

为 17 颗气象卫星打造“慧眼”

## 他们的五十一载追梦“风云”路

■本报见习记者 辛雨

2021年,我国计划发射风云四号B星和风云三号E星,“十四五”时期计划共发射7颗风云卫星。随着风云卫星家族的不断壮大,我国天气预报和气象灾害预警的能力也不断提升。

我国风云卫星自起步以来,50多年间一步步从无到有、从小到大、从弱到强。如今,我国已成功发射17颗风云卫星,7颗在轨运行。

“风云之路”的辉煌离不开一双双“慧眼”——有效载荷,它是气象卫星的“眼睛”,获取的数据可生成各种云图、海面温度、植被指数等一系列产品。有效载荷的研制水平是决定气象卫星工作性能水平的关键。中科院上海技术物理研究所(以下简称上海技物所)全程参与了这17颗卫星有效载荷的研制工作,完成相关产品研制28台(套),为我国空间光电载荷技术发展,以及大气探测技术实现升级换代和逐步超越国际水平作出了重要贡献。

## 从无到有

1965年,美国发射了世界上第一颗实用性军用气象卫星“布洛克”一号,向全球播送数据信息,它的出现揭开了人类准确预测天气的序幕。

“卫星数据全球播送后,我国开始接收美国气象卫星辐射计的数据(云图),发现它在台风预报等方面获得了很好的效果。”中国科学院院士、上海技物所研究员龚惠兴说。

自1970年我国筹谋发展气象卫星伊始,上海技物所就配合国家气象局等单位积极进行气象卫星探测仪器的调研、前期部署和研发。按照风云一号的规划部署,上海技物所负责研制观测地球气象状况的遥感仪器——甚高分辨率扫描辐射计(以下简称扫描辐射计)。

扫描辐射计进入预研阶段,龚惠兴受命出任研制组副组长,负责技术攻关,目标是瞄准当时美国新发射气象卫星使用的48转/分钟扫描辐射计。

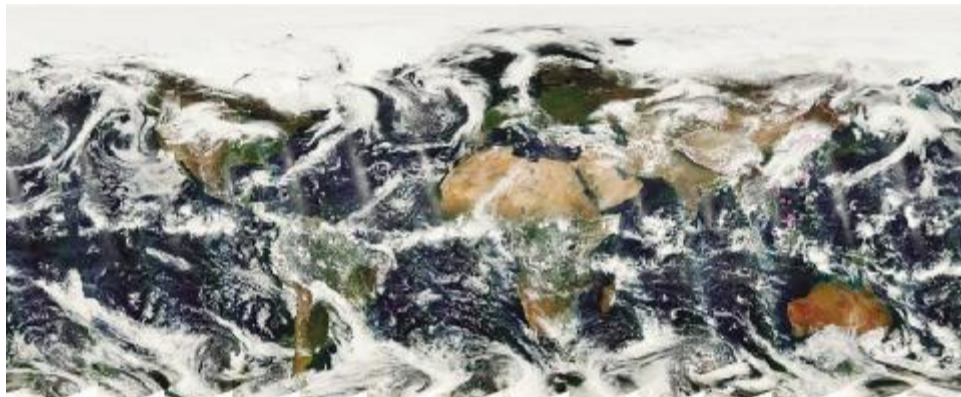
就在提交仪器设计方案不久,龚惠兴却因肝炎住院了。住院大半年后,为了研发任务,他不顾身体虚弱要求出院工作。

“怕传染别人,我就一直在办公楼厕所旁边的储藏室工作,避免与旁人过多接触。”龚惠兴告诉《中国科学报》,那时条件虽艰苦,他还是“一根筋”地只想把仪器做出来。

经过7年的预研,扫描辐射计多项参数都已确定。1977年,我国第一颗气象卫星风云一号进入工程研制阶段。

当年11月,气象卫星工程大总体方案论证会召开。就在这时,世界气象组织发布通告:美国准备从1978年起,将新发射气象卫星信号全部从模拟制式改成数字制式,具有5个通道,同时将分辨率从8000米提高到1000米,数据精度提高64倍。

“这意味着,如果风云一号还按照原来的设计上天,无论从数据制式还是数据精度,都



风云三号D星使用上海技物所研制的分辨率光谱成像仪获取的图像。 上海技物所供图

不会有国家使用它的数据,它便没有存在的意义。”龚惠兴解释。

面对“风云突变”,主持扫描辐射计系统研制工作的中国科学院院士、时任上海技物所研究室主任匡定波当场提出:我们要提升技术指标。

“做出来容易,往前跨一步比较难。”匡定波向记者解释,跨出这一步最关键的技术难题有两个:一是提升扫描辐射计性能以适应较高的工作温度(105K);二是研制提供扫描辐射计工作温度的辐射制冷器。

一年后,上海技物所研究团队还是“啃下了这块硬骨头”,超出预期完成任务。

风云一号原本只设计了3个用于气象的观测通道,为提高卫星使用效益,龚惠兴大胆提出:“可以再加两个通道给海洋。”

于是,在卫星系统不作改动、原遥感系统仅作少量改动的情况下,扫描辐射计增加了两个探测通道用于海洋水色观测,使得风云一号兼有气象和海洋观测的双重功能。

1988年,风云一号A极轨气象卫星成功发射,不仅实现了我国气象卫星从无到有的跨越,也让我国卫星海洋遥感提前起步,填补了国际空间海洋水色观测的空缺。

“我国气象卫星很有特色,很有面子。”匡定波感叹。

## 从小变大

“风云之路”徐徐铺开。1997年,风云二号A静止气象卫星的成功发射,使我国成为继美国、欧盟之后,第三个同时拥有极轨和静止气象卫星的国家(地区),风云卫星星座初具雏形。

“我大半辈子,都是在风云卫星上。”在中国科学院院士、风云二号副总设计师陈桂林看来,自己的“风云事业”就像一艘驶向大海彼岸的船,绝不回头。

1984年,陈桂林接到任务:研制风云二号的核心仪器——多通道扫描成像辐射计。自此,他开启了“风云航行”。这个过程中说不

清遇到过多少“大风大浪”,仅在研制的第一阶段,就攻克了240多个技术难关。

当时,国内并没有多通道扫描成像辐射计核心器件波纹管的研制基础,如果从法国进口,需要2000万法郎,可当时整个卫星的研制费用才不到1000万法郎。“所以我们要走自己的路,要自力更生一把。”陈桂林说。

为了这个波纹管,陈桂林团队几乎跑遍了国内所有地方,最后在北京找到了一位会加工波纹管的师傅,在四川找到了可以制造材料的机器。反复调整试用,经历3年多,波纹管问题才得以解决。

此外,扫描辐射计的升级有诸多难点,有资源和技术限制,人员也短缺。风云二号H星扫描辐射计主任设计师、上海技物所研究员陈福春向《中国科学报》坦言:“很少有人比陈桂林更熟悉辐射计了。”

2017年底,在风云二号H星的一次试验中出现了个干扰的多余信号,大家一时难以判断信号来源。最后,还是陈桂林把试验流程再走一遍,找到了信号源头。

创业难,守业更难。“0到1”这条路很长,我们手握成功的接力棒,肩上必须成功的重担。陈福春把每一代扫描辐射计都看作是一个新开始。

1986年至今,上海技物所为风云二号全系列发射的8颗卫星研发的核心光学载荷多通道扫描成像辐射计,关键技术指标和产品可靠性达到自旋卫星平台同类遥感仪器国际先进水平。如今,风云二号向包括非洲东部、西亚、中亚、南亚在内的诸多国家地区提供气象资料和信息,为提升我国国际影响力作出重要贡献。

## 从弱变强

气象卫星是用于大气观测和生态观测的功能卫星,测量仪器的准确性是它的生命线。在风云一号、二号有效载荷研制经验的基础上,我国新一代气象卫星的技术水平又迈上了新的台阶。

2017年11月发射的风云三号D星是我国第二代极轨气象卫星的第二颗业务星,被誉为探测全球大气的“超级慧眼”。与风云三号前一颗C星相比,其核心遥感仪器的可靠性、稳定性和探测精度都有进一步的提高。

值得一提的是,风云三号D星搭载的中分辨率光谱成像仪是世界上首台能够获取全球250米分辨率红外分裂窗区资料的成像仪器,可每日无缝隙获取全球250米分辨率真彩色图像。“目前为止,其他国家的气象卫星还不能达到这个水平。”风云三号红外光谱大气探测仪主任设计师、上海技物所研究员顾明剑说。

“卫星仪器的更新换代需要反复论证、预演等,从工程样机到工程立项,往往要花10年。”顾明剑告诉《中国科学报》,风云三号D星从开始启动研制到发射仅用了四五年。

顾明剑坦言,这其中最大的挑战是顶住巨大压力不断提升仪器的研制基础和元器件的性能。“仪器性能能追赶相当,再到超越,要拿出最好的东西,最大的力量就是决心和坚持。”

2017年9月,风云四号扫描辐射计获取的全球图像取代美国宇航局第一张地球全景图,在微信启动页展示。这颗卫星上还搭载了我国气象卫星的一个独门秘笈——干涉式大气垂直探测仪。

早在20年前,匡定波就作出判断:“我们可以把干涉仪也放到静止轨道卫星上。”

任务交给了上海技物所研究员华建文。

“说实在的,把辐射计和探测仪同时放在一个卫星上,挺难的。”华建文告诉记者,美国曾放弃了“一星双载”的计划,分别用两颗卫星装载这两种仪器。当时也有人提议:“要不我们晚一点再干涉吧,这样技术上会比较轻松。”但科学本身就有“风险”,华建文一心想做成这件事。经过反复预演、调整,华建文带领团队把理想变为现实。

2016年12月,风云四号A星作为国际上首颗同时装载多通道扫描成像辐射计和干涉式大气垂直探测仪的高轨气象卫星,成功发射。在世界上首次实现了静止轨道光谱大气垂直观测,带领我国高轨气象卫星抢占国际竞争制高点。

“最后做出来了,我心里快活。”华建文笑着说。

“干一代型号,培养一代人。在上海技物所这个院子里,老一辈科学家和青年骨干们一步步地实现了将红外、光电技术应用于气象卫星。”上海技物所所长丁雷说,按照“十四五”规划,上海技物所将继续钻研高精度定量遥感技术,积极推进风云五号、风云六号核心光学载荷研制,更多更好地服务于全国人民和全球大众。



## 发现·进展

中科院南海海洋研究所

## 揭示三大洋对2020年中国破纪录强降水影响

本报讯(记者朱汉斌 通讯员侯瑛)中科院南海海洋研究所热带海洋环境国家重点实验室副研究员郑佳瑜、研究员王春在2020年中国破纪录降水成因方面取得了新进展。相关研究近日发表于《中国科学—地球科学》。

2020年6月,长江流域的降水破了1979年以来的纪录。研究表明,三大洋(太平洋、印度洋和大西洋)的海温对2020年6月长江流域破纪录强降水具有协同影响,但是大西洋起主导作用。

与三大洋海温变化相联系的是华北地区的200-hPa相对涡度负异常和南海的850-hPa相对涡度负异常。这两个区域的相对涡度负异常对应着西北太平洋副热带高压西伸偏北,有利于传输更多的水汽到长江流域,进而影响长江流域的降水。具体来看,长江流域降水的变化主要受华北涡度相关的大气过程控制,而南海涡度能以提供水汽条件的形式增强长江流域的降水。

进一步分析表明,2020年5月西北大西洋的海温正异常可以激发出同年6月中纬度北大西洋的位势高度正异常,进而通过横跨欧亚大陆的大气波列活动影响华北涡度和长江流域的降水。而印度洋和热带北大西洋则通过加强水汽输送的方式增强长江流域降水。因此,三大洋对此次破纪录降水具有协同影响,但大西洋起主导作用。

该研究加强了对长江流域降水变率的解释,为长江流域降水的预报提供了新思路。该研究也从侧面表明,从三大洋的角度研究我国极端天气和气候事件的变化,有助于掌握相关变化规律,具有很强的科学意义和应用价值。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1007/s11430-020-9758-9>

中国科学技术大学等

## 实现百兆赫兹带宽单光子非互易传输

本报讯 中国科学技术大学郭光灿院士团队史保森、丁冬生与合作者利用室温下的原子系统,实现超越磁光效应的百兆赫兹带宽单光子非互易传输。该成果近日在线发表于《科学进展》。

简单讲,非互易传输就是控制信号的单向传输。实现单光子非互易传输的器件是量子计算和量子网络的基本元件之一。此前,光学非互易传输可以通过材料的磁光效应实现,然而受强磁场影响,这种非互易器件很难集成化、小型化,因此无需外加磁场就能够超越磁光效应的光学非互易器件,对于光子集成体系显得尤为重要。

史保森、丁冬生等人利用克尔非线性效应实验上实现了无腔的光学隔离器和环形器,证明了利用热原子气室可以实现弱光下的四通道光学环形器。在此基础上,他们开展了单光子条件下的非互易研究,利用冷原子系统产生标记单光子,并将单光子作为信息载体入射到热原子隔离器,基于电磁感应透明和拉曼跃迁两种机制实现了真实单光子的双向非互易传输,带宽达数百兆赫兹。他们还实现了多频段复用的光学非互易,拓展了可实现非互易的信号频段范围。

该实验研究利用常见的多普勒效应,具有普适性,并且由于热原子气室本身不涉及磁场,器件简单,易于实现小型化、集成化,因此在实际可集成化的经典和量子信息处理过程中具有潜在应用价值。(桂运安)

相关论文信息: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe8924>

华东理工大学

## 构建序列响应型近红外识别染料体系

本报讯 近日,华东理工大学化学与分子工程学院郭志前团队在创制序列响应型近红外染料研究方面取得系列重要进展。相关研究成果发表于《德国应用化学》。

目前,面对染料从体外到细胞,再到体内的应用环境变化,提升应用体系在复杂环境下的选择性和灵敏性,有效避免非特异性激活是发展功能识别染料面临的重大挑战。

该研究团队聚焦近红外染料理性设计及功能强化,开展了高性能近红外染料基础研究,探索建立了分子层次的新颖快速的精准诊疗技术。研究人员发现了在乏氧条件下菁染料的近红外光控自由基反应途径,构建了序列响应型的近红外识别染料体系,充分利用近红外光激活的无创、远程可控的特性,精准识别病变部位微环境,并通过序列响应的双通道、双模式的信号动态反馈,成功实现了在乏氧环境下近红外光激活的精准诊疗一体化。

同时,研究人员构建序列响应的双模式近红外识别染料,显著提高了靶向应用性能,成功获取了双通道的特异性识别信号,实现了“智能”可视化识别定量检测。通过双通道近红外荧光与光声活体成像,前药分子表现出高效的序列多重靶向性能(被动、主动和可激活的靶向性),解决了荧光前药释药前的可视化“盲区”难题,实现了对自组装纳米前药在生命系统中的运输、分布和释放行为实时检测。相关成果发表于《中国科学:化学》。(黄辛 花雪苑)

相关论文信息: <https://doi.org/10.1002/anie.202017349>

<https://doi.org/10.1007/s11426-021-9970-4>

## 简讯

## 中国洁净能源产业知识产权运营中心获批

本报讯 近日,国家知识产权局批复了建设中国洁净能源产业知识产权运营中心的请示,支持辽宁省大连市依托中科院大连化学物理研究所等单位建设相关中心。

该中心将发挥支撑产业、构建生态、引领发展的作用,促进以知识产权为载体的技术要素高效流动,提高要素市场化配置效率,服务带动全国洁净能源产业升级发展,助力构建新发展格局。(卜叶 冯天时)

## 青岛“十四五”科技创新规划出炉

本报讯 近日,山东省青岛市发布了“十四五”增强科技创新的重点目标和举措。这些目标和举措可归纳为“三个六”战略支撑和“一个十”行动举措。“三个六”战略支撑即打造六大战略科技力量,增强城市科技创新策源能力;打造六大创新型产业集群,培育发展新动能;打造六大创新服务体系,优化创新创业生态。“十大科技创新行动”包括未来科技产业培育行动、关键技术攻关行动、科技惠民示范行动等内容。(廖洋 王雨君)

## 广东将举办国际标准化人才培养

本报讯 为进一步加强广东高层次国际标准化人才队伍建设,广东省市场监督管理局近日发布通告,将于5月至6月举办两场为期5天的国际标准化人才培养。

此次培训由广东省国际标准化人才培养基地举办,将面向区域战略性新兴产业、传统优势产业领域,培养骨干人才、青年后备人才两个层级的复合型标准化专家;遵照“选拔一培训一实践一动态培养”的人才培养路径,择优选拔学员进行集中培训。(朱汉斌)

## 升温太快! 4只朱鹮宝宝提前出壳

近日,陕西汉中朱鹮国家级自然保护区4只朱鹮宝宝破壳而出。

据介绍,因今年气温迅速回升,这4只朱鹮的出生比往年同期早了23天,这在人工饲养朱鹮自然繁育历史上比较罕见,并且一个窝里4只小朱鹮出生并全部存活,也是早育优生的典型案例。

陕西汉中朱鹮国家级自然保护区位于秦岭南麓,包括人工繁育中心和华阳朱鹮种源基地两个人工饲养繁育场所,饲养朱鹮210余只。目前,人工繁育中心和华阳朱鹮种源基地共有10对朱鹮产卵,不久将有更多的朱鹮宝宝诞生。

张行勇 杜扶阳摄影报道



## 上海启动人工智能重大专项

本报讯 3月25日,由同济大学牵头,上海交通大学、复旦大学参与承担的上海市科技重大专项“人工智能前沿基础理论与关键技术——自主智能无人系统”启动仪式在张江人工智能岛举行。会上,潘云鹤、孙伏贤、刘玟等10位院士及专家组成的重大专项专家咨询委员会成立。

人工智能是大国竞争的战略科技,为更好服务上海打造自主智能无人系统研究的世界高地,三所高校瞄准人工智能科学前

沿,发挥各自基础优势和自身特长,致力于在人工智能基础理论、人才队伍和关键技术等方面取得重大突破。

除上述三所高校外,该重大专项由浙江大学、北京理工大学、上海大学、中国电子科技集团等单位共同协作承担。重大专项首席科学家由同济大学校长、中国工程院院士陈杰担任。他介绍说,该重大专项围绕自主智能无人系统这一重大需求,聚焦自主智能无人系统、跨媒体机器智能、人机物融合智能

与三元群体智能等研究,建设人工智能研究开源开放与共享生态研究平台,开发人工智能研究支撑工具与系统,建设面向无人机、智能制造、智能医院等场景的应用示范。

该重大专项规划了未来10年人工智能发展的目标,从训练数据、核心功能、本质安全、学习功能、泛化能力、可塑性、协同任务7个方面,凝练出两大科学问题及四项任务,努力把上海建设成为具有全球影响力的人工智能科创中心。(张双虎 黄辛)