

证券研究报告

2020年09月04日

行业报告 | 行业深度研究

新材料

准备迎接固态电池的新时代

分析师 孙亮 SAC执业证书编号：S1110516110003

分析师 杨诚笑 SAC执业证书编号：S1110517020002



天风证券

[综合金融服务专家]

行业评级：强于大市（维持评级）

上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责声明

摘要

固态锂电池与传统锂电池最大的不同在于电解质

传统锂电池采用隔膜+电解液中间含有液态物质，而固态电池则使用固体电解质。相比传统锂电池，固态锂电池的安全性更好，能量密度更高。

目前已经在使用或接近商用的固态电池的电解质有：聚合物、硫化物和氧化物三种，其中氧化物电解质性能最优

氧化物电解质的稳定性好，循环寿命长（可达1000次以上），能量密度较高，倍率性能较好，同时成本较低。主要缺陷是界面接触问题尚未完美解决。氧化物电解质比较适合动力电池，如今国内企业大部分选择了金属氧化物动力电池，其制造工艺和改性水平也在稳步提升。

固态电池在安全性和便利性上优势明显

理论上固态电池量产成本可以与液态电池相媲美

氧化物固态电池电解质物料价格低廉且电芯易组装，封装成本低。只要解决氧化物电解质大规模量产的技术问题，固态电池的量产成本或可以与液态电池相媲美。

风险提示：固态锂电池作为锂离子电池的新技术，商业化应用时间尚不明确，存在长期无法大规模应用的风险。

目录



什么是固态电池



安全性——是增加安全性还是本身安全



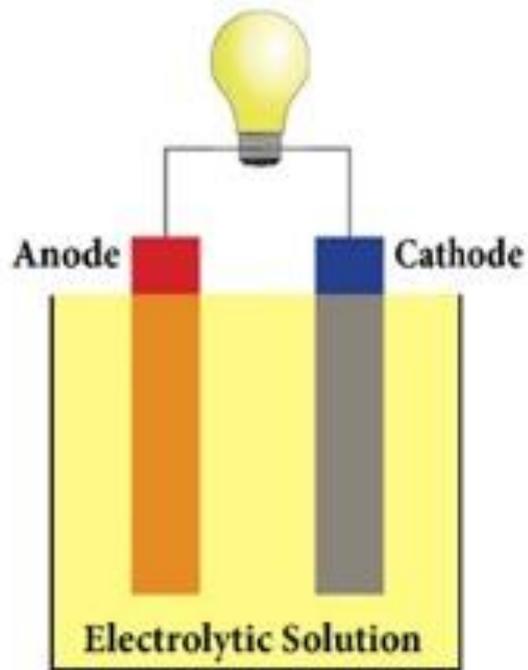
便利性——里程焦虑，我们到底在焦虑什么？



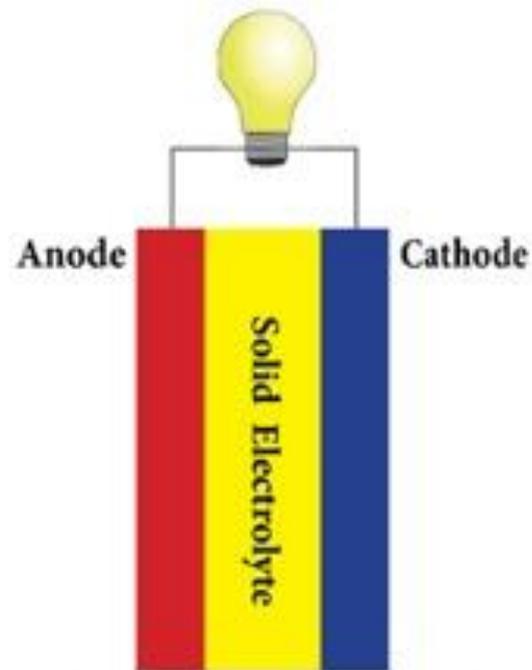
经济性——如何翻过成本这座山



固态电池相关企业



Conventional Battery



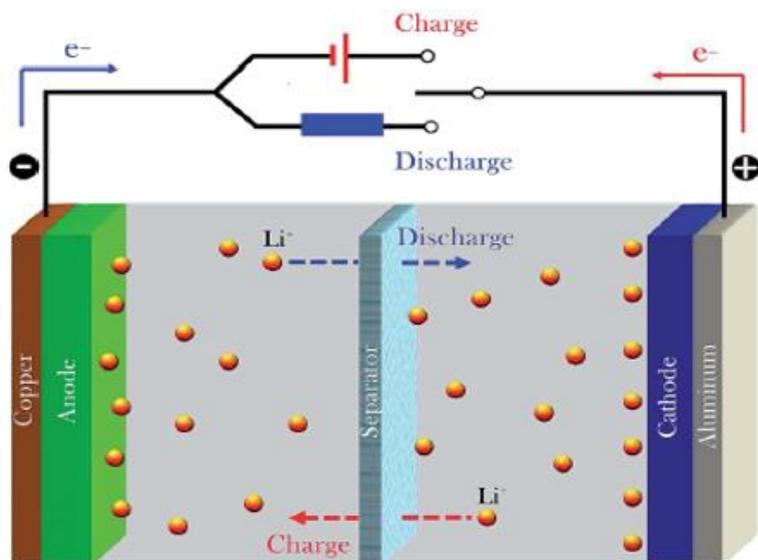
All-Solid-State Battery

1. 什么是固态电池

固态电池：结构改性带来性能升级

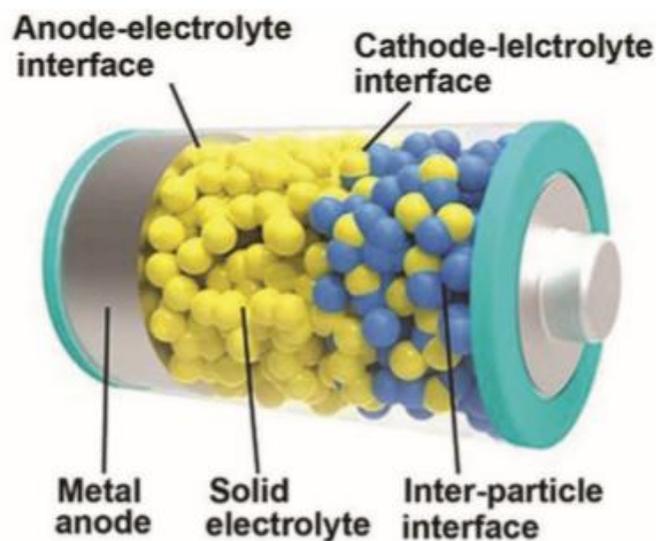
相较于传统锂离子电池，固态锂电池安全性高，无自燃、爆炸风险；氧化物和硫化物电解质的固态电池能量密度高于采用相同正负极材料的传统锂电池。

图1：传统液态锂离子电池



资料来源：Long, Lizhen et al. "Polymer Electrolytes for Lithium Polymer Batteries." 4.26 (2016): 138-169. Web. 天风证券研究所

图2：固态电池电池结构



资料来源：Gao-Long, Zhu, Chen-Zi. Fast Charging Lithium Batteries: Recent Progress and Future Prospects.[J]. Small, 2019. 天风证券研究所

固态电解质：氧化物或成最优解

目前已经在使用或者接近商用的固态锂电池的电解质有三种：聚合物、硫化物和氧化物。

表1:不同电解质类型对比

| 类型 | 聚合物 | 氧化物 | 硫化物 |
|-------|-----------------------|----------------|----------------------|
| 电解质材料 | 聚环氧乙烷 | LiPON、NASICON等 | LiGPS、LiSnPS、LiSiPS等 |
| 主要优点 | 高温工作性能很好 | 循环性能良好 | 工作性能参数表现优异 |
| 主要缺点 | 室温离子电导率很低，电化学窗口窄，易被电解 | 材料总体电导率较低；界面问题 | 界面问题；稳定性和机械强度较弱 |
| 成本 | 高 | 低 | 较低 |

资料来源：段惠,殷雅侠,郭玉国,万立骏.固态金属锂电池最新进展评述[J].储能科学与技术2017,6(05):941-951,天风证券研究所

表2：不同氧化物型电解质对比

| 类型 | 优点 | 缺点 |
|---------|--------------------------|---|
| GARNET | 空气稳定性好；室温离子导电率高 | 与金属锂电极浸润性差 |
| LISICON | 较高的室温离子导电率 | 对水及二氧化碳敏感；对金属锂的稳定性也较差 |
| NASICON | 较高的室温离子导电率，对水、空气具有优异的稳定性 | 需要类似聚合物/陶瓷/聚合物的复杂三层电解质结构才能最大化其性能，不利于工业化 |

资料来源：段惠,殷雅侠,郭玉国,万立骏.固态金属锂电池最新进展评述[J].储能科学与技术2017,6(05):941-951,天风证券研究所

安全、便利、经济

新能源汽车作为具有公共属性的代步工具，放量需要具备三个条件：
安全性是满足公共属性代步工具最基础的要求，也是新能源汽车放量的必要条件。
便利性是与传统汽车相比，满足出行需求的基本能力。
经济性是新能源汽车进入大众消费领域的充分条件。
固态电池不但是安全性问题的解决方案，也能通过提升续航带来便利性的提升，如果在经济性上可以与传统电池评价，固态电池的时代可能加速来临。

安全性：

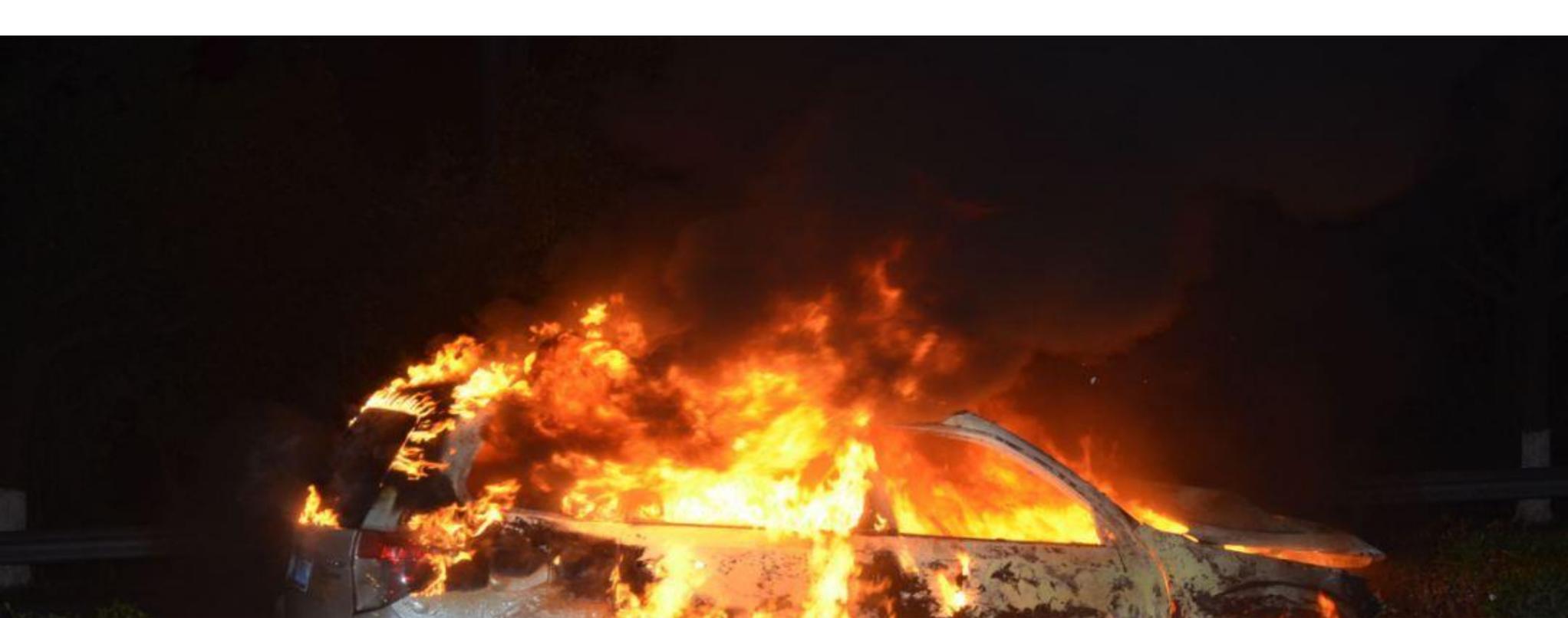
新能源汽车放量的必要条件

便利性：

新车型基本满足了便利性条件

经济性：

新技术的应用不能阻碍购买平价



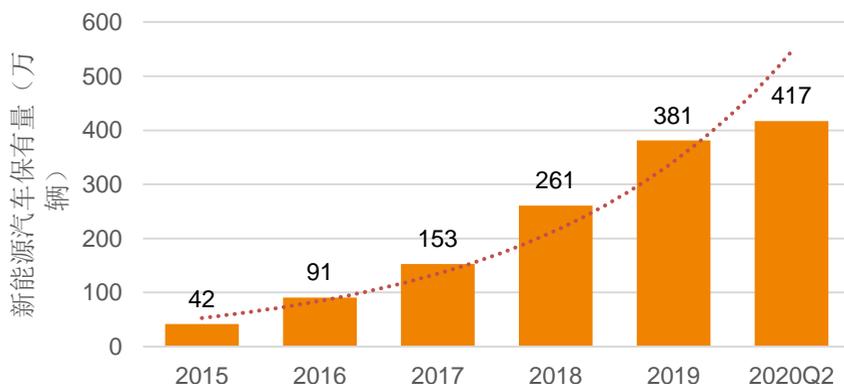
2

固态电池：是增加安全性还是本身安全？

新能源汽车大国：保有量已超417万辆

新能源汽车保有量超过400万辆。截至2020年6月，我国新能源汽车保有量417万辆；2019年我国新能源汽车产量381万辆，保有量增加36万辆。2019年我国新能源汽车保有量增加120万辆。保有量超千万已经不远。

图3：中国新能源汽车保有量情况



资料来源：公安部，中国储能网，天风证券研究所

事故频发，动力电池路在何方？

根据清华大学电池安全实验室发布的《2019年动力电池安全性研究报告》，2019年以来电动汽车自燃起火事故仍然频发。据不完全统计，19年1月至7月国内外媒体所报道的与动力电池相关的电动汽车安全事故达到40余起。

表3：电动汽车自燃起火事故统计

| 时间 | 地点 | 电池类型 | 事故起因 |
|------------|-------|---------|--------------|
| 2019.02.12 | 深圳 | 不明 | 行驶中自燃 |
| 2019.03.08 | 上海 | 三元18650 | 充电自燃起火后蔓延 |
| 2019.03.27 | 广州 | 三元18650 | 无故自燃后蔓延且复燃 |
| 2019.04.07 | 杭州 | 三元电池 | 充电时自燃并蔓延 |
| 2019.04.21 | 上海 | 三元18650 | 停放时猛烈自燃并蔓延 |
| 2019.04.22 | 西安 | 三元方壳 | 地盘被撞击致电池短路 |
| 2019.04.23 | 杭州 | 三元方壳 | 原因不明 |
| 2019.04.24 | 湖北 | 磷酸铁锂 | 后备箱起火，电池完好无损 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 2019.07.11 | 金华 | 不明 | 等待红绿灯时起火 |
| 2019.07.12 | 江西 | 不明 | 停车时自燃 |
| 2019.07.18 | 北京 | 三元电池 | 搁置时发生自燃 |
| 2019.07.25 | 西安 | 不明 | 行驶过程中自燃 |
| 2019.07.25 | 宜春 | 疑似圆柱 | 停车时自燃 |

资料来源：gasgoo，天风证券研究所

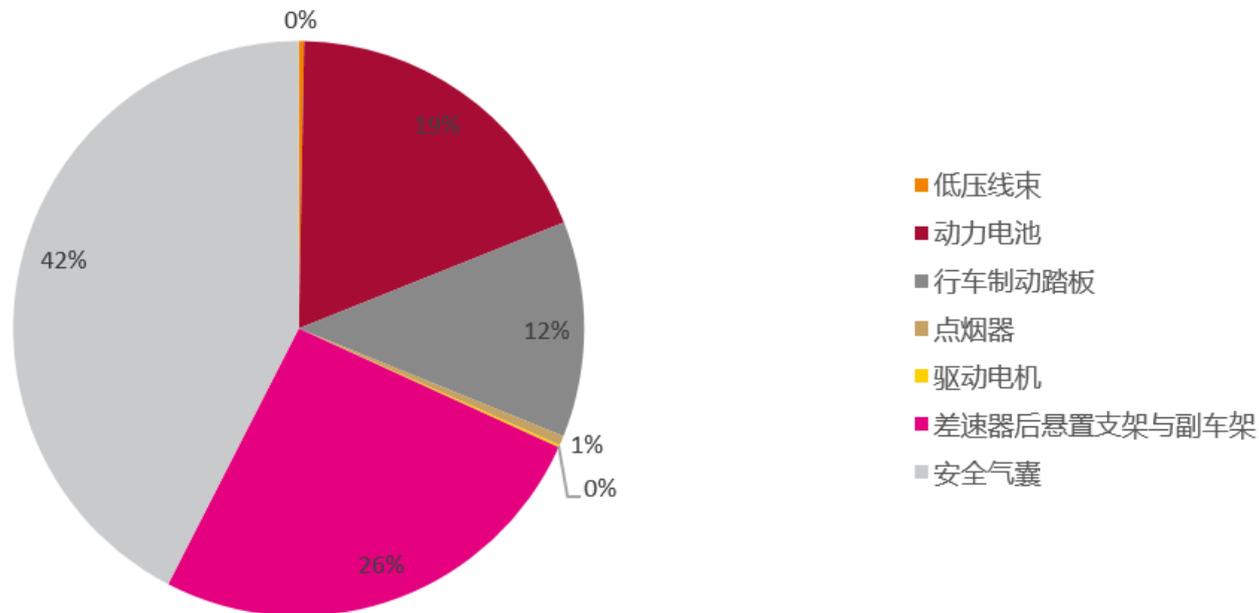
事故频发，动力电池路在何方？

2019年国家市场监督管理总局要求召回**33281**辆新能源汽车。因动力电池问题而召回的新能源汽车数量有**6217**辆，占今年新能源汽车总召回量的**18.68%**。

在电池失控的主要触发条件当中，短路占绝大多数（>90%）。

短路可以由多种可能的情况造成，是电池热失控过程中普遍的共性特征，短路原因可大致分为：电池系统浸水非纯水为导电介质导致外短路；电池机械压穿刺导致隔膜机械破坏电池正负极搭接引发内短路；析锂导致枝晶生长枝晶刺穿隔膜诱发内短路也称自引发内短路。随着电池能量密度的提升，短路问题越发明显。

图4：2019年新能源汽车召回情况：动力电池成为主要隐患之一



资料来源：电池中国网，天风证券研究所

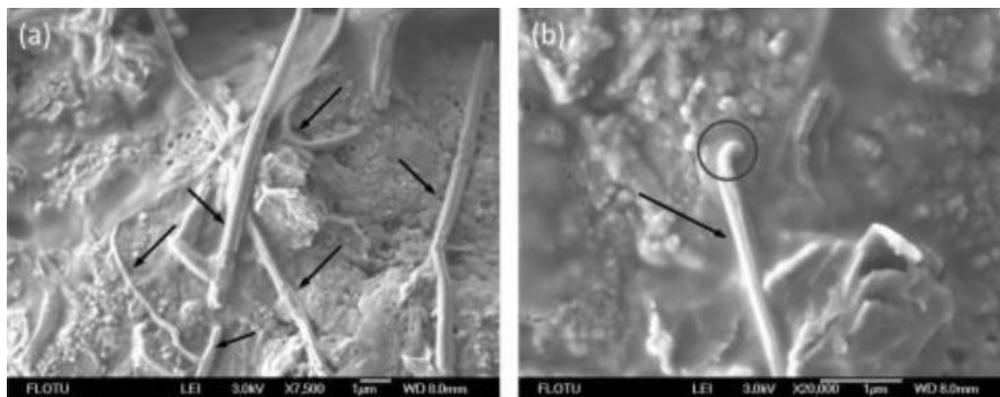
锂电池快充带来的安全隐患：

热效应

大电流充电，内阻的增大会导致焦耳发热效应加剧带来副反应，如电解液的反应分解、产气等一系列问题。

析晶

图5：电池负极形成枝晶



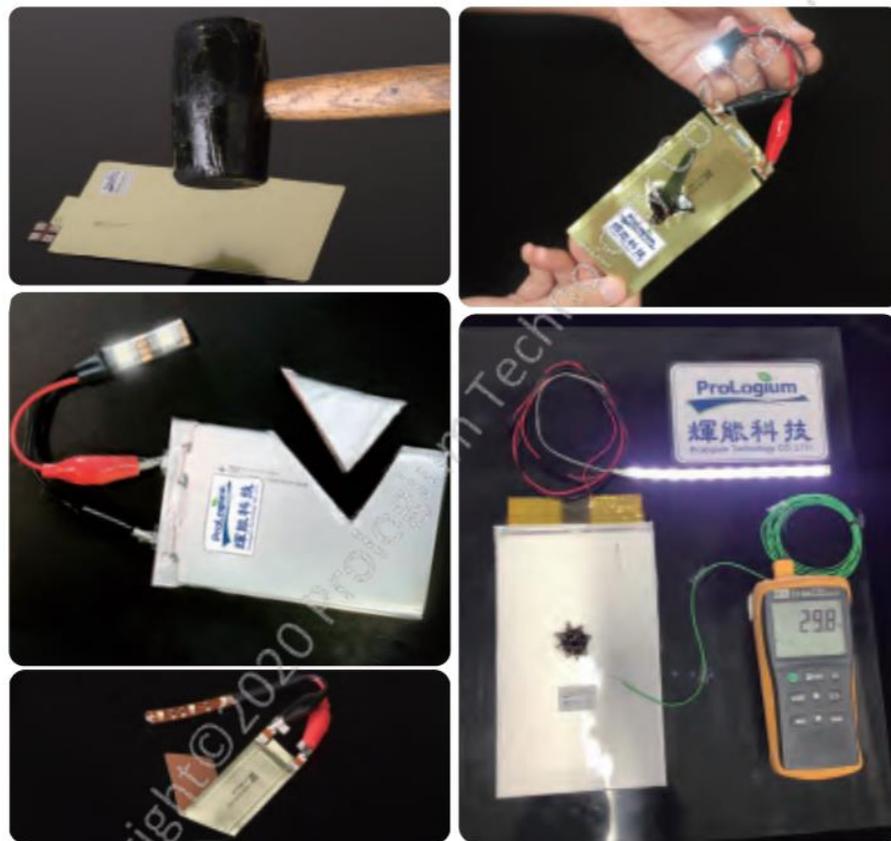
资料来源：D1EV，天风证券研究所

造成电池短路的危险。

固态电池：安全性能卓越

实验证实，死折、撞击、穿刺及剪切后LCB仍可放电。甚至在更严苛的枪击测试后，LCB温度仅上升 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，无起火或冒烟且可持续使用。此外，LCB防爆等级通过认证，安全性毋庸置疑。固态电池无疑是锂电池安全性的关键解决方案之一。

图6：辉能LCB电池安全性能测试



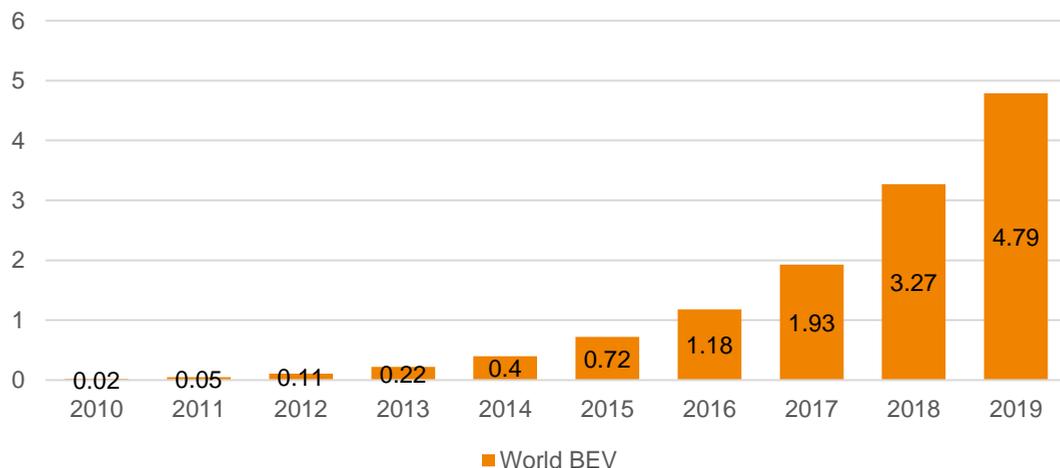
资料来源：公司产品手册，天风证券研究所

安全性的灵魂拷问：降低风险概率还是本质安全

关于电池安全性有两种可选模式：第一种，虽然电池可能出现安全问题，但是通过增加安全性设计，降低出问题的概率，达到安全性标准。第二种，选用不会起火燃烧的电池。

年产百万辆新能源汽车，迫切需要本质安全的电池。汽车在国内新能源汽车年产量达到百万辆，保有量已经突破400万辆，未来几年突破千万辆是大概率事件。电池出现问题的低概率事件，也可能在大基数下变得常态化。车厂对于安全性的要求会越来越高，选择不会起火燃烧电池可能成为车厂的一致选择。

图7：全球新能源汽车保有量情况（百万辆）



资料来源：IEA，天风证券研究所



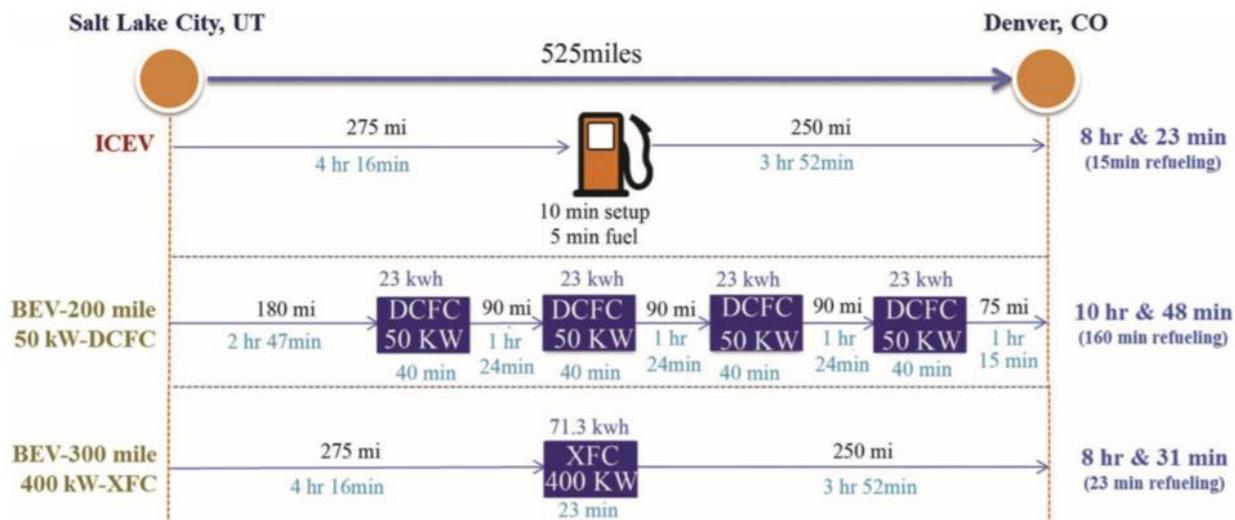
2

固态电池：当谈论里程焦虑的时候，我们到底在焦虑什么？

为何会有里程焦虑?

从盐湖城到丹佛的距离是525英里（845公里），传统燃油车续航275英里（442.5公里）加一次油再行驶250英里（402公里）历程8小时23分钟可以到丹佛。如果新能源汽车的续航里程可以达到300英里（482.8公里），同时支持3C以上快充，从盐湖城到丹佛的时间可以控制在8小时31分钟，便利性和燃油车几乎一样。高续航里程和快充是解决新新能源汽车便利性的最重要方式。

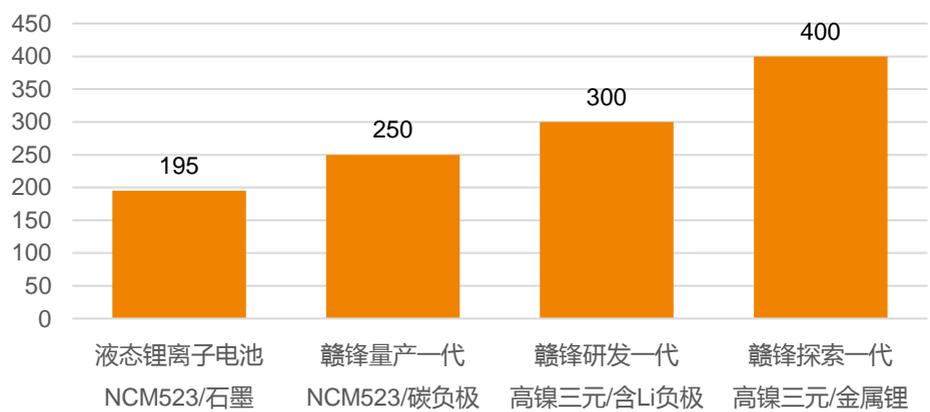
图8：快充和高续航是满足便利性需求的最佳途径



资料来源：Gao-Long, Zhu, Chen-Zi. Fast Charging Lithium Batteries: Recent Progress and Future Prospects.[J]. Small, 2019. 天风证券研究所

固态电解质-突破能量密度天花板

图9: 与相同电极材料的液态电池相比, 赣锋固态电池能量密度更高(单位: wh/kg)



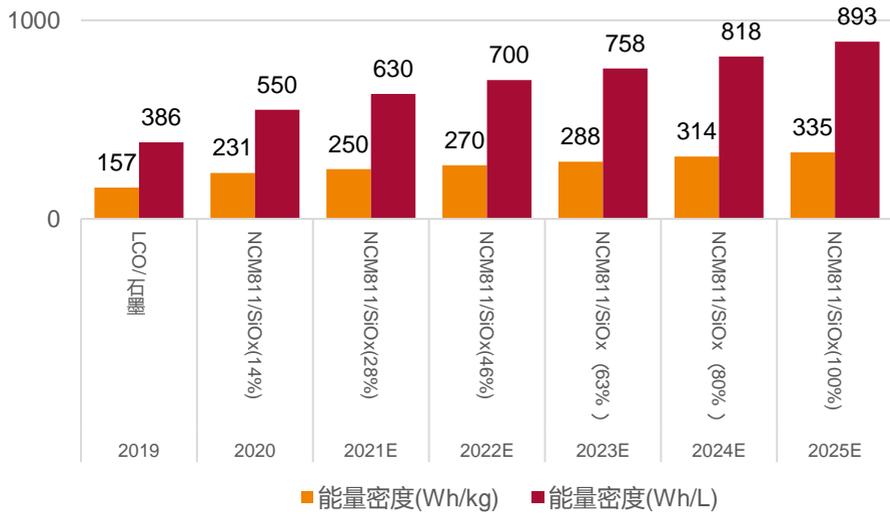
资料来源: GGIB, 天风证券研究所

固态电解质体系因为减少了电解液和隔膜(换成了固态电解质), 赣锋采用同样正负极的固态电池能量密度高于传统电池。

而且固态电池可以采用能量密度更高的金属锂作为负极, 从而进一步提升电池能量密度。

赣锋预计第三代固态电池可以将电芯能量密度提升到400WH/KG。

图10: 辉能固态能量密度研发情况



资料来源: D1EV, 天风证券研究所

固态电池：解放电极

表4：不同正极/负极的比容量对比

| 正极活性物质分子式 | 缩写 | 比容量/mAhg-1 | 平均电压 (vs.Li) V |
|---|------------------------|------------|----------------|
| LiCoO ₂ —140 | LCO-140 | 140 | 3.8 |
| LiCoO ₂ —180 | LCO-180 | 180 | 4.3 |
| LiCoO ₂ —220 | LCO-220 | 220 | 4.4 |
| LiMn ₂ O ₄ | LMO | 130 | 4.05 |
| LiFePO ₄ | LFP | 160 | 3.4 |
| LiCoPO ₄ | LCP | 130 | 4.8 |
| LiNi _{0.33} Mn _{0.33} Co _{0.33} O ₂ | NCM333 | 160 | 3.7 |
| LiNi _{0.5} Mn _{0.2} Co _{0.3} O ₂ | NCM523 | 180 | 3.7 |
| LiNi _{0.8} Mn _{0.1} Co _{0.1} O ₃ | NCM811 | 220 | 3.7 |
| 负极活性物质分子式 | 缩写 | 比容量/mAhg-1 | 平均电压 (vs.Li) V |
| 石墨 | / | 365 | 0.1 |
| 软碳-250容量 | SC-250 | 250 | 0.5 |
| 软碳-400容量 | SC-400 | 400 | 0.5 |
| 硬碳 | HC | 250 | 0.5 |
| SiO _x -420容量 | SiO _x -420 | 420 | 0.2 |
| SiO _x -1000容量 | SiO _x -1000 | 1000 | 0.4 |
| Si-C-450容量 | Si-C-450 | 450 | 0.2 |
| Si-C-1000容量 | Si-C-1000 | 1000 | 0.4 |
| Si-C-2000容量 | Si-C-2000 | 2000 | 0.4 |
| 金属Li | Li | 3860 | 0 |

资料来源：吴娇杨,刘品,胡勇胜,李泓.锂离子电池和金属锂离子电池的能量密度计算[J].储能科学与技术,2016,5(04):443-453, 天风证券研究所

固态电池成组效率高

固态电池适合采用CTP刀片电池的布局，成组效率高于传统锂电池，成组阶段还能再次提升能量密度。

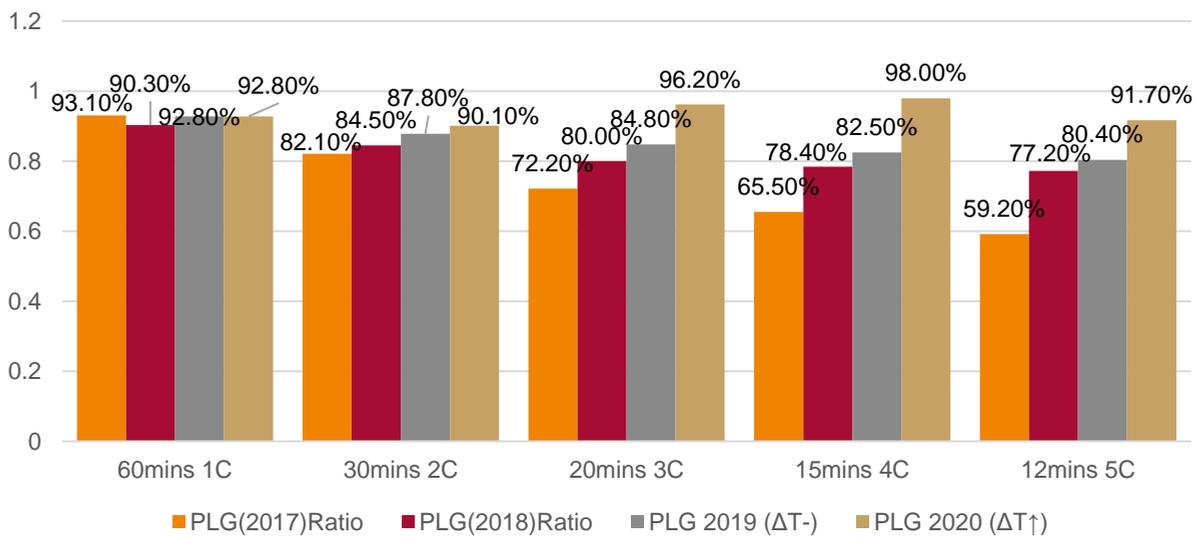
表5：辉能固态电池成组效率领先同业

| 2019 | 正负极材料 | 质量能量密度 | | |
|------|-----------|----------|--------|--------------|
| | | Cell ED | 成组效率 | Pack ED |
| 对比公司 | NCM811+Gr | 245Wh/kg | 73% | 175Wh/kg |
| 辉能 | NCM811+Gr | 215Wh/kg | 82-85% | 176-183Wh/kg |

资料来源：D1EV，天风证券研究所

固态电池-充电能力稳步提升

图11: 辉能固态电池快充能力逐年上升



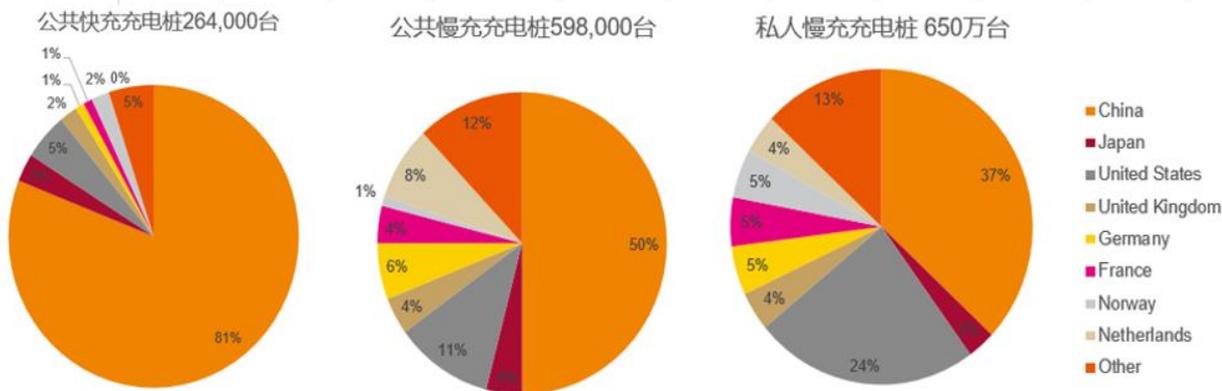
资料来源: 公司产品手册, 天风证券研究所

固态电解质同样支持快充。锂离子电池充电分三部分, 电量最低时的涪流充电 (0.1C最慢), 电量中等时的恒流充电 (可以快充), 和电量快满时的恒压充电 (较慢)。恒流充电阶段实现快充相对简单, 固态电池在恒流充电中做到快充并不困难。

根据辉能此前提供的数据来看, 2019年实现已经实现了5C倍率12分钟充电91.70%。

我国在充电桩保有量上优势明显

图12：中国新能源汽车充电桩数量领先全球



资料来源：IEA，天风证券研究所

截至6月底，全国已累计建设充电站**3.8万座**、换电站**449座**，建成各类充电桩**132.2万个**，其中公共桩**55.8万个**、私人桩**76.4万个**。同时，还建成“十纵十横两环”**4.9万公里高速公路快充网络**。充沛的充电桩资源也为新能源汽车实现便利性提供了基础。

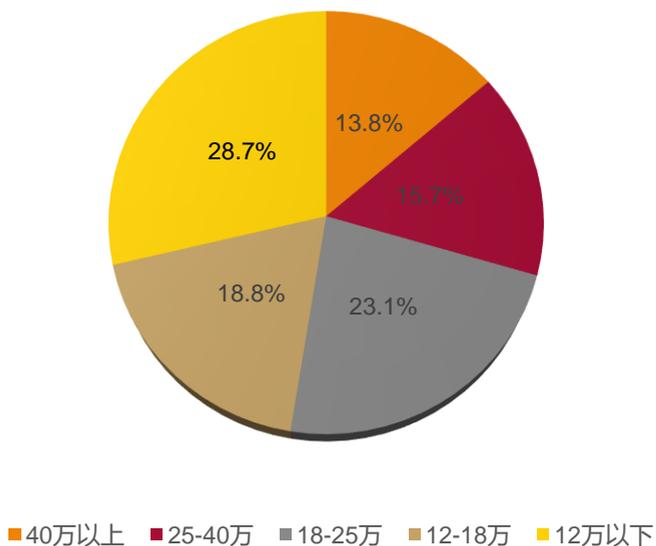


3

固态电池什么时候可以比传统电池便宜

25万以下为电动汽车主力市场

图13: 2019年消费者购车价格需求



资料来源: 巨量引擎, 天风证券研究所

新能源汽车本质仍然是交通工具。大部分消费者选用新能源汽车并不能让上下班的时间缩短。国内新能源补贴带动新能源汽车销量也同样说明了消费者对新能源汽车的需求仍然是代步工具。和传统汽车平价仍是关键。

售价决定总的销量。

2019年国内消费者购车价格需求中, 25万以下的车型占比超过70%。新能源汽车的售价目前降至25万左右, 市场已经逐步打开, 但如果希望市场达到千万辆级别仍需要同级别的新能源汽车售价降低至18万元以下。

氧化物电解质理论成本低廉

所以固态电池的应用不能大幅增加汽车的成本。
氧化物电解质（锂镧锆氧）本身的原材料价格较低，如果加工成本低于4.4美元/千瓦时，就可以实现电芯成本低于传统电池。

表6：LLZO原材料价格

| 品类 | 价格（元/吨） |
|---|---------|
| 氧化锆平均(ZrO_2+HfO_2) $\geq 99.9\%$,100目:浙江 | 56,000 |
| 氧化镧: $\geq 99.999\%$:中国平均 | 18,000 |
| 氢氧化锂56.5%:国产 | 49,000 |

资料来源：wind，天风证券研究所

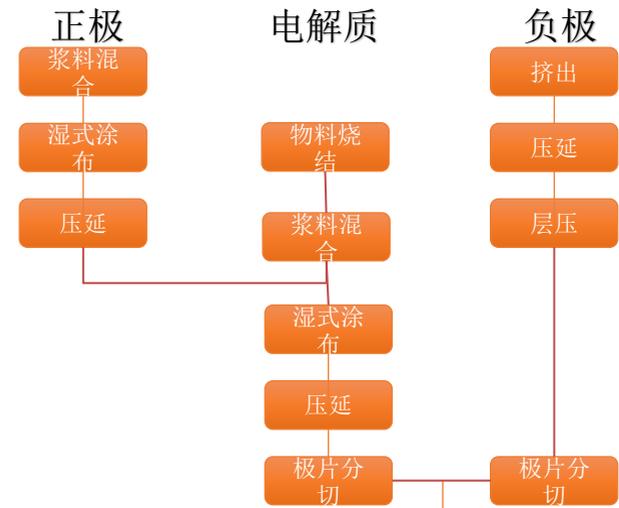
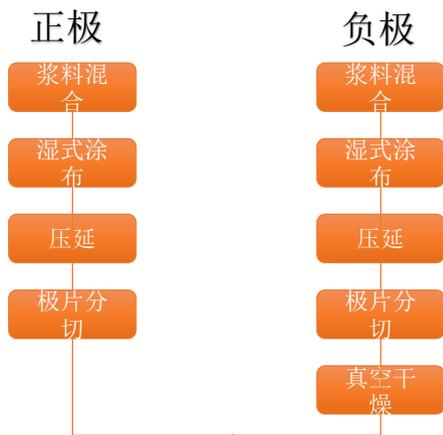
表7：LLZO成本低于液态电解质成本

| 成分 | 物料 | 密度/质量 | 单位 | 价格 | 单位 | |
|-----|----|--------------|-----|-------------------|------|--------|
| 电解质 | 液态 | LiPF6 EC DMC | 1.3 | g/cm ³ | 11.7 | \$/kwh |
| | 固态 | LLZO | 5.1 | g/cm ³ | 7.3 | \$/kwh |

资料来源：Schnell, Joscha, et al. "Solid vs. Liquid—A Bottom : Calculation Model to Analyze the Manufacturing Cost of Future High-Energy Batteries." Energy Technology (2020), wind，天风证券研究所



资料来源：msesupplies，天风证券研究所



固态电池加工中没有注液等工艺，加工成本比传统锂电池低4.6\$/Kwh。即固态电解质的加工成本低于9\$/Kwh时，固态电池的电池成本低于传统电池。



资料来源： Schnell, Joscha , et al. "Solid vs. Liquid—A Bottom : Calculation Model to Analyze the Manufacturing Cost of Future High-Energy Batteries." Energy Technology (2020), 天风证券研究所

所以固态电池加工中没有注液等工艺，电池产线投资也低于传统液态锂电池，按照10年折旧计算，固态电池每千瓦时折旧较传统锂电池少\$0.1。

根据辉能测算，按照目前的技术在固态电池产能超过20Gwh时，固态电池在PACK时的成本将低于传统电池。

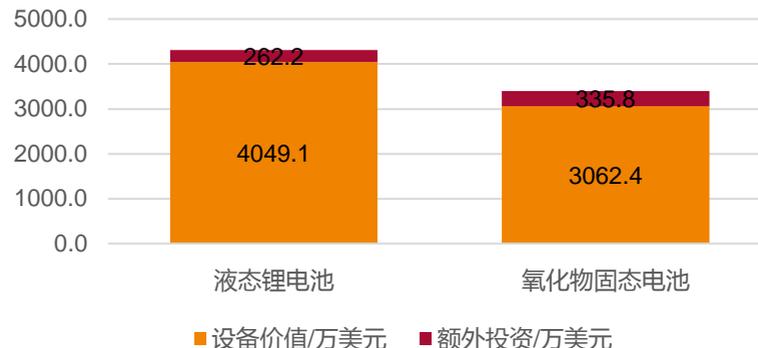
目前企业和科学家也在寻找进一步降低成本的技术和工艺。

表8：辉能电池包成本有望继续降低

| Cell产能 | Cell成本 | Pack成本 |
|--------|--------|--------|
| 1GWh | 160% | 130% |
| 10GWh | 130% | 105% |
| 20GWh | 110% | 98% |

资料来源：D1EV，天风证券研究所

图14：6GWh生产线成本对比，氧化物优势明显



资料来源：Schnell, Joscha, et al. "Solid vs. Liquid—A Bottom : Calculation Model to Analyze the Manufacturing Cost of Future High-Energy Batteries." Energy Technology (2020), 天风证券研究所

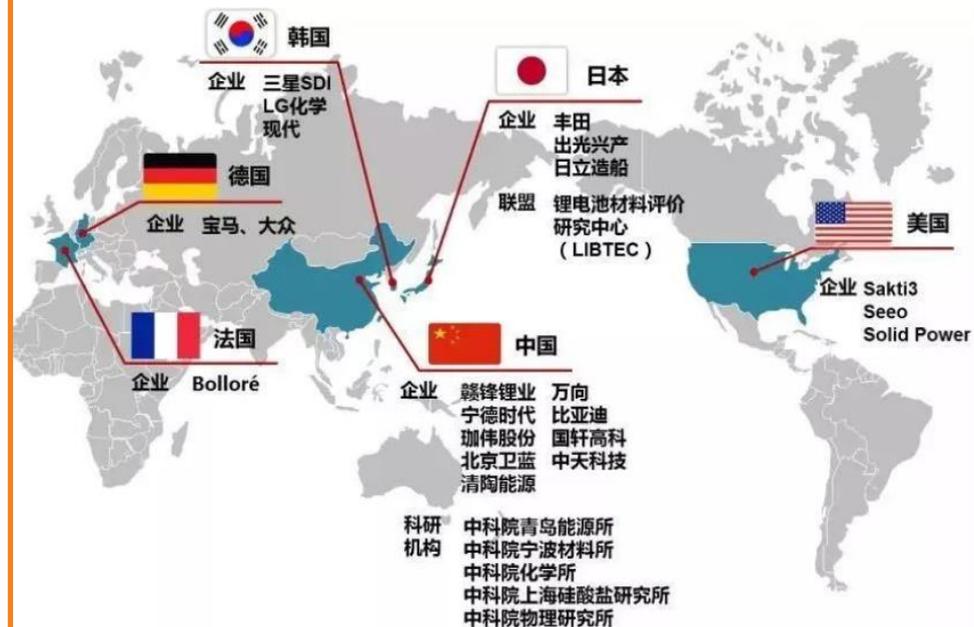


4

固态电池：国内外各企业已迈出第一步

固态电池国内外代表企业，国内企业遥遥领先

图15：全球固态电池企业分布



粗略来看，欧洲固态电池主要是聚合物体系，美国是固液混合，在亚洲中日韩主要是氧化物。

资料来源：第一电动网，天风证券研究所

表9：海内外固态电池企业工艺对比

| 公司名称 | Bolloré | Toyota | 赣锋锂业 | 台湾辉能 | 清陶能源 | 宁德时代 |
|-------|----------|-----------------------|-----------|------------------|----------|--------------|
| 电解质类型 | 聚合物 | 硫化物 | 氧化物 | 氧化物 | 氧化物 | 硫化物 |
| 能量密度 | 115Wh/kg | 2025年预计达到 450Wh/kg | 240Wh/kg | 182Wh/kg | 400Wh/kg | 理论可达400Wh/kg |
| 循环寿命 | >4000 | >4000 | 1000 | 1300 | 未披露 | >300 |
| 充电倍率 | 0.5C | 4C | 5C | 5C | 未披露 | 未披露 |
| 正负极材料 | 负极金属锂 | 未披露 | 高镍三元/硅碳负极 | NCM811 /石墨复合物 | 未披露 | 未披露 |

资料来源：wind，第一电动网，Bolloré公司年报，新能源网，台湾辉能官网，清陶能源官网，宁德时代专利说明书，天风证券研究所

法国Bollere，聚合物固态电池开发遇阻

表10: Bollere最新LMP 四代电池：循环性能较好，能量密度仍需提升

| 型号 | Blue LMP 250 | Blue LMP 400 |
|--------|--------------------------|--------------------------|
| 电量 | 252 kWh | 392 kWh |
| 电压 | 821 V | 958 V |
| 尺寸 | 1,995 x 2,310 x 1,026 mm | 2,220 x 2,870 x 1,026 mm |
| 质量 | 2080 kg | 3062 kg |
| 工作温度 | -20° C~65° C | -20° C~65° C |
| 电池降温系统 | 无需冷却系统 | 无需冷却系统 |
| 循环圈数 | > 4,000 圈 | > 4,000 圈 |

资料来源：公司官网，天风证券研究所

装载Blue LMP电池的电动汽车Blue Car最高时速可以达到130km/h；匀速行驶续航250km。6米长Bluebus公交车可以实现140-180km最大续航，12米长Bluebus最大续航可达到220-280km。Bollere在法国和加拿大建设有两座共48,000m²工厂，可年产200辆6米长公交车和200辆12米长公交车。



资料来源：公司年报，天风证券研究所

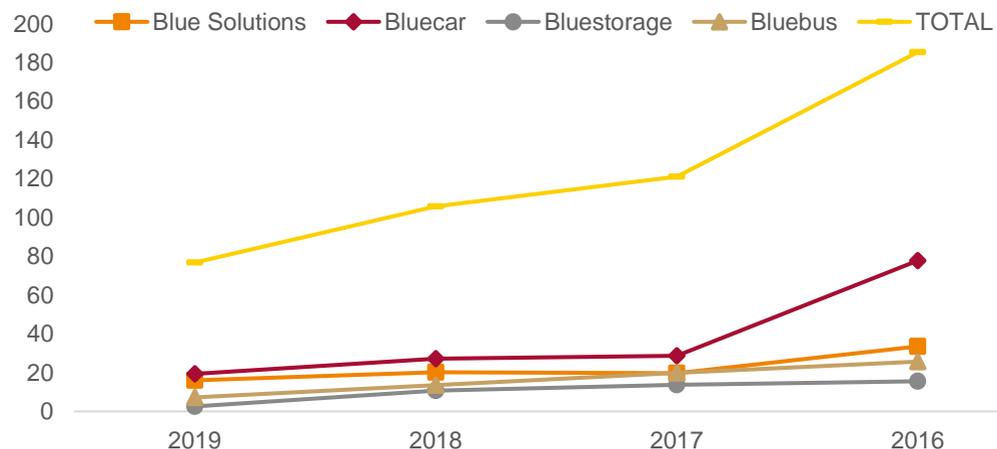


资料来源：公司年报，天风证券研究所

法国Bollore，聚合物固态电池开发遇阻

表11: Bollore科研开支逐年递减

| 单位: 百万欧元 | Change 2019/2018 | 2019 | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 |
|------------------------|------------------|------|-------|------|-------|-------|
| Bollore Films | 0% | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| Blue Solutions | -20.40% | 16 | 20.1 | 19.7 | 33.5 | 33.3 |
| Capacitor Sciences Inc | -27.91% | 3.1 | 4.3 | 7.5 | 1.3 | |
| Bluecar | -29% | 19.3 | 27.2 | 28.6 | 77.7 | 48.5 |
| Bluestorage | -76.42% | 2.5 | 10.6 | 13.7 | 15.5 | 29.2 |
| Bluetram/Blueboat | -100% | 0 | 0.4 | 0.8 | 1.7 | 7.2 |
| Bluebus | -47.41% | 7.1 | 13.5 | 19.9 | 25.6 | 24.8 |
| IER | -8.16% | 9 | 9.8 | 10.6 | 12.3 | 14.3 |
| Bollore Telecom | 0% | 19.2 | 19.2 | 19.6 | 17.2 | 14.9 |
| TOTAL | -27.34% | 76.8 | 105.7 | 121 | 185.4 | 172.7 |



资料来源: 公司年报, 天风证券研究所



资料来源: 公司年报, 天风证券研究所



资料来源: 公司年报, 天风证券研究所

Toyota & Panasonic, 硫化物电池或在2025年面世

目前, 这款固态电池正在丰田与松下合资的公司进行研发, 预计2025年量产。在充电速度方面, 据丰田内部人士透露, 固态电池原型产品在充电速度上相较于现有锂电池具有明显优势, 电量从0到100%仅需15分钟。

在电池寿命方面, 丰田汽车计划其生产的固态电池在使用30年后仍保持90%以上的性能。如果该技术能尽快实现, 那么循环性能将超越近期特斯拉、宁德时代、通用等宣传的百万公里电池。

在能量密度方面, 根据丰田的规划, 计划到2025年将固态电池能量密度提升到现有锂电池能量密度的2倍以上, 预计可达到450Wh/kg。届时, 搭载固态电池的电动汽车, 续航里程将大幅提升, 可与目前燃油车相媲美。

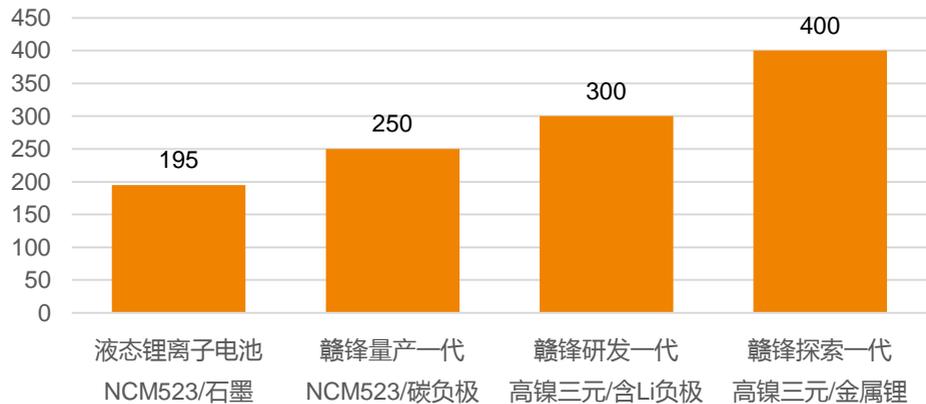
不过, 尽管已推出固态电池原型产品, 但真正市场化应用, 丰田认为也要到2025年前后: 一方面是因为技术还需要不断完善; 另一方面是成本还比较高。



资料来源: caranddriver, 天风证券研究所

赣锋锂业，氧化物固态电池科技逐渐成熟

图16: 与相同电极材料的液态电池相比，赣锋固态电池能量密度更高

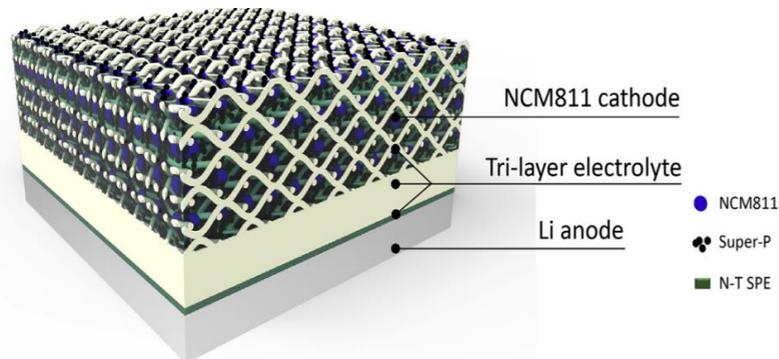


资料来源: GGIB, 天风证券研究所

根据赣锋锂业2019年12月11日投资者关系活动记录，公司固态锂电池的中试线正在进行单机调试，目前积极与下游车企对接，送样测试。

2019年5月，赣锋锂业与德国大众达成战略合作，公司未来十年将向德国大众及其供应商供应锂化工产品；同时，德国大众还将与公司在电池回收和固态电池等未来议题上进行合作。

图17: 3D固态锂电池结构示意图



3D Interpenetrating Structure ASLiB

资料来源: Enabling high-areal-capacity all-solid-state lithium-metal batteries by tri-layer electrolyte architectures[J]. Energy Storage Materials, 2020, 24:714-718. 天风证券研究所

台湾辉能，固态电池技术领先

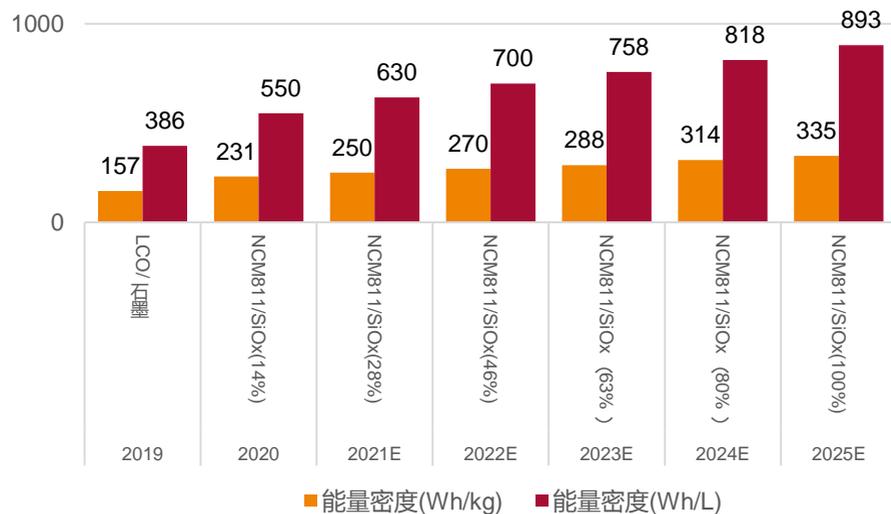
表12：辉能PLCB固态电池产品参数

| 产品 | PLCB | | |
|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | 47255 AANA | 4360AS AAMA | 36D3L8 AAJA |
| 尺寸(mm) | 52x55 | 60x105 | 133x218 |
| 额定电压(V) | 3.75 | 3.75 | 3.75 |
| 最大电压(V) | 4.35 | 4.35 | 4.35 |
| 额定容量(mAh) | 770 | 1950 | 8300 |
| 厚度 (mm) | 4.8 | 4.5 | 3.7 |
| 体积能量密度 (Wh/L) | 210.34 | 257.94 | 290.13 |

资料来源：公司产品手册，天风证券研究所

当前，辉能在台湾设有40MWh的中试线产能。产业化时间为2021年，其桃园G2线（GWh级）量产后产能将达**1-2GWh**。辉能科技大陆区总部及全球产业基地项目由辉能科技、东方蜂巢等共同投资，在青山湖科技城选址建设。项目内容包括建设**2GWh**、**5GWh**固态锂陶瓷电池芯产业化项目，并将考虑与车企合资建置产线等。项目全部建成达产后预计将实现年销售产值300亿元以上。

图18：辉能固态能量密度研发情况



资料来源：D1EV，天风证券研究所

宁德时代：量产时间未定

宁德时代选择了硫化物固态电池的研发路径。

从目前技术进展看，CATL固态电池距商业化仍有较长距离，其性能参数尤其是循环性能明显落后于赣锋锂业和台湾辉能的氧化物型固态电池。

表13：CATL刚性膜片电池较普通硫化物电池循环性能大幅提升

| 序号 | 首周比容量mAh/g | 能量密度Wh/L | 循环50周后的容量保持率% | 循环200周后的容量保持率% | 短路比例% |
|------|------------|----------|---------------|----------------|-------|
| 实施例1 | 131 | 350 | 87.4% | 60.0% | 6% |
| 实施例2 | 121 | 321 | 91.7% | 第83周短路 | 15% |
| 实施例3 | 100 | 186 | 54.0% | 35.0% | 0% |
| 对比例1 | 98 | 265 | 第2周短路 | / | 73% |
| 对比例2 | 126 | 269 | 第27周短路 | / | 36% |
| 对比例3 | 58 | 182 | 31.0% | 10.3% | 0% |

资料来源：专利说明书，天风证券研究所

2020年6月份，宁德时代21C创新实验室正式奠基，实验室中短期研究方向专注于金属锂电池、全固态电池、钠离子电池等下一代电池研发。力求在3到5年内，实现实验室自主创新成果的产业化，助力行业高质量发展。



固态锂电池作为锂离子电池的新技术，商业化应用时间尚不明确，存在长期无法大规模应用的风险。赣锋锂业的第一代第二代电池仍是固液混合的过渡固态电池，其第三代纯固态电池的研发进展还不明确，台湾辉能固态电池预计2022年中实现规模搭载，丰田的硫化物固态电池也预计2025年才能量产。目前国内尚无固态电池装车测试的案例。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

| 类别 | 说明 | 评级 | 体系 |
|--------|----------------------------|------|------------------|
| 股票投资评级 | 自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅 | 买入 | 预期股价相对收益20%以上 |
| | | 增持 | 预期股价相对收益10%-20% |
| | | 持有 | 预期股价相对收益-10%-10% |
| | | 卖出 | 预期股价相对收益-10%以下 |
| 行业投资评级 | 自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅 | 强于大市 | 预期行业指数涨幅5%以上 |
| | | 中性 | 预期行业指数涨幅-5%-5% |
| | | 弱于大市 | 预期行业指数涨幅-5%以下 |

THANKS