2023 年新能源汽车产业链 10 大投资热点

轩元资本投研团队
赋雅 FOYA

目 录

前 言 2

电动化篇 5

01 复合集流体 5

02 钠电池 9

03 固态电池 13

04 第三代功率半导体 16

05 分布式驱动 19

智能化篇 22

06 4D 成像毫米波雷达 22

07 域控制器 26

08 线控底盘 29

09 汽车半导体 34

10 特定场景无人驾驶 39

前 言

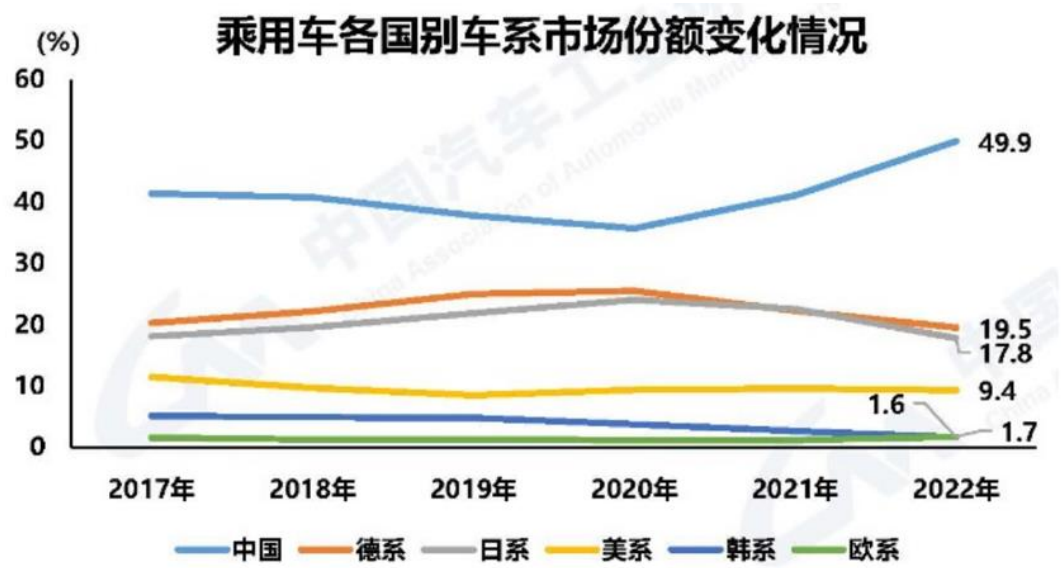
2022 年是全球充满挑战的一年。就宏观经济而言，疫情冲击、俄乌冲突等地缘政治推高全球通胀，对资本市场带来较大冲击；美国核心通胀率创 40 年新高，美元强势加息导致美股、债双杀。以特斯拉为代表的新能源汽车相关公司股价出现较大下跌，A 股行业相关公司估值跌至低位，导致投资者对行业产生谨慎甚至悲观预期。随着美元加息接近尾声，中国货币政策重回宽松，全球复苏环境出现边际改善迹象，经济有望逐步回到正常轨道。

2022 年也是中国汽车行业充满挑战的一年，面临新冠疫情、原材料涨价、缺芯少魂、成本高涨、物流受阻等困难，但最终市场顶住压力保持了恢复增长态势，展现出强大的发展韧性。中国汽车工业协会最新统计显示，2022 年我国汽车销售 2686.4 万辆，同比增长 2.1%，实现连续三年增长态势。新能源汽车销量达到 688.7 万辆，同比分别增长 93.4%，渗透率达到 25.6%。其中纯电动汽车销量 536.5 万辆，同比增长 81.6%；插电式混动汽车销量 151.8 万辆，同比增长 150%。

数据来源：中国汽车工业协会

经过近十年的发展，中国自主品牌 OEM 在汽车行业百年未有之大变局的背景下抓住新能源、智能网联的重大机遇，推动汽车电动化、智能化升级，注重产品创新、优化用户体验。2022 年自主品牌乘用车销量 1176.6 万辆，同比增长 22.8%，市场份额达到 49.9%，占领市场半壁江山。

自主品牌 OEM 首次在新能源领域跃升进入中高端价格区间，带动国内汽车零部件供应链的发展壮大和提升。而本土汽车零部件的综合能力提升将进一步反哺自主品牌 OEM，形成良性的正反馈循环。**随着比亚迪以及新势力等出海进军国际市场，推动中国汽车工业制造能力、品牌力外溢，中国正在从汽车大国迈向汽车强国。**



数据来源：中国汽车工业协会

2022 年 12 月的中央经济工作会议提出要支持住房改善、新能源汽车、养老服务等消费，将会促进新能源汽车行业的可持续性健康发展。新能源汽车已形成汽车、能源、交通、信息通信等交叉融合的产业生态，可以推动经济社会的数字化、低碳化转型，其不仅对拉动经济具有巨大作用，也有望成为我国实现“双碳”目标的重要抓手。

随着新能源汽车渗透率逐步提升，行业贝塔属性逐步弱化，简单的自上而下的投资逻辑受到一定的挑战。行业内大量头部公司实现 IPO，一级市场投资风险在逐步加大，可能会出现即便投资标的实现 IPO，投资人也不赚钱甚至倒挂的情况。**这对投资人在行业认知上提出更高的要求，需要结合自下而上深耕细作产业的方式，挖掘阿尔法的投资机会。**

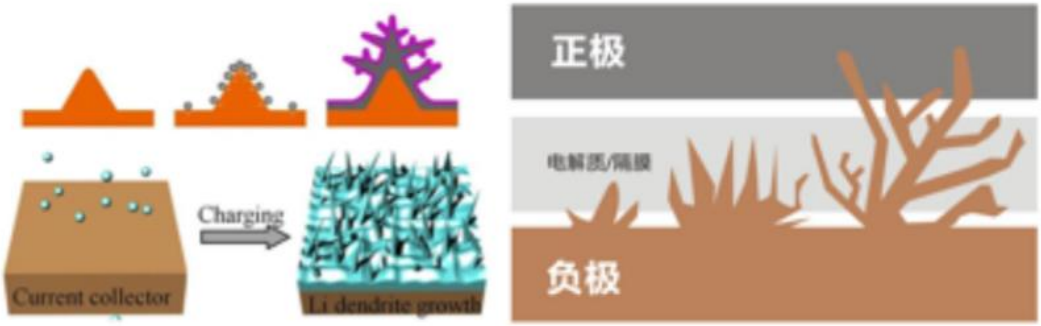
轩元资本团队聚焦新能源汽车产业链投资近 10 年时间，用一、二级市场的视角，从宏观、中观、微观多个维度，对产业持续、深度研究，提炼出 2023 年新能源汽车产业链 10 大投资热点，分成**电动化篇、智能化篇**两个部分。**电动化篇**包括**复合集流体、钠电池、固态电池、第三代功率半导体、分布式驱动，智能化篇**包括 **4D 毫米波雷达、域控制器、线控底盘、汽车半导体、特定场景无人驾驶**。

电动化篇

01　复合集流体

集流体是锂电池中承载正极和负极的活性物质的金属材料，作用是将活性物质化学反应产生的电流对外输出。目前锂电池的集流体主要是铜箔（负极）、铝箔（正极），而复合集流体是一种“三明治结构”的集流体复合材料，其中间的基膜通常为 PET 或者 PP 膜，在基膜两侧各镀有 1μm 的铜、铝层，形成复合型铝膜（MA）、复合型铜膜（MC）。

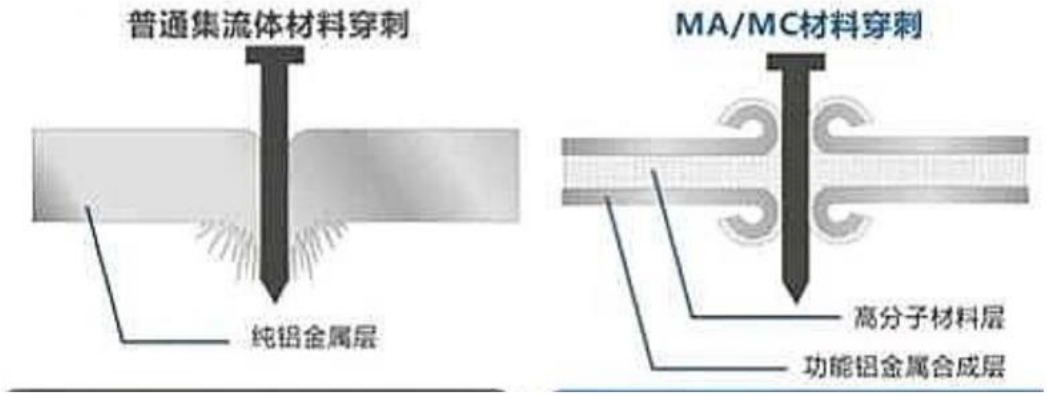
当电池中电离迁移的锂离子数量超过负极石墨可嵌入数量，锂离子将在负极表面结晶，称为锂枝晶。锂枝晶会不可逆地造成锂电池的容量和使用寿命衰减。若锂枝晶继续增大，出现穿透隔膜使正负极短路，电池将出现热失效等安全问题。**复合集流体的受热断路效应可有效防止锂枝晶导致的热失效问题，大大提升了电池寿命和安全性。**



资料来源：重庆金美

普通集流体铜箔、铝箔材料穿刺时会产生大尺寸毛刺，造成内短路。由于金属层较厚，不易熔断，在电池短路时由于无法断开电流回路，引起热失控，而热失控则是新能源汽车电池爆炸起火的直接因素。

复合集流体 MA/MC 材料在受到穿刺时产生的毛刺尺寸小，并且因为高分子材料层会发生断路效应，可控制短路电流不增大，以有效控制电池热失控乃至爆炸起火，从根本上解决了电池爆炸起火。



资料来源：重庆金美

复合集流体具有高安全性、高能量密度、低制造成本、延长电池寿命、广泛兼容性的特点，正在替代现有金属铜箔、铝箔集流体。

- **极高的安全性能。**极大的提高电池机械滥用的安全性，改善电芯界面，从材料端彻底解决纯金属集流体长期老化催化的可靠性问题。

- **更高的能量密度。**重量更轻，面密度较传统铜箔降低 77%，能量密度提高 5%以上 MC。

- **更低的制造成本。**成本比传统箔材降低 50%以上(箔材占储能电池成本约 10%)。

- **更长的电池寿命。**可使电池寿命有效提升约 5%。

- **更广泛的兼容性池。**高分子材料层功能铜金属合成层复合集流体能够直接运用于各种规格、不同体系的动力电池如锂电池、固态电池、钠离子电池等。

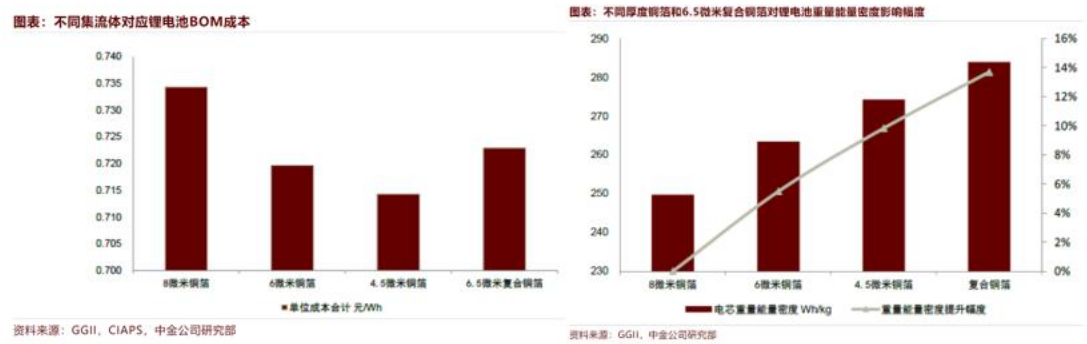
复合集流体中间基膜通常为 PET 或者 PP 膜，目前 PET 薄膜厚度在 4μm 以上，PP 薄膜可以做到 2μm（薄膜电容器成熟应用）。PP 市场价格每吨在 1 万元以上，而 PET 价格每吨在 7000 元左右，由于 PET 具有更低成本、更佳的耐高温性能与绝缘性能，PET 有望成为复合集流体主要基膜。

类型	熔点(℃)	密度(g/cm3)	抗拉强度(MPa)	特点	价格(元/吨)
PP	160-170	0.91	35	密度低，耐酸碱腐蚀性好	>10000
PET	>250	1.37	55	抗拉强度高，耐高温性能好	7000 左右

资料来源：Wind、轩元资本

根据中金公司研究部测算，对于具有 1μm 铜+4.5μmPET+1μm 铜结构的复合铜箔，其主材成本约为 1.12 元/平米，较 6 微米传统铜箔下降超过 60%；复合铜箔总生产成本有潜力降低至 3.10 元/平米，较 6 微米传统铜箔下降约 10%。

但由于复合铜箔加工成本明显高于传统铜箔，复合铜箔总生产成本较 4.5 微米传统铜箔高约 15.5%，生产成本暂无优势。若能进一步减少聚合物层厚度，比如 1μm 铜+2μm 聚合物+1μm 铜，则有助于提高锂电池体积能量密度，实现进一步的降本。



资料来源：中金公司研究部

根据行业调研，每 GWh 锂电池约需用复合铜箔 1200 万平方米，目前每平方米复合铜箔初期约 7-8 元，大规模生产后约 5 元/平方米，后期有望降低至 3 元/平方米。按照 3 元/平方米计算，每 GWh 锂电池对应复合铜箔价值量 3600 万元。

据 GGII、EVTanK 等预测，2023-2025 年储能电池以及动力电池需求共为 991GWh、1341GWh、1734GWh，假设到 2025 年复合铜箔渗透率为 30%， 市场容量为 187 亿元。考虑到锂电池市场容量后期会进一步扩大、渗透率继续提升，市场容量将会超过 500 亿元。复合铝箔亦有数百亿市场空间。

复合铜箔业内有两种制备工艺，一种是两步法，即先磁控溅射再电镀；第二种是三步法，先磁控溅射，再真空镀膜，再电镀。业内也有尝试采取一步法的工艺，但还处在产品试制阶段，具体能否量产有待观察。

根据天风证券预测，假设单台磁控溅射设备价值量为 1000 万、单台电镀设备价值量为 800 万、设备利用率提升到 70%、2025 年复合铜箔渗透率 20%，预计 2025 年 PET 铜箔磁控溅射新增设备市场空间约 36 亿元，镀铜设备新增市场空间约 24 亿元，设

备总市场空间合计 60 亿元。复合铝箔的生产主要采用直接蒸镀的工艺，将铝沉积至 PET 薄膜上即可获得复合铝箔，带来新增设备价值量较小。

复合集流体对现有普通集流体进行技术迭代，带来新的市场，产生新的投资机会，需要观察最终技术路线和工艺的确立，可能会一种工艺通吃也可能多工艺并存。在投资复合集流体领域材料公司的同时，设备公司也是个合适的投资机会。

02 钠电池

钠离子电池最早在 20 世纪 80 年代初进入应用，随后由于锂离子电池在消费电子领域广泛使用，技术进步较快、性能表现更优异，钠离子电池的研究一度停滞。2022 年新能源汽车爆发式增长带动电池级碳酸锂从每吨 5 万元上涨到最高 60 万元左右，尽管短期有所下跌但目前依然在 50 万元左右，而电池级碳酸钠每吨价格仅仅 3000 元左右，极具成本优势的钠电池重回市场视野。

除了碳酸钠以外，钠电池在其他材料上也具有成本优势，比如相比于三元锂电池，钠离子电池中不需使用昂贵的钴、镍等金属。钠电池中正、负极集流体均可采用廉价的铝箔，不需要锂电池中较贵的铜箔做负极集流体；钠离子电池电解质中溶质用量可大大减少。

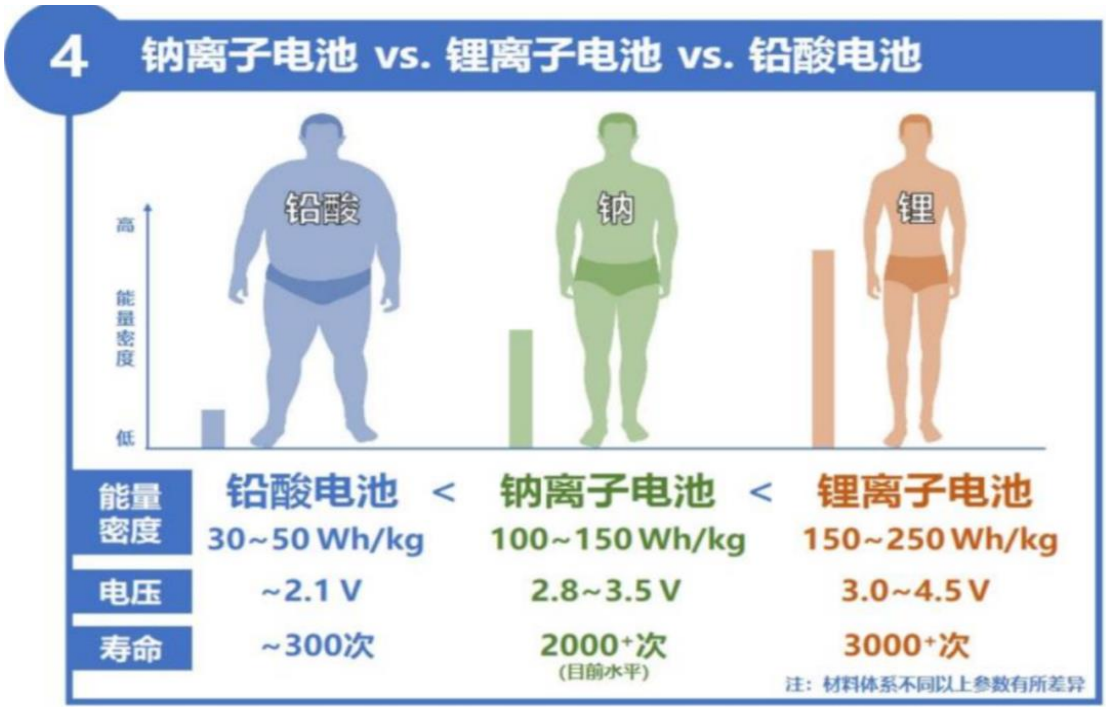
根据中科海纳披露，采用铜铁锰酸钠层状氧化物做正极、软碳做负极的钠离子电池的成本，相比采用磷酸铁锂做正极、石墨做负极的锂电池，材料成本有望降低 30%~40%。

资料来源：中科海纳官网

钠离子电池基本原理与锂离子电池类似，被称作“摇椅式电池”。钠离子电池的结构和工作原理基本与锂离子电池相同，很多材料和工艺可以复用，也主要由正极、负极、隔膜、电解液和集流体等组成，性能各有特点。

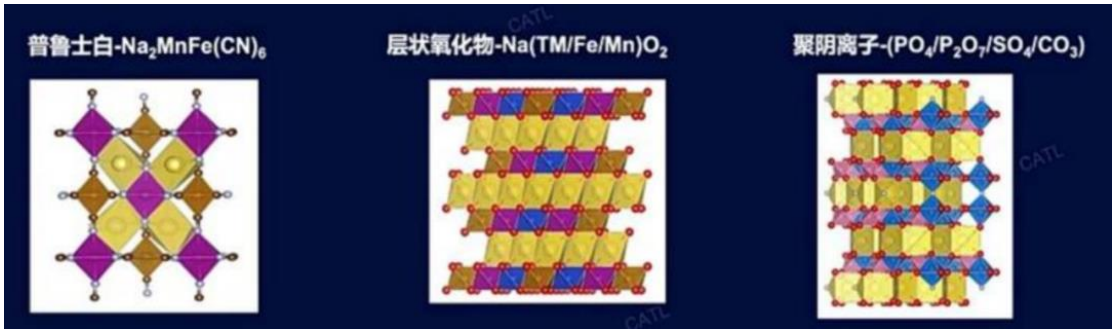
钠电池的能量密度低于锂电池，循环寿命也比锂电池短；跟铅酸电池相比，钠电池能量密度更高、循环寿命长。

钠电池、锂电池、铅酸电池基础性能对比



资料来源：中科海纳官网

钠离子电池的正极材料可以主要分为三类：层状氧化物、聚阴离子化合物、普鲁士系列化合物，其中层状氧化物是钠离子电池的主流方向，其他路线并存。



资料来源：宁德时代

- **层状氧化物：**跟三元材料相似都是嵌入型化合物，生产工艺、产线共用，工艺的成熟度也比较高，有望率先实现产业化。由于层状氧化物比容量高、压实密度高等，比较适用应用于动力和性能要求较高的领域。业内在加速布局层状氧化物正极材料，大部分企业已经完成了从小试到中试的过程，预计在接下来的两年将陆续有新增产能的建设与投产。

- **聚阴离子化合物：**具有稳定的框架结构、优越的热稳定性、循环寿命长、电压平台高等特点，跟磷酸铁锂材料有点像。由于大质量的阴离子基团较多，导致材料的导电性和比容量较差，且能量密度相对低，适宜在储能、混动车、UPS 等领域应用。尽管含钒聚阴离子材料（NVPF）结构具有相对较好的能量密度、功率密度等优点，但由于原材料五氧化二钒价格太高，单吨理论原材料成本高达 5.74 万元/吨，限制其未来应用前景。而硫酸盐聚阴离子材料具有较强的电负性和氧化还原电势，尽管能量密度低了些，但成本可控，理论原材料成本在 500 元左右，未来有望加速应用。

- **普鲁士系列化合物：**具有电化学性能好、成本低、能量密度高的优点，缺点是材料的结晶完整性问题和结晶水问题，导致导电性能比较差、热稳定性差、循环寿命低，且合成条件苛刻，氰化物具有潜在毒性。上游原材料以氰化钠和二价锰材料

为主，这两种原材料产能充足，产业化不存在供给端担忧，只是应用场景会相对受限。

钠电池三种主流技术路线材料及性能对比

三种主流技术路线材料及性能对比			
正极材料	层状氧化物	聚阴离子化合物	普鲁士系列化合物
负极材料	硬碳		
隔膜	PE/PP		
电解液	NaPF6&/EC+DMC+EMC+DEC+PC		
集流体	铝箔		
能量密度(Wh/kg)	100-170	80-130	90-140
工作电压(V)	2.5-3.5	3.0-4.0	2.5-3.5
循环寿命(次)	4500	5000	3000
快充性能	良好		
安全性	中等		
高、低温性能（℃）	-40~80	-40~55	-20~40
成本	较低	较低	低

资料来源：高工锂电、轩元资本

总体而言，目前钠电池的能量密度已逼近磷酸铁锂，经过技术优化循环寿命也在逐渐提升当中，有望在对能量密度要求不高、成本敏感性较强、对体积不太敏感的储能、低速交通工具以及部分低续航乘用车领域实现替代和应用，未来还存在着“锂钠混搭”的可能性。

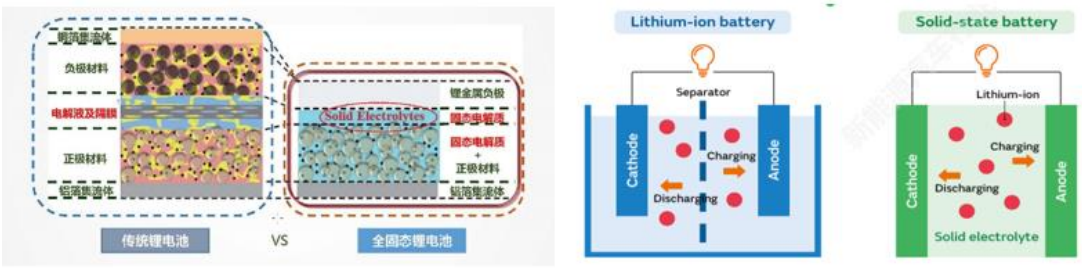
根据浙商证券研究所预计，到 2025 年钠离子电池全球需求量有望达到 98GWh，其中两轮车、储能、AOO+AO 级车、A 级车的全球需求量分别为 6.4GWh、55.5GWh、18.4GWh 和 17.5GWh。

钠电池作为新的电化学体系带来新的投资机会，相对而言钠电池正、负材料极的投资价值会更大些。就锂电和钠电两者的市场机会而言，未来是锂电为主，钠电作为补充。考虑钠电池跟锂电池的产线 80%相似，不少锂电池公司纷纷切入制造钠电池，如宁德时代、比亚迪、孚能科技等，所以对于一级市场核心技术掌握有限的钠电池公司需要保持谨慎。

03 固态电池

液态锂离子电池应用领域非常广泛，小到数码产品、电动工具；大到电动自行车、新能源汽车、医疗设备、航空航天等领域，中国也诞生了宁德时代、比亚迪等动力锂电池领域的国际巨头。但液态锂离子电池面临着安全性不足、循环寿命不够、能量密度受限等挑战，而基于固态电解质的固态锂电池是下一代电池技术中最具潜力的方向之一。近年来，中国、日本、韩国、美国在固态锂离子电池的基础科学研究及产业化进展中都取得了诸多突破。

需要指出的是，跟钠电池全新的电化学体系有所不同，固态锂电池还是基于锂离子作为电荷传输载体建立的跟液态锂电池有所差异化的电化学材料体系，可以看作是液态锂电池的升级版本。



资料来源：李泓，《储能科学与技术》

相对于液态锂离子电池，固态电池有诸多优势：

- **高安全性能：**无机固态电解质材料不可燃、无腐蚀、不挥发、不存在漏液问题，聚合物固体电解质相比于含有可燃溶剂的液态电解液，电池安全性也大幅提高。

- **高能量密度：**固态锂电池负极可采用金属锂，电池能量密度有望达到 300～400Wh/kg 甚至更高;其电化学稳定窗口可达 5V 以上，可匹配高电压电极材料。

- **长循环寿命：**有望避免液态电解质在充放电过程中持续形成和生长 SEI 膜的问题和锂枝晶刺穿隔膜问题，大大提升金属锂电池的循环性和使用寿命。

- **宽工作温度范围：**固态锂电池针刺和高温稳定性极好，如全部采用无机固体电解质，从而避免正负极材料在高温下与电解液反应可能导致的热失控。

- **具备柔性优势：**全固态锂电池可以制备成薄膜电池和柔性电池，相对于柔性液态电解质锂电池，未来可应用于智能穿戴和可植入式医疗设备等。

固态电解质是固态电池实现高能量密度、高循环稳定性和高安全性能的关键，可以分为氧化物、硫化物、聚合物三大方向。

资料来源：轩元资本整理

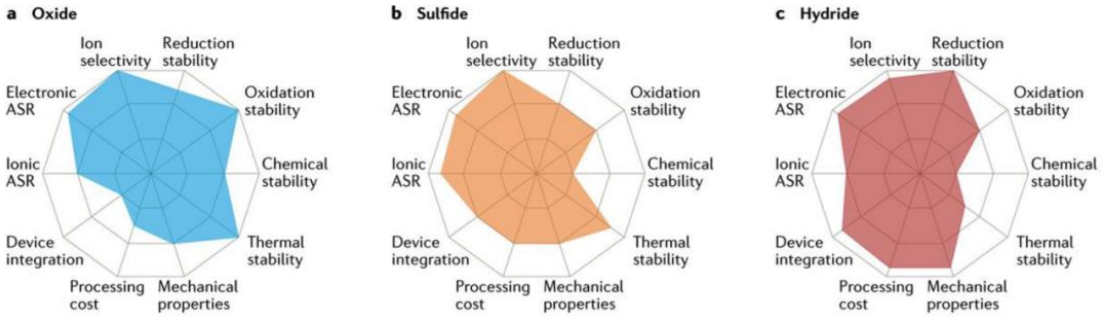
- **氧化物：**优点是导电性和稳定性较好，离子电导率比聚合物更高，热稳定性高达 1000 度，同时机械稳定性和电化学稳定性也都非常好。缺点是，相对于硫化物其电

导率偏低、倍率性能较差。氧化物固态电池比较适合于消费电子场景和部分动力场景

- **硫化物：**优点是电导率高，电化学稳定窗口较宽（5V 以上）。缺点是热动力稳定性很差，无法避免锂枝晶的产生，且制备工艺比较复杂，容易产生硫化氢剧毒气。硫化物比较适合于新能源汽车等动力场景。

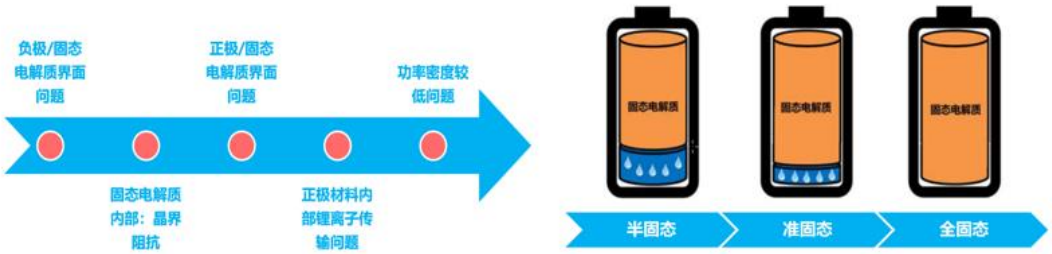
- **聚合物：**优点是易加工，与现有的液态电解液的生产设备、工艺都比较兼容。缺点是电导率太低，需要加热到 50 度高温才能正常工作；不易适配于高电压的正极材料，难以提高能量密度和性能。聚合物固态电池适合应用于消费场景。

氧化物、硫化物、聚合物性能蝙蝠图



资料来源：卫蓝新能源

固态电池充满广阔的市场前景，但在应用过程中存在诸多挑战，其中最为突出的问题如界面问题、阻抗较大、锂离子传输较慢、功率密度较低。展望未来发展趋势，固态电池将逐渐减少液态电解质的使用，从半固态电池到准固态电池，最终迈向无液体的全固态电池。中科院院士欧阳明高曾预测，固态电池真正投入大规模商业应用的大概时间在 2025 年-2030 年之间。



资料来源：轩元资本

由于固态锂离子电池的正极材料跟液态锂离子电池几乎一样，负极可以用现有的石墨体系，也可以使用硅负极或者金属锂，隔膜减少或作为固态电解质支撑而沿用，电解液随着液态比例降低而减少。**固态电池是确定性趋势，除了关注固态电池的投资机会外，固态电解质材料的投资价值也非常值得重视。**

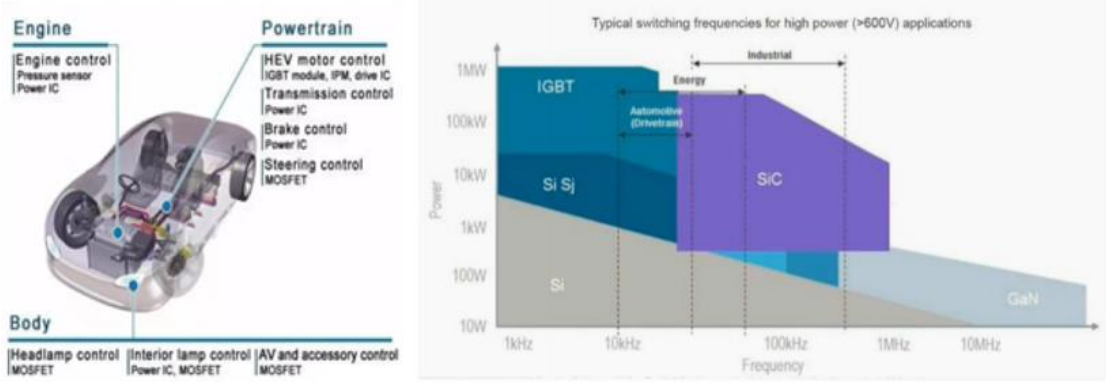
04　第三代功率半导体

功率半导体是电子装置中电能转换与电路控制的核心，目前新能源汽车功率半导体还是以硅基的 IGBT、MOSFET 为主。由于第三代半导体材料 SiC、GaN 具有禁带宽度大、击穿电场高、热导率高、电子饱和速率高、抗辐射能力强等特性，SiC、GaN 材料制成的第三代半导体器件相比硅基器件具有耐高压、耐高温、功耗低、体积小、重量轻等优势。

在整车性能方面，搭载 SiC 的车辆损耗将会降低 80%，充电速度可提高 2 倍。如果电机逆变器采用 SiC 模块，其功率密度提升 80%，体积减小 43%，重量可以减少 6 公斤。

资料来源：博世官网

碳化硅在新能源车中的主要应用场景为主逆变器、车载充电器与 DC/DC 变换器，其中约 80%的市场规模来自于汽车主逆变，17%来自于车载充电器 OBC。车载领域，SiC 功率器件主要应用于电机驱动系统、车载充电系统（OBC）、电源转换系统（车载 DC/DC 转换器）、非车载充电桩等核心电控领域，提供更高效的电能转换。

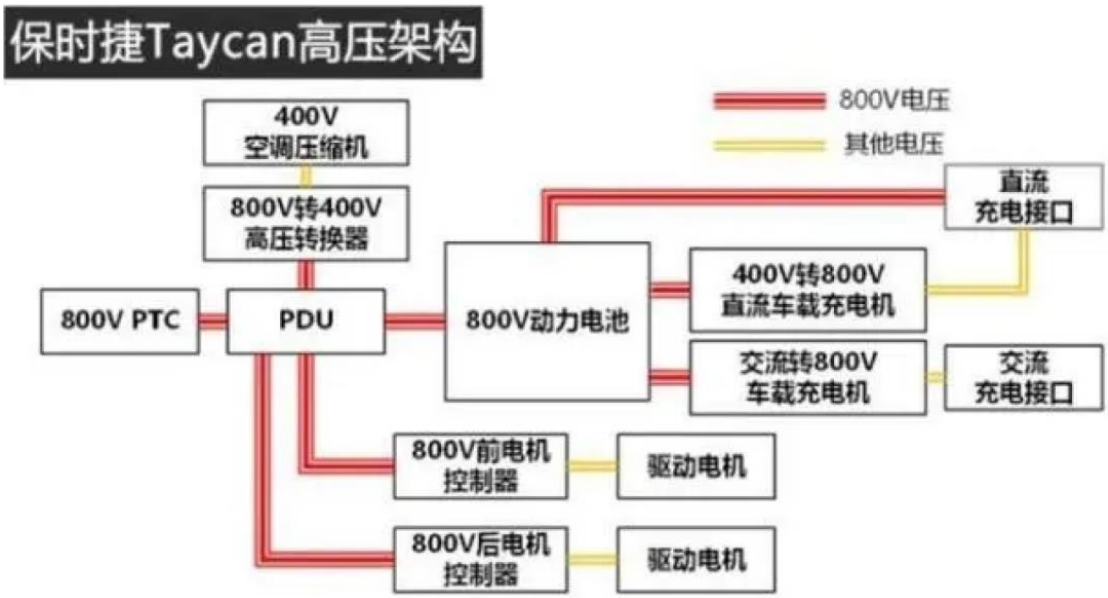


资料来源：英飞凌官网、天科合达招股书

尽管目前新车普遍电池容量可做到 100kWh，续航多在 500km 上下，甚至高达 700km，但基础设施不够完善、充电体验感不够好，消费者还是存在里程焦虑。要实现“充电 5 分钟，续航 200km”，高压快充可以解决这个痛点：让充电性能大幅提升，快速提升电池充电速度；提高整车运行效率，在同等电量情况下，延长续驶里程。800V 平台架构成为高压快充的重要解决方案。

在 800V 甚至更高水平的平台上，高压快充会涉及到车内电源到车外充电整个强电链路。原本的硅基 IGBT 芯片达到了材料极限，而具备耐高压、耐高温、高频等优势的碳化硅（SiC）器件，无疑成为最佳的替代方案。

随着 SiC 成本下降以及 800V 高压平台架构的应用，SiC MOSFET 有望迎来规模上车。2019 年保时捷在 Taycan 搭载了 800V 高压快充平台，小鹏汽车、广汽埃安、e 平台、吉利极氪、理想汽车、比亚迪、北汽极狐等车企陆续发布了搭载 800V 高电压平台的车型。



资料来源：保时捷官网

受益于智能汽车电动化、智能化，功率半导体的使用量增幅大幅攀升，根据 Strategy Analytics 数据，预计 2025 年全球新能源汽车销量将达到 2240 万辆，功率半导体市场规模将突破 100 亿美元，而中国新能源汽车功率半导体市场 2025 年则将达到 61.39 亿美元，保持 20%以上的增长速度。

全球第三代半导体龙头 Wolfspeed 预计 2026 年的碳化硅器件市场结构中，新能源汽车将占据 52%，其余射频、工控与能源将分别占据 33%、16%。根据 Yole 数据，预计到 2025 年新能源车将贡献 15.53 亿美元的 SiC 功率市场，年复合增长率达 38%。**第三代半导体正处于爆发式增长的阶段，是个投资确定性比较高的细分领域。**

05　分布式驱动

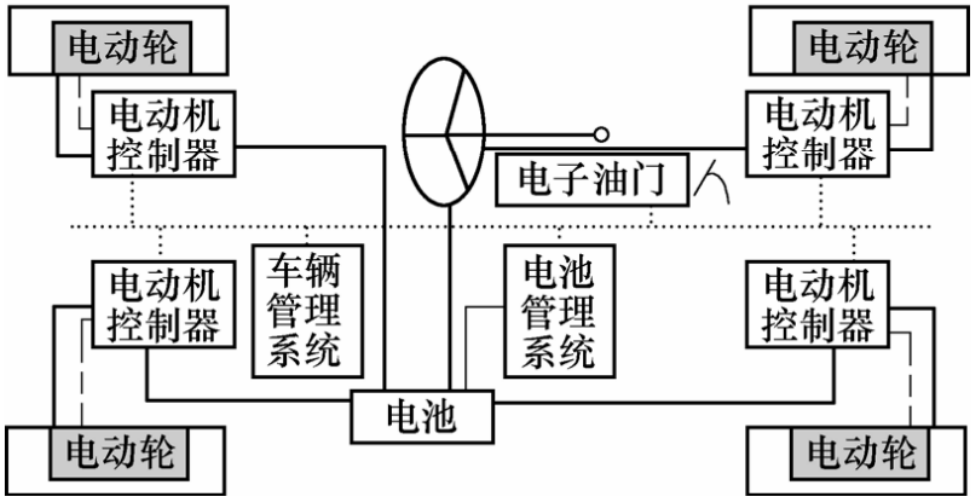
2023 年 1 月 5 日，比亚迪以颠覆性技术打造高端品牌——仰望，推出了基于四轮驱动技术方案的“易四方”平台。装有麦克纳姆轮的比亚迪仰望 U8 像螃蟹一样横着出场，前轮正装正转，后轮反装麦轮并且反向转动，提供相同的横向力矩，同时抵消前后方向力矩，实现水平横向运动。

比亚迪仰望在前后桥使用一个二合一的控制器进行左右两个电机的控制，使用一个主控芯片，给左右电机的协调控制提供了电子层面的硬件保障，四轮驱动的架构做到了多种车辆动力学的控制，成为第一个将分布式驱动方案进行量产的企业。

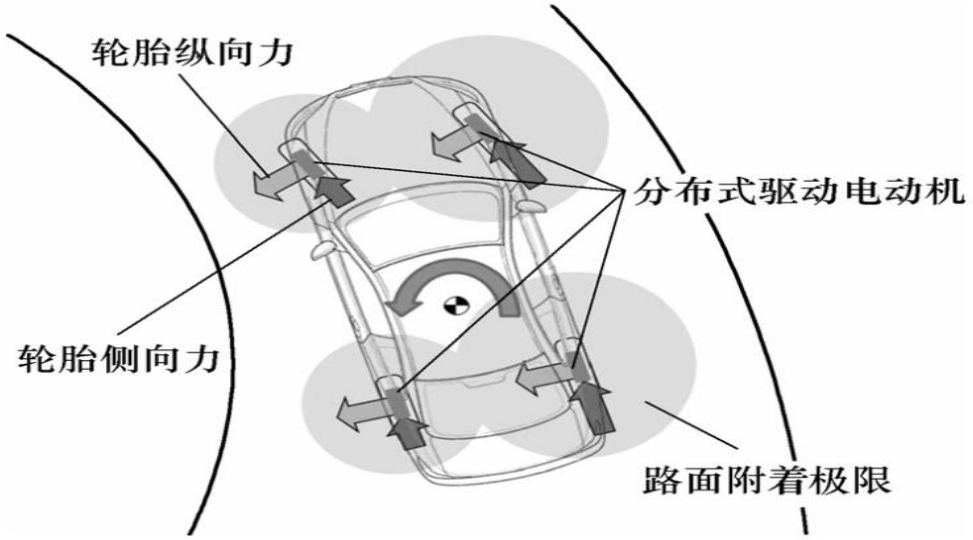
资料来源：比亚迪官网

电动汽车的电驱有集中式和分布式两种。集中式的方式与传统的燃油车动力传输方式类似，即一台电机控制左右两个车轮甚至是四个轮子，分布式电机是四个轮子各配备一个电机进行驱动，每个轮子都可以单独进行驱动控制。分布式驱动的优势是传动距离短，效率高，结构相对紧凑，而且可以实现多种车辆动力学的控制。

分布式电机又分为轮边电机和轮毂电机两种细分类型，轮毂电机是直接把电机装到了轮毂里面与车轮同心布置，相比较集中式的布置方式，省去了半轴，二级差速器以及差速器；轮边电机是把电机装在轮子旁边，通过输出轴传给轮子。轮边电机的结构更接近集中式电机驱动架构，不像轮毂电机一样受到簧下质量、防水、防尘以及成本等因素的限制，底盘布置也更加灵活多样，还可以在总成中集成水冷系统和减速器。



分布式的驱动控制可以使得车辆在转弯时一侧制动，另外一侧驱动产生横摆力矩，提高车辆在转弯时的速度。此外，转弯的横摆力矩和车辆本身的质心力矩是相反的，传统集中式驱动架构下，单独依靠横摆力进行控制很难将两者进行解耦。在分布式的驱动架构下，分布式电机驱动加集成的转向控制，可以很好地将横摆力矩和质心的侧倾力矩进行解耦，分别单独进行控制，极大地提高了车辆的操控性和稳定性。



分布式驱动具有以下几个特点：

• 分布式驱动电动汽车为驱动防滑与制动防抱死控制提供更迅速更精确的执行器，但其对状态估计的精度和控制算法的鲁棒性要求也进一步提高。

• 分布式驱动电动汽车直接横摆力矩控制与传统的直接横摆力矩控制相比，涵盖从常规到极限的全工况范围，因此算法需对非线性的轮胎特性有更好的自适应性。

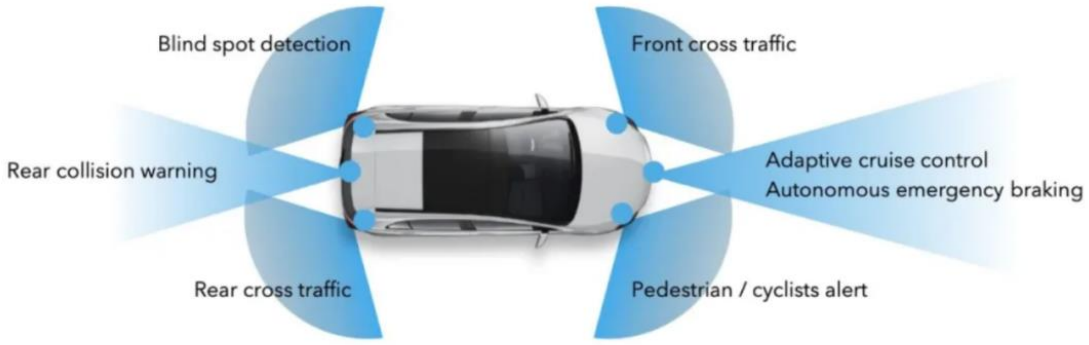
• 分布式驱动电动汽车取消了传统车辆中的发动机、离合器、变速箱、传动轴等部件的机械连接，电机、电池以及电机控制等部件相对更容易布置，分布式驱动的电机布置就更加的灵活。

分布式驱动系统是实现复杂工况条件下的高精度、高鲁棒性状态/参数估计和高效、高安全性整车主动安全控制技术的发展方向，也有望成为投资领域新的趋势和热点。

智能化篇

06　4D 成像毫米波雷达

毫米波雷达是工作在毫米波波段探测的雷达，穿透雾、烟、灰尘的能力强，具有全天候、全天时的特点。车载毫米波雷达是新能源智能汽车 ADAS 系统感知层的重要组成部分，按照测量距离划分，有短距的 SRR，中距的 MRR，长距的 LRR。前向雷达采用 77GHz 或 79GHz 的频段，探测距离比较远，属于 LRR，实现自主紧急制动（AEB）和自适应巡航控制（ACC）功能。角雷达采用 24GHz 的频段，属于 SRR，实现盲区检测（BSD）、变道辅助（LCA）、交通警报（F/RCTA）等功能。

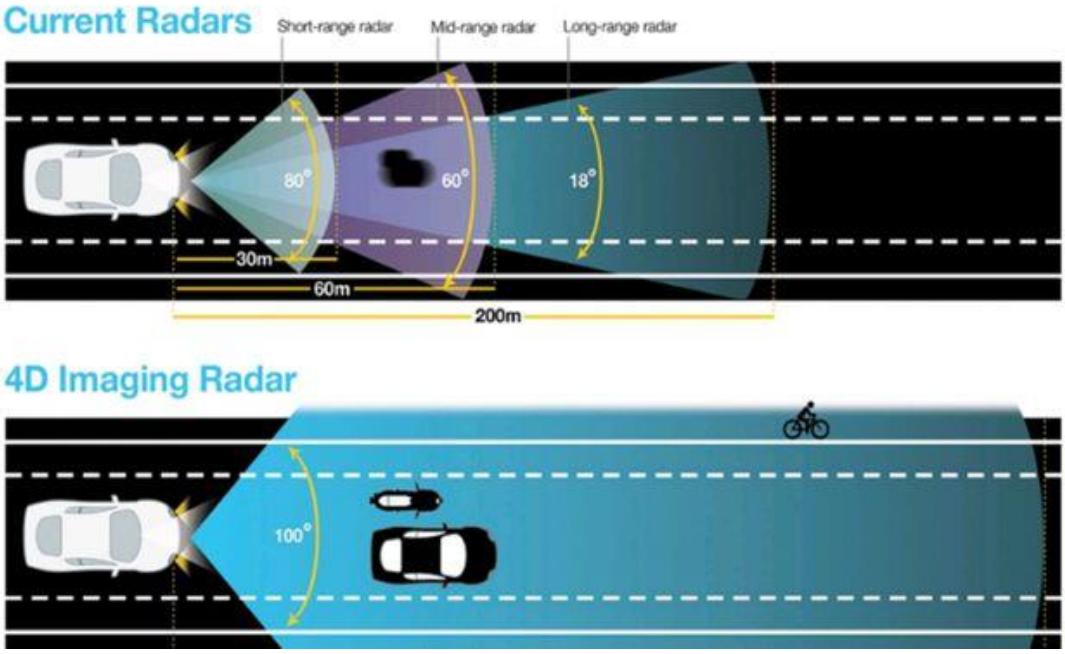


资料来源：汽车之家（请放大观看）

目前的常见的车载毫米波雷达只能输出距离、速度和角度信息，所以也被称为 3D 毫米波雷达。而 4D 成像毫米波雷达，通过增加纵向天线，从而具备俯仰角测量的能力，实现被测目标高度数据的测量。

另外，4D 成像毫米波雷达增加了天线数量与密度，使得角度、速度分辨率均有优化，且输出的点云图像更加致密，能够刻画更为真实的环境图像，可以有效解析测得目标的轮廓、行为和类别，适应更加复杂的道路，识别更多小物体，有效实现对被遮挡部分的物体及静止或横向物体的监测。

因此，相对于 3D 毫米波雷达，4D 成像毫米波雷达不仅可以获得距离、速度、角度和高度等更多的数据，还可以提供点云图，有效解析目标物体的轮廓和类别。



资料来源：NXP 网站（请放大观看）

4D 毫米波雷达优点

1）具备测高能力，能够测量俯仰角度，可在 150m 处区分地物和立交桥。

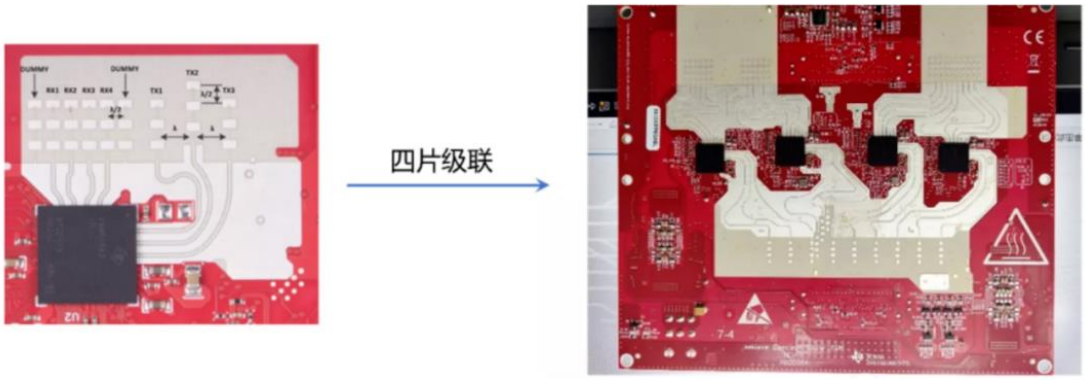
2）探测距离更远，最多可以达到 300 米，同时兼顾水平视场角。

3）水平角度分辨率较高，可以区分 300m 处的两辆近车。

4）更高的点云质量，探测分辨率更高，更适合与深度学习框架结合。

4D 成像毫米波雷达系统有级联方案和超大阵列方案

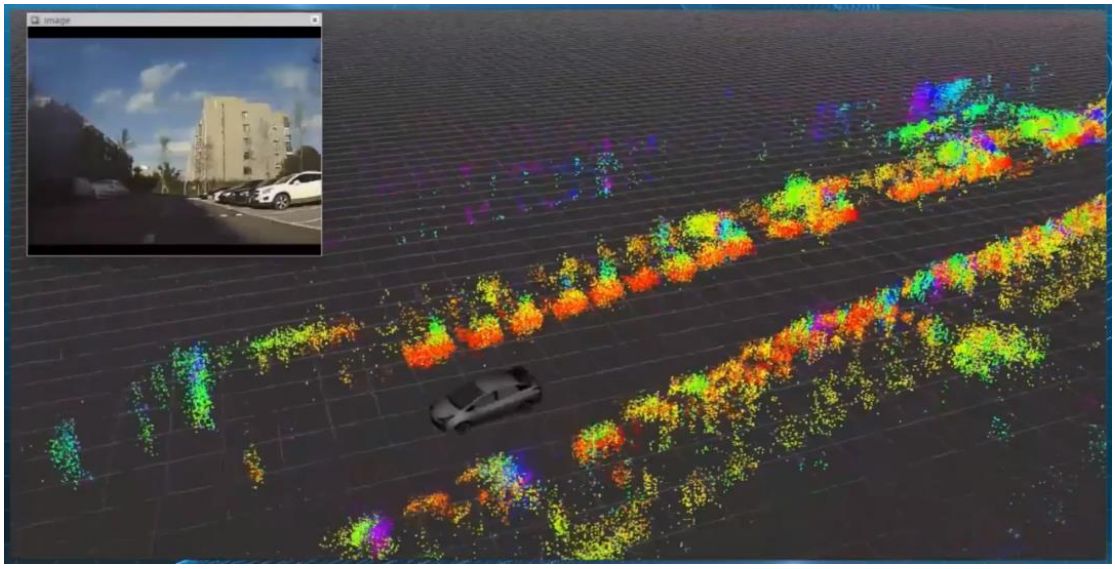
级联方案就是将多个芯片模块级联，目前是主流趋势。2019 年 TI 推出级联方案，通过将四个 3 发 4 收的单个 MIMO 芯片级联，可以构成 12 发 16 收的 MIMO 雷达阵列，雷达系统的虚拟通道数从 12 提升到了 192，极大的提升了雷达系统的角度分辨率。



资料来源：佐思汽车研究

超大阵列方案则利用大幅增加收发通道的方式提高分辨率。如以色列 Arbe 公司开发出了目前最大的 48 发 48 收级联雷达系统方案，其虚拟通道数可以达到惊人的 2304，大大的提升了毫米波雷达系统的角度分辨率。由于信号和数据量太大，Arbe 开发了专用毫米波雷达处理器芯片。

虽然在车载 3D 毫米波雷达领域，国内外差距较大，被博世、大陆、安波福等外资垄断，但在 4D 成像毫米波雷达领域，国内创业公司跟国际巨头差距较小，有可能实现换道超车，实现车载毫米波雷达的国产替代。如木牛科技已经完成产品研发，能够提供近似激光雷达的高分辨率、高密度的 4D 点云信息，4D 成像毫米波雷达即将在欧美市场批量出货。



资料来源：木牛科技

目前的 4D 成像毫米波雷达，角度分辨率已经达到 1-2 度，基本达到 8-16 线激光雷达的水平，前者价格 100-150 美金，后者价格高 5 倍左右，达到 500-1000 美金。随着技术迭代降本、规模效应降本，4D 成像毫米波雷达的价格可望降至数百元，有巨大的成本优势，将对低线束激光雷达实现替代。近期，有消息称特斯拉的自动驾驶系统（FSD）新方案增加 4D 成像毫米波雷达，这无疑将引领一波行业热潮。

据中金研究测算，2025 年中国车载毫米波雷达市场规模将达到 114 亿元，2020-2025 年复合增长率为 19%。高工智能预测，国内市场 L2+及以上新车搭载率有望在 2025 年突破 50%。同时，4D 成像毫米波雷达将从 2023 年开始小规模前装导入，全年搭载量有机会突破百万颗，到 2025 年占全部前向毫米波雷达的比重有望超过 40%。

轩元资本认为，4D 成像毫米波雷达将处于爆发阶段，**一方面，通过多维度的数据、高分辨率、点云图的高性能优势对 3D 毫米波雷达替代；另外一方面，通过高性价比优势，实现对低线束激光雷达的替代。**

07 域控制器

传统的汽车电子电气架构（EEA，Electrical/Electronic Architecture）是分布式，每个 ECU 都是通过 CAN 总线或 LIN 总线连接，逻辑控制复杂，ECU 难以统一维护，无法适应快速迭代。ECU 来自不同供应商，有不同的嵌入式软件和底层代码，造成了相当大的冗余，共性部分无法复用。

在此背景下，博世、大陆、德尔福等 Tier1 厂商提出域控制器（DCU，Domain Control Unit）概念，通过利用处理能力更强的多核 CPU/GPU 芯片，使得 DCU 可以相对集中地控制每个域，从而取代传统的分布式电子电气架构。减少 ECU 的数量，系统管理会更容易，平台的可扩展性会更好。电子电气架构开始从**传统分布式架构**向集中式**域控制器架构转变**，再向未来的车载**中央计算平台架构发展。**

资料来源：博世

分布式电子电气架构朝域集中式电子电气架构演进主要有以下几点优势：

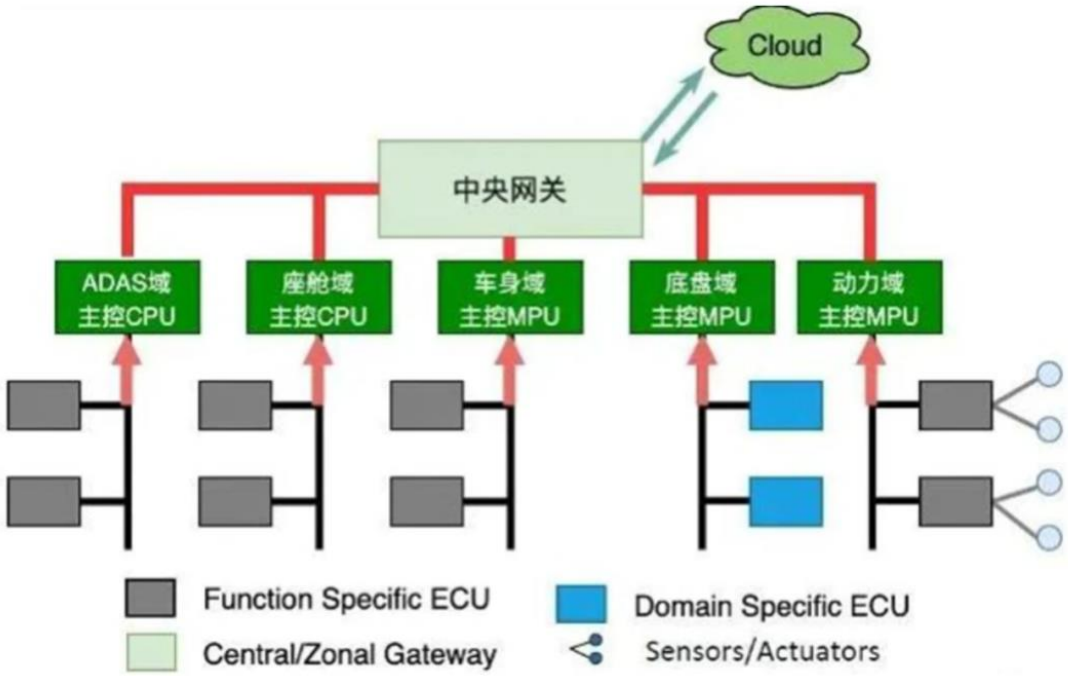
1、提升算力利用率。域集中式的芯片算力的利用效率大幅提高；

2、信息处理能力更强。单个 ECU 算力有限，域控 CPU/GPU 芯片能处理更大量的信息；

3、方便 OTA 升级。分布式架构中 ECU 分散，域控制架构能够应对 OTA 的升级需

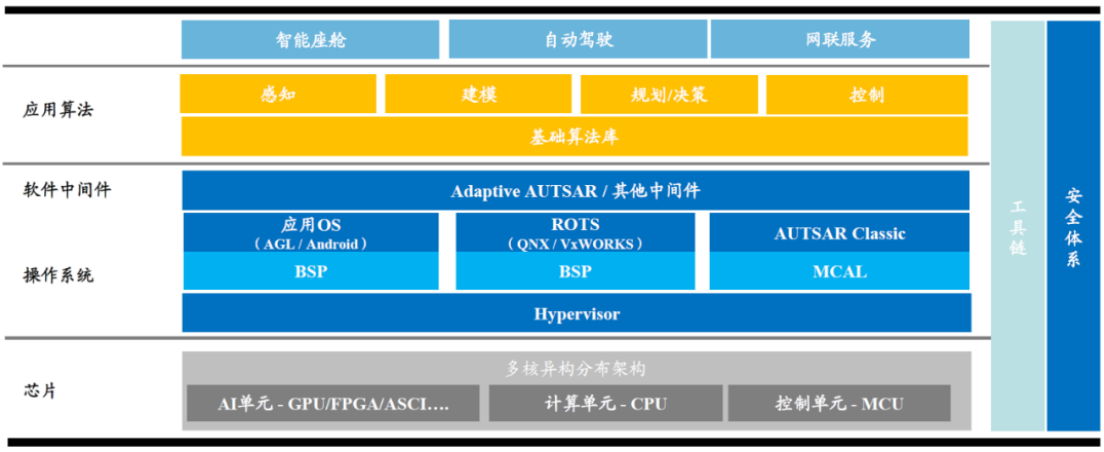
求。

域控制器分为智驾域（ADAS）、座舱域、车身域、底盘域、动力域几个部分。根据行业调研，目前乘用车的车身域控制器单价在 500 元左右，座舱域控制器的单价在 2000 元左右，动力域控制器单价 2000 元左右，底盘域由于需要达到 ASIL-D 安全等级，价格在 3000 元左右，L2 级自驾域单价 2000 元左右，L2+或 L2++及以上的高阶智驾域控制器的单价在 4000 元~8000 元左右，少数大算力的智驾域控制器超过万元。



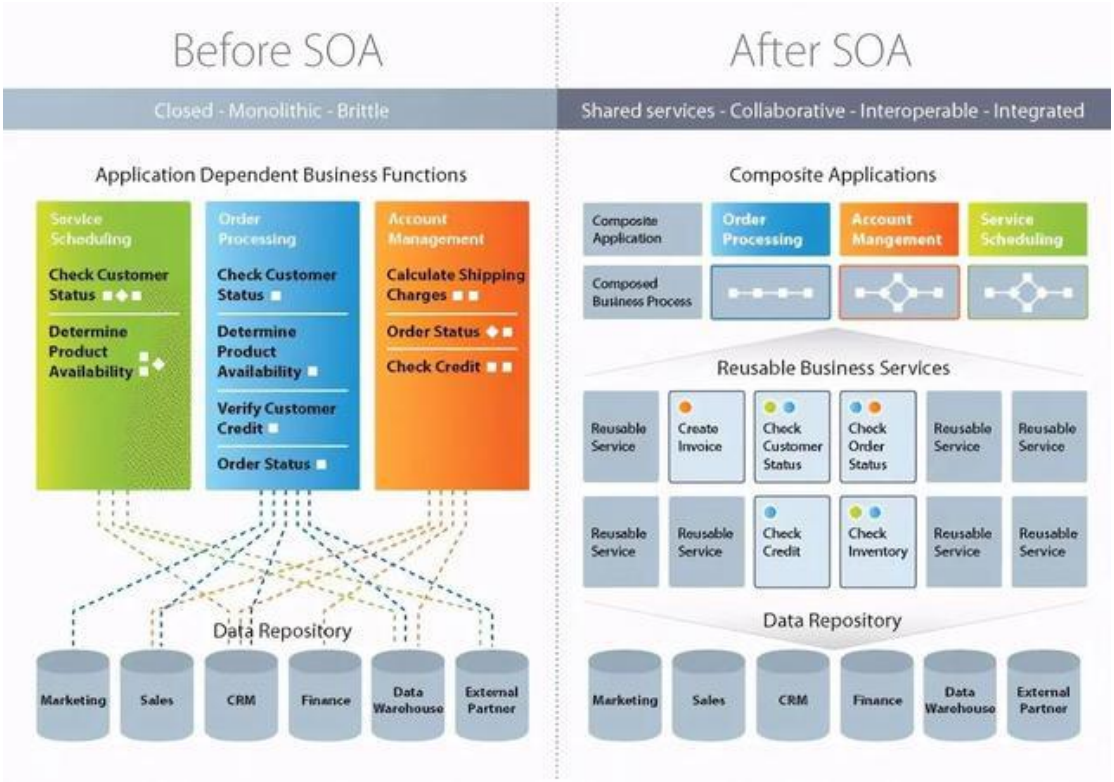
资料来源：汽车电子与软件

智驾域（ADAS）控制器主要由硬件和软件构成，硬件包括 PCB 板卡、各种芯片 CPU/GPU/MCU，以及各种电子元器件，软件包括虚拟化 Hypervisor、底层基础软件 BSP、实时操作系统 ROTS、基于 AUTSAR 的中间件 Middle Ware、上层应用算法等构成。



资料来源：中国软件评测中心

在 EEA 从分布式 ECU 向集中式域控制器演变的背景下，源自互联网的 SOA（面向服务的架构）被引入汽车行业，使得汽车**从面向信号的架构变成面向服务的架构**，SOA 架构具有动态响应、可重用性高、可扩展性强等优点。基于 SOA 软硬件实现解耦，使得软件定义汽车成为趋势，并给汽车相关软件带来新的投资机会。



随着新能源汽车渗透率不断提升，智能驾驶、智能座舱朝着高阶高算力的方向发展，单车域控制器价值量有小幅提升，再考虑到规模效应所带来的降本，预计各

种域控制器单车总价值量保守预计在 8000 元左右，假设 2025 年新能源汽车销量达到 1000 万台、2030 年销量达到 1800 万台，对应市场容量分别为 800 亿元、1440 亿元。

轩元资本认为，域控制器技术是一个门槛较高、行业天花板也足够高的领域，且正处在爆发阶段。一方面，新能源汽车渗透率在不断提升；另外一方面，域控制器在新能源汽车的渗透比例也在快速提升，属于“坡长雪厚”投资价值高的细分赛道。

08 线控底盘

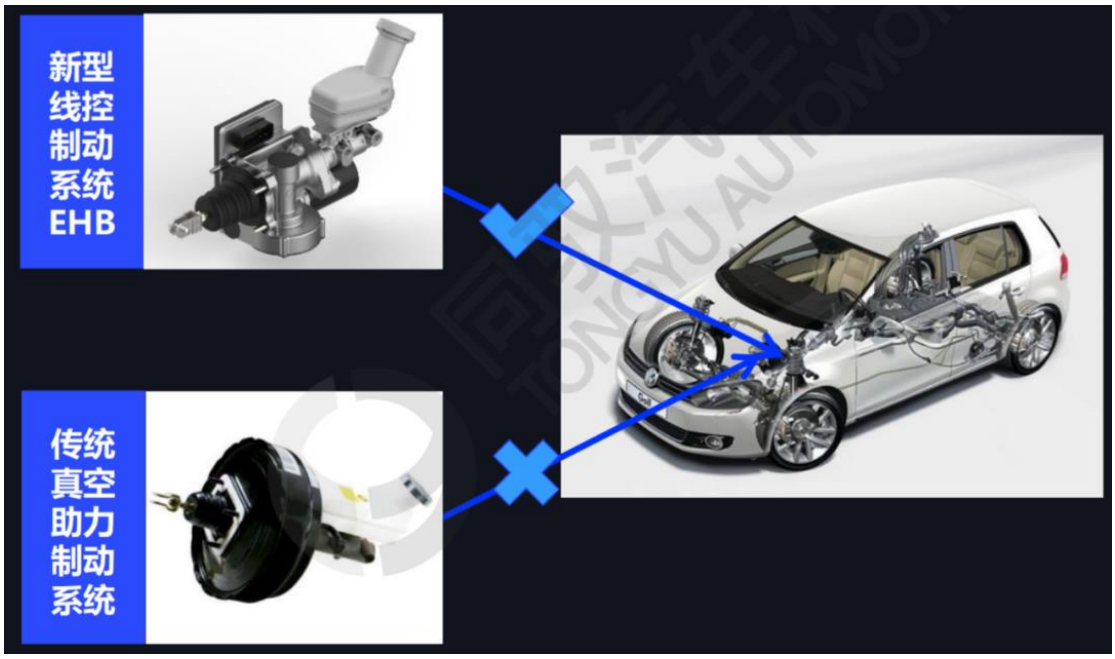
汽车底盘是保证汽车正常行驶、承载发动机和车身核心部件的关键性集成平台。底盘的控制功能主要包含 5 个部分，分别是：制动、转向、换挡、油门和悬架。传统底盘存在大量的机械件、辅助件，结构复杂而笨重，体积大、成本高、维修难，机械件的灵敏度不够，无法满足智能驾驶的低延迟反应需求。

所谓线控底盘，就是对汽车底盘信号的传导机制进行线控改造，以电信号传导替代机械信号传导，从而使其更加适用于自动驾驶车辆。相较于传统机械式底盘，由电信号控制的线控底盘在响应速度、精度等方面具备更强的优势。

众所周知，智能驾驶的三大核心是感知、决策、执行。如果说感知相当于人的眼睛、耳朵，决策相当于人的大脑，那么底盘端的执行就相当于人的脚，对智能驾驶起着至关重要的作用。线控底盘是实现高阶自动驾驶的必要条件，也得到了政策层面的高度重视，属于急需解决的卡脖子领域。2020 年 10 月，《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》提出“三横三纵”的技术架构，强调线控执行系统是智能网联的核心技术。

在线控底盘中，线控制动和线控转向的技术门槛最高，主要被博世、大陆等国际巨头垄断，目前国产化率不足 10%。线控悬架也值得关注，线控换挡和线控油门比较成熟，渗透率较高。从投资角度看，线控制动和线控转向是价值量和机会最大的领域。

汽车制动系统的发展主要经历了“液压制动—液压制动融合电控—线控制动”三个阶段，在电动化、智能化的浪潮下，复杂的、纯机械的传统制动系统存在机械传动慢、真空依赖、制动能量回收低、EVP 振动噪声大、集成度低、扩展性差等诸多问题，已经难以满足汽车发展需要，电子信号代替机械液压方式对制动系统进行控制，势所必然。线控制动技术在智能驾驶时代的渗透率也有望大幅攀升。



资料来源：同驭汽车

薄膜电容器的快速增长的市场需求主要可以分成两块：一块是新能源汽车，另一块是风力、光伏发电。执行层是汽车驾驶的最底层，因此智能驾驶所带来的转向系统与制动系统的变革，必将带来新的市场机会。

随着 L2+智能驾驶的加速渗透，线控制动装配率迎来高速增长，已经成为实现智能驾驶关键一环。

线控制动的核心优势：

1）电信号传递只需要 150 毫秒，远快于机械连接 400-600 毫秒的响应；

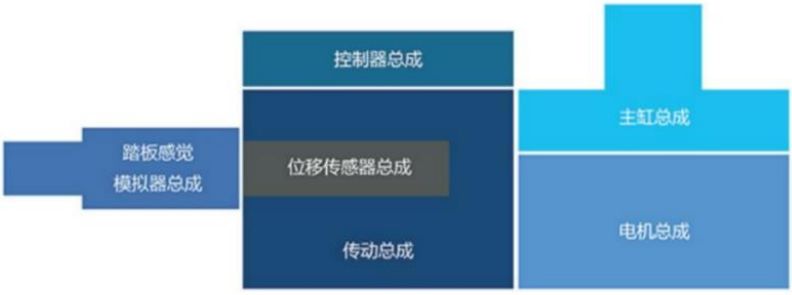
2）线控制动更适应高集成的发展趋势，有利于实现底盘域控；

3）相对于机械制动，线控制动可以实现解耦，可扩展性更强。

线控制动目前的主流方案是 EHB（Electro-hydraulic Brake），远期将向 EMB（Electro-Mechanical Brake）发展。EHB 以传统的液压制动系统为基础，用电子器件取代了一部分机械部件的功能，通过电机转化为强大的直线推力，推动制动主缸推杆，是半电子化的方式。

EHB 工作流程图及系统动力总成

EHB工作流程图

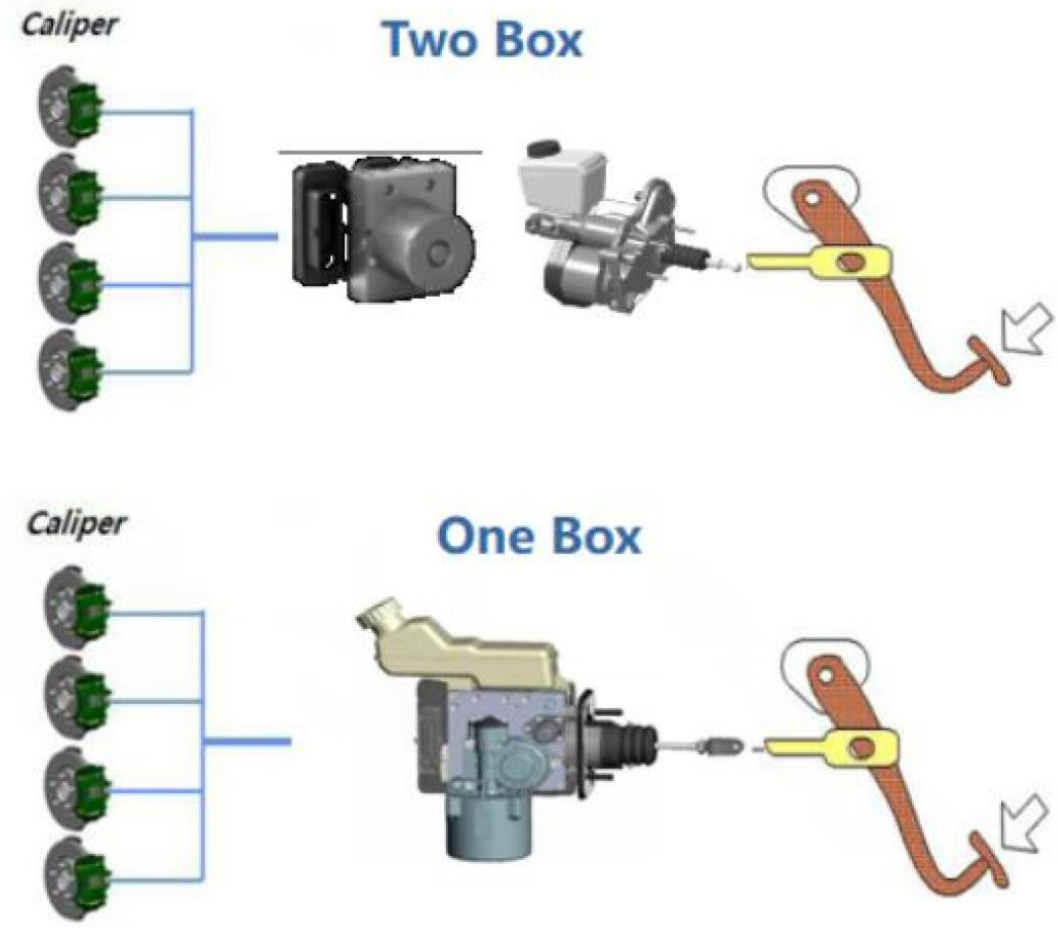


EHB系统总成

资料来源：同驭汽车科技官网

EHB 又分为 Two-Box 和 One-Box 两种路线，短期以 Two-Box 为主，One-Box 逐步起量，长期 Two-Box 和 One-Box 并存。相对于 Two-Box，One-Box 方案的优点是集成度更高、体积小及重量轻、能量回收效率更高且成本更低（例如博世的 IPB 比 ibooster+ESP 便宜 300 元左右），但缺点是没有冗余备份。

因此，One-box 方案长期是行业未来的重要方向，尤其在成本敏感的中低端乘用车和商用车领域会进展较快，但基于安全和用户体验的考虑，一些中高端车型还是会选用 Two-Box，所以中长期来看，两者会并存。

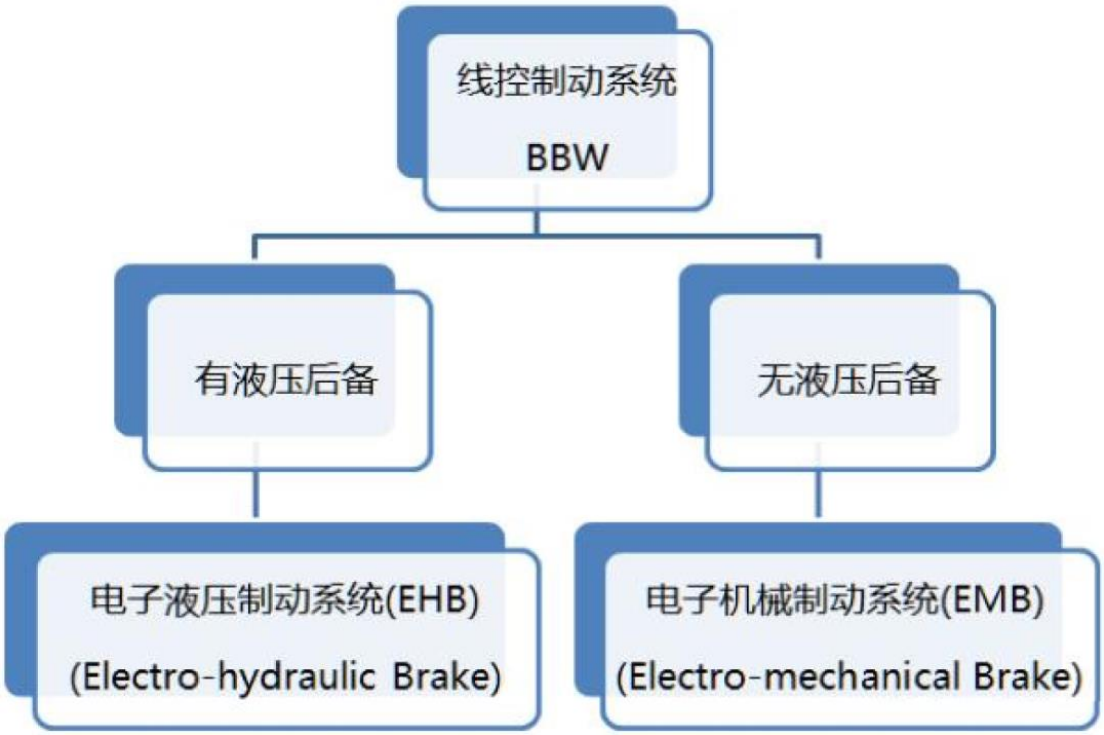


资料来源：汽车人高工

EMB 从执行机构的差别上看，可以分成两类。第一类是电动机驱动执行机构然后作用到制动盘上，这类的优点，是结构和控制都比较简单，制动过程更稳定；缺

点是电动机体积、质量、能耗都比较大；第二类是在前者的基础上增加一个自增力机构，它的优点是利用汽车的动能增加制动力度，减少电机体积和质量；缺点是制动控制的难度变大，制动稳定性也变差。

EMB 制动信号直接输入到制动钳，完全电子化下，整合性及响应速度更为精进，但囿于短期成本较高，应用推广受限。另外，相对于 EHB 而言，EMB 没有液压后备，如果电路出现短路、断路、电源出现问题，制动系统无法工作，带来的诸多安全隐患，也影响应用推广。

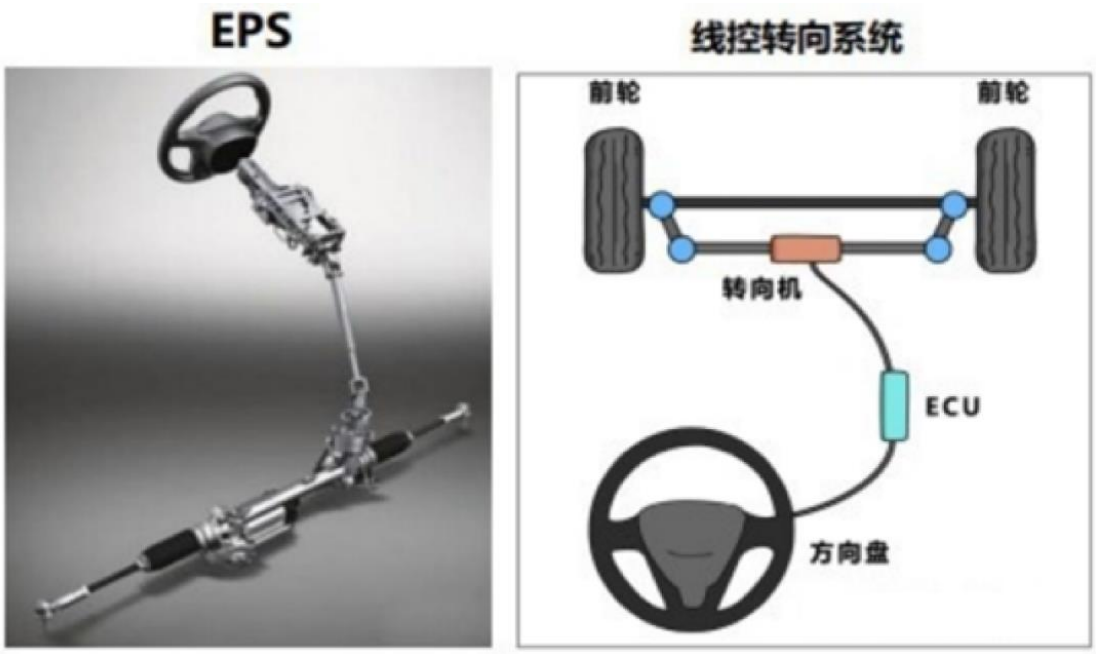


资料来源：汽车人高工

线控转向与汽车制动系统类似，转向系统也经历了“机械式——电子辅助式——线控式”的发 展历程，EPS 仍是当前主流解决方案，但在智能驾驶驱动下，线控转向系统（SBW，Steering-by-Wire）必将是未来的发展趋势。

国内的线控转向行业也处于逐步放量阶段，国内不少创业公司陆续实现量产，未来会逐步对博世、捷太格特等公司产品进行国产替代。

电动助力转向跟线控转向系统的结构示意图



资料来源：汽车人高工

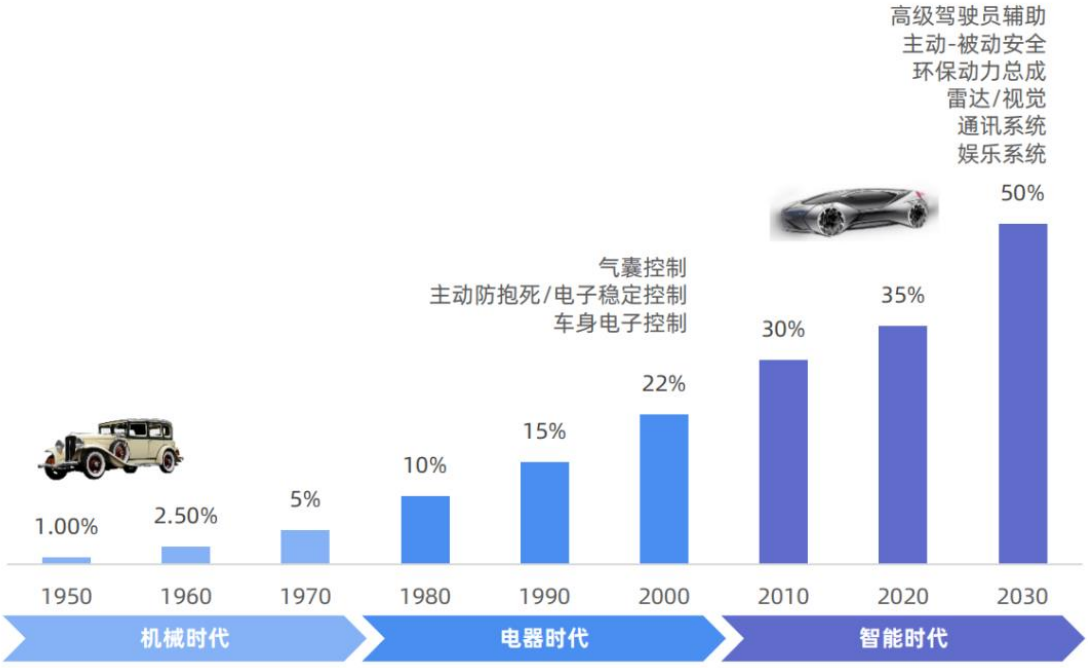
无论是线控制动还是线控转向，都被外资高度垄断，有确定性的国产替代机会。下游 OEM 基于担心被卡脖子，从成本角度考量，正在逐步接受、扶持国内创业公司，所以这些领域的创业公司迎来了难得的窗口期。**轩元资本认为，线控领域将会打破垄断，并实现相对高比例的替代，也将给投资人带来非常好的投资机会，其投资逻辑跟汽车半导体很相似。**

09　汽车半导体

在新能源汽车电动化、智能化的趋势下，整车芯片的价值量将不断攀升。根据海思在 2021 中国汽车半导体产业大会发布的数据， 预计 2030 年汽车电子在汽车总成本中的占比会达到 50%。中国汽车工业协会数据显示，传统燃油车所需汽车

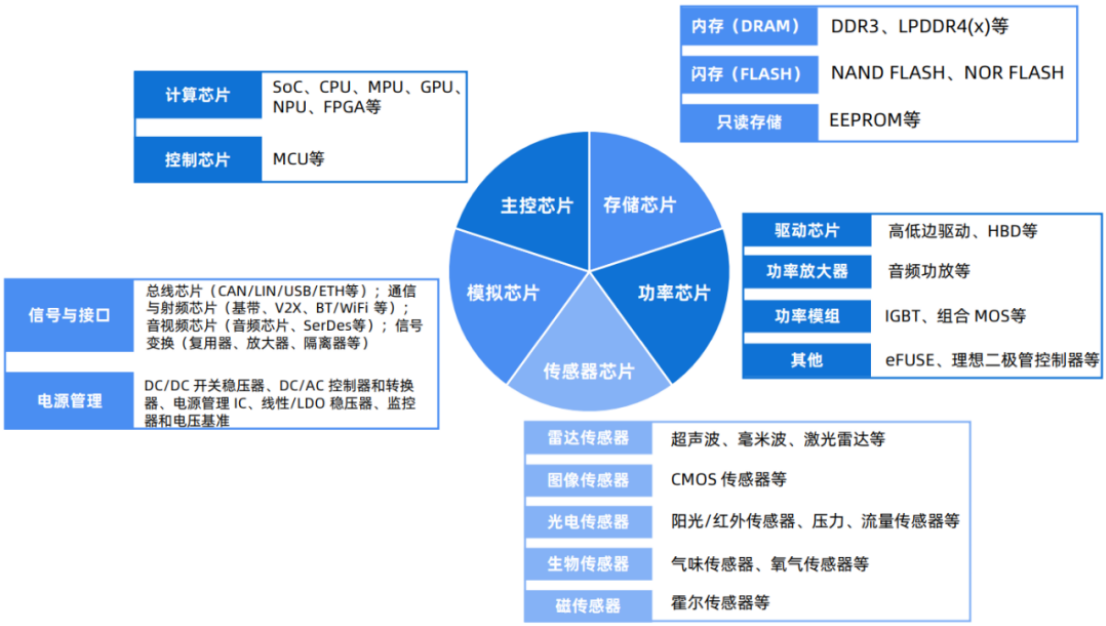
芯片数量为 600-700 颗，电动车所需的汽车芯片数量将提升至 1600 颗/辆，而更高级的智能汽车对芯片的需求量将有望提升至 3000 颗/辆。

汽车电子占车辆总体成本百分比



资料来源：2021 中国汽车半导体产业大会、华为海思

汽车芯片大致可以分为主控芯片、功率芯、 存储芯片、通信芯片以及传感芯片五大类。国产替代背景下，供应链自主可控进一步加速了国内汽车半导体市场的蓬勃发展。



资料来源：汽车芯片应用牵引创新发展论坛，广汽研究院

主控芯片：外资高度垄断，国产化率不到 1%。CPU、GPU 等高算力在技术封锁的背景下，挑战较大，MCU 可能进展快些，上市公司、创业公司陆续实现过亿销售额。

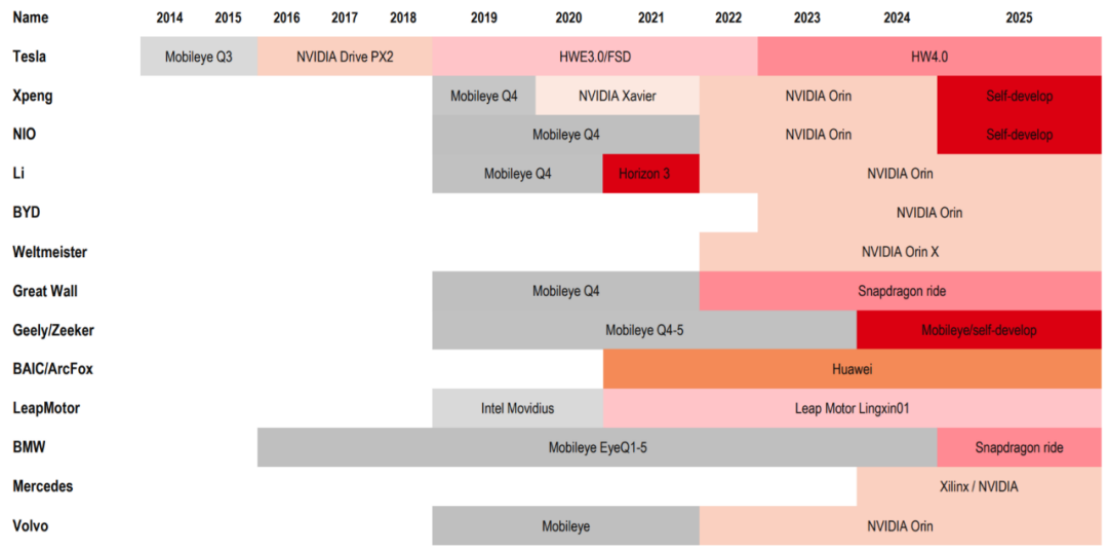
存储芯片：外资占比较高，国产化率 8%，随着部分消费类存储芯片厂商进军车规类市场，后续有望快速渗透，有望实现自主可控。

功率芯片：国内企业取得一些突破，国产化率 8%，上市公司、创业公司在该领域可能快速占领较大市场份额，第三代半导体有望缩小差距。

传感器芯片：外地高度垄断，国产化率 4%左右，在摄像头领域芯片有一定进展，激光雷达芯片代差不大，可能存在超越的机会。

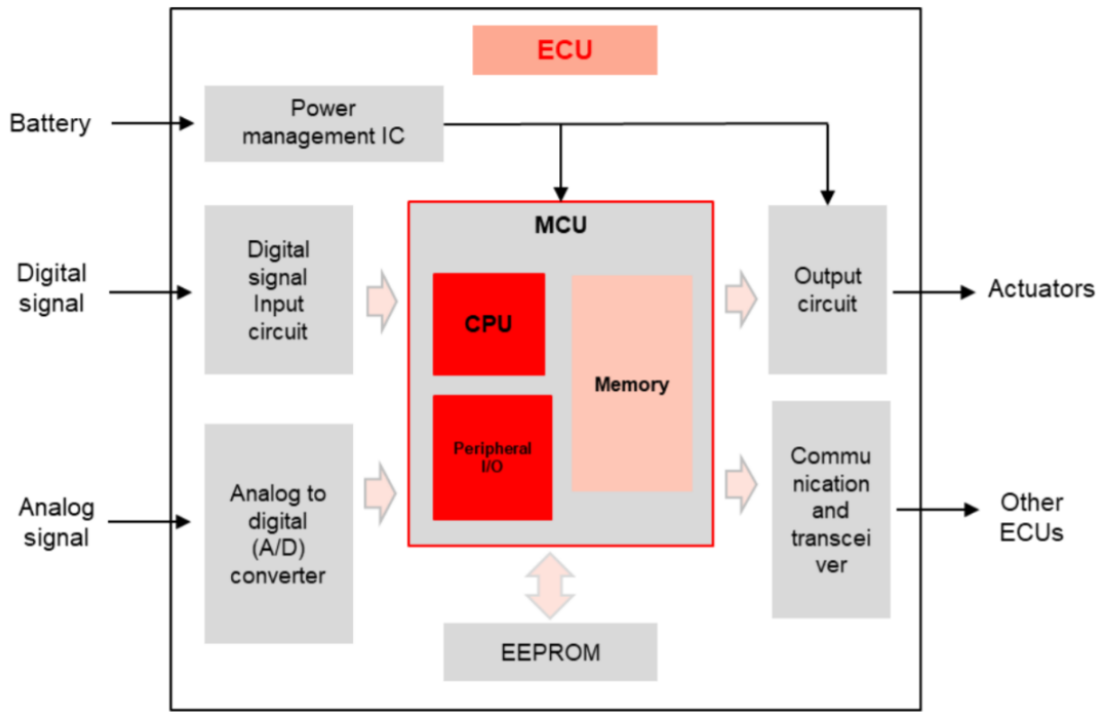
模拟芯片：外资高度垄断，国产化率低于 5%，电源管理领域芯片有一些进展，通信相关的难度较大。

主控芯片中，智能驾驶 SOC 芯片挑战最大，也最有想象空间。对于智能驾驶 SOC 芯片，各大车企采取不同的策略。特斯拉 2019 年后走向自研的道路，2022 年前后，相当部分车企转向，采用的英伟达 SOC 芯片，而部分新势力如小鹏、蔚来采取自研 SOC 芯片的策略。由于自动驾驶 SOC 芯片技术门槛高、投入大，除了少部分车企走自研路线外，大部分车企不具备自主研发的能力。



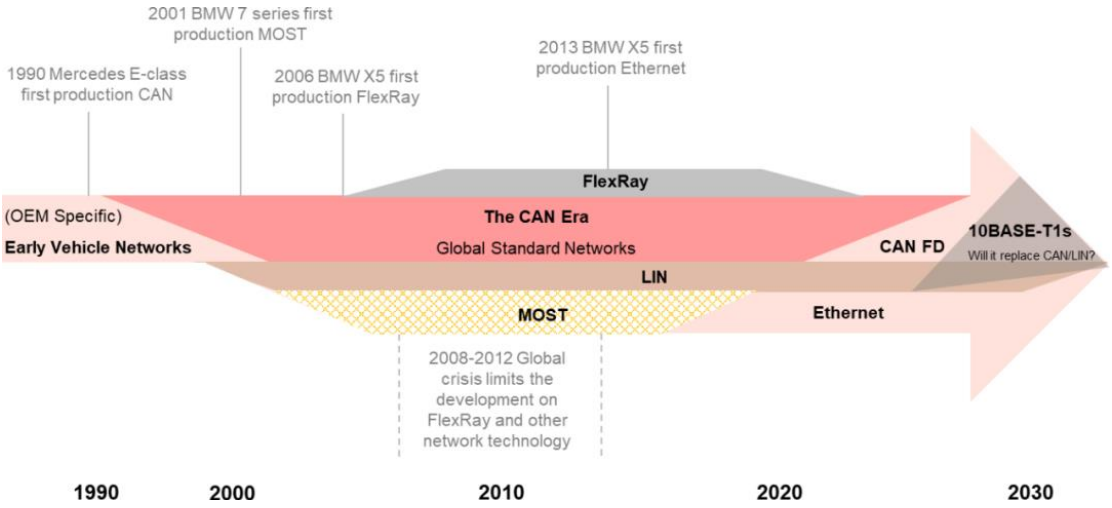
资料来源：汇丰银行中国汽车半导体报告

国内汽车 MCU 市场被英飞凌/NXP/ST 等海外巨头主导，90%以上市场为国际汽车零部件供应商占领，国产替代空间巨大。下游客户为保证供应链安全，也逐步接受国内产品，汽车 MCU 国产化进程加速启动，未来几年有望达到 30%的国产化率。



资料来源：NXP 网站

智能汽车 EEA 架构向域和集中式架构演变，各种传感器产生大量数据，提高了对高带宽、低延迟和低干扰连接的需求等级，原有的 CAN 通信不满足需求，以太网被引入车载领域。以太网 PHY 和交换机芯片市场由 Marvell、Broadcom、NXP、TI 和 Microchip 等主导，国内通信背景的创业公司正在尝试导入，单车价值量接近 600 元。



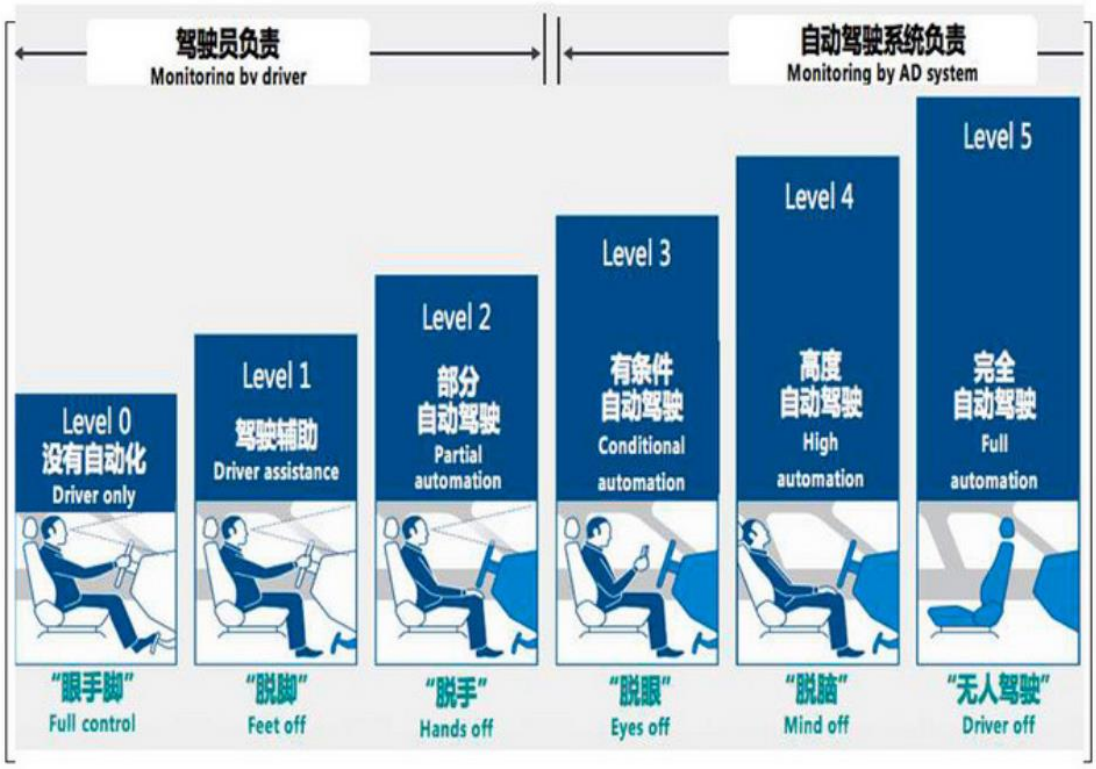
资料来源：汇丰前海证券

随着智能汽车销量不断上涨以及单车芯片使用量成倍增长，汽车半导体是未来最具潜力的领域。根据 Strategy Analytics 和 HSBC 预测，预计到 2028 年，单车芯片价值量将达到 1000 美元，中国汽车半导体市场将达到 1030 亿美元。

轩元资本认为，在主控芯片领域的智驾、座舱芯片向头部集中，而车规 MCU 市场将会容纳多个玩家；在模拟芯片领域，如与信号链、电源管理相关，在传感器芯片领域，如毫米波雷达芯片、激光雷达芯片等赛道，尽管市场天花板不高，但挖掘细分行业龙头，也是不错的投资选择。

10 特定场景无人驾驶

根据国际汽车工程师协会 SAE 制定的标准，将智能驾驶分为 Level0-Level5 几个等级。Level3 是重要的分水岭，Level3 之前，责任主体在驾驶员，Level3 及以后，责任主体在 OEM。我们常说的智能驾驶主要指 L3 以下的辅助驾驶（ADAS），而无人驾驶一般指 L4 及以上自动驾驶。



资料来源：前瞻研究院

辅助驾驶经过多年发展，已经从初级的 L1 持续迭代发展到目前的 L2+，尽管业内不少 OEM 将智驾域控制器的硬件预埋到 L3 甚至 L4，但只能称之为 L2+……，需要等相关的法规配套完善后才会突破 L3。无人驾驶在公开场景尚存在大量 corn case 需要解决，但不少特定场景的无人驾驶创业公司经过多年基于 L4 层面持续研发和迭代，不断进行场景打磨、算法模型优化，取得了不错的进展。

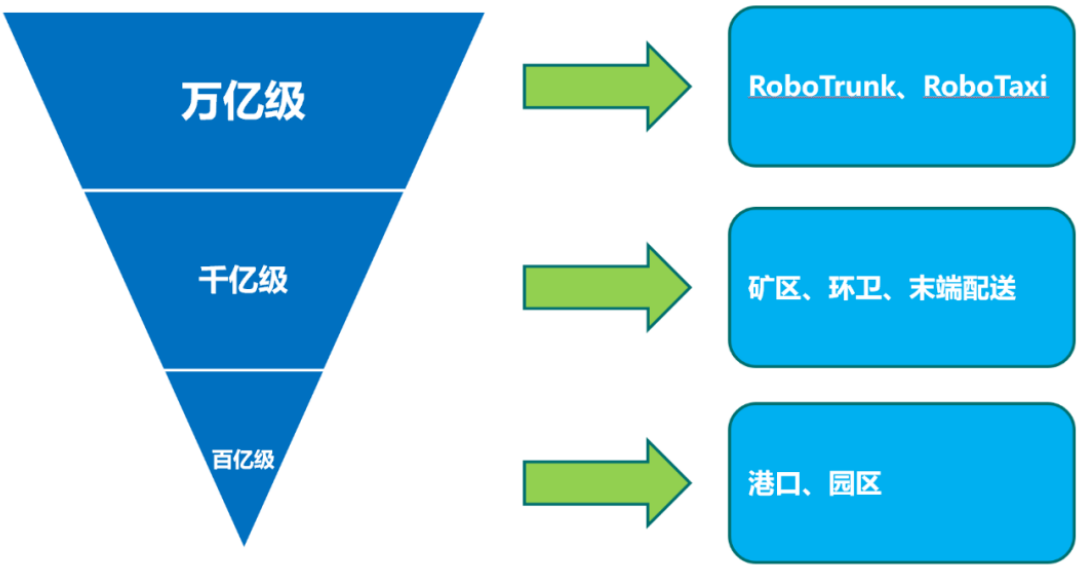
相对于公开场景无人驾驶，特定场景不涉及公共道路安全法规且活动区域相对可知可控，技术难度较小，可实现快速落地，但仍存在较高的技术壁垒，必须对场景需求有深刻理解，才能解决长尾问题，打造适配场景的解决方案。

特定场景无人驾驶按照市场容量，从大到小排序，可以分为万亿级的 RoboTrunk、RoboTaxi；千亿级的矿区、环卫、末端配送；百亿级的港口、园区。

在供给端，随着技术的成熟度提高，已经具备落地的可能性；系统成本在不断的

cost down，尤其硬件成本这几年价格下降较快，比如激光雷达从当初小几万降到目前的几千元。

在需求端，不同的场景都存在各种各样的痛点，还有部分场景的政策驱动也很明显，比如矿区、港口，一方面要打造智慧矿山、智慧港口，另外一方面频发的安全事故，让各方面急需推动无人化。



资料来源：轩元资本

RoboTaxi、RoboTrunk

- 颠覆未来交通和出行方式
- 市场空间达到万亿级
- 场景复杂度高，高速行驶
- 高技术门槛，高算力要求
- 培育新业态、新商业模式

矿区、港口

- 存在安全隐患，时不时出现人员伤亡，业主方、运营方最大痛点
- 工作枯燥、环境不友好，尤其矿区的工作环境比较恶劣，招工难。
- 政策推动打造智慧矿山，智慧港口，实现无人化作业。
- 场景复杂度较高，低速行驶
- 较高技术门槛，较高算力要求

资料来源：轩元资本团队调研内蒙白云鄂博矿区无人驾驶

末端配送、环卫

- 解决劳动力不足，人员不易管理的问题
- 场景复杂度较高，中低速行驶
- 较高技术门槛，较高算力要求
- 末端配送之前存在路权问题，目前已开放

轩元资本认为，特定场景无人驾驶技术逐步成熟，具备落地前提，处于经济效应的拐点，迭加政策驱动，该领域即将处于爆发阶段。场景越简单、痛点越明显的领域更容易、更快商业化落地；场景越复杂、痛点不那么明显的领域商业化落地相对慢些。大部分特定场景存在 Tier 1 和运营方两种商业模式，轩元资本，认为长期而言，后者的护城河较深。

以上为轩元资本基于长期的、深入的行业研究积累，提炼出 2023 年新能源汽车产业链 10 大投资热点，欢迎产业界、投资界专家以及从业者交流探讨、批评指正。

+86 13520246400

北京市朝阳区
富力双子座 B 座 11 楼

foyapartners.com