

半固态装车元年已至，下一代电池技术蕴藏机遇

——新技术系列报告（二）

核心观点

- 固态电池进展超预期，半固态率先落地加速装车。**固态电池相较传统液态电池在能量密度和安全性方面的优势明显，被认为是最具潜力的下一代电池技术之一。但由于其技术尚不成熟、成本依旧高昂，业界普遍认为商业化应用的时间节点远在 2030 年。但 2022 年以来，国内企业以半固态方案作为过渡的中间路线，率先实现装车应用进入产业化阶段。随着装车车型增多，半固态电池应用规模扩大，经济性有望提升，带动产业链同步发展，或将加速向全固态电池最终形态的进化过程。
- 材料体系全面优化，电解质开辟新赛道。**电解质为固态电池关键创新点，三大技术路线各有优劣：硫化物离子电导率最高，远期发展潜力大，但稳定性差、成本高昂；氧化物电导率适中而稳定性好，研发验证进展较快；聚合物电导率受限，但应用难度小成半固态方案短期之选。固态电池正负极材料向高性能方向迭代，有望打开高镍三元、硅基负极的应用空间，长期来看锂金属负极和镍锰酸锂、富锂锰基等新型正极材料具备较好前景。
- 国内外公司积极布局，把握新技术机遇。**当前国内外涉足固态电池的企业较多，车企、研发机构、包含众多初创企业在内的电池企业及中游材料企业均投入新技术研发布局。工艺技术的创新和材料体系的变化，为全产业链带来新的机会。分环节来看，国内自主品牌及新势力车企半固态装车走在最前列，配套电池厂整体产能规划已进入百 GWh 量级，电解质材料的开发和量产进度则相对滞后，高镍三元正极国内已具备成熟量产能力，而硅基负极规模尚小有待放量。

投资建议与投资标的

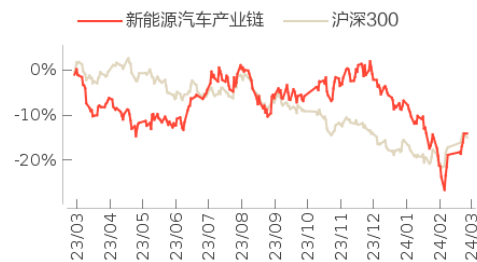
- 固态电池被认为是解决锂电池安全问题以及提升能量密度的理想方案，作为下一代电池技术路线获产业重点布局。2022 年以来，固态电池的研发和产业化取得了明显的进展，尤其是国内企业在半固态电池领域的技术进步和成本降低均大幅超预期，以卫蓝新能源和赣锋锂电等为代表的半固态电池在 2023 年实现量产装车，标志着半固态电池已经进入产业化元年。随着电池企业的产能规划落地和更多车企车型的装车应用，固态电池的产业化进程有望加快。建议关注布局半固态的电池企业 宁德时代(300750, 未评级)、亿纬锂能(300014, 未评级)、赣锋锂业(002460, 未评级)等。
- 与液态锂离子电池相比，固态电池在材料端的核心变量为固态电解质，并有望提升高性能正负极材料和软包封装的渗透率。建议关注在相关材料上布局深入进度领先的企业：电解质上海洗霸(603200, 未评级)、金龙羽(002882, 未评级)，正负极材料容百科技(688005, 未评级)、当升科技(300073, 买入)、贝特瑞(835185, 未评级)、璞泰来(603659, 未评级)、天齐锂业(002466, 未评级)、赣锋锂业(002460, 未评级)、杉杉股份(600884, 未评级)，铝塑膜新纶新材(002341, 未评级)、明冠新材(688560, 未评级)。

风险提示

- 固态电池产业化进度不及预期、技术路线革新风险、原材料价格波动的风险

行业评级 看好（维持）

国家/地区 中国
行业 新能源汽车产业链行业
报告发布日期 2024 年 02 月 27 日



证券分析师

卢日鑫 021-63325888*6118
lurixin@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860515100003
李梦强 limengqiang@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860517100003
林煜 linyu1@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860521080002

联系人

杨雨浓 yangyunong@orientsec.com.cn
朱洪羽 zhuhongyu@orientsec.com.cn

相关报告

磷酸锰铁锂：正极材料性价比优选，规模化放量在即：——新技术系列报告（一） 2023-07-31

目录

固态电池：提升能量密度，解决安全问题的理想电池方案	5
优势：高安全性与高能量密度	6
挑战：生产成本尚高，技术难点犹存	8
固态电池材料与工艺的变与不变	10
电解质：核心变量，关注路线之争	10
正负极：突破限制，性能边界拓宽	12
制造工艺：部分环节可兼容，长期降本需革新	14
产业化进展与公司梳理	17
半固态电池：率先商业化的过渡方案	17
公司梳理：产业链齐发力，把握新技术机遇	19
投资建议	24
风险提示	25

图表目录

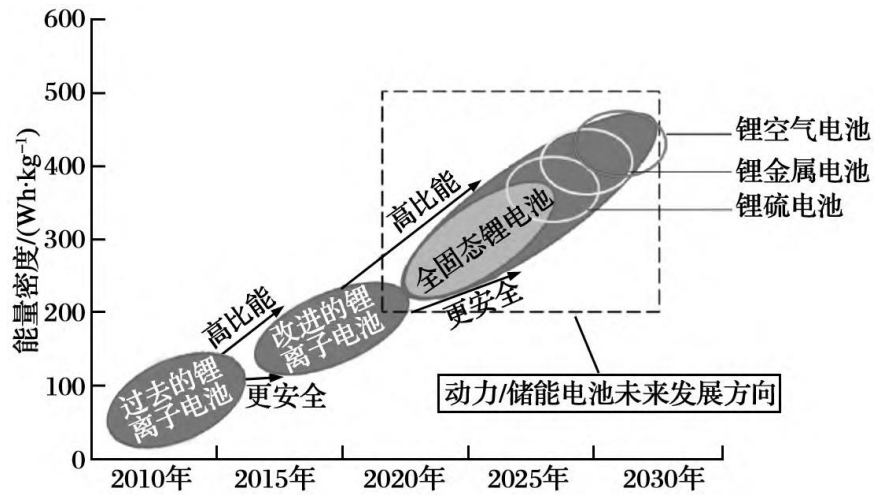
图 1：动力电池技术发展趋势	5
图 2：液态电池与固态电池内部结构对比	5
图 3：固态电池技术发展路径	5
图 4：传统锂离子电池体系存在能量密度上限	6
图 5：使用锂金属负极的固态电池	7
图 6：内外串联电池结构对比	7
图 7：固态电池界面问题	8
图 8：全球固态电池企业技术路线	10
图 9：固态电解质对比	12
图 10：固态电解质制造工艺	15
图 11：液态锂离子电池与固态电池工艺路线对比	15
图 12：固态电池技术路线图	16
图 13：2000-2019 年固态电池跨国专利申请数量	20
图 14：丰田推出固态电池可在 10 分钟内完成快速充电	20
表 1：锂离子电池各种放热反应的温度区间与反应焓	6
表 2：不同固态电解质所含金属成本价对比	8
表 3：固态电池和液态电池成本对比	9
表 4：氧化物电解质对比	11
表 5：硫化物电解质对比	11
表 6：聚合物电解质组分构成	11
表 7：不同正极材料性能对比	13
表 8：产业链公司高性能正极材料布局情况（截至 2023 年底）	13
表 9：不同负极材料性能对比	14
表 10：产业链公司高性能负极材料布局情况（截至 2023 年底）	14
表 11：不同电池封装形式优缺点及其与固态电池的适配度	16
表 12：主要企业半固态电池布局	17
表 13：半固态电池装车进展	18
表 14：半固态与液态锂电池主要材料与工艺选择差异	18
表 15：全球主要车企固态电池战略规划	19
表 16：日本企业固态电池布局	20
表 17：韩国企业固态电池布局	20
表 18：美国企业固态电池布局	21
表 19：国内企业固态电池布局	21

表 20：固态电池电解质相关公司.....	22
表 21：不同电解质所含稀有金属及相关企业.....	23
表 22：软包电池封装铝塑膜相关企业.....	23

固态电池：提升能量密度，解决安全问题的理想电池方案

锂离子电池性能触及天花板，需求升级驱动技术迭代。随着电动车渗透率不断提升，人们对电池安全性和续航里程的要求越来越高。液态锂离子电池作为动力电池主流技术路线，一方面，液态电解质中有机溶剂的易燃性和高腐蚀性、充放电过程中无法避免的锂枝晶问题，引发人们对电池安全性的焦虑；另一方面，液态电池能量密度已逼近材料体系制约下的天花板，向上迭代空间受限。在现阶段同质化产能过剩严重的情况下，摆脱成本导向，探索新技术、寻求安全与性能的突破，成为动力电池产业新的进化之路。

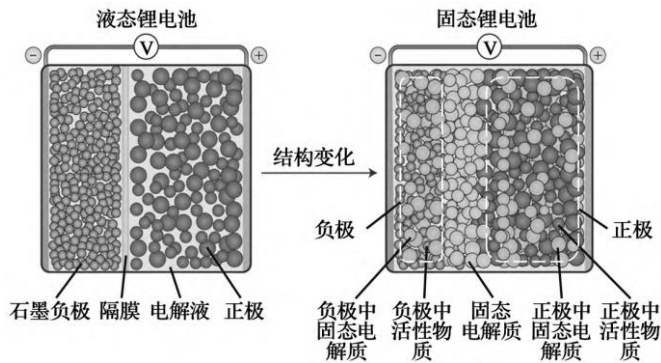
图 1：动力电池技术发展趋势



数据来源：许晓雄等《全固态锂电池技术的研究现状与展望》，东方证券研究所

固态电池或为当前最具潜力的电池技术发展方向。根据液态电解质在电池中的质量百分比含量，可将锂电池分为液态电池、半固态电池、准固态电池和全固态电池，其中半固态、准固态和全固态 3 种统称为固态电池。固态电池与液态电池遵循相同的充放电原理，并以固态电解质取代了液态电池中的液态电解质和隔膜，杜绝了易燃漏液的安全隐患，同时显著提升了电池能量密度，成为学术界、产业界的重点研究方向。

图 2：液态电池与固态电池内部结构对比



数据来源：JANEK J 等《A solid future for battery development》，东方证券研究所

图 3：固态电池技术发展路径



数据来源：德勤白皮书，东方证券研究所

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

优势：高安全性与高能量密度

固态电池可从本质上解决锂离子电池的主要安全隐患。传统锂离子电池可能发生自燃、爆炸等安全事故，其根源来自于易燃易挥发的有机电解液。过度充电、内部短路均会造成热失控，电解液在高温下被点燃，最终导致电池起火或者爆炸。此外，电解液腐蚀、挥发、漏液也都可能为电池体系带来严重的安全隐患。而固态电解质本身不可燃、耐高温、无腐蚀、不挥发，机械强度、热稳定性和电化学稳定性均好于传统电解液，从根本上提高了电池的安全等级。

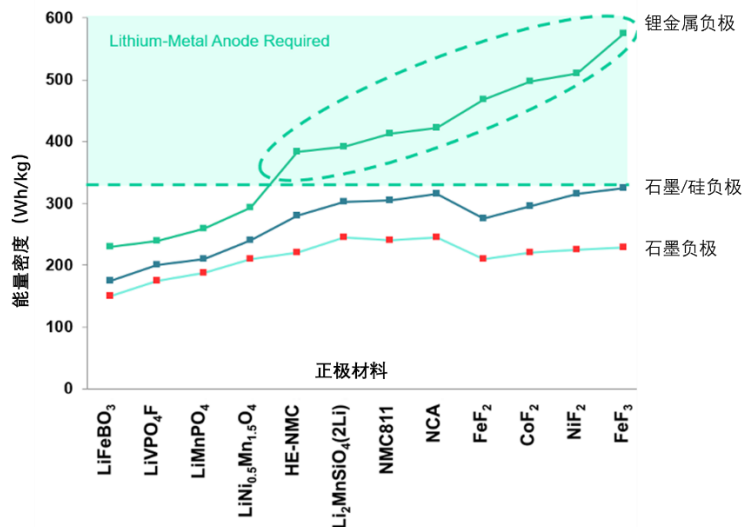
表 1：锂离子电池各种放热反应的温度区间与反应焓

反应	温度区间/°C	反应焓/(J/g)
SEI 膜分解	100~130	186~257
LiC ₆ /溶剂	110~290	1460~1714
LiC ₆ /PVDF	220~400	1100~1500
Li _x CoO ₂ 分解	178~250	146
Li _x Ni _{0.8} Co _{0.2} O ₂ 分解	175~340	115
Li _x CoO ₂ /溶剂	167~300	381~625
Mn ₂ O ₄ /溶剂	200~400	350~450
Li _x Ni _{0.8} Co _{0.2} O ₂ /溶剂	180~230	600~1256
电解质分解	225~300	155~285

数据来源：旺材锂电，东方证券研究所

材料体系和电池结构全面优化，能量密度大幅提升。提高能量密度是电池技术迭代升级的首要目标之一，主要通过两种途径实现：1) 使用容量更高、电势差更大的正负极材料；2) 提高电池中活性材料的比例。在液态锂离子电池中，途径一主要对应高镍三元、硅碳负极等高性能材料的应用，但电解液的电压窗口直接限制了正极材料的可选范围。途径二可通过改良电池封装工艺、减小集流体厚度、增大电池尺寸等手段实现，但随着行业的快速发展，封装优化、集流体减重取得的边际效果已经微乎其微，电池尺寸继续增大也受到热管理问题的制约。而固态电池则破除了传统锂离子电池所面临的种种限制，从而实现能量密度的跃升：

图 4：传统锂离子电池体系存在能量密度上限

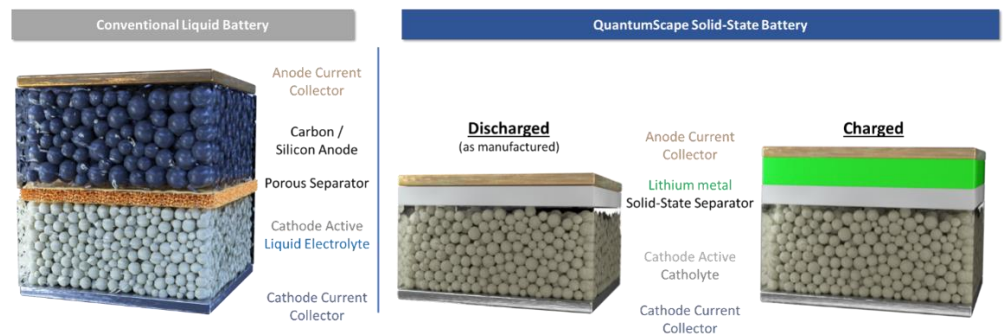


数据来源：Quantum Scape，东方证券研究所

1) **固态电池可适配高电压正极材料。**相较于传统电解液，固态电解质的电化学窗口提高至 5V，同时对于液态电池里界面反应严重的材料体系，比如高镍正极、有锰溶出问题的含锰化合物、高电压正极材料兼容性更好，打开能量密度天花板。

2) **固态电解质良好的机械性能为锂金属负极的使用提供可能。**锂金属作为负极，理论容量 3860 mAh/g，约为石墨的 10 倍，从容量角度而言是最理想的负极形态。但锂金属稳定性差，传统液态锂电池若采用金属锂负极，在循环过程中会产生锂枝晶刺穿隔膜，导致电池内部短路，影响安全性和循环稳定性。而固态电解质具有良好的机械性能，能够有效抑制锂枝晶的形成，兼容锂金属负极，可实现能量密度的跃升。

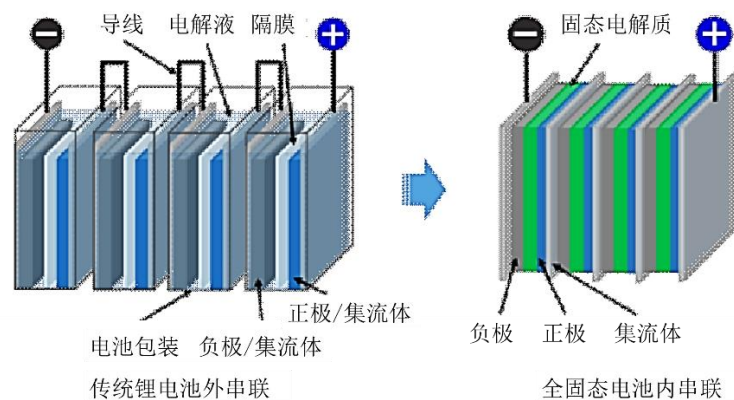
图 5：使用锂金属负极的固态电池



数据来源：Quantum Scape，东方证券研究所

3) **Pack 设计简化，系统重量减轻。**固态电解质集电解液与隔膜功能于一身，若叠加锂金属负极的使用，将大幅缩短极片之间的距离；单体电芯间可以串联叠加、致密堆积以实现升压效果，从而提高制造效率，减小封装尺寸，提升体积能量密度。此外，由于固态电解质出色的耐热性，固态电池对系统热管理的需求减少，进一步减轻系统重量。

图 6：内外串联电池结构对比

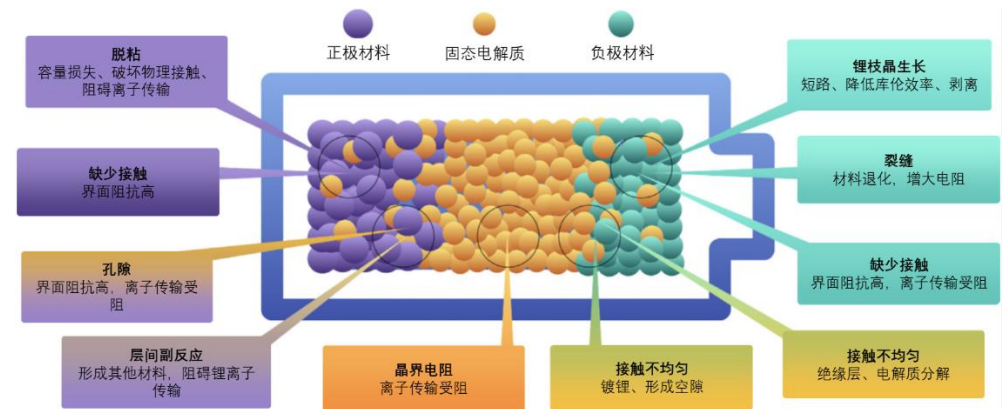


数据来源：张卓然等《硫化物全固态电池的研究及应用》，东方证券研究所

挑战：生产成本尚高，技术难点犹存

固-固界面问题是产业化痛点，影响倍率与循环性能。电解质的功能在于为锂离子在正负极之间传输搭建通道，决定锂离子传输顺畅情况的指标被称为离子电导率。在电极与电解质界面上，传统液态电解质与正、负极的接触方式为液-固接触，界面润湿性良好，界面之间不会产生大的电阻，而固态电解质与正负极之间以固-固界面接触，接触面积小，紧密性较差，离子电导率通常比液态电解质低两个数量级。这一特性导致了电池的快充性能受限。由于固-固界面是刚性接触，对电极材料体积变化更为敏感，充放电过程中应力堆积也会导致电化学性能衰减，影响电池的循环稳定性。如何兼顾电导率、减少副反应、降低阻抗仍是目前产业仍在攻克的方向。

图 7：固态电池界面问题



数据来源：Zahra Moradi 等《Review on current state, challenges, and potential solutions in solid-state batteries research》，东方证券研究所

产业链尚不成熟，成本高昂。固态电池体系通常选用高性能正负极材料，材料本身尚未真正实现规模化商用，价格高于传统电极材料；而核心材料固态电解质技术路线尚不明确，生产过程更为复杂，部分涉及高价稀有金属，原材料成本即远高于液态电池。在制造方面，量产工艺开发更滞后于材料体系，部分电解质体系对于生产环境要求严苛，进一步抬高制造成本。

表 2：不同固态电解质所含金属成本价对比

电解质	化学式	金属价格 (万元/吨)	金属					
			锂	锆	锗	镧	钛	铝
LLZO	$\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$	5.3	3.3	1.8		0.2		
LLTO	$\text{Li}_{0.33}\text{La}_{0.56}\text{TiO}_3$	1.6	0.7			0.2	0.6	
LATP	$\text{Li}_{1.4}\text{Al}_{0.4}\text{Ti}_{1.6}(\text{PO}_4)_3$	2.1	1.5				0.5	0.2
LAGP	$\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$	264.9	1.4		263.4			
LGPS	$\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$	131.5	6.8		124.8			

数据来源：Wind，东方证券研究所

注：金属价格据 2024 年 1 月 19 日市场价进行测算

表 3：固态电池和液态电池成本对比

(\$/KWh)	液态锂电池		固态电池	
	石墨负极 (LIB)	硅碳负极 (LIB)	石墨负极 (SLIB)	锂负极 (SLMB)
电池材料成本	93.2	83.2	137.9	86.5
电池生产成本	25.5	24	20.9	15.5
电池总成本	118.7	107.2	158.8	102

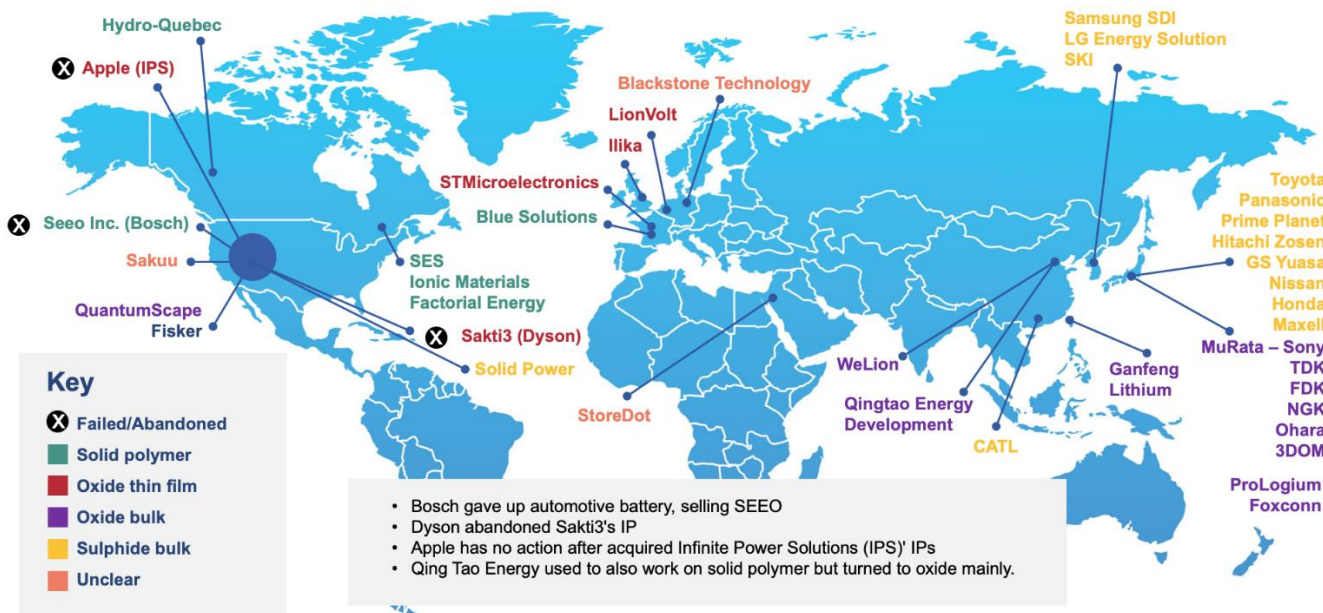
数据来源：Joscha Schnell 等《Solid versus liquid—a bottom-up calculation model to analyze the manufacturing cost of future high-energy batteries》，东方证券研究所

固态电池材料与工艺的变与不变

电解质：核心变量，关注路线之争

固态电解质三大路线获重点布局。固态电解质的设计开发，是固态电池技术发展的关键。理想的电解质材料应具备高离子电导率（ $> 10^{-3}$ S/cm）、宽电化学窗口、对正负极材料均具有良好的化学和机械稳定性等。目前主流的固态电解质路线主要分为聚合物、氧化物以及硫化物三类，不同的固态电解质性能各有优劣，技术路线尚未有定论。硫化物体系较多为日本和韩国企业所选择，如丰田带头推进硫化物全固态电池量产，而国内和欧美企业大多倾向选择氧化物电解质路线。

图 8：全球固态电池企业技术路线



数据来源：IDTechEx，东方证券研究所

氧化物电导率适中而稳定性好，受国内企业青睐。氧化物电解质的离子电导率一般在 10^{-6} ~ 10^{-3} S/cm，致密的形貌使其具有更高的机械强度，在空气中稳定性好，耐受高电压。而形变能力和柔性差，需要高温烧结，是其面临的主要挑战。

氧化物固态电解质按照形态可分为晶态和非晶态电解质。晶态氧化物电解质空气和热稳定性较高，因此容易实现大规模生产。研究比较广泛的晶态固态电解质包括石榴石型 LLZO 电解质、钙钛矿型 LLTO 电解质、NASICON 型 LAGP 和 LATP 电解质。其中 LLZO 离子电导率高，对锂金属稳定，尽管烧结温度高带来更高成本，我们认为长期来看应用潜力相对较大。而非晶态固态电解质主要是 LiPON 型固态电解质，离子电导率低，适配薄膜电池，因此在容量需求较低的电子设备上更具应用前景。

表 4：氧化物电解质对比

类型	典型材料	离子电导率	优点	缺点	市场前景
LiPON 型	LiPON	2×10^{-3} mS/cm	电化学性质稳定	离子电导率低	低
NASICON 型	LAGP、LATP	3mS/cm 6.65mS/cm	加工温度低	化学性质不稳定	中
石榴石型	LLZO	0.51mS/cm	对锂金属稳定	烧结温度高	高
钙钛矿型	LLTO	1mS/cm	电导率相对高	对锂金属不稳定	低

数据来源：Solid State Battery Roadmap 2035+，东方证券研究所

硫化物离子电导率最高，但稳定性差制约实际应用。硫化物固态电解质因极高的锂离子电导率（ 10^{-4} ~ 10^{-2} S/cm）受到广泛关注，如 LGPS、LSP-SC 室温下的离子电导率已与传统液态电解质媲美。但它们在化学稳定性和环境稳定性方面存在缺陷，遇水易反应生成有毒的 H₂S 气体，因此其开发难度最大，对生产环境要求严苛，量产成本高。

在不同类型的硫化物固态电解质中，关注度较高的有非晶态的 LPS 和晶态的 LGPS、LPSCI 等。其中，LGPS 离子电导率最高，但由于含有贵金属锗，原材料成本高；LPSCI 的离子电导率也可达到 10^{-2} S/cm 水平，且不含贵金属，因此更具成本竞争力。

表 5：硫化物电解质对比

类型	典型材料	离子电导率	优点	缺点	市场前景
LPS 型	75:25 LPS, Li ₇ P ₃ S ₁₁	0.28mS/cm, 17mS/cm	成本低、热稳定性好、电化学窗口宽	电导率较低、空气中不稳定	中
Thio-LISICONs 型	Li _{3.25} Ge _{0.25} P _{0.75} S ₄	2.2mS/cm	电化学稳定性好、电化学窗口宽	离子电导率较低、成本高	低
LGPS 型	LGPS	12mS/cm	电导率高、与液态相当	对锂金属不稳定、成本高	中
硫银锗矿型	Li ₆ PS ₅ Cl	2mS/cm	热稳定性好、成本低	电化学窗口窄、空气中不稳定	高

数据来源：Solid State Battery Roadmap 2035+，东方证券研究所

聚合物率先实现商业应用，但常温电导率低限制发展空间。聚合物固态电解质，由聚合物基体（如聚酯、聚醚和聚胺等）和锂盐（如 LiClO₄、LiAsF₆、LiPF₆ 等）构成。聚合物固态电解质的主要优点有柔韧性高以及可加工性高，因此已经具备低成本规模生产的可能。然而聚合物电解质室温下离子电导率低，仅为 10^{-8} ~ 10^{-6} S/cm，需加热至约 60 °C 以上才可达 10^{-4} S/cm。围绕聚合物的研究多集中在通过化学修饰或复合材料的方法来提高其电导率和热稳定性。

表 6：聚合物电解质组分构成

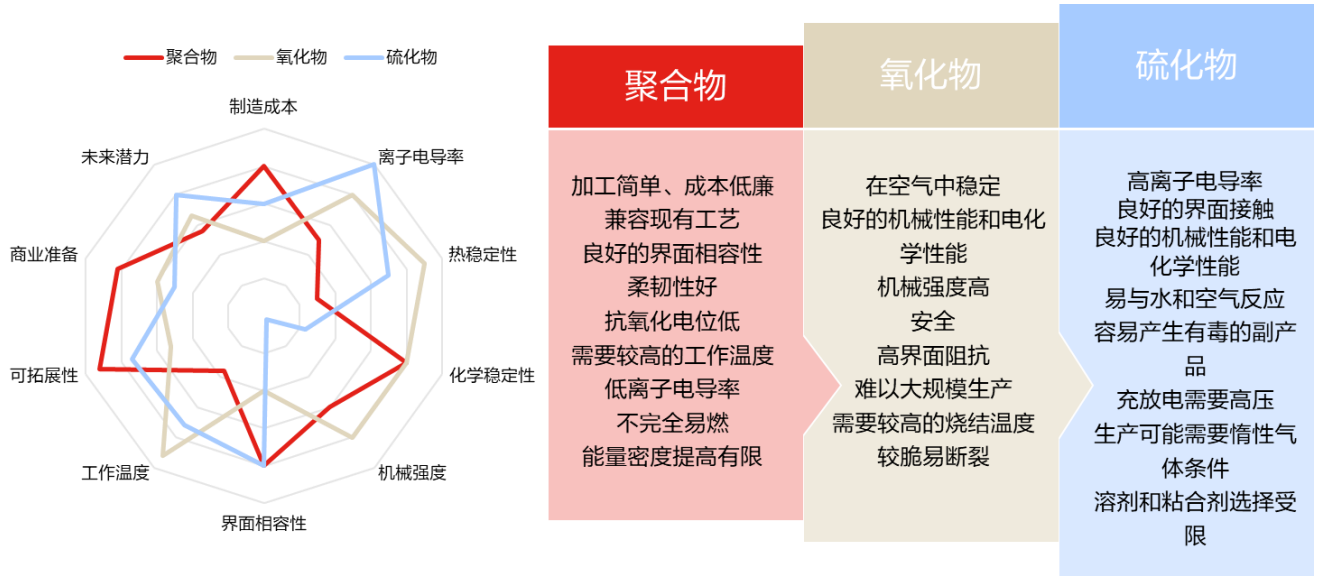
组分	类型	典型材料
聚合物基质	聚醚型	PEO
	聚酯型	PEO-EC; PPC; PCL; PTMC
	丁腈基	SN; PAN
	其他	Polysiloxane; MEEP
锂盐	无机	LiBF ₄ , LiPF ₆ , LiClO ₄ , LiAsF ₆
	有机	LiN(CF ₃ SO ₂) ₂ , CH ₃ SO ₃ Li, LiN(SO ₂ C ₂ F ₅) ₂ , LiC ₂ F ₅ SO ₃

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

添加剂	惰性填料	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiO ₂ , ZrO ₂
	活性填料	γ-LiAlO ₂ , Li ₃ N, LiAlO ₂
	离子液体	Pyr _x TFSI

数据来源：Solid State Battery Roadmap 2035+，东方证券研究所

图 9：固态电解质对比



数据来源：IDTechEx，东方证券研究所

正负极：突破限制，性能边界拓宽

固态电池电极材料选择范围更广，高性能化成为趋势。固态锂离子可沿用传统液态锂离子电池材料体系，如三元/磷酸铁锂正极，石墨/硅碳负极。使用固态电解质代替液态电解液可以很大程度上抑制电极的界面反应，且不再存在电解液的电压窗口限制，因此正负极的材料性能边界得以大大拓宽。

正极可沿用高镍三元，锰基、高电压材料有望取得突破。现有的具备规模量产能力的正极材料中，高镍三元正极比容量最大，最契合固态电池高能量密度的性能目标。长期而言，富锂锰基、高电压正极材料在固态电池体系中也具备较好应用前景。富锂锰基比容量高（250~400mAh/g）、工作电压高、成本低，但仍需解决循环及倍率性能差、首周库伦效率低、高温下胀气析氧等问题。而突破 4.5V 电压窗口后，尖晶石型镍锰酸锂、橄榄石型 LiMPO₄ 等高电压正极材料的使用也成为可能。镍锰酸锂材料的工作电压平台高达 4.7V，相比于三元材料的 3.7V 有很大提升；橄榄石型 LiMPO₄ 材料的开路电压则与过渡金属有关，当过渡金属为 Mn/Co/Ni 时，电压分别可达 4.1V/4.8V/5.1V。

表 7：不同正极材料性能对比

正极材料	理论克容量 (mAh/g)	电压平台 (V)
磷酸铁锂	170	3.2
磷酸锰铁锂	170	3.2-3.9
钴酸锂	274	4.0
锰酸锂	148	3.7
三元	273-285	3.7
富锂锰基	> 250	2.0-4.8
尖晶石镍锰酸锂	146.7	4.7
尖晶石锰酸锂	100-120	4.0

数据来源：GGII，厦钨新能招股说明书，贲留斌等《一代材料，一代电池：正极材料研究推动锂离子动力电池的升级换代》，康凯等《锰基新材料的技术特性与产业应用》，东方证券研究所

表 8：产业链公司高性能正极材料布局情况（截至 2023 年底）

公司名称	布局材料	产品性能	产能
容百科技	NCM811 系列、NCA 系列、Ni90 及以上超高镍系列三元正极及前驱体材料	Ni96 克比容量 $\geq 219\text{mAh/g}$ ，首效 $\geq 89.0\%$ ； Ni90 克比容量 $\geq 213\text{mAh/g}$ ，首效 $\geq 89.0\%$ ； NCM811 克比容量 $\geq 190\text{mAh/g}$ ，首效 $\geq 87.0\%$	高镍 25 万吨
当升科技	NCMA 高镍产品、Ni90 产品、Ni93 产品、新型富锰正极材料	超高镍产品镍含量 95%，比容量 221.3mAh/g； 新型富锰正极材料比容量 248mAh/g，首效 85.7%	高镍 8.2 万吨
贝特瑞	NCA 和 NCM811 为代表的超高镍三元正极材料	—	高镍 6.3 万吨
振华新材	高镍 8 系、超高镍 9 系 Ni8 系 NCM 三元材料	Ni92 克比容量 $\geq 219\text{mAh/g}$ ，首效 $\geq 88.0\%$ ； 超高镍 Ni9 系克比容量 $\geq 220\text{mAh/g}$ ，首效 $\geq 87\%$ ；	高镍 2.6 万吨
厦钨新能	Ni9 系三元高镍材料；钴酸锂	Ni8 系克比容量 202 mAh/g	高镍 2 万吨

数据来源：公司公告，东方证券研究所

硅基材料是负极重要迭代方向，锂金属负极或为长期目标。硅的理论比容量是石墨的 10 倍以上，但存在严重体积膨胀、与电解液持续反应容量衰减、倍率性能差等问题。硅碳、硅氧材料可以一定程度上抑制体积膨胀，改善电化学稳定性，已经被大批量应用在高能量密度电池的负极上，具备一定商业化成熟度，同样也适用于固态电池体系。锂金属则是更为理想化的负极方案，但锂极高的化学活性仍然对其产业化应用构成较大挑战，不同类型的固态电解质材料对金属锂负极存在不同的界面问题，需要定制化的解决方案。已有大量研究工作围绕界面副反应、锂枝晶问题展开，如何解决锂负极界面问题，并适应规模化生产需求，仍是一个具有挑战性的课题。

表 9：不同负极材料性能对比

负极材料	理论克容量 (mAh/g)	优点	缺点
石墨	372	成本低、储量大、稳定性好	克容量小、电池能量密度小
硅基	4200	高理论克容量、环境友好、储量大	体积膨胀大、电子电导率低、锂离子扩散系数低、纳米硅负极成本高
锂金属	3860	高理论克容量、极低电极电位	易界面反应、体积膨胀率大、易形成锂枝晶、使用条件苛刻
铝基合金 锡基合金	990	界面润湿性好、抑制界面副反应与 锂枝晶	体积膨胀率高、结构变化大、电池能量密度下降

数据来源：贾理男等《基于硫化物电解质的全固态锂离子电池负极研究进展》，GGII，东方证券研究所

表 10：产业链公司高性能负极材料布局情况（截至 2023 年底）

公司名称	布局材料	产品性能	产能
贝特瑞	硅氧、硅碳	硅碳：比容量达到 2000mAh/g 以上 硅氧：比容量达到 1500mAh/g 以上	已有 0.6 万吨/年 在建 4 万吨/年
璞泰来	硅氧、硅碳	——	在建 1.2 万吨
杉杉股份	硅氧、硅碳	——	在建 4 万吨
胜华新材	硅碳	——	已有 0.1 万吨/年 规划 5 万吨/年
翔丰华	硅碳	比容量达 460mAh/g，首效达 85%	送样测试
杰瑞股份	硅氧、硅碳	——	已有 0.6 万吨/年 在建 1.2 万吨/年
硅宝科技	硅碳	——	已有 1000 吨/年 规划 1 万吨/年
天齐锂业	锂合金	——	完成实验平台建设及小试实验
赣锋锂业	锂金属	以金属锂为负极的二代半固态电池能量密度可以达到 400Wh/Kg 以上	1000 吨在建

数据来源：公司公告，东方证券研究所

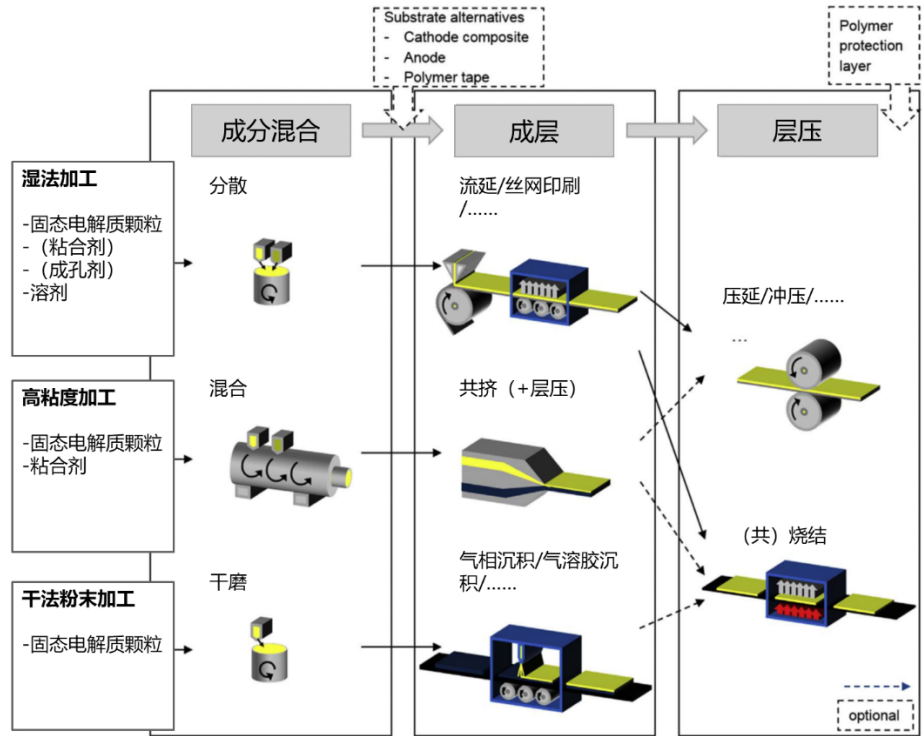
制造工艺：部分环节可兼容，长期降本需革新

湿法工艺与液态电池重叠度高，但过程繁琐成本高昂。第一步混浆，由于硫化物和氧化物电解质均会与水发生反应，因此无法采用水基工艺，只能使用有机溶剂，而溶剂干燥和回收耗能大，将显著抬升制造成本。第二步涂覆，尽管工艺相对成熟，但固态电解质薄膜的大面积生产仍有待验证。第三步需要使电解质层致密化以保证与极片的良好接触，对硫化物电解质可采用压延/辊压工艺，而氧化物电解质延展性差，只能通过高温烧结，但温度不能超过 1000℃，否则会导致副反应和正极材料的分解。

干法工艺具降本潜力，规模应用仍有待研究。为了提升生产效率、降低成本，固态电池或倾向采用无溶剂的干法电极技术。干法电极技术包含活性材料、粘结剂和导电剂的均质机械干混和干法涂覆工艺，“粉末-薄膜”的路线可以简化制造工艺，消除有机溶剂引起的副反应，还可以减少粘结剂用量，提高活性材料的利用率。行业内仅特斯拉称已将干法石墨负极应用于 4680 电芯，未大规模量产；其他公司干法电极大多处于工艺设备开发阶段。

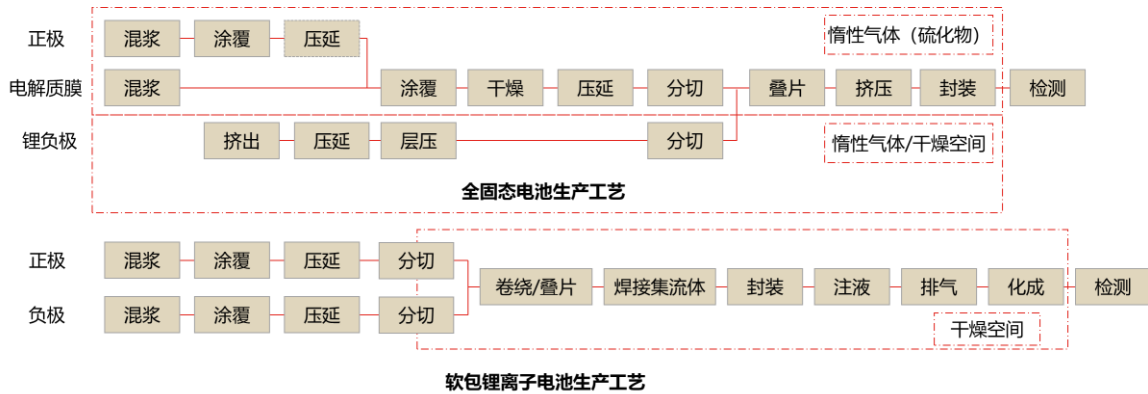
有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

图 10：固态电解质制造工艺



数据来源：J. Schnell 等《All solid state lithium ion and lithium metal batteries paving the way to large scale production》，东方证券研究所

图 11：液态锂离子电池与固态电池工艺路线对比



数据来源：J. Schnell 等《All solid state lithium ion and lithium metal batteries paving the way to large scale production》，东方证券研究所

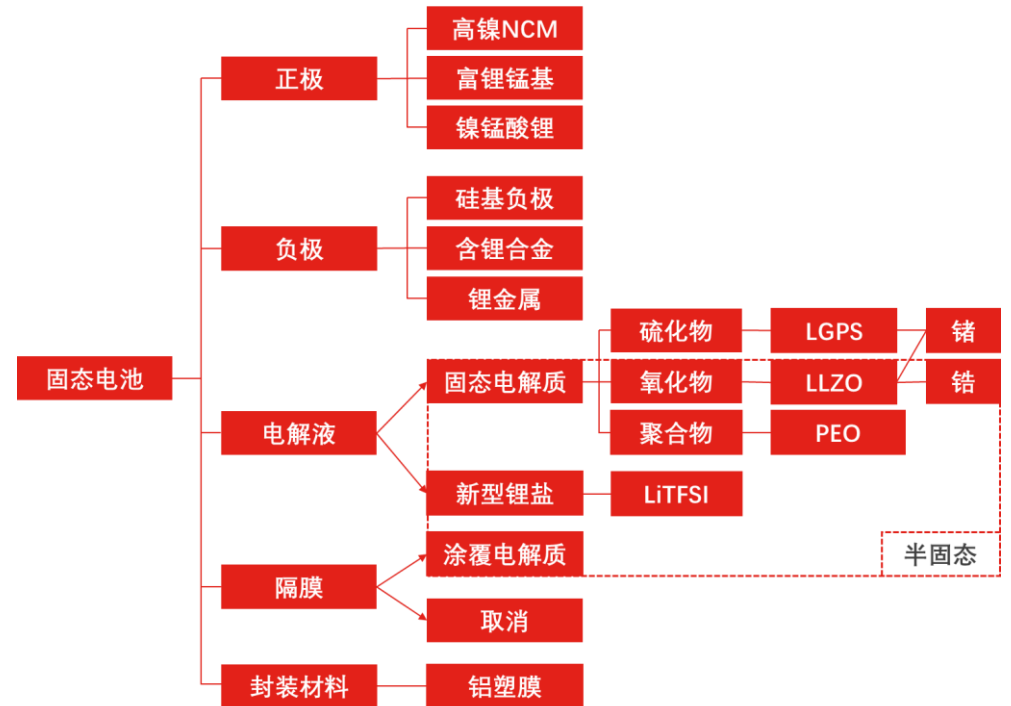
叠片是理想的固态电池结构，软包/方形封装更具优势。由于无机固态电解质膜柔韧性较差，方、圆卷绕结构均会导致材料界面出现缝隙，在没有电解液的情况下很难得到补偿与弥合。因此叠片是固态电池最理想的电池结构，极片与电解质膜完全均匀接触，平行同步膨胀收缩，才能保持良好的界面性能。封装方式采取软包/方形，在入壳时能够最大程度保留电芯结构的完整性。此外，软包在液态电池中胀气、漏液的痛点不复存在，而铝塑膜的高延展性更能够适应锂离子在迁徙过程中形成的整体涨缩，在全固态电池中的应用前景更加明朗。在封装环节中，固态电池可以省去注液步骤，化成时间也可大幅缩短。

表 11：不同电池封装形式优缺点及其与固态电池的适配度

	圆柱	方形	软包
设计	卷绕	叠片/卷绕	叠片
优点	自动化程度高 一致性好	成组效率高 外形设计灵活	重量轻 能量密度高
缺点	重量大 成组效率低	一致性差 能量密度低	安全性差 生产效率低
与固态电池适配度	低	较高	高

数据来源：Quantum Scape，东方证券研究所

图 12：固态电池技术路线图



数据来源：东方证券研究所绘制

产业化进展与公司梳理

半固态电池：率先商业化的过渡方案

半固态电池落地能见度高，国内企业布局领先。固态电池的商业化应用之路面临技术与成本两大阻碍，行业普遍认为其产业化时间节点在2030年左右。而半固态电池仍保留隔膜与部分电解液，材料体系较液态电池变化较小，工艺设备与液态电池的重合度较高，可继承现有的成熟产业链，有望率先实现产业化落地。因此，国内较多企业选择半固态电池作为过渡阶段产品，积极进行研发与产能布局，代表企业包括卫蓝新能源、清陶能源、赣锋锂业、辉能科技等。目前经过装车验证的半固态电池能量密度最高可达368 Wh/kg，相较于成熟高镍三元电池提升40%左右。据我们统计，截至2023年底，国内公开发布的半固态电池产能规划合计已达240GWh。

表 12：主要企业半固态电池布局

电池企业	半固态布局进展/目标	能量密度 (Wh/kg)	产能规划
卫蓝新能源	2022年11月首颗电芯下线，2023年6月装车交付	360	50GWh 一期2GWh已建
清陶能源	计划2024年第一代电池搭载智己新车，开始生产第二代电池 半固态电池样品已向多家主机厂送样测试	一代368 二代400-500	35GWh 12.2GWh
太蓝新能源	重庆0.2GWh工厂满产，2GWh工厂预计6月投产	350	一期0.2GWh投产 二期2GWh在建
领新新能源	规划2024年实现3GWh建成投产，2026年实现10GWh量产	380	20GWh 一期投产
辉能科技	2013年首条中试线开始运营 2023年台湾3.5GWh动力类产线投产	270	120GWh 已投产3.5GWh
宁德时代	凝聚态电池首先应用于民用电动载人飞机项目的合作开发，车规版本预计量产在即 2023年1月，岚图追光首批搭载孚能科技半固态电池的车型下线	500 (飞机用)	—
孚能科技	第二代半固态电池产业化开发阶段	330	—
赣锋锂电	一代产品已经开始量产 二代产能建设中	一代260 二代400	40GWh 一代4GWh
国轩高科	通过测试进入产业化阶段 已完成第1代方形短刀、软包半固态电池	360	—
蜂巢能源	技术开发，通过针刺安全测试 2代半固态电池体系开发中	一代230-270 二代350	—
亿纬锂能	完成设计定型，装车验证中	330	—
中创新航	技术储备	贫液化400 半固态450 准固态500	—
冠盛股份	2024年1月，与东驰新能源成立合资公司拟开展固态动力电池、半固态储能电池生产制造	350-450	—

数据来源：GGII，公司官网，东方证券研究所

半固态装车元年已至，产业化进程加快。2021年1月9日，蔚来在NIO Day上发布150kWh半固态电池包，自此半固态车规级电池进展捷报频传。在车企和电池厂的合力推动下，半固态电池自2022年起逐步实现量产与装车交付，如蔚来的半固态电池供应商卫蓝新能源，分别在2022年年11月和2023年6月实现电池包下线与装车交付。动力电池联盟发布的数据显示，2023年，卫蓝新能源、赣锋锂电等企业的固液混合态电池实现批量装车，装车量约0.8GWh，其中卫蓝新能源11月、12月装车量分别为0.41GWh和0.35GWh，标志着半固态电池的产业化进程大幅提速。

表 13：半固态电池装车进展

车企	车型	电池供应商	装车进展
东风	E70	赣锋锂电	2022年1月批量下线
岚图	追光	孚能科技	2023年1月首批量产下线，电池包电量82kWh
蔚来	ET7	卫蓝新能源	2023年6月装车交付，电池包电量150kWh，续航超1000km
长安深蓝	S7	自研	2023年4月亮相上海车展，目前已经进入工程化研发阶段，计划2025年搭载整车应用
赛力斯	SERES-5	赣锋锂电	2023年装车上市
上汽	——	清陶能源	预计2025年大规模量产，续航里程超1000km

数据来源：公司官网，GGII，东方证券研究所

半固态电池或带来高镍三元、硅基负极的增量与隔膜附加值的提升。相比液态电池，半固态电池减少液态电解质的用量，增加氧化物和聚合物的复合电解质，其中氧化物主要以隔膜涂覆和正负极包覆形式添加，聚合物以框架网络形式填充。正负极有向高性能材料迭代的趋势，因此高镍三元、硅基负极需求均有望增长。当升科技先后获卫蓝新能源和清陶能源2.5万吨、3万吨固态锂电正极材料订单，据公司披露为超高镍三元材料；容百科技同为卫蓝新能源正极材料供应商，其配套半固态电池装车ET7的产品为Ni90高镍三元。据卫蓝湖州项目环评，负极采用硅基材料掺杂石墨的方案。隔膜仍保留并涂覆固态电解质涂层，锂盐从LiPF₆升级为LiTFSI，将分别带来隔膜与电解质锂盐的价值量提升。恩捷股份与北京卫蓝、天目先导成立了专注半固态电池隔膜研发、生产的企业江苏三合，已经实现了对卫蓝新能源的量产供货。

表 14：半固态与液态锂电池主要材料与工艺选择差异

材料类别	凝胶态	半固态	液态锂电池
正极材料		均采用高镍三元	
负极材料		均可采用硅基负极	
电解质/电解液	电解液+引发剂+电解质	电解液+电解质	电解液
隔膜	方案1：采用原有隔膜 方案2：采用新型隔膜	方案1：涂覆隔膜 方案2：不采用隔膜	传统隔膜
导电剂		添加量3-5%	添加量0.5-1%
工艺		叠片	叠片+卷绕

数据来源：GGII，东方证券研究所

公司梳理：产业链齐发力，把握新技术机遇

车企规划为固态电池规模化提供充足想象空间。固态锂电池在能量密度和安全性方面的优势，让各大整车厂加速拥抱固态电池，纷纷将其作为下一代动力电池的主要技术路线。包括丰田、日产、宝马、福特在内的国际车企均计划在 2025 ~ 2030 年间推出搭载全固态电池的电动车型。

表 15：全球主要车企固态电池战略规划

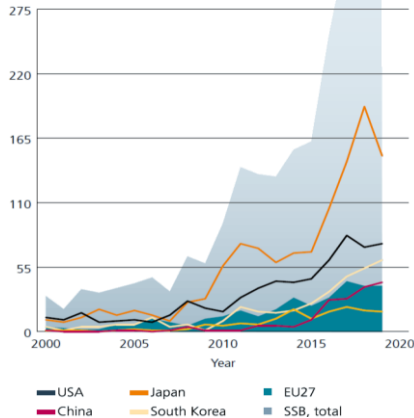
车企	固态电池装车规划
大众	计划 2025 年使用固态电池
宝马	2025 年前，推出搭载全固态电池的电动汽车原型，并在 2030 年前量产
福特	计划 2025 年推出原型车，2030 年前规模应用
Stellantis	计划 2026 年使用固态电池
丰田	2025 年左右全固态电池投入生产，2027 年量产（产能约满足 1 万辆电动汽车），2030 年以后大规模量产
日产	2025 年开始试生产，2028 年实现固态电池大规模量产，同年生产一款由固态电池驱动的全新电动汽车
本田	计划在 2024 年启用全固态电池的示范生产线，所生产的电池将用于 2020 年代后半期推出的车型
现代	计划在 2025 年试生产配备全固态电池的电动车，2027 年部分批量生产，在 2030 年左右实现全面批量生产。
VinFast	与辉能科技合作开发固态电池，最早 2024 年装车
广汽埃安	计划在 2026 年实现全固态电池装车
上汽集团	计划 2025 年实现全固态量产落地装车，2025 年，智己、飞凡、荣威、MG 将推出多款搭载新一代固态电池（或为清陶第二代固态电池）的量产车型，全年销量预计将突破“十万辆级规模”
长安汽车	计划将不晚于 2027 年推动重量能量密度达到 350-500Wh/kg、体积能量密度 750-1000Wh/L，并逐步量产应用，2030 年实现普及。

数据来源：公司官网，东方证券研究所

全固态电池产业化条件尚未成熟，诸多困难仍需学界、产业界合力解决。在此背景下，车企、研发机构及包含初创企业等在内的电池企业均积极致力于下一代全固态电池的开发及量产技术。目前，国内外参与开发固态电池的企业和机构主要集中在中、美、日、韩等国家。

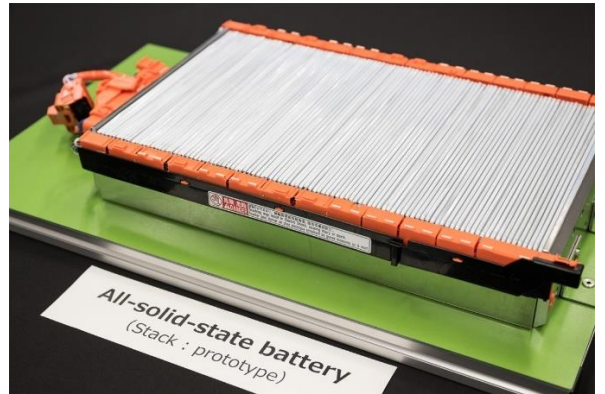
日本：车企主导，研发布局最早，技术和专利全球领先。丰田是全球固态电池领域的先行者之一，专利布局领先，2019 年与松下合作，2021 年共同推出搭载固态电池的原型车，2023 年 10 月宣布与日本出光兴产石油公司展开合作，攻克固态电解质量产技术，争取 2027 至 2028 年使全固态电池进入实用化阶段。从技术路线来看，日本企业普遍押注电导率最高的硫化物电解质，应用于消费电子领域的小圆柱电池已经实现了批量出货。

图 13：2000-2019 年固态电池跨国专利申请数量



数据来源：Solid State Battery Roadmap 2035+, 东方证券研究所

图 14：丰田推出固态电池可在 10 分钟内完成快速充电



数据来源：公司官网，东方证券研究所

表 16：日本企业固态电池布局

公司名称	电解质路线	进展/目标
丰田	硫化物	2027 年量产 (产能约满足 1 万辆电动汽车), 2030 年以后大规模量产
松下	硫化物	2023 年 12 月公开快充固态电池技术, 计划 2025-2029 年量产小型全固态电池
日产	硫化物	2025 年开始试生产, 2028 年大规模量产
Maxwell	硫化物	2023 年 6 月量产消费电子用小圆柱电池, 2024 年 1 月起供货

数据来源：公司官网，东方证券研究所

韩国仍以三大电池厂为主，自主研发与外部合作并行。韩国企业在固态电池领域的布局仍集中在 LG、SK On 和三星 SDI 三大电池企业。2018 年 11 月，三家电池厂曾成立联合基金，共同开发包括固态电池的下一代电池核心技术。从最新进度来看，三星 SDI 的商业化时间表最为领先，计划将于 2027 年实现量产；SK 在硫化物电解质方面与 Solid Power 合作，同时对氧化物路线也有研发布局，在研的聚合氧化物和硫化物固态电池预计于 2028 年实现商业化；LG 目前仍在考虑半固态过渡方案。

表 17：韩国企业固态电池布局

公司名称	电解质路线	进展/目标
三星 SDI	硫化物	试产线竣工, 样品生产验证, 计划在 2025 年开发出规模生产技术, 2027 年在蔚山量产
SK On	氧化物、硫化物	计划 2026 年完成早期原型, 并在 2028 年实现商业化
LG	硫化物	计划在 2026 年前实现“安全改进型”聚合物基半固态电池商业化, 2028 年推出 750Wh/L 的聚合物固态电池和完成硫化物全固态电池开发, 2030 年推出超过 900Wh/L 的硫化物全固态电池

数据来源：旺材锂电，东方证券研究所

美国初创企业全路线布局，多获车企注资。美国在传统锂离子电池领域根基较浅，而在固态电池方向涌现大量初创企业，以求在技术革新中弯道超车。国际车企倾向于选择该企业注资以布局新一代电池技术，如 Solid Power 获宝马、福特、现代投资，Quantum Scape 则与大众绑定较深。各家公司的技术路线选择较为多样，三大电解质均有覆盖。

表 18：美国企业固态电池布局

公司名称	电解质路线	进展/目标	合作车企
Solid Power	硫化物	首批 A 样品电池已进入装车验证阶段；规划到 2028 年具备为 80 万辆电动汽车的固态电池供应固宝马、福特、现代态电解质的产能	
Quantum Scape	氧化物	固态电池样品经大众集团电池子公司 PowerCo 验证，能够做到充放电 1000 次后保持 95% 的容量	大众
Factorial Energy	聚合物	锂金属电池 A 样品已送样 OEM 厂商，2023 年 10 月在美国马萨诸塞州投资建设年产能为 200MWh 的固态电池装配线	现代、起亚、奔驰、Stellantis
SES	聚合物	2023 年 12 月宣布已与一家车企签署锂金属电池 B 样品协议	通用、现代、本田、吉利、上汽

数据来源：公司官网，东方证券研究所

国内依托院校科研成果的企业走在前列，传统电池厂以技术储备为主。国内领跑固态电池产业化的企业以具院校研发背景的新兴企业为主，典型代表有清华大学南策文院士团队创办的清陶能源、依托中科院物理所成立的卫蓝新能源等。同时，国内车企也与这些新兴企业积极合作，推进装车验证与产线建设。而传统电池厂在固态电池方面多有技术储备与专利布局，但在产业化推进上相对保守。

表 19：国内企业固态电池布局

公司名称	电解质路线	进展/目标	合作车企	技术来源
卫蓝新能源	氧化物+聚合物	北京房山、江苏溧阳、浙江湖州和山东淄博四大基地共规划产能超 30GWh 2022 年，10GWh 固态电池产业化项目在昆山开工建设，预计 2024 年建成，计划 2024 年量产第二代准固态电池，2027 年量产第三代全固态电池	蔚来、吉利	中科院物理所 陈立泉团队
清陶能源	氧化物+卤化物+聚合物	2017 年建成 40MWh 中试线； 2023 年 5 月宣布在法国敦刻尔克建立首个国际固态电池超级工厂； 2024 年 1 月，桃园工厂投入量产，规划产能 2GWh	上汽，北汽，广汽，哪吒 FEV、Gogoro、蔚来、一汽	清华大学 南策文团队
辉能科技	氧化物	2023 年 11 月 GWh 级固体软包电芯产线建成投产 2023 年 9 月发布全固态产品； 2023 年 4 月中试基地启用； 未来基地三期规划 5.5GWh 产能	——	——
恩力动力	硫化物	技术开发阶段	——	东京工业大学
马车动力	硫化物	1GWh 固态电池项目在建	——	——
东驰能源	聚合物	样品开发	——	东北师范大学
中科深蓝汇泽	聚合物	——	——	——
宁德时代	硫化物	——	——	——

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

赣锋锂电	氧化物/硫化物	2022年1月，首批搭载固态电池的东风 E70 50 台车已批量下线交付市场； 新型锂电池科技产业园 Pack 生产线已投产	东风、岚图、赛力斯	中科院宁波材料所 许晓雄团队
亿纬锂能	卤化物	技术开发阶段	——	——
蜂巢能源	硫化物	技术开发阶段	——	——
珠海冠宇	聚合物	技术开发阶段	——	——
豪鹏科技	——	技术开发阶段	——	南方科技大学等
高乐股份	——	拟在义乌投资建设 2GWh 纳米固态电池项目	——	——

数据来源：公司官网，公司公告，东方证券研究所

固态电解质为供应链核心增量，关注研发进展与供货情况。作为固态电池的关键组分，固态电解质也获得产业内公司的重点布局。除固态电池企业自行研发生产外，进展较为领先的企业主要有天目先导和蓝固新能源，均已具备成熟产品与千吨级以上产能，二者与卫蓝新能源同样具有中科院物理所的技术背景。上海洗霸和金龙羽分别凭借与中科院上海硅酸盐所和重庆大学的深度合作，或有望将相关产品推向量产。其余公司的固态电解质产品基本尚处于实验室研发阶段。

表 20：固态电池电解质相关公司

公司名称	主营业务	电解质相关布局
天目先导	纳米硅基负极、固态电解质、钠离子电池硬碳负极	核心技术源于中科院物理所陈立泉团队，开发有 LATP 粉类、浆料和涂覆隔膜产品，具有固态电解质产能 3000 吨/年
蓝固新能源	新型电解质材料	创始人出自中科院物理所陈立泉团队，开发有 LLTO、LLZO、LATP 固态电解质及混合固液电解质产品；2022 年 5 月，江苏基地千吨级固态电解质生产线试产；2022 年 10 月，湖州基地 5000 吨原位固态、混合固液电解质项目投产；2023 年 12 月，淄博基地 5 万吨原位固态化、混合固液电解质项目预计投产
上海洗霸	水处理服务、产品与设备	与中国科学院上海硅酸盐研究所技术合作，固态电解质粉体先进材料产品已完成关键研发，且中试放大试验已取得阶段性成果，拟新建 50 吨固态电解质粉体产线
奥克股份	减水剂、环氧乙烷等	具备固态电池电解质的高分子量基聚氧乙烯醚（PEO）的合成工艺技术
金龙羽	电线电缆	依托重庆大学李新禄团队进行固态电池及其关键材料相关技术的研究开发，拟建设“新能源固态电池、智能终端”产业园实施固态电池项目
厦钨新能	三元正极	固态电解质已实现吨级生产，产品稳定可靠，在固态电池体系中效果良好，产品可应用于 3c 电池和动力电池等多个领域
普利特	改性塑料、锂电池	2023 年 12 月公告，控股子公司海四达与卫蓝新能源签署战略协议，双方将携手在新一代电池上迅速导入固态电解质体系，并在市场端开展合作
瑞泰新材	电解液	部分添加剂产品已用于固态电池中
华盛锂电	电解液添加剂	布局固态锂电池电解质硫化物的设计开发，处于实验室研究阶段
山东章鼓	鼓风机、渣浆泵	参股的喀什安德主要致力于新型半固态、固态电解质膜的开发和应用

数据来源：公司官网，公司公告，东方证券研究所

上游资源端，电解质有望带来锆、锗、镧等小金属需求增量。氧化物电解质 LLZO 以二氧化锆为原料，国内锆资源储量低而消费量大，下游主要应用领域为陶瓷和耐火材料，氧化锆供应商包括东方锆业、三祥新材、凯盛科技。多种氧化物、硫化物电解质含金属锗，锗的应用领域广泛，含光纤、红外、光伏等，中国是锗矿资源大国，主要供应商包括驰宏锌锗、云南锆业。氧化物电解质 LLZO、LLTO 还涉及镧的使用，镧为稀土金属，国内贡献全球大部分稀土产量，相关企业包括中国稀土、北方稀土、盛和资源、广晟有色等。

表 21：不同电解质所含稀有金属及相关企业

稀有金属	电解质类型	供应商	相关布局
锆	LLZO 氧化物	东方锆业	为电池材料研发提供样品
		三祥新材	公司以自产氧化锆为原料，研究开发锆系固态电解质材料，项目尚处实验室小试阶段
		凯盛科技	——
锗	LLZO 氧化物、LAGP 氧化物、LGPS 型硫化物、硫银锗矿型硫化物	驰宏锌锗、云南锆业	
镧	LLZO 氧化物、LLTO 氧化物	中国稀土、北方稀土、盛和资源、广晟有色	

数据来源：公司公告，东方证券研究所

固态电池多采用软包路线，或提升铝塑膜需求。软包电池凭借叠片工艺、能量密度高以及凝胶态封装技术等优势，有望在固态电池领域发展应用，铝塑膜是软包电池的主要封装材料。由于生产技术难度较高，在阻隔性、冲深、耐穿刺、耐电解液和绝缘性等性能方面皆有严格要求，量产后续控制产品一致性的难度也较大，铝塑膜成为现阶段软包电池唯一还未实现批量国产化的关键材料。目前国内具备铝塑膜批量供货能力的主要有新纶新材、紫江新材、道明光学和明冠新材。

表 22：软包电池封装铝塑膜相关企业

公司名称	固态电池装车规划
新纶新材	具铝塑膜产能超 1 亿平，铝塑膜产品已在客户的半固态电池上得到批量使用
紫江新材	具 5100 万平锂电铝塑膜产能
道明光学	具 5000 万平锂电铝塑膜产能
明冠新材	具年产 1300 万平铝塑膜产能，规划新增 2 亿平
海顺新材	规划 1.2 亿平铝塑膜产能，已部分投产实现小批量出货
乐凯胶片	具年产 1200 万平铝塑膜产能
英联股份	与皇家瓦森柔性包装公司联合开发铝塑膜业务，处于送样阶段

数据来源：公司公告，东方证券研究所

投资建议

固态电池被认为是解决锂电池安全问题以及提升能量密度的理想方案，作为下一代技术路线获产业重点布局。2022 年以来，固态电池的研发和产业化取得了明显的进展，尤其是国内企业在半固态电池领域的技术进步和成本降低均大幅超预期，以卫蓝新能源和赣锋锂电等为代表的半固态电池在 2023 年实现量产装车，标志着半固态电池已经进入产业化元年。随着电池企业的产能规划落地和更多车企车型的装车应用，固态电池的产业化进程有望加快。建议关注布局半固态的电池企业宁德时代(300750，未评级)、亿纬锂能(300014，未评级)、赣锋锂业(002460，未评级)。

与液态锂离子电池相比，固态电池在材料端的核心变量为固态电解质，并有望提升高性能正负极材料和软包封装的渗透率。

电解质环节：全固态电解质技术路线尚不明确，研发难度较大周期较长，建议关注具有院校科研能力支撑的上海洗霸(603200，未评级)、金龙羽(002882，未评级)。

正极材料环节：固态电池应用主要带来高镍、超高镍三元正极材料增量，建议关注高镍产品产能领先的容百科技(688005，未评级)、当升科技(300073，买入)、贝特瑞(835185，未评级)。

负极材料环节：固态电池的负极材料迭代路径或从石墨向硅基负极、金属锂负极方向发展，硅基负极量产规模尚小，建议关注具备技术与量产能力的贝特瑞(835185，未评级)、杉杉股份(600884，未评级)、璞泰来(603659，未评级)；金属锂负极远期潜力大，建议关注提前布局的天齐锂业(002466，未评级)、赣锋锂业(002460，未评级)。

封装环节：固态电池应用有望提升软包份额，关键封装材料铝塑膜有望受益，建议关注国产铝塑膜企业新纶新材(002341，未评级)、明冠新材(688560，未评级)。

风险提示

固态电池产业化进度不及预期：全固态电池目前仍然面临着尚未完全解决的离子电导率问题、固固界面问题和循环性能问题等，现阶段成本高昂也阻碍其走向大规模应用，产业化时间节点存在较大不确定性。

技术路线革新风险：动力电池主流技术路线及其迭代方向可能发生变化，如果出现更具应用潜力的技术方向，固态电池的研发及应用均会受到影响。

原材料价格波动的风险：固态电池的原材料包括锂、钴、镍等稀有金属，若上游金属资源价格大幅上涨，造成固态电池成本增加，可能或造成电池成本增加，产生需求放缓的风险。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内行业或公司的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数）；

公司投资评级的量化标准

- 买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
- 增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

- 看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司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，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系。因此，投资者应当考虑到本公司可能存在对报告的客观性产生影响的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。