主编 / 赵路 编辑 / 许悦 校对 / 何工劳、肖园 Tel:(010)62580617 E-mail:news@stimes.cn

太空垃圾造成的大气污染令人担忧

本报讯 美国太空探索技术公司(SpaceX)的一枚火箭在重返大气层的过程中烧毁,并在欧洲上空释放出蒸发的金属羽流。随着航天器和卫星数量的增多,这类污染预计会进一步加剧。相关研究结果 2 月 19 日发表于《通讯 - 地球与环境》。

一年前,2025 年 2 月 19 日,一枚猎鹰 9 号火箭的第二级因发动机故障失去控制,在北大西洋上空脱离轨道坠落。猎鹰 9 号原计划在太平洋溅落,以便重复使用。

欧洲多地的民众目睹了燃烧的残骸划过天际,部分碎片坠落在波兰的一处仓库后方。看到这个新闻后,德国莱布尼茨大气物理研究所的 Robin Wing 与同事立刻启动了激光雷达。这是一种用于监测大气的仪器。

20 小时后,激光雷达在高空大气中探测到锂的含量飙升了 10 倍。锂是火箭壳体的关键成分,此时,蒸发的金属羽流正飘过该区域上空。大气模型显示,这股金属羽流已经从猎鹰 9 号的大气层再入点飘移了 1600 公里。这项研究首次将高空污染与航天器重返大气层的过程精准联系起来。

Wing 表示:"这些微小的金属颗粒可能会加速破坏臭氧,在平流层和中间层形成云层,影响阳光在大气中的传播方式。但所有这一切仍缺乏充分研究。"

随着商业航天发射的飞速发展,以及多家公司部署大规模卫星星座,如 SpaceX 的 Starlink、美国亚马逊公司的 Leo,人们对这类污染的担忧日益加剧。目前,在轨卫星已达 1.45 万颗。就在上个月,SpaceX 已申请再发射 100 万颗卫星,从而实现埃隆·马斯克打造轨道数据中心、为人工智能提供动力的目标。

为避免碰撞事件产生更多的太空垃圾,卫星在寿命末期通常会受控坠落并在大气层中烧毁。专家表示,未来 10 年,太空垃圾颗粒的数量可能会增加 50 倍,超过目前进入大气层的流星体质量的 40%。

美国普渡大学的 Daniel Cziczo 表示:"很多人有一个误解,以为太空碎片会在大气中烧毁并消失。现在,我们需要认真对这些物质可能带来的影响做一些透彻的分析。"

猎鹰 9 号的这股羽流中估计含有 30 千克锂。但考虑到火箭壳体中的合金成分,其铝含量要高得多。汽化后的铝会与大气中的氧气反应,生成氧化铝颗粒。这些颗粒能够为氯化合物提供反应表面,使其更易分解。通过这一过程释放出的氯自由基会与平流层中的臭氧分子反应并破坏它们。

如今,在轨卫星数量比以往任何时候都多,它们烧毁时会产生新的大气污染。研究人员估计,每年烧毁的航天器会向大气中释放 1000 吨氧化铝,且数量还在增加。这可能导致南半球臭氧层空洞再次扩大。而随着各国逐步淘汰消耗臭氧层的制冷剂,臭氧层空洞本已持续缩小。臭氧的损耗会让更多太阳紫外线到达地面,增加罹患皮肤癌的风险。

英国伦敦大学学院的 Eloise Marais 说:"人为污染对高层大气的影响逐渐超过自然污染。太空碎片正在抵消我们修复臭氧层空洞取得的进展。"

此外,金属氧化物颗粒还可以作为凝结核,让水蒸气凝结成水滴,在对流层上部形成卷云,而这种云通常会吸收更多热量。科学家已在卷云中检测到航天器燃烧产生的颗粒。如果它们促进了卷云形成,可能会加剧全球变暖,尽管其影响远小于二氧化碳等温室气体。

"大量科学证据表明,这些物质可能对大气产生有害影响。作为科学家,我们需要搞清这些影响是否正在发生,以及严重程度如何。"Cziczo 说。

目前已有一些潜在解决方案,比如用木头等材料制造卫星,或将更多退役卫星送入高空中的"墓地轨道"。Wing 表示:"面对卫星数量的爆发式增长,我们需要花点时间,先想清楚再付诸行动。" (王方)

一张 30 秒长曝光照片,记录了 2025 年 2 月 19 日,一枚猎鹰 9 号火箭第二级在德国柏林上空重返大气层的画面。 图片来源:Gerd Baumgarten

相关论文信息:

https://doi.org/10.1038/s43247-025-03154-8

不到 30 人的团队打赢了国产低温突围战

(上接第 1 版)

专项设立这天,刘立强带着团队成员立下"军令状":以今天为启动日,3 年后的 3 月 8 日,必将完成任务!"

此后 3 年,团队争分夺秒,一刻不敢停歇。在已突破的关键核心技术基础上,他们进一步突破气体轴承氦透平膨胀机技术、高效连续氦氖分离的氦液化技术、大型低温制冷系统设计与集成技术、氦气螺杆压缩机技术、液氦移动罐箱技术等关键核心技术。

2024 年 3 月 8 日凌晨两点,连续奋战多个日夜后,团队"卡点"达成了最后一个技术指标,圆满完成专项的所有研究任务。当时,团队没有任何庆祝仪式。"只想赶紧找张床睡一觉,太困、太累了。"彭楠回忆道。

也是在这一天,该系统通过测试验收。系统实现满负荷稳定运行,氢气液化率约 5.17 吨 / 天,实现了我国工业级氢液化器零的突破。

从那天起,新时期中国低温事业经过 3 轮、14 年接续,成功将可抵达的低温温区覆盖面从 20K 的液氢温区延伸至 2K 的超流氦温区,液氦温区制冷量从百瓦级延伸至万瓦级。

更重要的是,成果随之从实验室走向产业链,产业化进程加快提速,一系列大型低温制冷装备的工程应用陆续在我国落地。工业级氦液化器成功应用于我国首个规模提氦示范工程,贯通了"国产气源、国产装备、国产液氦"全提氦产业链;工业级大型氢液化器、万瓦级超大型氦制冷机等实现工程应用,完成了大型氢液化系统的国产化,为发展氢能源产业和推动航天事业进步提供了重要支撑。

市场格局由此扭转。"原来国内低温行业几乎 100%依靠进口,现在国产设备夺回了 70%到 80%的市场。"刘立强说。

令他记忆犹新的是,在成果产业化期间,国内某重要工程急需大型制冷机,外资巨头认定中国"做不出来",将原本价值过千万元的设备,开出 2 至 3 倍的价格。听完报价,工程负责人拍案而起,拂袖而去:"谁签了这个合同,就相当于丧权辱国!"于是,原本作为"备用件"储备的中国大型低温制冷设备被推向了台前。看到中国的国产设备成功运行后,外资巨头的态度发生了 180 度大转弯,主动提出降价促销。

"大家都觉得真提气!"刘立强自豪极了。

小团队,怎么干成大事情?

很多人都没想到,这个让国内低温行业"提气"的团队,只有不到 30 位成员。一间 30 平方米不到的小会议室,就可以容纳所有人一起开例会。

刘立强告诉《中国科学报》,在"用最少的人,干成最大的事"上,团队摸索出了一套"矩阵式"管理模式。

"纵向按专业拆分出透平膨胀机、流程与控制、系统集成与调试等 6 个研究方向,每个方向由专人负责,盯住核心难点长期深耕;横向按应用场景分为航天、氢能、氦资源、储能等领域,一旦某个领域有攻关任务,任务负责人就可以跨方向调动资源,比如做氢能相关任务,需要透平膨胀机技术支持,负责人就可以给透平膨胀机研究方向提出具体技术要求。"刘立强说。

他坦言,这是一条"被任务推着走出来的路"。二期项目启动后,攻关任务比一期项目更重,"小团队以课题组模式单打独斗地往下做,效率太低了,不把课题组之间的'墙'拆掉不行"。

在推行"矩阵式"管理的同时,他们还与中科富海科技股份有限公司合作开展技术攻关。"别看我们只有不到 30 个人,每个人的背后还有一支来自企业的工程团队。"刘立强说。

不仅如此,推动这支队伍不断加速前进的,还有老一辈科学家的精神。在团队每个人的心中,新中国低温学科奠基人洪朝生是永远的旗帜。为了传承洪朝生的报国志,团队专门成立了"洪朝生青年突击队",遇到难题,大家一起上。

突击队的成立,激励着大家关关难过关关过。2022 年底,团队奔赴新疆开展实验。实验设备是个数吨级的大家伙,运抵新疆后,乡村小道的各种情况让运输车辆不得不放慢速度。为了让设备安全通过,这群平日里和高精尖仪器打交道的科学家,组成了临时"清障队"。车一路走,大家一路"通关",让车能通过。工程现场,厂区荒凉,连张桌子都没有,风沙肆虐,机器放两天就会被沙子掩盖。就是在这样的环境里,大家把集装箱当成餐厅和会议室,依然按期保质完成了实验项目。

在传承老一辈科学家精神时,团队还以"传帮带"的方式,让年轻人挑大梁。"每个重大任务一来,我们先把担子压下去,让年轻人当副组长、副负责人,资历深的、有经验的人在后面把关,既放手又不撒手。"刘立强说。

刘立强的学生、如今的团队负责人彭楠,正是在这样的机制里拔节成长,从一线工程人员成长为透平膨胀机方向的负责人,再成长为中心主任。

看着彭楠,刘立强笑着说:"过去,作为团队负责人,我的压力来自'追赶',要带着团队提高效率,向前冲刺;现在,我们已经跑到了'无人区',怎么看清前面的道路,持续跑在最前面,是年轻人要承担的新压力。"

方向怎么定、队伍怎么带、机制怎么更高效、技术怎么再突破、年轻人怎么成长……这些都是彭楠常常思考的问题。"一句话——瞄准国家需求,让我们的技术真正用得上。"彭楠一边说,一边用目光回应刘立强。

听到这句话,刘立强拍了拍彭楠的肩膀说:"对!只要是国家需要的事情,埋头做就行了!"

如今,在这间墙上挂满荣誉的会议室里,团队成员依然每周召开调度会,雷打不动,复盘、攻关,再复盘、再攻关。他们也有了新的目标和明确的方向——将中国低温技术向温度更低、冷量更大、效率更高推进,支撑国家前沿科技向前,再向前。

他们凭啥成为开源鸿蒙唯一特殊捐赠人?

(上接第 1 版)

合作共生

这支国家队的技术基因,早在 40 年前就已经注入了。

自 20 世纪 80 年代软件所建立伊始,就确立了操作系统研究方向,参与了国产系统 COSIX 攻关,并率先转向 Linux 技术探索。2012 年至 2014 年,软件所作为国家"核高基"终端操作系统项目主力,牵头完成了超 6000 万行安卓源代码的深度分析,为华为、阿里、联想等多家领军企业提供了关键技术支撑。如今,众多源自软件所的 Linux 核心骨干成员,分散在华为、阿里等国内 IT 企业,以及麒麟软件、中科方德、中科创达等国产操作系统企业。

软件所参与并见证了国产操作系统研发的沉浮起落。这段探索史不仅让软件所积累了技术,还有人才与信念。

2018 年,软件所成立智能软件研究中心,人员平均年龄不到 30 岁。次年,"90 后"郑森文加入。

2020 年初,郑森文首次随团队负责人武延军前往华为交流。途中,武延军的一句话深深刻在了他的心里:"开源鸿蒙会是国产终端操作系统的历史转折点。"

这个信念在紧迫的技术攻关中经受了考验。2022 年,开源鸿蒙 2.0 版上线前 1 个月,华为员工驻场软件所,双方并肩作战,24 小时轮班接力。最终,开源鸿蒙 2.0 版在软件所发布成功。

在研究所做基础支撑,不像在企业拼绩效、搏晋升,科研人员的付出很难用商业价值衡量。"在这样的环境下工作,没点信念和情怀是不行的。"让郑森文自豪的是,这个年轻的团队非常稳定,"我们选择了长期主义"。

然而,与开源鸿蒙的深度合作一度引来学术界的误解,认为软件所作为国家队只为单一企业"服务"。事实上,软件所的参与正是为了确保开源鸿蒙的"共生"属性,避免其成为任何企业的独属物。

在开源鸿蒙开发最艰难的时候,继软件所下场支持后,中望软件、九联科技、软通动力、润和软件等公司也纷纷加入鸿蒙生态建设。

"我曾思考安卓的崛起过程:做成一款操作系统的标志之一,就是学术界有大量科研人员自发进行研究与贡献。显然,开源鸿蒙还需要努力。"武延军直言,"希望更多科研人员试一试、用一用,共同推动国产操作系统走向成熟。"

软件所也因此得到了华为团队的尊重。在《鸿蒙开物:终端操作系统破晓之路》一书中,华为评价软件所团队恪守技术中立,慷慨分享技术成果,引导但不主导发展,坚守了真正的开源理念。

就像那些代码一行行融入开源社区一样,软件所团队慢慢融入了项目管理团队,成为参与战略规划的"最佳搭档"。作为开源鸿蒙项目群技术指导委员会委员的武延军表示:"我们不仅是技术中立方,更是国家科研机构,需要用更全面、更具前瞻性的眼光,去把握未来发展的方向。"

"中国科学院为什么要为开源鸿蒙作贡献?"郑森文曾不止一次面对这个疑问。如今,随着"基础软件"在国家"十五五"规划中被明确列为重点领域,答案已然清晰——这不仅是技术选择,更是关乎国家发展与安全的"国家事",是必须肩负的"国家责"。

奇异棘龙吃腔棘鱼的艺术图。 图片来源:Dani Navarro

■ 科学此刻 ■

"地狱苍鹭"头上带"刀"

科学家在 2 月 19 日发表于《科学》的一项研究中称,在尼日尔发现了一种此前未知的恐龙——奇异棘龙。这些化石是由美国芝加哥大学的 Paul Sereno 团队从撒哈拉沙漠中部的偏远地区挖掘的。

奇异棘龙最显著的特征之一是其巨大的弯刀状头冠。2019 年 11 月,当首次在沙漠表面发现头冠和几块颌骨碎片时,古生物学家并未意识到他们发现了什么。直到 2022 年,当一个更大的团队再次来到这里,并发现了另外两个头冠,研究人员才明白他们面对的是一个新物种。

头冠的纹理及内部的血管网络表明,其表面覆盖着角蛋白,后者与人类指甲的成分相同。研究人员认为,这种恐龙生前头冠色彩鲜艳,像弧形刀刃一样向上弯曲,很可能是一种展示结构。

此外,这种棘龙的头骨还具有紧密交错的上下牙齿,形成了一个有效的"陷阱",用来捕捉滑溜的猎物。这种牙齿的排列方式导致颌骨闭合时,下牙会向外伸出,位于上牙之间。这种适应性在食鱼动物的化石记录中反复出现,包括水生鱼龙、半水生鳄和翼龙。然而,在恐龙中,这一特征将棘龙及其近亲区别开来。

迄今,大多数棘龙化石都是在古代海岸线附近的沉积物中发现的。这种模式让一些研究人员认为,这些以鱼类为食的兽脚类恐龙可能是完全水生的捕食者,在水下捕猎。

然而,这些在尼日尔发现的化石却讲述了一个不同的故事。这些遗骸距离最近的古代海岸线也有 500~1000 公里,附近河流沉积物中还保存着长颈恐龙的部分骨骼,表明这里当时是一个水道纵横交错的森林内陆地区。

"我设想这种恐龙就像一只'地狱苍鹭',它强壮的双腿能轻松进入两米深的水中,但可能大部分时间都在浅水区徘徊,伺机捕食。"Sereno 说。

促成这一发现的探险始于 20 世纪 50 年代的一篇简短记录。一位法国地质学家在文中提到了一颗军刀形的牙齿化石,其形状与 20 世纪初在埃及西部沙漠发现的鲨齿龙的牙齿相似。"70 多年来,再也没有人去过那个发现牙齿的地方。"Sereno 说。

在寻找这个地方的过程中,研究人员在沙漠中遇到了一个图阿雷格族人,他主动提出用摩托车带他们深入撒哈拉沙漠腹地,因为他曾在那里见过巨大的化石骨骼。经过近一天的跋涉,他们终于来到了一处化石丰富的地方,在这里收集到属于新棘龙的牙齿和颌骨碎片。

这一发现巩固了尼日尔作为古生物学和考古学重要遗址的地位。多年来,Sereno 挖掘了超过 100 吨的化石。"如果你能勇敢面对恶劣的自然环境,并愿意探索未知,或许就能发现一个失落的世界。" (王铄)

相关论文信息:

https://doi.org/10.1126/science.adx5486

地壳"拉拉链"造就大西洋底 500 公里大峡谷

本报讯 近日,一项发表于美国地球物理学会期刊《地球化学、地球物理学、地球系统学》的研究,揭示了距离葡萄牙海岸约 1000 公里处的巨大水下峡谷——"国王海槽"的成因。

在陆地上,像美国大峡谷这样的壮观地貌是长期河流侵蚀的结果。而海洋中也有一些巨大的峡谷系统,国王海槽便是其中之一,其规模甚至超过了美国大峡谷,包括一系列平行的海槽和深盆地,其东部边缘是 Peake 深渊,也是大西洋最深的地方之一。然而,在没有河流侵蚀的海底,绵延 500 公里的国王海槽是如何形成的呢?德国基尔亥姆霍兹海洋研究中心领导的研究团队发现了新的线索,表明是剧烈的地壳运动造就了这一雄伟的景观。

"长期以来,研究人员怀疑地壳运动等构造过程在国王海槽的形成中发挥了核心作用。"论文作者、基尔亥姆霍兹海洋研究中心的 Antje Durkefalden 说,"我们的研究结果首次解释了为什么这一非凡的构造会出现在这个位置。"

研究团队基于 2020 年由 Durkefalden 领导的科考任务的数据进行了研究。在科考任务中,科学家使用高分辨率声呐绘制了海底详细地图并采集了火山岩样本。

研究结果表明,在大约 3700 万年前至 2400 万年前,分隔欧洲和非洲的板块边界曾穿过北大西洋的这一区域。随着构造板块的移动,该地区的地壳被拉伸并发生断裂,就像拉开拉链一样,从东向西逐渐被拉开。

更重要的是,在板块边界进入该地区之前,地幔热物质的上涌已使那里的地壳变得异常厚实且温度升高。这种熔岩柱被称为地幔柱,起源于地表之下。研究团队认为,这可能是现今亚速尔群岛地幔柱的早期分支。

"这种增厚且发热的地壳可能使该地区的机械强度变弱,因此板块边界会优先向这里移动。"论文作者、基尔亥姆霍兹海洋研究中心的 Jorg Geldmacher 说,"当板块边界进一步向南移动到现代的亚速尔群岛附近时,国王海槽的形成便停止了。"

国王海槽系统是深部地幔活动与移动板块相互作用的一个典型范例,表明地表深处的活动能够为地壳日后的形变做好准备,从而影响主要断裂带和裂谷形成的位置。这些发现也为研究大西洋更广泛的地球动力学历史提供了线索。研究人员表示,类似的过程可能至今仍在进行。在亚速尔群岛附近,一个名为特塞拉裂谷的海沟系统正在另一个海洋地壳异常厚的地区形成。 (徐锐)

欧洲和非洲之间的地壳板块曾像拉拉链一样逐渐分离,在大西洋底形成了一条巨大的峡谷。 图片来源:AI/ScienceDaily

相关论文信息:

https://doi.org/10.1029/2025GC012616