

汽车零部件

报告日期：2023年01月04日

钠离子电池行业深度：空间释放未来可期

——行业深度报告

投资要点

□ 研发突破+需求倒逼，构建钠电发展核心驱动力

(1) **长期逻辑**：对比锂电池发展之路，钠离子电池发展呈现出明显的“20年滞后期”，随着低碳时代的到来和储能电池的行业产能释放，钠离子电池产业化大势所趋。钠离子电池材料端技术突破，钠离子电池技术壁垒打破，生产工艺与锂离子电池趋同，技术可复刻，设备可迁移，钠离子产业化时间有望进一步提前。

(2) **短期逻辑**：自2021年下半年到2022年上半年碳酸锂价格增速达到433%，碳酸钠价格仅为2650元/吨（轻质纯碱，截止22年12月7日），是碳酸锂价格的0.47%。短期内供需矛盾难改，企业端承压；全球锂资源分布不均，中国对于锂电原材料对外依赖程度超60%，存在卡脖子风险，危机能源安全，政府端承压。

□ 优势突出+场景布局，夯实钠电发展底层竞争力

(1) **安全性突出**：根据最新研究，已经制备的钠离子电池具有宽工作温度范围：-70-100℃；

(2) **成本优势突出**：钠离子电池当前小试、中试电芯成本在0.8-1元/Wh范围内波动，预计产业链配套初步形成后，电芯成本有望下降到0.5-0.6元/Wh，中长期进一步下探0.4-0.5元/Wh，达到近30%的降本效应。

铅酸电池替代有望成为钠离子的先导主战场，率先实现电动自行车、低速电动车、备用电源和起动电池的无铅化；标准化程度提高之后，有望实现A00级电动汽车的有效应用；规模化效应展开之后，降本效应更加突出，储能领域低温性能刚需凸显，锂离子+钠离子方案有望成为最优解。预计2025年钠离子电池需求总量可以达到88GWh，2030年钠离子电池需求可以达到378GWh。

□ 产业链全面导入，擘画钠离子电池发展蓝图

钠离子电池已规划产能达到48GWh，叠加宁德时代、孚能科技等公司2023年明确的全面产业化规划，钠离子电池有望在2023年实现产能爆发。

(1) **正极材料**：华阳股份和钠创新能源走在量产前列，投产项目累计实现年产能4.2万吨，保守估计规划项目累计年产能82.7万吨。

(2) **负极材料**：投产项目累计实现年产能0.2万吨，整体还未放量，整体规划项目累计年产能15.4万吨，其中圣泉股份投产的大庆50万吨秸秆生物质一体化项目可提供15万吨生物质碳。

(3) **电解液**：传艺科技规划建设一期5万吨/年，二期10万吨钠电解液项目，多氟多、天赐材料、新宙邦及永太科技等公司已经开始规划量产。

(4) **隔膜**：恩捷股份成功开发出“三明治”结构的钠离子电池专用功能隔膜；山东章鼓计划产量10GWh/年。

(5) **集流体**：安徽中基与宁德时代签订购买动力电池铝箔协议，天山铝业布局20万吨动力电池铝箔生产线及2万吨电池铝箔技改项目正在建设中，南山铝业、万顺新材、鼎盛新材已具备供货钠离子电池的技术能力。

□ 风险提示

钠离子电池技术发展不及预期；钠离子成本下降不及预期；钠离子产业化不及预期；储能和新能源汽车需求不及预期；锂离子电池成本超预期下降

行业评级：看好(维持)

分析师：施毅

执业证书号：S1230522100002

shiyi@stocke.com.cn

相关报告

- 1 《域控制器，迈向汽车智能化的成败关键——行业深度报告》 2022.12.14
- 2 《固态电池电解质分类对比——行业专题报告》 2022.11.27
- 3 《零部件企业投入产出比浅析》 2022.11.22

正文目录

1 研发突破+需求倒逼，构建钠电发展核心驱动力	4
1.1 万事俱备：研发突破底层创新	4
1.1.1 20 年滞后期，钠离子电池产业化大势所趋	4
1.1.2 路径选择：原材料端创新突破	6
1.2 东风已至：价增量减需求倒逼	7
1.2.1 企业端承压：短期内碳酸锂供需矛盾难改	7
1.2.2 政府端承压：锂电进口依赖危及能源安全	9
2 优势突出+场景布局，夯实钠电发展底层竞争力	11
2.1 多重优势：安全性突出+降本优势	11
2.2 场景布局：铅酸电池替代+A00 电动汽车+储能	14
2.2.1 铅酸电池：有望成为钠离子电池的先导主战场	14
2.2.2 A00 车场景：高价格敏感度带来钠电需求	16
2.2.3 储能场景：锂离子+钠离子方案有望成为最优解	18
2.3 钠离子电池总体市场规模预测	20
3 产业链全面导入，擘画钠离子电池发展蓝图	21
3.1 正极材料产业发展进度	23
3.2 负极材料产业发展进度	24
3.3 电解液产业发展进度	24
3.4 隔膜产业发展进度	25
3.5 集流体产业发展进度	25
4 风险提示	25

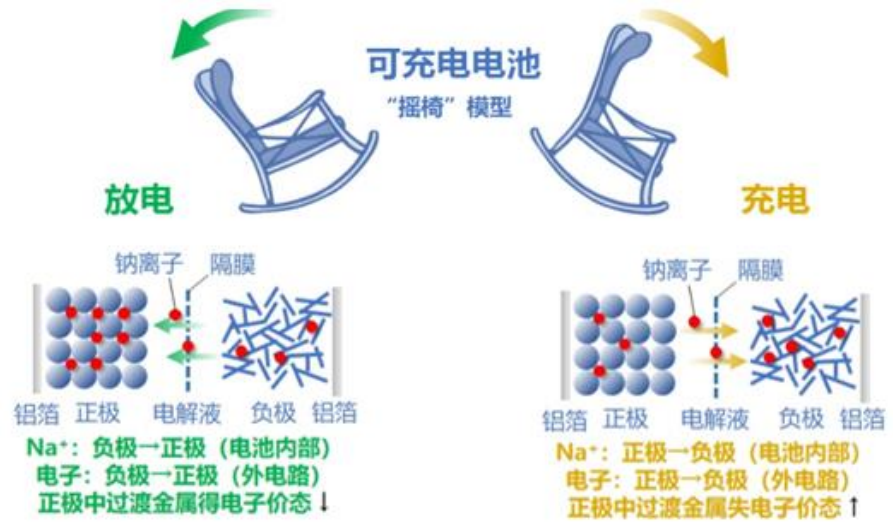
图表目录

图 1: 钠离子电池充放电原理.....	4
图 2: 从专利布局看钠离子电池行业发展.....	5
图 3: 钠离子电池技术工艺（与锂离子电池工艺、设备兼容）.....	6
图 4: 2022 年上半年碳酸锂价格同比增长 4.3 倍.....	8
图 5: 根据 Benchmark Minerals 预测，锂行业面临严重供给短缺（单位：万吨 LCE）.....	8
图 6: 锂价上涨增加动力电池企业成本.....	9
图 7: 铜铝等集流体材料将面临持续性收紧.....	9
图 8: 中国锂资源储量仅占全球 6.8%.....	9
图 9: 中国锂资源（氢氧化锂）进口依赖度达 64%.....	9
图 10: 钠在地壳中元素丰度位列第六（ppm）.....	10
图 11: 电池对于高/低温环境敏感.....	11
图 12: 钠离子电池运行温度范围：-70-100°C.....	11
图 13: 钠离子电池可放电到 0V，具备更高的安全性.....	11
图 14: 中科海纳公布数据：30%-40%降本空间.....	12
图 15: 铝价维稳，与铜价价差保持在 30000~40000 元/吨上下.....	12
图 16: 铅酸蓄电池应用场景占比.....	15
图 17: 2010-2021 年铅酸电池企业数量下降 92.67%.....	15
图 18: 铅酸电池进出口量呈下降趋势.....	15
图 19: A00 汽车市场份额下滑.....	17
图 20: A00 级车在产车型电池系统能量密度低于 160Wh/kg.....	17
图 21: A00 级车在产车型续航里程集中在 250km-400km 区间.....	17
图 22: 钠离子电池目前仅占储能项目规模的 0.24%.....	18
图 23: 截至 2021 年底，全球电力储能项目累计装机约 200GW，温度分布范围为（-67.8°C~54.0°C）.....	20
图 24: 钠离子电池产业链综述.....	23
表 1: 钠离子电池材料端的技术突破.....	6
表 2: 三种正极材料路线共存，以聚阴离子型化合物性能最优.....	7
表 3: 政策端迅速推动，钠离子储能技术试点示范启动.....	10
表 4: 锂离子电池电芯成本估算：以磷酸铁锂电池为例（0.58 元/Wh）.....	13
表 5: 测算不同时期的钠离子电池电芯成本：规模化效应下有望达到近 30%的降本效应.....	13
表 6: 当前主要行业使用要求及驱动因素.....	14
表 7: 钠离子电池相对于铅酸电池实现全面优化.....	16
表 8: 不同储能应用场景对于储能产品性能要求（电力、通信、户用场景更为适用）.....	18
表 9: 电化学储能系统参数.....	19
表 10: 预计 2025 年钠离子电池需求总量可以达到 88GWh，2030 年钠离子电池需求可以达到 378GWh.....	20
表 11: 正极材料产业发展进度.....	23
表 12: 负极材料产业化进度.....	24
表 13: 电解液产业化进度.....	25

1 研发突破+需求倒逼，构建钠电发展核心驱动力

钠离子电池与锂离子电池工作原理相同，即在充放电过程中，锂离子在正、负极之间往返嵌入/脱嵌和插入/脱插，也被称为“摇椅电池”。锂离子电池主要依靠锂离子在正极和负极之间移动来工作，使用嵌入的锂化合物作为正极材料。钠离子电池的工作原理是：充电时， Na^+ 从正极脱嵌，经过电解质嵌入负极；放电时则相反。

图1：钠离子电池充放电原理



资料来源：中科海纳官网，浙商证券研究所

1.1 万事俱备：研发突破底层创新

1.1.1 20 年滞后期，钠离子电池产业化大势所趋

以锂离子电池发展路径为参考，复盘钠离子电池发展之路，可以发现钠离子的发展可以分为五个时期：萌芽期（1970s-1980s）、停滞期（1980s-2000s）、复苏期（2000s-2010s）、成长期（2010s-2020s）、爆发期（2020s-）。

（一）萌芽期：钠离子电池和锂电池的研发均起源于上世纪 70 年代，几乎是同步展开研究，并同步提出适用于正极的材料。1979 年，法国 Armand 提出“摇椅电池”概念。起初锂、钠金属作为电池负极、 TiS_2 作为正极，随着技术的逐步发展，嵌入化合物替代金属负极有效解决了锂枝晶的生长问题，层状金属氧化物代替 TiS_2 有效提升了开路电压和电化学可逆性，大幅改善电池容量和循环性能，至此锂钠处于同一起跑线。

（二）停滞期：1981 年，石墨储锂机制被发现，并以此为负极开发出摇椅式锂离子电池，锂离子电池实现核心技术突破。然而钠离子相较于锂离子半径更大，无法有效嵌入脱出石墨，负极材料储钠能力欠缺，对钠离子电池的研究陷入停滞。这一时间点成为两类电池发展的转折点，随着 1991 年 Sony 首次实现锂离子电池的商业化，两者的发展差异进一步扩大。在 20 世纪 80 年代到 21 世纪初，钠离子电池的研究投入大幅度降低，逐渐淡出人们的视野。

（三）复苏期：20 世纪初，适用于钠离子电池的硬碳负极材料终于被开发，打破钠离子电池发展瓶颈，钠离子电池进入缓慢复苏期。但随着 2006 年 ET(Energy Technology)的铺开，电动汽车需求高涨，具有适合电压高、能量密度大等汽车用二次电池性能的锂离子电池发展如火如荼，替代需求不足，钠离子电池性能也深受诟病，关注度低。

（四）成长期：2011年，全球首家钠离子电池公司英国 Faradion 建立，日本 Komaba 等也首次报道 $\text{NaNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$ || 硬碳全电池性能，钠离子电池开始商业化之路。锂离子电池研究和产业链趋于成熟，人们对锂资源的担忧日渐突出，钠离子开始集中研发。在这十年的时间内，美国 Goodenough 等提出普鲁士白正极，中科院物理所胡胜勇等首次提出低成本煤基无定型碳负极材料，研发开始大跨步向实际应用迈进。到了2017年，中科海乃承袭中科院物理研究所成果，正式成立，相继将钠离子电池应用于电动自行车、电动汽车和储能电站领域，钠离子电池应用蓝海逐步铺开。

（五）爆发期：锂离子电池成本激增，锂资源供需矛盾成为新的发展痛点，寻求技术补充或技术替代成为锂电池发展的必经之路。与此同时，钠离子电池新技术成熟度的提高以及应用场景逐步完善，兼之龙头电池企业的头部带动效应，钠离子电池进入产业爆发期。目前锂电 know-how 进入瓶颈期，从整体性调整进入系统性微调。伴随着储能项目的布局展开，钠离子电池开始产业化之路，有望在5年内迎来产能爆发。

对比锂离子电池发展之路，钠离子电池发展呈现出明显的“20年滞后期”规律。在负极材料这一关键技术突破方面，锂电池出现于1981年，钠离子电池滞后20年，在2001年首次研发成功；在商业化方面，1991年锂离子电池开启商业化进程，2021年全球首家钠离子电池公司成立，相较于锂离子电池滞后20年；在产业化爆发方面，2006年锂离子电池伴随着ET革命，乘电动汽车东风而起，如今随着低碳时代的到来和储能电池的行业产能释放，钠离子电池产业化大势所趋。

图2：从专利布局看钠离子电池行业发展



资料来源：中国专利信息中心，中国科学院物理研究所，Murata，浙商证券研究所

钠离子电池的生产工艺与锂离子电池趋同，技术可复刻，设备可迁移，钠离子产业化时间有望进一步提前。钠离子电池生产工序主要包括极片制作（搅拌、涂布、辊压、分切）、电芯制作（卷绕/叠片、焊接、封装、注液）和电化学过程（预化、化成分容），整体生产工艺与锂离子电池类似，仅在负极集流体上换用铝箔以及原材料调整。锂离子电池经

经过多年的技术积累，在生产方面积累了深厚的技术经验。对于现有的锂电企业来说，从锂电到钠电的转折不是整体公司生产线的调整，而是基于原料的变化所进行的适应性改变，产线可迅速切换，技术迁移路径短，钠离子电池的生产壁垒近乎没有。

图3：钠离子电池技术工艺（与锂离子电池工艺、设备兼容）



资料来源：《nature》，浙商证券研究所

锂离子电池到钠离子电池的技术更迭有望实现互为补充的 win-win 格局。从锂电到钠电，后发优势可一定程度规避风险，产业化可借鉴锂电体系经验，一旦钠电材料端实现实质性的研发突破，有望迅速地进入生产环节，实现商业化路径。

1.1.2 路径选择：原材料端创新突破

材料端技术突破，打破钠离子电池技术壁垒。不管是哪一种电池体系，材料的进步决定电池的进步。钠离子的主要电池组成材料于锂离子类似，均包括正极材料、负极材料、集流体、隔膜、添加剂、电解液等基本单元，具体来讲，钠离子电池和锂离子电池的电解液、隔膜等变化不大，正负极材料形成核心壁垒，集流体变化带来铝箔的需求增长。

表1：钠离子电池材料端的技术突破

材料	钠离子电池	锂离子电池
正极材料	三种主流路线：层状氧化物技术成熟，普鲁士蓝类化合物成本低，聚阴离子型化合物功率密度高	两种主流路线：三元 NCM 性能更优，磷酸铁锂成本低
负极材料	主要分为硬碳和软碳：软碳成本较低性能不足，硬碳技术探索初见成效，生物质先驱体位于研发初期	多采用石墨负极，硅基负极有望实现替代
集流体	正负极集流体均可采用价格较低的铝箔	正极集流体采用铜箔，负极集流体采用铝箔
隔膜	保持锂电原有产品不变	一般采用高强度薄膜化的聚烯烃多孔膜
电解液	六氟磷酸钠，量产难度低	六氟磷酸锂，量产难度低

资料来源：高工锂电，浙商证券研究所

现在的钠离子电池正极材料基本上是三种类型：金属氧化物、普鲁士蓝类、聚阴离子型化合物。目前这三种体系各有所长，层状氧化物技术成熟，普鲁士蓝类化合物成本低，聚阴离子型化合物功率密度高，适用于高功率输出设备需求。综合来看，聚阴离子型材料的整体性能更具优势。其中，磷酸钒锰钠正极材料技术在材料升级方面潜力大，未来发展前景大：可引入电负性大的 F 元素取代，提升工作电压和能量密度；增大 Mn 含量或引入

Cu, Fe 等进一步降低钒含量, 降低成本。相比层状金属氧化物和普鲁士蓝正极材料, 磷酸钒锰钠正极材料技术料倍率性能更高, 循环寿命更长, 电芯制备工艺更简单。

表2: 三种正极材料路线共存, 以聚阴离子型化合物性能最优

技术参数	层状氧化物	普鲁士蓝类材料	聚阴离子型化合物
可逆容量(mAh/g)	100	120~140	120
工作电位 (V)	3.4	3	3.6~3.8
能量密度 (Wh/kg)	低	中	高
结构稳定性	中	低	高
全寿命周期成本	中	低	高
产业化难度	中	高	低
循环性能	1000 次	600 次	2000 次
倍率性能	低	中	高
相关企业/单位	中科海纳、钠创、Faradion	宁德时代、辽宁星空	中南大学、众钠、Naiades

资料来源: 高工锂电, 浙商证券研究所

与锂离子电池一样, 钠离子电池的负极材料同样是碳材料, 主要分为硬碳和软碳。软碳成本比较低但是它的性能不足, 现在软碳技术尚在进一步改进提升, 硬碳技术探索已经初见成效。可以说, 生物质基硬碳最具优势, 但行业尚处于发展初期, 个别企业具备技术优势。添加剂配方是提升循环寿命的关键, 钠电高碱度+高电压更加考验钝化膜的稳定性, Know-How 壁垒高于锂电池。

钠离子电池的电解质与锂电池相似, 包括水系、有机系和固态三类, 一般情况下, 液体电解质的离子电导率高于固体电解质, 因为它们具有较好的流动性, 有利于钠离子的快速迁移。目前常见钠盐有: NaPF₆ (六氟磷酸钠) 电化学稳定性优于六氟磷酸锂, 在 PC 基 (碳酸丙烯酯) 电解液中导电率最高; NaClO₄ 则拥有离子迁移速度快、兼容性好、成本低等优势, 但其含水量高、易爆炸和高毒性等不足影响其实际应用。目前电解质 NaPF₆ 是钠离子电池电解液的核心, 合成方法与锂离子电池电解液相似, 天赐材料和多氟多均掌握了钠盐的核心工艺。

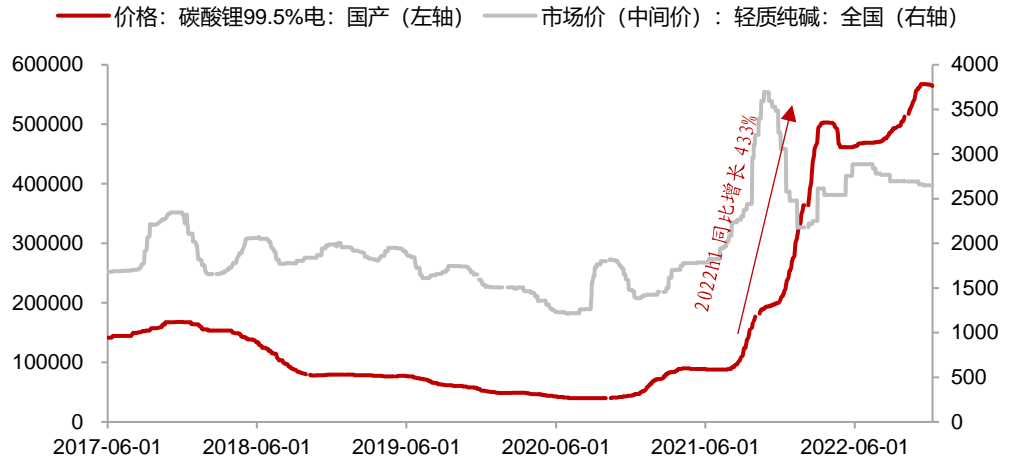
集流体方面, 钠在常温下不与铝发生合金反映, 因此钠离子电池的正负极均可采用铝箔作为集流体, 可以进一步降低钠离子电池的成本。

1.2 东风已至: 价增量减需求倒逼

1.2.1 企业端承压: 短期内碳酸锂供需矛盾难改

全球锂资源处于供需紧平衡的状态, 电池级碳酸锂价格已高达 56.45 万元/吨 (截止 22 年 12 月 7 日), 自 2021 年下半年到 2022 年上半年增速达到 433%。相比之下, 碳酸钠提钠简单, 供给充足, 价格稳定低廉, 价格仅为 2650 元/吨 (轻质纯碱, 截止 22 年 12 月 7 日), 是碳酸锂价格的 0.47%。

图4：2022年上半年碳酸锂价格同比增长4.3倍

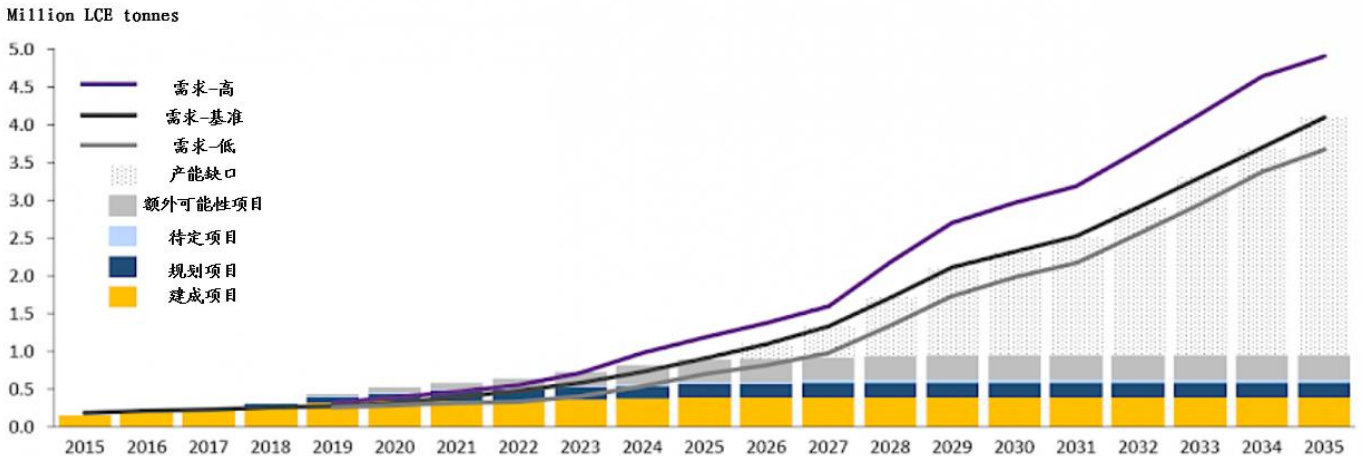


资料来源：wind，浙商证券研究所

备注：电池级碳酸锂主要用于制备钴酸锂、锰酸锂、三元材料以及磷酸铁锂等锂离子电池正极材料。

锂资源紧平衡预计长期维持，电动车产业发展带来的锂需求激增或将导致锂供应焦虑长期存在。根据 Wood Mackenzie 的预测数据，受益于电动车行业的高速发展，全球锂需求量将在 2030 年增至 200 万吨 LCE（碳酸锂当量）以上，至 2035 年增至 300 万吨 LCE。受益于价格上行，锂的供应量同样呈现快速增长的趋势，但若基于全球已投产和已见规划的锂项目进行预测，长期来看锂行业会面临严重的供给短缺。在汽车电动化的浪潮中，锂原料的供应将成为产业链面临的挑战之一，在电动车电池发展路径不发生变化的情形下，锂资源焦虑可能长期存在。

图5：根据 Benchmark Minerals 预测，锂行业面临严重供给短缺（单位：万吨 LCE）

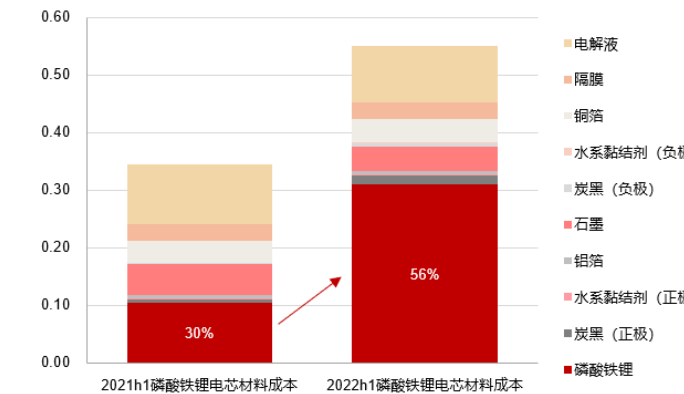


资料来源：Benchmark Minerals，浙商证券研究所

锂价上涨增加动力电池企业成本，电池企业承压。对比 2021h1 与 2022h1 磷酸铁锂电池电芯成本价格，正极材料磷酸铁锂价格从 0.11 元/Wh 上涨到 0.31 元/Wh，同比上涨 195%，带动电芯材料总成本从 0.35 元/Wh 上涨到 0.55 元/Wh，同比上涨 60%。2022h1 磷酸铁锂价格占比达到 56%，较 2021 年 h1 同比上涨 26pct。同时从电池价值链的利用率来

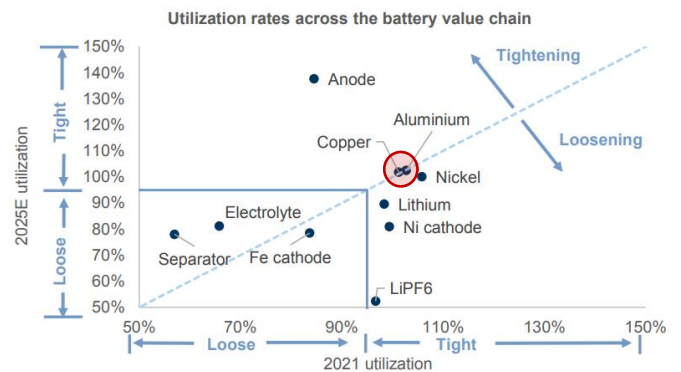
看，2025年，负极材料和集流体利用率将持续收紧，材料端的压力不减，从材料端来进行技术改进和创新，将成为锂电池降本的核心路径。

图6： 锂价上涨增加动力电池企业成本



资料来源：万方，wind，公开资料整理，浙商证券研究所

图7： 铜铝等集流体材料将面临持续性收紧

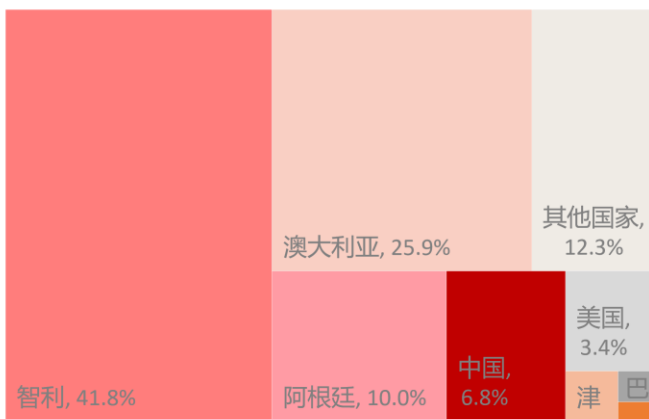


资料来源：Wood Mackenzie, SNE Research, Goldman Sachs Global Investment Research, 浙商证券研究所

1.2.2 政府端承压：锂电进口依赖危及能源安全

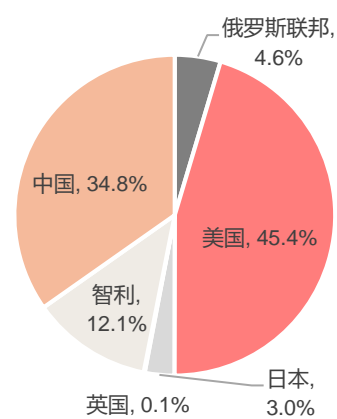
全球锂资源分布不均，中国对于锂电原材料对外依赖程度超60%，存在卡脖子风险。锂精矿产能集中于智利和西澳，由于矿业体系成熟、资源禀赋优越、至中国运输便利，目前仍为全球锂辉石矿供应主力。根据USGS统计，目前全球已探明锂资源8900万吨，我国已探明锂资源量510万吨，仅占比5.7%，全球锂资源储量2200万吨，中国只有150万吨，仅占比6.8%。我国锂资源品质和外部开发条件较差，导致开发难度大、成本高，供应能力较弱。从进口情况来看，截止到2022上半年，中国锂资源（氢氧化锂）进口依赖超60%。

图8： 中国锂资源储量仅占全球6.8%



资料来源：USGS，浙商证券研究所

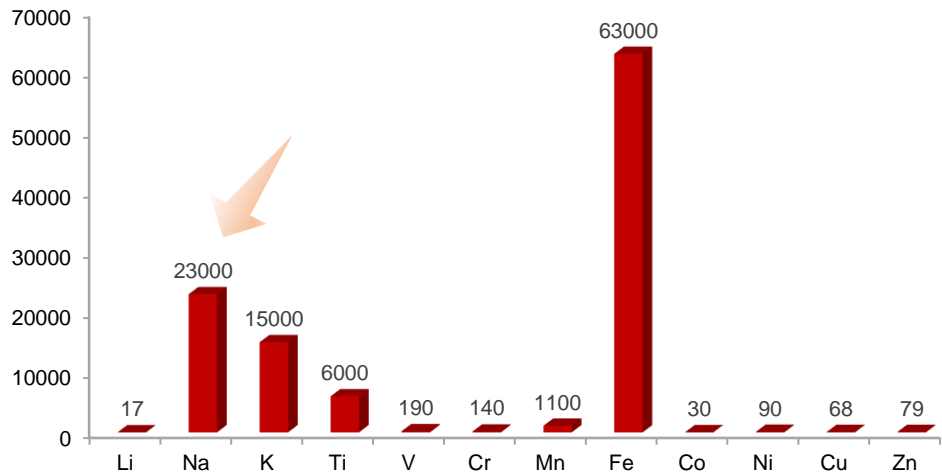
图9： 中国锂资源（氢氧化锂）进口依赖度达64%



资料来源：海关统计数据，浙商证券研究所

相比而言，钠储量丰富，原料价格低，地壳丰度高，供应链更加安全，这也是钠离子电池可以广泛使用的最大优势。钠与锂处于同一主族，具有相似物理化学性质。地壳中含有2.27%的钠，使其成为地球上第七大最丰富的元素和第五大最丰富的金属，仅次于铝、铁、钙和镁，领先于钾。钠分布于全球各地，完全不受资源和地域的限制，所以钠离子电池相比锂离子电池有非常大的资源优势。

图10: 钠在地壳中元素丰度位列第六 (ppm)



资料来源: 中科海纳官网, 浙商证券研究所

钠离子电池相关政策陆续出台, 行业标准制定在即, 进一步促进钠离子电池产业化。受益于全球范围内汽车电动化浪潮, 锂作为关键原料, 战略价值不断凸显。“十四五”规划明确提出, 研发储备钠离子电池高能量密度储能技术。发改委进一步明确相关目标: 到2025年, 实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变, 装机规模达3000万千瓦以上, 加快飞轮储能、钠离子电池等技术开展规模化试验示范。政府逐步开始重视钠离子技术, 并将其作为储能领域的重要研究示范, 将推动钠离子电池全面商业化。2022年7月, 我国首批钠离子行业标准制定在即, 工信部联合宁德时代等, 将进一步推动钠离子产业的规范化。

表3: 政策端迅速推动, 钠离子储能技术试点示范启动

时间	政策文件	政策内容
2021年7月	《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	发改委提出到2025年, 实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变, 装机规模达3000万千瓦以上; 加快飞轮储能、 钠离子电池等技术开展规模化试验示范 , 以需求为导向, 探索开展储氢、储热及其他创新储能技术的研究和示范应用。
2021年8月	《关于政协第十三届全国委员会第四次会议第4815号(工交邮电523号)提案答复函》	科技部将在“十四五”期间实施“储能与智能电网技术”重点专项, 并将钠离子电池技术列为子任务, 以进一步推动钠离子电池的规模化、低成本化, 提升综合性能。促进性能优异、符合条件的钠离子电池在新能源电站、交通工具、通信基站等领域加快应用, 推动钠离子电池全面商业化 。
2021年11月	《“十四五”能源领域科技创新规划》	储能技术方面, 就能量型/容量型储能技术装备及系统集成技术, 研发钠离子电池、液态金属电池、钠硫电池、固态锂离子电池、储能型锂硫电池、水系电池等新一代高性能储能技术
2022年3月	《“十四五”新型储能发展实施方案》	钠离子电池列为“十四五”新型储能核心技术装备攻关重点方向, 研究开展钠离子电池、固态锂离子电池等新一代高能量密度储能技术试点示范 。
2022年6月	《“十四五”可再生能源发展规划》	研发储备钠离子电池、液态金属电池、固态锂离子电池、金属空气电池、锂硫电池等高能量密度储能技术。
2022年7月	《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第二批行业标准制修订和外文版项目计划》	我国 首批钠离子电池行业标准《钠离子电池术语和词汇》《钠离子电池符号和命名》计划正式下达 。参与公司: 中国电子技术标准化研究院, 中国科学院物理研究所, 宁德时代新能源科技股份有限公司, 深圳市比亚迪锂电池有限公司

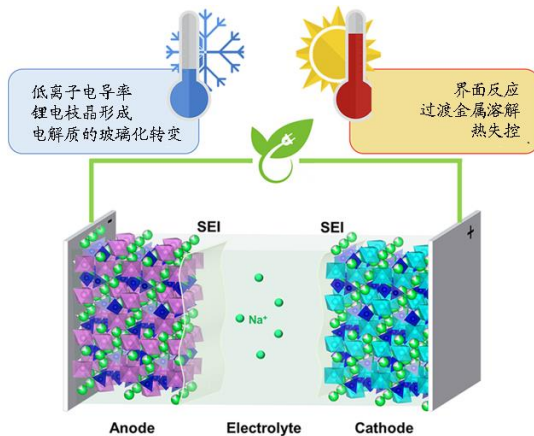
资料来源: 政府官网, 浙商证券研究所

2 优势突出+场景布局，夯实钠电发展底层竞争力

2.1 多重优势：安全性突出+降本优势

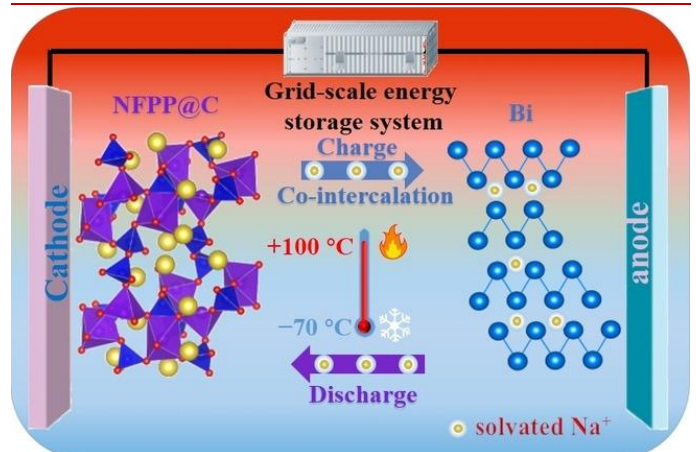
钠离子电池的电极材料具有优异的热稳定性和更优的低温性能，对于极端气候拥有更好的适应性，安全性高于锂电池。根据最新研究，已经制备的钠离子电池具有宽工作温度范围：-70-100℃，在-70℃的情况下该电池仍可提供 70.19% 的室温容量，在 100℃ 的情况下仍能正常工作。锂离子电池在寒冷的环境下容易活性降低，比容量大幅度下降。钠离子电池中的所有关键部件，包括电解质、阴极和阳极，都设计成适应宽温度窗口，即处理高固有离子扩散系数以补偿损失低温，并具有出色的热稳定性以防止高温下的放热反应。

图11： 电池对于高/低温环境敏感



资料来源：《The re-emergence of sodium-ion batteries: testing, processing, and manufacturability》，浙商证券研究所

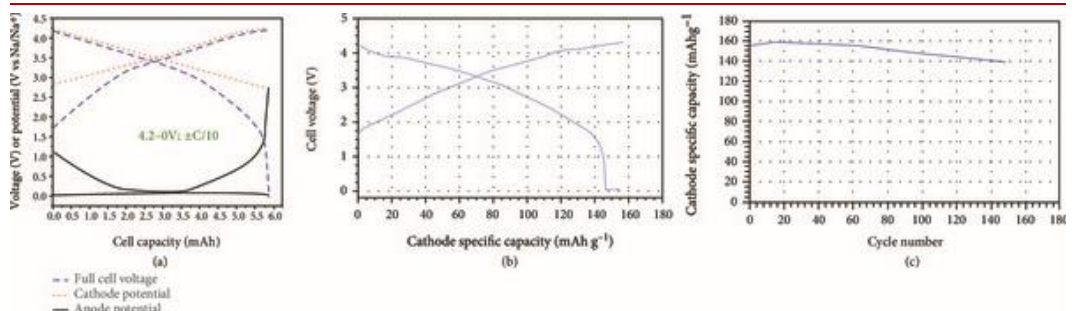
图12： 钠离子电池运行温度范围：-70-100℃



资料来源：《Sodium-Ion Battery with a Wide Operation-Temperature Range from -70 to 100 °C》浙商证券研究所

钠离子电池稳定性更高，更不易出现热失控等情况。钠离子电池在过充、过放、短路、针刺等测试中不起火、不爆炸。钠离子电池热失控温度更高，在高温环境下容易因为钝化、氧化而不自燃。钠盐电解质的电化学窗口较大，电解质在参与反应的过程中分解的可能性更低，电池系统稳定性更高。钠离子电池化学允许在阳极使用金属 Al 作为集流体，能有效避免石墨基锂离子电池的过放电问题。且钠离子电池的内阻比锂电池高，所以其在短路的情况下瞬时发热量少，温升较低，热失控温度高于锂电池，具备更高的安全性。

图13： 钠离子电池可放电到 0V，具备更高的安全性



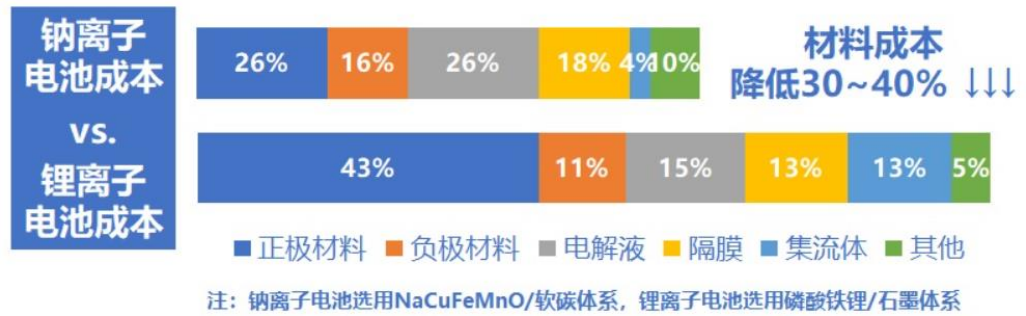
资料来源：《Reviewing the Safe Shipping of Lithium-Ion and Sodium-Ion Cells: A Materials Chemistry Perspective》，浙商证券研究所

备注：如图 (a) 所示，硬碳阳极钠离子电池可放电至 0V，而不会出现 Al 溶解等任何问题，当放电至 0V，对于全电池，阳极电位约为 2.7V (vs. Na/Na⁺)，考虑到碳酸酯溶剂的电化学稳定性，这是一个非常安全的值；在循

环稳定性方面，图 (b)和(c)显示钠离子电池在 4.3 和 0 V 之间的长期稳定循环，即使深度放电至 0 V，钠离子电池的循环稳定性并未受到明显损害，并具有优异的温度特性。

根据中科海纳估计，Cu-Fn-Mn 基钠离子电池原材料成本相对磷酸铁锂/石墨体系将降低 30%-40%。在当前高锂电背景下，随着产业化的展开，电解液、硬碳、普鲁士蓝等原材料供应一致性和稳定性有望获得提高，成本效应将逐步凸显。

图 14： 中科海纳公布数据： 30%-40%降本空间



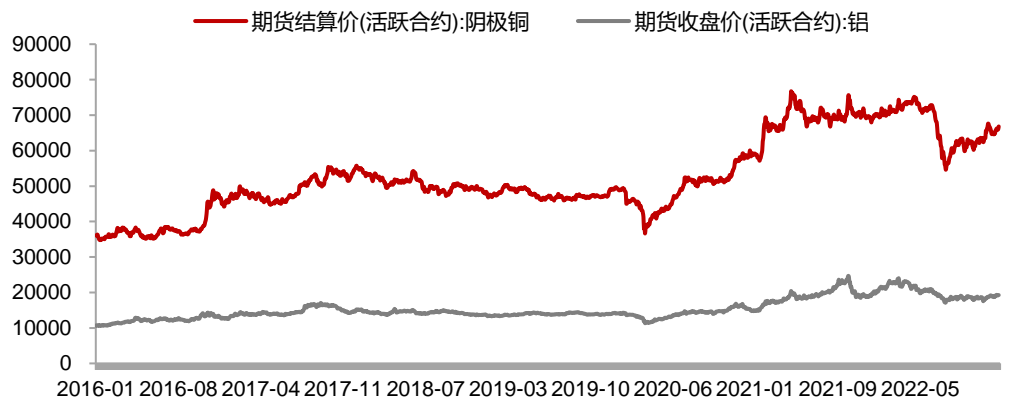
资料来源： 中科海纳官网， 浙商证券研究所

从成本组成来看，钠离子电池的降本效应主要体现在正极材料和负极集流体方面，针对目前高涨的锂价和铜价“对症下药”。

(一) 在正极材料方面：以磷酸铁锂和 Na-Cu-Fe-Mn-O 层状正极为例，截至 2022 年底，磷酸铁锂约 17.4 万元/吨，而层状小批量拿货售价 11-12 万/吨，大批量 7-9 万/吨，上规模后有望到 5-6 万/吨。同时普鲁士蓝路线理论性能天花板较高，美联&七彩、百合花“送样-验证”过程仍在持续进行中，对标颜料级 2.5 万/吨售价，降本潜力大。钠离子正极材料不需要用钴、镍等元素，进一步扩大了成本方面的优势。

(二) 在负极集流体方面：锂电池采用铜箔作为集流体，钠离子电池可使用价格更低的铝箔作为负极集流体。长周期看，近五年铜价和铝价二者价差基本稳定在 30000-40000 元/吨以上。

图 15： 铝价维稳，与铜价价差保持在 30000~40000 元/吨上下



资料来源： wind， 浙商证券研究所

根据现有的公开数据对钠离子电池成本进行测算，对标 2022 年底磷酸铁锂电池成本，发现初步量产之后有望实现降本 10.60%，规模化效应下有望达到近 30% 的降本效应。由于正极、负极等原材料尚未形成市场规模，多数企业选择自供，供应链还不成熟，价格短暂处于高位。结合 2022 年 11 月 29 日召开的钠电池产业链与标准发展论坛公布数据，通过我们测算，钠电当前小试、中试成本在 0.8-1 元/Wh 范围内波动，预计产业链配套初步形成后，成本有望下降到 0.5-0.6 元/Wh，中长期进一步下探 0.4-0.5 元/Wh。

表4：锂离子电池电芯成本估算：以磷酸铁锂电池为例（0.58 元/Wh）

品名	规格	单位	总用量	市场价： 万元/吨	单价： 元/Wh	成本百分比 (%)
磷酸铁锂		t	2000	17.2	0.34	59%
炭黑（正极）	Super P	t	90	16.5	0.01	3%
水系黏结剂（正极）	LA132	t	90	2.5	0.00	0%
铝箔	0.02mmx500mm	t	400	1.6	0.01	1%
石墨	-	t	1000	5.3	0.05	9%
炭黑（负极）	Super P	t	40	16.5	0.01	1%
水系黏结剂（负极）	LA132	t	40	2.5	0.00	0%
铜箔	0.01mmx500mm	t	600	6.7	0.04	7%
隔膜	-	万 m ²	1400	2.5	0.04	6%
电解液	六氟磷酸锂	t	1400	5.5	0.08	13%
合计					0.58	100%

资料来源：公开资料整理，浙商证券研究所

备注：市场价数据更新至最新数据（2022/12/27）

表5：测算不同时期的钠离子电池电芯成本：规模化效应下有望达到近 30% 的降本效应

钠离子电池原材料 BOM 成本			产业化初期			初步量产			规模化效应		
品名	单位 (/GWh)	用量	市场价： 万元/吨	单价： 元/Wh	成本百分 比 (%)	市场价： 万元/吨	单价： 元/Wh	成本百分 比 (%)	市场价： 万元/吨	单价： 元/Wh	成本百分 比 (%)
Na-Cu-Fe-Mn-O 层状正极	t	2778	12	0.32	35%	8	0.22	43%	5.5	0.15	38%
导电剂（正极）	t	119	17	0.02	2%	17	0.02	4%	17	0.02	5%
油系黏结剂 （正极）	t	119	50	0.06	7%	50	0.06	12%	50	0.06	15%
铝箔	t	300	2	0.00	1%	2	0.00	1%	2	0.00	1%
无定形碳	t	1222	20	0.24	27%	8	0.09	18%	4	0.05	12%
导电剂（负极）	t	53	17	0.01	1%	17	0.01	2%	17	0.01	2%
水系黏结剂 （负极）	t	53	3	0.00	0%	3	0.00	0%	3	0.00	0%
铝箔（负极）	t	300	2	0.00	1%	2	0.00	1%	2	0.00	1%
隔膜	万 m ²	1167	3	0.03	3%	3	0.03	6%	3	0.03	7%
电解液	t	1389	16	0.22	24%	5.5	0.08	15%	5.5	0.08	19%
总成本				0.91			0.52			0.41	

资料来源：浙商证券研究所

2.2 场景布局：铅酸电池替代+A00 电动汽车+储能

钠离子的主要劣势体现在能量密度方面，相较于磷酸铁锂电池 200~350Wh/kg 的能量密度，钠离子电池能量密度偏低。目前，宁德时代公布的钠离子电池，下一代钠离子电池能量密度将突破 200Wh/kg，已接近磷酸铁锂电池，随着储钠技术的进一步发展，差距有望减少。

对照钠离子的使用性能与当前各行业的要求，可以发现在储能和铅酸电池领域适配。对比来看，汽车和个人电子产品对于能量密度的要求较高，同时个人电子产品迭代偏快，相对而言对于电池的循环寿命要求没有那么严格。在储能和铅酸电池替代领域，对于能量密度的要求偏低，成本敏感性较强，与钠离子电池的特性相对适配。

表6：当前主要行业使用要求及驱动因素

	汽车	个人电子产品	储能	铅酸电池
2025 年能量密度 (Wh/L)	~550	~550	~300	~110
充放电倍率	~2/~2	~0.5/0.5C	~0.5/~2	-
循环寿命	> 8-10 年	> 1-2 年	10 年	5 年
主要特性	高能量密度/功率	高能量密度	低成本, 长寿命	功率, 成本

资料来源：《The re-emergence of sodium-ion batteries: testing, processing, and manufacturability》，浙商证券研究所

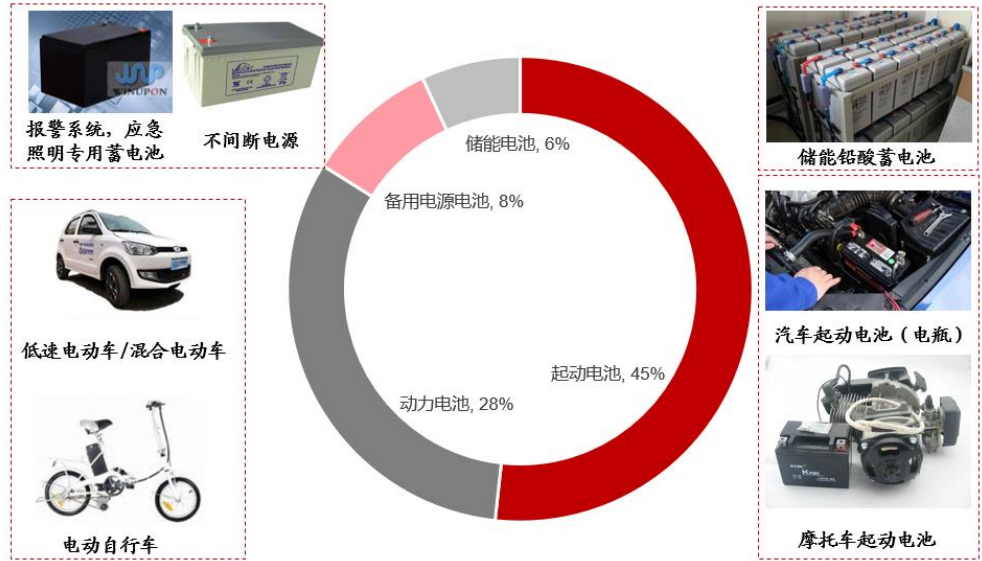
根据不同场景对于性价比的敏感程度，钠离子电池预计未来首先取代铅酸电池，率先实现电动自行车、低速电动车、备用电源和起动电池的无铅化；标准化程度提高之后，有望实现 A00 级电动汽车的有效应用；规模化效应展开之后，各级市场成熟，降本效应更加突出，在储能市场有望进一步提高渗透率。

2.2.1 铅酸电池：有望成为钠离子电池的先导主战场

铅酸电池替代环节有望成为钠离子电池规模化生产的孵化场，最先实现钠离子电池的产业赋能。

铅酸电池由于其安全稳定、性价比高等优点在电池领域占据较高的市场份额。按照应用领域划分，我国的铅酸蓄电池主要可分为备用电源电池、储能电池、起动电池和动力电池四大类。备用电源电池是主要用于通讯备用电源、不间断电源(UPS)、应急照明电源及其他备用电源的蓄电池，占比 8%。储能电池指适用于供太阳能发电设备和风力发电机以及其他可再生能源的储能用蓄电池，占比 6%。起动电池是主要应用于汽车、摩托车、燃油发动机起动、点火和照明的蓄电池，占比最高，达到 45%。动力电池主要应用于电动自行车、电动特种车(电动游览车、高尔夫车、巡警车、叉车等)、低速电动乘用车、混合动力车等电动车辆作为动力，占比 28%。

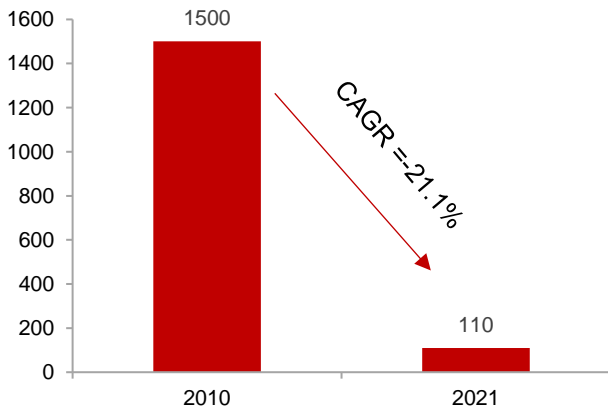
图16: 铅酸蓄电池应用场景占比



资料来源: 中国有色金属工业协会, 浙商证券研究所

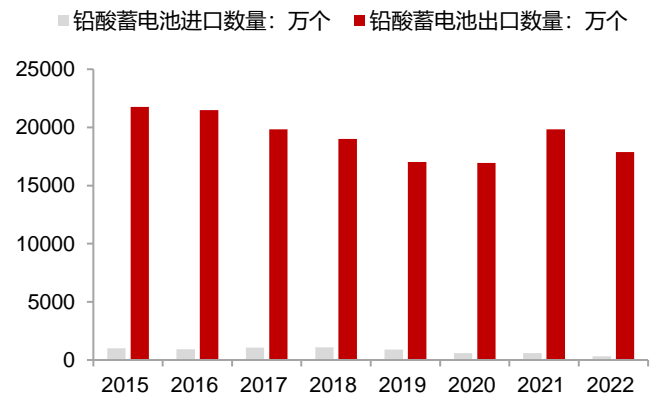
然而, 从铅酸蓄电池企业数量和进出口情况来看, 铅酸蓄电池已经释放出替代信号。随着近几年对铅酸蓄电池环保核查的逐步加大, 加上其市场空间逐步被锂离子电池等新型电池技术取代, 铅酸蓄电池企业数量保持逐年下降的趋势, 中国铅酸蓄电池生产企业已经由2010年的1500家左右下降到2021年的110家左右, 且大量企业处于停产或整顿状态。同时, 铅酸蓄电池的进出口量总体呈下降趋势, 根据中国海关数据显示, 近年来, 我国铅酸蓄电池进口量整体呈下降趋势, 2018年中国铅酸蓄电池进口数量为1094万个, 为近年来最大值, 2021相较于2018年铅酸电池进口数量下降近50%。

图17: 2010-2021年铅酸电池企业数量下降92.67%



资料来源: EV Tank, 浙商证券研究所

图18: 铅酸电池进出口量呈下降趋势



资料来源: iFind, 浙商证券研究所

备注: 2022年数据截止到10月31日

从三种电池的性能对比来看, 钠离子电池相较于磷酸铁锂和三元锂电池各有优劣, 相对于铅酸电池来说, 实现全方位性能优化。主要性能方面, 钠离子电池相对于铅酸电池实现3倍能量密度提升, 铅酸电池的循环寿命远不及钠离子电池, 铅酸电池的低温性能、安全性、环保性、快充性能偏差, 且二者原料成本相当, 具有性价比优势。

(1) **从消费端来说**，消费者对于循环寿命和性价比优势敏感。按照三天充一次电来看，500-1000次对应的循环寿命在4~5年，2000次的循环寿命可以达到15年左右，同时使用寿命的延长也会减少电池更换成本。而且相较于铅酸电池而言，钠离子电池常温充电15min，电量80%以上，有望在低速电动汽车和电动自行车等方面迅速得到认可。

(2) **从生产端来看**，铅酸蓄电池含大量的重金属铅以及酸性物质。在生产或回收环节渗入环境的铅及其化合物，一旦进入人体后，可能对神经、造血、消化、肾脏、心血管和内分泌等多个系统造成危害，甚至引起严重的铅中毒。在电池的生产过程中，废烟、废尘、废水等污染形式贯穿于生产流程始终，特别是铅粉制造-板栅铸造-极板制造-极板化成环节，受制于现有工艺，必然产生大量酸性含铅污水、铅尘、铅渣、铅烟、酸雾，极板化成还是耗电量最大的工序，分片与刷片废品率高，工序重复率高，造成的污染大。随着低碳时代的到来，钠离子电池将成为铅酸电池的最佳替代品。

表7：钠离子电池相对于铅酸电池实现全面优化

	铅酸电池	磷酸铁锂电池	三元锂电池	钠离子电池（铜基氧化物/煤基碳体系）
质量能量密度	30~50 Wh/kg	150~220 Wh /kg	200~300 Wh /kg	100~150 Wh /kg
体积能量密度	60~80 Wh /L	200~350 Wh /L	500~700 Wh /L	180~280 Wh /L
单位能量原料成本	0.3~0.5 元/ Wh	0.5~0.7 元/Wh	0.7~1.0 元/Wh	0.3~0.5 元/ Wh
循环寿命	500~1000 次	3000~6000 次	1500~3000 次	2000 次以上
平均工作电压	2.0 V	3.2 V	3.2 V	3.2 V
-20℃容量保持率	70%	小于70%	70%	88%以上
耐过放电	差	差	差	可放电至0 V
安全性	高	中高	低	高
环保特性	差	优	优	优
快充性能	差	差	差	常温充电15min，电量80%以上
记忆性	有	无	无	无

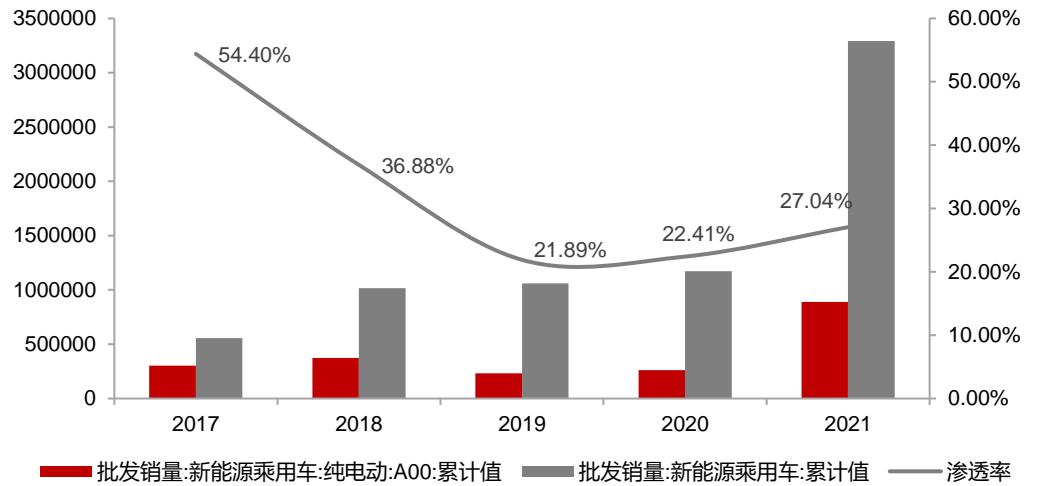
资料来源：ofweek, 浙商证券研究所

铅酸蓄电池的替代趋势相对明确，实际上，在钠离子电池提出之前，磷酸锂电池已经对铅酸电池进行了一定程度的替代，初期市场将主要由磷酸铁锂电池和钠离子电池瓜分，随着钠电的成本效应进一步铺开，钠离子电池有望成为铅酸电池的主要替代品。

2.2.2 A00 车场景：高价格敏感度带来钠电需求

在2021年，中国A00级电动车的销量为89.02万辆，在新能源车的渗透率为27.04%，2022年1-11月的A00级电动车销量为125万辆，渗透率下降至21.77%。A00级车型的用户是成本敏感性，锂电池成本的上涨影响了销量，动力电池方面，用A00级别车型跑量，是过去多年中国新能源汽车发展的基础环节。由于电池及各种零部件成本大涨（原材料包含金属和石油衍生工业品价格上涨），挤压了A00级电动车型的生存空间。在供给端意愿受影响的情况下，调整的手段主要是通过通过对整车售价进行大幅调整，这将直接导致需求减弱。从成本端进行调控成为车企的主要需求。

图19: A00 汽车市场份额下滑

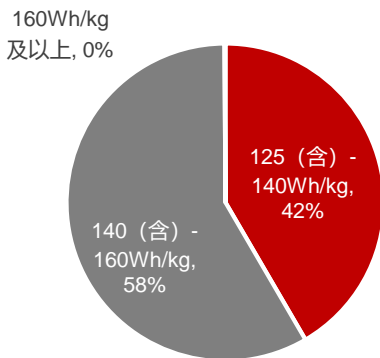


资料来源: wind, 浙商证券研究所

在能量密度和续航里程方面，钠电池已经能够满足目前 A00 级电动车用户。从生产车型电池系统能量密度来看，A00 级新能源乘用车在产车型电池系统能量密度主要集中在 140（含）-160Wh/kg，125（含）-140Wh/kg 占比 41.6%，160Wh/kg 及以上占比为 0.1%。从生产车型续航里程来看，A00 级新能源乘用车在产车型续航里程主要集中在 250km 以下，250km-400km 区间占比 4%，400km 以上占比为零。目前的钠离子电池已经能完全满足 A00 级电动车的搭载要求。

图20: A00 级车在产车型电池系统能量密度低于 160Wh/kg

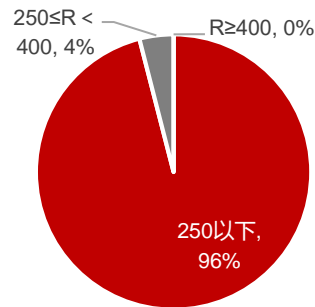
A00乘用车产量电池系统能量密度分布



资料来源: 高工锂电, 浙商证券研究所

图21: A00 级车在产车型续航里程集中在 250km-400km 区间

A00级乘用车产量续航里程分布



资料来源: 高工锂电, 浙商证券研究所

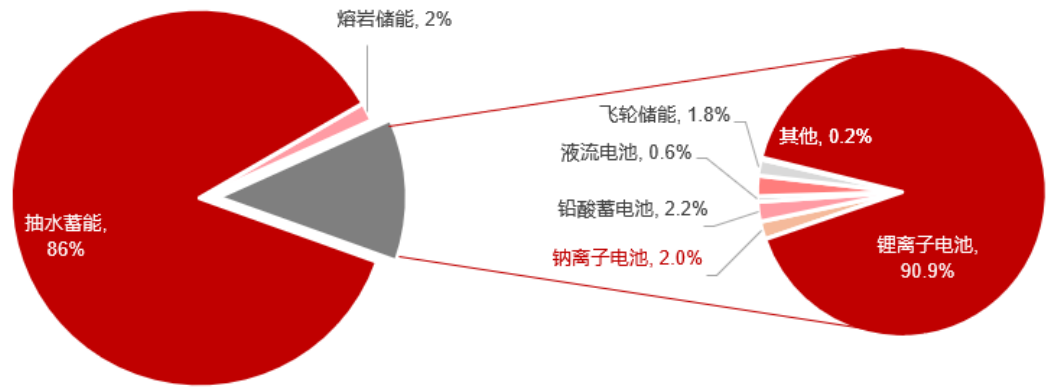
A00 电动车的生产企业对于成本的敏感性较高，钠电池的应用具备一定优势。对于价格比较敏感的商品，价格下降所带来的波动对于销量会形成较大的弹性，而钠离子电池远期来看成本相对于锂电池一定更为便宜，产业化进展顺利的话在 2025 年就会形成 20%~30%的价格优势，对于下游客户来说会形成非常大的吸引力。更远一些来说，对于部分装载钠离子电池的 A0 级汽车车型，会形成一定的降本空间，缩小与原搭载锂电池的 A00 级汽车的价差，对于搭载锂电池的 A0 级汽车会形成替代效应。

2.2.3 储能场景：锂离子+钠离子方案有望成为最优解

储能市场前景广阔，发展迅速。储能技术正在成为许多国家实现碳中和目标的关键技术之一。2021年，全球新增运营电力储能项目装机容量总计18.3GW，同比增长185%，其中新增储能占比最大，为10.2GW，首次超过10GW，是2020年的2.2倍，同比增长117%。

2022年全球储能市场延续2021年的高速增长态势，欧美、中国等主要市场多点开花，钠离子电池目前占储能项目的0.24%。根据CNESA全球储能数据库的统计。截至2021年底，全球运营电力储能项目总计209.4GW，同比增长9%。抽水蓄能占比首次低于90%，同比下降4.1个百分点。其次是新能源存储，为25.4GW，同比增长67.7%，其中锂离子电池在新能源存储中占比最大，市场份额超过90%；钠离子电池目前处于较小份额，仅占比2.0%，可拓展空间大。

图22：钠离子电池目前仅占储能项目规模的0.24%



资料来源：CNESA，浙商证券研究所

高低温性能、长循环、高安全和低成本是下一代产品储能产品重要方向。2022年储能锂电池的下游应用痛点集中在以下几点：（1）电池和系统成本仍旧偏高，项目财务收益性受打压；（2）循环次数虚标，相当部分大储电池在实际循环6000次后即无法正常使用，与标榜的8000次甚至10000次差距明显，导致全生命周期度电成本是抽水蓄能的2-3倍；（3）起火爆炸事件难杜绝，无法实现本质安全。在此背景下，高低温性能、长循环、高安全和低成本已成为下一代产品技术创新的重要方向，从不同的储能场景来看，钠离子电池满足电力储能、通信储能、户用家储的场景和新要求。

表8：不同储能应用场景对于储能产品性能要求（电力、通信、户用场景更为适用）

应用领域	工况应用要求	技术类型	核心要求
电力储能	削峰填谷，再生能源并网等	容量型	超长循环、超高安全、高低温性能
	调频调压：短时间大功率充放电	功率型	高倍率、循环寿命
通信储能	成本敏感、性价比要求高；模块化、标准化程度高	容量型	循环寿命、高低温、低成本
户用家储	绝对安全稳定；免维护、一体化、智能化；质保期8-10年	容量型	高安全、高低温性能、长循环寿命
便携式储能	轻便小巧、便携型好；续航时间长，带电量高；价格便宜，质保期长	容量型	高能量密度、长循环寿命、低成本

资料来源：高工锂电，浙商证券研究所

从成本端来看，对比几种新能源电池的储能效应，可以发现磷酸铁锂电池与钠离子电池的成本效益最高，边际效应不高。具体来看：铅蓄电池储能容量过小，虽然具有一定投资成本优势，但是相较而言后期维护成本偏高，循环次数低，度电成本在 0.9~1.3 元之间；磷酸铁锂电池与三元锂电池在前期投资成本较高，磷酸铁锂相对三元锂电池成本较低，是目前储能电池的主流选择。磷酸铁锂度电成本约在 0.7~0.9 元之间；钠离子电池初始容量投资成本相较磷酸铁锂电池更低，价差在 300~400 元/kWh 之间，其他成本参数比较接近，整体度电成本相较于磷酸铁锂电池约减少 0.2 元。

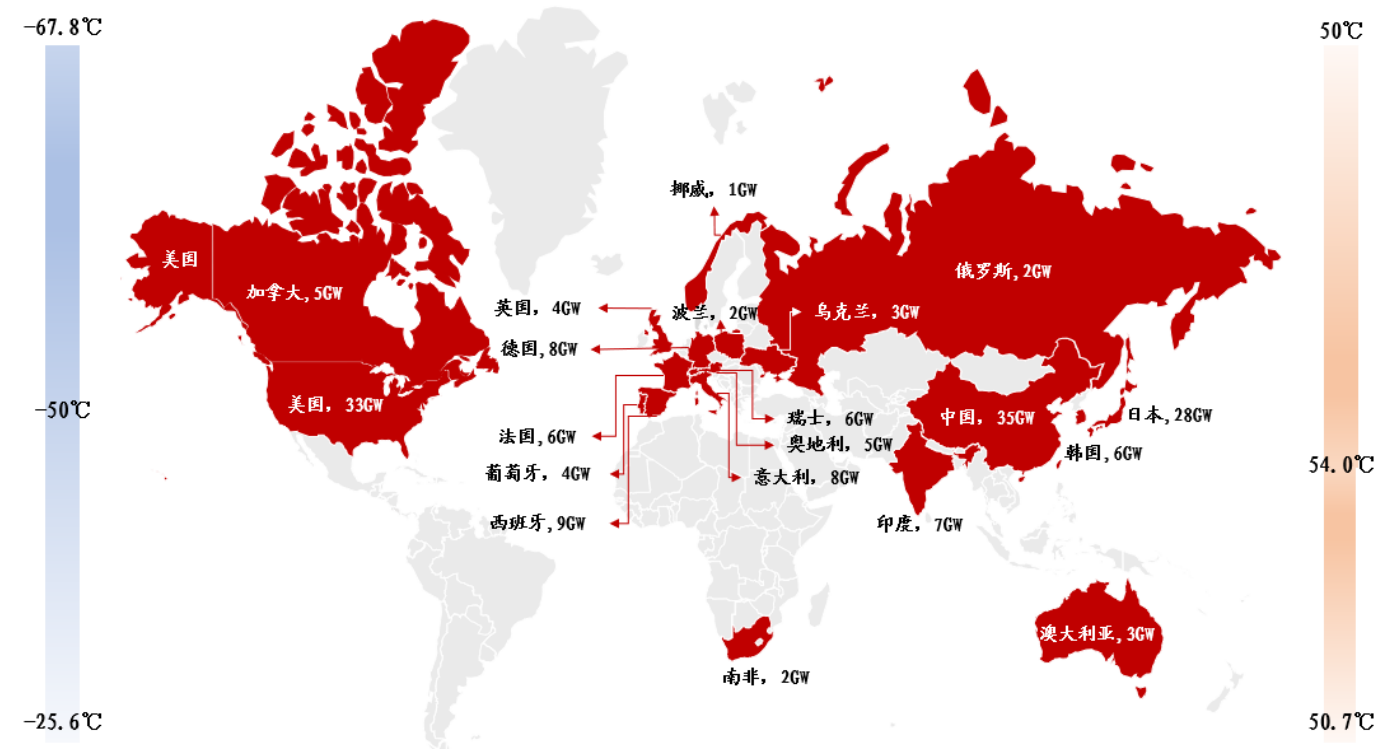
表9：电化学储能系统参数

参数	铅蓄电池	磷酸铁锂	三元锂电池	钠离子电池
标称储能容量 E_n /kWh	1000	10000	10000	10000
初始容量投资成本 C_e /(元/kWh)	500~800	1000~1300	1200~1600	700~900
初始功率投资成本 C_p /(元/kWh)	300~500	320~420	400~500	400~500
单位容量维护成本 O&M/%	4.6	3.7	5	3.7
循环次数/次	3700~4200	4000~6000	2500~3000	4000~5000
折现率 r /%	8	8	8	8
储能循环效率%	75~80	86~90	88~90	84~90
放电深度%	70	90	100	100
年循环平均衰退率%/a	3.6	1.5	3.6	1.5
年运行次数 $n(t)$ /次	365	365	365	365
充电电价 P_c /(元/kWh)	0.261	0.261	0.261	0.261
计及电力损耗时的度电成本/元	0.950~1.234	0.739~0.873	1.070~1.290	0.512~0.590

资料来源：《钠离子电池储能技术及经济性分析》，浙商证券研究所

高低温性能方面，从全球储能项目的布局来看，目前已有储能项目对于温度范围的要求范围是-67.8℃~54.0℃，钠离子电池的出现有望低温环境刚需。以钠离子电池和磷酸铁锂电池性能进行对照可以发现，磷酸铁锂电池可覆盖正常工作温度为-20℃~65℃，当电池在低于-40℃的温度下工作时，其容量将损失大部分，而且在低温下几乎不可能实现充放电循环，但是钠离子电池的正常工作温度范围为-70℃~100℃，在零下 20℃的情况下仍能拥有 90%以上放电保持率的低温效能，低温性能显著。从储能格局分布来看，根据不完全统计，截止到 2021 年，全球电力储能项目累计装机约 200GW，多数已有储能布局的国家最低温度会达到-50℃，在这种条件下，单纯以锂电池作为储能电池不再适用，在温差较大的国家如美国、加拿大、俄罗斯等，钠离子电池的出现成为储能市场的福音。

图23: 截至 2021 年底, 全球电力储能项目累计装机约 200GW, 温度分布范围为 (-67.8℃~54.0℃)



资料来源: DOE Global Energy Storage Database, wikipedia, 浙商证券研究所

总体来说, 锂离子电池+钠离子电池的电池集成方案有望成为储能最优解。一方面, 可以进行区域适配, 基于刚性需求, 在工作温度范围较宽的国家 and 地区可以采用钠离子电池作为首选。另一方面, 在电池系统集成方面, 可以通过 AB 电池解决方案, 与锂离子电池的集成混合共用, 可以将钠离子电池与锂离子电池同时集成到同一个电池系统里, 将两种电池按一定的比例和排列进行混搭, 串联, 并联, 集成, 根据宁德时代数据, 可以实现 80% 以上的系统集成效率方面。目前, 华阳集团和中科海纳共同打造的全球首套 1MWh 的钠离子电池储能系统在山西太原正式投入运营。

2.3 钠离子电池总体市场规模预测

根据铅酸电池替代, A00 级车以及新能源储能市场进行钠离子电池总体市场规模预测, 预计 2025 年钠离子电池需求总量可以达到 88GWh, 2030 年钠离子电池需求可以达到 378GWh。

表10: 预计 2025 年钠离子电池需求总量可以达到 88GWh, 2030 年钠离子电池需求可以达到 378GWh

	2021A	2022E	2023E	2024E	2025E	2030E	核心假设
铅酸电池替代 (GWh)	0.49	2.76	6.30	11.00	17.51	77.51	
电动自行车销量 (万辆)	4739	5212	5734	6307	6938	11173	增速 10%
电动自行车铅酸电池市场规模 (GWh)	34	38	41	45	50	80	单车带电量 0.72KWh (48V15Ah)
渗透率	1%	5%	10%	15%	20%	40%	
电动自行车钠离子电池需求量 (GWh)	0.34	1.88	4.13	6.81	9.99	32.18	
备用电源铅酸电池市场规模 (GWh)	11.18	11.74	12	13	14	17	增速 5%
渗透率	1%	5%	10%	15%	20%	40%	

备用电源钠离子电池需求量 (GWh)	0.11	0.59	1.23	1.94	2.72	6.94	
新能源汽车销量 (万辆)	352	563	901	1442	2308	9230	增速 60%
起动车铅酸电池市场规模 (GWh)	4	6	9	15	24	96	单车带电量 1.04KWh (13V80Ah)
渗透率	1%	5%	10%	15%	20%	40%	
起动车备用电源钠离子电池需求量 (GWh)	0.04	0.29	0.94	2.25	4.80	38.40	
A00 级车 (GWh)	0.21	1.01	3.79	11.25	27.69	110.76	
A00 车销量 (万辆)	106	169	270	433	692	2769	占新能源汽车的 30%
A00 车电池市场规模 (GWh)	21	34	54	87	138	554	单车带电量为 20KWh
钠离子电池渗透率	1%	3%	7%	13%	20%	20%	
新能源储能市场 (GWh)	0.51	1.73	5.86	17.45	42.38	190.03	
全球电化学储能装机量 (GWh)	25.37	43.11	73.29	126.64	211.89	950.13	增速为 70%
钠离子电池渗透率	2%	4%	8%	14%	20%	20%	
钠离子电池总需求量 (GWh)	1.21	5.50	15.95	39.70	87.58	378.30	

资料来源：浙商证券研究所

3 产业链全面导入，擘画钠离子电池发展蓝图

现阶段钠离子电池产业链还处于导入阶段，电池材料和电解液工艺处于发展初期，钠离子电池产业的商业化落地还需要一定的时间。从目前的发展情况来看，在电池制作方面，无论是传统锂电池厂商还是新兴锂电池厂商都在加大布局，新型电池厂商发展势头迅猛，产能铺开迅速。

整理各个企业的布局可以发现：

(1) 国轩高科、蜂巢能源、亿纬锂能、欣旺达等企业处于研发和技术储备阶段。

- 蜂巢能源公司基于大容量层状物正极、长寿命聚阴离子正极和硬碳负极，已经实现了 160 Wh/kg 以上能量密度，6000 次以上循环寿命的钠离子电池技术，目前已经完成 A 样电芯样品开发。
- 2022 年 12 月 15 日，亿纬锂能公布第一代大圆柱钠离子电池，电芯内径为 40mm，高度 135mm，正极采用了层状氧化物材料，负极采用硬碳，能量密度为 135 Wh/kg，循环次数达到 2500 次。

(2) 派能科技、立方新能源、百川股份等公司处于小试阶段。

- 派能科技已于 2021 年开发出了第一代钠离子电池产品并完成小试。
- 立方新能源 2022 年 4 月发布新一代钠离子电池，预计 2023 年大规模量产。

(3) 鹏辉能源、同兴环保、传艺科技、众钠能源、为方能源等进入中试阶段。

- 鹏辉能源 2021 年已做出钠离子电池样品（采用磷酸盐类钠正极和硬碳体系负极），6 月份进入中试阶段。
- 传艺科技钠离子电池中试线设备安装调试完成并投产，生产的钠离子电池产品相关技术参数为：单体能量密度 150Wh/kg-160Wh/kg，循环次数不低于 4000 次。钠离子电池项目一期产能拟于 2022 年年底前完成厂房及中试线的建设施工和产

品中试，产能从 2GW 提升到 4.5GW，并于 2023 年初完成产能投产；二期初定建设 8GW。

- 2022 年 10 月，众钠能源研制的首款硫酸铁钠(NFS)高比能、超长寿命软包钠离子电池通过对目前市售锂离子电池极具挑战的针刺实验，目前百吨级硫酸铁钠中试产线全贯通，20GWh 电池工厂建设立项。
- 为方能源电芯中试线已经搭建完毕，初期拟建 2GWh 钠电池产线。

(4) 宁德时代、海四达、悦纳新能源、维科技术、孚能科技处于量产布局初期，具有明确的产能规划。

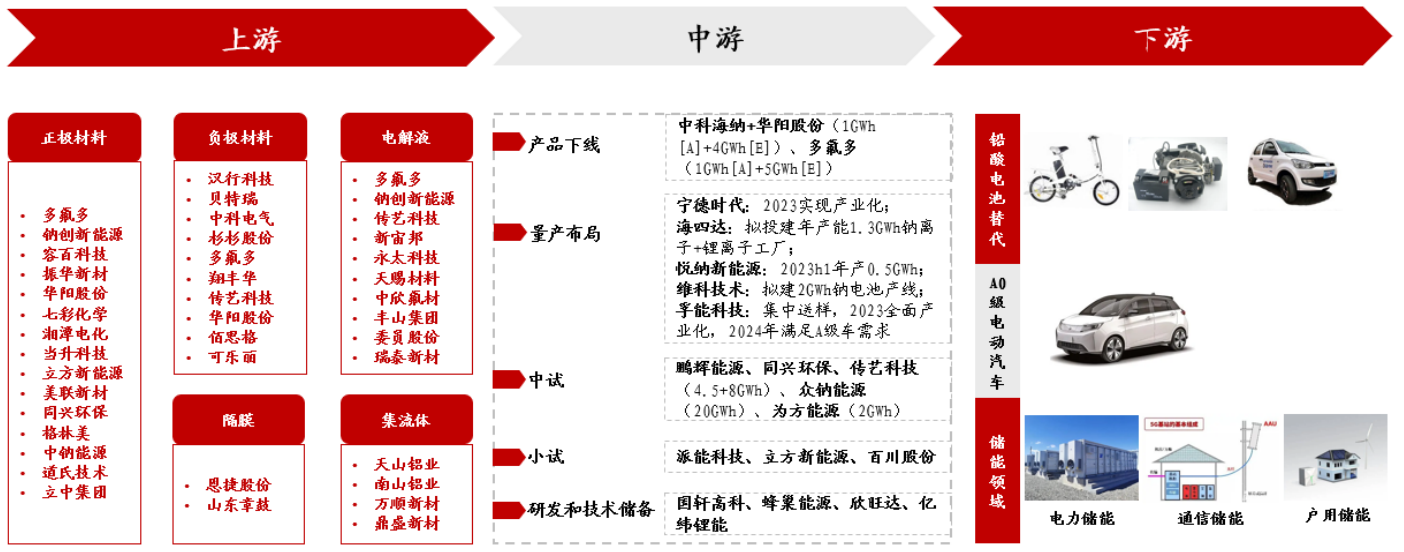
- 2021 年 7 月 29 日，宁德时代率先正式发布了第一代钠离子电池，常温下充电 15 分钟，电量可达 80%以上，电芯单体能量密度达到 160Wh/kg，为当时全球最高水平，略低于磷酸铁锂电池，而其下一代钠离子电池能量密度将突破 200Wh/kg，预计 2023 年实现产业化。2022 年 12 月 9 日，宁德时代与深圳科达利公司签订战略合作协议，双方将加强钠离子电池等技术在全球范围内的战略合作。
- 2022 年 12 月 4 日，普利特公告显示，控股子公司江苏海四达电源有限公司(“海四达”)将使用自筹资金及银行贷款投资建设年产 1.3GWh 钠离子及锂离子电池数字化工厂项目，项目总投资额 2.18 亿元，项目建设期为 7 个月。
- 2022 年 12 月 7 日，七彩化学公布投资悦纳新能源公告，表明悦纳新能源掌握钠电池原材料加工和电芯制造技术，具有钠离子电池正极材料层状氧化物路线布局，2023 年上半年钠离子电芯首期 0.5Gwh 生产线将快速投产。
- 2022 年 10 月 28 日，维科技术发布公告，将建设钠电产业化基地，初期拟建 2GWh 钠电池产线，2024 年底建成。
- 2022 年 12 月 5 日，孚能科技表示，公司钠离子电池产品已满足 A0 级车需求，计划 2023 年全面进入钠电池产业化阶段，并已与多家知名两轮车企和乘用车企开展深入合作，目标 2024 年满足 A 级车的需求。

(5) 中科海纳、华阳股份以及多氟多等初创企业钠离子电池进展最快，目前已实现产品下线。

- 领跑者中科海纳的全球首条 1GWh 钠离子电池生产线产品已下线，阜阳的产线计划在明年扩产至 3~5GWh。11 月中科海纳表示，计划将钠离子电池的能量密度进一步提升至 180—200 Wh/kg，同时将钠离子电池的寿命提高到 8000-10000 次。
- 多氟多已实现了大圆柱钠离子电池成品下线评测，目前正在准备扩大批次产量，钠离子电池现有产能 1GWh，广西生产基地规划于 2025 年建成 5GWh 产能。

综上，钠离子电池已规划产能达到 48GWh，叠加宁德时代、孚能科技等公司 2023 年明确的全面产业化规划，钠离子电池有望在 2023 年实现产能爆发。钠离子电池的产业链包括正极材料、负极材料、电解液、隔膜和集流体，目前产业链的发展还不够成熟，正极材料和负极材料的供货尚不够稳定，随着各大企业纷纷涌入，产业链有望拉通。根据不完全统计，钠离子正极材料累计规划年产能 82.7 万吨，负极材料累计规划年产能 15.4 万吨，负极材料产能尚未放量。

图24: 钠离子电池产业链综述



资料来源: 公司公告, 投资者平台, 新能源和储能公众号, 中商情报局, 浙商证券研究所

3.1 正极材料产业发展进度

钠离子电池主流路线分为三种: 层状氧化物、聚阴离子化合物以及普鲁士类化合物。目前层状氧化物产业化进程较快, 因为其能量密度高, 技术转化率和成本低, 更受市场青睐, 主要公司有中科海纳、立方新能源、钠创新能源等。普鲁士蓝(白)化合物能量密度高, 合成温度低, 由宁德时代主推。聚阴离子化合物长期循环稳定性高但能量密度低, 主要公司有鹏辉能源、众钠能源等。总体来说, 三条路线各有优劣, 多数电池厂商如当升科技、容百科技以及众钠能源等正大力布局层状氧化物路线且均在 2023 年进入投产阶段。目前, 华阳股份和钠创新能源走在量产前列, 投产项目累计实现年产能 4.2 万吨, 各公司保守估计规划项目累计年产能 82.7 万吨。

表11: 正极材料产业发展进度

企业	层状氧化物	普鲁士蓝/白	聚阴离子化合物	进度
容百科技	√	√		从 2015 年启动钠离子电池正极材料普鲁士白的研发工作, 2021 年达到吨级送样并启动层状氧化物正极的研发, 2022 年实现层状氧化物吨级送样, 规划 2023 年月出货达千吨级
振华新材	√			已实现吨级产出
七彩化学		√		普鲁士蓝正极材料 50 吨中试生产线已投产, 相关产品已通过部分电池厂商的检测
当升科技				已完成工艺定型并送样, 订单排产到 2023 年 10 月
立方新能源		√		小批量生产普鲁士蓝, 准备试产层状氧化物
同兴环保				钠离子电池正极材料处于中试阶段
美联新材		√		和七彩化学共同投建年产 18 万吨电池级普鲁士蓝(白)项目
钠创新能源	√		√	规划多条技术路线, 实现小批量生产, 10 月 25 日“年产 4 万吨钠离子正极材料项目(一期)”投产, 规划 2023 年实现 GWh 级生产
传艺科技	√		√	具有年产 200MWh 钠离子电池相关配套的正极材料生产能力
格林美	√	√		层状氧化物、普鲁士白与下游客户认证中
多氟多	√	√	√	5000 吨/年正极材料产线 2023 年投产
中钠能源			√	万吨级正极硫酸铁钠材料线建设启动
道氏技术	√			钠离子前驱体的金属元素是镍铁锰, 目前已有几十吨出货

华阳股份	√	与中科海纳共建 2000 吨/年钠电池正极材料项目投料试生产
湘潭电化	√	已小批量供货钠电企业
立中集团	√	主要生产设备已陆续进场和安装，订单业务已开始洽谈，电子级氟化钠产品为二期项目，将在一期投产之后开始建设。

资料来源：新能源和储能，公司公告，投资者平台，浙商证券研究所

3.2 负极材料产业发展进度

硬碳比容量高，但亟需解决前驱体供应稳定性、成本问题。当前国产 7-8 万/吨，进口 20 万/吨，碳材料成本在 1.5-4 万元/吨，通过秸秆、竹屑、稻壳等生物质材料替代，下限有望到 1 万/吨以内。掺杂或交联沥青等软碳前驱体，降本之外更加提升原料供应稳定性和一致性。

负极材料是钠离子电池产业化的核心难点，目前量产进度较慢，出货速度较缓。传艺科技、华阳股份、多氟多作为早期布局的玩家，相对产能规划速度较快，其中传艺科技具有年产 200MWh 钠离子电池相关配套的负极材料生产能力，华阳股份与中科海纳共建 2000 吨/年钠电池负极材料项目投料试生产，多氟多 2000 吨/年负极产线 2023 年投产。总体来说，目前投产项目累计实现年产能 0.2 万吨，整体还未放量，整体规划项目累计年产能 15.4 万吨，其中圣泉股份投产的大庆 50 万吨秸秆生物质一体化项目可提供 15 万吨生物质碳。

表12：负极材料产业化进度

企业	所处阶段	负极材料产业化进度
汉行科技	中试	全国首套钠电池负极材料生产线项目签约，投资 15 亿元，已于上海完成中试
贝特瑞	中试	中试线小批量生产，在建 1000 吨硬碳产能
中科电气	小试	硬碳产线处于小试阶段
杉杉股份	量产	自主开发的硬碳材料率先实现自有化、产业化，已批量供货头部电池企业
多氟多	-	2000 吨/年负极产线 2023 年投产
翔丰华	研发	已开发硬碳负极
传艺科技	量产	具有年产 200MWh 钠离子电池相关配套的负极材料生产能力
华阳股份	量产	与中科海纳共建 2000 吨/年钠电池负极材料项目投料试生产
佰思格	量产	已量产硬碳负极
珈钠能源	小中试	目前正处于小中试阶段，具备初期产业化、十公斤级的产品制备实力，并已送样给电池头部企业进行全电池测试、验证；正在筹划百吨级的中试线，预计 2023 年 4 月实现中试线产品稳定输出。
元力股份	小试	硬碳负极预计 2022 年年底之前给龙头电池企业送小试线产品
圣泉股份	-	大庆 50 万吨秸秆生物质一体化项目预计 2022 年年底投产，其副产品 15 万吨生物质炭可用作硬碳负极原材料，目前已送样下游负极企业。
可乐丽	量产	已量产硬碳负极

资料来源：新能源和储能，集邦锂电，电子化工新材料产业联盟，浙商证券研究所

3.3 电解液产业发展进度

六氟磷酸钠短期需求较小，尚无直接生产的企业，基本上用六氟磷酸锂成品再进行置换。短期钠电解液售价 14-16 万/吨（LFP 电解液 6 万/吨），专业化配套、规模化生产后，电解液成本将大幅下降到 5-6 万元/吨。早期核心在于与下游密切的技术交流反馈，配方对最终成品性能影响大，提前布局的企业有先发优势，且可分享早期相对较高利润。目前主

要布局的公司中传艺科技、多氟多、天赐材料、新宙邦及永太科技产业化速度最快，已经开始规划量产，其他企业也陆续投产，相继进入中试阶段，其中传艺科技规划建设一期5万吨/年，二期10万吨钠电解液项目。

表13: 电解液产业化进度

企业	所处阶段	负极材料产业化进度
传艺科技	-	规划建设一期5万吨/年，二期10万吨钠电解液项目
多氟多	量产	有千吨级六氟磷酸钠产能，已稳定出货
天赐材料	量产	已有六氟磷酸钠量产技术，计划明年底量产
新宙邦	量产	已具备电解液技术储备；吨级六氟磷酸钠量产
永太科技	小批量量产	小批量布局电解液、六氟磷酸钠
钠创新能源	投产	实现部分电解液产线投产
维远股份	投产	投产DMC产品及后续建设点建设溶剂项目可用于钠离子电池
瑞泰新材	中试	钠离子电解液进入中试阶段
江苏国泰	中试	钠离子电池电解液目前处于中试阶段
丰山集团	-	控股子公司丰山全诺建设2条左右钠电池电解液产线
中欣氟材	-	规划2023年实现钠离子电解液产业化

资料来源：新能源和储能，SMM电解液，浙商证券研究所

3.4 隔膜产业发展进度

隔膜是钠离子电池的关键组件之一，但目前市场上多直接采用锂离子电池隔膜，虽然也可应用于钠离子电池，但存在保液能力差，钠离子传输速度慢等缺陷。一方面，直接使用锂离子电池隔膜会影响电池的循环性能，另一方面，电池具有较高的界面电阻，从而使负极表面容易产生钠枝晶，钠枝晶的生长会刺穿隔膜造成钠离子电池短路，影响钠离子电池的安全性能。恩捷股份成功开发出“三明治”结构的钠离子电池专用功能隔膜，填补了市场空白。该隔膜由“基膜+无机功能层+有机功能层”组成，有效提升循环寿命20%，降低内阻10%，提升倍率性能15%，抑制钠枝晶形成，改善电荷分布，提高电池安全性。山东章鼓参股的喀什安德生产的钠离子电池正在进行量产的过程中，生产从电极制造开始一直到电池组产品全过程，量产产品经过客户及第三方检测机构认证后，计划产量10GWH/年。

3.5 集流体产业发展进度

钠离子不与铝发生反应，因此可以使用铝作为集流体材料，目前，主要布局钠离子集流体材料的企业是南山铝业、天山铝业、万顺新材、鼎盛新材和安徽中基。其中，安徽中基与宁德时代签订购买动力电池铝箔协议。南山铝业和万顺新材已具备供货钠离子电池的技术能力，鼎盛新材根据客户要求开发适应不同厂商的钠离子电池用涂碳铝箔。天山铝业布局领先，公司在新疆石河子生产基地就地利用铝液配套布局30万吨电池铝箔坯料项目和江阴布局的一期20万吨动力电池铝箔生产线及2万吨电池铝箔技改项目，目前项目建设正在有序进行中，产品主要应用于锂电池正极集流体及钠电池正负极。

4 风险提示

钠离子电池技术发展不及预期；钠离子成本下降不及预期；钠离子产业化不及预期；储能和新能源汽车需求不及预期；锂离子电池成本超预期下降

股票投资评级说明

以报告日后的6个月内，证券相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 买入：相对于沪深300指数表现+20%以上；
2. 增持：相对于沪深300指数表现+10%~+20%；
3. 中性：相对于沪深300指数表现-10%~+10%之间波动；
4. 减持：相对于沪深300指数表现-10%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 看好：行业指数相对于沪深300指数表现+10%以上；
2. 中性：行业指数相对于沪深300指数表现-10%~+10%以上；
3. 看淡：行业指数相对于沪深300指数表现-10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告仅供本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

上海总部邮政编码：200127

上海总部电话：(8621) 80108518

上海总部传真：(8621) 80106010

浙商证券研究所：<https://www.stocke.com.cn>