



视觉中国供图

**编者按** 为夯实产业基础研发能力,解决新能源汽车产业关键技术问题,国家重点研发计划“新能源汽车”重点专项应运而生。目前该专项已形成了一批具有国际前瞻性和领先水平的科技成果。

本报今日起推出该项目优秀成果系列报道,展现项目的攻关历程及其取得的重大突破。

# 智能充电网让新能源汽车“加速跑”

关注国家重点研发计划“新能源汽车”重点专项①

◎本报记者 王健高 通讯员 梁太宏 崔维兵

历时4年多的科研攻关,由青岛特锐德电气股份有限公司牵头,华北电力大学、中国汽车技术研究中心、天津力神集团、CATL、宇通客车、重庆长安等国内多个领域优势高校、企业参与的国家重点研发计划“新能源汽车”重点专项项目“安全可控、能源互联、开放互通的智能充电网研究与应用示范”通过项目综合绩效评价,对推动我国智能充电网的市场化推广应用具有重

要意义。

青岛特锐德电气股份有限公司董事长于德翔在接受科技日报记者采访时表示:“项目成果智能充电网在全国运营服务城市已达344个,已成立127家城市运营公司,为超200万辆电动汽车的充电服务提供技术支持。示范效果表明,智能充电网项目成果具有良好的车桩兼容性、环境适应性和安全稳定性。”

## 电动汽车充电面临三方面问题

随着全球能源危机深化和环境治理意识增强,各国政府均将电动汽车产业上升到战略高度。公安部交管局对外公布的统计数据显示,截至2021年3月,全国新能源汽车保有量达551万辆。其中纯电动汽车保有量449万辆,占新能源汽车总量的81.53%。

随之,中国也成为充电基础设施发展最快的国家。据中国电动汽车充电基础设施促进联盟统计,截至2021年3月,联盟内成员单位总计上报公共充电桩约85.1万台。

与此同时,电动汽车的快速发展也带来了一系列挑战,其中充电安全问题尤其引人关注。电动汽车数量增多,充电需求明显增加,而充电安全事故时有发生,其中充电设备和动力电池是事故发生的两大主体。当前我国对充电设备和电池的安全考核处于满足相关标准的层面,尚缺乏完善的考核评价指标。对充电设备充电安全事故预警与保护采取的措施,也需要相应的评价方法。

此外,随着电动汽车充电运营服务的技术创新,以充电网络为平台,使用App进行充电付费

的方式渐渐替代了使用充电卡的付费方式。随着运营服务业务的深入和电动汽车充电需求的增长,App被赋予越来越多的增值服务功能。而不同类型的公司在设备生产制造、充电网络建设、平台开发、服务运营等方面,形成了分工协作、不断竞争的产业体系。

但随着各运营商充电卡和充电App的发售,不同运营商的充电卡和App无法实现共享和通用。为获得相对便捷的充电服务,电动汽车用户不得不申请多个充电运营商的充电卡,下载注册多个App。因此实现不同运营商充电设施的共享与互联互通,在电动汽车发展和充电设施建设过程中显得十分必要。

“标准缺失,配套政策不完善,基础设施建设相对滞后导致电动汽车充电过程中安全问题突出,阻碍了我国电动汽车产业成长的步伐。”于德翔表示,研发团队从充电设施主动性安全防护出发,结合云平台大数据对充电记录的历史追溯等全寿命管控方案,为解决充电安全、充电需求融合及数据互联开放的问题提供了有效的方法。

键指标异常时,无法提前诊断和预警的问题以及充电方式单一导致的电池使用寿命衰减过快的问题,研发团队在参考与电动汽车充电相关

控制系统三大核心部件组成,精密减速器是工业机器人中最关键的功能部件,也是目前制约我国机器人产业发展的瓶颈之一。

“打个比方,如果把工业机器人当成人的手臂,减速器就是手臂的关节。”王家序说,减速器是连接动力源和执行机构的中间机构,具有匹配转速和传递转矩的作用。工业机器人需要高强度重复运动,关节的好坏就决定了工业机器人动力传动与运动变换的精度、可靠性和使用寿命。在机器人的总成本中,减速器的成本占到了三成以上。

工业机器人关节主要有RV减速器和谐波减速器两种。长期以来RV减速器一度被日本的纳博斯克公司垄断,谐波减速器一度被日本的哈默那公司垄断,严重制约了国产工业机器人的产业发展。

与机械传动打了一辈子交道的王家序,一直以敢闯敢拼闻名。面对国产机器人发展急需的精密减速器,一直从事减速器研究的他,2005年带领团队开始了科研攻关,瞄准的是高可靠精密谐波减速器。

王家序说,谐波减速器具有体积小、质量轻、传动比高、精密度高优势,在轻负载精密减速器领域占有主导地位,不过谐波减速器

的标准后,对模块电路控制保护、谐波抑制、电池状态监测、充电设施主动防护电池安全预警、安全充电评价等方面进行了技术研究,最终研发出CMS主动柔性智能充电系统,设计研制了适应规模化充电的设备,提出了适用于充电基础设施运营服务的一体化安全充电综合评价方法。

当车在新研发的智能充电网上充电时,充电网将对其进行19个模型、27个维度的安全检测。通过对充电设备防护+数据防护的双重防护,在空间上,充电网的管理系统从传统的新能源汽车电池管理系统(BMS)扩展到充电设备侧和大数据侧;在时间上,充电网运营侧贯通了车辆的历史数据,同期打通了同类型车数据,构建了多角度、多维度、系统化的电动汽车充电安全模型,使得充电过程,在对汽车安全防患做到可监视、可预警、可控制、可追溯方面迈出了坚实的步伐。经数据比对分析,充电网可预防73%的烧车事故。

在于德翔看来,充电网是汽车充电的未来。他认为,充电桩是把电充到车里的一个物理插头,而充电网则是把一个区域里,几十个、几百个充电桩做了一个物理化的连接和智能化的改造,当电动汽车保有量达到一定程度时,在充电高峰期势必会对配电网形成冲击,因此建设智能充电

## 产学研用融合助力城市碳中和

在武汉公交藏龙岛充电站,利用智能充电网实施错峰充电。同一公交充电站实施错峰充电策略后,一天的平均电价从0.8075元下降到0.4286元,一个月可节省电费3万余元,成本下降接近一半。

这个应用场景只是项目推广的一个缩影。项目成果应用不仅能够满足大规模电动汽车充电,协助电网削峰填谷,同时还能消耗弃风、弃水、弃光,实现新能源车充新能源电,减少火电,减少雾霾,降低新能源汽车用电成本。

电动汽车+充电网是实现碳中和的最佳路径之一。于德翔解释说,电动汽车不烧油就不排碳,充电网既成为电动汽车的技术支撑,同时又把每个车的电池连接成一个巨大的储能网,发挥大规模消耗光伏、风电、水电等新能源的潜力。

“智能充电网是产学研结合、协同创新、集

网是解决大规模电动汽车充电的主要途径。

于德翔介绍,“安全可控、能源互联、开放互通的智能充电网研究与应用示范”项目正是基于充电桩设备,在配网端建立了充电网,通过调度管理形成智能充电方案,即根据用户习惯分时间段给车分批充电,保证用电的平稳,减少无序充电对电网的冲击,充电效率和安全系数相比单个充电桩大大增强。

“充电网大数据需要大的平台来支撑,我们每天收集的数据达到9太字节(TB)之多。”于德翔介绍,到目前为止,他们的用户已经达到350万人以上。对此,项目建立了基于云技术的充电网互联互通数据平台。通过建立开放数据平台,与充电运营商、政府监管平台、车辆运营商、互联网平台实现了互联互通,将多项充电业务集成到第三方平台和App客户端中。

于德翔介绍,把数据网、能源网、物联网和设备网这4层网糅合在一起的充电网数据平台除了包括充电电费的数据外,还包括了电网数据、电动车BMS数据、汽车驾驶数据和充电行为数据。基于大数据又衍生出更多业务线条,如为车主提供用户数据分析、车辆诊断、维修、保养、配件、保险等数据增值服务,同时还可为整车、电池厂商等产业链上下游企业提供产品设计、优化、评估等综合服务。

成创新的成果。”于德翔表示,在整个项目实施过程中,科技部在项目管理和服务上做好顶层设计、方案优化、政策辅导,并组织了咨询专家组为项目团队提供技术攻关咨询指导服务,推动了项目的充电设施建设、运营、示范等目标的实现。

于德翔介绍,在项目执行期内,研发团队在专利、论文、标准和软著方面取得了一批代表性成果。由国内工业互联网领域骨干企业、科研院所和著名高校组成的课题项目成员单位,在项目实施中充分发挥联合科研和多专业优势,在政、产、学、研、金、用等方面紧密合作。

对于智能充电网的未来,于德翔表示,随着我国电动汽车保有量规模持续攀升,智能充电网作为新能源的基础性设施,将伴随新能源汽车规模化发展,发挥出其巨大的经济效益和社会价值。

研究基础上,通过啮合原理、界面力学、传动摩擦学、系统动力学和材料科学等多学科创新优化设计研究,系统攻克了精密谐波减速器设计、制造、测试、试验评价技术,建立了共轭参数驱动的圆弧齿廓谐波传动设计、分析与测试评价体系,成功研制出短杯、超短杯和礼帽型的全系列高可靠精密谐波减速器,形成了3万台套以上的谐波减速器年生产规模,完成了近1万台套的谐波减速器销售规模。高可靠精密谐波减速器产品已推广应用于工业机器人,卫星指向机构、扫描机构、展开机构、控制力矩陀螺等空间机构,以及无人机等装备。

经过专家组验收认定,该项目攻克了谐波减速器这一工业机器人核心基础部件的设计、制造、测试、试验评价以及批量生产、装配过程中产品可靠性和一致性等关键共性技术,形成了具有自主知识产权并达到国际先进水平的高精度、高刚度、高可靠、长寿命、高效率、低噪声、高功率密度的机器人谐波减速器。为提高我国企业自主创新能力,大跨度地提高国产工业机器人技术水平,提升我国工业机器人核心竞争力,满足我国先进制造和战略新兴产业等工程领域对国产工业机器人产业化发展的重大需求提供了关键技术条件支撑。

## 成果播报

### 多资源综合利用技术 提高稀土资源开采效率

**科技日报讯** (记者张景阳 通讯员李宝乐)记者4月23日从包头稀土研究院获悉,该院自主研发的“混合稀土精矿硫酸浆化分解”工艺从根本上解决了稀土冶炼过程产生的废气、废水治理难度大,资源浪费,化工原料消耗大等问题,实现了稀土及共生镭、磷等资源的绿色高效提取与高值化利用。

包头稀土研究院湿法冶金研究所副所长崔建国告诉记者:“目前我们技术的多项核心发明专利获得授权,国际专利通过PCT途径获得美国、日本和欧盟地区受理,整体技术指标处于国际领先水平,被行业多名专家评价为颠覆性技术。”

近几十年来,混合稀土精矿冶炼一直采用浓硫酸高温焙烧分解工艺处理。“这种技术虽然可以实现短流程提取稀土资源,却也将磷、铁等资源留在废渣中,同时形成成分复杂的硫酸盐废水与酸性尾气,加大了‘三废’治理难度。”崔建国坦言,镭、磷等共生伴生资源综合回收以及酸碱循环利用等关键技术难题,已经成为制约稀土行业可持续发展的瓶颈。

混合稀土精矿硫酸浆化分解工艺采用浓度弱化与矿酸(碱)比提升的协同效应,并辅以循环分解强化技术,用硫酸溶液与氢氧化钠溶液分别分解含镭与含磷矿物,在提取稀土的同时,实现共生镭、磷、硅等资源综合回收及酸碱循环利用,是一种多资源综合利用新技术。

白云鄂博混合稀土精矿主要是由氟碳铈矿与独居石组成,是全球公认难选难冶矿物之一。包头稀土研究院湿法冶金研究所研究员王哲介绍,他们应用该技术处理白云鄂博混合稀土精矿,发现用硫酸浆化分解可以选择性地优先分解氟碳铈矿,控制独居石中镭小于0.5%,每吨稀土氧化物产品硫酸消耗小于1.25吨。放射性废渣渣量大幅减少,分解回收磷副产品制备得到高反射率材料。同时实现酸、碱液循环利用。

该工艺不仅适用于白云鄂博稀土精矿,也可应用于四川氟碳铈矿、美国芒廷帕斯混合稀土矿以及白云鄂博低品位重晶石矿。

目前,浆化分解项目已在北方稀土集团公司建设年处理量为1000吨的中试线。随着扩试研究不断推进以及对工艺各环节衔接问题的逐步解决,该技术应用面将更加广阔,社会经济效益将更加显著。

### 新型催化剂 实现二氧化碳高效转化

**科技日报讯** (记者郝晓明)温室气体二氧化碳(CO<sub>2</sub>)是诸多化学反应的最终产物,其过量排放会加剧全球平均气温上升,给生态环境带来巨大压力。如何高效转化利用CO<sub>2</sub>是能源化工领域研究的热点和难点。记者4月23日从中国科学院大连化物所获悉,该所研究员邓德会团队与厦门大学教授王野团队合作,在CO<sub>2</sub>催化加氢制甲醇研究中,首次利用富含硫空位的少层二硫化钼(MoS<sub>2</sub>)催化剂,实现了低温、高效、长寿命催化CO<sub>2</sub>加氢制甲醇。

该研究历时近6年,其MoS<sub>2</sub>催化剂的活性与选择性均显著优于金属氧化物催化剂,显示出优异的稳定性,为实现低能耗、高效率的CO<sub>2</sub>转化利用开辟了新途径。相关研究成果已发表在《自然·催化》上,并以“不同寻常的空位催化”为题,刊发了专家评述文章,对该项研究给予高度评价。基于可再生能源的绿氢(H<sub>2</sub>)反应制备甲醇是CO<sub>2</sub>变废为宝的重要途径之一。通常,传统的金属氧化物催化剂需要300摄氏度以上的反应温度,同时常伴随严重的逆水煤气变换反应,导致大量副产物——一氧化碳产生。

“在金属氧化物催化剂中引入过渡金属组分可以促进H<sub>2</sub>的活化从而降低反应温度,但容易导致CO<sub>2</sub>过度加氢产生甲烷,从而降低目标产物甲醇的选择性。”大连化物所科研人员说,CO<sub>2</sub>低温高效加氢制甲醇急需新的催化剂体系。

值得一提的是,在实验室小试中,CO<sub>2</sub>在180摄氏度下的单程转化率可达12.5%,甲醇选择性高达94.3%,显著优于此前报道的金属和金属氧化物等传统催化剂,其性能也能稳定维持3000小时而未见衰减,表现出优异的工业应用潜力。

德国卡尔斯鲁厄理工学院教授Felix Studt表示,CO<sub>2</sub>高效转化利用是实现碳达峰、碳中和的重要一环,该研究揭示了二维MoS<sub>2</sub>的硫空位在催化反应中的应用潜力,为开发CO<sub>2</sub>加氢新型催化剂提供了新思路,有望为二氧化碳加氢制甲醇的工业应用带来巨大的效率提升。

### 海中“透视眼” 快速定位海底电缆故障

**新华社讯** (记者黄筱)4月20日,在浙江省舟山市鱼山岛海域,通过刚刚投入使用的新磁量海缆故障检测装置,海缆检修船成功获取海底电缆运行数据。该装置就像是海缆运维人员的“眼睛”,能够捕捉海底磁场信号,诊断海底电缆运行状态,实现故障快速定位,提升舟山群岛供电可靠性。

浙江舟山群岛海域面积2.08万平方公里,海底电缆总长达1385公里,各个常住人口岛屿间主要通过海底电缆实现联网通电。在东北极岛等偏远海岛,海缆一旦被船只撞断,全岛就可能陷入数十天的停电,严重影响生产生活。

磁量海缆故障检测装置为长约1米的火箭状设备,通过数据线缆与检修船相连。当海缆检修船在海面上拖着该装置航行时,水下的检测装置持续采集海底电缆发出的磁场信号,将电磁场数据回传至电脑终端,并根据算法自动得出海缆电流数据及其位置信息,实现海缆精准定位。

与传统检测装置用线圈作为传感器相比,磁量海缆故障检测装置的传感器是矢量磁力仪,能够实时显示与电缆的相对方位,修正船只测量路线,相当于多了个“智能导航”。“就像是隔着几十米的海给海底电缆做‘核磁共振’,根据水下成像精准找到海缆异常点。”该装置研发技术负责人张磊表示。海缆打捞检修,第一难在故障定位,广阔的海域、复杂的海况以及水文变化给海缆打捞检修带来了极大的困难。“目前国际上海缆平均修复时长在42天左右,海缆故障定位往往要一周以上,利用磁量海缆故障检测装置,寻找海缆故障点能缩短一半左右的时间,大幅提升海缆检修效率。”张磊介绍。

◎本报记者 雍黎

我国工业机器人核心基础部件一直受制于人的情况正被扭转。4月22日,记者从重庆大学获悉,在该校机械传动国家重点实验室王家序教授的带领下,其高性能机电传动系统教育部创新团队系统攻克了谐波减速器正向设计分析、测试评价体系的共性关键技术,成功研制出高可靠精密谐波减速器系列化产品,通过产学研合作建立了年产3万台套以上谐波减速器系列产品的生产线,实现了工业机器人核心基础部件的国产化,打破了日本在这一领域的垄断。

据悉,该项目属于“863计划”先进制造技术领域“工业机器人核心基础部件应用示范”主题项目,王家序教授为主题项目首席科学家,项目已经通过科技部专家组验收。

## 减速器是工业机器人关键部件

工业机器人的研发、制造与应用是衡量一个国家科技创新和高端制造实力与水平的重要标志。工业机器人主要由减速器、伺服电机及

技术壁垒高,要实现谐波减速器的自主研发和国产化,就要突破齿形设计、材料、加工技术、测试评价等方面的关键技术瓶颈。

## 提升我国机器人核心竞争力

在机械传动国家重点实验室,记者看到了应用了重庆大学自主研发的谐波减速器的机器人。“它已经在这里运转了6000小时,精度度和使用寿命达到日本同类机器人水平。”王家序解释说,谐波传动通过薄壁柔轮变形使齿轮分度圆变成椭圆实现多齿啮合,从而提高传动高精度、刚度与承载能力。谐波减速器柔轮的高弹性变形特性使得啮合齿形的精确设计与修形十分困难,齿面易产生磨损,精度保持性差。另外柔轮加工工艺性差,在周期交变应力左右下容易发生疲劳断裂,也使高精度与高刚度、高可靠之间的调控成为突出矛盾。因此,谐波传动通过薄壁柔轮变形的原理对设计及加工工艺提出了非常苛刻的技术要求,这也是制约国产谐波减速器性能提升的主要原因。

针对上述问题,王家序带领团队根据国家重大需求,瞄准学科发展前沿,在长期坚实的

的攻关历程及其取得的重大突破。