

热点追踪

5月11日,我国新疆阿勒泰等地天空中出现了绚丽的极光。提起极光,大家并不陌生。它是太阳爆发活动产生的高能粒子与地球大气相遇后产生的光学现象,表征着地球大气外部环境参数的剧烈变化。在陆地、海洋和大气环境之外,还存在着与人类生存发展息息相关的第四环境——空间环境。地球表面20-30千米以上至太阳表面的广阔空间中,带电粒子、磁场、电场等环境与我们熟知的大气环境截然不同,这个空间中的物质状态和变化就被称为空间环境。通常情况下,空间环境处于较为平稳的状态,瞬时发生的太阳活动却常常会引起空间环境的剧烈变化。空间环境的变化会影响地面和空间技术系统的运行和可靠性,甚至会对航天活动如空间站运行、导航定位等系统工作造成损害。科学家把这种短时间尺度空间的状态或事件称为空间天气(Space Weather)。

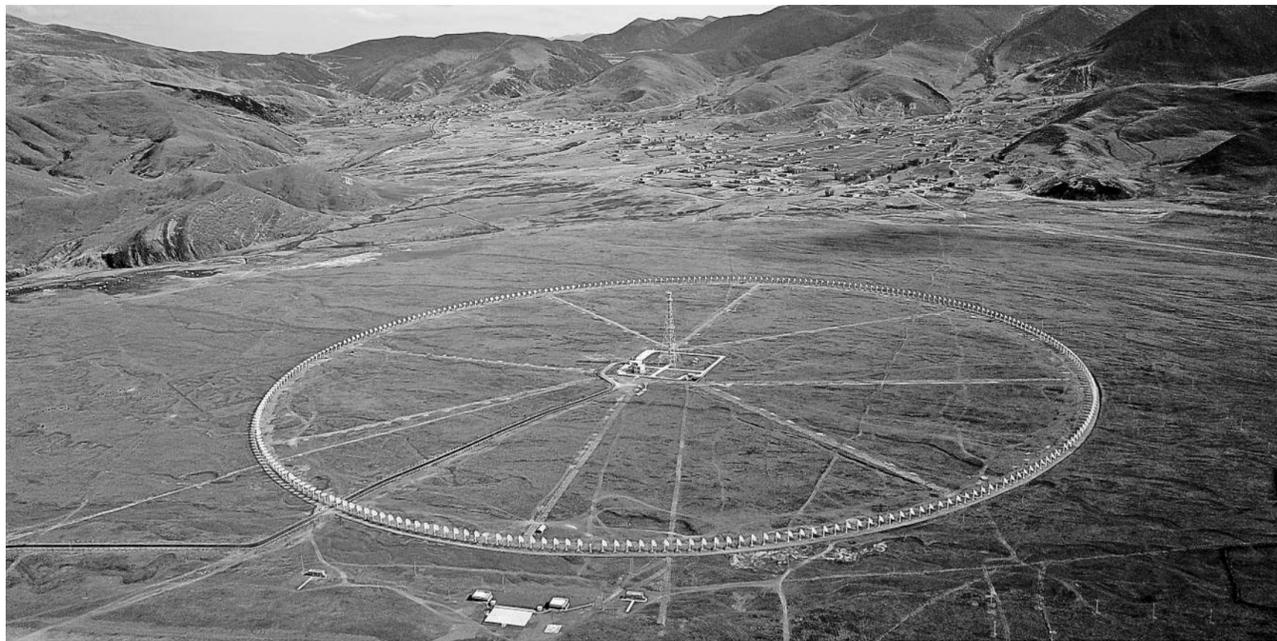
空间天气监测预警——

破译来自太空的“风雨雷电”

牛俊由里 本报特约记者 张照星

空间天气影响广泛

空间天气可以说是来自太空的“风雨雷电”。我们熟知的太阳在向地球输送光和热的同时,还不断将大量带电粒子吹向太空,这就是“太阳风”。地球时时刻刻沐浴在这些带电粒子中,但并不都是“如沐春风”。太阳风和地球上的风不一样,有微风也有飓风。太阳出现爆发活动时,大量的带电粒子以超过1000千米/小时的速度冲向地球,引起近地空间环境的剧烈扰动。地球磁场像雨伞一样可以阻挡大部分来自太阳的高速带电粒子,但也有部分会被地球磁场捕获或从南北极地磁空隙进入地球大气,形成高能粒子组成的“雨滴”。这些“雨滴”对在轨航天器的硬件系统有重要影响。此外,太阳活动也会引发地球电流体系和磁场的扰动,对短波通信、输电网络等造成一定影响,还会在高纬度地区产生极光等现象。这些都是空间天气中的“雷电”现象。



子午工程二期的圆阵太阳射电成像望远镜。

新华社发

空间环境探测之旅

1967年5月,美国部署在北半球高纬度地区用来监视来袭导弹的雷达突然失灵,用于通信的雷达也全部中断。美军进入高度戒备状态,误认为是外敌进攻,空军起飞多批次飞机准备还击。就在此时,空间天气预报员及时通报,是太阳爆发释放的巨大能量干扰了雷达和通信,避免了一场可能发生的冲突。

2003年10月底至11月初,太阳发生了一系列强烈的爆发活动,造成空间环境的巨大扰动。受此影响,全球约半数卫星出现故障,日本先进地球观测卫星-2完全失效;全球范围内的通信受到干扰,海事紧急呼叫系统瘫痪,珠峰探险队通信中断;全球定位系统精度降低;瑞典5万人的电力供应中断。

2022年2月4日,美国太空探索技术公司向低地球轨道发射了49颗卫星通信卫星。由于受到地磁暴的严重影响,星链团队被迫将卫星切换到安全飞行模式。但49颗卫星卫星中有多达38颗没能退出安全模式,最终损失严重。

这些事件的源头都指向了空间天气。实际上,重大空间灾害性天气事件经常发生。据统计,近20年来,每年都会有一到两颗卫星因为灾害性空间天气导致部分功能失效或完全失效;40%的航天故障(轨道、姿态、击穿电路、扰乱指令等)与日地空间环境中的灾害有关。值得注意的是,随着人类科技的进步和向太空探索步伐的延伸,空间天气灾害对人类活动的影响将越发显著。因此,对空间天气的监测、预警、预报逐渐成为各国发展的主要方向。

人类进入太空之前,空间环境探测的目标主要是高层大气、电离层、地球磁场分布等。1958年1月31日,首颗空间科学卫星探索者一号发射,人类首次发现地球周围存在高能辐射带——范·艾伦辐射带。这成为空间环境探测开启的重要标志。人类探索宇宙初期,空间环境探测主要研究航天器在飞行位置处的空间物理现象,如带电粒子、中性粒子、电磁场分布及其变化规律。这一阶段的研究改进了人类对地球磁层空间(地球磁层)电磁场和粒子分布的认识。随着科学的进步,科学家开始利用航天器平台开展空间观测。得益于排除地球大气干扰的近距离接触,空间环境探测技术研究和验证也不断取得突破。

美国是最早开始对空间环境进行探索、开发和利用的国家。其在空间天气的监测、研究、预报、风险规避与危害防护方面投入相当可观的人力财力。近十几年来,美国更是逐步将空间天气提升为国家战略。2015年,白宫正式发布《国家空间天气战略和行动计划》,从国家层面来全面应对极端太阳风暴所带来的威胁。2019年3月,白宫发布了修订版

《国家空间天气战略和行动计划》。2019年12月,美国正式成立天军,将日地空间视为重要作战空间、关系空天安全——制“天”权的重要组成部分。美国先后牵头研制了ACE卫星、WIND卫星、STEREO卫星等空间环境探测器,有力推动了对太阳活动及其对地球影响的认识。

欧洲航天局在空间天气研究方面也有不少作为。20世纪90年代,欧洲航天局与美国合作研制了著名的太阳与日光层观测卫星,为太阳大气特征研究提供了宝贵的观测数据。同时,他们还牵头研制了专门用于太阳风观测的尤利西斯探测器,其长达二十年的观测数据为太阳风认知和空间天气预报打下了基础。

此外,除了美国、欧洲外,日本、韩国、巴西等国家也开展了空间天气方面的研究与预报。国际上,“国际空间天气计划协调组”“国际空间天气监测计划”等机构兴起。

我国空间环境探测不断发展,取得了巨大的进步和成就。据报道,1970年我国成功发射人造卫星后,相继开展了一系列空间环境参数探测。1976年,中国科学院部署了“两星一站”任务(天文卫星、遥感卫星和遥感卫星地面站),包括用于太阳监测的软X射线望远镜。1999年,我国科技部等10部委提出了《国家空间天气战略规划建议》,标志着我国大规模空间天气研究的开始。2002年,国务院批准成立“国家空间天气监测预警中心”,标志着我国国家级空间天气业务的开始。

为加强空间天气监测能力,针对空间天气的源头——太阳,我国先后发射了“羲和号”和“夸父一号”卫星,在地基监测方面,我国建设了“东半球空间环境地基综合监测子午链”——子午工程并于2012年完成建设并投入运行。子午工程二期“空间环境地基综合监测网”,也已经于近期完成建设,成为国际上综合观测能力最强的地基空间天气监测网络。

应用价值愈发凸显

随着观测装备科技化水平不断提高,空间天气在世人眼中变得不再那么神秘。不过,作为世界地球科学的重要分支,空间天气在空间天气监测、空间天气物理及空间天气应用等方面还有很大的发展潜力。

灾害性空间天气事件监测预警是首先需要关注的问题之一。2024年是太阳活动高年,仅5月份就产生了21个X级耀斑和97个M级耀斑。剧烈的空间天气扰动,使得太空“资产”——空间站、卫星等,受单粒子效应、航天器表面充电(深层充电)、电离层闪烁等事件影响的概率大大增加,对太空安全产生重大影响。建立从太阳至地面的灾害性空间天气全要素、全过程监测网,同时整合现有空间天气监测资源,建立统一数据共享与分析平台,能够有效促进空

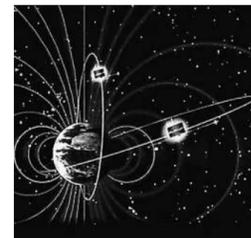
间天气的快速发展。

发展以观测为驱动、以物理认知为基础的物理模型+人工智能的空间天气建模和预报技术,是未来提升空间天气预报水平的有效途径。现有的空间天气预报业务中所使用的模型有着大量的经验模型,如常用的中高层大气模型MSIS系列、国际参考电离层IRI系列等。这些经验模型在业务中具有运行稳定、计算速度快等优势。随着空间天气理论模式的发展和空间天气监测数据的增加,基于大量观测数据的人工智能空间天气建模和预报方法将会起到更大作用。人工智能算法能够模拟人脑的行为,从大量数据中学习其内在的规律,结合理论模型便能实现高精度、准实时的空间天气业务模型。

将空间天气从研究向应用的转化,也是未来重要发展方向。目前对于空间天气的研究仍大部分集中于科学问题,如太阳日冕物质抛射等活动的物理机制、行星际太阳风与地球磁场的相互作用、地球电离层和中高层大气对太阳爆发活动的响应等。与此同时,空间天气的应用仍存在较大的研究空间,如灾害性空间天气事件中导航定位、短波通信、在轨航天器等系统的保障技术与应对策略,甚至空间天气主动利用技术(如美国高频活动极光研究计划)也是未来的重要潜在应用点。随着世界各国的发展和利益争端的增多,空间环境必将成为未来战略竞争的制高点,空间天气研究的应用价值也必将得到进一步凸显。

相关链接

地球空间双星计划:地球空间双星计划是中国第一个以科学目标牵引立项的卫星工程,也是第一次展开与发达国家从技术到应用的高层次、实质性的对等合作。探测一号和探测二号卫星于2003年和2004年先后发射,运行在不同的地球空间轨道上,实施独立的地球空间磁层探测,并与欧空局Cluster(团星卫星)联合组成一个地球物理卫星探测系统,实现了国际上首次对地球空间环境的六点立体探测。



太阳风—磁层相互作用全景成像卫星(SMILE):该卫星由中国与欧洲科学家共同提出和研制,拟于2025年上半年发射,旨在大倾角、大椭圆轨道上首次实现对地球磁层的全景X射线成像和高精度日侧极光探测,揭示太阳风—磁层相互作用大尺度结构和基本模式,提高对太阳活动与地球磁场变化相互关系的认知。



东半球空间环境地基综合监测子午链工程:东半球空间环境地基综合监测子午链工程,简称子午工程,是中国空间科学领域第一个国家重大科技基础设施。它实现了对东经120°和北纬30°附近地表、中高层大气、电离层、磁层以及行星际空间环境要素的监测,建成了中国第一台具有国际先进水平的非相干散射雷达;在国内首次研制和部署了国际先进的可扫描层高频相干散射雷达、中间层/平流层/对流层雷达、全高程大气监测激光雷达;建设并具备发射200千米高度以上探空火箭的技术和保障能力。子午工程是目前国际上监测空间范围最广、地域跨度最大、监测空间环境物理参数最多、综合性最强的地基空间环境监测网,将在地基空间监测领域发挥重要作用。



AI与军事

据外媒报道,北约近期向德国ARX机器人公司支付900万欧元,用于开发和制造一系列无人地面载具。有分析人士认为,此举意味着北约将开启“打造自主机器人部队”的进程。

ARX机器人公司2022年由德国退役军人创立,目前已开发12款可用于战场的机器人,并在德国、瑞士、匈牙利等国军队进行测试。据报道,ARX机器人公司即将开发的新型机器人并不配备杀伤性武器。但也有分析认为,该公司所有机器人都是模块化的,均使用现成的标准化组件拼装制造,可在短时间内安装完毕。这意味着,如果想让新型机器人承担作战任务,可以很容易实施快速改装。

对北约组建自主机器人部队的做法,业界褒贬不一。支持者认为,先进算法有可能超越人力,不仅能解决劳动力短缺的问题,还能减少战场人员伤亡。批评者则指出,将机器人技术和自主系统整合到联盟作战体系中,不仅将面临传统武器系统和现代武器系统融合、不同国家系统之间融合等挑战,还需解决相关法律、伦理和武器控制等现实问题,而且过度依赖人工智能技术可能带来致命危险。

“任何新技术,只要有可能应用于军事,就必然而且往往不以人的意志为转移地首先应用于军事。”无论外界如何评论,拥有先进技术的国家都在坚定不移地推动人工智能军事化,很多国家甚至将其上升为国家战略。

2001年,美军在阿富汗战场用改装了“地狱火”导弹的捕食者无人机击毙“基地”组织重要人物阿提夫。2015年,俄军在叙利亚战场成建制投入机器人部队,配合叙利亚政府军一举攻占反政府武装据守的754.5高地。2023年爆发的新一轮巴以冲突,更是被称为一场“人工智能的战争”。

现代战场上,人类和机器人、机器人和机器人作战的情景正在日渐增多。人工智能军事化的趋势已势不可挡,自主武器的智能化程度越来越高,威力越来越大。

军用人工智能的迅速发展,需要我们对该项颠覆性技术必须有清醒的认识、深入的了解、相应的准备,以更积极主动的态度迎接新技术革命浪潮的冲击和洗礼。

基于机器学习的战场态势理解技术。战场态势理解分为不同层次:底层理解作战实体的属性状态,上层理解作战实体的能力变化和行动趋势。由于战场态势的复杂多变和态势理解的主观性,单个机器学习模型难以满足多层次的态势理解需求,可采用分层态势理解框架,嵌入人类认知经验,逐步学习理解不同层次的态势信息。深度神经网络、贝叶斯网络等机器学习模型都是当前战场态势理解的常用工具。

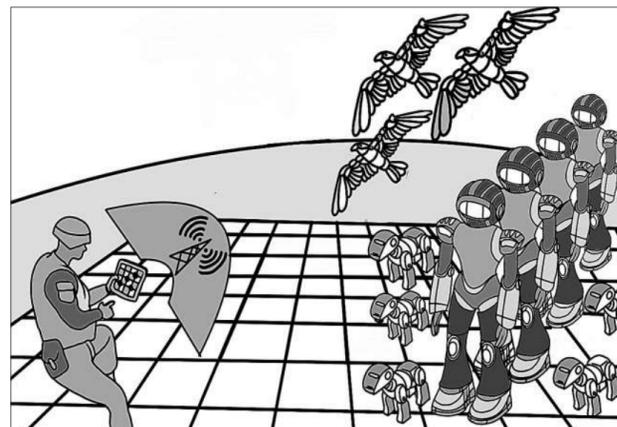
基于多模态数据融合的人机交互技术。人机交互包括触摸交互、语音

识别、动作识别、眼动追踪、表情识别、脑电波操控、增强现实等。目前,人机交互主要基于单模态数据,交互效率低。基于多模态数据融合进行人机交互能大幅提升交互效率。可采用迁移学习、表征学习等方法,将多模态数据映射到统一的特征空间进行融合,在融合的特征空间中准确识别用户行为和意图。

基于智能化软件定义的作战功能技术。利用各种智能化软件操控无人智能系统的作战功能和作战参数,使其能更好适应严酷的作战环境,完成复杂的作战任务。主要包括嵌入式软件控制、编程代码控制、侦控打评保作战功能调度、智能优化、自主评估、弹性保护等多种关键技术。此类技术可驱动无人智能系统向多能化、系统化方向发展,进一步提升无人智能系统的灵活性和可控性等。

从北约拟组建自主机器人部队说起

张 馨 张征鸿



机器人部队。

王梦缘绘