

金属非金属新材料

固态电池哪家强

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。

目前正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。

氧化物电解质优势明显。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。

硫化物电解质工业化较为艰难。氧化物固态电解质中O被S取代后即硫化物固态电解质。S与Li⁺间结合力较弱，体系内可移动载流子数量大，因而硫化物固态电解质表现出较好的离子电导性。由于桥连硫的存在，具有高离子电导率的硫化物种类普遍易吸潮且空气稳定性差，空气稳定性相对较好的则普遍具有较低的离子电导率。此外硫化物体系作为电解质与电极接触时的界面阻抗普遍较高。该体系在电池中的实际应用还有不少问题需解决。

聚合物已实现量产，但难当动力大任。聚合物电解质具有更好的柔韧性和可加工性，与电极之间具有相对较好的接触面聚合物电芯可加工性较好、安全、无自燃爆炸风险。在移动电源市场上聚合物电池已经做到了量产。聚合物电解质的充电倍率较差，能量密度较低；动力电池在使用时需要电流较大，聚合物锂电池使用铝箔包会有膨胀问题。这些问题都限制了聚合物电解质在动力方面的应用。

赣锋锂业的氧化物固态电池科技逐渐成熟。赣锋锂业第一代2亿瓦时的固态电池中试线已经顺利投产，产品性能全面达到公司固态电池研发团队研制样品的水平。

台湾辉能选择了氧化物电池技术路线。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。

清陶能源也选择了氧化物固态电池的路线。2018年11月，清陶发展建成全国首条可量产固态锂电池产线，并正式投产，该项目一期固态电池产能为1GWh，去年年底投产；二期产能9GWh，2020年6月底开工建设，此后两年内投产。

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。

证券研究报告

2020年08月05日

投资评级

行业评级

强于大市(维持评级)

上次评级

强于大市

作者

孙亮

分析师

SAC执业证书编号：S1110516110003

sunliang@tfzq.com

行业走势图



资料来源：贝格数据

相关报告

- 1 《金属非金属新材料-行业点评:可降解塑料:中央两度发文+各地政策出台,禁塑限塑令落地在即》 2020-08-03
- 2 《金属非金属新材料-行业点评:科创板倾向新材料 关注子公司上市带来的重估机会》 2019-03-06
- 3 《金属非金属新材料-行业点评:环保要求升级影响供应 电子铝箔涨价有望持续》 2018-01-07



内容目录

1. 固态锂离子电池——锂电池后浪.....	3
2. 固态电解质，固态电池的决定性环节.....	3
2.1. 氧化物固态电池，综合前景最好的固态电解质.....	4
2.2. 硫化物固态电池，性能最佳但工业化艰难.....	4
2.3. 聚合物固态电池，已实现量产但难做动力使用.....	4
2.4. 固态电池未来展望，氧化物空间较大.....	4
3 固态电池国内外代表企业，国内企业遥遥领先.....	5
3.1. 法国 Bollere，聚合物固态电池开发遇阻.....	5
3.2. Toyota & Panasonic，硫化物电池或在 2025 年面世.....	7
3.3. 赣锋锂业，氧化物固态电池科技逐渐成熟.....	8
3.4. 台湾辉能，固态电池技术领先.....	9
3.5. 清陶新能源：已宣布投产.....	11
3.6. 宁德时代：量产时间未定.....	11
4. 风险提示.....	12

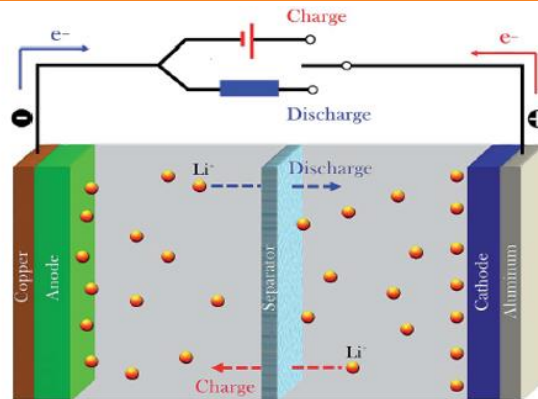
图表目录

图 1：锂电池结构原理图.....	3
图 2：全球固态电池企业分布.....	5
图 3：Bluebus 成品.....	6
图 4：Bluecar 成品.....	6
图 5：Bollere 研发开支逐年递减.....	7
图 6：硫化物体系主要研发企业.....	7
图 7：3D 固态锂电池结构示意图.....	9
图 8：辉能快充能力逐年上升.....	9
表 1：不同电解质类型对比.....	3
表 2：不同氧化物型电解质对比.....	4
表 3：海内外固态电池企业工艺对比.....	5
表 4：Bollere 最新 LMP 四代电池：循环性能较好，能量密度仍需提升.....	6
表 5：Bollere 科研开支逐年递减.....	6
表 6：赣锋锂业与国外业界龙头展开合作.....	8
表 7：辉能 PLCB 电池性能较为理想.....	10
表 8：辉能 PLCB 电池性能较为理想.....	11

1. 固态锂离子电池——锂电池后浪

传统锂离子电池主要由正/负极、电解质及隔膜、外壳及附件等部分组成。正负极材料从根本上决定了电池的容量，而电解质（及隔膜）则作为传输锂离子的介质。

图 1：锂电池结构原理图



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

固态锂电池与传统锂离子电池不同在于以固态电解质替代了传统锂离子电池的电解液和隔膜。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。

2. 固态电解质，固态电池的决定性环节

目前正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。

聚合物的主要问题是室温离子电导率很低，需要达到电解质玻璃化温度（约 60° C）以上电池才能正常工作。目前可以通过添加有机溶剂和无机填料提高电导率。但同时聚合物电化学窗口窄，电位差太大时(>4V)电解质易被电解，这使得聚合物的性能上限较低。

氧化物材料体系的主要缺点是总体电导率较低、电极接触性不好。目前可以通过结构和制备工艺的进一步优化，实现室温下高于 10^{-3} S/cm 的本征电导率，多晶陶瓷的电导率也可达到 10^{-3} S/cm（液态电解质电导率达 10^{-2} 到 10^{-3} S/cm）。针对电解质和电极接触性不好的问题，国外的研究学者设计了一种多孔的氧化物电解质并将电极浆料灌注到多孔结构中，可以达到良好的电极/电解质接触界面。

硫化物同样与正负电极接触性较差，目前研究通过设计双电层电解质改善了这个问题：在正负极两侧界面分别采用不同的改性工艺同时达到和电极较好的接触性。但同时硫化物易与空气中的水、氧气反应产生有毒气体，加大了制备工艺难度。这一点在研究层面不难解决，但会在大规模制备上增加巨额成本。

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

2.1. 氧化物固态电池，综合前景最好的固态电解质

目前氧化物型电解质商业化前景较好的为 GARNET 型、LISICON 型、NASICON 型结构。GARNET 型具有良好的空气稳定性及对金属锂的稳定性，立方相的 GARNET 型电解质具有较高的室温离子电导率 (10^{-3}S/cm)。但 GARNET 型电解质与金属锂浸润性较差，在循环过程中锂离子沉积不均匀，易产生枝晶。目前解决这个问题的方法是引入聚合物缓冲层或溅射能与锂形成合金层的物质，此方法在研究领域已被证实有效。LISICON 型材料导电率高，但对 H_2O 及 CO_2 敏感，因此在空气中不稳定，对金属锂的稳定性也较差。目前可以通过掺杂锆防止分相的出现，大幅提高其稳定性。NASICON 型材料的研究起步较晚，其结构性稳定、合成简单，在空气中具有很好的稳定性，同时在室温下也具有较高的离子电导率，但由于含锆和钛使得其大规模应用的成本较高。目前 GARNET 和 LISICON 被视为氧化物电解质最好的选择。

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

2.2 硫化物固态电池，性能最佳但工业化艰难

硫化物电解质的应用仍存在问题。氧化物固态电解质中 O 被 S 取代后即硫化物固态电解质。S 与 Li^+ 间结合力较弱，体系内可移动载流子数量大，因而硫化物固态电解质表现出较好的离子导电性。由于桥连硫的存在，具有高离子电导率的硫化物种类普遍易吸潮且空气稳定性差，空气稳定性相对较好的则普遍具有较低的离子电导率。此外硫化物体系作为电解质与电极接触时的界面阻抗普遍较高。该体系在电池中的实际应用还有不少问题需解决。

2.3 聚合物固态电池，已实现量产但难做动力使用

目前很多充电宝电芯采用了聚合物。聚合物电解质电化学窗口窄，锂离子电池正极材料的选择受到限制，难以使用高电压的正极材料，如果电位差太大($>4\text{V}$)电解质易被电解；优点方面，相比于无机电解质，聚合物电解质具有更好的柔韧性和可加工性，与电极之间具有相对较好的接触面聚合物电芯可加工性较好、安全、无自燃爆炸风险。在移动电源市场上聚合物电池已经做到了量产。

聚合物电解质难当动力电池重任。聚合物电解质的充电倍率较差，能量密度较低，在大倍率充放电情况下，聚合物会表现出与液体电解质非常相似的不可逆还原分解过程，动力电池在使用时需要电流较大，因此聚合物锂电池使用铝箔包会有膨胀问题。法国 Bolloré 的两款聚合物固态电池的充电倍率只有 0.5C 和 0.25C。这些问题都限制了聚合物电解质在动力方面的应用。

2.4 固态电池未来展望，氧化物空间较大

硫化物工业难度较高。硫化物固态电解质的离子电导率非常高，理论上是最有开发潜力的电解质材料，但其工业化难度过高，本身随着生产环境限制和安全隐患，其在商用化之路是否可行还有待观察。

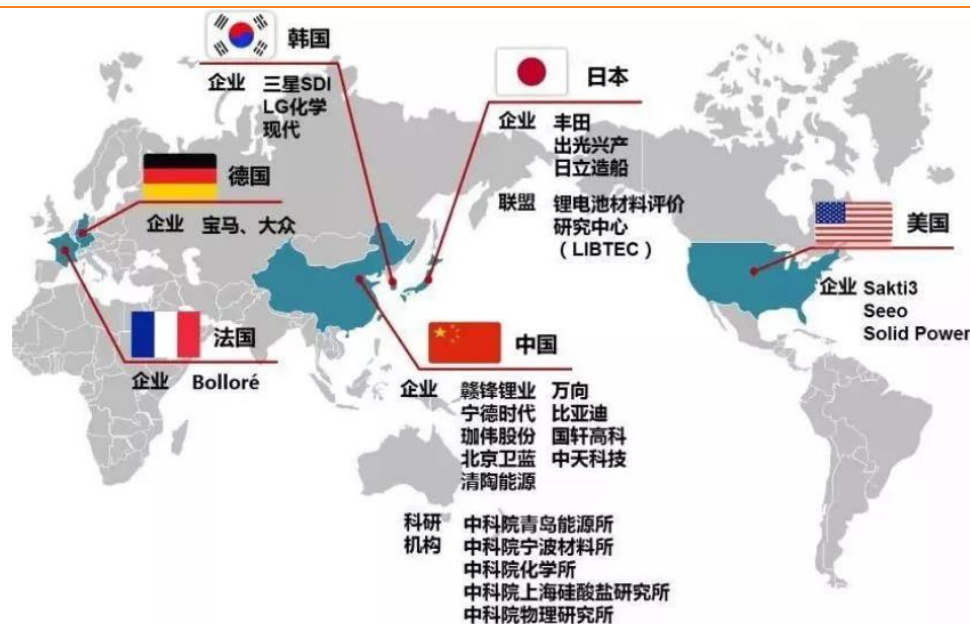
聚合物体系固态电池由于其电解质成本较低，制造工艺简单，比较容易实现工业化。法国 Bolloré 等公司已经开始量产聚合物体系电池并投入到汽车、公交车的使用中。但是聚合物电解质在离子电导率上暴露出的劣势相较氧化物和硫化物体系更大：目前离子电导率比较高的聚合物是凝胶聚合物电解质，但由于有机溶剂的存在，使其与 Li 负极的相容性较差；加入无机填料的电解质虽然有很好的相容性以及机械性能但电导率有待提高。这一材料性质上的限制使得其能量密度上限较低。近两年以 Bolloré 为代表的聚合物体系企业的研发进度也开始停滞。

综合来看，在国内金属氧化物固态电池仍是最有可能成为未来主流固态电解质的选择。如今国内企业大部分选择了金属氧化物电池，其制造工艺和改性水平也在稳步提升，赣锋锂业的第一代产品目前已经开始小规模对外供货，主要用于整车企业装车示范及测试工作，并根据整车厂的应用要求持续改进，力争 2020 年底实现装车。台湾辉能的固态电池已有详细的测试数据，预计 2021 年可量产。同时辉能预估日本厂商和欧美厂商的量产实现仍需 5-10 年，国内的固态电池量产进展暂时领先于国外。

3 固态电池国内外代表企业，国内企业遥遥领先

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。

图 2：全球固态电池企业分布



资料来源：第一电动网，天风证券研究所

表 3：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

3.1 法国 Bolloré，聚合物固态电池开发遇阻

法国 Bolloré 公司算得上真正在电动车上实现固态电池商用化的企业，它选择的是聚合物电池体系。早在 2011 年底，Bolloré 就开始利用自主开发的电动汽车“Bluecar”和电动巴

士“Bluebus”在法国巴黎及其郊外提供汽车共享服务“Autolib”，几年来已累计投入了约3000辆搭载30kWh固态聚合物电池+双电层电容器为动力系统的电动车。Bolloré也是赣锋锂业的重要客户，其金属锂原料来自于赣锋。

表 4：Bolloré 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；匀速行驶可续航 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。Bolloré 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。

图 3：Bluebus 成品



资料来源：公司年报，天风证券研究所

图 4：Bluecar 成品



资料来源：公司年报，天风证券研究所

虽然该体系技术相对成熟，成本低廉，是当前量产能力最强的固态电池，但在室温下过低的离子电导率以及低容量正极使其能量密度能达到的上限值较低，因此在车规级动力电池层面上几乎没有商用化可能。根据 Bolloré 2019 年和 2018 年的年报披露对比，其 LMP 聚合物固态电池的性能并没有任何变化，Bluecar 和 Bluebus 的续航里程没有提升，并且其研发部门开支也是逐年递减，在聚合物固态电池的大规模商业化上 Bolloré 遇到了不少阻碍。

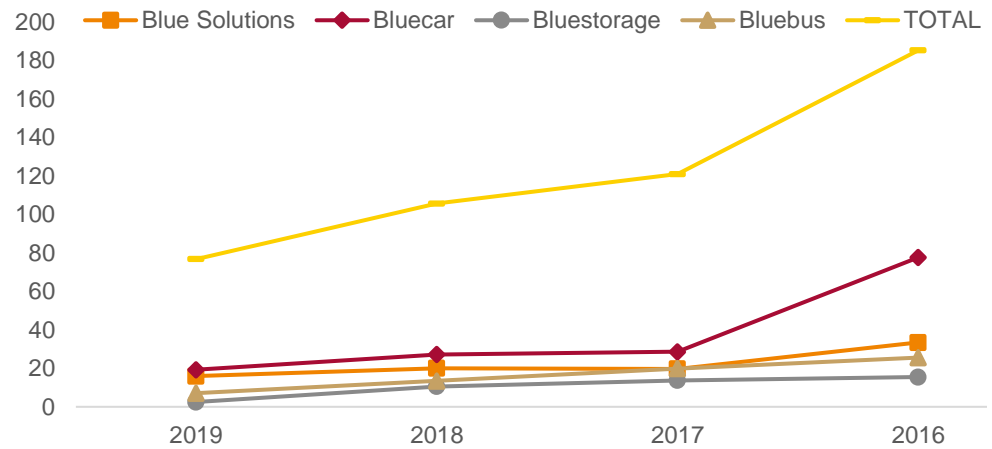
表 5：Bolloré 科研开支逐年递减

单位：百万欧元	Change 2019/2018	2019	2018	2017	2016	2015
Bolloré 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

图 5: Bollore 研发开支逐年递减 (单位: 百万欧)



资料来源：公司年报，天风证券研究所

3.2 Toyota & Panasonic, 硫化物电池或在 2025 年面世

丰田选择了拥有能与液态电解质相媲美的离子电导率的硫化物体系。硫化物曾是最有希望应用于车辆领域的固态电池体系。丰田与 Panasonic 已就固态锂电池车载全固态电池的开发、制造与销售等展开合作。

图 6: 硫化物体系主要研发企业



资料来源：第一电动，天风证券研究所

2020 年 7 月，丰田汽车动力总成公司执行副总裁兼电池业总经理 Keiji Kaita 透露，丰田已经按计划成功制造了固态电池，并且已经安装到了概念车上。

目前，这款固态电池正在丰田与松下合资的公司 Prime Planet Energy & Solutions Inc. (松下持股 49%、丰田持股 51%) 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。“充电焦虑”或将在固态电池上成为过去式。

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。

在安全性方面，由于固态电池采用固态电解质，不含可燃性的电解液等材料成分，安全性也将明显提升。

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。

拥有最大的开发潜力，却也伴随着最大的开发难度，生产环境限制、安全问题以及界面问题是其最大阻碍，也是未来需要解决的重点。

3.3 赣锋锂业，氧化物固态电池科技逐渐成熟

赣锋锂业选中氧化物厚膜路线。根据其发布的公告，由其研发的第一代固态锂电池研制品已通过多项第三方安全测试和多家客户送样测试，单体容量 10Ah，能量密度不低于 240Wh/kg，1000 次循环后容量保持率大于 90%，电池单体具备 5C 倍率的充放电能力，其 40Ah 固态锂电池产品定型，产品的安全指标和综合性能通过内部测试，达到研制品水平。按照单车 500 公斤电池组估算，电量可达 80kWh，按照目前 EV 每千瓦时续航 6 公里，续航有望达到 480 公里；千次循环后最大电量仍有 90%，按照家用 3 天充一次电（每天开 160 公里），电池可用 8 年以上；电池具备 5C 以上的充放电能力，也就是说充电速度可达 12 分钟充满。

赣锋锂业第一代 2 亿瓦时的固态电池中试线已经顺利投产，产品性能全面达到公司固态电池研发团队研制样品的水平，公司正积极与车厂客户对接固态电池的上车合作事宜。公司未来十年将向德国大众及其供应商供应锂化工产品，在锂材料供应协议之外，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。

表 6：赣锋锂业与国外业界龙头展开合作

客户姓名	协议签署日期	合作内容
特斯拉	2018 年 9 月	2018 年至 2020 年，特斯拉指定其电池供货商向公司及赣锋锂业全资子公司赣锋国际采购电池级氢氧化锂产品，年采购数量约为公司该产品当年总产能的 20%
德国宝马	2018 年 9 月	自 2018 年至 2023 年，由公司及赣锋国际向德国宝马指定的电池或正极材料供货商供应锂化工产品
韩国 LG 化学	2018 年 8 月	2019 年至 2025 年，由公司及赣锋国际向 LG 化学销售氢氧化锂产品
德国大众	2019 年 4 月	约定未来十年将向德国大众及其供应商供应锂化工产品，在锂材料供应协议之外，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

资料来源：公司年报，天风证券研究所

固体电解质材料相关产品上，赣锋已经实现了 Liscon 氧化物粉体和 Garnet 氧化物粉体研制，具备年产 100 吨的量产能力，并还实现了电解质膜的量产，其陶瓷电解质片年产能达 10000 只，柔性电解质膜年产能达 1000 万^m。

按照赣锋的规划，其第二代固态电池将是基于高镍三元、含锂负极的混合固液锂电池，能量密度大于 300Wh/kg。经权威第三方机构检测，赣锋第二代固态锂电池样品能量密度已经达到 350Wh/kg，循环次数超过 200 次。

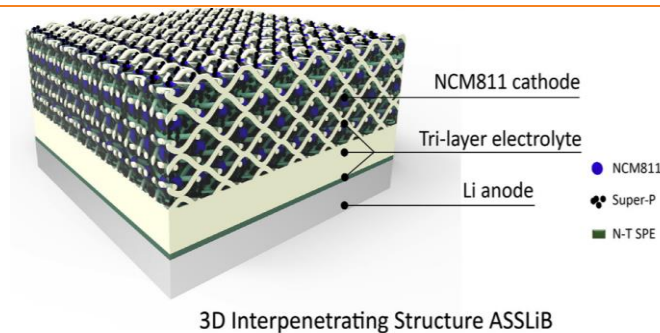
赣锋第三代固态电池是基于金属锂负极的全固态锂电池，能量密度达>400Wh/kg。第三代固态锂电池技术的可行性研究工作仍在持续稳步推进中。

目前中科院宁波材料所许晓雄团队与赣锋锂业合作推进产业化。许晓雄博士分别于 2017 年 4 月 6 日及于 2017 年 12 月 29 日获委任为董事及执行董事。团队近一年的科研工作主要是针对金属氧化物电解质的研究，如针对 GARNET 型氧化物电解质烧结时参杂了 MgO 使烧结得到的电解质孔隙率更低，加工工艺的可重复性和电导率也得到了提升。

此外，许晓雄团队采用了无定形玻璃的 NASICON 型电解质，改善了传统陶瓷态电解质于金

属锂负极贴合度不好的问题并对 NASICON 型氧化物电解质的材料更进一步优化，通过使用 3D 三层结构的电解质解决了电解质容易在负极界面上产生副反应，增加内阻的问题。同时也解决了电解质和能量密度高的含镍电极兼容性不好的问题，3D 结构的固态电池可以使含镍正极 NCM811 较好的负载到电解质上。

图 7：3D 固态锂电池结构示意图



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

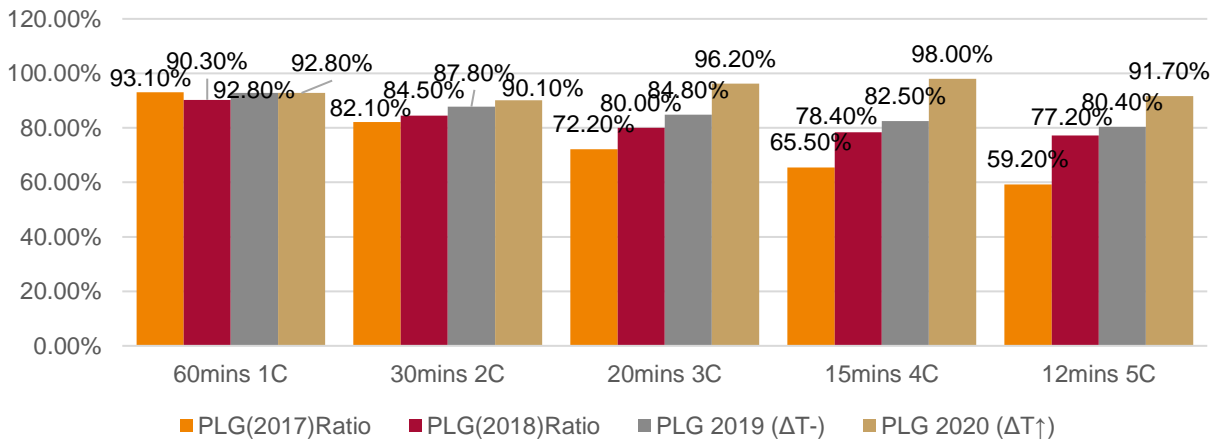
目前赣锋已经有成型的金属氧化物固态电解质产品，主要为 GARNET 型和 LISICON 型氧化物。在第一代固态电池上赣锋选择了基于高镍三元/硅碳负极的混合固液电解质动力电池，是向全固态电池发展的过渡产品。可以预见在第二代和第三代固态电池电解质材料的选择上，GARNET、LISICON 和 NASICON 型金属氧化物必将成为热点，且许晓雄研究团队已经基本解决了 NASICON 型电解质在负极界面上性质不稳定的问题，接下来产业化的主要阻碍可能是 NASICON 型电解质需要用到的锗价格偏高等。

3.4 台湾辉能，固态电池技术领先

辉能选择的是氧化物厚膜的技术路线。它对自身固态电池的产品规划是，2018 年至 2023 年，第一代类固态电池沿用液态电池正负极，同时正极从 NCM622 升级到 NCM811，负极从石墨转向高 SiOX 含量（14%以上）的石墨复合物。2023 年后为第二代固态电池，减少活性材料的使用量，正极为 HNCA/HNMC，负极为金属锂或纯硅。目前其 PLCB 和 BLCB 固态电池均为第一代产品。

辉能坚持氧化物体系的固态电池路线，和液态电解质存在着量级的离子电导率差别，意味着除了锂离子数量多，运输的阻力也增加了。这些问题，都是固态电池商业化的眼中钉肉中刺。对于内阻高、充电困难的问题，辉能在 2018 年给出的解决方案是用锂陶瓷电池替代传统锂电池的核心部分，并宣称生产的固态锂电芯的内阻值能降到一般液态电池的水平，锂陶瓷电池确实在一定程度上能提高离子电导率，所以自然能减轻内阻高、充电困难的问题。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%，已经突破了技术壁垒。

图 8：辉能快充能力逐年上升



资料来源：公司官网，天风证券研究所

在能量密度和快充能力上，辉能给出的数字很有杀伤力。在循环性能上，辉能推出的 NCM811 电池在 1C 放电倍率情况下完成 1300 次循环后余电在 80% 以上，能量密度 182Wh/kg，按照单车 500 公斤电池组估算，电量可达 60KWH，按照目前 EV 每千瓦时续航 6 公里，续航有望达到 360 公里；1300 次循环后最大电量仍有 80%，按照家用 3 天充一次电（每天开 120 公里），电池可用 10 年以上。

辉能主推的 PLCB 大容量锂陶瓷电池产品定位在大容量应用，例如：电动车、无人机、各式载具或是有特殊安全性需求的工业类、医疗相关应用。目前 PLCB 生产制造已从片式生产升级为自动化卷式生产，成功提升优良率及产能，并降低制造成本。

表 7：辉能 PLCB 电池性能较为理想

产品	PLCB		
		47255	4360AS
	AANA	AAMA	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：公司官网，天风证券研究所

PLCB 已经通过欧规电动车电池安全指标 EUCAR Hazard Level 且达到 2-3 级，为全球安全性最高的动力电池。由于不含易燃的液体/胶态聚合物电解质，LCB 突破以往锂电池只能于 0 到 45° C 放电的瓶颈，PLCB 可于 -25 到 90° C 环境下放电，在任何情境下都可以安心使用。辉能克服了固态电池内阻值较高的问题，成为首款可以达到 5C 快充的固态锂电池，快充同时电池维持低温且维持高安全性。

PLCB 的能量密度已高于大部分现有电动车电池，更因为绝佳的安全性，模组内可省去部分冷却系统与电池管理系统，不只提升空间利用率及模组阶段的能量密度，还能降低模组成本。

BLCB 电池在 PLCB 的基础上提升了其高压性能，单颗电池芯电压即可达 60V 或更高，不但节省了 15 颗电芯的外封装材，电芯能量密度也更高了。随着电芯电压提高，电池管理系统及分流充电之需求也就跟着减少，进而降低模组成本并大幅减少模组体积，提高模组能量密度。

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。项目总投资 380 亿元, 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。

南都电源已与辉能科技达成固态锂电池合作共识, 共同推进固态锂电产业化; 参股新源动力, 布局燃料电池行业。

3.5 清陶新能源: 已宣布投产

清陶也选择了氧化物固态电池的路线。2018 年 11 月, 清陶发展建成全国首条可量产固态锂电池产线, 并正式投产, 该项目一期固态电池产能为 1GWh, 去年年底投产; 二期产能 9GWh, 2020 年 6 月底开工建设, 此后两年内投产。

2019 年 12 月, 清陶发展完成了由北汽产投领投, 昆山国科创投、峰瑞资本等机构跟投的 E 轮融资。2020 年中清陶发展完成 E+ 轮融资, 本轮投资由上汽集团领投, 昆山国创投资集团、淮安市淮上英才创投跟投。本轮融资后, 清陶发展将进一步加强与新能源汽车产业的深度融合, 推进固态电池技术的全面产业化。值得注意的是, 2020 年 6 月 7 日, 清陶发展与浙江合众新能源汽车有限公司战略合作签约仪式在江西宜春顺利举行, 双方将以推动固态动力电池装车应用作为核心原则, 旨在充分发挥固态动力电池技术潜力, 加快固态动力电池整车验证与测试, 共同推动和引领行业的发展。

苏州清陶推出的高安全性、高能量密度、柔性化等固态电池产品, 能量密度可达 400Wh/kg 以上, 已在特种电源、高端数码等领域成功应用, 在新能源汽车领域先行先试。

2019 年 10 月 18-19 日, 第三届锂电池技术与产业发展论坛上清陶发布了四类固态锂电池产品: 1、高安全便携式设备电源, 主要应用在智能穿戴装备、儿童电子产品、单兵武器装备、异形空间等场景; 2、特种环境安全电源系统, 主要应用在分布式设备电源系统、密闭环境电源系统等场景; 3、电动智能出行安全动力电源, 主要应用在电动汽车、轨道交通, 短途出行工具、特种车辆等场景; 4、轻量化高比能动力电源, 主要应用在飞行类设备、高端乘用车等场景。

清陶的研究团队是南策文院士带领的清华团队, 其最近的研究方向为改善 GARNET 型金属氧化物固态电池的性能, 目前 GARNET 型电解质的导电率低已经通过热压工艺得到了极大的改善, 但是锂渗透的问题还有待解决: 发生电化学反应后, 来自电解质的锂离子将开始积聚到其表面细微瑕疵处。一旦锂离子开始在瑕疵处形成积聚, 这一情况将会持续下去。南策文团队研究了各种解决渗透问题的方法, 主要思路是减少电解质内部缺陷以及优化电解质-负极界面。此外, 麻省理工大学团队已经可以通过增加固态电解质表面光滑度有效改善锂渗透的问题。

3.6 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。公司持续关注固态电池、锂空电池、锂硫电池等电池新技术发展动态。

宁德时代申请的刚性膜片及固态锂金属电池专利, 一方面使用金属锂作负极, 利用锂比容量 3860mAh/g, 电化学势为 -3.04V 等优势, 预计能量密度可达 400Wh/kg 以上(类似于赣锋的三代固态锂电池技术)。另一方面解决了安全性和循环寿命等难题, 有力提升了固态锂金属电池的循环性和降低短路发生几率。

表 8: 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

宁德时代的这项专利专利，优势在于能抑制锂金属阳极向固体电解质膜片内延展或渗透，降低固态锂金属电池制备过程中的短路几率。同时刚性膜与固态电池充电过程的沉积锂形成合金，能降低充放电循环时短路概率，并提高固态锂金属电池的循环稳定性。

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。CATL 负责电池开发的负责人曾透露全固态电池还在开发中，也制作了样品。

4. 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。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/或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/或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

天风证券研究

北京	武汉	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号	湖北武汉市武昌区中南路 99 号保利广场 A 座 37 楼	上海市浦东新区兰花路 333 号 333 世纪大厦 20 楼	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100031	邮编：430071	邮编：201204	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	电话：(8627)-87618889	电话：(8621)-68815388	电话：(86755)-23915663
	传真：(8627)-87618863	传真：(8621)-68812910	传真：(86755)-82571995
	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com