

钠离子电池发展现状及前景研究

盖斯特管理咨询有限责任公司

2021年10月11日

gast@gast-group.com

钠离子电池发展背景

■ 当前材料体系存在诸多待解决的痛点是钠离子电池被提出的重要原因

□ 现有电池体系存在多种问题

上游资源	<ul style="list-style-type: none">✓ 中国锂资源储量仅占全球的20%，且开采难度大、成本高✓ 中国钴资源仅占全球储量的1%左右，且分布较散	→ 资源危机意识
应用痛点	✓ 锂电池尤其三元材料电池有循环寿命低、安全性不足、成本偏高、充电速度慢等问题	

□ 企业在不断尝试新材料or新电池体系

新材料	✓ 富锂锰基正极、镍锰二元正极、硅碳负极、钛酸锂负极、固态电解质等
新体系	✓ 无钴电池、固态电池（半固态、准固态、全固态）、钠离子电池

□ 新材料体系中钠离子电池有基础、有优势

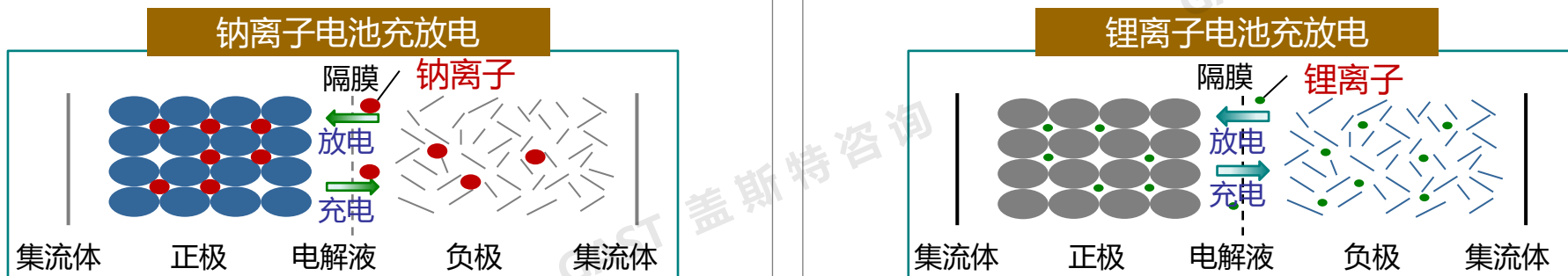
- ✓ 锂电池的发展为钠离子电池发展提供基础（研发、材料等可借鉴，甚至部分材料、设备等可通用）
- ✓ 中国钠离子电池在基础研究、技术水平和产业化推进速度方面都处于国际领先地位，具备先发优势
- ✓ 钠离子电池没有资源局限，且性价比较高

□ 钠离子电池为应对锂电池痛点提供了一种方案，且从原材料层面有战略意义

钠离子电池基本原理

- 钠离子电池和锂离子电池基本原理相同，核心差别在于电荷载体不同，进而正负极材料和电解液等做出相应改变以适应钠离子电池

钠离子电池与锂离子电池都属摇椅电池，充放电原理相同



为匹配电荷载体的改变，钠离子电池主要材料需要做出相应改变

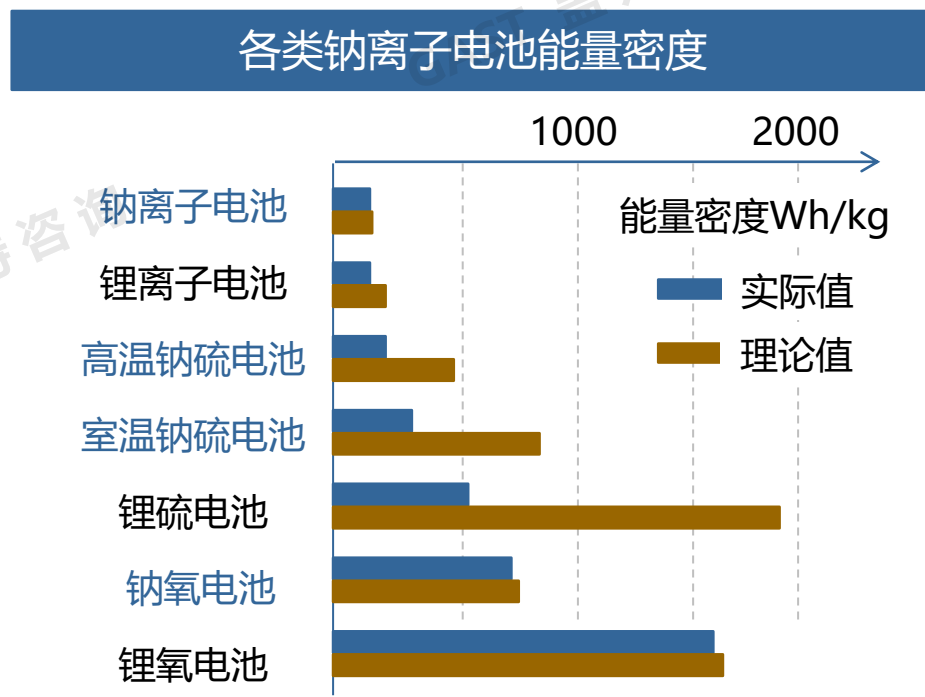
正极	✓ 不再局限于Mn、Co、Ni下才能实现可逆充放电，不再依赖稀缺金属	正负极 → 新材料研发与替代
负极	✓ 钠离子半径大于锂离子，导致钠离子无法嵌入石墨材料	
隔膜	✓ 对隔膜影响最小，不影响目前隔膜体系	隔膜、电解液 → 现有材料的适应性调整
电解液	✓ 与锂离子电池配方均为“电解质+溶剂+添加剂”，采用的是钠盐电解液	

□ 发展钠离子电池技术的关键在于找到合适的正、负极材料及电解液

钠离子电池分类

- 钠离子电池分类主要依据为电解质/液或正极材料，不同类型钠离子电池能量密度不同，其中当下以有机系钠离子电池为主

	正极	负极	电解质/液
有机系钠离子电池	过渡金属氧化物 磷酸盐类 PBAs及衍生物等	硬碳或可嵌钠材料	有机系电解质
水系钠离子电池			水系电解质
钠盐电池	金属氯化材料	液态的钠	固态的Beta-Al ₂ O ₃ 陶瓷 电解质等
钠硫电池	单质硫	熔融的液态金属钠	
钠空气电池	空气	Na/FG复合电极、金属钠等	



□ 钠离子电池未来发展不仅取决于技术的可实现性，还取决于相对锂电池的经济性及特定场景的适用性

钠离子电池正极材料选择

■ 正极材料可选范围广泛，部分已实现商业化生产

钠和过渡金属离子之间半径差异较大 → 有许多功能性的结构均可实现钠离子的可逆脱嵌



	最具发展前景			尚处于起始阶段	
	层状结构的氧化物	聚阴离子电极材料	普鲁士蓝类化合物	有机化合物	转化和合金正极
材料亮点	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高比容量 ✓ 合成过程简单 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 最高工作电压高 ✓ 循环性能好 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 空气中稳定性高 ✓ 制备工艺简单 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 成本更低 ✓ 更小分子量 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 理论容量很高
不足之处	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 稳定性差 ✓ 循环性能差 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 较大分子质量拉低比容量 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 循环稳定性较差 ✓ 能量密度较低 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 溶解 → 容量衰减 ✓ 倍率性能不佳 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 循环中体积变化过大 → 容量衰减
综合评价	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 层状氧化物能量密度较高；聚阴离子和普鲁士蓝类化合物能量密度较低，但功率密度高，适用于高功率输出设备需求 			<p>应用前景待进一步观察</p>	

□ 未来钠离子电池正极材料多元并存，满足不同场景对不同性能侧重点的需求

钠离子电池负极材料选择

■ 目前应用以碳材料为主，并研究探索转化和合金化负极、有机负极可行性

钠离子半径大，无法嵌入石墨材料，可选用的材料有限，目前主要分为四类

□ 碳基材料(软\硬碳等) → 商业应用

- ✓ 硬炭材料容量、振实密度、首次库伦效率较高 → 目前商业化产品使用的几乎都是硬碳
- ✓ 目前主要的工作集中于抑制循环过程中的容量衰减以及提升首圈库伦效率

□ 过渡金属氧化物 → 难满足需求

- ✓ 有稳固的无机骨架结构 → 超长循环寿命
- ✓ 拥有较高的分子质量，所以比容量一般偏低 → 难满足商业化需要

□ 转化和合金化负极 → 广泛关注

- ✓ 因较高容量受到关注，这类研究主要集中在第IV主族和第V主族元素中
- ✓ 最大问题是脱嵌钠过程中体积变化巨大 → 活性物质粉化 → 容量迅速衰减

□ 有机材料 → 有很大潜力，但尚处于起步阶段

- ✓ 最大特点是成本低且结构多样
- ✓ 存在很多问题，如首圈库伦效率较低、循环过程中极化、低电子电导、有机分子在电解质中溶解等

□ 硬碳可满足目前需求，未来可通过转化及合金负极进一步提高能量密度

钠离子电池电解质/液选择

■ 开发出的钠离子电池电解质/液丰富，包括水系、有机液态、固态三大类

		优点		缺点			发展状况或前景	
水系电解质		成本低、安全性高、环境友好		水分解电压限制→工作窗口窄			较少应用	
有机液态	碳酸酯电解液	离子电导率高、润湿性能好 温度窗口宽、成本低		加工性能不好、形成不良SEI膜 循环性能较差、漏液燃烧问题			使用最广泛	
	醚类电解液	SEI膜致密、库伦效率高 倍率性能好		易挥发、安全性能差 电化学窗口窄			受到关注	
	离子液体电解液	挥发性低、不易燃 电化学窗口宽、易于设计		成本高、粘度高 与电极材料相容性差			近年重新被重视，其缺点可能限制大规模应用	
	磷酸酯类阻燃电解液	电导率高、成本低、合成简单		粘度高、负极界面不稳定			研究有限，有前途	
固态电解质		温度范围	离子电导率	电位窗口	机械柔韧性	界面接触	经济性	无机固态电解质中硫化物固态电解质被认为是最具潜力的材料之一
	准固态电解质	★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★★★	
	固态聚合物电解质	★	★	★★	★★★★★	★★★★	★★★★	
	复合固态聚合物电解质	★★	★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★	
	无机固态电解质	★★★★★	★★★★	★★★★★	☆	★	★	

□ 开发出高安全、低成本、高性能的钠离子电池电解质对商业化应用至关重要

市场上钠离子电池产品的材料选择及性能

■ 目前三类主要正极材料均有应用，负极以硬碳为主，电解液以有机系为主

		Faradion	钠创新能源	中科海纳	Tiamat	Natron Energy
所属国家		英国	中国	中国	法国	美国
电池体系	正极	层状金属氧化物	层状金属氧化物	层状金属氧化物	氟磷酸钒钠(有毒)	普鲁士蓝类似物 作正负极
	负极	硬碳	硬碳	硬碳	硬碳	
	电解液	有机电解液	有机电解液	有机电解液	有机电解液	水系电解液
性能参数	能量密度	140Wh/kg	120Wh/kg	135Wh/kg	140Wh/kg	50Wh/L
	循环寿命	80%DOD,1000次	1000次以上	2000次以上	1C,4000次	1万次以上
路线优势		与现有锂离子电池生产工艺兼容			循环寿命长 兼容现有生产工艺	电解液安全性高 倍率性能优异
路线短板		成本优势不明显，有机体系存在安全风险			体系能量密度较低， 成本较高，安全隐患	能量密度低 生产工艺复杂

◆ 根据已有产品，层状金属氧化物正极有能量密度优势；聚阴离子正极在保证能量密度前提下循环寿命得到大幅改善，但成本也有提升；普鲁士蓝类似物正极拥有卓越的寿命与优异的倍率性能，但能量密度偏低

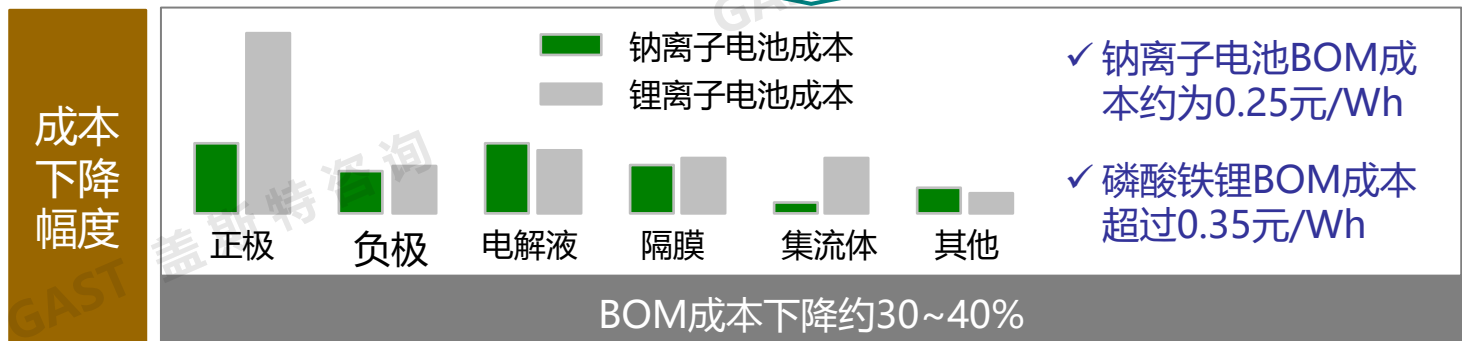
□ 不同材料体系各有优缺，根据应用场景进行选择

钠离子电池成本分析

■ 钠离子电池理论上成本优势明显，但因产业链不完善、工艺等不成熟导致目前的生产成本较高

理论值				
成本下降原因		能量载体	正极材料	负极集流体
	钠离子电池	钠(地壳丰度2.75%、均匀分布、约2元/kg)	铜、铁、锰	铝箔
	锂离子电池	锂(地壳丰度0.01%、75%在美洲、约150元/kg)	镍、钴	铜箔(贵)
	成本降幅	5% ~ 10%	--	8%

目前实际情况
制备工艺不成熟
生产设备不完善
产业链不完善等



生产效率较低
产品一致性差
生产良率不高

生产成本高于锂电池

□ 随着钠离子电池产业链及制程工艺完善、生产设备改良，钠离子电池成本优势将逐步凸显出来

钠离子电池适用场景分析

- 相对铅酸锂和锰酸锂，钠离子电池有绝对优势，相对磷酸铁锂，钠离子电池在成本和低温性能上存在相对优势

	铅酸锂	锰酸锂	钠离子电池	磷酸铁锂
成本(元/Wh)	0.3-0.5	0.5-0.7	0.3-0.6	0.5-0.8
能量密度(Wh/kg)	30-40	130-150	100-150	130-170
循环寿命(次)	<400	500-1000	1000-5000	1000-5000
低温性能	较差	良好	良好	较差
高温性能	一般	较差	良好	良好
倍率性能	1C	3C	3C-5C	3C
环保	铅和酸污染	清洁	清洁	清洁
商业规模	大	大	小	大



□ 钠离子电池与锂离子电池相比最大的劣势在于能量密度，可作为锂离子电池的有益补充用于储能和电动车的特定场景

钠离子电池商业化进程

- 从性能、产业链、产品、标准制定等角度来看，钠离子电池目前尚处于商业化早期，距离规模化应用尚需时日

商业化进程判断	基础技术研发	满足商业化应用的基础技术已实现，接下来通过掺杂包覆等改善产品性能
	性能成熟度	比能量：天花板200Wh/kg，目前140Wh/kg；循环寿命：约3000次，优势不明显
	产品开发应用	2015年已开发出钠离子电池，目前在储能电站、电动汽车上已有示范应用
	参与企业数量	中、美、英、法、日等国近三十家企业对钠离子电池进行相关布局
	产业链完善度	隔膜、集流体、电解液溶质及产线可与锂电池共用；正负极及电解液添加剂需培育新供应链
	标准制定情况	国内外尚无可供使用的产品标准或规范，但相关企业和人员已开始关注标准布局工作

⇒ ◆ 目前，钠离子电池处于商业化早期，正逐步从实验室走向实用化应用

□ 和锂电池制造工艺接近，设备可沿用，通过头部企业推动，钠离子电池预计未来3~5年可实现规模化成熟应用

钠离子电池发展方向

■ 针对钠离子电池在产品研发和产业发展中的问题提出其未来发展方向

		存在问题	未来发展
产品研发	材料研发	✓ 能量密度、循环寿命、材料间匹配性都有待提高	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 正负极：提高综合性能，优化改性生产制备工艺 ✓ 电解液：优化体系，构筑更加稳定的电解质与正负极的界面等
	电芯制造	✓ 锂离子电池设计生产工艺可参考，无法完全照搬	✓ 针对性优化适用钠离子电池的技术体系，如电芯设计、极片制作、电解液/隔膜选型、化成老化、电芯评测等
	电芯成组	✓ 系统能量密度较低	✓ 优化成组技术和电池设计\生产制造工艺→非活性物质用量↓
	电池管理	✓ BMS与钠离子电池不适配	✓ 针对钠离子电池特性开发更具针对性的BMS
产业发展	产业链	✓ 核心材料供应渠道缺失	✓ 需要打通钠离子电池上下游供应链
	标准制定	✓ 不同企业间标准不统一	✓ 完成钠离子电池相关必要标准制定
	应用推广	✓ 市场认知及接受度不高	✓ 根据不同场景形成对应主流钠离子电池体系&降低单位成本

□ 钠离子电池将更注重解决发展中工程技术问题及开发符合目标市场需求产品



智慧的传播者

Sharing Wisdom with You

公司简介

盖斯特管理咨询公司立足中国、面向世界，专注汽车全产业链生态，聚焦于产业、企业、技术三大维度进行战略设计、业务定位、管理提升、体系建设、流程再造、产品规划、技术选择及商业模式等深度研究。为汽车产业链及相关行业的各类企业提供战略、管理、技术等全方位的高端专业咨询服务，为各级政府提供决策支持和实施方案。自创立以来，盖斯特以成为世界顶级汽车智库为愿景，以智慧的传播者为使命，以帮助客户创造真正价值为指引，关注实效、致力于长期合作与指导，凭借全面、系统、先进、务实的咨询方法，已经与近百家国内外企业、行业机构及各级政府建立起了战略合作伙伴与咨询服务关系。

服务领域

为客户提供多样化、开放式的服务，供客户灵活选择合作模式，包括但不限于：

- 面向高层的战略、管理、技术咨询服务
- 全方位定制式专题研究：涵盖宏观战略、产业发展、政策法规解读、互联网、商业模式、企业战略与管理、汽车市场、产品研究、产品设计方法、车展研究、论坛解读、节能减排、新能源汽车、智能汽车、汽车综合技术等领域
- 作为客户长期可依赖的智库资源，提供随时可满足客户特殊需求的开放式合作
- 提供行业沟通交流及深度研究的高端共享平台（CAIT）
- 公司拥有中、英、日三种语言的近千份专题研究报告供选购

联系方式

邮箱：GAST@gast-group.com

网址：www.gast-auto.com