



**中移智库**

中国移动研究院

## 高速公路货运自动驾驶概述及现状

中国移动研究院

2020 年 9 月

# 目录

一、高速公路货运自动驾驶概述及现状.....	3
二、高速公路货运自动驾驶未来趋势判断 .....	10

## 一、高速公路货运自动驾驶概述及现状

### 1、公路货运产业链简单，但细分市场众多

公路货运产业的产业链如图，最终的付费方是货主，最终提供运输服务的是运输车队，包括企业的自建车队、物流企业车队、社会车辆等等，中间还有一些中介，线下的有传统的货物代理公司，线上的有如满帮和 G7 等车货对接平台。

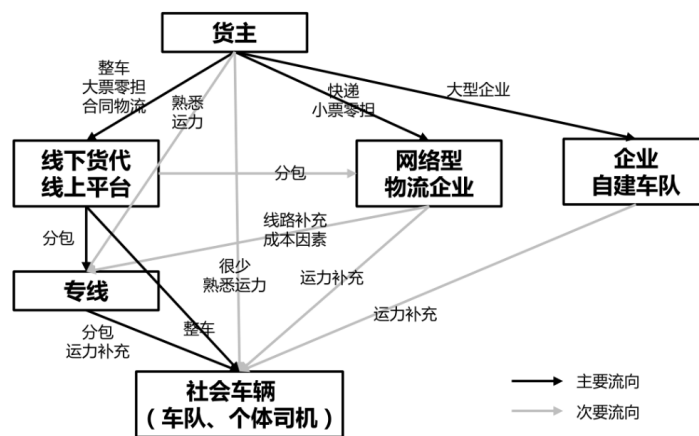


图 1 典型公路货运产业链<sup>1</sup>

表 1 公路货运市场主要参与者<sup>2</sup>

细分市场	一次发货重量 (kg)	价格 (元 /kg)	市场规模 (亿元)	主要玩家
快递	0-3	3-5	6000	顺丰、中通、圆通、申通、韵达、百世
快运（小票零担）	30-500	1.5	4500	德邦、安能、安吉
大票零担	500-3000	0.5	9000	德坤、三态物流、靠谱网、聚盟、传化智联
整车	3000 以上	0.2-0.3	城配：12000 城际：12000 其他：8000	托普旺物流、PGL

如上表所示，根据货主一次发货的重量不同，货运从小到大

<sup>1</sup> 资料来源：物流沙龙、华泰证券

<sup>2</sup> 资料来源：运联传媒、罗戈物流、华泰证券研究所

可以分为快递、快运、大票零担、整车等等，不同细分市场有不同的玩家，普通消费者比较熟悉的顺丰等快递公司和德邦等快运公司，但事实上整车和大票零担的市场规模更大。

## 2、高速公路货运市场规模巨大，达到 2.7 万亿

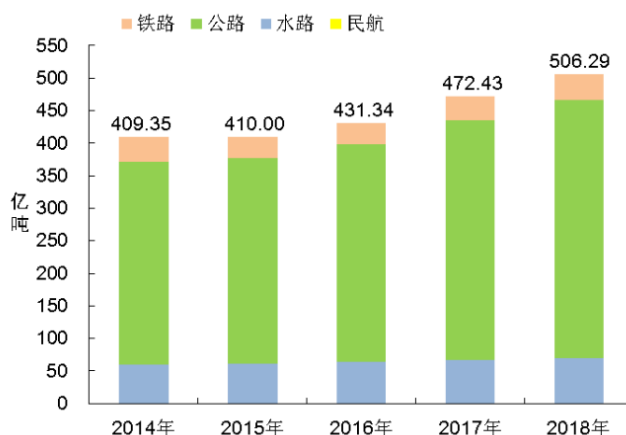


图 2 中国货运市场结构<sup>3</sup>

高速公路货运在公路货运中占比可达 45%，市场规模高达 2.7 万亿。对比不同货运方式，公路货运在我国是绝对主力。根据交通运输部数据，2019 年公路完成货运量 396 亿吨，货物周转量 71249 亿吨公里。其中，高速公路货物运输量为 172 亿吨，占比 43%。从道路结构看，货车在高速公路中的运行时间占比为 43%，运输里程占比为 54%。项目团队假设高速公路货运市场占整体公路货运市场的 45%，由此可以推算高速公路营运车辆为 616 万辆，货车司机为 810 万人<sup>4</sup>，高速公路货运市场高达 2.7 万亿。相关测

<sup>3</sup> 数据来源：交通运输部

<sup>4</sup> 大部分车辆都是在高速公路运输，也在普通公路运输，项目团队为测算规模，将问题简化，假设这些车辆和司机仅在高速公路运输，这样的假设不影响测算结果

算数据来源和测算过程如下表：

**表 2 高速公路货运市场规模测算**

数据来源	数据指标	公路	高速公路	高速公路占比
交通运输部	货运量（亿吨）	396	172	43%
《2019 年中国公路货运大数据报告》，中交兴路 <sup>5</sup>	货车运行时间			43%
	货车运输里程			54%
项目团队假设	占比假设			40%
《中国公路运输大数据报告》，中交兴路	2018 年市场规模（亿元）	60000	27000	45%
交通运输部在新闻和讲话中对外披露	2018 年道路货运经营主体（万）	643	289	45%
	2018 年营运货车（万辆）	1368	616	45%
	2017 年货车司机（人）	1800	810	45%

### 3、自动驾驶能够显著降低货运人力成本和油耗成本，潜在市场高达每年 3000 亿以上

干线货运实现自动驾驶就是两大好处。一是减少事故，2018 年中国发生交通事故量为 24 万起，6 万人死亡，26 万人受伤，大约有 20%左右发生在高速公路，自动驾驶可以显著降低事故和伤亡，具有巨大的社会意义。二是降低成本，成本降低是自动驾驶商用落地最关键的驱动因素。下面项目团队将从降低成本的角度来测算自动驾驶的市场规模。

根据 G7 和贝恩咨询在 2017 年发布的《中国公路货运市场研究报告》，路桥、燃油、人力三大成本是汽车运输中占比最高的三大部分。

<sup>5</sup> 中交兴路独家运营着于“全国道路货运车辆公共监管与服务平台”平台，该平台是重载货车（12 吨以上）的国家级监管与服务平台。截至 2019 年底，该平台中车辆总数超过 613 万辆，占全国重载货车的 95%以上

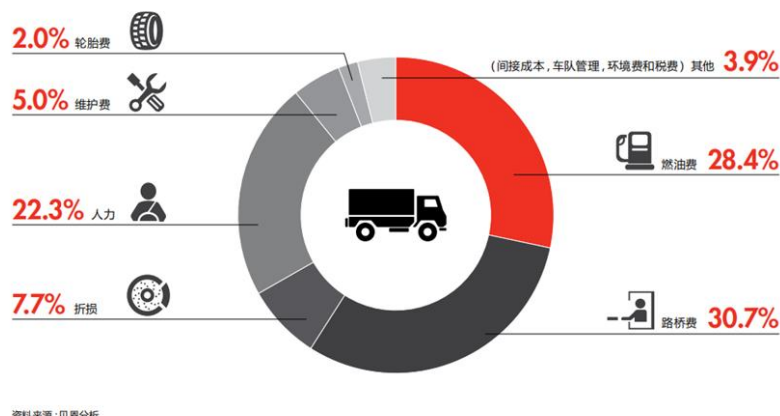


图 3 货运车辆运输成本构成

前文测算高速公路货运市场规模为 2.7 亿元，假设货运公司收入中利润占比为 10%，90%为成本，结合成本构成可以得出总油耗成本为 6901 亿元，总人力成本为 5419 亿元。<sup>6</sup>

	金额	备注
高速公路货运总市场规模	27000	前文测算
高速公路货运总成本	24300	假设货运企业利润为 10%
高速公路货运总油耗成本	6901	总成本的 28.4%
高速公路货运总人力成本	5419	总成本的 22.3%

从发展的角度看，未来人力成本的继续攀升不可避免。一方面各行业用工成本都在增长；另一方面，货车司机这个职业因为工作强度大、职业病多、危险等原因，越来越不受青睐，年轻蓝领们更倾向于快递和外卖等新兴工作，主要是因为这些工作具有“风险低、收入高、每天回家”的优点，所以物流企业必须支付更高的工资才能招到司机。

自动驾驶能够显著降低燃油成本和人力成本的降低。

燃油成本方面，自动驾驶可以降低 10%以上。赢彻科技创始

<sup>6</sup>从司机人数和平均收入交叉验证人力成本可靠性较高，从全国交运行业柴油、汽油消耗量交叉验证可得总油耗成本测算可靠性较高。

人马喆人 2020 年 5 月接受 36 氪采访时对外披露，当自动驾驶卡车规模化运营的时候，能耗可以降低 10%，图森未来 CEO 陈默在 2018 年 12 月接受 36 氪采访表示，在高速场景下，自动驾驶卡车可以节省 7%-13% 的油耗。此外，根据 G7 调研报告显示，优秀车队因为在刹车距离、怠速时间、经济转速等方面表现优秀，所以油耗可以比平均水平低 10% 左右。项目团队认为自动驾驶或增强辅助驾驶技术一定会降低更多的油耗。一是在于机器操控的精准性和稳定性不是人力所能比的，自主学习能够让机器不断升级优化；二是如果编队行驶商业落地，因为风阻的减少油耗将进一步大幅下降。

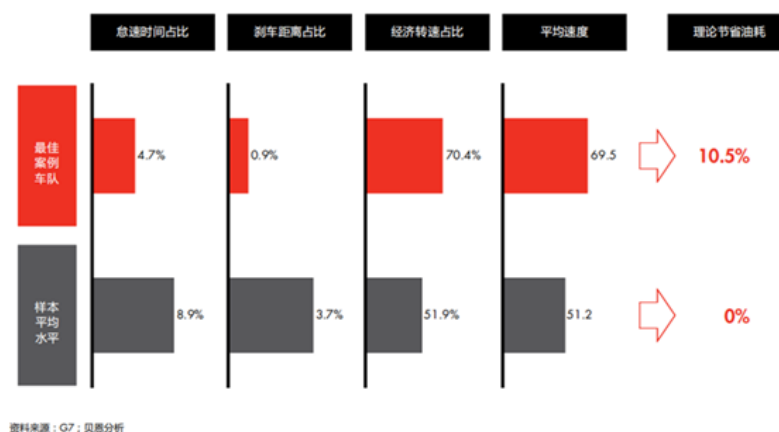


图 4 驾驶行为对油耗的影响

成本方面，不同自动驾驶水平将带来不同程度的人力成本和油耗成本下降，本报告将自动驾驶分为三个水平，一是 L3 自动驾驶，二是 L3 基础上叠加编队驾驶，三是 L4 无人驾驶(含编队)。

L3 自动驾驶可以降低司机的劳动强度，节省部分人力。一般一台车跑 500 公里以上的长途大概要 2 个司机轮流开，赢彻科技



预计 L3 自动驾驶带来的规模化运营可以为一台车节省 0.5-1 个司机。项目团队假设 L3 自动驾驶将带来 25%的人力成本下降, 10% 的油耗下降。

L3 基础上叠加编队驾驶可以减少司机数量, 大幅降低人力成本。随着 5G 建设的完成, 车路协同应用的落地, 编队行驶在技术上将成为可能, 比如几辆车的车队只需要 1-2 名司机。项目团队假设编队驾驶将带来 50%的司机人力成本下降。同时, 编队驾驶通过降低风阻进一步降低油耗, 我们假设降低 20%。

远期来看, L4 级别无人驾驶(含编队)可以完全替代人类司机。考虑到无人驾驶可能需要位于云端的真人司机随时远程接管车辆, 保证安全冗余。项目团队假设 L4 以上无人驾驶将带来 90% 的人力成本下降, 20%的油耗下降。

假设物流公司愿意将节省成本的 50%的金额支付给自动驾驶提供商, 可以测算得出, 目前技术可行的 L3 自动驾驶的潜在市场规模为每年 1022 亿元, L3 基础上叠加编队驾驶的潜在市场规模为 2045 亿元, L4 无人驾驶(含编队)的潜在市场规模为每年 3129 亿元, 市场空间巨大。测算如下:

表 3 自动驾驶降低人力成本的测算

	L3 自动驾驶	L3 基础上叠加编队驾驶	L4 无人驾驶(含编队)
油耗成本下降比例	10%	20%	20%
油耗成本下降金额	690	1380	1380
司机人力成本下降比例	25%	50%	90%
司机人力成本下降金额	1355	2709	4877
全部高速公路货车降本金额	2045	4090	6257



(亿元)			
降本金额中为自动驾驶付费的比例	50%	50%	50%
高速公路货运自动驾驶市场规模(亿元)	1022	2045	3129

#### 4、高速公路货运自动驾驶发展现状

高速公路货运属于比较适合自动驾驶的场景，仅次于矿区、港口等封闭环境，近年来发展较快。“开放还是封闭、高速还是低速、载人还是载物、自由路线还是固定路线”这四个问题是判断一个场景是否适合无人驾驶的评判标准，高速公路货运场景判断如下：

**表格 4 四个问题判断场景是否适合自动驾驶**

	开放还是封闭	高速还是低速	载人还是载物	自由路线还是固定路线
高速公路货运	相对封闭	高速	载物	相对固定
是否适合自动驾驶	比较适合	不适合	适合	比较适合

国内目前有赢彻科技、图森未来、智加科技、希迪智驾等公司对在高速货运领域探索比较领先。

**赢彻科技：**截至 2020 年 5 月，赢彻科技 L1 和 L2 级自动驾驶卡车已经签约大约 1000 台，正在逐步交付客户，运输货物里程已超过 1000 万公里。L3 级自动驾驶卡车已经在山东、湖南长沙、河北、上海等地进行测试，与东风商用车、中国重汽联合开发的量产 L3 自动驾驶卡车的 A 样车也已经完成。

**智加科技：**2019 年 9 月 6 日，智加科技宣布与一汽解放成立合资公司，共同开发自动驾驶卡车，合资公司同时推出了其首款产品“一汽解放 L2 量产级智能驾驶商用车”。2019 年 11 月，智

加科技拿下全国首张无人重卡跨省区域测试牌照，依此牌照，智加科技可以在长三角三省一市（上海市、浙江省、江苏省、安徽省）开放道路区域进行自动驾驶测试。

**图森未来：**2020 年 5 月，图森未来 CTO 对媒体披露，图森未来的商业化运营车队规模已经达到了 50 辆。在美国，每周图森未来的自动驾驶卡车会在凤凰城和图森市之间，为 UPS（美国联合包裹运送服务公司）提供 10 次的货物运输。在中国，从 2019 年 4 月图森未来入选上海市首批人工智能试点应用”AI+交通“示范场景之后，也开始探索在上海临港主城区、物流园区、东海大桥等地开展无人集卡物流配送示范运营。截至目前，这个场景下图森未来已经累计测试了超过了 4 万公里。此外，2019 年 9 月图森未来在获得融资时对外披露，目前有 18 位终端货主客户，2019 年内公司单月收入将达到 100 万美元。

**希迪智驾：**已经推出自动驾驶重卡解决方案，适配多种车型的完整嵌入式解决方案，适用于各种园区、城区和高速场景下的精准停车装卸货、进出高速、高速公路 100km/h 以下速度行驶、高速编队、立交桥和隧道通行等功能，为高速物流、园区内/间仓到仓物流提供一站式方案支持。同时，公司还推出了高速公路网联化智能化解决方案。

## 二、高速公路货运自动驾驶未来趋势判断

### 1、自动驾驶技术的引入将大大促进货运行业集中度的提升

根据交通部 2018 年披露的数据，全国道路货运经营主体达到 643 万个，极其分散；根据交通部《2019 年道路货物运输量专项调查公报》，2019 年 9 月，中国仍有 70%左右的运力是由个体经营户和规模以下企业来提供。

效率方面，根据行驶里程指标来看，企业相对个体优势明显；规模以上企业高于规模以下企业；从营业利润率看，规模以上略高于规模以下。

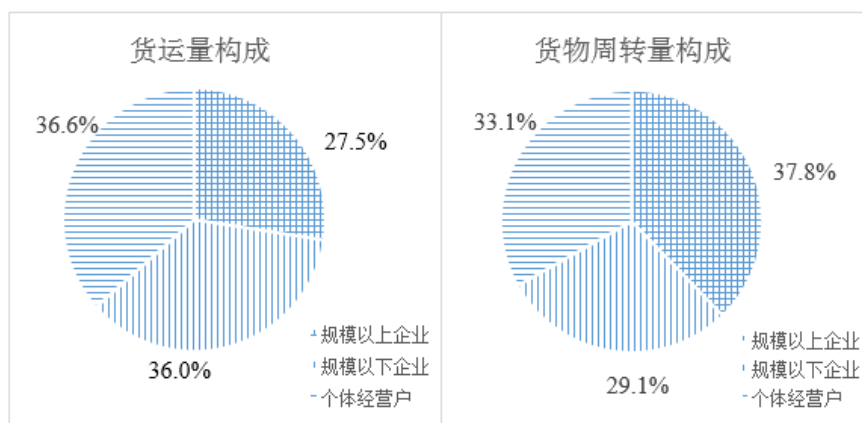


图 5 2019 年 9 月分经营主体货物运输量比重

表 5 不同经营主体经营效率对比<sup>7</sup>

业户类型	平均每车每日行驶里程 (公里)	平均每车每日货运量 (吨)	平均资产负债率 (%)	平均营业利润率 (%)
规模以上企业	194	11.7	82.1	5.1
规模以下企业	164	15.4	60.6	4.7
个体经营户	116	9		

项目团队认为，运输成本占比最高的人力、燃油、路桥费基本都没有太强的规模效应，大型货运企业虽然车辆利用率高于个体户和小企业，但是激励机制没有个体户和小企业好，而且随着

<sup>7</sup> 交通部《2019 年道路货物运输量专项调查公报》

互联网对接平台的兴起，个体户接单难度也下降了，所以个体户和小企业仍然占据大部分市场份额。考虑到未来自动驾驶的应用，大企业的成本优势将大大凸显，三种技术水平下，物流公司总成本将下降 4.2%、8.4%、12.9%，对于净利率很低的物流行业来说（行业龙头顺丰净利率为 5%左右），下降幅度已经很大，个体户和小企业在效率、成本上将被碾压，行业集中度将大幅提高。

表 6 不同自动驾驶技术下物流公司成本下降比例

	代表符号及公式	L3 自动驾驶	L3 基础上叠加编队驾驶	L4 无人驾驶（含编队）
油耗下降带来的总成本下降	A	2.8%	5.7%	5.7%
人力成本下降带来的总成本下降	B	5.6%	11.2%	20.1%
自动驾驶带来的总成本上升	$C = (A+B) * 50\%$	4.2%	8.4%	12.9%
货运总成本下降比例	$D = A+B-C$	4.2%	8.4%	12.9%

## 2、无人驾驶下物流公司和技术公司将相互渗透，传统物流公司的核心价值将大幅减少

项目团队认为当技术达到无人驾驶的时候，生产力的质变可能会让生产关系重构，最终的技术公司和物流公司将相互渗透，核心逻辑在于责任无法划分导致的产业链难以划分。实现无人驾驶以后，如果仍然是目前物流公司买车提供货运服务并自己维护车辆的模式，那么出现交通事故以后，是无人驾驶技术本身存在缺陷还是物流公司没有做好检修维护很难区分。2016 年特斯拉车主发生事故以后，特斯拉跟视觉技术供应商 mobileye 互相推卸

责任，最终双方终止合作，特斯拉选择自研核心视觉算法，同样的逻辑，未来物流公司跟技术公司一定会发生类似的纠纷。

避免责任推诿的一个有效路径就是技术公司直接提供运输服务，或者向物流公司提供车辆租赁而且车辆运维仍然由技术公司来做；目前图森未来和赢彻科技已经开始尝试自己提供运输服务了，尤其是图森未来在美国已经运营了 2 年，赢彻科技也有类似规划。

目前传统的物流公司的核心价值在于获取订单、购买车辆、管理车辆、管理司机等（如下表），未来随着未来无人驾驶的实现，物流公司仅剩下了获取订单这一个核心价值，很容易被技术公司绕开，在产业链中的话语权和利润占比将持续下降。类似于电信业，传统的移动通信业务中运营商占据着牌照和频谱的资源，付出巨额资金建设并运维网络，同时承担着发展用户的责任，所以可以获取较高的价值分成；但是在新兴的云计算领域，运营商因为没有占据关键资源，不能提供核心价值，仅有客户方面的优势，目前华为等公司绕开运营商直接向客户提供服务的迹象已经非常明显。

表 7 目前和未来物流公司的核心功能

物流环节核心价值	目前物流公司	无人驾驶下传统物流公司（以技术公司提供车辆租赁的模式为例）
销售/获得客户订单	有	有
提供资金购买车辆	有	无
车辆运维管理	有	无
司机管理	有	无



其他	有	有
----	---	---

项目团队认为物流公司不会坐以待毙，大的物流公司很可能会充分利用自身的资金和客户方面的优势，收购自动驾驶技术公司将技术内化为自己的能力。同时，技术公司如果自己提供运输服务或者车辆租赁服务，将变成一个非常重资产的商业模式，风投机构的资金规模不足以支持这种重资产投入，必须是整车厂、物流公司、货主（如阿里菜鸟）、电信运营商等产业资本来提供巨额资金。

综上，无人驾驶下物流公司和技术公司将是一个长期相互渗透的过程，商业模式也可能多种多样，但无非就是客户订单、购买车辆、车辆运维、无人驾驶技术这几个核心价值在不同主体之间如何分配的问题。

### 3、车路协同技术方案需要大量主体参与，落地慢但必要性强

与其他场景相同，高速公路货运自动驾驶同样是有两个技术路径相互促进、相互竞争，即车辆自主智能和车路协同。



图 6 两种自动驾驶的路径

车辆自主智能参与方较少，实现商用核心只需要满足两个条件；一是自动驾驶方案商技术达到商用条件，二是国家相关法规

**允许上路。**目前主要厂商集中在车辆自主智能的技术路径上，主要原因是路侧基础设施没有跟上。重卡因为重量大，百公里刹车距离为 250 米左右，远高于乘用车的 40 米左右。项目团队认为自主智能存在比较明显的缺陷，比如无法超视距感知、传感器成本居高不下等等，而且无人驾驶想要足够的安全冗余，一定需要云端实时监控、随时人工接管，要实现这些，超视距的感知能力、“上帝视角”、低时延高带宽的网络必不可少。项目团队认为，如果没有车路协同提供的极高的安全冗余，至少 5 年内，高速公路货运很难实现无人化，成本优势也就完全无法体现。

**车路协同的推进很大程度上取决于智慧道路的建设情况。**目前全国测试区域很多，车路协同测试也很多，但是还没有一条在实际商用的高速公路完成了真正智能化，短期内可能迎来突破的是中国首条“超级高速”，即目前正在建设的杭绍甬智慧高速公路，全长 174 公里，投资金额 707 亿元，预计 2022 年正式通车。这条“超级高速”最令自动驾驶行业人期待的，就是设置了自动驾驶专用车道，近期目标是支持自动驾驶专用车道货车编队行驶，远期目标支持全线自动驾驶车辆自由行驶。届时一定会带动很多公司投入大量资源探索车路协同的商用。

**路侧系统核心是车路协同平台提供商，车辆系统的核心是技术方案商。**项目团队梳理的 V2X 产业链如下表，其中测试环节主要提供自动驾驶的虚拟和实际测试场景，同时提供检测仪器和 CA 数字证书等。除测试环节外，表格上半部分属于路侧系统，其中



核心在于车路协同平台，平台将整合所有的路侧系统，包括基础设施（偏硬件设施）、智慧交通（偏软件、计算、数据）；下半部分属于车辆系统，核心在于自动驾驶方案商，方案商整合了整车厂的车辆、以及更底层的线控底盘（执行部分）、传感器等。

**表 8 V2X 产业链<sup>8</sup>**

测试	场景库和训练平台 百度、国汽智联		仿真测试 ANSYS、中国信通院等	测试检测仪器 Rohde&Schwarz、Keysight	国家级测试示范区 京冀、长春、重庆、成都、无锡、上海、浙江、广州、长沙、武汉	CA 平台 大唐国汽智联
基础设施（偏硬件设施）	MEC 华为、浪潮、阿里、网宿科技	云计算 阿里、腾讯、华为、浪潮	V2X 芯片、模组 高通、华为、大唐、移远、芯讯通、autotalks	V2X RSU 华为、大唐高鸿、东软、中移物联网、SAVARI、cohda、万集、希迪智驾	V2X OBU 星云互联、华为、大唐高鸿、东软、金溢等	交通摄像头控系统 大华股份、易华录、千方科技、银江股份、高新兴、佳都科技、皖通科技、万集科技、中安股份
智慧交通（偏软件、计算、数据）	高精度地图 四维图新、高德、百度、易图通、晶众、宽凳	智慧交通大脑 阿里、腾讯、百度、滴滴、华为	智慧高速 阿里、千方科技、华为	信号控制系统 海信网络、格林威、千方科技、振业优控	ETC 系统 金溢、万集、聚利	
平台	V2X 车路协同云控平台，合纵连横打通数据接口：启迪云控、华为 OceanConnect、中国移动、阿里巴巴					
网络	基础电信运营商 中国移动、中国联通、中国电信、中国广电					
自动驾驶方案厂商	重卡智驾 希迪智驾、西井、图森未来、上汽					
整车	商用车主机厂 宇通、金龙、东风、解放、陕汽			tier 1 Bosch、conti、denso、renesas、visteon、华域、德赛西威、华为		

<sup>8</sup> 表格参考了信通院《车联网白皮书（2019）》（C-V2X 分册），并针对高速公路场景做了进一步整理

车控和安全	线 控 制 动 EHB\EMB bosch、conti、zf、advics、伯特利、同驭汽车、拓普集团		线控转向 HPS\EHPS kayaba、bosch、zf 、 jtekt 、nexteer、联创电子、拓普集团		电 子 油 门 drive by wire hella、联电、宁波高发、奥联电子、凯众股份、		汽车安全 奇 虎 360 梆梆安全	安 全 芯片 芯钛、磐启、中 电 华大
感知层	高 精 度 IMU 博世、ADI 、深迪、意法	激 光 雷 达 Velodyne 、IBEO、Quanergy 、禾 赛科技、速 腾聚创、镭 神智能、北 科天绘	毫 米 波 雷 达 Bosch 、Valeo 、Murata 、Nicer a 、Denso 、同致电子、奥 迪威	车 载 摄 像 头 Panas onic、Valeo 、Fujitsu 、Conti CMOS：索尼、三星、豪威	道 路 摄 像 头 海康 大华 宇视	气 象 传 感 器 信 测科技、源 清慧虹	地 磁 传 感 器 恒 达智慧、常 州微传	高 精 定 位 北 斗星通、千寻

(作者：崔澎、黄实)