

树立创新旗帜 推进全国科技创新中心建设

——“2017年北京市科学技术奖”获奖项目巡礼(三)

编者按 推动京津冀协同发展是党中央、国务院作出的重大战略部署。京津冀地区是我国创新资源最为集中、科技创新成果最为丰硕的区域之一,推动京津冀协同发展需要科技协同创新的引领。

近年来,北京市科委围绕“疏解”和“提升”两个维度,加快推进京津冀协同创新共同体建设,着力完善协同创新机制、建设协同创新平台、实施协同创新工程,围绕节能环保、新能源、高端制造等重点领域,支持三地创新

主体开展联合研发、成果转化和示范应用,逐步形成以区域协同为支撑的创新产业布局。

在2017年的北京科技奖获奖项目中涌现出了一批源于京津冀协同创新的获奖成果,聚焦解决区域生态环境和社会经济问题,体

现了北京在推动京津冀三地科技创新深度合作中的辐射带动功能,也体现了北京落实推动京津冀协同创新共同体的举措所取得的卓越成效。本期我们为您介绍其中的两个代表项目。

重构钛酸锂电池 “多快好省”存储未来

本报记者 申明

走进位于张北县的国家风光储输示范电站,可以看到在绿色的草原上,一排排高高耸立的白色风力发电机和闪闪发光的蓝色光伏板交相辉映。

这里是我国最大的风光储输示范工程,采用世界首创的风光储输联合发电建设思路和技术路线,是集风电、光伏、储能装置和智能输电“四位一体”的新能源综合性示范工程。

这个电站可以将“难预测、难控制、难调度”的风、光资源“储存”起来,并转化为优质可靠的绿色电能输入电网,并能在“平滑波动”和“削峰填谷”运行模式间灵活切换,在失去外部电网供电的情况下,储能电站可通过内部自启动能力,保持电网正常运行。

发展储能技术是促进新能源发电、提高电网安全稳定性的关键核心技术之一。在各种类型的电化学储能技术中,钛酸锂电池具有循环寿命长、安全性好等特点,很好的契合了电网储能的应用场景,但钛酸锂电池的高成本却不利于规模化储能应用。

对此,中国电力科学研究院联合多家单位,共同组建了“储能用低成本钛酸锂电池研制及系统集成技术开发与应用”项目组。经过多年研究,项目组针对储能应用需求,在原有钛酸锂电池的基础上提出了满足储能应用需求的钛酸锂电池材料体系及生产工艺重构原则与技术方案,研发出亚微米级钛酸锂电池。项目研制的储能用钛酸锂电池保持了长寿命本征特性的同时,成本大幅下降。在2017年北京市科学技术奖评选中,该项目获得二等奖。

新能源的下一个风口

储能被认为是新能源的下一个风口。作为未来推动新能源产业发展的前瞻性技术,储能产业在新能源并网、新能源汽车、智能电

网、微电网、分布式能源系统、家庭储能系统等方面都将发挥巨大作用。

“之所以发展储能,是因为光伏和风力发电,是间歇的、不稳定的,因此需要储能系统的配合,才能提供稳定可靠的电力。”中国电力科学研究院储能电池本体研究室主任杨凯告诉记者。

采用大规模储能技术,可促进可再生能源发展、提高电网安全性和稳定性、改善供电质量、有效缓解用电供需矛盾。

大规模储能系统贯穿电力系统发、输、配、用的各个环节,其应用既能提升传统电力系统的性能,也将给电网的规划、设计、布局、运行管理以及使用等带来革命性的变化,从这个意义上讲,储能技术是具有国家战略意义的技术制高点,发展储能技术其实就是“存储未来”。

锂离子电池里的一朵“奇葩”

据了解,储能技术主要分为机械储能、电化学储能、电磁储能和相变储能等。近几年,以锂离子电池为代表的电化学储能技术具有能量规模大、选址灵活、响应速度快等特点,符合电力系统技术需求和智能电网发展趋势,被各国研究机构作为研究重点,成为发展最快的电力系统储能技术。锂离子电池是一种“摇椅电池”,正负极由两种可多次脱嵌锂的化合物或单质组成。充电时,正极材料脱锂,锂离子进入电解液穿过隔膜嵌入负极,正极发生氧化反应,放电时则相反。

锂离子电池技术随着电池电极材料的研究一直处于快速发展的状态,目前已经从钴酸锂电池拓展到了三元系、锰酸锂、磷酸铁锂、钛酸锂等多种电池体系并存。以钛酸锂为负极的新型锂离子电池,突破了石墨作为

负极的固有局限性,性能显著优于传统的锂离子电池,成为最具应用前景的储能电池之一。为此,杨凯向记者介绍了钛酸锂电池能够脱颖而出的四大优点:

安全稳定性好。由于钛酸锂负极材料嵌锂电位高,在充电的过程中避免了金属锂的生成和析出,又因其平衡电位高于绝大部分电解质溶剂的还原电位,不与电解液反应,不形成固-液界面钝化膜,避免了很多副反应的发生,从而大大的提高了安全性。“储能电站和电动汽车一样,安全稳定性是极为重要的指标。”杨凯说。

快充性能优异。充电时间太长一直是电动汽车发展过程中难以跨越的障碍。一般采用慢充的纯电动公交车,充电时间至少要4个小时以上,很多纯电动乘用车的充电时间更是长达8个小时。而钛酸锂电池十分钟左右即可充满,较传统的电池有了质的飞跃。

循环寿命长。与传统锂离子电池普遍采用的石墨材料相比,钛酸锂材料在充放电嵌脱锂过程中,骨架结构几乎不发生收缩或膨胀,被称为“零应变”材料,避免了一般电极材料脱/嵌锂离子时晶胞体积应变而造成的电极结构损坏的问题,因而具有非常优异的循环性能。根据实验数据测定,普通磷酸铁锂电池循环寿命平均为4000—6000次,而钛酸锂电池的循环寿命可达25000次以上。

耐宽温性能好。一般电动汽车在-10℃时充放电就会出现,钛酸锂电池耐宽温性能良好,耐用性强,在-40℃到70℃均可正常充放电,无论是在冰封的北国,还是在炎热的南方,车辆都不会因电池“休克”而影响工作,消除了用户的后顾之忧。

正是基于以上这些优势,钛酸锂电池成为锂离子电池技术发展征程上一朵耀眼的“奇葩”。



位于河北张北县的张北风光储输示范工程

技术重构降低成本

最初的钛酸锂电池是以满足电动汽车动力电池需求而开发的,虽然国际上先进的钛酸锂电池企业已经开始涉足电力储能领域,但还没有出现专门为大规模储能应用设计开发的钛酸锂电池。

“钛酸锂电池在规模应用中面临的主要问题是成本问题,项目研发之初,其价格是磷酸铁锂电池价格的4—6倍。”杨凯说,钛酸锂电池价格居高不下,虽然性能显著优于现有锂离子电池,但是经济性因素极大的限制了钛酸锂电池的市场推广。

因此,钛酸锂电池要实现大规模储能应用,需要在现有的电动汽车用钛酸锂电池的基础上进行技术重构,包括材料体系、电池设计、

生产工艺等方面的技术重构,在保证钛酸锂电池长寿命本征特性的同时,大幅降低成本。

“我们不是平地起高楼,而是在电动汽车用钛酸锂电池技术基础之上,以满足储能应用需求为目标,对电动汽车用钛酸锂电池技术进行了技术重构。”杨凯说。

任何技术都不可能面面俱到,只需要找到各项技术指标间的平衡点。“储能电池对倍率要求并不高,放电倍率只需达到5C。”杨凯表示,“储能电池一般都放在房间里,温度相对恒定,对温度适应性的要求也不用太高。”“放弃一些性能,选择低成本,成为最重要的选择。”

项目团队对钛酸锂电池进行了成本分析后发现,这种电池成本高的根源在于材料。“钛酸锂电池用的是纳米材料,材料合成工艺和电池制备工艺复杂。”

由于纳米材料吸水性强,因此,生产环节必须要降低环境湿度,加大对厂房的除湿处理,并增加烘干程序,能耗显著增加。对此,项目团队决定在纳米材料上下工夫,他们经过反复试验,最终以低成本亚微米钛酸锂材料取代纳米钛酸锂材料,并以此为基础建立储能用钛酸锂电池材料体系。通过实验,材料粒径在0.8微米时,既能保证长寿命的特点,又能降低生产工艺控制的苛刻条件,从而降低成本。同时,还采用在性能、制造工艺、成本方面都具有优势的叠片式软包装结构取代环形结构和圆柱形结构。

“0.8微米是一个平衡值,粒径再增大些就会影响到电池寿命。”杨凯说。

这是从材料和电池结构的重构来降低电池成本,另一方面则针对匀浆、预涂层集流体、环境控制、电池制作工序等环节进行技术重构,降低电池成本。

“以前在电极材料的匀浆环节中,常规的搅拌工艺是先加溶剂,再烘干,能耗很高。研发团队将这道工艺改为高粘度搅拌工艺,减少溶剂使用量。”杨凯说。

在电极制作环节,项目团队将进口预涂层集流体改为自主研发的预涂层集流体;在电池制作工序上,取消了涂布前卷料烘干和注液前电芯烘干两个烘干工序。在电池制作的环境控制环节,将环境湿度由10%放宽到30%。“纳米材料一般湿度要控制在10%以下,磷酸铁锂则为30%,我们用亚微米材料在30%的湿度环境下制作电池,发现电池寿命几乎没受影响。”杨凯说,“经过测试,钛酸锂电池的循环寿命超过16000次,电池成本下降了30%。”

据了解,该项目的相关研究成果除了在“国家风光储输示范工程”项目中得到应用外,对于在北京—张家口举办的2022年冬奥会以及北京电动汽车产业的发展,也将发挥重要作用。

让“亚健康”的土壤再焕生机

本报记者 申明

俗话说,“庄稼一枝花,全靠肥当家”。对于北京的农民来说,这些年最深刻的感受就是“施肥简单多了”。

农户一登录“北京市土肥信息网”,3分钟就能打印出一张用肥的“电子处方”,并且可在与区土肥站订购专用配方肥,一步到位非常便捷。

“用这套系统后,农民可以知道自家地里缺什么,该补什么,也能知道什么作物应该用什么样的肥料,以及农作物的增产幅度。”北京市农业局土肥工作站站长赵永志告诉记者。

北京市土肥站利用GIS布点、GPS定位,设立了几百个耕地质量定位监测点,先后采集土壤样品77.8万个,建成信息总量超过1500万条的区域养分资源信息数据库,实现了全市耕地质量的动态监控。

据了解,这套智慧施肥数据库是北京土肥工作站研发“京津冀环境友好生态施肥关键技术研究与推广”项目的一部分成果。

“京津冀地区是农区,人口密集,农业生产和生态保护矛盾突出,制约着农业可持续发展。在一些优质农田区,因长期的垦殖、掠夺式的开采以及大量使用化肥和农药,造成土壤有机质含量下降,土壤板结,耕地质量呈下降态势,农产品产量与品质下降。”赵永志说。

对此,赵永志和项目团队针对京津冀地区农业生产施肥过量、环境压力大等突出问题,创建了环境友好生态施肥关键技术,并进行了推广应用。他们不仅让土地更有“活力”,还让农作物的经济效益大大提升。在2017年北京市科学技术奖评选中,该项目荣获三等奖。

土壤不能承受之重

土壤是农业的基础,直接关系到农业的可持续发展。中国用不到世界9%的耕地,养



靓丽农业景观吸引广大市民采摘、观赏



项目团队发明的草莓精准立体栽培法让农民喜出望外

活了全球21%的人口,创造了一个奇迹。但为了追求高产量,长期用化肥投入造成耕地养分失衡,基础地力薄弱,生态功能变差,退化加剧。

“我国从上个世纪80年代开始使用化肥,虽然在一定程度上增加了农作物产量,但是长期使用化肥让土壤早已‘亚健康’。以京郊为例,土壤盐渍化、板结、土传病害等问题十分严重。”赵永志说。

和很多地方的农民一样,北京的农民长期实行高投入高产出的生产方式,养成了“施肥越多越好”“施肥肥凭经验,后期追肥看庄稼长势凭感觉”“购买肥料只看价格,不看养分含量”等落后观念,不仅增加了生产投入,而且还带来了农产品安全和农业面源污染等诸多隐患。

据统计,2005年京郊氮磷钾用量达到14

万吨,约合每亩39公斤,远高于全国平均水平。化肥无论施用多少,也不可能全部被作物吸收利用,且使用量越大,作物所吸收的比例越少。这些未被作物吸收的部分,有的存于土壤之中,有的随降雨、灌溉和地表径流进入水体,形成面源污染;还有的挥发到大气之中造成空气污染。

在赵永志看来,土壤是一个完整的生物系统,爱护土壤要像爱护人类自己一样,不能只索取不回报。“农业必须重新审视土壤健康的重要性,合理施用有机肥,让处于亚健康和有‘病’的土壤重焕生机。”

测土配方施肥给土壤“望闻问切”

无论是为了提高农业生产能力,还是从

源头上解决食品安全问题,都急需加强土肥科技的创新支持。

“化肥并没有问题,我们不应‘谈虎色变’,错就错在使用方法上,应该精准地知道土壤缺什么,然后再补什么。”赵永志说。

据赵永志介绍,测土配方施肥的核心就是调节和解决作物养分需求与土壤养分供应之间的矛盾。有针对性补充作物所需的营养元素。作物缺什么元素就补充什么元素,需要多少补多少,实现各种养分平衡供应,满足作物的需要。破解了依靠大量增施化肥提高农作物产量的难题。

简单的说,测土配方施肥技术就是利用对土壤“望闻问切”,有针对性地补充作物所需的营养元素,最终改善农产品品质。

测土配方施肥可以简单地分为三个步骤,先取土样测定土壤养分含量,再经过对土

壤的养分诊断,按照庄稼需要的营养“开出药方、按方配药”,最后是科学施用配方肥。

“配方肥就好比是作物的‘营养套餐’”赵永志告诉记者,以草莓为例,通过改变“营养套餐”中的营养元素种类与配比,就可改变草莓的酸甜度,从而培育出多种不同口味的草莓。

据了解,北京市从2006年启动测土配方施肥以来,仅用3年时间就在全市主要作物生产上实现了全覆盖,很多专家称其“创造了一个农业技术推广的奇迹”。2006—2017年,测土配方施肥累计推广4276.74万亩,农作物增产124.66亿公斤,增收节支39.01亿元,化肥用量减少35%,累计减少化肥投入26.37万吨,折合减排CO₂43.88万吨,应用该技术生产出“配方草莓”“配方樱桃”“配方蜜桃”“配方苹果”“配方大桃”等优质高端农产品,不仅带动了农民增收,也丰富了市民的餐桌。

通过“测土配方施肥”技术,不但改良了蔬菜水果的口味,也降低了盲目施用化肥的弊端,从而对土壤质量进行了改良和障碍因子修复,减少了面源污染。2009年以前,北京每亩耕地施化肥达100公斤,现在减少到每亩施用60公斤,肥料利用率提高了9%,为郊区发展低碳农业奠定了坚实基础。

将技术简化成“一袋子肥”

在许多人看来,测土配方施肥原理简单、操作方便,无非是科技人员对土壤和作物“望闻问切、开出药方”,企业“照方配药”,农民“按方用药”。其实,要让测土配方施肥技术的效用真正落地并实现最大化,并不是一件简单的事情。

农民使用配方肥料是测土配方施肥技术的落脚点和关键点。但肥料生产企业和用肥

的农民都没有测土配方施肥技术,而技术推广部门又不生产肥料。

这种肥料与技术相互分离的状态,成为制约测土配方施肥技术推广的最大障碍。为此,项目团队将“专用配方”交付到肥料企业,企业“按方”生产配方肥,从而将测土配方施肥技术物化成一袋子肥,新技术得到了应用推广。

水肥一体化技术是将灌溉与施肥融为一体的农业新技术,是借助压力系统将可溶性固体或液体肥料,按土壤养分含量和作物种类的需肥规律和特点,配兑成的肥液与灌溉水一起,通过可控管道系统供水、供肥,使水肥相融后,通过管道和滴头形成滴灌、均匀、定时、定量、浸润作物根系发育生长区域。该技术通过人为定量调控,满足作物在关键生育期“吃饱喝足”的需要。

为推广新技术提供有力的政策支持,项目团队根据农业生产和环境保护需求,联合政府部门、科研院所、推广单位和肥料企业,不断地进行科技创新,研发适合区域生态环境、产量、质量并重的生态施肥技术,并将成果物化,转化成“一袋子肥”,极大地提升了土壤肥力的科技创新能力;同时,项目技术推广单位在多年的推广实践中,不断探索和革新推广模式,实现了技术向农民的实时、无缝、快速传输,大大提高了土肥体系的社会服务能力。

据了解,仅2015—2016两年间,项目在京津冀累计推广5663.76万亩,节省化肥投入18.56万吨,降低温室气体排放225万吨,增加农民纯收入59.18亿元。

“成果显著提高了全社会对环境友好生态施肥理念与技术的认识,提升了土肥体系科技创新与社会服务能力,为京津冀农业生态环境政策制定与实施提供了依据,生态、经济和社会效益显著。”赵永志说。