制造硬脊梁 · 资本新动能

中国先进制造业一线微观察

感应测量赛道里的“高精尖”——

一枚量子传感器 如何让特高压电网“看得更清”



图为量子电流传感器在换流站挂网安装现场。 受访公司/供图

<<上接A1版

“电流测量是直流控制保护的‘眼睛’,看得准、看得稳,控制才能精准,保护才能正确。”项目负责人、南方电网超高压输电公司总经理高锡明说。

研发团队把目光投向了金刚石。

这里的金刚石,不用于切削,也不作为饰品,而是利用其内部一种被称为“NV色心”的原子缺陷结构——一个氮原子旁边伴随一个空位。用绿光激发,再通过微波调控,研究人员可以从荧光信号变化中读取磁场信息,进而反演电流。与传统光纤方案不同,这条路线把金刚石内部的量子自旋态作为感知工具。

选定路线,既要看技术指标,也要考虑工业部署和供应链条件。团队曾比较多种量子测量方案,最终选择金刚石路线,既考虑了电网应用环境,也考虑了国内人造金刚石产业的配套基础。

不过,能够生产金刚石,不等于能够直接做出满足高精度量子测量要求的材料。

赵继光表示,难点集中在高纯度单晶金刚石可控生长、NV色心浓度控制,以及辐照和退火工艺等环节。色心浓度太低,信号偏弱;浓度太高,又会影响相关量子特性。材料的生长与加工,需要在多个指标之间找到平衡。

为此,南网传感公司联合郑州大学和国内材料企业,从生长设备、供气系统到色心制备逐项攻关。在南网数字负责人看来,材料攻关的意义不止于一款传感器。“高品质的NV色心金刚石过去主要依赖进口,只有把材料做稳定并国产化,量子传感产品的成本和供应才有保障。”

核心材料实现国产化,为后续量产打开了空间。但一片能够感知磁场的金刚石,距离一台能够长期挂网运行的设备,还有很长一段路。

把实验室样品变成量产产品

高锡明表示,项目启动之初,团队就确立清晰目标:不局限于攻克量子传感领域关键技术难题,更着力推动量子传感技术走向量产落地,加快量子科技在电力行业的产业化、规模化应用,为新型电力系统建设注入新质动能。

“怎么把这个光学平台缩成一个小小的探头”,是项目研发中遇到的突出难题。南网传感公司技术专家张佳明说,实验室里可以摊开布置金刚石、激光器、光电探测器、光学镜片、微波源、微波天线等模块,到了换流站,需要集成到一个紧凑、可靠的装置中。

小型化,不是简单地压缩尺寸。

探头内部,激光、微波和荧光收集光路相互耦合,任何一处结构失配,都可能影响信号强度、噪声和制造难度。张佳明表示,团队经过多轮迭代,例如,把早期门型微波天线改为螺旋线型方案,不再需要对金刚石进行微加工蚀刻,普通PCB工艺即可实现,同时在敏感区域形成更均匀的微波场。

这类改进,既服务于性能,也服务于制造。技术上能够实现的方案,未必适合批量生产;指标、可靠性与成本,需要放在一起考量。

南网传感公司为此启动内部代号“淬火”的项目,补充光学、射频、天线、结构设计等工程研发力量,推动科研样机向工业产品转化。科研验证可以聚焦某项指标,电网装备则必须把长期可靠运行放在前面。

南网传感公司量子传感技术部副总经理吕前程介绍,2025年1月,这款±800千伏特高压直流量子电流传感器完成新产品技术鉴定;同年4月,科研样机在昆柳龙直流工程柳州换流站挂网验证。进入现场后,一些在实验室里不起眼的细节,成为必须解决的问题。

激光器如何保持长期稳定?直流场景下,高压侧装置如何持续取能?高海拔低气压环境中,散热、防水和电晕控制如何兼顾?为此,团队逐项调整:信号干扰抑制、冗余激光取能、差分荧光信号收集、外壳防电晕设计……这些改动不一定直接体现为精度数字的提升,却决定了设备能否在现场稳定运行。

2026年6月8日,工程化产品在新东直流工程±800千伏新松换流站完成挂网安装。设备实时采集管母电流数据,经录波仪记录,与现场已有测量数据开展多通道比对。截至9月,设备已连续稳定运行超过2000小时,未发生异常情况。

在高锡明看来,挂网运行是这款设备从样机走向电网批量装备必须过的一关:“实验室里的指标再好,也要经过现场长周期运行的检验,运维人员才会放心使用。”超高压公司依托新松等换流站继续开展5000小时、1万小时的长周期运行跟踪,并与现役光纤电流互感器持续比对,为产品改进和规模化应用提供依据。

生产和验证体系也同步补齐。南网传感公司建设了超过1万平方米的智能传感研发生产基地,配备CNAS检测实验室和中试线,并在高温、高湿、高盐、高海拔、极低温等环境下开展可靠性考核。2026年9月,产品正式实现量产,200套产品已完成生产,将陆续在云南、广西、贵州等地安装投运。

从材料、器件到整机,再到挂网场景和运行数据反馈,一条“产学研用”协同链逐步形成。但量产并非终点。南网传感公司相关负责人表示,团队在实验室环境下已验证万分之一精度,要把这一指标带到全工况,还需继续突破材料、光源噪声、微波场均匀性,以及温度和应力补偿等问题。

南网数字负责人表示,量子精密测量是量子科技中较早具备产业化条件的领域,也是南网数字布局未来产业的重点方向之一。“电网测量场景多、要求严,运行效果又能用数据检验,在这里打磨出来的产品,才有向更多场景推广的基础。”

从精准测量走向协同感知

把视线从一座换流站移开,能源基础设施对传感技术的需求,正在呈现另一幅图景:既需要关键参数测得更准,也需要更多设备和环境状态被持续感知。

应用对象不同,传感设备承担的角色却有相通之处:将不易直接观察的设备状态转化为可记录、可分析的信息。它们不是替代所有人工判断,而是为运行和检修提供更充分的依据。

在电网领域,感知对象也从电流延伸至设备状态和外部环境。南网数字介绍,直流输电多物理量集成传感器、变压器多物理量集成传感器、电力气象多物理量集成传感器等产品已开展规模化推广。输电多物理量集成传感器还在中老500千伏联网工程老挝段、埃塞俄比亚挂网应用。

如果说量子电流传感器侧重把一个关键参数测得更准,多物理量集成传感则侧重把设备及其所处环境看得更完整。在“六张网”协同建设中,这些分散的感知节点,开始与通信、计算和跨行业应用相连接。

深圳光明区大牛牯山,一座电力防灾减灾综合监测塔,将避雷针、气象传感器、高清摄像头和地质灾害监测设备集中布置,并为通信基站等设备预留搭载空间。同一处高点资源,既服务输电通道防灾,也为通信覆盖、城市监测提供支撑。

前端设备采集信息,边缘网关就地分析,通信网络负责回传,相关平台据此开展研判。从一台设备独立监测,到多类数据融合应用,智能电网与新一代通信网等基础设施的协同,有了更具体的落点。

由此看,一枚传感器的价值,不只取决于实验室里的最高指标,还取决于能否稳定制造、长期运行,并融入更大的应用体系。从万分之六的电流精度测量,到核电站的状态监测,再到一座塔承载的多网感知,先进传感技术走向产业深处,仍需在精度、可靠性与成本之间持续求解。

技术再先进,也离不开工程化“淬火”

证券时报记者 康殷

提起量子技术,人们往往想到前沿实验室和复杂的物理概念。但在南网传感,一枚量子电流传感器的研发故事,更多落在一些具体问题上:探头能不能更小,激光器能不能更稳定,材料成本能不能再降一些。

这些看似不够“高精尖”的细节,恰恰决定了前沿技术能否成为工业产品。

比起某一时刻达到多高的指标,电网行业更关心的是:设备挂到现场,能不能一直稳定工作?

这是两张不同的考卷。实验室验证回答技术“能不能做”,工业现场则要求进一步回答产品“好不好用”。高海拔、温度变化、强电磁环境,都可能让原本看似微不足道的细节成为短板。精度只是其中一项,可靠性、可制造性和成本,同样不能缺席。

把一套光学平台缩进小小的探头,就是这样的考验。金刚石、微波天线、激光器等组件,不仅要装得下,还要相互配合、稳定工作。更先进的方案,如果造价过高,也未必适合量产。

这提醒我们,技术先进性,不等于产品竞争力。产业化的关键,从来不是把实验室成果简单复制,而是围绕真实需求,重新组织材料、器件、结构与工艺,让每一个环节都在现场经受检验。

南网传感公司把这一工程化项目命名为“淬火”,颇有意味。技术走出实验室,需要在真实工况中暴露问题,也需要用工程办法逐项解决问题。那些不容易成为新闻标题的调整,往往才是产品能够交付的基础。

当然,一款产品实现量产,不意味着所有问题已经解决。更长周期的运行验证、更高精度的全工况表现,以及向交流系统拓展所需的成本下降,仍是团队接下来要跨越的门槛。

观察先进制造业的突破,既要看指标提升了多少,也要看高指标产品如何被稳定地制造出来、交付出去、长期保持下来。让前沿技术成为可靠工具,这段工程化的路,值得给予更多关注。

头部企业获资本重仓押注 无人配送商业化落地提速

证券时报记者 曹晨

“我们长期看好无人配送赛道,已投资布局新石器,并将持续跟踪其场景落地进度。公司现阶段聚焦快递末端配送,后续计划向零售、生鲜冷链延伸。这类场景可利用夜间非高峰时段配送,既能提升车辆利用率、摊薄固定资产投入,也能优化整体成本结构。”专注具身智能领域投资的金鼎资本投资总监洪绍囤向证券时报记者表示。

今年10月,新石器、白犀牛接连斩获大额融资,叠加此前九识智能的融资,无人配送赛道资本热度持续走高。与此同时,国内多地开放道路测试权限、落地无人配送试点,加速验证商业化运营模式。

业内人士认为,不同于早年资本盲目追逐自动驾驶概念,本轮融资潮背后,行业逻辑已明显切换:无人配送走出实验室,重心从“售卖硬件车辆”转向“运营运力服务”,商业化验证、场景深耕、合规落地,成为资本评判项目的核心标尺。

头部玩家获大额融资

今年以来,无人物流赛道热度持续走高。

近日,新石器宣布完成E轮近4亿美元融资,由博裕投资与某基金联合领投,阿里巴巴AEFNextGen香港基金、金鼎资本、纪源资本等机构跟投。这笔融资创下年内国内无人配送领域单笔融资新高,公司累计融资总额已突破百亿元。

新石器创始人余恩源接受包括证券时报记者在内的媒体采访时称,国内政策红利叠加海外业务爆发,无人配送赛道增长势头强劲,多重利好支撑了本轮大额融资。

这并非个案。10月8日,L4自动驾驶企业白犀牛完成1亿美元新一轮融资,隐山资本领投,湘潭国资、湖南财信、韩国友利金融集团等机构跟投,资金将用于迭代L4端到端技术、拓展城市运营网络。

今年2月,九识智能拿下超3亿美元新一轮融资,投资方包含产业巨头、一线城市政府基金及中外市场化投资机构。今年1月,九识与菜鸟无人车业务完成战略合并,双品牌并行运营,RoboVan车队规模突破2万辆。

“相比前几轮融资,本轮投资人关注三大方向:一是商业化,机构期待L4赛道跑出可落地的商业模式;二是出海,公司从中东打开局面,现已落地全球二三十个点位,多国陆续放开无人车路权;三是技术,投资方希望我们落地L4端到端自动驾驶方案,并在物流场景验证商业可行性。”余恩源说。

洪绍囤分析,九识智能、新石器等头部玩家已经跑通L4无人配送盈利模型。成熟商业模式叠加规模效应,显著提升项目确定性,头部企业融资体量持续放大。行业大规模商业化模式临近拐点,资本更倾向重仓确定性标的、提高单笔投资额。

行业前景被普遍看好

资本集中加码的背后,是行业商业化落地条件逐步成熟。

余恩源认为,无人配送行业走向大规模商业化普及有三大标志:一是政策,规模化落地需要国家顶层设计支撑,当前政策利好持续释放;二是商业模型,公司单车收入端已跑通高毛利模式;三是规模效应,未来无人车投放规模有望快速增长,预计明年完成验证。

下半年以来,无人配送行业政策红利持续释放。7月,交通运输部在发布会上提出,推动交通物流数智化赋能,探索货车智能驾驶等重大创新工程,规范网络货运平台经营,谋划无人快递车规范化试点。8月,国家发改委、交通运输部联合印发《物流网建设实施方案》,提出规范无人驾驶货车、无人快递车试点应用,优先在封闭园区、港站等场景落地。

地方层面也在加快布局无人配送试点。佛山、中山、江门等地引入新石器、白犀牛、九识智能无人车,在市政道路开展快递接驳、园区配送;深圳开通“无人车+地铁”跨场景联运线路,深汕合作区落地产业园常态化快递线路;扬州、敦煌将无人配送延伸至乡村寄递市场,搭配智能驿站搭建城乡末端运力网络。

“今年各地试点政策持续迭代,一方面厘清此前模糊的路权与责任边界,企业无需在模糊地带反复试错;另一方面降低规模化落地的外部交易成本,便于服务商签下长期履约订单。”盘古智库高级研究员江瀚对记者表示。

政策与路权放开之下,无人车的应用边界也持续拓宽。余恩源称,自去年起,无人车逐步跳出快递配送场景,拓展至多元赛道。“工厂物流是典型方向,覆盖仓到仓、仓到厂、厂到仓转运链路,依托通用无人车与自动驾驶平台,成本优势显著优于传统工厂专用设备。”

商业模式转向运力服务

场景持续扩容的同时,赛道头部玩家的商业模式也正在发生根本性转变,逐步从卖硬件转向运力服务。

余恩源称,新能源车企主打产品销售,新石器未来将转向运力服务模式,这也是降本路径里更优的选择。无人配送运力服务壁垒较高,除算法能力外,还包含质量、成本、交付、安全等多项运营指标,成熟的运营体系具备较强不可替代性。

江瀚分析,由卖车转向履约服务,本质是跳出硬件低价内卷,切入物流核心降本环节。服务模式毛利率更高,盈利空间优于硬件销售,摆脱单车薄利的局限。另外,新模式的核心门槛不再只是车辆制造能力,而是跨区域运力调度、稳定订单承接以及运维成本管控能力。

运力模式的价值兑现,离不开足够的投放规模。余恩源判断,国内无人车整体市场空间预计可达1000万辆,覆盖厢式车、轻卡等多类车型。

高密度运营,对调度、安全提出新考验。据介绍,在青岛城阳,新石器无人车投放密度已超过当地有人商用车。高密度运营场景下,无人车无法像人类司机一样临场灵活处置,必须依托成熟的调度管理体系。公司正配合地方政府搭建无人车监管平台,支撑交管部门有效监管,引导行业有序发展。

“当前L4无人车不涉及载人,政策宽容度相对更高。但投放规模达到一定量级后,会产生复杂的运维管理难题。依托各地试点的数据积累,国内商业模式有望跑通,相比欧美市场,国内赛道优势突出。”洪绍囤表示。

中国石油三季报出炉 国资股东加仓3.73亿股

证券时报记者 严翠

10月28日晚,中国石油(601857)三季报出炉。第三季度,公司实现营业收入7935.73亿元,同比增长10.4%;净利润518.39亿元,同比增长21.6%。前三季度,中国石油实现营业收入2.32万亿元,同比增长7%;实现净利润1557.73亿元,同比增长21.9%。

报告期内,中国石油业绩增长主要受三方面因素驱动:原油价格上涨、天然气产量增加,以及公司对油气生产成本的有力控制。

经营数据方面,前三季度中国石油原油产量698.6百万桶,其中国内590.4百万桶、海外108.2百万桶;公司加工原油1002.2百万桶,生产成品油8336.8万吨;化工产品商品量3289.2万吨,同比增长11.2%,其中乙烯产量同比增长26.4%,新材料产量同比增长58.5%。炼油化工和新材料业务实现经营利润人民币231.32亿元,同比增利68.92亿元。

价格方面,前三季度中国石油原油平均实现价格为77.65美元/桶,比上年同期的65.55美元/桶增长18.5%;国内天然气(含液化天然气,下同)平均销售价格为9.40美元/千立方英尺,剔除汇率影响后比上年同期增长1.7%。

中国石油表示,报告期内,公司积极有效组织生产经营,进一步加大油气勘探开发力度,多渠道开展资源筹措,确保炼化装置高负荷运行,保障产业链、供应链安全和市场稳定供应;大力发展新能源、新材料等新兴业务,持续推动业务转型升级,经营业绩大幅增长。

三季报显示,与2026年半年报相比,中国石油第四大股东国新宏盛投资(北京)有限公司持仓增加3.73亿股至13.86亿股,占总股本比例0.76%。截至10月28日收盘,中国石油涨0.45%,股价报13.26元/股,总市值2.43万亿元。

零售价:RMB 4元 HKD 5元 北京 济南 西安 杭州 上海 无锡 长沙 成都 深圳 福州同时印刷 本报地址:深圳市福田区彩田路7006号深科技城A座37~47层 邮编:518035 北京市朝阳区金台西路2号人民日报社新媒体大厦32层 邮编:100733