

中信证券将锰称为继锂、镍、钴之后“不容忽视的第四种电池金属”。

## 锰基电池有潜力

文/袁素

全球电动汽车领域的新风口——锰基电池和锰基电池材料，正在得到业界的关注，也为百花齐放的电池技术路线增加了一个新选择。

据报道，宁德时代、欣旺达及亿纬锂能等公司已将磷酸锰铁锂电池样品交付车企测试，比亚迪旗下的弗迪电池也开始小批量采购磷酸锰铁锂电池用于内部研发。

特斯拉CEO马斯克更是多次表达对“锰”的偏爱，除了3月公开表示“我认为锰基电池有潜力”，在2020年的特斯拉“电池日”上，他也曾表示，用2/3的镍和1/3的锰做正极材料可以使电池提升50%以上的容量（基于同样数量镍的情况下）。

锰基电池通常包括锰酸锂、磷酸锰铁锂、富锂锰基等三类电池。在锰

基正极材料中，锰酸锂已经广泛应用；磷酸锰铁锂作为磷酸铁锂最重要的改进方向之一，有望成为继锰酸锂之后率先产业化应用的新方向；富锂锰基材料则受益于其超高的能量密度，被认为是继磷酸铁锂和三元材料之后最具前景的动力电池正极材料。马斯克所说的锰基材料主要是指后两种材料。

锰的价值正在得到业界的重视，中信证券将锰称为继锂、镍、钴之后“不容忽视的第四种电池金属”。

### 第一代锰基电池：适合低速车型

锰基电池材料并非新鲜事物。

其中，锰酸锂正极材料早在20年前就被发明出来，并在日本、韩国一度被用在第一代新能源汽车上。日

本、韩国的锰酸锂电池以掺杂单晶颗粒为主，其中，集大成者是当年的日本电池企业AESC。

普通锰酸锂电池的优势是材料成本低、电压平台高、低温性能好、倍率性好、综合性价比高，缺点是能量密度低、高温性能差、循环性能低。其单体能量密度为170瓦时/千克，电池系统能量密度可达120瓦时/千克，循环寿命一般为300~500次，而磷酸铁锂电池可以达到2000次以上。

因此，锰酸锂电池主要适用于对寿命、能量密度要求不高，对成本非常敏感的应用场景，如两轮、三轮电动车以及部分低速电动汽车、A00级车型上。

2010年，日产汽车推出纯电动乘用车“聆风”，采用的就是AESC的



## 富锂锰基材料受益于其超高的能量密度，被认为是继磷酸铁锂和三元材料之后最具前景的动力电池正极材料。

>> 3月17日，韩国首尔正在举办电动汽车及电池博览会。

锰酸锂电池，因此行业内把锰酸锂电池称为第一代动力电池技术。自2010年12月上市，到2019年年底，“聆风”成为全球首款总销量突破40万辆的纯电动汽车。

在国内，主打锰酸锂电池的主要是两轮车电池公司星恒电源和中信国安盟固利。与日本企业不同，星恒电源对锰酸锂做了改良，例如，采用由一次颗粒团聚而成的二次颗粒，通过掺杂和包覆双管齐下的方案对材料进行修饰，极片则采用了高面密度设计，由此提高锰酸锂的能量密度，以

及电池的容量和高温循环性能。

尽管星恒电源一度想将改良后的锰酸锂电池打入商用车市场，但终究不敌磷酸铁锂技术的进步，最终斩获有限。目前，星恒电源主打两轮电动车市场，成为国内两轮车电芯的绝对龙头。

与此同时，日本的AESC已经放弃锰酸锂路线，切换至三元锂电池赛道，主打电动汽车市场，并且被中国的远景能源收入麾下。

根据高工锂电的数据，锰酸锂电池是两轮电动车市场出货量最大的电

池，2020年市场份额达到45%，明显领先于三元电池的29%和磷酸铁锂电池的26%。

根据中国有色金属工业协会锂业分会的统计，2021年我国锂电池正极材料产量约为111.17万吨，其中钴酸锂产量为10.1万吨，三元材料产量为44.05万吨，磷酸铁锂产量为45.91万吨，锰酸锂产量为11.11万吨

## 第二代锰基电池：已进入中试

随着比亚迪和特斯拉的崛起，不含锰金属的磷酸铁锂材料和含锰金属的三元材料成为第二代动力电池的选择。

为了解决第二代电池面临的成本和安全性等问题，电池企业继续对材料体系进行优化创新。从2021年开始，含锰正极材料成为包括特斯拉在内的众多主流电池企业的研究重点。

2022年3月，特斯拉柏林工厂交付第一批Model Y后，马斯克表示，希望行业更多地关注含锰基电池供应链。

其中，磷酸锰铁锂材料是磷酸铁锂材料重要的升级方向。磷酸铁锂已经是目前广泛使用的动力电池正极材料，磷酸锰锂具有相似的橄榄石型结构，虽然比前者的理论能量密度高15%~20%，但其导电性极差，几乎属于绝缘体。

为了解决上述问题，研究人员将两种材料按一定比例复合形成磷酸锰铁锂材料。磷酸锰铁锂保留了磷酸铁

锂的优良安全性、稳定性及相同的理论能量密度，并且拥有较高的电压平台。同时，磷酸锰铁锂相较于磷酸铁锂具有低温性能优势，在零下20摄氏度下容量保持率能够达到75%。铁、锰等元素在自然界中含量非常丰富，原材料易获取且成本低廉，综合成本比磷酸铁锂和三元电池都低。

但磷酸锰铁锂电池的缺点也很明显，其较低的电导率和锂离子扩散速度，会导致其容量优势难以完全发挥、倍率性能较差。与磷酸铁锂电池相比，由于有锰元素的加入，锰的溶出会导致其循环寿命有所降低。鉴于以上原因，锰作为单一活性材料应用时，目前常采用掺杂、碳包覆、纳米化技术改性，以改善磷酸锰铁锂材料的性能。

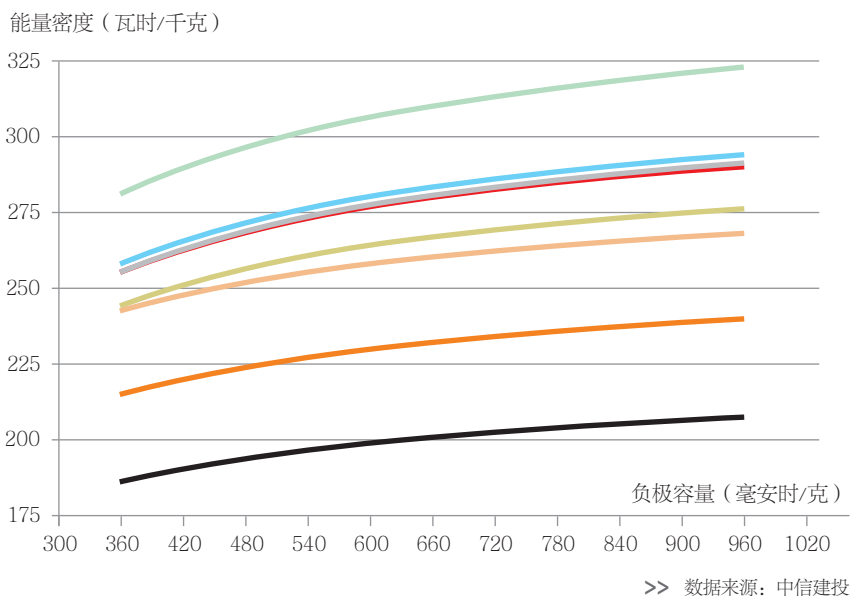
因此，目前磷酸锰铁锂电池主要应用于两轮电动车，小牛电动车的部分车型已应用此电芯。未来，磷酸锰铁锂或以与其他主流正极材料复合的方式，进军电动汽车领域。

在产能方面，深圳市德方纳米科技股份有限公司进展比较快，其具有百吨级别磷酸锰铁锂材料的中试线，电池端测试已基本完成，现已进入车端验证阶段，预计1~2年后可实现产业化。叠加正极补锂技术，该电池能量密度可提高20%，循环寿命可达1万次。此外，当升科技、厦钨新能的磷酸锰铁锂材料研发则处于小试阶段。

值得关注的是，2021年11月，宁德时代控股了主打磷酸锰铁锂材料的

## 基于不同正负极材料的单体锂电池能量密度预估

- 中高镍标准电压三元
- 中高镍高电压三元
- 高镍标准电压三元
- 磷酸铁锂
- 磷酸铁锰锂
- 尖晶石镍锰酸锂
- 高压富锂锰基
- 中压富锂锰基



力泰锂电，持有其60%股权，成为第一大股东，可见其对这种材料的发展很是看好。

### 富锂锰基电池前景可观

在目前的三种锰基电池中，富锂锰基正极材料电池被认为最有前景。

中信证券的研究结果显示，随着新型锰基正极材料渗透率的提升，预计锂电池用锰量将出现激增，2025年锂电池正极材料用锰量将超过30万吨，2021~2025年复合增长率

(CAGR)为32%；至2035年有望增至130万吨以上。

富锂锰基正极材料可以看作由富锂型层状锰酸锂和层状锂离子过渡金属氧化物两种成分在原子尺度均匀复合形成。在过渡金属/锂混合层内，锂和过渡金属原子有序排列，形成超晶格结构，这样的结构也使得富锂锰基材料有着优异的物理性能。

富锂锰基电池具有超高的容量密度，可以达到300毫安时/克，几乎是目前商业化正极材料实际容量的两

倍，再考虑到其成本便宜的特点，因此被视为颇有前景的下一代锂离子电池。

中国科学院院士、清华大学教授欧阳明高表示：“到2025年，我们希望冲击400瓦时/千克的目标，这时候要改变的是正极材料。可选的正极材料有几种，目前新能源汽车重点专项取得突破性进展的是高容量富锂锰基正极材料。”

但富锂锰基材料在技术上还面临三大挑战：降低首次充电不可逆容量损失、提高倍率性能和循环寿命、抑制循环过程的电压衰减。目前解决这些问题的手段很多，包括包覆、酸处理、掺杂、预循环、热处理等，但是这也只能在某些方面提升材料的性能。因此，有分析人士认为，锰基电池应该有其自身适合的细分市场，而很难成为主流产品。

从产业化进展来看，容百科技、当升科技等相关企业均宣称布局了富锂锰基材料的研发，部分企业目前已进入小试阶段，并积极配合用户在现有生产线进行产品性能优化及工艺放大实验。此外，多氟多、振华新材等企业也开展了富锂锰基材料相关研发工作。

6月15日，德国化工巨头巴斯夫宣布，其控股公司——巴斯夫杉杉电池材料有限公司的富锂锰基材料已实现吨级规模生产，未来将加快这一材料的开发进程，并加大开拓用户的力度。■