

埃尼阿克

L4级自动驾驶技术及应用场景行业研究报告

2018年

前言



自动驾驶是对出行领域的智能化、自动化升级，目前涉及到相关技术研发的两大阵营分别是以整车厂商为代表的传统汽车势力和互联网公司为代表的新兴技术科技公司。传统势力基于以往产品研发模式逐步实现车辆智能化升级，科技公司则是通过深度学习、高精度传感器直接开发可以实现L4级别自动驾驶的系统。



目前从技术上来讲已经基本上具备了实现L4级自动驾驶的能力，主要是通过高精度传感器+深度学习实现车辆对于周围环境中障碍物的探测，加以识别判断并进行动作决策等，但是由于需要实现L4级自动驾驶的硬件设备如小型高精度激光雷达、算法嵌入式的计算平台等设备还不够成熟，因此当前整套L4级设备还显得庞大笨重且造价昂贵，很像早期实验室中的大型计算机。



由于深度学习只有通过大量数据训练才可以实现对相似目标和道路情况的识别和判断，而由于城市道路交通情况过于复杂，当前L4级自动驾驶系统还难以应付城市开放道路上的的载客运输作业，自动驾驶系统比较适合应用于封闭园区、或点到点线路上的货物运输应用场景，如：港口集装箱运输、干线物流运输、矿区、工业区运输作业等。



未来随着车载技术的进一步成熟以及新技术的应用（如车联网、高精度地图等）。L4级自动驾驶将会最终进入乘用车平台和城市道路环境，自动驾驶汽车在城市环境下最好的应用场景是共享出行领域，预计这将会彻底改变消费者的拥/用车习惯，对传统私家车市场形成巨大冲击，轿车厂商因此会转型布局出行服务市场。

自动驾驶行业宏观情况概述	1
L4级自动驾驶技术及成本分析	2
L4级自动驾驶商业化应用分析	3
行业未来发展展望	4
行业风险分析及投资建议	5

自动驾驶的定义和技术分层

从L4级自动驾驶开始实现系统对驾驶员的替代

自动驾驶是指让汽车自己拥有**环境感知**、**路径规划**并且**自主实现车辆控制**的技术，也就是用电子技术控制汽车进行的仿人驾驶或是自动驾驶。美国汽车工程师协会（SAE）根据系统对于车辆操控任务的把控程度，将自动驾驶技术分为L0-L5，系统在L1~L3级主要起辅助功能；当到达L4级，车辆驾驶将全部交给系统，而L4、L5的区别在于特定场景和全场景应用。本篇报告我们将主要论述L4级自动驾驶系统技术、成本和商业化应用场景。

SAE 级别	名称	定义叙述	对车辆横向及纵向操作控制	环境感知	行为责任主体	场景
主要由人类驾驶员负责对行车环境进行监测						
L0	非自动化 (No Automation)	由驾驶员全程负责执行动态驾驶任务，可能会得到车辆系统警告或其他干预系统的辅助支持	驾驶员	驾 驶 员	驾 驶 员	无
L1	驾驶人辅助 (Driver Assistance)	在特定驾驶模式下，单项驾驶辅助系统通过获取车辆行车环境信息对车辆横向或纵向驾驶动作进行操控，但驾驶员需要负责对除此以外的动态驾驶任务进行操作	驾驶员和系统			特定场景
L2	部分自动化 (Partial Automation)	在特定驾驶模式下，多项驾驶辅助系统通过获取车辆行车环境信息对车辆横向和纵向驾驶动作同时进行操控，但驾驶员需要负责对除此以外的动态驾驶任务进行操作	系统			
主要由自动驾驶系统负责对行车环境进行监测						
L3	有条件自动化 (Conditional Automation)	在特定驾驶模式下，系统负责执行车辆全部动态驾驶任务，驾驶员需要在特殊情况发生时，适时对系统提出的干预请求进行回应	系统	系统	系统	全部场景
L4	高度自动化 (High Automation)	在特定驾驶模式下，系统负责执行车辆全部动态驾驶任务，即使驾驶员在特殊情况发生时未能对系统提出的干预请求做出回应	系统	系统		
L5	全自动化 (Full Automation)	系统负责完成全天候全路况的动态驾驶任务，系统可由驾驶员进行管理	系统	系统		

来源：SAE协会。

自动驾驶产业链

自动驾驶创造机会吸引行业外企业共同参与技术体系研发

自动驾驶涉及到极为复杂的多产业融合，除了传统整车制造以外还涉及到了大量新兴技术，如：人工智能、大数据、物联网等，由于传统厂商难以短时间内形成相关技术研发能力，因此这给予了行业外相关技术企业进入这一巨大新兴市场的绝佳机会。除了新型高精度传感器（Lidar）等Tier2厂商外，人工智能创业公司着手开发自动驾驶算法以及针对特定或通用场景的整套系统解决方案；而互联网企业基于其在数据、资金、行业所拥有的强大综合实力，希望为未来出行领域开发L4、L5平台级自动驾驶系统；传统厂商OEMs、Tier1s也看到了自动驾驶巨大的商业机会，除了通过开发ADAS模块，使其现有产品逐渐获得L1~L3级自动驾驶能力以外，其也通过自建，整体收购的形式组建自己的自动驾驶研发团队，目标是开发适应未来的完全无人驾驶产品。

自动驾驶产业链



传统厂商自动驾驶布局

整车厂商通过加装ADAS模块逐步实现高级别自动驾驶

在本文中，我们主要探讨的是L4级自动驾驶技术及相关的应用场景，想要实现L4级自动驾驶，需要实现车辆在特定场景的运行过程中能够彻底的摆脱驾驶员而独立完成驾驶任务，这对于传感器、数据、计算平台以至于整体系统的性能、冗余度以及可靠性都提出了极高的要求。当前能够实现L4级的高性能的传感器和处理器成本高昂，限制了其在乘用车产品上的应用。而目前已经实现商业化应用的自动驾驶系统产品，主要是主机厂商（OEMs）和一级供应商（Tier1s）在现有的车型上通过添加高级辅助驾驶系统(ADAS)，使其获得L1~L3级部分自动驾驶能力。



通用-凯迪拉克 CT6

- 自动驾驶级别：L2；
- 系统: Super Cruise；
- 基本功能：在封闭的经过测绘的高速公路环境下，可以实现车道维持，并保持与前车距离行驶；
- 传感器：前置摄像头、环视摄像头、车内摄像头、长距、短距毫米波雷达、超声波雷达、GPS/IMU、高精度地图。



Tesla S/X/3

- 自动驾驶级别：L2；
- 系统: Autopilot 2.0；
- 基本功能：在高速公路、车道线清晰的道路上实现:主动巡航、车道维持、主动变换车道、高速公路驶入驶出；
- 传感器：摄像头8个、毫米波雷达1个、超声波雷达12个。



奥迪 A8（全球首台实现L3级自动驾驶）

- 自动驾驶级别：L3；
- 系统: zFAS；
- 基本功能：时速60KM/h以下在高速公路、开放路段和双向高速车道环境下，驾驶员可脱手，系统实现车辆启动、加速、转向及制动；
- 传感器：四线激光雷达1个（**首个商用案例，Ibeo Scala**）、超声波雷达12个、毫米波雷达5个、摄像头6个。

新兴势力自动驾驶布局

通过深度学习算法和高精度传感器实现彻底的无人驾驶

新兴势力包括互联网厂商和科技创业公司（许多人员来自于互联网企业研究机构），主要开发在特定区域内实现完全无人驾驶的无人驾驶技术（L4~L5）。科技公司相较于传统厂商来说优势在于其对于深度学习、神经网络、大数据等先进技术的掌握上，但是其在硬件制造的经验却被传统厂商远远落下，Waymo（Google子公司）曾经主张自己造车，但在2015年后就放弃了这一想法转而与克莱斯勒、丰田等传统车企进行合作，大部分科技公司都采取相同路线。而传统厂商也通过投资收购科技创业团队为自己开发高级别自动驾驶系统（Cruise、Argo.ai）。



Waymo

- 自动驾驶级别：L4
- 成果：Google旗下自动驾驶开发机构，09年开始相关技术研发，在MPD数据上保持第一，目前已在亚利桑那州凤凰城率先实现驾驶座位上无人的开放道路自动驾驶测试
- 传感器：1个长距雷达、1个中型雷达和4个短程雷达，4个毫米波雷达、8个摄像头和1到3台IMU。



Cruise Automation

- 自动驾驶级别：L4；
- 成果：被通用以5.8亿美元收购，在密歇根州开展上路测试，目前正在进行内部无人驾驶载客试验；
- 传感器：5个短程激光雷达、8个毫米波雷达、16个摄像头和1到2台IMU。



Uber

- 自动驾驶级别：L4；
- 成果：6.8亿美元收购Otto自动驾驶卡车公司，其自动驾驶在加州被叫停后又在亚利桑那州发生致死事故，目前其已经终止了卡车项目的投入，全部转入自动驾驶出租车研发中；
- 传感器：1款远程激光雷达、4个毫米波雷达、7个摄像头和一个IMU。

自动驾驶行业宏观情况概述

1

L4级自动驾驶技术及成本分析

2

L4级自动驾驶商业化应用分析

3

行业未来发展展望及风险分析

4

行业风险分析及投资建议

5

自动驾驶整体技术实现层级

自动驾驶系统可以分为感知层、决策层、执行层

L4级自动驾驶系统实现在特定区域内对车辆操作的完全接管，系统需要实现：对周围障碍物的感知、车辆定位以及路径规划（2W1H），实现这些功能需要构建感知层、决策层、执行层这三个层面的技术架构，这三个技术层级分别代表着L4自动驾驶系统的眼和耳、大脑以及手脚。基于当前技术发展情况，我们在本部分主要讨论车辆内部所采用的一些传感器和计算单元。除了本地的传感器和处理器外，系统通过与外部车辆、设施进行信息交互，以及在高精度地图等辅助下可以获得更好的环境感知能力。

自动驾驶技术架构



自动驾驶环境感知传感器（一）

感知层需要对多种传感器进行融合以实现冗余

感知层主要是为自动驾驶系统获取外部行驶道路环境数据并帮助系统进行车辆定位，当前无人驾驶系统中代表性的传感器有激光雷达、摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、GNSS/IMU等，由于其工作原理、技术特性各不相同决定其适用的应用场景各异，所以当前大部分车辆都是采用多种传感器相融合的方式以应对各种可能发生的情况，保证系统冗余。

	优点	缺点	范围	功能
	激光雷达 精度高、探测范围较广、可以构建车辆周边环境3D模型	容易受到雨雪雾等恶劣天气影响，技术不够成熟，产品造价高昂	200米以内	障碍物探测识别 车道线识别 辅助定位 地图构建
	摄像头 可对物体几何特征、色彩及文字等信息进行识别，可通过算法实现对障碍物距离的探测，技术成熟成本低廉	受光照变化影响大，容易受到恶劣环境干扰	最远探测范围可超过500米	障碍物探测识别 车道线识别 辅助定位 道路信息读取 地图构建
	毫米波雷达 对烟雾、灰尘的穿透能力较强，抗干扰能力强，对相对速度、距离的测量准确度非常高	测量范围相对Lidar更窄，难以辨别物体大小和形状	200米以内	障碍物探测（中远）
	超声波雷达 技术成熟、成本低，受天气干扰小，抗干扰能力强	测量精度差、测量范围小、距离近	3米以内	障碍物探测（近距）
	GNSS/IMU 通过对卫星三角定位和惯性导航进行结合实现对车辆进行定位	容易受到、城市建筑、隧道等障碍物的干扰使得测量精度大打折扣	广域 高精度定位保持在10米以内	车辆导航、定位

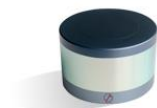
来源：《第一本无人驾驶技术书》。

自动驾驶环境感知传感器（二）

车用摄像头产品对比车用激光雷达产品更加成熟

激光雷达发展始于上世纪70年代，主要应用于军事、航空航天、测绘等领域，主要可以实现测距、定位、环境监测、以及动态、静态3D环境模型的构建。车用激光雷达起步较晚，目前产品不够成熟面临多重问题需要克服，如：能够搭载在车上的产品有效测距较短；产品固态化、小型化技术不够成熟，难以满足车辆要求；配套产业链尚未成熟，难以实现量产；由于产量少，产品售价高昂（Velodyne HDL-64售价高达7.5万美元）。相比之下，由于在消费电子领域多年发展积累，摄像头在技术（成像效果、产品小型化）、产业链方面（成本控制）均比较成熟，而且在探测距离、价格方面亦有明显优势。最新开发的产品即使是在外部光线条件不佳的情况下也能够给出较好的成像输出。

车用激光雷达产品需要针对车规要求进行重新设计，产业链不成熟



	测绘用激光雷达	车用激光雷达
测距	>1000m	<200m
精度	5mm	20mm
重量	10kg	1kg
价格	百万元	万元

专业的车载摄像头产品已经可以实现很好的成像效果及环境适应力

最新款专业摄像头成像效果



普通摄像头成像效果



强光

弱光



自动驾驶环境感知传感器（三）

激光雷达未来将朝向小型化、电子化、固态化发展

虽然车用摄像头产品已经很成熟，但激光雷达在L3级以上的自动驾驶系统中是不可或缺的，因为激光雷达可以生成车辆周边环境的3D模型，为系统提供深度的环境数据，而且其在车辆定位中也扮演着重要的角色。

激光雷达能够发射的激光线束越多，其所能提供的探测精度和探测距离越好，但价格也越昂贵，如高速公路场景一般需要激光雷达能够发射100线束以上；但针对一些中低速场景，也可采取多台低线束激光雷达以规避高昂的成本。

目前机械式激光雷达体积庞大、结构复杂，成本高昂，难以满足车辆使用要求，多家厂商正在着手研制半固态、固态激光雷达，以实现产品小型化、轻量化方向发展，随着未来相关技术进一步成熟，产品实现量产，成本有望降至千元级别。

传统产品机械结构复杂、产品需要人工调教、产品成本高、制作周期长，量产困难

采用3D-Flash、MEMs、OPA等技术，实现产品小型化、轻量化，并逐渐实现量产并降低成本

Velodyne

代表性产品：
HDL-64



性能：
探测距离：120m；
角度（垂直/水平）：26.8°/360°；
测量精读：2厘米；
垂直角分辨率：2°；
造价：近8万美元；

Velodyne HDL-64是一款极具代表性的机械式多线束激光雷达产品，多家厂商采取其产品作为主探测器，其产品具有测量范围广、精度高等特点，但是体积庞大、造价高限制了其量产。

Ibeo

代表性产品：
SCALA



性能：
探测距离：150m；
角度（垂直/水平）：3.2°/145°；
测量精读：<0.1m；
垂直角分辨率：0.25°；
造价：250美元；

SCALA是Ibeo和Valeo合作研发的一款混合固态激光雷达，发射4~8条激光线束，主要应用于L4级别以下的自动驾驶系统，SCALA造价仅为250美元，目前是唯一一个满足了车规要求并已经实现量产的产品。

北科天绘

代表性产品：
C-Fans



性能：
探测距离：200m；
角度（垂直/水平）：30°/150°；
测量精读：<2厘米；
垂直角分辨率：0.23°~ 0.46°；
造价：超过10万元；

北科天绘 C-Fans 128线激光雷达是一款混合固态激光雷达，其横向扫描范围达到150°，其中70°的激光线束达到128条测量距离可以达到200m，完全可以满足高速公路上的自动驾驶车辆对于探测距离和精度的要求。

Quanergy

代表性产品：
S3



性能：
探测距离：150m；
角度（垂直/水平）：10°/120°；
测量精读：<4厘米；
垂直角分辨率：0.1°；
造价：500~250美元；

S3是一款纯固态激光雷达，其采用了光学相控阵技术，不需要机械旋转部件，只通过改变电子信号设置即可改变激光发射角度，该套方案大幅降低了产品成本。但有消息传出目前产品研发进度缓慢，距离产品成熟还较远。

自动驾驶计算决策层

IC公司和Tier1大力投资研发布局该领域

目前自动驾驶厂商传感器搭配基本趋同，而决定L4级自动驾驶落地的时间快慢更多的是取决于系统的决策环节，包括相关算法和计算平台。我们知道传感器每秒钟都会产生大量数据，计算平台需要有能力在极短时间内对大量的数据进行处理、分析并给车辆执行层下达操作指令以保证自动驾驶车辆的安全行驶。自动驾驶专用计算平台需要能够融合多种专用芯片和处理器，技术门槛极高，当前各大科技公司、Tier1都在布局该领域的技术研发，尤其是专业芯片环节具有极高的技术门槛，如Intel收购Altera（FPGA）、Movidius（视觉处理芯片）和Mobileye。目前由于产量少、造价高昂，当前一台计算平台的售价都在几万元甚至是十几万元，随着未来量产，成本有望降至万元以下。

各厂商开发的一栈式自动驾驶计算平台产品

厂家	计算平台产品	结构&功能	成本
Audi、Delphi	zFAS	交通信号识别、行人检测、碰撞预警、光线探测、车道线识别（Mobileye EyeQ3）；驾驶员状态检测、360度全景（Nvidia）；目标识别融合、地图融合、自动泊车、预刹车、激光雷达、传感器数据处理（Intel-Altera Cyclone V）；系统运行状态、矩阵大灯（Infenion-Aurix TC297T）	
Delphi	CSLP	多传感器数据融合（MDC）；地图生成（Mobileye REM）；路径规划、仿人驾驶策略（Ottomotika、Mobileye EyeQ4/Q5 REM）；控制模块（Delphi）	5000美元
NXP	Bluebox	分析周边路况、评估风险因素、指示汽车行为（NXP S32V视觉处理器+LS2088内嵌式计算处理器）	
Nvidia	Xavier	8*Nvidia Custom ARM；Xavier Volta iGPU(512 CUDA core)	1~2万美元

L4级自动驾驶系统组建

目前行业并无统一的最优系统组建方案

根据我们与行业内部分无人驾驶整体解决方案提供商的交流，目前各家厂商并无最优、唯一的L4级系统组建方案，每家在搭建自己的自动驾驶系统时都会根据不同的应用场景去选择不同的传感器配置方案，且由于当前上游厂商产品也处在快速迭代过程中，因此厂商也在尝试搭配选择不同的上游厂商所提供的产品。整体系统的造价和性能都在短时间内（季）快速迭代。

各厂家L4级自动驾驶硬件配置方案

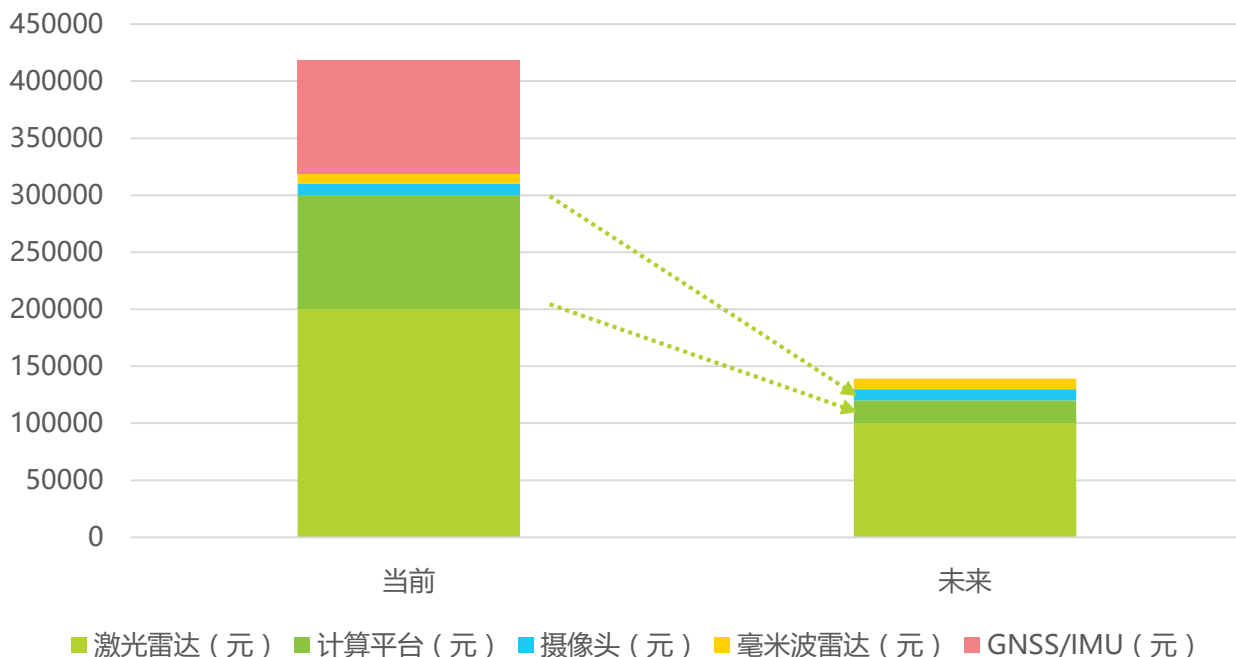
硬件设备	Waymo自动驾驶乘用车	Pony. Ai 自动驾驶乘用车	Embark自动驾驶卡车	TuSimple 自动驾驶卡车
摄像头	8台	6台	5台	10台
激光雷达	1台长距激光雷达 1台中距激光雷达 4台短距激光雷达	1台32线激光雷达 2台16线激光雷达	3台长距激光雷达	2台32线激光雷达 1台4线激光雷达
毫米波雷达	4台	3台	3台	3台
计算单元		工控机		Nvidia Xavier
其他	1~3台GPS/IMU	1台GPS/IMU		

当前L4级自动驾驶系统硬件成本高昂

随着产业链成熟和产量提升硬件成本有望实现大幅下降

目前大体上实现L4自动驾驶的硬件设备一般包含：6~12台摄像头、3~12台毫米波雷达、5台以内的激光雷达以及1~2台GNSS/IMU和1~2台计算平台（不同方案会选择不同侧重的传感器）。当前一整套L4级自动驾驶系统硬件成本还比较昂贵，整体基本在50万元左右甚至更高，而未来随着资本、研发的不断投入，自动驾驶产品逐渐落地、配套产业链逐渐成熟，预计整套系统硬件成本会在1~2年左右降至10~20万元，并最终有望控制在10万元以内。

当前L4自动驾驶系统硬件成本达到40~50万元甚至更高，未来1~2年随着上游研发、资本的不断投入以及配套产业链逐渐成熟，预计整体系统成本有望下降至10~20万元



自动驾驶行业宏观情况概述

1

L4级自动驾驶基数及成本分析

2

L4级自动驾驶商业化应用分析

3

行业未来发展展望及风险分析

4

行业风险分析及投资建议

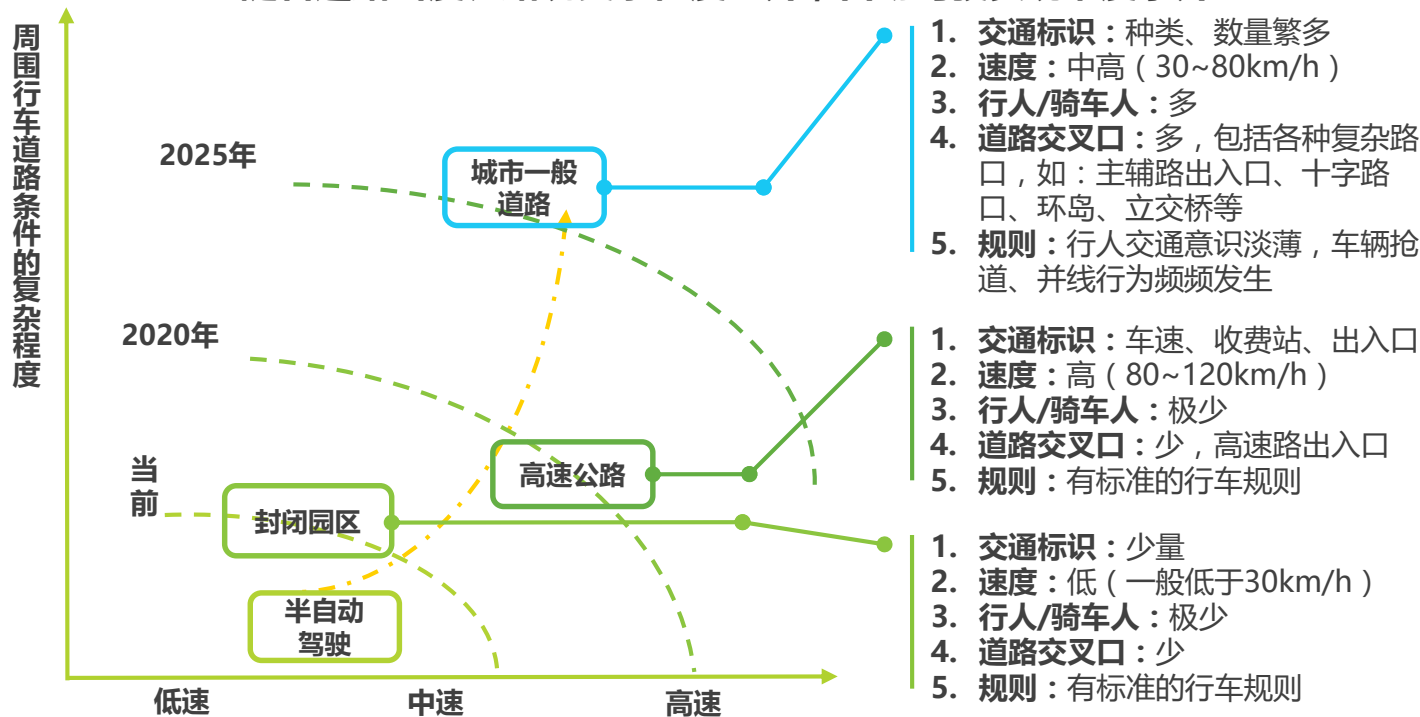
5

L4级自动驾驶商业化应用落地时间表

更容易在封闭园区、高速公路等简单道路环境中落地

如我们之前所提到的，现在带有半自动驾驶功能（L3级以下）的产品已经有部分产品开始落地，而目前已知的L4级自动驾驶项目都还处在测试阶段，但18年、19年将会有多个应用于特定场景下的L4自动驾驶商业化项目逐步落地，从实现难度上来看，L4自动驾驶会率先出现在行驶条件相对简单、容错率较高的某些特定的封闭园区内，作为专用车或者某种商用车辆而使用；但在高速公路、城市一般道路环境下，由于道路复杂程度远高于封闭园区，在该环境下实现中驾驶商业化应用难度将会非常高。

随着道路密度、路况复杂程度上升，自动驾驶实现难度攀升

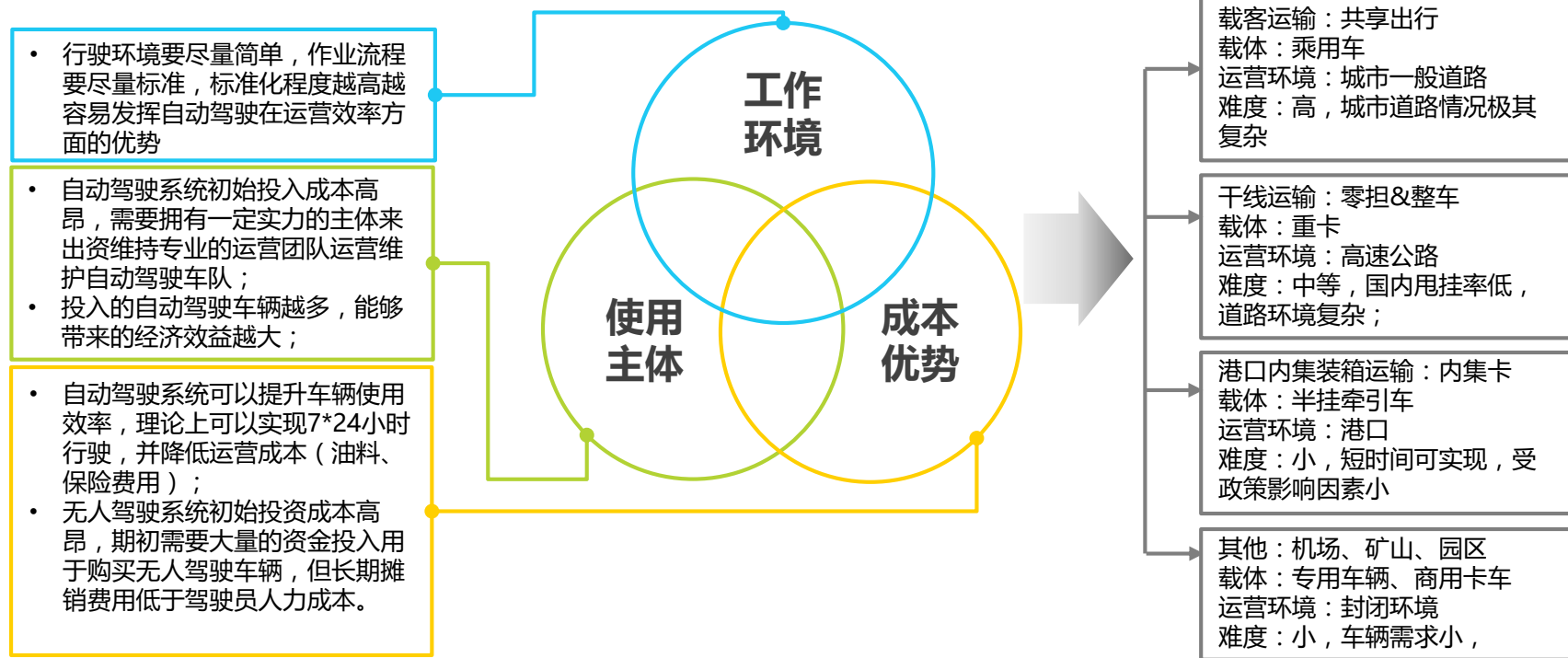


来源：《深入理解ICT与自动驾驶》&艾瑞咨询专家访谈。

L4级自动驾驶商业化应用场景分析

初期高投入换取后续人工费用降低和运营效率的提升

L4级自动驾驶技术是指在确定的区域范围内实现系统对车辆的完全接管，在考虑适合L4级自动驾驶的商业化应用场景时，我们应该综合考虑以下因素：1、当前系统还不够聪明，难以应对过于复杂的道路环境；2、当前L4级自动驾驶硬件成本依然高昂，甚至比车辆自身成本还高，虽然未来成本有望下降，但依然会达到10万元左右，过高的成本导致其可能并不适合应用于私家车；3、L4级自动驾驶系统最大的优势就在于对驾驶员的完全替代，在考虑人力成本愈发高昂的当下，这可以节省大量的人力成本；4、系统在运营时间、运营效率等方面的表现都要优于人类驾驶员。因此在考虑L4级自动驾驶应用场景的时候需要综合考虑多方面因素。

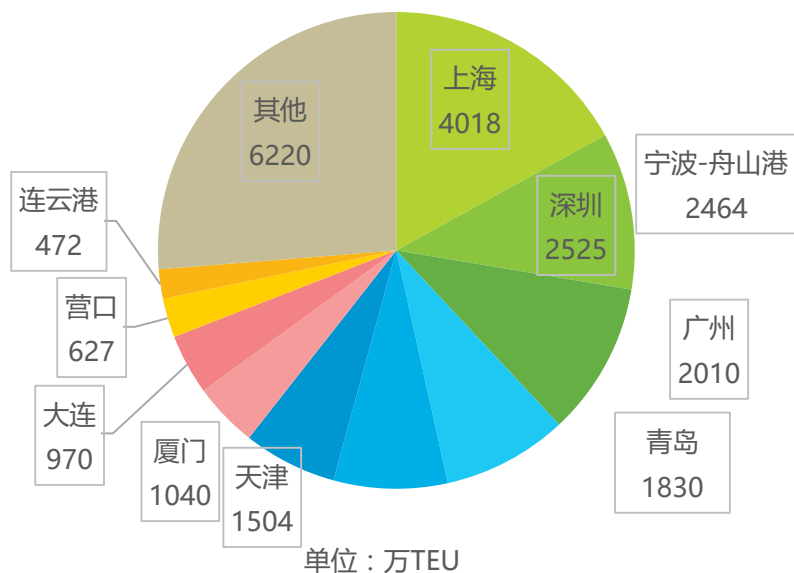


我国港口经营面临由注重吞吐量转向提高服务质量

港口是贸易往来中的重要节点，90%的进出口物资是通过海运并经港口实现的。目前全球前20大集装箱港口中中国占其中一半，前10大集装箱港口中有7个来自中国。随着集装箱船舶大型化、经营联盟化、班轮公司集中度急速提升这一趋势，对大型枢纽港提升码头服务能级、效率和质量、进一步优化资源配置、降低口岸综合成本等都提出了更高的要求；此外港口管理还面临廉价劳动力供给下降，随着工人健康意识的提升，新一代的劳务人员对于传统的工作模式变得难以适应，在未来港口将会面临着用工荒和用人成本大幅上升的情况。

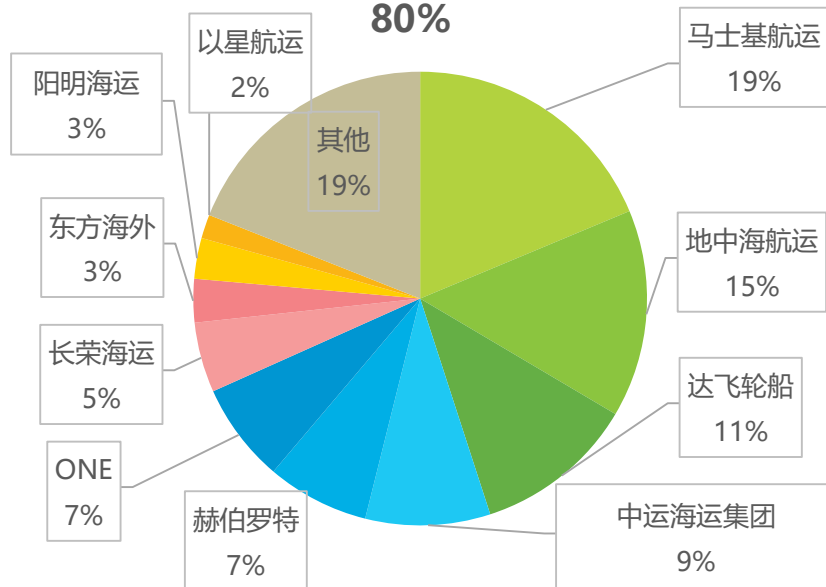
港口的发展模式正在从传统的单纯注重通过能力和吞吐量，转为口岸效率、服务质量、综合物流、科技创新和可持续发展等方面的全面竞争，港口管理集团在未来的发展过程中可通过引入无人岸桥、自动驾驶内集卡等设备以上发展目标。

2017年我国主要集装箱港口吞吐量



来源：Wind 行业数据库。

2017年前十大班轮公司运力占比超过全球运力总额的80%

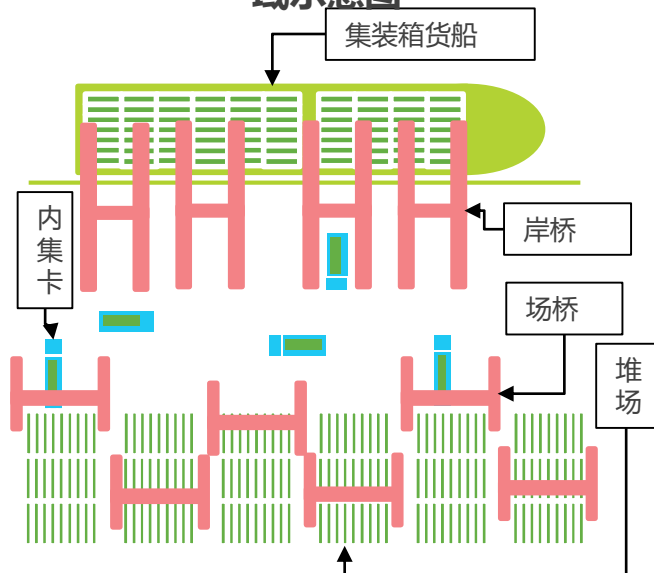


来源：Wind行业数据库。

L4级自动驾驶在港口自动化改造方案中比AGV更有竞争力

目前国内多个港口探索通过自动化改造提升集装箱运输效率和服务质量，如上海港洋山四期全自动化港口，7个集装箱泊位，共集成了26台岸桥、120台轨道吊和超过130台AGV，设计目标将实现集装箱吞吐630万TEU/年，自动化改造提升了港口的工作效率，同时为港口节省了极大的人力成本。其中，洋山四期采用AGV代替了内集卡（内集卡主要是负责在岸桥（岸边起重机）和场桥（堆场起重机）之间的运输任务）。但AGV价格昂贵，且前期需要对车量运行区域预埋导航设备，如需路线更改，则需要重新铺装导航设备；相比之下由于L4自动驾驶卡车是基于成熟卡车平台建造，成本相对低廉，且由于其导航方式不需要对港区进行基建改造，相比起AGV方案有投入少、运行灵活、适用面广等优点。

集装箱港口疏运和内集卡运行区域示意图



优势

AGV方案



- AGV技术始于上世纪50年代，目前已经被广泛运用于生产制造、仓储、物流等场景，技术相对成熟；
- 基于特殊的平台设计制造，产量少，单车制造成本在400万/台，而售价高达500~800万/台；
- 导航方式多为电磁导航、磁带导航等方式，需要前期在运行区域铺设磁钉、磁带等导航设备，投入大，且不适于老港改造。

劣势

L4自动驾驶方案



- 基于成熟的卡车底盘改造而来，单车改造成本仅为20~50万元；
- 车辆采取传感器+高精度地图自主导航，无需提前在港区埋设磁钉等导航设备，既可应用于新港，又可应用于老港；
- 目前缺少成熟的商业化应用案例。需要进一步验证并测试无人驾驶车辆在港口的运行效果。

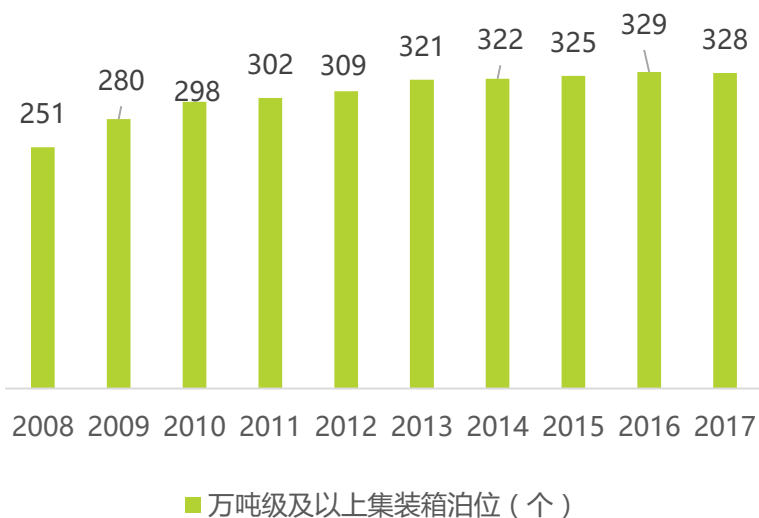
港区物流运输场景

细分市场空间有限但实现难度较小

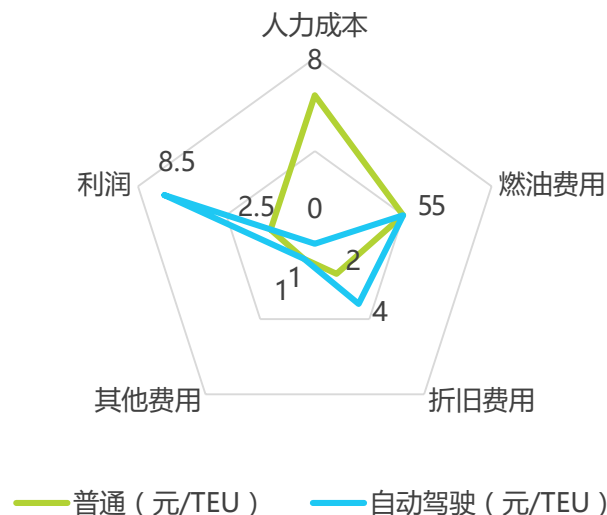
截至2017年末，全国共拥有生产码头27578个，万吨级及以上泊位2366个。在万吨及以上泊位中，集装箱泊位共328个。以洋山港四期为例，其共有7个集装箱泊位，配置有130台AGV，若我们假设同样数量L4自动驾驶内集卡运输效能等同于AGV的话，则按该比例我们可以推算得出，全国现有集装箱码头数量若全部进行内集卡自动化升级改造则需要6091台内集卡，若每台的改装费用为20万元，则改装市场空间为12.18亿元。

在码头场景应用自动驾驶卡车难度较小，原因在于，码头场景相对封闭，运行区域规范整洁，适合于L4自动驾驶系统运行；虽然内集卡自动化升级需要一定成本，而国内的干线枢纽港出于在未来行业竞争中能够处于有利的竞争地位，有动力去对港口设施进行信息化、自动化升级改造；此外，自动驾驶内集卡可以节省8元/TEU的人力运输成本，并使得利润提升2.4倍。

2008-2017年全国万吨及以上集装箱泊位



自动驾驶内集卡使每集装箱运输利润提升3.4倍



干线物流运输场景

中国公路物流运输行业集中度较低行业未来面临整合

中国公路运输总量占整体物流总量的70~80%，地位及其重要，但物流成本占GDP总量的16%，远高于欧美发达国家10%的水平。中国物流行业存在着小、散、杂等特点，90%的承运商单位都是中小运营商，个体车队占63%，行业集中度低、竞争激烈、行业利润率低。未来随着政策趋严导致的行业门槛提升以及当市场达到一定的饱和度时，行业将会进入整合并将淘汰效率低的小企业，集中度进一步提升，在未来行业竞争中行业龙头企业胜出的关键因素是要能够满足客户多元化需求，为客户提供透明、高效、标准化、低成本的服务。



当前中国公路物流行业效率低

	中国	欧美
物流费用占GDP	16.0%	10.0%
物流成本占物价	20%~40%	10~15%
企业平均车辆保有量	1.9	94.8
卡车日行驶里程（公里）	300	1000
平均行驶速度	58公里/小时	78公里/小时

规模化
标准化
信息化发展

专线运输：区域性家族式企业为主，创立门槛低、规模较小，主要经营成熟货源地之间的业务；

联运运输：规模型企业，全国性网络化运营，需要自建网点、仓库，进入门槛较高；

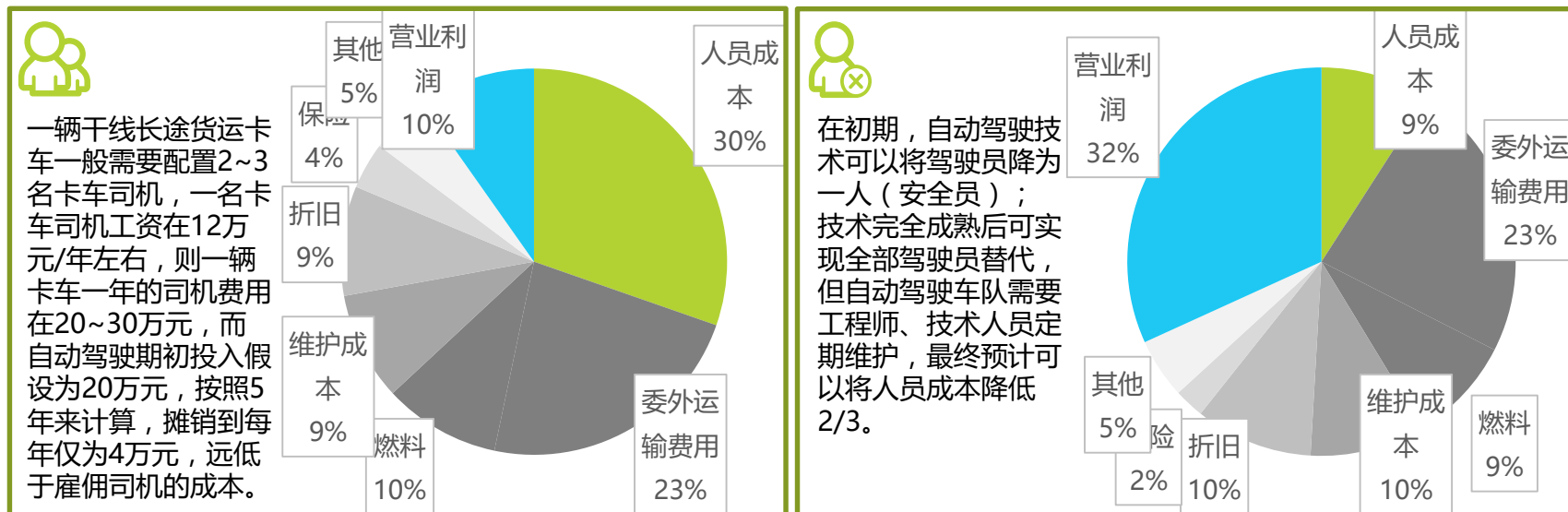
卡车航班：在联运模式基础上将传统的运输时间由3~4天缩短至次日到达的水平，接近航空货运的时效，对于物流企业货物调度、运力调配有极高的要求，运输一般采取甩挂形式，保证“挂停车不停”，但由于行业标准不统一，企业众多，甩挂模式推广速度缓慢。

L4级自动驾驶技术助力综合物流龙头企业降低运营成本

人工费用及运输成本费用是物流运输公司最主要的成本，如国内公路物流上市公司标的“德邦股份”2017年年报显示人工费用和运输费用分别占公司营业成本的45.12%和37.51%。尤其是人工费用，随着未来中国人口红利逐渐消失，社会劳动力成本进一步上升，将会对物流公司的利润水平造成巨大的压力。

L4级自动驾驶技术可以有效降低公路物流公司对于卡车司机的需求——尤其是在干线运输环节，根据我们的调研，业内人士认为人工成本因为自动驾驶技术的引入可以下降2/3，此外，预计自动驾驶技术在固定线路上可以实现最有效率的驾驶方式，并极大地降低交通事故的发生概率，因此燃油费用和保险费用也会因此相应下调，最终由于引入自动驾驶系统整体利润率可实现近3倍的增长。

自动驾驶技术通过降低人力、燃油、保险费用而提升公路物流企业营业利润



来源：《Freight Transportation-Trucking & Logistics: An Intelligent Revolution is Coming》- Morgan Stanley；艾瑞咨询专家访谈。

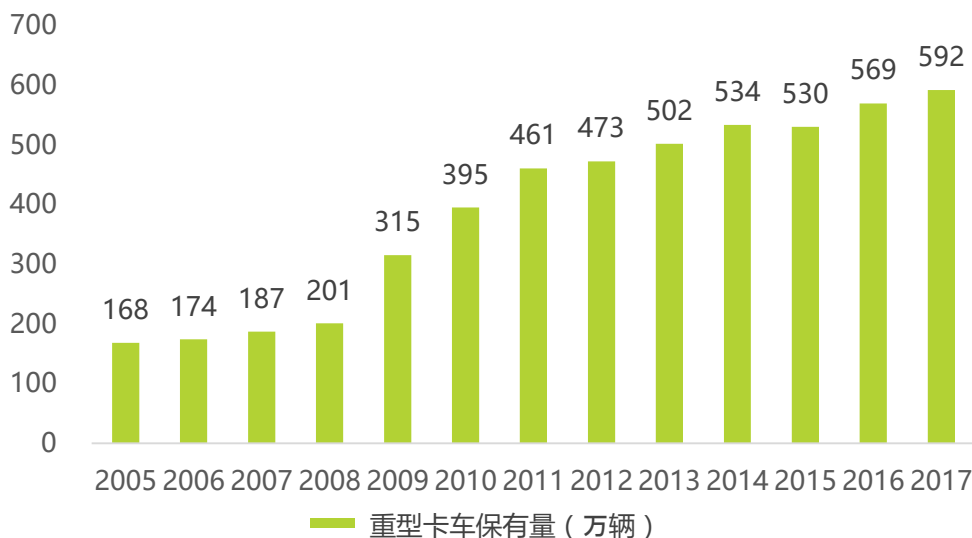
干线物流运输场景

干线运输行业规模庞大，但技术渗透尚需解决行业问题

中国有近1500万辆公路货运车辆和3000万名货车司机，而当前自动驾驶技术比较适用于干线运输这一细分场景，主要原因在于干线运输行驶场景主要为高速公路，高速公路相比起城市主干道来说，行人、骑车人数量较少，复杂的道路路口、交通指示灯等设施相对较少，系统对道路上车辆行驶轨迹更好进行预测。因此，在测算市场规模上我们主要关注重型卡车（干线运输）领域，国内重卡保有量近600万辆，按比例推算对应司机数量应该在1200万名左右。假设每辆车的改装成本在20万元，则这是一个近1.2万亿的存量市场。

虽然干线物流运输拥有较大的市场空间，但是行业中所遗留的一些历史问题阻碍了自动驾驶技术的推行，如甩挂模式推行困难，单车在运货到站后到再装满货物离站往往需要等待1~2天；此外，自动驾驶汽车能否正式上路运行最终还要通过政府相关部门的审批。

2005-2017年中国重型卡车保有量数据



L4级自动驾驶干线物流运输场景应用阻力

公路运输行业甩挂率低所导致的运输车辆运行效率低下

- 行业小散杂，配套管理政策不完善；
- 场站建设不完善，标准不统一；
- 货源调度及分配效率低；
- 货车种类繁多、生产标准（鞍座）不统一；
- 挂车数量不足，非机动车属性及所有权问题。

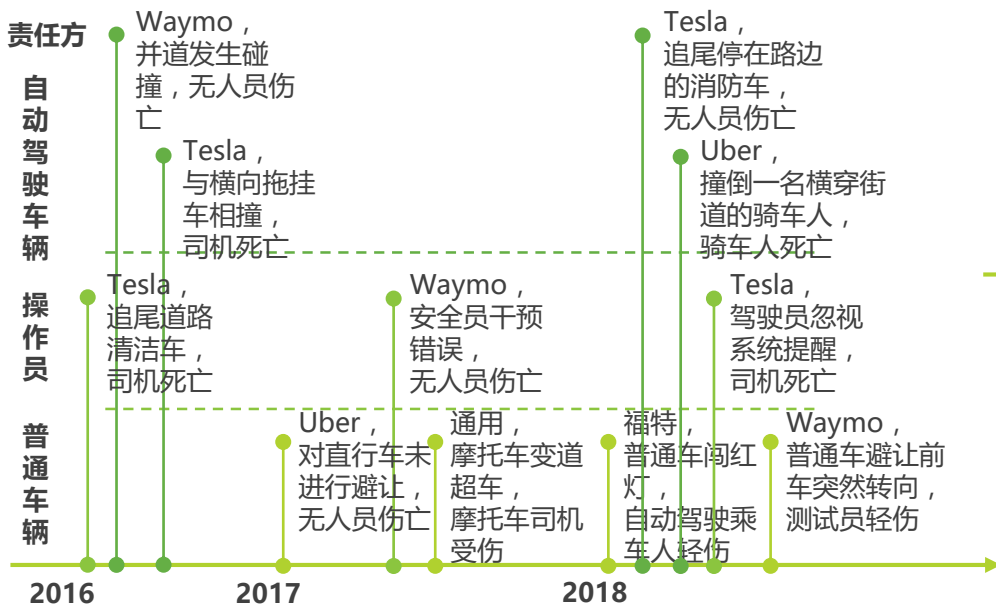
无人驾驶车辆在高速公路上运行的配套政策制定

- 目前政策更多是集中在自动驾驶汽车道路测试阶段，距离开放道路商业化运营尚远，开放路段点对点无人运输需要特事特议，不确定性较大。

当前L4级自动驾驶落地城市一般道路应用场景困难较大

目前自动驾驶汽车进入城市一般道路应用场景难度还是比较大，即使是目前技术最领先的Waymo（MPD数据排名第一），在其测试的凤凰城地区也经常会有当地居民抱怨Waymo测试车在道路上的表现过于呆板。如果想要自动驾驶汽车在城市场景应用，可以选择某些低速、固定线路的应用场景，如：1、固定区域低速场景：最后一公里低速物流车、道路清洁车等市政车辆；2、在开放道路固定线路上行驶的公交车，其类似于轨道交通车辆，运行线路固定，道路情况虽然比较复杂，但是车速不快，还可以采取在车辆外安装LED信息告示板主动向车辆周边的行人和车辆告知自动驾驶车辆的下一步动作而避免可能发生的事故。此外，载客相比起之前我们重点分析的载货场景，还需要考虑乘客的搭乘体验，这对车辆控制算法有更严格的要求，因此技术难度更大。

自动驾驶系统对于复杂场景应对能力尚且不足



部分低速固定路线应用场景



来源：公开网络渠道信息。

自动驾驶行业宏观情况概述

1

L4级自动驾驶基数及成本分析

2

L4级自动驾驶商业化应用分析

3

行业未来发展展望及风险分析

4

行业风险分析及投资建议

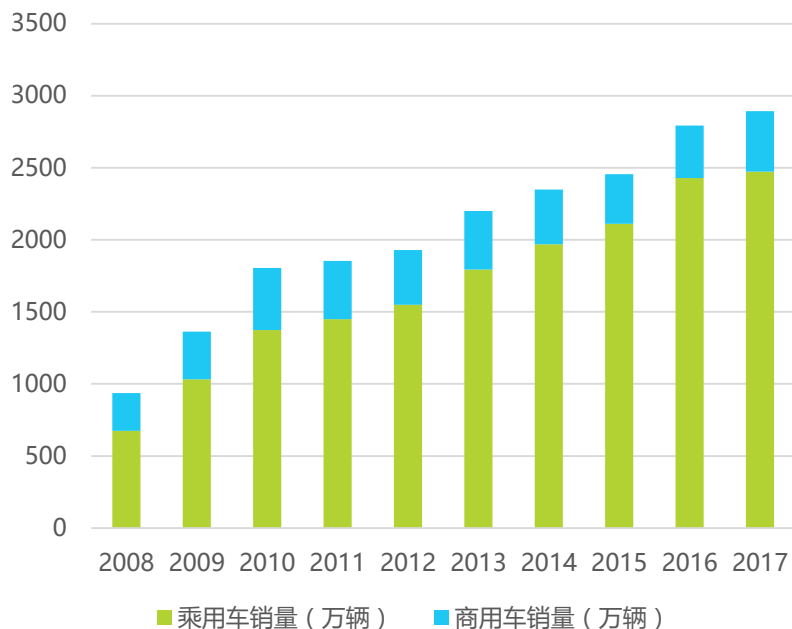
5

L4级自动驾驶市场走向成熟

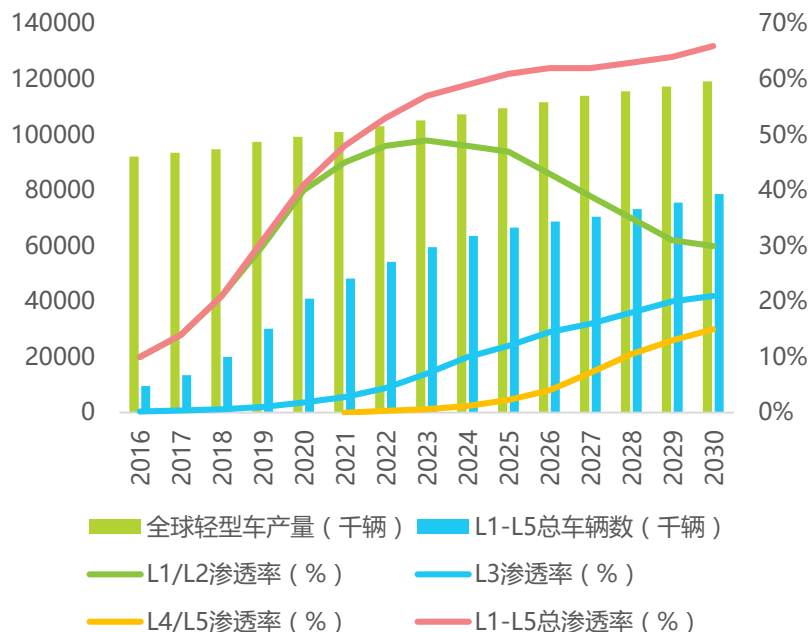
当L4级自动驾驶进入乘用车平台时意味着行业高增长的到来

如我们前文分析的，当前限于数据量、技术等因素的限制，短时间内L4自动驾驶主要的应用场景还是在封闭园区或点到点固定线路的物流运输作业上，主要是应用在商用车平台上，平台和应用场景对于技术的要求相对宽松。而随着技术及配套政策的进一步成熟，L4自动驾驶最终会进入乘用车平台，乘用车应用场景是2C市场，空间将远大于商用车市场（我国自2014年后，乘用车年销量基本超过商用车销量的5倍）。而当L4自动驾驶技术进入乘用车平台时将意味着新技术对于传统整车厂商和行业的颠覆和变革，包括产业链结构、自动驾驶场景下的新兴技术应用和下游应用场景的改变。

2008-2017年中国乘用车&商用车销售量



2016-2030年全球汽车市场自动驾驶渗透率预测



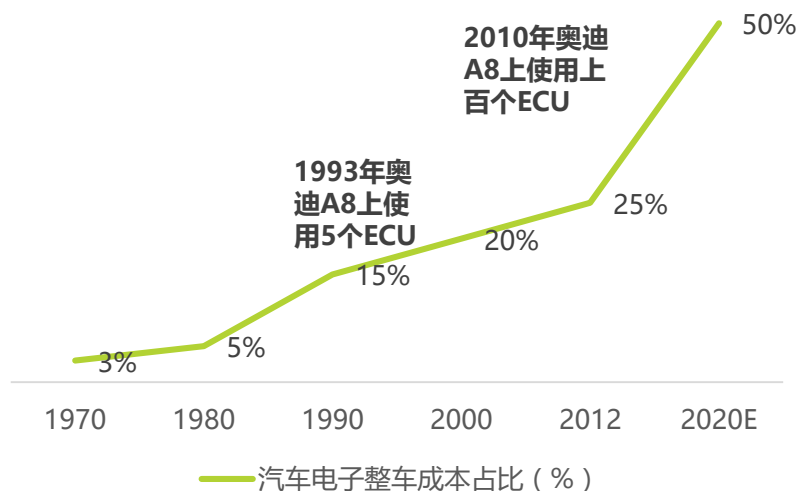
汽车将朝向电子化方向发展

伴随电子化率提升汽车价值核心从硬件转向软件

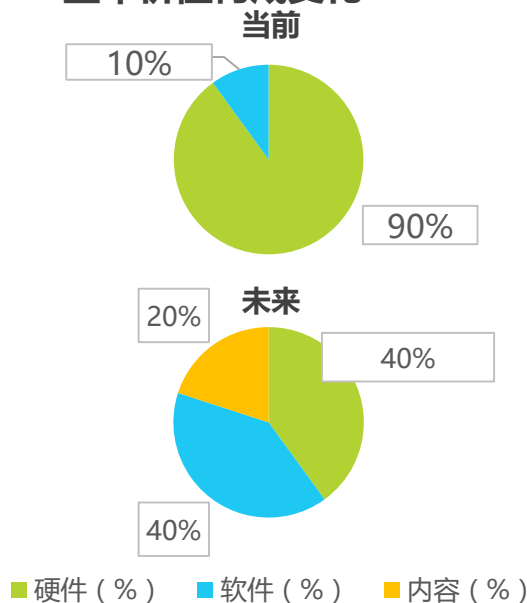
随着自动驾驶技术的发展，汽车计算单元将会由分布式转为集中式设计，自动驾驶系统将会整合更多的传感器、处理器、芯片、通讯模块等电子元器件并进行统一的数据处理，整车成本中电子元器件占比将会被大幅提升。

此外，当前普通汽车中软件设计相较于3C产品比较落后而且在车辆全生命周期中无法得到任何的线上更新，手机、电脑的产品更迭周期在12~24个月，汽车产品的更迭周期却是3~5年，而未来随着汽车电子化、智能化、联网化发展，人们在汽车上将会获得如使用手机或笔记本电脑一般的使用体验，通过OTA技术，车辆可以通过线上实现数据和系统的更新和迭代。因此，未来汽车产品的核心价值将会从传统的硬件更多转向软件。

汽车电子整车成本占比



整车价值构成变化



汽车行业结构变革

传统汽车厂商加大对上下游投资布局避免发展成为代工厂

伴随着自动驾驶技术的发展，当L4级自动驾驶逐渐渗透进入乘用车平台时，相关新兴技术的引入和商业化应用场景的变化将会造成整体汽车行业产业结构的剧变，正如我们之前分析的，汽车的硬件制造将会被大大削弱，而且自动驾驶在未来有可能会颠覆人们的出行模式和汽车属性。实际当前各大汽车巨头已经注意到了行业变化趋势并开始提前布局以应对未来的行业变化，我们当前能够看到汽车整车厂商主要布局下游共享出行行业和上游核心技术厂商以及地图数据厂商。此外，除了传统汽车厂商以外，半导体巨头也看好该领域并通过自研或收购汽车电子（芯片）提前布局进入汽车行业。

传统汽车厂商布局自动驾驶关键技术及下游出行服务厂商

整车厂商	技术联盟/技术投资	出行领域
宝马	宝马-英特尔-大陆-德尔福-Mobileye 宝马-百度阿波罗联盟 HERE Map	Scoop、DriveNow
大众	大众-英伟达-博世-大陆-AQUANTIA DFKI; HERE Map	Gett
戴姆勒	Momenta ; Here Map	MyTaxi、rideScout、 Car2Go、Blacklane
通用	Cruise Automation ; Strobe	Lyft ; SideCar
福特	Argo.ai ; Velodyne ; Civil Maps Niernberg Neuroscience	Lyft
沃尔沃	沃尔沃-英伟达	Uber
丰田	丰田-英伟达 丰田-Google	Uber

互联网布局平台，半导体厂布局汽车芯片

科技公司	联盟/布局
谷歌	投资Uber，并与Lyft展开合作 与菲亚特-克莱斯勒、丰田、捷豹合作
百度	阿波罗产业联盟
微软	收购Mobileye、Altera、Movidius 投资Uber
英伟达	投资大量L4自动驾驶创业公司； 与Tier1汽车电子厂商开展合作
高通	意图收购第一大汽车电子厂商NXP

来源：公开网络渠道信息。

新技术：车联网助力自动驾驶发展

助力自动驾驶城市应用场景落地并创造新的商业机会

车联网技术（V2X）包括：车-云（V2N）通信、车-车（V2V）通信、车-人（V2P）通信、车-路（V2I）通信、车内通信等五个通信场景，功能包括实现“与车辆行驶安全相关”的和“非安全相关”的信息通信。首先，车联网通过与道路设施、车辆、行人互联为车辆提供全天候的环境感知能力，对车辆自身的环境感知能力进行了补充，使车辆有能力应对更加复杂的道路交通环境；此外，在载客自动驾驶车辆内，当乘车人不需要集中在车辆操作上时，车联网可以为乘车人提供除了广播以外更多的信息娱乐形式和内容，预计内容提供将会创造更多的商业机会。

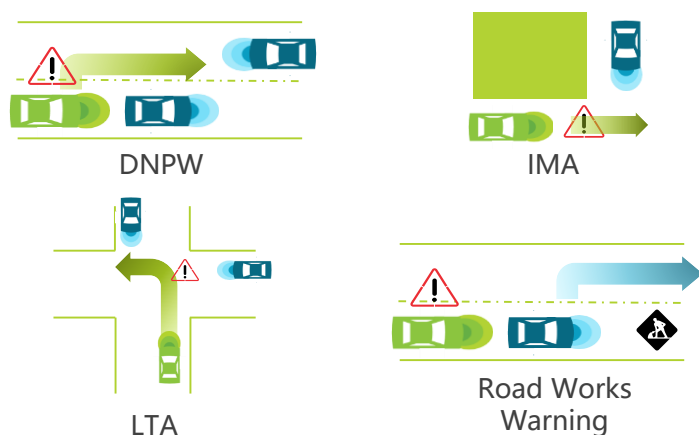
网络通信基础

- **DSRC**
专用短距通信技术，由美国主导，起步早，技术标准成熟，低延时、传输距离远，主要用于碰撞预警

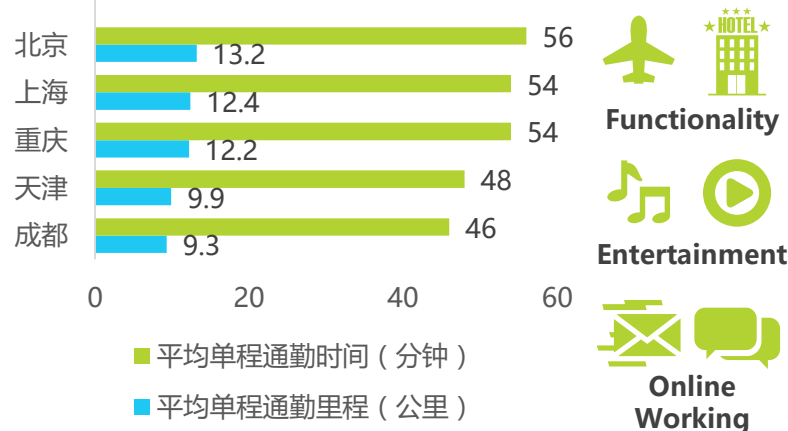
- **LTE-V2X**
基于运营商网络建设，覆盖广、可靠、网络容量优于DSRC，发展前景可观，但发展晚、成熟度较低

- **5G-V2X**
网络容量、通讯速度，数据容量等都得到了极大的提升，支持车联网安全和非安全相关全部功能

安全相关的功能——帮助系统获得传感器探测死角及恶劣天气环境下的道路环境感知能力



非安全相关功能——无人驾驶将交通通勤的操作任务转化为信息娱乐



来源：《车联网蓄势待发，智能驾驶加速驶来》-方正证券

来源：《2018中国城市通勤研究报告》。

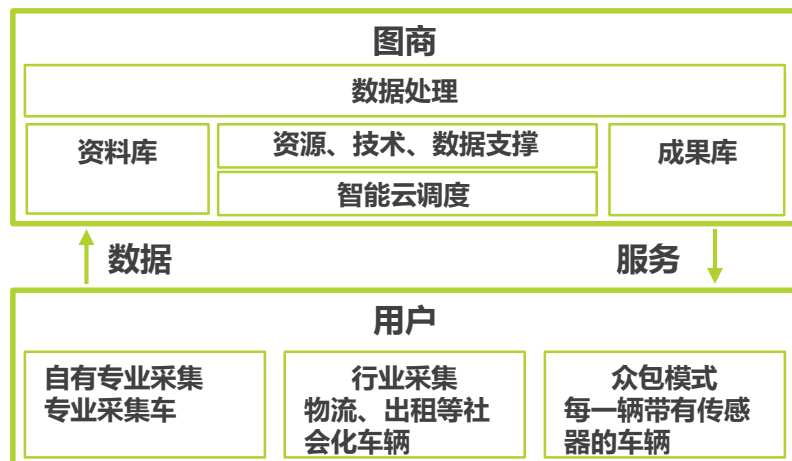
新技术：高精地图于自动驾驶不可或缺

本土图商在国内自动驾驶发展中较大的业务发展空间

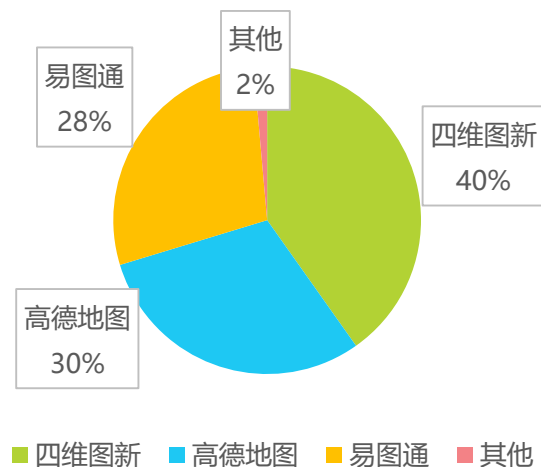
高精度地图对于实现高级别自动驾驶不可或缺，相当于系统的记忆部分，通过传感器获得的实时数据对比地图数据可以实现车辆定位、导航、辅助环境感知等功能。不同于传统导航地图，高精度地图是为专门为自动驾驶系统设计的，其包含详细的道路模型、车道模型、道路部件、道路属性和其他的定位图层信息。车联网技术成熟的情况下，通过车辆所带有的传感器以通过实时上传可以对地图信息进行实时更新，目前地图数据的数据采集方式主要有以Google为代表的集中式和以Mobileye为代表的众包式采集。

国内的图商拥有较高的行业壁垒，在中国电子地图制作需要有甲级电子地图测绘资质（目前国内仅有14家），该资质对于申请企业有较高的资质要求；此外，地图数据收集、地图制作，系统搭建等对于企业不管是在技术层面以及资金层面等有较高的要求，一般企业无法承担前期的巨额投入；最后，高精度地图属于车载安全领域，下游厂商对于供应商准入有较严格的标准，一旦进入供应商清单就很难被替换。

高精度地图数据采集模式



前装地图厂商市场集中度CR3大于98%



自动驾驶未来将会改变人们的出行方式

艾 瑞 咨 询

自动驾驶助力共享出行改变城市居民“拥/用”车习惯

在城市化发展进程中，随着越来越多的人口涌入城市，城市边界逐渐扩张，人们对于车辆的需求也逐年扩张，目前全国有1.6亿人有驾照却没有自己的私家车，而拥车一族也有车辆使用率低、交通拥堵、停车困难等问题。

共享化出行是被普遍看好的可以解决以上问题的最好办法，但传统的网约车存在着司机管理困难，人工成本高昂，政策监管等问题，而分时租赁取车以及归还地点固定，若取车点分布较少则使用不方便，相反则面临着高昂的停车场租用费。

自动驾驶车辆是天然的共享出行平台，虽然其初始投入高，但作为自动化共享出行工具，其既可以解决司机管理、人力成本高昂等问题，同时其还可以通过后台配单自动驾驶往临近的叫车人，同时结合网约车的便利性和分时租赁的经济性。



城市用车环境

- 数据统计家用轿车平均每天只有4%的时间是处于使用状态，而剩余96%的时间均处于闲置状态；
- 停车场占用了大量的将近15%的城市土地资源；
- 车辆密度过大城市道路拥堵问题严重；



消费者

- 我国驾照持有人3.4亿、私家车保有量1.87亿辆、1.6亿人属于有证无车，受到政策影响车辆牌照获取难度逐年提升，北京当前接近2000人竞争一个私家车牌照，个人出行需求难以通过私家车来满足。



车辆

- 网约车：网约车司机素质参差不齐，管理困难，且人力成本高昂，每一单网约车平台仅能够提成不到20%；
- 分时租赁：取车点固定导致取车还车不够方便，APP实际成交比例低下，市区停车费用、运营管理费用高昂。

消费品

汽车属性由传统的消费品
转变为共享出行工具

出行工具

智能自动驾驶车辆同时结合了网约车便利性和分时租赁经济性特点，既解决了网约车司机的管理和人力成本问题，又解决了分时租赁取、归还车辆不方便的问题；密歇根交通研究院测算一辆共享自动驾驶汽车可以替代9.34辆传统汽车，这将大幅降低汽车密度并解决交通拥堵问题，同时为城市节省大量的停车场用地资源。

自动驾驶行业宏观情况概述

1

L4级自动驾驶基数及成本分析

2

L4级自动驾驶商业化应用分析

3

行业未来发展展望及风险分析

4

行业风险分析及投资建议

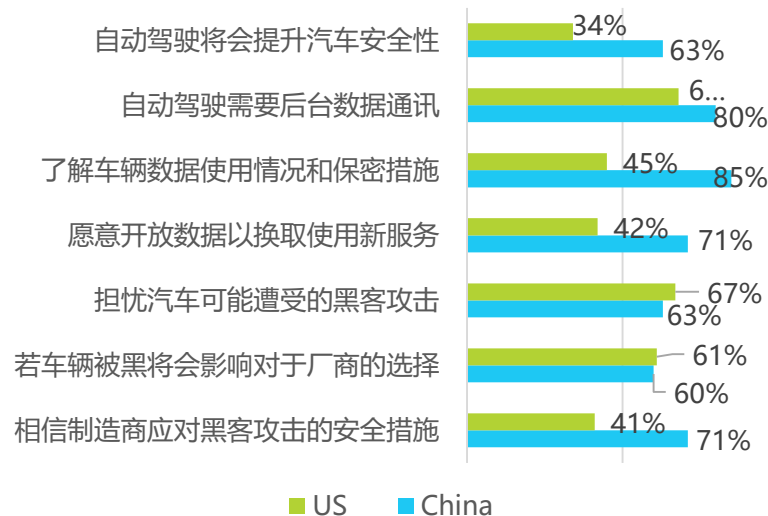
5

从业者主要担心风险因素为“政策出台速度”和“事故”

当前行业尚处早期研发投入阶段，高级别自动驾驶还不具有成熟的产品和商业模式。但行业近2年将迎来首批高级别自动驾驶产品的商业化落地试运行，当前处在行业发展的关键时点，从业者对行业未来发展既抱有期待又存在着一定的忧虑，这主要体现在：1、相关政策出台速度不达预期；2、潜在重大交通事故可能民众以及政府对于自动驾驶的态度。我国自动驾驶政策制定起步晚，但后期追赶速度快，从2018年开始国内最少已有九个城市开放了自动驾驶路测区域并制订了配套管理措施，部分地区甚至开放了部分公共道路用于从业者自动驾驶车辆路测；近年来在海外，无论是Tesla、Uber还是Waymo都遭遇了一定的“自动驾驶事故”风波，这在一定程度上降低了美国消费者对于新技术的接受度，我国当前类似事故还较少，消费者对自动驾驶抱有较高的接受度，但如果在行业发展中出现严重（致死）事故将会对行业产生负面影响，因此政府除了推动行业发展以外，也应该对自动驾驶企业做好严格的筛查和管理，以及制定好相关的保险赔偿制度。

序号	城市	测试基地
1	江苏-无锡	国家智能交通综合测试基地
2	上海	国家智能网联汽车（上海）试点示范园区
3	浙江	桐乡乌镇示范区 云栖小镇LTE-V车联网示范区
4	重庆	智能汽车集成系统试验区
5	北京-河北	国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区
6	吉林	国家智能网联汽车（北方）示范区
7	武汉	智慧小镇
8	常熟	常熟中国智能车综合技术研发与测试中心
9	湖南	湘江新区智能驾驶测试区
10	厦门	无人驾驶汽车社会实验室

中国消费者对于自动驾驶抱持更加开放的态度



来源：公开网络渠道信息。

来源：；TVRheinland。

传感器、地图和有实力进入整车厂商供应链的自动驾驶厂商

考虑项目投资时可以首先考虑未来项目的退出方式，这包括：在公司持续融资过程中实现退出；公司被全资收购；企业IPO；破产清算。

1、持续融资能力：首先，企业要想实现持续的股权融资和估值持续增长，除了投资人对于行业未来发展看好以外，企业能够向投资人展现其持续造血能力以及未来的发展潜力等；

2、被收购：新技术的引入将会改变传统产业链结构和商业模式，除了看好上游拥有较高技术壁垒和行业经验的高精度传感器厂商以外（各大厂加速投资收购激光雷达厂商），中游整车厂商随着整车硬件价值占比的降低而会加速布局自动驾驶（如收购自动驾驶软件系统开发厂商），而下游出行服务提供商将会对传统汽车销售造成极大冲击，且由于直接把控流量入口也将会有很好的商业前景。新技术对于产业链各个环节的冲击将会迫使传统厂商对新兴技术公司进行收并购以保证其在行业变革中始终处于最优领导地位；

3、IPO上市：而不管是传统汽车行业、互联网企业龙头还是IC巨头都已经开始加速布局自动驾驶出行行业，未来自动驾驶行业是否会出现一个新的独立龙头企业并实现上市我们对此保持谨慎态度，但不排除在某一细分领域具有极高市场份额和造血能力的企业可以进行独立上市。

自动驾驶投资要点

自造血能力

1. 可在特定场景实现自动驾驶落地商业化运营；
2. 实现某特定自动驾驶功能并进入整车企业供应链；
3. 上游产品在其他领域得到商业订单。

技术壁垒

1. 具有行业领军人物、较强的技术研发团队；
2. 阶段性研发成果（专利数、路测数据等）；
3. 获得顶尖风投或产业背景投资基金、机构的背书。

其他壁垒

1. 具有技术、数据、政策壁垒的上游企业：如车用半导体芯片设计厂商、图商、出行服务商等；

长期市场表现

1. 细分市场集中度高且行业排名一、二名；
2. 快速适应行业变化并有实力进行上下游整合的汽车厂商或是能够提供平台级产品的互联网厂商；
3. 提早布局且具有较强的车队后台调度能力和数据积累的出行服务厂商。

关于艾瑞

在艾瑞 我们相信数据的力量，专注驱动大数据洞察为企业赋能。

在艾瑞 我们提供专业的数据、信息和咨询服务，让您更容易、更快捷的洞察市场、预见未来。

在艾瑞 我们重视人才培养，Keep Learning，坚信只有专业的团队，才能更好的为您服务。

在艾瑞 我们专注创新和变革，打破行业边界，探索更多可能。

在艾瑞 我们秉承汇聚智慧、成就价值理念为您赋能。

● 我们是艾瑞，我们致敬匠心 始终坚信“工匠精神，持之以恒”，致力于成为您专属的商业决策智囊。



扫描二维码
读懂全行业

海量的数据 专业的报告



400-026-2099



ask@iresearch.com.cn

法律声明

版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，报告中所有的文字、图片、表格均受有关商标和著作权的法律保护，部分文字和数据采集于公开信息，所有权为原著者所有。没有经过本公司书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制或传递。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，仅供参考。本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。

为商业决策赋能

EMPOWER BUSINESS DECISIONS



艾 瑞 咨 询