

# “能储一号”：让绿电供得更稳、用得更好

◎本报记者 操秀英

“成功！”1月9日，伴随着最后一个控制开关被合上，宽敞明亮的集控室内爆发出热烈的掌声与欢呼声，中国能建主体投资建设的全球首座300兆瓦（MW）压气储能示范工程“能储一号”在湖北应城全容量并网发电成功。

湖北应城压气储能示范工程单机功率达300MW、储能容量达1500兆瓦时（MWh）、系统转换效率约70%，是目前世界单机功率最大的全容量并网发电压气储能示范工程。

“该工程创造了单机功率、储能规模和转换效率三项世界纪录，具有首创性、示范性和引领性的里程碑意义。”中国能建党委书记、董事长宋海良说。

## 创新采用“非补燃”技术 实现零排放

压缩空气储能是一项新型蓄电技术，因其具有易建设、大容量、深调峰、强构网、全绿色、安全可靠等优势而成为能源行业追逐的热点，是目前除抽水蓄能之外最为成熟的物理储能技术之一，业内称其为“超级绿色充电宝”。

“风电、光伏等新能源比较‘调皮’。虽然我国新能源装机规模不断增加，但电力供应还存在有时过剩有时不足的问题，且频率忽高忽低。这就需要储能来担当‘绿电管家’，平衡电网供需。”中国能建数科集团副总经理李峻介绍，简单来说，就是利用电网负荷低谷时的剩余电力压缩空气，将其储藏在高压密封设施内，在用电高峰释放出来发电。

近年来，我国压气储能产业化进程明显提速，相关技术经历了从无到有、从弱到强、从跟跑到领跑的发展转变，国内1.5MW、10MW、60MW级压气储能项目陆续投运。在湖北应城项目之前，压气储能工程项目的最大单机功率停留在几十兆瓦区间。湖北应城压气储能示范工程单机功率达300MW、储能容量达1500MWh，意味着其满负荷工作时，每日充放电循环吞吐的空气量达到1.35万吨，相当于320节高铁车厢的重量，年均发电约5亿千瓦时，可以满足25万家庭1年的生活用电需求。

“能储一号”通过创新采用“非补燃”技术，实现了零碳排放，极大提高了转换效率。目前世界上大



全球首座300MW压气储能示范工程“能储一号”。

受访者供图

部分已投运的盐穴型压气储能电站需要天然气来加热空气。这个过程叫作补燃，会产生污染排放并造成压缩热的损失。“能储一号”无任何化石燃料参与，是利用自身的内循环实现非补燃，能够做到真正的零碳。

“大家都知道打气筒在打气的时候会发热，即空气压缩过程中会产生热量。我们把这个热量巧妙地利用起来了。”李峻介绍，利用自主研发的先进技术，将空气压缩过程中产生的热量进行回收再利用，机组在“一呼一吸”间完成储电和发电，全过程无任何化石燃料参与，没有任何燃烧、排放，实现全绿色、非补燃、高效率 and 低成本，成为世界压气储能电站的标杆。

## 开展地下600米处能量 存储转换

600米深度、300MW单机功率的条件，对地上部分的适配器要求非常高，研发团队还要设法减少盐层对管柱、叶片的侵蚀。“在这个项目中，团队首次使用了压裂连通井来储存高压空气，将盐穴残渣空间利用理念变成了工程实践。此外，团队还首次提出并研发

了高位注气—低位排卤等一系列新技术，高效利用了孔隙储气，建成了具有70万方左右的地下储气空间，保证30万千瓦机组的正常运行。”中国工程院院士杨春和说。

“能储一号”能够实现单机功率大幅跨越的“杀手锏”之一是储换热球罐。“能储一号”的储热系统核心装备单罐直径19米、重量500吨。在此之前，国内还从未有过适用于压缩空气储能频繁储换热工况、储热温度能达到180摄氏度以上的大型球罐。

“球罐施工难度极大，为预防在焊接过程中球罐发生变形，必须由12位技术精湛的焊接工程师同时施焊，才能保证焊接平衡。”中国能建集团装备有限公司负责储换热球罐生产的工作人员回忆道。

“能储一号”能够每天蓄能8小时，释能5小时，使用寿命长达30年以上。其每年将节约标煤15.9万吨，减少二氧化碳排放41.1万吨，可有效应对新能源发电的波动性、间歇性和随机性问题，电力调峰能力是同规模火电机组的3倍，是新能源发展的“最佳拍档”。“中国能建首席专家、数科集团党委书记、董事长万明忠表示，以“能储一号”为代表的新型储能具有长时间、大容量、强构网等特性，是构建新型电力系统的关键支撑，将为电网安全稳定运行和新能源消纳发挥重要作用。

强度、韧度、力度、精度、密度、流畅度等参数均有提升。

王宏涛介绍，在研发“黑豹2.0”的过程中，团队实现了两大颠覆性突破：一是研发出了机器人正向设计的优化软件，该软件可以服务于各类型的机器人设计工作，大规模节约机器人研发过程中的时间和成本；二是设计出了国际领先的具有高功率密度、高载能力的电机驱动器，为下一代工业四足机器人的研发奠定了坚实的基础。

“通过软件与元器件结合，我们仅花费3个月，就形成了原型样机。目前，该原型机已经能够媲美世界上最先进的四足机器人。”王宏涛说，接下来，研发团队将进一步研究机器人和生物之间的差距，让机器人追赶甚至是超越生物机动性，向着更高、更快、更强的目标迈进。

“通过软件与元器件结合，我们仅花费3个月，就形成了原型样机。目前，该原型机已经能够媲美世界上最先进的四足机器人。”王宏涛说，接下来，研发团队将进一步研究机器人和生物之间的差距，让机器人追赶甚至是超越生物机动性，向着更高、更快、更强的目标迈进。

值得关注的，该光—电镊能采用比传统光镊小7个数量级的光强，产生比传统光镊大7个数量级的操控作用力，成功实现了不同材质（聚合物、无机物和金属）、不同相态（气泡、液体和固体）、不同形状（球体、长方体、螺旋线）和活卵等物体的非接触、普适性、程序化操控。

杜学敏介绍，在应用层面，他们团队研发的新型光—电镊不仅可以设计成便携式的操控平台用于操控宏观尺寸物体，还可与显微成像系统集成，研制成显微光—电镊操控系统。

此外，光—电镊还能实现对5微米至2.5毫米的固体颗粒、1皮升至10毫升液滴的跨尺度操控。光—电镊还可应用于水凝胶微型机器人组装和任务执行、不同材质和尺寸颗粒的筛选、活细胞的组装、单个细胞的操控以及细胞刺激响应等微型机器人和生物医学领域。

杜学敏表示：“光—电镊克服了传统光镊的局限性，填补了传统光镊无法实现的宏观和微观物体操控之间的空白，为机器人、类器官、再生医学、神经调控等重点前沿科技领域提供新的工具与技术。”

## 打开微观调控大门

结合光场和电场的双重优势，新型光—电镊成功实现不同场景下的多功

## 行走速度可达每秒10米

# 四足机器人“黑豹2.0”发布



四足机器人“黑豹2.0”。

受访单位供图

科技日报讯（记者江耘 通讯员孔晓睿）1月13日，由浙江大学杭州国际科创中心（以下简称“科创中心”）人形机器人创新研究院联合识创科技有限公司、杭州凯达尔焊接机器人股份有限公司研发的四足机器人“黑豹2.0”正式发布。其重量为38千克，站立高度0.63米，行走速度可达每秒10米。

当前，足式机器人不断进步，但是跟动物相比，其速度仍然存在不小的差距。科创中心人形机器人创新研究院院长王宏涛教授解释，在控制方面，动物具有长期学习所形成的经验，但足

式机器人每一步都要重新学习。为了在遇到具体情况时可以“条件反射”式地做出步态调整，足式机器人需对以往的经验进行深度学习。

“团队充分利用惠更斯耦合摆原理，让‘黑豹2.0’的四足协调成统一的步态，形成合力，实现快速冲刺。”科创中心人形机器人创新研究院研究员金永斌介绍，团队以动力学为理论基础，通过学习黑豹、跳鼠等自然动物在髓关节、膝关节、脚掌等运动构型上的特征，设计了机器人的每一寸骨骼。相比初代机，“黑豹2.0”在高速运动过程中的

## 利用更弱光产生更强操控力

# 新型光—电镊实现对物体非接触多功能操控

◎本报记者 罗云鹏  
通讯员 刁雯蕙

美国物理学家阿瑟·阿什金因光镊操控技术获得2018年诺贝尔物理学奖，让研究人员在微观世界中也可“抓

得着”物体。这一研究为物理、生物和材料科学等领域提供了颠覆性技术。但传统光镊面临着系统复杂、光损伤、操控作用力小、操控颗粒范围窄，仅适用于透明物体等诸多难题，严重阻碍其实际应用。

1月9日，记者从中国科学院深圳先进技术研究院了解到，该院医工所智能医用材料与器械研究中心研究员杜学敏团队基于前期的研究基础，自主研发出了新型光—电镊原型系统。该系统可实现对不同材质、相态和形状物体的非接触、跨尺度、普适、多功能操控。

## 光调控技术新突破

新型光操控技术利用光响应性智能材料生成温度场、电场等，有效降低了传统光镊所需的光照强度，显著增加了操控作用力。但这类技术仍面临系统复杂、低灵活性、适应性差等关键难题，影响了其实际应用。

2016年，杜学敏团队开始在光—电智能材料和静电镊领域开展研究工作。基于前期工作基础，研发团队开发出全新的光—电镊。

该光—电镊由两个核心元素组成：近红外激光光源和光—电转换器。其中，光—电转换器包含了研发团队自主

研发的聚偏氟乙烯—三氟乙烯高分子薄膜和润滑层。聚偏氟乙烯—三氟乙烯高分子薄膜具有高效光热释电（光—电）性能，并掺杂了铋—铜液态金属颗粒；润滑层具有减阻、抗污染以及消除导电介质形成的电荷屏蔽功能。薄膜和润滑层通过两片聚甲基丙烯酸酯封装集成。

实验结果表明，研发团队提出的新型光—电镊展现出了卓越、稳定的光电转换性能。其在每平方米2毫瓦的光照强度下即可产生0.26伏的表面电势。光照强度增加可增强其光—电势，即便将表面介质厚度范围改变为1厘米至10厘米，电导率调整范围为每厘米1.16毫西门子至每厘米91毫西门子，其光电性能仍能保持有效。

“传统光镊需要的光照强度较高，大约为每平方米1千万毫瓦，这会产生光损伤问题，导致微观尺度的调控可能会灼伤甚至杀死细胞。”杜学敏介绍，“相比之下，新型光—电镊所需要的光照强度很低，可通过高性能的光—电转换器产生的介电泳力操控物体，以避免高强度光对生物样本的损伤。”

## 成果播报

# 超导直线等离子体装置“赤霄”建成投运

科技日报讯（记者洪敬谱）1月14日，记者从中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所（以下简称“等离子体所”）获悉，由该所建设运行的国家重大科技基础设施“聚变堆主机关键系统”关键子系统“偏滤器等离子体与材料相互作用研究平台”完成测试。该平台的关键设施——超导直线等离子体装置“赤霄”全面建成并开始投入运行。

经专家组现场测试显示，该装置最大粒子流大于10<sup>14</sup>平方米每秒，单次放电时间超过1000秒，最高中心磁场强度高于3特斯拉，是目前国际上综合参数水平最高的直线等离子体装置。这意味着我国成为继荷兰之后国际上第二个拥有此类装置的国家。

偏滤器是未来聚变堆主机内部服

役环境最严苛的部件，其材料在等离子体轰击下的性能演化关系着聚变堆的安全运行。超导直线等离子体装置能够稳定且持续产生高密度等离子体，显著提升偏滤器材料测试效率。

等离子体所聚变堆材料及部件研究室主任周海山介绍，依托超导直线等离子体装置，科研人员能够模拟聚变堆偏滤器的严苛环境和极端条件，深入研究材料在高温流和强粒子流协同环境下的性能表现，为未来聚变堆材料的选择和部件优化提供关键可靠的数据支持。

周海山表示，“赤霄”的建成投入运行，既为聚变堆壁材料及部件的研发与测试提供了世界一流的实验条件，也为国内外材料科学、等离子体物理等相关领域提供了一流研究平台。



超导直线等离子体装置“赤霄”。

本报记者 洪敬谱摄

## “电池数字大脑”助电站安全稳定运行

科技日报讯（记者张蕴 通讯员樊苗）1月15日，记者从中国科学院大连化学物理研究所获悉，该所动力电池与系统研究中心主任陈忠伟团队与双登集团近日对外联合发布了最新一代智能电池管理系统——电池数字大脑PBSRD Digit 2.0。这一创新产品已成功应用于包括双登西藏大储电站和湖北商榷电站在内的多个储能系统的云端平台，提升了电站的稳定性和安全性。未来，这一技术有望在全球范围内实现应用，助力全球能源结构的优化和碳中和目标的实现。

据了解，电池数字大脑PBSRD Digit 2.0专为电力储能系统设计，通过将人工智能算法与电池管理技术相结合，提供了一套多层次、多维度的故障预警技术，确保了电力储能系统的安全可靠运行。PBSRD Digit 2.0不仅能够实现精准的电池健康监测与故障预测，还可通过AI驱动的智能分析将预警时效从传统的分钟级别提高至天级，提升了储能系统的运行效率，降低了企业的运维成本，并延长了电池

的使用寿命。

中国科学院大连化物所技术负责人、副研究员毛治宇介绍，电池数字大脑通过实时监控电池的电压、温度、内阻等关键参数，构建了多层次的故障预警机制。无论是风冷还是液冷系统，系统都能利用统计学阈值与机器学习模型，准确识别异常个体并发送多级告警，保证电池的精准管理及设备联动。

双登集团董事长杨锐说，电池数字大脑在电力储能领域大大降低了故障风险，保障了储能系统的安全可靠运行；通过优化充放电策略，提升了电池效率，延长了电池使用寿命，使维保和更换成本也大大降低，为用户提供了更加高效、经济的储能解决方案。

陈忠伟表示，电池数字大脑将在储能领域有更广泛的应用，尤其是在分布式和离网储能系统中。通过与智能电网的深度融合，电池数字大脑将有助于优化电力调度，提高可再生能源的接入能力，并推动能源系统的智能化与绿色转型。

## 单细胞代谢物分析质谱仪 获国际首台(套)认定

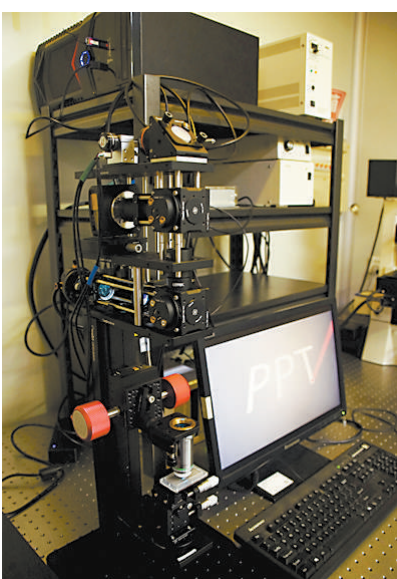
科技日报讯（记者夏凡）1月16日，记者从宁波华仪宁创智能科技有限公司获悉，该公司研制的单细胞代谢物分析质谱仪近日入选浙江省经济和信息化厅、浙江省财政厅印发的《2024年度浙江省首台(套)装备名单》，档次为国际首台(套)。该质谱仪可全自动完成单细胞的定位、萃取、电离、质谱分析，为单细胞代谢组学研究提供全新的技术手段，对生命科学和精准医学意义重大。

单细胞代谢组学是生命科学研究的的前沿和热点。目前，国际上已有的商品化质谱仪只能做群体细胞代谢物分析，难以进行单个细胞代谢物分析。“质谱仪应用于单细胞代谢物分析面临两大挑战。首先，单细胞体积微小，一般在皮升(10<sup>-14</sup>L)级，因此代谢物是超痕量的。其次，在单细胞分析方面，现有质谱仪自动化程度低，基于人工操作的单细胞质谱分析方法分析通量低、效率低。”宁波华仪宁创智能科技有限公司总经理、宁波大学教授

闻路红介绍。

闻路红团队与清华大学教授张新荣团队合作，突破了皮升液滴萃取技术、皮升电喷雾质谱技术等关键技术。基于萃取法技术路线，科研团队于2023年9月成功研制出单细胞代谢物分析质谱仪。“该质谱仪的最大技术难点是用皮升级的单细胞代谢物实现超长时间稳定的电喷雾离子化。经验证，该质谱仪皮升电喷雾离子化的最长时间可达到93秒。”闻路红介绍，“国际上最尖端的商品化质谱仪只能进行电喷雾离子化的样本最小体积只有10纳升，我们通过技术创新将其提高了100倍以上。”

据介绍，该质谱仪在重大疾病早期筛查、个性化治疗耐药药监测和肿瘤药物筛选等领域具有潜在应用价值。在闻路红团队与浙江大学附属第一医院合作开展的膀胱癌耐药性监测研究中，研究人员利用该质谱仪发现了多个代谢标志物，有望建立新型膀胱癌耐药监测体系。



新型光—电镊原型系统。

受访单位供图