

自动驾驶专题分析报告

行业专题研究报告

本报告的主要看点：

1. 基于软件定义汽车共识总结了自动驾驶汽车行业发展趋势，分析了现有三种代表性发展路径
2. 结合行业规律与对 Waymo 已披露信息的理解，对 Waymo 进行业务拆解，使用分部 P/S 方法得出估值，为自动驾驶赛道其他公司估值提供参考

新星初现，商业化落地正当时 ——自动驾驶先行者 Waymo 潜力几何

基本结论

- **软件定义汽车共识下，六大趋势驱动行业进步。**软件成为汽车行业战略控制点，2030 年软件在乘用车的整车价值占比将达 30%。需求侧-对汽车认知从单一出行工具转变为生活第三空间，供给端-分布式架构造成大量算力浪费。供需双方叠加政策、技术因素推高 ADAS 渗透率，2030 年 Level 2 及以上级别车型占总体新车比例将达 90%；底层传统分布式电子电气架构向集中式转变，为软硬件开发、功能发布双解耦奠定基础，OTA 升级将成为未来汽车功能数据更新最佳实践；传统车企重心向软件转移，多向合作以求优势互补+规模效应；变革、竞争格局生态化，以 Waymo 为代表的单车智能全线自研+完全无人驾驶、以百度为代表的车路协同+合作平台化、以特斯拉为代表的 Level up + 影子模式三大路径初见端倪，今后自动驾驶的竞争将是生态间的竞争。
- **传感-决策-执行三大环节全面布局，Waymo 技术及商业化进程持续领先。**自动驾驶高技术壁垒导致马太效应明显，芯片巨头和 Tier 1 持续领先。Waymo 自动驾驶全产业链布局，传感层采用激光雷达主导方案，决策层与英特尔合作打造适用于所有路况的 Level 4 以上级别自动驾驶计算平台，执行层追求极致安全。自主研发单车智能全方位技术，在第五代 Waymo Driver 中已将成本降至 50%；虚实结合的路测方针助力测试数据全面领先，道路测试里程呈指数级增长，已于 2020 年 6 月突破 2500 万英里。随着对行业认知的深入，Waymo 不再仅仅采买车辆，而是增加了提供自动驾驶解决方案供应商的角色，对外态度从封闭到开放。自动驾驶出租、卡车货运、方案授权三大商业模式多点开花，十年内有望成为千亿收入公司。
- **采用分部 P/S 估值法，Waymo 当前估值超 2600 亿美元。**由于 Waymo 现有的自动驾驶出租、自动驾驶出租广告、卡车货运、硬件销售四种业务之间商业模式差别较大，且形成收入后可持续性较强，采用分部 P/S 估值法较为合适。Waymo 自行运营自动驾驶出租车队，以里程计费 2030 年营收可超千亿美元；自动驾驶出租广告业务参考电梯电视屏幕，2030 年营收可超 300 亿美元；卡车货运与整车厂合作经营，以成本倒推营收，2030 年营收为 30 亿美元；硬件出售近期以机械式激光雷达为主，有望通过量产+技术进步快速降本。我们认为自动驾驶出租前景广阔，最终或将形成地区性寡头格局；在对类似公司进行估值时，应重点关注技术成熟度及数据透明度、车队规模等关键指标。

罗露 分析师 SAC 执业编号：S1130520020003
luolu@gjzq.com.cn

投资建议

- 全球自动驾驶产业处于高速成长期，产业链价值分布将从供应链到智能驾驶解决方案厂商、整车厂再到应用和服务市场依次转移，建议重点关注中科创达、禾赛科技、斯达半导、小鹏汽车、斑马网络等细分赛道优质公司。

风险提示

- 自动驾驶技术成熟度不及预期；商业化进程不及预期；配套政策不及预期。

内容目录

一、软件定义汽车共识下，六大趋势驱动行业进步	5
1.1 趋势一：政策、技术驱动下，ADAS 渗透率快速提升	5
1.2 趋势二：传统分布式电子电气架构向集中式转变	7
1.3 趋势三：软硬件解耦降低研发成本，构建汽车软件生态	7
1.4 趋势四：OTA 升级将成为完全自动驾驶功能数据更新最佳实践	8
1.5 趋势五：传统车企重心向软件转移，多向合作以求优势互补+规模效应	9
1.6 趋势六：格局生态化，三大路径初见端倪	10
二、自动驾驶产业链分为三大环节，高技术壁垒造就高集中度	13
2.1 传感层：主要分为激光雷达和视觉主导两派，未来走向融合	13
2.2 决策层：车规芯片护城河高，科技巨头纷纷入局	13
2.3 执行层：安全性要求高，线控转向成突破口	14
三、Waymo 技术领先，商业化落地持续推进	14
3.1 全面自主研发大幅降本，建立产品及生态壁垒	14
3.2 虚实结合路测，助力测试数据全面领先	15
3.3 从甲方到乙方，从封闭到开放	16
3.4 运输服务、方案授权多点开花，十年内有望成为千亿收入公司	17
3.5 首轮共获 30 亿美元外部融资，资本、业务双管齐下助力发展	19
3.6 多重原因导致最新估值缩减，未来有望重回巅峰	19
四、采用分部 P/S 估值法，Waymo 市值超 2600 亿美元	21
4.1 自动驾驶出租：以里程计费，2030 年营收可超千亿美元	21
4.2 自动驾驶出租广告：参考电梯电视屏幕，2030 年营收可超 300 亿美元	21
4.3 卡车货运：以成本倒推营收，2030 年营收为 30 亿美元	22
4.4 硬件出售：近期以机械式激光雷达为主，有望通过量产+技术进步快速降本	23
4.5 Waymo 公司估值	23
五、投资建议	25
六、风险提示	25

图表目录

图表 1：软件从多方面改变汽车	5
图表 2：汽车软件和电子电气架构市场增长预测	5
图表 3：SAE 定义中 Level 0 – Level 2 属于 ADAS	5
图表 4：ADAS 主要功能	5
图表 5：2016 年起，欧美日中陆续强制标配 AEB	6
图表 6：激光雷达价格趋势预测	6
图表 7：ADAS 市场增长预测	6
图表 8：博世电子电气架构分级	7
图表 9：电子电气架构市场增长预测	7

图表 10: 基于分布式架构的 AUTOSAR 规范.....	8
图表 11: 简化版 AUTOSAR 规范	8
图表 12: 基于集中式架构的特斯拉 CCM 中央计算模块.....	8
图表 13: 独立于底层硬件开发软件的安波福 SVA 架构.....	8
图表 14: FOTA 更新的典型流程.....	9
图表 15: OTA 市场增长预测	9
图表 16: 特斯拉 OTA 示意图.....	9
图表 17: 宝马 X5 全车 OTA 示意图.....	9
图表 18: 汽车供应链扁平化, 主动权往整车厂集中	10
图表 19: 智能网联汽车出行生态圈.....	10
图表 20: 车企多向合作自动驾驶项目	10
图表 21: Waymo One 自动驾驶出租界面	11
图表 22: 百度 Apollo 平台架构.....	11
图表 23: 特斯拉自动驾驶路测里程预测.....	12
图表 24: 以 Waymo 为代表的激光雷达主导	13
图表 25: 以特斯拉为代表的视觉主导	13
图表 26: 特斯拉自研车载芯片.....	14
图表 27: 地平线推出中国首款车规芯片.....	14
图表 28: 线控制动是自动驾驶执行系统的重要部分.....	14
图表 29: 线控转向市场增长预测	14
图表 30: Waymo 自 2019 年 3 月起出售自研激光雷达.....	15
图表 31: 激光雷达市场增长预测	15
图表 32: Waymo 自动驾驶路测里程变化.....	15
图表 33: Waymo 模拟仿真路测场景.....	15
图表 34: 2018 年加州车辆管理局自动驾驶脱离报告数据.....	16
图表 35: 2019 年加州车辆管理局自动驾驶脱离报告数据.....	16
图表 36: Waymo 增加自我角色, 开放软硬件方案授权服务.....	17
图表 37: Waymo One 自动驾驶出租示意图	17
图表 38: Waymo One 程序界面.....	17
图表 39: Waymo Via 自动驾驶 8 级重卡示意图	18
图表 40: Waymo Driver 安装过程	18
图表 41: Waymo 自动驾驶出租、卡车货运、方案授权三大商业模式持续推进中	18
图表 42: 谷歌入局车载系统.....	19
图表 43: Waymo 母公司生态	19
图表 44: Waymo 首轮融资股东.....	19
图表 45: Gartner2019 新兴技术成熟度曲线	20
图表 46: 2019 自动驾驶赛道前十大玩家研发总投入.....	20
图表 47: Waymo 估值发展情况.....	21

图表 48: 自动驾驶出租业务敏感性分析.....	21
图表 49: 自动驾驶出租广告业务敏感性分析.....	22
图表 50: 卡车货运业务敏感性分析.....	22
图表 51: 激光雷达出售业务敏感性分析.....	23
图表 52: Waymo 公司整体估值总结.....	23
图表 53: Waymo 公司敏感性分析估值结果汇总 (亿美元)	24
图表 54: Waymo 公司整体估值敏感性分析 (亿美元)	24

一、软件定义汽车共识下，六大趋势驱动行业进步

智能化是未来三十年前所未有的大机遇，汽车智能化是智能化时代最重要的场景之一。当前，ICT 技术和汽车行业正在发生深度的融合，产业架构、产业生态和商业模式都在孕育巨大的变化。历史上每一次类似支柱产业发生巨大变化的节点性时刻，都伴随着价值的破解、转移、升级和替代。这里面既包含转型的巨大机遇，同时也意味着诸多不确定性。

未来已经到来，只是尚未流行。深刻理解、分析自动驾驶全球领军企业 Waymo 的布局、商业模式和估值逻辑，有助于我们更好的把握正在到来的汽车智能化大时代投资机遇。

经历了百年的发展，汽车行业目前正面临从机械硬件转向软件电子的变局，对整车厂能力的要求不再局限于海量零部件的集成。2016 年，百度高级副总裁、自动驾驶事业部总经理王劲首次提出“软件定义汽车”（Software Defined Vehicles, SDV）的概念。软件从商业模式、产品焦点、研发流程、人才结构、产业关系等多方面改变汽车，业界达成“软件定义汽车”共识。

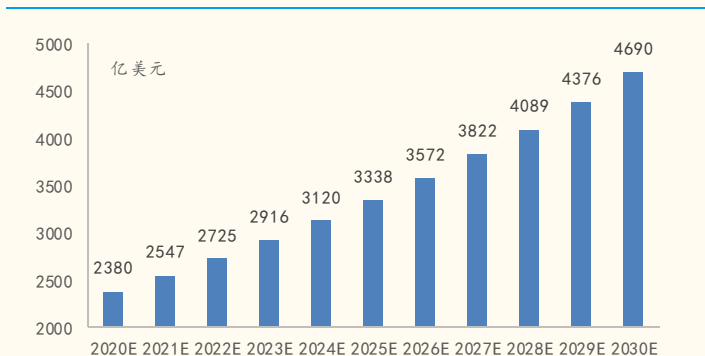
需求侧-从单一出行工具转变为具有强烈个人属性的生活第三空间，消费者对汽车认知的发展导致汽车代码及计算量激增；**供给端**-整车 ECU 冗余，分布式架构造成大量算力浪费，框架无法复用，硬件无法升级，OTA 无法统一，不能满足现阶段汽车发展需求。据麦肯锡《汽车软件与电子 2030》，汽车软件在乘用车的整车价值中占比预计 2020 年到 2030 年复合增长率为 11%，将从 10%增至 30%；汽车软件和电子电气架构市场预计 2020 年到 2030 年复合增长率为 7%，将从 2380 亿美元增至 4690 亿美元。

图表 1：软件从多方面改变汽车

方面	改变前	改变后
商业模式	单纯卖车	卖车与软件服务
产品焦点	以性能为中心	以客户为中心
研发流程	软硬件集成开发	软硬件解耦
人才结构	硬件工程师	软件算力人才
产业关系	整车厂/Tier 1/2 的线性关系	整车厂/Tier N 的网状关系

来源：国金证券研究所

图表 2：汽车软件和电子电气架构市场增长预测



来源：麦肯锡，国金证券研究所

1.1 趋势一：政策、技术驱动下，ADAS 渗透率快速提升

ADAS (Advanced Driving Assistance System, 高级驾驶辅助系统) 是指在汽车行驶过程中，利用传感器收集环境数据，对障碍物进行辨识、探测与追踪，并结合导航仪地图数据运算、对车辆进行制动控制的安全技术。

图表 3：SAE 定义中 Level 0 - Level 2 属于 ADAS

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
驾驶员坐在驾驶座上需要做什么?	无论何时使用驾驶辅助功能,您必须处于驾驶状态即使双脚离开踏板,也没有控制方向盘	您必须时刻观察各种情况,您需要主动制动、加速或者转向,确保安全	您必须时刻观察各种情况,您需要主动制动、加速或者转向,确保安全	当使用自动驾驶功能,您无需驾驶汽车您仅仅是坐在“驾驶座”上	当功能激活时,您必须接管汽车	这些自动驾驶功能不需要您接管驾驶
具有哪些功能特征?	仅提供警告以及瞬时辅助	能够制动、加速或转向,辅助驾驶	能够制动、加速和转向,辅助驾驶	可以在有限制的条件下驾驶车辆,除非满足所有条件,否则不会运行	可以在任何条件下驾驶车辆	可以在任何条件下驾驶车辆
功能示例	• 自动紧急制动 • 视觉盲点提醒 • 车身稳定系统	• 车道偏离修正或 • 自适应巡航	• 同时进行 • 车道偏离修正 • 自适应巡航	• 在交通拥堵的情况下自动驾驶	• 城市中“机器人出租车” • 踏板、转向装置可能无需安装	• 与 L4 相似,但可以在任何条件下进行驾驶

图表 4：ADAS 主要功能

功能	介绍
FCW	通过雷达系统监测环境,判断本车与前车之间的距离、方位及相对速度,当存在潜在碰撞危险时对驾驶员进行警告
LDW	感知前方道路线,偏离道路时提醒驾驶员
TSR	提前识别和判断道路交通标识
AEB	紧急情况时自动检测驾驶员制动踏板的速度和力度,必要时自动增加制动力
ACC	根据周围车辆与自身的车距及速度关系,控制车辆行驶状态,保持安全距离
AP	自动监测车辆周围障碍物及距离,将汽车驶入停车位

来源：SAE，国金证券研究所

来源：国金证券研究所

根据 SAE 对于自动驾驶等级的划分，Level 0 - Level 2 均属于 ADAS 的范畴。主要功能包括 FCW 前方碰撞预警、LDW 车道偏离警示、TSR 交通标识识别、AEB 自动紧急制动、ACC 自适应巡航、AP 自动泊车等。

政策规定推动 ADAS 普及。各国自 2014 年起陆续将 AEB 纳入汽车产品考核评分列表中，无 AEB 车型不能获得最高评价。2016 年起，欧美日中陆续强制标配 AEB。

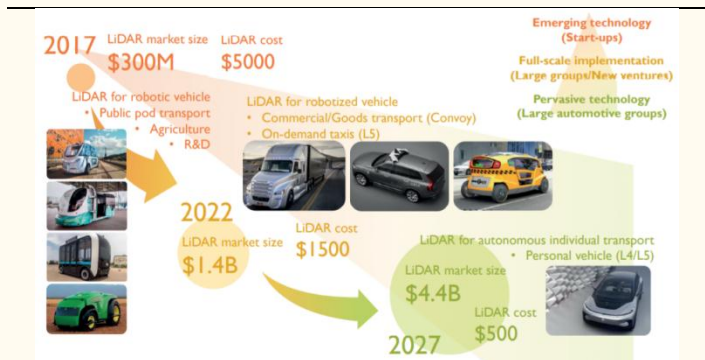
图表 5：2016 年起，欧美日中陆续强制标配 AEB

国家/地区	时间	政策
美国	2016.03	NHTSA 占美国市场 99% 以上的车企达成协议：2022 年前，所有在美销售新车配备 AEB
	2017.09	NHTSA 与美国交通部联合发布《美国自动驾驶指导方针》更新版，对自动驾驶汽车的生产、测试活动作出指导
欧盟	2019.02	联合国欧洲经济委员会宣布，日本和欧盟等 40 个国家达成强制导入 AEB 的草案协定：要求乘用车和轻型商用车必须安装自动紧急刹车系统，最快将自 2020 年开始适用
日本	2019.11	自 2021 年起，日本强制要求改款新车标配 AEB；除了一般车款外，还纳入轻自动车
中国	2017.02	工信部出台《乘用车轮胎气压监测系统的性能要求和试验方法》，要求 2019 年起，中国市场所有新认证乘用车必须安装 TPMS；2019 年 1 月 1 日起，在 M1 类车上强制安装胎压监测；2020 年 1 月 1 日起拓宽至所有车辆
	2017.03	交通部出台《营运客车安全技术条件》，于 2017 年 4 月 1 日起正式实施：9 米以上营运客车强制配备 LDW 和 FCW，并给出 13 个月过渡期

来源：国金证券研究所

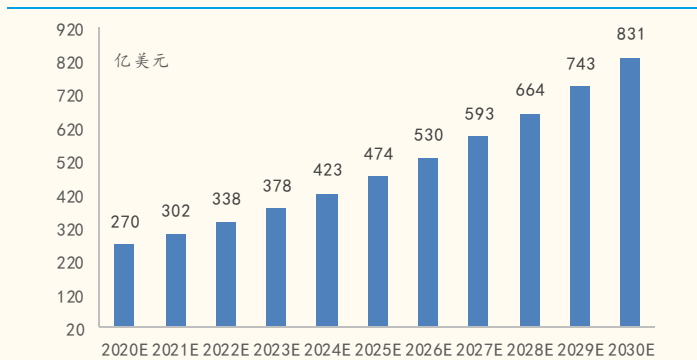
感知层、判断层核心部件成本快速下降，预计十年后整车成本降幅可达 50%。多传感器融合成趋势，激光雷达、毫米波雷达及摄像头之间的互补能保证信息获取充分，随技术进步成本快速下降。其中，激光雷达市场竞争日益白热化，提供平价产品、加速商业化应用已成为发展趋势；Velodyne HDL-64E 售价高达 80000 美元，而 2020CES 中 Robosense、博世、镭神智能、Innovusion 等企业发布的新产品价格不断下探，Velodyne 旗下 Velabit 大规模生产后价格仅为 100 美元左右。芯片及计算平台等判断层标准化硬件的成本由于规模效应快速下降。根据 Yole Development，目前一辆自动驾驶汽车的成本在 19 万美元，到 2032 这一成本将降至 9.5 万美元。

图表 6：激光雷达价格趋势预测



来源：罗兰贝格，国金证券研究所

图表 7：ADAS 市场增长预测



来源：Markets and Markets，国金证券研究所

ADAS 正由高端向中低端市场渗透，预计 2030 年自动驾驶渗透率将达 90%。2018 年国内 ADAS 市场中新能源汽车占比近 70%，而传统燃油车仅占 30%左右，ADAS 功能在新能源汽车上的搭载率远高于传统燃油车，正由高端向中低端市场渗透。根据最新发布的《智能网联汽车技术路线图 2.0》，我国到 2025 年 Level 2、Level 3 级别自动驾驶新车销量占比将达 50%，2030 年占比将达 70%、Level 4 级别车型占比将达 20%。据 Markets and Markets，

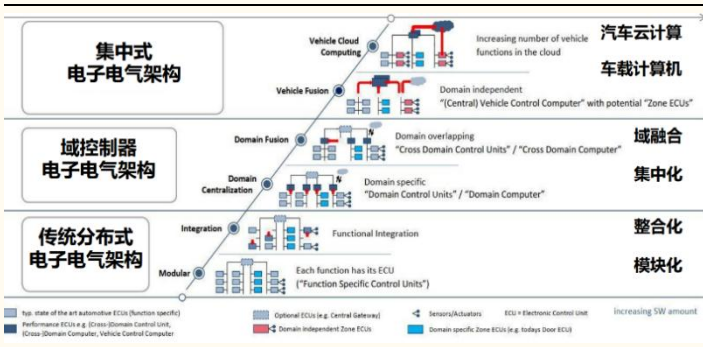
ADAS 市场预计 2020 年到 2030 年复合增长率为 11.9%，将从 270 亿美元增至 831 亿美元。

1.2 趋势二：传统分布式电子电气架构向集中式转变

传统分布式电子电气架构造成大量算力浪费，亟需向跨域集中式转变。汽车电子电气架构（Electronic and Electrical Architecture, EEA）最初由德尔福公司提出，用于定义汽车 5 个子系统下多个电控单元（ECU）间的连接方式与网络拓扑结构。其中，传统分布式电子电气架构主要用于 Level 0 - 2 级别车型，采用分布式的控制单元，资源协同性较低，属于硬件定义汽车阶段；域控制器电子电气架构主要用于 Level 3 及以上级别车型，通过整合域控制器实现分散车辆硬件间的信息互通和资源共享，软件可升级、硬件和传感器可更换拓展，属于过渡形态；集中式电子电气架构则用于车载电脑级别车型，集成化趋势将消减大部分 ECU，传感器与执行器受中央计算单元支配，到达软件定义汽车阶段。

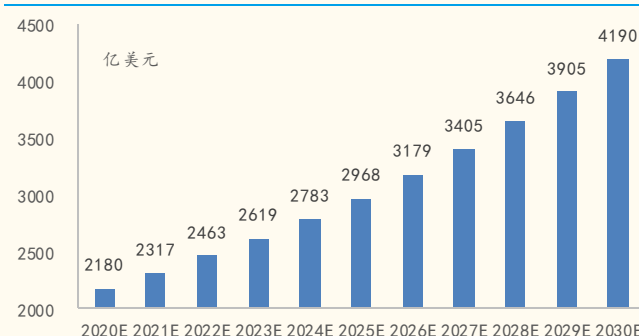
在自动驾驶赛道，感知层众多传感器带来的大量数据亟需高算力芯片、可复用框架及可统一 OTA 支持，集中式电子电气架构转型需求强烈。据麦肯锡《汽车软件与电子 2030》，电子电气架构市场预计 2020 年到 2030 年复合增长率为 7%，将从 2180 亿美元增至 4190 亿美元。

图表 8：博世电子电气架构分级



来源：博世官网，国金证券研究所

图表 9：电子电气架构市场增长预测



来源：麦肯锡，国金证券研究所

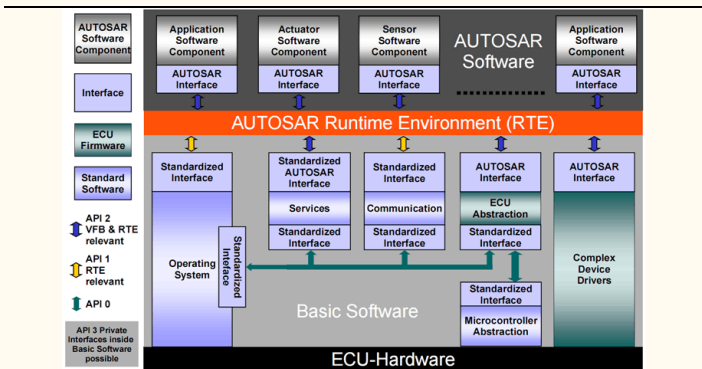
1.3 趋势三：软硬件解耦降低研发成本，构建汽车软件生态

过高的研发成本促进软硬件解耦。传统汽车采用分布式电子电气架构，底层复杂，控制器的软硬件高度耦合，每当更换硬件时，都需要对 ECU 的软件进行大规模修改及大量测试认证。整车开发周期过长，车型改款或迭代升级的研发成本过高。

软硬件在开发周期、技术领域上的差别也给研发带来较大阻力。其中，软硬件开发周期分别为 2-3 年、5-7 年，技术上分别偏向互联网、制造业。解耦后，软硬件并行开发可加快新车型上市速度，降低集成、测试工作量；手工代码量、测试验证负担减小，开发错误减少，显著缩减研发成本。

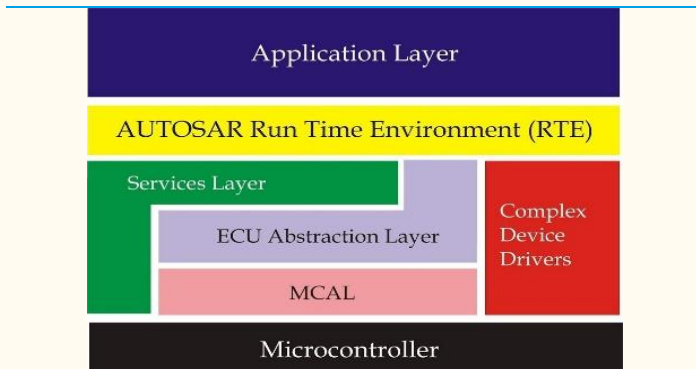
作为软件定义汽车的硬件基础，跨域集中式电子电气架构可促进软硬件解耦，支持自动驾驶软件持续更新升级，扩展商业想象空间。软件可跨平台复用，标准化的数据交换格式便于交流、合作与更新。车企可通过联盟建立经过认证的软件应用商店，构建软件生态。整车常规保养中软件维护的概念被弱化，OTA 升级成趋势，车主无需奔赴 4S 店即可从商店提取应用适配到目标车辆上，快速提升单车价值感和客户体验。

图表 10：基于分布式架构的 AUTOSAR 规范



来源：AUTOSAR，国金证券研究所

图表 11：简化版 AUTOSAR 规范



来源：AUTOSAR，国金证券研究所

现有三种软硬件解耦的模式，分别是基于分布式架构的 AUTOSAR 规范、基于集中式架构的特斯拉 CCM 中央计算模块与完全独立于底层硬件开发软件的安波福 SVA 架构。

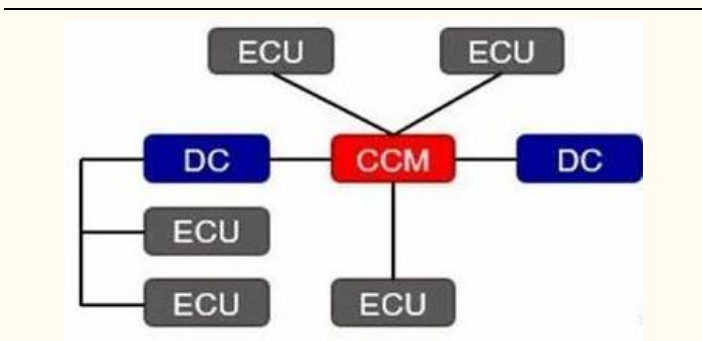
1) 基于集中式架构的特斯拉 CCM 中央计算模块

特斯拉构建了一整套完整的软件系统，用 CCM 中央计算模块将 4G 模块、ADAS 域控制器和智能座舱的计算单元整合在一块“中央计算平台”上，打破原有硬件配置局限——这比 AUTOSAR 的做法更进一步。

2) 完全独立于底层硬件开发软件的安波福 SVA 架构

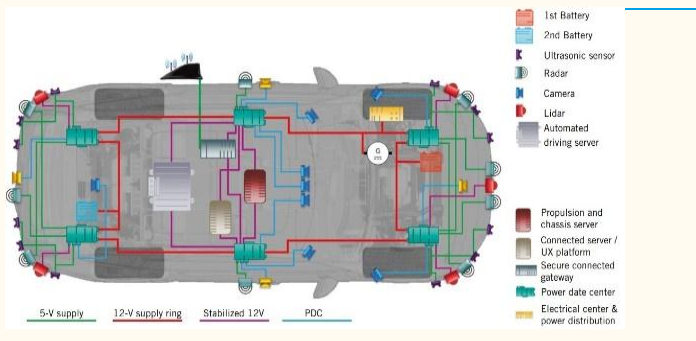
为了满足自动驾驶和电气化对整车电子电气架构高安全性、高算力的要求，安波福提出了由动力数据中心、统一供电和数据主干网及中央计算集群三个部分构成的 SVA 架构，具有软硬件分离、输入/输出端与中央计算分离、计算中心充当服务器的特点，可通过 OTA 更新升级。

图表 12：基于集中式架构的特斯拉 CCM 中央计算模块



来源：特斯拉官网，国金证券研究所

图表 13：独立于底层硬件开发软件的安波福 SVA 架构

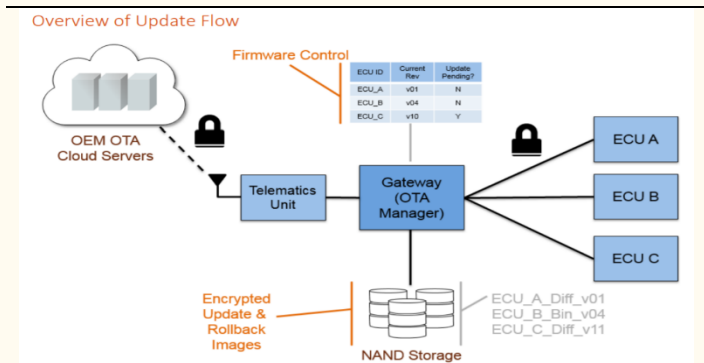


来源：安波福官网，国金证券研究所

1.4 趋势四：OTA 升级将成为完全自动驾驶功能数据更新最佳实践

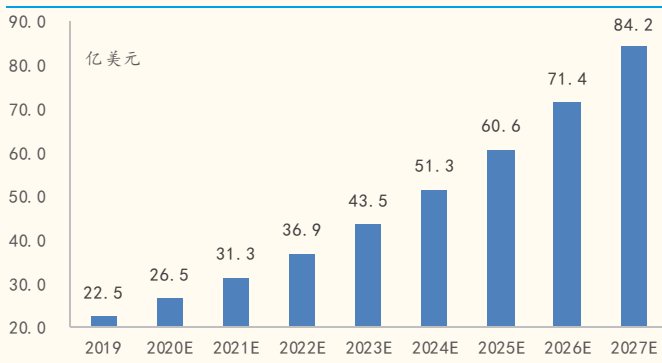
加速自动驾驶级别迭代，OTA 升级极大改善用户体验。OTA (Over the Air) 是指通过网络连接实现终端内存储数据的更新，进而改善终端的功能和服务的技术。汽车 OTA 主要分为 FOTA (Firmware-over-the-air, 固件在线升级) 和 SOTA (Software-over-the-air, 软件在线升级) 两类，分别指完整的系统性更新与迭代更新的升级。通过 OTA 升级不仅可以减少召回成本、便捷修复软件缺陷，还能缩短上市周期、提高用户粘性、促进双向交流。据 Megan，OTA 升级市场预计 2019 年到 2027 年复合增长率为 17.94%，将从 22.5 亿美元增至 84.2 亿美元。

图表 14: FOTA 更新的典型流程



来源: NXP, 国金证券研究所

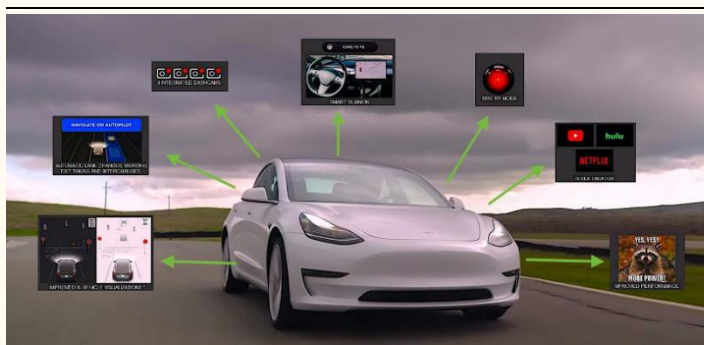
图表 15: OTA 市场增长预测



来源: Megan, 国金证券研究所

特斯拉作为 OTA 全面领先者, 利用其集中式电子电气架构的优势, 在汽车上预先搭载超期性 Level 5 级别硬件, 通过推出自动驾驶升级软件来解锁新功能。2012 年 9 月, Model S 进行了第一次整车 OTA 升级, 此后以固定频率保持更新, 开创了 OTA 升级的先河。特斯拉率先将软件升级送到车辆内的车载通讯单元、更新车机类软件, 直接将软件增补程序传送至有关 ECU, 通过 OTA 的方式改善车辆的底盘、信息娱乐、电池续航、ADAS 乃至自动驾驶等多项功能。同时独创软件付费模式, 推出 6.4 万元的 FSD 选装软件包、2000 美元的 “Acceleration Boost” 动力性能加速升级包等。其后, 丰田、大众、福特、沃尔沃等整车厂及理想、小鹏、蔚来等造车新势力广泛布局 OTA 技术。

图表 16: 特斯拉 OTA 示意图



来源: 特斯拉官网, 国金证券研究所

图表 17: 宝马 X5 全车 OTA 示意图



来源: 宝马官网, 国金证券研究所

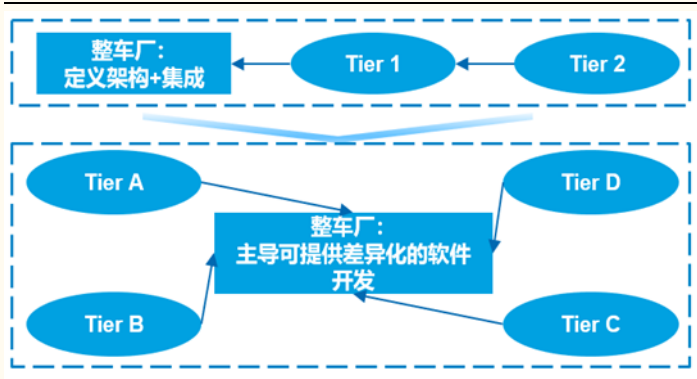
1.5 趋势五: 传统车企重心向软件转移, 多向合作以求优势互补+规模效应

传统车企资源向软件倾斜, 通过多种方式构建自有软件团队。技术发展、政策出台推动汽车智能网联进程, 车规芯片算力和功耗决定智能汽车性能, 电子电气架构从分布式向集中式转变, 域控制器成为核心能力; 汽车供应链扁平化, 整车厂/Tier 1/Tier 2 的线性关系转变成整车厂/Tier N 的网状关系, 主导权从供应商向车企归集。

与硬件决定汽车时代不同, 整车厂的工作不再局限于集成多个部件供应商提供的多个分散 ECU, 而是对管理、研发核心软件的能力提出了更高的要求, 产业价值向软件研发、后市场两头集中。据麦肯锡, 在 “新四化” 趋势的影响下, 到 2030 年, 预计有 1000 亿欧元将沿着价值链进行再分配。

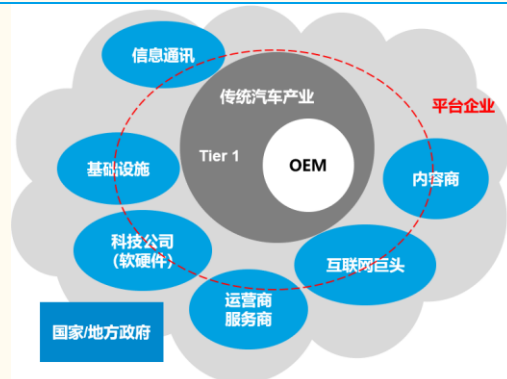
因此, 传统车企重心向软件转移, 沃尔沃、丰田、上汽等选择设立软件相关子公司, 宝马、广汽等同软件背景企业合资合作, 大众、雷诺日产等在内部设立软件相关新部门。

图表 18: 汽车供应链扁平化, 主动权往整车厂集中



来源: 国金证券研究所

图表 19: 智能网联汽车出行生态圈



来源: 国金证券研究所

自动驾驶赛道所需技术过深过长, 传统车企多向合作以求优势互补+规模效应。在技术研发上加大资源投入同时寻求对外合作, 联盟化有助于传统车企发挥整车生产优势, 加快推进自动驾驶汽车的量产。目前主要有三种联盟类型, 包括车企间联盟、车企与头部自动驾驶公司联盟及车企与 Tier 1 合资联盟等。

图表 20: 车企多向合作自动驾驶项目

类型	联盟	合作事件
车企间联盟	通用+Cruise+本田	2016 年, 通用以 10 亿美元收购 Cruise, 此后在 2017 年的凯迪拉克 CT6 上搭载 Super Cruise 3.0, 2018 年本田以 7.5 亿美元投资 Cruise, 三者联合开发自动驾驶量产车型
	福特+Argo+大众	2017 年, 福特以 10 亿美元收购 Argo AI, 计划于 2021 年量产 L4 自动驾驶汽车, 此后大众于 2019 年投资 Argo AI 26 亿美元
	丰田+Uber	2018 年, 丰田向 Uber 投资 5 亿美元; 2019 年, 丰田联合电装和软银向 Uber 投资 10 亿美元, 再度深化合作
车企与头部自动驾驶公司联盟	Waymo+沃尔沃	2020 年 6 月, Waymo 成为沃尔沃的“L4 级自动驾驶全球独家合作伙伴”, 沃尔沃将利用 Waymo 的自动驾驶技术打造自动驾驶电动出租车
车企与 Tier 1 联盟	沃尔沃+Autoliv = Zenuity	2017 年初, 沃尔沃和 Tier 1 Autoliv 成立合资软件公司 Zenuity, 专注于自动驾驶软件开发
	现代+安波福 = Motional	2019 年 9 月, 现代和 Tier 1 安波福宣布联合组建一家自动驾驶合资公司 Motional, 打算于 2022 年向无人出租车运营商和车队运营商提供自动驾驶系统以及相关技术支持

来源: 国金证券研究所

1.6 趋势六: 格局生态化, 三大路径初见端倪

自动驾驶为已处于稳态的汽车行业提供新入口, 竞争、变革将以生态为单位。以 Waymo 为代表的单车智能全线自研+完全无人驾驶、以百度为代表的车路协同+合作平台化、以特斯拉为代表的 Level up + 影子模式三大路径初见端倪, 今后自动驾驶的竞争将是生态间的竞争。

1) 以 Waymo 为代表的单车智能全线自研+完全无人驾驶

欧美缺乏有效的主导方角色推进车路协同中的路侧基础设施建设, 因此以 Waymo 为代表的自动驾驶龙头主要专注于研发单车智能技术。而 Waymo 坚持全方位自主研发, 掌握了包括高精地图、硬件设备和软件系统在内的所有核心技术, 并采用虚实结合的路测方针一定程度上克服了直接从 Level 4 级别做起的路况数据缺乏问题。根据 DMV 自动驾驶接管报告数据, Waymo 连续多次在路测里程、接管次数、路测车辆等关键指标上取得傲人的成绩。

图表 21: Waymo One 自动驾驶出租界面



来源: Waymo, 国金证券研究所

我们认为, Waymo 全线自研的做法为今后多角色发展奠定了基础。宣布对外出售激光雷达、第五代自动驾驶软硬件套件已表达了成为车企乙方的可能性, 组建自有运营团队以坚持推进自动驾驶、卡车货运等业务也向产业明示了主导新一代共享出行的意愿。

首轮对外融资后, 我们预测 Waymo 将利用现有技术及资金优势快速多线推进主打业务, 抢先在美国多个已路测的地区铺开服务、获取消费者信任, 并同时推动监管层立法。形成规模后, 有望与母公司旗下的谷歌、YouTube 等兄弟公司的广告、媒体、娱乐业务形成巨大协同, 打造具有强烈 Alphabet 风格的“生活第三空间”。具体的业务分析拆解及预测详见第四部分。

2) 以百度为代表的合作平台化+车路协同

与 Waymo 不同, 早期百度就明晰了车企乙方的自我定位。由于硬件能力的缺失, 百度创建了 Apollo 平台, 提供地图定位、软件算法及云计算等软件服务, 希望通过开源的标准降低自动驾驶门槛, 吸引负责硬件、集成及整车生产的硬件供应商, 为整车厂联合提供服务。2017 年 7 月, 德赛西威、禾赛科技、联创电子、地平线、大陆、博世等供应商及奇瑞、一汽、长安、长城、蔚来等 15 家车企成为首批合作伙伴。

在“做汽车界的安卓系统”的口号下, 百度 Apollo 平台通过开放软件平台、硬件参考平台多个细分平台创建完整自动驾驶生态, 以公开协议有效地提高了产业效率, 扩展了整车厂选择的可能性, 真正做到了集中众力、“每个环节均由最专业的人才负责”。百度 Apollo 还与长江产业基金会合力组建 100 亿元规模的基金, 已投资中科慧眼、智行者等产业链相关标的, 将持续关注并入股自动驾驶的开发者生态、数据生态、硬件生态和场景生态。2019 年 12 月, 百度 Apollo 平台在全球共拥有超过 36000 名开发者, 开源了 56 万行代码, 合作伙伴达到了 178 家。

图表 22: 百度 Apollo 平台架构



来源：亿欧智库，百度 Apollo，国金证券研究所

我们认为，百度 Apollo 计划的目的地不仅是自动驾驶，而是智慧城市；未来的自动驾驶技术中，车路协同与单车智能缺一不可，国内的融合发展已赢在起跑线上。依托强有力的国家新基建，百度 Apollo 选择“聪明的车”“智慧的路”双管齐下，重点发力车路协同。2018 年底，百度开放了车路协同开源代码，整体打包边缘智能和云端能力等服务，为 Apollo 平台开发者提供基础设施的能力底座，通过易调用的接口支撑多种应用场景。据百度内部统计，车路协同能解决 54% 单车智能在路测中遇到的问题，减少 62% 单车智能产生的接管数，降低 30% 的单车成本。

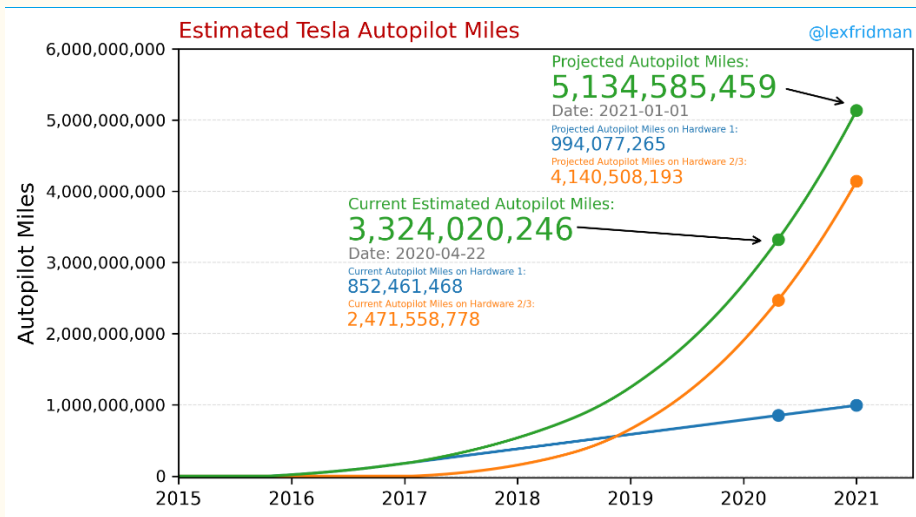
百度 Apollo 借助与政府的信任积累，已率先在长沙铺开了部分路测建设，试图打造“自动驾驶第一城”。2020 年 3 月，百度 Apollo 连续中标重庆、合肥、阳泉等多地区的新基建项目，将参与建设包括路测系统建设、监管平台等在内的车路协同测试示范区。4 月，百度正式对外发布全球首个全栈式智能交通解决方案“ACE 交通引擎”，目前已在北京、长沙、沧州等近 20 个城市落地。

基于车路协同+合作平台化理念，百度在 2019 年百度 AI 开发者大会上宣布将在 2024 年实现自动驾驶出租规模化部署，提供任意点对点出行服务。2020 年 10 月，百度授权无人驾驶汽车 Apollo GO 正式在北京开放测试，有望成为国内自动驾驶出租市场最大的玩家。

3) 以特斯拉为代表的 Level up + 影子模式

作为新晋明星整车厂，特斯拉选择逐级 Level up 的方式推进自动驾驶进程，在“实现无人驾驶理想”的同时通过影子模式积累用户数据，以 OTA 软件升级的方式率先将自动驾驶技术变现；除造车新势力外，大众等传统整车厂也纷纷效仿。2014 年 10 月，特斯拉首次推出 Autopilot 升级包，并于 2019 年 4 月发布“影子模式”，利用已卖出车辆上的自动驾驶软件持续记录传感器探测的数据，在适当时间选择性回传用于机器学习、改进原来的自动驾驶算法。与此同时，FSD 芯片问世，特斯拉进入 Autopilot 3.0 时代，自动驾驶软件的 OTA 升级价格也水涨船高，由 2014 年的 2500 美元升至 10000 美元。2020 年 3 月，特斯拉升级影子模式，申请了自动驾驶机器学习专利，宣称硬件已达到 Level 5 水平。

图表 23：特斯拉自动驾驶路测里程预测



来源：lexfridman，国金证券研究所

我们认为，未来特斯拉不仅是整车厂，也可能成为出行运营商。特斯拉 CEO 马斯克曾表示，未来特斯拉应作为升值品看待，车主可自愿将车辆加

入特斯拉共享出行网络以提供自动驾驶出租服务，将创造数倍于目前售价的价值，同时车辆的制造成本并不会同比例上升；而特斯拉也会推出配套打车应用程序，并且收取 25%-30% 的费用，可能成为 Waymo 在自动驾驶出租市场最大的竞争者。

二、自动驾驶产业链分为三大环节，高技术壁垒造就高集中度

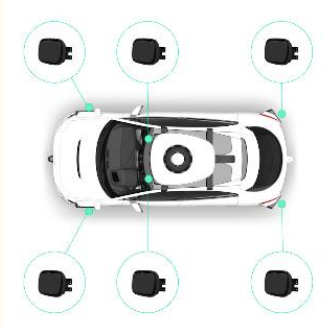
2.1 传感层：主要分为激光雷达和视觉主导两派，未来走向融合

可分为车辆信息感知、高精度地图、环境信息感知三类，主要玩家包括安波福、博世、大陆等。车辆信息感知包括高精度定位、陀螺仪、惯性导航；高精度地图可将预先绘制的 3D 地图与实时传感器数据进行交叉引用，获取实时路况信息，精确确定车辆在道路上的位置。

环境信息感知则分为以 Waymo 为代表的激光雷达主导与以特斯拉为代表的视觉主导（车载摄像头、毫米波雷达等）两类技术路线：前者包括激光雷达、毫米波雷达、超声波传感器和摄像头，成本较高，远距离、全方位探测能力强，分辨率高，但缺乏周围环境的颜色和纹理信息；后者不含激光雷达，成本适中，探测角度较小，远距离探测能力不足，受环境光照的影响较大，基于人工智能的目标检测与定位可靠性较低。

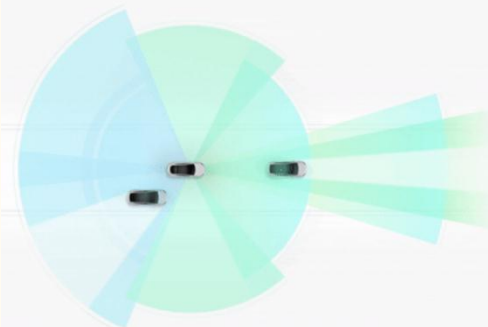
我们认为，随着自动驾驶算法的改进和级别的提高，激光雷达将成为不可或缺的部件，多传感器呈现高度融合，深化体积缩小、控制集成、成本降低、感知多元等趋势。

图表 24：以 Waymo 为代表的激光雷达主导



来源：Waymo，国金证券研究所

图表 25：以特斯拉为代表的视觉主导



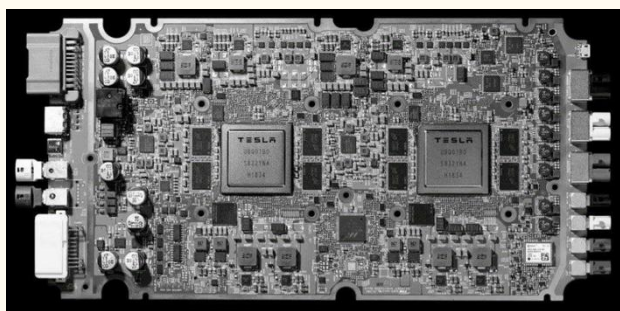
来源：特斯拉官网，国金证券研究所

2.2 决策层：车规芯片护城河高，科技巨头纷纷入局

单车智能决策层计算平台的关键在于芯片与算法。以 AI 芯片为代表的车规芯片以及围绕其组建的计算平台为自动驾驶提供了强大的算力，帮助分析、消化自感知层收集的海量信息，在平衡算力功耗、系统兼容适配、保障汽车安全上均提出了较高的要求。除了本身高企的技术壁垒，车规芯片入市前须经过北美汽车产业 AEC-Q100、ISO/TS16949 规范等长达两年的严苛认证流程，要求具有强抗干扰能力，在高温、潮湿、振动和电磁辐射等复杂工作环境下均保持稳定性能。

目前技术方案提供商主要包括三类，分别是车规芯片从自研走向商业化的实力车企，以特斯拉为代表；由消费电子升级成车规电子、跨界提供 AI 算力的科技巨头，以英伟达为代表；以轻资产、高灵活性的 Fabless 模式运营的专业化新兴厂商，以地平线为代表。随着自动驾驶渗透率的提高，标准化的决策层硬件成本将随规模化迅速下降。

图表 26：特斯拉自研车载芯片



来源：特斯拉官网，国金证券研究所

图表 27：地平线推出中国首款车规芯片



来源：地平线官网，国金证券研究所

Waymo 已宣布与英特尔合作，后者提供 Xeon 处理器、Arria FPGA（用于机器视觉）以及千兆以太网的解决方案，帮助实时处理信息，打造适用于所有路况的 Level 4 和 Level 5 级别自动驾驶计算平台。

2.3 执行层：安全性要求高，线控转向成突破口

执行层分为执行和控制，主要包括动力、制动、转向、灯光四个方面。作为核心技术，线控执行系统分为线控制动、转向和油门，将是未来 ICV 的重要组成部分。出于安全性，对冗余设计和数据积累有着较高要求，因此博世、大陆等国外经验丰富的 Tier 1 企业已占据优势地位，产品相对成熟且已实现量产供应。

Waymo 车辆执行层对安全性要求极高，安装有极其完备、包括备份制动和备份转向等功能在内的冗余系统；转向、制动及控制器都与外界通讯隔离，对外通信加密，严格保障了行驶安全。

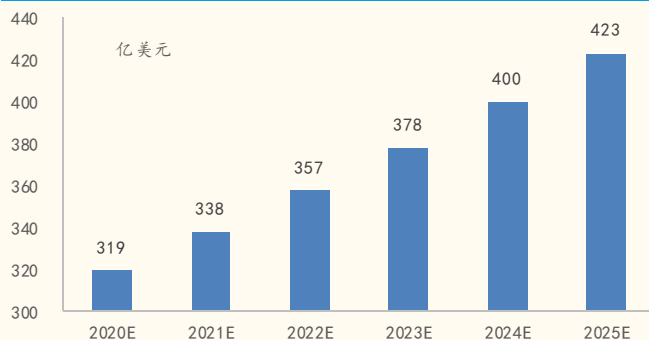
此外，智能化演进中，线控转向要求同步升级。随着自动驾驶级别的提高，汽车将逐渐完全脱离驾驶员的控制，对转向系统的可靠性要求更高、更明确，将成为未来行业突破口。据 BBM System Market，全球线控转向市场预计 2020-2025 年复合年增长率为 5.8%，并于 2025 年达到 423 亿美元。

图表 28：线控制动是自动驾驶执行系统的重要部分



来源：博世官网，国金证券研究所

图表 29：线控转向市场增长预测



来源：BBM System Market，国金证券研究所

三、Waymo 技术领先，商业化落地持续推进

3.1 全面自主研发大幅降本，建立产品及生态壁垒

与中国强有力政府不同，欧美缺乏主导方有效推进车路协同中的路侧基础设施建设；因此，与百度 Apollo、华为等国内玩家不同，Waymo、Cruise 等国外自动驾驶龙头主要专注于研发单车智能技术。

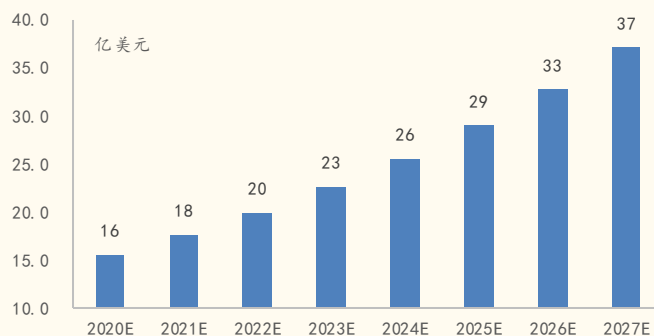
Waymo 坚持自主研发单车智能全方位技术，在第五代 Waymo Driver 中已将成本降至 50%。Waymo 涵盖了高精地图、硬件设备和软件系统等单车智能的全方位技术。其中，高精地图不同于日常使用的地图，是高度详细的 3D 地图，进入新地区时需要通过测试车辆上的传感器来创建、处理数据并持续更新。

图表 30: Waymo 自 2019 年 3 月起出售自研激光雷达



来源: Waymo, 国金证券研究所

图表 31: 激光雷达市场增长预测



来源: Grand View Research, 国金证券研究所

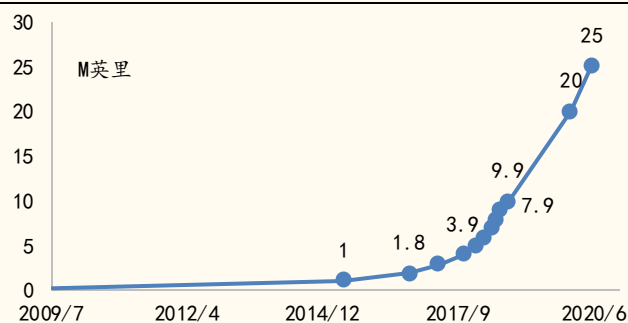
硬件设备包括传感器、电子元器件、天线、外壳和固件等均由 Waymo 自主研发，其中传感器主要由激光雷达系统、视觉系统、雷达系统及附加传感器组成。Waymo 自动驾驶车辆配备的主激光雷达为 64 线，价格十分高昂，经过多年重点研发，在第四代已将成本下降 90%，并于 2019 年 3 月起开始对外出售。据 Grand View Research，全球激光雷达市场 2020 年-2027 年复合增长率为 13.2%，将于 2027 年达到 37 亿美元。

软件系统即自动驾驶操作系统，包括感知、行为预测及计划程序等组件，Waymo 已宣布与英特尔合作，帮助打造适用于所有路况的 Level 4 和 Level 5 级别自动驾驶计算平台。此外，Waymo 还十分注重网络安全，开发了强大的流程识别功能。研发的强独立性保证了产品的强差异性，构筑了稳固的技术壁垒，为增加给车企提供产品、服务的乙方角色奠定基础。

3.2 虚实结合路测，助力测试数据全面领先

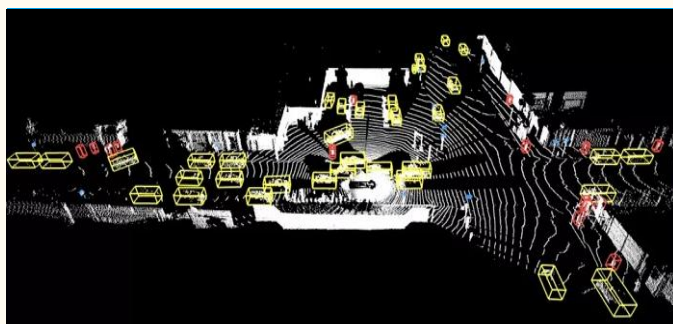
采用虚实结合的路测方针训练自动驾驶算法，每日可模拟 100 年的技术路测。自 2009 年 7 月项目成立以来，Waymo 自动驾驶道路测试历程数呈指数级增长，已于 2020 年 6 月突破 2500 万英里。但与特斯拉相比，直接从 Level 4 无人驾驶做起的决定使 Waymo 缺乏极端场景数据积累。2013 年，谷歌高级软件工程师詹姆斯·斯托特加入 Waymo 团队并开发了 Garcraft 仿真测试技术。截至 2020 年 6 月，Waymo 已基于 Garcraft 开发超过 2 万个模拟场景，模拟驾驶已超 150 亿英里。

图表 32: Waymo 自动驾驶路测里程变化



来源: DMV, 国金证券研究所

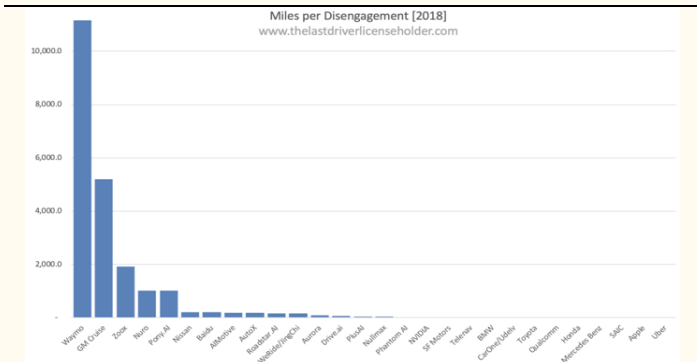
图表 33: Waymo 模拟仿真路测场景



来源: Waymo, 国金证券研究所

在公开报告中表现持续领先。Waymo 在多次 DMV《自动驾驶接管报告》中名列前茅；尽管因接管报告主要衡量指标难以标准化而受到不少争议，但 DMV 仍然是唯一能够相对客观地追踪自动驾驶赛道玩家的发展情况的机构。2018 年，Waymo 是每 1000 英里自动驾驶脱离率最低的公司（从 2017 年的 0.179 次下降到 0.09 次），也是自动驾驶路测里程最长的公司（127 万英里）。2019 年，Waymo 自动驾驶路测里程达 145 万英里，排名第一；每 1.3 万英里脱离接管一次，仅次于百度 Apollo 排名第二；153 台自动驾驶测试汽车，排名第二。

图表 34：2018 年加州车辆管理局自动驾驶脱离报告数据



来源：DMV，国金证券研究所

图表 35：2019 年加州车辆管理局自动驾驶脱离报告数据

公司	每脱离接管一次每 1000 英里自驾路测里程 (英里)	自动驾驶里程接管次数 (次)	自动驾驶路测里程 (英里)	自动驾驶汽车数 (台)
Baidu	18050	0.055	108300	4
Waymo	13219	0.076	1454137	153
Cruise	12221	0.082	831039	233
AutoX	10685	0.094	32054	8
Ponyai	6476	0.154	174845	22

来源：DMV，国金证券研究所

Waymo 成为首个公开详细安全方案的自动驾驶公司，用更透明直观的数据赢取消费者信任。2020 年 11 月，Waymo 首次发布重磅详细报告，总结了过去 21 个月（2019 年 1 月 - 2020 年 9 月）Waymo 自动驾驶汽车在美国凤凰城的运营情况——Waymo 部署了约 600 辆测试车，共卷入了 18 起真实碰撞事故、29 次模拟可能事故，几乎所有事故均非 Waymo 车辆责任。事后，Waymo 工程师会进行假设无安全员介入的事故模拟分析，对传感器可靠性或车辆感知软件对特定图像的解释进行深入研究；爱荷华大学国家高级驾驶模拟器实验室主任 Daniel McGehee 表示，这些反向模拟甚至比“合成”的模拟事件“更真实”。

3.3 从甲方到乙方，从封闭到开放

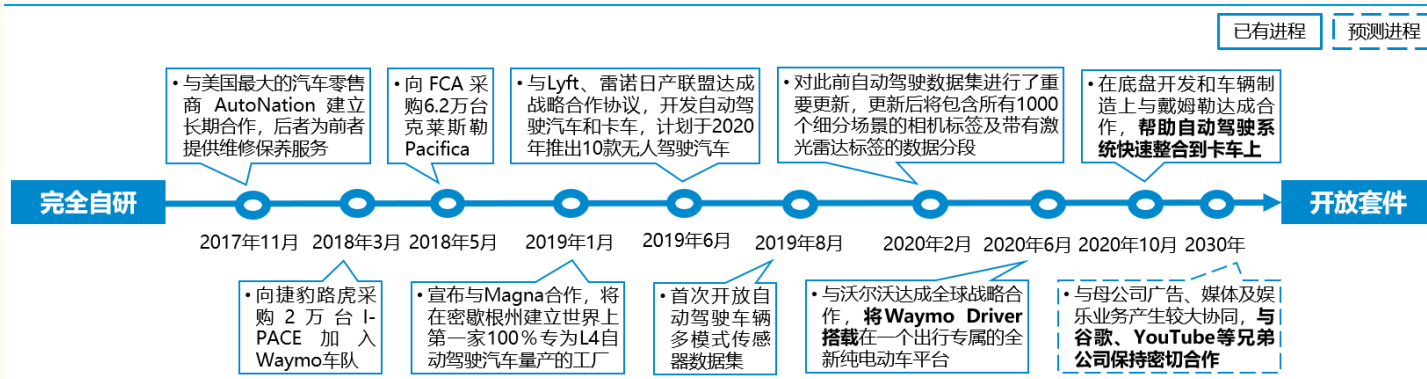
早期封闭研发，与车企保持单线合作。拥有长达 15 年的技术积累，Waymo 自行研发传感器、车型等几乎所有硬件部件及全部自动驾驶算法，但与多为整车厂的其他玩家相比缺乏整车制造能力。

近年来，汽车行业的拐点将至，自动驾驶赛道开始变得拥挤。作为自动驾驶先驱，脱身科技巨头的 Waymo 具有强技术能力、希望保护知识产权，因此坚持与车企保持单向交流。自 2017 年 11 月起，先后与 AutoNation、Magna 等 Tier 1 及捷豹路虎、FCA、雷诺日产联盟、戴姆勒等整车厂达成合作；由 OEM 作为硬件供应商，大批量采买合作伙伴车辆，而不允许对方参与研发过程。

行业认知深入、资金压力叠加领导层变更，Waymo 走上多角色发展之路。英国自动驾驶公司 Five AI 联合创始人 Stan Boland 曾表示，自动驾驶赛道的技术链条过深过长，正确的做法应是专注于关键部分。自成立以来，Waymo 研发费用累计已超过 200 亿美金。

2015 年 12 月，Waymo 母公司发生领导层变更，过去最大的支持者 Larry Page 和 Sergey Brin 辞职，Sundar Pichai 上任 CEO，其务实作风推动 Waymo 开启对外融资、加快商业化进程。2019 年 3 月，Waymo 首次增加自我角色，宣布对外出售自研激光雷达 Honeycomb。其后开放并更新了自动驾驶多传感器数据集，推出第五代自动驾驶套件 Waymo Driver 并与沃尔沃达成全球战略合作，成为自动驾驶方案提供商。

图表 36: Waymo 增加自我角色, 开放软硬件方案授权服务



来源: 国金证券研究所

3.4 运输服务、方案授权多点开花, 十年内有望成为千亿收入公司

重点发力自动驾驶出租 Waymo One, 已进入无安全员运营阶段。自 2018 年开始, Waymo 持续推进无人出租运营业务的商业化落地, 经历了早期配备安全员、中期配备跟踪车及远程安全员到 2020 年 10 月正式取消安全员的谨慎过程。2019 年底, Waymo 称在凤凰城每月有超过 1500 人使用 Waymo One, 自推出以来共提供超过 10 万次服务。2020 年初, Waymo One 每周都会执行 1000 到 2000 次的打车服务, 其中 5% - 10% 为全自动驾驶。

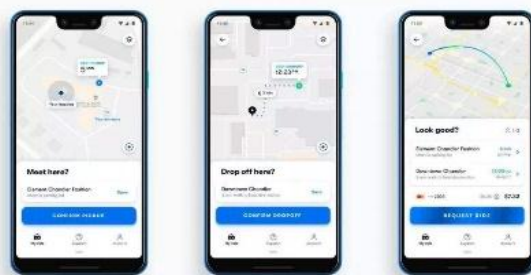
我们认为, 自动驾驶出租的定价有望颠覆现有出行市场, 规模潜力近万亿美元。据 ARK Invest, 在取消驾驶员的情况下, Waymo One 有望将定价大幅降低为 70 美分/英里 (Uber 旧金山价格的四分之一), 获得“像软件一样的利润”; 麦肯锡欧洲汽车负责人 Andreas Tschiesner 表示, 自动驾驶出租每公里成本仅需 0.01 美元、赚钱潜力为 20-25 美分。根据英特尔预测, 2035 年自动驾驶出租市场规模可达 8000 亿美元。

图表 37: Waymo One 自动驾驶出租示意图



来源: Waymo, 国金证券研究所

图表 38: Waymo One 程序界面



来源: Waymo, 国金证券研究所

无人卡车将有效弥补持续扩大的卡车司机缺口。全球卡车司机缺口问题最早在 2003 年出现, 美国卡车协会、交通部相关数据显示, 2020 年卡车司机缺口总量占行业总需求比例高达 20%。根据美国卡车运输协会预测, 卡车司机的缺口在未来 10 年内将翻倍, 对无人卡车需求强劲。

欧美隐私保护法出台, 无人卡车货运或率先扩大规模。欧盟一般数据保护条例 (GDPR) 和加州消费者隐私法案 (CCPA) 陆续出台, 自动驾驶出租等商业化落地的路况信息采集或受到阻碍。相比之下无人货运优势明显, 有望通过采集运营过程中的极端场景以指数级速度丰富自动驾驶训练数据集。

Waymo Via 侧重于各种形式的货物交付, 主打 8 级重卡。物流运输线路、里程固定, 更适合自动驾驶, 主要场景包括城市配送、干线物流、服务零售商的城内交付等, Waymo CEO John Krafcik 表示可成为公司商业变现出口。2017 年 8 月起, Waymo 陆续在美国亚利桑那州、凤凰城、德克萨斯州、

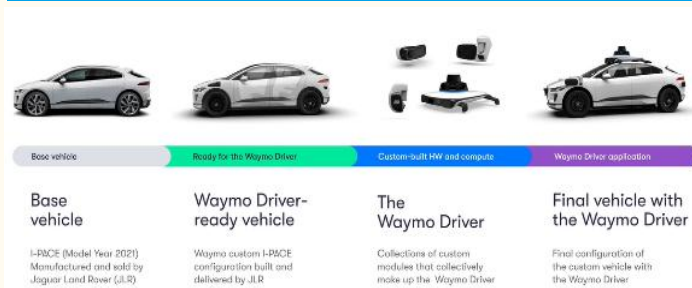
佛罗里达州等多个地区之间的高速公路绘制高精地图、进行重卡测试。2020年10月，Waymo与全美重卡龙头戴姆勒达成合作，其8级重卡福莱纳2019年市场占比达34.2%。相关货运业务将在美国最先展开部署，随后将逐步扩展到其他地区。

图表 39: Waymo Via 自动驾驶 8 级重卡示意图



来源: Waymo, 国金证券研究所

图表 40: Waymo Driver 安装过程



来源: Waymo, 国金证券研究所

多传感器融合，自动驾驶软硬件迭代迅速。2020年4月，Waymo发布了第五代自动驾驶套件Waymo Driver，包括含有激光雷达、摄像头和毫米波雷达等硬件和自动驾驶平台在内的软硬件一体化方案。该方案硬件的设计及制造过程进一步简化，以便投入规模生产，成本也缩减至第四代的一半。

我们认为，Waymo完全转变成整车厂的乙方的可能性较小。随着与整车厂的合作持续深入，硬件销售业务将得到长足发展。但在“硬件标准化、软件差异化”的趋势下，软件价值在整车中占比逐渐提高，整车厂通过外采软件来增强核心竞争力的可能性大大减小。同时，Waymo建立了超过120个人的运营团队，占员工总数的10%以上，明确了自主运营车队的决心；Waymo不向竞争对手出售的策略决定了自动驾驶软件授权业务只可能针对购买合作方搭载车型的消费者，付费模式主要包括基础标准平台收许可费、升级功能收费、定制化二次开发、车联网相关信息娱乐功能订阅服务收费等。

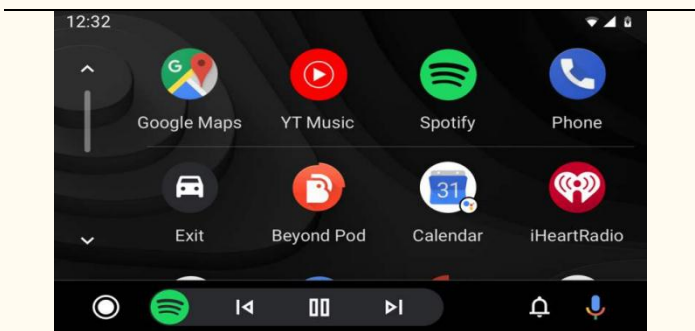
图表 41: Waymo 自动驾驶出租、卡车货运、方案授权三大商业模式持续推进中



来源: Waymo, 国金证券研究所

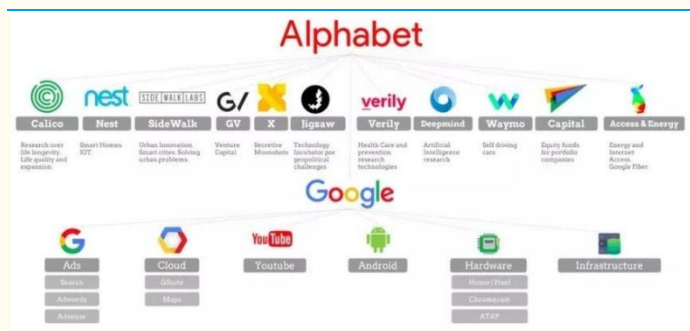
谷歌车载系统入局，已与多家整车厂达成合作。早在 2013 年 12 月，谷歌就与奥迪、通用、本田、现代及英伟达共同组建了“开放汽车联盟”OAA，联盟中所有公司的产品都会搭载谷歌的车载 Android 系统。2017 年以来，克莱斯勒、沃尔沃、雷诺日产三菱联盟、FCA、奥迪陆续与谷歌达成协议，宣布旗下车型使用的下一代车载娱乐系统将基于 Android Automotive OS 打造，用户可直接通过车载系统访问 Google Play 在线商店。

图表 42：谷歌入局车载系统



来源：Gizchina，国金证券研究所

图表 43：Waymo 母公司生态



来源：seeking alpha，国金证券研究所

我们认为，Waymo 的自动驾驶出租业务未来有望与母公司产生巨大协同，打造垂直整合封闭系统。利用 Android 成熟的第三方应用生态，谷歌可通过接入 API 或 SDK 的方式将移动互联网能力快速移植到自动驾驶出租汽车中，为乘客提供基础或付费信息娱乐功能，广告、媒体及娱乐业务潜力巨大。

3.5 首轮共获 30 亿美元外部融资，资本、业务双管齐下助力发展

最近融资事件：2020 年 5 月，首轮共获 30 亿美元外部融资，这笔新的融资将用于招募员工、技术开发和全球运营。受美联储降息及 Waymo 此次融资事件影响，谷歌股价单日振幅达 4.78%，盘后市值 9547.16 亿美元。

知名风投和 Tier 1 入股，资本、业务双管齐下助力发展。除母公司 Alphabet 外，Waymo 首次外部投资主要由银湖资本 Silver Lake、加拿大退休金计划投资委员会 CPP Investment Board 和阿布扎比的主权财富基金 Mubalada 牵头，其他投资者包括硅谷知名风投机构 Andreessen Horowitz、汽车零部件供应商麦格纳 Magna 以及汽车零售巨头 AutoNation。

图表 44：Waymo 首轮融资股东

股东	介绍
Silverlake	牵头投资，曾投资过阿里巴巴等大型企业，将进入 Waymo 公司董事会
CPP Investment Board	牵头投资，有望将自动驾驶出行服务引入加拿大，将进入 Waymo 公司董事会
Mubadala	牵头投资，为软银愿景基金的出资方，多投行业翘楚
Andreessen Horowitz	硅谷知名风投机构，曾投资过 Facebook、Twitter、Airbnb 等大型公司
Alphabet	谷歌母公司
Magna	汽车零部件供应商，此前已有合作；可提供自动驾驶车辆量产
AutoNation	美国最大的汽车零售商，此前已有合作；可提供车辆运维服务、延长其使用寿命；为 Waymo 带来了订单：运送汽车零部件

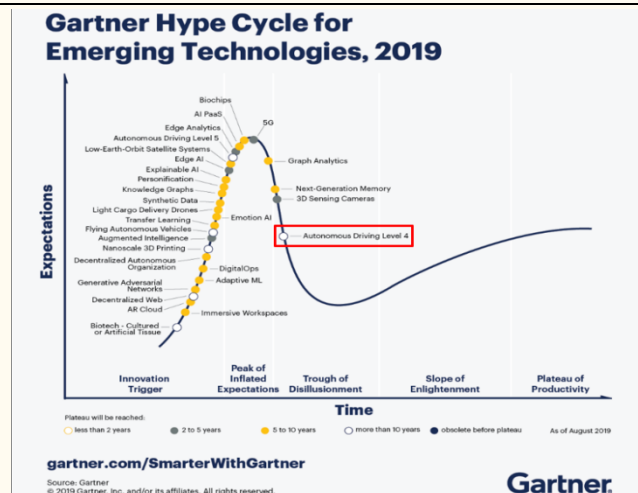
来源：国金证券研究所

3.6 多重原因导致最新估值缩减，未来有望重回巅峰

虽然 Waymo 在新冠疫情期间仍收到了高达 30 亿美元的首次外部融资，但并未公布估值。据英国金融时报，知情人士爆料称投后估值超 300 亿美元。该估值与此前 Morgan Stanley、UBS 及 Jefferies 给出的差距较大，主要

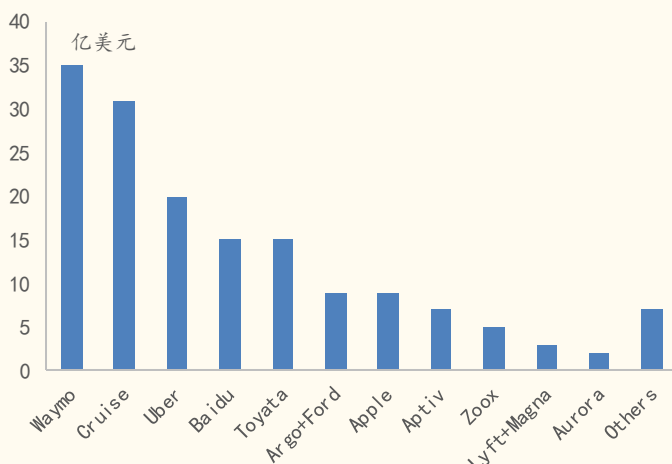
受技术、资金、竞争、商业化四大因素影响，资本对自动驾驶赛道态度更加谨慎。

图表 45: Gartner2019 新兴技术成熟度曲线



来源: Gartner, 国金证券研究所

图表 46: 2019 自动驾驶赛道前十大玩家研发总投入



来源: 国金证券研究所

技术进程不及预期，专家认为距离成熟仍需十年以上。根据 ICT 领域权威的咨询机构 Gartner 发布的 2019 年新技术成熟度曲线 (Hype Cycle)，预计 Level 4 级别的智能驾驶技术成熟还需十年以上；May Mobility CEO Edwin Olson 通过其总结的自动驾驶摩尔定律计算，认为自动驾驶系统最早于 2035 年达到人类驾驶水平。

资金压力过大，2019 年自动驾驶赛道全球前十大玩家研发总投入超 160 亿美元，其中 Waymo、Cruise、Uber 等公司全年投入超 20 亿美元。全球车市连续两年下滑，2018 年全球总销量下降 1%，是自 2010 年雷曼危机以来首次陷入负增长；2019 年的汽车销量 9032 万台，同比下降 3%。作为自动驾驶感知层和决策层的数据基础，自动驾驶车辆进入新的地区后需要耗费巨额成本绘制 3D 高精地图并保持更新；Waymo 目前单车自动驾驶改装成本为 20 万美元左右，激光雷达等传感器部件成本高企。

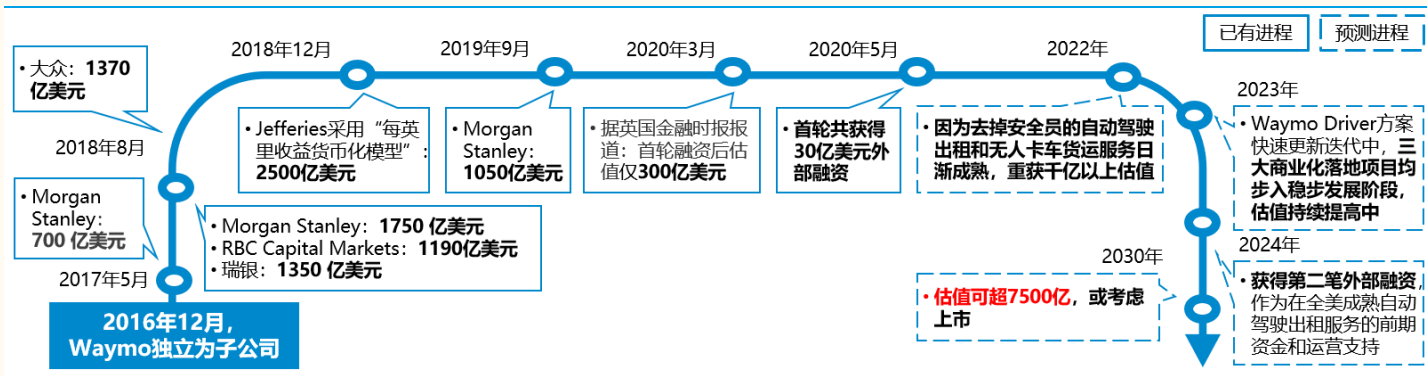
商业化进程受限，多玩家计划延后。多个国家的政策靴子尚未落地，虽然均提出了不同等级自动驾驶的渗透目标，但 Level 3 及以上级别的监管法规依然缺失，对于事故的责任界定有待进一步细化。2018 年 3 月 Uber 的自动驾驶汽车致死事件引发了包括 Uber、沃尔沃、通用、福特、特斯拉等主要玩家商业化落地计划的延迟。

竞争格局过度饱和，Waymo 巨额奖金引发员工创业潮。汽车行业拐点降至，主要整车厂、Tier 1、造车新势力、共享出行平台均选择合作或自建自动驾驶团队，百度、苹果、英特尔等资金实力雄厚的大型科技公司纷纷入局。此外，自动驾驶技术链条过深过长，Waymo 商业化进程推进不及预期，2015 年高额的项目奖金让许多员工在实现财富自由后选择离开 Waymo 自主创业，公司包括 Otto、Aurora、Argo 及 Nuro 等。

我们认为，在今年 Waymo 迎来了首轮外部融资后，长期对技术的投入将在近期转化为商业化落地的基础。业务重心自动驾驶出租业务前景广阔，卡车货运业务直击行业痛点，自研硬件设备也能获得一席之地。自动驾驶出租大规模铺开，有望与母公司的广告、媒体、娱乐业务达成巨大协同，打造具有强烈 Alphabet 特色的“生活第三空间”。

按照此前每年 10 亿美金左右的研发投入情况，我们预计 Waymo 将在 2024 年左右迎来第二轮外部融资，重新获得两千亿美元以上的估值。到 2030 年，自动驾驶出租、自动驾驶出租广告、卡车货运、硬件设备四大业务全面铺开，年营收超千亿美元。

图表 47: Waymo 估值发展情况



来源：国金证券研究所

四、采用分部 P/S 估值法，Waymo 市值超 2600 亿美元

自动驾驶赛道具体场景较多，需要专业化运营，根据我们对 Waymo 现已披露信息的理解，我们假设 Waymo 将精细化运营现有业务以占据尽可能大的市场份额，而非通过扩展不同场景来实现营收增长，因此以下营收预测均基于现有业务。

由于 Waymo 现有的自动驾驶出租、自动驾驶出租广告、卡车货运、硬件销售四种业务之间商业模式差别较大，且形成收入后可持续性较强，我们认为采用分部 P/S 估值法较为合适。

4.1 自动驾驶出租：以里程计费，2030 年营收可超千亿美元

Waymo 自行运营车队，以里程计费，2030 年营收可超千亿。根据美国公共电视网数据，每辆出租车每 12 小时行驶 180 英里，即每小时 15 英里；2019 年全球乘用车产量为 6700 万台，今后电动车动力电池成本将大幅下降；根据 Waymo CEO，自动驾驶出租车使用寿命为五年；Tesla CEO 表示，电动自动驾驶出租每英里运营成本为 0.18 美元，而 Tesla 参考 Uber 现定价 2 美元/英里，将 Tesla 自动驾驶出租业务定价为 1 美元/英里。

我们假设自动驾驶出租车均为电动车，渗透率增速与电动车相近，根据 UBS 预测，将于 2030 年达 12%；每辆车每天运行 16 小时，每年运行 300 天；根据麦肯锡预测，自动驾驶出租空置率可缩小至 15%；2030 年 Waymo 占自动驾驶出租市场份额可达 15%，定价可降至 0.5 美元/英里。

因此： $R1 = NoC * NoM * (1 - V) * NoD * P1 * MS^1$ ，则 2030 年 Waymo 自动驾驶出租业务营收可超 1100 亿美元。

图表 48: 自动驾驶出租业务敏感性分析

情况	2030 年自动驾驶出租车渗透率	每辆车每天运行时长 (小时)	空置率	每年运行天数 (天)	每英里收费 (美元/英里)	Waymo 市场份额	2030 年营收 (亿美元)
最差	8%	12	25%	240	0.7	5%	168
我们预测	12%	16	15%	300	0.5	15%	1119
最优	14%	18	10%	330	0.4	20%	2036

来源：美国公共电视网，彭博，Waymo，Tesla，麦肯锡，国金证券研究所

4.2 自动驾驶出租广告：参考电梯电视屏幕，2030 年营收可超 300 亿美元

¹ 其中 R1 指 2030 年 Waymo 自动驾驶出租业务营收，NoC 指全球自动驾驶出租车总数，NoM 指每车每天英里数，V 指空置率，NoD 指每年运行天数，P1 指每英里收费，MS 指 Waymo 市场份额。

自动驾驶出租与电梯空间大小、消费者观看时长接近，推测屏幕广告到达率相近。据尼尔森，全媒体广告中电梯广告的到达率高达 74%；平均每人每天观看广告时长统计中，电梯广告以 19% 的眼球份额居第三位，仅次于互联网广告（26%）和电视广告（21%）。

分众传媒及新潮传媒为我国电视电梯广告两大龙头，定价策略两极化，其中分众定价 743 元/周、播放 60 次/天、15 秒/次，新潮为 438 元/周、播放 300 次/天、15 秒/次。

图表 49：自动驾驶出租广告业务敏感性分析

情况	2030 年自动驾驶出租车渗透率	每年运行天数 (天)	每天广告播放次数 (次)	每次广告收费 (元/次)	Waymo 市场份额	2030 年营收 (亿美元)
最差	8%	240	100	0.6	5%	15
我们预测	12%	300	200	1.0	15%	313
最优	14%	330	250	1.2	20%	898

来源：eMarketer，国金证券研究所

我们假设每年运行 300 天，每天播放 200 次；2030 年 Waymo 自动驾驶出租市场份额达 15%，定价为 1 元/次、15 秒/次；取人民币美元汇率=7。

因此： $R2 = NoC * NoD * NoA * P2 * MS^2$ ，则 2030 年 Waymo 自动驾驶出租广告业务营收可超 300 亿美元。

4.3 卡车货运：以成本倒推营收，2030 年营收为 30 亿美元

Waymo Via 主推 8 级自动驾驶重卡，2020 年底与戴姆勒达成合作，开展短途、长途货运业务。2019 年戴姆勒重卡销量近 50 万，占北美市场份额近 40%，近十年全球重卡市场销量在 400 万台上下浮动、集中度持续提高；美国重卡司机年收入平均为 4.2 万美元，处于缓慢提高中，重卡运营毛利率大概为 8%，重卡收入随重卡价格上浮有向上趋势；根据罗兰贝格，美国卡车运营中人力、燃料成本各占 30%，电动自动驾驶卡车可节省人力和一半燃料成本；自动驾驶卡车使用寿命为五年。

假设戴姆勒重卡销量稳定上升，于 2030 年达 80 万台；Waymo 自动驾驶套件对于戴姆勒重卡渗透率加速提高，于 2030 年达 15%，用于自营卡车货运的车队占 10%；Waymo 在与重卡公司合作中负责车队运营、提供自动驾驶套件等，重卡公司负责组装套件、提供重卡及重卡维护，且 Waymo 分成 50%。

因此： $R3 = NoT * PoSE * RoY * PoC^3$ ，则 2030 年 Waymo 卡车货运业务营收为 30 亿美元左右。

图表 50：卡车货运业务敏感性分析

情况	2030 年 Waymo 自动驾驶套件对戴姆勒重卡渗透率	用于自营卡车货运的车队比例	每辆重卡每年收入 (万美元)	Waymo 在合作中的提成比例	2030 年营收 (亿美元)
最差	9%	6%	16	40%	7
我们预测	15%	10%	18	50%	32
最优	18%	12%	19	55%	59

来源：罗兰贝格，国金证券研究所

² 其中 R1 指 2030 年 Waymo 自动驾驶出租业务营收，NoC 指全球自动驾驶出租车总数，NoM 指每车每天英里数，V 指空置率，NoD 指每年运行天数，P1 指每英里收费，MS 指 Waymo 市场份额。

³ 其中 R3 指 2030 年 Waymo 自动驾驶卡车货运业务营收，NoT 指搭载 Waymo 自动驾驶套件的戴姆勒重卡总数，PoSE 指用于自营卡车货运的车队比例，RoY 指每辆重卡每年收入，PoC 指 Waymo 在合作中的提成比例。

4.4 硬件出售：近期以机械式激光雷达为主，有望通过量产+技术进步快速降本

激光雷达有望通过规模量产+技术进步快速降价，其中自动驾驶领域机械式激光雷达占主导，固态式份额逐渐增多。据 Yole Development，预计 2025 年固态式出货量约为 5 万个，单价降至 1460 美元，销量占比为 4%，机械式约 120 万个，单价降至 3800 美元；2030 年固态式出货量约 54 万个，单价降至 1200 美元，销量占比 12%，机械式约 400 万个，单价降至 1500 美元。

2019 年全球乘用车产量为 6700 万台，电动车动力电池成本大幅下降；Waymo 目前合作乘用车整车厂 2019 年汽车销量占全球市场份额近 20%。2019 年戴姆勒重卡销量近 50 万，占北美市场份额近 40%，近十年全球重卡市场销量在 400 万台上下浮动、集中度持续提高。Waymo One 搭载主激光雷达为 1 个，Waymo Via 为 2 个。

假设 2030 年全球乘用车产量达 8000 万台，自动驾驶软件渗透率达 80%；Waymo 合作整车厂市场份额于 2030 年增至 25%，新车中 Waymo 激光雷达渗透率为 10%。假设戴姆勒重卡销量稳定上升，2030 年达 80 万台；Waymo 自动驾驶套件渗透率加速提高，于 2030 年达 15%。

因此： $R4 = (NoP * NoPL * MSOP * PoL1 + NoTL * YoP * PoL2) * (MMS * MP + SMS * SP)^4$ ，则 2030 年 Waymo 激光雷达业务营收为 27 亿美元左右。

图表 51：激光雷达出售业务敏感性分析

情况	2030 年乘用车自动驾驶渗透率	Waymo 合作乘用车整车厂市场份额	Waymo 激光雷达乘用车渗透率	Waymo 合作重卡整车厂重卡产量 (万台)	Waymo 激光雷达重卡渗透率	2030 年营收 (亿美元)
最差	70%	21%	6%	67	9%	12
我们预测	80%	25%	10%	81	15%	27
最优	85%	27%	12%	90	18%	37

来源：Yole Development，国金证券研究所

4.5 Waymo 公司估值

根据 4.1 - 4.4 的预测，我们认为在 2030 年 Waymo 的自动驾驶出租、车载广告、卡车货运、硬件销售业务营收分别可达 1119 亿美元、313 亿美元、32 亿美元、27 亿美元，占总营收的比例分别为 75%、21%、2%、2%。

图表 52：Waymo 公司整体估值总结

业务	模型	2030 年预测营收	估值倍数	估值
自动驾驶出租	$R1 = NoC * NoM * (1 - V) * NoD * P1 * MS$	1119 亿美元	$P/S = 5^5$	5595 亿美元
车载广告	$R2 = NoC * NoD * NoA * P2 * MS$	313 亿美元	$P/S = 6.3^6$	1972 亿美元
卡车货运	$R3 = NoT * PoSE * RoY * PoC$	32 亿美元	$P/S = 5^7$	160 亿美元

⁴ R4 指 2030 年 Waymo 激光雷达出售业务营收，NoP 指 2030 年自动驾驶乘用车总产量，NoPL 指乘用车主激光雷达搭载数，MSOP 指 Waymo 合作乘用车整车厂市场份额，PoL1 指 Waymo 激光雷达乘用车渗透率，NoTL 指重卡激光雷达搭载数，YoP 指 2030 年 Waymo 合作重卡整车厂产量，PoL2 指 Waymo 激光雷达重卡渗透率，MMS 指机械式激光雷达份额，MP 指机械式激光雷达单价，SMS 指固态式激光雷达份额，SP 指固态式激光雷达单价。

⁵ 对于自动驾驶出租业务，我们认为净利润率可达 20%，参考 Uber 估值，取 $P/S = 5$ 。

⁶ 对于车载广告业务，我们认为 Waymo 将继承母公司运营广告、娱乐业务的作风，参考谷歌估值，取 $P/S = 6.3$ 。

⁷ 对于卡车货运业务，我们认为与自动驾驶出租业务相似，取 $P/S = 5$ 。

$$\text{硬件出售} \quad R4 = (\text{NoP} * \text{NoPL} * \text{MSoP} * \text{PoL1} + \text{NoTL} * \text{YoP} * \text{PoL2}) * (\text{MMS} * \text{MP} + \text{SMS} * \text{SP}) \quad 27 \text{ 亿美元} \quad P/S = 3.6^8 \quad 97 \text{ 亿美元}$$

来源：谷歌，Velodyne，国金证券研究所

采用分业务 P/S 估值的方法，我们估计在 2030 年 Waymo 的自动驾驶出租、车载广告、卡车货运、硬件销售业务估值分别可达 5595 亿美元、1972 亿美元、160 亿美元、97 亿美元，占总估值的比例分别为 72%、25%、2%、1%。

图表 53: Waymo 公司敏感性分析估值结果汇总 (亿美元)

业务估值\乐观程度	最差	我们预测	最优
自动驾驶出租	840	5595	10180
车载广告	95	1972	5657
卡车货运	35	160	295
硬件出售	43	97	133
2030 年末折现总估值	1013	7824	16266

来源：国金证券研究所

结合此前的敏感性分析结果，我们汇总了四种业务发展不同乐观程度及采用不同一级市场投资回报率进行折现的估值结果。根据我们预测的情况可知，当取一级市场投资回报率为 15%、业务发展情况最差时，我们得出 Waymo 的最低估值为 288 亿美元；当取一级市场投资回报率为 9%、业务发展情况最好时，我们得出 Waymo 的最高估值为 7489 亿美元。

在我们预测的情况下采用 13% 的一级市场投资回报率进行贴现，Waymo2020 年总估值超 2600 亿美金。

图表 54: Waymo 公司整体估值敏感性分析 (亿美元)

一级市场投资回报率\乐观程度	最差	我们预测	最优
9%	466	3602	7489
11%	396	3059	6359
13%	337	2605	5415
15%	288	2224	4624

来源：国金证券研究所

我们认为，自动驾驶出租前景广阔、玩家众多，未来的竞争将是大浪淘沙的过程，最终或将形成地区性寡头格局。在对类似公司进行估值时，应重点关注技术成熟度及数据透明度、车队规模等关键指标，对渗透率作出合理判断。

除了这四种业务之外，自动驾驶赛道还有其他落地场景包括已有公司针对性开发的“最后一公里”、封闭园区、渡口码头等，除了本部分提供的思路之外，还可以根据节省成本比例定价等多种方式进行估值。

⁸ 对于激光雷达出售业务，我们认为竞争激烈、技术成熟度还在观望，参考 Velodyne 上市估值，取 P/S = 18 亿估值/2019 年销售额 5 亿 = 3.6。

五、投资建议

全球自动驾驶产业处于高速成长期，产业链价值分布将从供应链到智能驾驶解决方案厂商、整车厂再到应用和服务市场依次转移，建议重点关注：

- 供应链：中科创达/德赛西威（智能座舱）、英伟达/华为/Mobileye/高通/地平线/黑芝麻（车载计算芯片）、Velodyne/禾赛科技/速腾聚创（激光雷达）、英飞凌/斯达半导/比亚迪半导体（车载 IGBT）、舜宇光学/联创电子（镜头）；
- 智能驾驶解决方案：Waymo/Alphabet、华为、百度、文远知行、MomentaAI、小马智行等；
- 整车厂、造车新势力：特斯拉、比亚迪、小鹏汽车、蔚来、理想汽车等；
- 应用及服务：斑马网络等。

六、风险提示

- 自动驾驶技术成熟度不及预期；
- 商业化进程不及预期；
- 配套政策不及预期。

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考，不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；非国金证券 C3 级以上（含 C3 级）的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海

电话：021-60753903

传真：021-61038200

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话：010-66216979

传真：010-66216793

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100053

地址：中国北京西城区长椿街 3 号 4 层

深圳

电话：0755-83831378

传真：0755-83830558

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：中国深圳福田区深南大道 4001 号

时代金融中心 7GH