

锂离子电池在储能领域的优势

文/吴宁宁, 吴可, 高雅, 安富强, 王雅和

中信国安盟固利动力科技有限公司

能源是人类赖以生存和社会发展的重要物质基础,是国民经济、国家安全和实现可持续发展的重要基石。随着人类社会的发展,人类对能源的需求日益增加,但是生态环境不断恶化,特别是温室气体排放导致日益严峻的全球气候变化,近几年这一矛盾更加严峻。目前,我国已成为世界能源生产和消费大国,我国对能源的需求在持续增长,因此,调整能源结构已迫在眉睫:一方面要开发新的能源来满足需求,另一方面我们要合理有效地利用可再生能源。

可再生能源包括:风能、太阳能、生物质能、海洋能及小水电等,是一次能源,通常被转化为电能使用。在开发利用可再生能源的过程中,电能储存技术发挥着重要的作用。众所周知,风能和太阳能在使用过程中存在不连续、不稳定性,需要经过储能系统稳定后再入网,同时采用离网发电模式的风力发电机组,储能系统也是必不可少的;另一方面,在能源的使用过程中存在使用不均衡现象,储能系统可以用于电网的“削峰填谷”,从而提高能源的利用率。为了推进可再生能源发电的大规模利用,提高替代能源电站的效率以及维护国家能源的安全,研究储能技术具有重要的经济和社会意义。工业发达国家高度重视大规模储能系统的研究和开发,例如日本政府的“新阳光计划”、美国的“DOE项目计划”以及欧盟的“框架计划”等都将储能技术作为研究重点。我国对储能技术的开发也十分重视,高效能源转换与储能技术已列为未来国家火炬计划优先发展技术领域,中国储能电池产学研技术创新联盟已于2009年11月成立。此外,根据国家经济贸易委员会下达的《2000-2015年新能源和可再生能源产业发展规划要点》,到2015年,小型风力发电机组年生产能力达到5万台,总产量累计将达到34万台,总装机容量为10.5万kW,总产值约9亿元,其中储能系统的销售额应过亿元,必将拉动储能产业的发展。

在强大的社会发展需求和巨大的潜在市场推动下,基于新概念、新材料和新技术的储能新体系不断涌现。储能技术正向大规模、高效率、长寿命、低成本、无污染的方向发展。

一、储能技术的分类及发展趋势

到目前为止,针对不同的领域、不同的需求,人们已提出和开发了多种储能技术来满足应用。全球储能技术主要有物理储能、化学储能(如钠硫电池、全钒液流电池、铅酸电池、锂离子电池、超级电容器等)、电磁储能和相变储能等几类。

1.物理储能

物理储能技术主要有抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能等。相比化学储能来说,物理储能更加环保、绿色,利用天然的资源来实现。抽水蓄能电站(PSH,PumpedStorageHydroelectricity)是通过配备上、下游两个水库,负荷低谷时设备工作在电动机状态,将下游水库的水抽到上游水库保存,而负荷高峰时设备工作于发电机的状态,利用储存在上游水库中的水发电,见图1。由于技术成熟,抽水蓄能电站已成为电力系统中应用最为广泛的储能技术,目前我国在建的抽水蓄能电站装机约11400MW,预计至2010年底抽水蓄能电站的总装机可到17500MW左右。

压缩空气蓄能电站(CAES,CompressedAirEnergyStorage)是一种调峰用燃气轮机发电厂,主要利用电网负荷低谷时的剩余电力压缩空气,并将其储藏在典型储气压力为7.5MPa的高压密封设施内,在用电高峰释放出来驱动燃气轮机发电。世界上第一个商业化CAES电站是1978年在德国建造的Huntorf电站,装机容量为290MW,换能效率77%,运行至今,累计启动超过7000次,主要用于热备用和平滑负荷。和抽水蓄能电站相比,CAES电站选址灵活,它不需建造地面水库,地形条件容易满足,目前压缩空气蓄能电站已经在一些发达国家得到广泛应用。

飞轮储能(FW,FlyWheels),是通过机械能和电能的相互转化来实现充放电。它是以高速旋转的飞轮铁芯作为机械能量储存的介质,利用电动/发电机和能量转换控制系统来控制能量的输入和输出。飞轮储能对制作飞轮的原材料和技术要求很高,直到20世纪90年代才得以飞速发展,用于不间断电源(UPS)/应急电源(EPS)、电网调峰和频率控制等领域。我国在这方面的研究才刚刚起步。

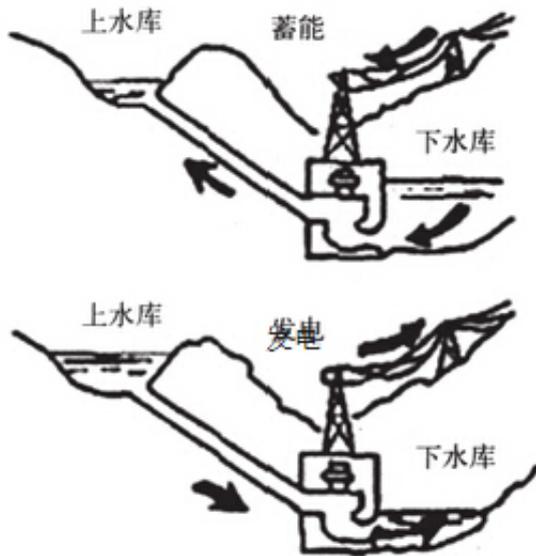


图1 抽水储能电站原理示意图

物理储能如抽水蓄能、压缩空气储能具有规模大、循环寿命长和运行费用低等优点，但是需要特殊的地理条件和场地，建设的局限性较大，且一次性投资费用较高，不适合较小功率的离网发电系统。从发展水平及实用角度来看，化学储能比物理储能具有更广阔的应用前景。

2.化学储能—锂离子电池储能是目前最可行的技术路线

铅酸电池是最老的也是最成熟的化学储能方法，已有100多年的历史，广泛用于汽车启动电源、电动自行车或摩托车动力电源、备用电源和照明电源等。铅酸电池电极主要由铅及其氧化物制成，电解液是硫酸溶液。充电时，正极主要成分为二氧化铅，负极主要成分为铅；放电时，正负极的主要成分均为硫酸铅。铅酸电池可靠性好、原材料易得、价格便宜，但是其最佳充电电流为0.1C左右，充电电流不能大于0.3C，放电电流一般要求在0.05~3C之间，很难满足功率和容量同时兼顾的大规模蓄电要求。同时，铅酸电池不可深度充放电，100%放电条件下对电池的寿命影响非常大（满充放电条件下电池的循环寿命不足300次），并且充电末期水会分解为氢气、氧气体析出，需经常加酸、加水，维护工作繁重，因此不适合在智能电网领域应用。

目前可以应用于智能电网领域的化学电源主要有钠硫电池、液流电池和锂离子电池。

钠硫电池(NaS)是美国福特(Ford)公司于1967年首先发明公布的，它以金属钠为负极，硫为正极，陶瓷管为电解质隔膜。在一定的工作温度下，钠离子透过电解质隔膜与硫之间发生可逆反应，形成能量的释放和储存，见图2。钠硫电池比能量高（理论比能量高达760Wh/kg）、可大电流充放电、使用寿命长（10~15年），是目前较经济实用的储能方法之一，主要应用目标是电站负荷调平、UPS应急电源及瞬间补偿电源等领域。目前钠硫电池技术领先的国家是日本，截至2007，日本年产钠硫电池已超过100MW。2008年，日本二又风力发电站导入了NGK公司的17台钠硫电池系统，蓄电能力34MW，成功地抑制了最大功率为51MW的风力发电设备的功率变动，实现了计划性地进行功率输出，为实现风电的并网发电提供了基础。2009年，我国上海硅酸盐研究所成功研制了100kW级关键技术，成为继日本之后世界上第二个掌握大容量钠硫单体电池核心技术的国家，所开发的钠硫电池如图3所示。但是钠硫电池需要高温350℃熔解硫和钠，需要附加供热设备来维持温度，同时过度充电时很危险，因此在安全性和免维护性方面存在不足。

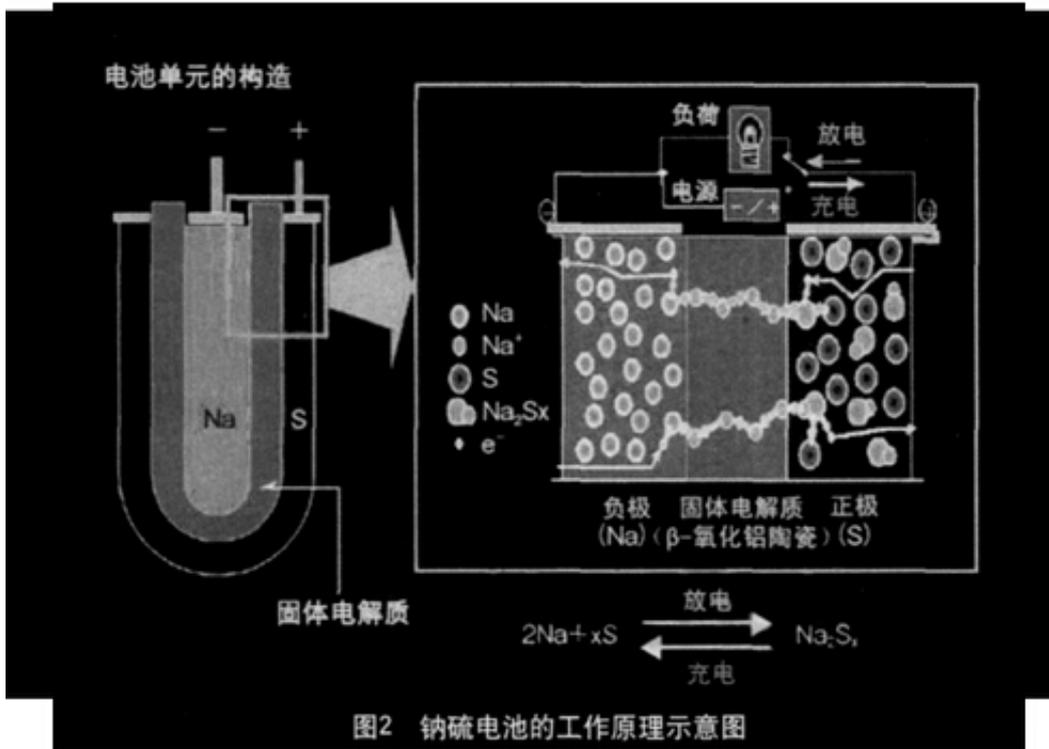


图2 钠硫电池的工作原理示意图

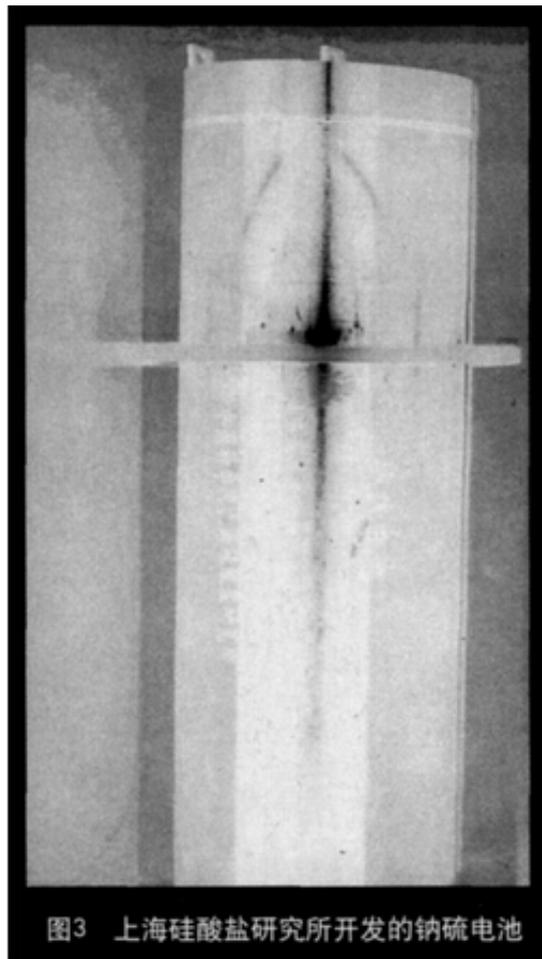


图3 上海硅酸盐研究所开发的钠硫电池

全钒液流电池的研究始于1984年澳大利亚新南威尔士大学的Skylas-kazacos研究小组，它是一种基于金属钒元素的氧化还原可再生燃料电池储能系统，其工作原理示意图见图4。液流电池采用质子交换膜作为电池组的隔膜，电解质溶液平行流过电极表面并发生电化学反应，通过双电极板收集和传导电流使储存在溶液中的化学能转换成电能。液流储

能电池系统的额定功率和额定容量相互独立，功率大小取决于电池堆，容量大小取决于电解液，可以通过增加电解液的量或提高电解质的浓度来实现增加电池容量，通过更换电解液实现“瞬间再充电”。液流电池的理论保存期无限，储存寿命长，无自放电，能100%深度放电而不会损坏电池。这些特点使得液流电池成为储能技术的首选技术之一。目前液流储能技术已在美国、德国、日本和英国等发达国家示范性应用，我国目前尚处于研究开发阶段。全钒液流电池的难点在于通常使用的总钒离子浓度低于 2mol/L ，导致比能量只有 $25\sim 35\text{Wh/kg}$ ，电解液储槽大、较难管理，而且正极液中的五价钒在静置或温度高于 45°C 的情况下易析出五氧化二钒沉淀，影响电池的使用寿命。

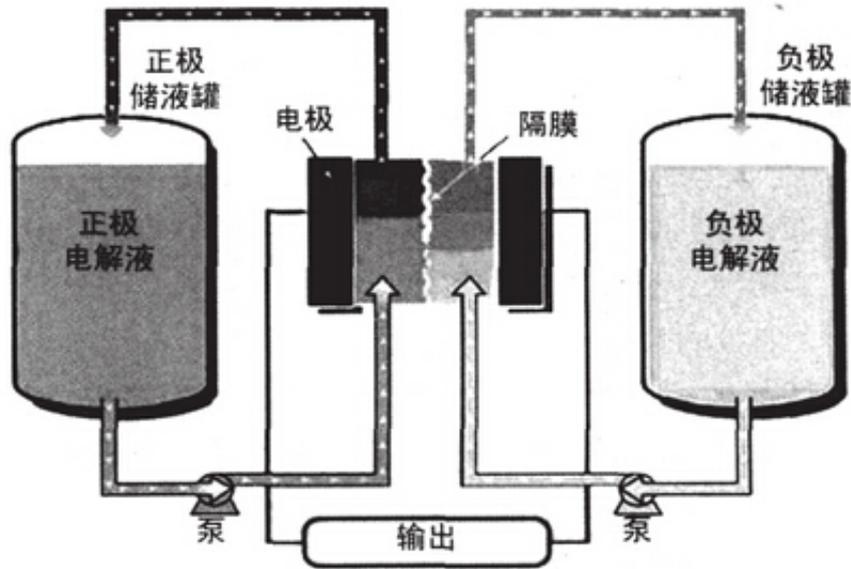


图4 全钒液流电池的工作原理示意图

相比较而言，锂离子电池储能则是目前储能产品开发中最可行的技术路线。锂离子电池具有能量密度大、自放电小、没有记忆效应、工作温度范围宽、可快速充放电、使用寿命长、没有环境污染等优点，被称为绿色电池。表1是铅酸电池、钠硫电池、液流电池和以钛酸锂为负极的锂离子电池的比较，可以看出，铅酸电池的使用寿命较短，钠硫电池的不足在于工作温度较高，液流电池的能量密度较低，而以钛酸锂为负极的锂离子电池则显示出综合的性能优势。图5是以钛酸锂为负极的锂离子电池工作原理示意图。

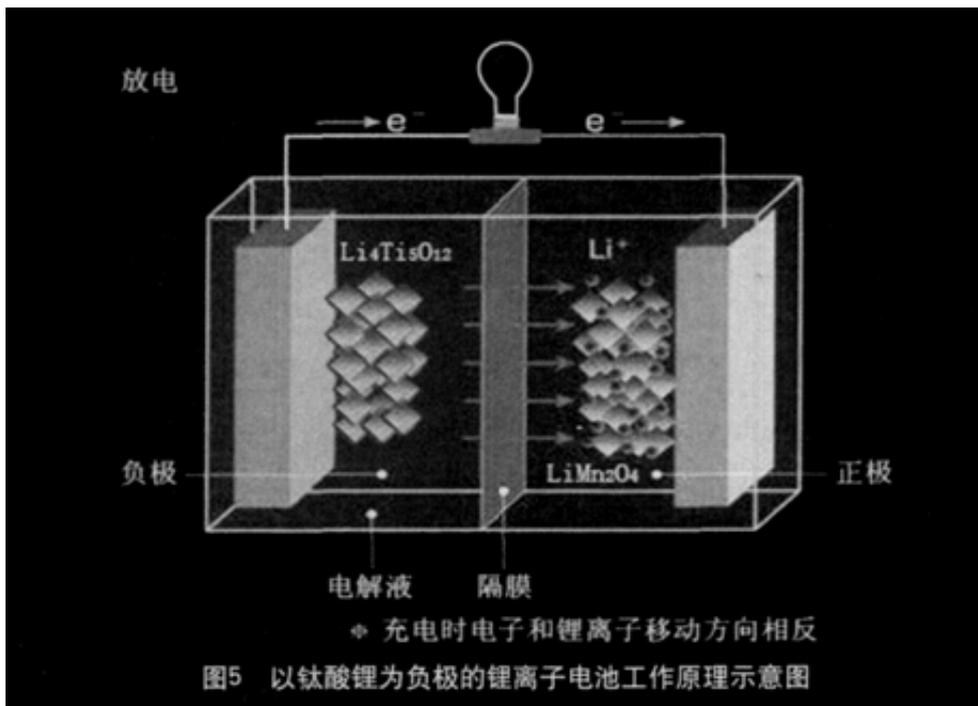


图5 以钛酸锂为负极的锂离子电池工作原理示意图

表1 不同储能电池的比较

	铅酸电池	锰酸锂/钛酸锂 体系锂离子电池	钠硫电池	液流电池
循环寿命/次	300	5000 ~ 10 000	2500	20 000
适宜工作温度/℃	5 ~ 35	-30 ~ 50	300 ~ 350	-30 ~ 50
能量密度/(Wh/kg)	30 ~ 40	90 ~ 100	>100	25 ~ 35
能量转换效率/%	60 ~ 70	>90	70 ~ 80	70 ~ 80
放电深度/%	<70	100	>90	100
月自放电/%	30	<5	无	无

由于钛酸锂为零应变材料，可以避免由于电极材料的来回伸缩而导致结构破坏，从而大幅度提高了锂离子动力电池的使用寿命；并且由于钛酸锂具有较高的工作电位，即使过充电也很难在负极上形成锂枝晶，从而大大提高了锂离子动力电池的安全性。这些改进使得锂离子动力电池在储能领域的应用成为可能，目前以钛酸锂为负极的锂离子动力电池储能技术正成为国内外竞相开发的热点。2008年，美国Altairano公司开发出1MW钛酸锂储能电池系统，经试运行表明可以输出250kWh的能量，能量转换效率大于90%。2010年，日本东芝(Toshiba)在年度经营方针会上宣布将采用钛酸锂负极材料开发储能用超级锂电池（SCiB），凭借高功率SCiB钛酸锂电池的成功商业化，预计东芝的SCiB储能电池将会很快面向市场。国内中信国安盟固利动力科技有限公司经过5年的技术开发，于2010年开发出了储能领域应用的3.5Ah电池，

该电池循环寿命已接近8000次，可以5C倍率充放电，安全性能优异，目前该公司正在与合作单位共同开发兆瓦级储能系统，预计该产品2011年可以面向市场销售。

除了以钛酸锂为负极的锂离子动力电池可以应用在储能领域外，随着磷酸铁锂正极材料的应用，传统的碳负极锂离子动力电池的寿命和安全性也得到较大提高，也可应用于储能领域。2010年索尼推出了1.2kWh磷酸铁锂储能电池模块，具有最大2.5kW的输出功率。但是目前磷酸铁锂电池还存在较严重的一致性问题，即使单体电池寿命可以达到2000次以上，电池成组后的寿命会大打折扣，并且磷酸铁锂材料的核心专利掌握在一些国际大公司手中，磷酸铁锂电池的生产将面临专利纠纷问题。因此，目前锂离子储能电池产品中采用钛酸锂锂离子电池进行储能应该是最可行的技术路线。

3.其它储能技术

超导电磁储能是把电能转化为磁能储存在超导线圈的磁场中，通过电磁相互转换实现储能装置的充电和放电。由于超导状态下线圈没有电阻，因此超导储能的能量损耗非常小。但由于超导状态要求线圈处于极低温度下才能实现，而低温需耗费大量能源，且不易小型化，所以该项技术正处于研究开发阶段。

相变储能是利用某些物质在特定温度下，通过相变来吸收或释放能量，如冰蓄冷、水蓄热储能，可以应用于中央空调等领域，是一种新兴的储能技术。

二、储能技术的市场前景—锂离子电池将成理想选择

据中国可再生能源学会风能专业委员会数据，2009年中国（不含台湾省）累计风电装机容量25805.3MW。那么，按国电的研究计算，我国储能行业就蕴藏着约5161~7742MW的市场。到2020年，我国风电和太阳能装机容量都将达到千万千瓦级别，储能电池的市场将达到700亿元人民币，储能产品将成为未来最值得投资与资金最富集的市场领域。

锂离子电池是近10年高技术研究的最重要成果之一，代表着化学电源发展的最先进水平。由于这一新体系兼具高比能量、长循环寿命以及环境友好等显著优势，现已成为各类先进便携式电子产品的主要配套电源，在移动场合具有绝对的优势，目前锂离子电池的全球年需求量已达13亿只，拥有每年270亿美元的销售额，毫无疑问是充电电池市场的主导者之一。随着锂离子电池新材料的研发、电池制作技术的创新以及众多科研机构和企业参与，锂离子电池的性能正日益提高，电池成本日益降低，电池的安全性能也得到极大提高，锂离子电池在电动汽车领域正逐步显示出应用优势。日本富士经济认为，锂离子电池将在2011年开始逐步取代镍氢电池，锂离子电池作为未来的主流技术路线不容置疑。随着纳米钛酸锂、纳米磷酸铁锂等新材料的开发与应用，锂离子电池将成为清洁交通、光伏储能等一系列重大高技术应用的理想选择，目前中国国家电网公司正在积极开展10MW级锂离子电池储能系统的试验项目，这将引发相关制造设备和厂房的新一轮投资，同时，众多新进入锂离子动力电池及材料的厂商将使相关领域的技术竞争更趋激烈，大容量锂离子电池储能电站将在此基础上逐渐兴起。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/89428.html>