

智能汽车深度系列之一：汽车软件的星辰大海

核心观点

- **软件将成为智能汽车差异化的核心，汽车软件架构逐步向 SOA 演进。**而相较于传统汽车，智能汽车能为车主创造丰富的、可感知的价值以及全新的驾驶体验，这是当前不同汽车形成差异化的关键，而软件则是汽车智能化的核心。未来汽车软件价值有望快速提升，据麦肯锡预测，到 2030 年汽车中软件价值占比将达到 30%，届时全球汽车软件市场规模将高达 840 亿美元。“硬件预埋，软件升级”成为当下车企的主流策略，未来两年将成为 L3 及更高级别自动驾驶发展的关键节点，具有领先软件和算法能力的车企、软件供应商有望获得重要机遇。在汽车智能化、网联化的趋势下，汽车电子电气架构开始逐步向域架构、中央计算架构转变，这也为软件定义汽车的实现带来了硬件基础。为了满足快速的软件和功能开发，面向服务的软件架构（SOA）开始被业界所认可。在 SOA 架构下，所有的服务组件接口均被标准化，软件的部署不再依赖特定的硬件平台、操作系统等，其松耦合、灵活易于拓展的特点真正意义上实现了汽车的“软硬分离”。目前，上汽、小鹏、威马等主机厂也开始纷纷布局 SOA 软件架构的开发，未来几年内或迎来 SOA 量产的高峰期。
- **智能汽车软件架构主要可分为系统软件层、功能软件层和应用软件层。**1> 系统软件是车载操作系统的基础，不仅为上层应用以及功能的实现提供了高效、稳定环境的支持，也是各类应用调度底层硬件资源的“桥梁”，在智能汽车整体软硬件架构中处于核心的位置。系统软件可进一步划分：硬件抽象层主要包括 Hypervisor 和 BSP，其中 Hypervisor 提供了在同一硬件平台上承载异构操作系统的灵活性，而 BSP 可支持操作系统更好地运行于硬件主板；OS 内核（属于狭义 OS）操作系统最基本的功能，负责管理系统的进程、内存、设备驱动程序、文件和网络系统，决定着系统的性能和稳定性，是系统软件层的核心。目前主流的 OS 内核包括 QNX、Linux、VxWorks；中间件是汽车软件架构中重要的基础软件，AUTOSAR 是目前应用最为广泛的中间件方案。2> 功能软件主要包含自动驾驶的核心共性功能模块以及相关中间件，利用这些共性功能模块，开发者可更高效地进行自动驾驶业务层面的研发。3> 应用软件层主要包括智能汽车场景算法、座舱功能、数据地图等内容，是汽车智能座舱以及自动驾驶方案形成差异化的核心。
- **软件定义汽车时代下，拥有软硬件全栈能力的厂商将具备优势。**对于传统 Tier1 来说，部分系统功能开发权被主机厂收回是大势所趋。为了避免沦为硬件代工商，越来越多的 Tier1 开始致力于打造“硬件+底层软件+中间件+应用软件算法+系统集成”的全栈技术能力，典型代表包括博世、华为等，这也是 Tier1 抢占下一个市场份额制高点的关键所在。对于软件供应商来说，目前主机厂开始绕过传统的 Tier1 以寻求与软件供应商的直接合作，因此软件供应商若能提供越多的软件 IP 产品组合，就可能获取更高的单车价值。此外，软件供应商也正寻求进入传统 Tier1 把持的硬件设计、制造环节，比如域控制器、TBOX 等，以提供多样化的解决方案。我们认为，拥有软硬件全栈能力的厂商将在汽车智能化的浪潮中占据优势，板块内相关公司包括中科创达、光庭信息、东软集团、经纬恒润等。

投资建议与投资标的

- 在软件定义汽车的背景下，软件成为汽车智能化的核心，拥有完善的产品矩阵及软硬件全栈能力的厂商将具备优势。建议关注中科创达(300496，买入)、光庭信息(301221，未评级)、东软集团(600718，未评级)、经纬恒润（IPO 进程中，属汽车行业标的）。

风险提示

- 汽车智能化落地不及预期、芯片短缺持续。

行业评级

看好（维持）

国家/地区

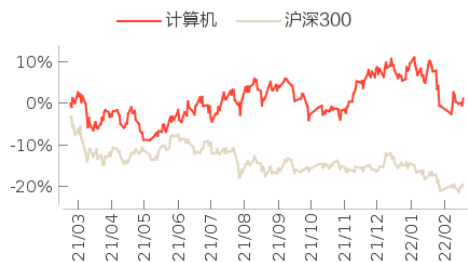
中国

行业

计算机行业

报告发布日期

2022 年 02 月 21 日



证券分析师

浦俊懿

021-63325888*6106

pujunyi@orientsec.com.cn

执业证书编号：S0860514050004

香港证监会牌照：BRW771

联系人

谢忱

xiechen@orientsec.com.cn

目 录

一、软件定义汽车时代下，智能汽车软件架构逐步向 SOA 迈进.....	6
1.1 软件成为智能汽车差异化的核心.....	6
1.2 软硬件解耦带动汽车软件架构向 SOA 演进	9
二、智能汽车软件架构梳理.....	13
2.1 系统软件：提供基础功能和底层环境支持，是操作系统的核心	13
2.1.1 硬件抽象层：Hypervisor 与 BSP 搭建软硬件间的“桥梁”	13
2.1.2 OS 内核：QNX、Linux、VxWorks 为主流	16
2.1.3 中间件：AUTOSAR 标准应用最为广泛	19
2.2 功能软件：提供自动驾驶的核心共性模块，支撑自动驾驶技术的实现.....	24
2.3 应用软件：智能汽车差异化的核心	27
三、相关公司介绍.....	30
3.1 中科创达：车载操作系统头部厂商，由座舱域到驾驶域打开成长空间	30
3.2 光庭信息：国内领先的汽车软件及解决方案提供商	32
3.3 东软集团：全球领先的汽车电子产品和服务供应商	33
3.4 经纬恒润：国内汽车电子头部企业，具备提供基于 SOA 架构解决方案及高级别智能驾驶整体解决方案的能力	35
风险提示.....	37

图表目录

图 1：全球主机厂软件定义汽车布局.....	6
图 2：2020 年部分典型高科技产品代码量对比（万行）	6
图 3：全球汽车软件与硬件内容结构占比	6
图 4：全球汽车软件市场规模预测（亿美元）	6
图 5：比亚迪推出的软硬件解耦车用操作系统 BYD OS.....	7
图 6：华为智能驾驶计算平台 MDC 架构	7
图 7：软件是实现汽车“新四化”的关键	7
图 8：新势力车企通过预埋大算力硬件以保证后续的软件升级能力	8
图 9：我国智能座舱新车渗透率高于全球水平	8
图 10：我国乘用车辅助驾驶系统占比情况预测	8
图 11：汽车电子电气架构逐步向域架构、中央计算架构转变	9
图 12：新型 EE 架构下开发方式发生转变	10
图 13：面向信号的架构（Signal-Oriented Architecture）	10
图 14：面向服务的架构（Service-Oriented Architecture）	10
图 15：SOA 架构降低了新功能开发的难度	11
图 16：主机厂需构建的“三大能力”	11
图 17：主机厂的开发模型逐步发生改变	11
图 18：汽车软件产业链正逐渐被重塑.....	12
图 19：未来软件供应商的盈利模式有望转变	12
图 20：智能汽车软硬件架构概览.....	13
图 21：Hypervisor 技术可使多系统运行在同一计算平台上	14
图 22：QNX Hypervisor 架构	15
图 23：ACRN 架构	15
图 24：嵌入式系统对应的 BSP 开发内容	16
图 25：广义 OS 与狭义 OS	16
图 26：三大主流自动驾驶 OS 内核	17
图 27：实时 OS 区分任务紧急性	17
图 28：分时 OS 不区分任务紧急性	17
图 29：QNX 系统架构图.....	18
图 30：微内核 OS 提供完整的内存保护	18
图 31：中间件位于基础层及应用层之间	19
图 32：中间件对于推动汽车软硬件解耦具有重要作用.....	20
图 33：AUTOSAR 联盟拥有 300 多家合作伙伴（截至 2021 年 7 月）	20
图 34：AUTOSAR 推动着 EE 架构演进.....	20

图 35: AUTOSAR 软件架构旨在提升软件模块的可复用性和可互换性	21
图 36: AUTOSAR Classic Platform 架构	21
图 37: AUTOSAR Classic Platform 基础软件层	21
图 38: AUTOSAR Adaptive Platform 架构	22
图 39: 智能驾驶功能软件平台架构	24
图 40: V2X 根据交互对象不同可分为四类	25
图 41: 车联网云控基础平台结构及运营主体	25
图 42: 特斯拉打造 AI+纯视觉的解决方案	26
图 43: 未来自动驾驶需要多传感器融合作为支撑	26
图 44: 汽车价值链逐步重塑	27
图 45: 用户对智能座舱配置的需求意向	27
图 46: 智能座舱新车渗透率有望快速提升	27
图 47: 全球自动驾驶市场规模预测（千亿美元）	28
图 48: 中国自动驾驶市场规模预测（十亿元）	28
图 49: 不同级别自动驾驶对地图的需求	28
图 50: 传统整车厂主要通过三种方式加码汽车软件研发	29
图 51: 智能座舱、自动驾驶及车路协同三大领域布局厂商	30
图 52: 中科创达 TurboX Auto 4.5 智能座舱平台架构	31
图 53: 中科创达 E-Cockpit 智能座舱产品功能概述	31
图 54: 中科创达 E-Cockpit 智能座舱产品主要优势	31
图 55: 辅易航致力于可商业化的低速自动驾驶应用	32
图 56: 光庭信息智能汽车领域主要产品	32
图 57: 东软智能座舱整体系统架构示例	34
图 58: 东软车联网 C-V2X 技术应用展开场景	34
图 59: 东软睿驰系统软件解决方案	35
图 60: 经纬恒润三大主营业务	36
图 61: 经纬恒润主要客户概览	36
图 62: 经纬恒润基于 SOA 的架构开发关键技术	36
图 63: 经纬恒润 Adaptive AUTOSAR 架构	36
图 64: 经纬恒润 MaaS 解决方案	37
表 1: 部分 OEM 车企 SOA 软件的量产部署	12
表 2: 主流车载操作系统具有不同的特点及应用场景	14
表 3: 车载 Hypervisor 主要供应商	15
表 4: 各 OS 内核比较	18
表 5: Classic Platform 与 Adaptive Platform 的对比	22
表 6: 部分供应商的中间件产品	23

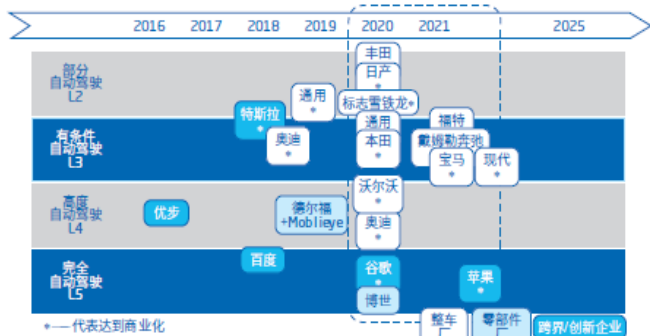
表 7：中科创达具有完备的智能座舱产品及解决方案.....	30
表 8：光庭信息智能网联汽车业务五大产品线	33
表 9：东软集团智能汽车相关产品及解决方案	34

一、软件定义汽车时代下，智能汽车软件架构逐步向 SOA 迈进

1.1 软件成为智能汽车差异化的核心

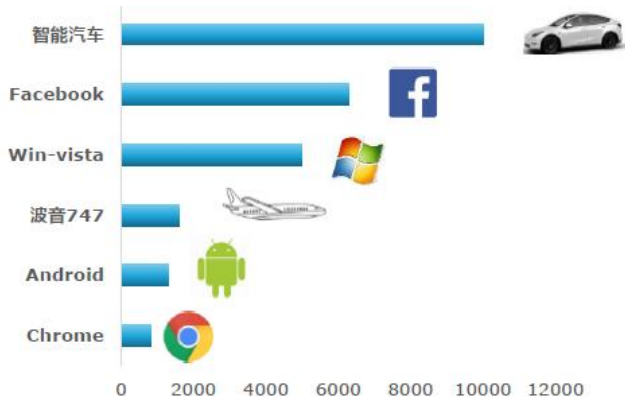
汽车智能化的大趋势下，“软件定义汽车”成为产业共识。简单来说，软件定义汽车（Software Defined Vehicles, SDV）指的是软件将深度参与到汽车定义、开发、验证、销售、服务等过程中，并不断改变和优化各个过程，实现体验持续优化、过程持续优化、价值持续创造。目前，不同车型在硬件配置方面逐渐趋同，各大车企在硬件领域已经经历了漫长的竞争，硬件及其成本持续改善的空间较为有限。相较于传统汽车，智能汽车能为车主创造丰富的、可感知的价值以及全新的驾驶体验，这也是当前不同汽车形成差异化的关键。因此，软件和算法逐步成为了车企竞争的核心要素，造车的壁垒也由从前的上万个零部件拼集成能力演变成将上亿行代码组合运行的能力。

图 1：全球主机厂软件定义汽车布局



数据来源：赛迪顾问，东方证券研究所

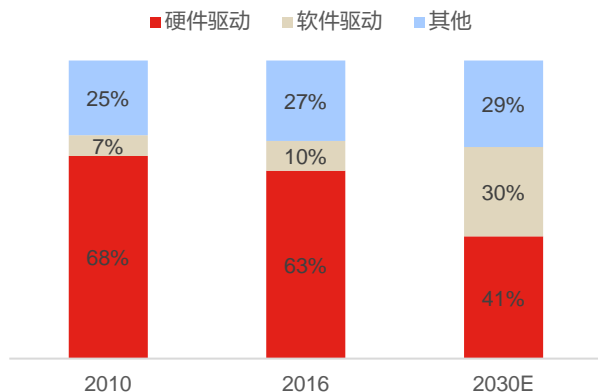
图 2：2020 年部分典型高科技产品代码量对比（万行）



数据来源：IEE，亿欧智库，东方证券研究所

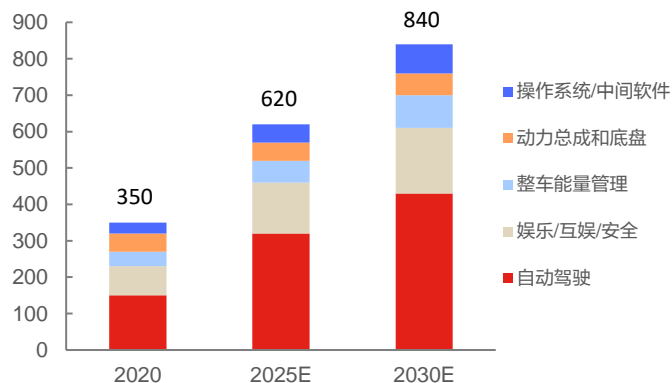
软件价值不断提升，全球汽车软件市场将快速增长。据麦肯锡预测，全球汽车软件与硬件产品内容结构正发生着重大变化，2016 年软件驱动占比从 2010 年的 7% 增长到 10%，预计 2030 年软件驱动的占比将达到 30%。从规模上来看，全球汽车软件市场规模将从 2020 年的 350 亿美元增长到 840 亿美元，未来将有巨大的空间。

图 3：全球汽车软件与硬件内容结构占比



数据来源：麦肯锡，东方证券研究所

图 4：全球汽车软件市场规模预测（亿美元）



数据来源：麦肯锡，东方证券研究所

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

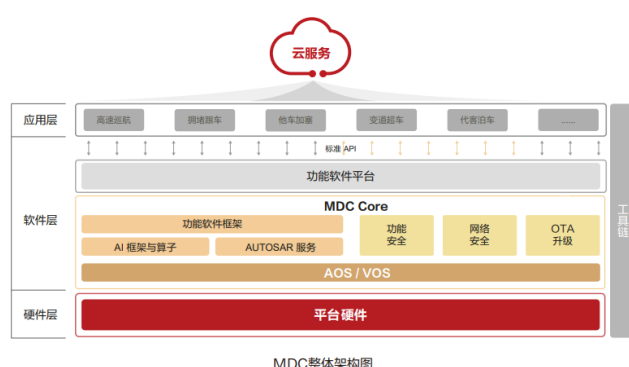
竞速智能化下半场，软件及计算能力成为新时代下汽车的核心。智能化、网联化、电动化、共享化已成为汽车产业变革的必然趋势，汽车产品逐步由传统代步机械工具向新一代具备感知和决策能力的智能终端转变。在汽车“新四化”浪潮的变革趋势下，比亚迪董事局主席兼总裁王传福曾在 2021 联想创新科技大会上表示：“电动化是上半场，智能化是下半场。智能化是更大的变革，创造的生态超乎想象。”在电动汽车时代，电池、电驱等三电核心技术是比亚迪的护城河，王传福认为，在下一个汽车时代软件决定了汽车竞争力。在 2021 华为智能汽车解决方案生态论坛上，华为智能汽车解决方案 BU CEO 余承东同样表示，电动化、网联化、智能化的时代已经到来，与传统汽车相比，智能汽车的本质已经发生了改变，计算和软件成为了汽车的核心。可以预见的是，未来汽车智能化将成为各大车厂竞逐的焦点，而软件能力将成为定义整车功能的关键。

图 5：比亚迪推出的软硬件解耦车用操作系统 BYD OS



数据来源：汽车之家，东方证券研究所

图 6：华为智能驾驶计算平台 MDC 架构



数据来源：《华为 MDC 智能驾驶计算平台白皮书》，东方证券研究所

图 7：软件是实现汽车“新四化”的关键



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

“硬件预埋，软件升级”成为车企主流策略，未来汽车软件、算法优化空间巨大。当前面向量产乘用车的智能驾驶系统整体处于 L3 及以下级别，智能驾驶技术仍在持续迭代升级中。汽车产品具备较长的生命周期，一般为 5-10 年，车载计算平台的算力上限决定车辆生命周期内可承载的软件服务升级上限。相较而言软件迭代更快，因此智能驾驶软件迭代周期与硬件更换周期存在错位。为保证车辆在全生命周期内的持续软件升级能力，主机厂在智能驾驶上采取“硬件预埋，软件升级”的策略，通过预置大算力芯片，为后续软件与算法升级优化提供足够发展空间。以蔚来、智己、威马、小鹏为代表的主机厂在新一代车型中均将智能驾驶算力提升至 500-1000Tops 级别。

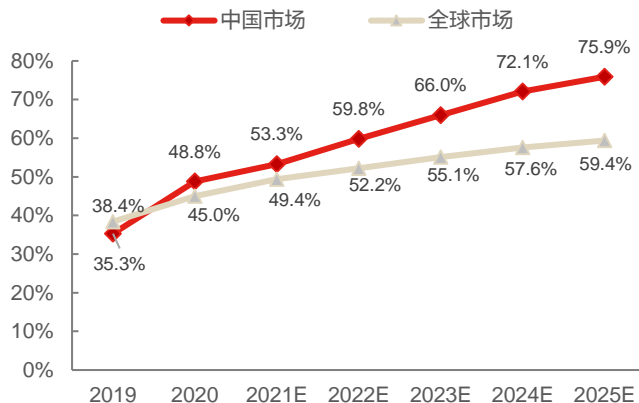
图 8：新势力车企通过预埋大算力硬件以保证后续的软件升级能力



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

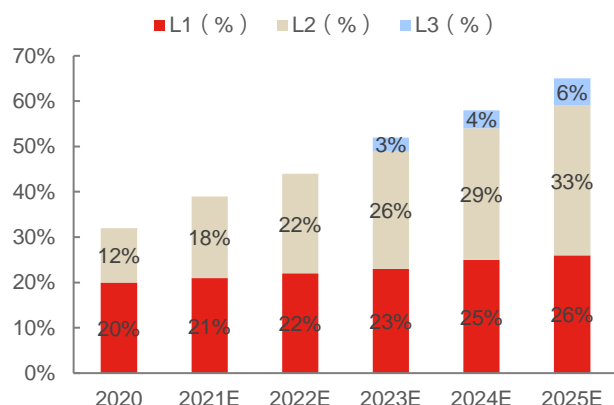
我国智能汽车产业发展速度领先世界，L3 及以上级别自动驾驶落地有望为行业带来更大机遇。在巨大的消费需求推动下，我国汽车产业链中的企业密切合作，不仅构建了良性互动的生态环境，并且推动着行业标准水平快速提升。根据 IHS Markit 数据，我国 2020 年智能座舱新车渗透率达 48.8%，且到 2025 年预计可以超过 75%，无论是渗透率还是渗透率提升速度均高于全球水平。盖世汽车 CEO 周晓莺女士也指出，目前我国自动驾驶产业发展处于世界领先水平。从座舱域到驾驶域，近年来高算力芯片的问世加速了智能汽车向更高级别自动驾驶的演进，例如英伟达推出的 Xavier（30TOPS）、DRIVE Orin（254TOPS）、DRIVE Atlan（1000TOPS），而根据地平线数据，实现 L3 自动驾驶的算力需达 20-30TOPS，到 L4 级需要 200TOPS 以上，可见当前芯片算力方面已为 L3 及更高级别的自动驾驶“做好了准备”。根据艾瑞咨询，随着智能驾驶相关上路法规的不断完善，L3 级别有条件自动驾驶乘用车有望在 2023 年开始逐步落地。结合我国新势力车企对于今年新车型的大算力预埋，我们认为，2022-2023 年将成为 L3 及更高级别自动驾驶发展的关键节点，具有领先软件和算法能力的车企、软件供应商有望获得重要机遇。

图 9：我国智能座舱新车渗透率高于全球水平



数据来源：IHS Markit，东方证券研究所

图 10：我国乘用车辅助驾驶系统占比情况预测



数据来源：艾瑞咨询，东方证券研究所

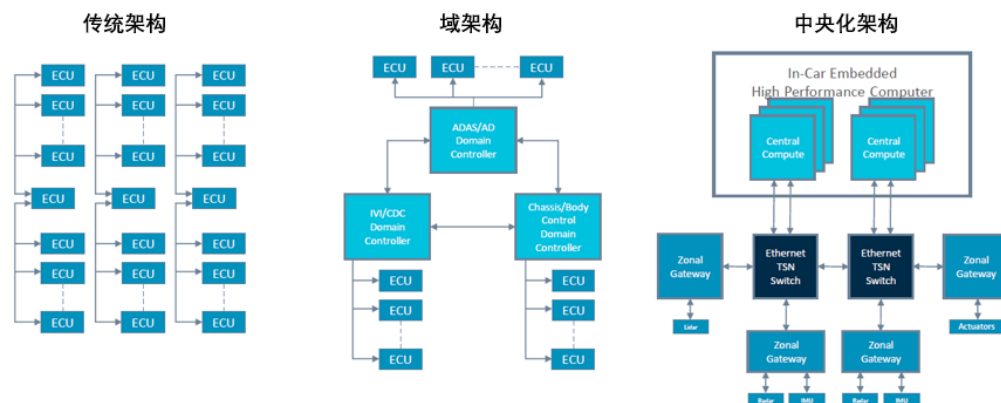
1.2 软硬件解耦带动汽车软件架构向 SOA 演进

传统汽车分布式的 EE 架构难以适应软件定义汽车的时代需求：

- 1> 在传统 EE 架构中软硬件高度嵌套，软件功能的实现更加依赖于硬件。若要新增单一功能，需要改变所有与其相关的 ECU 软件，同时也要修改车内电线、线束布线等，功能或系统升级的复杂性极大，车企集成验证更为困难。若要实现较为复杂的功能，则需要多个控制器同时开发完成才能进行验证，一旦其中任意一个控制器出现问题，可能导致整个功能全部失效；
- 2> 在传统分布式 EE 架构之下，ECU 由不同的供应商开发，框架无法复用，无法统一。同时，OTA 外部开发者无法对 ECU 进行编程，无法由软件定义新的功能，以进行硬件升级；
- 3> 基于传统分布式 EE 架构，车企只是架构的定义者，核心功能是由各个 ECU 完成，其软件开发工作主要是由 Tier1 完成。主机厂只做集成的工作，这也导致过去大部分主机厂自身的软件开发能力较弱。

随着汽车不断向智能化、网联化方向发展，以单片机为核心的传统分布式电子电气架构已经很难满足未来智能汽车产品的开发需求，同时还面临算力束缚、通讯效率缺陷、以及不受控的线束等成本黑洞。因此，汽车电子电气架构从传统分布式架构正在朝向域架构、中央计算架构转变，而集中化的 EE 架构是实现软件定义汽车重要的硬件基础。

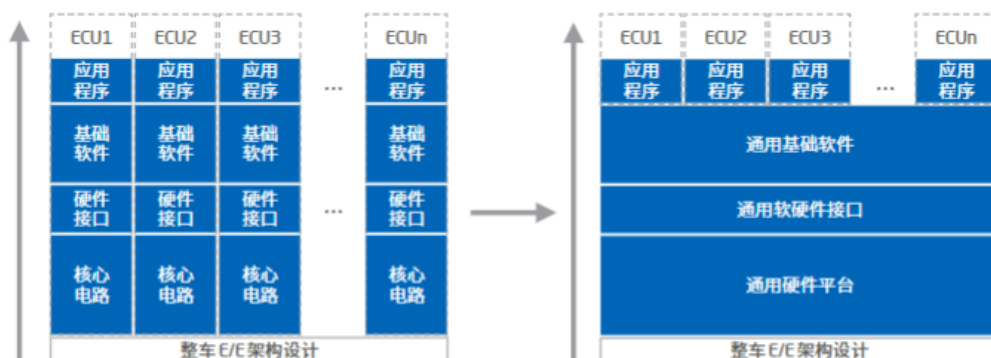
图 11：汽车电子电气架构逐步向域架构、中央计算架构转变



数据来源：arm 中国，盖世汽车，东方证券研究所

在集中化的 EE 架构下软硬件解耦，软件开发逐渐通用化、平台化。分布式软件架构是一种面向信号的架构，控制器之间通过信号来传递信息，整个系统是封闭、静态的，在编译阶段就被定义完成，因此若主机厂要修改或增加某个控制器的功能定义，同时该指令还必须调用另一个控制器上的功能时，就不得不把所有需要的控制器都升级，大大延长开发周期、增加开发成本。此时，软硬件高度嵌套，硬件之间难以形成较强的协同性，汽车软件的可复用性和 OTA 升级能力整体较弱。随着汽车 EE 架构逐步趋于集中化，域控制器或中央计算平台以分层式或面向服务的架构部署，ECU 数量大幅减少，汽车底层硬件平台需要提供更为强大的算力支持，软件也不再是基于某一固定硬件开发，而是要具备可移植、可迭代和可拓展等特性。汽车原有以 ECU 为单元的研发组织将发生转变，形成通用硬件平台、基础软件平台以及各类应用软件的新型研发组织形态。

图 12：新型 EE 架构下开发方式发生转变

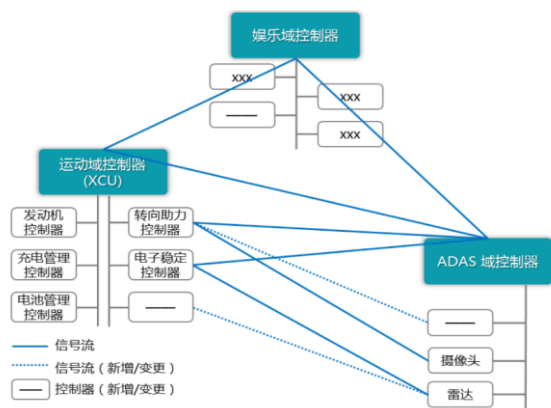


数据来源：赛迪顾问，东方证券研究所

为实现软件定义汽车，智能汽车软件架构需向 SOA 转型升级。过去汽车软件架构更多是面向信号的架构（Signal-Oriented Architecture），ECU 的功能是固定的，软件被提前编写在控制器中。但随着智能汽车的发展，车内搭载的 ECU 数量快速增加，这不仅使 ECU 的点对点的通讯变得十分复杂，且不具备灵活性和扩展性，微小的功能改动都会引起整车通讯矩阵以及各 ECU 软件的变动。SOA（Service-Oriented Architecture，面向服务的软件架构）是一种软件架构，同时也是一种软件设计方法和理念，其具备接口标准化、松耦合、灵活易于扩展等特点：

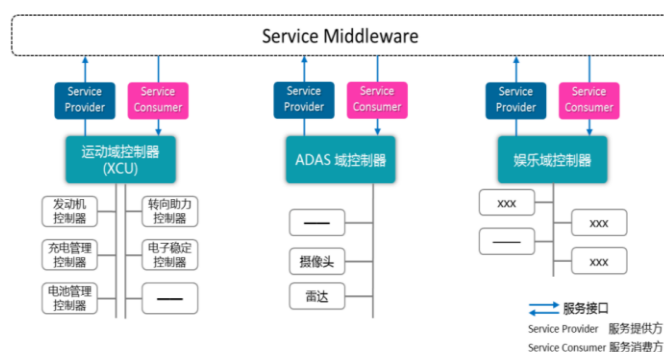
- 1> 首先，在 SOA 架构中每一个服务都具有唯一且独立互不影响的身份标识（ID），界定了清晰的功能范围，并通过服务中间件（Service Middleware）完成自身的发布、对其他服务的订阅以及与其他服务的通讯工作。因此，SOA 架构解决了传统架构中因个别功能增减/变更而导致整个通讯矩阵与路由矩阵都要变更的问题。同时，SOA 架构中每一个服务组件接口都是“标准可访问”的，服务组件的设计、部署不再依赖于具体特定的硬件平台、操作系统和编程语言，同样的组件/功能可以通过标准化接口在不同的车型上实现复用，实现组件的“软硬分离”。

图 13：面向信号的架构（Signal-Oriented Architecture）



数据来源：CSDN，东方证券研究所

图 14：面向服务的架构（Service-Oriented Architecture）

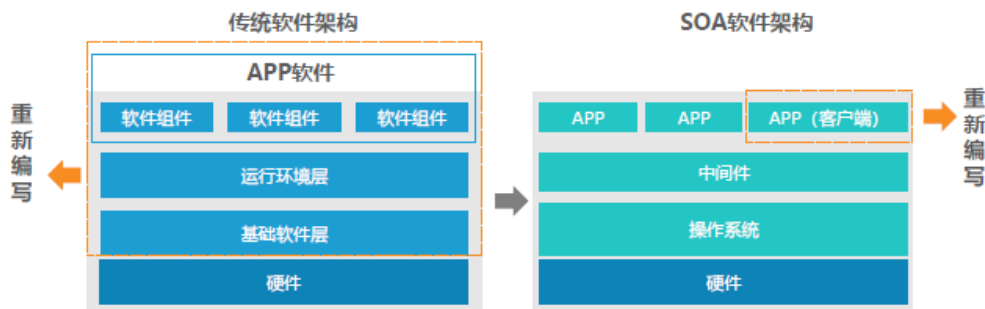


数据来源：CSDN，东方证券研究所

- 2> 在智能汽车时代，软件的迭代周期越来越短，独立于硬件的软件升级是持续为客户提供价值的关键。由于 SOA 架构具有“松耦合”的特性，服务组件和硬件均可以标准化地接入和访问，若要新增某一功能只需增加相应的服务组件并使其调用不同的硬件功能即可。因此在 SOA 架

构下，开发人员可更多地专注于上层应用的开发，而无需再对底层算法甚至各个 ECU 中的软件进行重新编译，这也解决了相同的应用在不同车型及硬件环境下重复开发的痛点，使得汽车软件架构十分灵活并易于拓展。

图 15：SOA 架构降低了新功能开发的难度

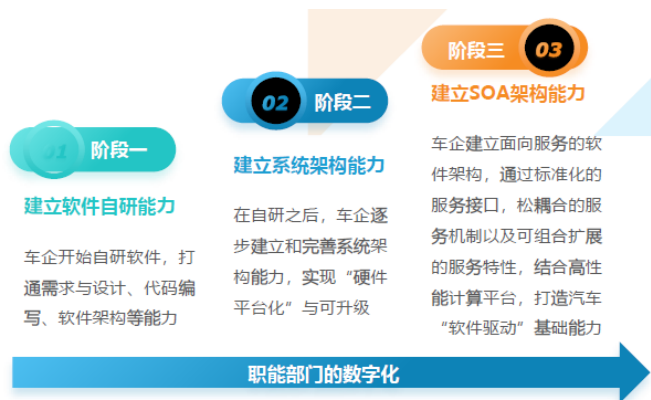


数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

在软硬件解耦以及汽车软件架构向 SOA 转型的背景下，汽车软件产业链正逐渐被重塑：

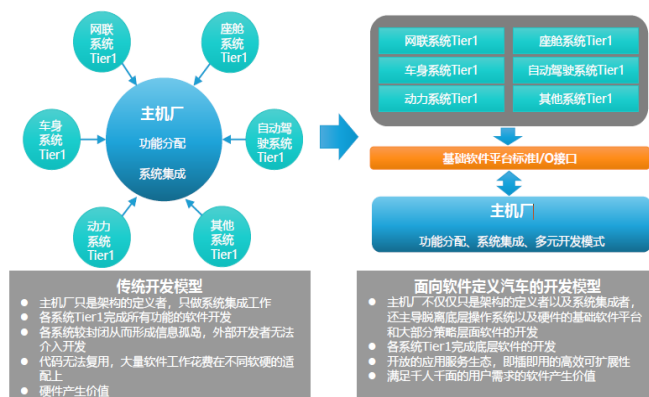
- 1> 主机厂开始重视软件能力的构建，通过建立软件自研能力、系统架构能力以及 SOA 架构能力以强化软硬件解耦。目前大部分车企已经完成了软件自研能力补充或升级，建立起了平台型架构体系，车企的传统开发模型也正向面向软件定义汽车的开发模型升级

图 16：主机厂需构建的“三大能力”



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

图 17：主机厂的开发模型逐步发生改变



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

- 2> 软件供应商一跃成为 Tier1 供应商。由于汽车软件开发难度提升，传统的汽车零部件供应商研发能力难以满足需求，此时车厂开始绕过传统一级供应商，直接与原有的二级供应商（芯片、软件算法等厂商）合作。在软件定义汽车时代，软件重要性不言而喻，整车厂为了掌握主导权并降低高昂的研发成本，往往会选择直接与具备较强的独立算法研发能力的软件供应商合作，因此这些软件供应商一跃成为了 Tier1 厂商。未来，软件供应商的盈利模式有望发生转变，开发基础平台收许可费、供应功能模块按 Royalty 收费及定制化的二次开发等方式或成为主流打法。

图 18：汽车软件产业链正逐渐被重塑



数据来源：赛迪顾问，东方证券研究所

图 19：未来软件供应商的盈利模式有望转变



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

主机厂纷纷布局 SOA 软件架构的开发，未来几年内或迎来 SOA 量产的高峰期。当前大部分 OEM 主机厂仍处于硬件架构升级的阶段，目前仅有特斯拉、大众完成了定制 OS 内核的开发构建和规模化应用，汽车软硬件解耦也处于发展初期，现阶段主机厂纷纷将底层基础软件（系统软件层）作为发展重点。从长期来看，SOA 将重构汽车生态，汽车行业很可能复制 PC 和智能手机的软件分工模式。车企可通过自建或与供应商合作搭建操作系统和 SOA 平台，引入大量的算法供应商、生态合作伙伴等形成开发者生态圈，未来车企能够向用户提供全生命周期的软件服务。这一背景下，主机厂纷纷布局 SOA 软件架构的开发，未来几年有望成为 SOA 量产的高峰期。

表 1：部分 OEM 车企 SOA 软件的量产部署

厂商	Logo	SOA 软件平台进度	量产计划
上汽零束软件		2021 年 4 月，上汽零束 SOA 软件开发平台正式发布，将实现“T+0+1+7”的迭代速度，也即在新的应用场景可于“T+0”快速上线；新的轻应用可于“T+1”快速上线，新的 APP 则可在“T+7”时快速上线。并且基于标准化的服务接口，开发过程的参与者将不再局限于整车厂，还将包括第三方应用厂商甚至个人开发者，最终旨在构建类似于智能手机上 iOS/安卓的开发平台。	计划 2022 年量产搭载
小鹏汽车		小鹏已实现 EE2.0 的双脑域架构中央计算，主干网络已经可以实现以太网+CANFD 的数据；小鹏汽车采用混合 SOA 架构，最终形成了三层交互的整车软件架构形态，其中包含车身功能层、应用层、交互层、车身功能层，提供少部分的服务接口标准，安全有序地管理车身功能的所有服务。应用层要实现整车少部分本地功能，最终通过调用服务接口实现所有本地功能，实现远程终端应用和云端应用。	计划 2022 年量产搭载
威马汽车		威马汽车在威马 W6 汽车中应用 SOA 平台，上线了自定义编程功能，自定义场景超 100 个，手机端与车机端同步，为满足用户出行场景的个性化需求，威马 W6 在复杂的 SOA 架构里，利用手机端 APP “威马智行”首创通俗易懂的自定义场景编程功能（威马快捷）。	2021 年已量产
合众新能源		合众新能源哪吒 S 计划将基于 SOA 架构开发整个系统，产品正式上市时间可能在 2022 年下半年，可能首先搭载在内部代号为 EP40 的旗舰车型上，续航可达 1000 公里，采用“下一代 AI 控制器”、“下一代智能驾驶控制器”、“基于以太网的 SOA 架构”等。	计划 2022 年量产搭载

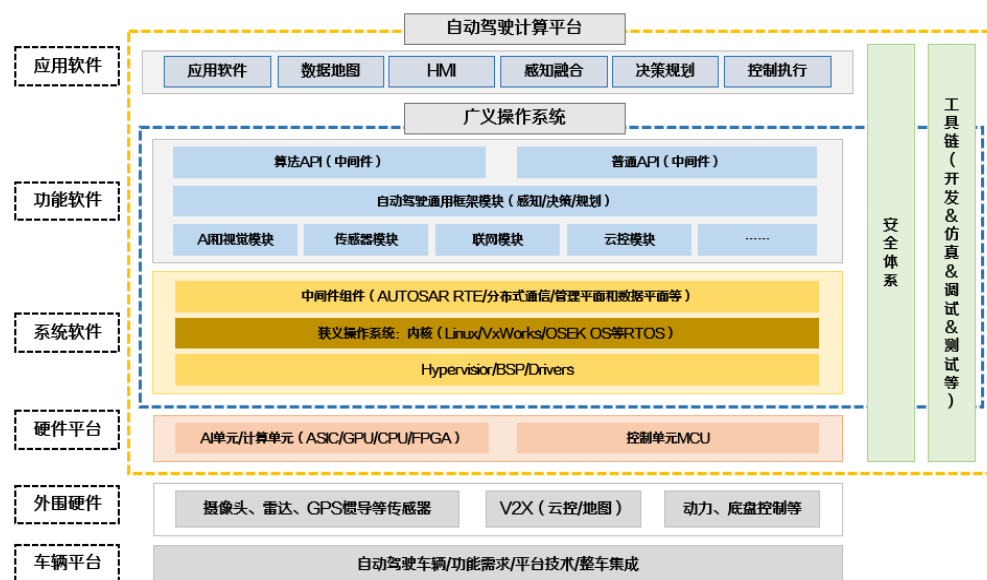
数据来源：佐思汽研，东方证券研究所

二、智能汽车软件架构梳理

纵观智能汽车软硬件架构，最底层的是车辆平台以及外围硬件（传感器、V2X、动力及底盘控制等），在其之上的是自动驾驶计算平台，而这也是实现汽车智能化的核心。进一步来看，自动驾驶计算平台可以分为硬件平台和软件两大部分，其中软件层面自下而上分别为：

- 1> 系统软件：由硬件抽象层、OS 内核（狭义上的操作系统）和中间件组件构成，是广义操作系统的核心部分；
- 2> 功能软件：主要为自动驾驶的核心共性功能模块，包括自动驾驶通用框架、AI 和视觉模块、传感器模块等库组件以及相关中间件。系统软件与功能软件构成了广义上的操作系统。
- 3> 应用软件：主要包括场景算法和应用，是智能座舱（HMI、应用软件等）以及自动驾驶（感知融合、决策规划、控制执行等）形成差异化的核心。

图 20：智能汽车软硬件架构概览



数据来源：CSDN，东方证券研究所

2.1 系统软件：提供基础功能和底层环境支持，是操作系统的核心

系统软件是车载操作系统的基础，不仅为上层应用以及功能的实现提供了高效、稳定环境的支持，也是各类应用调度底层硬件资源的“桥梁”，在智能汽车整体软硬件架构中处于核心的位置。通常来说，系统软件由硬件抽象层、OS 内核（狭义上的操作系统）和中间件组件三部分构成。

2.1.1 硬件抽象层：Hypervisor 与 BSP 搭建软硬件间的“桥梁”

在汽车电子电气系统中，不同的 ECU 提供不同的服务，同时对底层操作系统的要求也不同。根据 ISO 26262 标准，汽车仪表系统与娱乐信息系统属于不同的安全等级，具有不同的处理优先级。汽车仪表系统与动力系统密切相关，要求具有高实时性、高可靠性和强安全性，以 QNX 操作系统

为主；而信息娱乐系统主要为车内人机交互提供控制平台，追求多样化的应用与服务，主要以 Linux 和 Android 为主。

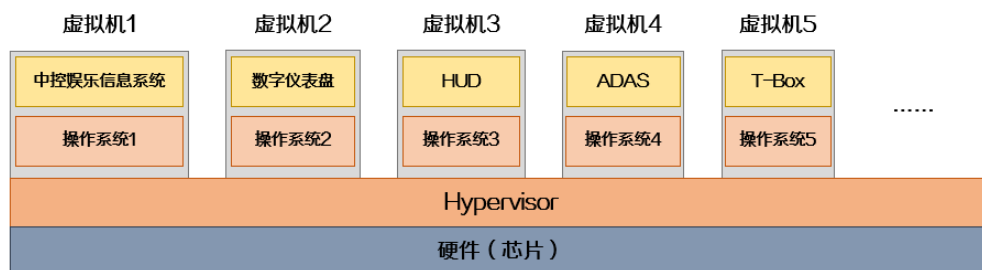
表 2：主流车载操作系统具有不同的特点及应用场景

操作系统	简介	优势	劣势	合作主机厂/零部件供应商
QNX	属于黑莓公司，是全球第一款通过 ISO 26262 ASIL level D 认证的车载操作系统	安全性、稳定性极高，符合车规级要求，可用于仪表盘	需要授权费用，只应用在高端车型上	通用、克莱斯勒、凯迪拉克、雪佛兰、雷克萨斯、路虎、保时捷、奥迪、大众、别克、丰田、捷豹、宝马、现代、福特、日产、奔驰、哈曼、伟世通、大陆、博世等
Linux	基于 POSIX 和 UNIX 的多用户、多任务、支持多线程和多 CPU 的操作系统	免费、灵活性、安全性高	应用生态不完善，技术支持差	丰田、日产、特斯拉等
Android	谷歌开发的基于 Linux 架构的系统，属于“类 Linux 系统”	开源，易于 OEM 自研，移动终端生态完善	安全性、稳定性较差，无法适配仪表盘等安全要求高的部件	奥迪、通用、蔚来、小鹏、吉利、比亚迪、博泰、英伟达等
WinCE	微软发布的 32 位的多任务嵌入式操作系统，具有多任务抢占、硬实时等特点	在当时实时性出色，windows 应用开发便利	现在开发者和应用已经非常少，即将推出历史舞台	福特 Sync1、Sync2 等

数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

在 EE 架构趋于集中化后，虚拟化（Hypervisor）技术的出现让“多系统”成为现实。在电子电气系统架构从分布式向域集中式演进的大背景下，各种功能模块都集中到少数几个计算能力强大的域控制器中。此时，不同安全等级的应用需要共用相同的计算平台，传统的物理安全隔离被打破。虚拟化（Hypervisor）技术可以模拟出一个具有完整硬件系统功能、运行在一个完全隔离环境中的计算机系统，此时供应商不再需要设计多个硬件来实现不同的功能需求，而只需要在车载主芯片上进行虚拟化的软件配置，形成多个虚拟机，在每个虚拟机上运行相应的软件即可满足需求。Hypervisor 提供了在同一硬件平台上承载异构操作系统的灵活性，同时实现了良好的高可靠性和故障控制机制，以保证关键任务、硬实时应用程序和一般用途、不受信任的应用程序之间的安全隔离，实现了车载计算单元整合与算力共享。

图 21：Hypervisor 技术可使多系统运行在同一计算平台上



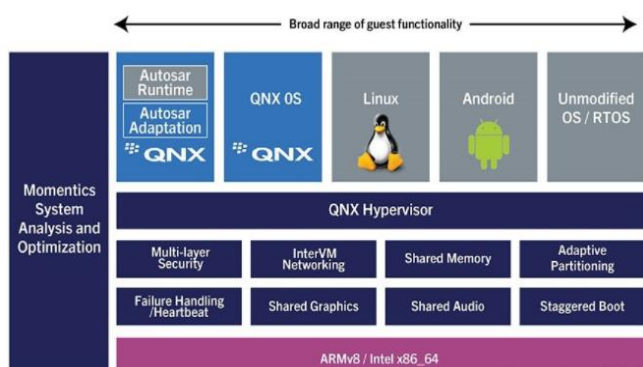
数据来源：CSDN，东方证券研究所整理

在车载虚拟化领域，主流的 Hypervisor 技术提供商包括 BlackBerry QNX Hypervisor（闭源）及 Intel 与 Linux 基金会主导的 ACRN（开源）。目前，只有 QNX Hypervisor 应用到量产车型，它也是目前市场上唯一被认可功能安全等级达到 ASIL D 级的虚拟化操作系统。国内厂商也纷纷加

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

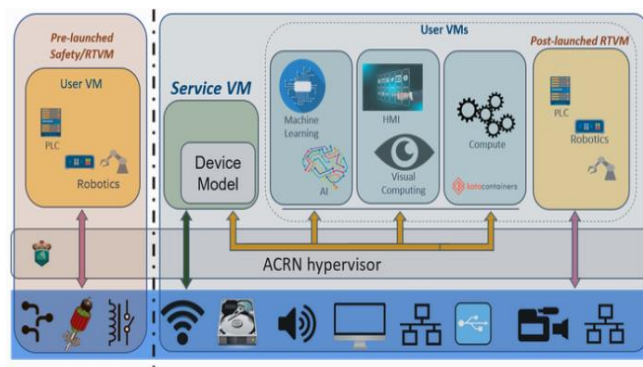
入两大主流虚拟机技术生态：2017 年，中科创达与诚迈科技入选黑莓 VAI 计划（该计划将建立一个基于黑莓 QNX 嵌入式技术和 Certicom 安全技术的全球专家网络，旨在拓展嵌入式软件市场），公司可以基于黑莓的嵌入式技术开发集成服务、安全关键型解决方案；东软集团在 ACRN 项目早期就成为了其会员；2019 年，ACRN 与润和软件建立战略合作伙伴关系。

图 22：QNX Hypervisor 架构



数据来源：CSDN，东方证券研究所

图 23：ACRN 架构



数据来源：CSDN，东方证券研究所

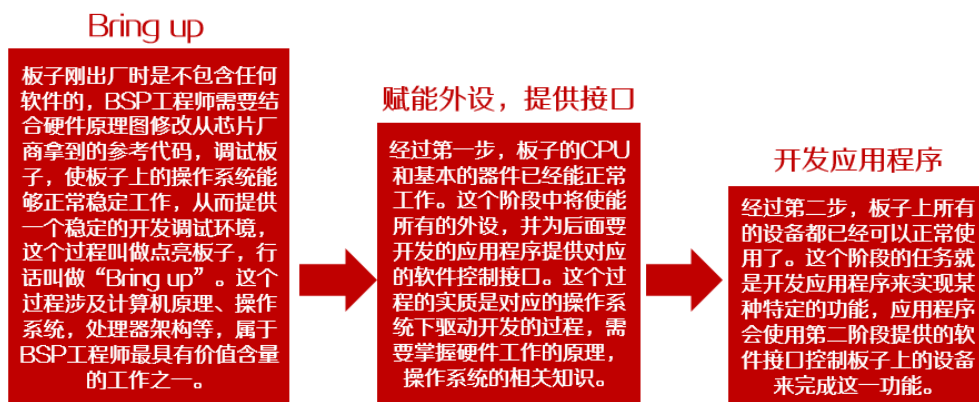
表 3：车载 Hypervisor 主要供应商

主要品类	所属机构	发展历程	量产情况	国内典型合作伙伴
QNX Hypervisor	RIM (Blackberry 母公司)	由加拿大 QSSL 公司开发，2004 年被哈曼收购，2010 年又被黑莓收购，2021 年 2 月黑莓正式发布 QNX Hypervisor 2.2 版本	已量产，目前只有 QNX Hypervisor 应用到量产车型，也是唯一被认可功能安全等级达到 ASIL D 级的虚拟化操作系统	中科创达、诚迈科技
ACRN	Intel 与 Linux 基金会	2018 年 3 月发布，是一款灵活、开源、轻量级 Hypervisor 参考软件，Intel 开源技术中心为 ACRN 项目的发布贡献了源代码	尚未量产	东软集团、润和软件

数据来源：CSDN，东方证券研究所

BSP 可支持操作系统更好地运行于硬件主板。 BSP (Board Support Package) 指板级支持包。对于一般的嵌入式系统，硬件部分需要嵌入式硬件工程师设计硬件电路，而新出厂的电路板需要 BSP 来保证其能稳定工作，在此基础上才能进行下一步的软件开发。BSP 是介于主板硬件和操作系统之间的系统软件之一，主要目的是为了支持操作系统，使之能够更好的运行于硬件主板。BSP 是相对于操作系统而言的，不同的操作系统对应于不同定义形式的 BSP。例如 VxWorks 的 BSP 和 Linux 的 BSP 相对于某一 CPU 来说尽管实现的功能一样，可是写法和接口定义是完全不同的，所以写 BSP 一定要按照该系统 BSP 的定义形式来写，这样才能与上层 OS 保持正确的接口。由于 BSP 处于在硬件和操作系统、上层应用程序之间，因此 BSP 程序员需要对硬件、软件 and 操作系统都要有一定的了解。

图 24：嵌入式系统对应的 BSP 开发内容

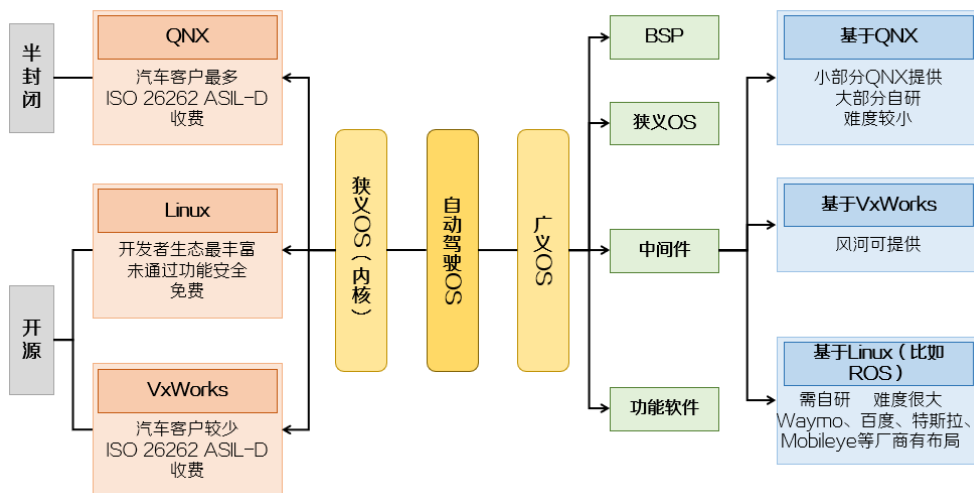


数据来源：CSDN，东方证券研究所

2.1.2 OS 内核：QNX、Linux、VxWorks 为主流

汽车操作系统可分为狭义 OS 和广义 OS，OS 内核属于狭义 OS。如前文所述，汽车的自动驾驶计算平台分为四个层级，从下到上分别为硬件层、系统软件层、功能软件层、应用软件层。广义 OS 指系统软件层（包括硬件抽象层、OS 内核、中间件组件）与功能软件组成的软件集合，而狭义 OS 仅单指 OS 内核。具体来说，OS 内核又称为“底层 OS”，提供操作系统最基本的功能，负责管理系统的进程、内存、设备驱动程序、文件和网络系统，决定着系统的性能和稳定性，是系统软件层的核心。

图 25：广义 OS 与狭义 OS



数据来源：九章智驾，东方证券研究所整理

当前，狭义 OS 的内核呈现 QNX、Linux 和 VxWorks 三足鼎立的局势。自动驾驶 OS 内核的格局较为稳定，主要玩家为 QNX（Blackberry）、Linux（开源基金会）、VxWorks（风河）。因打造全新 OS 需要花费太大的人力、物力，目前基本没有企业会开发全新的 OS 内核。当前，无论

是 Waymo、百度、特斯拉、Mobileye 还有一些自动驾驶初创公司、车企，所谓的自研自动驾驶 OS，都是指在上述现成内核的基础之上自研中间件和应用软件。

图 26：三大主流自动驾驶 OS 内核

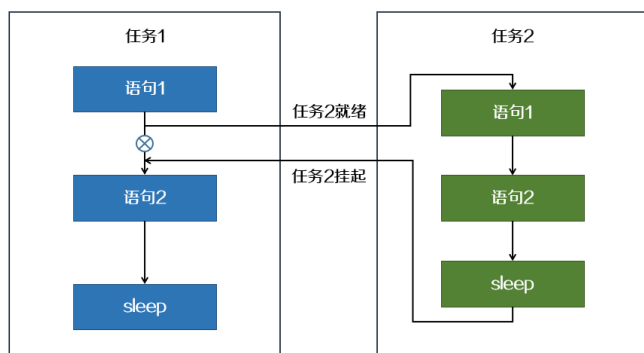


数据来源：各公司官网，东方证券研究所

QNX、Linux 和 VxWorks 三大内核有以下区别：

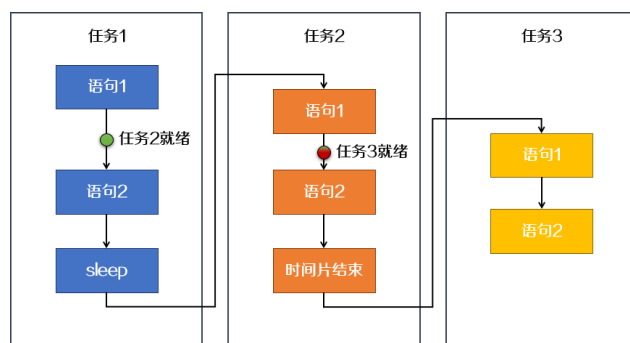
- 1> **实时性**：以是否对需要执行的任务划分优先级为标准，OS 内核可分为分时 OS（Time-Sharing OS）和实时 OS（Real-time OS）两种。前者对各个用户/作业都是完全公平的，不区分任务的紧急性；而后者指在高优先级的紧急任务需要执行时，能够在某个严格的时间限制内抢占式切换到该任务上。实时 OS 还可以分为硬实时和软实时两类：硬实时系统有一个刚性的、不可改变的时间限制，它不允许任何超出时限的错误；而软实时系统的时限是一个柔性灵活的，它可以容忍偶然的超时错误。QNX 和 VxWorks 均属于实时 OS，且均属于硬实时 OS。最初 Linux 属于分时 OS，但 Linux 对实时性改进的工作从未停止过。经过优化后，Linux 内核也分为抢占式内核和非抢占式内核，其中，抢占式内核的实时性足以满足自动驾驶的需求。因此，实时性大幅改善的 RT Linux 实际上已经成为硬实时操作系统。

图 27：实时 OS 区分任务紧急性



数据来源：CSDN，东方证券研究所

图 28：分时 OS 不区分任务紧急性



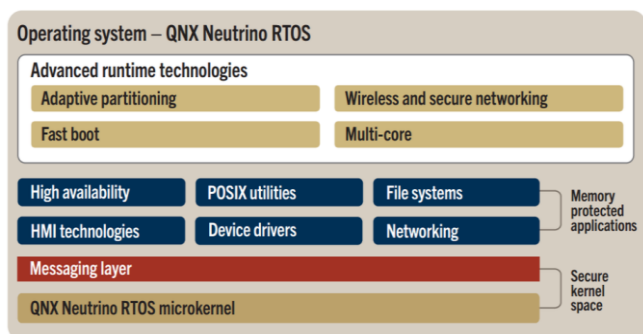
数据来源：CSDN，东方证券研究所

- 2> **开放性**：QNX 是一个半封闭系统，而 Linux 和 VxWorks 均是开源系统。所谓“半封闭”，即 QNX 的内核，客户是不能改的，但客户可自己编写中间件和应用软件；所谓开源，即所有内核源代码都向客户开放，客户可根据自己的实际需求裁剪，可配置性很高。与 QNX 相比，Linux 更大的优势在于开源，在各种 CPU 架构上都可以运行，可适配更多的应用场景，并有更为丰富的软件库可供选择，因此具有很强的定制开发灵活性。VxWorks 也是开源的，

VxWorks RTOS 由 400 多个相对独立、短小精悍的目标模块组成，用户可获所有源代码并可根据需要对 OS 内核在源代码层面进行裁剪和配置。

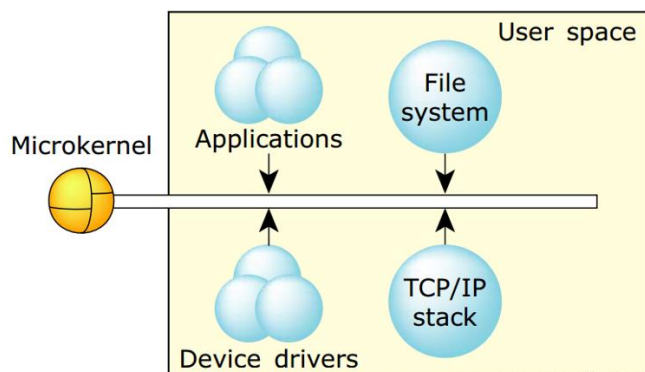
- 3> **内核架构**：QNX 与 VxWorks 是微内核，即内核中只有最基本的调度、内存管理，驱动、文件系统等都是用户态的守护进程去实现的。微内核的优点是稳定、漏洞少，驱动等的错误只会导致相应进程发生 Bug，不会导致整个系统都崩溃，同时具有灵活性高、易扩展的特点，可以便捷地在操作系统中增减功能；缺点是频繁的系统调用与信息传递使 OS 运行效率较低。Linux 是宏内核，即除了最基本的进程、线程管理、内存管理外，文件系统，驱动，网络协议等等都在内核里面，其优点是效率高，可以充分发挥硬件的性能；缺点是内核结构复杂，稳定性较差，开发进程中的 Bug 可能会导致整个系统崩溃，因此基于 Linux 开发的门槛很高。

图 29：QNX 系统架构图



数据来源：CSDN，东方证券研究所

图 30：微内核 OS 提供完整的内存保护



数据来源：CSDN，东方证券研究所

- 4> **是否付费**：QNX 凭借其安全性、稳定性和实时性占据汽车嵌入式操作系统市占率第一的位置，但 QNX 是需要商业收费的。虽然 VxWorks 和 Linux 同为开源系统，但区别在于 Linux 是免费的，而 VxWorks 是收费的。QNX 与 VxWorks 均需收取高昂的授权费，开发定制成本也很高，这也会在一定程度上阻碍其市场占有率的增长；相较而言，Linux 的免费也会对车企有很强的吸引力。

综上，车企在选择 OS 内核时，主要考虑开放性、可扩展性、易用性、安全性、可靠性及成本等因素，再结合自己的需求及能力体系来做权衡。

表 4：各 OS 内核比较

	ONX	Linux	VxWorks
开放性	半封闭	源代码开放	源代码开放
是否可裁剪	否	是	是
软件生态丰富程度	较丰富；商业公司提供，或自己从开源软件移植	非常丰富，主要来自开源软件社区	在自动驾驶产业影响较小
实时性	微秒级	毫秒级（打开 CONFIG_PREEMPT_RT 后为微秒级）	微秒级
功能安全等级	ASIL-D	无	ASIL-D
开发工具和使用费用	昂贵	免费	昂贵
易用性	容易	最难	比较难

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

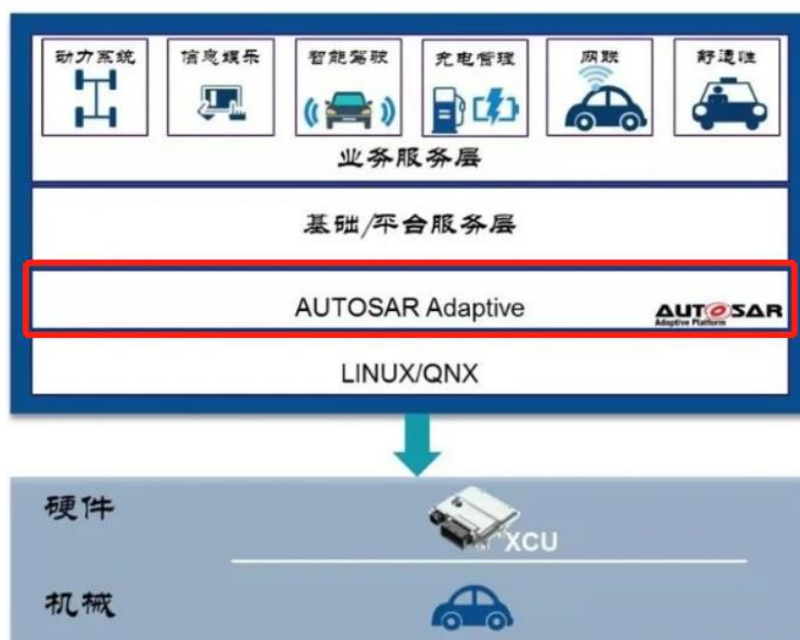
可拓展性	低	高	中
代表用户	蔚来、理想、小鹏等	特斯拉、Waymo、华为、Mobileye、丰田	奥迪、现代、Mobileye

数据来源：九章智驾，东方证券研究所

2.1.3 中间件：AUTOSAR 标准应用最为广泛

中间件位于硬件及操作系统之上，应用软件之下，是汽车软件架构中重要的基础软件。中间件（middleware）是基础软件的一大类，在汽车软件架构中位于硬件、操作系统之上，应用软件的下方，总的作用是为处于自己上层的应用软件提供运行与开发的环境，帮助用户灵活、高效地开发和集成复杂的应用软件，并能在不同的技术之间实现资源共享并管理计算资源和网络通信。

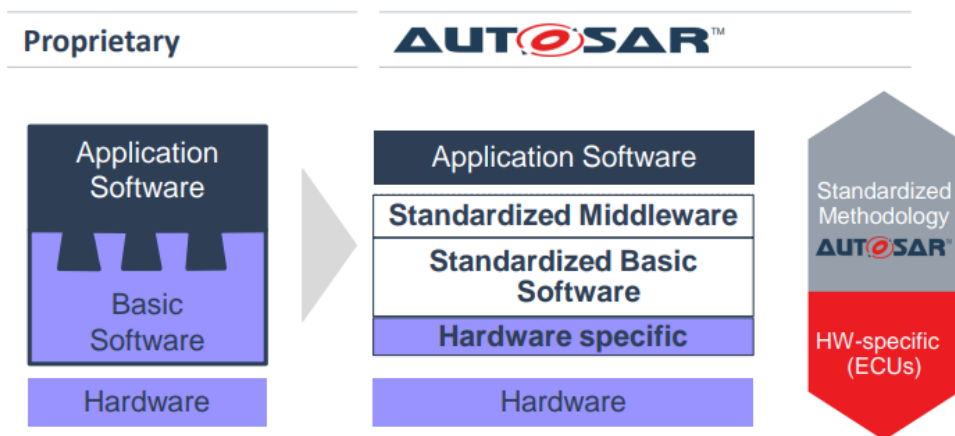
图 31：中间件位于基础层及应用层之间



数据来源：CSDN，东方证券研究所

软件定义汽车时代下，中间件的作用愈发重要。随着 EE 架构逐渐趋于集中化，汽车软件系统出现了多种操作系统并存的局面，这也导致系统的复杂性和开发成本的剧增。为了提高软件的管理性、移植性、裁剪性和质量，需要定义一套架构（Architecture）、方法学（Methodology）和应用接口（Application Interface），从而实现标准的接口、高质量的无缝集成、高效的开发以及通过新的模型来管理复杂的系统。中间件的核心思想在于“统一标准、分散实现、集中配置”：统一标准才能给各个厂商提供一个通用的开放的平台；分散实现则要求软件系统层次化、模块化，并且降低应用与平台之间的耦合度；由于不同模块来自不同的厂商，它们之间存在复杂的相互联系，要想将其整合成一个完善的系统，必须要求将所有模块的配置信息以统一的格式集中管理起来，集中配置生成系统。有了汽车软件中间件后，所有的软件和应用都具备了标准化接口，同时硬件功能也被抽象成服务，可以随时被上层应用调用；软件开发可以跨配置、跨车型、跨平台、跨硬件适应；软件开发者可以更多地聚焦软件功能的差异化；软件认证可以有标准可依。因此，可以说中间件在汽车软硬件解耦的趋势中发挥了关键的作用。

图 32：中间件对于推动汽车软硬件解耦具有重要作用



数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

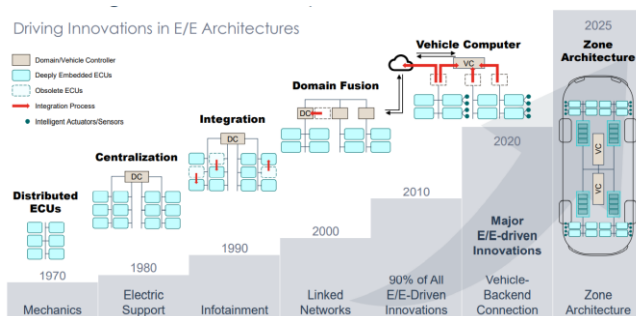
在所有中间件方案中，AUTOSAR 是目前应用范围最广的车载电子系统标准规范。AUTOSAR（Automotive Open System Architecture）指汽车开放架构，是由全球汽车制造商、零部件供应商以及各种研究、服务机构共同参与制定的一种汽车电子系统的合作开发框架，并建立了一个开放的汽车控制器（ECU）标准软件架构，规范了车载操作系统标准与 API 接口。2003 年 7 月，宝马、博世、大陆、戴姆勒、福特、通用、PSA、丰田、大众等 9 家汽车行业巨头发起了 AUTOSAR 联盟的建立，这 9 家公司后来也成为 AUTOSAR 联盟的核心成员。截至 2021 年 7 月，AUTOSAR 联盟已经拥有了 300 多家合作伙伴，包括全球各大主流整车厂、一级供应商、标准软件供应商、开发工具与服务提供商、半导体供应商、高校以及研究机构等，其中也包括了华为、百度、长城、东风、一汽、上汽、吉利、蔚来、拜腾、宁德时代等国内厂商。

图 33：AUTOSAR 联盟拥有 300 多家合作伙伴（截至 2021 年 7 月）



数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

图 34：AUTOSAR 推动着 EE 架构演进



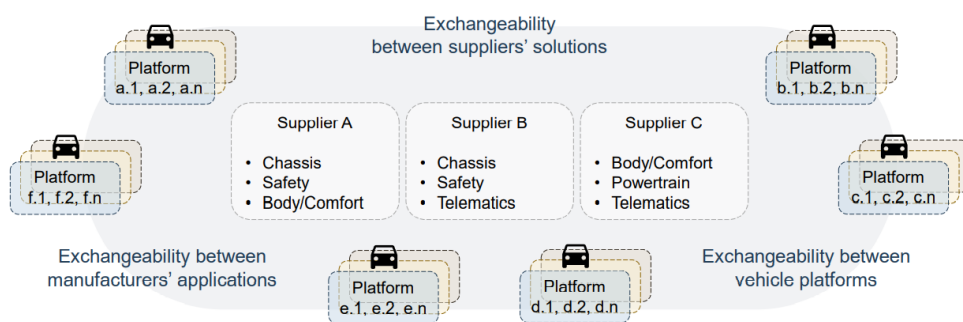
数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

AUTOSAR 旨在通过提升 OEM 以及供应商之间软件模块的可复用性和可互换性来改进对复杂汽车电子电气架构的管理。汽车行业中有众多的整车厂和供应商，每家 OEM 会有不同的供应商以及车型，每个供应商也不止向一家 OEM 供货，此时若尽可能地让相同产品在不同车型可重复利用或是让不同供应商的产品相互兼容，这样就能大幅减少开发成本。为此，AUTOSAR 联盟建立了独立于硬件的分层软件架构；为实施应用提供方法论，包括制定无缝的软件架构堆叠流程并将应用软件整合至 ECU；制定了各种车辆应用接口规范，作为应用软件整合标准，以便软件在不同

汽车平台复用。有了标准化应用软件和底层软件之间的接口，开发者可以专注于功能的开发，而无需顾虑目标硬件平台。

图 35：AUTOSAR 软件架构旨在提升软件模块的可复用性和可互换性

Benefits of a Software Framework



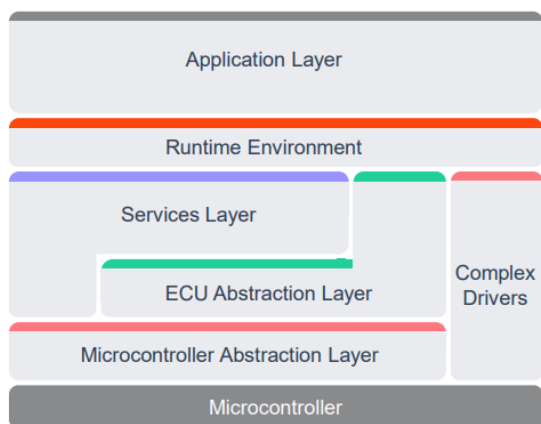
The **AUTOSAR Software Framework** promotes software module reuse and exchangeability.

数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

目前，AUTOSAR 拥有 Classic Platform 和 Adaptive Platform 两大平台，分别对应传统控制类车辆电子系统与对应自动驾驶的高性能类车载电子系统：

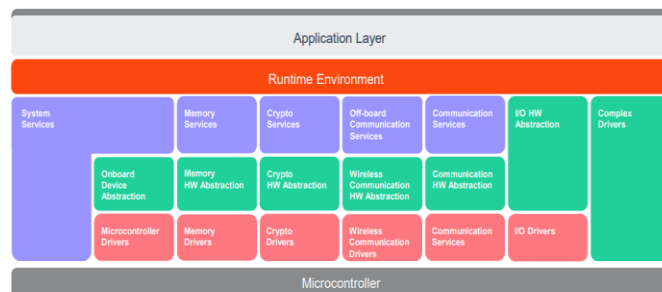
- 1> **Classic Platform (CP)**：Classic Platform 是 AUTOSAR 针对传统车辆控制嵌入式系统的解决方案，具有严格的实时性和安全性限制。从架构来看，Classic Platform 自下而上可大致分为微控制器、基础软件层、运行环境层和应用软件层。Classic 平台软件架构实现了汽车软件的层次化与模块化，将硬件依赖和非硬件依赖的软件进行了封装。同时，如果使用工具链进行开发，基础软件可以通过配置参数即可实现功能剪裁、算法逻辑，便于基础软件的开发。此外，接口的标准化便于基础软件与硬件抽象层软件对接，缩短开发周期的同时也为 OEM 提供了更多的选择空间。

图 36：AUTOSAR Classic Platform 架构



数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

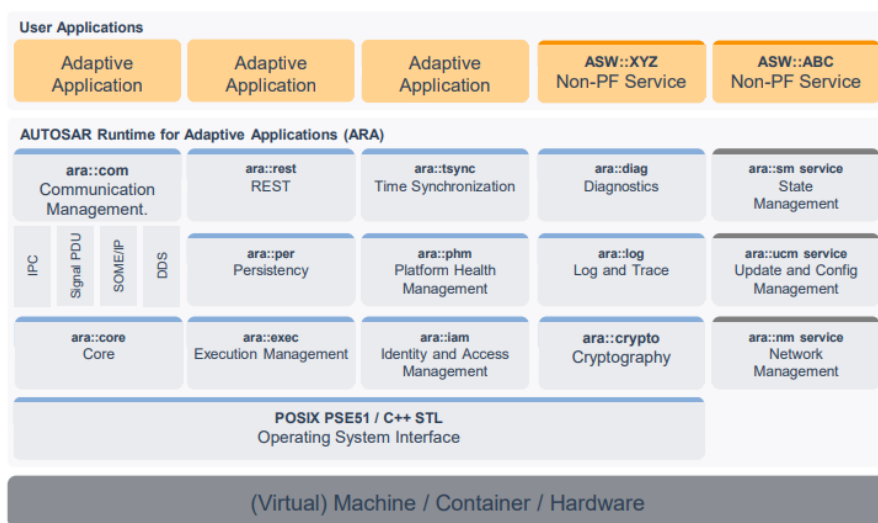
图 37：AUTOSAR Classic Platform 基础软件层



数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

2> **Adaptive Platform (AP)**：Adaptive Platform 是 AUTOSAR 面向未来自动驾驶、车联网等复杂场景而提出的一种新型汽车电子系统软件架构标准。Adaptive 平台修改了大量 Classic 平台标准的内容，采用了基于 POSIX 标准的操作系统，以面向对象的思想进行开发，并且可使用所有标准的 POSIX API，主要目的是为满足当前汽车自动驾驶、电气化和互联互通等趋势的需求。Adaptive Platform 自下而上可分为三层：（1）硬件层：AP 可将运行的硬件视作 Machine，这也意味着硬件可以通过各种管理程序相关技术进行虚拟化，并可实现一致的平台视图；（2）实时运行环境层（ARA）：由功能集群提供的一系列应用接口组成，分为 API 和 service 两种接口类型；（3）应用层：运行在 AP 上的一系列应用。

图 38：AUTOSAR Adaptive Platform 架构



数据来源：AUTOSAR 官网，东方证券研究所

Adaptive Platform 相较 Classic Platform 更加适应于当前汽车架构向 SOA 转型的大趋势。如前文所述，当前汽车架构中同一硬件平台可能集成了多种系统，例如车载信息娱乐相关的 ECU 通常使用 Linux、QNX 或其他通用操作系统。尽管 Classic Platform 支持 AUTOSAR OS（OSEK OS），而 Adaptive Platform 支持虚拟化技术以及多系统并存的架构，只要是 POSIX OS 都可使用，包括那些达到 ASIL-D 的操作系统，兼容性广，可移植性高，因此 AP 相较 CP 更有优势。此外，CP 主要支持面向信号的架构（Signal-Oriented Architecture），以基于信号的静态配置的通信方式（CAN、LIN）为主，开发后功能升级较为困难；AP 主要支持面向服务的软件架构（SOA），以基于服务的 SOA 动态通信方式（SOME/IP）为主，硬件资源间的连接关系虚拟化，不局限于通信线束的连接关系，软件也可实现灵活的在线升级。因此，AP 更专注于提供高性能计算和通讯机制，提供了灵活的软件配置方式，更加适用于当前智能汽车领域高速发展的时代。

表 5：Classic Platform 与 Adaptive Platform 的对比

	Classic Platform	Adaptive Platform
使用语言	C	C++
实时性	硬实时	软实时
适用场景	传统 ECU（如 ECM、VCU、BMS、MCU 等）	自动驾驶、辅助驾驶、车联网
应用架构	面向信号的架构（Signal-Oriented Architecture）	面向服务的架构（Service-Oriented Architecture）
功能升级	一般 ECU 开发后比较固定	可灵活在线升级

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

安全等级	最高到 ASIL D	最低 ASIL B（最高可到 D）
主要通信方式	CAN、LIN	以太网
操作系统	Autosar OS（OSEK OS）	POSIX OS（Linux、QNX 等）

数据来源：CSDN，东方证券研究所

面向全新 E/E 架构的智能汽车，AUTOSAR 和中间件 OS 将是众多 Tier1 的发力重点。目前全球知名的 AUTOSAR 解决方案厂商包括 ETAS（博世）、EB（Continental）、Mentor Graphics（Siemens）、Wind River（TPG Capital）、Vector、KPIT（美印合资）等。在国内，Classic AUTOSAR 标准下的开发工具链及基础软件由海外供应商占据主导地位，包括 EB、ETAS、Vector 等，国内厂商主要包括东软睿驰、华为、经纬恒润等；国内 Adaptive AUTOSAR 仍处于起步阶段，大陆 EB 与大众合作将 AP AUTOSAR 和 SOA 平台应用于大众 MEB 平台 ID 系列纯电动车型上。此前国内汽车基础软件架构标准及产业生态整体较为落后，在汽车智能化转型升级的趋势下，国内厂商纷纷将 AP AUTOSAR 作为发力重点，推出相应的中间件及其工具链产品，抢占市场先机。

表 6：部分供应商的中间件产品

厂商	中间件产品	产品概述
	东软睿驰 NeuSAR 兼容最新版 AUTOSAR 标准的软件中间件	NeuSAR 中间件能够持续适配不同指令级的硬件平台并对上提供同一封装接口，具备针对不同软件架构平台的抽象能力。跨域中间件主要针对域控制器及中央计算平台的硬件结构及拓扑，融合 AUTOSAR AP/CP 系统，给应用层提供统一的操作视图。
	华为自研的越影操作系统、兼容 AUTOSAR 标准的软件中间件	（1）车控 OS（操作系统）：华为自研微内核操作系统-越影 OS，越影 OS 使用华为鸿蒙操作系统微内核，鸿蒙微内核是跟 Linux 兼容的，也就是在 Linux 系统下开发的自动驾驶业务可以直接迁移到 MDC 软件平台上直接运行； （2）自适应软件组件：华为自研的软件中间件，跟 AUTOSAR 是兼容的，用来软硬件松耦合用的中间件，这个华为自研的中间件也是这个作用。其中 AI 算子库里面包含各种人工智能模型，兼容 TensorFlow 和 Caffe 这些比较常见的做深度神经网络学习的中间件。
	高安全、高性能的自动驾驶中间件	未动科技中间件产品可支持满足 POSIX 标准的多种操作系统，移植到不同的架构的处理器平台，经过严格的安全性测试和性能优化，满足 ASIL-D 等级；车载中间件产品是以 Adaptive AUTOSAR 基于 Rust 语言的实现，完全自主知识产权，自主可控。截至 2020 年底，未动科技已获得 10 家主机厂、30+款车型项目定点，预计未来 5 年交付总量 150 万台。
	自动驾驶软件平台 MotionWise	（1）MotionWise 安全软件平台是包含 MotionWise 服务和第三方软件 stack 的集成解决方案。 （2）MotionWise 运行在多主机环境，其中一个 Safety Host 通常运行 Classic AUTOSAR，一个或多个 Performance Host 运行 POSIX 操作系统。MotionWise 支持的 Safety Host 安全等级可达到 ASIL-D。 （3）全球搭载 TTTech MotionWise 产品已有 25 个以上车型 SOP 量产。

数据来源：佐思汽研，东方证券研究所

2.2 功能软件：提供自动驾驶的核心共性模块，支撑自动驾驶技术的实现

汽车软件架构中，功能软件层主要包含自动驾驶的核心共性功能模块以及相关中间件。根据 SOA 架构设计理念，通过提取自动驾驶核心共性需求，形成了自动驾驶共性功能模块，主要包括自动驾驶通用框架模块、网联模块、云控模块、AI 与视觉模块、传感器模块等。利用这些共性功能模块，开发者可更高效地进行自动驾驶业务层面的研发，缩短了智能驾驶系统的开发周期；主机厂基于自身策略，在设计和开发功能软件时可以选择不同的功能模块和算法组件，实现拼插式功能组合，灵活构建智能驾驶系统级解决方案，这也降低了系统集成成本。功能软件层中，中间件同样可对软硬件资源进行管理、分配和调度，例如对传感器、计算平台等资源进行抽象，对算法、子系统、功能采取模块化的管理，并通过提供的统一接口。功能软件与系统软件共同构成了广义的自动驾驶操作系统，支撑着自动驾驶技术实现。

图 39：智能驾驶功能软件平台架构



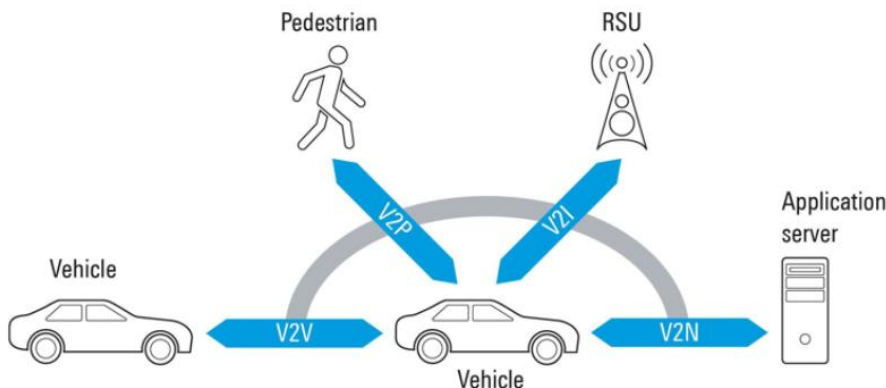
数据来源：华为智能汽车，东方证券研究所

- 1> **自动驾驶通用框架模块**：自动驾驶通用框架模块是功能软件的核心和驱动部分。L3 及以上等级自动驾驶系统具备通用、共性的框架模块，如感知、规划、控制等及其子模块。一方面，自动驾驶会产生安全和产品化的共性需求，通过设计和实现通用框架模块来满足这些共性需求，是保障自动驾驶系统实时、安全、可扩展和可定制的基础；另一方面，重点算法（特别是人工智能算法）仍在不断演进，如基于 CNN 框架的深度学习感知算法、基于高精度地图等多源信息融合定位算法、基于通用 AI 和规划的决策规划算法和基于车辆动力学模型的控制算法等。自动驾驶通用框架模块定义了核心、共性的自动驾驶功能和数据流，并包含共性模块的实现；提供对外接口 API 和服务，以接入非共性或演进算法、HMI 等；通用框架模块也会调用自动驾驶操作系统内的云控、网联、信息安全等功能软件模块，或使用这些模块提供的服务。通用框架模块的设计和实现，可以充分利用市场不断成熟的、不同领域的算法子模块，促进产品高质高效的快速迭代。
- 2> **网联模块**：网联模块是自动驾驶操作系统功能软件中实现网联通信、处理网联数据的功能子模块。除满足常规网联服务场景要求外，该子模块通过完善通用框架模块设计实现网联协同感知、网联协同规划、网联协同控制等网联自动驾驶功能。网联数据通过 V2X（车用无线通信技术）获得，包括路测数据、摄像头、智能信号灯、道路交通提示预警等信息及其他车辆

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

信息，与单车传感器系统的多种探测手段相结合和融合处理，能够有效实现单车感知范围到数百米，车辆间防碰撞，根据预警直接控制车辆启停等重要感知、规划和控制功能。单车智能化与 V2X 网联功能的有机结合增强自动驾驶系统整体的感知、决策和控制能力，降低自动驾驶成本，最终实现无人驾驶。该子模块是智能网联汽车的典型特征，也是自动驾驶操作系统的核心功能之一。

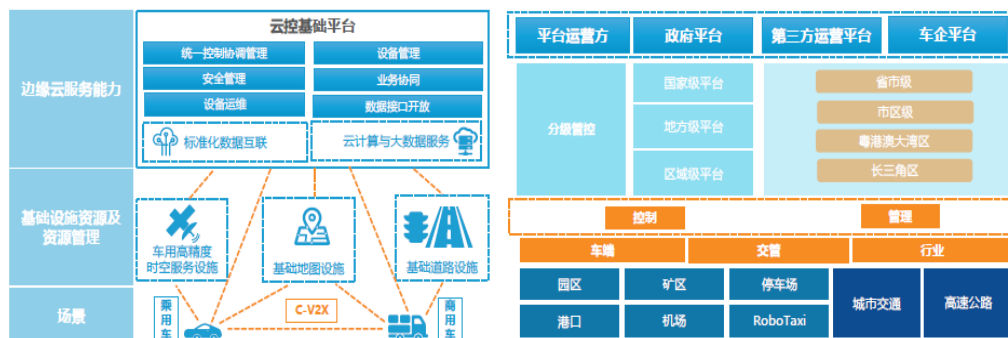
图 40：V2X 根据交互对象不同可分为四类



数据来源：盖世汽车，东方证券研究所

- 3> **云控模块**：云控模块是与云控基础平台交互的功能子模块。云控基础平台为智能网联汽车及其用户、管理及服务机构等提供车辆运行、基础设施、交通环境等动态基础数据。云控基础平台具有高性能信息共享、高实时性云计算、多行业应用大数据分析等基础服务机制。云控模块通过自动驾驶通用框架模块的支持，提供云控基础平台所需的数据支撑，同时通过高速通信与中心云/边缘云进行云端感知、规划和控制等数据的实时同步，实现云-端分工协同，如基于广泛多车感知的云端感知、云端多车感知融合和云端最终裁决等。

图 41：车联网云控基础平台结构及运营主体



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

- 4> **AI 与视觉模块**：功能软件需要支持深度学习嵌入式推理框架，便于成熟算法移植和适配。自动驾驶是深度学习算法的重要应用场景，尤其在视觉、激光雷达及决策规划方面，算法企业、科研机构进行了长期且富有成效的研究和产品化工作。自动驾驶操作系统功能软件中需要支持深度学习嵌入式推理框架（如 TensorRT），并兼容 TensorFlow 和 Caffe 等主流训练开发框架的深度学习模型，便于已有成熟算法和开发生态的移植和适配。

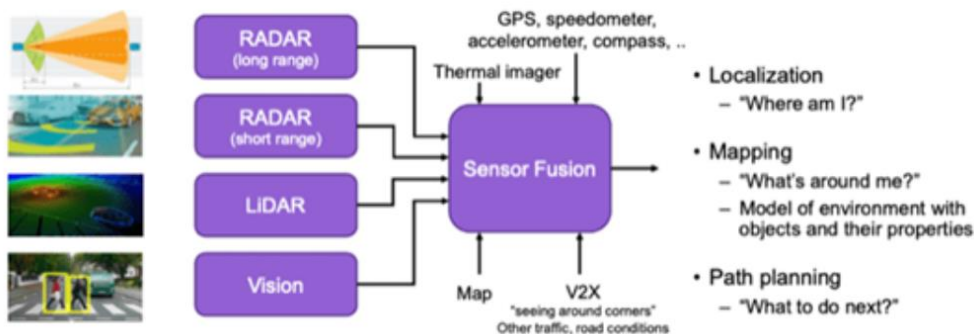
图 42：特斯拉打造 AI+纯视觉的解决方案



数据来源：盖世汽车，东方证券研究所

- 5> **传感器模块**：传感器模块规范和模块化各类自动驾驶传感器，为传感数据融合提供基础。L3 及以上等级自动驾驶技术方案多依赖激光雷达、摄像头、毫米波雷达等不同类型、不同安装位置的传感器，这些传感器硬件接口、数据格式、时空比例、标定方法不同。针对传感器的多样性、差异性和共性需求，自动驾驶操作系统功能软件中预置传感器模块来规范和模块化自动驾驶各类传感器，为异构传感器信息融合处理提供基础。

图 43：未来自动驾驶需要多传感器融合作为支撑



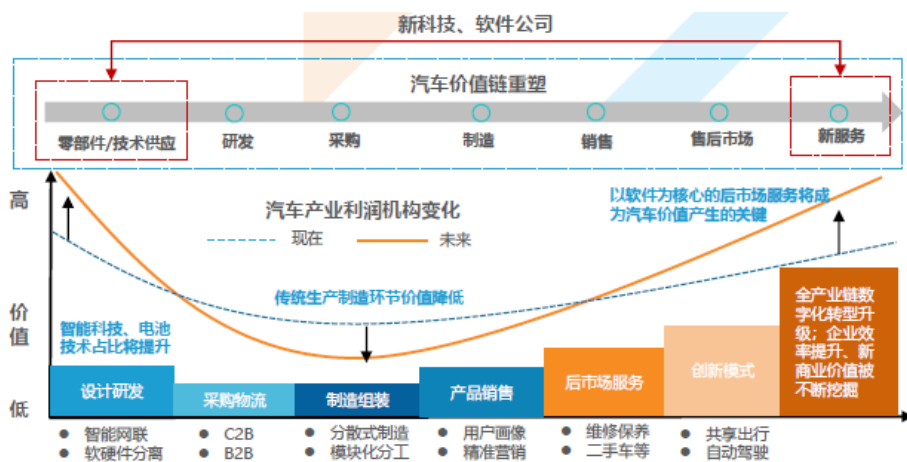
数据来源：盖世汽车，东方证券研究所

功能软件开发涉及多方合作，Tier1 与软件算法厂商可为主机厂提供相应的优势解决方案。自动驾驶功能软件平台设计规范将解耦的功能软件标准化和平台化，明确了各功能模块之间的接口定义。基于标准规范和开放接口，功能软件组件的生产就可变成类似于汽车传统零部件的生产方式，Tier1、软件算法厂商以及主机厂等参与方可凭借自身优势提供解决方案，例如在 AI 和视觉领域有优势的算法厂商可以专注于功能软件中 AI 和视觉模块的开发，传感器厂商（Tier1）可与主机厂共同对功能软件中传感器模块进行开发。因此，自动驾驶功能软件平台设计规范的制定建立了有序、高效、敏捷的汽车软件供应链体系，实现了更有效的分工与合作，为自动驾驶解决方案供应商提供更多的应用需求，也为主机厂提供了更灵活的选择，极大地促进了自动驾驶的落地以及产业化发展。

2.3 应用软件：智能汽车差异化的核心

应用软件层主要包括智能汽车场景算法、座舱功能、数据地图等内容，是智能座舱（HMI、应用等）以及自动驾驶（感知融合、决策规划、控制执行等）形成差异化的核心，位于汽车软件架构最上层。过去的汽车供应链一般是由实力强劲的 Tier1 提供软硬件一体化的“黑盒”产品，软硬件解耦难度非常高。在软件定义汽车时代，汽车电子零部件也将像过去的传统机械、车身零部件一样加速“白标化”，硬件差异化越来越小，利润也愈发透明，“硬件成本价”售车成为可能性，软件则将成为汽车的灵魂和 OEM 的新的利润中心。车辆的差异化和盈利能力将向技术和相关软件堆栈转移，其中主要包括智能座舱、自动驾驶、数据地图/车路协同等方面。

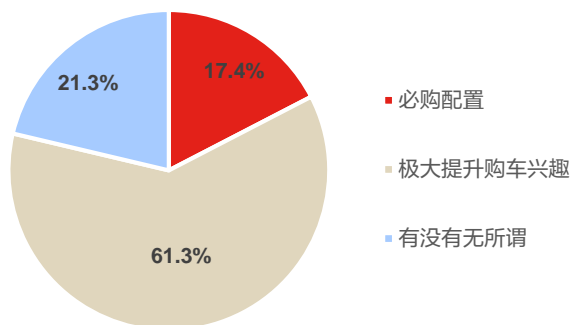
图 44：汽车价值链逐步重塑



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

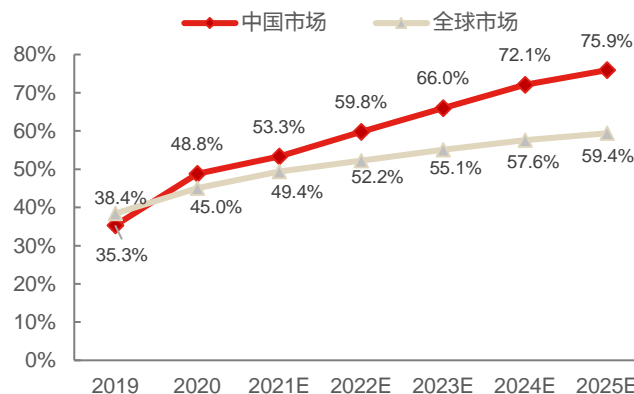
智能座舱相较自动驾驶技术实现难度更低，有助于迅速提升产品差异化竞争力。由于自动驾驶软件及算法开发难度及测试难度较大，同时目前政策法规方向尚不完善，因此自动驾驶的整体的市场成熟度仍然不高。目前在整车智能化转型时代，智能座舱能集成更多的信息和功能，给用户带来更直观、更个性化的体验，从而成为整车智能化的先行者。根据 IHS Markit 调查，虽然座舱智能科技配置需求的相关消费习惯尚在培育阶段，但仍有超过 60% 的用户认可座舱配置的价值并有望实现需求的转化，反映出用户层面的座舱智能配置需求有很大的上升空间。未来，我国智能座舱新车渗透率将快速提升，到 2025 年预计可以超过 75%，高于全球市场装配水平。

图 45：用户对智能座舱配置的需求意向



数据来源：IHS Markit，东方证券研究所

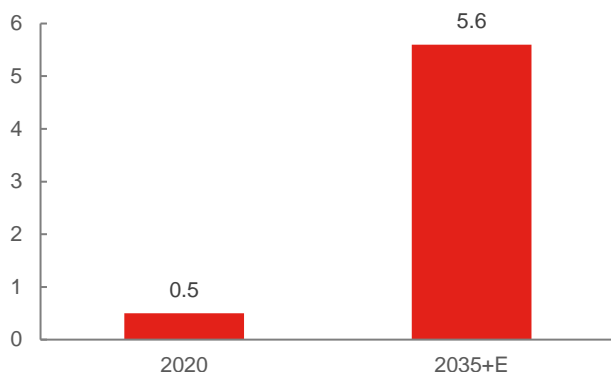
图 46：智能座舱新车渗透率有望快速提升



数据来源：IHS Markit，东方证券研究所

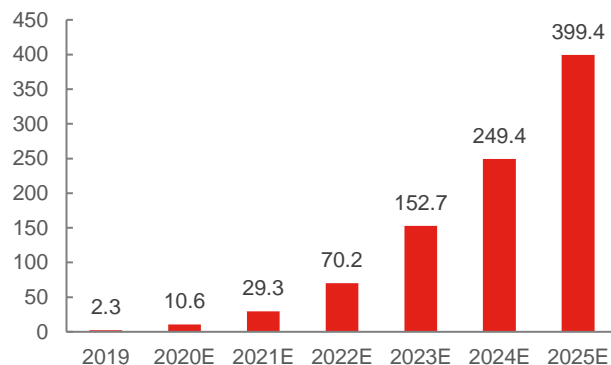
自动驾驶由低速向高速演进需要长时间的训练和算法积累，未来空间巨大。目前，L3 及以上级别的自动驾驶有望在封闭、半封闭和低速场景下率先应用，自主泊车作为自动驾驶的低速复杂场景，将为自动驾驶技术演进提供低速域的数据训练和积累。尽管自动驾驶高速场景的商业化落地还有一定距离，但特斯拉、谷歌、百度等厂商依旧把目光放在了高级别的自动驾驶上，为的就是在行业拐点来临之前占得先机。根据 IHS 的预测，自动驾驶汽车将在 2025 年前后开始一轮爆发式增长。到 2035 年，道路行驶车辆将有一半实现自动驾驶，届时自动驾驶整车及相关设备、应用的收入规模总计将超过五千亿美元。根据 CIC 预测，预计到 2025 年我国自动驾驶市场空间接近 4000 亿元，2020-2025 年 CAGR 接近 107%，远快于全球市场增速。

图 47：全球自动驾驶市场规模预测（千亿美元）



数据来源：IHS，东方证券研究所

图 48：中国自动驾驶市场规模预测（十亿元）



数据来源：CIC，东方证券研究所

高级别的自动驾驶的实现需要高精度定位与地图的支持。车路协同是目前业界普遍认为实现智能驾驶的关键路径之一，智能汽车将逐步从单车智能向车路协同迈进。与智能摄像头、毫米波雷达、激光雷达等类似，C-V2X 是通过“车、路、云”的协同以获得其他车辆、行人运动状态的另一种信息交互手段。由于高速自动驾驶需要对更远的行人、车辆的运动状态做出实时的判断，加之可能存在天气、障碍物等因素的影响，仅靠单辆车的传感器难以对路况做出实时判断，此时就离不开路端的信息来为智能车的驾驶决策来做补充。车联网将定位技术、传感器技术、通信技术、互联网技术等先进技术进行有机结合，而高级别的自动驾驶更是需要车联网的支持，其中定位技术（包括高精地图）是车联网关键之一，是车辆在高速状态下实现安全行驶的重要保障。

图 49：不同级别自动驾驶对地图的需求

	L1 (驾驶辅助)	L2 (部分自动驾驶)	L3 (有条件自动驾驶)	L4 (高度自动驾驶)	L5 (完全自动驾驶)
数据精度	2-5M	50CM-1M	10-30CM	10-30CM	10-30CM
源数据	GPS轨迹	GPS轨迹+IMU	图像提取或高精度POS	高精度POS+激光点云	高精度POS+激光点云
数据内容	传统地图	传统地图+曲率坡度	HAD Map	HAD Map	多源数据融合
静态/动态	静态地图	静态地图	静态+动态交通	静态+动态事件	静态+动态事件，实时传感器融合地图
ADAS系统地图			高精度地图		
<ul style="list-style-type: none"> 交通信号 车道数量 坡度 曲率 			<ul style="list-style-type: none"> 精准的全局环境数据，包括各种地标 精确的车道定位、坡度和弯曲度，交通信号和指示，以及其他道路特征 典型的驾驶行为，最佳加速点及刹车点，以及其他人为因素 		

数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

在 SOA 和分层解耦趋势下，OEM、传统 Tier1 和软件供应商分别采取了不同的应对策略，以融入应用软件的开发生态：

（1）主机厂向软件转型主要有三种路径模式：

- 1> **成立软件子公司**：实现全栈技术自研布局，OEM 逐渐掌握软件、算法、芯片等全技术栈的自主研发能力，一定程度上绕过传统 Tier1，与过去二级软件供应商共同开发子系统，如上汽零束软件、长安汽车软件科技公司等；
- 2> **成立软件研发部门**：通过合作、投资等方案与核心技术厂商直接合作，最大程度实现自主可控，主要在某一领域或多项具备战略性差异的领域建立 in-house 的研发能力，部分共性软件外包。例如蔚来、小鹏等初创企业，由于体量较小更加灵活，无须面面俱到，专注于智能座舱、自动驾驶核心应用软件的开发，组建了规模庞大的自研团队。
- 3> **与软件企业战略合作**：OEM 一边扩充内部研发队伍，一边与软件企业建立战略联盟，主机厂推进软件生态建设，但执行由软件 Tier1 来实现。例如广汽研究院与东软睿驰、中科创达等组建联合创新中心。

图 50：传统整车厂主要通过三种方式加码汽车软件研发



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

（2）传统 Tier1 需要打造软硬一体的能力。对于传统 Tier1 来说，部分系统功能开发权被主机厂收回是大势所趋，因此传统 Tier1 迫切需要转型寻求新的出路，避免沦为硬件代工商。目前来看，软硬件全栈能力的打造，是抢占下一个市场份额制高点的关键所在，这一点，传统 Tier1 巨头深谙其道。更多的 Tier1 致力于打造“硬件+底层软件+中间件+应用软件算法+系统集成”的全栈技术能力，典型代表如博世、华为、德赛西威等，既能为客户提供硬件、也能提供软件，同时也提供软硬一体化的解决方案。

（3）软件供应商需要不断丰富产品矩阵，并逐步提升硬件能力。随着 OEM 主机厂自主权和软件自研能力的不断加强，OEM 主机厂开始寻求与软件供应商的直接合作。比如 OEM 厂商将首先寻求将座舱 HMI 交互系统功能收回，UI/UX 设计工具、语音识别模块、音效模块、人脸识别模块等应用软件则直接向软件供应商购买软件授权，从而绕过了传统 Tier1，实现自主开发。对于软件供应商来说，能提供越多的软件 IP 产品组合，就可能获取更高的单车价值。同时，软件供应商也正寻求进入传统 Tier1 把持的硬件设计、制造环节，比如域控制器、TBOX 等，以提供多样化的解决方案。

图 51：智能座舱、自动驾驶及车路协同三大领域布局厂商



数据来源：亿欧智库，东方证券研究所

三、相关公司介绍

3.1 中科创达：车载操作系统头部厂商，由座舱域到驾驶域打开成长空间

基于移动终端领域积累多年的嵌入式操作系统二次开发经验，公司切入智能网联汽车领域。自 2013 年，公司基于积累多年的操作系统优化技术、优秀的 3D 引擎、机器视觉、以及语音和音频技术，为汽车提供从操作系统开发、核心技术授权到应用定制的包括汽车娱乐系统、智能仪表盘、集成驾驶舱、ADAS 和音频产品在内的整体智能驾驶舱软件解决方案和服务，为驾乘者提供丰富、先进的智能驾驶体验。目前，全球采用公司智能驾驶舱产品和解决方案的公司超过 100 家。

表 7：中科创达具有完备的智能座舱产品及解决方案

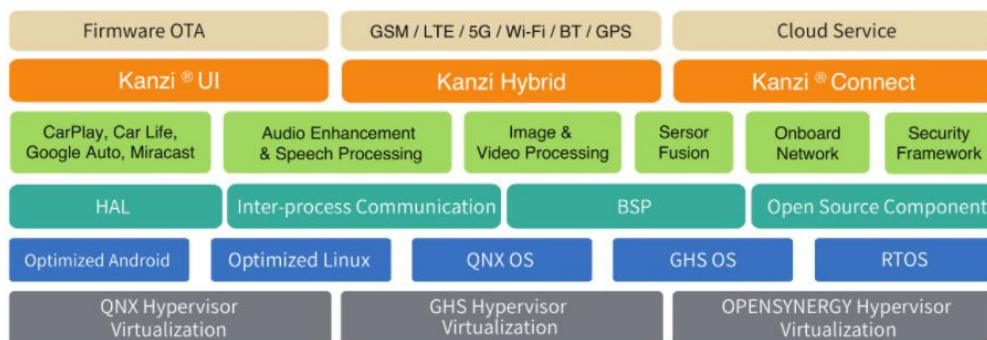
业务类型	介绍
产品	E-Cockpit 智能互联驾驶舱 4.5、KANZI、Hybrid 智能混合仪表、TSRunner 自动化测试台架、DMS 安全驾驶方案、Surround View 车载全景环视、MRVS 电子后视镜、Android 信息娱乐系统平台、Linux 信息娱乐系统平台、车载开发套件
解决方案	车用芯片应用客户支持方案、车辆总线解决方案、信息娱乐系统安全解决方案、智能网联汽车 FOTA 解决方案

数据来源：中科创达官网，东方证券研究所

基于 SOA 架构，公司智能座舱产品已经发展为跨系统融合的智能驾驶舱 4.5 解决方案，为客户提供从底层系统软件、中间件再到上层应用的全栈式解决方案。从公司 TurboX Auto 4.5 智能座舱平台架构来看：系统软件方面，公司具备 BSP 开发能力，解决方案支持多个主流芯片平台（高通、瑞萨、NXP 等），基于 Hypervisor 技术平台可支持 QNX、Linux、Android 等 OS 内核，并可对 OS 性能进行优化；功能软件方面，平台具备提供音频及图像处理、传感器融合、车内网络等模块的能力；上层应用方面，基于 Kanzi，平台提供信息娱乐系统、智能仪表、ADAS 和影音集成等产品，提供 5G、云服务并支持 FOTA 升级；平台提供的中间件方案可实现软硬件接口的标准化，

进而支持 SOA 架构汽车的持续迭代升级。总结来看，公司的智能座舱方案实现了场景和服务的解耦，可快速完成场景服务的开发变更及升级迭代。

图 52：中科创达 TurboX Auto 4.5 智能座舱平台架构



数据来源：中科创达官网，东方证券研究所

图 53：中科创达 E-Cockpit 智能座舱产品功能概述



数据来源：中科创达官网，东方证券研究所

图 54：中科创达 E-Cockpit 智能座舱产品主要优势



数据来源：中科创达官网，东方证券研究所

公司收购辅易航，以低速泊车场景切入驾驶域。2020 年 12 月，公司收购辅易航。辅易航具有低速感知系统、驻车辅助系统、智能泊车系统、全自动泊车系统、自动驾驶五大核心产品，能提供软硬一体的整体解决方案，此次收购强化了公司在低速场景下的 ADAS、毫米波雷达、自动驾驶等领域的技术积累，也表明公司开始以低速泊车场景切入驾驶域。目前，公司座舱域的算法已经具备支撑低速驾驶的能力，可以实现座舱域和低速驾驶域的融合，复用座舱芯片的算力，实现了安全且成本优秀的自动泊车方案。自动驾驶高速场景的商业化落地还有一定距离，行业的拐点尚未到来，而公司在低速场景的积累也有利于高速自动驾驶政策落地、技术成熟之时抓住机遇，为车厂提供领先、成熟的产品或解决方案。

图 55：辅易航致力于可商业化的低速自动驾驶应用

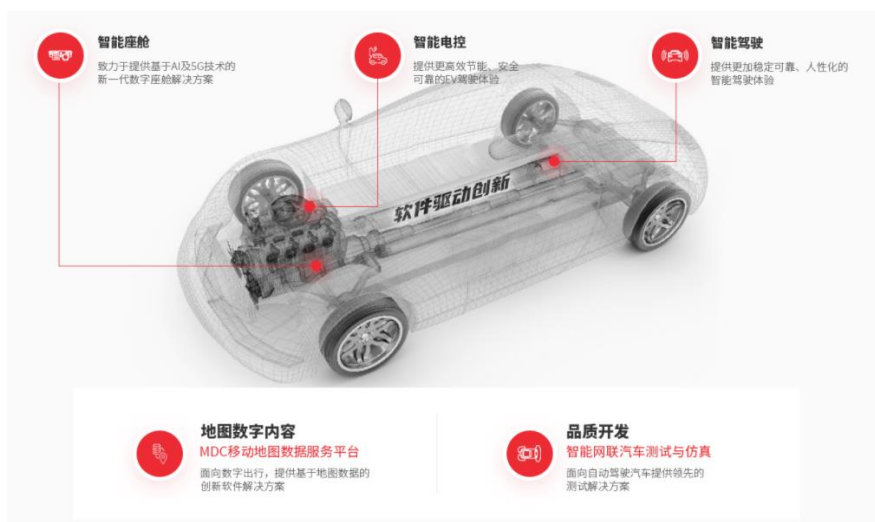


数据来源：辅易航官网，东方证券研究所

3.2 光庭信息：国内领先的汽车软件及解决方案提供商

公司具备面向智能网联汽车的全域全栈软件开发能力。公司成立于 2011 年，自成立以来一直专注于汽车电子软件先端技术的研发与创新。伴随着汽车电子电气架构的演变以及“软件定义汽车”理念的兴起，公司紧密围绕汽车智能化、网联化、电动化的发展趋势，致力于构建以车载操作系统为核心的基础软件平台，以软件驱动汽车数字化转型，为用户提供全新的驾乘体验及服务。目前，公司产品和技术服务已涵盖了构成智能网联汽车核心的智能座舱、智能电控和智能驾驶三大领域，并建立了智能网联汽车测试服务体系与移动地图数据服务平台两大支撑体系。目前，公司全域全栈的产品体系已具备为新一代智能网联汽车提供软件开发与技术服务的能力。

图 56：光庭信息智能汽车领域主要产品



数据来源：光庭信息官网，东方证券研究所

公司智能网联汽车业务涵盖五大产品线：

- 1> **智能座舱**：公司智能座舱解决方案主要包括用户体验（UX）设计和人机界面（HMI）软件开发服务、仪表平台软件解决方案、软硬分离解决方案、虚拟化座舱整体解决方案以及 T-BOX 软件解决方案。主要客户包括日本电产、延锋伟世通、佛吉亚歌乐、电装、MSE、马瑞利等知名汽车电子零部件供应商及日产汽车、蔚来汽车等汽车整车制造商。
- 2> **智能电控**：公司智能电控业务主要为客户提供新能源电机控制器解决方案、电子助力转向系统应用软件开发服务与电子伺服制动系统应用软件开发服务。主要客户为日本电产，公司与日本电产较早就建立了战略合作关系，是其在中国市场的重要战略伙伴。
- 3> **智能网联汽车测试**：公司智能网联汽车测试业务主要为汽车整车制造商、汽车零部件供应商及自动驾驶算法公司，提供智能座舱、自动驾驶等领域的测试评价、数据产品及技术平台等服务。主要客户包括日产汽车、雷诺三星、东风汽车等汽车整车制造商以及丰田通商等汽车电子零部件供应商。
- 4> **移动地图数据服务**：公司地图数据服务主要针对各种移动出行和应用场景为客户提供基于地图的深度定制开发和移动大数据增值服务，公司目前的主要产品包括全球导航电子地图编译系统、L2+自动驾驶地图更新服务平台。主要客户包括日立、华为、日产汽车等。
- 5> **智能驾驶**：公司智能驾驶业务主要为客户提供乘用车 ADAS 应用软件开发服务，并承担新一代融合泊车方案（APA）相关前沿技术的开发。目前公司智能驾驶业务收入规模较小，是公司未来战略布局的业务方向。

表 8：光庭信息智能网联汽车业务五大产品线

产品线	主要产品
智能座舱	①UX 设计和 HMI 软件开发服务；②图形化仪表解决方案；③信息娱乐系统软硬分离解决方案；④虚拟化座舱整体解决方案；⑤T-BOX 软件解决方案
智能电控	①新能源电机控制器解决方案；②电子助力转向系统应用软件开发；③电子伺服制动系统应用软件开发
智能驾驶	①ADAS 应用软件开发；②APA 软件解决方案
智能网联汽车测试	①汽车电子软件测试；②产品信赖性评价；③软件研发流程咨询服务；④智能网联汽车实车测试服务；⑤自动驾驶场景库及模拟仿真测试服务
移动地图数据服务	①全球导航电子地图编译系统；②L2+自动驾驶地图更新服务平台

数据来源：光庭信息招股说明书，东方证券研究所

3.3 东软集团：全球领先的汽车电子产品和服务供应商

公司是全球领先的汽车电子产品和服务供应商。在汽车电子业务领域，经过三十年的积累与发展，技术与市场份额都处于领先地位。公司建立了与众多国内国际车厂、国际汽车电子厂商的长期合作，在全球前 30 大汽车厂商中，85%使用了东软的软件与服务。目前，公司在智能座舱、车联网方面已具备了完善的产品及解决方案，原子公司东软睿驰则是致力于提供下一代汽车平台与关键技术，在汽车基础软件平台、新能源汽车 EV 动力系统、高级辅助驾驶系统和自动驾驶等领域，为整车企业提供智能化产品、技术、服务及整体解决方案。

表 9：东软集团智能汽车相关产品及解决方案

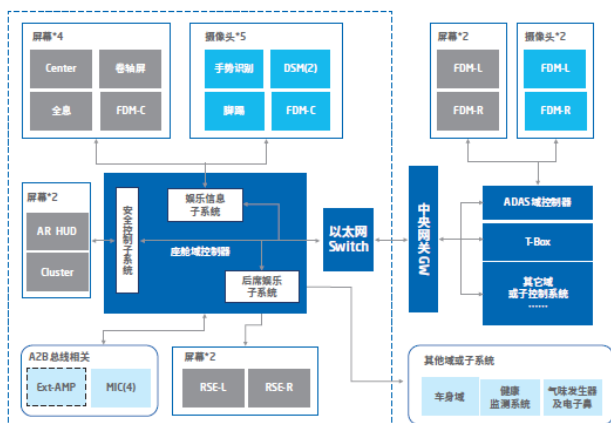
业务类型	介绍
产品	车辆计算平台、智能座舱系统、车载信息娱乐系统、全液晶仪表、T-Box 车载智能互联终端、智能网联产品与平台、OneCoreGo 全球化导航解决方案、AR 导航、高精度定位产品、VeTalk 车路协同通信系统、Sensteer 驾驶行为数据分析服务、ADAS 高级驾驶辅助系统
解决方案	Android/Linux 系统开发、传统液晶仪表开发、UI 设计、HMI 开发、DB 编译服务、导航软件开发服务、基于经典 AUTOSAR 软件开发服务、车身控制相关软件开发服务、车载测试服务

数据来源：东软集团官网，东方证券研究所

公司在智能座舱、车联网方面已具备了完善的产品及解决方案：

- 1> **智能座舱**：公司拥有智能座舱系列产品主要包括 IVI 车载信息娱乐系统、全液晶仪表、智能座舱域控制器、智能网联模块、全球在线导航系统等，通过多屏融合实现人车交互。目前，公司新一代智能座舱产品应用于红旗、吉利、奇瑞等多款车型并持续量产交付，BOX 产品应用于沃尔沃、奥迪等车型，全球在线导航系统应用于日产、捷豹、路虎等车型，东软 AR-HUD 产品中标长安、北汽、红旗等车厂项目。在创新业务领域，公司可根据车厂的需求提供软件定制化服务，参与汽车软件设计方案，实现合作共赢，目前已中标集度汽车、东风岚图、长城等多款车型。
- 2> **智能网联**：在智能网联领域，公司积极参与并推进智能网联汽车相关标准的讨论和定义，融合车联网、物联网、互联网，为用户提供场景化无缝出行服务。公司研发的车路协同系统，在国内的主要主机厂商和智能网联汽车示范区获得广泛应用。在量产方面，公司实现了基于 LTE-V2X 通信的多种场景辅助预警验证，支持亚米级高精度定位，搭载于红旗高端车型已量产上市，同时获得国内领先车厂的 5G V2X 量产订单并已开始实施交付。

图 57：东软智能座舱整体系统架构示例



数据来源：东软集团官网，赛迪顾问，东方证券研究所

图 58：东软车联网 C-V2X 技术应用展开场景

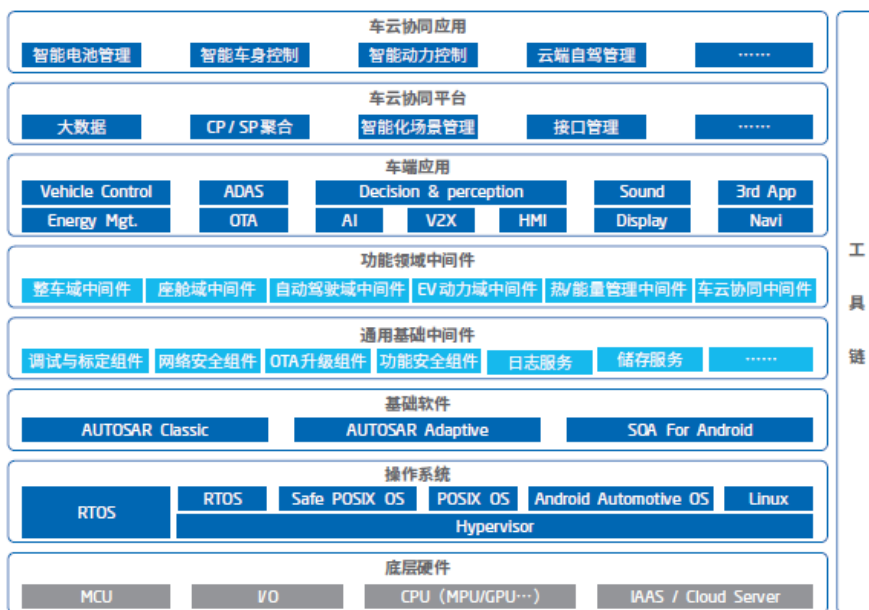


数据来源：东软集团官网，赛迪顾问，东方证券研究所

东软睿驰致力于提供下一代汽车平台与关键技术。东软睿驰成立于 2015 年 10 月，是东软集团的原子公司。经过 2021 年国投招商、德载厚对东软睿驰 6.5 亿的增资后，东软集团持有东软睿驰 32.26% 的股权。东软睿驰业务主要涵盖汽车基础软件平台、新能源汽车 EV 动力系统、高级辅助驾驶系统和自动驾驶等领域：

- 1> **汽车基础软件平台**：东软睿驰不断积极探索面向未来的自动驾驶业务模式，通过开放的 SOA 软件架构和车云一体软件平台，实现未来智能化场景和系统的自我进化与升级。基础软件产品 NeuSAR 获颁 ISO26262 产品认证证书，标志着东软睿驰已建立起符合功能安全最高 ASIL-D 级别的产品开发流程体系，同时产品已经达到国际先进水平。

图 59：东软睿驰系统软件解决方案



数据来源：东软集团官网，赛迪顾问，东方证券研究所

- 2> **新能源汽车领域**：东软睿驰持续优化和完善动力电池包 PACK，电池管理系统 BMS 等产品，并持续加强产业生态系统建设。东软睿驰以“智能化硬件+大数据”的形式，持续加强与大型车厂的互动与合作，与吉利、广汽等车厂基于电池管理系统 BMS 的业务合作持续深入。
- 3> **高级辅助驾驶和自动驾驶领域**：东软睿驰持续提升 ADAS 高级辅助驾驶系统等产品线，已完成 L0-L2 级 ADAS 产品的量产上市。面向乘用车及商用车细分市场，东软睿驰 ADAS 产品应用于东风岚图、一汽红旗等车型，东软睿驰与国内大型商用车集团合作开发的面向 L3 级域控类产品也即将进入量产阶段。报告期内，东软睿驰推出新一代自动驾驶中央计算平台，提供 L3/L4 级别自动驾驶功能，为更高等级自动驾驶产品的量产奠定了坚实基础。

3.4 经纬恒润：国内汽车电子头部企业，具备提供基于 SOA 架构解决方案及高级别智能驾驶整体解决方案的能力

公司是目前国内少数能实现覆盖智能驾驶电子产品、研发服务及解决方案、高级别智能驾驶整体解决方案的企业之一。公司于 2003 年成立，业务主要围绕着电子系统展开，专注为汽车、无人运输等领域的客户提供电子化产品。目前，公司业务覆盖电子系统研发、生产制造到运营服务的各个阶段，形成了电子产品、研发服务、高级别智能驾驶整体解决方案“三位一体”的业务布局，实现了核心技术、应用场景、行业客户群等方面的相互支持、协同发展。公司通过长期业务积累，形成了以包括一汽集团、中国重汽、上汽集团、广汽集团、纳威斯特达等国内外整车制造商和英纳

法、安通林、博格华纳等国际知名汽车一级供应商为核心的汽车领域客户群，同时获得了中国商飞、中国中车等高端装备领域客户和日照港等无人运输领域客户。

图 60：经纬恒润三大主营业务



数据来源：经纬恒润招股说明书，东方证券研究所

图 61：经纬恒润主要客户概览



数据来源：经纬恒润招股说明书，东方证券研究所

公司具备提供基于 SOA 架构解决方案及高级别智能驾驶整体解决方案的能力：

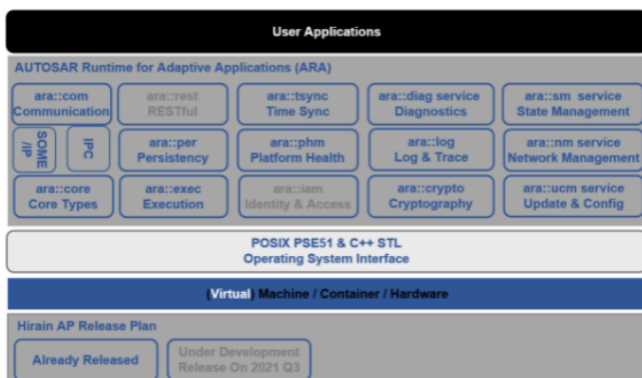
- 1> **整车电子电气架构咨询服务**：公司基于面向服务的架构（SOA）设计理念，提供方法论培训、服务场景定义、服务提取、服务接口定义、软硬件方案设计等咨询服务，帮助客户打造可持续集成、可持续升级、可灵活配置的整车电子电气架构。目前，公司已为北汽集团、华人运通、吉利、上汽集团、一汽集团、中国重汽等多家整车生产企业提供整车电子电气架构开发咨询服务。
- 2> **汽车基础软件开发服务**：公司自 2010 年起逐步开始汽车电子基础软件产品的自研工作。目前，公司开发的 AUTOSAR Classic 平台软件，面向微控制器搭建高实时精简操作系统，可以满足汽车应用高实时性的需求；公司开发的 AUTOSAR Adaptive 平台软件面向车载高性能计算平台（HPC），可以满足汽车互联和自动驾驶领域的应用。公司已为包括吉利、蔚来汽车、安波福、博士视听、麦格纳、法雷奥在内的多家客户提供了汽车嵌入式软件开发服务。

图 62：经纬恒润基于 SOA 的架构开发关键技术



数据来源：经纬恒润招股说明书，东方证券研究所

图 63：经纬恒润 Adaptive AUTOSAR 架构



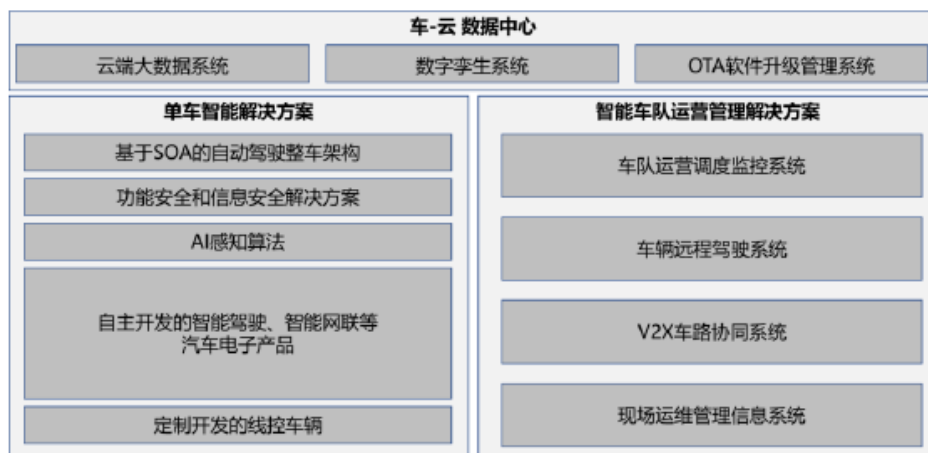
数据来源：经纬恒润官网，东方证券研究所

- 3> **高级别智能驾驶整体解决方案**：公司于 2015 年进入高级别智能驾驶业务领域。为了实现高级别智能驾驶系统出行即服务（MaaS）解决方案的商业化运营，公司打造了单车智能解决方案、智能车队运营管理解决方案和车-云数据中心解决方案。公司高级别智能驾驶业务已与多

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

家整车厂合作，产品、服务覆盖多个场景，包括港口智能集卡、智能环卫车、智能园区物流车、智能接驳车等。

图 64：经纬恒润 MaaS 解决方案



数据来源：经纬恒润招股说明书，东方证券研究所

风险提示

汽车智能化落地不及预期

由于自动驾驶软件及算法开发难度及测试难度较大，同时目前政策法规方向尚不完善，因此自动驾驶的整体的市场成熟度仍然不高。目前，海内外众多厂商纷纷开始布局更高级别的自动驾驶，若自动驾驶技术演进与相关政策落地不及预期，将会对行业发展产生不利影响。

芯片短缺持续

智能汽车对高算力芯片有刚性的需求，若芯片短缺的问题得不到解决，将直接影响从域控制器到智能汽车整车的出货量，对行业整体产生不利影响。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；

增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

。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。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

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，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn