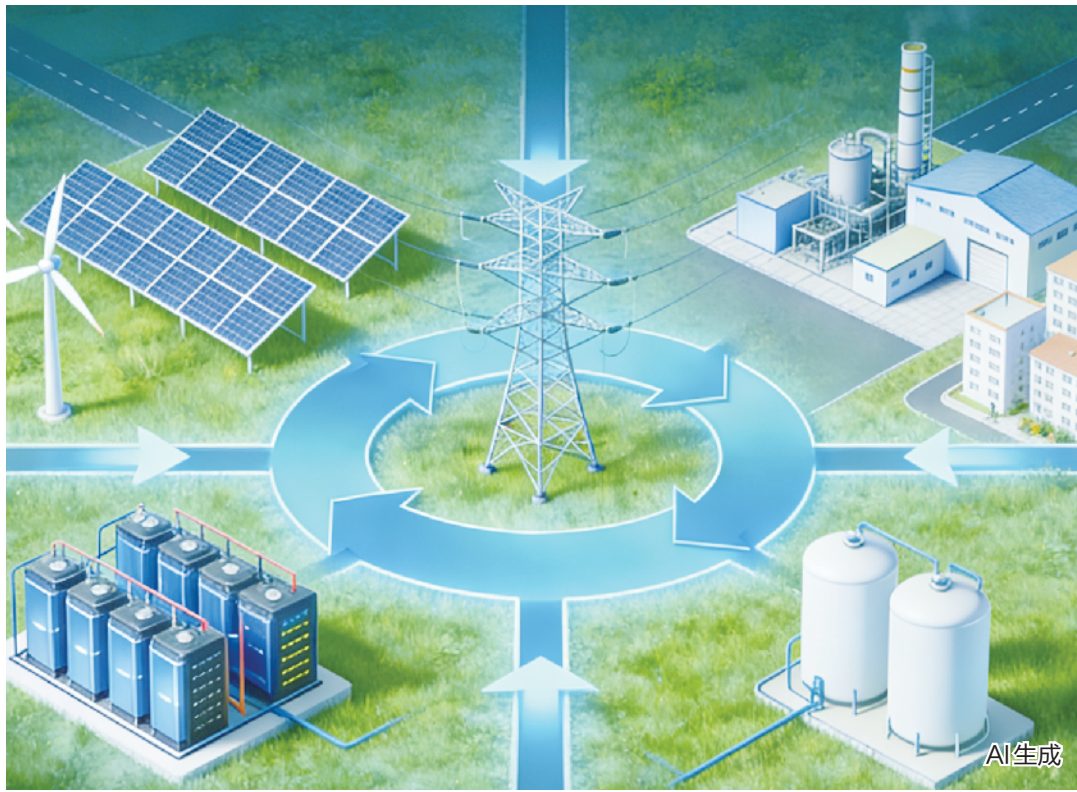


“源网荷储”互动 我国形成智慧“能源互联网”

2025年,中国能源发展镌刻下里程碑式的印记——全社会用电量首次突破10万亿千瓦时。十年间,我国电力需求持续攀升,却守住了无大面积停电的底线,这背后:新能源装机规模实现跨越式增长,成为电力供应主力军;“源网荷储”基建全面提速,超级电源工程与特高压输电线路相互辉映;高效光伏、大型风电、先进核电、长时储能、氢能及碳捕获和封装等前沿技术与装备实现全面突破。

近日,国务院办公厅印发的《关于完善全国统一电力市场体系的实施意见》明确提出,按照构建全国统一大市场、深化电力体制改革、建设新型电力系统要求,坚持全国统一、畅通循环,着力打破市场分割、破除区域壁垒,促进市场高效联通和有机衔接,统筹推进电力市场供需高水平动态平衡。

如今,新型电力系统正在打破电源、电网、负荷、储能壁垒,推动中国能源转型稳步前行,激活绿色发展的无限潜能。



到实践落地,我国能源事业正蓄势向打造能源强国的目标奋进。

多方协同攻坚克难

“源网荷储”一体化的深度发展,离不开发电、电网、售电、储能等多元市场主体的协同发力,上市公司加码布局“源网荷储”一体化项目相关业务,积极发展新赛道。

例如,科大智能科技股份有限公司董秘办人士近日对外介绍,该公司围绕“源网荷储”进行全产业链战略性布局。在源侧,公司为新能源设备并网提供产品及解决方案,覆盖分布式电源接入单元等关键设备;在网侧,公司提供多款系列产品,满足配电网自动化多场景需求;在荷侧,公司提供低压台区及用电信息采集系统;在储侧,公司聚焦电网与用户需求,推出集装箱式储能系统及工商业储能柜。

“公司积极探索‘分布式光伏+储能+智慧微网’一体化建设,推动区域能源供给从‘单一供电’向‘源网荷储’一体化转型。”宁波能源集团股份有限公司董秘办相关人士表示。

2025年下半年,滨化集团股份有限公司投资14.21亿元建设新材料“源网荷储”一体化项目。据悉,该公司通过“外部合作+内部迭代”,已经培养起一支成熟的新能源开发团队,建立了适应“源网荷储”一体化项目发展要求的管理体系。

在盈利模式上,各主体分工明确、各司其职,形成了贴合自身定位的收益途径,构建起“各展所长、各得其所”的生态共荣格局,为产业持续健康发展奠定了坚实基础。

其中,电网公司凭借输电、配电以及电力调度等基础服务,结合大数据与人工智能技术,持续拓展增值服务领域,提升服务附加值;虚拟电厂运营商则通过聚合用户负荷参与电力市场交易,获取收益分成。

南方电网储能股份有限公司相关负责人表示:“基于对新型储能发展前景的良好预期,相关市场主体参与布局的意愿较强。公司投运的新型储能主要是示范项目,收入来源主要是租赁费,资本金内部收益率约为5%。云南丘北宝池储能站收入包括容量收入和参与电力市场交易收入,收益受电力市场现货价差等因素影响。”

在应用场景层面,多元主体协同发力,推动源网荷储一体化模式在不同领域落地生根,形成了一批可复制、可推广的典型范例,覆盖“风光氢储”一体化基地、工业园区综合能源系统等多个细分市场,进一步丰富了产业生态。

构建新型电力系统,推动“源网荷储”深度融合,需要凝聚全行业的智慧与力量,有赖于政、产、学等各界协同发力、并肩作战。随着各方协作不断攻坚克难,我国能源电力高质量发展和低碳转型将取得丰硕成果。 据《证券日报》作者:李雯珊 李如是

迈向深度融合

多位受访业内人士表示,“十五五”期间,电源、电网、负荷、储能四大领域将实现前所未有的深度融合,共同构建清洁、高效、安全的新型能源体系,这也是应对能源结构变革、保障能源安全的必然选择。

国家信息中心经济预测部政策仿真实验室主任、研究员肖宏伟表示,此前电力系统的运作模式更像“源随荷动”,而现在正逐渐变成“源网荷储”高度互动,形成智慧高效的“能源互联网”。

这一转变,缘于需求端的全新挑战:人工智能、大数据等数字产业快速发展,算力需求持续激增,数据中心、算力枢纽等新型负荷对供电稳定性、连续性提出极高要求,这让电力系统面临双重考验——既要支撑新能源大规模并网消纳,又要保障可靠供电,传统能源体系的短板愈发凸显。

在此背景下,“源网荷储”一体化成为破解难题的关键路径,新型电力系统的未来面貌也愈发清晰:电源、电网侧以特高压输电通道为“血管”,串联起如“心脏”泵动的超级电源工程,实现能源跨区域优化配置。用户侧则以智能微电网为“点”,精准适配园区、农村等细分市场;以虚拟电厂为“面”,聚合分散负荷形成规模化调节能力;再搭配多元化储能板块作为“缓冲”,平抑新能源波动,保障电力系统稳定运行,最终实现主网、配网、微网的协同联动。

国家能源局最新数据显示,截至2025年底,

全国累计发电装机容量38.9亿千瓦,同比增长16.1%。其中,我国风电光伏累计装机首次超过18亿千瓦,达到18.4亿千瓦,占比达47.3%;全国已建成投运新型储能装机规模达到1.36亿千瓦/3.51亿千瓦时,与“十三五”末相比增长超40倍,实现跨越式发展。

随着源网荷储基本框架搭建完成,各环节依据电量供需变化,可实现日常“互帮互助、协同发力”。水电率先满发供电,风电光伏随即接力补位,储能系统趁势“囤能充电”只待下场替补;到了用电高峰,商业楼宇中的空调、充电桩等电力负荷主动减耗,部分电动车甚至实现反向送电,减轻电网负担。电力系统各方环环相扣、默契联动,织就一张灵活调峰、高效保供的能源守护网。

“这场清洁低碳的结构转型,不仅回应‘双碳’目标需求,更通过‘源网荷储’协同与特高压输电网络建设,提升了能源供应的韧性与效率,让清洁能源既‘发得出’更‘用得好’。”厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强表示。

科技创新不断突破

随着国家能源政策持续优化,新能源产业蓬勃发展,“源网荷储”一体化项目数量逐年攀升,市场规模不断扩大,已成为能源领域的新兴增长点,同时自主研发不断突破,吸引资本持续加码布局,为产业高质量发展注入强劲动力。

“观天巨网”撑起空间灾害“防护伞”

近些年,极光不再只是北极圈的限定款浪漫,而越来越多地出现在内蒙古、河北北部、黑龙江、新疆北部……绚丽天象的背后,一场看不见的较量正在展开。

近期,科研团队利用一个名为“中国双极光雷达网”的地面观测装置,首次像拍电影般完整记录下伴随极光南下的高速带电粒子流,将空间天气观测从以往的卫星“快照”研究模式,升级为地面“实时影像”研究模式。

这一装置由吉林龙井、内蒙古四子王旗、新疆和静的3站6部高频相干散射雷达组成。其实,它属于一张更大的“网”——空间环境地基综合监测网,又名“子午工程”。

自2025年3月子午工程二期通过国家验收以来,这张覆盖全国的“观天巨网”已经开始在空间天气监测领域发挥作用,成为一把能够真正帮助人类抵御空间天气灾害的“防护伞”。

取得多个原创性突破

20世纪90年代,当国外竞相发射太阳监测卫星时,中国科学院院士魏春思提出了一条差异化路线:利用地面台站,沿东经120度、北纬30度,组建“十”字形地基监测链。这一构想被一些人视为难以实现的梦。但魏春思坚信:“科学家应该有梦想,如果连梦都不敢做,那就成不了大事。”

这个梦想历经30年,最终生长为覆盖国土的“井”字形巨网。2025年3月,子午工程二期正式建成。31个综合台站、282台套设备,东起上海,西至拉萨,北起漠河,南抵海南并延伸至南极中山站,监视着从太阳到地球1.5亿公里间的风云变幻。

这张“网”的价值在于它能“看见”别人看不见的过程与细节。它实现了“一链三网四聚焦”的立体监测体系:追踪从太阳到地球的完整因果“链”;构建地磁、中高层大气、电离层3层立体监测“网”;聚焦极区、中纬、低纬、青藏高原4个关键区域,进行精细“显微”观测。

建成运行后,在基础科学研究方面,子午工程团队取得了多个原创性突破。其中,利用子午工程监测数据发现并命名的“太空台风”现象,因科学价值重要,入选国际期刊《自然》的研究亮点,并作为独立词条登上维基百科,产生了广泛的国际学术影响。

这张“网”的能力,来自一个个“国际首次”和“世界之最”的国之重器。

在海拔3800米的高原上,子午工程团队建成了全球最大规模的综合孔径太阳射电望远镜(以下简称“千眼天珠”),原创性地提出了基于中央定

标结合多环相位定标的实时系统级定标方案,突破了单通道多环绝对相位定标等关键核心技术。

在荒凉的戈壁草原,子午工程团队建成了我国首台、国际先进的行星际闪烁望远镜。该装置首次采用三站双频观测模式,突破了超大型可动抛物柱面天线的高精度同步控制、超长馈线互耦效应校正等关键技术,是国际上首个实现三站双频观测的行星际闪烁监测望远镜。

在横跨我国北部的广阔区域,子午工程团队建成了填补国际空白的中纬高频雷达网。该装置采用分布式数字前端技术,实现所有阵元高精度独立测控,首次实现对亚洲扇区南北纵深超4000公里、东西跨度超万公里电离层环境的连续监测,并与国际超级双极光雷达网合作,首次完整成像观测了磁暴期间的电离层对流演化过程。

“正是这些自主研发的重器,让中国在空间环境监测领域实现了从‘跟跑’到‘并跑’,再到整体水平达国际先进、部分技术国际领先的跨越。”子午工程二期总指挥、中国科学院国家空间科学中心主任王赤院士说。

以数据为纽带将设备、单位凝成整体

与许多大科学工程不同,子午工程的设备遍布全国,无论是建设还是管理,复杂程度都远超想象。子午工程一期立项时,就有同行善意提醒王赤:“有些大装置一家做都做不到,你们这么散,怎么管?”这个问题,王赤团队用20年给出答案:“形散而神聚,无往而不胜。”

这个“神”便是“矢志创新、攻坚克难、协同聚力、开放共享”的“子午精神”。

如今,在北京怀柔的“子午楼”运控中心,大屏幕上实时滚动着来自全国282台设备的数据。三楼的预报中心一旦发现异常,预警信息将通过多种渠道瞬间发出。这种高效源于团队对“子午精神”的具体实践。

矢志创新,是融入血脉的科学追求。从“十”字布局到“井”字巨网,创新驱动贯穿始终。“子午工程一期时,大部分设备是从国外购买的。到子午工程二期,我们自力更生,实现了关键核心技术突破。”王赤说。

攻坚克难,是直面挑战的胆识魄力。在四川稻城海拔3800米的雪域高原,科研人员顶着高寒缺氧,驻守300余天,将“千眼天珠”的集成工期提前了50天。

协同聚力,是“形散神聚”的系统智慧。工程横跨8个部门、16家单位,管理复杂度极高。团队创新“矩阵化”管理模式,以数据为纽带,将分散的设

备、单位凝成整体。

开放共享,是造福人类的全球视野。团队主动发起“国际子午圈”大科学计划,倡导将全球设备“联起来、用起来”,通过数据共享应对共同挑战。

构建空间天气共同体

空间天气是全球性挑战,太阳风暴的冲击从不分国界。基于子午工程的全球领先监测网与成熟范式,子午工程团队主动发起并牵头组织“国际子午圈”大科学计划。

这一雄心勃勃的构想,旨在联合地球陆地唯一可形成闭环的东经120度与西经60度子午圈沿线国家,共同构建一个环绕地球、24小时不间断的全球空间环境监测链,实现对日地空间环境全纬度、全天候、“日不落”的立体观测。

“要应对空间天气这一全球性挑战,亟待联合全球空间天气监测与研究力量。”王赤道出了计划的初衷。

王赤表示,“国际子午圈”大科学计划的精髓在于开放共享、平等互利的核心理念。它不主张重复建设和资源竞争,而是创新性地倡导将各国现有监测设备互联,通过数据共享和协同研究应对共同威胁。

这一务实而包容的理念迅速赢得了国际科学界的广泛共鸣与积极响应。截至目前,中国团队已经吸引了包括国际空间研究委员会、亚太空间合作组织、巴西国家空间研究院、泰国先皇理工大学、法国比利牛斯天文台在内的51个顶尖国际组织和国外研究机构,签署了合作协议或确定了合作意向,联合调动的监测设备已超过千台(套),一个真正意义上的全球空间天气观测联盟已初具规模。

在王赤看来,合作的成果是具体而深远的。该计划明确了“认知一个系统、厘清两个影响、破解三大难题”的核心科学目标,旨在深刻理解日地空间的连锁变化。它不仅将深化人类对空间天气基本物理过程的认识,更致力于构建由国际子午圈数据驱动的空间天气大模型和高精度预报产品,为全球卫星安全、通信保障和防灾减灾提供可靠的公共产品。根据规划,这项大科学计划将至少执行11年,覆盖一个完整的太阳活动周期,以完成持续探测与研究,构建世界科学家广泛参与的空间天气共同体。

从30年前“十”字形的科学梦想,到覆盖全国的“井”字形监测巨网,再到正在形成的环绕地球的全球合作联盟,如今,他们编织的不仅是一张守护国家空间安全的监测网,更是一张连接全球智慧、贡献中国方案、造福全人类的科学之网与未来之网。 据《中国科学报》作者:倪思洁

► 科工前沿

新成果实现 水中氟化物高效降解

被称为“永久化学品”的全氟和多氟烷基物质(PFAS)因极难降解成为全球环境治理难题。南开大学环境科学与工程学院孙红文、张鹏团队开发出一种基于铜离子配体-金属电荷转移的光化学新技术,在近紫外至可见光条件下,实现了水体中PFAS的高效、彻底降解。相关研究成果近期在线发表于国际期刊《自然·通讯》上。

PFAS因其优异的稳定性和疏水疏油特性,被广泛应用于不粘锅涂层、消防泡沫、防水纺织品等产品中。但也正因其分子中碳-氟键极其稳定,这类物质在自然环境中几乎无法分解,容易在水体和生物体内长期累积,并通过食物链放大,对人体健康和生态系统构成持续威胁。如何真正切断稳定的碳-氟键,实现PFAS的彻底无害化处理,一直是环境科学与工程领域公认的技术难题。

目前常用的PFAS处理技术各有局限。高级氧化还原、电化学等方法往往能耗较高、选择性不足,且容易产生更难处理的短链含氟副产物;吸附、膜分离等非破坏性技术虽然可以降低水体中PFAS的浓度,却只是将污染物转移,并未实现真正意义上的销毁。

此次,研究团队提出了一种全新的PFAS处理方法。在乙腈溶剂中,去质子化的PFAS分子可与铜离子形成稳定配合物。在365纳米LED光照下,PFAS分子上的电子通过配体-金属电荷转移过程被激发并转移至铜离子中心,从而高效引发PFAS的脱羧反应,并进一步启动逐级“链缩短”的降解历程,最终实现彻底矿化。

实验结果表明,该方法具有极高的效率和彻底性。在乙腈溶剂中,仅需365纳米LED光照300分钟,即可实现全氟辛酸的100%降解和100%脱氟。对于通常更难处理的超短链PFAS,如三氟乙酸,该方法同样表现优异,在60分钟内即可实现99%以上的降解和脱氟。研究还证实,该方法对多种结构不同的PFAS具有良好适用性。

机理研究表明,该方法避免了非选择性副反应,实现了PFAS向二氧化碳和无机氟化物的定向、彻底转化。“这一过程的本质是‘精准激发’。”南开大学环境科学与工程学院副教授张鹏说,“我们利用PFAS自身作为配体与铜离子‘牵手’,光能直接作用于二者关键结合点,从而专一地完成降解的第一步,避免了传统方式的随机性和副反应。” 据《科技日报》作者:陈瑞