

证券研究报告

2022年06月29日

行业报告 | 行业深度研究

新技术系列报告

电车2.0快充时代：补能提效，从电池材料、零部件看投资机会

作者：

分析师 孙潇雅 SAC执业证书编号：S1110520080009



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

电车2.0快充时代：能否像传统车加油一样实现快速充电，成为消费者“新的需求痛点”。因此，快充技术的进步、补能效率的提升剑指核心问题，亦是新能源汽车产业链的下一个风口。

而从终端配套看，22年新车型开始重视快充性能。今年小鹏G9、理想L9纷纷配套大功率充电。

实现快充在于：1) 电池端：提升电芯倍率性能；2) 充电端：实现高电压（800V）平台充电

电池层面：目前主流的动力电池包已能支持2C充电倍率，往上提升类似木桶效应，短板在负极，需解决负极析锂问题，解决办法如下：

- ✓ **负极：**1) 对石墨材料进行改性处理（表面包覆、混合无定型碳）；2) 采用硅负极。硅从各个方向提供锂离子嵌入和脱出的通道，而石墨只能从层状的端面方向提供锂离子嵌入和脱出的通道，且硅嵌锂电位高，析锂风险小，能够容忍更大的充电电流（Si:0.4V vs C:0.1V）。
- ✓ **导电剂：**碳纳米管CNT在对石墨材料和硅负极的处理上均有应用。石墨负极可以加CNT改性，硅负极离子导电性大大低于石墨负极，需添加高性能导电剂（单壁碳管）改善。
- ✓ **电解液：**含双氟磺酰亚胺锂盐(LiFSI)的电解液具有比含其他锂盐(LiFSI > LiPF₆ > LiTFSI > LiClO₄ > LiBF₄)电解液更高的电导率，且其含氟量较低，更为环保，因此LiFSI更利于快充。
- ✓ **粘结剂：**若采用硅负极，负极粘结剂采用PAA更为匹配（石墨体系下是SBR）。
- ✓ **电池：**从最高可实现电芯倍率和终端快充车型配套上看，宁德时代、比亚迪、亿纬锂能、欣旺达表现较为优异。

充电端：电压平台从400V提升至800V，元器件使用寿命下降，需选择更高耐压值的元器件。在数量上，新增DC/DC可能提升薄膜电容、合金软磁使用数量。

投资建议

电芯材料、电池厂层面：

- 1、**硅负极——重点推荐贝特瑞**。我们预计贝特瑞今年硅负极出货0.5、1.1万吨（纯品），吨净利润4万元，贡献利润2.0、4.4亿元。
- 2、**碳管——重点推荐天奈科技**。我们预计公司23、24年出货25、110吨，单价1000、900万元/吨，净利率40%，贡献利润1.0、4.0亿元，利润弹性（单壁管利润占总利润比例）8%、25%。
- 3、**石墨负极包覆、炭化、PAA——重点推荐璞泰来**。石墨负极的快充性能可通过包覆、炭化提升，璞泰来19年在溧阳自建炭化产能以满足高端产品对快充的需求，此外得益于公司在消费类负极市场的积累（对快充要求高），我们认为璞泰来石墨负极的快充领先同行。硅负极量产带动PAA粘结剂需求，PAA龙头茵地乐系璞泰来参股公司（参股26%）。
- 4、**电池厂——重点推荐宁德时代、欣旺达、亿纬锂能**。宁德时代目前最高可实现4C倍率充电，且配套快充性能优异的理想L9、小鹏G9（充电功率高达480、330KW），欣旺达也配套这两款车，亿纬锂能大圆柱系快充良好载体。

高电压-零部件层面：

- 1、**熔断器——重点推荐中熔电气**。400-500V电力熔断器单车100-130元，升级至800V后单车150-160元。此外800V车型功率器件体积缩小，零部件之间更为紧凑，短路风险提升，因此需要增加激励熔断器(单个90-100元)。熔断器ASP有望从100-130元提升至250元。
- 2、**薄膜电容——重点推荐法拉电子**。1) 产品升级：在电控中的电容耐压值提升，材料增加。目前主流车型薄膜电容单个200-300元，我们预计800V平台价格提升20%。2) 数量新增：在新增的DC-DC模块中，增加电容使用个数。预计单车从400元提升至480元。
- 3、**继电器——重点推荐宏发股份**。1) 产品升级：800V主回路上耐压值提升。400-500V车型单车价格700-800元，升级至800V主继电器预计价格提升30-40%，预计单车ASP提升至900-1000元。2) 数量新增：快充桩中可能增加高压直流继电器个数。
- 4、**合金软磁——重点推荐铂科新材**。纯电动车中合金软磁用于OBC，单车用量0.7kg。800V平台新增DC-DC升压模块，软磁合金用量增加2kg。按单价5万/吨算，单车价格从35元提升至135元。

风险提示：电动车销量不及预期、测算具有主观性、疫情影响超预期

1、电池2.0时代：快充直击需求痛点

为什么在此时提快充？提续航边际难度增大+效用递减，快充成为缓解里程焦虑的发力点

- 电动车发展的核心痛点——里程焦虑。解决里程焦虑有两种途径：1) 提续航；2) 提充电速率。
- 提升续航里程边际难度加大+效用递减。过去10年，宁德通过升级化学材料将电池包能量密度提升了两倍达到180wh/kg，让电动车续航里程从不到200公里提升到超过700公里。此外主流车续航在400公里以上，已能满足消费者的基本通勤需求，继续往上提升技术难度加大效用递减。
- 提升充电速率成为新的发力点。消费者续航焦虑逐步化解的同时，但伴随而来的是，需求侧对充电便捷性的考量。能否像传统车加油一样实现快速充电，成为用户端关注的新“痛点”。

快充是什么？即大功率充电，可理解为充电功率大于125KW

- 电动车充电分为交流慢充和直流快充，要想实现“快充”需依赖直流快充，决定充电速率的指标是充电功率。
- 业内没有清晰的定义何为“快充”，我们将其定义为充电功率大于125kw。行业对大功率充电（快充）没有明确规定，属于较宽泛的行业术语，我们认为可理解为 125 kW 以上的充电功率为大功率。目前特斯拉第二代充电技术的最大功率为 120 kW，特斯拉第三代充电技术的最大充电功率能达到 250 kW（这个对应到充电时间，60度电的车充电时间=60/250=0.48h约等于30min，但需要注意实际不能一直保持最大功率充电）。

表：不同领域大功率充电技术关键点

方向	技术关键点
整车	整车耐高压、绝缘防护设计
	整车耐高温、热管理解决方案
	整车三电设备高压控制策略
动力电池	高比能电池技术
	高比能电池4-6C高速充电技术
	电池热管理系统技术
充电设备	元器件耐压、绝缘防护设计
	充电桩发热保护、充电线缆冷却降温技术
	智能分配充电功率技术
	与旧版车型充电的兼容
	预防过充的电流控制技术

大功率充电可通过高电压或大电流实现，通过高电压实现快充更为主流

□ 根据 $P=UI$ （ P 是充电功率、 U 是充电电压、 I 是充电电流）。实现大功率充电有两种方式：1）提高电流 2）提升电压。

□ 高压平台优势在于提升效率，降低热损耗，缺点在于需大幅改变现有充电设施。

✓ 优点：1）能量/功耗损失小：在功率相同的情况下，电压越高通过汽车线路的电流越小，由 $Q=I^2Rt$ 可知产生的功率损耗也越小。

2）电机驱动效率更高：电流不变时，电池电压越高电机的功率越大，电动车速度就越大，电机驱动的效率也越高。

✓ 缺点：1）串联升压对电芯的一致性提出了很高的要求；2）对现有基础设施进行升级改造的完成周期较长，对充电端和车端都有着比较严苛的耐高压要求。

□ 大电流优势在于更好兼容现有充电网络，缺点在于热效应且天花板较低（约为500A，可实现200w的充电功率）。

✓ 优点：更好的兼容现有充电网络。

✓ 缺点：仅可在10%~30%SOC条件下实现最大功率充电，在30%~90%SOC条件下充电功率会大幅下降，线缆粗细限制了大电流模式的上限，使其不能满足更高充电倍率的需求。

表：大电流和高电压优缺点对比

对比项	高电压直流超充	大电流直流超充
代表企业 充电方式 常见类型	保时捷、比亚迪 串联充电 400V、800V电池或电机的组合	特斯拉 并联充电 最大充电电流520A左右，已接近快充标准上限（快充标准最大电流600A）
优点	不易产生发热所带来的安全隐患 可以显著提升动力电池能量的使用效率 串联充电方法结构简单、成本低、较容易实现 有助于提升汽车续航里程：在功率不变的情况下，降低电流，能有效降低系统热损耗，从而提升续航里程 有助于提升汽车动力性能：电压的提升能够有效提高电池放电倍率	较低电压平台可以实现较低成本，能更好的兼容现在主流的充电网络 完成周期较短，现有平台无需进行较大的升级改进，仅需要改变电池载体即可 电阻会随着并联电池数量的增加而递减，有助于可供电时间的延长。
缺点	串联充电对电芯的一致性提出了很高的要求，否则就会产生木桶效应，整串电芯的性能由其中最差的电芯决定 对现有基础设施进行升级改造的完成周期较长，对充电端和车端都有着比较严苛的耐高压要求	仅可在10%~30%SOC（电池荷电状态，即剩余电量）条件下实现最大功率充电；在30%~90%SOC条件下充电，功率会大幅下降 线缆粗细限制了大电流模式的上限，使其不能满足更高充电倍率的需求 大电流需要极粗的线缆才能承受，而线缆粗了之后又会产生极大的热量，既影响车内空间布置，同时又需要液冷系统进行热管理，效率较低

800V高电压是实现超级快充的重要途径

- ❑ 中国科学院院士欧阳明高在多个场合坦言，解决充电的后顾之忧，需要更大功率的快充技术，超级快充是大势所趋，行业需要推进电动汽车采用800V甚至更高的电压平台架构。
- ❑ 自保时捷Taycan全球首次推出800V高电压电气架构以来，2021年，国内外车企掀起一轮800V电压平台车型发布潮，以图抢占大功率快充新高地。
- ✓ **国内：**比亚迪、广汽埃安、华为、极氪、极星、小鹏、岚图、理想等国内主机厂也相继推出或计划推出800V平台。
- ✓ **海外：**宝马、通用、起亚、现代、戴姆勒、Lucid等启动800V高压平台的研发与布局，部分已发布800V平台架构或规划。如起亚EV6全系车型支持400V和800V充电，电量从30%到80%仅14分钟；现代IONIQ 5最新800V高电压平台支持高达350kW的超大功率充电。

图：800V电压平台代表车型保时捷 Taycan Turbo S



图：比亚迪唐DM-i



2

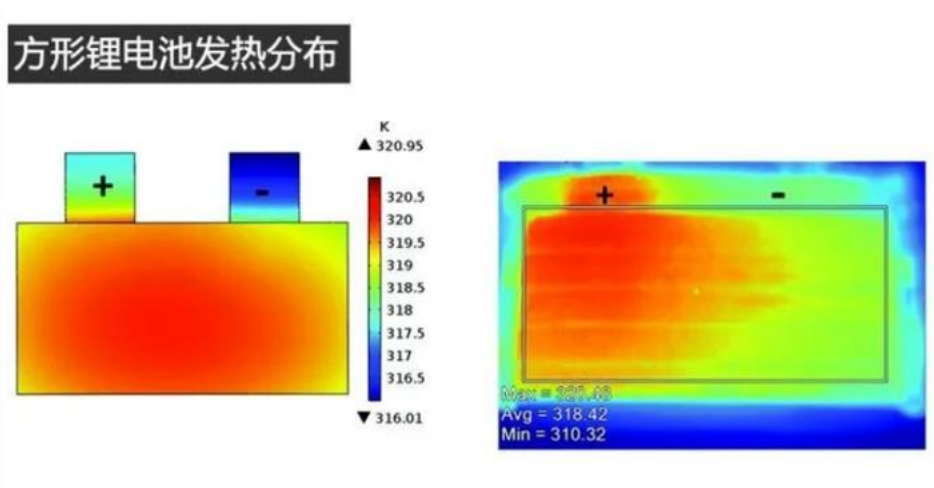
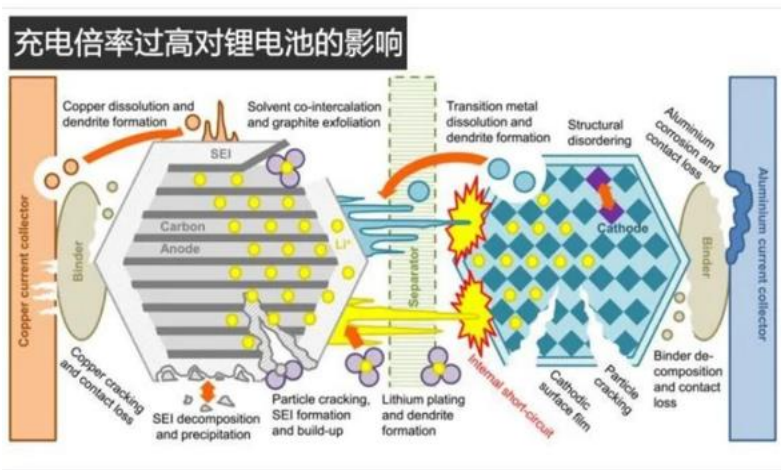
快充的投资机会在于：
电芯材料、电池和800V高电压趋势下的零部件

2.1、电芯材料和电池

衡量电池的快充即电芯的倍率性能，高倍率需解决析锂副反应和热效应

- ❑ 目前主流的动力电池包，已经能够支持2C充电倍率（充电倍率是充电快慢的一种量度，充电倍率=充电电流/电池额定容量）。**充电倍率决定了电芯的脱嵌锂反应的速率，同时也会伴随不同程度的产热或析锂，倍率越高析锂和产热越严重。**
- ✓ **析锂副反应：**锂离子电池是基于锂嵌入反应设计，但是当负极电流过大或温度过低时，负极电位低于Li/Li⁺参考电极的电位时，可能会发生锂金属电池才有的锂转化反应，产生金属锂，这也就是所谓的析锂，随着更多的锂在SEI膜下沉积使得SEI膜破裂，锂表面又生成新的SEI膜，锂盐浓度逐渐降低。锂金属开始垂直于极片表面生长，形成锂枝晶。如果枝晶刺破隔膜导致内短路会较快电池产热。
- ✓ **热效应：**根据焦耳定律，发热量是电流的平方关系，800V高电压只是降低了充电线缆中的发热量，而锂离子电池单体电芯的电压是不可能大幅提高的，它们必须忍受大电流带来的发热量两方面问题：1) 发热总量：电芯本身的散热性能和电池包整体的散热性能都需要加强；2) 不均匀性：在快充时电芯内部的最大温差高达10° C以上，正极温度最高。

图：纯电动车高压架构



实现快充关键在于负极，从而衍生出导电剂、电解液添加剂、粘结剂的需求

□ **负极对快充的影响强于正极。**多项研究表明，正极的降解和正极CEI膜的增长对传统锂离子电池的快充没有影响。影响锂沉积和沉积结构（析锂）的因素包括：1.) 锂离子在负极内的扩散速率（考虑石墨改性，通过加导电剂提升离子导电性）；2) 负极界面处电解质的浓度梯度；3) 电极/电解质界面的副反应（改善电解液添加剂）。

□ **实现快充对材料产业链影响如下：**

- ✓ **负极：**1) 对石墨材料进行改性处理（表面包覆、混合无定型碳）；2) 采用硅负极。硅从各个方向提供锂离子嵌入和脱出的通道，而石墨只能从层状的端面方向提供锂离子嵌入和脱出的通道，且硅嵌锂电位高，析锂风险小，能够容忍更大的充电电流（Si:0.4V vs C:0.1V）。
- ✓ **导电剂：**碳纳米管CNT在对石墨材料和硅负极的处理上均有应用。石墨负极可以加CNT改性，硅负极离子导电性大大低于石墨负极，需添加高性能导电剂（单壁碳管）改善。
- ✓ **电解液：**在以酯类有机物为溶剂(碳酸乙烯酯/碳酸甲乙酯)(EC/EMC)的常规电解液中，含双氟磺酰亚胺锂盐(LiFSI)的电解液具有比含其他锂盐(LiFSI > LiPF₆ > LiTFSI > LiClO₄ > LiBF₄)电解液更高的电导率，且其含氟量较低，更为环保，因此LiFSI更利于快充。**粘结剂：**若采用硅负极，负极粘结剂采用PAA更为匹配（石墨体系下是SBR）。

硅负极：预计25年全球市场空间有望达300亿+，21-25年复合增速135%

□我们预计23/25年全球硅负极需求量有望达12/52万吨，市场空间88/319亿元。核心假设如下：

- ✓ **负极需求**：根据鑫椏锂电数据，21年负极全球产量88万吨，我们预计22年增速在55%，后续在40%。
- ✓ **硅基负极渗透率**：21年为历史数据，我们预计硅负极在23年迎来放量拐点预计渗透率达6.5%，25年达14%，渗透率的假设和大圆柱放量相匹配。21年大圆柱未放量下硅负极渗透率在1.5%，23-25年大圆柱驱动下，硅负极渗透率分别在6.5%、9.5%、14%。
- ✓ **硅基负极单价**：根据硅纯品价格和人造石墨价格按照加权平均而得，纯品硅掺杂比例在提升22年在5%，预计25年达10%，纯品硅价格22年在45万元/吨，25年降至30万元/吨，人造石墨22年在6万元/吨，25年降至4万元/吨。我们预计**硅基负极（复合品）22年单价在8万元/吨。25年降至6.1万元/吨，价格下降但性能显著提升（硅掺杂比例在提升）。**

表：大圆柱产量预测

项目	单位	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
特斯拉产量	GWh	8	25	40	70
松下产量	GWh		5	20	40
LG产量	GWh		5	10	30
亿纬锂能产量	GWh		5	20	40
宁德时代产量	GWh		5	10	30
比克产量			5	10	20
其他				5	20
大圆柱合计	GWh	8	50	115	250
电池装机总需求	GWh	686	988	1419	2060
装机产量比	%	80%	80%	85%	85%
电池产量	GWh	858	1235	1669	2423
大圆柱占比	%	1.2%	5.1%	8.1%	12.1%

表：硅基负极市场空间预测

全球硅负极	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
负极需求（万吨）	88	136	191	267	374
YOY	63%	55%	40%	40%	40%
纯硅添加比例	5%	5%	6%	7%	8%
纯硅需求量（吨）	660	1705	7447	17778	41920
纯硅价格（万元/吨）	45	45	40	35	30
纯硅市场空间（亿元）	3	8	30	62	126
硅基负极（复合后）渗透率（%）	1.5%	2.5%	6.5%	9.5%	14%
硅基负极（复合后）需求量（万吨）	1.3	3.4	12.4	25.4	52.4
YOY	53%	158%	264%	105%	106%
硅基负极（复合后）单价（万元/吨）	8.0	8.0	7.1	7.1	6.1
复合的人造石墨单价（万元/吨）	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0
硅基负极（复合后）市场空间（亿元）	10	27	88	180	319
YOY	47%	158%	225%	105%	77%

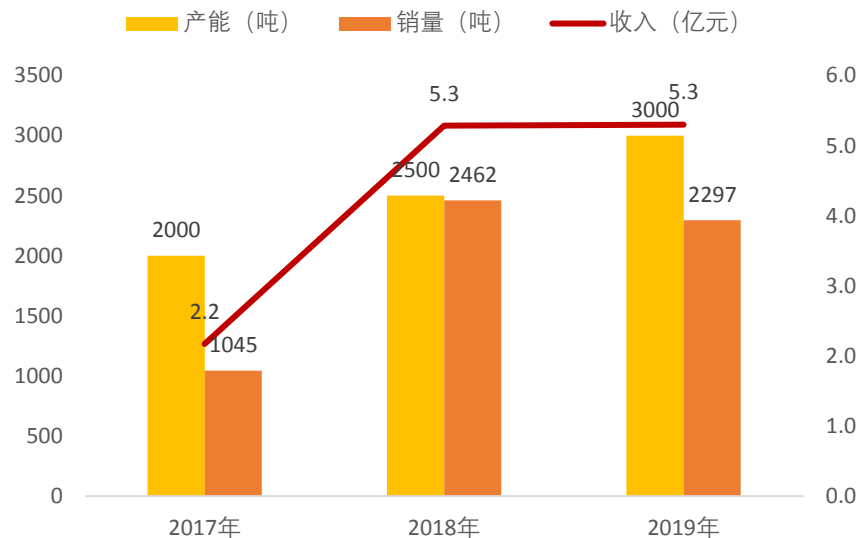
硅负极：贝特瑞在硅负极研发、量产、客户端全面领先同行

□贝特瑞研发和量产供货领先同行。公司2010年取得硅基负极材料的技术突破，并于2013年实现批量出货，客户系松下、三星。

□贝特瑞硅碳、硅氧两手抓，且在持续更新迭代。截至20年，公司硅碳负极已开发至第三代产品，比容量从第一代的650mAh/g提升至第三代的1500mAh/g，正在开发第四代硅碳负极材料产品，**硅氧负极部分产品比容量达到1600mAh/g以上。**

□近期拟扩产4万吨硅负极，我们预计公司硅负极放量拐点或至。22年2月17日，公司拟扩产4万吨硅基负极，加上现有的3000吨产能，总产能在4.3万吨。

图：贝特瑞新型负极（主要系硅基负极）产能、出货量、收入（吨、亿元）



表：贝特瑞硅负极核心技术

技术名称	技术阶段	技术来源	技术表征	涉及专利情况
氧化亚硅表面改性技术	已经实现量产	自主研发	采用先进表面处理技术，改善材料导电性及电解液兼容性，改善电池的放电倍率和循环行为。	硅基材料相关专利15项
高容量硅碳产品开发技术	已经实现量产	自主研发	产品具有高容量、高倍率、长循环特性。	硅基材料相关专利26项
高首效氧化亚硅技术	处于中试阶段	自主研发	采用材料结构调整的工艺，提高材料的首次库伦效率，同时为纳米硅提供有效保护层，提升循环、降低膨胀。	硅基材料相关专利16项

硅负极：贝特瑞在高代产品性能上领先国内同行

- 衡量硅负极性能的指标有振/压实密度（越大越能量密度越高）、比表面积（越小循环寿命越高），容量（越高能量密度越高）、首次效率越大越好。
- 负极企业在普通硅负极产品性能上差距不大，如400mAh/g容量首次效率均可达90%，但高代产品上贝特瑞更优秀，首次效率在90%左右，杉杉、璞泰来也有类似产品如，但首次效率低于90%。

表：国内企业硅负极产品对比

项目	硅碳产品	D50 (μm)	振实密度 (g/cm ³)	比表面积 (m ² /g)	压实密度 (g/cm ³)	0.1C容量 (mAh/g)	首次效率 (%)
贝特瑞	S400	15.0-19.0	0.8-1.0	1.0-4.0	1.5-1.8	400-499	92-94
	S500	15.0-19.0	0.8-1.0	1.0-4.0	1.5-1.7	500-599	90-92
	S600	15.0-19.0	0.8-1.0	1.0-4.0	1.4-1.7	600-650	89-90
	硅氧产品	D50 (μm)	振实密度 (g/cm ³)	比表面积 (m ² /g)	压实密度 (g/cm ³)	首次容量 (mAh/g)	首次效率 (%)
	S420-2A	16.0±2.0	0.9±0.1	<2.0	≥1.7	≥420	92.5±1.0
	S450-2A	15.0±2.0	0.9±0.1	<2.0	≥1.7	≥450	91.5±1.0
	S500-2A	15.0±2.0	0.9±0.1	<2.0	≥1.7	≥500	90.0±1.0
项目	产品名称	D50 (μm)	振实密度 (g/cm ³)	比表面积 (m ² /g)	压实密度 (g/cm ³)	首次容量 (mAh/g)	首次效率 (%)
中科电气	产品1	15.0±1.0	≥0.9	<4.0	≥1.6	420±5	92.0±1.0
项目	产品名称					首次容量 (mAh/g)	首次效率 (%)
杉杉股份	G1S-C420					420	91
	G1S-C450					450	90
	G1S-C500					500	89
	G1S-C600					600	88
项目	产品名称	D50 (μm)	振实密度 (g/cm ³)	比表面积 (m ² /g)		首次容量 (mAh/g)	首次效率 (%)
璞泰来	Si/C composites—400mAh/g	16.0±1.0	0.9±0.05	1.6±0.1		400±5	90.0±1.0
	Si/C composites—450mAh/g	18.0±1.0	0.8±0.05	2.0±0.1		450±10	80.0±2.0
	Si/C composites—600mAh/g	13.0±1.0	0.7±0.05	3.0±0.1		600±10	84.0±1.0
	Si/C composites—950mAh/g	16.0±1.0	0.7±0.05	3.0±0.1		600±10	84.0±1.0
项目	产品名称	D50 (μm)			压实密度 (g/cm ³)	首次容量 (mAh/g)	
翔丰华	SCX-1	12.0-17.0			1.65-1.75	450-460	

单壁碳管：预计25年全球粉体市场空间有望达42亿元，21-25年复合增速153%

□我们预计23/25年全球单壁碳管粉体需求量有望达124/524吨，市场空间12/42亿元。核心假设如下：

- ✓ 单壁碳管单耗：占负极材料的0.1%左右。
- ✓ 单壁碳管渗透率：和硅负极渗透率一致。
- ✓ 单壁管单价：23年前多为海外企业供应，价格在1000万元/吨+，23年开始国内企业开始突破，我们预计单价在1000/800万元/吨。

□以上测算仅计算了单壁碳纳米硅粉体的市场空间，而目前多壁多以浆料形式出售，在单壁管放量初期为粉体形式出售，但后续不排除也会以浆料形式出售，届时市场空间有望显著扩容。

表：单壁碳纳米管粉体市场空间预测

全球单壁碳纳米管粉体	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
负极需求（万吨）	88	136	191	267	374
单壁碳管添加比例	0.07%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
单壁碳管渗透率	1.5%	2.5%	6.5%	9.5%	14.0%
单壁碳管需求（吨）	9	34	124	254	524
YOY	53%	269%	264%	105%	106%
单壁碳管单价（万元/吨）	1100	1100	1000	900	800
单壁碳管市场空间（亿元）	1.0	3.8	12	23	42
YOY	40%	269%	231%	84%	83%

全球多壁碳管浆料市场空间：25年有望达202亿元

□我们预计23/25年全球多壁碳管浆料需求量有望达24/56万吨，市场空间96/202亿元，21-25年复合增速56%。

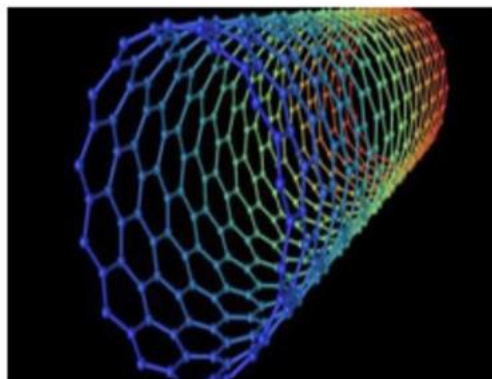
表：全球多壁碳纳米管粉体市场空间预测（亿元）

全球正极用CNT浆料需求	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
锂电池装机量（GWh）	439	687	989	1421	2063
动力	297	480	698	1014	1452
国内	136	236	339	483	674
海外	161	244	359	532	778
消费	81	87	95	100	105
储能	32	84	153	254	444
电动工具	11	13	15	18	20
两轮车	17	22	28	35	42
装机产量比	80%	80%	80%	80%	80%
CNT渗透率					
动力	36%	45%	52%	56%	59%
国内	60%	70%	75%	80%	80%
海外	15%	20%	30%	35%	40%
消费	25%	30%	32%	35%	40%
储能	5%	5%	5%	5%	5%
电动工具	15%	20%	25%	30%	40%
两轮车	5%	2%	5%	5%	5%
LFP单GWhCNT浆料用量（吨）	750	750	600	600	600
三元单GWhCNT浆料用量（吨）	500	486	389	389	389
消费单GWhCNT浆料用量（吨）	233	233	233	233	233
动力CNT浆料需求量（万吨）	8	16	22	35	52
其他CNT浆料需求量（万吨）	0.9	1.4	1.7	2.4	3.4
合计需求（万吨）	8.8	18	24	37	56
单价（万元/吨）	3.9	4	4	3.8	3.6
市场空间	34	71	96	141	202
YOY	177%	108%	35%	48%	43%

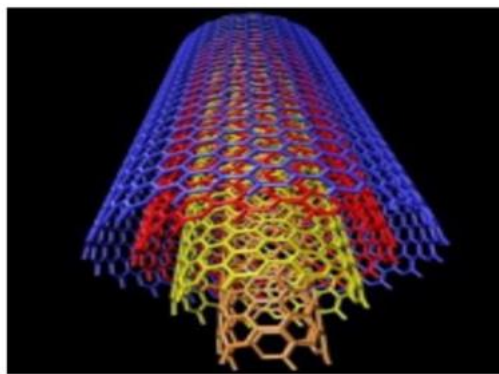
单壁碳管：高性能材料，天奈科技有望在23年放量

- 碳纳米管(CNTs)是一种新型的石墨材料，分为单壁、双壁和多壁。碳纳米管是由石墨片层卷曲而成的圆柱形结构，直径范围一般为一纳米至几百纳米，管状纤维的长度变化范围很大，一般为几微米到几千微米，因此碳纳米管的长径比（长度与直径的比值）范围为一千到十万。碳纳米管可以分为单壁、双壁和多壁碳纳米管，其主要差别在于碳纳米管结构中石墨片层的数目。
- 单壁碳管是碳纳米管的发展方向，但目前价格高昂。单壁碳纳米管直径更小、长径比更大，理化性能更优、导电性能更好、添加量更少、对能量密度和循环寿命提升效果更为明显，且更适用于硅基负极材料中，因此成为各碳纳米管生产企业未来的重点研究方向。
- ✓ 世界上第一家量产单壁碳管的企业是OCSIAL。创立于2010年，在单壁碳纳米管产业化取得了突破性进展，可应用于锂电池、树脂、轮胎等。作为一种广泛适用的添加剂，只增加材料0.001%~0.1%的重量就可以为材料性质带来极大的提升。但其价格高昂，根据其官网数据，价格高达1800-4000元/毫克。
- ✓ 中国科学院成都有机化学所有单壁碳管产品，但价格高昂。超高纯单壁碳管价格在900-1200元/克，多壁碳管价格在15-70元/克。
- 天奈正瞄准单壁碳管产业化市场，有望在23年实现量产供货松下、三星等。我们预计天奈单壁碳管粉体量产供货后单价有望降至1000万元/吨（10元/克），天奈目前多壁管粉体单价在20万元/吨（0.2元/克）。

图：单壁碳纳米管模拟结构示意图



图：多壁碳纳米管模拟结构示意图



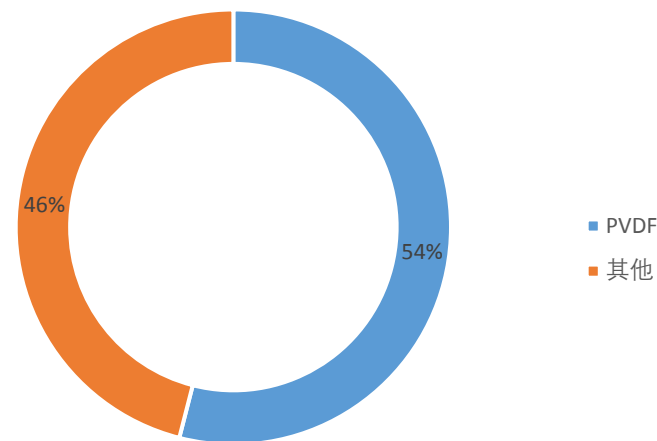
粘结剂：目前以油系的PVDF为主，硅负极起量有望提升水系PAA占比

- 锂电池粘结剂是锂离子电池电极片中的重要组成材料之一，其主要作用是连接电极活性物质、导电剂和电极集流体，使电极活性物质、导电剂和集流体间具有整体的连接性，从而减小电极的阻抗，是锂离子电池材料中技术含量较高的附加材料。
- 锂电池粘结剂根据溶剂的不同分为油性（以有机物为溶剂）和水性（以水为溶剂），油性典型如PVDF，水性如SBR、PAA。
- 目前油系的PVDF在锂电粘结剂领域占据主流，随着硅负极的放量有望提升PAA等水系粘结剂放量。
- ✓ 锂电池粘结剂品类有多种，目前PVDF应用范围最广。2020年PVDF在国内占比54%，其他粘结剂占比46%。
- ✓ PVDF是一种油性粘结剂，其溶剂对环境有害，且PVDF中含有氟，容易与嵌锂石墨等发生反应，故我们认为水系粘结剂或有更大发展空间，且对于硅基负极来说，如聚丙烯酸及其盐（PA系）的分子链中同样具有许多含氧基团(-COOH)，能够与硅碳活性材料表面形成氢键用途，赋予活性颗粒与集流体之间较强的结合力，同时还具有缓解硅基材料体积膨胀的用途，改善电池的循环性能。

表：锂电池粘结剂介绍

主要品类	功能
聚偏氟乙烯（PVDF）	聚偏氟乙烯（PVDF）是一种具有高介电常数的聚合物材料，具有良好的化学稳定性和温度特性，具有优良的机械性能和加工性，对提高粘结性能有积极的用途，被广泛应用于锂离子电池中，作为正负极粘结剂。
丁苯橡胶（SBR）	丁苯橡胶（SBR）是一种水性粘结剂，一种高分子材料，具有良好的耐水和耐老化性能。
聚丙烯酸（PAA）	聚丙烯酸（PAA）是一种水溶性链状聚合物，可以与许多金属离子形成聚丙烯酸盐，如聚丙烯酸及其盐的分子链中同样具有许多含氧基团(-COOH)，能够与硅碳活性材料表面形成氢键用途，赋予活性颗粒与集流体之间较强的结合力，同时还具有缓解硅基材料体积膨胀的用途，还能够改善电池的循环性能，提高电池的寿命。聚丙烯酸钠易溶于水，具有增稠的用途，可用于锂离子电池料浆的增稠剂。

图：2020年国内锂电池粘结剂占比



PAA粘结剂正处于国产替代中，技术溢价带来高毛利，典型企业如茵地乐

□ 锂电粘结剂正经历国产替代过程。锂电用PVDF主要由法国（阿科玛）、日本（吴羽）企业垄断，负极粘结剂SBR、CMC主要由日本企业垄断。正负极粘结剂正经历国产替代过程，正极粘结剂国内企业主要有东岳集团、东阳光（璞泰来持股55%）等，负极粘结剂国内企业有长兴材料（台湾企业，产品为PA系）、茵地乐（产品为PA系）、研一新材料（产品为PA系）。

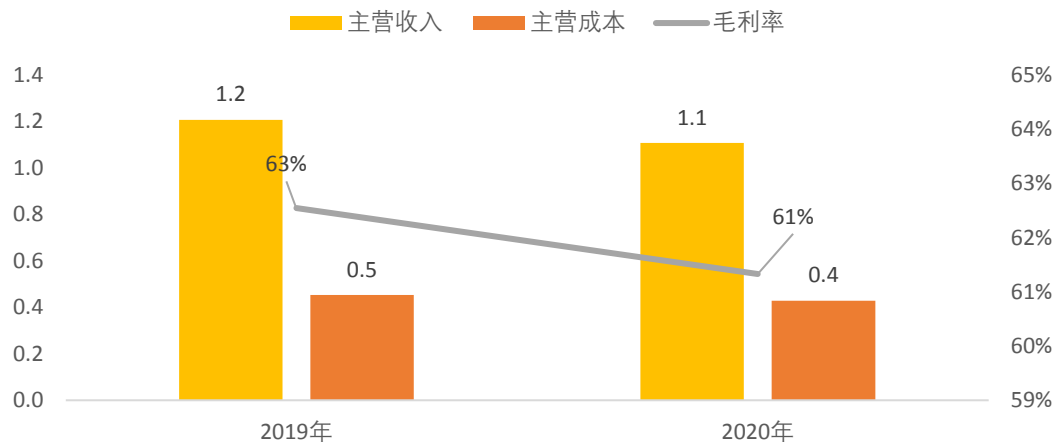
□ 国产替代+技术溢价给粘结剂企业带来高毛利，典型如茵地乐（璞泰来参股26%）。

✓ 20余年辛勤耕耘，茵地乐水性粘结剂成为行业资深品牌。成立于2000年，多年的专注与辛勤耕耘，建立了独特的锂离子电池专用粘合剂结构理论和制备技术，拥有多项发明专利。所生产的LA型水性粘合剂，LA132、LA133已成为行业资深品牌。

✓ 茵地乐产品毛利率高达60%+。公司2020年营业总收入1.1亿元，主营业务毛利率61%，净利润0.16亿元，净利率15%，毛利率和净利率差距较大系0.27亿元管理费用所致（主要是职工薪酬925万+研究开发896万），主要客户为宁德时代（从应收账款看出）。

✓ 茵地乐正处于加速扩产中。公司现有年产万吨级锂电池【电极】专用水性粘结剂和千吨级锂电池【隔膜】功能层水性涂覆浆料的产能，在建产能5万吨（20年拿下环评审批）。

图：茵地乐营收、成本、毛利率（亿元、%）



全球PAA粘结剂市场空间：25年有望达67亿元，21-25年复合增速94%

□我们预计23/25年全球PAA粘结剂需求量有望达0.9/3.4万吨，市场空间21/67亿元。核心假设如下：

- ✓ PAA在负极添加量：占负极材料的1-3%左右，硅负极添加量在3%，随着硅负极放量添加比例有所提升。
- ✓ PAA粘结剂在负极渗透率：目前负极粘结剂以SBR为主（依赖进口企业），我们认为随着国内企业的发展+PAA更适配硅负极，PAA占比逐渐提升。
- ✓ PAA粘结剂单价：SBR单价一般在10万元/吨，PAA性能优于SBR，我们预计在20-30元/万吨。

表：全球PAA粘结剂市场空间预测

全球PAA粘结剂	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
负极需求（万吨）	88	136	191	267	374
YOY	63%	55%	40%	40%	40%
PAA添加量	1.2%	1.5%	1.5%	1.8%	1.8%
PAA粘结剂渗透率	15%	20%	30%	40%	50%
PAA粘结剂需求（万吨）	0.2	0.4	0.9	1.9	3.4
PAA粘结剂单价（万元/吨）	30	25	25	20	20
PAA粘结剂市场空间（亿元）	5	10	21	38	67
YOY	63%	115%	110%	79%	75%

从电芯倍率和技术储备看看，宁德时代较为领先，已实现4C充电

- 快充第二大问题热效应考验的是电池厂，此外电芯最终能实现多少倍率快充也考验的是电池厂。目前主流电芯实现的1-2C的充电倍率，从年报数据看，宁德实现的倍率性能上限高于亿纬锂能（其他公司无可比数据），乘用车最大倍率在4C，亿纬锂能在3C。
- 宁德时代快充技术能充分发挥自主研发的快充型电芯的快充性能，最快5分钟充至80%电量。目前其超快充技术已经涵盖电子网、快离子环、各向同性石墨、超导电解液、高孔隙隔膜、多梯度极片、多极耳、阳极电位监控等。

表：电池公司电芯性能对比

项目	电芯能量密度	倍率性能
宁德时代		
三元		
BEV	220-300	1C-4C
HEV	100-130	1C-50C
磷酸铁锂	165-200	1C-4C
亿纬锂能		
三元		
电动工具、商用车等	160-260	1-3C
乘用车	160-210	
铁锂	120-185	1-3C

表：宁德时代超快充技术

【天风电新】宁德时代前沿技术		
性能	技术	内容
超快充技术（最快5分钟充至80%电量）	超电子网	充分纳米化的材料表面，搭建了四通八达的电子网络，使得阴极材料对充电信号的响应速度，和锂离子脱出速率得到大幅度提升
	快离子环	修饰多孔包覆层的阳极材料表面，提供丰富的锂离子交换所需要的活性位点，极大地提高锂离子电荷交换速度和锂离子的嵌入速率
	各向同性石墨	导入各向同性技术，使得锂离子可以从360度嵌入石墨通道中，实现充电速度的显著提升
	超导电解液	通过引入拥有超强运输能力的超导电解液，大幅提升锂离子在液相和界面的传输速度，实现电池充电速度的快速提升
	高孔隙隔膜	创新性采用高孔隙率隔离膜，能够有效降低锂离子的平均传输距离，使锂离子在阴阳极之间来去自如，大幅降低锂离子传输阻力
	多梯度极片	通过调控极片多孔结构的梯度分布，实现上层高孔隙率结构，下层高压实密度结构，完美兼顾高能量密度和超级快充双核心
	多极耳	开发多维空间极耳技术，极大提升极片的电流承受能力，突破500A直充时电芯温升过高的技术瓶颈
	阳极电位监控	通过对阳极电位的监控，实时调整充电电流，确保电池在最大充电速度的过程中不会析锂，从而能做到极限的充电速度

从终端配套看，我们认为欣旺达快充性能表现较佳

- 欣旺达得益于在HEV市场的积累（注重高功率、注重快充），公司纯电产品也注重对快充性能的研发。
- 从下游看，小鹏G9新车型和理想L9都主打快充，我们认为欣旺达有望凭借快充优势在未来动力市场竞争中占据一定地位。

图：新能源车企新车型开始注重快充

车型	快充	发布时间
小鹏G9	小鹏G9是国内首款基于800V高压SiC平台的量产车，搭载了XPow3.0动力系统，可以充电5min，补能续航超过200km。除了保证超充电池系统的安全性之外，小鹏汽车还将铺设国内首批量产的480kW高压超充桩，让补能效率充分释放。	2022年6月份
理想L9	理想L9搭载了一块容量为44.5kWh的高密度动力电池，在WLTC工况下可实现1315km续航，其中电池续航为215km。且支持快充，20-80%的充电时间仅为36分钟。油箱容积为65L，在满电满油的情况下，总续航里程可达800km。	2022年6月21日

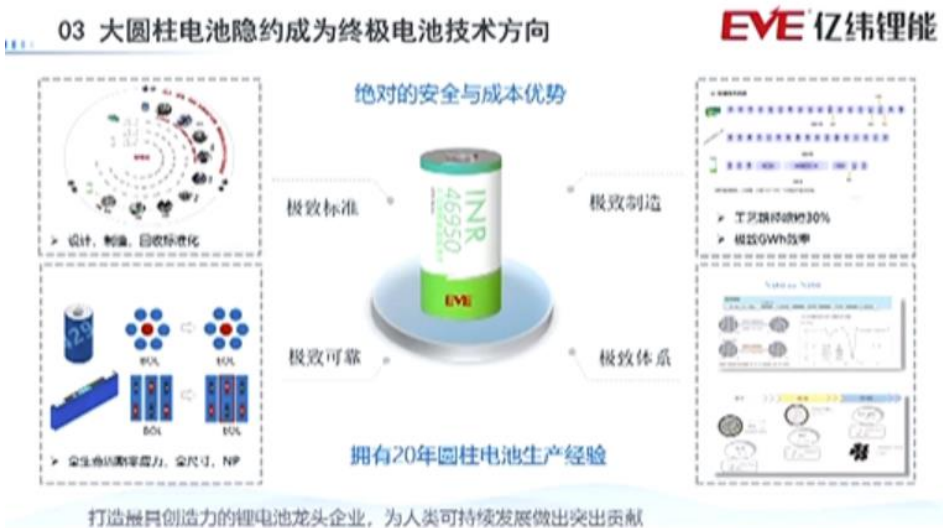
图：欣旺达在研项目

主要研发项目名称	项目目的
动力快充电池用石墨负极材料开发	研发一种动力快充电池用石墨负极材料。
BEV超级快充电池研发项目	开发高能量密度6-10min超充动力电池产品
高功率电池产品的升级项目	开发新一代高功率电池产品
新一代高比能、快充电池产品研发项目	开发出更高比能、更快充电的三元动力电池，显著提升电动汽车的续航里程

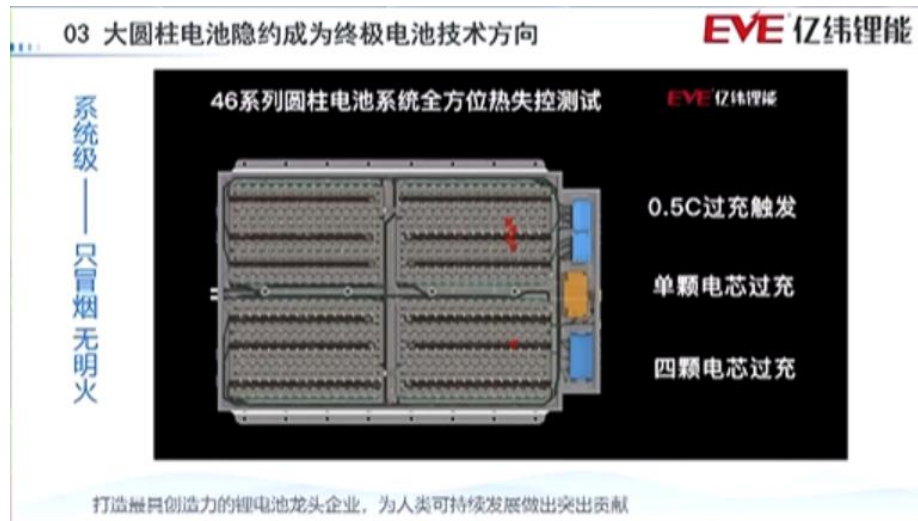
从电池形状看，我们认为亿纬锂能大圆柱较为有优势

□ 800V平台电池串联数量较多，一旦电池间存在差异性，电池使用寿命将受到影响，因此对电芯生产工艺及产品一致性要求极高，从这一点看大圆柱路线天然有优势，国内大圆柱电池路线进展领先的系亿纬锂能。

图：亿纬锂能圆柱电池生产经验丰富



图：亿纬锂能大圆柱热稳定性好



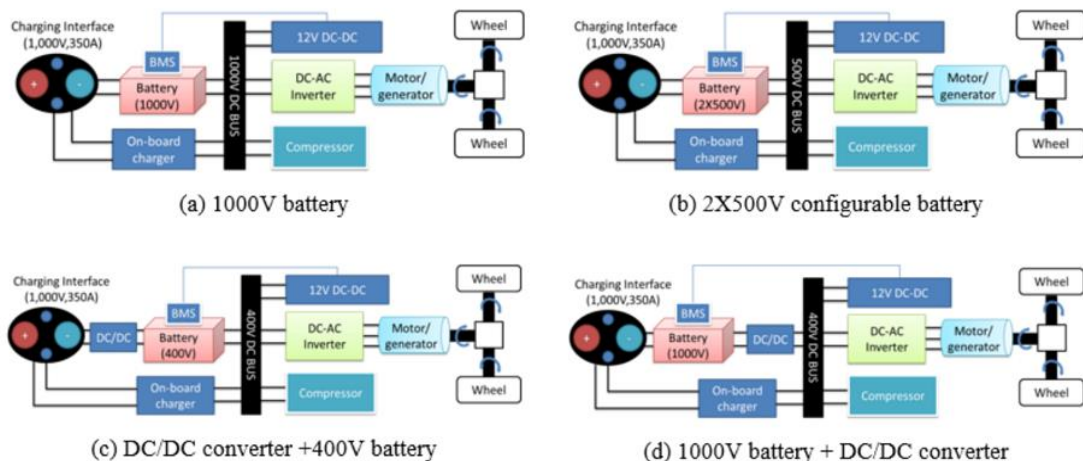
2.2、零部件

高压系统架构：纯1000V电池、2个500V电池组合、电池+DC/DC

□ 大功率快充高压系统架构可分为4类：1) 纯1000V电压平台；2) 2个500V电池组组合；3) 400V电池组+DC/DC转换器升压；4) 1000V电池组+DC/DC转换器降压以适配其它零部件。四种方案各有优缺点：

- ✓ **纯1000V高压平台（图a）**：1) 优势：整车的续航及动力性能提升、能量转化率高（若采用DC/DC降压会导致转化率变低）。2) 劣势：对电池系统安全性要求高，电驱动、PTC、DC/DC等零部件全部需要升级，成本预计为四种方案中最高。
- ✓ **两组500V电池（图b，充电串联1000V，放电并联500V）**：1) 优势：经济性高，车端除了BMS都不需要改造。2) 劣势：沿用原有500V动力电池，对充电效率提升有限。两个电池不同阻抗、温度等会导致充电不配合，且电池管理系统设计复杂。
- ✓ **400V电池组+DC/DC转换器（图c）**：1) 优势：沿用现有架构，增加DC/DC，仅需部分零部件适配。2) 劣势：DC/DC升压能量损失，DC/DC增加车的体积、重量（仅合金软磁就增加2kg）。
- ✓ **1000V高压平台+DC/DC转换器（图d）**：1) 优势：整车的续航及动力性能提升，仅需部分零部件适配。2) 劣势：DC/DC降压能量损失，DC/DC增加车的体积、重量。

图：电动车高电压升压方式



高压带来的零部件变化：新增DC-DC转换器&器件升级

- ❑ **电压转换器：** DC-DC可将充电桩上输入的电压在车内进行升压，供电动车充电，也可将电池包的800V电压转换成400V、48V、12V供不同负载。
- ✓ **800V回路：** 电池、功率器件（电机电控、OBC、DC-DC，也包括里面的一些零部件：电容、电感等）、PDU(包括继电器、熔断器)、连接器等。
- ✓ **400V回路：** 空调压缩机、PTC（或升级至800V，800V-->400V的DC-DC可能取消）。
- ✓ **48V回路：** 底盘防倾杆。
- ✓ **12V回路：** 车载电源。
- ❑ **400V、48V、12V回路变化不大，** 主要增加DC-DC转换&连接器，若400V回路上器件升级至800V，则800V-->400V的DC-DC转换器可取消。

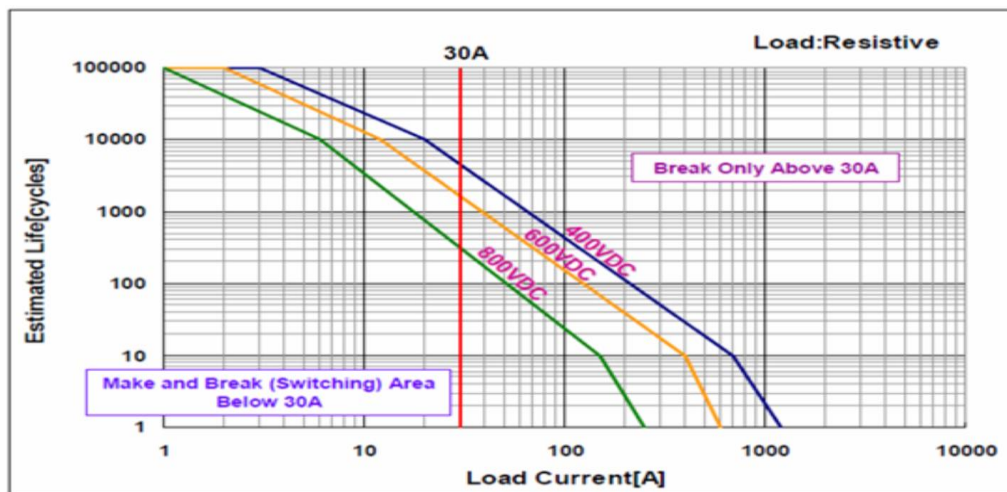
图：Taycan内部电压转化器应用



电压平台提升，哪些零部件需要升级？

- ❑ 电驱动系统从400V提升至800V，800V回路中功率器件电压平台要同步提升，高压线、电机设计等相应配套设施都要进行优化，电气系统绝缘、散热系统等也需要升级。
- ❑ 800V回路中，电池、功率器件（电机电控、OBC、DC-DC，也包括里面的一些零部件：电容、电感等）、PDU(包括继电器、熔断器)、连接器等需要升级。我们重点探讨继电器、熔断器、薄膜电容、电感：
 - ✓ **元器件**：在450V下，Si-IGBT的实际耐压需求接近650V，而当电压提升到800V，Si-IGBT的实际耐压需求将达到1200V，之前适用于400V的Si-IGBT模块将不再适用。**同时，继电器、熔断器、薄膜电容也会受到高压的影响，使用寿命会出现下降，需要选择具有更高的耐压值的元器件。**
 - ✓ **合金软磁粉芯**：随着充电电压达到800V，需要升压电感进行升压，特别是PHEV车型，须安装升压模块，对软磁合金粉芯使用需求提升。纯电动汽车金属磁粉用量为0.6-0.8kg/辆，混动汽车用量为2-3kg/辆。

图：额定电压的提升对继电器电气寿命存在较大挑战



高压（400V → 800V → 1000V）、大功率趋势下，迭代速度快，ASP持续提升

□ 电压平台提升对零部件的变化：

□ 继电器：

- ✓ 产品升级：800V主回路上耐压值提升，未来体积可能越来越小，实现相同性能情况下体积减小，提升产品附加值。目前A级车单车在800元左右，我们预计800V电压平台主继电器价值量+30-40%。
- ✓ 数量新增：快充桩中可能增加高压直流继电器个数。

□ 电容：

- ✓ 产品升级：在电控中的电容耐压值提升，材料增加。目前主流车型薄膜电容单个200-300元，我们预计800V平台价格提升20%。未来体积可能越来越小，在实现相同性能情况下体积减小，提升产品附加值。
- ✓ 数量新增：在新增的DC-DC模块中，增加电容使用个数（采用电解电容或薄膜电容）。

□ 熔断器：

- ✓ 产品升级：800V平台下熔体结构发生改变，长度、粗细也增加。目前EV单车约100-130元，我们预计800V电压单车约150-160元，涨幅约35%。
- ✓ 数量新增：激励熔断器或加速导入。快充使得充电功率提升，若发生短路，电流冲击加大，增加激励熔断器可提升安全性。

□ 电感（合金软磁）：

- ✓ 数量新增：增加的DC-DC升压模块中，可能采用电感升压，软磁合金需求提升。

3、投资建议

材料端：硅负极、碳纳米管系掌上明珠，电池端：重点推荐宁德时代、欣旺达

- **硅负极——重点推荐龙头贝特瑞。**我们预计贝特瑞今年硅负极出货0.5、1.1万吨（纯品），吨净利润4万元，贡献利润2.0、4.4亿元。
- **碳管——重点推荐龙头天奈科技。**我们预计公司23、24年出货25、110吨，单价1000、900万元/吨，净利率40%，贡献利润1.0、4.0亿元，利润弹性（单壁管利润占总利润比例）8%、25%。
- **石墨负极包覆、炭化、PAA、——重点推荐璞泰来。**石墨负极的快充性能可通过包覆、炭化提升，璞泰来19年在溧阳自建炭化产能以满足高端产品对快充的需求，此外得益于公司在消费类负极市场的积累（对快充要求高），我们认为璞泰来石墨负极的快充领先同行。硅负极量产带动PAA粘结剂需求，PAA龙头茵地乐系璞泰来参股公司（参股26%），我们预计23、24年PAA粘结剂行业需求在0.9、1.9万吨，茵地乐市场份额50%，单价25、20万元/吨，30%净利率下（目前60%毛利率）贡献利润3.2、5.8亿元，贡献璞泰来投资收益0.8、1.5亿元。
- **电池公司重点推荐【宁德时代】、【欣旺达】（配套的理想L9、小鹏G9的充电功率高达330、480KW），大圆柱进展领先的【亿纬锂能】。**

零部件端：推荐继电器、薄膜电容、熔断器、合金软磁细分赛道龙头

- **熔断器——中熔电气**：我们预计400-500V电力熔断器单车100-130元，升级至800V后单车150-160元。此外800V车型功率器件体积缩小，零部件之间更为紧凑，短路风险提升，因此需要增加激励熔断器(单个90-100元)。熔断器ASP有望从100-130元提升至250元。
- **继电器——宏发股份**：1) 产品升级：800V主回路上耐压值提升。我们预计400-500V车型单车价格700-800元，升级至800V主继电器价格提升30-40%，单车ASP提升至900-1000元。2) 数量新增：快充桩中可能增加高压直流继电器个数。
- **薄膜电容——法拉电子**：1) 产品升级：在电控中的电容耐压值提升，材料增加。目前主流车型薄膜电容单个200-300元，我们预计800V平台价格提升20%。2) 数量新增：在新增的DC-DC模块中，增加电容使用个数。我们预计预计单车从400元提升至480元。
- **合金软磁——铂科新材**：纯电动车中合金软磁用于OBC，单车用量约0.7kg。800V平台新增DC-DC升压模块，我们预计软磁合金用量增加2kg。按单价5万/吨算，单车价格从35元提升至135元。

风险提示

- **电动车销量不及预期：** 电池目前最大的下游系电动车，若未来销量不及预期，将影响我们对整个产业链的判断。
- **测算具有主观性：** 本文涉及市场空间的测算，相关假设有一定主观性，仅供参考。
- **疫情影响超预期：** 若未来疫情加剧，将影响整个产业链的供需，从而影响相关行业增速和公司业绩增速。

THANKS