

星间链路助力北斗三号服务覆盖全球

近日,国防科技大学空间仪器团队攻克星间链路光频梳精密测量难题,光频梳精密测量的测距精度优于1.6纳米,达到目前公开报告的最高水平,可为下一代北斗卫星导航系统星间链路超精密测量提供关键技术支撑。

该团队曾主持完成北斗三号全球卫星导航系统(以下简称“北斗三号”)星间链路的论证和研制。截至3月30日,星间链路已在轨稳定运行十年,有力支撑了北斗三号的全球服务。

“星间链路是卫星和卫星之间的测量通信链路,好比是在卫星星群之间架设的‘天路’,就如同让卫星互相‘加好友’,直接‘发消息’,实时共享位置,实现自主运行。”北斗三号星间链路发明人、团队带头人杨俊表示,这使得北斗三号仅在国内部署地面站,就能实现全球范围的服务覆盖。



► 相关新闻

今年我国卫星互联网市场规模将达376亿元

近日,我国在太原卫星发射中心使用长征六号改运载火箭,成功将卫星互联网低轨04组卫星发射升空,卫星顺利进入预定轨道,发射任务获得圆满成功。

“又一低轨卫星发射成功标志着我国卫星互联网行业发展按下‘加速键’,伴随卫星制造、火箭发射、地面设备、运营服务各环节相继取得突破,我国商业航天将迈入快速发展阶段。”广州眺远营销咨询管理有限公司总监高承飞表示。

据中商产业研究院预测,2025年我国卫星互联网市场规模将达376亿元。

卫星互联网是指通过在太空中部署众多卫星,构建起一个庞大的网络体系,从而实现全球范围内的信息传输与通信覆盖。

“作为商业航天领域的一个重要细分市场,卫星互联网是商业航天产业化关键场景,其快速发展将催生对火箭发射、卫星制造、地面设备等环节的海量需求。”广东村创科技有限公司总经理何基永表示,现阶段,我国商业化卫星互联网主要以低轨宽带卫星星座为主。

“与传统卫星网络不同,卫星互联网除提供基本通信服务之外,还具有广覆盖、低时延、高带宽、低成本等特点。其可以为地面和空中终端提供宽带互联网接入服务,已应用于物联网、智慧城市、应急通信等领域。”浙大城市学院文化创意产业研究所秘书长、副教授林先平表示。

在卫星入轨应用领域的进展方面,除本次04组卫星顺利发射升空外,去年11月,新型运载火箭长征十二号成功将卫星互联网技术试验卫星、技术试验卫星03星送入预定轨道。今年4月份,我国在酒泉卫星发射中心使用长征二号丁运载火箭,成功将卫星互联网技术试验卫星发射升空,卫星顺利进入预定轨道。

政策层面持续为卫星互联网产业发展提供动力。2020年4月份,国家发展改革委将卫星互联网纳入“新基建”范畴。2024年年初,工信部等七部门印发的《关于推动未来产业创新发展的实施意见》提出,前瞻布局6G、卫星互联网、手机直连卫星等关键技术研究。2025年,工信部印发的《卫星网络国内协调管理办法(暂行)》更是从多方面优化卫星网络在国内的协调工作。地方层面,多地也推出专项政策,在资金、用地、研发等方面给予支持,营造良好政策环境。

“伴随政策持续赋能、技术迭代加速,我国卫星互联网有望在短期内完成低轨星座基本组网。长期来看,其应用将延伸至海洋作业与科学考察、生态环境监测、农业监测等领域,还将与5G/6G进一步融合构建天地网络,为商业航天打开全球市场空间,满足多行业多样化需求。”福州公孙策公关咨询有限公司合伙人詹军豪表示。

据《证券日报》作者:李万晨曦

突破卫星间厘米级测距

按“三步走”发展战略,北斗系统建设的第三步就是构建全球化的北斗三号系统。很多人担心:前两步还算好走,第三步很难走。

这是因为我国很难在全球布设地面站。卫星在境外上空将处于失管失控状态,巨大的境外区域观测空白对全球精度有着颠覆性影响。这成为北斗系统由区域系统迈向全球系统面临的最大技术障碍。

突破障碍的关键就是攻克星间链路技术。虽然美国GPS等卫星导航系统也曾尝试应用星间链路技术,但那只是建设一些“羊肠小道”,仅可作为主干道的有益旁支。北斗的星间链路需要建设“高速公路”,成为连接卫星的核心主干。

2010年,空间仪器团队正式接受了北斗星间链路这一世界难题的攻关任务。彼时,他们已经在卫星测控和卫星导航领域深耕多年,并在2007年率先开展了星间链路论证和关键技术攻关工作。

从理论到实践有很多难关,星间测距仪就是众多难关中首先需要攻克的技术。“这就好像是造一把卫星之间的‘尺子’,在秒级时间内,对相隔数万公里的卫星进行厘米级测距。”团队成员郭熙业说。

太空辐射、温差巨大等极端条件,仅仅是攻关中的“开胃菜”。更艰巨的任务是星间测距仪要在超远距离、极大动态、超高精度等苛刻要求下,在极短时间内快速稳定地捕获微弱的星间信号并实现精准测量。认真研究后,郭熙业大胆推翻原有追求极致速度的方案,决定以“时间换空间”,适当延长预处理时间,以压缩捕获范围,提升处理效率。他还提出了精确指向、快速捕获、精密测量等多要素一体化算法,数十毫秒即可完成星间信号捕获。新方案使得资源利用率得到极大提升,不仅灵敏度提高了30倍,测距精度随

之提升至厘米级。

实现全星座高精度定轨

建设星间链路还需要将所有卫星都“管”起来,即依赖星间链路实现整个星座的精密定轨。毫无意料,这也是一个前所未有的难题,没有成功经验可供参考,前路迷雾重重。

如何破除迷雾?必须要有一套科学的方法。杨俊表示:“星间链路好像一个大型空间仪器,需要一套空间协同测量理论和方案。”从本质上说,他们要解决的是一个多点的、远距离、大动态、高精度的测量通信问题。

“我们可以让一颗卫星同时与多颗卫星相互测量,通过几何拓扑约束来计算卫星位置。”团队成员陈建云表示,这就相当于单星拥有十几条测量基线,通过形成多面体的几何约束,计算出卫星的准确位置,解决定轨问题。

他进一步表示:“‘同时’,只是一个相对概念,只要我们足够快,从系统层面看就是同时的,类似于计算机的并行处理。”

最终,该团队提出了“并发空分时”空间协同测量理论和工程方法。这是一种通过时间维度(时分)和空间维度(空分)的协同编排,实现多节点、多任务并行测量的导航卫星系统优化理论。该理论不仅可提升观测几何强度,而且解决了星座状态变迁和扩展应用的网络弹性,极大提高星间链路的配置灵活性和扩展能力。这既满足了定轨需要的单星十几条测量链路需求,又解决了载荷的体积、重量、功耗等卫星承载难题。

首创星间链路地面系统

通过星间链路,北斗系统可以在国家境内对

整个星座进行控制管理,实现一站式对所有的卫星进行精密定轨和时间校对。

首发卫星是星间链路方案及技术攻关成果的试金石,它的在轨验证是头等大事。首发卫星发射前一年,团队紧锣密鼓地开始星间链路载荷在轨地面支持系统攻关工作。

“首先要实现地面系统与星间链路的完美对接,确保信息传输的高效与稳定。”郭熙业提出,“让首发卫星和地面系统同时指向对方实现对接是很困难的,能否保持卫星固定指向,而让地面系统指向卫星?就好比穿针引线,针和线都在动是很难穿的,但针固定不动就容易很多。”

受此启发,创新性的“直插方案”逐步细化形成。“复杂的太空环境下,必须要让地面系统准确捕捉到卫星的微小变化,并及时做出调整。”擅长硬件设计的团队成员孟志军建议,“可以在地面系统中加装星间链路的‘体检设备’,最好能够将信号全部采集下来,不漏掉任何微小变化。”最终,团队决定将集信号采集、数据分析、状态诊断等多功能于一体的星间链路地面检测设备装进地面系统。

这群星夜兼程的年轻人提前半年让地面系统就位。2015年3月30日,搭载星间链路载荷的北斗三号首颗卫星成功发射。2024年6月,该团队凭借这项开创性成果获得2023年度国家技术发明奖二等奖。

研究还在进一步推进。该团队透露:“星间链路光频梳精密测量难题的攻克,只是下一代北斗卫星导航系统星间链路技术升级攻关中的一小步。除了超精密测量,我们还计划让星间链路在实现网络持续演进的同时,创造混合链路新机制,并计划突破智能组网技术,赋能未来更加广泛、更加融合、更加智能的综合时空体系。”

据《中国电子报》作者:张强 张照星

AI与制造业加速融合发展

国产厂商研发智能产品超百款

加速柔性化改造

人工智能(AI)技术发展日新月异,其在电子、原材料、消费品等行业加快普及,在研发设计、中试验证、生产制造、运营管理等环节得到广泛应用,赋能效应日益凸显。

“制造业是人工智能技术产品应用落地的重要领域。”工业和信息化部总工程师谢少锋表示,近年来,人工智能与制造业融合发展加速,国产厂商研发的AI手机、AI电脑、AI眼镜等智能产品已超百款,人工智能领域的国家级专精特新“小巨人”企业已经超过400家,产业生态持续优化。

夯实技术根基

人工智能发展关键在于夯实技术根基。“目前,我国已经形成覆盖基础层、框架层、模型层、应用层的完整产业体系,建成钢铁、煤炭等高质量行业数据集,培育出一批国产开源大模型,向全球展示了中国人工智能发展的速度和实力。”赛迪研究院电子信息研究所副研究员于萍表示。

近年来,工信部加快人工智能芯片、算法框架、大模型等攻关力度,支持创建具身智能、人形机器人、智能语音等国家制造业创新中心,加快前沿技术和关键共性技术突破。

走进上海智元新创技术有限公司,工程师正在“教”一台人形机器人如何把外卖交到顾客手中。指节弯曲抓住手提袋,抬起胳膊并伸直,找到顾客所在位置张开手掌,这套看似非常容易完成的动作,在机器人身上要反复训练、调试多次。而让机器人变得更聪明,得益于智元推出的一站式开发平台——Genie Studio,其具备数据采集、模型训练、仿真评测、模型推理等功能,可以解决开发者普遍面临的数据难获取、模型难训练、开发成本高等行业困境,让“训练机器人大脑”变得简单高效。此外,智元还在今年3月发布了智元启元大模型,具有人类视频学习、小样本快速泛化、一脑多形、持续进化等优势,有效提升机器人交互、作业智能化水平。

大规模流水线生产模式已经无法适应复杂多变的市场需求,定制化柔性生产是制造业向高附加值攀升的发展方向之一,其中数字技术将发挥更为关键的作用。

在上海汽轮机厂叶片加工车间,自动导航车将零部件运送到一台机床旁,在生产执行系统操作下,产线自动上料、切换刀具、加工成型,不同型号的汽轮机叶片就这样被生产出来。

汽轮机大多是定制化产品,有的型号甚至只会生产一台,对工厂的柔性化生产能力提出较高要求。“针对多品种小批量的生产特点,我们在2022年开始建设数字化车间。”上海汽轮机厂副总经理韩雷表示,全新的智能制造体系融合物联网、人工智能等信息技术,全面提升叶片加工过程中的质量管控、成本管控、交付管控能力。数字化系统高效匹配叶片原材料、设计、工艺、数控程序、仓储等信息,精准到每一片叶片、每一道工序、每一项质检数据,实现叶片生产全生命周期的可管控、可追溯。智能排产系统采用先进算法,根据生产实际情况快速调度,实现多目标排产优化。此前需要上百位计划专员根据订单安排生产,采购、结算、发货等都靠人工完成,有了这套系统,生产效率提升1倍以上。

“人工智能技术能够系统性提升产线应对定制化需求的能力,通过实时数据分析、生产设备自适应控制等方式,推动产线柔性化改造。”于萍认为,在生产规划环节,基于实时生产数据和市场需求信息,人工智能凭借数据处理能力动态调整工艺流程及生产计划,实现多品种、小批量生产的快速切换,提高资源利用率,显著压缩换线时间与库存成本。在供应链协同方面,人工智能促进企业间信息实时共享,保障定制化生产所需物料按时交付,增强供应链对柔性生产的支撑能力。

提升生产效率

提效率、降成本是企业激烈市场竞争中赢得

先机的有效手段,人工智能技术在这一过程中作用十分明显。

一方面,人工智能、大模型技术通过数据驱动智能决策、流程自动化与系统性优化,提升企业生产效率、削减经营成本;另一方面,通过知识图谱技术整合多源信息,构建企业知识网络,加速产品迭代与服务升级。

“随着新一代信息技术快速发展,我们将5G、AI、数字孪生等技术与制造业深度融合,推动工厂加快向数字化、网络化、智能化发展。”江苏亨通光纤科技有限公司总经理刘振华表示,有一次,公司接到一笔紧急订单,客户要求在规定时间内生产交付两种具备不同功能的特种光纤,且对质量要求很高。过去,研发人员要设计多套方案并在工厂逐一试验,直到指标达到要求为止,至少需要半年时间。现在,研发人员以智能集控系统积累的数据为基础,运用数字仿真技术模拟制造流程,再由AI分析测算生产结果,最终仅用半个月就确定了合适的工艺参数,大大提升研发效率。

在柳钢集团冷轧厂的生产车间,生产技术室电气主任工程师朱旋展示了基于DeepSeek开发的数智钢卷智能助理APP。他表示:“我们以高质量工业数据训练大模型,它能够对比不同机组生产效率,提供优化排产建议。例如,在生产冷轧低碳钢板时,一退火机组的冷却效率在3个机组中最快,加热罩升温速度更是比其他区域快20分钟。有了它的精准调控,生产成本降低了,设备运行更稳定了”。

大模型在制造业的应用仍处于早期阶段,适配工业复杂场景的大模型有待被进一步开发,链接供需双方的中间服务环节较为薄弱。为此,于萍建议,持续推动模型适配和算力优化、培育壮大优质人工智能服务商队伍。此外,突出应用导向,加快推进解决行业普遍问题的大模型及公共服务平台建设,降低人工智能应用门槛和成本,以需求驱动创新,以场景反哺技术,推动制造业全流程智能升级。

据《经济日报》作者:李芃达

► 科技前沿

云居寺利用数字技术“抢救”濒危石刻

国家档案局近日公布第六批《中国档案文献遗产名录》,房山石经入选。石经所在地云居寺宣布将抢救濒危石刻,运用国内尖端微痕数字化技术获取碑文信息,让千年石经的价值得到更为全面的解读与阐释。

房山石经始刻于隋大业年间,历经隋、唐、辽、金、元、明六朝,跨越千余年,无数僧人和工匠刻就14278块经板,总字数超3500万字,规模堪称世界之最。明代董其昌盛赞房山石经为“宝藏”,当代赵朴初、季羨林分别称其为“文化长城”“北京的敦煌”……1961年,云居寺塔及石经被评为首批全国重点文物保护单位。

云居寺文物管理处主任张树桐表示,房山石经具有极高的文化价值、科学价值和历史价值,是当之无愧的国宝。在版本研究方面,部分石经依据唐代《开元大藏经》、辽代《契丹藏》等稀世善本刊刻而成,是后世佛经校勘的“黄金标准”;在文献收藏方面,石经中包括50余种世间孤本佛经,发现后填补佛教文献领域重大空白;在珍贵历史档案方面,石经上的6051则题记,对研究隋唐至明清时期社会经济状况有很大价值;在艺术方面,石经书法见证了汉字演变历程。

然而,受自然环境变化、天气侵蚀等因素影响,云居寺塔及石经风化速度加快,经板上承载的文化信息面临濒危风险,文物保护与利用工作迫在眉睫。接下来,云居寺将精准聚焦濒危性高、重要性强、典型性突出的文物,运用国内顶尖微痕技术,通过关键特征提取、高精度摄影、AI生成数字线绘图等技术手段,构建石经全信息数字模型。

微痕提取是什么流程,如何最大限度保护文物?这种技术使用高精度三维激光扫描仪、高清相机等专业设备,通过无接触、无损伤的方式对石经进行扫描、拍摄,再经过专业算法对采集的三维点云和二维图像数据进行处理,从而使那些人眼难以识别的模糊文字重新被“看见”。

据《北京日报》作者:陈强