流值班，每人负责一个月的观测工作，累计在那里工作了一年多。其间，他们总是熬夜进行望远镜的操作和观测，密切监测恒星亮度的变化。

2018 年起，SONG 望远镜开始运往海拔更高的青海冷湖天文观测基地。为了提高效率，陈孝钿大力发展自动化观测系统，让科研人员在山下甚至北京也能进行观测工作。

只要心中有光，即便在最遥远的星辰大海，也能找到指引前行的路标。陈孝钿多年坚守，用恒星的光芒照亮了人类对宇宙的认知边界。

奋斗者·正青春

陈孝钿的天文学之路从爱好者开始。早



一个基因助力油菜“抗癌”

■本报记者 李晨 通讯员 王一凡

冬种“一粒籽”，夏获“万斤油”。油菜是我国最重要的油料作物之一，所产菜籽油是国产植物油的第一大来源。而菌核病是我国油菜主产区的主要病害，也被称作油菜“癌症”，严重影响油菜高产稳产和菜籽油品质。

近日，扬州大学生物科学与技术学院教授王幼平团队研究克隆了调控油菜菌核病抗性的关键基因 BnaA07.MKK9，揭示了该基因调控油菜菌核病抗性的分子机制。这项工作为深入理解油菜菌核病分子机理奠定了基础，并为菌核病抗性改良提供了重要基因资源。相关研究成果在线发表于《自然—通讯》。

菌核病为何成油菜“癌症”

在油菜的生长发育过程中，菌核病是最常见、危害最大的一种病害。油菜菌核病是由核盘菌引发的，在油菜 20 多个生产地区均能发现菌核病发生的踪迹。

“核盘菌主要依靠菌丝侵染寄生。”王幼平告诉《中国科学报》，一旦成功入侵，核盘菌就会“鸠占鹊巢”，破坏寄主细胞，汲取内部营养，影响油菜的抗病防御能力。

因传播途径广、致病性强，菌核病被称为油菜“癌症”。据统计，我国油菜种植区几乎每年都会遭受菌核病的侵袭。在发病较轻的地区，菌核病发病率在 10% 至 30% 之间，发病较重的地区则达到 80% 以上，造成油菜籽严重减产和品质下降，直接造成经济损失

数亿元。

“菌核病‘势力强大’，除了油菜外，大豆、花生等其他油料作物也是这种病原菌的受害者。”王幼平表示，找到攻克病害的“利器”刻不容缓。

寻找抗性基因

面对沉疴，如何开方？王幼平介绍，关于控制菌核病危害的方法，目前生产上主要采用栽培管理、化学及生物防治和利用抗病品种等。

王幼平说：“培育抗菌核病油菜品种是防治菌核病最为经济、有效的措施。但目前，抗病基因资源尚不充足、抗性基因定位进展缓慢，严重阻碍了菌核病抗性育种的进程。”

为了攻克这个难题，王幼平带领团队在无数次的失败和尝试后，终于迎来了突破性进展——通过对来自不同地区的 322 份油菜材料进行全基因组关联分析，成功定位并克隆出一个油菜抗菌核病关键基因 BnaA07.MKK9。

不仅如此，团队在试验中发现，该基因的 mRNA 水平、蛋白水平及翻译后水平均受核盘菌显著诱导。“对油菜中该基因进行表达分析，发现叶片病斑面积及茎秆病斑长度均显著减小，而敲除这个基因后其抗病性显著降低，进一步证明它在油菜抗菌核病过程中的正调控作用。”论文第一作者、扬州大学从事博士后研究的林俐说。

林俐介绍，该基因所编码的蛋白在核盘



油菜感染菌核病后出现的症状。

扬州大学供图

菌侵染后被磷酸化激活，从而进一步磷酸化激活 BnaC03.MPK3/6，最终通过调控乙烯、植保素和吲哚族硫苷等抑菌物质的合成，有效提升油菜的抗病能力。

为分子育种提供更多资源

有了新型抗性基因这把“密钥”，王幼平团队迫不及待地打开油菜抗性品种选育“宝库”的大门。

团队对 BnaA07.MKK9 基因进行单倍型分析，发现其主要存在 3 种单倍型，即 Hap0、Hap1 和 Hap2。在田间试验中，3 种单倍型对菌核病的抗性表现有差异，其中 Hap0 的抗性最强，Hap1 的抗性最弱。相较于感病单倍型 Hap1 而言，Hap0 可提高菌核病抗性 30%，表明该单倍型可能在后期抗性育种中具有较大的应用潜力。

“更有趣的是，我们发现该优异单倍型在抗性育种中受到正向选择。”王幼平解释，

经过深入研究发现，感病单倍型在春性油菜中普遍存在。此外，早期的双低（低硫苷、低芥酸）育种的亲本供体竟然也属于感病单倍型，可以推测“双低育种”使得油菜种质中感病单倍型的占比逐渐增加。

随着农业科技的不断进步，抗病育种逐渐受到重视，抗病单倍型开始崭露头角，占比逐渐攀升。这也证实了抗病基因在育种中受到正向选择。

王幼平认为，彻底攻克油菜“癌症”——菌核病绝非一朝一夕，当前的研究仅仅是这场“长征”的起始站。未来，团队希望通过结合蛋白结构改造结合基因编辑，在短期内创建自然界中不存在的优异单倍型，从而加快抗性分子育种步伐；通过其他生物技术手段，将已公布的抗性相关基因进行聚合，获得高抗油菜新种质。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-49304-6>

504-6

||进展

中国科学院西北生态环境资源研究院

重建萨吾尔山冰川物质平衡序列

本报讯(记者叶满山)近日，中国科学院西北生态环境资源研究院研究员王璞玉团队，依托阿尔泰山冰冻圈科学与可持续发展综合观测研究站，对萨吾尔山冰川的物质平衡及其对区域水资源的影响进行了深入研究。相关论文发表于《整体环境科学》。

萨吾尔山位于天山与阿尔泰山之间，是一个独立的山系，其冰川资源具有高纬度、低海拔的特点。深入理解萨吾尔山冰川变化及对水资源的影响，对于区域水资源合理利用与生态环境建设至关重要。

研究团队通过综合运用模型模拟、卫星遥感技术和野外观测等多种方法，系统分析了萨吾尔山冰川反照率变化及与冰川消融的关系，成功重建了该区冰川物质平衡序列。结果显示，2000年至2020年，萨吾尔山冰川反照率以每年 0.015 的速率显著降低，这意味着冰川对太阳辐射的吸收能力增强，加速了冰川消融。同时，该区域冰川年均物质量平衡为 -1.01 米水当量，表明冰川正经历着持续的物质量损失。

更为重要的是，该研究揭示了冰川融水对区域河川径流的重要贡献。在同时段内，萨吾尔山区域年均冰川融水径流达 2200 万立方米，占河川径流总量的约 25.81%。其中，所属的 3 个子流域——乌勒昆乌拉斯特河、拉斯特河和肯德尔河，冰川融水径流的贡献率分别为 31.37%、22.51% 和 19.27%，显示出冰川对当地水资源的重要支撑作用。

这一研究成果不仅为理解萨吾尔山冰川变化提供了重要数据支持，也为区域水资源管理和生态环境保护提供了科学依据。王璞玉表示，团队将继续关注萨吾尔山冰川的动态变化，并深入开展相关研究工作，为区域可持续发展贡献更多力量。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173703>

华东理工大学

提出靶向干预蛋白互作治疗一种肺癌的策略

本报讯(见习记者江庆龄)华东理工大学药学院教授黄瑾课题组首次发现核因子 E2 相关因子 2(NRF2) 的全新相互作用蛋白 PPIA，揭示了 PPIA 稳定 NRF2 蛋白的机制，提出了靶向干预 PPIA/NRF2 互作可作为治疗 NRF2 过度活化肺癌的潜在策略，为后续开发治疗 NRF2 过度活化肺癌的靶向策略提供了新思路。相关研究发表于《自然—通讯》。

NRF2 信号通路的过度活化是肺癌的重要驱动因素之一。在肺腺癌患者中，大概 25% 的肺腺癌相关基因突变会形成 NRF2 蛋白过度积累，导致 NRF2 信号通路的过度活化，进而引发肿瘤细胞代谢重编程，增强相关代谢酶的转录过程，最终促使肿瘤恶化。

寻找抑制 NRF2 蛋白过度积累的策略，一直是肿瘤研究领域备受关注的问题之一。

研究团队首次发现了 NRF2 的关键互作蛋白 PPIA。二维溶液核磁及复合物晶体结构解析等技术表明，PPIA 通过顺反异构作用，将 NRF2 功能核心区域的 174 位脯氨酸牢牢锁定在反式构象，由此极大地增强了 NRF2 蛋白的稳定性，导致其在肿瘤细胞中异常积累，驱动肺癌恶性发展。

研究团队进一步发现，多肽类 PPIA 抑制剂 CsA 可以破坏 PPIA/NRF2 相互作用，增强 NRF2 泛素化—蛋白酶体降解，导致 NRF2 蛋白含量减少。克隆形成实验、肺癌原位瘤小鼠模型、PDX 模型等实验结果表明，CsA 与谷氨酰胺酶抑制剂 CB839 联用可以同时下调细胞内 NRF2 的蛋白含量与谷氨酰胺的代谢水平，表现出显著的协同抗癌效果。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-48364-4>

中国科学院地理科学与资源研究所等

发布火星全球撞击坑真实边界及退化状态目录

本报讯(记者田瑞颖)近日，中国科学院地理科学与资源研究所研究员程维明团队与合作者发布了火星全球撞击坑真实边界及退化状态目录。相关研究成果发表于《国际应用地球观测和地理信息杂志》。

火星撞击坑记录了流水、风和冰川对地貌的改造，了解撞击坑的退化对于理解火星地形的演变至关重要。目前，火星全球撞击坑目录多以点和圆形表示，有助于确定行星表面的年龄。然而，这些记录在册的圆圈可能无法满足对退化状态评估、漫游车导航以及地貌制图日益增长的需求。在退化状态方面，研究人员已经对撞击坑的退化情况进行了区域评估，但很少关注全球范围内的撞击坑退化评估。目前迫切需要一个能够提供撞击坑真实边界和全球退化状态的目录。

为了解决上述问题，研究团队提出了一个记录撞击坑真实边界和退化状态的全球火星撞击坑目录。该目录的构建结合了深度学习和人工目视解译，以确保真实边界的划定。在这些真实边界的基础上，研究团队计算了 19 个属性，包括形态属性和退化状态。

具体而言，研究团队将撞击坑形状分为平底型和碗状两种类型。根据侵蚀过程，将退化状态分为三类：新鲜、部分退化和严重退化。退化状态采用随机森林方法进行全球评估，并用 SHapley Additive exPlanations (SHAP) 模型对评估结果进行解释性分析。部分退化的撞击坑分布模式揭示了退化状态与火星沟谷之间的关系。

经过系列对比实验和精度检验，该目录的边界精度可达 90.81%，退化状态评估精度可达 87%。此次发布的目录可进一步应用于火星地形退化、沟谷侵蚀和深空探测的相关研究。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103952>