

换电产业构筑新能源补能新生态

国家能源局发布的全社会用电量数据显示,4月,充换电服务业用电量为137亿千瓦时,同比大涨61.9%。中国充电联盟数据显示,截至5月初,全国换电站总量超6000座,1月至4月新增约1000座,同比增速超40%。数据所表达的正是国内充换电基础设施持续扩容,产业规模实现跨越式增长。

行业赛道格局逐步明朗。其中乘用车换电布局覆盖私家车、网约车等主流民用场景,依旧占据市场主导地位;重卡换电凭借适配性强、补能效率高的优势,有效解决电动重卡充电慢、续航不足、用车成本偏高等行业痛点,迅速切入港口、矿区、干线物流等重载应用场景,成为产业全新增长极。

实现开放共享

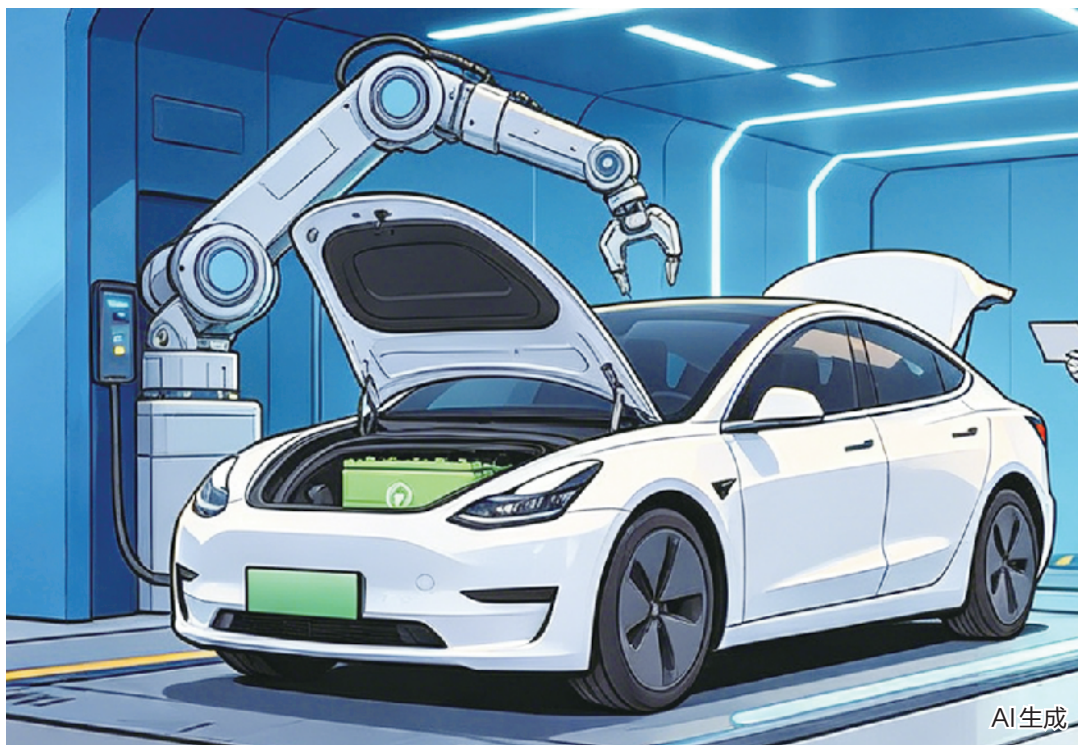
在重庆巫山高速服务区,纯电动重卡驶入骐骥换电站,5分钟即可完成全自动换电,满电续航开启干线物流运输;厦门体育中心巧克力换电站内,乘用车主无需下车,99秒便能极速补能、便捷启程……高效补能场景在各地落地开花,成为我国换电产业规模化、商业化普及的生动缩影。

当前,新能源产业链龙头企业纷纷布局,形成换电网络扩容、技术迭代升级、产业生态共建的立体格局,为行业高质量发展注入强劲动能。

3月20日,宁德时代牵头联合车企、设备企业,组建换电标准创新联合体,发布国内首个《纯电动乘用车螺栓式换电系统互换性技术要求》,统一电池包、机械连接、电气接口、通信协议等核心标准,有效打破不同品牌间的发展壁垒。

截至5月7日,蔚来旗下换电站总数达3839座,其中高速换电站1035座。公司还联合宁德时代参与换电国标制定,全力推动跨品牌电池兼容互通。

宁德时代4月中旬与奇瑞签约共建4000座换电站。截至5月初,宁德时代旗下时代电服科技



有限公司(以下简称“时代电服”)已建成1470座换电站,覆盖99座城市。

此外,广州汽车集团股份有限公司携手宁德时代深化技术协同,以标准化电池模块降低适配成本,并联合京东创新三方共建模式,分摊重资产投入,加速换电网络落地,实现产业链多方共赢。奥动新能源股份有限公司(以下简称“奥动新能源”)、易易互联科技有限公司等第三方运营商深耕区域市场,与头部企业互补共生,推动换电生态普惠化升级。

宁德时代战略发展总监彭益生表示,过往行业以车企封闭自营为主,标准各自独立、难以形成规模效应,制约行业普及。如今“车企+车企+第三方平台”开放生态加速成型,产业分工持续细化,换电正从品牌专属服务向全行业普惠服务转型,车电分离模式进一步拓宽市场边界,已有超20家主流车企入局,行业迈入协同发展新阶段。

破解技术与盈利痛点

今年新能源汽车相关政策持续发力,对换电

产业的扶持力度不断加大。换电车型购置税优惠政策稳步落实,实行不含电池车价计税方式,有效降低消费者购车成本,助力车电分离模式落地推广。3月,县域充换电设施补短板试点启动,换电设施按3倍标准桩折算,获得重点支持。

换电产业规模化发展步伐加快,行业赛道格局逐步明朗。其中乘用车换电布局覆盖私家车、网约车等主流民用场景,依旧占据市场主导地位;重卡换电凭借适配性强、补能效率高的优势,有效解决电动重卡充电慢、续航不足、用车成本偏高等行业痛点,迅速切入港口、矿区、干线物流等重载应用场景,成为产业全新增长极。

宁德时代旗下时代骐骥聚焦干线物流赛道,2025年已建成305座重卡换电站,补齐国内干线物流换电网络缺口,同时计划2026年将站点扩容至900座,全面织密全国核心物流通道换电网络。

行业高速发展背后,发展瓶颈同样凸显。换电行业属于重资产行业,站点建设投入大、日常运营成本偏高,盈利难题成为制约产业长远发展的核心阻碍,多数换电运营商长期陷入亏损困境。以奥动新能源为例,其招股书数据显示,

2022年至2025年上半年企业累计亏损超20亿元,直观反映出整个行业的盈利困境。

时代电服能源发展部总经理曲国俊表示,通过车电分离模式,既降低了用户购车成本,也让电池成为可循环增值资产,运营商可通过电池租赁、梯次利用拓宽收益渠道。同时,加油站共建站点、光储充换一体化等新模式落地,依托峰谷电价套利、绿电自发自用压降运营成本,多重路径助力行业实现盈利破局。

打通交通与能源融合

随着科技快速发展,换电产业价值早已超越车辆补能本身,其分布式储能属性成为促进交通与能源领域融合的关键载体。

今年年初,昆明长水国际机场光储充换一体化示范站正式投运,站点集成光伏发电、储能、充换电、智慧运营等六大功能,搭建起“源-网-荷-储-服”全闭环能源体系,成为大型交通枢纽能源综合利用标杆。

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强表示,光储充换一体化已成为交通能源融合的核心载体,这类项目依托换电储能与车网互动能力,平抑电网波动、提升绿电消纳比例,实现交通与能源深度融合,为交通枢纽、产业园区、公共场景的能源一体化建设提供可复制范本。

据了解,宁德时代计划2026年底累计建成4000座超换一体站,携手产业链伙伴共建共享补能网络,预计2028年底落地超10万座基础设施。该公司预判,至2030年国内补能市场将形成换电、家充、公共充电三分格局。

林伯强提出,换电产业的深度发展正重构新能源价值体系。在能源层面,充换电站作为分布式储能单元,可平滑新能源发电波动,增强能源供给稳定性;在产业层面,推动电池、车企、能源企业跨界融合,形成分工明晰、协同高效的全新产业生态。

曾几何时,换电产业深陷重资产投入大、行业标准杂乱、落地推广受阻等争议,一度陷入瓶颈;如今,依托规模化落地、标准化升级、生态化布局实现弯道超车,换电产业逐渐成长为新能源补能体系的核心赛道,交通能源融合发展的重要载体。随着政策持续落地、技术迭代升级、产业生态不断完善,换电产业将持续释放增长动能,成为我国新能源产业高质量发展的全新引擎。

据《证券日报》作者:李婷

“逐日工程”取得重大突破 太空无线充电站不再是梦

从为单一设备“精准投喂”,到为一群移动目标“雨露均沾”,我国的“逐日工程”迈出关键一步。

近日,中国工程院院士、西安电子科技大学教授段宝岩率队自主研发的一对多目标微波无线传能地面验证系统取得重大突破,在百米级距离实现了千瓦级的直流输出功率,直流-直流传输效率达到20.8%,波束收集效率高达88%。

这项瞄准太空的“大国重器”如何工作?未来能给人们带来什么?

空间太阳能电站采用微波辐射传能

“逐日工程”是西安电子科技大学牵头论证的空间太阳能电站项目,其核心技术方案正是段宝岩院士团队提出的“欧米伽”方案。形象地说,它像一口悬在太空中的“大锅”。这口“大锅”由聚光镜和位于中央的光伏电池阵组成,负责收集太阳光并转化为电能,再通过发射天线将电能以微波形式传回地面。

那么,它和手机无线充电是同一个原理吗?“原理不尽相同,技术难度更是不可同日而语。一个是‘隔空充电’,一个是‘天地传输’,差了百万倍。”西安电子科技大学机电工程学院副教授钱思浩表示,手机无线充电依托电磁感应实现,传输距离只有几厘米;而空间太阳能电站采用微波辐射传能,距离是几百公里甚至上万公里。

段宝岩曾比喻,空间太阳能电站就是轨道中的“太空充电站”,只不过这个“充电站”不是插头接口,而是用微波波束“照”着目标供电。

设备如何“减肥”又“分身”?

公开消息称,团队在“发射与接收天线集成化、小型化与轻量化上取得关键进展,为设备的太空部署奠定了基础”。这关乎一个核心问题——如何把笨重的地面设备“瘦身”后送上天?

“地面验证系统有75米高的支撑塔,但上天的设备必须轻、必须小。”钱思浩说,团队通过一体化集成设计,将多个功能模块压缩到更小的空间内,同时大幅减轻重量,这才有可能将其用火箭发射到太空。

至于“分布式”设计,西安电子科技大学机电工程学院教授李勋解释:“最早我们设想的是一个巨大的球面聚光镜,但一旦被太空碎片击中,整个系统就可能报废。”

现在改为“分布式”——把一个系统拆成若干个小模块,采用编队飞行模式。“即使个别模块坏了,也不影响整体性能,可靠性大大提高。同时,分布式设计还能降低电压,避免太空高压放电的风险。”李勋说。

实现从“单目标”到“多目标”跨越

2022年,当段宝岩带领团队研制的全球首个全链路全系统空间太阳能电站地面验证系统通过验收时,系统实现的还是“一对一”的微波功率无线传输。仅仅几年后,团队便实现了从“单目标”到“多目标”的跨越。

“从‘一对一’到‘一对多’,是全方位的系统级技术提升。”钱思浩介绍。在“一对一”模式下,接收天线是静止的,而一旦目标变成动态的多个,便意味着发射天线必须在接收天线运动过程中,能量波束需实时精准指向每一个移动目标。

实验初期,目标丢失、波束打偏是家常便饭。“通信延迟导致数据跟不上,接收天线明明在这个点,我们的波束却打到了那个点上。”钱思浩回忆说。

团队为此开发了基于反向波束导引的精确闭环控制系统。李勋打了个比方:“哪个设备‘喊饿’了,系统自己会发射一个导引信号。发射端接到信号,就能实时解算出设备的相对角度,然后把能量精准地‘扔’过去。”这一技术使得系统能为多个移动目标供电,有效避免了能量争抢。数据显示,在时速30公里、距离30米条件下,无人机微波无线传能已实现143瓦稳定接收。

那么,远程充电损耗有多大?20.8%和88%这两个数字就是答案。“从1.0版本的15%左右,提升到2.0版本的20.8%,每提高一个百分点,背后都要付出巨大的努力。”钱思浩说。

李勋补充道,效率提升靠两招。一是“打得准”。团队通过波形优化与高精度波束指

向控制,将波束收集效率做到了88%,这意味着发射出去的微波,绝大部分都被接收天线准确捕获,没有“跑偏”浪费掉。二是“接得住”。1.0时代,他们采用的是硅基二极管,一旦波束照偏,接收面上的二极管就会成片成片地烧坏,他们经常通宵排查问题。“现在我们采用了氮化镓二极管,它能承受超宽的功率带宽,大功率、小功率都不怕,效率还高。”李勋说。

5月6日,在陕西省技术转移中心组织的成果评价会上,专家组一致认为,项目成果总体达到国际领先水平。“我们是全球唯一一个跑通‘收集阳光-光电转换-微波发射-空间传输-整流输出’全链路的国家。”李勋说。

上天还要多久,如何改变生活?

地面验证成功,只是万里长征第一步。团队坦言,在36000公里外的同步轨道上部署真正的空间太阳能电站,至少还有三道“难关”。

器件的“太空生存”问题是首道难关。“地面上用的器件,直接拿上去恐怕不行。”钱思浩说,太空的高辐射、极端温差等环境对电子元器件是巨大考验。

距离跨越是第二道难关。钱思浩说:“这么远的距离,波束发散角稍微大一点,到了地面可能就是几十公里见方的一片,根本收不到。”如何实现超远距离的精准聚焦,是亟待突破的技术难题。

第三道难关是对高速运动目标的精准控制。无论是低轨卫星还是空间站,都在以每秒数公里的速度飞行。“如果我们没有精确的控制能力,很可能就是‘擦肩而过’。”钱思浩说。

那么,这项技术何时能点亮普通人的生活?“很多中小型卫星依赖自身携带的太阳能帆板供电,一旦飞到地球阴影区就没电了。”钱思浩说。有了“太空充电站”,卫星能随时补能,人们有望享受到更稳定的手机信号、更精准的定位服务。

目前,团队正在积极对接应急供电、无人机及特种机器人微波无线供电等应用场景。

西安电子科技大学机电工程学院副院长段学超说:“灾区通信中断、电力瘫痪,临时架设供电设施又慢又贵。未来,通过远距离微波无线传能技术,就能给灾区的应急设备无线供电。”他举例说,擦玻璃幕墙的机器人,现在拖着长长的电缆,既危险又麻烦。将来用微波一照,它就能边工作边充电。

据《科技日报》作者:王禹涵

► 科技前沿

新型红外光纤 打破国际损耗壁垒

近日,中国科学院西安光学精密机械研究所(以下简称“西安光机所”)研究员郭海涛团队成功研制出国际同类型最低损耗的碲酸盐和硫系红外反谐振空芯光纤,并于近期完成高功率中红外飞秒激光传输与生物医疗应用验证。这一成果破解了传统光纤在中长波红外激光传输领域的难题,为我国激光传能、精准医疗等领域提供了关键技术支撑。

红外反谐振空芯光纤以空气为主要导光介质,天然具有传输损耗低、非线性效应弱、激光损伤阈值高等优势,被认为是中长波红外激光高效传输的理想解决方案。但受限于材料、结构与工艺等多重技术壁垒,该领域发展长期处于缓慢状态,光纤损耗维持在数个甚至每米10分贝的较高水平,严重制约了其应用。

西安光机所团队历时五年,通过材料、结构、工艺全链条自主创新,攻克了一系列关键核心技术,郭海涛团队研制出的碲酸盐光纤在4微米波段损耗低至每米0.15分贝,硫系光纤在4微米波段损耗低至每米0.3分贝,将损耗降低至不到十分之一。

团队近期完成的多项试验验证充分证明了该光纤的实用性与可靠性。在高功率激光传输试验中,团队成功实现5微米至11微米可调谐中红外飞秒激光的低损耗、高保真传输,光纤可耐受16兆瓦以上峰值功率,传输后激光脉冲几乎无展宽,输出的激光光斑规整、能量集中,光束质量接近理论最优状态。

据《中国科学报》作者:李媛

科研人员给铜箔织入“周期纹理”

中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心卢磊研究员团队与合作者通过一种全新的梯度序构微观结构设计,成功给铜箔织入“周期纹理”,研发出兼具超高强度、高导电性与优异热稳定性的超级铜箔,攻克了三者难以兼得的“不可能三角”。

随着AI算力通信与下一代新能源系统对材料性能需求的持续升级,如何破解铜箔在强度与塑性、导电性、热稳定性之间长期存在的“此消彼长”困境,已成为拓展其高端应用的核心瓶颈。

此次突破的核心在于一种全新的“梯度序构”微观结构设计。在电解沉积制备过程中,研究人员通过调控微量有机添加剂,在厚度仅10微米的厚铜箔(纯度99.91%)的纳米晶粒基体上,诱导形成了高密度、平均尺寸仅为3纳米的纳米畴。这些纳米畴沿厚度方向呈贫、富交替的周期梯度分布,像布料的经纬线一样“交织”在铜箔中。

实验检测显示,该梯度序构纳米畴铜箔的拉伸强度高达900兆帕,远超常规铜箔的强度极限。同时,其导电率保持在国际退火铜标准的90%,较同等强度的传统铜合金提升约2倍。

据《光明日报》作者:李建斌