

智能汽车与无人驾驶系列之一

从 ADAS 到无人驾驶：风口来临，群雄逐鹿

● ADAS 是无人驾驶实现必由之路，渗透率持续提升

美国高速公路管理局将无人驾驶技术划分了 5 个阶段 (L0~L4)：前 4 个阶段是 ADAS 不断普及渗透、实现单车智能的过程；L4 阶段借助于 V2X (Vehicle to X) 设施建设的完备实现完全无人驾驶。目前全球整车市场 ADAS 渗透率仅为约 5%，伴随着汽车智能化趋势加速和安全需求的提升，未来 ADAS 渗透率有望大幅提高。

● ADAS 产业链：传感感知，算法决策，电控执行

实现 ADAS 第一步是借助于传感器感知行车周边环境信息，其中雷达系、视觉系传感器各有所长，传感器融合、优势互补是未来的趋势；第二步是依靠深度学习和算法对获取的信息进行处理决策，以 Mobileye 为代表的算法公司崛起显示了算法层在产业链中的核心价值；第三步是通过具体的执行器完成指令动作，零部件厂商凭借精密电控技术和对整车底层系统的理解在执行层环节具有先发优势。

● 产业链各方优势各异，沿不同路径布局无人驾驶

零部件厂商位于感知层和执行层两端，互联网企业深耕算法层，而整车企业位于 ADAS 和无人驾驶产业链的核心位置。整车企业与零部件厂商有着深厚的合作关系，车企通过“从硬到软”的方式逐步从 ADAS 过渡到无人驾驶；以谷歌为代表的互联网企业围绕算法整合供应链，力图“从软到硬”一步到位实现完全的无人驾驶；零部件制造商借助深厚的技术积累和客户优势，一方面在感知层和执行层的硬件中占据较为稳固的地位，一方面也积极通过合作布局无人驾驶整体解决方案。

● 无人驾驶是新型计算平台，两种发展路径未来或可共存

现有企业发展无人驾驶主要有两种路径：以谷歌为代表的互联网企业是以算法和系统为核心对硬件制造企业进行整合，未来商业模式主要是向整车厂提供无人驾驶系统以及软件服务，相对较为开放；而对传统整车厂来说，采取“从硬到软”、逐步从 ADAS 过渡到自动驾驶是它们所愿意看到的无人驾驶实现路径。对比智能手机，前一条路径类似于 Android 系统，后一种则类似苹果的 iOS 系统。未来两条无人驾驶之路或将共存。

● 重点推荐及关注标的

我们看好智能汽车成为智能手机之后的下一个智能终端和计算平台，从新能源汽车到无人驾驶，将有望形成 2016 年贯穿全年的投资机会。我们重点推荐得润电子、双林股份和欣旺达，建议关注均胜电子、金固股份、索菱股份、亚太股份和星宇股份。

● 风险提示

技术发展不及预期的风险；政策法规的风险；重大突发事件的风险。

行业评级

买入

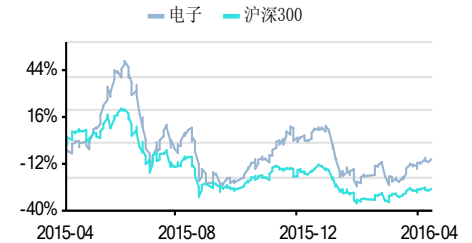
前次评级

买入

报告日期

2016-04-15

相对市场表现



分析师：许兴军 S0260514050002



021-60750532



xxj3@gf.com.cn

相关研究：

- 电子行业:对抗“反摩尔定律” 2016-04-10
地心引力的两条路径
- 电子行业:智能手机走向存量时代,关注新技术渗透带来的投资机会系列二:巨头引领, AMOLED 供需共振, 迎来爆发式成长 2016-04-05
- 电子行业:存储芯片系列报告之二:韩国模式成在何因, 中国机遇途归何处 2016-03-22

联系人：王亮 021-60750632
gzwangliang@gf.com.cn

目录索引

ADAS: 无人驾驶的基础, 市场爆发在即	5
无人驾驶: 风口来临, 变局将近	5
ADAS: 无人驾驶基础, 智能汽车先驱.....	5
ADAS 市场爆发在即, 渗透率快速提升.....	6
ADAS 产业链解析: 传感感知, 算法决策, 电控执行	7
感知层: “视觉系”与“雷达系”传感器各有所长.....	8
算法层: 核心价值凸显, 低成本方案加速.....	15
执行层: 零部件厂商具有先发优势.....	17
无人驾驶: 各方发力软硬融合, 两种路线或将共存发展	18
产业链各方优势各异, 沿不同路径布局无人驾驶.....	18
重新审视无人驾驶: 不仅仅是汽车, 更是下一个新兴计算平台.....	21
对比智能手机时代, 两条路线或可共存发展.....	22
重点推荐及关注标的	22
风险提示	22

图表索引

图 1: 百度无人驾驶汽车	5
图 2: 无人驾驶情形下的交通	5
图 3: 美国公路安全局将无人驾驶技术分为 5 个阶段	6
图 4: ADAS 帮助车辆逐步实现单车智能	6
图 5: V2X 实现车车互通、车路互联	6
图 6: ADAS 的主要功能	6
图 7: 已购 ADAS 的客户再次购买的意愿强烈	7
图 8: 政策法规对汽车安全具有明显影响	7
图 9: ADAS 刚刚跨过导入期, 未来成长空间广阔	7
图 10: ADAS 自动操作与人自主判断有着相似的结构基础	8
图 11: ADAS 主要传感器类型	8
图 12: 全球车载摄像头市场规模不断上升	9
图 13: 宝马 i8 用摄像头取代后视镜	9
图 14: 手机镜头制造商积极布局车载摄像头	9
图 15: 车载 CMOS 行业集中度高, 壁垒强大	9
图 16: 人类易辨识的符号对摄像头来说理解难度很大	10
图 17: Mobileye 的产品可在原车屏上看到“锁定框”	10
图 18: 毫米波雷达的应用范围及特点	10
图 19: LRR 主要用于自适应巡航功能 (ACC)	11
图 20: SRR 可实现多重功能	11
图 21: Velodyne 生产的三种主要的激光雷达性能参数对比	12
图 22: 北科天绘的 R-Angle 系列车载激光雷达系统	12
图 23: 中海达 iScan 激光雷达在长沙采集街景数据	12
图 24: 奥迪 A8L 夜视系统有效距离远超近光灯	13
图 25: 奥迪 A8L 夜视系统可跟踪显示多个行人	13
图 26: 夜视系统生产企业发展情况	14
图 27: 主要类型传感器功能与优劣势对比	14
图 28: ADAS 功能需要多重传感器配合完成	15
图 29: 传感器融合实现 ADAS 功能	15
图 30: 谷歌无人驾驶汽车视觉捕捉算法的实现效果	16
图 31: 依托感知信息通过算法获得路径规划方案	16
图 32: 搭载 Mobileye 芯片的车型数量不断增加	16
图 33: 深度学习算法学习能力远超其他方法	17
图 34: AlphaGo 依靠深度神经网络击败李世石	17
图 35: 执行器是精密汽车电控的最后实现环节	18
图 36: 主流汽车电控执行器	18
图 37: ADAS 产业链位置与参与方对应关系	18
图 38: 谷歌无人驾驶逐渐接近现实	19
图 39: 互联网企业切入无人驾驶汽车	19

图 40: 各大整车企业在 ADAS 和无人驾驶领域的进展	20
图 41: 大陆汽车无人驾驶“电子地平线”解决方案	20
图 42: 无人驾驶风口下零部件厂商拥抱变化	20
图 43: 今天与未来汽车价值的对比	21
图 44: 智能汽车有望成为下一代的计算平台	21
图 45: 主要手机操作系统份额变化	22
图 46: 智能手机行业的利润分布情况	22

ADAS: 无人驾驶的基础, 市场爆发在即

无人驾驶: 风口来临, 变局将近

受产业链众多公司的推动, 无人驾驶领域近期发生重大变化, 智能汽车和无人驾驶产业有加速发展的态势。

- 2016年4月5日, 谷歌母公司Alphabet宣布, 将把无人驾驶汽车的测试拓展至亚利桑那州凤凰城。这将是Alphabet测试无人驾驶汽车的第4座城市。
- 2016年3月27日, 美国车辆安全监管机构表示, 由人工智能系统驾驶的谷歌无人驾驶车, 将被认为符合联邦法律。

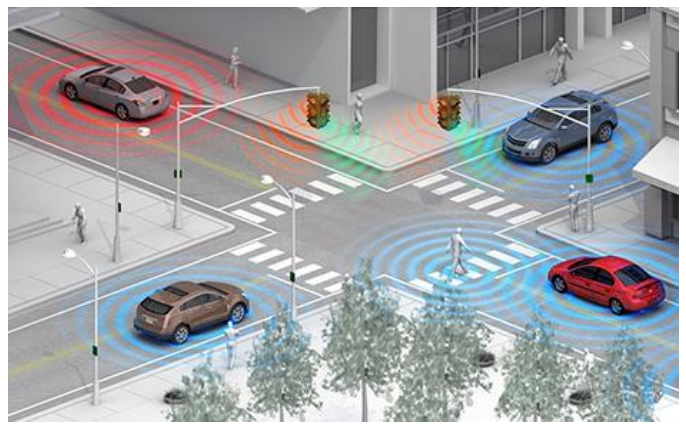
据谷歌预计, 其无人驾驶汽车将在2020年实现商业化, 并于2025年实现量产。而根据美国波士顿咨询公司(BCG)的预测, 到2035年, 无人驾驶汽车全球年销量可达到1200万辆左右, 约占全球汽车总销量的10%。与此同时, 以无人驾驶汽车为核心而衍生的商业模式和市场规模将远超预期。

图1: 百度无人驾驶汽车



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

图2: 无人驾驶情形下的交通



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

ADAS: 无人驾驶基础, 智能汽车先驱

美国高速公路管理局(NHTSA)将无人驾驶技术划分了5个阶段, 分别为无自动化(L0级)、个别功能自动化(L1级)、多项功能自动化(L2级)、受限条件下自动驾驶(L3级)和完全自动驾驶(L4级)。

其中L0~L2阶段, 主要是ADAS(Advanced Driver Assistant System, 高级驾驶辅助系统)的应用普及阶段。ADAS可以实现多种主动安全功能, 伴随ADAS渗透率与融合度的提高, 汽车的智能水平得到显著提升, 并过渡到L3水平。当无人驾驶技术进入L3阶段后, 可以有条件的实现无人驾驶。借助于成熟的车联网(V2X), 最终将实现完全的无人驾驶, 即L4阶段。因此, ADAS的普及和融合既能促进单车的智能化, 同时也是无人驾驶实现的基础条件。

目前, 谷歌的无人驾驶汽车已经能够达到L3水平, 各大整车厂在无人驾驶方面也正从L1阶段向L2以上阶段过渡。

图3: 美国公路安全局将无人驾驶技术分为5个阶段

阶段	定义	说明
L0	完全不具备自动驾驶功能, 具备预警类ADAS系统	驾驶员模式, 驾驶员对行车安全处于完全自行掌控状态
L1	1个或多个功能能够实现自动化, 且各项功能之间独立工作	例如具备ACC、ESC等功能, 2011年后, NHTSA要求强制安装ESC功能, 标志美国此后的车型均至少处于L1阶段
L2	组合功能实现自动化, 能够实现功能协同、融合	自适应巡航控制ACC、紧急车道辅助ELA、紧急自动刹车AEB等
L3	限定环境下可以实现无人驾驶, 判断是否恢复驾驶员自主操作模式	奥迪A7在高速公路环境自动驾驶功能积累了5万英里的里程; 沃尔沃量产堵车车自动跟行系统
L4	在任意环境下实现完全无人驾驶	单车智能与车联网均实现技术成熟时可实现

数据来源: NHTSA, 广发证券发展研究中心

图4: ADAS帮助车辆逐步实现单车智能



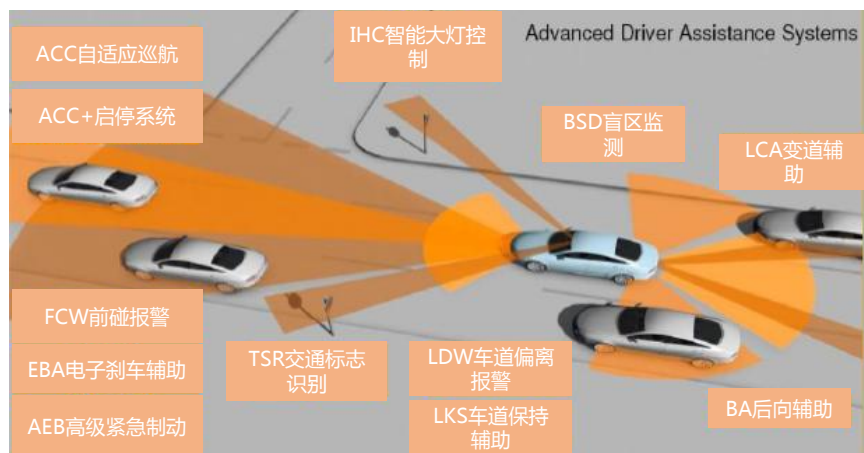
数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

图5: V2X实现车车互通、车路互联



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

图6: ADAS的主要功能



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

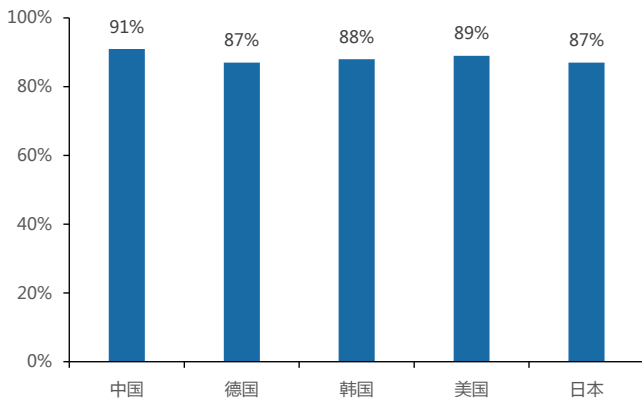
ADAS 市场爆发在即, 渗透率快速提升

根据AutoLab的数据, 2015年10月国内市场各种功能的ADAS的渗透率分别为:

BSD 3.8%, AP 2.6%, FCW 2.6%, AEB 2.4%, SVC 2.3%, LDW 1.7%, ACC 1.3%, LKS 0.8%。全球整车市场ADAS的渗透率也低于10%，欧美地区市场接近8%，新兴市场国家市场则仅为2%，仍有很大提升空间。据PR Newswire咨询公司测算，未来全球ADAS渗透率将大幅提升，预计2022年全球新车ADAS搭载率将达到50%。

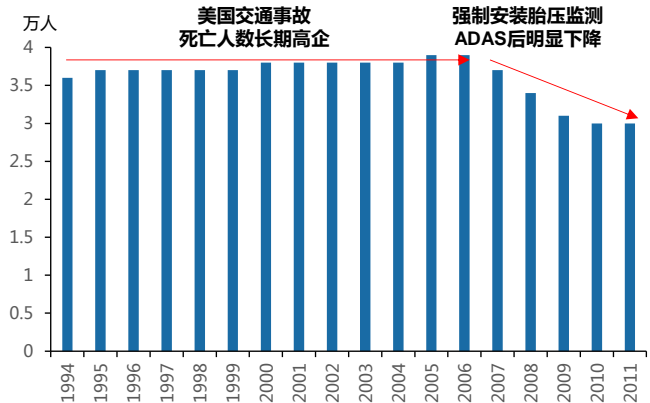
ADAS市场目前尚处于导入期，渗透率还比较低、未来发展潜力巨大。首先，受益于以无人驾驶为代表的智能交通趋势，ADAS作为基石性功能，将有望迎来需求的爆发；其次，立法与安全评级对ADAS的需求刺激显著。政策法规对汽车安全的影响在历史上已有先例。例如，2006年美国要求新车型强制安装TPMS（Tire Pressure Monitor System，轮胎压力监测系统），这一要求直接导致了已多年高企难下的交通事故死亡人数的大幅下降。而ADAS对行车安全的作用明显，未来将得到市场越来越多的关注和认可。未来，随着更多功能的ADAS的出现，行车安全性将得到大大改善，用户对ADAS的接受度也将得到提升，ADAS渗透率也将实现快速提高。

图7：已购ADAS的客户再次购买的意愿强烈



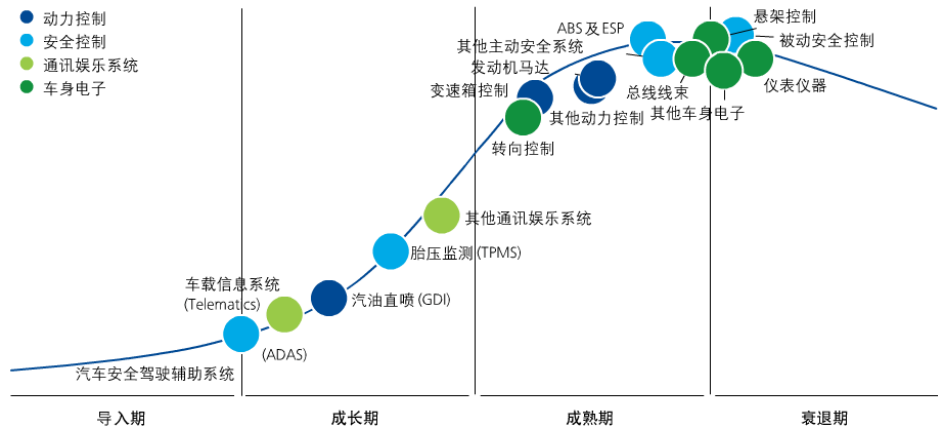
数据来源：McKinsey，广发证券发展研究中心

图8：政策法规对汽车安全具有明显影响



数据来源：NHTSA，广发证券发展研究中心

图9：ADAS刚刚跨过导入期，未来成长空间广阔



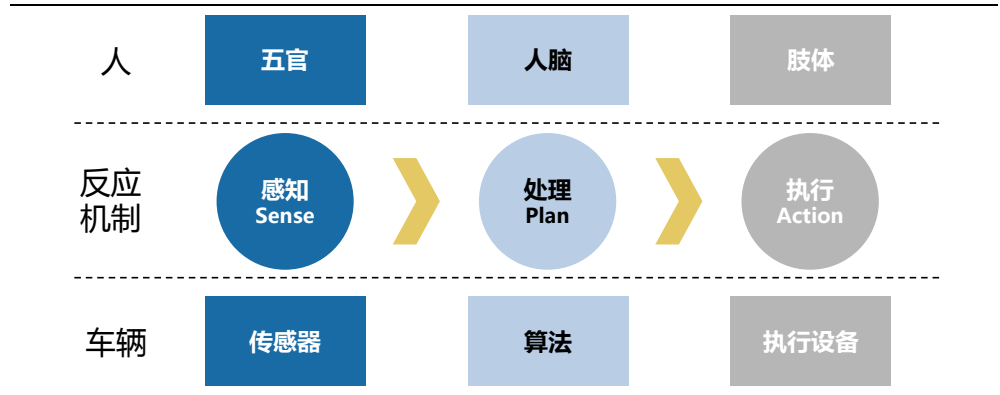
数据来源：德勤咨询，广发证券发展研究中心

ADAS 产业链解析：传感感知，算法决策，电控执行

ADAS的实现方式和人对外界信息进行反应的机制十分相似。人通过“五官”对

周边信息进行感知，对应到ADAS和无人驾驶，就是传感器的感知端；对信息进行思考和处理并做出决策，人依靠的是大脑的思考和判断，而ADAS则依靠算法实现；最后，人通过肢体表现应对环境信息的变化，而ADAS则通过执行器来完成决策层做出的最后指令。

图10: ADAS自动操作与人自主判断有着相似的结构基础



数据来源: 广发证券发展研究中心

感知层：“视觉系”与“雷达系”传感器各有所长

传感器是ADAS对行车周边世界实现了解的“五官”，如同人有眼、耳、鼻、触觉等，ADAS的传感器也有多种类型，其中超声波传感器、车载摄像头、毫米波雷达、激光雷达以及夜视系统是较为重要的传感器。超声波传感器尽管成本上优势明显，但其适用范围有限，已经渐渐失去了关注度。其它四种传感器各有所长，在汽车智能化趋势驱动下得到不断的应用实践。

图11: ADAS主要传感器类型



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

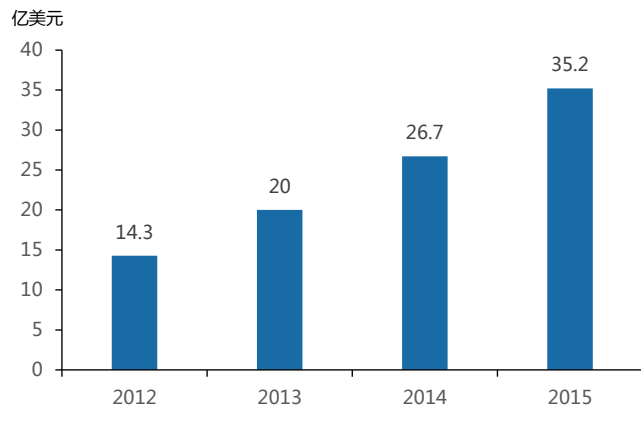
车载摄像头

车载摄像头的出现非常符合仿生逻辑，人眼是人类对外部环境世界最重要的感知器官。对路况的辨别、对交通标志的辨识都依靠人眼完成，针对图像的处理能力，是人类实现驾驶的基础。车载摄像头的功能也是对路况图像进行捕捉、记录和识别。

目前，高端汽车的各种辅助设备配备的摄像头可以多达8个，用于辅助驾驶员泊车或触发紧急刹车。三星电子手机摄像头供应商和韩国最大的车载摄像头制造商Mcnex公司预测，当摄像头成功取代侧视镜时，汽车上的摄像头数量将达到12个。

市场研究公司 IHS Automotive 预测，2020 年车载摄像头销量将达到 8300 万，数量将较 2012 年增加 5 倍。

图 12: 全球车载摄像头市场规模不断上升



数据来源: 智研咨询, 广发证券发展研究中心

图 13: 宝马 i8 用摄像头取代后视镜



数据来源: 腾讯汽车, 广发证券发展研究中心

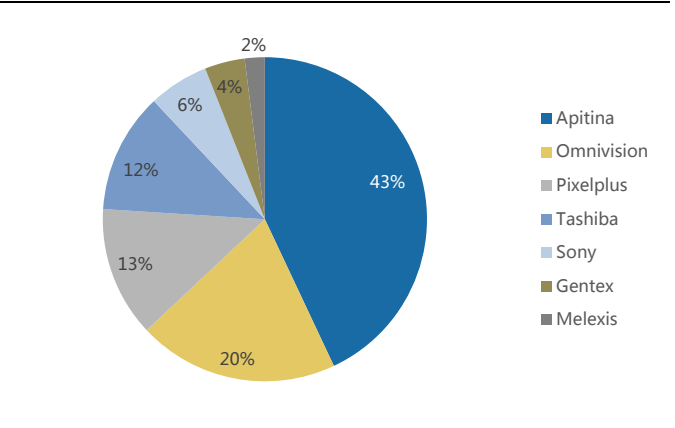
相比于消费电子产品上使用的摄像头，车载摄像头对安全性与稳定性的要求更高。车载摄像头必须经过一系列质量测试，包括连续数日的水下浸泡测试、1000 小时的温度变化测试（低温 -40℃，高温 85℃，并在数秒钟内完成高低温切换）。因此，进入车厂的认证体系需要较长的认证周期。

图 14: 手机镜头制造商积极布局车载摄像头

制造商	布局
欧菲光	斥资 2 亿元设立南昌欧菲光车载影像技术有限公司，布局车载摄像头
索尼	2016 年 1 月设立车载事业部，突出车载摄像头传感器业务
LG Innotek	2013 年开始生产车载摄像头，通过摩比斯出售给现代和起亚等汽车公司
Sekonik	三星镜头供应商，通过现代摩比斯和德尔夫汽车公司向现代和通用供货

数据来源: EEworld, 广发证券发展研究中心

图 15: 车载 CMOS 行业集中度高，壁垒强大



数据来源: Sony, 广发证券发展研究中心

良好的图像采集功能一方面与硬件的性能和质量有关，但另一方面，摄像头传感器的核心价值是算法和解决方案。利用优质摄像头设备可以精确捕捉图像信息，但理解图像信息则依赖于算法的实现。Mobileye 作为一家初创期前 8 年没有收益的算法公司，通过海量数据积累与算法优化，仅凭单目摄像头便实现识别、测距等功能，令 ADAS 低成本大大降低，其产品在众多主流车型上得到应用。

目前从硬件方面来看，前装摄像头模组市场基本上被日韩系的厂商所掌握，松下、索尼以及韩国的 MCNEX 占据主要份额。国内的企业一般都是由原来做手机摄像头再拓展到做车载摄像头的，目前舜宇光学在车载摄像头方面进展较快，是松下、博世等企业的供应商。

图16: 人类易辨识的符号对摄像头来说理解难度很大



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

图17: Mobileye的产品可在原车屏上看到“锁定框”



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

毫米波雷达

波长为1~10毫米的电磁波称毫米波 (millimeter wave), 它位于微波与远红外波相交叠的波长范围, 因而兼有两种波的特点。毫米波雷达主要表现出以下突出的特点。

- 极宽的带宽: 毫米波频率范围为26.5~300GHz, 带宽高达273.5GHz。即使考虑大气吸收, 在大气中传播时只能使用四个主要窗口, 但这四个窗口的总带宽也可达135GHz, 为微波以下各波段带宽之和的5倍。这在频率资源紧张的今天无疑极具吸引力。
- 波束窄: 相同天线尺寸下毫米波的波束要比微波的波束窄得多。例如一个12cm的天线, 在9.4GHz时波束宽度为18度, 而94GHz时波束宽度仅1.8度。因此可以分辨相距更近的小目标以及更为清晰地观察目标的细节。
- 与激光相比, 毫米波的传播受气候的影响要小得多, 具有全天候稳定性。
- 与微波相比, 毫米波元器件的尺寸要小得多, 更容易小型化。

图18: 毫米波雷达的应用范围及特点

特点	说明
空间目标识别雷达	使用大型天线以得到成像所需的角分辨率和足够高的天线增益, 使用大功率发射机以保证作用距离 例如: 一部工作于35GHz的空间目标识别雷达其天线直径达36m。用行波管提供10kw的发射功率, 可以拍摄远在16,000km处的卫星的照片
汽车防撞雷达	作用距离不需要很远, 发射机的输出功率不需要很高, 但要求有很高的距离分辨率, 同时要能测速, 且雷达的体积要尽可能小 采用以固态振荡器作为发射机的毫米波脉冲多普勒雷达。采用脉冲压缩技术将脉宽压缩到纳秒级, 大大提高了距离分辨率。利用毫米波多普勒频移大的特点得到精确的速度值。
直升飞机防空雷达	必须能发现线径较细的高压架空电缆, 需要采用分辨率较高的短波长雷达 实际多用3mm雷达
精密跟踪雷达	实际的精密跟踪雷达多是双频系统, 即一部雷达可同时工作于微波频段 (作用距离远而跟踪精度较差) 和毫米波频段 (跟踪精度高而作用距离较短), 毫米波频率可作为隐蔽频率使用, 提高雷达的抗干扰能力 例如: 美国海军研制的双频精密跟踪雷达由一部9GHz、300kw的发射机和一部35GHz、13kw的发射机及相应的接收系统构成, 共用2.4m抛物面天线, 已成功地跟踪了距水面30m高的目标, 作用距离可达27km。

数据来源: 微波射频网, 广发证券发展研究中心

由于毫米波雷达的性能优良, 在空间、军事、直升机和汽车方面都得到广泛应用。同时, 毫米波雷达也成为实现ADAS功能的重要传感器设备。目前车载毫米波雷

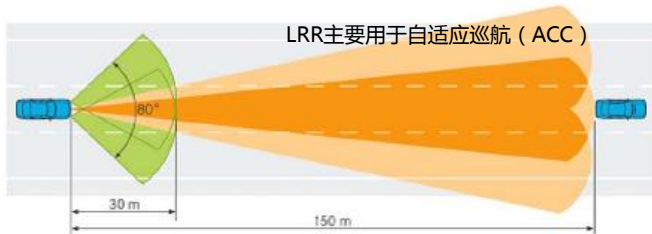
达主要有24GHz和77GHz两种，24GHz雷达系统用于实现近距离探测（Short Range Rader，简称SRR），77GHz系统主要用于实现远距离的探测（Long Range Rader，简称LRR）。

- 近距离探测（SRR）可以实现以下ADAS功能：Adaptive Cruise Control（ACC）自适应巡航控制；Forward Collision Warning（FCW）前向防撞报警；Blind Spot Detection（BSD）盲点检测；Parking Aid（PA）辅助停车；Lane Change Assistant（LCA）辅助变道。
- 远距离探测（LRR）主要实现自主巡航控制（ACC）功能。自适应巡航控制（ACC）通过调整速度以适应交通状况。

汽车控制系统根据毫米波雷达检测的压力信号来控制汽车的刹车系统。通过SRR和LRR相结合和对汽车的控制，可以立体式、全方位为汽车提供行车安全。

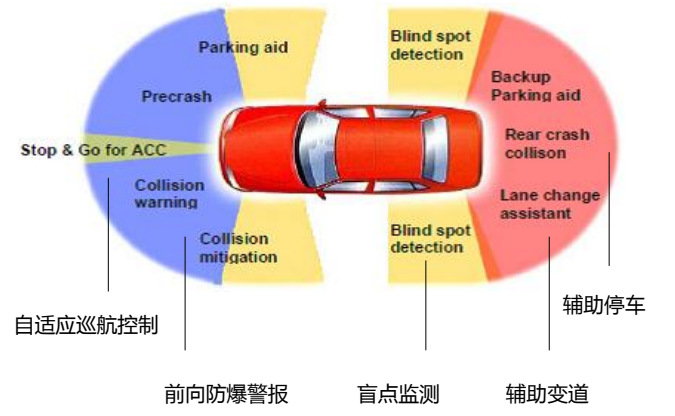
图19: LRR主要用于自适应巡航功能（ACC）

毫米波雷达类型	可检测距离	检测角度
长距离、窄角（LRR）	1m-127m	约±15度
短距离、广角（SRR）	0.1m—25m	约±40度



数据来源：Elecfans，广发证券发展研究中心

图20: SRR可实现多重功能



数据来源：Elecfans，广发证券发展研究中心

毫米波雷达ADAS传感器目前仍由大陆、博世、电装、TRW、奥托立夫等传统零部件厂商垄断。由于毫米波雷达传感器在军用通讯、卫星通讯有较多运用，并且60GHz以上的毫米波技术西方对于中国是禁运的，因此国内发展相对较为缓慢。国内市场上华域汽车以24GHz的SRR毫米波雷达为切入点，开始逐步建立其自身ADAS产品路线图。77GHz的LRR毫米波雷达技术仍然有待国产化破局，部分创业型公司如北京行易道科技、亚太机电集团投资的杭州智波科技在77GHz毫米波雷达方面有一定的技术优势。

激光雷达

激光雷达起源于军方技术，根据功能可以区分为跟踪激光雷达、制导激光雷达、测绘激光雷达和水中激光雷达等。1995年，商用激光雷达首次问世，此后进入高速发展期。由于激光雷达能够对环境信息进行3D建模，可以对周边环境的动态信息和位置分布实现准确刻画，正符合ADAS和无人驾驶的要求，因此吸引了无人驾驶领域各方参与者的广泛关注。

激光雷达是谷歌无人驾驶汽车的基础性传感器设备。谷歌应用Velodyne HDL-64E的360度64束激光雷达传感器，实现对行车周边环境全景扫描并建立3D模

型，通过与高精度地图进行匹配，谷歌无人驾驶汽车可以实现厘米级定位，而其他传感器设备则起到辅助作用。

图21: Velodyne生产的三种主要的激光雷达性能参数对比

产品型号	产品图样	线数	测量范围	测量精度	水平扫描角度范围	垂直扫描角度范围	每秒扫描点数	价格 (人民币)
HDL-64E		64	120m	<2cm	360度	±26.8度	220万	50-100万
HDL-32E		32	80-100m	±2cm	360度	±20度	70万	30-40万
PUCK		16	100m	-	360度	±15度	30万	约5.1万

数据来源: Velodyne, 广发证券发展研究中心

限制激光雷达在无人驾驶领域广泛应用的主要因素在于成本。因此，目前激光雷达产品仍然主要应用于测绘领域。在无人驾驶上有实际产品应用的供应商主要是Velodyne和Ibeo。谷歌使用的Velodyne的HDL-64E激光雷达售价高达数十万元人民币。

国内市场上，中海达的iScan三维激光测量系统是首个车载激光雷达装置，中海达与百度达成合作，为百度提供国内城市的高清激光街景数据采集及生产。北科天绘的R-Angle系列车载激光雷达系统2015年获得测绘科技进步一等奖，并与四维图新合作完成了全国范围内高等级公路的ADAS道路数据获取与处理。

图22: 北科天绘的R-Angle系列车载激光雷达系统



数据来源: 北科天绘, 广发证券发展研究中心

图23: 中海达iScan激光雷达在长沙采集街景数据



数据来源: 中海达, 广发证券发展研究中心

由于激光雷达所固有的对环境的3D建模能力，可以说要实现无人驾驶，激光雷达的作用是必不可少的。目前也有如美国的Quanergy等企业在研发低成本的固态激光雷达，成本可能低至数百美元。一旦激光雷达成本大幅下降，无人驾驶普及的推广进度将显著加快。

夜视系统

由于夜间行车视野不佳，人眼的判断能力较之白天大大下降，行车安全隐患较大。根据美国国家公路交通安全管理局统计，半数交通事故源自夜间行车。因此，提高汽车夜间对周边环境的感知能力，对提高整体行车安全的意义重大。

目前，进入应用阶段的夜视技术主要有类：微光夜视技术和红外夜视技术。

- 微光夜视技术利用自然环境微光，通过增强器转化为肉眼可以观测识别的电子图像。微光夜视仪重量轻、体积小、价格低，所以应用范围广。但微光图像对比度差、灰度级有限、可视范围小，对传感器感光性依赖过大。
- 红外夜视技术根据是否需要主动光源补光又可分为主动红外夜视技术和被动红外夜视技术，依靠温差红外线进行成像。红外图像的对比度好，动态范围更大，但其只敏感于目标场景的辐射，而对场景的亮度变化不敏感。

二者各有所长，同时也均有不足。一方面，针对红外夜视仪的性能提升不断推进；另一方面，随着两种夜视技术的发展，使二者融合成更全面的夜视图像渐成趋势。

图24: 奥迪A8L夜视系统有效距离远超近光灯



数据来源：汽车之家，广发证券发展研究中心

图25: 奥迪A8L夜视系统可跟踪显示多个行人



数据来源：汽车之家，广发证券发展研究中心

由于夜视系统价格高昂，目前仍然仅应用于一些豪华车型上。根据佐思汽车数据库统计数据显示，2014年9月中国新售车辆中，夜视系统总预装量不到1000套，渗透率低于0.1%。伴随夜视系统技术成熟价格下降，未来市场空间巨大，各大厂商也正在积极布局。

图26: 夜视系统生产企业发展情况

生产企业	夜视系统发展跟踪
奥托立夫	奥托立夫 (Autoliv) 是夜视系统的龙头, 占据全球近60%的市场。Autoliv夜视系统首先在2005款宝马7系车型上推出, 该系统对温度目标和生命所产生的红外光敏感; 2008年, Autoliv推出第二代夜视系统, 该系统比大灯范围照射多两倍, 且一旦探测到行人即会在车辆夜视显示器上标出, 同时决定行人是否有受撞击危险, 并向驾驶员提供足够时间进行反应。2012年, Autoliv针对当前系统进行软件升级, 可识别人和动物。
德尔福	2005年, 德尔福开始在中国推广主动安全产品, 其中, 夜视系统则是一款综合性解决方案, 可提供夜视、道路偏移、驾驶者监测、碰撞预警等功能。
伟世通	伟世通在汽车电子领域主要提供信息娱乐、驾驶信息、动力总成控制和夜视系统, 其夜视系统采用红外线摄像机技术, 主要客户是福特和通用。
博世	博世集团主动夜视系统 (Night Vision Plus) 可在大约150m的范围内看清前方道路情况, 相对热成像系统而言其能看见前方所有物体, 而非仅限于本身发热的物体。目前, 该系统已进一步改良, 可分析可能被撞倒的障碍物, 减少车祸或撞击行人的意外发生。
法雷奥	法雷奥夜视系统为360Vue, 运用多个摄像头系统为驾驶者提供360°全方位驾驶环境监测, 从而使其在能见度低的情况下行驶更安全。

数据来源: 汽车之家, 广发证券发展研究中心

传感器各有利弊, 走向融合、优势互补将成为未来趋势

传感器是ADAS实现的感知系统。如同人对世界的感知不能仅依赖于眼或耳单一感官器官一样, ADAS功能的实现渐渐呈现出传感器融合的特点。

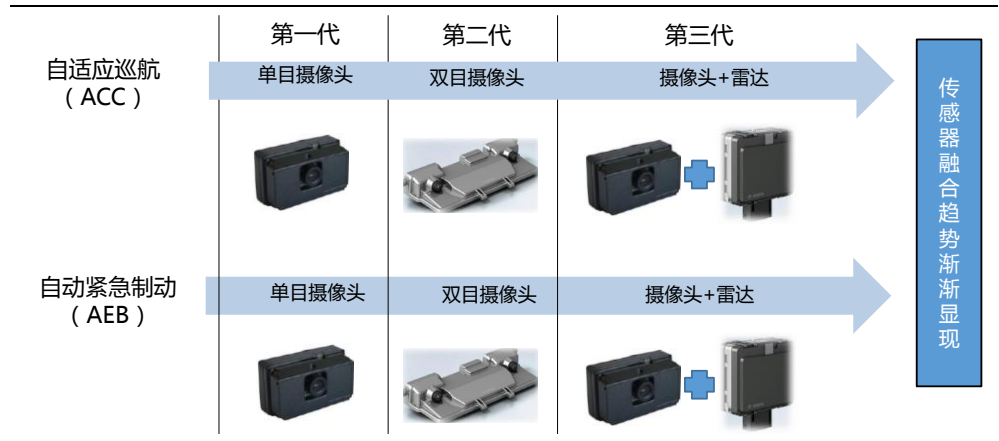
视觉系摄像头传感器应用范围广, 可识别图像信息, 但算法复杂, 在外部环境恶劣或光照不足条件下容易失效; 毫米波雷达性能稳定, 探测距离远, 而且受天气条件影响不大, 但无法读取和识别图像信息; 激光雷达能够实现3D建模, 既可测距又可识别速度信息, 但成本目前还比较高, 同时也无法识别图像, 在恶劣天气条件下的表现也不尽如人意; 夜视仪对夜间的行车安全作用显著, 但成本过高、渗透率较低, 应用的场景也较为有限 (仅限夜间以及其他低光照条件下)。各传感器之间各有所长又各有不足, 通过相互配合、取长补短, 则可发挥出综合效应。我们认为, 仅依靠单一的传感器设备实现完全的无人驾驶较为困难, 未来需要依靠各种传感器的互相补充、融合甚至冗余配备才能实现真正安全的无人驾驶。

图27: 主要类型传感器功能与优劣势对比

传感器	功能	优势	劣势
摄像头	可实现多种ADAS功能	成本较低, 可实现多种功能, 能够识别障碍物种类	算法复杂; 光线条件恶劣下容易失效
毫米波雷达	计算障碍物的距离、方向和大小	性能稳定, 方向型号, 探测距离远	无法实现视觉信号如交通指示牌
激光雷达	对行车周边环境实现精确刻画	对行车周边环境实现精确扫描形成3D建模	成本高, 图像信息无法识别
夜视系统	夜视	夜视效果非常理想	成本过高

数据来源: 盖世汽车社区, 广发证券发展研究中心

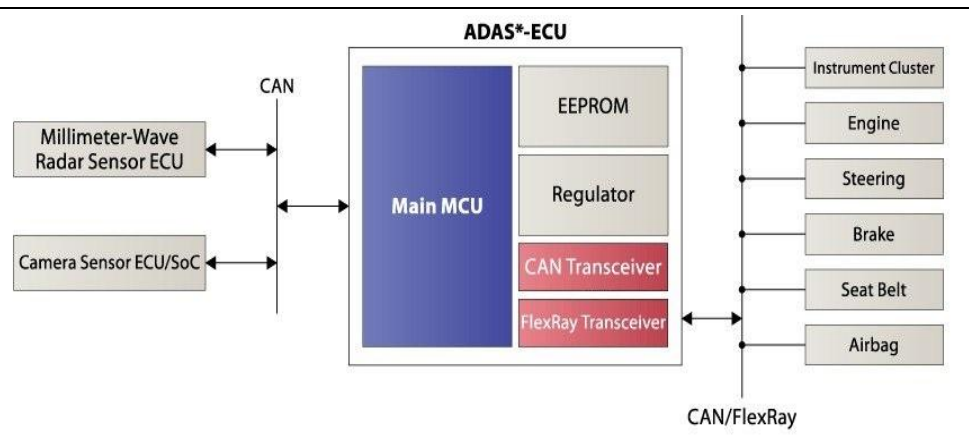
图28: ADAS功能需要多重传感器配合完成



数据来源: 盖世汽车社区, 广发证券发展研究中心

目前雷达系传感器仍然是ADAS主流解决方案, 例如自动泊车等ADAS功能均以雷达系ADAS为主, 这主要来自于雷达在硬件性能以及成本上相对的优势, 但雷达系产品一个很难解决的缺陷就是无法实现对图像信息的识别。Mobileye依靠算法让视觉系ADAS解决方案获得市场青睐, 测距和识别图像依靠软件实现, 同时成本的下降促进了视觉系ADAS解决方案的渗透。但视觉系ADAS方案受外部光学环境和天气条件影响较大。伴随着激光雷达以及毫米波雷达成本的快速下降, 综合性的传感器方案在成本上具备了更大的可行性。

图29: 传感器融合实现ADAS功能



数据来源: Elecfans, 广发证券发展研究中心

算法层: 核心价值凸显, 低成本方案加速

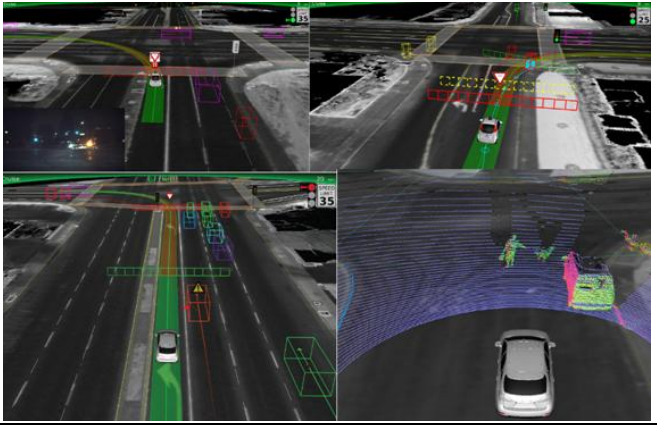
新的硬件计算平台终端出现后, 硬件设备的售价通常会随着生产工艺的成熟和产量的上升而不断下降。未来ADAS要逐步普及并走向完全的无人驾驶, 一个重要的突破点将在于算法层。

ADAS不同于传统的硬件设备, 智能化、自动化的特点决定了它不是执行驾驶员决策的硬件, 而是具备自主判断能力的功能模块和系统, 自主判断能力的实现依赖的正是算法层的高效、稳定的表现。

目前, 在无人驾驶系统和算法方面处于领先地位的主要是互联网企业。例如,

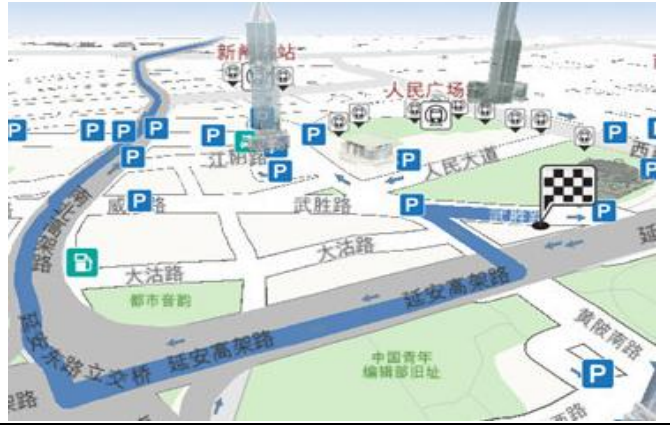
谷歌在其无人驾驶模型车搭载多种传感器组合，但核心则在于利用人工智能的深度学习能力通过大量道路测试不断优化决策算法，以实现成熟算法在芯片和控制系统层面的固化。

图30: 谷歌无人驾驶汽车视觉捕捉算法的实现效果



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

图31: 依托感知信息通过算法获得路径规划方案



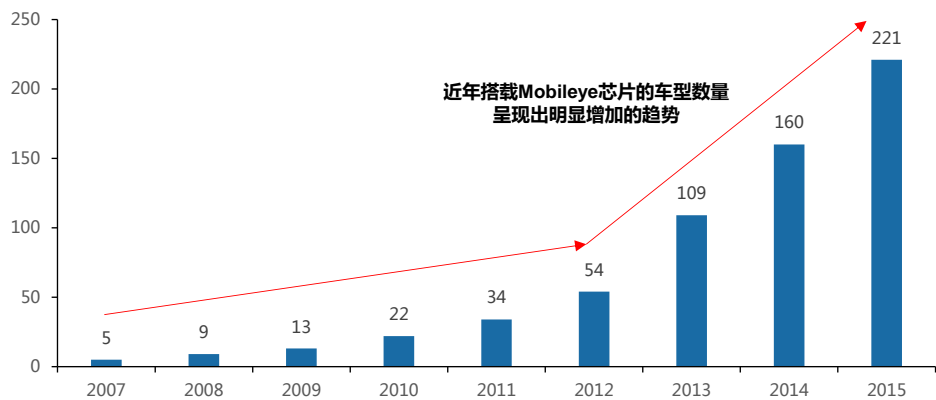
数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

算法的进步有望带来更低成本的ADAS和无人驾驶解决方案

我们认为，尽管硬件层面的研发和成本下降是十分重要的，但是未来依靠算法的进步能实现的成本下降的幅度可能完全不输于硬件所带来的成本下降。目前的ADAS龙头Mobileye并非起家于硬件，而是以算法为核心、立足于多年的道路测试和数据积累，完成了高性能的汽车视觉软件算法和ADAS芯片。目前，搭载Mobileye的ADAS系统的车型数量不断增加。

Mobileye采用的传感器设备并不是昂贵的雷达系传感器，而是具备成本优势的单一摄像头。基于成熟的算法，Mobileye同样实现了高效的FCW、LKA、PCW等ADAS功能。Mobileye的做法对后续进入ADAS和无人驾驶领域的企业具有启发作用。

图32: 搭载Mobileye芯片的车型数量不断增加



数据来源: Mobileye, 广发证券发展研究中心

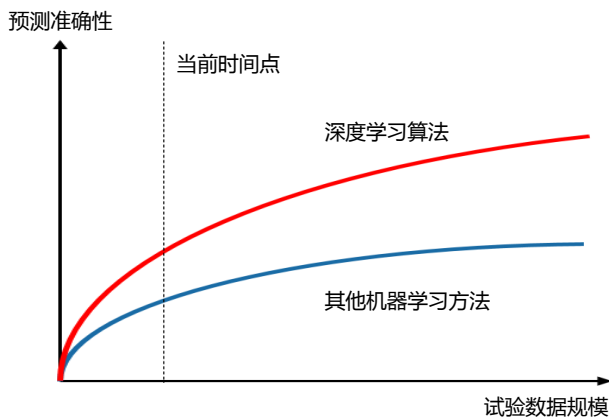
深度学习加速无人驾驶商业化进程

最新数据显示，谷歌无人驾驶汽车累计行驶里程已经达到150万英里。通过深度学习算法和大量路测，谷歌无人驾驶汽车“学会”了更多的交通状况应对情形。伴

随路测里程的上升和计算能力的提高，无人驾驶汽车应对更复杂路况的能力也在不断提升。

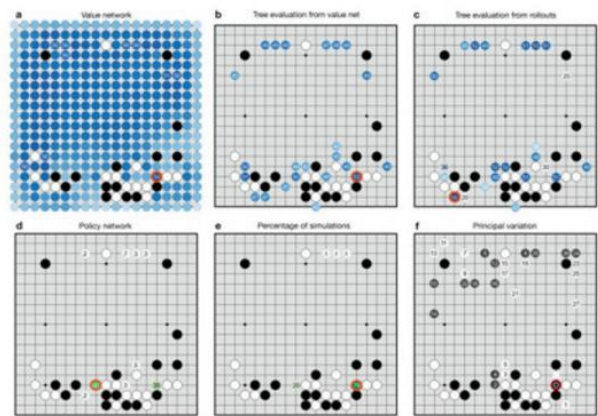
谷歌等互联网企业的无人驾驶系统主要是依靠“深度学习”的方式不断“驯化”的。深度学习算法与传统的预设算法有很大差异。预设算法需要预先考虑多种情形，把每种情形的解决方案进行预设，然后碰到各种情形时，由预设的算法给出解决方案；而深度学习算法如同案例教学，系统在不断的实际运行的过程中，不断地积累各种情形下的应对方案，更符合智能化特点，能够形成对各种路况乃至突发情形的自动反应机制。此前受到很高关注度的AlphaGo战胜排名世界第一的李世石，正是深度学习算法的有效实践。

图33: 深度学习算法学习能力远超其他方法



数据来源: 广发证券发展研究中心

图34: AlphaGo依靠深度神经网络击败李世石



数据来源: 互联网, 广发证券发展研究中心

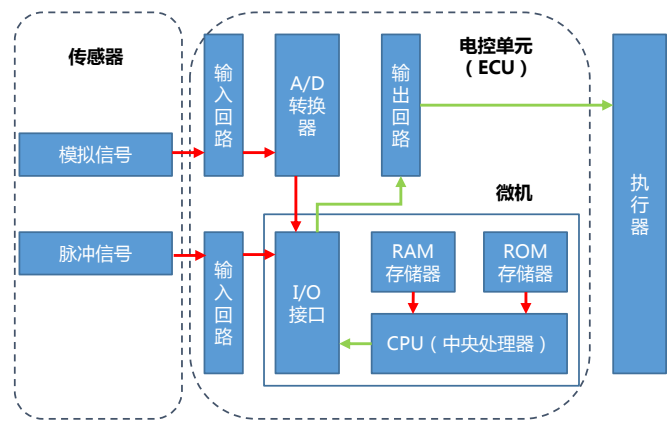
无人驾驶与深度学习有很好的结合点。实现无人驾驶，从感知到高精度地图的每个环节中，都可以通过深度学习提升效果。随着计算资源变得越来越廉价，计算能力从1到1000的进步，以低功耗的硬件实现深度神经网络结构将大大加快无人驾驶的普及。

执行层: 零部件厂商具有先发优势

执行器是ADAS和无人驾驶真正实现“驾驶行为”的最后控制环节。感知层中的传感器实现对行车周边环境和行车信息的采集，然后无人驾驶的系统通过深度学习的积累和人工智能算法，作出相应的反应决策和应对方案，最终依托于汽车的电子电气控制系统发出信号，完成对车辆的操控。

执行层环节的实现对硬件技术要求很高，主要集中于整车厂本身以及博世、大陆等Tier 1供应商。由于执行层功能的实现需要精密的电控技术作为依托，同时需要对整车车身、底盘等系统有充分深入的了解，而且通常是一整套配套的解决方案。因此，目前ADAS集成电控领域得企业仍然主要以国际汽车零部件巨头为主。在车身控制、底盘系统等执行环节上，威伯科、大陆、博世占据了商用车约60%的市场份额，大陆、电装、德尔福等5家企业则占据了乘用车65%以上的市场份额。

图35: 执行器是精密汽车电控的最后实现环节



数据来源: 《汽车电子控制系统》, 广发证券发展研究中心

图36: 主流汽车电控执行器



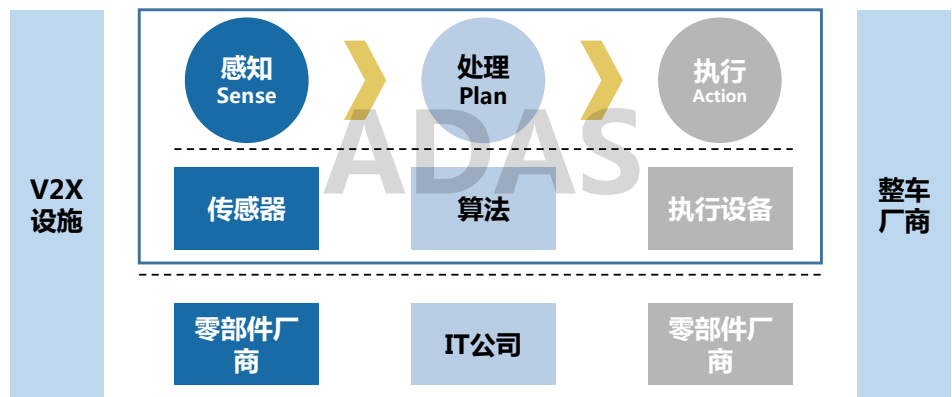
数据来源: 《汽车电子控制系统》, 广发证券发展研究中心

无人驾驶: 各方发力软硬融合, 两种路线或将共存发展

产业链各方优势各异, 沿不同路径布局无人驾驶

ADAS产业链依据功能结构分别是感知层(传感器)、算法层和执行层(执行器)。其中, 以谷歌为代表的互联网企业的核心竞争力在于对算法的理解, 而传感器和执行器的硬件设备则主要是由汽车零部件供应商来实现。从ADAS逐步发展到无人驾驶, 还要考虑参与进来的整车制造商和V2X (Vehicle to X) 基础设施。整车制造商通过执行器环节与零部件供应商关系紧密, 而V2X的基础设施则与传感器形成互联互通。目前, 无人驾驶系统的主要竞争方是以谷歌为代表的互联网企业和以福特、奥迪、沃尔沃等为代表的各大整车厂。各方在ADAS产业链上所处的位置各异, 其布局无人驾驶的方式也存在不同。

图37: ADAS产业链位置与参与方对应关系



数据来源: 广发证券发展研究中心

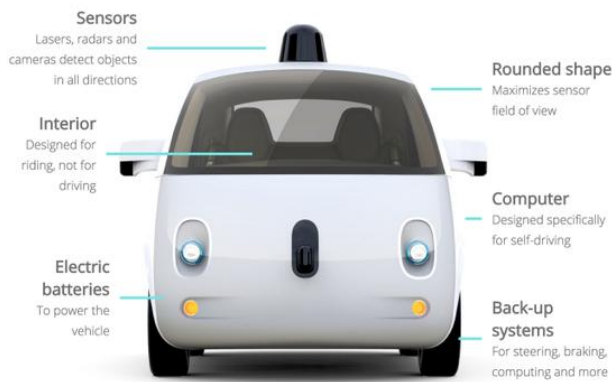
互联网企业：“从软到硬”，一步到位实现无人驾驶

互联网企业希望从真正意义上重新定义汽车，将汽车作为移动互联网的终端，实现真正的智能化和共享化。

以谷歌为代表的互联网企业在ADAS和无人驾驶的核心竞争力位于产业链的算法层。谷歌自身并不生产汽车，其无人驾驶的实现依托于其自身的整合能力。以算法为核心完成对硬件设备制造商的供应链整合，是互联网企业实现无人驾驶的方式。

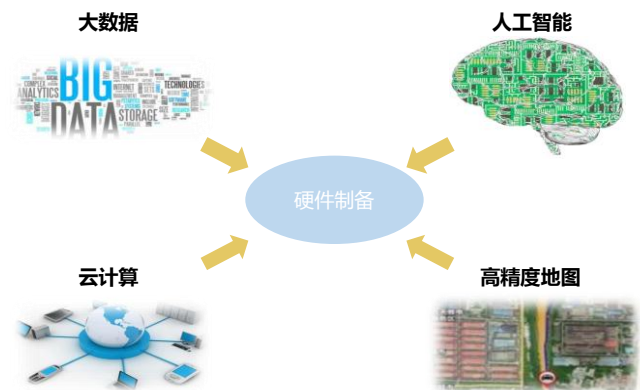
我们认为，谷歌等互联网企业有两条可能实现无人驾驶的路径：一条潜在的路径是谷歌把无人驾驶的核心技术和操作系统以软件服务的方式，授权给各大整车厂使用；另一种方式是谷歌目前的方式，即谷歌提供无人驾驶系统的设计和方案，再通过代工厂合作制造无人驾驶汽车。

图38：谷歌无人驾驶逐渐接近现实



数据来源：汽车科技，广发证券发展研究中心

图39：互联网企业切入无人驾驶汽车



数据来源：广发证券发展研究中心

整车企业：“从硬到软”，逐步从ADAS发展到完全无人驾驶

在ADAS或无人驾驶产业链上，整车企业也处于核心位置，是无人驾驶最终产品的制造商。从整车厂的角度，一方面他们对车辆安全的关注度更高，另一方面，他们自身具备车辆的设计和制造能力，以及关键零部件和系统的制造能力，与众多Tier 1供应商也有紧密的合作关系。因此，整车厂更愿意凭借现有的制造能力和对汽车供应链的控制力，一步一步地从简单的ADAS功能逐步过渡到完全的无人驾驶。以奥迪、沃尔沃、宝马等为代表的老牌整车厂商，先后推出了方向盘辅助、自适应巡航控制系统、行人探测系统、自动泊车系统、自动切换车道系统等ADAS功能。

图40: 各大整车企业在ADAS和无人驾驶领域的进展

车企	研发进展
本田	推出Honda Sensing+Honda Connect驾驶辅助系统
丰田	发布自动地图绘制系统, 车辆完成测试
雷诺-日产	发布单车道控制技术, 年内推出应用车型
现代起亚	斥资2万亿韩元研发智能驾驶
三菱	将用于军事用途的技术运用于无人驾驶汽车的研发
通用	收购无人驾驶技术汽车, 年内推出凯迪拉克无人驾驶模型车
福特	完成雪中测试无人驾驶汽车
特斯拉	特斯拉7.0系统完成测试
奥迪	奥迪A7完成驾驶测试
奔驰	奔驰F015实现路试
宝马	启动Project i 2.0计划, 打造无人驾驶汽车
沃尔沃	完成测试, 2017年XC90驾驶辅助实现标配

数据来源: 网易汽车, 广发证券发展研究中心

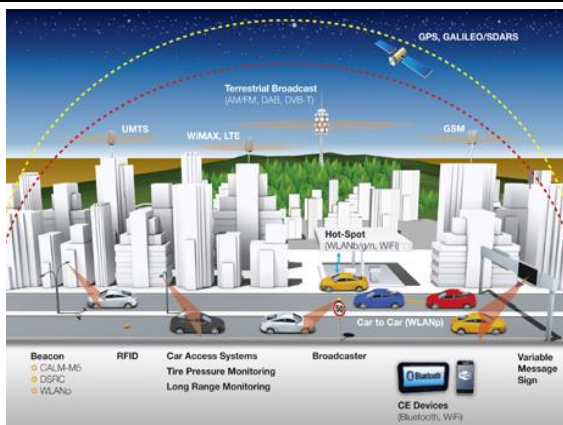
零部件厂商: 配套厂商具备客户优势, 未来有望保持行业地位

以博世、大陆等Tier 1厂商为代表的汽车零部件供应商, 在传感器和执行器两端都有着较好的竞争地位, 包括谷歌、宝马、大众在内的无人驾驶试验车上都安装了大陆集团提供的各种雷达传感器和控制设备。

在感知层面, 大陆、博世等企业凭借长期的技术积累, 仍然在激光雷达、毫米波雷达等硬件上具备产品的质量 and 稳定性优势; 在执行层面, 也有众多车型采用了博世和大陆等厂商的底盘系统。因此, 这些厂商未来在无人驾驶时代然有望保持原来的产业链地位和优势。

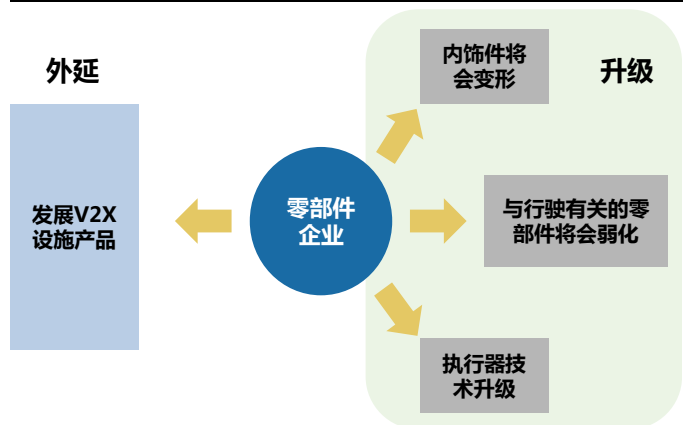
除了传感器硬件以外, 博世、大陆等企业也在积极开发整体的ADAS和无人驾驶解决方案, 并与产业链各方开展合作。以大陆为例: 2013年8月, 大陆采用思科的无线网络交换技术开发了联网概念验证车。2013年9月大陆又与IBM联合开发“电子地平线”平台, IBM利用云计算技术开发了汽车平台嵌入式系统。而电子地平线技术需要精确的地图导航定位, 因此2014年2月大陆集团又与诺基亚旗下的HERE地图公司合作, 开发高精度地图。大陆的目标是在整合思科无线网络交换技术、IBM云计算嵌入式系统、HERE地图数据的技术基础上, 争取在2020年前实现向全球整车制造商提供完整的、端到端的“电子地平线”解决方案。

图41: 大陆汽车无人驾驶“电子地平线”解决方案



数据来源: 车云网, 广发证券发展研究中心

图42: 无人驾驶风口下零部件厂商拥抱变化



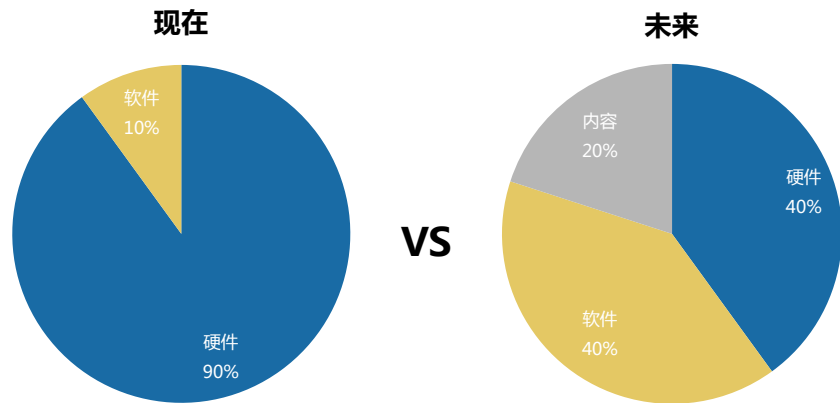
数据来源: 广发证券发展研究中心

重新审视无人驾驶：不仅仅是汽车，更是下一个新兴计算平台

如果说第二次工业革命时期汽车的发明使人类增添了一种有力的代步工具，是对人类躯干行动能力的解放，那么无人驾驶将是是更具有颠覆性的。无人驾驶将进一步将人类从消耗注意力和脑力、花费时间的驾驶行为中解放出来，是对人类感知器官和大脑的进一步解放。

从这个角度上讲，目前所面对的ADAS和无人驾驶浪潮，是汽车领域继汽车被发明出来之后的另一次重大革命。我们认为智能汽车和无人驾驶不仅仅是汽车，更是移动的智能设备，有望接力智能手机成为下一代的新兴计算平台。

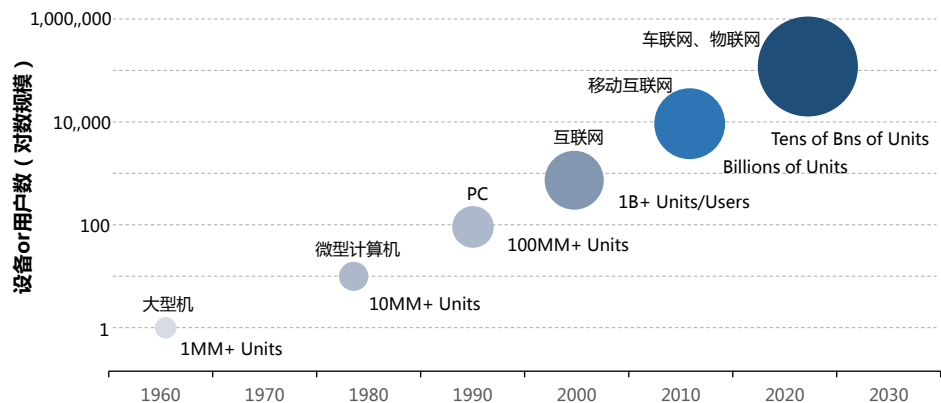
图43：今天与未来汽车价值的对比



数据来源：广发证券发展研究中心

无人驾驶未来将颠覆现有的汽车产业，这一点基本上已经成为整车厂、Tier 1 供应商、互联网企业的共识。如同以苹果为代表的智能手机对传统手机的颠覆一样，我们认为未来汽车的价值将发生根本性变化，软件、硬件以及内容的价值都将得到充分显现。未来汽车的智能化，包括车内各种生活、工作、娱乐甚至虚拟场景的实现，有望衍生出众多新的商业模式。

图44：智能汽车有望成为下一代的计算平台



数据来源：国际电信同盟，广发证券发展研究中心

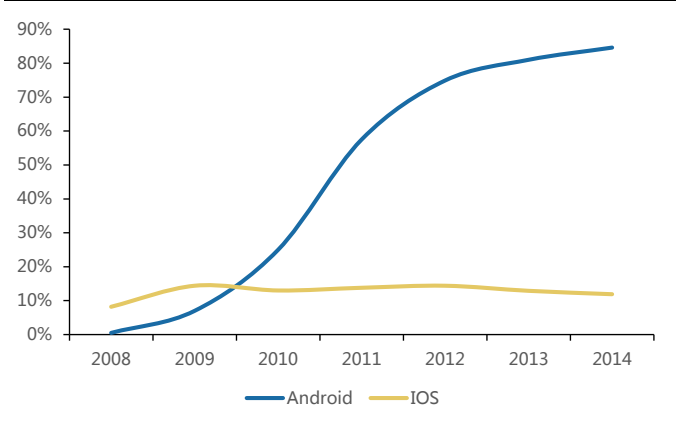
对比智能手机时代，两条路线或可共存发展

对于实现无人驾驶的两种路径，即以谷歌为代表的“一步到位”路线与以整车厂为代表的“循序渐进”路线，我们可以从智能手机时代的Android和iOS系统得到一些启示。

传统整车企业对自身技术、专利以及供应链都有着较为严格的认证和控制。“从硬到软”、“从最外围开始，一点一点地推出自动驾驶功能”是有实力的整车厂所愿意看到的无人驾驶实现路径。这一种路径的典型特点就是自成一体、形成自身的生态圈和供应链，相对封闭。我们对比智能手机，这一方式类似于苹果的iOS操作系统的策略。

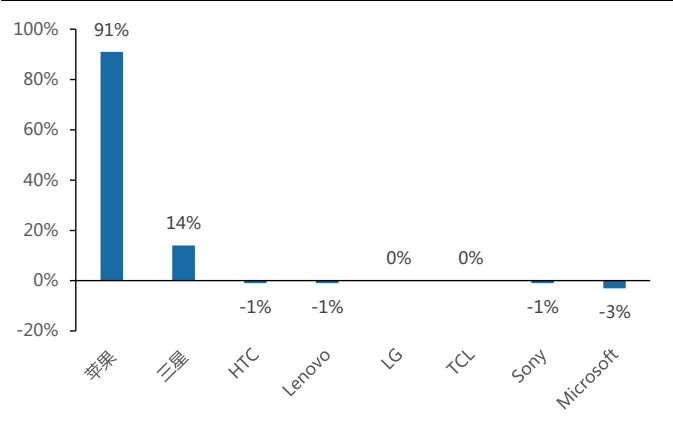
而以谷歌为代表的互联网企业，自身并不生产汽车，其无人驾驶实现方式是以算法和系统为核心对硬件制造企业进行整合，未来商业模式主要是向整车厂提供无人驾驶系统以及软件服务，相对较为开放。对比智能手机，互联网企业在无人驾驶领域的布局方式类似于谷歌开发Android操作系统，并将操作系统免费授权给手机厂商使用，通过增值服务来赚钱。

图45: 主要手机操作系统份额变化



数据来源: IDC, 广发证券发展研究中心

图46: 智能手机行业的利润分布情况



数据来源: Canaccord Genuity, 广发证券发展研究中心

重点推荐及关注标的

我们看好智能汽车成为智能手机之后的下一个智能终端和计算平台，从新能源汽车到无人驾驶，将有望形成2016年贯穿全年的投资机会。我们重点推荐得润电子、双林股份和欣旺达，建议关注均胜电子、金固股份、索菱股份、亚太股份和星宇股份。

风险提示

技术发展不及预期的风险；政策法规的风险；重大突发事件的风险。