

# 钠离子电池环节概述：产业化加速，有望成为锂电的有效补充

2022 年 10 月 17 日

## 【投资要点】

- ◆ **钠电池与锂电池工作原理相似。**钠电池与锂电池同为嵌脱式二次电池，靠 Na<sup>+</sup>或 Li<sup>+</sup>在正负极之间移动完成充放电，生产工艺与锂电池高度重合，产业化基础良好。**性能方面：**(1) 现阶段商业化的钠电池能量密度在 100-160 Wh/kg，略低于磷酸铁锂的 120-180 Wh/kg；(2) 高低温性能优秀，钠电池可以在-40°C-80°C 的温度区间内正常工作，-20°C 下容量保持率接近 90%；(3) 安全性更高；(4) 倍率性能更好，具备“快充”属性。
- ◆ **核心优势在于材料端成本。**钠离子正极钠源使用碳酸钠，钠资源地壳含量高，全球分布广泛，碳酸钠目前价格约 3 千元/吨，相对于锂盐价格优势明显，同时过渡金属摆脱了对高价镍、钴等元素的依赖；负极材料使用软碳/硬碳，软碳材料相较于石墨成本优势明显；正负极集流体均可以使用具备价格优势的铝箔；电解液使用 NaPF<sub>6</sub>，离子电导率更高，因此可使用低盐浓度的电解液。我们测算，现阶段钠电池电芯成本在 0.8-0.9 元/Wh，随着工艺成熟、产业链完备，成本有望下探至 0.5 元/Wh 以下，相较于磷酸铁锂电池具备显著经济性。
- ◆ **应用空间广阔，在储能、低速交通领域与锂电形成补充。**储能领域为钠电池提供主要需求空间：全球能源转型需求下，电化学储能加速发展。锂资源紧缺，碳酸锂价格一路飙升，钠电池资源优势和成本优势日渐凸显，同时安全性能远高于锂电池，完美契合储能领域需求。低速交通领域：钠电池能量密度高于铅酸电池，且不存在环保问题，叠加新国标要求，钠电池成为两轮车领域实现无铅化替代的不二之选；相较于磷酸铁锂电池，钠电池性价比优势凸显，有望在价格敏感的低速电动车领域逐渐渗透。我们预计，至 2025 年，钠电需求超 100GWh。
- ◆ **国内厂商产业化加速，2023 年有望成为量产元年。**宁德时代引领产业趋势，2021 年率先发布第一代钠电池，并提出预计 2023 年形成基本产业链；中科海钠绑定华阳股份、多氟多，2022 年预计将有 2GWh 产能投产，储能电站项目落地；传艺科技 2022 年 7 月设立孙公司传艺钠电，下半年，中试线投产，预计 2023 年 2GWh 产线投产；钠创新能源、立方新能源、众钠能源等也纷纷布局 GWh 电池或千吨级材料产能。

## 【配置建议】

- ◆ 钠电池技术逐步趋于成熟，2023 年有望成为钠电池产业化元年。**电池厂商方面**，谨慎看好：宁德时代，建议关注：华阳股份、传艺科技、维科技术；**正极材料方面**，谨慎看好：振华新材，容百科技；**其他材料**，建议关注：多氟多。

## 【风险提示】

- ◆ 储能需求低于预期；
- ◆ 锂电池成本下降超预期；
- ◆ 钠电池产业化速度低于预期。

强于大市 (维持)

东方财富证券研究所

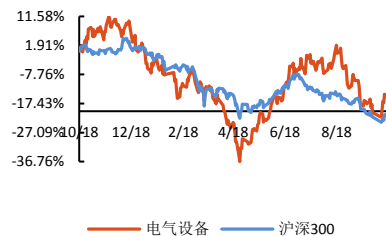
证券分析师：周旭辉

证书编号：S1160521050001

联系人：陈标熙，郭娜

电话：021-23586475

相对指数表现



相关研究

《9 月新能源车销量大增，行业景气度向上》

2022.10.12

《钠离子电池正极材料：新势力一马当先，锂电厂商伺机而动》

2022.10.12

《颗粒硅：工艺决定低碳基因，市场验证拉晶品质》

2022.09.14

《钙钛矿电池：“黑科技”见曙光》

2022.08.16

《高纯石英：皇冠上的明珠》

2022.07.22

## 正文目录

1. 钠电池：工作原理与锂电池一致，核心优势在于成本.....	4
1.1. 工作原理与锂电池一致，生产工艺相似.....	4
1.2. 成本是突出优势，能量密度略逊于锂电池.....	5
1.2.1. 钠资源广泛，成本优势突出.....	5
1.2.2. 能量密度略低于锂电池，具备宽温域、高安全性优势.....	7
2. 钠离子电池的应用场景和空间展望.....	8
2.1. 复盘：钠离子电池的发展历史.....	8
2.2. 应用场景：储能和低速交通领域应用潜力大.....	9
2.2.1. 储能领域：高安全性+低成本，应用潜力大.....	10
2.2.2. 两轮车：性能优越+环保，实现铅酸替代.....	12
2.2.3. 低速电动车：性价比高，有望成为锂电池的有效补充.....	13
2.3. 市场空间测算：2025年超100GWh空间.....	14
3. 钠离子电池的关键环节拆解.....	15
3.1. 正极材料：决定能量密度，主要有三大技术路线.....	15
3.1.1. 层状氧化物：能量密度高，产业化进度最快.....	15
3.1.2. 普鲁士类：电化学性能好，成本低.....	17
3.1.3. 聚阴离子类：结构稳定、循环性能好，比容量低.....	18
3.2. 负极材料：无定形碳具备商业化潜力，硬碳为主，软碳为辅.....	19
3.2.1. 硬碳：性能卓越，价格高.....	19
3.2.1. 软碳：成本低，比容量低.....	20
3.3. 其他材料：与锂电池区别不大.....	21
4. 钠离子电池产业布局情况和进度.....	21
4.1. 电池：科创团队+锂电厂切入两种模式，格局未定.....	22
4.1.1. 中科海钠：背靠中科院，钠离子电池先驱.....	23
4.1.2. 钠创新能源：源于上海交大，技术实力深厚.....	25
4.1.3. 宁德时代：由锂电切入，具备产业链协同优势.....	26
4.1.4. 传艺科技：IT高新技术企业，布局钠离子电池.....	27
4.2. 正极：层状氧化物量产进度领先，23年有望实现量产.....	27
4.2.1. 容百科技：高镍三元领域龙头，转型正极材料综合供应商.....	27
4.2.2. 振华新材：单晶三元正极细分龙头，布局钠电打开储能增长空间.....	28
4.3. 负极：预计硬碳是主流材料，主流负极厂均有布局.....	28
4.3.1. 华阳股份：无烟煤龙头企业，与中科海钠深度合作.....	28
4.3.2. 贝特瑞：深耕锂电负极多年，布局钠电负极.....	29
4.3. 其他材料：多数可复用锂电，格局变化不大.....	29
5. 风险提示.....	30

## 图表目录

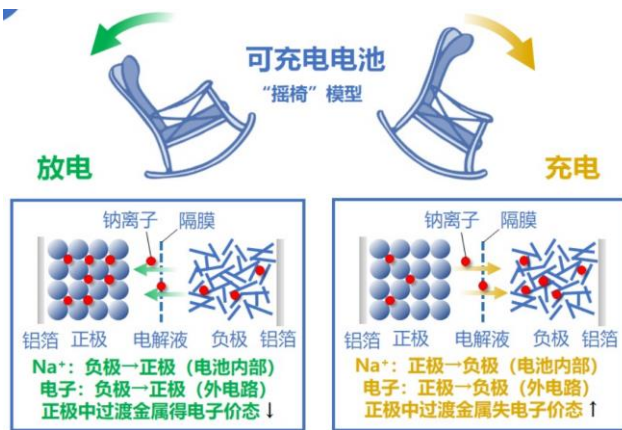
图表 1: 钠离子电池的工作原理.....	4
图表 2: 钠离子电池的封装形态.....	4
图表 3: 钠离子电池生产工艺流程.....	4
图表 4: 碳酸锂价格走势.....	5
图表 5: 碳酸钠价格走势.....	5
图表 6: 钠电池与锂电池的成本对比.....	5
图表 7: 钠离子电池成本测算、与磷酸铁锂电池成本对比.....	6
图表 8: 铅酸电池、锂电池和钠电池性能比较.....	7
图表 9: 钠离子电池的优势.....	8
图表 10: 钠离子电池发展历程.....	9
图表 11: 钠电池的核心应用领域.....	9
图表 12: 储能相关政策及内容.....	10
图表 13: 2021 全球储能市场累计装机分布.....	11
图表 14: 4 种电化学储能形式的全生命周期度电成本.....	11
图表 15: 单位容量成本和循环次数对储能度电成本的影响.....	12
图表 16: 钠电池在储能领域的主要应用场景.....	12
图表 17: 铅酸电池、钠电池、锂电池的能量密度和体积对比.....	13
图表 18: 宁德时代 AB 混合集成电池解决方案.....	14
图表 19: 钠离子电池市场空间测算.....	15
图表 20: 层状氧化物、隧道状氧化物结构对比.....	16
图表 21: 采取层状氧化物路线的公司对比.....	17
图表 22: 普鲁士蓝类材料结构和晶格缺陷（左为理想中的无缺陷结构）.....	17
图表 23: 采取普鲁士类化合物路线的公司对比.....	17
图表 24: 聚阴离子类化合物结构.....	18
图表 25: 采取聚阴离子类化合物路线的公司对比.....	19
图表 26: 钠离子电池三种正极材料性能优劣对比.....	19
图表 27: 硬碳企业布局.....	20
图表 28: 软碳、硬碳性能对比.....	20
图表 29: 钠离子电池产业链.....	21
图表 30: 钠离子电池产业图谱.....	22
图表 31: 国内企业钠离子电池布局及进展.....	22
图表 32: 中科海钠专利总结.....	23
图表 33: 中科海钠钠离子电芯产品、模组产品.....	24
图表 34: 中科海钠合作项目.....	25
图表 35: 爱玛科技发布由钠创新能源研发的钠离子电池.....	25
图表 36: 宁德时代钠电池性能与磷酸铁锂的对比.....	26
图表 37: AB 电池解决方案实现优势互补.....	26
图表 38: 宁德时代钠离子电池相关专利（部分）.....	26
图表 39: 传艺科技钠离子电池产能规划.....	27
图表 40: 正极材料领域公司钠电池布局及进展.....	28
图表 41: 负极材料领域公司钠电池布局及进展.....	29
图表 42: 其他材料领域公司钠电池布局及进展.....	30
图表 43: 行业重点关注公司（截至 2022 年 10 月 13 日）.....	30

## 1. 钠电池：工作原理与锂电池一致，核心优势在于成本

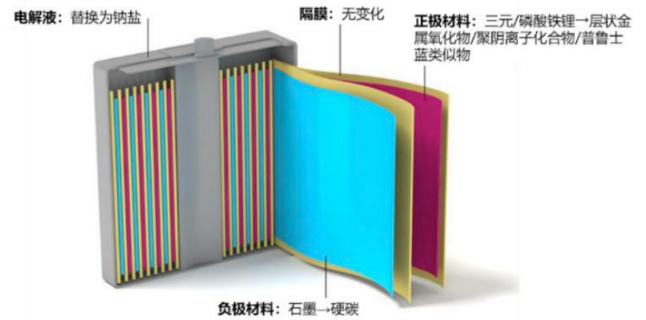
### 1.1. 工作原理与锂电池一致，生产工艺相似

钠离子电池工作原理与锂离子电池相似，同为嵌脱式电池，工作原理同为“摇椅式充放电”。钠和锂同为碱金属元素，两者的物理与化学性质相似。因此，钠离子电池的工作原理也与锂离子电池一样，作为嵌脱式二次电池，依靠 $\text{Na}^+$ 在电池正负极之间移动实现充放电。充电时， $\text{Na}^+$ 在电势差的驱动下，从正极脱嵌，经过电解质嵌入负极，电子经由外电路由正极到达负极，实现充电过程，此时负极处于低电势富钠态，正极处于高电势贫钠态，嵌入负极的 $\text{Na}^+$ 越多，充电容量越高；放电时，发生相反的过程， $\text{Na}^+$ 从负极脱出，嵌入正极，正极回到富钠态，回到正极的 $\text{Na}^+$ 越多，放电容量越高。

图表 1：钠离子电池的工作原理



图表 2：钠离子电池的封装形态

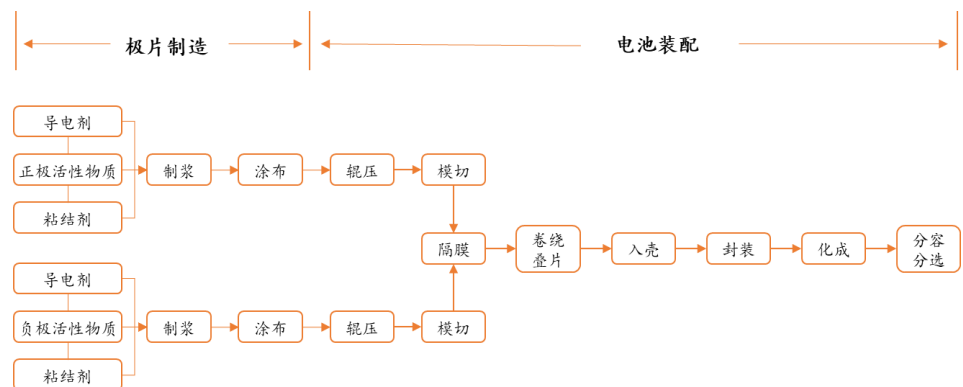


资料来源：中科海钠官网，东方财富证券研究所

资料来源：公开资料整理，东方财富证券研究所

钠离子电池的封装形态、生产工艺与锂电池相似，产线兼容。钠电池的封装形态与锂电池相似，可分为圆柱、软包、方形硬壳三大类。生产工艺高度重合，包括极片制造和电池装配两个步骤；区别之处在于，钠离子电池采用铝箔作为负极集流体，正负极采用相同的铝极耳，极耳焊接等工序可以更简化，整体上，钠离子电池的生产工艺与锂离子电池类似，现有的锂离子电池组装生产线稍加修改后就可以用来生产钠离子电池，锂电产业链基础完善，为钠电池的产业化提供了良好基础。

图表 3：钠离子电池生产工艺流程



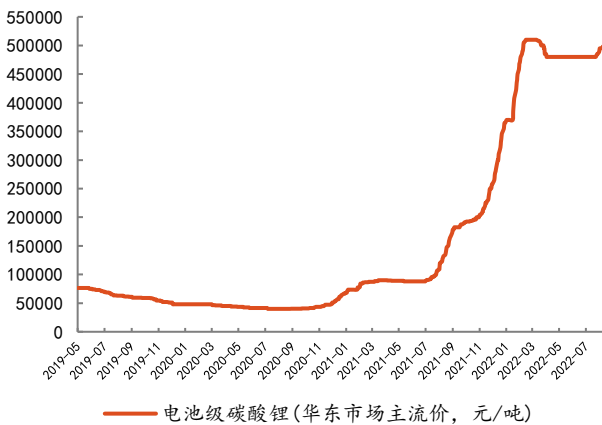
资料来源：DeepTech，东方财富证券研究所

## 1.2. 成本是突出优势，能量密度略逊于锂电池

### 1.2.1. 钠资源广泛，成本优势突出

钠电池成本优势来源于：(1) 钠资源地壳含量高，且全球分布广泛，原材料成本低廉。锂与钠同属碱金属元素，在物理与化学性质上较为相似。锂元素在地壳中含量只有 0.0065%，且分布不均匀，70%的锂分布在南美洲地区。随着全球电动化加快，锂资源进入供不应求的供需格局，我国是世界电池制造大国，但 80%的碳酸锂依赖进口，锂电池的应用受到锂资源的严重限制，截至 2022 年 9 月，电池级碳酸锂价格逼近 50 万元/吨。而钠元素在地壳中丰度为 2.75%，位居所有元素第六位，以盐的形式广泛存在于陆地与海洋中，获取便捷度高，碳酸钠的价格仅为 3000 元/吨，钠离子电池相比锂电池有非常大的资源优势 and 价格优势。

图表 4：碳酸锂价格走势



资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

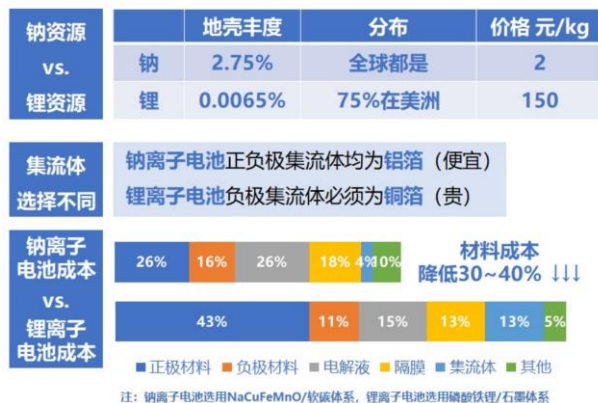
图表 5：碳酸钠价格走势



资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

(2) 钠离子电池的过渡金属多使用铁、锰、铜等元素，摆脱了对高价镍、钴等元素的依赖；(3) 钠电池正负极集流体均可使用具备价格优势的铝箔，进一步扩大成本优势；(4) 负极材料使用软碳/硬碳，其中软碳价格相对石墨更低廉；(5) 电解液使用六氟磷酸钠，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，因此可使用低盐浓度电解液，以进一步降低电解液成本。

图表 6：钠电池与锂电池的成本对比



资料来源: 中科海钠官网, 东方财富证券研究所

注: 中科海钠按照 15 万元/吨的碳酸锂价格以及 2000 元/吨的碳酸钠价格测算。

根据我们的测算，钠离子电池成本预计低于磷酸铁锂电池 30%-40%。目前钠电池生产工艺不成熟、产业链不完善导致电池材料供应困难，目前成本约 0.8-0.9 元/Wh，相对于磷酸铁锂电池没有优势（以磷酸铁锂 15.8 万元测算）。但随着产业链逐渐成熟、工艺设备逐渐稳定，钠电池电芯成本有望下探至 0.5 元/Wh 以下，相对于磷酸铁锂电池有明显优势。

图表 7：钠离子电池成本测算、与磷酸铁锂电池成本对比

铜铁锰层状氧化物钠离子电池成本测算（初期）：						
材料	单耗 (/GWh)	单位	单价 (万元)	测算成本 (亿元)	单位成本 (元/Wh)	成本占比 (%)
Na-Cu-Fe-Mn-O 层状正极	2600	吨	8.0	2.08	0.21	32.48%
炭黑 (正极)	100	吨	16.5	0.17	0.02	2.58%
油系粘结剂 (正极)	100	吨	35.0	0.35	0.04	5.47%
铝箔 (正极)	338	吨	2.8	0.09	0.01	1.48%
隔膜	1313	万 m <sup>2</sup>	1.1	0.14	0.01	2.15%
电解液	1563	吨	12.0	1.88	0.19	29.28%
硬碳	1375	吨	10.0	1.38	0.14	21.47%
炭黑 (负极)	45	吨	16.5	0.07	0.01	1.16%
油系粘结剂 (负极)	45	吨	35.0	0.16	0.02	2.46%
铝箔 (负极)	338	吨	2.8	0.09	0.01	1.48%
原材料合计				6.42	0.64	100%
其他 (人工、能耗、折旧)				2.00	0.20	——
成本合计 (元/Wh)					<b>0.84</b>	——
铜铁锰层状氧化物钠离子电池成本测算（成熟）：						
材料	单耗 (/GWh)	单位	单价 (万元)	测算成本 (亿元)	单位成本 (元/Wh)	成本占比 (%)
Na-Cu-Fe-Mn-O 层状正极	2400	吨	4.5	1.08	0.11	35.73%
炭黑 (正极)	85	吨	16.5	0.14	0.01	4.64%
油系粘结剂 (正极)	85	吨	35.0	0.30	0.03	9.84%
铝箔 (正极)	300	吨	2.8	0.08	0.01	2.78%
隔膜	1300	万 m <sup>2</sup>	1.1	0.14	0.01	4.52%
电解液	1490	吨	3.5	0.52	0.05	17.26%
硬碳	1350	吨	3.5	0.47	0.05	15.63%
炭黑 (负极)	40	吨	16.5	0.07	0.01	2.18%
油系粘结剂 (负极)	40	吨	35.0	0.14	0.01	4.63%
铝箔 (负极)	300	吨	2.8	0.08	0.01	2.78%
原材料合计				3.02	0.30	100%
其他 (人工、能耗、折旧)				1.40	0.14	——
成本合计 (元/Wh)					<b>0.44</b>	——
磷酸铁锂电池成本测算：						
材料	单耗 (/GWh)	单位	单价 (万元)	测算成本 (亿元)	单位成本 (元/Wh)	成本占比 (%)
磷酸铁锂	2231	吨	15.8	3.53	0.35	54.51%
炭黑 (正极)	97	吨	16.5	0.16	0.02	2.47%
水系粘结剂 (正极)	97	吨	33.0	0.32	0.03	4.94%

铝箔	403	吨	2.8	0.11	0.01	1.75%
隔膜	1563	万m <sup>2</sup>	1.1	0.16	0.02	2.54%
电解液	1563	吨	6.8	1.06	0.11	16.43%
石墨	1041	吨	2.0	0.21	0.02	3.26%
炭黑（负极）	44	吨	16.5	0.07	0.01	1.12%
水系粘结剂（负极）	44	吨	4.9	0.02	0.00	0.33%
铜箔	666	吨	12.3	0.82	0.08	12.66%
原材料合计				6.47	0.65	100%
其他（人工、能耗、折旧）				1.40	0.14	——
<b>成本合计（元/Wh）</b>				<b>0.79</b>	<b>——</b>	

资料来源：方铮《室温钠离子电池技术经济性分析》，百川盈孚，东方财富证券研究所测算

### 1.2.2. 能量密度略低于锂电池，具备宽温域、高安全性优势

在能量密度方面，钠电池整体强于铅酸电池，与磷酸铁锂电池有重叠区间。钠离子电池的理论能量密度在 70-200Wh/kg，现阶段商业化的钠电池能量密度集中在 100-160Wh/kg 的区间，实验室条件下可以达到 200Wh/kg。与铅酸电池相比，钠电池的能量密度显著高于铅酸电池的 30-50Wh/kg。与锂电池相比，钠离子电池能量密度的理论上限低于锂离子电池，但与磷酸铁锂电池的 120-180Wh/kg 有重叠区间，低于三元锂电池的 220-280Wh/kg。长期来看，钠电池能量密度有望和磷酸铁锂电池持平，成为磷酸铁锂电池的有力竞争对手。

图表 8：铅酸电池、锂电池和钠电池性能比较

指标	铅酸电池	磷酸铁锂电池	三元锂电池	钠离子电池
能量密度(Wh/kg)	30~50	120~180	200~280	70~160
循环寿命(次)	300~500	>3000	>800	>2000
-20℃容量保持率	<60%	<70%	>70%	>88%
耐过放电	差	差	差	优
安全性	优	优	差	优
环保特性	差	优	优	优

资料来源：中科海钠官网，东方财富证券研究所

**高低温性能更优秀。**相比于锂离子电池的-20℃-60℃的工作温域，钠电池可以在-40℃-80℃的温度区间内正常工作，-20℃环境下容量保持率接近 90%，高低温性能更优秀，能够解决冬季电动车充电难、高寒地区储能电站效率低的问题。

**安全性更高。**目前钠离子电池已经通过中汽中心的安全检测，在针刺、挤压等安全项目测试中，均未发现起火现象。**安全性能较好的原因在于：**（1）钠电池内阻高于锂电池，在短路状况下的瞬发热量少，温升较低，减少了事故发生率；（2）热失控温度高于锂电池，对比锂离子电池起始自加热温度为 165℃，钠离子电池则为 260℃，具备更高的安全性；（3）低电压时，锂离子电池的负极集流体（铜箔）容易发生氧化还原反应，导致电池整体性能衰减，因此运输过程中，一般需要将锂电池的电量充到 80%及以上，一定程度上带来了运输过程中的安全问题。而钠电池正负极集流体均为铝箔，低电压下不会发生类似的化学反应，因此可以在运输前将电量放空，可以在保证运输安全的情况下不影响后续使用性能。

倍率性能好，具备“快充”优势。钠离子的摩尔离子电导率更高，充电效率更高，因此钠离子电池具备更好的倍率性能，能够适应响应型储能和大规模供电的需求。

图表 9：钠离子电池的优势



资料来源：容晓晖《钠离子电池：从基础研究到工程化探索》，东方财富证券研究所

## 2. 钠离子电池的应用场景和空间展望

### 2.1. 复盘：钠离子电池的发展历史

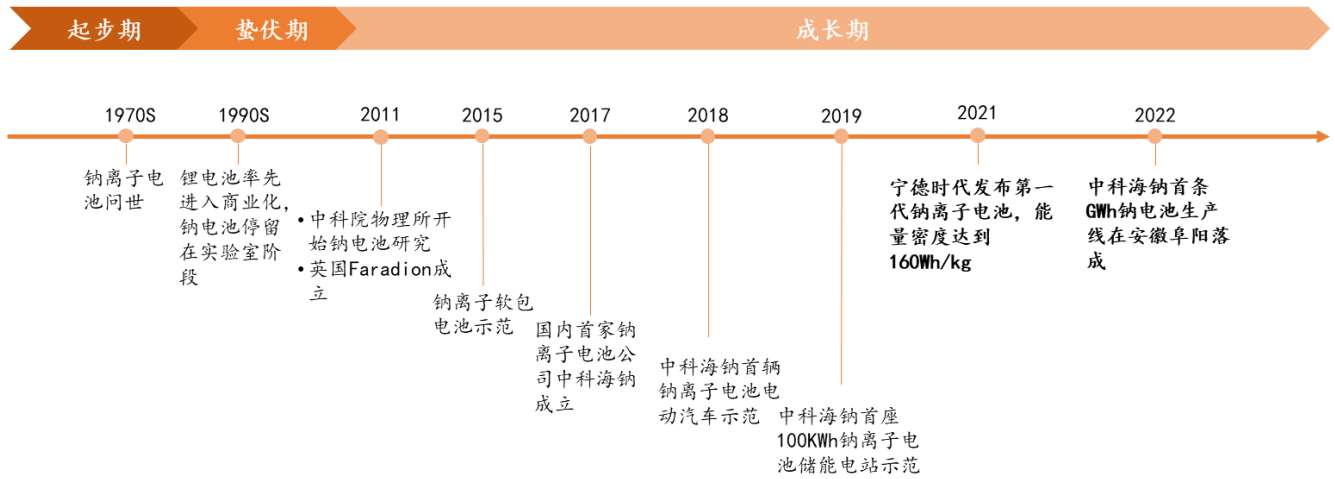
钠离子电池的发展历程可以简单划分为三个阶段：

**起步期：**与锂离子电池同时问世。20 世纪 70 年代，由于锂钠元素之间电学性质极为相似，钠离子电池与锂离子电池同时出现。

**蛰伏期：**锂离子电池需求明确，快速发展，钠离子电池停留在实验室阶段。20 世纪 90 年代开始，石墨基负极材料的研发应用使得锂电池表现出出色的电学性能，同时下游消费电池（笔记本、手机、相机等）、动力电池（汽车、两轮车）需求增加，对电池有高能量密度和长使用寿命需求，锂离子电池的应用前景变得明确，开始迅速商业化。而钠离子电池由于没有开发出合适的负极材料、研究条件有限等，市场关注度逐渐降低，钠离子电池停留在了实验室状态，发展缓慢。



图表 10: 钠离子电池发展历程



资料来源: 宁德时代官网, 中科海钠官网, 东方财富证券研究所

**成长期: 应用场景逐渐明确, 开始产品化。**2010年起, 随着对可再生能源利用的大量需求以及大规模储能技术的迫切需要, 钠离子电池重回大众视野, 迎来了发展黄金期。2011年, 中科院物理所胡勇胜团队开始研发钠离子电池, 同年, 全球首家专注钠离子电池工程化的公司英国Faradion成立。2015年, 钠离子电池开始产品化, 出现首个钠离子软包电池示范。2017年, 中科院物理所成立了国内首家专注钠离子电池开发的公司中科海钠。2018年, 中科海钠发布了第一辆钠离子低速车。2019年, 中科海钠建设全球首个100KWh钠离子电池储能电站问世。2021年, 宁德时代正式发布第一代钠离子电池。2022年, 中科海钠首条GWh钠电池生产线在安徽阜阳落成。

## 2.2. 应用场景: 储能和低速交通领域应用潜力大

钠离子电池在对能量密度需求不高, 且对成本和安全性敏感的领域潜力较大。钠离子电池的单位成本更低、安全性更好, 但能量密度要低于锂电池, 因此, 在对能量密度要求不高, 但对经济性要求较高的领域, 钠电池的应用潜力较大, 例如储能、两轮车、低速电动车等, 有望与锂离子电池形成互补和有效替代。

图表 11: 钠电池的核心应用领域



资料来源: 中科海钠官网, 东方财富证券研究所

## 2.2.1. 储能领域：高安全性+低成本，应用潜力大

“双碳”背景下，储能需求爆发。随着 2021 年全国两会将碳达峰、碳中和“3060”目标列为我国“十四五”污染防治攻坚战的主攻目标，水能、太阳能、风能等清洁、安全的可再生能源得到广泛关注，但这些能源受制于季节变化、气候变化，天然具备间歇性和波动性等不足。受制于电网消纳能力，高比例间歇性可再生能源并网会对现有电网稳定性造成冲击，而且可能导致弃风、弃光率回升。储能技术的接入，可以平抑新能源波动，参与系统调峰调频，增强电网的稳定性。

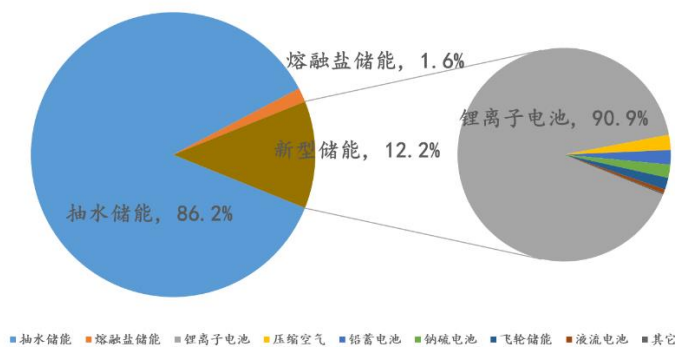
图表 12：储能相关政策及内容

时间	政策	主要内容
2017.09	《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》	明确促进我国储能技术与产业发展的重要意义、总体要求、重点任务和保障措施
2018.02	《2018 年能源工作指导意见》	推进 100 MW 压缩空气储能电站等项目前期工作，推进储能技术示范项目建设
2019.02	《推进综合能源服务业务发展 2019-2020 年行动计划》	引领能源新技术应用，统筹布局综合能效服务、供冷供热供电多能服务、分布式清洁能源服务和专属电动汽车服务等四大重点业务领域，完成 22 项关键技术设备研发，建成 20 个重点示范项目
2020.06	《2020 年能源工作指导意见》	提出加大储能发展力度。研究实施促进储能技术与产业发展的政策，开展储能示范项目征集与评选
2020.09	《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见》	加快新能源产业跨越式发展，加快突破风光水储互补、高效储能等新能源技术瓶颈，建设新型储能、制氢加氢设施、燃料电池系统等基础设施网络
2021.04	《关于加快推动新型储能发展的指导意见（征求意见稿）》	明确到 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。到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展。明确提出“建立电网测独立储能电站容量电价机制”
2021.07	《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	到 2025 年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变。新型储能技术在高安全、低成本、高可靠、长寿命等方面取得长足进步，市场环境和商业模式基本成熟，装机规模达 3000 万千瓦以上。到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展。
2022.03	《“十四五”新型储能发展实施方案》	发展不设上限，推广共享储能模式，以储能促进新能源的高效消纳利用，保障可再生能源占比稳步提升；加强分散式聚合利用，落实分时电价机制，拉大峰谷价差，增强峰谷套利经济型；建立容量电价机制，完善辅助服务补偿，明确鼓励地方给予政策支持。

资料来源：国家能源局官网等，东方财富证券研究所

**新型储能维持高增长，电化学储能占主导地位。**根据 CNESA 统计，截至 2021 年底，全球已投运电力储能项目累计装机规模 209.4 GWh，同比增长 9%。其中，抽水储能的累计装机规模占比首次低于 90%，比去年同期下降 4.1 个百分点；新型储能的累计装机规模为 25.4 GWh，同比增长 67.7%，其中，锂离子电池占据绝对主导地位，市场份额超过 90%。中国新增投运电力储能项目装机规模达到 10.5 GWh，其中，抽水蓄能新增 8 GWh，新型储能新增规模达到 2.4 GWh，锂离子电池和压缩空气均有百兆瓦级项目并网运行。

图表 13: 2021 全球储能市场累计装机分布



资料来源: CNESA, 东方财富证券研究所

储能对能量密度要求不高, 对安全性要求高、成本敏感, 钠离子电池应用潜力大。目前电化学储能发展最为迅速的当属锂离子电池, 但是锂电安全性稍差、成本高且锂资源存在供应链安全问题, 限制了其大规模发展。相比之下, 钠离子电池资源储量丰富、成本更低、安全性更好。储能电站不受能量密度限制, 成本低廉的钠离子电池能够满足储能各项要求, 随着储能市场的快速扩容, 有望带动钠离子电池商业化进程。

· **度电成本更低。**根据《钠离子电池储能技术及经济型分析》中的储能电站电池系统度电成本模型, 初始投资成本和循环寿命是影响度电成本的关键因素。当初始容量投资成本在 700~900 元/KWh、循环次数在 4000~5000 周时, 钠离子电池的度电成本在 0.5~0.6 元/KWh, 明显低于磷酸铁锂电池和三元锂电池。当循环次数在 8000 周时, 度电成本可下探至 0.2 元/KWh 以内。若能进一步改进电池结构和工艺, 提高材料利用率, 降低材料成本和制造成本, 提高储能系统的循环寿命, 则电站的度电成本可进一步降低, 符合大规模储能商业化应用的经济性要求。

· **安全性满足要求。**锂是已知金属中活动性最强的, 给锂电池在储能上的应用埋下了安全隐患, 汽车领域热失控现象时有发生。2021 年以来, 国家发布了多个涉及储能安全的政策, 新标准不断强调储能安全的重要性, 并禁止三元锂电池用于储能领域。钠离子电池内阻更高, 短路时瞬时放热少, 且热失控温度更高, 因此, 更能满足储能系统的高安全性要求。

图表 14: 4 种电化学储能形式的全生命周期度电成本

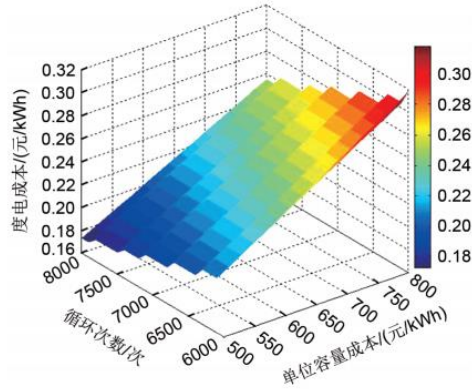
参数	铅蓄电池	磷酸铁锂	三元锂电池	钠离子电池
标称储能容量/Wh	1000	10000	10000	10000
初始容量投资成本/(元/KWh)	500~800	1000~1300	1200~1600	700~900
初始功率投资成本/(元/KW)	300~500	320~420	400~500	400~500
单位容量维护成本/%	4.6	3.7	5	3.7
循环次数/次	3700~4200	4000~6000	2500~3000	4000~5000
折现率/%	8	8	8	8
储能循环效率/%	75~80	86~90	88~90	84~90
放电深度/%	70	90	100	100
年循环平均衰退率/(%/a)	3.6	1.5	3.6	1.5
年运行次数/次	365	365	365	365
充电电价/(元/KWh)	0.261	0.261	0.261	0.261

全生命周期度电成本：

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
不计电力损耗时的度电成本(弃风弃光消纳)/元	0.850~1.130	0.700~0.834	1.404~1.260	0.465~0.543
不计电力损耗且折现率为0时的度电成本/元	0.629~0.806	0.469~0.543	0.820~0.980	0.320~0.366

资料来源：张平《钠离子电池储能技术及经济型分析》，东方财富证券研究所

图表 15：单位容量成本和循环次数对储能度电成本的影响

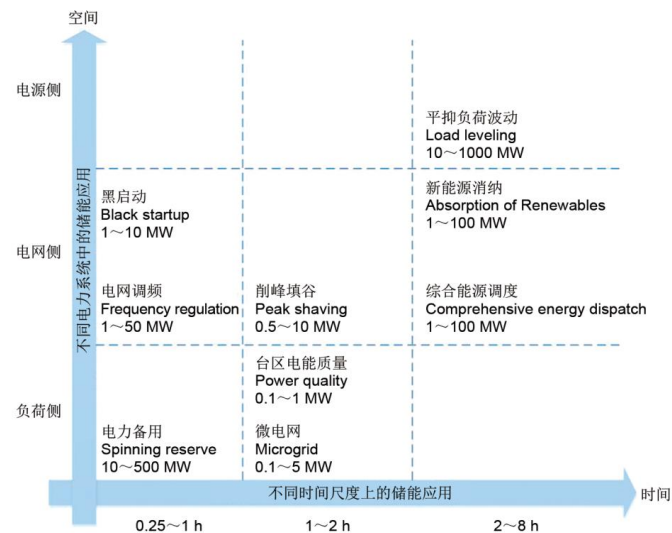


资料来源：张平《钠离子电池储能技术及经济型分析》，东方财富证券研究所

除了高安全性和低成本优势外，钠离子电池应用在储能领域还有如下优势：

- **宽温域适应性：**钠离子电池高低温性能优异，在-40℃低温下容量保持率 70%，80℃高温下可以循环充放使用。在储能系统层面，辅助耗能进一步降低，可以降低空调功率配额；在储能电网分布上，有助于储能电站在高寒地区的分布与工作效率的保持。
- **高倍率性能：**大规模储能设备具有间歇工作、大功率输出的特性，钠离子电池具备更好的倍率性能，可以更好地适应规模储能调频等应用。

图表 16：钠电池在储能领域的主要应用场景



资料来源：张平《钠离子电池储能技术及经济性分析》，东方财富证券研究所

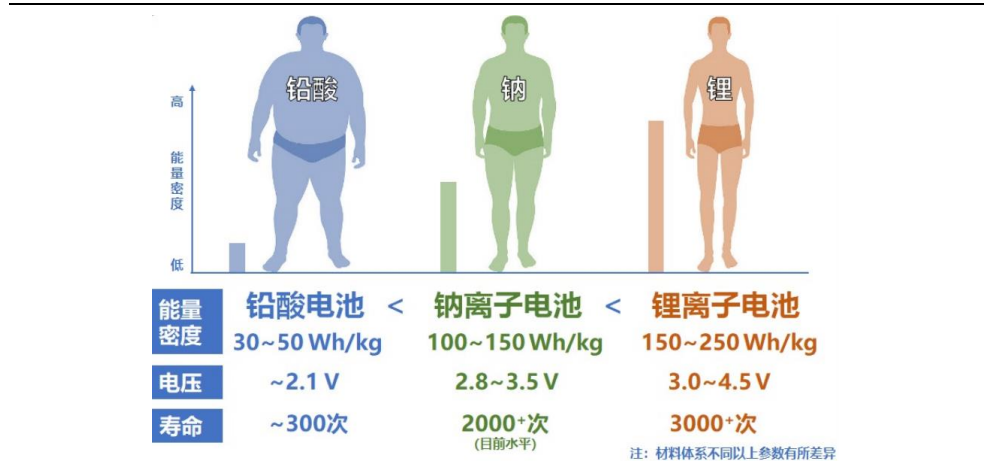
2.2.2. 两轮车：性能优越+环保，实现铅酸替代

电动自行车行业新国标出台，铅酸电池面临淘汰。2019 年，工信部出台《电

电动自行车安全技术规范》，要求两轮车整车重量不得超过 55kg，迫使厂家在选择电池时把重量作为重要的考量因素。根据 EVTank，2021 年，超 75% 的电动两轮车使用铅酸电池，而铅酸电池的能量密度仅为 30-50 Wh/kg，循环寿命在 300 次左右。与铅酸电池相比，钠电池和锂离子的能量密度均有显著优势，同样容量可以做到体积更小、质量更轻，但锂电池成本高于钠电池，因此，综合来看，新国标推动下，钠电池更符合电动两轮车市场的需求，2023-2024 年各省市过渡期陆续截至，随着钠离子电池的逐步产业化，有望实现对铅酸电池的替代。

**铅酸电池污染严重，钠电池将加速两轮车领域的无铅化。**铅酸蓄电池循环寿命短，平均使用 1-2 年就需要更换。铅酸电池主要由铅、硫酸及部分其他金属与熟料组成，报废的铅酸蓄电池在拆解过程中，重金属铅和酸液处理不当会污染土壤和水资源，通过土壤微生物循环进入农作物，逐渐在较高级的生物中富积，影响整个食物链，破坏生态平衡。而钠电池不存在环境污染问题，钠电池将加速两轮车、后备电源、启停电源的无铅化。

图表 17：铅酸电池、钠电池、锂电池的能量密度和体积对比



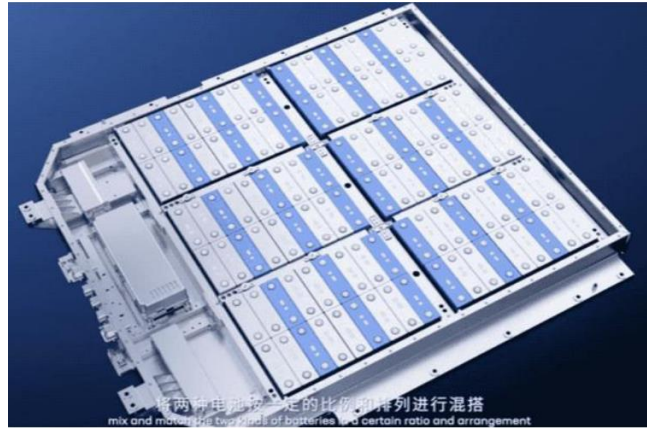
资料来源：中科海钠官网，东方财富证券研究所

### 2.2.3. 低速电动车：性价比高，有望成为锂电池的有效补充

**低速车市场中，钠离子电池性价比高，竞争力凸显。**在低速电动车市场上，锂电池市占率逐年提升，但成本居高不下。低速车市场对能量密度要求不高，钠离子电池的性能能够满足低速电动车的需求，同时成本优势突出，性价比高于锂电池。同时，钠电池综合性能高于铅酸电池，对环境的污染影响低于铅酸电池，未来在低速车市场，有望成了锂电池的有效补充。

**宁德时代发布的 AB 混合集成方案，拓展动力电池应用场景。**钠电池在动力电池应用上具有能量密度上的短板，但其高功率和低温性能优势明显。宁德时代在第一代钠离子发布会上创造性地提出了 AB 电池解决方案，将钠离子电池和锂离子电池按一定比例混搭后集成到同一个电池系统中，通过 BMS 精准算法进行不同电池体系的均衡控制，兼采所长，拓展了钠离子电池在动力电池领域的应用场景。

图表 18：宁德时代 AB 混合集成电池解决方案



资料来源：宁德时代官网，东方财富证券研究所

### 2.3. 市场空间测算：2025 年超 100 GWh 空间

根据上文分析，我们提出以下关键假设：

#### （1）国内两轮车市场

**两轮车销量：**2022 年、2023 年大量城市《新国标》过渡期结束，两轮电动车迎来换购小高峰，2023、2024 年维持 15% 的销量增速，随后每年以 5% 增长。

**钠电池渗透率**两轮车领域对电池要求相对较低、带电量不高，钠电池率先在两轮车上使用，我们预计 2023-2025 年钠电池在两轮车市场的渗透率分别为 1.5%、10%、25%。

#### （2）国内 A00 低速车市场

**低速车销量：**上半年动力电池成本暴涨，A00 级电动车本身成本敏感，生存空间被部分挤压，销量增速放缓，我们假设 2022-2025 年销量增速为 40%、35%、30%、25%。

**钠电池渗透率：**随着钠电产业的成熟和产品标准化程度提高，钠电池逐渐应用于低速车市场，我们预计 2023-2025 年钠电池在低速车市场的渗透率分别为 1%、10%、20%。

#### （3）国内储能市场

**储能电池出货量：**随着全球储能需求的暴增，我国储能电池出货量保持高速增长态势，储能行业处于快速发展阶段，我们假设 2022-2025 年储能电池需求增速为 150%、120%、80%、60%。

**钠电池渗透率：**钠电池在储能领域的应用最先从 MWh 级别的政府示范项目开始；随着钠电产品技术趋于成熟，规模化效应逐渐显现，钠电成本下探，开始储能领域的商业化应用，我们预计 2023-2025 年钠电在储能领域的渗透率为 1%、5%、10%。

根据以上假设，我们计算出，2025年国内钠电池需求量为101 GWh，其中两轮车/A00车/储能需求分别为12/13/76 GWh。

图表 19：钠离子电池市场空间测算

	单位	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2030E
<b>国内两轮车市场</b>							
电动两轮车销量	万辆	4100.00	4715.00	5422.25	5693.36	5978.03	7629.65
yoy		4.50%	15.00%	15.00%	5.00%	5.00%	5.00%
动力电池需求量	GWh	29.52	34.89	41.21	44.41	47.82	68.67
钠电池渗透率		0.00%	0.00%	1.50%	10.00%	25.00%	50.00%
两轮车钠电池需求量	GWh	0.00	0.00	0.62	4.44	11.96	34.33
<b>国内低速四轮车市场</b>							
A00电动车销量	万辆	89.85	125.79	169.82	220.76	275.95	444.42
yoy		241.97%	40.00%	35.00%	30.00%	25.00%	10.00%
动力电池需求量	GWh	17.97	26.42	37.36	50.78	66.23	128.88
钠电池渗透率		0.00%	0.00%	1.00%	10.00%	20.00%	50.00%
低速四轮车钠电池需求量	GWh	0.00	0.00	0.37	5.08	13.25	64.44
<b>国内储能市场需求</b>							
国内储能电池出货量	GWh	48.00	120.00	264.00	475.20	760.32	1529.28
yoy			150.00%	120.00%	80.00%	60.00%	15.00%
钠电池渗透率		0.00%	0.20%	1.00%	5.00%	10.00%	30.00%
储能钠电池需求量	GWh	0.00	0.24	2.64	23.76	76.03	458.78
<b>钠电池需求合计</b>							
	GWh	0.00	0.24	3.63	33.28	101.23	557.56

资料来源：GGII，ICC鑫椽资讯，艾瑞数据，东方财富证券研究所测算

### 3. 钠离子电池的关键环节拆解

#### 3.1. 正极材料：决定能量密度，主要有三大技术路线

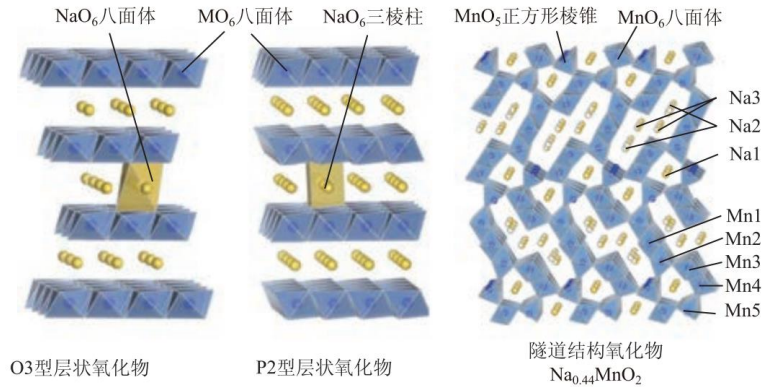
钠离子电池与锂离子电池的最大区别在于正极材料。由于钠和过渡金属离子之间较大的半径差异，有许多功能性的结构都可以实现钠离子的可逆脱嵌。目前主流的三类正极材料包括：层状过渡金属氧化物、聚阴离子化合物、普鲁士蓝类似物；三种正极材料性能各有优劣。不同的正极结构中，过渡金属（23-29号元素：V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu）都是不可或缺的，因为在Na<sup>+</sup>脱出和嵌入过程中，必将伴随着电子转移，这部分电子需要由可变价的过渡金属来提供/接受。

##### 3.1.1. 层状氧化物：能量密度高，产业化进度最快

过渡金属氧化物的化学式为Na<sub>x</sub>MO<sub>2</sub>（0<x≤1），M为过渡金属元素，可

使用钒(V)、铬(Cr)、锰(Mn)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)等，以资源丰富的锰(Mn)和铁(Fe)最为普遍。按照形态划分，过渡金属氧化物又可分为层状和隧道状两种，当钠含量较高时，一般以层状结构为主， $\text{Na}^+$ 位于层间，形成 $\text{MO}_2$ 层/钠层交替排布的层状结构；当钠含量较低时( $x < 0.5$ )，主要以隧道型结构为主。

图表 20：层状氧化物、隧道状氧化物结构对比



资料来源：胡勇胜《钠离子电池科学与技术》，东方财富证券研究所

**隧道型氧化物**的晶体结构中具有独特的“S”形通道，具有较好的倍率性能，且对空气和水的稳定性都较高，然而其首周充电比容量较低，限制了其实际应用。

**层状金属氧化物比容量最高，压实密度存在显著优势，具备高能量密度潜力。**通常过渡金属元素与周围六个氧形成 $\text{MO}_6$ 八面体结构组成过渡金属层， $\text{Na}^+$ 位于过渡金属层之间，形成 $\text{MO}_6$ 多面体层与 $\text{NaO}_6$ 碱金属层交替排布的层状结构，具有较好的电化学性能，现阶段可逆比容量高达100-145mAh/g。

**但层状氧化物作为钠电正极材料面临两个重要问题：**

(1) **不可逆的相变：**大体积的 $\text{Na}^+$ 在层状结构中的脱嵌过程往往会对材料结构造成不可逆改变，导致电池循环性能衰减。为此人们开发出多种改性手段，阳离子取代是最为常见的方法，通过掺杂Mn、Fe、Ni等电化学活性元素，提升材料的稳定性，从而提高循环性能，由此诞生了二元及多元金属基材料，其在合成和电池制造上与三元锂电池有相似之处。目前最为常见的是**镍铁锰层状氧化物、铜铁锰层状氧化物**。镍基层状氧化物能量密度高，但镍金属价格高拉高成本，铜基层状氧化物价格相对低廉、同时牺牲了部分能量密度。

(2) **潮湿环境不稳定：** $\text{Na}_x\text{MO}_2$ 的吸潮性很高，在空气中的短时间暴露都会吸收空气中的水分，从而影响电化学性能，因此过渡金属氧化物材料对合成条件以及钠含量等条件极为敏感，其稳定性相对于其他正极材料略差。

**层状金属氧化物工艺可复用锂电三元，合成过程简单，满足规模化生产要求，产业化进度最快。**技术方面主要由固相法、液相法两种，均与锂电三元材料制备工艺流程相似，固相法需要较高的烧结温度，但材料均一性控制较难；液相法产出材料表面光滑、粒径分布均匀、压实密度高，但工艺复杂成本高；目前主流工艺为固相烧结法。中科海钠、钠创新能源、传艺科技、Faradion(英国)等公司均选择了层状金属氧化物作为正极材料，其中，中科海钠采用Cu-Fe-Mn三元层状氧化物正极，其中铜、铁、锰价格都低于钴、镍等常用于此类化合物的过渡金属元素，在降低成本的同时保持了足够的性能，能量密度达145Wh/kg，循环次数可达4500次。



图表 21：采取层状氧化物路线的公司对比

公司	国家	材料体系	电芯能量密度 (Wh/kg)	循环寿命 (次)
中科海钠	中国	铜铁锰氧化物/软碳/有机电解液体系	145	>4500
钠创新能源	中国	镍铁锰氧化物/硬碳/有机电解液体系	——	>4000
传艺科技	中国	镍铁锰氧化物/硬碳	145	>4000
立方新能源	中国	层状氧化物/硬碳	140	>2000
Faradion	英国	层状金属氧化物/硬碳	140	>1000

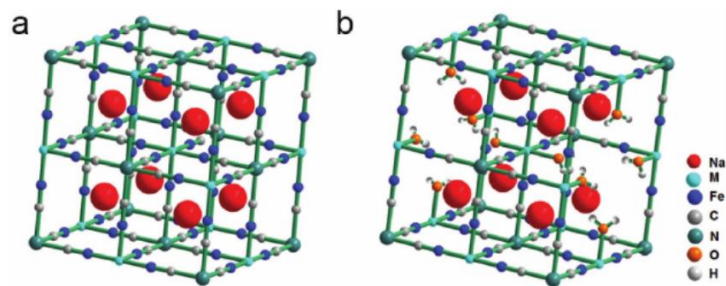
资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

### 3.1.2. 普鲁士类：电化学性能好，成本低

**普鲁士类化合物比容量高，成本低。**普鲁士类化合物是过渡金属六氰基铁酸盐 ( $\text{Na}_x\text{M}_a[\text{M}_b(\text{CN})_6]$ ),  $\text{M}_a$  为 Fe、Mn 或 Ni 等元素,  $\text{M}_b$  为 Fe 或 Mn,  $0 < x < 2$ 。根据钠离子含量可分为普鲁士白 (高) 和普鲁士蓝 (低) 两种材料。其具备开放框架结构和三维大孔道结构, 有利于钠离子的快速迁移,  $\text{Na}^+$  在其中的扩散速率达到  $10^{-9} \sim 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ , 远高于其他两类钠电正极材料; 同时, 普鲁士类化合物存在两对氧化还原中心, 充放电过程中能发生 2 个  $\text{Na}^+$  的可逆脱嵌, 理论容量可达 170mAh/g 左右。普鲁士类化合物合成方法相对简单, 成本较低, 目前颜料领域广泛使用的普鲁士类化合物价格约 3 万元/吨。

**存在结晶水问题, 影响循环性能。**目前采用的共沉淀法制备工艺, 在合成过程中会产生结晶水和结构缺陷, 结晶水容易占据晶体中的储钠点位及  $\text{Na}^+$  脱嵌通道, 降低材料中可脱嵌的  $\text{Na}^+$  含量和  $\text{Na}^+$  迁移速率, 且结构缺陷与结晶水会在材料充放电过程中导致结构坍塌, 影响材料的循环性能 (实际 1000-2000 次)。并且结晶水若进入有机电解液, 更可能带来短路风险。

图表 22：普鲁士蓝类材料结构和晶格缺陷 (左为理想中的无缺陷结构)



资料来源：《Prussian Blue Cathode Materials for Sodium-Ion Batteries and Other Ion Batteries》，东方财富证券研究所

**产业化进度方面,**宁德时代 2021 年发布的第一代钠离子电池主要采取普鲁士白材料路线, 能量密度能达到 160Wh/kg; 海外美国 Natron Energy、瑞典 Altris 均使用普鲁士蓝类化合物路线。

图表 23：采取普鲁士类化合物路线的公司对比

公司	国家	材料体系	电芯能量密度 (Wh/kg)	循环寿命 (次)
Natron Energy	美国	普鲁士蓝	140	>2500
Altris	瑞典	普鲁士白	140	——
宁德时代	中国	普鲁士白/硬碳	160	——

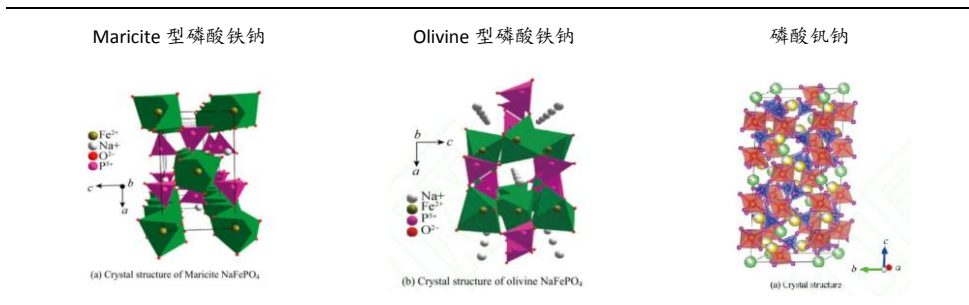
资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

此外，普鲁士类材料主要原材料为亚铁氰化钠，氰化物在工业中使用广泛，在油漆、染料、橡胶等行业应用。但氰化物有毒，国家对其进行严格管控，目前具备氰化物生产资质的主要是海外企业，国内厂商有营创三征（美联新材子公司）、河北诚信、安徽曙光化工、重庆紫光化工等。

### 3.1.3. 聚阴离子类：结构稳定、循环性能好，比容量低

**聚阴离子类化合物：稳定性好、循环性能好，比容量低。**聚阴离子类化合物 ( $\text{Na}_x\text{M}_y[(\text{XO}_m)_n]_z$ , M 为可变价态的金属离子如 Fe 等, X 为 P、S、V 等元素) 具有三维网络结构, 该结构中, X 的氧多面体与过渡金属通过共用顶点的方式构成稳定的框架结构,  $\text{Na}^+$  储存在这些框架之中, 稳定的框架结构赋予了这类材料高热力学稳定性。聚阴离子化合物在  $\text{Na}^+$  在嵌入和脱出过程中, 体积变化小、相变少, 因此长期循环性能好, 安全性高, 此类化合物循环次数大多在 4000 次以上。但庞大的阴离子集团会使其比容量低且电子导电性较差, 为提高其电子和离子导电性, 往往需要采取碳包覆和掺杂手段, 但又会导致其体积能量密度降低, 目前比容量在 100mAh/g 上下。

图表 24：聚阴离子类化合物结构



资料来源：中科院物理研究所清洁能源实验室《钠离子电池正负极材料研究新进展》，东方财富证券研究所

聚阴离子化合物材料可以分为：磷酸盐类 ( $\text{NaFePO}_4$ 、 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  等)、焦磷酸盐、硫酸盐等。

磷酸铁钠与大家熟知的磷酸铁锂 ( $\text{LiFePO}_4$ ) 类似, 将锂离子置换成钠离子, 就得到了磷酸铁钠。磷酸铁钠有 Maricite (磷铁钠石) 和 Olivine (橄榄石) 两种晶型, Maricite 结构热力学比较稳定, 但电化学活性较差。Olivine 结构具有较好的电化学性能, 但只能通过化学或电化学先脱锂再嵌钠的方式制备, 该材料的工作电压 2.75V 左右。

磷酸钒钠材料结构稳定,  $\text{Na}^+$  在脱出/嵌入过程中, 主体结构保持不变, 循环稳定。基于  $\text{V}^{3+}/\text{V}^{4+}$  氧化还原对, 可以提供 120mAh/g 的比容量和 3.4V 的电压平台。其高度开放的框架结构为钠离子提供三维扩散通道, 因此具备优异的离子传输特性, 成为最具优势的钠离子电池正极材料之一。但钒金属价格相对较高, 削弱了钒基聚阴离子材料的成本优势, 降钒是此类钠离子电池材料商业化的必经之路。

**焦磷酸盐：**由于磷的电负性不够强, 导致磷酸根只能带来较弱的诱导效应, 磷酸铁钠的平均电位低于 2.5V, 因此开发出具有更高电负性的焦磷酸盐电极材料, 目前也受到一定关注

**硫酸盐类：**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。

目前聚阴离子类正极材料的产业实践相对较少。众钠采用低成本硫酸铁钠方案，鹏辉能源使用磷酸盐类钠正极材料，钠创新能源布局磷酸钒钠、磷酸锰钒钠等材料体系。海外企业中，法国的 Naiades 和 Tiamat 均采用氟磷酸钒钠作为正极材料。

图表 25：采取聚阴离子类化合物路线的公司对比

公司	国家	材料体系	电芯能量密度 (Wh/kg)	循环寿命 (次)
Naiades	法国	氟磷酸钒钠/硬碳	90	>4000
Tiamat	法国	氟磷酸钒钠/硬碳	120-135	5000-8000
钠创新能源	中国	磷酸钒钠	——	——
众钠能源	中国	硫酸铁钠	120-160	2000-10000
鹏辉能源	中国	磷酸盐类	——	——

资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

综合来看，层状氧化物能量密度高，无明显的性能短板，成为现阶段最先产业化的钠电正极材料；普鲁士类化合物理论性能优异，成本低，但现阶段存在结晶水、结构缺陷等问题影响循环性能和安全性，无水材料的制备是此类材料突破的关键；聚阴离子类材料安全性高，循环性能优异，降钒是此类材料的关键。

图表 26：钠离子电池三种正极材料性能优劣对比

	层状金属氧化物	普鲁士类化合物	聚阴离子类化合物
优点	<ul style="list-style-type: none"> <li>可逆比容量高</li> <li>能量密度高</li> <li>倍率性能高</li> <li>技术转化容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工作电压可调</li> <li>可逆比容量高</li> <li>能量密度高</li> <li>合成温度低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工作电压高</li> <li>热稳定性好</li> <li>循环好</li> <li>空气稳定性好</li> </ul>
不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>容易吸湿</li> <li>循环性能稍差</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>导电性差</li> <li>材料含有结晶水（降低库伦效率）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可逆比容量低</li> <li>部分含有毒元素</li> </ul>
代表企业	中科海钠、钠创新能源	宁德时代	法国 Tiamat、鹏辉能源

资料来源：张平《钠离子电池储能技术及经济性分析》，中国储能网，东方财富证券研究所

### 3.2. 负极材料：无定形碳具备商业化潜力，硬碳为主，软碳为辅

锂离子电池使用的负极材料为石墨，由于钠离子比锂离子的半径大，钠离子无法在石墨中有效嵌入脱出，使用石墨材料做负极需要扩大石墨层间距，普通石墨材料很难实现。目前可应用于钠离子电池的负极材料有无定形碳、金属化合物和合金类材料。其中，合金类材料容量较高，但存在体积变化大、循环性差的问题，金属化合物存在容量较低的缺点，无定形碳可逆容量和循环性能优良，是目前最为主流的钠电负极材料，分为硬碳和软碳两种。目前硬碳表现出更高的可逆比容量、循环性能，我们预计硬碳会成为主流的钠电负极材料。

#### 3.2.1. 硬碳：性能卓越，价格高

硬碳纳米孔洞多，储钠量高，压实密度较低，硬碳是在 2800°C 以上也难以石墨化的碳，机械硬度高，其微观结构是由弯曲的类石墨片堆叠的短程有序微区，各微区随机无序叠堆留下较多的纳米孔洞。由于其结构特点为层间距大、纳米孔洞多、缺陷位点多，因此可以储存较多的钠离子，具有较高的比容量

(320-350mAh/g)。但同时，硬碳表面具有比较大的比表面积和大量缺陷，容易引起其他不可逆反应，并且循环过程中，电解液分解形成电解质界面膜(SEI)对部分钠离子造成消耗，会直接导致首次库伦效率偏低。

硬碳前驱体一般采用生物质材料(如植物残渣)和石油化工产品(如沥青类)，目前产业化瓶颈在于无法找到廉价、适合规模化量产的前驱体原材料。硬碳合成工艺路线较长，壁垒高于石墨，最终的空心率、孔径一致性决定硬碳的容量，空心率、一致性很大程度上取决于前驱体的本身性质，目前的硬碳前驱体成本高，碳化后产碳率偏低，经济性差，因此，硬碳产业化的关键是找到成本低、适合量产的前驱体材料。目前，国外高端硬碳材料的价格在20万元/吨，国内产品在10万元/吨左右。

图表 27：硬碳企业布局

公司	前驱体	性能
可乐丽	植物基	320mAh/g
贝特瑞	植物基	350mAh/g
佰思格	植物基	350mAh/g

资料来源：各公司公告，东方财富证券研究所

### 3.2.1. 软碳：成本低，比容量低

软碳具备更高的电子导电性和倍率性能。软碳是可在2800°C下石墨化的非晶碳材料，也被称为石墨化碳，软碳经过石墨化处理后，晶体结构类似石墨，但石墨微晶层有序程度较低，存在少量褶皱和层错结构。短程有序的石墨化晶结构可用作储存Na<sup>+</sup>，相较于硬碳，软碳的碳层排序规整，具有更高的电导性，因此倍率性能更好，但缺点是比容量较低。

软碳的前驱体包括石油化工原料及下游产品，如煤、沥青、石油焦等。软碳前驱体产碳率高，加工成本低，具备较高的性价比。中科海纳通过裂解无烟煤制备的软碳负极材料，具备较高的无序度，产碳率高达90%，储钠容量达到245mAh/g。

图表 28：软碳、硬碳性能对比

	软碳	硬碳
结构		
定义	易石墨化碳材料，2500°C以上可以石墨化的无定形碳	难石墨化碳材料，2500°C以上难以石墨化，一般是500°C-1200°C范围内热处理得到
产品	石油焦、针状焦、碳纤维、碳微球	树脂碳、有机聚合物热解碳、碳黑、生物质碳
放电容量	相对较差	相对较好
首次充放电效率	相对较差	相对较好
电位平稳性	相对较差	相对较好
应用	一般不直接用作负极材料，是制造人造石墨的原料，或者掺杂、包覆改性天然石墨等	商用化负极

资料来源：中国粉体网，东方财富证券研究所

### 3.3. 其他材料：与锂电池区别不大

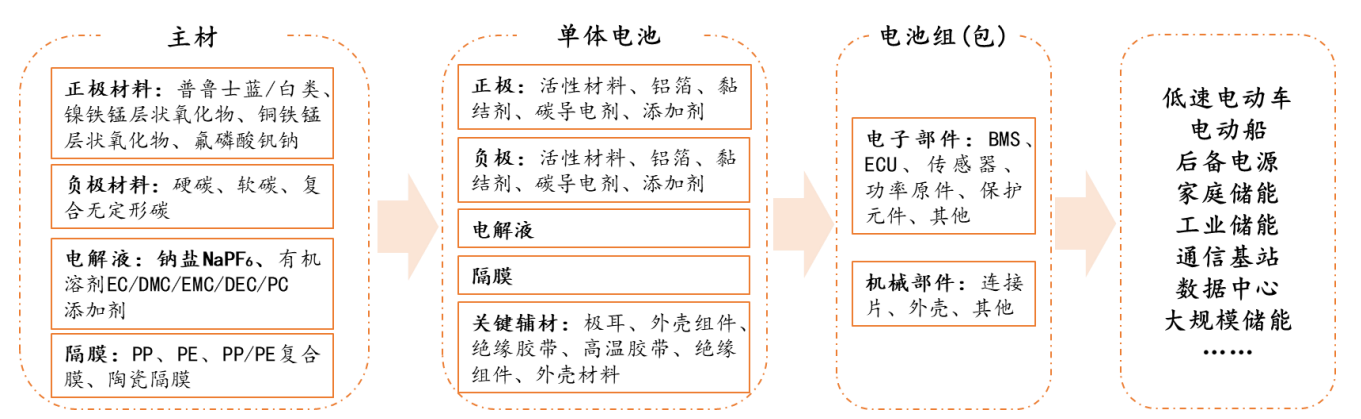
**负极集流体：**可使用铝箔，成本更低。锂电池负极使用石墨，铝制集流体在低电位下易与锂发生合金化反应而被消耗，因此，锂电池负极集流体为铜箔。而钠在低电位下不会与铝发生反应，钠电池正负极集流体都可使用铝箔。从原材料成本上看，铝箔的成本远低于铜箔。

**电解液：**钠盐使用六氟磷酸钠，对电解液浓度要求更低。电解液在钠离子电池中起到传导钠离子的作用，与锂电池类似，电解液一般由溶质（钠盐）、溶剂和添加剂组成。**溶质（钠盐）**是钠离子的主要提供者，拥有大半径阴离子阴阳离子间缔合作用弱的钠盐是较好的选择，该特征能够保证钠盐在溶剂中较好地溶解，提供足够的离子电导率，从而获得良好的离子传输性能，**目前主要使用的溶质是六氟磷酸钠（类似于锂电池的六氟磷酸锂）**，但仍存在易分解和水解等问题，如果想要优化钠电池性能，还需要寻找更高性能的钠盐。**溶剂**分为水系和非水系，大部分沿用锂电池采用的酯类有机溶剂。**添加剂**的使用可以弥补溶剂或钠盐的一些缺点，将少量的添加剂加入到电解液中就能起到在电极材料表面形成保护膜、降低有机电解液可燃性以及防止过充等作用。

**导电剂：**需使用碳纳米管。钠电池主要的技术路线电导率相对较低，所以多数体系需要在正极材料中加入碳纳米管或碳纳米片，提高电池的导电性能。

**隔膜：**与锂电池类似。钠离子电池与锂离子电池在隔膜方面，技术相近，广泛应用于锂电池的PP/PE隔膜可以复用，钠电池也可采用成本更低的玻纤隔膜。

图表 29：钠离子电池产业链



资料来源：胡勇胜《钠离子电池科学与技术》，东方财富证券研究所

## 4. 钠离子电池产业布局情况和进度

目前，我国钠离子电池产业化进度还处于起步阶段，产业布局还不成熟。钠离子电池产业链结构与锂电池类似，关键变化环节在正极和电池企业。三条正极材料路线中，层状金属氧化物和聚阴离子化合物分别与三元电池和磷酸铁锂电池同体系，均有良好的产业化基础，普鲁士蓝类似物是钠电池的特有体系，需要特定的产业化配套，传统锂电厂、正极材料厂商、专注钠电研究的科创型团队在钠电正极方面均有布局，进展顺利。负极使用无定形软碳、硬碳材料，主流的负极

厂先后入局。除正负极材料外，钠离子电池的集流体铝箔、电解液、隔膜、电池封装等均可以复用锂离子电池的产业链，产业化基础良好。

图表 30：钠离子电池产业图谱



资料来源：北极星储能网，各公司官网，东方财富证券研究所

#### 4.1. 电池：科创团队+锂电厂切入两种模式，格局未定

目前，全球有多家企业从事钠离子电池产业链的相关研究开发，例如英国的 Faradion 公司、法国 Naiades 计划团体、美国 Natron Energy 公司等。国内从事钠离子电池研发的公司分两类，一类是以中科海钠、钠创新能源为代表的科创型公司，背靠科研院所，研发基础雄厚，从事电池、正负极、电解液等全领域研发与生产，量产走在行业前端，具备先行开拓市场潜力；一类是以宁德时代为代表的传统锂电厂商，切入钠电赛道，在资金、规模上具有优势，且锂电池生产线转产钠电池比较简单，配套材料厂商技术突破后能够快速形成产能。

图表 31：国内企业钠离子电池布局及进展

公司	材料体系	电池性能	产业进展	是否上市
中科海钠	正极: 钢铁锰氧化物 负极: 无烟煤基软碳	<ul style="list-style-type: none"> <li>能量密度: 145Wh/kg</li> <li>循环次数: &gt;2000 次</li> <li>工作电压: 3.2V</li> <li>工作温度: -40°C-80°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>与三峡能源合作，共同建设全球首条钠离子电池规模化量产线。规划产能 5 GWh，分两期建设，一期 1 GWh 将于 2022 年正式投产。</li> <li>与华阳股份合作，共建年产能 2000 吨（约 0.8GWh）的钠离子正/负极材料生产线（2021），2022 年投产，并于 2023 年扩产至 10 GWh。</li> </ul>	完成 A+轮融资
宁德时代	正极: 锰铁普鲁士白 负极: 硬碳	<ul style="list-style-type: none"> <li>能量密度: 160Wh/kg</li> <li>工作温度: -20°C 容量保持率 &gt;90%</li> <li>倍率性能: 快充 15 分钟达 80% 以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>开发出第一代商业钠离子电池，推出 AB 锂钠电池共混解决方案，预计 2023 年将形成基本产业链</li> </ul>	是
传艺科技	正极: 层状氧化物 负极: 硬碳	<ul style="list-style-type: none"> <li>能量密度: 145Wh/kg</li> <li>工作温度: -20°C 下容量保持率 &gt;80%</li> <li>循环次数: 4000 次</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>钠离子电池项目一期 2GWh 产能将于 2023 年初投产；</li> <li>二期规划 8GWh 的产能，将视后续市场情况及资金情况逐步投入设备和产线。</li> </ul>	是
维科技术	正极: 层状氧化物 负极: 硬碳	<ul style="list-style-type: none"> <li>能量密度: 150 Wh/kg</li> <li>循环次数: 3000 次</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>与钠创新能源深度合作</li> <li>一期 2GWh 产能处于建设期，预计 2023 年 6 月投产</li> </ul>	是

钠创新能源	正极:镍铁锰层状氧化物/磷酸钒钠 负极:硬碳	——	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022 年拟完成 3000 吨正极材料和 5000 吨电解液的产能</li> <li>预计未来 3-5 年内, 分期建设 8 万吨正极材料和配套电解液生产线</li> </ul>	完成 Pre-A 轮融资
立方新能源	正极: 层状氧化物/普鲁士蓝类似物 负极: 硬碳	<ul style="list-style-type: none"> <li>能量密度: 140Wh/kg</li> <li>循环寿命: &gt;2000 次</li> <li>工作温度: -20°C 下容量保持率 &gt;88%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022 年 6 月开始小批量生产钠离子软包电池, 并将在 2023 年开始大批量生产</li> <li>第一代产品首先应用于储能、两轮、大巴和 A 级车以下价格敏感车型等领域</li> </ul>	完成 A+轮融资
众钠能源	正极: 硫酸铁钠	<ul style="list-style-type: none"> <li>能量密度: 120-160Wh/kg</li> <li>循环性能: 2000-10000 次</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>已建成全球领先的硫酸铁钠正极材料产线, 已于今年 4 月成功完成中试试验, 正积极部署万吨级正极材料量产基地, 为 2023 年布局 GWh 产能做准备</li> <li>2021 年开发出全球第一款硫酸铁钠电池</li> </ul>	完成 B 轮融资
鹏辉能源	正极: 磷酸盐类、聚阴离子等 负极: 硬碳	——	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前已有三个团队从事钠电池研发工作, 包括层状氧化物、聚阴离子等正极路线</li> <li>参股成都佰思格, 保障硬碳原材料供应</li> </ul>	是
欣旺达	——	——	<ul style="list-style-type: none"> <li>拥有多项钠离子电池补钠、钠离子电池及制备专利, 目前暂未量产</li> </ul>	是

资料来源: 各公司公告, 各公司官网, 东方财富证券研究所

#### 4.1.1. 中科海钠: 背靠中科院, 钠离子电池先驱

2017 年, 中科海钠成立, 是中科院物理所的研究转化项目, 是国内第一家专注钠离子电池研发和生产的公司。公司聚集了国际领先的技术开发团队, 现拥有以中国科学院物理研究所陈立泉院士、胡勇胜研究员为技术带头人的研究开发团队。拥有多项钠离子电池核心专利, 是国际少有的拥有钠离子电池核心专利与技术的电池企业之一。

图表 32: 中科海钠专利总结

序号	申请号	专利名称	证书情况	专利权人
1	201110326377.2	钠离子电池负极活性物质及其制备方法和应用	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
2	201210107136.3	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	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
3	201210176523.2	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	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
4	201210272123.1	钠离子二次电池及其用的活性物质、正负极活性物质的制备方法	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
5	201410347935.7	一种富钠 P2 层状氧化物材料及其制备方法和用途	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
6	201510030075.9	一种铜基富钠层状氧化物材料及其制备方法和用途	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
7	201510708632.8	一种钠离子二次电池负极材料及其制备方法和用途	已授权	北京中科海钠科技有限责任公司
8	201710904851.2	钠离子电池负极材料及其制备方法和应用	已授权	中国科学院物理研究所、北京中科海钠科技有限责任公司
9	201410549896.9	一种层状氧化物材料、制备方法、极片、二次电池和用途	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司
10	201821648871.4	一种软包电池加压化成设备的工装结构	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司

11	201821846108.2	一种电池电芯组合支架	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司、北京中科海钠科技有限责任公司
12	201821701121.9	一种可多次注液钠离子电池	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司
13	201922296540.X	一种钠离子电池电芯	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司、北京中科海钠科技有限责任公司
14	201922222259.1	一种钠离子电池电芯	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司、北京中科海钠科技有限责任公司
15	201922222257.2	一种涂布机模头保护罩	已授权	溧阳中科海钠科技有限责任公司、北京中科海钠科技有限责任公司

资料来源：中科海钠官网，东方财富证券研究所

采取层状氧化物+软碳路线，产品种类丰富。正负极材料分别选用成本低廉的钠铜铁锰氧化物和无烟煤基软碳，目前钠离子电池的能量密度已达到145Wh/kg。主要应用于大规模储能系统、可移动式充电桩和低速电动车等领域。目前已经成功开发出了NaCP08/80/138等不同规格型号的钠离子软包电池，以及钠离子圆柱NaCR26650、NaCR32138电池，综合性能处于国际领先水平。

图表 33：中科海钠钠离子电芯产品、模组产品

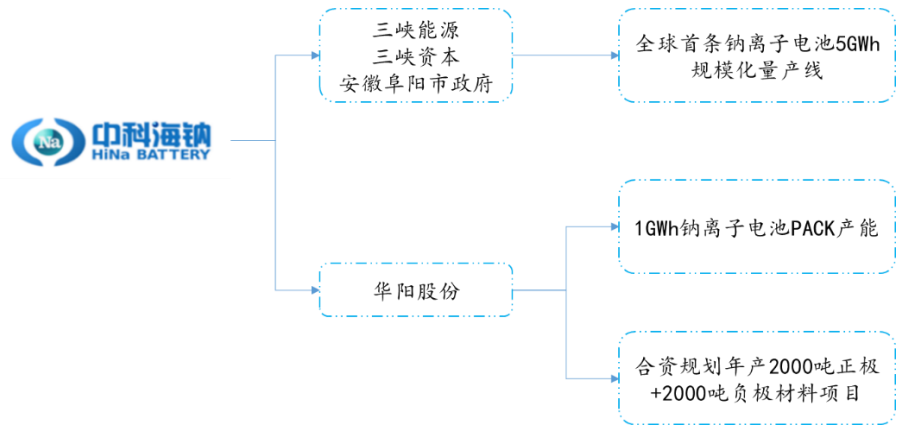
圆柱钠离子电池				规模储能电池组			
型号	32138	容量	7500 mAh	型号	DZ48V36Ah-6P16S	容量	36 Ah
标称电压	3.2 V	标准充电电流	4.0 A	标称电压	48 V	标准充电电流	7.2 A
满充电压	4.0 V	满放电电压	1.5 V	满充电压	64 V	满放电电压	32 V
工作温度	-20~55 °C	最大放电电流	24 A	工作温度	-20~55 °C	最大持续放电电流	0.5C
备注：更低或更高工作温度、大电流充电等技术要求可依据客户需求定制开发				备注：更低或更高工作温度、大电流充放电等技术要求可依据客户需求定制开发；单个模块通过不同串并联方式，可满足各种工况需求			
软包钠离子电池							
型号	0880138	容量	6 Ah				
标称电压	3.2 V	标准充电电流	1.2 A				
满充电压	4.0 V	满放电电压	1.5 V				
工作温度	-20~55 °C	最大持续放电电流	6 A				
备注：更低或更高工作温度、大电流充电等技术要求可依据客户需求定制开发							

资料来源：中科海钠官网，东方财富证券研究所

产业链合作密切，电芯生产计划全国领先。在产业链布局方面，中科海钠已经和华阳股份、多氟多达成深度合作，负极材料使用粉碎后碳化的华阳股份无烟煤，电解液供应则与多氟多合作。2019年3月，中科海钠自主研发的30 KWh/100 KWh 钠离子电池储能电站在江苏省溧阳市成功示范运行；2021年12月，宣布与三峡能源、三峡资本、安徽省阜阳市人民政府达成合作，共建全球首条钠离子电池规模化量产线，产能规划为5 GWh，分两期建设，一期1 GWh将于2022年正式投产。公司与华阳股份合作，规划1GWh钠电池Pack产能，计划2022年实现投产。此外，公司与华阳股份合资公司规划年产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10 GWh电池材料需求的体量。



图表 34：中科海钠合作项目



资料来源：中科海钠官网，东方财富证券研究所

#### 4.1.2. 钠创新能源：源于上海交大，技术实力深厚

2012年，上海交通大学的马紫峰教授组建钠离子电池技术研发团队，2015年12月，发布全球首台钠离子电池储能装置；2018年，钠创新能源成立；2019年，公司完成全球首条吨级铁酸钠基正极材料生产线；2021年5月，公司于第二届国际电化学能源系统大会上发布全球首套钠离子电池-甲醇重整制氢综合能源系统，6月，完成百吨级前驱体和正极材料合作生产基地，10月，开始建设万吨级正极材料生产线；2022年8月，8万吨钠离子电池正极材料项目签约，公司预计今年完成3000吨正极材料和5000吨电解液的投产（可满足1GWh电池需求），预计未来3-5年内，公司将分期建设8万吨正极材料和配套电解液生产线，积极布局低速电动车、电动两轮车、智能电网储能和家用储能等领域。

技术实力深厚，公司目前拥有美国专利3件，授权专利23件，申请专利40余件，发表钠电论文60多篇，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。公司所开发的正极材料及其电解液已经在20余家电池制造企业进行验证，电池产品性能优越，所开发的圆柱型、软包型钠离子电池的性能已经达到家用储能、微型电动车、移动基站应用要求。2021年，爱玛科技公布的全球首批钠离子电池驱动双轮电动车就是由钠创新能源研发。

图表 35：爱玛科技发布由钠创新能源研发的钠离子电池



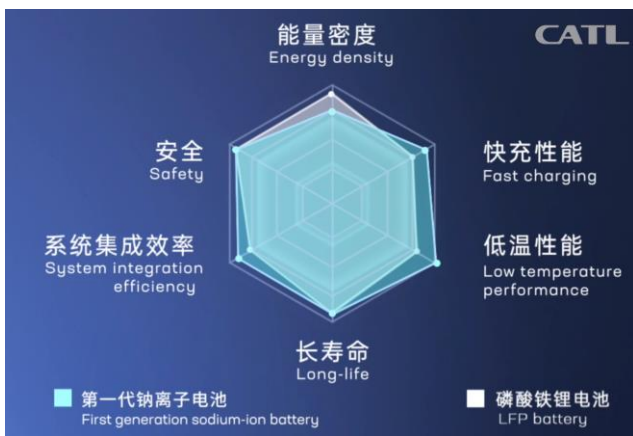
资料来源：钠创新能源公众号，东方财富证券研究所

4.1.3. 宁德时代：由锂电切入，具备产业链协同优势

2021年7月29日，宁德时代发布第一代钠离子电池，能量密度略低于磷酸铁锂电池，低温性和快充方面具有明显优势。第一代钠离子电池具备高能量密度、高倍率性能、高热稳定性、宽温域与高集成效率等优势。根据2021年7月宁德时代发布会，公司第一代钠离子电池单体能量密度达到160Wh/kg，常温下充电15分钟电量可达80%，零下90℃仍有90%的放电保持率，系统集成效率达到80%以上。宁德时代预期下一代钠离子电池能量密度超过200Wh/kg，计划2023年产业化，目前已与整车及储能企业开展合作。

发布AB电池解决方案，拓宽钠电池应用场景。宁德时代创新性地将钠离子电池与锂离子电池按照一定比例和排列同时集成到电池系统中，并使用BMS算法对不同电池体系进行均衡控制，既弥补了钠离子电池的能量密度短板，也发挥了其在低温及高功率场景下的优势，拓宽了钠离子电池的应用场景。

图表 36：宁德时代钠电池性能与磷酸铁锂的对比



资料来源：宁德时代钠离子电池发布会，东方财富证券研究所

图表 37：AB 电池解决方案实现优势互补



资料来源：宁德时代钠离子电池发布会，东方财富证券研究所

在关键材料领域进行技术创新和突破。正极材料方面，钠离子电池使用普鲁士白和层状氧化物两种材料（第一代钠离子电池使用普鲁士白），克容量达160mAh/g，与现有磷酸铁锂正极相当，并对材料体相结构进行电荷重排，解决了在循环过程中容量衰减的问题；负极材料方面，开发了能够让钠离子自由穿梭且具有独特孔隙结构的硬碳材料，克容量达到350mAh/g，与现有人造石墨相当；电解液方面，采用适配上述材料的新型电解液材料体系，可与目前锂离子电池制造工艺及设备兼容。

图表 38：宁德时代钠离子电池相关专利（部分）

申请号	专利名称
201680087749.1	一种钠离子电池的补钠方法及制备得到的极片和电池
201711041125.9	普鲁士蓝类正极材料及其制备方法及其电化学储能装置
201711033478.4	钠离子电池用普鲁士蓝类正极材料及其制备方法及其钠离子电池
201810677146.8	正极活性材料、正极极片及钠离子二次电池
201910800423.3	钠离子电池用正极材料及其制备方法
202110742797.2	负极极片的处理方法、钠金属负极极片与电化学装置
202210180644.8	平板式钠金属电池、电化学装置

资料来源：企知道专利数据库，东方财富证券研究所

#### 4.1.4. 传艺科技：IT 高新技术企业，布局钠离子电池

传艺科技成立于 2007 年，主要产品包括笔记本电脑配件、柔性电路板、绝缘导电材料等，是全球第三大的笔记本电脑线路板供应厂商。2022 年 7 月，公司设立孙公司传艺钠电，布局钠离子电池。早在 2018 年，公司就已经开始与钠电池科研团队共同开展钠离子电池材料的研发，今年以来，公司钠离子电池研究取得较大技术突破，在实验室和小试层面实现了正极比容量 140 mAh/g，负极比容量 300 mAh/g，单体电芯 145 Wh/kg 的能量密度，循环次数 4000 次，-20℃下容量保持率大于 88%。

产品进度和产能规划方面，钠离子电池项目一期 2 GWh 产能拟于 2022 年年底前完成产房及中试线的建设施工和产品中试，并于 2023 年初完成 2 GWh 产能的投产；二期规划 8 GWh 的产能，将视后续市场情况及资金情况逐步投入设备和产线。

图表 39：传艺科技钠离子电池产能规划

项目	规划产能	投资额	计划投产时间
一期项目	2 GWh	10 亿元（含相应正负极材料产线）	2023 年初完成 2 GWh 产能的投产
二期项目	8 GWh	40 亿元（拟定）	根据后续市场及资金情况适时逐步投入设备及产线

资料来源：传艺科技公告，东方财富证券研究所

#### 4.2. 正极：层状氧化物量产进度领先，23 年有望实现量产

以现阶段多数厂商分布及产业化进度来看，层状金属氧化物正极材料凭借成本低、工艺简单而率先量产，目前钠电正极材料以层状金属氧化物为主线。长期来看，普鲁士蓝和层状金属氧化物路线能量密度高，且成本相对低，聚阴离子路线循环性能优异，三种材料路线各有所长，有望并行发展，形成互补局面。

##### 4.2.1. 容百科技：高镍三元领域龙头，转型正极材料综合供应商

公司是高镍三元领域龙头，核心产品为 NCM811 系列、NCA 系列、Ni90 及以上超高镍系列三元正极及前驱体材料。2021 年，公司三元正极材料出货量国内第一，占比 13.30%，2022 年，高镍正极出货量约 3.5 万吨，产品结构中高镍材料占比超过 90%，根据鑫椤锂电统计，2022 年上半年公司三元正极市场占有率保持第一。2022 年 7 月，公司发布战略发布会，宣布布局高镍三元正极、磷酸锰铁锂和钠离子电池三条技术路线，转型全市场覆盖的正极材料综合供应商。

公司已在钠电材料领域具有多年技术积淀，三种技术路线均有规划，普鲁士白与层状氧化物技术处于行业内领先。2022 年 7 月，公司发布四款正极材料，三款为层状氧化物路线、一款是普鲁士白路线，普鲁士白路线已具备 6000 吨产能，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 10 万吨。

#### 4.2.2. 振华新材：单晶三元正极细分龙头，布局钠电打开储能增长空间

公司是单晶三元正极材料领域领军企业，核心产品覆盖中镍、中高镍及高镍全系列大单晶镍钴锰酸锂三元正极材料。根据鑫椽资讯，2021年，公司三元材料出货量在国内市场份额占比为8%，占有率排名第五。**钠离子电池方面，公司选择层状氧化物路线进行研发和产业化。**钠离子电池的层状氧化物路线与三元锂电正极材料工艺路径类似，公司凭借在一次颗粒大单晶三元材料领域深厚的技术积累，紧跟行业发展趋势，较早研发出具有高压实密度、高容量、低PH值和低游离等优异性能的钠离子电池正极材料。

2022年4月，公司钠离子电池正极材料已处于中试阶段，主要应用领域为电动车和储能系统。2022年中报披露，公司募投的义龙三期10万吨正极材料项目可以兼容钠电正极生产，公司的钠电正极材料已向客户小批量出货，预计2023年可实现量产。

图表 40：正极材料领域公司钠电布局及进展

公司名称	产业进展
容百科技	三种路线均有布局，层状氧化物、普鲁士类路线行业领先。目前已实现每月吨级出货，层状氧化物正极材料产能2023年将达到3.6万吨，预计2023年实现每月百吨级出货，2025年规划钠电材料10万吨产能。
振华新材	选择层状氧化物路线进行研发和产业化，研发出具有高压实密度、高容量、低PH值和低游离等优异性能的钠离子电池正极材料。截止2022年7月底，已实现吨级出货。公司现有5万吨正极材料产能项目、募投的义龙三期10万吨正极材料项目均可以兼容钠电正极生产，预计2023年可实现量产。
格林美	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似物、层状氧化物正极材料制备及改性研究，产品与多家下游客户认证中。
当升科技	组建了专门的研发团队开展钠电池等新型电池体系关键材料的研发，2022年7月发布层状正极材料产品，预计2023-2024年量产。
美联新材	普鲁士蓝正极材料50吨中试生产线已投产，已通过部分电池厂商的检测；拟投建18万吨普鲁士蓝（白）产能
百合花	从无机颜料普鲁士蓝转向电池级普鲁士蓝的研究

资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

#### 4.3. 负极：预计硬碳是主流材料，主流负极厂均有布局

硬碳比容量性能优越，具备开发高能量密度钠电池的潜力，但现阶段成本居高不下，而软碳前驱体成本相对低廉。以目前产业布局来看，中科海钠携手华阳股份采用软碳路线，此外，多数负极厂积极布局硬碳路线。

##### 4.3.1. 华阳股份：无烟煤龙头企业，与中科海钠深度合作

公司拥有丰富的煤炭储备资源，品牌认知度高，主要产品非为煤炭产品、电力、热力等三大类，其中煤炭产品主要是优质无烟煤，可用于电力、花费、冶金、机械、建材等行业，2021年，公司煤炭产量达到4610万吨。在立足传统主业的同时，公司布局飞轮储能、钠离子电池等项目，逐步形成“光伏+储能”新能源产业布局。2021年，公司与钠电行业领军企业中科海钠深度合作，联合布局正负极材料、电解液、电芯级PACK厂。

公司自主研发纳米超纯碳技术，可将无烟煤副产品煤泥作为钠电负极软碳前驱体，无烟煤软碳材料储钠容量高、循环稳定性好，成本低。2022年3月，各2000吨/年的钠离子电池正、负极材料生产线投产，并联合中科海钠共同建设万吨级正负极材料产能；公司联手多氟多就电解液及其添加剂达成战略合作，目前六氟磷酸钠产能达千吨，并且全资持有电芯项目和电池PACK项目各1GWh，电芯产能2022年9月30日顺利投产。

助推集团发展光储网充示范项目，以飞轮物理储能、钠离子电池化学储能、光伏发电系统以及智能微电网和充电桩形成新能源储能全产业链，实现一站式充放电产业生态。

#### 4.3.2. 贝特瑞：深耕锂电负极多年，布局钠电负极

公司成立于2000年，布局天然石墨、人造石墨、硅碳负极等多种负极技术，在天然石墨领域，公司率先打破日本垄断实现天然石墨国产化，市占率近6成，是绝对的龙头企业；人造石墨方面，公司扩产积极快速追赶。钠电负极方面，根据公司专利情况，选择磷酸钛钠/碳复合材料路线，对其进行多方位的改性，有效解决了一次碳包覆的包覆碳层不均匀的问题，并且由于致密层的均匀包覆，复合材料的稳定性好。采用磷酸钛钠/碳复合材料制备电极组装成的电池具有优异的电化学性能，放电容量在115mAh/g以上，循环500周后容量保持在95%以上。根据母公司中国宝安称，贝特瑞目前钠离子电池负极材料已经实现量产。

图表 41：负极材料领域公司钠电池布局及进展

公司名称	产业进展
华阳股份	绑定中科海钠，向中科海钠提供无烟煤基软碳材料作为钠电负极材料，联合建设万吨级材料产能
贝特瑞	磷酸钛钠/碳复合材料路线，多方位改性后具有优异的电化学性能，目前钠电负极材料已具备量产能力
杉杉股份	硬碳与石墨复合材料进入中试阶段
翔丰华	通过石墨与软硬碳进行复合，综合石墨与软硬碳两种材料作为锂离子电池负极的优势，开发一种高功率型的电池负极材料，目前进入客户测试阶段
璞泰来	在纳米硅碳、硬碳、软碳、锂金属负极等新兴技术路线方向进行预研，为下一代量产的主流负极产品奠定技术和工艺储备

资料来源：各公司公告，各公司官网，东方财富证券研究所

#### 4.3. 其他材料：多数可复用锂电，格局变化不大

钠电池其他材料与锂电体系差异小于正负极，多数可以与锂电产线共用。电解液方面，多数厂商计及布局钠电池电解液，六氟磷酸锂产线可有效转换生产六氟磷酸钠，布局厂商有多氟多、天赐材料、新宙邦等；隔膜方面，与锂电技术相近，广泛应用于锂电池的PP/PE隔膜可以复用，主要厂商有恩捷股份、星源材质等，格局变化不大；集流体方面，随着钠电池产业化进度加快，铝箔的需求上升，布局厂商有鼎胜新材、万顺新材、南山铝业等。碳纳米管方面，技术壁垒较高，行业内主要公司有天奈科技、三顺纳米、德方纳米等。

图表 42: 其他材料领域公司钠电池布局及进展

	公司名称	产业进展
电解液	多氟多	六氟磷酸钠实现商业化量产, 与华阳集团在六氟磷酸钠项目上深度合作
	天赐材料	公司已建立钠电池技术平台, 钠电池电解液已处于中试阶段, 六氟磷酸钠与六氟磷酸锂共享产能
	新宙邦	吨级六氟磷酸钠产品量产交付
	钠创新能源	2022 年 5000 吨电解液投产
铝箔	鼎盛新材	电池级铝箔产能超 10 万吨, 并根据下游需要持续扩产
	万顺新材	公司现有产能 4 万吨, 2023 年 8 月有望达到 7.2 万吨, 此外还有 10 万吨的产能规划

资料来源: 各公司公告, 各公司官网, 东方财富证券研究所

图表 43: 行业重点关注公司 (截至 2022 年 10 月 13 日)

代码	简称	总市值 (亿元)	PE (倍)			EPS (元)			股价 (元)	评级
			2021	2022E	2023E	2021	2022E	2023E		
300750	宁德时代	10542.83	85.51	36.31	24.20	6.88	11.27	16.91	432.00	增持
600348	华阳股份	463.20	13.11	7.50	6.97	1.47	2.57	2.76	19.26	未评级
002866	传艺科技	116.21	70.68	—	—	0.58	—	—	40.14	未评级
600152	维科技术	60.31	-47.42	354.77	23.84	-0.29	0.03	0.48	11.49	未评级
688707	振华新材	225.41	45.07	23.68	16.48	1.12	2.37	3.41	50.89	增持
002407	多氟多	289.40	22.97	11.00	7.38	1.73	3.43	5.12	37.78	未评级

资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

注: 未评级数据来自 Choice 一致预期

## 5. 风险提示

**储能需求低于预期:** 储能是目前公认的钠离子电池最主要的应用场景之一, 如果全球储能市场需求不及预期, 将使得钠离子电池的发展动力和需求低于预期。

**锂电池成本下降超预期:** 相较于锂电池, 钠电池的核心优势在于其性价比, 未来的应用也围绕与锂电池互相补充的领域, 锂电池成本的快速下降将缩小钠电池的比较优势。

**钠电池产业化速度低于预期:** 目前钠电池处于产业发展前期, 尚未实现大规模产业化, 若技术发展、产业链配套速度低于预期, 将造成钠离子电池成本居高不下, 失去竞争优势。

东方财富证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

#### 分析师申明：

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，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，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

#### 投资建议的评级标准：

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后3到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的3到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500指数为基准。

#### 股票评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅15%以上；  
增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~15%之间；  
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-5%~5%之间；  
减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-15%~-5%之间；  
卖出：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅15%以上。

#### 行业评级

强于大市：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上；  
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；  
弱于大市：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上。

#### 免责声明：

本研究报告由东方财富证券股份有限公司制作及在中华人民共和国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。

本研究报告仅供本公司的客户使用。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。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。

那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有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、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东方财富证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。