



# 洞见

罗兰贝格

12.2020  
上海 / 中国



## 汽车电子革命系列白皮书 第一期 四大核心技术趋势

# 前言

当前,百年汽车产业与出行行业正经历着前所未有的变革。一方面,汽车作为交通工具行使A点到B点的移动功能,但其安全、交通效率等问题仍未完全解决;另一方面,车内空间和时间几乎没有得到利用,而消费者对于汽车的认知却在持续变化——由于未来的车主绝大多数都是智能手机的用户,他们对车的场景化诉求也会受到消费电子领域产品使用体验的深刻影响。因此,未来的汽车不但需要解决安全和移动效率等问题,更需要提供更高的社会效率和更大的社会价值。

面对根本需求的改变,绝大部分车企似乎都在有条不紊地前进。但特斯拉的迅速崛起无疑给行业打了一针强心剂,其领先的底层架构、出色的软件迭代、持续优化的自动驾驶以及最具说服力的销量的快速提升,加速了整个行业的转型与变革速度。

无独有偶,这一轮汽车革命恰逢全球政经与贸易环境迅速变化的窗口期,加之疫情的影响,给原本就尚未完全清晰的技术路线蒙上了一层厚厚的纱布。谁都不可否认数字化和数据给汽车产业带来的价值增量,但在日渐复杂的大环境下谁也无法确定赢家是谁。

罗兰贝格对整个汽车行业革命已持续关注多年,一路见证了技术、价值链和企业的变革。与此同时,罗兰贝格持续与行业参与者深度交流合作,总结出我们对于汽车行业变革的独立判断与思考。该系列白皮书将分若干期陆续发布,本篇作为开篇,主要聚焦新四化对产业的价值贡献、电子电气革命的核心技术趋势以及全球贸易大背景下的技术产业趋势。

# 目录

1/ 新四化(M.A.D.E)对汽车电子的影响	— 03
2/ E/E革命的四大核心技术趋势	— 07
3/ 总结与启示:技术发展与全球化不确定性共存	— 15

# 第一部分

## 新四化(M.A.D.E)对汽车电子的影响

近年来,汽车新四化(罗兰贝格称之为“M.A.D.E”,即M-Mobility移动出行, A-Autonomous driving自动驾驶, D-Digitalization数字化, E-Electrification电气化)的发展在全球和中国层面均已形成了鲜明的差异化发展特征,并在各自的技术和商业赛道中以不同的速度“奔跑”。相对于电气化这一涉及到整个汽车产业乃至能源结构变革的趋势,自动驾驶与数字化/智能网联在相辅相成发展的同时也在短期内体现出了不同的商业价值。而共享出行目前依然处于一个资本、需求、政策共同主导的发展阶段,技术创新(尤其是数字化、定制化和自动驾驶)带来的行业变革有望在“下半场”开启;长期来看,出行服务是终局的体现,也是终端消费者的第一触点,而自动驾驶、数字化和电气化则成为关键使能技术。→ 01

这些关键使能技术将带来整车电子电气相关价值的大幅提升。我们预测,汽车电子电气相关的BOM(物料清单)价值(不

含电池与电机),将从2019年的~3,145美元(豪华品牌L1级别ADAS汽油车)提升至2025年的~7,030美元(豪华品牌L3级别自动驾驶纯电车)。→ 02

其中,大部分的价值增长来自电气化——尽管其会为传统燃油车动力电子相关的BOM带来大约400美元的成本节降,但电池管理系统与电驱动相关硬软件(例如逆变器、动力总成域控制器DCU、各类传感器)也带来了超过2,600美元的BOM价值提升。同时,电驱动系统的价值也将伴随越来越多的高电压电子器件而有所提升,例如OBC(车载充电)、逆变器等,这些高功率器件的需求也将带来半导体及其原材料的创新。→ 03

自动驾驶对整车电子电气价值的影响短期上主要体现在传感器、车载计算平台与软件等方面。由于激光雷达仍处于商业化进程中,因此我们在测算中重点关注L3级别的以摄像头为主

### 01 / 用于移动出行的车辆将具备高度自动化、数字化、电气化的特征,配备适配移动出行需求的高新性能

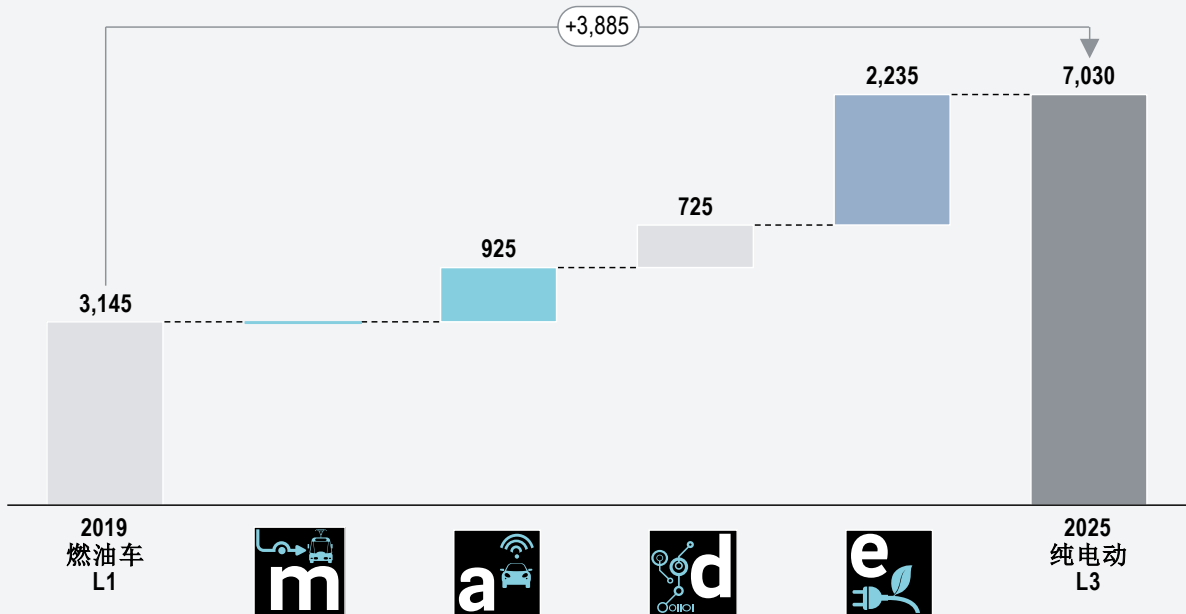
无人驾驶出租车电子电气架构的前瞻科技



- > 移动出行是一个由新型用户场景和商业模式构成的生态系统
- > 汽车与这一生态系统的互动是通过具备自动驾驶、智能网联和电气化功能车辆的技术所实现的
- > 仅靠移动出行功能本身而驱动的电子元件需求相对有限

资料来源:罗兰贝格;图片:Waymo

## 02 / M.A.D.E趋势对汽车电子相关BOM的影响趋势<sup>1)</sup> [2019-2025; 美元/车]



1) 不包括锂离子电池和驱动电机

资料来源: 罗兰贝格汽车电子元件模型

## 03 / 电气化技术概述 [2019-2025]

关键动力总成技术领域、系统和子系统

### 电动动力总成: 电池管理<sup>1)</sup>

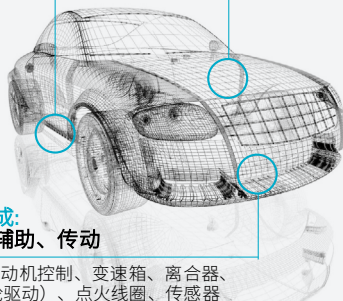
电池管理系统、  
电池接线盒、DC-DC转换器、  
电池充电器

### 电动动力总成: 电机控制<sup>1)</sup>

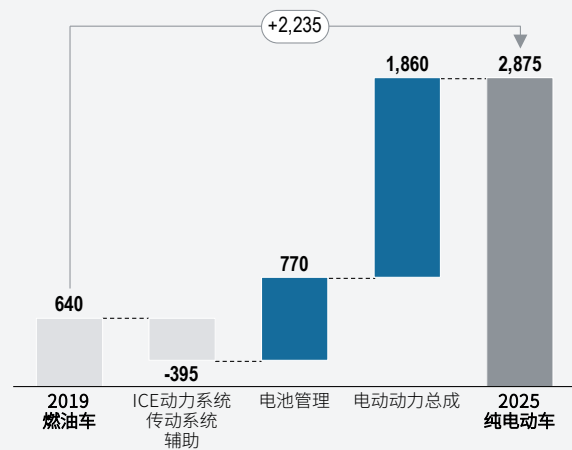
逆变器、动力总成域控制器、  
传感器 (如电压、温度、阻抗)

### 内燃机动力总成: 发动机控制、辅助、传动

电子控制ECU (发动机控制、  
变速箱、离合器、冷却、燃油、  
全轮驱动)、点火线圈、传感器  
(温度、转速、排气系统、燃油系统)



相关电子元件BOM<sup>1)</sup>的变化  
-以豪华车型为例 [美元]



1) 不包括锂离子电池和电机

资料来源: 罗兰贝格汽车电子元件模型



要传感器的方案。我们观察到, 尽管不同车企在L4/5级别自动驾驶上的技术方案和投资规划尚未确定, L1-3级别所需要的高性能计算平台及基础软件已经成为未来的重点研发与采购需求, 且车企(如特斯拉)未来可能采用硬件、软件、车型分别独立研发的理念, 因此需要超前设计提供算力冗余的HPC(高性能计算)平台来应对短期的L1-3级别相应方案, 尤其是在传感器融合所需的算力方面, 并同时为中长期的L4/5方案做预留。我们预测, L3级别相关传感器、HPC以及搭载的软件算法能够带来至少850美元的BOM价值提升。→ 04

在智能化与互联互通方面, 智能座舱成为短期内车企实现产品差异化且投资回报可观的方案。汽车产品的迭代方式已经从百年前的不作迭代(单产品生命周期)发展至如今的平台化迭代(单平台生命周期)。而随着消费者需求的不断升级, 对车载场景、功能和服务的需求将大幅增加(尤其是从消费电子领域转移至出行领域), 对产品迭代提出了新的诉求。同时, 在全球汽车市场进入下行通道与存量竞争时代的大背景下, 对座舱智能化需求的满足将会成为车企竞相争夺的下一个差异化重点。→ 05

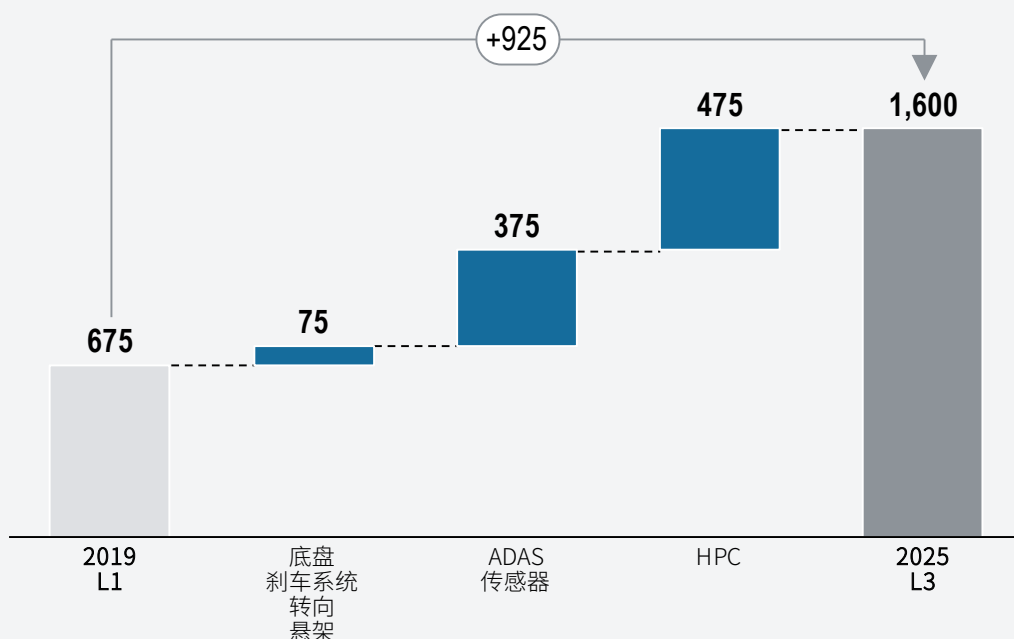
值得一提的是, 这个差异化并不意味着无法盈利, 跨界技术已

经为汽车做好了“铺垫”, 如高端手机芯片可通过技术改进或外挂MCU(微控制单元)的方案同时解决安全和算力问题, 而OTA(在线升级)技术尽可能地将底层硬件的生命周期拉长以降低研发与升级成本。

我们认为, 电子电气架构改变带来的硬件与软件的价值提升(~510美元)将明显高于纯IVI(车载信息娱乐)系统和Connectivity(互联互通)系统(~230美元)。其中, 座舱域控制器及基础软件(如OS)将成为未来五年的价值高地。→ 06

更加重要的是, 日益复杂的智能化迫使车企改变电子电气架构与整体研发模式。电气化与自动驾驶的发展瓶颈仍在核心部件、算法与政策, 而智能化则决定了短期的产品、服务以及品牌价值的差异化打造, 从而直接影响车企的盈利性与价值链定位。如果车企不关注软件与数据, 则会丧失软件与数据本身的利润, 以及基于软件和数据的服务带来的可持续利润(10倍于传统硬件的净利润)。对这部分高利润和用户经营权的丧失会增加成为代工厂的概率, 即只能依靠制造和销售整车硬件获取低利润。

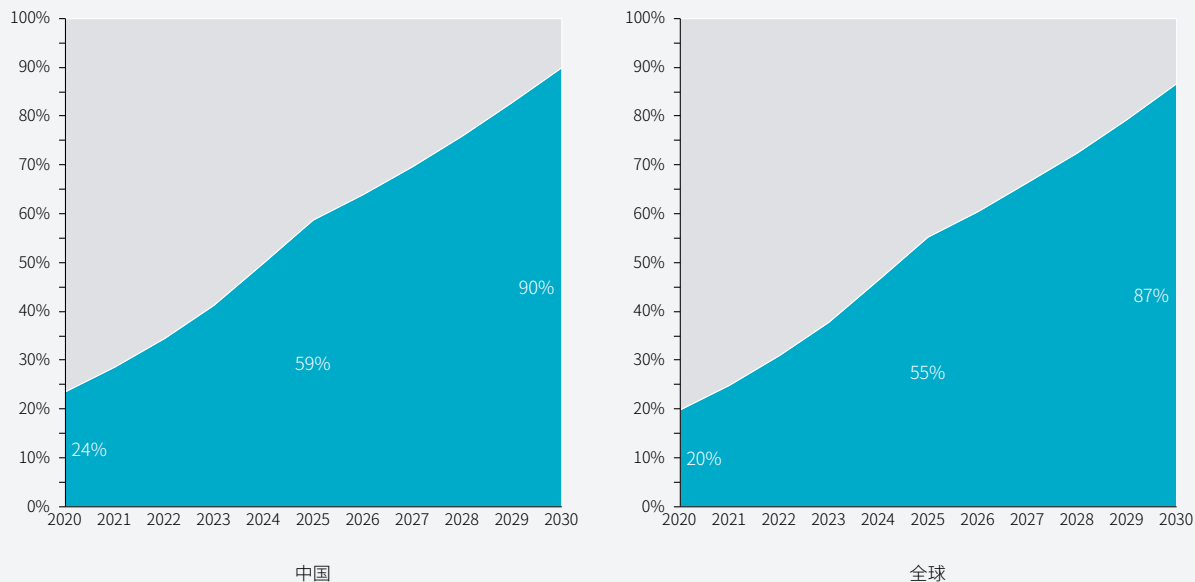
## 04 / 相关电子元件BOM<sup>1)</sup>的变化—以豪华车型为例 [美元]



1) ADAS或AI驾驶平台利用碰撞监测中使用的数字传感器(如激光雷达、雷达、摄像头等)收集数据进行决策

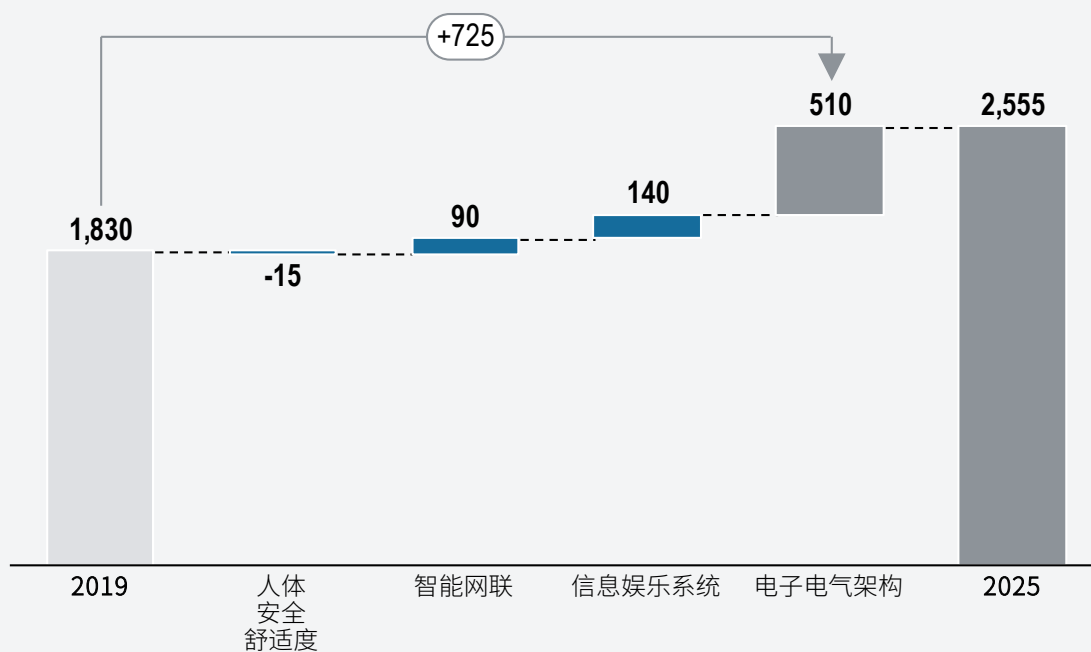
资料来源: 罗兰贝格汽车电子电气零部件模型

## 05 / 使用多核SoC芯片模组的智能座舱方案在新车销量中的渗透率(2020-2030, %)



资料来源:罗兰贝格

## 06 / 相关电子元件BOM的变化-以豪华车型为例 [美元]



资料来源:罗兰贝格汽车电子元件模型

# 第二部分

## E/E (电子电气) 革命的四大核心技术趋势

面对上述M.A.D.E的影响和趋势,全球范围内的车企已经采取行动,并且大部分传统玩家的决策与革新都是渐进的,在大力投资新技术的同时也需要兼顾传统技术的持续改进。显然,从架构入手来解决技术问题是具有长远眼光的,但也面临着能力、资金、时间等风险。

与此同时,诸如新冠疫情的“黑天鹅”事件的持续发酵也减缓了车企投资新技术和组织转型的步伐,以保证短期的财务流动性。然而,步伐虽然有所减缓却并没有停止,毕竟车企所追求的全新目标是Version 1.0,而非SOP,“先做出来”总比无休止的推延更有意义。无论疫情对未来的影响如何,汽车电子电气革命带来的影响都将持续存在。

罗兰贝格从全球和中国大量的项目经验与研讨研究中网罗来自车企、全球领先Tier-1供应商、软件供应商、半导体企业等的一线声音,并思考总结出了以下核心趋势。总体而言,技术革新将带来价值链、竞合关系及商业模式的重塑。本期白皮书将首先聚焦四大核心技术趋势——EEA (电子电气架构) 进化、

软件革命、计算芯片分化和功率半导体材料演变。

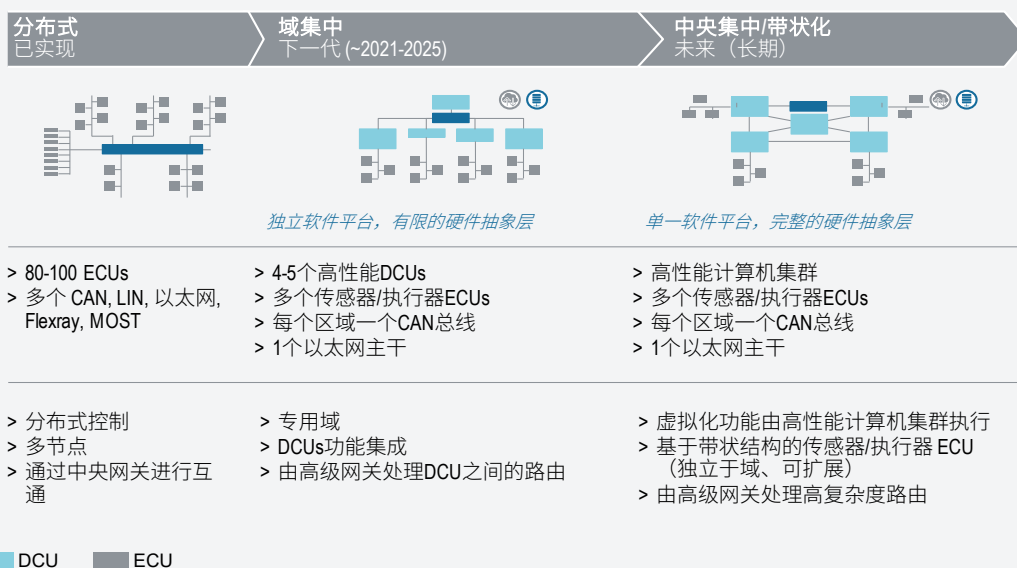
### 趋势一:重新定义电子电气架构——“下一步”是规模化

2015年,博世(Bosch)提出了众所周知的电子电气架构技术路线图,并描绘了未来电子架构的主要特征及可能的实现时间点。对于这一路线图本身无需再做过多介绍,但其中的两个重要标志性节点依然值得强调,即DCU或HPC的出现,以及统一的基础软件平台的出现,标志着EEA的本质进化。尽管由于车企的解决方案各不相同,其对EEA进化的阶段定义可能有所不同,但我们认为EEA的发展整体将经历三大阶段——分布式架构(distributed)、基于域的集中式架构(DCU-based centralized)和基于域融合的带状架构(DCU fusion-based zonal)。→ 07

### EEA (电子电气架构) 的三大阶段

目前,EEA的发展现在正处于由阶段一向阶段二转型的过程

## 07 / 电子电气架构路线图



技术

- > 80-100 ECUs
- > 多个 CAN, LIN, 以太网, Flexray, MOST

- > 4-5个高性能DCUs
- > 多个传感器/执行器ECUs
- > 每个区域一个CAN总线
- > 1个以太网主干

- > 高性能计算机集群
- > 多个传感器/执行器ECUs
- > 每个区域一个CAN总线
- > 1个以太网主干

特性

- > 分布式控制
- > 多节点
- > 通过中央网关进行互通

- > 专用域
- > DCUs功能集成
- > 由高级网关处理DCU之间的路由

- > 虚拟化功能由高性能计算机集群执行
- > 基于带状结构的传感器/执行器 ECU (独立于域、可扩展)
- > 由高级网关处理高复杂度路由

资料来源:Elektrobit;罗兰贝格



中,其显著特征是:第一,DCU的出现使ECU(电子控制单元)标准化且数量大幅减少,并直接带来“降本”和“增效”。例如,若用一个集成中控、仪表、360环视及其他影音娱乐功能的DCU替代多个来自不同供应商的传统ECU方案,最大可为车企带来将近38%的BOM成本节降(尚未考虑成本年降)。第二,智能传感器/执行器数量增加。传统功能导向的ECU+传感器集成方案中的算力会被剥离并集中到DCU里,同时传感器本身也需具备基础算力,以便与DCU沟通,如通过CAN。第三,软件开始独立于硬件,但并未完全分离。一些独立的功能仍然依靠ECU实现,但抽象层(Abstraction Layer)的出现是未来实现硬软件完全分离以及域融合的重要基础。第四,中央网关与各个域之间可通过以太网通讯。

而第三阶段和第二阶段的本质不同是:一,软硬件完全分离,且所有的ECU/DCU共享同一套基础软件平台。二,相互独立的功能应用搭载在一套高算力的车载计算机上,且它的算力远超阶段二的DCU。三,基础软件平台+功能独立+HPC将带来规模化,即一套架构可以承载任何形式、数量的功能及服

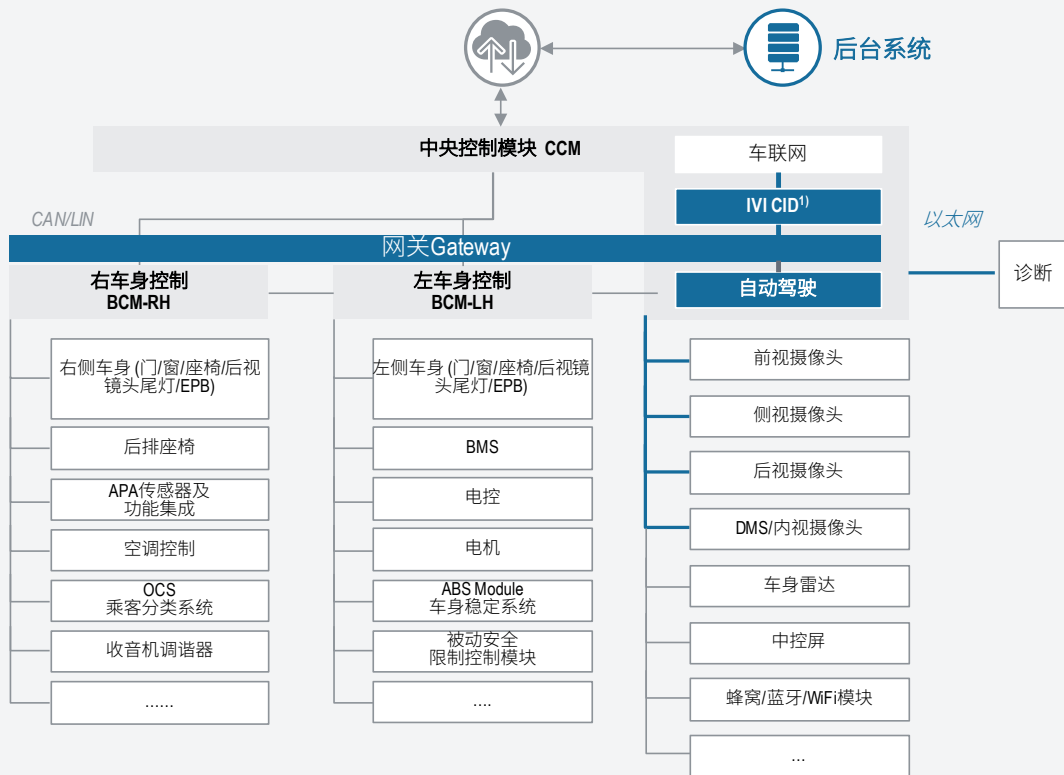
务。

### 先驱特斯拉与其追兵

有趣的是, Bosch提出的这一套架构路线中,并没有详细给出“如何实现”的具体方法。因此,基于对这套路线的基本共识,车企与全球领先供应商根据自身技术规划、车型平台和内部能力等制定适合自己的方案,以至于目前几乎没有两家公司在架构上完全相同,但特斯拉已经处于阶段二向阶段三过渡,而传统车企仍处于阶段二甚至阶段一。特斯拉Model 3的EEA已经把自动驾驶(FSD)、影音娱乐(IVI)与互联互通(Connectivity)集中在了一起,看上去就是一个Zonal架构形态。但在软件平台方面,特斯拉尚未实现完全统一,由于FSD和IVI的安全等级、功能要求和迭代速度不同,特斯拉目前采用两套基础软件,并用不同的操作系统来支持自动驾驶芯片和IVI芯片的ARM和x86架构。→ 08

然而,并非所有企业都能成为特斯拉,特斯拉也并不代表一

## 08 / 特斯拉 Model 3 电子电气架构示意



■ 关键产品

1) CID: Central Information Display

资料来源:案头研究,专家访谈;罗兰贝格

切。传统车企在统一战线应对特斯拉带来的冲击时，也形成了各具特色的EEA。目前，行业内没有统一的架构设置标准，却有相似的划分原则。由于采用渐进式改革，大部分传统车企（尤其是豪华品牌）短期内会定义出3-5个域，包括底盘与动力总成、ADAS（高级驾驶辅助系统）与安全、影音娱乐、车身和互联互通；其中，ADAS与IVI会通过以太网与中央网关相连接，以保证数据传输的低延迟与大流量。不管是特斯拉还是传统车企，领先者都不会局限于第二阶段的DCU架构，因为它只能带来短期的降本与功能创新，若要实现长期的全球经济性，就必须实现新架构平台的规模化，从软件入手。

## 趋势二：软件革命——功能独立，基础软件平台创造新机遇

### 面对高价值的“不知所措”

作为未来IoT（物联网）的终端之一，汽车将成为“轮子上的电脑”。以一辆典型的B级豪华品牌车型为例，未来车载软件在整车BOM中的占比将从2019年的2%(L1级别汽油车)增长至2025年的12%(L3级别纯电车)。如果用传统ECU架构及附带的软件来应对，不但会造成冗余，也无法实现差异化，因为功能之间相互关联不独立，用户感知不到功能的差异性，同时还产生大量臃肿的软件代码；此外，跨终端应用于服务需求的增加需要为不同功能设定独立的生命周期管理与迭代。

显然，传统车企的架构及其背后的研发体系、流程和观念已经无法应对复杂的软件集成需求，且车企正在陷入一个“不断救火”的恶性循环。软件能力的缺失与日益复杂的软件集成，使大量技术、资金与时间投身于查漏补缺，而不得不忽视或推延原有的研发重点；同时，由于资源限制，对供应商的选择与评估标准也更倾向于“快交付”与“低价位”，进一步导致质量缺失和大量返工。→ 09

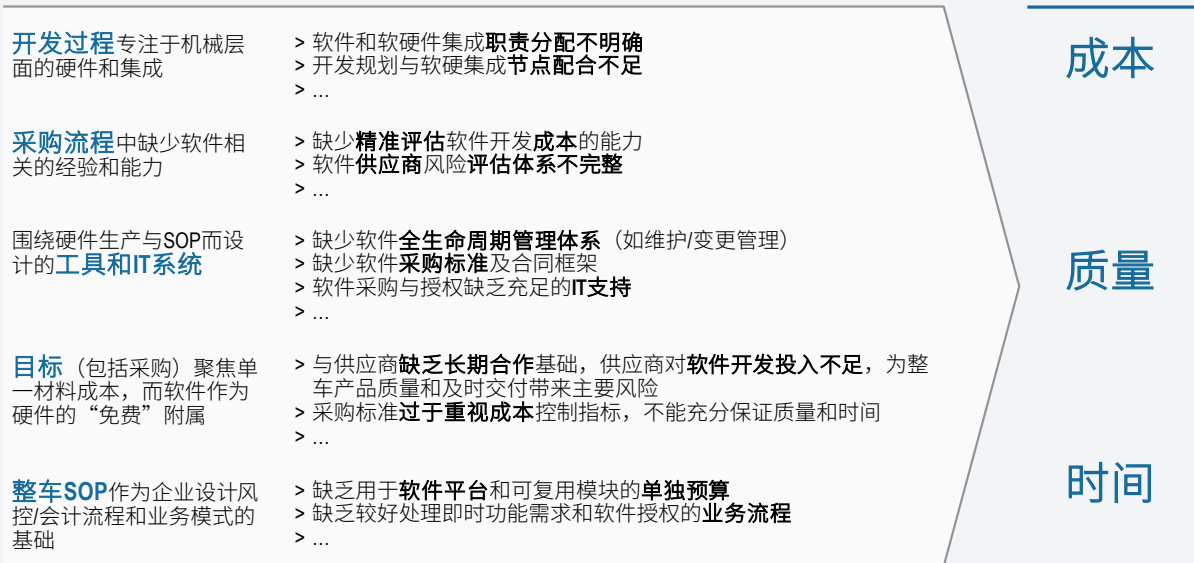
### SOA（服务导向架构）带来软件新机遇

必须将功能独立出来，架构需从“信号导向”(signal oriented)转变为“服务导向”(service oriented architecture, SOA)。SOA是一种架构类型或指导思想，实现端到端的架构(E2E architecture)。其核心要义有三：

- 1.用抽象层分离软件与硬件；
- 2.用一套基础软件平台承载独立的功能，这些功能可以是传统Blackbox，也可以是全新的智能网联功能，或存在于云端和其他终端设备的功能；
- 3.用功能集(function catalog)的方式增加软件复用率。→ 10

作为传统巨头的先驱，大众ID3将搭载其全新的软件架构

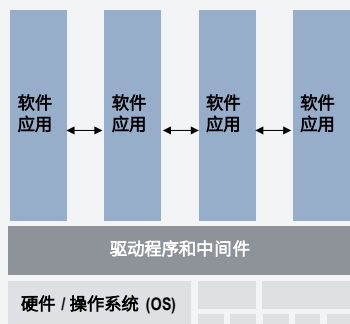
## 09 / 车企面临软件挑战的关键驱动因素



资料来源：罗兰贝格

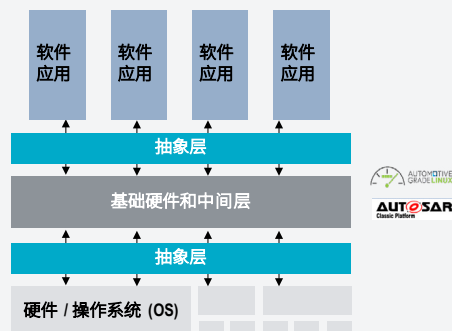
## 10 / 基础硬件标准化和软件分离

集成硬件和软件架构（简化）



- > 专为特定硬件设计的自定义软件堆栈，在硬件和软件之间以及不同的应用程序之间具有唯一的应用程序接口(API)
- > 一级供应商(Tier 1)控制单功能ECU的软硬件集成

硬件和软件分离



- > 软件平台（例如AGL、Autosar）允许跨车辆和汽车线路增加软件模块的再使用和“即插即用”
- > 价值高地将从商品化硬件转移到软件
- > 主机厂集成流程转向持续集成和部署/DevOps（软件开发和IT运维技术互动）

资料来源：专家访谈；罗兰贝格

(End2End Electronic Architecture, E<sup>3</sup>架构)，其从未来出行服务和生态系统出发而构建。可以看到，特斯拉和大众已经开始考虑端到端和规模化。而SOA软件架构是实现这一点的重要技术支撑。

SOA架构可以实现多功能、多终端的无缝连接。车企可以使用基础软件平台串联传统ECU功能、独立的智能网联服务、云端的服务、智慧交通体系内的服务以及其他终端设备，提高功能之间的沟通效率并降低成本。例如，大众Open Trunk(后备箱开启)功能可以无缝连接手机APP端、车架构内的基础服务平台、车端和云端——接收用户发出的指令，激活基础软件平台上的“**We Deliver**”服务，并通过车内控制最终开启后备箱，同时保证整套流程的网络安全与用户透明度。→ [11](#)

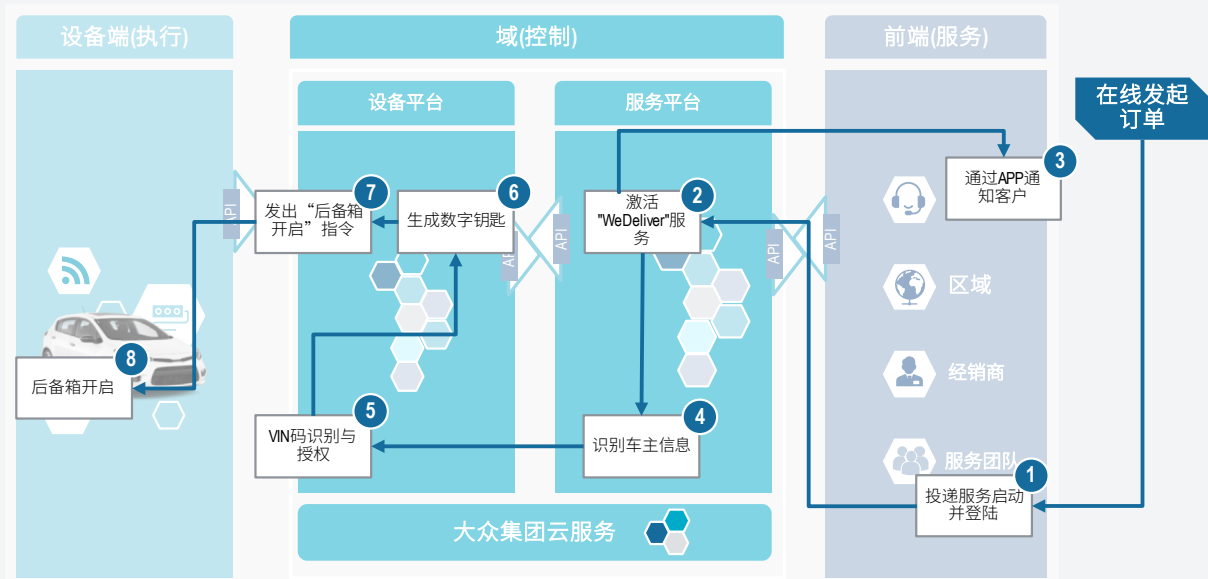
因此，这一套包含了抽象软件层和基础服务层(包括OS、车内网络、诊断等固件)在内的基础软件平台解决方案将成为车企需要把握的价值高地，也将成为供应商的全新产品机遇。这些机遇不但包括软件平台本身以及端到端应用软件的提供，也包括相关的服务提供，如云服务、OTA服务等。→ [12](#)

### 软件的工业化生产

面对车载软件庞大且仍在增加的软件代码量，汽车行业玩家开始借鉴ICT(信息技术)行业的“软件工厂”理念，比如戴姆勒旗下的全资软件开发公司MBition正在打造软件工厂——根据开发项目需求，通过对软件组件的标准化、结构化运用，实现快速开发。正如传统制造业在上世纪初引入福特式流水线生产那样，软件开发也正在从“定制化手工制作”向“自动化产线制造”转变。

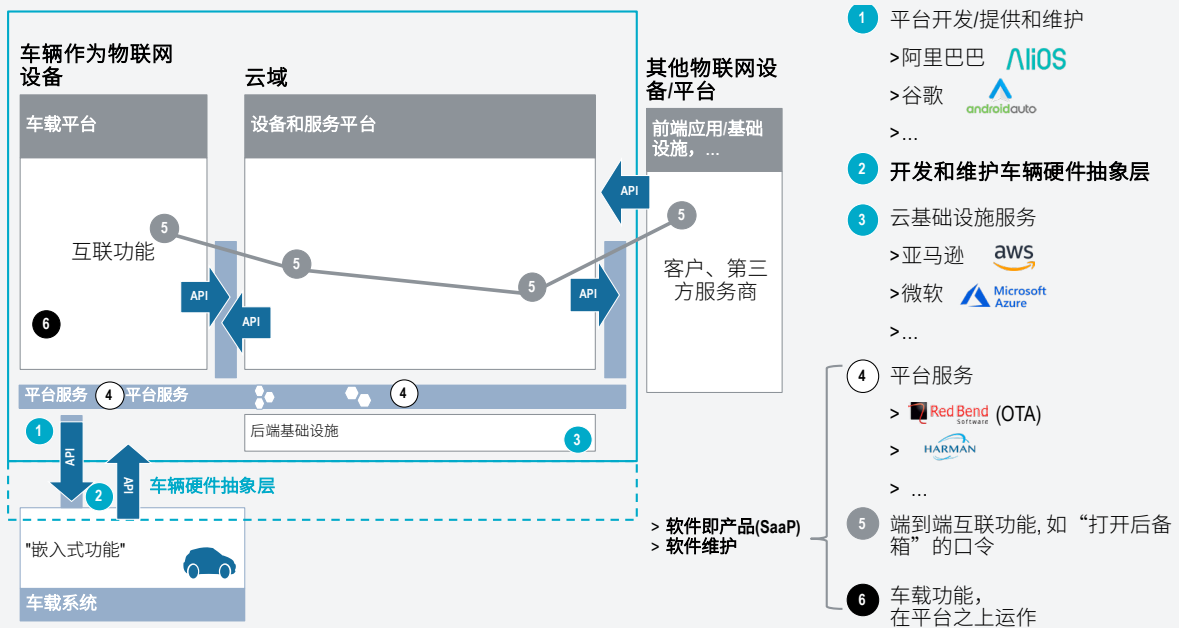
软件工厂需为开发者提供可行的软件框架、配套的开发指令、预设的程序模板、可复用的代码以及伴随开发进程可以连续测试的环境。在此基础上，当软件工厂收到一项开发需求时，开发者能够根据工厂现有能力拆解需求模块，并将其分配至各个“产品线”，每个产品线再根据新需求识别可以复用和需要新开发的部分，判断开发工作所需资源，最后部署开发、测试工具并完成任务。相比于传统的“手工”开发模式，软件工厂可以提升软件产品的一致性、品质和开发效率，提前识别开发工作量，前置风险，使整个开发和部署流程更可预测，大大提升了车企对软件工作的资源配置和进程管控能力。

## 11 / 大众“WeDeliver”服务解析



资料来源:大众汽车

## 12 / E2E软件平台及其与供应商的潜在伙伴关系



资料来源:罗兰贝格

### 趋势三：计算芯片——短期分化与长期融合

E2E架构的另一个重要技术元素就是能够支持算力的不断升级和冗余。在传统分布式的电子电气架构中，每个ECU的核心是单一功能的MCU，传感器与MCU芯片几乎一一对应，MCU虽然集成了计算、存储、I/O接口等功能，但计算能力有限，无法满足自动驾驶和智能座舱的发展。我们认为，未来的计算芯片将从单一功能的MCU向三个方向发展。

#### 自动驾驶高性能芯片的定制化

由于自动驾驶算法仍具有高度不确定性，芯片方案需兼顾目前AI算法的算力要求和灵活性，GPU（图形处理器）+FPGA（现场可编程逻辑门阵列）的组合受到大多数玩家的青睐；目前，百度Apollo、Audi zFAS均采用“GPU + FPGA”并辅以MCU、CPU（中央处理器）等其他计算单元的组合模式。当自动驾驶技术路线相对成熟且进入大规模商用的阶段后，已有GPU也难以胜任对更多空间信息的整合处理，需要定制的专用集成电路ASIC（特定用途集成电路）。例如，特斯拉第三代自动驾驶芯片Hardware 3.0中采用的自研NPU（神经网络处理单元）、Waymo可能采用的谷歌自研TPU（张量处理单元）均属于为支持人工智能运算而定制的ASIC范畴。ASIC芯片可在相对低水平的能耗下，提升车载信息的数据处理速度，虽然研发和首次“开模”成本高，但量产成本低，是算法成熟后理想的规模化解决方案。

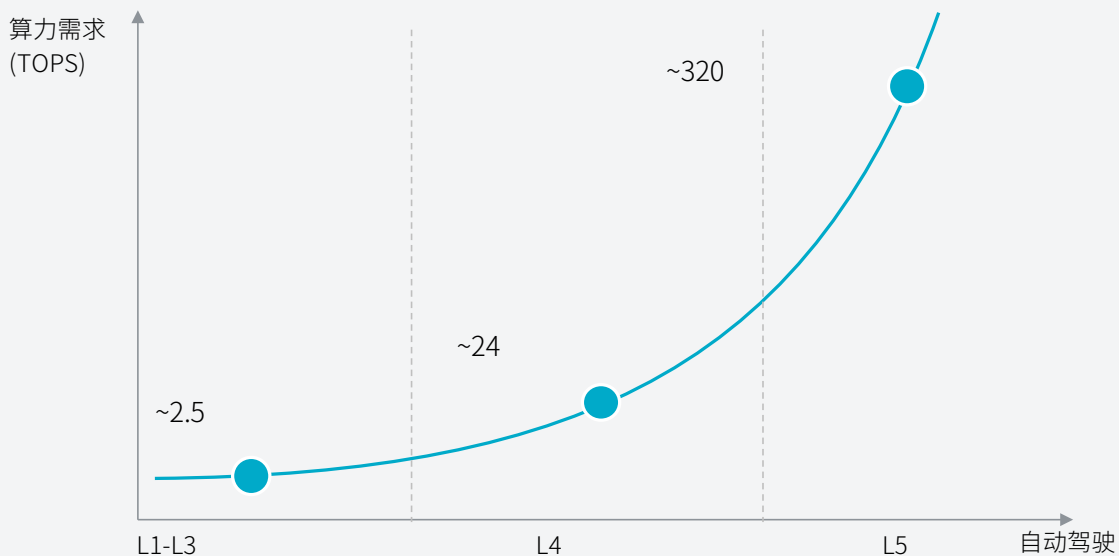
然而，鱼和熊掌不可兼得，低功耗、大算力、可编程灵活性（以应对算法的快速升级）在短期内是无法完美兼顾的，这也是部分车企目前正在为之努力的点。→ 13

目前，座舱功能的发展仍然没有大幅超越现有消费电子类功能，预计未来五年内，高端手机芯片的算力仍可满足下一代座舱性能需求。高通、三星等跨界玩家与恩智浦半导体公司（NXP）等传统汽车芯片玩家将持续致力于算力的提升和安全等级的提高。随着车内场景的不断丰富，软件/操作系统的优化对于算力仍有持续的需要。长期来看，座舱功能对芯片算力的需求将超越消费电子，且安全要求也随着域融合而提升，预计为座舱专门开发芯片将取代消费电子芯片在车内的应用。多核SoC将成为未来智能座舱主控芯片的主流。丰富生态的中控大屏系统以及“一芯多屏”系统则需要多核SoC进行支持。我们预计，多核SoC芯片在座舱内的渗透率将从当前的20-25%提升至2025年的55-60%，同时技术解决方案也呈现多样化，如车机主控芯片+MCU兼顾安全的方案以及集成式的座舱域控制器方案。→ 14

#### 芯片的长期兼容与融合

远期来看，负责不同域的芯片架构将呈现兼容与融合趋势。如前文所述，短期内自动驾驶高性能芯片和座舱主控芯片分别演进，如特斯拉自动驾驶HW3.0和IVI二代芯片分别基于ARM

## 13 / 自动驾驶算力需求

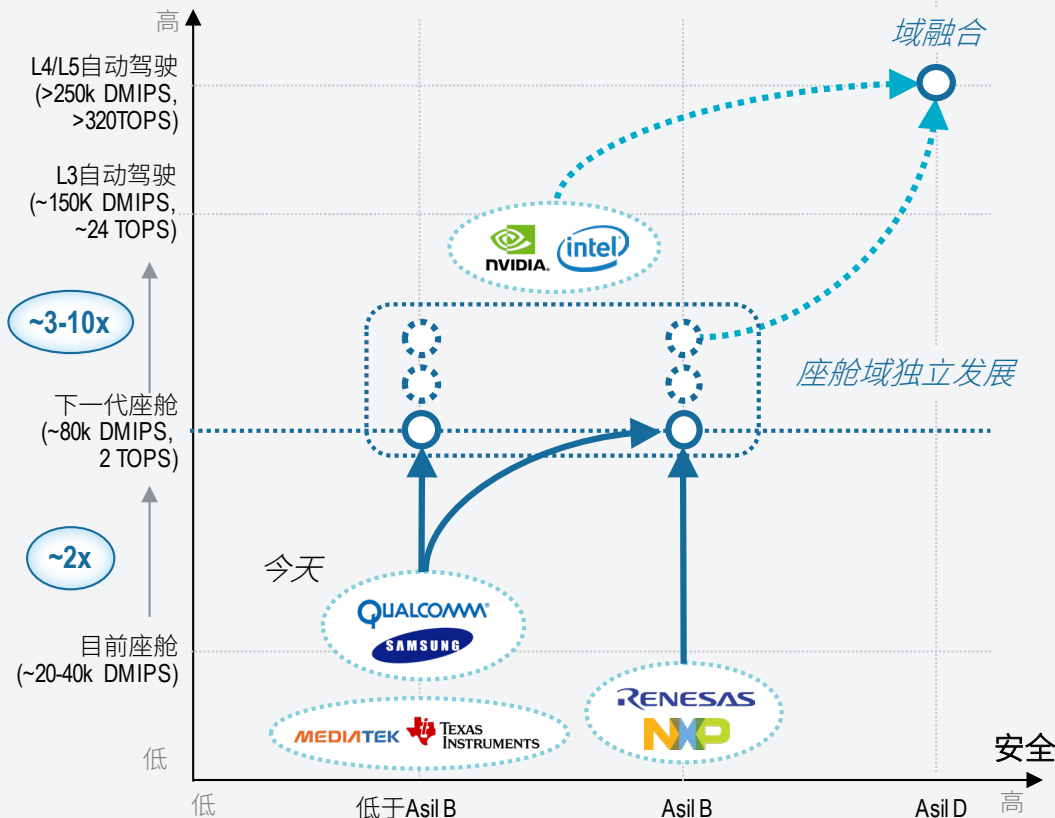


资料来源：罗兰贝格

## 14 / 座舱域控制芯片发展情景

### 算力<sup>1)</sup>

(CPU DMIPS/GPU TOPS)



.....▶ 座舱域、自动驾驶域融合   ▶ 座舱域独立发展

1) 目前的座舱域芯片以CPU为核心,未来自动驾驶所需核心算力还包括GPU, NPU相关算力指标,此处采用更为通用的GPU算力指标;相关指标数值基于主要芯片厂家代表产品、未来产品规划、以及恩智浦和英伟达公开预测资料整理  
资料来源:案头研究,专家访谈,罗兰贝格分析

和x86架构。究其原因,座舱应用场景和芯片性能要求已相对明晰,并且消费电子级芯片可满足座舱现有场景需求,消费电子芯片玩家可以利用规模优势实现低成本商业化开发;相反,自动驾驶技术路线尚不成熟,其人工智能算法所要求的芯片性能远高于目前消费电子芯片的能力,因而玩家在自身技术路线选择下进行高成本、小规模开发应用。预计2030年以后,随着自动驾驶技术路线的逐渐成熟,高性能芯片进入标准化、规模化生产阶段,其与座舱主控芯片进一步向中央计算芯片融合,从而通过集成进一步提升运算效率并降低成本,但由于自动驾驶和座舱安全要求不同,满足安全要求将成为融合的前提。

### 趋势四:功率半导体——动力总成电气化带来原材料多样化

目前,电动车应用的IGBT(绝缘栅双极型晶体管)一般以硅(Si)为主要材料,而碳化硅(SiC)、氮化镓(GaN)等下一代宽禁带半导体材料更能满足高电压、高开关频率和低损耗要求,因此更符合未来电动车快速充电和续航提升等要求。其中,SiC技术相对成熟,已应用于特斯拉Model 3;而GaN在技术上尚未成熟。电动车发展是驱动高功率Si和SiC市场发展的主要因素。Si作为半导体主流技术,低成本方案已经成熟,并可通过技术提升提高其高功率应用性能。而SiC-IGBT在规模化应用道路上仍面临众多挑战,成为车企、全球领先供应商和



半导体供应商面临的痛点, 例如:

- > 目前, SiC半导体生产成本是Si半导体的10倍以上, 由于技术尚未成熟, 价格显著下降尚需5-10年
- > SiC全球产能有限, 尚不足以支撑电动车行业全面应用, 如特斯拉Model 3 应用SiC功率半导体已导致产能不足
- > 生产SiC和Si半导体的产线并不能相互替代, 在技术路线尚不完全明晰的情况下, 半导体供应商缺乏全面投入SiC产线的动力
- > 目前, 功率半导体行业呈现寡头垄断格局, 德国英飞凌、日本三菱、日本富士主导Si技术, 美国科锐 (Wolfspeed) 主导SiC技术, 中国已在加强半导体投入但产出有限, 因此整个行业的市场供应基础十分有限
- > 宽禁带半导体在军事上的应用潜力使其受到明显的政治影响

响, 全球贸易环境恶化更会阻碍其技术、行业经验和知识产权的流通, 如美国政府组织了英飞凌对Wolfspeed的收购

由于新技术所需研发和制造成本高昂, 同时高功率Si技术也存在突破的可能, 综合技术与成本考量, 预计未来可能形成Si与SiC方案共存竞争的格局。→ 15

## 15 / 领先动力总成电子半导体原材料比较

	硅 (Si) <sup>1)</sup> IGBT	碳化硅 <sup>2)</sup> (SiC)	氮化镓 <sup>3)</sup> (GaN)
主要玩家			
<b>优势</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 当前标准下, 成本具备竞争力</li> <li>&gt; 容量可以从其他半导体部分重新调整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 更高的开关速度和功率密度, 可实现整体更高的效率/减少损耗</li> <li>&gt; 更好的热稳定性和导电性</li> <li>&gt; 实现快速充电和更长的续航</li> <li>&gt; 减少包装尺寸、重量和使用成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 可将开关速度与碳化硅相当</li> <li>&gt; 与硅相比, 封装尺寸更小, 电子流动性更高</li> </ul>
<b>劣势</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 耐热性差; 能量损耗强</li> <li>&gt; (当前)不能用于高压车载系统 (如800V)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 成本显著提高</li> <li>&gt; 更大的制造难度</li> <li>&gt; 有限的专家库</li> <li>&gt; 碳化硅制造能力不足</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 技术尚不成熟</li> <li>&gt; 在国防应用中的使用可能会阻止国际供应商合作</li> <li>&gt; 高成本, 尚未有工业化制造能力</li> </ul>
<b>长期展望</b>	> 很可能在低功率混合动力车型 - 潜在用途用于低端、低成本电动车	> 一旦产能增加, 规模化量产推动成本结构降低, 就可能成为大众市场解决方案	> 待定 - 市场仍然高度不成熟

1) 图中为英飞凌硅IGBT; 2) 图中为碳化硅晶圆 (中), Cree和Rohm的碳化硅模块 (左侧, 下侧, 右侧); 3) 图中为氮化镓晶圆

资料来源: 专家访谈, 企业网站; 罗兰贝格

# 第三部分

## 总结与启示:技术发展全球化不确定性共存

对车企来说,拉长硬件与底层架构的生命周期,通过软件功能的独立和OTA来满足不同国家区域和用户群体的差异化需求,显然是一个投资回报比更高且可避免成为代工厂的模式。但百年汽车产业如今面临的这一轮创新迭代与数十年前的演进路径大不相同——没有一家车企能够不借助外力(尤其是非汽车行业)实现架构与软件创新。更为复杂的是,随着全球经济贸易形势的快速变化、疫情带来的更大不确定性以及数字化/数据等技术的高政治敏感度,车企或将面临“全球化”的重大阻碍。

如果未来自由贸易减少、国际分工显著本地化、创新和技术交流受限,这将会带来创新的延缓甚至“技术战争”。虽然宏观经济得以在一定时间内恢复,但研发支出减少加上本土化发展趋势的影响,将严重制约商品、信息和人才的交流。同时,资本积累、研发合作、规模扩张和制造等方面的发展都会变得更为冗长,因此创新将会放缓。更严重的一种可能是:长期衰退、产

业本土化和政治保护主义将被提上日程,传统的规模经济将逐步崩溃;大数据资源、大规模数据存储等将成为本地化经济的重要驱动力,技术发展路线图进展大幅减缓,对大多数消费者而言,前沿技术变得难以负担。→ 16

汽车行业的流动性与盈利性本身就会受到宏观环境的直接影响,加上此轮技术革命却又恰好处于这个高度不确定性的窗口,使得情况变得愈加复杂。例如,车企若要实现全新架构的全球规模化,就必须统一在此架构之上的芯片和基础软件的标准。而全球主要区域却一直在推动半导体产业的本土化,且疫情之后这种趋势或将加剧。而在短期内,车企又需要依靠跨界合作伙伴共同攻克技术,因此很可能将面临“不同区域不同方案”、“不同区域不同伙伴”的选择。这将会影响平台和车型的全球经济性。→ 17

此外,新技术趋势下的全球采购格局也将可能发生变化。由于

### 16 / 罗兰贝格后疫情时代的全球技术格局情景分析



资料来源:罗兰贝格

目前, 仍未存在已被证明可以全球通用的成功的底层架构方案 (包括电子架构和软件架构), 传统汽车行业惯用的“一套技术方案”+“本地化采购”的方式可能不再适用。另一方面, 数字化使知识产权控制与管理以及数据拥有、储存与应用在世界各国间变得异常敏感。例如, 美国对中国半导体和数字化的持续打压, 欧洲主推的数字自主与内部的再国家化的矛盾等。这些因素都会让车企在技术合作伙伴的选择及供应商定点方面产生巨大的决策不确定性。谁能帮助全球话语权更强的车企巨头解决架构和软件难题的同时规避政治风险, 谁就有可能获得汽车行业下一个五十年的先发优势。

**在接下来的系列报告中, 罗兰贝格将继续聚焦电子电气变革带来的产业与价值链趋势、竞合关系的演变、商业模式的创新以及组织转型, 敬请持续关注。**

## 17 / 各地区针对半导体产业本地化的举措

### 美国



- > 美国政府正在**重新评估**“源自美国技术”的**半导体产品的出口管制**, 以延缓中国期望达到的人工智能领域主导地位
- > 2020年1月, 中美两国签署的**第一阶段贸易协定**包含了有关知识产权和技术转让实践的条款, 但并未解决中国为国内半导体产业提供直接支持与资金的问题



“业界担心, 涉及面较广的规定将在**全球经济空前动荡时期**不必要地扩大半导体的出口管制, 并为行业带来**更多不确定性**。”  
——半导体工业协会主席兼首席执行官约翰·诺伊弗 (John Neuffer)

### 欧盟



- > 在2020年2月疫情开始之前, 新一届欧盟委员会就已经采取更结构化的方法, 以解决**欧洲在产业数字化方面的弱势**
- > 委员会推出一项名为**“欧洲数字议程”**的综合数字化议程
- > 围绕**人工智能、数据和工业战略**, 欧盟确定了未来政策的三大支柱, 且分别与不同的举措/投资关联



“这样的数字化欧洲应该反映出欧洲最好的本质——**开放, 公平, 多样化, 民主和自信**。”  
——欧盟委员会主席兼欧盟委员会主席冯德莱恩 (Ursula von der Leyen)

### 中国



- > 在推动半导体发展的战略和运营政策方面, 中国保持着雄心壮志和长期计划, 并辅之以大量资金支持:
  - 《**中国制造 2025**》
  - 《**国家集成电路产业发展推进纲要**》 (国家半导体计划)
  - 推动**华为**成为半导体十强企业



“未来, 无论贸易战结果和领导层的变化如何, **中国全面开放半导体产业的决心不会动摇和改变**。”  
——北京半导体工业协会研发部部长

资料来源:《纽约时报》, 德国今日新闻, 欧盟委员会; 罗兰贝格



# 联系人

## 郑赞

全球高级合伙人

+86 21 5298 6677 - 163

ron.zheng@rolandberger.com

## 时帅

执行总监

+86 21 5298 6677 - 203

shuai.shi@rolandberger.com

欢迎您提出问题、评论与建议

[www.rolandberger.com](http://www.rolandberger.com)

本报告仅为一般性建议参考。  
读者不应在缺乏具体的专业建议的情况下，擅自根据报告中的任何信息采取行动。罗兰贝格管理咨询公司将对任何因采用报告信息而导致的损失负责。

© 2020 罗兰贝格管理咨询公司版权所有。

**罗兰贝格**成立于1967年,是全球顶级咨询公司中唯一一家始于德国、源自欧洲的公司。我们拥有来自**35**个国家的**2400**名员工,并成功运作于国际各大主要市场。我们的**52**家分支机构位于全球主要商业中心。罗兰贝格管理咨询公司是一家由近**250**名合伙人共有的独立咨询机构。

#### 出版方

罗兰贝格亚太总部

地址:

中国上海市南京西路1515号

静安嘉里中心办公楼一座23楼, 200040

+86 21 5298-6677

[www.rolandberger.com](http://www.rolandberger.com)