

她们的喜悦， 跟随风云 嫦娥、天问进入太空

(上接第 1 版)

这条路并不轻松。面对接踵而至的困难,团队成员也曾动摇过,不相信能做成。但方家熊十分坚定,总是鼓励团队:“科研就是克服困难、解决问题。有问题,我们科研人员才能起作用。”

这种信念慢慢影响了团队每个人,自信也在一次次性能突破和产品交付中建立起来。“唯有自信,才有持续进行关键技术攻关的坚韧和勇气。在解决问题的过程中,我们也在不断成长。”李雪说。

事实上,方家熊等老一辈科学家“面向国家需求提前布局,面对技术难题不轻言放弃,在工程任务中检验科研价值”的工作方式,至今仍在影响着团队的每一个人,年轻人也逐渐接棒。

在成功中喜悦: 从发射场出发,奔向更远处

2023 年 11 月 16 日,新一代海洋水色观测卫星 01 星在酒泉卫星发射中心成功发射。对短波红外镱铷铯探测器团队来说,这次发射有着特殊意义。

“火箭升空的瞬间,声浪席卷而来,天地都在震动,责任感和成就感油然而生。”回忆起来眼看见火箭发射的场景,上海投物所高级工程师于春雷眼里闪着明亮的光。

“90 后”于春雷是龚海梅、李雪的学生,负责镱铷铯铯焦平面的总体设计,深度参与了新一代海洋水色观测卫星 01 星主载荷——中分辨率可编程成像光谱仪探测器的研制过程。高性能短波红外镱铷铯铯焦平面探测器是该载荷的关键核心技术,也是团队“第二个十年”核心芯片首次投入航天应用。

2010 年启动论证工作,2016 年开始集中攻关、2020 年提交正样……团队从材料底层物理机理出发,探索器件工艺的全新方法,同步形成多项发明专利。

像元性能不一致,是团队面临的主要瓶颈之一。从单元芯片向焦平面发展,既要保证大面积材料均匀性,也要进一步提升关键器件性能。而新一代海洋水色观测卫星 01 星使用的焦平面探测器像素多达几十万。

团队仔细分析材料制备过程后发现,不一致似乎与像元在材料晶圆中的位置存在某种关联性。但从设备条件和工艺制备来看,材料生长流程已近乎完美,宏观一致性已接近极致。像以往很多次一样,团队再次坐到一起讨论,很快找到了突破口。

“我们不分职务或者年龄,围绕问题分别提出想法,由项目负责人制定路线,大家再朝着这个方向推进。”于春雷补充道,“最后如果发现路线错了,大家也不会互相推诿。

在一次讨论和推进中,一个个创断想法变成成熟的工艺,再进一步迭代优化。可以说,这是团队研制的探测器能够实现百分百在轨成功的重要底气。

“我们团队不强调发文章,也很少申请各类‘帽子’,就是围绕国家需求做事,把探测器送上天。”邵秀梅说。

目前,团队自主研发的不同规格镱铷铯铯探测器进入了气象卫星、环境卫星、深空探测等航天应用中,持续拓展着我国航天事业的“眼界”,也把团队的自信、坚守和喜悦送往更远处。

在奋斗中幸福: 守住技术本真,也守住人文温度

如果说成功是一个收获幸福的瞬间,那么奋斗就是支撑这个瞬间到来的漫长旅程。

对短波红外镱铷铯铯探测器团队而言,奋斗首先意味着主动“自我加压”。对他们来说,系统指标只是底线,只要卫星还未发射,团队就会持续优化产品状态。

风云三号 H 星搭载的高光谱温室气体监测仪所用的波长扩展镱铷铯铯大面积高性能探测器,就是一个典型例子。

团队在论证阶段就知道技术指标体系极富挑战性,但他们迎难而上,经过艰苦攻关达到指标体系要求。不过,这还只是“浅层次的追求”,更深层的目标是持续挖掘材料、器件和工艺潜力,逼近探测器物理条件下的性能极限。

随着定量遥感需求增加,光谱分辨率越来越高,每个通道接收到的光信号也越来越弱。解决问题的关键在于提升灵敏度,而灵敏度可以进一步拆分为光电转换效率和噪声两个参数。其中,光电转换效率通常最高为 100%,提升空间有限。因此,要想在极微弱信号中获得高灵敏度,就要不断降低噪声。

攻关最后阶段的 1 个多月里,团队白天做实验、测试、分析数据,晚上 9 点再集中复盘当天进展,部署第二天任务,最终实现了噪声的显著抑制。“从早期约 700 纳米到如今小于 0.1 纳米量级,光谱分辨率提升了 1 万多倍,背后正是团队噪声控制能力的显著提升。”李雪说。

除了主动追求更高性能,团队还有一个习惯——项目推进中一旦遇到问题,先自己身上找原因。

有一次,用户在试用产品时发现,上电过程中信号偶尔会丢失。起初,用户认为可能是自身测试环境的供电有问题,准备修改电子学板。但李雪判断,不能完全排除芯片端的隐患。经过复查和分析,团队很快找到了症结,并调整了相关设计细节,信号丢失的问题再未发生。李雪表示:“正样阶段发现问题并不可怕,那是‘上天送来的礼物’,给了我们进一步改进和完善的机会。”

追求技术本真的同时,团队的“人情味”很浓。每一个人都把自己放在团队的发展中,每一个人的处境也会被理解和看见。

李雪经常和同事说,作为“国家队”,关键节点随时在岗是基本要求,但这不能靠透支个人生活来维系。“家庭幸福是科研人员保持稳定状态、潜心投入科研工作的重要基石。”李雪时常和同事分享自己的生活心得,“首先要把自己照顾好。在此基础上,教育子女要注重思想品格引导,让孩子在潜移默化中学会独立思考、自主成长;孝敬长辈则要及时为父母纾解生活难题。”

如今,团队“第三个十年”的布局已取得初步进展。偏振探测方向已完成背景型号预研,即将进入正式工程阶段;单光子方向上,团队首创的新体制器件预计今年发射,之后进入系列化的芯片推广阶段。

“未来我们可能会遇到非常困难的时刻,不断挑战思维极限。”李雪说,“但我相信,我们一定可以把这些问题解决,在持续的奋斗中收获幸福。”

巨型卫星星座产生的碎片可能危及自身运行

本报讯 目前,约有 1.6 万颗卫星在太空中穿梭。令天文学家和夜空爱好者担忧的是,随着运营商大规模发射互联网和通信卫星,这一数字在未来 10 年可能会增加 10 倍。如果美国太空探索技术公司(SpaceX)首席执行官埃隆·马斯克的愿望得以实现,这一数字可能会突破 100 万。

然而,近日公布于预印本服务器 arXiv 的一项研究表明,这些计划面临着一个物理限制,其根源并非卫星数量,而是它们碰撞产生的太空碎片。该研究发现,这些被称为“星座”的卫星群将达到一个名为“凯斯勒效应”的临界点,即碎片失控式激增,最终导致卫星群自身无法维持。而这些预测仅基于对单个星座的评估,并未将现有卫星或计划中的数十万颗其他卫星考虑在内。

凯斯勒效应由美国国家航空航天局(NASA)的天体物理学家 Donald Kessler 于 1978 年提出,描述了航天器碰撞产生的空间碎片的数量超过了因大气阻力自然坠落的碎片数量。随着时间推移,这将导致碎片数量呈指数级增长,不仅对其他卫星构成威胁,还限制了航天器和载人飞船的安全发射窗口。当这些碎片落

回地球时,还将危及人类基础设施。

凯斯勒效应提出时,巨型星座还是遥不可及的幻想。因此,英国伯明翰大学的太空垃圾科学家、Kessler 的昔日合作者 Hugh Lewis 想看看当今的商业卫星提案能否跨越这一临界点。

Lewis 汇总了美国联邦通信委员会、欧洲空间局(ESA)以及长期从事卫星追踪工作的天文学家 Jonathan McDowell 提供的关于 16 个计划中或已部署的卫星星座数据。他将每个星座卫星已知的属性,如数量、轨道、尺寸和寿命输入一个简单模型中。后者用于追踪卫星或由此产生的太空碎片通过大气层中某一点的频率,从而确定这些物体的模拟轨道在大气阻力下的衰减速度。他还考虑了可能减缓太空碎片产生的两个因素:计划中的卫星能否有效避开潜在碰撞,以及是否能在寿命结束时安全返回地球。

在计划中的 16 个星座(共计近 170 万颗卫星)中,有 6 个超过了“失控碎片”的阈值,其中最引人注目的当数 Starlink。这是 SpaceX 计划发射的用于轨道数据中心建设的 100 万颗卫星。另有 3 个提案达到了不稳定状态,即碎片数量会增多但不会无限增加。

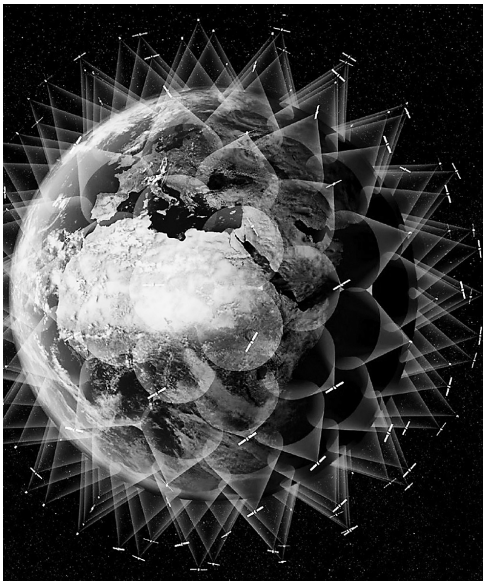
Lewis 发现,即便是小规模星座也存在这一问题。欧洲通信卫星公司的一项提案仅需使用 528 颗卫星,但由于卫星的轨道布局存在问题,导致出现了不稳定迹象;另一项美国 E-Space 公司的提案则因每颗仅 10 公斤重的“纳型卫星”缺乏必要的推进力,可能引发凯斯勒效应。在 Lewis 看来,这些提案总体上“未能满足实现太空发展可持续性和安全性的要求”。

加拿大里贾纳大学的天文学家 Samantha Lawler 表示,实际情况可能比研究显示的更为“严峻”,因为该研究是将每个星座独立进行分析的。它做了一系列对巨型卫星星座运营商最有利的假设,但结果仍陷入了失控的碰撞状态。

美国政策研究机构“战略与国际研究中心”航空航天安全项目副主任 Clayton Swope 对这种简化的模型持怀疑态度,他更倾向于采用 NASA 和 ESA 使用的更复杂的模型解释单个卫星的行为。

Lewis 承认,对于现实世界会发生什么,“模型存在不确定性”。“但在某个时刻,我们必须在不确定性中做出决策。” (文乐乐)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2607.29644>



在接受评估的 16 项巨型卫星星座提案中,有 9 项可能产生不稳定或失控的空间碎片。
图片来源:ESA 科学办公室

这个机器人 摔下悬崖还能走

本报讯 科学家报告了一个名为“Tribar”的滚动机器人,能够在高冲击力下着陆,并继续在复杂地形上移动。这一成果有望支持开发适用于危险或偏远环境,如行星表面和灾区的机器人。相关研究 8 月 10 日发表于《自然－机器智能》。

张拉整体机器人(Tensegrity robots)由弹性缆绳网络上悬挂的刚性杆件组成,这使其具有柔韧轻便的结构,能吸收很大的外部荷载。有人提出将之用作未来的行星探测车和灾害响应平台。但开发能够承受严重冲击并在之后仍能运作的自主机器人是一道难题。

在这项研究中,美国普林斯顿大学的 Rebecca Kramer-Bottiglio 和同事展示了“Tribar”——一款旨在结合抗冲击和自主控制的三杆张拉整体机器人。

这个机器人使用可拉伸的传感器“肌腱”和机载运动传感器估算其形态和方向。研究人员测试了它在草地、冰面、砾石和沙地上的运动,包括攀爬最高 28 度的斜坡,以及沿着直线、曲线和三角路径行走。它还从一座 5.7 米高的桥上坠落到沥青路面并继续前进。研究人员说,这是张拉整体机器人掉落高度的最高纪录。

研究人员表示,将抗冲击、传感和控制相结合,有助于未来机器人在传统机器人无法进入的环境中活动,包括悬崖、陨石坑或受灾地区。他们认为,这一设计可作为基准,以供进一步开发高生存力的机器人。

(赵熙熙)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s42256-026-01280-2>



Tribar 机器人。 图片来源:普林斯顿大学

■ 科学此刻 ■

AI 模型揭示 人类如何阅读

一个国际研究团队开发出了迄今最精确的人类阅读模型。它借助一种应用于机器人领域的人工智能(AI)技术解释并复现了人们阅读文本时所做的选择,可以为更智能的增强现实(AR)显示提供动力,还能根据不同读者与日常情况定制复杂的文本。相关研究 8 月 10 日发表于《自然－人类行为》。

“我们首次运用 AI 理解人类的阅读行为,而不仅仅是模仿。”芬兰阿尔托大学的 Antti Oulasvirta 表示,早期模型通过学习将文本片段与眼动追踪结果配对的数据来模仿人类行为,但它们无法真正理解文本的内容,并且在跨语言或跨情景的泛化能力上表现不佳。相比之下,新模型追踪读者用来调控注意力的心理机制,揭示了视线在单词、句子和段落间移动时,是如何逐步构建对文本的理解的。

Oulasvirta 认为,探明人类记忆如何服务于阅读过程,是解锁各类可定制应用、服务与产品潜力的关键。“我们无时无刻不在阅读,但纵观文字发展的历史,我们读到的文本都是面向大众创作的,并非针对个人与特定场景。如今,我们有能力改变这一现状。”

新模型以“资源理性”为核心,即在阅读过程中,人们会不断选取下一个视线落点,以求在有限时间内最大限度地提升理解力。视线分配的决策分为单词、句子、全文 3 个层级,并受到读者的语言能力、记忆容量、视力水平与眼动速度等多种因素的影响。举例

来说,一个记忆力好的快速阅读者可以顺畅地从一个段落跳转到下一个段落,而记忆力差的人则更有可能循环阅读。

研究人员指出,阅读看似毫不费力,但大脑其实一直在决定看哪里、跳过哪些内容、何时回头看,就像分配预算一样处理注意力,以实现理解效果的最大化。

研究人员将读者的各项特征设为可调节参数,让模型自主学习调控注意力的最优策略。“我们将模型置于一个包含数百万份文本的环境中,再借助 AI 的强化学习训练它优化眼动模式,从而真正理解所读的内容。”Oulasvirta 解释道。

在阅读过程中,模型会生成一份文本内容的摘要。当缺少关键词语或从句时,它会引导视线去获取相关信息。通过询问模型在给定时间和限制条件下从文本中保留了哪些内容,可以测试它的理解能力。

研究人员将模型的注意力分配决策与真实的人类眼动追踪数据进行了对比,发现模型的决策与读者的行为高度吻合。他们成功构建了一个“普通读者”的基准模型,且可根据不同的读者画像进行调整。

这项研究为开发新的阅读辅助工具与个性化文本设计铺平了道路。例如,它可赋能智能眼镜,根据场景与用户需求调整屏幕文本的显示速度与排版布局,也可为用户定制文本内容。

“我们可以把晦涩难懂的原始文本处理成不同的版本,以适应不同水平的读者,使其更好地理解文本内容。”Oulasvirta 表示。

研究团队计划评估该模型如何为患有阅读障碍和语言能力较弱的人提供帮助。“我们希望在实时场景中为用户提供帮助,比如设计出既能辅助驾驶员阅读又不会分散其注意力的文本。”Oulasvirta 称,“如今我们对阅读这一与生活息息相关的行为有了全新的认知,接下来就是探索它的应用性。” (方子逸)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41562-026-02534-0>

在喜马拉雅山野找寻“高原密码”的追养人

(上接第 1 版)

在 2000 多份资源里“大海捞针”

在收集了大量野生资源后,周美亮他们开始思考一个困扰养麦育种界多年的难题。

对于高原和高寒山区而言,种植苦荞不仅有助于丰富食物来源和改善膳食结构,也能够带动特色农产品加工和地方产业发展。然而,长期以来,高海拔地方品种虽然耐寒、耐强紫外线,却普遍籽粒偏小、产量较低,而低海拔地区培育的大粒高产品种,进入高原后又容易出现结实不良。如何兼顾环境适应性性与产量,成为苦养育种必须突破的关键难题。

“我们在野生养麦里观察到一个很有意思的现象,有一些野生苦荞既能适应高海拔,也能结出大籽粒。”周美亮说,“这说明‘既能抗逆又能高产’这条路是走得通的。”

不过,要找到背后的基因密码,谈何容易。论文共同第一作者、作科所研究员张凯旋介绍,他们首先从 2000 多份野生材料中筛选出

119 份野生苦荞资源,然后从地方资源和育种种中筛选出 875 份资源,汇集来自 15 个国家和地区的 994 份核心种质资源,在此基础上构建了苦荞的泛基因组图谱,绘制出高分辨率变异图谱。顺着这些遗传变异线索,他们找到了一个关键基因——FtRNH,这个基因在栽培苦荞中完全缺失。

这个基因有什么用?周美亮打了个比方:高海拔地区的强紫外线和低温会诱导植物体内形成一种叫“R 环”的结构,就像缠在一起的“死结”,会阻碍基因的正常表达,让细胞像“中毒”了一样不能正常存活。

而 FtRNH 编码的核糖核酸酶 H 就像“解药”,能够有效清除这些异常的 R 环,让基因重新正常工作,相当于给细胞“解毒”。“野生养麦因为有这个基因,所以能在高原上活得很好;栽培养麦在驯化过程中或在选择压力放松下,把这个基因弄丢了,所以上高原就耐受不了。”周美亮说。

几乎与此同时,团队还在栽培养麦中锁定了调控籽粒大小的基因 FtPLATZ。它能促进胚

乳细胞分裂和生长,从而增大籽粒。

一个来自野生种质,代表对严酷环境的适应;另一个来自长期育种选择,代表对大粒高产的追求。过去,这两类优异性状分散在不同材料中。周美亮要做的,就是让它们在同一个植株上“重逢”。

选什么样的野生亲本来做杂交?标准非常苛刻:既要抗逆性强,又要花多、结实率高,还要容易和栽培养麦杂交。仅是筛选合适的亲本,他们就花了近 3 年时间。

研究人员最终选定了一个表现优异的野生苦荞材料,与栽培品种进行杂交、回交,再通过分子标记辅助选择,将 FtRNH 优异单倍型和 FtPLATZ3 大粒单倍型精准聚合到一起。这项工作常年在云南昭通、四川凉山、西藏林芝和日喀则等多个高海拔试验点同步推进。“我们的学生一年可能有七八个月都在凉山和昭通。”周美亮说。好在苦荞生育期短,只有 70 多天,一年可以培育 3 到 4 代。即便如此,从杂交到最终培育出新种质,也花了整整 5 年时间。

最终,研究人员创制出兼具高海拔适应性

和大粒高产特性的苦荞新种质——在高海拔条件下较对照品种增产约 25%,预计 5 年内就能走向市场。对于高海拔地区的农民来说,这意味着实实在在的增收。

由此,这项工作完成了从基因组资源构建、关键基因发现和分子机制解析,到优异变异聚合与田间育种验证的完整闭环,把一份藏在野生苦荞中的遗传资源真正转化为可供育种利用的新种质。

今年 6 月,国际荞麦大会首次在苦荞主产区四川凉山召开。会上发布“凉山倡议”,鼓励进一步加强苦荞种质资源的保护与创新利用,推动基础研究、应用研究与产业化的协调发展,提升苦荞产业在促进人类健康、生态保护及区域特色产业中的作。

“荞麦是最接近我心的作物”,这是周美亮多次在国际学术交流场合说过的一句话。“苦荞曾是被遗忘的特殊资源。总得有人去付出,这是我一辈子最喜欢干的事。”

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.07.035>