

一张图看懂磷酸铁锂的前世今生

磷酸铁锂是锂离子电池的重要电极材料，磷酸铁锂电池更是被当做动力电池和储能电池广泛的应用于电动汽车和储能领域。下面就用一张图来带领大家看懂磷酸铁锂的前世今生。



磷酸铁锂的发明者—锂电之父



1997年由美国德克萨斯州立大学，奥斯汀分校的Goodenough教授发明并报道了LiFePO₄的可逆性地迁入脱出锂的特性。Goodenough教授同时也是LiCoO₂的发明人。



Prof. John B. Goodenough

参考文献：Phospho-olivines as Positive-Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries. *J. Electrochem. Soc.* 1997, 144, 1188.

石德集团

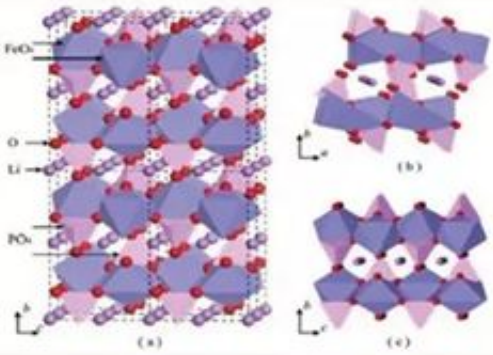
磷酸铁锂的产业化之路



石德集团



磷酸铁锂的结构



桑德集团
soud group

结构特点：

1. 橄榄石型结构，Li离子可以全部脱出，结构不变
2. P-O通过强共价键形成 $(PO)_4^{3-}$ ，O原子难以脱出，晶格稳定
3. FeO_6 八面体通过共顶点连接，具有较低的电导率（层状和尖晶石结构中为共棱连接）
4. 晶体中Li离子仅能沿一维方向传输，离子传输性差

特点1和2决定磷酸铁锂具有很好的热稳定性和安全性
特点3和4决定磷酸铁锂较差的电导性， $10^{-10} \sim 10^{-9} S/cm$ ，必须纳米化及采用碳包覆技术

石晓晓 博士





生产常用原料

桑德集团 sound group

Li配比	在化学计量比基础上，Li一般过量烧结中Li会挥发；Li配比影响物相纯度，对颗粒尺度形貌也有影响
铁源	磷酸铁 (FePO ₄)、草酸亚铁 (FeC ₂ O ₄)、氧化铁 (Fe ₂ O ₃)
磷源	磷酸二氢铵 (NH ₄ H ₂ PO ₄)、磷酸氢铵 ((NH ₄) ₂ HPO ₄)
锂源	碳酸锂 (Li ₂ CO ₃)、氢氧化锂 (LiOH)
碳源	葡萄糖、蔗糖、柠檬酸、抗坏血酸、PEG、乙炔 (CVD) 等
混料介质	醇系或水系 (甲醇、乙醇、水)

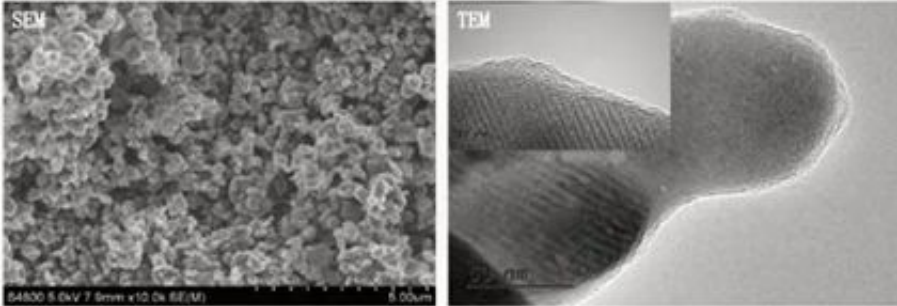
亿纬锂能出品



磷酸铁锂常规检测—SEM和TEM



- ◆ 通过SEM观察颗粒尺寸，颗粒分散程度，游离碳分布，异形颗粒等情况
- ◆ 通过TEM观察颗粒表面碳层包覆情况



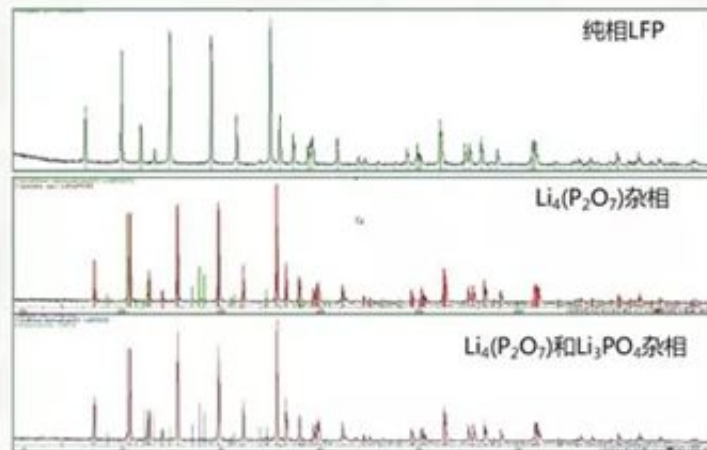
- ◆ 类球型一次颗粒，100~400 nm 居多 包覆碳层1~4 nm
- ◆ 要求：一次颗粒分散较好、无明显游离碳和异形颗粒、碳包覆层均匀完整

磷酸铁锂常规检测—XRD



正常Li配比

非正常配比



- 确定产品是否为纯相LFP，分析杂相成分、结晶性，结构精修（确定晶胞参数变化）
- 原料Li比对物相纯度有影响，烧结时间长短影响结晶性（峰强度）

磷酸铁锂应用前景介绍



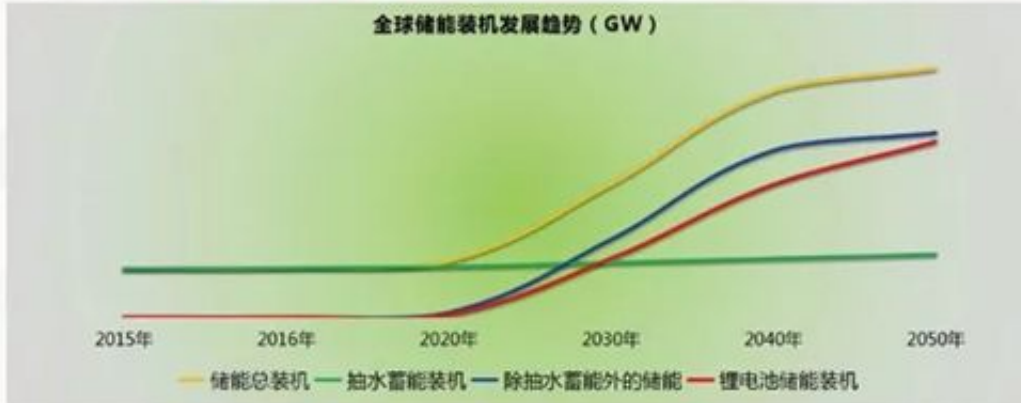


亿纬锂能

储能：锂电储能市场发展趋势



根据国际可再生能源署 (IRENA) 和国际能源署 (IEA) 对全球储能市场规模的预测, 预计锂电储能市场装机规模**2030年可达200GW, 2050年可达600GW。**



石晓晓 于 小北

储能：储能电池技术类型对比分析



磷酸铁锂由于**超长寿命、较低成本、使用安全、大容量、绿色环保**等优点, 向储能领域转移将会延长价值链条, 有利于推动新型商业模式, 构造全新产业链条。

	IC3	IM3	IFP	NCM	NCA	FTO
电压平台 (V)	3.7-3.9	3.8	3.4	3.6-3.9	3.6	2.3
比容量 (mAh/g)	140-160	130-120	130-150	150-220	170-200	150-160
压实密度 (g/cm ³)	2.8-3.0	2.2-2.4	1.0-1.4	2.0-2.3	2.0-2.4	1.6-1.7
能量密度 (Wh/kg)	160-220	80-100	90-120	160-200	180-240	70-95
循环寿命 (次)	500-1000	500-1000	>2000	800-2000	500-1000	>15000
工作温度 (°C)	-20-00	-20-45	-20-75	-30-65	-30-65	-40-60
成本	高	低	低	较高	较高	低
优点	充放电稳定, 工艺简单	锂资源丰富, 价格低, 高安全、环保、长寿命、安全性最好	成本低	电化学稳定, 循环性好	高能量密度, 低温性能好	超长循环寿命, 安全性最好, 充放电效率高
缺点	性价比低, 循环寿命低	能量密度低, 电解液消耗快, 循环寿命低	低温性能较差, 放电电压低	使用部分贵金属, 价格高	高温性能差, 安全性差, 技术门槛高	成本高, 能量密度低, 放电电压小
应用领域	小电池	小电池, 动力电池	动力电池, 储能电池	小电池, 动力电池	小电池, 动力电池	动力电池, 快充电池

石晓晓 于 小北

储能：磷酸铁锂储能电池成本预测



石晓虎

动力市场：磷酸铁锂电池将逐步退出电动汽车市场



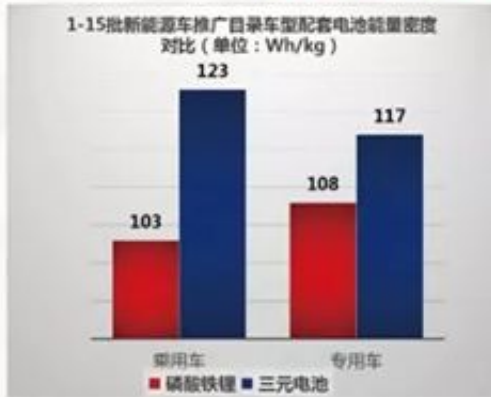
- 从装机量对比可以看出18年第一季度磷酸铁锂动力电池的装机量占比已经下滑了16.6%，三元电池装机量占比提升了20.5%。
- 磷酸铁锂动力电池目前主要市场为纯电动客车领域，而高工预测，在2020年磷酸铁锂在纯电动客车领域内的占比将会压缩为25%。



石晓虎

动力市场：电池技术指标与成本对比—磷酸铁锂不具优势

- 对新能源车推广目录（1-15批）中配套电池的能量密度详细分析后发现，三元电池的平均能量密度普遍比磷酸铁锂高，且纯电动乘用车领域内三元比磷酸铁锂电池高出19%。
- 以目前行业内电池系统单价来核算，三元电池的平均单位公里成本比磷酸铁锂电池的低 23%。也就是当补贴全面退出后，三元电池会更具有竞争力，而磷酸铁锂电池更大的应用领域可能是在市场空间更大的储能市场。



纯电动专用车不同电池类型所用成本核算
(数据来源：高工锂电)

储能装置种类	单位公里续航平均用电量 (wh)	单价 (元/wh)	单位公里续航成本 (元)
磷酸铁锂	391	1.2	469
三元电池	240	1.5	360

石德集团



原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/130722.html>