

智能装备专题系列报告之四

无人驾驶汽车：人工智能和激光雷达让梦想照进现实

分析师： 罗立波 S0260513050002



021-60750636



luolibob@gf.com.cn

分析师： 刘芷君 S0260514030001



021-60750802



liuzhijun@gf.com.cn

核心观点：

- 无人驾驶汽车与辅助、半自动驾驶汽车有密切联系，也有重要差别。

一、发展目的和表现形式不同。辅助驾驶、半自动驾驶的本质是汽车驾驶系统的模块叠加和功能发展，其目的是给驾驶者提供更加便捷、安全的驾驶环境；而无人驾驶汽车的本质是一种全新的能够自主导航的移动运输类机器人，以人工智能取代了驾驶者，其外形设计、应用场合并不拘泥于现有的模式。二、核心技术有重要差别。辅助驾驶、半自动驾驶的核心技术是自动控制技术，而无人驾驶汽车的核心技术是即时空间建模和人工智能技术。因此，在辅助驾驶、半自动驾驶领域，汽车厂商具有主导地位，并与零配件企业形成密切合作；而无人驾驶汽车的研究主体是互联网科技公司如谷歌、百度以及科研院校。三、受益对象和成本承受能力不同。近期，媒体报道谷歌无人驾驶部门正在谋划提供约租车服务，与 Uber 进行竞争。当无人驾驶汽车向社会提供服务时，其成本承受能力将大大增强，相比之下，辅助驾驶、半自动驾驶主要依靠成本下降去推进应用拓展。

- 无人驾驶汽车将走过四个发展阶段，并率先在公共服务领域投入使用。

无人驾驶汽车将经历研发、试验、政策调整、需求爆发四个阶段。值得注意的是，目前硬件系统组合日趋完善，而人工智能算法的调试和配套政策成为影响无人车投入使用的主要因素。而在场景规划相对固定的服务领域，如物流运输、公共交通等，无人驾驶汽车的安全可靠性更高、经济效益显著，可望率先投入使用。考虑到无人驾驶汽车具有社会服务功能，不排除未来在应用推广方面对辅助驾驶、半自动驾驶形成弯道超车。

- 无人驾驶汽车的感知输入系统中，激光雷达处于核心位置。

激光雷达在无人驾驶汽车中起着类似于“眼睛”的功能，能够根据扫描到的点云数据快速绘制 3D 全景图型。目前，百度、谷歌无人汽车均采用 Velodyne 公司的激光雷达，成本在 2~8 万美元（配置选择），价值与汽车本体相当。随着研发推进和量产，激光雷达的成本还具有较大的下降空间，而应用场景的开发也将提升用户的成本承受能力。

投资建议：我们认为无人驾驶汽车是具有颠覆性的创新，也将标志着人工智能达到新的高度，对其他智能装备的发展形成很好的技术牵引和示范效应，建议高度关注无人驾驶汽车的试验进程。基于激光雷达在其无人驾驶汽车商业化前景中扮演关键角色，我们建议高度关注在相关领域具有良好技术基础的企业如巨星科技旗下的华达科技，继续给予巨星科技“买入”的投资评级。

风险提示：无人驾驶汽车的技术突破和社会接受进程低于预期的风险；激光雷达等成本下降空间具有不确定性。

相关研究：

机械设备行业：人工智能助推无人驾驶迈入商用化进程

2015-12-15

智能装备专题系列报告之一：工业机器人：新变化、新机遇

2015-11-22

智能装备专题系列报告之二：清洁机器人：旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家

2015-11-22

目录索引

无人驾驶汽车：人工智能发展的新标杆.....	4
无人驾驶汽车的发展.....	5
当曾经的梦想照进现实，我们是否敢于相信	5
无人驾驶汽车的研究现状	6
无人驾驶汽车的未来之路	7
无人驾驶汽车将率先在服务领域投入使用	10
无人驾驶汽车的主要技术.....	11
感知输入系统、计算处理系统是无人驾驶技术的关键.....	11
感知输入系统中，3D 激光雷达是核心，相机、车载雷达等设备是辅助	13
3D 激光雷达相关企业	16
VELOCITY: 全球领先的 3D 激光雷达传感器生产商	17
华达科技: 依托高精度激光测量技术开展 3D 激光雷达研发	19
投资建议、风险提示	22

图表索引

图 1: 无人驾驶汽车与自动、辅助驾驶汽车的区别	4
图 2: 奔驰公司发布的 F015 自动驾驶概念车	5
图 3: 传统工具随技术发展变迁为现代工具	5
图 4: 谷歌无人驾驶汽车	6
图 5: 百度无人驾驶汽车	7
图 6: 新能源汽车发展的阶段和产量 (台)	8
图 7: 国内政府支持无人驾驶汽车的理由	9
图 8: 未来无人驾驶汽车要经历的阶段	10
图 9: 计算处理系统接收到感知输入系统的信息进行计算	11
图 10: 构成无人驾驶汽车的主要系统	12
图 11: 无人驾驶系统绘制出的 3D 空间模型示意	13
图 12: 谷歌无人驾驶车感知输入系统的主要构成	14
图 13: 感知输入智能设备的作用和优劣势对比	15
图 14: 感知输入设备之间的关系	15
图 15: 激光雷达的原理及系统结构	16
图 16: Velodyne 激光雷达	16
图 17: 激光雷达传感器市场空间预测 (百万美元)	17
图 18: Velodyne 公司激光雷达传感器产品	18
图 19: 华达科捷的主要产品	19
图 20: 华达科捷的营业收入 (万元) 和增长率 (%)	19
图 21: 华达科捷的净利润 (万元) 和增长率 (%)	20
图 22: 华达科捷主要客户和合作伙伴	21
图 23: 华达科捷正在研发 3D 激光雷达	21

无人驾驶汽车：人工智能发展的新标杆

无人驾驶汽车本质上是一种具有高度人工智能的移动式服务机器人，它与辅助驾驶、半自动驾驶汽车具有相关性，但在发展目的、核心技术等方面更有重要的差别。无人驾驶汽车具有创造创新性社会价值的潜力，从而深刻影响人们的生产生活。

发展目的和表现不同：辅助驾驶、半自动驾驶的本质是汽车驾驶系统的模块叠加和功能发展，其目的是给驾驶者提供更加便捷、安全的驾驶环境；而无人驾驶汽车的本质是一种全新的能够自主导航的移动运输类机器人，以人工智能取代了驾驶者，其外形设计、应用场合并不拘泥于现有的模式。目前，无人驾驶汽车研发多数以传统车型作为实验对象，但未来无人驾驶汽车进入商业应用场合后，完全可以根据实际需要进行重构，例如，谷歌（Google）在新的试验车型中取消了方向盘、刹车。

核心技术有重要差别：辅助驾驶、半自动驾驶的核心技术是自动控制技术，而无人驾驶汽车的核心技术是即时空间建模和人工智能技术。因此，在辅助驾驶、半自动驾驶领域，汽车厂商具有主导地位，并与零配件企业形成密切合作；而无人驾驶汽车的研发主体是互联网科技公司如谷歌、百度以及科研院校。以输入端为例，辅助驾驶、半自动驾驶汽车使用的雷达主要目的是测量前后车的车距，使用2D激光雷达、毫米波雷达等安装在前后保险杠；而无人驾驶汽车除了需要配备前后保险杠雷达之外，最核心的信息来自于高精度3D激光雷达，进行空间建模。

受益对象和成本承受能力不同：最近，来自Bloomberg的消息称，谷歌公司计划在2016年将其无人驾驶部门列为独立实体，并提供约租车服务（Rides for hire），与Uber对抗。这表明无人驾驶汽车将对现有经济生活方式形成重要颠覆，而非渐进式的改善。当无人驾驶汽车向社会提供服务时，其成本承受能力将大大增强，相比之下，辅助驾驶、半自动驾驶主要依靠成本下降去推进应用拓展。

图1：无人驾驶汽车与自动、辅助驾驶汽车的区别

特性	辅助、半自动驾驶汽车	无人驾驶汽车
本质	功能的不断发展和叠加	移动式服务机器人
发展目的	提供更好的驾驶体验	以人工智能取代驾驶者
研发人员	汽车厂商	Google、百度等
核心技术	自动控制技术	即时空间建模、人工智能
应用场合	与现有汽车没有重大差别	根据具体场合重新定制
受益对象	驾驶员	全社会
成本承受	产业链条致力于降成本	提供服务，成本承受能力强

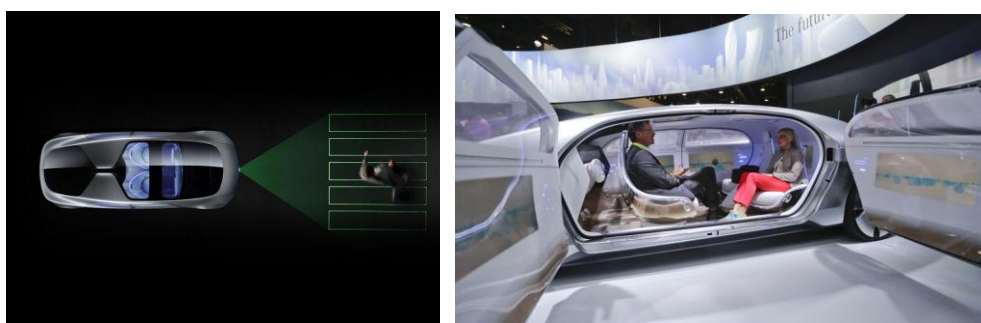
数据来源：广发证券发展研究中心

无人驾驶汽车的发展

当曾经的梦想照进现实，我们是否敢于相信

科技的发展源于人们心中对未来生活最美好的憧憬与热望。早在上世纪80年代，人类丰富的幻想就乐于赋予汽车全自动无人驾驶的功能，美国著名电视剧《霹雳游侠》中主角的战车、电影《克里斯汀魅力》小男孩花光积蓄买的破旧敞篷车以及我们熟知的《蝙蝠侠》的战车等等都具备无人驾驶功能，其他也有很多涉及无人驾驶汽车描述的科幻类文学作品。对于无人驾驶的概念，我们已经不陌生。

图2：奔驰公司发布的F015自动驾驶概念车



数据来源：奔驰公司，广发证券发展研究中心

如今，“智能化”正革命性地改变人们的生活，通话设备变成了移动互联网载体、吸尘器逐渐被扫地机器人取代，而无人驾驶汽车是对于传统代步和运输工具的颠覆。麦肯锡预测，到2025年无人驾驶汽车产值可以达到0.2~1.9万亿美元。汽车行业咨询机构IHS报告认为，预计在2035年左右，无人驾驶汽车年销量将达到1,180万部。

图3：传统工具随技术发展变迁为现代工具



数据来源：广发证券发展研究中心

无人驾驶汽车的研究现状

谷歌公司是全球无人驾驶汽车研究的领跑者。

早在2009年，谷歌公司就开始使用丰田的车身进行无人驾驶汽车的研发。2014年5月，谷歌首次公布了自主设计的无人驾驶汽车，展出的原型并不包括方向盘、油门踏板、后视镜及其他部件。此举也说明了采用传统车体外观进行实验并不能代表产品成型的定位。随后，谷歌组装了其他许多原型，对无人驾驶汽车的各种系统以及计算机和激光雷达等无人驾驶部件等系统进行了测试。

2014年12月23日，谷歌宣布，该公司已经完成了第一辆无人驾驶汽车原型，这是该公司的首辆全功能无人驾驶汽车。在过去数年，谷歌的无人驾驶汽车取得了长足发展，已经在美国加州和得克萨斯州的公路上开展了测试。谷歌无人驾驶汽车已经行驶了160万公里，相当于于一名人类司机90年的驾驶经验。而且，在没有人工干预的情况下，完成了约113万公里无事故行驶里程。

图4：谷歌无人驾驶汽车



数据来源：谷歌，广发证券发展研究中心

在中国，百度率先在无人驾驶汽车领域取得重要突破。

百度研发无人驾驶汽车经历了三个阶段：第一阶段，封闭尝试性的测试，初步了解汽车的动力性能、电信号接口的稳定性；第二阶段，在深圳进行低速状态下的半封闭测试，进行算法的构建与调试；第三阶段，低速过渡到高速，为在北京高速公路上的测试做准备。

2015年12月12日，百度无人驾驶汽车首次在北京五环进行测试，自动驾驶的最高时速100公里/小时，完成了国内无人驾驶汽车首次城市、环路及高速道路混合路况下的全自动驾驶，自动完成了跟车减速、转向、超车、上下高速公路匝道等一系列复杂动作。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5：百度无人驾驶汽车



数据来源：网络资料，广发证券发展研究中心

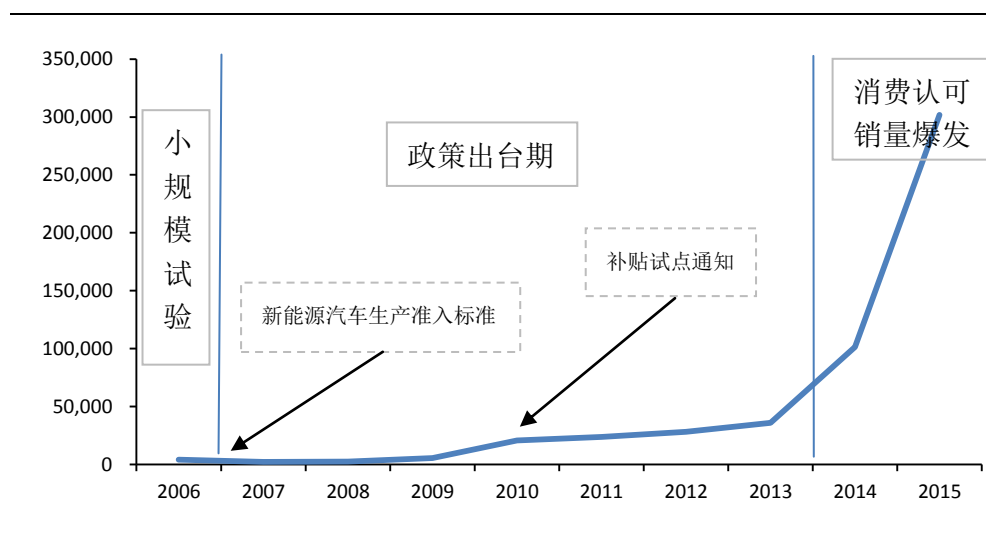
除了互联网公司，传统汽车厂商也在研究全自动无人驾驶汽车，福特公司已经获得加州的“自动车辆驾驶许可”，计划从2016年开始在加州道路上测试无人驾驶汽车。在2014年的美国国际消费电子展（CES）上，奔驰公司展示了F015 Luxury in Motion概念原型车。除了互联网公司与汽车厂商以外，国内外许多高校也有对于无人驾驶汽车的研发项目组。如今，无人驾驶汽车已成为一个研究热门领域。

无人驾驶汽车的未来之路

高科技属性的创新产品被市场接受的过程都要经过研发、小规模试验、相关政策法规出台、消费认可销量爆发的过程。例如，作为汽车领域的重大创新应用，新能源汽车在中国从集中研发到商业化，到如今广泛被市场认可，花了不到10年时间，而真正国内新能源汽车销量的爆发又集中在最近3年。

2006年，新能源汽车研发成果开始成熟，产品逐渐问世，开始小规模使用；2007年11月，国家发改委正式颁布《新能源汽车生产准入管理规则》，2010年6月，财政部等四部委联合出台《关于开展私人购买新能源汽车补贴试点的通知》；2014年以来，新能源汽车的基础设施日渐完善，需求全面爆发。

图6：新能源汽车发展的阶段和产量（台）



数据来源：wind，广发证券发展研究中心

与新能源汽车发展经历类似，我们认为，无人驾驶汽车也将经历4个阶段：研发、小规模试验、政策出台、消费者认可与销量爆发。

1. 研发阶段

传统的无人驾驶汽车研究由来已久，但基于高精度激光雷达、GPS导航和高度人工智能的现代无人驾驶技术研究历史并不悠久。

2005年，斯坦福大学的塞巴斯蒂安-特龙教授带领师生团队完成了美国国防部的“Grand Challenge”比赛，其研发的自动驾驶机器人汽车（autonomous robotic car）成功完成了132英里的赛程并获得冠军。后来，特龙教授创立了Google X实验室，而谷歌成为全球无人驾驶技术的领跑者。除了谷歌公司以外，活跃在无人驾驶技术领域企业还包括美国Delphi公司、德国Ibeo公司等。

2014年以来，随着各项技术基础的成熟，国内对于无人驾驶技术的研究也悄然展开。百度利用其自身的智能算法上的核心能力，对于无人驾驶汽车的研发进展迅速。百度于2014年7月正式获得试验车身的电信号开放权力，仅用了1年多的时间，就实现了无人驾驶汽车从研发到半封闭试验与开放式高速测试。国内互联网巨头的加入，也会加速互联网汽车的研发进度。

2. 小规模试验阶段

研发成型后，产品样机进行小规模、特定场景的试验，并采集数据进行调整。Google X实验室认为，谷歌无人驾驶汽车预计在2020年左右正式问世，正式投入商用。目前，谷歌无人驾驶汽车和百度无人驾驶汽车都先后达到了这一阶段。

3. 政策出台调整阶段

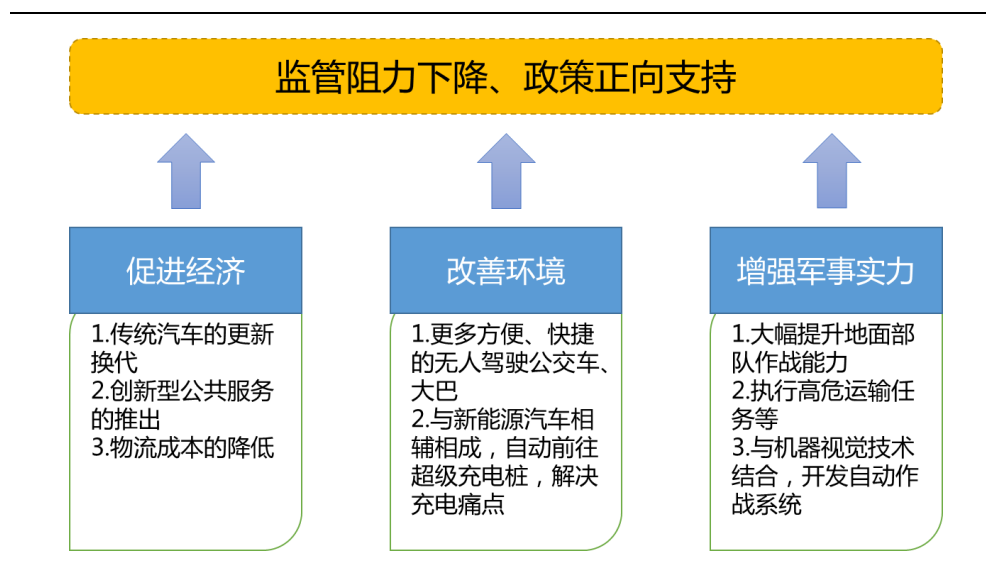
这一阶段是无人驾驶汽车发展的关键阶段，美国《福布斯》刊登的一篇评论文章认为，谷歌无人驾驶汽车的技术已经非常成熟，再过几年就可以全面上路，现在最大的问题不是技术，而是监管和法规。

无人驾驶汽车在实现的过程中会遇到诸多立法的困难和调整，有可能对于无人驾驶汽车的立法与政策调整难度远比新能源汽车大。但是，相信只要技术发展完备、使用目的明确、规划限制清晰，未来的磨合期再痛苦也终将过去。谷歌无人驾驶汽车已经获得加州山景城、德州奥斯汀等地的试点权力，实践将证明其安全性和可靠性。

而如今的中国，对于能够促进经济、改善环境的新技术拥有着非常高的接受程度和热爱程度。而无人驾驶汽车是一项可以促进经济、改善环境，同时能够增强我国军事实力的新技术：

- a. 促进经济方向，无人驾驶汽车的推出可以加速汽车的更新换代，还可以推出多种创新型公共服务，相关政策可以参考“互联网+”系列的推进指导意见；
- b. 改善环境方向，无人驾驶汽车的推出可以加速新能源汽车的全面普及，因为无人驾驶汽车可以自行寻找充电桩后返回车主车库，完美解决了小充电桩充电效率不高、远赴超级充电桩充电麻烦的两难问题，相关政策可以参考“新能源汽车”推广过程中的一系列补贴政策；
- c. 增强我国军事实力方向，无人驾驶汽车是美国国防部先进研究项目局(DARPA)重点关注的领域，无人驾驶技术的发展可以极大提升军队地面部队作战能力，配合机器视觉技术，有望开发出全新的无人驾驶+自动战斗系统。

图7：国内政府支持无人驾驶汽车的理由



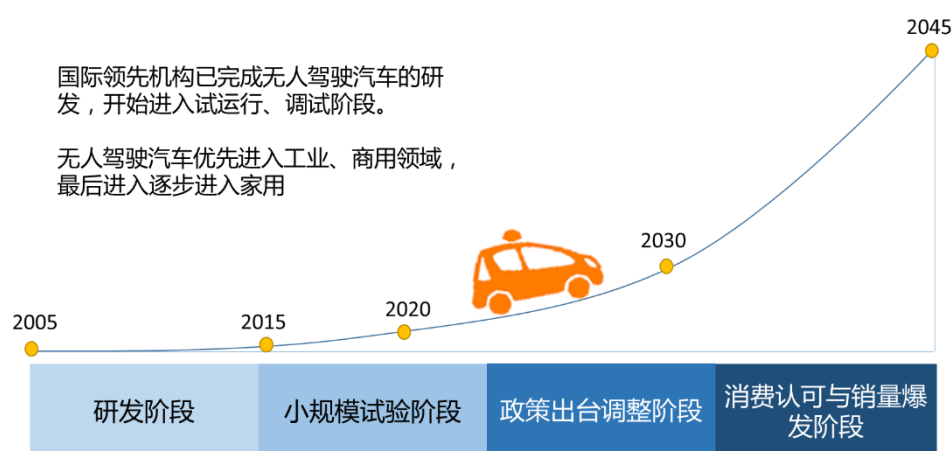
数据来源：广发证券发展研究中心

可以预见，结合无人驾驶汽车对于国内发展的正向作用，以及届时可以吸取美国的实践经验，无人驾驶汽车在中国的应用过程中，政策方面所遭遇的困难和阻力会大大小于美国，甚至可能逆向的阻力会变为正向的推动力。

4. 消费者认可与销量爆发阶段

随着技术的发展和配套政策的出台，人们对于无人驾驶汽车将逐渐接受和认可，相应销量也会随之进入爆发期。

图8：未来无人驾驶汽车要经历的阶段



数据来源：麦肯锡，广发证券发展研究中心

无人驾驶汽车将率先在服务领域投入使用

如今，无人驾驶汽车硬件的功能研发已经日趋成熟，谷歌、百度、Delphi、Ibeo等企业的无人驾驶汽车虽然外观有所差别，但输入端都是激光雷达以与其他探测设备组成的硬件系统组合。未来，硬件研发的主要任务是降低成本，尤其是价格高昂的3D激光雷达有很大的成本下降潜力。相比之下，小规模试验阶段中智能算法的调整以及出台相应政策适应新技术的程度成为了影响无人驾驶汽车投入应用的主要因素。

我们认为，无人驾驶汽车将率先在物流、公共交通等领域投入使用，主要原因是安全可靠、经济效益更为可观。因为无人驾驶汽车在物流、公共交通等领域的应用是一种特定规划路径下的应用。在固定环境下的无人驾驶，通过反复测试毫无疑问可以极大地降低智能算法的不稳定性，并且无人驾驶汽车在特定路线的行驶方便政府出台相应法规进行监管，甚至可以“参考公交车专用车道”，提供“无人车专用车道”。同时，服务领域对于成本的承受能力更强，无人驾驶汽车可以全天候24小时开展工作，服务场合“机器人”的效应可能还要高于工业环境（驾驶员每天可驾车时段比工厂员工的劳动时间更短）。

无人驾驶汽车的主要技术

感知输入系统、计算处理系统是无人驾驶技术的关键

无人驾驶汽车是一种主要以移动、运输为目的的服务机器人。它具有感知输入系统、计算处理系统、控制系统、汽车信号系统以及其他辅助系统。

在给定路线规划后，无人驾驶汽车正常的工作流程是：首先，感知输入系统能够“看到”周围物体，掌握它们的大小、距离、运行方向，计算处理系统根据这些信息通过算法计算出最佳反应，将电信号传达给控制系统从而正常行驶，行驶过程中，汽车信号系统再将自身的下一步意图以清晰可见的形式表现出来。

图9：计算处理系统接收到感知输入系统的信息进行计算



数据来源：广发证券发展研究中心

其中，感知输入系统是无人驾驶技术的核心之一，感知输入系统是机器取代驾驶员的关键，通过3D激光雷达、标准车载雷达、高精度GPS系统、摄像头、编码器等大量智能传感设备获取当前车身周围的图像信息、位置信息、信号信息、车速信息等，以数据类型的输入取代原本驾驶员的视野、经验类型的输入。

从理论上来讲，智能装备的输入比驾驶员的视野更广阔，能够获得360°影像，能够远至200米；也比驾驶员的经验更稳定，不会存在因后视镜盲区等问题出现；而且当无人车能够量产以后，生产一辆“富有经验”的无人驾驶汽车比培养一个有经验的驾驶员的边际成本小得多。

计算处理系统是无人驾驶汽车的又一关键系统，数据输入到计算机处理系统后，人工智能算法根据输入的数据判断车身周边的情况，进行运行的决策。该算法的难点之一是要考虑到每一种极端情况，因为在高速行驶的服务机器人一旦发生判断失误，就有可能酿成车祸。算法的难点之二在于，必须提高判断的效率，因为在高速行驶的状态下越快对紧急状况进行反应，安全的概率就越大。因此，无人驾驶汽车的算法需要反复大量的数据验证、调试。

控制系统与传统汽车的控制系统差异不大，计算处理系统做出决策之后，通过电信号接口把命令相应的传达给动力系统、制动系统、转向系统等控制子系统。

汽车信号系统是一个无人驾驶汽车比较重要的辅助性系统。该系统使得无人驾驶汽车能够表明自身执行的命令或意图，方便乘客、行人等进行人机交互。在日常驾驶过程中，经常需要驾驶员反馈自己的驾驶意图，如减速停车，示意等待的行人路过；打两下闪光灯或鸣笛以示意附近的车辆行人注意安全等等情况。驾驶意图等信息的有效沟通，是交通安全的基本保障，无人驾驶汽车也不例外。

其他辅助系统可以根据需要进行调整，例如车身内的音箱、交互等娱乐系统、发生紧急事件时的安全气囊、车身运行情况自检系统等等。

图10：构成无人驾驶汽车的主要系统



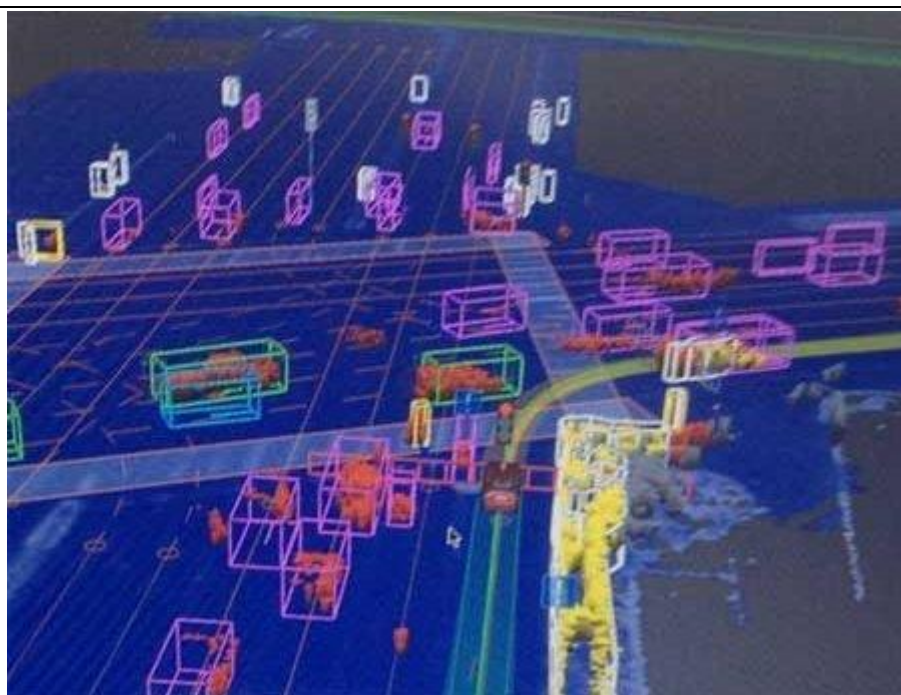
数据来源：广发证券发展研究中心

随着无人驾驶汽车的试验推进，未来其构成系统或将形成模块化的产品，对传统汽车也可以形成加装式改造。例如，Dephi这家美国传感器企业，将其研发的无人驾驶系统装配在奥迪Q5上，近期完成了横跨美国东西海岸的旅程。

感知输入系统中，3D 激光雷达是核心，相机、车载雷达等设备是辅助

无人驾驶汽车的感知输入系统由多种智能装备组成。以谷歌无人驾驶汽车为例：车顶上的3D激光雷达传感器发射64束激光射线，然后激光碰到车辆周围的物体，又反射回来，这样就计算出了物体的距离。这64束激光随着雷达壳体高速旋转，就获得了周围空间的点云数据，根据庞大的点云数据系统可以绘制出3D空间模型。另一套在底部的系统测量出车辆三个方向上的加速度、角速度等数据，然后再结合GPS数据计算出车辆的位置，所有这些数据与车载摄像机捕获的图像一起输入计算机，软件以极高的速度处理这些数据。这样，系统就可以非常迅速的作出判断。

图11：无人驾驶系统绘制出的3D空间模型示意



数据来源：广发证券发展研究中心

谷歌无人驾驶汽车装载了以下智能设备：

（1）**安装在车顶的3D激光雷达**，可以构建周边环境的空间模型。谷歌无人驾驶汽车装载了Velodyne公司的激光雷达传感器。该激光雷达能发出64道激光光束，帮助汽车识别道路上潜在的危險。该激光的强度比较高，能计算出200米范围内物体的距离，并借此创建出三维环境图形。可以认为，激光雷达传感器是谷歌无人车的视觉系统，是自动驾驶系统主要的信息输入来源。

（2）**前置高速相机**，可以清晰有效辨别事物。车头上安装的相机可以更好地帮助汽车识别眼前的物体，包括行人、其他车辆等等。这个相机可以实现识别交通标志和信号。比如说前车的转向灯开启时，谷歌汽车可以相应地做出反应。还有各种的限速、单行道、双行道和人行道标示等等，这些都可以通过谷歌相应的软件进行解读。相机还会负责记录行驶过程中的道路状况和交通信号标志，然后车载软件将对

这些信息进行分析。

(3) **安装在前后保险杠的标准车载雷达**，不受天气光照影响，是行驶安全的有力保障。谷歌无人驾驶汽车的前后保险杠上面一共安装了四个毫米波雷达，这是自适应巡航控制系统的一部分，可以保证谷歌的无人驾驶汽车在道路行驶时处在安全的跟车距离上，按照谷歌的设计，其无人车需要和前车保持 2-4 秒的安全反应距离，具体设置根据车速变化。从而能最大限度地保证乘客的安全。

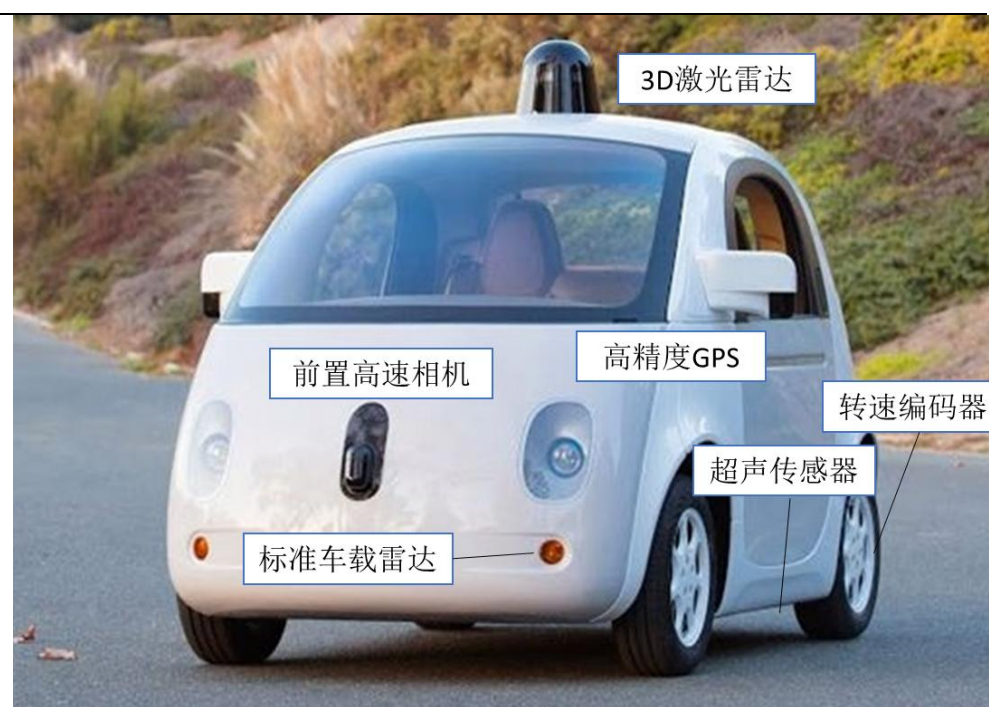
目前，标准车载雷达多采用毫米波雷达，其他也有采用红外线雷达的情况。但是毫米波雷达和红外雷达的共同缺点是对行人的反射效果极弱，因此只能应用于保持前后车距，作为3D激光雷达的辅助。

(4) **高精度GPS，定位车身，规划路线**。无人驾驶汽车充分利用 GPS 技术定位自己的位置，然后利用谷歌地图，可以实现最优化的路径规划。但是，由于天气等因素的影响，GPS 的精度一般在几米的量级上，并不能达到足够的精准。为了实现定位的准确，谷歌需要将定位数据和前面收集到的实时数据进行综合，车子不断前进，车内的实时地图也会根据新情况进行更新，从而显示更加精确的地图。

(5) **安装在底部的超声传感器**，保证车身不发生偏离。后轮上的超声传感器有利于保持汽车在一定的轨道上运行，不至于跑偏。同时在遇到需要倒车的情况时，这些超声传感器还能快速测算后方物体或墙体的距离。还能帮助汽车在狭窄的车位中实现停靠。

(6) **安装在车轮的转速编码器**，获取车辆自身的速度方向信息。转速编码器用来采集车轮的实时转速，以获取无人驾驶汽车的时速、车轮转速、角速度以及惯性等自身速度信息。

图12：谷歌无人驾驶车感知输入系统的主要构成



数据来源：谷歌，广发证券发展研究中心

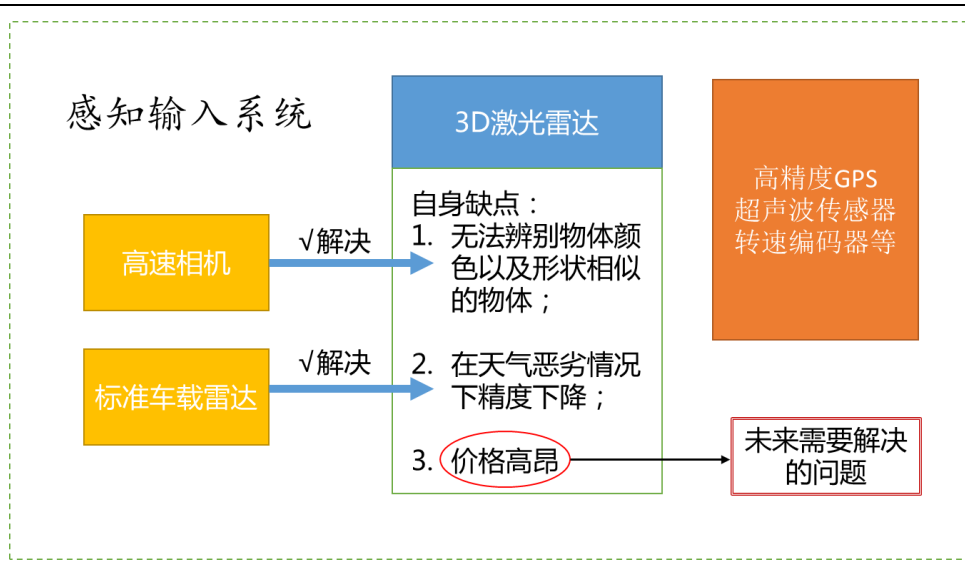
需要指出的是，任何单一设备都无法完全解决无人驾驶汽车的输入感知问题，必须是多设备的密切配合，而同时对多信息来源（包括地理信息系统/高精度GPS）进行处理，对计算机系统的人工智能提出更高的挑战。

图13：感知输入智能设备的作用和优劣势对比

智能设备	作用	优势	劣势
3D激光雷达	构建360°立体空间模型	建立周围立体空间模型，让无人车对周围环境“心中有数”	价格高昂；数据是点云数据，无法分辨形状相似的物体；在大雪、大雨等恶劣天气模型精度会受影响
前置高速相机	识别信号、障碍物	高清图片可以清晰有效辨别事物，识别信号	只能拍摄一个方向的物体；会受到视野范围的影响；会受光照强度的影响
标准车载雷达	测量前后车辆、障碍物距离	不受天气、光照影响，可以探测100米以外物体，是行驶安全的有力保障	行人的反射效果极弱，只能应用于保持车距和倒车
高精度GPS	对车身进行定位	-	-
超声传感器	保证车身不偏离运行方向	-	-
转速编码器	获取速度信息	-	-

数据来源：广发证券发展研究中心

图14：感知输入设备之间的关系

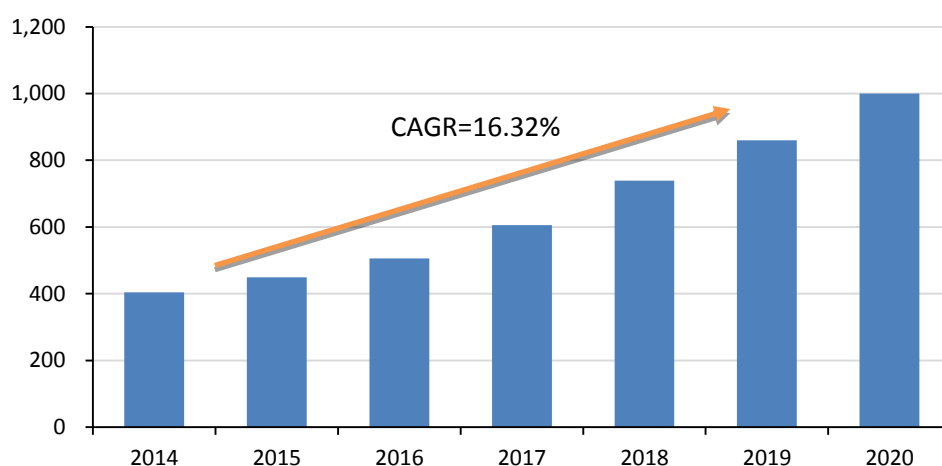


数据来源：广发证券发展研究中心

随着MEMS技术、图像处理算法等技术的应用与创新，以及电子元器件采购成本的下降，激光雷达传感器的趋势是高精度、小体积、低成本，随着技术的发展与革新，激光雷达传感器的成本持续降低，为其应用领域扩展提供有力支持。在2008年，一台3D激光雷达传感器的平均售价为10万美元，重量在15kg左右。而现在一台3D激光雷达的根据性能的不同售价在8,000-100,000美元不等，重量在1-15kg不等。

激光雷达传感器技术作为计算机感知外界地形、障碍的有效工具，正在不断扩展应用领域，如无人驾驶汽车、无人机、生产线自动化、机器人、地形勘探、安防、农业、采矿等领域。根据市场调查公司Markets and Markets的预测，2014年激光雷达传感器的市场空间已达到403.71百万美元，2014年到2020年预计保持16.3%的复合增长率，于2020年将达到10亿美元的市场空间。

图17：激光雷达传感器市场空间预测（百万美元）



数据来源：Bloomberg，广发证券发展研究中心

市场研究公司IHS预测，2035年无人驾驶汽车每年的销量可达1,180万辆，以每台无人驾驶汽车需配备一台3D激光雷达计算，意味着届时每年拥有1,180万台3D激光雷达产品需求，而这1,180万台激光雷达不可能由一家激光雷达生产商提供，利润率较高的3D激光雷达市场会迎来多个参与者。

Velodyne：全球领先的3D激光雷达传感器生产商

美国Velodyne公司拥有全球技术领先的激光雷达传感器，最初的产品源于美国国防部高级研究计划局（DARPA）举办的无人车比赛中的参赛产品。Velodyne的激光雷达传感器可以提供最精确的实时3D数据。现在该公司拥有三个型号的激光雷达传感器产品：HDL-64E、HDL-32E、VLP-16(PUCK)。三个型号的产品体积、重量依次减小，测量能力也依次降低，能够满足不同场合的使用需求。

Velodyne公司的产品售价较高，HDL-64E售价在8万美元左右，能发送64束激光束，可在120m的范围内使用，适用于采矿、地质学研究、测绘、无人驾驶汽车等领域；HDL-32E售价2万美元左右，能发送32束激光束，可在100m的范围内使用，适用于无人驾驶汽车、无人机、测绘等领域；VLP-16(PUCK)售价在三种产品中最便宜，为7,999美元，能发送16束聚光，可在100m的范围内使用，适用于生产线自动化、机器人、无人驾驶汽车、无人机、安防等领域。

图18: Velodyne公司激光雷达传感器产品

			
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：公司官网，广发证券发展研究中心

谷歌无人驾驶汽车采用的就是Velodyne公司的激光雷达HDL-64型。除此以外Velodyne公司还向如 Bing、百度、腾讯、莱卡等知名公司提供激光雷达传感器。

在无人驾驶汽车的研究、设计领域，Velodyne公司的激光雷达被视为最高质量产品，大部分研发团队都选择了该公司的产品作为系统的建模仪器。2015年11月30日在中国常熟的未来智能车辆挑战赛中，参赛队伍一共20支，而其中的17支队伍的无人驾驶汽车使用了Velodyne公司的激光雷达传感器，前五名完成挑战的无人驾驶汽车全部采用的是Velodyne公司的HDL-64型号产品。

华达科捷：依托高精度激光测量技术开展 3D 激光雷达研发

巨星科技拥有常州华达科捷65%的股权。华达科捷主要产品包括各种激光测量仪器和自动激光扫平仪、自动激光投线仪等高精度仪器，工程机械自动控制、工业测定和检测软件，电子水平、倾角传感器和 EMES光电仪器主要组件，高精度仪器配套附件，各种平面和球面以及自由曲面光学元件的设计和深加工服务等。从1996年起公司先后成功研制了自动水准仪、自动投线仪、全自动扫平仪、电子经纬仪、全站仪、GPS测量系统以及激光测绘仪器等系列产品。

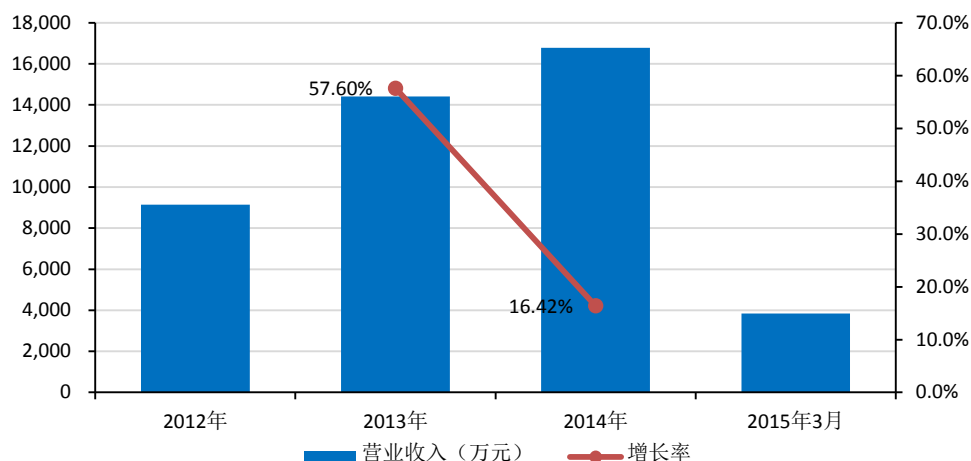
图19：华达科捷的主要产品

	系列产品	主要用途
激光投线仪		施工辅助划线及检测
激光扫平仪		投射一束可视激光束，便于工程人员定位水准高度
电子经纬仪		应用于地籍测量、地形测量和多种工程测量

数据来源：公司官网，广发证券发展研究中心

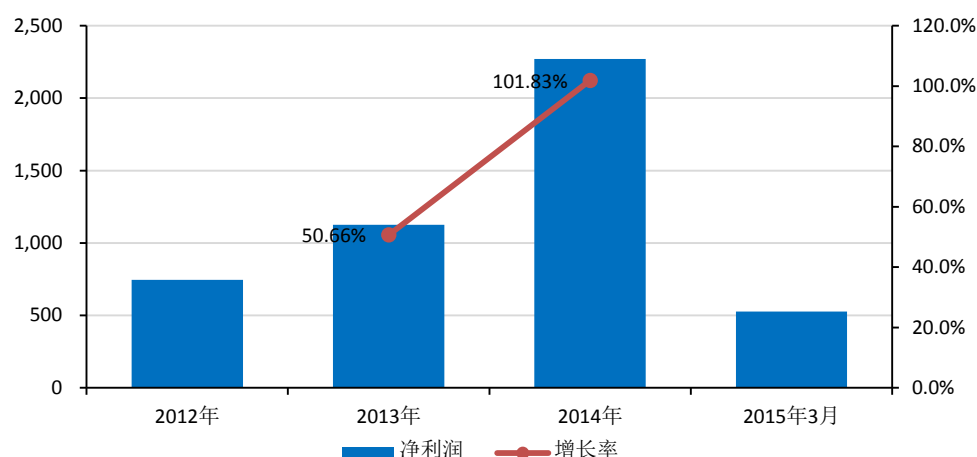
华达科捷营业收入在2012年到2014年分别为9,142.9万元、14,409.2万元、16,774.6万元，于2013年和2014年分别实现57.6%和16.42%的增长。公司净利润从2012年到2014年分别为746.6万元、1,124.8万元、2,270.2万元，于2013年和2014年分别实现50.66%和101.83%的增长。从下游需求和订单形势，我们判断华达科捷今年营业收入将保持平稳增长，利润有望继续实现快速增长。

图20：华达科捷的营业收入（万元）和增长率（%）



数据来源：公司公告，广发证券发展研究中心

图21：华达科捷的净利润（万元）和增长率（%）



数据来源：公司公告，广发证券发展研究中心

目前，华达科捷的经营模式主要以OEM/ODM为主，主要客户和合作伙伴是国际知名的工具和仪器仪表品牌，包括STANLEY（史丹利）、HILTI CORPORATION（喜利得）、LEICA GEOSYSTEMS AG（徕卡测量）、TRIMBLE AB（天宝）、STABILA（西德宝）等世界知名企业。其中，徕卡测量系统公司，是世界著名仪器生产商，年销售额达到10亿美元，专注于棱镜、精密仪器领域的研究与生产，拥有GPS和北斗导航的测量技术，3D激光扫描测量全球领先。喜利得公司，是专业建筑电动工具公司，年销售额达到40亿美元，产品覆盖钻孔与凿破、直接固定、钻石与锚栓系统、防火与发泡填缝系统、安装、定位与螺丝固定系统等，目前正与华达科捷合作开发智能测控装备。西德宝公司则是全球最专业的水平尺公司，与华达科捷成立合资公司——常州华达西德宝激光仪器有限公司，共同开发激光水平仪等产品。

图22：华达科捷主要客户和合作伙伴



Leica（徕卡测量系统），世界著名仪器生产商，专著于棱镜、精密仪器领域的研究与生产。年销售额10亿美元，拥有GPS和北斗导航的测量技术，3D激光扫描测量全球领先。



Hilti（喜利得公司），专业建筑电动工具公司，产品覆盖钻孔与凿破、直接固定、钻石与锚栓系统、防火与发泡填缝系统、安装、定位与螺丝固定系统等，年销售额40亿美元。
与华达科捷合作开发智能测控装备。



Stabila（西德宝），全球最专业的水平尺公司，是木折尺、水平尺、卷尺系列产品在欧洲市场的领导者。大量的创新和专利应用于激光产品、水平尺、卷尺和折尺。
与华达科捷合资成立公司开发激光水平仪等。

数据来源：公司公告，广发证券发展研究中心

华达科捷研发能力突出，现已拥有专利78项，软件著作权2项。公司依托在激光技术和光电一体化技术上的积累，正在研发3D激光雷达，并与巨星集团旗下巨星机器人、杭叉集团AGV部门、国自机器人的巡检机器人业务部门等展开紧密合作。

图23：华达科捷正在研发3D激光雷达



数据来源：公司调研，广发证券发展研究中心

基于未来无人驾驶汽车对于激光雷达的巨大需求潜力，我们认为未来将有更多的企业参与其中，例如，二维激光传感器生产商德国西克（SICK）、日本北阳电机（Hoyuko）以及具备生产3D激光扫描仪技术的徕卡公司都拥有较强的激光技术积累。

投资建议、风险提示

投资建议：我们认为无人驾驶汽车是具有颠覆性的创新，也将标志着人工智能达到新的高度，对其他智能装备的发展形成很好的技术牵引和示范效应，建议高度关注无人驾驶汽车的试验进程。基于激光雷达在其无人驾驶汽车的商业化前景中扮演关键角色，我们建议高度关注在相关领域具有良好技术基础的企业如巨星科技旗下的华达科捷公司，继续给予巨星科技“买入”的投资评级。

风险提示：无人驾驶汽车的技术突破和社会接受进程低于预期的风险；激光雷达等成本下降空间具有不确定性。

广发机械行业研究小组

- 罗立波：首席分析师，清华大学理学学士和博士，4 年证券从业经历，2013 年进入广发证券发展研究中心。
- 真 怡：资深分析师，中国航空研究院燃气涡轮研究所工学硕士、西北工业大学工学学士，5 年证券从业经历，2011 年进入广发证券发展研究中心。
- 刘芷君：资深分析师，英国华威商学院管理学硕士，核物理学学士，2013 年加入广发证券发展研究中心。

广发证券—行业投资评级说明

- 买入：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 10%以上。
- 持有：预期未来 12 个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出：预期未来 12 个月内，股价表现弱于大盘 10%以上。

广发证券—公司投资评级说明

- 买入：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 15%以上。
- 谨慎增持：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 5%-15%。
- 持有：预期未来 12 个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出：预期未来 12 个月内，股价表现弱于大盘 5%以上。

联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市
地址	广州市天河北路 183 号 大都会广场 5 楼	深圳市福田区福华一路 6 号 免税商务大厦 17 楼	北京市西城区月坛北街 2 号 月坛大厦 18 层	上海市浦东新区富城路 99 号 震旦大厦 18 楼
邮政编码	510075	518000	100045	200120
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn			
服务热线				

免责声明

广发证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本报告只发送给广发证券重点客户，不对外公开发布。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券股份有限公司认为可靠，但广发证券不对其准确性或完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券或其附属机构的立场。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

本报告旨在发送给广发证券的特定客户及其它专业人士。未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。