

从原材料、技术路线详解中国钠离子 电池正负极材料产业

2022 Analysis of investment opportunities of sodium ion
battery short report

2022年中国ナトリウムイオン電池細分路投資機会解析

(摘要版)

报告标签：碳中和、钠离子电池、新能源

主笔人：吴天天

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

观点摘要

随着全球锂资源紧缺，锂价格持续飙升，以及在电池下游需求持续增长、中国碳中和目标的储能市场不断发展的背景下，钠离子电池依靠成本低、资源丰富的特点，其发展前景良好。

钠离子电池是一种摇椅式可充电类电池，其工作原理与锂离子电池等电化学电池的工作原理相似，并同样遵循脱嵌式的工作原理。钠离子电池主要依靠钠离子在正极与负极之间移动来工作，当钠离子电池放电时，其中的电解液穿梭于正极与负极之间以产生电流；当其充电时，钠离子从正极材料分离至负极材料。

那么钠离子产业现状如何，从原材料、技术路线角度将如何影响正负极产业？

✓ 钠离子电池产业链中需重点关注正负极材料与集流体等细分领域

除正负极材料与集流体外，钠离子电池其他上游材料和环节如隔膜、电解液、外形封装以及制备工艺与锂电池相似，尽管钠电池的电解液的钠盐采用六氟磷酸钠，但锂电池电解液产线可兼容钠电池产品。总体来看，钠离子电池主要材料中的隔膜与电解液与锂电池材料相似度高，其产能的切换速度快以及复用率高，竞争格局有望持续维持锂电时代下的局面。

✓ 硬碳的制备工艺路线长且复杂

硬碳的制备工艺路线长且复杂，流程包含各类预处理、交联处理、中高温碳化、深度纯化以及表面改性等，其中交联固化碳化环节技术壁垒较高，且碳化环节中的纯度控制、温场域流场的一致性要求复杂度高。同时硬碳原料的选择性较多，不同的原料的硬碳负极材料的制备工艺存在差异。

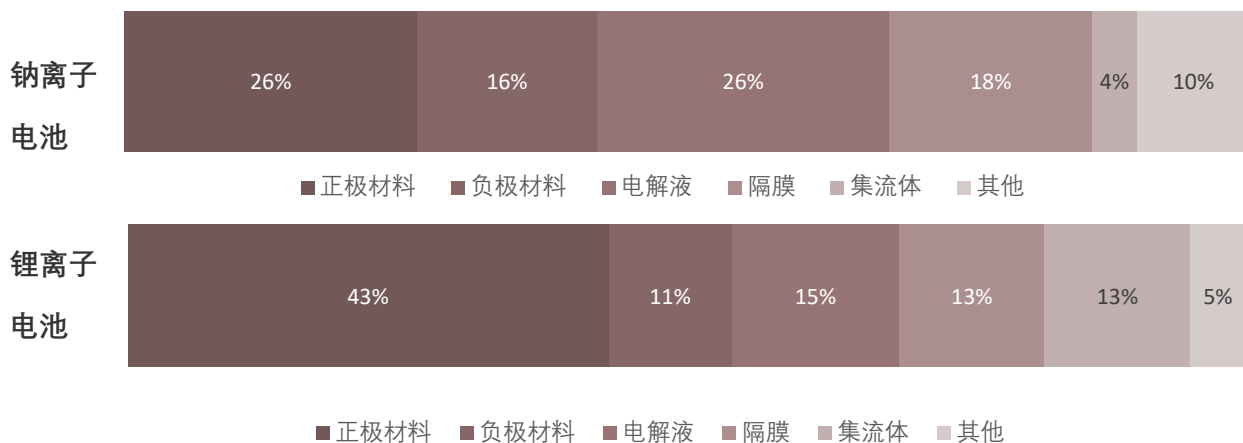
✓ 正极材料路线均需使用大量的锰金属

钠电池中所用到的锰源包括硫酸锰、二氧化锰、四氧化三锰、草酸锰等，其中层状氧化物通式 Na_xTMO_2 中的TM过渡金属以资源丰富的锰与铁为主，普鲁士蓝类化合物通式 $\text{Na}_x\text{M}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 中的M过渡金属主要包括铁、镍、锰等，由于锰在地壳中的含量丰富、价格低以及电化学性能优异，且在层状氧化物的液相法也固相法制备工艺中锰的用量显著高于其他材料。

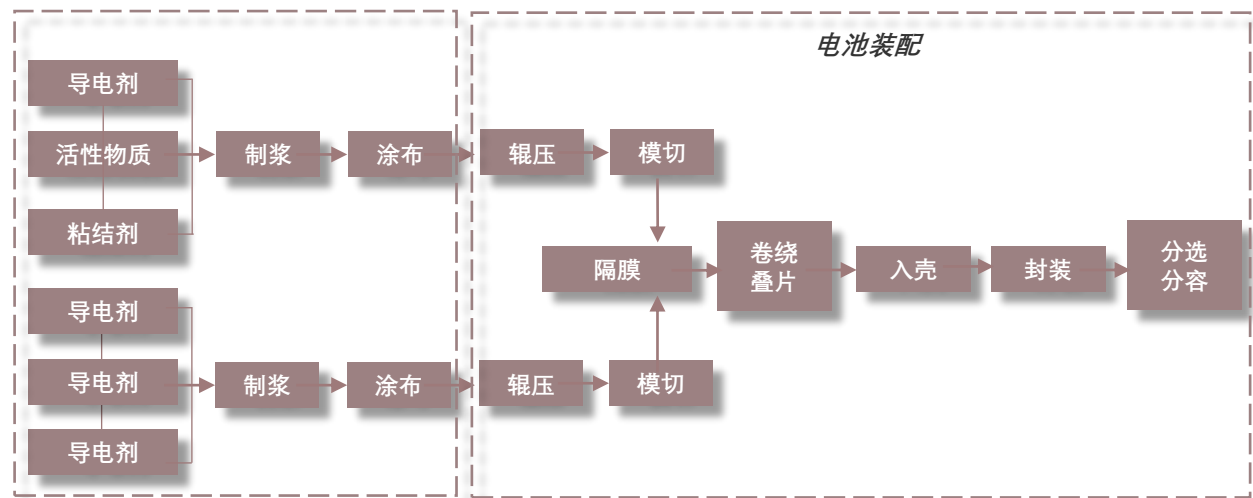
■ 精华摘要

钠离子电池与锂离子电池原材料最大的区别在于正负极材料，在集流体方面差异较小。除此之外，钠离子电池其他上游材料和环节与锂电池相似

钠离子电池与锂离子电池材料成本对比



钠离子电池生产工艺



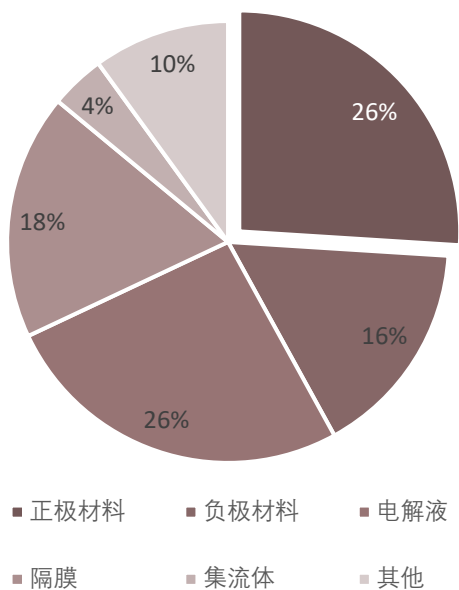
- 钠离子电池的主要成本组成与锂电池类似，包括以正极、负极材料、电解液、隔膜等为主的原材料。此外，钠离子电池的圆柱型、软包型以及方型硬壳型的生产工艺也与锂离子电池相似，在钠离子电池的极片制造与电池装配环节中，与锂离子电池制造环节中的主要区别在于钠离子电池采用铝箔作为负极及立体，正负极采用与锂离子电池同样的铝极耳，总体来看，原先的锂离子产线经部分环节改动后可直接供锂离子电池生产使用，钠离子电池具备较完善的产业链基础。
- 钠离子电池与锂离子电池原材料最大的区别在于正负极材料，集流体方面差异较小。除此之外，钠离子电池其他上游材料和环节如隔膜、电解液、外形封装以及制备工艺与锂电池相似，尽管钠电池的电解液的钠盐采用六氟磷酸钠，与锂电池有所不同，但锂电池电解液产线可兼容钠电池产品。总体来看，钠离子电池主要材料中的隔膜与电解液与锂电池材料相似度高，其产能的切换速度快以及复用率高，隔膜、电解液的竞争格局有望持续维持锂电时代下的局面。

■ 精华摘要

钠离子电池正极材料与锂电池一大主要差异在于正极材料，主要原因为钠离子的正极材料需选用可适用于钠离子迁移的过渡金属材料

钠离子电池正极材料对比

性能特征	层状氧化物	聚阴离子化合物	普鲁士蓝类化合物
比容量	100-220	50-150	100-200
平均工作电位 (V)	2.5-3.5	3.0-4.5	2.5-3.5
商业化全电池能量密度 (Wh/kg)	100-155	90-130	120-160
成本	低	中	低
优点	<ul style="list-style-type: none"> • 能量密度高 • 倍率性能高 • 技术转化率低 	<ul style="list-style-type: none"> • 工作电压高 • 热稳定性高 • 循环寿命长 	<ul style="list-style-type: none"> • 工作电压可调 • 能量密度高 • 合成温度低
缺点	<ul style="list-style-type: none"> • 易吸湿 • 循环性能差 	<ul style="list-style-type: none"> • 能量密度低 • 具备有毒元素 	<ul style="list-style-type: none"> • 循环寿命低 • 倍率性能差
代表性企业	中科海钠、立方新能源、钠创新能源	鹏辉能源、众钠能源	宁德时代

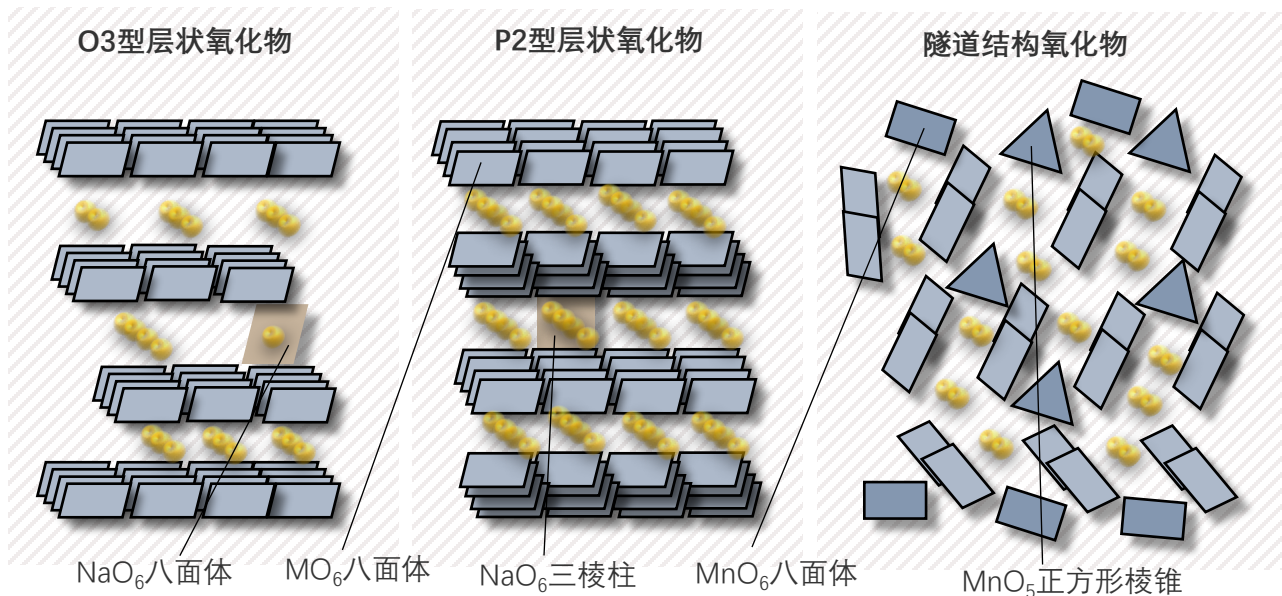


- 钠离子电池正极材料与锂电池一大主要差异在于正极材料，主要原因为钠离子的正极材料需选用可适用于钠离子迁移的过渡金属材料（钠与过渡金属离子间的半径差异及结构可助力钠离子实现可逆脱嵌），成本低于锂电正极材料。
- 钠离子正极材料技术路线超百种，现阶段主流路线以层状氧化物、聚阴离子化合物以及普鲁士蓝类化合物为主，三者各有优劣，现阶段尚未存在某一确定技术路线，市场上各厂商选择的技术路线也不同。由于层状氧化物的能量密度高、技术转化率和成本低，较容易实现量产，现阶段主流路线为层状氧化物，但其存在循环性能差的缺点。普鲁士蓝（白）化合物的能量密度高，存在热失控风险，聚阴离子化合物长期循环稳定性高但能量密度低，总体来看三者均存在优缺点，多数电池厂商如当升科技、容百科技以及众钠能源等正大力布局层状氧化物路线且均在2023年进入投产阶段，此路线的钠离子电池有望最先实现量产与商用化落地。

■ 精华摘要

为实现钠离子电池材料体系在电化学环境中的高稳定性以及在极端环境下的较佳安全性，理想的正极材料需同时满足内部结构具备储钠位置、较大的钠离子扩散通道

层状氧化物与隧道状氧化物结构对比



- 为实现钠离子电池材料体系在电化学环境中的高稳定性以及在极端环境下的较佳安全性，理想的正极材料需同时满足内部结构具备储钠位置、较大的钠离子扩散通道，适合金属钠片负极电位的变价元素，同时正极材料仍需具备环保、来源广泛及资源丰富的特点。在此背景下，现阶段钠离子电池正极材料领域聚焦于过渡金属氧化物、聚阴离子钠盐材料以及框架结构材料等。

- 过渡金属氧化物中的过渡金属元素包括钒、铬、锰、铁、钴、镍等，主要采用资源较丰富的锰和铁为主。其结构形态结构可分为层状氧化物与隧道结构氧化物。按照钠含量的高低来看，高钠含量以层状结构为主；低钠含量以隧道型结构为主。由于层状氧化物与锂离子电池的三元材料均属于共层型化合物，两者较高的相似度以及三元材料现阶段已经较成熟的产线使层状氧化物具备较好的产业化条件。同时，层状氧化物具备比容量与压实密度高（过渡金属元素与八面体结构组成的过渡金属层具备较好的电化学性能）的特点。尽管隧道结构氧化物的S形结构的通道使其具备较高的倍率性能与稳定性，但其较低的基网放电比容量限制了隧道结构氧化物的应用效果（但由于其对水系较稳定，未来有望在水系钠电领域中的应用）。综合来看，层状氧化物的比容量 **完整版登录 www.leadleo.com** 较佳。

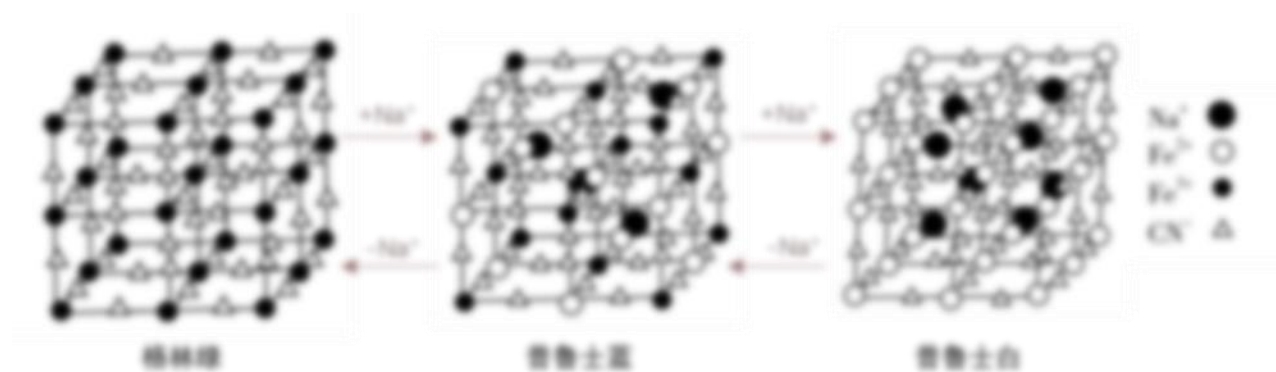
- 层状型 **搜索《从原材料、技术路线详解中国钠离子电池正负极材料产业》** 的钠含量与能量密度相对较高（但循环性能较差），P2型的循环寿命与空气稳定性相对较高（但比容量稍低），两者为层状氧化物方案。其中，根据部分研究表明，P2型层状氧化物中钠离子占据的二维性空间中较大的空间距离有利于钠离子脱嵌，其电化学性能与比容量高于O3型，且P2型的相变特性（研究表明含Li的P2型材料可直接抑制P2-O2的相转变，其材料处于充电极端条件下也可保持P2型结构）使其稳定性高于O3型。尽管P2型材料比容量较低（100-140mAh/g间），但结合P2型结构材料的高倍率性能、循环稳定性等综合优势，P2型层状氧化物是较为理想的层状氧化物方案。

来源：头豹研究院

■ 精华摘要

普鲁士蓝材料立方体的三位立方网络结构具备间隙位较大的特点，有利于钠离子电池在充放电过程中的脱嵌，具备可逆比容量高（170mAh/g）、合成温度低的优势

普鲁士类化合物结构



普鲁士蓝正极钠离子电池性能

材料	能量密度 (Wh/kg)	工作电压 (V)	比容量 (mAh/g)
Na _{0.22} (Fe ^{II} /Fe ^{III}) _{0.78} (CN) ₆ ·xH ₂ O	86.8%	3.50	56
Na _{0.77} (Mn ^{II} /Fe ^{III}) _{0.23} (CN) ₆			134
Na _{0.50} (Fe ^{II} /Fe ^{III}) _{0.50} (CN) ₆		2.90-3.15	150
Na _{0.33} (Fe ^{II} /Fe ^{III}) _{0.67} (CN) ₆	85.0%	2.95-3.25	153
Na _{0.25} (Fe ^{II} /Fe ^{III}) _{0.75} (CN) ₆	78.0%	3.20-3.40	158

完整版登录 www.leadleo.com
 搜索《从原材料、技术路线详解中国钠离子电池正负极材料产业》

- 普鲁士类化合物为过渡金属的氰化配位聚合物六氰基铁酸盐，其包含铁、锰、镍等元素，通常材料中的碱金属离子的含量可影响材料的结构与性能，在钠离子中，当在普鲁士类似物晶胞中的钠离子含量分别为0、1、2时，材料的颜色会存在差异，分别变为格林绿、普鲁士蓝与普鲁士白，其中，普鲁士白属于普鲁士蓝类化合物，即按照钠离子含量的高低，当钠离子含量高时为普鲁士白，钠离子含量低时为普鲁士蓝。普鲁士蓝类材料立方体的三位立方网络结构具备间隙位较大的特点，有利于钠离子电池在充放电过程中的脱嵌，具备可逆比容量高（170mAh/g）、合成温度低的优势，且钠在普鲁士蓝类材料中在扩散速率以及原料成本优势高于层状氧化物与聚阴离子材料。此外，普鲁士蓝类材料的制备工艺主要包含共沉淀法与水热法等方案。
- 但在实际应用中，由于普鲁士蓝类材料结构中存在的空位（结构缺陷）在水溶液中容易与晶格水分子形成结晶水化合物，结晶水形成后难以去除，不仅会从结构脱出，同时会堵塞至晶体中的储钠点与结构中的钠离子通道，直接降低了钠含量与扩散速率，进而影响钠电池的比容量、倍率以及循环稳定性，并将导致短路与腐蚀材料的现象发生，此外，欠佳的导电性与原材料中氰化物的毒性也进一步影响普鲁士蓝类材料的实际循环性能。解决此痛点的关键在于抑制结构缺陷或空位中产生的结晶水问题，现阶段可通过掺杂其他元素或高温干燥处理及无水材料制备的方式提升性能。



完整版研究报告阅读渠道：

- 登录www.leadleo.com，搜索《从原材料、技术路线详解中国钠离子电池正负极材料产业》

了解其他新能源系列课题，登陆头豹研究院官网搜索查阅：

- 2021年中国车载HUD行业概览
- 2021年中国T-BOX行业概览
- 2021年中国汽车云行业概览
- 2021年中国锂电池行业概览
- 2021年中国储能行业概览

若您期待尽快看到下篇报告或对下篇报告的内容有独到见解，头豹欢迎您加入到此篇报告的研究中。相关咨询，欢迎联系头豹研究院汽车行业研究团队
邮箱：sharlin.chen@leadleo.com

头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行企研报定制服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

四大核心服务

企业服务

为企业提供**定制化报告服务、管理咨询、战略调整**等服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项评选、行业白皮书**等服务

云研究院服务

提供**行业分析师外派驻场服务**，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划、园区企业孵化**服务

报告阅读渠道

头豹官网 —— www.leadleo.com 阅读更多报告

头豹APP/小程序 —— 搜索“头豹”手机可便捷阅读研报

头豹交流群 —— 可添加企业微信13080197867，身份认证后邀您进群

详情咨询



客服电话

400-072-5588



上海

王先生：13611634866

李女士：13061967127



深圳

李先生：13080197867

李女士：18049912451



南京

杨先生：13120628075

唐先生：18014813521