

2020年09月23日

未来已来 掘金智能网联汽车时代

2020年智能网联汽车产业深度研究报告

主要观点：

▶ 全球群雄逐鹿 两条路线并行

全球范围来看，欧美日和中国等主要国家都在出台法规加速推进智能汽车的发展，其中中国政策定调智能化与网联化协同。特斯拉是自动驾驶商业化引领者，独辟蹊径推动智能化发展，2014年10月推出Autopilot 1.0首次实现自动驾驶系统商业化，目前正在向L3以上迈进。传统车企联盟化成趋势，包括大众-福特、戴姆勒-宝马、通用-本田等，共享技术和推动商用化，L2搭载率显著提升，L3正在开始渗透。而以Waymo和百度为代表的科技企业则一步到位，在RoboTaxi、无人物流等率先发力，推动L4以上的无人驾驶商用化。

▶ 电动化加速 新能源汽车是智能网联的最佳载体

新能源汽车较传统燃油车电气化水平更高，电动化加速助推智能网联技术的发展。全球新能源汽车从2010年初见规模到2019年渗透率达2.3%，呈加速渗透态势，但仍处于较低水平，上升空间大。2020年中国新能源汽车补贴政策如期延长两年，补贴退坡力度和节奏趋缓；海外以欧洲为例，2020年碳排放法规进入第四阶段，叠加新能源汽车补贴力度加大，电动化进程加速。特斯拉、大众、比亚迪等头部车企标杆车型投放市场，引领电动车技术趋势。

▶ ADAS：政策强制标配+部件成本下降 渗透率加速提升

智能驾驶的发展正处于由L2向L3及以上级别迈进的阶段，随着政策强制标配AEB等叠加传感器、芯片等核心部件成本下降，ADAS渗透率有望加速提升，预计2025年市场规模有望突破1,500亿元。其中新能源汽车ADAS市场规模增速更快，预计2020年350亿元，2025年突破1,000亿元。

▶ 车联网V2X：政策+5G+科技巨头入局 车联网发展提速

车路协同是适合中国的长期路径，政策密集出台，不断加大扶持力度，全国超过30个示范区正开展规模试验。在5G全面商用的背景下，华为、Google、百度、腾讯等科技巨头推动下，车联网相关产品逐渐落地，车载OS品类丰富，传感器、通讯设备、中控芯片等硬件以及车载信息服务、通信服务、云服务等软件需求形成巨大的增量市场。

▶ 无人驾驶：商用先行 Robotaxi 稳步推进

无人驾驶商用先行落地，货运、物流、港口、矿山等多场景开花，市场规模超万亿元。成本下降+安全要求+环保优势推动RoboTaxi商用化，巨大的市场空间吸引着国内外科技企业、车企、出行服务商等入局，其中Waymo和百度分别引领单车智能化路线和车路协同路线，特斯拉计划打造100万辆的Robotaxi车队，有望颠覆行业。这些RoboTaxi布局者又纷纷进军无人物流，选择不同细分抢占更大的市场。

▶ 底层技术驱动行业变革 车企由制造转向创造

软件定义汽车的共识下，车企资源向软件倾斜，软硬件解耦导致研发迭代加速，车企间联合布局优势互补的合作成为主流。电子电气架构向集中式发展，控制器主导权从供应商向车企归集，域控制器成为核心能力。车规芯片的算力和功耗影响智能汽车性能，芯片科技巨头和初创公司入局将深刻影响产业发展。车企在智能汽车时代将弱化制造属性而强化创造属性，其同科技巨头的跨界融合及底层技术的演进将产生投资良机。

投资建议

我们认为智能网联汽车将步入加速发展阶段，我们认为中短期智能座舱和ADAS将会率先落地，长期看好高等级自动驾驶、V2X车联网、围绕出行的服务及应用：1) ADAS：由国际汽车零部件巨头垄断控制，本土初创科技公司可能凭借技术突破和本地化服务的优势，在雷达、摄像头及芯片、线控制动、汽车电子等领域存在国产替代的机会；2) 智能座舱：实现“第三空间”的核心载体，看好显示面板、中间件软件、车载中控等增量机会；3) 车联网：朝着丰富软件品类、打造服务生态的方向发展，各类车载内容与服务将成为主力增长点，长期来看增量将从硬件向软件转移，TSP（车载信息服务提供商）成为核心；4) 无人驾驶：以谷歌Waymo、百度Apollo等科技巨头引领，从RoboTaxi或特定场景化运输切入做起，发展潜力巨大。

风险提示

政策推进不及预期、智能网联技术发展不及预期、汽车行业景气度不及预期等

首席分析师：崔琰

联系人：刘静远

联系人：郑青青

联系人：吴迪

SAC NO: S1120519080006

联系电话：15800865715

联系电话：18515669038

联系电话：18817337510

联系电话：15301617819

正文目录

引言	7
1. 全球群雄逐鹿 两条路线并行	8
1.1. 政策推动 两条路线并行	8
1.2. 群雄逐鹿 特斯拉引领	15
2. 电动化加速 新能源汽车是最佳载体	25
2.1. 电动车加速渗透 中长期趋势确立	25
2.2. 标杆车型及电动平台引领市场技术趋势	38
2.3. 汽车智能化的最佳载体是新能源汽车	48
3. ADAS: 强制标配+成本下降 渗透率加速提升	52
3.1. 欧美日标配 AEB 中国商用先行	53
3.2. 产业链逐渐成熟 夯实基础	55
3.3. ADAS 渗透率加速提升 规模超千亿	62
4. 车联网 V2X: 政策+5G+科技巨头入局 车联网提速	64
4.1. 车路协同是适合中国的长期路径	64
4.2. 5G 性能显著提升 解决数据传输痛点	68
4.3. 科技巨头入局 推动行业发展	70
4.4. 车联网提速 规模超万亿	75
5. 无人驾驶: 商用先行 RoboTaxi 稳步推进	77
5.1. 无人驾驶商用先行 规模万亿	77
5.2. RoboTaxi 加速推进 百舸争流	78
6. 底层技术: 软硬件协同驱动智能网联发展	86
6.1. 软件定义汽车 布局合作成主流	86
6.2. 电子电气架构从分布式到集中式演进升级	94
6.3. 车规芯片及计算平台驱动智能网联的发展	100
7. 总结及投资建议	112
8. 风险提示	116

图表目录

表 1 欧盟基于数字化基础设施支撑的网联式协同自动驾驶 (ISAD)	10
表 2 中国智能网联汽车路线图中的网联化分级	10
表 3 全球关于智能汽车的政策规定	11
表 4 中国关于智能网联汽车的政策规定	12
表 5 OTA 升级软件版本功能介绍	17
表 6 Waymo 商业化布局与资金投向领域	23
表 7 2019 年中国新能源汽车销量累计前 10 名车型	31
表 8 2018-22 年纯电动乘用车补贴标准	34
表 9 两种测试工况对比	36
表 10 新能源汽车技术路线对比	36
表 11 欧洲各国购车补贴政策	37
表 12 国产 Model 3 与燃油竞品参数对比	41
表 13 国产 Model 3 核心参数	41
表 14 特斯拉 Model Y 与 Model 3 核心参数对比	42
表 15 大众集团 MEB 平台产能分布	45
表 16 大众的动力电池布局情况	45

表 17	L2 以上智能驾驶涉及车辆操作，线控底盘系统是必要技术	50
表 18	ADAS 主要技术及功能	52
表 19	全球主要国家地区 ADAS 政策	53
表 20	特斯拉感知层技术方案的迭代升级	55
表 21	不同自动驾驶级别对应雷达配置数量 (个)	56
表 22	不同 ADAS/AD 摄像头的特征功能	58
表 23	车规级芯片与消费级芯片主要标准对比	59
表 24	ADAS 细分领域竞争格局	63
表 25	智能网联相关重点政策	64
表 26	DSRC 与 LTE-V2X 技术对比	68
表 27	无人驾驶卡车的主要参与者	77
表 28	海外无人驾驶出租车示范运营现状	80
表 29	中国载人自动驾驶道路测试要求	80
表 30	中国无人驾驶出租车示范运营现状	81
表 31	自动驾驶技术与车企合作	82
表 32	Robotaxi 每公里成本测算	82
表 33	Waymo 的 RoboTaxi 发展历程	83
表 34	车企设立软件相关子公司	88
表 35	车企同软件背景企业合作开发	89
表 36	车企内部设立软件相关新部门	90
表 37	特斯拉自动驾驶方案升级历程	102
表 38	Mobileye 车企合作	104
表 39	Mobileye EyeQ 系列芯片	104
表 40	NVIDIA DRIVE 车载计算平台与各车企合作	107
表 41	NVIDIA DRIVE 车载计算平台与各一级供应商合作	108
表 42	NVIDIA 端到端自动驾驶平台	108
表 43	地平线征程 Journey 系列智能驾驶芯片&旭日 Sunrise AI 视觉芯片	111
表 44	智能汽车产业链上市公司估值表	115
图 1	中国版和美国 SAE 版自动驾驶分级标准	9
图 2	智能网联汽车=单车智能+V2X	14
图 3	特斯拉、传统车企与科技公司的不同技术路径	15
图 4	特斯拉自动驾驶发展历程	16
图 5	特斯拉 Autopilot 累计行驶里程估算 (英里)	16
图 6	汽车 OTA 的发展历程	17
图 7	通用、本田、Cruise 合作布局	19
图 8	福特、大众、Argo AI 合作布局	19
图 9	宝马、戴姆勒、Mobileye 等合作布局	19
图 10	Uber、Waymo 等合作布局	19
图 11	长城汽车 i-pilot 智能驾驶系统	20
图 12	吉利汽车 G-pilot 自动驾驶策略	20
图 13	长安汽车北斗天枢 4+1 行动计划	20
图 14	长安汽车 Uni-T 车载智能交互系统	20
图 15	蔚来汽车高级辅助自动驾驶系统 Nio Pilot	21
图 16	小鹏汽车高级辅助自动驾驶系统 X Pilot	21
图 17	Waymo 在亚利桑那州的自动驾驶地区	21
图 18	Waymo 传感器综合系统	21
图 19	Waymo 商业化进展	22
图 20	Waymo 自动驾驶汽车道路测试超 1000 万英里	22
图 21	Apollo 自动驾驶开放路线图与合作布局	24
图 22	百度 ACE 交通引擎总体架构	24
图 23	全球新能源汽车销量及同比增速 (万辆; %)	25
图 24	全球分区域新能源汽车市场份额 (%)	26
图 25	欧盟各国新能源汽车市场份额 (%)	26
图 26	全球新能源汽车渗透率 (%)	27

图 27	北欧国家新能源汽车渗透率 (%)	27
图 28	欧洲其他国家新能源汽车渗透率 (%)	27
图 29	其他主要国家新能源汽车渗透率 (%)	27
图 30	全球 BEV 和 PHEV 销量及增速 (万辆; %)	28
图 31	全球 BEV 和 PHEV 销量占比 (%)	28
图 32	主要国家 BEV 市场份额 (%)	28
图 33	中国 BEV 销量及增速 (万辆; %)	28
图 34	中国新能源汽车年度销量及增速 (万辆; %)	29
图 35	中国新能源汽车月度销量及增速 (万辆; %)	29
图 36	限牌与非限牌地区新能源汽车销量占比 (%)	29
图 37	租赁类与非营运新能源乘用车销量占比 (%)	29
图 38	中国新能源汽车分级别占比情况 (%)	30
图 39	历年新能源汽车国家补贴政策变化情况	32
图 40	17-20 年新能源汽车月度销量 (万辆)	33
图 41	历年新能源汽车国补总规模 (亿元)	33
图 42	历年新能源乘用车单车标准补贴 (万元; 辆)	34
图 43	欧洲四阶段碳排放标准对比	35
图 44	欧洲柴油车销量占比 (%)	35
图 45	欧洲低排放汽车可折算车辆系数	37
图 46	欧洲第三阶段和第四阶段超标罚款额对比	37
图 47	欧洲车企可能面临的碳排放超标罚款 (亿欧元)	38
图 48	特斯拉整车布局	38
图 49	特斯拉及其他主流车型 BEV 想售价及续驶里程	39
图 50	特斯拉国产化进程	40
图 51	特斯拉 Model 3 官方调价历史	40
图 52	特斯拉 Model Y 量产进程	42
图 53	特斯拉各车型发布到交付时间	42
图 54	特斯拉 Model Y 主要燃油竞品美国销量 (辆)	43
图 55	特斯拉 Model Y 主要燃油竞品中国销量 (辆)	43
图 56	大众新能源车型产品线和销量规划	43
图 57	大众 ID.3 量产版外观	44
图 58	上汽大众 ID.4 外观	44
图 59	主流车企新能源乘用车产量 (万辆)	46
图 60	主流车企新能源乘用车市占率 (%)	46
图 61	比亚迪新能源车型布局	47
图 62	比亚迪汉	47
图 63	比亚迪刀片电池	47
图 64	比亚迪磷酸铁锂电池技术进展	48
图 65	弗迪动力电池产能规划 (GWh/年)	48
图 66	腾讯自动驾驶测试车的传感器布局	48
图 67	英伟达自动驾驶芯片系统 Xavier	48
图 68	保时捷 Taycan 中控	49
图 69	保时捷 Panamera 中控	49
图 70	线控底盘系统所包括的主要技术	50
图 71	博世 iBooster 线控制动系统	50
图 72	新能源发展趋势与信息化、智能化走向融合	51
图 73	新能源技术与信息化、智能化相互促进	51
图 74	目前正处于 L2 向 L3+ 迈进阶段	52
图 75	全球主要国家关于安装 AEB 的相关规定	54
图 76	多传感器的融合趋势	56
图 77	超声波/毫米波/激光雷达的特性比较	57
图 78	中国车载雷达市场规模 (亿元)	57
图 79	中国激光车载雷达市场规模 (亿元)	57
图 80	全球车载摄像头市场规模 (亿元)	58
图 81	2018 年车载摄像头行业全球份额占比 (%)	58

图 82	车载芯片快速迭代	60
图 83	ADAS 与制动系统高度关联的功能模块	61
图 84	汽车制动系统的发展历程	61
图 85	燃油车 ADAS 功能渗透率	62
图 86	纯电动汽车 ADAS 功能渗透率	62
图 87	ADAS 渗透率预测	62
图 88	国家智能网联汽车（上海）试点示范区	65
图 89	国家智能网联汽车（北京-河北）试点示范区	65
图 90	V2X 生态图谱	66
图 91	LTE-V2X 技术图示	67
图 92	LTE-V2X 的两种通信方式架构	67
图 93	3GPP LTE-V2X 及 5G NR V2X 标准研究进展	68
图 94	5G 具备的高性能特点	69
图 95	5G-V2X 分级体系可以解决自动驾驶痛点	69
图 96	华为 ME909T 车载通信模块	70
图 97	华为智能网联生态圈	70
图 98	华为智能汽车解决方案 BU 架构	71
图 99	华为应届博士在招岗位	71
图 100	华为 MDC 解决方案“三高一低”技术优势	71
图 101	华为 MDC 解决方案三层架构	71
图 102	华为自动驾驶网络探索历程	72
图 103	华为 HiCar 服务优势	73
图 104	华为 HiCharger（上：中国版；下：海外版）	73
图 105	华为 HiCharger 技术优势	73
图 106	百度自研路侧计算单元	74
图 107	百度小度 OS 生态圈	74
图 108	斑马智行 AR 导航系统	75
图 109	斑马智行的阿里生态链	75
图 110	腾讯 TINNOVE OS 系统	75
图 111	腾讯 TONNOVE OS 的腾讯生态链（QQ、微信）	75
图 112	车联网产业链竞争格局	76
图 113	特斯拉 Semi 电动重卡	78
图 114	沃尔沃自动驾驶卡车 Vera	78
图 115	全球 RoboTaxi 发展历程	79
图 116	RoboTaxi 驱动因素及生态圈	79
图 117	Waymo 与 Volvo 达成全球战略合作	83
图 118	Waymo 无人驾驶出租车	84
图 119	Waymo one 使用界面	84
图 120	百度 RoboTaxi 在长沙的合作模式	84
图 121	百度自动驾驶出租车	85
图 122	百度自动驾驶出租车乘车须知	85
图 123	特斯拉自动驾驶出租车	85
图 124	加入 Tesla network 的好处	85
图 125	产品软件代码长度对比（百万行）	86
图 126	单车平均代码长度变化（百万行）	86
图 127	丰田设立软件相关子公司	87
图 128	广汽研究院的软件合资布局	89
图 129	广汽研究院联合创新中心覆盖领域	89
图 130	传统汽车 ECU 电子控制单元分布	91
图 131	AUTOSAR 试图为汽车软硬件解耦	91
图 132	安波福软硬件开发解耦的研发模式	92
图 133	软硬件解耦后软件通过 OTA 更新升级	93
图 134	大众和福特成立战略联盟	93
图 135	比亚迪和丰田设立合资公司	93
图 136	汽车电子电器架构的发展之路	94

图 137	分布式电子电气架构和集中式电子电气架构对比.....	95
图 138	跨域电子电气架构集中和融合的五域划分.....	96
图 139	线束成本电子电气架构跨域集中后的变化.....	96
图 140	按区域 Zone 来划分的电子电气架构.....	97
图 141	特斯拉 Model 3 的电子电气架构网络拓扑.....	98
图 142	大众投入 70 亿欧元成立软件部门.....	98
图 143	搭载于 A8L 的奥迪 zFAS 中央驾驶员辅助控制单元.....	99
图 144	通用推出全新电子电气架构.....	99
图 145	宝马规划中的新 E/E 架构.....	100
图 146	Autopilot 1.0 数据处理单元.....	101
图 147	Autopilot 2.0 数据处理单元.....	101
图 148	Autopilot 2.5 数据处理单元.....	101
图 149	Autopilot 3.0 数据处理单元.....	101
图 150	Autopilot 3.0 双核完整 SoC、FSD 芯片.....	102
图 151	Autopilot 4.0 特斯拉自研双核 FSD 芯片.....	102
图 152	Mobileye 发展进程.....	103
图 153	EyeQ1 芯片.....	105
图 154	EyeQ2 芯片.....	105
图 155	EyeQ4 & EyeQ3 芯片框图.....	105
图 156	EyeQ5 芯片框图.....	106
图 157	NVIDIA 发展进程.....	107
图 158	NVIDIA Drive PX2 AutoCruise.....	109
图 159	NVIDIA Drive PX2 AutoChauffeur.....	109
图 160	NVIDIA Drive AGX Xavier.....	109
图 161	NVIDIA Drive AGX Pegasus.....	109
图 162	NVIDIA Orin System-On-A-Chip.....	110
图 163	地平线技术及商业化里程碑.....	110
图 164	智能汽车产业链中国重点上市公司梳理.....	114
图 165	智能网联汽车一级市场布局.....	114

引言

华西证券研究所汽车团队聚焦汽车电动化、智能化、网联化、共享化的发展趋势，致力于挖掘相关领域的投资机会，基于多年来对智能网联汽车领域深入细致的研究，重磅推出本篇《智能网联汽车产业深度研究报告：未来已来 掘金智能网联汽车时代》。

智能网联汽车将步入快速发展阶段，本篇报告从全球视角分析解读智能网联汽车的产业发展驱动力以及技术演进路径，试图把握产业趋势，分析供需端的演绎方向。

- ✓ 全球智能网联汽车处于什么发展阶段？核心驱动力包括哪些？
- ✓ 市场参与者有哪些？各自的技术路线选择如何？
- ✓ ADAS 产业链发展如何？渗透率是否有望加速提升？
- ✓ 车联网在 5G 时代的发展态势？产业链如何受益？
- ✓ 无人驾驶的应用场景包括哪些？Robotaxi 的发展前景如何？
- ✓ 软件定义汽车给车企的发展带来哪些变革和机遇？
- ✓ 汽车电子电气架构的演进升级路线？
- ✓ 车规芯片的效能和功耗如何成为汽车性能表现关键因素？

核心观点：

全球范围来看，欧美日和中国等主要国家都在出台法规加速推进智能汽车的发展，其中中国政策定调智能化与网联化协同。特斯拉是自动驾驶商业化引领者，传统车企联盟化成趋势，包括大众-福特、戴姆勒-宝马、通用-本田等，共享技术和推动商用化，渐进式发展。而以 Waymo 和百度为代表的科技企业则一步到位，在 RoboTaxi、无人物流等率先发力，推动 L4 以上的无人驾驶商用化。

新能源汽车是智能网联的最佳载体，电动化加速：

- ✓ 新能源汽车电气化水平更高，为智能网联技术的发展奠定更好的基础。特斯拉、大众、比亚迪等车企标杆车型投放市场，引领电动车技术趋势。
- ✓ 全球新能源汽车渗透率从 2010 年初见规模到 2019 年的 2.3%，呈现加速渗透态势，但仍处于较低水平，上升空间大；
- ✓ 2020 年中国新能源汽车补贴政策如期延长两年，补贴退坡力度和节奏趋缓；海外以欧洲为例，2020 年碳排放法规进入第四阶段，叠加新能源汽车补贴力度加大，电动化进程加速。

政策推动+产业链日益成熟，驱动智能网联汽车加速发展：

- ✓ 政策定调智能化与网联化协同：ADAS 产业链正在走向成熟，渗透率加速提升，市场规模近千亿元；5G 商用和科技巨头驱动车联网提速，市场规模达万亿元；
- ✓ 无人驾驶商用先行落地，货运、物流、港口、矿山等多场景开花，市场规模超万亿元。成本下降+安全要求+环保优势推动 RoboTaxi 商用化，Waymo、百度、特斯拉等纷纷入局；
- ✓ 以软硬件架构升级和车规芯片的迭代为代表的底层技术演进成为智能汽车发展的内生驱动力。

车企在智能网联汽车时代将由制造转向创造，静待智能网联与电动化融合带来的巨变，未来已来，把握浪潮！

1. 全球群雄逐鹿 两条路线并行

全球范围来看，欧美日和中国等主要国家都出台法规加速推进智能汽车的发展，其中欧美日以单车智能化为主线，中国强调智能化和网联化协同。特斯拉是自动驾驶商业化引领者，独辟蹊径推动智能化发展，2014年10月推出Autopilot 1.0首次实现自动驾驶系统商业化，正在向L3迈进。传统车企联盟化成趋势，包括大众-福特、戴姆勒-宝马、通用-本田等，共享技术和推动商用化。L2 搭载率显著提升，L3 正在开始渗透。而以Waymo和百度为代表的科技企业则一步到位，在RoboTaxi、无人物流等率先发力，推动L4及以上级别的无人驾驶商用化。

1.1. 政策推动 两条路线并行

1.1.1. 分级：智能化以美国SAE标准为主 网联化尚未规划一致

汽车智能化分级以美国SAE标准为主。目前，全球对于自动驾驶汽车的分级主要以美国国际自动机工程学会（SAE International, Society of Automotive Engineers）制定的分级标准为判断依据。根据SAE的分类标准，自动驾驶技术分为L0-L5共六个等级：

- ✓ Level 0（无自动化）：需要人类驾驶者全权操作汽车，在行驶过程中可以得到警告和保护系统的辅助；
- ✓ Level 1（驾驶支援）：针对方向盘和加减速中的一项操作提供驾驶支援，其他由人类驾驶者操作；
- ✓ Level 2（部分自动化）：针对方向盘和加减速中多项操作提供驾驶支援，其他由人类驾驶者操作；
- ✓ Level 3（有条件自动化）：由无人驾驶系统完成所有驾驶操作，根据系统请求，人类驾驶者提供适当操作；
- ✓ Level 4（高度自动化）：在限定的道路和环境中可由无人驾驶系统完成所有驾驶操作；
- ✓ Level 5（完全自动化）：无需人类驾驶者任何操作，全靠无人驾驶系统操作，在有需要时可切换至人工操作模式。

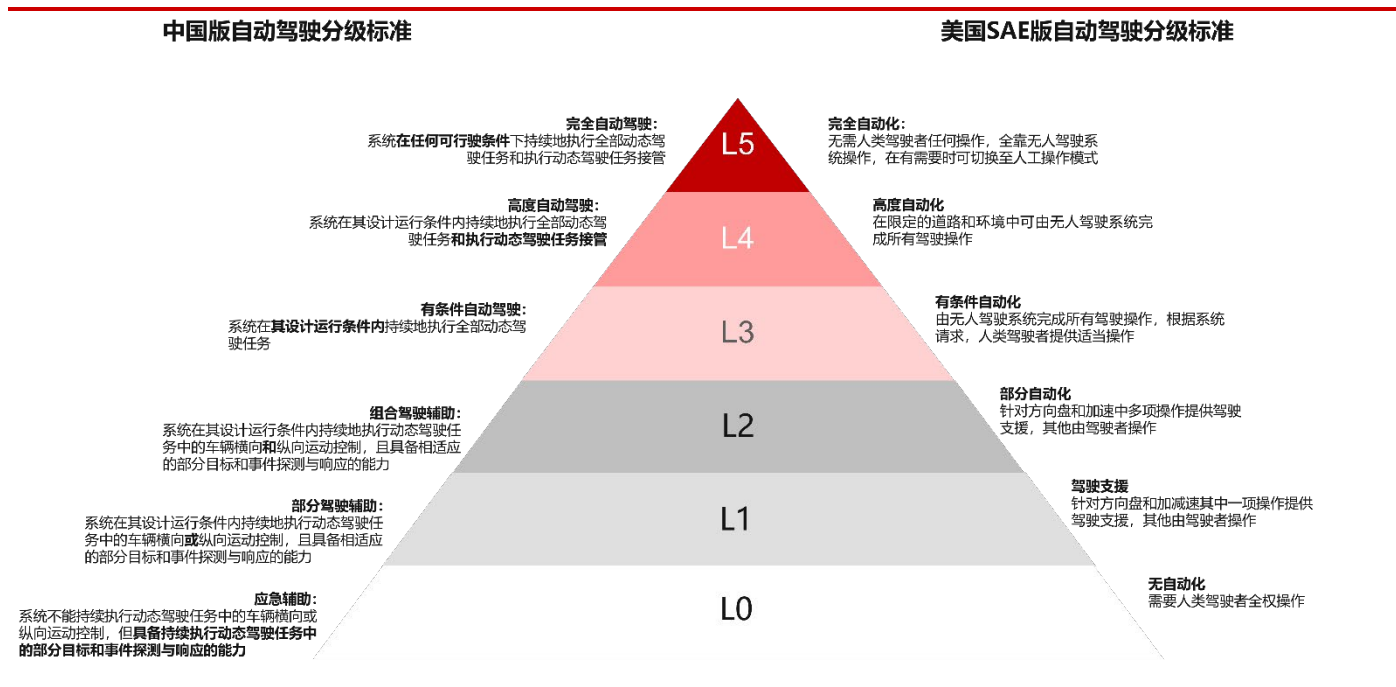
2020年3月9日，工信部也在官网上发布《〈汽车驾驶自动化分级〉推荐性国家标准报批公示》，在《汽车驾驶自动化分级（报批稿）》中将中国汽车驾驶自动化划分为6个等级：（不一样 公示中有报批稿附件）

- ✓ 0级（应急辅助）：不是无驾驶自动化，包括LDW（车道偏离预警）、FCW（前车碰撞预警）、AEB（自动紧急制动）等应急辅助功能，定速巡航、电子稳定性控制等不包括在内；
- ✓ 1级（部分驾驶辅助）：具备ACC（自适应巡航）或LKA（车道保持辅助功能）；
- ✓ 2级（组合驾驶辅助）：同时具备ACC和LKA功能；
- ✓ 3级（有条件自动驾驶）：驾驶员需要在系统失效或超过工作条件时对故障汽车进行接管；
- ✓ 4级（高度自动驾驶）：仍属于有限制条件的自动驾驶，但是汽车故障时的接管任务不需要人类参与，无人出租车属于4级自动驾驶；

- ✓ 5级（完全自动驾驶）：与4级能够实现的基本功能相同，但不再有运行条件的限制，同时系统能够独立完成所有的操作和决策。

对比中美两版标准，区别主要体现在L0-L2的部分界定。在中国版标准中，0级至2级自动驾驶的“目标和事件探测与响应”由驾驶员和系统共同完成，而在美国SAE标准中，L0至L2自动驾驶汽车的OEDR（目标和事件检测以及决策任务）全部由驾驶员完成。

图1 中国版和美国SAE版自动驾驶分级标准



资料来源：工信部、SAE官网，华西证券研究所

根据工信部公示内容，若《汽车驾驶自动化分级》获准通过，则将于2021年1月1日开始实施，届时中国将正式拥有自动驾驶国家标准。我们认为国家标准的出台有利于自动驾驶技术的落地，各类企业能够有针对性地进行布局，将推动不同等级智能汽车的加速量产。

网联化分级尚未规划一致。2019年3月，欧盟道路交通研究咨询委员会（European Road Transport Research Advisory Council, ETRAT）更新发布“Connected Automated Driving Roadmap”（网联式自动驾驶技术路线图），相较此前版本新增了网联式自动驾驶的内容，并明确提出基于数字化基础设施支撑的网联式自动驾驶，强调协同互联，将基础设施的网联技术与车辆的智能等级相结合。

表 1 欧盟基于数字化基础设施支撑的网联式协同自动驾驶 (ISAD)

	等级	名称	描述	数字化地图和静态道路标识信息	VMS、预警、事故、天气信息	交通状况信息	引导行驶速度、车辆间距、车道选择
数字化基础设施	A	协同驾驶	基于车辆行驶实时信息的获取，基础设施能够引导自动驾驶单个车辆或队列车辆行驶以优化整体交通流量	√	√	√	√
	B	协同感知	基础设施能够获取交通状况信息并及时向自动驾驶车辆传输	√	√	√	
	C	动态信息数字化	所有静态和动态基础设施信息均以数字化形式提供给自动驾驶车辆	√	√		
传统基础设施	D	静态信息数字化/地图支持	可提供数字化地图数据和静态道路标志信息。地图数据可以通过物理参考点（如地标）来补充。交通灯、临时道路施工和 VMS（可变信息标识）仍需由自动驾驶车辆识别	√			
	E	传统基础设施/不支持自动驾驶	传统基础设施不能提供数字化信息，需要自动驾驶车辆本身来识别道路几何形状和交通标志				

资料来源：欧盟道路交通研究咨询委员会，华西证券研究所

2016 年，中国汽车工程学会发布了《节能与新能源汽车技术路线图》，在智能网联汽车技术路线图中描述了智能化和网联化分级方式，在网联化层面提出了网联辅助信息交互、网联协同感知、网联协同决策与控制三个等级，其中，网联协同感知和网联协同决策与控制描述了实时可靠获取周边交通环境信息，并形成车-车、车-路以及更多的交通参与者之间的协同感知、协同决策与控制，体现了对车与路之间的协同、智能控制技术理念。

表 2 中国智能网联汽车路线图中的网联化分级

网联化等级	等级定义	控制	典型信息	传输需求
网联辅助信息交互	基于车-路、车-后台通信，实现导航等辅助信息的获取以及车辆行驶与驾驶员操作等数据的上传。	人	地图、交通流量、交通标志、油耗、里程等信息	传输实时性、可靠性要求较低
网联协同感知	基于车-车、车-路、车-人、车-后台通信，实时获取车辆周边交通环境信息，与车载传感器的感知信息融合，作为自主决策与控制系统的输入。	人与系统	周边车辆/行人/非机动车位置、信号灯相位、道路预警等信息	传输实时性、可靠性要求较高
网联协同决策与控制	基于车-车、车-路、车-人、车-后台通信，实时并可靠获取车辆周边交通环境信息及车辆决策信息，车-车、车-路等各交通参与者之间信息进行交互融合，形成车-车、车-路等各交通参与者之间的协同决策与控制。	人与系统	车-车、车-路间的协同控制信息	传输实时性、可靠性要求最高

资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图》，华西证券研究所

1.1.2. 政策：全球加速推动自动驾驶 中国强调智能化与网联化协同

全球加速推动自动驾驶。2019年，美国正式发布指导性文件《确保美国自动驾驶领先地位：自动驾驶汽车4.0》(AV4.0)，从AV1.0到AV4.0不断迭代升级过程中，美国对自动驾驶态度逐步由保守转为开放，政府部门监管力量逐步弱化，更多依靠市场力量推动其发展。2020年，欧盟发布《欧盟自动驾驶车辆许可豁免流程指南》，为L3/L4自动驾驶车辆量产准入做好准备。

表3 全球关于智能汽车的政策规定

国家	时间	文件	主要内容
美国	2015年	《美国智能交通系统(ITS)战略规划(2015-2019)》	1) 通过发展更优的风险管理、驾驶监控系统，打造更加安全的车辆及道路； 2) 通过探索管理办法和战略，提高系统效率，缓解交通压力，增强交通流动性； 3) 交通运输与环境息息相关，通过对交通流量的优化管理以及运用车联网技术解决实际车辆、道路问题，达到保护环境的目的； 4) 为了更好地迎合未来交通运输的需求，全面促进技术发展，推动创新； 5) 透过建立起系统构架和标准，应用先进的无线通讯技术实现汽车与各种基础设施、便携式设备的通讯交互，促进信息共享。
	2016年	《联邦自动驾驶汽车政策指南》(AV1.0)	1) 专注SAE3级到5级自动驾驶系统，即有条件的自动驾驶、高度自动驾驶和完全自动驾驶系统； 2) 澄清监管流程，明确企业无需等待，可以立即开始自动驾驶系统的测试与部署； 3) 从安全自我评估中剔除不必要的无关设计元素； 4) 比对最新发展和行业术语，对联邦指南进行同步更新； 5) 明确联邦政府和州政府将在未来自动驾驶系统发展中各自扮演的角色。
	2017年	《自动驾驶系统2.0：安全愿景》(ADS2.0)	1) 设计了自动驾驶系统的测试和安全部署的最佳实践方式。提供了自动驾驶系统的非强制性指导； 2) 向各州提供技术援助，美国国家公路交通安全管理局仍然负责管理机动车辆和机动车辆设备的安全设计和性能。各州负责驾驶员和车辆操作。
	2018年	《为交通运输的未来做准备：自动驾驶车辆3.0》(AV3.0)	1) 建立在原先《自动驾驶系统2.0》的基础之上。除了乘用车以外，还覆盖包括客车、大众交通运输工具、卡车等所有地面道路交通系统； 2) 美国交通部将进一步促进监管，以便自动驾驶车辆可以在全美范围内无障碍行驶。交通运输部将力促各州和地方交通运输机构以及行业利益攸关方之间就技术标准和先进政策达成共识，以支持将自动驾驶车辆纳入整个运输系统。
	2019年	《确保美国自动驾驶领先地位：自动驾驶汽车4.0》(AV4.0)	1) 自动驾驶带来的经济效益和社会效益以及三大原则； 2) 展示美国联邦政府各部门行政命令及行政活动； 3) 列举美国政府开展各类投资、促进活动，以及为自动驾驶创新者提供的资源。
欧盟	2017年	《道路交通安全法第八修正案》	1) 允许自动驾驶系统在特定条件下代替人类驾驶汽车，只要车辆获得官方认证或欧盟EC型式认证，就可获得车牌。该修订案并未限定自动驾驶车辆的行驶范围，其可在德国全境道路上行驶； 2) 驾驶人需要“保持警觉”，负有无限期地重新控制汽车的义务。可能出现即使在事故结果不可避免的情况下，也因驾驶人没有尽到“保持警觉”的义务而判其承担责任。
	2017年	《自动化和网联化车辆交通伦理准则》	1) 自动驾驶系统要永远保持比人类驾驶员造成的事故少； 2) 人类的安全必须始终优先于动物或其他财产； 3) 当自动驾驶车辆发生不可避免的事故时，任何基于年龄性别种族身体属性或任何其他区别因素的歧视判断都是不允许的；

			<p>4) 在任何驾驶情况下, 责任方, 无论驾驶者是人还是自动驾驶系统, 都必须遵守已经明确的道路法规;</p> <p>5) 为了辨别事故承担责任方, 自动驾驶车辆必须配备始终记录和存储行车数据的黑匣子;</p> <p>6) 自动驾驶汽车将对车辆所记录的数据保留唯一所有权, 其可决定是否由第三方保管或转发。</p>
	2020年	《欧盟自动驾驶车辆许可豁免流程指南》	豁免重点为L3和L4的自动驾驶车辆, 且为做过测试并即将在2020年量产的车型。指南规定了欧盟和成员国如何对相关车辆进行型式认证, 包括车辆安全、人机界面、驾驶任务交接、黑匣子安装、网络安全等方面内容, 为L3/L4自动驾驶车辆量产准入做好准备。
日本	2017年	《2017官民ITS构想及路线图》	L2及以下的自动驾驶在日本现行法律范围之内, 要想让L3及以上的自动驾驶实现市场化, 则有必要进一步修改相关法律法规。
	2019年	《道路运输车辆法》	<p>1) 在安保标准对象装置中追加“自动运行装置”。所谓自动运行装置, 是指通过软件程序使车辆自动行驶时, 必须安装的一些装置, 例如摄像头、雷达等, 而这些装置必须有能力代替驾驶员进行认知、预测、判断及操作等。各个自动运行装置的使用条件由国土交通大臣来设定, 其中也包括记录车辆运行状态的装置;</p> <p>2) 引入汽车电子检查的同时, 与该检查相关的必要的技术信息管理工作由日本独立行政法人——汽车技术综合机构(NALTEC)负责;</p> <p>3) 车辆的检查和整修方面, 除了原本的刹车、发动机等外, 摄像头、雷达等自动运行装置等先进技术的相关整修也纳入其中。此外, 车企有义务提供检查、整修所需的技术信息。</p>
韩国	2020年	《自动驾驶安全标准》	<p>1) 规定了L3自动驾驶使用方面的具体准则以及L3自动驾驶车道保持、突发情况下对驾驶员的监控、人类未接管时自动减速、启动紧急制动信号等方面;</p> <p>2) 根据标准, L3自动驾驶汽车需要在面对高速公路出口、前方道路施工等应急情况下, 提前15秒提示人类司机接管; 另外, 系统必须在识别出人类司机坐在座位上才能启动。</p>

资料来源: 各国交通部官网等, 华西证券研究所

中国发展智能网联汽车, 强调智能化与网联化协同。2017年6月, 国家标准委、工信部等发布《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)》, 确立中国发展智能网联汽车, 将“以汽车为重点和以智能化为主, 兼顾网联化”的总体思路, 建立智能网联汽车标准体系, 并逐步形成统一协调的体系架构。2020年2月24日, 发改委、工信部等11部委联合发布《智能汽车创新发展战略》, 强调智能化与网联化协同, 车联网值得关注。

表4 中国关于智能网联汽车的政策规定

时间	文件	出台部门	主要内容
2016年4月	《装备制造业标准化和质量提升规划》	质检总局、国家标准委、工信部	明确提出开展智能网联汽车标准化工作。
2016年7月	《推进“互联网+”便捷交通, 促进智能交通发展的实施方案》	发改委、交通部	推动智能交通前沿技术研发和对新兴战略产业支持, 如新一代国家交通控制网, 车路协同, 智能汽车, 列车自动运行, 综合枢纽协同, 高速宽带无线互联和高速无线局域网等。
2016年10月	《节能与新能源汽车技术路线图》	中国汽车工程学会	2020年有条件自动驾驶新车装备率50%, 交通事故减少30%, 交通效率提升10%, 油耗与排放降低5%; 2030年高度自动驾驶, 完全自动驾驶新车装备率达80%, 汽车交通事故减少80%, 普通道路的交通效率提升30%, 油耗与排放均降低20%。
2017年4月	《汽车产业中长期发展规划》	发改委、工信部、科技部	加大技术研发, 协调制定相关标准法规, 推动宽带网络基础设施建设和多产业共建智能网联汽车, 大数据交互平台, 加快网络信息安全和车辆行驶安全保障体系设置。

2017年6月	《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》	国家标准委、工信部	确立中国发展智能网联汽车，将“以汽车为重点和以智能化为主，兼顾网联化”的总体思路，建立智能网联汽车标准体系，并逐步形成统一协调的体系架构。
2017年7月	《新一代人工智能发展规划》	国务院	构建开放协同对的人工智能科技创新体系，培育高端高效的智能经济，建设安全便捷的智能社会，明确提出发展自动驾驶汽车等智能运载工具。
2018年1月	《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》	发改委	提出到2020年智能汽车新车占比达到50%，中国标准智能汽车的技术创新产业生态路网设施法规标准产品监管和信息安全体系框架基本形成，此外，积极引导资本加大支持智能汽车创新发展平台。
2018年3月	《2018年智能网联汽车标准化工作要点》	工信部	提速加快，重点标准制定修订，推进先进驾驶辅助系统（ADAS），自动驾驶，汽车信息安全，汽车网联标准的研究与制定。
2018年4月	《智能网联汽车道路测试规范（试行）》	工信部、公安部、交通部	对智能网联汽车公共道路适应性验证申请及审核流程，验证过程管理，验证期间事故责任认定及处理作了规定。
2018年10月	《车联网（智能网联汽车）直连通信使用5905-5925 MHz频段管理规定》	工信部	规划了用于智能网联汽车中的核心的无线电直连通信，对相关频率，台站，设备，干扰协调的管理做出了规定，支持LTE-V2X技术在智能网联汽车的应用和发展。
2018年11月	《新一代人工智能产业创新重点任务揭榜工作方案》	工信部	到2020年，突破自动驾驶智能芯片，车辆智能算法，自动驾驶，车载通信等关键技术，实现智能网联汽车达到有条件的自动驾驶。
2018年12月	《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》	工信部	到2020年，车联网用户渗透率达到30%以上，新车驾驶辅助系统（L2）搭载率达到30%以上，联网车载信息服务终端的新车装备率达到60%以上，构建能够支撑有条件自动驾驶（L3）及以上的智能网联汽车技术体系，完成车联网（智能网联汽车）关键标准制定实现；LTE-V2X在部分高速公路和城市主要道路的覆盖，构建车路协同环境，为车联网、自动驾驶等新技术应用提供必要条件。
2019年5月	《2019年智能网联汽车标准化要点》	工信部	强调落实标准体系建设指南，系统布局技术领域，加快中国的标准制定修订，履行国际协调职责，加强标准交流与合作，从而推动智能网联汽车标准化工作。
2019年6月	《推动重点消费更新升级畅通资源循环利用实施方案（2019到2020年）》	发改委、生态环境部、商务部	稳步推动智能汽车创新发展，加强汽车制造、信息通信、互联网等领域骨干企业深度合作，组织实施智能汽车关键技术攻关，重点开展车载传感器芯片、中央处理器操作系统等研发与产业化，坚持自主式和网联式相结合的发展模式，不断提升整车智能化水平，培养具有国际竞争力的智能汽车品牌。
2020年2月	《智能汽车创新发展战略》	发改委、工信部等11部委	到2025年，实现有条件自动驾驶的智能汽车达到规模化生产，实现高度自动驾驶的智能汽车在特定环境下市场化应用；展望2035到2050年，中国标准智能汽车体系全面建成、更加完善。
2020年3月	《汽车驾驶自动化分级》	工信部	基于驾驶自动化系统能够执行动态驾驶任务的程度，根据在执行动态驾驶任务的角色分配以及有无设计运行条件限制，将驾驶自动化分成0-5六个等级。
2020年4月	《2020年智能网联汽车标准化工作要点》	工信部	针对驾驶辅助系统、自动驾驶、信息安全、功能安全、汽车网联功能与应用等领域特点，有计划、有重点地部署标准研究与制定工作。强化标准前期预研和关键技术指标验证，提高标准与产业发展的匹配度。选择典型企业和产品，开展标准实施效果跟踪评估。

资料来源：华西证券研究所

1.1.3. 单车智能两条路并行 车联网助力大规模应用

单车智能化有2条不同的技术路线：

- ✓ **以车企为主的渐进提高汽车驾驶自动化水平：**汽车自动化程度不断提高，向着辅助驾驶、半自动化驾驶、高度自动化驾驶和完全自动驾驶的智能化方向发展。其中，特斯拉和传统车企路径又略有差异，特斯拉相对传统车企技术迭代速度更快。
- ✓ **以科技公司为主的无人驾驶技术发展路线：**无人驾驶的主要特点是跳过汽车自动化逐级发展的思路，直接实现车辆的无人驾驶，应用领域可以拓展到封闭/半封闭的矿山、码头、大型物流场等特殊场景，以谷歌的 Waymo、通用的 Cruise、福特的 Argo.ai 等为代表。

车联网助力自动驾驶大规模应用。汽车网联化是指基于通信互联，使汽车具有环境感知、决策和控制运动能力，核心技术之一便是车路协同，即通过车与车（V2V）、车与路（V2I）、车与人（V2P）等信息交互和共享，使车和周围环境协同与配合。当车与路的信息实时交互后，有利于解决自动驾驶中雷达和摄像头遭遇恶劣天气等情况下识别不准的问题，提升自动驾驶的实现难度和降低实现成本。

图 2 智能网联汽车=单车智能+V2X



资料来源：华西证券研究所

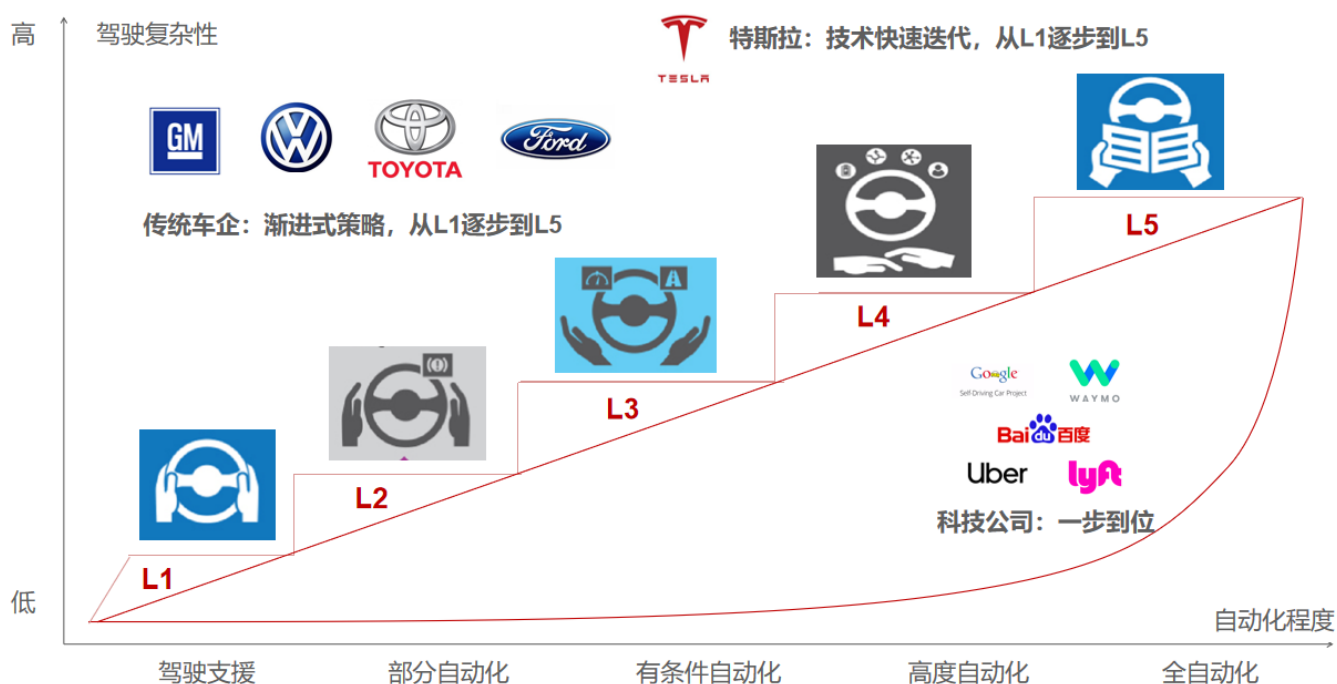
1.2. 群雄逐鹿 特斯拉引领

特斯拉引领自动驾驶，车企不断加大投入：

特斯拉于2014年10月推出Autopilot 1.0，首次实现自动驾驶系统商业化，目前正在向L3迈进。不同于传统分布式电子电器架构，特斯拉采用集中式电子电气架构，减少线束长度，并能够提高大数据处理能力；此外，特斯拉全球率先应用OTA升级系统，其自动驾驶功能通过无线网络进行OTA持续更新，不断进行性能优化。

传统车企联盟化成趋势，包括大众-福特、戴姆勒-宝马、通用-本田等，共享技术和推动商用化。目前，L2自动驾驶系统搭载率显著提升，L3正在开始渗透。我们认为随着车企不断加大投入，持续发力，有望加速推动L3及以上自动驾驶系统的渗透。

图3 特斯拉、传统车企与科技公司的不同技术路径



资料来源：华西证券研究所

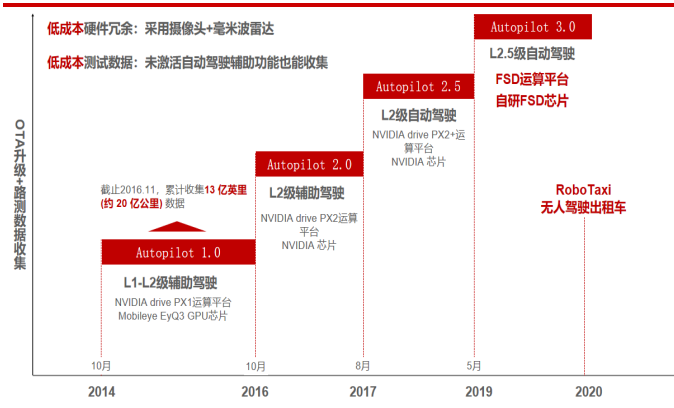
1.2.1. 特斯拉独辟蹊径 快速迭代

向L3自动驾驶迈进，Autopilot功能逐渐优化：

自2014年起，特斯拉开始在自动驾驶领域进行布局，先后从L1-L2进化到L2.5，并稳步向L3迈进。在此基础上，特斯拉Autopilot系统进化到3.0版本，搭载其自研FSD计算平台的自动驾驶功能于2019年正式亮相，意味着特斯拉首度使用了自研车载AI芯片，运算平台与芯片性能逐渐提升。此外，特斯拉的Robotaxi计划预计于2020年推出，这也意味着特斯拉将可能同时与Uber、滴滴等传统网约车平台、以及Waymo等Robotaxi平台竞争，从而在技术和规模上达到最佳的平衡。

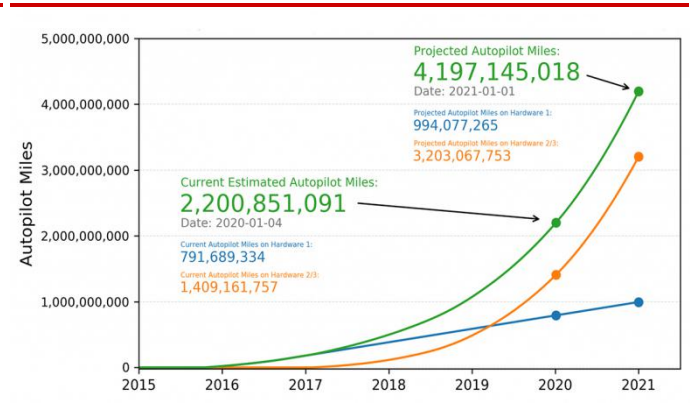
根据 lexfridman 测算：截至 2019 年末，特斯拉累计交付搭载 AP 硬件的车辆 85 万辆，AP 激活状态下特斯拉已积累行驶数据 30 亿英里；数据被广泛应用于 AP 功能优化与 OTA 推送，形成良性循环；此外，AP3.0 将搭载自主研发的 FSD 芯片，从而保障运算需求。特斯拉已建立起足够的 ADAS 数据累积。

图 4 特斯拉自动驾驶发展历程



资料来源：盖世汽车研究院，华西证券研究所

图 5 特斯拉 Autopilot 累计行驶里程估算（英里）



资料来源：lexfridman，华西证券研究所

OTA 将成为未来实现完全自动驾驶功能数据更新最切实可行的方式：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，前者是一个完整的系统性更新，后者是迭代更新的升级。传统车企更新车内固件需要到 4S 店或者定点维修机构，耗时效率低下；而通过 OTA 升级不仅可以更新软件，还可以刷新固件而获得整车性能优化。

图 6 汽车 OTA 的发展历程



资料来源：汽车之家，华西证券研究所

特斯拉是全球率先应用 OTA 升级系统的车企：特斯拉自动驾驶功能通过无线网络进行 OTA 持续更新，可实现对软件系统甚至自动驾驶算法的更新从而进行性能优化。如特斯拉推出续航升级选项可为 Model 3 提升 5% 的续航；加速升级服务可将 Model 3 的 0-100km/h 从 4.4 秒降到 3.9 秒；推出座椅加热服务可以解锁座椅加热功能等。

对于传统车企而言，由于受限于车辆网络安全、来自经销商的压力等，目前车机仍普遍依赖线下升级。而特斯拉则率先通过 OTA 实现 AP 功能、地图、娱乐系统、车辆控制等功能升级，保持用户新鲜感，不断改善用户体验。自 2014 年起，特斯拉系统软件版本已从 6.0 更新至 10.2，在主动巡航、自动泊车、雷达探测、辅助转向、智能召唤方面进行了全方位系统化的在线升级。

表 5 OTA 升级软件版本功能介绍

时间	软件版本	新增功能
2014. 10	V6. 0	中文地图和导航等
2015. 01	V6. 1	车速辅助、主动巡航控制等
2015. 04	V6. 2	自动紧急制动、地图和导航更新
2015. 11	V7. 0	自动变更车道、自动泊车
2016. 01	V7. 1	垂直自动泊车、遥控召唤
2016. 09	V8. 0	雷达探测范围扩大、实时路况 3D 效果显示、弯道角度显示、周边车辆行驶方向显示、车厢过热保护
2017. 04	V8. 1	辅助转向最高时速提升至 130km/h、Model X 头枕/座椅/鸥翼门高度调整优化
2018. 10	V9. 0	辅助转向与自动变车整合、行车记录仪、手机 APP 互联、盲区警告、Atari 游戏集成
2019. 09	V10. 0	岗哨模式、Joe 降音模式、可视化驾驶功能优化、增加媒体/游戏资源
2020. 04	V10. 2	剧场模式、智能召唤功能增强

资料来源：特斯拉官网，华西证券研究所

采用集中式电子电气架构，是行业趋势所向。特斯拉通过高性能的核心计算平台作为算力总控，构建一整套完整的软件系统，通过系统和软件层面的集成，把原有的硬件配置局限打破，域控制器成为一个领域内的主要计算和调度单位；再通过基础计算平台来统一完成原先由车身控制、热管理控制、通信控制等各分散 ECU 单独完成的计算，以此满足整个领域的运算需求，实现整车功能总控。

其中，中央计算模块（CCM）整合了信息娱乐系统（IV）、辅助驾驶系统（ADAS），以及外部连接和车内通信系统域功能；左车身控制模块（BCMLH）和右车身控制模块（BCMRH）分别负责车身与便利系统、底盘与安全系统和部分动力系统的功能；随着自动驾驶等级的提高，则越需要超高传输速度将海量数据直接通过 FSD 芯片进行处理，然后及时反馈到执行层。

特斯拉通过升级电子架构减少线束长度。特斯拉直接跨越域集中电子电器架构，采用域 ECU 车载电脑的方式，其自研的 FSD 芯片每秒能完成 144 万亿次计算，能同时处理每秒 2,300 帧的图像，并且能够应对 L5 自动驾驶所需的感知层数据量和计算能力。通过升级电子架构，从而有效减少线束的长度，特斯拉主要车型 Model 3 线束长度约为 1.5km，而 Model Y 仅 100 米。

1.2.2. 车企各有千秋 渐进发展

国外车企：联盟化成趋势，共享技术和推动商用化。

- ✓ 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，2020 年 1 月正式发布首款量产车型 Cruise Origin，预计将于 2022 年大规模量产；
- ✓ 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，计划于 2021 年推出具备 L5 自动驾驶功能的新款车型 Sedric；
- ✓ 丰田+Uber：2018 年，丰田向 Uber 投资 5 亿美元，计划 2021 年将以丰田塞纳为原型的车辆，以及联合装载 Toyota GuardianTM（高度安全驾驶支持）系统和 Uber 自动驾驶系统的自动驾驶拼车车辆引进 Uber 的拼车网络，并推进共同开发合作。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；
- ✓ 雷诺日产+Waymo：共同研发自动驾驶汽车和卡车，计划于 2020 年推出 10 款无人驾驶汽车。

我们认为，联盟化趋势有助于传统车企与软件公司在技术资源上的规模效应，进一步推进自动驾驶汽车的量产。

图7 通用、本田、Cruise 合作布局



资料来源：车云网，华西证券研究所

图8 福特、大众、Argo AI 合作布局



资料来源：车云网，华西证券研究所

图9 宝马、戴姆勒、Mobileye 等合作布局



资料来源：车云网，华西证券研究所

图10 Uber、Waymo 等合作布局



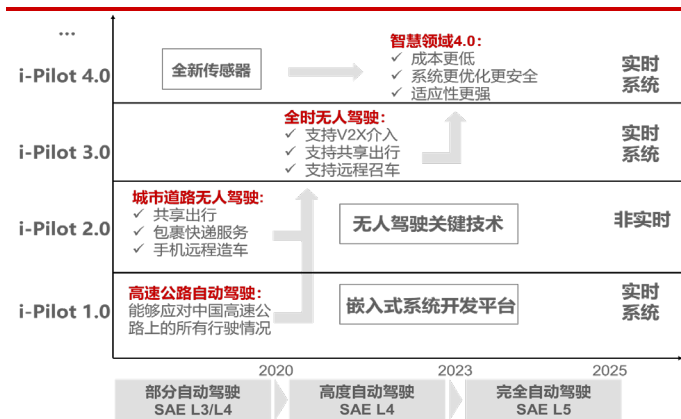
资料来源：车云网，华西证券研究所

中国车企：传统车企稳健前行，造车新势力重点发力。

1) **长城汽车**：长城汽车先后与阿里巴巴、腾讯、百度、华为、AutoBrain、海克斯康等公司展开合作，实现汽车行业巨头与科技巨头的“强强联合”。基于未来智能网联汽车的发展趋势，长城汽车在相关创新技术领域进行了提前规划和深入布局。如长城汽车 i-pilot 智能驾驶系统所带来的自动驾驶水平提升。

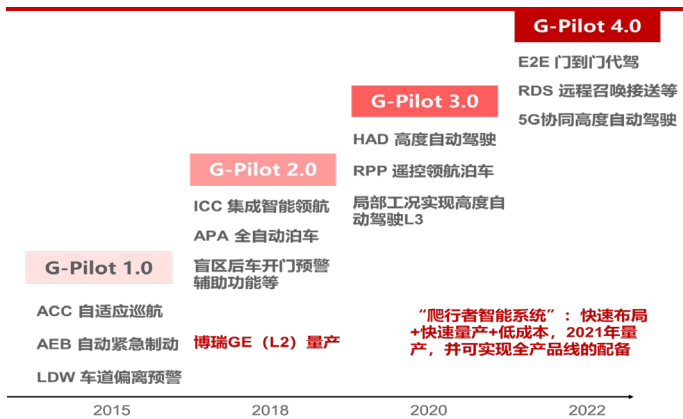
2) **吉利汽车**：吉利汽车先后与腾讯、百度、华为、中国联通等公司展开合作；其中，从吉利博越 PRO 开始，吉利汽车将开始全面搭载融合小度车载交互系统的 GKUI19 系统，实现百度 AI 与 GKUI19 吉客智能生态系统的相互赋能。

图 11 长城汽车 i-pilot 智能驾驶系统



资料来源：车云网，华西证券研究所

图 12 吉利汽车 G-pilot 自动驾驶策略



资料来源：车云网，华西证券研究所

4) 长安汽车：2018 年，长安汽车发布“北斗天枢”智能化战略，具体包括：

- ✓ 产品层面：2020 年，不再生产非联网新车，并实现 100% 搭载驾驶辅助系统；
- ✓ 技术层面：2020 年和 2025 年前分别建成 L3 和 L4 自动驾驶智能开放平台；
- ✓ 人才层面：2025 年打造 5,000 人的开发团队；
- ✓ 合作层面：不仅与博世、德尔福、英特尔、华为、高德、腾讯、IBM 等进行合作，还联合政府、通信服务商、房地产企业、出行服务平台等，连同高铁、飞机、地铁、公交形成立体交通生态系统。
- ✓ 2018 年下半年实现 L2 自动驾驶车型（CS55）量产，2020 年发布搭载 L3 自动驾驶系统的车型 Uni-T，在法规允许的情况下具备量产 L3 自动驾驶汽车的能力。

图 13 长安汽车北斗天枢 4+1 行动计划



资料来源：车云网，华西证券研究所

图 14 长安汽车 Uni-T 车载智能交互系统



资料来源：长安汽车官网，华西证券研究所

5) 蔚来汽车：2017 年，蔚来宣布将于 2020 年为美国消费者推出自动驾驶汽车，并在此后的 2019 年 6 月将其高级辅助驾驶系统 Nio Pilot 升级为 2.0 版本，新增了

包含高速自动辅助驾驶 (Highway Pilot)、拥堵自动辅助驾驶 (Traffic Jam Pilot)、转向灯控制变道 (Auto Lane Change) 等在内的 7 项功能。

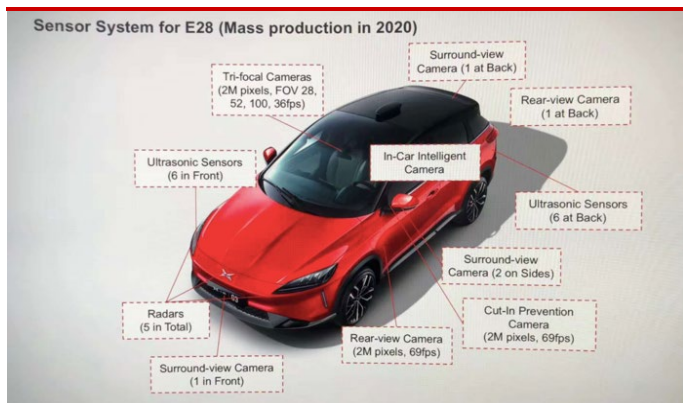
6) 小鹏汽车: 2018 年, 小鹏与德赛西威联合开发 L3 自动驾驶汽车, 预计 2020 年量产, 此后 2019 年 X Pilot 升级至 2.5 版本, 上线 ICA 智能巡航辅助功能, 实现车道保持、违章查询、自动泊车、AI 语音助手等智能辅助系统。

图 15 蔚来汽车高级辅助自动驾驶系统 Nio Pilot



资料来源: 蔚来汽车官网, 华西证券研究所

图 16 小鹏汽车高级辅助自动驾驶系统 X Pilot



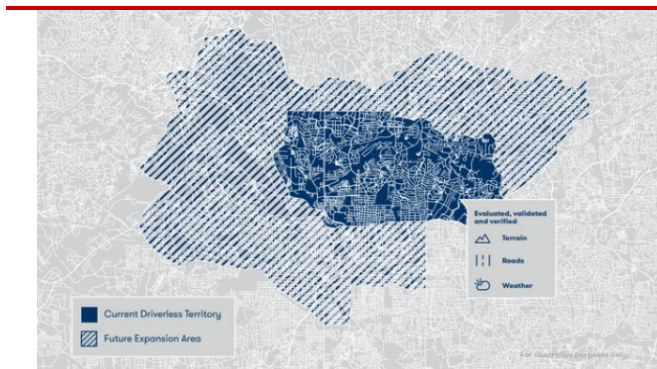
资料来源: 小鹏汽车官网, 华西证券研究所

1.2.3. 科技巨头商用先行 一步到位

科技公司 1: Waymo 推出无人出租车服务, 冲击商业化运营。

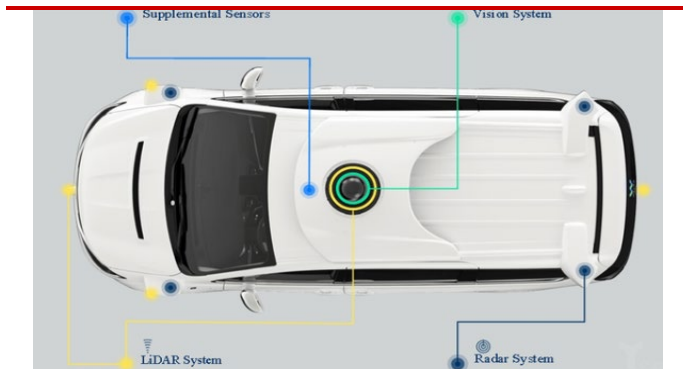
Waymo 是全球自动驾驶技术最领先的企业。Waymo 是谷歌旗下的子公司, 开发自动驾驶平台“Waymo Driver”, 目前已升级迭代至第五代, 传感器、电子元器件、天线、外壳和固件等均由 Waymo 自主研发, 成本下降一半。传感器技术方面, Waymo 主要由激光雷达系统、视觉系统、雷达系统, 附加传感器组成。

图 17 Waymo 在亚利桑那州的自动驾驶地区



资料来源: 亿欧网, 华西证券研究所

图 18 Waymo 传感器综合系统



资料来源: 亿欧网, 华西证券研究所

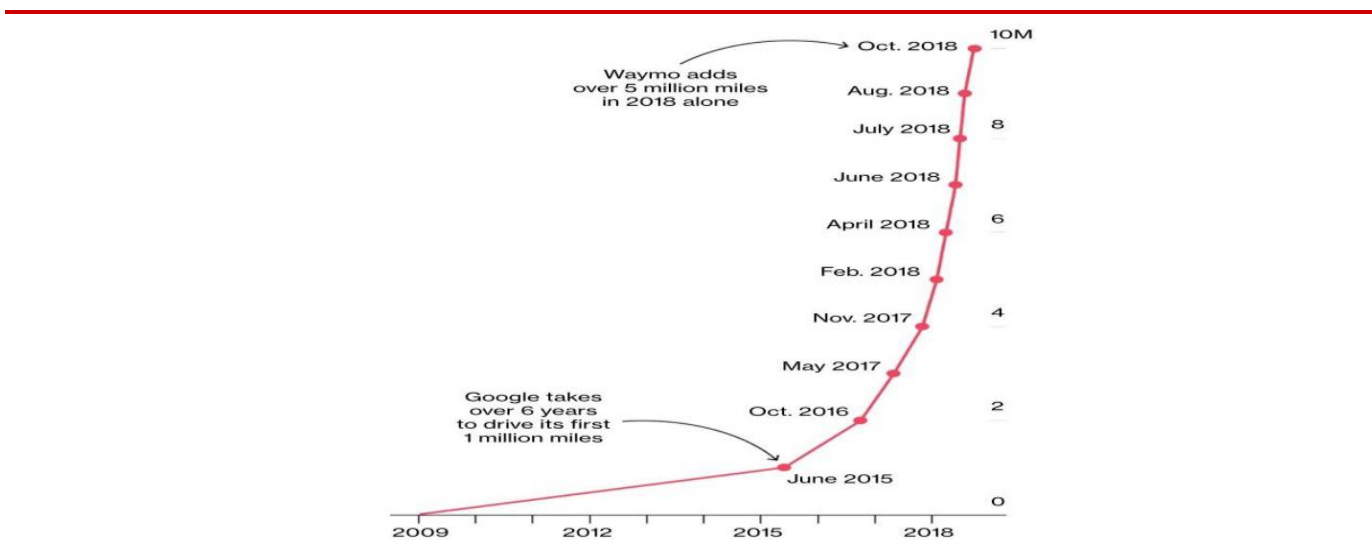
Waymo 自动驾驶商业化进展持续突破。2018 年 7 月，Waymo 宣布其自动驾驶车队在公共道路上的路测里程已达 800 万英里，实现了商业化运营，走在行业前列，2019 年 10 月更是在道路测试上超过 1,000 万英里。此外，在沃尔沃之前，Waymo 已经先后与菲亚特·克莱斯勒、捷豹路虎、雷诺-日产-三菱等车企开展深入合作，逐步推进 Waymo Driver 在各种车辆平台上的部署。Waymo 于 2018 年 12 月推出无人出租车服务 Waymo one，并于 2019 年 10 月上线了无安全员的无人出租车，逐步构建起自动驾驶的商业领域版图。

图 19 Waymo 商业化进展



资料来源：Waymo 官网、TechCrunch 等，华西证券研究所

图 20 Waymo 自动驾驶汽车道路测试超 1000 万英里



资料来源：Waymo 官网、TechCrunch 等，华西证券研究所

自动驾驶领域屡获资金认可，2020 年融资 30 亿美元。2020 年 5 月 13 日，Waymo 公司 CEO John Krafcik 宣布，在 3 月 2 日官宣的 Waymo 首轮 22.5 亿美元融资再次获得新投资人的追加投资，本轮累计融资金额达到 30 亿美元。在新冠疫情的影响下，2020 年美国自动驾驶领域在资金支持方面陷入低谷，Waymo 的外部融资更是 2020 年美国自动驾驶为数不多的融资记录，证明了 Waymo 在自动驾驶领域的技术实力与无人

化实践方向获得投资人的广泛认可。融资所获资金将继续在 Waymo 的三个主要商业化方向 Robo Taxi、Robo Truck、Honeycomb 上寻求业务发展与突破。

表 6 Waymo 商业化布局与资金投向领域

商业化方向	应用服务	覆盖领域	业务介绍
Robo Taxi	Waymo One	美国 25 个城市/乘用车市场	规模在 800 辆左右，拥有全球公开道路测试里程最长的记录——超过 2000 万公里；2019 年开始建设全球首个 L4 自动驾驶车辆量产工厂，目前已经开始批量下线。
Robo Truck	Waymo Via	重卡市场	与乘用车服务的 Waymo One 完全并行的服务线。
Honeycomb	出售激光雷达	非 RoboTaxi 竞争对手	Waymo 的激光雷达技术得到了 Velodyne 的技术授权，并已经把激光雷达的成本降低了 10 倍以上。目前，Waymo 已在使用第五代的传感器技术。

资料来源：Waymo 官网，华西证券研究所

科技公司 2：百度 Apollo 开放平台，已加盟 177 家汽车相关企业。

Apollo 开放平台版本更迭，应用场景与技术齐升。2019 年，百度 Apollo 宣布，将开放平台扩张为 3 个：自动驾驶平台、车路协同平台和智能车联平台；与此同时，Apollo 自动驾驶开放平台发布了 Apollo 5.5 版本，包括了 Robotaxi 方案、面向 BRT 快速公交的 Minibus 2.0 方案、面向最后一公里的自主泊车方案、面向低成本低速微型车方案，以及自动驾驶云等关键技术；Apollo 车路协同开放平台可应用场景包含智能网联自动驾驶、智能网联辅助驾驶、交通诱导与信号控制、运营车监管、出行服务、智能停车等。

汇聚汽车相关企业，降低成本提升规模。Apollo 开放平台已汇聚来自全球 97 个国家的 36,000 名自动驾驶开发者，开源代码量总体超过 56 万行，是 2018 年的 2.4 倍，连续两年蝉联全球最大的自动驾驶开发者社区。截至目前，百度 Apollo 的自动驾驶车辆在中国超过 24 个城市进行测试，车辆总数超过 400 辆，累积实现 10 万次的安全载客出行，累计路测里程超过 300 万公里。我们认为，与车企合作进行前装量产，有助于百度降低自动驾驶技术开发的成本，提高系统的一致性和稳定性，从而为提升智能化领域规模打下基础。

图 21 Apollo 自动驾驶开放路线图与合作布局



资料来源: 百度官网, 华西证券研究所

图 22 百度 ACE 交通引擎总体架构



资料来源: 《百度 Apollo 智能交通白皮书》, 华西证券研究所

2. 电动化加速 新能源汽车是最佳载体

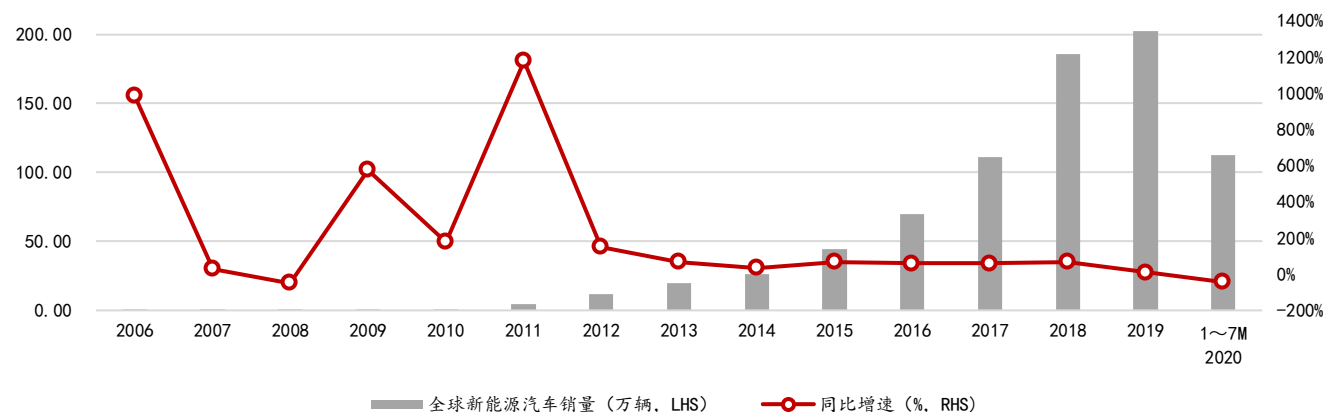
新能源汽车相比传统燃油车电气化水平更高，新能源汽车的加速渗透为推动智能网联技术的发展奠定了更好的基础。全球新能源汽车从 2010 年初见规模到 2019 年渗透率达 2.3%，呈现加速渗透态势，但仍处于较低水平，上升空间大。2020 年中国新能源汽车补贴政策如期延长两年，补贴退坡力度和节奏趋缓；海外以欧洲为例，2020 年碳排放法规进入第四阶段，叠加新能源汽车补贴力度加大，电动化进程加速。特斯拉、大众、比亚迪等头部车企标杆车型投放市场，引领电动车技术趋势。

2.1. 电动车加速渗透 中长期趋势确立

2.1.1. 全球市场：新能源汽车加速渗透 中国占比维持高位

全球新能源汽车销量保持高速增长，2019 年突破 200 万辆。根据 Marklines 数据，2010 年以前全年新能源汽车年销量不足 1 万辆，2011 年陡增至 4.65 万辆，此后进入高速增长通道，2019 年新能源汽车销量突破 200 万辆，达 202.51 万辆，同比增长 8.92%，销量同比增速下滑主要是因为 2019H2 以来中国新能源汽车销量受补贴加速退坡的影响短期承压。

图 23 全球新能源汽车销量及同比增速（万辆；%）

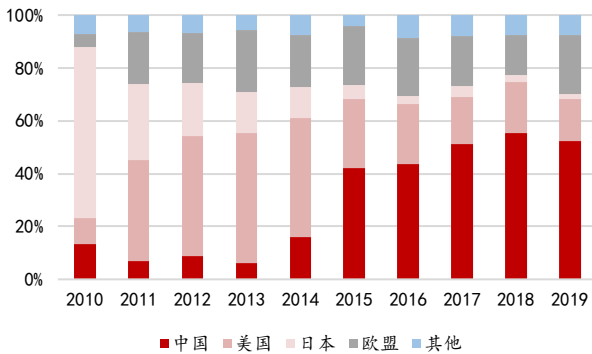


资料来源：Marklines，华西证券研究所

区域结构：中美欧主导全球，中国增长亮眼。2014 年以前，欧美日等技术先进地区因环保政策规定趋严率先发展新能源汽车产业，早期以混合动力汽车（HEV）为主，插电式混合动力汽车（PHEV）和纯电动汽车（BEV）共同发展。2013 年，美国新能源汽车销量占全球比例为 49%，欧洲和日本（不含 HEV）占比分别为 23%和 16%，而中国销量占比仅 6%。到 2018 年，中国新能源汽车销量占比便提升至 55%，超过全球市场一半份额，美国和欧洲分别为 19%和 15%，日本份额则被压缩至 2%。2019 年，中国新能源汽车销量首次出现下滑，占比下降至 52%，欧洲大幅提升至 22%，美国下滑

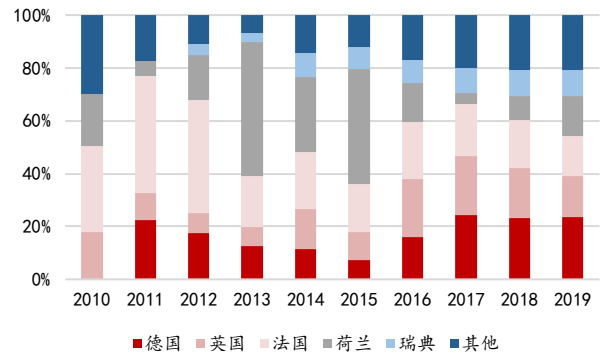
至 16%。欧洲国家中德国、英国、法国、荷兰、瑞典等国市场份额位居前列，荷兰、瑞典份额提升较快，而英国、法国有所下降。

图 24 全球分区域新能源汽车市场份额 (%)



资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 25 欧盟各国新能源汽车市场份额 (%)

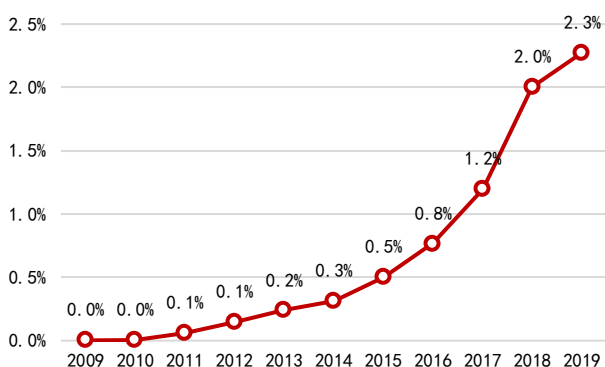


资料来源: Marklines, 华西证券研究所

新能源汽车渗透率（新能源汽车占汽车比例）逐年提升，上升空间仍然广阔。全球范围来看，新能源汽车渗透率从 2010 年初见规模到 2019 年的 2.3%，呈现加速渗透态势，但仍处于较低水平，上升空间大。分国家看：

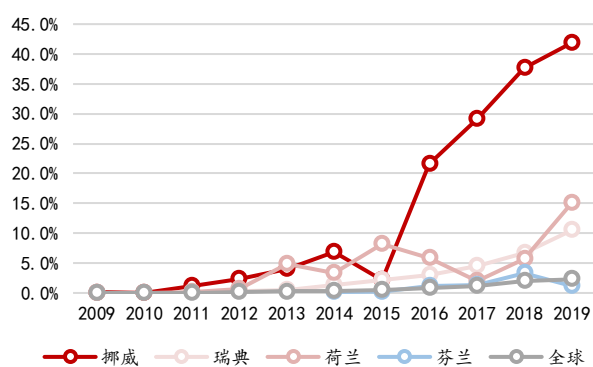
- 1) **北欧：挪威新能源汽车市场渗透率全球最高。**2019 年挪威新能源汽车渗透率为 41.9%，远超 2.3% 的全球平均水平。此外，瑞典、荷兰 2019 年新能源汽车渗透率分别为 10.5%、15.1%，位于全球前列。北欧国家环保意识强，政府对新能源汽车的扶持力度大，出台购置税减免、收费路段免费、行驶税退税等一系列政策，对消费者的吸引力大，使得北欧新能源汽车渗透率领先全球。
- 2) **欧洲其他主要国家：新能源汽车渗透率增速和全球保持同步。**德国、英国、法国、历年新能源汽车渗透率稳步增长，2019 年分别为 2.7%、2.6%、2.5%，略高于全球平均水平，考虑到碳排放法规趋严、新能源汽车补贴金额提升，欧洲新能源汽车渗透率有望加速提升。
- 3) **中美韩日：主要国家有所分化。**中国、美国、日本、韩国 2018 年新能源渗透率分别为 4.1%、1.8%、0.7%、2.0%，受补贴政策影响中国渗透率维持领先，美日韩渗透率总体低于全球平均水平，其中日本渗透率不足 1%，主要是因为日系车企 HEV 技术成熟，成为主要的节能减排技术路线。

图 26 全球新能源汽车渗透率 (%)



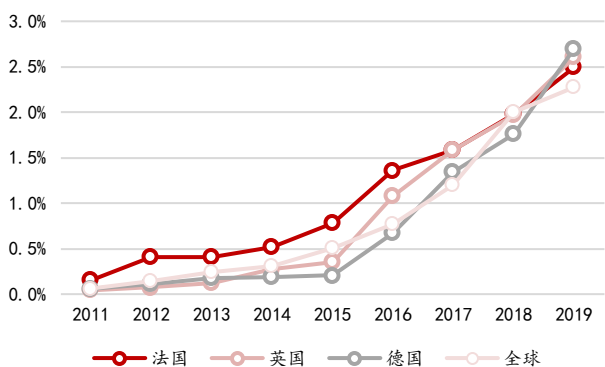
资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 27 北欧国家新能源汽车渗透率 (%)



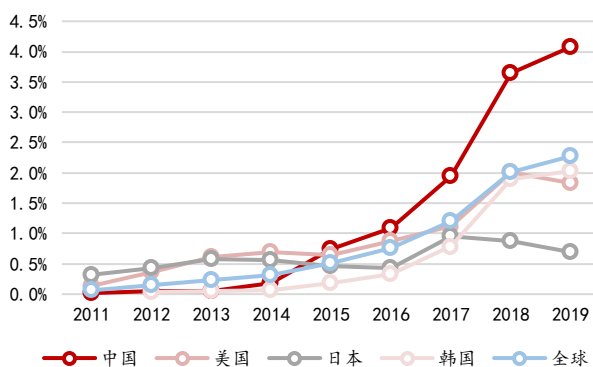
资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 28 欧洲其他国家新能源汽车渗透率 (%)



资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 29 其他主要国家新能源汽车渗透率 (%)

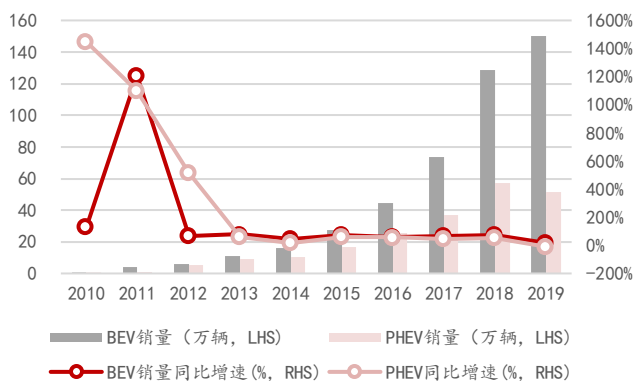


资料来源: Marklines, 华西证券研究所

产品结构: BEV 高速增长, PHEV 相对稳健。2011 年之前, 全球新能源汽车技术路线以 BEV 为主, 2011 年起雪佛兰 Volt 等 PHEV 车型开始上量, 2012 年全球 BEV 和 PHEV 销量分别为 6.14 万辆和 5.49 万辆, 2019 年分别升至 150.28 万辆和 51.37 万辆, 2012-2018 年 CAGR 分别为 57.9%和 37.6%, 远超传统汽车行业。PHEV 经 2012 年暴增后速度企稳, BEV 则因中国市场带动而保持高速增长, 占新能源汽车比例持续增大, 2019 年达 74.5%。

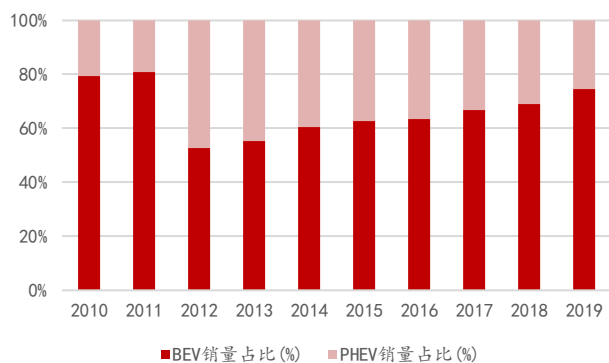
全球 BEV 增量主要来自中国市场。2012 年, 中国市场占全球 BEV 销量比例仅 14.5%, 2013 年后全球 BEV 销量迎来高速增长, 到 2019 年全球 BEV 销量已经突破 150 万辆, 而中国市场贡献 83.35 万辆, 占全球 BEV 销量比例提升至 55.5%。中国市场 BEV 增速较快的原因为: 1) 政策方面, 中国补贴政策对纯电动车型补贴力度较大, 驱动各车企加大对新能源汽车的研发; A00 级车型技术要求较低, 研发周期短, 成为各车企应对双积分政策的最佳途径; 2) 市场方面, 对 B 端客户而言 BEV 经济性更好, 以分时租赁和营运车辆为主的增量需求打开市场空间。

图 30 全球 BEV 和 PHEV 销量及增速 (万辆; %)



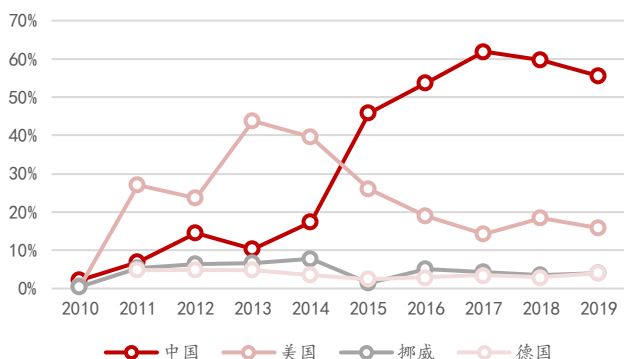
资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 31 全球 BEV 和 PHEV 销量占比 (%)



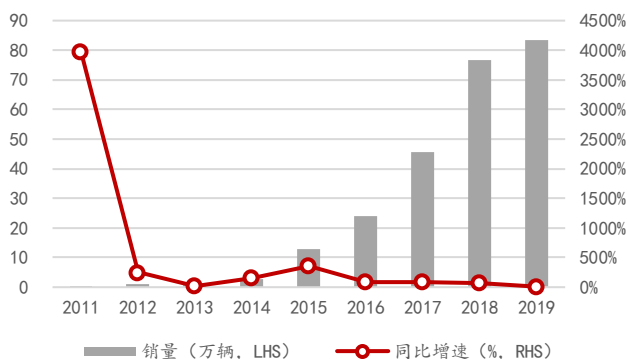
资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 32 主要国家 BEV 市场份额 (%)



资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 33 中国 BEV 销量及增速 (万辆; %)

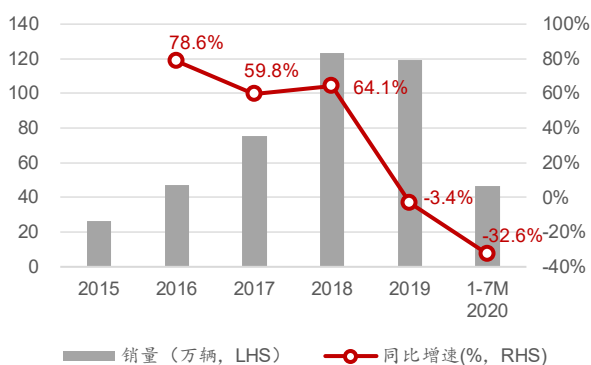


资料来源: Marklines, 华西证券研究所

2.1.2. 中国市场：补贴退坡致销量下滑 结构演变持续进行

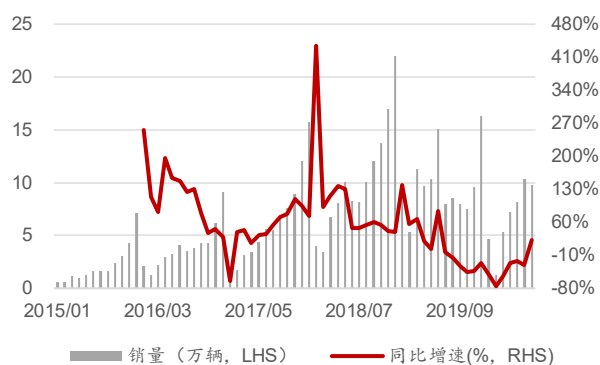
2014 年以来中国新能源汽车销量保持快速增长，2019 年补贴退坡致短期承压。从年度数据来看，中国新能源汽车销量从 2014 年开启高速增长通道，2019 年达 120.6 万辆，销量首次出现小幅下滑，但 2014-2019 年 CAGR 仍高达 74.4%；2020 年 1-7 月新能源汽车累计销量为 48.6 万辆，同比下滑 32.8%。从月度数据来看，2019 年过渡期内新能源汽车销量仍维持较快增长，过渡期后补贴退坡幅度较大，新能源汽车销量连续 12 个月出现同比下滑。2020 年 7 月中国新能源汽车销量 9.8 万辆，同比+19.3%，在同期相对较低的基数下首次恢复同比正增长。

图 34 中国新能源汽车年度销量及增速 (万辆; %)



资料来源：中汽协，华西证券研究所

图 35 中国新能源汽车月度销量及增速 (万辆; %)

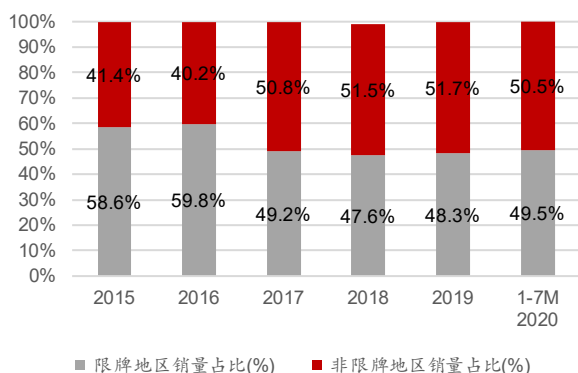


资料来源：中汽协，华西证券研究所

地区结构：非限牌地区新能源汽车销量占比逐渐提升至一半以上。中国执行机动车限牌政策的 8 个省市分别为北京、上海、广州、深圳、天津、杭州、海南和贵阳，目前贵阳已于 2019 年 9 月取消限牌政策，其他限牌城市对于新能源汽车购买管控相对宽松，因此上述限牌城市的新能源汽车销量占据较高比例。随着新能源汽车技术提升及产品价格降低，市场对新能源车型的接受度越来越高，销售地区结构逐渐向非限购城市转移，从 2015 年的 41.4% 提升至 2020 年 1-7 月的 50.5%，未来非限购城市销售比例有望进一步提升。

需求结构：新能源营运车辆占比大幅提升。汽车行业未来四化（电动化、电商化、智能化、共享化）趋势明朗，各车企均加大新能源共享出行领域的布局，营运车辆销量占比从 2017 年的 9.0% 提升至 2019 年的 27.9%。2019H2 以来，营运类新能源汽车补贴退坡幅度超过非营运车辆，导致营运车辆销量占比有所下降。

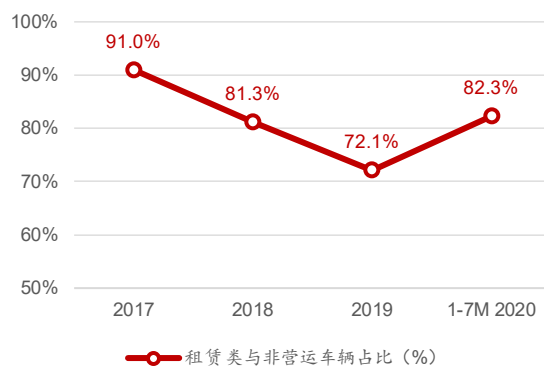
图 36 限牌与非限牌地区新能源汽车销量占比 (%)



资料来源：银保监会，华西证券研究所

注：限牌城市指北京、上海、广州、深圳、天津、杭州

图 37 租赁类与非营运新能源乘用车销量占比 (%)



资料来源：银保监会，华西证券研究所

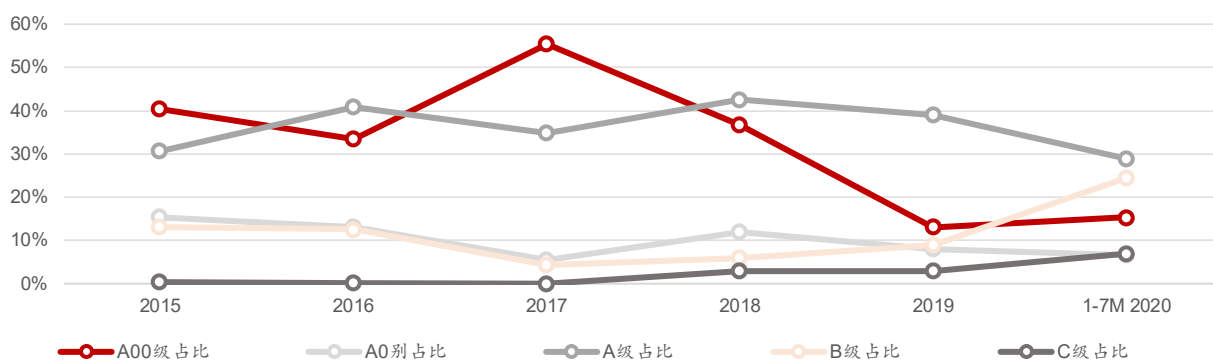
级别结构-2017 年以前：A00 级为主。早期新能源汽车续航里程普遍较低，对续航需求不大的 A00 级车率先实现快速发展，同时 A00 级车补贴占售价的比例最高，2017 年 A00 级销量占新能源乘用车比例为 55.4%，占纯电动乘用车比例则为 68.6%。2017 年新能源汽车销量排行榜前 20 的车型中有 10 款为 A00 级，这 10 款 A00 级新能源汽车的销量合计占新能源汽车总销量的比例为 40.2%。上量迅速主要受政策和市场的双重作用：

- ✓ **供给端来看**，A00 级乘用车技术要求相对较低，研发周期较短，因此对 A00 级市场的投入成为应对双积分压力的最佳途径，2014-2017 年多款具有市场竞争力的车型相继投放市场；
- ✓ **需求端来看**，A00 级别作为基本型代步车与传统低速电动车相比具有乘坐舒适、价格低廉、停车便捷的特点，成为分时租赁的主力级别车型，在中小城市也逐渐成为对低速电动车的替代，很快被市场接受。

级别结构-2017 年以后：高级别车型占比持续提升，合资车企开始发力。A00 级新能源汽车销量占比从 2017 年巅峰时期的 55.4% 下降至 2020 年 1-7 月的 15.3%。高级别车型的销量占比快速提升，以 B 级车为例，销量占比由 2017 年的 4.3% 提升至 2020 年 1-7 月的 24.5%。

分品牌看，中国新能源汽车市场存在“自主先行，合资跟进”的特征，自主车企主要以中低端 A00-A 级为主要竞争区间，而合资品牌则主要以 A 级及以上级别车型为主，根据合资车企投放的新能源车型来看，2019 年以来合资车企逐渐开始加快投放进度，A 级及以上车型市场竞争将进一步加剧，整体占比有望继续提升。

图 38 中国新能源汽车分级别占比情况 (%)



资料来源：乘联会，华西证券研究所

表 7 2019 年中国新能源汽车销量累计前 10 名车型

排名	车型	品牌	售价 (万元)	级别	2019 年销量 (万辆)	2018 年销量 (万辆)	同比
1	北汽 EU 系列	北汽新能源	12.98 - 25.69	A 级	11.11	3.23	244.17%
2	比亚迪元 EV	比亚迪	8.99 - 13.99	A 级	6.16	3.39	81.49%
3	宝骏 E 系列	上海通用五菱	4.98 - 7.98	A00 级	6.01	2.49	141.07%
4	奇瑞 eQ EV	奇瑞	15.99 - 17.19	A00 级	3.94	4.7	-16.11%
5	比亚迪唐 DM	比亚迪	23.99 - 35.99	A 级	3.41	3.53	-3.41%
6	比亚迪 e5	比亚迪	22.07 - 23.07	A 级	3.29	4.39	-24.99%
7	广汽新能源 Aion S	广汽新能源	13.98 - 20.58	A 级	3.25	—	—
8	荣威 Ei5	上海乘用车	12.88 - 16.11	A 级	3.05	2.6	17.45%
9	欧拉 R1	长城新能源	6.98 - 8.48	A00 级	2.85	—	—
10	帝豪 EV	吉利	13.58 - 15.98	A 级	2.84	3.14	-9.48%

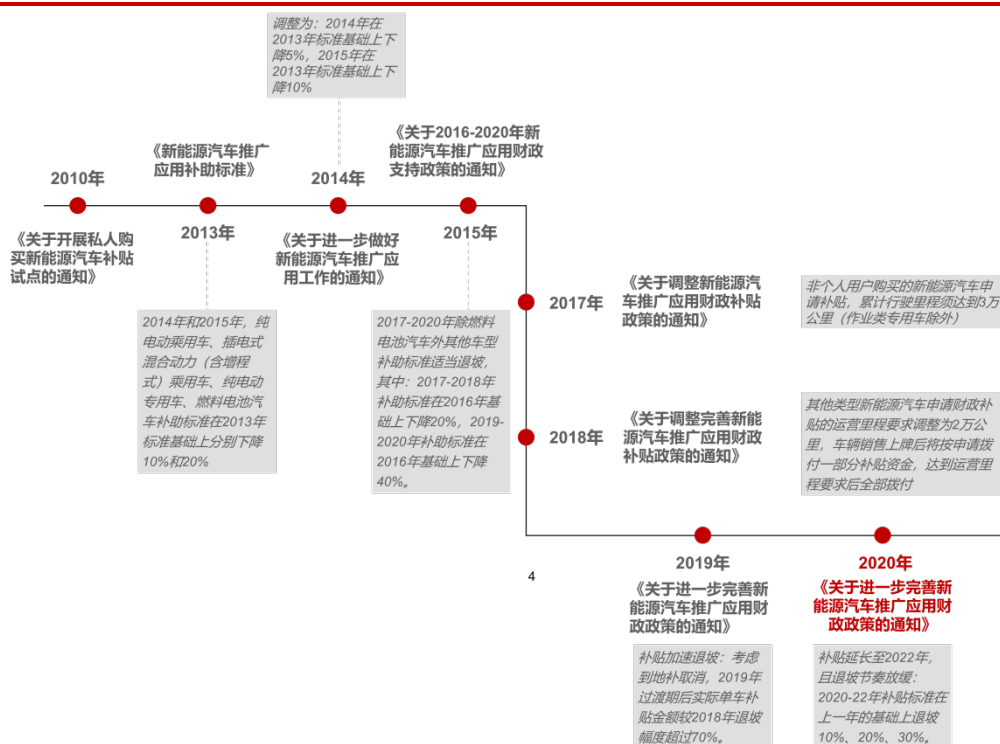
资料来源：汽车之家，华西证券研究所

2.1.3. 政策引导：从保驾护航到引导创新

2.1.3.1 中国：补贴延长退坡放缓 助力产业健康成长

2019 年新能源汽车补贴大幅退坡，导致销量短期承压。回顾 2013-2019 的新能源汽车补贴政策，其中：1) 2013-2016 年，新能源汽车补贴退坡幅度小；2) 2017 年以来，补贴政策每年调整常态化，续航里程、动力电池能量密度等技术门槛不断提高，单车补贴金额下降，同时国补总规模也开始逐年下降。2019 年《关于进一步完善新能源汽车推广应用财政政策的的通知》较 2018 年补贴政策的主要变化包括：新能源乘用车的平均基准补贴退坡幅度超过 50%，能量密度达标对应的补贴系数有所下调，除新能源公交车外取消地补，非私人购买的营运车型按 0.7 倍给予补贴等。考虑到地补取消，2019 年过渡期后实际单车补贴金额较 2018 年退坡幅度超过 70%，导致过渡期后新能源汽车销量持续负增长，根据中汽协数据，2019H2 新能源汽车累计销量 57.8 万辆，同比下滑 31.0%。

图 39 历年新能源汽车国家补贴政策变化情况

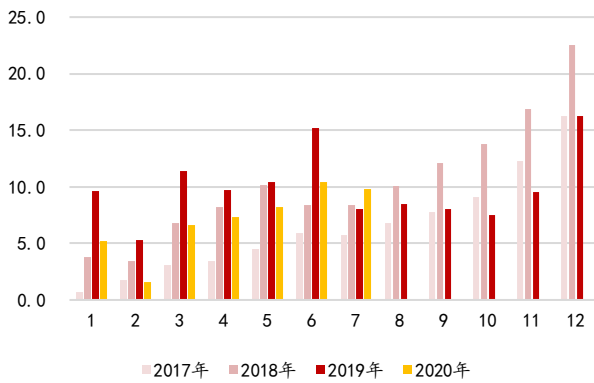


资料来源：财政部、工信部等，华西证券研究所

新能源汽车补贴政策如期延长两年，有利于产业健康持续发展。平稳的补贴政策有利于缓解新能源车企的资金压力，稳定市场预期，保障产业健康持续发展。2020年3月31日召开的国务院常务会议明确新能源汽车购置补贴延长两年，本次出台的2020年补贴政策将新能源汽车推广应用财政补贴政策实施期限延长至2022年底，将此前国务院常务会议的决定落地，符合市场预期。

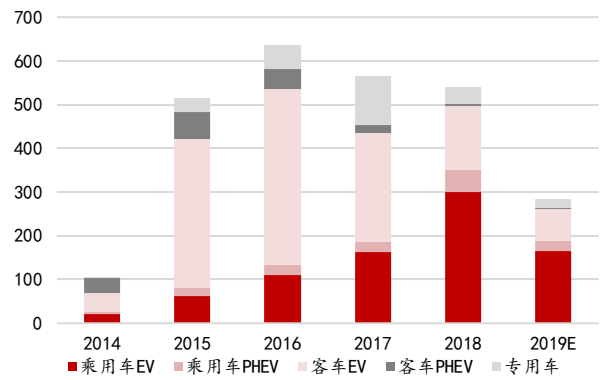
2020-22年新能源汽车补贴政策保持相对稳定，在有效提振新能源汽车产销量的同时对国家财政造成的压力有限。随着单车补贴金额不断下降，新能源汽车国家补贴总规模在2016年见顶，此后逐年下降，我们测算2019年国家补贴总规模已低于300亿元，较2016年下降了50%以上。2020年补贴政策以纯电动乘用车为例单车标准补贴下降10%，预计2020年国家补贴总规模较2019年持平或略微提升，2020年补贴政策同时提出原则上每年补贴规模上限约200万辆，平稳的补贴政策延续在提振新能源汽车产销量的同时对国家财政造成的压力有限。

图 40 17-20 年新能源汽车月度销量 (万辆)



资料来源：中汽协，华西证券研究所

图 41 历年新能源汽车国补总规模 (亿元)



资料来源：财政部、工信部等，华西证券研究所

新能源汽车补贴退坡力度和节奏趋缓。根据 2020 年补贴政策，原则上 2020-22 年补贴标准分别在上一年基础上退坡 10%、20%、30%，同时为加快公共交通等领域汽车电动化，城市公交、道路客运、出租（含网约车）、环卫、城市物流配送、邮政快递、民航机场以及党政机关公务领域符合要求的车辆，2020 年补贴标准不退坡，2021-22 年补贴标准分别在上一年基础上退坡 10%、20%，新能源汽车补贴退坡力度和节奏趋缓。

技术指标要求总体稳定，能耗、续驶里程门槛适度提高。相比于 2019 年补贴政策，2020 年补贴政策对 2020 年过渡期后新能源乘用车补贴做出的主要调整包括：

1) 单车标准补贴小幅平稳退坡：2020-22 年补贴标准分别在上一年基础上退坡 10%、20%、30%，公共交通领域车辆 2020 年补贴标准不退坡，2021-22 年补贴标准分别在上一年基础上退坡 10%、20%。

2) 适度提高纯电动乘用车的能耗标准：按整车整备质量 (m) 不同，工况条件下百公里耗电量 (Y) 应满足：当 $m \leq 1000$ 时， $Y = 0.0112 \times m + 0.4$ ； $1000 < m \leq 1600$ 时， $Y = 0.0078 \times m + 3.8$ ； $m > 1600$ 时， $Y = 0.0044 \times m + 9.24$ 。比门槛提高 0-10% 的车型按 0.8 倍补贴，提高 10% (含) -25% 的车型按 1 倍补贴，提高 25% (含) 以上的车型按 1.1 倍补贴。

3) 适度提高纯电动乘用车续驶里程门槛：纯电动乘用车获得补贴的工况法续驶里程门槛由 2019 年补贴政策的 250km 提升至 300km。

4) 新设售价上限：新能源乘用车补贴前售价须在 30 万元以下 (含 30 万元)，“换电模式”车辆不受此规定约束，限价规定过渡期后开始执行。

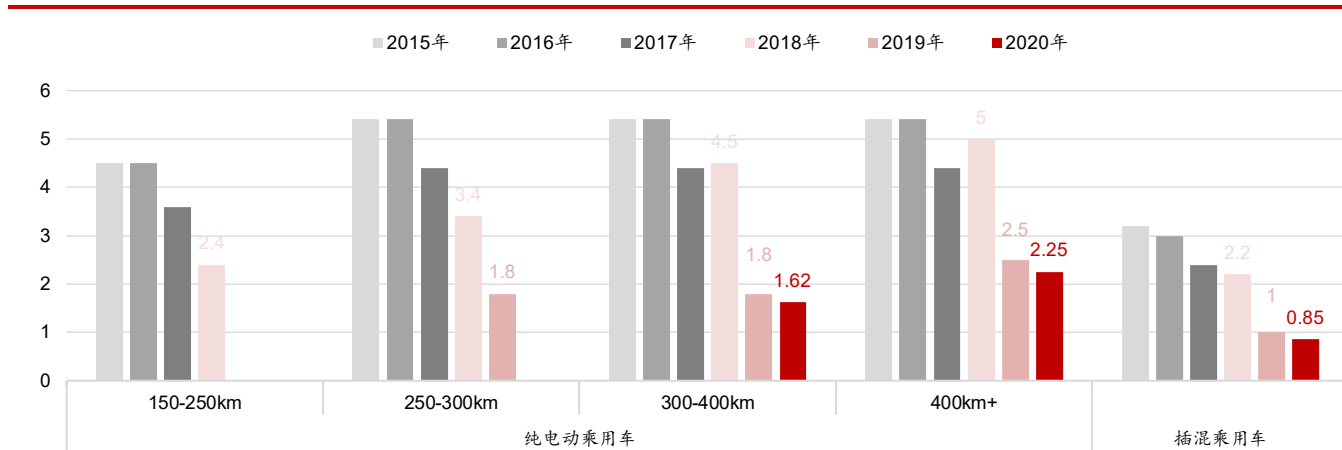
表 8 2018-22 年纯电动乘用车补贴标准

纯电动乘用车	分档标准	补贴金额/系数					
		2018 过渡期后	2019 过渡期后	2020 过渡期	2020 过渡期后	2021	2022
度电补贴上限		1200	550	500	500		
续航里程 (KM)	150≤R<200	1.5	0	0	0	0	0
	200≤R<250	2.4	0	0	0	0	0
	250≤R<300	3.4	1.8	0.9	0	0	0
	300≤R<400	4.5	1.8	1.62	1.62	1.30	0.91
	R≥400	5	2.5	2.25	2.25	1.80	1.26
动力电池系统 能量密度 (Wh/kg)	E<105	0			0		
	105≤E<120	0.6			0		
	120≤E<125	1			0		
	125≤E<140	1			0.8		
	140≤E<160	1.1			0.9		
	E≥160	1.2			1		
能耗优于百公 里耗电量门槛 的比例	0%≤Q<5%	0.5	0			0.8	
	5%≤Q<10%	1	0				
	10%≤Q<20%	1	0.8			1	
	20%≤Q<25%	1	1				
	25%≤Q<35%	1.1	1			1.1	
	Q≥35%	1.1	1.1				

资料来源：财政部、工信部等，华西证券研究所

注：1. 公共交通领域车辆 2020 年不退坡，2021-22 年分别退坡 10%、20%；2. 2020 年百公里耗电量 (Y) 门槛计算公式调整；3. 2020 年过渡期后补贴前售价须≤30 万元，不含换电车辆。

图 42 历年新能源乘用车单车标准补贴（万元；辆）

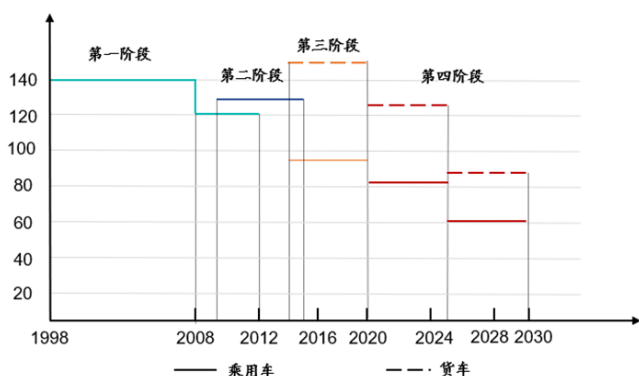


资料来源：财政部、工信部等，华西证券研究所

2.1.3.2 欧洲：碳排放标准日趋严苛 新能源补贴力度加大

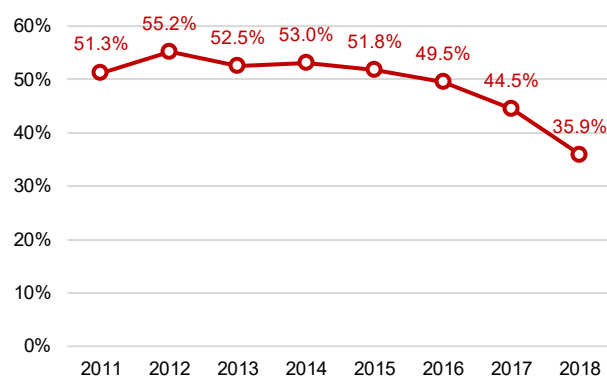
碳排放法规分阶段实施，标准日趋严苛。欧洲环保意识全球领先，早在 1998 年欧盟便提出了针对汽车行业的减排目标，欧盟主要对碳排放进行限定，通过对碳排放逐渐趋严促使汽车能源从燃油到新能源的技术转变，欧盟国家的碳排放政策分为以下四个阶段：

图 43 欧洲四阶段碳排放标准对比



资料来源：欧盟委员会，华西证券研究所

图 44 欧洲柴油车销量占比 (%)



资料来源：欧洲车企协会，华西证券研究所

阶段一-1998 年启动：首次提出减排目标

标准：计划到 2008 年二氧化碳排放量降至 140g/km，2012 年降至 120g/km。

影响：惩罚条款并不明确，对车企的激励较小，根据欧洲环境署发布的欧洲乘用车二氧化碳排放量 2008 年为 153.5 g/km，因此实施效果不佳。

阶段二-2009 年启动：强制罚款下减排效果初显

标准：强制要求到 2015 年乘用车二氧化碳排放量降至 130g/km，超额部分将进行罚款。

影响：强制政策的实施促进了企业加大节能减排的研发力度，但由于排放目标仍在较为可行的范围内，车企通过添加 48V 轻混系统或者转型柴油动力（排放低但成本相对高）的技术路线达到排放标准，但对新能源（插混，纯电）促进有限。

阶段三-2014 年启动：全球最严标准出台，电动化成必然方向

标准：强制要求到 2020 年 95%乘用车二氧化碳排放量低至 95g/km，货车须低至 147g/km，2021 年 100%须要达到此要求，阶段内执行梯度罚款机制，超额 g/km 数量越多罚款越高。

影响：同阶段二的排放量相比，阶段三的排放量水平减少 26.9%，此标准成为全球最严汽车二氧化碳排放标准。因此企业以无法通过简单的技术升级来达成，只能通过采用不同技术路线（PHEV 和 BEV），加大来自电池的动力比例来满足排放标准，因此新能源汽车成为各车企必须选择的发展方向。

阶段四-2020 年启动：技术路线转换加速，BEV 和 PHEV 同步崛起

标准：强制要求 2025 年后二氧化碳排放量比 2021 年减少 15%（乘用车 80.8g/km，货车 125g/km），2030 年后乘用车二氧化碳排放量比 2021 年减少 37.5%（59.4g/km），货车减少 31%（86.4g/km），超额部分罚款统一为每辆车 95€/g/km。

影响：欧洲主要通过对车企的政策限制趋严来达到排放升级的目的，前三阶段主要是通过汽油车效率升级、更换柴油路线及 48V 轻混系统来使排放达标，但第四阶

段对测试工况等进行了更加细致的修改并引入超级积分政策促进车企加快新能源汽车技术革新，迫使企业向插电混动和纯电动技术路线转型，第四阶段主要有以下影响：

- 1) **第四阶段测试工况对柴油技术路线不再友好。**第二阶段车企多采用 48V 轻混系统或转型柴油动力达成排放标准限制。2017 年欧盟发布 WLTP 测试规程和替代原有 NEDC 排放测试，并于 2018 年 9 月开始实施。WLTP 测试将车速分为低、中、高级额外高速四种状态，每一种均包含加速、减速和停车等情况，因此相较于 NEDC 的稳态测试工况更为接近真实路况排放，此外 WLTP 还对排放颗粒物和氮氧化物进行了限制，所以 WLTP 测试标准实行后柴油车技术路线已经不能减少二氧化碳排放，甚至不降反升。因此柴油车市场份额下降明显，欧洲柴油车销量占比从 2017 年的 44.5% 下降到 2018 年的 35.9%。

表 9 两种测试工况对比

	NEDC	WLTP
测试方式	单次测试	动态测试
测试时间	20 分钟	30 分钟
测试距离	11 公里	23.25 公里
测试路况	两种路况	四种路况
平均车速	34km/h	46.5km/h
最大车速	120km/h	131km/h
其他因素	无二氧化碳排放和燃油表现	较为全面
档位设定	固定换挡点	根据车型不同设置
测试温度	20-30 摄氏度	23 摄氏度 (二氧化碳测试温度为 14 摄氏度)

资料来源：欧洲能源局，华西证券研究所

- 2) **插电混动是过渡期最佳技术路线。**纯电动车的二氧化碳排放量为零，但是电池系统的成本目前仍然较高。因此综合排放节油率和成本两方面来看，插电混动优势最为明显。48V 微混系统节油率约为 15%，而 PHEV 则为 60% 以上，成本方面 48V 微混系统成本为 5000 元，而插电混动成本约 1.5 万元，降单位油耗成本相对较低，纯电动 BEV 虽然节油率为 100%，但其电池系统仍然较高，目前来看，插电混动则是目前成本和收益最为平衡的技术路线。

表 10 新能源汽车技术路线对比

技术路线	电池容量 (kwh)	节油率	成本增加 (万元)	单位油耗降低成本 (元)
48V 轻混系统	0.3-0.5	15%	0.5	333
油电混动 HEV	1.3-1.6	40%	2	500
插电混动 PHEV	12	60%	1.5	250
纯电动 BEV	50	100%	5	500

资料来源：CNKI，华西证券研究所

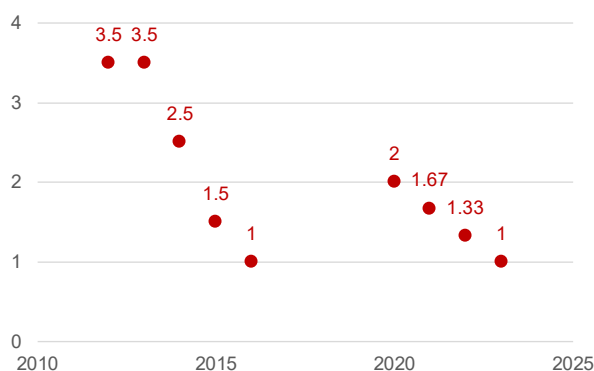
- 3) **超级积分以及各国新能源汽车补贴政策鼓励纯电动汽车发展。**超级积分制度对二氧化碳排放量低于 50g/km 的车辆个数可以倍数进行折算，对车企发展低排放和零排放汽车起到一定程度的鼓励。此外，2020 年以来主要欧洲国家对新能源汽车尤其是 BEV 车型补贴力度明显加大，鼓励车企发展纯电动技术路线。

表 11 欧洲各国购车补贴政策

国家	购车补贴政策
荷兰	购买电动车免注册费、路政税等费用，特定城市单独奖励 5,000 欧元补贴，阿姆斯特丹等城市，市政府还额外补贴 5,000 欧元。售价在 4.5 万欧元以下的车型每辆补贴 4500 欧元。6 月-2025 年新增 4000 欧元补贴
挪威	购买电动车免除所有税费（包括 25% 的增值税），且不用缴纳城市通行费和公共停车场的停车费，进口电动车会免除进口关税，还可使用公交车专用道
德国	7 月 1 日-年末，增值税率从 19% 下调至 16%，NEV 补贴增加，4 万欧元以下的 BEV 车型补贴从 6000 欧元提升至 9000 欧元，4~6.5 万欧元的 BEV 车型补贴从 5000 欧元提升至 7500 欧元；4 万欧元以下的 PHEV 车型从 4500 欧元提升至 6750 欧元，4~6.5 万欧元的 PHEV 车型由 3750 欧元提升至 5625 欧元。3) 公司车辆税优化对价格的限制从 4 万欧元提升至 6 万欧元，享受 0.25pct 的优惠（燃油车为 1pct）
英国	购买二氧化碳排放少于 50g/km 及续航里程高于 70 英里的电动车和混合动力车可享受乘用车补贴 4,500 欧元或商用车补贴 8,000 欧元；续航里程少于 70 英里、二氧化碳排放放在 50g/km 至 75g/km 之间、售价 6 万欧元以内的插电式混合动力汽车可获得 2,500 欧元补贴。BEV 车型置换最高补贴 6000 英镑
法国	置换 BEV 车型补贴 5000 欧元，置换 PHEV 车型补贴 2000 欧元；4.5 万欧元以下的 BEV 车型补贴从 6000 欧元提升至 7000 欧元，4.5~6 万欧元的 BEV 车型补贴保持 3000 欧元不变；5 万欧元以下的 PHEV 车型新增补贴 2000 欧元；对于二氧化碳排放少于 20g/km 的电动车及混合动力车可享 6,00 欧元的补贴；购买二氧化碳排放放在 21g/km 至 60g/km 之间的混合动力车可享 1,000 欧元的补贴；购买二氧化碳排放放在 61g/km 至 110g/km 之间的混合动力车最高可享 750 欧元的补贴，对于二氧化碳排放量低于 60g/km 的车辆无需缴纳公司汽车税；如果废弃车龄 10 年以上的柴油车，置换纯电动可享受 6,300 欧元的补贴，置换插电式混合动力车可享受 2,500 欧元的补贴
西班牙	购买电动乘用车最高可享 5,500 欧元的补贴，电动卡车可享 8,000 欧元的补贴，电动巴士可享 20,000 欧元的补贴。置换 BEV 车型最高补贴 5000 欧元，PHEV 根据二氧化碳排放量，最高补贴 2500 欧元，如果置换年龄 20 年以上车型可以增加 500 欧元补贴
瑞典	购买二氧化碳排放少于 50g/km 的插电式混合动力车可享 20,000 克朗的补贴，纯电动车可享 40,000 克朗的补贴
爱尔兰	购买新能源电动车最多可享 5,000 欧元的补贴
葡萄牙	纯电动车可享 2,250 欧元（约 1.8 万元）补贴，插电式混合动力车可享 1125（约 9 万元）欧元补贴

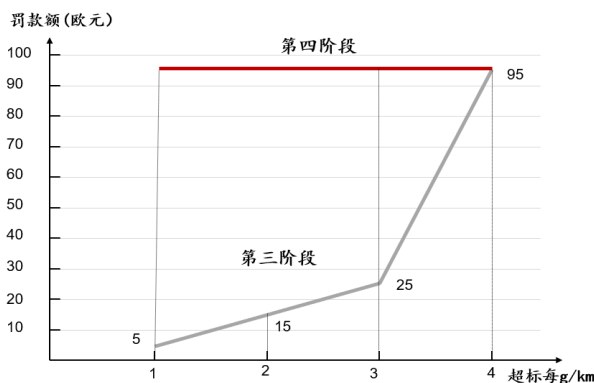
资料来源：汽车之家等，华西证券研究所

图 45 欧洲低排放汽车可折算车辆系数



资料来源：欧盟委员会，华西证券研究所
注：参考政策 Regulation (EU) 2019/631

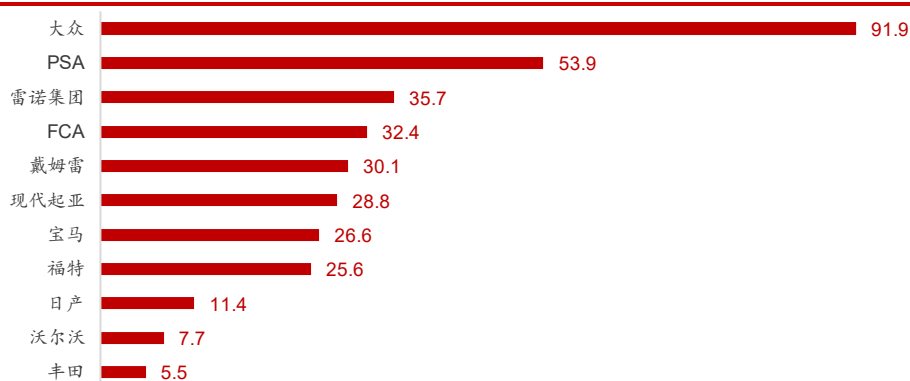
图 46 欧洲第三阶段和第四阶段超标罚款额对比



资料来源：欧盟委员会，华西证券研究所
注：参考政策 Regulation (EU) 2019/631

4) 罚款额度增加迫使企业加快排放技术革新。2015 年启动的第三阶段排放政策实行梯度罚款，超过标准的第 1g/km 罚款 5 欧元，第 2g/km 罚款 15 欧元等。而第四阶段则统一为乘用车每超限 1g/km 罚款 95 欧元，货车罚款 120 欧元。罚款政策趋严迫使企业尽快落实减排措施。

图 47 欧洲车企可能面临的碳排放超标罚款（亿欧元）



资料来源: Jato Dynamics, 华西证券研究所

注: 罚款是基于 2018 年公布的碳排放数值并假设到 2021 年仍维持该水平计算的

5) **电动化成为欧洲车企应对碳排放的最佳选择。**相比于中国和美国, 欧洲的电动化进程较慢, 此前车企更愿意依赖传统技术的升级来应对减排, 但随着 2020 年开始迎来全球最严碳排放目标, 我们认为加大投放新能源汽车型将成为欧洲车企的最佳选择, 电动化趋势不可挡。

2.2. 标杆车型及电动平台引领市场技术趋势

2.2.1. 特斯拉: 明星车型 Model 3 示范引领技术趋势

高端车型定义品牌, 中端车型销量顺利爬坡逐步兑现业绩。从车型布局来看, 2008 年特斯拉以个性化车型 Roadster 切入电动车市场; 随后 2012 年、2015 年上市的 Model S、Model X 作为高端电动车奠定了公司作为豪华品牌的基础; 2017 年、2020 年中端车型 Model 3、Model Y 上市, 刷新爆款电动车销量纪录。

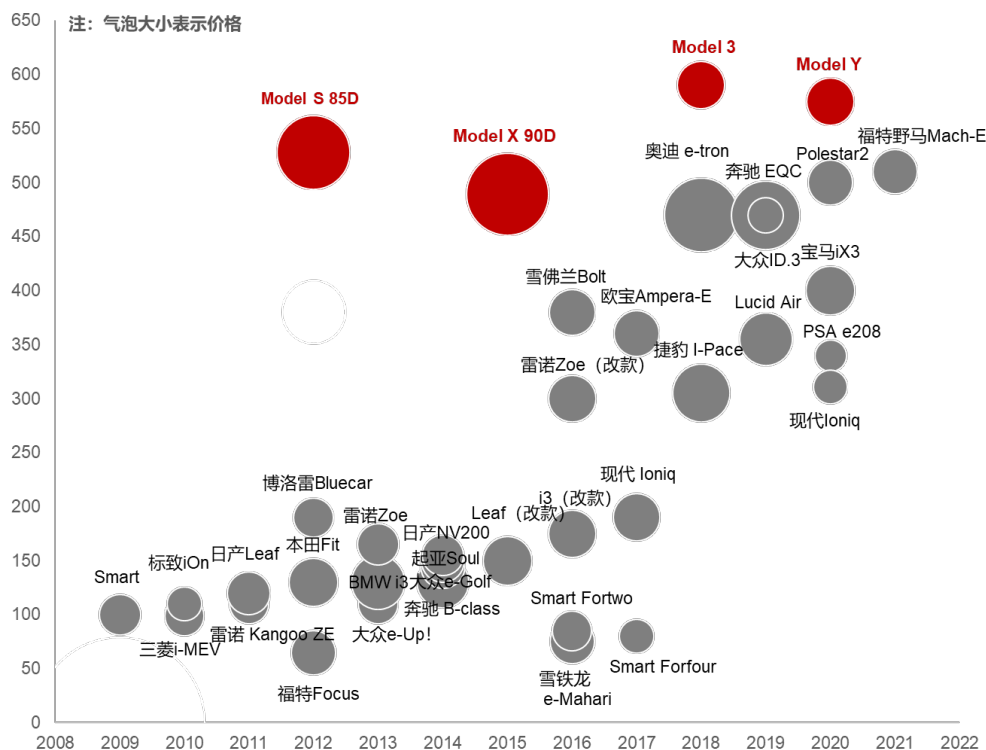
图 48 特斯拉整车布局



资料来源: 特斯拉官网等, 华西证券研究所

从高端到中端，技术水平始终引领行业。从定义品牌的高端车型 Model S/X，到兑现销量、业绩的中端车型 Model 3/Y，特斯拉始终坚持对电动车产品性能的极致追求，各车型的续驶里程、加速性能等核心参数均处于同级别最高水平，技术水平引领行业。

图 49 特斯拉及其他主流车型 BEV 想售价及续驶里程



资料来源：第一电动网等，华西证券研究所

国产化进程不断超预期，开启新能源汽车 3.0 时代。特斯拉国产化项目推进速度迅猛：

2018 年 7 月，特斯拉与上海市政府达成协议，在临港建立特斯拉中国工厂；

2019 年 1 月，上海超级工厂（一期）正式开工；

2019 年 11 月，特斯拉（上海）进入工信部第 325 批《道路机动车辆生产企业及产品公告》。

2020 年 3 月，国产标准续航升级版 Model 3 交付；

2020 年 5 月，国产长续航版 Model 3 交付；

2020 年 6 月，采用宁德时代磷酸铁锂电池的 Model 3 进入工信部目录。

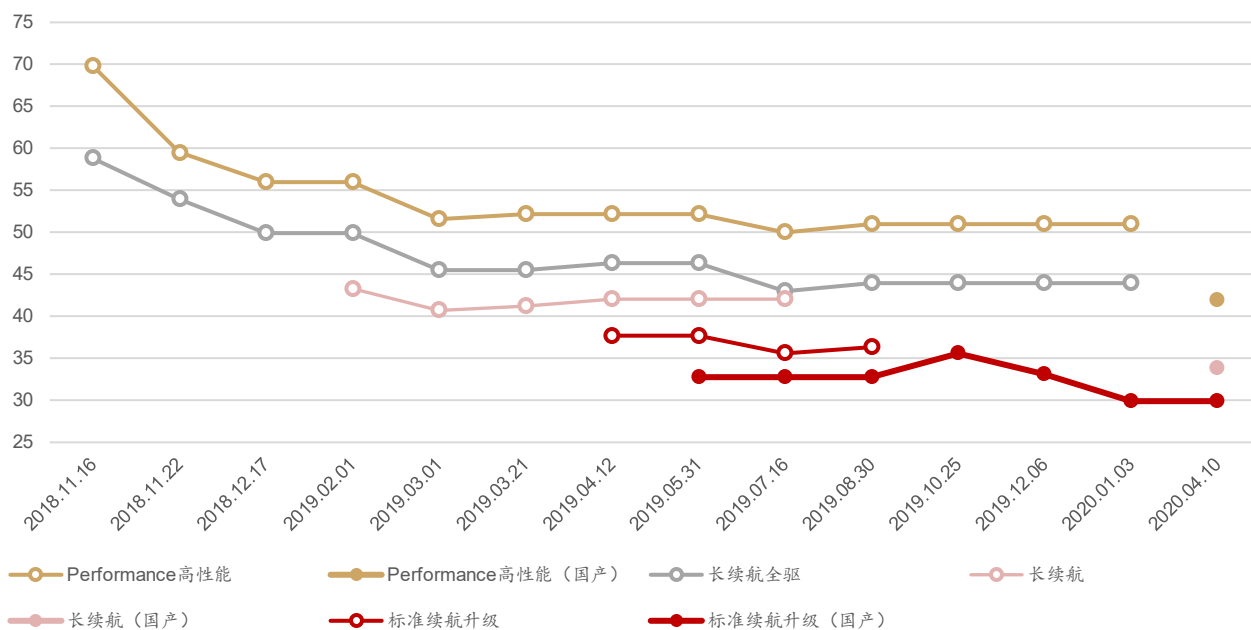
图 50 特斯拉国产化进程



资料来源：华西证券研究所

国产后较进口车型售价下降近 20%，性价比显著提升，预计随零部件国产化比例提升仍有降价空间。相比于进口车型，国产标准续航升级版 Model 3 补贴后售价较进口车型停售前价格下降 18%，国产长续航版 Model 3 补贴后售价较进口车型停售前价格下降 19%，性价比显著提升。国产长续航版 Model 3 动力性能优于 BBA 同级别高功率版车型，国产后定价显著低于 BBA 竞品；Performance 高性能版 Model 3 动力性能优于 BBA 同级别性能车，国产后定价比 BBA 竞品低 50% 以上，性价比优势突出。相比于传统车企，特斯拉采用直销模式，车型定价机制灵活，Model 3 在中国上市一年半以来已多次官方调价，原因包括关税税率变动、海外售价调整、促销等，预计随着零部件国产化比例提升仍有降价空间，预计 Model 3 在中国市场潜在年销量超过 30 万辆。

图 51 特斯拉 Model 3 官方调价历史（万元）



资料来源：特斯拉官网，工信部，华西证券研究所

表 12 国产 Model 3 与燃油竞品参数对比

车系	奔驰 C 级	宝马 3 系	奥迪 A4L	特斯拉 Model 3		
车型	C300 运动版	330i M 运动曜夜	45TFSI 运动	标准续航升级	长续航版	Performance
指导价 (万元)	45.08	37.99	40.18	29.905	33.905	41.98 (补贴前)
最大功率 (kW)	190	190	175	185	220	340
最大扭矩 (Nm)	370	400	370	375	416	639
零百加速 (s)	6.2	6.2	6.5	5.6	5.3	3.4
最高车速 (km/h)	250	250	239	225	225	261
驱动形式	后驱	后驱	四驱	后驱	后驱	四驱
ADAS 配置	并线辅助、车道偏离预警、车道保持、主动刹车、疲劳驾驶提醒、自动泊车	主动刹车、疲劳驾驶提醒、自动泊车	自动泊车	并线辅助、车道偏离预警、主动刹车、全速自适应巡航 (选装完全版 AP: 自动泊车、自动辅助变道、自动辅助导航驾驶、智能召唤)		

资料来源: 汽车之家, 华西证券研究所

表 13 国产 Model 3 核心参数

版本	标准续航升级版-松下	标准续航升级版-LG 化学	长续航版-LG 化学	铁锂版-宁德时代
配置 ID	NC486907	NC486921	NC501526	NC
外廓尺寸长 (mm)	4694			
外廓尺寸宽 (mm)	1850			
外廓尺寸高 (mm)	1443			
总质量 (kg)	2017	2017	2184	2170
整备质量 (kg)	1614	1614	1745	1745
最高车速 (km/h)	225			
30 分钟最高车速 (km/h)	180			
续驶里程 (km, 工况法)	455	445	668	468
电池系统能量密度 (Wh/kg)	153.00	145.00	161.00	125.00
工况条件下百公里耗电量 (Y) (kWh/100km)	12.50	12.40	12.80	12.60
储能装置种类	三元锂电池	三元锂电池	三元锂电池	磷酸铁锂电池
驱动电机类型	永磁同步电机			
驱动电机峰值功率/转速/转矩 (kW / r/min / N.m)	202/5000/404			

资料来源: 工信部官网, 华西证券研究所

平台化助力, 特斯拉新车型量产节奏不断加快。随着生产工艺、零部件配套体系、车型平台化战略趋于成熟, 特斯拉新车型从发布到交付的时长明显缩短, 最长的 Model X 耗时 3 年 7 个月, 交付时间从 2013Q4 多次跳票至 2015Q3; Model Y 与 Model 3 共平台且共享超 75% 零部件, 从发布到交付仅用了 1 年时间。

特斯拉 Model Y 量产与交付进度不断超预期。Model Y 量产进程不断提前, 在 2019Q1 车型发布时, 特斯拉预计 Model Y 将于 2020Q3 交付; 2019 年 10 月, 特斯拉将 Model Y 的交付时间提前至 2020 夏季; 2020 年 1 月, Model Y 的交付时间再次提

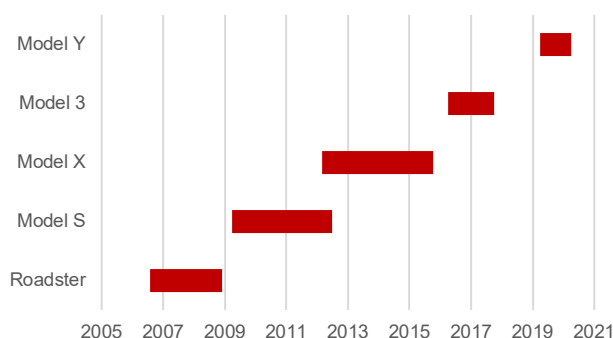
前至 2020Q1 末；根据特斯拉官网消息，Model Y 已于 2020 年 3 月开始率先交付美国市场。

图 52 特斯拉 Model Y 量产进程



资料来源：华西证券研究所

图 53 特斯拉各车型发布到交付时间



资料来源：evobsession，华西证券研究所

表 14 特斯拉 Model Y 与 Model 3 核心参数对比

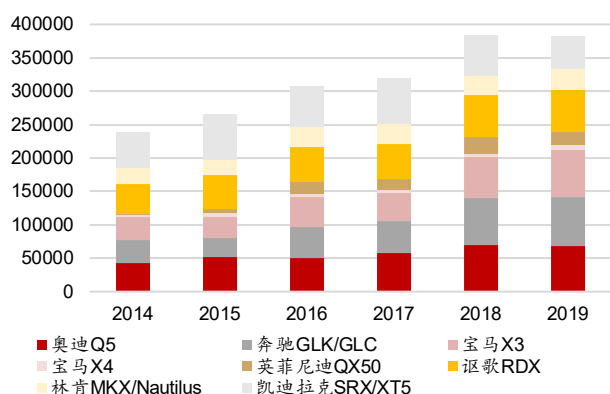
车型	特斯拉 Model 3	特斯拉 Model Y
类型	4 门 5 座中型轿车	4 门 5 座/7 座中型 SUV
长*宽*高 (轴距) (mm)	4694*1850*1443 (2875)	4751*1921*1624 (2890)
版本	Performance (双电机、AWD)	
最大功率/扭矩	580hp/652NM	
电池容量 (kWh)	75	
0-60mph (s)	3.2	3.5
极速 (mph)	162	145
EPA 续航里程 (mi)	322	315
起售价	5.699 万美元	6.099 万美元 (比 Model 3 贵约 7%)

资料来源：特斯拉官网，汽车之家，华西证券研究所

豪华中型 SUV 市场具有较好的成长性，特斯拉 Model Y 全球市场空间广阔。目前美国、西欧、中国的豪华中型 SUV 市场空间分别达到 38 万辆、36 万辆和 62 万辆，总体规模与豪华 B 级轿车相当，但相比之下豪华中型 SUV 在主要市场总体销量规模均维持较快的复合增速。考虑到：SUV 车型在美国、中国持续热销，SUV 车型在欧洲市场份额提升，中国豪华品牌乘用车渗透率持续提升，爆款诞生带动的市场扩容等，我们认为 Model Y 全球市场空间较 Model 3 更为广阔。

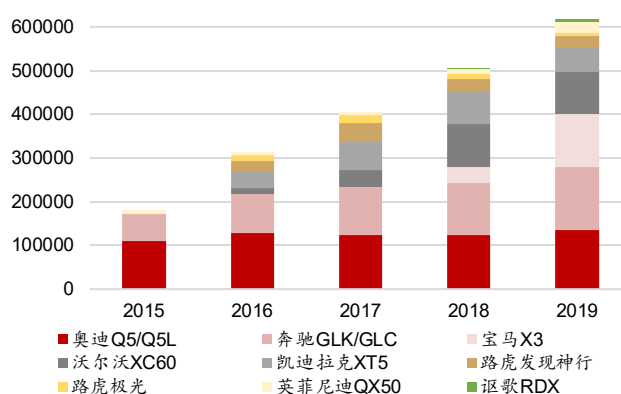
预计 Model Y 中国市场潜在年销量超过 40 万辆。目前上海工厂 Model Y 项目已于 2020 年 1 月正式启动，考虑到上海已有 Model 3 生产经验，我们预计国产 Model Y 交付时点有望提前至 2020Q4。参考 Model 3 对豪华中型轿车市场的扩容效应，中国市场 Model 3 的 BBA 竞品与 Model Y 的 BBA 竞品的销量比值，以及豪华中型 SUV 市场的成长性，我们预计 Model Y 上市后在中国市场潜在年销量将超过 40 万辆。

图 54 特斯拉 Model Y 主要燃油竞品美国销量 (辆)



资料来源: Marklines, 华西证券研究所

图 55 特斯拉 Model Y 主要燃油竞品中国销量 (辆)

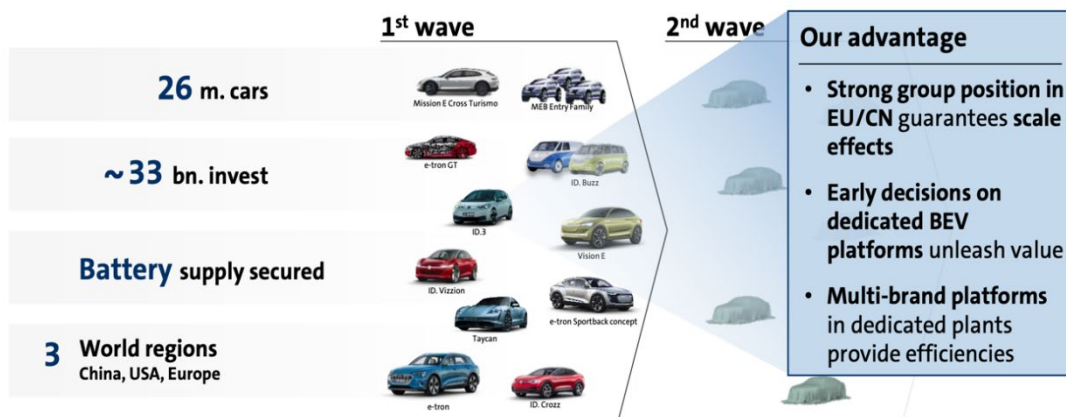


资料来源: Marklines, 华西证券研究所

2.2.2. 大众 MEB: 全面转型电动化 彰显海外龙头决心

制定 2025 战略, 明确电动化推进时间表。2016 年 6 月, 大众发布“TOGETHER Strategy 2025”, 提出在 2025 年之前推出 30 款电动车, 到 2025 年电动车的销量达到 200-300 万辆, 占总销量的 20-25%。计划 2023 年前投资 300 亿欧元用于汽车电动化升级, 到 2030 年欧洲与中国生产汽车中电动车占比超过 40%。

图 56 大众新能源车型产品线和销量规划



资料来源: 大众官网, 华西证券研究所

打造三个全新纯电动专用平台, 彰显电动化转型决心。在整车制造方面, 大众打造了三个全新的纯电动专用平台, 分别为 MEB、PPE 以及 SPE。其中:

- 1) MEB 为紧凑型纯电动平台 (大众、斯柯达、西雅特、奥迪共享);
- 2) PPE 为中大型纯电动平台 (保时捷与奥迪贡献);

3) SPE 为高性能纯电动平台 (保时捷与奥迪、兰博基尼共享, 生产奥迪 e-tron GT/保时捷 Taycan 等车型)。

德国工厂启动生产, 上汽大众首辆 ID. 下线, 大众集团电动化时代开启。2019 年 11 月, 大众汽车在茨维考工厂举行了 MEB 平台首款车型 ID. 3 生产启动仪式, 受海外疫情影响, ID. 3 的首批订单延迟到 2020Q3 交付。2019 年 11 月, 全球首个专为 MEB 平台打造的工厂上汽大众新能源工厂落成, 首辆 ID. 下线, 新工厂将于 2020 年 10 月正式投产, 规划年产能 30 万台。ID. 3 的正式交付和上海新能源工厂正式投产, 标志着大众集团全面电动化时代的正式开启。

图 57 大众 ID. 3 量产版外观



资料来源: 大众官网, 华西证券研究所

图 58 上汽大众 ID. 4 外观



资料来源: 易车网, 华西证券研究所

整车产能布局以 MEB 平台为核心, 2022 年建成 8 个 MEB 工厂。MEB 平台是大众转型新能源汽车的核心, 至 2029 年大众规划累计销售 2,600 万辆纯电动车, 其中约 2,000 万辆纯电动车将在 MEB 平台生产。2022 年大众将建成 8 家 MEB 工厂:

1) 美洲: 大众汽车将投资 8 亿美元 (6.9 亿欧元) 在美国 Chattanooga 建设工厂, 第一款电动汽车将于 2022 年投产;

2) 欧洲: 位于德国 Zwickau 的工厂于 2019 年底试生产, Emden、Hanover、Dresden 和 Mlada Boleslav 的工厂也将生产电动车, 将与 Zwickau 一起组成欧洲最大的电动汽车生产联盟。

3) 亚太: 上汽大众安亭工厂和一汽大众佛山工厂自 2020 年开始生产 MEB 平台车型。

表 15 大众集团 MEB 平台产能分布

地区	产能	生产计划	
美国	查塔努加	18 万 (计划 20 万)	ID. Crozz (2022 年计划)、ID. Buzz (计划)
中国	上海安亭	30 万	计划投产 ID. 3
	广东佛山	60 万	ID 系列新能源车
德国	汉诺威	20 万	ID. Buzz (2022 年计划)
	茨维考	22 万 (计划 2020 年 33 万)	ID. 3、ID. 4、西雅特 EV EL-BORN (2020 预计)
	埃姆登	25 万	PHEV Golf GTE、Tiguan PHEV、e-Golf、Taracco PHEV (2020 年计划)
	德累斯顿	2 万	e-Golf、ID. 3 (2020 年计划)
捷克	布拉什拉夫	20 万	ENYAQ iv、SUPERB iv

资料来源: Marklines, 车质网, 华西证券研究所

外采、股权投资与合资相结合, 多维度保障动力电池供应。现阶段 MEB 平台动力电池以外采为主, 大众在欧洲、美国和中国分别选定了 MEB 平台动力电池主供应商。为保障动力电池稳定供应, 大众也参股、合资了多家动力电池企业, 包括 Northvolt、国轩等。

表 16 大众的动力电池布局情况

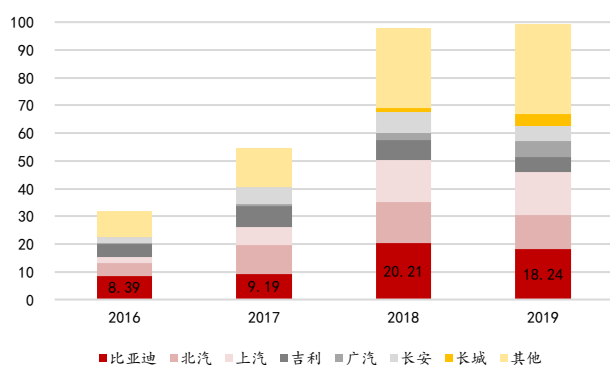
模式	具体情况
外部采购	1) 欧洲: LG 化学、三星 SDI 为主 2) 中国: 宁德时代等 3) 美国: SK 等
合资	1) 2019 年 9 月, 大众与 Northvolt 成立合资公司 (各 50% 股权), 该电池厂位于德国 Salzgitter, 产能规划 16GWh (可能扩张至 24GWh), 2023 年投产 2) 2018 年 6 月, 大众与美国的固态电池企业 QuantumScape 成立合资公司, 共同研究固态电池技术
投资	1) 2019 年 6 月, 大众投资 9 亿欧元给 Northvolt, 持股比例约 20%, 占有一个董事会席位 2) 2020 年 5 月, 大众投资国轩高科, 成为国轩高科第一大股东, 持股比例为 26.47%。大众交易完成后, 国轩定增金额 73 亿元用于高性能电池及高镍三元正极材料建设项目, 预计新增 16GWh 高比能锂电池产能及 3 万吨高镍三元正极材料产能。 3) 大众在 2014 年时已经持有固态电池企业 QuantumScape 5% 的股权, 2018 年 6 月追加投资 1 亿美元, 2020 年 6 月再次追加投资 2 亿美元, 计划在 2025 年之前将固态电池技术推向市场
自产/自研	2019 年 9 月, 电池卓越中心开设一条动力电池试生产线, 大约 300 名专家参与开发

资料来源: 高工锂电等, 华西证券研究所

2.2.3. 比亚迪: e 平台+智能化 始现差异化竞争优势

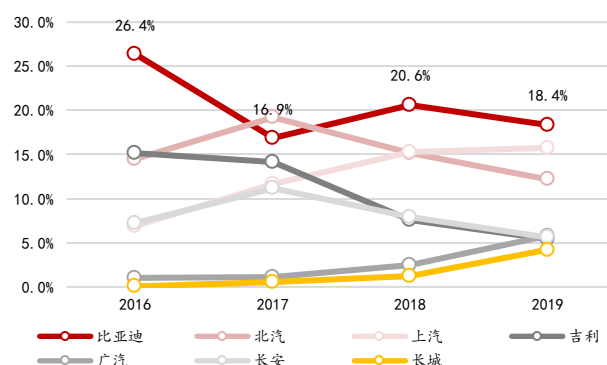
市占率保持第一, 新能源乘用车龙头地位稳固。比亚迪新能源乘用车行业龙头地位稳固, 根据工信部合格证产量, 过去 4 年中仅 2017 年比亚迪被北汽新能源短暂超越 (受政策因素影响, 北汽新能源 EC 系列 A00 级车型在 2017 年热销); 2018 年市占率恢复至 20% 以上; 2019 年过渡期后用于运营的新能源乘用车需求萎缩, 比亚迪市占率短期下滑, 但 2019 全年仍达到 18.4%, 市占率保持行业第一。

图 59 主流车企新能源乘用车产量（万辆）



资料来源：工信部合格证，华西证券研究所

图 60 主流车企新能源乘用车市占率（%）



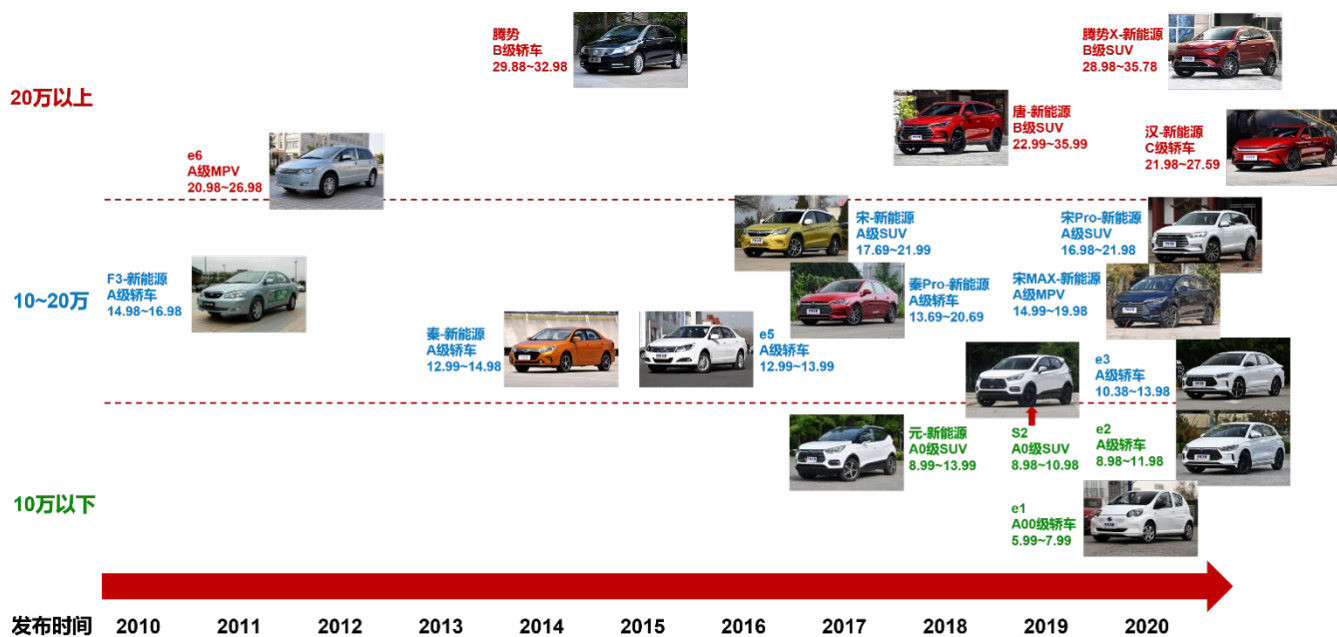
资料来源：工信部合格证，华西证券研究所

e 平台定义未来汽车硬件新标准，科技引领智能化发展。e 平台是比亚迪纯电动汽车的高阶孵化器，基于 e 平台打造的多款王朝系列 EV 车型和 e 系列车型已经推向市场，标志着比亚迪向纯电动汽车零部件一整套集成化解决方案领域全面迈进。旗舰车型“汉”配置全新智能科技，车机采用 DiLink 3.0 智能网联系统，人机交互体验行业领先，DiPilot 系统实现 OTA 升级，可通过手机 NFC 解锁，并遥控空调、车窗、后备厢、座椅加热和通风等。

新产品周期全面开启，产品布局向两极扩展，市占率有望触底回升。2020 年 7 月，比亚迪旗舰轿车“汉”上市，各项性能指标均达到同级别标杆水准，目前在手订单不断攀升，带动新能源汽车销量与品牌价值向上。比亚迪以 A 级轿车 F3DM 双模电动车切入新能源乘用车领域，2018 年以来为了适应更多个人消费者的需求，公司加强了对高端车型和高性价比车型的开拓，产品布局更加贴近个人消费者需求，市占率有望触底回升。目前已经形成了从高到低的 3 个产品序列：

- 1) **腾势品牌**：融合比亚迪电能科技和戴姆勒整车制造经验，塑造更具质感与格调的高端电动车产品；
- 2) **王朝系列**：注重技术与极致性能的体验，针对 10-40 万元市场；
- 3) **e 系列**：偏向年轻化、智能化和性价比，针对 5-15 万元纯电动汽车市场。

图 61 比亚迪新能源车型布局



资料来源：汽车之家，华西证券研究所

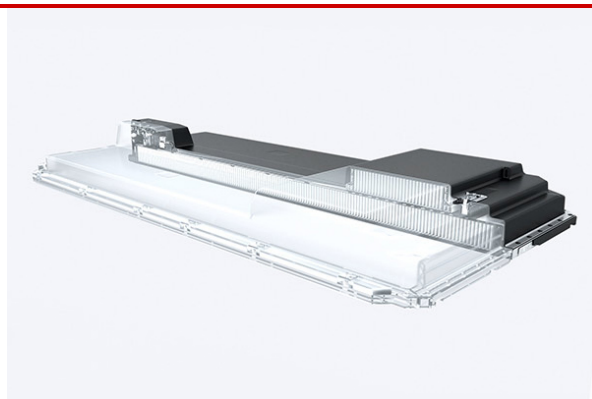
动力电池技术研究取得突破，技术水平跻身行业一线，外供打开成长空间。动力电池自供是比亚迪在新能源汽车领域的核心竞争力之一，目前比亚迪动力电池技术水平、装机量均处于行业领先水平。2020年3月，比亚迪发布全新一代电芯“刀片电池”，体积利用率、安全性大幅提升，成本大幅下降，体积利用率提升到60%，系统能量密度提升到140Wh/kg，可以满足目前大部分车型需求。同时，自2020年以来，北汽新能源、长安福特等厂商多款搭载比亚迪动力电池的新能源车型进入工信部新车公告，动力电池外供即将落地。比亚迪旗下的弗迪动力规划到2022年建成100GWh的动力电池产能，外供其他新能源车企有望成为公司动力电池重要的销售渠道。

图 62 比亚迪汉



资料来源：汽车之家，华西证券研究所

图 63 比亚迪刀片电池



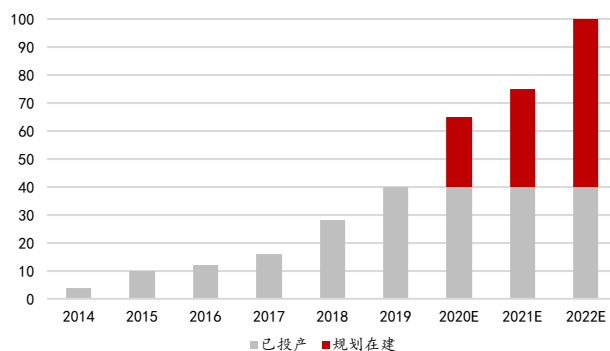
资料来源：比亚迪官网，华西证券研究所

图 64 比亚迪磷酸铁锂电池技术进展



资料来源：第一电动网，华西证券研究所

图 65 弗迪动力电池产能规划 (GWh/年)



资料来源：第一电动网，华西证券研究所

比亚迪在新能源汽车领域全面实现自主可控，三电技术获得海外巨头认可，有望向更多车企输出新能源汽车平台，实现全面对外开放。比亚迪是中国唯一在动力电池和 IGBT 等核心零部件领域实现自主可控的新能源车企，同时具备纯电 (EV) 和插电混动 (DM) 两条路线技术积累。目前比亚迪的新能源汽车平台技术已经得到戴姆勒、丰田认可，随着新能源整车平台输出在全球范围内逐步成为主流，比亚迪有望向更多车企输出新能源汽车平台，实现全面对外开放，打开更广阔的成长空间。

2.3. 汽车智能化的最佳载体是新能源汽车

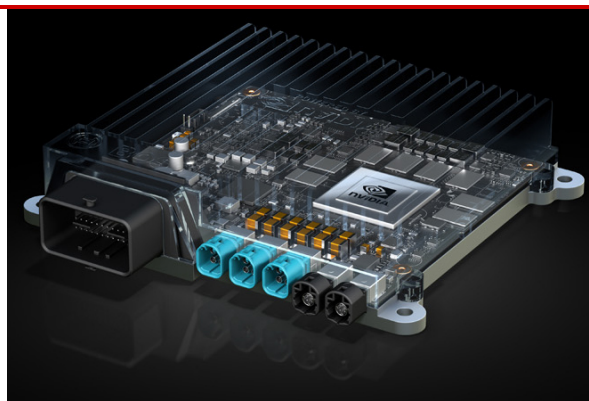
智能网联技术发展推动汽车电子产品功率提升。随着智能网联技术的发展，车辆配备的与自动驾驶/辅助驾驶功能相关的激光雷达、毫米波雷达、摄像头等各类传感器的使用数量增加，与车联网/人机交互功能相关的液晶屏使用数量增加，车载芯片的运算能力 (以英伟达自动驾驶芯片系统 Xavier 为例，配备定制的 8 核 CPU、512 核 Volta GPU、2 个深度学习加速器，整个系统包括 90 亿个晶体管) 和通讯设备的复杂程度大幅提升，汽车电子产品的功率也随着车辆智能化、信息化的推进而提升。以自动驾驶技术为例，根据国际自动机工程学会的统计，目前高级别自动驾驶测试车辆的自动驾驶系统功率在 2.5kW 左右；根据博格华纳的研究，完全自动驾驶系统的功率在 2-4kW 之间，能耗与 50-100 台笔记本电脑相当。

图 66 腾讯自动驾驶测试车的传感器布局



资料来源：华西证券研究所

图 67 英伟达自动驾驶芯片系统 Xavier



资料来源：AnandTech，华西证券研究所

新能源汽车相比传统燃油车电气化水平更高，发展智能网联技术具有更好的基础。新能源汽车以电力驱动的内在此特性决定了其电气化水平整体高于传统燃油车，动力电池可以直接供电，线束和连接器可以承载的功率更大，车辆上可以布局更多的汽车电子设备，能够更好的适应车辆智能化、信息网的发展趋势。我们从保时捷 Taycan 和 Panamera 两款车型内饰的对比中可以直观的感受电动汽车在布局汽车电子设备方面的优势，Taycan 虽然车型定位低于 Panamera，但中控区域布置了 4 块可联动的大尺寸液晶屏，并取消了几乎全部实体按键，控制功能被集成在下方的 8.4 寸触控屏中。

图 68 保时捷 Taycan 中控



资料来源：汽车之家，华西证券研究所

图 69 保时捷 Panamera 中控



资料来源：汽车之家，华西证券研究所

线控技术是实现高级别自动驾驶的必要技术，而电动汽车是线控技术落地的最佳平台。在传统底盘技术中，当驾驶者做出踩下制动踏板/油门踏板、转动方向盘或踩下离合器踏板并拨动档位操纵器等动作时，力通过机械连接装置传导到执行机构，（在液压/气压等装置的辅助下）车辆完成相关动作；线控底盘系统的差别在于当驾驶者做出以上相关动作时，各个位移传感器将力信号转化为电信号，传导至 ECU 后计算出所需要的力，然后由电机驱动执行机构完成相关动作。

线控底盘系统取消了大量的机械连接装置及液压/气压等辅助装置，一是有助于车辆实现轻量化，二是减少了力在传导过程中能量的损耗，三是可磨损部件减少维护成本降低。此外线控底盘系统还具有**响应速度快、控制精度高**的特点，可以满足高级别自动驾驶技术的要求，提升安全性。基于新能源专用平台设计、生产的新能源汽车底盘经过重新设计，可以更好的适应各线控装置的布局，同时更高的电气化水平可以有效支撑线控底盘系统的正常运行。

图 70 线控底盘系统所包括的主要技术



资料来源：华西证券研究所

图 71 博世 iBooster 线控制动系统



资料来源：公司官网，华西证券研究所

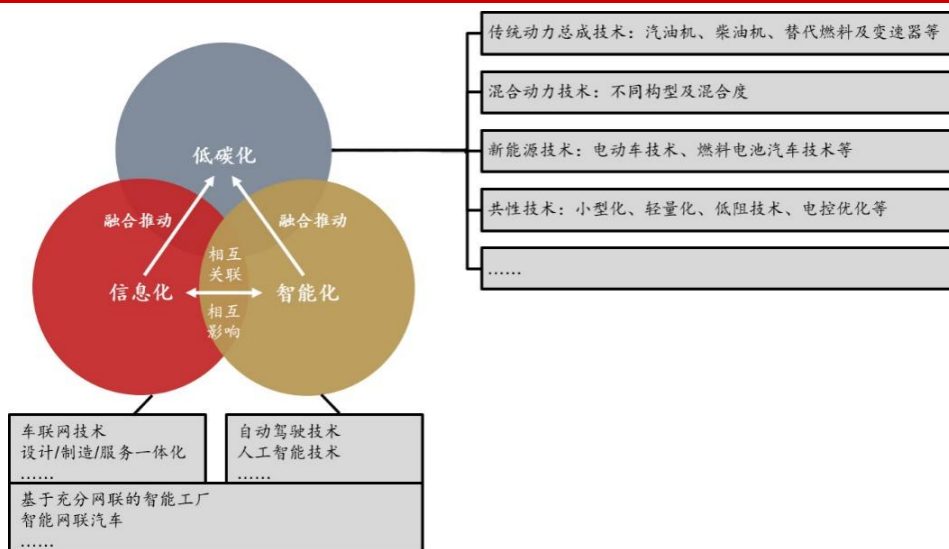
表 17 L2 以上智能驾驶涉及车辆操作，线控底盘系统是必要技术

自动驾驶等级	功能特征						
L0: 无智能化	驾驶员直接操控底层结构						
L1: 辅助驾驶	LDWS 车道偏离警告	TLR 交通信号灯识别	NV 夜视系统	DDD 驾驶员疲劳探测	FCWS 正面碰撞警告	BLIS 盲点探测	ALC 自适应灯光控制
	TMC 实时交通系统	ISA 电子警察系统		AVM 全景驾驶辅助		TPMS 胎压监测	HUD 抬头显示
L2: 半自动驾驶	ABS 防抱死系统	AP 自动泊车系统	AEB 紧急自动刹车	ELA 紧急车道辅助	ESP 车身稳定系统	EBD 电子制动力分配	电子差速锁止
	BAS 制动辅助系统	全自动泊车系统	智能车速辅助	后向驾驶辅助		TCS/ASR 牵引力控制系统	LDWS 车道辅助转向
	VCS 车联网	ACC 自适应巡航	LCA 车道保持与跟踪	CAS 预碰撞系统	EVW 电动汽车报警	PPS 行人保护系统	转向及穿行辅助
		HDC 下坡控制系统					
L3: 高度自动驾驶 (特定环境下自动驾驶)	编队行驶						
	主动避碰	主动超车、变道	车辆交汇	汇入/离开车流	全局/局部路径规划		
L4: 全工况无人驾驶	全路况、全天候、无人介入驾驶						

资料来源：美国高速公路安全管理局，华西证券研究所

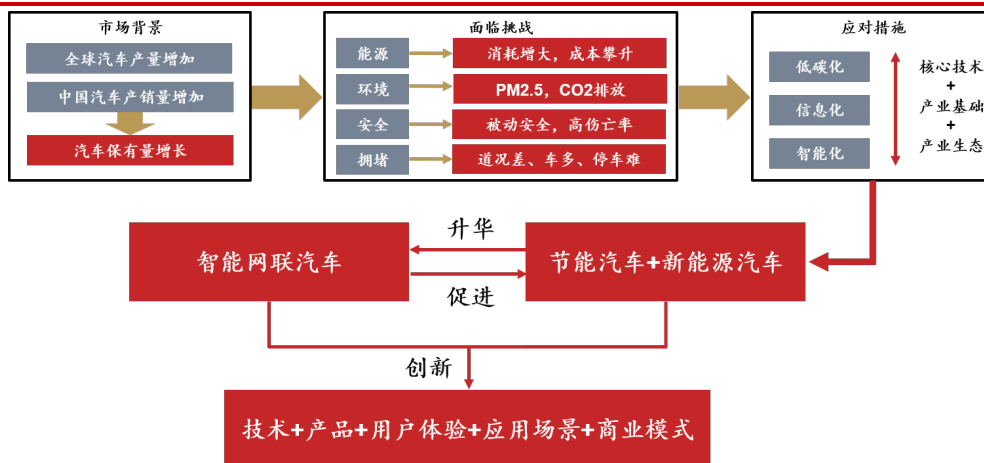
电动化与信息化、智能化融合发展，共同推动汽车技术颠覆性进步。汽车技术的电动化与信息化、智能化趋势既有各自的独特内涵，又有紧密的相互联系。电动汽车是智能网联技术的最佳载体，同时高度智能网联的汽车产品将实现更大程度的节能减排，从而使汽车低碳化技术发挥更大的效用。新能源汽车长期的发展趋势是与信息化、智能化走向融合，三者将共同推动汽车技术的颠覆性进步。

图 72 新能源发展趋势与信息化、智能化走向融合



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图》，华西证券研究所

图 73 新能源技术与信息化、智能化相互促进



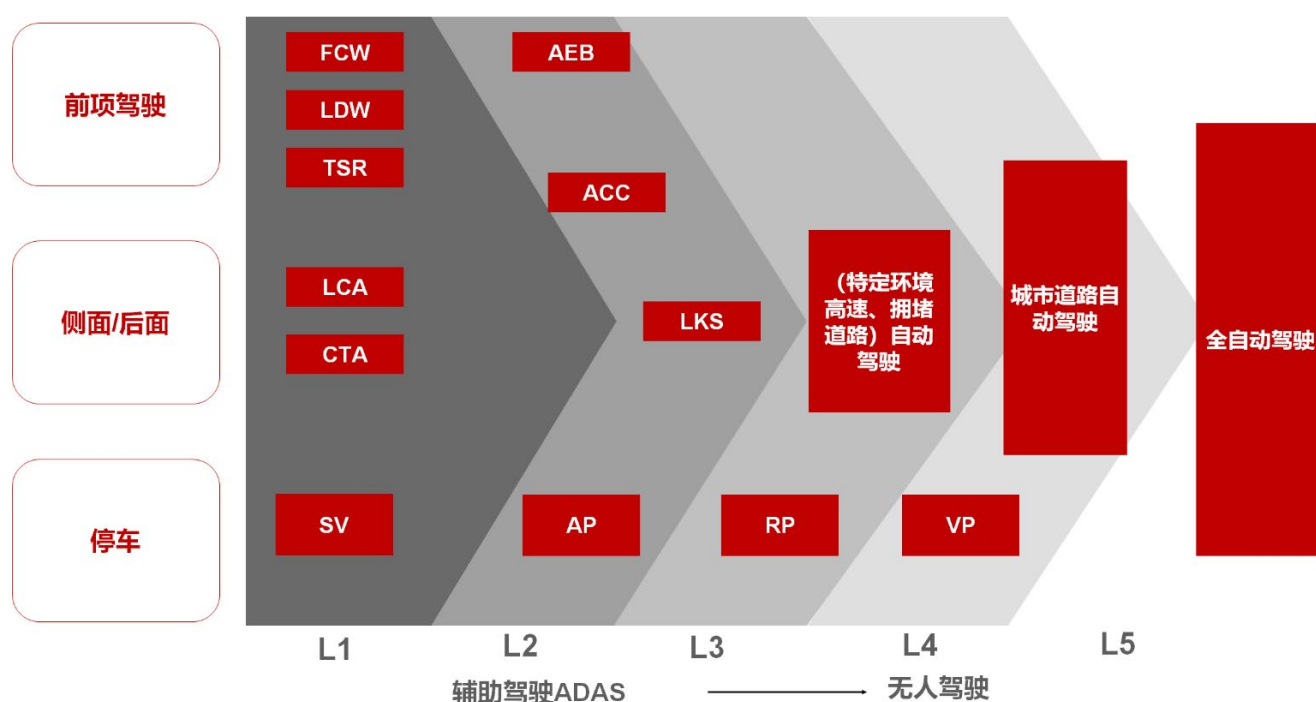
资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图》，华西证券研究所

3. ADAS：强制标配+成本下降 渗透率加速提升

ADAS (Advanced Driver Assistance System), 即高级驾驶辅助系统, 是利用摄像头、雷达、激光和超声波等传感器, 在行驶过程中瞬时的感应收集周围环境数据, 对障碍物进行辨识、侦测与追踪, 并结合导航仪地图数据进行系统的运算分析, 预先为驾驶者判断可能发生的危险, 并对车辆进行制动控制的安全技术。ADAS 是包括前车防撞预警 FCW、自适应巡航 ACC、自动紧急刹车 AEB 等多种技术的融合。

目前行业正处于由 L2 辅助驾驶向 L3 以上迈进的阶段, 随着政策强制标配叠加传感器、芯片等核心部件成本下降, ADAS 渗透率有望加速提升, 预计 2025 年市场规模有望突破 1500 亿元。其中新能源汽车 ADAS 市场规模增速更快, 预计 2020 年 350 亿元, 2025 年突破 1,000 亿元。

图 74 目前正处于 L2 向 L3+迈进阶段



资料来源：华西证券研究所

表 18 ADAS 主要技术及功能

ADAS 主要技术	具体功能
FCW-前方碰撞预警	能够通过雷达系统来时刻监测前方车辆, 判断本车于前车之间的距离、方位及相对速度, 当存在潜在碰撞危险时对驾驶者进行警告
LDW-车道偏离警示	感知前方道路线, 偏离道路时提醒驾驶员
TSR-交通标识识别	提前识别和判断道路交通标识
AEB-自动紧急制动	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-自适应巡航	根据周围车辆与自身的车距及速度关系, 对车辆行驶状态控制, 保持安全距离
AP-自动泊车	自动监测车辆周围障碍物及距离, 将汽车驶入停车位

资料来源：华西证券研究所

3.1. 欧美日标配 AEB 中国商用先行

自动驾驶的标准化逐渐在全球范围内展开，各国自 2014 年起陆续将 AEB (Automatic Emergency Braking, 自动紧急制动) 纳入汽车产品考核评分列表中，助推 AEB 的普及：

- ✓ 欧盟：2014 年初，欧盟新车安全评鉴协会 (Euro NCAP) 正式将 AEB 纳入评分体系，没有配备 AEB 的车型将很难获得 5 星级评价。从 2015 年 11 月 1 日开始，欧洲新生产的重型商用车强制安装 LDW (Lane departure warning system, 车道偏离警示) 及 AEB。
- ✓ 美国：2014 年美国公路安全保险协会 (IIHS) 的碰撞测试引入预碰撞系统 (Front Crash Prevention) 评价体系，并明确规定，如果车辆不具备前方碰撞预警系统或自动紧急制动功能，不能获得最高的“TOPSAFETY PICK+”评价；2015 年美国交通部 (NHTSA) 宣布从 2018 年开始，标配 AEB 是新车获得五星评价的必要条件。
- ✓ 日本：日本新车安全评鉴协会 (JNCAP) 首度进行了预碰撞安全系统测试，针对 AEB 和 LDW 进行安全评估。
- ✓ 中国：中国早在 2014 年的世界 NCAP 大会上便提出了 2018 年 C-NCAP 标准或将 AEB 加入测试内容。2019 年 7 月中国安全产业协会制定《商用车自动紧急制动系统 AEBS 后装技术规范 and 性能测试要求》，开始建立标准体系。

各国再陆续出台法规强制标配 AEB：

- ✓ 美国：2016 年 3 月，美国 NHTSA 与通用、丰田等 20 家车企 (占美国市场 99% 以上) 达成协议，**2022 年前在美销售所有新车安装 AEB**。NHTSA 表示，2019 年，特斯拉、沃尔沃、奥迪和梅赛德斯四家车企经过一致协商，已自主完成配套，比计划提前 3 年完成。
- ✓ 欧盟+日本：联合国欧洲经济委员会于 2019 年 2 月宣布，日本和欧盟等 40 个国家 (不包括中美) 达成一致意见，**最早从 2020 年起要求新款乘用车及轻型商用车配套 AEB** (以时速低于 60 kph/42 mph 的低速行驶为对象)。
- ✓ 中国：2018 年 4 月起，9 米以上客车需要装配 FCWs；2019 年 4 月起，9 米以上营运客车强制安装 AEB。

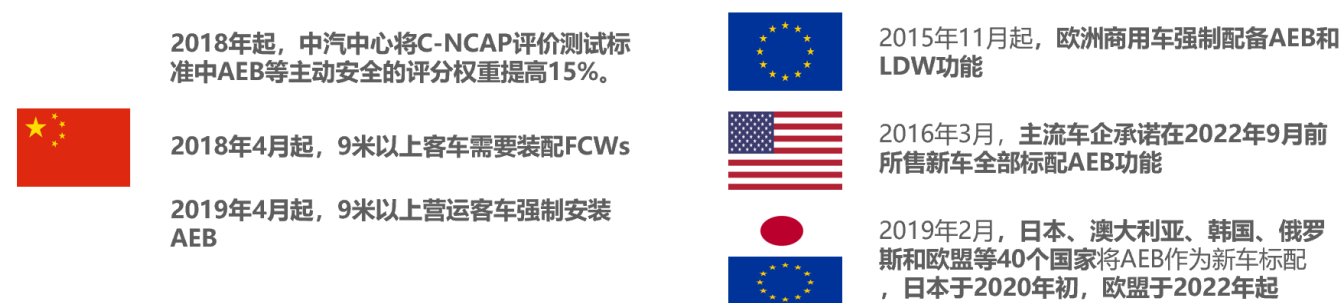
表 19 全球主要国家地区 ADAS 政策

国家地区	发布时间	具体政策
美国	2015. 11	NHTSA：从 2018 年起重新调整五星级评价制度，配备 AEB 是新车获得五星评价的必要条件。
	2016. 03	NHTSA 与通用、丰田等 20 家车企 (占美国市场 99% 以上) 达成协议：2022 年前，在美销售所有新车安装 AEB。
	2017. 09	NHTSA 联合美国交通部发布了《美国自动驾驶指导方针》更新版，各州及地方政府、车企可根据其指导原则进行自动驾驶汽车的生产、测试活动。
	2018. 02	美国加州行政立法办公室投票批准了加州交管局的新规定，允许彻底无人的自动驾驶上路。
	2020. 01	美国白宫和交通部公布了最新自动驾驶汽车准则 4.0 (AV4.0)，该准则确立了自动驾驶在美国的领先地位，明确了自动驾驶的十大原则。
欧盟	2014. 01	欧洲新车碰撞测试中心 (E-NCAP) 将 AEB 和车辆前部防撞纳入评分体系。
	2015. 11	E-NCAP 宣布，将把行人探测及防撞纳入 2016 年的检测中；新生产的重型商用车要强制安装车道偏离警告系统及 AEB 系统。

	2019.02	联合国欧洲经济委员宣布，日本和欧盟等 40 个国家于强制导入 AEB 自动紧急刹车系统的草案达成协议。未来将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	2014.11	日本要求商用车必须配备 AEB 系统，将 AEB 纳入安全评分系统。
	2015.05	国土交通省将开始对装有自动刹车等系统的乘用车进行安全性能评级。
	2017.06	正式出台了由远程监控来控制系统的无人驾驶汽车公路测试许可标准。
	2019.11	日本已拟定方针，要将 2021 年改款新车标配 AEB 自动刹车辅助系统入法。除了一般车款外，还纳入轻自動車。
	2020.05	日本自动驾驶商业化研究会发布了 4.0 版《实现自动驾驶的相关报告和方案》，计划在 2022 年左右能在优先区域内实现只需远程监控的无人驾驶自动驾驶服务。
中国	2014.10	在世界 NCAP 大会上，中国汽车技术研究中心主任表示，2018 年 C-NCAP 标准或将 AEB 加入测试内容。
	2016.02	《机动车运行安全技术条件（修订稿）》明确指出 11m 以上客车需安装 LDW 和 FCW。
	2016.08	2016 自动驾驶汽车开发及测试技术研讨会上，工信部安全生产司副司长表示，AEB 国家标准已经完成立项和标准起草工作，预计 2017 年发布，2018 年加入 C-NCAP 标准。
	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。中国将于 2019 年 1 月 1 日起，在 M1 类车上将强制安装胎压监测，2020 年 1 月 1 号起，所有车将强制安装。
	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，要求 9 米以上营运客车必须具备车道偏离预警（LDW）和前方碰撞预警系统（FCW），并给出 13 个月过渡期。
	2017.04	出台《C-NCAP 管理规则（2018 年版）》，加入车辆自动紧急制动系统（AEB）试验，主要分为自动紧急制动系统（AEBCCR）试验和行人自动紧急制动系统（AEBVRU_Ped）。在安全评分体系中加入 FCW、AEB、LDW、PDS 等。
	2017.06	《智能网联汽车信息安全白皮书》中首次建立了智能网联汽车信息安全方法论，从本质层面解智能网联汽车信息安全之所急。
	2018.01	发改委发布《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》提出到 2020 年，智能汽车新车占比达到 50%，中高级别智能汽车实现市场化应用；到 2025 年，新车基本实现智能化，高级别智能汽车实现规模化应用；到 2035 年，中国将率先建成智能汽车强国。
	2019.02	中国安全产业协会制定《商用车自动紧急制动系统（AEBS）后装技术规范 and 性能测试要求》，开始建立标准体系。
	2019.07	工信部完成《道路车辆先进驾驶辅助系统（ADAS）术语及定义》、《道路车辆盲区监测（BSD）系统性能要求及试验方法》、《乘用车车道保持辅助（LKA）系统性能要求及试验方法》3 项汽车行业推荐性国家标准的制修订工作。

资料来源：Markline，华西证券研究所

图 75 全球主要国家关于安装 AEB 的相关规定



资料来源：各政府官网、IIHS 等，华西证券研究所

3.2. 产业链逐渐成熟 夯实基础

3.2.1. 感知层：摄像头和雷达成本下降

感知层是 ADAS/AD 车型的视觉信息输入来源，其具体解决方案主要是以在整车的前、后部及侧围布置摄像头及雷达的不同组合为主。以特斯拉为例，其感知系统主要以摄像头为主，毫米波雷达和超声波雷达为辅助，同时依托自研芯片的高效算力，基于大量真实路测数据来帮助核心算法提升，以满足不同级别自动驾驶的需要。

表 20 特斯拉感知层技术方案的迭代升级

	Autopilot 1.0	Autopilot 2.0	Autopilot 2.5	Autopilot 3.0
发布时间	2014.9	2016.10	2017.8	2019.4
自动驾驶级别	L2	L2+	L2+	L3
摄像头 CMOS	黑白	RCCG	RCCB	RCCB
前置摄像头	1 个	3 个（长焦：250m、中焦：150m、广角：60m）		
侧方前视摄像头	-	2 个（80m）		
后置摄像头	1 个	1 个（50m）		
侧方后视摄像头	-	2 个（100m）		
车内摄像头	-	-	-	1 个（Model 3）
超声波传感器	12 个（5m）	12 个（8m）		
毫米波雷达	1 个（160m）	1 个（170m）		

资料来源：盖世汽车，华西证券研究所

注：m 是距离单位米，表达摄像头及雷达的有效探测范围

多传感器融合是实现车辆环境感知的主流方式。特斯拉的感知层方案是以强大的算法来弥补激光雷达等高精度测绘数据缺失的不足，整体在性能及成本之间取得了合理的平衡，是业内成熟的方案之一。而其他更多的车企将根据自身的技术优势及研发资源侧重的不同，选择不同的传感器组合，雷达和摄像头等各类传感器在各自应用场景下实现特定功能，通过算法、软件、硬件有机结合为一个完整的系统体系，由此产生不同的自动驾驶感知层实现路径。

图 76 多传感器的融合趋势



资料来源：盖世汽车，华西证券研究所

表 21 不同自动驾驶级别对应雷达配置数量（个）

自动驾驶级别	超声波雷达	毫米波雷达	激光雷达
L0-L1	4-8	0-3	0
L2	8-12	3-5	0
L3	8-12	4-8	0-1
L4	8-12	6-12	1-3
L5	8-12	6-12	1-3

资料来源：亿欧智库，华西证券研究所

超声波雷达、毫米波雷达与激光雷达的特点和起始历史不同，三者在中国市场的发展境况各异。超声波雷达的行业门槛较低，功能有限价格低廉，在中国市场已经实现国产替代，中国厂商有较高的话语权。激光雷达的行业壁垒较高，且因为高级别自动驾驶发展节奏的没有预期那么快，激光雷达的普及率较低，其功能较强但价格暂时还处于高位，中国本土厂商与国外厂商起步时间相同，暂不存在明显差距。毫米波雷达功能较强，价格适中，行业壁垒较高，产业发展迅猛，奥托立夫、博世、大陆和德尔福等国外厂商占据主流，中国厂商有机会以更好的成本管控和更优的本地服务响应来逐步实现国产替代。

图 77 超声波/毫米波/激光雷达的特性比较



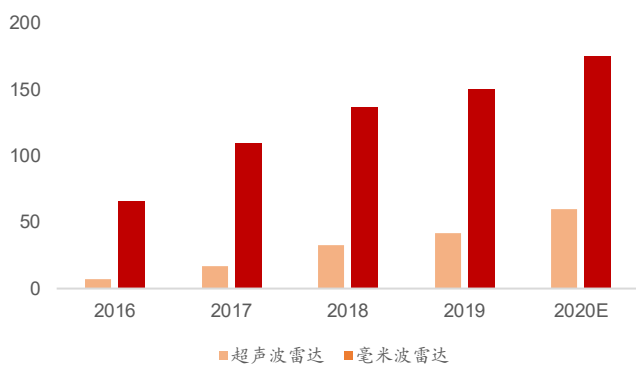
资料来源：亿欧智库，华西证券研究所

超声波雷达在 L1 到 L5 的自动驾驶领域均有应用场景，具备较高的性价比，较容易在中国市场落地。预计 2020 年中国车载超声波雷达市场规模将突破 60 亿元。

毫米波雷达具有国产替代的发展潜力，主要应用于 L2 及以上级别的自动驾驶，以较低价格实现部分自动驾驶功能，这在成本敏感的中国市场将具有广阔前景。预计 2020 年中国车载毫米波雷达市场将突破 170 亿元。

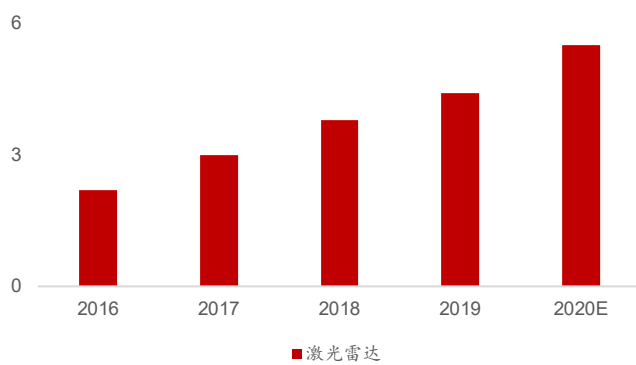
激光雷达可以提供高精度的图像点云数据，是高级别自动驾驶的必备技术方案和发展方向。但当下由于高级别自动驾驶并未真正落地，激光雷达在车载领域的适用场景暂时有限，市场规模偏小，不过中长期增长潜力巨大。预计到 2020 年中国车载激光雷达的市场规模将接近 6 亿元。而随着高等级自动驾驶的发展，预计全球车载激光雷达的市场在 2025 年有机会突破 400 亿元。

图 78 中国车载雷达市场规模（亿元）



资料来源：华西证券研究所

图 79 中国激光车载雷达市场规模（亿元）



资料来源：华西证券研究所

车载摄像头的探测性能和雷达各有侧重，是自动驾驶感知层的重要组成部分，单车摄像头搭载数量随自动驾驶等级不断提升。结合特定算法，车载摄像头对行人和细节的分辨能力比雷达要强，且其成本相对雷达较低，应用经验成熟。为满足不同级别自动驾驶的需要，全车一般会在前视、环视、后视、侧视以及车内等位置搭载不同焦段的摄像头。

表 22 不同 ADAS/AD 摄像头的特征功能

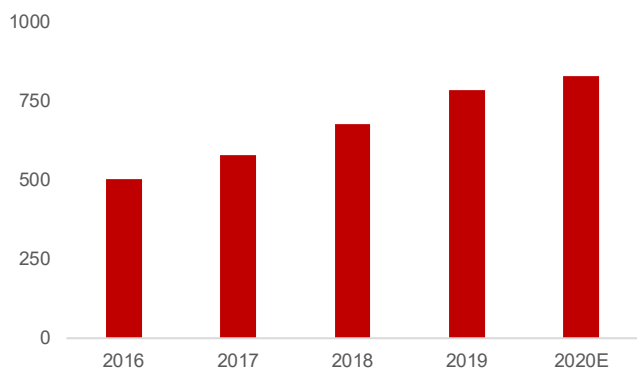
布置位置	摄像头类型	实现功能
前视	单目/双目	车道偏离、前向碰撞预警，交通标志识别等
环视	广角	全景泊车、哨兵模式等
后视	广角	提供倒车影像、实现辅助泊车等
侧视	普通视角	安装在后视镜下方实现盲点检测等
车内	广角	监视司机状态、识别手势等

资料来源：华西证券研究所

车载摄像头工艺要求高于手机，上游器件多为国外龙头垄断，中国处于起步阶段。不同于手机的拍照于交互，车载摄像头主要是为保证驾驶安全，需在行驶过程中全程保持工作状态，这就要求其能够长期适应震动、高温等苛刻工作环境，具有较高的耐久和稳定性。而车载摄像头的核心器件 CMOS 主要为美日韩企业垄断，On-Semi 在汽车图像传感器市场的市占率超过 40%。

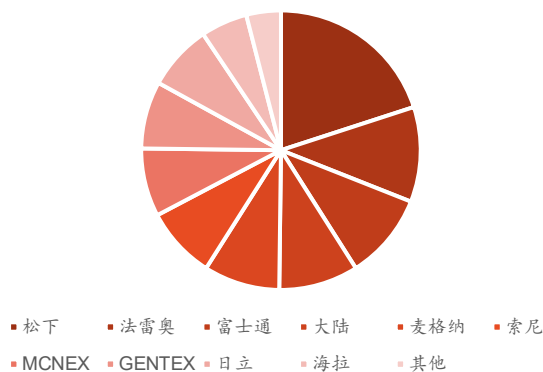
中国企业正在逐渐从摄像头模组封装领域切入相关市场，随着产业链成熟度的提升，车载摄像头的价格将持续下降。舜宇光学、欧菲光等手机摄像头封装领域市占率较高的厂商正凭借其消费电子领域的工艺积累，进入车载市场。从 2010 到 2018 年，车载摄像头的均价已从 300 多元降低至 150 元左右，而一般的盲区摄像头价格已降低至 100 元以内。

图 80 全球车载摄像头市场规模（亿元）



资料来源：Wind，华西证券研究所

图 81 2018 年车载摄像头行业全球份额占比（%）



资料来源：Wind，华西证券研究所

3.2.2. 判断层：车规芯片及计算平台

以 AI 芯片为代表的车规芯片以及围绕其组建的计算平台是 ADAS/AD 的算力之源，所有的判断和决策都有赖优秀算法同一流硬件的融合。自 2015 年起，AI 芯片逐渐成为人们所关注的趋势。产业参与者们都希望能够做出极具竞争力的芯片。

不同于一般消费级应用，车规芯片上车认证难度大、认证流程长。芯片进入车辆领域，必须抗干扰能力强，适应高温、潮湿、振动和电磁辐射等各种复杂工作环境。

芯片进入主要车企或 Tier1 供应链，须经过严苛的认证流程，如北美汽车产业所推的 AEC-Q100，以及 ISO/TS16949 规范等。

表 23 车规级芯片与消费级芯片主要标准对比

	车规级芯片	普通消费级芯片
环境温度要求	-40° C 至 150° C	0° C 至 70° C
湿度	0-100%	低
容错率	0	<3%
替换生命周期	15 年/20 万公里	1-3 年
工艺处理	加强封装设计和散热处理	一般防水处理
电路设计	多级防雷设计、双变压器设计、抗干扰技术；多重短路保护、多重热保护、超高压保护等	一般防雷设计、普通短路保护和热保护
认证流程	可靠性标准 AEC-Q100、质量管理标准 ISO/TS16949、功能安全标准 ISO26262 等	可靠性标准 JESD47、质量安全标准 ISO16750 等
防震抗冲击要求	高	一般
其他要求	车规级芯片对粉尘、霉变、抗电磁干扰及有害气体侵蚀等要求都高于消费电子产品要求	

资料来源：IC Insights、华西证券研究所

在芯片行业的固有技术门槛以及车规级芯片的严苛认证要求的综合影响下，ADAS/AD 领域的芯片及计算平台的技术方案提供商主要有三类：

- 1) 以特斯拉为代表的技术实力领先的车企，在经过一致两代产品的外购之后转向芯片及计算平台的自研，以完全匹配自己车型特性及产品定位；
- 2) 以英伟达为代表的消费电子巨头跨界进入智能汽车领域来提供自己独到的 AI 算力；
- 3) 以地平线等为代表的以 Fabless 模式运营的新兴 AI 芯片及计算平台解决方案供应商。

图 82 车载芯片快速迭代



资料来源：地平线，华西证券研究所

当前车规级芯片及计算平台的竞争主要围绕以下几个方面展开：1) 算力及功耗。各大厂商都希望在保持低功耗的情况下实现最大化的算力；2) 系统兼容性。车载系统除常见的 QNX 和汽车级 Linux 系统之外，也存在不少基于 Android 深度定制的 OS，对系统的兼容性将决定未来的软件生态；3) 安全性。车规级芯片及计算平台并非只需满足 AEC-Q100 认证就足够，还同样需要获得 ASIL 的安全等级认证。

车规级芯片及计算平台将随着车企对 ADAS/AD 的规划和发展而加速在乘用车及商用车领域的渗透。中国以 BBA、大众、通用、丰田为代表的合资品牌，以及上汽、长安、吉利、广汽、长城为代表的自主品牌，还有蔚来、小鹏等新造车势力均在 2019 年之前就已规划了 L2 及以上（2020 年之后）自动驾驶新车批产计划，这就为车规级芯片及计算平台的应用落地提供了广阔的市场空间。作为标准化的硬件，芯片及计算平台的成本将随着搭载车型起量而快速下降，而随着算力的提升，从辅助驾驶、自动驾驶逐步延伸至通用 AI 及机器人更广阔的空间。

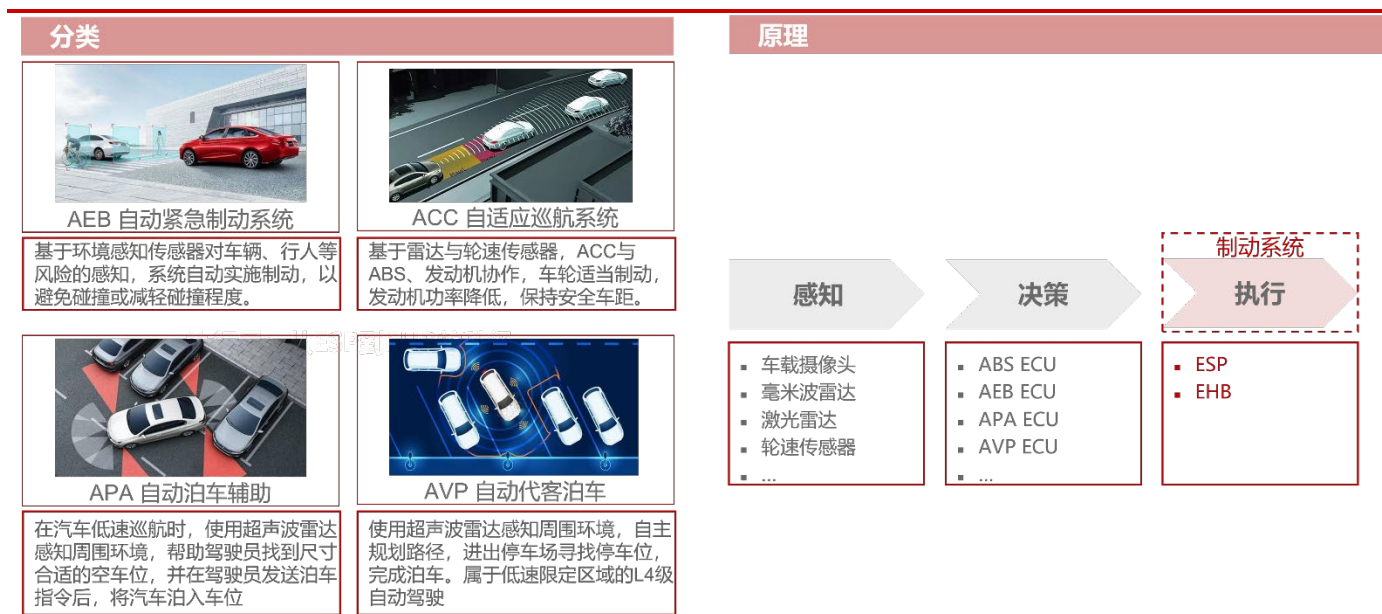
3.2.3. 执行层：线控制动、转向等

执行控制是自动驾驶真正落地的基础。感知定位如同驾驶员的眼睛，规划决策相当于驾驶员的大脑，而执行控制就好比驾驶员的手脚。并且规划决策无法和执行控制剥离，对执行控制缺乏了解，决策就会无从做起。

执行控制机构的核心技术线控执行主要包括线控制动、转向和油门：

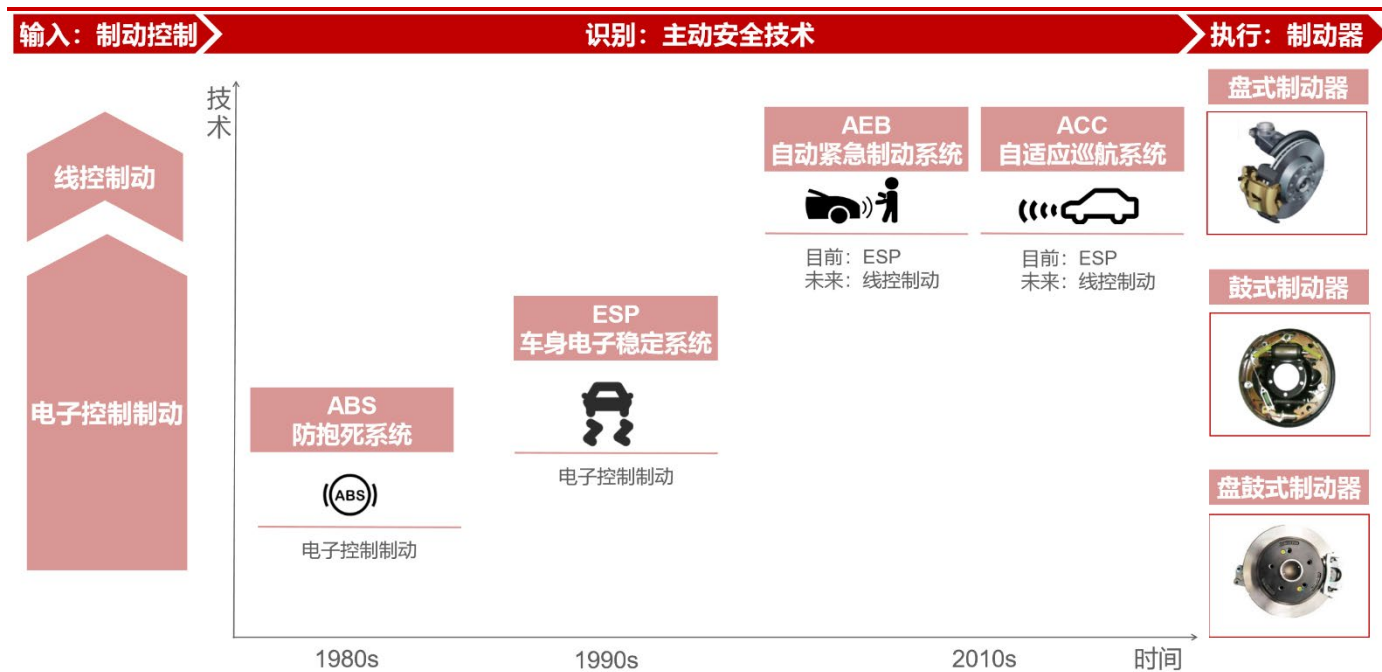
线控制动是自动驾驶执行系统的重要部分，ADAS 与制动系统高度关联的功能模块包括 ESP/AP/ACC/AEB 等。由于自动驾驶在执行层要求更短的制动响应速度（300ms→120ms），而且新能源汽车无发动机产生真空助力，提升能量回收效率需要实现踏板解耦。ESC 为基础的制动系统已不能满足新能源与自动驾驶汽车的需求，而线控制动能够解决这两方面的问题，其中行车制动中线控制动主流方案将为电子液压制动系统 EHB（Electro-Hydraulic Braking System）。

图 83 ADAS 与制动系统高度关联的功能模块



资料来源：《新能源汽车和自动驾驶技术需要什么样的制动系统？》，华西证券研究所

图 84 汽车制动系统的发展历程



资料来源：华西证券研究所

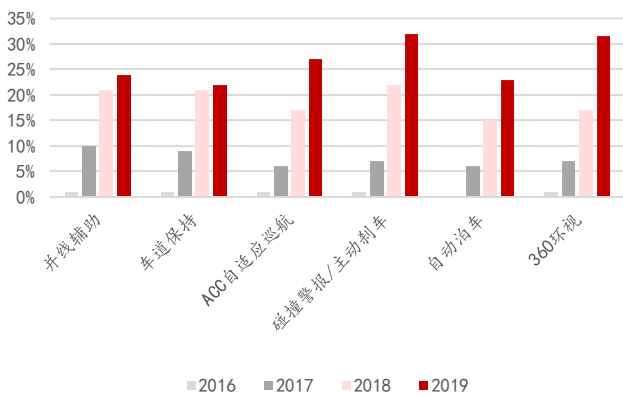
线控转向亦随着智能化升级。随着自动驾驶技术的日渐成熟，对于 L3 及以上等级自动驾驶汽车，部分或全程会脱离驾驶员的操控，因此智能驾驶控统对于转向等系统的控制要求更精确、可靠性更高，原先的转向系统满足不了这些要求。因此，线控

转向技术将成为未来的发展趋势。目前的电子助力转向系统 EPS 与线控转向相比，差距只在方向盘与车轮之间的连接并非采用线控，而是依然采用机械连接。

3.3. ADAS 渗透率加速提升 规模超千亿

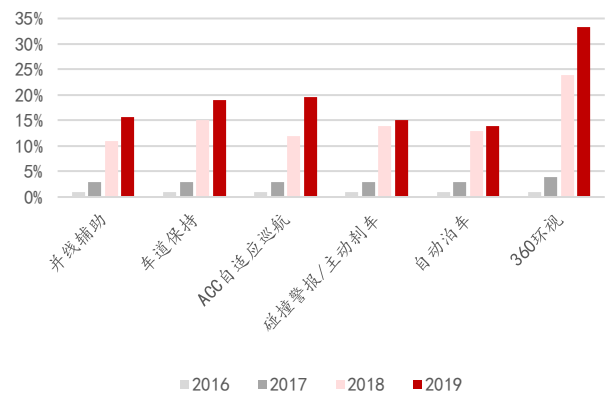
ADAS 市场规模将突破千亿元。在政策强制标配和电动化加速的驱动下，ADAS 渗透率有望加速提升：1) ADAS 功能在新能源汽车上的搭载率高于传统燃油车，2018 年中国 ADAS 市场新能源汽车占比近 70%，而传统燃油车仅占 30%左右；2) 随着技术逐渐成熟和成本不断下降，ADAS 正由高端向中低端市场渗透。预计 ADAS 市场规模 2020 年达 700 亿元，2025 年突破 1500 亿元。其中新能源汽车 ADAS 市场规模增速更快，预计 2020 年 350 亿元，2025 年突破 1000 亿元。

图 85 燃油车 ADAS 功能渗透率



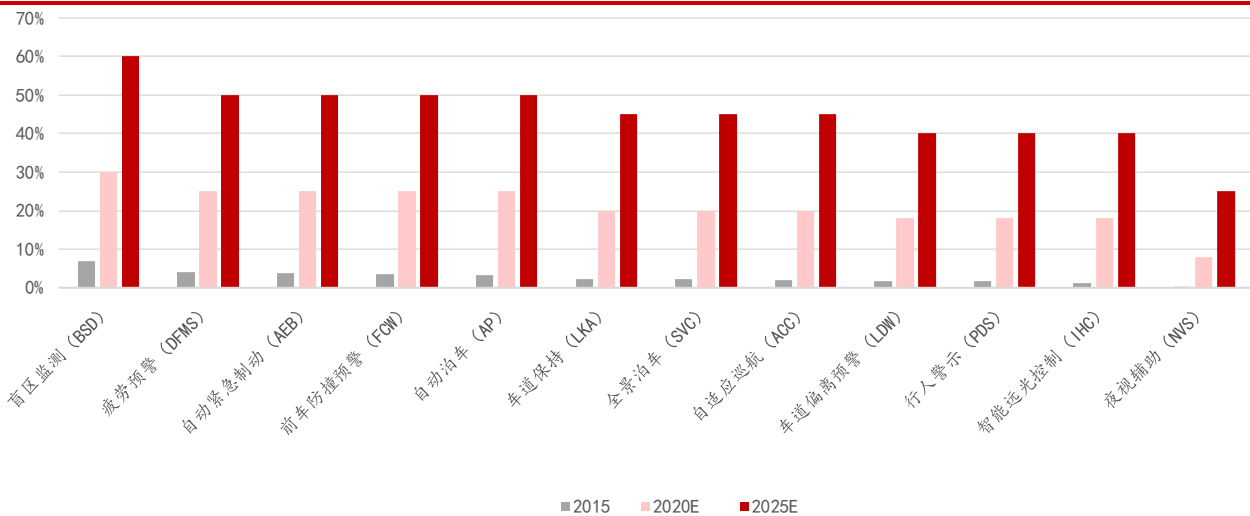
资料来源：汽车之家、银保监会，华西证券研究所

图 86 纯电动汽车 ADAS 功能渗透率



资料来源：汽车之家、银保监会，华西证券研究所

图 87 ADAS 渗透率预测



资料来源：华西证券研究所

高技术壁垒决定高集中度，Tier 1 巨头和芯片龙头占据领先地位。ADAS 执行任务由感知、判断、执行三个环节组成，单车智能主要依赖传感器技术（雷达和摄像头）、芯片和算法。1) 传感器：主要由安波福、博世、电装、大陆、法雷奥、Veoneer 等垄断；2) 算法和芯片：主要由 Mobileye、英伟达、高通、Renesas、Infineon 等垄断；3) 线控制动：博世、大陆、天合等占主导地位，中国伯特利、联创电子等追赶。

表 24 ADAS 细分领域竞争格局

		竞争格局	主要公司
感知	摄像头	安波福、博世、电装等 CR6 占比超过 80%	安波福、博世、电装、大陆、法雷奥、Veoneer 等
	毫米波雷达	博世、大陆、安波福、电装、Veoneer 等仍占据绝大多数市场份额	安波福、博世、电装、大陆、Veoneer 等
	激光雷达	零部件企业与创业公司共同竞争	博世、大陆、Velodyne、Quanergy、Ibeo、等
判断	芯片+算法	国外企业主导	Mobileye、英伟达、高通、Renesas、Infineon 等
执行	线控制动	博世、大陆、天合等占主导地位	博世、大陆、天合、伯特利、拿森、联创、华域等
	线控转向	博世华域转向、捷太格特、NSK 合计占比 60%以上	博世华域转向、捷太格特、NSK 舍弗勒、耐世特等

资料来源：车云网、摩尔芯闻等，华西证券研究所

4. 车联网 V2X：政策+5G+科技巨头入局 车联网提速

政策+5G+科技巨头入局，车联网发展将明显提速。伴随《智能汽车创新发展战略》正式稿的推出，中国车联网的发展在保持高速增长的同时得到了稳健而全面的政策指引和支撑，超过 30 个示范区正开展规模试验。另外，在 5G 全面商用的背景下，同时华为、Google、百度、腾讯等科技巨头纷纷加速布局车联网的推动下，车联网相关产品逐渐落地，车载 OS 品类丰富，传感器、通讯设备、中控芯片等硬件以及车载信息服务、通信服务、云服务等软件需求形成巨大的增量市场。

4.1. 车路协同是适合中国的长期路径

4.1.1. 政策密集出台 加大扶持力度

国家层面车联网布局已久。早在 2015 年 5 月，国务院印发的《中国制造 2025》中就已明确提出推动智能交通工具等产品研发和产业化。2016 年 8 月，国家发改委和交通运输部联合印发《推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案》，将自动驾驶车辆研发作为定制化交通工具发展的重要方向，并提及了车路协同、自主感知等自动驾驶核心技术。

多份文件将 2020 年作为智能网联发展的关键节点。2017 年 12 月，《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》中构建了具体目标：到 2020 年，初步建立能够支撑辅助驾驶及低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系。

2018 年 12 月，《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》中指出，到 2020 年，实现车联网（智能网联汽车）产业跨行业融合取得突破，具备高级别自动驾驶功能的智能网联汽车实现特定场景规模应用，车联网综合应用体系基本构建，用户渗透率大幅提高，智能道路基础设施水平明显提升。

表 25 智能网联相关重点政策

出台时间	政策名称	主要内容
2015	《中国制造 2025》	明确提出推动智能交通工具等产品研发和产业化。
2016	《推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案》	提及了车路协同、自主感知等自动驾驶核心技术。
2017	《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》	具体目标：到 2020 年，初步建立能够支撑辅助驾驶及低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系。
2018	《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》	到 2020 年，实现车联网（智能网联汽车）产业跨行业融合取得突破，具备高级别自动驾驶功能的智能网联汽车实现特定场景规模应用，车联网综合应用体系基本构建，用户渗透率大幅提高，智能道路基础设施水平明显提升。
2020	《智能汽车创新发展战略》	强调智能化与网联化协同。

资料来源：国务院、发改委等政府官网，华西证券研究所

新政策定调，强调智能化与网联化协同。2020 年 2 月 24 日，发改委、工信部等 11 部委联合发布《智能汽车创新发展战略》（以下简称“正式版本”），对标 2018 年 1 月发改委发布的《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》（以下简称“征求意见稿”），主要变化如下：

- ✓ **正式版本相对理性，注重落实。**征求意见稿仅是由发改委发布，而正式版本由国家 11 个部委联合发布，多部委合作协同推进，有利于工作落实。

- ✓ **强调智能化与网联化协同，车联网值得关注。** 车用无线通信网络（LTE-V2X等）实现区域覆盖，新一代车用无线通信网络（5G-V2X）在部分城市、高速公路逐步开展应用。
- ✓ **中国市场化主导，国际开放合作。** 培育智能汽车创新发展平台等新型市场主体，而征求意见稿则是趋向于国家平台；国际合作由“开展国际合作”变化为“深化国际合作”，强调技术可控，但是也要开放合作。

5G 技术的成熟助力中国车联网发展。 征求意见稿发布时，5G 尚处于概念开发阶段，而目前 5G 成功实现商用化，因此正式版本中多次提及 5G 技术在车联网领域的应用。中国完全可以将 5G 以及自身强大的基础设施建设能力相结合，实现车联网以及整个智能化道路建设的弯道超车。

4.1.2. 各地积极响应 建设智能网联示范基地

各省市积极推出智能网联产业相关政策。 北京市、上海市相继发布了直接以智能网联汽车为导向的政策，重庆市、浙江省、江苏省、福建省等相继发布了以新能源汽车、汽车工业升级为导向的政策，侧面推动智能网联产业发展。

道路测试政策加紧出台，推动智能网联汽车顺利发展。 智能网联汽车公共道路测试是智能网联汽车研发过程中必不可少的环节，自 2016 年起，北京、上海、重庆、广州、深圳、天津等多个城市相继发布智能网联汽车路试的相关政策，使得中国车企可以在中国进行智能网联汽车路试，大大节省了开发成本与开发周期。

多地建成智能网联示范基地。 据不完全统计，全国已经超过 30 个测试示范区，其中包括上海、北京-河北、重庆、无锡（先导区）、杭州-桐乡、浙江、武汉、长春、广州、长沙、西安、成都、泰兴、襄阳等 16 个国家级示范区，涵盖无人驾驶和 V2X 测试场景建设、LTE-V2X/5G 车联网应用、智慧交通技术应用等功能，提供涉及安全、效率、信息服务、新能源汽车应用以及通信能力等的测试内容。

图 88 国家智能网联汽车（上海）试点示范区



资料来源：搜狐，华西证券研究所

图 89 国家智能网联汽车（北京-河北）试点示范区



资料来源：搜狐，华西证券研究所

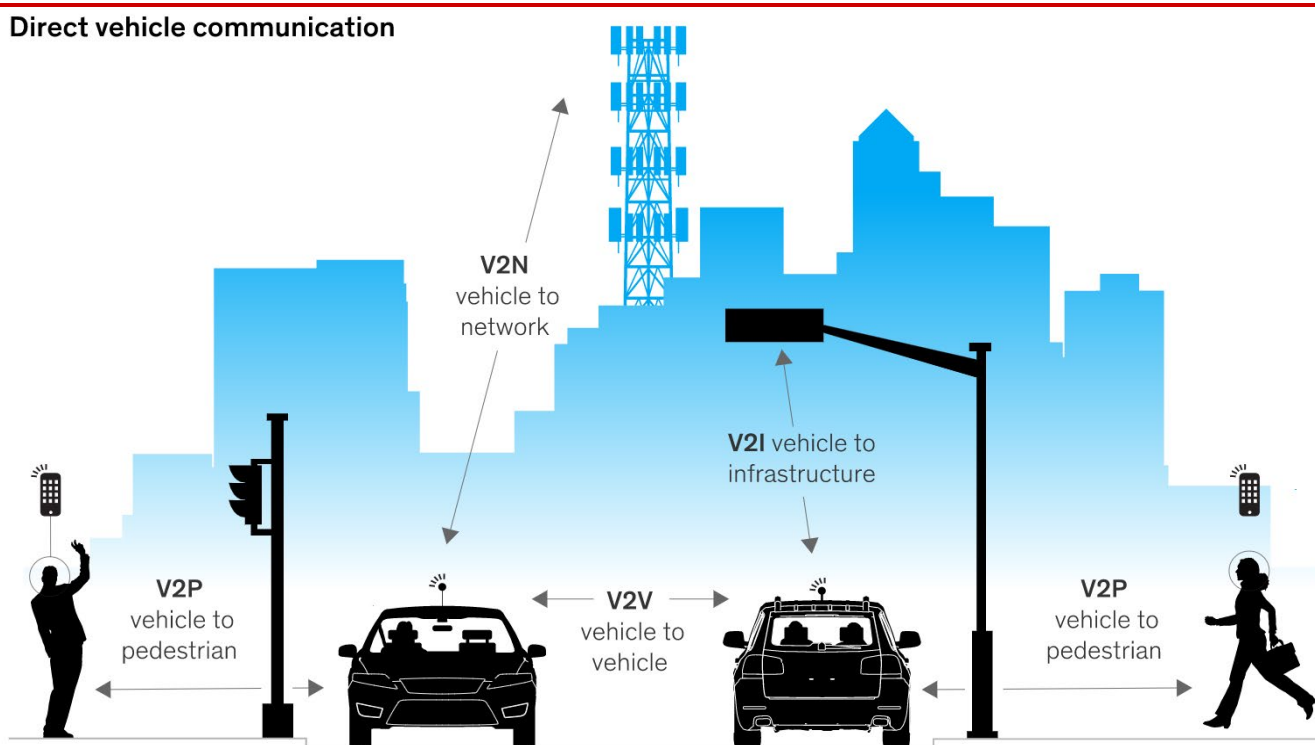
4.1.3. 通讯标准之争 LTE-V2X 有望成为主流

智能网联的核心是汽车与其他信息源之间通信。通过 V2V (Vehicle, 其他车辆)、V2R (Road, 道路)、V2I (Infrastructure, 基础设施)、V2P (People, 行人) 之间的通讯, 车辆能够拥有更丰富的信息来源, 消除安全盲区, 预知危险并提前做出应急准备。

车辆到基础设施 (V2I) 通信, 如交通灯、道路信号和其他运输基础设施, 可以进一步加强安全措施。例如, 交通灯可以提醒车辆它正在变红, 车辆应该调整其速度。

车辆对行人 (V2P) 通信, 即车辆与行人携带的设备通信, 以确保其安全。例如, 这些设备可能会警告车辆前方的人行道上有行人。因此, 智能网联对信息通讯的及时性与稳定性提出了较高的要求。

图 90 V2X 生态图谱



资料来源: 麦肯锡, 华西证券研究所

关于 V2X 的通讯技术, 目前主要有两条路线:

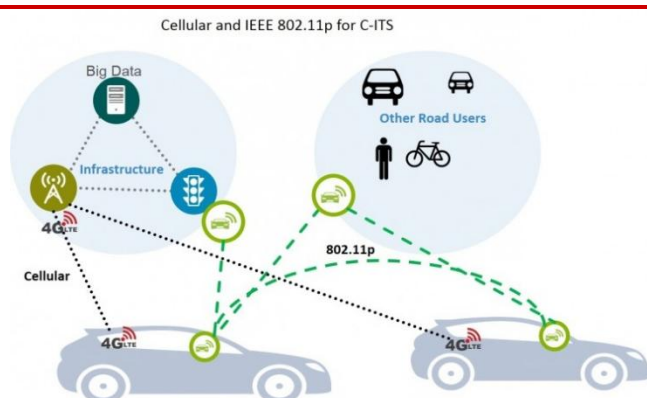
- ✓ **DSRC: Dedicated Short Range Communication**, 专用短程通信技术, 其技术核心是 Wi-Fi 技术, 该技术在欧洲被称为 Wi-Fi-p 或 pWLAN 技术。高速公路 ETC 系统即是基于此项技术实现的。该技术要求车辆安装车载单元 (OBU), 道路基础设施安装路边单元 (RSU), OBU 与 RSU 或是另一辆车辆上的 OBU 形成通信信道。该技术无需基站或者中继, 是一种去中心化的通信方式, 可以最小化传输中的通信延迟。然而, 由于通信信道需要时间和资源来约定相应的发送频率、数据传输速率, 因此需要首先建立通信链路。

部分海外车企欲推广 DSRC。车企之间关于通信标准各有采纳，大众倾向于采用基于 Wi-Fi 的 DSRC 方案，2020 款高尔夫将包含欧洲标准的 V2X 车载通信技术。丰田是 DSRC 的强大支持者，表示该技术是唯一经过检验和可用的防撞通信技术。通用汽车公司是 DSRC 的拥趸，并在 2017 年以来销售的部分凯迪拉克 CTS 轿车上安装了这项技术。2016 年 12 月，美国运输部提议在所有新车中强制安装 DSRC。

- ✓ **C-V2X: Cellular-Vehicle to X**，包含 LTE-V2X，5G-V2X 及其后续技术，是以 4G 或者 5G 蜂窝移动网络为基础的通信技术，通过蜂窝基站连接系统内的所有车辆与道路基础设施，是车联网的专属协议，为车联网的应用场景服务。与 DSRC 方式不同，C-V2X 在发送器和接收器之间形成无线信道的更为便捷，支持软件更新、刷新地图和路况数据。然而，由于蜂窝基础设施的中继属性，车辆通信中可能存在信息安全隐患。

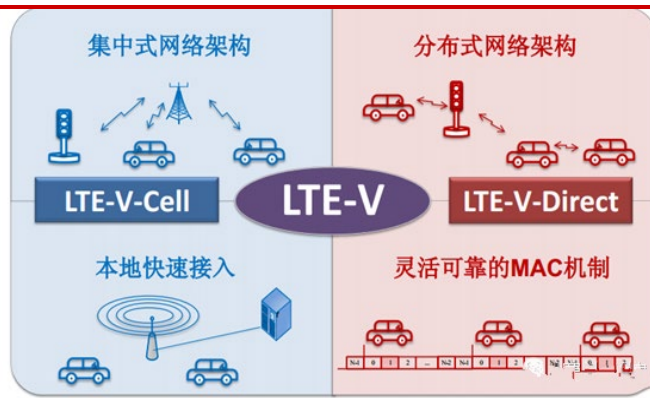
LTE-V2X 有两类通信方式：集中式（LTE-V-Cell）和分布式（LTE-V-Direct）。其中，集中式也称为蜂窝式，需要基站作为控制中心；分布式也称为直通式，无需基站作为支撑。这两类方式也可表示为 LTE-Direct（LTE-D）及 LTE D2D（Device-to-Device）。

图 91 LTE-V2X 技术图示



资料来源：雷锋网，华西证券研究所

图 92 LTE-V2X 的两种通信方式架构

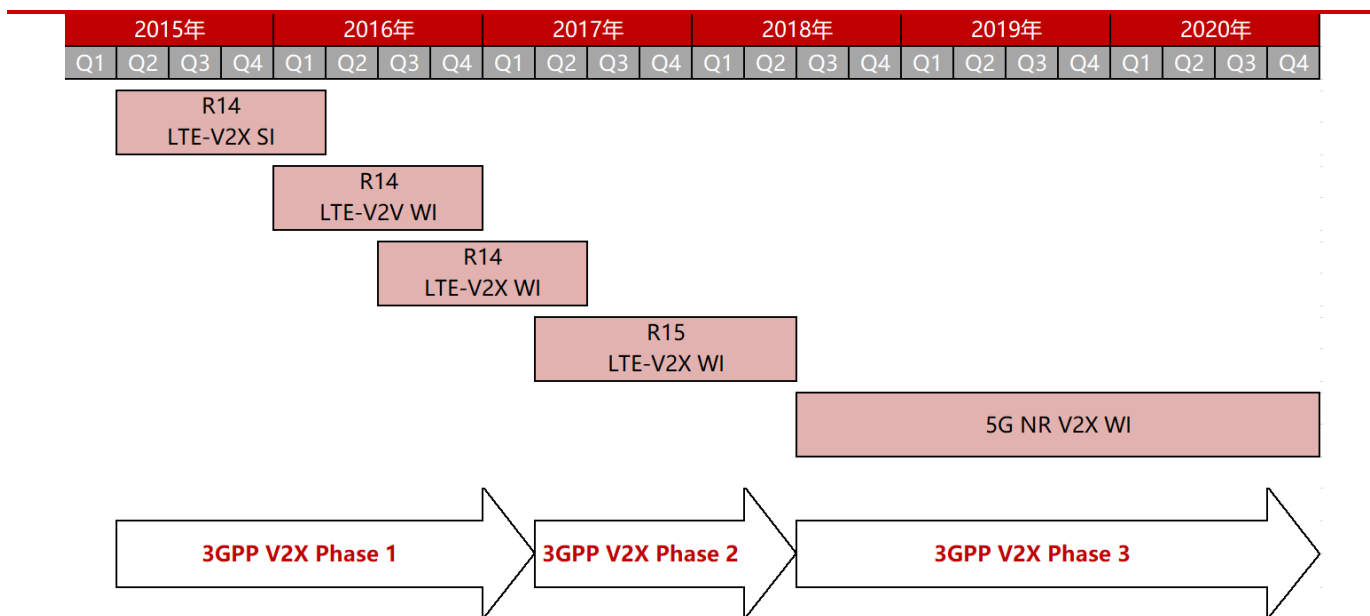


资料来源：盖世特，华西证券研究所

多数车企青睐 C-V2X，并有望成为主流。2019 年 4 月，原计划在 2021 年开始在美国销售的新车上安装 DSRC 技术的丰田暂停了该计划，并表示将重新评估部署环境。福特汽车计划自 2021 年开始部署。奥迪、宝马、戴姆勒、本田、现代、日产及沃尔沃也相继加入 5GAA（5G 汽车联盟）。

中国主推 C-V2X，已具备终端产品基础。2017 年，LTE-V2X 正式成为中国 V2X 的通讯标准；相关终端产品已具备商用基础：大唐、华为、高通等企业已对外提供基于 LTE-V2X 的商用芯片/模组；华为、大唐、中国移动、金溢、星云互联、东软、万集等厂商已提供基于 LTE-V2X 的车载单元（OBU）、路测设备（RSU）硬件设备及相应的软件协议栈。

图 93 3GPP LTE-V2X 及 5G NR V2X 标准研究进展



资料来源：电信科学，华西证券研究所

通讯标准之争的核心是产业链的竞争，C-V2X 发展环境优质。广阔的市场需求需要产业链的支持，C-V2X 在运营商、芯片商、设备厂商、车企等产业链各个环节均有大量企业支持，产业链更是在 2016 年 9 月成立的 5G 汽车联盟（5GAA），截至 2019 年 3 月 19 日，已有 110 家成员单位，涵盖产业链各个环节。另外，中美作为全球前两大汽车市场均大力支持 C-V2X，这将加速通讯标准尽快统一。

表 26 DSRC 与 LTE-V2X 技术对比

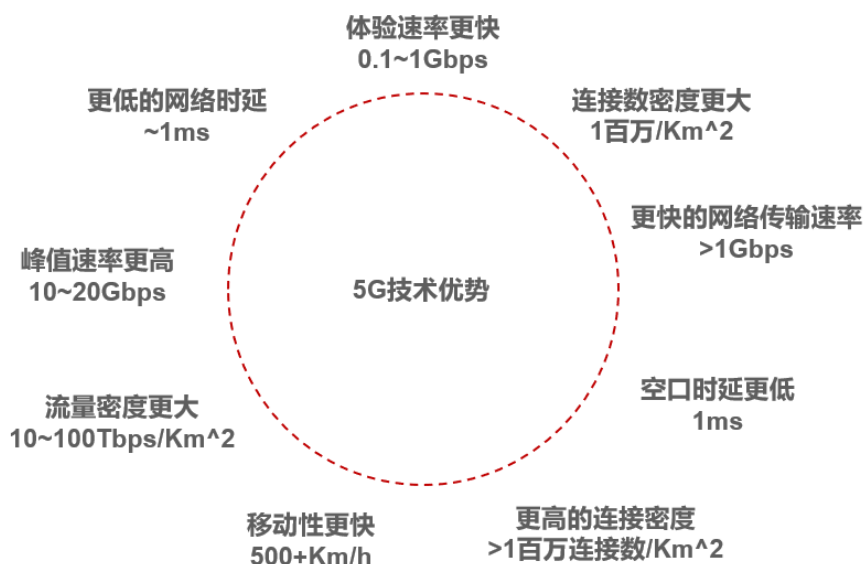
	DSRC	LTE-V2X
制定者	IEEE	3GPP
支持者	美国交通部，大众、丰田	多数车企，如宝马、奥迪/部分手机和芯片制造商
标准和技术成熟性	标准化进程始于 2004，现今已完成，已进行实地测试	始于 2017，正在进行中
平均延时	低（小于 50ms）	高（大于 50ms）
带宽	高	更高
适用场景	行车安全，交通调度	娱乐

资料来源：盖世特，华西证券研究所

4.2. 5G 性能显著提升 解决数据传输痛点

5G 相对于 4G 在性能方面有质的飞跃。与 4G 相比，5G 技术具有更快的网络传输速率，能够达到大于 1Gbps 的传输速率，是 4G 技术的 10 至 100 倍；5G 技术具有更高的连接密度，可以达到超过 100 万连接数/平方公里的连接密度，是 4G 技术的 5 倍；5G 技术具有更低的网络时延，小于 1ms 的时延仅为 4G 技术时延的五分之一。

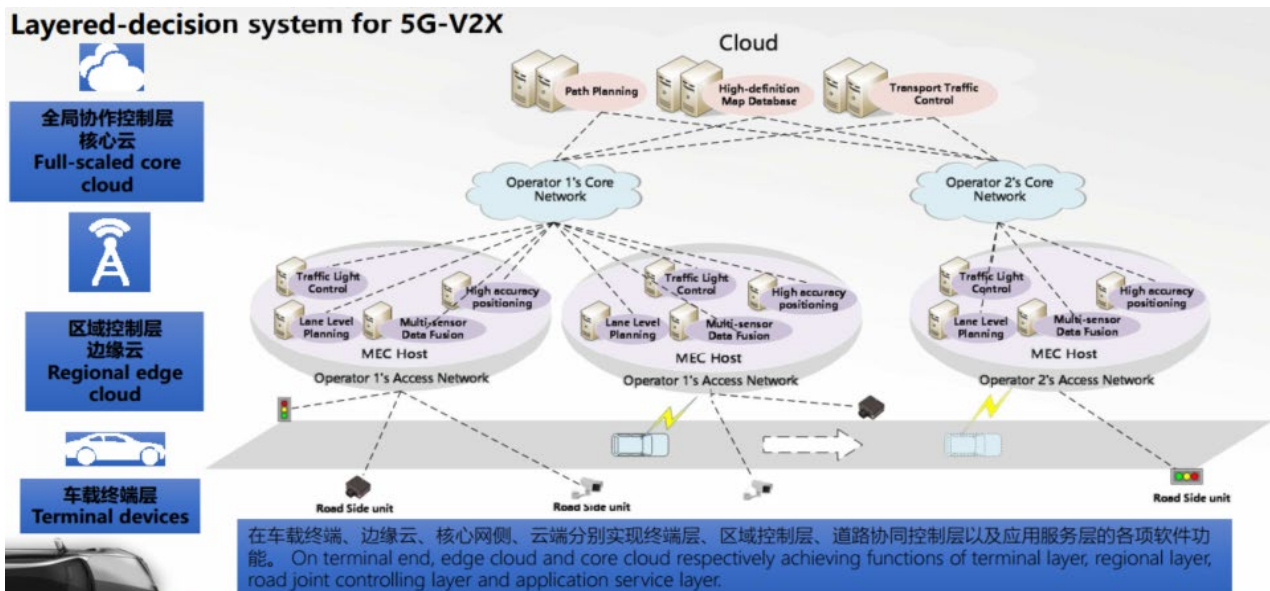
图 94 5G 具备的高性能特点



资料来源：5GAA，华西证券研究所

5G 能够解决 C-V2X 信号延迟的问题。智能网联汽车需要实时从周边的信息源收集数据，通过整合、运算进行实时决策。为了确保车辆运行安全，数据传输速率、延迟、稳定性都需要达到较高标准。5G 具备的低延时、高传输速率等多方面优势，能够有利于彻底解决数据传输问题。

图 95 5G-V2X 分级体系可以解决自动驾驶痛点



资料来源：5GAA，华西证券研究所

4.3. 科技巨头入局 推动行业发展

4.3.1. 华为：ICT 技术优势凸显 加速进军 Tier1

深耕 ICT 领域三十年，跨界进军汽车行业。自 1987 年公司成立起，华为一直专注于 ICT（信息与通信技术）领域，在通讯、云计算等方面积累了大量的技术。秉持着“万物互联”的科技发展理念，华为对汽车行业早有布局。早在 2013 年，华为针对汽车推出了车载通信模块 ME909T。2014 年，华为先后与东风、长安、一汽签订了合作协议，在从车辆网领域共同开发。2015 年，华为接连拿到了来自奥迪、奔驰的通信模块订单。

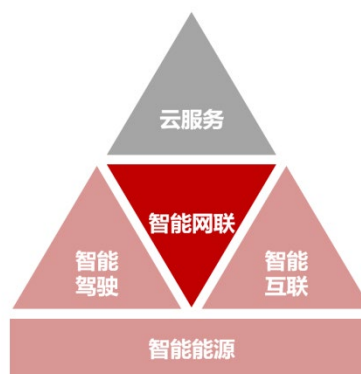
技术过硬，早期产品已获得市场认可。华为 2013 年推出的 ME909T 车载通信模块支持包括 4G 在内的多种制式，且具备抗恶劣环境能力、抗不稳定供电能力，以及具备更宽的工作温度范围和更低的待机功耗等车载设备应具备的性能，其高兼容性、高集成性、高质量性和高稳定性均达到了车规级。华为早期的车联网产品已凭借过硬的技术获得市场认可，为近年来正是进军汽车行业打下品牌基础。

图 96 华为 ME909T 车载通信模块



资料来源：新浪，华西证券研究所

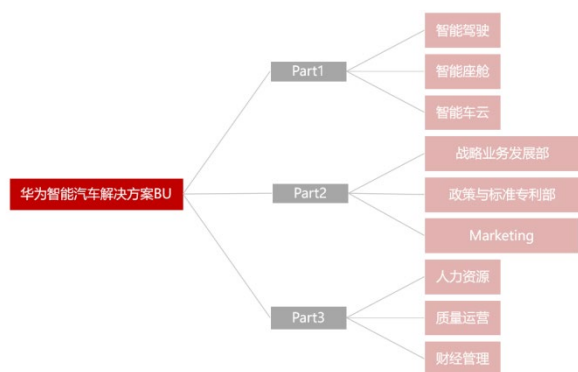
图 97 华为智能网联生态圈



资料来源：华为，华西证券研究所

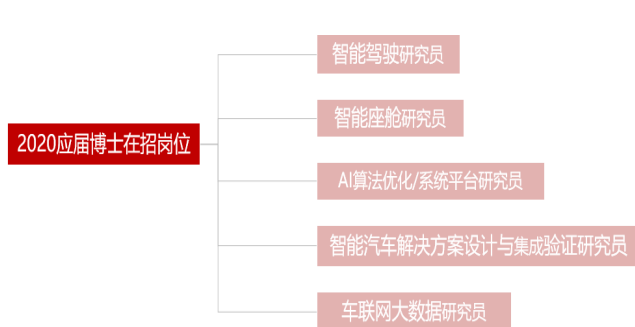
成立新业务单元，智能汽车上升为重点战略。2019 年 5 月 27 日，任正非签发华为组织变动文件，批准成立智能汽车解决方案 BU，隶属于 ICT 管理委员会。6 月 11 日，华为发文确定了智能汽车解决方案 BU 的组织架构：华为主打的三个产品线是智能驾驶、智能座舱和智能车云；在部门设置方面，分为战略业务发展部、政策与标准专利部、营销部门这三大前台部门，以及人力资源、质量运营和财经管理这三个后台部门。

图 98 华为智能汽车解决方案 BU 架构



资料来源：车智，华西证券研究所

图 99 华为应届博士在招岗位



资料来源：车智，华西证券研究所

配合 BU 储备人才，专注于解决方案供应商。华为 2020 年应届博士在招岗位分布在：智能驾驶研究员、智能座舱研究员、AI 算法优化/系统平台研究员、智能汽车解决方案设计与集成验证研究员、车联网大数据研究员，是按照 BU 组织架构的需求进行的人才储备。综合华为智能汽车解决方案 BU 以及招聘岗位看，华为目前主要的工作重心放在智能汽车解决方案供应方面，短期内不会成为自主造车。

提供数字化解决方案，成为增量部件供应商。在智能驾驶、智能座舱、智能车云的三大产品线上，华为致力于通过公司在 ICT 领域方面的技术积累，为车企提供数字化解决方案，对标博世，成为 Tier1 供应商（一级供应商）。

- ✓ **基础通讯模块：**LTE-V2X 或者 5G-V2X 车载通信模块，T-Box 等。
- ✓ **移动数据中心 MDC：**通过软件层、平台层和芯片层的三层联合，华为为自动驾驶汽车提供了移动计算平台 MDC，该平台具备高性能、高安全高可靠以及高能效和确定性低时延的“三高一低”技术优势，能够满足 L3~L5 自动驾驶所需，具备 ASIL D 级别安全设计架构，实现 ROS 内部时延小于 1ms，内核调度时延小于 10us，端到端时延小于 200ms。

图 100 华为 MDC 解决方案“三高一低”技术优势



资料来源：华为，华西证券研究所

图 101 华为 MDC 解决方案三层架构



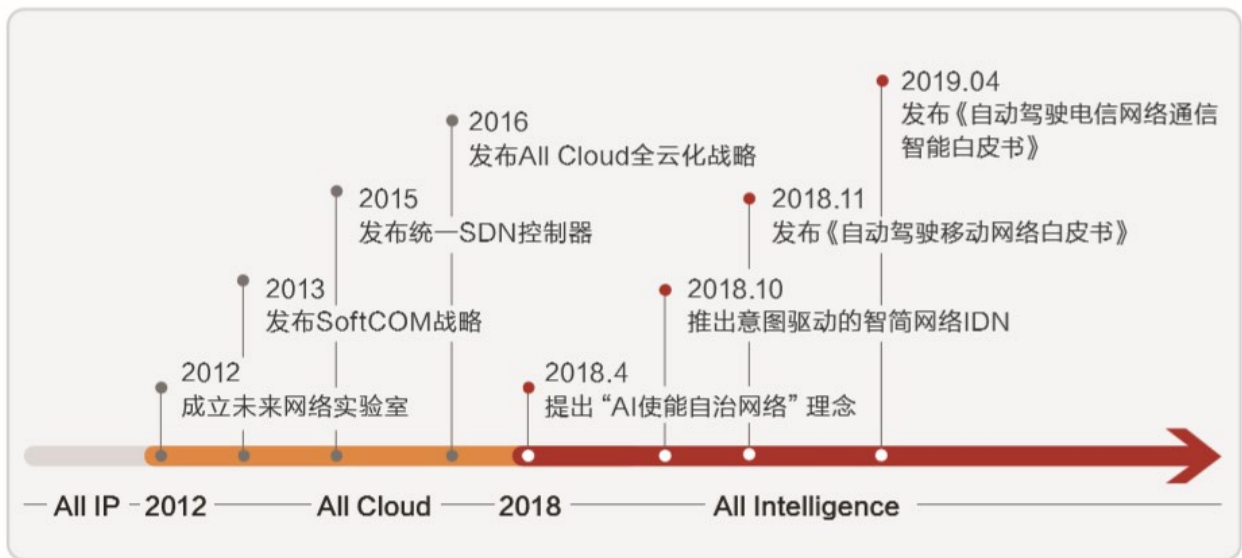
资料来源：华为，华西证券研究所

- ✓ **自动驾驶云服务 Octopus：**Octopus 是自动驾驶一站式开发平台，提供自动驾驶全流程自动化工具链（数据服务、训练服务、仿真服务）。依托大数据

AI 基础能力和昇腾 310 和 910 芯片，Octopus 能支持路测车 PB 级数据存储和亿级数据秒级检索，加速自动驾驶算法迭代从“月/周”到“天”，大幅提升开发效率和节省大量人力成本，助力车企和测评机构快速开发自动驾驶产品。

- ✓ **自动驾驶网联解决方案 ADN：**华为自动驾驶网络战略（ADN）是继华为全云化战略 All-Cloud 之后面向未来十年的战略，旨在通过融合运用 SDN、NFV、云、大数据、AI、知识图谱等多种智能技术，重点研究人工智能技术对未来网络架构、运维模式和商业模式的影响，用架构性创新解决电信网络的 TCO 结构性问题，带动电信产业的智能升级。

图 102 华为自动驾驶网络探索历程



资料来源：华为，华西证券研究所

- ✓ **人-车-家全场景出行互联解决方案 HiCar：**对标百度 CarLife 以及苹果 Carplay，且增加了手机与车辆深层次融合，致力于将汽车打造成为第三生活空间，目前生态合作伙伴已经超过 30 家车厂，包括奥迪、一汽、广汽、北汽、奇瑞、江淮等车企已经加入，合作车型超过 120 款。相关公司有金固股份、得润电子、启明信息等。

图 103 华为 HiCar 服务优势



资料来源：华为，华西证券研究所

- ✓ 直流快充模块 HiCharger：华为于 2020 年 4 月 23 日发布，中国版本为 30kW，海外版本为 20kW；海外版 20kW 直流快充模块最高效率可达 96.55%，中国版 30kW 最高效率可达 96.4%；采用全灌胶、全隔离的防护技术，通过内部传感器采集的温度数据再结合人工智能算法，HiCharger 可以识别充电桩的防尘网堵塞以及模块风扇的堵转状态，远程提醒运营商实施精准、可预测性维护。

图 104 华为 HiCharger（上：中国版；下：海外版） 图 105 华为 HiCharger 技术优势



资料来源：华为，华西证券研究所



资料来源：华为，华西证券研究所

多层次、多维度合作，对标博世等 Tier1。华为已与宝马、奥迪、奔驰、英特尔、高通等公司共同成立 5GAA；与中国移动、易华录等在软件方面进行协同；与中国主要车企（广汽、上汽、一汽等）开展生态合作。多层次、多维度的布局将帮助华为在智能网联汽车方面占据制高点，未来有望成为博世等 Tier1 供应商。

多点发力，华为车联网布局进展快速。总结来说，华为在车联网业务上的布局启动早、发展快、品类多。经过了长达七年的发展，华为目前已研发移动通信模块、云计算平台、充电模块以及人车家互联解决方案，无论是硬件端，还是软件端，都已具备相关产品，多点发力的发展态势将助力华为向 Tier 进军的步伐更为稳健。

4.3.2. 百度：发力车载 OS 系统

Apollo 计划持续推进，拥有自研路侧计算单元。早在 2017 年 4 月，百度就发布了 Apollo 计划，宣布开放自动驾驶平台。经过近三年的发展，在 2019 年 7 月，Apollo5.0 已实现限定区域自动驾驶车辆量产。另外，百度已具备自研路侧计算单元，助力车路协同进展。

小度车载 OS 商业化成果斐然。截至 2019 年 6 月，搭载百度车辆网功能的汽车品牌超过 60 个，上市车型达到 300 余款，达成合作意向并将在明年两年后上市的车型总数将达到 500 余款以上。预计 2020 年百度车载操作系统搭载量有望达 120 万辆。

图 106 百度自研路侧计算单元



资料来源：华为，华西证券研究所

图 107 百度小度 OS 生态圈



资料来源：Apollo，华西证券研究所

4.3.3. 阿里：注重 AI 解决方案

深耕智能化操作系统，向万物互联进发。2019 年 11 月，阿里巴巴成立了斑马智行，一个基于 AliOS 的智能网联汽车开发平台，其背后的斑马网联由阿里巴巴与上汽集团共同成立。在 AliOS 的赋能下，斑马智行从智能语音助手、AR 导航出发，逐步加入人脸识别、无感支付、车载娱乐等新功能，筑建全方位操作系统生态。

AI 解决方案成为新发展阶段。2018 年 4 月，阿里巴巴人工智能实验室与戴姆勒、奥迪、沃尔沃达成战略合作，开展天猫精灵汽车 AI+ 计划，通过天猫精灵实现家车互联（家车双向控制、数据双端同步）、人车互联（语音视觉交互、表情拟态反馈）、云车互联（海量音频视频、本地生活新零售），增强用户体验。

图 108 斑马智行 AR 导航系统



资料来源：知乎，华西证券研究所

图 109 斑马智行的阿里生态链



资料来源：斑马智行，华西证券研究所

4.3.4. 腾讯：车载娱乐成独特优势

自身优势定位清晰，All in Car 系统落地。早在 2017 年，腾讯就与广汽集团发布了 iSPACE 概念车，致力于为车主打造全方位智能生活体验。2019 年，腾讯旗下的梧桐车联推出了操作系统级智能网联系统方案——TINNOVE OS，该系统深度整合了腾讯车联的基础能力和核心生态资源，能够提供基于场景的个性化服务推荐，TINNOVE OS 前瞻版已率先搭载了颠覆性的微信车载版和腾讯最新的全双工语音技术。腾讯在游戏、音乐、资讯、影视等方面具有独特优势，浑然天成的娱乐生态将助力腾讯迅速占领车载娱乐系统高地。

图 110 腾讯 TINNOVE OS 系统



资料来源：知乎，华西证券研究所

图 111 腾讯 TINNOVE OS 的腾讯生态链 (QQ、微信)



资料来源：界面新闻，华西证券研究所

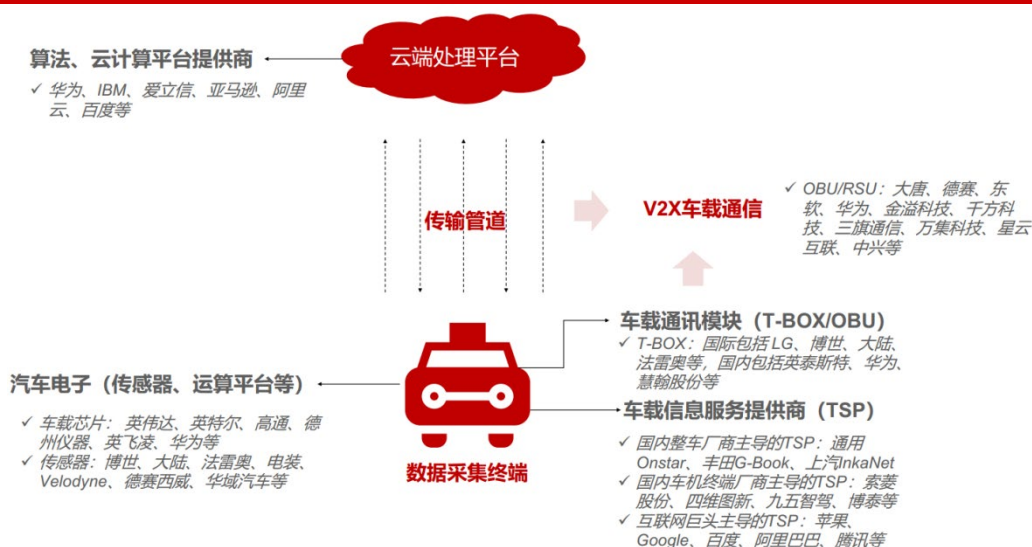
4.4. 车联网提速 规模超万亿

5G+科技巨头入局驱动车联网发展提速，软件占比提升趋势下市场规模有望超万亿元。短期看，传统汽车的网联化将直接带动车载通信设备的需求量大幅提升，驱动车联网市场规模扩大；中长期看，在硬件设备成为汽车标准配置的情况下，车联网的发展将朝着丰富软件品类，打造服务生态的方向发展，届时各类车载内容与服务将

成为主力增长点，进一步促进车联网规模扩大；到智能网联汽车发展成熟期，增量将从硬件向软件转移，TSP（车载信息服务提供商）成为核心。

- ✓ **OBU/RSU**: OBU (On Board Unit, 车载单元) 和 RSU (Road Side Unit, 路边单元) 是 V2V 以及 V2X 的基础, 预计潜在市场规模超千亿元。目前行业处于完全竞争状态, 大唐、德赛、东软、华为、中兴等大小公司均在研发各自的通信单元, 技术与客户品质将成为决定胜负的关键。
- ✓ **汽车电子**: 国外厂商占据主导地位, 国内厂商积极跟进。车载芯片: 英伟达、英特尔、高通、德州仪器、英飞凌、华为等; 传感器: 博世、大陆、法雷奥、电装、Velodyne、德赛西威、华域汽车等。
- ✓ **T-BOX**: 车载通信模块, 国内外厂商比拼高下。国际上由 LG、博世、大陆、法雷奥等主导, 中国包括英泰斯特、华为、慧翰股份等。
- ✓ **TSP**: 车载信息服务提供商, 车企、车机终端厂、互联网群雄逐鹿。车企商: 通用、Onstar、丰田 G-Book、上汽 InkaNet; 车机终端厂: 索菱股份、四维图新、九五智驾、博泰等; 互联网巨头: 苹果、Google、百度、阿里巴巴、腾讯等。

图 112 车联网产业链竞争格局



5. 无人驾驶：商用先行 RoboTaxi 稳步推进

无人驾驶商用先行落地，货运、物流、港口、矿山等多场景开花，市场规模超万亿元。成本下降+安全要求+环保优势推动 RoboTaxi 商用化，巨大的市场空间吸引着国内外科技企业、车企、出行服务商等入局，其中 Waymo 和百度分别引领单车智能化路线和车路协同路线，特斯拉计划打造 100 万辆的 Robotaxi 车队，有望颠覆行业。RoboTaxi 布局者又纷纷进军无人物流，选择不同细分抢占更大的市场。

5.1. 无人驾驶商用先行 规模万亿

无人驾驶商用多点开花，规模超万亿元。无人驾驶在固定场景下的应用更易落地，目前商用无人驾驶营运主要包括：1) 公共道路，主要是高速公路等干线运输重卡的无人驾驶，2019 年中国重卡保有量超过 750 万辆，按均价 30 万元/辆测算，市场规模超过 2 万亿元；2) 受限制区域，包括港口、矿山、短途无人配送、城市及园区环卫等，其中预计中国港口无人驾驶卡车规模近 3,000 亿元，矿山无人驾驶卡车市场规模（前装+后装）超 5,000 亿元。

商用场景 1-无人货运卡车：市场空间广阔，巨头纷纷布局。货物运输需求的迅猛增长与司机数量的短缺决定了无人货运卡车巨大的市场发展前景。戴姆勒、宝马、沃尔沃、通用、特斯拉、Waymo 等巨头近年来加速布局，比如戴姆勒通过收购美国自动驾驶初创企业 Torc Robotics 开发自动驾驶技术并应用于卡车中，沃尔沃发布无人驾驶舱的电动卡车 Vera 可用于港口、工厂区和物流巨型中心等，特斯拉发布首款纯电动卡车 Semi 等。

表 27 无人驾驶卡车的主要参与者

卡车制造商	无人驾驶卡车车型	发展规划
戴姆勒	Freightliner Inspiration Truck Mercedes-Benz Future Truck (概念车)	2019 年 3 月，戴姆勒收购美国自动驾驶卡车软件制造商 Torc Robotics 多数股权； 2019 年 9 月，戴姆勒在美国佛吉尼亚开始公开道路测试； 2019 年 11 月，成立自动驾驶技术集团 (ATG)，目标“领导全球在十年内将高度自动化的卡车送上道路的努力”。
沃尔沃	Vera (无驾驶舱)	2018 年 9 月，沃尔沃推出没有驾驶舱的 Vera，可用于港口、工厂区和物流巨型中心等； 2019 年 6 月，沃尔沃 Vera 在瑞典港口运货，卡车行驶最高速度为 40 公里/小时；
特斯拉	Semi	2017 年 11 月，特斯拉发布首款纯电动卡车 Semi，续航里程最高可达 500 英里，预计 2019 年量产； 2020 年 4 月，Semi 的生产和交付将推迟至 2021 年。
Waymo	Peterbilt	2018 年 3 月，Waymo 在亚特兰大进行了首次货运路测，自动驾驶卡车将货物运送至 Google 数据中心； 2020 年 3 月，Waymo 在加利福尼亚和亚利桑那州测试其卡车车队，之后将扩展到德克萨斯州和新墨西哥州。
图森未来	X6000 重卡改造 (中国) Model 579 型 (美国)	2017 年 6 月，图森未来在美国加州取得无人驾驶牌照，并完成加利福尼亚到亚利桑那的跨州长距离路测； 2017 年 11 月，在上海试点示范区举行 L4 无人驾驶货运卡车全国首次公测； 2018 年 8 月，图森未来获得中国第一张卡车自动驾驶公开道路牌照。

资料来源：华西证券研究所

图 113 特斯拉 Semi 电动重卡



资料来源：特斯拉官网，华西证券研究所

图 114 沃尔沃自动驾驶卡车 Vera



资料来源：沃尔沃官网，华西证券研究所

商用场景 2-无人矿区车：海外应用广泛，中国亦已商用。无人矿区车有利于提高生产效率，减少矿区的安全事故，美国卡特彼勒和日本小松无人矿区车分别于 2011 年和 2008 年正式投入商业运营，必和必拓、力拓及 FMG 等矿业巨头陆续投入使用无人矿区车，其中力拓正在运营的车辆数量超过 80 辆，FMG 超过 130 辆。中国徐工集团、北方股份、中国重汽和陕西同力重工等无人矿区车纷纷于 2019 年开始商用，慧拓无限、踏歌智行、易控智驾等技术方案供应商先后获得融资，预计中国市场有望迎来高速增长。

5.2. RoboTaxi 加速推进 百舸争流

RoboTaxi（自动驾驶出租车）是使用自动驾驶技术代替人工驾驶员进行驾驶行为的出租车服务。

全球：Waymo 引领，特斯拉欲入局。2009 年，Google X 实验室成立无人驾驶汽车计划，经过 7 年研发，2018 年底，Waymo 正式推出面向自动驾驶网约车的 Waymo One 应用，随后宝马、大众、通用、福特等车企联合英特尔、英伟达、谷歌、Lyft 等纷纷入局，2019 年特斯拉表示 2020 年将推出 100 万辆的 Robotaxi。

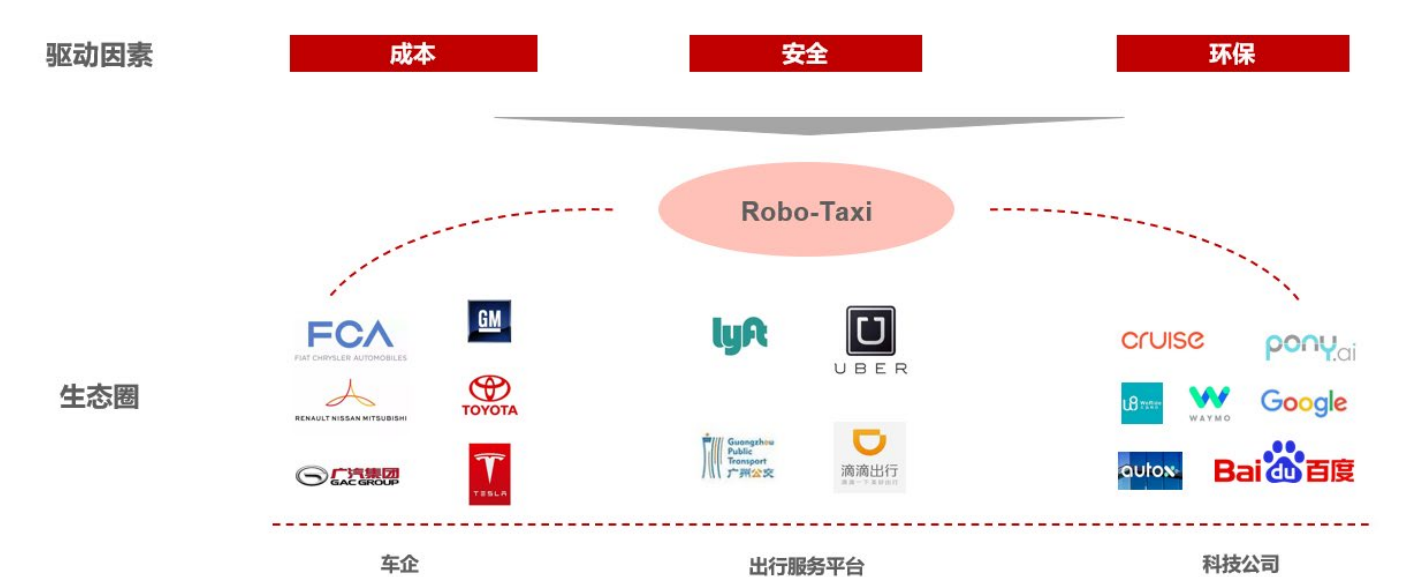
中国：百度布局最早，初创企业跟进。2013 年百度启动无人车项目，2019 年自动驾驶出租车队 Apollo Robotaxi 在长沙开始落地运营，滴滴、文远知行、小马智行（Pony.ai）、AutoX 等随后入局。

图 115 全球 RoboTaxi 发展历程



资料来源: InfoQ, 华西证券研究所

图 116 RoboTaxi 驱动因素及生态圈



资料来源:《麦肯锡中国汽车行业 CEO 季刊》, 华西证券研究所

海外逐步扩大 RoboTaxi 的运营范围。美国亚利桑那州最早允许开放 Robotaxi 载人运输, Waymo 于 2018 年开始向早期用户免费开放此项服务。在加州, 自动驾驶车

辆获得加州 DMV (Department of Motor Vehicle) 的部署许可证和 CPUC (California Public Utilities Commission) 颁发的载客运输两种许可后, 将被允许载客服务, 但不能收取费用。Waymo、Cruise、Pony.ai、AutoX 等自动驾驶企业已获得相关许可。同时运营范围在扩大, Waymo 的 RoboTaxi 运营范围从凤凰城扩展到加州南湾, 累计服务超过 10 万人次。

表 28 海外无人驾驶出租车示范运营现状

企业	Waymo		Cruise	Lyft	Pony.ai
示范区域	加州南湾	凤凰城	加州、亚利桑那州	拉斯维加斯	加州尔湾
区域范围		四个教区, 100 平方英里		20 平方英里	
投放车辆	70+辆	600 辆	100+辆	10 辆	10 辆
启动时间	2019.7	2018.12	2017	2018.5	2019.10
运营时间	7*24h	7*24h	-	每天两班, 美版 10 小时, 周一至周日	
统计周期	2019.11-2020.1	2018.12-2019.12	-	2018.5-2020.2	2019.11-2020.1
服务乘客	17939				5252
日均单数	199 单				
平均每单服务里程	24.6 公里				17.1 公里
订单数	15460	10 万人次		50000+	
呼叫方式	Waymo APP	Waym One App	Cruise Anywhere APP	Lyft App	PonyPilot APP
面向对象	Waymo 原公交车, 邀请乘客试乘	全无人驾驶服务支队 early rider program 开放, 签署 NDA; 自动驾驶服务对公众开放	仅向公司员工开放	向公众开放的收费运营, 使用 Lyft 网约车 app 弹出显示可用的 Robo-taxi	对公众开放, 需要下载 APP 并注册

资料来源: 中国电动汽车百人会智能网联研究院, 华西证券研究所

国内多地开放自动驾驶道路测试。2019 年以来, 国内广州、长沙、上海、武汉、沧州、北京等 6 个城市已开放自动驾驶道路测试, 百度、文远知行、小马智行 (Pony.ai)、AutoX、滴滴等先后开启 RoboTaxi 运营, 2020 年有望成为国内 Robotaxi 的规模化元年。

表 29 中国载人自动驾驶道路测试要求

城市	发布时间	已发号牌企业	具体要求
北京	2019/12/24	百度、蔚来、美团、北汽新能源、戴姆勒、小马智行、滴滴、腾讯、奥迪、智行者、四维图新、丰田	第一阶段要求测试主体最低自动驾驶道路测试累计里程数达 10 万公里, 最少申请测试车辆数为 5 辆, 最多不超过 50 辆, 且必须配备测试驾驶员和工程师, 载人的对象仅限于招募与测试主体签订劳动或者劳务合同的人员 (即测试主体的内部员工)
上海	2020/4/2	上汽、宝马、滴滴	测试驾驶人具有 50 小时以上自动驾驶系统操作经验, 其中 40 小时以上的相应申请测试项目驾驶经验, 具备紧急状态下应急处置能力; 在第三方机构指定的封闭测试区内, 按照测试评价规程进行相应测试项目的实车试验, 每个测试项目有效试验次数不少于 30 次, 测试结果达标率不小于 90%; 测试车辆在测试期间, 不得搭载与测试无关的人员或货物。
广州	2018/12/29	广汽集团、文远知行、小马智行、景骐、寰动智驾、深兰科技	首次申请测试的测试主体, 仅能在一级路段开展测试工作。累计测试里程超过 5000 公里, 或者累计超过 3000 公里且近 3 个月平均脱离间隔里程大于 20 公里的测试主体, 未发生责任交通事故及失控状况的, 可向第三方机构申请在二级路段开展测试工作。测试主体测试里程累计超过 10000 公里且无发生责任

			交通事故及失控状况的，可向第三方机构申请开展载客测试工作。载客测试仅能在一级及二级路段开展。首次申请载客测试车辆最多不超过 30 辆，测试半年后且无发生责任交通事故及失控状况的，可申请增加新测试车辆。
长沙	2018/4/29	湖南中车电动汽车股份有限公司、北京百度网讯科技有限公司、长沙酷哇中联智能科技有限公司、长沙智能驾驶研究院有限公司	车身应以醒目的颜色标示“自动驾驶测试”字样，提醒周边车辆注意。测试驾驶人每连续工作满 2 小时，应当休息 0.5 小时，且每个测试驾驶人每日累计进行测试工作的时间不得超过 6 小时。
武汉	2018/11/27	东风股份、东风商用车、百度、深兰、仙途	于 5 个工作日内通知测试主体到指定封闭场地进行实车检查及测试，对测试主体提供的测试车辆及相关功能与申请材料描述内容的一致性进行审查，并出具封闭场地实车检查及测试报告。第三方专业管理机构应在每年 6 月、12 月形成所有测试主体的总结测试报告，提交市联合工作组办公室。
沧州	2019/9/29		测试主体应为参与载人测试的志愿者购买必要的商业保险，并配备有效安全措施。测试志愿者应年满 18 岁并具有完全民事行为能力，并与测试主体签订责任协议。首次申请载人测试车辆最多不超过 30 辆。测试半年后且无发生责任交通事故及失控状况的，可申请增加新测试车辆，具体数量由联席工作小组根据测试路段承载能力统筹安排。

资料来源：各城市官网，华西证券研究所

表 30 中国无人驾驶出租车示范运营现状

企业	百度	文远知行	小马智行	AutoX	滴滴
示范区域	长沙湘江新区	广州市黄埔区、广州开发区	广州南沙区	上海	上海
区域范围	130 平方公里	144 平方公里	200 平方公里		
投放车辆	45 辆	20+辆（截止到 2019.12）	50 辆	一期 30 辆	计划投入 30 辆
启动时间	2020.4	2019.11	2018.12	2020.4	2020.6
订单数		4600+（截止到 2019.12）			
服务乘客	700+	8000+（截止 2019.12）			
呼叫方式	百度地图/百度 app	weride go app/高德地图	微信小程序	高德地图 app	滴滴出行 app
面向对象	公众在 app 内通过选择推荐的上下车站点并完善身份信息后可以免费试乘	向公众全开放，下载 app 即可使用，无需申请审核	向员工、亲朋和部分公众开放	公众在 app 申请报名，报名通过且收到通知，可以呼叫无人车免费试乘	在滴滴 APP 线上报名，审核通过后，在网约车平台上进行约车，免费体验特定区域内的自动驾驶服务
运营时段	9 点 30-16 点 20	8 点-22 点	8 点-22 点 30	7 点 30-22 点	
运营站点	40+上下站点	100+上下站点（至 2019.12）	150+上下站点	根据乘客位置附近进行安全停车	
区域范围	130 平方公里	144 平方公里	200 平方公里		全长 53.6 公里

资料来源：中国电动汽车百人会智能网联研究院，华西证券研究所

自动驾驶技术企业、出行服务平台、车企等联合布局成趋势：

- ✓ 前装车型开发—自动驾驶技术企业+车企：Waymo、百度、小马智行（Pony.ai）等开始与车企合作开发 L4 车型，通过正向设计的方式，将传感

器及控制器提前装配，流水线式标定。在生产过程中完成多项整车测试，提升车辆安全性能，保证车辆生产效率。

- ✓ **商业运营—自动驾驶技术企业+出行服务平台：**Robotaxi 共有三种商业运营模式，包括：1) 成立合资公司负责运营，比如文远知行与广州白云出租汽车集团；2) 与出行服务公司合作，比如 AutoX 与深圳鹏程电动出租汽车公司等；3) 自动驾驶公司自主运营，比如小马智行 (Pony.ai)。

表 31 自动驾驶技术企业与车企合作

自动驾驶企业	整车厂	出行服务平台	合作方式
Waymo	FCA、捷豹路虎		合作生产 L4 级车辆
Cruise	通用汽车、本田		控股；投资 7.5 亿美元
Uber	沃尔沃、丰田		合作开发；投资 5 亿美元
Argo.ai	福特、大众		投资 10 亿美元；投资 26 亿美元
百度	一汽红旗		合作量产 L4 级车辆
文远知行	雷诺日产三菱联盟	广州白云出租汽车集团	投资与合作研发
小马智行 (Pony.ai)	丰田、广汽、现代		投资 4 亿美元；合作开发；合作开发
AutoX	东风、上汽、比亚迪	深圳鹏程电动出租汽车公司	投资；合作开发
滴滴自动驾驶		滴滴出行	

资料来源：中国电动汽车百人会智能网联研究院，华西证券研究所

成本下降是 Robotaxi 规模化的关键驱动力。受限于政策要求，Robotaxi 当前仍需配备安全员，且主要是改装车型，根据测算，配有安全员+改装车的 Robotaxi 每公里成本仍显著高于传统车，但未来随着技术的不断发展，自动驾驶系统硬件成本有望迅速下降，前装量产车成为趋势，且去掉安全员，届时 Robotaxi 的经济性将尤为明显。

表 32 Robotaxi 每公里成本测算

	传统出租车	无人出租车 (含安全员+改装车)	无人出租车 (含安全员+前装车)	无人出租车 (无安全员+前装车)	备注
行驶里程 (公里)	60	60	60	60	假设出租车平均每天行驶里程数为 400 公里，每月 30 天，报废年限为 4 年
购车成本 (万元)	12	12+30 (自动驾驶改造成本)	20 (前装量产规模化+硬件成本下降)	20 (前装量产规模化+硬件成本下降)	对应为国内的成本
人工成本 (万元)	38	38	38		假设工资为 4000 元/人，两班制，传统和无人出租车均为 24 小时运营
燃料、维保等其他成本 (万元)	49 (燃油车) 23 (电动车)	27 (电动车)	23 (电动车)	23 (电动车)	假设燃油车 0.6 元/公里，电动车 0.15 元/公里
成本合计 (万元)	99 (燃油车) 73 (电动车)	107	81	43	
每公里成本 (元/公里)	1.65 (燃油车) 1.22 (电动车)	1.78	1.52	0.72	

资料来源：华西证券研究所

Waymo 引领单车智能化路线：

携手沃尔沃开启前装量产之路。2018 年，Waymo 先后向捷豹路虎和 FCA 购买 2 万辆高端电动 SUV I-Pace 和不超过 6.2 万辆克莱斯勒 Pacifica 混合动力车型，对

其进行改装和集成。2020年6月，Waymo与沃尔沃达成全球战略合作，旨在将Waymo Driver技术搭载到一个出行专属的全新纯电车平台上，从而创造包括网约车服务在内的应用场景和商业模式，开启前装量产之路。

庞大的自动驾驶车队积累了大量的数据。截至2020年6月，Waymo的自动驾驶系统在全美25个城市，累计测试里程已经达到2,000万英里，此外还有超过150亿英里的虚拟仿真测试积累。

表 33 Waymo 的 RoboTaxi 发展历程

日期	发展历程
2018年3月	Waymo 宣布向捷豹路虎下单 2 万辆高端电动 SUV I-Pace
2018年6月	Waymo 向 FCA 订购不超过 6.2 万辆克莱斯勒 Pacifica 混合动力车型
2018年12月	Waymo 推出无人出租车服务 Waymo one，驾驶座上仍有安全员
2019年1月	Waymo 在美国底特律开建全球首个 L4 自动驾驶量产工厂，用于对 I-Pace 和 Pacifica 进行改装
2019年4月	Waymo one 上传至谷歌商店
2019年10月	在美国凤凰城上线了无安全员的无人出租车
2020年6月	Waymo 与沃尔沃大成全球战略合作

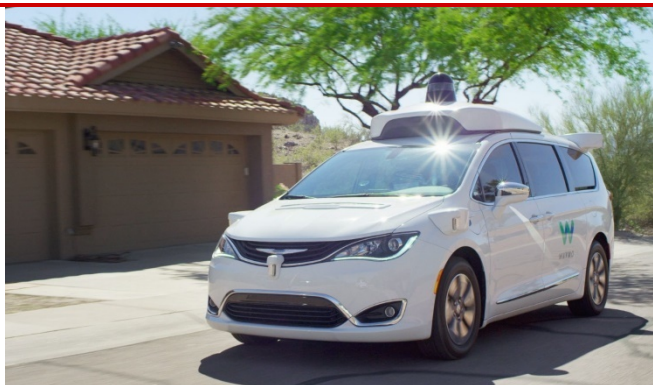
资料来源：Waymo 官网，华西证券研究所

图 117 Waymo 与 Volvo 达成全球战略合作



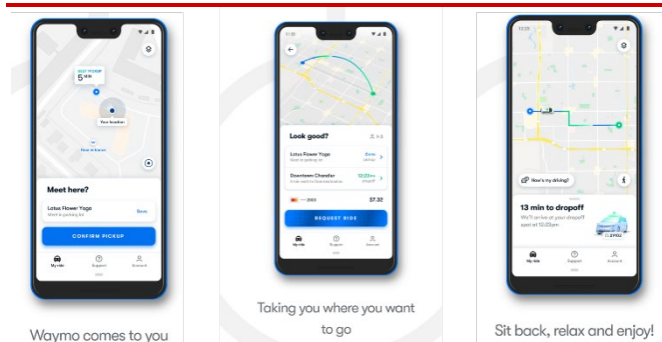
资料来源：沃尔沃官方，华西证券研究所

图 118 Waymo 无人驾驶出租车



资料来源：Waymo 官网，华西证券研究所

图 119 Waymo one 使用界面



资料来源：Waymo 官网，华西证券研究所

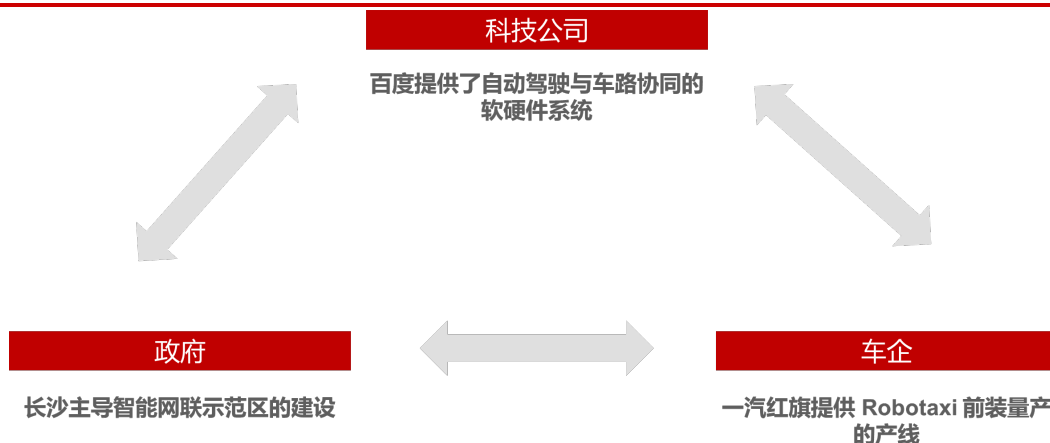
百度引领车路协同路线：

百度 RoboTaxi 是全球首个前装量产+L4 商业化运用。2019 年 9 月，百度和一汽红旗合作的量产 L4 级自动驾驶出租车 Robotaxi 车队在正式在长沙开放试运营，普通市民可登陆 Apollo 官网申请成为种子用户并预约试乘体验。2020 年 4 月，百度 Apollo Robotaxi 服务上线百度地图及百度 APP 智能小程序，成为国内首个通过国家级应用向公众开放的自动驾驶出租车服务。

百度在长沙打造了「车企-政府-科技公司」的合作模式。长沙主导了智能网联示范区的建设，一汽红旗提供了 Robotaxi 前装量产的产线，百度 Apollo 提供了自动驾驶与车路协同的软硬件系统。

百度 Apollo 的自动驾驶车辆已在中国超过 24 个城市进行测试，车辆总数超过 400 辆，累积实现 10 万次的安全载客出行，累计路测里程超过 300 万公里。

图 120 百度 RoboTaxi 在长沙的合作模式



资料来源：华西证券研究所

图 121 百度自动驾驶出租车



资料来源：百度 Apollo 官网，华西证券研究所

图 122 百度自动驾驶出租车乘车须知



资料来源：百度 Apollo 官网，华西证券研究所

特斯拉有望颠覆行业：

2019 年，特斯拉表示将于 2020 年推出 100 万辆的 Robotaxi，计划仍在推进中，正在等待监管部门的批准。特斯拉计划推出 Robotaxi 服务软件 Tesla Network，特斯拉车主可以让闲置的车辆加入 Tesla Network 车队，提供网约车服务从而赚取收入。

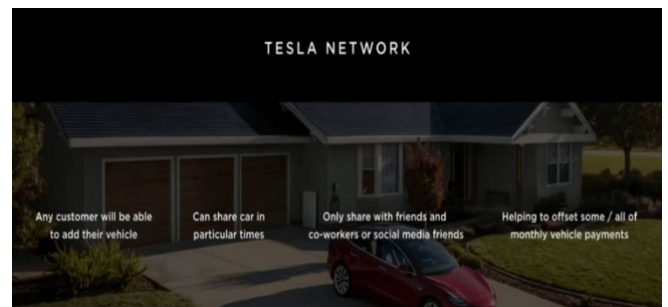
特斯拉 Robotaxi 每年有望产生 3 万亿美元的毛利润。根据特斯拉的测算，若运营成本为 0.18 美元/英里（对比 Uber 和 Lyft 的 1-2 美元/英里），服务价格为 1 美元/英里，假设每辆车每年行驶 9 万英里，对应每年大约可产生毛利润约 3 亿美元。此外预计下一代 Robotaxi 的制造成本有望降至 2.5 万美元，并且有可能采取租售并举的方式提供服务。

图 123 特斯拉自动驾驶出租车



资料来源：量子号，华西证券研究所

图 124 加入 Tesla network 的好处



资料来源：特斯拉，华西证券研究所

6. 底层技术：软硬件协同驱动智能网联发展

底层技术的演进是驱动汽车产业从内燃机驱动到电力驱动过渡内生驱动力。从传统燃油车到油电混动，从插电混合动力再到纯电驱动，政策导向和市场需求作为外沿驱动固然重要，但底层技术的演进实际在深刻影响这场产业变革的进程。我们认为这一轮变革的底层技术驱动力主要聚焦在以软件定义汽车为主线的应用层演进，以及以电子电气架构升级及域控制器进化为主线的硬件架构演进。

车企的核心能力需要从制造向创造转变，研发侧重需要从机械加硬件向软件加硬件转移。项目管理理念既要满足安全性、鲁棒性的需要稳步向前，同时也要适应软件开发小步快跑迭代更新的灵动迅捷。车企唯有顺应时代发展，通过加快发展动能的新旧转换，通过理念创新、技术创新、产品创新、商业模式创新等，向创新深处谋发展，寻机遇，才能在市场中占据有利地位。而其中，以汽车行业“新四化”为导向，以“软件定义汽车”为主流思想的创新模式，成为汽车产业向电动化、智能化转型的过程中的制胜关键。

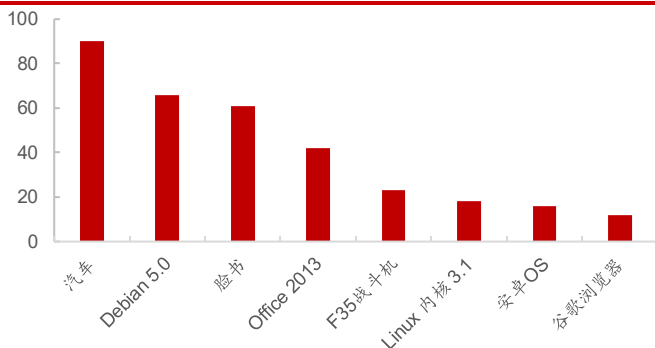
6.1. 软件定义汽车 布局合作成主流

6.1.1. 竞争力由硬变软 车企围绕软件布局

软件定义汽车逐渐成为共识。当前传统燃油车的软件代码平均长度已经超过 100 万行，相比日常熟悉的消费电子等多种类产品，这个代码量已是相对最长。在整车电子电气架构功能以分布式布置而稍显分散的当下，软件工作量被不同控制单元的供应商所分担。而顺应汽车行业的发展，以大众为代表的汽车集团将聚焦和收紧软件开发的权限，自主开发软件代码的占比将提升到 60%，软件开发部门将成为人数过万的主要研发团队。

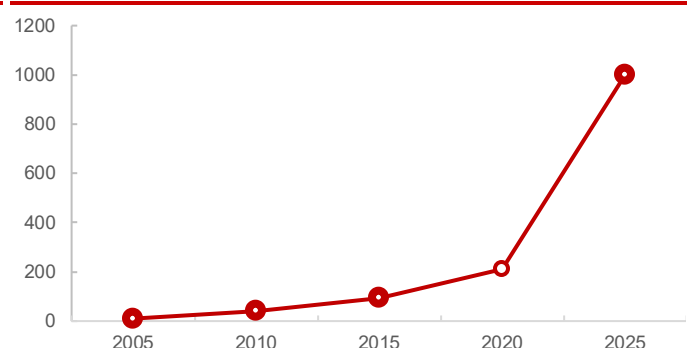
软件研发工作成为车企关注和精力投入的首要重点将是可预见的趋势。预计到 2025 年，汽车平均代码量将是当前的五倍以上。汽车新四化将衍生出多种新功能和 新应用，这将直接导致整车软件代码量激增。以目前相对最为成熟的导航系统为例，大约有两千万行代码，而 L5 自动驾驶功能软件代码量具估算更是将超过 10 亿行。

图 125 产品软件代码长度对比（百万行）



资料来源：大众集团，华西证券研究所

图 126 单车平均代码长度变化（百万行）



资料来源：大众集团，华西证券研究所

车企需要调整和重新定义核心竞争力，客观评估研发能力和资源现状，将有限的研发资源集中到跟用户体验相关性更高的地方。汽车代码和计算量的激增是体现

了消费者对于汽车功能需求的转变，汽车的核心价值从单一出行工具过渡到生活第三空间，拥有强烈的个人属性，其价值感也开始围绕这个核心来打造。启动、怠速、驾驶性及 NVH 等以电控和机械来构建的客户体验的重要性将下降，而以车联网、大屏、触控、语音等一系列元素组成的智能交互功能，其对客户体验的重要性将极大地提升。

软件能力是连接终端客户的能力，是持续提供迭代应用升级的基础，也是收集数据资源的通道。软件定义汽车的本质就是未来硬件会越来越标准化，而软件将成为差异化的突破口。国外车企已经充分认识到软件能力的重要性，并在近两年频繁决策做出实际的团队构建动作。

车企软件团队构建有以下三种方式：

- 1) 设立软件相关子公司；
- 2) 同软件背景企业合资合作；
- 3) 在内部设立软件相关新部门。

丰田是设立软件相关子公司的代表企业。今年7月底宣布重组丰田研究院高级研发公司 TRI-AD 并改善业务，正式成立软件公司 Woven Planet Holdings，并将于明年1月开始正式运营。新公司下设两家公司：Woven Core 和 Woven Alpha，其中 Woven Core 将专注于自动驾驶，并包括目前负责丰田自动驾驶开发的丰田研究院 TRI-AD，TRI-AD 成立于 2018 年 3 月，是丰田与电装、爱信共同出资 28 亿美元成立的合资公司，其中丰田持有 90% 的股份。Woven Alpha 将在互联、车载软件和高清地图等领域开创新业务，孵化创新项目。控股公司的运营资本预计为 200 亿日元，Woven CORE 的运营资本预计为 5000 万日元，Woven Alpha 的运营资本预计为 1 亿日元。

图 127 丰田设立软件相关子公司



资料来源：盖世汽车，华西证券研究所

上汽乘用车在今年7月将其软件中心定名为“零束”，该新公司主要从四个方面开展业务：

- 1) 数字化创意工厂；
- 2) 电子电气架构（致力打造中央集成式电子架构）；
- 3) ICV 基础软件（负责从操作系统、业务层到云管端一体化架构）；
- 4) 数据架构和网络安全（探索人工智能在汽车上的应用）。

长安于 2019 年底通过将座舱、车控、云端、驾驶等方面的软件开发人员进行整合，成立了软件科技公司。新公司主要聚焦“1+5+1”软件核心能力：

- 1) 1 个整车软件平台；
- 2) 5 个软件基础能力：需求设计、软件架构、代码开发、编译集成、测试；
- 3) 1 个软件体系能力。

吉利集团战略投资并独立运营亿咖通科技，聚焦座舱智能化与整车智能化两大领域，围绕人工智能、边缘计算、大数据构建企业的核心业务能力，具体包括：

- 1) 通信、云、芯片、传感器等基础技术；
- 2) 信息娱乐主机的多媒体开发设计
- 3) 语音助理、自然语义识别引擎；

表 34 车企设立软件相关子公司

车企	时间	具体事项
沃尔沃	2017 年 4 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 拆分其与瑞典零部件供应商维宁尔 (Veoneer) 合资成立的驾驶软件研发公司 Zenuity； ▪ Zenuity 中负责自动驾驶系统研发和商业化的部分被重组为一家新公司，归属于沃尔沃； ▪ 新公司计划于 2020 年第三季度投入运营；
丰田	2020 年 7 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 宣布重组旗下研究机构 TRI-AD 为一个拥有两家子公司的控股公司 Woven Planet； ▪ 子公司 Woven CORE 将继续推进 TRI-AD 在自动驾驶技术的开发和规模化应用； ▪ 子公司 Woven Alpha 主要负责车载软件、互联和高清地图等领域的创新项目的孵化； ▪ 丰田预计在 2021 年 1 月正式开始新公司的业务；
上汽	2020 年 7 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 成立上汽集团零束软件分公司，由上汽软件中心主任担任法人； ▪ 零束由四个板块构成：数字化创意工厂、电子架构团队、ICV 基础软件团队，和数据架构与网络安全团队； ▪ 有望在数字化、中央集成式电子架构、系统一体化，以及人工智能方面助力上汽向软件驱动型企业转型；
长安汽车	2019 年 12 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 成立重庆长安汽车软件科技公司，作为其“北斗天枢”智能化战略的核心支撑； ▪ 整合座舱、车控、云端、驾驶方面的软件开发人员，聚焦“1+5+1”软件核心能力； ▪ 与这 1 个整车软件平台、5 个软件基础能力，和 1 个软件体系能力相关的需求、开发、测试、项目管理等按 V 模型职责分工建制；
吉利	2016 年	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 吉利控股战略投资成立亿咖通科技； ▪ 亿咖通以 AI、边缘计算和大数据为核心，着力打造座舱智能化和整车智能化； ▪ 2018 年 3 月发布吉客智能生态系统 GKUI，为吉利首款智能网联系统；一年一次迭代预计成为吉利 GUKI 的核心竞争力；
一汽	2000 年 10 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 剥离集团的电子计算处并成立全资子公司启明信息技术股份有限公司； ▪ 在企业数字运营、智慧汽车和智能网联两方面为集团提供研发、实施、运维服务； ▪ 在 2018 年发布了中国第一个服务全产业链的汽车工业互联网平台“启明星云”；

资料来源：盖世汽车，华西证券研究所

车企同软件背景的专业公司合资也是一条行之有效的路径。

宝马在积极向移动出行技术公司转型。为在 IT 和软件开发领域迈出全球创新网络扩张的重要一步，其选择了与 CRITICAL Software 组建 Critical TechWorks。后者将主要研发和运营各个领域的高端软件解决方案，产品范围涵盖车载娱乐信息解决方案和数字服务、量产自动驾驶运输系统、数字销售和数字售后平台、产品数据管理的高端集成解决方案等，以确保在此领域的相关专长和技能。

广汽集团在 2019 年 11 月同东软睿驰联合成立广汽研究院-东软睿驰 SDV 联合创新中心，主要围绕软件定义汽车（SDV）的发展趋势在基础软件新技术研究、智能网联、新能源等领域开展长期稳定的合作。此外，广汽集团在 2020 年 3 月同中科创达成立智能汽车软件技术联合创新中心，旨在打造一个软件和应用创新的基地，推动广汽在智能网联领域的技术创新和智驾互联汽车生态圈的构建。

表 35 车企同软件背景企业合作开发

车企	时间	具体事项
宝马	2018 年 10 月	<ul style="list-style-type: none"> 宝马集团与 CRITICAL Software 合资组建软件研发和运营公司 Critical TechWorks; 新公司在娱乐信息系统、量产自动驾驶运输系统、数字销售和售后平台、产品数据管理等方面提供创新解决方案;
广汽	2019 年 11 月	<ul style="list-style-type: none"> 广汽研究院联合 东软睿驰 成立联合创新中心，围绕软件定义汽车在基础软件新技术研究、智能网联、新能源等领域开展合作;
	2020 年 3 月	<ul style="list-style-type: none"> 研究院与 中科创达 合作成立联合创新中心，推动广汽在智能网联领域的技术创新和智驾互联汽车生态圈的构建;

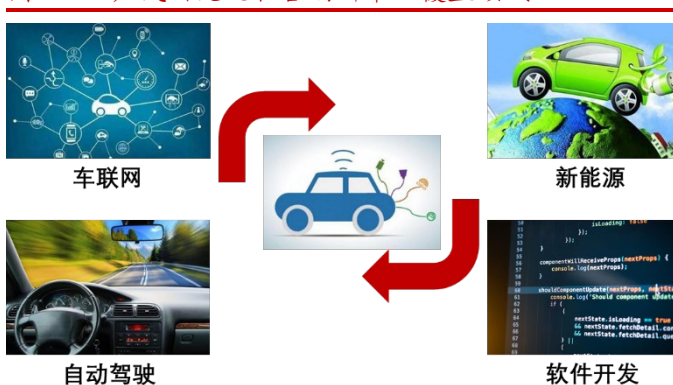
资料来源：盖世汽车，华西证券研究所

图 128 广汽研究院的软件合资布局



资料来源：华西证券研究所

图 129 广汽研究院联合创新中心覆盖领域



资料来源：华西证券研究所

以大众为代表的公司选择在内部成立层级更高、规模更大的独立软件部门。

大众集团组建 Car. Software 软件部门，未来将支持大众集团旗下的所有车型配备统一的、拥有全部基础功能的软件平台，包括“vw. os”车辆操作系统和大众汽车云，以极大降低在每辆车上进行软件整合的成本。

长城内部设立一级部门“数字化中心”来推动集团的数字化业务进展。该中心业务包括智能驾驶、智能座舱、数字化营销平台、数据中台、用户运营平台等，且数字化中心的业务将面向所有长城品牌进行赋能，包括长城（皮卡）、哈弗、WEY 以及纯电动品牌欧拉。

表 36 车企内部设立软件相关新部门

车企	时间	具体事项
长城	2020 年 4 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 新设一级部门“数字化中心”，由仙豆智能创始人李鹏任数字化执行官（CDO）； ▪ 部门业务囊括智能驾驶、智能座舱、数字化营销平台、数据中台和用户运营平台，并将面向所有长城品牌；
大众	2019 年 6 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 整合旗下专家并吸收外部人才，组建负责汽车软件和数字生态系统开发的部门 Car. Software； ▪ 该部门主要研发能应用于“大众汽车云”下的通用操作系统，总投资预计在 2025 年超过 70 亿欧元；
雷诺-日产	2016 年 10 月	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 继收购软件开发公司 Sylphee 并与微软达成相关合作后，成立专注自动驾驶技术的新部门 Alliance Connected Vehicle and Mobility Services； ▪ 该部门旨在通过智能互联汽车及新型移动服务的核心科技的研发巩固公司的软件和联网汽车平台；

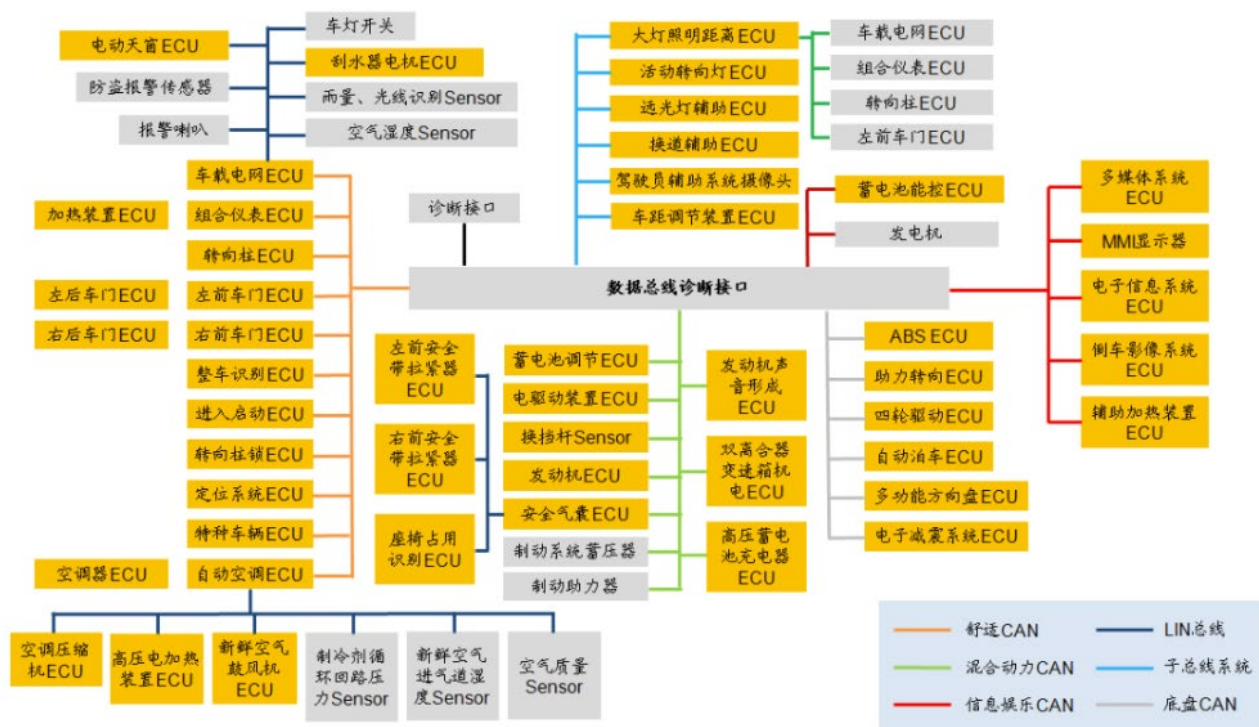
资料来源：盖世汽车，华西证券研究所

6.1.2. 软硬件开发解耦 企业间竞争策略改变

传统汽车整车开发周期过长，车型改款或迭代升级的研发成本过高的问题亟待改变。传统汽车采用分布式电子电气架构，底层稍显复杂，ECU 数量随着车辆功能的复杂而增多，不同 ECU 之间相对独立，彼此之间仅通过 CAN 或 LIN 总线进行有限的通信。此外，这些控制器的软件和硬件高度耦合，每当需要更换新的硬件时，都需要对 ECU 的软件进行重新编写和大规模的修改，并需要进行大量的测试认证。

汽车开放系统架构 AUTOSAR 为汽车的软硬件之间提供了一个类似于电脑操作系统与应用程序之间的中间层，试图将软硬件解耦。AUTOSAR 是一个开放化、标准化的汽车嵌入式系统软件架构规范，由全球规模最大的几家汽车企业、零部件供应商以及电子、半导体、软件系统公司以联盟形式维护。包括大众、丰田、宝马、戴姆勒、大陆、博世、福特等在内的 9 家核心公司是 AUTOSAR 协议的发起人，也负责 AUTOSAR 开发模式的筹划、管理和调控。

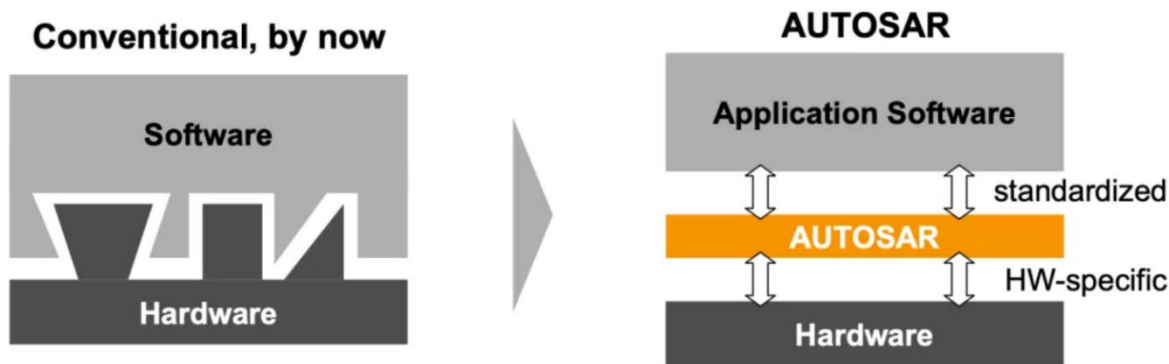
图 130 传统汽车 ECU 电子控制单元分布



资料来源: Kingslayer, 建约车评, 华西证券研究所

AUTOSAR 架构中系统软件自上而下被规整分层: 应用层、运行时环境、基础软件层和微控制器层, 每一层只会调用下一层的接口, 并为其上一层提供接口。这带来了如下好处: 1) 软件可以跨平台复用; 2) 便于软件的交换与更新; 3) 软件功能先期架构级别的定义和验证将减少开发错误; 4) 减少手工代码量, 减轻测试验证负担, 提高软件质量; 5) 标准化的数据交换格式便于各公司间的交流合作。

图 131 AUTOSAR 试图为汽车软硬件解耦



资料来源: 建约车评, 华西证券研究所

在智能化趋势下, 整车电子电气架构加速演变以面向和适配更复杂的域控制器和中央计算平台。AUTOSAR 更多是基于现有分布式架构的软硬件分离解决方案, 但也反映了车企在项目开发过程中软硬件分离的发展方向和迫切需要。而在当前汽车产业

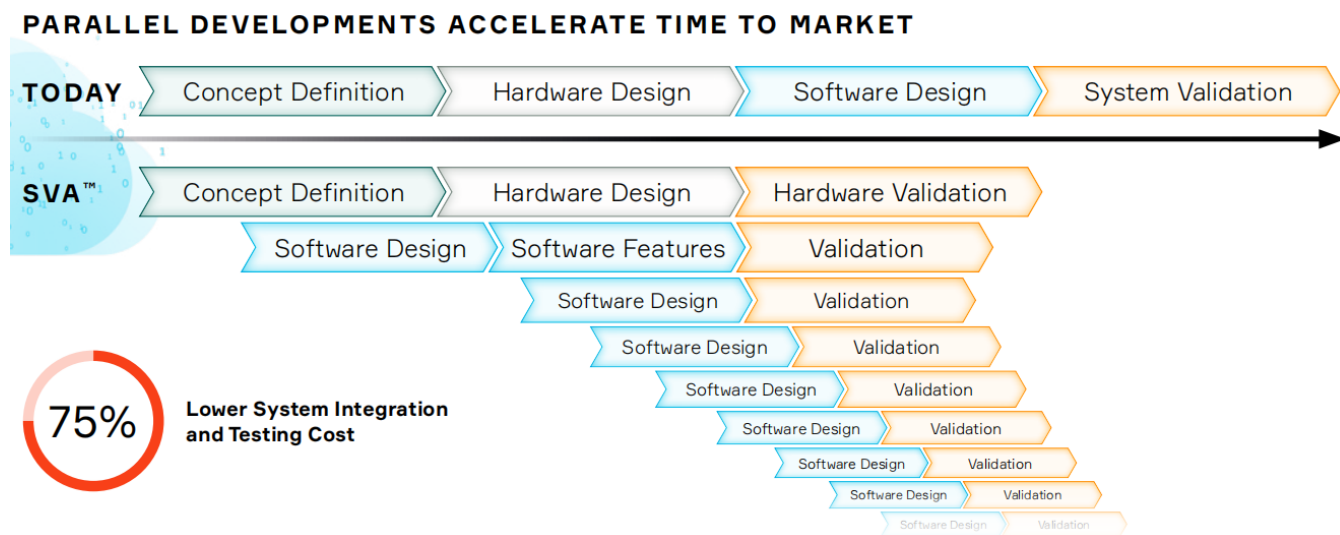
智能化转型的浪潮中，车载网络也从 CAN/LIN 总线向车载以太网发展。AUTOSAR 架构开始演进升级为 Adaptive AUTOSAR。

掌握主导权，提高应用开发效率，让整车可以持续迭代、升级，改善性能以及用户体验，特斯拉方案可能为更多实力车企采用。当控制器的软件是基于 AUTOSAR 开发的时候，相关工作往往由控制器供应商完成，车企想要实现 OTA 就必须通过供应商。不同于 AUTOSAR 在独立的 ECU 基础上开发中间件的做法，特斯拉进行了大刀阔斧的变革，采用 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，整合在一块主板上，形成了汽车的“中央计算平台”。特斯拉在中央计算平台的基础上形成了基于 Linux 开发的实时操作系统，而这比 AUTOSAR 的做法更进一步。

软硬件在开发流程中的解耦将是智能网联汽车发展过程中的必然趋势。无论是 AUTOSAR 的演进迭代又或是特斯拉的一步到位，在智能网联时代可以预见传统的以 2 到 3 年为一个新车型项目周期的开发模式将因为软硬件的解耦而发生重大改变。过去几年全球主要车企巨头开始倡导软硬件开发解耦，并且投入巨额资金加快核心软件平台的自主开发和掌控能力。而随着科技巨头涉足汽车行业，数字化成为跨界颠覆的核心焦点。连接、云计算、人工智能和无线更新等消费电子产品的技术特征将被更多的移植到整车上。

为了满足自动驾驶和电气化对整车 E/E 架构高安全性、高数据吞吐能力等的要求，安波福提出了 SVA (Smart Vehicle Architecture) 架构。SVA 可以使开发人员完全独立于底层硬件来开发软件，将大为减少整个开发流程的复杂性。硬件和软件的并行开发将加快新车型的上市时间，降低乘车集成和测试的成本，并且后续软件的设计和验证可以不断的迭代升级。

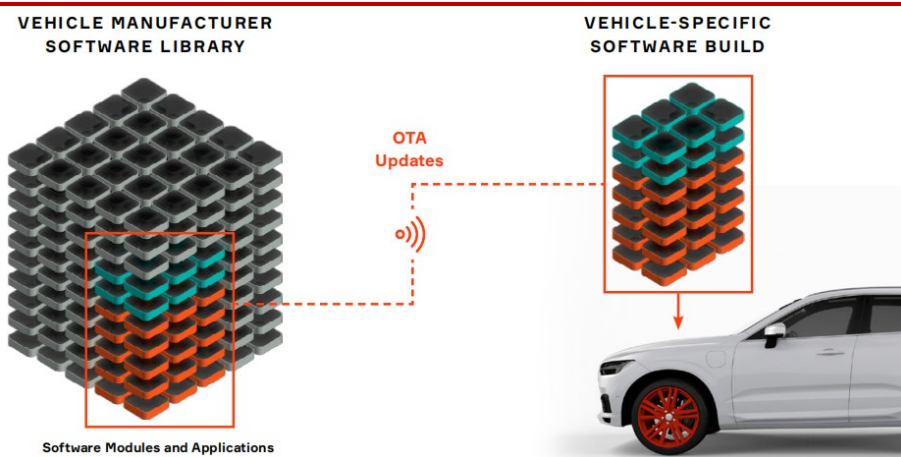
图 132 安波福软硬件开发解耦的研发模式



资料来源：安波福，华西证券研究所

得益于软硬件的分离，车企可以建立一个经过认证的软件应用商店，开发人员可以直接从应用商店提取应用，并下载到每一辆目标新车之上。整车常规保养中软件维护的概念被弱化，终端车主无需去到 4S 店即可进行软件更新升级。这样的操作将以软件开发投入小幅增加的代价，快速提升单车价值感和客户体验。

图 133 软硬件解耦后软件通过 OTA 更新升级



资料来源：安波福，华西证券研究所

在智能网联的总体发展趋势下，车企会更多的选择合作，基于自身现有资源以达成优势的互补。软件定义汽车，硬件标准化以及软硬件开发的解耦等趋势将共同作用，对车企的竞合策略带来影响和改变。车企中综合实力一般，产品线单一的，需要针对性分配研发资源，聚焦跟用户体验关联更强的应用部分，机械硬件等尽量复用现有的平台方案。而实际上即便是体量规模庞大，具备一定实力的头部车企，也将开始更加严格的审视自身的优劣，整合自己的优势资源，并在市场上寻找可以优势互补的合作伙伴。

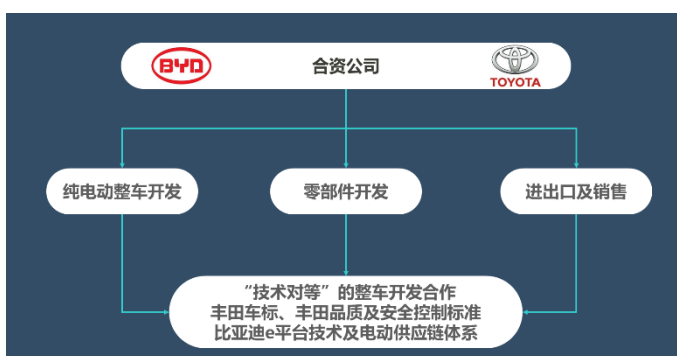
车企掌控的研发环节将有所侧重和聚焦，大包大揽不再可取。2020年6月，福特和大众成立战略联盟，欲在皮卡、商用车和电动车领域协同合作，分摊研发投资，分散市场风险。2020年3月，比亚迪和丰田按50%对50%的比例出资设立合资公司，欲在电动车领域进行“技术对等”的整车开发合作。这都是反映当前合作趋势的典型案列。

图 134 大众和福特成立战略联盟



资料来源：公开资料，华西证券研究所

图 135 比亚迪和丰田设立合资公司



资料来源：公开资料，华西证券研究所

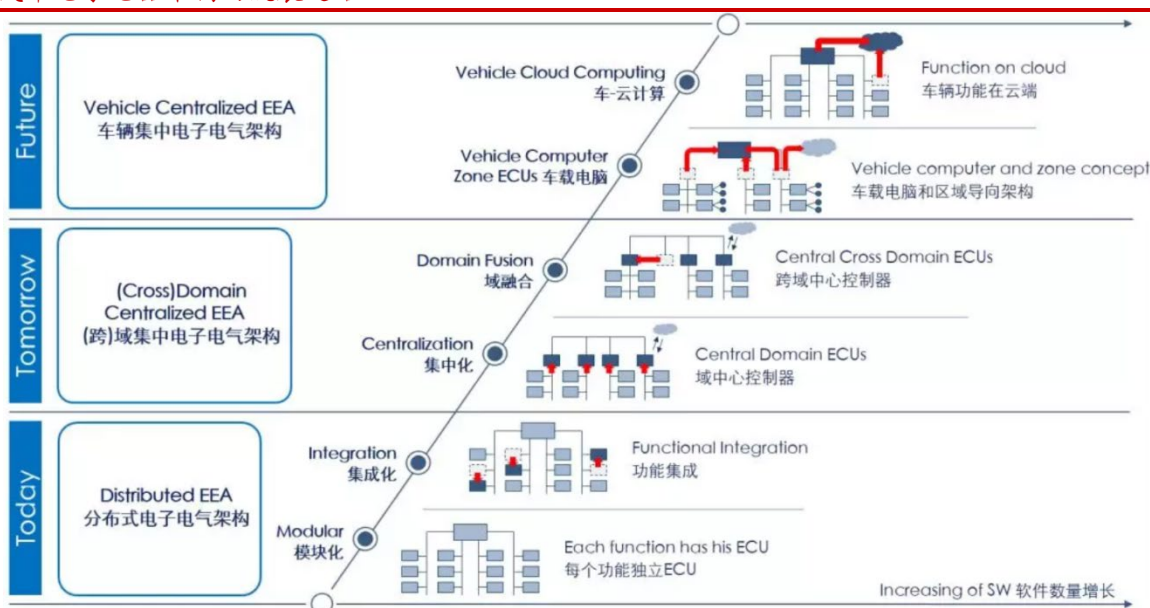
6.2. 电子电气架构从分布式到集中式演进升级

6.2.1. 以跨域融合为特征的电子电气架构

分布式电子电气架构已不能满足智能汽车发展的需要。随着汽车智能网联的发展，在汽车功能愈发复杂，整车上所布置的 ECU 电子控制器单元也在逐增多。当前一辆乘用车可以拥有多达 70-80 个 ECU，而所有 ECU 的总计代码量预计已达约一亿行，其复杂度远超安卓手机系统。在传统的汽车供应链中，不同的 ECU 来自不同的供应商，有着不同的嵌入式软件和底层代码。这种分布式的架构在整车层面造成了相当大的冗余，传统汽车的软件更新几乎与汽车生命周期同步，极大地影响了用户体验。

向以集中化和域融合为特征的跨域集中式电子电气架构发展。以模块化和集成化为特征的分布式电子电气架构方案已不再具有优势，需要向以集中化和域融合为特征的跨域集中式电子电气架构发展，“域”的概念由此而生。整车需要关注系统方案和软件集成控制，单一功能的控制器不再成为主流。车企唯有掌握“域”控制理念，才能在汽车智能网联时代继续保有匹配整车地位的话语权。

图 136 汽车电子电器架构的发展之路



资料来源：Bosch 官网，华西证券研究所

传统分布式电子电气架构体系通常将功能划分在不同的模块领域，如动力总成、信息娱乐、底盘、车身等。在每个模块领域中，控制器的设计通常基于特定的功能，如：座椅控制单元 SCU、尾门控制器 PLG 等。模块与模块之间通过 CAN 总线传递信息，而其模块划分一般也根据总线数量而定。

其优点：

- 1) 功能划分明确，模块与模块之间严格明确界限，一切“越界”行为容易控制；
- 2) 模块间的独立性较强，模块开发者不用太过于考虑其他模块的干扰问题。

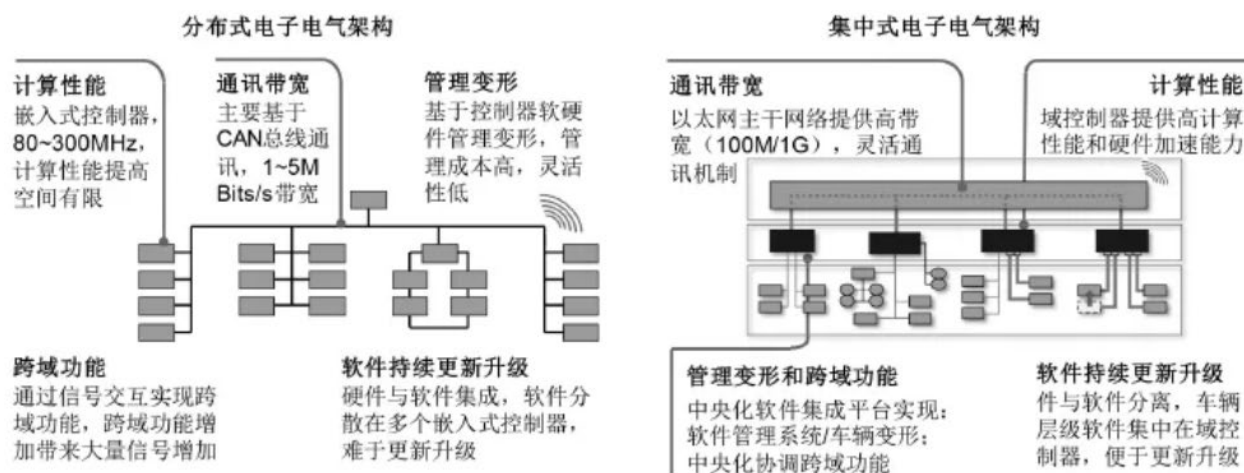
局限性：

- 1) 功能控制器的独立开发模式致使信息闭塞，传输信号的带宽局限，资源无法共享，大量运算资源浪费，性能“偏科”；

- 2) 在计算性能、通讯带宽、变形管理和支持跨域功能等方面存在瓶颈；
- 3) 以高度嵌入式控制器为主，硬件与软件高度集成，在车辆批产后软件难以升级，较难支持软件创新。

跨域集中式电子电气架构更好地支持了软件的持续创新和更新升级。分布式电子电气架构模块化封闭的架构局限性在 L2 以下的自动驾驶应用中可被容忍，但在 L4 自动驾驶或 ASIL-D 功能安全的要求下，这种局限就会被放大，成为正向功能开发的障碍。跨域集中式电子电气架构通过域控制器和以太网提供了未来汽车所需的计算能力和通讯能力，将车辆层级软件集中于域控制器，并标准化高度嵌入式控制器，更好地支持变形管理和跨域功能，化解了分布式架构的局限。

图 137 分布式电子电气架构和集中式电子电气架构对比



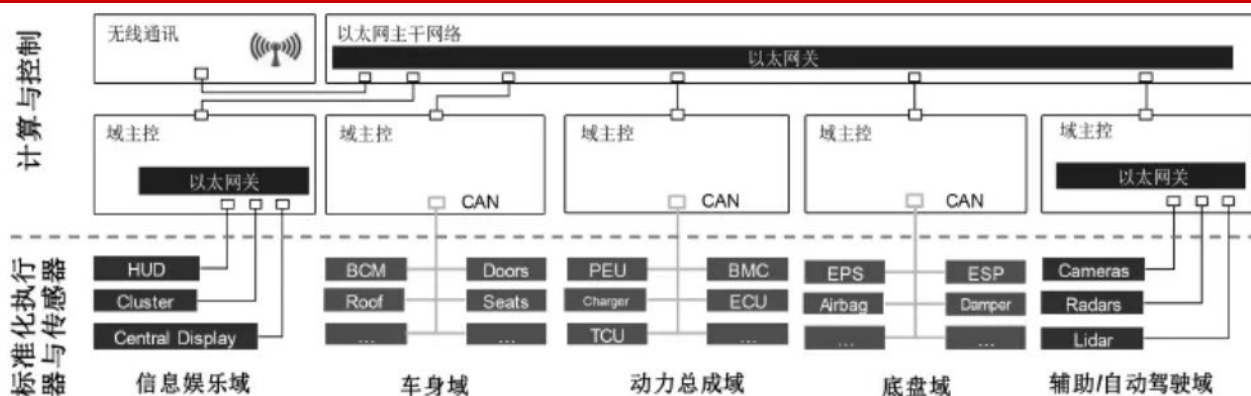
资料来源：UAES 官网，华西证券研究所

集中式汽车电子电气架构将分为三层：

- 1) 顶层为云计算服务平台；
- 2) 中层为车载计算控制平台（即域控制器）；
- 3) 下层为机电一体化的标准化执行器、传感器控制器。

一般将汽车电子电气系统分为五个功能域，分别是动力总成域、底盘域、车身域、信息娱乐域（智能座舱域）、辅助/自动驾驶域。由此，中层的计算与控制包括五个域的主控和以太网通讯、无线通讯共七个元素。

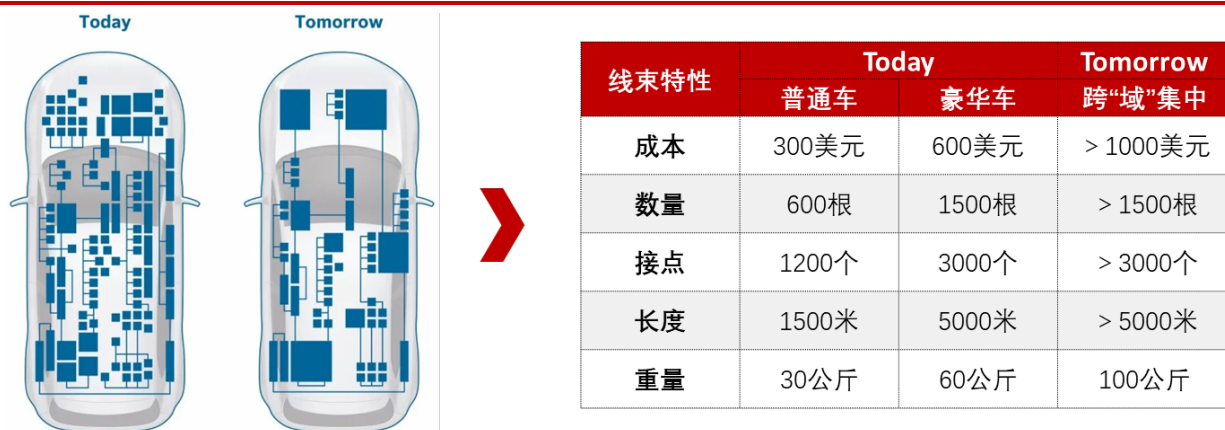
图 138 跨域电子电气架构集中和融合的五域划分



资料来源：Bosch 官网，华西证券研究所

集中式方案的落地受实现成本制约。“域”集中式方案的架构理念完美，但近年在中低端车型上并没有得到大范围的运用，方案实施成本是首要矛盾。随着汽车电子应用增多，整车 ECU 数量及运算能力需求都不断增长，同时对运算带宽的需求也开始爆发，汽车电子系统成本已然大增。而为配合基于模块划分的“功能域”的概念，线束、布置、安装、支架，不得不重新洗牌设计，机械结构改造成本也将显著增加。

图 139 线束成本电子电气架构跨域集中后的变化



资料来源：Bosch 官网，华西证券研究所

特斯拉在 Model 3 按物理空间临近原则划分域，具有成本优势。为了解决高昂的成本问题，且不丢失“域”的软件集中的核心概念，特斯拉 Model 3 重新划分了“域”。在新的概念中，不再存在传统的车身域、动力域等，取而代之的是物理空间上的划分“区域 Zone”，比如中域、左域和右域。新的域按照布置方案来划分，这是区域的核心概念。汽车电子开始由繁至简。新的域可能会实现基于位置分布的“域 Zone”，通过不同域之间的交互融合，完美化解了线束成本等问题。

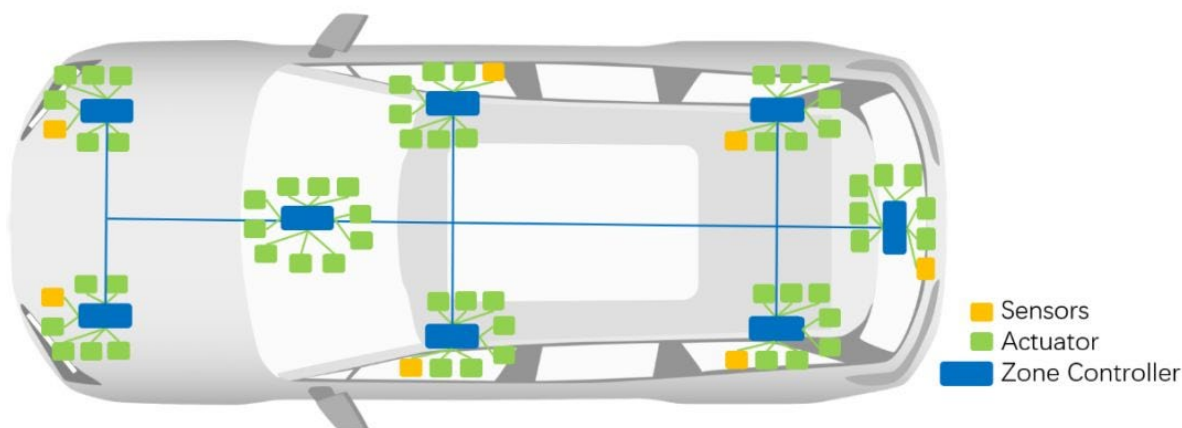
“区域 Zone”给软件开发提出较高要求，带来诸多挑战：

1) 单一控制器的工程师需要负责更多的控制器和功能，例如车身控制器工程师可能需要开始研习雷达的驱动和算法；

2) 同样功能的软件开发工作量会大幅提升，功能安全 ASIL-C 和 D 级别的软件开发逐渐变成标配。

域的控制开发要求将不再仅限于功能，软硬件开发将打破传统的功能划分壁垒，更多地需要从整车角度思考去设计。

图 140 按区域 Zone 来划分的电子电气架构



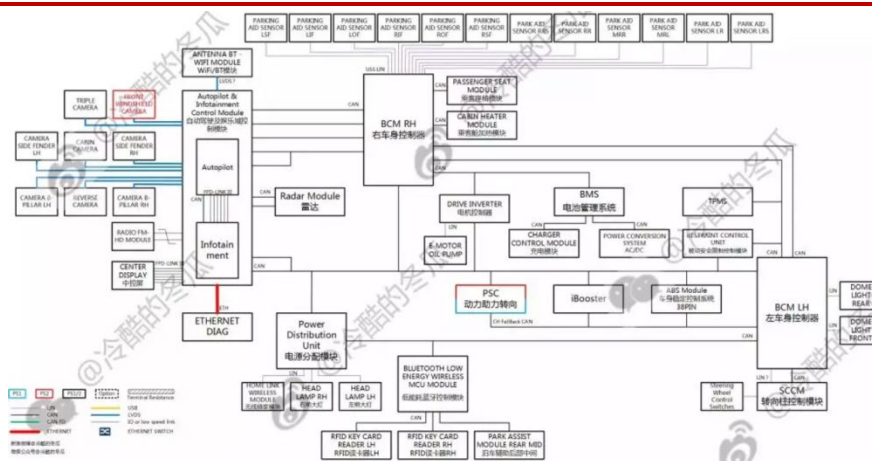
资料来源：UAES 官网，华西证券研究所

6.2.2. 特斯拉引领车企硬件架构升级策略

特斯拉采用垂直一体化的策略，从 0 到 1 直接采用车辆集中式电子电气架构，引领了汽车电子电气架构的演进趋势。其最新款 Model 3 是该结构下第一款量产车型。Model 3 全车主要有三大控制模块构成，一个是类中央控制模块的自动驾驶及娱乐控制模块 Autopilot & Infotainment Control Module，另外两个分别是右车身控制器 BCM RH 和左车身控制器 BCM LH。

特斯拉作为一个特例较为领先，其电子电气架构的技术方向具有一定参考价值，但其实现过程的可复制性不高。电子电气架构的演变涉及者众，一般车企无法独立完成，需要同技术积累深厚的系统级供应商一起来进行研发。

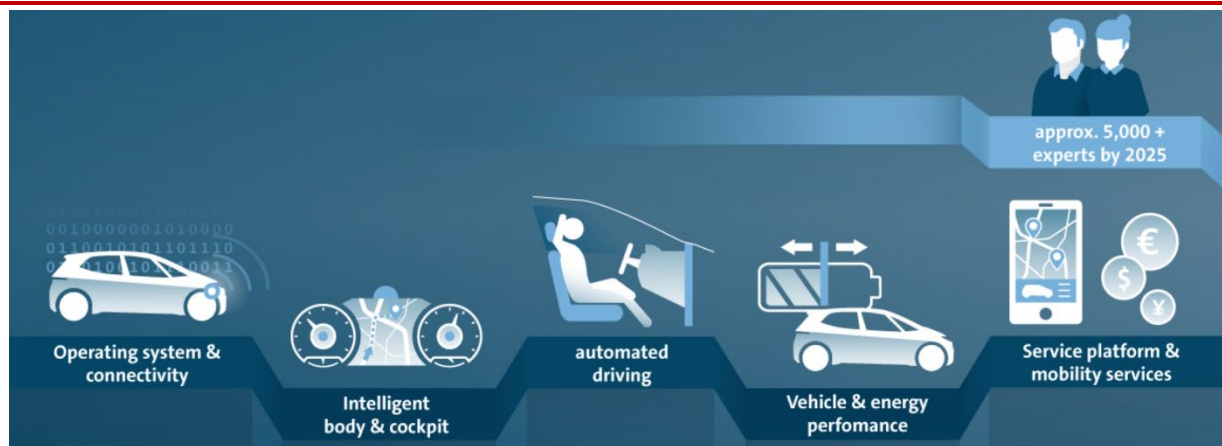
图 141 特斯拉 Model 3 的电子电气架构网络拓扑



资料来源：冷酷的冬瓜公众号，华西证券研究所

大众集团将集成式 EEA 列为未来集团发展的战略重点，加大对软件研发的投入规划，设立 Car Software 开发独有的 VW.OS 操作系统。大众集团已经将软件列为布局智能网联的必争之地，随着汽车功能的不断增加和定位的变化，软件开发人员的比例会显著增加，甚至成为占比最大的研发力量。大众率先提出将汽车架构的硬件与软件开发分离开来，并加大对于软件研发的投入，准备逐步从供应商手中收回对于软件的主导权，在这一领域打造自己的核心优势。

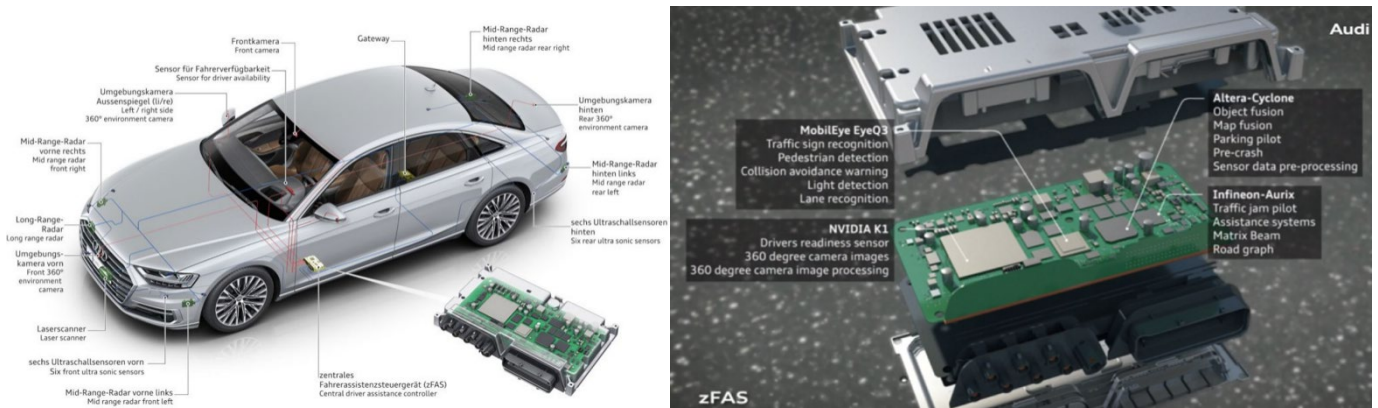
图 142 大众投入 70 亿欧元成立软件部门



资料来源：大众集团官网，华西证券研究所

成功的合作、博采众长是奥迪顺利实现 L3 自动驾驶汽车量产的重要驱动力。2017 年，奥迪的中央驾驶员辅助控制单元 (zFAS) 在其推出的首款量产的 L3 自动驾驶汽车奥迪 A8 首次亮相。zFAS 大小相当于一个小型平板电脑，是奥迪 ADAS 功能的核心，其是奥迪与包括安波福、Mobileye、英伟达、英特尔、英飞凌等在内的多家公司合作开发的成果，集成各个领域最先进的技术。

图 143 搭载于 A8L 的奥迪 zFAS 中央驾驶员辅助控制单元



资料来源: Fudzilla, 华西证券研究所

通用推出凯迪拉克云电子电气架构，其算力与安全性能提升、可实现整车云更新 (FOTA)，带来新一代移动互联体验。凯迪拉克云电子架构在性能和运行效率方面显著提升，成为连接、驱动和控制车辆的几乎所有功能的强大技术中枢，更以无限的拓展潜力，为高度集成化、规模化软件创新开发与应用奠定了技术基础。

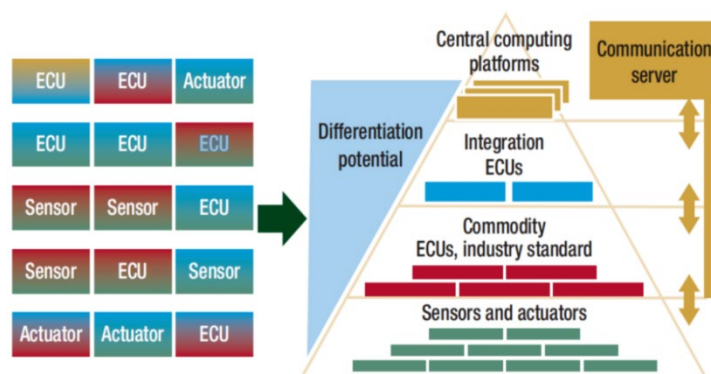
图 144 通用推出全新电子电气架构



资料来源: 汽车电子设计公众号, 华西证券研究所

宝马新的 E/E 架构采用集成式架构、可实现系统级优化，未来将逐步向云端架构靠拢。在宝马对于未来汽车电子架构的规划中，ECU 是基于需求分类的，每个 ECU 控制着一类特定的系统需求，所有 ECU 采用统一的开发方法取代了局部开发方法，可以实现对汽车的系统级优化。新的 E/E 架构实现了中央计算平台、集成式 ECU、商品 ECU 的多层分级，不同类型的功能由不同级别的控制器负责。未来车内的 E/E 架构会逐步向云端架构靠拢，海量数据将被传输至云端进行分析处理。

图 145 宝马规划中的新 E/E 架构



资料来源：IEEE，华西证券研究所

6.3. 车规芯片及计算平台驱动智能网联的发展

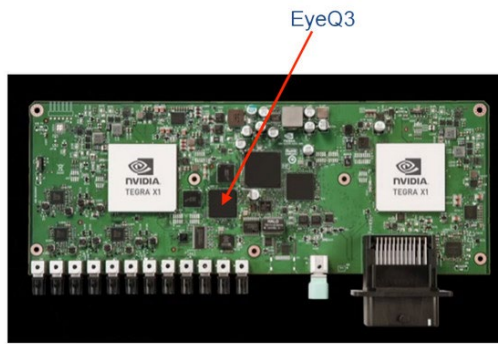
6.3.1. 特斯拉 FSD：从外购到自研

特斯拉的探索领先行业，从最初外购芯片到自研 FSD，自成一体时同时引领了产业发展。其自制策略下的研发的 FSD 专用芯片精简了不必要的软硬件模块，这将大大减少研发设计工作量，缩短了研发周期。而其主要劣势是生态相对封闭，在建立相对完善的生态体系方面不具备先天的优势。

特斯拉第一代 Autopilot 1.0 系统：特斯拉 2014 年发布 Autopilot 1.0，视觉芯片采用 Mobileye EyeQ3，数据融合芯片采用英伟达 Tegra 3。搭载 1 个前置摄像头、1 个后置倒车摄像头、1 个前置雷达及 12 个超声波传感器。2014 年 10 月开始，Model S 和 Model X 开始搭载这第一代 Autopilot 1.0 系统。尽管 Model S/X 在市场上取得相对不错的成绩，但是因为 EyeQ3 的算力不及预期，且 Mobileye 的算法和芯片捆绑销售策略也极大限制了创新，最终特斯拉弃用了这个方案。

特斯拉第二代 Autopilot 2.0 系统：2.0 系统以摄像头为主，雷达作为辅助，硬件方案采用 NVIDIA 的 1 颗 Tegra Parker 芯片和 1 颗 Pascal 架构芯片方案；支持 8 个摄像头、12 个超声波雷达和 1 个前置毫米波雷达。整体性能较上一代方案有近 40 倍的提升。NVIDIA 的方案算力较强，但是能耗偏高。后来特斯拉优化升级了 2.5 版本的系统，这仍是 NVIDIA 方案的延续。但是最终，因为 NVIDIA PX2 方案的 GPU 芯片资源利用率不高，同等算力下功耗表现较差，故特斯拉最终弃用 NVIDIA 方案。

图 146 Autopilot 1.0 数据处理单元



资料来源: Seeking Alpha, 华西证券研究所

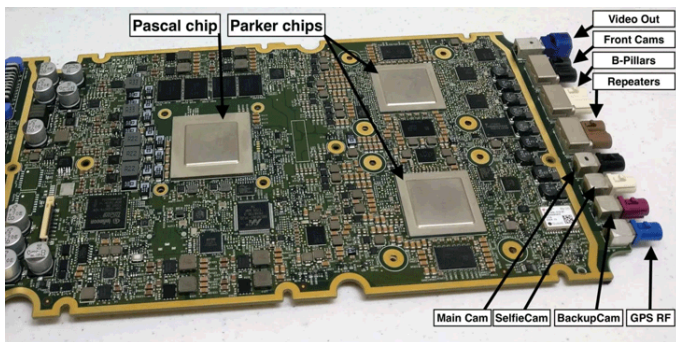
图 147 Autopilot 2.0 数据处理单元



资料来源: Tesla Motors Club, 华西证券研究所

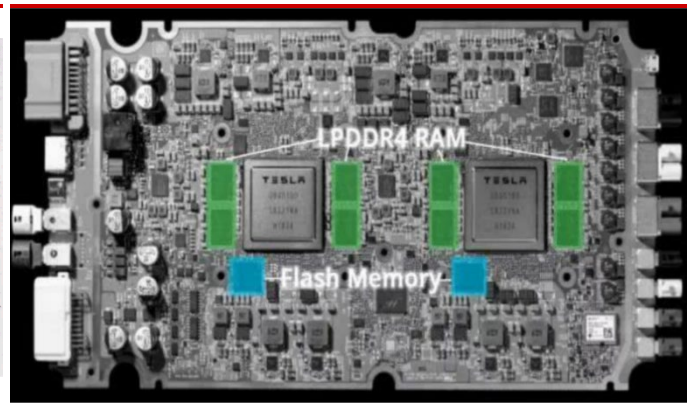
特斯拉 Autopilot 3.0 系统: 在 2019 年初举行的 Autonomy Day 上, 特斯拉推出搭载自研 14nm 工艺 FSD 芯片的 Autopilot 3.0 系统方案。3 月起, 3.0 系统正式搭载在量产的 Model X/S 上, 4 月 12 日起, 3.0 系统正式搭载在量产的 Model 3 上。特斯拉完全自研的新一代 3.0 系统采用了 2 颗 FSD 芯片的冗余设计来满足系统功能安全要求, 实现总计 144TOPS 的算力以及 72W 的功耗表现。3.0 系统的成本仅为 2.5 系统的 8 成, 功耗仅为 2.5 系统的 2.5 成, 而实际使用性能却提升 20 倍以上。

图 148 Autopilot 2.5 数据处理单元



资料来源: electrek.co, 华西证券研究所

图 149 Autopilot 3.0 数据处理单元



资料来源: Tesla Motors Club, 华西证券研究所

表 37 特斯拉自动驾驶方案升级历程

	Autopilot 1.0	Autopilot 2.0	Autopilot 2.5	Autopilot 3.0
发布日期	2014.9-2016.10	2016.10-2017.8	2017.8-2019.4	2019.4-2020
处理器	1 颗英伟达 Tegra3; 1 颗 Mobile EyeQ3	1 颗英伟达 Packer SoC; 1 颗英伟达 Pasca GPU; 1 颗英飞凌三核 CPU	2 颗英伟达 Packer SoC; 1 颗英伟达 Pasca GPU; 1 颗英飞凌三核 CPU	2 颗特斯拉自研芯片 (FSD); 2 个神经网络处理器; 1 个 CPU 容错设计
芯片工艺	/	16nm	16nm	14nm
算力 (TOPS)	0.256	24	48	144 (2×72)
功率 (W)	/	57	114 (2×57)	72
计算平台	Mobile Eye Q3	英伟达 Drive PX2	英伟达 Drive PX2	特斯拉 FSD
智能驾驶等级	L2	可支持 L3/L4		
传感器方案	12 个超声波传感器; 1 个前置雷达; 1 个后置倒车摄像头			
摄像头	1 个前视摄像头	8 个 360° 环视摄像头		

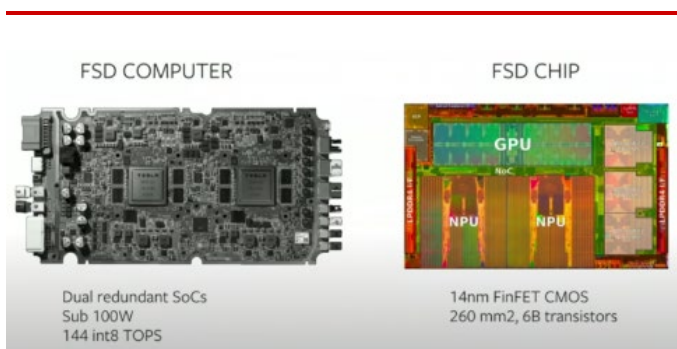
资料来源：特斯拉官网，华西证券研究所

特斯拉 Autopilot 4.0 预计将于 2022 年上半年到来，届时将与英伟达 Drive AGX Orin、Mobileye EyeQ5 同场竞技。Autopilot 4.0 有以下几个特点：

芯片将采用台积电 7nm 工艺制造。芯片由 IC 设计龙头博通与特斯拉共同开发，为业内首个享受芯片龙头台积电 SoW 封装技术的芯片产品，可以将 HPC 芯片在不需基板 PCB 的情况下直接与散热模组整合在单一封装中。相比于 16nm 和 14nm，HW4.0 的 7nm 芯片工艺的主要优点是能够在更低的电源电压（低于 500mV）下工作，功耗更低（速度提高 35%，功耗降低 65%），发热量更小。随着自动驾驶系统对于算力的需求日益增长，芯片功耗对效率的影响也会变得越发显著。

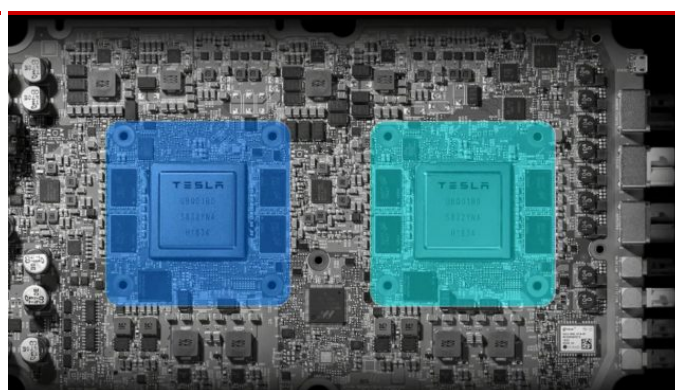
深度学习算法迭代提升显著。特斯拉将把针对无监督学习技术的研发放到绝对的优先级。其代号为 Dojo 的项目计划对一台超强的训练计算机输入大量数据，并进行无监督的大规模训练，最终完成高效的算法提升。粗略计算，特斯拉目前有超过 80 万辆以上搭载 HW2/3 硬件的汽车在全球各地行驶。以用户平均每天驾驶约一个小时计算（每辆车 8 个摄像头），车队每月大约会产生 1.968 亿个小时的视频。特斯拉拿到优质数据的机会能比竞争对手高出几个数量级。借助 Dojo 项目，特斯拉有机会以较低的成本实现算法性能的指数级提高。

图 150 Autopilot 3.0 双核完整 SoC、FSD 芯片



资料来源：汽车之家，华西证券研究所

图 151 Autopilot 4.0 特斯拉自研双核 FSD 芯片



资料来源：ExtremeTech，华西证券研究所

6.3.2. Mobileye 优先发展支持 ADAS

Mobileye 由以色列希伯来大学的 Amnon Shashua 教授和 Ziv Aviram 于 1999 年创立。搭载 Mobileye 产品的量产车于 2007 年起上市。2014 年挂牌纽交所，市值 80 亿美元。2017 年芯片巨头英特尔以 153 亿美元收购，并将其原自动驾驶事业部转至 Mobileye 旗下。Mobileye 致力于开发基于视觉的自动驾驶和 ADAS，EyeQ 系列芯片为 L0-L2 的汽车提供前防撞警告、自动紧急制动和车道偏离修正等被动安全功能提供支持，目前已在全球 25 家车企的数百万辆汽车中得到应用。

图 152 Mobileye 发展进程



资料来源：Mobileye，华西证券研究所

2014-2019 年 EyeQ 系列芯片年出货量从 270 万持续快速增长至 1740 万，CAGR 高达 46%。2019Q3，Mobileye 实现收入 2.29 亿美元，同比增长 20%，是 Intel 增长最快的板块。截止 2020Q1，EyeQ 系列芯片累计销售 5,400 万枚。L2+ 系统市场占有率为 70%。

2014 年-2019 年 Mobileye 的营收从 1.44 亿美元持续快速增长至 8.79 亿美元，CAGR 高达 43.7%。经过一级供应商严苛的训练，产品可靠性高，前装经验足，竞争优势明显。已与全球 27 家车企建立合作，合作车型达 287 款，手握 5 个 L3 和 5 个 L4 车企合作项目。

近年来 Mobileye 加速进军中国市场，且中国区业务每年翻倍式增长。2017 年 Mobileye 与宇通客车达成合作，将 Mobileye 的 ADAS 系统应用于未来生产的每一台新能源大巴；2019 年初，Mobileye 与紫光集团面向智能车载市场设立合资公司，紫光持股 51%、Mobileye 持股 49%；2019 年与长城汽车达成合作，将 L0-L2+ 的 ADAS 系统集成至多款长城车型，将共同开发 L3+ 自动驾驶系统；2020 年与上汽集团达成合作，创建 L2+ 级别自动驾驶系统与路书（Roadbook）路网体系。

表 38 Mobileye 车企合作

车企	合作情况	合作时间
宝马	合作计划于 2021 年生产 L4 自动驾驶汽车；2018 年起全系车型配备 Mobileye REM 数据采集技术，共同绘制未来自动驾驶地图	2016、2017 年
大众	2018 年大众车型搭配 Mobileye REM 高精度地图服务；Mobileye 提供 L4 自动驾驶套件，2019 年与大众合作部署 L4 无人驾驶网约车服务	2017、2018 年
福特	Mobileye 将提供其 EyeQ3 与 EyeQ4 系列芯片、设备以及视觉处理软件，以支持福特下一代量产车 L1 和 L2 高级 ADAS 平台	2020 年
上汽集团	计划使用 Mobileye 的采集中国道路信息，共同创建 L2+ 级别自动驾驶汽车路网管理体系，推动 L2+ 级别 ADAS 在中国部署	2020 年
蔚来	提供 EyeQ 系列芯片与软件，于蔚来第二代整车平台打造 L4 自动驾驶	2019 年
长城	3 至 5 年内基于 Mobileye 技术的 L0-L2+ADAS 集成至长城品牌汽车，将共同开发 L3 乃至更高级别自动驾驶系统	2019 年

资料来源：Mobileye，各公司官网，华西证券研究所整理

Mobileye 特有的 EyeQ 视觉识别芯片被应用于多家汽车厂商。针对自动驾驶从 L1-L5 的要求，Mobileye 视觉识别芯片已从第一代的 EyeQ1 发展到 EyeQ5，EyeQ3 芯片几乎卖给了所有的汽车厂商。EyeQ 系列芯片同时具备支持复杂且强度大的视觉处理与低功耗的特性。

Mobileye EyeQ 系列芯片+算法的绑定销售，限制了客户创新与自主研发。Mobileye 以视觉处理起家，并向其与多传感器数据融合方向发展，前期产品专注于摄像头+视觉处理芯片+算法的一体化绑定方案。随着车企和供应商的软件开发能力提升，一体化绑定方案成为算法创新的束缚。但 EyeQ5 芯片或将融合算法开放与用户，逐渐走向开源化。

表 39 Mobileye EyeQ 系列芯片

	EyeQ1	EyeQ2	EyeQ3	EyeQ4	EyeQ5
发布时间	2008	2010	2014	2017	2020
自动驾驶等级	Driver Assistance	Driver Assistance	L2	L3	L4-L5
算力 (Tops)	0.0044	0.026	0.256	2.5	24
功耗	2.5W	2.5W	2.5W	3W	10W
工艺	180nm CMOS	90nm CMOS	40nm CMOS	28nm FD-SOI	7nm FinFET
新增特性	实现 LDW、AHC、TSR	业界首款行人紧急制动	整体路径规划、使用 REM	任意角度车辆探测	开放的软件平台

资料来源：Mobileye，华西证券研究所整理

EyeQ1 的算力约 0.0044Tops，EyeQ2 算力约 0.026Tops，功耗均为 2.5w，均仅提供 L1 辅助驾驶功能。

EyeQ3 芯片算力约为 0.256Tops/功耗 2.5w，可以支持 L2 高级辅助驾驶计算需求。基于 Mobileye ASIC 架构自行开发，使用了 4 颗 MIPS 核心处理器、4 颗 VMP 芯片，只负责视觉处理。

图 153 EyeQ1 芯片



图 154 EyeQ2 芯片

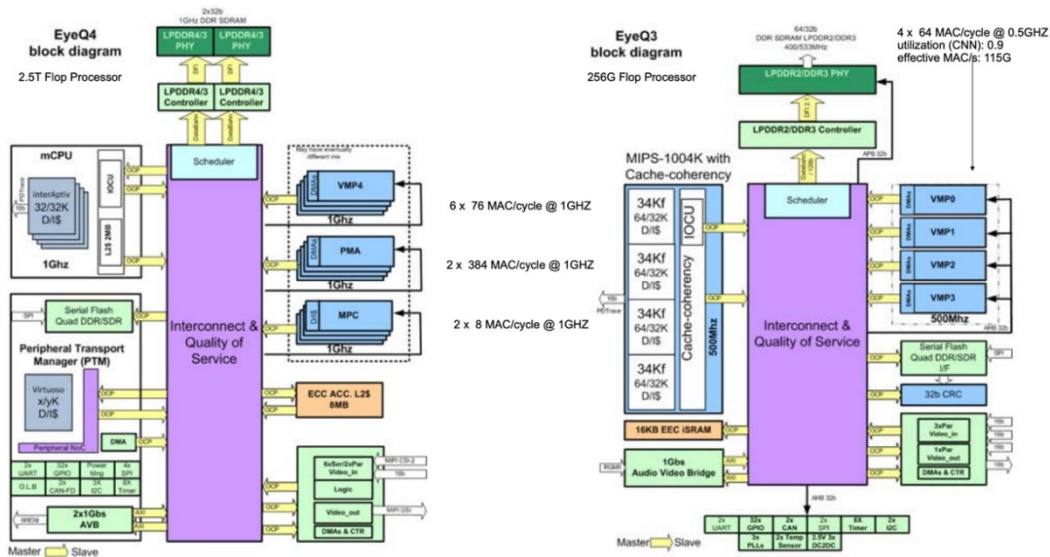


资料来源: Mobileye, 华西证券研究所

资料来源: Mobileye, 华西证券研究所

EyeQ4 芯片算力约为 2.5Tops/功耗 3W, 可实现 L3 半自动驾驶, 开始实现部分融合。采用 28nm 工艺, ADAS 视觉识别芯片建立在多核架构基础上, 配置 5 颗核心处理器 (4 颗 MIPSi-class 核心和 1 颗 MIPSm-class 核心)、6 颗 VMP 芯片、2 颗 MPC 核心和 2 颗 PMA 核心, 可以同时处理 8 部摄像头产生的图像数据。

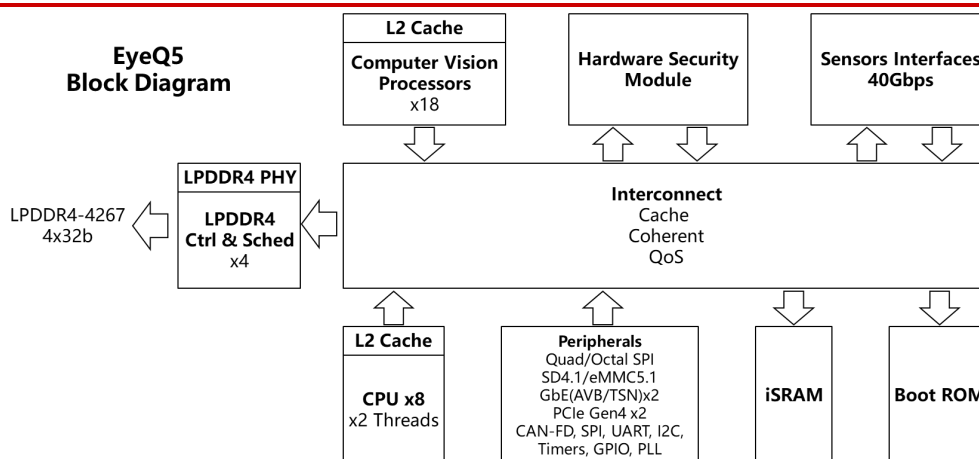
图 155 EyeQ4 & EyeQ3 芯片框图



资料来源: Mobileye, 华西证券研究所

EyeQ5 单颗芯片的浮点运算能力为 12Tops/功耗 5W, 为全面自动驾驶计算需求, 性能提升 8 倍, 将开放执行第三程序代码, 对标 NVIDIA DRIVE Xavier 平台芯片。2016 年与意法半导体 STM 共同宣布开发 EyeQ5 芯片。预计 2020 年起用作全自动驾驶 (FAD) 执行传感器数据整合功能的中央计算机。装备 8 枚多线程 CPU 内核, 与 18 枚 Mobileye 下代视觉处理器。EyeQ5 采用双路 CPU, 使用 8 颗核心处理器、18 核视觉处理器。

图 156 EyeQ5 芯片框图



资料来源: Mobicyle, 华西证券研究所制图

Mobicyle 专注于 L3 以下的市场，提供芯片+算法绑定的一体式解决方案。在中国市场，其优势和劣势都较为明显。

优势:

- 1) 丰富的项目经验和成果，已和众多车厂合作过，业内成绩优秀，经验丰富。
- 2) 客户资源丰富，与中国外各大供应商合作经验与良好声望。

劣势:

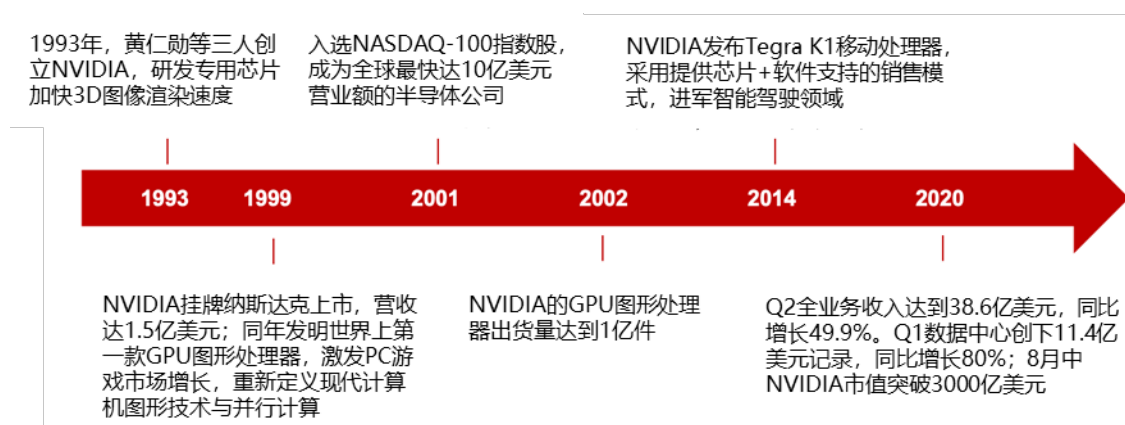
- 1) 算力提升低于行业竞争者，其芯片算力低于业界自动驾驶规定算力。
- 2) 其不开放的芯片模式限制用户创新，一旦随着大量厂商的加入，日益多元化的算法定制需求激增，绑定销售较为笨重。

6.3.3. 英伟达聚焦 L3 以上高级自动驾驶

NVIDIA由黄仁勋等三人于1993年创立。是一家设计用于游戏和专业市场GPU（图形处理单元），以及用于移动计算和汽车市场的片上系统单元的霸主级公司。2014年-2019年NVIDIA的营收从41.3亿美元不断快速增长至117.2亿美元，CAGR达23.2%。NVIDIA的市值不断提高，目前已超过3300亿美金。截至7月，该季度NVIDIA收入为38.6亿美元，同比增长49.9%。

随着深度学习和大数据的不断发展，GPU深度学习点燃了现代AI计算的下一个时代，NVIDIA被越来越称为“AI计算公司”。GPU的计算特性可充当感知和理解世界的计算机、机器人和自动驾驶汽车的大脑。在GPU芯片市场，NVIDIA的AI芯片在全球市场的占有率高达70%。GPU逐步延伸到视觉处理、数据中心、智能驾驶等领域，打造完善的AI生态体系并引领AI时代的发展。NVIDIA正依靠自己计算平台的实力，大力发展智能汽车业务。

图 157 NVIDIA 发展进程



资料来源：NVIDIA，华西证券研究所

NVIDIA 已与众多中国外车企展开实质性合作。全球车企如丰田、大众、奥迪、奔驰等。中国合作伙伴如一汽集团、奇瑞、小鹏汽车等，其 Xavier 与 Pegasus 计算平台分别成为合作客户们实现 L3 与 L4 自动驾驶的首选。

表 40 NVIDIA DRIVE 车载计算平台与各车企合作

车企	合作情况	合作时间
丰田	开发基于 DRIVE AGX Xavier 或 DRIVE AGX Pegasus 的车载 AV 计算机	2019 年
大众	与大众开发基于 NVIDIA Drive IX 技术的新一代智能驾舱与智能驾驶助手系统，会实时收集并加工车内外信息，为驾驶员的驾驶提供辅助	2018 年
奔驰	2020 年 NVIDIA、奔驰计划基于 NVIDIA DRIVE AGX 平台，开发最先进车载计算架构，以及 AI 和自动驾驶汽车应用，最高可达 L4	2019 年
奥迪	NVIDIA 提供科技支持，2018 旗舰 A8 成为世界第一款投产的 L3 自动驾驶汽车	2017 年
沃尔沃	双方将借助 DRIVE AGX Pegasus 车载 AI 计算平台，利用全套 DRIVE AV 软件堆栈进行 360 度传感器处理、感知、地图本地化和路径规划	2019 年
一汽集团	将采用 DRIVE AGX Pegasus，为 L4 自动驾驶商用卡车车队提供支持，加速长途运输行业升级	2018 年
奇瑞	将采用 NVIDIA DRIVE Xavier 技术的 ZF ProAI 系统，将 L3 自动驾驶带入中国	2018 年
小鹏汽车	将采用 DRIVE AGX Xavier 计算平台，致力打造量产车型 L3 自动驾驶系统	2018 年
奇点	将采用 DRIVE AGX Xavier 计算平台，落地 L3 自动驾驶功能	2018 年
滴滴	将使用 NVIDIA GPU 训练机器学习算法，选择 NVIDIA DRIVE 为其 L4 的 AV 及云计算平台	2020 年

资料来源：各公司官网，NVIDIA，华西证券研究所

NVIDIA 与各大一级供应商合作，共同降低自动驾驶行业门槛。NVIDIA 并不制造自动驾驶汽车，而是基于底层 AI 芯片和极高的开放度，和全球合作伙伴一起共同打造自动驾驶生态系统。截止目前 NVIDIA 与包括博世、大陆、德赛西威、采埃孚等展开合作。力争打造必要的芯片硬件架构与软件支持，引领自动驾驶汽车与交通运输行业的发展。

表 41 NVIDIA DRIVE 车载计算平台与各一级供应商合作

供应商	合作情况	合作时间
博世	基于 DRIVE AGX Xavier 车载计算平台共同打造 L4 车载自动驾驶平台	2017 年
大陆	基于 AGX Xavier 车载计算平台、DRIVE OS 系统、DRIVE AV 软件栈展开合作	2018 年
德赛西威	宣布小鹏汽车 p7 与 NVIDIA、德赛西威基于 DRIVE AGX Xavier 车载计算平台展开合作，助力 2020 年底落地适应中国交通 L3 自动驾驶	2018 年
采埃孚	基于 DRIVE Xavier 车载计算平台技术于 2020 年打造 L2+ 自动驾驶解决方案	2019 年

资料来源：各公司官网，NVIDIA，华西证券研究所

NVIDIA 为不同的车厂和一级供应商提供差异化的平台定制。如在统一的 Xavier 的底层架构基础之上，将根据不同的传感器布局和要求提供定制版本的运算平台。NVIDIA DRIVE 硬件包括车载计算机（如 DRIVE AGX）、参考架构（DRIVE Hyperion）、数据中心托管模拟平台（DRIVE Constellation）、深度神经网络（DNN）培训平台（DGX），还有软件开发工具包（SDK）、以加速自动驾驶汽车（AV）的开发。自 2014 年 NVIDIA 发布 Tegra K1 移动处理器正式进军智能驾驶后，DRIVE 系列端到端自动驾驶平台陆续推出，能效比逐代优化。从首款能支持 L2/L3 自动驾驶平台的 DRIVE PX，到现如今 DRIVE 系列产品已经可以支持覆盖 L2-L5 的自动驾驶。

表 42 NVIDIA 端到端自动驾驶平台

	Drive PX	PX2 AutoCruise	Drive PX2 AutoChauffeur	Drive AGX Xavier	Drive AGX Pegasus	Drive AGX Orin
世代	一代	二代		三代		四代
发布时间	2015 年	2016 年		2017 年		2019 年
GPU 微架构	Maxwell (28nm)	Pascal (16nm)		Volta (12nm)		Ampere (7nm)
Computing	2x Tegra X1	1x Tegra X2 1x Pascal GPU	2x Tegra X2 2x Pascal GPU	1x Tegra Xavier	2x Tegra Xavier	2x Tegra Orin
算力	N/A	4 TFlops (FP32)	8TFlops (FP32)	30 Tops	320 Tops	200 Tops
功耗	20W	40W	80W	30W	500W	65-70W
等级	L2/L3	L2/L3	L3/L4	L3/L4	L4/L5	L5
CPU	8x Cortex A57 8x Cortex A53	2x Denver 4x Cortex A57	4x Denver 8x Cortex A57	8x Carmel ARM64	16x Carmel ARM64	Arm Hercules

资料来源：NVIDIA，Wikipedia，华西证券研究所

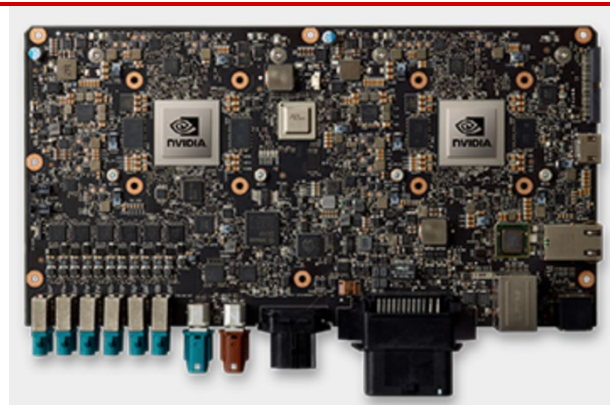
2016 年 NVIDIA 发布 DRIVE PX2 端到端自动驾驶平台，装载于 2016 至 2019 年生产的特斯拉 Model S/X 上。DRIVE PX2 是一个开放式人工智能车辆计算平台，对于车厂和一级供应商来说，可以根据这个平台做快速的、自主定制化的自动驾驶车辆研发。它提供三个功能递进的平台，分别是 AutoCruise（配备单 GPU、单摄像头）、AutoChauffeur（双 GPU、多摄像头）和 Fully Autonomous Driving（多 GPU、多摄像头）。

图 158 NVIDIA Drive PX2 AutoCruise



资料来源：NVIDIA，华西证券研究所

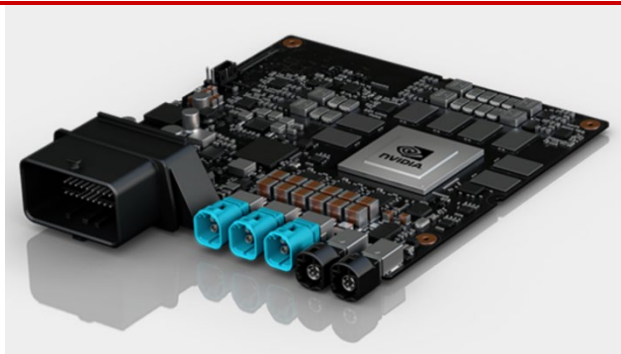
图 159 NVIDIA Drive PX2 AutoChauffeur



资料来源：NVIDIA，华西证券研究所

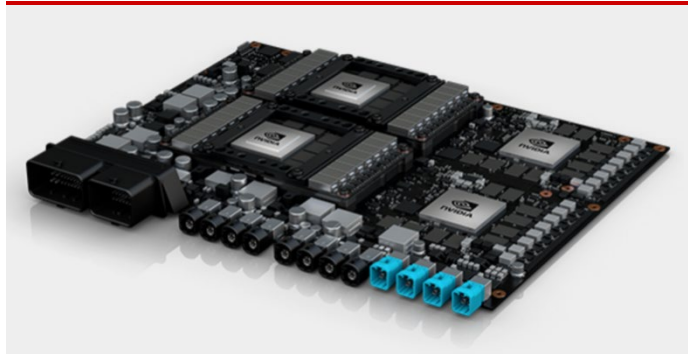
2020 年首款应用 Xavier 的小鹏汽车 P7 量产上市。Xavier 是搭载在汽车上的终端运算平台，它主要负责通过传感器数据感知周围的环境，用高精度地图实时定位，并按照算法模型做出驾驶决策。DRIVE AGX Xavier 为 L2+和 L3 自动驾驶设计，可以提供的计算达每秒 30TOPS/30W。DRIVE AGX Pegasus（十摄像头、六激光雷达）是为 L4 和 L5 驾驶设计的处理器，可以提供的计算达每秒 320TOPS/320W。

图 160 NVIDIA Drive AGX Xavier



资料来源：NVIDIA，华西证券研究所

图 161 NVIDIA Drive AGX Pegasus

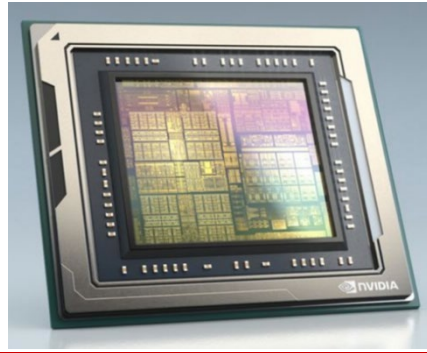


资料来源：NVIDIA，华西证券研究所

NVIDIA Orin 系统级芯片为实现 L5 自动驾驶助力。2019 年 12 月，NVIDIA 发布预计于 2022 年量产的具有 200TOPS 深度学习算力的自动驾驶新品 Orin 系统级芯片，是上一代自动驾驶平台 Xavier 性能的 7 倍，功耗预计为 65-70W。

NVIDIA 聚焦 L3 以上的市场，强大的 GPU 图形处理、AI 芯片领域强者，对外提供芯片及算法解决方案服务，开源的平台为各大合作方提供灵活的选择。其产品具有高算力，支持雷达和摄像头等多类传感器的融合的优势，已成为自动驾驶领域强有力的基础硬件供应商。

图 162 NVIDIA Orin System-On-A-Chip

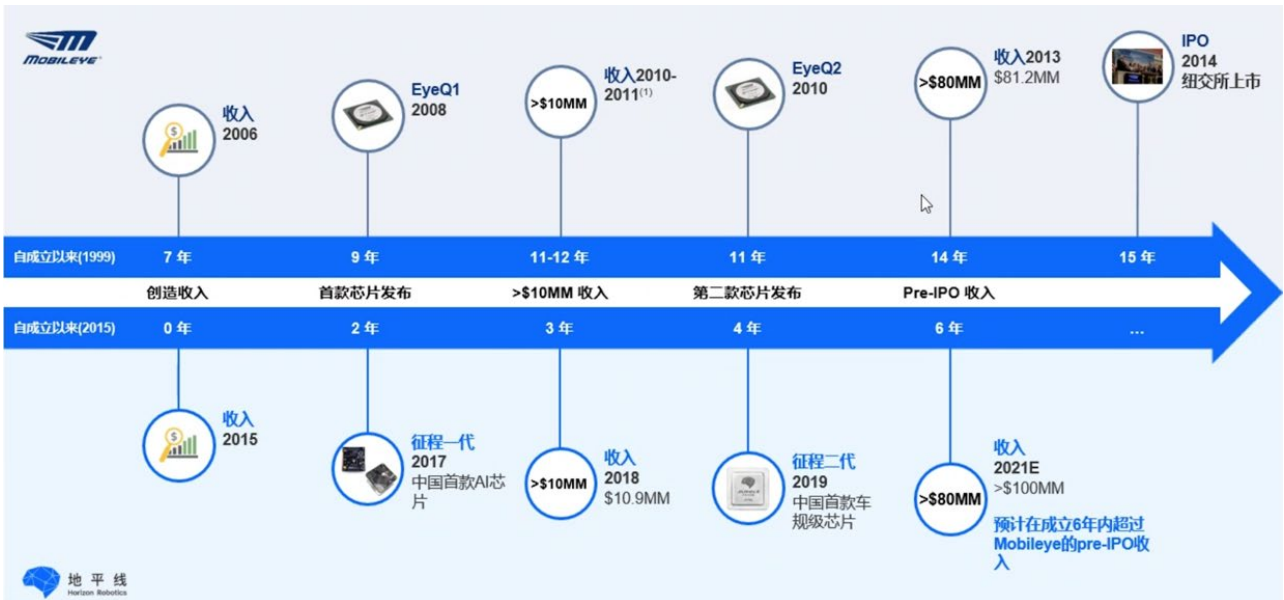


资料来源：NVIDIA，华西证券研究所

6.3.4. 地平线：国产自主龙头优势渐显

地平线是自动驾驶领域的国内自主新兴公司，起家于视觉处理并向多传感器融合发展。其定位Tier2，赋能Tier1与车企，业务核心为车规级AI芯片、工具链和感知算法能力。在2017年，地平线推出两款嵌入式人工智能视觉芯片，分别面向ADAS智能驾驶（征程 Journey1.0 处理器）和智能摄像头（旭日 Sunrise1.0 处理器），以强大的AI芯片和算法能力，成功收获多家中国外汽车市场合作伙伴，如奥迪、博世、上汽、广汽、一汽、长安、比亚迪等中国外厂商。

图 163 地平线技术及商业化里程碑



资料来源：地平线，华西证券研究所

地平线征程处理器于2020年搭载于量产车，实现L3自动驾驶。长安紧凑级跨界SUV车型UNI-T发布，于2020年中正式上市。UNI-T将采用长安汽车和地平线联合开发的智能驾驶舱NPU（Neural Processing Unit，神经网络处理单元）计算平台，内

置中国首款车规级地平线征程 Journey 二代处理器，具备 4TOPS/2W 的算力，支持 L3 自动驾驶。

对比 Mobileye，地平线提供开放式的产品方案，对本土车厂显得更具吸引力。征程二代的算力与功耗已超过 EyeQ4，自主研发的架构与处理器显示了出色的算力与能耗表现。

表 43 地平线征程 Journey 系列智能驾驶芯片&旭日 Sunrise AI 视觉芯片

	征程一代	征程二代	J3	J5	旭日 3 (AIot)
时间	2017 年	2019 年	2020 年 Q3 (样片)	2021 年 Q2 (样片)	2020 年 9 月
自动驾驶等级	L2	L2	L2/L3	L3/L4	/
等效算力	1TOPS	>4TOPS	5TOPS	96TOPS	5TOPS
功耗	1.5W	2W	2.5W	15W	2.5W
工艺制程	/	28nm	/	/	16nm
采用标准	/	AEC-Q100	ASIL-B (D)	ASIL-B (D)	/
最大输入分辨率	1080P@30	4K@30fps	/	/	/

资料来源：地平线，华西证券研究所整理

7. 总结及投资建议

全球范围来看，欧美日和中国等主要国家都在出台法规加速推进智能汽车的发展，其中中国政策定调智能化与网联化协同。特斯拉和大众等传统车企采取渐进式发展，而以 Waymo 和百度为代表的科技企业则一步到位，在 RoboTaxi、无人物流等率先发力，进军 L4 以上的无人驾驶商用化。新能源汽车是智能网联的最佳载体，全球新能源汽车渗透率从 2010 年初见规模到 2019 年的 2.3%，呈现加速渗透态势，但仍处于较低水平，上升空间大。电动化加速+政策推动+产业链日益成熟，驱动智能网联汽车加速发展，其中 ADAS 规模近千亿元，车联网和无人驾驶等市场规模则超万亿元。

在软件定义汽车成为共识的背景之下，整车的核心竞争力表现载体逐渐由硬件+机械转移到软件+硬件，软件的开发及迭代能力、软硬件架构的定义及前瞻性以及自身的客户能力基础及资源水平该成为车企的关注点。在智能网联产业链各细分领域中，我们认为中短期智能座舱和 ADAS 将会率先落地，看好显示面板、HUD、车载中控、摄像头和雷达等、线控制动等相关产业链机会，长期看好高等级自动驾驶、V2X 车联网、围绕出行的服务及应用，和以它们为基础可能诞生出的新商业模式。

整车：随着智能网联的发展，新能源汽车产销量将再上台阶，更多车企的加入也显著加剧了竞争。海外巨头、合资车企、中国自主品牌和造车新势力共同角逐，新能源智能网联汽车龙头的地位将逐渐确立形成。当前时点建议重点关注已经或有望推出新能源智能网联爆款车型的车企，及其产业链的投资机会。

相关标的：

1. 整车

- a) 海外：特斯拉、大众等；
- b) 中国：比亚迪、长安汽车、吉利汽车、长城汽车、上汽集团、蔚来汽车、小鹏汽车、理想等；

2. 爆款车产业链

- a) 特斯拉产业链：旭升股份、拓普集团、三花智控等；
- b) 大众 MEB 产业链：华域汽车、精锻科技等；

智能驾驶：ADAS 系统集成产品领域主要由国际汽车零部件巨头垄断控制，是利用摄像头、雷达、激光和超声波等传感器，在行驶过程中瞬时的感应收集周围环境数据，对障碍物进行辨识、侦测与追踪，并结合导航仪地图数据进行系统的运算分析，预先为驾驶者判断可能发生的危险，并对车辆进行制动控制的安全技术。其巨大的市场潜力吸引了互联网科技公司、初创公司等纷纷入局。本土初创科技公司可能凭借技术突破和本地化服务的优势，在雷达、摄像头及芯片方面存在国产替代的机会。而高级别自动驾驶，即无人驾驶，主要是以谷歌 Waymo、百度 Apollo 等科技巨头引领，从 RoboTaxi 或特定场景化物流切入做起，发展潜力巨大。

相关标的

1. 感知层

- a) 车载视觉：欧菲光、东软集团、合力泰、联合光电、联创电子、晶方科技、舜宇光学；
- b) 毫米波雷达：华域汽车、保隆科技、德赛西威、亚太股份；
- c) 激光雷达：巨星科技、万集科技、中海达、大族激光、永新光学；

2. 决策层

a) ADAS 算法/集成：保千里、欧菲光、纵目科技；

3. 执行层

a) 智能驱动：科博达、大洋电机、卧龙电驱、通达动力、英博尔；

b) 智能转向：华域汽车、德尔股份、北特科技；

c) 智能制动：伯特利、拓普集团、华域汽车、亚太股份、万安科技；

V2X 车联网：车联网的发展将朝着丰富软件品类，打造服务生态的方向发展，届时各类车载内容与服务将成为主力增长点，进一步促进车联网规模扩大。到智能网联汽车发展成熟期，增量将从硬件向软件转移，TSP（车载信息服务提供商）成为核心。

相关标的

1. 高精地图：四维图新；

2. 车内 CAN 总线：威帝股份；

3. V2X 芯片：大唐电信、全志科技、闻泰科技；

4. TSP 平台：亚太股份、千方科技、均胜电子、索菱股份、兴民智通、鸿利智汇；

智能座舱：汽车行业高速发展的主要驱动力已经由过去供给端的产品和技术驱动逐步转换为不断提高的客户需求驱动。消费者对汽车的认知也逐渐从“单一的交通工具”向“第三空间”转变，而座舱则是实现空间塑造的核心载体。同时，5G、AI/大数据、人机交互、汽车芯片与操作系统技术的进步将推动智能座舱未来的发展，甚至引发变革。各大车企、Tier1 与部分异业玩家均将视线聚焦在智能座舱领域，欲提前布局，占据智能座舱生态圈内的优势领地。一般认为智能座舱将经历四个发展阶段：1) 电子座舱。电子信息系统逐步整合，组成“电子座舱域”，并形成系统分层；2) 智能助理。生物识别技术应用，催生驾驶员监控系统迭代，增强车辆感知能力。消费者对车辆智能化功能的期望不仅仅局限在自动驾驶与人机交互；3) 人机共驾。语音控制和手势控制技术突破，车内软硬件一体化聚合，实现车辆感知精细化。车辆可在上车-行驶-下车的整个用车周期中，为驾乘人主动提供场景化的服务，实现机器自主/半自主决策；4) 第三生活空间。未来汽车使用场景将更加丰富化和生活化，基于车辆位置信息，融合信息、娱乐、订餐、互联等功能，为消费者提供更加便捷的体验。

相关标的：

1. 显示面板：京东方、莱宝高科、长信科技；

2. 中间件软件：中科创达、东软集团；

3. 芯片：全志科技、四维图新；

4. 车载中控：德赛西威、华阳集团、均胜电子、索菱股份、路畅科技；

图 164 智能汽车产业链中国重点上市公司梳理



资料来源：华西证券研究所

图 165 智能网联汽车一级市场布局



资料来源：IT 桔子、投资界等，华西证券研究所

表 44 智能汽车产业链上市公司估值表

证券代码	证券名称	收盘价	EPS (元/股)					PE			
		2020/9/22	2018	2019	2020E	2021E	2018	2019	2020E	2021E	
600104.SH	上汽集团	20.13	3.08	2.19	2.31	2.58	6.54	9.19	8.71	7.80	
002594.SZ	比亚迪	105.77	1.02	0.59	1.38	1.65	103.79	179.27	76.64	64.10	
601633.SH	长城汽车	18.20	0.57	0.49	0.55	0.76	31.90	37.14	33.09	23.95	
000625.SZ	长安汽车	14.55	0.14	-0.55	0.74	1.26	103.93	-26.45	19.66	11.55	
600741.SH	华域汽车	27.36	2.55	2.05	1.91	2.08	10.73	13.35	14.32	13.15	
300258.SZ	精锻科技	16.86	0.64	0.43	0.41	0.56	26.36	39.21	41.12	30.11	
601689.SH	拓普集团	39.45	0.71	0.43	0.67	0.97	55.56	91.74	58.88	40.67	
600699.SH	均胜电子	24.97	1.01	0.76	0.91	1.26	24.72	32.86	27.44	19.82	
603786.SH	科博达	73.37	1.21	1.19	1.41	1.73	60.64	61.66	52.04	42.41	
002920.SZ	德赛西威	69.94	0.76	0.53	0.81	1.51	92.03	131.96	86.35	46.32	
603596.SH	伯特利	35.72	0.58	0.98	1.23	1.51	61.59	36.45	29.04	23.66	
600718.SH	东软集团	12.29	0.09	0.03	-0.02	0.25	130.31	379.25	-509.79	49.33	
603305.SH	旭升股份	38.29	0.73	0.52	0.67	0.88	52.45	73.63	57.29	43.56	
002456.SZ	欧菲光	15.17	-0.19	0.19	0.54	0.74	-78.44	80.18	27.92	20.59	
002576.SZ	通达动力	13.40	0.12	0.21	30.19	22.97	85.50	47.38	-	-	
300473.SZ	德尔股份	30.45	1.31	0.57	-	-	23.21	53.42	-	-	
002008.SZ	大族激光	34.44	1.61	0.61	1.19	1.54	21.39	56.46	28.94	22.38	
002050.SZ	三花智控	22.38	0.61	0.52	0.42	0.52	36.69	43.04	53.79	43.20	
300691.SZ	联合光电	16.56	0.53	0.33	-	-	43.11	56.40	-	-	
002036.SZ	联创电子	11.46	0.44	0.37	0.44	0.61	26.05	30.97	25.77	18.76	
002373.SZ	千方科技	22.90	0.54	0.69	0.74	0.90	42.41	33.19	30.75	25.35	
002106.SZ	莱宝高科	14.17	0.32	0.40	0.64	0.74	44.46	35.43	22.29	19.18	
603297.SH	永新光学	40.64	1.79	1.27	1.48	1.83	22.70	32.00	27.39	22.24	
300088.SZ	长信科技	10.70	0.31	0.37	0.47	0.59	34.52	28.92	23.00	18.00	
2382.HK	舜宇光学	122.10	2.28	3.65	4.04	5.32	53.57	33.47	30.19	22.97	
002590.SZ	万安科技	7.91	-0.07	0.26	-	-	-94.71	26.04	-	-	
603197.SH	保隆科技	29.27	0.94	1.05	1.18	1.47	31.14	27.88	24.79	19.92	
002444.SZ	巨星科技	20.05	0.67	0.84	1.00	1.17	29.93	23.87	20.08	17.20	
600580.SH	卧龙电驱	13.29	0.49	0.75	0.74	0.85	26.92	17.81	18.02	15.72	
0175.HK	吉利汽车	16.00	1.40	0.90	0.81	1.04	11.43	17.78	19.77	15.34	
002217.SZ	合力泰	5.21	0.43	0.35	-	-	10.74	16.02	-	-	
300552.SZ	万集科技	46.08	0.06	8.17	5.15	6.51	754.17	5.64	8.94	7.08	
002813.SZ	路畅科技	19.36	0.14	-2.93	-	-	138.29	-6.61	-	-	
300219.SZ	鸿利智汇	10.68	0.29	-1.23	0.28	0.49	36.83	-8.68	38.46	21.74	
600198.SH	大唐电信	11.50	0.64	-1.02	-	-	18.00	-11.28	-	-	
603009.SH	北特科技	6.27	0.16	-0.37	-	-	39.19	-16.95	-	-	
300681.SZ	英搏尔	31.72	0.70	-1.05	-	-	45.31	-30.21	-	-	
300177.SZ	中海达	11.71	0.22	-0.23	0.13	0.22	53.96	-50.15	91.84	52.28	

资料来源: Wind, 华西证券研究所 (注: 相关受益标的采用 wind 一致预期)

8. 风险提示

- ✓ 政策推进不及预期的风险：当前智能网联汽车的发展有赖于顶层设计的支持和推进，而智能网联相关产业覆盖领域较广，涉及各部委主管机关众多，相关政策细则的出台和落地需要强大而持久的推动力。
- ✓ 智能网联技术发展不及预期：智能网联的发展由以芯片及计算平台等为代表的底层技术驱动，而这些技术不仅仅是工程应用，更涉及数理基础及多学科交叉融合，行业参与者需要完善标准，也需要引领技术突破。
- ✓ 汽车行业景气度不及预期：全球疫情及逆全球化的不确定性将影响宏观经济走势，而宏观经济下行压力和财政预算支出的下滑都可能对汽车市场的景气度产生不利影响。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的 6 个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过 15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在 5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数 5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过 15%
行业评级标准		
以报告发布日后的 6 个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过 10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过 10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园 11 号丰汇时代大厦南座 5 层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，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，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。