

钠电池从0到1征程开启，推动电池空间第三次跃迁

钠离子电池行业深度研究报告

太平洋证券研究院 新能源团队

首席 刘强 执业资格证书登记编号：S1190522080001

分析师 张方一 执业资格证书登记编号：S1190522070001

2022年10月10日

报告摘要

1.从本质上看，钠离子电池具备性能和成本优势，适用于储能、A00、两轮车等场景。

性能方面，钠离子电池具备更优的安全性、放电性和工作温度区间。成本方面，由于钠资源储备丰富，正极上游材料价格低廉且稳定，以及钠离子电池正负极集流体均可使用价格便宜的铝箔，钠离子电池具备显著的成本优势。性能和成本的双重优势使钠电池贴合储能、A00、两轮车等对能量密度要求较低且价格敏感的场景。

2.从空间上看，电池第三次跃迁已经开始（储能市场高增+两轮车升级趋势），钠电池未来发展空间广阔。

储能方面，我们预计未来表前侧储能和用户侧储能市场景气度将迅速增长，到2025年储能市场新增装机量预计将超300GWh。钠离子电池成本下降空间大，使其有望显著改善大储能的收益率，并在大储能领域快速渗透。我们预计2025年，中性/乐观情况下，钠电池在储能领域的渗透率有望提升至6%/13%，在两轮电动车领域渗透率有望提升至20%/40%，预计全球钠电池总需求量有望超过30/70GWh。

3.从产业链看，钠电池各环节加速落地，从0到1的过程加快推进。

目前钠电池暂无大批商业化应用，但由于有锂电池成熟产业链为基础，钠电池从0到1的过程将加快推进。2022年三季度中科海纳和华阳股份GWh级别产能已经实现投产，新兴企业维科技术、传艺科技等+锂电企业宁德时代、多氟多等有望2023年实现GWh级的产能投产，正极、负极、电解液等钠电池材料产能也有望于2023年集中投产，钠电池产业化元年已经开启。

4.重视钠电池中长期机会，从弹性、确定性、主产业链三个维度看未来投资趋势：

1) 从弹性角度看，电池、正极、负极等环节面临变革性机会，新公司进入有望改变竞争格局：传艺科技、维科技术等电池新公司，美联新材、华阳股份等正负极新公司受益。2) 从确定性角度看，铝箔等环节需求量具有倍增效应（正负极都用铝箔）：鼎胜新材、万顺新材等受益。3) 从主产业链看，锂电池产业链创新型公司有望拓展较好第二增长曲线，受益标的包括：容百科技、振华新材、当升科技、贝特瑞、杉杉股份等正负极公司；宁德时代、鹏辉能源、派能科技等电池公司；多氟多、天赐材料、永太科技等电解液产业链公司；恩捷股份、星源材质、中材科技等隔膜公司。

5.风险提示：技术进步不及预期、下游需求不及预期、市场竞争加剧。

目录 Contents

- 1 钠电池与锂电池同源，具备性能和成本优势
- 2 应用场景成熟及钠电池技术突破，钠电池发展到达0-1关键时间点
- 3 多场景发力：储能+两轮车+动力，推动电池空间第三次跃迁（再次十倍级别增长）
- 4 产业链各环节加速落地，重视中长期趋势性机会
- 5 风险提示

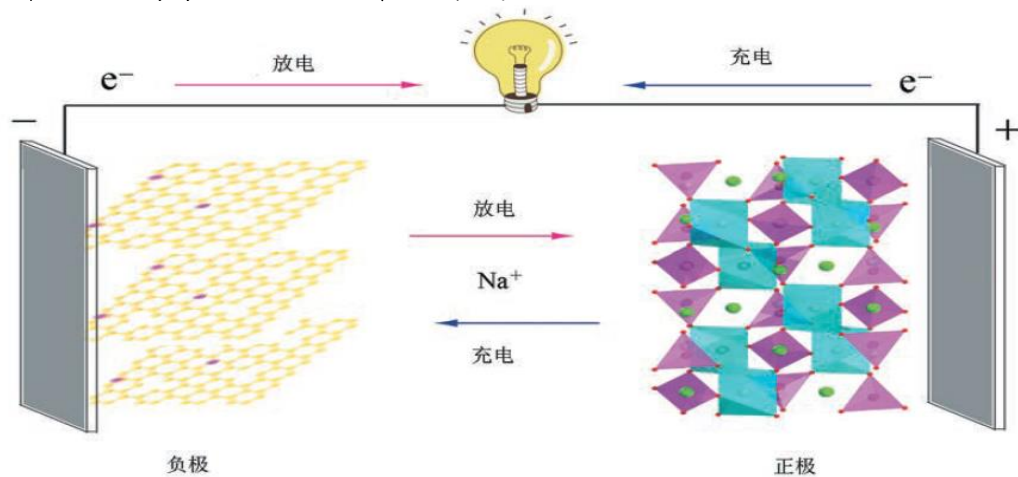
1.1 与锂电池工作原理相似，拥有独特性能优势

钠离子电池与锂离子电池工作原理类似，也是一种依靠离子在正负电极之间往返嵌入和脱出的摇椅式二次电池。

钠离子电池具备更优的安全性、放电性和工作温度区间。钠电池在放电的时候可以放电到0伏，不存在锂电池同情况下面临的安全问题；同浓度的钠盐电解液比锂盐电解液离子导电率更高，这决定了钠离子电池具有更优秀的快充性能；钠离子电池低温性能更优异，在-20℃低温环境中，也拥有88%以上的放电保持率。

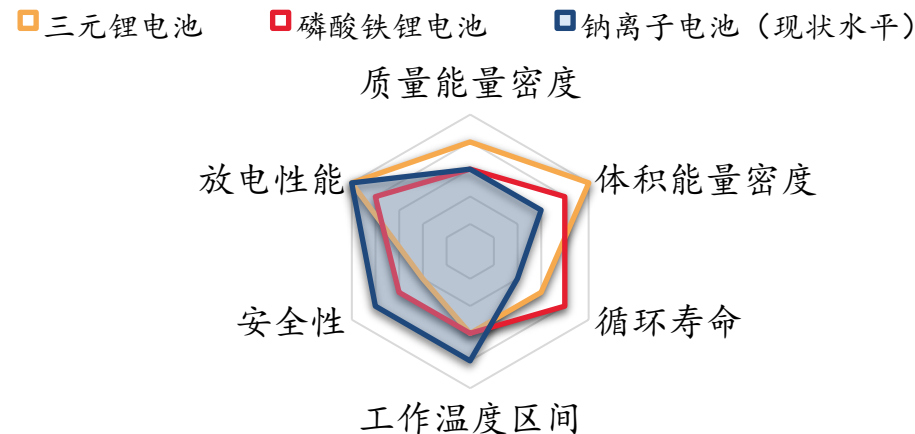
钠离子电池能量密度指标已具备经济性。中科海纳、宁德时代等龙头研发的钠离子电池能量密度已经达到140-160Wh/kg水平。相较而言，磷酸铁锂电芯单体的能量密度在180Wh/kg左右。钠离子电池的能量密度接近磷酸铁锂水平，在对质量和能量密度不十分敏感的储能、低速车、两轮车等领域已经能够满足要求。

图1：钠离子电池是一种摇椅式二级电池



资料来源：《钠离子电池工作原理及关键电极材料研究进展》，太平洋研究院整理

图2：钠离子电池具备更优的安全性、放电性和工作温度区间

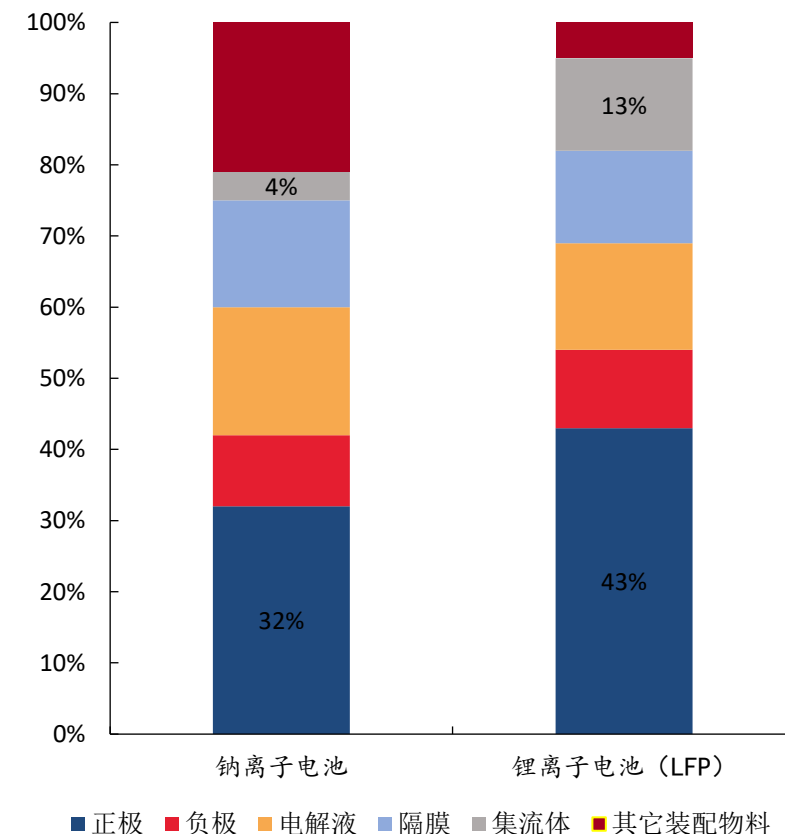


资料来源：Wood Makenzie，太平洋研究院整理

1.2 成本下降空间大，具备更高经济性

- **钠资源储备丰富，正极上游材料价格低廉且稳定**
 相比锂资源，钠资源非常丰富，地壳中钠是锂的423倍。钠资源更高的丰度保证了正极材料上游原材料价格的低廉。目前碳酸钠价格在0.3万元/吨左右，显著低于目前的碳酸锂的价格（50万元/吨左右）。
- **钠离子电池正负极集流体均可使用价格便宜的铝箔**
 相较于锂元素，钠离子和铝在低电位下不易发生合金化反应。这使得钠离子电池的负极集流体可替换为成本更具有优势的铝箔（当前铝价1.8万元/吨、铜价6.3元/吨）。
- **与锂电池生产流程相似，可共用产线**
 钠电池和锂电池均为摇椅式二次电池，并且两者在化学反应中具有相似的性质。结构的高度相似决定了两者的生产流程和产线接近，未来可共用产线，降低产线建设成本。

图3：钠电池正极、集流体成本优势显著



资料来源：《钠离子科学与技术》，太平洋研究院整理

目录 Contents

- 1 钠电池与锂电池同源，具备性能和成本优势
- 2 应用场景成熟及钠电池技术突破，钠电池发展到达0-1关键时间点
- 3 多场景发力：储能+两轮车+动力，推动电池空间第三次跃迁（再次十倍级别增长）
- 4 产业链各环节加速落地，重视中长期趋势性机会
- 5 风险提示

2.1 十年积累，应用场景成熟及主材技术突破，到达0-1关键时间点

研发史复盘：能量密度低未受重视，2022年是钠电池产业化0-1质变的关键节点。

钠离子电池的研究工作在20世纪70-80年代和锂离子电池同时期萌芽。但负极材料嵌钠能力较弱、钠电池能量密度较低成为钠离子电池商业化的瓶颈。从研究论文上看，2010年以后文献数量近似于锂离子电池在1995年前的状态。2020年以后受锂资源的供需紧张刺激以及储能发展的带动，钠离子电池凭借成本优势重视度不断提升，叠加技术不断创新，国内外各企业开始进行GWh级产能规划，预计规划产能将集中在2023-2024年投产。

图4：钠电池逐渐受到重视，从零到一征程开启



数据来源：CNKI、太平洋研究院整理

■ CNKI新发表文献：“钠离子”(左轴) ■ 需求预测 (GWh)(右轴)

2.2 驱动因素：电动车爆发推动锂价飙涨，钠电池低成本受到关注

电动车的快速渗透对上游锂材料价格产生了显著的拉动作用，构成钠离子历史机遇的第一个推手。根据国际能源署统计，全球纯电小汽车渗透率从2016年的0.87%快速提升至2021年的8.7%。过去五年，全球纯电小汽车渗透率增长9倍，这导致上游电池锂盐的需求快速增长；并且受到全球疫情对于供应链的打击，以及各国对于稀有金属锂的管控，锂资源扩产周期大幅长于下游扩产速度，锂盐价格上涨显著。截至2022年9月29日，碳酸锂/氢氧化锂价格分别较2022年年初上涨80.41%/117.67%。

锂的供需紧张刺激新电池方案，具备成本优势的钠离子电池得到较好的发展契机。从中长期来看，锂资源供需错配和锂价高涨仍有维持的可能。更多的资本和企业开始重视或者布局对钠离子电池产业链，以寻求锂之外的另一稳定高效的能源来源；同时国家在政策层面明确鼓励发展钠电池，钠电池在新技术中顺位优先。

表1：钠电池发展受政策支持

政策时间	政策名称	政策内容
2022/7/14	《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》	计划表中指出推荐制定基础的标准化钠离子电池符号，命名，术语以及词汇，项目周期为24个月。
2022/6/1	国家发展改革委、国家能源局等9部门联合印发《“十四五”可再生能源发展规划》	加强可再生能源前沿技术和核心技术装备攻关。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。重点开展...，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。推进大容量风电机组创新突破
2022/4/2	国家能源局和科学技术部印发《“十四五”能源领域科技创新规划》	在储能技术方面，研发长寿命、低成本、高安全.....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
2022/3/22	发改委、能源局印发的关于《“十四五”新型储能发展实施方案》	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.....新一代高能量密度储能技术。

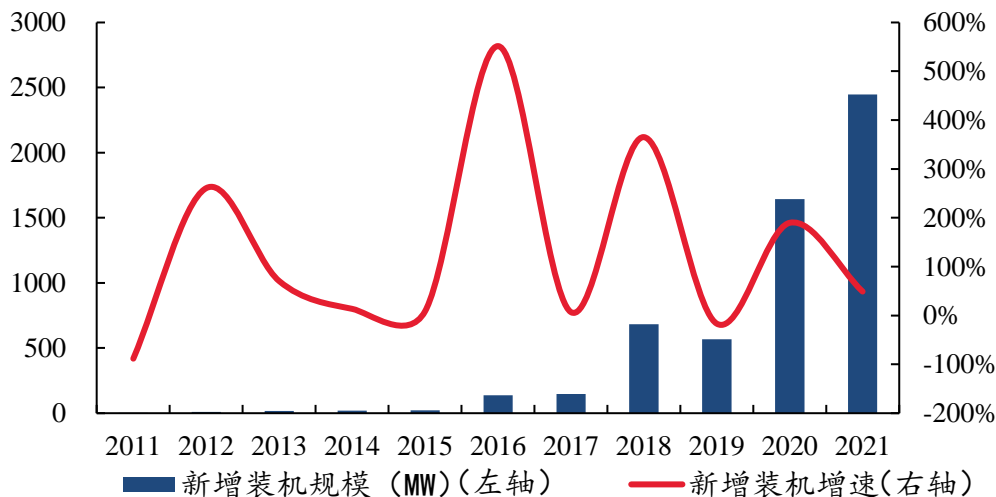
资料来源：工信部官网、国家发改委官网、国家能源局官网，太平洋研究院整理

2.3 驱动因素：性能特性和储能适配，显著提升大储收益率

市场快速响应顶层规划+清洁能源刚性需求，储能规模有望快速放大。2022年6月，伴随《南方区域新型储能并网与辅助服务管理实施细则》等对《“十四五”新型储能发展实施方案》顶层规划的落实，风光发电的进一步持续成长和储能的配套渗透率提升已是明确的趋势。

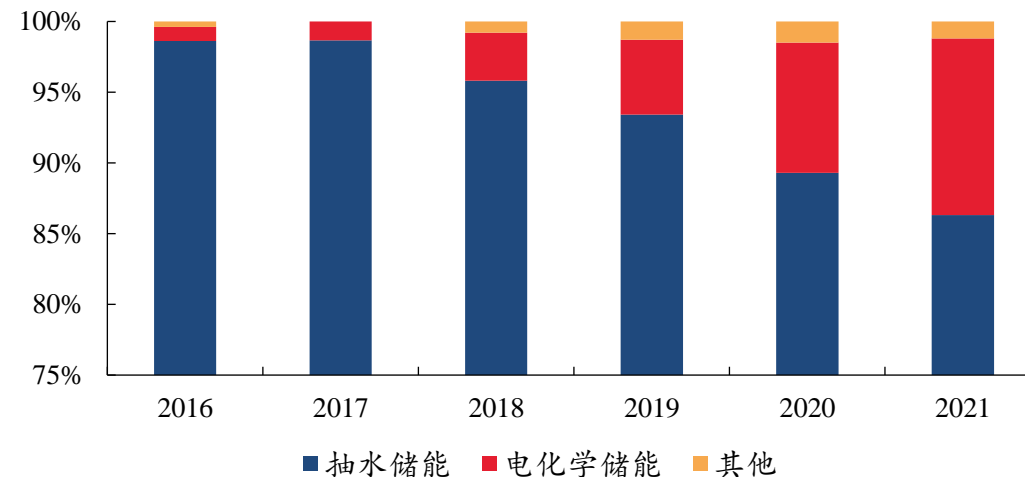
钠离子电池高度匹配储能需求，成本优势使其有望显著改善大储能的收益率，并在大储能领域快速渗透。电化学储能技术具有高转化效率、组装灵活、成本下降迅速等优点。在海外市场，分布式储能系统已经初步具备商业化应用的条件。在大规模的电力储能应用方面，目前电化学储能技术还需要满足各项技术指标和成本要求。其中，高安全性、低成本、长寿命、环保是全球储能技术发展的核心目标。

图5：2011-2021中国电化学储能新增装机量快速增长



资料来源：CNESA，太平洋研究院整理

图6：中国电化学储能累计装机量占比持续提升



资料来源：CNESA，太平洋研究院整理

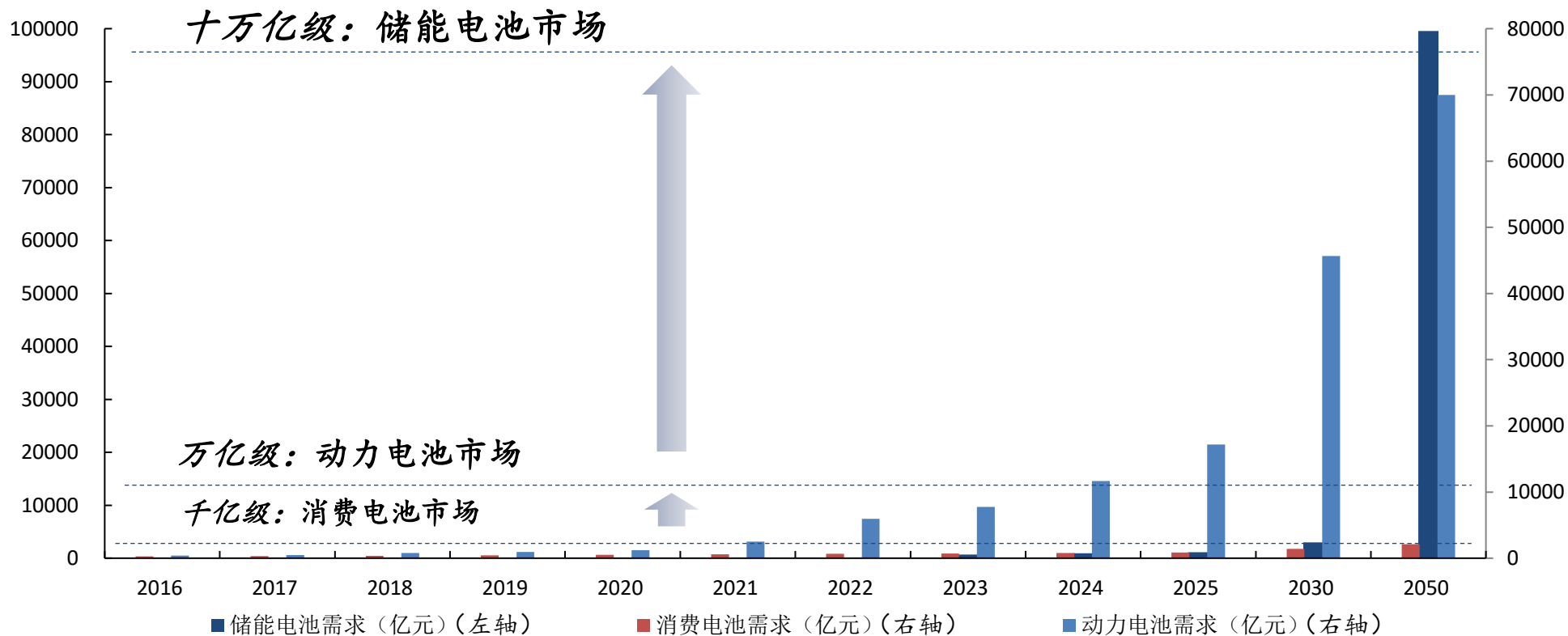
目录 Contents

- 1 钠电池与锂电池同源，具备性能和成本优势
- 2 应用场景成熟及钠电池技术突破，钠电池发展到达0-1关键时间点
- 3 多场景发力：储能+两轮车+动力，推动电池空间第三次跃迁（再次十倍级别增长）
- 4 产业链各环节加速落地，重视中长期趋势性机会
- 5 风险提示

3.1 钠电池推动实现电池空间第三次跃迁，有望迎来十万亿级市场

电池空间三次跃迁：消费电池百亿级→动力电池万亿级→储能电池十万亿级；钠电池有望在储能市场发展发挥核心作用。

图7：未来储能电池市场有望达到十万亿级



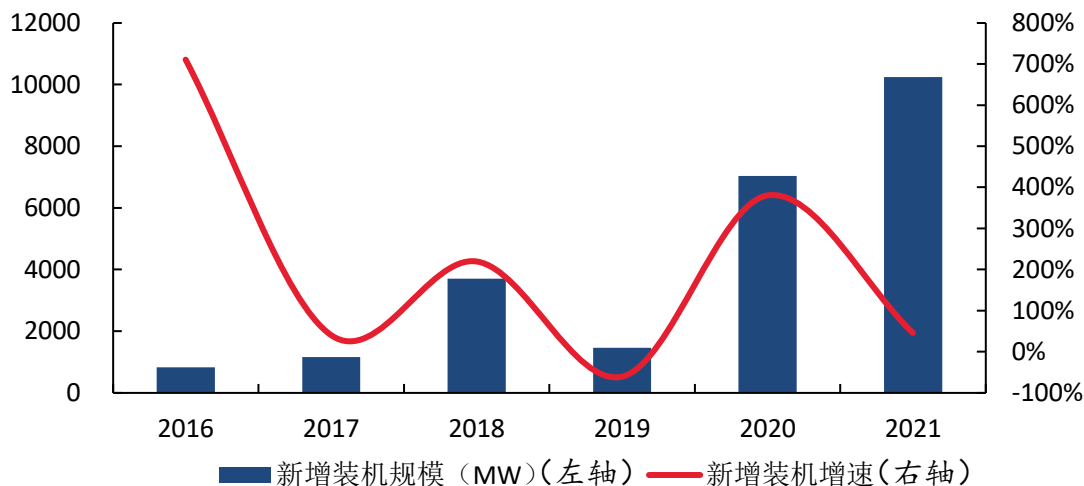
资料来源：CNESA，太平洋研究院整理

3.2 应用场景：新能源配储是未来趋势，钠电池特性与储能场景需求高度贴合

全球范围内可再生能源战略地位提高，不断提升储能潜在市场。2021年COP26全球气候峰会举行，碳中和成为全球目标，可再生能源战略地位提高。由于风光发电的输出功率具有时间上的不确定性，以可再生能源为主的能源远景必须依靠储能来完成发电与用电的匹配。我们预计到2025年全球储能的潜在市场规模预计将超过300GWh。

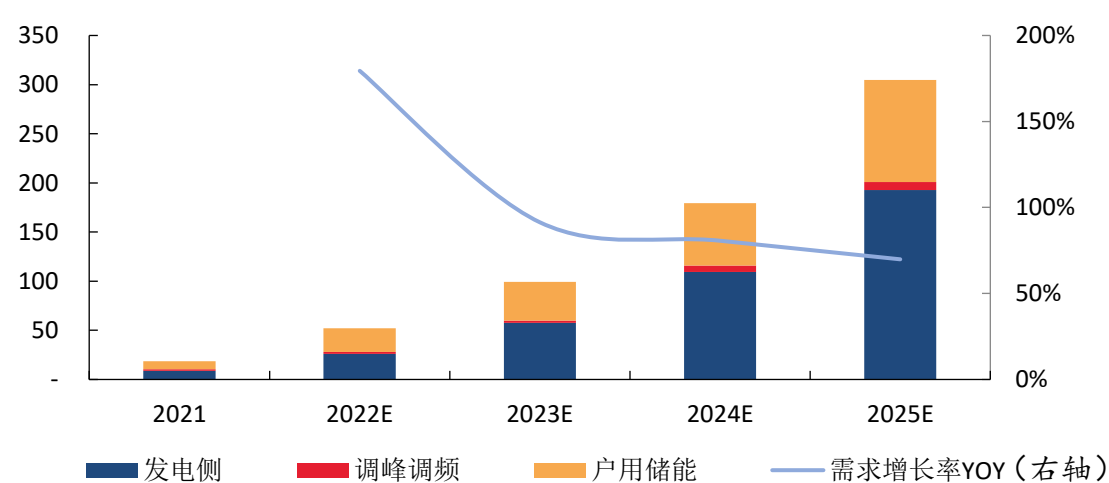
随着新能源发电占比持续提升，储能发展的迫切性同步提升。2021年中国的可再生能源占比已经达到14%，以风力和光伏发电为主。在当前新能源发电占比显著提升的情况下，可再生能源的消纳问题凸显，需要储能协同发展。发电侧和电网侧对储能的关注点主要在于经济性、安全性和寿命，能量密度的优先级较低。钠离子电池的特性与储能场景要求高度贴合，未来在储能领域的发展空间将随着技术进步不断扩大。

图8：全球电化学储能新增装机统计（MW）



资料来源：CNESA，太平洋研究院整理

图9：全球电化学储能需求测算（GWh）

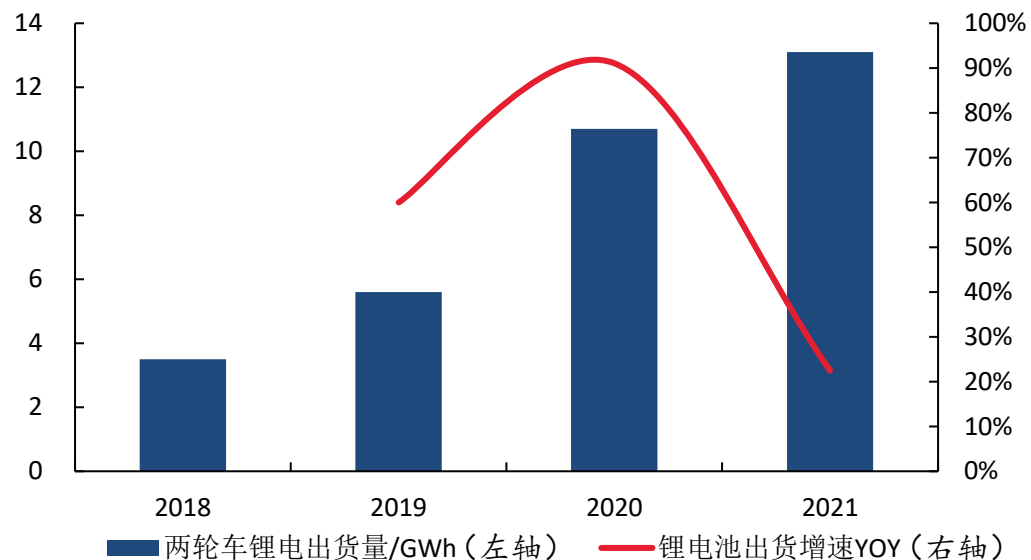


资料来源：CNESA，IERNA，IHS Markit，太平洋研究院整理

3.3 应用场景：两轮电动车，成本优势快速替换铅酸电池

铅酸电池被替代成趋势，但锂电池的高价使其渗透率提升大幅减缓，未来钠离子电池渗透率有望快速提升。两轮电动车市场面向中低消费人群，对价格十分敏感。锂离子电池原材料价格大幅上涨，锂电池竞争优势锐减，而钠离子电池是铅酸电池更好的替代品。钠离子电池具有低成本、安全性强等特性，且钠离子电池在低温下的容积保持率高，可在低至-40°C下工作。未来钠离子电池在电动两轮车市场上前景广阔。

图10：锂电池在两轮车市场渗透速度放缓



资料来源：《中国电动两轮车行业发展白皮书》，太平洋研究院整理

表2：钠电池综合性能显著优于铅酸电池

电池类型	质量能量密度 / (W·h/kg)	体积能量密度 / (W·h/L)	单位能量原料成本 / (元/W·h)	循环寿命 / (次)	平均工作电压 / (V)	在-20°C容量保持率 / (%)	耐过放电	安全性	环保特性
铅酸电池	30~50	60~100	0.4	300~500	2	<60	差	优	差
钠离子电池 (铜基氧化物/煤基碳体系)	100~150	180~280	0.29	>2000	3.2	>88	可放电至0V	优	优

资料来源：《钠离子电池：从基础研究到工程化探索》，太平洋研究院整理

3.4 应用场景：钠电池有望最先在储能和两轮车领域渗透

应用场景上，首先开始渗透的是储能和两轮车

- 关键场景：储能尤其是表前侧储能
- 重要假设：1) 表前侧储能和用户侧储能市场景气度快速提升，预计到2025年储能市场新增装机量将超过300GWh。2) 2025年钠离子电池在储能市场渗透率达到13%。
- 关键场景：电动两轮车
- 重要假设：1) 两轮车整体进入存量市场，需求量增速7-9%，2023-2024年受新国标推进延迟增速补偿2%；2) 锂电池渗透率受锂电价格影响，处于微增水平；3) 钠离子的渗透率复合增速40%，对应0.5-0.7元的电池价格，参考2018-2020年锂离子电池0.6元/Wh的均价水平对渗透率的驱动。

表3：钠离子电池需求主要集中在储能、两轮车和低速动力车等场景

年度	2023E	2024E	2025E	2026E
动力需求/GWh	1.39	4.05	8.69	16.46
储能需求/GWh	6.02	19.88	46.77	91.63
两轮车需求/GWh	7.74	11.91	18.14	25.38
钠离子电池总需求/GWh	15.16	35.84	73.60	133.47
钠离子电池复合渗透率/%	1.73%	2.78%	3.94%	4.95%

资料来源：《中国电动两轮车行业发展白皮书》，CNESA，IRENA，太平洋研究院整理

3.5 应用场景：在新能源汽车方面，钠电池有望在低速乘用车、物流车、公交等细分领域突破

新能源汽车场景：

钠电池的渗透机会优先存在于乘用车中的低速车和商用车中的物流车、公交，其主要特点是对续航要求较低，而对充电需求相对较高。

➤ 乘用车市场：

主要应用于A0/A00级别电动车。此类电动车里程要求较低，对电池能量密度要求较低；一般使用家用充电桩即可完成充电，充电便捷性高。但由于近两年此类车型受到法规限制和新能源上牌政策不稳定影响，市场总量前景仍不明朗。

➤ 商用车市场：

主要看好钠电池对物流车、公交车场景的渗透。公交车营运线路固定、路线长度较短，对配电量要求较低；同时统一配置充电较便利和高效。物流车、叉车等使用场所单次充电里程要求较低，速度需求低，综合对电池能量密度要求不高；且同样适合集中配置充电设施。

3.6 市场需求预测：钠离子电池市场空间和需求将不断释放

未来钠离子电池发展潜力将逐步显现。我们预测，2023-2025年期间，随着各大厂商的钠电池技术的逐步突破，第一批钠离子电池产能逐渐投放。需求端市场处于验证钠离子电池产品阶段；供给端随着商业化达产，产业链建设不断推进，规模效应将逐渐显现。

我们预计到2026年，全球钠离子电池需求将超过130GWh，在各应用场景中综合渗透率达到5%。从结构上来看，未来储能市场有望成为对钠电池需求最大的市场。我们预计2026年储能对钠电池的需求量将超过90GWh，占钠离子电池市场总体规模的70%左右。

图 11：全球钠离子电池需求有望快速增长

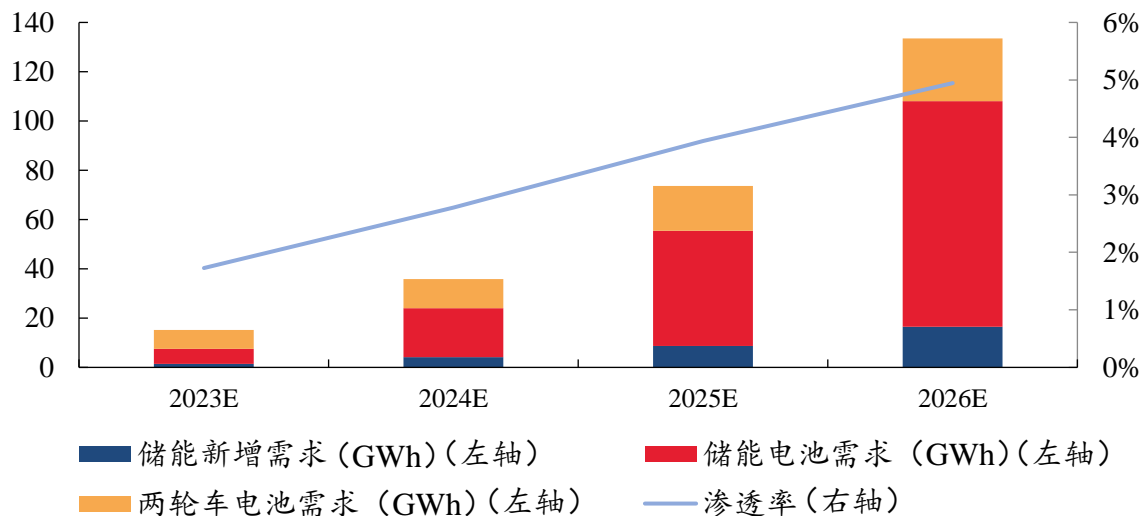
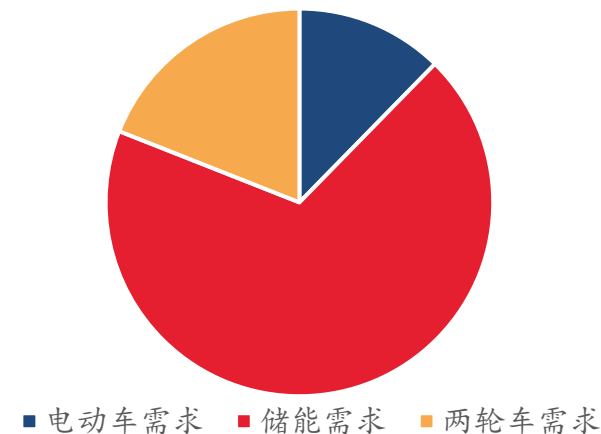


图 12：未来储能市场有望成为对钠电池需求最大的市场



资料来源：《中国电动两轮车行业发展白皮书》，CNESA，IRENA，太平洋研究院整理

目录 Contents

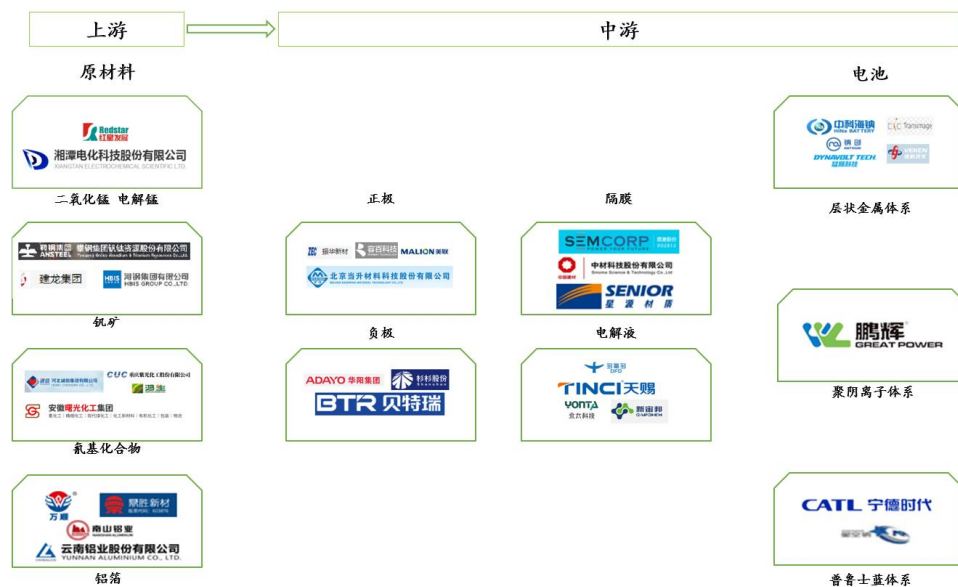
- 1 钠电池与锂电池同源，具备性能和成本优势
- 2 应用场景成熟及钠电池技术突破，钠电池发展到达0-1关键时间点
- 3 多场景发力：储能+两轮车+动力，推动电池空间第三次跃迁（再次十倍级别增长）
- 4 产业链各环节加速落地，重视中长期趋势性机会
- 5 风险提示

4.1 钠电池产业链产能加速建设，从0到1真正开启

中游电池方面，主要玩家包括锂电龙头（如宁德时代、鹏辉能源）、具有研究机构背景的创新型企业（如中科海纳-中科院、钠创新能源-上海交大），以及新兴企业（如传艺科技、维科技术）等。

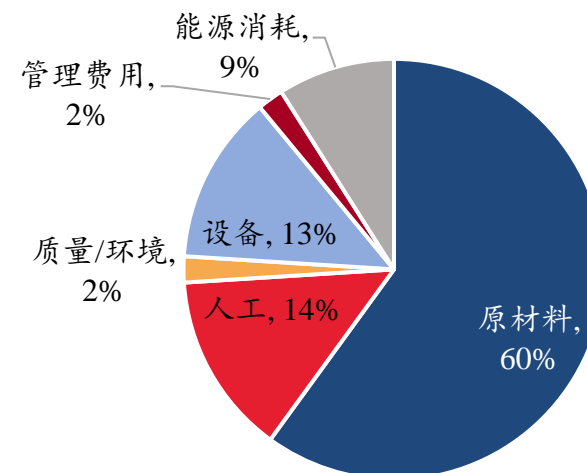
电池材料方面，正极、负极和电解液为重点布局环节。钠电池正极、负极和电解液与锂电池差异较大，具有更高的技术壁垒（隔膜环节与锂离子电池差异较小）。

图13：钠离子电池产业链中正极、负极、电解液环节与锂电池差异较大



资料来源：CNKI，中科海纳前瞻产业研究院，太平洋研究院整理

图14：钠离子电池生产成本中材料成本占60%左右



■ 原材料 ■ 人工 ■ 质量/环境 ■ 设备 ■ 管理费用 ■ 能源消耗

资料来源：《钠离子电池科学与技术》，太平洋研究院整理

4.2 电池企业集中发力，GWh级产能有望2022年内落地

以宁德时代为代表的锂电池龙头、以中科海纳为代表的科研创新公司和以传艺科技为代表的新兴企业都在加速进行钠离子的技术、生产验证和投产。目前中科海纳与华阳股份投产速度领先，合作的1GWh电芯产线已于9月30日正式投产运营。

表4：国内企业钠离子电池布局加速，GWh级产能已于2022年9月投产

电池厂	技术路线	未来产能规划	产品性能		上游布局	
			能量密度	循环寿命 (次)	自产	外购 (供应商)
宁德时代	层状氧化物+硬碳 普鲁士白+硬碳	2023计划量产	160Wh/kg	3000	-	正极-容百科技、振华新材 电解液-多氟多、天赐 负极-贝特瑞、佰思格、杉杉股份
锂电企业	聚阴离子+硬碳 层状氧化物+硬碳	客户送样，小批量生产	100 Wh/kg	层状氧化物-2000 聚阴离子-3500 普鲁士白-1000	电解液-高氯酸钠盐	正极-翔鹰，恩耐吉，瑞典ATRIS 负极-佰思格
多氟多	层状氧化物+硬碳	2023年底建成1GWh	130-140Wh/kg	接近三元电池	正极，负极，电解液	已具备六氟磷酸钠产能，核心原材料自产
传艺科技	层状氧化物+硬碳 聚阴离子+硬碳	2023年投产2GWh 共规划10GWh	145Wh/kg	4000	正极，负极，电解液	核心原材料自产
维科技术	铁酸钠基层状氧化物+硬碳	2023年投产2GWh	-	-	负极	正极-钠创 电解液-钠创
新兴企业	层状氧化物+软碳	建设进度领先 软碳成本低 华阳股份与中科海纳合作、1GWh电芯产能已投产 中科海纳与三峡能源合作、1GWh电池产能已建成	145Wh/kg	4500	负极-软碳	电解液-多氟多
众钠能源	硫酸铁钠+硬碳	2022年4月成功完成中试试验、 能耗约为常规工艺的1/3	120-160Wh/kg	2000-10000	-	-
立方新能源	层状氧化物+硬碳	2022年4月发布新一代钠离子电池， 预计2023年大规模量产	140Wh/kg	2000	-	正极-振华新材 负极，电解液

资料来源：宁德时代钠离子电池发布会、中科海纳官网，公司公告，太平洋研究院整理

4.3 钠电池正极与锂电池区别最为显著，三种技术路线同时推进

目前钠离子电池正极材料以三种类型为主：**过渡金属氧化物、普鲁士蓝类化合物和聚阴离子化合物**。不同正极材料对应不同的结构性质，从而具备不同的能量密度、倍率性能、循环寿命和安全性能等。当前各公司在正极技术路线的选择上差异化较大，不同路线的竞争仍将持续。

表5：普鲁士系列成本较低、聚阴离子循环寿命较高、层状氧化物能量密度较高

项目	普鲁士系列（蓝/白）	磷酸盐（聚阴离子）系列	层状氧化物类
材料名称	亚铁氰化钠改性	磷酸钒钠、氟代磷酸钒钠、 焦磷酸铁钠、硫酸铁钠	铜铁锰酸钠、镍铁锰酸钠
分子式	$\text{Na}_x\text{MnFe}(\text{CN})_6$ 、 $\text{Na}_2\text{Mn}[\text{Mn}(\text{CN})_6]$	$\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{F}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{P}_2\text{O}_7)$ 、 $\text{Na}_2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Na}_{0.9}[\text{Cu}_{0.22}\text{Fe}_{0.3}\text{Mn}_{0.45}\text{I}_{0.2}]$ 、 $\text{NaNi}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$
工作电压	3.1-3.4V	3.1-3.7V	2.8-3.3V
放电比容量	70-160Ah/g	160-110Ah/g	100-140Ah/g
压实密度	1.3-1.6	1.8-2.4	3.0-3.4
循环寿命	一般	较好	一般
热稳定性	好	好	一般
安全性	低（热失控产生有害气体）	低（热失控产生有害气体）	好
空气稳定性	好	很好	一般
成本	低	一般	一般
能量密度	低	低	较好

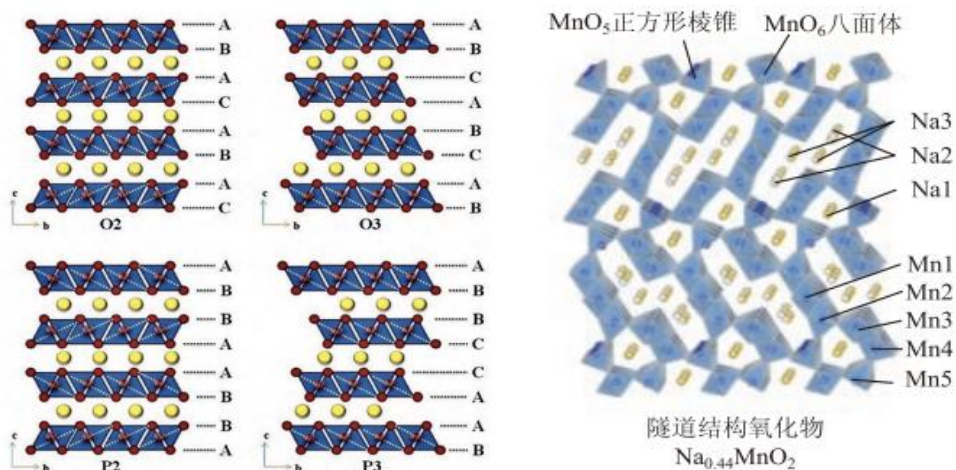
资料来源：公司公告，太平洋研究院整理

4.3 钠电池正极与锂电池区别最为显著，三种技术路线同时推进

过渡金属氧化物——能量密度和循环寿命综合最优，商业化落地最快

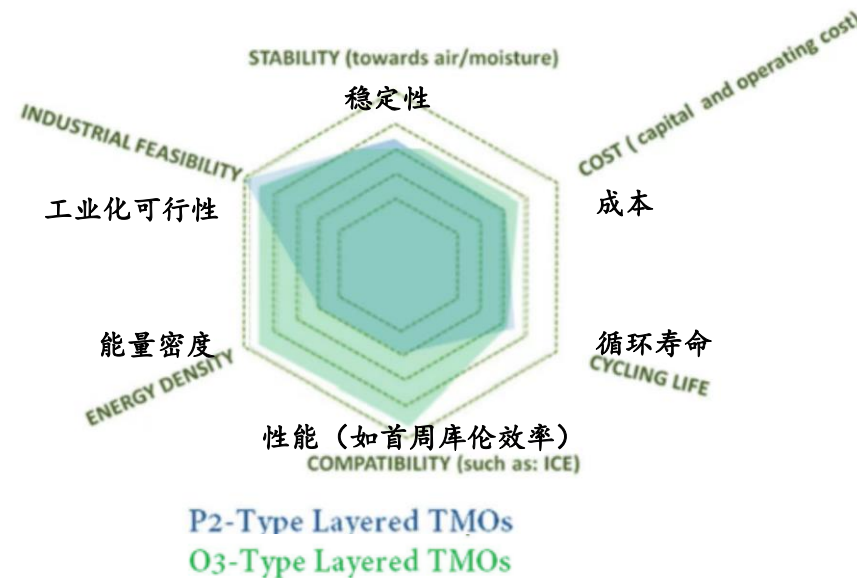
过渡金属氧化物可分为层状和隧道状金属氧化物，其中层状氧化物的结构具备更良好的离子通道，成熟度高。钠离子电池层状正极的基材选择常用 NaFeO_2 ， NaMnO_2 等，自然储量更丰富，能量密度更高。其工艺与锂离子电池相似，因此具备较高的工业化可行性。目前层状氧化物正极是研究最广泛，最接近商业化的正极线路，宁德时代、中科海纳、传艺科技等公司均采用层状氧化物路线。

图15：层状氧化物结构具备更良好的离子通道



资料来源：《钠离子电池层状氧化物正极材料研究进展》，太平洋研究院整理

图16：层状氧化物正极材料能量密度，工业化可行性较高



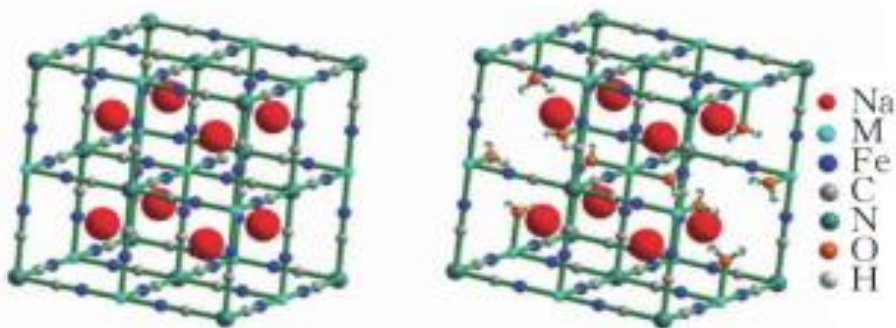
资料来源：《Sodium-Ion Batteries: From Academic Research to Practical Commercialization》

4.3 钠电池正极与锂电池区别最为显著，三种技术路线同时推进

普鲁士蓝类化合物——理论性能优秀，实际性能有待改进

普鲁士蓝化合物由于结构稳定、前驱体价格低廉、简单易制，拥有较大的发展潜力。其具有独特的开放框架和三维大孔道结构，便于钠离子的储存、迁移，具有有较高的工作电势，且结构稳定、合成简便、成本低廉，理论上普鲁士蓝综合性能优秀，成本更低。但在实际合成中会产生许多结晶水及 $\text{Fe}(\text{CN})_6$ 空位缺陷，结晶水容易占据储钠位点及钠离子的脱嵌通道，影响材料的首效和容量； $\text{Fe}(\text{CN})_6$ 空位缺陷还会导致材料在充放电过程中发生结构坍塌，影响材料的循环稳定性。目前结晶水问题是技术广泛应用的掣肘，采取该路线的企业有宁德时代、星空钠电、美联新材、容百科技等。

图17：晶格缺陷和结晶水的存在会对普鲁士蓝类化合物性能产生不利影响



(a) 理想的无缺陷结构

(b) 含有 $\text{Fe}(\text{CN})_6$ 的缺陷结构

资料来源：《钠离子电池正极材料研究进展》、太平洋研究院整理

图18：普鲁士蓝正极材料综合性能优秀，生产成本较低



资料来源：《Sodium-Ion Batteries: From Academic Research to Practical Commercialization》

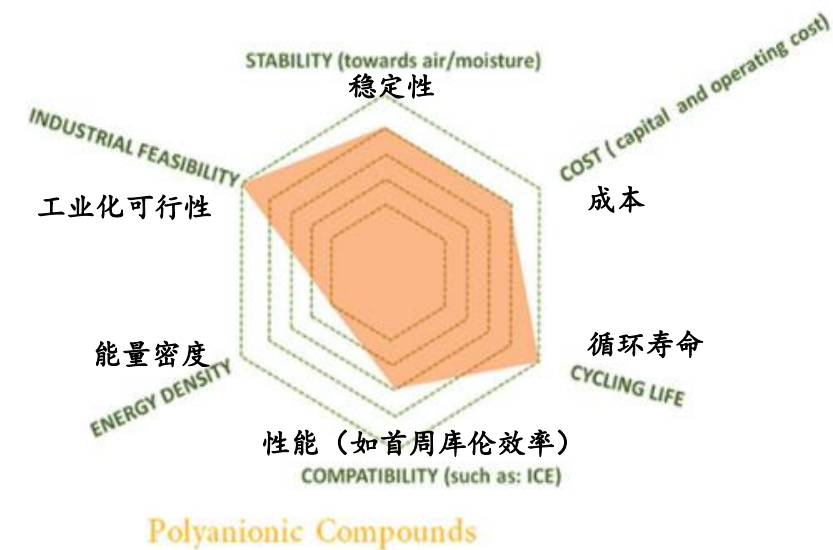
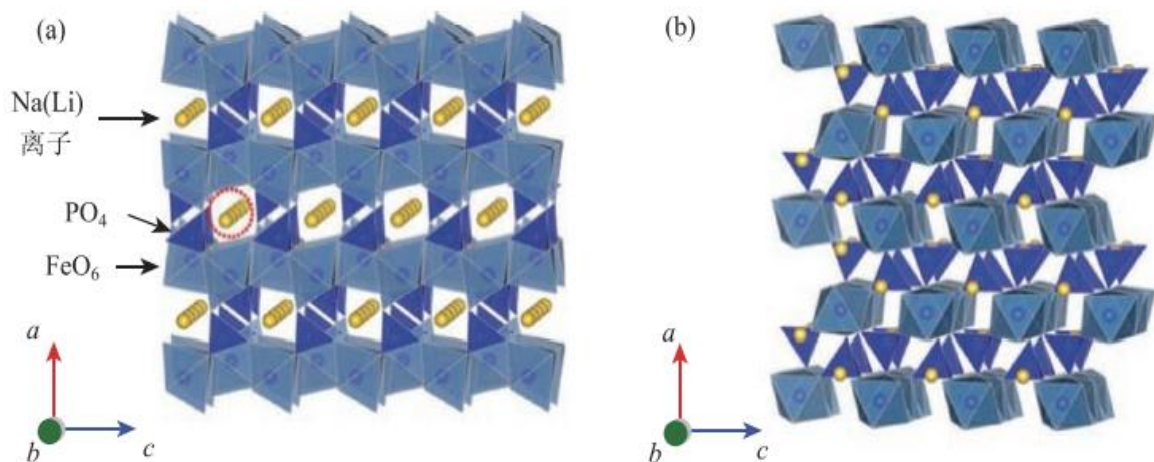
4.3 钠电池正极与锂电池区别最为显著，三种技术路线同时推进

聚阴离子型——循环性能占优，造价低廉，能量密度偏低

聚阴离子类正极材料具有三维框架结构，相比一维离子通道的结构有更好的钠离子扩散能力，且其结构单元由很强的共价键紧密连接，因此结构稳定性、热稳定性良好，在电池的循环寿命和安全性能方面具备优势，但同时其电子电导率较低，在高倍率下的充放电性能受限。目前通过中试的聚阴离子结构电池循环性能为优异。鹏辉能源等公司选择本技术路线，重点配合储能应用对循环性能的要求。

图19：聚阴离子类正极材料具有三维框架结构，结构单元稳定

图20：聚阴离子循环寿命和稳定性较好，但能量密度较低



资料来源：《Sodium-Ion Batteries: From Academic Research to Practical Commercialization》

资料来源：《Sodium-Ion Batteries: From Academic Research to Practical Commercialization》

4.3 钠电池正极与锂电池区别最为显著，三种技术路线同时推进

目前在主要钠电正极材料厂商中，三种技术路线均有推进。各公司产能规划中，层状氧化物规划产能最多，预计商业化量产最快；普鲁士类及聚阴离子目前由于性能、环保等问题发展受限。

表6：三种钠电正极材料技术路线均有推进，其中层状氧化物规划产能最多

	技术路线	研发团队	量产进度	产能规划	技术储备	产品性能			核心优势总结
						能量密度	循环寿命	首效	
振华新材	层状氧化物	-	已开始送样并实现吨级销售	-	大单晶技术体系	150-160Wh/kg	4000+ (常温)	87-88%	技术领先，绑定优质客户，产品性能指标领先
美联新材+七彩化学	普鲁士蓝(白)	-		18万吨，2023年投产1万吨	氰化钠技术优势	-	-	-	有稀缺牌照和生产经验
钠创科技	层状氧化物	技术来自上海交大	已在20多家电池厂进行验证	3000吨 预计Q4投产	专利布局领先	-	-	-	专利数量多、合作方多
容百科技	普鲁士蓝(白) 层状氧化物	-	吨级订单	-	-	60-200Wh/Kg	-	-	钠电技术沉淀多年、层状氧化物进展领先、绑定优质客户
华钠铜能	层状氧化物	技术源自中科院物理所	试生产	4000吨	-				技术领先
传艺科技	层状氧化物 聚阴离子	-	进入中试线	2GWh电池配套 正极产线	-	140Wh/kg	4000	-	-

资料来源：公司公告，太平洋研究院整理

4.4 负极材料广泛采用无定型碳，以硬碳路线为主

硬碳是指在2500°C以上难以石墨化的无定型碳，其在高温下无序结构难以消除。硬碳扭曲的碳层结构增加了碳层之间的排斥力，从而使其具有更大的层间距、更多缺陷和纳米孔，有利于钠离子扩散以及循环过程中结构的稳定；此外，碳化过程中较多的杂原子会在碳层中形成缺陷位点，使硬碳展现出良好的储钠性能。但硬碳前驱体一般为生物质或人工合成树脂，产碳率低、一致性较低、成本较高，限制了硬碳的规模化发展。目前国内企业暂未实现硬碳的大规模量产，但研发和产能规划以硬碳为主。

图22：硬碳结构示意图，间隔大空隙多

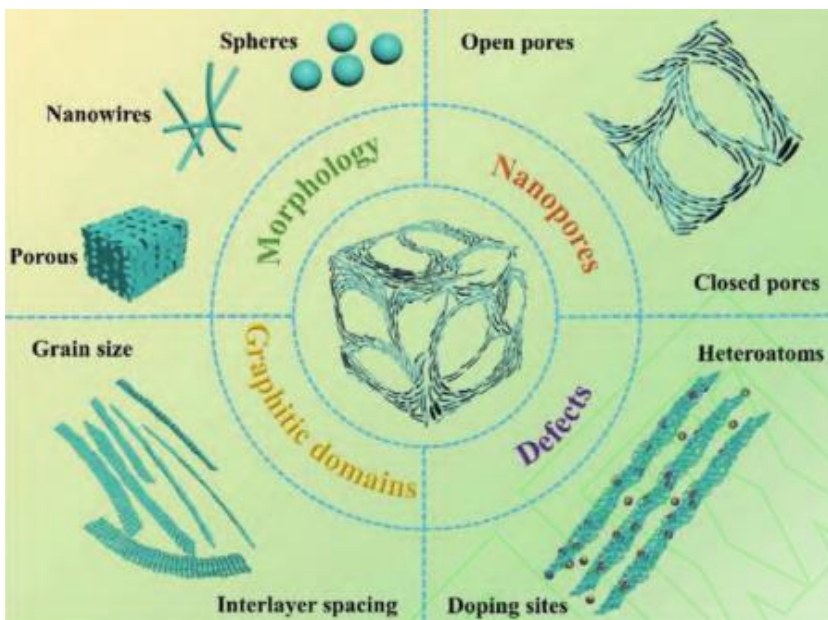


表8：目前全球钠电负极技术路线以硬碳为主

主材	公司	技术路线	未来产能规划
	贝特瑞	硬碳	
	杉杉股份	硬碳	已批量供货
	鹏辉（佰思格）	硬碳	
负极	传艺科技	硬碳	4万吨 2023年1月投产
	璞泰来	硬碳	加快研发
	可乐丽	硬碳	
	华阳股份	软碳（无烟煤）	试生产，4000吨

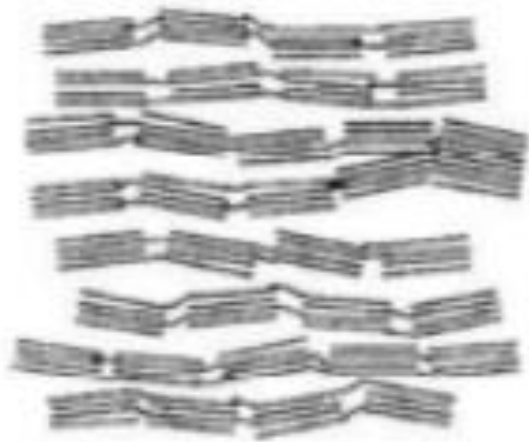
资料来源：《钠离子电池硬碳基负极材料的研究进展》、太平洋研究院整理

资料来源：公司公告，太平洋研究院整理

4.4 负极材料广泛采用无定型碳，以硬碳路线为主

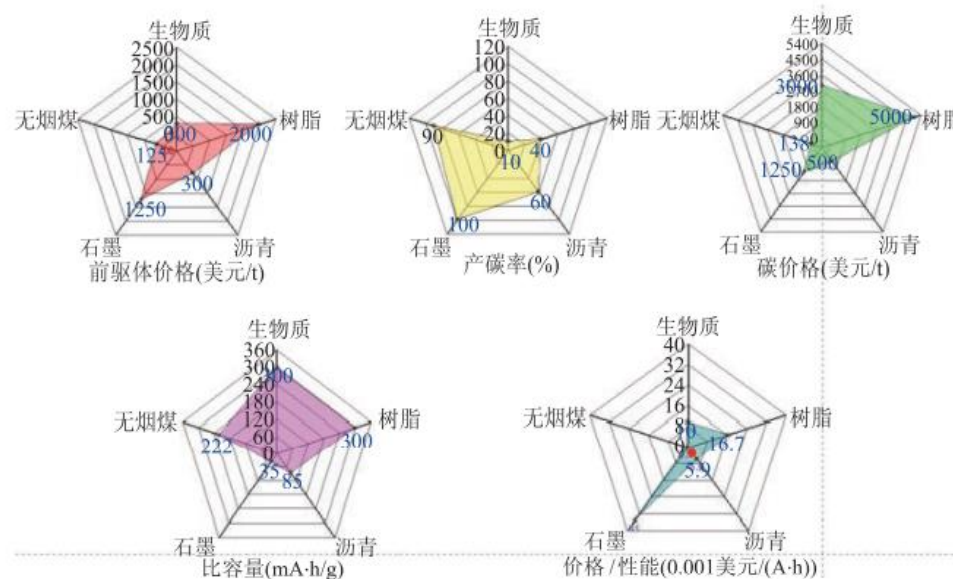
软碳是指在2500°C以上的高温下可石墨化的无定型碳，其无序结构很容易被消除，具有结晶度高、电导率高、成本低等特点。无烟煤、石油焦及煤沥青是软碳主要的前驱体原料，它们来源于矿物质，在工业界来源广泛，产品一致性较好，成本低。目前中科海纳团队通过裂解无烟煤得到的软碳在1600°C以下仍具有较高的无序度，产碳率高达90%，储钠容量达到220mAh/g，循环稳定性优异且成本远低于硬碳材料。但由于软碳缺乏杂原子，缺陷较少，且在一定热处理下会产生类石墨结构的片层，层间距较小，导致软碳储钠能力较差。通过多孔化增加缺陷、软硬碳复合为增加储钠容量的主要改良方法。

图23：软碳结构在高温下可石墨化



资料来源：《锂离子电池纳米结构负极材料储锂性能研究》、《钠离子电池科学与技术》、太平洋研究院整理

图24：无烟煤性价比较高



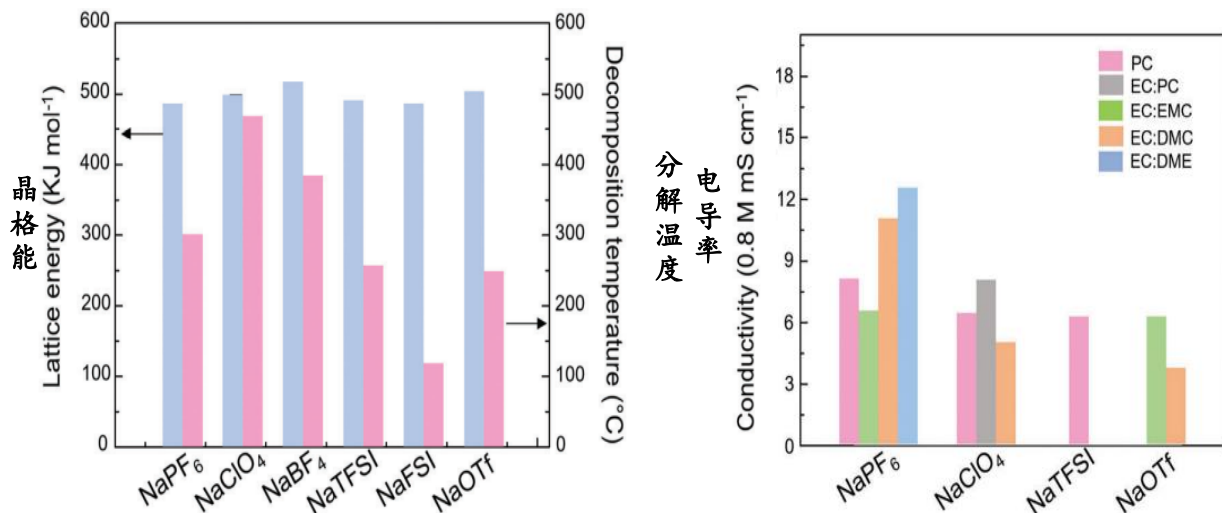
资料来源：《钠离子电池科学与技术》、太平洋研究院整理

4.5 电解液溶质以六氟磷酸钠为主，可共享锂电产线量产难度低

钠盐作为电解液的重要组成部分，是电解液中载流子的主要来源，能影响离子传导效率、SEI膜的生成，目前满足需求的钠盐主要为具有大半径阴离子的钠基化合物。

六氟磷酸钠与锂离子电池电解液中广泛使用的六氟磷酸锂合成原理类似，可共享生产线，量产门槛、难度较小，且溶解度高、导电率好，与正极、碳基负极都有较佳的兼容性。但其化学稳定性、热稳定性差，分解产物的堆积不利于钠离子的传导，影响界面膜的生成，可加入适量FEC等添加剂提升电解液性能。目前布局六氟磷酸钠的企业主要为锂电池电解液龙头。

图25: NaPF₆稳定性较差，导电性较强



资料来源: Advanced Science 《Electrolyte Solvation Structure Design for Sodium Ion Batteries》、太平洋研究院整理

表9: 目前六氟磷酸钠布局主要以锂电池电解液龙头为主

电池材料	公司	产能规划
电解液	多氟多	已有1000吨六氟磷酸钠产能，规划5000吨
	天赐材料	1万吨六氟磷酸钠，预计2024年投产
	永太科技	利用现有车间进行技术改造，100吨/年，建设期为2022年4月-12月
	钠创	2022年拟将完成3000吨正极材料和5000吨电解液的投产
	传艺科技	10万吨，一期5万吨，2023年3月投产
	中欣氟材	1万吨，预计2023年以后投产

资料来源: 公司公告，太平洋研究院整理

4.6 铝箔换铜箔进一步节省成本，隔膜通用性强

- **铝箔：负极换铝箔将提升钠电池安全性，进一步降低成本**
 - 更轻：铝箔所做的集流器更轻，帮助降低电池重量；
 - 更安全：钠电池负极用铝箔时可在运输中可以实现0V运输（高电压下铝箔不易被氧化，不用担心电压低导致电池性能衰减、失效的问题，所以可以在运输前将电量完全放空）；
 - 钠离子电池单GWh对铝箔需求约800-900吨，对比锂电池单GWh用量在300-400吨，每GWh铝箔需求量是锂电池的2倍以上。
 - 随着钠离子电池的商业化和不断渗透，边际需求会进一步上升；渗透率每增加10%，每GWh对铝箔的需求增加20%以上。
- **隔膜：隔膜材料钠电池与锂电池通用，龙头企业有望占据市场先机**
 - 锂离子电池所用隔膜材料基本都可以移植到钠离子电池体系中，不同点在于制备钠离子电池隔膜时，需要结合钠离子半径更大的这一特性，对于孔径和孔隙率做一定的调整。
 - 隔膜龙头企业对于微孔制备以及造孔工艺的技术储备丰富，工艺积淀深厚，具有快速将钠电隔膜产业化落地的潜力，有望占据市场先机。同时有机油性涂覆隔膜导电性能更强，可能将获得新的市场空间。

4.7 重视钠电池中长期机会，从弹性、确定性、主产业链三个维度看未来投资趋势

重视钠电池中长期机会，从弹性、确定性、主产业链三个维度看未来投资趋势：

1) 从弹性角度看，电池、正极、负极等环节面临变革性机会，新公司进入有望改变竞争格局：传艺科技、维科技术等电池新公司，美联新材、华阳股份等正负极新公司受益。传艺科技、维科技术钠电池均已进入中试阶段，有望在2023年各投产2GWh；美联新材和七彩化学合作开发普鲁士蓝(白)正极材料，2023年预计投产1万吨；华阳股份与中科海纳联手投建无烟煤负极材料生产基地。

2) 从确定性角度看，铝箔等环节需求量具有倍增效应：鼎胜新材、万顺新材等受益。由于钠电池正负极都用铝箔，钠电池的铝箔使用量将是锂离子电池的2倍以上，鼎胜新材、万顺新材等龙头对应出货有望进一步放量。

3) 从主产业链看，锂电池产业链创新型公司有望拓展较好第二增长曲线，受益标的包括：容百科技、振华新材、当升科技、贝特瑞、杉杉股份等正负极公司；宁德时代、鹏辉能源、派能科技等电池公司；多氟多、天赐材料、永太科技等电解液产业链公司；恩捷股份、星源材质、中材科技等隔膜公司。容百科技、振华新材均已向下游客户批量送样验证，反馈良好；贝特瑞、杉杉股份已开始向客户批量供货硬碳负极材料；宁德时代有望在2023年实现钠电池量产；派能科技钠离子电池已经完成小试；多氟多已具备六氟磷酸钠商业化量产能力，量产速度领先；天赐材料1万吨六氟磷酸钠产能预计2024年一季度投产，成本控制能力强；恩捷股份、星源材质、中材科技等隔膜龙头企业具有将钠电隔膜快速产业化落地的潜力，有望占据市场先机。

5.风险提示

1) 技术进步不及预期。

市场最关注的是钠电池的寿命、能量密度、成本等指标的持续优化，但由于目前产业链配套等原因，短期量产数据可能不能很好与需求匹配。我们预计随着工艺、技术的不断优化，钠电池有望复制锂电池的成长路线，综合性价比有较大持续提升空间。

2) 下游需求不及预期。

储能是钠电池未来主要下游市场，但短期储能的经济性仍然比较差，会影响需求的释放；未来需要光伏等清洁能源成本和钠电池等储能成本持续下降来打开需求空间，这也是大概率的方向。

3) 市场竞争加剧。

钠电池空间将逐步被市场认知，产业链新老玩家有望不断发力产能建设，产业链各环节竞争将加大；未来，可能只有不断做出高性价比产品的钠电池产业链企业才能胜出。

投资评级说明

1、行业评级

看好：我们预计未来6个月内，行业整体回报高于市场整体水平5%以上；

中性：我们预计未来6个月内，行业整体回报介于市场整体水平-5%与5%之间；

看淡：我们预计未来6个月内，行业整体回报低于市场整体水平5%以下。

2、公司评级

买入：我们预计未来6个月内，个股相对大盘涨幅在15%以上；

增持：我们预计未来6个月内，个股相对大盘涨幅介于5%与15%之间；

持有：我们预计未来6个月内，个股相对大盘涨幅介于-5%与5%之间；

减持：我们预计未来6个月内，个股相对大盘涨幅介于-5%与-15%之间

销售人员

职务	姓名	手机	邮箱
全国销售总监	王均丽	13910596682	wangjl@tpyzq.com
华北销售总监	成小勇	18519233712	chengxy@tpyzq.com
华北销售	韦珂嘉	13701050353	weikj@tpyzq.com
华北销售	刘莹	15152283256	liuyinga@tpyzq.com
华北销售	董英杰	15232179795	dongyj@tpyzq.com
华北销售	常新宇	13269957563	changxy@tpyzq.com
华北销售	巩赞阳	18641840513	gongzy@tpyzq.com
华东销售总监	陈辉弥	13564966111	chenhm@tpyzq.com
华东销售	徐丽闵	17305260759	xulm@tpyzq.com
华东销售	胡亦真	17267491601	huyz@tpyzq.com
华东销售	李昕蔚	18846036786	lixw@tpyzq.com
华东销售	周许奕	021-58502206	zhouxuyi@tpyzq.com
华东销售	张国锋	18616165006	zhanggf@tpyzq.com
华东销售	胡平	13122990430	huping@tpyzq.com
华南销售总监	张茜萍	13923766888	zhangqp@tpyzq.com
华南销售副总监	查方龙	18565481133	zhafl@tpyzq.com
华南销售	张卓粤	13554982912	zhangzy@tpyzq.com
华南销售	张靖雯	18589058561	zhangjingwen@tpyzq.com
华南销售	何艺雯	13527560506	heyw@tpyzq.com
华南销售	李艳文	13728975701	liyw@tpyzq.com
华南销售	陈宇	17742876221	cheny@tpyzq.com



研究院
中国北京 100044
北京市西城区北展北街九号
华远·企业号D座
投诉电话： 95397
投诉邮箱： kefu@tpyzq.com

重要声明

太平洋证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号 13480000。

本报告信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。我公司及其雇员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。我公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。本报告版权归太平洋证券股份有限公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、刊登。任何人使用本报告，视为同意以上声明。



期待与您合作!

THANKSFORWATCHING