

## 国内首颗F-P体制点源甲烷监测卫星研制成功

## “空中之眼”让甲烷无处遁形

◎本报记者 王禹涵 通讯员 张雅云

温室气体增加会直接导致全球气候变化,对各国经济及人类生活造成巨大影响。甲烷作为地球的第二大温室气体,在全球变暖过程中导致的增温强度远高于二氧化碳。

近日,记者从陕西西咸新区空港新城了解到,区内企业西安中科西光航天科技有限公司(以下简称“中科西光”)成功研制出国内首颗F-P体制点源甲烷监测卫星——XIGUANG-004卫星,填补了国内商业化双碳监测卫星的空白。

## 搭载多种先进设备

“这颗卫星搭载了甲烷浓度探测器、叶绿素荧光探测器及多光谱成像相机,可用于监测甲烷泄漏位置、评估甲烷泄漏量,判断碳产生源及评估地区级碳中和能力。”中科西光数据应用副总监秦小宝介绍,整颗卫星重75千克,是国内首颗完全对标GHGsat卫星的高空间分辨率点源甲烷监测卫星。

现有载荷技术均面向大卫星平台,实现大幅宽下的低空间分辨率监测,但无法对小型人为排放源进行高效率、高精度的监测,难以实现点源探测。“因此,我们需要开展高精度、高空间分辨率的卫星遥感碳监测技术研究。”秦小宝说。

XIGUANG-004卫星基于超精细光谱探测技术,空间分辨率高、体积及重量较轻,符合温室气体探测技术的主要发展趋势。该卫星搭载的甲烷浓度探测器基于法布里-珀罗(F-P)干涉成像技术,可实现0.1纳米的光谱分辨率、25米空间分辨率,具备甲烷柱浓度定量探测、点源甲烷排放高空间分辨率监测等功能;叶绿素荧光探测器探测的光谱分辨率高达0.5纳米,可有效探测植物叶绿素进行光合作用时产生的微弱荧光光谱变化信息,实现对植物生产总量的评估;多光谱成像相机地面分辨率为10米,主要用于采集地物影像。

“它还具备覆盖范围大、速度快、周期稳定等优点。”秦小宝介绍,该卫星将于年内择期在酒泉卫星发射中心发射。

目前,大量的甲烷气体点源,主要通过煤矿开采、垃圾填埋、水稻耕作、饲养牲畜等活动产生。“这颗监测卫星就像天空之眼一样。借助它,我们能够实现全球范围内点源甲烷的排放监测与追踪。”秦小宝说,该卫星可为环境监测、能源等多个领域提供数据支持和决策参考,助力我国加快形成甲烷排放监管体系,推进减污降碳协同增效,为实现碳中和目标贡献力量。

## 反演推导甲烷浓度信息

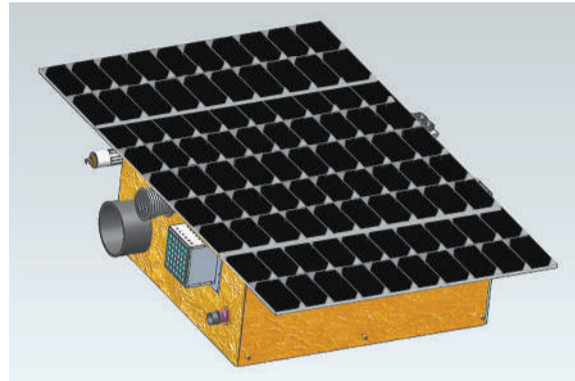
搭载了众多监测设备,这颗卫星具体是怎么工作的?为了获取整个场景的完整光谱,卫星在飞过目标地点时,会捕捉多达200张重叠图像,利用所有相关波长对每个特征进行测量。这意味着卫星要在轨道上不断调整方位,使得获取图像的时间最大化。

这种从光谱测量中获得气体浓度信息的计算过程被称为反演。反演的第一步是在发射前正确描述甲烷载荷的特性;第二步是匹配图像,例如卫星观察到一个泄漏甲烷的气井,可以通过图像顺序跟踪完整光谱场景中的所有地面位置,为观察者提供200多个读数。

秦小宝解释:“如果我们盯着地球上的同一个地方看,当这个地方在相机画面里从中心移到边缘时,它的波长会慢慢变短。当一个地方甲烷的浓度突然变高,这个地方发出的红外信号就会有一个小小的、但是可以预测的变化。基于此,我们开发出一种物理模型,该模型可根据波长信号判断甲烷浓度。这样我们就可以把实际观测到的波长信号和模型中的参数做比较,以确定实际的甲烷浓度数值。而根据该模型确定甲烷浓度非常精准,可用‘百万分比例’来表示。”

作为西北地区唯一全产业链布局的商业航天企业,中科西光始终致力于推动航天技术的创新与应用。此次研发团队用时两年研制出XIGUANG-004卫星。凭借研制该卫星的经验,团队未来有望在“双碳”监测领域取得更多突破,为国家可持续发展重大战略决策和全球气候变化研究提供更精准的数据支持。

2022年7月,作为秦创原航空产业聚集区和开放合作示范区的陕西西咸新区空港新城与中科西光正式签



上图 相关负责人对F-P体制点源甲烷监测卫星具体参数进行讲解。

下图 F-P体制点源甲烷监测卫星效果图。

受访单位供图

约。西咸新区空港新城党委委员、管委会副主任王新说,双方计划打造国内首个基于高光谱技术的卫星大数据应用中心,以及国际领先、国内一流的卫星总装基地、商业航天创新基地与科技人才培养基地。

秦小宝介绍,预计至2025年,项目将形成30颗卫星的在轨规模、年产10颗卫星的生产能力;至2030年,将建成由108颗卫星组成的国内最大高光谱星座系统。

## 激光超声检测技术可识别电力设备毫米级缺陷

◎通讯员 曹静 赵亚男  
本报记者 韩荣

近日,在山西太原220千伏解放变电站内,国网山西省电力公司电力科学研究院(以下简称“山西电科院”)技术人员使用GIS盆式绝缘子断层扫描成像装置,成功检测了220千伏南母A相盆式绝缘子。结果显示,反射回波信号正常,技术人员判断盆式绝缘子状态良好。

气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)在电力系统中广泛应用。为了及时发现GIS中盆式绝缘子内部隐患,山西电科院研发了GIS盆式绝缘子断层扫描成像装置。

山西电科院技术人员介绍,GIS盆式绝缘子断层扫描成像装置应用激光超声快速检测成像方法,能准确识别、定位盆式绝缘子内部缺陷,缺陷识别率达95%以上,为提升GIS设备运行可靠性提供技术支持。

## 传统盆式绝缘子内部缺陷检测方式存在不足

GIS具有占地面积小、可靠性高、集成化好、维护工作少等优势,被广泛应用

于电力系统中。盆式绝缘子是GIS中的重要部件,具有电气绝缘、隔离气室、支撑导体的作用。盆式绝缘子主要由环氧树脂有机材料组成,出现结构损伤时,会引起局部放电现象,甚至导致绝缘击穿。同时,不同厂家生产的盆式绝缘子部件互换性差,发生绝缘故障后修复时间长。因此,及时发现盆式绝缘子内部隐患对保障GIS安全稳定运行至关重要。

2019年起,山西电科院配网中心主任王伟带领带电检测技术团队开展盆式绝缘子隐患排查研究。

王伟介绍,盆式绝缘子出现裂纹、气泡、杂质、毛刺等缺陷是诱发局部放电的主要因素。以往,检测盆式绝缘子内部潜在缺陷有三种方法,但在应用中存在各种问题:特高频、超声等局部放电检测方法灵敏度低,难以识别潜伏性缺陷,精确定位难度大;X射线检测方法易受绝缘子安装位置影响,实施难度大、成像效果差,且对非金属杂质、气泡等微小缺陷不敏感;压电超声探伤、渗透检测方法穿透能力弱,仅适用于发现绝缘子表面缺陷。上述现状导致大量盆式绝缘子检测后仍“带病”运行,给电网运维带来重大隐患。

激光超声作为一种新型无损检测技术,可规避以上三种传统检测方法的弊端。但该技术此前主要应用于金属材料探伤,在环氧树脂有机材料领域的应用尚属空白。为此,研发团队决定探索一种新的盆式绝缘子检测方法。

## 根据超声波传输规律确定缺陷类型、位置和大小

山西电科院依托国家自然科学基金和国家电网有限公司科技项目,联合中国电力科学研究院、江苏方天电力技术有限公司、南京理工大学等7家单位组成攻关团队,开始研究GIS盆式绝缘子激光超声无损检测技术。

为探究激光超声对环氧树脂材料的适应性,攻关团队首先开始寻找试验对象。他们搜集了有缺陷的退役盆式绝缘子22个,定制了有人工模拟缺陷的盆式绝缘子15个、试验位置42个,总共涉及不同大小、不同位置的4类缺陷1000个。随后,攻关团队对这些缺陷开展试验研究,统计得出了GIS盆式绝缘子激光激励最优检测参数。

针对裂纹、气泡、杂质和毛刺四类典

型缺陷识别问题,攻关团队建立了盆式绝缘子“温度场-固体位移场-声场”多物理耦合模型,总结了盆式绝缘子出现4种典型缺陷后的超声波传输规律,用于确定缺陷类型、位置和大小。

针对缺陷类型和回波信号的特征,攻关团队建立了盆式绝缘子缺陷自动识别数据库。他们利用该数据库来训练缺陷识别算法,实现了对盆式绝缘子200毫米深度内缺陷的自动识别,缺陷识别精度达毫米级,缺陷分类成功率超过92%。

经过现场调研、数据统计分析,最优检测参数研究、装置试验、样机研制、全工况模拟测试、识别算法训练、型式试验检测等一系列开发流程,GIS盆式绝缘子断层扫描成像装置实现定型与量产。

王伟介绍,国网科技部组织相关专家对GIS盆式绝缘子激光超声无损检测技术进行验收。专家一致认为,该技术满足GIS盆式绝缘子无损检测需求,为提升GIS设备运行可靠性提供了有效的技术手段。

在中国电力企业联合会组织召开的项目成果鉴定会上,鉴定组表示,山西电科院提出GIS盆式绝缘子激光超声无损检测技术效果显著。

## 量身打造盾构机 助铁路入地穿行

◎本报记者 金凤  
通讯员 霍伟 林凤

在繁忙的早高峰时段,如果被一辆火车拦住去路,无疑会给市民带来额外出行压力。南京城内,宁芜铁路沿线的



作业人员对设备进行检查。霍伟摄

居民每天就要面临这样的难题。近日,在南京南站附近,宁芜铁路扩能改造工程南京南隧道始发井,钢铁巨兽“宁芜号”盾构机刀盘转动,开启隧道盾构施工阶段。扩能改造工程完成后,原来穿越城中的线路将被外迁至地下隧道。

针对南京南隧道盾构段地质环境复杂、施工点多、安全风险高、技术条件复杂等特点,项目建设管理单位——合肥铁路枢纽工程建设指挥部,协同中铁十四局等参建单位,联合中国铁建重工集团为南京南隧道盾构段掘进施工量身打造了一台土压平衡盾构机——“宁芜号”,解决铁路入地带来的诸多难题。

中铁十四局宁芜铁路项目二分部负责人付款峰介绍,经过多年研究论证,2022年底,宁芜铁路扩能改造工程全面开工。其中,沧波门站至古雄站段为新建外绕改线工程,线路长29.7公里。新建线路将使宁芜铁路绕开中华门等南京主城核心区,解决了长期以来铁路穿城而过给南京带来的噪声干扰、环境污染、交通拥堵等问题。

在这段新建外绕改线工程中,长度约14.4公里的南京南隧道由中铁十四局负责施工,其中约2.4公里的段落采用盾构法施工,是隧道施工的重点控制区。

“隧道盾构作业区位于南京城市核心区,沿线地下管线复杂、建筑物繁多,沿途还穿越泥质砂岩、砂岩等地层,具有水域多、地表和地下环境复杂等特点。这给施工带来了挑战。”付款峰说。

“宁芜号”土压平衡盾构机是解决上述难题的重要设备。“宁芜号”开挖直径9.33米,整机总长132米,重量约1375吨,总装机功率4305千瓦。研发团队对盾构机的刀盘结构、刀具布置、渣土运输、开挖控制、盾尾检测等方面进行性能提升,并应用开挖仓可视系统、盾尾磨刷检测系统等多项先进智能技术,以控制盾构施工风险,提升掘进效率。

中铁十四局宁芜铁路项目二分部盾构经理张凡军介绍,宁芜铁路南京南隧道下穿秦淮新河段为重点控制风险点,最浅覆土仅有2.6米,是目前国内盾构工

程遇到的最浅覆土层。“宁芜号”在掘进过程中,还将与S3号地铁线长距离并行,最小间距仅8.4米,位移超限控制要求高。“宁芜号”的接收井位于韩府山,距离京沪高铁既有线路仅有3.5米。由于吊装拆解风险高,接收井不仅是盾构的控制重点,也是全线的控制性节点。

“掘进过程中,我们将应用多年来在穿越城市核心区大盾构隧道施工中掌握的微扰动精准穿越、特殊复杂地层安全掘进、隧道智能监控等关键技术,对掘进过程中的周边环境、地质变化等进行实时监控分析,及时调整盾构掘进参数、速度等,确保稳步推进。”张凡军说,盾构机在下穿风险源过程中,还将提前进行下穿试验,根据实际土体情况动态调整掘进参数,确保盾构掘进“零扰动、零干预”。

张凡军介绍,下穿秦淮新河区间,由于最浅覆土不到盾构直径的三分之一,中铁十四局建设团队将采用河底换填混凝土的方式加固断面,同时在隧道内增加钢筋混凝土内衬以满足隧道在水下的抗浮要求。

## 成果播报

## 多功能超吸水水凝胶问世

科技日报讯(记者王祝华 通讯员戎蓉)记者8月23日从海南大学获悉,该校材料科学与工程学院教授卢凌彬团队研发的一款多功能超吸水水凝胶,可解决传统超吸水水凝胶在农业领域应用时导致肥料流失和农业污染的问题。相关研究成果近日发表于国际期刊《碳水化合物》。

超吸水水凝胶在农业种植领域有着重要应用。它能够吸收重量是自身几百至上千倍的水分,在土壤中充当农作物的微型水库,缓

解干旱对农作物的影响。但是,在作物培育过程中,农用肥料中的尿素易溶于水。超吸水水凝胶的使用过程极易引发尿素流失。同时,传统超吸水水凝胶在使用时还可能产生微塑料,给生物和环境带来潜在危害。

为了破解以上难题,研发团队重新设计分子结构。他们采用海藻酸钠分子作为水凝胶的主体,引入尿素作为交联剂,借助二者的化学反应,经过三年反复实验,最终开发出一种环境友好的超吸水水凝胶。

## 国内最长抽蓄机组水发联轴通过验收

科技日报讯(记者李丽云 朱虹 通讯员魏子添 孙文 葛军)记者8月25日获悉,哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司(以下简称“哈电电机”)研制的国内最长抽蓄机组水发联轴,发电电动机联轴——浙江天台抽水蓄能电站首台机组水发联轴找摆,顺利通过业主验收,联轴的摆度、跳动、同轴度等指标均达到优良标准。

据介绍,天台抽蓄机组水发联轴总长度18.41米,是目前国内最长的抽蓄机组水发联轴。水发联轴总重约170吨,最大回转半径约2.55米,最小跳动量仅为0.015毫米,具有吨位重、尺寸大、精度要求高的特点。“水发联轴找摆”是将水泵水轮机转轴、发电电动机转轴进行联轴预装,并对各项指标进行测量检查,为电站机组平稳运行奠定基础。

在天台抽蓄机组制造过程中,哈电电机恪守精品标准,以专题进度、大设备计划、节点计划为控制

点,合理排产工期,确保科学组织、高效优质完成加工任务。在装配过程中,哈电电机充分借鉴以往联轴装配经验,合理分配攻关任务,提前预判过程中可能遇到的问题,对装配方案进行优化和改进,为天台水发联轴找摆顺利通过验收奠定坚实基础。

据了解,天台抽水蓄能电站是三峡集团“十四五”期间开工建设的首个抽水蓄能项目,电站额定水头724米、单机容量425兆瓦,共安装4台抽蓄机组,均由哈电电机研制。电站建成后,对于促进新能源消纳、提高电网运行安全性、优化地区电源结构、推动区域经济发展、实现国家“双碳”目标具有重要意义。

截至目前,天台项目4台机组的主要部件已经生产过半,实际交货期比安装需求提前约6个月,为2025年首台机组投产发电、2026年电站全面投产发电提供了保障。

## 首套超细液滴卧式脱硫系统降低污染物排放

科技日报讯(记者郝晓明 通讯员吴光泰 王晶)记者8月23日从沈阳铝镁设计研究院(以下简称“沈阳铝镁院”)获悉,该院研发的国内首套超细液滴卧式脱硫系统已在多家电解铝企业投入运行。这是该院创新驱动铝冶炼行业绿色转型的又一重要成果。

记者在某电解铝厂脱硫系统控制室内的屏幕上看到,氢氟酸、二氧化硫、颗粒物、烟气含氧量等污染物数字曲线正在实时变化,“数值稳定,关键指标低,这个新技术非常不错。”该电解铝厂技术人员表示。

“超细液滴脱硫技术不仅能满足电解铝企业超低排放的指标要求,还可以显著降低能耗,最高可降低系统能耗35%以上。”沈阳铝镁院总经理黄飞介绍。基于铝电

解生产工艺和成本结构的特殊性,该节能降耗技术对于培育有色新质生产力,推动铝冶炼行业的高质量发展意义重大。

近年来,沈阳铝镁院致力于铝行业绿色化技术转型升级,构建了以中铝集团首席工程师、博士及高级专业人才为核心的行业高水平创新团队,形成了集需求分析、技术研判、模拟仿真、工业试验、市场应用、工程设计、项目建设、生产跟踪、迭代优化等环节于一体的研发模式,开发了覆盖整个铝冶炼工艺环节的节能环保技术包。目前,沈阳铝镁院在节能环保领域已有3项科技成果达到国际领先水平,承担了“绿色关键技术攻关”国家重大专项课题,并荣获中国专利奖等奖项。

## 爆破新技术有效减少资源浪费与环境污染

科技日报讯(记者赵汉斌 通讯员杨君梅)记者8月23日获悉,在滇中引水二期楚雄2段项目双柏干线樱花谷隧洞工程现场,建设者们利用聚能水爆爆破技术成功完成小断面聚能水爆爆破工艺性试验。这一新技术的应用不仅革新了传统爆破方式,更以其独特的综合优势助力滇中引水工程建设。

双柏干线樱花谷隧洞工程由中铁八局承建。在樱花谷隧洞的建设中,施工人员在传统爆破基础上利用聚能管罩和水带,在周边间隔装药,通过炮孔水带堵塞,调整炮孔数量、周边眼间距、装药系

数,提升爆破开挖工艺质量。与传统爆破相比,聚能水爆爆破技术可实现爆破效果的精准控制与环境影响的最小化;有效改善开挖轮廓效果,减小拱顶剥蚀厚度及围岩松动圈,减少隧洞超挖,提高施工效率,减少资源浪费与环境污染,为项目绿色施工树立了新典范。

项目部负责人介绍,引水隧洞的爆破开挖,风险高、难度大。技术创新可有效降低施工安全风险,提高施工质量和效率。下一步,项目部将组织技术人员对试验过程进行梳理与总结,持续优化技术方案与工艺参数,推动聚能水爆爆破技术的普及与应用。