



## 成果播报

## 声纹识别技术快速识别电网故障

◎本报记者 吴长锋

前不久，合肥高新区的中国声谷举办了一场特殊的语音识别领域竞赛。来自全国26家省级电力公司的电网算法高手正在这里进行一场主题为“电力设备声音解密”的比赛，赛题是如何更好地利用声纹技术诊断电网设备运行情况，主办方希望通过这次比赛筛选出识别准确率最高、识别效率最快的优秀算法。

“安徽电网是西电东送的‘大动脉’，我们一直在应用声纹技术改善对电网的监测能力，提高供电可靠性，为居民、企业用电提供‘新保险’。”赛事工作组成员、国网安徽电力工作人员黄伟民向记者详细介绍了比赛的目的。

“我和电力设备打交道十余年了，其实它们不是冰冷的机器，它们和人一样有温度，有反馈。就像老中医听诊一样，有经验的老师傅可以通过运行声音判断出设备‘五脏六腑’的情况。我们现在所做的工作就是给每一台设备配置一个24小时不休息的‘老中医’。”国网安徽电科院工作人员杨海涛介绍说，“我们通过前端麦克风传感器，不间断地监听设备的声响，再通过后端的数据分析中心，及时出具体检报告，实现了设备诊断的全程自动化。”

杨海涛介绍，建设安全高效的新型电力系统，就要对关键电力设备做到全面监测，声纹识别作为一种非接触式、高灵敏度的感知手段，具有明显优势。

电网设备大多运行在高压、强磁场环境下。一个特高压变电站站内设备数量达到1000多个，各类设备的声波传播到同一空间里，信号之间存在复杂的耦合关系，同时混杂着外部风声、雨声等干扰，在声音的大海中找到设备最本真的声音是一项技术活。

“我们自主研发了电网宽频声纹传感器，它的灵敏度、指向性、重复性、频率响应等指标都通过了第三方检验，满足现场应用的要求。”声纹技术负责人、国网安徽电科院工作人员张晨晨说，“我们的样本库里有上万个故障样本，通过机器学习、算法模型得到了充分的训练，训练的过程就像大海捞针的过程，熟能生巧，现在我们的识别速率达到了毫秒级，准确率也达到了90%。”

张晨晨告诉记者，随着声纹技术的快速发展，基于声纹的各类衍生应用，如调令识别、线路检测、电缆沟巡视、设备状态评估等也正大显身手，在电网生产运行中渐趋流行。

在国网安徽声纹监测预警分析中心，工作人员胡啸宇正在对全省的声纹监测数据进行分析，这个平台接入了将近100个设备声纹测点数据，工作人员足不出户就可以完成对电站各级设备声音的巡查，系统一旦发现数据出现异常，就可“抽丝剥茧”对故障精准排查。

在安徽马鞍山雨山区的220千伏刘村变电站，巡检工作人员汪隆臻熟练地操作着无人机巡检。这台无人机集成了搭载了360度的声纹组件，可以远距离识别变电站绝缘子的局部放电。

“通过声纹无人机的辅助巡检，我们对电力设备的运行状态心里就更有底了。”汪隆臻说。

近日，国内电力声纹领域的专业研讨会在合肥高新区中国声谷召开。“看到越来越多的企业、专家加入到声纹技术的研究队伍中来，我们对声纹技术在电网乃至整个工业领域的应用充满期待。”科大讯飞能源业务总经理李心说，从最初的声纹技术用于电网设备监测开始，仅仅用了5年时间，涌现出近百家从事声纹识别领域的企业，代表性的拳头产品有几十个。

“最早的需求往往来自我们电网生产一线，技术的源头大多来自于大学和科研院所，我们与华北电力大学、中国电科院形成产学研用团队，贯通了整个创新链。”张晨晨表示。

## 固态储氢系统实现能源高密度存储

科技日报讯（记者张景阳 通讯员李宝乐）6月12日，记者从国家稀土功能材料创新中心获悉，由北方稀土技术团队牵头研发的固态储氢系统示范装置正式在国家稀土功能材料创新中心亮相。这一装置的产业化，将为工业用氢的高效、可靠氢气回收再利用提供“稀土方案”。

记者在国家稀土功能材料创新中心的示范生产线看到，全新的固态储氢系统安放在厂房一角，工作人员正在控制中心内通过电脑对设备各项数据进行监控。据介绍，这种固态储氢系统是利用稀土储氢材料的高密度氢气存储能力，通过化学反应把氢气变成金属氢化物固体，实现高密度、低压、无泄漏、安全储存。这一装置也是我国储氢材料应用在回收利用系统的首台套设备，目前已申请专利13个，其中授权专利9个。

国家稀土功能材料创新中心储氢项目负责人、内蒙古科技大学博士赵鑫告诉记者：“与气态储氢相比，固态储氢系统示范装置的存储能力提升了3倍，可以实现氢气的较大规模安全存储，同时它的氢气回收功能能够大大降低企业的用氢成本。”

氢能、储能技术是21世纪全球能源转型升级的重大战略需求，寻求安全、高效的储氢方法或材料，已成为各国发展氢能产业的关键。固态储氢装置就像一个大容量充电宝，可以把光伏、风电等不稳定的可再生能源高密度存储起来，既解决了风光发电波动性强、利用难的问题，也将改变目前过度依赖煤炭、石油等化石能源制氢的现状，助力实现碳达峰碳中和目标。

国家稀土功能材料创新中心总经理刘威表示，固态合金储氢是目前最安全、最经济的一种技术路线。而稀土合金材料在固态合金储氢方面有着优异的性能表现。

目前，中心已建设完成年产10台套固态储氢装置的示范生产线，可有效解决常温常压下储氢合金高效吸、放氢动力学及热力学的产业化技术壁垒，激发稀土储氢材料潜力，促进稀土资源综合利用，优化用氢产业结构，平衡氢气资源分布，实现产品在新能源、大型风光电领域储能装置等方面的开发应用。

## 亚洲最大煤电CCUS项目投产

## 高效“碳捕手”助煤电走低碳路

◎本报记者 陆成宽

“3.2.1，投产。”近日，随着一声令下，国家能源集团江苏泰州电厂50万吨/年二氧化碳捕集、利用与封存（CCUS）项目正式投产。

该项目是亚洲最大的煤电CCUS项目，其成功投运标志着我国大规模煤电CCUS技术日趋成熟，为后续开展更大规模的二氧化碳捕集利用奠定了坚实基础。

“我们的系统运行安全、可靠、高效，各项指标全面优于设计值，均处于行业最优水平。在‘源头减碳、过程控碳、终端捕碳’的全过程绿色低碳生产上，我们又取得重要突破，为推动煤炭清洁高效利用成功打造了减碳固碳新样板。”国家能源集团江苏公司党委书记、董事长季明彬表示。

## CCUS技术迎来快速发展期

实现“双碳”目标，能源行业碳减排是重中之重。我国以煤为主的能源结构决定了在当下和未来较长一段时间内，煤电仍将发挥不可替代的作用。因此，解决煤电行业的碳排放问题，对实现“双碳”目标至关重要。

目前，CCUS技术被认为是唯一能够实现化石能源大规模低碳化利用的减排技术。它可以将二氧化碳从工业、能源生产等排放源或空气中捕集分离，并加以利用或输送到适宜场地封存，最终实现二氧化碳的减排。

我国“十四五”现代能源体系规划明确提出，瞄准新型电力系统、安全高效储能、氢能、新一代核能体系、二氧化碳捕集利用与封存、天然气水合物等前沿领域，实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技示范项目。

被称为“碳捕手”的CCUS技术迎来快速发展期。截至2022年底，我国已投用的煤电CCUS项目（含CCS项目）13个，总捕集能力约60万吨/年，规模最大的的是国家能源集团锦界公司的15万吨/年CCUS项目。

“然而，从实际运行情况看，目前CCUS还存在总捕集能力低、项目运营成本高、产品应用场景窄等问题。”国家能源集团新能源技术研究院碳中和中心主任徐冬冬坦言。

作为全球最大的火力发电公司，国家能源集团自觉发挥创新主体作用，决心在大规模煤电碳捕集利用与封

存领域蹚出一条创新路。

围绕当前煤电碳捕集技术面临的痛点、难点问题，国家能源集团江苏公司负责牵头组织，委托国家能源集团新能源技术研究院作为技术总负责单位，联合国能龙源环保、华东电力设计院、清华大学等高校和科研院所开展技术攻关工作。

## 1000多次测试才找到理想配方

作为该项目技术负责人，回忆起项目的科技攻关历程，徐冬至今仍然对很多场景记忆犹新。其中，吸收剂测试最让徐冬揪心。

吸收剂是CCUS项目的关键核心技术。用徐冬的话说，吸收剂是碳捕集的“心脏”。“开发出能耗低、稳定性高的吸收剂是我们的主要攻关方向。”徐冬说。

然而，吸收剂的能耗和稳定性就像一个跷跷板，能耗低的吸收剂，稳定性就差，而稳定性高的吸收剂，能耗也高。如何实现“鱼与熊掌兼得”，成为摆在徐冬等技术人员面前的一道难题。

“为此，我们反复试验、反复调整配方，虽然失败的次数很多，但每一次测试都让我们对吸收剂的特性有了新的认知，这种新认知一直激励着我们持续做下去。”那时徐冬对攻克难关充满信心，他坚信一定可以找到低能耗、高稳定性的吸收剂配方。

功夫不负有心人，经过1000多次测试，他们成功了！当低能耗、高容量、高稳定性的三元复配吸收剂研发出来的时候，徐冬悬着的心终于落地。

吸收剂研发成功只是第一步，开发出大规模碳捕集工艺包才是项目科技创新的核心。

“吸收塔多高多粗，吸收剂用量多少，入口的温度是多少……所有这些参数都需要我们在工艺包里做好设定。只有找到这些参数组合的最优解，才能真正提高CCUS项目的碳捕集能力，降低项目运营成本。”徐冬说。

“尽管我们在锦界公司有15万吨/年CCUS项目的成功经验，但那套技术应用到50万吨的项目中到底行不行？”徐冬心里也打鼓，“毕竟从15万吨到50万吨，并不是简单的数量叠加，这意味着我们必须进行技术再造和革新。”

为找到让他们梦寐以求的最优解，徐冬带领团队持续攻关。“比如吸收塔直径，当时我们有3种方案：7米、8

米和8.2米。虽然塔的直径越小，投资越省，但是塔径小的同时，烟气的流速就快，同工况下发生塔液泛的风险也就越高。因此，我们必须综合考虑。关于塔直径的选择，我们反复论证了3个月，最终才选定8.2米的方案。”徐冬举例道。

## 煤电CCUS可持续运营的样本

除了三元复配吸收剂和大规模碳捕集工艺包，项目组还与清华大学、浙江大学等联合开发了小齿顶角填料、新型干法凝液回收装置、首套国产最大等级二氧化碳压缩机……

国家能源集团新能源技术研究院党委书记、董事长褚景春表示，本项目经历3年的集中攻关，在基础理论、关键技术、核心装备、系统集成和示范应用方面取得了重大突破，首次揭示了大型碳捕集系统与电厂热力系统的耦合规律，攻克了多项碳捕集工程放大技术难题及瓶颈，形成完整的大规模碳捕集科技研发和工艺包设计能力，具有很强的创新性和显著的社会效益，可为国家CCUS产业发展提供重要技术保障和决策支撑。

值得一提的是，一直以来，捕集的二氧化碳无法实现足额消纳是限制CCUS项目可持续运营的堵点。

“为此，我们提前开展市场调研，锁定了焊接制造、食品级干冰、高新机械清洗和油田驱油等方面的用户。目前，已与8家单位签订购销合同，合同量为4万吨/月，另外，还有2万吨/年液态二氧化碳将用于与周边油田开展驱油利用研究，实现了捕集二氧化碳的100%消纳利用，并具备稳定的盈利能力，为煤电CCUS长期可持续运营提供了样本，成为创新链协同攻坚的示范案例。”国家能源集团江苏公司泰州电厂总经理蒋欣军表示。

5月27日，泰州CCUS项目试运期间生产的第一批液体二氧化碳交付给了首批用户。“品质非常好！”收到货几个小时后，用户打来的反馈电话振奋了每一名项目参与者。

下一步，泰州电厂将联合相关企业、高校、科研院所，就二氧化碳加氢制甲醇、制精细化工品等方面进行协同攻关突破，提升二氧化碳价值率，进一步贯通从捕集到消纳的二氧化碳全周期链条，加快推动煤电CCUS由科技示范转向产业化集群化发展。

## 塔机装上“智慧大脑”，设备安全更有保障

◎本报记者 王延斌

近日，哈尔滨工业大学教授陆念力不远千里来到山东建筑大学，他此行的目的与一项原创创新成果有关。

当天，与陆念力一同来到现场的还有南京工业大学教授殷晨波、上海庞源机械租赁有限公司教授级高工蒙智峰、山东省特种设备检验研究院集团有限公司研究员刘大宝等8位专家。他们要评价的这项成果全名为“塔式起重机顶升安全监控系统”。其特色在于将大数据算法、自动监测技术、人脸识别技术、物联网技术等融入传统装备，给塔机装上“智慧大脑”。

## 通过相应算法判断塔机状态

塔式起重机也被称为塔机或者塔吊，在建筑施工中，它主要用于材料的垂直运输和构件安装。顶升是塔机升高或拆卸的环节，是目前为止塔机工作过程中唯一完全靠人力协作完成的环节，也是目前安全事故的高等级风险源。

科技日报记者注意到，《“十四五”国家安全生产规划》明确提出推动智慧工地建设，到2025年建筑施工等重点领域重特大事故得到有效遏制，生产安全事故死亡人数下降15%。

安全事故死亡人数降低需要科技的力量，“塔式起重机顶升安全监控系统”应运而生。该装备由山东富友科技有限公司、山东建筑大学、山东省住房和城乡建设发展研究院、大汉科技股份有限公司四方通过校企产学研合作研发而成。

记者在山东建筑大学看到一台微缩版的塔机上搭载了上述系统。该校教授、山东省起重机械健康智能诊断工程研究中心首席专家、上述成果牵头人宋世军向记者介绍，它全身上下布满了各种传感器，充当着塔机的“眼睛”。在塔机运行中产生的各种数据，系统通过相应的算法，判断出该塔机的状态。当不合规或者隐患出现时，纠偏程序会启动，将潜在事故消灭于无形。

在宋世军看来，要实现“将潜在事故消灭于无形”的目标，需要新技术介入。在3年时间里，他们研发了6项新技术，拿到了5项发明专利，从而打造了“塔式起重机顶升安全监控系统”。

分析近几年的塔机安全事故，顶升横梁脱出是原因之一。这是类似于脱轨的危险过程。为确保塔机顶升作业时“塔机不倒”，团队还研发了顶升横梁防脱装置，确保作业安全。

## 提升设备安全性和信息化水平

“它能实现塔机顶升过程的信息化、

该技术能实现塔机顶升过程的信息化、智能化、可视化、隐患预警、协调平衡等多项功能；司机室显示屏、套架显示屏均可实时显示塔机运行的数据、环境风力、顶升操作的信息和现场视频等，让司机和顶升作业人员实时掌握操作步骤、塔机配平状态、环境风力以及塔机的实时运行数据。

智能化、可视化、隐患预警、协调平衡等多项功能；司机室显示屏、套架显示屏均可实时显示塔机运行的数据、环境风力、顶升操作的信息和现场视频等，让司机和顶升作业人员实时掌握操作步骤、塔机配平状态、环境风力以及塔机的实时运行数据。”山东富友科技有限公司副总经理、总工程师，山东省起重机械健康智能诊断工程研究中心副主任李楠楠向记者表示，通

过司机室和套架作业的信息共享，改变传统“听指挥”的工作模式，司机全面掌握顶升工作过程，听到指令后可通过显示屏进行进一步判断，防止“听信号”不准确造成的安全事故。

上述技术以及其他5项技术对应的是行业痛点，也是发明专利的诞生点。

陆念力认为，四方产学研合作研发使得激光传感器验证及算法优化，终端设备联调，装机测试及监控系统开发等一系列环节都有专业力量介入，取长补短，搭配完成。

在国家推动智慧工地建设，实施建设施工全生命周期管理的大背景下，国内各高校与企业合作研发塔机的案例不在少数，呈现出各有特色之势。但专家们认为，眼前这个系统是唯同时拥有“塔机黑匣子”“吊钩可视化”“人员识别管理”“塔机防倾翻功能”和“顶升安全监控”“远程运维”等多项功能于一身的塔机。

“随着科技的发展和信息化水平的提高，对塔机智能化的要求越来越高，传统的安全管理方式越来越难以满足现实需要。”陆念力认为，将智能系统、远程信息系统应用到塔机顶升过程，提高了安全性和信息化水平，该系统将为行业向智能化转型提供强有力的技术支撑和产业支撑。