

碳中和碳达峰系列研究之新能源汽车电子篇——

## 变革时代，汽车电子的创新发展机遇

■ **电动化与智能化驱动，汽车电子进入创新成长期。**碳中和减排政策与锂电池成本双轮驱动，加速汽车电动化发展进程，到2027年全球电动汽车渗透率有望超过50%。自动驾驶将改变出行市场格局，到2025年全球L2及以上自动驾驶汽车渗透率有望超过70%。电动化与智能化变革正在重塑传统汽车产业链格局，汽车电子成为推动变革的核心要素，预计到2030年汽车电子市场规模达到4690亿美元。

■ **电动化浪潮，电动动力总成全面崛起。**电动化经过多年的发展，技术路线已经基本确立。电动汽车与燃油车购置成本的逐渐接近预示着电动汽车的快速放量 and 规模效应逐渐体现的时代已经到来。电动动力总成系统全面代替传统燃油动力总成系统，电动动力总成系统相关的电子元器件需求迅猛增长，预计到2025年电动化相关元器件需求有望增长2630美元/车。

■ **智能化创新，自动驾驶与智能驾驶舱迎来机遇。**汽车智能化还处于商业模式探索阶段，技术道路和竞争格局还不太明朗。智能化革命，汽车驾驶由辅助驾驶逐步进入到自动驾驶，驾驶舱智能化实现交通工具场景向智能出行场景的转变，出行服务未来将占据汽车市场主导权。智能化创新需要依托于电子电气架构革命和智能网联升级，电子电气架构从分布式向车云集中式演进。预计到2025年智能化相关元器件需求有望增长1665美元/车。

■ **电动化与智能化变革带来汽车电子投资机遇。**电动化带来整车动力系统架构颠覆性革命，功率电子成为增速最高的细分市场，高功率器件需求带动第三代半导体快速增长。智能化带来汽车电子电气架构革命，零部件智能化带动微控制芯片需求快速增长，自动驾驶相关的传感器和高性能计算芯片迎来创新发展机遇。

■ **业务建议及风险提示。**（如需本部分内容，请参照文末联系方式联系招商银行研究院）

胡国栋

行业研究员

☎: 0755-83169269

✉: huguodong@cmbchina.com

相关研究报告

## 目录

1. 电动化与智能化驱动，汽车电子进入创新成长期	1
1.1 政策与成本驱动，加速全球汽车电动化发展进程	1
1.2 智能化变革，自动驾驶将改变出行市场格局	3
1.3 围绕电动化与智能化，汽车电子进入创新成长期	4
2. 电动化浪潮，电动动力总成全面崛起	6
2.1 电动动力总成是电动汽车成功的关键	7
2.2 电池管理系统是电动汽车动力系统的“大脑”	9
3. 智能化创新，自动驾驶与智能驾驶舱迎来机遇	11
3.1 自动驾驶带来汽车出行颠覆性革命	12
3.2 智能驾驶舱实现交通工具向智能出行空间的场景转变	14
3.3 适应智能化变革需求，电子电气架构向集中式演进	15
3.4 以太网通信成为发展方向，智能网联实现车内外智能交互	18
4. 电动化与智能化变革带来汽车电子投资机遇	20
4.1 功率电子成为电动化变革最受益的领域	20
4.2 零部件智能化带动微控制芯片需求稳定增长	23
4.3 自动驾驶感知需求带动传感器技术创新发展	24
4.4 自动驾驶算力需求驱动高性能计算市场快速增长	27
5. 业务建议及风险提示	29

## 图目录

图 1: 主要国家地区乘用车碳排发展规划 .....	1
图 2: 各类型车辆的碳排量对比 (g/km) .....	1
图 3: 动力电池成本持续下降 (美元/千瓦时) .....	2
图 4: 电动汽车渗透率持续提升 .....	2
图 5: 2015-2035 年全球车辆行驶里程预测 (英里) .....	3
图 6: 2015-2035 年全球自动驾驶潜在市场规模 .....	4
图 7: 2015-2035 年自动驾驶车型渗透率及预测 .....	4
图 8: 电动化和智能化对汽车电子的影响趋势 (美元/车) .....	5
图 9: 汽车电子市场规模预测 (\$B) .....	6
图 10: 汽车电子细分领域市场规模 (\$B) .....	6
图 11: 电动化对汽车电子元器件价值的影响 (美元/车) .....	6
图 12: 电动车动力总成系统架构 .....	7
图 13: 电动动力总成细分市场规 模 (\$B) .....	8
图 14: 2018-2024 年逆变器市场规模 (\$B) .....	8
图 15: 电动车逆变器细分市场规 模 (\$M) .....	8
图 16: 直流/直流转换和充电系 统功能架构 .....	9
图 17: 车载充电系统的行业充 电标准 .....	9
图 18: 电池管理系统 (BMS) 对 电子元器件需求大增 .....	10
图 19: 2019-2025 电池管理系 统市场规模 (\$B) .....	11
图 20: 智能化对汽车电子元器 件价值的影响 (美元/车) .....	11
图 21: 汽车自动驾驶分级定义 .....	12
图 22: 主要车企自动驾驶进度 路线图 .....	13
图 23: 自动驾驶系统分层架构 .....	13
图 24: 自动驾驶技术发展趋势 .....	14
图 25: 智能驾驶舱系统功能介 绍 .....	14
图 26: 2018-2022 年智能驾 驶舱市场规模 (\$B) .....	15
图 27: 2020-2025 年智能驾 驶舱硬件渗透率 .....	15
图 28: 传统分布式电子电气架 构无法满足智能化变革需 求 .....	16
图 29: 汽车电子电气架构 (EEA) 演进路线图 .....	17
图 30: 特斯拉 Model 3 电子电 气架构示意图 .....	17
图 31: 汽车以太网成为车载通 信的技术发展方向 .....	18
图 32: 智能网联汽车的三个功 能层次 .....	19
图 33: 2017-2025 年智能网 联市场规模 .....	20
图 34: 2018-2025 年联网新 车渗透率 .....	20
图 35: 功率电子价值量随着 电动化程度逐步提升 (美 元/车) .....	21

图 36: 电动汽车功率电子市场规模 (\$B)	21
图 37: 功率电子市场份额 (2019 年)	21
图 38: 功率电子产品技术发展路径	22
图 39: 各类功率器件应用范围	22
图 40: SiC 细分市场预测 (\$M)	22
图 41: SiC 市场规模预测 (\$M)	22
图 42: 电子控制单元市场规模 (\$B)	23
图 43: 2018-2023 年 MCU 市场规模 (\$B)	24
图 44: 汽车 MCU 芯片市场份额 (2019 年)	24
图 45: 自动驾驶各类传感器应用场景	24
图 46: 自动驾驶传感器性能指标对比	25
图 47: 2020-2030 年自动驾驶传感器发展及市场规模预测 (\$B)	26
图 48: 汽车人工智能芯片技术发展趋势	27
图 49: 2019-2025 年汽车主芯片市场预测	28
图 50: 主流汽车主芯片性能指标对比	29
图 51: 英伟达 Drive AGX 汽车主芯片路线图	29



汽车电子是汽车电子控制系统与车载电子电气系统的总称，是电子信息技术在汽车领域的子行业，具有产业定位高端、市场空间广阔、产品附加值高的特点。全球汽车产业正在进入升级与变革的关键期，在电动化与智能化变革推动下汽车电子进入全新成长周期，成为汽车行业创新发展的核心要素。

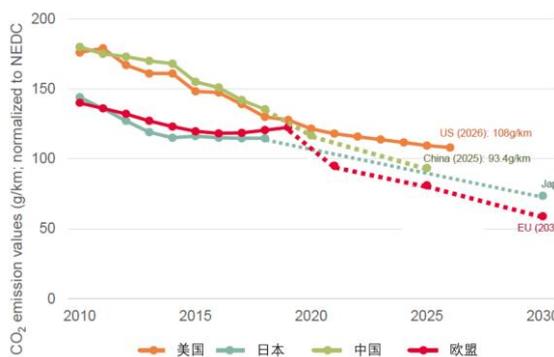
本篇报告围绕汽车产业链的创新发展方向，从电动化和智能化两条主线来分析汽车电子产业链相关机会，最后阐明了银行在汽车电子行业的业务机会。

## 1. 电动化与智能化驱动，汽车电子进入创新成长期

### 1.1 政策与成本驱动，加速全球汽车电动化发展进程

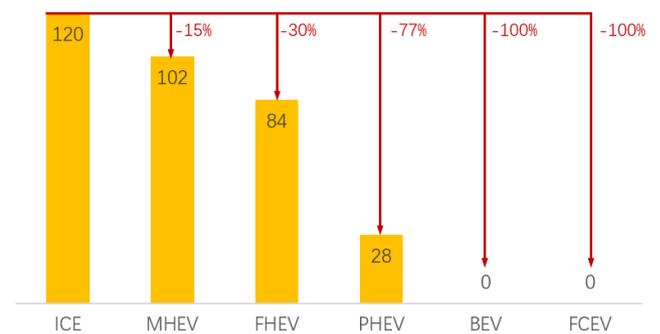
**全球碳中和与碳排政策影响，电动汽车市场加速发展。**2016年，《巴黎协定》签约国承诺制定碳排放减排目标，在2050-2100年实现全球碳中和。2020年，欧盟以立法形式明确到2050年欧洲实现碳中和。同年，习近平总书记表示中国力争于2030年前达到碳排峰值，争取2060年前实现碳中和。围绕碳中和目标，全球主要国家地区在交通领域制定了明确的碳排发展规划，欧洲采取最为严格的汽车碳排政策，以NEDC标准（新欧洲循环测试标准）到2030年乘用车碳排目标达到59 g/km。全球主要国家乘用车碳排政策与欧洲看齐，中国2025年乘用车碳排目标为93.4g/km，美国2026年乘用车碳排目标108g/km，日本2030年乘用车碳排目标73.5g/km。

图 1：主要国家地区乘用车碳排发展规划



资料来源：ICCT、Infineon、招商银行研究院

图 2：各类型车辆的碳排量对比 (g/km)

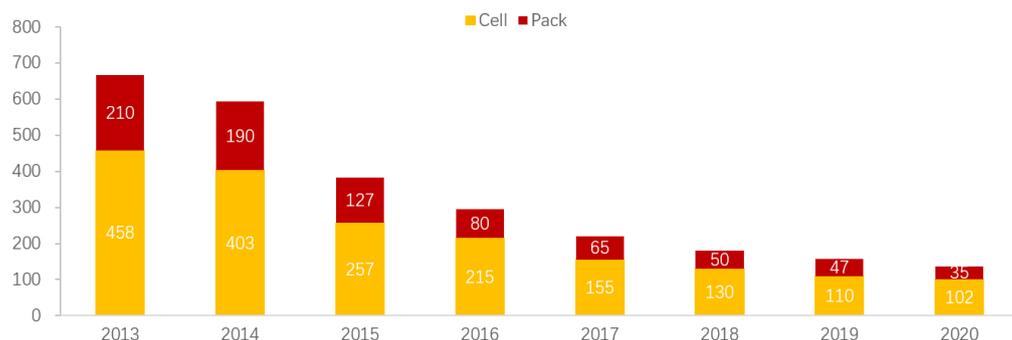


资料来源：Infineon、招商银行研究院

**电动车加速推广有助于碳排目标的最终实现。**各类型汽车车型中，ICE（传统燃油车）碳排量为120g/km，MHEV（轻度混动电动车）碳排量为102g/km，FHEV（全混动电动车）碳排量为84g/km，PHEV（插电混动电动车）碳排量为28g/km，BEV（纯电动汽车）碳排量0g/km，轻混及以上电动车全球加速推广将有助于全球碳中和与碳排目标的实现。

锂电池组成本持续下降，电动汽车发展将从依靠政策推动转换为成本优势推动。锂电池组价格在 2010 年超过 1100 美元/千瓦时，到 2020 年下降到 137 美元/千瓦时，十年时间降幅高达 89%。根据 BloombergNEF 预测，到 2023 年锂电池组价格有望降至 100 美元/千瓦时，届时电动车成本价格与同类别燃油车相同，汽车市场将发生颠覆性变化，锂电成本优势成为推动电动汽车发展的主要因素，电动汽车市场渗透率将加速扩大。

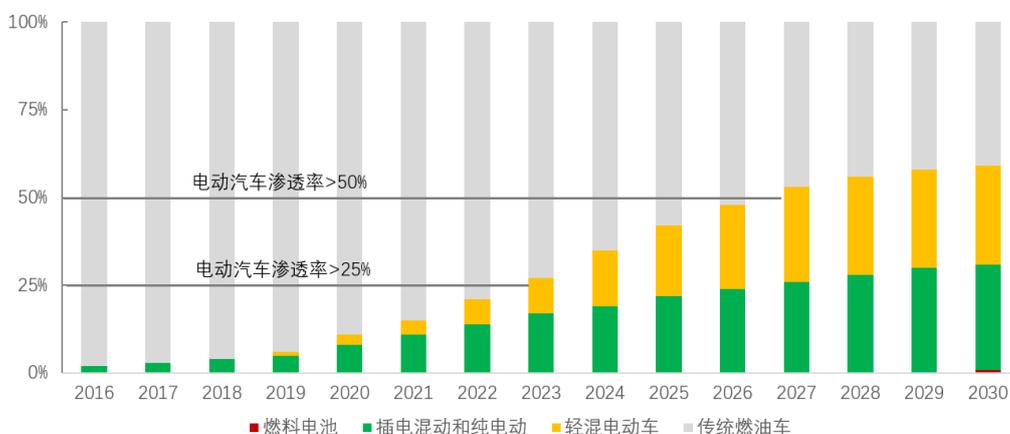
图 3：动力电池成本持续下降（美元/千瓦时）



资料来源：BloombergNEF、招商银行研究院

电动汽车渗透率在 2027 年有望超过 50%。在碳中和碳排政策与电池组成本下降驱动下，电动车渗透率有望快速提升。IHS Markit 预测，到 2023 年轻混及以上电动车渗透率有望超过 25%，到 2027 年轻混及以上电动车渗透率有望超过 50%，MHEV（轻混电动车）和 BEV（纯电动汽车）增速最快，FHEV（全混动电动车）和 PHEV（插电混动电动车）增速略低。部分国家地区积极部署本国乘用车市场渗透率目标，挪威有望在 2025 年实现全面电动化目标。

图 4：电动汽车渗透率持续提升

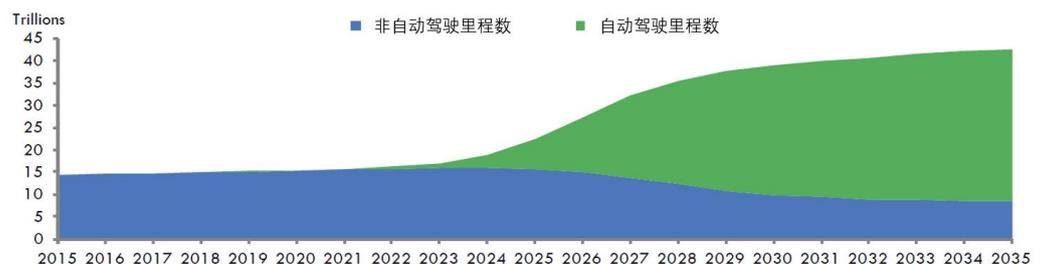


资料来源：IHS Markit、Infineon、招商银行研究院

## 1.2 智能化变革，自动驾驶将改变出行市场格局

**汽车智能化带来出行成本降低，将激活汽车出行市场新需求。**从交通出行发展历史来看，铁路、轮船、汽车、飞机的创新实现了全球经济结构性变化，叫车服务平台（Uber、滴滴）已经在初步改变汽车出行市场，自动驾驶即将对全球出行和经济社会产生深远影响。自动驾驶将汽车利用率提升十倍，可大幅降低点到点出行成本，促使汽车消费行为的根本性转变。对于非驾驶人群众（残疾人、老人、青少年）和低消费人群将有机会获得廉价、便捷的汽车出行服务。根据 ARK 预计，汽车自动驾驶带动出行里程数急剧增长，到 2035 年全球车辆行驶里程将增长 3 倍，达到年出行 45 万亿英里。自动驾驶汽车将规划更好的行车路线，在现有的交通基础设施上实现更高的车辆吞吐量，车辆利用率的提升也有助于降低对停车基础设施的需求，从而带来道路利用率的提升。

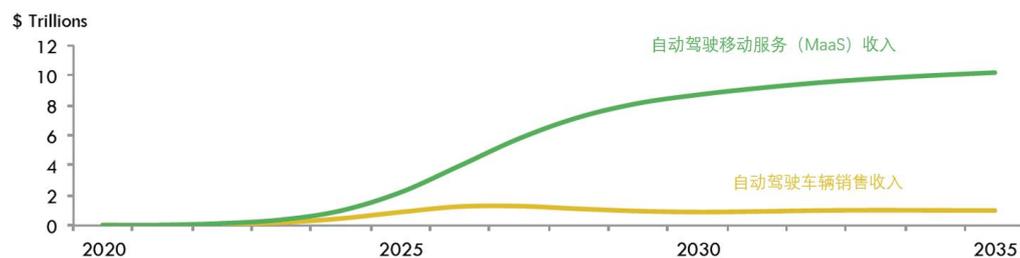
**图 5：2015-2035 年全球车辆行驶里程预测（英里）**



资料来源：ARK、招商银行研究院

**汽车智能化改变出行市场格局，汽车出行服务将占据市场主导权。**参考手机市场的智能化发展历程，智能化降低了硬件在手机产业链的价值量占比，软件及服务占据了手机产业链的重要位置。随着自动驾驶技术的成熟，自动驾驶出租车的使用率远高于私家车的利用率，汽车消费市场从个人拥有汽车转变为叫车服务，从而压低全球未来几十年的汽车销量。自动驾驶技术带来汽车电子和汽车软件价值量大幅提升，自动驾驶移动出行服务（MaaS, Mobility As A Service）市场将高速增长，根据 ARK 预计，到 2030 年自动驾驶汽车销售总额将达到 9000 亿美元，自动驾驶出行服务市场规模将超过 10 万亿美元。

**随着汽车智能化的成熟，智能驾驶舱人机交互场景得到极大的拓展。**乘客在自动驾驶车辆中拥有更多的空闲时间，智能驾驶舱将带来新的服务场景，人机交互的方式将会进一步提升，车空间服务的内容发生根本性的变化，汽车从单一的出行工具转变为智能移动空间，产业链价值从车辆自身价值转变为以用户服务价值为中心，车辆办公、娱乐、生活发生根本性变革。

**图 6：2015-2035 年全球自动驾驶潜在市场规模**


资料来源：ARK、招商银行研究院

**自动驾驶汽车渗透率将持续快速提升。**汽车智能化已成为全球汽车产业发展战略方向，根据 Strategy Analytics 预测，2020 年全球 L2 及以上智能汽车渗透率 7%，到 2025 年达到 73%，L4 在 2030 年规模应用，L5 在 2035 年规模应用。高工智能产业研究院预计中国市场发展更快，到 2025 年 L3 渗透率为 20%，L4 开始进入市场。ARK 认为中国基础设施相对较新，政府推动新技术应用意愿更强，人口集中在城市地区，预计到 2030 年中国将成为自动驾驶服务的最大市场。

**图 7：2015-2035 年自动驾驶车型渗透率及预测**


资料来源：Strategy Analytics、Infineon、招商银行研究院

### 1.3 围绕电动化与智能化，汽车电子进入创新成长期

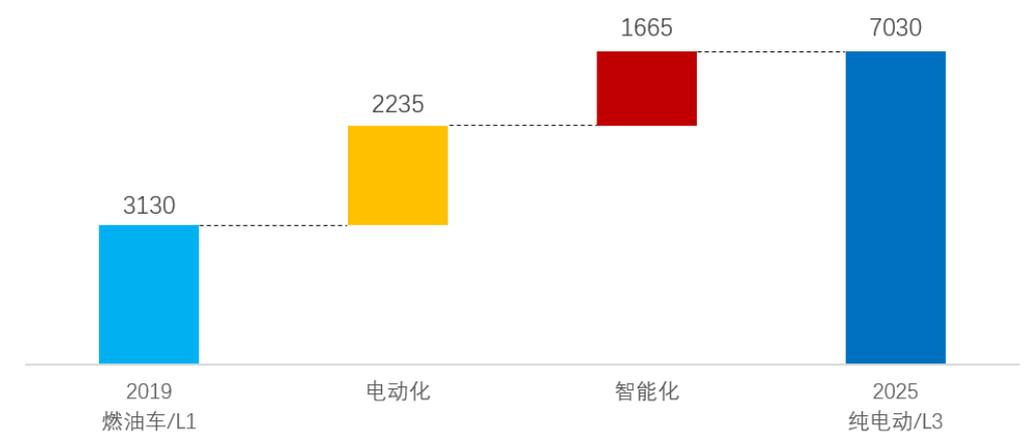
**电动化与智能化成为汽车行业变革的发展方向。**汽车行业百年发展形成了以燃油动力和机械硬件为中心的产业链格局，目前正在经历电动化和智能化变革。电动化与智能化推动汽车产业链重构，成为未来汽车行业发展变革的两条主线。电动化路径推动燃油动力向电力动力转变，车内系统的能源供应全面转换为电力能源。智能化路径对机械硬件进行颠覆性革命，转变为以集中式电子电气架构、智能网联和软件 OTA (Over the Air, 空中下载技术) 的核心架构，形成了以自动驾驶和智能驾驶舱为核心的服务生态网络。电动化已形成成



熟的技术路线和明晰的产业链竞争格局，智能化尚处于行业早期，在自动驾驶和智能驾驶舱具有较大的发展潜力和机遇。

**汽车电子成为电动化与智能化变革的核心要素。**电动化带来汽车动力系统颠覆性变革，传统燃油车发动机所需的电子元器件需求下降，围绕车载动力电池的控制管理，汽车电子成为电池动力系统成功的关键，在电动动力总成和电池管理系统控制方面发挥核心作用。智能化带来汽车出行和车辆升级革命，依靠汽车电子电气架构升级，高性能传感器和高性能计算广泛应用，车辆由人类驾驶逐步进入到自动驾驶时代，数字化升级和智能网联推动驾驶舱智能化，软件 OTA 大幅降低汽车生产维护成本，汽车电子成为智能化时代软件定义汽车的硬件基础。罗兰贝格预测，2019 年-2025 年汽车电子相关的 BOM（物料清单）价值量将从 3130 美元/车提升到 7030 美元/车，其中电动化 BOM 价值量提升 2235 美元/车，智能化 BOM 价值量提升 1665 美元/车。

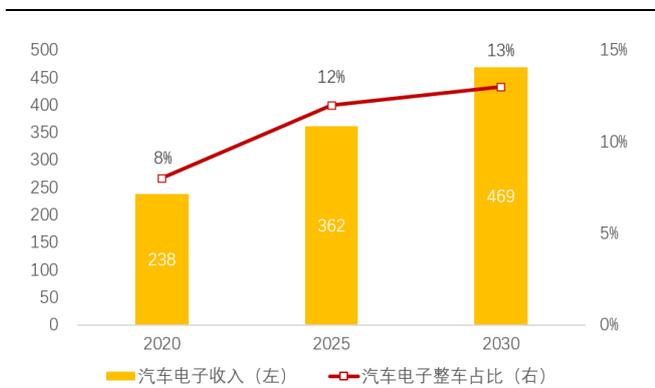
图 8：电动化和智能化对汽车电子的影响趋势（美元/车）



资料来源：罗兰贝格、招商银行研究院

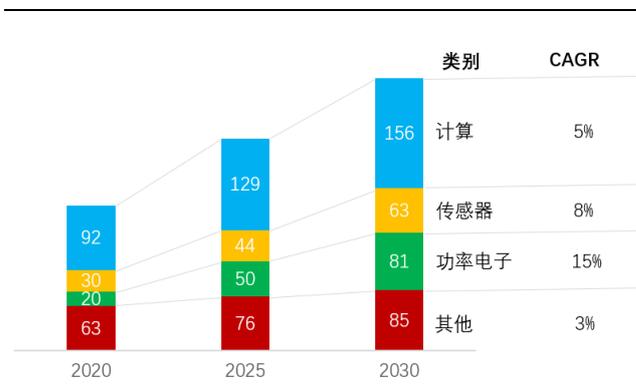
**汽车电子进入创新成长周期，功率电子、高性能传感器、高性能计算成为成长性最好的领域。**电动化智能化变革正在重塑传统汽车产业链格局，汽车电子成为推动变革的核心要素，功率电子、传感器、计算芯片在电动智能车各功能模块广泛使用，汽车电子供应链价值量大幅增长。麦肯锡预计，2020-2030 年汽车电子市场规模从 2380 亿美元增长到 4690 亿美元，复合年均增长 7%，汽车电子在整车价值量占比从 8%提升到 13%。受益于电动化，功率电子成为汽车能源管理的核心元器件，预计到 2030 年汽车功率电子市场规模达 810 亿美元。受益于智能化自动驾驶需求，高性能传感器走向融合型解决方案，预计到 2030 年汽车传感器市场规模达到 630 亿美元。受益于智能化算力需求，计算芯片从低性能向超高性能发展，预计到 2030 年汽车计算芯片市场规模达 1560 亿美元，高性能 AI 计算芯片增速最快。

图 9：汽车电子市场规模预测（\$B）



资料来源：麦肯锡、招商银行研究院

图 10：汽车电子细分领域市场规模（\$B）

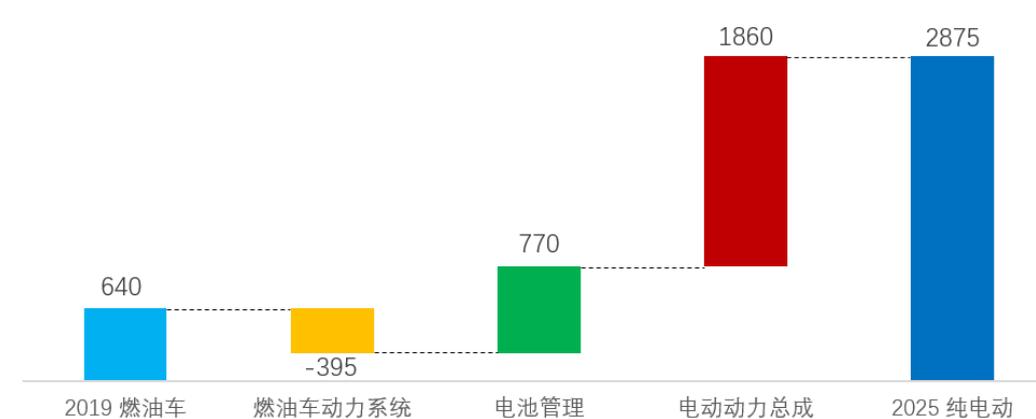


资料来源：麦肯锡、招商银行研究院

## 2. 电动化浪潮，电动动力总成全面崛起

过去十年，全球汽车电动化转型取得了令人瞩目的成就，电池技术的不断创新和电池成本的不断下降带动全球电动汽车渗透率快速提升。电动汽车与燃油车最大的区别在于动力系统，燃油车采用发动机和变速箱提供动力，电动车采用电池、电机和电控系统提供动力。电动化时代，传统燃油动力总成系统被淘汰，全新的电动动力总成系统相关的电子元器件需求大幅增长。罗兰贝格预计，到2025年纯电动车对燃油动力相关的电子元器件需求下降395美元/车，电动动力总成相关的电子元器件需求增长1860美元/车，电池管理相关的电子元器件需求增长770美元/车。

图 11：电动化对汽车电子元器件价值的影响（美元/车）



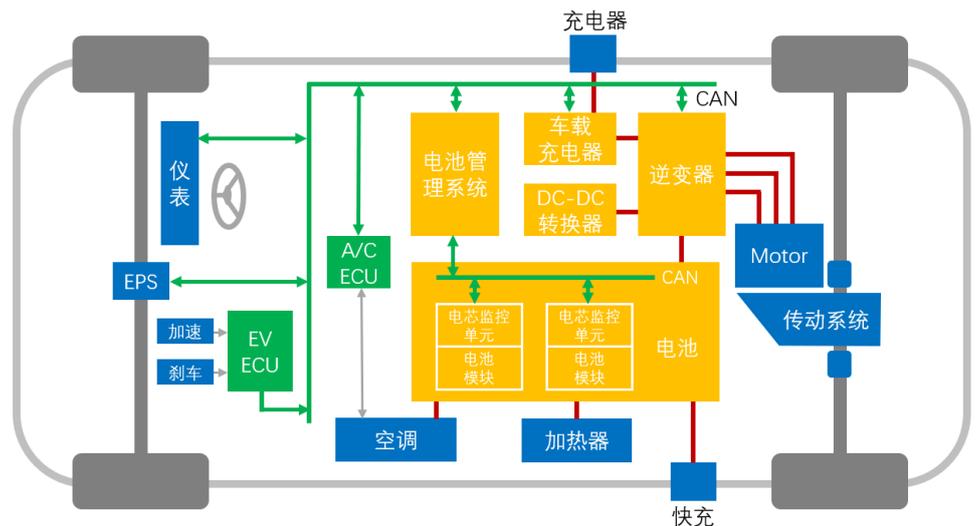
资料来源：罗兰贝格、招商银行研究院



## 2.1 电动动力总成是电动汽车成功的关键

与传统汽车动力总成系统相比，电动动力总成系统发生颠覆性的变化。电动动力总成系统是电动汽车的“心脏”，采用了电池管理系统（BMS）、逆变器（Inverter）、直流/直流转换器（DC-DC Converter）、车载充电器（On-Board Charger）、电动马达（E-Motor）、动力总成控制器等新型的功能部件。电池管理系统是车载电池的“大脑”，负责管理电池的充电放电，监控电池运行状态。逆变器将车载电池的直流电转换为交流电，用以驱动控制电机的运转，功能类似于传统汽车变速箱，为车辆提供完美的动力供给。直流/直流转换器将车载电池的电压进行升压或降压，从而为电动汽车各类系统提供适合的工作电源。车载充电系统将外部电源的交流电转换成直流电压，具有充电率监测和保护功能。

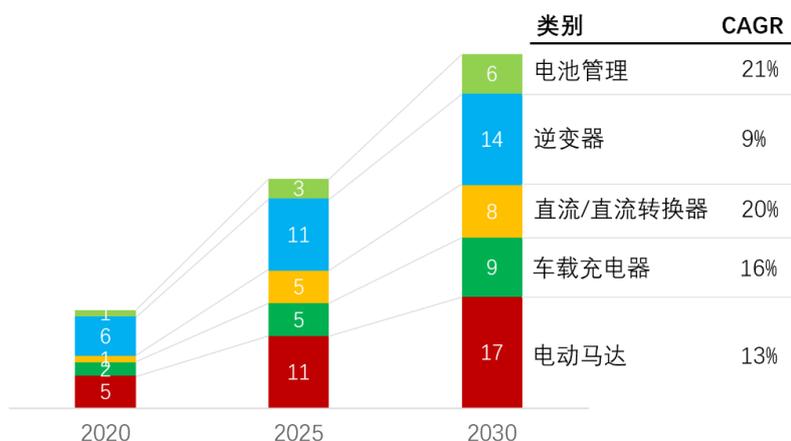
图 12：电动车动力总成系统架构



资料来源：Silicon Labs、招商银行研究院

随着电动汽车渗透率的提升，电动动力总成系统进入快速成长期。从无到有，电池管理系统、逆变器、直流/直流转换器、车载充电器成为成长性最好的细分领域。麦肯锡预计，2020-2030年电动动力总成系统市场规模从200亿美元增长到810亿美元，复合年均增长率15%。其中，电池管理系统市场规模从10亿美元到60亿美元，复合年均增长率21%；逆变器市场规模从60亿美元到140亿美元，复合年均增长率9%；直流/直流转换器市场规模从10亿美元到80亿美元，复合年均增长率20%；车载充电器市场规模从20亿美元到90亿美元，复合年均增长率16%。

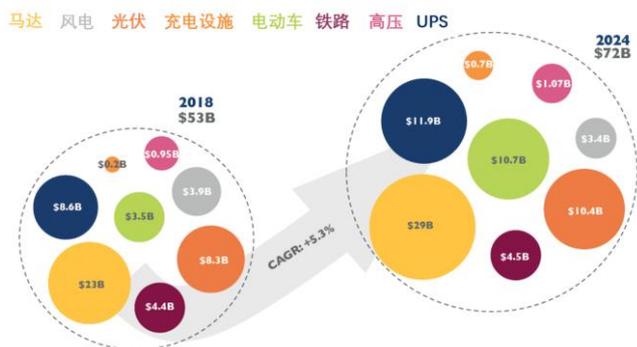
图 13: 电动动力总成细分市场规 模 (\$B)



资料来源: 麦肯锡、招商银行研究院

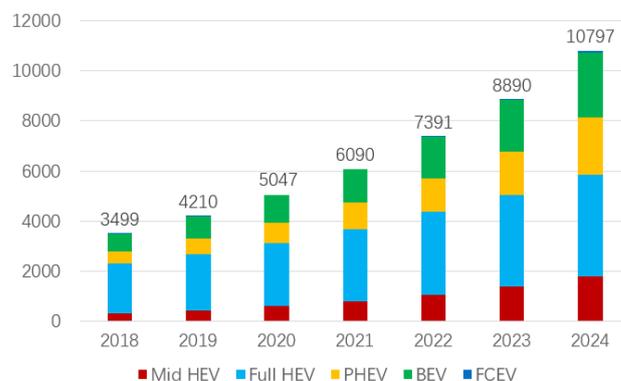
逆变器是电动动力总成的“变速箱”，是动力总成价值量最大的电气组件。逆变器用于直流电到交流电的转换，常用于马达、风电、光伏、电动车、充电设施、铁路等领域。电动汽车逆变器实现智能调节幅值和频率，通过频率控制电动汽车的速度，通过幅值控制电动汽车的动力大小。电动汽车逆变器工作功率在 20-100KW 范围，开关电压在 200-800V 范围，电流在数百安培。逆变器工作功率较高，对高端功率半导体元器件需求较大。根据 Yole 预计，2018-2024 年逆变器市场规模从 530 亿美元增长到 720 亿美元，复合年均增长率 5.3%，车用逆变器增速远高于逆变器行业平均增速。电动汽车逆变器市场的主要参与者包括大陆集团、博世、电装、三菱电机、特斯拉、大众、丰田、东芝、日立等公司，中国公司主要有比亚迪和中国中车。

图 14: 2018-2024 年逆变器市场规模 (\$B)



资料来源: Yole、招商银行研究院

图 15: 电动车逆变器细分市场规 模 (\$M)

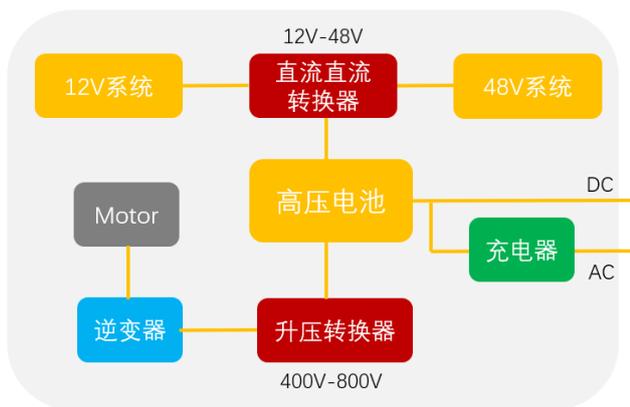


资料来源: Yole、招商银行研究院

直流/直流转换器为各系统提供电压转换，是增速最快的细分领域之一。直流/直流转换器包括降压型 (BUCK)、升压型 (BOOST) 和升降压型 (BUCK-BOOST)。降压转换器是电动车应用最广泛的转换器，将 200-800V 高压直流电源转换成低压直流电源 (48V 或 12V)，为大灯、车内灯、雨刷、车窗电机、

风扇、泵等系统供电。升压转换器主要用于混动汽车和燃料电池汽车的电压升压。升压和降压通常是单向转换，在混动汽车等一些应用中也有双向的升降压转换器，可将电源从12V 低压提升到48V 或更高电压，从而帮助启动备用电源。根据麦肯锡预计，2020-2030 年汽车直流/直流转换器市场从10 亿美元增长到80 亿美元，复合年增长率为20%。直流/直流转换器市场的主要参与者包括TDK、电装、大陆集团、丰田、海拉、博世、德尔福等。

图 16：直流/直流转换和充电系统功能架构



资料来源：Yole、招商银行研究院

图 17：车载充电系统的行业充电标准

行业充电标准			
级别	交流1级	交流2级	直流快速充电
电压	120V	220V或208V	480V直流
电流	15A（最大）	40A（最大）	125A（最大）

资料来源：Silicon Labs、招商银行研究院

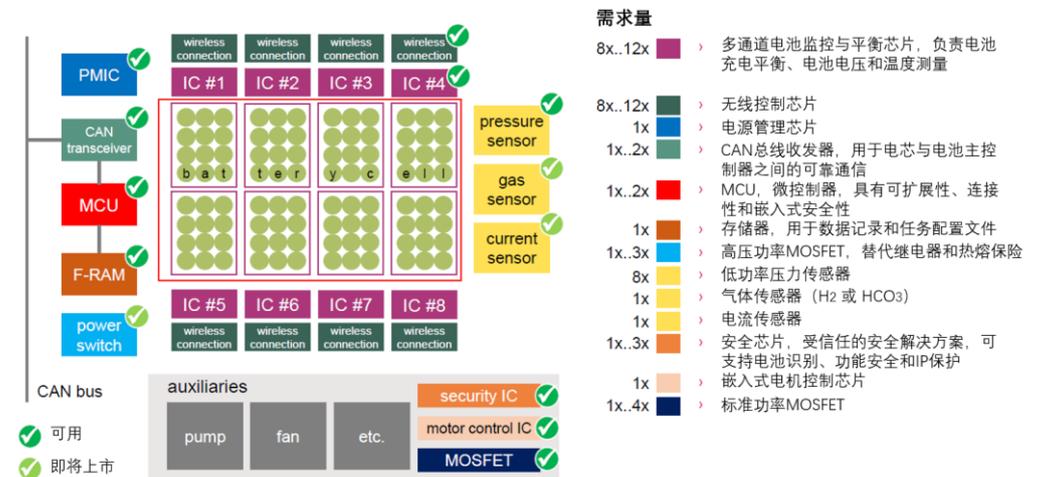
**车载充电器用于交流充电桩的充电转换。**采用交流充电桩充电时，车载充电器用于将外部交流电转换成直流电，采用直流充电桩充电时则无需使用车载充电器。车载充电器依据电池管理系统提供的电池传感数据，动态调节充电电流或电压参数，执行相应的充电动作。车载充电器由电源功率组件和充电控制主板两部分组成：电源功率组件主要作用是接收交流输入电源，通过整流器将交流输入电源转换为高电压直流；充电控制主板主要是对电源进行控制、监测、计算、修正、保护以及网络通信等功能，是车载充电系统的控制大脑。联合市场研究（AMR）预计，2019-2027 年全球电动车载充电器市场从21.5 亿美元增长到108.2 亿美元，复合年增长率为22.4%。车载充电器市场的主要参与者包括比亚迪、特斯拉、英飞凌、松下、德尔福、LG、丰田、意法半导体等。

## 2.2 电池管理系统是电动汽车动力系统的“大脑”

动力电池的性能直接影响电动汽车的性能和成本，电池管理系统（BMS）是动力电池性能提升的重要系统，对电动汽车的替代进程具有重要的影响。电池管理系统直接影响电动汽车的续航里程、充电时长和电池安全这些痛点问题。电池管理系统是电动汽车电控的核心部件，用于动力电池的实时监控和故障诊断，主要功能包括电池控制管理、电池状态实时监测、电池状态分析、电

池安全分析、电池信息管理等，确保电池组安全可靠的运行。电池控制管理包括电池充电、放电和均衡控制管理，使电池组中各个电池都达到均衡一致的状态。电池状态实时监测包括电流、电压和温度检测，通过实时采集动力电池组中电池的端电压和温度、充放电电流及电池包电压，防止电池发生过充电或过放电现象。电池状态分析主要包括电池荷电状态估算、电池健康状态评估，通过估测动力电池组的荷电状态，防止由于过充电或过放电对电池的损伤，从而随时预报混合动力汽车储能电池还剩余多少能量或者储能电池的荷电状态。电池安全分析包括过热、过压、过流动保护。电池信息管理包括电池信息显示、系统内外交互和历史信息存储。

图 18：电池管理系统（BMS）对电子元器件需求大增



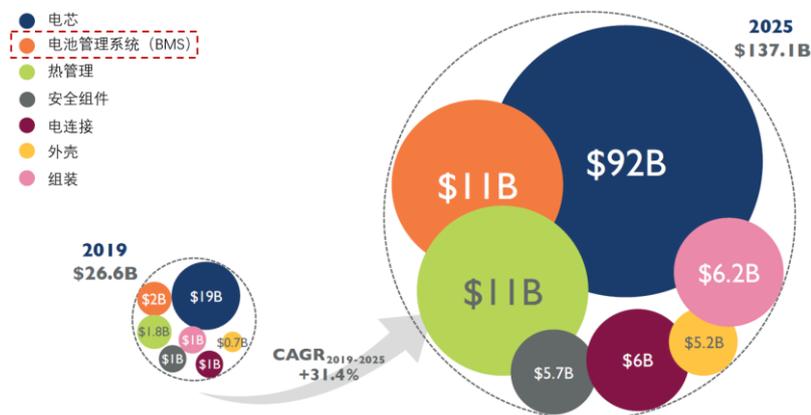
资料来源：Infineon、招商银行研究院

随着电动汽车渗透率提升，电池管理系统市场具有长期增长潜力。电池管理系统通过一系列的传感器、微控制器和功率电子实现对动力电池的控制管理。电池管理系统涵盖多种类型汽车电子芯片，包括多通道电池监控与平衡芯片、无线控制芯片、电源管理芯片、总线收发器、微控制器、存储器、功率MOSFET、压力传感器、气体传感器、电流传感器、安全芯片、电机控制芯片等。根据Infineon测算，48V电池管理系统的芯片BOM价值在30-70美元/车，高电压电池管理系统的芯片BOM价值在50-160美元/车。根据Yole预计，2019-2025年全球电动车电池管理系统市场规模从20亿美元增长到110亿美元，复合年增长率为33%。

电池管理系统市场竞争日益激烈，上下游企业积极进入电池管理系统市场。电池管理系统主要供应商包括英飞凌、恩智浦、德州仪器、意法半导体、瑞萨、均胜电子等。中国电动汽车电池管理系统集成商主要有三类：1、动力电池企业，国内动力电池企业大多是“BMS+PACK”模式，掌握了电芯到电池包的整套核心技术，具有较强的竞争实力，代表企业有宁德时代、比亚迪；2、

整车企业，整车企业一般通过兼并购、战略合作等方面进入电池管理系统，比如比亚迪、长安汽车、北汽新能源等；3、专业第三方电池管理系统集成企业，目前这类企业参与者众多，但技术相差较大，比如上海捷能、电装电子、均胜电子等。

**图 19：2019-2025 电池管理系统市场规模 (\$B)**

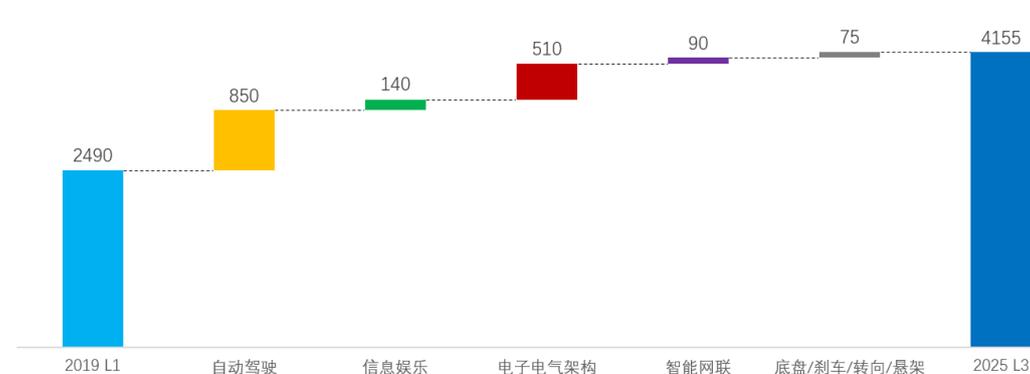


资料来源：Yole、招商银行研究院

### 3. 智能化创新，自动驾驶与智能驾驶舱迎来机遇

智能化带来汽车出行颠覆性革命，汽车驾驶由辅助驾驶逐步进入到自动驾驶时代，驾驶舱智能化实现交通工具场景向智能出行场景的转变，出行服务将占据汽车市场主导权。汽车智能化创新需要依托于电子电气架构革命和智能网联升级，电子电气架构从分布式、域集中式向车云集中式演进，智能网联实现车辆内部交互、人车交互、车云交互方式的转变。罗兰贝格预计，到 2025 年自动驾驶相关的电子元器件增长 850 美元/车，信息娱乐相关的电子元器件增长 140 美元/车，新型电子电气架构相关的电子元器件增长 510 美元/车，智能网联相关的电子元器件增长 90 美元/车。

**图 20：智能化对汽车电子元器件价值的影响 (美元/车)**



资料来源：罗兰贝格、招商银行研究院



### 3.1 自动驾驶带来汽车出行颠覆性革命

自动驾驶汽车是一种通过电脑系统实现无人驾驶的智能汽车。自动驾驶依靠人工智能、视觉计算、雷达、监控装置和全球定位系统协同合作，让电脑可以在没有任何人类主动的操作下，自动安全地操作机动车辆。国际汽车工程师学会（SAE International）是当今汽车行业的顶级标准制定组织，全球公认的自动驾驶分级标准由 SAE 制定。按照 SAE 的分级，自动驾驶技术分为 L0-L5 共六个等级，L0 代表没有自动驾驶加入的传统人类驾驶，L1-L2 需要人类驾驶员监控驾驶环境，L3-L5 是真正意义的自动驾驶系统监控驾驶环境。其中，L1 级别由驾驶员驾驶车辆，出现了自适应巡航等辅助驾驶功能，驾驶员手不得离开方向盘，眼不得离开周围路况。L2 级别由驾驶员驾驶车辆，系统可短暂接管一些驾驶，驾驶员眼和手可短暂获得休息，但是仍需随时接管驾驶任务。L0-L2 可以认为是高级辅助驾驶（ADAS），L3 可以认为是完全自动驾驶（AD）的开端，系统完成全部的驾驶操作，驾驶员可以将手离开方向盘，脚离开踏板，但是仍要随时接管驾驶。L4 级别是真正意义上的自动驾驶，不需要驾驶员随时接管和干预。L5 级别是自动驾驶的终极目标。

图 21：汽车自动驾驶分级定义

分级	名称	定义	驾驶操作	环境监控	接管	驾驶模式
人类驾驶员监控驾驶环境						
L0	人类驾驶	驾驶员全权负责汽车驾驶	驾驶员	驾驶员	驾驶员	-
L1	辅助驾驶	辅助驾驶系统执行转向或加速/减速的某项操作，驾驶员负责其余的驾驶动作	驾驶员/系统	驾驶员	驾驶员	限定场景
L2	部分自动驾驶	辅助驾驶系统执行转向和加速/减速的多项操作，驾驶员负责其余的驾驶动作	系统	驾驶员	驾驶员	限定场景
自动驾驶系统监控驾驶环境						
L3	条件自动驾驶	车辆完成绝大部分驾驶操作，人类驾驶员需保持注意力集中以备不时之需	系统	系统	驾驶员	限定场景
L4	高度自动驾驶	由车辆完成所有驾驶操作，人类驾驶员无需保持注意力，但限定道路和环境条件	系统	系统	系统	限定场景
L5	完全自动驾驶	由车辆完成所有驾驶操作，人类驾驶员无需保持注意力	系统	系统	系统	所有场景

资料来源：SAE International、招商银行研究院

全球主流车企均在加快整车自动驾驶的普及速度。辅助驾驶是自动驾驶的初级阶段，按照 SAE 标准处于 L1/L2 水平，目前销售的商用车主要是 L1/L2 低级自动驾驶。进入到 2020 年以来，自动驾驶进程加快，全球主要车企陆续推出支持 L3 级别的产品，并推出各自 L4 级别技术路线图，以特斯拉为代表的自动驾驶领先者率先进入到 L4 级别，小鹏是国内领先的自动驾驶车企。随着 L4/L5 自动驾驶的普及，汽车的实用性和经济性方面发生了突破性的变化，汽车销售和服务市场发生根本性变化。随着自动驾驶汽车的共享程度提升，出租车变得更便宜、更便捷，租车服务市场快速扩张，汽车销售市场规模下降，自动驾驶出租车网络进一步扩大覆盖范围到人口密度较低的地区。

图 22：主要车企自动驾驶进度路线图

企业	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
特斯拉		L2		L3	L4				
宝马			L2		L3			L4	
奔驰		L2		L3				L4	
沃尔沃			L2		L4				
大众		L2			L4				
通用		L2		L4					
福特		L2			L4				
丰田		L2		L4					
本田		L2		L3					
日产			L2		L3				
现代起亚			L2		L4				
上汽			L2		L3	L4			
一汽		L2		L3	L4				L5
长安		L2		L3		L4			
东风		L2		L3					L4
北汽		L2		L3	L4				
广汽		L2	L3					L4	
吉利		L2		L3				L4	
长城		L2		L3		L4			
奇瑞		L2		L3					
蔚来			L2		L3				
威马			L2		L3				
小鹏		L2		L3					

资料来源：盖世汽车、招商银行研究院

自动驾驶基于感知层、决策层、执行层三大系统构建。感知层负责采集车辆信息和驾驶环境信息，感知层传感器包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达、GNSS 芯片等。决策层负责对各类车辆传感器数据进行分析，结合导航仪地图数据，利用相关算法进行计算并决策，决策层主要包括自动驾驶算法和硬件算力，其中算法是实现自动驾驶技术演进的关键。目前，主流车企自动驾驶核心算法路线不同，有基于视觉的图形识别技术路线（特斯拉），也有基于激光雷达技术路线，自动驾驶硬件以高性能算力芯片为未来发展方向。执行层主要负责将决策结果落实到驱动、转向、制动等硬件的操作。

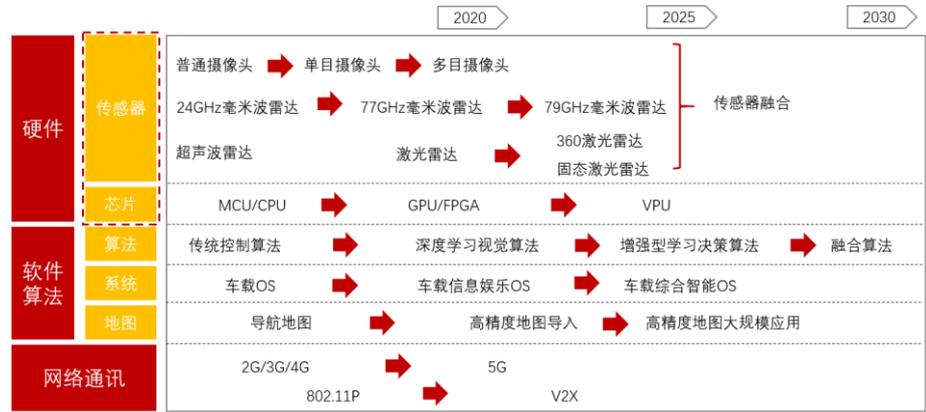
图 23：自动驾驶系统分层架构



资料来源：盖世汽车、招商银行研究院

传感器融合、超强算力、算法融合成为自动驾驶技术发展的方向。未来具有自动驾驶功能的智能汽车主要遵循硬件优先发展，软件算法逐步升级的方式，结合智能网联最终实现车辆的无人驾驶。传感器应用以早期的摄像头、激光雷达的性能提升和数量增长向传感器融合方向发展；自动驾驶芯片由 GPU/FPGA 向 VPU 等更高性能算力发展；自动驾驶算法由深度学习视觉算法、增强型学习决策算法到算法融合发展。自动驾驶技术最终向着传感器、算力、算法的多融合方向发展。

图 24：自动驾驶技术发展趋势



资料来源：盖世汽车、招商银行研究院

### 3.2 智能驾驶舱实现交通工具向智能出行空间的场景转变

在集中式电子电气架构和智能网联平台上，智能驾驶舱可更加便捷的尝试构建各种出行场景服务。驾驶舱由简单的控制信息娱乐系统向数字智能驾驶舱演进，在集中式电子电气架构和智能网联平台之上，融合了车载信息娱乐系统、驾驶信息显示系统、多屏互动显示终端、车身信息与控制等系统，打造以人为中心的智能出行空间，提供智能、高效、安全的驾驶体验。智能驾驶舱仍处于早期阶段，通过整合座舱电子功能，以用户极致交互体验为中心，实现更好更快地响应各种车空间服务需求。

图 25：智能驾驶舱系统功能介绍



资料来源：Panasonic、招商银行研究院

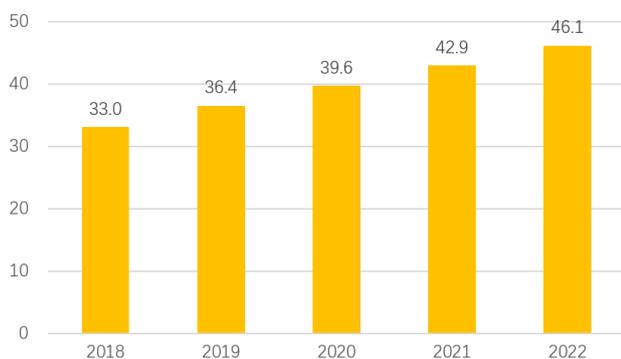
智能驾驶舱提供显示、交互、空间等极致体验。在数字化显示方面，智能驾驶舱将车辆状态、行驶状态、路况环境等重要行车信息以更直观的方式呈现



给驾驶员和成员。在人车交互方面，支持磁触感旋钮、手势识别、主被动力反馈、手写输入和声音控制等多模式的人车交互方式，既能丰富驾乘体验，又能保障行车安全，交互变得更智能便捷。在智能空间方面，采用驾驶方向盘智能伸缩，提供更大的休息和娱乐空间。在车载娱乐方面，结合车联网和移动互联网云端应用，提供多元化工作办公、娱乐休闲、网络购物等功能。

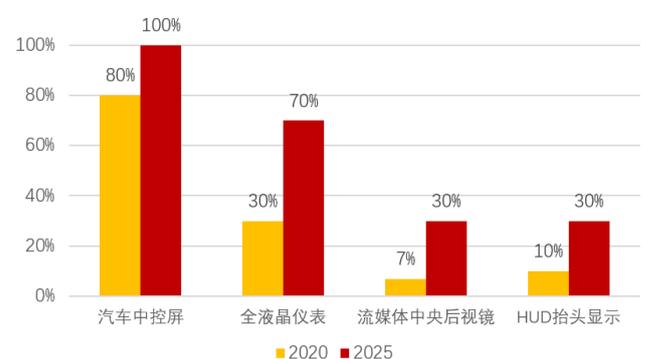
**智能驾驶舱从覆盖高端车型转向所有车型标配。**智能驾驶舱尚无统一行业标准，技术架构和应用场景呈多样化和差异化发展，仍处于早期发展状态。目前智能驾驶舱主要覆盖高端车型，随着汽车数字化程度的提高，智能驾驶舱渗透率将不断提高，未来将成为所有汽车的标配解决方案。根据 ICVTank 预测，2019-2022 年全球智能驾驶舱市场规模从 364 亿美元增长到 461 亿美元，年均复合增长率 8%。预计到 2025 年，汽车中控屏、全液晶仪表、流媒体中央后视镜、HUD 抬头显示的渗透率将分别达到 100%、70%、30%和 30%。智能驾驶舱上游芯片供应商主要包括英飞凌、恩智浦、瑞萨等，中游供应商主要包括大陆、博世、伟世通、松下、三星等，国内主要供应商包括均胜电子、德赛西威。

图 26：2018-2022 年智能驾驶舱市场规模（\$B）



资料来源：ICVTank、招商银行研究院

图 27：2020-2025 年智能驾驶舱硬件渗透率



资料来源：ICVTank、招商银行研究院

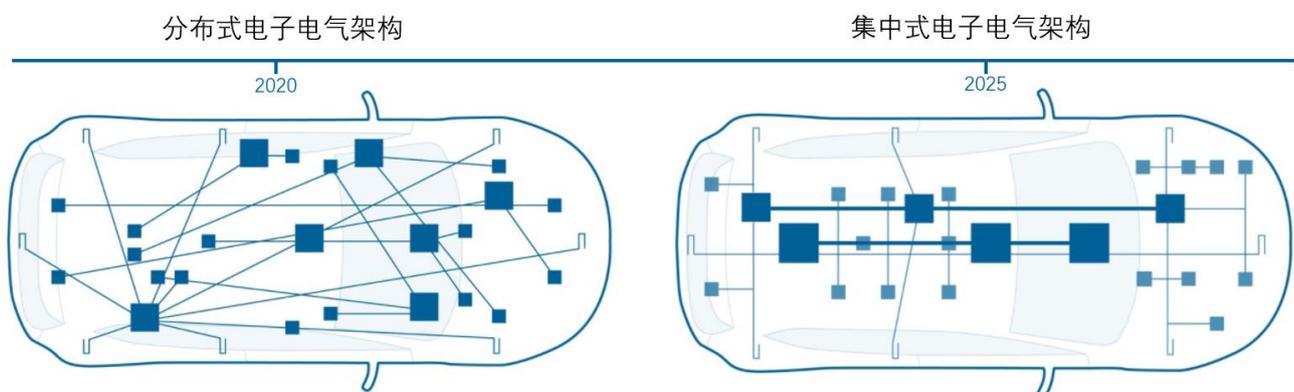
### 3.3 适应智能化变革需求，电子电气架构向集中式演进

**电子电气架构是汽车电子电气系统的顶层设计。**随着汽车电子电气系统变得越来越复杂，电子电气成本越来越高，电子电气架构（EEA, Electronic & Electrical Architecture）概念应运而生，取代传统的原始线束设计，采用基于平台化规划，将硬件设备和软件系统有机的集成一体化，对动力系统、信息娱乐、底盘车身等功能进行系统设计并不断优化，得到最优的电子电气解决方案。自从德尔福首次提出电子电气架构概念以来，汽车电子电气架构发展突飞猛进得到广泛应用。

**传统电子电气架构已无法满足汽车智能化变革的需要。**传统电子电气架构采用分布式控制策略，可以最大程度地利用已有的软硬件资源和成熟的技术方

案，从而有效地降低研发成本，缩短开发周期。随着智能化快速发展，新功能需求激增，基于线束设计的传统分布式电子电气架构无法满足智能化的需求：1) 新增功能带来车身重量与成本快速上升。智能化需要添加新功能时，需要添加对应的电子控制单元和线束布线，新功能的不断增加带来车身重量、空间和功耗开销快速增加；2) 算力分散和冗余不足。智能化增加的各功能模块均需配备算力资源，传统分布式架构带来算力分散和投入成本上升，而不同模块算力又无法冗余备份。3) 维护成本高，无法实现 OTA。传统分布式架构下功能模块繁多分散，难以满足 OTA 硬软件解耦要求，车辆故障排查难度高，维修召回成本巨大。

图 28：传统分布式电子电气架无法满足智能化变革需求



资料来源：BOSCH、招商银行研究院

新一代电子电气架构构建底层硬件集中式平台，以实现软件 OTA 和智能化应用为目标。智能化变革对电子电气架构提出重大挑战，三电系统增加了电子电气架构的复杂程度，自动驾驶需要采集和处理大量的传感器数据，软件 OTA 需要实现数字化和智能网联。特斯拉、大众、奥迪、比亚迪等公司均提出新一代向集中式发展的电子电气架构，实现更大区域的底层硬件功能整合，以构建整车计算平台和通信架构。2017 年，博世提出了三个阶段六个步骤的电子电气架构演进路线图：

阶段一、分布式电子电气架构。在模块化阶段，每个功能采用独立的电子控制单元（ECU）；在集成化阶段，将多个功能集成到同一个电子控制单元。

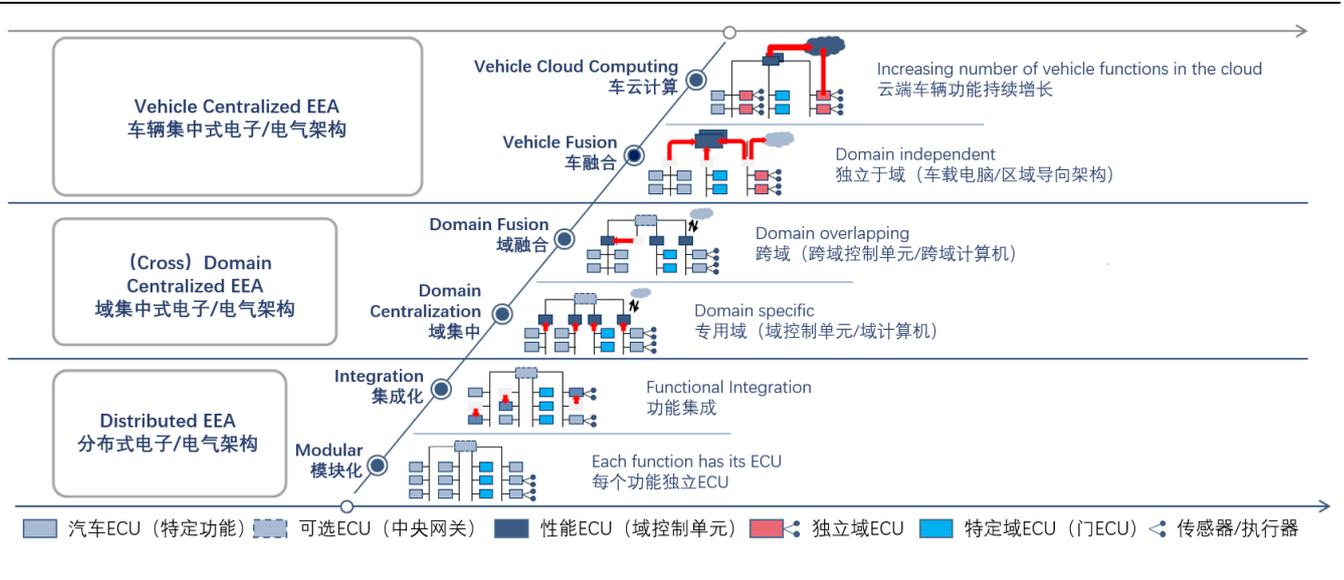
阶段二、域集中式电子电气架构。在域集中阶段，域内多个功能采用同一个域控制单元（DCU）；在域融合阶段，采用跨域控制器控制不同域的功能。

阶段三、车辆集中式电子电气架构。在车融合阶段，采用车载电脑集中控制功能；在车云计算阶段，采用云端运行车辆功能模式。



从时间轴看，目前大部分车企仍处于第一阶段分布式架构，2022 年开始第二阶段域集中式架构将逐步成为主流选择，预计到 2025 年第三阶段车辆集中式架构成为主流选择。

图 29：汽车电子电气架构（EEA）演进路线图



资料来源：BOSCH、招商银行研究院

根据电子电气架构的进展，将车企分为三个梯队。第一梯队以特斯拉为代表，最接近终极架构，采用了区域集中理念，将整车控制根据区域分为三大板块，中央计算模块（CCM）、左车身控制模块（BCM LH）和右车身控制模块（BCM RH）。该架构将自动驾驶及智能座舱功能合并管理，由 CCM 模块进行三大板块的最终决策，而且该方案采用位置就近原则统一管理线束，能够大幅降低成本并提升安全性。

图 30：特斯拉 Model 13 电子电气架构示意图



资料来源：麦肯锡、招商银行研究院

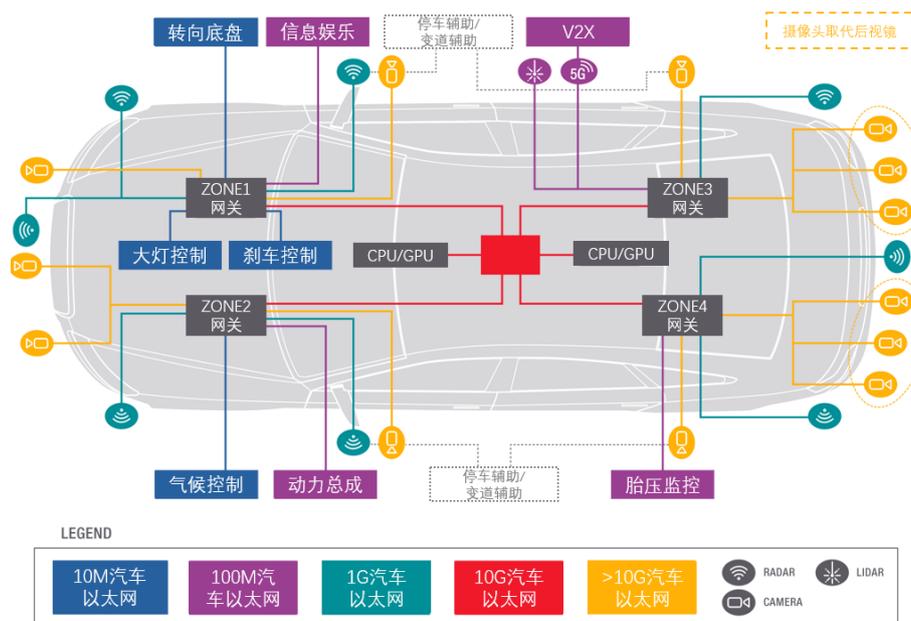
第二梯队是以大众为代表，采用跨域集中式的 MEB 架构，整体处于功能域阶段。其中大众 ID.3 是 MEB 平台第一款产品，将整车控制划分为车身控制域（ICAS1）、智能驾驶域（ICAS2）和智能座舱域（ICAS3），将算力需求较低的动力、底盘、车身合并为车身控制域，单独管理自动驾驶及智能座舱功能。该梯队其他车企采用集成度更低的架构，划分方法分为自动驾驶域、动力域、底盘域、座舱域和车身域，新架构车型将在 2021 年实现量产。

第三梯队由大部分传统车企组成，初步实现部分电子电气功能的集成，但整体仍处于分布式架构阶段。随着汽车行业智能化变革驱动，该梯队企业的电子电气架构升级已经势不可挡。

### 3.4 以太网通信成为发展方向，智能网联实现车内外智能交互

智能化需求推动车载通信网络变革，以太网将成为汽车通信发展方向。车载通信网络负责车载电脑、传感器、控制器、执行器之间的数据通信，智能化对车载通信网络的速率、时延、成本、扩展性等提出了更高的要求，传统车载通信技术方案 CAN（Controller area network，控制器局域网）、LIN（Local internet network，局域互联网）、MOST（Media oriented systems transport，多媒体定向系统传输）等难以应对数字化转型的新需求，以自动驾驶传感器为例，传感器数据量对带宽的需求达到 10Gbps 以上。汽车以太网具有高带宽、成本低、软硬件解耦、互联网协议兼容的优势，可以支持智能化通信日益增长的需求，更好地支持新型电子电气架构的持续演进。

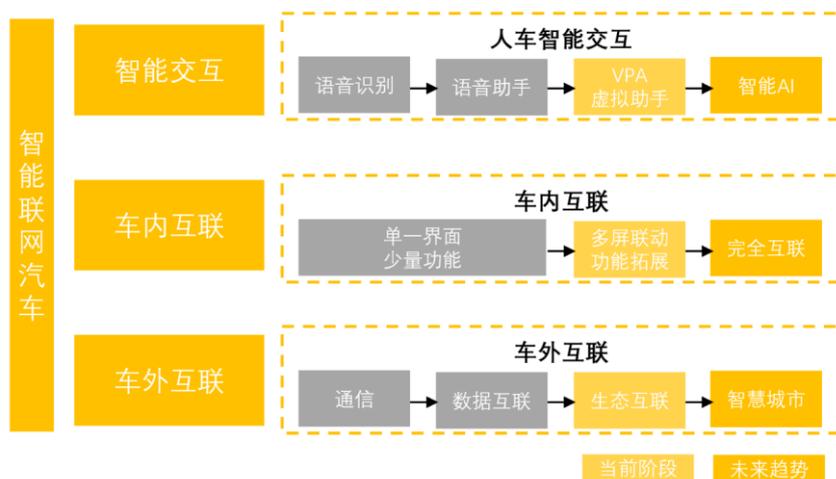
图 31：汽车以太网成为车载通信的技术发展方向



资料来源：Keysight、招商银行研究院

基于车载以太网和车联网技术，智能网联实现车内外智能交互。智能网联通过车载以太网与车联网有机结合，融合现代通信网络技术，实现人车智能交互、车内机器智能互联、车外智慧城市信息互联。人车智能交互从传统手工操控向 3D 感知和智能 AI 语音交互，车辆与用户交互从被动反馈模式逐步转变为主动交流模式。车内互联通过以太网技术实现传感器数据共享，用户界面从单一界面功能到多屏联动，实现功能互联互动。车外互联采用 V2X 技术，实现车辆与智慧城市信息互联，将智慧城市商业服务集成到车空间，实现安全高效的出行服务。

图 32：智能网联汽车的三个功能层次



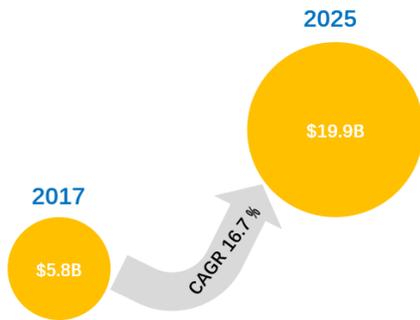
资料来源：IHS Markit、招商银行研究院

智能网联市场具有长期增长潜力。随着汽车智能化的快速发展，智能网联成为未来汽车必备的基础功能，智能网联汽车渗透率将不断提升，具有广阔的市场发展空间。根据 MarketsandMarkets 预计，2017-2025 年全球智能网联市场规模从 58 亿美元增长到 199 亿美元，复合年增长率为 16.7%。智能网联市场参与者主要有 Bosch、Toshiba、TI、NXP、Renesas 等，中国企业包括华为、均胜电子等。

新一代通信技术的发展对智能网联起到推动作用。得益于完善的通信基础设施，2019 年中国车载网络已全部升级到 4G 网络，而全球其他发达市场仍然有一定比例使用 3G 网络。目前中国加速了 5G 网络建设和 5G 应用推广速度，中国市场成为第一个将 5G 应用于智能网联的地区。根据 IHS Markit 预计，2020-2025 年全球市场搭载智能网联功能新车的渗透率从 45% 增长到 60%，预计到 2025 年中国智能网联新车接近 2000 万辆，市场渗透率超过 75%，高于全球市场的渗透率水平。

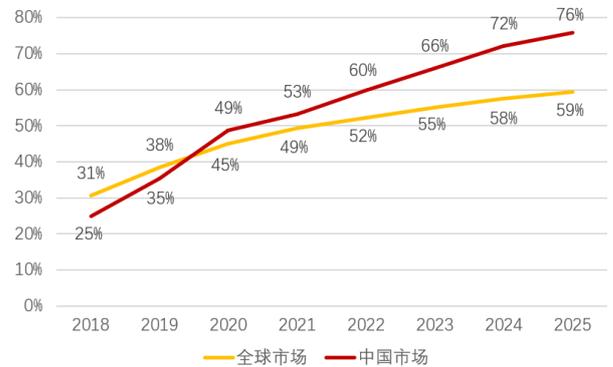


图 33：2017-2025 年智能网联市场规模



资料来源：MarketsandMarkets、招商银行研究院

图 34：2018-2025 年联网新车渗透率



资料来源：IHS Markit、招商银行研究院

## 4. 电动化与智能化变革带来汽车电子投资机遇

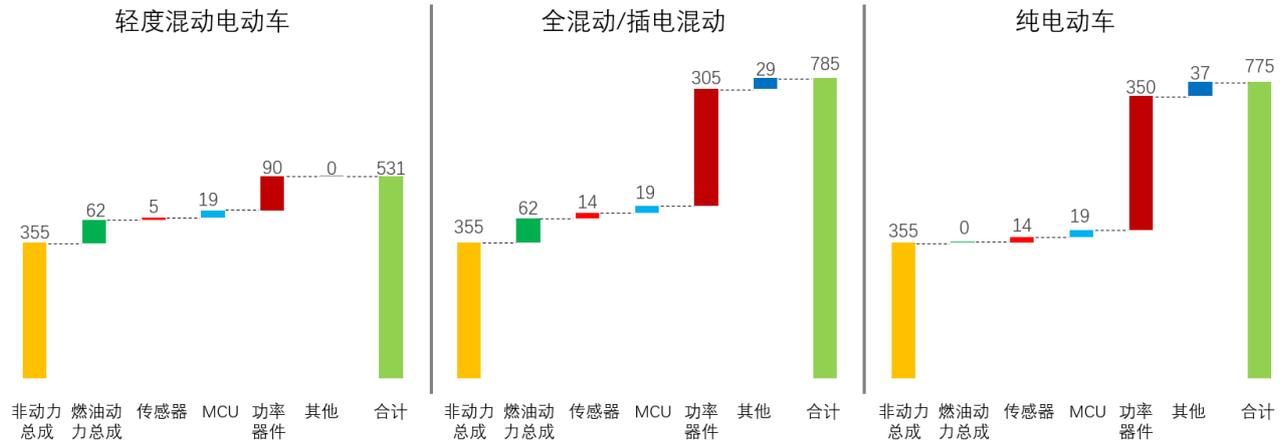
电动化智能化变革重塑传统汽车产业链，汽车电子成为推动变革成功的核心要素。电动化带来整车动力系统颠覆性革命，功率电子成为增速最高的细分市场，高功率器件需求带动第三代半导体快速增长。智能化带来汽车电子电气架构革命，零部件智能化带动微控制芯片需求快速增长，自动驾驶相关的传感器和高性能计算芯片迎来创新发展机遇。

### 4.1 功率电子成为电动化变革最受益的领域

功率电子在电动汽车中发挥着极其重要的作用。动力总成系统包括电池管理系统、逆变器、直流/直流转换器、车载充电器等功能组件，这些功能组件都是由三类电子元器件构成：微控制器、功率电子和传感器。微控制器是动力总成控制核心，传感器用于动力系统状态监控，功率电子是动力总成系统中电能转化和电路控制执行的核心。功率电子实现电压、电流和频率的转换，在满足电动车苛刻的功率密度要求方面中起着至关重要的作用。

随着电动化进程加速，功率电子的需求大幅增长。功率电子是电动汽车和传统燃油车动力系统差异的核心元器件，随着电动化渗透率的提升，功率电子需求急剧增长。从各类型电子元器件 BOM 价值量变化来看，功率电子增长最快，价值量远超微控制器和传感器。电动化程度越高的电动汽车对功率电子的需求越大，根据 IHS Markit 统计，2019 年轻度混动的功率器件价值量 90 美元/车，全混动/插电混动的功率器件价值量 305 美元/车，纯电动车的功率器件价值量 350 美元/车。

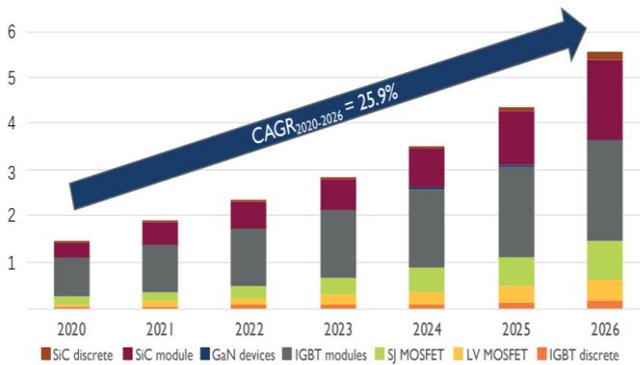
图 35：功率电子价值量随着电动化程度逐步提升（美元/车）



资料来源：IHS Markit、Strategy Analytics、Infineon、招商银行研究院

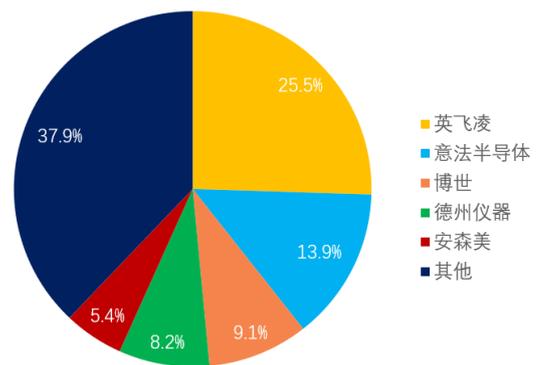
电动汽车成为功率电子增长的主要市场。功率电子在工业、消费电子、计算机、网络通信、汽车等领域广泛使用，Yole 预计 2019-2025 年功率电子市场规模从 175 亿美元增长到 225 亿美元，复合年增长率为 4.3%。随着汽车市场电动化加速，电动车功率电子的需求量和价值量都大幅提升。根据 Yole 预计，2020-2026 年电动车功率电子市场规模从 14 亿美元增长到 56 亿美元，复合年增长率为 25.7%。电动车功率电子的主要供应商包括英飞凌、意法半导体、日立、三菱电机、安森美半导体等。

图 36：电动汽车功率电子市场规模（\$B）



资料来源：Yole、招商银行研究院

图 37：功率电子市场份额（2019 年）



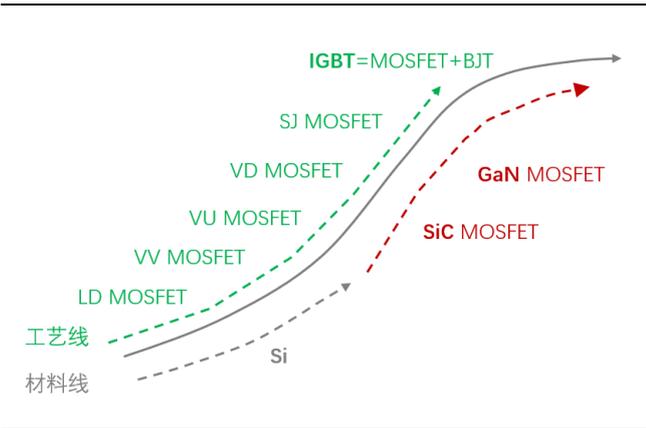
资料来源：Yole、招商银行研究院

工艺结构和材料创新两条路径推动功率电子性能不断提升。从工艺结构上看，MOSFET 由平面型、沟槽型到超级结，从 LD MOSFET、VV MOSFET、VU MOSFET、VD MOSFET、SJ MOSFET 最终发展到 IGBT (MOSFET+BJT)，工艺结构的持续提升实现了产品性能的不断突破。随着工艺创新接近极限，亟需半导体材料的突破来进一步提升产品性能，以碳化硅 (SiC)、氮化镓 (GaN) 为代表



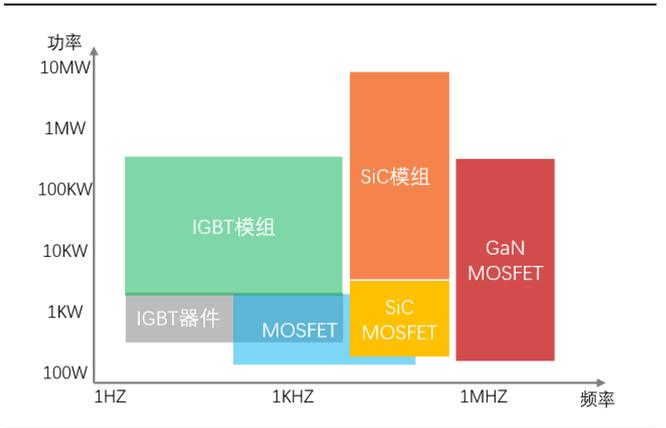
的第三代半导体材料，禁带宽度是硅（Si）的 2.9 倍，击穿电场是硅的 12 倍，热导率是硅的 3.3 倍，工作结温是硅的 1.3 倍，具有高结温、高耐压和高频率等性能优势，成为未来功率电子的发展方向。IGBT 和 SiC 将是汽车功率电子市场未来最主要的细分领域，IGBT 具有较强成本优势，SiC 在高电压领域具有较强性能优势。

图 38：功率电子产品技术发展路径



资料来源：招商银行研究院

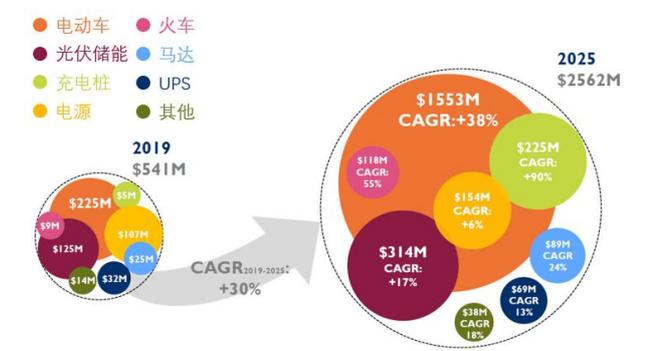
图 39：各类功率器件应用范围



资料来源：Yole、Infineon、招商银行研究院

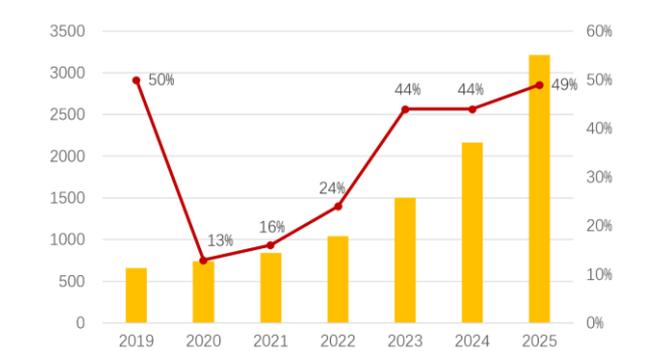
高功率器件需求将带动 SiC 功率器件快速增长。从车电动汽车系统来说，应用 SiC 产品可以更有效的提升系统效率、提高功率密度和降低系统成本。在相同功率或电流能力时，SiC 的芯片面积更小、损耗更低以及开关速度更快。现阶段 SiC 存在成本较高的问题，随着未来高功率需求的大规模应用，成本将会不断下降。根据 Yole 预计，2019-2025 年 SiC 市场规模从 5.4 亿美元增长到 25.6 亿美元，复合年增长率为 30%。其中，电动车 SiC 市场规模从 2.2 亿美元增长到 15.5 亿美元，复合年增长率为 38%。SiC 的主要供应商包括英飞凌、科瑞（Cree）、IIVI、意法半导体等，中国主要供应商包括天科合达、山东天岳。

图 40：SiC 细分市场预测（\$M）



资料来源：Yole、招商银行研究院

图 41：SiC 市场规模预测（\$M）

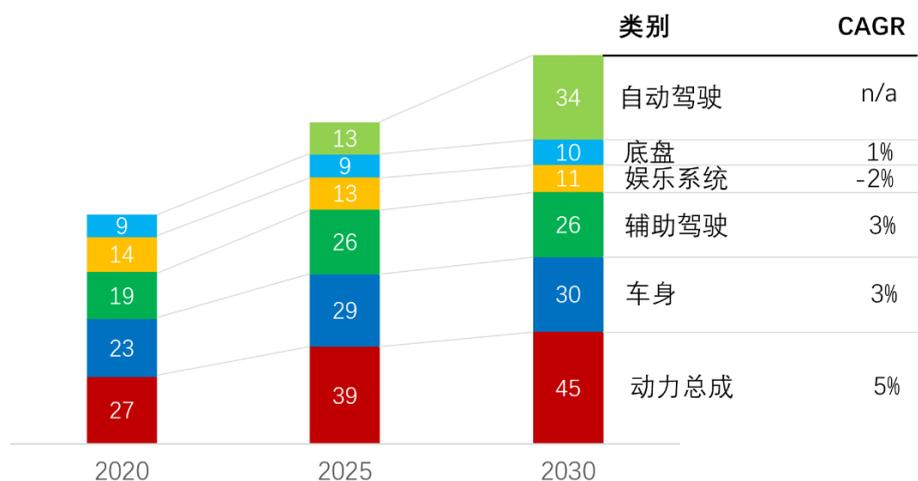


资料来源：Yole、招商银行研究院

## 4.2 零部件智能化带动微控制芯片需求稳定增长

零部件智能化对电子控制单元需求快速增长。随着汽车智能化加速，动力总成、自动驾驶、智能驾驶舱、底盘、车身、信息娱乐等功能系统的零部件加速实现智能化，电子控制单元需求大幅增加。在分布式电子电气架构阶段，主要采用 ECU（电子控制单元）控制车辆内各类子系统。在域集中式电子电气架构阶段，DCU（域控制单元）将多个 ECU 功能集成于一体，控制单元集中伴随着 DCU 计算算力的提升。在车辆集中式电子电气架构阶段，需要更强大的高性能控制单元集中控制整车各功能模块。根据麦肯锡预计，2020-2030 年电子控制单元市场规模从 920 亿美元增长到 1560 亿美元，复合年增长率为 5%。

图 42：电子控制单元市场规模（\$B）

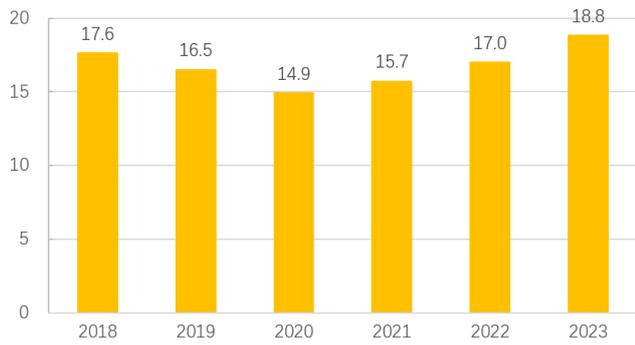


资料来源：麦肯锡、招商银行研究院

2020-2025 年 MCU（微控制器）是最受益的微控制芯片。预计 2025 年之前，大部分车企处于域集中式架构阶段，ECU/DCU 仍然占据主要的电子控制单元市场份额。ECU/DCU 由 MCU、输入输出电路、电源、通讯电路等组成，MCU 是最核心的微控制芯片。随着汽车零部件智能化升级，MCU 将进入高景气周期。IC Insights 预计，2020-2023 年全球 MCU 市场规模从 149 亿美元增长到 188 亿美元，复合年增长率为 8%。其中 2020 年汽车 MCU 市场规模 60 亿美元，占 MCU 市场份额的 40%。汽车 MCU 市场主要参与者包括恩智浦、瑞萨、英飞凌、德州仪器、微芯等。预计在 2025 年，车辆集中式架构成为主流选择，原先各分散的 ECU/DCU 功能将由车辆基础计算平台来实现，车辆基础计算平台采用一个或多个 HPC 实现整车功能控制，GPU/FPGA/ASIC 有望成为 HPC 的最终选择。

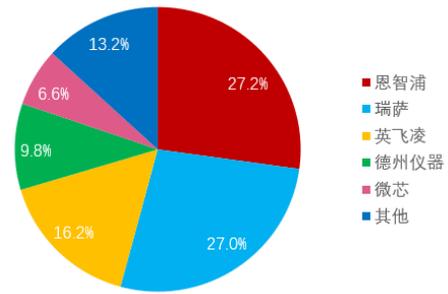


图 43：2018-2023 年 MCU 市场规模(\$B)



资料来源：IC Insights、招商银行研究院

图 44：汽车 MCU 芯片市场份额（2019 年）

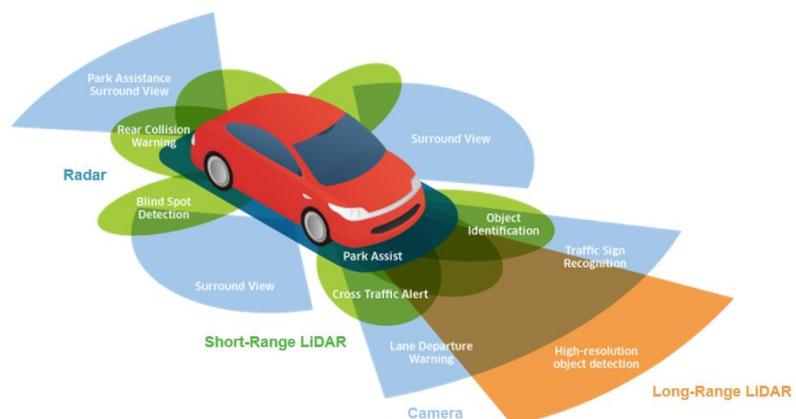


资料来源：Infineon、招商银行研究院

### 4.3 自动驾驶感知需求带动传感器技术创新发展

传感器技术的加速进步推动了自动驾驶的不断发展。自动驾驶的前提是基于各类传感器提供车内外环境的感知数据，主要包括超声波（Ultrasound）、毫米波雷达（Radar）、激光雷达（LiDAR）、摄像机（Camera）四种传感器，每种传感器在性能、成本、封装、耐久性等方面都有各自的优缺点。毫米波雷达、激光雷达和摄像机不断采集大量实时数据并传输至自动驾驶中央计算平台，由自动驾驶算法进行处理，最终形成车辆周围的瞬时三维地图，从而形成车辆的运行决策。越来越多的汽车制造商自动驾驶采用多种传感器的组合方案，也有特斯拉这种推动摄像头模拟人眼的纯视觉解决方案，由于自动驾驶技术仍处于早期状态，各类传感器技术的进步最终将会决定未来自动驾驶的终极方案。

图 45：自动驾驶各类传感器应用场景



资料来源：Lumentum、招商银行研究院

超声波是最早期的辅助驾驶解决方案，未来将会被逐步替代。超声波传感器利用反射的声波来计算与物体的距离，有效工作范围相对较短约 2 米，优点



是成本低、效益高、坚固可靠，缺点是覆盖范围短。汽车制造商正在放弃超声波传感器，转而使用短程毫米波雷达代替。

**毫米波雷达是目前应用最广泛的辅助驾驶传感器。**毫米波雷达通过测量发射的无线电波从路径上的任何物体反射回来所需的时间来探测物体，毫米波雷达的优势是它能够在雨、雪、雾等恶劣天气和夜间有效地发挥作用，缺点是不能提供足够的分辨率来识别物体类型，覆盖范围也较为有限。对于辅助驾驶应用，毫米波雷达可分为短程雷达（SRR）、中程雷达（MRR）和长程雷达

（LRR）三类。SRR 从 24GHz 到 77GHz、79GHz 毫米波发展，有效工作范围约为 10 米-30 米，适用于盲点检测、变道辅助、停车辅助和交叉交通监测系统。MRR 已经使用 77GHz 毫米波，该频率在速度和距离测量方面具有更高的分辨率和精确度，有效工作范围在 30 米-80 米。LRR 使用 77GHz 频率，有效工作范围可以延伸到 200 米，适用于自适应巡航控制、前方碰撞预警和自动紧急制动等。LRR 的缺点是测量范围会随着距离的增加而减小，因此一些场景（如自适应巡航控制）将 SRR 和 LRR 传感器结合应用。毫米波雷达市场的主要参与者包括大陆、电装、博世、海拉、维宁尔（VEONEER）。

图 46：自动驾驶传感器性能指标对比

传感器	探测角度	探测距离	障碍物识别	路标识别	夜间工作	不良天气	成本
超声波雷达	120°	2米	一般	否	强	弱	低
毫米波雷达	10°-70°	200米	较强	否	强	强	适中
激光雷达	15°-360°	300米	很强	否	强	弱	很高
摄像机	45°	300米	强	是	弱	弱	适中

资料来源：公开资料、招商银行研究院

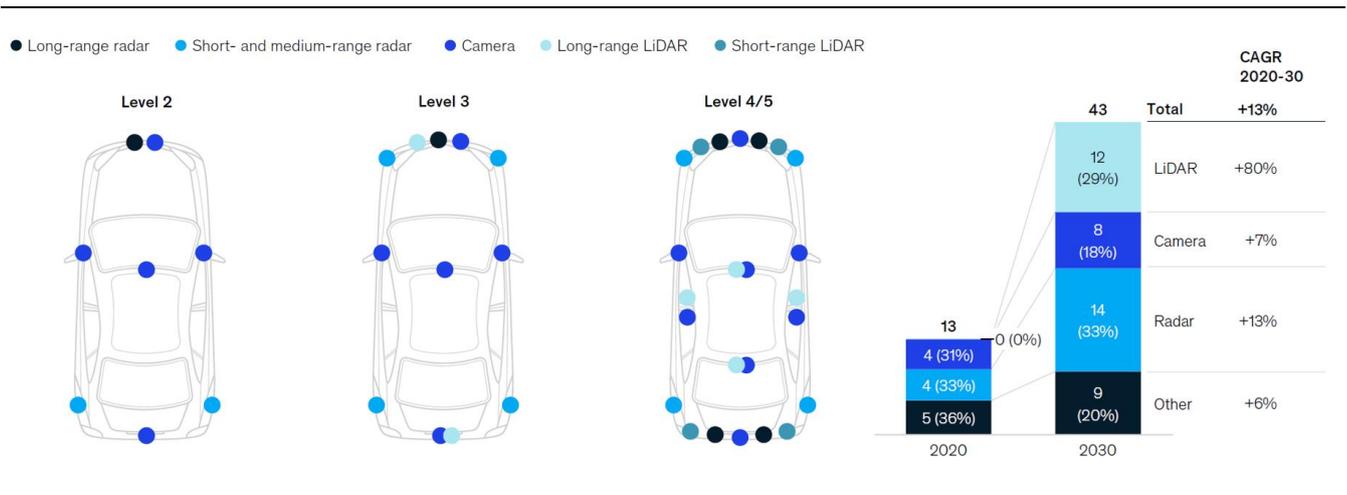
**基于激光雷达的自动驾驶解决方案是最佳硬件解决方案。**激光雷达的工作原理与雷达基本相同，但将电磁波换成激光，测量反射激光以生成周围环境的高分辨率三维图像。激光雷达优势具有三维高清分辨率，既可探测物体，又可区分物体并准确跟踪，缺点是价格及其昂贵。激光雷达有两种基本类型，第一种采用脉冲激光发射到旋转镜上，旋转镜将激光束向多个方向辐射，有效工作范围可达 300 米或更远，可提供 360° 的清晰视野。第二种固态激光雷达，通过光学相控阵发射激光，将光束引向多个方向来产生图像。随着技术的成熟和成本的下降，激光雷达在自动驾驶中变得越来越普及。激光雷达市场的主要参与者包括 Velodyne、Luminar、Innoviz、Aeva 和 Ouster，国内激光雷达创新



公司也快速崛起，国内主要参与者包括华为、速腾聚创、禾赛科技、镭神智能。

**基于摄像机的自动驾驶解决方案是最佳机器视觉计算解决方案。**摄像机传感器的优点是具有极高的成本效益，是唯一能够识别颜色和对比度信息的传感器，摄像机传感器非常适合捕捉道路标志和道路标线信息，而且还提供了对行人、骑车人和摩托车司机等物体进行分类的分辨率。摄像机传感器的缺点是在恶劣天气和光线条件下，性能容易受到影响，摄像机传感器需要与雷达相结合，以便在能够在更广泛的条件下可靠工作。摄像机传感器有单目、双目和多目应用。单目摄像机系统具有中远距离功能，如车道保持辅助、交叉交通警报和交通标志识别系统。双目摄像机能够呈现出三维图像，提供计算复杂的深度信息所需的信息（如与移动物体的距离），使其适用于主动巡航控制和前方碰撞预警应用。热成像摄像机非常适合检测人类和动物，特别是在能见度低或夜间的条件下，工作范围可达 300 米。

图 47：2020-2030 年自动驾驶传感器发展及市场规模预测（\$B）



资料来源：麦肯锡、招商银行研究院

随着自动驾驶车辆渗透率和自动驾驶级别的提升，自动驾驶传感器市场保持快速增长。根据 Strategy Analytics 预计，2030 年采用自动驾驶的车辆占比达到 87%，L2/L3 级别自动驾驶已经广泛使用，L4/L5 完全自动驾驶已经进入市场。随着自动驾驶级别的提升，车辆需要的毫米波雷达、激光雷达、摄像机数量同步增长，自动驾驶传感器市场将进入成长周期。根据麦肯锡预计，2020-2030 年自动驾驶传感器市场规模从 130 亿美元增长到 430 亿美元，复合年增长率为 13%。其中，激光雷达市场规模增速最快，2030 年达到 120 亿美元，复合年增长率为 80%；毫米波雷达市场规模最大，从 40 亿美元增长到 140 亿美元，复合年增长率为 13%；摄像机市场从 40 亿美元增长到 80 亿美元，复合年增长率为 7%。

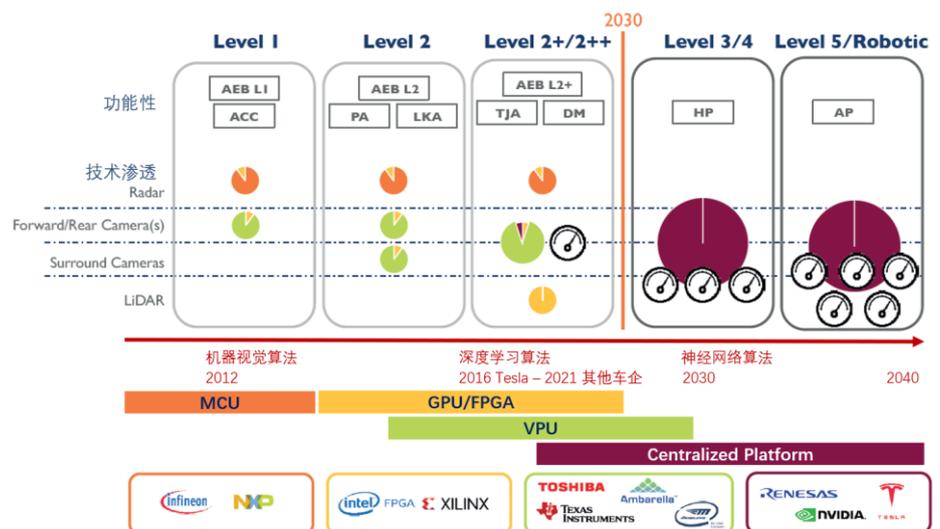


自动驾驶传感器终极解决方案仍需较长时间，传感器市场格局具有不确定性。各类型传感器具有不同的应用局限性，对于不同的驾驶任务需要不同的传感器类型组合以实现最优化配置。目前，车企的自动驾驶传感器方案主要有两种：第一种是视觉主导方案，采用“摄像头（主导）+毫米波雷达”配置，典型代表是特斯拉，特斯拉正在走向取消毫米波雷达，采用摄像头纯视觉解决方案；第二种是激光雷达主导方案，采用“激光雷达（主导）+毫米波雷达+超声波传感器+摄像头”组合，典型的代表是 Google Waymo。由于技术路径的不确定性，自动驾驶终极传感器市场格局具有不确定性。

#### 4.4 自动驾驶算力需求驱动高性能计算市场快速增长

随着自动驾驶级别的逐渐提升，高性能算力需求快速增长。自动驾驶通过摄像机、激光雷达、毫米波雷达等传感器来感知周围环境，主芯片依据传感器所获取的环境数据进行决策分析，采用自动驾驶算法预测车辆与周围环境的运动状态，进行路径规划，并控制车辆行驶轨迹。车用主芯片涉及到传感器数据处理、高精地图定位、网络通信、深度学习算法计算、路径决策与规划等过程的海量实时数据分析和多空间信息的整合处理，对算力要求非常高。一般认为，L2 需要算力 10 TOPS（万亿次/秒），L3 需要算力 30-60 TOPS，L4 需要算力 100 TOPS，L5 需要算力 1000 TOPS，目前主流车用芯片平台能满足部分 L3/L4 级别的自动驾驶需要。随着自动驾驶技术路线的逐步清晰，主芯片进入标准化、规模化量产，其与座舱主控芯片进一步向中央计算芯片融合。

图 48：汽车人工智能芯片技术发展趋势



资料来源：Yole、招商银行研究院

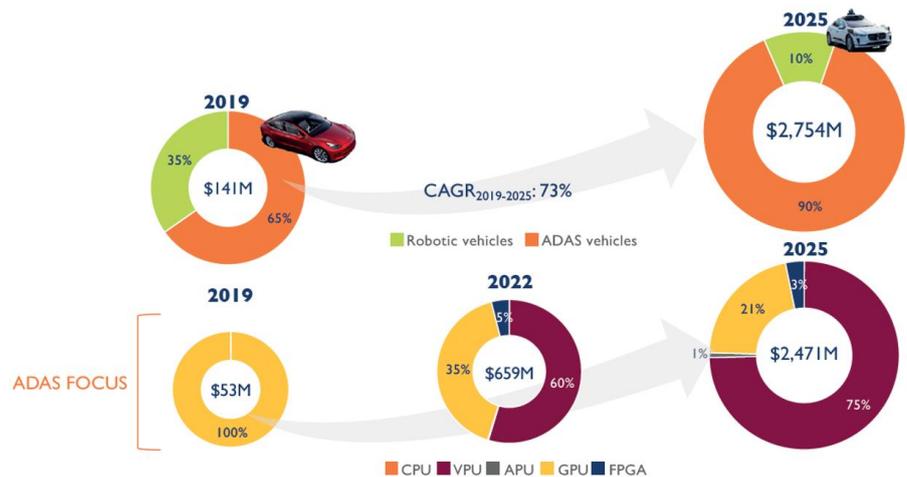
人工智能芯片可满足车载中央计算芯片的算力需求。自动驾驶提出了一系列复杂计算需求，障碍物检测、障碍物跟踪、交通信号灯检测、车道线检测、



可驾驶区域分割、特征跟踪、行人行为预测都需要运行在基于人工智能芯片的神经网络上，传统 PC/手机市场的 X86 和 ARM 芯片完全无法满足机器视觉、深度学习算力需求，数据中心使用的 GPU（图形处理器）、FPGA（可编程逻辑阵列）、TPU（张量处理单元）、NPU（神经网络处理单元）等人工智能芯片能够提供强大的算力，可满足车载中央计算芯片的深度学习、神经网络算力需求。随着摄像机和 LiDAR 数据输出量越来越大，多个 GPU 堆叠成本和功耗高企，需要专用 VPU（视觉处理单元）针对视觉算法进行部署。VPU 拥有神经计算引擎，专门针对神经网络、视觉加速器、成像加速器进行了优化，使其算力非常强大和高效。

**GPU/VPU 成为汽车主芯片市场的主要选择。**基于多种人工智能芯片的 SoC 将计算异构融合成为主流汽车芯片的解决方案，CPU 承担逻辑操作和任务调度，GPU 作为通用加速器承担着神经网络计算和机器学习的任务，FPGA 作为硬件加速器承担顺序机器学习（RNN/LSTM/增强学习）的任务，VPU 专为神经网络和图像处理操作而设计。根据 Yole 预测，2019-2025 年汽车主芯片市场从 1.41 亿美元增长到 27.54 亿美元，复合年均增长 73%。其中自动驾驶芯片从 0.53 亿美元增长到 24.71 亿美元。Yole 预计到 2025 年，VPU 市场规模 18.5 亿美元，占比 75%；GPU 市场规模 5.19 亿美元，占比 21%。

图 49：2019-2025 年汽车主芯片市场预测



资料来源：Yole、招商银行研究院

**自动驾驶主芯片市场呈现群雄逐鹿的竞争格局。**在竞争日益激烈的自动驾驶主芯片市场，形成了车企（特斯拉）、人工智能芯片供应商（Mobileye/英伟达）、传统汽车芯片供应商（恩智浦/瑞萨）、消费电子芯片巨头（高通/华为）的竞争格局。特斯拉在 2019 年量产的 FSD 芯片由特斯拉硬件团队完全定制设计的，FSD 芯片包含 1 个 GPU 和 2 个 NPU，算力高达 72 TOPS，可支持 L2-L3 级别。Mobileye 受益于 Intel 整合 CPU 和 FPGA 的技术资源，其算法解决方

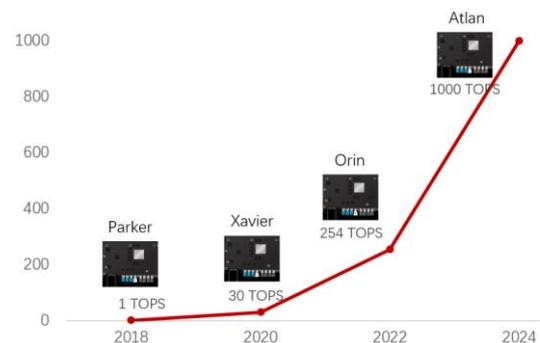
案由传统的计算机视觉算法主导并由深度学习算法辅助，2020年推出 EyeQ5 实现 24 TOPS 的算力。英伟达专注于深度学习算法，推出 Drive AGX 汽车主芯片路线图，2020 年量产 Xavier 系列算力达 30 TOPS，由 CPU、GPU、DLA（深度学习加速器）和 PVA（计算机视觉加速器）四个模块组成，未来 Orin 系列可满足 L4 算力达 254 TOPS，Atlan 系列可满足 L5 算力达 1000 TOPS。高通在 2020 推出了其自动驾驶解决方案 Snapdragon Ride，可提供算力 700 TOPS，但是其自动驾驶市场开发方面还处于早期阶段。华为在 2021 年推出了 MDC 810 系列，算力高达 400 TOPS，但由于芯片代工问题，未来产品升级迭代存在不确定性。同时，中国国内也出现了零跑、地平线、黑芝麻智能等自动驾驶芯片初创公司。

图 50：主流汽车主芯片性能指标对比

厂商	特斯拉	Mobileye	英伟达	高通	华为
芯片平台	FSD	EyeQ5	Xavier	Snapdragon Ride	MDC 810
级别	L2-L3	L2-L3	L2-L3	L2-L5	L3-L4
算力(TOPS)	72	24	30	700	400
功耗(W)	72	34	30	65	352
工艺(nm)	14	7	12	7	7
量产时间	2019	2020	2020	2020	2021

资料来源：公司信息、招商银行研究院

图 51：英伟达 Drive AGX 汽车主芯片路线图



资料来源：英伟达、招商银行研究院

## 5. 业务建议及风险提示

（如需本部分内容，请参照文末联系方式联系招商银行研究院）

## 免责声明

本报告仅供招商银行股份有限公司（以下简称“本公司”）及其关联机构的特定客户和其他专业人士使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。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。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本公司可能采取与报告中建议及/或观点不一致的立场或投资决定。

**市场有风险，投资需谨慎。**投资者不应将本报告作为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，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经招商银行书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“招商银行研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

未经招商银行事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

招商银行版权所有，保留一切权利。

## 招商银行研究院

地址 深圳市福田区深南大道 7088 号招商银行大厦 16F（518040）

电话 0755-22699002

邮箱 zsyhyjy@cmbchina.com

传真 0755-83195085



更多资讯请关注招商银行研究微信公众号  
或一事通信息总汇