

行业研究

钠电究竟适配哪些需求场景？

——钠电：如何从“0-1”迈向“1-N”（二）

要点

锂价高企叠加地缘政治因素，钠离子电池迎来发展窗口期：锂资源约束+成本上升，促使下游寻找技术替代品，钠离子电池由于资源限制程度更低，规模化量产后价格更加低廉，是锂离子电池的有力补充。三元、铁锂、钠离子电池由于正极价格差异以及其他原材料的变化，成本依次降低，其中规模量产后钠离子电池在目前碳酸锂价格 56 万元/吨的情况下，相比磷酸铁锂电池有 0.25 元/Wh 的成本优势，是对磷酸铁锂电池应用领域的重要补充，有望在铅酸技术要求较高和磷酸铁锂技术要求偏低的部分场景大量应用，但是循环回收问题后续需要持续关注。

预计钠离子的电池市场 2026 年达到 88GWh，对应 484 亿元产值规模：钠电本质上是替代磷酸铁锂电池在价格更加敏感的应用场景。对于部分性能要求偏低的磷酸铁锂应用场景而言，钠离子电池性能基本能够满足要求，**成本是其核心考察指标**。储能侧重于循环寿命、可靠性，对能量密度要求较低，其中大储使用 LCOE（平准化度电成本）评判成本高低，钠离子电池虽成本低，但循环性能低，并没有优势；**户储/UPS/5G 基站对标磷酸铁锂电池价格**，侧重购置成本，循环寿命要求相对较低，钠离子电池可以进入并形成一定渗透；**两轮车成本对标铅酸电池**，有较强的消费属性，对性能要求不高，考虑投资成本与产业化进度，钠离子电池有望占据较大份额；**乘用车成本对标低端磷酸铁锂电池**，同时对电池的可靠性、循环寿命、能量密度要求较高，钠离子电池在成本敏感度较高的 A00/A0 级车有望快速渗透。

锂电巨头长期竞争力强，跨界新贵有望快速量产：依托于传统锂电产业链，一方面宁德时代、孚能科技、振华新材、容百科技等锂电企业工艺经验深厚，客户合作紧密，上下游配合良好；另一方面，华阳股份、传艺科技、钠创新能源等依托于院士教授等的技术专利，快速切入赛道。目前各家规划进展较快，预计 2023 年形成小批量量产出货，2024 年产业将迎来规模化大幅降本时刻。总体而言由于钠离子电池产业化时间较晚，各家技术差距不大，在一些品质要求不高的如两轮车、低速车等场景，新势力有望率先实现量产。但是长期来讲，由于锂电巨头对于工艺细节、客户需求、产业链把控等经验更加深厚，规模化降本速度更快，将获得长期的竞争优势。

投资建议：目前钠离子电池仍然处于从 0 到 1 的过程中，应用场景有限，但是我们认为随着技术的发展以及锂价可能长期处于高位，钠离子电池应用场景可能会逐渐扩大。在目前产业化进度下，两轮车、A00/A0 乘用车和户储/UPS/5G 基站市场钠电有望实现对磷酸电池和铅酸电池的快速替代，大型储能领域由于钠离子电池循环寿命较短，体积能量密度较低，短期无法对磷酸铁锂电池形成强有力的冲击。2023 年是钠离子电池量产的元年，而到 2026 年，整个产业链产值有望达到 484 亿元，2023-2026 CAGR 为 174%。**建议关注：电池环节：**宁德时代，华阳股份，传艺科技，维科技术，孚能科技，鹏辉能源；**正极环节：**容百科技，当升科技，振华新材；**负极环节：**贝特瑞，杉杉股份，翔丰华；**电解液：**天赐材料，多氟多。

风险分析：疫情导致产业链需求不及预期风险；技术路线变化风险；原材料价格波动风险；行业壁垒较低，市场竞争加剧风险。

电力设备新能源 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：陈无忌

执业证书编号：S0930522070001

021-52523696

chenwuji@ebsecn.com

联系人：和霖

021-52523853

helin@ebsecn.com

联系人：吕昊

021-52523817

lvhao@ebsecn.com

行业与沪深 300 指数对比图



投资聚焦

钠离子电池作为锂离子电池的重要补充，在锂价处于高位时期受到了各厂家追捧。在过往，钠离子电池主要应用潜力集中于两轮车，然而随着锂价高企，各个应用场景对成本的容忍有限，钠离子电池的市场空间进一步扩大，下游的需求驱动了钠离子电池技术的快速发展。

我们的创新之处

- 1、市场对于钠离子电池在各个应用场景应用决策的关键点没有进行细致讨论，我们针对储能、两轮车、新能源汽车等应用领域进行了讨论，指出了核心决策点。
- 2、不同于市场对于钠离子电池在储能领域的应用乐观态度，我们认为在储能领域，大型储能将在较长时间内不会使用钠离子电池，而家用储能将较快进行应用。
- 3、我们定量分析了钠离子电池在新能源车领域的应用及其将会给车厂带来的收益，指出了钠离子电池在 A00/A0 级市场将会快速应用。

股价上涨的催化因素

- 1、钠离子电池产业链降本速度超预期。
- 2、锂价持续位于高位，且在 2025 年之前无法跌到合理的区间，促进产业加速发展钠离子电池技术。
- 3、钠离子电池寿命进一步提升，生产工艺与设备进一步改进。

投资观点

目前钠离子电池仍然处于从 0 到 1 的过程中，应用场景有限，但是随着技术的发展以及锂价可能长期处于高位，钠离子电池应用场景可能会逐渐扩大。在目前产业化进度下，两轮车、A00/A0 乘用车和户储/UPS/5G 基站市场上钠电有望实现对磷酸电池和铅酸电池的快速替代，大型储能领域由于钠离子电池循环寿命较短，体积能量密度较低，短期无法对磷酸铁锂电池形成强有力的冲击。2023 年是钠离子电池量产的元年，而到 2026 年，整个产业链产值有望达到 484 亿元，2023-2026 年 CAGR 为 174%。**建议关注：**电池环节：宁德时代，华阳股份，传艺科技，维科技术，孚能科技，鹏辉能源；正极环节：容百科技，当升科技，振华新材；负极环节：贝特瑞，杉杉股份，翔丰华；电解液：天赐材料，多氟多。

目 录

1、 锂涨钠启？钠电发展难得的窗口期.....	6
1.1、 锂价具有周期性，钠电更应关注产品定位	6
1.2、 从构效关系对钠、锂电池性能进行比较	7
1.3、 成本是优势，性能、成本决定综合性价比	11
2、 钠电综合性价比如何匹配各应用场景	12
2.1、 户储、基站、UPS 领域，钠电率先攻城略地.....	12
2.2、 看好钠电在两轮车应用，未来需考虑回收成本	15
2.3、 12 万元以下电动车型将成为钠电主力替代区间	17
2.4、 循环性能受限，谨慎看待钠电在大储应用	20
2.5、 2026 年钠离子电池产值规模有望达 484 亿元	23
3、 各公司竞相布局钠电池	26
3.1 振华新材：布局层状氧化物材料，复刻三元大单晶优势	26
3.2 宁德时代：普鲁士白入手，同步布局层状氧化物	28
3.3 容百科技：携手宁德时代开发普鲁士白，布局多款三元层状氧化物	29
3.4 中科海钠：院士团队推动产业化进程，携手华阳上下游协同发展	30
3.5 华阳股份：无烟煤龙头，入股中科海钠	31
3.6 钠创新能源：携手维科技术，加速产业化进程	32
3.7 传艺科技：转型钠离子电池，23 年规模化量产	32
3.8 鹏辉能源：布局储能，推动钠离子电池发展.....	33
4、 投资建议.....	33
5、 风险分析.....	34

图目录

图 1：锂资源主要位于海外，中国锂资源储量仅占全球 6%	6
图 2：锂资源价格高企，推动企业开发钠离子电池	7
图 3：钠离子电池工作原理示意图	8
图 4： $\text{Na}_{0.7}\text{Li}_{0.03}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.27}\text{Mn}_{0.6}\text{Ti}_{0.07}\text{O}_2$ 正极构成	9
图 5：补锂/补钠的机理	10
图 6：NCM811 锂电池电芯成本结构	11
图 7：磷酸铁锂电池电芯成本结构	11
图 8：铜铁锰基氧化物钠电池电芯成本结构	11
图 9：各化学体系成本构成对比	11
图 10：各应用场景对电池各项指标侧重点不一	12
图 11：ATL48V/6.5kWh 户储电柜	13
图 12：宁德时代基站电池	14
图 13：宁德时代基站解决方案	14
图 14：宁德时代 UPS 电芯	14
图 15：宁德时代 UPS 解决方案	14
图 16：锂离子电池在两轮车领域销量增速放缓	15
图 17：锂离子电池在两轮车领域渗透率逐年爬升	15
图 18：2021 年两轮车成本构成	16
图 19：两轮车上锂离子电池与铅酸电池成本变化对比	17
图 20：乘用车分价格带市场份额变化	17
图 21：新能源车分价格带市场份额变化	17
图 22：五菱宏光 miniev 电池包构造	18
图 23：海辰新能源 3.58MWh 工商业储能集装箱	20
图 24：成本计算方法示意图	22
图 25：振华新材营业收入	27
图 26：振华新材归母净利润及增速	27
图 27：振华新材利润率情况	27
图 28：振华新材期间费用率情况	27
图 29：宁德时代钠离子相关专利发展历程	28
图 30：宁德时代钠离子电池与磷酸铁锂电池对比	29
图 31：宁德时代 AB 电池	29
图 32：容百科技钠离子电池相关专利	29
图 33：中科海钠专利布局	31

表目录

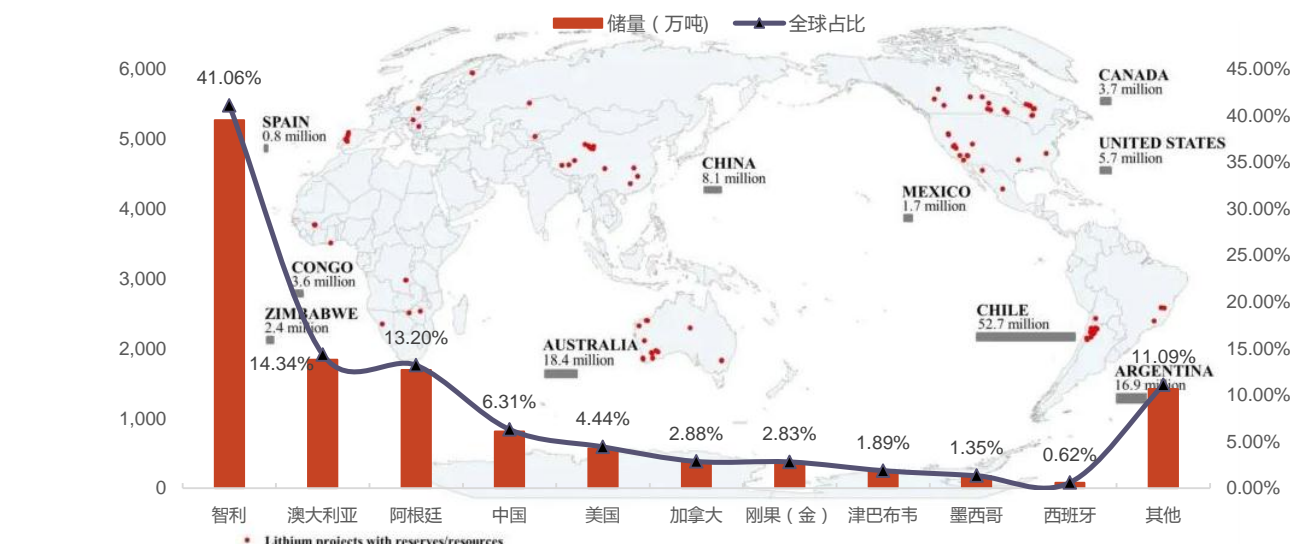
表 1：钠离子和锂离子关键指标对比	8
表 2：钠离子电池正极材料体系对比	10
表 3：补钠的各种方案	10
表 4：各场景成本评价要素与核心影响因素	12
表 5：户储对电池的要求较低	13
表 6：基站电池电芯	14
表 7：UPS 电池电芯和电柜参数	14
表 8：钠离子电池、磷酸铁锂电池、铅酸电池在两轮车上性能对比	16
表 9：A00 级车五菱宏光 miniev 三元与铁锂版本整备质量一致	18
表 10：典型 A0 级车三元与铁锂版本性能差距不大	18
表 11：不同化学体系电池占整车售价比例	19
表 12：车企 A00/A0 级车部分车型停止接单	19
表 13：大储对电池的循环寿命要求更高	20
表 14：锂离子电池与钠离子电池参数对比	20
表 15：中科海钠钠离子电池 pack 规格	21
表 16：各情况下磷酸铁锂电池与钠电池储能应用假设	22
表 17：磷酸铁锂电池与钠电池在产业化初期以及规模化后储能 LCOE 对比	23
表 18：钠离子电池应用空间测算	25
表 19：容百科技钠离子电池参数	30
表 20：华阳股份钠离子电池布局	32
表 21：钠电产业链公司估值对比	33
表 22：各公司钠电池进度情况	34

1、锂涨钠启？钠电发展难得的窗口期

1.1、 锂价具有周期性，钠电更应关注产品定位

锂需求快速增长和潜在地缘政治问题推升锂资源自主可控的重要性，钠电是选项之一。锂矿主要分布在澳洲、南美地区，根据美国地质勘探局 2021 年报告，我国锂资源储量仅占全球 6%，且开采成本较高，我国作为锂电生产大国，上游锂矿、锂盐对外依存度过高。地缘政治问题日益复杂，锂矿作为重要的战略资源，得到各国重视。四川锂矿、盐湖锂、锂云母、锂电回收等都是保障锂资源自主可控的重要途径；而钠电与锂电原理相近，对锂零依赖，亦是重要选项之一。

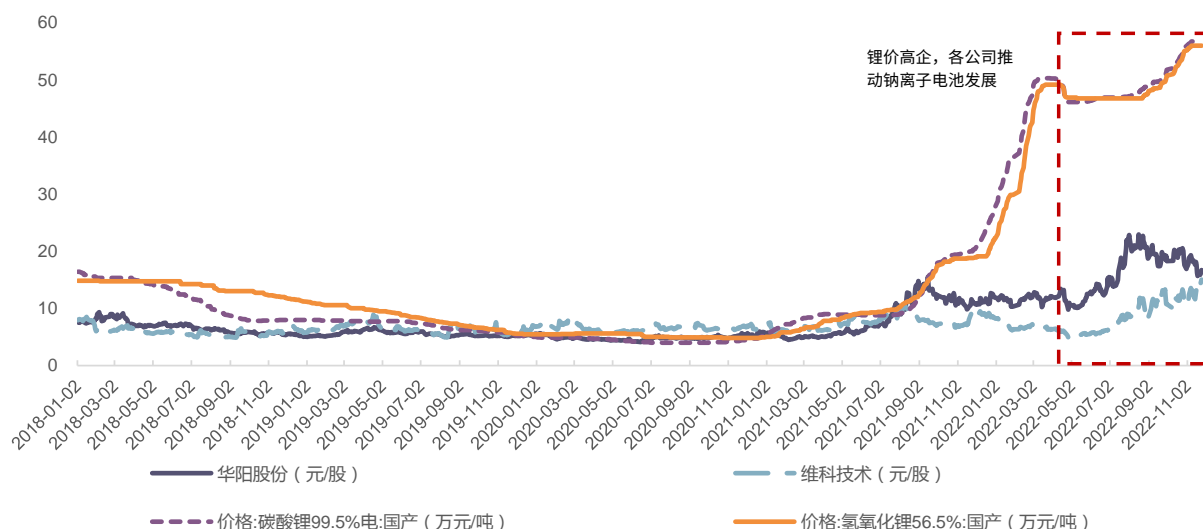
图 1：锂资源主要位于海外，中国锂资源储量仅占全球 6%



资料来源：中国地质调查局全球矿产资源战略研究中心《全球锂、钴、镍、锡、钾盐矿产资源储量评估报告》，光大证券研究所，单位：万吨

2021 年以来，锂资源的供需紧张导致其大幅涨价，锂电池成本持续上升。2020 年开始，随着全球新能源车市场的快速兴起，快速推升了动力电池中锂的需求，同时上游锂矿开采缓慢且存在一定不确定性，锂价迎来快速上涨。根据 Wind 数据，与 2021 年 1 月 1 日价格相比，目前（2022 年 11 月 22 日）碳酸锂价格上涨 1070%，氢氧化锂价格上涨 1120%，价格均达到 56 万元/吨以上。

图 2：锂资源价格高企，推动企业开发钠离子电池



资料来源：Wind，光大证券研究所整理，统计时间截至 20221122

锂价居高不下，钠电作为替代品应运而生。由于钠价远低于锂价，而且钠的分布比锂更为广泛，使得钠电的经济性高于锂电。但是，由于技术原因，钠电在低温性能、倍率性能有一定优势，而在能量密度、循环性能有一定劣势。因此，钠电的应用场景将有所不同。

- (1) 在不考虑回收的情况下，钠电性能优于铅酸电池；
- (2) 在磷酸铁锂低端应用场景，钠电性能劣势不明显。

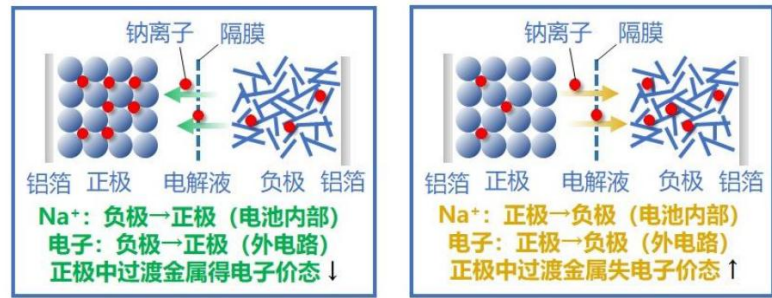
在两轮电动车领域，钠电将有一席之地；在对锂电池性能要求不高的领域，如户储，钠电也可以形成部分替代；电动四轮车领域对成本较为敏感，钠电可以快速进入；A00/A0 级车、低速四轮车等市场用户对成本更加敏感，所以亟需满足技术要求的低成本方案。

钠电当前处于产业化初期，其性能仍在不断进化、成本也在不断下降之中，而钠电相对于锂电的替代范围，也将随着钠电相对于锂电的性价比不同而随之变化，需要密切跟踪。

1.2、从构效关系对钠、锂电池性能进行比较

钠离子电池与锂离子电池的工作原理类似，为嵌脱式电池。充电时， Na^+ 从正极脱嵌，进入负极；放电时， Na^+ 从负极回到正极，外电路电子从负极进入正极，将 Na^+ 还原为 Na 。

图 3：钠离子电池工作原理示意图



资料来源：中科海钠官网

钠离子相对原子质量 22.99，远大于锂的 6.94。单位质量或体积下，材料中能够迁移的离子更少，且在迁移的过程中对材料晶格、反应界面的稳定性造成影响；但钠盐具有较好的导电性能，在液相中传导更快，不易发生枝晶。

由于钠与锂在原子半径上差异较大，映射到在产品性能和材料选型上也有许多差异：

材料构型选择更多：

- (1) 由于钠离子与过渡金属元素离子的半径差异较大，在高温下更容易与过渡金属分离形成层状结构，使其层状氧化物的堆积方式具有多样化。含锂层状氧化物多为 O 型结构，而含钠层状氧化物具有丰富的 P 型和 O 型材料种类。
- (2) 很多在含锂层状氧化物正极中没有电化学活性的过渡金属元素在含钠层状氧化物中具有活性，如 Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu 等元素均具有活性且表现出高度可逆性。

更好的倍率性能：

- (1) 钠离子的斯托克斯直径比锂离子的小，低浓度的钠盐电解液具有较高的离子电导率，可以使用低盐浓度电解液；
- (2) 在锂离子电池中具有优异储能能力的石墨却由于热力学原因几乎不具备储钠能力，所以选择硬碳、软碳等作为负极，使得功率性能得到提升；

更好的安全性能：

- (1) Na 与 Al 不发生混排，正极集流体可以用廉价的 Al 箔材，使得其无过放电问题；
- (2) 可以设计双极性 (bi-polar) 电池，即在同一张铝箔两侧分别涂布正极和负极材料，将极片在固体电解质的隔离下进行周期性堆叠，以进一步提升能量密度；

较低的能量密度和循环寿命：

- (1) 钠离子原子半径较大，同时负极选择硬碳/软碳，克容量较低，整体体积与质量能量密度较低；
- (2) 正极选取兼顾能量密度下的层状氧化物材料，相比磷酸铁锂循环性能较差；
- (3) 电压平台更低，pack 中串联数量更多，导致系统能量密度较低。

表 1：钠离子和锂离子关键指标对比

指标	钠	锂
相对原子质量	22.99	6.94
离子半径/Å	1.02	0.76

电负性	0.93	0.98
质量比容量 (mAh/g)	1165	3861
体积比容量 (mAh/ml)	1131	2062
碳酸丙烯酯中斯托克斯半径/ Å	4.6	4.8
标准电极电位/V	-2.71	-3.04
地壳丰度	2.30%	0.0017%

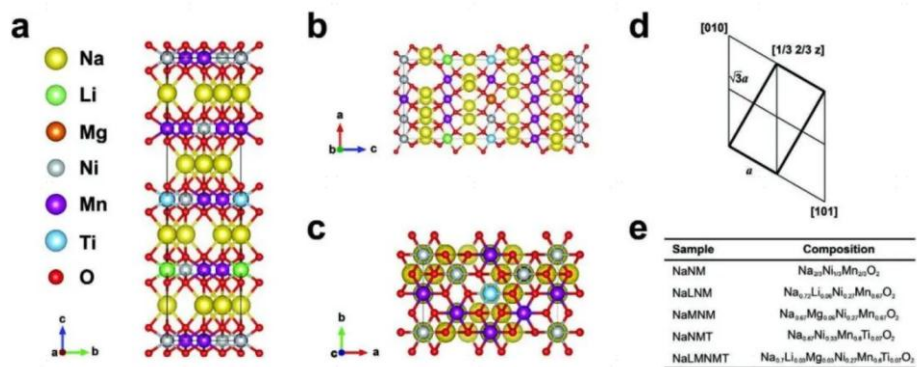
资料来源：胡勇胜《钠离子电池科学与技术》，光大证券研究所整理

层状氧化物钠离子电池目前进展较快，各公司主要通过两方面进行解决循环寿命的问题，一方面通过掺杂发展更加稳定的体系，另一方面研发补钠技术补充循环过程中钠离子的损耗。

采用元素掺杂或者引入缺陷以稀释具有姜·泰勒畸变的过渡金属离子。层状氧化物中往往引入过渡金属以提高性能，然而过渡金属离子溶解是锂离子电池以及钠离子电池中常见的问题，一般具有姜泰勒效应的 Ni、Mn 等过渡金属相比 Co 更容易发生溶解，溶解后的过渡金属离子会迁移到负极并在负极侧沉积，不但会造成负极侧固定电解质中间相(solid electrolyte interface,SEI)膜厚度增加，减少活性 Na^+ ，增加电池内阻，还会持续催化电解液分解，降低了电池的循环寿命。

西安交通大学王鹏飞教授和肖冰教授联合中国科学院化学研究所郭玉国研究员通过基于选定的多种金属离子的协同作用，为 P2 型正极设计了一种有效的策略以提高性能。四价钛 (Ti^{4+}) 提供高氧化还原电位，惰性二价镁 (Mg^{2+}) 稳定结构，一价锂 (Li^+) 平滑电化学曲线。制备的 $\text{P2-Na}_{0.7}\text{Li}_{0.03}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.27}\text{Mn}_{0.6}\text{Ti}_{0.07}\text{O}_2$ 电极具有 134mAhg^{-1} 的可逆容量、3.57V 的工作电压、优异的循环稳定性 (200 次循环后容量保持率为 82%) 和优异的倍率性能 (4C 条件下为 110mAhg^{-1})。

图 4: $\text{Na}_{0.7}\text{Li}_{0.03}\text{Mg}_{0.03}\text{Ni}_{0.27}\text{Mn}_{0.6}\text{Ti}_{0.07}\text{O}_2$ 正极构成



资料来源：Zhiwei Cheng, et al 《Mitigating the Large-Volume Phase Transition of P2-Type Cathodes by Synergetic Effect of Multiple Ions for Improved Sodium-Ion Batteries》 (a-c) $\text{Na}_{0.22}\text{Li}_{0.03}\text{Ni}_{0.22}\text{Mn}_{0.22}\text{O}_2$ 的晶体结构；(d) 六方晶体的晶格向量与六方晶格在 (0001) 面的晶格取向关系；(e) 五种化合物的具体组成。

中科海钠胡永胜通过开发铜铁锰层状氧化物将循环寿命提升到 6000 周以上。胡勇胜等在 Cu 基的 $\text{P2-Na}_{2/3}[\text{Cu}_{1/3}\text{Mn}_{2/3}]\text{O}_2$ 和 $\text{P2-Na}_{7/9}[\text{Cu}_{2/9}\text{Fe}_{1/9}\text{Mn}_{2/3}]\text{O}_2$ 的基础上，通过调整元素比例，设计合成了 $\text{O3-Na}_{0.9}[\text{Cu}_{0.22}\text{Fe}_{0.3}\text{Mn}_{0.48}]\text{O}_2$ ，在 2.5~4.05V 可以实现 $100\text{mA}\cdot\text{h/g}$ 的可逆比容量，平均工作电压可达 3.2V，并且具有优异的循环稳定性。值得一提的是， Cu^{2+} 不但可以提供电荷补偿 ($\text{Cu}^3/\text{Cu}^{2+}$)，还可以有效提高材料的空气稳定性，是目前为数不多的具有空气和水稳定性的钠离子层状正极材料之一。在该材料中加入 Ni 可以进一步提高其比容量， $\text{O3-Na}[\text{Cu}_{1/9}\text{Ni}_{2/9}\text{Fe}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}]\text{O}_2$ 在 2.0~4.0V 具有 127mAh/g 的可逆比容量，平均工作电压约为 3.1V。

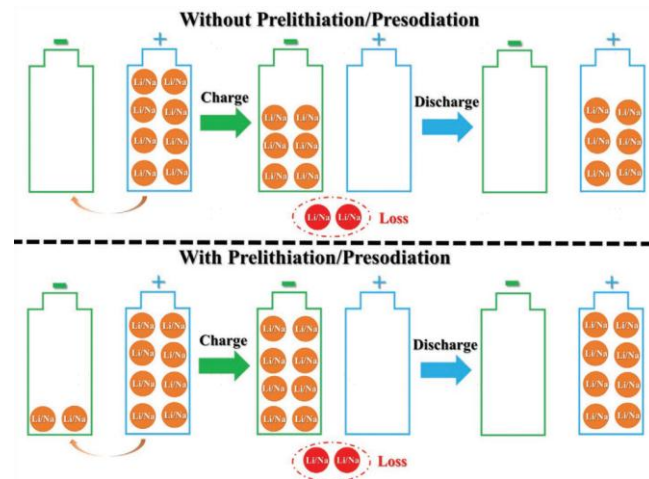
表 2：钠离子电池正极材料体系对比

正极材料体系	普鲁士白类	镍铁锰层状氧化物	铜铁锰层状氧化物
平均电压	3.2 V	2.9 v	3.2 V
循环寿命	1200 周 98%	1000 周 92%	6000 周 80%
比能量	~120 W·h/kg	100~120 W·h/kg	~150 W·h/kg
环保特性	前驱体 NaCN 剧毒	无毒	无毒
成本	低	高	低

资料来源：胡永胜《钠离子电池科学与技术》

通过补钠技术可以提高钠离子电池的能量密度以及循环寿命。2020 年，Liu Xiaoxiao 等通过简单的硬碳负极喷涂 Naph-Na 溶液，可以补充 60mAh/g 的克容量，同时 $\text{Na}_{0.9}[\text{Cu}_{0.22}\text{Fe}_{0.30}\text{Mn}_{0.48}]\text{O}_2$ 硬碳体系的全电池可以从 141Wh/kg 提升到 240Wh/kg。另一方面，同补锂技术类似，补钠能够提升循环寿命。但是对于主流的层状氧化物钠离子电池，由于结构相比于磷酸铁锂橄榄石结构不太稳定，同样补钠/补锂之后循环寿命仍然有所差距。

图 5：补锂/补钠的机理



资料来源：Kangyu Zou, et al 《Prelithiation/Presodiation Techniques for Advanced Electrochemical Energy Storage Systems: Concepts, Applications, and Perspectives》，光大证券研究所整理

表 3：补钠的各种方案

分类	方法	原理	试剂	劣势
负极预钠化	化学法	用低电势的含钠化学试剂与负极材料发生化学反应进行补钠	惰性钢粉 钠块 熔融钠 钠-有机复合物溶液(如联苯、蔡)	钠化试剂化学稳定性差，与极性溶剂和空气反应等
	电化学法	负极与钠片装配电池，对其小电流放电，电解液中的钠离子会在负极还原，钠化负极	钠片、隔膜、电解液、外壳等	涉及电池预组装和拆卸，制备过程复杂
正极补钠	电化学法	首周充电时，正极材料或正极一添加剂中过量的钠不可逆迁移至负极，钠化负极	正极富钠添加剂（如 NaN_3 ）正极富钠材料	需解决富钠材料与正极活性物质一同配料和涂布的工艺

资料来源：胡勇胜《钠离子电池科学与技术》，光大证券研究所

对于钠离子电池，循环性能、倍率性能、能量密度是不可能三角，目前研发进度较快的层状氧化物铜铁锰基，镍铁锰基体系循环寿命在 4000-5000 次。根据文献，层状氧化物体系兼顾倍率性能的产品循环能达到 5000 次。未来补钠技术如果成熟应用，可以进一步提高整体循环寿命，然而目前技术尚不成熟，后续发展仍需持续观察。

1.3、成本是优势，性能、成本决定综合性价比

产业化初期钠离子电池成本不具有显著优势，上下游协同助力成本下降。在产业化初期，正负极、六氟磷酸钠电解液等原材料开发尚不成熟，钠离子电池成本较高，与磷酸铁锂电池相比并无竞争优势。在锂价下降到低位之前，通过产业链上下游合作进行快速降本将是决定钠离子电池后续能否大量应用的关键因素。

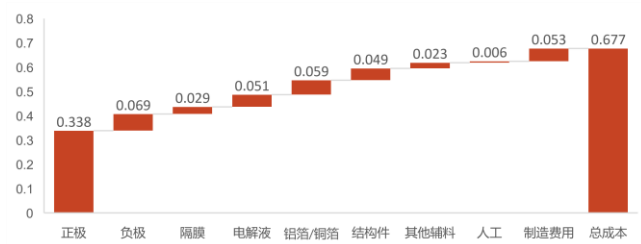
规模化量产，钠离子电池相比于锂离子电池的突出优势在于其成本。截至 2022 年 11 月 22 日，电池级碳酸锂价格在 56 万/吨，处于历史高位。根据我们测算，考虑钠离子电池各原材料规模化量产，若按照 56 万元/吨的碳酸锂价格和 2700 元/吨的碳酸钠价格，而锂电其他材料按照 2022 年 11 月 13 日的基准测算，钠离子电池电芯成本相较磷酸铁锂电池绝对成本差距约 0.25 元/Wh；而按照碳酸锂 25 万元/吨，锂电池其他原材料依然按照 2022 年 11 月 13 日价格水平，磷酸铁锂与钠电池绝对成本差距将缩减到 0.09 元/Wh。如果锂价长期处于高位，钠离子电池原材料价格的优越性将不断凸显。相比于锂离子电池，钠离子电池电芯中材料成本占比更低，人工和制造费用占比更高。在 NCM811 锂电池电芯成本构成中，电池材料占据整体成本的 93%，磷酸铁锂电池电芯的材料成本占比 91%，而在铜铁锰基氧化物钠离子电池电芯中，电池材料成本占比更低，约为 79%，其中钠离子电池正极材料占比仅为 22%。

图 6：NCM811 锂电池电芯成本结构



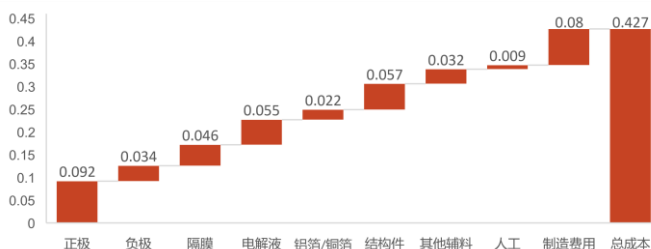
资料来源：光大证券研究所测算，元/Wh，材料价格截至 2022 年 11 月 13 日

图 7：磷酸铁锂电池电芯成本结构



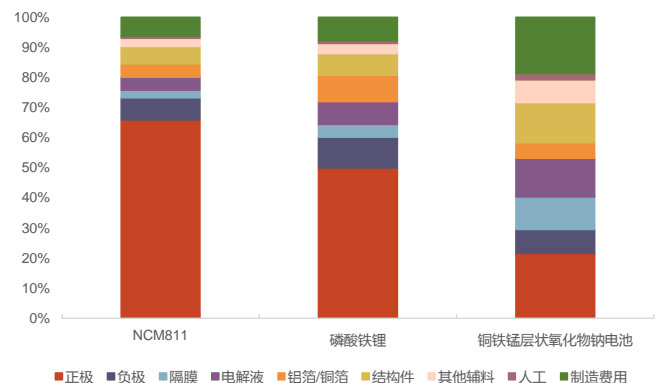
资料来源：光大证券研究所测算，元/Wh，材料价格截至 2022 年 11 月 13 日

图 8：铜铁锰基氧化物钠电池电芯成本结构



资料来源：光大证券研究所测算，元/Wh，材料价格截至 2022 年 11 月 13 日

图 9：各化学体系成本构成对比

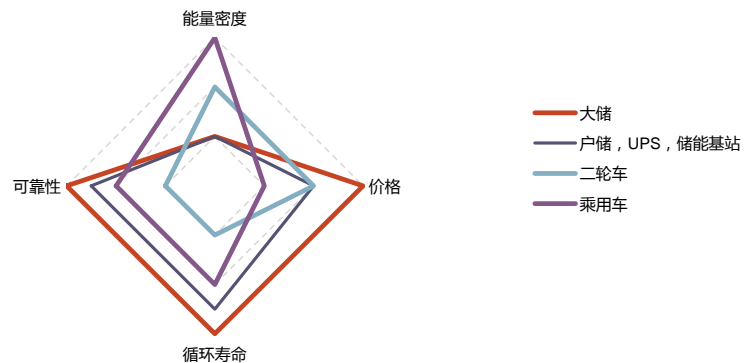


资料来源：光大证券研究所测算，截至 2022 年 11 月 13 日，其中主要成本差异来自于正极材料

各应用场景对电池技术参数要求侧重点不同：

- (1) 储能应用侧重于循环寿命与可靠性，由于空间相对较大，运行工况简单，所以能量密度要求较低。其中大储对循环寿命以及可靠性要求较高，户储、UPS、基站储能对这两个指标要求相对较低；
- (2) 两轮车有较强的消费属性，整车替换周期为 2-3 年，对电池性能要求不高，钠电池可以作为铅酸电池的替换，但铅酸更易回收；
- (3) 乘用车由于使用年限较长，空间有限，对电池的可靠性、循环寿命、能量密度要求较高。同时低端车受制于成本的压力，对电池的成本要求也较高。

图 10：各应用场景对电池各项指标侧重点不一



资料来源：光大证券研究所绘制

各应用场景的评价要素与核心影响因素也不同。储能侧重于循环寿命、可靠性，对能量密度要求较低，其中大储使用 LCOE（平准化度电成本）评判成本高低，钠离子电池虽成本低，但循环性能低，并没有优势；户储/UPS/5G 基站对标磷酸铁锂电池价格，侧重购置成本，循环寿命要求相对较低；两轮车对标铅酸电池，有较强的消费属性，对性能要求不高；乘用车对标低端磷酸铁锂电池，同时对电池的可靠性、循环寿命、能量密度要求较高。

表 4：各场景成本评价要素与核心影响因素

	评价要素	影响因素
储能	LCOS（大储），磷酸铁锂电池价格（户储，UPS，基站）	购置成本，替换成本，循环寿命
两轮车	铅酸电池价格	购置成本，产线投资
新能源车	低端磷酸铁锂价格	购置成本

资料来源：光大证券研究所

成本是钠电的核心优势，应用场景需综合考虑“性价比”。虽然目前 56 万/吨碳酸价格下，规模化量产的钠电池电芯成本相较磷酸铁锂电池降低 0.25 元/Wh，但由于其回收成本较高，所以综合成本会有所提升。另外，若能量密度、循环性能达不到锂电池 60-70%，则会影响钠电池应用的综合性价比。因此，目前来看，钠电池是锂电池的重要补充，应用场景需综合考虑成本、性能。

2、钠电综合性价比如何匹配各应用场景

2.1、户储、基站、UPS 领域，钠电率先攻城略地

户储对循环寿命以及性能要求较低，系统容量不大，安全性管控较易。To C 属性的户储容量为~100kWh 级别，容量较小，对电池的循环寿命要求较低，一般要求为 6000 次左右，钠离子在产业化初期已经接近此要求。同时户储电芯数

量较少，往往只有 20~40 只电芯，容量为 100Ah 左右，整体系统电量仅相当于 1/10 台 BEV，一致性和安全性管控较易。

图 11: ATL48V/6.5kWh 户储电柜



资料来源：新能安官网，光大证券研究所整理

表 5: 户储对电池的要求较低

	户储
容量	50-100Ah
系统电量	6.5kWh
寿命	6000 次
能量密度	150Wh/kg
倍率	0.5C
质保年限	10 年

资料来源：新能安官网，光大证券研究所整理

在户储领域，电池性能、循环寿命要求较低，购置成本是核心评判指标。钠离子电池循环寿命能做到 4000-5000 次，在户储领域由于不一定满充满放，对电池循环寿命损伤较低，而且质保年限通常为 10 年，按每天充放电一次来算，钠离子电池能够满足此领域的要求。同时户储产品体积较小，钠离子电池体积能量密度较低的问题不会对成本和占地面积造成太大的影响。而户储用户更关心成本，所以钠离子电池购置成本就是核心评判指标。随着钠离子电池产业化的进行，我们认为钠离子电池有望在此应用场景对磷酸铁锂电池实现快速替代。

基站电池和 UPS 都是作为备用电源来使用，对循环寿命的要求较低，而对抗浮充性能、电量衰减率和日历寿命要求较高。备用电源设备往往采用电网供电，只有当停电发生的时候才进行工作，由于看重成本，以往往往采用梯次利用的磷酸铁锂电池作为备用电源。随着性能要求提升，宁德时代在 5G 基站领域推出了 100Ah 的电芯。在 UPS 场景中，电压范围变化较大，宁德时代推出了 20Ah 的圆柱电池来适配不同的电压范围。钠离子电池循环寿命较长，有望满足此场景应用，因此类似于户储的应用逻辑，当规模化降本进行之后，有望在此领域快速进行替代。

图 12：宁德时代基站电池



资料来源：宁德时代官网

图 13：宁德时代基站解决方案



资料来源：宁德时代官网

表 6：基站电池电芯

电芯参数	
材料	LFP
容量 (Ah)	100
充放电倍率 (P)	1
循环寿命 (25°C, 0.5C/0.5C@70%SOH)	6000
尺寸 (L*W*H) (mm)	160*49.9*116.0

资料来源：宁德时代官网

图 14：宁德时代 UPS 电芯



资料来源：宁德时代官网

图 15：宁德时代 UPS 解决方案



资料来源：宁德时代官网

表 7：UPS 电池电芯和电柜参数

项目	电芯	电箱	电柜(电箱数 8/10/12)		
配置		4P16S	4P128S	4P160S	4P192s
尺寸[mm]	46*145[DL]	480*750*130[W*D*H]	600*900*2000[W*D*H]		
重量[kg]	0.53	50	600	700	800
额定电压[V]	3.2	51.2	410	512	614
电压范围[V]	2.5~3.6	40~57.6	320~461	400~576	480~691
额定容量[Ah]	20	80	80		
额定电量[kWh]	0.064	4.096	32.768	40.96	49.152

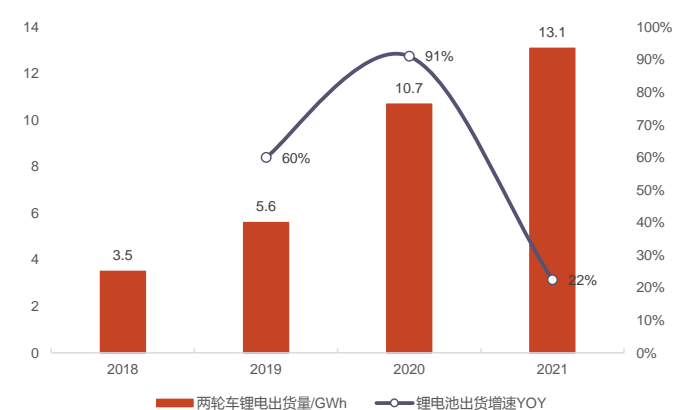
资料来源：宁德时代官网

23 年是钠离子电池产业化元年，规模效应尚未显现，对锂电池冲击较小，而 24 年开始，各电池厂产能释放出来，规模效应有望显现，我们预计将会先行在户储/UPS/基站储能市场快速替代，之后渗透率进一步提升。其中户储涉及到海外认证，并受到欧洲能源价格等因素影响，较 UPS 和基站领域替代速度稍慢，我们预测 23-26 年渗透率 1%/5%/13%/25%。2018 年中国铁塔宣布停止采购铅酸电池，统一采购梯次锂电池，所以我们认为钠电池随着成本降低在 UPS 和基站领域有望快速替代，我们预测 23-26 年渗透率为 3%/5%/16%/25%。

2.2、看好钠电在两轮车应用，未来需考虑回收成本

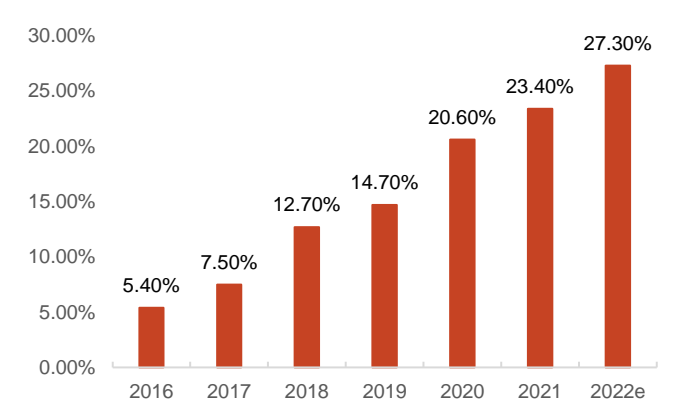
锂离子电池在两轮车市场渗透放缓，成本成为核心限制因素。自 2019 年两轮车新国标颁布实施以来，锂离子电池渗透率逐年攀升，然而两轮车售价较低，用户对成本极其敏感。2021 年开始，锂离子电池成本上升，在两轮车领域渗透放缓。

图 16：锂离子电池在两轮车领域销量增速放缓



资料来源：EVTank，光大证券研究所整理

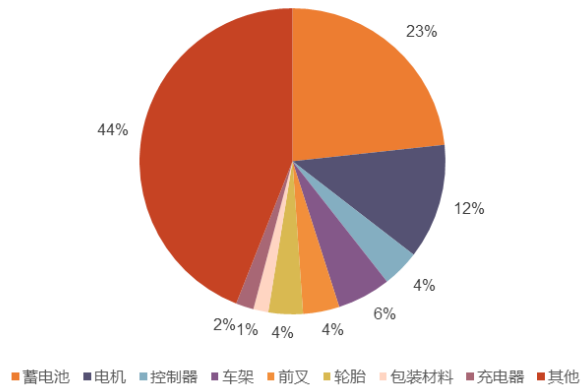
图 17：锂离子电池在两轮车领域渗透率逐年爬升



资料来源：艾瑞咨询《中国两轮电动车行业白皮书》，光大证券研究所整理

两轮车市场目前仍然大量使用铅酸电池，锂离子电池渗透率突破 20% 后增速放缓。其核心原因在于消费者对于购置成本较为敏感。一只铅酸蓄电池约 450 元，寿命 2 年；一只锂离子电池约 1,000 元，寿命 4 年（电池价格约 0.9 元/Wh，1.2kWh）。虽然在完整使用寿命周期下铅酸蓄电池和锂离子电池成本相差不大，但是考虑消费者心理和行为，消费者更习惯于购买更便宜的铅酸蓄电池。因此，在锂离子电池替换铅酸电池的大趋势下，电池厂和两轮车厂也往往更加倾向于选择成本更低的体系。目前两轮车市场锂离子电池中大量使用 LMO（锰酸锂）以及 LFP 电池。随着钠离子电池产业化推进，我们认为其将首先在两轮车领域进行应用，率先替代锂离子电池目前占据的高端两轮车市场，后续随着钠离子电池价格的不断下降，也将逐步向下蚕食铅酸电池的市场份额。2021 年 7 月爱玛科技在经销商大会上亮相的全球首批钠离子电池驱动的双轮电动车将搭载由钠创新能源研发的钠离子电池，标志着钠离子电池两轮车应用从示范逐步走向量产。

图 18：2021 年两轮车成本构成



资料来源：爱玛科技招股说明书，光大证券研究所 注：图为铅酸电池成本占比

钠离子电池参数介于铅酸电池与磷酸铁锂电池之间。相比于铅酸电池，钠离子电池在能量密度上大幅提升，同时低温放电性能好，充电速度快，在技术上完全可以对铅酸电池进行替代。

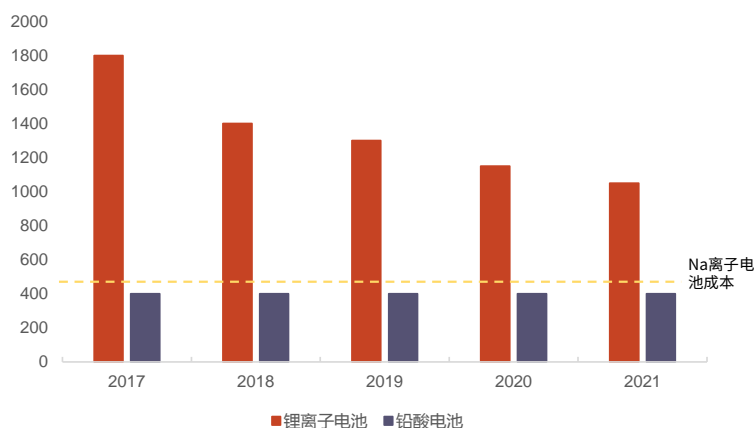
表 8：钠离子电池、磷酸铁锂电池、铅酸电池在两轮车上性能对比

项目	钠离子电池	磷酸铁锂电池	铅酸电池
质量能量密度	100-200Wh/kg	120-200Wh/kg	30-50Wh/kg
体积能量密度	180-280Wh/L	300-450Wh/L	60-100Wh/L
工作电压	1.5V~3.95V	2.0V~3.8V	2.0V
循环次数	2000-4500 次	4000-6000 次	低于 1000 次
低温性能	-20℃放电效率 90%	-20℃放电效率 70%~75%	-20℃放电效率小于 60%
充电速度	15 分钟 80%以上	20-30 分钟 80%	约 1 小时 80%，快充易损伤电池
其他优势	耐过放电性能好，安全性好	倍率性能好，无记忆效应	成本低 无记忆效应 基本可完全回收 大电流放电性能好 高低温放电性能好 浮充寿命及安全稳定性好
其他缺点	截止电压较低，BMS 不好监控，尚未产业化	成本高 安全性能较差 大电流放电性能较差 大容量制造技术尚待进步	富液式电池存在一定的排放污染

资料来源：爱玛科技招股说明书，中国储能网，光大证券研究所整理

成本方面，钠离子电池购置成本有望接近铅酸电池。不同于锂离子电池，钠离子电池由于正极材料成本很低，同时安全性能良好，在 pack 冗余设计上也可以进一步降低，所以综合物料成本有望接近铅酸电池。但是钠离子电池目前依然使用锂离子电池产线，设备投资成本在 2 亿元/GWh 左右，而铅酸电池设备与工艺成熟，每 kVAh 投资成本更低，因而摊销成本更低。

图 19：两轮车上锂离子电池与铅酸电池成本变化对比



资料来源：艾瑞咨询《中国两轮电动车行业白皮书》，光大证券研究所整理，单位：元/Wh

钠电池回收价值较低，需考虑回收成本。铅酸电池中铅价值量较高，已经建立起成熟的回收体系。钠离子电池正极材料中 Na 的价值量不高，而镍、铁、锰等含量较低，钠离子电池在退役之后，可能遭遇磷酸铁锂电池在锂价低位时因回收成本较高而导致的回收难的问题。

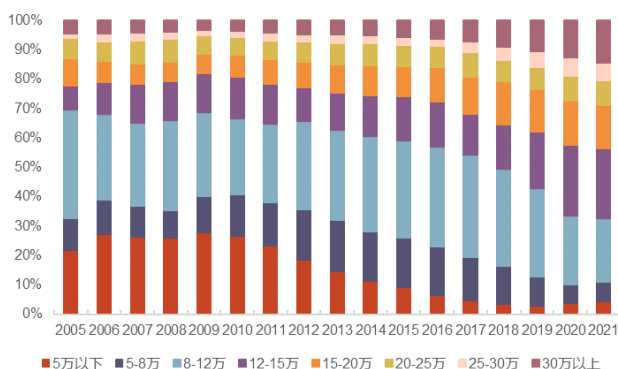
综合来看，钠离子电池会首先在两轮车领域实现对锂离子电池的替代，而对于铅酸电池，钠离子电池在产业化之后也不会完全对铅酸电池进行替代，而是要随着循环等问题解决后逐步完成向低价格带两轮车市场的渗透。我们认为整个产业链有望在 2024-2025 年随着购置成本降低和循环过程的完善，开始形成对锂离子电池加速替代。我们预测 23-26 年钠电池在两轮车市场的渗透率为 1%/5%/17%/25%。

2.3、12 万元以下电动车型将成为钠电主力替代区间

与过往传统车型的销量结构不同，目前乘用车整体和新能源车结构呈现以下趋势：

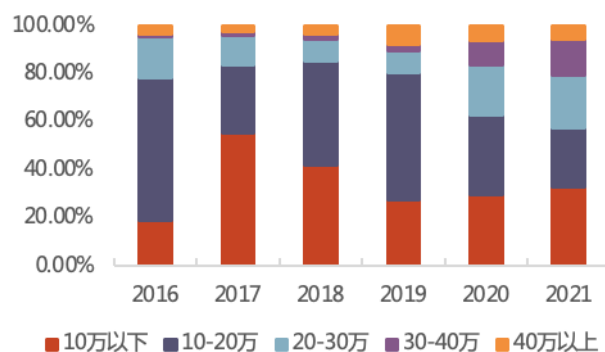
- (1) 乘用车整体变化趋势为高端车型占比提升，低端车型占比下降，8-20 万车型占 50%以上份额；
- (2) 新能源车中 10 万以下车型和 20 万以上车型占销量主导，其中价格在 10 万以下的 A00 级别，新能源车渗透率接近 100%。

图 20：乘用车分价格带市场份额变化



资料来源：中汽协，光大证券研究所整理

图 21：新能源车分价格带市场份额变化



资料来源：乘联会，光大证券研究所整理

A00/A0 级车多处于 12 万以下价格带，单车带电量不大，不同类型电池带来的重量、续航里程差异较小。A0/A00 级车多有磷酸铁锂版本与三元电池版本，虽然电芯层级磷酸铁锂（160Wh/Kg）与三元电池（240Wh/kg）差距近 50%，然而整备质量、续航里程以及单车带电量差距较小。这是由于电池占整车质量比重不大，同时车内空间较为充裕的缘故。

表 9：A00 级车五菱宏光 miniev 三元与铁锂版本整备质量一致

	五菱宏光 MINIEV 2021 款马卡龙时尚 款三元锂	五菱宏光 MINIEV 2021 款马卡龙时尚 款磷酸铁锂	五菱宏光 MINIEV 2021 款马卡龙臻享 款三元锂	五菱宏光 MINIEV 2021 款马卡龙臻享 款磷酸铁锂
经销商报价/万	3.76	3.76	4.36	4.36
上市时间	2021.04	2021.04	2021.04	2021.04
续航里程(km)	120	120	170	170
整备质量(kg)	665	665	700	700
电池类型	三元锂电池	磷酸铁锂电池	三元锂电池	磷酸铁锂电池
电池电量(kWh)	9.2	9.3	13.8	13.9
电池占整车价格比例	29%	25%	38%	32%

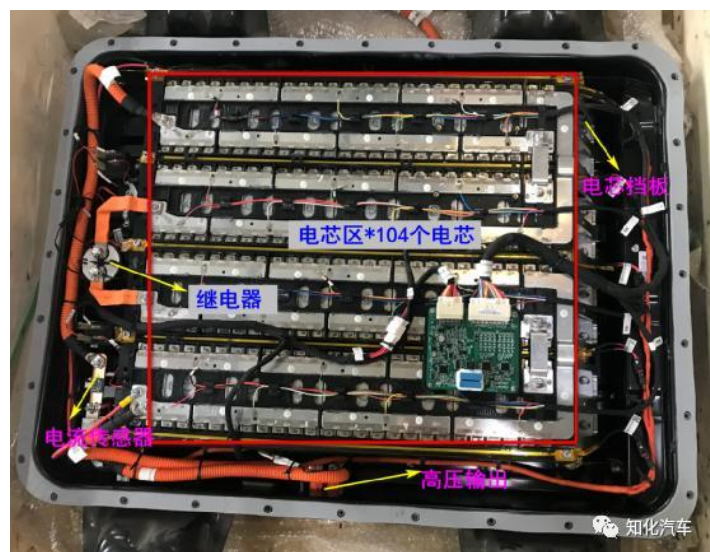
资料来源：懂车帝，202201 价格，光大证券研究所测算整理

表 10：典型 A0 级车三元与铁锂版本性能差距不大

	海豚 2021 款时尚版	欧拉好猫 2021 款 标准续航维纳斯版三元锂 电池	欧拉好猫 2021 款 标准续航维纳斯版磷酸 铁锂电池
经销商报价/万	11.18	11.38	11.38
上市时间	2021.08	2021.03	2020.11
续航里程(km)	405	401	401
整备质量(kg)	1405	1470	1510
电池类型	磷酸铁锂电池	三元锂电池	磷酸铁锂电池
电池容量(kWh)	44.9	45.99	47.8
电池占整车价格比例	33%	39%	34%

资料来源：懂车帝，202201 价格，光大证券研究所测算整理

图 22：五菱宏光 miniev 电池包构造



资料来源：知化汽车，光大证券研究所

钠离子电池技术满足需求，在新能源车领域替代部分低端磷酸铁锂。宁德时代公布钠离子电池能量密度有望达到 160Wh/kg，媲美磷酸铁锂。根据中科海钠 106Wh/kg 的量产能量密度推测，钠离子电池在整车上应用的能量密度有望维持较高水平，可以在技术层面上对磷酸铁锂实现替代。

12 万以下车型价格敏感度较高，钠离子电池有望实现替代。12 万以下车型大多采用磷酸铁锂方案，原因是电池成本占整车比重较高，整车利润较低，对成本极其敏感，而且整车续航里程较短，多数定位城市内通勤车，空间较大，对电池技术要求较低。电池厂往往在化学体系、结构创新，以及商业模式创新上提出更具有性价比的解决方案来满足这部分需求。如宁德时代提出钠离子电池、AB 电池、换电等方案适配这一区间整车需求。**我们认为考虑到此价格带用户的价格敏感程度，这将是钠离子电池最有竞争力的区间，而具体渗透程度要依据各电池厂商生产能力来决定。**

锂价高企，低价位车停止接单。在 2022 年初的碳酸锂涨价过程中，低价位单车带电量较高的车型纷纷选择停止接单，以缓解原材料上升带来的压力。原因在于该价格带用户对于涨价承受能力有限，车企也不愿意通过涨价来损害自己的品牌，影响消费者后续购买热情。

表 11：不同化学体系电池占整车售价比例

车型	价格带 (万元)	经销商报价 (万元)		电池类型对应带电量 (kWh)			电池成本占整车价格比例		
		三元	铁锂	三元	铁锂	钠离子 (预测)	三元	铁锂	钠离子
五菱宏观 mini ev	0-8	4.36	4.36	13.8	13.9	15	31%	29%	22%
长安奔奔		5.98	5.98	32.2	31.2	33	62%	52%	41%
欧拉黑猫		6.98	6.98	28.5	30.3	32	47%	43%	34%
比亚迪海豚	8-12		11.18		44.9	47		40%	32%
欧拉好猫		11.38	11.38	45.99	47.8	50	46%	42%	33%

资料来源：懂车帝，2022Q1 价格（未涨价），三元和铁锂电池基于碳酸锂 50 万元/吨的价格水平，钠电基于规模化量产后的成本测算，假设三元电池 1.15 元/Wh，磷酸铁锂电池 1 元/Wh，钠离子电池 0.75 元/Wh，光大证券研究所测算整理

表 12：车企 A00/A0 级车部分车型停止接单

公司名称	车型	售价 (万元)	续航里程	新闻日期
长安汽车	长安奔奔 E-star	2.98	150km	2022/4/24
长城汽车 (欧拉)	黑猫白猫	5.98-15	300-500km	2022/2/23
吉利汽车 (几何)	几何 EX3 功夫牛	6.88-7.8 (涨价前 5.88-6.88)	320km/ 401km	2022/8/5

资料来源：新华网，光大证券研究所整理

规模化降本后钠离子电池的应用使电池占整车售价比例相比 LFP 版本下降 7-11 pcts。12 万以下价格带整车对成本极其敏感，大部分车型定位于换取积分，本身盈利并不高。而钠离子电池替换之后，三元和铁锂电池基于碳酸锂 50 万元/吨的价格水平，钠电基于规模化量产后的成本测算，电池成本相较于 LFP 版本占整车售价比例下降 7-11 pcts，这使得这些车型成本压力大大降低，同时商业定位也有望从积分车型转向盈利车型。

由于车规级的电池验证周期较长，而且钠离子电池产品尚在初期，经验数据不足，21 年开始宁德时代宣布研发钠离子电池，我们认为 23 年无法形成大规模出货，至少要等到 24 年以后才会有 GWh 的车规级电池量产出货，同时 A0 级车不同于 A00 级车，空间冗余度有限，续航里程要求较高的车型可能无法实现纯钠离子电池的应用，**所以预测该领域 23-26 年渗透率 1%/5%/10%/20%。**

2.4、循环性能受限，谨慎看待钠电在大储应用

大储对循环寿命和性能要求高，系统容量大，安全性和一致性管控难。To B 属性的大储单个 EPC 容量大，为 MWh 级别，对电池的循环寿命和可靠性要求高，目前系统规划应用年限为 20 年，对应电池的循环寿命要求在 10000 次以上，磷酸铁锂体系电芯通过补锂、正极改善等技术可以达到此水平，然而钠离子电池电芯循环寿命在 4000-5000 次，远低于磷酸铁锂电池，在大储使用场景中往往需要进行多次替换；同时大储系统电芯数量多，往往有 3000~4000 只电芯，且容量较大，为 280Ah+，一旦发生安全事故，整体损失较大，所以一致性和安全性管控较难。

图 23：海辰新能源 3.58MWh 工商业储能集装箱



资料来源：海辰新能源官网，光大证券研究所整理

表 13：大储对电池的循环寿命要求更高

	大储
容量	280Ah/302Ah+
系统电量	3.6MWh
寿命	10000 次
能量密度	160Wh/kg
倍率	0.5C-1C
质保年限	20 年（6 年以上需要加质保金）

资料来源：海辰新能源官网，光大证券研究所整理

中科海钠目前量产钠离子电池主要用作小动力（两轮车）与户用储能系统。目前中科海钠量产钠离子电池能量密度在 106Wh/kg、242Wh/L，相比磷酸铁锂电池有近 50%的差距。两轮车领域由于对循环寿命和能量密度要求不高，目前率先应用。但是在储能领域，以海辰 LFP 电池与中科海钠钠离子电池为例进行对比，体积能量密度 54%的差距代表着占地面积以及冷却面积的增加，并将带来额外的成本提升。

表 14：锂离子电池与钠离子电池参数对比

项目	圆柱 26700	方壳 73174204	海辰电芯 71173204
形状	圆柱钢壳	方型铝壳	方型铝壳
化学体系	Na	Na	LFP
额定容量	3.0Ah RT@0.2C Discharge	200Ah RT@0.2C Discharge	280Ah RT@0.2C Discharge
质量能量密度	106Wh/kg	/	>160Wh/kg
体积能量密度	242Wh/L	232Wh/L	358Wh/L
标称电压	3.0V	3.0V	3.2V
标准充电	0.2C CC to 3.05V, CV to 0.05C	0.2C CC to 3.95V, CV to 0.05C	/
标准放电	0.2C DC to 1.5V	0.2C DC to 1.5V	/
充电截止电压	3.95V	3.95V	3.65V

放电截止电压	1.5V	1.5V	2.5V/2.0V
持续最大充电电流	2C	2C	/
持续最大放电电流	5C	5C	/
电芯重量	≤85g		/
循环寿命	5000 周≥80%	5000 周≥80%(1C CC3.85V/1C 1.5V)	≥10000 周(@70%)
不同温度放电	80°C(1C)≥90% -20°C(1C)≥85%	80°C(1C)≥95% -20°C(1C)≥85%	/

资料来源：中科海钠动工仪式宣传 PPT，海辰新能源官网，光大证券研究所

表 15：中科海钠钠离子电池 pack 规格

型号	长/mm	宽/mm	高/mm	重量/kg	规格	电芯类型
储能 48V200Ah	900	480	350	105	48V200Ah	方形 73174204
储能 72V200Ah	1200	480	350	160	72V200Ah	方形 73174204
小动力 48V21Ah	598	156	184	10.3	48V21Ah	圆柱 26700

资料来源：中科海钠动工仪式宣传 PPT，光大证券研究所整理

在大储领域，钠电池能否成为锂离子电池的替代，平准化度电成本（Levelized Cost of Energy, LCOE）是核心判定指标。不同于户储领域电池性能基本满足要求，大储领域由于对于电池性能要求更高，循环寿命以及初始购置成本等将会影响到 LCOE。

在此我们计算磷酸铁锂电池、钠离子电池产业化初期、钠离子电池规模化生产，三种情况下的 LCOE，并进行对比：

我们采用净现值法计算储能电站的收益。对于储能项目，现金流入为放电电量的电费收入和其他来源收入。NPV 等于 0 时的放电电量电价即为全生命周期储能度电成本。 $NPV = \sum (收入 - 成本) / (1 + 折现率)^{第 n 年}$ 。令 $NPV = 0$ ，得到上网电价，即度电成本。

收入计算方法

第 n 年的收入 = 第 n 年的上网放电电量 * 上网电价 + 第 n 年的其他收入

其中，年上网电量与储能容量、自放电率、循环衰退率、年循环次数和放电深度有关。

成本测算方法

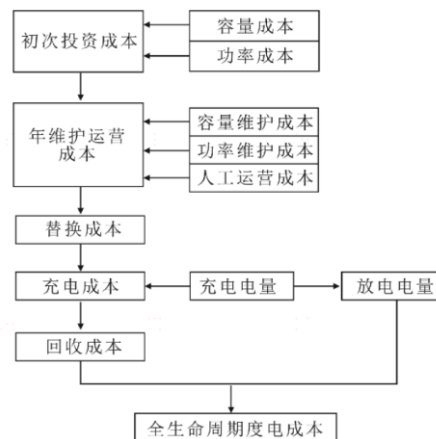
第 0 年的成本 = 初次投资成本

第 n 年的成本 = 年运营维护成本 + 替换成本 + 充电成本 + 回收成本 ($n \geq 1$)

具体如下：

- (1) 初始投资成本，指储能系统建设时投入的总成本；
- (2) 年运营维护成本，指储能系统每年运行和维护过程中产生的费用，可拆解为容量维护成本、功率维护成本和人工运营成本；
- (3) 替换成本，指由于储能系统组件寿命等因素，需要按照指定的时间间隔进行更换，在替换组件过程中所产生的费用；
- (4) 回收成本，指储能系统在使用寿命终止时项目拆除所产生的费用和设备二次利用带来的收入之差，若拆除成本大于二次利用带来的收入，则回收成本为正值；反之则回收成本为负值。

图 24：成本计算方法示意图



资料来源：《储能技术全生命周期度电成本分析》文军等

核心假设：基于当前时点的技术与成本情况

在计算储能技术全生命周期成本之前，我们做出如下假设：

（注：关于磷酸铁锂电池储能的核心假设来自于文军的论文《储能技术全生命周期度电成本分析》，钠离子电池储能核心假设是参考磷酸铁锂电池储能）

- 1) 假设储能电站仅依靠调峰获利，每年其他收入为 0。
- 3) 假设磷酸铁锂电池、钠离子电池（初期）和钠离子电池（规模化）的储能时间为 2h，电站的使用寿命均按 20 年设计，电池的循环寿命分别按 8000 次、3500 次和 4300 次计算。当电池达到使用寿命时，更换电池部分，其他设备无需更换。根据电化学性质决定，磷酸铁锂电池的循环寿命 > 钠离子电池（规模化）的循环寿命 > 钠离子电池（初期）的循环寿命。
- 4) 假设磷酸铁锂电池和钠离子电池储能的装机功率均为 10MW。
- 5) 假设磷酸铁锂电池和钠离子电池的储能效率分别为 88%/80%。
- 6) 假设放电深度均为 90%。
- 7) 假设自放电率均为 0%。
- 8) 假设循环衰退率均为每次 0.004%。
- 9) 假设均不考虑回收成本（即使用寿命到期时，残值为 0），等效充放电次数均按 1 天 2 次循环，年循环 660 次计算。
- 10) 考虑充电电价为 0.288 元/kWh。

表 16：各情况下磷酸铁锂电池与钠电池储能应用假设

项目	磷酸铁锂电池储能 (2 次 2h)	钠离子电池 (初期, 2 次 2h)	钠离子电池 (规模化, 2 次 2h)
储能容量/(MW·h)	20	20	20
装机容量/MW	10	10	10
单瓦时成本(元/Wh)	1.7	2	1.45
初次投资成本/万元	3400	4000	2900
单位容量维护成本/(元·(W·h) ⁻¹)	0.02	0.02	0.02
单位功率维护成本/(元·W ⁻¹)	0.02	0.02	0.02
运营人工成本/万元	75	75	75
年运行维护总成本/万元	275	275	275

单位容量替换成本 / (元·(W·h) ⁻¹)	0.9	0.7	0.7
报废成本率 / %	0	0	0
折现率 / %	8	8	8
储能效率 / %	88	80	80
放电深度 / %	90	90	90
自放电率 / %	0	0	0
循环寿命 / 次	8000	3500	4300
使用寿命 / a	20	20	20
循环衰退率 / (%·次 ⁻¹)	0.004	0.004	0.004
年循环次数 / (次·a ⁻¹)	660	660	660
充电电价 / (元·(kW·h) ⁻¹)	0.288	0.288	0.288

资料来源：《储能技术全生命周期度电成本分析》文军等、中科海钠官网、中储国能官网，光大证券研究所测算，铁锂电池基于碳酸锂 50 万元/吨的价格水平，钠电基于规模化量产前后的成本测算，

计算结果显示在两种情况下钠离子电池相比锂离子电池都不占优势。根据我们的 LCOE 模型测算，在产业化初期，钠离子电池的 LCOE 相比于磷酸铁锂电池高 0.13 元/kWh，即使在规模化后，钠离子电池的 LCOE 也是和磷酸铁锂电池打平。所以即使在目前碳酸锂价格处于高位的情况下，我们认为后续钠离子电池不会对锂离子电池形成大规模替代，大储应用领域锂电池还是主流。

表 17：磷酸铁锂电池与钠电池在产业化初期以及规模化后储能 LCOE 对比

	磷酸铁锂 储能	钠离子电池储能（初期）	钠离子电池储能（规模 化）
考虑充电电价（0.288 元 / (kWh)）时度电成本	0.907	1.037	0.908
不考虑充电电价（利用弃风弃光充电）时度电成本	0.533	0.635	0.516
不考虑充电电价且折现率为 0 时度电成本	0.385	0.460	0.388

资料来源：光大证券研究所测算，单位：元/kWh

随着钠离子电池循环寿命的提高，以及产业化规模降本的进行，钠离子电池与锂离子电池的 LCOE 差距将逐步缩小。然而由于层状氧化物钠离子电池相比于橄榄石结构的磷酸铁锂电池理论循环寿命仍然较低，LCOE 仍有一定差距。另外 54% 的电芯体积能量密度差异将带来更大的占地面积，冷却结构件的提升，一致性和安全性的降低，这些在模型之外的因素将进一步推高钠离子电池的成本。所以在循环寿命进一步大幅提高前，即使是目前综合性价比比较高的层状氧化物钠离子电池规模化之后，在大储领域也很难进行应用。而聚阴离子钠离子电池（本次未测算）由于含有钒，成本更高，而且能量密度相比于层状氧化物电池更低，即使循环寿命能达到与磷酸铁锂同一水平，考虑到产业化成本以及额外零部件成本，我们认为也较难在大储领域进行应用。

综合来看，钠电在产业化初期，有望在性能要求不高的户储领域快速应用，而难以在大储领域推广。

2.5、2026 年钠离子电池产值规模有望达 484 亿元

由于两轮车、A0、A00、客车、以及专用车对循环寿命要求不高，钠离子电池有望快速进行替代。特别是 A00 级车，由于锂电池替代已接近 100%，同时对成本敏感度极高，故有望加速替代。如前文所述，我们预测 23-26 年钠电池在两轮车市场的渗透率为 1%/5%/17%/25%，车端 23-26 年渗透率为 1%/5%/10%/20%。

根据 WIND 数据，2021 年 1-8 月国内电动自行车产量 2388.8 万辆，我们假设年化后国内电动自行车产量 3583 万辆，2015 年-2021 年 CAGR 约 3%，假设 2022 年以后电动自行车产量增速仍为 3%，预计 2026 年国内电动自行车产量 4154 万辆，按照单车带电量 0.72KWH 计算，对应钠电需求空间为 29.9GWh；

根据乘联会数据，2022 年 1-8 月 A00 级新能源车累计销量 85.5 万辆，同比增加 60%，考虑前期汽车下乡补贴在 8 月之后逐渐取消，我们预测 2022 年同比增加 45%。由于基数较高，我们假设增速往后逐年下降，预计 2026 年 A00 级新能源车销量达到 247 万辆。根据朱玉龙《评估 2022 年 A00 级电动车走势》一文中，2021 年 A00 级单车带电量 21.7kWh，我们假设后续随着五菱宏光 miniev 等低电量车型占比增加，假设 23 年开始单车带电量为 20kWh，预计 2026 年钠电需求空间为 49.4GWh。

根据乘联会数据，2022 年 1-8 月 A0 级新能源车累积销量 49.5 万辆，同比增加 327%，考虑前期汽车下乡补贴在 8 月之后逐渐取消，我们预测 2022 年同比增加 280%。由于基数较高，假设增速往后逐年下降，预计 2026 年达到 281.5 万辆。A0 级单车带电量约 48kWh，预计 26 年钠电需求空间为 135.1GWh。

根据 WIND 数据，2021 年国内新能源客车销量为 8.3 万辆，占有国内商用车销量的 16.5%，2022 年 1-9 月新能源客车渗透率为 18%。我们假设 2022 年开始国内商用车销量增速为 2%，考虑到新能源商用车使用成本的优势将助力其提升对燃油车的替代，假设国内新能源客车渗透率从 2022 年的 18%上升至 2026 年的 30%。根据朱玉龙《浅析新能源商用车动力电池格局》一文中，2021 年纯电动客车带电量 184.1kWh。预计 2026 年国内新能源客车销量 16.7 万辆，对应钠电需求空间 30.8GWh；

根据乘联会数据，2022 年 1-8 月新能源专用车累计销量 15.1 万辆，同比增加 78%，随着蓝天保卫战的持续推进，柴油车的发展面临巨大危机，非限购的大中城市的新能源车占比增长较快，主力车企加速对新能源专用车市场的进入。2021 年 1-11 月专用车动力电池装机量增长主要以重卡为主，进而促使单车平均带电量较去年同期增长 45%，达到 89kWh/台。我们预计后期随着成本下降，带电量较低的物流车等销量增加，假设单车带电量 75kWh/台。预计 2026 年国内新能源专用车销量 80 万辆，对应钠电需求空间 60GWh；

储能侧替代主要在户储、5G 基站和 IDC 数据中心应用（UPS）。这些应用场景电量较小，对安全性和循环寿命要求较低，我们认为钠离子电池有望实现快速替代磷酸铁锂电池。如前文所述，我们预测 23-26 年钠电在户储领域渗透率 1%/5%/13%/25%。同时在 UPS 和基站领域有望快速替代，23-26 年渗透率为 3%/5%/16%/25%。

由于户储主要应用体量在海外，根据华经产业研究院数据，2021 年全球用户侧电池储能新增装机量 9.3GWh，受到俄乌冲突导致的能源危机的影响，户储海内外需求有望持续提升。假设全球范围用户侧储能增速 2022 年-2026 年为 95%、76%、50%、40%、40%。预计 2026 年全球户储钠电总需求空间 95.6GWh；

根据工信部《通信业统计公报》，2021 年全国 5G 基站为 142.5 万个，全年新建 5G 基站超 65 万个。考虑到 5G 普及率的不断提升，对应单基站的业务负荷和功耗也将逐步提升，根据前瞻产业研究院预测，预计 2022 年-2026 年我国新增 5G 基站数量 80 万个、90 万个、65 万个、45 万个、30 万个，预计 2026 年 5G 基站对应钠电需求空间为 4.6GWh；

根据 CDCC《2021 年中国数据中心市场报告》，2021 年中国数据中心机柜总数 415.06 万架，2017 年-2021 年机柜存量 CAGR31.6%。参考科智咨询发布的《2021-2022 年中国 IDC 行业发展研究报告》中的预测，未来 IDC 行业增速仍

将保持 20% 以上的增长，预计 2026 年国内数据中心机柜存量 1032.8 万架，2026 年新增数据中心机柜 172.1 万架，对应钠电需求空间 2GWh。

23 年成本较高，规模化驱动快速降本。考虑钠离子电池 2023 年开始量产，前期成本高于磷酸铁锂电池，规模化降本效应将从 2024 年行业进入大规模出货后开始体现出来。随着后续产能快速扩张，有望进一步向理论成本快速逼近，我们假设 2023-2026 年钠离子电池成本为 1.05、0.9、0.7、0.55 元/Wh。

表 18：钠离子电池应用空间测算

钠离子电池主要应用场景预测	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E
两轮车						
国内电动两轮车产量(万辆)	3583	3691	3801	3915	4033	4154
单车平均带电量 (kWh)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
国内电动两轮车钠电需求空间(GWh)	25.8	26.6	27.4	28.2	29.0	29.9
国内两轮车钠电渗透率			1%	5%	17%	25%
国内两轮车钠电装机规模预测 (GWh)			0.3	1.4	5.0	7.5
A00 级别车						
国内 A00 级别销量 (万辆)	90	130	163	195	225	247
A00 车增速		45%	25%	20%	15%	10%
单车平均带电量 (kWh)	22.0	22.0	20.0	20.0	20.0	20.0
国内 A00 级别汽车钠电需求空间 (GWh)	19.8	28.7	32.6	39.1	44.9	49.4
A0 级别车						
国内 A0 级别销量 (万辆)	29.4	111.7	156.4	195.5	234.6	281.5
A0 车增速		280%	40%	25%	20%	20%
单车平均带电量 (kWh)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
国内 A0 级别车钠电需求空间 (GWh)	14.1	53.6	75.1	93.8	112.6	135.1
客车						
国内商用车销量 (万辆)	50.5	51.5	52.5	53.6	54.7	55.8
国内新能源客车渗透率	17%	18%	21%	24%	27%	30%
国内新能源客车销量 (万辆)	8.6	9.3	11.0	12.9	14.8	16.7
单车平均带电量 (kWh)	184.1	184.1	184.1	184.1	184.1	184.1
国内客车钠电需求空间 (GWh)	15.8	17.1	20.3	23.7	27.2	30.8
专用车						
国内新能源专用车销量 (万辆)	16.1	29.0	43.5	56.5	70.6	80.0
单车平均带电量 (kWh)	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
国内专用车钠电需求空间 (GWh)	12.1	21.7	32.6	42.4	53.0	60.0
车侧 Total	61.7	121.1	160.6	199.0	237.7	275.4
车侧钠电渗透率			1%	5%	10%	20%
车侧钠电装机规模预测 (GWh)			1.3	10.3	22.9	55.1
用户侧储能						
全球用户侧储能钠电需求空间 (GWh)	9.5	18.5	32.5	48.8	68.3	95.6
全球户用储能钠电渗透率			1%	5%	13%	25%
全球户用储能钠电装机规模预测 (GWh)			0.3	2.4	8.9	23.9
5G 基站						
新增 5G 基站数量(万)	65	80	90	65	45	30
单站功率 (kw)	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8
配储比例	100%	100%	100%	100%	100%	100%
出力时长 (h)	4	4	4	4	4	4
单站配储容量(kWh)	14.4	14.8	14.8	15.2	15.2	15.2

5G 基站配储容量预测 (GWh)	9.4	11.8	13.3	9.9	6.8	4.6
IDC 数据中心						
IDC 机柜数量总数预测 (万架)	415.1	498.1	597.7	717.2	860.7	1032.8
每年新增机柜预测	99.2	83.0	99.6	119.5	143.4	172.1
机柜平均功率 (kw)	7	7	7	7	7	7
上架率	55%	55%	55%	55%	55%	55%
配储比例	100%	100%	100%	100%	100%	100%
备电时间 (h)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
配储功率(GW)	3.8	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6
IDC 配储容量(GWh)	1.1	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0
基站+IDC 储能钠电需求空间	10.5	12.8	14.5	11.3	8.5	6.5
基站+IDC 储能钠电渗透率			3%	5%	16%	25%
基站+IDC 储能钠电装机规模预测 (GWh)			0.4	0.6	1.3	1.6
钠电装机规模预测 (GWh)			2.2	14.8	38.1	88.1
单价 (元/Wh)			1.05	0.90	0.70	0.55
产值 (亿元)			24	133	267	484
YOY				465%	101%	81%

资料来源：WIND，CPIA，GWEC，国家能源局，光大证券研究所预测

3、各公司竞相布局钠电池

目前钠离子电池企业主要有两类：一类是专注钠电领域的初创公司，其产业化进展较快，技术积累深厚，其中以中科海钠和钠创新能源为主要代表，中科海钠依托中科院物理所钠离子电池技术，率先实现了钠离子电池在低速电动车和储能电站的应用；钠创新能源源自上海交大马紫峰教授钠离子电池技术研发团队，产品涵盖钠离子电池正极材料、电解液、电池的设计制造以及系统集成与管理等。另一类是传统锂电企业切入钠电领域，以宁德时代为主要代表，其发布的第一代钠离子电池单体能量密度高达 160Wh/kg，具备高能量密度、高倍率充电、优异的热稳定性、良好的低温性能与高集成效率等优势。此外，宁德时代还创新性地开发了 AB 电池系统解决方案，将钠电池和锂电池进行混搭使用，既弥补了钠电池在现阶段的能量密度短板，也发挥出了它高功率、低温性能好的优势。

随着锂离子电池企业发力钠电以及各家企业跨界进入钠离子电池行业，目前各家规划进展较快。然而总体而言由于钠离子电池产业化时间较晚，各家技术差距不大，在一些品质要求不高的场景，钠电新势力有望率先实现量产。

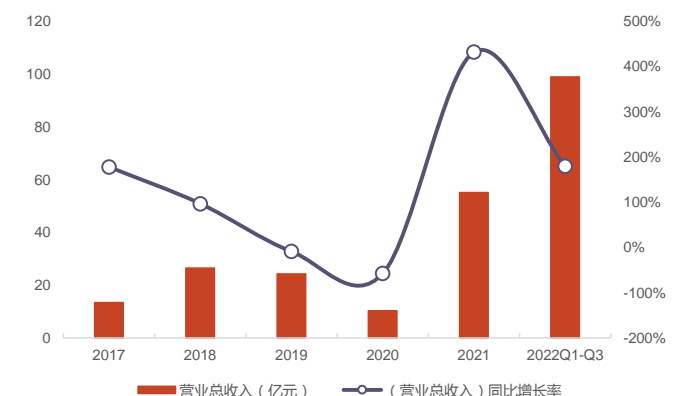
3.1 振华新材：布局层状氧化物材料，复刻三元大单晶优势

布局大单晶，三元正极起家。振华新材自 2004 年 4 月成立以来专注于锂离子电池正极材料的研发、生产及销售，主要提供新能源汽车、3C 消费电子所用的锂离子电池正极材料。截至 2021 年底，公司已建成年产 5 万吨正极材料生产线。2009 年，振华新材在国内外较早完成镍钴锰酸锂三元正极材料一次颗粒大单晶材料的研发及生产，经多年的研发培育，掌握了一系列具备自主知识产权的核心技术，在一次颗粒大单晶三元正极材料领域技术水平处于行业领先地位。

振华新材是国有企业背景，产业链公司入股。公司属于国有企业，第一大股东是中国振华电子集团有限公司，持有公司 28.31% 的股权。宁德时代作为其大客户持有 1.48% 股份。

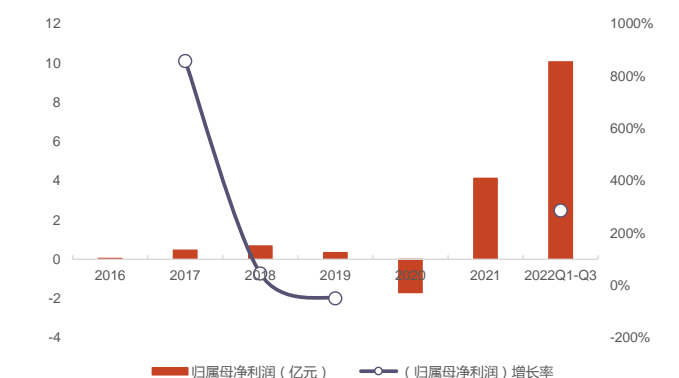
公司营收及归母净利润逐年增长，态势良好。2021 年营收达到 55.15 亿元，同比增长 432%；2021 年归母净利润达到 4.13 亿元，扭亏为盈。2022 年前三季度，公司实现营收 99 亿元（同比+179%），归母净利润 10 亿元（+286%）。公司业绩大幅增长的原因因为随着下游新能源汽车销量的快速增长，下游客户对正极材料的需求旺盛。

图 25：振华新材营业收入



资料来源：同花顺 iFind，光大证券研究所整理

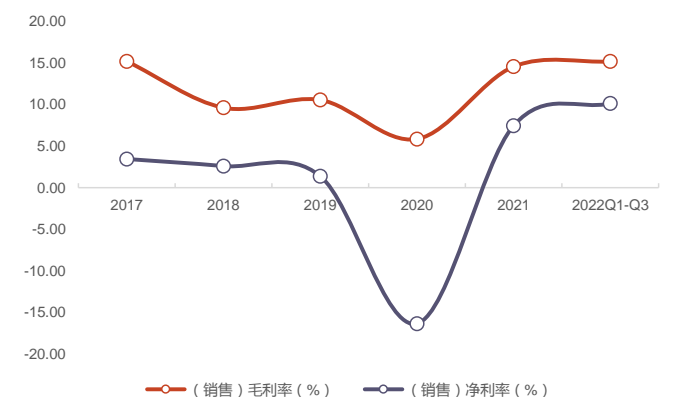
图 26：振华新材归母净利润及增速



资料来源：同花顺 iFind，光大证券研究所整理

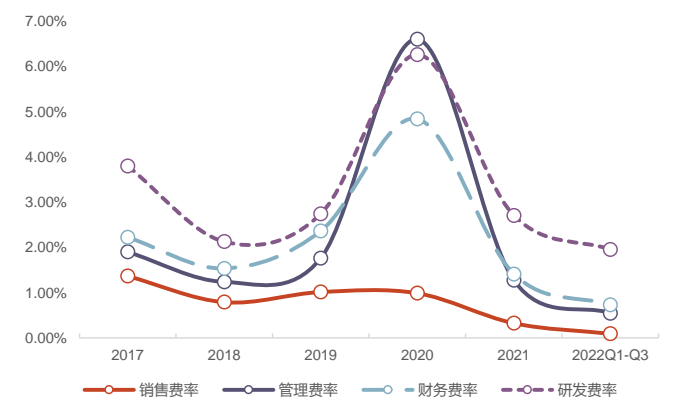
2022 年 Q1-Q3 公司毛利率 15.21%，同比上升 0.62 个百分点。主要原因为：公司建立合理的价格传导机制，22 年上半年碳酸锂涨价较快，公司能够快速将价格传递到下游；同时受益于出货量的快速增加，公司产能利用率提升。另外，公司期间费率相比 2021 年下降，主要由于规模扩大。

图 27：振华新材利润率情况



资料来源：同花顺 iFind，光大证券研究所整理

图 28：振华新材期间费用率情况



资料来源：同花顺 iFind，光大证券研究所整理

振华新材布局层状氧化物技术路线，与宁德时代、孚能科技合作。公司拥有多年三元单晶材料制备经验，可以复制在层状氧化物正极材料上，解决目前钠离子电池循环寿命低、稳定性较差的痛点。公司联合立方新能源共同开发高性能层状氧化物正极材料，其采用固相两次烧结工艺，截止电压超 4.0V，克容量 160mAh/g (0.1C)，压实密度可达 3.2-3.4g/cm³，表面碱度和游离钠可控制在很低水平，常温下的循环次数为 5000 - 6000 次，高温循环次数为 1000 次，电芯能量密度能达到 135 - 140 Wh/kg，可以满足两轮车及 A00 级低速电动车需求。公司和宁德时代长期合作，卡位钠离子电池正极先发优势。目前公司钠离子正极已进入中试阶段，已向宁德时代，孚能科技等国内钠离子电池研发进度靠前企业送吨级样品，反馈良好。

风险提示：层状氧化物钠离子电池正极产业化进度不及预期，下游钠离子电池需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

3.2 宁德时代：普鲁士白入手，同步布局层状氧化物

宁德时代入局，加速钠电产业化进程。由于钠离子电池与锂离子电池在制造工艺方面具有一定的相似性，钠离子电池可以实现与锂离子电池生产设备、工艺的完美兼容，产线可进行快速切换，完成产能快速布局。目前，宁德时代已启动相应的产业化布局，2023 年将形成基本产业链，有望出货近 1GWh，2024 年将形成规模化量产。头部厂家的入局也吸引了众多锂电材料厂家布局钠离子电池技术，共同加速钠离子电池产业链的发展。

宁德时代主要针对正极材料以及无负极活性材料技术展开研发，其正极材料路线对目前主流的三类技术：层状金属氧化物、聚阴离子型化合物以及普鲁士蓝类化合物均有覆盖。2021 年 7 月 29 日，宁德时代发布第一代钠离子电池，正极采用普鲁士白技术路线，具备高能量密度、高倍率充电、优异的热稳定性、良好的低温性能与高集成效率等优势。负极材料方面，公司开发了让钠离子快速通行，同时具有独特孔隙结构的硬碳材料（350mAh/g），其具有克容量高、易脱嵌、优循环的特性，同时公司已布局无负极金属电池技术；在电解液方面，同时开发适配正负极材料的新型独特电解液。电芯单体方面，能量密度高达 160Wh/kg；其电芯单体能量密度高达 160Wh/kg；常温下充电 15 分钟，电量可达 80%以上；在-20℃低温环境中，也拥有 90%以上的放电保持率；系统集成效率可达 80%以上；热稳定性远超国家强标的安全要求。在系统创新方面，开发了 AB 电池系统解决方案，将钠电池和锂电池按一定比例（2：1）进行混搭，通过 BMS 算法精准控制，弥补了钠电现阶段能量密度短板，同时发挥其高功率、低温性能好的优势。

风险提示：钠离子电池开发进度不及预期，下游各环节需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

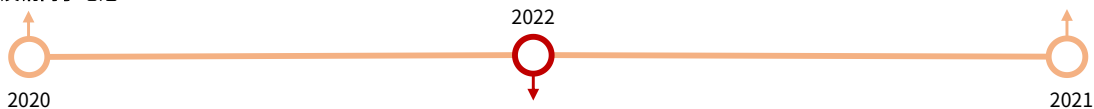
图 29：宁德时代钠离子相关专利发展历程

开展普鲁士蓝类、聚阴离子正极材料研究，优化正负极板力学性能

1. 正极极片及钠离子电池
 - 聚阴离子正极材料
2. 钠离子电池
 - 普鲁士蓝类正极材料
3. 普鲁士蓝类正极材料及其制备方法及电化学储能装置
 - 普鲁士蓝类正极材料
4. 正极片及其制备方法及钠离子电池
 - 普鲁士蓝类正极材料
5. 正极极片及钠离子电池

深化普鲁士蓝类、聚阴离子正极材料研究，提升电池整体性能

1. 正极片及电化学电池
 - 普鲁士蓝类正极材料
2. 正极活性材料、其制备方法及钠离子电池
 - 聚阴离子正极材料
3. 正极极片及钠离子电池
4. 钠离子电池



专利快速增长期：“无负极”技术、核壳结构正极材料、金属氧化物正极材料创新涌现

1. 钠离子电池极片，其制备方法及含有该极片的钠离子电池
2. 负极极片的处理方法、钠金属负极极片与电化学装置
3. 平板式钠金属电池、电化学装置
4. 电化学装置、电子装置
 - 无负极活性材料负极极片设计
5. 钠离子电池用正极材料及其制备方法
 - 聚阴离子正极材料
6. 正极活性材料、电化学装置与电子设备
 - 磷酸基钠盐正极活性材料表面包覆金属氧化物

7. 正极活性材料、正极片及钠离子电池
 - 过渡金属氧化物正极材料
8. 正极活性材料、其制备方法及钠离子电池
 - 过渡金属氧化物正极材料
9. 钠金属电池、电化学装置
 - 无负极活性材料，正极脱钠形成负极活性材料
10. 钠离子电池的负极极片、电化学装置及电子设备
 - 无负极活性材料负极极片设计，正极脱钠形成负极活性材料
11. 正极活性材料、电化学装置与电子设备
 - 核壳结构正极活性材料，核层材料包括磷酸基钠盐材料，壳层材料包括导电聚合物

资料来源：企查查，光大证券研究所

图 30：宁德时代钠离子电池与磷酸铁锂电池对比



资料来源：宁德时代公众号

图 31：宁德时代 AB 电池

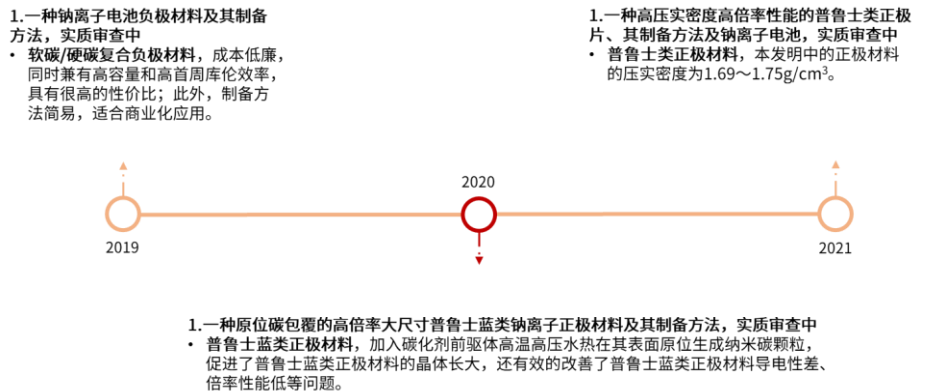


资料来源：宁德时代公众号

3.3 容百科技：携手宁德时代开发普鲁士白，布局多款三元层状氧化物

容百科技携手宁德时代共同开发钠离子电池，正极从普鲁士白入手，同时布局层状氧化物。根据容百科技 2022 年 7 月产品发布会展示，容百的钠电正极产品系列，目前有 4 款材料，一类是普鲁士白类的，产能 6000 吨/年，其他三种是层状氧化物，产能 3.6 万吨/年（截止 2023Q2），公司预计 2023 年实现万吨级出货，2025 年达到 10 万吨级出货。其中层状氧化物正极材料中镍含量随着成组电池能量密度的提升而逐渐提升，最高能到 170-200Wh/kg，能量密度与高端磷酸铁锂电池相当。

图 32：容百科技钠离子电池相关专利



资料来源：企知道，光大证券研究所

高镍产线兼容钠电正极生产，低成本路线切入储能等市场。公司高镍产线可兼容生产钠离子正极材料与超高镍材料等。公司长期战略布局，预计未来钠电占比为 10%。在下游应用侧，公司定位钠离子电池为低成本路线，主要切入储能、两轮车和小动力等市场。

风险提示：钠离子电池正极产业化进度不及预期，下游钠离子电池需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

表 19：容百科技钠离子电池参数

类别	产品	组分	能量密度	应用领域	产品性能	产能
普鲁士白	PW-1	Fe/Mn	60-160 Wh/kg	储能	压实密度：1.54 平均电压：3.45V 水分<1 wt%	6000 吨/年
层状氧化物	NL-1	Ni mol%=0-10	100-130 Wh/kg	两轮车、小动力、数码等	压实密度>3.0 平均电压>3.3V 水分<400 ppm pH<12.3	
层状氧化物	NL-2	Ni mol%=10-20	150-170 Wh/kg	动力、储能	压实密度>3.0 平均电压>3.3V 水分<600 ppm pH<12.5	3.6 万吨/年（截至 2023Q2）
层状氧化物	NL-3	Ni mol%≥50	170-200 Wh/kg	动力	压实密度>3.0 平均电压>3.3V 水分<800 ppm pH<13	

资料来源：容百科技产品发布会，光大证券研究所整理

3.4 中科海钠：院士团队推动产业化进程，携手华阳上下游协同发展

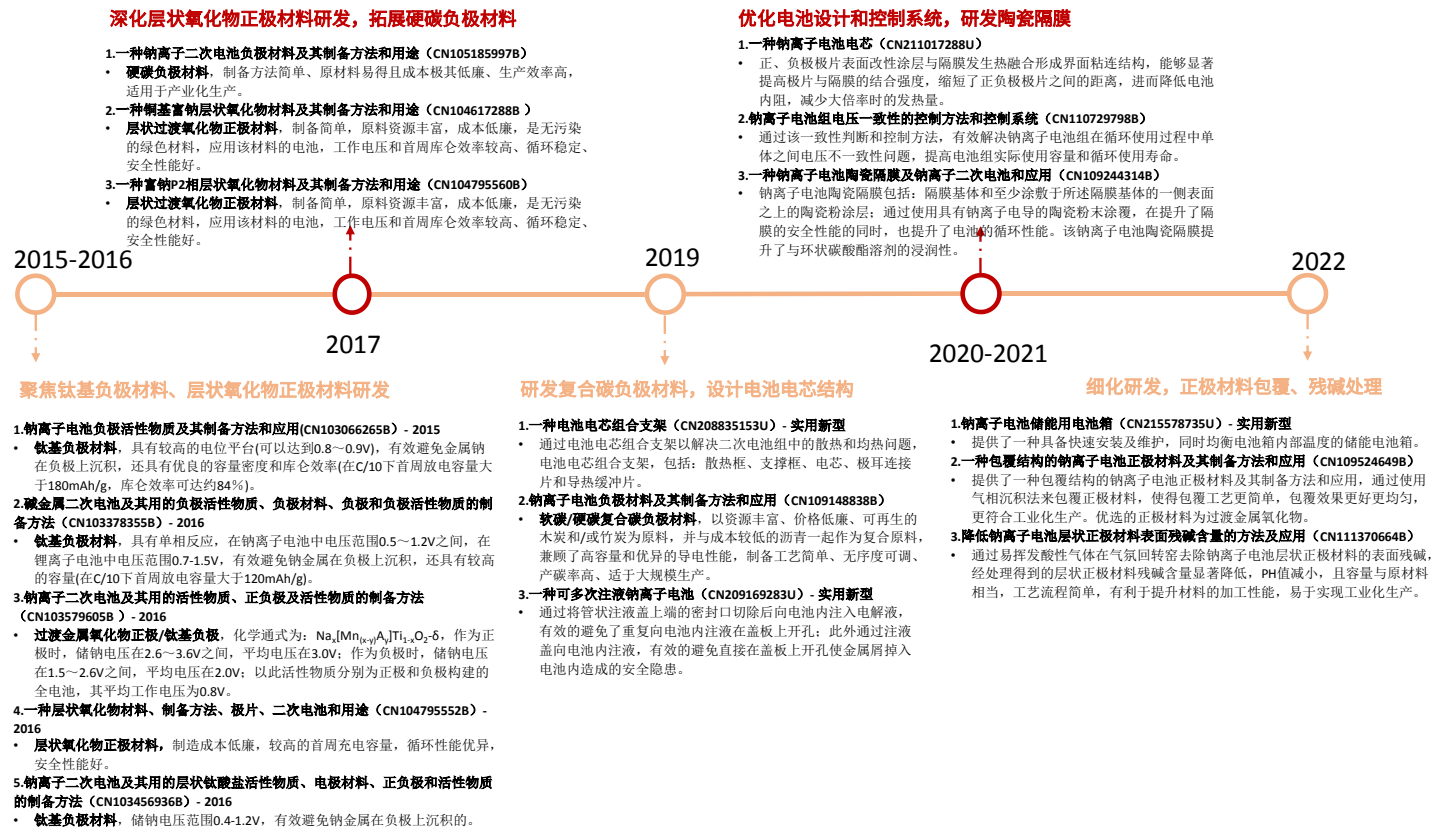
多年钠电经验，院士推动产业化进程。创立于 2017 年的中科海钠，背后依托中国科学院物理研究所数十年的科研积淀，核心团队由中国工程院院士陈立泉、中国科学院物理研究所研究员胡勇胜牵头，拥有 20 余项钠离子电池核心发明专利，其中包括多项 PCT 国际专利，具有完全自主知识产权。在产业化探索过程中，中科海钠覆盖了从关键核心材料到电芯制造，以及系统应用先试先行的完整布局，并且在全球范围内率先建设投运了包括低速电动车、钠离子电池储能示范电站在内的多个示范应用，是钠离子电池产业化的全球领军企业。

多方企业合作，率先实现量产。2021 年 12 月 23 日，中科海钠联手三峡能源、三峡资本，在阜阳市建设 5GWh 钠离子电池量产线，该项目总投资 5.88 亿元，分两期建设，一期规划 1GWh，远期规划 30GWh 全球先进钠离子电池规模量产线。2022 年 9 月 30 日，一期全球首批量产 1GWh 钠离子电芯生产线成功投运，实现了钠离子电池从中试到量产的关键转换。生产线主要生产圆柱钢壳和方形铝壳电芯，该项目满产后，圆柱钢壳钠离子电芯将达到 4000 万只/年、方形铝壳钠离子电芯将达到 98 万只/年。

布局铜铁锰正极，联合华阳股份上下游协同发展。公司主要技术路线为铜铁锰层状氧化物，能量密度能达到 140-150Wh/kg，循环寿命 4000-5000 次。同时公司与华阳股份携手，在上游负极等材料进行联合开发，实现产业化降本。

风险提示：钠离子电池开发进度不及预期，钠离子电池正极产业化进度不及预期，下游各环节需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

图 33：中科海钠专利布局



资料来源：企知道，光大证券研究所整理

3.5 华阳股份：无烟煤龙头，入股中科海钠

无烟煤龙头具备更强负极技术积累，负极与中科海钠合作形成协同。公司拥有较丰富的煤炭资源储备，其中大部分为稀缺煤种无烟煤。公司煤炭产品优质稳定，行销全国多个省市及用户，与一批国内大钢厂、大电厂和国际大钢铁企业形成了战略合作伙伴关系。公司依靠科技创新致力于实现煤的安全、绿色、智能化开采，全断面硬岩快速掘进机、掘锚护一体机等先进装备应用，推动单进水平大幅提高。公司与中科海钠共同投资的华钠碳能项目持股 45%，总投资约 6000 万元。

入股华阳股份，形成产业链协同。公司持有中科海钠 7.75%股权，与其在正负极和电芯生产上进行密切合作，布局铜铁锰层状氧化物路线。21 年 4 月中科海钠和华阳股份合资建设 2000 吨钠离子电池正负极材料产线，后续将扩建至适配 10GWh 钠电芯产能，22 年底或 23 年初实现第一代钠电池产品上市。

2021 年 9 月同多氟多签署战略合作框架协议，共同布局六氟磷酸钠与负极材料。华阳股份同梧树资本拟共建产业基金投资多氟多六氟磷酸钠电解液公司，在上游原材料、电池、电解液方面达成合作，共筑新能源产业链，同时就电解液添加剂、负极材料、研究院和工业互联网等领域进行项目开展。

华阳股份产品均衡能量密度与循环寿命，兼顾两轮电动车市场以及储能市场的实际应用。不同于实验室里面的 200Wh/kg 钠离子电池，华阳股份目前能量密

度维持 135Wh/kg 的能量密度和 4500 次循环，或者是 140Wh/kg 的能量密度和 4000 次循环。均衡了能量密度与循环寿命，在商业化开展中更进一步。

表 20：华阳股份钠离子电池布局

项目	合资公司	主要产品	产能	投产时间	华阳股份持股比例
钠电正极材料	华钠铜能	铜锰铁钠层状氧化物材料	2000 吨/年	2022 年 3 月	45%
钠电负极材料	华钠碳能	无定形碳负极材料	2000 吨/年	2022 年 3 月	45%
钠电电芯材料/PACK	华钠芯能	电芯及 PACK	各 1GWh	2022 年 3 季度末	100%
钠电电解液材料	多氟多阳福新材料有限公司	六氟磷酸钠等			已持股

资料来源：公司公告，截至 2022 年 11 月，光大证券研究所整理

风险提示：钠离子电池开发进度不及预期，负极技术路径选择硬碳材料，下游各环节需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

3.6 钠创新能源：携手维科技术，加速产业化进程

高校技术合作，发力层状氧化物。浙江钠创新能源有限公司成立于 2018 年 5 月，技术来自上海交通大学马紫峰教授组建的研发团队。钠创新能源聚焦于产业上游材料，核心产品为钠离子电池正极材料和电解液，提供钠离子电池电芯及其 BMS 设计方案，电芯能量密度可达 130-160Wh/kg，工作温度为 -40℃ - 55℃，循环寿命超 5000 次，由钠创新能源所开发的正极材料和电解液已通过国内多家电池制造商验证。其正极材料以钛酸钠基层状氧化物为主，近年在聚阴离子化合物正极材料领域取得进展，开发有磷酸钒钠和磷酸锰钒钠。负极材料与神华合作，采用硬碳。

借助锂电企业力量，实现钠离子电池量产。钠创与维科技术在绍兴签订深度合作战略框架协议，致力于加快钠电池的产业化进程。浙江钠创与维科技术早在 2019 年就开展了合作，钠创借用维科的产线进行中试，生产出了第一批钠电池。公司将在江西维科产业园建设钠电产业化基地，初期拟建 2GWh 钠电池生产线，主要面向低速车和储能市场。该项目拟在 22 年开工，2023 年 6 月实现全面量产。2022 年 10 月公司正式投产“年产 4 万吨钠离子正极材料项目”（一期）。

风险提示：钠离子电池开发进度不及预期，钠离子电池正极产业化进度不及预期，下游各环节需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

3.7 传艺科技：转型钠离子电池，23 年规模化量产

转型钠离子电池生产，23 年规模化量产。公司传统主营业务为笔记本电脑及其他消费电子产品零组件的研发、生产和销售。2022 年 6 月份，传艺科技通过全资子公司智纬电子投资成立控股孙公司江苏传艺钠电科技有限责任公司（简称“传艺钠电”），主要从事钠离子电池及相关原材料研发、生产及销售。自此，传艺科技正式进军钠离子电池领域。传艺钠电与山东理工大学应用电化学研究所（简称“山理电化所”）合作成立了钠离子电池研究院，依托山理电化所核心技术建设研发项目。目前公司规划一期钠离子电池单体能量密度为 150Wh/kg-160Wh/kg，循环次数不低于 4000 次。公司计划 22 年投产中试线，并于 2023 年初完成一期 4.5GWh 产能的投产，后续完成二期 8GWh 产能建设。

风险提示：钠离子电池开发进度不及预期，下游各环节需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

3.8 鹏辉能源：布局储能，推动钠离子电池发展

公司布局储能，与众多优质客户在储能领域建立深度合作。大型储能电池方面，公司已经与阳光电源、天合光能、三峡电能、特变电工中节能、智光电气等公司建立合作。户储电池方面，与阳光电源、德业股份、三晶电气、古瑞瓦特等头部客户建立合作；在便携储能市场，与正浩科技、公牛等国内头部客户开展大规模合作；通信储能领域，则与中国铁塔、中国移动等基站备用电源供应商达成合作。产能方面，到 2022 年底，鹏辉能源的产能有望达到 15-16GWh，其中储能产品 2022 年的有效产能或达到 5-6GWh。

公司目前有三个团队在做钠离子电池的研发工作，包括层状氧化物、聚阴离子体系等正极路线。由于目前钠离子电池产业链还不成熟，上游材料生产规模化不够，成本尚且无法判断，预计 2023 年上游材料和钠电池实现大批量生产，带动成本下行。同时公司 21 年投资佰思格，布局钠电负极硬碳环节。

风险提示：钠离子电池开发进度不及预期，下游各环节需求不及预期，锂价下滑导致钠离子电池产业化进度放缓。

4、投资建议

目前钠离子电池仍然处于从 0 到 1 的过程中，我们虽然就各个应用场景进行了梳理，并且就关键指标做出了定量分析，但是随着技术的发展以及锂价可能长期处于高位，钠离子电池应用场景可能会逐渐增多。在目前产业化进展下，在两轮车、A00/A0 乘用车和户储/UPS/5G 基站市场，钠电有望实现对磷酸电池和铅酸电池的快速替代，但在大型储能领域，由于钠离子电池循环寿命较短、体积能量密度较低，短期无法对磷酸铁锂电池实现强有力的冲击。2023 年是钠离子电池量产的元年，我们预计到 2026 年整个产业链产值规模有望达到 484 亿元，23-26 年 CAGR 为 174%。**建议关注：电池环节：宁德时代，华阳股份，传艺科技，维科技术，孚能科技，鹏辉能源；正极环节：容百科技，当升科技，振华新材；负极环节：贝特瑞，杉杉股份，翔丰华；电解液：天赐材料，多氟多。**

表 21：钠电产业链公司估值对比

	证券代码	证券简称	收盘价 (元/股)	EPS(元)				PE(X)				CAGR -3/2021	PEG -2022	市值 (亿元)
				2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E			
电池	300750.SZ	宁德时代	375.00	6.88	11.48	17.90	24.09	55	33	21	16	52%	0.6	9,159.4
	600348.SH	华阳股份	15.88	1.47	2.68	2.85	3.11	11	6	6	5	28%	0.2	381.9
	688567.SH	孚能科技	25.20	-0.89	0.00	1.29	2.35	/	11455	20	11	/	/	305.1
	600152.SH	维科技术	13.92	-0.28	0.03	0.48	0.70	/	430	29	20	/	/	73.1
	300438.SZ	鹏辉能源	61.29	0.43	1.44	2.52	3.58	143	43	24	17	103%	0.4	282.7
	002866.SZ	传艺科技	40.93	0.58	0.63	1.07	1.90	71	65	38	22	48%	1.3	118.5
正极	688005.SH	容百科技	76.30	2.06	3.59	5.58	7.43	37	21	14	10	53%	0.4	344.0
	688707.SH	振华新材	50.33	1.12	2.71	3.22	4.24	45	19	16	12	56%	0.3	222.9
	300073.SZ	当升科技	59.73	2.38	4.00	4.98	6.23	25	15	12	10	38%	0.4	302.5
负极	835185.BJ	贝特瑞	47.31	2.97	3.04	4.20	5.66	16	16	11	8	24%	0.6	344.5
	600884.SH	杉杉股份	18.91	2.04	1.41	1.78	2.21	9	13	11	9	3%	4.9	425.6
	300890.SZ	翔丰华	39.02	1.00	2.49	3.75	4.56	39	16	10	9	66%	0.2	42.1
电解液	002709.SZ	天赐材料	43.89	2.35	3.01	3.54	4.31	19	15	12	10	22%	0.6	845.6
	002407.SZ	多氟多	33.18	1.73	3.10	4.45	5.98	19	11	7	6	51%	0.2	254.2

资料来源：WIND 及 WIND 一致预期，股价日期为 2022-11-22

表 22：各公司钠电池进度情况

领域	企业	进展情况
电池	宁德时代	21 年 7 月发布第一代钠离子电池，其中正极采用克容量较高的普鲁士白材料，负极开发了具有独特孔隙结构的硬碳材料，下一代钠离子电池能量密度研发目标是 200Wh/kg 以上。
	钠创新能源（维科技术）	(1) 采用铁酸钠基三元正极体系，电芯能量密度可达 130-160Wh/kg，循环寿命超 5000 次。 (2) 2021 年 11 月，年产 8 万吨钠离子电池正极材料项目在绍兴签约，总投资 15 亿元，预计今年完成 3000 吨正极材料和 5000 吨电解液的投产。
	中科海钠	1) 正负极材料分别选用成本低廉的钠钢铁锰氧化物和无烟煤基软碳，能量密度已达到 145Wh/kg；(2)2021 年 12 月，建设全球首条钠离子电池规模化量产线，该产线规划产能 5GWh，分两期建设，一期 1GWh 将于 2022 年正式投产。
	传艺科技	(1) 公司钠离子电池已经完成小试，单体能量密度达到 145Wh/kg，循环次数 4000 次。(2) 今年投产中试线，并于 2023 年初完成 2GWh 产能的投产。
	多氟多	(1) 公司钠离子电池的正极材料中试线已经建成，小批量产品陆续下线。同时，硬碳负极材料开发同步展开，中试线也已建成。(2) 预计将在 2023 年底，建成 1GWh/年的钠离子电池产能。
	孚能科技	22 年 Q4 公司钠离子电池已在两轮车上装车，23 年 Q1 赣州一期将改成钠电，在头部两轮车厂上应用，大规模供应预计在 24 年。与振华新材合作，采用层状氧化物路线，主要在动力领域应用，电芯能量密度 145Wh/kg，循环次数 4000-5000 次。
	鹏辉能源	目前有三个团队在做钠离子电池的研发工作，包括层状氧化物、聚阴离子体系等正极路线。预计 2023 年上游材料和钠电池实现大批量生产，带动成本下行。公司 21 年投资佰思格，布局钠电负极硬碳环节。
	容百科技	22 年战略发布会上发布四款钠离子电池产品，其中普鲁士白类能量密度在 60Wh/kg-160Wh/kg，主要应用于储能和消费电子，目前产能达到 6000 吨；层状氧化物能量密度在 100Wh/kg-200Wh/kg，可用于两轮车和小动力，2023 年 2 季度前产能有望达到 3.6 万吨。
	振华新材	公司选择层状金属氧化物路线，与现有三元材料生产线完全兼容，目前钠离子电池产品已完成吨级送样并配合客户中试。义龙三期年产 10 万吨正极材料项目可兼容钠离子电池正极材料的生产。
	当升科技	22 年战略发布会：对于目前钠离子电池的循环寿命低，容量差的问题，通过特殊微晶结构的均相前驱体设计，以及系统优化高温固相结晶调控技术，新产品 SNFM-K3 比容量达到 177.2mAh/g，首效倍率达到 91.3%。
正极	贝特瑞	国内领先，早在 2009 年就开始布局和研究硬碳、无定型碳等负极材料，硬碳既可应用于锂电，也可应用于钠电。目前能够小批量生产硬碳和软碳。一条中试线，产能每月几十吨。与石墨部分工序产线共用。
负极	杉杉股份	21 年在钠离子电池硬碳方面也向相关电池企业进行了百公斤级的供货。 在四大类碳源路线上均有储备，通过精准调控材料的微孔结构提升有效容量，通过交联工艺调控技术提高硬炭材料性价比，目前自主开发的硬碳材料已经达到国际领先水平。
	翔丰华	翔丰华开发了高性能硬碳负极材料，目前正在相关客户测试中。
电解液	天赐材料	公司已有六氟磷酸钠量产技术。
	多氟多	多氟多为国内首家商业化量产六氟磷酸钠的企业，年产 2000 吨钠离子电池用六氟磷酸钠项目已通过河南相关部门备案。

资料来源：各公司公告，wind，光大证券研究所整理

5、风险分析

5.1、政策风险：

若国家对各领域能量密度要求进一步提升，导致化学体系能量密度要求提升，钠离子电池无法应用。

5.2、市场风险：

若钠电池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。另外，若锂价大幅下降导致 LFP 价格下降，也可能导致钠电池的市场渗透。

5.3、技术风险：

若钠离子电池技术有缺陷得不到解决，钠电发展可能不及预期。

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会与，不与，也将不会与本报告中的具体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。

中国光大证券国际有限公司和 Everbright Securities(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

中国光大证券国际有限公司
香港铜锣湾希慎道 33 号利园一期 28 楼

英国

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