



容量高、成本低、更安全

铝电池或成新能源储能优选方案

◎ 苟文涵 陈科

如今，锂离子电池早已融入我们的日常生活，但锂在地壳中的含量较低，因此亟须寻找可替代锂的元素来制备高性能的二次可充电电池。作为锂的替代品，铝在地壳中含量丰富，但其化学性质十分活泼，容易形成致密的氧化层，并且作为负极也易于产生铝枝晶，导致电池短路，因此难以实现产业化。

近日，在发表于《自然》的研究中，为了研制无枝晶的高性能铝电池，来自北京大学、美国麻省理工学院等机构的研究人员合作研发出了一种由无机氯化物(氯化钠—氯化钾—氯化铝)组成的低熔点熔盐电解质，以此替代当前普遍使用的离子液体电解质。

据悉，氯化钠—氯化钾—氯化铝电解质中的铝电极具有抗枝晶生长的特性，电极表面呈现出明确的切面而没有尖锐的枝晶。这项研究为未来铝电池的开发提供了新的思路。

相较于锂电池具有众多优势

铝电池是以金属铝为负极，氯铝酸盐熔盐或离子液体为电解质，负极上发生铝的沉积/剥离，正极上发生氯铝酸根离子或铝离子嵌入/脱出或发生转化反应，从而实现电荷存储和释放的电池。

“铝电池具有电池容量高、安全性高和使用寿命长等优点。”北京科技大学冶金与生态工程学院教授、博士生导师王伟介绍说，相较于传统的锂电池，铝电池具有众多优势，由于铝的理论质量比容量为2.98安时/克，仅次于锂；理论体积比容量为8.05安时/立方厘米，在所有金属中排名第一，因此铝电池的电池容量具有很高的理论上限，且由于铝电池负极金属铝性质稳定、电解液不易燃，所以铝电池即使被穿刺短路也不会发生燃烧、爆炸等危险现象。

2015年，王伟课题组就研发了以室温离子液体为电解质，石墨为正极，铝为负极的新型非水系铝电池。此电池体系具备高达2伏的放电

电压，且具有优异的循环稳定性和倍率性能，展现出了巨大的实用化潜力。此后，非水系铝电池逐渐成为世界范围内储能领域的研究热点。

然而在后续的研究过程中，相关科研人员发现，受限于离子液体电解质极强的酸性，溶于电解质中的高容量正极材料通常都存在循环寿命短的问题，再加上离子液体电解质极易吸水、空气稳定性差、易分解，所以电解质的开发便成为了非水系铝电池的重要研究方向。

“此次最新研究，通过使用一种低熔点的无机氯化物熔盐电解质，成功替代当前普遍使用的离子液体电解质，实现了铝电池的高倍率运行、低电压极化及高能量效率。”王伟表示，由于低熔点熔盐电解质的热稳定性高、不可燃，解决了大规模集成系统安全性方面的难题。“从室温离子液体电解质的开发，到现在一系列高电压、高容量铝电池体系的构建，大量的研究成果推动着非水系铝电池向着实用化迈进。”他说。

铝电池仍有“美中不足”之处

尽管铝电池有很好的应用前景，近年来也取得了显著的突破，但其反应动力学不足、能量密度低、部分体系容量衰减严重等缺点仍有待改善。

据悉，在使用离子液体电解液的铝电池体系下，基于嵌入/脱嵌反应机制的石墨材料具有有限的可逆容量，会导致电池整体能量密度较低；基于转化型反应机制的硫等正极材料，在较低的温度下运行，表现出了高比容量的特性，然而却具有电池反应动力学缓慢、充放电电压极化大、

充放电倍率性能差、循环寿命短等缺点，会极大降低电池的能量效率。

“非水可充电铝离子电池正极材料通常会面临低电导率以及结构解体的难题。”王伟介绍说，嵌入型材料在循环过程中发生的体积变化，除了使材料导电性变差之外，还会导致电极溶胀解体、活性物质粉化等。此外，嵌入型过渡金属化合物仍存在放电电压低、容量低、容量衰减快的问题，比锂离子电池严重得多。转化型材料普遍面临着反应不可逆和库仑效率(在给定的条件



铝电池具有电池容量高、安全性高和使用寿命长等优点。相较于传统的锂电池，铝电池的电池容量具有很高的理论上限，且由于铝电池负极金属铝性质稳定、电解液不易燃，所以铝电池即使被穿刺短路也不会发生燃烧、爆炸等危险现象。

王伟

北京科技大学冶金与生态工程学院教授、博士生导师

下，电池放电过程所放出电荷数占充电过程所输入电荷数的百分比)低等问题，且电池放电容量在最初的几次循环后急剧下降，表现出快速的容量衰减和较差的循环稳定性。

同时，作为负极材料的铝，其电极表面存在钝化层，会降低电池的电压和效率；铝的严重腐蚀，也会导致不可逆的铝消耗，从而降低铝电极的利用率；并且在循环过程中的铝枝晶生长，还会降低电池的安全性和循环寿命。

铝电池具实际应用前景

据了解，储能技术与新能源应用、电网的发展紧密相连，可以有效提高能源利用效率，并且可以解决偏远地区供电等问题。因此，储能技术是发展新能源无法绕开的关键一环。业内人士认为，储能技术的未来应该在风电和光电产业，其中尤以已经大量布局的风电产业为主。虽然近年来风电产业发展势头迅猛，但由于风力资源具有不稳定性，一直饱受并网的困扰，而储能技术的应用，能够帮助风电场平稳输出，“削峰填谷”。

铝电池的优势在于安全性高、稳定性好、宽温性能优异，因此王伟认为，未来铝电池将与储能系统、特种装备等行业密不可分。

“当今储能装置市场依然保持着较快的发展速度。”王伟表示，预计到2025年，中国仅电化学储能市场功率规模将达到28.6吉瓦，市场份额将高达1287亿元，整个产业的市场规模具备万亿级市场潜力。

电化学储能技术由于具有建设周期短、运营

成本低、对环境无影响等特点已经成为电网应用储能技术解决新能源接入的首选方案。目前，锂离子电池以其较高的能量密度特性，在电化学储能技术中占据主导地位。然而，高昂的成本、有限的锂资源和安全性等问题极大地限制了其大规模储能应用。

铝电池由于铝负极低成本、高地壳元素含量、高比容量的特点，被认为是锂离子电池之外的一种极具实际应用前景的电池。更重要的是，铝电池体系具有较高的安全性，新型铝电池实现投产后将会解决大规模集成系统安全性方面的问题。

王伟表示，未来在“双碳”背景下，储能电池标准要更加重视环境、能源、资源效益的提升，构建绿色低碳循环发展标准框架，遵循先立后破、积极有序推进的原则。同时，重视国际合作，做好规则协同，充分考虑不同国家的国情、发展的阶段，最大程度地实现核算规则和核算体系互认，共同推动绿色低碳的发展。

贵州首个新型电力系统示范区落户六盘水

“分布式智能电网”让村民拥有自己的“绿色电站”

◎ 李泵 刘玲玲
本报记者 何星辉

走进贵州六盘水盘州市羊场乡纳木村，电网建设人员正有条不紊地组立电杆、搬运电缆等设备……近日，由中国南方电网有限责任公司投资建设的首个新型电力系统示范区落户纳木村，这也是新型电力系统项目首次落户贵州。



纳木村村民屋顶光伏系统 受访者供图

据六盘水盘州供电局工作人员王祖峰介绍，该项目主要分为电网建设和科技设备建设两部分，现场施工人员正在紧锣密鼓推进建设进度，目前电网建设部分总体进度已完成75%。

电力自给自足，还有额外收益

据了解，羊场乡纳木村新型电力系统示范区建设从2022年开工至2025年，分3个阶段实

施。示范区建成后，将实施应用具有多层次结构的“分布式智能电网”，预计到2022年底，部分关键技术将在示范区落地；未来2—3年，以“分布式智能电网”为平台的绿色低碳生态链在示范区初步实现闭环，形成系列装备和“分布式智能电网”的系统化解决方案。

“能自己发电自己用，用不完还能把电存下来，遇到变压器检修的时候，村口的‘大充电宝’还能给我们供电……”纳木村党支部书记杨兴团对这个科技含量十足的电力系统满怀期待。在纳木村里，不少村民家屋顶铺满太阳能电池板，他们以自发自用、余电上网的方式，拥有了自己的“绿色电站”。目前，盘州市羊场乡纳木村已投入使用的居民屋顶分布式光伏发电装置有361套，每套功率3千瓦，未来光伏发电容量还将持续增加。

“示范项目的建设，将促进清洁能源的消纳，保障示范区用户的用电需求，降低用户的用电成本，在保证村民绿色安全用电的同时，还能给村民带来收益。”王祖峰说，与传统的供电系统相比，新型电力系统将储存屋顶光伏发出的电能供用户使用，并且共享至其他台区，用不完的电能还能出售给电网公司，带来额外的收益。

改造农村电网，服务乡村振兴

为推动国有企业改革三年行动中的服务

乡村振兴战略，巩固拓展脱贫攻坚成果，实施新一轮农村电网改造升级工程目标，贵州电网六盘水供电局率先搭建线上督查督办平台，发挥数字化、信息化的创新驱动作用，实现了督办任务及时提醒、跟踪办理、全面反馈、有效监督的闭环管控。新型电力系统示范区项目立项初期，该局将项目前期与建设工作纳入专项督办，严控前期手续办理时限，通过“数字化+督办”方式，按周实施线上督办、电话督办、文件督办，精准掌握项目前期可研批复、施工图设计批复等关键性工作节点，定期通报项目进展，从督办的角度落实主体责任，使电网建设项目部分施工建设投产时间比原计划整体缩短了3个月。

南方电网贵州电网公司采取“柔性互联交直流混联微网建设”的建设思路，通过4项中国南方电网有限责任公司重点科技项目和1项贵州省科技支撑计划项目助力“分布式智能电网”在盘州羊场乡落地示范，并将盘州羊场乡确认为南方电网“柔性配网示范区”，将试点运用交直流共杆架设、台区互济、分布式光伏+储能新技术，以及确立含高比例光伏配电网自动化技术，重点解决电能质量、网络损耗、故障隔离、分布式台区管控等问题，大幅提升低压配网的灵活可控能力、潮流交互能力和农村电网的电压合格率，最终建成柔性交直流互联乡村智能微电网。

新看点

10年来我国单位GDP 能耗年均下降3.3%

新华社讯(记者魏玉坤)国家统计局8日发布的党的十八大以来经济社会发展成就系列报告显示，2021年，我国单位国内生产总值(GDP)能耗比2012年累计降低26.4%，年均下降3.3%，相当于节约和少用能源约14亿吨标准煤。

报告显示，我国能源生产结构加速转变，清洁能源占比持续提升。2021年非化石能源发电装机首次超过煤电，装机容量达到11.2亿千瓦，占发电总装机容量的比重为47%。水电、风电、太阳能发电装机均超过3亿千瓦，连续多年稳居世界首位。

天然气、水电、核电、新能源发电等清洁能源在能源生产结构中的占比持续提升。2021年，天然气占一次能源生产总量的比重达6.1%，比2012年提高2个百分点，一次电力及其他能源比重上升到20.3%，提高9.1个百分点；而原煤比重为67%，较2012年下降9.2个百分点。

能源消费清洁低碳加快推进。2021年，煤炭占能源消费总量的比重由2012年的68.5%降低到56%，下降12.5个百分点；石油占比由17%上升到18.5%，提高1.5个百分点；天然气占比由4.8%上升到8.9%，提高4.1个百分点；一次电力及其他能源占比由9.7%上升到16.6%，提高6.9个百分点。

人均用能水平不断提高。2020年，我国人均能源消费量3531千克标准煤，比2012年增长18.9%，年均增长2.2%。民生用能保障有力。2020年，我国人均生活用能456千克标准煤，比2012年增长46.2%，年均增长4.9%；人均生活电力消费量年均增长7.3%，人均生活天然气消费量年均增长8.1%。

根据报告，2021年，全国能源消费总量52.4亿吨标准煤，比2012年增长30.4%，以年均3%的能耗增速支撑了年均6.6%的GDP增速。

为超深油田高效勘探 提供“塔里木方案”

◎ 通讯员 王成凯 张宏博 肖春艳 本报记者 朱彤

10月9日，中国石油塔里木油田公司富满油田累计生产油气突破1000万吨大关，其中原油867万吨、天然气16亿立方米，相当于塔里木油田全年油气产量当量的三分之一，标志着我国超深层油气迈入规模开发新阶段。

富满油田位于号称“死亡之海”的塔克拉玛干沙漠腹地，是我国发现的最大超深海相断控缝洞型碳酸盐岩油藏，油气资源量10亿吨。该油田的油气埋藏在7500米至1万米的超深层，是我国在7500米以深建成的规模最大、开发效益最好的油田，也是近十年来塔里木油田公司在塔里木盆地进行石油勘探获得的最大发现，名列2021年度“央企十大超级工程”。

富满油田具有世界罕见的超深、超高温、超高压等特点，油藏认识和识别极其困难，特别是在超深地下精准控制钻头钻探油气储层，相当于隔着一座地下珠穆朗玛峰“定向打靶”，难度不亚于百米外“穿针引线”。传统的油气地质理论以及常规钻探技术在这里基本不适用，勘探开发难度“全球少有、国内仅有”。

近年来，中国石油塔里木油田公司直面世界级勘探开发难题，创新建立了“超深海相碳酸盐岩断裂控储成藏地质理论”，攻克了超深复杂油藏钻完井等系列技术，以及“四定+四选”高效布井、“精准量化”定产等高效开发技术，推动富满油田含油气范围不断“西延、东扩、南进、深拓”，油气储量保持高速增长。

近4年来，富满油田已收获千吨井9口、百吨井150口，建成16座油气装置及场站，形成了“两横两纵两中心”的地面系统格局，原油产量连续3年以年均50万吨的增速快速攀升。今年，富满油田油气产量预计将达到340万吨的新高峰，为我国超深油田高效勘探、开发提供了“塔里木方案”。

今年，在富满油田投产的55口井中，有52口试油获日产百吨以上高产。按照规划，到2025年，富满油田将建成年产油气当量500万吨的超深大油田。

塔里木盆地是我国陆地上最大的含油气盆地，也是全球唯一以超深层资源为主的含油气盆地。盆地埋深超过6000米的油气占我国陆上超深层油气资源总量的60%以上，约占全球的19%，勘探开发潜力巨大。

近10年间，中国石油塔里木油田公司加快挺进超深层，钻探的8000米超深井数量快速增长，累计打穿了58座超8000米“地下珠峰”，超深井数量占全国的80%以上，建成我国最大超深层油气生产基地，奠定了我国在世界超深油气领域勘探开发的领军地位。

大连打造城市“电力银行”

新华社讯(记者王莹 张泉)记者从中国科学院举行的新闻发布会上获悉，百兆瓦级的大连液流电池储能调峰电站进入并网调试最后阶段，预计10月中旬正式投入使用，将有力提升可再生能源并网率，提升电网稳定性和可靠性。

据介绍，大连液流电池储能调峰电站总建设规模为200兆瓦/800兆瓦时。本次进入并网调试最后阶段的是该电站的一期工程，规模为100兆瓦/400兆瓦时，最多可存放40万度电，按每日人均用电2度左右计算，可满足20万居民一天的用电需求。

该电站相当于城市的“电力银行”，起到“削峰填谷”的作用：在电网用电低谷时，利用风能、太阳能等可再生能源发电给电池充电；在电网用电高峰时，将储存于电池中的化学能转化为电能进行放电。此外，它也能配合火电、核电等，提供调峰调频等辅助服务，提高电力系统的灵活性。

“增加清洁能源使用比例是实现‘双碳’目标的有力手段，然而，以风电、光电为代表的可再生能源具有波动性和间歇性，这对电网稳定运行与能源持续供应提出了重大挑战。”中科院大连化学物理研究所副所长、储能技术研究部部长李先锋说，百兆瓦级大规模储能电站对于促进新能源高比例消纳、保障电力安全供应具有重要作用。

据悉，大连液流电池储能调峰电站由中科院大连化学物理研究所提供技术支持，基于该所研发的全钒液流电池储能技术，实现电能的大规模储存和释放，具有安全性高、可靠性好、输出功率和储能容量规模大、寿命长、性价比高、电解液可循环利用、对环境友好等优势。

该电站由大连融科储能技术发展有限公司设计制造、大连恒流储能电站有限公司建设运营。