



优品金融研究所

UP Financial Research Institute

无人驾驶技术研究报告

2016年4月19日

分析师：罗创



目 录

| | |
|--------------------------|---------------|
| 1、无人驾驶汽车简介..... | - 1 - |
| 1.1、什么是无人驾驶汽车..... | - 1 - |
| 1.2、无人驾驶技术发展历史 | - 1 - |
| 1.3、无人驾驶的技术原理..... | - 3 - |
| 2、无人驾驶行业现状..... | - 4 - |
| 2.1、国际行业发展现状..... | - 4 - |
| 2.2、国内行业发展现状..... | - 8 - |
| 3、无人驾驶技术发展路径..... | - 10 - |
| 3.1、单车智能是基础..... | - 10 - |
| 3.2、车联网与智能交通完善无人驾驶..... | - 11 - |
| 4、无人驾驶产业链分析 | - 12 - |
| 4.1、无人驾驶产业链构架..... | - 12 - |
| 4.2、ADAS 是无人驾驶产业的基础..... | - 13 - |
| 4.3、高精度地图是无人驾驶必要组件..... | - 16 - |
| 4.4、深度学习与互联..... | - 18 - |
| 公司声明及风险提示： | - 19 - |
| 免责条款： | - 19 - |

图表目录

| | |
|-------------------------------|--------|
| 图表 1 无人驾驶 5 个级别..... | - 1 - |
| 图表 2 海外无人驾驶发展历史事件..... | - 1 - |
| 图表 3 我国无人驾驶发展历史事件..... | - 2 - |
| 图表 4 无人驾驶系统构架 | - 4 - |
| 图表 5 国际相关企业发展现状..... | - 5 - |
| 图表 6 google 无人驾驶车 | - 6 - |
| 图表 7 谷歌无人车传感器设备 | - 7 - |
| 图表 8 Mobileye 560 产品..... | - 7 - |
| 图表 9 国内相关企业发展现状..... | - 8 - |
| 图表 10 国内主要整车企业合作及研发情况..... | - 9 - |
| 图表 11 百度无人驾驶车..... | - 10 - |
| 图表 12 车联网示意图 | - 12 - |
| 图表 13 无人驾驶系统产业链及上市公司..... | - 13 - |
| 图表 14 ADAS 应用 | - 14 - |
| 图表 15 无人驾驶系统模块框架 | - 14 - |
| 图表 16 各类传感器对比..... | - 15 - |
| 图表 17 Velodyne 公司激光雷达产品 | - 15 - |
| 图表 18 ADAS 算法相关公司..... | - 16 - |
| 图表 19 ADAS 系统相关国内企业 | - 16 - |
| 图表 20 HERE 公司在线高精度地图示例..... | - 17 - |
| 图表 21 地图服务应用 | - 17 - |
| 图表 22 国内拥有导航电子地图测绘资质企业 | - 17 - |
| 图表 23 互联网公司切入情况..... | - 18 - |
| 图表 24 互联网公司人工智能布局 | - 18 - |
| 图表 25 满足深度学习高性能芯片厂商..... | - 18 - |



1、无人驾驶汽车简介

1.1、什么是无人驾驶汽车

无人驾驶是智能汽车发展的终极阶段，是一个集环境感知、规划决策、多等级辅助驾驶等功能于一体的综合系统，它集中运用了计算机、现代传感、信息融合、通讯、人工智能及自动控制等技术，是典型的高新技术综合体。

智能汽车是在普通车辆的基础上增加了先进的传感器（雷达、摄像）、控制器、执行器等装置，通过车载传感系统和信息终端实现与人、车、路等的智能信息交换，使车辆具备智能的环境感知能力，能够自动分析车辆行驶的安全及危险状态，并使车辆按照人的意愿到达目的地，最终实现替代人来操作的目的。

1.2、无人驾驶技术发展历史

一般来看，无人驾驶技术将经过三个过程：辅助安全驾驶系统（正在量产）、自动驾驶、无人驾驶。美国高速公路安全管理局（NHTSA）将无人驾驶技术的发展分为五个阶段，如下表：

图表 1 无人驾驶 5 个级别

| 表 5: NHTSA 将无人驾驶分为 5 个级别 | |
|--------------------------|--|
| 级别 | 说明 |
| Level0 | 无辅助功能，驾驶者拥有完全操控权。 |
| Level1 | 特定功能辅助，车辆自动接管一个或以上特定控制。如 ESC 功能中的辅助刹车。 |
| Level2 | 组合功能辅助，两个以上主要控制功能同时工作以“解放”驾驶者。如自适应巡航与车道保持的组合，前者控制油门与刹车，后装控制转向。 |
| Level3 | 有限条件自动驾驶，特定交通环境下的自动驾驶，驾驶者能较长时间不参与控制。如现阶段（2013 年）谷歌的无人驾驶汽车。 |
| Level4 | 完全无人驾驶，驾驶者仅提供目的地，全程不参与控制。 |

数据来源：NHTSA，国泰君安证券研究

数据来源：NHTSA

从国外来看，从上世纪 70 年代开始，美国、英国、德国等发达国家就已经开始进行无人驾驶汽车的研究，在可行性和实用化方面都取得了突破性的进展。

主要标志性事件为：

图表 2 海外无人驾驶发展历史事件

| 时间 | 事件 |
|---------------|--|
| 1970 年前 | 一些车企使用射频和磁钉的方式来引导车辆实现自动驾驶。 |
| 1977 ~ 2000 年 | 日本、欧洲和美国的一些高校进行了一些实验和开放项目，主要提供给高校和研究院所进行的开放项目，如 EUREKA Prometheus、CMU NAVLAB、AHS |



| | Demo。 |
|------------------------|---|
| 2004 和 2006 年 | 分别进行 DARPA 的一些比赛 鼓励各个高校组织实际的车辆相互竞争参与比赛。 |
| 2007 年 | DARPA 城市挑战赛，选择了城市道路这项有很高难度的项目，其中 Carnegie Mellon 和 Stanford 这两个车队比赛成绩很接近。 |
| 2015 年 6 月 26 日 | Google 无人驾驶车正式开上美国加州的公路进行测试。 |
| 2016 年 1 月 15 日 | 美国联邦政府宣布，计划在未来 10 年拨款 40 亿美元，加速无人驾驶汽车的发展，希望减少交通事故死亡率和交通拥堵状况。 |
| 2016 年 1 月 19 日 | 据日本共同社报道，联合国谈判相关人士表示，关于全球汽车厂商推进研发的自动驾驶系统，制定汽车国际规则的联合国机构已开始制定安全法规。预计日本和德国将提出方案，关于高速公路的行驶法规最早将在 2017 年 3 月获得通过。成员国将遵照国际法规完善国内法。 |
| 2016 年 1 月 29 日 | 英国交通部宣布，准许自动驾驶汽车在伦敦街头上路测试。从 2016 年 7 月起，“格林威治自动化交通环境项目”的第一辆自动驾驶车将在伦敦东南部的泰晤士河格林威治半岛的道路上试车。 |
| 2016 年 2 月 | 美国监管部门告知谷歌，根据美国联邦法律，谷歌无人驾驶汽车可以被视为“司机”，这是无人驾驶技术在世界范围内迈出的重要一步。 |

数据来源：优品金融研究所

在国外，目前谷歌等互联网公司正在引领无人驾驶发展的潮流，给传统汽车发展相关技术带来了较大压力，特斯拉、奥迪、日产、沃尔沃、奔驰、丰田等厂商相继加快了研发步伐，从发展情况看，汽车厂商基本处于自动驾驶 2 级（多种功能自动）到自动驾驶 3 级（受限自动驾驶）的过渡阶段。根据各自目标规划，预计 2020 年前后有望推出第一批真正意义上的量产自动驾驶汽车产品。

我国无人驾驶发展大体可分为三个阶段，目前已经经历军工高校独立研发、校企合作两阶段，正式迈入商业化布局阶段。早期，我国无人驾驶的研发由于技术价值的不确定性而稍落后于国外。政府部门与高校科研单位是这一阶段技术研发的主体，于前些年便开始通过制定相关规划、颁布相关标准，以促进无人驾驶技术的校企研发交流与产业化应用，有效推动了无人驾驶的技术积累。伴随着国内技术的逐步成熟与海外技术的联动推进，近年来我国无人驾驶已由高校独立研发的阶段进入了校企合作的第二阶段，国内传统车企通过与高校进行技术合作，逐步涉足研发领域，为行业商业化奠定了基础。

我国从上世纪 80 年代就开始进行无人驾驶汽车的相关研究，进展如下：

图表 3 我国无人驾驶发展历史事件

| 时间 | 事件 |
|-------------------|--|
| 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 | 首辆城市无人驾驶汽车在上海交通大学研制成功。 |
| 2011 年 7 月 | 由一汽集团与国防科技大学共同研制的红旗 HQ3 无人驾驶汽车完成了 286 公里的高速全程无人驾驶试验，人工干预的距离仅占总里程的 0.78%。 |
| 2012 年 | 军事交通学院的“军交猛狮Ⅲ号”以无人驾驶状态行驶 114 公里，最高时速 105 公 |



| | |
|-------------------------|---|
| | 里 / 小时。 |
| 2015 年 12 月初 | 百度无人驾驶汽车在北京进行全程自动驾驶测跑，实现多次跟车减速、变道、超车、上下匝道、调头等复杂驾驶动作，完成了进入高速到驶出高速不同道路场景的切换，最高时速达 100 公里 / 小时，是国内无人车领域迄今为止进行的难度最大，最接近真实路况的开放道路测试。 |
| 2015 年 12 月 14 日 | 百度宣布正式成立自动驾驶事业部，计划三年实现自动驾驶汽车的商用化，五年实现量产。 |

数据来源：优品金融研究所

不同于国外车企以自主研发为主，我国汽车厂商多采取与国内科研院所、高校合作研发无人驾驶技术，其中已经开始相关研究工作的企业有一汽、上汽、北汽、奇瑞、长安等。

1.3、无人驾驶的技术原理

无人驾驶主要原理在于通过车载传感系统感知道路环境，自动规划行车路线并控制车辆到达预定目标；同时通过车载传感器感知周围环境，并根据感知所获得的道路、车辆位置和障碍物信息，控制车辆的转向和速度，从而使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。

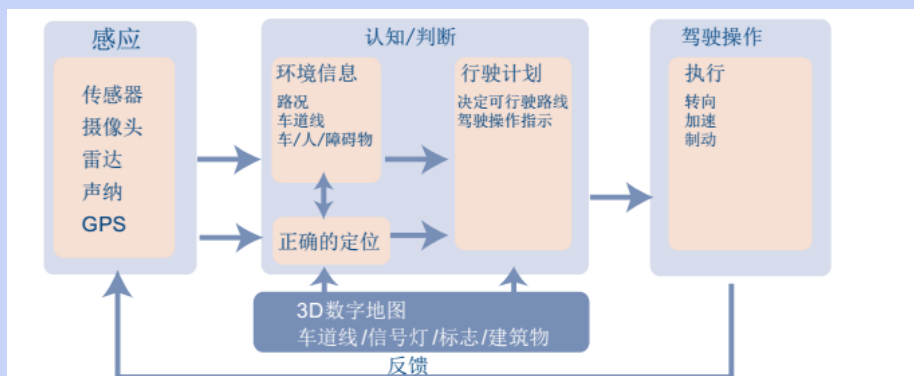
(1) 感知——汽车的眼睛（视觉），耳朵（听觉），身体（触觉）：依靠包括雷达传感器、激光测距仪、图像摄像头、红外夜视仪等环境传感设备以及胎压传感器等车身状态传感设备在内的各类传感器获得环境数据，分辨并采集车身和环境的大量数据，形成行车决策的信息池；

(2) 决策——汽车的大脑（机器智能）：根据传感器等输入数据，行车电脑取代司机主动发出控制指令；主要通过将决策算法灌注入集成芯片来实现；

(3) 执行——汽车的手与脚：主要通过汽车电控组件实现，包括电子稳定控制系统 ESP、辅助驾驶系统 ADAS 等，其基础技术本身已发展较为成熟，待与决策系统向连接、从而实现更精确的控制；

(4) 互联——汽车的远程智囊：自动驾驶功能的实现，不仅依赖于汽车自身识别和采集到的信息，也能通过与智能路网在云端相连接、从而实现交通信息、环境信息的共享，减少不必要的重复采集，使得行车决策的生成更加准确快捷。车内网，车际网，三网融合进一步提升整个交通系统的运行效率。

图表 4 无人驾驶系统构架



数据来源：Marklines

2、无人驾驶行业现状

2.1、国际行业发展现状

汽车厂商和 IT 企业们是智能汽车市场上主要的参与者。但它们思路迥异，决定了它们将采取不同的发展路径。

2.1.1、汽车厂商发展路径

汽车厂商关注的是车辆自身的安全性适用性，图谋智能汽车技术能最大程度为汽车上添花。很多汽车厂商早就涉足并研发了针对智能汽车的产品，主要以智能系统为主，目的在于确立产业标准特别是技术标准，从而占据产业链主导权。智能汽车“辅助驾驶技术”和“半自动驾驶技术”已经得到广泛应用，并成为提升产品档次和市场竞争力的重要手段。

智能汽车辅助驾驶技术包括自主式辅助驾驶技术和协同式辅助驾驶技术两种，通过警告让司机防患车祸于未然。其中，包括前碰撞预警(FCW)、车道偏离预警(LDW)、车道保持系统(LKS)、自动泊车辅助(APA)等在内的自主式辅助驾驶技术已经得到广泛应用，处于普及推广阶段，并由豪华车下沉至 B 级车。

2.1.2、IT 互联网企业发展路径

IT 巨头与汽车企业采用完全不同的技术路线，凭借其强大的后台数据、网络技术、智能软件的支持，能够很好地实现汽车与云端的互联。它们将目光聚焦在智能车载系统的关键和核心技术的研发以及整体解决方案上，电动化和无人驾驶才是他们追求的目标。

像苹果、谷歌、微软、思科和 IBM 等大型科技企业凭借各自优势，早已踏入智能汽车核心领域。由于所有的技术都必须在汽车上体现，所以 IT 企业与车企通力合作、相互融合的局面也十分普遍。谷歌在今年国际消费电子展上发起成立开放汽车联盟 OAA，成员包括通用、福特、奥迪、现代等汽车公司和芯片制造商英伟达；英特尔和福特合作计划推出一款名为 Mobii 的汽车操作系统；英特尔还要在德国建设它首个汽车产品研发中心，并与捷豹路虎、丰田等合作，共同研发包括车载信息娱乐系统、辅助驾驶和自行泊车等自动驾驶在内的多项新技术；大陆集团在自动驾驶等技术方面与 IBM、思科等企业展开合作。

图表 5 国际相关企业发展现状

| 公司名称 | 智能汽车进展 |
|--------|---|
| 奥迪 | 2015 年 1 月 5 日，智能化的奥迪 A7 轿车历时两天以自动驾驶的方式从硅谷斯坦福大学到拉斯维加斯行驶了 900 多公里 |
| 奔驰 | 2015 年 3 月 22 日，在硅谷，奔驰邀请业界人士体验了两个月前在 CES 上首发的 F015 智能驾驶概念车 |
| 宝马 | BMW 的 iDrive 系统可通过内置数据和 app 来提供目的地搜索功能，驾驶者还可以通过手机上的 ConnectedDrive app 来扩展 iDrive 的功能，将几乎所有的社交媒体搬到车载中控上去。 |
| 沃尔沃 | 2015 年 3 月 25 日，公司在北京实际公共道路上开展了为期四天的高度自动驾驶测试 |
| 福特 | 公司已获得加州的“自动驾驶许可”，2016 将在加州的公共道路上进行无人驾驶汽车的测试，公司已经与谷歌结盟，会在 1 月大会上宣布，两方共同建立合资公司开发无人驾驶汽车 |
| 通用 | 计划利用在无人驾驶汽车技术方面的积累，推出名为“Super Cruise”的半自动驾驶技术 |
| 特斯拉 | 特斯拉计划两年时间内推出完全的无人驾驶汽车 |
| Delphi | 2015 年 4 月 3 日，Delphi 的无人驾驶汽车完成了从旧金山到纽约 3400 英里的测试。 |
| 日产 | 在 2013 年首次宣布自己的无人驾驶汽车计划，同时表示到 2020 年将会为普通大众带来第一款无人驾驶汽车 |
| 本田 | 2015 年 10 月，本田表示要在 2020 年之前在高速公路上实现自动驾驶功能 |
| 起亚 | 起亚已经获得了美国内华达州授予的道路测试许可证，公司计划在 2020 年为旗下的车型搭载半自动驾驶系统，到 2030 年，它的首款全自动驾驶汽车将会推出。为此，起亚和现代总共投资 20 亿美元用来开发新的技术。 |
| 谷歌 | 谷歌无人驾驶汽车已经零事故行驶超过 160 万公里，并计划在 2020 年实现无人驾驶汽车的全面商用。 |
| 微软 | 微软 2013 年推出智能汽车概念，公司在智能汽车领域已经拥有 15 年的研究历史，并曾与福特合作过 Sync infotainment 系统，Delphi 连接模块实现智能汽车永远在线 |
| 思科 | 2012 年 2 月份思科投资成立了一个新的“智能联网汽车部门”，2013 年 8 月，与德国大陆集团联合展出了一款联网汽车的概念验证车 |
| IBM | 2013 年，IBM 联合 Sprint 打造新型智能汽车联网系统 |
| 英特尔 | 2012 年，公司成立了规模高达 1 亿美元的“英特尔投资联网汽车基金”，以促进实现汽车与消费电子产品的无缝对接，并最终在未来实现真正的无人驾驶功能 |
| 三星 | 2015 年 12 月，三星进行内部机构整合，并宣布将自动无人驾驶智能汽车组件作为公司的下一个增长点。 |
| LG | 2013 年 7 月，公司就启动了 VC（汽车配件）事业本部。 |
| 苹果 | 根据《卫报》近期的消息称苹果还在 Bay Area 地区低调租用了占地 2100 英亩的场地进行无人驾驶汽车的研究。 |

数据来源：优品金融研究所

2.1.3、海外公司案例

谷歌

谷歌是互联网企业开发无人驾驶技术的先驱，谷歌目前的无人驾驶技术为 level 4 级别，为全球最高水准。Google Driverless Car 是谷歌公司的 Google X 实验室研发中的全自动驾驶汽车，不需要驾驶者就能启动、行驶以及停止。从 2009 年第一次推出无人驾驶汽车计划以来，谷歌的无人驾驶汽车已经发展到了第三代。前两代均是在现有车型上进行改造实现的，第一代是在丰田普锐斯的基础上进行改装的；第二代是基于雷克萨斯 SUV 改装的。第三代是谷歌从头开始设计生产的无人驾驶汽车，该车在 2015 年 6 月底推出。第三代的原型车并不包括方向盘、油门踏板、后视镜及其他部件，由此可以看出谷歌对自家的无人驾驶汽车非常有自信。2009 年至今，谷歌无人车在自动驾驶模式下已经累积行驶达 228.5 万公里，而通过手动受控驾驶已经累计行驶 159.2 万公里。目前，这个数字还在以每周 1.6~2.1 万公里的速度在增长。自动驾驶里程的累积将不断训练谷歌无人驾驶控制系统，使其人工智能程度更高，进而能够实现“任何时间、任何路段”的无人驾驶。

图表 6 google 无人驾驶车



数据来源：google

Google 无人驾驶的原理简单来说是采用激光摄像头周边环境进行全景扫描建立 3D 模型并和 Google 的高精度地图进行完美匹配，这样就可以实现车辆厘米级的定位。而其他的毫米波雷达、摄像头、轮速传感器等则是辅助作用。

图表 7 谷歌无人车传感器设备

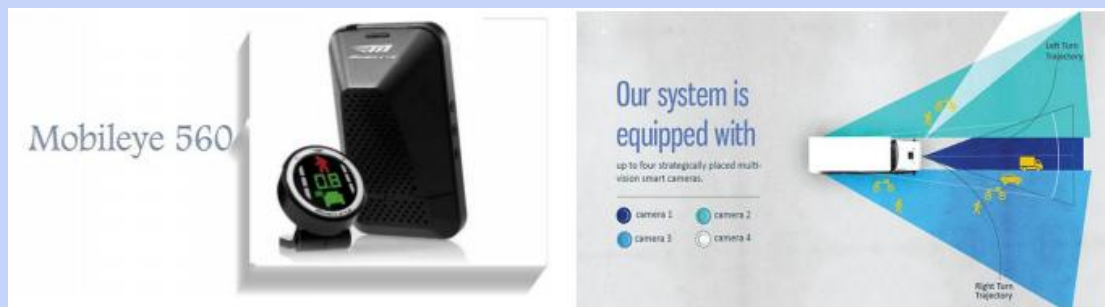
| 传感器 | 功能 |
|-------|---|
| 激光雷达 | 采用 Velodyne HDL-64 的 360 度 64 束激光传感器，可以实现对周边环境快速精准的扫描建模。但造价较为昂贵（约 8 万美金）。 |
| 毫米波雷达 | 采用大陆的毫米波雷达，用于检测前方车辆的行车速度。 |
| 摄像头 | 对道路红绿灯、汽车标识等进行识别。 |
| 轮速传感器 | 提供轮速信息，判断车速及行进状态。 |

数据来源：优品金融研究所

Mobileye

Mobileye 是国际 ADAS 领域的领导厂商，始建于 1999 年，总部位于以色列，另在美国、德国、日本、西班牙也有分部或者研究部门，主要致力于汽车工业的计算机视觉算法和驾驶辅助系统的芯片技术的研究。其研究成果和产品，可视作目前世界上最顶级的“智能驾驶辅助系统”，已集成至沃尔沃、通用、宝马、现代、沃尔沃客车、雷诺卡车等世界汽车制造商生产的车辆中。

图表 8 Mobileye 560 产品



数据来源：Mobileye

Mobileye 的视觉智能能力，通过其核心芯片 EyeQ2 视觉处理器和搭配的一套算法来实现。Mobileye 的关键技术突破在于其所有应用只使用一个摄像机且将多个应用捆绑起来，在一个基于 EyeQ2 处理器的摄像机上同时运行。Mobileye 致力于算法开发，实现单目摄像头低成本实现 ADAS 的解决方案，拥有巨大的竞争力和技术壁垒。Mobileye 能如此成功是因为他开辟视觉系 ADAS 的时代。在 Mobileye 推出之前，行业主要以雷达实现 ADAS 的功能，成本较高，只能装配在高端车型之上。之前的视觉系 ADAS 尝试也主要以双目摄像头、红外线摄像头等。Mobileye 通过一颗单目摄像头实现 ADAS 的主要功能向世人证明通过算法的优化，仅凭单目摄像头就可以实现识别、测距等功能。Mobileye 在超过 40 个国家进行试验，沉淀 16 年 Mobileye 积累了业内最大的相关数据。

来训练算法模型。同时，Mobileye 的用户定期反馈使用数据可以使 Mobileye 进一步优化算法。因此，Mobileye 在通过单一硬件平台提供多功能系统以及执行之前只能由不同传感器阵列完成的任务方面具有明显的优势。

2.2、国内行业发展现状

2.2.1、国内公司发展路径

紧跟国际步伐，国内汽车厂商也致力于改善驾车体验，加速汽车的智能化进程，各大厂商纷纷步入信息化进程。而以 BAT 为代表的国内 IT 巨头也同样进军汽车行业，布局智能汽车产业。其中，2015 年 12 月，公司宣布，百度无人驾驶车国内首次实现城市、环路及高速道路混合路况下的全自动驾驶。

图表 9 国内相关企业发展现状

| 公司名称 | 智能汽车进展 |
|------|---|
| 上汽集团 | 2010 年公司在北京车展上推出 inicarNet, 标志着 2010 年成为中国“汽车信息化元年” |
| 一汽海马 | 一汽海马于 2015 年 3 月正式发布了移动互联人车生态系统，并在 2015 年 4 月开幕的上海车展上推出了搭载智能车载交互系统的中级 SUV M6 |
| 一汽集团 | 公司于 2015 年 4 月发布了智能汽车“擎途”战略 |
| 江淮汽车 | 江淮汽车计划于 2020 年进入 3.0 时代 |
| 长城汽车 | 公司表示将投 50.33 亿元用于发展智能汽车项目 |
| 上海通用 | 上海通用在智能汽车领域，自主研发的基于 4G 的车联网系统有望于 2017 年问世。 |
| 博泰汽车 | 2015 上海车展上，博泰汽车正式发布了首部智能概念车——Project N，新车集成了自然人机交互界面、智慧科技、自动驾驶、云端数据等技术 |
| 百度 | 2015 年 12 月，百度公司宣布，百度无人驾驶车国内首次实现城市、环路及高速道路混合路况下的全自动驾驶，公司还宣布正式成立自动驾驶事业部，计划三年实现自动驾驶汽车的商用化，五年实现量产，与宝马合作的自动驾驶汽车也在第二届世界互联网大会正式亮相 |
| 阿里巴巴 | 公司与上汽集团在 2015 年 3 月份共同宣布，将合资设立 10 亿元互联网汽车基金，双方合作的首款互联网汽车将于 2016 年上市 |
| 腾讯 | 2015 年 3 月，公司宣布与富士康、和谐汽车在“互联网+智能电动车”领域展开创新合作，共同进行商业模式与产品创新开发 |
| 华为 | 华为与东风汽车合作，在汽车电子、智能汽车、IT/ICT 信息化建设等领域展开跨界合作 |
| 乐视控股 | 乐视超级汽车将实现“三化”，电动化、智能化、互联网化，全球化研发布局已经出现雏形，除了在美国之外，中国和欧洲也有针对性的开发布局 |

数据来源：优品金融研究所

图表 10 国内主要整车企业合作及研发情况

| 国内企业 | 合作单位 | 研发进展 |
|------|------------------|---|
| 一汽 | 国防科技大学、中国移动、大唐电信 | 一汽无人驾驶新技术的研究始于 2001 年。由国防科技大学研制的中国无人驾驶汽车红旗 HQ3，2011 年通过了试验，从长沙上高速，自行开往武汉，行程 286km，其中自主超车 67 次，平均时速 87km/h。 2013 年，上汽集团与中航科工签署战略合作协议，双方在无人驾驶等多个领域展开合作。2015 年上海车展，上汽展示了自主研发的第二代智能驾驶汽车 IGS，经过路试，iGS 智能汽车在 60-120 公里的工况下，已经初步实现了远程遥控泊车、自动巡航、自动跟车、车道保持、换道行驶、自主超车等智能行车功能。根据上汽集团规划，“争取在 2020 年让上汽的汽车具备高速公路自动驾驶功能，争取再花十年时间，上汽能够响应业内趋势，可以做到全工况、全环境下自动驾驶。” |
| 上汽 | 中航科工、阿里巴巴、四维图新 | |
| 北汽 | 北京联合大学、乐视 | 北汽汽车研究院早在 2013 年就对“智能车”进行了立项研究，并已完成了数万公里的上路实测。北汽新能源和北京联合大学共同研发的无人驾驶 E150EV，可结合 GPS、车载摄像和 3D 传感器来准确地完成自身定位。 2013 年，武汉大学与奇瑞合作开发无人驾驶汽车；2016 年 1 月，亚太股份与奇瑞签署了《智能驾驶技术合作协议》，奇瑞汽车确定亚太股份为智能驾驶线控制动系统和控制模块的技术开发和产品提供方之一，亚太股份将为奇瑞汽车提供智能驾驶技术线控制动系统和控制模块的研发、产品供货、整车安装调试及技术服务等。 |
| 奇瑞 | 武汉大学、亚太股份 | |
| 长安 | 华为、清华大学 | 长安汽车无人驾驶首辆样车在 2015 年 10 月 31 日于重庆完成了国内首次亮相。目前，长安已经完成了 1 级的智能驾驶技术应用，如全速自适应巡航、紧急刹车、车道保持等。未来长安将为汽车智能化配备千人团队，预计两年后，长安汽车将实现在有条件干预情况下的全自动驾驶，累计投入 50 亿元，争取在 2030 年实现无人驾驶汽车的量产。 |

数据来源：优品金融研究所

2.2.2、国内公司案例

百度

2015 年 12 月，百度公司宣布，百度无人驾驶车国内首次实现城市、环路及高速道路混合路况下的全自动驾驶。百度公布的路测路线显示，百度无人驾驶车从位于北京中关村软件园的百度大厦附近出发，驶入 G7 京新高速公路，经五环路，抵达奥林匹克森林公园，并随后按原路线返回。百度无人驾驶车往返全程均实现自动驾驶，并实现了多次跟车减速、变道、超车、上下匝道、调头等复杂驾驶动作，完成了进入高速（汇入车流）到驶出高速（离开车流）的不同道路场景的切换。测试时最高速度达到 100 公里/小时。12 月 14 日，百度宣布成立自动驾驶事业部，聚焦于自动驾驶汽车的技术研发、生态建设和产业落地，计划三年实现自动驾驶汽车的商用化，五年实现量产。

图表 11 百度无人驾驶车



数据来源：互联网

百度的无人驾驶汽车采用的技术路径与 Google 类似，通过高精度地图和 64 束激光雷达实现厘米级的定位。借助百度在人工智能上的优势，在百度无人车的道路规划变得更加“聪明”。

百度无人驾驶车项目于 2013 年起步，由百度研究院主导研发，其技术核心是“百度汽车大脑”，包括高精度地图、定位、感知、智能决策与控制四大模块。其中，百度自主采集和制作的高精度地图记录完整的三维道路信息，能在厘米级精度实现车辆定位。同时，百度无人驾驶车依托国际领先的交通场景物体识别技术和环境感知技术，实现高精度车辆探测识别、跟踪、距离和速度估计、路面分割、车道线检测，为自动驾驶的智能决策提供依据。

百度对未来降低成本的思路是使用激光雷达扫描前方道路，而不是 360 度的扫描。这将对激光雷达的线束和扫描面积要求下降。相对于 64 束的激光雷达，32 束的雷达可以降低一半左右成本。对于周边车辆和行人的检测，百度会更依赖毫米波雷达、摄像头传感器等。多传感器的融合方案能将发挥每个传感器的优势，弥补各自的劣势，实现整个系统的高效稳定和成本下降。

同时与宝马的合作也是未来百度与整车厂合作的范本。百度未来将寻找第三方的整车企业共同推出无人驾驶汽车，百度提供高精度地图自动驾驶环境感知、决策和道路规划；整车厂提供车辆、车身控制和安全技术。无人驾驶是百度自 Carlife 车联网服务的下一个汽车战略。百度本身拥有丰富的后市场、娱乐搜索等内容资源。无人驾驶将是承载百度整个生态圈的下一个平台。

3、无人驾驶技术发展路径

3.1、单车智能是基础

无人驾驶汽车的技术研究可以分为两个阶段，一个是单车智能阶段，另一个



是智能交通阶段。单车智能的技术核心是使汽车机器人化,即能够通过综合应用毫米波雷达,激光雷达和光学摄像头等多种传感器来使汽车感知车身周围的环境,然后车载驾驶计算机根据环境的变化,结合通过 CAN 总线上收集的汽车工况信息,综合计算出下一秒的控制策略。通过将控制指令发送到汽车自动控制机构里执行,形成一个闭环控制系统。由于这一方向的研究无需将无人驾驶汽车并入联网系统中,在人工智能的基础上通过自身传感器截取信息并结合环境模型给出运动控制方案,我们定义为单车智能。我们认为,单车智能是无人驾驶技术的基础,是实现无人驾驶的根本路径。

作为一个复杂的智能系统,无人驾驶单车智能的内容主要包括如下几个方面:

环境感知

环境感知是实现无人驾驶的前提。无人驾驶的环境感知像人类的视听感觉一样,利用各种传感器对环境进行数据采集,获取行驶环境信息,并对信息中的数据进行处理。环境感知系统为无人驾驶提供了本车和周围障碍物的位置信息,以及本车与周围其他车辆等障碍物的相对距离、相对速度等信息,进而为各种控制决策提供信息依据。

路径规划

路径规划为无人车提供行驶的最佳路线。路径规划是指在一定环境模型基础上,给定无人驾驶汽车的起始点与目标点后,按照某一性能指标规划出一条无碰撞、能安全到达目标点的有效路径。路径规划包括大范围不考虑运动细节的全局路径规划以及具体到运动轨迹的局部路径规划。

定位导航

无人驾驶通过定位导航系统获得汽车的位置、姿态等信息,定位导航系统是无人驾驶的必要条件。常用的定位导航技术有航迹推算(Dead-Reckoning, DR)技术、惯性导航(Inertial Navigation System, INS)技术、卫星导航定位技术、路标定位技术、地图匹配定位(Map Matching, MM)技术和视觉定位导航技术等。

运动控制

无人驾驶的运动控制分为纵向控制和横向控制。纵向运动控制通过对油门和制动的协调,实现对期望车速的精确跟随。而横向运动控制在保证车辆操纵稳定的前提下,实现无人驾驶的路径跟踪。

3.2、车联网与智能交通完善无人驾驶

无人驾驶汽车的技术研究的另一个阶段,也即智能交通阶段,可分为车联网与智能交通两个方向,两者是推进无人驾驶技术发展的强力催化剂。无人驾驶技术的发展期间必然存在一段无人驾驶与传统汽车并行的时期,直至过渡至完全无

人驾驶阶段，在过渡阶段，无人驾驶汽车不仅要实现有人驾驶与无人驾驶的无缝结合、进行良好的人机交互，还要具有车与车交互的功能。车联网与智能交通系统将人、车、路综合，并运用先进计算机、通信与控制技术，能够实现城市交通拥堵治理并提高交通安全，为无人驾驶汽车提供技术与智能化道路设施支持。在单车智能技术的基础上，车联网与智能交通的发展将成为无人驾驶技术的强力助推器，并助力无人驾驶普及、最终构建城市智能驾驶生态圈。

图表 12 车联网示意图



数据来源：优品金融研究所

车联网通常指车与车（V2V）、车与路面基础设施（V2I）、车与人（V2P）、车与传感设备的交互，从各车辆广泛联网从而展开各种综合应用的通信系统。车联网的构建将帮助无人驾驶汽车实现更好的技术控制。比如，公路正常行驶的两汽车通过联网交换信息（V2V），能有效降低盲点较大的交叉路口的交通事故率，或在前车制动同时向后车发出信号、实现两车联动控制增加行车安全。而通过 V2I 技术，无人驾驶车辆可提前探知路面交通信号等情况、或根据道路拥堵情况进行合理路径规划等。

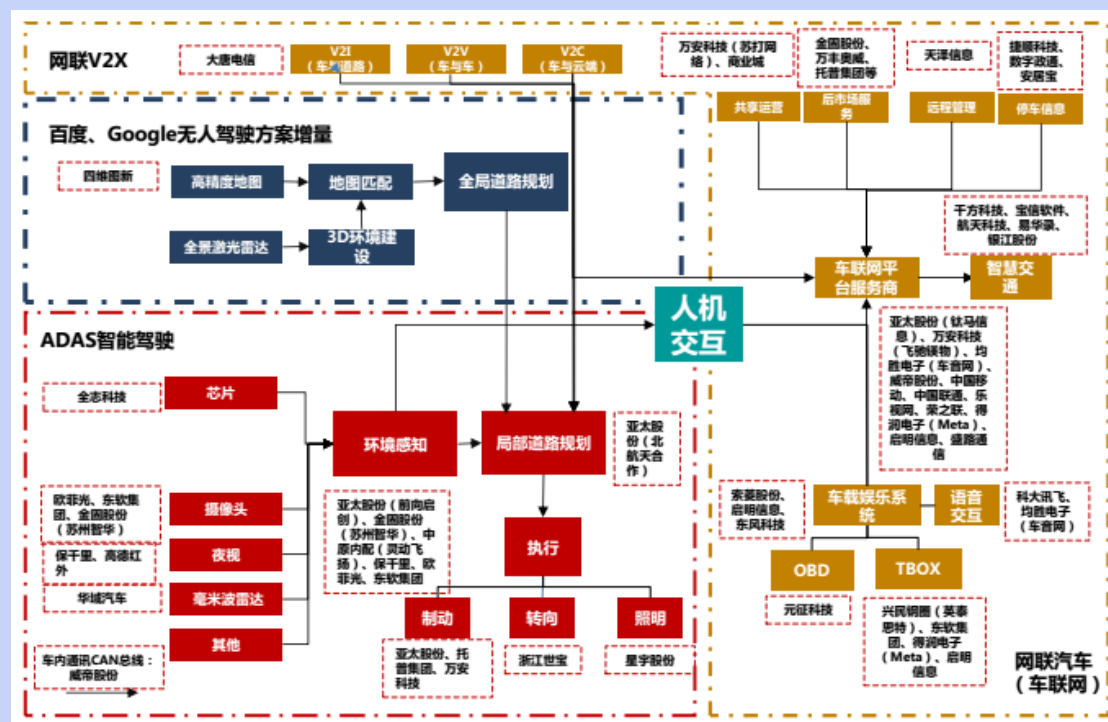
智能交通系统（ITS）是将先进的信息、通信、计算机等先进技术集成于交通运输管理体系而构建起来的实时、准确、高效的运输和管理系统。智能交通能将无人驾驶车辆运行调整到最佳状态，极大提高运输效率与交通安全。比如，智能交通通过为无人驾驶车辆提供先验信息（如即将出现的交通信号灯），使车辆仅在靠近信号灯时调用信号灯识别模块，大大提高其识别效率与准确率。

4、无人驾驶产业链分析

4.1、无人驾驶产业链构架

无人驾驶汽车作为智能汽车，要完成感知、决策、执行等任务，涉及的产业链包括 1) 驾驶辅助系统 (目前的 ADAS 系统) 及电子元器件如激光测距仪、视频摄像头、车载雷达、微型传感器等；2) 车载互联终端；3) 软件系统包括地图、人机交互等；4) 整车。

图表 13 无人驾驶系统产业链及上市公司



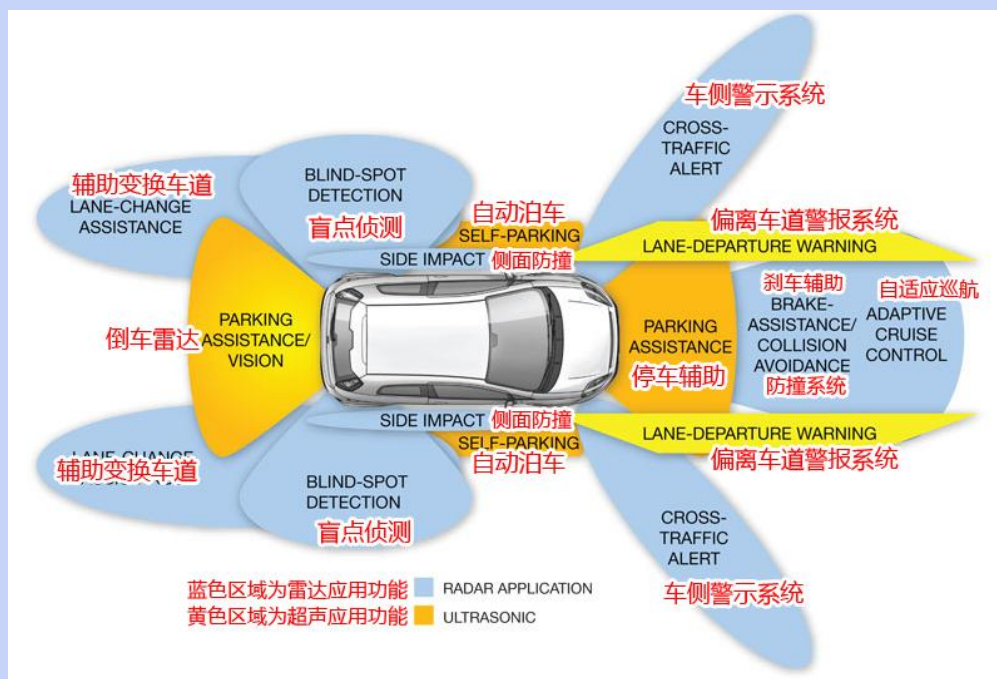
数据来源：优品金融研究所

4.2、ADAS 是无人驾驶产业的基础

在此要首先区分两个概念：自动驾驶 (Automated Driving 或者 Auto Pilot) 与自主驾驶 (Autonomous Driving) 或者说无人驾驶 (Self-Driving)。自动驾驶的控制命令由驾驶者发出，即使车的自动控制功能再复杂，也是为使驾驶者对于车的操控更加便利，最后的安全保证还是驾驶者；而自主驾驶或者无人驾驶的控制由汽车发出，汽车安全的最后一道保险由车辆本身负责。

在通往无人驾驶的路上，车辆的自动驾驶能力不断升级，而高级驾驶者辅助系统 ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) 就是升级过程中的台阶。如果按照“修身”与“代驾”的标准划分，ABS (防抱死系统)、ESC (电子稳定控制) 走“修身”的路线，强调汽车机械部分的自我完善；“修身”逐渐完成的情况下，以“代驾”为目的的 ADAS 更受关注，借由环境感知手段收集行车环境信息，作以综合判断，辅助驾驶员做决策。

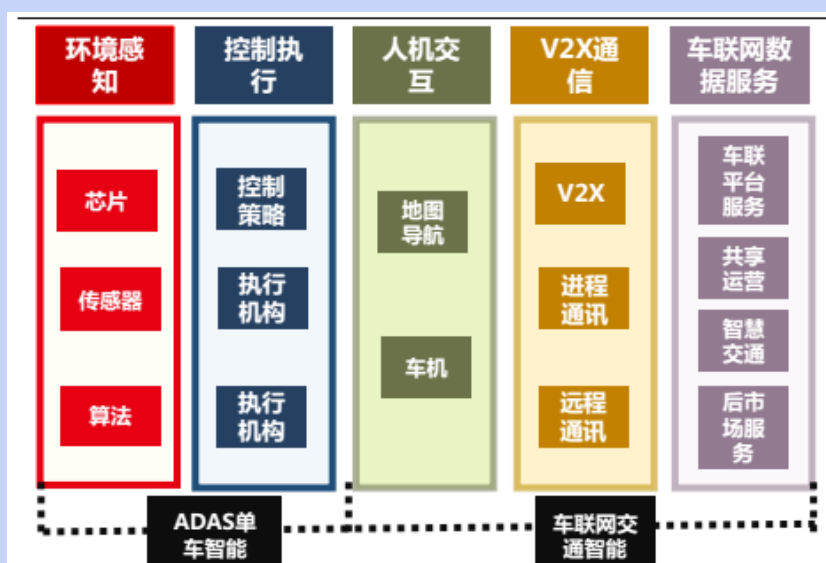
图表 14 ADAS 应用



数据来源：腾讯汽车

美国高速公路管理局（简称 NHTSA）将无人驾驶汽车的实现划分为 5 个阶段：依次从完全不具备自动驾驶功能汽车到完全自动驾驶汽车。L0-L2 阶段，主要以 ADAS 普及为主，从 L0 阶段的预警类 ADAS 到单一功能自动的定速巡航，自动紧急刹车，再到多功能 ADAS 集成的 L2。L2-L3-L4 阶段，ADAS 需借助车联网技术（V2X）、云计算等技术实现 L3，并最终实现 L4。

图表 15 无人驾驶系统模块框架



数据来源：优品金融研究所

4.2.1、传感器是 ADAS 系统的数据入口

摄像头、雷达等多种传感器可感知车辆、行人的实时状态，是 ADAS 系统的数据入口。通常应用较多采用摄像头+雷达的组合方式，以实现雷达测距与摄像头图像识别功能的互补。目前无人驾驶车辆方案主要使用的是极光雷达为主。

图表 16 各类传感器对比

| 传感器 | 成本 | 优势 | 劣势 | 功能 | 提供商 |
|--------|-------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|---|
| 摄像头 | 35-50 美金 | 成本较低、通过算法能实现多种应用 | 极端恶劣环境下会失效，难以测距，距离较近，算法要求高 | 能实现绝大多数 ADAS 功能，测距性功能难以实现 | OV、Aptina 等、Sony（拟进入）、Samsung（拟进入）、欧菲光（拟进入） |
| 毫米波雷达 | 150-300 美金 | 不受天气影响，测距精确度高，距离范围广 | 无法识别道路指示牌，难以识别行人 | 无法用于视觉识别要求较高功能 | 大陆、博世、德尔福等，国内华域汽车、集眼科技、智波科技等 |
| 激光雷达 | 8000 美金以上 | 扫描周边环境得到精确环境信息 | 成本较高、大雾、雨雪天气效果一般、无法图像识别 | 多数 ADAS 功能 | Velodyne、Ibeo、Quanergy 等 |
| 红外线传感器 | 600-2000 美金 | 夜视效果极佳 | 成本较高、技术仍由国外垄断 | 夜视 | 奥托立夫、博世等，国内保千里、高德红外 |
| 超声波传感器 | 15-20 美金 | 成本低 | 应用局限较大 | 侧方超车提醒、倒车提醒 | 壁垒较低厂商较多 |

数据来源：优品金融研究所

图表 17 Velodyne 公司激光雷达产品

| |  |  |  |
|------|---|---|---|
| 特性 | HDL-64 | HDL-32 | VLP-16 |
| 售价 | 8万美元左右 | 2万美元左右 | 7,999美元 |
| 激光束 | 64 | 32 | 16 |
| 范围 | 120m | 100m | 100m |
| 精度 | ±2cm | ±2cm | ±3cm |
| 数据类型 | 距离/密度 | 距离/校准发射率 | 距离/校准发射率 |
| 数据频率 | 1.3M像素/秒 | 700,000像素/秒 | 300,000像素/秒 |
| 垂直角度 | 26.8° | 40° | 30° |
| 水平角度 | 360° | 360° | 360° |
| 功率 | 60W | 12W | 8W |
| 体积 | 203*284mm | 86*145mm | 104*72mm |
| 重量 | 15kg | 1kg | 0.83kg |

数据来源：优品金融研究所

4.2.2、算法是 ADAS 系统的灵魂

算法是 ADAS 系统可靠性、准确度的决定性因素，主要包括摄像头/雷达测距、行人识别、道路交通标志识别等，针对前装应用的可靠性要求高，需要进行大量的场景测试与标定。其中雷达算法的门槛最高。

图表 18 ADAS 算法相关公司

| 功能 | 公司 |
|-----|---|
| 摄像头 | Mobileye, 德尔福, 博世, 大陆, 伟世通, 智华, 前向启创, 东软, 保千里, 中天安驰 |
| 雷达 | 德尔福, 博世, 大陆 |

数据来源：优品金融研究所

4.2.3、执行机构是 ADAS 的手臂

执行机构直接参与汽车整车的控制系统，整合环境感知能提供 AEB、ACC 等高价值的 ADAS 功能，未来有望成为半自动、自动驾驶的解决方案提供商，潜力最大。执行机构包括动力系统、制动系统、转向系统、照明等。

图表 19 ADAS 系统相关国内企业

| 执行机构 | 自动驾驶相关必须功能 | 相关企业 |
|------|--|-----------------|
| 制动 | ABS、ESP 等是实现 ACC、AEB 的基础， 自动驾驶阶段电控制动是必须系统 | 亚太股份、万安科技、拓普集团等 |
| 转向 | 电控转向是实现自动转向的必要升级 | 浙江世宝等 |
| 照明 | 智能大灯与 ADAS 有良好的协同作用 | 星宇股份 |

数据来源：优品金融研究所

4.3、高精度地图是无人驾驶必要组件

在辅助/无人驾驶系统中，地图服务的核心功能是自动导航，同时延伸到了安全、舒适、节能等多个领域。四维图新、高德等图商拥有导航电子地图测绘资质，在国内的无人驾驶应用中具体不可替代性。

图表 20 HERE 公司在线高精度地图示例



数据来源：HERE

图表 21 地图服务应用

| 输入信息 | 功能范畴 | 辅助/自动驾驶 |
|-----------|------|---------------------------------------|
| 定位信息+实时交通 | 导航 | 自动巡航路径规划，自动导航 |
| | 节能 | 判断前方交通情况（堵塞、转弯、高速出口等），提前自动缓慢减速，提高行驶效率 |
| ADAS 地图数据 | 安全 | 根据坡度、弯道弧度等数据，控制车速、转向角度，防止意外 |
| | 舒适 | 根据不同路面情况，自动调整悬架系统，提高乘坐舒适性 |

数据来源：优品金融研究所

图表 22 国内拥有导航电子地图测绘资质企业

| 序号 | 单位 |
|----|-------------|
| 1 | 四维图新 |
| 2 | 高德 |
| 3 | 灵图 |
| 4 | 长地万方 |
| 5 | 凯立德 |
| 6 | 易图通 |
| 7 | 城际高科 |
| 8 | 国家基础地理信息中心 |
| 9 | 科菱航睿 |
| 10 | 立得空间信息 |
| 11 | 浙江省第一测绘院 |
| 12 | 江苏省基础地理信息中心 |

数据来源：国家测绘地理信息局

4.4、深度学习与互联

互联网巨头掌握大数据与深度学习技术，在无人驾驶领域潜力巨大。现阶段 ADAS 最高级的图像算法基于浅层学习，需要人工提取足够多的特征参数作为输入，机器通过自学习实现数据收敛，完成对应的识别预判等操作。无人驾驶阶段需依赖人工智能，处理的场景与数据相比 ADAS 系统是指数级增长，机器深度学习成为必须。

图表 23 互联网公司切入情况

| 互联网公司 | 汽车战略 |
|-------|---------------------------------|
| 谷歌 | 无人驾驶汽车，颠覆传统汽车行业 第三代车基于电动汽车开发 |
| 苹果 | 成立秘密研发中心，自研电动汽车 |
| 百度 | 开发无人驾驶汽车 |
| 腾讯 | 与富士康、和谐汽车战略合作， 开发智能电动车 |
| 乐视 | 联手北汽新能源，从车载终端切入， 向电动整车延伸 |

数据来源：优品金融研究所

图表 24 互联网公司人工智能布局

| 公司 | 人工智能 |
|----------|-------------|
| 谷歌 | 谷歌深度学习 |
| 百度 | 百度大脑 |
| Facebook | Facebook 大脑 |

数据来源：优品金融研究所

硬件角度，深度学习对于系统运算能力提出了极高的要求，芯片厂商也纷纷提前布局，主要以海外公司为主。

图表 25 满足深度学习高性能芯片厂商

| 公司 | 核心芯片技术 |
|--------|--------------------|
| nVidia | 256 核 GPU，实现超级并行计算 |
| Altera | FPGA 算法加速 |
| AMD | APU，处理器加速 |

数据来源：优品金融研究所



公司声明及风险提示：

负责撰写此报告的分析师（一人或多人）就本研究报告确认：本人具有中国证券业协会授权的证券投资咨询职业资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的，本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识，认真考虑是否进行证券交易。市场有风险，投资需谨慎。

免责条款：

此报告旨为发给优品金融研究所的特定客户及其他专业人士。未经优品金融研究所事先书面明文批准，不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被优品金融研究所认为可靠，但优品金融研究所不能担保其准确性或完整性，报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价，报告内容仅供参考。优品金融研究所不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任，除非法律法规有明确规定。客户并不能尽依靠此报告而取代行使独立判断。

优品金融研究所可发出其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断，可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问，此报告所载观点并不代表优品金融研究所的立场。

优品金融研究所在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

优品金融研究所 2015 版权所有。保留一切权利。