

产业技术前瞻系列之一：大圆柱路径确定，关注 产业链相关机会

——新能源汽车行业深度研究

研究所

证券分析师：李航 S0350521120006

lih11@ghzq.com.cn

证券分析师：邱迪 S0350522010002

qiud@ghzq.com.cn

最近一年走势



相对沪深300表现

表现	1M	3M	12M
电气设备	-7.6%	-14.2%	31.6%
沪深300	-7.1%	-13.6%	-16.5%

相关报告

投资要点：

- **电芯大型化趋势明确，大圆柱路线前景可期。**相较于上一代 2170 圆柱电池，4680 大圆柱电池采用更大的 46mm*80mm 电芯，并采用内阻更小的无极耳技术，使得 4680 在 2170 的基础上能量提升 5 倍、里程提高 16%、功率提高 6 倍、生产成本下降 14%。大圆柱电池延续了圆柱电池一致性高、安全性好和兼容高能量密度材料的特点，电芯大型化同时带来了成组效率高、BMS 难度低和高电压平台适配性的优点。大圆柱电池可以兼容高能量密度材料和高电压快充系统，是解决新能源汽车里程焦虑的重要技术路线。
- **电池厂商加速布局大圆柱电池，大圆柱多重优势助力圆柱份额提升。**目前特斯拉明确表示将 4680 大圆柱电池用于高端长续航乘用车，并在 Semi 卡车和 Cybertruck 上使用 4680 电池，预期第一款搭载大圆柱电池的车型将于 2022 年初生产。为满足大圆柱电池需求量，除特斯拉自己的电池工厂布局大圆柱电池外，国内外电池厂商如亿纬锂能、松下和 LG 化学等也在加速扩产布局大圆柱电池。大圆柱电池的放量有望成为圆柱份额提升的重要支撑，大圆柱电池将凭借高性价比，对现有电池结构体系产生影响。我们预计 2025 年圆柱动力电池全球占比有望达到 27%，圆柱动力电池需求量将达 318.2GWh。
- **大圆柱电池需求增加，有望提升高能量密度材料应用潜力。**圆柱电池在一致性、结构件强度、散热性能方面均优于方形电池和软包电池，且大圆柱电池特有的无极耳设计可以减少大圆柱电池在充电过程中产生的热效应，因此大圆柱电池对热稳定性较差的高镍正极和体积膨胀率较高的硅基负极包容性较好，大圆柱电池的放量将提升对高镍正极和硅基负极的需求。此外，由于高镍正极热稳定较差，高温会加剧过渡金属的溶解，恶化电池状态，高镍电池对电解液匹配性提出更高要求。使用热稳定性好的 LiFSI 作为电解质可以显著提升电池性能，高镍正极商业化加速推进将提升对 LiFSI 的需求。
- **大圆柱电池为相关材料厂商和结构件厂商带来机会。**4680 大圆柱电池有望明年开始量产配套特斯拉部分车型，关注布局大圆柱电池产能的电池厂商，由于 4680 大圆柱电池与高能量密度材料适配性较高，关注大圆柱电池产能扩张带来的锂电产业链中高镍正极、硅基

负极、LiFSI 和碳纳米管环节的增长机会，以及 4680 大圆柱电池放量对圆柱结构件的需求提升。此外，由于大圆柱全极耳技术采用激光切与激光焊接，将有利于激光焊接、切割设备。

- **投资建议** 随着电池技术进步、产品力提升和基础设施不断完善，新能源汽车渗透率加速提升，带动动力电池需求释放，动力电池规模化发展将进一步推动行业成本下降，使得新能源汽车发展形成正向反馈。长期来看，我们持续看好符合“双碳”趋势的新能源汽车的发展前景，基此我们给出新能源汽车行业“推荐”评级。**具体标的上，重点关注：**（1）电池环节：布局 20GWh/年乘用车用大圆柱电池产能的【亿纬锂能】；（2）高镍正极环节：一体化布局的前驱体企业【中伟股份】、【格林美】和【华友钴业】，拥有高镍正极技术储备和量产能力且通过客户认证的【容百科技】和【当升科技】；（3）LiFSI 环节：拥有产业链循环和成本优势的【天赐材料】；（4）碳纳米管环节：专注碳纳米管产品的龙头企业【天奈科技】；（5）结构件环节：精密结构件龙头企业【科达利】和借易拉罐领域优势拓展动力电池结构件业务的【斯莱克】；（6）设备环节：对激光技术和工艺有深刻理解的高速激光制片机设备厂商【海目星】。
- **风险提示** 新能源车产销量不及预期；46800 电池产能推进和市场化不及预期；高镍三元需求不及预期；硅碳负极技术进步和成本下降不及预期；LiFSI 产业化进程不及预期；碳纳米管需求不及预期；产业链原料价格大幅波动；锂电行业竞争加剧；重点关注公司业绩不及预期。

重点关注公司及盈利预测

重点公司 代码	股票 名称	2022-03-30		EPS		PE			投资 评级
		股价	2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E	
300014.SZ	亿纬锂能	83.00	0.87	1.62	1.88	93.67	51.17	44.10	增持
300919.SZ	中伟股份	123.72	0.74	1.64	3.02	99.66	75.44	40.95	增持
002340.SZ	格林美	8.62	0.09	0.24	0.38	81.06	36.33	22.81	未评级
603799.SH	华友钴业	99.85	1.02	3.01	4.22	77.69	33.17	23.65	未评级
688005.SH	容百科技	139.87	0.48	2.03	4.10	107.23	56.84	34.08	未评级
300073.SZ	当升科技	79.38	0.85	1.97	2.60	76.43	40.32	30.51	未评级
002709.SZ	天赐材料	99.17	0.98	2.30	4.74	106.38	49.83	20.90	未评级
688116.SH	天奈科技	144.89	0.46	1.29	2.70	134.03	116.04	53.66	未评级
002850.SZ	科达利	153.40	0.77	2.30	4.77	122.55	66.74	32.14	未评级
300382.SZ	斯莱克	13.97	0.11	0.21	0.45	68.58	66.65	31.24	未评级
688559.SH	海目星	62.29	0.39	0.54	1.73	85.30	110.59	35.95	未评级

资料来源：Wind 资讯，国海证券研究所（注：未评级公司盈利预测取自万得一致预期）

内容目录

1、电芯大型化趋势明确，大圆柱路线前景可期.....	6
1.1、18650→21700→46800，圆柱电池大型化趋势明确.....	6
1.2、圆柱电池在一致性、安全性、材料应用等方面优势明显.....	8
1.3、受益于大圆柱电池的高成组效率、低BMS难度和高电压平台适配性，大圆柱电池路线前景可期.....	9
2、电池环节：电池厂商布局大圆柱电池，大圆柱多重优势助力圆柱份额提升.....	12
2.1、动力电池行业集中度高，国内外技术路线布局有所差异.....	12
2.2、大圆柱电池产能即将放量，多重优势助力圆柱电池份额提升.....	13
3、材料环节：大圆柱电池需求增加，有望提升高能量密度材料应用潜力.....	15
3.1、高镍正极：圆柱大型化趋势下迎高镍扩产高峰，一体化布局铸就高镍正极材料龙头.....	15
3.1.1、高镍材料能量密度优势明显，里程需求驱动NCM811占比提升.....	15
3.1.2、高镍三元与圆柱电池优缺点互补，高镍大圆柱电池优势明显.....	17
3.1.3、大圆柱放量提升高镍材料需求，三元前驱体和正极材料龙头企业受益.....	19
3.2、硅基负极：硅基负极需求向上，商业化进程有望加速.....	25
3.2.1、石墨负极接近理论比容上限，高比容硅材料备受关注.....	25
3.2.2、硅基负极适配大圆柱电池，硅基负极规模商业化进程加速.....	28
3.3、LiFSI：大圆柱带动LiFSI需求提升，国内企业大规模布局加速.....	31
3.3.1、LiFSI性能优势明显，高镍化助力提升LiFSI需求.....	31
3.3.2、LiFSI需求有望大幅提升，龙头公司强者恒强.....	34
3.4、碳纳米管：大圆柱助力碳纳米管渗透率提升，龙头企业技术优势加深护城河.....	37
3.4.1、碳纳米管性能优越，大圆柱电池助力碳纳米管渗透率提升.....	37
3.4.2、技术与性能构筑核心竞争力，龙头公司产能扩张强者恒强.....	40
4、结构件环节：大圆柱需求放量，打开圆柱结构件增量空间.....	44
4.1、大圆柱电池前景广阔，圆柱结构件市场快速扩张.....	44
4.2、技术壁垒构筑行业护城河，易拉盖生产设备龙头技术升级趋势明显.....	46
5、投资建议.....	51
6、风险提示.....	52

图表目录

图 1: 圆柱、方形、软包电池结构对比	6
图 2: 2170 圆柱电池较 1865 圆柱电池能量提升 50%	6
图 3: 4680 圆柱电池较 2170 圆柱电池能量提升 5 倍	6
图 4: 大圆柱电池具有低成本优势	7
图 5: 电池设计是特斯拉降本增效的重要手段之一	7
图 6: 圆柱的弧形表面一定程度抑制了侧向热传递	9
图 7: 随着电芯直径增加, 动力电池支架板和集流片的孔径变大	9
图 8: 极耳是电池在进行充放电时的接触点	10
图 9: 46800 电池采用无极耳技术	10
图 10: 全极耳设计可缩短电子传输路径, 降低电池内阻	10
图 11: 无极耳设计能够有效的降低产热速率	11
图 12: 无极耳设计可以保证大圆柱电池的充电效率	11
图 13: 2020 年全球动力电池企业装机情况	12
图 14: 2021 年全球动力电池企业装机情况	12
图 15: 国内方形、圆柱、软包电池出货量占比	13
图 16: 全球方形、圆柱、软包电池出货量占比	13
图 17: 三元材料性能与镍钴锰元素比例关系	16
图 18: 中国锂电池三元正极材料产品结构	16
图 19: 锂电池热失控产生原因	17
图 20: NCM811 的热稳定性比 NCM622 差	18
图 21: NCM811 放热峰的放热量是 NCM622 的三倍	18
图 22: 过充电和过放电易导致电池热失控	18
图 23: 2020 年国内三元前驱体企业出货占比	20
图 24: 三元前驱体成本构成	21
图 25: 2020 年国内前驱体公司直接材料成本占比	21
图 26: 2021 年国内三元材料市场份额	22
图 27: 2021 年 1-10 月国内高镍市场竞争格局	22
图 28: 高镍三元正极材料制备工艺流程	23
图 29: 负极材料分类	25
图 30: 2021H1 负极市场占比	25
图 31: 嵌锂生成 Li-Si 合金的体积膨胀率高达 320%	26
图 32: 硅基负极失效机制示意图	26
图 33: 硅碳复合负极循环稳定性好	27
图 34: 硅纳米管中锂离子通道示意图	27
图 35: 特斯拉生硅负极将使制造成本降至 1.2 美元/kWh	27
图 36: 特斯拉生硅负极示意图	28
图 37: 硅碳负极材料生产流程	28
图 38: 电解液由有机溶剂、电解质锂盐和添加剂组成	32
图 39: 正极过渡金属溶解对电池性能的危害	32
图 40: LiFSI 分子式	33
图 41: LiFSI 具有更好的抗水解性能	33
图 42: LiFSI 在高温下具有更好的电池循环性能	34
图 43: LiPF ₆ 价格走势	35
图 44: 硫酸在天赐材料产业链循环中的示意图	36

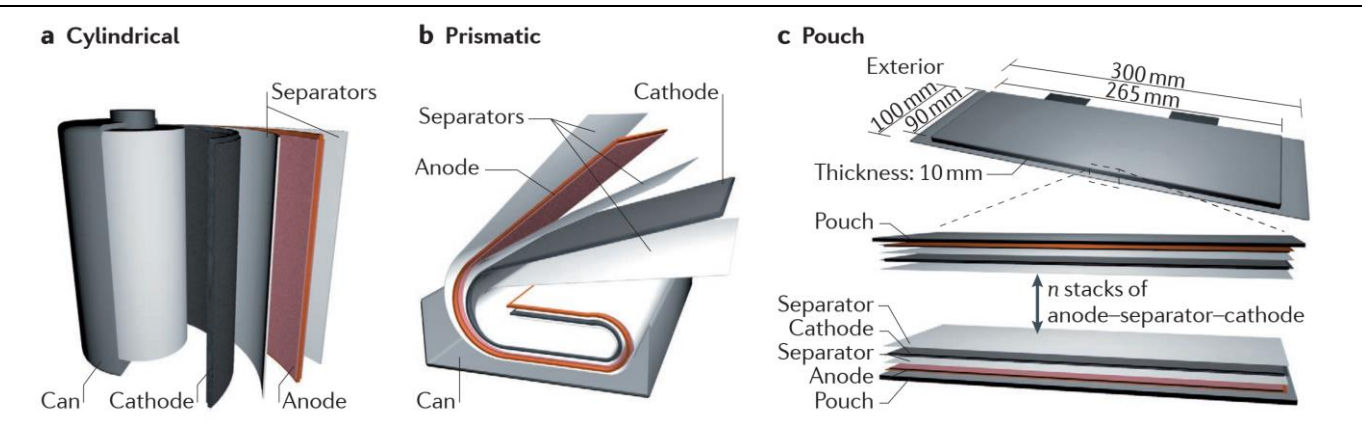
图 45: 不同接触类型导电剂示意图	37
图 46: 导电剂接触形式.....	37
图 47: 2016-2021 年中国锂电池导电剂出货量情况.....	40
图 48: 2020 年中国碳纳米管导电浆料市场竞争格局	40
图 49: 天奈科技生产碳纳米管的工艺流程.....	41
图 50: 天奈科技生产碳纳米管导电浆料的工艺流程.....	41
图 51: 动力电池结构件主要为壳体和顶盖.....	44
图 52: 圆柱和方形壳体示意图.....	45
图 53: 圆柱电池顶盖（安全阀）示意图	45
图 54: 精密级进冲压模具示意图	47
图 55: 动力锂电池顶盖主要生产工艺及模式.....	48
图 56: 动力锂电池壳体的主要生产工艺及模式	48
表 1: 圆柱电池一致性和标准化程度高	8
表 2: 国内外电池厂商大圆柱电池布局情况	13
表 3: 圆柱电池需求量预测	14
表 4: 正极材料对比	15
表 5: 不同三元材料性能对比.....	17
表 6: 大圆柱电池对高镍三元正极需求预测	19
表 7: 全球高镍三元正极需求预测	19
表 8: 三元前驱体材料组成	21
表 9: 三元前驱体企业一体化布局情况	21
表 10: 三元正极材料企业高镍技术储备情况	23
表 11: 国内龙头三元正极企业高镍产能规划（万吨）	24
表 12: 负极材料对比	26
表 13: 不同制备方式制备的硅基负极材料的技术特征对比	29
表 14: 国内硅基负极产业化进度	29
表 15: 三类电解质锂盐的技术指标对比	33
表 16: 动力电池高镍化对 LiFSI 需求影响测算.....	35
表 17: LiFSI 主要厂商产能情况.....	36
表 18: 导电剂优缺点对比.....	38
表 19: 碳纳米管在力学、电学、热学、化学性能方面优势明显	38
表 20: 天奈科技三代产品生产技术和产品性能对比	41
表 21: 主流碳纳米管公司产品性能对比	42
表 22: 主要碳纳米管企业产能情况	43
表 23: 天奈科技新增碳纳米管导电浆料产能明细（单位：吨）	43
表 24: 圆柱结构件市场空间测算.....	46
表 25: 动力电池精密结构件是冲压件.....	46
表 26: 国内外锂电池结构件厂商情况.....	48
表 27: 科达利主要客户情况（销售金额单位：亿元）	49
表 28: 斯莱克结构件产能情况.....	50

1、电芯大型化趋势明确，大圆柱路线前景可期

1.1、18650 → 21700 → 46800，圆柱电池大型化趋势明确

动力电池根据封装形式的不同，主要分为圆柱电池、方形电池和软包电池。三种形态电池中，圆柱电池以正极、隔膜、负极的一端为轴心进行卷绕，封装在圆柱金属外壳之中；方形电池采用卷绕或叠片工艺制造，不同于圆柱电池，方形电池卷绕工艺通常有两个轴心，将正极、隔膜、负极叠层围绕着两个轴心进行卷绕，然后以间隙直入方式装入方形铝壳之中；软包电池是典型的“三明治”层状堆叠结构，由正极片、隔膜、负极片依次层叠起来，外部用铝塑膜包装。

图 1：圆柱、方形、软包电池结构对比

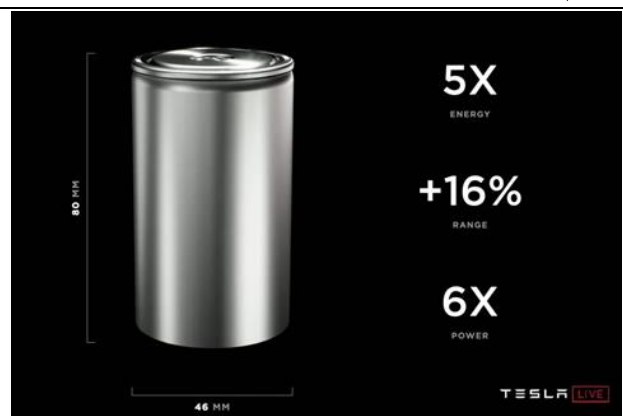


资料来源：《Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities》，国海证券研究所

圆柱电池的发展时间最长，技术最为成熟，且标准化程度较高。最早的圆柱电池是由日本 SONY 公司于 1992 年发明的 18650 锂电池，其中 18 表示直径为 18mm，65 表示长度为 65mm，0 表示为圆柱形电池。由于 18650 圆柱电池历史悠久，所以市场普及率较高，是目前市面上最为常见的电池型号，被广泛应用于消费电子领域。

图 2：2170 圆柱电池较 1865 圆柱电池能量提升 50%

图 3：4680 圆柱电池较 2170 圆柱电池能量提升 5 倍



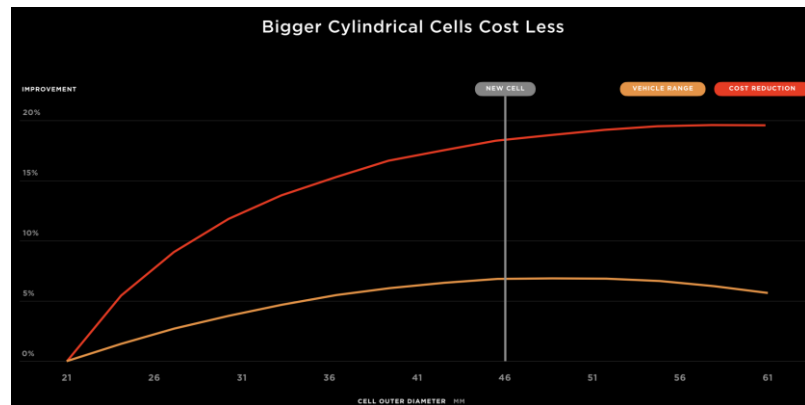
资料来源：特斯拉电池日官方材料，国海证券研究所

资料来源：特斯拉电池日官方材料，国海证券研究所

由于圆柱电池的技术最为成熟、一致性较好，特斯拉将圆柱电池引入动力电池领域。2008年特斯拉首次使用松下的18650圆柱电池电芯作为车辆的动力电池，并在Roadster上试验过之后，开始在Model S上大规模使用。为提高电芯能量密度和降低成本，2017年特斯拉推出了与松下共同研发的21700圆柱电池，并将该电池应用在Model 3车型上。21700圆柱电池直径为21mm，长度为70mm，电池能量较18650圆柱电池提升了50%。此后特斯拉进一步将圆柱电池向大型化升级，2019年特斯拉申请46800大圆柱专利，并于2020年电池日对46800大圆柱电池进行宣传，46800大圆柱采用无极耳、新型硅材料和无钴技术，较21700圆柱电池的性能有较大提升，预计46800大圆柱电池能量将提升5倍、续航里程提升16%、功率提升6倍。

相较于小圆柱电池，大圆柱电池具有高能量密度和低成本优势。圆柱电池尺寸从21700升级到46800，电芯体积增加448%，而表面积仅增加180%，这表明随着圆柱电池直径的增大，结构件质量占电池包总重量的比例下降，大圆柱电池的电池能量密度将有所提升，从而降低电池单Wh生产成本。从21700圆柱电池升级到46800大圆柱可以降低14%的单位生产成本。电芯大型化是特斯拉降本增效的重要手段之一，圆柱电池大型化趋势明确。

图 4：大圆柱电池具有低成本优势



资料来源：特斯拉电池日官方材料，国海证券研究所

图 5：电池设计是特斯拉降本增效的重要手段之一



资料来源：特斯拉电池日官方材料，国海证券研究所

1.2、圆柱电池在一致性、安全性、材料应用等方面优势明显

圆柱电池制造工艺较为成熟，生产效率高，产品一致性高。由于圆柱电池在镍氢电池和消费类电子产品（3C）锂离子电池上得到了长期的应用，业界积累了大量的生产设计经验，因此有较为成熟的自动生产线及设备。此外，圆柱电池是以卷绕的方式进行制造，卷绕工艺可以通过加快转速从而提高电芯生产效率，而叠片工艺的效率提高受限，圆柱电池生产效率较高。在卷绕过程中，为保证电芯组装成的电池具有高一致性，需要对卷绕张力进行控制，张力波动会使得卷绕出的电芯产生不均匀的拉伸形变，严重影响产品的一致性。目前国内领先企业圆柱电池张力波动控制在3%以下，大批量生产的圆柱电池产品一致性高。

表 1：圆柱电池一致性和标准化程度高

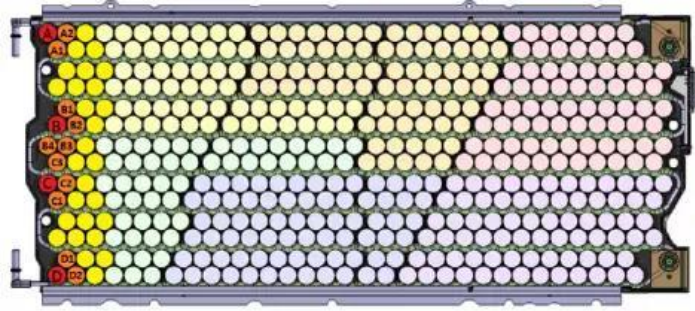
项目	软包电池	方形电池	圆柱电池
壳体	铝塑膜	钢壳或铝壳	钢壳或铝壳
制造工艺	方形叠片	方形卷绕	圆柱卷绕
能量密度	高	中	中
成组效率	中	高	中
安全性	好	差	中
生产效率	低	中	高
标准化程度	低	低	高
一致性	低	低	高
优势	能量密度高、安全性能好、重量轻、外设计灵活	对电芯保护作用强、成组效率高	生产工艺成熟、电池包成本低、一致性高
劣势	成本高、一致性差、制造工艺要求高	整体重量重、一致性差、型号多	整体重量重、成组效率低、能量密度相对较低

资料来源：孚能科技招股说明书，GGII，国海证券研究所

受益于圆柱电池热失控传播阻断特性、密封性好和产品一致性高，圆柱电池在安全性方面优势明显。由于方形、软包电池具有平直表面，其组成模组后平面常处于紧密接触状态，在热失控时，侧向方向上热量传递明显，而圆柱电池由于其弧形表面，在充分接触时仍存在较大间隙，一定程度上抑制了电池之间热量传递，因此圆柱电池可以在一定程度上阻止热失控蔓延。同时，由于圆柱电池单体能量低，可以减少热失控蔓延初期的能量释放总量，且圆柱电池的密封性较软包好，不易发生漏液现象，因此圆柱电池在安全性方面优势明显。此外，圆柱电池一致性高，可以一定程度上避免由于电池不一致导致的过充、过放和局部过热的危险。

受益于圆柱结构体本身的材料力学性能，圆柱电池和高镍材料、硅碳负极材料兼容性良好，对材料应用具有包容性。为提高电池能量密度，高镍正极材料和硅碳负极材料被应用到电池材料体系，但高镍材料较差的热稳定性和硅碳材料较高的体积膨胀率对动力电池的安全性带来了考验。相较于方形电池和软包电池，圆柱电池结构体本身强度更高，对硅碳负极膨胀的容忍度较高，且圆柱电池的热失控传播阻断特性可以在一定程度上弥补高镍材料热稳定性差的缺点，因此在应用高镍材料和硅碳负极材料方面，圆柱电池优势明显。

图 6: 圆柱的弧形表面一定程度抑制了侧向热传递

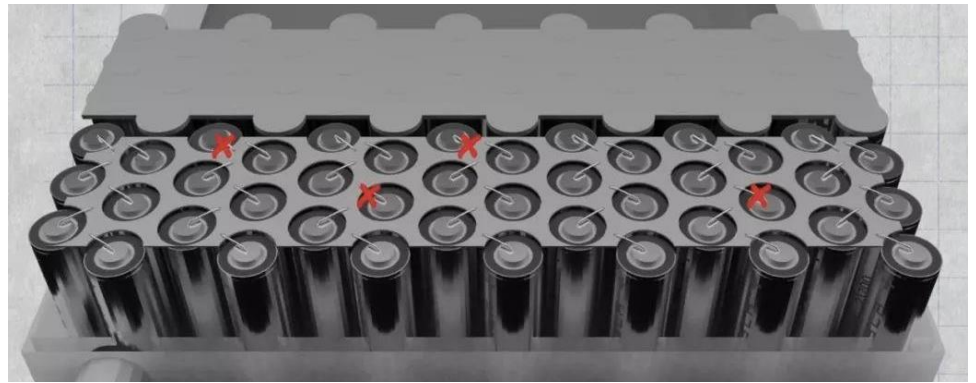


资料来源: 汽车电子设计, 国海证券研究所

1.3、受益于大圆柱电池的高成组效率、低 BMS 难度和高电压平台适配性, 大圆柱电池路线前景可期

圆柱大型化可以提高成组效率, 弥补小圆柱电池成组效率低的不足。根据钜大锂电数据, 目前行业内圆柱形电池的模组成组效率约为 87%, 系统成组约为 65%, 而方形电池则分别为 89%和 70%, 圆柱电池成组效率较低。圆柱电池直径变大后, 动力电池支架板和集流片的孔径变大, 相应重量减轻, 此外, 动力电池包中电芯数量的减少可以减少结构件用量, 在提高电池能量密度的同时提高成组效率。

图 7: 随着电芯直径增加, 动力电池支架板和集流片的孔径变大



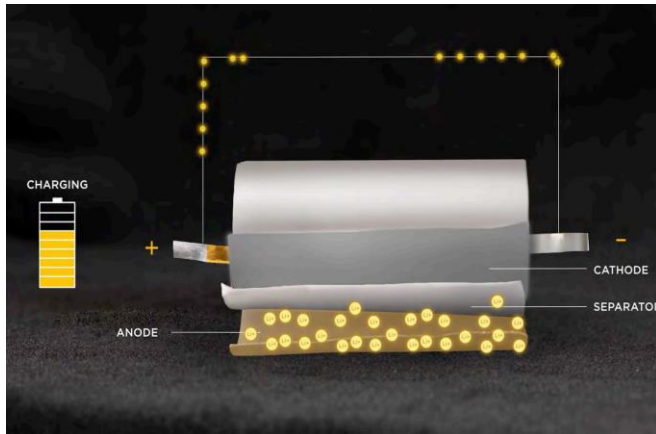
资料来源: Astroys, 国海证券研究所

圆柱路线对车企的 BMS 技术要求较高, 大圆柱路线可降低 BMS 控制难度。单体圆柱电芯容量小, 要达到一定的动力性能, 需要的电芯数量众多。一款 75KWh 的电动车动力电池组大约需要 7000 个 18650 电池, 即使是 21700 电池也需要 4400 个, 对 BMS 提出极高要求, 对于在 BMS 领域积累薄弱的车企来说难度较大, 而换成 46800 电池仅需要 950 个电池, 所需电池数量显著减少, 从而降低 BMS 控制难度。因此, 大圆柱路线可降低车企对中游电池企业的技术依赖程度。

46800 电池无极耳设计缩短电子传输路径, 从而降低电池内阻。极耳是从电芯中将正负极引出来的金属导体, 是电池在进行充放电时的接触点。传统圆柱电池通过单极耳来实现电流收集, 由于电阻的存在, 电池在充放电的过程中, 特别

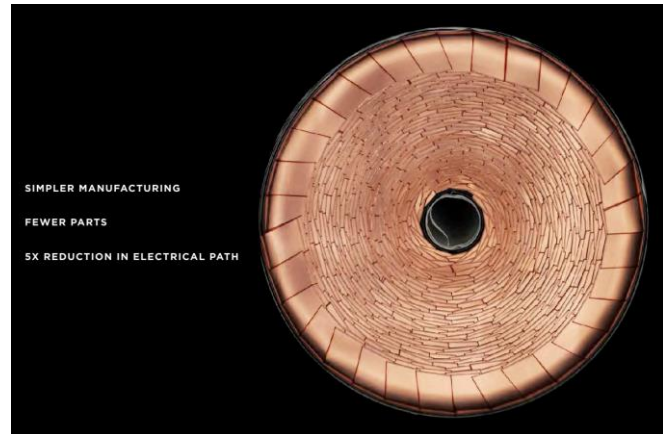
是大电流充放电的过程中会产生显著的欧姆热，引起电池温度的升高，随着电芯尺寸的变大，卷绕长度更长，会加剧内部电流和温度分布的不均匀性，在极耳处产生局部高温。为降低电池内阻，减少充放电过程中欧姆热，特斯拉对 46800 大圆柱电池采用无极耳技术，即整个集流体都变成极耳，导电路径不再依赖极耳，因此无极耳技术也称全极耳技术。无极耳技术将电子的传输路径从沿极耳到集流盘的横向传输变为集流体纵向传输，将电子传输路径平均长度从铜箔长度（21700 电池铜箔长度约 1000mm）降低到电池高度（80mm），从而将电池内阻降低一个数量级。

图 8：极耳是电池在进行充放电时的接触点



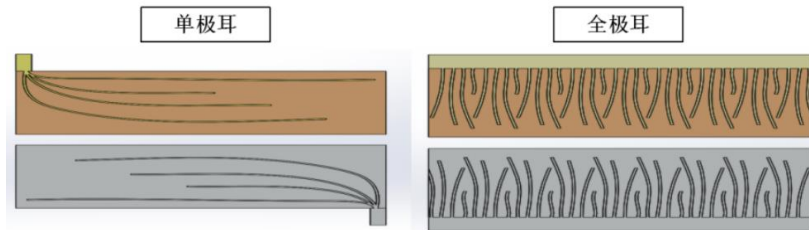
资料来源：特斯拉电池日官方材料，国海证券研究所

图 9：46800 电池采用无极耳技术



资料来源：特斯拉电池日官方材料，国海证券研究所

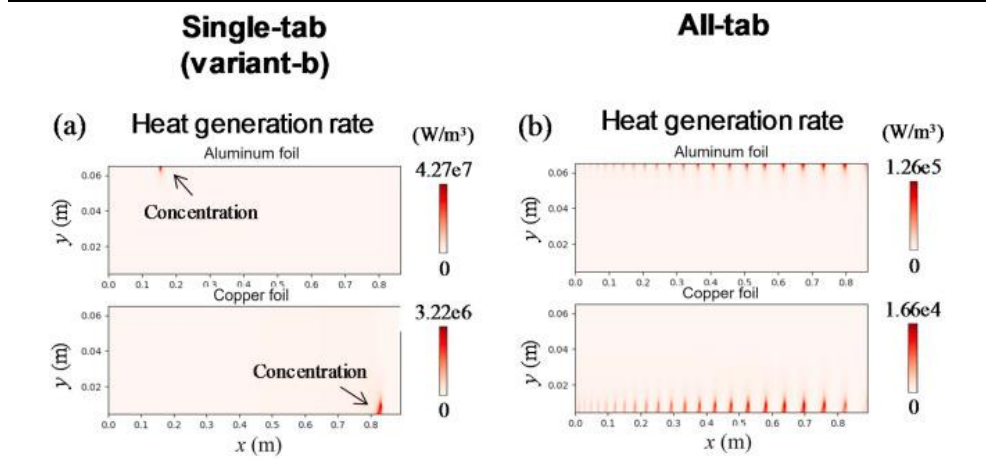
图 10：全极耳设计可缩短电子传输路径，降低电池内阻



资料来源：GGII，国海证券研究所

大圆柱无极耳电池设计保证了电池充电效率。英国帝国理工大学的 Shen Li 等人通过模拟仿真对单极耳电池和无极耳电池进行充放电过程发热对比，计算得到无极耳设计能够有效的降低局部的电流密度，且产热速率要比单极耳电池低两个数量级。研究表明无极耳设计可以减少大圆柱电池在充电过程中产生的热效应，从而保证大圆柱电池的一致性、安全性和充电效率。

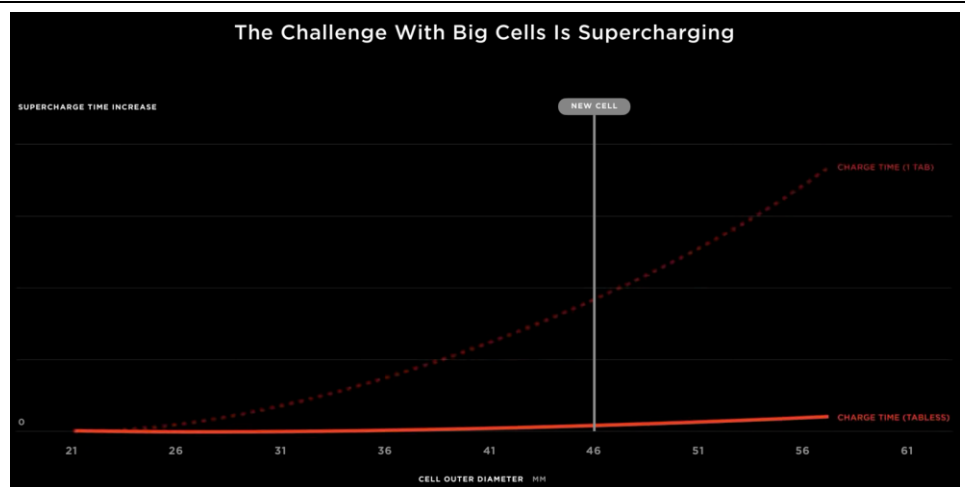
图 11: 无极耳设计能够有效的降低产热速率



资料来源:《Optimal cell tab design and cooling strategy for cylindrical lithium-ion batteries》, 国海证券研究所

受益于大圆柱电池内阻小、一致性高,大圆柱电池和高能量密度材料及高电压快充系统适配度高。为解决消费者“里程焦虑”问题,大部分厂商通过增加电池容量提升续航里程、增加充电速度减少充电时间这两种方式解决该问题。为增加电池容量,需使用能量密度更高的高镍正极材料和硅碳负极材料;为减少充电时间,需要提高电动车充电功率,即通过提高充电电流或提高充电电压来增加充电速度,而在功率相同的情况下,提高电压可以减少线路电流,从而减少能量损失。由于高能量密度材料和快充都容易在充电时产生析锂、膨胀等副反应,因此一般情况下高能量密度材料和快充系统不能兼容。目前电动汽车普遍使用的是 400V 电压系统,由于单个锂离子电池电压只有 3~4V,因此需要 100 个左右电池串联才能达到 400V 电压要求,而 800V 高电压快充系统则需要 200 个左右电池串联,800V 高电压快充系统对电池一致性提出了更高的要求。由于大圆柱电池具有内阻小的特点,同时兼具圆柱电池自身一致性高、对高能量密度材料兼容的优点,因此大圆柱电池可以兼容高能量密度材料和高电压快充系统。

图 12: 无极耳设计可以保证大圆柱电池的充电效率



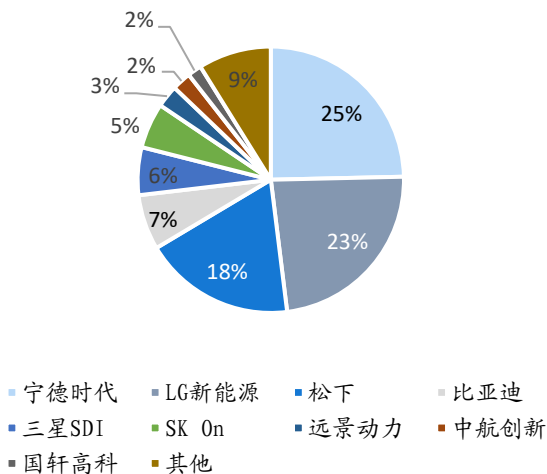
资料来源:特斯拉电池日官方材料, 国海证券研究所

2、 电池环节：电池厂商布局大圆柱电池，大圆柱多重优势助力圆柱份额提升

2.1、 动力电池行业集中度高，国内外技术路线布局有所差异

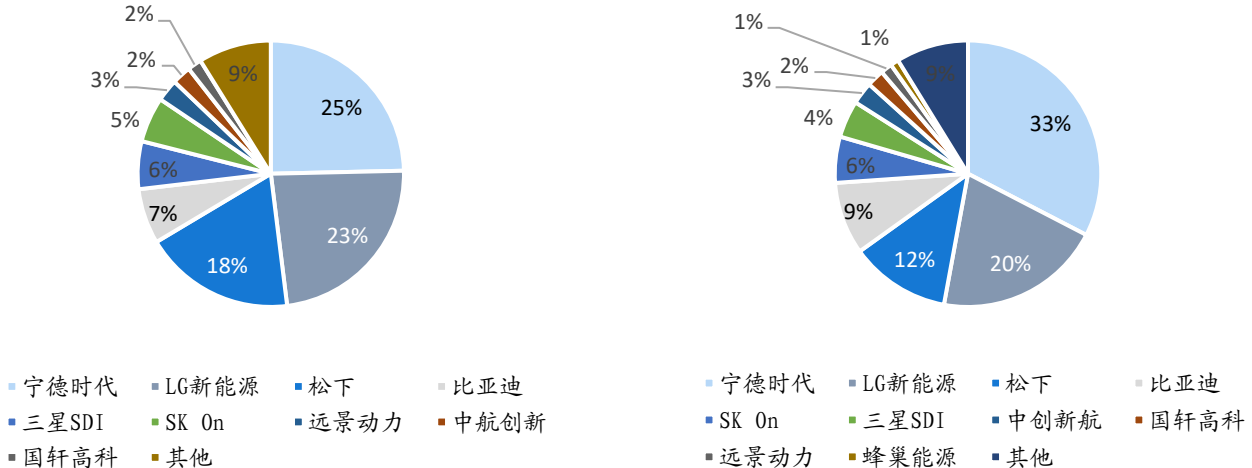
动力电池行业集中度有所提升，2021年中日韩企业市占率超过90%。根据SNE Research和起点研究统计，动力电池行业CR3由2017年的45.9%提升至2021年的65.1%，CR5由2017年的58.3%提升至2021年的79.5%，行业集中度大幅提升。2021年全球动力电池企业装机量前10名均为中日韩企业，占整体装机量的91.2%，中国、日本、韩国企业数量分别为6家、1家和3家。

图 13：2020 年全球动力电池企业装机情况



资料来源：SNE Research，国海证券研究所

图 14：2021 年全球动力电池企业装机情况



资料来源：SNE Research，国海证券研究所

国内外电池厂商对圆柱、方形、软包三种技术路线布局有所差异。日本企业以圆柱路线为主，1998年松下生产的18650圆柱电池已经批量装配在世界多个品牌的笔记本电脑里，由于松下对圆柱电池的技术积累较多，松下与特斯拉合作，共同开创了圆柱形锂电池应用在纯电动汽车上的时代。韩国企业LG化学和SKI以软包路线为主，LG化学依靠在消费类电子的软包电池领域的积累，将软包电池应用到电动汽车上，软包电池由于其体积和形状的灵活多变性，尤其受到插电式混合动力车的偏爱。国内企业在刚起步时，考虑到日本和韩国分别在圆柱和软包电池的技术积累，且圆柱电池非常考验车企电池管理水平，软包电池的铝塑膜国产化率低，因此以宁德时代和比亚迪为首的国内企业以方形路线为主。

2017年至2020年，国内圆柱电池市场份额大幅下降，海外市场份额略有下降。从国内市场看，2017年后受补贴退坡影响，初期配套圆柱电池的短续航低端车型无法得到补贴，圆柱电池市场份额从2017年的27.2%下降至2020年的9.7%，其市场份额主要被方形电池所取代，在此期间，以圆柱路线为主的比克、沃特玛等企业破产倒闭。从全球市场看，受欧洲新能源车渗透率快速提升的影响，海外软包电池出货量增加，挤占一定圆柱电池市场份额，圆柱电池市场份额从2018年的29%下降至2020年的23%。

图 15: 国内方形、圆柱、软包电池出货量占比

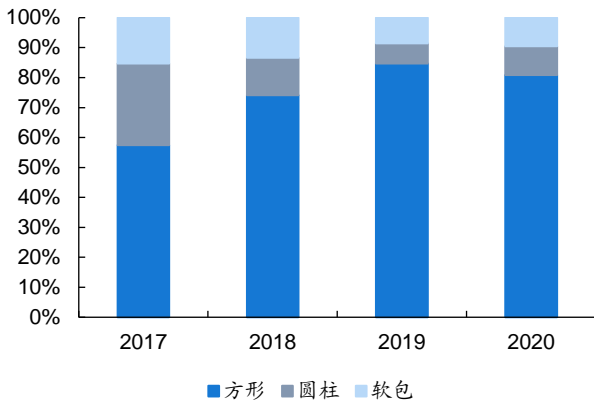
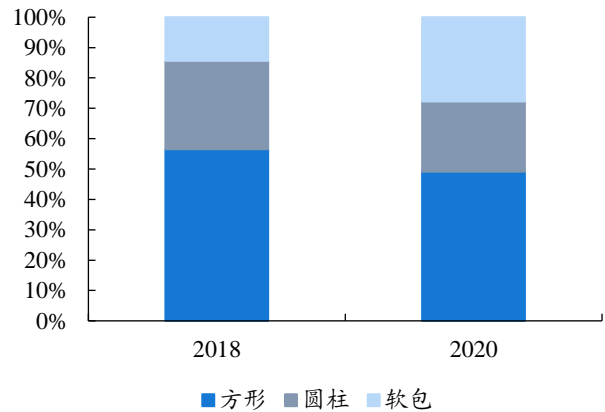


图 16: 全球方形、圆柱、软包电池出货量占比



资料来源: GGII, 国海证券研究所

资料来源: SNE Research, 国海证券研究所

2.2、大圆柱电池产能即将放量，多重优势助力圆柱电池份额提升

目前，特斯拉明确表示将大圆柱电池用于高端长续航乘用车，此外，特斯拉确认在 Semi 卡车和 Cybertruck 上使用 4680 电池。特斯拉把大圆柱作为核心量产工艺的突破点，预期第一款搭载 4680 的车型将于 2022 年生产，特斯拉的弗里蒙特产线的 4680 良率已提升至 92% 左右。

电池企业加速布局 4680，大圆柱电池产能即将放量。为满足大圆柱电池需求量，除特斯拉自己的电池工厂布局 4680 外，国内外电池厂商也加速扩产布局 4680：海外企业松下和 LG 化学正在进行产品设计与研发以期达到特斯拉的要求；国内电池企业亿纬锂能、宁德时代、比克等也在积极布局相关技术。目前来看，仅有特斯拉电池工厂和松下可以在 2022 年逐步量产大圆柱电池，亿纬锂能和 LG 化学计划于 2023 年实现量产。

表 2: 国内外电池厂商大圆柱电池布局情况

国家	电池厂商	大圆柱电池布局情况
日本	松下	2021 年 10 月 26 日，松下首次展示了其为特斯拉打造的新型 4680 电池试制品；计划 2022 年 3 月在日本的一家工厂试生产新型 4680 电池
韩国	LG 化学	2021 年 3 月已开始为特斯拉 4680 电池建造一条试点生产线，最早有望在年内开始运营；正在考虑在美国和欧洲设立 4680 工厂，以便为特斯拉供货
	三星 SDI	据韩国媒体 TheElec 报道，宝马将于三星 SDI 合作开发新的圆柱电池，尺寸介于 21700 和

		46800 之间
中国	亿纬锂能	2021 年 11 月 6 日公告将投资 20GWh 乘用车用大圆柱电池生产线及辅助设施项目总额约为 32 亿元，建成达产后预计可形成 20GWh/年的乘用车用大圆柱电池产能；公司于 2021 年 4 月与 StoreDot 签订协议，双方就电动汽车 4680 电池分三个阶段进行合作，有效期至 2024 年 12 月 31 日；目前亿纬锂能已布局了 46800 和 46950 两大型号
	江淮汽车	2021 年 2 月，江淮汽车与 CBAK 能源科技签署了一项为期三年的联合产品开发战略协议，双方将联合开发 4680 锂电池及电池组
	别克	国内首发 4680 全极耳大圆柱电池的电池企业。别克电池于 2021 年 3 月透露，正与国内外多个客户合作进行全极耳大圆柱电池的开发，4680 电芯样品预计年内实现批量下线
	蜂巢能源	蜂巢能源董事长表示 2021 年蜂巢能源将切入大圆柱领域；蜂巢能源在上海车展创新日展示了展示了 46800 电芯研发成果，采用了与特斯拉相同的无极耳结构

资料来源：各公司公告，电动汽车观察家，电池中国网，thelec，国海证券研究所

46800 大圆柱电池的放量有望成为圆柱份额提升的重要支撑。根据特斯拉电池日官方材料，如果未来 46800 电池成功量产，从 21700 电池升级到 46800 电池可以降低 14% 的单位生产成本，缩小三元电池和磷酸铁锂电池之间的成本差距，大圆柱电池将凭借高性价比，对现有电池结构体系产生影响。未来在大圆柱电池持续技术优化的背景下，我们预计 2025 年圆柱动力电池全球占比有望达到 27%，圆柱动力电池需求量将达 318.2 GWh。

表 3: 圆柱电池需求量预测

	2017A	2018A	2019A	2020A	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
中国新能源乘用车（万辆）	57.1	105.3	106.2	124.6	333.4	500.0	665.8	852.6	1062.5
欧洲新能源乘用车（万辆）	30.6	38.6	56.4	136.7	221.9	251.1	280.3	309.5	338.7
美国新能源乘用车（万辆）	19.6	36.1	32.7	32.2	65.2	145.3	230.3	320.4	415.4
其他地区新能源乘用车（万辆）	15.1	21.8	25.7	19.0	34.0	42.3	57.7	82.5	107.3
全球新能源乘用车（万辆）	122.4	201.8	221.0	312.5	654.5	938.6	1234.2	1565.1	1923.9
中国新能源商用车（万辆）	19.8	20.3	14.6	12.1	18.6	18.0	18.9	19.5	19.8
全球新能源汽车（万辆）	142.2	222.1	235.6	324.6	673.1	956.6	1253.1	1584.6	1943.7
全球动力电池需求量（GWh）	83.5	126.1	141.0	190.5	389.4	557.2	739.1	947.4	1178.7
YOY		51.0%	11.8%	35.1%	104.4%	43.1%	32.6%	28.2%	24.4%
圆柱动力电池占比	28.1%	29.0%	27.1%	23.1%	20.0%	21.0%	23.0%	25.0%	27.0%
圆柱动力电池需求量（GWh）	23.4	36.6	38.2	43.9	77.9	117.0	170.0	236.8	318.2
YOY		56.4%	4.4%	14.9%	77.4%	50.2%	45.3%	39.3%	34.4%

资料来源：Statista，中汽协，T&E analysis，Marklines，国海证券研究所

3、材料环节：大圆柱电池需求增加，有望提升高能量密度材料应用潜力

3.1、高镍正极：圆柱大型化趋势下迎高镍扩产高峰，一体化布局铸就高镍正极材料龙头

3.1.1、高镍材料能量密度优势明显，里程需求驱动 NCM811 占比提升

正极材料是锂离子电池的重要组成部分，决定整个电池的性能，其成本约占电池的 30%-40%。目前常见的正极材料有钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂和三元材料。三元材料一般为镍钴锰酸锂（NCM），由于镍、钴、锰元素均在元素周期表第四周期的相邻位置，离子态的化学性质及半径相似，能够按照任意比例形成固溶体，因此可以通过调整材料中镍钴锰元素的比例来选择性的放大材料某方面的优点，来满足不同电池性能要求：

（1）镍元素：充放电过程中的氧化还原反应主要依靠镍元素的变价，因此正极材料中镍元素的含量决定了电池的能量密度，但是过高的镍元素比例又会导致严重的阳离子混排现象（指在放电时锂离子大量脱出的时候，受到外界因素作用，二阶 Ni 离子占据 Li 离子晶格中位置的现象），影响材料性能；

（2）钴元素：钴元素能够抑制阳离子混排，稳定层状结构，起到提升电导率降低阻抗的作用，但是钴元素存在价格昂贵等问题；

（3）锰元素：锰有良好的电化学惰性，使材料始终保持稳定的结构，并且廉价的锰也能够起到降低电池成本的作用，但锰含量过高会对层状结构产生一定破坏。

表 4：正极材料对比

项目	钴酸锂（LCO）	锰酸锂（LMO）	磷酸铁锂（LFP）	三元材料	
				镍钴锰酸锂（NCM）	镍钴铝酸锂（NCA）
比容量（mAh/g）	140-150	100-120	130-140	150-220	180-220
循环寿命（次）	500-1000	500-1000	>2000	1500-2000	1500-2000
安全性	适中	较好	好	较好	较好
成本	高	低	低	较低	较低
优点	充放电稳定、工艺简单	锰资源丰富、成本低、安全性能好	成本低、高温性能好	电化学性能好、循环性能好、能量密度高	高能量密度、低温性能好
缺点	钴价格昂贵	能量密度低	低温性能差	部分金属价格昂贵	部分金属价格昂贵
电池产品相关影响	体积能量密度高，成本高，安全性较差，适用高端数码	成本低，能量密度低，适用低端数码、电动自行车	安全性好，循环寿命长，适用乘用车电池	综合性能较好，适用各类数码产品与乘用车电池	综合性能较好，适用各类数码和乘用车电池

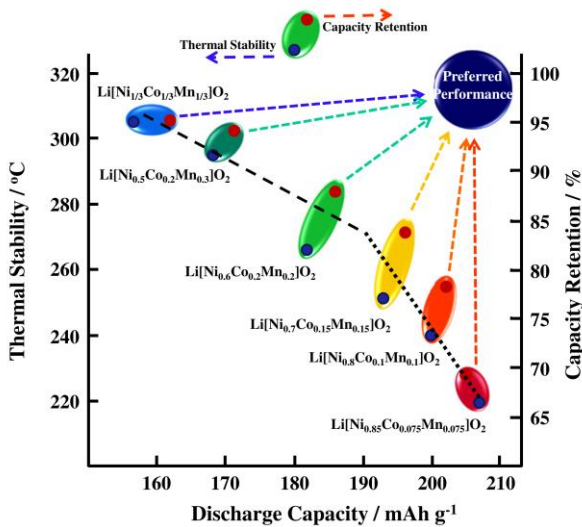
资料来源：容百科技招股说明书，国海证券研究所

在三元正极材料中，行业主流的 NCM 型号包括 523、622 和 811 三种型号，高镍正极通常指镍相对含量在 0.6 以上的材料型号。随着镍含量的升高、钴含量的降低，三元材料的能量密度逐渐提高，但材料的容量保持率和热稳定性都会降低，氧气析出现象会更加明显。目前，正极材料厂家主要通过离子掺杂和表面包覆来对高镍三元材料进行改性，从而改善高镍 NCM 和 NCA 的性能：

(1) 离子掺杂：高镍三元材料的离子掺杂一般选择离子半径相近的离子进行掺杂，分布在晶格内的掺杂元素起到支撑柱的作用，从而降低了循环过程中晶格体积缩小的风险，因此通过引入离子可以稳定层状结构，改善材料的电化学性能，尤其是热稳定性；

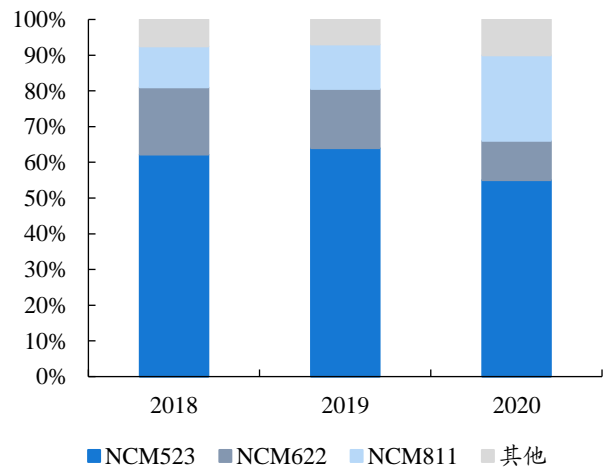
(2) 表面包覆：表面包覆可以抑制材料在充放电过程中晶型的转变和过渡金属的溶解，改变材料表面化学特性从而提高其电化学性能，避免或者减少电解液与正极材料的直接接触，防止电极过渡金属的溶解；同时，包覆层作为导电介质可以促进颗粒表面的 Li 离子扩散，从而改善容量保持性能、倍率性能和热稳定性；此外，高镍 NCM 正极材料存储条件要求较高，当高镍三元材料暴露于潮湿环境中时，材料表面容易吸收空气中的水和二氧化碳，生成 LiOH 和 Li₂CO₃ 等杂质，严重影响其电化学性能，包覆改性可以在大规模生产时减少正极材料与空气的接触，延长存储寿命；常用的表面包覆剂有氧化物、磷酸盐、锂盐和导电材料等。

图 17：三元材料性能与镍钴锰元素比例关系



资料来源：《Comparison of the structural and electrochemical properties of layered Li[NixCoyMnz]O2 (x ¼ 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 and 0.85)cathode material for lithium-ion batteries》，国海证券研究所

图 18：中国锂电池三元正极材料产品结构



资料来源：GGII，国海证券研究所

里程需求驱动高镍材料占比持续提升。为解决消费者“里程焦虑”问题，厂商通过增加电池容量提升续航里程，高镍三元材料具有能量密度高的特点，具备续航里程优势，高镍正极在三元材料中的占比快速提升。根据 GGII 数据，国内 NCM811 在三元材料中的占比从 2018 年的 11.5% 提升至 2020 年的 24%。根据鑫椽资讯数据，2021 年 8 月国内 NCM811 渗透率达到 41%，随着 2021Q4 头部企业高镍产能的释放，鑫椽资讯预计 2021 年我国高镍材料 (NCM811 和 NCA) 的渗透率有望达到 40%。2021 年 11 月 18 日国家工信部发布《锂离子电池行业

规范条件(2021年本)》(征求意见稿),《规范》要求三元材料比容量 $\geq 175\text{Ah/kg}$, 5系和6系NCM三元材料比容量不满足规范要求,而8系NCM和NCA高镍三元材料满足此要求,国家政策规范有利于高镍材料占比的进一步提升。

表 5: 不同三元材料性能对比

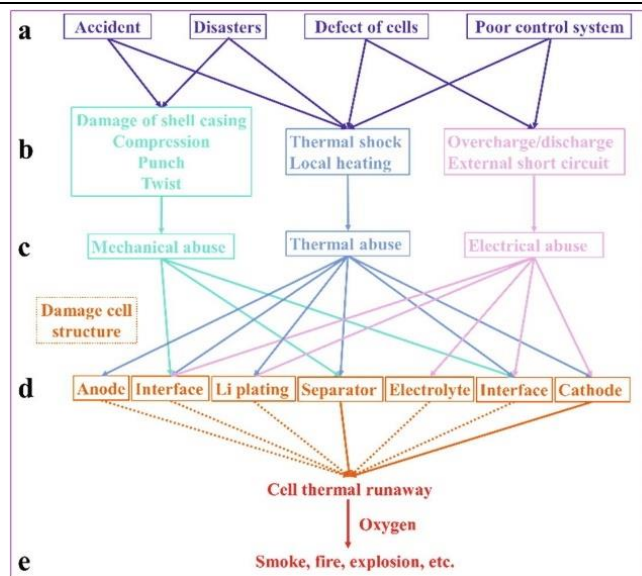
项目	NCM523	NCM622	NCM811	NCA
比容量(Ah/kg)	160	170	190	190
安全性	较好	较好	达标	达标
瓦时成本	低	中	低	低

资料来源: 容百科技招股说明书, 国海证券研究所

3.1.2、高镍三元与圆柱电池优缺点互补, 高镍大圆柱电池优势明显

锂电池的热失控主要是由电池内部温度上升导致。电池产热是电池工作过程中的必然产物,若电池的产热速度比热释放即热扩散速度要快,则会引起电池内部温度上升。电池过充、隔膜缺陷导致的短路和外部冲击导致的短路等均会产生大量的热,使电池温度上升。当这些热量不能及时疏散,便会加剧反应的进行,并引发一连串的自加热副反应,正极材料副反应会加剧热量释放并产生氧气,电池温度急剧升高,发生热失控,最终导致电池的燃烧,严重时甚至发生爆炸。

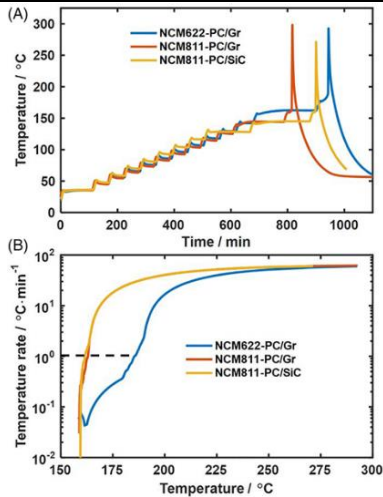
图 19: 锂电池热失控产生原因



资料来源: 《A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards》, 国海证券研究所

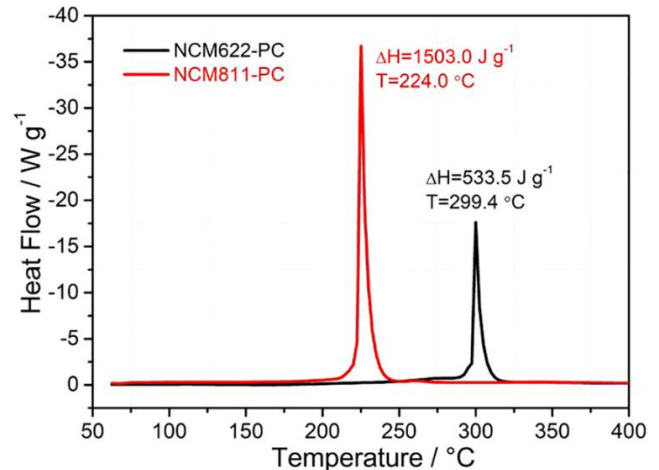
随着三元材料中镍含量的增加, 电池热失控风险增加。研究结果显示, NCM811的热失控起始温度为 163.0°C , 比NCM622的热失控起始温度低 22.5°C , 且在 $150\text{-}200^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内, NCM811的升温速率远高于NCM622。此外, 在100% SOC情况下NCM811在放热峰处的放热量是NCM622的三倍。研究表明, 高镍材料的热稳定性更差, 高镍材料可以在相对更低的温度下引起热失控, 且热失控时放热量更高, 这将导致电池热失控风险增加。

图 20: NCM811 的热稳定性比 NCM622 差



资料来源:《Correlation between thermal stabilities of nickel-rich cathode materials and battery thermal runaway》, 国海证券研究所

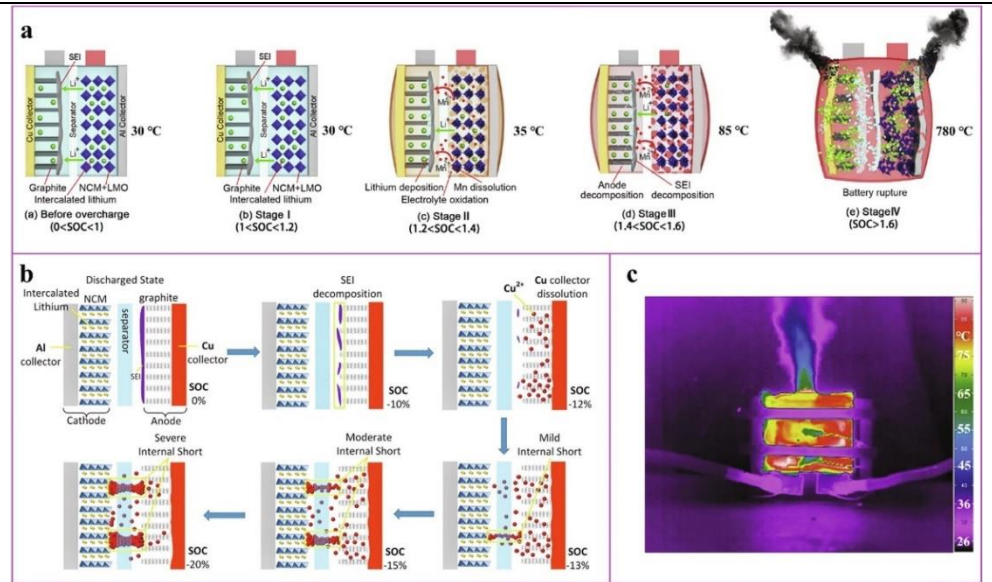
图 21: NCM811 放热峰的放热量是 NCM622 的三倍



资料来源:《Correlation between thermal stabilities of nickel-rich cathode materials and battery thermal runaway》, 国海证券研究所

充电过程中, 电池一致性低将导致过充电, 从而引起热失控。在电池充电至特定 SOC 过程中, 电池的不一致性会导致充电前 SOC 不同, 具有高初始 SOC 的电池在充电过程中会被过度充电。过度充电首先会导致正极界面处的电解质分解, 导致电池温度缓慢增加, 随后过量的 Li 离子从正极脱嵌, 导致正极材料不稳定并产生氧气, 过量的 Li 离子沉积在负极上形成锂枝晶, 锂枝晶逐渐生长并刺破隔膜导致电源短路发热, 引发热失控和安全事故。

图 22: 过充电和过放电易导致电池热失控



资料来源:《A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards》, 国海证券研究所

受益于圆柱电池热失控传播阻断特性和产品一致性高, 大圆柱电池与高镍三元正极材料适配性高。圆柱型电池采用相当成熟的卷绕工艺, 自动化程度高, 且产品一致性高。圆柱形特有的弧形表面使其在充分接触时仍存在较大间隙, 可以在一定程度上抑制了电池之间热量传递。因此, 圆柱电池在一致性和散热性能方面

均优于方形电池和软包电池，圆柱电池在应对热失控方面具有优势，将高镍三元材料应用在圆柱电池可以弥补高镍三元材料热稳定差的缺陷。此外，大圆柱电池特有的无极耳设计可以减少大圆柱电池在充电过程中产生的热效应，进一步避免高镍三元锂电池热失控的发生。高镍三元材料应用在大圆柱电池中可以充分发挥两者的优势，高镍三元材料的高能量密度可以弥补圆柱电池成组效率低导致的比容量低的缺点，大圆柱电池的高一致性和热失控传播阻断特性可以弥补高镍三元材料热稳定性差的缺点。

3.1.3、大圆柱放量提升高镍材料需求，三元前驱体和正极材料龙头企业受益

大圆柱电池放量将提升对高镍材料的需求，2025年大圆柱电池对高镍正极的需求量将达到26.1万吨。特斯拉自2012年起采用松下NCA电池，此后正极镍含量不断提升，目前松下21700电池正极镍含量达到80%。2021年7月，特斯拉首次使用LG化学生产新型NCMA电池，该电池正极镍含量已提升至90%。对大圆柱电池对高镍三元正极需求影响进行测算，参照21700对18650的替代速度，假设2022年圆柱电池以21700为主，2023年以后46800逐步替代21700，预计2025年大圆柱电池渗透率达到54.7%。假设大圆柱电池均采用NCM8系、NCM9系或NCA、NCMA等高镍正极，则2025年大圆柱电池对高镍正极的需求量将达到26.1万吨，是2020年全球高镍正极需求量的近3倍。在2025年高镍电池三元正极需求量中，有近45%的高镍正极将用于大圆柱电池，大圆柱电池放量将大幅提升高镍材料需求。

表6：大圆柱电池对高镍三元正极需求预测

	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
圆柱动力电池需求量 (GWh)	77.9	117.0	170.0	236.8	318.2
大圆柱电池渗透率	0.0%	10.7%	39.9%	48.0%	54.7%
大圆柱电池需求量 (GWh)	0.0	12.5	67.8	113.7	174.2
大圆柱电池高镍三元正极需求(万吨)	0.0	1.9	10.2	17.1	26.1

资料来源：Statista，中汽协，T&E analysis，Marklines，国海证券研究所

表7：全球高镍三元正极需求预测

	2020A	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
中国新能源乘用车 (万辆)	124.6	333.4	500.0	665.8	852.6	1062.5
全球新能源乘用车 (万辆)	312.5	654.5	938.6	1234.2	1565.1	1923.9
中国新能源商用车 (万辆)	12.1	18.6	18.0	18.9	19.5	19.8
中国三元乘用车占比	84.2%	55.0%	40.0%	35.0%	30.0%	30.0%
海外三元乘用车占比	100.0%	95.0%	90.0%	80.0%	75.0%	70.0%
三元商用车占比	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
三元电池需求量 (GWh)	163.0	273.5	339.0	398.9	466.2	553.0
高镍渗透率	35.0%	40.0%	45.0%	55.0%	65.0%	70.0%
高镍电池需求量 (GWh)	57.0	109.4	152.6	219.4	303.0	387.1
高镍电池三元正极需求 (万吨)	9.1	16.4	22.9	32.9	45.5	58.1

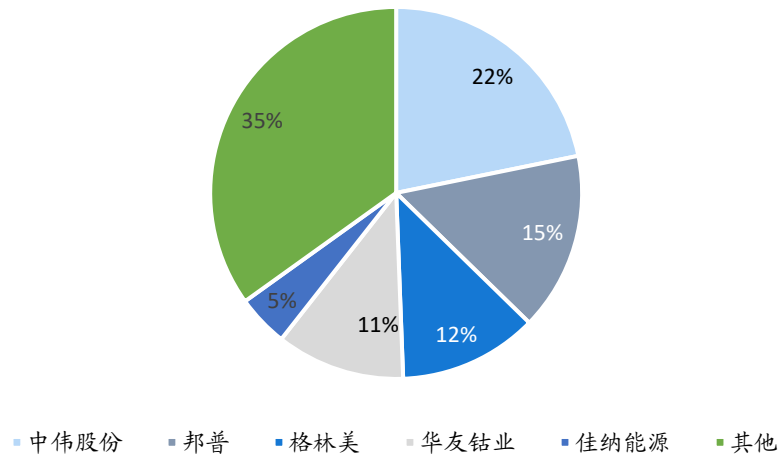
资料来源：Statista，中汽协，T&E analysis，Marklines，国海证券研究所

三元前驱体：高镍化利好一体化布局前驱体企业

三元正极材料产业链涉及环节较多，产业链结构较为复杂。NCM三元产业链上游主要为镍、钴、锰、锂与其他辅料供应商，中游为前驱体与三元正极材料制造商，下游为锂电池生产厂商以及应用层面的电动汽车、3C、储能等领域。其中，前驱体环节是正极材料产业链的关键环节，以 NCM811 三元正极材料为例，前驱体占据正极总成本的 60%左右。三元前驱体是镍钴锰/铝氢氧化物，通过与锂源（高镍正极材料一般采用氢氧化锂；低镍、中镍正极材料一般采用碳酸锂）混合后烧结制成三元正极。三元前驱体的上游产业链条较长，以镍资源为例，从最前端的原生矿（硫化矿、红土镍矿）经冶炼加工成为镍中间品（高冰镍、MHP、MSP）再到硫酸镍，最后加工为前驱体。

国内三元前驱体行业集中度较高，2020 年 CR5 达到 65%。在全球动力电池市场需求持续旺盛的背景下，三元正极需求增加，带动三元前驱体行业不断扩张，据鑫椏资讯统计，2021 年国内三元前驱体总产量为 62.06 万吨，同比增长 82.3%。目前国内三元前驱体行业集中度较高，据 GGII 统计，2020 年国内三元前驱体市场份额前五分别是中伟股份、邦普、格林美、华友钴业和佳纳能源，市占率分别为 21.8%、15.5%、12.1%、11.2%和 4.5%。

图 23：2020 年国内三元前驱体企业出货占比



资料来源：中伟股份公司公告，GGII，国海证券研究所

随着正极高镍化，镍在三元前驱体成本中占比提升，将利好一体化布局的三元前驱体企业。从前驱体成本结构看，硫酸钴、硫酸镍等硫酸盐原材料成本占比较高，以华友钴业生产的三元前驱体为例，硫酸盐原材料成本占比达 87%。随着正极镍含量的增加，单吨前驱体硫酸镍使用量增多，硫酸镍的成本占比将提高。在高镍化趋势下对上游镍资源的需求将增大，导致镍供应紧张，价格大幅度上涨。根据鑫椏资讯，截至 2022 年 3 月 23 日国产电池级硫酸镍价格为 4.85 万元/吨，较 2021 年年初的 2.95 万元/吨上涨 64.4%，硫酸镍的成本占比提升和镍源价格的提升使得前驱体企业对于一体化的意愿得以强化。通过一体化布局产业链上游冶炼业务，将上游硫酸镍等原材料供应纳入生产环节，能够充分发挥产业链协同效应，保证材料稳定供应和品质保障，以更低成本获取原材料并提升三元前

驱体材料性能，进而增强企业的成本优势和盈利能力。目前，前驱体龙头企业中伟股份、邦普、格林美和华友钴业均布局了镍冶炼产能，一体化布局将强化龙头企业成本优势，行业集中度有望提升。

图 24: 三元前驱体成本构成

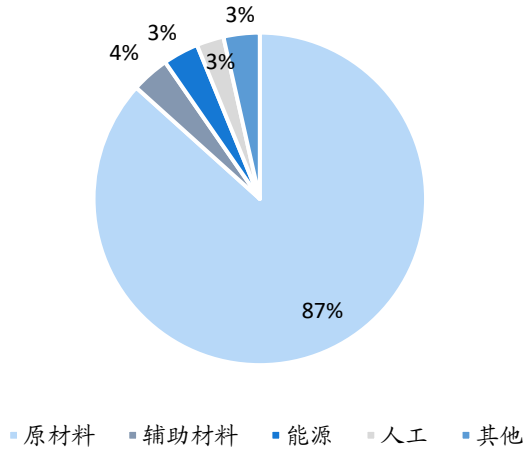
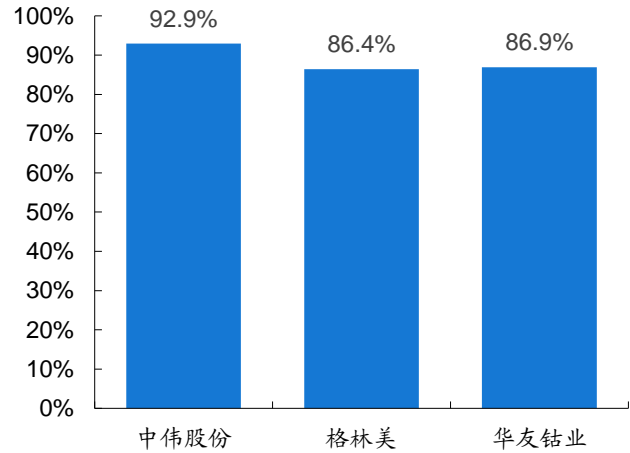


图 25: 2020 年国内前驱体公司直接材料成本占比



资料来源：华友钴业公司公告，国海证券研究所

资料来源：Wind，国海证券研究所

表 8: 三元前驱体材料组成

	NCM523	NCM622	NCM811
硫酸镍单吨耗材 (吨)	1.46-1.50	1.75-1.80	2.20-2.50
硫酸钴单吨耗材 (吨)	0.59-0.63	0.59-0.61	0.32-0.38
硫酸锰单吨耗材 (吨)	0.55	0.37	0.10-0.18

资料来源：容百科技公司公告，国海证券研究所

表 9: 三元前驱体企业一体化布局情况

三元前驱体企业	一体化布局
中伟股份	公司投资建设印尼 3 万吨红土镍矿火法冶炼项目及定增募投项目北部湾产业基地三元项目一期，建设 18 万吨三元前驱体产能及 11 万金吨硫酸镍、1 万金吨硫酸钴配套产能，加速延伸上游冶炼环节
格林美	在青山实业与邦普循环等合作企业的支持下，公司提升了对印尼镍资源项目的控制地位，取得了印尼镍资源项目 51% 的控股权；公司与青山合作建设印尼镍资源基地，锁定 50 万金属吨镍资源中长期供应，基计划 2021 年内完成建设，在 2022 年初投入运行；公司全资子公司投资建设年产 10 万吨电池级高纯镍钴盐晶体（硫酸镍、硫酸钴和氯化钴晶体）项目于 2021 年 6 月 30 日正式开工建设
华友钴业	2018 年公司启动了印尼红土镍矿资源开发，公司与青山实业及其他合资方合作，在印度尼西亚 Morowali 工业园区建设年产 6 万吨镍金属量的红土镍矿湿法冶炼项目，2021 年 12 月产线完成设备安装调试工作，并于近日投料试生产，成功产出第一批产品

资料来源：Wind，国海证券研究所

三元正极材料：高镍化提高技术壁垒，具有技术储备的正极企业具备发展潜力

我国三元正极材料市场格局相对分散，高镍化有望促使行业集中度提升。由于我国动力电池领域处于需求快速增长阶段，三元正极材料企业扩产较强，竞争较为激烈，导致行业相对分散。根据鑫椽资讯统计，2021年我国三元正极市场CR5为53%，5家头部企业的市占率均在10%左右，没有出现绝对领先的龙头企业。随着三元正极向高镍化发展，由于高镍材料的技术壁垒较高，三元正极行业出现明显的集中趋势，2020年1-10月国内高镍正极材料市场的CR2和CR5分别为56%和84%，高镍三元正极材料市场龙头优势明显。

图 26：2021 年国内三元材料市场份额

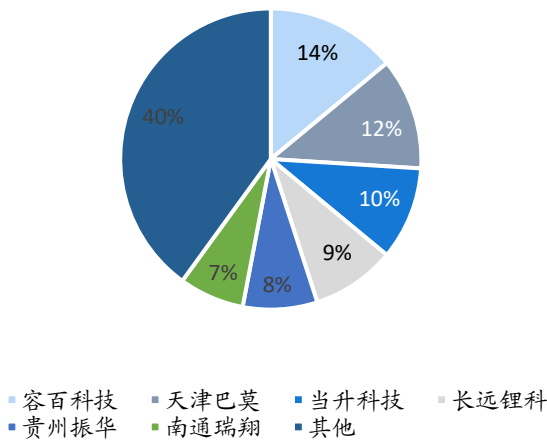
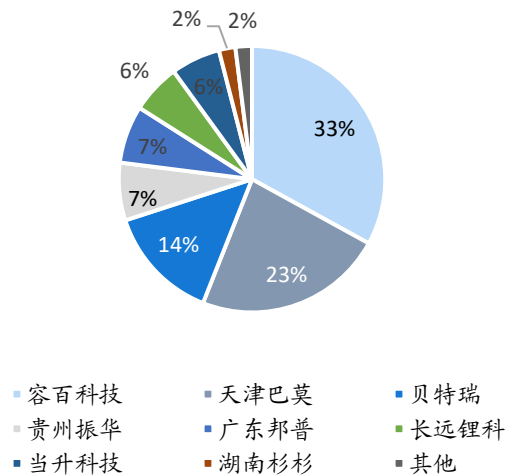


图 27：2021 年 1-10 月国内高镍市场竞争格局



资料来源：鑫椽资讯，国海证券研究所

资料来源：鑫椽资讯，国海证券研究所

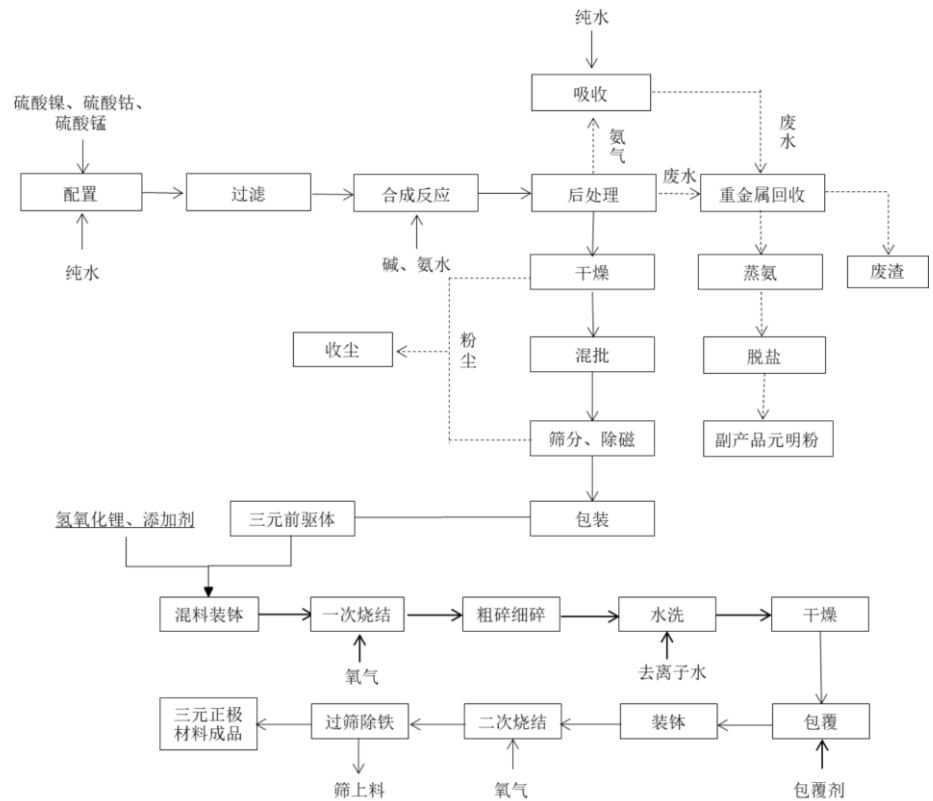
高镍三元正极加工难度大，技术壁垒高。三元正极以三次烧结工艺为主，由三元前驱体和氢氧化锂混合后烧结制成。相对于 NCM523 等常规三元正极材料，高镍三元正极材料的制备工序相对更为复杂，对设备要求更高，且技术难度更大：

(1) 混合工序难点：由于氢氧化锂与高镍三元前驱体的粒度和密度大小差异较大，因此实现固相均匀混合难度较大；此外，氢氧化锂含有结晶水，在混合过程中摩擦放热造成氢氧化锂脱水，部分氢氧化锂会生产团聚，影响混合效果；传统高混机在使用前驱体与氢氧化锂混合时，无法将氢氧化锂分散混合均匀，提高转速又容易破坏三元前驱体颗粒，因此，高镍三元生产过程中对混合机要求较高；

(2) 烧结工序难点：由于高镍三元材料中的二价镍难以氧化成三价镍，必须在纯氧气氛中高温合成，因此窑炉材质必须耐氧气腐蚀；此外，高镍材料使用氢氧化锂做锂源进行高温合成，氢氧化锂容易挥发且碱性很强，需要窑炉材质有较强的耐碱腐蚀性；

(3) 水洗工序难点：高镍三元材料的表面残碱含量过高，会给材料电化学性能带来许多负面影响，国内厂家普遍采用水洗和在较低的温度二次烧结工艺来降低高镍正极表面残碱含量；由于高镍三元材料表面对湿度敏感，因此水洗过程中固液比、水洗时间、搅拌强度、过滤时间与干燥过程均很难控制，如果处理不好，之后的三元材料容量与循环性能明显下降而达不到动力电池的使用要求。

图 28: 高镍三元正极材料制备工艺流程



资料来源: 长远锂科招股说明书, 国海证券研究所

龙头企业扩产加速，高镍化有望助力具备技术储备的企业进一步提高市占率。由于高镍三元正极材料对前驱体制备、烧结工艺和过程控制以及生产环境的要求苛刻，因此正极材料企业除了对于持续研发能力要求很高以外，对核心生产设备的各项性能和产线设计的细节要求同样较高，因此对于新进入者而言，无论是材料的配方设计还是关键设备的选型或工艺细节设计均构成较大的挑战。此外，由于高镍三元正极材料对安全性能的苛刻要求，高镍三元正极材料厂商需要满足的客户认证要求远高于普通三元正极材料，高镍三元正极产品具有较高的客户粘性。在高镍正极需求大幅增加的背景下，具有量产能力且通过客户认证的容百科技、天津巴莫、当升科技、振华新材加速扩产高镍正极，预期 2023 年国内高镍正极产能突破 50 万吨，较 2020 年年末产能提升近 370%，三元正极行业集中度有望进一步提升。

表 10: 三元正极材料企业高镍技术储备情况

	核心技术名称	特点及技术优势
容百科技	正极材料气氛烧结技术	通过低熔点锂源配锂混料及富氧煅烧技术，实现了高镍正极材料中锂离子和二价镍离子混排度 $\leq 1.0\%$ ，相比同类产品降低 50%，提升了材料的结构稳定性及循环性能
	正极材料表面处理技术	采用特殊的洗涤、包覆、干燥相结合的表面处理技术，使高镍层状正极材料的残留锂、硫等杂质在原有基础上降低 50%，提升了材料表面稳定性、电极加工性能和循环寿命

高电压单晶材料生产技术	通过特殊的生产工艺，制备分散性能良好的单晶高电压 NCM523\622\811 正极材料，相比同类的二次颗粒产品，能防止正极片在辊压、充放电过程中颗粒碎裂，减少与电解液在高电压下的副反应，安全性能大幅度提升，循环寿命提升 30%以上，尤其在高电压下提升更加明显
正极材料掺杂技术	通过掺杂工艺优化，改变正极材料晶体表面能，在电池充放电过程中有效减少结构由层状向尖晶石进而向岩盐状的转变，从而减少活性氧和热的释放，功率特性和高温循环寿命较常规产品显著提升

资料来源：容百科技招股说明书，国海证券研究所

表 11：国内龙头三元正极企业高镍产能规划（万吨）

	2020	2021E	在建/规划产能
容百科技	4	12	13
巴莫科技	2.55	7.55	5
当升科技	1	2	5

资料来源：Wind，投资者互动平台，同花顺金融研究中心，中国宁波网，高工锂电，光明日报，国海证券研究所

3.2、硅基负极：硅基负极需求向上，商业化进程有望加速

3.2.1、石墨负极接近理论比容上限，高比容硅材料备受关注

目前负极材料以石墨为主。锂离子在正极和负极之间的穿梭形成了锂离子电池作为电源工作的基础。因此，负极的锂离子插入能力是决定锂离子电池性能的主要因素，其脱嵌锂电压和比容量对电池能量密度影响较大。目前商业化的负极材料主要碳基材料（天然石墨、人造石墨和无定形碳）、硅基材料和钛酸锂。其中石墨材料由于其具有导电性能好、体积膨胀小、循环稳定性好等优点，用途最为广泛：人造石墨主要用于大容量的车用动力电池和倍率电池以及中高端电子产品锂离子电池；天然石墨主要用于小型锂离子电池和中低端电子产品锂离子电池。目前动力电池负极材料以石墨为主，据 GGII 统计，2021H1 人造石墨和天然石墨负极出货量占比分别为 85%和 14%，石墨负极出货占比达到 99%。

石墨材料负极接近理论比容量上限。目前高端石墨负极材料比容量已达到 360-365mAh/g，接近其理论比容量最大值 372mAh/g。随着新能源汽车对续航能力要求的不断提高，为进一步提升电池能量密度，需要开发出具有更高比容量的负极材料，具有高比容量的硅元素受到研究人员的关注。

图 29：负极材料分类

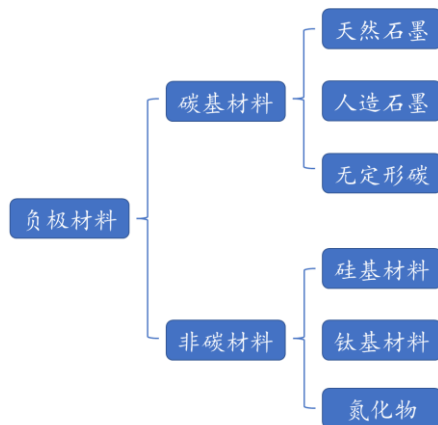
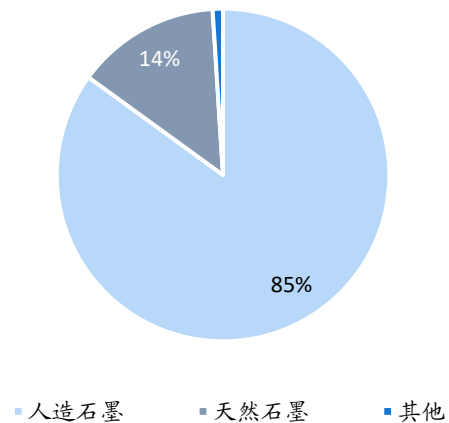


图 30：2021H1 负极市场占比



资料来源：国海证券研究所

资料来源：GGII，国海证券研究所

硅材料理论比容量是石墨材料的十余倍，受限于体积膨胀率高和 SEI 层不稳定，硅基负极商业化程度低。硅在自然界分布很广，在地壳中占比约 26.3%，仅次于氧。锂离子嵌入过程中形成硅锂合金 $\text{Li}_{22}\text{Si}_5$ 相，对应的理论容量是天然石墨的十多倍，同时硅的电压平台为 0.4V 左右，在充电过程中不存在析锂隐患，大大提高了锂离子电池的安全使用性能。虽然硅材料具有极高的理论比容量、储量丰富等诸多优势，但是硅材料作为锂离子电池负极材料在嵌锂过程中所面临的体积膨胀引起的材料粉化、SEI 层反复再生、导电性较差等问题严重阻碍了硅负极材料的商业化应用：

(1) 材料粉化与电极破坏: 硅在充放电过程中会发生巨大的体积膨胀效应, 嵌锂生成 Li-Si 合金的体积膨胀率高达 320%, 这种不断收缩膨胀会造成硅负极材料产生裂纹直至粉化, 破坏电极材料与集流体的接触性, 使得活性材料从极片上脱离, 引起电池容量的快速衰减; 其次, 膨胀在电池内部会产生很大的应力, 对极片形成挤压, 随着多次循环, 极片存在断裂的风险, 且这种应力还可能造成电池内部孔隙率的降低, 减少锂离子移动通道, 造成锂金属的析出, 影响电池安全性;

(2) 不稳定的 SEI 层: 嵌锂过程中, 电解质会发生分解并沉积在硅表面形成 SEI 膜, 由于脱嵌锂过程中硅体积的持续变化, 暴露在电解液中新的硅表面 SEI 膜厚度持续增加, 持续生长的 SEI 膜会不断地消耗来自正极的锂和电解液, 最终导致电池的内阻增加和容量的迅速衰减;

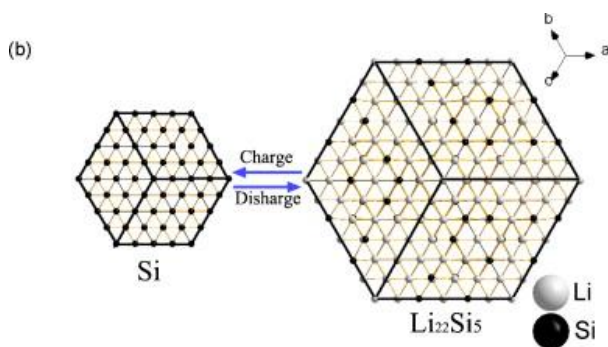
(3) 导电性较差: 硅的导电性能较差, 在高倍率下不利于电池容量的有效释放。

表 12: 负极材料对比

类型	天然石墨负极材料	人造石墨负极材料	硅基负极材料
理论容量	340-370mAh/g	310-360mAh/g	400-4000mAh/g
首次效率	>93%	>93%	>77%
循环寿命	一般	较好	较差
安全性	较好	较好	一般
倍率性	一般	一般	较好
成本	较低	较低	较高
优点	能量密度高, 加工性能好	膨胀低, 循环性能好	能量密度高
缺点	电解液相容性较差, 膨胀较大	能量密度低, 加工性能差	膨胀大、首次效率低、循环性能差

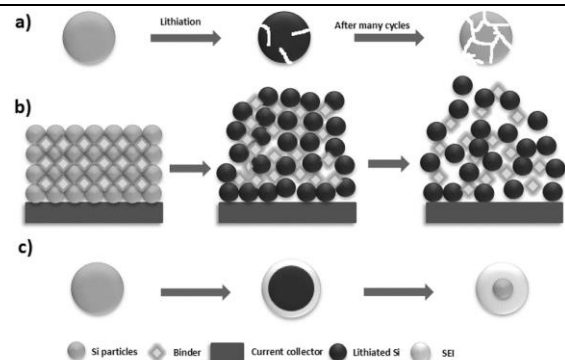
资料来源: 贝特瑞公告, 国海证券研究所

图 31: 嵌锂生成 Li-Si 合金的体积膨胀率高达 320%



资料来源: 《Improvement of cyclability of Si as anode for Li-ion batteries》, 国海证券研究所

图 32: 硅基负极失效机制示意图



资料来源: 《Nanostructured Silicon Anodes for High-Performance Lithium-Ion Batteries》, 国海证券研究所

厂家通过预锂化技术、纳米化技术和复合材料技术来提升硅基负极的电化学性能, 以加速硅基负极的商业化进程:

(1) 预锂化技术: 运用预锂化技术能有效补偿硅负极在首次循环过程中由于 SEI

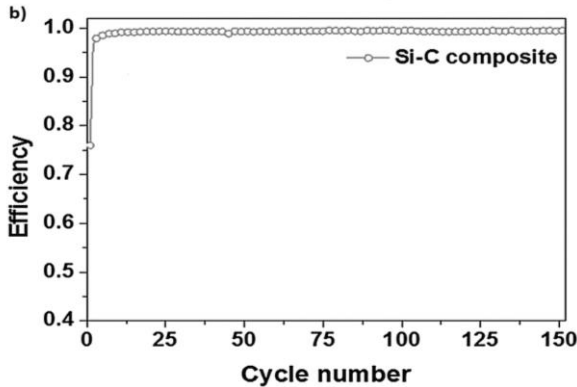
层不稳定导致的活性锂损失,提高电池的首次库伦效率、能量密度以及循环寿命;稳定金属锂粉(SLMP)是一种在商业生产中应用最广泛的预锂化试剂;

(2) 纳米化技术: 纳米材料表面的原子也具有更高的平均结合能,因此,纳米材料可以在体积膨胀过程中更好地释放应力,硅颗粒的纳米化可以有效缓解硅脱嵌锂过程中的体积膨胀;但是其较大的比表面积会加剧硅表面 SEI 层的形成,且细小的纳米颗粒容易发生团聚而加快容量的衰减,故通常引入碳材料,设计出低维化的纳米硅管硅碳复合材料;

(3) 硅碳复合技术: 通过在硅颗粒表面包覆碳材料可以有效缓冲循环过程中的体积膨胀,此外碳可以增加颗粒的导电性,碳的多孔结构有利于锂离子和电子在硅颗粒和电解液之间的快速传输;

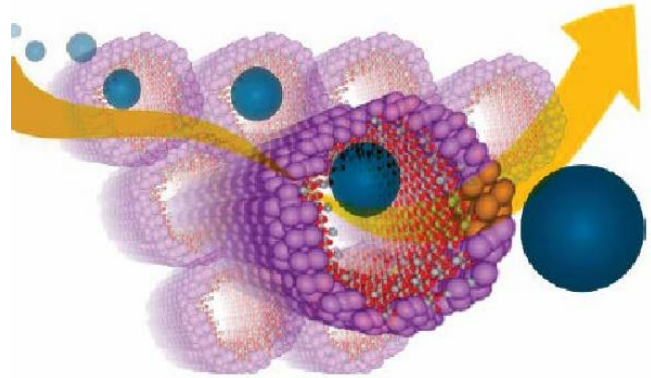
(4) 氧化亚硅复合材料: 氧化亚硅在首次循环过程中与锂离子反应生成 Li_4SiO_4 、 Li_2O 以及纳米硅颗粒, Li_4SiO_4 和 Li_2O 可以有效地缓解硅颗粒的体积效应。

图 33: 硅碳复合负极循环稳定性好



资料来源:《Nanostructured Silicon Anodes for High-Performance Lithium-Ion Batteries》, 国海证券研究所

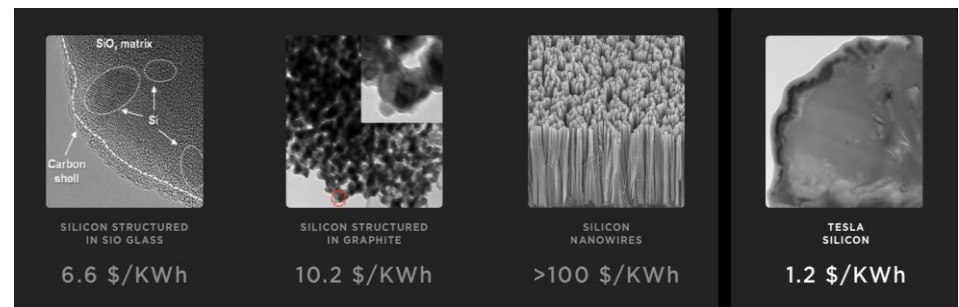
图 34: 硅纳米管中锂离子通道示意图



资料来源:《Silicon Nanotube Battery Anodes》, 国海证券研究所

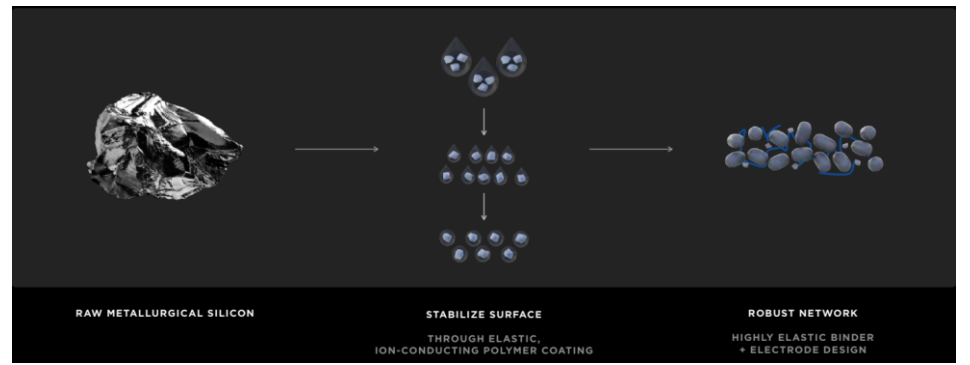
特斯拉全新生硅材料有望促进硅基负极推广。 特斯拉在电池日公布全新生硅负极,通过增加高弹性的离子聚合物涂层以重新稳定硅材料表面结构,提升电池的稳定性 and 安全性。生硅负极可以提高电池 20% 的续航里程,并推动电池成本降低 5%。生硅负极技术有望将制造成本降至 1.2 美元/kWh,成本大幅度降低有望促进硅基负极的推广。

图 35: 特斯拉生硅负极将使制造成本降至 1.2 美元/kWh



资料来源: 特斯拉电池日官方材料, 国海证券研究所

图 36: 特斯拉生硅负极示意图



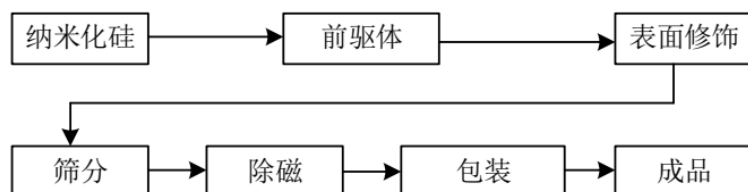
资料来源: 特斯拉电池日官方材料, 国海证券研究所

3.2.2、硅基负极适配大圆柱电池, 硅基负极规模商业化进程加速

目前商业化硅基负极主要应用于圆柱电池, 大圆柱电池放量将提升硅基负极需求量。纳米硅碳和氧化亚硅是目前商业化程度最高的两种硅基负极材料, 硅基负极材料是按一定比例 (5%-10%) 掺杂在石墨中进行应用。由于方形电池和软包电池对膨胀非常敏感, 因此硅基材料仍难以应用在这两类电池上, 目前硅基负极主要应用在结构体本身强度更高的圆柱钢壳电池上。特斯拉通过在人造石墨中加入硅基材料, 已在部分车型上采用硅碳负极作为动力电池新材料, 未来随着特斯拉大圆柱电池放量, 硅基负极需求量将大幅度提升。

较石墨负极材料而言, 硅基负极材料的制备工艺复杂, 拥有较高技术门槛。硅碳负极材料是将纳米硅与基体材料通过造粒工艺形成前驱体, 然后经表面处理、烧结、粉碎、筛分、除磁等工序制备而成的负极材料; 硅氧负极材料是将纯硅和二氧化硅合成一氧化硅, 形成硅氧负极材料前驱体, 然后经粉碎、分级、表面处理、烧结、筛分、除磁等工序制备而成的负极材料。为确保产品具备高一致性、高安全性、高循环性和低膨胀性, 大规模生产存在一定困难, 且各家工艺均不同, 目前没有标准化工艺。当前采用较普遍的制备方法主要有化学气相沉积法、溶胶凝胶法、高温热解法、机械球磨法。高难度的生产工艺和产品批量制备能力是进入硅基负极材料领域的主要门槛。

图 37: 硅碳负极材料生产流程



资料来源: 贝特瑞公告, 国海证券研究所

表 13: 不同制备方式制备的硅基负极材料的技术特征对比

制备方式	技术特点
化学气相沉积法	硅碳两组分间连接紧密、结合力强，充放电过程中活性物质不易脱落，具有优良的循环稳定性和较高的首次充放电效率，碳层均匀稳定、不易出现团聚现象。此种制备方法对设备要求简单，反应过程环境友好，复合材料杂质含量少， 适合工业化生产 。
溶胶凝胶法	该方法能够实现硅碳材料的均匀分散，而且制备的复合材料保持了较高的可逆比容量。但是碳凝胶较其它碳材料稳定性能差，在循环过程中碳壳会产生裂痕并逐渐扩大，导致负极材料结构破裂；且凝胶中氧含量过高会生成较多不导电的 SiO ₂ ，导致负极材料的首次充放电效率较低。
高温热解法	此种方法合成的复合材料中碳的空隙结构一般较大，能较好的缓解硅在充放电过程中的体积变化。但是，高温热解法产生的复合材料中的硅的分散性较差，碳层会有分布不均的状况，并且颗粒容易产生团聚等现象。
机械球磨法	机械球磨法制备的复合材料颗粒粒度小、各组分分布均匀，而且机械球磨法制备硅/碳复合材料具有工艺简单、成本低、效率高， 适合工业生产 ；但是该法是两种反应物质在机械力的作用下混合，颗粒的团聚现象难以解决。

资料来源：贝特瑞公告，国海证券研究所

国内企业加速布局硅基负极，规模商业化进程加速。硅基负极在日本起步较早，该材料在日本已经得到批量使用，日本松下公司发布的 NCR18650C 型电池的容量高达 4000mAh/g，并于 2013 年量产，此外日立、信越、三菱均已实现硅碳负极的量产。目前，国内仅有少部分企业实现了量产，大部分仍然处于中试或者实验阶段。研发或生产硅基负极的企业主要有：负极企业如杉杉股份、璞泰来、凯金能源等；校企合作的团队如天目先导、新安股份等；跨界进入负极领域的企业如国轩高科（电池企业）、石大胜华（电解液企业）、硅宝科技（化工材料企业）等。

表 14: 国内硅基负极产业化进度

公司	硅基负极产业化进度
杉杉股份	公司掌握了硅基负极材料前驱体批量化合成核心技术，搭载该技术所合成的材料已经通过下游核心客户测试。2021 年中报显示，公司硅基负极产品已批量应用于 3C 领域，且预计在 2021 年下半年进入全球知名电动工具企业的供应链实现批量供货，在动力电池应用领域，已经通过主流车企的多轮评测，待车型上市后，将实现批量应用。
璞泰来	公司 8 月 10 日在投资者互动平台表示，公司的硅碳负极材料目前以软包电池和方形电池应用为主，有一定数量的中试品在客户端应用。随着产业链的配套，例如低膨胀的粘结剂、改善首效率的添加剂等的推出，会加大硅碳和硅氧材料在方形电池的应用；公司已经具备中试规模的硅碳负极和硅氧负极的能力，根据市场需要会加大规模。
石大胜华	2019 年 12 月 14 日公司公告拟投资建设 4000 吨/年硅碳负极材料项目，整体项目分 3 期建设，其中一期 600 吨/年硅碳负极材料生产装置及 4000 吨/年硅碳负极材料对应的储运设施，建设期自 2020 年至 2021 年，二期和三期分别建设 1400 吨/年和 2000 吨/年硅碳负极材料生产装置，建设期均为 12 个月，根据市场情况择机建设；2021 年 3 月 29 日公司公告拟投资建设 1000 吨/年硅碳负极材料项目，本项目生产技术来自美国 HICO 公司，该公司相关技术已实现工业化，2021 年 11 月 4 日公司公告该项目生产装置及配套的储运设施已经安装完毕并通过竣工验收，后续进入试生产阶段。
硅宝科技	公司于 2019 年建成 50 吨/年硅碳负极材料中试生产线，产品通过四川省经济和信息化厅组织的成果鉴定为国际先进水平；2021 年 11 月 11 日公告，公司拟投资建设 5 万吨/年锂电池用硅碳负极材料及专用粘合剂项目，第一期在 30 个月内完成建设投产，第二期在 12 个月内完成建设投产，建成后公司将拥有 1 万吨/年锂电池用硅碳负极材料产能；目前，公司生产的硅碳负极材料已通过数家电池厂商测评并实现小批量供货，亟待产业化规模生产。
天目先导	公司材料核心技术源于中国科学院物理研究所，产业化制造技术源于江西紫宸科技有限公司，目前锂离子电池硅基负极材料年产能可以达到 2000 吨。
新安股份	2020 年 8 月公告称公司与上海大学（浙江·嘉兴）新兴产业研究院共同推进碳硅复合负极材料制备关键技术研究开发，在上海大学嘉兴研究院已取得该领域小试成果的基础上，成立联合开发项目组，进行中试项目建设与开发，加

	快负极材料的产业化；2021年7月公司在投资者互动平台表示，该项目预计将于7月底之前完成中试的工程建设，预计下半年可以中试出样进行量产测试。
国轩高科	2021年11月17日公司在投资者互动平台表示，公司硅基负极材料项目推进顺利，目前已具备5000吨硅碳负极材料的生产能力。
凯金能源	公司硅基负极材料为氧化亚硅和纳米硅，氧化亚硅负极材料已开发至第三代，第三代首次效率90%，容量≥1400mAh/g，纳米硅负极材料也已开发至第三代，容量≥1500mAh/g，首次效率≥87%；公司已建有新型硅基负极材料小试研究和中试开发生产硬件平台，同时建有年产300吨的生产线，目前已经实现对宁德时代等知名客户的批量出货。

资料来源：Wind，同花顺金融研究中心，中国粉体网，投资者关系平台，国海证券研究所

3.3、LiFSI：大圆柱带动 LiFSI 需求提升，国内企业大规模布局加速

3.3.1、LiFSI 性能优势明显，高镍化助力提升 LiFSI 需求

电解液是锂电池四大关键材料之一，其主要成分为有机溶剂、电解质锂盐和添加剂。锂盐是电解液的关键部分，锂盐的选择对电池的容量、能量密度、功率密度、工作温度、循环性能及安全性能均有较大影响，因此**优质锂盐需要具备高离子导电性、高溶解度、低结晶点、高稳定性、SEI 成膜能力、强抗水解能力和对铝箔钝化等特质：**

(1) 高离子导电性：高电导率的电解液可迅速传导锂离子，提高充放电效率；由于锂盐在溶液中溶解伴随着锂盐中阴阳离子的解离，形成溶剂化的溶液结构，因此低解离能保证锂盐溶解后形成的电解液具有较高的电导率，进而实现电池的高倍率；

(2) 高溶解度：高溶解度保证电解液中具备足够的锂离子进行传输；

(3) 低结晶点：低结晶点可以避免锂盐在电池工作的温度范围内发生结晶析出，可以避免电解液电导率骤降的风险，从而保证电池在低温环境下可以正常工作；

(4) 高稳定性：锂盐应具有较好的热稳定性、化学稳定性和电化学稳定性，当电池在高压、高温下工作时，锂盐不会与其他组分发生反应（形成 SEI 层过程除外）；

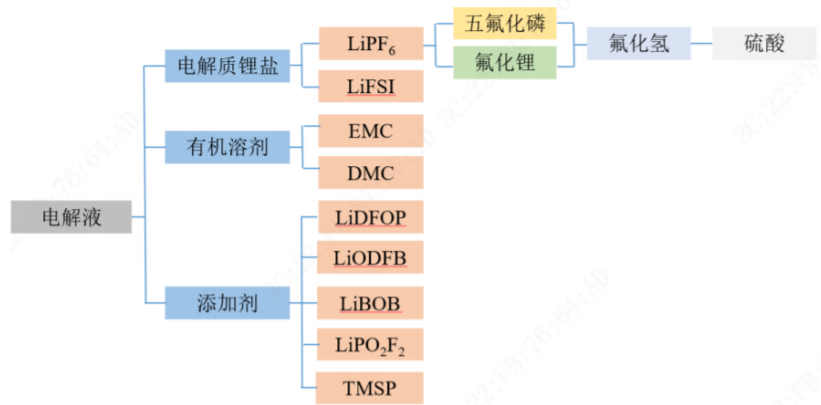
(5) 具有 SEI 成膜能力：电极表面在首圈循环后会形成一层固态电解质膜 (SEI)，这层钝化膜能够允许锂离子而阻挡电子通过，并阻止电解液的连续消耗，对电池循环稳定性具有重要意义，因此良好的 SEI 成膜性能可保证后续循环过程中电解液不会被持续消耗；电解液中锂盐和添加剂成分均会影响 SEI 层的性能和稳定性；

(6) 强抗水解能力：有些锂盐的阴离子与水接触后会发生水解（尤其是在高温和高电压情况下），形成 HF，这会严重影响电池的寿命，同时增加锂盐制备、储存和处理的额外成本；

(7) 对铝箔钝化：锂盐需对铝箔集流体具有良好的钝化作用，防止高电压下电解液腐蚀铝箔。

性能稳定的六氟磷酸锂 LiPF_6 是目前主流的溶质锂盐，但是存在遇热易分解、抗水解性差、低温易结晶等缺点，其在高温、低温、潮湿等环境中表现不佳。 LiPF_6 的化学性质不稳定，对温度和水分敏感，在高温和潮湿环境下易发生分解，产生有危险性的 HF，严重影响电池寿命。在低温环境下， LiPF_6 易产生结晶，导致电解液电导率下降。

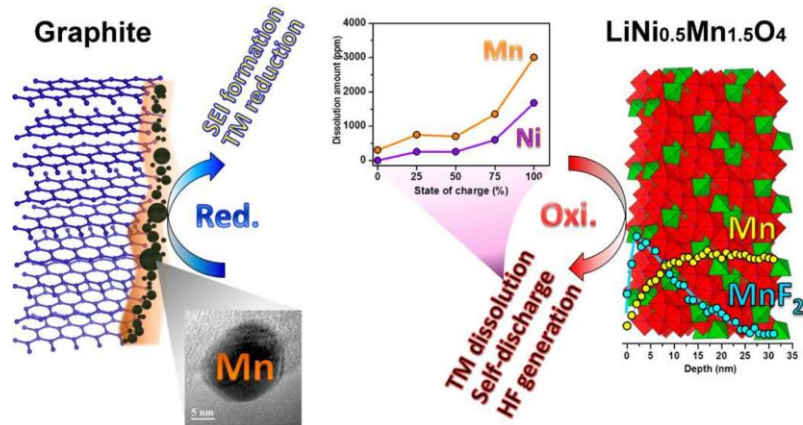
图 38: 电解液由有机溶剂、电解质锂盐和添加剂组成



资料来源: 天赐材料公司公告, 国海证券研究所

随着电池正极镍含量的增加, 材料热稳定性和安全性降低, 高镍电池对电解液匹配性提出更高要求。由于镍离子具有较高的催化活性, 随着正极镍含量的增加, 正极材料中镍将催化电解液氧化分解; 此外电解液中的痕量水会与 LiPF_6 反应, 生成具有酸性物质的 HF , 侵蚀电池正极, 导致过渡金属的溶解, 使过渡金属离子溶出, 溶出的过渡金属离子会聚集在隔膜空隙和负极表面, 阻碍锂离子的传输和劣化负极侧的界面 SEI 层结构, 甚至导致电解液在负极表面持续分解, 影响电池的正常工作; 由于高镍材料热稳定较差, 高温会加剧过渡金属的溶解, 进一步恶化电池状态。为保证高镍正极电池的正常工作 and 安全性, 采用高安全性、高能量密度的电解液替代普通电解液是未来的重要趋势。

图 39: 正极过渡金属溶解对电池性能的危害



资料来源: 《Understanding Transition-Metal Dissolution Behavior in $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ High-Voltage Spinel for Lithium Ion Batteries》, 国海证券研究所

相比于 LiPF_6 , 双氟磺酰亚胺锂 (LiFSI) 具有电导率高、抗水解能力强和热稳定性好等优点, 更适用于高镍电池:

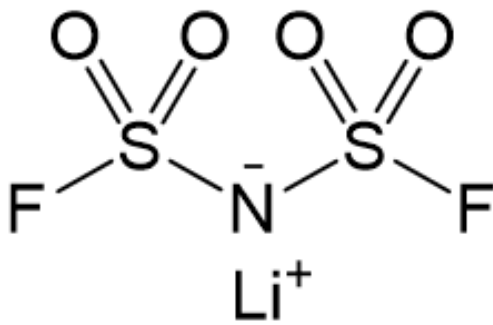
(1) 电导率高: LiFSI 分子中的氟原子具有强吸电子性, 能使 N 上的负电荷离域, 离子缔合配对作用较弱, 使 Li 离子更容易解离, 因而 LiFSI 具有较高的电导率;

(2) 抗水解能力强：通过对 LiPF_6 和 LiFSI 进行水解测试，结果显示测试期间 LiFSI 溶液中的水含量和 HF 浓度几乎保持不变，而 LiPF_6 溶液中的水在第 9 天就被全部耗尽， HF 浓度大幅增加，这表明 FSI^- 阴离子具有更好的抗水解性能；

(3) 热稳定性好：研究显示 25°C 环境中使用 LiPF_6 作为锂盐的电解液和使用 LiFSI 作为锂盐的电解液具有一致的电池循环性能，但在 60°C 高温环境中， LiPF_6 电池的容量只有 LiFSI 电池的一半，表明 LiFSI 具有更好的热稳定性，添加 LiFSI 的电池在高温下性能更好。

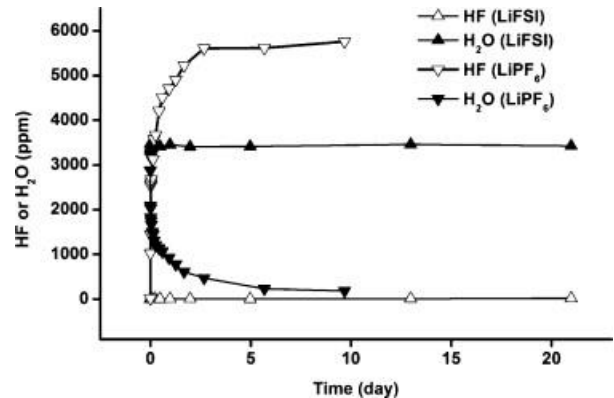
虽然 LiFSI 对铝箔具有一定的腐蚀作用，但目前可以通过加入少量添加剂但如含氟钝化铝箔添加剂等来解决。此外， LiFSI 拥有更低的结晶点，使其在低温下不易发生结晶析出，从而避免电解液电导率骤降的风险，保证电池在低温环境下可以正常工作。因此， LiFSI 与 LiPF_6 相比能够显著改善新能源电池的使用寿命，提升新能源汽车在夏季和冬季的续航里程与充放电功率，并改善新能源汽车在极端条件下的安全性， LiFSI 有望成为下一代主流锂盐。

图 40: LiFSI 分子式



资料来源: NIPPON SHOKUBAI 公司官网, 国海证券研究所

图 41: LiFSI 具有更好的抗水解性能



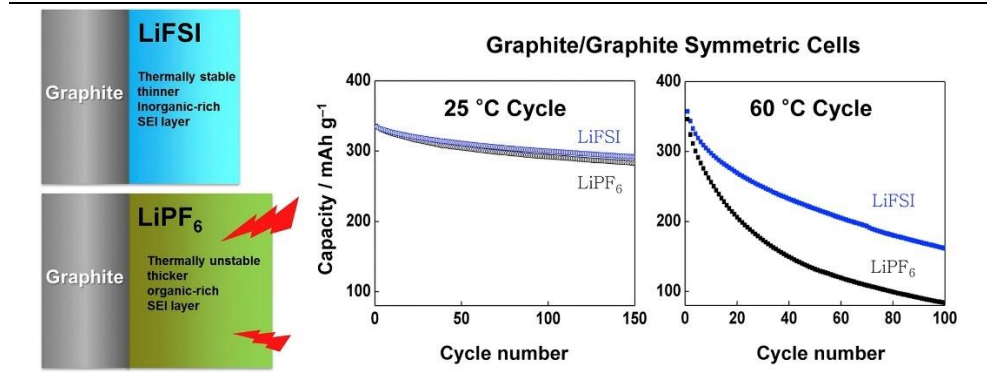
资料来源: 《Lithium bis(fluorosulfonyl)imide (LiFSI) as conducting salt for nonaqueous liquid electrolytes for lithium-ion batteries: Physicochemical and electrochemical properties》, 国海证券研究所

表 15: 三类电解质锂盐的技术指标对比

比较项目	LiFSI	LiPF_6	LiTFSI	
基础物性	分解温度	$>200^\circ\text{C}$	$>80^\circ\text{C}$	$>100^\circ\text{C}$
	氧化电压	$\leq 4.5\text{V}$	$>5\text{V}$	$>5\text{V}$
	溶解度	易溶	易溶	易溶
	电导率	最高	较高	中等
	化学稳定性	较稳定	差	稳定
	热稳定性	较好	差	好
	低温性能	好	一般	较好
电池性能	循环寿命	高	一般	高
	耐高温性能	好	差	好
	合成工艺	复杂	简单	复杂
工艺成本	成本	高	低	高

资料来源: 康鹏科技招股说明书, CNKI, 国海证券研究所

图 42: LiFSI 在高温下具有更好的电池循环性能



资料来源:《Unraveling the role of LiFSI electrolyte in the superior performance of graphite anodes for Li-ion batteries》, 国海证券研究所

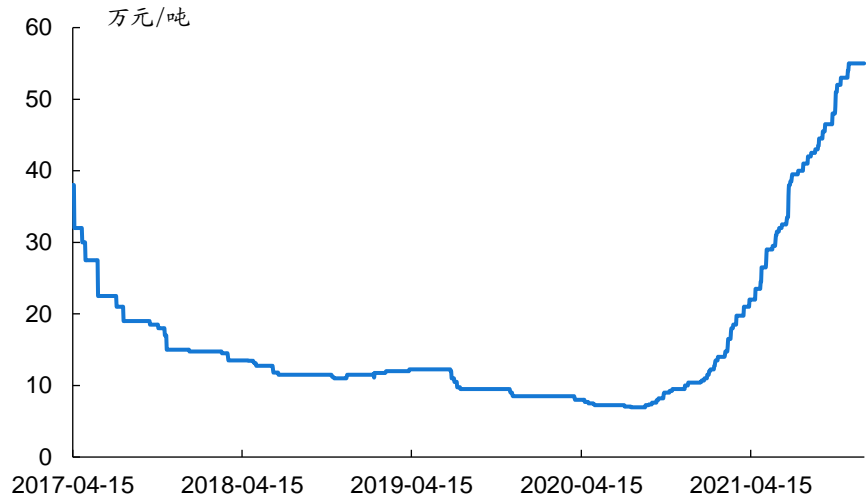
目前 LiFSI 主要作为 LiPF₆ 的添加剂使用。研究表明, 将 LiFSI 与 LiPF₆ 按照特定比例配比的电解液具有更好的低温放电和高温性能保持能力、更长的循环寿命、更高倍率放电性能和更高的安全性能。相比于现有 LiPF₆ 单一溶质电解液, 电解液中添加有 LiFSI 的电池的使用寿命、夏季或冬季的续航里程与充放电功率、整体安全性均得以提升, 目前主流配方 LiFSI 的添加比例在 2-10%。随着动力电池的高镍化和高压化, LiFSI 添加比例有望提升。

3.3.2、LiFSI 需求有望大幅提升, 龙头公司强者恒强

LiFSI 进入规模化生产阶段, 价格下降促使产业化进程加快。 由于 LiFSI 在有水的情况下受热或者高温条件下易分解, 常规生产过程中引入的其他金属离子会对其性能带来不利影响。为满足电解液使用要求, LiFSI 对于水分、金属离子、游离酸等指标有严格限定, 导致 LiFSI 生产技术门槛较高, 因此 LiFSI 在应用之初的价格偏高, 制约了 LiFSI 的快速产业化。随着 LiFSI 生产工艺不断优化, 价格不断降低, 据康鹏科技招股说明书显示, 2018 年、2019 年和 2020 年单吨 LiFSI 的价格分别为 52.9、49.0 和 41.4 万元, 价格降低促使 LiFSI 产业化应用进程进一步加快。

LiPF₆ 价格持续上涨, LiFSI 经济性逐渐显现。 2018-2020 年单吨 LiPF₆ 价格一直维持在 10 万元左右, 成本较低、性能相对稳定的 LiPF₆ 成为主流的溶质锂盐。在下游装机需求高速增长背景下, LiPF₆ 市场出现供不应求的状态, 叠加上游原材料瓶颈和疫情的影响, LiPF₆ 扩产速度较慢, 使得 LiPF₆ 价格大幅度上涨。根据百川盈孚数据, 截至 2021 年 12 月 15 日, LiPF₆ 达到 55 万元/吨, 较年初的 10.7 万元/吨上涨超过 400%。由于短期内市场 LiPF₆ 新增产能投放有限, 后续将继续上涨, 2023 年之前 LiPF₆ 价格有望维持高位, GGII 预计, LiPF₆ 价格有望突破 60 万元/吨。在 LiPF₆ 价格高企的背景下, LiFSI 经济性逐渐显现, 有望加快新型锂盐 LiFSI 的替代。

图 43: LiPF₆ 价格走势



资料来源: Wind, 百川盈孚, 国海证券研究所

电池高镍化和 LiFSI 成本下降助力 LiFSI 需求放量。添加有 LiFSI 的新能源电池电解液可以大幅度提升充放电次数, 同时也可以使镍、高电压正极等活性极强的电极材料保持稳定, 从而延长电池寿命, 并对易燃的电解液起到阻燃作用。因此, 随着动力电池的高镍化和 LiFSI 成本的下降, LiFSI 添加比例有望提升。假设 2025 年高镍电池 LiFSI 添加比例为 10%, 则高镍电池的 LiFSI 需求量将达到 4.7 万吨, 2020-2025 年 5 年复合增速达 132.5%

表 16: 动力电池高镍化对 LiFSI 需求影响测算

	2020A	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
三元电池需求量 (GWh)	163.0	273.5	339.0	398.9	466.2	553.0
高镍三元电池需求量 (GWh)	57.0	109.4	152.6	219.4	303.0	387.1
三元电池电解液需求量 (万吨)	16.3	27.4	33.9	39.9	46.6	55.3
高镍电池电解液需求量 (万吨)	5.7	10.9	15.3	21.9	30.3	38.7
中低镍三元电池 LiFSI 添加比例	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%
高镍三元 LiFSI 添加比例	1.0%	2.0%	4.0%	6.0%	8.0%	10.0%
高镍电池 LiFSI 需求量 (万吨)	0.1	0.2	0.6	1.3	2.4	3.9
三元电池 LiFSI 需求量 (万吨)	0.1	0.4	1.0	1.9	3.1	4.7

资料来源: Statista, 中汽协, T&E analysis, Marklines, 国海证券研究所

LiFSI 需求即将迎来放量, 厂商扩产进程加速。目前 LiFSI 国内产能主要集中在天赐材料、康鹏科技、多氟多、永太科技、新宙邦等企业手中, 总年产能在 6500 吨左右, 其中天赐材料产能占比近四成, 是 LiFSI 市场的绝对龙头; 海外产能主要集中在韩国天宝和日本触媒, 总产能 1 千吨左右。随着下游对 LiFSI 需求的增加, 国内企业开始加速进行 LiFSI 产能规划, 天赐材料、永太科技和多氟多均制定了万吨级别的扩产计划。目前大部分在建和规划的 LiFSI 产能将在 2023-2025 年陆续投产, 预计到 2025 年我国 LiFSI 产能将超过 11 万吨, 较目前产能增长超过 1000%。

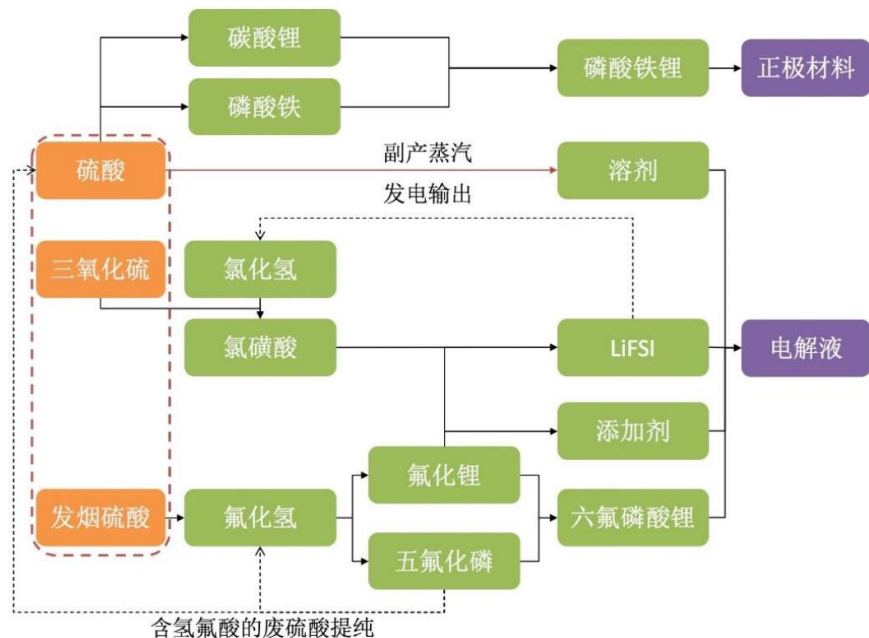
表 17: LiFSI 主要厂商产能情况

	已有产能 (吨)	在建/规划产能 (吨)
天赐材料	2300	54000
康鹏科技	1500	
新宙邦	200	2400
永太科技	900	67000 (液态)
多氟多	1600	40000
氟特电池	300	
韩国天宝	740	
日本触媒	300	3000

资料来源: Wind, 同花顺金融研究中心, 国海证券研究所

天赐材料推进双氟磺酰亚胺 (HFSI), 一体化布局推动 LiFSI 成本下降, 受益于产业链循环和成本优势, 龙头公司有望强者恒强。天赐材料新增 6 万吨 HFSI 产能建设, 对应约 5.5-6 万吨 LiFSI 供应能力, 一体化布局有望推动 LiFSI 成本下降。此外, 天赐材料作为国内电解液龙头, 在业务布局上充分考虑产业链上各产品之间的联系, 打造具有循环优势的锂离子电池材料产品群。天赐材料“年产 40 万吨硫磺制酸项目”在此循环中处于重要位置, 在为 LiFSI 提供部分原材料的同时降低了 LiFSI 装置及尾气处理的成本, 起到了降低成本和循环减排的效果。天赐材料通过自产主要产品的核心关键原材料, 构建循环产业链体系, 获取持续的成本竞争优势, 将巩固和扩大公司在行业的地位和影响力, 有望强者恒强。

图 44: 硫酸在天赐材料产业链循环中的示意图



资料来源: 天赐材料公司公告, 国海证券研究所

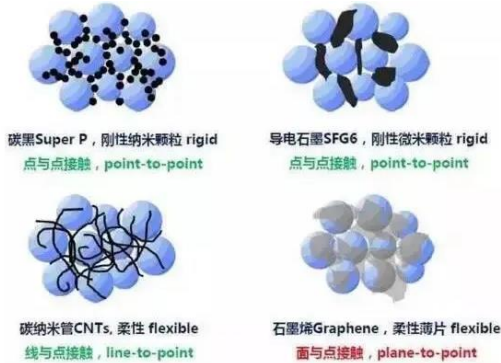
3.4、碳纳米管：大圆柱助力碳纳米管渗透率提升，龙头企业技术优势加深护城河

3.4.1、碳纳米管性能优越，大圆柱电池助力碳纳米管渗透率提升

导电剂作为动力电池的关键辅材，可以增加活性物质之间的导电接触，提升锂电池中电子在电极中的传输速率，从而提升锂电池的倍率性能和改善循环寿命。锂离子电池充放电过程需要锂离子和电子的共同参与，这需要电池的电极是离子和电子的混合导体。正极活性材料多为过渡金属氧化物或者过渡金属磷酸盐，它们是半导体或者绝缘体，导电性较差，必须要加入导电剂来改善导电性；石墨负极材料的导电性稍好，但是在多次充放电中，石墨材料的膨胀收缩，使石墨颗粒间的接触减少，间隙增大甚至有些脱离集电极，不再参与电极反应，所以也需要加入导电剂保持循环过程中的负极材料导电性的稳定。为了保证电极具有良好的充放电性能，在极片制作时通常加入一定量的导电剂，在活性物质之间、活性物质与集流体之间起到收集微电流的作用，以减小电极的接触电阻，加速电子的移动速率。

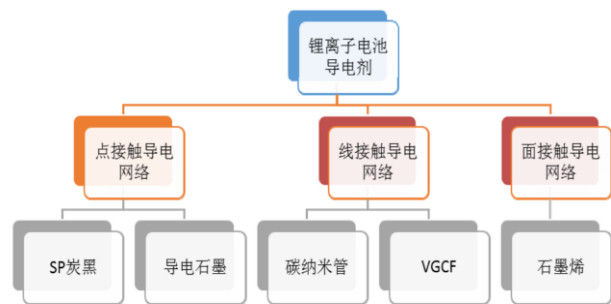
锂电池目前常用的导电剂主要包括炭黑类、导电石墨类、VGCF（气相生长碳纤维）、碳纳米管以及石墨烯等。其中，炭黑类、导电石墨类和 VGCF 属于传统的导电剂，其在活性物质之间各形成点、面或线接触式的导电网络；碳纳米管和石墨烯属于新型导电剂材料，其中碳纳米管在活性物质之间形成线接触式导电网络，石墨烯在活性物质间形成面接触式导电网络。

图 45：不同接触类型导电剂示意图



资料来源：三顺纳米公司公告，国海证券研究所

图 46：导电剂接触形式



资料来源：三顺纳米公司公告，国海证券研究所

导电剂在正极材料中的添加量服从“渗透阈值”理论，即在不添加或添加少量导电剂时，导电物质不能构建有效的导电网络，当添加量增加到一定值后，导电物质能够在正极材料活性物质中形成有效的导电网络，提升正极材料的导电性能，之后再增加导电剂的含量也不能显著提升正极材料导电性能。由于新型导电剂材料在活性物质之间形成的线接触式、面接触式导电网络更为充分，能够更加明显的提升正极材料活性物质的导电性能，进而降低导电剂在正极材料当中的添加量。根据三顺纳米招股说明书，传统炭黑导电剂添加量一般为正极材料重量的 3% 左右，而碳纳米管、石墨烯等新型导电剂添加量可降低至 0.5%-1.0%。

碳纳米管作为空心管状结构，能够提升极片的吸液性，从而降低电池使用过程中的电解液损耗，提升其寿命性能。此外，相对于传统导电剂而言，碳纳米管具备更好的导电性能、导热性能和结构强度，使锂电池循环过程中保持良好的电子和离子传导，从而大幅提升锂电池的循环寿命：

(1) 导电性能优势：碳纳米管的碳原子以正六边形的微观形式组成基础单元结构，这种结构下共轭效应显著，电子可以脱离单个碳原子的束缚而在较大范围内自由运动；碳纳米管与纤维类似呈长柱状，其纤维状结构能够在电极活性材料中形成连续的导电网络，碳纳米管的用量仅为传统导电剂的 1/6-1/2 就可以达到同样的导电效果；此外，碳纳米管具有双电层效应，能有效提升锂电池倍率性能；

(2) 导热性能优势：碳纳米管具有优异的导热性能，可以沿管长方向迅速传导热量，其良好的导热性能还有助于电池充放电时散热，降低电池极化，改善电池高低温性能，提升电池循环性能；

(3) 结构强度优势：碳纳米管具有极高的强度和极大的韧性，添加碳纳米管后极片有较高的韧性，能改善充放电过程中材料体积变化而引起的剥落，提高循环寿命。

表 18: 导电剂优缺点对比

导电剂种类		优点	缺点
碳纳米管导电剂		导电性能优异，添加量小，提升电池能量密度，提升电池循环寿命性能	需要预分散，价格较高
炭黑类导电剂	SP	价格便宜，经济性高	导电性能相对较差，添加量大，降低正极活性物质占比，全依赖进口
	科琴黑	添加量较小，适用于高倍率、高容量型锂电池	价格贵，分散难，全依赖进口
	乙炔黑	吸液性较好，有助提升循环寿命	价格较贵，影响极片压实性能，主要依赖进口
导电石墨类导电剂		颗粒度较大，有利于提升极片压实性能	添加量较大，主要依赖进口
VGCF(气相生长碳纤维)		导电性优异	分散困难，价格高，全依赖进口
石墨烯导电剂		导电性优异，比表面积大，可提升极片压实性能	分散性能较差，需要复合使用，使用相对局限（主要用于磷酸铁锂电池）

资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

表 19: 碳纳米管在力学、电学、热学、化学性能方面优势明显

项目	性能优势
力学性能	碳纳米管具有极高的强度和极大的韧性。按理论计算，碳纳米管的强度可为钢的 100 倍，而密度只有钢的 1/6。碳纳米管还有极高的韧性，硬而不脆，当外部施加巨大的压力时，碳纳米管会发生弯曲、打卷绞结的情况，但是不会断裂；当外力释放后，碳纳米管又将恢复原状。
电学性能	碳纳米管具有良好的电学性能，碳纳米管的碳原子以正六边形的微观形式组成基础单元结构，这种结构下共轭效应显著，电子可以脱离单个碳原子的束缚而在较大范围内自由运动。理论上碳纳米管导电性能仅次于超导体。电子通过碳纳米管时不会产生热量，因此能损失微小，其导电性能优于常规导电材料。
热学性能	碳纳米管具有优异的导热性能，可以沿管长方向迅速传导热量。理论上碳纳米管是目前已知的最好的导热材料，其理论导热效率约为自然界最好导热材料金刚石的 3-6 倍。
化学稳定性	碳纳米管化学性质稳定，具有耐酸性和耐碱性。在聚合物复合材料中添加碳纳米管可以提高材料本身的阻酸抗

氧化性能，可以应用于航天、航空、国防、军工等领域。

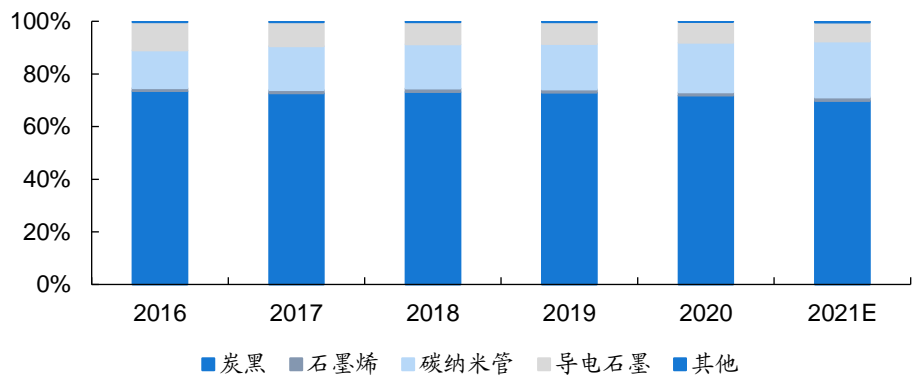
资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

虽然碳纳米管在性能方面明显占优，但是目前我国导电剂市场仍以炭黑、导电石墨等传统导电剂为主。根据 GGII 统计数据显示，2020 年我国导电剂市场传统导电剂占比近 80%。碳纳米管作为一种新型材料，在市场应用的早期价格较高，较高的价格是早期碳纳米管替代炭黑成为动力锂电池主流导电剂存在的主要障碍。据天奈科技招股说明书，2018 年碳纳米管和 SP 的粉体价格分别为 45-55 万元/吨和 5.6-6.5 万元/吨，碳纳米管粉体价格是炭黑价格的近 10 倍。此外，碳纳米管需要分散成浆料再导入电池，因此碳纳米管导电剂的使用成本远高于炭黑。尽管在锂电池中添加量较炭黑更少，但受制于目前单价较高因素的影响，各锂电池生产企业对使用碳纳米管导电剂依然需要一个逐步接受的过程。

大圆柱电池与高镍正极+硅基负极材料体系适配性高。为提高电池能量密度，高镍正极材料和硅碳负极材料被应用到电池材料体系，但高镍材料较差的热稳定性和硅碳材料较高的体积膨胀率对动力电池的安全性带来了考验。相较于方形电池和软包电池，圆柱电池结构体本身强度更高，对硅碳负极膨胀的容忍度较高，且圆柱电池散热性能良好的特性可以在一定程度上弥补高镍材料热稳定性差的缺点，因此在应用高镍材料和硅碳负极材料方面，圆柱电池优势明显。此外，相较于小圆柱电池，大圆柱电池具有高能量密度和低成本优势，圆柱电池大型化趋势明确。**大圆柱放量将推进产业链降本增效，同时促进高镍正极和硅基负极渗透率的提升。**

由于碳纳米管具备优异的导电性能、导热性能和结构强度，大圆柱电池放量带来的高镍正极+硅基负极发展趋势将催生碳纳米管市场需求：（1）碳纳米管优异的导电性可以弥补高镍三元正极和硅基负极本身导电性能较差的缺陷；（2）碳纳米管结构强度高，添加碳纳米管后极片有较高的韧性，能改善硅基负极在充放电过程中硅材料体积膨胀效应引起的 SEI 层剥落，从而提高电池循环寿命；（3）由于碳纳米管具有优异的导热性能，有助于电池充放电时散热，可以弥补高镍三元材料热稳定差的缺陷；（4）碳纳米管凭借其较高长径比特性和双电层效应，相较于炭黑能够进一步提高锂电池的倍率性能；（5）碳纳米管可以通过更少的添加量来提升正负极活性物质填充量，从而进一步提升锂离子电池的能量密度。未来随着大圆柱电池放量以及碳纳米管大规模产业化的普及，性能优异的碳纳米管有望加速对炭黑的替代进程，GGII 预测到 2025 年中国导电剂市场碳纳米管导电剂占比将达 55%。

图 47: 2016-2021 年中国锂电池导电剂出货量情况



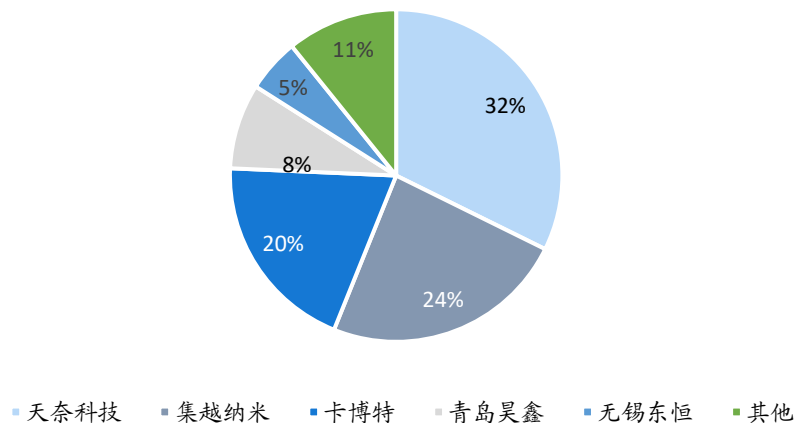
资料来源: 天奈科技公司公告, GGII, 国海证券研究所

注: 碳纳米管和石墨烯导电剂以粉体统计; 碳纳米管 2017 年之前按 5%固含量折算, 2017 年开始按 4%固含量折算; 石墨烯按 3%固含量折算, 且石墨烯粉体量已扣除碳纳米管及炭黑的量

3.4.2、技术与性能构筑核心竞争力, 龙头公司产能扩张强者恒强

由于生产合格的碳纳米管导电剂对碳纳米管导电浆料企业的综合实力要求较高, 碳纳米管导电剂行业集中度高, CR5 接近 90%。作为符合动力锂电池需要的导电剂, 碳纳米管导电浆料不仅要求制备的碳纳米管具有较高的长径比、纯度等优良的指标, 也对碳纳米管导电剂生产企业分散技术提出较高的要求。同时, 锂电池企业对导电浆料供应商有严格的考察程序, 全面评估其产品质量、稳定性、一致性以及持续供货能力, 对碳纳米管导电浆料企业的综合实力要求较高, 因此碳纳米管行业集中度较高。根据 GGII 统计分析, 2020 年我国碳纳米管导电浆料出货量排名前三的企业分别为天奈科技、集越纳米和卡博特 (收购三顺纳米), 市占率分别为 32.3%、23.8%和 19.6%, CR3 和 CR5 分别为 75.7%和 89.2%, 行业集中度较高。

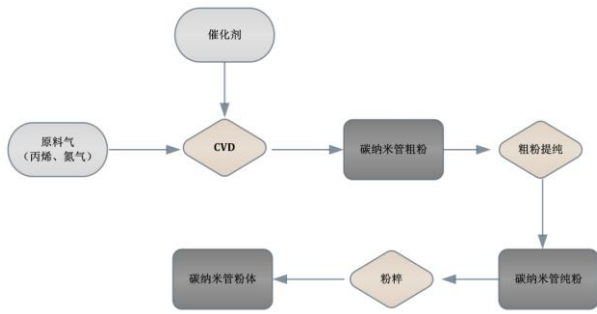
图 48: 2020 年中国碳纳米管导电浆料市场竞争格局



资料来源: 天奈科技公司公告, GGII, 国海证券研究所

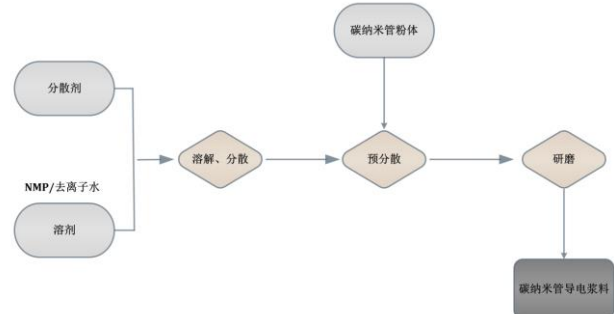
催化剂制备和碳纳米管分散是生产碳纳米管导电剂的核心步骤及难点。碳纳米管粉体制备的关键步骤在于催化剂的制备，因为碳纳米管的生长依赖于催化剂，催化剂的质量、性能将直接影响后续产出的碳纳米管粉体的质量。碳纳米管作为导电剂的推广初期以粉体的形式供给锂电池厂商试用，但由于碳纳米管比表面积高和长径比大，容易出现团聚现象，难以直接将碳纳米管均匀分散在锂电池电极材料当中。因此在锂电池生产过程中，通常先将碳纳米管在特定溶剂当中进行分散，制成碳纳米管导电浆料后再使用，分散工艺是制备碳纳米管导电浆料的难点。

图 49：天奈科技生产碳纳米管的工艺流程



资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

图 50：天奈科技生产碳纳米管导电浆料的工艺流程



资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

天奈科技掌握的碳纳米管催化剂制备技术，可以控制碳纳米管的定向增长，做到直接控制碳纳米管管径、长度以及纯度等三个核心指标。清华大学的“基于纳米聚团流化原理的高纯度碳纳米管批量制备基础研究”从原理上解决了碳纳米管连续化宏量制备生产的难题，天奈科技取得上述研究相关发明专利的独占许可使用权，奠定了公司第一代碳纳米管产品产业化的基础。自第一代碳纳米管产品产业化成功后，受清华大学层状载体催化剂概念的启发，天奈科技通过对催化剂活性元素、助催化元素的选择与优化以及载体的表面修饰，自主开发了第二代碳纳米管长度可控的定向生长催化剂。在该种催化剂的作用下，碳纳米管的管径由催化剂活性中心颗粒大小控制，同时生长的碳纳米管的长度可控，因此生产的碳纳米管长径比较大。天奈科技自主开发的第三代以尖晶石为主的复合结构催化剂，除进一步提高碳纳米管的长径比以提升导电性外，同时提升了产品的碳纯度。相应的碳纳米管产品中的活性金属残留量低、导电性更优异。

表 20：天奈科技三代产品生产技术和产品性能对比

项目	第一代产品	第二代产品	第三代产品	
使用和量产的技术名称	纳米聚团流化床宏量制备碳纳米管技术	定向生长流化床宏量制备碳纳米管技术	尖晶石复合催化剂流化床宏量制备碳纳米管技术	
催化剂	配方元素	铁、铝、钼	钴、镁、锰、铝	
	结构	纳米聚团无定型结构	微米层状结构	尖晶石复合结构
	制备技术	共沉淀法	浸渍法	高温固相反应法
流化床量产工艺	湍动式流化、高空速、催化剂预活化、裂解时间短、碳纳米管非定向生长	气泡式流化、低空速、催化剂不需要预活化、裂解时间长、碳纳米管定向生长	气泡式流化、低空速、催化剂不需要预活化、裂解时间更长、碳纳米管半定向生长	
碳纳米管指标	管径	10-15nm	7-11nm	5-10nm
	长度	3-10 μm	5-20 μm	5-30 μm
	体电阻率	29.74Ω·cm	23.54Ω·cm	5.29Ω·cm

资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

天奈科技技术优势构建护城河，产品性能领先行业锻造核心竞争力。除催化剂制备技术外，天奈科技在分散工艺方面也拥有较多技术储备。为制备出合格的碳纳米管分散浆料，天奈科技使用了包括高速分散机、胶体磨、均质机、超声设备等多种分散设备，最终成功选出最合适的分散剂、分散方法和设备，将碳纳米管通过浆料形式导入锂电池，并实现商业化及产业化。碳纳米管的长径比（长度和直径比）和碳纯度是影响碳纳米管性能的核心指标，碳纳米管管径越细、长度越长，导电性能越好。目前天奈科技第二代、第三代碳纳米管产品性能已经处于国内领先地位，同时，天奈科技基于自身强大的自主研发能力，每 2-3 年推出一代新产品，通过产品迭代保持自身竞争力。

表 21：主流碳纳米管公司产品性能对比

公司名称	产品型号	直径(nm)	长度(μm)	纯度(%)	
天奈科技	第三代产品	5-10	5-30	纯化前	≥ 95.0
				纯化后	≥ 98.5
	第二代产品	7-11	5-20	纯化前	≥ 90.0
				纯化后	≥ 99.8
	第一代产品	10-15	3-10	纯化前	≥ 97.5
				纯化后	≥ 99.8
三顺纳米	CNTs40	30-50	5-12	≥ 99.2	
	HCNTs10	10-20	5-12	≥ 99.5	
	CNTs10	10-20	5-12	≥ 97.5	
	GCNTs5	5-10	≥ 15	≥ 99.2	
	CNTs20	20-30	5-12	≥ 98.7	
青岛昊鑫	/	8-15	10-20	>98	
德方纳米	CNT-F1	7-12	5-10	≥ 99.99	
	CNT-N1	50-100	5-10	≥ 99.98	
无锡东恒	DH-S1 粉末	40-60	10-20	>98	
	DH-P1-5B 浆料	50	20	>98	
	DH-P2-5 浆料	10-20	20	>98	
金百纳	GCN168-CO2	30-60	/	97.5	
	GCN168-CO1	10-25	/	97.5	
	GCN168-CO4	7-15	/	97.5	
	GCN168-COH	5-12	/	>99.5	
纳米港	NTP3003	7-15	5-15	>95	
	NTP3021	15-25	5-15	>95	

资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

天奈科技产能加速扩张，深度绑定锂电客户龙头地位稳定。目前公司具有年产 2000 吨碳纳米管粉体及年产 30000 吨碳纳米管导电浆料产能，已有产能超过国内同行业其他公司。随着动力电池高镍正极和硅碳负极需求的快速增长，碳纳米管渗透率将提升，为满足碳纳米管需求量，天奈科技积极规划扩产。从未来产能新增情况来看，未来新增产能主要来源于“年产 300 吨纳米碳材与 2000 吨导电母粒、8000 吨导电浆料项目”、“碳纳米管与副产物氢及相关复合产品生产项目”、

“碳纳米管复合产品生产项目”及“年产 8000 吨碳纳米管导电浆料生产线项目”，当项目全部建成达产后，**预计 2027 年天奈科技碳纳米管导电浆料年产能将达到 10.6 万吨**。经过多年发展，天奈科技在碳纳米管及导电浆料市场上已经形成品牌影响力、技术水平、人才储备等多方面竞争优势，积累了一批稳定的核心客户，与国内宁德时代、比亚迪、ATL、中航锂电、亿纬锂能等国内一流锂电池生产企业建立了长期稳定的合作关系，**深度绑定多家锂电大客户的天奈科技有望在项目达产后稳步扩大市场规模，进一步提高公司市占率。**

表 22: 主要碳纳米管企业产能情况

公司	产能
天奈科技	截至 2021 年三季度公司具有年产 2000 吨碳纳米管粉体及年产 30000 吨碳纳米管导电浆料产能
卡博特	2020 年具有年产 2000 吨碳纳米管粉体及年产 13000 吨碳纳米管导电浆料产能
青岛昊鑫	2020 年在青岛拥有 800 吨粉体和 17000 吨复合浆料产能
德方纳米	目前具有年产 300 吨碳纳米管粉体及年产 4500 吨碳纳米管导电浆料产能

资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

表 23: 天奈科技新增碳纳米管导电浆料产能明细（单位：吨）

项目	2023 年	2024 年	2025 年	2026 年	2027 年
年产 300 吨纳米碳材与 2000 吨导电母粒、8000 吨导电浆料项目	4,000	6,400	8,000	8,000	8,000
碳纳米管与副产物氢及相关复合产品生产项目	4,000	6,000	8,000	10,000	10,000
碳纳米管复合产品生产项目	-	10,000	20,000	35,000	50,000
年产 8000 吨碳纳米管导电浆料生产线项目	2,400	6,400	8,000	8,000	8,000
新增产能合计	10,400	28,800	44,000	61,000	76,000
所有产能合计	40,400	58,800	74,000	91,000	106,000

资料来源：天奈科技公司公告，国海证券研究所

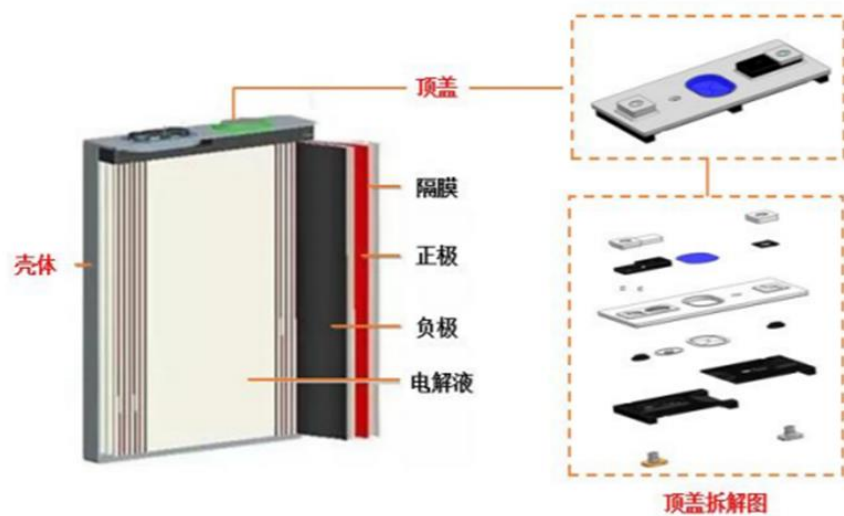
4、结构件环节：大圆柱需求放量，打开圆柱结构件增量空间

4.1、大圆柱电池前景广阔，圆柱结构件市场快速扩张

锂电池精密结构件主要包含锂电池的壳体和顶盖，精密结构件占电池材料成本比重为在 10-16%之间，是锂电池重要组成部分之一。精密结构件作为锂电池外壳，起到传输能量、承载电解液、保护安全性、固定支承电池、外观装饰等作用。因此，精密结构件作为锂电池关键部件，需具备高尺寸精度、高表面质量、高性能等特性。

按照电池封装技术路线的不同，圆柱电池、方形电池和软包电池对应的结构件分别为圆柱结构件、方形结构件和铝塑膜，其中圆柱和方形结构件统称为硬壳，一般为钢壳或铝壳。

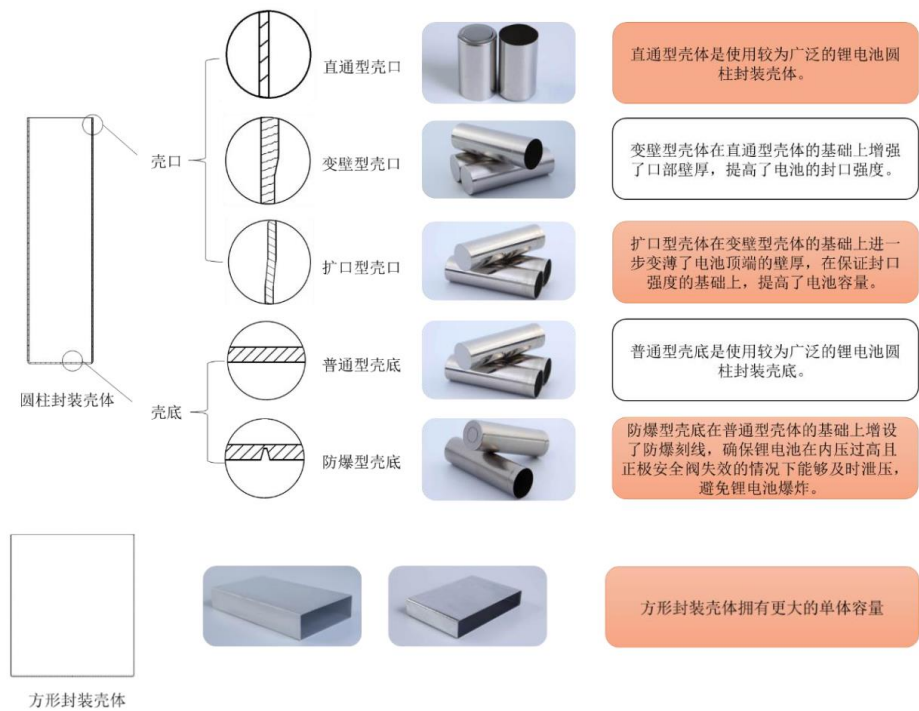
图 51：动力电池结构件主要为壳体和顶盖



资料来源：震裕科技公司公告，国海证券研究所

壳体作为电芯内活性物质与外界全生命周期的屏障，是电池外壳的重要组成部分。圆柱壳体规格型号较为统一，根据电池尺寸分为 18 系列、21 系列、26 系列和 46 系列等。方形壳体标准化程度较低，规格型号构成较为分散。

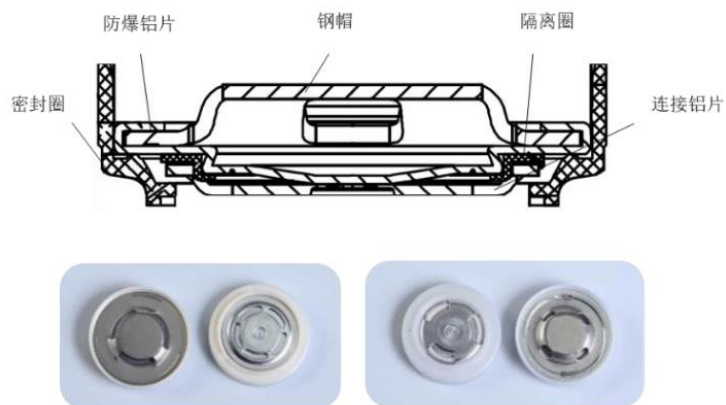
图 52: 圆柱和方形壳体示意图



资料来源: 金杨股份公司公告, 国海证券研究所

圆柱电池顶盖(安全阀)主要用于电池过载时的断电与释压, 以防止电池内压过高而发生爆炸, 是锂电池等高能密度电池安全防护的必备部件。圆柱电池顶盖由密封圈、防爆铝片、钢帽、隔离圈和连接铝片等部分组成, 各部件的工作原理如下: (1) 密封圈: 位于安全阀外部, 主要起到密封电池和隔离封装壳体与安全阀的作用; (2) 钢帽: 位于安全阀顶部, 用于防爆铝片的保护和电池组间的连接; (3) 防爆组件: 由隔离圈、防爆铝片和连接铝片组成, 在电池内部压力达到临界值时及时断开电路、释放电池内部压力, 从而实现防爆功能。

图 53: 圆柱电池顶盖(安全阀)示意图



资料来源: 金杨股份公司公告, 国海证券研究所

大圆柱电池放量将提升对圆柱结构件的需求, 2021-2025 年 CAGR 达 32%。根据动力电池需求量、圆柱电池渗透率和宁德时代锂电池外壳/顶盖成本以及宁德

时代电池销量对动力电池结构件市场规模进行了测算，具体假设及测算情况如下：根据宁德时代招股书，2017 年外购外壳/顶盖成本约 7.23 亿元，而当年宁德时代电池销量 11.84GWh，估算得到 2017 年锂电池结构件价格约为 0.61 亿元/GWh；根据宁德时代 2019-2020 年动力电池单位销售价格的变化，假设动力电池单价年降 7.5%；在结构件成本占比不变的情况下，假设 2017-2025 年结构件单位价值量年降 7.5%。结合前文表 3 测算结果得到 2025 年动力电池圆柱结构件市场空间将达到 117.7 亿元，较 2021 年提升超 200%，2021-2025 年 CAGR 达 32%。

表 24：圆柱结构件市场空间测算

	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
圆柱动力电池需求量 (GWh)	85.6	117.3	189.8	264.3	359.6
单位价值量 (亿元/GWh)	0.45	0.41	0.38	0.35	0.33
圆柱结构件市场空间 (亿元)	38.3	48.5	72.6	93.5	117.7

资料来源：宁德时代公司公告，国海证券研究所

大圆柱趋势致单位电池结构成本下降，助力结构件厂商盈利性提升和产业链降本。受益于圆柱结构件市场持续增长，圆柱结构件厂商出货量有望稳步提升。由于动力电池对动力锂电池精密结构件的质量、性能和安全性都具有很高的要求，动力锂电池精密结构件供应商在进入锂电池生产采购体系前须履行严格的资格认证程序，经过认证后，电池企业不会再轻易切换供应商，结构件企业与电池厂商高度绑定。因此，结构件龙头企业有望在下游需求增长过程中受益，市占率进一步提高。在未来圆柱电池大型化的趋势下，单 GW 结构件用量减少，单位结构件成本有望进一步降低，助力结构件厂商盈利性提升和产业链降本。

4.2、技术壁垒构筑行业护城河，易拉盖生产设备龙头技术升级趋势明显

动力电池精密结构件（包括顶盖和壳体）是冲压加工的冲压件。冲压加工是指利用安装在压力机上的模具对材料施加变形力使其产生变形或分离的一种压力加工方法。动力电池精密结构件的半成品从硅钢带、铝带、铜带施加外力使之产生变形或分离是精密结构件生产的关键步骤，而前述冲压过程主要通过冲压模具完成，故冲压模具决定了冲压效率、冲压结果的主要方面，因此**模具技术是生产精密结构件的核心技术。**

在精密模具设计及制造方面，模具质量的高低决定了产品的精度、质量，尤其是核心部件防爆片、反转片的关键加工过制造技术。同时由于当前动力锂电池产品规格、型号和种类繁多，各产品均需单独制造模具，**具备较强模具开发能力的企业可能及时响应客户的需求，模具开发企业进入结构件领域有先天优势。**国内企业斯莱克、震裕科技均是传统模具开发企业，后借模具开发领域优势进入锂电池结构件领域。

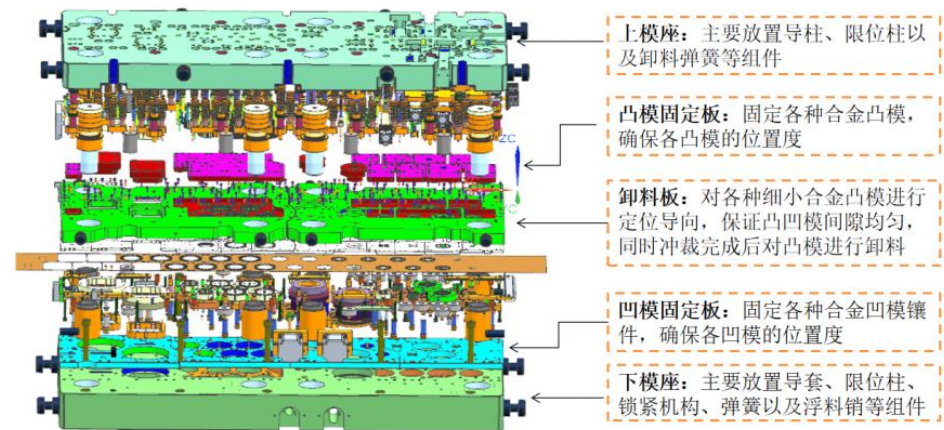
表 25：动力电池精密结构件是冲压件

产品	精密级进冲压模具	动力锂电池精密结构件
主要生产工艺	模具设计完成后可根据模具设计备料。模具生产	1、动力锂电池顶盖：外购铝材、铜材使用定制化模具，由冲

	<p>工序主要分模架、模板、凹凸模等，生产过程中一般先将合金、合金工具钢及模具钢材进行CNC加工中心钻铣、磨等粗加工，得到模具雏形，通过热处理进行应力消除后，再经磨、线切割对其孔、型腔等部位进行精加工，以获得更精密的模具，再与其他外购的标准件装配成成品，经检验后交付客户进行外试，合格后出厂。</p>	<p>床冲压成各种金属件，经清洗机清洗表面后退火处理，使用激光焊接机和摩擦焊接机等将各金属件、外购件焊接、组装在一起，再通过检测设备进行性能、气密性等检测合格后包装出厂。</p> <p>2、动力锂电池壳体：外购铝材使用定制化模具，由冲床冲压成圆形、多次拉伸成圆体半成品，再将开口修剪、成品清洗机清洗表面后，经人工检验合格后包装出厂。</p>
工序	<p>模具设计-工艺编制-备料-加工中心加工、线切割加工、钻孔、坐标磨、铣加工、热处理等各工序-自检和检查-与外购标准件模具装配-自检-试模-客户确认交付</p>	<p>1、动力锂电池顶盖：模具开发（新产品）-冲压-清洗-退火-焊接-检验-与注塑件、密封圈、外协产品等一起组装-检验-包装入库-出厂。</p> <p>2、动力锂电池壳体：模具开发（新产品）-冲压-拉伸-剪切-清洗-包装入库-出厂。</p>
设备	<p>坐标磨床、数控加工中心、慢走丝线切割机床、光学曲线磨床、精密电火花、三坐标测量、测量显微镜、高速冲床等</p>	<p>高速冲床、精密冲压模具、摩擦焊接机、激光焊接机、数控车床、清洗机、影像测量仪、测量显微镜</p>
技术	<p>精密级进冲压模具开发技术，包括模具的设计、开发、制造与装配等技术</p>	<p>高精度模具冲压工艺、激光焊接技术、摩擦焊接技术、注塑技术等</p>
应用	<p>家用电器、汽车、工业工控等领域电机铁芯的冲压制造</p>	<p>动力锂电池的核心结构件</p>

资料来源：震裕科技公司公告，国海证券研究所

图 54：精密级进冲压模具示意图



资料来源：震裕科技公司公告，国海证券研究所

电池精密结构件的生产技术对锂电池安全性、寿命、一致性、连通性和电池容量产生影响：

(1) **安全性**：通过结构件安全防爆技术能避免或减少电池内部电化学反应异常时可能出现的电池压力过大产生的安全事故；

(2) **寿命**：高低温状态下的结构件密封技术能降低电池使用状态下的正负极渗漏故障，从而提高电池安全性和使用寿命；

(3) **一致性**: 使用集自动装配、焊接、铆接、检测功能、追溯系统于一体的盖板自动装配技术以及精密拉伸技术使得铝壳生产精度更高, 产品一致性更好;

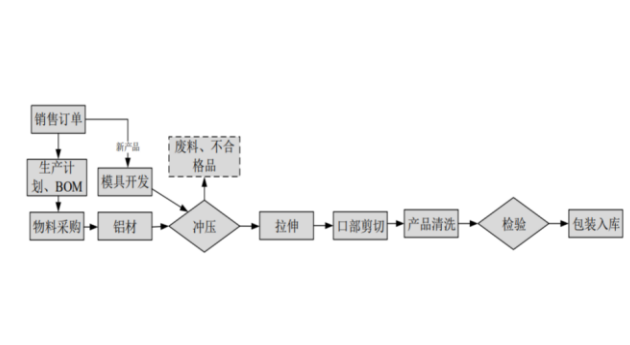
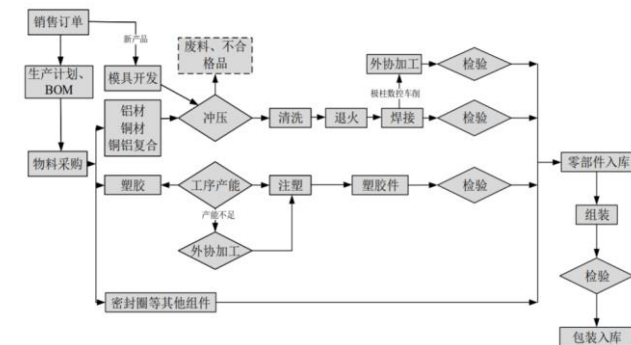
(4) **连通性**: 铜铝软连接技术能克服新能源汽车在颠簸震动等恶劣使用条件下电池与电池之间连接的松动或脱落问题, 增强连通性, 减少断路故障;

(5) **容量**: 铝壳深度拉伸技术在保持外壳强度的前提下, 能将铝壳的拉伸度提高, 强度不受影响的同时壁厚变薄, 从而增加单位体积下的电池容量。

电池精密结构件生产属于多技术融合, 综合了金属材料、机械工程学、模具开发、化学、电子、机电、精密控制等多种学科的技术, 每个环节的技术水平都将对产品的质量和性能产生直接影响; 同时精密结构件的制造工艺、质量控制等需要通过大量的生产实践来积累生产经验, 尤其在前期的产品研发、模具开发和针对客户不同产品的快速响应等方面, 需要积累深厚的行业经验后才能和下游客户进行良好的对接和配合; 此外, 动力锂电池精密结构件对产品精密度、质量、一致性和制造流程等有较高的要求, 生产过程一般通过精密生产设备和高水准的生产环境来保障。因此, 新进入企业难以在短期内实现多学科的交叉整合, 掌握核心工艺和关键技术, 电池精密结构件较高的综合技术积淀要求造就了较高的行业技术壁垒。

图 55: 动力锂电池顶盖主要生产工艺及模式

图 56: 动力锂电池壳体的主要生产工艺及模式



资料来源: 震裕科技公司公告, 国海证券研究所

资料来源: 震裕科技公司公告, 国海证券研究所

动力锂电池精密结构件作为动力电池的重要配套行业, 由于下游锂电池生产行业集中度较高的原因, 动力电池精密结构件的市场格局也相对集中, 行业呈现一超多小市场格局, 科达利全球市占率超 40%。锂电精密结构件行业其他公司包括韩国 Sangsin EDP、日本 FUJI SPRINGS、金杨股份、震裕科技、斯莱克等, 市场份额较为分散。

表 26: 国内外锂电池结构件厂商情况

	主要产品	典型客户
韩国 Sangsin EDP	电池结构件	韩国本土企业, 如三星 SDI
日本 FUJI SPRINGS	精密冲压、精密模具、动力电池结构件	日本本土企业, 如松下
科达利	锂电池精密结构件、汽车结构件	CATL、LG、松下、比亚迪、中航锂电、亿纬锂能、欣旺达、力神
瑞德丰	顶盖组件、电池壳体、PACK 连接、电芯内部软连接	松下、中航锂电、CATL、亿纬锂能
金杨股份	圆柱钢壳、圆柱盖帽、方形铝壳、电池负极极耳、	松下 / 三洋、LG、CATL、比亚迪、力神、

	连接片等	比克、亿纬锂能
震裕科技	电机铁芯模具、锂电池壳体、锂电池结构件	CATL
深芝精密	铝质外壳、盖板、金属精密部件、树脂精密部件	-
长盈精密	准备进军动力电池结构件行业，2021年投建宁德、常州、上海三个相关项目生产基地	-
斯莱克	圆柱结构件	国轩高科、新乡盛达

资料来源：一览众咨询，国海证券研究所

科达利深耕动力电池精密结构件产业多年，拥有业内最广泛的客户基础。客户覆盖了CATL、松下、LG、比亚迪、亿纬锂能、中航锂电等优质动力锂电池生产商。科达利在国内的华东、华南、东北、等锂电池行业重点区域以及境外的德国、瑞典、匈牙利均形成了12个生产基地的全球产能布局，目前全部达产的生产基地包括惠州生产基地一期及二期、江苏生产基地一期以及原深圳、上海、西安生产基地。这几大生产基地的产能扩张将对科达利客户增长的产能需求形成有效配套，以最快的速度满足客户的产能扩充需求。科达利经过二十多年的发展，在动力电池精密结构件领域积累了丰富的产品和技术经验，拥有高精密度、高一致性的生产工艺，具备生产大圆柱电池精密结构件的能力。未来随着大圆柱电池的放量，与下游龙头企业深度绑定的科达利有望为客户提供大圆柱电池精密结构件，进一步提高公司的市场竞争力及市场占有率，保障持续盈利能力。

表 27：科达利主要客户情况（销售金额单位：亿元）

2018		2019		2020	
客户名称	销售金额	客户名称	销售金额	客户名称	销售金额
CATL	10.38	CATL	13.05	CATL	7.21
比亚迪	2.85	中航锂电	2.65	中航锂电	3.10
佛吉亚汽车	1.12	亿纬锂能	1.16	乐金化学	1.88
亿纬锂能	0.95	松下	0.87	特斯拉	1.44
松下	0.75	比亚迪	0.81	亿纬锂能	1.43
合计占当期营收比例	80.50%	合计占当期营收比例	83.11%	合计占当期营收比例	75.85%

资料来源：科达利年度报告，国海证券研究所

斯莱克借易拉罐领域优势，拓展动力电池结构件业务。圆柱电池结构件与二片式易拉罐产品结构类似，其生产设备与易拉罐生产设备所使用的技术原理基本一致，斯莱克动力电池结构件生产设备仅需在现有易拉罐高速生产设备的基础上进行部分调整。目前，斯莱克易拉罐高速生产线的生产效率最高可达3000罐/分钟，产品性能处于国际前列。斯莱克凭借其在易拉盖、罐生产设备领域积累的研发成果及生产经验，推出的动力电池结构件生产设备的生产速度为1200只/分钟，远高于国产设备的50只/分钟和进口旭精机的150只/分钟。提高结构件生产设备的生产速度可以减少投入的设备数量，从而避免或减少因不同设备生产导致的一致性问题和大批量生产中存在劳动密集、生产成本高等问题。此外，斯莱克研发的电池壳生产线还具备精度高、工艺创新等特点，生产出的高光洁度电池壳（被称为“镜面壳”）更适用于高质量要求的动力电池领域。在我国制造业升级、新能源汽车行业快速发展并对新能源电池有大规模需求的背景下，斯莱克电池壳生产线有望对现有的传统单机冲床生产电池壳的工艺形成冲击。此外，4680圆柱电池壳与330ml易拉罐尺寸（直径为58mm，高度为102mm）接近，且产线布置相似，斯莱特生产大圆柱电池壳具有行业内其他公司不具备的独特优势。

表 28: 斯莱克结构件产能情况

基地	产品	投资额	项目情况	进展
合肥	21700 及以上铝壳	5 亿元	公司于 2019 年与国轩高科的电池壳独家供货商合肥力翔成立合资公司安徽斯翔, 公司使用自己研发的铝制圆柱电池壳的自动化生产线, 生产圆柱铝壳专门为磷酸铁锂电池配套	正在进行厂房建设; 目前在苏州生产, 最后一道工序在合肥完成交付客户
新乡	18650 和 21700 钢壳	8 亿元	2019 年 4 月公司决定通过控股孙公司新乡市盛达新能源科技有限公司启动第一期“年产 30 亿只圆柱型动力电池钢壳项目”, 生产新能源圆柱电池使用的 18650 和 21700 钢壳	第一条产线已实现供货, 第二条产线在调试中
常州	圆柱及方壳	2.8 亿元	公司于 2020 年 12 月 7 日与常州西太湖管委会签订了《战略合作协议》, 协议约定公司拟在西太湖科技产业园投资建设汽车动力锂离子电池壳项目	正在建设中, 规划 6 条产线

资料来源: 斯莱克公司公告, 国海证券研究所

5、投资建议

随着电池技术进步、产品力提升和基础设施不断完善，新能源汽车渗透率加速提升，带动动力电池需求释放，动力电池规模化发展将进一步推动行业成本下降，使得新能源汽车发展形成正向反馈。长期来看，我们持续看好符合“双碳”趋势的新能源汽车的发展前景，基于我们给出新能源汽车行业“推荐”评级。

4680 大圆柱电池有望明年开始量产配套特斯拉部分车型，关注布局大圆柱电池产能的电池厂商，由于 4680 大圆柱电池与高能量密度材料适配性较高，关注大圆柱电池产能扩张带来的锂电产业链中高镍正极、硅基负极、LiFSI 和碳纳米管环节的增长机会，以及 4680 大圆柱电池放量对圆柱结构件的需求提升。此外，由于大圆柱全极耳技术采用激光切与激光焊接，将有利于激光焊接、切割设备。

具体标的上，**重点关注**：（1）电池环节：布局 20GWh/年乘用车用大圆柱电池产能的【亿纬锂能】；（2）高镍正极环节：一体化布局的前驱体企业【中伟股份】、【格林美】和【华友钴业】，拥有高镍正极技术储备和量产能力且通过客户认证的【容百科技】和【当升科技】；（3）LiFSI 环节：拥有产业链循环和成本优势的【天赐材料】；（4）碳纳米管环节：专注碳纳米管产品的龙头企业【天奈科技】；（5）结构件环节：精密结构件龙头企业【科达利】和借易拉罐领域优势拓展动力电池结构件业务的【斯莱克】；（6）设备环节：对激光技术和工艺有深刻理解的高速激光制片机设备厂商【海目星】。

重点关注公司及盈利预测

重点公司 代码	股票 名称	2022-03-30			EPS		PE			投资 评级
		股价	2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E		
300014.SZ	亿纬锂能	83.00	0.87	1.62	1.88	93.67	51.17	44.10	增持	
300919.SZ	中伟股份	123.72	0.74	1.64	3.02	99.66	75.44	40.95	增持	
002340.SZ	格林美	8.40	0.09	0.24	0.38	81.06	36.33	22.81	未评级	
603799.SH	华友钴业	99.85	1.02	3.01	4.22	77.69	33.17	23.65	未评级	
688005.SH	容百科技	139.87	0.48	2.03	4.10	107.23	56.84	34.08	未评级	
300073.SZ	当升科技	79.38	0.85	1.97	2.60	76.43	40.32	30.51	未评级	
002709.SZ	天赐材料	96.00	0.98	2.30	4.74	106.38	49.83	20.90	未评级	
688116.SH	天奈科技	144.89	0.46	1.29	2.70	134.03	116.04	53.66	未评级	
002850.SZ	科达利	146.86	0.77	2.30	4.77	122.55	66.74	32.14	未评级	
300382.SZ	斯莱克	13.97	0.11	0.21	0.45	68.58	66.65	31.24	未评级	
688559.SH	海目星	62.29	0.39	0.54	1.73	85.30	110.59	35.95	未评级	

资料来源：Wind 资讯，国海证券研究所（注：未评级公司盈利预测取自万得一致预期）

6、风险提示

- 1) 新能源车产销量不及预期;
- 2) 46800 电池产能推进和市场化不及预期;
- 3) 高镍三元需求不及预期;
- 4) 硅碳负极技术进步和成本下降不及预期;
- 5) LiFSI 产业化进程不及预期;
- 6) 碳纳米管需求不及预期;
- 7) 产业链原料价格大幅波动;
- 8) 锂电行业竞争加剧;
- 9) 重点关注公司业绩不及预期。

【电新小组介绍】

李航，首席分析师，曾先后就职于广发证券、西部证券等，新财富最佳分析师新能源和电力设备领域团队第五，卖方分析师水晶球新能源行业前五，新浪财经金麒麟电力设备及新能源最佳分析师团队第四，上证报最佳新能源电力设备分析师第三等团队核心成员。

邱迪，中国矿业大学（北京）硕士，电力电子与电气传动专业，4年证券从业经验，曾任职于明阳智能资本市场部、华创证券等，主要覆盖风电、电力电子设备、电气设备及储能等方向。

【分析师承诺】

李航，邱迪，本报告中的分析师均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，独立、客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

【国海证券投资评级标准】

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深 300 指数；
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深 300 指数；
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深 300 指数。

股票投资评级

买入：相对沪深 300 指数涨幅 20%以上；
增持：相对沪深 300 指数涨幅介于 10%~20%之间；
中性：相对沪深 300 指数涨幅介于-10%~10%之间；
卖出：相对沪深 300 指数跌幅 10%以上。

【免责声明】

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工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。本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、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

【风险提示】

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本

报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

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。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

【郑重声明】

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。