中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

总第 9123 期　2026 年 11 月 24 日　星期二　今日 4 版

中国科学院主管　中国科学报社出版

国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

听《中国科学报》　《中国科学报》官微　科学网 App　科学网官微

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　　科学网 www.sciencenet.cn



院企联动为输变电系统织就“感知网”

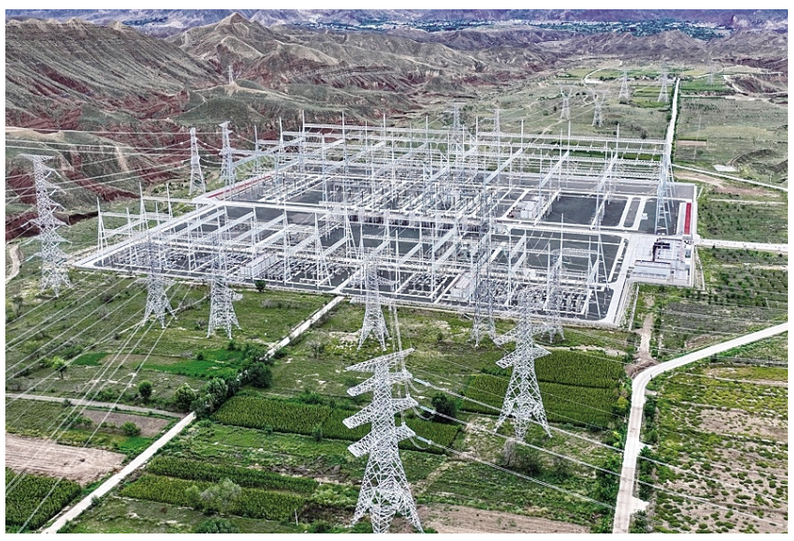
■本报见习记者 郑浩威

冰雪、洪涝、大风、地震……在现实环境中，输变电设备面临着多重考验，如果不能尽快发现安全隐患，将造成难以估量的危害和损失。

以往，电网安全主要靠巡检员跋山涉水带来一手信息。传感器的出现虽在一定程度上分担了这项任务，但原有电网传感的无线传输技术“烟囱林立”，在实际应用中造成了诸多问题。

《中国科学院“十五五”发展规划》（以下简称《规划》）提出，注重科技创新和产业创新深度融合，加快培育发展新质生产力。《规划》要求围绕重点产业链关键环节的“卡点”“堵点”问题，提供系统化科技解决方案，确保科技成果用得上、能见效、有影响。

为建设安全可靠、开放共享的电力物联网生态，中国科学院上海微系统与信息技术研究所（以下简称上海微系统所）与国家电网合力攻关，攻克了超低功耗、大规模覆盖等核心技术，构建了输变电设备物联网统一技术体系，更好地发挥了电力监测系统效能。



上海微系统所科研团队参与建设的国内首个 750 千伏变电站宽窄带一体专网。　受访者供图

院企间的“双向奔赴”

一直以来，中国科学院与国务院国有资产监督管理委员会（以下简称国资委）和中央企业紧密合作，深化产学研协同创新。自 2023 年以来，中国科学院与国资委双方组织年度合作会商，共同推动合作范围不断拓展、合作方式持续深化、合作成效加速显现，一大批重大科技成果落地转化，为支撑保障产业链、供应链安全，加快培育发展新质生产力提供了有力支撑。上海微系统所和国家电网的合作由来已久，也是这套合作机制落地生根、不断壮大的生动写照。

在常人眼里，用于监测电力设备的传感器，用电肯定不是问题，但实际上恰恰相反。输变电由于电压等级、安全防护等原因，无法直接取电，而无源取电又因为体积和成本等约束效率较低，这就要求每个节点、传感器终端的功率、功耗大幅降低。具体来说，输变电物联网所需要的节点 / 基站平均功耗要在 1 瓦以内，极低功耗节点在 50~100 毫瓦内，这就需要降低两个数量级，技术难度可想而知。

从 2018 年开始，上海微系统所和国家电网开展合作。为此，上海微系统所孵化了相关产业公司——上海邀有信息技术有限公司，专门承接电力物联网成果落地转化。双方合作研发的系统级超低功耗技术，平均通信功耗相比同类技术下降 40%以上，在相同业务应用和同等电池容量条件下，传感器免维护运行寿命延长至原来的 1.56 倍。

“在没有取能的情况下，只需一小块电池，就能保持传感器工作 8 年以上。”上海微系统所研究员刘洪告诉《中国科学报》。

除了低功耗外，电力设备物联网还要满足海量接入需求并具备抗干扰能力。经过不断技术革新和现场调试，上海微系统所部署的高可靠动态自组网的单网覆盖率超过 30 千米，在线率大于 98%，均优于同类型高动态自组网。

2021 年，上海微系统所与国网江苏省电力有限公司电力科学研究院联合申请的“电力设备状态低功耗无线感知网关键技术应用”获国家电网技术发明奖一等奖；2025 年，“电网宽频电压轻量化分布式精确感知与高效传输技术及应用”获国家电网科学技术进步奖一等奖。

从企业标准到世界标准

“烟囱林立”是我国电网无线感知应用一直存在的难题。同一座变电站内，温度、覆冰、局放、杆塔倾角等上千种传感器“各说各话”，每新增一类设备就要搭建一套数据转换系统，严重阻碍全国范围规模化推广。想要使收集上来的数据真正对重大决策产生帮助，必须让这些数据“统一口径”。

为了解决这一问题，国家电网深入提炼了无线感知的技术难点和应用需求，与中国科学院的专业队伍开展联合攻关。

在大量现场工程实践的基础上，联合攻关团队对实践经验进行总结，走出了一条标准建设路径。2020 年 11 月，国家电网率先发布企业标准，其中包含微功率无线网、节点设备、传感器数据等全套规范。后来，这套标准逐渐成为电力行业标准，并于 2024 年 9 月发布；2025 年 10 月，全国信标委物联网分技术委员会发布《物联网 470MHz/2.4GHz 频段传感网通信与信息交换 第 1 部分：物理层要求及链路层协议》，成为输变电物联网的首个国家标准。

依托国内海量工程实践案例，联合攻关团队进一步向国际输出输变电物联网方案。2023 年，IEEE（电气电子工程师学会）P3363 工作组成立，由国家电网担任主席单位，上海微系统所担任副主席单位，致力于把经过现场反复验证的中国技术方案推向国际舞台。2025 年 11 月，该项目国际标准正式公布，这标志着中国在输变电物联网技术领域达到全球领先水平。

基于上述标准，上海微系统所联合国家电网、国网专业检测机构，推出电力物联网专用综合测试设备。电力综测仪就像电力物联网的把关人，对节点及传感器进行接入性检测，一来保障装备长期有效运行，二来保证标准一致，实现系统级“互联互通”。

从实验室到“拿来就能用”

实验室的“从 0 到 1”固然重要，但距离行业真正可用还横亘着一道现实鸿沟。《规划》提出，着力破解科技创新与产业发展“两张皮”问题，加速科技成果向现实生产力转化。

“我们按照中国科学院院地合作‘三原则’理念，聚焦科技创新主业、坚持‘全院一盘棋’、真正‘互利共赢’，与企业精准对接，了解具体技术需求，基于自身基础和优势，在实际场景中解决真问题。”上海微系统所成果转化处处长许宝健表示。

这种解决真问题的决心，在具体合作中也得到了体现。当科研团队讲述输变电设备物联网的研发过程时，“落地”这个词反复出现。

“跟国家电网这样的大型央企合作，不能只拿出技术成果，还要补齐产业化落地的全链条工作，这需要下更大的工夫。”科研团队成员在接受采访时表示。

与国家电网联合攻关，上海微系统所先后研发出多种核心设备及应用方案，包括 3 款节点设备、2 款终端模组和 15 款传感器。同时，根据输电系统和变电系统的不同特点提供了不同物联网应用方案，支撑国家电网十余种业务应用系统的可靠运行。

“无论是新技术还是新产品，获得广泛认可都需要一个过程。只有提供满足需求的新技术、稳定可靠的系统和服务，我们才能在长期磨合中获得产业的认可。”上海微系统所研究员郑敏告诉《中国科学报》。

这正是上海微系统所和国家电网合作的特点，不只聚焦实验室原始创新，还兼顾产业革新。从关键技术攻关、全套标准体系构建到检测平台搭建、核心设备研制，再到工程的投入使用，院所与企业深度融合协同，把科研成果一步步转化成“拿来就能用”的新质生产力。

如今，这套输变电设备物联网系统已在国网各省份逐步落地，越来越多的电网设施拥有了敏锐的“数字神经”。传统人工巡检模式革新，人工现场巡检周期由几天一次延长至数十天一次，人力运维成本节约 50%。与此同时，设备异常告警实现即时上报，改变了故障发现滞后的局面。这些都为我国电网安全运行筑牢了感知防线。

面向“十五五”，中国科学院启动实施“两创融合”行动方案，持续发挥国家战略科技力量主力军作用。面向新型电力系统，院企双方将打通从关键技术前沿到产业化示范的全创新链条。从一次电网波动的精准感知到万千家庭的可靠供电，“两创融合”正发挥着提升电网感知与数据效能的强大力量。



新界面策略破解钙钛矿电池钝化与电荷提取矛盾

本报讯（记者李媛）西安交通大学教授刘宇航团队与国内外合作者通过构筑能带边缘延展异质界面，制备出高效、稳定的钙钛矿太阳能电池器件。该研究有望进一步降低光伏器件的界面损失，为开发高效、稳定的太阳能电池提供了新的材料与机制。相关成果近日发表于《自然》。

兼顾界面缺陷钝化与高效电荷提取是钙钛矿太阳能电池进一步提升效率的关键。传统界面钝化分子能够减少缺陷引起的能量损失，但分子结构中的绝缘片段也可能阻碍电子传输，使缺陷钝化与电荷提取难以同步优化。

太阳能电池将光转化为电，不仅需要高效产生电荷，还需要将电荷及时输送至电极。在反式钙钛矿太阳能电池中，钙钛矿与 C_{60} 电子传输层之间的界面是影响电子提取和能量损失的关键区域。

研究团队设计了 MeOTFI、TTFI 和 BTFI 等全共轭甲脒基分子，将界面锚定基团与含杂原子的共轭骨架连接起来。通过分子轨道与钙钛矿导带边缘电子态的耦合，在降低界面缺陷损失的同时，建立了有利于电子提取的传输通道。其中，BTFI 能够通过轨道杂化，使钙钛矿导带边缘的电子态向分子层延展，并改善与 C_{60} 之间的能级衔接，为兼顾缺陷钝化与电子提取提供了新的分子设计思路。

基于这一策略，反式钙钛矿太阳能电池获得了 27.96%的认证光电转换效率和 27.84%的认证稳态输出效率；在连续光照最大功率点跟踪 2000 小时后，器件仍保持初始效率的 95%以上。

该研究将界面分子设计从缺陷结合与能级调节拓展至对带边电子态及跨界面电子耦合的协同调控。通过全共轭分子与钙钛矿表面电子态的杂化，研究团队使界面层在发挥钝化作用的同时参与电子传输过程，从而解决了传统界面处理中钝化与提取难以兼顾的问题。

相关论文信息：*https://doi.org/10.1038/s41586-026-11427-1*

联合国气候变化安塔利亚大会未就政治决定达成一致

寰球眼

据新华社电《联合国气候变化框架公约》第三十一次缔约方大会（COP31）在延期两天后于 11 月 22 日闭幕，会议未就政治决定达成一致。

经过两周马拉松式的谈判，此次大会就发展中国家普遍关心的公正转型、减缓、适应、资金等议题达成了一系列决定，多边进程继续向前推进，但是由于部分国家在核心议题上分歧严重，最终未能就政治决定达成共识。

中国代表团团长、生态环境部副部长李高表示，作为为推动本次大会取得成功付出巨大努力的缔约方，对此深感失望。他同时认为，不应因此丧失对多边进程的信心，相互指责无助于建立信任。他表示，全球气候治理从来不是坦途，坚持多边主义、坚持团结合作是应对气候变化这一全人类共同挑战的唯一出路。

COP31 主席穆拉特·屈吕姆说，各方未能就有关文本达成一致，因此决定未获通过。他说，一些国家执着于某个词语或某种表述，并将与气候问题无关的其他议题带入讨论，阻碍了谈判进程向前推进。

此次大会结束后，联合国秘书长古特雷斯在社交媒体上说，他对 COP31 未能就一份全面成果文件达成共识深感失望。

本次大会采用“双主席国”模式，由土耳其和澳大利亚共同开展工作。大会围绕减缓、适应、资金、公正转型等广泛议题展开谈判。

本次大会吸引来自近 200 个国家和地区的政府代表、国际组织代表、科学家、企业家、非政府组织和民间团体代表等参会。

下一届气候变化大会将于 2027 年在埃塞俄比亚举办。（王腾飞 张晓茹）

冲击更高强磁场 为科学研究『加速』

■本报记者 王敏

从安徽合肥市区驱车往西 30 分钟，有一座三面环水的小岛，合肥市民亲切地称之为科学岛。“十一五”国家重大科技基础设施——稳态强磁场实验装置便坐落在这座静谧的小岛上。

高大的罐体、密布的管道、中央控制室里跳动的参数……这套装置看上去并不“科幻”，更像一组庞大的工业装备。正是在这里，中国科学家获得了一种过去长期难以充分拥有的极端实验条件——强磁场。

2022 年，由中国科学院合肥物质科学研究院强磁场科学中心（以下简称强磁场科学中心）自主研制的混合磁体实现 45.22 万高斯稳态磁场；2024 年，水冷磁体达到 42.02 万高斯。这两项世界纪录，让中国稳态强磁场实现了从无到有、从跟跑到领跑的关键跨越，展现了强磁场技术发展的“中国速度”。

从无到有：建中国自己的强磁场

磁场虽然看不见、摸不着，但人们对它并不陌生。

地球本身就是一个巨大的磁体，产生的 0.5 高斯的地磁场像一把隐形伞，保护着生物免遭太空宇宙射线的侵袭。地球上的很多生物还会利用地磁场辨别方向。

而在实验室里，稳态强磁场则是前沿科学研究需要的一种极端实验条件。世界科技强国竞相将其作为重大科技基础设施建设的重点。

“物质的特性在很大程度上由电子运动状态及其相互作用决定。当电子在磁场下运动时，磁场越强，电子运动的半径就越小。当磁场强到一定程度时，电子运动会进入一种全新状态。例如，整数和分数量子霍尔效应就是通过强磁场揭示的。”强磁场科学中心主任杜海峰解释，通过调控磁场，有利于科学家发现物质新物态、揭示物质新规律。

事实上，全球已有 10 多项与强磁场有关的成果获得诺贝尔奖。强磁场因此被誉为“诺贝尔奖的摇篮”。然而，在 2007 年前，全球仅美国、法国、荷兰和日本拥有稳态强磁场实验条件。

“那时，国内科学家要做强磁场实验不得不远赴海外，但获批的机时非常少，只占总机时的约 2%。科学家即使有好的想法也得不到好的数据。”杜海峰感慨。

除前沿科学研究外，生命健康领域同样需要强磁场。“医院里的核磁共振设备的分辨率与强磁场密切相关。磁场强度越高，看得就越清晰。这对于疾病的早发现、早治疗具有重要意义。”杜海峰介绍。

“这些需求更加坚定了中国建设强磁场装置的决心。”杜海峰说。

2007 年，国家正式批复在科学岛建设稳态强磁场实验装置；2008 年 5 月装置开工，法人单位是中国科学院合肥物质科学研究院，中国科学技术大学参与共建，各项任务依托强磁场科学中心完成。

起步虽晚，但进度不慢。强磁场科学中心技术研究团队白手起家，攻坚克难：设备不够，就多方借用、自主研制；资料不够，就搜集文献、集中编制；人才不够，就内招外引。团队仅用 8 年时间，于 2016 年研制出 40 万高斯混合磁体，一举跻身世界第二。

2017 年 9 月，装置通过国家验收，包含 5 台水冷磁体、4 台超导磁体和 1 台混合磁体。专家组一致认为，稳态强磁场实验装置“磁体技术和综合性能达到国际领先水平”。

自此，中国成为全球第五个拥有稳态强磁场装置的国家。



能够产生 42.02 万高斯稳态磁场的水冷磁体。　强磁场科学中心供图

从跟跑到领跑：创造两项世界纪录

稳态强磁场实验装置通过验收后，团队向更高磁场发起挑战。

混合磁体是国际上技术难度最高的磁体，也是能够产生最高稳态磁场的磁体。从结构上看，它由外超导磁体和内水冷磁体组合而成；从作用上看，超导磁体像稳定的基座，而水冷磁体则在基座上“冲刺”。混合磁体性能提升的关键，在于水冷磁体。

2018 年，刚从中国科学技术大学博士毕业的房震加入团队，将研究方向从熟悉的超导磁体技术调整为当时相对陌生的水冷磁体技术。

如今已是强磁场科学中心磁体科学与技术部主任的房震介绍，追求极限磁场要求磁场升高后，磁体能同时承受极端的电磁力和极端的热量。他统计过，混合磁体“忙碌”时，一天要完成 20 至 30 次升场操作，一年累计近千次。这就要求磁体升场不能只成功一次，而要每一次都稳定运行到极限场强，如此才能使最高磁场服务于用户。

比特片是水冷磁体的核心部件，每台水冷磁体的线圈由几千片比特片叠连而成。为实现“极限 + 稳定升场”，房震与团队成员通过理论计算发展出一个全新三维模型，表征比特片之间相互耦合对线圈稳定性的影响。基于该模型，团队进一步发明了全新的自稳定线圈结构，利用线圈自身电磁力排布方式的变化，大幅提高线圈力学稳定性，使其能够承受更高磁场。

（下转第 2 版）

探访大科学装置

《中国区域创新能力评价报告 2026》在京发布

本报讯（记者崔雪芹）近日，《中国区域创新能力评价报告 2026》（以下简称《评价报告》）在北京发布。《评价报告》由中国科技发展战略研究小组、中国科学学与科技政策研究会组织编写，中国科学院大学教授柳卸林担任报告编委会主任。

《评价报告》显示，江苏区域创新能力综合排名升至全国第 1 位，广东、北京、浙江和上海分列第 2 位至第 5 位。进入前 10 名的还有山东、湖北、安徽、湖南和天津，其中天津升至第 10 位，陕西和辽宁均较上年上升 3 位。

柳卸林介绍，中国科技发展战略研究小组已连续 26 年跟踪我国区域创新发展，本年度《评价报告》以 2024 年统计数据为基础，从知识创造、知识获取、企业创新、创新环境和创新绩效 5 个维度对 31 个省（自治区、直辖市）进行比较。评价结果显示，我国区域创新格局总体稳定，领先地区的梯队特征依然明显。部分追赶地区进步较快，一些地区的位次也出现较大波动。从分项评价看，各地在创新实力、创新效率和创新潜力方面各有优势。全国财政科技支出和规模以上工业企业研发经费同比增长，区域创新基础进一步夯实。