我国遥感卫星“走出去”获新突破——

来自天空的深情守望

经济日报·中国经济网记者 董碧娟

热点追踪

10月9日，委内瑞拉遥感二号卫星（简称“委遥二号”）在酒泉卫星发射中心成功发射。委遥二号是我国向委内瑞拉出口的第二颗遥感卫星，由中国航天科技集团公司五院抓总研制，又名“苏克雷”卫星，由委内瑞拉总统马杜罗命名，以纪念苏克雷将军。这是我国遥感卫星“走出去”的新突破

『委遥一号』『委遥二号』双星工作效果图。

遥感卫星被称为观察世界的“天眼”。作为我国遥感卫星“走出去”的新突破，委遥二号卫星将进一步带动我国遥感卫星、运载火箭、遥感地面应用、遥感数据和图像服务等国际化产业联动发展。那么，“苏克雷”又有着怎样智慧而深邃的“目光”？

看得更清更真更广

——重任在身，“苏克雷”之眼实现技术突破，搭载了高清“神器”

委内瑞拉遥感一号卫星（简称“委遥一号”）于2012年9月成功发射，现已在轨稳定运行5年。委遥二号将接替委遥一号，应用于委内瑞拉国土资源调查、评价、动态监测与管理、资源利用与城市建设等业务领域。重任在身，“苏克雷”之眼需要看得更清、更真、更广。

“委遥二号卫星搭载了高分辨率相机和红外相机，可以拍摄到地面1米范围之内的事物，比如清楚地看到地面上的汽车。”中国航天科技集团公司五院相关负责人告诉《经济日报》记者，相机作为委遥二号卫星的“眼睛”，是卫星发挥功能的主要有效载荷。委遥二号卫星同时装载了1台全色/多光谱高分辨率相机和1台具有短波和长波的红外相机，实现了全色、多光谱、短波谱段、长波谱段组合的多谱段、大视场、联合对地遥感成像能力，融合幅宽大于30km。

“要保证两台相机融合图像幅宽大于30km，要求在成像过程中两台相机视轴一致，这给研制团队提出了一个技术难题。”相关负责人说，为解决这个难题，研制团队通过反复论证和试验，在两台相机结构设计、总体设计以及总装过程中均采取了一系列的控制措施，确保了两台相机视轴一致，完美实现了融合图像幅宽大于30km的设计需求。

中国航天科技集团公司五院508所相关技术人员介绍：“委遥二号卫星上的高分相机个头和小学生的课桌差不多，高分相机分辨率优于1米，与我国高分二号卫星相机的分辨率相当。与委遥一号上的全色多光谱相机相比，它的分辨率提升了一倍多。视力提高了，看得就更清晰了。”在600多公里的轨道高度运行，高分相机不仅能够清晰地看到地面上的斑马线，还能够较清楚地看出直行和拐弯，分辨出公交车与小轿车，开启了我国出口国外遥感卫星的“亚米级”时代。高分相机“咔嚓”一下，就能把相当于北京城五环内的景象尽收眼底。

“苏克雷”的“目光”中流淌的是中委航天情谊。“委遥二号卫星是我国对外合作小卫星中外方人员参与程度最深的一颗卫星。”相关负责人介绍，在委遥二号研制过程中，委方设计师在卫星系统层面全部参加，与中方设计师联合开展工作。系统设计等岗位上实行人员的“中委双方1:1”配比方式，建立“委遥二号卫星联合研制团队”，共同进行卫星的“联合设计”“联合AIT”“联合发射”，委方人员约30人全程参与了委遥二号正样卫星所有系统级研制工作。

“中委双方深度合作的方式也为中国航天创新合作模式提供了良好借鉴。”相关负责人表示。

首次出口的“夜视眼”

——委遥二号的红外相机是国内小卫星中性能最为优越的最新产品，可以不分昼夜地工作

“委遥二号首次选用了推扫型红外相机作为出口卫星的有效载荷。委遥二号的红外相机是迄今为止应用在国内小卫星上的性能最为优越的最新产品。”相关负责人说，委遥二号红外相机是一台同时具有短波红外三谱段和长波红外双谱段成像能力的中分辨率多光谱相机。短波红外谱段分辨率与当前国际主流陆地资源卫星相当，长波红外谱段空间分辨率提升了三分之一，对被摄物体的温度感知灵敏度也有了很大提升。委遥二号红外相机的体积仅相当于一台A3打印机。

“红外相机可以不分昼夜地工作，即使在夜间也可以准确将温度差为0.2摄氏度的两个目标识别出来。”中国航天科技集团公司五院508所相关技术人员介绍，研制团队给委遥二号红外相机进行了一处名为“分裂窗”的独特设计，这也是首次在国内对地遥感载荷上采用该设计。简单说，这相当于为委遥二号红外相机佩戴了一副特殊“眼镜”，能够帮助它剔除目标观测时受到的水汽影响，使它精确“看”出各种地物的温度，准确判断城市建筑、流向河海中的污水、石油管道等目标的热辐射状态，在城市建设、国土资源、环境保护等领域大显身手。

委遥二号红外相机是位喜安静的“冷美人”。为保证正常工作，需利用制冷机使其保持在零下215摄氏度的低温环境中。此外，卫星平台的稳定度需求也对制冷机的极微小振动提出极高要求。为达到这些需求，科研人员首次研制了具有高制冷能力、低微振动的斯特林制冷机。不过，制冷机工作时产生的微振动会对高分相机的像质产生影响。为降低影响，科研人员采取了相机与卫星一体化设计，将该制冷机的微振动输出降低为同类制冷机的四分之一，确保了高分相机和红外相机能同时成像，且成像质量良好。

委遥二号红外相机还拥有短波红外通道，具备“穿烟透雾”“识云辨雪”的能力，它和高分相机合作，可识别农作物、土壤等不同状态反映出的不同谱段信息，帮助用户实现对多种作物病虫害的监测，精确判断农作物所受病害程度，开展农作物水量监测和长势监测分析，进行作物产量统计等。此外，它还可以实现发现林火、野火和监测石油管道等功能。

为提升相机集成度，航天五院研发人员为红外相机配备了短波与长波红外一体化的三反离轴光学镜头，可以同时获取地面目标的反射太阳信息和表面发射的温度信息，实现白天、黑夜的全天候成像。

智能的“眼神”传递

——数传系统关系到整星工作，科研人员为此搭建了数据传输通畅可靠的“天地智能高速公路”

“苏克雷”眼中的丰富所见需要及时传递给需要的人。委遥二号成功发射升空后，随着数传天线展开，作为关键载荷的数传分系统将开始数据回传业务。在随后的飞行任务中，卫星数传分系统会将卫星相机拍摄的图像传回地面，这标志着委遥二号正式开始工作。

“在遥感卫星中，数传系统的研制水平直接关系到整个卫星的工作能力。如何传输高质量的相机画面，对卫星的数据处理和传输能力提出了很高的要求。”中国航天科技集团公司五院相关专家介绍，与委遥一号相比，委遥二号上使用的数传分系统，功能和性能有了大幅提高。

相比委遥一号，研制人员为委遥二号新研制了两副数传天线，使数据传输能力提高了两倍多，码数率由之前的双通道380兆提升到900兆，为遥感卫星的数据传输搭建了“智能高速公路”。

相关专家介绍，当卫星在夜晚过境时，只有红外相机工作，因而占用信道资源比较少。为提高信道利用率，卫星上新增了红外实时传输加同时回放固存数据的功能。在夜晚进行红外实时传输的同时，可以对之前存储于固态存储器的数据进行地面回放。固态存储器的容量可以达到1Tbps，对于选择存储什么内容，什么时候开始存储，都做到了智能管理，这些都是通过发送地面指令来实现的。

要实现对数据传输的智能管理，安装在数传分系统上的开关矩阵事关重大。通过多种切换方式，开关矩阵可提供多通道的数据传输途径，并对数据传输途径有效备份，大大提高了数据传输的可靠性。开关矩阵的国产化，成为卫星的又一亮点。3只首次在轨使用的国产化小功率微波开关在设计之初，就通过优化设计，改进驱动结构，做到了“减重瘦身”，实现了小型化应用。为提升国产化产品的性能，在设计仿真过程中，科研人员还实现了对整机整体性能的电磁联合仿真，确保了产品本身性能的可靠性。

据了解，中国航天科技集团公司五院研究人员从2015年正式开始数传分系统的研制任务，期间经历了从方案设计、初样到正样的研制阶段。在研制中，克服了相机变化、接口复杂程度高等难关，进行了大量适应性修改，历经了高低温试验、振动试验、热真空试验以及老炼试验等重重考验，打造出通畅可靠的“天地智能高速公路”。

5年来，委遥一号卫星服务惠及民生，在委内瑞拉环保、通讯、测绘、医疗、偏远地区教育等领域发挥出重要作用，已使近800万委内瑞拉民众受益。接棒委遥一号，“苏克雷”必将更深情地“守望”委内瑞拉。

委遥二号整装待发。 （资料图片）

科技万象

可高效降解难以处理的污染物——

电子束处理废水技术获突破

本报记者 喻 剑

工业废水这一环境杀手，有了新克星。日前，电子束处理工业废水技术在北京通过专家鉴定。这一技术能够高效降解常规手段难以处理的污染物，不仅属国内首创，也居于全球领先地位。据悉，国际原子能机构对此技术高度关注，已经两次对该技术进行专题调研。

“与常规污水处理方法相比，该技术能够高效降解常规手段难以处理的污染物，具有适应面广、反应速度快、降解能力强、处理效率高等优点，被国际原子能机构列为21世纪和平利用原子能的主要研究方向。”该技术研发方之一，中广核核技术发展股份有限公司董事长兼总经理张剑锋表示，“我们与清华大学在电子束处理工业废水方面开展了深入研究合作，形成了具有完全自主知识产权的核心装备和处理工艺，对我国乃至全球工业废水处理领域的发展，均有重大里程碑意义”。

在日前举行的该技术科技成果鉴定会上，鉴定委员会一致认为，该项目的水处理专用电子加速器、辐照反应器整体装置以及电子束处理工业废水工艺技术，突破了当前难降解废水处理的技术瓶颈，属中国首创，达到国际领先水平。电子束处理工业废水技术结合了生物深度处理工业废水工艺，成本更低、净化程度更高，可实现废水的高标准排放或者中水回用，针对难降解有机物质具有其他技术难以比拟的特殊优势。

据悉，电子束处理工业废水技术的经济效益显著。按照2014年我国工业废水排放量205.3亿吨计算，每天排放超过5600万吨，每套电子束辐照装置处理能力5000吨/天，按照5%的工业废水采用电子束辐照技术处理计算，需要电子束辐照装置600套，对应市场规模近100亿元。

4万年！

首个中国地区古人全基因组数据被测序

本报记者 佘惠敏

近日，《当代生物学》发表了首次针对中国地区古人类的全基因组研究成果。该项目由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和德国马普进化人类研究所等团队合作完成，研究分析了距今4万年前出土于北京房山田园洞的一具男性个体基因组，发现东亚早期人群组成十分复杂。

虽然欧洲和西伯利亚地区都有古人类样本基因组被测序，但在东亚，尤其是中国地区被测序的古人类基因组样本非常少。这项研究获取了首个中国地区古人的全基因组数据，也是整个东亚目前最为古老的人类基因组数据。

始于2013年的研究发现，与现代欧洲人相比，田园洞人与现代亚洲人的遗传关系更近，应该是古东亚人群的代表。但2014年新的研究显示，现代欧洲人混入了更为古老的遗传成分，这会导致现代欧洲人在遗传上远离其他人群，无法确定之前的证据是否依然支持田园洞人是古东亚人。

现在，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所古DNA实验室通过最新古DNA技术，将仅有0.03%的古人类全基因组数据从富含细菌和真菌DNA污染的古人类DNA样品中捕获出来并测序。通过比较田园洞人和未混入古老遗传成分的欧洲人的基因组数据，确定了4万年前的田园洞人确已呈现亚洲人遗传特征。虽然田园洞人是古东亚人，但他并不是现代东亚人的直接祖先，这暗示了4万年前亚洲人群的多样性。

论文还披露了一些出乎意料的发现。分析显示，4万年前的田园洞人和一个来自比利时3.5万年前的古欧洲人有着遗传上的联系。这种联系在同时期的其他古欧洲人中并没有被发现。因此，很有可能当时的东亚人并非和欧洲人发生基因交流，而是与同田园洞人和比利时古人相关的一个未知人群发生过基因交流。这两个古人个体之间的遗传联系，为欧洲人和亚洲人具有复杂的遗传历史提供了有力的直接证据。

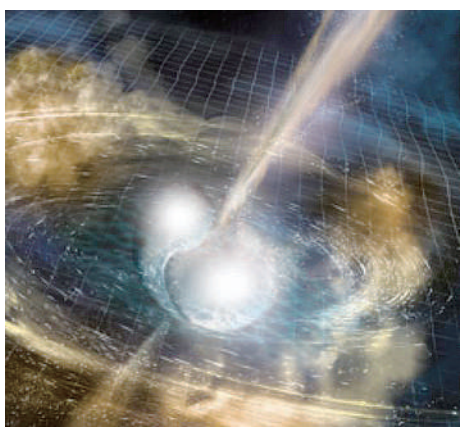
众所周知，美洲现代人的迁移发生在距今约2万年前，由亚洲经白令海峡进入美洲。田园洞人生活在4万年前，研究者预期，所有的美洲土著人群应该和田园洞人有着相同的遗传联系。而让人意外的是，在美洲土著人群中，亚马逊人与田园洞人的关系最近。这一结果显示，美洲土著人群也具有遗传多样性，是由至少两种甚至更多不同的亚洲祖先人群繁衍而来，而其中至少一种与4万年前的田园洞人有着联系，这也反过来给东亚史前人群多样性研究提供了线索。

田园洞遗址外观图。 （资料图片）

引力波天文学时代来了——

中国“慧眼”显身手

本报记者 沈 慧



双中子星并合的艺术想象图。

属于引力波的天文学时代来了！

北京时间10月16日22点，美国国家科学基金会宣布：激光干涉引力波天文台（LIGO）和处女座引力波天文台（Virgo）于2017年8月17日首次发现双中子星并合引力波事件，国际引力波电磁对应体观测联盟发现该引力波事件的电磁对应体。

“这是人类第一次同时探测到引力波及其电磁对应体，这在天文学及物理学发展史上具有划时代的意义。”中科院高能物理研究所慧眼卫星伽马暴和引力波电磁对应体研究组负责人熊少林称。

“时空涟漪”

什么是引力波？就好像有人在水池中央搅动水面，水面会以波动的形式传向四方，极端天体物理过程中，时间和空间会在质量面前弯曲，并以振动的形式向外传播，这就是人们俗称的“时空涟漪”，这些振动便是引力波。

1916年，爱因斯坦在广义相对论框架下首次提出了引力波的设想，但其存在与否谁都无法确定。虽然存在是个谜题，但科学家们探测引力波的脚步并未放慢。

2015年9月14日，LIGO团队捕捉到类似一只鸟儿啁啾声的信号，这是由黑洞并合产生的一个时间极短的引力波信号，尽管持续不到1秒钟，却是人类首次探测到引力波。此后，科学家们又陆续探测到几例引力波事件。

不过，与以往发现的双黑洞并合不同，本次发现的引力波事件由两颗中子星并合产生。“理论预言双中子星并合不仅能产生引力波，而且能产生电磁波，即引力波电磁对应体。这次探测，正是天文学家们期待已久的重大发现。”熊少林说。

2016年，LIGO合作组宣布探测到引力波后，业界普遍认为，引力波研究的下一个里程碑是发现引力波事件的电磁对应体。“这对研究引力波事件、宇宙学以及基础物理具有不可替代的决定性作用。”科学家们认为，证实引力波确实存在，将彻底改变物理学对宇宙的认知。科学家将能够由此研究大爆炸事件的后续影响，并能够更精确地观察宇宙中遥远的角落。此外，源自大爆炸的引力波还能帮助科学家更好地理解宇宙的构成。

中国贡献

对天文学家们来说，这的确是一场千载难逢的科学盛宴：本次LIGO探测到的引力波信号持续百秒左右；引力波信号结束后大约2秒，美国费米卫星搭载的伽马暴监测器以及欧洲INTEGRAL望远镜搭载的SPI-ACS探测器，均探测到一个暗弱的短伽马暴，跟引力波事件相伴；其后几天，光学望远镜还探测到该引力波源发出的X射线以及射电波段的电磁辐射。

在这场天文学史上极为罕见的全球联合观测中，中国亦扮演了不可或缺的角色——引力波事件发生时，仅有4台X射线和伽马射线望远镜成功监测到了引力波源所在的天区，由国家国防科技工业局和中国科学院联合资助建造的慧眼望远镜便是其中之一。

“此前，虽然人们普遍预计像本次事件这样近距离（约1.3亿光年）的双中子星并合产生的引力波闪将极为明亮，但事实恰恰相反，引力波闪出乎意料地暗弱。”熊少林说，由于引力波在高能区的辐射十分微弱，一度没有望远镜能在这个能区内探测到引力波闪。

最初为探测黑洞和中子星等银河系内X射线天体而设计的慧眼望远镜，也不例外。“继LIGO合作组2016年宣布探测到引力波后，发现引力波事件的电磁对应体成为最重要的天体物理问题之一。”鉴于此，中国科学院高能物理研究所对慧眼望远镜的部分性能进一步优化，增加了探测引力波电磁对应体的高能辐射能力。

“在这些望远镜中，‘慧眼’在0.2-5 MeV能区的探测接收面积最大、时间分辨率最好，对伽马射线辐射的探测能力最强。凭借强大的探测性能，对该引力波闪在MeV能区的辐射性质给出了严格的上限。”熊少林表示。

不过，科学家们的目标不止于此。“如果专门探测引力波闪的引力波高能电磁对应体全天监测器项目能够立即立项，并在2020年前发射升空，赶上与最佳灵敏度的LIGO和Virgo等引力波探测器联合观测，我国在引力波电磁对应体的探测研究上有望达到国际领先水平。”熊少林说。

本版编辑 郎 冰
联系邮箱 jjrbxzh@163.com

社址：北京市西城区白纸坊东街2号 读者服务窗：dzzs@ced.com.cn 010-58393509 查号台：58392088 邮编：100054 传真：58392840 零售每份：1.00元 广告许可证：京西工商广登字20170090号 广告部：58392178 出版管理部：58393115 昨日（北京）开印时间：4:35 印完时间：5:45 本报印刷厂印刷