

钠电深度 1：海盐的逆袭—从技术路线逐步收敛到重塑能源金属的“第二曲线”

电气设备

评级：看好

日期：2026.06.08

分析师 张鹏

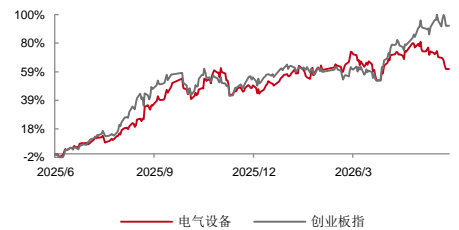
登记编码：S0950523070001

☎：18820232934

✉：zhangpeng1@wkzq.com.cn

行业表现

2026/6/5



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《2026Q1 锂电财报点评：涨价扩散，逐级而上，关注钠电产业》(2026/5/11)
- 《2026 年锂电行业四大关注点》(2025/12/25)

报告要点

钠电的第一性原理：能源安全+经济性优势。我国锂资源对外依存度较高，发展钠电具备国家能源安全意义。在电池的六大核心特性中，钠电池除了能量密度低于铁锂，其他性能潜力均优于铁锂，适用于储能、经济型乘用车等场景。

从产业卡点上看，负极技术难点、规模化降本仍需突破。钠电正极基本收敛于聚阴离子路线为主，硬碳负极技术路线尚未收敛，目前椰壳生物质有产能天花板。根据我们测算，预计 2027 年钠电芯有望和铁锂电芯成本（15-20 万元/吨碳酸锂下）实现平价。

钠电池已完成 0-1 的产业化，有望逐步开启 1-10 的产业化阶段。宁德时代 2026 年宣布突破了钠离子电池量产的四大行业难关，钠电有望成为铁锂路线的重要补充，适配经济型动力、储能场景。钠电和锂电产业底层均是电化学原理，产业方具备高度重合性。

投资建议：立足于能源安全和未来经济性平价优势，钠电有望重塑能源金属“第二曲线”，具备较大市场空间的潜力。

从产业方角度看，锂电企业应当重视未来聚阴离子方向的钠电迭代，建议加速投入资源。

从二级市场角度看，建议关注钠电池电芯、硬碳环节相关企业。

风险提示：

- 1、钠电产业最大卡点在硬碳负极，可能由于其限制而推迟实际产业化时间；
- 2、聚阴离子钠电池日历寿命有比磷酸铁锂大的潜力，但可能由于电解液对 SEI 膜的改进限制无法完全发挥长寿命的潜力，限制在储能领域空间；
- 3、钠电池在动力市场上的“自生成负极”方案可能受限于倍率和循环不达标而推迟应用。且产业实际可能先是“少负极”先过渡，导致对应钠电能量密度提升有限，影响需求场景的扩张。

内容目录

一、钠电的“第一性原理”： 能源安全+经济性优势	4
1.1 发展钠电具备国家能源安全意义	4
1.2 钠电池核心指标潜力大	6
1.3 钠电正极技术路线基本收敛	12
1.4 钠电池在材料、工艺端有一定变化	13
二、钠电池产业化还有哪些卡点需要解决： 降本和硬碳负极是关键	14
2.1 产业降本	14
2.2 负极技术路线尚未收敛	14
2.3 其余性能的完善	16
三、产业链参与者： 锂钠同源	16
3.1 钠电有望开启 1-10 的产业化	16
3.2 钠电产业链参与者和锂电具备重合性	18
四、投资建议	19
风险提示	20

图表目录

图表 1：部分金属成本曲线第 90 百分位变化 (%)	4
图表 2：锂和钠的丰度和资源分布对比	4
图表 3：锂资源在全球的分布情况（2030E）	5
图表 4：现有及已公布项目的预期矿山供应量及锂主要供应需求（2035E）	5
图表 5：钠电池相比铁锂电池具备潜力优势	6
图表 6：钠电芯和铁锂电芯度电成本对比	6
图表 7：钠电池和铁锂电池动力 PACK 理论度电成本对比	6
图表 8：典型的电池热失控过程	7
图表 9：电池安全有主动、被动安全等	7
图表 10：聚阴离子钠电部分安全性测试数据较优，安全性上潜力大	7
图表 11：在绝热和外部加热条件下 NFPP 相比层氧钠电安全性高	8
图表 12：NFPP 钠电具备耐高温性	8

图表 13: Li、Na 对常见有机电解质溶剂的去溶剂化能力 (kJ/mol)	8
图表 14: 高温条件下铁锂电池循环衰减较快.....	9
图表 15: 部分钠电企业产品倍率性能较好	9
图表 16: 外部因素的温度是影响电池日历寿命的关键一环	10
图表 17: 电池体系的稳定性本质取决于内外部的稳定性.....	10
图表 18: 电池企业发布的钠电储能产品循环大多在 1-2 万次 (不完全统计)	10
图表 19: 宁德时代 CTP 结构设计提升系统集成效率, 从而提升系统能量密度	11
图表 20: NFPP 型“无负极”钠电有望理论上能量密度打平铁锂电池	11
图表 21: 钠电池的发展历程	12
图表 22: 三类不同的钠电正极路线优缺点.....	12
图表 23: 钠电技术路线的占比分布以聚阴离子为主 (2025 年)	12
图表 24: 部分企业钠电池产品陆续发布	13
图表 25: 宁德时代攻克了钠电池的工程化问题.....	14
图表 26: 目前钠电芯价格高于锂电池电芯.....	14
图表 27: 聚阴离子 NFPP 型钠电芯未来度电成本预测	14
图表 28: 硬碳储钠有不同的机理模型	15
图表 29: 碱金属(M)-石墨化合所需能量.....	15
图表 30: 几种硬碳负极的优缺点	15
图表 31: 无负极钠电的难点和解决方案	16
图表 32: 全球钠电池出货量数据	17
图表 33: 2025 年钠电池细分应用市场占比(按终端应用).....	17
图表 34: 部分产业公司对钠电池的定调	17
图表 35: 宁德时代和长安合作的钠电池量产乘用车	18

写在前面:钠电池产业在 2022 年碳酸锂价格大幅上涨时候出现产业化的尝试和技术路线的并行,以宁德时代发布第一代钠电池为代表,完成了 0-1 产业化。

从目前产业进度来看,钠电池有望开启 1-10 的产业化过程,从长期潜力看,钠电在储能等市场空间潜力很大,主要是基于资源可控的能源背景和钠本身成本和性能优势。回溯锂电产业的长期发展历史,核心还是基于第一性原理下,成本和性能适配下游需求。材料的本征性能往往决定了未来的需求场景,基于此逻辑,我们对钠电产业本征性能也进行梳理,试图探寻其长期发展潜力。

本文是钠电产业的第一篇报告,侧重于供给侧和长期逻辑的解答。

一、钠电的“第一性原理”: 能源安全+经济性优势

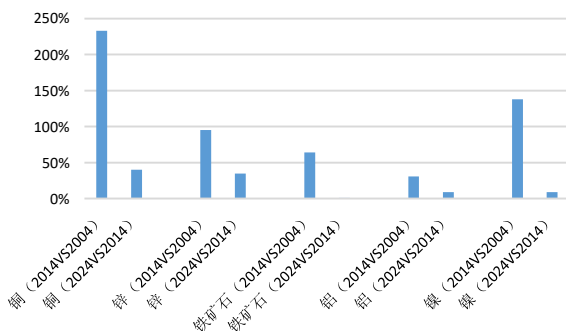
1.1 发展钠电具备国家能源安全意义

钠具备能源安全重大意义。材料的本征特性往往决定了未来的市场应用空间,以锂为例,新能源时代下,由于其最轻的金属质量、最负的标准电极电位、最高的荷质比属性,使其成为高能量密度电池的不可替代核心元素,支撑其在动力电池与储能领域的主导地位。

我国锂资源对外依存度较高,锂的长期成本曲线有望逐步上移。钠的资源禀赋优势突出,有望摆脱锂资源较高成本约束。锂作为矿石和盐湖中提取的元素,伴随品位逐步下降和需求增长,边际成本曲线有望上移。回顾 2004-2024 年数据,铜、锌、镍等金属成本曲线均呈现上移态势,其中无资源约束的品种成本通胀压力相对更小。以铜为例,铜矿品位已从 1900 年的 2.0% 降至 2020 年的 0.7%,预计 2030 年将进一步下滑至 0.5%,资源品位下行已成为行业趋势。

钠的成本低于锂,电池级碳酸钠价格约 0.4 万元/吨,碳酸锂价格目前已超 15 万元/吨,在本轮周期底部也有约 6 万元/吨。从资源角度看,锂在地壳中含量仅约 0.0065%,且分布极不均衡;而钠在地壳中含量约 2.75%,分布广泛且均匀。钠资源品位更高,原料制备成本更低,且多赋存于海水、盐矿等场景,开采门槛低于锂。

图表 1: 部分金属成本曲线第 90 百分位变化 (%)



资料来源: Teck、五矿证券研究所

图表 2: 锂和钠的丰度和资源分布对比

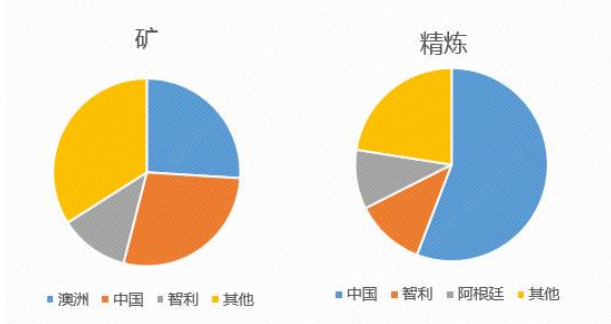
类别	锂	钠
资源丰度	锂资源 0.0065%	钠资源 2.75%
分布情况	不均匀, 主要在南美、澳洲、中国	全球分布均匀

资料来源: SMM 钠电、五矿证券研究所

锂属于关键资源矿产清单品种，钠可以规避关键矿产地缘风险，保障能源金属资源自主可控。锂资源全球分布高度集中，供应存在明显外部约束。从全球供给格局看，碳酸锂资源主要集中在南美盐湖与澳大利亚、中国等地，地缘与贸易风险较高。目前，全球主要国家和地区公布的关键矿产清单共涉及 57 种关键矿产，其中关键金属矿产占比高达 70.2%。其中锂、镍、钴等被中、美、欧等纳入关键矿产清单，在全球能源转型持续深化的背景下，锂资源的战略属性持续凸显，供应链自主可控成为长期核心诉求。

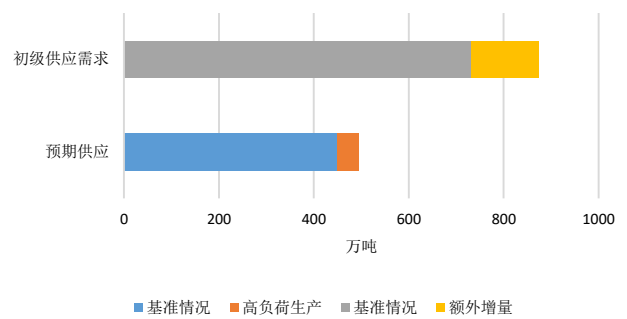
目前全球对关键矿产的重视在增强。以美国为例，2025 年 11 月，美国地质调查局 USGS 所编制的关键矿产清单公布，在 2022 年版本的基础上增加了 10 个矿种，总数达到 60 种。

图表 3：锂资源在全球的分布情况（2030E）



资料来源：IEA、五矿证券研究所

图表 4：现有及已公布项目的预期矿山供应量及锂主要供应需求（2035E）



资料来源：IEA、五矿证券研究所

锂本轮资本开支不足，未来有缺口隐忧，钠是能源金属较好的补充。按照 IEA 的预测，2030 年全球碳酸锂需求相比 2024 年增量约 250 万吨，我们预计对应约 2000 亿元资本开支。预计到 2030 年，市场供需平衡将转为短缺局面，2035 年已宣布项目的开采供应不足，隐含 40% 的锂矿缺口。

储能场景对低成本、长寿命电池需求迫切，钠电池具备优势。当前，储能从“政策驱动”转向“经济性驱动”，对能量存储装置的低成本、长寿命提出迫切要求。根据我们团队储能报告论述，预计全球风光储新增装机峰值将出现在 2035 年左右，储能年新增装机峰值有望超过 1.5TWh，出货量峰值则有望超过 2.0TWh，2024-2035 年全球储能新增装机 CAGR 21%。宁德时代总法律顾问在 2026 国际电池技术及创新应用峰会上指出，目前宁德时代动力和储能电池的业务占比约 80%对 20%，未来 3 年，这个比例将会达到 50%：50%。之后，储能电池业务甚至有望超过动力电池。

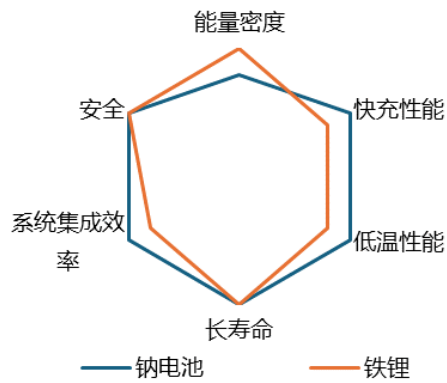
从技术适配性来看，储能电站核心诉求为长日历寿命、高安全性、低全生命周期成本，对能量密度敏感度显著低于动力电池。相较于资源约束强、成本易波动的锂电池，钠电池在资源禀赋、成本下行空间及长循环适配性上潜力突出。

1.2 钠电池核心指标潜力大

钠电池在理论电芯成本、部分性能上相比锂电池具有优势。在电池的六大特性中，钠电池除了能量密度低于铁锂，其他性能潜力均优于铁锂，适用于储能、经济型乘用车等场景。

聚阴离子路线潜力更大。从钠电正极技术路线上看，主要有普鲁士、聚阴离子、层状氧化物三类，其中聚阴离子凭借高安全性、低成本、长循环性特点具备更大应用潜力，聚阴离子凭借超长寿命在储能领域迅速占据了主导，2025年总出货占比超7成，聚阴离子型钠电是本文讨论的重点，本文是以其中的NFPP型做测算。

图表 5：钠电池相比铁锂电池具备潜力优势

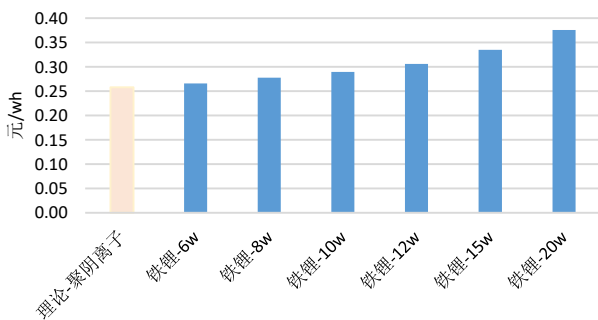


资料来源：宁德时代、五矿证券研究所

一、成本：钠电芯在理论成本上具备优势

从成本上看，钠电芯理论成本低于铁锂。我们主要以聚阴离子钠电为例（磷酸焦磷酸铁钠正极 NFPP 型）和铁锂作对比。根据我们测算，钠离子电芯（NFPP 型）长期理论成本低于铁锂。在动力系统 PACK 包成本上，钠电池理论上和 8-10 万元/吨碳酸锂价格下的铁锂电池成本打平。

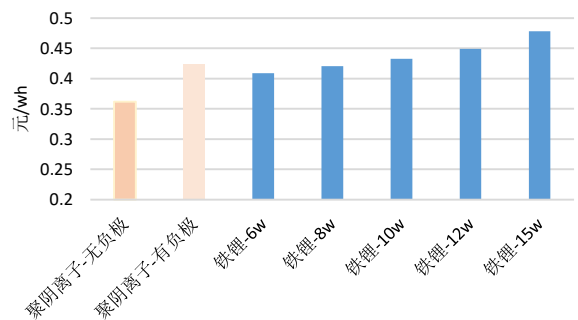
图表 6：钠电芯和铁锂电芯度电成本对比



资料来源：高工产研、福建省工业和信息化厅、wind、SMM 钠电、五矿证券研究所测算

备注：铁锂-6w 代表 6 万元/吨碳酸锂价格假设下的铁锂电芯成本，假设同样的热管理系统

图表 7：钠电池和铁锂电池动力 PACK 理论度电成本对比



资料来源：高工产研、福建省工业和信息化厅、wind、高工锂电、SMM 钠电、五矿证券研究所测算

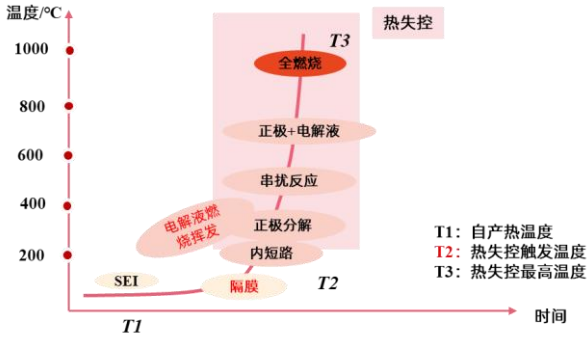
备注：铁锂-6w 代表 6 万元/吨碳酸锂价格假设下的铁锂电芯成本，假设同样的热管理系统；无负极的测算不考虑负极，产业实际可能先是“少负极”过渡

二、性能：钠电池能量密度低于磷酸铁锂，但其余性能上具备优势潜力

1、安全性

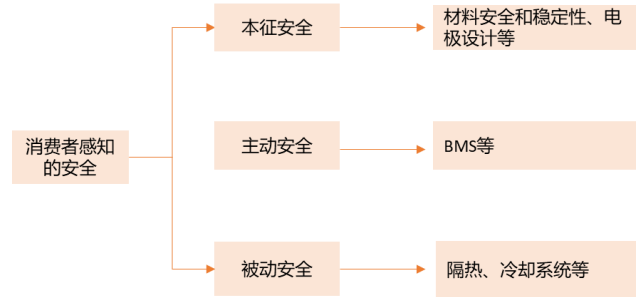
钠电聚阴离子 (NFPP) 相比铁锂具备更高安全性潜力。电池安全性本质上是系统能量失控释放的概率与剧烈程度，热失控的本质是能量释放的失控链式反应，钠电能量密度低、结构稳定高，热安全更高。同时，也由于钠的活性更高，在一定条件钠枝晶比锂枝晶更容易发生自消融，避免电池短路自燃。根据中国化学与物理电源行业协会公众号相关内容，钠离子电池在过充、过放、针刺、热用等安全试验的通过率明显优于锂离子电池。

图表 8：典型的电池热失控过程



资料来源：Li Wang 等《Safety perceptions of solid-state lithium metal batteries》、五矿证券研究所

图表 9：电池安全有主动、被动安全等



资料来源：电动汽车产业技术创新战略联盟、五矿证券研究所

图表 10：聚阴离子钠电部分安全性测试数据较优，安全性上潜力大

项目	对比数据
0.5C 绝热温升测试	聚阴离子钠电同倍率充放电的绝热温升仅有铁锂电池的不到 1/2
100%SOC 针刺测试	NFPP 钠离子电池 160Ah VS LFP 铁锂 280Ah, 均针刺不冒烟, 不起火, 不爆炸
热失控测试	NFPP 钠电和铁锂效果一致
模组贯穿针刺测试	NFPP 不起火, 不爆炸; 铁锂出现热失控
过充测试	聚阴离子钠电不起火, 不爆炸; 优于铁锂
过放测试	聚阴离子钠电不冒烟, 不起火, 不爆炸, 通过, 铁锂电池鼓包, 失效
1mΩ 短路测试	聚阴离子钠电不冒烟, 不起火, 不爆炸, 通过, 铁锂电池起火, 爆炸, 失效

资料来源：SMM 钠电、五矿证券研究所

图表 11：在绝热和外部加热条件下 NFPP 相比层氧化钠电安全性高

绝热条件下电池热失控对比

电池种类	自产热温度/°C	热失控触发温度/°C	最高温度/°C
160 Ah NFPP 型聚阴离子钠离子电池	100.94	180.51	247.02
180 Ah 层状氧化物钠离子电池	115.92	201.3	444.82

外部加热条件下电池热失控对比

电池种类	产气总量/L	热失控最高温度/°C	产气主要组分
160 Ah NFPP 型聚阴离子钠离子电池	93.1	273.32	CO ₂ (37.97%)、H ₂ (31.25%)、 CO(11.41%)、C ₃ H ₆ (9.38%)
180 Ah 层状氧化物钠离子电池	123.25	484.51	H ₂ (35.39%)、CO ₂ (30.95%)、 CO(19.16%)、C ₂ H ₄ (4.34%)

资料来源：储玉喜等《160Ah 聚阴离子型钠离子电池热失控与产气特性研究》、五矿证券研究所

2、倍率性和高低温性

钠电池具备良好的倍率性能。根据相关学术论文，钠离子的斯托克斯半径小于锂离子，且去溶剂化能更低，赋予其更快的界面传输动力学。虽钠离子的离子半径(0.102nm)比锂离子的离子半径(0.076nm)大，但在典型溶剂中表现出较小的斯托克斯半径。根据相关学术论文，Stokes-Einstein 方程表明，更高的温度和更小的溶剂化分子半径会导致更快的扩散速率。

从温度的耐受力上，钠电池也具备优势。同时从高温性上看，根据 SMM 钠电的报道，钠电 NFPP 材料 80 摄氏度正常放电，45 摄氏度可长期循环使用。根据起点锂电对部分企业的报道，NFPP 钠电在高温 45 摄氏度循环能力与常温相当，对热管理系统极度友好。

低温条件下，去溶剂化往往是离子传输的速度限制步骤，钠离子具备相对优势。

图表 12：NFPP 钠电具备耐高温性

正极类型	最高热解温度 °C	容量放热量 J/mAh
磷酸铁锂	272.7	1.08
NFPP 型钠电正极	351.9	0.89
负极类型	SEI 膜分解温度 °C	SEI 膜厚度 微米
铁锂负极-石墨	70-180	10 到 20
钠电负极-硬碳	152-197	20 到 80

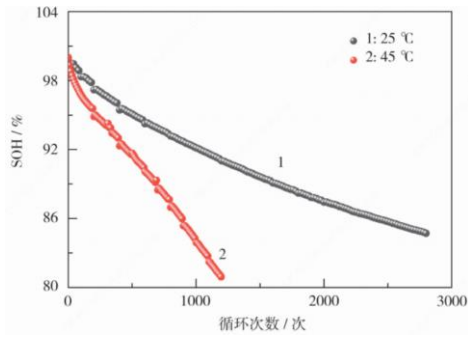
资料来源：SMM 钠电、五矿证券研究所

图表 13：Li、Na 对常见有机电解质溶剂的去溶剂化能力 (kJ/mol)

溶剂	去溶剂化能力	
	锂	钠
EC	211.3	151.9
PC	218	157.3
FEC	191	135.4
DEC	207.7	147.5
EMC	201.3	142.7
THF	183.4	124.5
ES	194.1	135.4

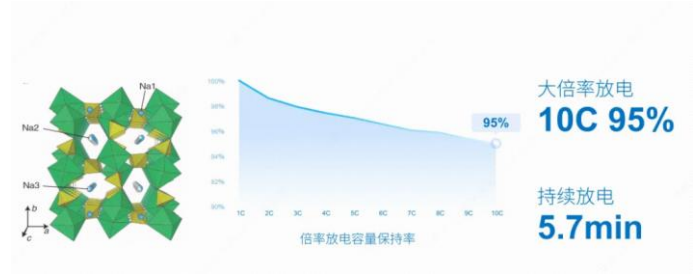
资料来源：Meng Li 等《Low-temperature performance of Na-ion batteries》，五矿证券研究所

图表 14：高温条件下铁锂电池循环衰减较快



资料来源：王跃冰等《磷酸铁锂离子电池在 45°C 下的循环失效分析》、五矿证券研究所

图表 15：部分钠电企业产品倍率性能较好



资料来源：众钠能源、五矿证券研究所

3、循环性

聚阴离子钠电池循环性占优，具备高日历寿命潜力。根据此前我们的报告《风驰“电车”系列 4：储能卡点之电池日历寿命如何突破？》，电池日历寿命本质是电池衰减问题，从机理上看，电池衰减有 LAM（活性材料损失）、LLI（锂损失）、LE（电解液）和 RI（电阻）等四大原因。我们拆分为三方面，

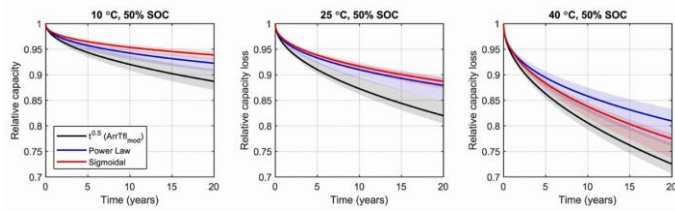
A) 物理层面：以聚阴离子 NFPP 材料为例，拥有强共价键与高机械强度，充放电过程体积变化率仅 2-4%，接近“零应变”，可有效避免材料粉化与结构坍塌；磷酸铁锂嵌锂时晶体膨胀度约 7%。在无序硬碳负极材料中，Na⁺扩散阻力低，且满电膨胀仅 5%左右，而石墨材料的体积膨胀约 10%。

B) 化学稳定性看，钠电 SEI 膜理论稳定性低于锂电。

C) 从外部因素看，温度、SOC 等均是关键，NFPP 型钠电相比铁锂具备温度适配性上优势。

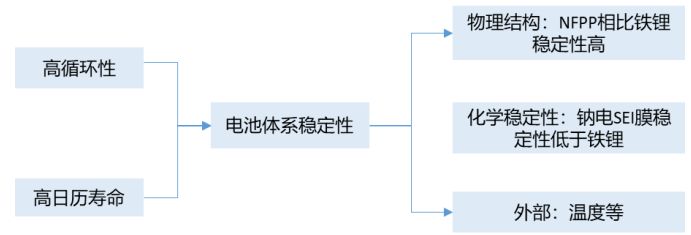
根据部分电池企业表述，钠电池循环寿命可以做到 2 万次。从日历寿命角度看，本质和循环寿命均是体系的稳定性的表征数据，钠电具备超越铁锂的较大潜力。

图表 16：外部因素的温度是影响电池日历寿命的关键一环



资料来源：NREL、五矿证券研究所
备注：以上为三种模型的预测结果

图表 17：电池体系的稳定性本质取决于内外部稳定性



资料来源：五矿证券研究所整理

图表 18：电池企业发布的钠电储能产品循环大多在 1-2 万次（不完全统计）

公司	体系	情况介绍
海辰储能	聚阴离子	24 年 12 月发布 储能钠电 产品，预计 25 年 12 月 GWh 量产；4000 次容量保持率高达 94.2%，预测至 70%SOH 时循环寿命超过 20000 次。
鹏辉能源	聚阴离子	25 年 6 月，发布 储能钠电 电池，循环寿命突破 10000 次。
宁德时代	/	25 年 4 月，发布 动力领域钠电 产品，循环 10000 次。
比亚迪	/	24 年报研发说明中，钠电池实现 200Ah 电芯容量 10000+ 的循环性能，达成了 MWh 级 储能系统 的落地；推出 MC Cube-SiB ESS" 产品，容量 2.3MWh
维科技术	聚阴离子	2024 年推出 储能钠电 电芯 S180，循环寿命超过 8000 次，电芯能量密度达 110Wh/kg

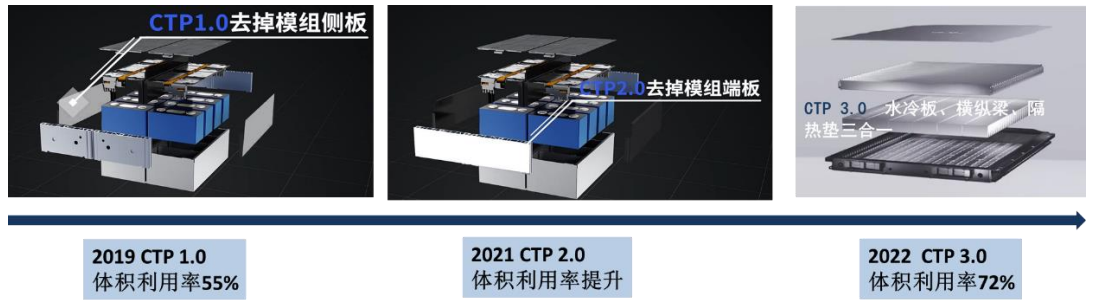
资料来源：中关村储能技术产业联盟、中国能源报、起点钠电、wind、维科技术、五矿证券研究所

4、系统集成效率

钠电池系统集成潜力大。钠电池的材料宽温域适配能力、高温循环寿命表现较好，工作过程中产热更低、电芯膨胀应力更小，安全稳定性更优。在系统集成上，可简化系统整体架构，减少辅助能耗损耗。

从锂电池的发展来看，铁锂、三元电池也是通过结构创新提升集成效率，宁德时代第一代到第三代 CTP，实现了体积利用率从 55%到 72%的提升。从聚阴离子型钠电池来看，基于自身的稳定性和安全性特性，有望重走铁锂结构创新之路，类似 CTP 等方案有望后续逐步提升其系统集成效率。

图表 19：宁德时代 CTP 结构设计提升系统集成效率，从而提升系统能量密度



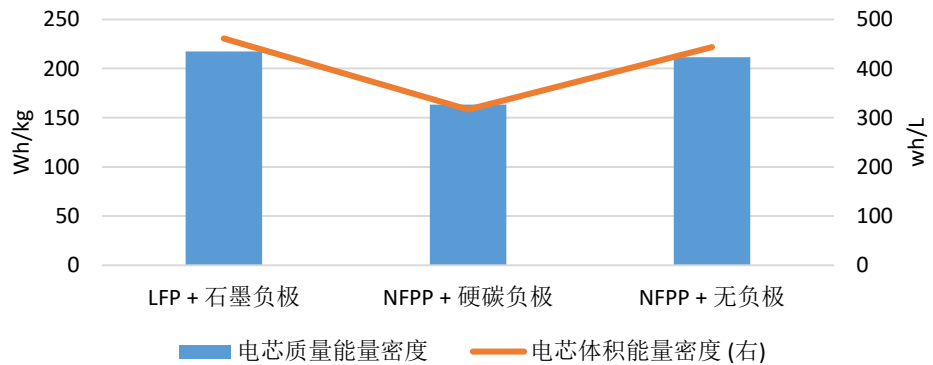
资料来源：宁德时代、五矿证券研究所

5、能量密度

聚阴离子钠电池能量密度低于铁锂电池。比容量和电压等决定能量密度，聚阴离子钠电能量密度低于铁锂电池，尤其是聚阴离子 NFPP 型材料本征密度 (3.14g/cm^3) 低于磷酸铁锂 (3.6g/cm^3)，体积能量密度相比铁锂仍有一定差距。

动力领域“自生成负极”技术有望提升钠电能量密度。宁德时代在 2025 年 4 月 21 日超级科技日活动上公布了“自生成负极”技术，该技术不再使用传统的石墨负极材料，而是让元素以金属的形式沉积在集流体上。自生成负极技术可显著提高电池的能量密度，使得电池体积能量密度提升 60%，重量能量密度提升 50%。在钠离子体系下，其能量密度可达 350Wh/L 。根据我们测算，通过“无负极”技术，聚阴离子有望达到铁锂的质量和体积能量密度水平。实际上看，产业可能先是“少负极”方案先过渡，导致对应能量密度提升和成本下降低于理论测算值。储能领域，基于长寿命要求，仍采用有负极方案。

图表 20：NFPP 型“无负极”钠电有望理论上能量密度打平铁锂电池

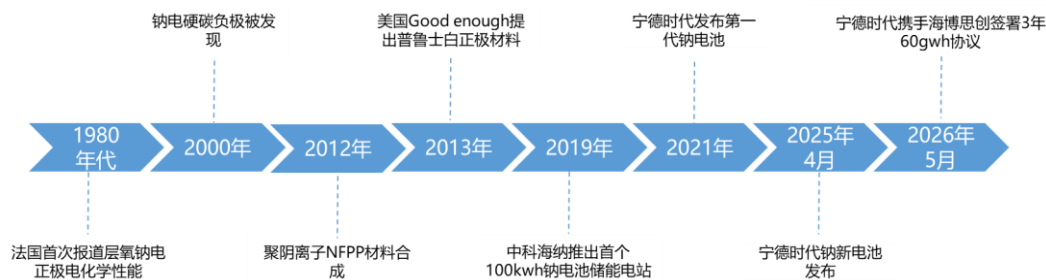


资料来源：SMM 钠电、高工锂电等、五矿证券研究所测算（备注：测算或有一定的误差；产业实际可能是先“少负极”过渡）

1.3 钠电正极技术路线基本收敛

钠电池起源于上个世纪，在 2023-2024 年完成了产业化 0-1 的突破。1) 2000 年钠电硬碳的确立和 2012 年聚阴离子 NFPP 正极材料的合成，钠电形成材料体系闭环；2) 从产业化角度，2021 年宁德时代钠电第一代产品推出，2025 年推出新一代钠新电池，供给端产品也在陆续推出。

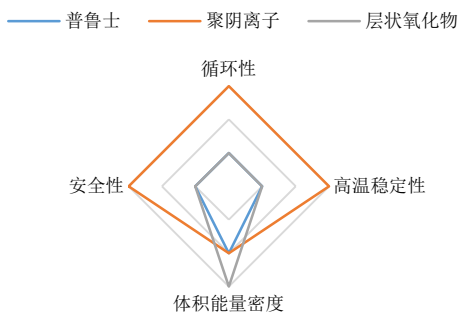
图表 21：钠电池的发展历程



资料来源：Haijun Xia 等《Na₄Fe₃(PO₄)₂P₂O₇ cathode for sodium-ion batteries: Critical technologies and progress from fundamental advances to industrialization challenges》、SMM 钠电、宁德时代、五矿证券研究所

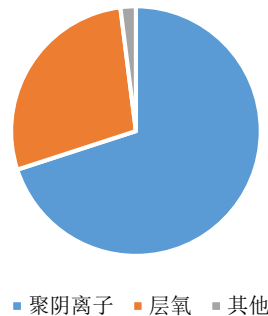
技术路线的收敛往往是产业化开启的前提条件。目前钠电正极体系基本收敛至聚阴离子路线为主，负极尚未收敛。钠电正极主要分为层状氧化物、聚阴离子、普鲁士蓝三大品类，层状氧化物能量密度突出，但安全性和循环性一般；聚阴离子循环性能优异，和储能市场匹配度高；普鲁士蓝成本与倍率优势明显，但受结晶水、循环稳定性制约，产业化进度偏缓。2025 年聚阴离子（NFPP 型）路线逐步确立主导地位，占比约 70%，层状氧化物路线占比从 2024 年 72%降至 2025 年的 28%，其他路线不足 5%。

图表 22：三类不同的钠电正极路线优缺点



资料来源：中关村储能产业技术联盟、五矿证券研究所

图表 23：钠电技术路线的占比分布以聚阴离子为主（2025 年）



资料来源：鑫椏资讯、五矿证券研究所

图表 24：部分企业钠电池产品陆续发布

企业	产品	备注
宁德时代	钠新电池（2025年4月）	具备自生成负极技术，动力电池 175wh/kg，纯电车型续航 500km+，循环寿命 > 10000 次
国轩高科	钠晨电池（2026年5月）	储能版：2w 次循环，动力版：162wh/kg；高能版：261wh/kg
比亚迪	钠电池产品	比亚迪钠电池研发已处于第三代产品技术平台的开发阶段，2024年11月，比亚迪推出一款名为“MC Cube-SIB ESS”的高性能钠离子电池储能系统
亿纬锂能	NF155L 钠电池	25年9月，公司首套大容量钠离子电池储能系统在荆门基地成功并网调试

资料来源：宁德时代、国轩高科、起点钠电、CIBF、五矿证券研究所

1.4 钠电池在材料、工艺端有一定变化

从材料端看，基于钠对锂的替换，正负极、集流体等是变化核心，传统石墨负极替换为硬碳，锂电的铜集流体替换为铝集流体。一是正极材料体系差异显著。钠替代锂成为电子传输的核心，带动聚阴离子、层状氧化物等正极材料相对锂电正极的变化。二是不同于锂离子在石墨负极“嵌入/脱出”机理，钠离子体积较大，在硬碳负极中呈现“吸附和层间嵌入”等机理。三是钠盐替换传统锂盐带动的电解液体系变化。四是由于钠在低电位下不与铝反应形成合金，基于低成本优势，原先锂电负极的铜箔替换为铝箔集流体。

从工艺上看，钠电池和锂电池产线基本兼容，但在环境控制上要求更严。钠电生产差异主要体现在车间环境、电池产气、铝箔粘结等三方面。

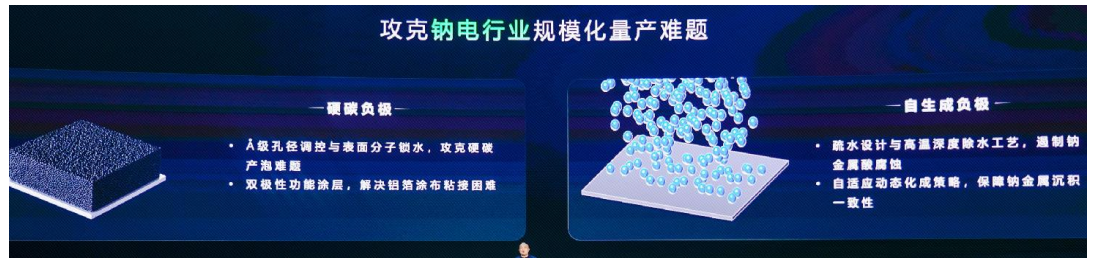
一是钠电正极材料残留碱性物质，对水分敏感度更高，生产露点管控标准严于锂电池。比如投料间露点需 $\leq -35^{\circ}\text{C}$ ，电极段和装配段 $\leq -25^{\circ}\text{C}$ ，烘烤、注液、化成工序漏点 $\leq -45^{\circ}\text{C}$ 。

二是在化成阶段，钠离子电池 SEI 膜稳定性弱，电解液易与电极发生副反应从而产生气体，仍需电解液等改性优化。

三是铝箔粘接瓶颈，产业往往采用高达因铝箔，根据起点钠电介绍，高达因铝箔表面达因值稳定在 60 以上，与传统铝箔相比，其表面异物降低 70%以上，洁净度提升 75%，润湿性显著优化，界面接触阻抗下降 30-60%，从源头解决了钠电负极集流体的核心痛点。

宁德时代 2026 年宣布突破了钠离子电池量产的四大行业难关。根据宁德时代在 2026 年 4 月超级科技日的表述，突破了钠离子电池量产的四大行业难关：极致控水、硬碳产气、铝箔粘接瓶颈、自生成负极的规模化量产。

图表 25：宁德时代攻克了钠电池的工业化问题



资料来源：宁德时代、五矿证券研究所

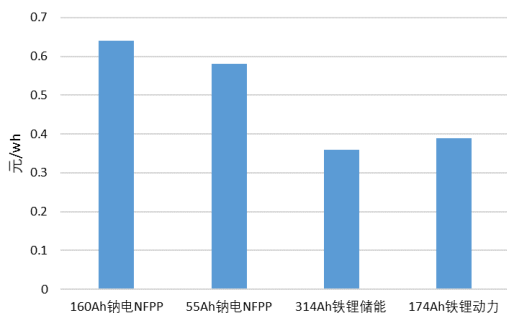
二、钠电池产业化还有哪些卡点需要解决：降本和硬碳负极是关键

2.1 产业降本

钠离子电芯当前度电成本高于铁锂电芯约 10-20%，2027 年理论成本打平铁锂电池（不考虑良品率等差异，15-20 万元/吨碳酸锂价格）。当前钠离子电池量产良品率不高，对应理论电芯成本约 0.4 元/Wh。在碳酸锂价格维持 15-20 万元/吨的假设下，预计 2027 年钠离子电芯成本将与磷酸铁锂打平（不考虑良品率差异）。

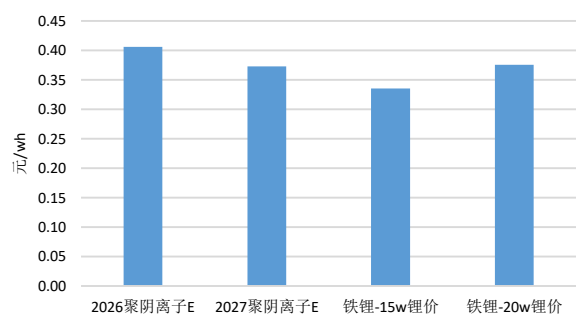
当前钠电芯价格高于铁锂电芯，但伴随快速规模化，后续价格有望快速下行。从价格上看，目前钠电芯价格在 0.6 元/wh 左右，动力铁锂约 0.39 元/wh，储能铁锂约 0.36 元/wh。未来钠电池降本依赖于：1）规模化带来的原材料降本、2）良率和开工率提升带来的折旧下降。

图表 26：目前钠电芯价格高于锂电池电芯



资料来源：SMM（钠电采用截止 5 月 11 日的价格数据，铁锂是 5 月 22 日数据）、五矿证券研究所

图表 27：聚阴离子 NFPP 型钠电芯未来度电成本预测



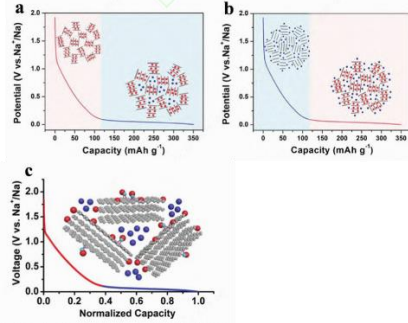
资料来源：高工产研、福建省工业和信息化厅、wind、SMM 钠电、五矿证券研究所测算（考虑有负极的测算，只电芯端，为理论预测值，和实际或有差距）

2.2 负极技术路线尚未收敛

传统锂电石墨负极材料由于物理结构和热力学的限制，无法在钠电中得到应用，硬碳负极是较好的钠电负极方案。1）物理结构：钠离子半径为 0.102nm，远大于锂离子的半径(0.069 nm)，石墨之间的层间距较小（0.334nm），钠离子难以在石墨中有效插层，使用石墨作为钠

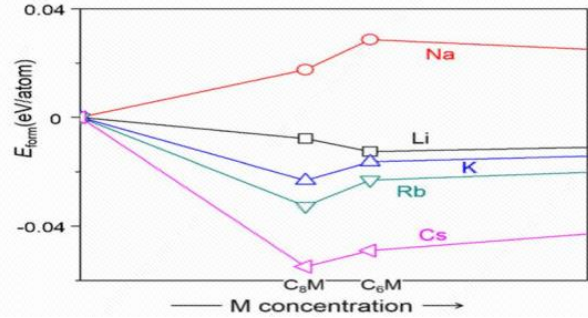
电负极材料的实验室储钠比容量仅 35mAh/g。2) 热力学：高钠含量石墨化合物具有热力学上的不稳定性。从硬碳负极的机理上，往往有包括吸附和插层等过程，也有不同的机理模型，这和石墨负极不同。

图表 28：硬碳储钠有不同的机理模型



资料来源：殷秀平《钠离子电池硬碳基负极材料的研究进展》、五矿证券研究所

图表 29：碱金属(M)-石墨化合所需能量



资料来源：《Origin of low sodium capacity in graphite and generally weak substrate binding of Na and Mg among alkali and alkaline earth metals》，五矿证券研究所

注：X 轴为碱金属浓度，Y 轴为碱金属与石墨化合所需能量，其中与其他碱金属相比，NaC6 和 NaC8 具有正的能量

钠电硬碳负极三大技术路线尚未收敛。目前硬碳负极前驱体主要分为生物质基、树脂基、煤基三大类。硬碳不同技术路线在产碳率、性能、成本及产业化适配性上差异显著，生物质理论成本低，但杂质控制是难点，批次稳定性不足；树脂类性能优但成本高；石油基成本低但部分性能有待改善。

当前量产硬碳以椰壳基生物质路线为主，但长期供应链与规模化存天花板。国内椰壳原料高度依赖东南亚进口，本土产量有限且品级偏低，天然存在供给产能天花板。从价格上看，海外进口的椰壳材料也较贵。

图表 30：几种硬碳负极的优缺点

类别	生物质		树脂基	石油基
类型	椰壳	竹基	酚醛树脂	沥青基
产碳率	20%-33%	20%-35%	20%-35%	约 54%
优势	理论成本低；杂质较少；强度较高	硬度高、结构均匀，碳化后孔隙更稳定	克容量高；电化学性能好；产品一致性好	原料来源广泛；成本低
劣势	原料依赖进口；有产能天花板。	杂质控制难度大；工艺复杂；资源可变	成本高；工艺步骤多	克容量低；环境污染等问题

资料来源：起点钠电、五矿证券研究所

在动力领域，“无负极”技术有望提升钠电池能量密度，但其循环和倍率性仍处于改进中。

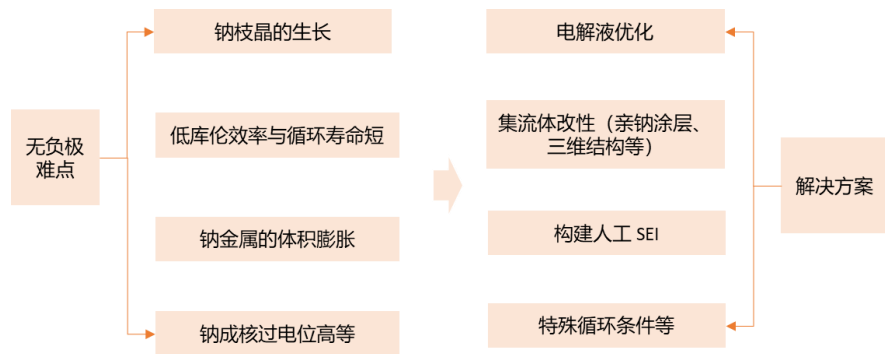
“无负极”技术通过摒弃传统预涂覆负极的设计，利用钠金属在负极集流体上的原位沉积机

制，有望显著提升电池能量密度并降低制造成本。但基于钠枝晶的生长、循环寿命低、钠金属的体积膨胀等难点，无负极钠电需要电解液优化、集流体改性、构建人工 SEI 等手段改进。

根据相关企业隐功科技介绍，通过无负极结构减少材料用量，结合自研电解液材料，兼顾高能量密度与低成本（对比传统钠电结构），成本较主流方案降低 30%以上。同时公司产品已成功通过穿刺、过充等安全测试。

在储能领域，基于长寿命需求，硬碳负极的稳定性较为关键。无负极技术在储能领域应用具备难点，核心是储能的长寿命、长循环等要求下，硬碳负极表现更好。

图表 31：无负极钠电的难点和解决方案



资料来源：吕政达《电解质添加剂调控无负极电池钠沉积及作用机制研究》五矿证券研究所

2.3 其余性能的完善

钠电目前有量产良品率偏低、电控配套适配不足等难点，有望持续改进。

一是量产良品率偏低。钠电自身电化学特性，SEI 膜稳定性略差，电解液易与电极发生副反应，持续产生气体，影响成品良率与使用稳定性，长期看，通过电解液改性、正极的修饰有望改善其缺点。

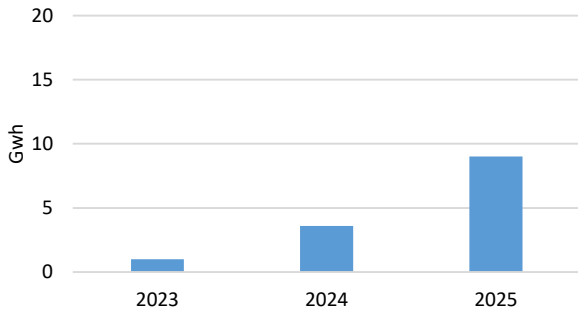
二是配套电控体系仍需改进。钠电与锂电的电压输出曲线有差异，现有电池管理系统难以完全适配钠电运行特性，BMS、PCS 等需优化完善。

三、产业链参与者：锂钠同源

3.1 钠电有望开启 1-10 的产业化

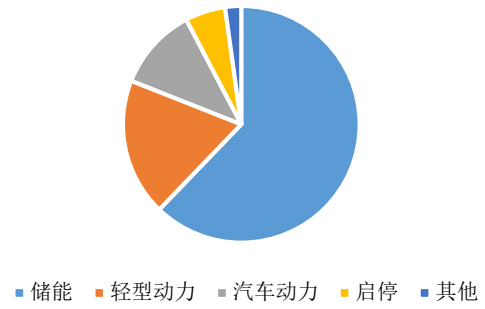
钠电池已完成 0-1 的产业化，有望开启 1-10 的产业化阶段。产业逻辑顺通后，技术路线逐步收敛，伴随着成本的下行和性能的逐步完善，产业化和商业化有望渐次展开。根据起点锂电数据，2025 年全球钠电出货量约 9 GWh。

图表 32：全球钠电池出货量数据



资料来源：起点锂电、五矿证券研究所

图表 33：2025 年钠电池细分应用市场占比(按终端应用)



资料来源：起点锂电、五矿证券研究所

宁德时代、比亚迪等头部企业将钠电视作铁锂路线的重要补充，适配经济型动力、储能场景。伴随着钠电产业技术逐步收敛和核心电池数据的验证，逐步成为头部企业战略要地。宁德时代董事长在 2026 年 4 月的股东大会上曾预计，钠离子电池未来将替代 30%至 40%的现有电池市场份额。2026 年 3 月，比亚迪弗迪电池 CEO 表示，储能要发展，必须考虑用钠电池。

2026 年宁德时代推出钠电乘用车产品和储能订单，加速产业落地。

A) 动力方面，2026 年 2 月，宁德时代与长安联合发布“钠新”量产乘用车，预计 2026 年上市，实现纯电续航 400km，未来产品升级后有望实现 500km 乃至 600km 以上续航，该乘用车已在牙克石通过冬季标定，续航、低温性、安全性、放电性能等指标能满足用户使用需求。

B) 储能方面，2026 年 4 月，宁德时代和海博思创签署 3 年 60GWh 钠电协议，这是迄今为止全球规模最大的钠电池订单，钠电在储能领域正式进入规模化阶段。从产能投建上，宁德时代福鼎基地目前具备 25Gwh 钠电产能（锂电共线），预计新增的 40GWh 钠电产能能在 2028 年下半年投产。

图表 34：部分产业公司对钠电池的定调

公司	对钠电的定位	产业动作
宁德时代	25 年公司发布钠新电池，进入多核时代。宁德时代董事长在 26 年 4 月的股东大会上曾预计，钠离子电池未来将替代 30%至 40%的现有电池市场份额。	26 年 4 月，宁德时代和海博思创签署 3 年 60GWh 钠电协议。2026 年 2 月，长安与宁德时代联合发布钠电量产乘用车。
比亚迪	弗迪电池 CEO 表示，储能要发展，必须考虑用钠电池。钠是储能的必须的或者是唯一的选择。	23 年，比亚迪与淮海控股正式签约总投资 100 亿元、年产能 30GWh 的钠离子电池生产基地项目，其中一期备案在 24 年批复。

资料来源：宁德时代、高工锂电、起点钠电、中国能源报

图表 35：宁德时代和长安合作的钠电量产乘用车



资料来源：中国经济网、五矿证券研究所

3.2 钠电产业链参与者和锂电具备重合性

钠电和锂电产业底层均是电化学原理，产业方具备高度重合性。从产业底层逻辑来看，钠与锂离子电池技术根基相通，电化学的底层机理相似，除了正负极等核心材料不同，其余材料和电池生产工艺基本和锂电池重合。行业参与主体高度重合，多数锂电产业链企业均已布局钠电赛道。

图表 36：部分钠电环节的企业

分类	公司	技术路线	产能/产品布局
正极	容百科技	聚阴离子等	2025年6000吨中试线；2026年预计实现5万吨钠电产能，并新建5-10万吨一体化新产线
	振华新材	层状氧化物、聚阴离子等	2026年层氧产能约5000吨；聚阴离子钠电正极中试线已基本建成
	当升科技	聚阴离子等	万吨级以上产能
	珈钠能源	聚阴离子等	万吨级以上产能
	佰思格	硬碳	规划26年2万吨产能扩张
负极	中科电气	硬碳	已量产
	国科炭美	硬碳等	千吨级产能
	贝特瑞	硬碳	目前建成400吨的中试线和3000吨产线
	元力股份	硬碳	目前千吨级产能，5万吨级产线建设中
集流体	鼎胜新材	高达因钠电铝箔	具备高达因钠电铝箔产品
	万顺新材	高达因钠电铝箔	推出钠电池高达因铝箔
	华北铝业	/	铝箔产品具备较强的覆盖度
其他	多氟多	钠电六氟磷酸钠	具备六氟磷酸钠产能
	恩捷股份	钠电隔膜	2025年发布新一代钠电专用隔膜。

电池	宁德时代	聚阴离子等	新建产能 40GWh; 与海博思创签 3 年 60GWh 储能钠电
	比亚迪	聚阴离子等	23 年比亚迪与淮海控股签年产能 30GWh 的钠离子电池生产基地项目
	维科技术	聚阴离子等	当前约 2Gwh 钠电池产能, 另有 3GWh 钠电项目备案
	中科海纳	层氧、聚阴离子等	公司具备钠电池、正负极材料等产能
	钠创新能源	聚阴离子等	具备电池和正极材料等产能

资料来源: 我的电池网、起点钠电、高工锂电、宁德时代、我的电池网、中国能源报、SMM 电解液、SMM 钠电、证券日报、长兴发布、五矿证券研究所

四、投资建议

立足于能源安全性和经济性平价优势，钠电产业具备较大市场空间潜力。

钠电池产业已完成了 0-1 的过程，即将进入 1-10 产业化。考虑当前碳酸锂价格的高位，也有望持续催化钠电池产业的产业进步。

从产业卡点上看，负极技术难点、规模化降本仍需突破。从钠电产业变化上看，钠电产业和锂电产业底层均是电化学原理，工艺具备相似性，当前锂电参与者具备先发优势。

从产业角度看，锂电企业应当重视未来聚阴离子方向的钠电迭代潜力，建议加速投入资源。

从二级市场角度看，建议关注钠电池、硬碳环节企业。

风险提示

- 1、钠电产业最大卡点在硬碳负极，可能由于其限制而推迟实际产业化时间；
- 2、聚阴离子钠电池日历寿命有比磷酸铁锂大的潜力，但可能由于电解液对 SEI 膜的改进限制无法完全发挥长寿命的潜力，限制在储能领域空间；
- 3、钠电池在动力市场上的“自生成负极”方案可能受限于倍率和循环不达标而推迟应用，且产业实际可能先是“少负极”先过渡，导致对应钠电能量密度提升有限，影响需求场景的扩张。

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师),以勤勉的职业态度,独立、客观地出具本报告。作者保证:(i)本报告所采用的数据均来自合规渠道;(ii)本报告分析逻辑基于作者的职业理解,并清晰准确地反映了作者的研究观点;(iii)本报告结论不受任何第三方的授意或影响;(iv)不存在任何利益冲突;(v)英文版翻译若与中文版有所歧义,以中文版报告为准;特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
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6到12个月内的相对市场表现,也即以报告发布日后的6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;香港市场以恒生指数为基准;美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上;
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间;
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间;
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下;
		无评级	预期对于个股未来6个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上;	
	中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间;	
	看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。	

一般声明

五矿证券有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户,本报告仅在相关法律许可的情况下发放,并仅为提供信息而发放,概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有,未经本公司书面许可,任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后,再注明出处为五矿证券研究所,且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时,也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的,本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构(以下简称“该机构”)发送本报告,则由该机构独自为此发送行为负责。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断,本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入或将产生波动;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;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改,投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下,报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下,本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利,不与投资者分享投资收益,也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。本公司及作者在自身所知情范围内,与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下,五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易,也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此,投资者应当考虑到五矿证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突,投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址:上海市浦东新区陆家嘴街道富城路99号震旦国际大厦30楼 邮编:200120	地址:深圳市南山区滨海大道3165号五矿金融大厦23层 邮编:518035	地址:北京市东城区朝阳门北大街3号五矿广场C座3F 邮编:100010

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

The rating criteria of investment recommendations		Ratings	Definitions
The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	Company Ratings	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
		ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
		HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
		SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
		NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
	Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
		NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
CAUTIOUS		Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.	

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: 30/F, Zhendan International Building,
No.99 Fucheng Road, Lujiazui Street, Pudong
New District, Shanghai
Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 23F, Minmetals Financial Center, 3165
Binhai Avenue, Nanshan District, Shenzhen
Postcode: 518035

Beijing

Address: 3/F, Tower C, Minmetals Plaza, No.3
Chaoyangmen North Street, Dongcheng District,
Beijing
Postcode: 100010