

计算机

行业深度分析

无人驾驶快速前进，科技浪潮驶向未来

投资要点

- ◆ **无人驾驶“剑指未来”，是人工智能应用终极场景：**无人驾驶汽车作为汽车智能化、网联化的终极目标，有望成为人工智能率先规模化落地的应用。随着传感器和人工智能技术的逐渐成熟，智能驾驶有望从“概念化”进入“实用化”阶段，2020 年已经成为无人驾驶产品落地的重要时间节点。
- ◆ **政策扶持引导，市场参与者众，产业迎来快速发展期：**无人驾驶技术的研发热潮促使科技企业、车企纷纷入局，领域内巨头搅动，创业公司蜂起，是产业发展的关键驱动力。各国也都在积极制定自动驾驶普及路线图，放宽无人驾驶汽车相关法律法规；我国相继出台《中国制造 2025》、《节能与新能源汽车技术路线图》等政策文件，推动国内智能网联汽车产业快速发展。
- ◆ **无人驾驶本质是产业升级，产业链机会凸显：**传感器融合趋势明显，三大主流传感器将率先受益：摄像头地位稳固，将持续快速发展；激光雷达成本大降，产业蓄势待发；毫米波雷达技术成熟，市场增量空间大。高精度地图、定位，V2X 产业市场起步，具备中长期投资价值。决策领域 AI 算法融合，不断提升终端计算能力需求，终端 AI 芯片产业发展进入加速期，核心算法提供商将持续受益，具备中长期投资价值。
- ◆ **应用场景逐步落地，无人驾驶商业化之路逐渐清晰：**从商业模式看，无人驾驶汽车推向市场将以“卖产品”或“提供服务”两种形式出现，“提供服务”将是主流业务模式。商业化将遵循从低速到高速、封闭到开放的路线走，逐步代替传统车辆。无人驾驶整合汽车共享，将提升汽车共享服务层次，构建交通共享网络，提升城市交通效率。未来随着无人驾驶的普及，商业开发上的价值将逐步体现，带动泛汽车行业潜在价值转移。
- ◆ **投资思路及推荐公司：**从“传感+计算+数据+运营”主线把握无人驾驶行业投资。
重点推荐公司：1) **千方科技：**公司是国内智能交通领军企业，对于智能网联汽车的多方位布局，有望占领未来的智能网联汽车技术产业制高点。风险提示：宏观经济发展不及预期，使行业需求增速下降；行业竞争加剧风险；新业务拓展不及预期；并购业务整合不及预期；交智科技重大资产重组已通过公司股东大会决议，仍需要通过中国商务部关于经营者集中的审查以及申报中国证监会等核准，能否取得上述批准或核准以及最终取得的时间均存在不确定性。2) **索菱股份：**公司以智能 CID 为基础，延伸成为车联网的入口，通过外延并购逐步完善车联网产业布局；发展多屏联动的智能驾驶舱，向智能驾驶领域延伸布局。风险提示：汽车行业发展不景气；市场竞争加剧风险；前端市场开拓不及预期；车联网发展不及预期。
重点关注公司：**四维图新**（“芯片+算法+软件+地图”布局全面转向自动驾驶）、**中科创达**（终端嵌入式 AI 领军企业）、**科大讯飞**（语音识别+机器视觉赋能自动驾驶）、**路畅科技**（深度合作 BAT，Apollo 生态合作伙伴）。
- ◆ **风险提示：**1、技术发展不及预期；2、市场推进不达预期；3、政策监管风险。

投资评级

同步大市-A 维持

首选股票	目标价	评级
002373 千方科技	19.72	买入-A
002766 索菱股份	20.00	买入-A

一年行业表现



资料来源：贝格数据

升幅%	1M	3M	12M
相对收益	-7.17	-16.17	-39.75
绝对收益	-9.07	-12.38	-25.31

分析师

谭志勇
 SAC 执业证书编号：S0910515050002
 tanzhiyong@huajinsc.cn
 021-20377198

分析师

朱琨
 SAC 执业证书编号：S0910517050001
 zhukun@huajinsc.cn
 021-20377178

报告联系人

顾磊
 gulei@huajinsc.cn
 021-20377061

相关报告

内容目录

一、百家争鸣，无人驾驶拉开大幕	5
(一) 无人驾驶参与者众，两种发展趋势殊途同归	7
1、科技企业 AI First，从 L4 以上高举高打，跨越式发展	7
(1) Google：行业先驱者，延续 DARPA 技术不断研发	7
(2) 国内百度技术领先，Apollo 开放平台构筑产业生态	9
(3) 初创企业蓬勃涌现，加速推动无人驾驶产业发展	10
2、车企 ADAS 商业化先行，从 L2 切入，渐进式发展	11
(二) 政策扶持引导，无人驾驶产业迎来快速发展期	13
二、三大核心问题深入，解析无人驾驶核心技术产业链机会	16
(一) 感知层面：多传感器融合，解决无人驾驶“我在哪？”	16
1、环境感知：融合是趋势，三大主流传感器受益明确	17
(1) 摄像头：ADAS、无人驾驶领域地位稳固，持续快速发展	17
(2) 激光雷达：8 万美金到 100 美金，成本大降产业蓄势待发	21
(3) 毫米波雷达：融合的最佳补充，技术成熟市场增量空间大	23
2、精准定位：不可或缺基础能力，相关产业将迎来黄金发展期	26
(1) 高精度定位：精准定位是前提，产业将成下一个引爆点	26
(2) 高精度地图：全自动驾驶必由之路，市场起步前景看好	28
3、拓展感知：车联网窗口已开，V2X 商业化可期	30
(二) 决策层面：AI 算法融合，解决无人驾驶“我去哪？如何去？”	33
(三) 计算层面：算力需求不断提升，终端 AI 芯片发展迎来加速期	36
三、应用场景逐步落地，无人驾驶商业化之路逐渐清晰	38
(一) 2C or 2B？2B 破冰近在眼前，推动交通新发展	38
(二) 商业化落地路，低速/限定场景应用有望率先爆发	39
(二) 提升汽车共享服务层次，掀起未来交通出行革命	40
四、投资思路及推荐公司	43
(一) 投资思路：把握“传感+计算+数据+运营”主线	43
(二) 重点推荐公司	43
1、千方科技：“大交通”战略稳步推进，布局智能网联汽车	43
2、索菱股份：车联网产业布局完整，智能座舱有望发力	44
(三) 重点关注公司	45
1、四维图新：高精度地图领军企业，自动驾驶业务不断升级	45
2、中科创达：深耕智能终端操作系统，全面布局嵌入式 AI	46
3、科大讯飞：语音识别+机器视觉，AI 赋能计划渗入自动驾驶	46
4、路畅科技：深度合作 BAT，智能网联汽车战略稳步推进	47
五、风险提示	48

图表目录

图 1：无人驾驶发展历程（1925 年-2016 年）	5
图 2：无人驾驶系统原理	6
图 3：无人驾驶核心技术元素	6
图 4：汽车智能化分级标准	6
图 5：汽车智能化的两种技术路径	7

图 6：2016 加州路测报告情况	8
图 7：Google Pod Car 原型车	8
图 8：Waymo 与 FCA 合作生产的无人驾驶汽车（运营车辆）	8
图 9：Google 无人驾驶技术体系	9
图 10：Apollo 定车道昼夜自动驾驶架构（标黄部分为 1.5 新增功能）	9
图 11：百度高级自动驾驶模型 Road Hackers	10
图 12：百度自动驾驶产品 Apollo Pilot	10
图 13：美国 M-city 测试区情况	14
图 14：美国交通部指定十个自动驾驶试点试验场分布	14
图 15：中国无人驾驶汽车市场 AMC 模型	14
图 16：智能网联汽车发展规划	15
图 17：智能网联汽车“三横两纵”技术架构	15
图 18：智能网联汽车乘用车发展“四步走”战略	15
图 19：无人驾驶技术产业链	16
图 20：无人驾驶汽车传感系统	17
图 21：车载摄像头环境感知	17
图 22：车载摄像头模组组成及产业链	18
图 23：2015 年车载摄像头模组供应商及份额	19
图 24：全球车载摄像头出货量预测	19
图 25：传统的神经网络与深度神经网络	19
图 26：Imagenet 历年准确率变化（深度学习提升图像识别能力）	19
图 27：摄像头 3D 结构感知与预测	20
图 28：摄像头实时姿态估计与运动建模	20
图 29：激光雷达 3D 建模/环境感知	21
图 30：激光雷达 SLAM 加强定位	21
图 31：毫米波雷达功能应用	24
图 32：2015 年全球毫米波雷达供应商及份额	25
图 33：全球毫米波雷达市场预测	25
图 34：国内部分毫米波雷达项目	25
图 35：GNSS 定位原理	26
图 36：GNSS 差分原理	26
图 37：高精度定位中的多传感器融合	27
图 38：四大卫星定位系统对比	27
图 39：高精度地图在无人驾驶中的重要角色	28
图 40：高精度地图信息分层	29
图 41：V2X 应用组成	30
图 42：无人驾驶、智能交通、车联网联系	31
图 43：LTE V2X 的两种通信方式	31
图 44：5G 技术对无人驾驶推动作用	32
图 45：无人驾驶决策规划系统组成	33
图 46：智能驾驶中任务规划结构	33
图 47：基于功能和行为分解的混合决策体系结构	34
图 48：决策算法搭建和测试的不同路线	34
图 49：自动驾驶的端到端深度学习决策方案	34
图 50：强化学习原理	35

图 51：强化学习的机器人运动控制	35
图 52：贝叶斯网络原理	35
图 53：迁移学习原理	35
图 54：云端、终端的 AI 生态体系	36
图 55：Google TPU 芯片	37
图 56：TPU、CPU、GPU 在六种神经网络上的性能对比	37
图 57：无人驾驶汽车车载计算平台变迁	37
图 58：BCG 全球自动驾驶市场规模预测	38
图 59：无人驾驶汽车未来的三种商业模式	38
图 60：无人驾驶卡车应用	39
图 61：2015-2030 年汽车行业价值转移预测	42
图 62：无人驾驶技术带动泛汽车行业潜在价值转移	42
图 63：千方科技 2012 年-2017 年 Q3 营业收入情况	44
图 64：千方科技 2012 年-2017 年 Q3 归母净利润情况	44
图 65：索菱股份 2012 年-2017 年 Q3 营业收入情况	45
图 66：索菱股份 2012 年-2017 年 Q3 归母净利润情况	45
表 1：无人驾驶领域解决方案创业公司	11
表 2：特斯拉 Autopilot 两代系统配置对比	11
表 3：国外传统汽车厂商无人驾驶技术发展	12
表 4：国内自主品牌无人驾驶技术研发进展	13
表 5：国外无人驾驶相关政策法规	13
表 6：国内视觉 ADAS 公司	20
表 7：激光雷达产品分类	22
表 8：Velodyne、Quanergy、Ibeo 激光雷达产品主要参数对比	23
表 9：国内激光雷达相关公司	23
表 10：车载领域的毫米波雷达常见频段	24
表 11：高精度地图数据采集和技术方案	29

一、百家争鸣，无人驾驶拉开大幕

科技一直是汽车研发的关键，信息技术在改善汽车动力性、经济性、安全性、行驶稳定性和乘坐舒适性等方面发挥着不可替代的作用。

近年来，随着人工智能和物联网技术的快速发展，无人驾驶汽车受到学术界、产业界极大关注，无人驾驶概念持续火热。原本是电子设备新品盛会的 2017 CES 展都俨然成了汽车企业竞相展示研发成果和未来发展理念的前沿阵地，火热程度可见一斑。

无人驾驶的概念早已有之。早在 1925 年，无线电设备公司 Houdina Radio Control 公司设计实现第一辆无人驾驶汽车 American Wonder；1956 年，通用公司发布世界上第一辆配备了汽车安全及自动导航系统的概念车 Firebird II；20 世纪 60、70 年代，西方发达国家开展无人驾驶车辆研究应用于军事领域；20 世纪 90 年代开始，技术的突破带动无人驾驶汽车的快速发展，激发了各国研究的热情；2004 年，美国国防部高级研究项目局（DARPA）举办了无人驾驶进程中最重要挑战赛，三届比赛对后来的技术发展产生了深远的影响；2009 年开始，Google 为代表的各大公司陆续开始无人驾驶技术的研究，拉开了产业序幕。随着技术产业链的日臻成熟，2016 年被公认是无人驾驶元年，目前业界也正在积极推动以市场为主导、企业为主体的产业化落地。

图 1：无人驾驶发展历程（1925 年-2016 年）



资料来源：Comet Labs，华金证券研究所

从概念定义来看，智能驾驶汽车是一种自动化载具，能够部分或者全面代替驾驶员进行驾驶行为，无人驾驶汽车是智能汽车发展的最高形态。

从原理角度看，无人驾驶控制系统模拟人类的驾驶方式，由传感器、控制器、执行器组成，对应感知、决策、执行三大功能模块。

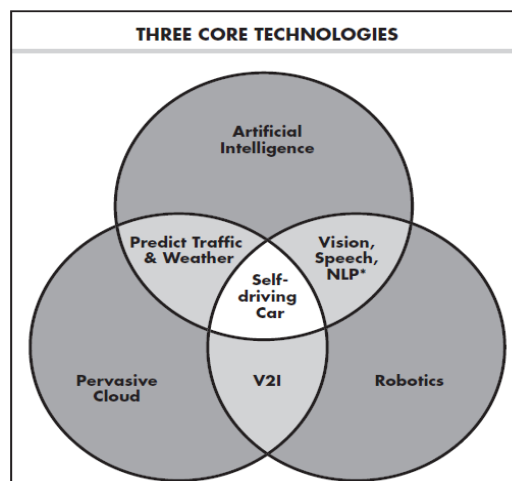
从技术角度看，无人驾驶在实现的过程中需要融合和运用多种技术，涉及到人工智能、云技术以及机器人技术等。任意两种技术的结合，都可算是广义无人驾驶概念的延伸，或是支撑无人驾驶技术的底层基础。

图 2：无人驾驶系统原理



资料来源：Comet Labs，华金证券研究所

图 3：无人驾驶核心技术元素



资料来源：CEA Market Research，华金证券研究所

从汽车智能化分级标准来看，业界有两套标准。一套是由美国交通部下属的国家高速公路安全管理局(NHSTA)在 2013 年制定的；一套是由国际汽车工程师协会(SAE International)在 2014 年制定的。目前后者受到大多数业内人士的认可，它从控制方式和适用环境将自动驾驶分为 L0~L5 共 6 个等级。

图 4：汽车智能化分级标准

	NHTSA 分级	SAE 分级	SAE 称谓	SAE 定义	转向和变速操作	监控驾驶环境	激烈驾驶情况应对（风险最小化退出方案）	系统作用范围
辅助驾驶 (人类驾驶员监控环境)	0	0	无自动化	人类驾驶员完成所有驾驶操作，系统只起到警告和辅助作用。	人类驾驶员	人类驾驶员	人类驾驶员	无
	1	1	辅助驾驶	辅助系统完成转向或变速中的一项操作，其他所有驾驶操作由人类驾驶员完成。	人类驾驶员 & 系统	人类驾驶员	人类驾驶员	部分
	2	2	部分自动化	辅助系统完成转向和变速两项操作，其他所有驾驶操作由人类驾驶员完成。	系统	人类驾驶员	人类驾驶员	部分
自动驾驶 (自动驾驶系统监控环境)	3	3	有条件自动化	自动驾驶系统完成所有驾驶操作，需要人类驾驶员恰当应答系统的请求。	系统	系统	人类驾驶员	部分
	4	4	高度自动化	自动驾驶系统完成所有驾驶操作，不一定需要人类驾驶员恰当应答系统的请求。	系统	系统	系统	部分
无人驾驶	5	5	完全自动化	自动驾驶系统达到人类驾驶水平，可处理任何道路和环境的驾驶情况。	系统	系统	系统	全部

资料来源：NHSTA，SAE，Comet Labs，华金证券研究所

在整个分级体系中，L3 级别的定位一直颇有争议。L3 级别标志着进入自动驾驶范畴，但处于部分自动驾驶阶段，主要驾驶任务还是依靠人，要求人类驾驶员双手可以离开方向盘，又需随时准备接管，驾驶权交接的情况较为复杂。一派观点认为人类驾驶员不可信任，发生交通事故，责任也难以认定，所以没有所谓的人机协同驾驶，全自动驾驶必须一步到位；一派观点认为除非人工智能取得突破性进展，否则 L3 级别不可跨越，在 L4 技术成熟且成本可控前，L3 可迅速商业化，并实现迭代发展。

（一）无人驾驶参与者众，两种发展趋势殊途同归

无人驾驶热潮使得 Google、百度、Uber、英伟达等科技公司，特斯拉、通用、福特、奥迪等汽车公司，博世、大陆、福尔德、电装等汽车零部件公司，Cruise、Zoox 等创业公司前赴后继投入其中。总结来看，参与者可以分为三类：1）整车厂及零部件供应商，优势在于硬件、品牌和市场上占有率；2）科技公司，优势在于人工智能、大数据等技术能力积累；3）TaaS 服务商，如 Uber、Lyft、滴滴等，优势在于用户数据积累。

与前几年的各自为战不同，如今更多的公司选择了合作开发，希望通过合作构筑价值网络，迅速占领市场。全球范围内，已经形成“百度-英伟达-博世|大陆-中德车企集团”、“Google-FCA-丰田-Lyft -Avis”、“英特尔-Mobileye-宝马-德尔福”这样的生态圈，还有特斯拉、通用、福特、丰田等准备自行实现整条技术运营线的独立集团。

汽车智能化发展的最终目标都是实现 L5 级全自动无人驾驶，目前业界针对上文提到的 L3 级别争议，有两种技术发展路径：1）以辅助驾驶（ADAS）为核心，从 L0 逐步过渡到 L5，通过每一代车型搭载的辅助驾驶系统不断升级的方式，逐步实现 L5 级全自动无人驾驶；2）从 L0 直接跨度到 L4，在特定的垂直领域或相对封闭的环境中实现无人驾驶，再向全环境全路况的 L5 级无人驾驶普及。

图 5：汽车智能化的两种技术路径



资料来源：Xtecher，华金证券研究所

1、科技企业 AI First，从 L4 以上高举高打，跨越式发展

（1）Google：行业先驱者，延续 DARPA 技术不断研发

DARPA 比赛之后，Google 正式启动无人车项目，由 DARPA 中斯坦福大学队原型车的负责人 Sebastian Thrun 负责，直接定位 L4、L5 级无人驾驶技术，是商业公司研究无人驾驶技术的前驱者，此后很长一段时间里，领域内只有谷歌一个玩家。经过多年发展，Google 无人车的真实路测里程已超过 300 万英里，技术成熟度方面遥遥领先。加州车辆管理局 (DMV) 公布的 2016 年度自动驾驶路测报告数据显示，Google 无人车以 635868 英里、0.2 次/千英里的人工干预频率拿下第一。

图 6：2016 加州路测报告情况

	Miles	Diseng	Miles/D	Road type
BMW	638	1	638.0	Likely Highway
Bosch	983	1442	0.7	Interstates/Freeways
GM/Cruise	9 776	181	54.0	Urban
Delphi	3 125	178	17.6	Highway/Urban/Suburban
Ford	590	3	196.7	Highway
Google/Waymo	635 868	124	5128.0	Mostly suburban
Mercedes	673	336	2.0	Urban
Nissan	4 099	28	146.4	Highway/Urban/Suburban
Tesla	550	182	3.0	Highway/Suburban/Unknown

资料来源：DMV 网站，36kr，华金证券研究所

Google 无人车的发展经历了两个阶段：第一阶段，采用以激光雷达为主要传感技术，配合高精度地图的解决方案，共推出过三代产品，最特别的是在第三代产品 Pod Car 原型车中，直接抛弃传统汽车的刹车、方向盘、油门等设备，仅用一个启动键实现无人驾驶；

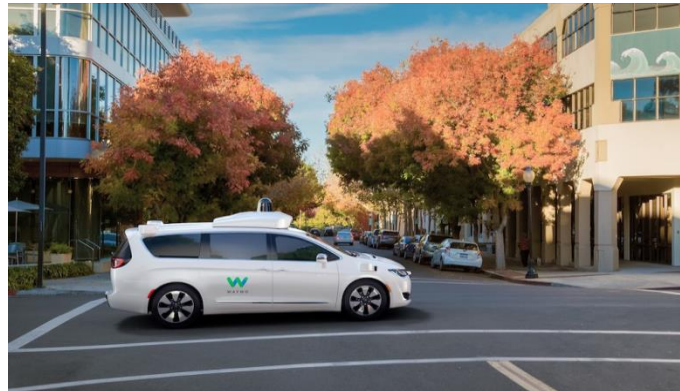
第二阶段，2016 年 12 月无人驾驶业务分拆，成立独立公司 Waymo。在技术方面自主研发的整套无人驾驶传感器系统，包括 3 个覆盖短、中、长距离的激光雷达、8 个视觉模块、以及雷达，大幅降低激光雷达的成本，提供硬件和软件并行的完整解决方案；在商业化方面，在亚利桑那州凤凰城开启无人驾驶车的上路测试运营，对大众开放服务。

图 7：Google Pod Car 原型车



资料来源：Google 网站，华金证券研究所

图 8：Waymo 与 FCA 合作生产的无人驾驶汽车（运营车辆）



资料来源：Waymo 网站，华金证券研究所

Google 无人驾驶技术通过“激光雷达为主+高精度地图+人工智能控制系统”实现。Google 无人车依托 Google Map 多年来积累的各种道路交通数据以及街景数据提供最基本的数据支持；综合使用多种传感器，包括激光雷达（核心）、摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、GPS、车轮位置传感器、速度传感器等进行环境感知及车身姿态感知；计算系统方面，配备 Google Chauffeur 人工智能控制系统，综合传感器信息，分析、计算得出决策控制指令。

Google 一方面基于自身在人工智能方面的技术积累；一方面大量收购 AI 创业公司，比如深度学习公司 DeepMind、图片分析公司 Jetpac、机器人公司 Holomni、3D 视觉系统公司 Industrial Perception 等，通过技术融合，提升技术能力。

图 9：Google 无人驾驶技术体系



资料来源：雷锋网，华金证券研究所

(2) 国内百度技术领先，Apollo 开放平台构筑产业生态

国内的 BAT、华为等科技巨头也正积极布局无人驾驶汽车，产业格局不尽相同。百度全力押注人工智能，无人驾驶被视为人工智能技术最重要的落地商用场景之一；腾讯于 2016 年成立自动驾驶实验室，开始研发 L4 自动驾驶技术，原型车已经更新两代；阿里、华为更多的聚焦在汽车网联层面。百度是国内科技企业中布局无人驾驶最早，技术领先，更是在今年发布“Apollo 计划”开放平台能力，值得重点关注。

2013 年百度启动无人车项目研发，技术路线与 Google 相似，也是直接从 L4 级切入自动驾驶车的研发，采用的是“云+端”的技术路线，核心是“百度汽车大脑”，包含高精度地图、定位、感知、智能决策控制四大模块。为加快商业化落地，2016 年 9 月，百度成立智能汽车事业部，涉足 L3 级自动驾驶市场，将百度高精度地图、云计算等能力与传统车厂对接。

今年 4 月上海车展上，百度发布“Apollo 计划”，宣布开放无人驾驶技术平台，内容包括一套完整的软硬件和服务体系，涵盖车辆平台、硬件平台、软件平台、云端数据服务等四大部分，提供快速搭建一套完整的自动驾驶系统的能力。目前已经发布 Apollo1.5 版本。

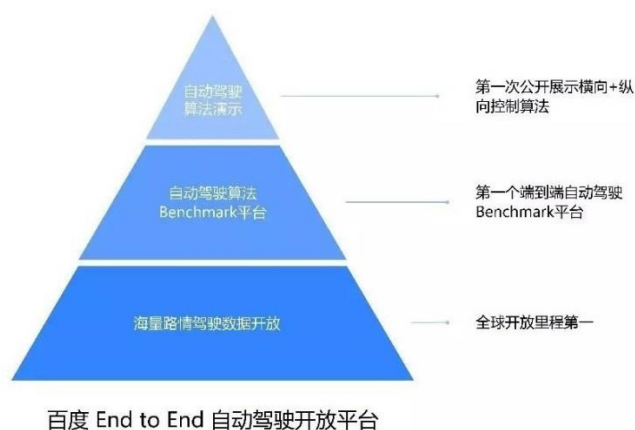
图 10：Apollo 定车道昼夜自动驾驶架构（标黄部分为 1.5 新增功能）



资料来源：百度 Apollo 1.5 开放技术发布会，华金证券研究所

软件层面，百度相继发布端到端高级自动驾驶模型 Road Hacker、人车 AI 交互系统 Apollo 小度车载系统、可量产的自动驾驶产品 Apollo Pilot。Road Hackers 不同于百度前期的技术路线，采用便宜成熟的摄像头传感器，通过人工神经网络学习驾驶习惯后实现自动驾驶，大大降低了整套解决方案的成本，同时百度还将基于此模型的百度自动驾驶训练数据对外开放，车辆 Demo 已在 CES ASIA 2017 展会上进行了演示；Apollo 小度车载系统提供驾驶辅助和人车交互等功能，如人车对话、人脸登录、疲劳监测、智能安全、AR 导航、车家互联、个性化服务和内容等；Apollo Pilot 是可量产的自动驾驶产品，基于中国交通数据研发，适应中国路况，目前提供的功能包括，AEB（自动紧急制动）、BMS（盲区监测）、ALC（智能自动变道）。

图 11：百度高级自动驾驶模型 Road Hackers



资料来源：百度网站，华金证券研究所

图 12：百度自动驾驶产品 Apollo Pilot



资料来源：百度世界大会智能驾驶论坛，华金证券研究所

硬件层面，百度联合德赛西威、联合汽车电子发布国内首个可量产的自动驾驶计算平台 BCU（已改名 ACU），是一款针对 L3 级别的自动驾驶产品，基于高精度地图，结合 GPS、摄像头与 IMU 等传感器信息，提供自动驾驶所需要的高精度定位的专用计算平台，具备高精定位、环境感知、决策规划三大 AI 核心模块和信息安全、云端更新两大基础能力。现阶段已推出三个系列产品：BCU-MLOC（高精定位）、BCU-MLOP（高精定位+环境感知）、BCU-MLOP2（高精定位+环境感知+决策规划），预计 2019 年左右实现量产。

商业化方面，Apollo 计划的首批合作伙伴规模已超 50 家，包括一汽、奇瑞、长安等整车厂，博世、大陆等 Tier1 和英伟达、英特尔、地平线等 Tier2，以及其他出行服务商等，几乎覆盖全产业链。随着 Apollo 平台衍生产品不断发布，国内自动驾驶量产加速推进：百度将与金龙客车在 2018 年推出中国首款无人驾驶微循环巴士“阿波龙”；将与江淮、北汽在 2019 年，与奇瑞在 2020 年推出自动驾驶量产车型；与力帆、盼达达成三方合作，推动自动驾驶共享汽车的商业应用。

（3）初创企业蓬勃涌现，加速推动无人驾驶产业发展

无人驾驶领域，不仅巨头布局，也是创业公司关注的焦点。各创业公司通过团队掌握的核心算法或芯片等技术，在一些关键的路径上找到自己的解决方案，没有一味地遵循 Google 的技术方案，展示出各式各样的技术路线，是无人驾驶产业发展的重要推进力量。统计来看，无人驾驶领域的初创企业主要集中在美国和中国。

表 1：无人驾驶领域解决方案创业公司

公司	概要
Cruise Automation	推出产品 RP-1，以 LiDAR+摄像头，主攻 L4 乘用车；16 年被通用以 10 亿美元收购。
Argo.ai	团队背景 Google 以及 Uber；以 LiDAR+摄像头，主攻 L4 乘用车；17 年被福特以 10 亿美元收购。
Zoox	团队背景斯坦福；以 LiDAR+摄像头，主攻 L4 电动车；是目前融资最多的初创公司，估值 15.5 亿美元。
NuTonomy	团队背景 MIT；以 LiDAR+摄像头，主攻 L4 出租车；已在新加坡进行无人驾驶出租车运营。
Drive.ai	团队背景斯坦福；以 LiDAR+摄像头，主攻 L4 乘用车；实现雨夜无人驾驶展示。
Comma.ai	著名黑客 George Hotz 创立；以摄像头，主攻 L4 乘用车；已将软硬件技术方案开源。
PlusAI	团队背景斯坦福；以 LiDAR+摄像头，主攻 L4 乘用车；已经在加州进行路测，测试里程达上万英里。
驭势科技	团队背景英特尔；以 LiDAR+摄像头，目前主攻无人驾驶低速场景；计算机视觉能力全球范围内领先。
图森未来科技	以摄像头为主，主攻 L3 无人驾驶货运场景。
Momenta	团队背景商汤科技及微软亚研院团队；以摄像头，主攻 L3 乘用车；在计算机视觉领域具有核心技术。
地平线机器人	百度余凯创立，专注于深度神经网络芯片研发；提供针对智能驾驶的“雨果”系统。
景驰	前百度高管王劲创立，主攻 L4 级别无人驾驶。
Pony.ai	百度无人驾驶技术领域绝对核心楼天城、彭军创立，主攻 L4 级别无人驾驶。
Roadstar.ai	百度佟显乔创立，团队背景百度、Google、Tesla，主攻 L4 级别无人驾驶。

资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

2、车企 ADAS 商业化先行，从 L2 切入，渐进式发展

ADAS 系统先行，无人驾驶产业发展的重要路径。从技术角度看，ADAS 构建起了无人驾驶技术积累的桥梁，是车企切入无人驾驶的渐进式道路；从商业化角度看，ADAS 是现阶段无人驾驶成果的商业化成品，互联网巨头有望通过与车企、零部件厂商合作进行研发。

激进的无人驾驶商业化车企代表——特斯拉。特斯拉作为新兴车企，自创办以来就一直是汽车电动化、智能化的代表。2014 年，特斯拉开始配置 Autopilot 系统，提供辅助驾驶功能，本质上仍属于 ADAS 辅助驾驶系统，主要功能有自适应巡航、主动车道保持、自动变道、自动泊车四部分，达到了自动驾驶 L2 级别，部分实现了 L3 的功能。

表 2：特斯拉 Autopilot 两代系统配置对比

Autopilot 1.0	Autopilot 2.0
<ul style="list-style-type: none"> ● 一个前置摄像头 ● 12 个超声波传感器 ● 一个前置雷达 ● 一个后置倒车摄像头 （目前不参与自动辅助驾驶） ● 处理芯片：NVIDIA Tegra 3 / Mobileye Q3 ● Mobileye 视觉处理系统 	<ul style="list-style-type: none"> ● 3 个前置摄像头 （不同视角 广角、长焦、中等） ● 2 个侧边摄像头，左右各一个 ● 3 个后置摄像头 ● 12 个超声波传感器 （传感距离增加一倍） ● 一个前置雷达（增强版） ● 一个后置倒车摄像头 ● 处理芯片：NVIDIA Drive PX 2 （40 倍于 Autopilot 1.0 处理速度） Tesla Vision 视觉处理系统

资料来源：公司资料整理，华金证券研究所

2016 年 10 月特斯拉升级 Autopilot 2.0 系统，在所有生产中的车型（包括 Model 3）配备具有全自动驾驶功能的硬件，包括车身四周配置八个摄像头，提供 360 度环视功能，最远测量范

围可达 250 米；配置 12 个超声波传感器，能够探测到比此前系统远一倍距离范围内的软硬障碍物；车前配置一个增强版的前向毫米波雷达，能够在恶劣的雨、雪、大雾、扬尘天气下工作，也能探测到前方车辆；搭载的全新车载电脑，计算能力比上一代强 40 倍之多；软件系统方面，特斯拉终止与 Mobieye 的合作，使用自主研发的 Tesla Vision 视觉处理系统。

算法+数据是特斯拉无人驾驶核心竞争力。就研发无人驾驶汽车而言，传统车企那种想保证完全安全之后再发布新车的做法是行不通的，因为长尾中的小概率工况只有通过收集大量的数据。相比传统汽车厂商，特斯拉的核心竞争力在于其不断升级优化的系统软件算法，并通过 OTA 线上升级的方式迅速修复车辆系统遇到的问题，使汽车可以像智能手机一样更新；人工智能时代的所谓数据为王，拥有的数据越多，算法就能更快的自我学习。特斯拉提出“影子模式”，即 Autopilot 系统在后台运行，不采取实际动作，但是会记录不同路况下驾驶员采取的动作，用于对比自动驾驶与人类驾驶的安全性，为 Autopilot 累积大量的完全自动驾驶数据。Google 经过多年测试，累积了 300 多万英里的数据，而特斯拉通过一代 Autopilot 系统就已收集超过 13 亿英里的全球各种道路、天气条件下行驶数据，其中有 3 亿英里是 Autopilot 系统真正处于激活状态下。

传统车企的两手抓：ADAS 先行；加大投资合作研发高级别无人驾驶。无人驾驶汽车要推向市场，整合是关键，软硬件平台需要集成到高效、高品质的车辆系统中，这是传统车厂的优势所在。多年来，传统车厂一直在研究无人驾驶，但受制于技术没能实现。目前，传统车企积极通过合作、入股或是全资收购看中的科技公司，提高在人工智能、大数据方面的技术能力，加速无人驾驶技术研发，比如通用 10 亿美元收购创业公司 Cruise Automation；福特 10 亿美元收购人工智能企业 Argo AI 等。

表 3：国外传统汽车厂商无人驾驶技术发展

车企	进展情况
福特	投资 Picotal software、Civil Maps、Velodyne 布局车联网、高精地图测绘和激光雷达系统； 收购 Argo AI 公司，开发自用和商用服务的虚拟驾驶系统； 收购 chariot 公司开始班车运营业务，积累汽车运营服务经验和乘客行为数据； 计划 2018 年提供员工自动驾驶车，2021 年实现量产，做网约车服务，2025 年面向大众销售。
通用	投资两家打车应用公司 Uber 和 lyft； 收购 Cruise Automation，买下其完整的无人驾驶软件系统； 收购 sidecar 成立通用汽车租赁服务公司 Maven 试水汽车共享服务； 计划 2021 年推出并售卖自动驾驶系统，推出消费和租用型无人驾驶汽车。
宝马	与芯片制造商 intel 和视觉解决方案公司 Mobileye 三方宣布合作打造无人驾驶平台； 与奥迪、戴姆勒联合收购地图商 HERE；与本田共同投资 Nauto； 计划 2017 年下半年路测，2021 年交付无人驾驶汽车。
丰田	与斯坦福、麻省理工、密歇根大学等多所大学展开合作研究无人驾驶技术和机器学习技术； 收购 Jay bridge Robotics 工程组，开始无人驾驶产品测试，战略投资 Uber； 计划 2020 年自动驾驶汽车上路服务东京奥运会，2025 年交付无人驾驶汽车。
沃尔沃	与 Autoliv 成立合资公司共同研发无人驾驶软件系统； 3 亿美金投资 Uber； 计划 2021 年推出自动驾驶系统售卖，推出消费和租用型无人驾驶汽车。

资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

国内自主品牌也已展开无人驾驶领域的探索。目前已有多家涉足该领域，一汽、上汽、长城、北汽、长安 5 家车企已展示了配备初级阶段辅助驾驶、低速自动驾驶等技术的测试样车。

表 4：国内自主品牌无人驾驶技术研发进展

车企	进展情况
长安汽车	智能 654 战略，2016-2017 年以 ADAS 为主，2018 年实现智能泊车，高速自动驾驶；2025 年实现全自动驾驶。
北汽集团	与盘锦政府达成战略合作，在景区进行无人车试运行； 与百度 IDG 合作，计划 2018 年小批量投产，2021 年规模化量产。
比亚迪汽车	与百度联合开发，暂无商业应用规划；发力无人驾驶轨道交通。
立帆汽车	互联网+智能汽车结合，计划 2017 年 6 月推出低速无人驾驶车。
长城汽车	已展示辅助驾驶技术，计划在 2020 年推出高速全自动驾驶车辆。
东风汽车	联合华为研发，目标 2017-2018 实现一定规模的 L5 级别示范运营或者逐步产品化； 2018-2019 实现特定道路的部分自动驾驶功能普及。
吉利汽车	沃尔沃实现自动驾驶汽车量产，吉利计划未来 2-3 推出自动驾驶车。
广汽集团	与中科院联合研发，分三阶段推进自动驾驶，基于新能源平台进行自动驾驶车辆路测以及最终商业化与试运营。
上汽集团	IGS 概念车是 L3 级别，计划 5 年内实现高速公路全自动驾驶；正在研究二代 GS 产品，计划未来 10 年实现全路况自动驾驶。
一汽集团	已展示自动驾驶技术，计划 2025 年实现 50% 车型高度自动驾驶。
奇瑞	在 EQ 电动车平台进行第二代智能车研发，与百度进行联合开发，进行商业化运营合作。
众泰	2016 年 5 月第一辆自动驾驶原型车下线，采用 Intel 计算架构，自行开发算法，为 L4 级别； 截止 2016 年 8 月已经完成 6000 公里路测。

资料来源：网络资料整理，《2016 智能网联汽车信息安全年度报告》，华金证券研究所

（二）政策扶持引导，无人驾驶产业迎来快速发展期

随着主要车企及科技公司不断推出新的自动驾驶技术，世界各国都在积极制定自动驾驶普及路线图，放宽无人驾驶汽车相关法律法规，主要集中在道路测试和规划、驾驶分级、汽车制造等方面。其中美国在行业内属于领先地位；在亚洲范围内，新加坡的进度较为领先。监管机构的推动和政府立法的支持是无人驾驶产业发展的一大驱动力。

表 5：国外无人驾驶相关政策法规

国家/地区	政策法规
联合国	对包括《维也纳公约》在内的一系列国际道路交通安全法规进行调整修改。
美国	美国政府在 2016 年宣布未来十年将投入 40 亿美元扶持自动驾驶； 2016 年发布《美国自动驾驶汽车政策指南》；2017 年发布指南 2.0——《安全展望 2.0》 2017 年 9 月 6 日，众议院一致通过美国首部自动驾驶汽车法案（H.R.3388）
德国	通过法律，允许自动驾驶系统在特定条件下代替人类驾驶，但必须配备“黑匣子”装置。
法国	修订道路交通法律法规，批准外国汽车制造商在公共道路上测试自动驾驶汽车。
英国	修订法规，允许无人驾驶车辆上路测试；同时修订保险条例和汽车法规等。
新加坡	落实“新加坡自动车计划”，推动无人驾驶技术研究和运用； 成立自动驾驶汽车动议委员会，监管自动驾驶汽车研究和测试； 划定公共道路试点区域，允许无人驾驶车上路测试。
日本	制定自动驾驶普及路线图；放宽无人驾驶汽车与无人机相关法律法规； 修订《道路交通安全法》和《道路运输车辆法》，开展关于自动驾驶汽车发生事故的赔偿机制讨论。
韩国	划定自动驾驶试运行特别区域，开通专用试验道路； 制定相关零部件测试标准，开发专用保险商品，修订道路交通法规，允许自动驾驶车上路测试。

资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

美、欧、日等发达国家及地区对于无人驾驶的支持不仅是在政策研究、技术开发层面，还积极斥资建设智能网联示范区，在示范区内模拟多种道路和场景，为智能网联汽车提供实际的运行环境，开展单车智能化技术、V2X 通信等技术测试，促进产业发展。

美国在测试区方面走在世界前列，2015 年 7 月，全球首个自动驾驶封闭测试区 M-City 正式开园并引发广泛关注，也推动了世界各国竞相开展自动驾驶测试场的建设；2016 年 11 月，美国交通部公布“自动驾驶试验场试点计划”，并于 2017 年 1 月 19 日确立了 10 家自动驾驶试点试验场，分布于 9 个州，利用各州间差异化的气候条件和地貌特征，使自动驾驶汽车可以在更加丰富的条件下开展测试。

图 13：美国 M-city 测试区情况



资料来源：新智驾，华金证券研究所

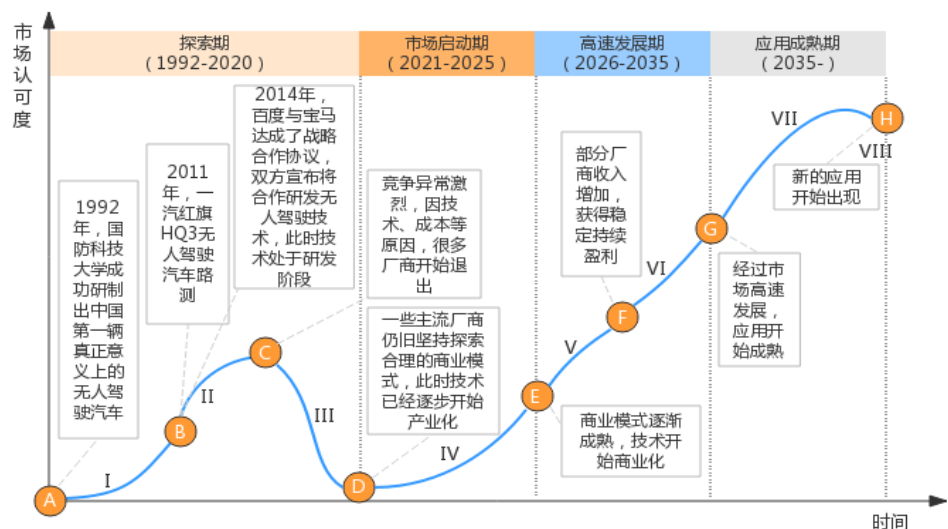
图 14：美国交通部指定十个自动驾驶试点试验场分布



资料来源：人工智能学家，华金证券研究所

我国从 20 世纪 80 年代开始进行无人驾驶汽车的研发。1992 年，国防科技大学成功研制出中国第一辆真正意义上的无人驾驶汽车。2005 年，上海交通大学成功研制首辆城市无人驾驶汽车。随着无人驾驶技术的不断发展，百度、长安汽车等互联网企业和整车厂也纷纷在无人驾驶领域重点发力。目前市场整体仍处于探索期，落后于国外技术。

图 15：中国无人驾驶汽车市场 AMC 模型



资料来源：易观智库，华金证券研究所

2015 年国务院印发《中国制造 2025》明确将智能网联汽车列入未来十年国家智能制造发展的重点领域，明确指出到 2020 年要掌握智能辅助驾驶总体技术及各项关键技术，到 2025 年要掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术；同年，《中国智能网联汽车标准体系建设方案》第一版出台。

图 16：智能网联汽车发展规划

发展目标	技术路径分析	发展重点	路线图概要
<p>完全掌握驾驶辅助、部分自动驾驶、高度自动驾驶等核心技术</p> <p>起步期（2020）：汽车 DA、PA、CA 新车装配率超过 50%，网联式驾驶辅助系统装配率达到 10%；</p> <p>发展期（2025）：汽车 DA、PA、CA 新车装配率达到 80%，其中，PA、CA 新车装配率达 25%，HA/FA 级自动驾驶开始进入市场；</p> <p>成熟期：DA、PA、CA 新车装配率 80%，HA/FA 达到 10%</p>	<p>以感知、定位、信息等技术为基础，以信息融合技术为核心，以车辆协同控制为载体，完善智能网联相关技术标准，加强核心零部件的研发，逐步推进智能网联汽车的发展</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 集成控制技术研究 ● 车载 V2X 无线通信技术的应用研究 ● 智能网联汽车信息安全检测与防护关键技术研究 ● 机器视觉深度认知技术 ● 云网一体化技术 ● 环境感知系统搭建 ● 动态高精度地图综合研究 ● 测试评价体系与测试环境建设 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 近期以自主环境感知为主，推进网联信息服务为辅的部分自动驾驶（即 PA 级）应用； ◆ 中期重点形成网联式环境感知能力，实现可在复杂工况下的半自动驾驶（即 CA 级）； ◆ 远期推动可实现 V2X 协同控制、具备高度/完全自动驾驶功能的智能化技术。

资料来源：《中国制造 2025》，《新能源与智能汽车技术路线图》，华金证券研究所

2016 年中国汽车工程学会发布的《节能与新能源汽车技术路线图》细化和明确了《中国制造 2025》中智能网联汽车产业的市场规划、总体思路。路线图将技术架构分为“三横两纵”形式：车载平台和基础设施分别对应到车辆/设施的关键技术、信息交互关键技术、基础支撑技术；发展节点采用四步走，从辅助驾驶推广入手至 2025 年或更长时间实现高度或完全自动驾驶。

图 17：智能网联汽车“三横两纵”技术架构



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图》，华金证券研究所

图 18：智能网联汽车乘用车发展“四步走”战略



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图》，华金证券研究所

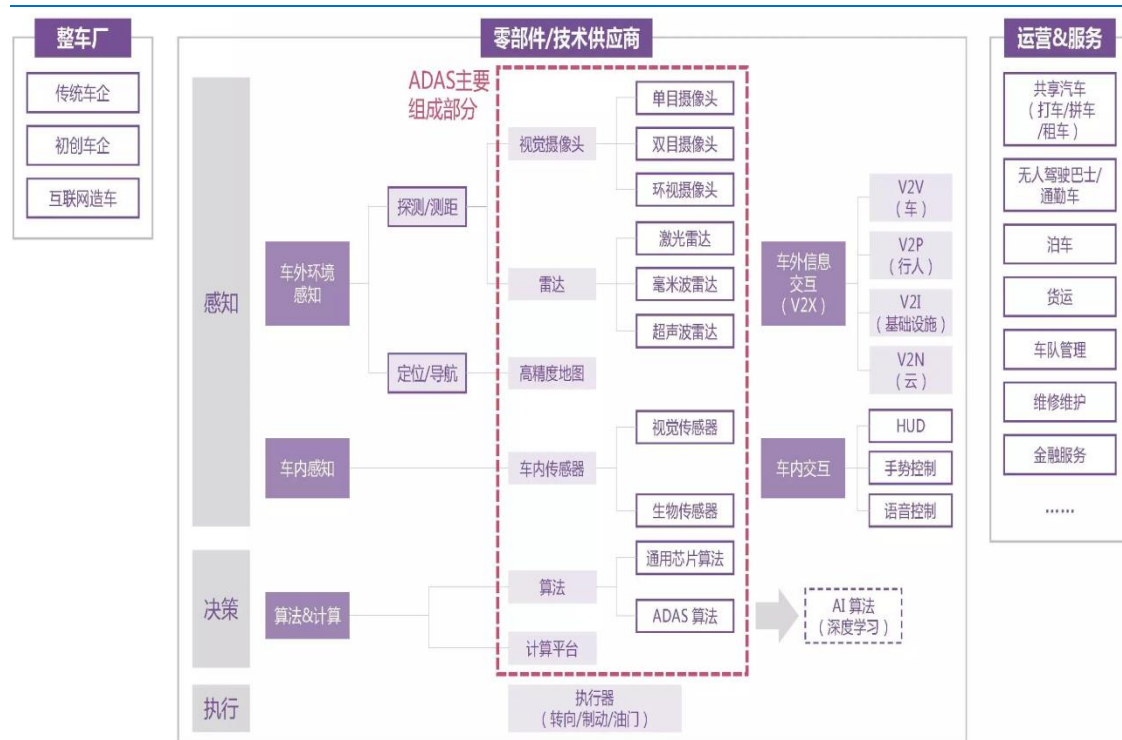
2015 年起，国内也在陆续开始智能网联汽车示范区（基地）建设，上海国际汽车城作为国内第一个智能网联汽车试点示范区，于 2016 年 6 月 7 日开园，规划建设 100 个场景，其一期已经完成无人驾驶、V2X 网联汽车等 29 个场景。北京、杭州、重庆、武汉等地示范区建设也在稳步推进中。

二、三大核心问题深入，解析无人驾驶核心技术产业链机会

从 Google 无人驾驶技术分析来看，无人驾驶系统重在解决无人车的“我在哪？”、“我去哪？”、“如何去？”三大核心问题。其中感知模块重在解决“我在哪？”，决策控制模块重在解决“我去哪？”以及“如何去？”。

无人驾驶本质是产业升级，产业链包括：1）硬件组件。激光雷达、摄像头等各类传感器、集成计算处理平台以及发动机、车身、集成控制总线等传统汽车组件；2）软件组件。无人驾驶操作系统（包括感知、规划、控制以及汽车互联、数据平台接口等），高精度地图数据等；3）整车制造；4）运营服务。

图 19：无人驾驶技术产业链



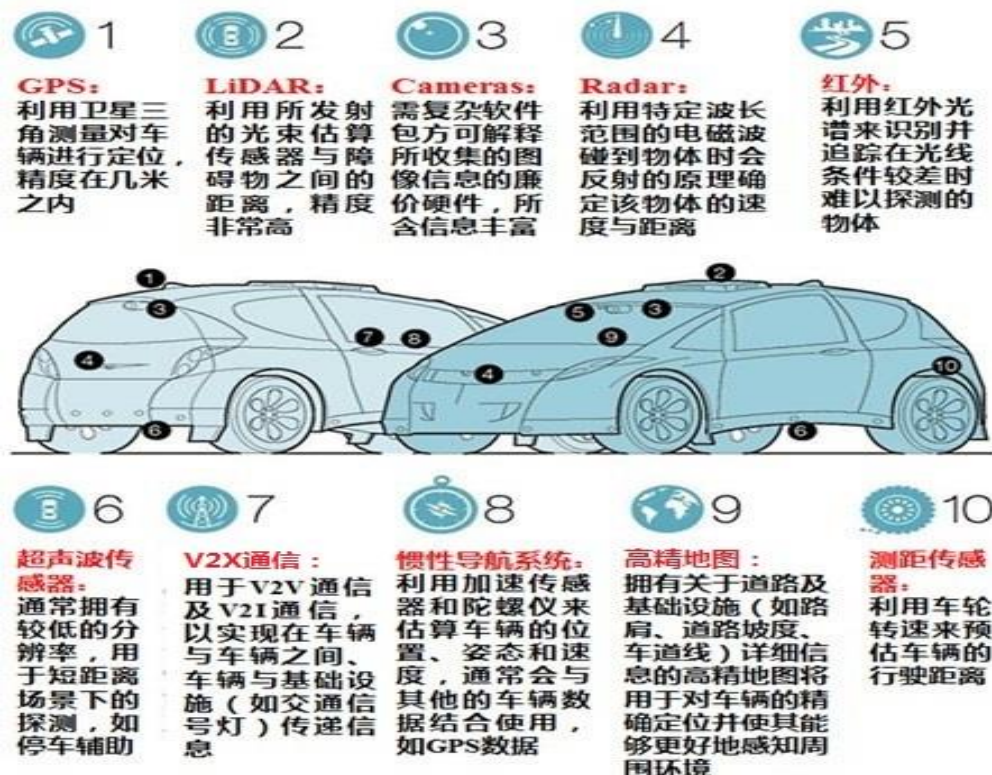
资料来源：Comet Labs，华金证券研究所

（一）感知层面：多传感器融合，解决无人驾驶车“我在哪？”

无人驾驶的第一步就是环境信息和车身信息的采集与处理，是实现自主行驶的基础和前提。具体涉及行驶环境中的目标检测（车辆、行人等）、交通信号灯及交通标志的检测、道路检测（道路线、路沿）、车辆定位、车内信息等。

由于行车环境的复杂，无人驾驶汽车需要组合使用多种传感器来克服单一传感器测量的不足。目前车载传感器有摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、红外探头、GPS 等。主流的无人驾驶传感平台以激光雷达和车载摄像头为主，并呈现多传感器融合发展的趋势。广义的传感器还包括高精度地图、V2X 通信等，提供全局数据辅助。

图 20：无人驾驶汽车传感系统



资料来源：McKinsey，车云网，华金证券研究所

1、环境感知：融合是趋势，三大主流传感器受益明确

（1）摄像头：ADAS、无人驾驶领域地位稳固，持续快速发展

摄像头在 ADAS 和无人驾驶技术中都有着举足轻重的地位。相比其他传感器，摄像头成本低廉，且能够为自动驾驶汽车提供非常重要的可视化数据——检测颜色、距离和各种光线条件。结合图像识别技术的环境感知，能快速识别车道、车辆、行人和交通标志等；车内的摄像头传感器还可以检测驾驶员状态，实现人车交互。

图 21：车载摄像头环境感知



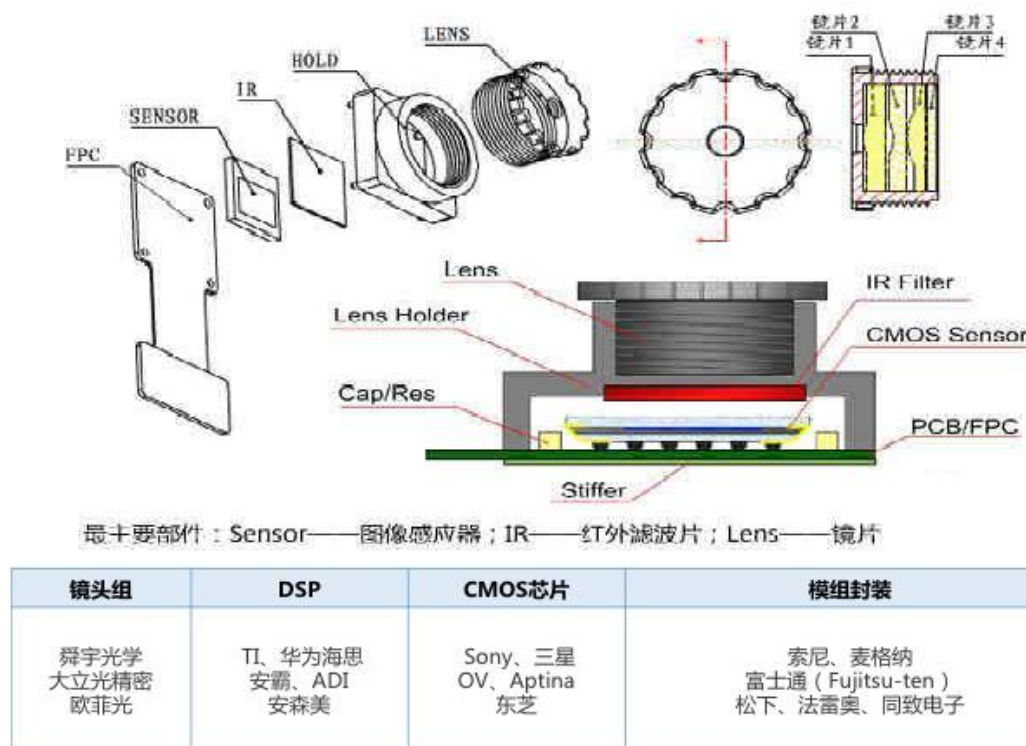
资料来源：东芝，华金证券研究所

在 ADAS 系统中，摄像头是实现众多预警、识别类功能的基础，超过 80% 的 ADAS 技术都会运用到摄像头，或者将摄像头作为一种解决方案，如车道偏离预警（LDW）、前撞预警（FCW）、行人碰撞预警（PCW）、车道保持辅助（LKA）、紧急制动刹车（AEB）、自适应巡航（ACC）、交通标志识别（TSR）等。

技术解决方案角度，摄像头系统有单目和双目两种方案，两者的共同特点，就是通过摄像头采集图像数据，然后从图像数据上得到距离信息。单目摄像头的测距原理是先通过图像匹配进行目标识别（各种车型、行人、物体等），再通过目标在图像中的大小去估算目标距离；而双目检测的方式是通过对两幅图像视差的计算，直接对前方景物（图像所拍摄到的范围）进行距离测量，而无需进行识别。可以看到单目的前提是准确识别，需要建立大量的样本数据库并不断维护；双目原理与人眼类似，技术实现难点一在于计算数据量大，性能要求高；二在于双目的配准效果。

系统组成角度，摄像头系统由软硬件组成，包括摄像头模组、核心算法芯片以及软件算法。摄像头模组还可细分为镜头、CMOS、DSP、模组封装等。车载摄像头相比普通摄像头工艺要求高，一般需要满足明暗反差过大的场合（进出隧道），平衡图像中过亮或太暗部分（宽动态），对光线比较灵敏（高感光）等，因此需要一定的定制化开发，以适应车辆全天候全天时需求。

图 22：车载摄像头模组组成及产业链

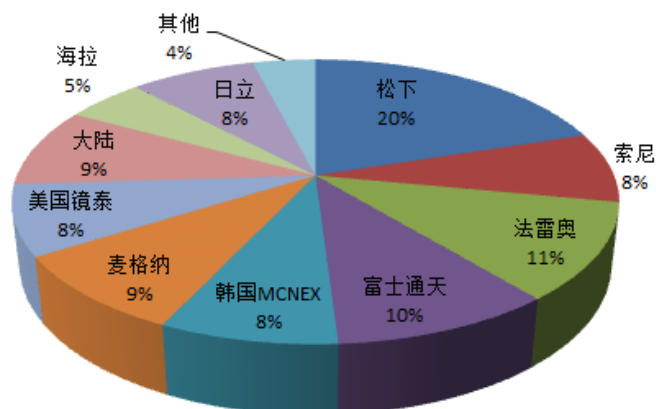


资料来源：莫尼塔研究，Xtecher，华金证券研究所

从市场来看，车载摄像头模组方面，日本松下、索尼，德国大陆等领跑市场；芯片方面，也多数被国外企业垄断，有瑞萨电子、意法半导体、飞思卡尔、亚德诺等。

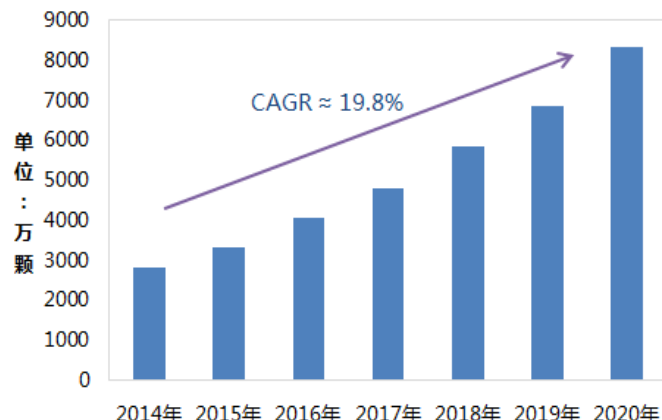
实现无人驾驶的全套 ADAS 功能至少需要安装 6 个摄像头，随着 ADAS 渗透率提高，车载摄像头的市场将逐步从面向高端车型向中低端车型延伸。据 IHS 报告预计，2020 年车载摄像头出货量将从 2014 年的 2800 万颗增长到 8300 万颗，年均复合增长率近 20%，市场前景广阔。

图 23：2015 年车载摄像头模组供应商及份额



资料来源：智研咨询，华金证券研究所

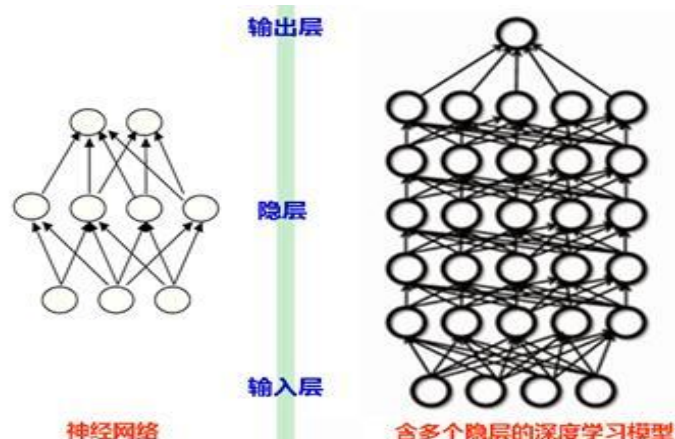
图 24：全球车载摄像头出货量预测



资料来源：IHS，智研咨询，华金证券研究所

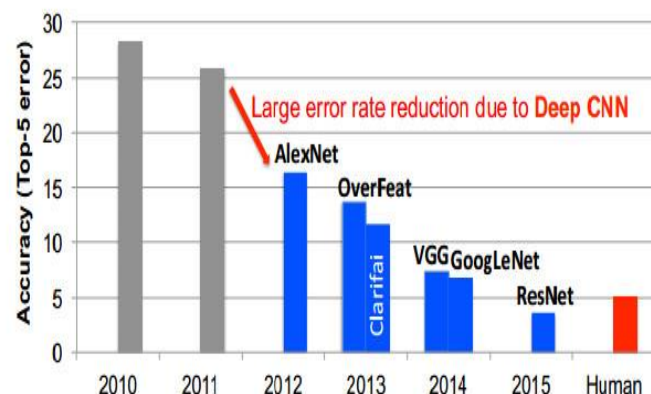
软件算法是车载摄像头系统的核心，深度学习全面提升感知能力。自 2012 年 ImageNet 比赛大放异彩后，深度学习就被广泛应用于图像领域，也使得无人驾驶领域的感知技术有了非常大的进步。在传统的计算机视觉技术中，当遇到物体遮挡，物体尺度变化，视野不够造成障碍等情况时，只能对物体进行部分的感知，需要人工设计非常多的结构处理，效果很差；使用深度学习则相对容易，通过人工标注的大量数据对模型进行训练，通常可以得到较好的识别效果。

图 25：传统的神经网络与深度神经网络



资料来源：CSDN，华金证券研究所

图 26：Imagenet 历年准确率变化（深度学习提升图像识别能力）

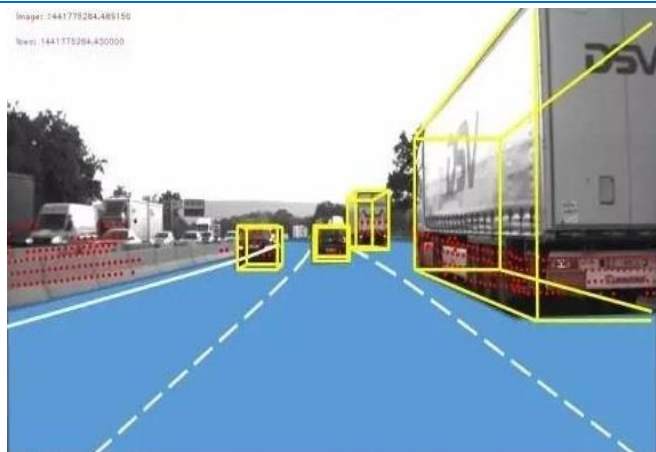


资料来源：雷锋网，华金证券研究所

深度学习可以简单理解为对机器学习中神经网络算法的优化与发展，采用了与神经网络相似的分层结构：系统是一个包括输入层、隐层（可单层、可多层）、输出层的多层网络，只有相邻层节点（单元）之间有连接，而同一层以及跨层节点之间相互无连接。卷积神经网络(CNN)是深度学习技术中极具代表的网络结构之一，在图像处理领域取得了很大的成功，在无人驾驶感知领域有很广阔的应用，如使用 MC-CNN 与 FlowNet 实现 3D 感知，使用 Faster R-CNN、MSCNN 与 SSD 实现物体检测。

完成简单的视觉感知和识别还不够，无人驾驶感知技术的关键在于获得车辆周围环境、前方车辆运动估计（包括距离、速度、姿态、运动角度）等信息，辅助车辆的自主决策。深度学习在这方面技术上的优势，才是与其他传统算法之间的巨大差距所在。深度学习使我们可以进行更复杂的感知建模，将感知层次从二维变成三维，从简单的车辆、行人和交通标志牌的感知变成全场景的感知。

图 27：摄像头 3D 结构感知与预测



资料来源：地平线，华金证券研究所

图 28：摄像头实时姿态估计与运动建模



资料来源：CVPR2017，华金证券研究所

摄像头 ADAS 领域，Mobileye 处于绝对的统治地位。截止 2015 年底，Mobileye 产品覆盖超过 20 家车企的 273 款车型，市场占有率超过 90%。其核心技术之一就是利用低成本的单目摄像头实现前碰撞预警（FCW），行人探测与防撞预警（PCW），车道保持与危险预警（HWM）和车道偏离预警（LDW）等多项 ADAS 核心技术，算法成熟度很高；另一核心技术软硬件一体化设计，通过与 ST（意法半导体）合作自主研发的 EyeQ 处理芯片，并基于芯片来设计优化算法。

近几年国内也涌现出不少从摄像头角度切入 ADAS 领域的创业公司，拥有核心的视觉算法，向下游客户提供车载摄像头模组、芯片以及软件算法在内的整套方案。

表 6：国内视觉 ADAS 公司

公司	概要	实现 ADAS 功能	业务定位
北京双鹭	基于双目摄像头，硬件采用 720P 摄像头，最远探测距离可达 200m，有效探测距离 80m。	FCW、LDW、BSD	前装+后装
中科慧眼	基于双目摄像头，搭载中科慧眼 MPV 算法，芯片采用“FPGA+ARM”。	LDW、LKA、FCW、PCW	后装
智眸科技	基于双目摄像头，两目前距离最小 8cm，高精度测距可达 100m，采用车规级 FPGA 视差算法可在 3 毫秒内生成全幅 720 线点云图。	FCW、PCW、LDW/RDW、DAD、ACC、TSR	前装
创来科技	基于单目摄像头，工程样机基于 FPGA 开发。	LDW、FCW	前装
智华汽车电子	基于单目摄像头和环视摄像头，产品配套长安、广汽、吉利、众泰、宇通等主流厂商。	FCW、LDW	前装
Maxi Eye	基于单目摄像头，先阶段采用传统的视觉算法，算法可在飞思卡尔、TI、ADI 等平台运行。	LDW、LKA、FCW、PCW、AEB	前装+后装
纵目科技	2013 年成立，2017 挂牌新三板；基于环视摄像头，传感器为 4 路车载广角摄像头，采用自主研发的传统计算机视觉算法。	移动物体检测、开门预警、十字路口报警、BSD、APA、LDW	前装+后装
前向启创	基于单目摄像头，采用传统计算机视觉算法，硬件方面正在开发双摄像头、四摄像头等多摄像头方案，使用安霸、飞思卡尔低成本芯片。	LDW、FCW、PCW	前装
Minieye	基于单目摄像头，对标 Mobileye，目前产品功能设计三个方向：车辆感知方面，车道保持方面，行人识别方面。	FCW、LDW、PCW、BSD、PCW、前车启动提醒	后装
极目智能	基于单目摄像头，采用联发科 MTK 芯片。	LDW、FCW、PCW、溜车提醒、车距监测与告警、前车启动提醒	后装

资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

(2) 激光雷达：8 万美金到 100 美金，成本大降产业蓄势待发

激光雷达 (LiDAR) 已成为无人驾驶技术的“标配”。激光雷达是一种综合的光探测与测量系统，相比普通雷达，激光雷达可提供高分辨率的辐射强度几何图像、距离图像、速度图像，一开始主要应用于军事领域。而现在这一技术已经逐渐渗透到了民用消费级市场。尤其在无人驾驶领域，随着 Google、百度、福特、奥迪、宝马等各企业相继采用激光雷达的感知解决方案，激光雷达俨然已经成为研究无人驾驶技术的“标配”。

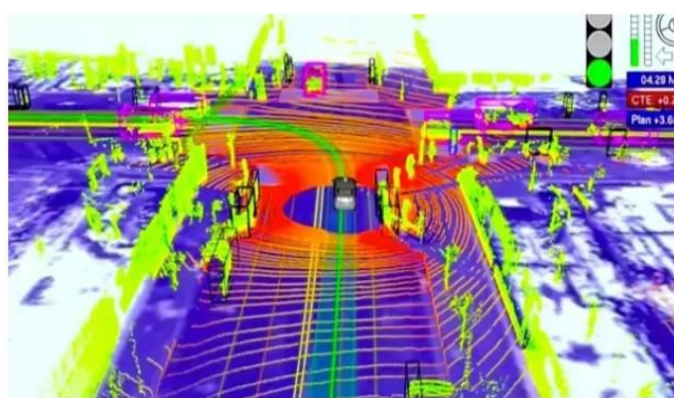
3D 建模/环境感知、SLAM 加强定位两大功能造就核心地位。激光雷达在无人驾驶技术中的应用，一是对车辆周围环境进行 3D 建模，获得环境的深度信息，识别障碍物，构建可行驶区域。通过目标聚类等算法实现目标跟踪，进一步的，结合几何模型和运动模型假设的方法还可以有效地处理目标几何特征不明显情况下的多目标检测与跟踪，结合目标位置、速度以及速度方向的最优估计，获得周边车辆和行人的可靠检测。

图 29：激光雷达 3D 建模/环境感知



资料来源：New York Times，爱就投研究院，华金证券研究所

图 30：激光雷达 SLAM 加强定位



资料来源：爱就投研究院，华金证券研究所

SLAM 可以实现高精度地图生成以及实时定位，是激光雷达的另一大核心应用。SLAM（同步定位与地图构建）是一种概念：希望机器人从未知环境的未知地点出发，在运动过程中通过重复观测到的地图特征（比如，墙角，柱子等）定位自身位置和姿态，再根据自身位置增量式的构建地图，从而达到同时定位和地图构建的目的。通过对多次行驶中激光雷达获取的道路三维点云数据，进行人工标注，对齐拼接可以形成高精地图，以此建立路面模型可以包含较全的交通标志和交通信号灯，车道线位置、数量和宽度等，道路坡度和斜率等以及车道限高、下水道口、障碍物以及其他道路细节。

成本大幅降低，大规模商业化应用可期。激光雷达迟迟没有大规模商业化应用，最大的原因就在于其昂贵的价格。业界对于降低成本，一个方式是取消机械旋转结构、采用固态化技术根本性降低激光雷达成本；一个方式是降低激光雷达线数，组合使用多个低线数激光雷达。

在 2017CES 展会上，越来越多的激光雷达产品中加入了固态化技术，产品有非扫描快闪激光雷达、相控技术激光雷达、微机电扫描激光雷达等，此外还有很多新技术正在引入固态激光扫描的应用，如 TriLumina 公司正在开发基于垂直腔面发射激光器（VCSEL）技术相关产品等。固态化带来成本的快速下降，甚至有初创企业 Innoviz 宣布将量产价降低至 100 美元。

表 7：激光雷达产品分类

产品类别	主要厂商
机械扫描激光雷达	Velodyne、Quanergy、Ibeo 法雷奥/Ibeo (合作)
非扫描快闪激光雷达 (Non scanning Flash)	大陆、法雷奥 InVisage、Strobe、LeddarTech Phantom Intelligence
相控技术激光雷达 (Phase array)	Quanergy MIT + Darpa
固态激光雷达	意法半导体、博世、Microvision
微机电扫描激光雷达 (MEMS based scanning)	Innoluce (英飞凌)、Lemoptix (Intel)、Innoviz TriLumina、Xenomatrix (VCSEL based)
其他类固态激光雷达	Princeton Lightwave (Eletro-optic scanner) Oryx Vision (Optical Antenna)

资料来源：IHS，华金证券研究所

激光雷达根据线数的不同，可以分为 2D、2.5D (1,4,8 线) 和 3D (16,32,64 线) 三类产品，随着线数的提升，需要处理的数据量也随之增加，造价也就更昂贵。通过使用多个低线束低成本激光雷达可以有效的降低成本。Drive.ai 公司的核心传感器中包含 6 个 16 线激光雷达，方案在不增加单个激光雷达垂直分辨率的情况下达到整体减少垂直分辨率，实现 64 线激光雷达的效果。2017 年 6 月的 CES Asia 上国内厂商速腾聚创也展示了一套针对高速公路环境下的多激光雷达耦合解决方案，包含 4 个 16 线激光雷达，价格仅为 64 线激光雷达的四分之一。

激光雷达市场活跃，增长将受曲棒球效应影响。Grand View Research 预测全球车用激光雷达市场规模到 2024 年将增长至 2.232 亿美元；MarketsandMarkets 更为乐观，预测激光雷达在其他领域的应用会推动其市场价值暴增，2022 年即可达 52 亿美元，未来的五年内年复合增长率高达 25.8%。新思界产业研究中心数据显示 2016 年我国车载激光雷达市场规模为 1.93 亿元，同比增长 77.06%。预计未来几年，随着无人驾驶汽车的逐渐普及，我国车载激光雷达市场规模将保持高速增长的态势，预计至 2020 年前后，无人驾驶汽车产业化的到来以及车载激光雷达成本的降低，将共同推动车载激光雷达产业的爆发式增长。

激光雷达低成本化时代，国内企业有望弯道超车。从整个行业看，激光雷达的高热度使得不断有新进企业加入竞争，目前主流厂商有 Velodyne、Quanergy、Ibeo 等。Velodyne 作为行业龙头，已先后与百度、福特、丰田等二十多个不同的无人驾驶汽车项目达成了合作协议，获得百度、福特 1.5 亿美元投资，2016 年面推出 “Solid-State Hybrid Ultra Puck Auto” 混合固态激光雷达产品，专供无人驾驶平台使用，并在今年 9 月的法兰克福车展上向部分客户展示 128 线激光雷达样品；Quanergy 可以说是固态激光雷达的先驱 (之一)，作为新晋创业公司发展迅速，固态激光雷达产品 S3 在 2017 CES 上获得汽车智能类的最佳创新奖；Ibeo 是德国的顶级激光雷达供应商，产品线包括了硬件和软件在内的整套解决方案，硬件产品涵盖 ADAS 到无人驾驶，软件方面能够实现智能追踪识别。

表 8：Velodyne、Quanergy、Ibeo 激光雷达产品主要参数对比

产品	价格	线数	距离精度	探测范围	水平/垂直测量角度	输出频率
HDL-64E	\$80000 左右	64	<2cm	120m	360°/26.9°	220 万点/秒
HDL-32E	\$30000 左右	32	<2cm	80-100m	360°/+10°to-30°	70 万点/秒
VLP-16	\$7999	16	<3cm	100m	360°/±15°	30 万点/秒
Ultra Puck-32	预计\$500 左右	32	<2cm	100m	360°/±15°	70 万点/秒
M8	\$1000	8	<5cm	150m	360°/+3°to-17°	42 万点/秒
S3 (固态)	预计\$200	8	<10cm	150m	非 360°	50 万点/秒
Lux 8L	——	8	<10cm	200m	110°/6.4°	——
Lux 4L	——	4	<10cm	200m	110°/3.2°	——
miniLux	——	1	<10cm	40m	180°/1.8°	——
ScaLa	——	4	——	——	——	——

资料来源：公司网站，华金证券研究所

随着 ADAS 以及无人驾驶的兴起，对 3D 高精度激光雷达的需求也快速增长，国内以速腾聚创、禾赛科技、思岚科技等创业型公司和巨星科技、大族激光等上市公司为代表开始进入车载激光雷达行业。通过固态雷达技术降低车载激光雷达成本，对于行业来说，国内外企业大都处于同一起跑线，自进入 2017 年以来，国产激光雷达厂商捷报频传，多家公司在研发上均有突破。

表 9：国内激光雷达相关公司

公司	概要
北科天绘	2016 年 5 月发布 16 线导航避障型激光雷达 R-Fans，主要用于无人驾驶； 2017 年 9 月发布两款产品：史上最小 32 线激光雷达 R-Fans-32；目前最高线数的局部视场激光雷达 C-Rans。计划后续推出能够嵌入汽车内部的 16 线激光雷达 C-Fans、32 线激光雷达以及全固态激光雷达。
速腾聚创	2017 年 4 月公布“硬件+算法+平台”解决方案——普罗米修斯计划，推出 16 线混合固态激光雷达 RS-LiDAR； 2017 年 6 月，在 CES Asia 展示多激光雷达耦合解决方案； 2017 年 9 月，推出两款 32 线激光雷达产品——RL32A 和 RL32B，探测距离达 200 米； 团队正在积极研制 MEMS 固态激光雷达和 OPA 固态激光雷达，计划于明年推出。
禾赛科技	2016 年底发布准固态 32 线激光雷达（混合固态），并公开路测视频； 2017 年 4 月发布用于自动驾驶的 40 线混合固态激光雷达 Pandar40。
思岚科技	已推出 2 款激光雷达产品，RPLidarA1 和 RPLidarA2。
镭神智能	首款用于激光雷达接收端的模拟信号处理芯片研发成功，已进行流片，将在年底量产发布。
巨星科技（002444）	子公司的华达科捷与欧镭激光拥有的激光雷达技术可以应用于无人驾驶领域。
大族激光（002008）	与 3i robotics 合作推出一款可量产高性能激光雷达 LiDAR C0602，可以应用于无人驾驶避障、环境扫描。

资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

（3）毫米波雷达：融合的最佳补充，技术成熟市场增量空间大

毫米波雷达技术方案成熟，现有车辆普及率高。毫米波实质上就是电磁波。毫米波的频段比较特殊，高于无线电，低于可见光和红外线，频率大致范围是 10GHz—200GHz。毫米波介于微波（Micro waves）和 THz（1000GHz）之间，可以说是微波的一个子集。毫米波雷达就是工作在毫米波波段的雷达，利用电磁波发射后遇到障碍物反射的回波对其不断检测，计算出与周围障碍物的相对速度和距离。其优势在于有极强的穿透率，能够穿过光照、降雨、扬尘、下雾或霜冻

来准确探测物体，可以在全黑的环境工作；但局限性在于无法检测行人，并且对金属识别误差较大，图像精细度不及激光雷达，并且时延也达到 100MS。

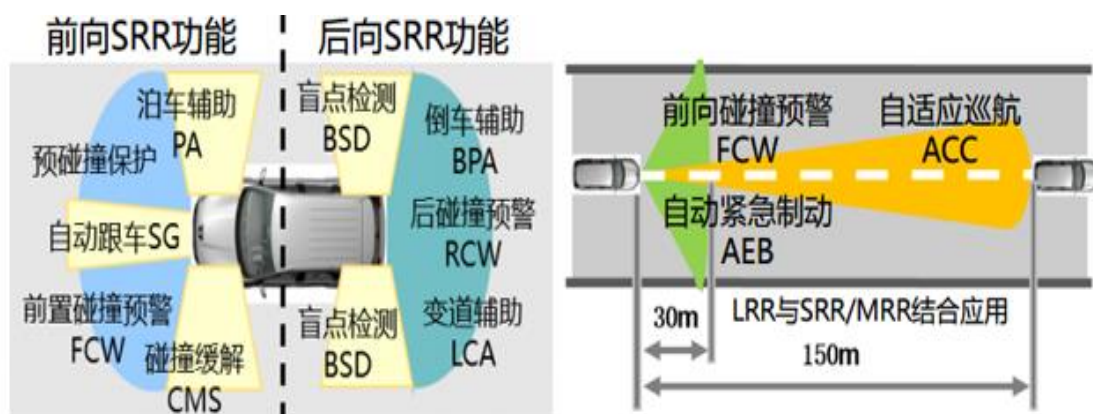
表 10：车载领域的毫米波雷达常见频段

频段	特点	应用
24—24.25GHz	频率比较低； 带宽（Bandwidth）比较窄，只有 250MHz	盲点监测、变道辅助
77GHz	频率比较高； 国际上允许的带宽高达 800MHz 带宽非常宽，要比 77GHz 的高出 3 倍以上；	紧急制动、自动跟车等主动安全功能
79GHz—81GHz	具备非常高的分辨率（雷达能区分两个物体间的距离），可以达到 5cm	

资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

毫米波雷达的车载应用历史比较久，是视觉摄像头以外的另一个成熟方案，被应用的频率也在不断提高。为完全实现 ADAS 各项功能一般需要“1 长+4 中短”5 个毫米波雷达。目前众多车企，如大众、奔驰、奥迪、丰田等都已在其中高端车型上配置了毫米波雷达。

图 31：毫米波雷达功能应用

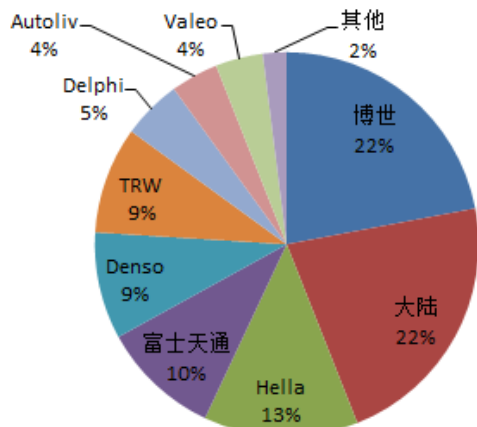


资料来源：CSDN，华金证券研究所

高频段毫米波雷达将是未来的主流。各个国家对车载雷达分配的专属频段不同，主要集中在 24GHz 和 77GHz。24GHz 主要应用于汽车后方，实现近距离探测（SRR），77GHz 主要应用于前方和侧向，实现远距离探测（LRR）。相比 24GHz，77GHz 的毫米波雷达拥有更好的物体分辨准确度，更高的测速和测距精确度优势，部件体积更小，更容易实现单芯片集成结构，有利于性能的提高，未来车载毫米波雷达的频段会趋同于 77GHz；另一方面，2015 年在日内瓦召开的世界无线电通信大会（WRC-15）确定将 77.5GHz~78.0GHz 频段划分给无线电定位业务，以支持短距离高分辨率车载雷达的发展，为未来频率统一到高频段提供了标准保证。

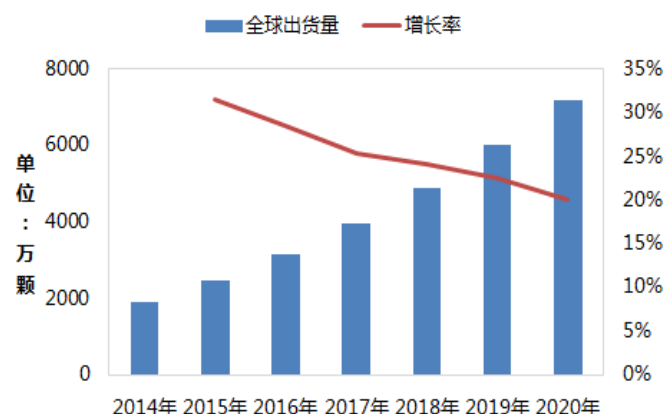
毫米波雷达市场将保持旺盛需求，增长潜力巨大。随着 ADAS 渗透率提高，同时各国都在推进汽车的 AEB 功能，“4+1”的毫米波雷达配置模式逐步成为汽车标配。据 Plunkett Research 预测，2014 年全球的毫米波雷达市场出货量在 1900 万颗，到 2020 年预计将达到 7200 万颗，未来五年的复合增速约为 24%。佐思咨询数据显示，2015 年全球毫米波汽车雷达市场规模约为 19.36 亿美元，预计 2016 年市场规模达 24.60 亿美元，到 2020 年可达 51.20 亿美元。

图 32：2015 年全球毫米波雷达供应商及份额



资料来源：中国产业信息网，华金证券研究所

图 33：全球毫米波雷达市场预测



资料来源：Plunkett Research，华金证券研究所

毫米波雷达尚处垄断，国产化突破有望。从整个毫米波雷达行业来看，无论是系统还是器件，核心技术目前仍掌握在国外企业手中，关键技术主要被博世、大陆、电装、奥托立夫等零部件巨头垄断，形成了较高的市场进入门槛。博世在车载雷达市场占有率最高，在 LRR 产品技术领域较为领先，其新产品 LRR4 最大探测距离可达 250m；海拉在 24GHz 市场占有率最高，产品已更新到第四代；富士天通和电装主要客户为日系整车，以富士天通技术积累最为深厚，其 MMIC 芯片技术领先。

国内市场中高端汽车装配的毫米波雷达传感器全部依赖进口，自主车载毫米波雷达产品总体仍处于研制阶段。国内厂商研发方向主要集中于 24GHz 雷达产品，目前有湖南纳雷、厦门意行、芜湖森思泰克推出较为成熟的产品；而 77GHz 产品设计难度较大，且受国外厂商芯片的技术限制，完全依靠自主研发，近年来取得一定突破。

图 34：国内部分毫米波雷达项目

公司/单位名称	产品频率	研发进展
华域汽车	24GHz 77GHz	24GHz后向毫米波雷达产品预计2017年投入量产，77GHz前向毫米波雷达已完成了原理样机开发已完成了原理样机开发
东南大学毫米波国家重点实验室	77GHz	已完成 8mm 波段 VCO、混频器、倍频器、开关、放大器等功能芯片的研制，目前正在开展单片接收/发射前端的设计和研发
杭州智波科技（亚太股份参股）	24GHz 77GHz	24GHz 雷达已经产品化，77GHz 尚处于实验室阶段
纳瓦电子	77GHz	毫米波雷达可实现ACC 自适应巡航、AEB 自动紧急制动系统、BSD 盲点监测LCA 变道辅助、TJA 塞车辅助、RPS 后方预碰撞系统
厦门意行半导体	24GHz 77GHz	在24GHz汽车主动安全雷达射频前端集成电路取得突破，在国内首次成功研发出基于SiGe工艺24 GHz MMIC套片（SG24T1、SG24R1 等MMIC）在77GHz汽车主动安全雷达射频前端MMIC研制也取得一定突破
沈阳承泰科技	77GHz	77GHz 雷达已经内测
北京行易道	77GHz	已掌握天线设计、雷达信号检测、目标识别及跟踪、雷达成像等技术。77GHz 产品已于 2016 年北京车展期间装配在北汽无人驾驶车上展出
芜湖森思泰克智能科技	24GHz 77GHz	已经成功研制了毫米波防撞预防系统、盲点侦测系统
深圳路王电子科技	77GHz	汽车前方防撞预警系统（FVCWS）
深圳卓泰达	77GHz	77GHz 雷达已展出
南京隼眼电子科技	77GHz	依托东南大学毫米波国家重点实验室

资料来源：Xtecher，华金证券研究所

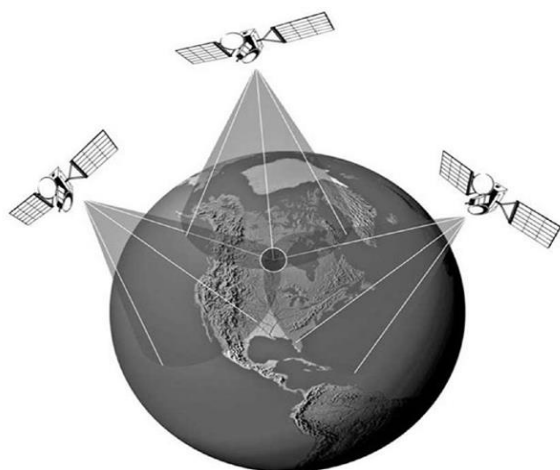
2、精准定位：不可或缺基础能力，相关产业将迎来黄金发展期

（1）高精度定位：精准定位是前提，产业将成下一个引爆点

全球卫星导航系统（GNSS）是目前行车定位不可或缺的技术，在无人驾驶定位中也担负着相当重要的职责。卫星定位系统是利用卫星基本三角定位原理，通过接收装置计算无线电信号的传输时间来量测距离。由每颗卫星的所在位置，测量每颗卫星至接收器间距离，便可以算出接收器所在位置的三维空间坐标值。使用者只要利用接收装置接收到 3 个卫星信号，就可以定位。实际应用中，由于接收机的时钟不可能百分百精确，钟差也要列入方程，所以接收装置都是利用 4 个以上卫星信号，来定位出使用者所在的位置及高度。

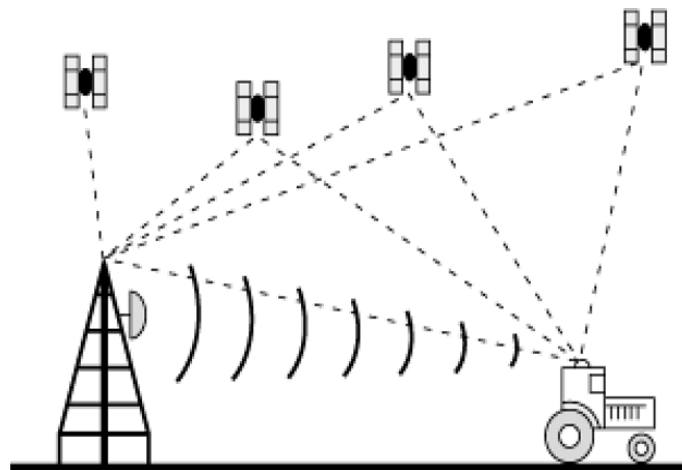
差分技术降低 GNSS 测量误差提高精度。卫星距离测量存在着卫星钟与播延迟导致的误差等问题。利用差分技术可以消除或降低这些误差，让卫星定位达到更高的精度。其运作原理是，如果两个接收机都相当接近对方，那么两者的信号将具有几乎相同的误差，如果能精确地计算出第一个接收机的误差，我们就可以对第二个接收机的结果进行修正。

图 35：GNSS 定位原理



资料来源：CSDN，《程序员》，华金证券研究所

图 36：GNSS 差分原理



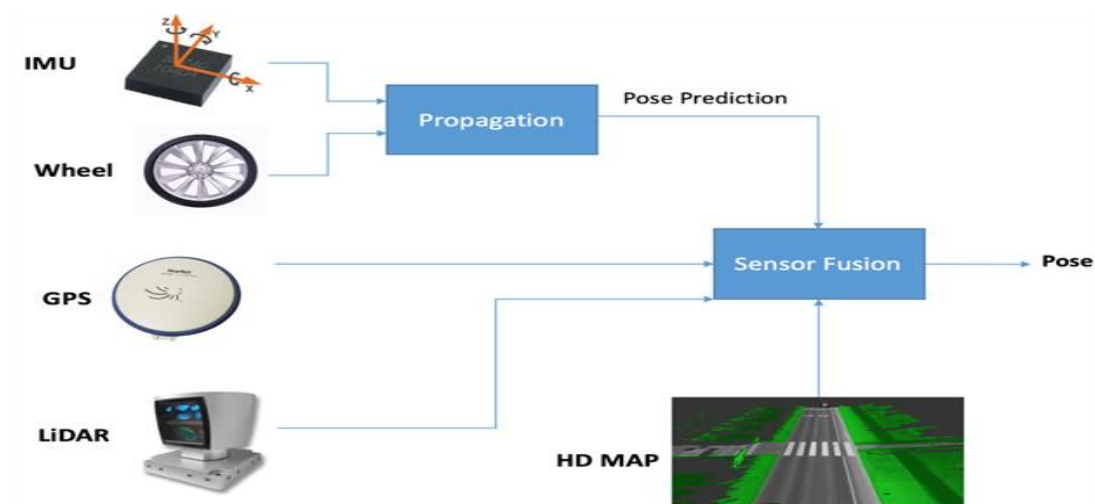
资料来源：CSDN，《程序员》，华金证券研究所

多种传感器组合，信息融合提高定位精度。GNSS 定位是相对精准的，但是更新频率低，在 10Hz 左右。在无人驾驶汽车应用中，需要实时精准定位以确保车辆的安全。因此必须借助其他的传感器来辅助定位，增强定位的精度。

IMU（惯性传感器）可以检测加速度与旋转运动，是常用的组合传感器之一。基础的 IMU 包括加速度计与角速度计。无人驾驶汽车使用的一般是中低级的惯性传感器，售价在几百到上千美元，其特点是更新频率高（1KHz），可以提供实时位置信息，但是误差会随着时间的推进而增加，所以只能在很短的时间内依赖 IMU 进行定位。组合使用 GNSS+IMU 原理是在上一次位置估算的基础上使用惯性传感器对当前的位置进行实时预测。在得到新 GNSS 数据前，只能通过惯性传感器的数据来预测当前位置。但惯性传感器的定位误差会随着运行时间增长，所以当接收到新的比较精准的 GNSS 数据时，使用新 GNSS 数据对当前的位置预测进行更新。通过不断地执行这两个步骤，对无人车进行准确实时定位。

在无法接收 GNSS 信号的场所，位置计量器、激光雷达 SLAM、摄像头 SLAM 也通常作为补充方案，用于车辆定位。

图 37：高精度定位中的多传感器融合



资料来源：CSDN，《程序员》，华金证券研究所

国产北斗导航助力无人驾驶，产业有望受益。对于全球卫星定位系统，目前经联合国卫星导航委员会认定的成熟系统有美国全球定位系统 GPS、俄罗斯 GLONASS、欧盟 GALILEO 以及我国的北斗卫星导航系统 CNSS。美国 GPS 系统研发早、技术成熟，应用最为广泛，也是全球无人驾驶车辆技术首选。

图 38：四大卫星定位系统对比

卫星定位系统名称	卫星数量 (建成之后)	轨道高度	位置精度	授时精度	速度精度	覆盖范围
GPS (美国)	24 颗 (外加 3 颗备用卫星)	20200km	6m	20ns	0.1m/s	全球
伽利略 (欧盟)	30 颗	24126km	1m	20ns	0.1m/s	预计覆盖全球
GLONASS (俄罗斯)	24 颗	19100km	12m	25ns	0.1m/s	预计覆盖全球
北斗 (中国)	30 颗	21500km	10m	50ns	0.2m/s	东经 70°~140°，北纬 5°~55°

资料来源：中国勘测联合会，华金证券研究所

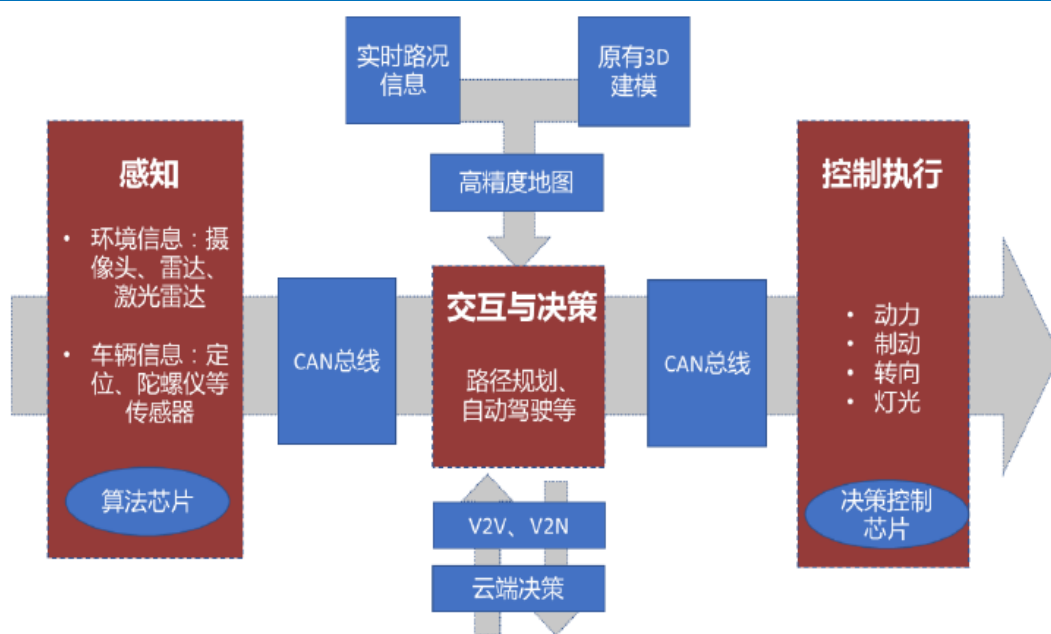
我国的北斗导航系统与其他三个系统最大的不同在与拥有双向通信功能，可以实现有源定位以及短报文通信，一开始应用于军事领域，逐步向民用领域渗透。经过多年的发展，北斗产业链逐渐成熟。产业链上游的芯片、天线、GIS、板卡、地图、模拟源等已实现全面配套，国内自主研发的北斗芯片等基础产品，已进入规模应用阶段。中游的手持型、车载型、船载型、指挥型等各类应用终端已经广泛使用在各个行业，品类已初具规模。下游的运营服务和系统集成也在不断探索各领域的应用。未来北斗有望凭借地域优势提供高精度定位服务，成为我国无人驾驶技术的首选方案。

（2）高精度地图：全自动驾驶必由之路，市场起步前景看好

随自动驾驶级别增高，高精度地图作用将越显著。无人驾驶车依托于传感器和控制系统，传感器监测周围环境，控制系统处理数据并控制车辆驾驶动作。随着自动驾驶级别的不断增强，道路复杂情况的不断增强，数据量的不断攀升，都会对整体的自动驾驶实现成本和效果稳定性产生影响。高精度地图作为重要的基础支撑，可以提供静态道路信息、实时路况信息、3D 建模，参与汽车路径规划，在无人驾驶的交互与决策中起着非常重要的作用。

“高精度”是对比现有的普通电子导航地图而言，一方面是高精度地图的绝对坐标精度更高，可以达到亚米级，甚至更低；另一方面高精度地图所含有的道路交通动态信息更加丰富、实时、细致。高精度地图服务对象是无人驾驶车辆，提供定位、导航与控制，相比其他传感器，有不受光照、雾霾、雷雨等天气影响，不受昼夜影响，不受传感器安装位置及车型影响等优势。成熟的高精度地图可以减少汽车对雷达等感知设备的依赖，在降低成本的同时提升无人驾驶技术的可靠性，还可作为 V2X 与无人驾驶技术融合的载体。

图 39：高精度地图在无人驾驶中的重要角色



资料来源：莫尼塔，华金证券研究所

根据定义可以将高精度地图按更新时间尺度划分为 4 个层次：最底层是基本的地图库，包含了高精度道路级别的数据；第二层是可预测的和计划的信息，如交通规则、道路工程信息；第三层是以小时或者分钟为单位来更新的动态信息，如交通、天气信息；最高层就是我们常说的直接服务于汽车无人驾驶的，V2X 的各种信息。

目前高精度地图主要处于 ADAS 级，服务于 L2/L3 级自动驾驶，未来随着 5G 带来的车联网的数据处理便利和计算机视觉、3D 建模技术的成熟，基于深度学习的环境感知技术以及端闭环实时更新云技术的发展，高精度地图会逐步向 HAD 级发展。

图 40：高精度地图信息分层



资料来源：光庭信息，华金证券研究所

高精度地图的采集和处理有多种的技术方案，目前主流的方案有专业化采集、众包以及 UGC（用户产生内容）三种。HERE、TOMTOM 等主流图商以及 Google、百度等高科技公司采用专业化采集的方式，使用激光雷达和摄像头进行高精度的数据和城区全区域覆盖的采集，成本很高；传统车企、Mobileye 等 ADAS 解决方案商、Uber 等运营服务商倾向于采用众包模式以及 UGC 实时更新方式来采集数据。

表 11：高精度地图数据采集和技术方案

采集方式	采集源	适用路况	传感器	代表企业
专业化采集	专业采集车	全路况	激光雷达+摄像头	谷歌，百度， HERE，TOMTOM 四维图新
众包	运营车辆	目前高速公路	摄像头+雷达视觉方案	Uber(otto)， Mobileye
UGC	移动智能网联终端 (手机+车载)	全区域	摄像头+雷达视觉方案	特斯拉(Autopilot)， 传统车企

资料来源：莫尼塔，华金证券研究所

地图是在数据中具有网络效应，将是“赢者通吃”。任意一辆无人车开上一条预先绘制了地图的道路上时，既是在将地图和道路进行比对，也是在对地图进行更新，那么每辆无人车都可以是一辆数据搜集车。占据地图主导权，部署的上路车辆越多，地图数据会被更新得越频繁，也会更为精确，将在市场竞争中把握主动。

全球电子地图市场总体呈现全球性与地区性竞争的格局。汽车领域的全球五大电子地图企业分别是 HERE、TomTom、高德、四维图新以及 Mapmyindia，竞争呈现出区域性的特点。形成原因是一方面政府对测绘和地图制作相关法规会对外来企业形成约束；一方面制造高精度地图需要高运营成本、高资本支出，外来企业很难与本地企业竞争。目前国内具备导航电子地图制作甲级测绘资质的公司共 14 家。

行业布局竞争激烈，优质图商是争夺目标。欧美日等发达国家已经基本完成本国高速公路的高精度地图，国内的高精度地图仍处在采集和研究阶段。相比欧美日等发达国家，我国高速公路

里程比较大，道路建设和变化也比较迅速，所以高精度地图的采集过程长、投入成本也会更高。目前国内百度、高德、四维图新、光庭信息都在进行高精度地图的采集和研究。

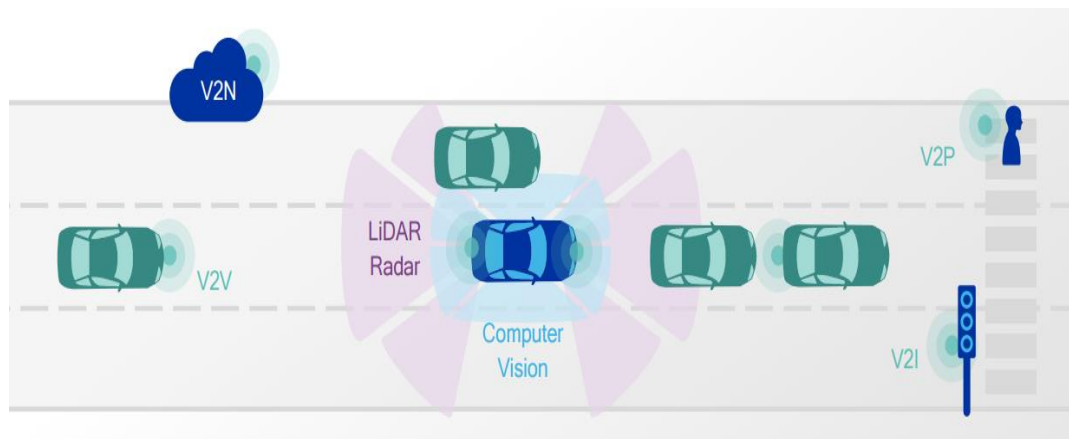
在自建高精度地图的同时，优质图商已成为争夺的焦点。宝马、戴姆勒、奥迪以 31 亿美元联合收购 HERE 地图；福特投资美国三维地图初创公司 Civil Maps；Uber 收购加州地图公司 deCarta。甲级测绘资质的公司百度在 2014 年全资收购具有甲级测绘资质的公司长地万方；腾讯在 2013 年全资收购另一家甲级测绘资质公司科菱航睿，2014 年入股四维图新；阿里在 2014 年收购高德软件。

3、拓展感知：车联网窗口已开，V2X 商业化可期

以“车对外界”信息交换为主要功能的 V2X 强化行车安全，正在成为车联网的新亮点。车联网概念是以车内网（CAN/LIN）、车际网（V2V/V2I）和车载移动互联网为基础的大系统网络。作为物联网面向应用的一个概念延伸，V2X 车联网是使车辆和周围环境中一切可能与其发生关联的事物进行通信的技术，包括与周围车辆通信的 V2V 技术，与信号灯等交通设施通信的 V2I 技术，与行人的智能手机间通信的 V2P 技术等。

与传统车载传感器相比，V2X 拥有更广的使用范围，不受天气情况影响，具有突破视觉死角和跨越遮挡物的信息获取能力，同时可以和其他车辆及设施共享实时驾驶状态信息，还可以通过研判算法产生预测信息。V2X 还强调了“智能决策”、“协同控制和执行”功能，以强大的后台数据分析、决策、调度服务系统为基础。

图 41：V2X 应用组成

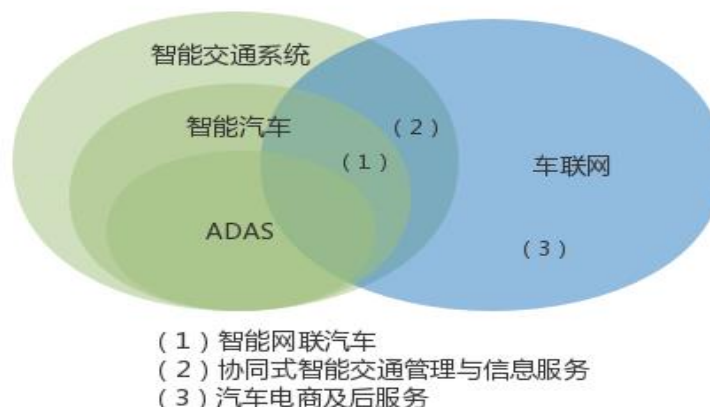


资料来源：车云网，华金证券研究所

V2V 通信是目前 V2X 中发展最为成熟的，通过专设的网络，车辆相互之间传递实时速度、位置、驾驶方向等信息。V2V 通信开启了对四周的 360 度智能感知，有大量的应用场景，主要涉及提高驾驶安全性或者交通效率，如在追尾预警、超车碰撞预警、盲点提醒、车队协同等方面能发挥很大的作用。

V2I 技术通过无线的方式帮助车辆和路侧的交通设施实现数据交换，可以实现交叉路口安全管理、车辆限速控制、电子收费、运输安全管理，以及道路施工和限高警示等应用。V2I 技术的发展会推动交通设施智能化。汽车作为交通网络的一部分，无人驾驶本质是交通智能化。智能网联汽车作为整个智能交通系统的一部分，需要与交通基础设施的智能化协同发展。

图 42：无人驾驶、智能交通、车联网联系

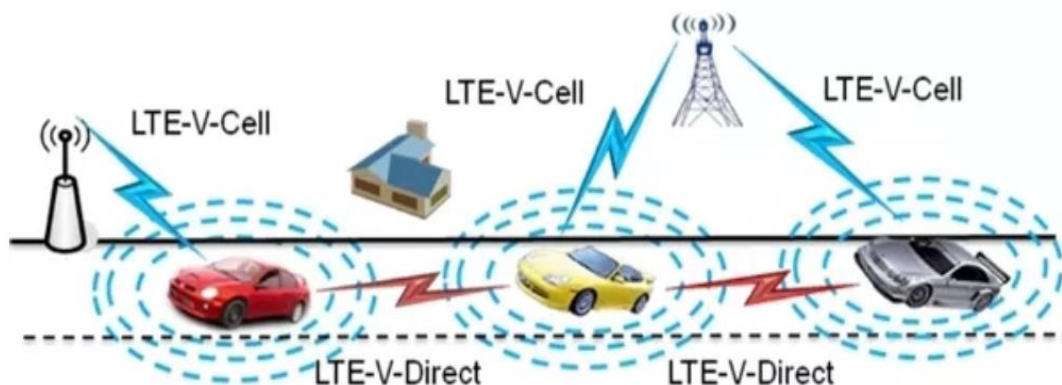


资料来源：李克强教授《智能网联汽车现状及发展战略建议》主题演讲，华金证券研究所

DSRC vs LTE，现阶段的两大技术标准。专用短程通信（DSRC）技术是欧美主导，由 IEEE 802.11p 进行演进扩充的无线局域网标准，可以实现小范围内图像、语音和数据的实时、准确和可靠的双向传输，将车辆和道路有机连接。DSRC 系统包含车载装置（On Board Unit，OBU）与路侧装置（Road Site Unit，RSU）两项重要组件，透过 OBU 与 RSU 提供车间与车路间信息的双向传输，RSU 再透过光纤或行动网络将交通信息传送至后端平台。经过 10 多年的发展，DSRC 技术路线相对比较成熟，美国、日本和欧洲正在推进 DSRC 产业化，主要的厂商有意法半导体、博通、Autotalk 等电子巨头。

LTE-V2X 技术是国内企业（华为、大唐电信等）推动，基于 LTE-R14 技术为基础（4G/5G），能重复使用现有的蜂巢式基础建设与频谱。LTE-V2X 主要解决交通实体之间的“共享传感”（Sensor Sharing）问题，主要可以分为两类：LTE-V-Direct（短程直通式通信），独立于蜂窝网络，实现车辆与周边环境节点低时延、高可靠的直接通信，可以将探测距离扩展到数百米以上；LTE-V-Cell（广域蜂窝式），以基站为分布中心，支持大带宽、大覆盖通信，满足 Telematics 应用需求。目前 LTE-V2X 正处于标准制定的关键阶段，以大唐、华为、高通（蜂窝式技术供应商）等通信企业为主导。2016 年 9 月 26 日，3GPP 第 73 次会议在美国新奥尔良召开，其中 LTE-V 的 V2V 标准在 Release14 中正式冻结，预计 2018 年正式商用。

图 43：LTE V2X 的两种通信方式



资料来源：车云，华金证券研究所

C-V2X（基于蜂窝技术的车联网）作为 5G 重要组成，将是国内标准首选。C-V2X 将会是 5G 应用的一个重点。5G 技术的三个典型应用场景：增强型移动互联网（eMBB）、超高可靠性与超低时延通信（uRLLC）以及海量物联网通信（mMTC）均可适用于无人驾驶场景。eMBB 可以实现 10G/秒的吞吐量，高精度地图上传下载可以瞬间完成，还可以满足车内乘客对 AR/VR、游戏、电影、移动办公等车载信息娱乐；mMTC 可以实现所有的基础设施，包括人、车、道路、等真正意义的万物互联；uRLLC 可以将我们的延迟降到毫秒，实现自动超车，协作式避碰，车辆编队等系统需求；此外利用 5G 可以对城市固定路线车辆实现部分智能云控制，对园区、港口无人驾驶车辆实现基于云的运营优化以及特定条件下的远程控制。5G 将带给车联网全新的网络基础设施。

图 44：5G 技术对无人驾驶推动作用



资料来源：高通，华金证券研究所

从技术角度，C-V2X 在设计过程中充分借鉴了 802.11P 的经验和不足，可以充分利用 LTE 蜂窝网络优势，保证业务的连续性和可靠性；从产业角度，C-V2X 作为拥有自主知识产权的通讯技术，有利于国内企业规避专利风险，而且网络部署维护投入低，对现有的 LTE 网络基站设备和安全机制进行升级就可以实现。

政策推动，V2X 产业化发展进入快车道。由于 DSRC 技术路线相对比较成熟，国外传统芯片商已接连发布相关基于 DSRC 技术的 V2X 芯片产品，主要的厂商有意法半导体、博通、Autotalk 等。我国是积极推动以 LTE 为主，融合 DSRC 的 V2X 产业发展。

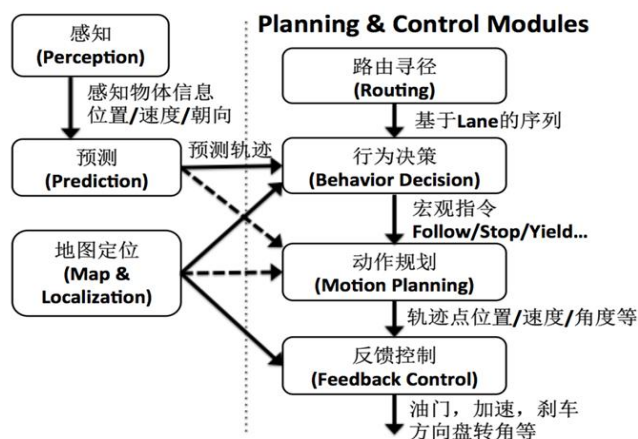
今年 9 月中旬，我国智能网联汽车产业创新联盟正式发布《合作式智能交通系统 车用通信系统应用层及应用数据交互标准》，是国内第一个针对 V2X 应用层的团体标准，为国内各车企及后装 V2X 产品提供了一个独立于底层通信技术的、面向 V2X 应用的数据交换标准及接口，以便在统一的规范下进行 V2X 应用的开发、测试，对 V2X 大规模路试和产业化具有良好的推动效应。在测试工作推进方面，工信部先后推动上海、杭州、北京、重庆的“智能汽车与智慧交通产业创新示范区”，基于 LTE-V/5G 的通信环境建设，积极开展智能驾驶、智慧交通相关示范应用。目前国内部分厂商已有基于 LTE-V 架构的原型样机，可进行车路协同实景演示，如大唐电信发布了全球首台 LTE-V 车联网设备，可支持车联网 V2X 自组织通信，并具有核心自主知识产权；作为北京示范区牵头企业的千方科技在今年 11 月的高交会商发布 V2X 产品，包括车载终端、路侧设备、协同控制机、管理服务平台，并配套搭载多项安全效率应用场景。

（二）决策层面：AI 算法融合 解决无人驾驶车“我去哪？如何去？”

无人驾驶决策控制系统的任务就是根据给定的路网文件、获取的交通环境信息和自身行驶状态，将行为预测、路径规划以及避障机制三者结合起来，自主产生合理驾驶决策，实时完成无人驾驶动作规划。狭义上来讲，包含了无人驾驶车的行为决策、动作规划以及反馈控制模块；广义上来讲，还紧密依赖上游的路由寻径、交通预测模块的计算结果。

- 路由寻径，属于全局路径规划，为无人驾驶汽车的自动驾驶提供方向性的引导，确定其依次需要通过的路段和区域序列，输出的结果严格依赖于高精度地图的绘制；
- 交通预测，任务是对感知所探测到的物体进行行为预测。不仅要结合物理规律对物体做出预测，还需要结合物体和周边环境，以及积累的历史数据知识，对感知到的物体做出更为宏观的行为预测；
- 行为决策，任务是汇聚分析各种信息，做出行驶的决策，确定无人驾驶汽车应该进入什么行驶模式，比如路口左转模式、超车模式等；
- 动作规划，任务是将行为决策的宏观指令解释成一条带有时间信息的轨迹曲线，来给最底层的反馈控制来进行实际对车的操作；
- 反馈控制，任务是控制车辆尽可能遵循上游动作规划所输出的轨迹，通过控制方向盘转角以及前进速度实现。

图 45：无人驾驶决策规划系统组成



资料来源：CSDN，《程序员》，华金证券研究所

图 46：智能驾驶中任务规划结构



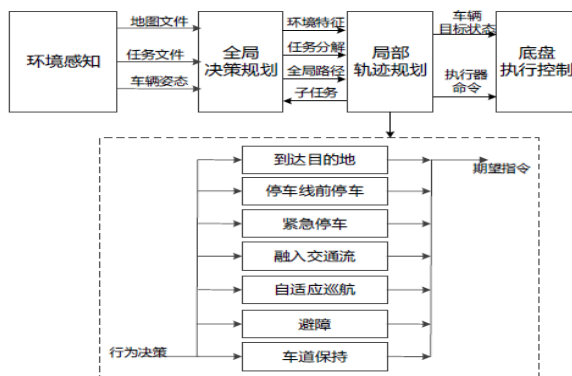
资料来源：CAAI，华金证券研究所

决策算法是核心竞争力，也是人工智能应用的重要场景。决策规划是自动驾驶系统智能性的直接体现，无人驾驶系统与 ADAS 系统的区别就在于是否具有自主的决策能力。目前各家的传感器配置越来越趋同化，无人驾驶技术上的竞争会更多聚焦在决策环节，Google 等公司的核心竞争力就体现在决策算法方面。

常见的决策规划体系结构有分层递阶式、反应式以及二者混合式。分层递阶式体系结构是一个串行系统结构，无人驾驶系统的各个模块之间次序分明，上一个模块的输出即为下一个模块的输入，当给定目标和约束条件后，系统根据即时建立的局部环境模型和已有的全局模型决定出下一步行动；反应式体系结构中的每个控制层都可以直接基于传感器的输入进行决策，突出“感知

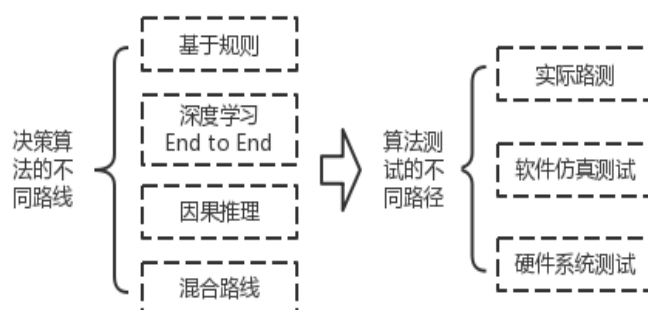
-动作”的特点，易于适应完全陌生的环境；混合式体系结构则结合上述两种方式的优点，在全局规划层次上，生成面向目标定义的分层递阶式行为，在局部规划层次上，生成面向目标搜索的反应式体系的行为分解。

图 47：基于功能和行为分解的混合决策体系结构



资料来源：CAAI，华金证券研究所

图 48：决策算法搭建和测试的不同路线



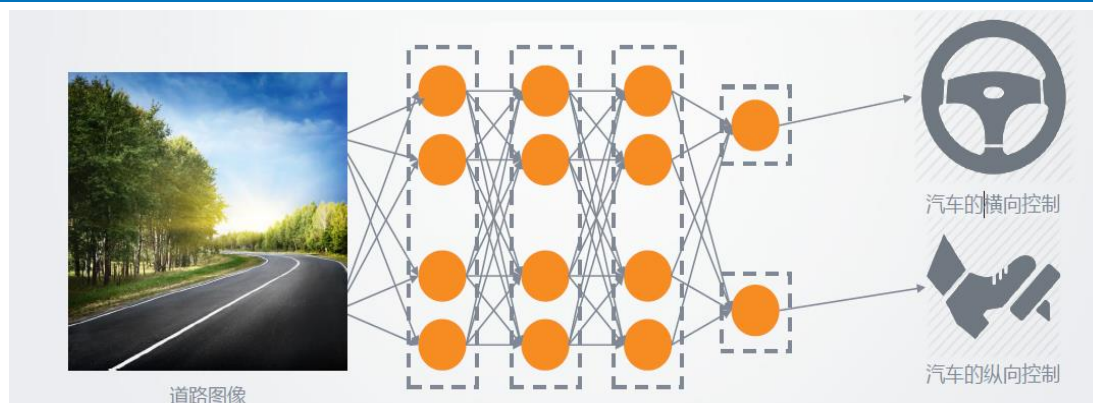
资料来源：亿欧，华金证券研究所

上述体系结构的不同，无人驾驶决策算法技术路线分为多个流派，主要有三大类：基于规则的经典机器人方向，基于深度学习的端对端无人驾驶技术以及因果推理方向。

单一基于规则的决策难以完全覆盖所有场景。基于规则的决策，是由人工使用 if-then 规则覆盖所有可能的情况，对汽车的决策系统进行编程，告诉车辆在各种场景下应该怎么做。这类方法难点在于很难创建全面的、能够覆盖到无人驾驶汽车可能遇到的所有场景的规则库，不够灵活；同时规则之间相互组合，能产生无数种可能，很难实现对系统的完整测试。

单一基于深度学习的端对端决策存在“黑箱”难题。端对端决策采用深度学习神经网络，训练 AI 根据具体的场景做出适宜的决策。这类方法有所谓“黑箱”问题，就是深度学习的解决方案中复杂的运算和处理都在端和端之间的通道内完成，决策过程是不透明的，系统一旦做出错误的判断，无法定位问题原因，也无法预测下一次会出现什么问题。

图 49：自动驾驶的端到端深度学习决策方案



资料来源：亿欧，华金证券研究所

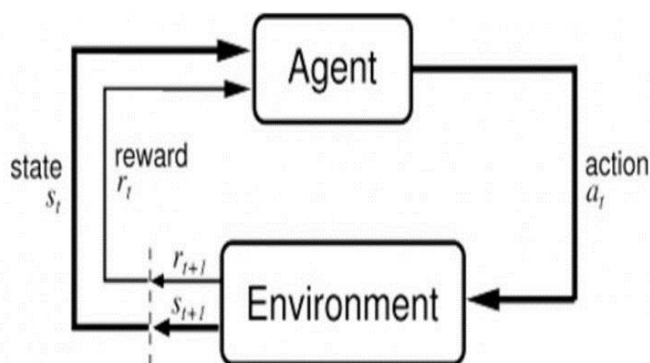
因果推理决策机制是重要发展趋势。我们知道深度学习对感知有非常强的能力，可以理解各种复杂图像的含义，但是并不能把这种感知完美的转化为决策能力。原因在于深度学习，仅仅依赖于概率推理，也就是相关性。为了达到自动驾驶所需要的极高的安全性和可靠性，因果推理将

是未来的发展趋势。因果推理使用贝叶斯网络，针对事件发生的概率以及事件可信度进行分类，具有模块化、透明性的优势。

AI 算法融合，助力“智能大脑”能力提升。在开放动态环境下的无人驾驶需要更强壮的 AI，需要多种算法结合，将上述的三类决策机制融合。

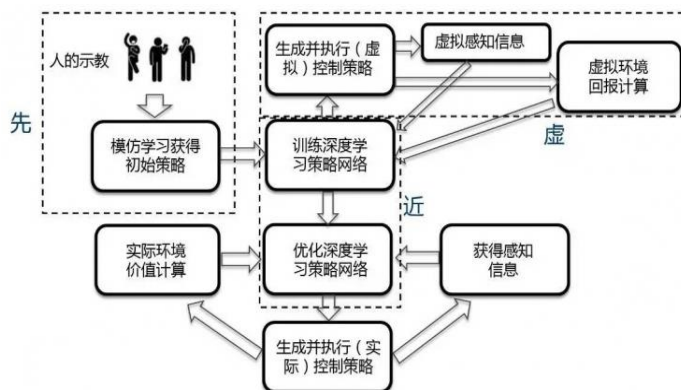
一种提升的思路就是基于强化学习的决策框架，将深度学习包含其中。强化学习是强调如何基于环境而行动，以取得最大化的预期利益，是一种基于环境反馈而做决策的通用框架。理解强化学习有两个关键点：一只看重结果，不关心过程或者动机；二对于每一次行为，及时奖惩，强化认知。Alpha Go 在围棋人机大战中的里程碑式胜利，背后的强化学习算法功不可没。Google、Mobileye 目前都在使用深度强化学习来研发无人驾驶决策控制。通过深度学习加强化学习的算法可以无限趋近于处理所有场景。在仿真模拟环境中，还可以通过强化学习做虚拟运行，获得最优的决策模型，产生模拟数据，促进决策算法成熟。

图 50：强化学习原理



资料来源：CSDN，华金证券研究所

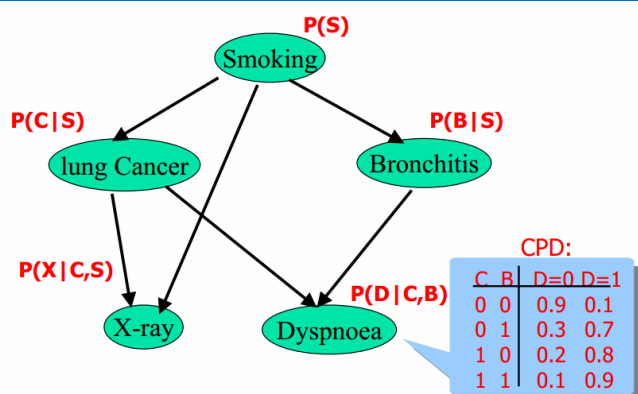
图 51：强化学习的机器人运动控制



资料来源：英特尔中国研究院，华金证券研究所

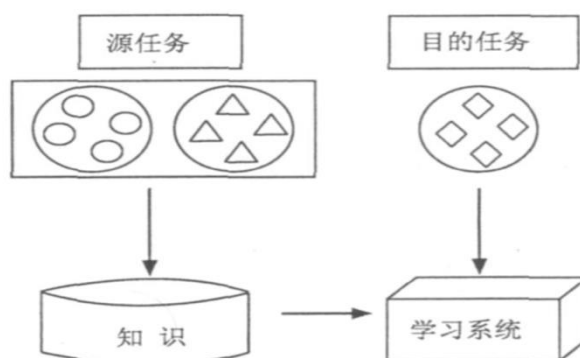
一种提升思路就是深度学习结合贝叶斯网络。贝叶斯网络的因果推理逻辑可以在一定程度上处理未知的极端情况，在无人驾驶车遇到陌生的驾驶场景时，能够对事实逻辑深入分析得出理性的决策控制指令。思路是将贝叶斯网络作为整个决策的顶层框架，利用贝叶斯网络的模块化，把深度学习系统作为一个子模块融入其中，专家系统作为另一个模块，这样的多重冗余构成了贝叶斯网络的子节点，将有效强化输出结果的可靠性；同时贝叶斯网络的透明性使得可以对整个决策的过程进行分析，定位问题。

图 52：贝叶斯网络原理



资料来源：CSDN，华金证券研究所

图 53：迁移学习原理



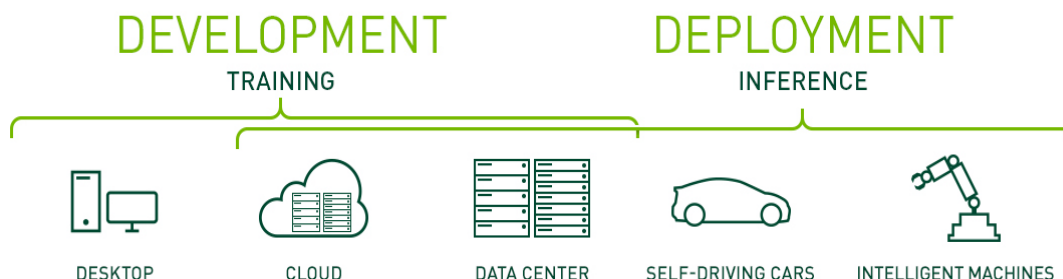
资料来源：CSDN，华金证券研究所

未来更进一步，无人车能实现继承和发展过去学到的知识，关键就是迁移学习。迁移学习是指在不同情况之间把知识进行迁移转化的能力，通过将在一个或多个源任务中学习到的知识进行迁移，用在相关的目标任务中以提高其学习性能。普林斯顿大学科研小组在其无人驾驶项目 Deep Drive 中用到迁移学习算法，通过 GTA5 仿真模拟训练、测试无人驾驶系统。

（三）计算层面：算力需求不断提升，终端 AI 芯片发展迎来加速期

云端计算向边缘计算不断延伸，终端智能化快速发展。无人驾驶汽车是一个移动系统，首先需要有一个云平台来提供支持，应用包括仿真（用于验证新算法）、高精度地图以及深度学习模型的训练。在终端层面，无人驾驶汽车的在运行过程中需要处理难以想象的海量数据，为了保证无人驾驶的实时性要求，不能完全依赖云端的计算能力，车辆必须具备高性能计算能力来实时处理海量数据；满足计算能力的同时，还必须兼顾系统功能安全、功耗、散热、硬件体积等问题；同时满足经济性和性能要求的计算平台才能适应无人驾驶汽车未来量产的需求。

图 54：云端、终端的 AI 生态体系



资料来源：NVIDIA 官网，华金证券研究所

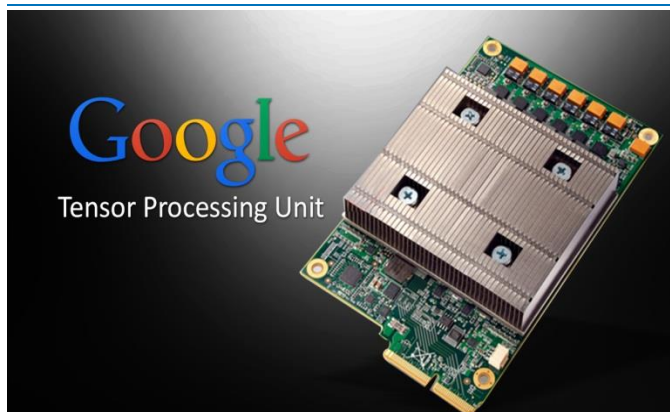
算力需求推动异构计算快速发展，芯片是算力基础，软硬件协同设计是发展趋势。新一轮的人工智能爆发主要由 2012 年以来的深度学习带动，深度学习所依赖的是神经网络网络，通常网络越深，需要的训练时间越长。GPU 对并行计算以及浮点计算的强大支持，大幅加速深度学习模型的训练速度，成为深度学习模型训练的标配。目前在无人驾驶主控芯片的选择上有 97%-98% 的企业采用 CPU（决策）+ GPU（加速）的方案。

GPU 从技术上讲，存在着一定的局限性：首先，运行能效比不佳。实现同样的性能，GPU 所需功耗远大于 FPGA、ASIC；其次，在进行深度学习另一项重要任务“推断”时，处理小计算量大批次的实际计算中无法充分发挥并行计算优势；第三，硬件结构固定不具备可编程性，若深度学习算法在发展的过程中出现新的特点，GPU 无法做到灵活配置。如新兴的低精度和稀疏 DNN 算法效率较之传统的密集 FP32 DNN 有巨大改进，但是引入了 GPU 难以处理的不规则并行度和定制数据类型。在 GPU 市场英伟达一家独大的情况下，业界正不断加大对 FPGA 以及 ASIC 的研发。

作为无人驾驶技术领先者 Google 在计算芯片方面，从最开始使用 CPU 这样的通用芯片，过渡到 GPU 与 FPGA，但是 FPGA 无法提供想象的速度，又再过渡到专用的 ASIC 来面对应用的需求，开发了适用于 AI 计算的高性能专用硬件 TPU，专为 TensorFlow 定制设计。从 Google

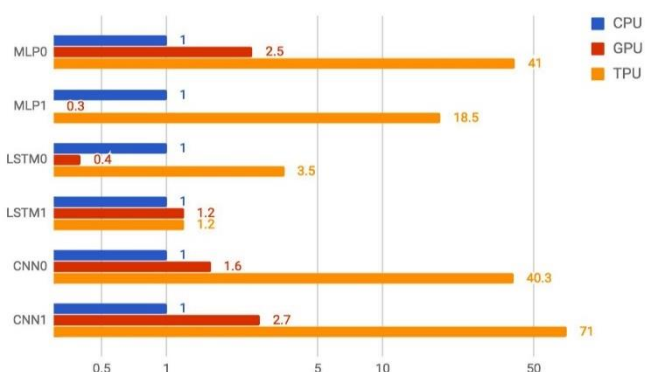
公布的数据看，TPU 有非常强的深度学习加速能力，平均性能可以达到 CPU 和 GPU 的 15 到 30 倍，能效比则有 30 到 80 倍的提升。

图 55：Google TPU 芯片



资料来源：Google 网站，华金证券研究所

图 56：TPU、CPU、GPU 在六种神经网络上的性能对比

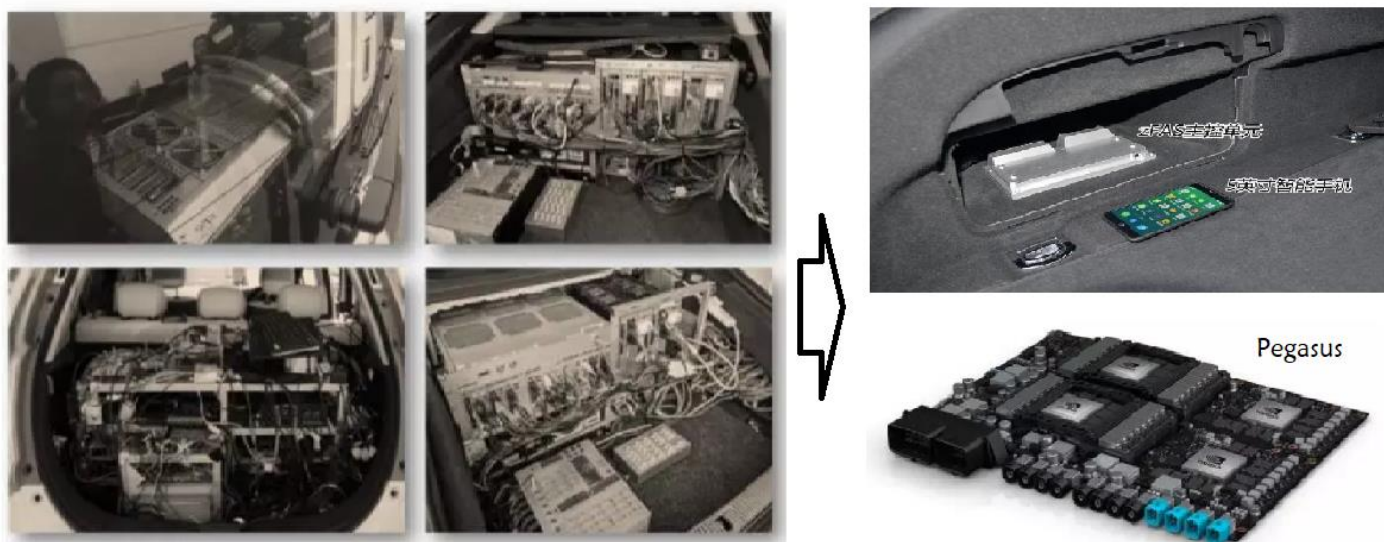


资料来源：Google 论文，华金证券研究所

AI 专用芯片促进产业升级，中国“芯”有望弯道超车。异构计算发展趋势已基本明确，在通用计算 CPU 领域，x86 指令集授权和技术优势让英特尔已形成垄断优势的情况下，国内企业有望在相对空白的异构计算处理器 IP(知识产权)领域打破垄断，实现弯道超车。国内典型企业如寒武纪是全球第一个成功流片并拥有成熟产品的 AI 芯片公司，拥有终端 AI 处理器 IP 和云端高性能 AI 芯片两条产品线；地平线、阅面科技等初创企业也纷纷推出核心 IP 产品。

车载计算平台快速发展，车规级量产化平台呼之欲出。英伟达、高通、英特尔等芯片巨头都针对自动驾驶推出车载计算平台。英伟达最新发布的 Pegasus 可以实现每秒 320 万亿次计算，几乎相当 100 个服务器的计算能力总和；恩智浦推出的 S32 计算平台，打造“通用功能”，能够为平台上所有的 SoC、汽车不同领域和应用间提供解决方案，同时 S32 使用的 ARM Cortex-A、Cortex-R 和 Cortex-M 都属于 ASIL-D 级的内核。

图 57：无人驾驶汽车车载计算平台变迁



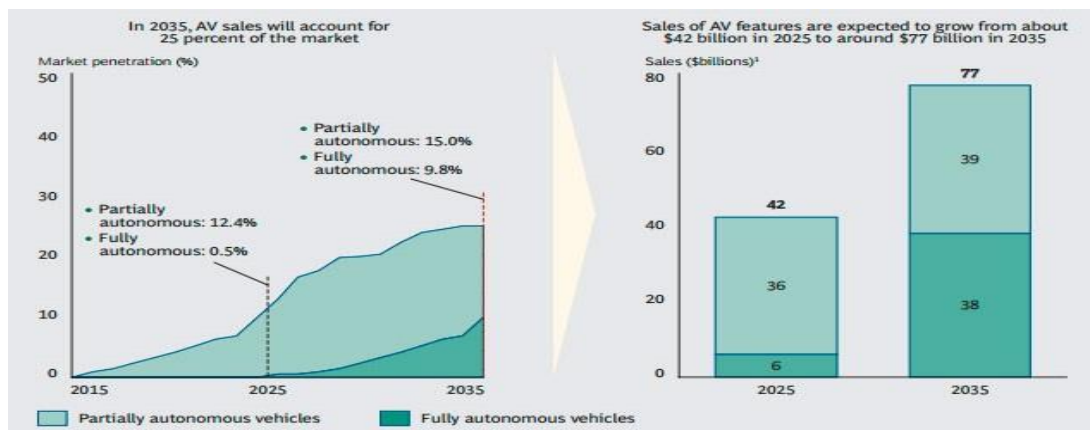
资料来源：网络资料整理，华金证券研究所

三、应用场景逐步落地，无人驾驶商业化之路逐渐清晰

（一）2C or 2B？2B 破冰近在眼前，推动交通新发展

无人驾驶发展至今，全球已有多家企业宣布在 2020 年前后推出无人驾驶汽车。波士顿咨询（BCG）预测，自动驾驶汽车的全球市场份额需要花 15-20 年时间达到 25%，带有公路和交通堵塞自动驾驶功能的汽车将率先上路应用；到 2022 年，带有城市自动驾驶模式汽车上路；2025 年之后，完全无人驾驶汽车才会大量出现，全球市场价值将达到约 420 亿美元；到 2035 年，带有自动驾驶功能的汽车渗透率将达到 25%，半自动驾驶（15%）和完全无人驾驶（9.8%）组合构成的市场价值约 770 亿美元。IHS Automotive 预测，到 2035 年全球无人驾驶汽车销量将达 2100 万辆。参考 2015 年全球汽车年销量突破 8000 万台，中国销量接近 2500 万台。庞大的汽车销量和消费者对科技的需求，中国有望成为最大的无人驾驶市场。

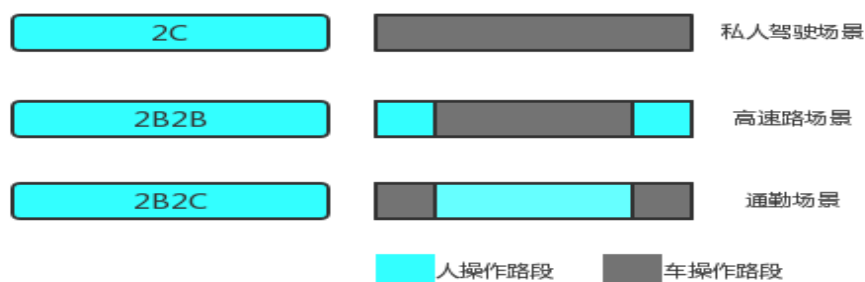
图 58：BCG 全球自动驾驶市场规模预测



资料来源：BCG，华金证券研究所

从商业模式看，未来的无人驾驶汽车推出市场会以“卖产品”或“提供服务”两种形式出现，可以细分为 2C、2B2B、2B2C 三种模式。2C 模式，与现有汽车销售模式相同，以产品形式直接售卖给 C 端用户作为私人车辆；2B2B 模式，面向一些相对封闭、路况不复杂的场景，诸如货车、卡车在中间高速路段可以交由无人驾驶车来掌控；2B2C 模式，面向车辆运营服务场景，中间的 B 端作为共享模式的运营服务提供商，向 C 端用户提供无人驾驶车辆。无人驾驶车辆可以在通勤时间作为公共交通“开始一公里”和“最后一公里”的补充。

图 59：无人驾驶汽车未来的三种商业模式



资料来源：亿欧，华金证券研究所

（二）商业化落地路，低速/限定场景应用有望率先爆发

综合安全风险、政策风险等因素，无人驾驶技术的商业化会遵循着低速到高速、封闭到开放的路线走。目前的无人驾驶技术不能做到完全载客运营，但在货运、封闭园区等细分领域，技术需求相对较低，无人驾驶车辆可以逐步代替传统车辆，率先实现商业化。

➤ 货车的无人驾驶

长时间远距开车是一件辛苦的工作，货车有三大痛点，车头高因而盲区大，司机疲劳驾驶因而反应慢，自重加载重质量大因而刹车慢。根据美国交通部数据显示，美国卡车年行驶里程占所有车型里程数的 5.6%，但事故率却高达 9.5%，每年约有 400 万起卡车交通事故，造成约 4000 人死亡，其中很多事故都是人为因素造成。在长途驾驶中，电脑往往比人类更可靠，可以解决盲区和反应速度的问题，从而有效降低货车驾驶危险。

无人驾驶技术替代卡车司机一方面将为企业节省下相当可观的一笔开支；另一方面卡车司机只需在城市道路的复杂路段控制车辆，在路况较为简单的高速公路等情况下则可由自动驾驶模式“代劳”，避免疲劳驾驶，保证了行车的安全。可见卡车货运领域将是无人驾驶技术落地的最好土壤，具有很大商业化机会。同时物流运输市场在 2015 年全球规模为 8.1 万亿美元，预计将在未来十年间保持 7.5% 的复合年均增长率。在中国，物流占 GDP 总量的 18%，有近 2 万亿美元，而其中公路运输是最重要的运输方式，无人驾驶卡车市场前景广阔。

目前，包括国内的百度-福田联盟、图森互联，国外的 Google、Uber、特斯拉、沃尔沃等公司，都在无人驾驶卡车上投入兵力。同时资本也相当青睐该领域发展，美国的 Embark 公司近日获得 1500 万美元的 A 轮融资；国内图森未来刚刚完成 C 轮 5500 万美元融资。

图 60：无人驾驶卡车应用



资料来源：黑马网，华金证券研究所

Waymo 在今年 6 月正式宣布正在研发无人驾驶卡车，并且开始了初步的测试。根据谍照来看 Waymo 上路测试的无人驾驶卡车是从美国货运卡车制造商 Peterbilt 的 579 车型改装而来，传感器配置通乘用车设置，Uber 通过 6.8 亿美元收购 Otto 聚焦无人驾驶长途货运，Otto 在 2016 年 10 月用一辆 18 轮的无人驾驶卡车为安海斯-布希公司运送了 5 万罐啤酒，完成了全球首例无人驾驶卡车驱动的商业货运服务。特斯拉是宣布将在 2017 年发布具备自动驾驶功能的半挂卡车；

国内图森互联在创立之初就定位提供城际物流运输自动驾驶解决方案，已经与北奔重汽、北京理工大学签订了合作意向，为第三代解放军运输车设计自动驾驶的功能。

➤ 限定场景的无人驾驶

一些限定场景的低速场景，也是无人驾驶商业化落地的重要机会。这些场景一是局部封闭场所，如大学校园、旅游景区、别墅庄园、游乐园、度假村、机场等，因为大部分的封闭式园区都是属于私人领地，在法律法规上不存在政府的限制；二是城市公交系统，因其有固定的行驶线路，例如使用公交专用道，可以有选择地施行无人驾驶测试运营；还有商业运营车辆，如出租车、公司班车等。

在无人驾驶迈出商业化第一步的，是法国的 EasyMile 公司。早在 2015 年，EasyMile 生产的 EZ10 无人驾驶公交车就正式投入运营，至今已经在芬兰、瑞士运送了数万名乘客；2016 年，NuTonomy 公司的无人驾驶车作为世界上第一批无人驾驶出租车在新加坡开始载客测试运营；2017 年，Google 也在亚利桑那州凤凰城提供无人驾驶接送服务，运营车辆多达 600 辆。

➤ 停车场的无人驾驶

无人驾驶车未来的全面普及，会提高车辆使用效率、降低车辆的空驶率，会大量减少停车场的需求，但目前的技术能力还未达到。停车场应用无人驾驶优势在于不受天气因素影响、速度低、封闭场所、实现难度低。技术应用可以实现乘客摆渡，进一步的，可以实现我们所说的“最后一公里”，车辆自动完成泊车，充电等操作。

国内创业公司驭势科技早就将在自己的商业化目光聚焦在限定场景的无人驾驶。目前公司的两个商业化试运营项目均已落地，一个是为广州白云机场在航站楼与机场的地面停车场之间提供摆渡服务；一个是杭州来福士广场的地下停车场项目。

（二）提升汽车共享服务层次，掀起未来交通出行革命

“共享经济”这一概念最早起源于上世纪八十年代美国，其本质是以分散的社会闲置资源为基础，以提升资源利用率为核心的服务式经济，核心是共享，即通过面对面或网络来联系、汇聚并组建社群，将每个人的物品或个体进行匹配，把一个个“点对点”的分散的需求满足变成“多对多”的平台。

中国具备发展共享经济的绝佳基础和条件，首先我国人均资源拥有量偏低且资源利用率可提升空间大，资源的稀缺不仅体现在交通出行空间等物质资源上，也体现在知识和技能等服务资源上；其次国内移动互联网发展，将共享经济推到了一个前所未有的高度。易观智库数据显示，2012 年到 2015 年，中国移动互联网用户规模从 5.7 亿增至 7.9 亿，预计到 2018 年将达到 8.9 亿，有着广阔的用户基础；最后居民消费习惯向服务型消费逐步升级，也给共享经济带来发展契机。

我国大城市中出行难是居民生活的一大痛点。城镇化加速和消费升级带来汽车出行需求的提高，受限于交通运力发展，供需矛盾日益突出，急需探索一种新的出行方式，汽车共享就是最佳的切入口。在国家政策层面，今年 6 月，交通运输部会同住房和城乡建设部制定的《关于促进汽

车租赁业健康发展的指导意见》向社会公开征求意见,指导意见对汽车共享持“鼓励、规范发展”的态度,为汽车共享发展提供政策保障。

继共享单车之后,共享汽车成为下一个风口行业。在汽车共享的大概念里,包括新兴的顺风车、网约车、分时租赁、P2P 租车,以及传统的经营性租车等业务模式。

- 第一类则是网约车共享模式,建立在网约车平台和汽车租赁公司和司机三方合作,满足用户短途出行需求的痛点。国外以 Uber 为代表,国内以滴滴、神州专车、易到用车等为代表,滴滴在合并 Uber 后,市场份额达到 88%;
- 第二类是分时租赁共享模式,主要以 B2C 模式提供共享服务,将一辆汽车在不同时间段分别给不同用户使用,可以看成是传统经营性租赁的一种新型模式,通常采用自建车队模式,是一种重资产路线。国外以 Zipcar、Car2go 为代表,国内有 PonyCar (小马用车)、上汽 EVCARD、首汽 Gofun 等为代表;
- 第三类是 P2P 拼车共享模式,以 C2C 的模式提供出行共享服务,以分担出行费用。国外以 Uber、Lyft 顺风车为代表,国内以滴滴顺风车、嘀嗒拼车、天天用车等为代表,三家合计市场份额超 90%。
- 第四类是 P2P 租车共享模式,是一种轻资产路线的租车服务模式,通过搭建共享平台为车主和租车用户提供信息配对。国外以 Relayrides、Getaround 等私家车自驾平台为代表,国内以 PP 租车、凹凸租车等为代表;

以上的几种模式在汽车共享的发展中会相互渗透,未来的商业模式中的线下运营能力会是越来越重要的一环,所以综合性的出行平台,重资产的模式将是发展趋势。未来汽车共享出行还将与公交系统、铁路民航打通,提供综合性一体化交通出行解决方案,成为城市智慧交通的核心组成部分,也为智慧城市的发展提供大量的数据支撑。汽车共享出行具有巨大发展前景,将持续保持蓝海市场。

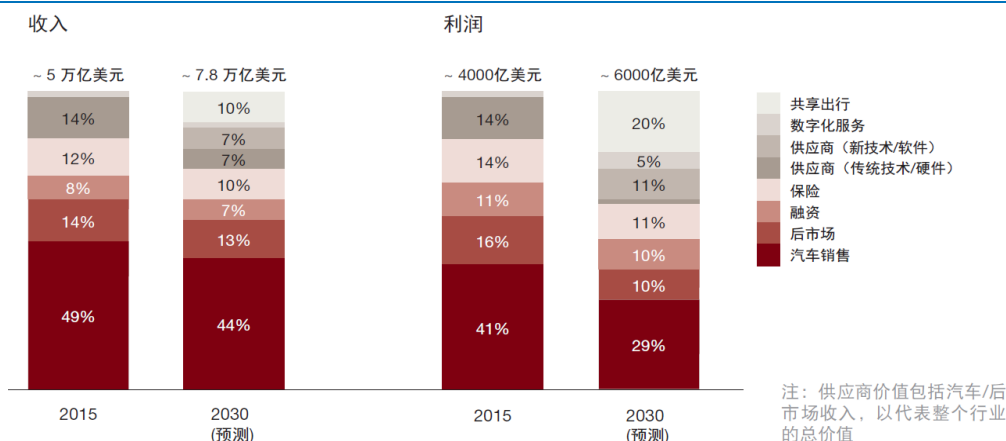
汽车共享的未来或是无人驾驶。无人驾驶技术将使分时租赁和网约车合二为一,对网约车、分时租赁将产生革命性的影响。无人驾驶也必然会跟汽车共享联系在一起:从近期阶段看,与汽车共享出行合作,是推广普及无人驾驶技术的最好选择。一方面大众对于新事物的接受需要时间,通过租车或打车而不是买车,可以非常容易的体验到无人驾驶技术,使更多的人参与进来;另一方面,通过 Uber、Lyft、滴滴等共享出行平台,可以让更多的无人驾驶汽车上路,收集行驶数据,实现无人驾驶技术优化迭代。从长远发展来看,真正进入到无人驾驶时代后,人不再是驾驶的主体,私人拥有车辆将减少,汽车的所有权将更多的归属于车队和网络,汽车成为共享的运输工具,出行将成为一种服务。用无人驾驶汽车取代现有的私家车和出租车,构建交通共享网络,提升城市交通效率。

面对未来深度汽车共享的大势,汽车共享领域竞争也越发激烈,各路玩家将无人驾驶竞争从技术层面带到运营服务层面。Google 无人驾驶汽车商业化道路选择了共享出行市场作为突破口,从基于 Waze 推出拼车服务,到与 Lyft 达成合作,形成“Google+菲亚特/本田+Lyft”一个完整的无人驾驶生态系统;特斯拉也计划通过 Tesla Network 加入汽车共享行业,减少汽车持有者的

成本，扩大特斯拉车辆的体验范围；各大车企也在围绕着自家的无人车组建汽车共享服务，如通用的“Maven”平台、宝马的“DriveNow”平台、戴勒姆的“Car2go”平台等。

无人驾驶和互联网的共同之处在于都是通过去人力化，降低了传输成本。互联网降低的是信息的传输成本，而无人驾驶则降低有形的物和人的运输成本。无人驾驶时代的到来，会带动未来出行模式和汽车行业的商业模式。乘车的用户体验，即车内的人机交互等功能，将更加决定用户的购买决策；个人购车比例的下降，将使传统车厂的目标客户由个人消费者转变为 TaaS 运营商或是政府机构。汽车行业的利润和收入重点从硬件转向软件，从产品转向服务，共享出行的比重将有大幅的上升。

图 61：2015-2030 年汽车行业价值转移预测



资料来源：PWC，华金证券研究所

随着无人驾驶未来的广泛普及，不仅将解决“交通”问题，其价值还将体现在商业开发上，在向未来交通生态系统转变中，将重新配置各行各业，对现有的金融、保险、电信、媒体、公共部门等产生潜在影响，带动价值转移，并随着时间推移和认知盈余从而开启全新的产业。

图 62：无人驾驶技术带动泛汽车行业潜在价值转移



资料来源：德勤，华金证券研究所

四、投资思路及推荐公司

（一）投资思路：把握“传感+计算+数据+运营”主线

（1）传感层面，无人驾驶传感器融合成为趋势，摄像头、毫米波雷达、激光雷达等传感器不可缺少。随着 ADAS 渗透率不断提升以及无人驾驶发展，核心传感器厂商将享受第一波红利，相关标的有：巨星科技、大族激光、欧菲光；复杂的交通路况是实现无人驾驶汽车的难点之一，单车智能化+路+智能交通网络一体化真正实现无人驾驶，V2X/车联网延伸无人驾驶感知，具备中长期投资价值，相关标的有千方科技、索菱股份、路畅科技、华阳集团、盛路通信、高新兴。

（2）计算层面，包含核心算法以及计算平台。随着各家传感器配置的越来越趋同，制约无人驾驶汽车研发的瓶颈在于算法，包括环境感知、物体识别、极端情况下的车辆控制等，核心算法提供商重要性凸显。通用的人工智能算法方面暂时没有纯正标的，ADAS 算法方面相关标的有东软集团；计算能力是算法实现的基础，需求升级将带动终端 AI 快速发展，其中高性能低功耗的 AI 芯片厂商将率先受益。相关标的有中科曙光、中科创达、诚迈科技。

（3）数据层面，包括驾驶数据以及高精度地图数据。人工智能算法的成熟需要数据，关于现实世界中不同场景下人类司机的行为和反应数据收集得越多，算法就可以更好地理解现况并规划下一步动作；其次高精度地图数据可以作为传感器的增强和补充，提供认知和决策的参考，国内市场处于起步阶段，具有中长期投资价值。相关标的有四维图新、超图软件。

（4）运营层面。驾驶数据是具备网络效应的，运行的车辆越多，搜集的数据越多，模拟训练越精确，算法就能变得更好。能够迅速构建应用场景，实现商业化运营，并通过数据采集加速技术迭代，形成商业闭环能力的厂商将具备长期投资价值。相关标的有力帆股份（盼达用车）、上汽集团（EVCARD）。

（二）重点推荐公司

1、千方科技：“大交通”战略稳步推进，布局智能网联汽车

千方科技是国内领先的智能交通企业。公司围绕智能交通板块形成较为完整的交通信息化产业链，业务覆盖城市交通、公路交通、轨道交通、民航、水运领域。

公司核心交通信息化核心业务领域稳步发展，在交通信息化、高速公路机电工程、高速公路称重产品、轨道交通 PIS 业务、出租车信息服务运营等多个细分领域均位于行业第一梯队，并持续丰富 2G、2B、2C 产品线，打造“千方出行”品牌；同时积极转型交通大数据运营服务，实现公司定位从智能交通向“互联网+”大潮下的智慧交通转变，公司角色向交通大数据运营服务提供商转型。

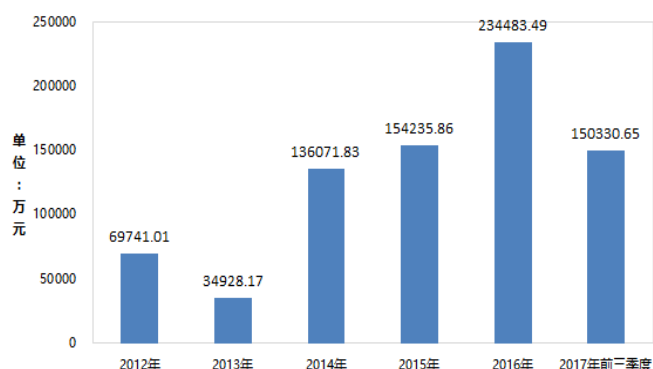
面对智能网联汽车发展大势，公司设立千方车信，战略布局电子车牌业务，随着 2018 年电子车牌有望全面推广，公司将率先受益；另一方面公司设立智能汽车与智慧交通产业联合创新中心、中关村智通智能交通产业联盟，牵头智能网联技术京冀示范区的建设工作，未来有望依托创

新中心以及示范区建设实现 V2X 技术标准制定的主导，同时合作巨头实现相关智能驾驶技术融合，占领未来的智能网联汽车技术产业制高点。

公司拟收购国内视频监控市场第三的宇视科技。收购完成将丰富公司的产品线与解决方案，向上游延伸公司产业布局，释放产品+集成+市场的互动能力，增强公司在视频应用、车路协同、传输传感等方面研发能力和技术储备，为公司推进“大交通数据平台+核心产品与运营服务+车联网 V2X”的战略实施奠定基础，进一步稳固公司在智能交通领域的行业领先地位。

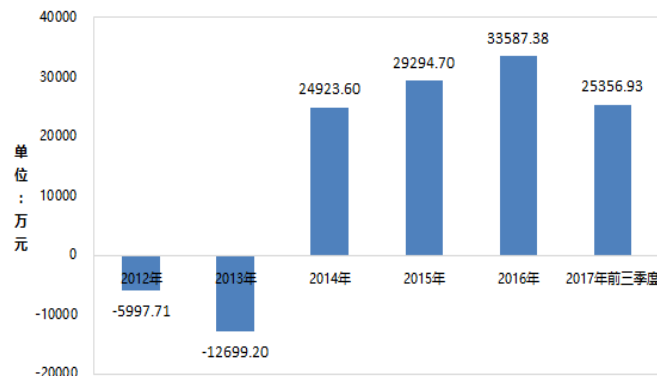
2017 年前三季度公司实现营业收入约 15.03 亿元，同比增长 3.57%；归属于母公司所有者的净利润约 2.54 亿元，同比增长 15.09%；主营业务增长稳健，近三年复合增长速度近 20%。

图 63：千方科技 2012 年-2017 年 Q3 营业收入情况



资料来源：Wind，华金证券研究所

图 64：千方科技 2012 年-2017 年 Q3 归母净利润情况



资料来源：Wind，华金证券研究所

投资建议：公司在智能交通领先地位稳固，主营业务增长稳健，同时在视频监控、智能网联汽车等领域持续进行产品的突破和创新，未来有望为公司带来新的盈利增长点。假设交智科技收购顺利，我们预测公司 2017 年-2019 年的净利润分别为 4.16 亿元、8.84 亿元和 10.67 亿元，EPS 分别为 0.38 元、0.58 元和 0.70 元。6 个月目标价 19.72 元，相当于 2018 年 34 倍动态市盈率，给予买入-A 评级。

风险提示：1、宏观经济发展不及预期，使行业需求增速下降；2、行业竞争加剧风险；3、新业务拓展不及预期；4、并购业务整合不及预期；5、交智科技重大资产重组已通过公司股东大会决议，仍需要通过中国商务部关于经营者集中的审查以及申报中国证监会等核准，能否取得上述批准或核准以及最终取得的时间均存在不确定性。

2、索菱股份：车联网产业布局完整，智能座舱有望发力

索菱股份是国内专业从事车载信息终端（Car Informatic Device，CID）系统的领军企业，产品涵盖多类别 CID 产品，包括多功能娱乐 CID 系列、多媒体导航 CID 系列、智能化 CID 系列。公司以 CID 为基础功能，将 CID 系统延伸成为车联网的入口，逐步完善车联网技术能力；同时发展多屏联动的智能驾驶舱，向智能驾驶领域延伸布局。

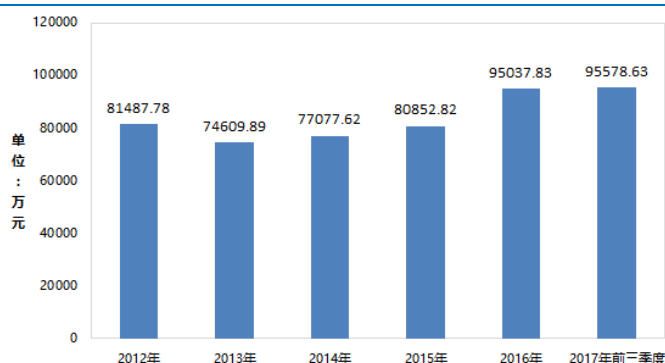
公司相继收购三旗通信、英卡科技、航盛实业完善车联网产业布局。三旗通信有深厚的移动终端通信产品研发实力，车联网相关产品已经进入日本主流汽车厂商；英卡科技基于自主研发的车联网核心平台和车联网开放平台提供车联网 SaaS 服务和车联网技术开发服务。通过业务整合，

公司可以实现对车联网上下游产业链的全面布局，具备“端+管+云”的完整车联网技术能力；航盛实业的收购将进一步拓展公司产品渠道，切入商用智能车载业务。

公司依托在 CID 系统领域的技术积累，积极开展智能驾驶舱产品研发，实现交互方式从传统 CID 中控为核心，向液晶仪表、抬头显示系统（HUD）、后座娱乐系统的车内多屏融合延伸拓展。未来的智能网联汽车时代，智能驾驶舱将是车内人机交互的核心。公司已经完成产品研制测试，有望于 2017 年四季度投产上市，将对业绩产生积极影响。

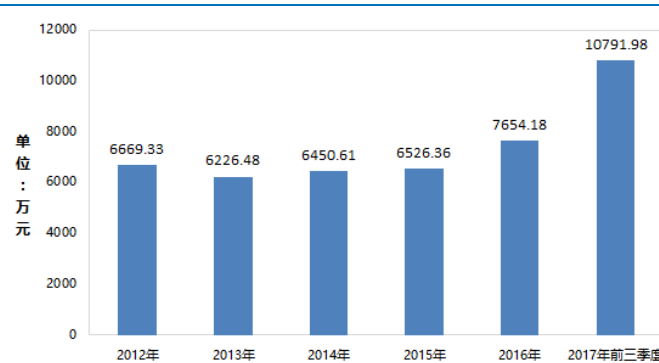
公司正积极调整产品结构，向高附加值的智能化 CID 产品倾斜，同时转变业务模式，逐步转型前装业务，实现公司业绩快速增长。2017 年前三季度，公司实现营业收入约 9.56 亿元，同比增长 51.30%；归属于母公司所有者的净利润 1.08 亿元，同比增长 77.82%。

图 65：索菱股份 2012 年-2017 年 Q3 营业收入情况



资料来源：Wind，华金证券研究所

图 66：索菱股份 2012 年-2017 年 Q3 归母净利润情况



资料来源：Wind，华金证券研究所

投资建议：公司在 CID 系统领域领先地位稳固，通过持续研发投入以及外延并购，具备“CID 系统+车联网软硬件服务+智能座舱平台”的完整车联网产品及智能一体化解决方案能力。我们预测公司 2017 年-2019 年的净利润分别为 1.69 亿元、2.43 亿元和 3.44 亿元，年均复合增长率约 65%；EPS 分别为 0.4 元、0.58 元和 0.81 元。6 个月目标价 20 元，给予买入-A 评级。

风险提示：1、汽车行业发展不景气；2、市场竞争加剧风险；3、前端市场开拓不及预期；4、车联网发展不及预期。

（三）重点关注公司

1、四维图新：高精度地图领军企业，自动驾驶业务不断升级

公司在传统导航地图领域，连续多年在国内导航地图领域排名第一。公司通过与滴滴等互联网巨头开展大数据合作，全资收购杰发科技进入汽车芯片领域，与蔚来汽车、禾多科技等新能源汽车及自动驾驶初创企业达成战略合作，与 HERE 成立合资公司实施国际化战略，形成“数字地图+车联网+自动驾驶+大数据+芯片”五位一体布局，正从一个传统的导航地图供应商向汽车智能化解决方案提供商转型。

今年 10 月，公司与禾多科技达成战略合作，共同开发自动驾驶服务和地图相关产品及衍生服务。禾多科技主攻 L3.5 级自动驾驶技术方案，把 L4 自动驾驶降维到 L3 来使用，在底层平台、规划控制、上层感知都有涉及，目前已经完成了自动驾驶研发平台研发，进入了实车道路测试阶

段。通过与禾多科技的合作，公司可以获得更多的汽车数据来反哺地图，提升在高精度地图定位领域竞争优势。在今年的用户大会上，公司发布自主改制的自动驾驶汽车原型。

未来公司将从市场、研发两个方面推动自动驾驶业务发展，一是推进 ADAS 地图、高精度地图及导航引擎、ADAS 芯片等自动驾驶相关产品商用进度，提升在半自动驾驶及自动驾驶解决方案领域的综合实力及竞争优势；二是加大对 ADAS 地图、HAD 高精度地图智能采集、自动化生产的研发及投入力度，面向自动驾驶领域较高标准的应用需求，不断加强图像识别、点云识别、传感器识别、多源融合、高精度定位、深度学习、自动驾驶引擎、离/在线计算等底层核心技术的研发及验证力度，并基于车规要求不断提升各项技术指标。

2017 年前三季度，公司实现营业收入约 13.25 亿元，同比增长 26.15%；归属于母公司所有者的净利润约 1.58 亿元，同比增长 57.33%。

风险提示：1、外购业务整合不及预期；2、市场竞争加剧风险。

2、中科创达：深耕智能终端操作系统，全面布局嵌入式 AI

公司专注于移动智能终端操作系统技术的研发，是国内较早开始 Android 系统研发的公司之一，拥有 Android 系统的综合技术能力，经验丰富。公司拥有以全球知名厂商为主的优质客户资源，并与多家客户建立了较为密切的合作伙伴关系，主要客户包括全球主要的移动芯片厂商如高通公司、展讯科技、ARM、Intel、三星；全球领先的移动智能终端厂商如华为、TCL、索尼、夏普、富士通、三星、联想等。

面向 AI 时代，公司也在寻求转型升级，方向是嵌入式人工智能；公司希望作为嵌入式 AI 完整方案提供方，上游对接芯片厂商，下游针对算法厂商提供嵌入式解决方案，把算法、芯片和模组等在自己平台以一体化方案实现变现，在整个产业链条对接中完成商业闭环。公司在保持传统手机业务持续增长的同时，积极拓展智能车载和智能硬件新兴业务板块。智能车载领域，公司相继收购爱普新思电子、慧驰科技以及芬兰 Rightware，提升公司研发实力；智能硬件领域，针对无人机、VR、机器人和智能摄像机方向进行了重点布局。

2017 年前三季度，公司实现营业收入约 7 亿元，同比增长 27.73%；归属于母公司所有者的净利润约 7318.50 万元，同比下降 25.86%。

风险提示：1、技术转型不及预期；2、智能硬件及车载业务拓展不及预期的风险；3、市场竞争加剧风险。

3、科大讯飞：语音识别 + 机器视觉，AI 赋能计划渗入自动驾驶

公司自成立以来一直专注于智能语音技术研究，在语音合成、语音识别、口语评测、机器翻译等领域均达到国际领先水平。公司积极将拥有自主知识产权的核心技术应用于行业应用场景，在智慧教育、智能客服、智能车载、智能家居、智慧城市等领域均有建树。

公司在汽车领域的落地的产品有：一种是后装硬件，今年 8 月公司发布“小飞鱼”车载智能语音助手，可以通过蓝牙和手机连接，依靠手机网络接入服务；依靠 FM 发射功能连接车内音响。“小飞鱼”还具备降噪功能，可以提高语音识别率。第二种是公司扮演 Tier 2 供应商的角

色，间接向车企提供智能语音技术。目前公司的智能语音技术已经在 200 多款车型累计 1000 万辆车上落地；三是公司提供整体的软硬件解决方案。

智能语音领域外，公司在机器视觉领域也取得重大突破。今年 10 月，公司参加由奔驰发起的，自动驾驶领域最权威的国际评测之一的 Cityscapes 评测，并刷新世界纪录。公司把汽车的感知能力从车内拓展到了车外，通过机器视觉弥补车载影像的盲区，可以作为一种增强 ADAS 功能。

2017 年前三季度，公司实现营业收入约 33.87 亿元，同比增长 58.16%；归属于母公司所有者的净利润约 1.69 亿元，同比下降 39.45%。

风险提示：1、业务推广不及预期；2、技术研发不及预期；3、市场竞争格局变化。

4、路畅科技：深度合作 BAT，智能网联汽车战略稳步推进

路畅科技专注于汽车信息化、智能化及智能出行的相关产品，主要包括智能车机、全液晶数字仪表、360 全景、电动尾门、感应尾门、T-BOX、ADAS、HUD、流媒体后视镜、行车记录仪、高清后视镜等产品及车联网产品和智能化出行解决方案，是国内领先的车载终端企业。

公司始终坚持技术创新，先后与腾讯、百度、阿里巴巴等互联网巨头达成战略合作，推进国内车联网事业及汽车智能化的发展。路畅科技智能车机与百度车联网 CarLife 实现全面互联，也是百度 Apollo 计划首批合作伙伴之一；公司是阿里汽车首批的 O2O 合作伙伴，在 2015 年公司联合阿里 YunOS 共同发布第一款搭载阿里 YunOS 的互联网车机；2015 年公司也成为腾讯车联开放平台重要的智能车机硬件厂商。

公司不断创新产品结构，大力开拓国内外前装市场；通过运营模式创新、产品整合方案和方案化营销，巩固产品在后装市场的领先优势，不断拓展前装市场份额。同时，公司在 2016 年发布深度布局智能驾驶的未来五年战略规划，正在大力研发智能驾驶舱产品和解决方案，相继投资设立路畅精密、路畅优视、路畅智能子公司，以信息化、智能化为核心，多方位布局智能座舱。

2017 年前三季度，公司实现营业收入约 5.54 亿元，同比增长 0.53%；归属于母公司所有者的净利润约 1222.52 万元，同比下降 68.29%。

风险提示：1、汽车行业发展不景气；2、市场竞争加剧风险；3、前端市场开拓不及预期；4、车联网发展不及预期。

五、风险提示

- 1、技术发展不及预期；
- 2、市场推进不达预期；
- 3、政策监管风险。

行业评级体系

收益评级：

领先大市—未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%以上；

同步大市—未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%；

落后大市—未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上；

风险评级：

A —正常风险，未来 6 个月投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —较高风险，未来 6 个月投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

分析师声明

谭志勇、朱琨声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

免责声明：

本报告仅供华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及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，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发、篡改或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华金证券股份有限公司研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

华金证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

风险提示：

报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。投资者对其投资行为负完全责任，我公司及其雇员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

华金证券股份有限公司

地址：上海市浦东新区杨高南路 759 号（陆家嘴世纪金融广场）30 层

电话：021-20655588

网址：www.huajinsc.cn