

科技视点·一线探创新

用自主研制的科学利器逼近追踪、持续探测

去揭开台风的“秘密”

喻思南 何旭

正值台风活跃期,围绕即将开展的追踪探测台风的外场试验,北京理工大学复杂环境科学探测中心科研人员正紧张忙碌着。

“如果顺利,未来几个月,我们研制的台风追踪探测仪器‘成色’就将接受检验。”北京理工大学教授胡纯难掩兴奋:“团队多年的努力,有望得到反馈。”

采集台风数据——

传感器大小如指甲盖,有许多特别的设计

探测中心的陈列间里,摆满了团队研制的创新产品。拿起一个传感器,胡纯兴奋勃勃地介绍:“采集台风数据,这是探测仪器的关键零部件之一。”

眼前的临近空间超低气压传感器,大小如指甲盖,与一块小型电路板相连,看上去并没有什么特别。胡纯接着解释:“临近空间距离地面约20千米至100千米,温度、压力极低,为适应极端条件,这个传感器其实有许多特别的设计。”

为何要专门研发仪器采集台风数据?现有的台风探测手段都有各自局限。比如,台风来临时,通过放探空气球,可以收集到一些外围信息,但难以清楚台风内核情况。气象卫星存在收集要素少、不精细等不足,且卫星在台风上方过顶时间有限,无法较长时间追踪观测。地基气象雷达一般只能在岸基探测,也同样存在要素不充足、精度不够高等缺点。

精确描述和预测台风,依赖于长期持续探测和高质量数据。气象学家判断,要研究台风强度的影响因素,必须采用专用仪器,从内核区对台风进行多要素、长过程、精细化的直接探测。

走进探测中心实验室,随处可见类型多样的仪器部件。科研人员告诉记者,它们主要分为四大核心部件,分别承担精细探测、信息传输、飞行控制和同化模拟功能。

这些仪器如何靠近台风?“上天执行任务,飞艇是这些仪器的‘母舰’。”打开团队外场实验视频,北京理工大学教授、临近空间环境特性及效应全国重点实验室副主任郑德智说:“全部展开后,飞艇最大直径可达20多米,长度足足有100多米。”

“台风半径可达数百千米,高度可达十几千米,生命期为3到10天,目前只有飞艇可以在这个高度长时间停留。有了它,相当于在台风上空的临近空间布设了一个探测平台。”郑德智说,飞艇下方携带着研发的仪器,通过抵近外测与直接内测相结合的方式,对台风进行抵近追踪持续探测。

通过这套方法,科研人员有望反演分辨率至100米甚至50米级别的数字台风,这将极大提升人类对台风的认识,进而提高台风预报水平。

适应极端环境——

研发从基本工作起步,电脑里装满了各式各样的设计草案

按照设想,科研人员先用雷达追踪台风位置,引导飞艇机动至台风中心上空。

随后,飞艇投放探空气,通过传感器采集到的温度、湿度、风速、气压等数据实时回传至飞艇,再由飞艇传输至地面进行实时分析处理。

记者采访时,胡纯正带领团队验证探空气的功能。在模拟舱内,模拟临空环境低温、低压等特殊环境,再把10个探空气放置其中,并观测它们记录数据的有效性和精度等。通常,一次实验要持续一周左右。

记者小心翼翼接过一个探空气,没想到居然非常轻。

“探空气主体用的是硬质泡沫,金属材料很少。”胡纯说,飞艇载荷限制很严格——整个载荷系统需控制在200公斤以内,单个仪器的重量、体积、功耗被压缩到极致。科研人员尝试了不同种类的外壳材料,最终另辟蹊径,选择了硬质泡沫。

研制台风探测仪器,极端环境是“拦路虎”。比如,飞艇上升过程中,温度变化显著,远超普通工业级芯片耐受范围。为了让传感器稳定工作7天以上,团队设计了加热控制系统,为传感器“保暖”。

与飞艇协同作业,也是研制过程必须直面的挑战。团队在结构设计和算法上同时发力,确保了传感器适应飞艇动态姿态,稳定运行。

“在临近空间环境探测台风,之前没人做过,我们许多工作都是从电路板设计、材料选型等基本工作起步。”胡纯说,“瞧,我电脑里装满了各式各样的设计草案。”

以高动态湿度传感器为例。适应台风的恶劣环境,传感器要在穿云过程中快速获得精确的湿度值。为找到理想的材料,2020年,团队联合西安交通大学开展攻坚,有的学生在西安交通大学一待就是半年。

“从第一代开始,仿真、测试再设计,历经近4年反复迭代优化,一次次微调才做出最终产品。”胡纯说。

边研发边外场试验。2022年,经过多轮实测,探测仪器进行了第一次系统集成。2020年底,飞艇在临近空间飞行80天,飞艇可行性得到验证。在江苏盐城,去年底团队首次在运动平台上验证了全套系统性能,为后续高空探测奠定基础。

探测中心里,科研人员讨论方案,或调试设备,他们正为临近空间环境带载荷的试验冲刺。“经过前面的积累,我对接下来的试验有信心。”郑德智说。

紧密协同攻关——

为了敲定一些试验细节,经常讨论到凌晨

开展临空环境台风探测,有可能深刻揭示台风生成、演化、突变的科学奥秘,推动我国台风精准探测、科学认知与精确预报迈入领先行列。

聆听创新历程,记者感受到,走在行业前列,离不开团队长期积累和前瞻作为。

团队首席科学家、北京理工大学教授张军长期专注飞艇相关技术研发。早期,张军带领团队

研制的飞艇主要用于应急通信、对地观测等,当发生地震、洪水等自然灾害,帮助灾区保持信号畅通。为了充分利用飞艇能力,团队尝试探索在气象领域的应用。2017年,他带领团队与中国气象局联合实施艇载探空气释放试验,这一飞艇技术的重大突破,让开辟台风探测新路线成为可能。

在国家重大科研仪器研制专项等项目支持下,基于飞艇平台,张军带领团队攻关台风探测仪器。适应临近空间环境,科研人员从供电、飞行姿态、速度等方面进行了改装,让飞艇能够充当台风探测平台。

紧密协同攻关是团队持续创新的“奥秘”。郑德智介绍,台风探测仪器核心部件包含飞行控制系统、艇载气象雷达、浮空气象感知节点等七大关键设备,参与单位既有北京理工大学、北京航空航天大学、中国气象科学研究院等高校院所,也有北京天恒长鹰科技股份有限公司等企业,大家围绕同一个目标,拧成一股绳,高效完成了各自任务。

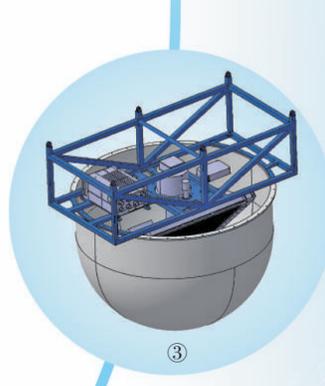
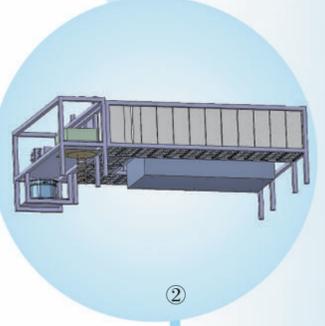
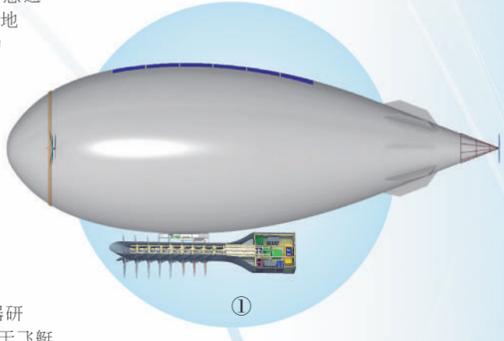
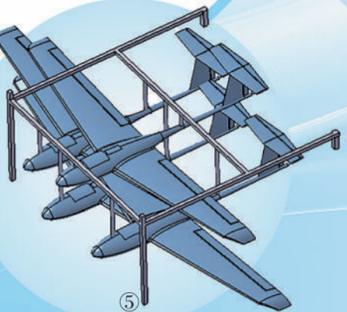
外场试验,需要协调各方紧密配合。高校牵头重大项目,在工程总体管理和支撑上相对较弱,北京理工大学团队既做科研又承担组织工作,上百人密切配合。“为了敲定一些试验细节,我们经常讨论到凌晨,大家的干劲让我深受感动。”胡纯说。

今年1月,北京理工大学联合多家单位申报,获批了临近空间环境特性及效应全国重点实验室,这是我国在该领域唯一的全国重点实验室。

“不只是服务台风预报,了解临近空间环境也很有价值。”郑德智说,临近空间是卫星、火箭等飞行器的重要活动区域,准确了解这里的环境信息,有助于优化飞行器设计,为我国航空航天事业发展提供数据支撑。“展望未来,团队要做的工作还有更多。”

图①:台风追踪探测仪器整体。图②:下投探空与通信系统。图③:舰载台风探测雷达。图④:双模态定点投送器。图⑤:低雷诺数投送器。以上均为示意图,由北京理工大学提供

本版责编:喻思南 版式设计:汪哲平



院士新语

如果缺乏科学上的领先地位,在新技术上我们只能是追随者,缺失源头创新能力。我们必须勇于承担前沿探索的风险,才能打通并掌控科技创新的全链条

高能物理,也称作粒子物理,研究的是物质最深层的结构,是对分子、原子、原子核研究的自然发展与深化。那么,对物质的基本结构,我们是怎么进行研究的?

早期是借助显微镜,可以看到的微小尺度为光的波长,约为10⁻⁷米;为看到更小的结构,人们采用电子显微镜,电子的波长可以小3个量级,达到10⁻¹⁰米;继续减小,就需要依靠加速器把电子提升到更高的能量,即更短的波长。目前可以观测到的最小尺寸为约10⁻¹⁵米。

通过加速器提高能量、减小波长,利用探测器——复杂的“电子眼”,就可以研究前沿微观世界。

古希腊时期,人们认为构成物质世界的最小单位是原子。到了19世纪,现代科学意义上的原子论得以建立,元素周期表和化学分子成为物质结构的基石。20世纪初,人们理解了物质更精细的结构——原子核里有质子和中子,而电子在外面绕着它转。20世纪五六十年代,人们在加速器实验中发现数百个新粒子。最终,我们理解了质子、中子和新发现的很多粒子都是由夸克这种基本粒子构成,电子和中微子也是基本粒子,且其家族与夸克有很好的对应关系。描述基本粒子之间相互作用与转化的标准模型取得了巨大的成功,共获得约30个诺贝尔科学奖。

对于粒子物理的研究到头了吗?未来的发展方向是什么?

我们的回答是,标准模型虽然成功描述了已知基本粒子及其相互作用,但仍无法解释暗物质、暗能量及物质—反物质不对称性等重大科学问题,理论本身也存在许多不自洽、不完整之处,特别是实验上发现了一些与标准模型不符的现象,如中微子有质量。因此,未来粒子物理学的发展需要突破现有框架,探索新的物理规律。

面对这一挑战,中国在高能物理领域迎来了重要机遇。近年来,我国在该领域取得了多项突破。例如,北京正负电子对撞机(BEPC)及北京谱仪(BESⅢ)对XYZ粒子的研究为全球粒子物理研究贡献了关键数据,大亚湾中微子实验展现了中国在粒子物理前沿的创新力。

展望未来,我们的研究除发展新的理论之外,还要寻找新的实验证据。比如在太空、地下,在加速器或中微子设施中寻找更多关于暗物质、反物质、中微子等的新物理现象。粒子物理发展到今天,除了中微子振荡之外,标准模型的建立几乎依赖于加速器。将来要解决上述问题,加速器虽非唯一途径,但无疑是最主要的手段。至于建什么样的加速器,存在各种选择(如直线或环形、电子或质子),各有各的可行性,中国高能物理面临的关键抉择是应该优先发展哪条路径呢?

2012年,我们发现对于中国最佳的技术路线和方案:先建设环形正负电子对撞机,待其科学使命完成后,在同一隧道内升级质子对撞,“一道两用”实现隧道资源高效复用。5年后,欧洲核子中心也宣布,建设环形加速器是最佳方案,从另一个角度印证了我们的判断。事实上,我们不仅在科学上抓住了未来发展的“牛鼻子”,在方案与技术上也实现了创新与领先。过去10多年的研发不仅使设备国产化率达95%以上,也在许多概念和技术上实现了全球引领。

历史上,对撞机技术作为源头,催生了加速器的广泛应用。比如同步辐射光源源于环形对撞机,自由电子激光来源于直线对撞机。而这些关键技术,又进而成为众多学科与产业发展的基石。例如,同步辐射及散裂中子源,是材料结构与性能研究的利器;辐照效应,紧紧牵动着高科技企业在芯片、手机终端、锂电池、先进制造、医药等方面的研究。

如果缺乏科学上的领先地位,在新技术上我们只能是追随者,缺失源头创新能力。即便技术指标偶有超越,但其源头创新在国外。因此,科学领先是技术主导的前提,否则核心技术必将受制于人。我们必须勇于承担前沿探索的风险,才能打通并掌控科技创新的全链条。

粒子物理是人类文明的标志性成就之一,中国正在追求从一席之地走向全面领先。

(作者为中国科学院院士、中国科学院高能物理研究所研究员,本报记者吴月辉采访整理)

探微观之谜 展创新之力

王贻芳

可可西里来了“机器藏羚羊”

刘诗瑶

近日,在可可西里无人区深处的卓乃湖,一只“机器藏羚羊”成功“潜入”藏羚羊群,与羊群一起移动迁徙。“机器藏羚羊”能够突破人类观测野生动物的常规距离限制,更全面观察藏羚羊。此外,中国科学院西北高原生物研究所科研人员有望通过“机器藏羚羊”实现对藏羚羊的羊粪、胎盘采样,为藏羚羊行为研究提供更精准、可靠的数据。

具身智能机器人助力野生动物保护和生态环境治理,是科技创新支撑生态文明建设又一生动实践。科技发展与生态保护提升“双向奔赴”,这样的实践正越来越多。

自然资源“上户口”前,都需要“摸家底”。建档案,这也离不开科技护航。中国航天科技集团五院团队利用卫星遥感技术等,建立起“天空地一体化”生态监测体系,尤其针对林地、农作物、水资源等关键指标的监测和评估,为生态公益林补偿收益、农村承包土地经营权等多种生

态产品的价值实现提供了数据支撑。

同样探究全球气候变暖和环境变化,离不开对极地冰川的科学研究。日前,一个国际研究团队在《自然·地球科学》杂志上发文,借助机器学习技术构建出可用于量化冰川侵蚀速率的方程,估算了全球超过18万座冰川的侵蚀速率,这为进一步揭开地球奥秘、应对气候变化提供了新的科学工具。

清洁能源的开发和利用,对生态保护和绿色低碳发展至关重要。我国也正在加大科技投入,抓紧布局清洁能源和低碳技术的发展。前不久,“华龙一号”核电机组再添新成员,中核集团浙江金七门核电1号机组核岛混凝土浇筑启动。该项目全部建成后,预计年发电量达到550万千瓦时。在三峡集团江苏大丰800兆瓦海上风电项目,我国首个搭载气象雷达的海上升压站日前完成安装,该设施将实现海洋气象精细化监测与海上风电

场高效运行的协同应用,为海上清洁能源开发提供新模式。

高效治理工业废水,煤炭清洁高效利用,数据支撑精细化监管机动车排放……走绿色低碳发展之路,处处需要科技做支撑。作为生产清洁能源的大基地,浩荡江水在白鹤滩水电站汇聚成巨量绿电。最近,一套安全监测自动化系统在这里投入运行,它接入了上万台(套)监测设备,实时捕捉白鹤滩水电站变形、渗流、应力应变和温度等关键信息,实现全流程的智能处理、分析评价与自动预警,守护绿色引擎。

科学研究还能发掘更多环保材料。木质素是一种广泛存在于陆地植物细胞壁中的复杂聚合物,也是木材工业的重要副产品。芬兰于韦斯屈莱大学一项新研究显示,木质素具有广谱抗病毒和抗菌作用,有望成为涂料、包装材料或消毒产品等领域合成抗菌剂的绿色替代品。

新质生产力也是绿色生产力。期待更多科学认识和先进技术应用到生态文明建设中来,让科技创新赋能绿色发展,营造更美丽的地球家园。

一周科技观察

中国农业科学院等10家团队以科技赋能草原畜牧业现代化转型

“智慧放牧”不再遥远

本报记者 赵永新

提高草畜生产转化效率、解决草畜矛盾等难题,是草原畜牧业发展必须直面的课题。2021年,中国农业科学院农业资源与农业区划研究所牵头,联合北京理工大学等9家科研机构,在国家重点研发计划支持下,开展“天然草原智能放牧与草畜精准管控关键技术”攻关,以科技赋能草原畜牧业现代化转型。

项目负责人、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所研究员辛晓平介绍,针对天然草原畜牧业数字化管理的理论和技术瓶颈,联合团队创新性地将空天信息、人工智能、5G通信等多种技术,构建了三大技术体系——全域感知的“智慧眼”。利用卫星遥感、无人机和地基感知组成的“空天地一体化”技术,打造了覆盖百万平方公里草原牧场的“智慧之眼”,清晰呈现草场的变化、牲畜的踪迹。

可取代人工放牧的“智能系统”。比如,研发能够快速完成运动牲畜生理指标精准测量的

“牲畜健康监测站”,捕捉牲畜的采食频率、咀嚼力度、活动踪迹的“行为解码颈环”,音频预警+精准电刺激、可24小时值守的“虚拟围栏系统”等。

实现草畜精准饲养的“智慧管理”。比如,科研人员按家畜品种、性别、年龄和生长阶段,精准匹配营养和能量供需过程。结合出栏周期算法,精准调控各阶段牲畜数量,让草场负载始终处于最优阈值等。

“通过一系列技术集成,数据、指令、模型,最终汇入‘智慧通’云平台,形成牧场的‘智慧大脑’。”辛晓平说,“未来,牧民坐在家中,操作手机就能实现‘智慧放牧’。”

前不久,在内蒙古自治区呼伦贝尔市举办的现场交流会上,联合团队取得的成果得到与会专家肯定。辛晓平表示,将与相关部门积极合作,在前期示范的基础上加快项目成果的大规模推广应用,助力我国草场畜牧业现代化转型。