

锂电行业深度系列十：钠离子电池

电池体系新延伸，蓄势待发向未来

行业研究 · 深度报告

电力设备新能源 · 电池

投资评级：超配（维持评级）

证券分析师：王蔚祺
010-88005313
wangweiqi2@guosen.com.cn
S0980520080003

联系人：李全
021-60375434
liquan2@guosen.com.cn

钠离子电池是锂电池的有效补充。全球新能源汽车及储能行业正在快速持续增长，而作为核心原材料的锂资源正因为供需错配以及经济性问题成为影响行业发展的重要因素。而钠资源储量丰富，分布均匀，以其为原材料生产的钠电池工作原理与生产工艺方面基本一致，且相比锂电池，其优势在于低温性能、倍率性能及经济性更优，劣势在于循环寿命及能量密度，因此钠电池未来将在储能、商用车以及部分乘用车领域成为锂电池的有效补充。

相较锂电池，钠离子电池正极材料、负极材料、集流体具有明显变化。区别于锂电池当下正极采用三元材料/磷酸铁锂材料/钴酸锂材料，负极采用石墨材料的情况，钠电池正极材料可以分为层状氧化物/聚阴离子氧化物/普鲁士蓝化合物等体系，负极主要采用硬碳材料；集流体方面，钠电池在正负极方面均采用铝箔。在电解液方面，钠电池将采用六氟磷酸钠作为溶质。

钠电池行业快速推进产业化。伴随中科海钠先后合作规划5GWh全球首条钠离子电池量产线，1GWh钠离子电池PACK产能以及年产2000吨正极+2000吨负极材料项目，同时宁德推出第一代钠离子电池后，产业内企业如钠创新能源、星空钠电、湖南立方新能源、多氟多等企业先后入局钠电池领域，容百科技、当升科技、振华新材、天赐材料等材料厂商亦纷纷布局，产业化显著加速。我们预计2025年全球钠电池需求有望达到23GWh，市场规模超138亿元。

投资建议：我们看好钠离子电池行业未来发展，推荐钠电池及材料布局前瞻的企业：1）**电池企业：**宁德时代；2）**材料企业：**当升科技、容百科技、厦钨新能、璞泰来、天赐材料。

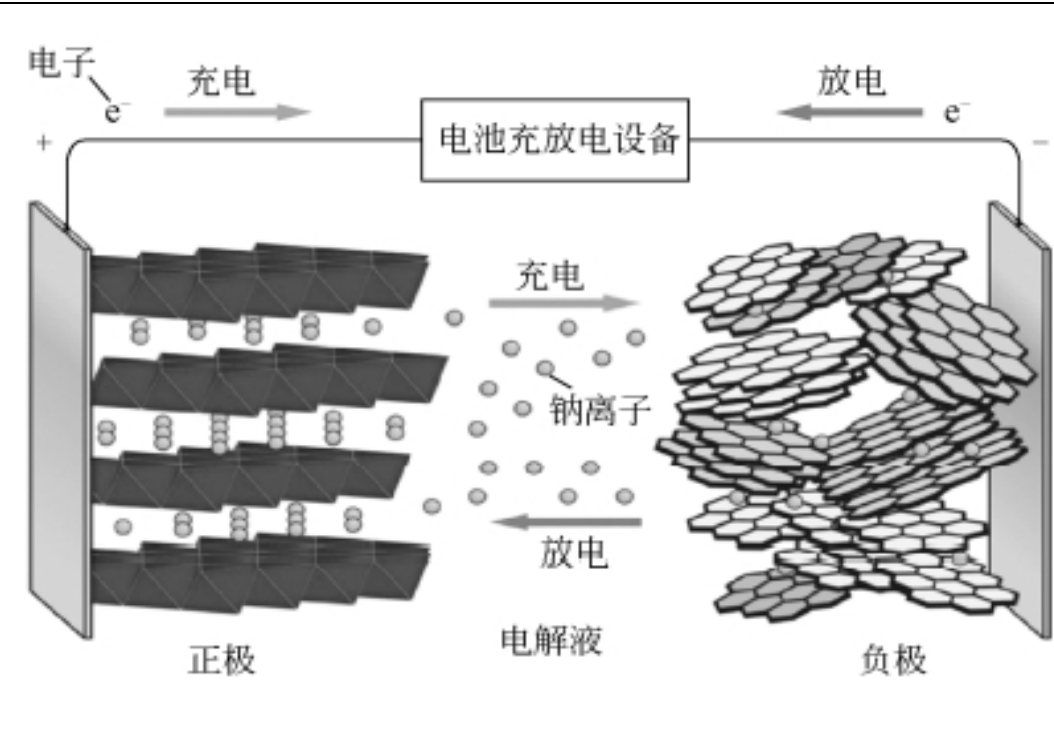
风险提示：1. 钠离子电池产业化进展不及预期；2. 下游需求（储能、商用车、两轮车）不及预期；3. 产品竞争加剧

第一章 钠离子电池原理及产业现状

钠离子电池工作原理与锂电池一致

- 钠离子电池由来已久，与锂离子电池原理相同。钠离子电池最早由ARMAND团队于20世纪80年代提出，在90年代经过产业化推广得到技术应用。钠离子电池本质是在充放电过程中由钠离子在正负极间嵌入脱出实现电荷转移、而锂离子电池是通过锂离子在正负间移动来进行电荷转移，工作原理实质上相同的。
- 从材料体系来看，除了隔膜以外，其他各材料组分均有明显变化，特别是正极和负极材料变化明显。

图1：钠离子电池工作原理图



资料来源：《钠离子电池正极材料研究进展》，国信证券经济研究所整理

表1：钠离子电池与锂离子电池材料体系对比

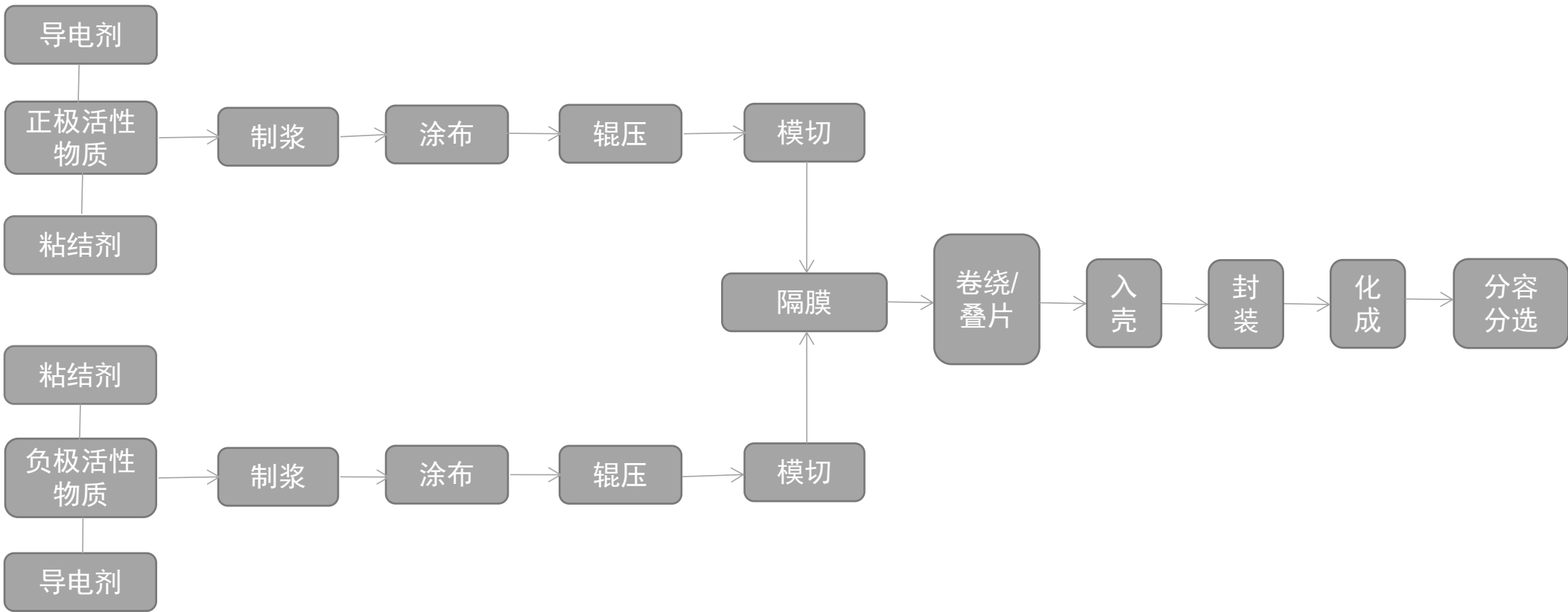
材料与设备	锂离子电池	钠离子电池
正极材料	磷酸铁锂、三元材料等	铁锰铜/镍三元体系、磷酸体系、硫酸体系、普鲁士蓝类化合物等
负极材料	石墨	碳类材料、金属氧化物、磷基材料
电解液	溶质为六氟磷酸锂	溶质为六氟磷酸钠
隔膜	无变化	无变化
集流体	铜箔	铝箔
设备	无变化	无变化

资料来源：中科海纳官网、《钠离子电池正极材料研究进展》、国信证券经济研究所整理

钠电池生产工艺与锂电池相似

- 生产工艺方面：钠离子电池生产工艺同锂离子电池类似，主要包括极片制造（正负极搅拌制浆料-烘干-涂布等）和电池装配（辊压-模切-卷绕/叠片-入壳-封装-化成-分容分选等），主要区别在于钠离子电池可采用铝箔作为负极集流体，因此正、负极片可采用相同的铝极耳，极耳焊接等相关工序可以更加简化。因此，锂离子电池现有的电池组装生产线稍加修改即可用来生产钠离子电池，发展钠离子电池的重置成本很低。

图2：钠离子电池生产工艺图

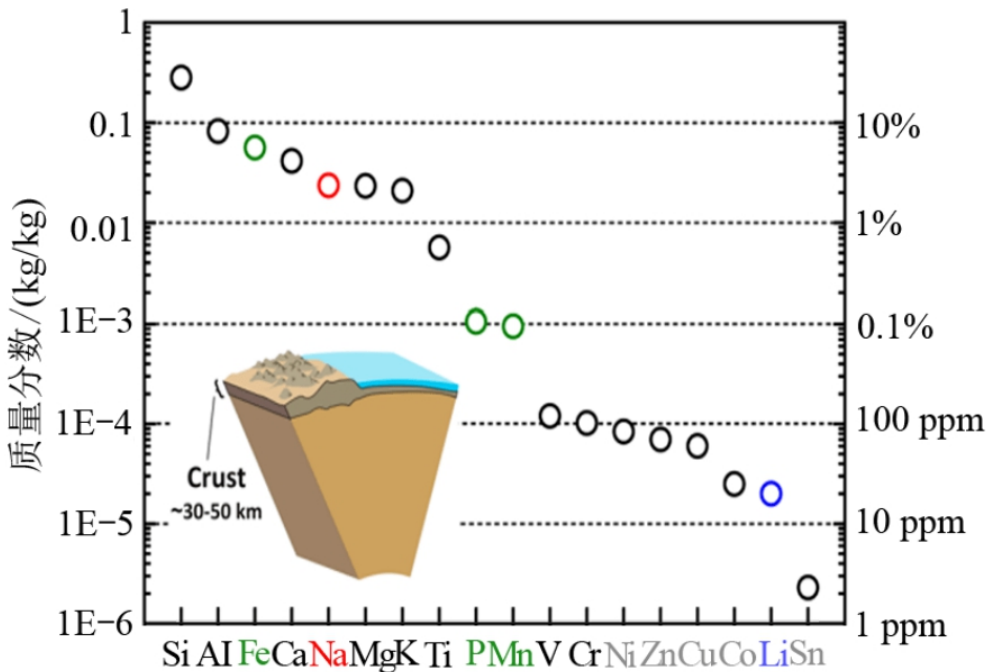


资料来源：《钠离子电池科学与技术》，《锂电池制造工艺原理及应用》，国信证券经济研究所整理

钠离子电池优势：资源丰富

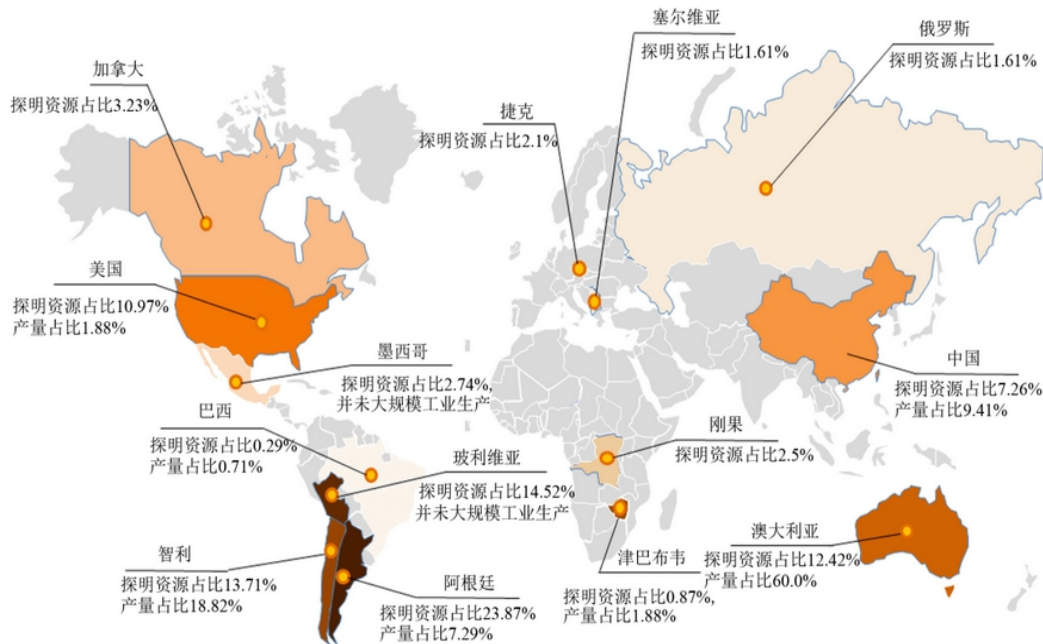
- **钠资源丰富：**钠元素在地壳中丰度为2.3%，位居所有元素第六位，显著高于锂元素的0.0017%。陈立泉院士表示目前全球探明的可供开采的锂资源储量仅能满足14.8亿辆电动汽车，随着全球电动化加快，锂资源短缺压力进一步体现。
- **钠资源分布更均匀：**据美国地质调查局2019年报告显示，南美洲国家阿根廷、智利、玻利维亚三国锂资源储量在全球中占比达到52.10%，中国锂资源储量占比仅为7.26%，资源分布极度不均匀。中国所需60%以上锂原料均需要进口，对外依存度高。钠元素以盐的形式广泛存于陆地与海洋中，获取便捷度高。

图3：地壳中部分元素丰度



资料来源：《钠离子电池标准制定的必要性》，国信证券经济研究所整理

图4：2019年世界主要锂资源国家的探明储量和产量占比

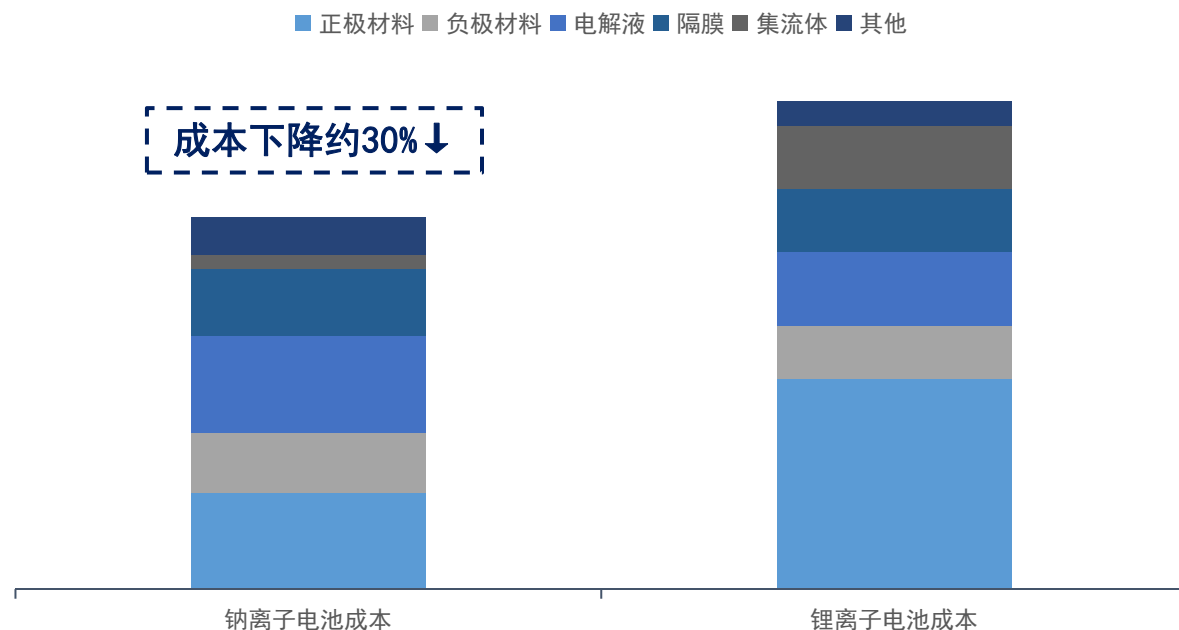


资料来源：《钠离子电池标准制定的必要性》，国信证券经济研究所整理

钠离子电池优势：成本低

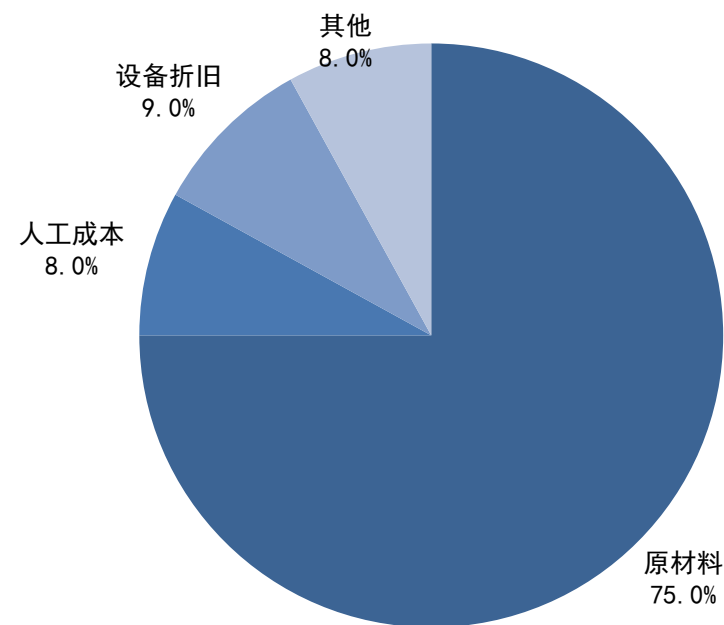
- 钠离子电池成本优势主要体现在：1) 钠盐替换锂盐。金属钠价格为1.9万元/吨、碳酸钠价格为0.3万元/吨，显著低于金属锂的298万元/吨、碳酸锂的48.4万元/吨，原材料价格更为低廉。2) 铝箔替换铜箔。假设铜箔价格为11万元/吨、铝箔价格为4万元/吨，假设1GWh锂电池需要622吨铜箔、400吨铝箔，1GWh钠离子电池需要800吨铝箔，那么锂电池单Wh集流体成本为0.084元、钠电池单Wh集流体成本为0.032元，成本下降0.052元/Wh。3) 石墨负极有望更换为无烟煤降低成本。根据中科海钠数据，钠离子电池材料成本约0.37元/Wh，显著优于磷酸铁锂和三元锂电池体系。

图5：钠离子电池成本和锂离子电池原材料成本对比



资料来源：中科海钠官网，国信证券经济研究所整理

图6：钠离子电池成本结构



资料来源：《高功率高安全钠离子电池研究及失效分析》，国信证券经济研究所整理

钠离子电池具有更为优异的安全性能：

- 钠离子电池内阻高，在电池短路时电路中电流更低，瞬间发热更少。
- 锂的标准电极电位更负，在水溶液里表现更为比钠更容易失电子，因而钠离子电池具有更高的稳定性。
- 钠离子电池经历短路、针刺、挤压等测试后，无起火、无爆炸。锂离子电池存在过放电的问题，会造成铜箔等集流体溶解、电池容量不可逆衰减；而钠离子电池无过放电情况，正极可以放电至0V而不影响后续使用，进而使得电池在储存运输过程中更具安全性。同时，钠电池在热失控时容易钝化失活，因而安全测试表现更优。

表2：锂与钠的物理化学性质对比

	原子序数	原子质量 (g/mol)	原子半径 (Å)	离子半径 (Å)	斯托克斯半径 (Å)	标准电极电位	电负性	溶剂化能	第一电离能
锂	3	6.94	1.52	0.76	4.8	-3.04	0.98	208.9	520.2
钠	11	22.99	1.86	1.02	4.6	-2.71	0.93	152.8	495.8

资料来源：《钠离子电池标准制定的必要性》，国信证券经济研究所整理

钠离子电池优势：低温性能佳&倍率性能好

- **倍率性能优异：**钠离子溶剂化能低于锂离子，界面离子扩散能力强, 且钠离子斯托克斯半径小，相同浓度电解液情况下较锂盐电解液离子电导率更高，快充性能更好。根据宁德时代数据，钠离子电池能够在15min内充电至80%，中科海钠则提出其电池能够在12min内充电至90%，充电速度均明显优于正常状态下锂离子电池30min充电80%的充电速度。
- **低温性能优异：**钠离子离子电导率高，电解液的浓度要求更低，低温时电解液粘度比锂离子电池更低，电池整体性能更为优异。钠离子电池正常工作温度范围在-40℃-80℃，部分产品在-20℃下容量保持率能够达到88%，显著优于磷酸铁锂60-70%左右的容量保持率。

图7：钠离子电池在-40℃到80℃之间能够完全正常工作

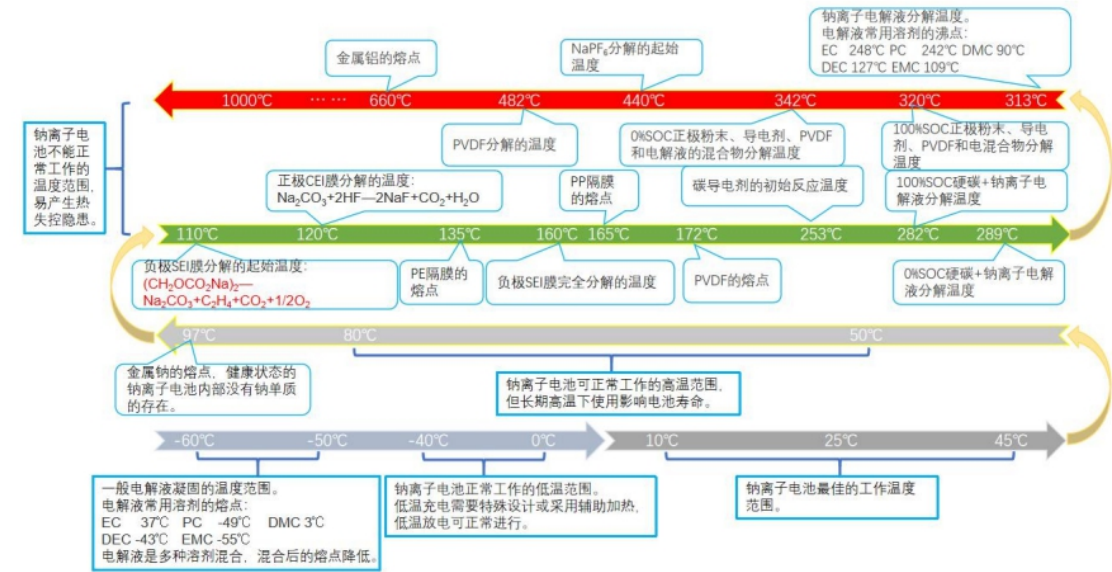


图8：钠离子电池优势



资料来源：《高功率高安全钠离子电池研究及失效分析》，国信证券经济研究所整理

资料来源：《钠离子电池：从基础研究到工程化探索》，国信证券经济研究所整理

钠离子电池不足：循环寿命、能量密度尚有改善空间



- **循环寿命**：钠离子电池现在整体循环寿命在2000次左右，比磷酸铁锂电池表现略差，相较于部分用于储能领域的循环寿命超5000次的磷酸铁锂电池而言仍有一定差距。
- **能量密度**：钠创新能源钠离子电芯能量密度超130Wh/kg，立方新能源产品电芯能量密度为140Wh/kg，中科海钠产品能量密度为145Wh/kg，仍有进一步优化的空间。

表3：不同电池体系性能对比

	铅酸电池	磷酸铁锂电池	钠离子电池（铜基氧化物体系）
电芯质量能量密度（Wh/kg）	30-50	120-180	100-150
循环寿命	300-500	3000+	2000+
工作电压	2. 0V	3. 2V	3. 2V
-20℃容量保持率	<60%	<70%	>88%
耐过放电	差	差	优
安全性	优	优	优
环保特性	差	优	优

资料来源：《钠离子电池：从基础研究到工程化探索》，国信证券经济研究所整理

图9：钠离子电池应用场景

储能领域



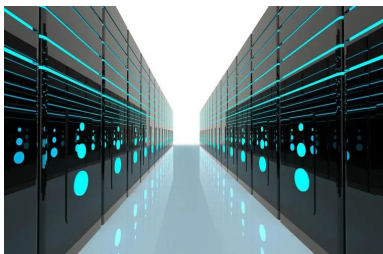
可再生能源接入



工业储能



基站储能



数据中心

动力领域



低速电动车



两轮车



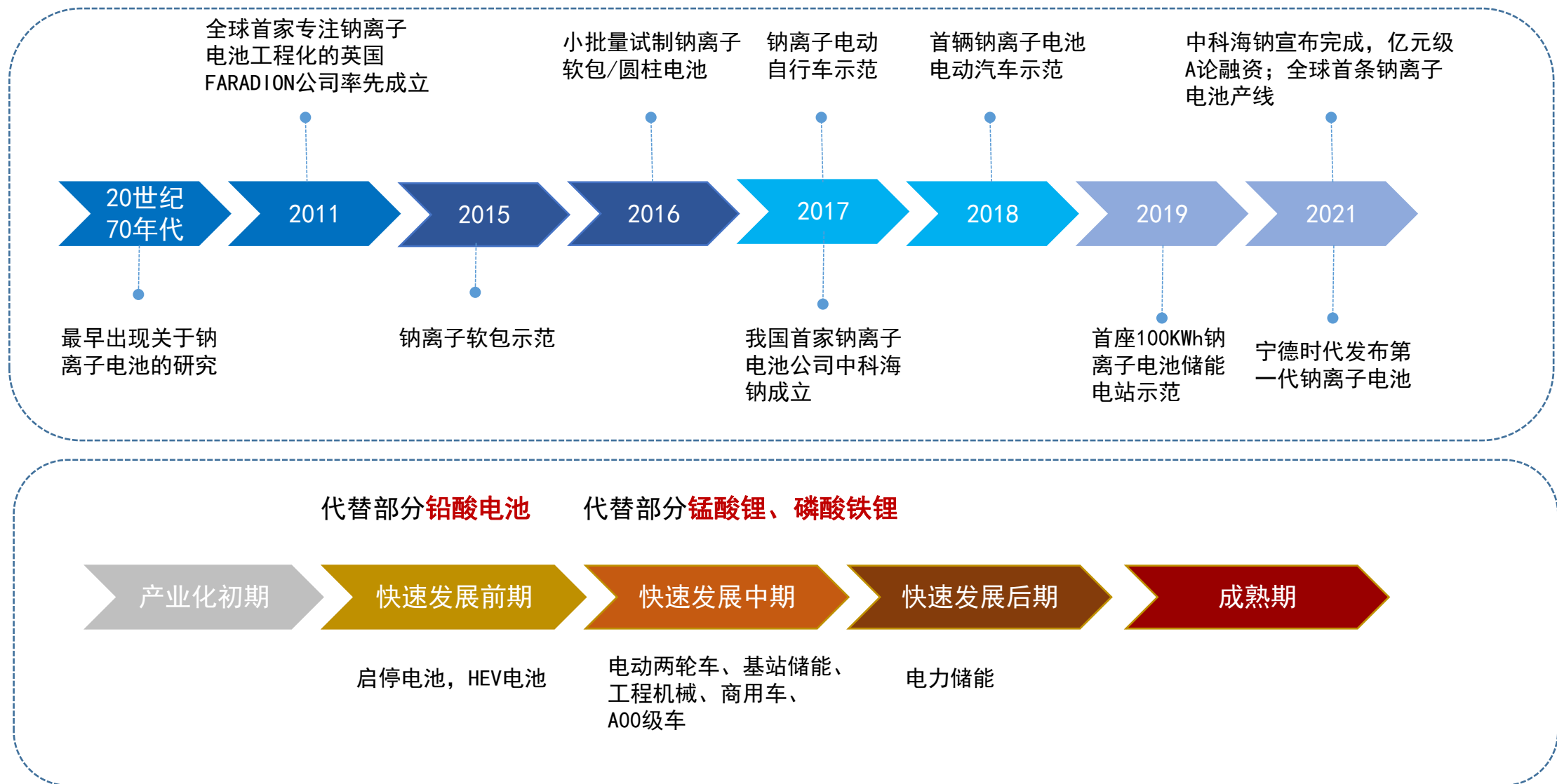
电动船舶



电动大巴

钠离子电池发展历史沿革

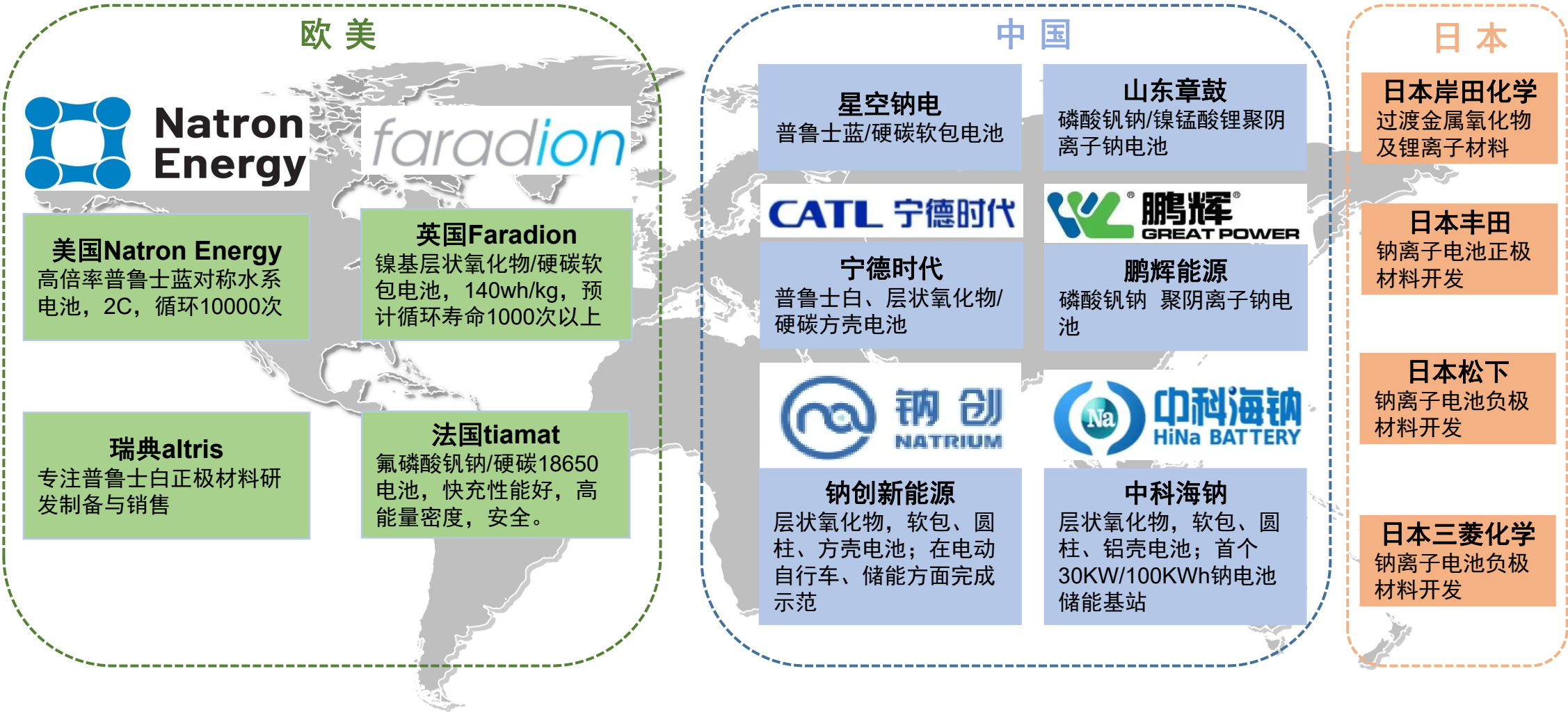
图10：钠离子电池发展历史沿革



资料来源：宁德时代官网，中科海钠官网，国信证券经济研究所整理

全球钠离子电池产业化发展现状

图11：全球钠离子电池产业化发展现状



资料来源：宁德时代、中科海钠、山东章鼓、鹏辉能源等公司官网，国信证券经济研究所整理

国内钠离子电池产业链

图12：国内钠离子电池产业链



资料来源：宁德时代、容百科技、中科海钠、当升科技、天赐材料等公司公告，国信证券经济研究所整理

全球钠离子电池政策演进

表4：全球钠离子电池政策演进

地区	时间	政策名称	具体政策内容
国内	2022年6月1日	国家发改委等九部门《“十四五”可再生能源发展规划》	加强前瞻性研究，加快可再生能源前沿性、颠覆性开发利用技术攻关。 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。加快大容量、高密度、高安全、低成本新型储能装置研制。
	2022年4月3日	国家能源局、科学技术部《“十四五”能源领域科技创新规划》	在储能技术方面，针对电网削峰填谷、集中式可再生能源并网等储能应用场景，开展大容量长时储能器件与系统集成研究；研发长寿命、低成本、高安全的锂离子电池，突破铅碳电池专用模块均衡和能量管理技术，开展高功率液流电池关键材料、电堆设计以及系统模块的集成设计等研究， 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，开发储热蓄冷、储氢、机械储能等储能技术。
	2022年1月29日	国家发展改革委 国家能源局《“十四五”新型储能发展实施方案》	推动多元化技术开发。 开展钠离子电池 、新型锂离子电池、铅炭电池、液流电池、压缩空气、氢（氨）储能、热（冷）储能等关键核心技术、装备和集成优化设计研究，集中攻关超导、超级电容等储能技术，研发储备液态金属电池、固态锂离子电池、金属空气电池等新一代高能量密度储能技术
	2021年8月25日	工信部关于政协第十三届全国委员会第四次会议第4815号（工交邮电类523号）提案答复函	工信部将组织有关标准研究机构适时 开展钠离子电池标准制定 ，并在标准立项、标准报批等环节予以支持。同时，根据国家政策和产业动态，结合相关标准研究有关钠离子电池行业规范政策，引导产业健康有序发展。
	2021年7月23日	国家发展改革委，国家能源局《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	推动储能理论和关键材料、单元、模块、系统中短板技术攻关，加快实现核心技术自主化，强化电化学储能安全技术研究。坚持储能技术多元化，推动锂离子电池等相对成熟新型储能技术成本持续下降和商业化规模应用，实现压缩空气、液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期，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
欧盟	2021年1月	《2030电池创新路线图》	路线图认为传统的铅、新贵的锂、镍系和钠基电池，不同种类的电池都有适合于特定应用的优点 ，没有一种电池或技术能满足全部应用要求，路线图将重点放在各种关键应用，确定需要改进的关键电池性能，以满足未来应用的需求，强调欧洲不能逐步淘汰一种电池技术，转而采用另一种电池技术，认为所有电池技术都有助于实现欧盟的脱碳目标，同时报告也强调了锂离子电池在电力储能领域的优势。
美国	2020年12月21日	美国能源部《储能大挑战路线图》	报告中重点探讨了储能领域三个不同的技术方向，包括：双向电力储能技术，化学储能和热储能技术，灵活性电源和可控负荷，其中在双向电力储能技术中重点探讨分析了锂离子电池、 钠系（含钠离子、钠基金属电池） 二次电池、铅酸电池、锌体系二次电池、还包括其他金属（镁、铝）体系电池、液流电池、可充电燃料电池、电化学电容器在内的电化学储能技术以及抽水蓄能、压缩空气、液态空气、重力储能等机械储能技术；

资料来源：国务院、国家发改委、国家能源局官网，国信证券经济研究所整理

全球钠离子电池市场空间测算

- 我们预计2025年全球储能电池需求为342GWh，假设2025年全球储能领域钠电池渗透率5%，储能领域钠电池需求量为17GWh；
- 我们预计全球电动二轮车领域钠电池需求量5GWh，电踏车市场钠电池需求量为0.91GWh；
- 合计全球钠电池2025年需求为23GWh，假设单位价格0.6元/Wh，2025年钠电池市场空间为138亿元。

表5：全球钠离子电池需求及市场空间测算

		2021	2022E	2023E	2024E	2025E
储能市场	全球储能电池需求（GWh）	66	108	165	255	342
	全球储能领域钠电池渗透率（%）					5%
	全球储能领域钠电池需求量（GWh）					17
电动二轮车市场	全球电动二轮车电池需求（GWh）	17.5	27.2	35.5	44.2	50.3
	全球电动二轮车领域钠电池渗透率（%）					10%
	全球电动二轮车领域钠电池需求量（GWh）					5
电踏车市场	全球电踏车销量（万辆）	875	1094	1313	1575	1811
	单车带电量（kWh）	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	钠电池渗透率（%）					10%
	全球电踏车钠电池需求（GWh）					0.91
合计	全球钠电池需求（GWh）					23.03
	钠电池单位价格（元/Wh）					0.6
	钠电池市场空间（亿元）					138.15

资料来源：高工锂电，中国自行车协会，EV Tank，国信证券经济研究所整理与测算

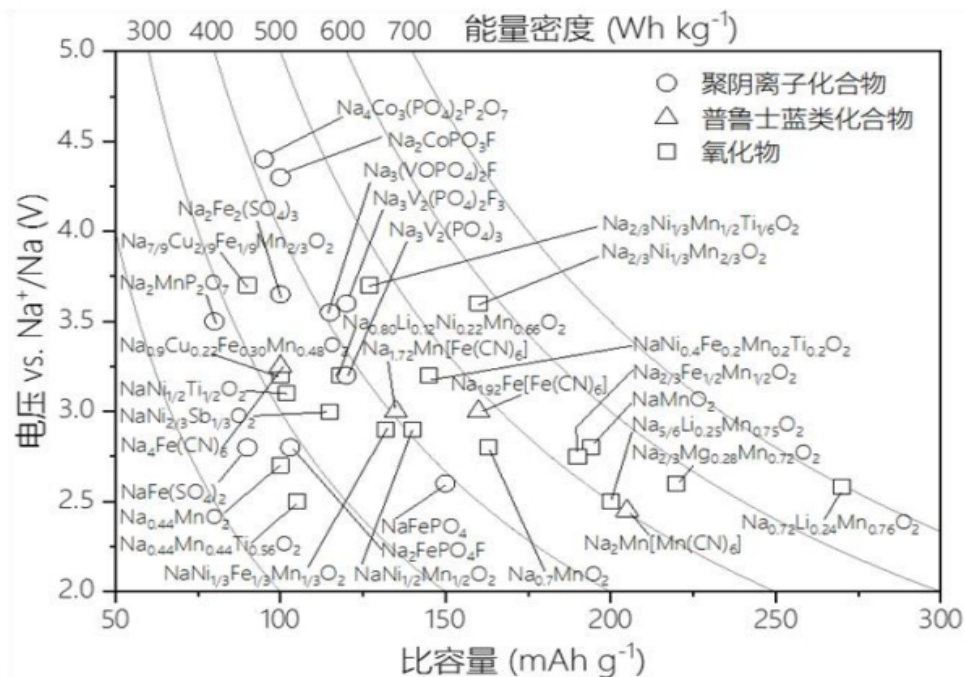
第二章 钠离子电池材料属性

钠离子电池正极材料路线百花齐放



- 钠离子电池正极体系按照晶体结构，可区分为氧化物类（层状结构和隧道结构）、普鲁士蓝类、氟化磷酸盐类、磷酸盐类、硫酸盐类等，其中层状氧化物、聚阴离子类以及普鲁士蓝类是主流三种正极路线。目前主流三种方案各有优劣，预计短期内技术路线仍呈多样化发展态势。
- 层状氧化物（锰酸铁钠、钛酸铁钠等）结构与锂电池三元材料构型相似，具有优异的能量密度优势，但循环寿命略差；普鲁士蓝类化合物优势在于成本低，不足在于导电性差、循环寿命差；聚阴离子型构型循环寿命突出、电压高，但是比容量低、且部分构型里添加了钒元素成本高。

图13: 常见正极材料的工作电压、比容量和能量密度



资料来源：《高功率高安全钠离子电池研究及失效分析》，国信证券经济研究所整理

表6：主要正极体系性能对比

	层状氧化物	普鲁士蓝类化合物	聚阴离子型
化学表达式	$\text{Na}_x\text{M}_2\text{O}_2$ (M为过渡金属元素镍钴锰铁等)	$\text{Na}_x\text{Ma}[\text{Mb}(\text{CN})_6] \cdot (\text{Ma}、\text{Mb} \text{主要为过渡金属元素})$	$\text{Na}_x\text{My}[(\text{XO}_m)_n]_z \cdot (\text{M} \text{为可变价金属离子, X为磷硫硅等})$
比容量 (mAh/g)	100-220	100-200	90-140
工作电压 (V)	约3.1	3.0-3.5	3.0-4.0
循环寿命 (次)	约3000	约2000	>5000
优势	比容量高 能量密度高	比容量高 能量密度高 成本低 倍率性能好	电压高 循环寿命好 空气稳定性好
劣势	循环寿命略差; 潮湿空气中稳定性差	导电性差 结晶水使得循环寿命差 氰化物有毒	比容量低 导电性差 能量密度偏低

资料来源：中科院大连化学物理研究所，《钠离子电池储能技术及经济性分析》，国信证券经济研究所整理

- 层状氧化物成熟度相对较高，且综合性能优异。层状氧化物与锂离子电池三元材料均为一种嵌入或插层型化合物，二者生产工艺类型且产线可以共产，工艺成熟度相对较高。同时，层状氧化物具有比容量高、压实密度高的优势，但由于钠离子半径大在嵌入或脱嵌过程中会造成结构不可逆变动进而降低材料循环寿命。此外，由于二维结构钠离子的灵活性，因而层状氧化物极易与空气中的水和二氧化碳等物质反应，在晶体结构表面形成副产物。
- 层状氧化物化学通式为 Na_xMO_2 （M为过渡金属元素镍钴锰铁等）。根据钠离子的配位环境和氧的堆积方式不同，可分为O3、P3、P2、O2等，其中O3和P2是主流方案。O3构型（如 NaNiO_2 、 NaFeO_2 、 NaCrO_2 等）具有更高的钠含量，能量密度更高，但由于钠离子迁移时要经历狭小的四面体位置，扩散能垒高，循环寿命差。P2构型（如 $\text{Na}_{2/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{2/3}\text{O}_2$ 、 $\text{Na}_{2/3}\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}\text{O}_2$ 等）循环寿命较好、空气稳定性较高，但比容量略差。针对层状氧化物脱嵌过程中的相变问题，常采用引入锰铁铜等元素掺杂来获取稳定的晶体结构。

表7：层状氧化物0.1C下电化学性能

构型	材料表达式	电压窗口 (V)	比容量 (mAh/g)	能量密度 (Wh/kg)	容量保持率
O3	$\text{NaNi}_{0.68}\text{Mn}_{0.22}\text{Co}_{0.10}\text{O}_2$	2.0-4.2	196		80% (1C, 1000周)
	$\text{NaNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$	2.0-4.0	133	405.3	80% (3.75C, 500周)
	$\text{NaFe}_{0.55}\text{Mn}_{0.45}\text{O}_2$	2.0-4.0	102.2	286.2	10.3% (0.1C, 200周)
	$\text{NaNi}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	2.0-4.0	136	428.4	80% (1C, 100周)
	$\text{Na}_{0.9}\text{Ca}_{0.05}\text{Ni}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	2.0-4.0	126.9	400	91.8% (1C, 200周)
	$\text{NaLi}_{1/3}\text{Mn}_{2/3}\text{O}_2$	1.5-4.5	190		99% (0.125C, 40周)
P2	$\text{Na}_{2/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Ti}_{1/3}\text{O}_2$	2.5-4.15	88		83.9% (1C, 500周)
	$\text{Na}_{0.8}\text{Co}_{0.4}\text{Ti}_{0.6}\text{O}_2$	1.1-4.0	100	250	80% (0.1C, 100周)
	$\text{Na}_{2/3}\text{Fe}_{0.22}\text{Mn}_{0.78}\text{O}_2$	1.5-4.3	187	505	91% (0.1C, 100周)
	$\text{Na}_{0.67}\text{Cu}_{0.28}\text{Mn}_{0.72}\text{O}_2$	2.0-4.5	109	343	98% (1C, 50周)
	$\text{Na}_{0.67}\text{Fe}_{0.20}\text{Ni}_{0.15}\text{Mn}_{0.65}\text{O}_2$	2.0-3.8	145	400	55% (1C, 900周)
	$\text{Na}_{0.67}\text{Ni}_{0.233}\text{Mn}_{0.67}\text{Mg}_{0.10}\text{O}_2$	2.0-4.5	131.9	450	81.7% (0.1C, 100周)

资料来源：《钠离子电池层状过渡金属氧化物正极材料的研究进展》，国信证券经济研究所整理

- 层状氧化物产业化进展：国内电池企业中，宁德时代使用层状氧化物和普鲁士白共同推进的方案，中科海钠选用铜铁锰氧化物（ $P2-Na_{0.9}Cu_{0.22}Fe_{0.3}Mn_{0.48}O_2$ ），钠创新能源选用铁酸钠基氧化物（ $O3-NaFe_{0.33}Ni_{0.33}Mn_{0.33}O_2$ ）以及磷酸钒钠作为正极方案；国内材料企业中，振华新材具有层状氧化物生产能力，并且布局10万吨三元材料与钠离子正极材料共产线。海外企业中Faradian采用镍基层状氧化物方案。
- 根据钠创新能源、广东邦普等公司专利数据，层状氧化物中过渡金属元素可使用过渡金属硫酸盐、过渡金属草酸盐、过渡金属氧化物等作为原材料。

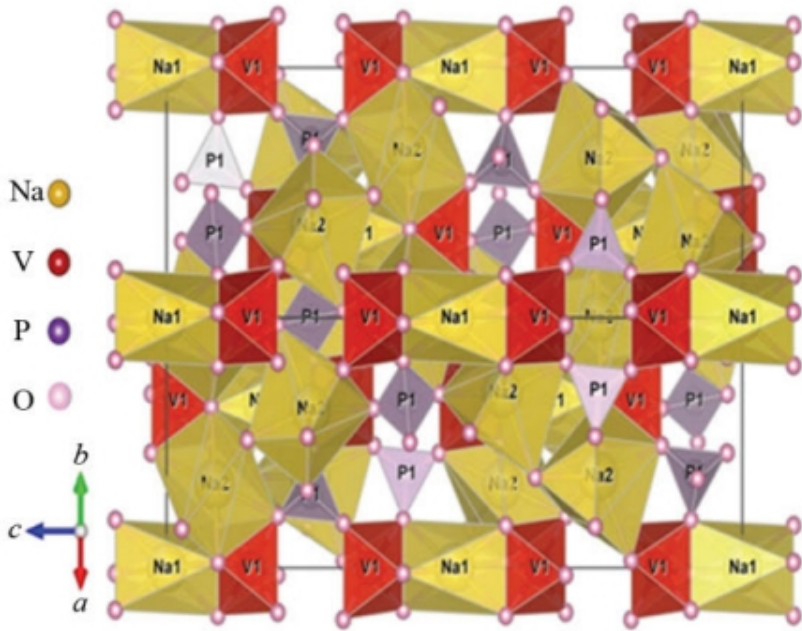
表8：采用层状氧化物方案的电池企业及其产品性能

企业名称	电池体系	电芯能量密度（Wh/kg）	循环寿命（次）
中科海钠	铜铁锰氧化物/无定形碳，软包电池	>145	4500+
钠创新能源	铁基氧化物/硬碳，软包电池	130-160	4000+
立方新能源	层状氧化物/硬碳，软包电池	>140	2000+
英国Faradion	层状氧化物/硬碳，软包电池	>140	1000+

资料来源：中科海钠官网，立方新能源发布会，国信证券经济研究所整理

- 聚阴离子材料结构稳定、循环寿命长，但是成本高、能量密度表现较差。聚阴离子材料化学通式为 $\text{Na}_x\text{M}_y[(\text{XO}_m)_n]_z$ （M为可变价金属离子，X为磷硫硅等），金属离子的氧多面体具有稳定的框架结构，进而使得该类材料具有良好的循环寿命和安全性。由于大质量的阴离子基团较多，材料的导电性和比容量表现较差。针对其导电性差造成的倍率性能和能量密度表现不优，可通过碳包覆或添加导电剂的方式来实现改性。
- 常见的聚阴离子材料有硫酸铁钠、磷酸铁钠、磷酸钒钠、氟磷酸钒钠、焦磷酸盐复合聚阴离子化合物等。硫酸根比磷酸根电负性强、电压高，且硫酸盐系材料具有低成本的优势，但其易吸潮分解使得循环寿命比较差，理论容量相对较低。钒基聚阴离子材料具有较高的工作电压（3.4-3.8V）和较高的理论比容量，但由于钒成本较高且具有毒性，削弱了其作为钠离子电池材料的性价比优势。

图14： Na3V2 (P04) 3的晶体结构



资料来源：《钠离子电池钒基聚阴离子型正极材料的发展现状与应用挑战》，国信证券经济研究所整理

表9：聚阴离子化合物主要特征参数

材料体系	材料名称	工作电压（V）	理论比容量（mAh/g）	理论能量密度（Wh/kg）
正磷酸盐	Na3V2 (P04) 3	3.4	118	401
	NaVOP04	3.6	145	522
	Na3V (P04) 2	3.5	90	315
	Na2Fe (S04) 2	3.8	91	341
	NaFeP04	2.7	154	416
氟磷酸盐	Na2FeP04F	3.0	124	372
	NaVP04F	3.4	143	485
	Na3V2 (P04) 2F3	3.9	128	499
	Na3V2 (P04) 202F	3.8	130	494
焦硫酸盐	NaVP207	3.8	93	355
	Na7V3 (P207) 4	4.1	80	329
混合型聚阴离子	Na7V4 (P207) 4 (P04)	3.9	93	357

资料来源：《钠离子电池正极材料氟磷酸钒钠研究进展》，国信证券经济研究所整理

正极材料：聚阴离子材料



- **聚阴离子材料产业化进展：**国内企业中，众钠能源采用低成本的硫酸铁钠作为解决方案，钠创新能源在积极研发磷酸钒钠、磷酸锰钒钠等材料体系。海外企业中，法国Naiades和Tiamat均采用了氟磷酸钒钠作为正极材料。从产品性能看，聚阴离子钠离子电池的循环寿命表现突出。
- **钒基聚阴离子材料的钒源**常为五氧化二钒、钒酸铵、偏钒酸钠等，制备工艺可采用高温固相法、水热法、溶胶凝胶法等。中国是全球钒储量最多的国家，占全球总储量的43%，2020年年产量占全球的62%。国内主要的钒生产企业包括攀钢集团、河钢集团承钢公司、北京建龙重工等。

表10：全球主要钒生产企业及其2020年产能情况

公司	产能（折V2O5, 产品万吨）	原料
攀钢集团攀钢公司	4.0	FeV、VN、氧化钒、钒铝合金
俄罗斯Evarz控股公司	3.0	FeV、氧化钒、钒铝合金、催化剂
河钢集团承钢公司	2.5	FeV、VN、氧化钒、钒铝合金
北京建龙重工集团有限公司	1.5	VN、氧化钒
奥地利特雷巴赫化学工业公司	1.3	三氧化二钒、五氧化二钒、FeV
瑞士嘉能可	1.2	FeV、氧化钒
四川川威集团成渝钒钛科技有限公司	1.2	五氧化二钒
四川德胜集团钒钛有限公司	1.2	钒渣

资料来源：华经情报网，国信证券经济研究所整理

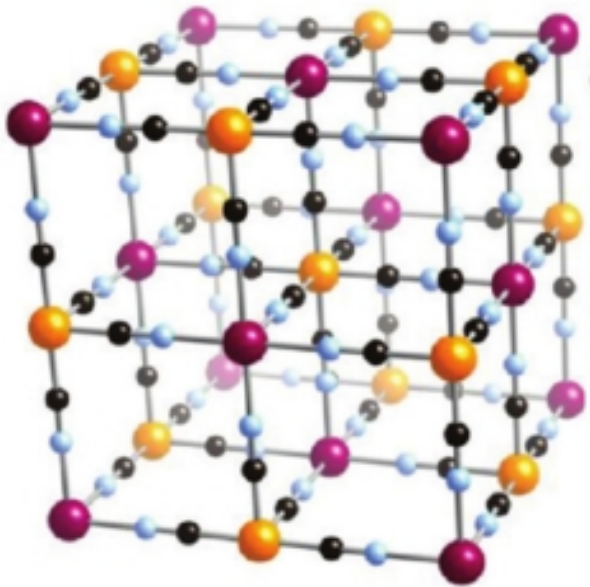
表11：采用聚阴离子材料方案的电池企业及其产品性能

企业名称	电池体系	电芯能量密度（Wh/kg）	循环寿命（次）
法国Naiades	氟磷酸钒钠/硬碳，18650圆柱电池	>90	>4000
法国Tiamat	氟磷酸钒钠/硬碳，18650圆柱电池	120-135	5000-8000
钠创新能源	磷酸钒钠		>20000
众钠能源	硫酸铁钠		

资料来源：众钠能源官网，Tiamat官网，国信证券经济研究所整理

- 普鲁士蓝类材料主要优势在于成本低、能量密度表现良好，不足之处在于导电性差、循环寿命差，且氰化物具有潜在毒性。普鲁士蓝类化合物具有类钙钛矿结构，呈面心立方结构，化学通式为 $\text{Na}_x\text{Ma}[\text{Mb}(\text{CN})_6]$ （Ma、Mb主要为过渡金属元素）。普鲁士蓝材料具有开放型三维通道（框架结构），使得 钠离子在隧道中可以快速迁移，因此具有较好的结构稳定性和突出的倍率性能。普鲁士蓝通常是在水溶液中合成的，所以会存在微量的晶格水，这些晶格水在循环过程中可能会脱出，存在短路或与电解液反应腐蚀材料的风险。
- 2015年Goodenough研发出了普鲁士白钠离子电池正极材料，相较于普鲁士蓝钠含量更高，因而能量密度表现更为优异。目前普鲁士蓝化合物主要的制备方法是共沉淀法、水热法等，而针对其结晶水、导电性差等问题，常采用包覆、掺杂、高温干燥处理等方式来改善其性能。

图15： 普鲁士蓝立方结构示意图



资料来源：《普鲁士蓝类化合物作为钠离子电池正极材料的研究进展》，国信证券经济研究所整理

表12：普鲁士蓝正极钠离子电池性能

材料	首圈库伦效率	工作电压（V）	首圈容量（mAh/g）
$\text{Na}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	86.8%	3.50	56
$\text{Na}_{1.72}\text{MnFe}(\text{CN})_6$	93.7%	3.27-3.57	134
$\text{Na}_{1.92}\text{FeFe}(\text{CN})_6$	94.1%	3.00-3.11	160
$\text{Na}_{1.03}\text{Fe}_{0.91}\text{Fe}(\text{CN})_6$	85.0%	2.95-3.75	153
$\text{Na}_2\text{CoFe}(\text{CN})_6$	98.0%	3.20-3.80	158

资料来源：《普鲁士蓝类材料在钠离子电池中的研究进展》，国信证券经济研究所整理

- **普鲁士蓝类材料产业化进展：**国内电池企业中宁德时代推出普鲁士白材料用于钠离子电池中，星空钠电也提出铁基普鲁士蓝材料用做电池正极；海外企业中美国 Natron Energy、瑞典的Altris均在积极布局。
- 根据广东邦普、鹏辉能源等公司专利数据，普鲁士蓝类材料多采用亚铁氰化钠作为重要原材料。氰化物具有危害人身健康的属性，国家对其实行严格的管理制度。目前国内主要生产氰化物的企业有安徽曙光化工、重庆紫光化工、河北诚信集团、晋城鸿生化工等。

表13：采用普鲁士蓝类材料方案的电池企业及其产品性能

企业名称	电池体系	电芯能量密度 (Wh/kg)	循环寿命（次）
美国Natron Energy	普鲁士蓝/普鲁士蓝	>140	>25000
瑞典Altris	普鲁士白	>140	
宁德时代	普鲁士白/硬碳	>160	
星空钠电	普鲁士蓝		

资料来源：立方新能源发布会，国信证券经济研究所整理

钠离子电池负极材料：以硬碳材料为主

- 钠电池负极材料主要采用硬碳为主，与锂电池石墨材料相区别，这是因为钠离子摩尔质量是锂离子的3倍、直径是锂离子的1.3倍，进而导致钠离子无法在有效的电位窗口内在石墨层间进行可逆的嵌入、脱出，同时钠离子-石墨嵌入的化合物在热力学上也并不稳定，容易形成NaC64。
- 目前可选用的材料主要有四类：碳基材料（软碳/硬碳等）、过度金属化合物、合金类负极和有机化合物，其中金属化合物主要通过转化反应和合金化反应实现储钠，但在循环过程中会伴随着较大的体积膨胀，造成电极材料的粉碎和坍塌，存在一定安全隐患；过度金属化合物比容量偏低，而有机材料也存在库伦效率低等问题。
- 相比于石墨等软碳材料而言，硬碳材料无法石墨化且碳层排列规整度低于软碳，层间形成了较多的微孔进而方便钠离子的嵌入和脱出，且具备储钠比容量高、较低储钠电压、循环稳定等优势，是当前首选的负极材料

表14：钠离子电池负极材料性能对比

负极材料	优势	劣势	代表性材料	比容量（mAh/g）	电压（V）	电压窗口（V）
碳基材料	储钠比容量高、较低储钠电压、循环稳定	首次库伦效率低，倍率性能略差	硬碳	400	0.3	0.01-2.0
钛基材料	空气中稳定性好，循环性能好	比容量低，导电性低	Na ₂ Ti ₂ O ₇	120	0.5	0.01-2.0
			Na _{0.6} （Cr _{0.6} Ti _{0.4} ）O ₂	105	0.8	0.5-1.5
金属化合物	比容量较高	自身导电性较差、有团聚和转化反应不可逆问题、体积易膨胀	MoS ₂	370	1.3	0.01-2.5
合金类	理论比容量较高、储钠电位较低、导电性好、无晶枝	体积变化大（粉化）、容量衰减快（循环稳定性差）	Si _{0.07} Sb _{0.93}	420	0.8	0.1-1.5
有机化合物	原材料来源广泛、可调电压窗口	电子导电率较低、易溶于电解液	Na ₄ C ₆ H ₂ O ₆	180	-	0.1-1.8

资料来源：《Fundamentals, status and promise of sodium-based batteries》，国信证券经济研究所整理

钠离子电池电解液：与锂电池类似

- 钠电池的组成成分与锂电池相似，均为溶剂、溶质、添加剂，其中溶质方面成分有所差异，目前钠离子电池常用钠盐有：
 - ✓ 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；但较高的价格和轻微的毒性影响其实际应用。
 - ✓ NaClO₄（高氯酸钠）：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。

表15：主要钠盐材料及理化性质

钠盐	相对分子质量(g/mol)	分解温度（钠盐）	分解温度（锂盐）	质量损失（%）	电导率（钠盐）	电导率（锂盐）
NaPF ₆ （六氟磷酸钠）	167.9	300	200	400（8.14%）	7.98	5.8
NaClO ₄ （高氯酸钠）	122.4	472	236	500（0.09%）	6.4	5.6
NaTFSI双（三氟甲基磺酰）亚胺钠	303.1	263	234	400（3.21%）	6.2	5.1
NaFSI（双氟磺酰亚胺钠）	203.3	122	130	300（16.15%）	—	—

资料来源：《钠离子电池先进技术及应用》，国信证券经济研究所整理

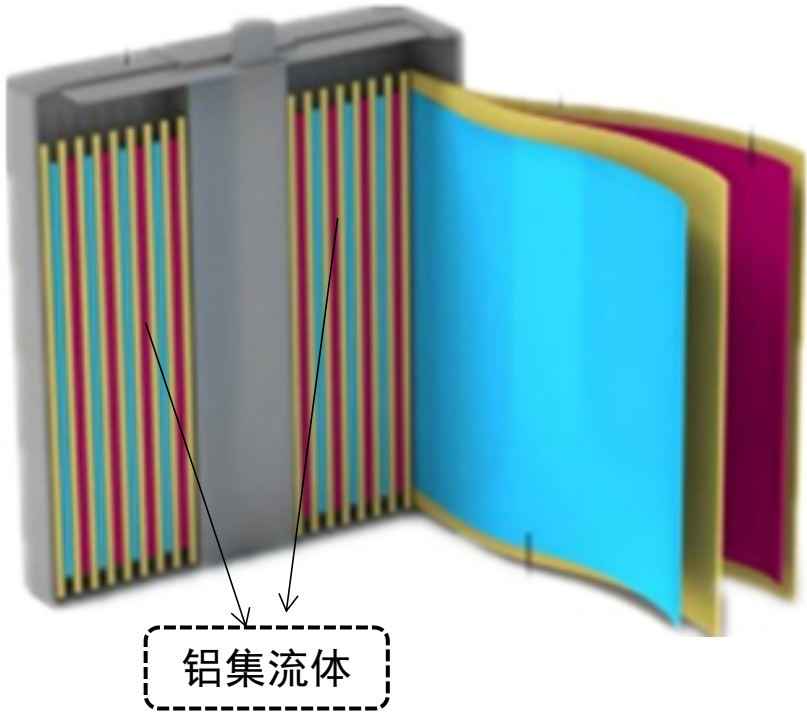
- 集流体在电池中主要发挥着承载活性物质、传导电流的重要作用。在锂离子电池中，负极电势较低，铝箔更容易与锂发生合金化反应，因而不能采用铝箔作为负极集流体，只能使用铜箔。钠离子电池中钠与铝不易发生合金化反应，因而多选用铝箔作为负极集流体。
- 与传统铝箔相比，电池级铝箔对洁净度、板形均匀一致性、机械性能、表面润湿能力等方面均有较高要求。而钠离子电池用铝箔与锂离子电池用铝箔并无显著差异。

表16：电池铝箔与传统铝箔性能要求对比

	电池铝箔	传统铝箔
几何尺寸	厚差≤±3%；宽差±0.5mm	厚差≤±5%；宽差±1.0mm
表面断面质量	表面质量要求严格，针孔数量及孔径有定量要求，表面凹凸点、异物铝粉、毛刺有量化要求	只有定性要求，除锼眼外，无其他量化指标要求
抗拉强度	低强度160-220MPa；中强度220-250MPa；高强度250-320MPa	170-190MPa
延伸率	≥3%	≥1.5%
表面润湿张力	≥31达因值；部分要求≥33达因值	

资料来源：上海有色网，国信证券经济研究所整理

图16：钠电池铝集流体示意图



资料来源：能源学人，国信证券经济研究所整理

第三章 钠离子电池主要企业及进展

钠离子电池环节主要电池企业



- 国内企业里，中科海钠、立方新能源等企业均已实现量产，宁德时代等企业也在积极推进钠离子电池产业化，蜂巢能源、亿纬锂能、国轩高科、欣旺达、派能科技等传统锂离子电池企业也已具备相关技术布局。国外企业中，英国Faradion起步早、积淀深，美国Natron Energy、瑞典Altris等也在加速推进量产进程。

表17：国内电池企业在钠离子电池领域布局情况

企业名称	钠离子电池产业布局	材料方案	电芯能量密度 (Wh/kg)	倍率性能	低温性能	循环寿命	主营业务	是否上市
宁德时代	2021年7月发布首款钠离子电池，目前已启动钠离子电池产业化布局，预计2023年可以建成基本产业链。2022年1月与容百科技签订协议，积极开发钠离子电池配套材料。	普鲁士白/层状材料+硬碳	>160	15min充电80%以上	-20℃下容量保持率超90%	>3000	锂离子电池	是
中科海钠	公司成立于2017年，由中科院物理所技术孵化而来。公司与三峡能源合作规划5GWh全球首条钠离子电池量产线，其中一期1GWh预计2022年投产。公司与华阳股份旗下新阳清洁能源合作1GWh钠离子电池PACK产能预计于2022年9月投产。公司与华阳股份合资公司（中科海钠持股55%）规划年产2000吨正极+2000吨负极材料项目，已于2022年3月开始试生产，该项目计划在2023年左右扩张至满足10GWh电池材料需求的体量。	铜铁锰氧化物+无定形碳	>145	最高能够达到5C倍率	工作温度在-40℃-80℃	>4500	钠离子电池	2022年4月完成A+轮融资，华为哈勃参与。
钠创新能源	公司成立于2018年，由上海电化学能源器件工程研究中心、浙江医药、上海紫剑化工科技发起，技术带头人为上海交通大学教授。公司2019年建成全球首条吨级铁酸钠基正极材料生产线。2021年6月完成百吨级前驱体和正极材料合作生产基地建设。2021年11月公司拟新建年产8万吨钠离子电池正极材料项目，预计在3-5年内建成投产，其中2022年计划建成3000吨产能。2021年12月公司与浙江医药、中欣氟材、浙江宏达化学进行战略合作建设钠离子电池电解液，2022年预计建成5000吨产能，产能规划与正极产能相配套。	铁基氧化物+硬碳	130-160		工作温度在-40℃-55℃	>4000	钠离子电池正极及前驱体、电解液；钠离子电池	2021年11月完成亿元Pre-A轮融资
星空钠电	公司成立于2018年，以钠离子储能及智能微电网技术为核心推动力，组建了由5位国内外材料领域顶尖院士、9位杰出博导、50位博士精英团队构成的电力储能研究院。2019年1月，公司宣布其世界首条钠离子电池生产线投入运行。2019年获得国网辽宁综合能源有限公司的百亿订单	普鲁士蓝+普鲁士蓝					钠离子电池	2021年底引入战投淮海控股
众钠能源	公司成立于2021年，依托来自苏州大学、南京大学及中科院纳米所等国内6所双一流高校的联席科学家团队的技术。2021年发布硫酸铁钠钠离子电池。2022年公司产品进入中试阶段，计划发布新产品，并进入客户的验证体系；2023年进入量产阶段。公司2022年3月百吨级材料项目投产，2023年电芯产能规划达GWh以上。	硫酸铁钠					钠离子电池	2022年3月完成B轮融资，碧桂园创投独家领投

资料来源：宁德时代官网，中科海钠官网，钠创新能源官网，众钠能源官网，国信证券经济研究所整理

钠离子电池环节主要电池企业

表17：国内电池企业在钠离子电池领域布局情况

企业名称	钠离子电池产业布局	材料方案	电芯能量密度 (Wh/kg)	倍率性能	低温性能	循环寿命	主营业务	是否上市
立方新能源	公司成立于2013年，主要从事锂离子电池产品生产制造。公司于2016年开始研发钠离子电池体系，当年完成普鲁士蓝类电池制备；2018年完成普鲁士蓝制备并获得相关专利；2018年开发成功了磷酸钒钠体系钠电池；2021年完成了层状氧化物研发，2022年形成吨级量产；2022年4月发布层状氧化物钠电池并进入量产阶段；2022年4月与振华新材达成战略合作。	层状氧化物+硬碳	>140	15min充电80%以上	-20℃下容量保持率超88%	>2000	锂离子电池	已完成B轮融资
贛安能源	公司成立于2017年，主要从事水系钠离子电池的研发和生产。2018年公司建成了年产量20MWh的流水线，2019年实现欧洲户用储能市场MWh销售。2021年，公司中标6MWh水系钠盐电池储能系统-内蒙乌兰察布风光储一体化基地示范项目；2022年，中标海外20MWh水系钠盐电池供货合同以及泰国电力皇室工厂60KW/150KWh光储一体化示范项目。公司2021年无锡基地建成，产能新增至100MWh。2022年公司贵州基地一期年产2GWh电池储能材料预计于Q3投产。	普鲁士蓝+钛酸盐				>3500	钠离子电池	2017年软银中国参与A轮融资
山东章鼓	公司参股子公司喀什安德（持股20%）主要生产的产品为46120半固态高压镍锰酸锂电池和80160水系半固态锌离子两种类型的电池。同时公司还在钠离子电池积极推进量产进程。	磷酸钒钠+硬碳			工作温度在-30℃-55℃		鼓风机、通气机、工业泵、电气设备等	是
鹏辉能源	公司钠离子电池已完成小批量试产，计划应用场景为储能、快充模式电动车、中等续航电动车、电单车等。	磷酸盐系+硬碳					锂离子电池	是
欣旺达	公司在钠离子电池补钠的方法、钠离子电池及其制备方法等方面拥有多项专利。						锂离子电池	是
传艺科技	传艺钠电核心技术团队在电池行业具有10年以上工作经验，团队目前有核心科研人员6名，其中研发科研带头人1名、副教授2名、博士4名，硕士储备20多名。公司目前已完成小试阶段的钠离子电池产品各项技术参数与行业内主要头部企业已知的钠离子电池参数及性能处于同一梯队。2023年计划建成2GWh电芯生产线，后续还有8GWh产能规划。		>145		-20℃下容量保持率超88%	>4000	输入类设备和印制电路板（PCB）	是
派能科技	公司已于2021年开发出了第一代钠离子电池产品并完成小试。						储能系统	是
璞钠能源	公司成立于2022年，由超威集团出资设立。公司拟投资1.6亿元在上海建设钠离子电池正极材料中试及电芯实验线项目，计划于2022年7月投产。同时公司规划2024年开始量产钠离子电池。							否
圣阳股份	公司与院士工作站等合作单位联合开发的钠离子电池已通过实验阶段，进入样品测试阶段。						铅酸电池、锂离子电池	是

资料来源：中国专利信息中心，容百科技公告，振华新材公告，国信证券经济研究所整理

钠离子电池环节主要电池企业及进展

表18：国外电池企业在钠离子电池领域布局情况

企业名称	钠离子电池产业布局	材料方案	电芯能量密度 (Wh/kg)	低温性能	循环寿命
美国Natron Energy	公司成立于2012年，旨在提供高安全性、高功率的电池。2020年公司BlueTray 4000钠离子电池首次上市。2021年与Extreme Power Conversion公司合作引入了业界首款钠离子电池不间断电源系统（UPS）。2022年公司与电池生产商Clarios International公司建立战略合作伙伴关系，以利用Clarios在密歇根州的锂离子电池工厂来改产钠离子电池，该项目设计产能为600MWh，预计2023年量产。2022年公司宣布首款获得UL认证的钠离子电池上市，并声称该电池可用于数据中心，电信和关键任务应用。	普鲁士蓝+普鲁士蓝	>140	工作温度-20℃-40℃	>25000
英国Faradion	公司成立于2011年，旨在推广钠离子电池技术。2020年公司与印度IPLTech建立新型合作关系，为印度商用车市场生产高能量钠离子电池；2021年公司开始为澳大利亚提供储能用钠离子电池。	层状氧化物+硬碳	>140	工作温度-20℃-60℃	>1000
瑞典Altris	2022年公司开始建设年产2000吨钠离子电池正极材料项目，预计2023年初投产。公司计划2023年开始量产钠离子电池，现规划年产能为1GWh。	普鲁士蓝	>140		
法国Naiades		氟磷酸钒钠+硬碳	>90		>4000
法国Tiamat	公司成立于2017年，由法国国家科学研究中心和多所高校联合成立。2020年公司获得法国汽车支持计划资金，用于轻度混合动力48V电池组开发。	氟磷酸钒钠+硬碳	120-135		5000-8000

资料来源：Natron Energy官网，Faradion官网，国信证券经济研究所整理

钠离子电池环节主要正极企业及进展



- 钠离子电池正极材料布局方面，容百科技已具备初步量产能力，振华新材已开始进行相关产能建设，当升科技、格林美、广东邦普等均具有相关专利布局，并且积极推进产业化进程。

表19：正极材料企业在钠离子电池正极领域布局情况

企业名称	钠离子电池产业布局	钠离子电池技术或专利布局	主营业务
容百科技	公司2022年7月发布四款正极材料，三款为层状氧化物、一款为普鲁士白。公司普鲁士白正极年产能6000吨，层状氧化物规划2022年底开发完成，2023年二季度达到3.6万吨产能，全年实现万吨级出货，2025年钠离子正极材料规划产能达到60万吨，预计出货10万吨。	公司在层状氧化物、普鲁士白或其他体系领域具有深厚布局。现有专利布局涵盖普鲁士类正极材料制备和极片制备研究。	锂电池三元正极材料
当升科技	2022年7月发布层状正极材料产品，预计2023-2024年量产。	公司组建了专门研发团队开展钠离子电池等新型电池体系关键材料的研发。	锂电池三元正极材料、钴酸锂材料
厦钨新能	公司钠离子电池材料进入送样测试阶段	公司与国外客户合作，提升钠离子电池材料的倍率和低温性能。	锂电池三元正极材料、钴酸锂材料
振华新材	2022年6月公司发布定增预案，拟建设年产10万吨正极材料项目，兼容中镍、高镍、钠离子电池材料生产。公司的钠离子电池正极材料已得到部分下游客户的认可，目前处于送样阶段。	公司研发的钠离子电池正极材料具有高压实密度、高容量、低pH值和低游离钠的特性。	锂电池三元正极材料
格林美	公司产品与多家下游客户正在认证。	公司从2019年开始启动钠离子电池材料的技术攻关，现有专利布局涵盖普鲁士类正极、层状氧化物正极材料制备及改性研究。	锂电池前驱体材料，锂电池回收
广东邦普		公司现有专利布局涉及锰基层状氧化物、普鲁士蓝类化合物、磷酸铁钠、磷酸钒钠等材料制备研究。	锂电池材料，锂电池回收
川恒股份		公司工程技术研究院组建了磷酸铁钠电池研究团队。	磷化工产品
湖北万润		公司现有专利布局涵盖铁基复合磷酸盐制备研究。	锂电池磷酸铁锂正极
帕瓦股份		公司已完成钠离子电池层状正极前驱体材料研发工作。	锂电池三元正极前驱体

资料来源：中国专利信息中心，容百科技公告，振华新材公告，国信证券经济研究所整理

负极材料主要企业及研发进展



- 负极材料布局方面，中科海钠以无烟煤作为前驱体制备软碳材料，宁德时代开发出了具有独特孔隙结构的硬碳材料，贝特瑞目前能量产硬碳、软碳材料；璞泰来、翔丰华目前正在推进中试工作、
- 日本方面，吴羽已经能够量产硬碳材料，日本三菱及日本松下同样从事钠电池负极材料的研发和生产工作。

表20：国内钠离子电池负极生产企业及主要进展

企业名称	主要进展
中科海钠	2021年12月，与华阳股份发起钠离子电池和正负极材料的生产线建设，公司提出无烟煤作为前驱体制备低成本软碳负极材料，并研制出容量大于400 mAh/g兼顾高首效的碳负极材料；
贝特瑞	2009年起研究和布局硬碳，无定型碳等负极材料，目前能量产硬碳、软碳，目前用于数码产品、电动大巴
宁德时代	宁德时代开发了具有独特孔隙结构的硬碳材料。
璞泰来	积极推进硬碳等新产品的中试及量产
杉杉股份	硬碳与石墨复合使用，提高动力电池低温倍率性能，正在进行中试
翔丰华	硬碳与石墨复合使用，进入中试阶段
中科星城	公司在硬碳研发已经布局相关专利
日本吴羽	2013年起开始生产硬碳材料
日本三菱	从事钠离子电池负极材料研发生产
日本松下	从事钠离子电池负极材料研发生产

资料来源：中科海钠、贝特瑞、宁德时代、璞泰来、杉杉股份、翔丰华、中科电气公司公告，国信证券经济研究所整理

- 电解液方面布局方面，钠创新能源目前已有5000吨电解液投产，预计未来3-5年内会建设配套8万吨正极材料的电解液产线；多氟多目前已有千吨六氟磷酸钠生产能力，同时NaFSI已经研发成功；天赐材料、新宙邦、石大胜华、永太科技目前正在推进中。

表21：国内电解液生产企业及主要进展

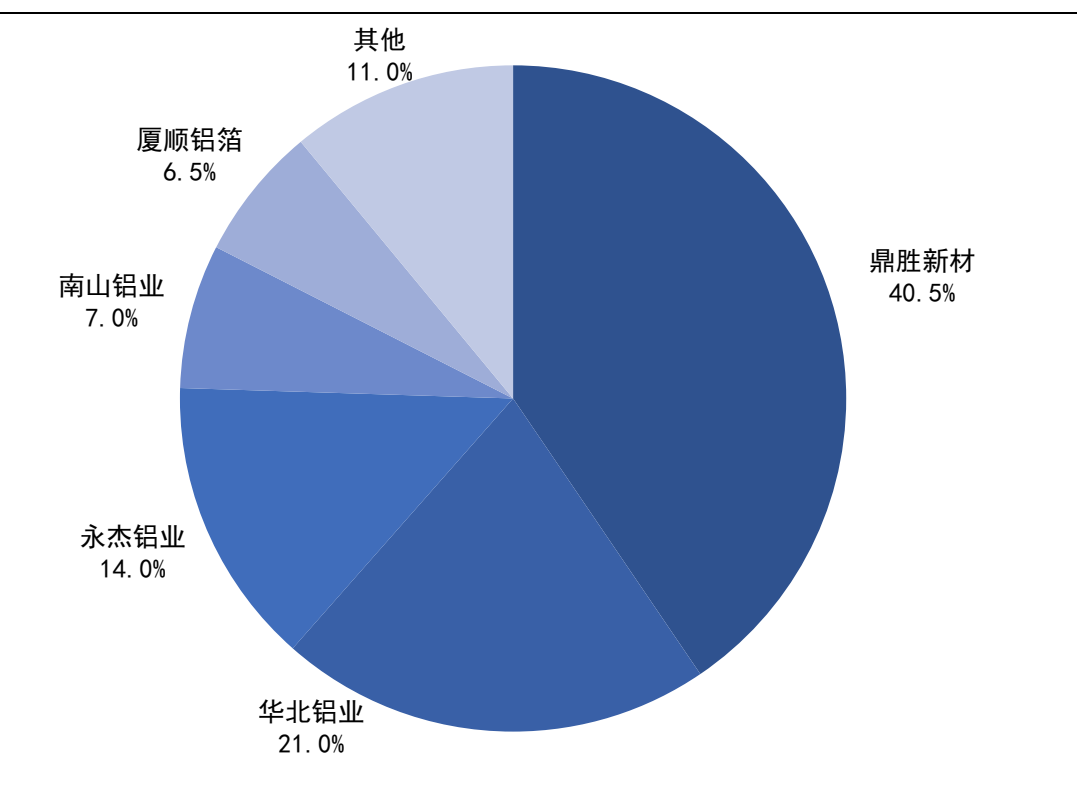
企业名称	主要进展
钠创新能源	2022年5000吨钠电池电解液投产，预计未来3-5年会建设配套8万吨正极材料的电解液产线。
天赐材料	已有六氟磷酸钠量产技术
多氟多	目前具备年产千吨六氟磷酸钠生产能力，NaFSI研发成功
新宙邦	公司钠离子电池电解液目前处于样品阶段
石大胜华	目前拥有钠电池溶剂PC（碳酸丙烯酯）产能
永太科技	目前正在推进六氟磷酸钠、双氟磺酰亚胺钠等项目

资料来源：天赐材料、多氟多、新宙邦、石大胜华、永太科技等公司公告，国信证券经济研究所整理

铝箔企业目前布局与进展

- 钠离子电池正负极集流体有望均采用价格相对低廉的铝箔，因而在单GWh电池铝箔用量上，钠离子电池有望比锂离子电池提升近一倍。在国内铝箔市场中，2021年电池应用场景仅占总需求的3.1%，总出货量约在13万吨左右。
- 2021年鼎胜新材、华北铝业、永杰铝业市占率位居国内前三，CR3达到近75%。鼎胜新材2015年开始电池铝箔的生产研发，目前已与宁德时代、比亚迪、特斯拉、国轩高科、LG新能源等客户达成密切合作。公司现有电池铝箔产能超10万吨，2022年底产能有望扩张至15万吨，2023年有望突破20万吨。

图17：2021年电池级铝箔销量排名



资料来源：鑫椤锂电，国信证券经济研究所整理

表22：铝箔主要上市公司情况

企业名称	电池级铝箔布局
鼎胜新材	公司主导产品为铝板、带、箔及涂层材，以及深加工产品氧化铝板、电缆箔、空调箔、装饰建材用铝箔、空调冰箱用蒸发器、冷凝器等多种系列铝产品。公司自2015年开始电池铝箔研发生产，客户涉及宁德时代、特斯拉、比亚迪、国轩高科、SKI、LG新能源、蜂巢能源、孚能科技等。目前公司电池级铝箔产能超10万吨，2022年底有望突破15万吨，2023年有望达到20万吨。
万顺新材	公司秉持中高档包装材料、铝箔包装业务、ITO导电膜为“三驾马车”的多元化发展战略。公司自2018年开始布局电池铝箔，客户涉及宁德时代、多氟多、欣旺达等。公司现有产能4万吨，2023年8月产能有望达到7.2万吨，此外公司还有10万吨产能规划。
南山铝业	公司具有完整的铝产业链生产线，主要产品包括上游产品电力、蒸汽、氧化铝、铝合金锭，下游产品铝板带箔、挤压型材、压延材及大型机械深加工结构件。公司现有锂电铝箔产能近3万吨。

资料来源：鼎胜新材公告，万顺新材公告，南山铝业公告，国信证券经济研究所整理

第四章 重点公司案例

宁德时代：锂电龙头切入钠电，技术延伸深耕储能赛道

- 2021年7月29日，宁德发布第一代钠离子电池，电芯单体能量密度能够达到160Wh/kg，常温下充电15分钟，电量达到80%，同时低温性能俱佳，零下20℃情况下仍能够保持90%以上放电保持率，系统集成度达到80%以上。此外锂电钠电AB模式方案也备受关注，宁德时代预计第二代钠电池能量密度将达到200Wh/kg，计划2023年产业化。目前已与整车及储能企业展开合作。
- 宁德时代自2016年起申请钠电池专利，其中专利设计正负极活性物质，正负极极片，电池模块，电池包，装置等方面。

图18：宁德时代第一代钠电池性能



资料来源：宁德时代发布会，国信证券经济研究所整理

表23：宁德时代钠离子电池公开专利（2021-2022部分）

宁德时代钠离子电池专利名称（专利公开号）	公布日
平板式钠金属电池、电化学装置（CN114597479A）	2022-06-07
正极活性材料及其制备方法及钠离子电池（CN114335518A）	2022-04-12
钠离子电池用正极材料及其制备方法（CN112447947B）	2022-03-25
负极极片的处理方法、钠金属负极极片与电化学装置（CN113437248B）	2022-03-18
平板式钠金属电池、电化学装置（CN113437356A）	2021-09-24
钠离子电池的负极极片、电化学装置及电子设备（CN113437254A）	2021-09-24
负极极片的处理方法、钠金属负极极片与电化学装置（CN113437248A）	2021-09-24
正极极片及钠离子电池（CN111799437B）	2021. 07. 09
正极活性材料、其制备方法及钠离子电池（CN110875473B）	2021. 06. 15
正极片及电化学电池（CN109841806B）	2021. 05. 04
正极片及电化学电池（CN109841832B）	2021. 05. 04
钠离子电池、钠离子电池用正极极片、正极活性材料、电池模块、电池包和装置（CN112687944A）	2021. 04. 20
钠离子电池用正极活性材料、由该活性材料制成的钠离子电池、电池模块、电池包及装置（CN112670497A）	2021. 04. 16
钠离子电池用正极材料及其制备方法（CN112447947A）	2021. 03. 05
钠离子电池用普鲁士蓝类正极材料及其制备方法及钠离子电池（CN109728292B）	2021. 02. 23

资料来源：国家知识产权局专利局官网，宁德时代官网，企查查，国信证券经济研究所整理

中科海钠：背靠中科院，钠电池先驱

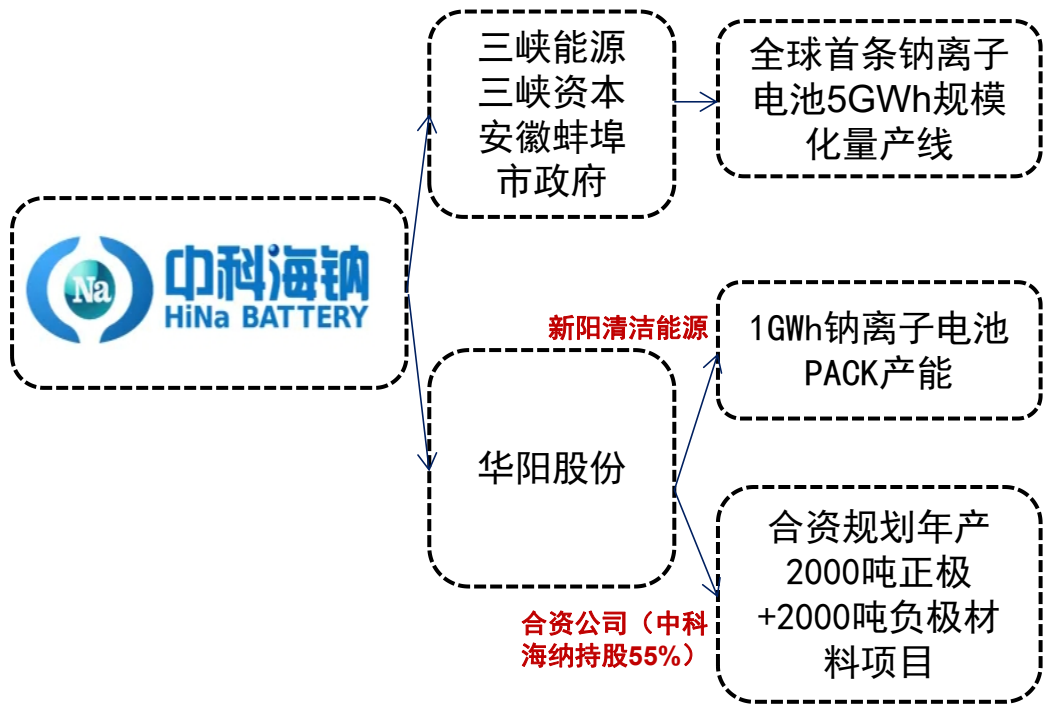
- 中科海钠成立于2017年2月，是中科院物理所科技成果转化项目，也是国内第一家专注于钠电池研发生产的公司，属于国内钠电池领域先驱。先后有中科院物理所/国科嘉和/北京协同创新研究院/中科创星/梧桐树资本/中关村创业投资/海松资本参与中科海钠融资，2022年4月，华为旗下哈勃投资参与注资中科海钠，股东方进一步扩大。
- 合作方面，公司与三峡能源合作规划5GWh全球首条钠离子电池量产线，其中一期1GWh预计2022年投产。公司与华阳股份旗下新阳清洁能源合作1GWh钠离子电池PACK产能预计于2022年9月投产。公司与华阳股份合资公司（中科海钠持股55%）规划年产2000吨正极+2000吨负极材料项目，已于2022年3月开始试生产，该项目计划在2023年左右扩张至满足10GWh电池材料需求的体量。

表24：中科海钠融资历程

披露日期	交易金额	融资轮次	投资方
2022-04-01	未披露	A+轮	哈勃投资/海松资本/深圳聚合资本
2021-03-26	数亿元人民币	A轮	梧桐树资本/海松资本/哈勃投资
2020-04-24	数千万人民币	Pre-A轮	中科创星/梧桐树资本/中关村创业投资
2019-01-04	未披露	天使+	北京协同创新研究院
2018-09-14	未披露	天使轮	国科嘉和/物理所

资料来源：天眼查，国信证券经济研究所整理

图19：中科海钠合作项目

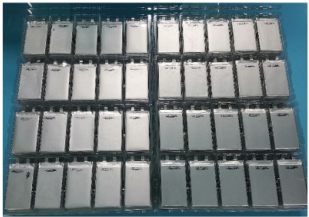
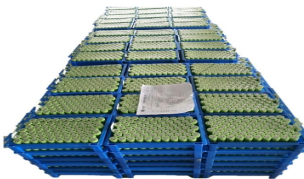


资料来源：三峡能源、华阳股份公司公告，国信证券经济研究所整理

中科海钠：背靠中科院，钠电池先驱

- 中科海钠目前研发产品包含软包钠电池和圆柱钠电池，主要应用于储能电站，两轮车、低速电动车等方面。中科海钠研发的钠电池目前工作电压为3.2V，适用工作温度为-40℃-80℃。循环寿命大于4500周，能量密度大于145Wh/kg。
- 从专利布局来看，中科海钠致力于围绕钠电池电芯、正负极活性物质及极片展开研发。

表25：中科海钠最新研发成果图

式样	型号	性能
	NaCP0880138（软包）	• 工作电压：3.2V； • 工作温度：-40℃~80℃； • 循环寿命：≥4500周@83% (2C/2C)； • 能量密度：≥145Wh/kg； • 倍率性能：5C容量≥1C容量的90%； • 储存性能：常温存放28天荷电保持≥94%额定容量，荷电恢复≥99%额定容量； • 安全性能：满足国标GB/T31485-2015
	NaCR32138（圆柱）	
	NaCR26650（圆柱）	

资料来源：中科海钠官网，国信证券经济研究所整理

表26：中科海钠专利情况

中科海钠钠电池专利名称	申请号
一种涂布机模投保护罩	201922222257.2
一种钠离子电池电芯	201922222259.1
一种钠离子电池电芯	201922296540.X
一种可多次注液钠离子电池	201821701121.9
一种电池电芯组合支架	201821846108.2
一种软包电池加压化成设备的工装结构	201821648871.4
一种层状氧化物材料、制备方法、极片、二次电池和用途	201410549896.9
钠离子电池负极材料及其制备方法和应用	201710904851.2
一种钠离子二次电池负极材料及其制备方法和用途	201510708632.8
一种铜基富钠层状氧化物材料及其制备方法和用途	201510030075.9
一种富钠P2层状氧化物材料及其制备方法和用途	201410347935.7
钠离子二次电池及其用的活性物质、正负极及活性物质的制备方法	201410347935.7
碱金属二次电池及其用的负极活性物质、负极材料、负极和负极活性物质的制备方法	201210176523.2
钠离子电池负极活性物质及其制备方法和反应	201110326377.2

资料来源：中科海钠官网，国信证券经济研究所整理

- 容百科技7月20日战略发布会发布四款新型钠离子正极材料，其中一款为普鲁士白产品，其余三款为层状氧化物产品。公司预计钠离子电池应用领域分别涉及储能、二轮车、小动力、数码、动力电池等。
- 公司目前普鲁士白产品年产能6000吨，层状氧化物预计在2022年底完成开发。2023Q2钠离子电池正极材料达到3.6万吨产能，全年预计实现万吨级出货。公司计划2025年钠离子正极材料产能达到60万吨，预计出货超10万吨。

表27：容百科技钠电产品

类别	产品（组分）	能量密度	应用领域	产品性能	产能
普鲁士白	FW-1 (Fe/Mn)	60-160Wh/kg	储能	压实密度1.5-4; 平均电压3-4.5V	6000吨/年
层状氧化物	NL-1 (Nimol% 0-10%)	100-130Wh/kg	二轮车、小动力、数码等	压实密度>3.0 平均电压>3.3V 水分<400ppm pH<12.3	3.6万吨/年(截止2023年二季度)
层状氧化物	NL-2 (Nimol% 10-20%)	130-170Wh/kg	动力、储能	压实密度>3.0 平均电压>3.3V 水分<600ppm pH<12.5	
层状氧化物	NL-3 (Nimol% 50%)	170-200Wh/kg	动力	压实密度>3.0 平均电压>3.3 水分<800ppm pH<13	

资料来源：容百科技2022战略发布会，国信证券经济研究所整理

- 当升科技7月20日正式发布新一代钠离子电池正极材料，该材料继续沿用与三元材料一致的层状结构。公司通过特殊微晶结构的均相前驱体设计、系统优化高温固相结晶调控技术以及多层级多元素协同修饰，来实现正极材料的完美结晶。目前公司正极材料比容量能够做到177. 2mAh/g，能够兼容现有三元正极生产线，预计在2023-2024年实现量产。

表28：当升科技钠电池正极性能

材料性能	单位	竞品	当升科技产品
比容量（0. 1C）	mAh/g	170. 6	177. 2
比容量（0. 33C）	mAh/g	80. 9	91. 3
能量效率	%	147. 2	169. 2
倍率性能（1C/0. 1C）	%	80. 3	91. 4
容量保持率（1C，80圈）	%	83. 3	90. 1

资料来源：当升科技发布会，国信证券经济研究所整理

- 我们看好钠离子电池行业未来发展，推荐钠电池及材料布局前瞻的企业：
- 1) 电池企业：宁德时代；
- 2) 材料企业：当升科技、容百科技、厦钨新能、璞泰来、天赐材料。

表29：重点公司盈利及预测（2022年7月20日）

公司 代码	公司 名称	投资 评级	收盘价	EPS				PE				PB
				2020	2021	2022E	2023E	2020	2021	2022E	2023E	2021
300750	宁德时代	增持	526.00	2.29	6.53	9.29	15.59	229.9	80.6	56.6	33.7	15.19
600348	华阳股份	无评级	18.60	0.63	1.47	2.34	2.55	29.5	12.7	7.9	7.3	1.51
002866	传艺科技	无评级	30.92	0.47	0.57	0.63	1.07	65.8	54.2	49.1	28.9	1.91
300438	鹏辉能源	无评级	82.65	0.13	0.42	1.27	1.93	635.8	196.8	65.1	42.8	7.98
300073	当升科技	买入	111.12	0.76	2.15	4.84	6.19	146.2	51.6	23.0	17.9	5.96
688005	容百科技	买入	154.69	0.47	2.02	4.65	7.21	327.5	76.6	33.3	21.5	12.85
688778	厦钨新能	买入	163.01	1.00	2.21	3.44	4.98	163.7	73.8	47.4	32.8	10.98
688707	振华新材	无评级	79.38	-0.51	0.93	2.16	2.89	-155.6	85.4	36.8	27.5	8.04
002709	天赐材料	买入	57.48	0.28	1.15	2.76	3.08	207.6	50.1	20.8	18.7	15.46
002407	多氟多	无评级	50.91	0.07	1.64	3.67	6.09	727.3	31.0	13.9	8.4	7.59
603659	璞泰来	增持	79.06	0.48	1.26	2.03	3.02	164.7	62.9	38.9	26.2	10.49
300890	翔丰华	无评级	55.76	0.45	1.00	1.73	2.62	123.9	55.8	32.2	21.3	5.72
002812	恩捷股份	增持	222.16	1.25	3.05	5.44	7.92	177.7	73.0	40.8	28.0	14.39
603867	鼎胜新材	无评级	63.10	-0.03	0.88	2.10	2.91	-2103.3	71.7	30.0	21.7	3.93
300057	万顺新材	无评级	11.98	0.11	-0.06	0.36	0.50	108.9	-199.7	33.3	24.0	1.79

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理与测算；注：表中未评级股票业绩预测为Wind一致预期

- **钠离子电池产业化进展不及预期**

钠电池推动产业化进展主要需要通过1) 材料开发, 2) 成本下降, 3) 产品合格, 客户验证通过等步骤。如果某步骤出现问题则会影响产业化进展。

- **下游需求不及预期**

储能方面, 目前各国仍然主要通过补贴方式推动储能经济性, 若各国补贴政策, 电力市场化改革不及预期, 市场配置动力或将减弱。低速车/两轮车/商用车领域目前使用锂电池较多, 因此如果下游对钠电池需求较弱, 对钠电池行业也将是潜在的风险。

- **产品竞争加剧**

竞品方面, 除了锂电池外, 产业层面也在推广新型电池产品例如钒电池。如果产品竞争加剧, 对于钠电池行业将造成不利影响。

免责声明

国信证券投资评级		
类别	级别	定义
股票投资评级	买入	预计6个月内，股价表现优于市场指数20%以上
	增持	预计6个月内，股价表现优于市场指数10%-20%之间
	中性	预计6个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	卖出	预计6个月内，股价表现弱于市场指数10%以上
行业投资评级	超配	预计6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
	中性	预计6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
	低配	预计6个月内，行业指数表现弱于市场指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券
GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032