

公司研究

动力电池：全球电动化的浪潮与变革

——碳中和深度报告（十）

要点

碳中和政策加码，锂电行业高成长性确立，TWh 时代即将来临：2020 年，世界主要经济体都把疫情后的经济复苏突破口选在了“绿色复苏”上，并且中国、欧洲、美国等地区碳中和目标屡超预期，碳中和毋庸置疑已成为全球大趋势，作为能源需求端最重要的场景之一，新能源汽车也成为了世界各国发展的重点。我国在电动汽车供应链已经积累了较强的优势，成本快速下降，同时使用成本、体验的提升，以及智能化的加持，行业已经进入市场化驱动时代。**我们预计 2025 年国内新能源车销量突破 800 万辆，装机量 406GWh，渗透率达 32%；全球新能源汽车销量突破 2300 万辆，装机量达 1163GWh，渗透率达 28%，正式进入 TWh 时代。**全球新能源汽车销量高速增长，带动了动力电池出货量连年攀升，进一步确定了锂电行业成长性。

成长属性下周期与资源矛盾凸显。产能周期（六氟、VC）、设备国产化（隔膜、铜箔）、能耗约束（负极石墨化）将强化锂电材料的周期性矛盾。展望今年下半年到明年设备瓶颈、扩产及良率爬坡周期长使得**隔膜**将成为供需最紧的环节。面对锂资源掣肘，**盐湖提锂**是未来新增锂产能的重要来源，也是我国锂资源自主可控的重要保障。而面对未来巨大的矿产资源需求，**锂电回收**是构成产业闭环与摆脱锂约束的必然之选。同时，**钠电池**将成为重要备选路线，但仍处于产业化初期。

电池材料技术和结构创新成为两条优选赛道，技术趋势决定方向：动力电池技术的更迭在于原材料体系的性能优化以及封装工艺的改良，因此，材料和结构创新是动力电池行业的两条优选赛道，也是降本之必由之路。（1）正极：高镍三元渗透率提升，备战“9 系”时代；结构创新与化工一体化推动磷酸铁锂降本。（2）负极：石墨负极性能接近理论值，新型硅碳负极产业化蓄势待发，解决体积膨胀是产业化关键。（3）电解液：锂盐待革新，固态电解质拉开序幕，但仍受到技术和成本的双重制约。（4）隔膜：湿法、干法拥有各自应用场景，固态电池技术成熟后将不可避免冲击隔膜产业。（5）结构创新：国内引领 CTP 创新，CTC 或成为电池厂和正极厂下一个角力点。

锂电产业链涨价与博弈——新均衡，新成长：比较两轮锂电涨价周期，均呈现出利润向上游转移的特点，动力电池盈利承压。但不同于上一轮由补贴政策的起伏导致结构化的需求，此轮更多的是市场化需求带动的磷酸铁锂周期向上、高镍三元渗透加速，全产业链均处于高景气。中游供需格局偏紧，加工费模式的环节价格传导顺畅，涨价预期贯穿全年，供需偏紧的环节具有较强的盈利修复预期。而市场忧虑的动力电池厂商盈利承压，可通过以下边际变化有效缓解：1) CTP 等结构精简，2) 良率提升，3) 产能利用率提升，4) 折旧前置等。

投资建议：碳排放政策超预期，全球电动化加速，渗透率快速提升。建议重点关注：特斯拉、宁德时代、比亚迪、LG、SKI、SDI 等新能源车产业链。

（1）关注具有差异化竞争优势的全球龙头，关注**宁德时代、恩捷股份、亿纬锂能、容百科技、天赐材料、璞泰来、天奈科技、国轩高科、中伟股份、科达利**；

（2）新能源车下游高度景气，市场不断调高销量预期，中游整体排产较好，关注当前供需较为紧张、盈利预期修复的环节，如隔膜、铜箔、六氟磷酸锂、PVDF、VC、上游锂资源、负极，关注：**震裕科技、嘉元科技、星源材质、中科电气、德方纳米、当升科技、格林美**。

风险提示：产业政策发生重大不利变化、新能源车产销不及预期、竞争加剧、产能过剩导致盈利能力下滑、技术路线变革的风险。

电力设备新能源、环保 买入（维持）

作者

分析师：殷中枢

执业证书编号：S0930518040004

010-58452063

yinzs@ebsecn.com

分析师：郝骞

执业证书编号：S0930520050001

021-52523827

haoqian@ebsecn.com

分析师：黄帅斌

执业证书编号：S0930520080005

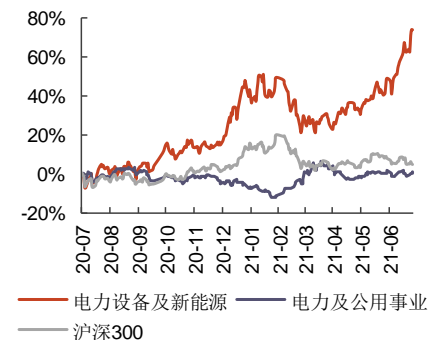
021-52523828

huangshuaibin@ebsecn.com

联系人：陈无忌

chenwuji@ebsecn.com

股价相对走势



资料来源：Wind

相关研报

储能：碳中和下的新兴赛道，万亿市场冉冉开启——碳中和深度报告（三）（2021-03-10）

动力电池回收：降本与突破锂约束，构成锂电循环闭环——碳中和深度报告（四）（2021-03-24）

循环经济：对抗熵增，助力碳中和与双循环——碳中和深度报告（七）（2021-06-06）

氢能：清洁二次能源的降本策略——碳中和深度报告（八）（2021-06-20）

投资聚焦

我们的创新之处

- 1、比较了燃油、锂、氢三种动力源排碳、能效及经济性，从而得出锂电成长性确立的结论，并分析了成长属性下周期与资源的矛盾与破局之道。
- 2、全面分析了动力电池材料技术和结构创新的前沿技术、实施路线图。
- 3、复盘了历史锂电产业链涨价原因及影响，并分析此轮涨价的结构性特点。

股价催化因素

- 1、国内双积分考核、欧洲 21 年碳排放考核节点、碳排放远期目标收紧议程、碳定价实施均加速欧洲电动化进程；美国清洁能源法案列入立法日历，后续正式审议落地使得美国市场存在超预期空间；
- 2、国内自主车企、新势力、合资车企均有新品上市，国际慕尼黑车展国际车企新车型集中亮相，为下半年的冲量提供了有力支撑；
- 3、下半年是汽车传统旺季，To B/G 购置需求、一线城市新能源车配置指标均带动需求增长；
- 4、随着全球经济持续复苏+芯片供应缓解+车企内部平衡调节等因素缓解，产业链排产有望环比增加，整体行情仍将延续上半年的盈利驱动，动力电池产业链公司业绩兑现的确定性大大加强。

投资观点

碳排放政策超预期，全球电动化加速，渗透率快速提升。建议重点关注：特斯拉、宁德时代、比亚迪、LG、SKI、SDI 等新能源车产业链。

(1) 关注具有差异化竞争优势的全球龙头，关注**宁德时代**、**恩捷股份**、**亿纬锂能**、**容百科技**、**天赐材料**、**璞泰来**、**天奈科技**、**国轩高科**、**中伟股份**、**科达利**；

(2) 新能源车下游高度景气，市场不断调高销量预期，中游整体排产较好，关注当前供需较为紧张、盈利预期修复的环节，如隔膜、铜箔、六氟磷酸锂、PVDF、VC、上游锂资源、负极，关注：**震裕科技**、**嘉元科技**、**星源材质**、**中科电气**、**德方纳米**、**当升科技**、**格林美**。

目 录

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1、碳中和背景下的新能源汽车行业 | 8 |
| 1.1、现状与未来：新能源汽车行业发展路线 | 8 |
| 1.1.1、全球新能源汽车政策加码，积极拥抱碳中和 | 8 |
| 1.1.2、全球新能源汽车销量大涨，动力电池出货量攀升 | 12 |
| 1.1.3、未来新能源汽车及相关材料需求预测 | 14 |
| 1.2、比较三种动力能效、排碳及经济性，锂电成长确定 | 18 |
| 1.2.1、燃油、锂、氢三种动力源排碳、能效及经济性 | 18 |
| 1.2.2、锂电行业成长确定，龙头公司大举扩张 | 20 |
| 1.2.3、产能周期、设备国产化、能耗约束将强化周期 | 21 |
| 1.3、资源约束、地缘政治，锂或成为行业发展掣肘 | 22 |
| 1.3.1、盐湖提锂：未来新增锂矿产能的重要主体 | 25 |
| 1.3.2、锂电回收：产业闭环与摆脱锂约束的必然之选 | 27 |
| 1.3.3、钠电产业化初期，未来或成为重要备选路线 | 31 |
| 2、动力电池材料及结构创新未来展望 | 36 |
| 2.1、正极：高镍三元、磷酸铁锂路线将长期并行 | 36 |
| 2.2、负极：解决硅碳负极体积膨胀问题是产业化关键 | 44 |
| 2.3、电解液：锂盐待革新，固态电解质序幕拉开 | 48 |
| 2.4、隔膜：湿法、干法可拥有各自应用场景 | 53 |
| 2.5、前驱体：决定正极材料性能的关键材料 | 57 |
| 2.6、电池结构：国内引领结构创新，系统能量密度再上台阶 | 61 |
| 3、锂电涨价与博弈：新均衡，新成长 | 65 |
| 3.1、复盘比较：历史上游涨价原因分析 | 65 |
| 3.2、此轮涨价：需求带动，磷酸铁锂回暖，高镍提速 | 71 |
| 4、投资建议：产业链标的全梳理 | 75 |
| 5、风险分析 | 76 |

图目录

| | |
|--|----|
| 图 1：《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》发展目标 | 8 |
| 图 2：《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》核心技术攻关 | 9 |
| 图 3：欧洲电动汽车销售自 2020 年下半年快速增长 | 10 |
| 图 4：美国电动汽车销量自 2021.3 快速提升 | 11 |
| 图 5：全球新能源汽车年度销量及增速 | 12 |
| 图 6：全球主要新能源汽车市场销量及整体汽车市场销量变化 | 12 |
| 图 7：全球动力电池装机 | 12 |
| 图 8：2020 年各企业动力及储能电池出货量排名 | 12 |
| 图 9：中国新能源汽车月度销量 | 13 |
| 图 10：EV/PHEV 销量及同比增速 | 13 |
| 图 11：国内乘用车月度电池装机量 | 13 |
| 图 12：2020 年国内动力电池企业装车量排名 | 13 |
| 图 13：国内新能源汽车销量预测 | 15 |
| 图 14：国内电池年新增装机量预测 | 15 |
| 图 15：我国动力电池年装机量 | 15 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 图 16: 我国动力电池月度装机量及同比增速..... | 15 |
| 图 17: 海外新能源车销量预测 (万辆) | 16 |
| 图 18: 海外动力电池需求预测 (GWh) | 16 |
| 图 19: 全球三元正极材料需求预测 (万吨) | 17 |
| 图 20: 全球三元正极材料市场规模预测..... | 17 |
| 图 21: 全球磷酸铁锂正极材料需求预测 (万吨) | 17 |
| 图 22: 全球负极材料市场规模预测 | 17 |
| 图 23: 全球六氟磷酸锂需求测算..... | 17 |
| 图 24: 全球隔膜需求量预测 | 17 |
| 图 25: 2019 年不同动力来源的二氧化碳排放情况 | 19 |
| 图 26: 锂电动汽车产业发展不同阶段..... | 20 |
| 图 27: 2021 年电解液价格变化趋势 | 21 |
| 图 28: 2021 年 6F 价格变化趋势..... | 21 |
| 图 29: 电池用锂价格不稳定 | 23 |
| 图 30: 全球锂资源分布不均 | 23 |
| 图 31: 2019 年中国电池产业链在全球的产量份额 | 23 |
| 图 32: 世界锂资源勘探量..... | 24 |
| 图 33: 世界锂矿产量和保有量 | 24 |
| 图 34: 中国锂矿产量和保有量 | 24 |
| 图 35: 我国锂资源主要以盐湖卤水形式存在..... | 25 |
| 图 36: 各盐湖根据资源禀赋特征采取不同的技术路线..... | 25 |
| 图 37: 金属资源回收效率..... | 28 |
| 图 38: 废锂工业回收流程图 | 28 |
| 图 39: 典型的几类锂电回收路径..... | 29 |
| 图 40: 地壳中各元素丰度..... | 31 |
| 图 41: 钠离子电池工作原理 | 32 |
| 图 42: 钠离子电池的优势..... | 32 |
| 图 43: 钠离子电池产业链及核心材料..... | 33 |
| 图 44: 全球首辆钠离子电池低速电动车 | 34 |
| 图 45: 中科海钠产业化路径及节奏 | 34 |
| 图 46: 中科海钠圆柱钠离子电池参数..... | 35 |
| 图 47: 中科海钠软包钠离子电池参数..... | 35 |
| 图 48: 钠离子电池下游应用场景..... | 35 |
| 图 49: 锂电池产业链及电芯成本构成..... | 36 |
| 图 50: 中国纯电动车动力电池技术创新情况..... | 36 |
| 图 51: 正极材料的选取原则 | 36 |
| 图 52: 三元及铁锂循环性能对比..... | 38 |
| 图 53: 三元及铁锂性能与用户需求对比图 | 38 |
| 图 54: 液相法合成磷酸铁锂工艺路线图..... | 39 |
| 图 55: 固相法合成磷酸铁锂工艺路线图..... | 39 |
| 图 56: 磷酸铁锂成本构成 (液相法) | 39 |

| | |
|---|----|
| 图 57: 钛白粉企业技术路线图 | 40 |
| 图 58: 磷化工企业技术路线图 | 40 |
| 图 59: 高镍三元正极材料面临的问题和挑战..... | 41 |
| 图 60: 不同三元材料的放电容量、热稳定性和容量保持率对比 | 41 |
| 图 61: NCM622 上包覆 Al_2O_3 和 $LiAlO_2$ 涂层..... | 42 |
| 图 62: 原始 NCM622 以及包覆后材料的倍率性能比较 | 42 |
| 图 63: 蜂巢能源 NCMA 四元电池 | 42 |
| 图 64: 掺杂 M_x 后的 NCMA 电池循环性能更好..... | 42 |
| 图 65: 典型的具有元素浓度梯度的高镍三元正极材料示意图 | 43 |
| 图 66: 一次粒子工程示例: B 引入对 NCM900505 充电过程和长周期结构稳定性影响 | 43 |
| 图 67: 动力电池用高镍三元颗粒材料的现状与改性策略 | 44 |
| 图 68: 动力电池用负极材料分类..... | 45 |
| 图 69: 硅基负极材料失效机理 | 46 |
| 图 70: 硅纳米线/球与碳材料复合 | 46 |
| 图 71: 溶液和电化学预锂化过程..... | 47 |
| 图 72: 在硅碳之间添加粘结剂示意图..... | 47 |
| 图 73: 石墨烯复合硅碳负极材料的创新设计、规模化制备及应用研究及应用示范 | 48 |
| 图 74: 锂电池负极材料发展历程..... | 48 |
| 图 75: 锂电池电解液组成部分 | 49 |
| 图 76: 动力电池单体能量密度发展要求 | 50 |
| 图 77: 车用锂电池热失控原因 | 50 |
| 图 78: 基于固态电解质的锂金属电池面临的三个主要挑战..... | 51 |
| 图 79: 固态电解质工艺处理流程图 | 52 |
| 图 80: 固态电池发展路线..... | 53 |
| 图 81: 高性能锂电池隔膜的设计准则..... | 53 |
| 图 82: 干法隔膜工艺流程..... | 54 |
| 图 83: 湿法隔膜工艺流程..... | 54 |
| 图 84: PE 隔膜涂覆改性示意图..... | 55 |
| 图 85: 干法隔膜相较于湿法隔膜具有明显的成本优势 (单位: 元/平方米) | 56 |
| 图 86: 液态锂离子电池与固态电池制备工艺对比 | 57 |
| 图 87: 三元前驱体反应方程式及工艺参数 | 58 |
| 图 88: 三元前驱体制备过程 | 58 |
| 图 89: 三元前驱体设备工序图 | 58 |
| 图 90: 单晶和多晶材料形貌对比..... | 60 |
| 图 91: 中伟股份一体化扩展方向..... | 60 |
| 图 92: 磷酸铁锂电池 Pack 成本构成..... | 61 |
| 图 93: NCM523 电池 Pack 成本构成 | 61 |
| 图 94: 宁德时代 CTP 技术电池 | 61 |
| 图 95: 比亚迪刀片电池 | 62 |
| 图 96: 比亚迪汉 EV 月度及累计销量 | 62 |
| 图 97: 国轩高科 JTM 技术电池..... | 63 |

| | |
|--|----|
| 图 98: 蜂巢能源高速叠片方形电池 | 63 |
| 图 99: 中国电动车动力电池结构创新进展 | 64 |
| 图 100: 2011-2020 年新能源汽车销量 (万辆) | 65 |
| 图 101: 2017-2020 年新能源车销量结构 (万辆) | 65 |
| 图 102: 新能源乘用车补贴标准逐年退坡 (万元/车) | 66 |
| 图 103: 新能源客车补贴标准 (万元/车) | 66 |
| 图 104: 2017 年第 8 批-2018 年第 5 批纯电动乘用车续航里程 | 68 |
| 图 105: 2017 年第 8 批-2018 年第 5 批纯电动乘用车系统能量密度 | 68 |
| 图 106: 磷酸铁锂和三元材料的产量交替波动 | 68 |
| 图 107: 碳酸锂、氢氧化锂价格于 16 年初上涨并维持高位 | 69 |
| 图 108: 硫酸钴价格 17 年上涨 | 69 |
| 图 109: 上游企业毛利率在涨价期间维持高位 | 69 |
| 图 110: 动力电池毛利率符合降本大趋势 | 69 |
| 图 111: 正极材料价格 | 70 |
| 图 112: 正极材料毛利率延后于价格走势 | 70 |
| 图 113: 电解液价格 2016 年处于高位 | 70 |
| 图 114: 电解液主要企业毛利率与价格走势一致 | 70 |
| 图 115: 负极价格变动不大, 毛利率稳定 | 70 |
| 图 116: 隔膜价格变动不大, 毛利率与价格相关性较小 | 70 |
| 图 117: 2015-2020 年 宁德时代动力电池系统单价 | 71 |
| 图 118: 宁德时代产能利用率在 2017 年较低 (GWh) | 71 |
| 图 119: 国内动力电池装机量维持高景气度 (MWh) | 72 |
| 图 120: 20H2 以来磷酸铁锂电池产量高速增长 (MWh) | 72 |
| 图 121: 国内动力电池月度产量 | 74 |
| 图 122: 锂电材料产量逐月增长 | 74 |

表目录

| | |
|----------------------------------|----|
| 表 1: 欧洲各国新能源产业支持政策 | 9 |
| 表 2: 欧洲主要国家出台的新能源汽车购车优惠政策 | 10 |
| 表 3: 各国或车企禁售燃油车时间表 | 11 |
| 表 4: 动力电池需求预测 | 14 |
| 表 5: 海外新能源车销量及电池需求预测 | 15 |
| 表 6: 基于可再生能源的能源动力组合全链条能效分析 | 18 |
| 表 7: 不同类型动力汽车能源成本经济性测算 | 19 |
| 表 8: 锂电行业成长确定, 龙头公司大举扩张 | 20 |
| 表 9: 隔膜设备厂商基本情况 | 22 |
| 表 10: 未来 5 年全球碳酸锂产量 | 24 |
| 表 11: 国内外锂矿产能规划 | 25 |
| 表 12: 国内主要企业盐湖提锂概况 | 26 |
| 表 13: 动力电池梯次利用及材料回收法律框架体系 | 27 |

| | |
|---|----|
| 表 14: 两种电池回收方法对比 | 29 |
| 表 15: 三元电池正极回收量 | 30 |
| 表 16: 三元电池各金属回收量 | 30 |
| 表 17: 磷酸电池梯次利用与拆解回收量 | 30 |
| 表 18: 全球布局钠电的公司及概况 | 33 |
| 表 19: 正极材料性能对比 | 37 |
| 表 20: 磷酸铁锂充放电过程晶体结构变化 | 37 |
| 表 21: 2021 年 1-4 月各企业新建磷酸铁锂产能或项目情况 | 40 |
| 表 22: 三元正极中 Ni, Co, Mn 三种材料的作用 | 40 |
| 表 23: 主流三元正极材料性能对比 | 41 |
| 表 24: 主流负极材料性能对比 | 45 |
| 表 25: LiFSI 与 LiPF ₆ 性能对比 | 49 |
| 表 26: 锂电池隔膜分类 | 54 |
| 表 27: 干法与湿法隔膜工艺特点及性能对比 | 55 |
| 表 28: NCM 前驱体合成方法对比 | 59 |
| 表 29: 前驱体生产工艺对比 | 60 |
| 表 30: 新能源乘用车历年续驶里程补贴标准 (续驶里程 R: km, 补贴: 万元) | 65 |
| 表 31: 新能源乘用车国家补贴标准 | 67 |
| 表 32: 纯电动乘用车能量密度国家补贴系数 | 67 |
| 表 33: 主要磷酸铁锂动力电池厂商目前配套车型及带电量 | 72 |
| 表 34: 国内新能源汽车新车型上市预览 | 73 |
| 表 35: 海外新能源汽车车型上市预览 | 73 |
| 表 36: 锂电产业链投资标的梳理 | 75 |

1、碳中和背景下的新能源汽车行业

1.1、现状与未来：新能源汽车行业发展路线

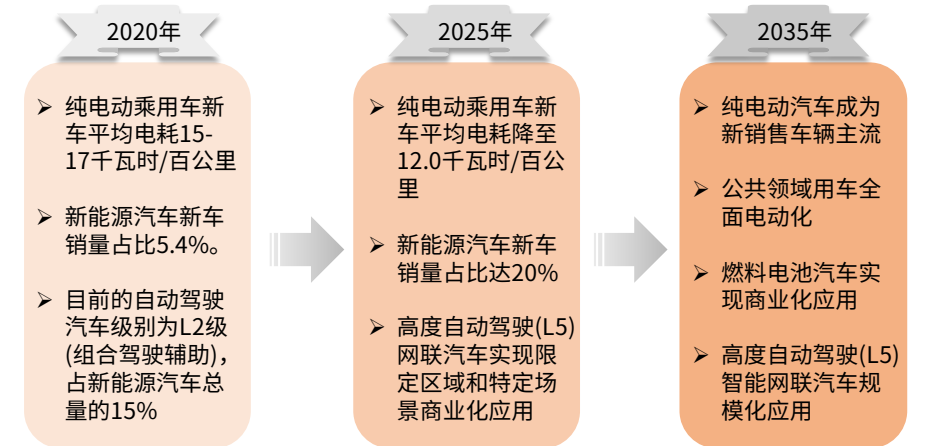
1.1.1、全球新能源汽车政策加码，积极拥抱碳中和

面对 2020 年全球新冠疫情的冲击和影响，世界主要经济体都把疫情后的经济复苏突破口选在了“绿色复苏”上。截至 2021.6.30，已提出碳中和目标的国家有 34 个，正在酝酿提出碳中和目标的国家将近上百个，碳中和毋庸置疑已成为全球大趋势，作为能源需求端最重要的场景之一，新能源汽车也成为了世界各国发展的重点。

➢ 中国：供应链优势明显，2025 年新能源汽车销量预计占比保 25%争 30%

补贴政策从经济性角度提振销量，能量密度、安全性均在不同发展阶段被政策所侧重，虽然购车成本仍是影响销量第一要素，但我国在电动汽车供应链已经积累了较强的优势，成本快速下降，同时使用成本、体验的提升，以及智能化的加持，行业已经进入市场化驱动时代。此外，特斯拉中国市场强劲的销量势头带来的“鲶鱼效应”，也充分调动了国产电动汽车汽车和供应链的竞争意识，提高自身能力。

图 1：《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》发展目标

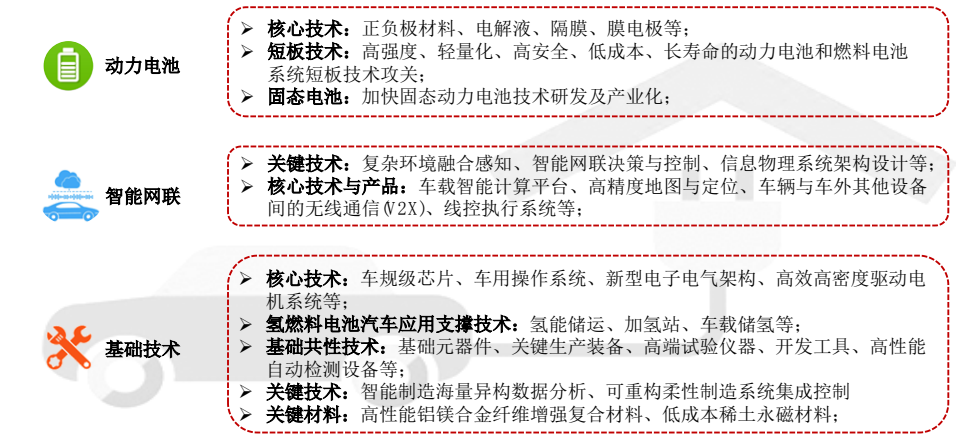


资料来源：国务院，光大证券研究所整理

我们预计，根据碳中和发展目标，中国燃油车的整体禁售有望在 2045 年前后，不同省份时间和情况会有一定差异。目前，中国已经在新能源汽车供应链积累较大优势，但销量渗透率仅 5.4%（2020 年），2019 年新能源乘用车典型企业平均电耗为 15.95 kWh/100km，技术始终是发展的原动力，行业仍然需要不断进行技术创新。2020 年 11 月，国务院办公厅发布了《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》，计划到 2025 年纯电动乘用车新车平均电耗降至 12.0kWh/100km，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20%左右，高度自动驾驶汽车实现限定区域和特定场景商业化应用；计划到 2035 年，纯电动汽车成为新销售车辆的主流，公共领域用车实现全面电动化，燃料电池汽车实现商业化应用。我们认为，2025 年 20%的渗透率为新能源车长期规划的政策托底，预计届时新能源车渗透率保 25%争 30%。

《规划》还特别提到了鼓励车用操作系统、动力电池的开发创新，加强轻量化、高安全、低成本、长寿命的动力电池和燃料电池系统核心技术攻关，加快固态动力电池技术研发及产业化。国家支持全产业链生态布局，推动生产工艺、关键装备、智能制造的突破发展以及电池梯次利用。

图 2: 《新能源汽车产业发展规划 (2021-2035 年)》核心技术攻关



资料来源: 国务院, 光大证券研究所整理

➤ 欧洲: 碳排放约束+补贴, 能源转型的先行者

2020 年 9 月, 欧盟委员会推出了《2030 年气候目标计划》, 明确了将《巴黎协定》下的欧盟国家自主贡献从先前的与 1990 年相比减排 40% 的目标提高到至少减排 55%, 并制定了各经济部门实现目标的政策行动, 其中到 2030 年计划可再生能源发电占比从目前的 32% 提高至 65% 以上。在能源转型和碳排放约束方面, 欧洲走在全球的前列, 是有力的先行者、倡导者。

在碳排放考核趋严的背景下, 欧洲各政府 (尤其是德国、法国) 频繁发布政策支持新能源产业的发展, 主要为消费补贴政策, 还涉及到基础设施建设、车企升级扶持、产业链投资等各方面。

表 1: 欧洲各国新能源产业支持政策

| 区域 | 日期 | 主要内容 |
|----|------------|--|
| 欧盟 | 2020/5/20 | 考虑提出采购计划, 在全欧盟范围内采购符合欧盟碳排放标准的清洁能源汽车, 预计在未来两年花费 200 亿欧元; 成立一项 400 到 600 亿欧元的清洁能源汽车投资基金, 加速投资零排放产业链; 在 2025 年前, 建立 200 万个公共充电站和替代燃料补给站; 对零排放汽车免除增值税。 |
| 法国 | 2020/5/26 | 10 亿欧元生产支持基金鼓励本地供应, 政府目标是到 2025 年生产 100 万辆新能源汽车; 加快基础设施建设, 到 2020 年年底安装 3.5-4 万个充电站, 到 2021 年底建成 10 万个充电站。 |
| 德国 | 2020/11/4 | 德国政府通过一项总价值 20 亿欧元的扶持计划, 以推动德国本土车企向新能源智能汽车升级。德国政府承诺, 在车企升级更加环保的设备上, 政府将承担大公司 60% 的升级成本, 承担中小型企业 80% 的升级成本。 |
| 德国 | 2020/11/17 | 德国政府表示将提供 30 亿欧元用于支持气候友好型汽车的开发和生产, 其中 10 亿欧元将购买电动汽车的退税计划延长至 2025 年, 另外 10 亿欧元将用于旧卡车报废计划, 并设立 10 亿欧元基金促进进出口的创新和转型。 |

资料来源: 盖世汽车, 光大证券研究所整理

2019 年 4 月出台的欧洲碳排新政于 2020 年 1 月开始执行, 新政规定 2025、2030 年欧盟新登记乘用车 CO₂ 排放量在 2021 年 95g/km 的基础上减 15% 和 37.5%, 分别达到 81g/km 和 59g/km, 若不达标将面临巨额罚款: 每超标 1g/km, 罚款 95 欧元。假设年销量 1500 万辆燃油车, 单车排放 115g/km, 需要罚款 $(115-95) \times 1500 \times 95 = 285$ 亿欧元。碳成本成为推动欧洲新能源汽车放量的重要驱动力, 低 CO₂ 排放成为欧洲电动汽车技术的侧重点。

欧盟政策加码，2035年起提前结束内燃机时代。2021年7月9日，根据Bloomberg，欧盟的监管机构欧盟委员会计划要求新车和货车的排放量从2030年起下降65%（相比于1990年水平），并从2035年起降至零，更严格的污染排放标准将辅以规定各国政府加强车辆充电基础设施的规定；运输的清洁大修降至下周公布的一系列措施一部分，以制定更严格的2030年气候目标，将温室气体排放从1990年水平减少55%。

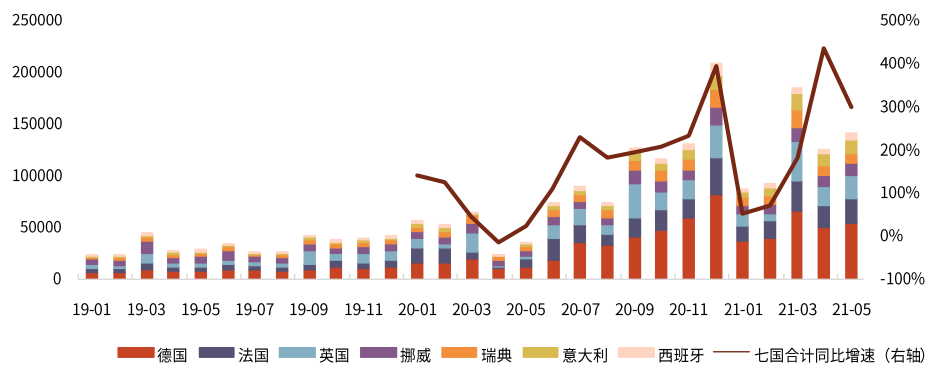
表 2：欧洲主要国家出台的新能源汽车购车优惠政策

| 国家 | 税收优惠 | | | 购车补贴 |
|-----|---|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| | 购置税 | 保有税 | 公司车辆税 | |
| 英国 | BEV 和排放低于 50g CO ₂ /km 的车辆免税 | 零排放汽车免税 | 零排放汽车采用最低税率 | 政府补助（通过经销商）： 汽车：BEV 价格的 35%，最高 3500 英镑； 货车：BEV 价格的 20%，最高 8000 英镑 |
| 法国 | 对新能源汽车税收豁免最高达 50% | — | CO ₂ 排放量低于 20g/km 的车辆免税 | 对于 CO ₂ 排放量低于 20g/km 的车辆，最高奖励 6,000 欧元； CO ₂ 排放量 117g/km 以下的车辆免收罚款 |
| 德国 | — | 2016 年至 2020 年新登记的 BEV 和 FCEV 免税 10 年 | BEV 应税金额从当月目录总价的 1% 降至 0.5% | 环境奖金： 售价低于 4 万欧元的 BEV 奖励 6,000 欧元； 售价 4 万-6.5 万欧元的 BEV 奖励 5,000 欧元； 类似地，PHEV 奖励 4,500 或 4,000 欧元 |
| 意大利 | — | 新登记电动车可享 5 年税收豁免，豁免期过后税率为同等汽油车的 75% | — | 排放量低于 20g CO ₂ /km 的车辆，购车时一次性奖励最高 6,000 欧元； 排放量超过 250g CO ₂ /km 的汽车征收附加费最高 2500 欧元 |
| 瑞典 | — | — | BEV 和 PHEV 减税 40%（最高 10,000 克朗） | 购买 BEV 奖励 60,000 克朗； CO ₂ 排放量低于 60 g/km 的 PHEV 奖励 10,000 克朗 |
| 芬兰 | ZEV 最低税率 | ZEV 最低税率 | — | 购买价格不超过 5 万欧元的 BEV，一次性奖励 2,000 欧元 |

资料来源：新浪网，光大证券研究所整理

同时，欧洲各国持续加大对新能源车购车补贴等政策扶持，单车补贴最高可达 9000 欧元。如此一来，尽管 2020 年疫情肆虐导致汽车整体销量萎靡，新能源汽车销量却在大力度优惠政策下迎来前所未有的增长。**此外，碳成本在各能源要素、汽车产业链、不同地区的转移会成为全球碳市场完善后更重要的考量因素，涉及碳交易、碳关税等，也会充分改变全球新能源汽车产业及供应链的格局。**

图 3：欧洲电动汽车销售自 2020 年下半年快速增长



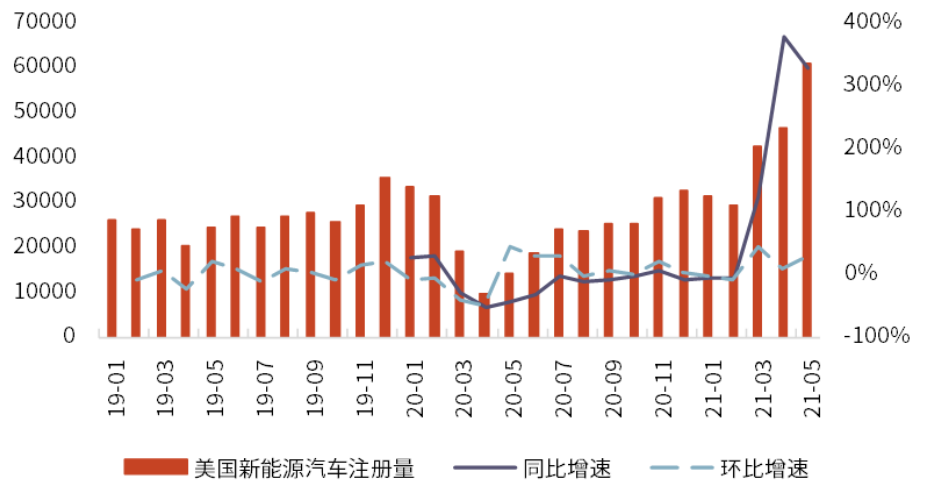
资料来源：KBA、CCFA、SMMT 等，光大证券研究所整理；单位：辆，截至 2021.5

➤ **美国：拜登政府雄心勃勃，积极提振新能源发展**

与特朗普政府不同的是，拜登政府出于国际竞争、内部政治、提振经济等因素大力推动“绿色经济”及新能源发展。美国总统拜登上任时宣布了 2 万亿美元的基建计划，其中有 1710 亿美元专门用于一系列电动出行措施，比如：支持汽车制造商建立国内原材料供应链，消费者将因购买美国制造的电动汽车而获得补贴和税收优惠，还要求白宫近 65 万台的联邦车队全部换成电动汽车。

- (1) 拜登政府规划至 2026 年美国的电动汽车份额将达到 25%，电动汽车年销量达到 400 万辆；
- (2) 到 2030 年，计划建立 50 万个电动车充电站组成全国性网络；美国轻型汽车销量的 95%至 100%将达到零排放标准；
- (3) 2035 年实现无碳发电；
- (4) 2050 年实现净零排放目标和 100%的清洁能源经济。

图 4：美国电动汽车销量自 2021.3 快速提升



资料来源：KBA、CCFA、SMMT 等，光大证券研究所整理；单位：辆，截至 2021.5

美国的政策取决于如何平衡各利益势力，与执政党和总统的政策密不可分，激进的新能源发展策略一方面体现了拜登政府强化绿色发展执政思路，另一方面体现了美国对中国新能源快速发展和其供应链安全的担忧。因此，中国各新能源产业链某些环节如果不受美国的制裁，将受益于美国新能源行业的发展；但部分核心环节也将受制于美国的打压；我们认为，资源品、电池关键技术和部件、芯片产业链等将首当其冲受制衡。

表 3：各国或车企禁售燃油车时间表

| 国家/地区 | 禁售时间 |
|---------------------------------|------|
| 挪威 | 2025 |
| 英国、荷兰、印度、以色列、德国、爱尔兰、中国海南、美国华盛顿州 | 2030 |
| 日本、加拿大、美国加州等 12 个州 | 2035 |
| 西班牙、法国、中国台湾 | 2040 |
| 车企 | 禁售时间 |
| 捷豹、日产 | 2025 |
| 沃尔沃、凯迪拉克、马自达、宾利、福特欧洲、MINI | 2030 |
| 奥迪（中国除外） | 2033 |
| 大众汽车欧洲、通用汽车 | 2035 |
| 本田 | 2040 |

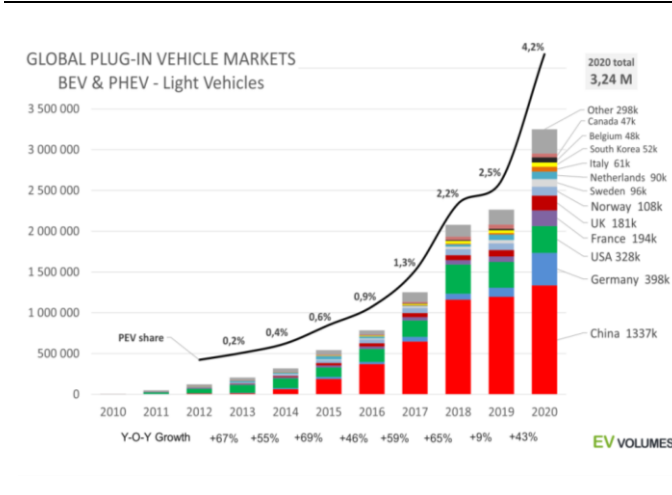
资料来源：汽车之家、腾讯，光大证券研究所整理

1.1.2、全球新能源汽车销量大涨，动力电池出货量攀升

尽管 2020 年的新冠疫情导致全球汽车总销量下滑了 14%，但全球电动汽车的销量却在 2020 年逆势大涨，达到 320 万辆以上。根据 EV volumes 数据，2020 年全球新能源汽车的销量为 324 万，而 2019 年同期为 226 万，同比增长了 43.36%。

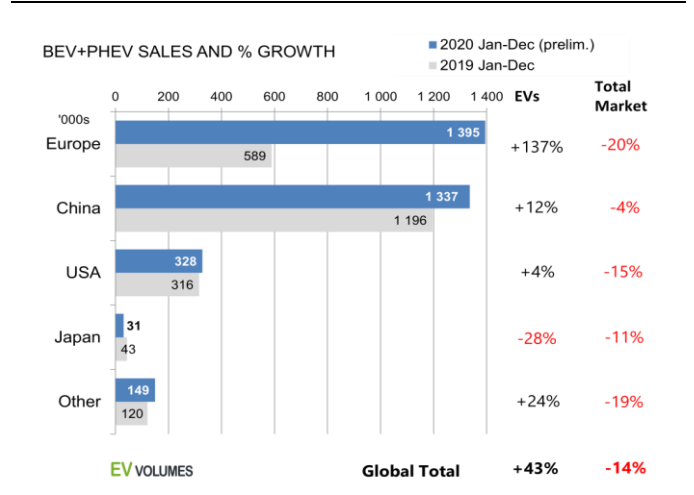
2020 年新能源汽车销售最多的国家分别是中国（137 万辆）、德国（40 万辆）、美国（30 万辆）、法国和英国均为 20 万辆。在全球几大主要电动车市场中，欧洲电动车总销量 139.5 万辆，占全球电动汽车销量的 43%，成为世界第一大增长极。

图 5：全球新能源汽车年度销量及增速



资料来源：EV volumes，光大证券研究所

图 6：全球主要新能源汽车市场销量及整体汽车市场销量变化



资料来源：EV volumes，光大证券研究所

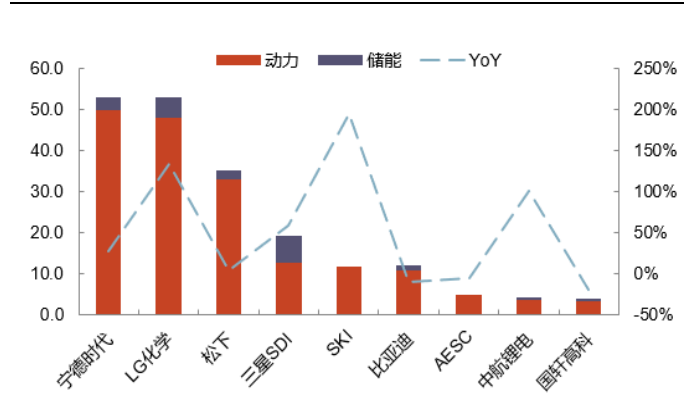
新能源汽车良好的销量走势带动了动力电池装机量的连年攀升。根据 SNE Research 数据，2020 年全球汽车用动力电池装机量同比增长 17%，达到 137GWh。中国市场增长放缓，2020 年我国电池装车量累计 63.6GWh，同比增长 2.3%。企业方面，宁德时代和 LG 新能源逐渐呈现双寡头格局，2020 年出货量分别为 50GWh 和 48GWh，占据了全球电池市场的半壁江山。

图 7：全球动力电池装机



资料来源：SNE Research；单位：GWh

图 8：2020 年各企业动力及储能电池出货量排名

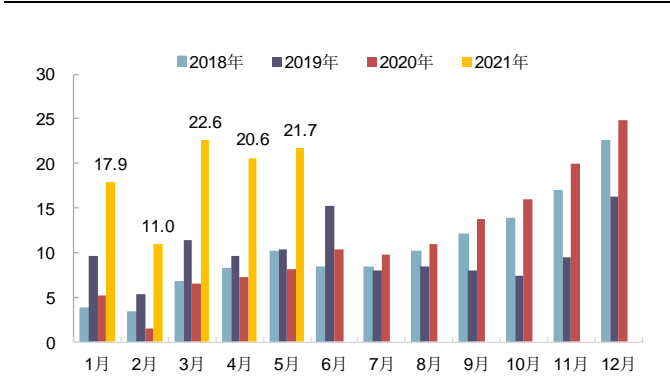


资料来源：SNE Research；单位：GWh

中国市场：2020 年电动车渗透率 5.4%，宁德时代装机大幅领跑

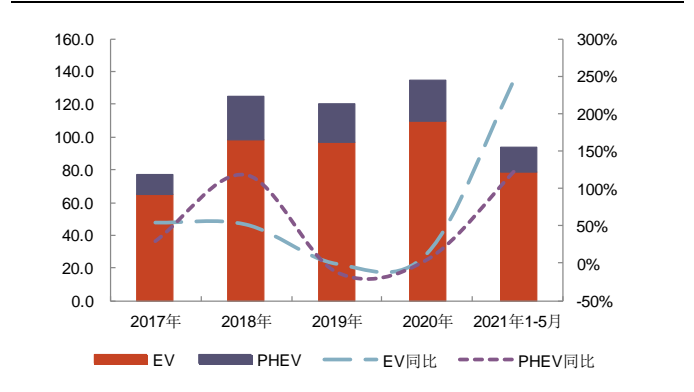
得益于我国强大的抗疫组织能力，2020 年我国新能源汽车销量态势良好，四月起销量便企稳并不断回升。根据中汽协数据，2020 年我国新能源车销量 136.7 万辆，同比增长 10.9%。其中，纯电动汽车销量为 109.4 万辆，同比增 11.6%；插电式混合动力汽车销量为 24.9 万辆，同比增长 8.4%，电动车渗透率从 2019 年的 4.7%提升至 2020 年的 5.4%。

图 9：中国新能源汽车月度销量



资料来源：中汽协；单位：万辆

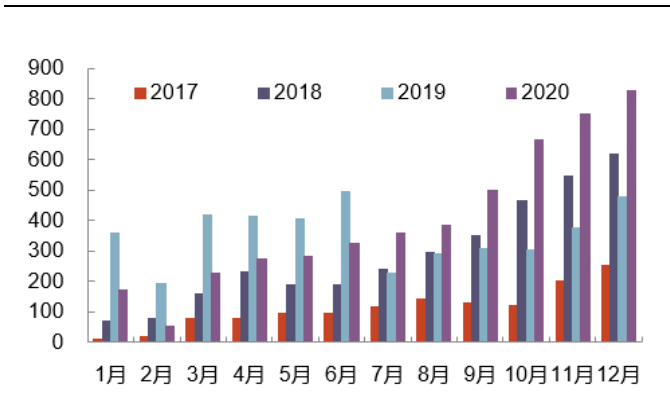
图 10：EV/PHEV 销量及同比增速



资料来源：中汽协；单位：万辆

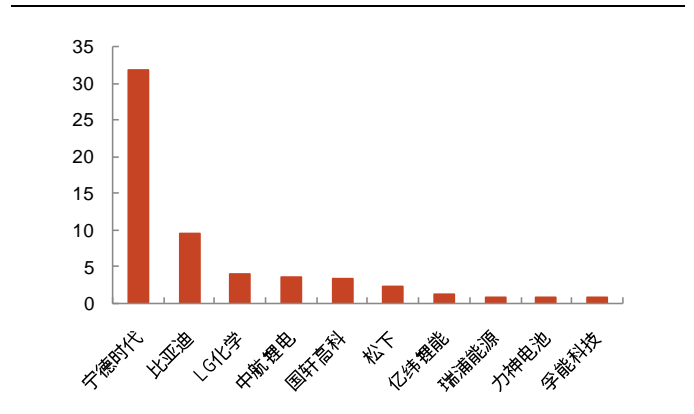
装机企业方面，宁德时代以总装机量 31.79GWh 无悬念登顶，且大比分领先其他对手，占国内市场总装机量的一半；比亚迪排名第二，市场份额达到 14.9%；第三名 LG 化学装机量与前两名有不小的差距，为 4.13GWh，占市场总装机量的 6.5%。

图 11：国内乘用车月度电池装机量



资料来源：乘联会；单位：万 kWh

图 12：2020 年国内动力电池企业装车量排名



资料来源：真锂研究，第一电网；单位：GWh

1.1.3、未来新能源汽车及相关材料需求预测

➢ 预计 2025 年我国新能源汽车销量突破 800 万辆，动力电池装机量 406GWh

《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》倡导的电动化、智能化、网联化将成为我国新能源汽车产业发展的新机遇。经过本轮升级，中国电动车产业未来将更加具备国际竞争能力，并迎来更好的发展期。我们预计我国新能源汽车销量未来 5 年复合增长率在 40%左右，到 2025 年有望超过 800 万辆，是 2020 年的 6.4 倍，是 2021E（260 万辆）的 3.3 倍。按照 2025 年汽车总销量 2500 万辆预计，新能源车销量渗透率达 32%。

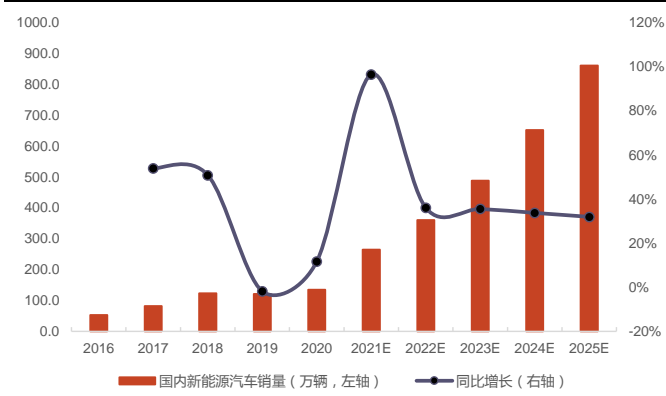
在电动汽车市场快速增长带动下，动力型锂离子电池继续保持快速增长势头。按照正极材料分类动力电池可分为三元电池、磷酸铁锂电池及其他电池。根据目前各细分车型的单车带电量，我们预计 2025 年国内装机量可达 406GWh，2020-2025ECAGR 超过 40%，市场规模将达到 2640 亿元；其中三元电池装机量达 247.5GWh，磷酸铁锂装机量达 158.8GWh。

表 4：动力电池需求预测

| | 2020 | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 纯电动乘用车电池用量 (Gwh) | 45 | 93 | 134 | 182 | 251 | 343 |
| 插混乘用车电池用量 (Gwh) | 4 | 6 | 8 | 12 | 17 | 22 |
| 纯电动客车电池用量 (Gwh) | 11 | 14 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| 插混客车电池用量 (Gwh) | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 新能源专用车电池用量 (Gwh) | 5 | 7 | 9 | 12 | 15 | 20 |
| 新车动力电池需求合计 (Gwh) | 65 | 121 | 164 | 220 | 297 | 399 |
| 存量替换动力电池需求 (Gwh) | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 |
| 动力电池需求合计 (Gwh) | 67.0 | 123.5 | 168.3 | 225.3 | 303.1 | 406.2 |
| YoY | 7% | 84% | 36% | 34% | 35% | 34% |
| 其中: | | | | | | |
| 三元电池总需求 (Gwh) | 44.0 | 73.4 | 90.1 | 132.2 | 182.3 | 247.5 |
| 占比 | 66% | 59% | 54% | 59% | 60% | 61% |
| YoY | 13% | 67% | 23% | 47% | 38% | 36% |
| 磷酸铁锂及其他电池总需求 (Gwh) | 23.1 | 50.1 | 78.2 | 93.1 | 120.8 | 158.8 |
| 占比 | 34% | 41% | 46% | 41% | 40% | 39% |
| YoY | -2% | 117% | 56% | 19% | 30% | 31% |
| 电池价格 (元/wh) | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| YoY | -11% | -8% | -8% | -6% | -4% | 0% |
| 电池市场规模 (亿元) | 570 | 964 | 1212 | 1532 | 1970 | 2640 |
| YoY | -5% | 69% | 26% | 26% | 29% | 34% |

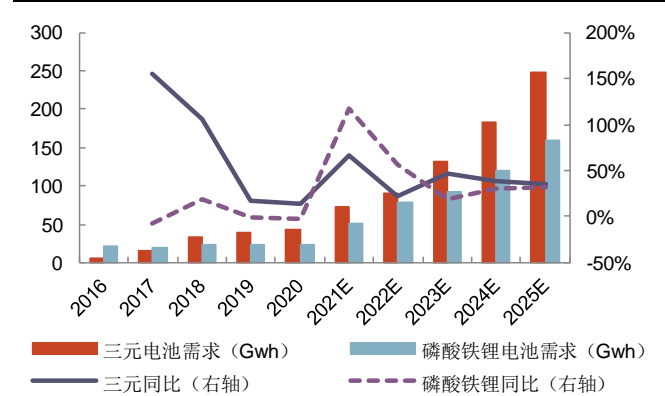
资料来源：GGII，中汽协，鑫椤锂电等，光大证券研究所预测

图 13: 国内新能源汽车销量预测



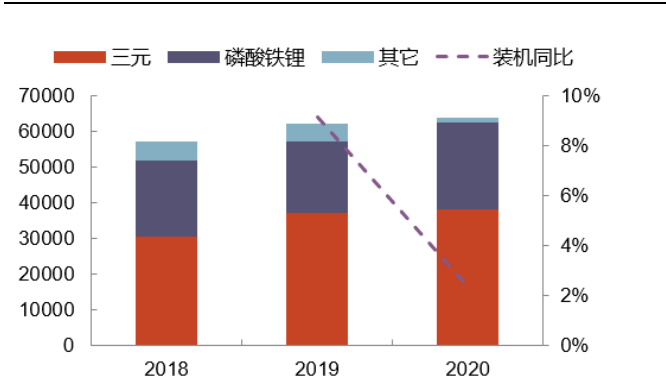
资料来源: 中汽协, wind, 光大证券研究所预测

图 14: 国内电池年新增装机量预测



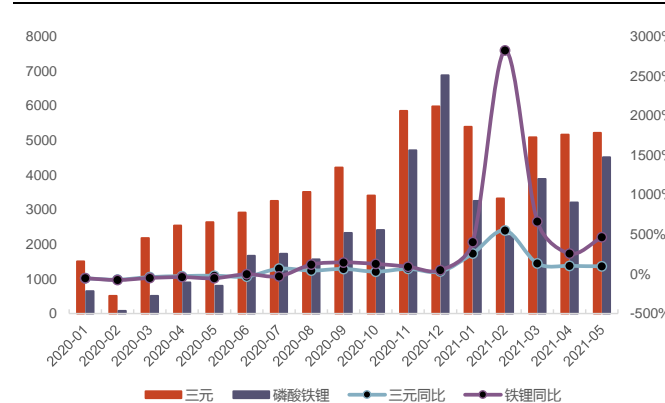
资料来源: Wind, 上海有色网, 光大证券研究所预测

图 15: 我国动力电池年装机量



资料来源: Wind, 上海有色网, 光大证券研究所; 单位: MWh

图 16: 我国动力电池月度装机量及同比增速



资料来源: 中国汽车动力电池产业创新联盟; 单位: MWh

➢ 预计 2025 年海外新能源汽车销量 1500 万辆，动力电池装机量 757GWh

我们根据各国新能源销量情况，预测 2025 年海外新能源汽车销量 1500 万辆，CAGR-5 达到 50%。根据单车带电量假设，预计 2025 年海外动力电池装机量 757GWh，CAGR-5 将达到 51%。据乘联会数据，2020 年全球汽车销量 7803 万辆，海外 5303 万辆，假设 2025 年汽车总销量维持，则海外新能源车销量渗透率达 28%。

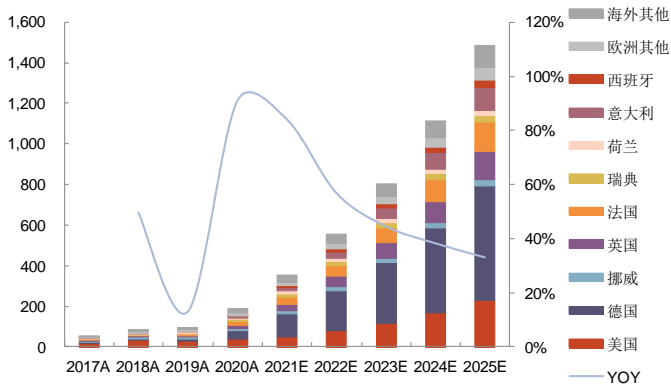
表 5: 海外新能源车销量及电池需求预测

| 国家 | 2020A | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 美国 | 42.50 | 53.13 | 81.18 | 119.33 | 170.04 | 232.96 |
| YoY | 29.5% | 25.0% | 52.8% | 47.0% | 42.5% | 37.0% |
| 德国 | 39.46 | 110.49 | 198.88 | 298.32 | 418.24 | 562.95 |
| YoY | 285.8% | 180.0% | 80.0% | 50.0% | 40.2% | 34.6% |
| 挪威 | 10.57 | 15.33 | 19.20 | 23.22 | 26.77 | 29.77 |
| YoY | 37.9% | 45.0% | 25.3% | 20.9% | 15.3% | 11.2% |
| 英国 | 17.51 | 35.02 | 51.69 | 73.55 | 102.17 | 136.60 |
| YoY | 122.9% | 100.0% | 47.6% | 42.3% | 38.9% | 33.7% |

| | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 法国 | 18.55 | 35.25 | 52.27 | 75.58 | 105.66 | 143.28 |
| YoY | 169.4% | 90.0% | 48.3% | 44.6% | 39.8% | 35.6% |
| 瑞典 | 9.38 | 15.01 | 19.89 | 25.53 | 30.46 | 34.60 |
| YoY | 121.8% | 60.0% | 32.5% | 28.4% | 19.3% | 13.6% |
| 荷兰 | 9.12 | 12.32 | 15.82 | 19.35 | 22.73 | 25.53 |
| YoY | 39.7% | 35.1% | 28.4% | 22.3% | 17.5% | 12.3% |
| 意大利 | 5.95 | 17.85 | 31.09 | 50.72 | 80.03 | 113.80 |
| YoY | 243.9% | 200.0% | 74.2% | 63.1% | 57.8% | 42.2% |
| 西班牙 | 4.35 | 8.70 | 13.38 | 19.11 | 26.02 | 34.82 |
| YoY | 124.2% | 100.0% | 53.8% | 42.8% | 36.2% | 33.8% |
| 欧洲其他 | 13.58 | 19.05 | 26.14 | 35.32 | 46.09 | 59.08 |
| YoY | 110.0% | 40.3% | 37.2% | 35.1% | 30.5% | 28.2% |
| 欧洲合计 | 128.47 | 269.01 | 428.36 | 620.69 | 858.17 | 1140.43 |
| YoY | 140.0% | 109.4% | 59.2% | 44.9% | 38.3% | 32.9% |
| 海外其他 | 21.76 | 32.73 | 47.52 | 65.77 | 86.88 | 111.73 |
| YoY | 49.5% | 50.4% | 45.2% | 38.4% | 32.1% | 28.6% |
| 海外合计 | 192.73 | 354.86 | 557.06 | 805.78 | 1115.09 | 1485.12 |
| YoY | 91.0% | 84.1% | 57.0% | 44.7% | 38.4% | 33.2% |
| 单车带电量 (Kwh) | 49.3 | 49.5 | 49.8 | 50.2 | 50.5 | 51.0 |
| 动力电池需求合计 (Gwh) | 95.02 | 175.66 | 277.41 | 404.50 | 563.12 | 757.41 |
| YoY | | 84.9% | 57.9% | 45.8% | 39.2% | 34.5% |

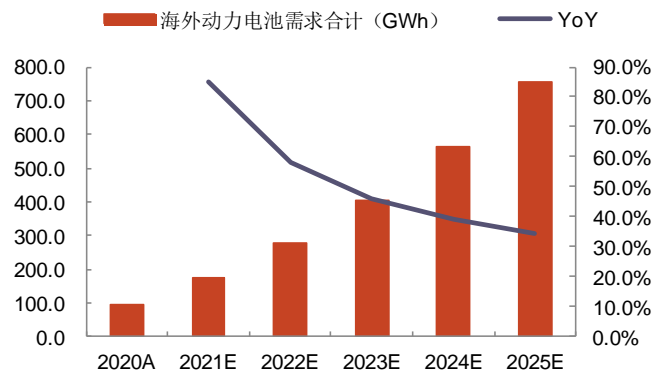
资料来源: KBA、CCFA、SMMT 等, 光大证券研究所预测; 单位: 万辆

图 17: 海外新能源车销量预测 (万辆)



资料来源: KBA、CCFA、SMMT 等, 光大证券研究所预测

图 18: 海外动力电池需求预测 (GWh)



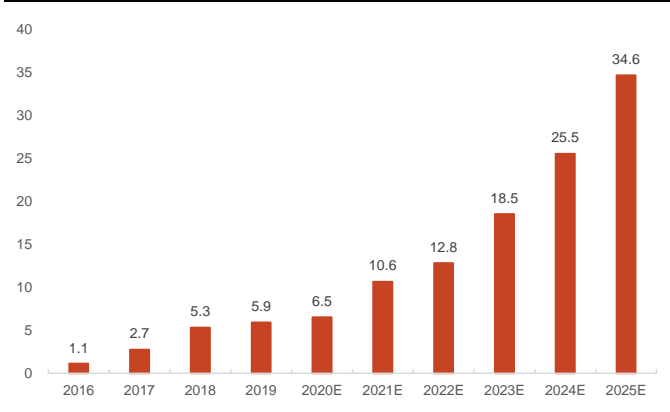
资料来源: SNE Research, 光大证券研究所预测

➢ 预计 2025 年全球三元正极材料需求量 34.6 万吨, 磷酸铁锂 34.9 万吨

原材料方面, 根据单位耗用量假设 1kWh 所需三元材料 1.4kg, 1kWh 所需磷酸铁锂正极材料 2.2kg, 考虑动力电池、3C 电池、储能电池以及其他领域的需求量, 我们测算到 2025 年全球三元正极材料需求量 34.6 万吨, 市场规模 589 亿元; 磷酸铁锂材料需求量为 34.9 万吨, 市场规模达到 140 亿元。同样地, 负极材料到 2025 年的市场规模达到 195 亿元, 总需求量 40.6 万吨。

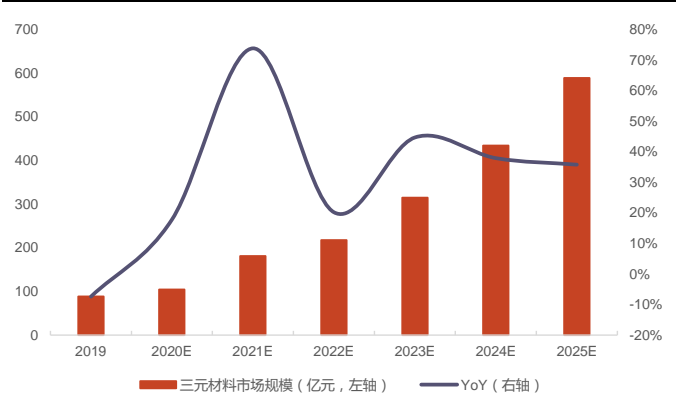
假设 1GWh 所需电解液 950 吨, 制备 1 吨电解液需要六氟磷酸锂 0.1 吨, 那么到 2025 年全球六氟磷酸锂的需求量为 12.8 万吨; 1kWh 所需隔膜面积为 17 平方米, 2025 年全球隔膜需求量为 176.5 亿平方米, 市场规模为 60 亿元。

图 19: 全球三元正极材料需求预测 (万吨)



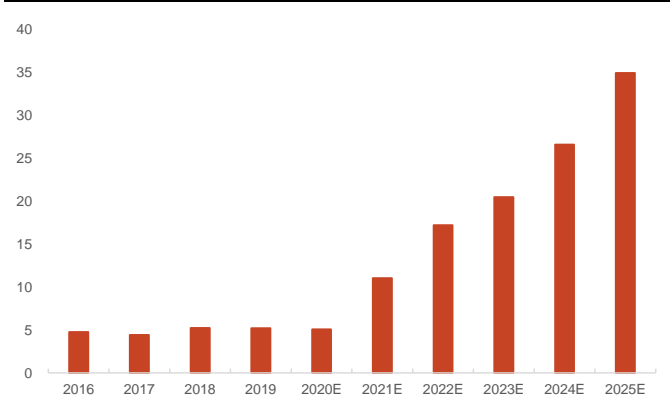
资料来源: GGII, 光大证券研究所预测

图 20: 全球三元正极材料市场规模预测



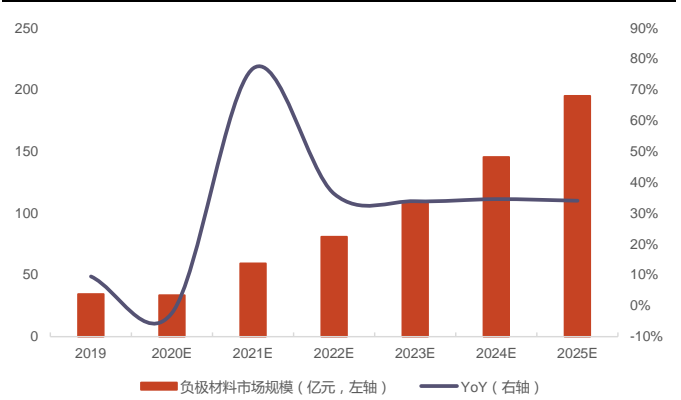
资料来源: GGII, 光大证券研究所预测

图 21: 全球磷酸铁锂正极材料需求预测 (万吨)



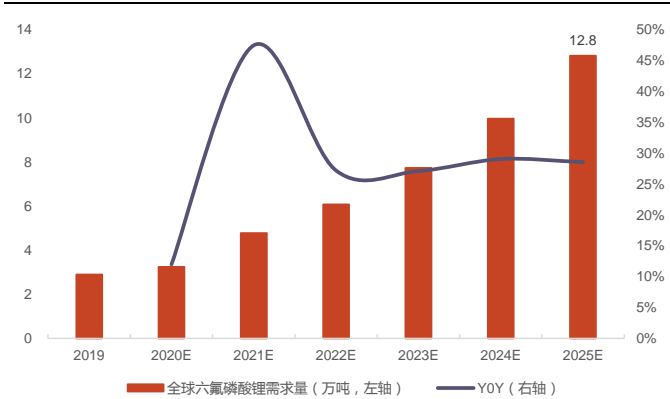
资料来源: GGII, 光大证券研究所预测

图 22: 全球负极材料市场规模预测



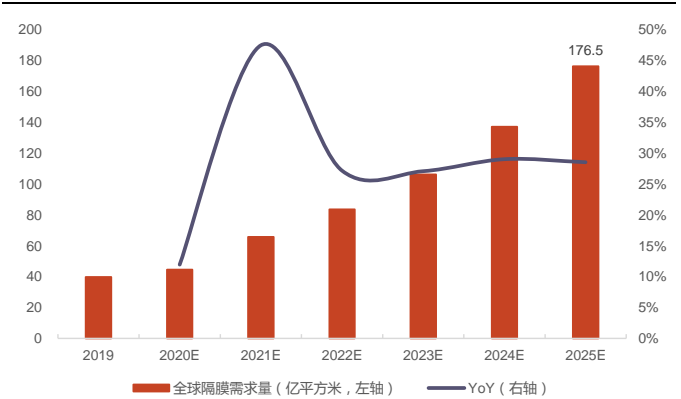
资料来源: GGII, 光大证券研究所预测

图 23: 全球六氟磷酸锂需求测算



资料来源: GGII, 光大证券研究所预测

图 24: 全球隔膜需求量预测



资料来源: GGII, 光大证券研究所预测

1.2、 比较三种动力能效、排碳及经济性，锂电成长确定

1.2.1、燃油、锂、氢三种动力源排碳、能效及经济性

汽、柴油作为传统车用燃料，统治汽车领域约百年的时间，在新能源革命的大潮及全球碳中和的趋势下，车用动力的变革已经开始。“买得起、用得起”已经成为不同动力汽车能否商业化推广放量的关键。

(1) “用得起”：燃料要清洁、且成本要低。根据欧阳明高 2021 年中国电动汽车百人会发言，从基于可再生能源的能源动力组合全链条能效分析，如果能源供给侧端的电价相同，总体能效差别等于成本差别，充电电池能做的事情就可以不用氢燃料电池，因为制氢的电价不会比充电电价更便宜。有一些场景用氢燃料依然是不错的选择：长距离客运、货运（重卡、大巴、公交）、锂电能量衰减比较快的地区（北方）、物流叉车、轮船等；以及大规模储能、工业原料等。

效率：根据壳牌公司，充电电动车全链条效率 77%，其中燃料生产环节效率 95%；氢燃料电池车全链条 30%，其中燃料生产端 61%；电燃料内燃机汽车全链条 13%，其中燃料生产端 44%。

表 6：基于可再生能源的能源动力组合全链条能效分析

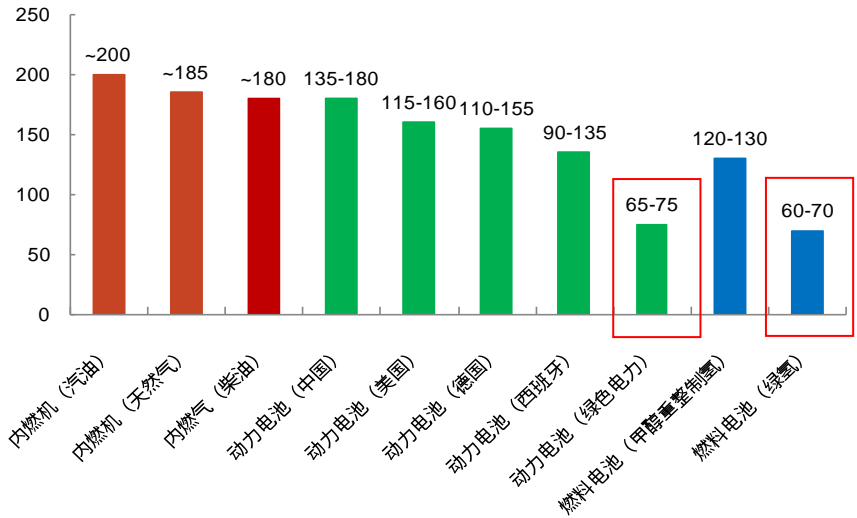
| 环节 | 能量损失项目 | 充电电动车 | 氢燃料电池 | 电燃料内燃机汽车 |
|-------------|---------------|------------|------------|------------|
| 燃料环节 | 电解 | | -22% | -22% |
| | 二氧化碳捕捉 | | | -44% |
| | 运输、存储、加注 | -5% | -22% | |
| | 燃料生产效率 | 95% | 61% | 44% |
| 动力环节 | 充电设备 | -5% | | |
| | 电池充电 | -5% | | |
| | 氢转化为电 | | -46% | |
| | DC/AC 转换 | -5% | -5% | |
| | 发动机效率 | -5% | -5% | -70% |
| 综合效率 | | 77% | 30% | 13% |

资料来源：壳牌公司，欧阳明高 2021 年中国电动汽车百人会发言 PPT；负值为损耗，红字为效率

针对于不同车用动力源的全生命周期排碳水平，全球氢燃料电池龙头巴拉德公司也进行了测算，其核心结论在于：能源供给侧的清洁程度是决定因素，无论是锂电池汽车还是氢燃料电池车，如果电力或者氢气来自于化石能源，那么其排碳水平依然较高。所以若要能源需求侧的汽车使用端减碳，还是需要推动能源供给侧使用清洁能源。如果能源供给侧均使用清洁能源，那么锂电池汽车和氢燃料电池汽车全生命周期排碳水平分别为 65-75 g/km；60-70 g/km。

我们进一步分析：2025、2030 年欧盟新登记乘用车 CO₂ 排放量目标需要在 2021 年 95g/km 的基础上分别减 15%和 37.5%，分别达到 81g/km 和 59g/km，若要达到此目标，欧洲需要在 2030 年达到以清洁能源为主的能源体系，届时可以同时采用锂电或者燃料电池车为主的汽车动力体系。

图 25：2019 年不同动力来源的二氧化碳排放情况



资料来源：巴拉德公司公告，光大证券研究所；单位：g CO₂/km

我们基于当前各类动力汽车能源成本的经济性测算也可以得出类似结论：当前时点在乘用车方面，电动（插电混动）汽车的使用经济性远好于汽油车和燃料电池车（对于轿车类型，电动车的百公里成本约 10 元人民币，而汽油和燃料电池车的百公里成本分别达到 33 元人民币和 63 元人民币）。

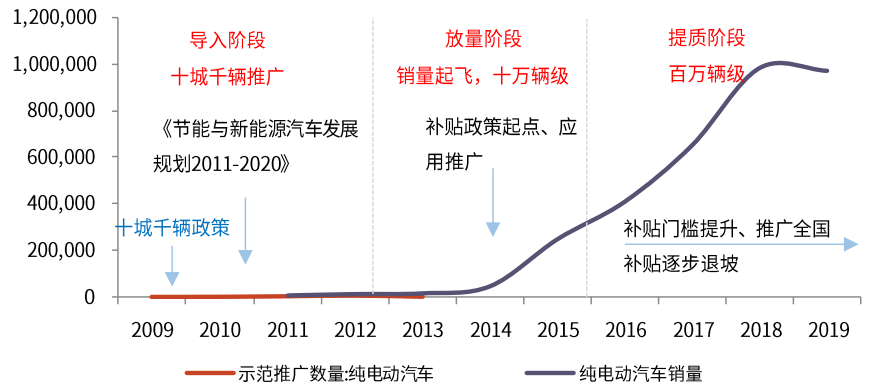
表 7：不同类型动力汽车能源成本经济性测算

| 类型 | 车型 | 经济性 (MPGe) | 百英里能耗 | 单位 | 能源成本 | 单位 | 百英里成本 (美元) | 百公里成本 (元人民币) |
|------------|-----------------------------------|------------|-------|------------|------|--------|------------|--------------|
| 轿车 | | | | | | | | |
| 汽油 | 2021 Honda Civic 4Dr | 36 | 2.8 | gal/100 mi | 2.94 | 美元/加仑 | 8.23 | 33.23 |
| 电动 | 2021 Tesla Model 3 Long Range AWD | 134 | 25 | KWh/100 mi | 9.8 | 美分/千瓦时 | 2.45 | 9.89 |
| 插电混动 | | 133 | 25 | KWh/100 mi | 9.8 | 美分/千瓦时 | 2.45 | 9.89 |
| 燃料电池 | | 65 | 1.56 | kg/100 mi | 10 | 美元/千克 | 15.63 | 63.08 |
| SUV | | | | | | | | |
| 汽油 | 2021 Honda HR-V FWD | 30 | 3.3 | gal/100 mi | 2.94 | 美元/加仑 | 9.70 | 39.17 |
| 电动 | 2021 Tesla Model Y Long Range AWD | 125 | 27 | KWh/100 mi | 9.8 | 美分/千瓦时 | 2.65 | 10.68 |
| 插电混动 | | 94 | 36 | KWh/100 mi | 9.8 | 美分/千瓦时 | 3.53 | 14.24 |
| 燃料电池 | 2021 Hyundai Nexo | 57 | 1.79 | kg/100 mi | 10 | 美元/千克 | 17.86 | 72.09 |

资料来源：经济性和百公里能耗数据来自 Fueleconomy.gov，能源成本数据来自 Wind，光大证券研究所整理；美元对人民币汇率取 6.5

(2) “买得起”：通过技术研发、规模化降本，使汽车购买成本下降，达到可平价消费区间。目前看，锂电池车购买成本已经可以与传统燃油车相抗衡，进入市场化快速放量阶段；氢能燃料电池车目前因为还处于规模化初期，仍需要 5-10 年时间通过规模化降本，作为锂电的互补，未来也值得期待。

图 26：锂电动汽车产业发展不同阶段



资料来源：Wind，光大证券研究所；单位：辆

1.2.2、锂电行业成长确定，龙头公司大举扩张

为了满足全球快速增长的动力电池需求，全球主要动力电池公司大举扩张，进入了产能扩张期。根据主要动力电池厂公司公告整理，2020 年国内、海外动力电池产能为 181/279GWh，2021-2023E 产能规划国内分别为 311/517/757GWh (YOY 71%/67%/46%)，海外分别为 429/604/754 GWh (YOY 54%/41%/25%)。

表 8：锂电行业成长确定，龙头公司大举扩张

| GWh | 2019 | 2020 | 2021E | 2022E | 2023E |
|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| LG 化学 | 74 | 124 | 159 | 179 | 232 |
| SDI | 20 | 28 | 45 | 60 | 60 |
| 松下 | 47 | 54 | 59 | 64 | 69 |
| SKI | 5 | 30 | 40 | 71 | 84 |
| Northvolt | | | 8 | 27 | 49 |
| 海外合计 | 152 | 279 | 429 | 604 | 754 |
| 宁德时代 | 52 | 69 | 131 | 214 | 351 |
| 比亚迪 | 30 | 40 | 70 | 110 | 133 |
| 国轩高科 | 13 | 23 | 28 | 43 | 58 |
| 孚能科技 | 5 | 13 | 21 | 39 | 44 |
| 亿纬锂能 | 9 | 17 | 28 | 52 | 72 |
| 中航锂电 | 5 | 11 | 22 | 44 | 84 |
| 欣旺达 | 4 | 7 | 11 | 15 | 15 |
| 国内合计 | 119 | 181 | 311 | 517 | 757 |
| 全球合计 | 271 | 460 | 740 | 1121 | 1511 |

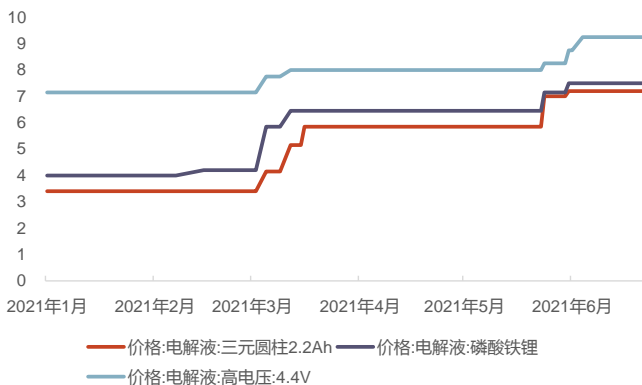
资料来源：各公司公告，光大证券研究所整理，截至 2021 年 7 月

1.2.3、产能周期、设备国产化、能耗约束将强化周期

电解液：扩产周期较长，6F、VC 供应紧张

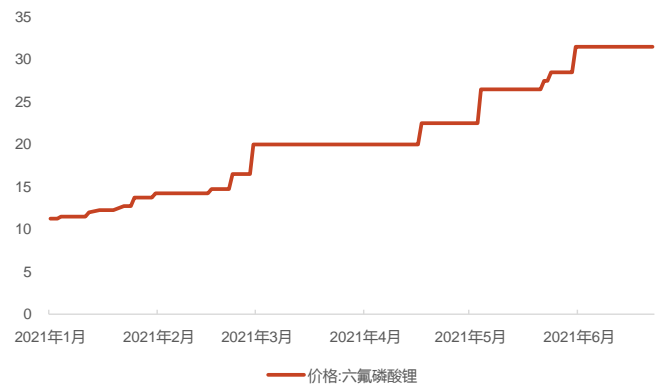
电解液供应紧张，尤其受限于上游的 6F、VC 供应。2021 年以来，电解液价格持续上涨，上游的 6F 价格涨幅大于电解液价格涨幅。根据 wind 数据，三元圆柱 2.2Ah/磷酸铁锂/4.4V 高电压电解液价格 2021 年 1 月出的价格为 3.4/4/7.15 万元/吨，到 2021 年 6 月末，价格已上涨到 7.2/7.5/9.25 万元/吨，涨幅为 112%/88%/29%；6F 价格 2021 年 1 月初的价格为 11.25 万元/吨，到 2021 年 6 月末，价格已上涨到 31.5 万元/吨，涨幅为 180%。

图 27：2021 年电解液价格变化趋势



资料来源：wind；单位：万元/吨；截至 2021.6

图 28：2021 年 6F 价格变化趋势



资料来源：wind；单位：万元/吨；截至 2021.6

6F 较长的扩产周期使得今年供应持续紧张。6F 的扩产周期约 18 个月，目前全球仅天赐、多氟多、新泰在今明年有新增产能，天赐材料的 6 万吨液态六氟要四季度上线。近期各大厂商陆续宣布扩产计划：6 月 15 日，永太科技宣布投资年产 2 万吨六氟磷酸锂项目，建设期预计为 3 年，可根据实际建设进度分次投产；6 月 17 日，天赐材料宣布投资建设年产 15 万吨六氟磷酸锂项目，建设周期为 18 个月。但需注意的是这些产能需到 2023 年才能逐步释放。

VC 在 Q3 会有新产能陆续投放，将有效缓解短缺情况。2021 年以来，VC 供应一直是电解液生产的主要瓶颈，根据鑫椏锂电数据，Q3 会有多家企业的 VC 产能陆续释放，届时才会有效缓解 VC 供应的瓶颈问题。

隔膜：设备面临国产化瓶颈、海外设备厂商不扩产

隔膜需求量大涨，供应情况紧张。2021 年以来，根据鑫椏锂电数据，恩捷股份、星源材质、中材科技三家头部隔膜企业持续满产运行，订单供应紧张；河北金力、中兴新材、沧州明珠、惠强新能源等第二、三梯队隔膜企业的产能利用率也有明显提升。

隔膜生产对设备稳定性要求很高。隔膜设备停机时间越短越好，在不停止机器运转的情况下，产品的合格率会越来越高。如果设备稳定性较差，就会频繁停机处理，导致隔膜的质量和一致性得不到保证。**国产隔膜设备最主要的问题就在于设备的稳定性较差，这使得隔膜厂商的设备主要依赖于进口。**

海外设备厂商不扩产，上游瓶颈明显。隔膜设备市场相对小众，主要的设备厂商仅有日本制钢所、日本东芝、韩国明胜、德国布鲁克纳、法国伊索普等几家。这几大厂商基本没有扩产计划，且未来几年的产能已经与各家隔膜企业绑定。在下游电池需求大幅增长的情况下，未来 2-3 年隔膜产能将会成为整个产业链中的一大瓶颈。

表 9：隔膜设备厂商基本情况

| 国家 | 公司 | 生产周期 | 产品特点 | 与隔膜企业合作 |
|----|------|--------|---------------------------|------------|
| 日本 | 制钢所 | 2-3 个月 | 产品控制精度较高 | 恩捷绑定 5 年产量 |
| 日本 | 东芝 | 2-3 个月 | 产品控制精度较高，供应经验丰富 | 旭化成绑定 |
| 韩国 | 明胜 | 2-3 个月 | 产品控制精度较高，集成经验较少 | |
| 德国 | 布鲁克纳 | 5-6 个月 | 产品幅宽比较大、速度比较快，注重人员安全和环境保护 | 星源绑定 |
| 法国 | 伊索普 | 5-6 个月 | 产品幅宽比较大、速度比较快，同步拉伸机设备较好 | |

资料来源：公司公告，网易，第一电动，中国电池网等，光大证券研究所整理

负极：能耗约束带来石墨化瓶颈

负极需求旺盛，主流厂商持续满产。根据鑫椏锂电数据，2021 年 1-4 月，主要负极企业产能利用率分别为 99%/95%/106%/111%。行业产能已经超负荷生产，部分厂家已经开始依赖于外协代工增加产量。当前企业面临的不是订单压力，而是生产能力瓶颈，特别是石墨化产能。

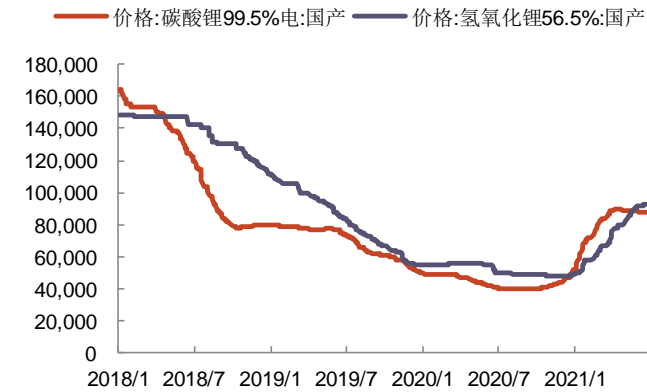
石墨化瓶颈持续，预计 2022 年 H1 可以得到缓解。负极石墨化能耗较高，主要产能（约 40%左右）分布在电价低廉的内蒙古地区。由于内蒙古能效双控原因，今年石墨化产能受到很大影响。石墨化产能的扩建需要一定周期，根据鑫椏锂电数据，新增石墨化产能今年 Q4 将陆续上线，预计 2022 年上半年石墨化产能得到有效缓解。

1.3、资源约束、地缘政治，锂或成为行业发展掣肘

2021 年 4 月 IEA 出版的研究报告《关键矿物在清洁能源转型中的作用》(The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions)显示，随着各国逐渐向清洁能源迈进，电动汽车取代燃油车进程加速，2040 年锂的需求可能会比现在高出 50 倍，这意味着世界将面临锂的严重短缺。

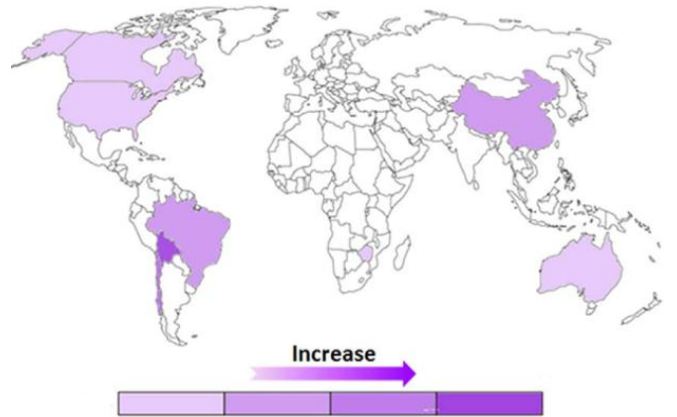
鉴于锂资源区域分布不均以及控制权高度集中，锂电市场会不可避免地受到价格波动、地缘政治的影响。

图 29：电池用锂价格不稳定



资料来源：Wind，光大证券研究所；单位：元/吨，截至 2021 年 6 月

图 30：全球锂资源分布不均



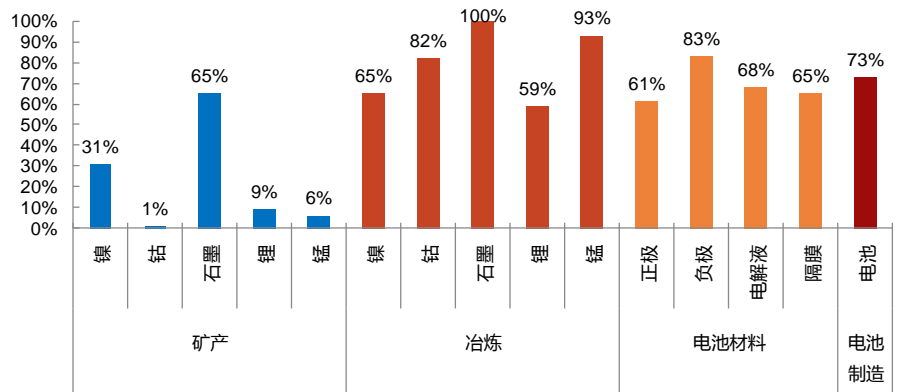
资料来源：中科海钠官网，光大证券研究所；颜色深代表锂资源丰富

2021 年 2 月 25 日，美国白宫官网发公告称，拜登政府签署了第 14017 号行政命令，将对四种产品的供应链展开为期一百天的审查，主要针对半导体芯片、电动汽车大容量电池、稀土矿产品和药品领域。

6 月 8 日，拜登政府发布了一份逾 250 页的审查报告：“大容量电池行业：美国严重依赖从国外进口制造先进电池组的原料，这使美国面临供应链漏洞，威胁到依赖它们的关键技术和制造它们的劳动力的可用性和成本。到 2030 年，全球锂电池市场预计将增长 5 到 10 倍，美国必须立即投资，扩大国内大容量电池的安全、多样化供应链，支持高薪、高质量的工作，并自由公平地选择加入工会和集体谈判。这意味着要抓住一个关键的机会，增加国内电池生产，同时投资扩大整个锂电池供应链，包括电池生产中使用的关键矿物的采购和加工，一直到报废电池的收集和回收。”

6 月 9 日，美国参议院以 68 票赞成、32 票反对，通过一项总额 2,500 亿美元的《2021 年美国创新及竞争法》。这项法案就是旨在提高美国科技，去面对中国的竞争力。美国强化与盟友之前的联系，在锂资源层面对中国进行限制恐成为现实，另外禁止中国供应链公司在外进行投资、扩张也会是美国的重要制裁手段。

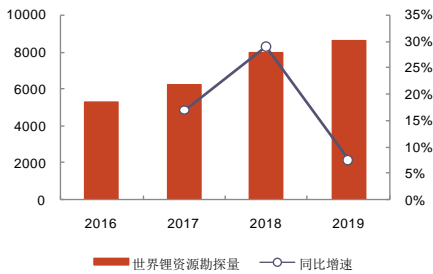
图 31：2019 年中国电池产业链在全球的产量份额



资料来源：Benchmark mineral intelligence

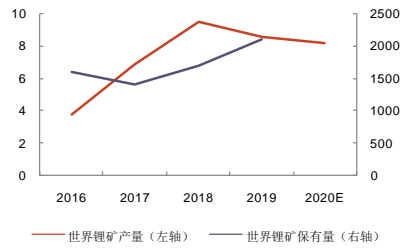
中国锂资源虽丰富，但受生产工艺的制约，资源品位较高的电池级碳酸锂、高纯碳酸锂等还需从国外大量进口。中国优质的锂资源与世界其他地区相比较少，考虑我国是锂电中游产业链以及下游应用市场核心，因此需要考虑资源掣肘。

图 32: 世界锂资源勘探量



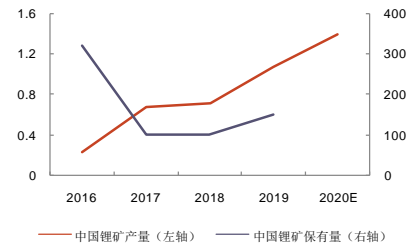
资料来源: U.S. Geological Survey; 单位: 万吨锂金属当量

图 33: 世界锂矿产量和保有量



资料来源: U.S. Geological Survey; 单位: 万吨锂金属当量

图 34: 中国锂矿产量和保有量



资料来源: U.S. Geological Survey; 单位: 万吨锂金属当量

表 10: 未来 5 年全球碳酸锂产量

| 碳酸锂生产企业 | 2019 | 2020E | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ALB (Atacama+Silver Peak 盐湖) | 4.1 | 4.4 | 4.6 | 4.8 | 5.8 | 6.8 | 7.9 |
| Livent (Hombre Muerto 盐湖) | 1.9 | 1.3 | 2.3 | 2.7 | 3.6 | 4.5 | 5.4 |
| Orocobre (Olaroz 盐湖) | 1.3 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.0 |
| 天齐/ALB (greenbush 矿山) | 10.9 | 8.8 | 9.6 | 11.5 | 13.9 | 16.6 | 16.6 |
| 蓝科锂业 (察尔汗盐湖) | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 1.8 | 2.1 | 2.4 |
| 青海锂业 (东台吉乃尔盐湖) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 中信国安 (西台吉乃尔盐湖) | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| SQM (Atacama 盐湖+Mt Holland 矿山) | 4.5 | 7.0 | 7.7 | 8.3 | 9.3 | 10.3 | 12.4 |
| 赣锋锂业 (marion 矿山+Pilgangoora 矿山等) | 5.4 | 5.4 | 7.8 | 11.7 | 13.0 | 14.4 | 15.7 |
| ALB (Wodgina 矿山) | - | - | - | - | 2.6 | 4.0 | 5.3 |
| 天宜锂业 (Mibra 矿山+Manono 矿山+Pilgangoora 矿山) | - | 0.3 | 0.9 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| 川能动力 (李家沟矿山+马尔康党坝矿山) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 雅化集团 (Cattlin 矿山+Finniss 矿山+李家沟矿山) | 0.7 | 1.0 | 1.9 | 2.4 | 3.1 | 3.7 | 3.7 |
| 盛新锂能 (业隆沟矿山+Altura 矿山+Cattlin 矿山) | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 2.9 | 2.4 | 3.0 | 3.6 |
| 中矿资源 (Arcadia+Tanco 矿山) | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 2.0 |
| 恒信融 (西台吉乃尔盐湖) | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.7 |
| 锦泰锂业 (巴仑马海盐湖) | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 1.0 |
| 五矿盐湖 (一里坪盐湖) | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 大华化工 (大茶旦盐湖) | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 西藏矿业 (扎布耶盐湖) | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 融捷股份 (康定甲基卡矿山) | 0.7 | 1.0 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 3.1 | 3.7 |
| 藏格控股 (察尔汗盐湖) | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 容汇锂业 (Pilgangoora 矿山+Mibra 矿山) | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 3.0 |
| Altura (Pilgangoora 矿山) | 1.2 | 0.9 | - | - | - | 1.0 | 1.9 |
| Pilbara (Pilgangoora 矿山) | - | 0.1 | 0.7 | 2.9 | 3.4 | 4.6 | 4.6 |
| 银河资源 (Mt Cattlin 矿山) | 2.1 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 其他资源 | 1.0 | - | 0.3 | 0.1 | 2.7 | 4.4 | 5.2 |

资料来源: 各公司公告, 光大证券研究所整理; 单位: 万吨

表 11: 国内外锂矿产能规划

| 运营公司 | 矿山 | 包销 | 产能规划 |
|-----------------|-------------|--------------------------|--|
| Talison Lithium | Greenbushes | 天齐和雅宝 | 一期产能 74 万吨已投产，二期产能 60 万吨 2019Q2 已投产。三期产能 60 万吨，原计划 2020Q4 试产，现在已推迟 |
| RIM | Mt Marion | 赣锋 | 现有产量为 40-45 万吨/年的锂精矿，暂无扩产计划 |
| Pilbara | Pilgangoora | 容汇锂业、长城汽车、天宜锂业、赣锋锂业、浦项制铁 | 一期产能 33 万吨锂精矿；二期计划扩到 80-85 万吨精矿，预计分为三阶段达成，2021 年年底开始建设 |
| 银河资源 | Cattlin | 雅化集团、明和产业、盛新锂能 | 产能 20 万吨，暂无扩产计划 |
| Altura | Pilgangoora | 赣锋、瑞福、盛新锂能、杉杉股份、LIONERGY | 2020 年 10 月 26 日，澳洲主要锂矿 Altura 被破产管理公司接管，关停状态中 |
| 雅宝 | Wodgina | 雅宝 | 2019 年 11 月已关停 |
| Alita | Bald hill | 江特电机、宝威控股 | 2019 年 8 月破产重组 |
| 德鑫矿业 | 李家沟 | 雅化集团、川能动力 | 李家沟锂辉石矿 105 万吨/年采选项目正在建设中，2021 年底前建成 |
| 融达锂业 | 甲基卡 | 融捷股份 | 锂矿精选项目规划为 250 万吨/年，2021 年第二季度启动建设，2022 年第四季度完成建设 |
| 金川奥伊诺 | 业隆沟 | 盛新锂能 | 业隆沟锂辉石矿已于 2019 年 11 月投产，2020 年 1-6 月未产出，原矿生产规模 40.50 万吨/年 |

资料来源：各公司公告，光大证券研究所整理；截至 2021.4

1.3.1、盐湖提锂：未来新增锂矿产能的重要主体

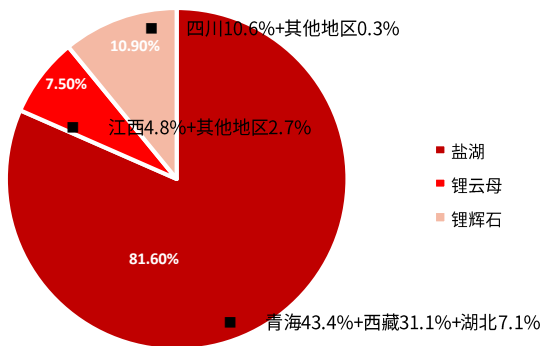
➢ 资源禀赋决定提锂路线，我国盐湖提锂开发潜力巨大

据中国有色金属工业协会锂业分会统计，锂资源储量约为 714 万吨（金属锂吨），其中青海地区的储量占全国的 43.4%，西藏地区的储量占全国的 31.1%，是占比最高的两个地区。我国锂资源主要以盐湖卤水形式存在，占比高达 81.6%。因此在全球锂电市场大跨步迈向 TWh 时代之际，加大我国盐湖锂资源的开发力度势在必行，盐湖提锂也将构成未来我国甚至全球新增锂矿产能的主体。

国内外不同盐湖镁锂比差异较大，各盐湖往往是根据资源禀赋特征采取不同的技术路线。海外由于锂盐湖资源镁锂比低，摊晒条件优越并且矿区周边电力及运输等配套设备齐全，因此多以盐田浓缩沉淀法为主，包括 SQM、南美 Salar de Atacama、Salar de Olaroz 等盐湖均采用该技术。

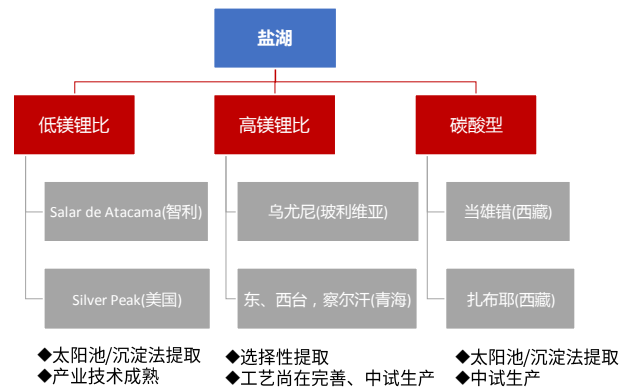
我国大部分盐湖卤水镁锂比高、钠锂比高、分离难度大，导致提锂过程中开发成本高、开采环境恶劣、利用程度低、国外盐湖提锂技术在国内也不适用，这些原因导致我国目前盐湖锂产量小、提纯技术不完善。

图 35: 我国锂资源主要以盐湖卤水形式存在



资料来源：中国有色金属工业协会锂业分会，全国矿产资源储量通报（2012），光大证券研究所整理

图 36: 各盐湖根据资源禀赋特征采取不同的技术路线



资料来源：上海空间电源研究所，光大证券研究所

➢ 我国盐湖提锂产能概况：已建成 8 万吨，规划产能约 12 万吨

经过 20 年提锂工艺的不断探索，我国初步形成了三类可行的盐湖提锂路线，包括膜法（包括电渗析法和纳滤膜分离法）、吸附法和溶剂萃取法。

吸附法是在低浓度的卤水中可以将锂分离出来，缺点是杂质含量高，需要进一步的除杂工艺。

目前国内比较成熟的**膜法**提锂工艺主要有电渗析法与纳滤膜法，主要应用在具有高镁锂比的盐湖。电渗析膜法主要应用于高浓度卤水，低浓度体系不适用。

溶剂萃取法提锂工艺的优点是该技术适用于较高镁锂比盐湖，锂回收率能达到 97% 以上。萃取法应用的核心是萃取剂，但是由于萃取剂对管道腐蚀严重并且萃取剂对环境破坏较为严重，因此环境友好型是萃取剂迭代更新以及目前行业研究的主要方向，目前多数新型萃取剂仍处于研究阶段。

表 12：国内主要企业盐湖提锂概况

| 公司名称 | 资源地 | 主要产品、产量以及在建产能 | 生产工艺 | 优缺点及成本分析 |
|--------|---------------|--|---------------------|---|
| 西藏矿业 | 扎布耶盐湖 | 碳酸锂储量 184 万吨，资源量 246.63 万吨，盐湖碳酸锂已有产能 5000 吨。预计年内建成 5 万吨/年电池级碳酸锂。 | 盐田法和新型萃取法 | 1、 无需任何设备价格，无污染 2、 产品质量低，无法实现规模化生产 |
| 青海东台科技 | 东台吉乃尔盐湖 | 氯化锂储量 247.7 万吨，年产 2 万吨电池级碳酸锂。正在建设年产 1 万吨电池级碳酸锂项目。 | 电渗析法 | 1、 对硼等杂质残留率高，产品质量高 2、 万吨投资约 5 亿元左右，生产成本 3.4 万元/吨 3、 限制条件是原料含锂必须达到 2g/L 以上 |
| 中信国安 | 西台吉乃尔，部分东台吉乃尔 | 氯化锂储量 308 万吨，折合碳酸锂储量 362 万吨，产能 0.5 万吨，正在实施 1 万吨碳酸锂项目；青海恒信融锂业建成 1.5 万吨。 | 纳滤膜法 | 1、 产品成本 3.5 万元/吨以上 2、 原料含锂必须达到 2g/L 以上 |
| 蓝科锂业 | 察尔汗盐湖 | 氯化锂储量 810 万吨，产能 1 万吨，正在建设 2 万吨/年电池级碳酸锂装置。 | 吸附法提锂，反渗透除杂浓缩 | 1、 可适应 0.1/升克以上任何氯化物型卤水 2、 万吨投资约 7 亿元，生产成本 3 万元/吨 |
| 青海五矿 | 一里坪 | 氯化锂为 178.4 万吨，产能工业级碳酸锂 1 万吨 | 纳滤膜法 | - |
| 藏格锂业 | 察尔汗盐湖 | 氯化锂储量 200 万吨，产能 1 万吨；采用新型萃取法母液回收市场高纯级碳酸锂 | 模拟连续吸附法提锂，纳滤+离交除硼工艺 | 1、 模拟连续吸附法工艺投资少，成本低，可适应超低浓度卤水提锂 2、 多段纳滤除硼离交除硼，使产品含硼量低于 10ppm |
| 青海兴化 | 大柴旦盐湖 | 氯化锂储量 80 万吨，产能 1.5 万吨 | 磷酸三丁酯萃取法 | 1、 污染大，成本高 |
| 青海景泰 | 马海湖 | 磷酸三丁酯萃取法产能 5000 吨，模拟连续吸附法 5000 吨 | 磷酸三丁酯萃取法和模拟连续吸附法 | - |
| 西藏旭升 | | 氯化锂储量 80 万吨，正在计划实施 3 万吨碳酸锂项目 | - | - |
| 西藏城投 | 龙木措盐湖 | 折合碳酸锂储量 390 万吨，产能 0.5 万吨；规划产能 12 万吨，正规划 3 万吨/年电池级碳酸锂项目。 | 新型萃取法 | - |

资料来源：公司公告，藏格锂业调研，光大证券研究所整理，2021.5

2021 年 3 月 7 日，习近平总书记在参加十三届全国人大四次会议青海代表团审议时强调，要结合青海优势和资源，贯彻创新驱动发展战略，加快建设世界级盐湖产业基地，打造国家清洁能源产业高地、国际生态旅游目的地、绿色有机农畜产品输出地，构建绿色低碳循环发展经济体系，建设体现本地特色的现代化经济体系。

4 月 9 日，青海省政府召开专题会议，审议通过《行动方案编制工作方案》，5 月 8 日编制《建设世界级盐湖产业基地行动方案》，5 月 15 日顺利通过省内专家论证评审；5 月 20 日在北京召开专家论证会，获评审议通过。

1.3.2、锂电回收：产业闭环与摆脱锂约束的必然之选

➢ 动力电池回收的必要性

在动力电池日益剧增的回收再生需求面前，我国政府自 2016 年以来已发布 10 余条相关国家级政策，搭建 20 余项重点国家标准体系框架，并在今年两会首次将“动力电池回收”话题写入政府工作报告。

构成锂电池的成分和结构较为复杂，包括钢/铝壳、铝集流体正极负载钴酸锂/磷酸铁锂/镍钴锰酸锂等、铜/镍/钢集流体负载碳、聚烯烃多孔隔膜、六氟磷酸锂/高氯酸锂的碳酸二甲酯/碳酸乙烯酯/碳酸甲乙酯溶液等，如果不对已废弃的锂电池进行回收，会对自然环境造成严重影响，将回收后的锂电池进行技术提取，很多材料可以得到二次利用。

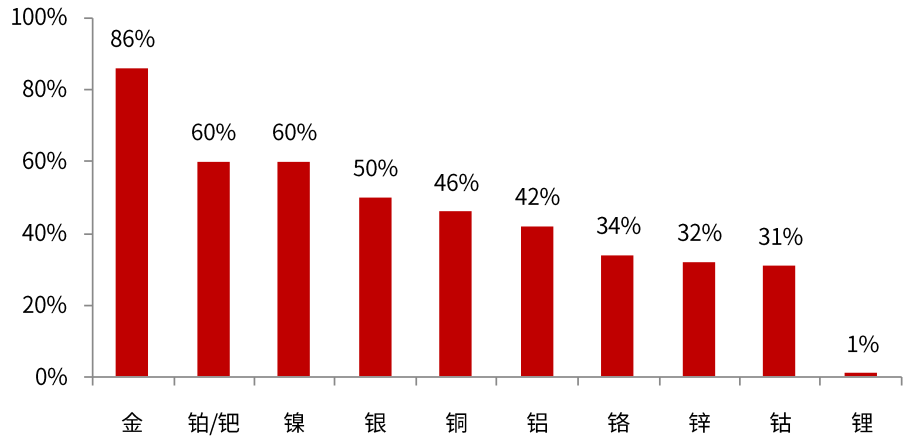
表 13：动力电池梯次利用及材料回收法律框架体系

| 时间 | 发布主体 | 政策名称 | 主要内容 |
|---------|-----------------|--|--|
| 2009.6 | 工信部 | 《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》 | 新能源汽车生产企业准入条件及审查要求应当建立完整的销售和售后服务管理体系，包括整车和零部件（如电池）回收，并有能力实施。 |
| 2012.4 | 国务院 | 《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020）》 | 五大重点任务之一：加强动力电池梯次利用和回收管理。 |
| 2014.7 | 国务院 | 《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》 | 在“加快售后服务体系建设”环节，提出“研究制定动力电池回收利用政策，探索利用基金、押金、强制回收等方式促进废旧动力电池回收，建立健全废旧动力电池循环利用体系。” |
| 2015.1 | 工信部 | 《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》 | 新建、改扩建废旧动力蓄电池综合利用企业应努力提高废旧动力蓄电池中相关元素再生利用水平。 |
| 2015.9 | 国家发改委、工信部 | 《电动汽车动力蓄电池回收利用技术政策（2015 年版）》 | 落实生产者责任延伸制度。废旧动力蓄电池的利用应遵循先梯级利用后再生利用的原则，提高资源利用率。 |
| 2016.12 | 国务院 | 《生产者责任延伸制度推行方案》 | 明确建立电动汽车动力电池回收利用体系。 |
| 2017.2 | 工信部、科技部、环保部等七部门 | 《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法》 | 鼓励电池生产企业与综合利用企业合作，在保证安全可控前提下，按照先梯次利用后再生利用原则，对废旧动力蓄电池开展多层次、多用途的合理利用。 |
| 2017.5 | 国家标准化管理委员会 | 《车用动力电池回收利用拆解规范》 | 2017 年 12 月 1 日正式实施，明确指出回收拆解企业应具有相关资质，进一步保证了动力电池安全、环保、高效的回收利用。 |
| 2017.7 | 国家标准化管理委员会 | 《电动汽车用动力蓄电池产品规格尺寸》、《汽车动力蓄电池编码规则》、《车用动力电池回收利用余能检测》 | 2018 年 2 月实施，使动力电池产品规格尺寸、编码规则和回收利用余能检测有标准可依。 |
| 2018.7 | 工信部 | 《新能源汽车动力蓄电池回收利用溯源管理暂行规定》 | 要求建立“新能源汽车国家监测与动力蓄电池回收利用溯源综合管理平台”。 |
| 2019.11 | 工信部 | 《新能源汽车动力蓄电池回收服务网点建设和运营指南（征求意见稿）》 | 明确指出，新能源汽车生产及梯次利用等企业应按照国家有关管理要求建立回收服务网点，新能源汽车生产、动力蓄电池生产、报废机动车回收拆解、综合利用等企业可共建、共用回收服务网点。 |
| 2019.12 | 工信部 | 《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件（2019 年本）》《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范公告管理暂行办法（2019 年本）》 | 明确指出，综合利用是指对新能源汽车废旧动力蓄电池进行多层次、多用途的合理利用，主要包括梯级利用和再生利用，让动力电池回收体系更加完善安全。 |

资料来源：工信部等，光大证券研究所整理

未来，废旧动力锂电池回收将会形成一个十分庞大的市场。目前全球对于锂和稀土资源供给（电池和电机的核心矿物资源），还是围绕一次资源提取供给为主。根据 IEA 的报告，当下中镍、钴的回收率还可以，但锂几乎没有回收能力（回收率 < 1%）。我们可以预见进入 TWh 时代后，锂电池大规模退役，上游矿物资源缺口会引发庞大的回收浪潮。

图 37：金属资源回收效率



资料来源：IEA, 《The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions》, 2021.5

➢ 锂电回收工序复杂，湿法和火法是主要技术路线

锂离子电池的详细回收过程非常复杂，电池必须先进行预处理，包括放电、拆解、粉碎、分选，通常采用火法和湿法两种技术路线：

(1) 火法冶金回收。火法冶金采用高温炉将金属氧化物成分还原为 Co、Cu、Fe 和 Ni 等合金。该方法成功实现了从 LCO/石墨电池中优先回收 Co、Li₂CO₃ 和石墨，从 LCO/LMO/NMC 废电池中优先回收 Li₂CO₃，从 LMO/石墨电池中优先回收 Li₂CO₃ 和 Mn₃O₄。

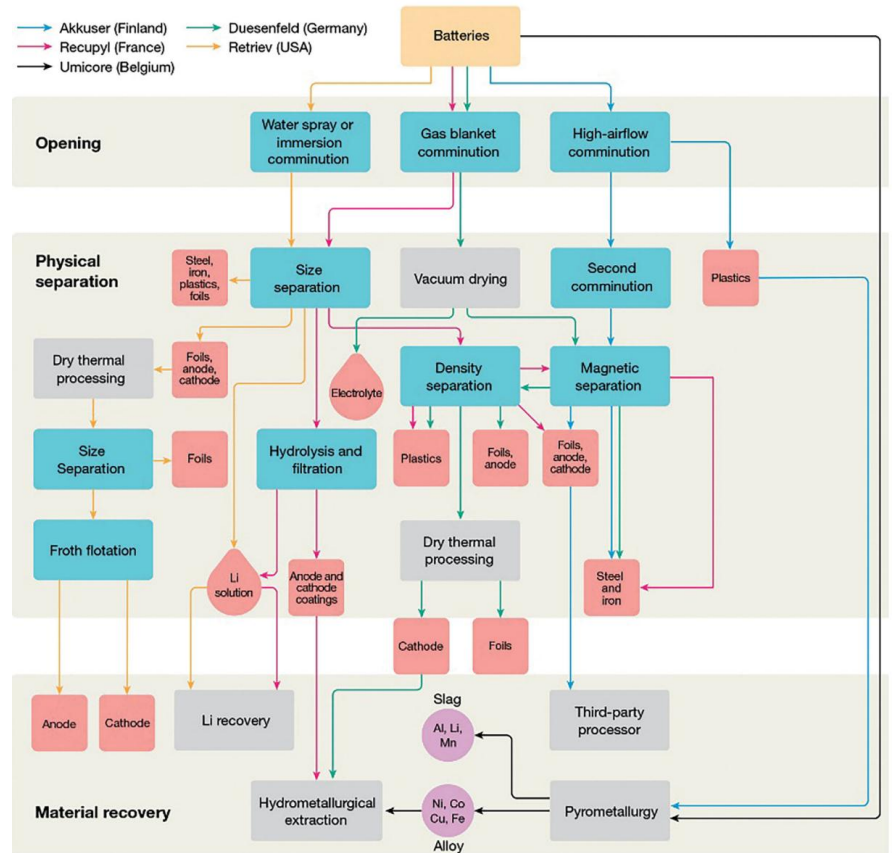
(2) 湿法冶金回收。湿法冶金采用水溶液从正极中提取目标金属，其中最常用的水溶液电解质是 H₂SO₄/H₂O₂ 体系。这种方法容易在室温下进行，但可能产生大量废水，需要额外的废水处理成本。但是该方法可实现 Mn 的单独分离、高纯度 Co 的提取以及 Li 与 Co 的高效分离。

图 38：废锂工业回收流程图



资料来源：Sustainable Recycling Technology for Li-Ion Batteries and Beyond: Challenges and Future Prospects, Ersha Fan, Li Li.

图 39：典型的几类锂电回收路径



资料来源：Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles, Harper G

目前火法冶金工艺主要应用在欧洲和北美，该工艺从正极机料中回收 Co 和 Ni，从负极集电器中回收 Cu，这仅占 LIBs 的重量的约 30%，因此只能回收少数材料。湿法冶金工艺是国内主流路线，回收重点在于价值最高的正极材料的回收。火法冶金和湿法冶金回收工艺都很大程度上取决于设备中钴的浓度高低。但是由于电动汽车电池中的越来越低的钴含量，这些商业模式也可能越来越不适用。

表 14：两种电池回收方法对比

| 回收方法 | 优点 | 缺点 |
|--------|---|--|
| 火法冶金工艺 | 1) 工艺简单而成熟; 2) 无需提前进行分选和减小尺寸的处理; 3) 产物是基本元素, 可用于合成各种新的正极材料; | 1) 冶炼过程中产生 CO ₂ , 消耗大量能量; 2) 合金需要进一步处理, 增加了总回收成本; 3) LIBs 中的许多材料都没有得到回收(例如, 塑料, 石墨, 铝); 4) 由于 Co 含量低, 该工艺可能不适用于未来低钴无钴电动汽车的电池。 |
| 湿法冶金工艺 | 1) 可以生产出高纯度的材料; 2) 可以回收 LIBs 的大多数成分; 3) 可在低温下运行; 4) 与火法冶金法相比, 二氧化碳排放量较低。 | 1) 需要分选, 增加了对于存储空间的需求并增加了工艺成本和复杂性; 2) 分离某些元素(钴, 镍, 锰, 铁, 铜, 铝)比较困难, 导致更高的成本; 3) 需要进行废水处理。 |

资料来源：Recycling End-of-Life Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries, Mengyuan Chen, 光大证券研究所

► 动力电池梯次利用与回收市场空间测算

我们对未来三元电池的金属回收市场空间及磷酸铁锂电池的梯次利用与回收市场空间设计了测算模型。

对于三元电池，我们预测：2019 年预计可回收三元正极 0.13 万吨，随后逐年递增至 2030 年的 29.25 万吨。

表 15：三元电池正极回收量

| 单位：万吨 | 2019 | 2020 | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NCM333 | 0.13 | 0.60 | 0.63 | 1.28 | 0.97 | 0.15 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NCM523 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 1.50 | 4.25 | 5.33 | 4.78 | 4.49 | 4.21 | 5.66 | 8.07 | 10.78 |
| NCM622 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.77 | 1.22 | 1.46 | 1.68 | 2.31 | 3.41 | 4.32 | 6.03 |
| NCM811 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.30 | 1.40 | 2.52 | 3.62 | 5.72 | 8.45 | 12.44 |
| 正极回收总量 | 0.13 | 0.60 | 1.21 | 3.02 | 6.10 | 7.01 | 7.73 | 8.68 | 10.15 | 14.79 | 20.84 | 29.25 |

资料来源：高工锂电、光大证券研究所测算；单位：万吨

- 1) **NCM333**：随着 2014 年安装的 NCM333 三元电池于 2019 年开始退役，2019 到 2022 年 NCM333 回收量逐步增加，2022 年达峰值 1.28 万吨，随后由于 NCM333 的退出而逐步减少，至 2026 年回收量归零；
- 2) **NCM523**：2016 年开始进入市场的 NCM523 于 2021 年开始报废回收，随后回收量于 23-28 年稳定在 4-6 万吨之间，预计 2030 年上涨至 10.78 万吨；
- 3) **NCM622**：2017 年进入市场的 NCM622 于 2022 年开始报废回收，回收量小幅上涨，直到 28 年上涨幅度增加，预计 30 年可回收 6.03 万吨；
- 4) **NCM811**：2018 年进入市场的 NCM811 于 2023 年开始报废回收，预计 30 年可增长至 12.44 万吨。预计 30 年可回收锂 2.09 万吨，镍 11.47 万吨，钴 2.80 万吨，锰 3.23 万吨。

表 16：三元电池各金属回收量

| 单位：万吨 | 2019 | 2020 | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 锂回收量 | 0.01 | 0.04 | 0.09 | 0.22 | 0.44 | 0.50 | 0.55 | 0.62 | 0.73 | 1.06 | 1.49 | 2.09 |
| 镍回收量 | 0.03 | 0.12 | 0.30 | 0.80 | 1.82 | 2.24 | 2.68 | 3.19 | 3.87 | 5.72 | 8.10 | 11.47 |
| 钴回收量 | 0.03 | 0.12 | 0.20 | 0.47 | 0.82 | 0.85 | 0.86 | 0.90 | 1.01 | 1.45 | 2.02 | 2.80 |
| 锰回收量 | 0.03 | 0.11 | 0.22 | 0.53 | 1.00 | 1.09 | 1.08 | 1.10 | 1.19 | 1.68 | 2.34 | 3.23 |

资料来源：高工锂电、光大证券研究所测算；单位：万吨

对于磷酸铁锂电池，我们预测：

- 1) 2030 年，报废铁锂电池将达到 31.33 万吨；
- 2) 随着梯次利用逐年上升，预计 2030 年可梯次利用的铁锂电池达 109.93GWh，共 25.06 万吨；其余 6.27 万吨进行拆解回收，可回收锂元素 0.28 万吨；
- 3) 2027 年梯次利用的磷酸铁锂电池将在 2030 年达到报废标准，此时拆解回收 8.604 万吨，可回收锂元素 0.379 万吨。二者总计可以回收锂元素 0.65 万吨。

表 17：磷酸电池梯次利用与拆解回收量

| 项目 | 2019 | 2020 | 2021E | 2022E | 2023E | 2024E | 2025E | 2026E | 2027E | 2028E | 2029E | 2030E |
|-------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 磷酸铁锂电池报废总量 (万吨) | 0.76 | 3.01 | 5.20 | 4.82 | 5.52 | 5.41 | 6.86 | 10.21 | 14.58 | 17.61 | 23.10 | 31.33 |
| 磷酸铁锂梯次利用量 (GWh) | 0.16 | 1.51 | 4.12 | 5.02 | 7.63 | 9.21 | 13.54 | 23.28 | 37.74 | 50.98 | 73.95 | 109.93 |
| 磷酸铁锂梯次利用量 (万吨) | 0.04 | 0.36 | 0.99 | 1.21 | 1.77 | 2.11 | 3.09 | 5.31 | 8.60 | 11.62 | 16.86 | 25.06 |
| 磷酸铁锂拆解回收 (万吨) | 0.72 | 2.65 | 4.21 | 3.62 | 3.75 | 3.30 | 3.77 | 4.90 | 5.98 | 5.99 | 6.24 | 6.27 |
| 拆解回收锂元素量 (万吨) | 0.03 | 0.12 | 0.19 | 0.16 | 0.17 | 0.15 | 0.17 | 0.22 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.28 |
| 梯次利用后磷酸铁锂回收量 (万吨) | 0 | 0 | 0 | 0.038 | 0.361 | 0.989 | 1.205 | 1.766 | 2.111 | 3.086 | 5.307 | 8.604 |
| 梯次利用后锂元素回收量 (万吨) | 0 | 0 | 0 | 0.002 | 0.016 | 0.043 | 0.053 | 0.078 | 0.093 | 0.136 | 0.233 | 0.379 |
| 铁锂电池回收锂元素总量 (万吨) | 0.03 | 0.12 | 0.19 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.22 | 0.29 | 0.36 | 0.40 | 0.51 | 0.65 |

资料来源：高工锂电、光大证券研究所测算

1.3.3、钠电产业化初期，未来或成为重要备选路线

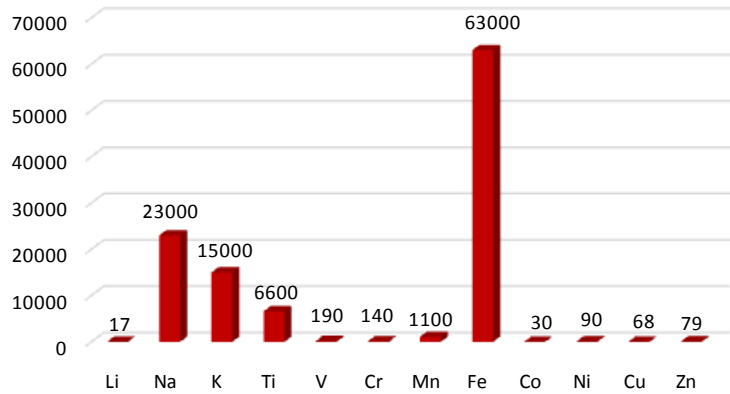
➢ 钠资源丰度高，新生代钠电池崭露头角

锂在地壳中的含量较少，约占 0.0065%且分布不均匀，70%的锂资源集中分布在南美洲地区，而我国是全球锂资源第一进口国，80%的锂资源供应依赖进口。如果不对锂电池进行回收提取二次利用，以现今锂电池行业的发展速度，几十年后锂电池行业将因锂资源的缺少受到严重限制。

钠与锂处于主族，具有相似的物理化学属性，但钠在地壳中的含量非常丰富，而且钠分布于世界各地，相比于锂完全不受资源和地域的限制，所以钠离子电池比起锂离子电池有更多的优势。

2021 年 5 月 21 日，宁德时代董事长曾毓群在股东大会上透露，将于 2021 年 7 月份左右发布钠离子电池，再次引发市场对新型电池体系——钠电的关注。

图 40：地壳中各元素丰度



资料来源：中科海钠公司官网，光大证券研究所；单位：ppm

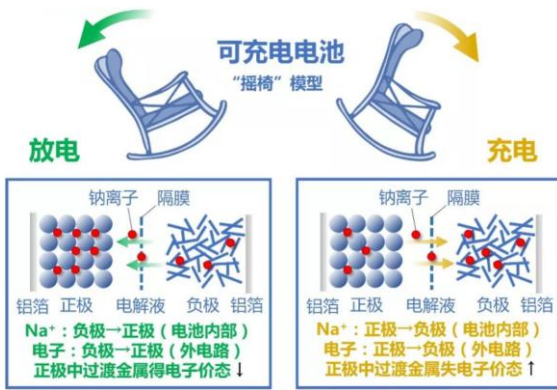
➢ 钠电优势：成本低+储量大+兼容锂电设备

钠离子电池的工作原理：与锂离子电池的工作原理类似，钠离子电池同样是一种嵌脱式“摇椅”电池，充电时钠离子从正极脱嵌进入负极，放电时钠离子从负极进入正极，外电路电子从负极进入正极钠离子被还原成钠。

钠离子电池的优势：

- (1) 安全性高：已经通过了一些国标的测算。
- (2) 成本低储量丰富：钠的资源储量丰富，钠离子电池的配件比锂离子电池便宜，钠的化合物可作为电极材料，采用铁锰镍基正极材料相比较锂离子电池三元正极材料，原料成本降低一半。
- (3) 兼容现有的锂电设备：钠离子电池的工作机制与锂离子电池相同，电池公司的现有生产设备可以直接用来生产钠离子电池。
- (4) 无过放电特性：钠离子电池允许放电到 0V，能量密度大于 100Wh/kg，可与磷酸铁锂离子电池相媲美，但是钠电成本优势明显，有望在大规模储能中取代传统铅酸电池。

图 41：钠离子电池工作原理



资料来源：中科院物理所，光大证券研究所

图 42：钠离子电池的优势

| 钠资源 vs. 锂资源 | 地壳丰度 | 分布 | 价格 元/kg |
|-------------|---------|--------|---------|
| 钠 | 2.75% | 全球都是 | 2 |
| 锂 | 0.0065% | 75%在美洲 | 150 |

集流体选择不同
钠离子电池正负极集流体均为铝箔（便宜）
锂离子电池负极集流体必须为铜箔（贵）

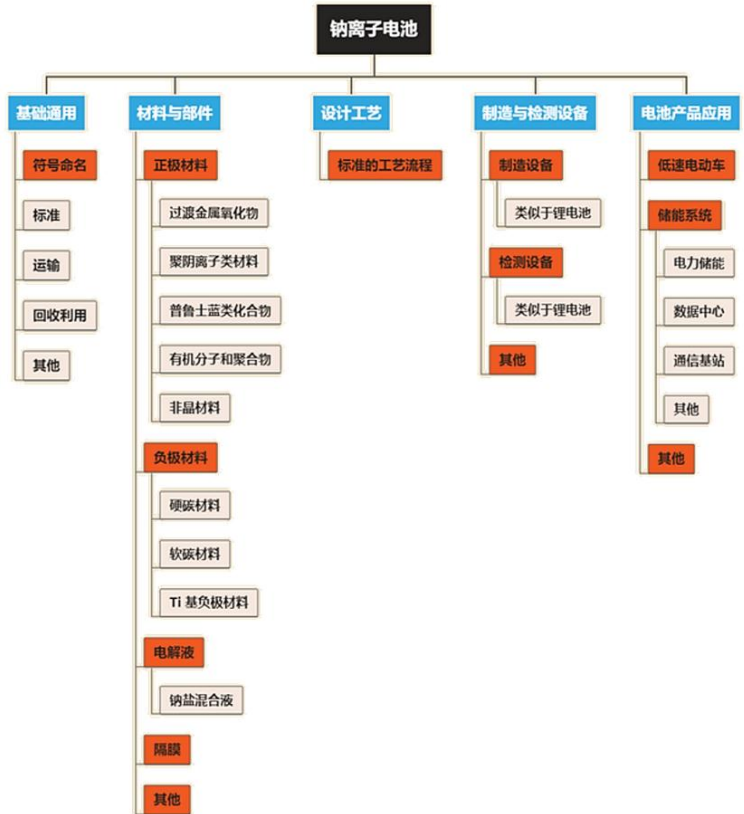


资料来源：中科院物理所，光大证券研究所

钠离子电池与锂电池差异：

- (1) 正极材料：这是钠离子电池有别于锂离子电池最大的地方。目前的正极材料主要有：钠过渡金属氧化物、钠过渡金属磷酸盐、钠过渡金属硫酸盐、钠过渡金属普鲁士蓝类化合物。
- (2) 负极材料：锂电池主要负极材料是石墨，只有高功率负极材料会用到软硬碳材料和钛酸锂等。钠电负极是软碳、硬碳、过渡金属氧化物等，考虑负极材料的成本、稳定性、循环性能等指标，最容易实现产业化仍然是碳材料，主要是硬碳。
- (3) 电解质：钠盐+溶剂，除钠盐之外，溶剂与锂离子电池差别不大，一般为碳酸酯。
- (4) 隔膜：与锂离子电池相同。
- (5) 外形封装：圆柱、软包、方形，与锂离子电池相同。
- (6) 制备工艺：与锂离子电池基本相同。钠离子电池商业化比较快的原因主要就是可以沿用锂电池现成的设备、工艺。
- (7) 应用场景：除了高能量密度要求的手机、无人机、乘用车以外，钠电有着非常广泛的应用前景。如电动二轮车、电动三轮车、低速四轮车、家用储能产品、数据中心、通信基站、新能源发电配套储能、电网级储能产品等。

图 43：钠离子电池产业链及核心材料



资料来源：carbontech，光大证券研究所

➤ 钠电产业化初期，中科海钠领先全球

20 世纪 70 年代，人们开始了对于钠离子电池的研发。2011 年，全球首家专注钠离子电池产业化的英国 FARADION 公司成立后，钠离子相关的研究迎来了全面式增长。

目前国内外有近三十家企业对钠离子电池进行产业化相关布局，主要包括英国 FARADION 公司、美国 Natron Energy 公司、法国 Tiamat 公司、日本岸田化学、松下、三菱化学以及中科海钠（中科院物理所背景）、钠创新能源（上海交大背景）、星空钠电（国内外合作）等，此外电池巨头宁德时代也早早布局了钠电的研发。

表 18：全球布局钠电的公司及概况

| 公司 | 国家 | 电池体系 | 性能参数 | 路线优势 | 路线短板 |
|----------------|----|-------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Faradion | 英国 | 层状金属氧化物/硬碳的有机电解液体系 | 140Wh/kg; 80% DOD 循环寿命 1000 次 | 与现有锂离子生产工艺兼容 | 成本优势不明显; 有机体系存在安全隐患 |
| Natron Energy | 美国 | 普鲁士蓝水系电解液 | 能量密度 50Wh/L, 循环寿命 1 万次以上 | 水系电解液安全性高、倍率性能优异 | 能量密度低、生产工艺复杂 |
| Tiamat | 法国 | 氟磷酸钠/硬碳有机电解液体系; 圆柱电池 | 能量密度 90Wh/kg; 1C 循环 4000 次 | 循环寿命长、与现有锂离子生产工艺兼容 | V 和 F 元素有毒性, 体系能量密度较低; 成本较高, 存在安全隐患 |
| 钠创新能源 (上海交大背景) | 中国 | 层状金属氧化物/硬碳有机电解液体系; 软包电池 | 能量密度 120Wh/kg; 循环超过 1000 次 | 与现有锂离子电池生产工艺兼容; | 成本优势不明显、有机体系存在安全隐患 |

| | | | | | |
|-----------------|----|---------------------------|----------------------------|---------------------|--------|
| 中科海钠 (中科院物理所背景) | 中国 | 层状金属氧化物/无定形碳有机电解液体系; 软包电池 | 能量密度 135Wh/kg; 循环大于 2000 次 | 成本优势明显; 与现有锂离子电池兼容; | 成本优势明显 |
| 贲安 | 中国 | 水系钠电, 正极普鲁士蓝, 负极钛酸盐 | - | - | - |
| 星空钠电 | 中国 | 正极普鲁士蓝, 负极硬碳 | - | - | - |

资料来源: 胡勇胜等,《钠离子电池标准制定的必要性》,储能科学与技术,2020; 光大证券研究所整理

在钠电体系的研发应用层面,国内代表企业中科海钠处于国际领先地位。中科海钠成立于 2017 年,依托于中国科学院物理研究所的技术,目前在技术开发和产品生产上都已初具规模。公司研发的钠离子电池的能量密度已达到 120 Wh/kg,是铅酸电池的 3 倍左右,并于 2018 年发布了全球首辆使用钠离子电池驱动的低速电动汽车,于 2019 年建立了首座钠离子电池储能电站。

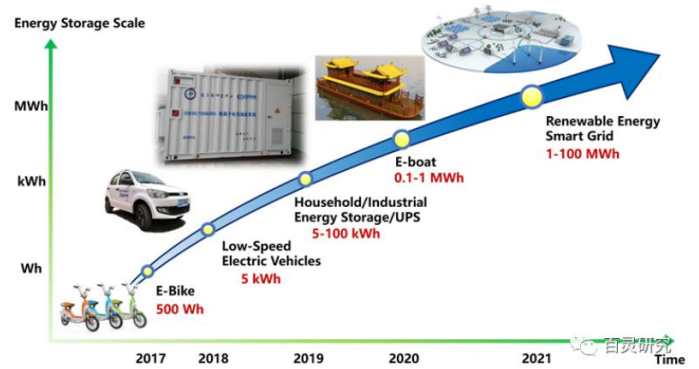
中科海钠曾于 2021 年 3 月宣布完成亿元级 A 轮融资,投资方为梧桐树资本,融资将用于搭建年产能 2000 吨的钠离子电池正、负极材料生产线。公司目前部分钠离子电池体的产品处于产业化前期,但产品性能、成本控制以及适配应用场景有待进一步检验。

图 44: 全球首辆钠离子电池低速电动车



资料来源: 中科海钠公司官网, 光大证券研究所

图 45: 中科海钠产业化路径及节奏



资料来源: 百灵研究, 光大证券研究所

➤ 钠电补充了现有技术路线, 未来锂电/钠电将是互补格局

钠离子电池的出现是现有锂电池技术的补充,目前钠离子电池的能量密度可以做到 150Wh/kg 上下,与磷酸铁锂电池、锰酸锂电池接近,循环寿命可以做到 3000~6000 次,与磷酸铁锂相当,优于锰酸锂和三元材料,热稳定性和安全性与磷酸铁锂基本相当。

成本方面,以中科海钠数据为例,按照等容量软包电池成本分析,钠离子电池 BOM 理论成本比锂离子电池低 30%。但现阶段,与铁锂等成熟锂离子电池相比,钠离子电池体系由于工艺不成熟、研发设备摊销大以及产品一致性问题,造成生产成本难以控制,BOM 成本优势难以发挥,钠电的性能和价格均处于劣势。目前钠离子电池也尚无统一的标准体系及第三方检测认证机构,性能参数需要长期且具体的测试数据来验证甄别。


图 46：中科海钠圆柱钠离子电池参数

| 型号 | 26650 | 容量 | 2300 mAh |
|------|-----------|--------|----------|
| 标称电压 | 3.2 V | 标准充电电流 | 0.6 A |
| 满充电压 | 4.0 V | 满放电压 | 1.5 V |
| 工作温度 | -20~55 °C | 最大放电电流 | 9 A |



备注：更低或更高工作温度、大电流充电等技术要求可依据客户需求定制开发


| 型号 | 32138 | 容量 | 7500 mAh |
|------|-----------|--------|----------|
| 标称电压 | 3.2 V | 标准充电电流 | 4.0 A |
| 满充电压 | 4.0 V | 满放电压 | 1.5 V |
| 工作温度 | -20~55 °C | 最大放电电流 | 24 A |



资料来源：中科海钠公司官网，光大证券研究所

图 47：中科海钠软包钠离子电池参数

| 型号 | 0880138 | 容量 | 6 Ah |
|------|-----------|----------|-------|
| 标称电压 | 3.2 V | 标准充电电流 | 1.2 A |
| 满充电压 | 4.0 V | 满放电压 | 1.5 V |
| 工作温度 | -20~55 °C | 最大持续放电电流 | 6 A |



备注：更低或更高工作温度、大电流充电等技术要求可依据客户需求定制开发

| 型号 | 09114188 | 容量 | 10 Ah |
|------|-----------|----------|-------|
| 标称电压 | 3.2 V | 标准充电电流 | 0.5 A |
| 满充电压 | 4.0 V | 满放电压 | 1.5 V |
| 工作温度 | -20~55 °C | 最大持续放电电流 | 10 A |



资料来源：中科海钠公司官网，光大证券研究所

钠离子电池目前处于产业化初期，短期内难以与锂离子电池直接抗衡，更可能承担补充/备选角色，其应用场景更可能是非锂电池主流应用领域，如低速电动车、部分储能、工程机械、基站通信备用电源等领域。因此，在产业链的完善、产品系列的丰富、性能的成熟、标准的制定、市场的认可等方面，钠离子电池仍然有很长的路要走。目前，CATL 的加入以及双碳目标的制订，可以大大加速这个过程，我们预计在更远的未来，锂电/钠电将可能成为互补格局。

图 48：钠离子电池下游应用场景

1. 动力领域



2. 储能领域



资料来源：中科海钠公司官网，光大证券研究所

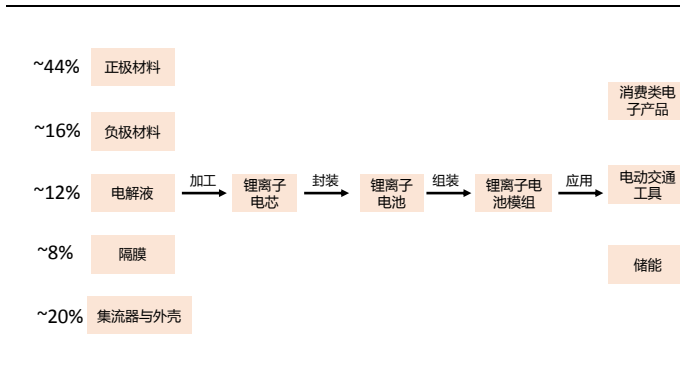
2、动力电池材料及结构创新未来展望

锂离子电池主要由正极、负极、电解液和隔膜构成，目前广泛应用的正极材料选用 Fe、Ni、Co、Mn 等金属氧化合物；负极选用石墨、硅碳等；电解液选用六氟磷酸锂的有机溶剂；隔膜是聚丙烯/聚乙烯（PP/PE）高分子膜。

动力电池技术的更迭在于原材料体系的性能优化以及封装工艺的改良，因此，**材料和结构创新是动力电池行业的两条优选赛道，也是降本的必要之路。**

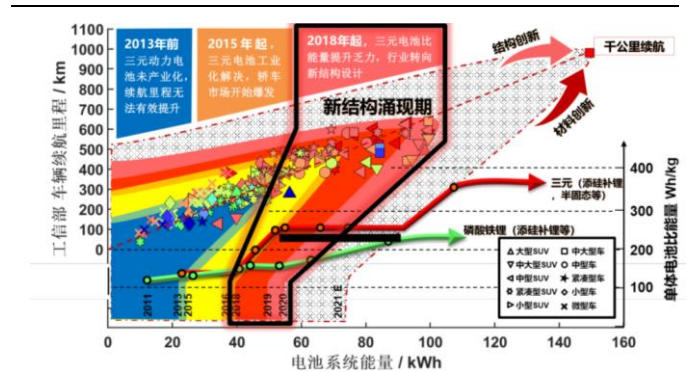
- (1) 中国动力电池技术创新已从**政策驱动向市场驱动型**；
- (2) 电池材料创新主要平衡**能量密度、寿命、快充、安全、成本**等指标；
- (3) **电池系统结构创新**已成为近年来技术创新的鲜明特征。

图 49：锂电池产业链及电芯成本构成



资料来源：钜大锂电，《中国新能源汽车产业发展及空间布局研究》，彭华

图 50：中国纯电动车动力电池技术创新情况



资料来源：欧阳明高 2021 年中国电动汽车百人会发言 PPT，光大证券研究所整理

2.1、正极：高镍三元、磷酸铁锂路线将长期并行

动力电池中正极材料占整个电池成本的 40% 以上，且在当前的技术条件下，整体电池的能量密度提升主要取决于正极材料的优劣，因此，正极材料是锂离子电池研究和开发的重中之重。在设计和选取锂离子电池正极材料时，要综合考虑比能量、循环性能、安全性以及成本等因素。

图 51：正极材料的选取原则



资料来源：《锂离子电池正极材料标准解读》，刘亚飞；光大证券研究所绘制

根据不同的材料体系，常见的正极材料可分为镍钴锰酸锂（NCM）、磷酸铁锂（LFP）、钴酸锂（LCO）、镍钴铝酸锂（NCA），以及新型材料如无钴正极、四元正极材料等。各类正极材料的性能有差异，目前磷酸铁锂和三元是电动车行业的两大主流电池技术路线，也是装车数量最多的两类动力电池。

表 19：正极材料性能对比

| 性能指标 | 钴酸锂（LCO） | 锰酸锂（LMO） | 磷酸铁锂（LFP） | 三元材料 | |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | | | | NCM | NCA |
| 晶体结构 | 层状氧化物 | 尖晶石 | 橄榄石 | 层状氧化物 | |
| 理论比容量 (mAh/g) | 271 | 148 | 170 | 273-285 | |
| 实际比容量 (mAh/g) | 135-140 | 100-130 | 130-150 | 150-200 | |
| 相应电芯的质量比能量 (Wh/kg) | 180-240 | 130-180 | 130-160 | 180-240 | |
| 循环寿命 (次) | 500-1000 | 500-2000 | 2000-6000 | 800-2000 | 500-2000 |
| 压实密度 (g/cm ³) | 3.6-4.2 | 3.2-3.7 | 2.1-2.5 | 3.7-3.9 | |
| 振实密度 (g/cm ³) | 2.8-3.0 | 2.2-2.4 | 0.8-1.1 | 2.6-2.8 | |
| 电压范围 (V) | 3.0-4.5 | 3.0-4.3 | 3.2-3.7 | 2.5-4.6 | |
| 适用温度 (°C) | -20~55 | >50 会快速衰退 | -20~75 | -20~55 | |
| 环保性 | 钴有反射性 | 无毒 | 无毒 | 镍、钴有毒 | |
| 安全性能 | 差 | 良好 | 好 | 尚好 | |
| 原料资源丰度 | 钴资源贫乏 | 锰资源丰富 | 磷/铁资源非常丰富 | 钴资源贫乏 | |

资料来源：颜有光《锂电池正极材料优劣势对比分析》，光大证券研究所

2.1.1、安全+成本优势明显，结构创新推动磷酸铁锂应用扩大

基于 LiFePO₄ 正极的锂离子电池充电时，锂离子经由电解液进入负极，Fe²⁺氧化成 Fe³⁺，放电时则相反。本质上就是 LiFePO₄ 与 FePO₄ 的相互转化，转化过程中两种物相晶胞参数的差距并不大，体积变化率也很低，这种微小的变化确保了结构的稳定性，同时也保证了 LiFePO₄ 电池的安全性。

表 20：磷酸铁锂充放电过程晶体结构变化

| 晶胞参数 | LiFePO ₄ | FePO ₄ | 体积变化率 |
|-------------------|---------------------|-------------------|-------|
| a/nm | 0.6008(3) | 0.5792(1) | 3.5% |
| b/nm | 1.0334(4) | 0.9821(1) | 4.9% |
| c/nm | 0.4693(1) | 0.4788(1) | 2.0% |
| V/nm ³ | 0.291392(3) | 0.272357(1) | 6.5% |

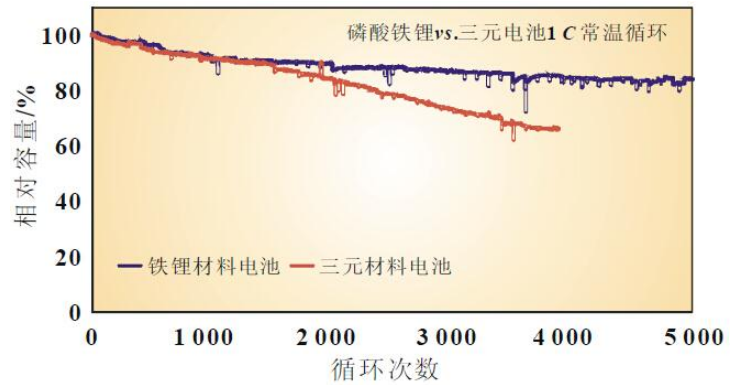
资料来源：陈召勇《磷酸铁锂其充放电过程中的结构演变和性能研究》

磷酸铁锂在安全性、循环寿命及成本优势明显。磷酸铁锂是目前最安全的锂离子电池正极材料，不含任何对人体有害的重金属元素。

相较于镍钴锰化合物，磷酸铁锂的分子结构稳定性较好，具有更高的分解温度，循环性能优势明显，三元锂电池循环寿命在 1500-2000 次左右，而磷酸铁锂在 100%DOD 条件下，可充放电 3000 次以上，倍率型电池的循环甚至可达上万圈。

成本方面，铁和磷都是平价且资源丰度高的化学元素，其开采和提炼成本远没有高镍三元正极高，和三元电池相比，磷酸铁锂电池的正极成本和电芯成本分别约低 55%和 22%。

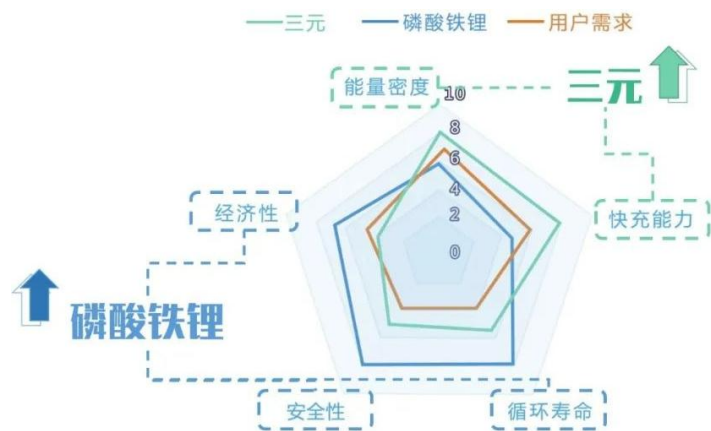
图 52：三元及铁锂循环性能对比



资料来源：王永武等，《功率型磷酸铁锂材料电池与三元材料电池对比》，电源技术，2015；光大证券研究所

磷酸铁锂和三元材料的元素属性决定了他们有各自的领域。从结构本质上讲，磷酸铁锂的优势在于：结构稳定、充放电循环寿命较长，但同时也存在能量密度低，充放电效率低，低温表现不佳的问题。相应的，三元的能量密度高、充放电效率高，但同时也不耐高温。因此，在新能源汽车动力电池领域，两种电池都有各自合适的定位和市场，不会出现一方替代另一方的现象。

图 53：三元及铁锂性能与用户需求对比图



资料来源：旺材锂电，光大证券研究所

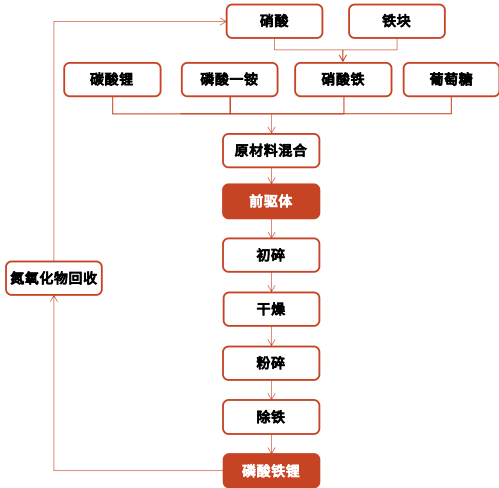
磷酸铁锂或将主导未来平价代步车、运营车、商用车市场。我们认为针对中高端车型及主打差异化、品牌化的车型，优选具有大容量、高能量密度、快充效率更高的三元锂离子电池；而针对平价代步车、运营车、商用车等对电池能量密度要求相对较低，对安全性要求较高的车型，市场会优选具有寿命、成本、安全性优势明显的磷酸铁锂电池。在未来的商用电动车市场，铁锂有望维持主导地位。当然，锂电结构创新如 CTP 或刀片电池技术使磷酸铁锂电池提升了体积能量密度，使其应用空间逐渐扩大，同时储能的推广也有效的增加了磷酸铁锂的应用场景。

磷酸铁锂的技术与成本差异使得应用场景格局清晰。当前磷酸铁锂制备工艺主要可分为液相法和固相法：

液相法工艺（自热蒸发液相合成法）：原材料主要有铁源、锂源、磷源等。其中锂源、磷源为外购；铁源分为外购铁源和自制铁源取得。液相法主要为德方纳米所采用，具有循环性能好、成本低、安全性好的优点，适用于储能等场景。

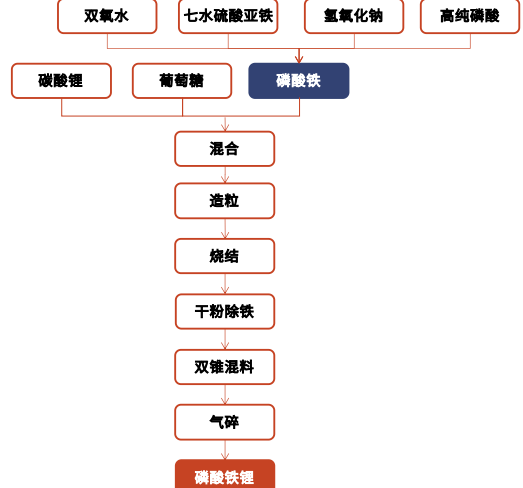
固相法是当前技术最成熟、商业化运用最广泛的一种方法。一般使用草酸亚铁、氧化铁、硝酸铁、磷酸铁作为铁源，使用碳酸锂、氢氧化锂等作为锂源，使用磷酸氢二铵、磷酸二氢铵、磷酸等作为磷源。固相法不需要复杂的设备及工艺，且方法运动条件容易控制，适合用于大规模的工业化生产。

图 54：液相法合成磷酸铁锂工艺路线图



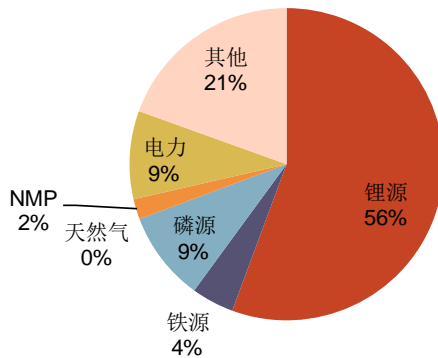
资料来源：德方纳米招股说明书

图 55：固相法合成磷酸铁锂工艺路线图



资料来源：安达科技招股说明书

图 56：磷酸铁锂成本构成（液相法）

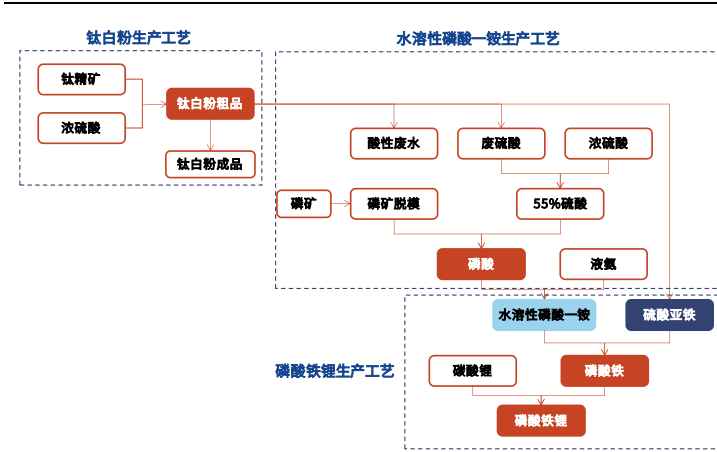


资料来源：德方纳米招股说明书，2018 年

钛白粉及化工企业陆续加大磷酸铁锂新产能布局，磷酸铁前驱体的新进入者有望通过化工一体化塑造成本壁垒。钛白粉化工企业配套制造磷酸铁锂，可以消纳钛白粉生产过程中产生的废酸、硫酸亚铁等副产品，此外硫酸亚铁可以为磷酸铁锂带来铁源，大大节省综合成本。因此部分化工企业如中核钛白、龙蟒佰利、安达纳等利用自身循环和一体化的优势，近期也纷纷跨界入局磷酸铁锂的投建。

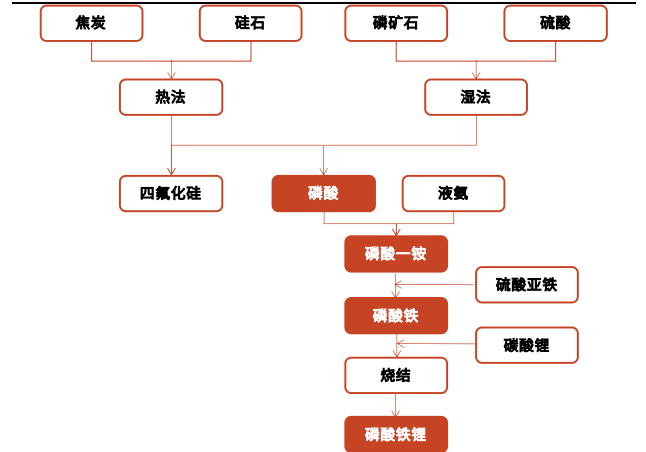
不同的磷酸铁企业技术路线和成本控制存在差异，从成本端而言，磷化工企业优于钛白粉企业优于纯磷酸铁锂加工企业。

图 57：钛白粉企业技术路线图



资料来源：中核钛白公告，光大证券研究所整理

图 58：磷化工企业技术路线图



资料来源：中国化工制造网，光大证券整理

表 21：2021 年 1-4 月各企业新建磷酸铁锂产能或项目情况

| 企业 | 公告时间 | 拟建磷酸铁锂产能或项目 | 地点 | 投资金额 | 进度 |
|-----------|----------|---------------------------------|------|-------------|--------|
| 富临精工 | 1 月 11 日 | 披露与宁德时代等增资江西升华，以建设 5 万吨锂电正极材料项目 | 四川射洪 | 6 亿 | 共同增资 |
| 德方纳米 | 1 月 18 日 | 宣布与宁德时代合作投建年产 8 万吨磷酸铁锂项目 | 四川宜宾 | 18 亿 | 合建 |
| 中核钛白 | 2 月 3 日 | 拟投资建设年产 50 万吨磷酸铁锂 | 甘肃白银 | 121 亿 | 新建 |
| 龙蟠百利 | 2 月 27 日 | 年产 15 万吨新能源电池材料项目 | 河南沁阳 | 20 亿 | 签约 |
| 安纳达 | 2 月 | 5 万吨/年的磷酸铁改扩建项目 | | | 一期建成投产 |
| 德方纳米和亿纬锂能 | 3 月 29 日 | 合建年产 15 万吨磷酸铁锂生产基地项目 | 云南曲靖 | 29 亿 | 合建 |
| 龙蟠科技 | 3 月 22 日 | 遂宁产业园 2.5 万吨磷酸铁锂材料生产基地项目 | 四川遂宁 | | 开工 |
| 安达科技 | 4 月 2 日 | 定向募集资金用于磷酸铁及磷酸铁锂生产线扩产建设项目 | | 拟募资金 3.54 亿 | |

资料来源：各公司公告；光大证券研究所

2.1.2、高能量密度电池的实现最终取决于高镍三元正极的发展

NCM (Li(NixCoyMnz)O₂) 三元材料是由 LiNiO₂ 改性而来，由于 Ni、Co 和 Mn 之间存在明显的协同效应，因此 NCM 的性能好于单一组分的层状正极材料，三种元素对材料电化学性能的影响不同。

表 22：三元正极中 Ni, Co, Mn 三种材料的作用

| 材料 | 作用 | 含量过高的副作用 |
|----|-------------------------------------|-------------------------------|
| Ni | 提高电池比容量 | 与 Li 会产生混排效应 导致循环性能和倍率性能恶化 |
| Co | 稳定层状结构，抑制阳离子混排 提高材料的电子导电性，改善循环性能 | 成本太高，不经济 |
| Mn | 降低成本 改善材料的结构稳定性和安全性 | 降低材料克容量 |

资料来源：《锂离子电池三元正极材料研究及应用进展》，姜华伟；光大证券研究所

当三元材料中添加的 Ni 含量大于 50% 为高镍三元材料，如 NCM622、NCM811 和 NCA (LiNixCoyAlzO₂, x + y + z = 1, x ≥ 60%) 具有较高的实际比容量 (≥180mAh/g) 以及高的工作电位 (~3.8V vs. Li⁺/Li)，是现今多款新能源车型的所搭载的电池类型。

表 23：主流三元正极材料性能对比

| 三元正极材料 | NCM111 | NCM523 | NCM622 | NCM811 | NCA |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|------|
| 0.1C 放电容量, mAh/g (3.0~4.3V) | 166 | 172 | 180 | 205 | 205 |
| 0.1C 中值电压, V | 3.80 | 3.80 | 3.80 | 3.81 | 3.81 |
| 100 周容量保持率, % (3.0~4.5V) | 98 | 96 | 92 | 90 | 90 |
| 能量密度, Wh/kg | 180 | 200 | 230 | 280 | 280 |
| 安全性能 | 较好 | 较好 | 中等 | 稍差 | 稍差 |
| 对应的 Pack 成本, 元/kWh | 859 | 800 | 763 | 817 | 815 |
| 对应的电芯成本, 元/kWh | 659 | 600 | 565 | 620 | 618 |

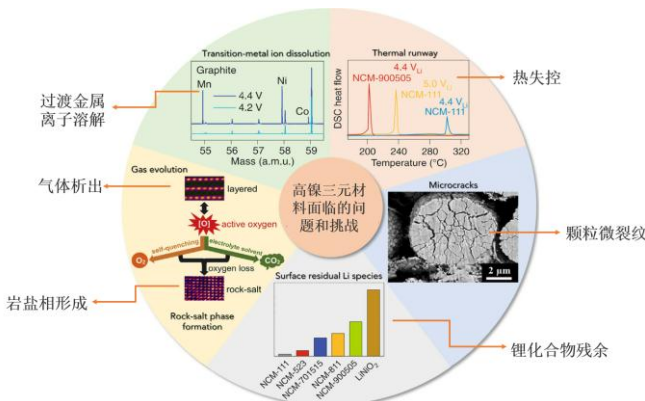
资料来源：《锂离子电池三元正极材料研究及应用进展》，姜华伟；光大证券研究所

为了提高与传统内燃机汽车的竞争力，电动汽车电池的电池级能量密度需要达到 350 Wh/kg 以上，一次充电后的行驶里程超过 800 公里。这一目标的实现很大程度上取决于未来 Ni 含量 $\geq 90\%$ 的高镍三元材料的发展。

2.1.3、高镍三元正极材料改性技术总结

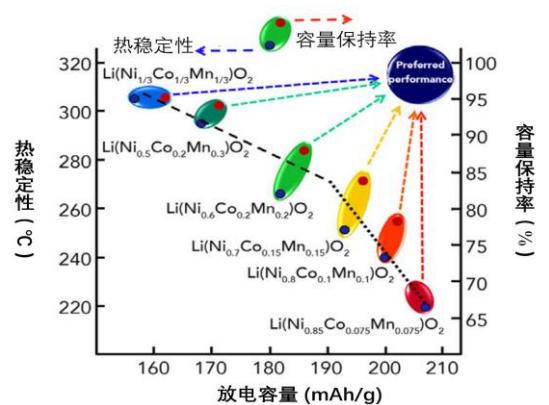
目前高镍三元正极材料仍然面临着表面残锂、产气、岩盐相形成、微裂纹、金属离子溶解和热失控等问题，并且随镍含量的增加逐渐恶化，这些问题同时也是降低电池热稳定性和电化学性能，导致电动车热失控和容量衰减的主要元凶。比如正极中的锂化合物(主要是氢氧化物和碳酸盐)残余，是由于合成过程中过量使用 LiOH，这会导致聚偏二氟乙烯粘结剂在电极制备过程中发生凝胶化而失效，碳酸盐的分解也会析出 O₂ 和 CO₂，导致电池膨胀过热。

图 59：高镍三元正极材料面临的问题和挑战



资料来源：Recent advances in Ni-rich layered oxide particle materials for lithium-ion batteries, Yong Lu.

图 60：不同三元材料的放电容量、热稳定性和容量保持率对比



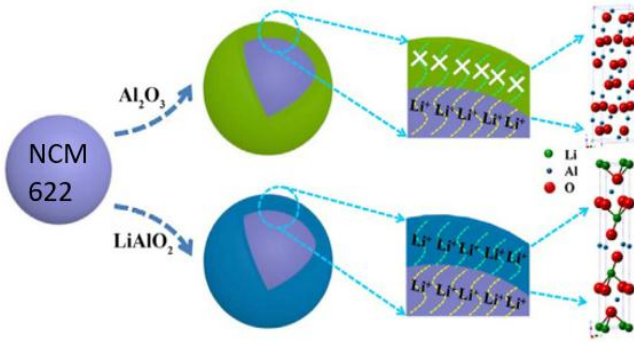
资料来源：Comparison of the structural and electrochemical properties of layered Li[Ni_xCo_yMn_z]O₂ (x=1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries, Noh H. J.

为了解决这些问题，各大高校及研究所陆续推出了多种改性的策略，主要包括**表面包覆**、**掺杂**、**浓度梯度设计**和**一次粒子工程**。

表面包覆：即为正极材料提供一个惰性保护层。常用的包覆涂层有 Al₂O₃、ZnO、TiO₂、ZrO₂ 等金属氧化物、金属磷酸盐和金属氟化物、聚合物等，能够隔绝主体材料和电解液的接触，减少正极和电解液之间副反应，抑制过渡金属向电解液溶解，从而改善循环稳定性。

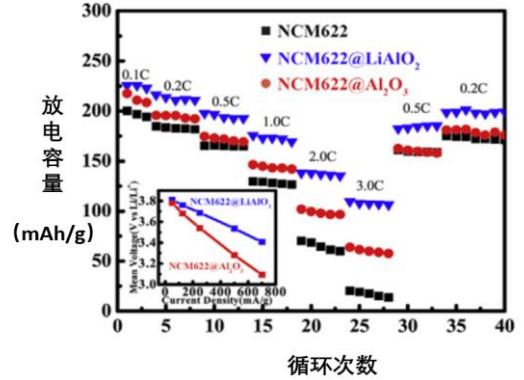
与非活性涂层材料相比, Li⁺/电子导电涂层更有利于电荷转移和获得高速率性能。比如相较于 Al₂O₃, 使用相同量的 Li⁺导电的 LiAlO₂ 所涂敷的 NCM622 明显提高了倍率性能, 降低了过电位。

图 61: NCM622 上包覆 Al₂O₃ 和 LiAlO₂ 涂层



资料来源: Significantly improving cycling performance of cathodes in lithium ion batteries: The effect of Al₂O₃ and LiAlO₂ coatings on LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O₂. Liu, W.

图 62: 原始 NCM622 以及包覆后材料的倍率性能比较



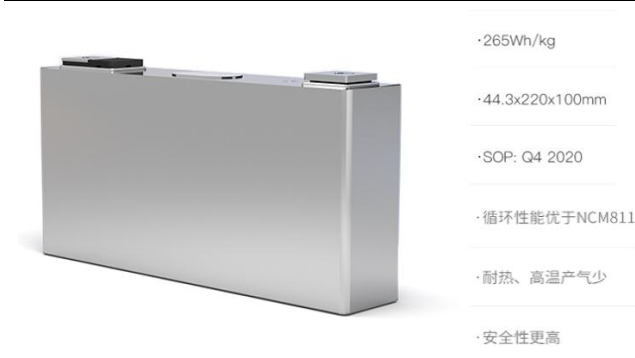
资料来源: Significantly improving cycling performance of cathodes in lithium ion batteries: The effect of Al₂O₃ and LiAlO₂ coatings on LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O₂. Liu, W.

离子掺杂: 用离子半径相近的惰性阳离子替换材料中的电化学活性阳离子, 通过提高晶格能, 来提升材料的结构稳定性。例如, 掺杂钴替换镍, 可减少锂离子混排, 提高晶体结构的稳定性; 掺杂锰或铝可显著提高结构的热力学稳定性。其改善机理为:

- (1) 将电化学不活泼的元素引入主体结构;
- (2) 防止由层状结构向岩盐状结构的转变;
- (3) 掺杂剂扩大了层状材料层间的晶面间距, 促进锂离子的输运作用。

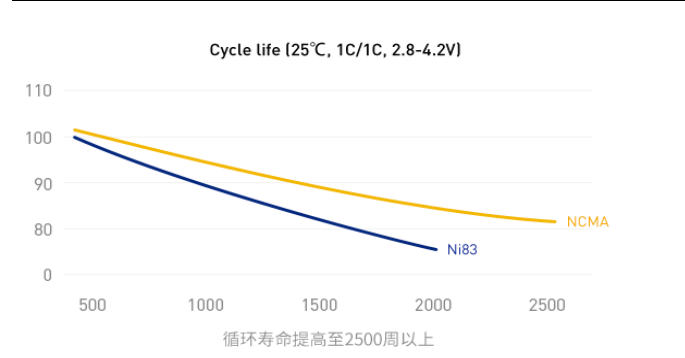
由蜂巢能源开发的四元正极材料, 就是在 NCM 体系的基础上掺杂 M_x, 使一次颗粒之间的边界强度增加, 在有害相转变过程中减少微隙的形成。使其循环性能优于 NCM811 材料, 同时也具备耐热性能更好、产气少、安全性能更高的特点。使得动力电池容量高、寿命长、安全性好。

图 63: 蜂巢能源 NCMA 四元电池



资料来源: 蜂巢能源官网, 光大证券研究所

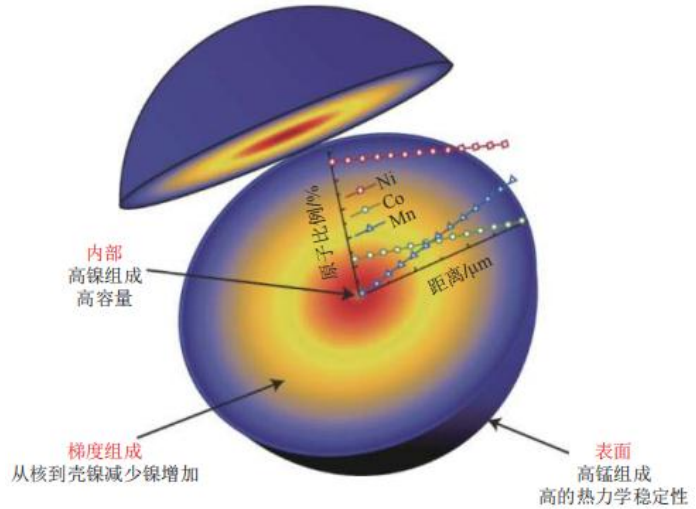
图 64: 掺杂 M_x 后的 NCMA 电池循环性能更好



资料来源: 蜂巢能源官网, 光大证券研究所; 纵轴: Wh/kg, 横轴: 循环圈数

浓度梯度设计：典型的浓度梯度材料是指 Ni 含量由内到外逐渐降低，Mn 含量逐渐增加。依据加料方式的不同，可设计出具有不同比例的浓度梯度材料，这种材料的二次颗粒在径向上呈发射状排列，有利于锂离子的扩散，因此具有十分优异的电化学性能。

图 65：典型的具有元素浓度梯度的高镍三元正极材料示意图



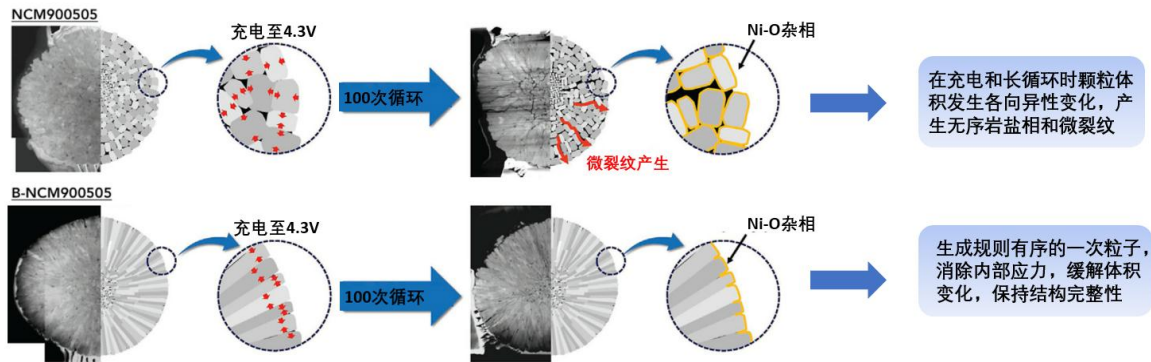
资料来源：《富镍三元正极材料的改性研究进展》郭孝东

浓度梯度设计高镍层状氧化物颗粒材料虽然具有优异的循环性能和热稳定性，但至今仍未实现大规模商业化，这与以下难点有关：

- (1) 由于各共沉淀参数难以精确控制，性能一致性不是很理想。
- (2) 不同成分高镍层状氧化物需要不同的煅烧温度才能获得理想的电化学性能。
- (3) 过量梯度夹杂不可避免会限制整个材料中的 Ni 含量，从而限制了能量密度。
- (4) 表面 Mn 含量高的颗粒会受到 Mn 溶解问题的困扰。

一次粒子工程：优化一次粒子(重塑/重排/单晶化)可以抵抗重复循环过程中的机械应变，还能改善多晶粒子的电荷均匀性。在 NCM90505 的晶粒间引入 B 作为胶纳米填料，通过减小各向异性取向晶粒之间的间隙，来提高二次粒子的机械强度和导电性，并通过抑制相变来实现结构和热稳定性的改善。

图 66：一次粒子工程示例：B 引入对 NCM900505 充电过程和长周期结构稳定性影响



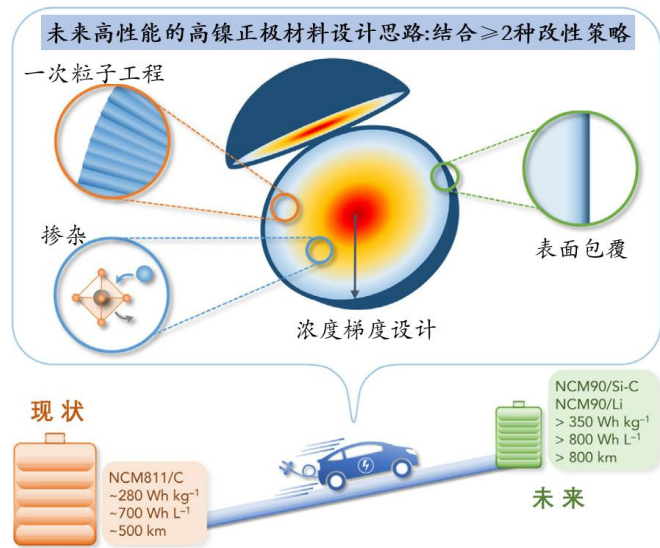
资料来源：Improved cycling stability of Li[Ni_{0.90}Co_{0.05}Mn_{0.05}]O₂ through microstructure modification by B doping for Li-ion batteries, Park K. J.

未来高性能的高镍三元正极材料设计思路：多种改性策略相结合

随着对电池能量密度需求的日渐上升，NCM 三元材料向着高镍化和高电压方向发展，但高镍三元材料容易产生阳离子混排的现象，且在充放电过程中易相变，在高电压的作用下会加剧材料结构的变化，对于电池的安全使用带来很大的隐患。

未来需要筛选出最合适的涂层材料和掺杂剂，对高镍三元材料进行掺杂和包覆，以改善材料的内部结构和表面结构稳定性。基于兼顾能量密度及安全性能的考量，对于三元材料常采用核壳结构设计或全梯度设计。因此，为了促进高镍三元正极材料的大规模安全和高效应用，需要将两种或两种以上具有协同效应的策略相结合。

图 67：动力电池用高镍三元颗粒材料的现状与改性策略

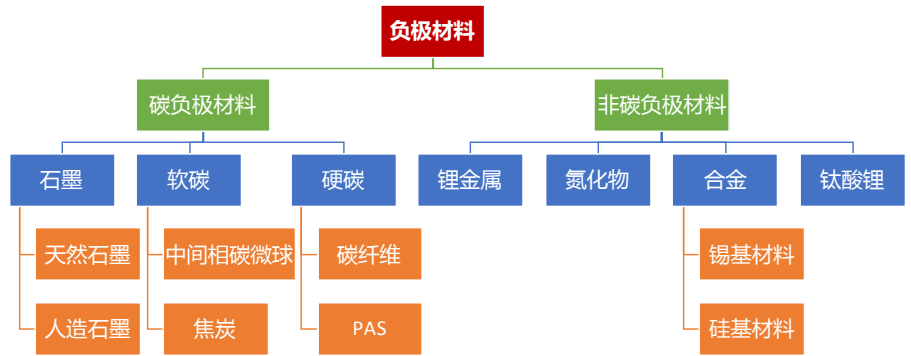


资料来源：Recent advances in Ni-rich layered oxide particle materials for lithium-ion batteries, Yong Lu

2.2、 负极：解决硅碳负极体积膨胀问题是产业化关键

负极材料主要分为碳材料和非碳材料两类，常见碳类负极材料又可以分为石墨类和非石墨类。目前已经规模化生产的负极材料主要有层状结构的炭材料(包括人造石墨、天然石墨、中间相碳微球、软碳及硬碳等)、合金类材料(硅基和锡基材料等)和钛酸锂材料等。

图 68：动力电池用负极材料分类



资料来源：钜大锂电，光大证券研究所

2.2.1、石墨负性能接近理论值，新型硅碳负极产业化蓄势待发

据正略咨询，石墨负极作为当前主流负极材料，其理论比容量上限为 372mAh/g，而部分头部企业的产品比容量即有 365mAh/g，可见石墨性能已达理论上限。硅基负极质量比容量高达 4200mAh/g，是石墨的近 12 倍，可大幅度增加电池容量；硅负极的电化学嵌锂电位才 0.4V，可抑制锂枝晶析出。因此，硅碳负极将硅与石墨复合制备，被认为是极具潜力的下一代高能量密度锂离子电池负极材料。

表 24：主流负极材料性能对比

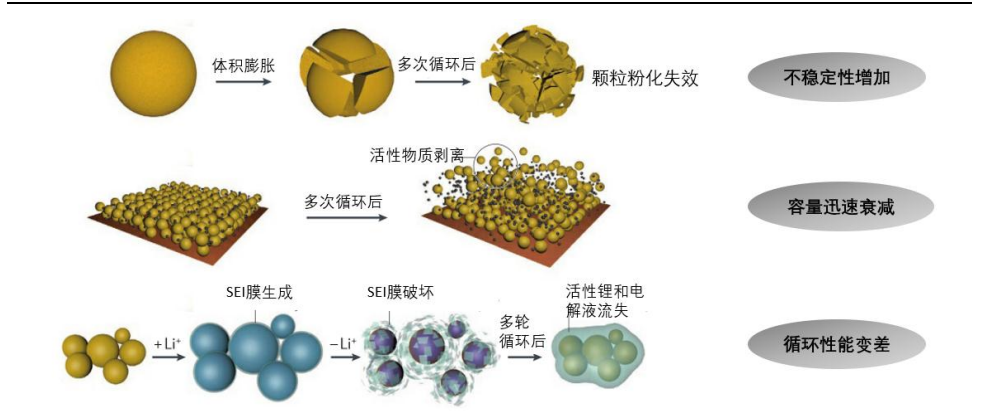
| 材料 | 锂金属 | 石墨 | 钛酸锂 | Si | Sn | Sb | Al | Mg |
|------------------------------|------|------------------|---|----------------------|----------------------|--------------------|------|--------------------|
| 密度 (g/cm ³) | 0.53 | 2.25 | 3.5 | 2.33 | 7.29 | 6.7 | 2.7 | 1.3 |
| 嵌锂相 | Li | LiC ₆ | Li ₇ Ti ₅ O ₁₂ | Li _{4.4} Si | Li _{4.4} Sn | Li ₃ Sb | LiAl | Li ₃ Mg |
| 质量比容量 (mAh/g) | 362 | 372 | 175 | 4200 | 994 | 660 | 993 | 3350 |
| 体积比容量 (mAh/cm ³) | 2047 | 837 | 613 | 9786 | 7246 | 4422 | 2681 | 4355 |
| 体积变化率 (%) | 100 | 12 | 1 | 320 | 260 | 200 | 96 | 100 |
| 对锂电位 (V) | 0 | 0.05 | 1.6 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 0.1 | 0.1 |

资料来源：旺财锂电，光大证券研究所

然而，硅碳材料在实际应用过程中也存在较多难点，阻碍着硅碳负极的大规模产业化进程，问题根源在于硅的体积膨胀效应，硅在满嵌锂后体积膨胀率达 320%，巨大的体积变化会导致三大问题：

- (1) 颗粒粉化失效：**硅颗粒在反复脱嵌锂过程中，会由于承受不了体积形变带来的巨大应力而导致自身颗粒的粉化而失效，导致热稳定性和化学稳定性下降。
- (2) 容量迅速衰减：**巨大的体积形变使得硅颗粒之间或者颗粒与集流体之间失去电接触，导致活性物质直接从集流体上脱落，致使容量迅速衰减。
- (3) 增加极化，恶化循环：**体积形变造成硅表面的 SEI 膜处于破坏—重构的动态过程中，会造成持续的电解液和活性锂消耗，同时也会增加电池的极化，恶化循环性能。

图 69：硅基负极材料失效机理



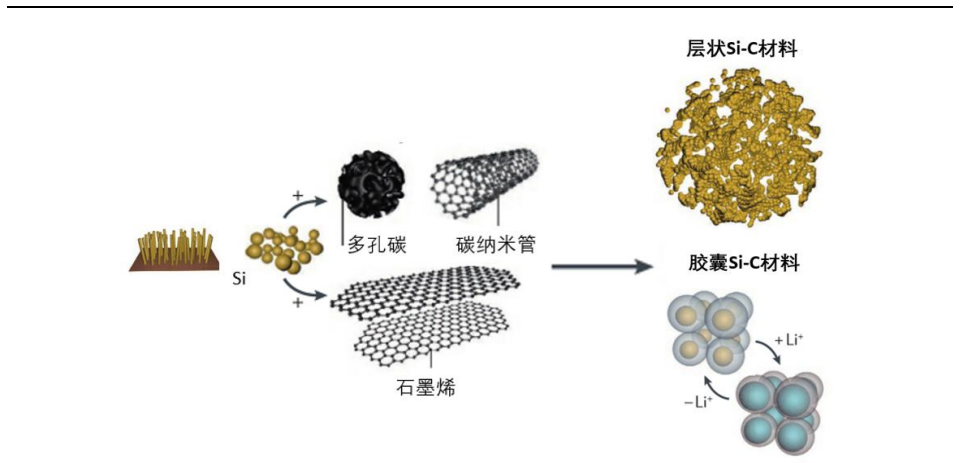
资料来源：Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities, Jang Wook Choi.

2.2.2、硅碳负极体积膨胀的改良策略

高校与企业近几年也致力于硅碳负极的改良，目前主要的改进策略有三种，分别为：**制备不同维度的纳米化硅再与碳材料复合、对负极进行预锂化、改良导电添加剂和粘结剂。**

纳米化：研究表明，硅颗粒尺寸越小，电池循环性能越好。硅纳米颗粒在锂电池应用中的临界粒径为 150nm，粒径 >150nm 的硅颗粒在锂电池循环中容易出现断裂，因此把硅制备成纳米球/线，再与碳材料复合，可以在体积膨胀过程中更好地释放应力，避免自身结构坍塌，从而保持电极的容量，提升电池的循环性能。

图 70：硅纳米线/球与碳材料复合

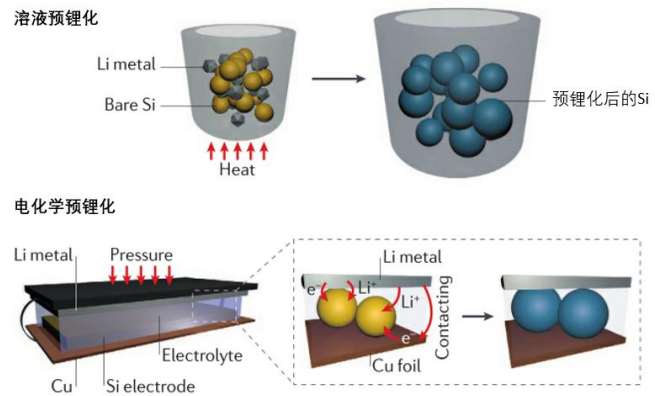


资料来源：Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities, Jang Wook Choi.

预锂化：预锂化对于首次充放电效率提升明显，通过溶液法或电化学的方法预先对 SiO 负极材料嵌锂，使金属锂预先进入 SiO 与 O 反应形成硅酸锂，使得在首次充放电时 O 不再消耗锂离子。

事实上“掺硅补锂技术、预锂化技术”也正在被越来越多的企业引入。年初蔚来发布的 150kWh 电池包，正极使用纳米包覆超高镍正极，负极使用“无机预锂化硅碳负极技术”，同时搭载半固态电解质，单体能量密度可达 350Wh/kg。

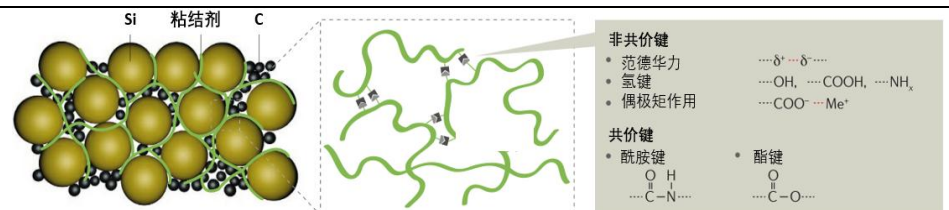
图 71：溶液和电化学预锂化过程



资料来源：Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities, Jang Wook Choi.

粘结剂改良：粘结剂在电极中的含量非常少(1.5%~3%)，成本约占电池总成本的 1%~3%，但其作用却不可替代。粘结剂将活性物质、导电剂与集流体粘结在一起，以缩短锂离子传输途径，稳定电极材料的结构。新型的硅负极粘结剂可从化学键连层面改良硅碳结构的稳定性，通过化学键等强键合作用连接分子链段、减少膨胀，在充放电过程中保证电极结构的完整性和良好的电接触。

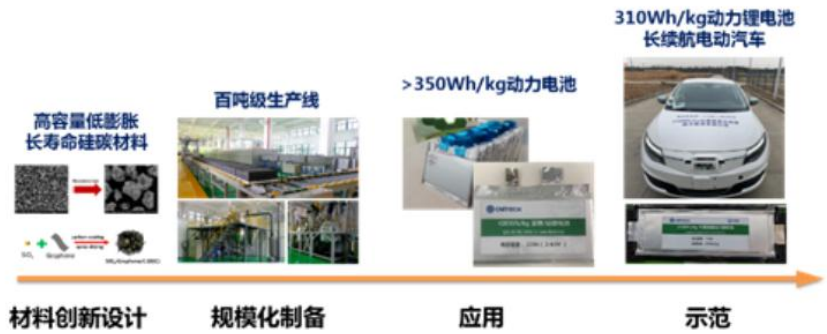
图 72：在硅碳之间添加粘结剂示意图



资料来源：Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities, Jang Wook Choi.

2021 年 4 月 9 日，中科院宁波材料所突破了石墨烯复合硅碳负极材料规模化制备技术，将 SiO_x 和石墨烯浆料在液相体系混合均匀，以沥青作为添加剂，通过喷雾干燥、高温热处理和化学气相沉积等工艺，制备了类球形碳封装硅氧化物复合负极材料 SGC，并基于该高性能的石墨烯复合硅碳负极材料，进一步研制出能量密度达 350-400Wh/kg 的系列新型高能量密度锂离子电池，并与宝能集团旗下昆山聚创新能源科技有限公司共同研发并实现了 310Wh/kg 动力电池装车应用示范。

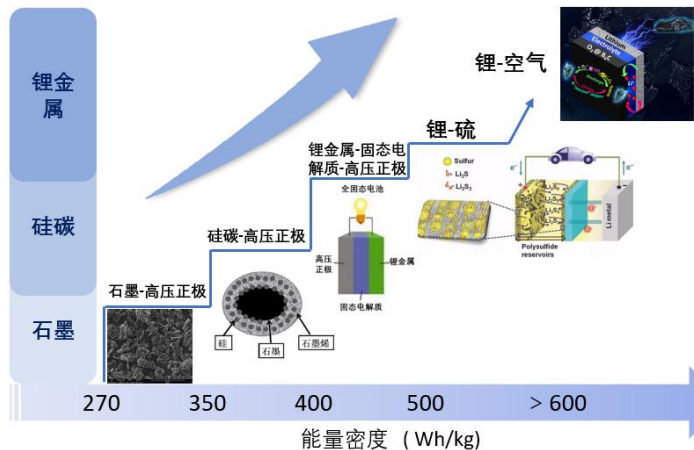
图 73：石墨烯复合硅碳负极材料的创新设计、规模化制备及应用研究及应用示范



资料来源：中科院宁波材料所，光大证券研究所

在未来，如果单体电芯要突破 400Wh/kg，电池厂商还需着眼于锂金属负极型的电池体系，锂金属负极具有 3860mAh/g 的比容量，以其所匹配的 Li-S 和 Li-空气电池比能量高达 650Wh/kg 和 950Wh/kg，这也意味着整个商用电池制作工艺的更迭与精进。

图 74：锂电池负极材料发展历程

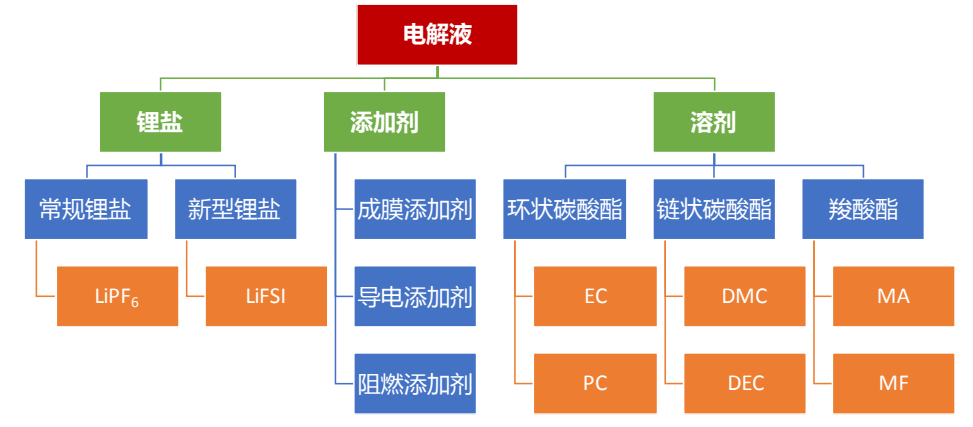


资料来源：璞泰来官网、《锂离子电池负极材料产业化技术进展》，储能科学与技术,2016；光大证券研究所绘制

2.3、 电解液：锂盐待革新，固态电解质序幕拉开

目前商业化锂离子电池的电解液一般由碳酸酯类有机溶剂（EC）、锂盐六氟磷酸锂（LiPF₆）以及少量多功能添加剂组成，通常也会加入低粘度的 DMC、DEC 等作为共溶剂，以提高锂离子迁移速率。电解液是锂离子迁移和电荷传递的介质，其指标直接决定了锂离子电池的能量密度、倍率性能、循环寿命、安全性等性能。

图 75：锂电池电解液组成部分



资料来源：钜大锂电，光大证券研究所

2.3.1、双氟磺酰亚胺锂盐（LiFSI）：下一代溶质锂盐

锂盐是电解液体系的主要成本来源，目前 LiPF₆ 是商业化应用最为广泛的锂电池溶质锂盐，然而在使用过程中，LiPF₆ 也存在热稳定性较差、易水解等问题。新型电解液溶质锂盐 LiFSI 具有远好于 LiPF₆ 的物化性能：

(1) **更好的热稳定性**：LiFSI 熔点为 145°C，分解温度高于 200°C。

(2) **与硅负极相容性更好**：传统的 LiPF₆ 电解液会产生 HF 与 SEI 膜发生氟化反应，导致表面膜成分之一的 Li₂O₂ 消失，使电池长程循环性能较差。LiFSI 不仅不会破坏负极 SEI 膜，相反还会促进膜成分之一的 Li₄SiO₄ 生成从而提升电池电化性能。

(3) **更优的热力学稳定性**：LiFSI 电解液与 SEI 膜的两种主要成分有很好的相容性，只会在 160 °C 时与其部分成分发生置换反应。

因此，虽然目前 LiFSI 由于制备困难、成本高昂（其目前价格近 50 万元/吨，约为 LiPF₆ 价格的五倍）等原因只能作为副盐添加 LiPF₆ 中，但在未来 LiFSI 可能成为改善 LiPF₆ 缺陷的最佳替代品，符合高性能电解液的发展趋势。

表 25：LiFSI 与 LiPF₆ 性能对比

| 性质 | | LiFSI | LiPF ₆ |
|------|---------|----------------|-------------------|
| 基础物性 | 溶液中分解温度 | >200°C | >80°C |
| | 氧化电压 | ≤4.5V | >5V |
| | 水解性 | 耐水解，无 HF 副产物产生 | 容易水解产生 HF |
| | 电导率 | 高 | 略低 |
| | 化学稳定性 | 稳定 | 不稳定 |
| | 热稳定性 | 高 | 低 |
| 电池性能 | 循环寿命 | 长 | 短 |
| | 低温性能 | 好 | 差 |
| | 耐高温性能 | 好 | 差 |
| | 气胀 | 可抑制电池气胀 | 会发生气胀 |

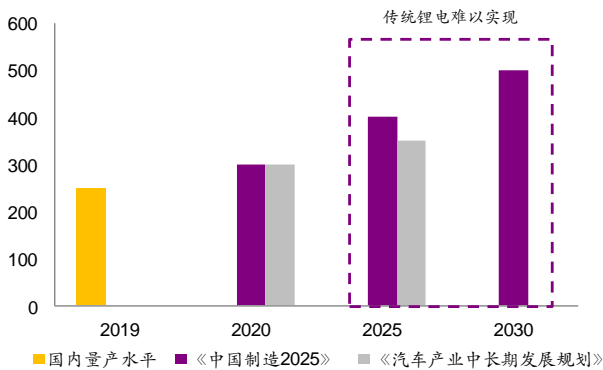
资料来源：沈丽明，《几种有前景锂盐在锂离子电池中的研究进展》，上海康鹏招股说明书，光大证券研究所整理

经过近十年快速发展，目前液态锂离子电池已经成为全球车用动力电池首选，并在成本和能量密度上实现了大幅度改善，十年来能量密度提升了近 3 倍，价格下降了 85%，达到了目前能效和经济性的最佳状态。在市场应用方面，液态电池是目前最具经济性的选择，市面上电解液产品规模化量产的程度之高可见一斑。

2.3.2、固态电解质：实现超高能量密度锂电池的必经之路

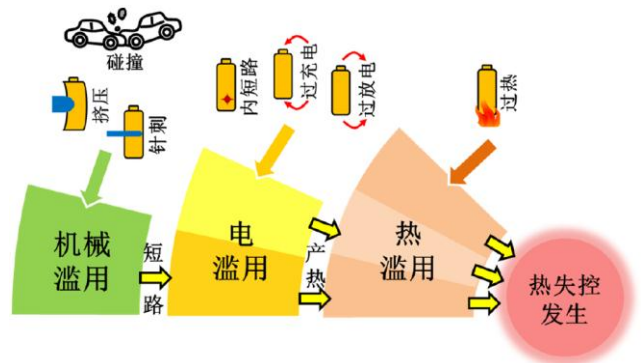
依靠现有液态锂电池体系，2025 年后电池能量密度难以达到国家要求的 400Wh/kg 以上，更不用说 2030 年达到 500Wh/kg 了。近年来电动汽车自燃事故频发，其主要原因也是液态电解质过热被点燃，最终导致电池起火。因此，开发高效的固态电解质是超安全、超高能量密度锂电池的必经之路。

图 76：动力电池单体能量密度发展要求



资料来源：工信部，光大证券研究所；单位：Wh/kg

图 77：车用锂电池热失控原因



资料来源：《车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理》，冯旭宁

固态电解质的工作电压能够达到 5V，而电解液只能在 4V 上下徘徊，这之间就是理论最大 20% 的差异。电压上限的突破是固态电池能量密度大幅提升的基础，固态电解质“浓缩”之后取代电解液和隔膜、可与金属锂负极结合提升锂容量，实现理论上重量能量密度的 500Wh/kg，体积能量密度最大 1000Wh/L，循环寿命更长 (>5000 次)，最终达到 1000km 起步续航水平。

抢占下一代电池技术高地刻不容缓，车企电池厂加快固态电池布局

早在 2018 年 6 月，大众与 QS 就宣布成立合资公司 QSV Operations LLC，双方各持股 50%，期望实现 QS 固态电池的商业化生产，预计 2025 年量产。

2019 年一众电池厂如国轩高科、清陶新能源、赣锋锂业就建立了半固态电池小规模的生产线。

2020 年 12 月蜂巢能源在电池日上对外发布了一款匹配无钴正极的“自愈合阻燃果冻电池”，电池内引入低比例的固态电解质，目前量产推进已取得一定成果。

2021 年 1 月 9 日，蔚来在 Nio Day 上公布电池包载能量 150kWh 的固态电池，能量密度可达 360kWh/kg，续航超过 1000km，并宣称将于 2022 年量产。

2021年3月15日，大众汽车在其首届“Power Day”上表示，未来汽车动力电池的终极形态将是固态电池。

2021年4月9日，赣锋锂业宣布拟投资22亿元建设高比能固态电池超薄锂负极材料项目。

2021年4月14日，蜂巢能源与中科院共建固态电池技术研究中心，28日公司与安徽马鞍山市签订战略合作协议，将投资110亿元建设动力电池电芯及PACK生产研发基地，规划年产能28GWh。

车企、电池厂商以及原材料供应商、科研机构等，纷纷下场开始布局固态电池市场和技术领域，固态电池的大幕已经开启。

2.3.3、技术+成本双重制约，固态电解质量产仍需时间

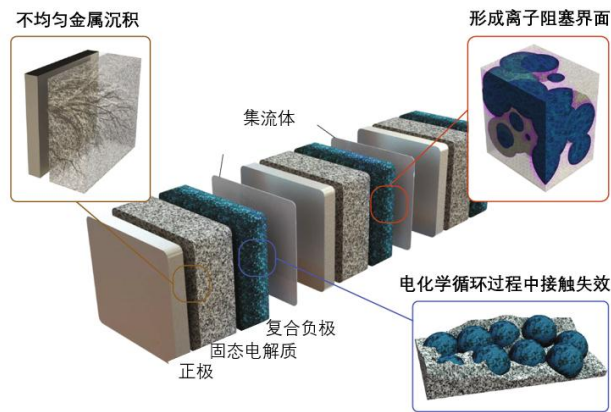
不管是高校科研院还是主流电池企业，对于固态电池的理论研究仍处于初级阶段，固态电解质距离大规模产业化还有三大技术难关需要攻克：

(1) **金属枝晶问题。**不均匀沉积的锂枝晶会刺穿固体电解质层，进而造成电池短路。

(2) **界面稳定性问题。**电极/电解质界面处的组成和结构与材料体相有较大差别，离子阻塞或电子导电的界面产物会对固态电池的性能产生不利影响。

(3) **物理接触问题。**固态电池体系最大的缺点就是离子的传输强烈依赖于固体颗粒的致密接触。而这些点接触对电化学循环过程中产生的应力非常敏感，应力会导致裂缝的产生，引起界面接触不良。

图 78：基于固态电解质的锂金属电池面临的三个主要挑战



资料来源：Fundamentals of inorganic solid-state electrolytes for batteries, Theodosios Famprikis

从工艺成本上看，固态电解质从合成到致密化再到集成各个环节仍处于研发初期，规模化量产耗费巨大。

(1) 合成

固相法是合成无机固体电解质最常用的方法，但其需要高温，耗能较大，而且高温下锂盐挥发严重，且材料与坩埚之间可能会有副反应。

机械化学法可用来合成无定形和玻璃陶瓷材料。尽管机械球磨法在工业上已经有应用，但其规模化应用时的安全性和能量消耗还存在争议，过程参数与产品性能之间的关系仍然只是经验性的。

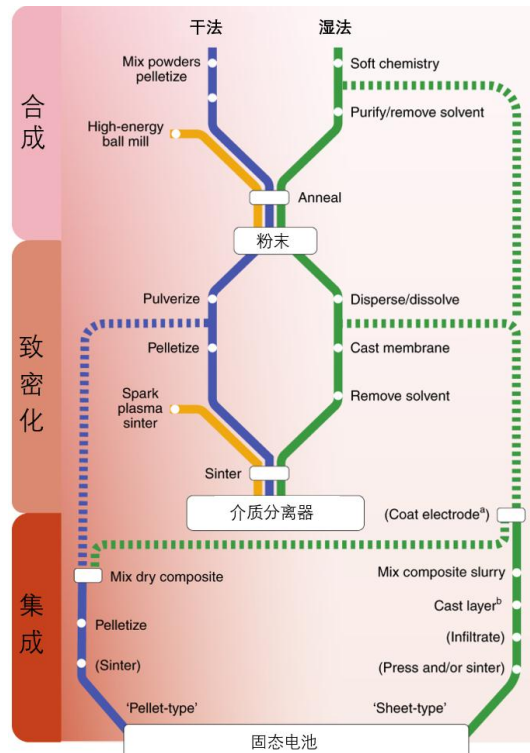
(2) 致密化

固态电解质粉末需要处理成高深宽比的膜或片，通过煅烧母胚、干粉热压或冷压，完成电解质粉末的致密化，获得特定的微结构。软的材料如硫化物和硼氢化物在这方面有优势，其可以在低温下完成致密化过程。放电等离子体烧结也是一种潜在的方法，其可以对材料的微结构进行精确控制，但其成本仍过高。

(3) 集成

薄膜法是目前唯一能够实现工业化制备完整固态电池的方法。尽管其能够实现高致密度和良好的界面接触，但是在规模化制备大容量固态电池时仍然面临成本高昂的问题。

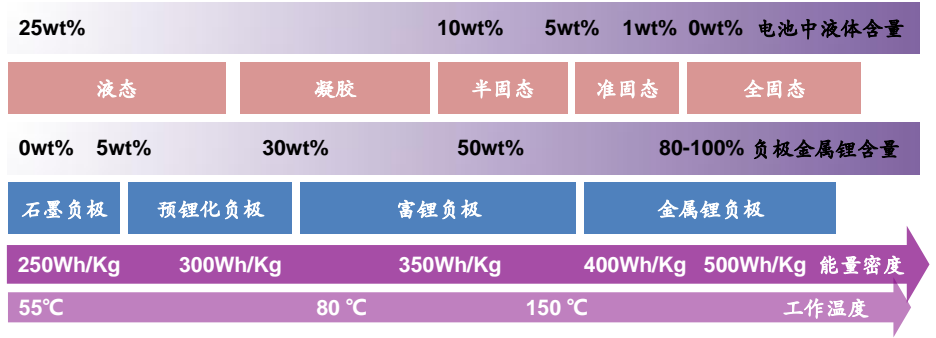
图 79：固态电解质工艺处理流程图



资料来源：Fundamentals of inorganic solid-state electrolytes for batteries, Theodosios Famprikis

在技术和成本双重制约下，我们预计固态电池从实验室走向批量产业化还需 5-10 年时间，其发展路径是：**电解质从液态、半固态（凝胶）、固液混合到固态，最后到全固态。**

图 80：固态电池发展路线



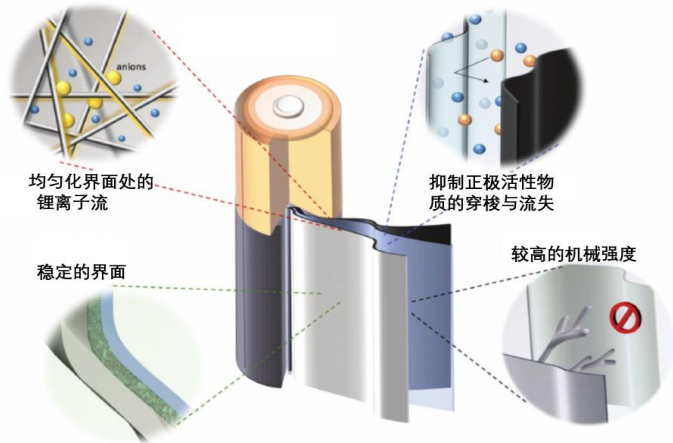
资料来源：《全固态锂电池技术的研究现状与展望》，许晓雄

2.4、隔膜：湿法、干法可拥有各自应用场景

锂电池中隔膜的作用是隔离正负极、防止短路、吸收电解液、导通锂离子，并阻隔电子，成本占动力电池组总成本的 7%，其性能直接影响电池的寿命、容量和安全性。

对于高性能的锂电隔膜，一般有以下要求：孔径分布均匀，能有效阻止活性物质的穿梭流失；对电解液有一定的亲和性且在电解液中保持界面稳定；有较好的机械强度(抗拉强度和穿刺强度)；具有良好的热稳定性。

图 81：高性能锂电池隔膜的设计准则



资料来源：Design Principles of Functional Polymer Separators for High-Energy, Metal-Based Batteries, Zhang W D.

2.4.1、技术难+成本高+性能优，湿法涂覆主导三元市场

根据隔膜微孔的成孔机理不同，市场上主流的锂电池隔膜生产工艺主要分为干法(熔融拉伸工艺)和湿法(热致相分离工艺)两大类。国内动力和储能电池主要采用 PP 隔膜，3C 电池主要采用 PE 隔膜。

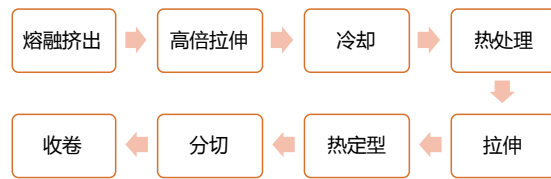
表 26：锂电池隔膜分类

| 分类方式 | 类型 |
|------|---|
| 生产材料 | PE 隔膜、PP 隔膜、PE 和 PP 复合的多层微孔膜 |
| 技术路线 | 干法单向拉伸工艺隔膜、干法双向拉伸工艺隔膜、湿法工艺隔膜 |
| 产品类型 | 单层 PP 膜、单层 PE 膜、双层 PP/PE 膜、多层膜 |
| 物化性能 | 织造膜，非织造膜(无纺布)，微孔膜，复合膜，碾压膜 |
| 应用路线 | 动力类锂电池隔膜(应用于新能源汽车、电动自行车、电动工具、储能电池等领域) |
| | 数码类锂电池隔膜(应用于手机、笔记本电脑、平板电脑、可穿戴智能设备、移动电源等便携式电子产品) |
| | 其他功能类隔膜(应用于航空航天、医疗等领域) |

资料来源：正略咨询，光大证券研究所

湿法工艺技术壁垒高，流程复杂，生产周期长，投资大。干法是将聚烯烃树脂熔融、挤压、吹膜制成结晶性聚合物薄膜，经过结晶化处理、退火后，得到高度取向的多层结构，在高温下进一步拉伸定型，其工艺相对简单、附加值高。而对于湿法技术，其核心在于浆料配方，浆料在隔膜涂覆中成本占比也较大为 65%，完成配比后还需要经过双向拉伸以及二次收卷等复杂工艺，对于设备和精度要求高，前期投资巨大。

图 82：干法隔膜工艺流程



资料来源：康佳研究院，光大证券研究所

图 83：湿法隔膜工艺流程



资料来源：康佳研究院，光大证券研究所

表 27：干法与湿法隔膜工艺特点及性能对比

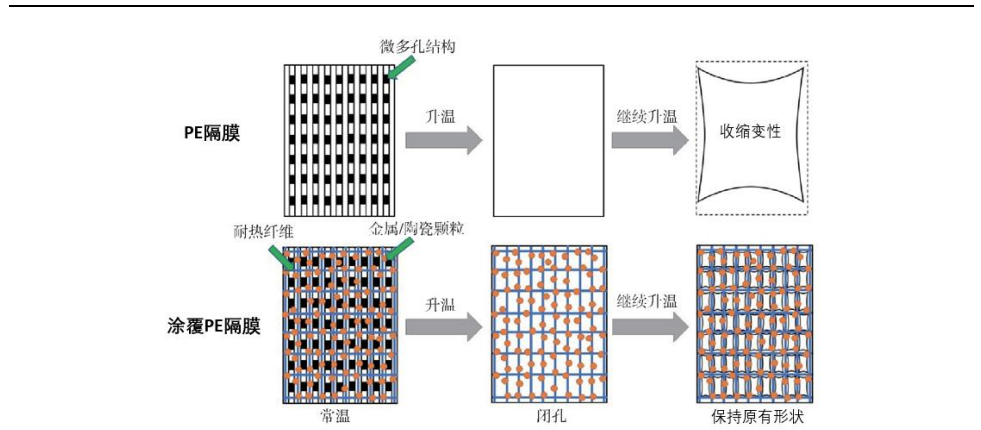
| 工艺方式 | 干法 | | 湿法双拉 |
|-------------|--------------------------------|-------------------------|--|
| | 干法单拉 | 干法双拉 | |
| 工艺原理 | 晶片拉伸 | 晶型转换 | 热致相分离 |
| 浆料特点 | 流动性好，分子量低，结晶度较低的烯烃（PE,PP） | 分子量高，结晶度高的 HDPE | |
| 工艺特点 | 易工业化，生产成本低，无污染 | 横向拉伸强度高于单拉，需成孔剂辅助成孔 | 制膜过程易调控，可得更高孔隙率和更好的透气性 |
| 工艺劣势 | 孔径及孔隙率较难控制，TD 方向易开裂，控制难度大，可靠性差 | 孔径及孔隙率较难控制 | 需大量溶剂，环境污染，工艺复杂，成本高、熔点低、热稳定性较差；投资大，周期长 |
| 产品特点 | 微孔导通性好，可生产三层隔膜，价格低，适合大功率电池 | 稳定性差，价格低，适合大功率电池，生产隔膜较厚 | 微孔尺寸小，分布均匀，可生产厚度较薄的隔膜，适合高能量密度 |
| 性能比较 | | | |
| 孔径大小 | 大 | | 小，纳米级 |
| 厚度均一性 | 相对较差 | | 相对较好 |
| 孔径均匀性 | 差 | | 好 |
| 拉伸强度均匀性 | 差，显各向异性 | | 好，显各向同性 |
| 横向拉伸强度 | 低 | | 高 |
| 穿刺强度 | 低 | | 高 |
| 透气性 | 相对较差 | | 好 |
| 热稳定性 | 好（与原材料有关，PP 熔点为 165°C） | | 较差（PE 熔点为 135°C） |

资料来源：《锂离子电池材料解析》，徐国栋

湿法涂覆隔膜综合性能更优良。相较于采用干法工艺的产品，湿法隔膜具有更好的孔隙结构一致性、更强的拉伸强度和抗穿刺强度等优势，并且厚度更薄、更均匀。当锂电池温度逐渐升高，超过聚烯烃隔膜的使用温度，隔膜会依次经过收缩、闭孔、熔融 3 个阶段。湿法隔膜采用表面涂覆无机材料、耐热高分子材料或两者配合物的方法进行表面改性，使隔膜在达到聚烯烃软化温度后仍保持原有形状，防止短路现象发生，提升电池安全性。

恩捷股份的湿法双拉成型技术，就是对隔膜纵向预拉伸后再双向拉伸扩孔，接着采用纳米氧化铝与水合氧化铝的浆料对 PE 微孔膜进行涂覆，从而提高了隔膜在高温下的尺寸稳定性。得到的隔膜厚度为 15μm，透气率为 175s/100mL，在 120°C 条件下可以保持 1h 的收缩率小于 1.5%。

图 84：PE 隔膜涂覆改性示意图



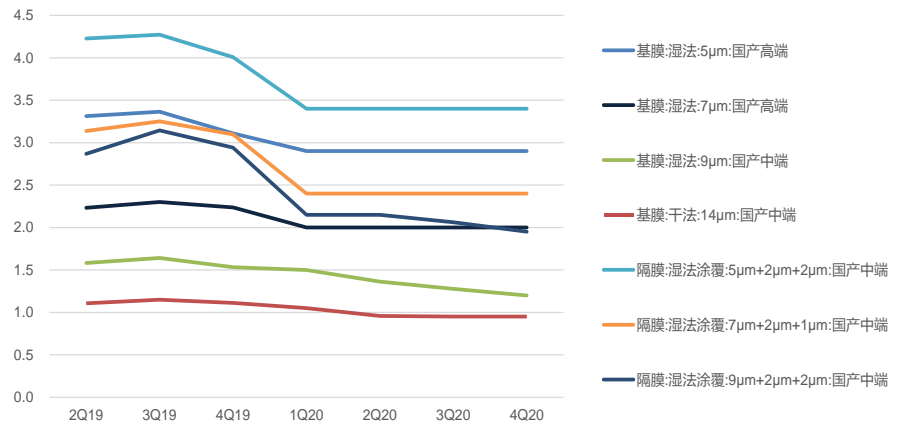
资料来源：《耐高温锂离子电池隔膜材料应用现状及发展》，祝问霆

2.4.2、干法具成本优势，受益磷酸铁锂需求回暖

湿法隔膜在重视能量密度的三元电池领域应用广泛，而干法隔膜主要应用于大型磷酸铁锂动力锂电池中，近两年，国内电动两轮车、商用车、储能等下游市场的锂电需求快速增长，磷酸铁锂电池复苏，占比提升，带动了干法隔膜出货量的显著增加。

相较于湿法隔膜，干法隔膜抗穿刺强度较高，工序简单，污染小，固定资产投入比湿法小，综合成本较低。因此，在对成本要求低、能量密度要求低（如储能领域）、对倍率性能要求高（例如混动车型）的电池中应用更为广泛，随着磷酸铁锂电池需求回暖和储能市场的强劲增长，干法隔膜的需求有望持续增长。

图 85：干法隔膜相较于湿法隔膜具有明显的成本优势（单位：元/平方米）

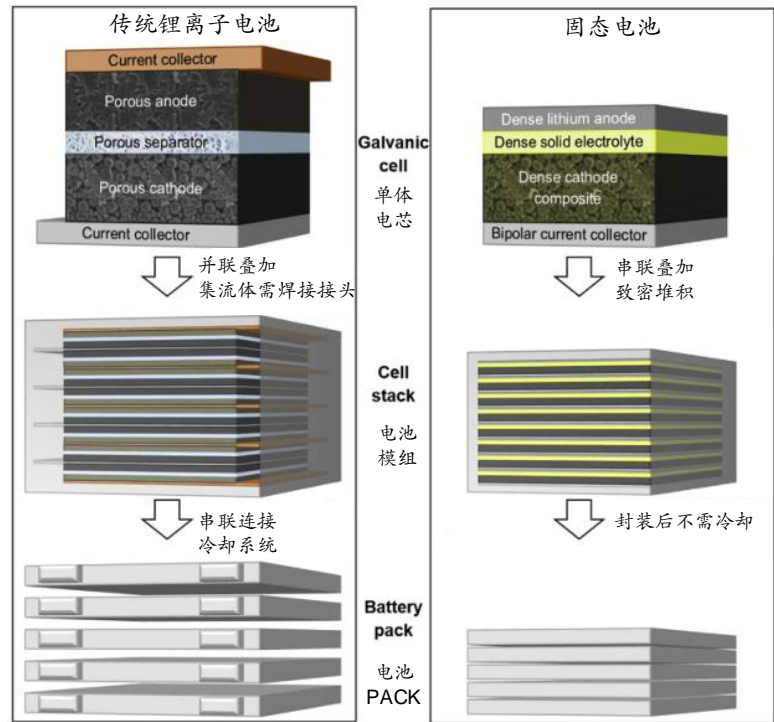


资料来源：wind，光大证券研究所

2.4.3、固态电池技术成熟后会不可避免地冲击隔膜产业

在全固态电池中，正极材料、负极材料、隔膜、电解液这四大原材料，将变成正极材料、负极材料、固态电解质三大原材料。固态电解质将全面替代电解液与隔膜，有望缩短正负极之间的距离，大大降低电池厚度。而全固态电解质也将避免高电压充能时发生的电解液氧化现象，更易提升电池的能量密度，简化封装，最终全面改变动力电池行业的格局。

图 86：液态锂离子电池与固态电池制备工艺对比



资料来源：All-solid-state lithium-ion and lithium metal batteries – paving the way to large-scale production, Joscha Schnell

固态电池技术的开发目前仍处于早期阶段：**成本高、产量小、关节节点突破较慢，距离真正的全面商业化还相去甚远。**目前固态电池行业国际公认技术领先的丰田集团正大力投入的固态电池技术，预计最早也需等到 2024 年才能实装到量产汽车上。

隔膜行业本身还有工艺突破带来改变的可能性，因此，我们认为现有的液态锂离子电池及其升级改进仍是未来 5-10 年的主要技术路线，但是更远的 10-20 年后，固态电池技术慢慢成熟，会不可避免地对隔膜及电解液行业造成冲击。

2.5、前驱体：决定正极材料性能的关键材料

2.5.1、三元正极 60%的技术含量在于前驱体工艺

前驱体对三元材料的生产至关重要，三元正极 60%的技术含量在于前驱体工艺，前驱体的品质(形貌、粒径、粒径分布、比表面积、杂质含量、振实密度等)直接决定了最后烧结的正极产物的理化指标。

NCM 和 NCA 前驱体的制备以硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰、氢氧化钠（铝）为原料，在氮气保护下，在氨水和碱溶液中发生盐碱中和反应，得到镍钴锰（铝）氢氧化物沉淀。

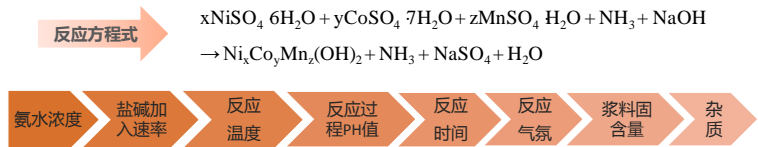
前驱体制备工艺流程复杂，技术壁垒高，需要控制的工艺参数有：温度、气氛、PH、盐和碱的浓度、氨水浓度、盐溶液和碱溶液加入反应缸的速率等。整个制备过程可分为搅拌、过滤洗涤和干燥三个环节，每个环节设备参数及工序调控的细节都关乎最终成品的优劣。

搅拌设备：用搅拌罐和反应釜，是反应的发生装置。

过滤洗涤设备：常用设备有吸滤机、压滤机、叶滤机。在过滤洗涤过程中，需注意控制洗涤用水的杂质含量、硫酸根或氯根的含量、还有钠含量。

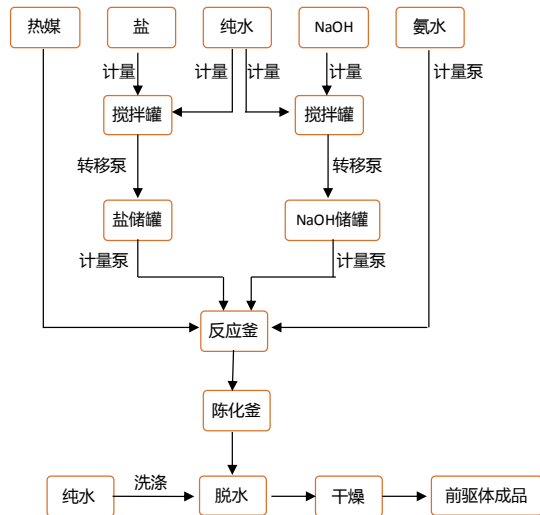
干燥设备：有转筒式热风循环烘箱和盘式连续干燥器，关键控制点为干燥时间、温度、以及干燥气氛。

图 87：三元前驱体反应方程式及工艺参数



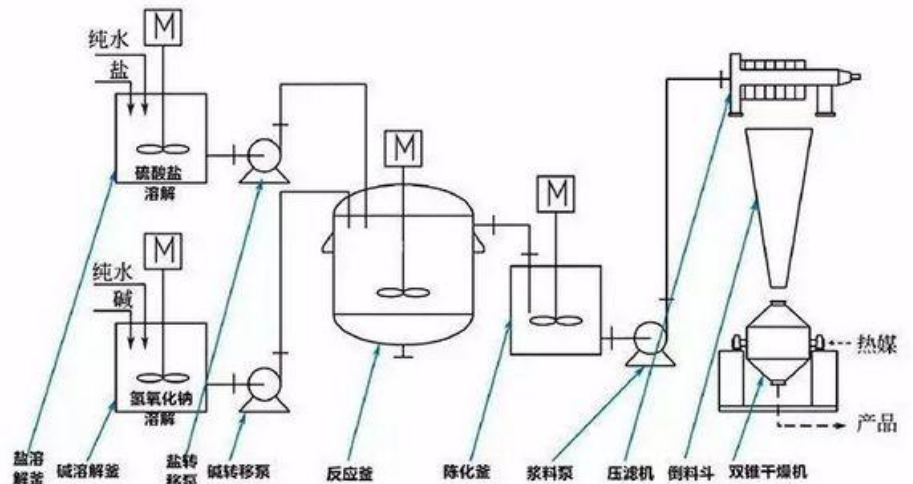
资料来源：搜狐汽车，光大证券研究所

图 88：三元前驱体制备过程



资料来源：搜狐汽车，光大证券研究所

图 89：三元前驱体设备工序图



资料来源：鑫椏锂电，光大证券研究所

三元前驱体是技术密集型行业，从原料提纯、参数调控、设备调试、产能释放到客户认证整个周期长达 2 年以上，且上游企业与下游客户的绑定程度较深，市场竞争激烈。因此，头部三元前驱体企业有望借助产能规模和成本优势，继续保持领先优势，进一步扩大市场占比。

2.5.2、未来前驱体向着高镍化、单晶化、新工艺方向发展

目前国际主流的三元前驱体生产采用的是共沉淀工艺。氢氧化物共沉淀法是将 NaOH 作为沉淀剂，氨水作为络合剂的一种共沉淀工艺方法，可生产处高密度的球形氢氧化物前驱体，其优点是工艺操作简单，易控制前驱体的粒径、比表面积、形貌和振实密度等等。碳酸盐共沉淀工艺成本较低，即使不使用络合剂也可以生产出球形度很好的颗粒，但其工艺稳定性较差，杂质(Na 和 S)含量相对较高。

表 28：NCM 前驱体合成方法对比

| 合成方法 | 优点 | 缺点 |
|----------|--|--|
| 氢氧化物共沉淀法 | 易控制前驱体的粒径、比表面积、形貌和振实密度； 反应釜操作也比较容易。 | 需要处理废水(含 NH ₃ 和硫酸钠)，增加了整体生产成本。 |
| 碳酸盐共沉淀法 | 成本控制优势； 不需要使用络合剂。 | 工艺稳定性较差，产物粒径不容易控制； 杂质(Na 和 S)含量高，性能较差； 振实密度较低，限制了 NCM 能量密度的发挥。 |

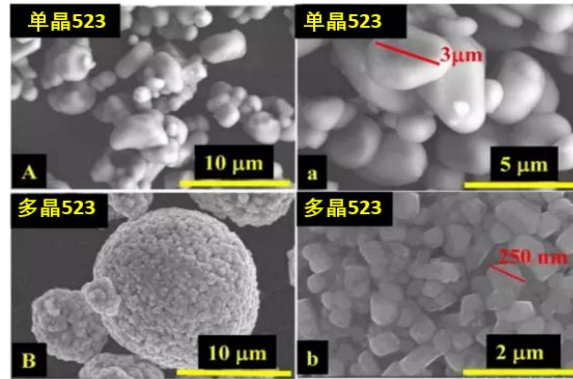
资料来源：张臻等《锂电三元正极材料前驱体的研究进展》，光大证券研究所

三元前驱体具有高度定制化特点，只有拥有成熟工艺体系的企业才能获得客户认可。随着三元材料向单晶、高镍、新型结构方向发展，前驱体生产也不断向高镍化、单晶化、生产工艺智能化发展，因此掌握核心技术的龙头企业有望持续保持领先地位。

高镍化：随着新能源车补贴的持续退坡，动力电池市场也将重新洗牌，促进锂电池朝着高能量密度进发，近年来我国三元电池装机量稳步上升，高镍化势不可挡。我们认为后续正极材料将会以 NCM811 及 NCA 为主流发展方向。而高镍正极材料的发展离不开三元前驱体的推动，因此，前驱体行业也向着高镍化的方向进发。

单晶化：目前三元材料多为细小晶粒（直径几百 nm）团聚成的二次球形多晶颗粒（直径几 μm 到几十 μm），多晶三元材料由于颗粒内部存在应力导致材料循环过程中易开裂，而存在循环寿命短、热稳定性差的缺陷。单晶颗粒（粒径通常在 5μm 以下甚至纳米级）相对于多晶颗粒，在辊压时不会破碎，有效地提高了材料的压实密度，且单晶颗粒结构稳定性好，能在长循环后保持原状，提高安全性能。

图 90：单晶和多晶材料形貌对比



资料来源：Jeff Dahn, J. Electrochem. Soc. 2019, 166

新型生产工艺开发：目前企业广泛采用的连续法工艺具有工艺简单、产品稳定性好、产量高等优势，但是烧结时颗粒团聚影响材料性能；间歇法也存在产品指标稳定性较差，产能低，成本高等问题。

新型生产工艺的开发比如连续间断法将会成为企业的重要护城河之一。连续间断工艺简单、过程控制容易、产能高、生产成本低、更适于大规模工业化生产。生产出的前驱体粒度分布窄、产品一致性和稳定性好，径距可低至 0.7。

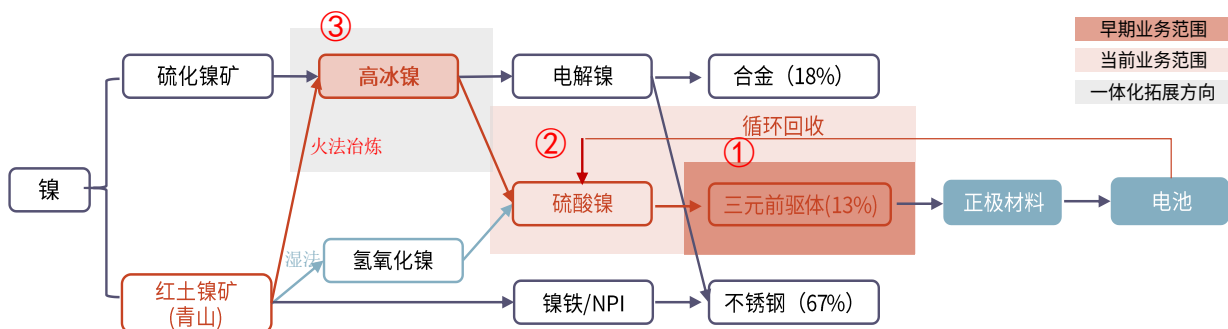
表 29：前驱体生产工艺对比

| 生产工艺 | 优点 | 缺点 |
|--------|--|--------------------------------------|
| 连续法 | 工艺简单、产品稳定性好、产能更高 | 粒度分布宽、细粉多、烧结时易团聚 |
| 间歇法 | 粒径分布窄，适用于生产高端型如高镍、单晶型前驱体产品 | 产能较低，产品指标稳定性较差，工艺流程不够顺畅，制备过程控制复杂，成本高 |
| 连续间断工艺 | 过程控制容易、产能高、生产成本低、更适于大规模工业化生产；粒度分布窄、产品的一致性和稳定性较好，径距可低至 0.7。 | |

资料来源：张臻等《锂电三元正极材料前驱体的研究进展》，光大证券研究所

资源是下一阶段竞争要素。当前的技术超额收益依赖于产品、技术的不断迭代，但长期看资源才是材料制造最重要的竞争要素。因此正极产业链一体化是必然趋势。一体化模式可以减少中间加工环节，减少结晶、干燥、运输等成本，提升存货管理和品质管理效率。

图 91：中伟股份一体化扩展方向

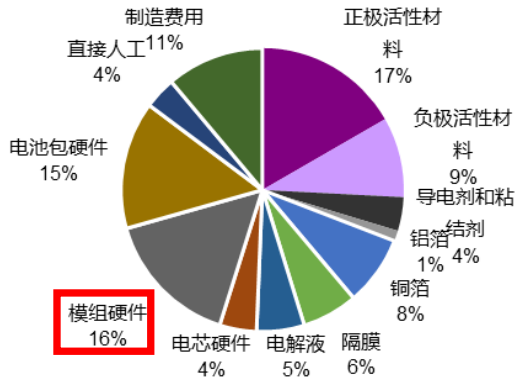


资料来源：公司公告，光大证券研究所整理

2.6、 电池结构：国内引领结构创新，系统能量密度再上台阶

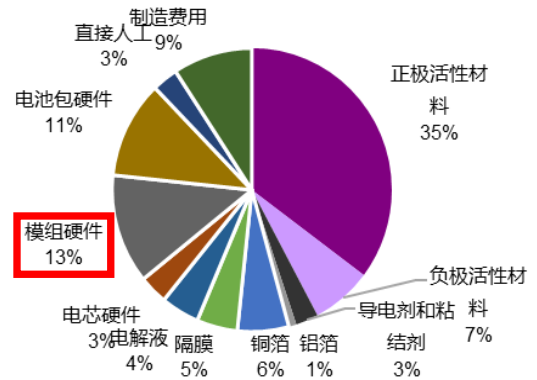
动力电池 Pack 主要由电芯、模组硬件、电池包硬件构成。据我们的动力电池 Pack 成本构成模型可见，电芯硬件在成本构成中占比约不到 5%，模组硬件占比约 13-16%，因此可以通过整合精装电芯、模组硬件来达到降低成本的目的。

图 92：磷酸铁锂电池 Pack 成本构成



资料来源：光大证券研究所测算,2020 年

图 93：NCM523 电池 Pack 成本构成



资料来源：光大证券研究所测算, 2020 年

2.6.1、宁德时代 CTP、CTC 技术

2019 年 9 月,在德国法兰克福国际车展上,宁德时代推出了全新的 CTP 方案(Cell To Pack), 改变了原有的电芯-模组-电池包结构, 电芯直接集成到电池包。相比于传统电池包, CTP 可以使空间利用率提升 15%-20%, 零件数量减少 40%, 能量密度提升 10%-15%。

CTP 技术是将一个大的模块通过若干个塑料散热片分割成小空间, 这些塑料散热片可以像电脑硬盘一样插入小空间。每个电池的侧面还贴有一个导热硅胶垫片, 并且在电池宽度方向的散热板上有一个冷却通道, 可以直接与外部冷却管路连接, 可减少大约 40%来自模块之间连接线束、侧板、底板等的部件。

图 94：宁德时代 CTP 技术电池



资料来源：搜狐网

宁德时代 CTP 技术

2019年9月,在德国法兰克福国际车展上,宁德时代推出了全新的CTP方案(Cell To Pack),改变了原有的电芯-模组-电池包结构,电芯直接集成到电池包。与传统电池包比较而言,CTP提升15%-20%的空间利用率,减少40%的零件数量,提升10%-15%的能量密度,从而有效降低成本。

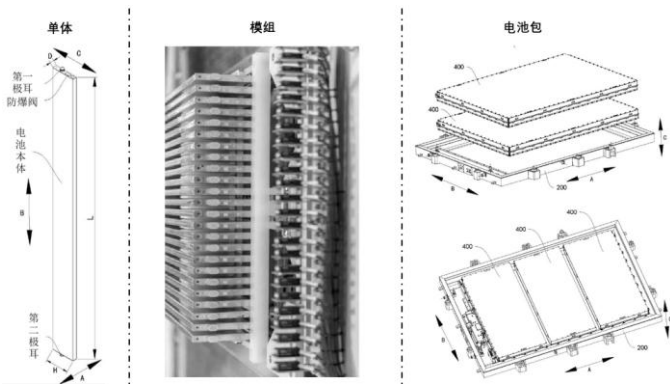
宁德时代董事长曾毓群表示:CTP技术将使新能源汽车成本可以直接和燃油车竞争,乘坐空间更大,底盘通过性变好。在续航方面,由于省去了铸件的电池包,CTP技术可最大程度降低电池包重量和空间,从而可使电动汽车的续航里程至少可以达到800~1000km,能量密度进一步提升到350Wh/kg以上。

2.6.2、比亚迪刀片电池技术

2020年1月11日,比亚迪推出刀片电池技术,使电池“长”和“薄”的形状与刀片类似,这种电池与目前的方壳电池相比,高度没有变化,厚度比较壳电池略厚,长度由435mm增加到2500mm。刀片电池技术具有电池组内装空间相对较高、背包质量相对小、背包能量密度高、启动放热温度高温升慢、产热少、不释氧等优点。

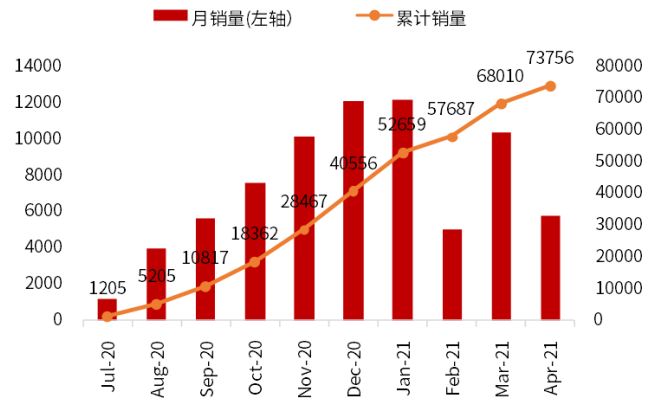
此外,叶片电池变长变薄,其表面积增加,整体散热更好。电池的短路电路相对较长,产生的热量较少,结合比亚迪的综合高温“陶瓷电池”技术,刀片电池的安全性得到了极大提高,所以刀片电池的性能是非常完美的,首次搭载该刀片电池的“比亚迪汉EV”车型自去年7月上市以来销量喜人。

图 95: 比亚迪刀片电池



资料来源: 国家知识产权局, 光大证券研究所

图 96: 比亚迪汉 EV 月度及累计销量



资料来源: 比亚迪公司公告, 单位: 辆

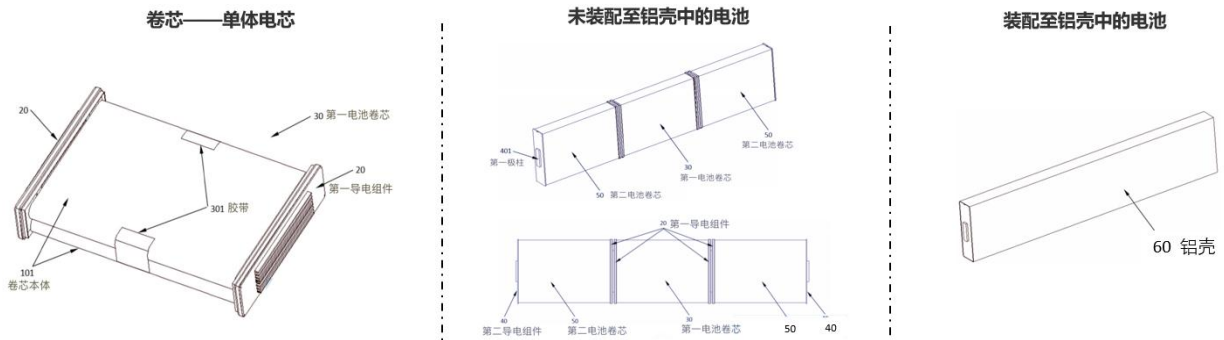
2.6.3、国轩高科 JTM 集成技术

JTM 即 Jelly Roll to Module, 直接用卷芯放在模组里面, 一次完成制作。JTM 技术可以使单体到模组成组效率超过 90%, 使用磷酸铁锂材料体系, 模组能量密度可以接近 200Wh/Kg, 系统 180Wh/Kg, 达到高镍三元水平, 且模组成本仅相当于铅酸电池水平。

JTM 集成后的电池形式与比亚迪刀片电池高度相似。JTM 通过卷绕工艺制作出电芯，再通过导电组件相连，串联放置于铝壳中组成一个大电池，大电池带有单独的极耳，可以直接用于成组。JTM 技术让电池单体之间几乎没有了多余连接件，可以提高电池的体积比能量密度。

相对于刀片电池和 CTP，JTM 的最大亮点在于可以推动模组实现标准化，以此可以充分发挥磷酸铁锂电池的高残余价值，通过将模组标准化之后更好的发挥梯次利用的价值，可用于储能、低速电动车等领域。

图 97：国轩高科 JTM 技术电池



资料来源：国家知识产权局，光大证券研究所

2.6.4、蜂巢能源叠片电池工艺

蜂巢能源的叠片工艺几乎可以铺满空隙，从而给电池带来更高的能量密度，非常适用于大电芯的量产化，叠片工艺相较于卷绕工艺有如下优势：

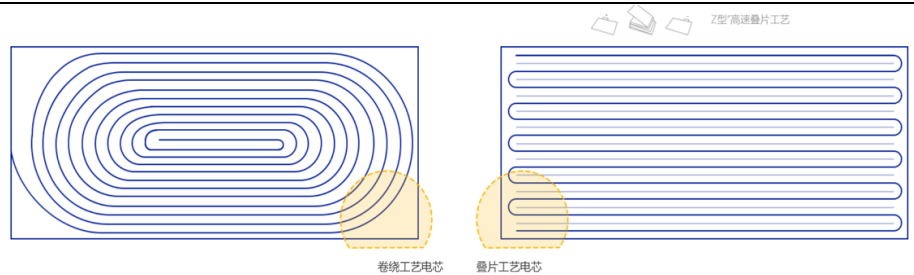
能量密度：叠片结构充分利用边角空间，能量密度高出约 5%。

安全性：卷绕电池绝缘结构更复杂危险，排气压力方面：叠片 13-20kPa > 卷绕 2-3kPa。

稳定性：叠片工艺尺寸更稳定，卷绕工艺变形、膨胀方面程度更严重。

循环寿命：EOL 后，叠片工艺相比卷绕工艺电芯变形、膨胀程度较轻，循环寿命提升 10%。

图 98：蜂巢能源高速叠片方形电池



资料来源：蜂巢能源官网，光大证券研究所

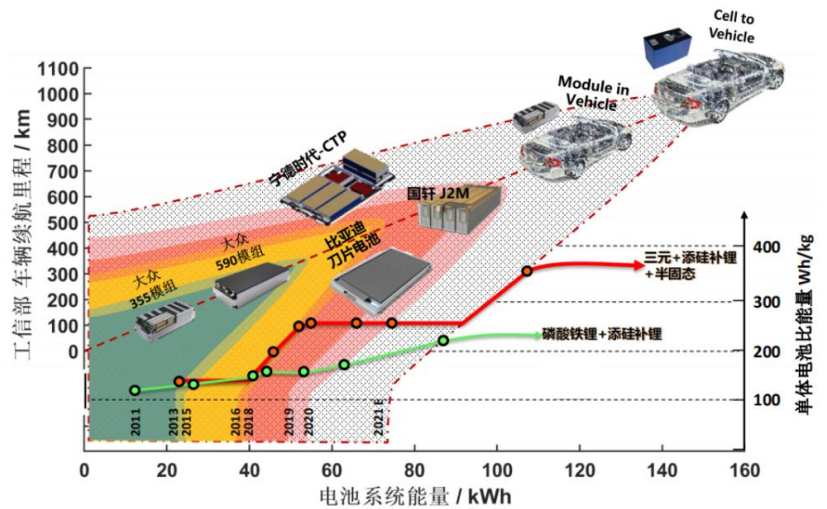
当制作 500mm 大电芯时，0.6s/pcs 的叠片效率与卷绕效率相似。随着电芯尺寸的增大，叠片的优势会越来越明显。蜂巢能源第一代叠片技术可以实现 0.6 秒/片的叠片速度，第二代时速度提升到 0.45 秒/片，第三代时再加快到 0.125 秒/片。

2.6.5、中国企业的电池结构创新能力引领全球

近年来由于电池安全问题的限制，三元电池比能量难以大幅度增长。因此，行业转向了电池结构创新。自 2019 年起，中国企业发挥电芯制造优势，厚积薄发，电池结构从 355 模组和 590 模组，发展到宁德时代的 CTP/CTC、比亚迪的刀片电池、国轩高科 JTM 以及蜂巢能源的叠片工艺等。

这些创新电池结构的系统比能量和体积存储效率都有明显提升，使得原先磷酸铁锂电池难以应用到轿车上的问题基本得到解决，甚至可以做到 600 公里，超越了大众的 VDA、MEB 电芯尺寸标准，在电池结构创新方面，我国企业走在了国际前沿。

图 99：中国电动车动力电池结构创新进展



资料来源：欧阳明高《中国电动汽车百人会论坛（2021）云论坛》

3、锂电涨价与博弈：新均衡，新成长

3.1、复盘比较：历史上游涨价原因分析

3.1.1、需求：补贴政策的起伏导致结构化的需求

补贴是此前新能源需求拉升及上游涨价的重要因素

从 2009 年开始实行的补贴政策是国内新能源汽车产业起步发展的主要助推力。经过近 10 年的演变，补贴政策也经历了三个不同的阶段：

第一阶段（2009 年—2012 年）：试点推广（公共服务领域 25 个试点城市 + 私人购买 6 个试点城市），私有购买和公共服务分开补贴，补贴金额高，技术条件要求低，首次提出减免车船税。

第二阶段（2013 年—2016 年）：补贴范围扩大至全国，提出补贴退坡机制，纯电混合动力汽车不再享有补贴优惠，提出免征购置税，车辆根据性能高低分段补贴。2016 年建立了新的补贴车型目录，政策要求破除地方保护，严查骗补行为。新能源车销量在此阶段高速增长。

第三阶段（2017 年—现在）：技术条件要求更高、更细，车辆安装监控设备，非个人用户需满足规定行驶里程方可获得补贴。2017 年起地方补贴不超过国补的一半。

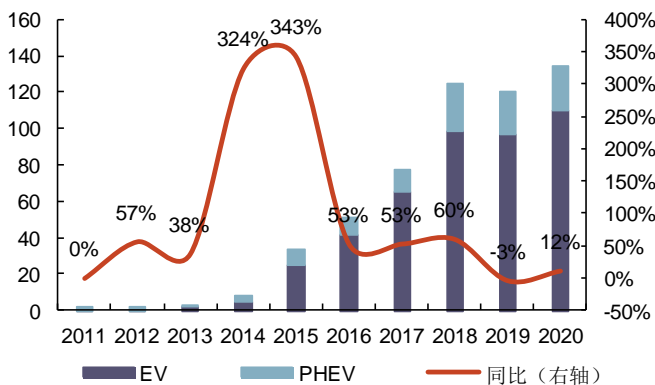
表 30：新能源乘用车历年续驶里程补贴标准（续驶里程 R：km，补贴：万元）

| 续驶里程 | 纯电动乘用车 | | | | | | | 插电混动乘用车 | |
|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|------|
| | 80≤R<100 | 100≤R<150 | 150≤R<200 | 200≤R<250 | 250≤R<300 | 300≤R<400 | R≥400 | R<50 | R≥50 |
| 2018 年 | - | - | 1.5 | 2.4 | 3.4 | 4.5 | 5.0 | - | 2.2 |
| 2017 年 | - | 2 | 3.6 | 3.6 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | - | 2.4 |
| 2016 年 | - | 2.5 | 4.5 | 4.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | - | 3.0 |
| 2015 年 | 3.2 | 3.2 | 4.5 | 4.5 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | - | 3.2 |
| 2014 年 | 3.3 | 3.3 | 4.8 | 4.8 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | - | 3.3 |
| 2013 年 | 3.5 | 3.5 | 5.0 | 5.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | - | 3.5 |

2010-2012 年私人购买乘用车补贴按 3000 元/kWh 补贴，纯电最高 6 万元，插混最高 5 万元；纯电总电量不低于 15kWh，插混不低于 10kWh、插混的纯电续驶里不低于 50km。2009-2012 年公共服务乘用车根据节油率进行补贴，纯电动 6 万元，插电混动按节油率获 4.5-5 万补贴。

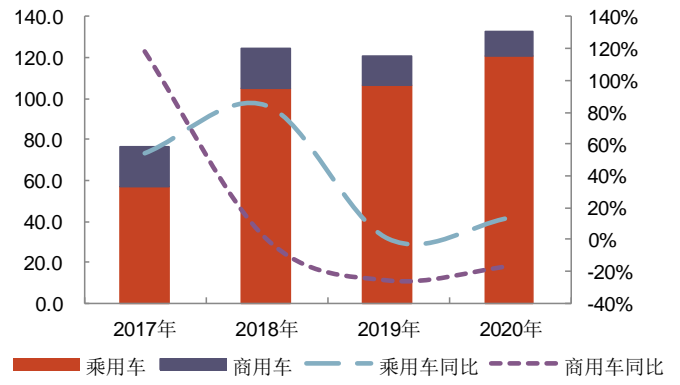
资料来源：工信部、光大证券研究所

图 100：2011-2020 年新能源汽车销量（万辆）



资料来源：中汽协

图 101：2017-2020 年新能源车销量结构（万辆）

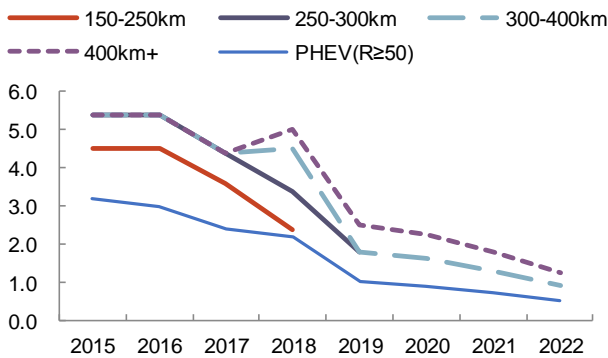


资料来源：中汽协

(1) 总体上看：补贴政策是产业发展初期的重要推动因素，且中长期看退坡也是必然趋势，但是在特定时点退坡政策确实会引发整体需求的下降，尤其会影响未来对预期的判断。

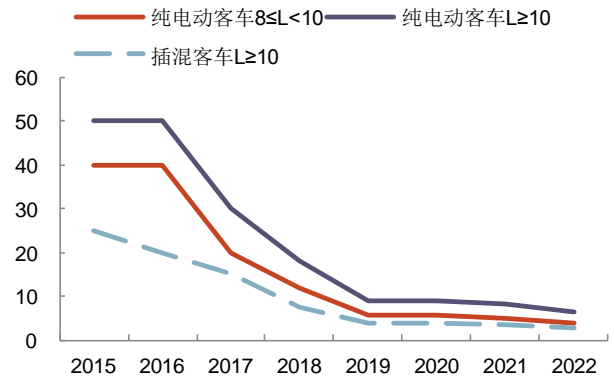
新能源车补贴、发展及退坡的路径原理：先补贴 to G/B 客车等，待渗透率提升起来，提前补贴退坡；同步对乘用车补贴，但是乘用车 to C 端渗透率提升相对较缓，补贴退坡稍迟。**2018 年新能源乘用车补贴退坡幅度增大，因为乘用车销量占比较大，导致了市场对 2019 年及未来整体新能源需求呈现悲观态度，不利于上游价格维持。**

图 102：新能源乘用车补贴标准逐年退坡（万元/车）



资料来源：工信部，光大证券研究所整理

图 103：新能源客车补贴标准（万元/车）



资料来源：工信部，光大证券研究所整理

在 2018 年补贴下降的情况下，整体销量依然保持增长，但结构上出现了分化，乘用车销量 105.3 万辆，同比+84%；商用车销量 19.6 万辆，同比基本没有增长，随后的 2019-20 年商用车销量出现了同比下降。

1、补贴退坡：续驶里程不足 300 公里的纯电动乘用车补贴减少 1~2.1 万元；插电混动乘用车补贴减少 0.2 万元；纯电动客车补贴减少 3~12 万元；插电混动客车补贴减少 3~12 万元；专用车补贴上限减少 5 万元；燃料电池汽车补贴不变。

2、技术条件提高：纯电动乘用车续驶里程门槛值从 100 公里提升至 150 公里，动力电池系统能量密度最低要求从 90Wh/kg 提高至 105Wh/kg；新能源汽车能耗要求、节油水平也有所提高；

3、鼓励购买高性能乘用车：纯电动乘用车续驶里程超过 300 公里，补贴金额比 2017 年提高 0.1~0.6 万元；动力电池系统能量密度超过 160 Wh/kg 可获得 1.2 倍的补贴；电耗优于门槛值 25% 以上能获得 1.1 倍补贴。

2019-2020 年继续退补，补助标准在 2016 年基础上下降 40%。而 2021 年早已进入补贴影响弱化时期，国补将在 2023 年完全退坡，2021 年单车退补金额仅 0.3-0.4 万元，对于产业链影响也大幅减弱。在市场化驱动阶段：用户体验、性价比则是更为关键的指标因素。

(2) 结构上看：2017 年之前，由于补贴政策催化以及磷酸铁锂技术相对成熟，磷酸铁锂应用快速放量。2017 年后，新的补贴政策针对纯电动车新增了能量密度的规定，纯电动乘用车动力电池系统的质量能量密度不低于 90Wh/kg，对高于 120Wh/kg 的按 1.1 倍给予补贴；2018 年又推出了更严格的纯电动汽车补贴政策，2018 年新的补贴政策为：单车补贴金额 = 里程补贴标准 × 电池系统能量密度调整系数 × 车辆能耗调整系数，能量密度分为四档划分不同的能量密度调整系数，推动了三元动力电池的兴起，导致了磷酸铁锂受到一定挤压。

表 31：新能源乘用车国家补贴标准

| 车型 | 续航里程 (Km) | 2017 年 (万元) | 2018 年 (万元) |
|---------|-----------|-------------|-------------|
| 纯电动乘用车 | 100≤R<150 | 2 | 0 |
| | 150≤R<200 | 3.6 | 1.5 |
| | 200≤R<250 | | 2.4 |
| | 250≤R<300 | 4.4 | 3.4 |
| | 300≤R<400 | | 4.5 |
| | R≥400 | | 5 |
| 插电混动乘用车 | R≥50 | 2.4 | 2.2 |

资料来源：财政部等，光大证券研究所整理

表 32：纯电动乘用车能量密度国家补贴系数

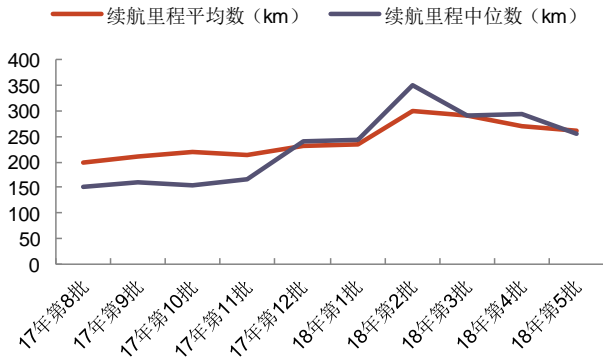
| 能量密度 (Wh/Kg) | 2017 年补贴系数 | 2018 年补贴系数 |
|--------------|------------|------------|
| N<90 | 0 | 0 |
| 90≤N<105 | 1 | 0 |
| 105≤N<120 | | 0.6 |
| 120≤N<140 | 1.1 | 1 |
| 140≤N<160 | | 1.1 |
| N≥160 | | 1.2 |

资料来源：财政部等，光大证券研究所整理

与传统燃油车相比，新能源汽车在续航里程、价格、充电设施等方面相对弱势。近年来，在政策调控下，上述差距逐步缩小。从政策导向及行业发展阶段来看，整车续航里程/电池能量密度的提升以及成本的下降仍然是整个行业最重要的发展趋势之一。

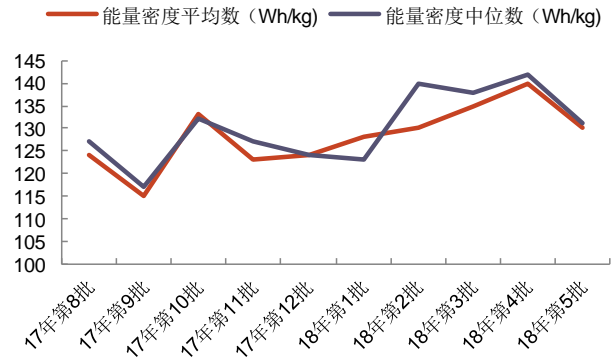
我们梳理了新能源汽车推荐目录（2017 年第 8 批-2018 年第 5 批），新发布车型和变更扩展车型中，纯电动乘用车续航里程的均值和中位数总体表现出提升趋势，2017 年第 8 批-2018 年第 5 批，均值由 199km 提升至 277km，中位数由 155km 提升至 270km；纯电动乘用车电池系统能量密度也表现出增长趋势，均值由 123Wh/kg 提升至 133Wh/kg，中位数由 126Wh/kg 提升至 135Wh/kg。

图 104：2017 年第 8 批-2018 年第 5 批纯电动乘用车续航里程



资料来源：工信部，光大证券研究所整理

图 105：2017 年第 8 批-2018 年第 5 批纯电动乘用车系统能量密度

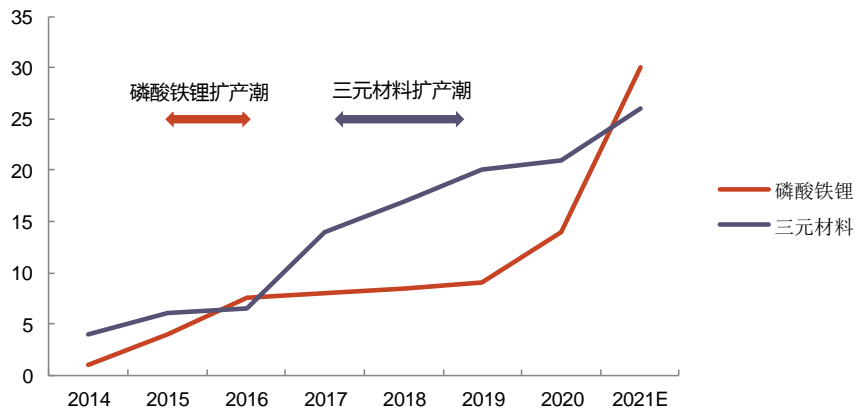


资料来源：工信部，光大证券研究所整理

在补贴政策的导向下，技术路线向高能量密度偏移，由于三元电池的高能量密度的特点，受到了下游车厂的偏好。2017 年-2019 年，三元材料开启了扩产潮，产量高速增长，在此期间磷酸铁锂材料几乎没有增量。

而 2020 年开始，政策开始倾向兼顾能量密度和安全性，同时磷酸铁锂刀片电池、CTP 技术推动综合成本快速下降，包括海外汽车也开始逐步接受磷酸铁锂电池；长期看也有碳中和下，储能应用场景的加持，故磷酸铁锂产业迎来向上周期。

图 106：磷酸铁锂和三元材料的产量交替波动



资料来源：鑫椏锂电，单位：万吨

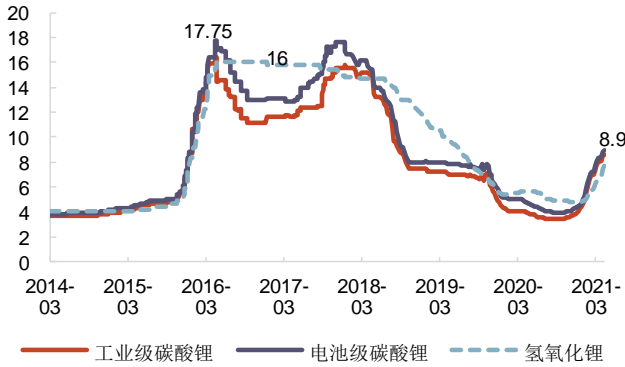
3.1.2、价格层面：迎合结构性需求，政策技术变化快

(1) 根据锂盐的历史价格，可以看出中国锂盐在 2015 年之前处于供需平衡状态，碳酸锂和氢氧化锂的价格主要在 4 万元/吨上下波动，整体变化不大。2015 年起，随着中国新能源汽车的快速发展，国内锂盐市场供小于求，锂盐价格大幅快速上涨。2016 年电池级碳酸锂的价格涨至近 18 万元/吨。

(2) 2017-18 年，政策和技术方向开始逐步三元材料倾斜，对氢氧化锂的快速拉动，氢氧化锂的价格维持在 16 万元/吨，硫酸钴的涨价也是始于 2017 年初，在 2018 年达到顶峰。

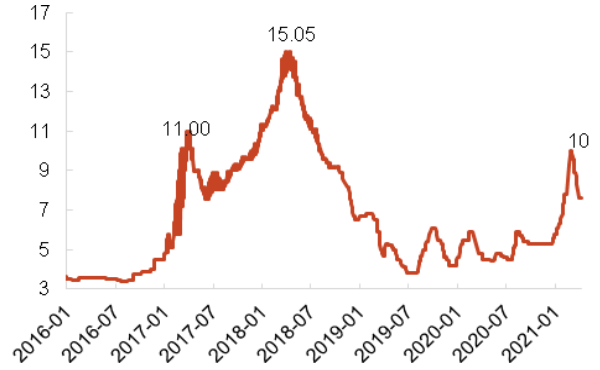
而从总体上看，2018 年的补贴快速退坡使各类金属盐价格发生大跌。

图 107：碳酸锂、氢氧化锂价格于 16 年初上涨并维持高位



资料来源：Wind、百川资讯，光大证券研究所，单位：万元/吨，截至 2021.4

图 108：硫酸钴价格 17 年上涨



资料来源：Wind、百川资讯，光大证券研究所，单位：万元/吨，截至 2021.4

价格快速上涨最基本且核心的原因在于供不应求。

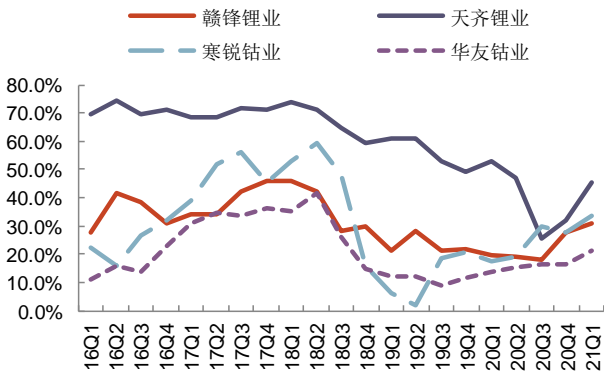
(1) 2015 年新能源车销量 33 万辆，同比高速增长 3 倍多，上游锂资源出现了短暂的实质性短缺，而后是供给释放不及需求引起的供需错配。对锂供需情况进行分析，产能规划远大于需求，而 2017-18 年产能规划释放不及预期，锂价格迎来又一波上涨，2019-20 年供需缓解。

(2) 三元动力电池放量后，钴的供需缺口从 2018 年开始一直存在，但是随着技术路线向高镍低钴、无钴化电池发展，钴的需求预期下降。

3.1.3、利润影响：利润向上游转移，锂电产业链盈利承压

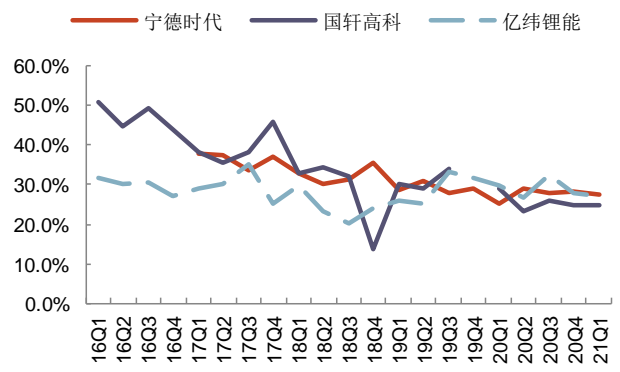
盈利情况与价格走势基本一致。分环节来看，上游资源、正极材料、电解液这些价格波动较大的环节，毛利率走势基本与价格一致，而负极材料、隔膜价格平稳且逐渐降价，毛利率情况稳定。动力电池环节由于降本的下流应用需要，毛利率处于稳步下降的趋势。

图 109：上游企业毛利率在涨价期间维持高位



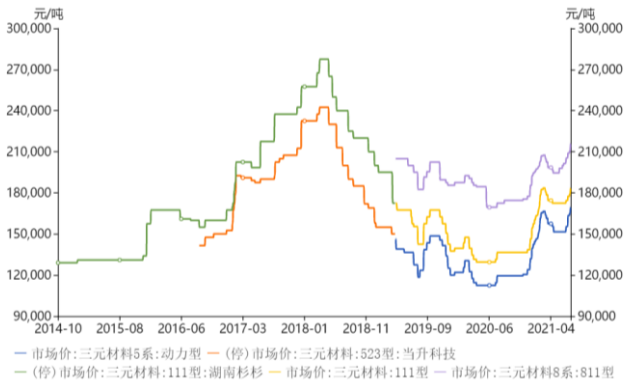
资料来源：Wind，光大证券研究所整理，更新至 2021Q1

图 110：动力电池毛利率符合降本大趋势



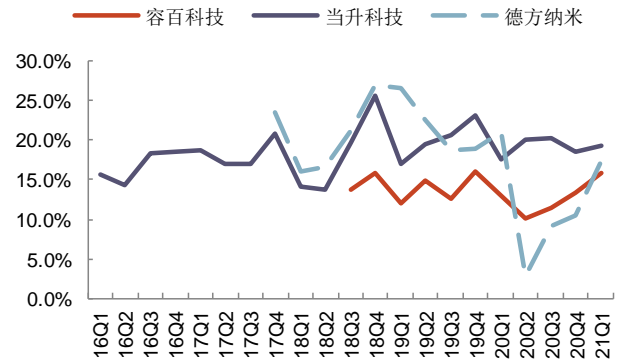
资料来源：Wind，光大证券研究所整理，更新至 2021Q1

图 111: 正极材料价格



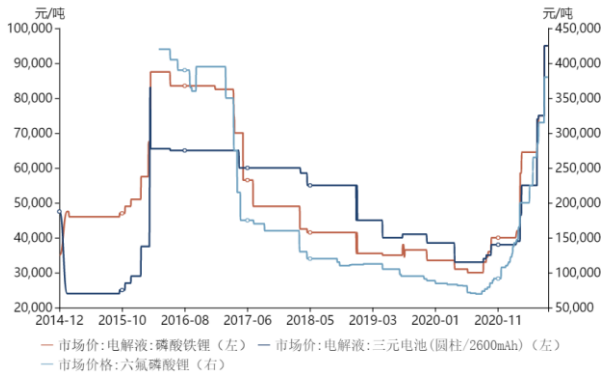
资料来源: IFIND, 光大证券研究所整理, 单位: 元/吨, 截至 2021.7

图 112: 正极材料毛利率延后于价格走势



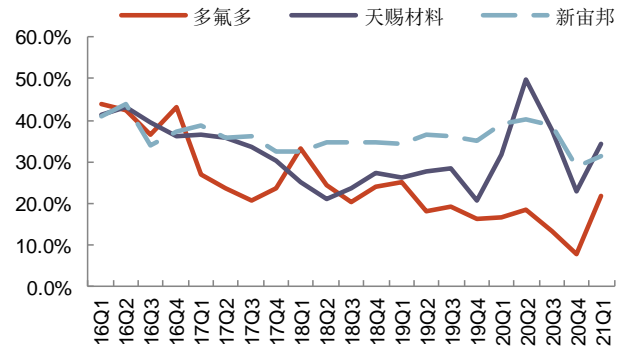
资料来源: Wind, 光大证券研究所整理, 更新至 2021Q1

图 113: 电解液价格 2016 年处于高位



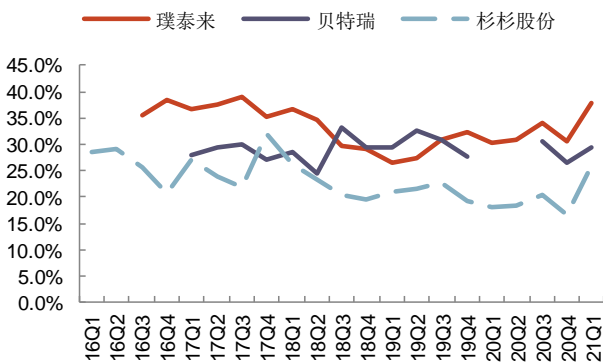
资料来源: IFIND, 光大证券研究所整理, 截至 2021.7

图 114: 电解液主要企业毛利率与价格走势一致



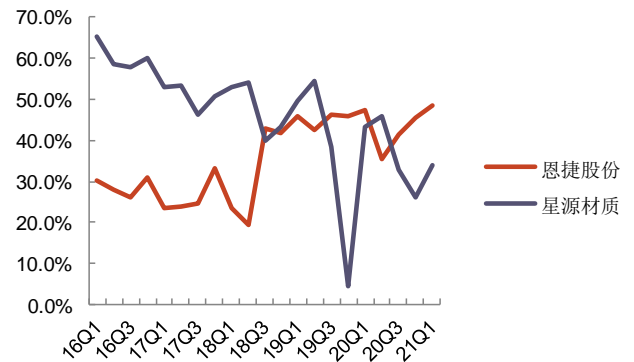
资料来源: Wind, 光大证券研究所整理, 更新至 2021Q1

图 115: 负极价格变动不大, 毛利率稳定



资料来源: Wind, 光大证券研究所, 更新至 2021Q1

图 116: 隔膜价格变动不大, 毛利率与价格相关性较小

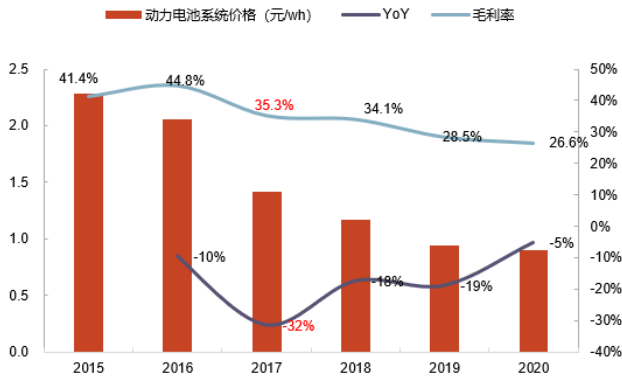


资料来源: Wind, 光大证券研究所整理, 更新至 2021Q1

动力电池企业具有较强成本消化能力。以宁德时代为例, 2017 年动力电池系统价格为 1.41 元/Wh, 同比下降 32%, 2014-2017 年年均复合降幅为 21.3%。2017 年, 由于受到下游补贴退坡和上游涨价的双重压力, 电池系统平均价格同比下降 32%, 而毛利率仅下降 9.5pcts, 电池价格降幅大于毛利率降幅。未来动力电池

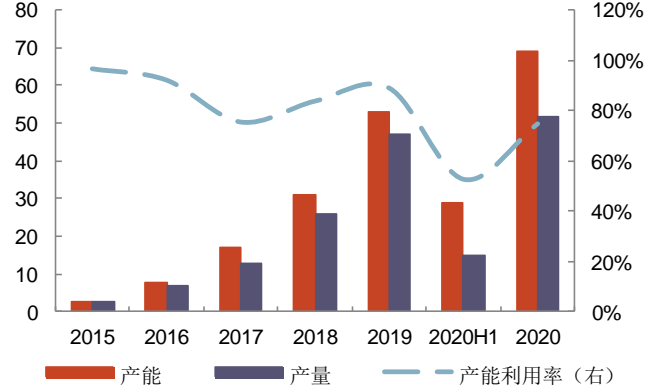
降本趋缓，且下游市场化转变不再依赖补贴，动力电池企业面临的成本压力仅来自于上游涨价，盈利压力相对较轻。

图 117: 2015-2020 年 宁德时代动力电池系统单价



资料来源：宁德时代招股书，光大证券研究所整理

图 118: 宁德时代产能利用率在 2017 年较低 (GWh)



资料来源：宁德时代招股书，公司公告

供应紧缺环节、盈利预期修复的公司将走出 alpha 行情。中游供需格局偏紧，加工费模式的环节价格传导顺畅，产业链利润向上游转移。根据各环节的供需测算，我们认为下半年六氟、VC 添加剂的供需紧缺有望缓解，铜箔、隔膜供需趋紧，负极石墨化加工产能瓶颈，这些是有望盈利改善的环节。

对动力电池环节盈利影响可控，边际改善对冲涨价。同时，企业提前备货，有望通过低价原料缓冲涨价成本压力。若不考虑材料库存，上游涨价对动力电池毛利率的影响相较于年初仅约 3 pcts。动力电池厂商的以下边际变化，可有效缓解涨价的成本压力：1) CTP 等结构精简，2) 良率提升，3) 产能利用率提升，4) 折旧前置等。

3.2、此轮涨价：需求带动，磷酸铁锂回暖，高镍提速

3.2.1、结构特点显著：磷酸铁锂周期向上，高镍三元渗透加速

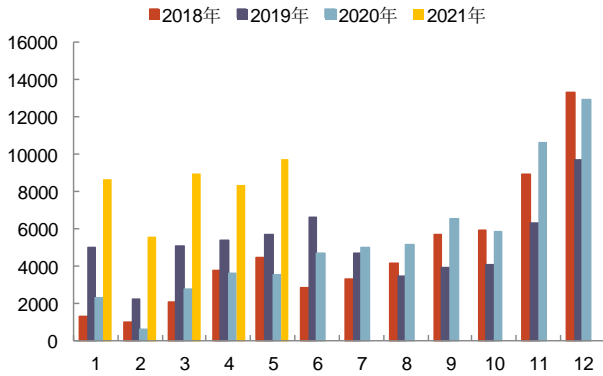
需求：磷酸铁锂占比在 2021 年初出现拐点上升，碳酸锂价格领涨

从 2016 年到 2019 年动力电池装机数据来看，三元电池的份额越来越高，由 2016 年的 23% 增长至 2019 年的 62%，而磷酸铁锂电池的装机量占比由 72% 降至 32%。主要原因在于：

- (1) 政策层面，补贴直接挂钩续航里程、能量密度等指标，推动了乘用车三元化的趋势；
- (2) 技术层面，三元电池能量密度的提升空间更大，从而使得整车续航里程能够持续提升；
- (3) 成本层面，三元电池技术进步推动成本下降，降本路径更多，降本空间更大。因此，三元电池的装机量占比提升，而磷酸铁锂电池的装机量占比下降。

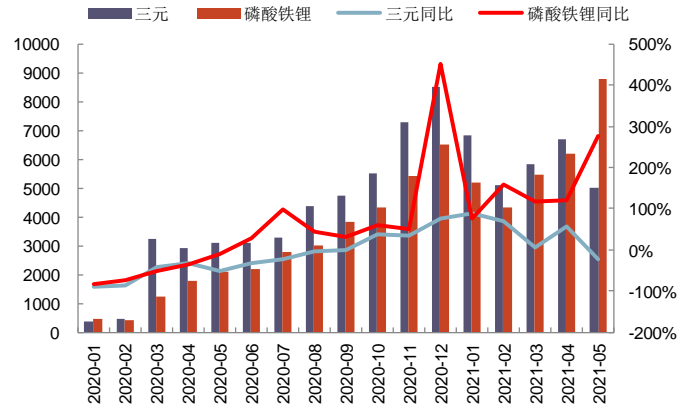
2020年动力电池产量前低后高，2020年二季度出现了减产的情况，之后逐月增量，20Q4高速增长，一直持续到2021Q1。三元电池产量同比增长稳健，主要是磷酸铁锂电池产量快速增长，2020年12月同比增速达到452%。

图 119：国内动力电池装机量维持高景气度 (MWh)



资料来源：中国汽车动力电池产业创新联盟、光大证券研究所

图 120：20H2 以来磷酸铁锂电池产量高速增长 (MWh)



资料来源：中国汽车动力电池产业创新联盟；由于20年上半年疫情，21年同比基数为19年

明星车型上市带动铁锂需求。磷酸铁锂装机的大部分增量是从2020年下半年开始，主要有三种明星车型带动：**五菱宏光 MINI、特斯拉 Model 3 铁锂版、比亚迪汉**，预计还将有很多车型往铁锂路线转。新能源汽车由政策拉动向市场化转变，对补贴依赖度降低，因而2021Q1显现出淡季不淡的态势。

表 33：主要磷酸铁锂动力电池厂商目前配套车型及带电量

| 宁德时代 | 带电量(kWh) | 比亚迪 | 带电量(kWh) | 国轩高科 | 带电量(kWh) |
|-------------|----------|----------|----------|------------|----------|
| 特斯拉 Model 3 | 59 | 汉 EV | 85 | 宏光 Mini EV | 14 |
| 特斯拉 Model Y | 77 | 汉 DM | 15 | 哪吒 N01 | 43 |
| 宏光 Mini EV | 14 | D1 EV | 54 | 北汽 EU300 | 48 |
| 小鹏 G3 | 48 | 秦 EV | 53 | 奇瑞 eQ1 | 28 |
| 小鹏 P7 | 71 | 秦 Pro EV | 53 | 江淮 iEV6e | 43 |
| 北汽 EU5 | 51 | 秦 pro DM | 9 | 欧尚 X7EV | 60 |
| 北汽 EX3 | 44 | 宋 Pro DM | 16 | | |
| 奇瑞 eQ1 | 28 | 宋 Pro EV | 59 | | |
| 欧拉 R1 | 26 | 元 EV | 52 | | |
| | | 唐 EV | 86 | | |
| | | 唐 DM | 17 | | |
| | | e2 | 46 | | |
| | | e3 | 46 | | |

参考文献：工信部，光大证券研究所整理；阴影部分为2021年将上市车型

海外车企及国内高端新车型青睐高镍三元路线。展望下半年的新车型，国内自主车企、新势力、合资车企均有新品上市，国际慕尼黑车展国际车企新车型集中亮相，为下半年销量提供了有力支撑；而在新车型中，高镍三元路线受到了车企的青睐。

表 34：国内新能源汽车新车型上市预览

| 类别 | 车企 | 车型 | 级别 | 上市时间 | 电池类型 | 带电量 kWh | 续航/km |
|------|------|-----------------|----------|----------|--------------|---------|-------------------|
| 外资车企 | 特斯拉 | Model Y | SUV | 2021 年 | 三元 (后续换磷酸铁锂) | 77 | 480/594 |
| 自主车企 | 东风 | 岚图 Free | C 级 SUV | 2021Q3 | 三元 | 33/88 | 140/505 |
| | 吉利 | 领克 ZERO concept | B 级 SUV | 2021 下半年 | | 110 | 700 |
| | 长安 | Vision-V | SUV | 2021 年 | | | |
| | 北汽 | Arcfox αS | 中大型轿车 | 2021.04 | 三元 | 67.3/93 | 525/603/708(NEDC) |
| | 一汽红旗 | E115 | 大型 SUV | 2021 年 | 三元 | 92.4 | >600 |
| | | E111 | 中大型轿车 | 2021 年 | 三元/磷酸铁锂 | | 431 |
| 新势力 | 威马 | Maven | 轿车 | 2021 下半年 | | | 800(NEDC) |
| | 零跑 | C11 | 中级 SUV | 2021Q4 | 三元 | 90 | 600 |
| | 小鹏 | G3i | 紧凑 SUV | 2021.07 | 磷酸铁锂/三元 | 66.5 | 520(NEDC) |
| | 云度 | π3 E-Shock | A 级轿车 | 2021 年 | | | 401 |
| 合资车企 | 大众 | ID.R00MZZ | B 级 SUV | 2021 年 | | 82 | 450 |
| | | I.D.VIZZION | D 级轿跑概念车 | 2022 年 | | | >600 |
| | 丰田 | RAV4 | A 级 SUV | 2022(日本) | 三元 | | 400(NEDC) |
| | 沃尔沃 | Polestar 3 | 跨界 SUV | 2023 年 | | 120 | 600 |
| | | XC40 Recharge | A 级 SUV | 2021 年 | 三元 | 71 | 420 |
| | 现代 | Ioniq 5 | C 级 | 2021Q2 | | 58/73 | 450/550 |

资料来源：汽车之家，搜狐，腾讯等

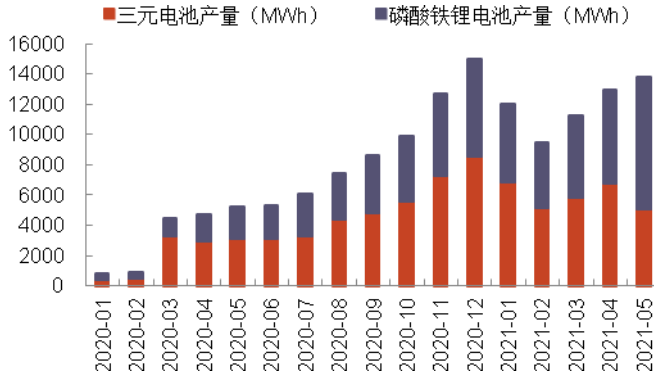
表 35：海外新能源汽车车型上市预览

| 车企 | 车型 | 级别 | 上市时间 | 电池类型 | 带电量 kWh | 续航/km |
|------|------------------|-----------|-------------|------|----------------|----------------------------------|
| 大众 | I.D.4 X | B 级 SUV | 2021.01 | 三元 | 57.3/83.4/83.4 | 402/520/555 |
| | ID.4 Crozz | SUV | 2021.02 | 三元 | 55/84.8/84.8 | 400/500/550 |
| | e-up | A0 级 | 2020 年 | | 32.3 | 246 |
| | I.D.R00MZZ | C 级 | 2021 年 | | 82 | 450 |
| | I.D.VIZZION | D 级轿跑概念 | 2022 年 | | | >600 |
| | I.D.BUZZ | MPV | 2023 年 | | | >600 |
| 戴姆勒 | EQA | A 级 | 2021 下半年 | | 70 | 450 |
| | EQV | MPV | 2021 年 | | 100 | 400 |
| | EQB | 小型 SUV | 2021 下半年 | | 80 | 500 |
| | EQS | D 级 | 2021.08(欧洲) | | 90/107.8 | 770 |
| | eActros | 卡车 | 2021 年 Q3 | | | >200 |
| | eActros LongHaul | 卡车 | 2024 | | | 500 |
| 宝马 | iX | D 级 SUV | 2021.07(欧洲) | | 90/120 | 400/600 |
| | i4 | D 级 | 2022 年 | | | 590 |
| | iX3 | B 级 SUV | 2021.05 | 三元 | 74 | 500 |
| | MINI Cooper | A 级紧凑 SUV | 2021 年 | | 32.6 | 235-270(NEDC) |
| 雷诺日产 | 日产 Ariya | 轿跑 | 2021Q4(日本) | | 65/90 | 430/450/580/610 |
| | 雷诺 Morphoz | C 级 | 2021 年 | | 40/90(城市版/旅行版) | 400/700 |
| | Dacia Spring | A00 级 | 2021 年 | | 28.6 | 230 (WLTP 混合工况) /305 (WLTP 城市工况) |
| 起亚 | IONIQ 5 | C 级 | 2021Q2 | | 58/73 | 450/550 |
| | Imagine | B 级 | 2022 年 | | | >500 |

资料来源：汽车之家，搜狐，腾讯等

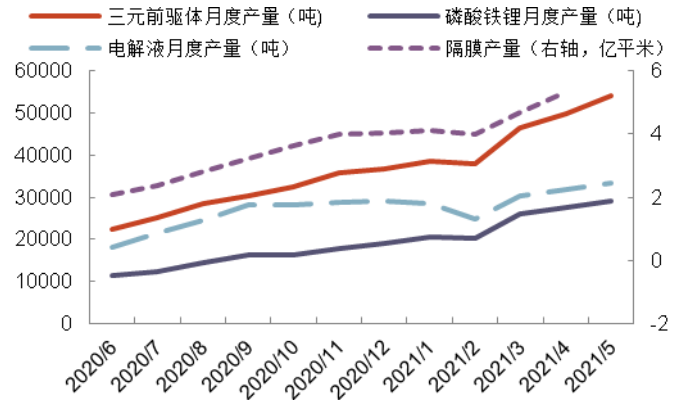
新能源汽车需求旺盛带动了动力电池产业链公司的产量增长，2021 上半年锂电产业链公司均处于满产状态，部分环节例如电解液、六氟磷酸锂等甚至出现了产能紧张、供不应求的情况。正极、负极、隔膜、电解液企业月度产量环比不断增长。

图 121：国内动力电池月度产量



资料来源：中国汽车动力电池产业创新联盟

图 122：锂电材料产量逐月增长



资料来源：鑫椏锂电

4、投资建议：产业链标的全梳理

碳排放政策超预期，全球电动化加速，渗透率快速提升。建议重点关注：特斯拉、宁德时代、比亚迪、LG、SKI、SDI 等新能源车产业链。

(1) 关注具有差异化竞争优势的全球龙头，关注宁德时代、恩捷股份、亿纬锂能、容百科技、天赐材料、璞泰来、天奈科技、国轩高科、中伟股份、科达利；

(2) 新能源车下游高度景气，市场不断调高销量预期，中游整体排产较好，关注当前供需较为紧张、盈利预期修复的环节，如隔膜、铜箔、六氟磷酸锂、PVDF、VC、上游锂资源、负极，关注：震裕科技、嘉元科技、星源材质、中科电气、德方纳米、当升科技、格林美。

表 36：锂电产业链投资标的梳理

| 环节 | 公司 | 收盘价 (元) | 市值 (亿元) | 净利润 (亿元) | | | PE (X) | | | CAGR 20-22 年 | PEG -2021 |
|----------|------|---------|---------|----------|-------|-------|--------|-------|-------|--------------|-----------|
| | | | | 2020A | 2021E | 2022E | 2020A | 2021E | 2022E | | |
| 矿石提锂 | 赣锋锂业 | 166.61 | 2,274 | 10.2 | 21.17 | 29.51 | 222 | 107 | 77 | 70% | 1.54 |
| | 天齐锂业 | 71.83 | 1,061 | -18.3 | 6.30 | 13.98 | N/A | 168 | 76 | N/A | N/A |
| | 盛新锂能 | 44.73 | 335 | 0.3 | 4.90 | 7.36 | 1234 | 68 | 46 | 420% | 0.16 |
| | 永兴材料 | 78.69 | 319 | 2.6 | 7.46 | 11.43 | 124 | 43 | 28 | 110% | 0.39 |
| 盐湖提锂 | 科达制造 | 16.67 | 315 | 2.8 | 8.43 | 12.09 | 111 | 37 | 26 | 106% | 0.35 |
| | 蓝晓科技 | 85.00 | 187 | 2.0 | 2.99 | 3.88 | 92 | 63 | 48 | 39% | 1.62 |
| 氢氧化锂 | 雅化集团 | 25.75 | 297 | 3.2 | 6.80 | 9.40 | 92 | 44 | 32 | 70% | 0.62 |
| | 天华超净 | 67.66 | 394 | 2.9 | 5.36 | 8.17 | 138 | 74 | 48 | 69% | 1.07 |
| | 中矿资源 | 61.92 | 200 | 1.7 | 4.06 | 5.65 | 115 | 49 | 35 | 80% | 0.61 |
| 钴 | 寒锐钴业 | 90.00 | 279 | 3.3 | 7.45 | 9.24 | 83 | 37 | 30 | 66% | 0.57 |
| | 华友钴业 | 129.60 | 1,581 | 11.6 | 24.97 | 31.97 | 136 | 63 | 49 | 66% | 0.96 |
| 设备 | 赢合科技 | 23.69 | 154 | 1.9 | 3.45 | 5.21 | 81 | 45 | 30 | 65% | 0.68 |
| | 先导智能 | 62.53 | 978 | 7.7 | 14.51 | 20.69 | 127 | 67 | 47 | 64% | 1.05 |
| | 杭可科技 | 90.20 | 363 | 3.7 | 5.40 | 8.63 | 98 | 67 | 42 | 52% | 1.28 |
| | 利元亨 | 233.90 | 206 | 1.4 | 2.19 | 4.23 | 147 | 94 | 49 | 74% | 1.28 |
| 三元正极与前驱体 | 格林美 | 11.50 | 550 | 4.1 | 12.34 | 16.59 | 133 | 45 | 33 | 101% | 0.44 |
| | 中伟股份 | 143.88 | 820 | 4.2 | 9.85 | 15.87 | 195 | 83 | 52 | 94% | 0.88 |
| | 容百科技 | 125.55 | 562 | 2.1 | 6.35 | 11.12 | 264 | 88 | 51 | 128% | 0.69 |
| | 当升科技 | 72.10 | 327 | 3.8 | 6.49 | 8.77 | 85 | 50 | 37 | 51% | 0.99 |
| 磷酸铁 | 富临精工 | 21.55 | 159 | 3.3 | 4.22 | 5.84 | 48 | 38 | 27 | 33% | 1.14 |
| | 川恒股份 | 20.30 | 99 | 1.4 | 3.14 | 5.31 | 70 | 32 | 19 | 93% | 0.34 |
| | 川发龙蟒 | 10.98 | 194 | 6.7 | 8.05 | 7.18 | 29 | 24 | 27 | 4% | 6.61 |
| | 云天化 | 16.24 | 298 | 2.7 | 22.66 | 23.66 | 110 | 13 | 13 | 195% | 0.07 |
| 磷酸铁锂 | 德方纳米 | 223.98 | 201 | -0.3 | 2.36 | 3.80 | N/A | 85 | 53 | N/A | N/A |
| 负极材料 | 璞泰来 | 141.26 | 981 | 6.7 | 12.45 | 16.73 | 147 | 79 | 59 | 58% | 1.35 |
| | 中科电气 | 25.80 | 166 | 1.6 | 3.14 | 4.70 | 101 | 53 | 35 | 69% | 0.76 |
| | 翔丰华 | 59.07 | 59 | 0.5 | 1.26 | 2.12 | 130 | 47 | 28 | 116% | 0.40 |
| | 中国宝安 | 20.67 | 533 | 6.6 | 6.30 | 12.56 | 81 | 85 | 42 | 38% | 2.24 |
| | 杉杉股份 | 30.12 | 490 | 1.4 | 16.45 | 21.83 | 355 | 30 | 22 | 298% | 0.10 |
| 六氟 | 多氟多 | 43.68 | 335 | 0.5 | 7.62 | 10.81 | 688 | 44 | 31 | 372% | 0.12 |
| 电解液 | 天赐材料 | 93.35 | 890 | 5.3 | 15.23 | 22.25 | 167 | 58 | 40 | 104% | 0.56 |
| | 新宙邦 | 116.39 | 478 | 5.2 | 7.59 | 10.11 | 92 | 63 | 47 | 40% | 1.59 |

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|-----|----|------|------|
| | 江苏国泰 | 13.72 | 215 | 9.8 | 10.18 | 10.89 | 22 | 21 | 20 | 6% | 3.80 |
| | 石大胜华 | 205.65 | 417 | 2.6 | 7.78 | 9.37 | 160 | 54 | 44 | 90% | 0.60 |
| VC | 永太科技 | 22.63 | 198 | 1.2 | 4.50 | 8.34 | 165 | 44 | 24 | 164% | 0.27 |
| | 奥克股份 | 12.98 | 88 | 4.0 | 5.27 | 6.64 | 22 | 17 | 13 | 28% | 0.59 |
| PVDF | 巨化股份 | 12.02 | 325 | 1.0 | 7.83 | 12.54 | 340 | 41 | 26 | 263% | 0.16 |
| 隔膜 | 恩捷股份 | 237.50 | 2,118 | 11.2 | 20.65 | 29.58 | 190 | 103 | 72 | 63% | 1.63 |
| | 星源材质 | 38.54 | 277 | 1.2 | 2.90 | 4.37 | 228 | 95 | 63 | 90% | 1.06 |
| | 中材科技 | 27.60 | 463 | 20.5 | 29.98 | 34.89 | 23 | 15 | 13 | 30% | 0.51 |
| 导电剂 | 天奈科技 | 139.05 | 322 | 1.1 | 2.49 | 4.55 | 301 | 129 | 71 | 106% | 1.22 |
| 结构件 | 科达利 | 115.02 | 268 | 1.8 | 4.23 | 6.43 | 150 | 63 | 42 | 90% | 0.71 |
| | 震裕科技 | 99.28 | 92 | 1.3 | 2.43 | 3.85 | 71 | 38 | 24 | 72% | 0.53 |
| | 长盈精密 | 19.12 | 230 | 6.0 | 10.05 | 14.57 | 38 | 23 | 16 | 56% | 0.41 |
| | 斯莱克 | 16.79 | 95 | 0.6 | 1.42 | 2.43 | 146 | 67 | 39 | 93% | 0.72 |
| 铜箔 | 诺德股份 | 13.69 | 191 | 0.1 | 3.46 | 6.18 | 3552 | 55 | 31 | 971% | 0.06 |
| | 嘉元科技 | 91.88 | 212 | 1.9 | 4.74 | 6.43 | 114 | 45 | 33 | 86% | 0.52 |
| 动力电池 | 宁德时代 | 523.50 | 12,192 | 55.8 | 100.76 | 151.68 | 218 | 121 | 80 | 65% | 1.87 |
| | 国轩高科 | 52.24 | 669 | 1.5 | 5.12 | 8.22 | 447 | 131 | 81 | 134% | 0.97 |
| | 亿纬锂能 | 119.43 | 2,255 | 16.5 | 32.13 | 45.61 | 137 | 70 | 49 | 66% | 1.06 |
| | 孚能科技 | 34.10 | 365 | -3.3 | -0.27 | 6.09 | N/A | N/A | 60 | N/A | N/A |
| | 欣旺达 | 32.30 | 525 | 8.0 | 13.01 | 17.69 | 66 | 40 | 30 | 49% | 0.83 |
| 电控 | 汇川技术 | 74.80 | 1,961 | 21.0 | 29.60 | 38.42 | 93 | 66 | 51 | 35% | 1.88 |
| | 麦格米特 | 28.86 | 144 | 4.0 | 5.28 | 7.08 | 36 | 27 | 20 | 33% | 0.83 |
| | 正海磁材 | 12.08 | 99 | 1.3 | 2.21 | 2.88 | 74 | 45 | 34 | 47% | 0.95 |
| 电机 | 卧龙电驱 | 13.30 | 175 | 8.7 | 10.50 | 12.37 | 20 | 17 | 14 | 19% | 0.86 |
| 电机扁线 | 精达股份 | 8.68 | 169 | 4.2 | 5.74 | 7.04 | 40 | 29 | 24 | 30% | 0.99 |
| 充电车 | 特锐德 | 30.91 | 322 | 1.7 | 4.36 | 6.21 | 186 | 74 | 52 | 89% | 0.83 |
| | 比亚迪 | 223.97 | 5,648 | 42.3 | 52.04 | 70.88 | 133 | 109 | 80 | 29% | 3.69 |
| 继电器 | 宏发股份 | 65.70 | 489 | 8.3 | 10.66 | 13.11 | 59 | 46 | 37 | 26% | 1.80 |
| 热管理 | 三花智控 | 21.37 | 768 | 14.6 | 19.48 | 23.29 | 52 | 39 | 33 | 26% | 1.50 |

资料来源: wind, 净利润数据为 wind 一致预期, 光大证券研究所整理; 股价时间: 2021-07-19

5、风险分析

1. 政策风险:

产业政策发生重大不利变化, 不利于新能源车长期发展; 新能源牌照等政策收紧的风险;

2. 市场风险:

新能源车需求不及预期; 上游价格持续上涨, 导致产量不及预期、中游盈利能力下滑; 产业链公司扩产导致竞争加剧、产能过剩, 影响企业盈利能力;

3. 技术风险:

动力电池技术路线变更的风险, 固态电池等技术商业化大规模应用导致隔膜、电解液等环节遭遇技术变革。

行业及公司评级体系

| 评级 | 说明 |
|--|--|
| 买入 | 未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15%以上 |
| 增持 | 未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%至 15%； |
| 中性 | 未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%； |
| 减持 | 未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%至 15%； |
| 卖出 | 未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15%以上； |
| 无评级 | 因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。 |
| 基准指数说明： A 股主板基准为沪深 300 指数；中小盘基准为中小板指；创业板基准为创业板指；新三板基准为新三板指数；港股基准指数为恒生指数。 | |

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不与、不与，也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

法律主体声明

本报告由光大证券股份有限公司制作，光大证券股份有限公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格，负责本报告在中华人民共和国境内（仅为本报告目的，不包括港澳台）的分销。本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格编号已披露在报告首页。

光大新鸿基有限公司和 Everbright Sun Hung Kai (UK) Company Limited 是光大证券股份有限公司的关联机构。

特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于 1996 年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

光大证券股份有限公司版权所有。保留一切权利。

光大证券研究所

上海

静安区南京西路 1266 号
恒隆广场 1 期办公楼 48 层

北京

西城区武定侯街 2 号
泰康国际大厦 7 层

深圳

福田区深南大道 6011 号
NEO 绿景纪元大厦 A 座 17 楼

光大证券股份有限公司关联机构

香港

光大新鸿基有限公司
香港铜锣湾希慎道 33 号利园一期 28 楼

英国

Everbright Sun Hung Kai (UK) Company Limited
64 Cannon Street, London, United Kingdom EC4N 6AE