

宁德时代“神行”4C超充电池发布 开启材料端技术进步新篇章

——800V高压快充新技术系列报告（二）

 作者：光大电新 殷中枢 / 陈无忌

2023年8月17日

 证券研究报告

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

- ✓ 宁德时代发布“神行”超充电池发布会，实现磷酸铁锂电池4c超充。为了解决电动车用户群体从先锋用户转向大众用户，以及需求重心从续航里程转向补能效率，新产品的定位为实现普通大众的快速补能。2023年8月16日，宁德时代发布全球首款磷酸铁锂4c超充电池，实现**充电10min，神行800里（400km）**。超充电池不再是高端用户选配，而成为电动车的标配产品，预计2023年底量产，2024年一季度上市。
- ✓ 材料、结构、体系全方位创新实现4C超充，负极改性及包覆受益弹性大。超电子网正极、石墨快离子环、超高导电解液配方、超薄SEI膜、高孔隙率隔离膜等技术创新共同为4C超充的实现打下基础。我们认为，负极是实现快充的核心环节。石墨快离子环技术对石墨表面进行改性、多梯度分层极片设计，实现快充与续航的平衡。负极包覆材料用量提升是受益于超充电池的重要方向。
- ✓ 高压快充需要电池-车-桩-网端协同升级，电池及材料端渗透率有望首先看到快速提升。我们认为，电池超充快充技术虽具备技术基础，但过去一直作为高端车型的选配，宁德此次发布会的意义更在于使得4C超快充电池成为搭载在普通车型上的标配产品。高压快充作为解决当前消费者补能焦虑的技术趋势，电池及材料端的落地是第一步，渗透率有望首先看到提升，后续充电桩端大功率化、车端800V高压化将是下一阶段重点。
- ✓ 建议关注：信德新材（负极包覆材料用量提升）、黑猫股份（正极导电网络对导电剂要求提升）、天赐材料（LiFSI用量提升）等。
- ✓ 风险提示：快充车型销量不及预期、技术进步不及预期等。

■ 宁德时代发布“神行”4C超充电电池，实现平价超充

■ 材料端：快充带来电池材料的升级需求

■ 投资建议

■ 风险分析

1.1 宁德时代发布“神行”磷酸铁锂4C超充电电池，实现平价超充

- ✓ 2023年8月16日，宁德时代发布“神行”超充电电池新品发布会，是全球首款磷酸铁锂4c超充电电池。为了解决电动车用户群体从先锋用户走向大众用户，以及需求从续航里程转向补能效率，新产品的定位为实现普通大众的快速补能。
- ✓ 全球首款磷酸铁锂4c超充电电池，充电10min，神行800里（400km）。低温性能方面，-10℃下实现30分钟充电80%SOC；续航里程达到700km，实现超长续航。

图1：宁德时代“神行”超充电电池



资料来源：宁德时代快充新品发布会

1.2 材料、结构、体系全方位创新

- ✓ 材料、结构、体系全方位创新，实现4C超充。实现快充需要电池各材料环节共同技术创新，宁德时代通过超电子网正极、石墨快离子环、超高导电解液配方、超薄SEI膜、高孔隙率隔离膜等材料创新，共同为4C超充的实现打下基础。宁德时代4C超充电池计划2023年底量产，2024年一季度上市。

图2：宁德时代超快充技术

超电子网 充分纳米化的材料表面，搭建了四通八达的电子网络，使得阴极材料对充电信号的响应速度，和锂离子脱出速率得到大幅度提升。	快离子环 修饰多孔包覆层的阳极材料表面，提供丰富的锂离子交换所需要的活性位点，极大地提高锂离子电荷交换速度和锂离子的嵌入速率。	各向同性石墨 导入各向同性技术，使得锂离子可以从360度嵌入石墨通道中，实现充电速度的显著提升。	超导电解液 通过引入拥有超强运输能力的超导电解液，大幅提升锂离子在液相和界面的传输速度，实现电池充电速度的快速提升。
高孔隙隔膜 创新性采用高孔隙率隔离膜，能够有效降低锂离子的平均传输距离，使锂离子在阴阳极之间来去自如，大幅降低锂离子传输阻力。	多梯度极片 通过调控极片多孔结构的梯度分布，实现上层高孔隙率结构，下层高压实密度结构，完美兼顾高能量密度和超级快充双核心。	多极耳 开发多维空间极耳技术，极大提升极片的电流承受能力，突破500A直充时电芯温升过高的技术瓶颈。	阳极电位监控 通过对阳极电位的监控，实时调整充电电流，确保电池在最大充电速度的过程中不会析锂，从而能做到极限的充电速度。

资料来源：宁德时代官网
请务必参阅正文之后的重要声明

■ 宁德时代发布“神行”4C超充电池，实现平价超充

■ **材料端：快充带来电池材料的升级需求**

■ 投资建议

■ 风险分析

材料端：快充带来电池材料的升级需求

- ✓ 电池快充难点：平衡高能量密度和倍率性能，同时高倍率会带来更为严重的析锂副反应和产热效应，造成电池的安全性降低。通过改善负极、电解液、正极、隔膜等提高锂离子电池的快充循环性能。

图3：锂离子电池热失控机理图

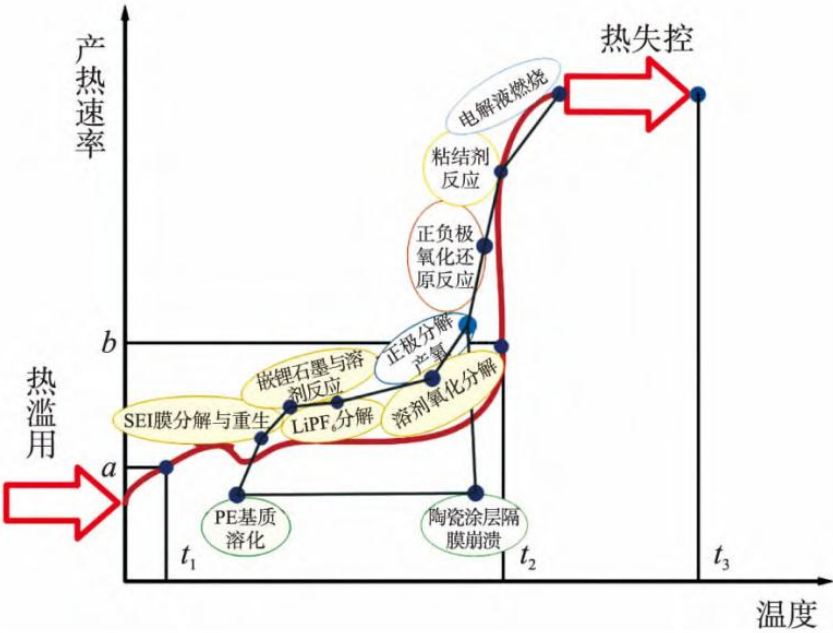
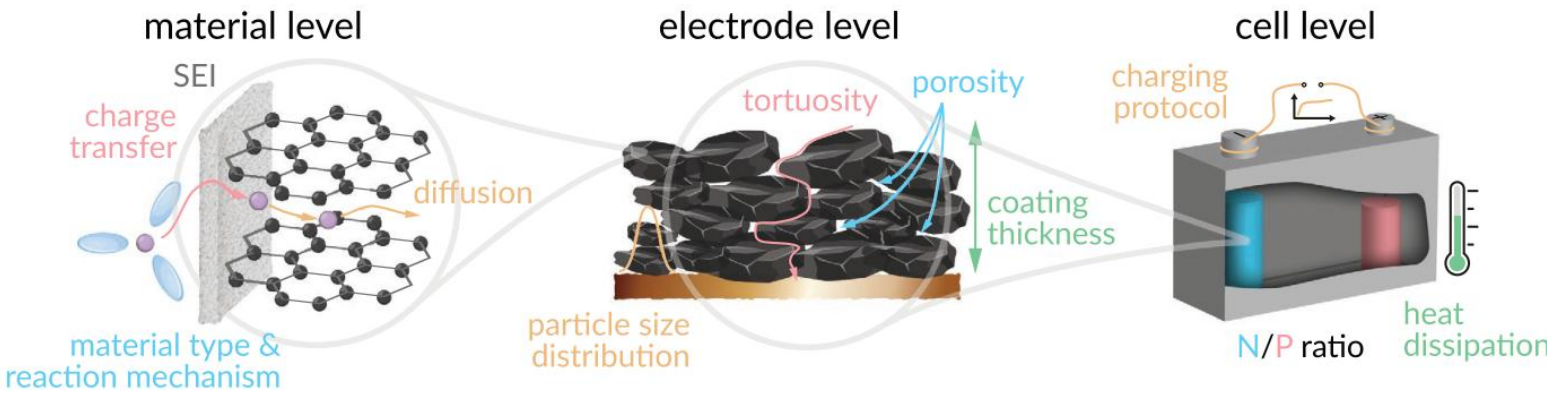


图4：不同尺度下锂离子电池快充的影响因素



资料来源：汤爱华等，《电动汽车用锂离子动力电池大功率快充方法研究》，2021，光大证券研究所整理

资料来源：Janek，《Fast Charging of Lithium-Ion Batteries: A Review of Materials Aspects》，2021，光大证券研究所整理

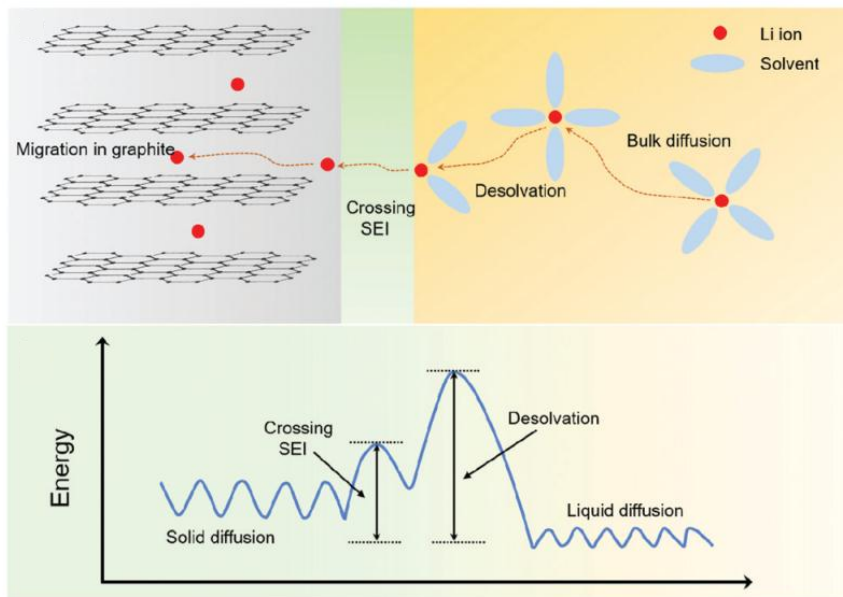
请务必参阅正文之后的重要声明

2.2 负极：快充关键破局点，包覆与梯度分层极片设计

❏ 负极：快充主要限制因素，表面析锂+体相扩散

- ✓ **负极为快充主要限制因素**。由于动力学条件相对较差，因此在快速充电的过程中容易发生**表面析锂**的反应，进而减少负极可供Li嵌入的有效面积，一方面降低电池容量、增加内阻、减少寿命，另一方面界面晶体生长，影响安全性。
- ✓ 石墨层状结构决定了锂离子必须从材料的端面嵌入，并逐渐扩散至颗粒内部，导致**扩散路径**较长，快充性能不佳。

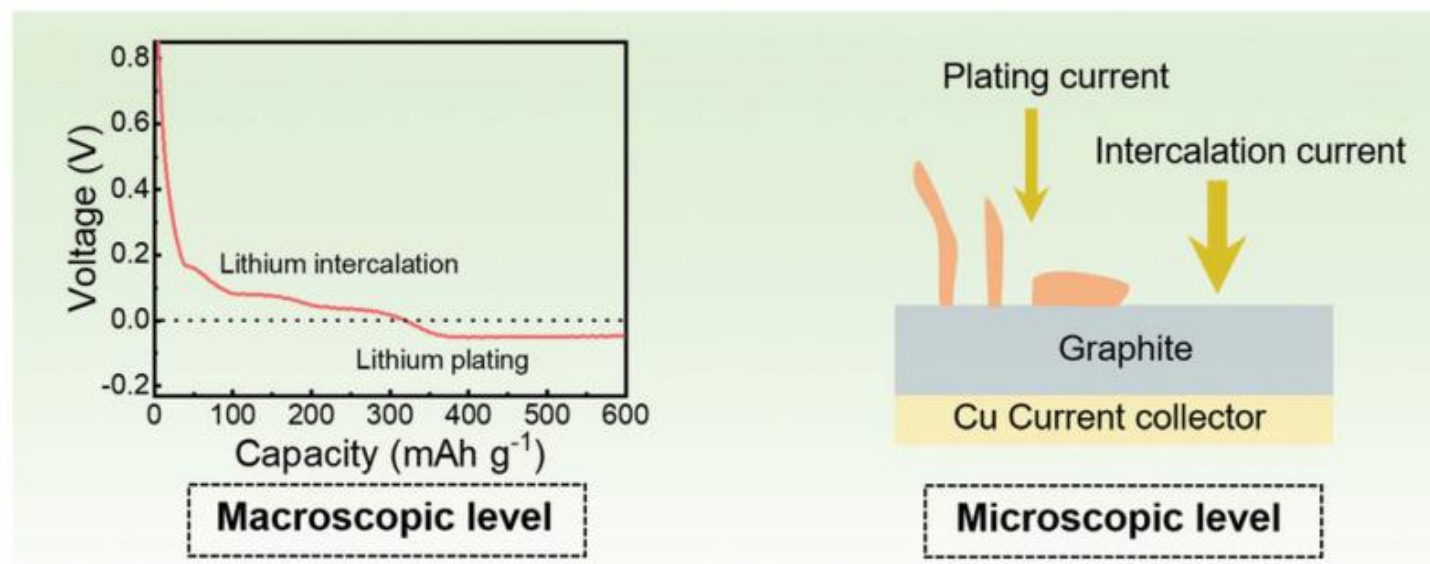
图5：锂离子电池负极充电机制



资料来源：Zhang, 《A review on energy chemistry of fast-charging anodes》，2020，光大证券研究所整理

请务必参阅正文之后的重要声明

图6：锂离子电池快充析锂的反应机制



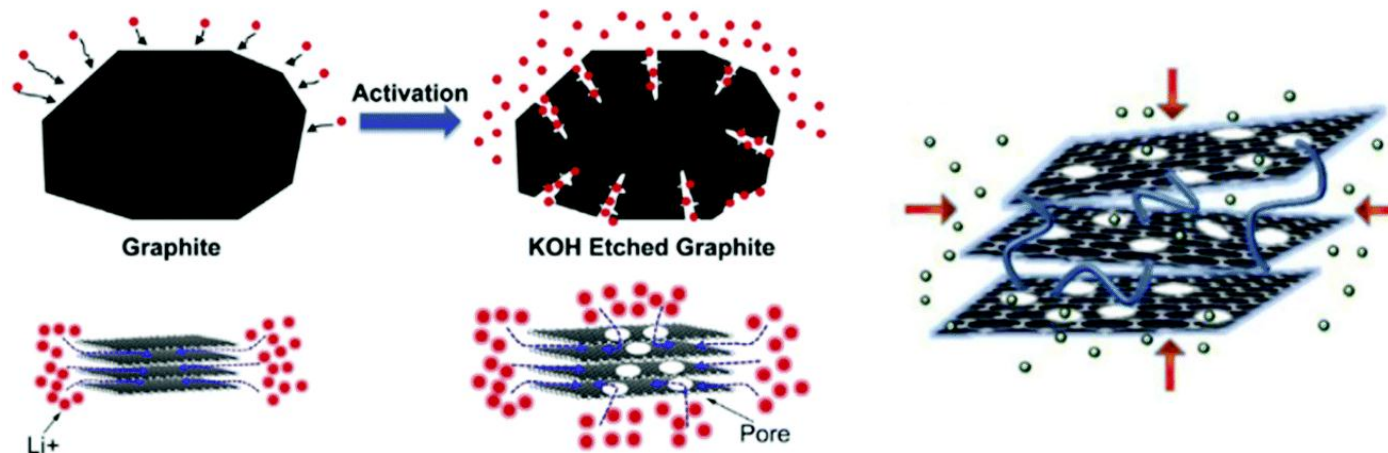
资料来源：Zhang, 《A review on energy chemistry of fast-charging anodes》，2020，光大证券研究所整理

2.2 负极：快充关键破局点，包覆与梯度分层极片设计

❏ 负极：包覆与梯度分层极片构建快离子环

- ✓ 从理论角度上来看，增强石墨的快充能力有以下两种策略：**强化单一相扩散**，指强化锂离子在石墨颗粒内部或在电解液中的扩散能力；**增强界面动力学**，指加速锂离子的去溶剂化，提高锂离子在固体电解质界面(SEI)膜的迁移能力。
- ✓ 宁德时代提出二代快离子环技术，对石墨表面改性（修饰多孔包覆层），为电流传导搭建高速公路。另外，多梯度分层极片设计，实现快充与续航的平衡。

图7：负极的表面改性策略：表面刻蚀（左）、通过碳纳米管增加扩散孔径（右）



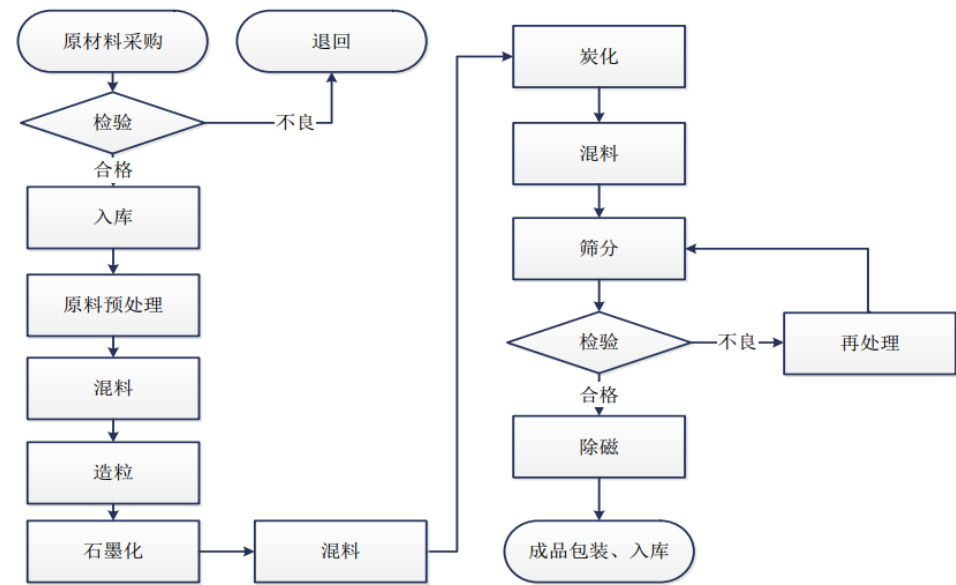
资料来源：Zhang, 《A review on energy chemistry of fast-charging anodes》，2020，光大证券研究所整理

2.2 负极：快充关键破局点，包覆与梯度分层极片设计

❏ 负极：造粒/二次造粒影响快充性能

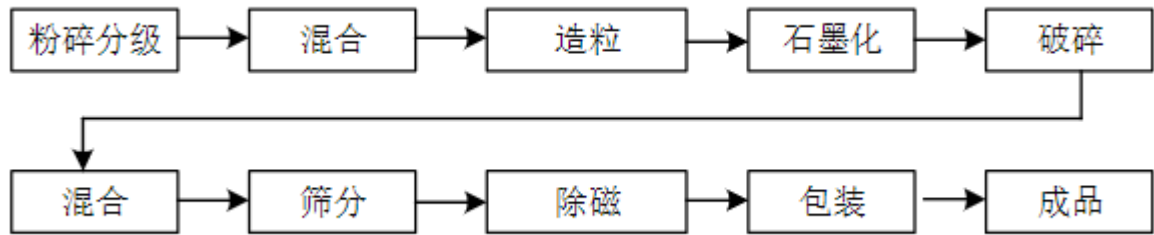
- ✓ 造粒影响石墨颗粒的大小、分布和形貌，从而影响倍率性能等。
- ✓ 小颗粒石油焦、针状焦通过二次造粒得到较大粒度产品，与同粒度产品相比，能有效缩短锂离子的扩散路径，提高倍率性能，同时也能提高材料的高低温性能和循环性能。

图8：人造石墨负极生产工艺流程图



资料来源：璞泰来招股说明书，光大证券研究所

图9：人造石墨负极生产工艺流程图



资料来源：贝特瑞招股说明书，光大证券研究所

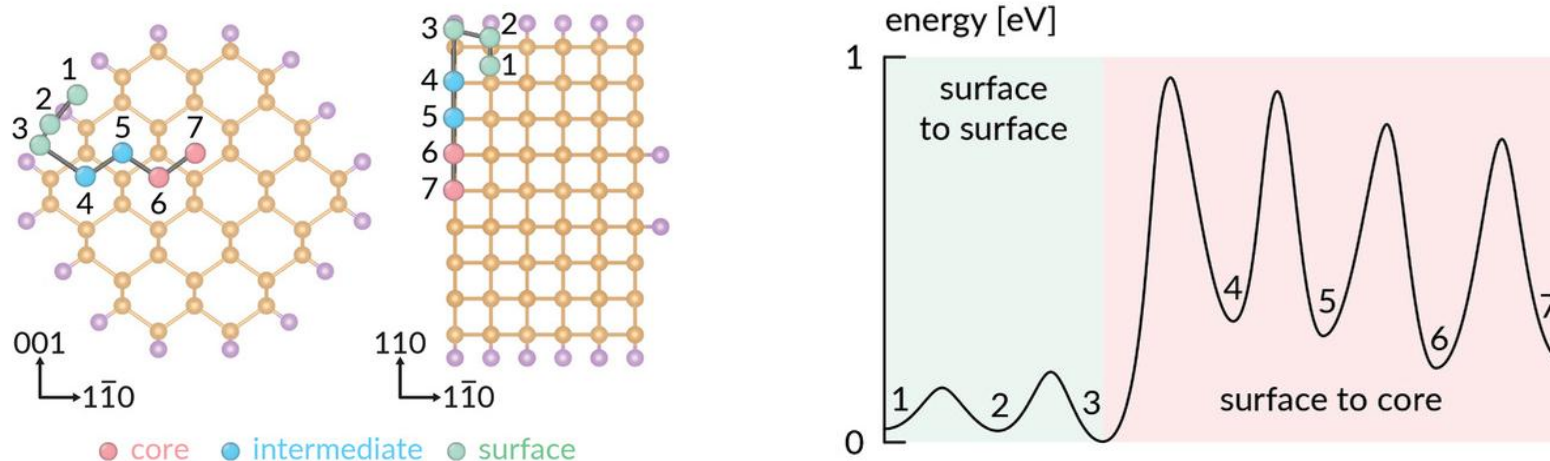
请务必参阅正文之后的重要声明

2.2 负极：快充关键破局点，包覆与梯度分层极片设计

❏ 负极：硅负极是面向快充的更好选择

- ✓ 硅负极可从各个方向提供锂离子嵌入和脱出的通道，而石墨只能从层状端面方向提供，因此硅负极是面向快充的更好选择。
- ✓ 硅碳复合 (Si-CNTs) 提供了解决硅负极体积膨胀、电子传输缓慢问题的有效途径；与纯硅相比，硅碳复合增加了负极的快充能力。然而，复合材料的使用仍然受到能量密度和高制造成本的阻碍。
- ✓ 钛酸锂、锂铌钨氧化物的掺杂同样可以在一定程度上实现快充性能的提高。

图10：Si[110] 纳米线中锂离子的扩散路径和相应的势垒



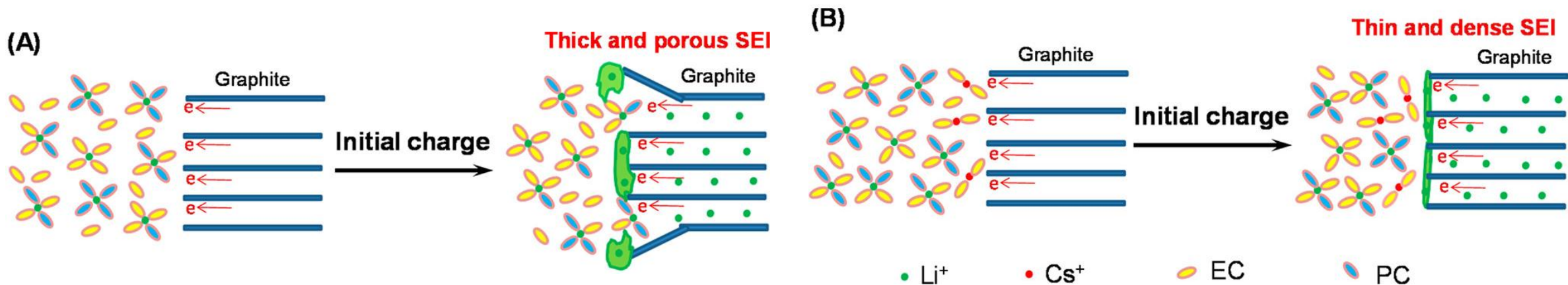
资料来源：Janek, 《Fast Charging of Lithium-Ion Batteries: A Review of Materials Aspects》，Advanced Energy Materials, 2021；光大证券研究所整理

2.3 电解液：溶剂化的调控、高导率的追求

电解液：溶剂化结构调控抑制共嵌

- ✓ 对石墨负极而言，在常规的低浓度电解液中，锂离子被大量溶剂溶解，形成锂离子溶剂化鞘层。当锂离子嵌入石墨阳极时，溶剂分子在石墨的夹层中发生共嵌入。调节锂离子的溶剂化结构，有效抑制溶剂分子共嵌入，是提高石墨的快充性能的一种有效策略。
- ✓ 2023年7月“2023中国汽车论坛第五届全球汽车技术发展领袖峰会”上，宁德时代首席科学家吴凯称，电解液在降低粘度方面取得了突破，重点攻克了导电率，并且研发了一些新的添加剂。

图11：调节溶剂化结构以抑制溶剂分子共嵌入的示意图



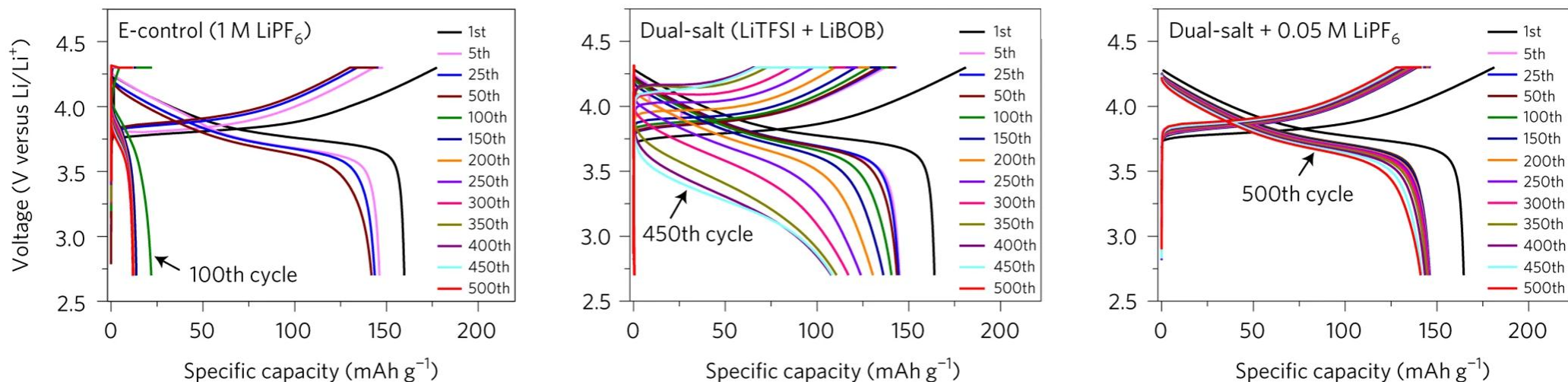
资料来源：Xu, 《The Role of Cesium Cation in Controlling Interphasial Chemistry on Graphite Anode in Propylene Carbonate-Rich Electrolytes》, 2015, 光大证券研究所整理

2.3 电解液：溶剂化的调控、高导率的追求

电解液：高电导率锂盐利于快充

- ✓ 在以酯类有机物为溶剂(碳酸乙烯酯/碳酸甲乙酯)(EC/EMC)的常规电解液中，含双氟磺酰亚胺锂盐(LiFSI)的电解液具有比其他锂盐($\text{LiFSI} > \text{LiPF}_6 > \text{LiTFSI} > \text{LiClO}_4 > \text{LiBF}_4$)电解液更高的电导率，因此利于快充。
- ✓ 得益于不同锂盐间的协同效应，采用锂盐混合物作为电解质也能改善石墨的快充能力。例如，在 LiPF_6 基电解液中添加少量双草酸硼酸锂(LiBOB)，可以建立更为稳定的SEI膜，从而极大改善石墨负极的倍率性能和循环稳定性。

图12：不同锂盐体系对电池充放电曲线的影响 (1C)

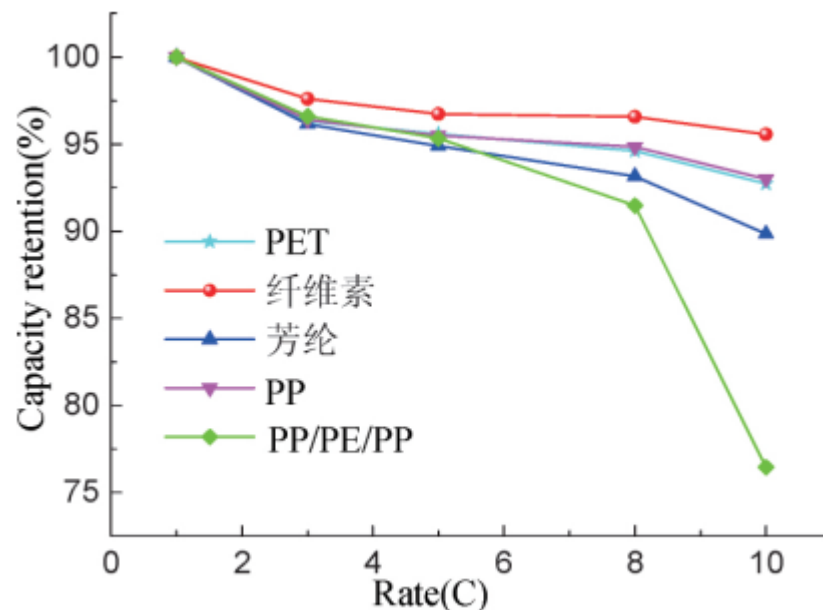


资料来源：Xu, 《Electrolyte additive enabled fast charging and stable cycling lithium metal batteries》，Nature Energy, 2017；光大证券研究所整理

隔膜：高孔隙度隔膜

- ✓ 隔膜性能直接影响锂离子扩散速度、电解液的保持性、体系内阻和界面结构的组成，从而对电池快充性能产生影响。
- ✓ 宁德时代为实现4C快充，在隔膜端改善隔离膜高孔隙率、低迂曲度孔道、锂离子液相传输速率。

图13：不同隔膜组装的锂离子电池的倍率性能



资料来源：吴明霞等，《不同隔膜对快充型三元锂离子电池性能的影响》，2019；
光大证券研究所整理

图14：宁德时代高孔隙率隔离膜



资料来源：宁德时代快充新品发布会

2.5 正极：导电网络构建是核心

- 正极：磷酸铁锂导电性较差，快充易发热
- ✓

磷酸铁锂导电性较差，构建超电子网络是核心。2023年8月16日，宁德时代“神行”超充电电池发布会强调为磷酸铁锂正极搭建超电子网，提高锂离子脱出效率。
- ✓

电池BMS与热管理要求提升：2018年电动汽车大功率充电试点专题研讨会上，宁德时代展示了自加热技术通过BMS电池管理系统识别电池状态，拟定速热控制策略，能使电池温度在15分钟内从-20℃提升到10℃，充电能力提高5倍，放电能力提高7倍。

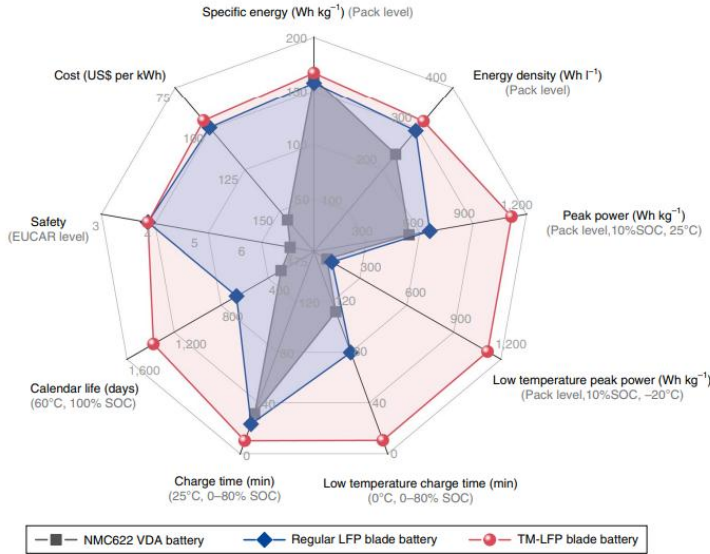
图15：宁德时代超电子网正极技术



资料来源：宁德时代快充新品发布会

请务必参阅正文之后的重要声明

图16：通过对磷酸铁锂电池自加热可提升全方位性能



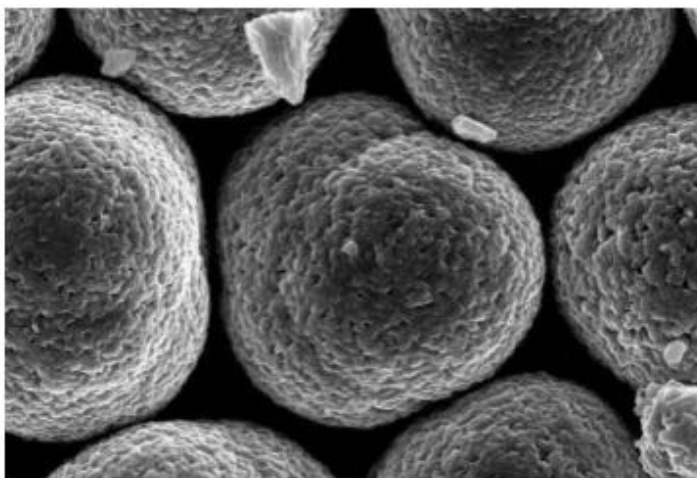
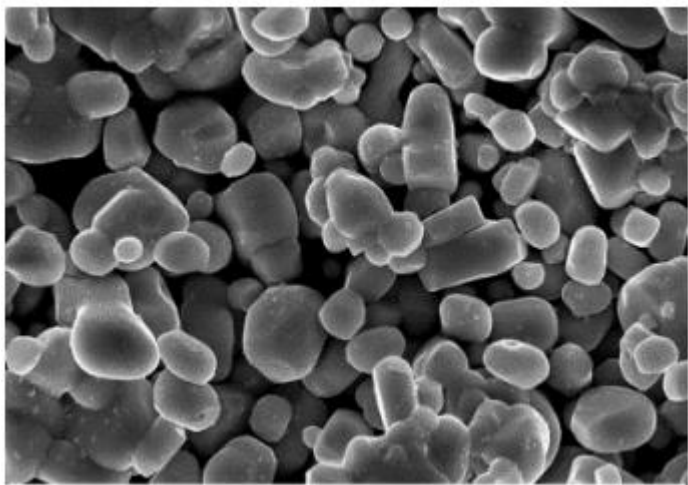
资料来源：Chao-Yang Wang, 《Thermally modulated lithium iron phosphate batteries for mass-market electric vehicles》，2021，光大证券研究所整理

2.5 正极：导电网络构建是核心

☐ 正极：单晶不利，多晶占优；高镍不利，低镍占优

- ✓ 三元材料中，正极的镍含量越高，在循环过程中越容易出现体积膨张的现象，其颗粒粒径会随着循环逐渐增大，而快充性能与正极颗粒粒径直接相关，因此高镍的结构稳定性不足以支撑其快充。
- ✓ 多晶的快充性能相较单晶会更好。单晶的烧制温度高，颗粒粒径大，多晶的一次颗粒粒径小于单晶，因此快充性能更好。

图17：一次颗粒大单晶正极和二次颗粒团聚正极的形貌

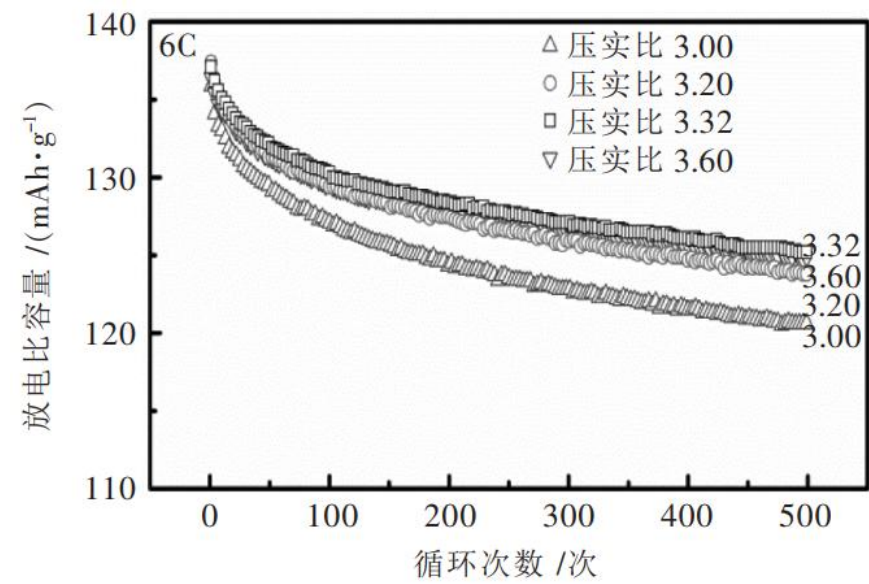


资料来源：振华新材招股说明书

正极：面密度/压实密度影响快充性能

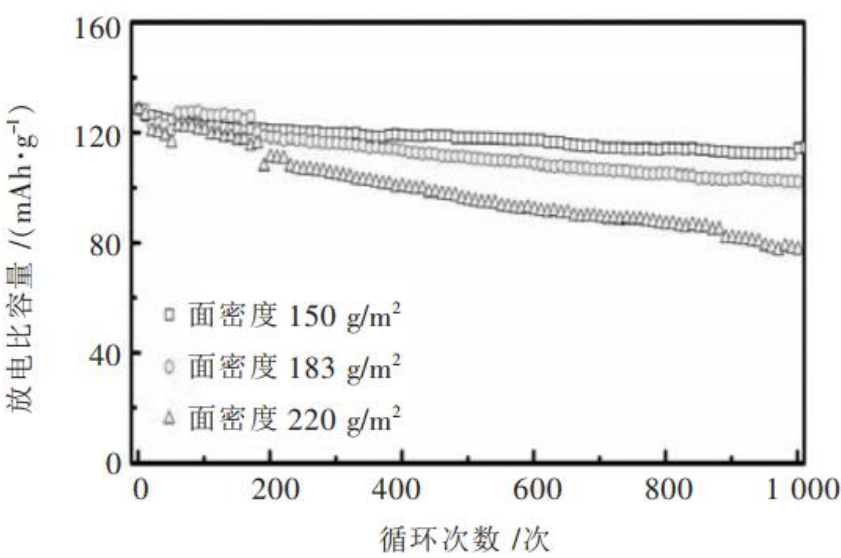
- ✓ 面密度和压实密度的差异影响锂离子传输途径，使得正极极片的电阻不同，从而影响到锂离子电池在大电流充电下的性能。
- ✓ 压实密度越小，在充放电循环中电池内阻增加较大，随着压实密度增加，电池初始电阻越小，大电流充电后电池内阻增加较小；但压实过大时，材料对电解液的浸润能力较弱，接触内阻增大，反而产生了负面影响。

图18：不同压实密度的 LCO 电池循环曲线（6 C 充电，1 C 放电）



资料来源：彭弯弯等，《面密度和压实密度对锂离子电池快充性能的影响》，有色金属科学与工程，2017；光大证券研究所整理

图19：不同面密度的 LCO 电池循环曲线（6 C 充电，1 C 放电）



资料来源：彭弯弯等，《面密度和压实密度对锂离子电池快充性能的影响》，有色金属科学与工程，2017；光大证券研究所整理

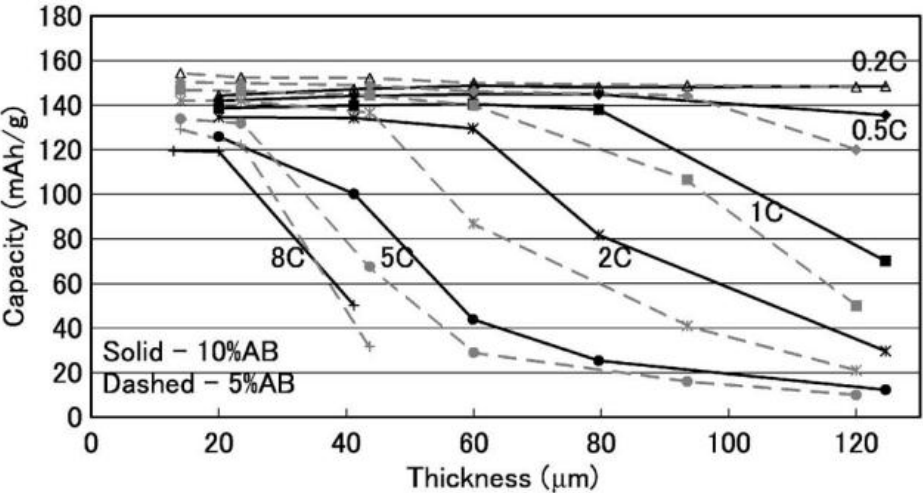
请务必参阅正文之后的重要声明

2.5 正极：导电网络构建是核心

☐ 正极：快充影响导电剂含量/种类的选择

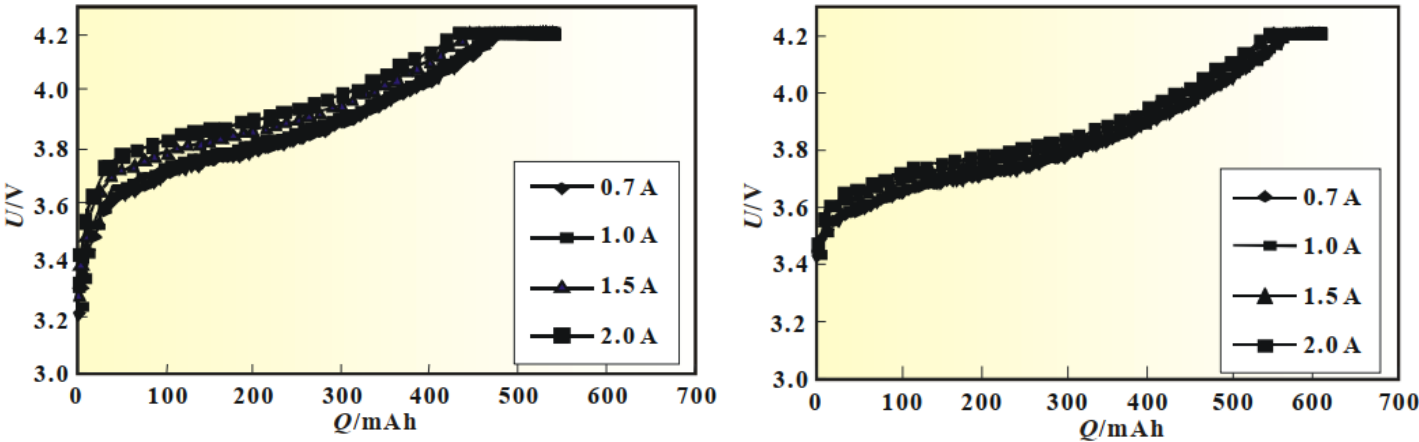
- ✓ 正极导电剂含量是影响电池高倍率放电性能的关键因素之一。正极中导电剂含量不足，大倍率放电时电子不能及时有效地转移，活性物质之间极化内阻迅速增大，致使电池的电压迅速下降至放电截止电压。
- ✓ 电池快充或要求更高含量的正极导电剂或更完整的导电网络（可选择碳纳米管构筑）。

图20：正极中添加不同含量乙炔黑导电剂的电池性能对比



资料来源：Fujitani, 《Effect of Electrode Parameters on LiFePO₄ Cathodes》, 2006；光大证券研究所整理

图21：正极中添加2%（左）和4%（右）导电剂的电池不同电流下的充电曲线



资料来源：刘小虹, 《锂离子电池快速充电及高倍率放电性能》, 2017；光大证券研究所整理

■ 宁德时代发布“神行”4C超充电池，实现平价超充

■ 材料端：快充带来电池材料的升级需求

■ **投资建议**

■ 风险分析

- ✓ **高压快充需要电池-车-桩-网端协同升级，快充电池渗透率有望快速提升。**我们认为，电池超充快充技术虽具备技术基础，但过去一直作为高端车型的选配，宁德此次发布会的意义更在于使得4C超快充电池成为搭载在普通车型上的标配产品。
- ✓ 在快充材料和电芯设计的基础上，叠加麒麟电池系统优秀的热管理性能，再辅以先进的仿真模拟和电位监控能力，有望实现4C的快充性能，并且兼顾硬件成本优势，实现快充电池的全面普及。
- ✓ 高压快充作为解决当前消费者补能焦虑的技术趋势，电池及材料端的落地是第一步，渗透率有望首先看到提升，后续充电桩端大功率化、车端800V高压化将是下一阶段重点。
- ✓ **建议关注：信德新材**（负极包覆材料用量提升）、**黑猫股份**（正极导电网络对导电剂要求提升）、**天赐材料**（LiFSI用量提升）等。

■ 宁德时代发布“神行”4C超充电池，实现平价超充

■ 材料端：快充带来电池材料的升级需求

■ 投资建议

■ 风险分析

- ❑ **下游需求不及预期：** 若产业政策发生重大不利变化、新能源车消费政策支持力度不及预期，可能导致新能源汽车市场需求不及预期。
- ❑ **产品价格持续下降：** 现有动力电池及其材料企业纷纷扩充产能，市场竞争日益激烈，市场可能出现结构性、阶段性的产能过剩，导致产品价格持续下降。
- ❑ **技术进步不及预期：** 高压快充方案需要整个电动车及配套电气系统的全面升级，如果部分零部件技术升级不及预期，可能导致推广不及预期。

衷心 感谢

光大证券研究所



电新环保研究团队

殷中枢（首席分析师）

📄 执业证书编号：S0930518040004
☎ 电话：010-58452063
✉ 邮件：yinzs@ebscn.com

黄帅斌

📄 执业证书编号：S0930520080005
☎ 电话：0755-2391535
✉ 邮件：huangshuaibin@ebscn.com

和霖

📄 执业证书编号：S0930523070006
☎ 电话：021-52523853
✉ 邮件：helin@ebscn.com

郝骞

📄 执业证书编号：S0930520050001
☎ 电话：021-52523827
✉ 邮件：haoqian@ebscn.com

陈无忌

📄 执业证书编号：S0930522070001
☎ 电话：021-52523693
✉ 邮件：chenwuji@ebscn.com

吕昊（联系人）

☎ 电话：021-52523817
✉ 邮件：lvhao@ebscn.com

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不曾与、不与、也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

行业及公司评级体系

买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至15%；
卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；
无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。
基准指数说明：A股市场基准为沪深300指数；香港市场基准为恒生指数；美国市场基准为纳斯达克综合指数或标普500指数。

特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）成立于1996年，是中国证监会批准的首批三家创新试点证券公司之一，也是世界500强企业——中国光大集团股份公司的核心金融服务平台之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。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。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。