关注国家重点研发计划“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”重点专项②

加上高温高压 二氧化碳也能当发电“能手”

视觉中国供图

◎本报记者 马爱平

在日前闭幕的中央经济工作会议上，“做好碳达峰、碳中和工作”被列为2021年的重点任务之一。

在国家重点研发计划专项成果中，就有一批煤炭清洁高效利用和新型节能技术。科技日报记者从科技部高技术研究发展中心获悉，国家重点研发计划“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”重点专项部署的“超高参数高效二氧化碳燃煤发电基础理论与关键技术研究”项目，由华北电力大学牵头，取得重要突破。超高参数二氧化碳（简称sCO_2）燃煤发电系统采用高温高压二氧化碳代替水蒸气，实现动力循环和电力生产。项目最终完成发电效率51%的1000兆瓦（MW）级系统概念设计，为逐步推进大容量超高参数二氧化碳燃煤发电系统示范及应用奠定理论与技术基础。

与水蒸气发电相比，可实现快速升降负荷

为做好碳达峰与碳中和，中国承诺2030年左右使二氧化碳（CO_2）排放达到峰值，争取2060年前实现碳中和，这就需要大幅减少CO_2排放。

“一方面，发挥煤炭‘压舱石’作用，支撑清洁煤炭发电。另一方面，大力发展可再生能源，实现多能源互补，保证能源安全。”项目负责人、华北电力大学教授、教育部重点实验室主任徐进良在接受科技日报记者采访时表示。

可再生能源发电时大时小、不稳定，“变脸变得快”，导致弃风弃光现象的发生。煤炭发电要跟上这种“变脸”，就需要快速变负荷。

“超高参数二氧化碳煤炭发电由于热源温度高，相比于水蒸气发电机组，具有明显效率优势，减少了CO_2排放。同时，sCO_2发电机组设备少，体积小，机组惯性小，非常灵活，可实现快速升降负荷，这对于水蒸气发电来说是难以实现的。”徐进良说，sCO_2发电对于平衡电网负荷波动，保持供给侧和需求侧平衡，具有重要意义，是未来发展方向。

基于此，国家重点研发计划“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”重点专项中的“超高参数高效二氧化碳燃煤发电基础理论与关键技术研究”项目应运而生。

既考虑原始创新，又考虑工程落地需求

记者获悉，项目旨在研究解决超高参数二氧化碳燃煤系统能量梯级利用、热力学循环及热学优化理论，以及关键部件能质转换与传递机理的关键科学问题，突破锅炉燃烧及污染物控制、换热器、透平及一体化系统设计等关键技术。

为什么要设定如此的目标？

“在我国发展sCO_2燃煤发电过程中，基于我国国情及自主创新指导思想，走与国外不同的技术路线。我们既考虑原始创新，又考虑工程落地需求。”徐进良说。

在目标方面，我们要梳理sCO_2煤炭发电和水蒸气发电，在热力系统构建、关键设备机理、设计、制造及运行方面，哪些是相同的，哪些是不同的，重点要攻克哪些技术难题？

“针对关键技术突破，形成系统的热力系统构建、关键设备工作机理、以及经过实验验证的理论和方法，支撑我国sCO_2煤炭发电事业的发展。”徐进良说，通过研究，需回答采用sCO_2煤炭发电在节省煤炭资源、降低二氧化碳排放及经济性方面的优势，这些分析需建立在定量数据基础上。

在循环热力系统的构建上取得突破

徐进良介绍，项目实施分两个阶段，第一阶段是2019年的中期验收。第二阶段是从中期验收到目前。

第一阶段在sCO_2煤炭发电循环热力系统的构建上取得突破性进展。

“超高参数二氧化碳循环最初不是针对煤炭发电提出的。这个循环要用到煤炭发电上，出现了许多新的问题。在项目第一阶段，围绕循环流量大，锅炉管堵塞引起机组效率下降，以及如何实现烟气热量‘吃干榨净’等关键问题，项目提出了锅炉模块化设计以及能量复叠利用原理，彻底解决了循环构建方面的难题。”徐进良说。

第二阶段在关键部件能量传递转化上取得突破。

“最典型的是发现超临界流体的不均匀物质结构，颠覆了超临界流体具有均匀流体结构的常规认知，这一发现对于发展关键部件设计及运行技术意义重大，大幅提高关键设备设计精度并保证安全。”徐进良说。

超临界态是物质的一种状态，超临界流体在自然界和工程上广泛应用。项目关于超临界不均匀物质结构的研究也引起国际学术界关注，美国学者在发表的论文中，长篇幅正面引用及评价了本项目工作。

相比于水蒸气发电机组，sCO_2发电是一项颠覆性技术，涉及到许多关键技术的研发，商业化还需一段时间，但它代表能源动力行业的发展方向。

徐进良
项目负责人、华北电力大学教授、教育部重点实验室主任

“本项目的工作指导了工程实际，项目理论指导了在华北电力大学建立的超高参数二氧化碳实验设施的建设，该实验台压力高达26兆帕（MPa），而国际上超高参数二氧化碳数据集中在8MPa左右，难以满足工程实际的需求，该实验台的建立弥补了国际上超高参数二氧化碳传热数据的不足。”徐进良说，另外，本项目成果还指导了我国建设的小容量超临界二氧化碳煤炭机组的研发。

以能解决关键科学技术问题为检验标准

在徐进良看来，项目取得关键突破有三个原因。

第一是“反四唯”的结果，项目实施不以发表论文和专利为指挥棒，而以能真正解决关键科学技术问题为检验成果的标准。为此，项目组克服困难，大胆创新，取得好的效果。

第二是管理体制的改革，使项目实施更顺利。科技部实行“放管服”改革，简化了项目管理，减少了各类表格的填写，科研人员有更多时间思考科学技术问题和做研究，提高了研发效率。

第三是项目组实行了“挂图施工”，项目负责人严格按时间节点，督促项目组成员完成研发任务，保证质量，保证各课题间的数据交汇等。

对于未来项目的攻关工作，徐进良认为，相比于水蒸气发电机组，sCO_2煤炭发电是颠覆性技术，涉及到许多关键技术的研发，商业化还需一段时间，但它代表能源动力行业的发展方向。

徐进良建议，我国“十四五”期间，应围绕sCO_2煤炭发电，建设综合性关键技术及系统集成平台，验证已取得的sCO_2煤炭发电理论和方法，取得运行数据，系统评估材料的耐久性，评估sCO_2煤炭发电在经济及环保方面的优势，为建设商业化的sCO_2煤炭发电机组进行技术储备和奠定基础。

“同时，着手进行大型sCO_2煤炭发电机组发电的设计工作。地方政府和企业也积极加入sCO_2发电技术的研发行列，并开辟sCO_2太阳能发电、sCO_2中高温余热发电的新模式。”徐进良说。

种植“桂蕉9号”并结合防控措施，可使枯萎病发病率低于5%

抗击香蕉癌症，“桂蕉9号”出手

◎本报记者 刘 昊 通讯员 陈秀清

一片片郁郁葱葱的香蕉林染绿了大地。125亩的香蕉地里，“桂蕉9号”香蕉树长势良好，挂果整齐，蕉果累累，串串香蕉掩映在浓荫之中。

前不久，在广西南宁市西乡塘区金陵镇邓圩村定西坡，广西科技厅组织专家对广西重点研发计划项目“抗枯萎病香蕉新品种‘桂蕉9号’大田配套防病栽培技术研究”进行了现场测产查定。

“通过种植假植高龄大苗、促根壮苗、土壤调理及水肥调控等大田栽培技术，‘桂蕉9号’枯萎病发病率几乎为0，产量3492.7公斤/亩。”专家组认为，现场查定结果达到预期目标，枯萎病防控效果显著，为下一步大规模推广应用奠定了坚实的基础。

“具有广西自主知识产权的首个抗枯萎病品种‘桂蕉9号’的育成，是广西香蕉抗枯萎病品种选育的大突破，该品种具有稳定抗病性和生产适应性，生长周期与目前主栽品种相近，果品优、外观品质好，在广西乃至我国香蕉主产区具有广阔的应用前景。”1月15日，国家现代农业产业技术体系广西香蕉创新团队首席专家、广西农业科学院科技处处长韦绍龙研究员对科技日报记者说。

枯萎病袭来，香蕉产业受重创

香蕉枯萎病又称香蕉巴拿马病，被称为香蕉“癌症”。

韦绍龙介绍，香蕉枯萎病是由尖孢镰刀菌（古巴专化型）引起的一种传染性强、危害大、无法根治的香蕉土传病害，枯萎病发生严重的香蕉园区，香蕉成片枯黄、死亡，全园失收，蕉农损失严重。

2008年，因严重寒害造成南宁市蕉园香蕉大面积冻死，导致广西香蕉种苗供应不足，从海南、广东等香蕉枯萎病疫区调运种苗，香蕉枯萎病随之逐步扩散传播，南宁地区许多香蕉园感染了枯萎病。

“从2010年开始发病到2015年，短短几年间，南宁市约70%的香蕉种植区受其影响，全市香蕉种植面积从2009年的180多万亩，到2019年萎缩到了50多万亩，香蕉枯萎病已成为南宁市香蕉产业健康发展的最大威胁之一。”南宁市科技局有关负责人说。

病害发生后，南宁市科技局和相关科研部门迅速组织广西农业科学院专家到广西、海南等病区开展调研，于2011年下达了“抗枯萎病香蕉品种选育、繁育技术研究与示范”项目，支持广西农业科学院生物技术研究所及相关企业开展抗香蕉枯萎病新品种的选育和防控技术攻关。

为进一步提速枯萎病防控技术攻关，2012年，南宁市科技局下达了“香蕉抗枯萎病发生规律及综合防控技术研究”重大科技专项。

新品种育成，综合性状优异

香蕉种植是广西重要的农业支撑产业，选育适宜在广西等蕉区种植、抗（耐）香蕉枯萎病且高产、优质、生育期接近主栽品种的香蕉新品种是关键。

“首先，选育出来的香蕉新品种抗病性要强；其次，香蕉综合性状要好，比如口感细滑，香甜，果皮鲜黄；此外，广西冬季寒害天气比较频繁，香蕉生育期不能太长。”韦绍龙说。

在广西科技厅、广西农业厅、南宁市科技局等支持下，以韦绍龙为首席专家的香蕉科研攻关团队持续努力，运用多年收集到的抗（耐）枯萎病香蕉资源，应用组织培养芽变选育、盆栽接种病原菌选育、大田病穴种植筛选等多种抗病品种鉴选方法，经反复筛选获得抗（耐）枯萎病香蕉新品种“桂蕉9号”。

2020年7月，“桂蕉9号”获得由农业农村部颁发的植物新品种权证书，成为广西首个具有自主知识产权的抗枯萎病香蕉新品种。

广西农业科学院生物技术研究所副研究员李朝生表示，“桂蕉9号”是针对广西蕉区气候特点育成的抗（耐）枯萎病香蕉品种，对枯萎病表现出较强的抗（耐）性。在香蕉枯萎病重病区，在经轮作1—3年其他作物，种植“桂蕉9号”并结合有效的防控措施，其发病率可以控制在5%以下。

在邓圩村定西坡“桂蕉9号”的种植示范基地里，记者见到，采摘下来的香蕉果蔬整齐，果形美观。

“这125亩‘桂蕉9号’是新地种植，几乎没有发现枯萎病，还能提前上市，产量也不错，每株能收50斤以上，每斤按1.3元算，一亩最少也有4000多元的利润。对比普通品种，优势明显。”基地负责人卢绍谦介绍说。

形成技术体系，推广前景广阔

近年来，广东、海南等传统香蕉优势产区受枯萎病、市场、自然灾害等因素影响，种植面积大幅锐减。

“‘桂蕉9号’可在广东枯萎病区大力发展种植！”在现场观摩之后，来自广东的香蕉种植户们兴趣很高。

为进一步加快“桂蕉9号”的推广应用，南宁市科技局实施了“香蕉新品种‘桂蕉9号’中试”“香蕉枯萎病综合防控技术中轮作模式的研究与应用”等5项农业科技项目，投入科技经费315万元；2018年，广西设立“香蕉枯萎病综合防控技术研究与应用”创新驱动发展重大专项。

韦绍龙表示，通过持续科技攻关，2020年，团队创新集成多项“桂蕉9号”配套栽培技术，最终形成了“以‘桂蕉9号’为核心，以土壤调理为主线”的广西香蕉枯萎病综合防控技术体系。该技术体系在南宁、崇左、百色等地的枯萎病蕉园应用结果表明，病区种植“桂蕉9号”，第一代枯萎病发生率可控制在5%以下，第二代起可控制在1%左右。

国家香蕉产业技术体系首席科学家、中国热带农业科学院副院长谢江辉在参观考察“桂蕉9号”的种植示范情况后认为，“桂蕉9号”推广前景广阔，建议加快品种和配套种植技术推广。

秀成果

“南电监查01”交付 500千伏海底电缆有了全天候“保姆”

科技日报讯（记者**王祝华** 通讯员**宋印官 朱玉**）1月19日，南方电网公司首艘自主建造的海底电缆综合运维船“南电监查01”在海口交付使用。“这是国内首艘同时具备开展500千伏海底电缆高速巡航与低速检测的动力定位船舶，填补了国内海缆运维检测方面的技术空白。”相关负责人表示。

据介绍，海缆运维船总长49.9米，宽8.0米，最大吃水2.6米，总排水量421吨，最大航速20节，抗风7级。船舶配置DP1动力定位系统和水下遥控机器人等全自动化设备，船舶可续航距离1000海里，自持能力30天。

该船是针对琼州海峡高洋流、横向流、低能见度的复杂作业环境进行定向开发的海缆运维船，首次研发配备了海上宽带自动跟踪天线系统，实现海缆保护区无线路由通信，可全程自动跟踪两侧海缆终端站的定向发射信号，实时回传海缆应急处置和检测作业的视像、语音、文字、数据，实现海缆保护数据、指挥指令实时传达交流。

值得关注的是，海缆运维船所配套搭载的水下机器人系统是电力行业首个搭载检声学、光学、电磁检测设备进行海底电缆检测的机器人，可实现海缆路由和埋深带电检测，从而最大程度地了解500千伏海底电缆的水下运行状况，为采取针对性海缆保护措施提供科学依据。

据了解，海缆运维船投入使用后，将开展巡视、检测和应急工作，为海底电缆提供全天候“保姆式”保护。“新建的海缆运维船提升了抗风浪等级和出海作业安全系数，摆脱了过去依赖租用船舶巡维的方式，可随时开展巡视与检测工作，实现了专业化海缆保护巡维和自主检测等全过程管控。”南方电网海南联网二回项目管理有限公司总经理陈葵介绍。

“运维船在国内海缆运维领域属于首次创新使用，能够为南方电网同类检测、海上风电运维提供技术支持服务，同时对博鳌亚洲论坛、文昌卫星发射等重大国防政治保电、迎峰度夏、防台防汛、海南昌江核电安全运行等意义重大。”南方电网超高压公司海口分局党委书记汲广说。

海缆运维船在海上航行 宋印官摄

国内首次 上跨广深港高铁箱梁横移施工完成

科技日报讯（记者**龙跃梅** 通讯员**卢建建**）1月20日凌晨4时，赣（州）深（圳）铁路下行疏解线福龙路特大桥最后一片箱梁横移至既定位置，标志着由中铁四局承建的赣深铁路上跨广深港高铁箱梁横移施工全部完成。该现浇梁横移施工为国内首次上跨既有广深港高铁作业。

赣深铁路下行疏解线福龙路特大桥位于广东省深圳市龙华区，为单线桥，全桥长1650.21米。下行疏解线福龙路特大桥跨越既有广深港铁路，与铁路夹角8度，采用门式墩跨越。广深港高铁为珠三角地区繁忙的铁路干线，平均3分钟就有一辆动车通行，施工难度巨大。

20日凌晨0时40分，随着线路封锁，赣深铁路上跨广深港高铁箱梁横移开始施工，下行疏解线福龙路特大桥第13孔箱梁按照每分钟13厘米匀速滑动。

“箱梁横移施工简单来说，就是在铁路线上方设置一个可以滑动的轨道，用牵引系统拉着预先制作完成的箱梁横移、滑动到既定位置。”中铁四局赣深铁路11标项目总工程师乔福鑫介绍。

赣深铁路是京港高铁的最南段部分，是我国“八纵八横”高速铁路网的重要组成部分。

上跨广深港高铁箱梁横移施工全部完成 卢建建摄