



2017年中国自动驾驶 产业研究报告

亿欧智库 www.iyiou.com/intelligence

Copyrights reserved to Yiou intelligence, September 2017

目录

CONTENTS

Part.1 研究项目回顾

Part.2 中国自动驾驶产业发展概况

2.1.中国自动驾驶产业背景

2.2.自动驾驶概念界定

Part.3 中国自动驾驶产业分析解读

3.1.中国自动驾驶相关产业链分析

3.1.1.传感器

3.1.2.高精度地图

3.1.3.AI芯片

3.1.4.算法

3.1.5.车联网技术

3.1.6.传统、新兴车企及出行服务商

3.2.中国自动驾驶产业发展路线

3.3.中国自动驾驶产业合作模式与初创企业盘点

Part.4 中国自动驾驶产业展望

4.1.中国自动驾驶产业趋势及挑战

4.2.自动驾驶带来的泛汽车产业效应

Part.5 国外部分领先玩家盘点

Part.1 研究项目回顾

Research Recall

低下的通行效率以及频发的交通事故已成为当前民众最为头疼的难题，从驾驶和拥堵中解放出来成为社会新诉求。汽车经过两百年的发展，也逐步进入电子化的时代，发展出成熟的主动安全系统，辅助或代替了驾驶员的一部分工作。但这还远远不够。随着人工智能尤其是深度学习技术的成熟，算法开始能够识别物体属性，并做出类人的合理决策，无人驾驶逐步成为可能，其背后无限的想象空间也令业界向往。

特斯拉和Waymo在自动驾驶的成就震惊了汽车产业，并引发了欧美科技界汽车界的地震：英特尔收购Mobileye、高通收购恩智浦、通用收购Cruise等等，吸引了国内的关注。2016年以来，国内自动驾驶产业也开始火爆起来，传统车企纷纷抛出所谓的智能化战略，计划在2020年实现L3级别的自动驾驶，大量初创公司入场，试图抓住新的时代浪潮，资本的追逐和市场的火热使业界对自动驾驶充满乐观。

危机也同样存在，新技术被过度期望后往往会被拉入泡沫化后的低谷，场内的玩家无不摩拳擦掌，展开军备竞赛，试图甩开竞争者。



Research purposes

正如我们所看到的，被热捧的自动驾驶产业背后的现象却是，无人驾驶、自动驾驶、智能驾驶等词汇的泛滥使用。未来汽车的发展会有多产业和多技术的交叉入局，因而统一语境、明确概念就显得十分必要。目前国内已有部分以自动驾驶、智能驾驶为主题进行的行研，但缺乏全面而较深层次的挖掘理解，以及对国内自动驾驶的专门研究。亿欧智库希望通过此次产业研究，明确和框定自动驾驶的内涵和外延，从产业链入手对整个国内自动驾驶产业进行分析，并通过技术路线、商业模式、合作特征、投融资特征等维度进行更深层次分析，包括：

历程

梳理汽车产业以及自动驾驶的发展历程

概念

对自动驾驶及其他相关概念进行解析

宏观

对国内自动驾驶产业的宏观背景分析解读

产业

对国内自动驾驶产业的产业链以及相关技术进行分析梳理

路线

对国内自动驾驶发展的技术路线和可能的商业化场景进行盘点

合作

对国内自动驾驶产业的合作模式和初创企业的特征进行分析解读

展望

对国内自动驾驶产业发展机遇和挑战进行盘点以及预测

企业

对国外部分领先的企业进行大致盘点，作为借鉴

为了达到研究目的，自动驾驶整个研究主要通过以下两种方法来进行：

首先，亿欧智库基于自身对产业长期观察获得的产业知识，通过案头研究（Desk Research）的方式，对自动驾驶产业，乃至其背后更大的智能汽车产业进行分析盘点，明确此次研究的主体“自动驾驶”这样一个新兴的技术趋势和理念内涵；

另外，亿欧智库通过对业内从业者、产业专家、意见领袖进行访谈（Experts IDI），充分听取业内人士对产业的理解和认知，针对项目研究目的，获得更有深度、更有效、更具体、更有针对性的研究结果，对于自动驾驶产业概念范畴下的各方面产业内容进行深度剖析。

Desk Research

整体产业理解阶段：

对国内自动驾驶产业进行盘点梳理，**理解整个产业、市场**的基本情况，提炼形成自动驾驶的产业生态；
抽取产业链的各个环节，从**技术和市场**两个维度进行分析，并以**代表企业**作为案例；
探求各个维度的变化范围，**补充形成清晰的产业图谱**。

Experts IDI

产业深入挖掘阶段：

详细针对国内自动驾驶产业发展历程、概念、宏观环境、产业链构成和模式、企业经营状况、企业战略、产业发展趋势等细节问题，进行深入挖掘，**听取来自产业第一线工作者和企业领导层对产业的见解和认知**。

Research findings

- ◆ 此次研究报告工作开展的前提，亿欧智库对业界使用但认知较为混乱的自动驾驶及相关概念进行了内涵的界定和解读，认为**自动驾驶是指汽车能够在某些具有关键安全性的控制功能方面（如转向、油门或制动）无需驾驶员直接操作即可自动完成控制动作。**
- ◆ 2016年是自动驾驶在国内开始火爆的一年，资本市场的看好、汽车企业的积极入局和国家层面的战略支持使中国被视为能引领自动驾驶技术的关键力量。亿欧智库聚焦国内，发现中国自动驾驶产业具有市场分散、各细分行业齐头并进、合作模式开放广泛的特征，有利于培育良好的创新竞争环境，但在数据驱动的特征下，自动驾驶产业博弈平衡的现状将被打破，进入到优胜劣汰阶段，市场集中度将显著提高；初创企业层面，汽车生产研发的门槛提高了入场创业的难度，但巨大的市场潜力将使该领域出现独角兽的机率更高；相比欧美，中国在**数据、市场接受度**等层面具有明显优势，但**汽车厂商和传感器供应商**较为弱势。
- ◆ **自动驾驶的来临将重构传统汽车产业的金字塔结构**，亿欧智库通过梳理国内呈现出的自动驾驶相关产业链，发现企业间业务将更加频繁地合作互动，以往上下游的链式结构开始难以表达愈加不稳定而复杂的汽车产业生态。
- ◆ 延缓/加速自动驾驶落地的因素覆盖**技术发展、政策法规、社会态度、资本市场**等方面，国内消费者对自动驾驶的开放态度有助于技术的快速落地，进而深刻影响整个泛汽车产业。



Part.2 中国自动驾驶产业发展概况

General Situation of Industry

2.1 中国自动驾驶产业背景

Industry Background

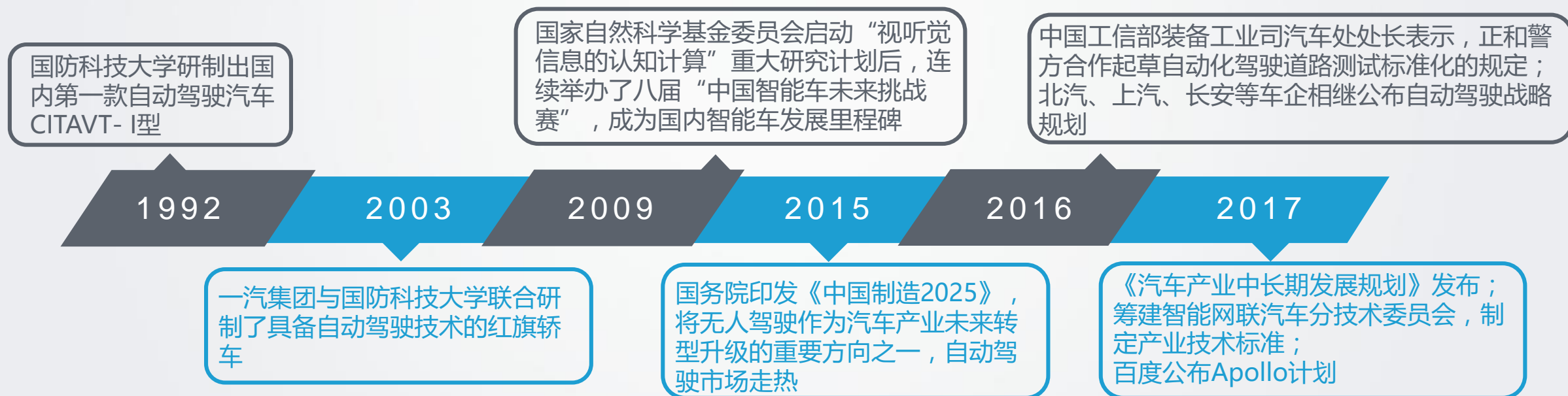
- ◆ 自1886年汽车诞生以来，汽车工业已经逐步实现了平民化，使汽车作为交通工具真正被普及。
- ◆ 汽车普及过程中，被动式与主动式的安全系统逐步配套，辅助驾驶系统日趋成熟；清洁能源的发展，推动了汽车电气化发展，和相应的市政基础设施建设；
- ◆ 进入21世纪，汽车逐步向智能化、轻量化、电动化、网联化、出行方式共享化等方向发展；自动驾驶作为重要的发展趋势之一，将再次彻底改变出行方式。
- ◆ 我国汽车工业起步较晚，但在新能源汽车等领域进展较快，并率先赶上自动驾驶研发热潮，有望在汽车产业发挥引领作用。



- ◆ 美国在80年代初已开始自动驾驶技术的军事化应用，欧洲从80年代中期开始研发自动驾驶车辆，更多强调单车自动化、智能化的研究，日本的自动驾驶研发略晚于欧美，更多关注于采用智能安全系统降低事故发生率，以及采用车间通信方式辅助驾驶。
- ◆ 在初期，自动驾驶研发在欧美日已呈现“产学研”相结合的特点，开发测试了不同程度自动化、智能化的车辆，进入21世纪，DARPA竞赛进一步提高了自动驾驶的社会关注度，激发了相关从业者的研发热情。
- ◆ 由于深度学习算法的引入，自动驾驶技术有了爆炸性的突破。2009年，谷歌布局自动驾驶，引发了新一轮的产业热潮，更多的科技企业加入市场争夺中。
- ◆ 2020年前后，成为主要汽车厂商和科技企业承诺推出完全自动驾驶车辆的时间节点。



- ◆ 高尖科技往往发端于学术研究。自上世纪90年代起，国内各高校和研究机构已经陆续开展自动驾驶的研发工作，推出多个测试车型。
- ◆ 2009年以来，国家自然科学基金委员会举办“中国智能车未来挑战赛”，吸引多个高校和研究机构参与，为自动驾驶技术的交流和发展起到了良好的促进作用，在此期间，一汽、北汽等传统车企也逐步布局。
- ◆ 自国务院在2015年发布《中国制造2025》起，以自动驾驶技术为重点的智能网联汽车成为未来汽车发展的重要战略方向，大批初创企业投身自动驾驶领域；2016年，国内自动驾驶集中爆发，多个车企公布自动驾驶的战略规划；2017年，更多的初创企业脱颖而出，获得巨额投资，可以说，自动驾驶产业已经进入新技术最为火爆的中场阶段。



从宏观环境的角度，政策、经济、社会、技术各个方面都在影响国内自动驾驶产业的发展

- ◆ 亿欧智库认为，自动驾驶公共性色彩浓厚，势必在技术发展的同时受到来自政策、经济、资本、社会等多方面因素的影响，木桶效应会较为明显，而任一因素的突破也将有力带动其他因素向好发展。
- ◆ PEST模型按照政治（Political）、经济（Economic）、社会（Social）、技术（Technological）四大因素洞察产业所处环境，通过使用该模型，能对国内自动驾驶产生、发展的宏观背景做深层次的分析。



政策：政策支持逐步推动国内自动驾驶产业实现标准化、自主化，自动驾驶技术迅速发展或将倒逼相关政策法规不断更新改进

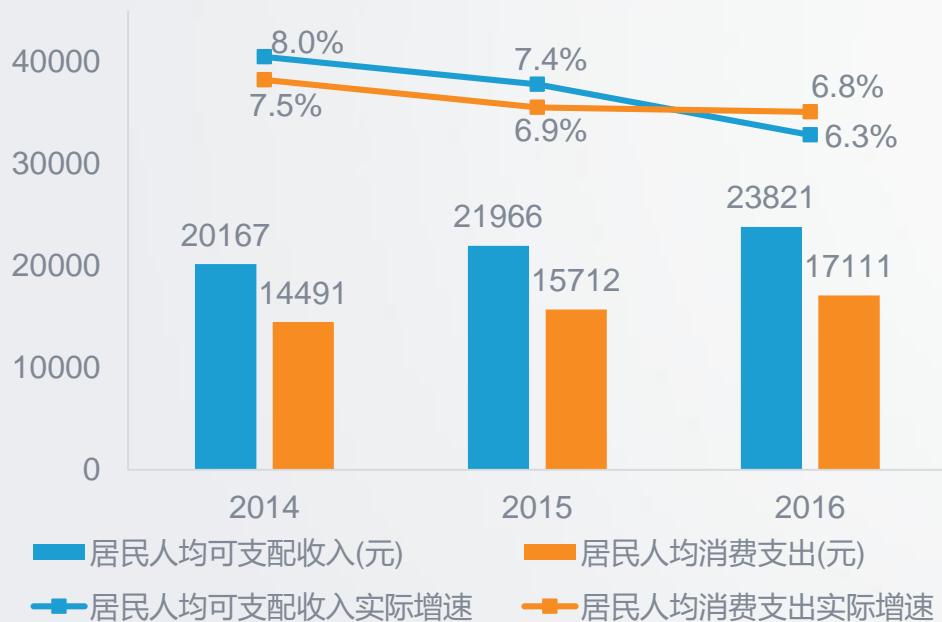
- ◆ 2015年国务院发布《中国制造2025》，将自动驾驶作为汽车产业未来转型升级的重要方向，制定了明确的技术发展时间线（2025年实现L4、L5级别的自动驾驶），提供配套政策支持，推动产业集聚区和应用示范区的落地，逐步实现关键技术和产品的自主化、标准化，推动国内自动驾驶产业良性发展。
- ◆ 尽管已经有较为明确、全面的规划，部分从业者对于多部门、多领域协同机制建成、政策法规落地的预期尚持谨慎态度，亿欧智库认为，**随着产业在技术层面解决政府最为关注的安全问题，自动驾驶势必能够倒逼相关的政策法规持续更新改进。**

亿欧智库：国内主要的自动驾驶相关政策		
文件/事件	时间	主要内容
《中国制造2025》	2015.5	将无人驾驶作为汽车产业未来转型升级的重要方向之一
《装备制造业标准化和质量提升规划》	2016.4	明确提出开展智能网联汽车标准化工作
《汽车产业中长期发展规划》	2017.4	加大技术研发支持，协调制定相关标准法规，推动宽带网络基础设施建设和多产业共建智能网联汽车大数据交互平台，加快网络信息安全和车辆行驶安全保障体系建设
《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》	2017.6	确立我国发展智能网联汽车将“以汽车为重点和以智能化为主、兼顾网联化”的总体思路，建立智能网联汽车标准体系，并逐步形成统一、协调的体系架构。
筹建智能网联汽车分技术委员会	2017.6	负责汽车驾驶环境感知与预警、驾驶辅助、自动驾驶以及与汽车驾驶直接相关的车载信息服务等领域的国家标准制修订工作
《新一代人工智能发展规划》	2017.7	构建开放协同的人工智能科技创新体系，培育高端高效的智能经济，建设安全便捷的智能社会，明确提出发展自动驾驶汽车等智能运载工具

经济：人均可支配收入和消费意愿持续增长，自动驾驶市场空间巨大，吸引资本投入，加速产业发展

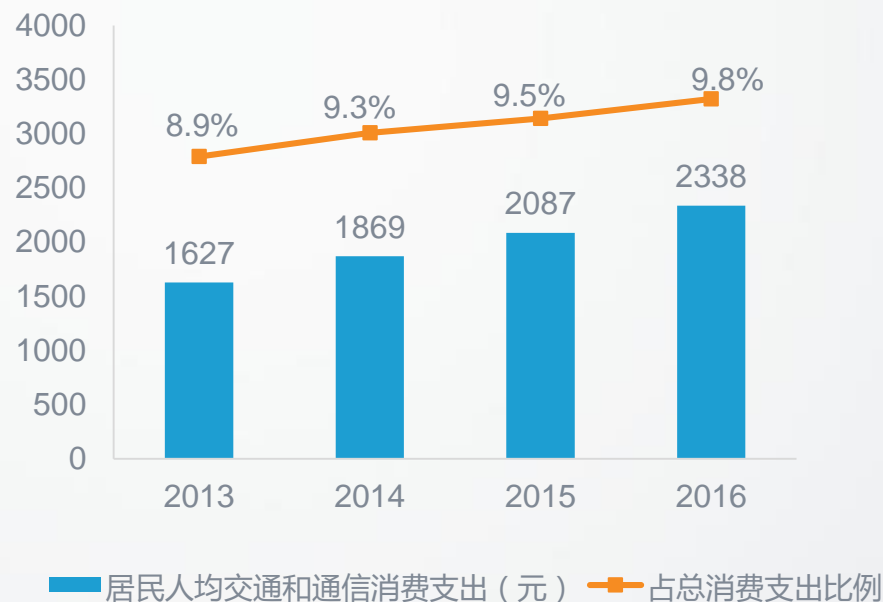
- ◆ 居民人均可支配收入和消费意愿持续增长，居民交通消费支出连年攀升，国内汽车产业发展日益成熟，可以预见，升级为自动驾驶的汽车产业将有庞大的市场空间和丰富的商业变现方式，能够更有力地促进GDP增长。
- ◆ 随着移动互联网产业的红利逐渐消失，作为人工智能产业的细分市场，自动驾驶成为资本热捧的产业之一。资本对自动驾驶商业化前景的看好，吸引大量创业者入局，产业发展速度加快。

亿欧智库：2013~2016年居民人均交通和通信消费支出以及占总消费支出比例



数据来源：国家统计局

亿欧智库：2013~2016年居民人均交通和通信消费支出以及占总消费支出比例



数据来源：国家统计局

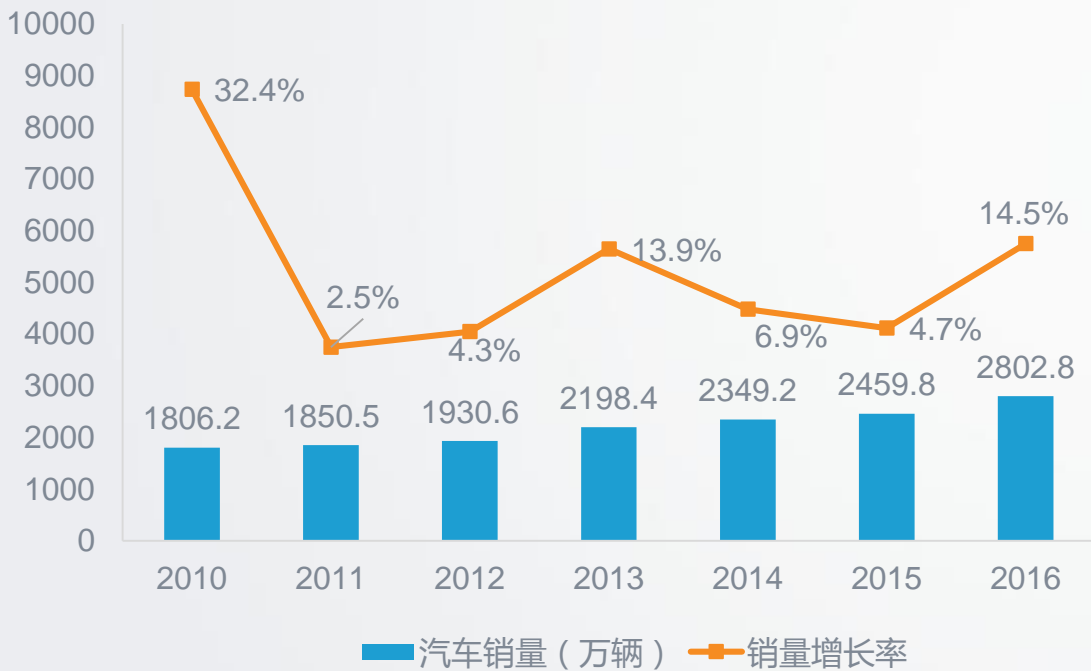
其他相关数据

- 汽车产业约占我国经济总量的2%左右；
- 2016年我国汽车产业对经济增长贡献率高达4.5%，增加值同比增长15.5%，高于国内生产总值和规模以上工业增速8.8个百分点、9.5个百分点；
- Strategy Analysis预测，2050年全球将有7万亿的自动驾驶市场规模。

经济：汽车销量增长，销售利润率持续下行，激烈的市场竞争促使产业寻找新的突破口，完成升级

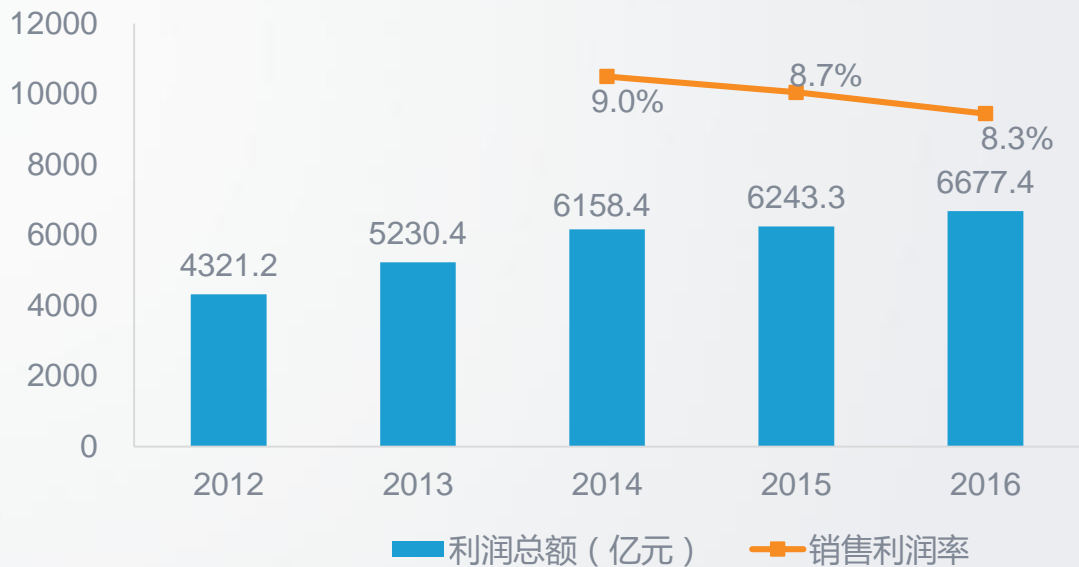
- ◆ 汽车销量在2010年到2016年持续增长，汽车市场的需求依然旺盛，但自2014年以来销售利润率逐渐降低，利润总额增长速度放缓。在巨大的竞争压力下，自动驾驶作为新的“蓝海市场”，吸引汽车制造商加大投入研发力度，将汽车打造成新的智能终端。
- ◆ 由于自动驾驶的AI属性，汽车产业将发生新一轮的产业整合升级，科技企业力图以后来居上的姿态完成布局。

亿欧智库：2010~2016年国内汽车销量及增长率



数据来源：中国汽车工业协会

亿欧智库：2012~2016年汽车制造业规模以上企业利润总额以及行业销售利润率



数据来源：国家统计局

社会：交通事故频发，财产损失巨大，城市通行效率低下，严重影响出行体验，自动驾驶需求被看好

- ◆ 近年来，交通事故和伤亡人数已有一定程度的下降，但直接的财产损失仍维持在较高的水平，自动驾驶技术成熟后，其安全性能将显著地避免交通事故以及相应的人员伤亡，有效降低事故带来的财产损失。
- ◆ 汽车保有量的增长、驾车习惯的不规范及车辆使用率的低下，共同造成了中国城市极为严重的交通拥堵。市民通勤效率低下，将大量的时间花费在堵车、停车上。实现智能联网的自动驾驶将有效解放车主的驾车时间，最优化使用道路资源，通畅道路。

亿欧智库：2016年国内拥堵城市



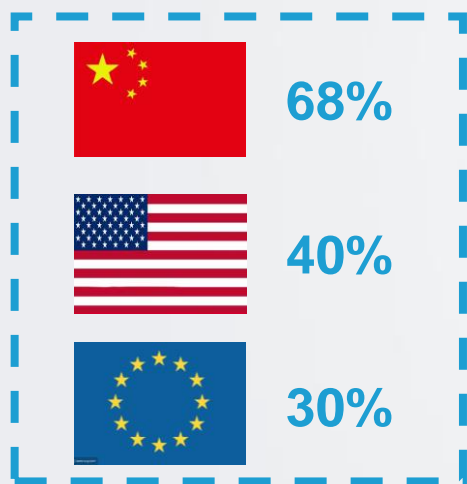
亿欧智库：2010~2015年交通事故情况



社会：国内消费者对于汽车新技术整体持开放态度，但自动驾驶的公众认知度尚低，有待普及

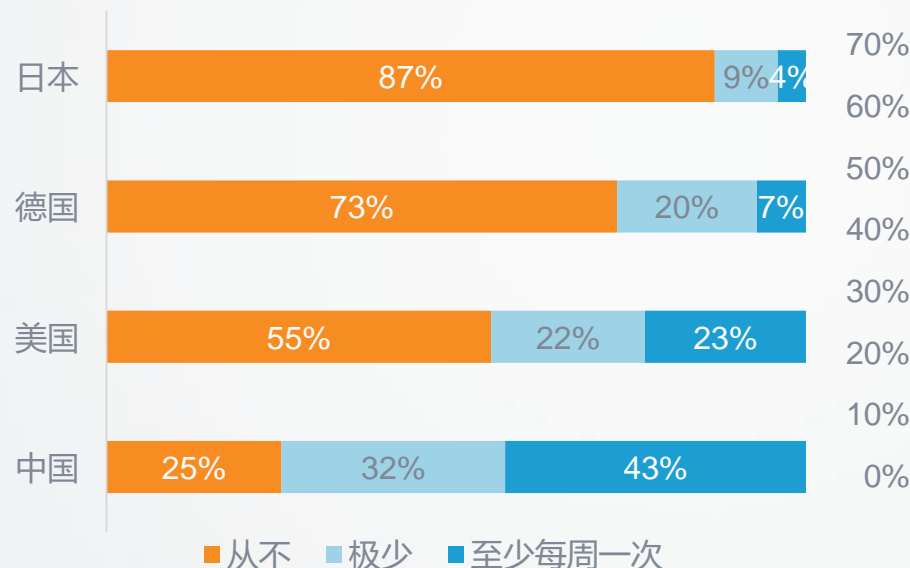
- ◆ IBM、波士顿咨询等机构进行的消费者调查结果显示，中国等新兴市场对汽车新技术、新模式的态度更为开放，喜欢程度更高，此前国内新能源汽车和出行服务产业的快速发展也证明了这点。
- ◆ 自动驾驶的公众认知程度尚低，仅局限在部分汽车科技爱好者中，技术落地尚需要很大程度的普及。对于持保守态度的人群而言，乘车安全和人车伦理将是拒绝自动驾驶的主要原因。

亿欧智库：汽车销量（含二手车）中新车销售比例



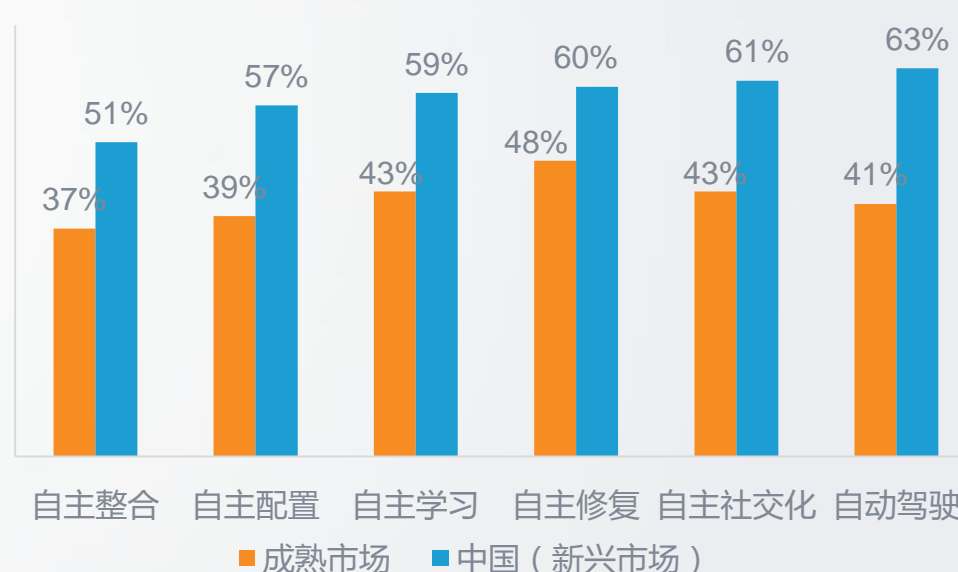
- 中国新车销量占比高，汽车新技术更易于推广。
- 移动互联网在中国发展迅速，中国消费者对车联网的接受程度可能较高。

亿欧智库：使用出行服务的消费者比例



- 相较于其他成熟市场国家，中国对出行服务的使用频率更高；
- 出行服务的使用改变了消费者对于汽车所有权的传统态度，这有利于让消费者接受来自运营商的自动驾驶汽车。

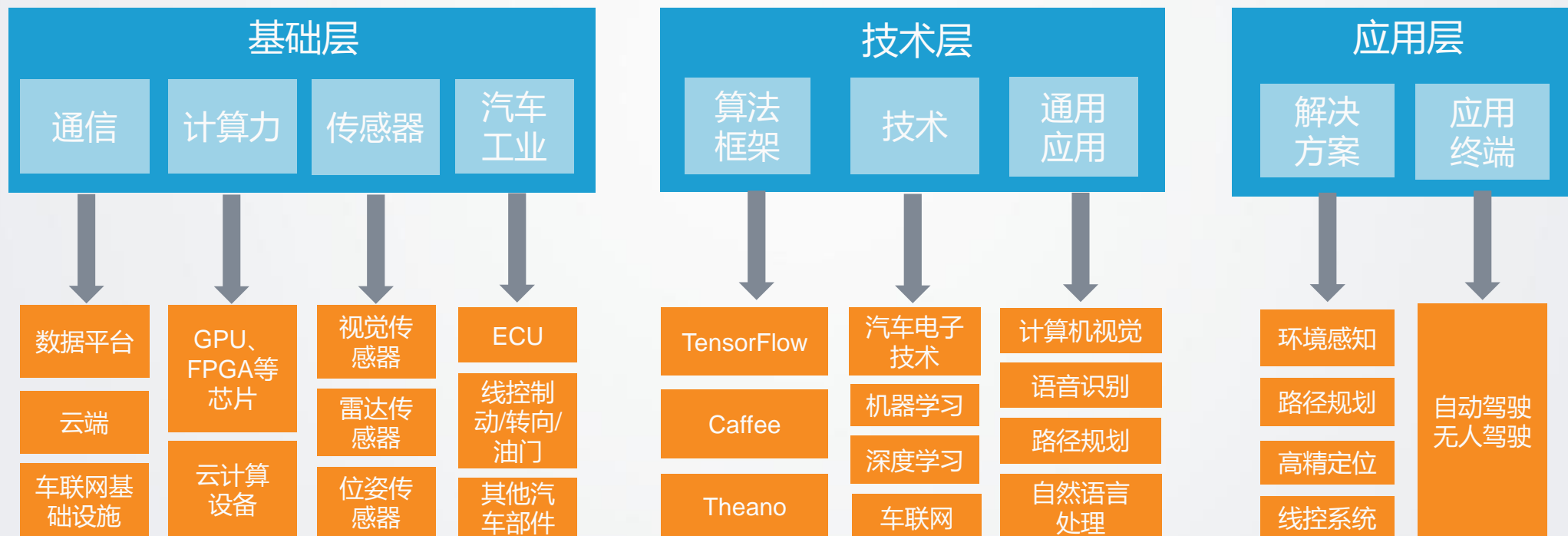
亿欧智库：中国（新兴市场）与成熟市场对自主汽车功能的喜欢程度



- 相较于成熟市场国家，中国对自动驾驶等新技术的接受度更高；
- 在国内，自动驾驶在六种汽车新技术中最受瞩目，说明消费者对“从驾驶位解放出来”的诉求更为迫切。

技术：得益于人工智能，尤其是深度学习的发展，汽车产业开始向自动驾驶方向前进，传统业态被注入新的驱动力

- ◆ 经过百年积累，汽车制造业臻于成熟，处在转型升级的关键节点，此前ADAS和汽车电子技术的发展开启了智能汽车发展之路，并为汽车产业接受自动驾驶这一新路线做了铺垫。
- ◆ 近年来，AI技术，尤其是深度学习的长足发展给自动驾驶的实现提供了条件，并深度应用于感知、建图、决策等环节，显著提高了单车智能的水平。在2005年的DARPA挑战赛中，斯坦福团队使用AI自我学习的算法将自动驾驶的感知识别错误率显著提升了4个数量级，战胜了其他基于规则设定算法的参赛团队，使DARPA成为自动驾驶发展的里程碑式赛事。
- ◆ 此外，5G通信技术将满足联网自动驾驶汽车对高数据带宽和传输速度的需求。



2.2 自动驾驶概念界定

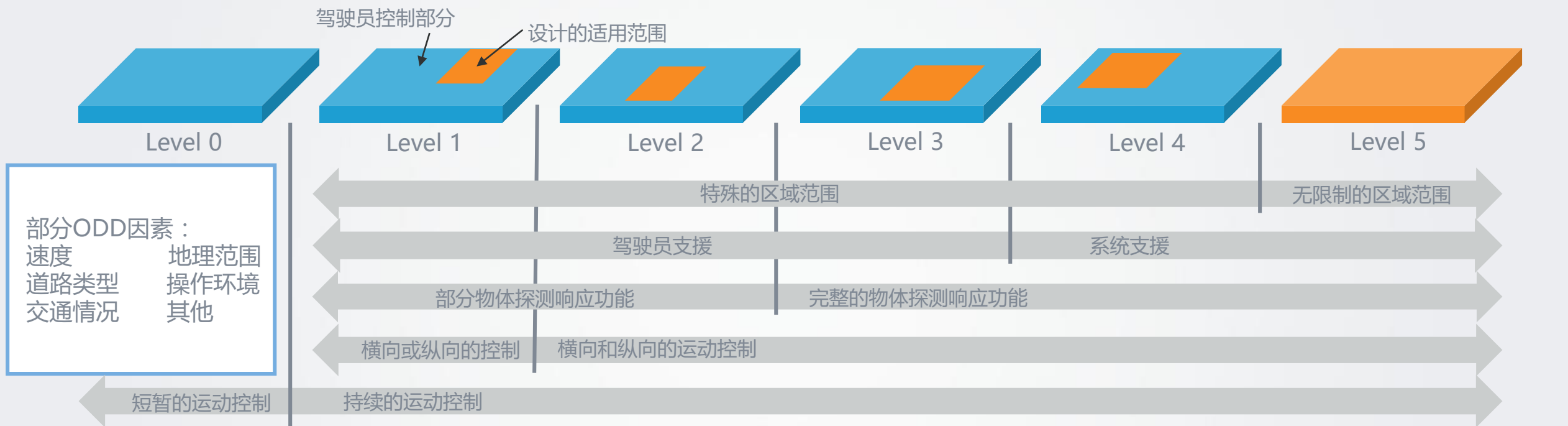
Definition of Automated Vehicles

◆ SAE（国际汽车工程学会）J3016文件提出的五级自动驾驶分级方案是当前被普遍采用接受的标准，也是本报告主要采取的标准。

亿欧智库编译：SAE自动驾驶定义和分级标准

SAE 等级	名称	概念界定	动态驾驶任务（DDT）		动态驾驶任务支 援（DDT Fallback）	设计的适 用范围 （ODD）	NHTSA 标准等级
			持续的横向或纵向 的车辆运动控制	物体和事件的探 测响应（OEDR）			
驾驶员执行部分或全部的动态驾驶任务			驾驶员	驾驶员	驾驶员	不可用	0
0	无自动驾驶 （No Driving Automation）	即便有主动安全系统的辅助，仍由驾驶员执行全部的 动态驾驶任务					
1	驾驶辅助 （DA，Driver Assistance）	在适用的设计范围下，自动驾驶系统可持续执行横向 或纵向的车辆运动控制的某一子任务（不可同时执 行），由驾驶员执行其他的动态驾驶任务	驾驶员和系统	驾驶员	驾驶员	有限	1
2	部分自动驾驶（PA， Partial Driving Automation）	在适用的设计范围下，自动驾驶系统可持续执行横向 或纵向的车辆运动控制任务，驾驶员负责执行OEDR任 务并监督自动驾驶系统	系统	驾驶员	驾驶员	有限	2
自动驾驶系统执行全部的动态驾驶任务（使用状态中）			系统	系统	备用用户（能在 自动驾驶系统失 效时接受请求， 取得驾驶权）	有限	3
3	有条件的自动驾驶（CA， Conditional Driving Automation）	在适用的设计范围下，自动驾驶系统可以持续执行完 整的动态驾驶任务，用户需要在系统失效时接受系统 的干预请求，及时做出响应					
4	高度自动驾驶（HA，High Driving Automation）	在适用的设计范围下，自动驾驶系统可以自动执行完 整的动态驾驶任务和动态驾驶任务支援，用户无需对 系统请求做出回应	系统	系统	系统	有限	4
5	完全自动驾驶 （FA，Full Driving Automation）	自动驾驶系统能在所有道路环境执行完整的动态驾驶 任务和动态驾驶任务支援，驾驶员无需介入	系统	系统	系统	无限制	

自动驾驶分级指标示意图——设计的适用范围



部分ODD因素：
速度 地理范围
道路类型 操作环境
交通情况 其他

DDT (Dynamic Driving Task , 动态驾驶任务)：指在道路上驾驶车辆需要做的实时操作和决策行为，操作包括转向、加速和减速，决策包括路径规划等。

OEDR (Object and Event Detection and Response , 物体和事件的探测和响应)：指驾驶员或自动驾驶系统对突发情况的探测和应对，在自动驾驶模式下，系统负责OEDR，应对可能影响安全操作的其他事物，进行检测响应。

DDT Fallback (动态驾驶任务支援)：自动驾驶在设计时，需考虑发生系统失效或者出现超出系统设计的使用范围之外的情况，当该情形发生时，驾驶员或自动驾驶系统需做出最小化风险的解决响应。

ODD (Operational Design Domain , 设计的适用范围)：将已知的天气环境、道路情况、车速、车流量等信息作出测定，给定自动驾驶系统具体的条件，以确保系统能力在安全适用的环境之内。

- ◆ 对应于SAE分级标准，**无人驾驶**专指L4、L5阶段，汽车能够在限定环境乃至全部环境下完成全部的驾驶任务。
- ◆ **自动驾驶**则覆盖L1到L5整个阶段，在L1、L2阶段，汽车的自动驾驶系统只作为驾驶员的辅助，但能够持续地承担汽车横向或纵向某一方面的自主控制，完成感知、认知、决策、控制、执行这一完整过程，其他如预警提示、短暂干预的驾驶技术（ADAS）不能完成这一完整的流程，不在自动驾驶技术范围之内。
- ◆ **智能驾驶**则包括自动驾驶，以及其他辅助驾驶技术。他们能够在某一环节为驾驶员提供辅助甚至能够替代驾驶员，优化驾车体验。

自动驾驶

指汽车至少在某些具有关键安全性的控制功能方面（如转向、油门或制动）无需驾驶员直接操作即可自动完成控制动作。

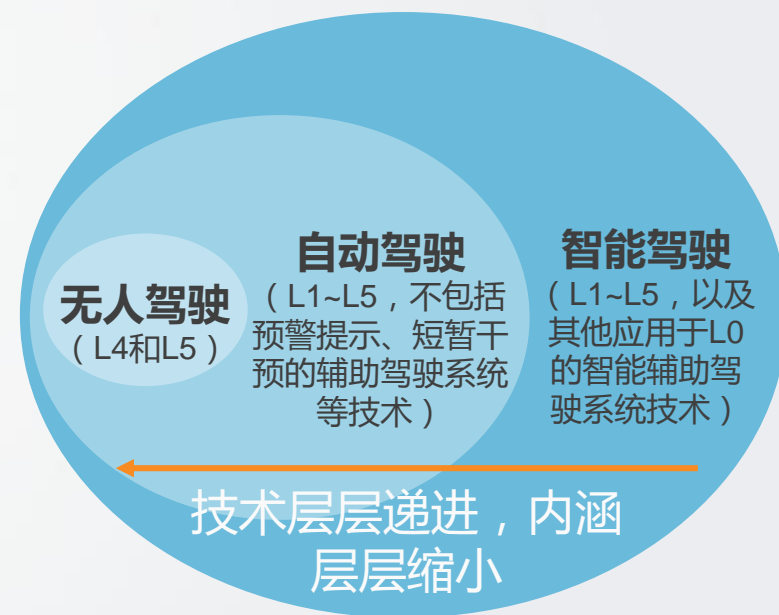
自动驾驶汽车一般使用机载传感器、GPS和其他通信技术设备获得信息，针对安全状况进行决策规划，在某种程度上恰当地实施控制。

无人驾驶

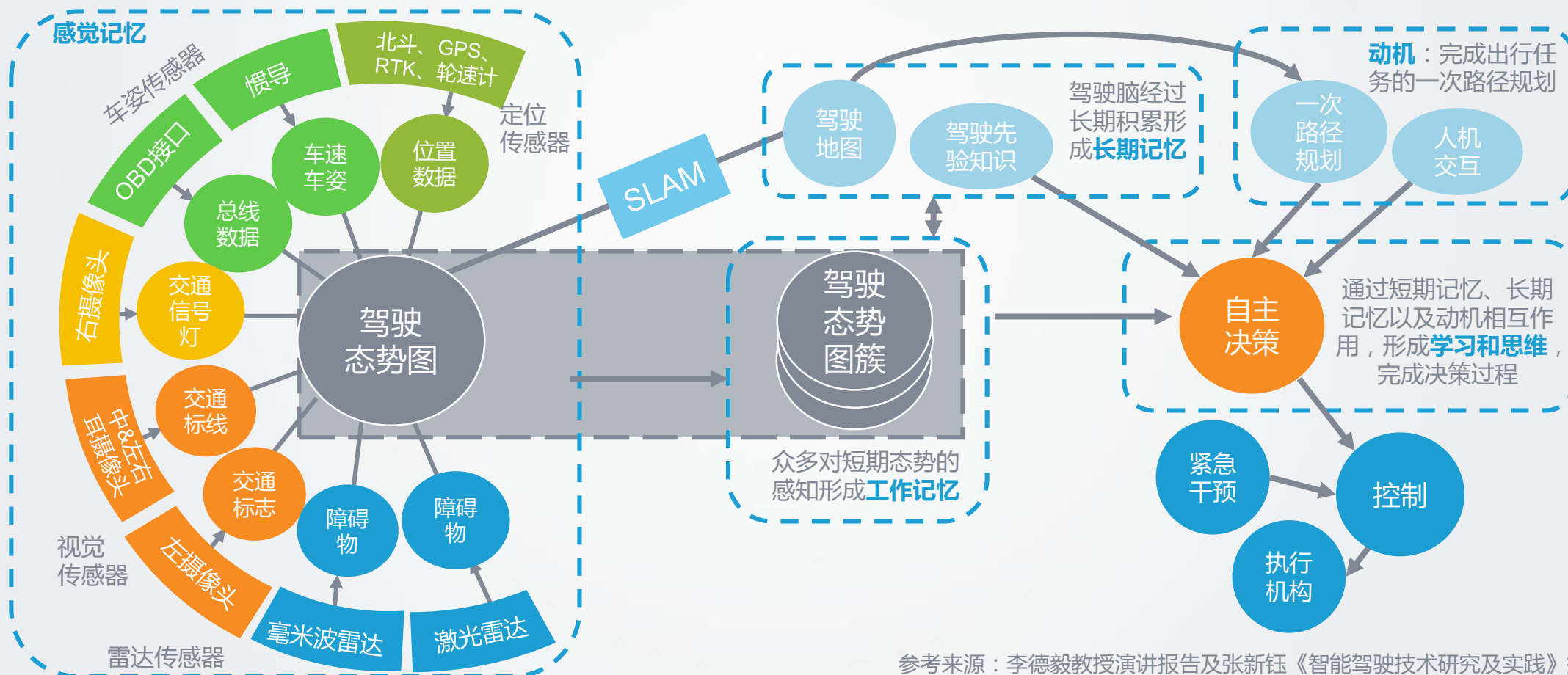
驾驶员不介入的情况下汽车可以完成全自动驾驶的控制动作，指向自动驾驶汽车技术发展的最终形态。

智能驾驶

指搭载先进的智能系统和多种传感器设备（包括摄像头、雷达、导航设备等），具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能，可实现安全、舒适、节能、高效行驶，并最终可替代人来操作。

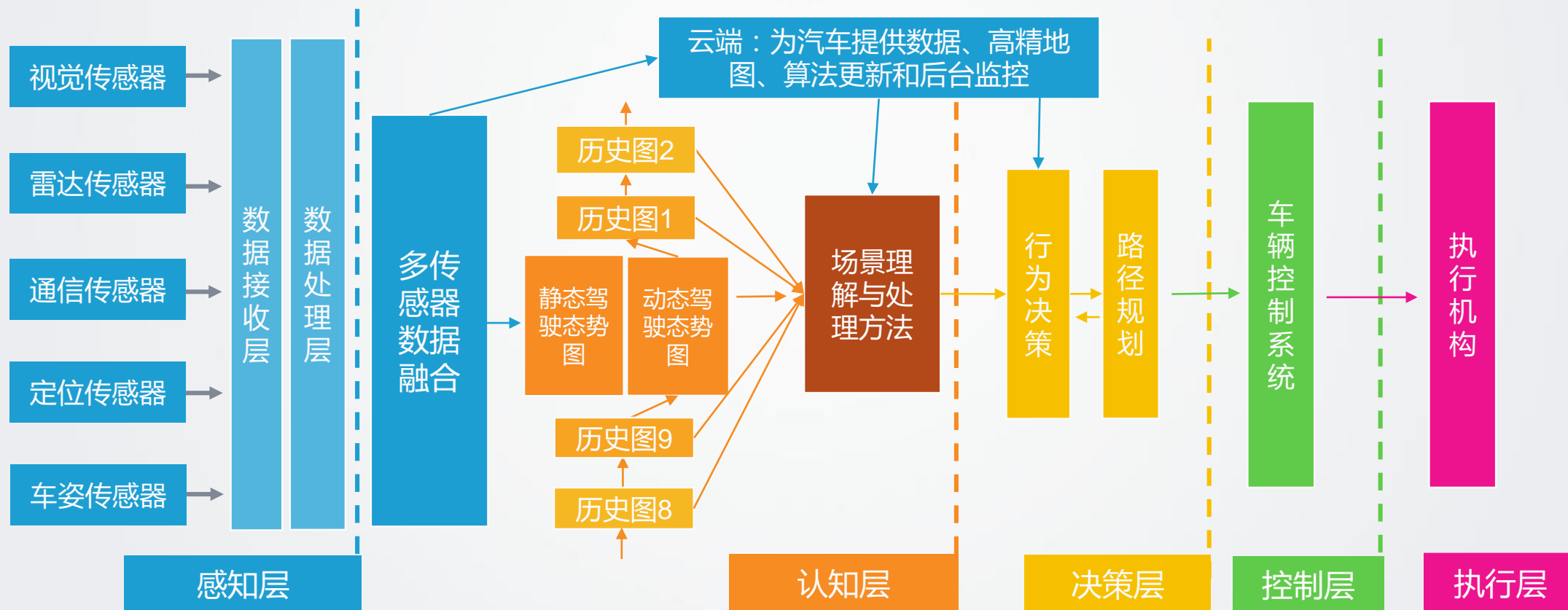


- ◆ 类似于人脑的运作，自动驾驶汽车的传感器感知到的数据会每隔一段时间形成驾驶态势图簇，构成车辆的工作记忆；长期记忆包含了驾驶地图以及各类驾驶先验知识；动机则是智能驾驶的某个路径要求，可通过人机交互传达给车辆。通过短期记忆、长期记忆以及动机相互作用，车辆形成了自主决策，传递控制指令给执行机构，完成整个自动驾驶的过程。



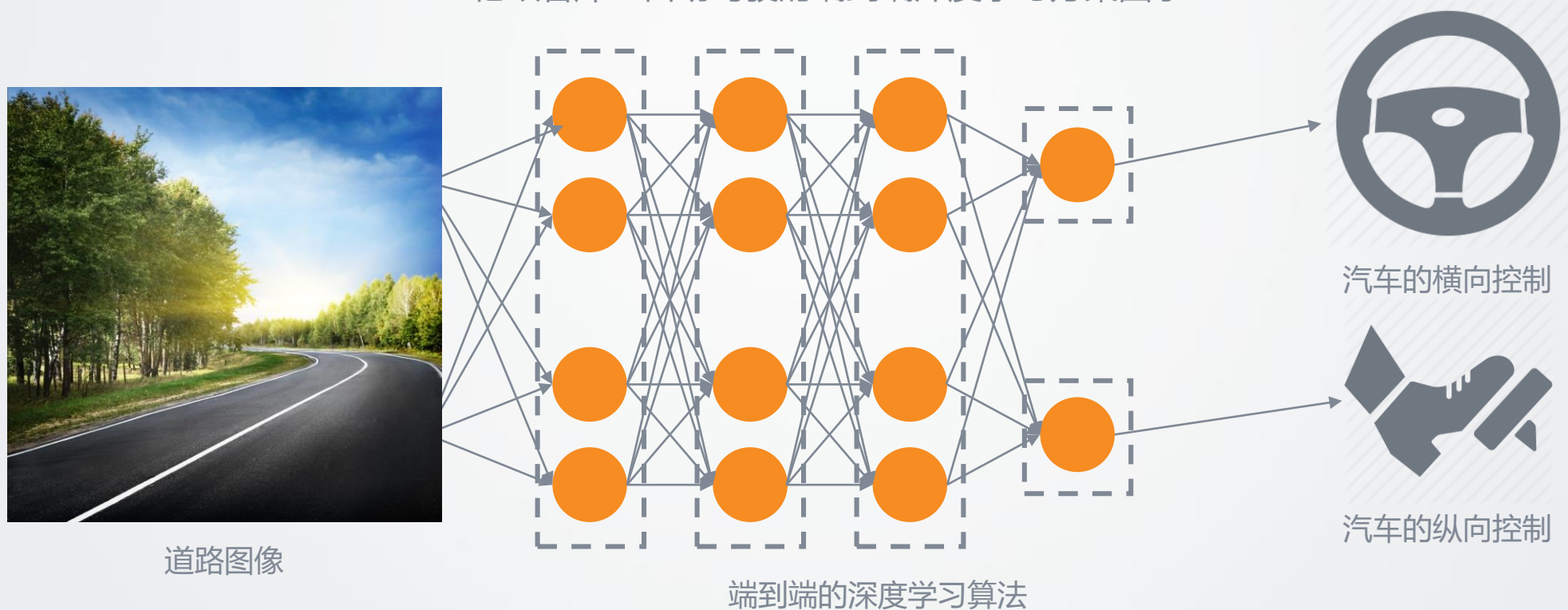
参考来源：李德毅教授演讲报告及张新钰《智能驾驶技术研究及实践》报告
详细见解释见链接：<http://www.iyiou.com/intelligence/insight51354>

- ◆ 根据自动驾驶的拟人化实现思路，流程可以分为**感知——认知——决策——控制——执行**五部分，其中传感器发挥着类似于人体感官的感知作用，认知阶段则是依据感知信息完成处理融合的过程，形成全局整体的理解，据此自动驾驶系统通过算法得出决策结果，传递给控制系统生成执行指令，完成驾驶动作。
- ◆ 在整个过程中，汽车能通过V2X通信设备与其他主体互联，并能通过云平台、联网平台及时更新数据、系统和高精地图。**亿欧智库认为，不具备V2X联网技术的单车AI无法实现完全的自动驾驶（即无人驾驶）。**



- ◆ 前页描述的“感知——认知——决策——控制——执行”五层流程模仿了人类由感官感知到动作完成的驾驶流程，这样的研发路线更具操作性，输出结果可解释，但这样搭建的完整的自动驾驶系统十分复杂，需要企业间的协作才能完成。
- ◆ 不同于**分阶段、分模块**的运作流程，**端到端（end-to-end）的深度学习方案**通过接受传感器的输入数据，直接决定车的行为，简化了系统流程，降低了车载计算的需求。
- ◆ 端到端的深度学习更具黑箱属性，运算过程不可解释，实现难度较大。

亿欧智库：自动驾驶的端到端深度学习方案图示



A

- ◆ 欧美国家在80年代先后开展自动驾驶技术研发，90年代，国内各高校和研究机构陆续开展自动驾驶的研发工作。2015年国务院发布《中国制造2025》，以自动驾驶技术为重点的智能网联汽车成为中国未来汽车发展的重要战略方向。

B

- ◆ 依据PEST分析自动驾驶宏观环境，政治层面，政策支持和标准落地将推动国内自动驾驶实现标准化、自主化，制定过程需要多部委协调，短期内形成完整政策有一定难度。
- ◆ 经济层面，自动驾驶作为技术周期演进过程中最被看好的行业之一，受到资本市场的热捧，资金注入使行业发展速度加快。
- ◆ 技术层面，得益于人工智能、车联网技术的发展，自动驾驶的实现成为可能。
- ◆ 社会层面，国内消费者对于交通不便的诉求以及对新技术、隐私的开放态度有利于自动驾驶的落地。

C

- ◆ SAE将自动驾驶分为五层，成为行业标准。自动驾驶是指，驾驶员不介入的情况下汽车可以完成全自动驾驶的控制动作，指向自动驾驶汽车技术发展的最终形态。
- ◆ 依据拟人化的研发思路，自动驾驶的运作流程可以分为感知——认知——决策——控制——执行五部分。端到端的深度学习简化了这种分流程、分模块的驾驶方案。

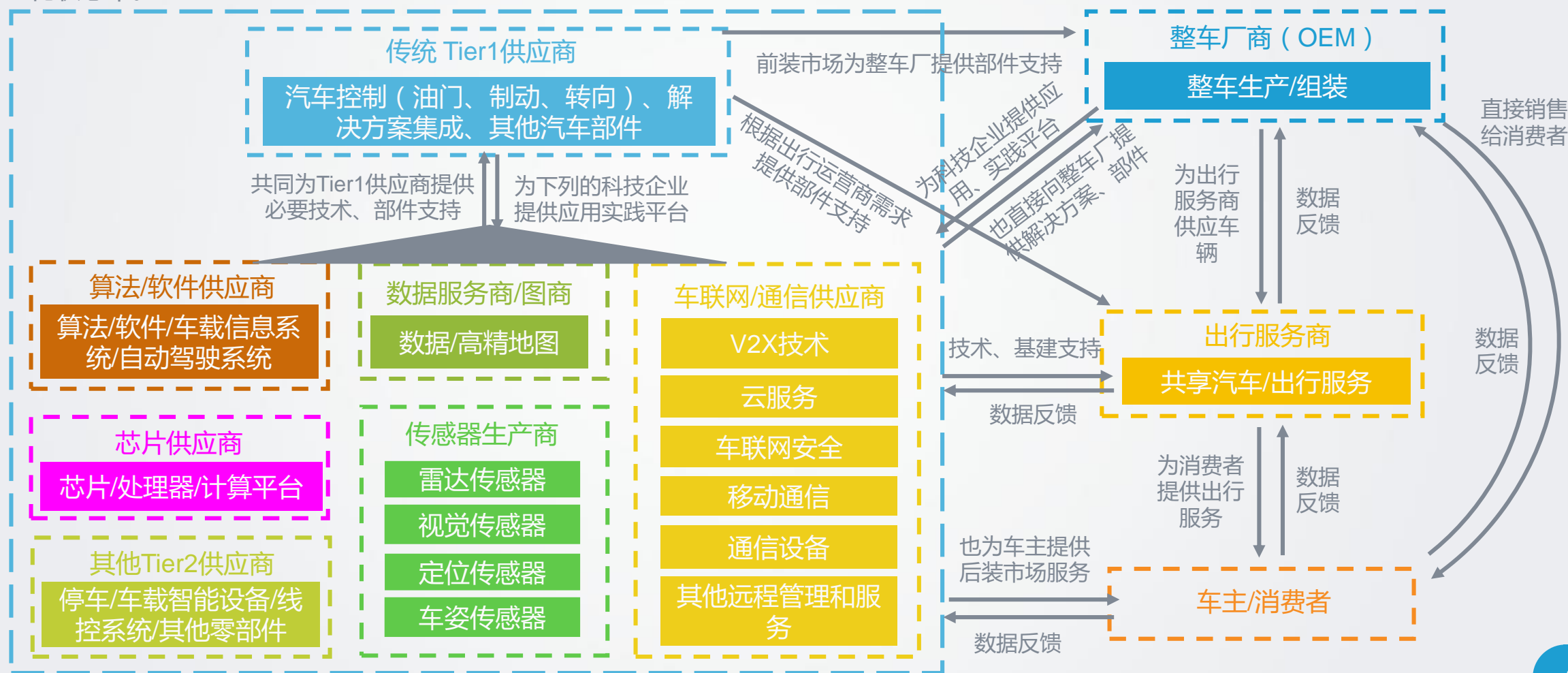
Part.3 中国自动驾驶产业分析解读

In-depth Analysis of Industry

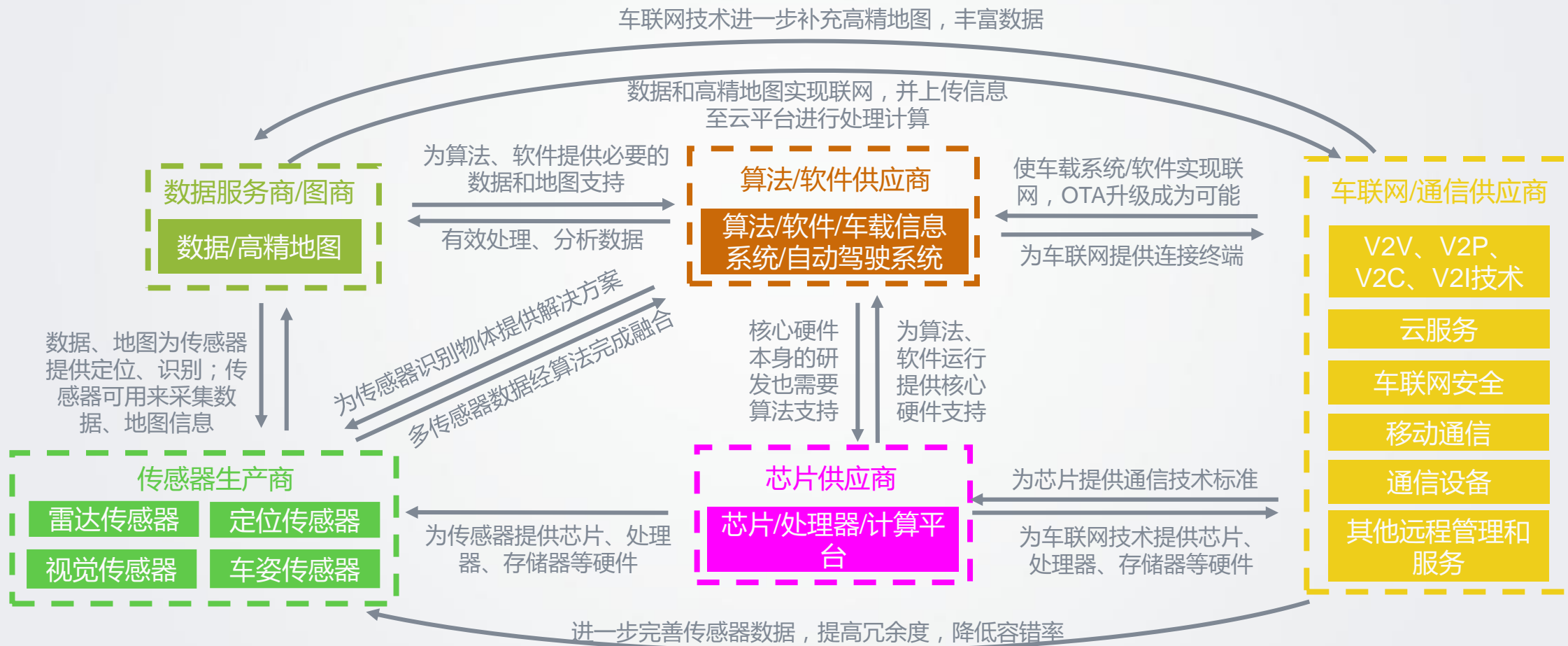
3.1 中国自动驾驶相关产业链分析

Analysis of Industrial Chain

- ◆ 数据、共享经济和人工智能技术正在打破过去成熟的金字塔式的汽车产业链结构。不同环节的企业相互合作，以实现最佳的经济效益为目标，使得数据、技术、资本得以在整个自动驾驶产业生态之中流动、循环。当然，目前这一生态结构尚处于不稳定的发展变化状态中。



- ◆ 细化前页左侧图可以看到：自动驾驶供应商产业体系中的新兴企业，从传统Tier2供应商获得设备部件支持，经过技术的整合研发，最终由Tier1供应商、或直接由整车厂完成集成、组装的工作，形成自动驾驶整体解决方案。此外，产业各环节的企业将**软硬件协同**作为发展趋势，提供一体化完整方案。亿欧智库认为，就汽车供应商产业体系而言，已越来越呈现**生态化、网状化的趋势，企业间纵向联结越加紧密。**



3.1.1 传感器

Sensors

- ◆ 在自动驾驶技术来临之前，车用传感器即用于汽车电子技术、作为车载电脑（ECU）的输入装置，能够将发动机、底盘、车身各个部分的运作工况信息以信号方式传输给车载电脑，从而使汽车运行达到最佳状态。
- ◆ ADAS的广泛应用，使摄像头等用于环境感知的传感器进入公众视野，作为辅助，这些传感器将汽车周边的环境信息输入到相应的系统模块中，进行判断，提前给驾驶员预警或提供紧急防护，但不同系统的传感器间关系孤立，数据单独处理，信息尚未形成融合。
- ◆ 在自动驾驶汽车中，定位、雷达、视觉等传感器协作融合，能够以图像、点云等形式输入收集到的环境数据，并通过算法的提取、处理和融合，进一步形成完整的汽车周边驾驶态势图，为驾驶行为决策提供依据。



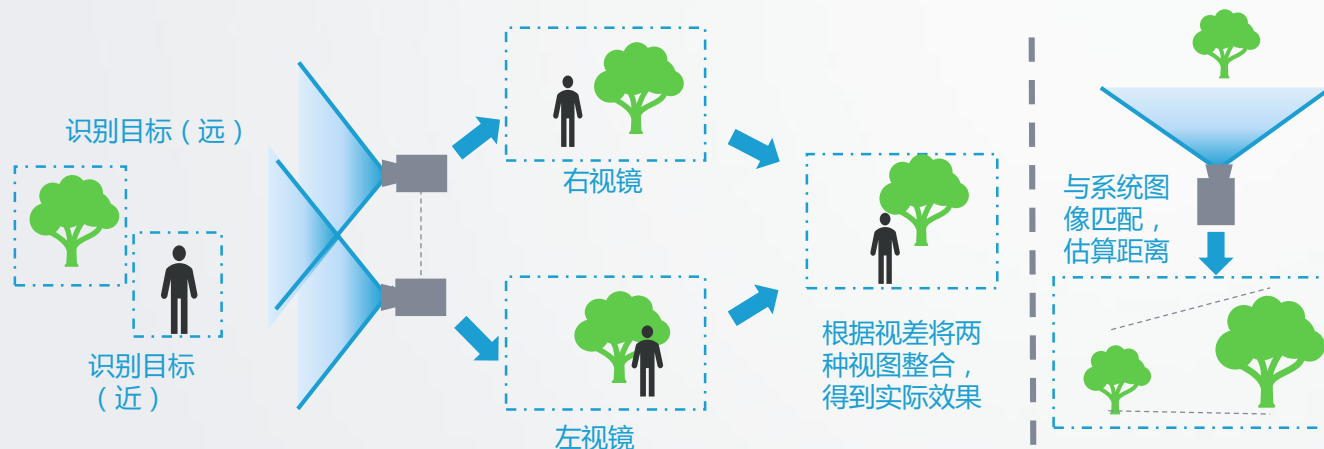
- ◆ 不同传感器各有优劣。无论是以摄像头为主的计算机视觉方案还是激光雷达方案都不具备独当一面的能力。例如，摄像头的硬件技术已相对成熟，所需的算法识别准确率却仍待提高；激光雷达的点云算法实现较易，但在硬件技术方面难度较大（后文将有详细说明）。可见，自动驾驶汽车要安全运作，必须保证**多传感器协同工作和信息冗余**。
- ◆ 因此，多种传感器往往需要协同工作，优势互补，共同组成自动驾驶的环境感知解决方案。

亿欧智库：主要的传感器比较						
	摄像头	毫米波雷达	激光雷达	超声波雷达	惯性导航系统	RTK差分
探测距离	50米	250米	>100米	3米内	—	—
精度	一般	较高	极高	高	短期测量精度高	高（厘米级）
功能	利用计算机视觉判别周边环境与物体、判断前车距离	感知大范围内车辆的运行情况，多用于自适应巡航系统	障碍检测、动态障碍检测识别与跟踪、路面检测、定位和导航、环境建模	探测低速环境，常用于自动泊车系统	弥补GPS的定位缺陷，精确感应定位和车姿	辅助GPS进行实时测量，获取厘米级的定位精度
优势	成本低、硬件技术成熟、可识别物体属性	全天候全天时工作、探测距离远、性能稳定、分辨率较高、测速精确	测量精度极高、分辨率高、抗干扰能力强、测距范围大，响应速度快	成本低，近距离探测精度高，且不受光线条件的影响	全天候全天时工作、受外界干扰小、短期精度和稳定性好、数据更新率高	定位精度高
劣势	依赖光线、易受恶劣天气影响、难以精确测距	在部分场景下易受信号干扰、无法识别物体属性、探测角度小	受恶劣天气影响、成本高、制造工艺复杂	只适用于探测近距，只在低速环境下发挥作用、易受信号干扰	成本较高、不能脱离GPS长时间工作、需要初始对准时间	需保持接收有效的GPS信号
不同类别	包括单目、双目摄像头，按照芯片类型又可分为CCD摄像头、CMOS摄像头	依据测距原理不同可分为脉冲测距雷达、连续波测距雷达	可分为机械激光雷达、固态激光雷达；根据探测原理也能够区分为单线激光雷达和多线激光雷达等等	—	—	—

以摄像头为主的计算机视觉解决方案，为汽车加上“眼睛”，有效识别周边环境及物体属性

- ◆ **概况**：相对于其它传感器，摄像头的价格相对低廉，有着识别车道线、车辆等物体的基础能力，在汽车高级辅助驾驶市场已被规模使用。依据不同的图像检测原理，可分为单目摄像头和双目摄像头，根据芯片类型又可分为CCD摄像头和CMOS摄像头，等等。
- ◆ **劣势**：摄像头对光线的依赖使其无法全天时（如夜晚）全路况（如隧道）工作，需要其他传感器作为补充。
- ◆ **硬件**：计算机视觉所需的工业摄像头在技术层面相对成熟，具有较高的图像稳定性、高传输能力和抗干扰能力，且单个摄像头成本已降到200元以下，因此单车可以配备6~8个摄像头覆盖不同角度，天风证券预测，2020年国内前后装摄像头需求量为4184万个。
- ◆ **技术定义**：计算机视觉技术简单而言，就是用摄像头代替人眼对目标（车辆、行人、交通标志）进行**识别、跟踪和测量**，感知到汽车周边的障碍物以及可驾驶区域，理解道路标志的语义，从而对当下的驾驶场景进行完整描述。

亿欧智库：双目（左）/单目（右）摄像头工作原理



- 双目摄像头基于视差原理，测定前方环境，获得准确的距离数据，难点是计算量较大。
- 单目摄像头基于机器学习原理，通过图像匹配进行目标识别，再通过目标在图像中的大小去估算目标距离，该技术对数据样本要求高。

亿欧智库：环境感知的三个阶段



资料来源：Mobileye

在自动驾驶来临前，国内的视觉方案供应商仍主要将产品应用于辅助驾驶系统，逐渐向自动驾驶过渡

- ◆ **视觉方案应用现状：**在明确表示以自动驾驶为着力方向的视觉方案供应商中，目前大多仍集中将产品应用于辅助驾驶环节，分布在前装、后装市场，为自动驾驶研发收集数据，不过用于ADAS的视觉算法一般仅能实现对车道线、周边车辆的基础感知功能，和自动驾驶所需的环境感知能力尚有很大距离。
- ◆ **国内代表企业：**国内供应自动驾驶所需的计算机视觉技术的企业大多数从ADAS起家。但是将计算机视觉作为通用技术平台的初创企业较少将自动驾驶作为自己的应用方向。商汤科技、格灵深瞳是少数打造计算机视觉通用平台并参与到自动驾驶领域的AI公司。
- ◆ **国外代表企业：**以色列的顶尖视觉公司Mobileye拥有深厚的算法、数据积累，并有自主研发视觉芯片和高精地图的能力，我国短期内还难以形成类似体量的企业。

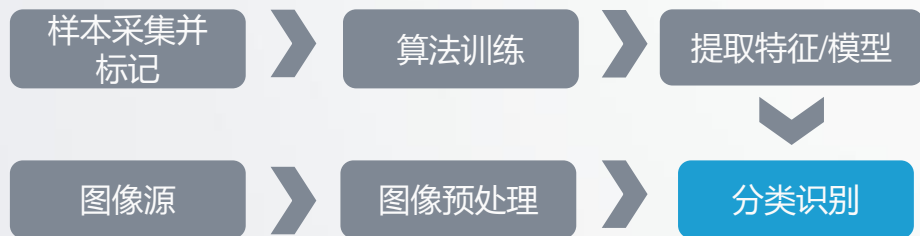
亿欧智库：国内用于自动驾驶的视觉方案供应商（部分）

企业	技术/产品	应用领域	地点	成立时间	最新融资情况
中科慧眼	基于双目立体视觉的环境感知技术、自动驾驶自校准技术以及智能驾驶实时算法	自动驾驶系统、ADAS	北京	2014	A轮（2016年，数千万人民币）
天隼图像	智能监控设备和模式识别算法	小型无人驾驶电动汽车	北京	2012	天使轮（2016年，300万人民币）
格灵深瞳	具备计算机视觉和深度学习技术以及嵌入式硬件研发能力	智能交通、自动驾驶、金融安防等	北京	2013	A轮（2014年，数千万美元）
Maxieye	辅助驾驶产品与自动驾驶系统开发	自动驾驶、ADAS	上海	2015	Pre-A轮（2017年，数千万人民币）
Minieye	车载视觉感知技术、ADAS解决方案	自动驾驶、ADAS	深圳	2013	A轮（2016年，数千万人民币）
智眸科技	智能双目相机	ADAS、自动驾驶、机器人、无人机	北京	2015	A轮（2016年，数千万美元）
纵目科技	汽车驾驶辅助技术软硬件方案提供商	自动驾驶、ADAS	上海	2013	新三板
商汤科技	人工智能视觉引擎、深度学习平台	金融、安防、机器人、无人驾驶	北京	2014	B轮（2017年，4.1亿美元）

计算机视觉技术需要深厚的算法、数据积累，市场壁垒高，主机厂、Tier1供应商和科技巨头具有天然优势

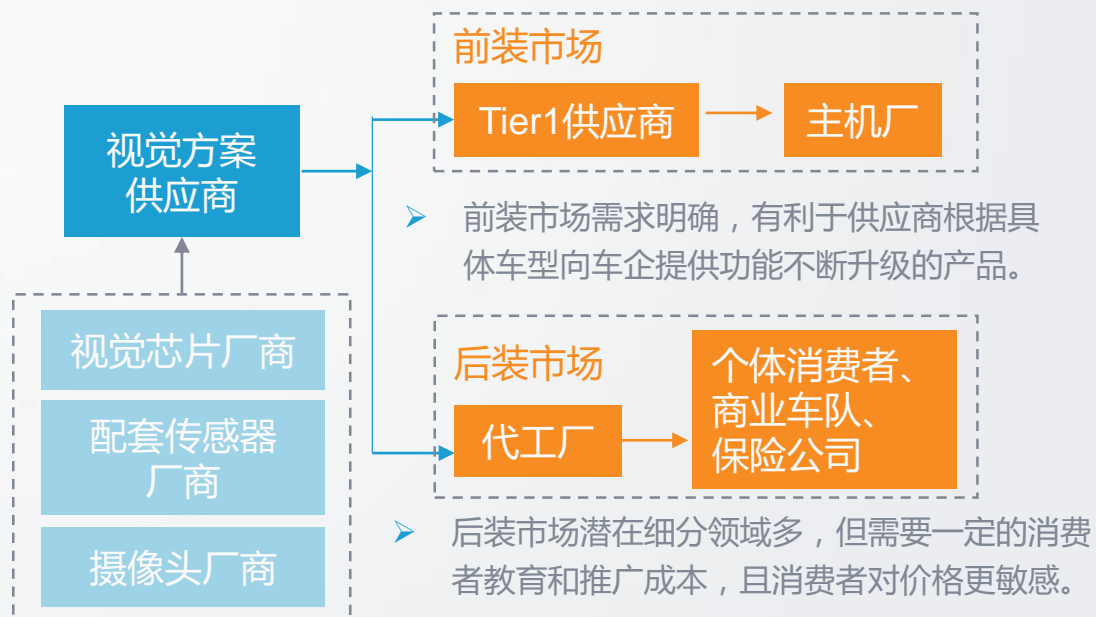
- ◆ 自动驾驶所需的计算机视觉技术远超出ADAS，摄像头需要对汽车周边所有影响驾驶的物体进行感知识别，对算法依赖度极高。
- ◆ **深度学习方法**是图像识别的支撑技术。在自动驾驶的视觉识别领域，目前主要采用监督式的深度学习算法，需要使用标注好的数据训练AI，使其检测识别物体。知名的计算机视觉识别数据库ImageNet已将图像识别精度提升到95%以上，超出人类识别图片水平。
- ◆ **数据的采集标注质量、数量越高，算法就越成熟**。标注目前主要采取众包形式人工完成，采集则需要大量测试作为支撑。复杂的驾驶场景使数据无法覆盖到所有可能性，因此摄像头视觉方案也需要其他的传感器作为冗余支持。
- ◆ **计算机视觉技术需要深厚的算法、数据积累，因而壁垒较高**。主机厂和Tier1供应商具备较强的资金和技术积累优势，能够迅速布局该方面的技术研发；目前市场上靠ADAS起家、进军自动驾驶的创业公司具备一定的技术积淀，需要合理平衡现有业务和尖端技术研发的关系；对于主打视觉算法的初创公司，短期内也难以形成商业闭环，需要在很大程度上与大公司合作。

亿欧智库：自动驾驶视觉方案的工作原理



- 要完成成熟的自动驾驶视觉方案，需要将采集到的图像中的各种物体进行标注，通过深度学习训练AI，使其能够检测出图像中的物体，继而依据各自的特征进行分类识别；
- 上路后，视觉模块能够根据摄像头实时采集的图像进行预处理优化，经过算法计算，将识别结果传输给决策系统，最后给出正确的驾驶动作。

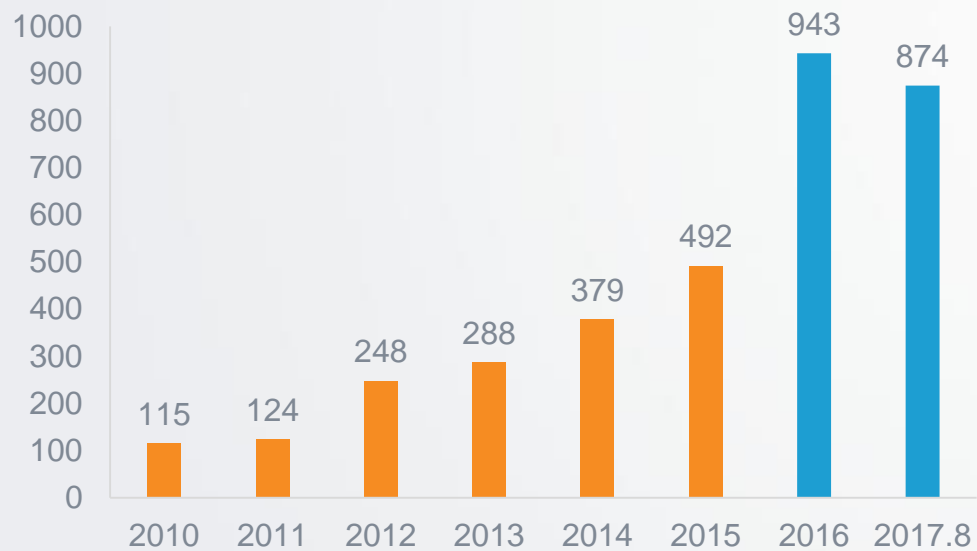
亿欧智库：自动驾驶的计算机视觉方案产业链



激光雷达方案具有更高的测量精度和三维成像能力，是自动驾驶不可或缺的传感器

- ◆ **简介：**激光雷达的应用采用光飞行时间法（TOF），即通过发射和接受激光束，计算激光遇到障碍物的折返时间，分析得出目标与设备的相对距离，并测量得到障碍物的轮廓，这些信息经过处理能够获得3D环境地图，且精度能够达到厘米级。
- ◆ **分类：**根据有无机械旋转部件，可分为机械激光雷达和固态激光雷达，或介于二者之间的混合固态激光雷达，前者的制作难度更大，体积更大；在全固态激光雷达中，又可分为MEMS、面阵等不同技术路径；此外线束数量的不同，在分辨率和测量速度方面也有所不同；产业领先者Velodyne的64线机械激光雷达作为高端产品，单价超过7万美元。
- ◆ **功能：**激光雷达具有障碍物检测、动态障碍物识别跟踪、路况检测、实时定位和环境建模的功能。

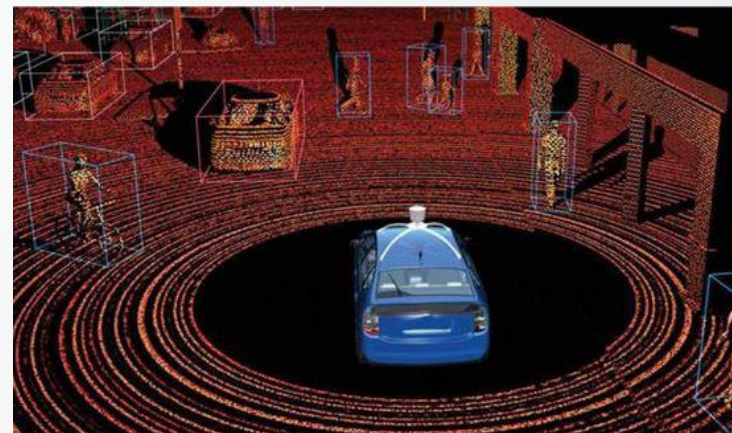
亿欧智库：中国激光雷达公开专利数量趋势



数据来源：国家专利检索与服务系统

- 自2016年以来，在国内公开的激光雷达相关专利飞速发展，与国内自动驾驶产业的发展趋势相吻合；
- 注：本数据通过检索“激光雷达”获得，为2010年至今在国内申请并公开的专利，也包含部分来自国外申请的专利，2017年数据截止到8月份。

亿欧智库：机械激光雷达点云数据示意图

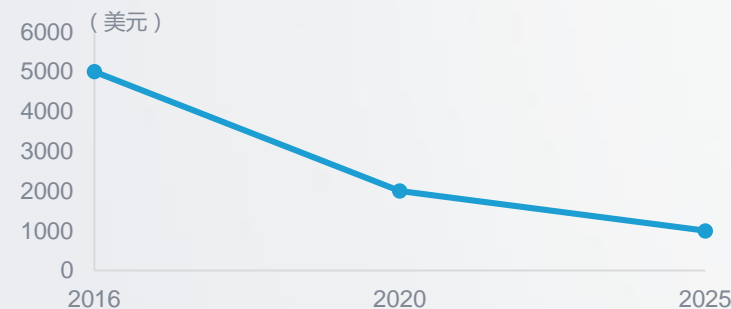


- 激光雷达构建的点云数据由大量结构细密的扫描线组成，图像模型中的每一行与部件上的每根扫描线对应。

为解决激光雷达低成本、低产量的关键问题，供应商沿着不同的技术路线改进现有产品，促使产品落地

- ◆ 尽管自动驾驶市场需求量极大，激光雷达仍面临着**成本高、量产难**的问题。制造门槛高，且应用领域较窄（汽车、资源勘测），使该类供应商相对较少，缺乏针对车规级的成熟量产方案。要推动激光雷达解决方案落地，供应商势必要完整掌握硬件的核心技术，以便控制成本，并以配套的算法推动市场接受其方案。
- ◆ 目前，**实现激光雷达低成本的路线**有：牺牲一定的精度，使用全固态、低线束激光雷达降低制作成本；提高生产率，通过量产带来的规模效益摊薄产品成本。
- ◆ 速腾聚创、禾赛科技等公司均提供自动驾驶的“硬件+算法”一体化解决方案，希望以低线束、低成本、量产化的激光雷达产品打通市场；用于机器人、无人机的激光雷达产商北醒光子、思岚科技也在向自动驾驶布局。尽管部分厂商已有成品，并与其它初创公司达成合作，但能否打通主机厂和Tier1供应商尚存疑。相较而言，2016年全球顶尖厂商Velodyne在中国的销售额已达到1500万美元。

亿欧智库：自动驾驶单颗激光雷达成本预测



数据来源：中金公司

- 摩尔定律终将推动激光雷达的感知方案成本降低。在2020年自动驾驶车量产之前的两年，将成为激光雷达突破成本天花板的关键节点。

亿欧智库：国内用于自动驾驶的激光雷达供应商（部分）

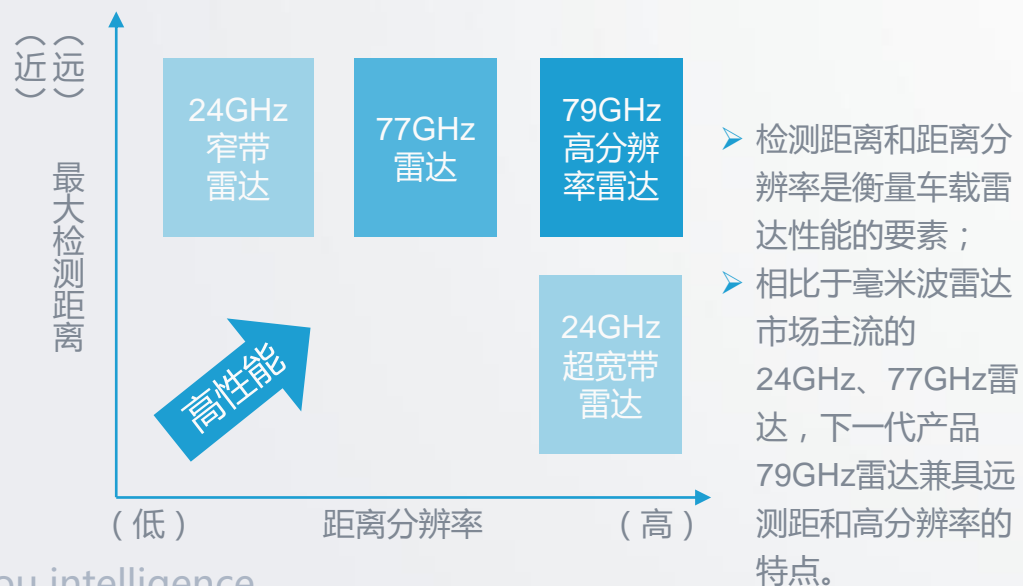
企业	代表产品	地点	成立时间	最新融资情况
北科天绘	R-Fans 车载三维激光雷达	北京	2005	A轮（2014年，600万人民币）
速腾聚创	RS16线小型激光雷达	深圳	2014	A+轮（2016年，数千万人民币）
镭神智能	16 线激光雷达（正在研发）	深圳	2015	A轮（2016年，数千万人民币）
禾赛科技	40线混合固态激光雷达	上海	2013	A轮（2017年，1.1亿人民币）
欧镭激光	Toucan系列16线激光雷达	杭州	2016	——

资料来源：IT桔子及公开资料

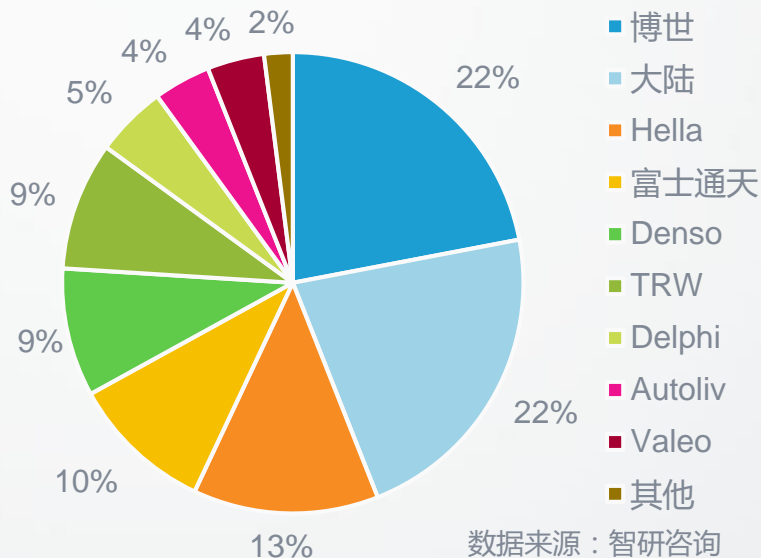
毫米波雷达具备全天时全天候以及探测距离远的优势，市场被国外Tier1供应商巨头垄断，国内厂商致力于国产化

- ◆ **简介：**毫米波是指频率位于30GHz到 300GHz 之间的电磁波。近些年，随着毫米波雷达技术水平的提升和成本的下降，毫米波雷达开始应用于ADAS，并成为自动驾驶所需的传感器。77GHz是当前车载毫米波雷达的主要使用频段，24GHz雷达严格意义上处于厘米波段，但在特性上接近毫米波雷达，因而也被归类入其中。
- ◆ **特点：**毫米波雷达探测距离远，精度较高，穿透雾、灰尘的能力强，能够全天候全天时工作。不过，毫米波易受干扰，而且难以识别小的物体（会发生衍射现象，无法接收到反射线）。
- ◆ **国内市场：**目前毫米波雷达市场由国外厂商垄断，国内主要的零部件供应商正在致力于车载毫米波雷达的国产化。79GHz毫米波雷达作为未来发展趋势，能更有效地发挥自动驾驶传感器所需的性能。

亿欧智库：毫米波雷达技术发展趋势



亿欧智库：2015年全球车载毫米波雷达市场份额



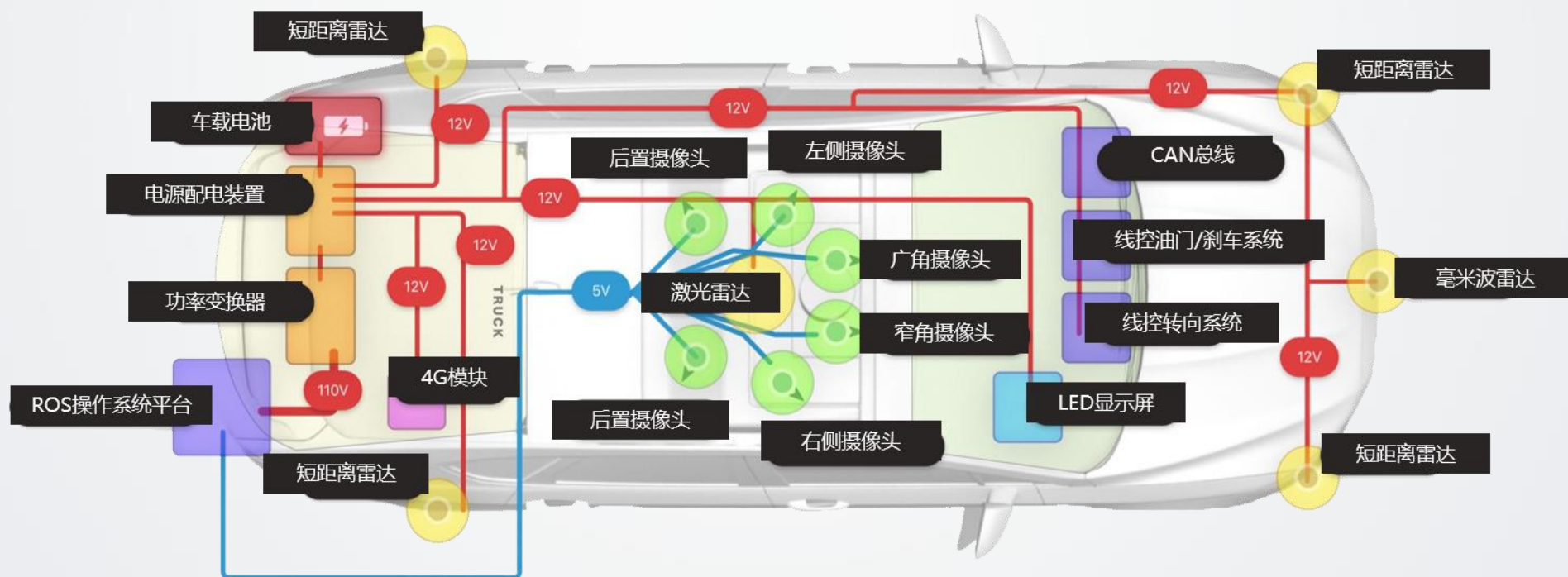
亿欧智库：国内主要的毫米波雷达供应商



多传感器融合成为行业共识，不同传感器技术将在博弈平衡中齐头并进，但并不排除单种传感器主导市场的机会

- ◆ 无论是以摄像头为主的计算机视觉方案，还是激光雷达，目前尚未拥有独当一面的能力，且信息冗余更有利于安全，因而多传感器融合成为自动驾驶产业共识，不同传感器技术将在博弈平衡中齐头并进。在此基础上，自动驾驶所需的传感器部件将进一步向**轻量化（包括产品重量以及传感器数量）**、**低成本**方向发展。
- ◆ **多传感器融合并不排除单种传感器主导市场的可能性。**一旦某类传感器性价比占优，将更容易获得车厂和Tier1供应商青睐，占据更大市场份额，不同传感器方案未来将呈现此消彼长的态势。

亿欧智库：某自动驾驶车型的传感器及其他部件配备方案

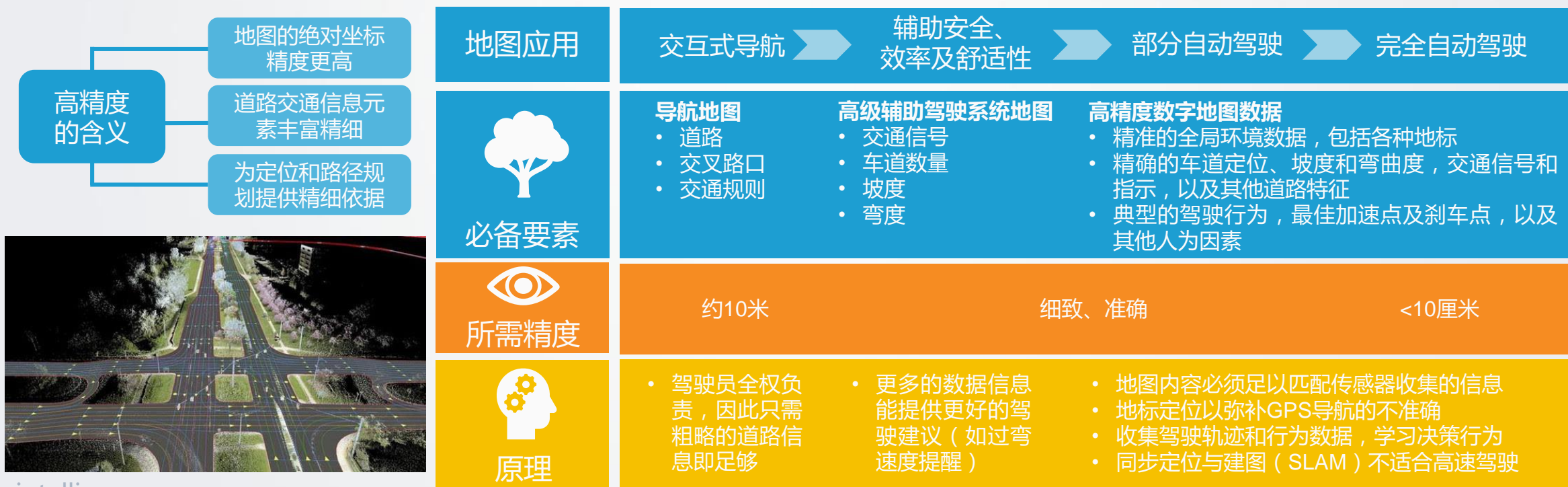


3.1.2 高精度地图

HD map

- ◆ 传统的导航地图无法满足自动驾驶的需要，为此高精度地图（HD map）应运而生，它具备更多维度，更新更及时，结果精确到厘米级，成为自动驾驶技术落地的关键驱动力；
- ◆ **优势：**不仅是传感器发挥感知周边环境的功能，高精度地图也能够提供更前瞻的信息指示和冗余性，帮助汽车进行匹配定位，使驾驶系统**感知**到更大范围的交通态势，保证自动驾驶的安全；高精地图对于道路信息的记录能帮助汽车自主进行**路径规划**；此外，高精地图记录学习驾驶行为和轨迹，了解车主行车习惯，能为自动驾驶汽车提供**决策**支持，为车主提供个性化的出行体验。

亿欧智库：高精度地图特征及示意图



高精度地图研发投入大，技术发展路线尚未成熟，还处于商业化尝试阶段，但巨头已显现

- ◆ 通过众包形式，使用传感器进行道路数据采集并在后台完成绘制，是**高精度地图的主要思路**。由于高精度地图投入大、周期长的特性，也有以特征测绘这样精度较低、相对简易的技术方案建图。此外，如何实时将其他动态信息纳入地图也是图商的难点。
- ◆ 四维图新、高德作为国内最大图商，在自动驾驶和高精度地图领域投入布局最多，是产业的领导者，此外BAT在地图市场的参与度极高。但该领域技术尚未成熟，还处于商业化的尝试阶段。低成本、规模化产出和地图的可持续运维能力将是企业胜出的决定因素。
- ◆ 依靠卫星以及地面基站进行高精度定位也是有力配合高精地图提供冗余精细信息的方案，千寻位置是高精度卫星定位的代表企业。

亿欧智库：地图建模和定位的不同技术路线



亿欧智库：国内主要的高精度地图厂商

企业logo	企业名	收购情况
	四维图新	2014年以11.73亿人民币被腾讯并购
	高德地图	2014年以10.45亿美元被阿里并购
	易图通	2010年以3500万人民币被阿里并购
	百度地图（长地万方）	2013年长地万方全资被百度收购
	凯立德	——
	光庭信息	——

高精度地图：高德地图
amap.com

发展概况：自2014年取得测绘资质以来，高德通过“自主+众包”的方式，已完成了28万公里的全国高速高精度地图静态数据采集。今年底，高德还计划向国省道和主要城市扩展自动驾驶级别数据。

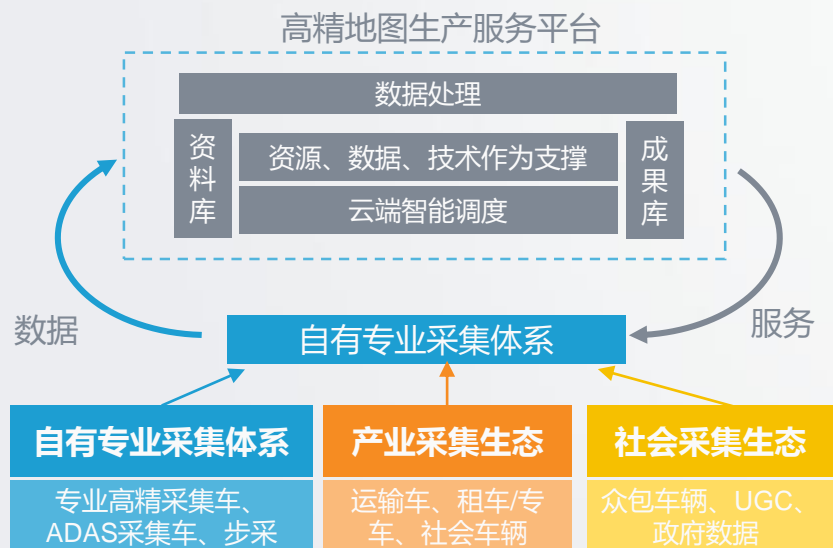
商业模式：高精地图免费提供给车厂，并获取得到车主驾车时的地图相关数据，使高精地图具备实时、可持续、更深度的使用价值。

高精度定位： 千寻位置
Qianxun

企业背景：千寻位置网络是由中国兵器工业集团和阿里巴巴集团20亿元合资成立的位置服务供应商，实力雄厚。

发展概况：千寻在国内覆盖建设了1400个以上的地面基准站，校准普通卫星定位的误差参数，实现全国厘米级精度的连续定位，并将结果联网传输至车载接收机，实现汽车的精准定位。

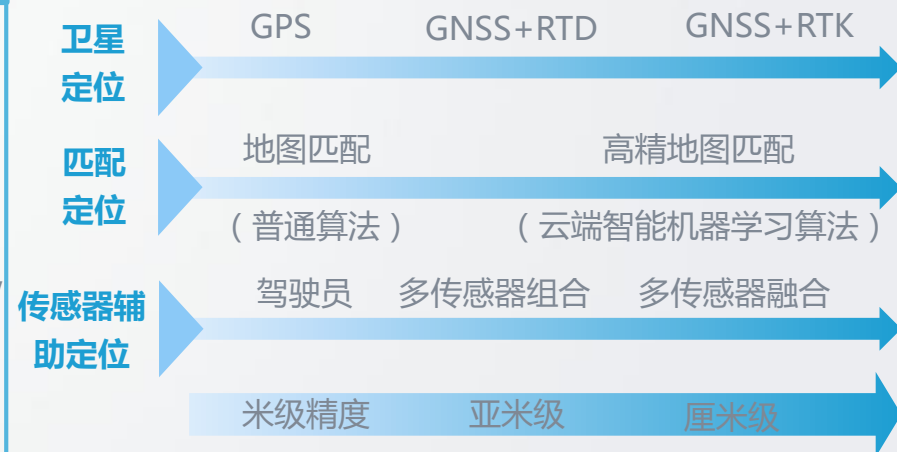
亿欧智库：高德高精地图运维体系



高精度地图+定位有何优势？

- ◆ 高精度定位能够优化高精地图现有的信息采集过程，使普通车辆具备采集车的定位精度，提高地图绘制效率；
- ◆ 在传感器被遮挡时提供备份信息，并提高地图匹配搜索效率，降低对传感器性能的需求；
- ◆ 铺设自动驾驶所需基础设施。

亿欧智库：车载定位技术发展趋势



3.1.3 AI芯片

AI chips

为满足性能要求更高的AI算法需要，PC芯片企业积极投入汽车计算平台研发，国内初创公司以AI专用型芯片作为突破路线

- ◆ **背景：**自动驾驶来临，传统的车载电脑（ECU）的硬件计算能力无法满足深度学习算法的需要，拥有**更高运算力、更高数据传输带宽**的计算平台成为市场需求，曾作为PC核心硬件的芯片处理器将继续在自动驾驶中保持自己的重要性。
- ◆ 将芯片运用于自动驾驶计算平台目前有几种不同的**技术思路**：以图形处理器（GPU）为主导实现通用化，代表是NVIDIA；多核处理器异构化，将GPU+FPGA处理器内核集成在CPU上，代表是英特尔；不同于前两种将PC端芯片转植到深度学习芯片的通用型打法，谷歌针对深度学习框架TensorFlow推出专用型芯片TPU，成为计算平台技术的第三种路线。

亿欧智库：不同芯片架构的特点

CPU（中央处理器，定制电路）	
优势： <ul style="list-style-type: none"> • 依旧主流，是AlphaGo的主要配置 • 管理调度能力强（数据读取、文件管理、人机交互） 	劣势： <ul style="list-style-type: none"> • 架构弱势 • 数据处理能力弱
GPU（图形处理器，定制电路）	
优势： <ul style="list-style-type: none"> • 并行运算执行效率高 • 数据吞吐量大/线程间通讯速度快 	劣势： <ul style="list-style-type: none"> • 功耗极大，散热要求高
FPGA（现场可编程门阵列，半定制电路）	
优势： <ul style="list-style-type: none"> • 存储器带宽需求低。流水处理 • 响应迅速，设计灵活多变 	劣势： <ul style="list-style-type: none"> • 一次性成本较高

亿欧智库：国内用于自动驾驶的芯片开发厂商

企业	业务	最近融资情况
寒武纪	包括深度学习专用芯片、加速器架构、智能计算平台，产品覆盖服务器和终端	A轮（2017年，1亿美元）
地平线机器人	提供嵌入式人工智能解决方案，研发自动驾驶专用芯片和计算架构	A+轮（2016年，数千万美元）
西井科技	模拟人脑神经元工作原理制造人工智能芯片	A轮（2017年，数额未透露）

- 我国对于人工智能算法的刚性需求正推动芯片与计算平台的国产化，深度学习更高的性能功耗需求使国内厂商有机会开发专用型芯片，突破由英特尔、英伟达垄断的芯片市场；
- 国内代表厂商寒武纪成为全球首个AI芯片独角兽，已具备相当的资本、技术资源的竞争力。

3.1.4 算法部分

Algorithms

自动驾驶的深度学习算法覆盖感知、决策等关键环节，需要大量高质量的数据进行喂食训练

- ◆ **类别**：除计算机视觉之外，多传感器的信息融合、决策规划也需要深度学习等算法的深度参与。TensorFlow等学习框架以及计算平台为自动驾驶提供了落地机会。根据不同的算法训练方式，有监督式学习、无监督学习、强化学习等不同的类别。
- ◆ **数据**：算法好坏的关键在于喂食数据的质量，因而数据常常被业界看作是自动驾驶的命门所在。目前还没有快速获取数据的方法，亲自实测、软件模拟和众包是不同的收集方式。国内的长安汽车通过路上实测取得300万公里数据；百度通过软件模拟驾驶来收集数据，优化算法；Momenta以众包的方式，将算法模块嵌入普通汽车，通过比对驾驶员行驶轨迹和算法输出结果来做进一步优化。
- ◆ **网络效应**：算法对数据的需要带来网络效应，到时算法和软件应用的外部性效益将十分明显（后文将有解释），拥有更多使用者的算法公司将更有优势，而其他落后者将面临淘汰的可能。



- 在算法的实现方面，目前主要采用监督、半监督式学习的方法，提前将数据标注好，使输出结果更易于理解，准确度更高，但相应的数据获取和人力标注成本也太高，往往会遇到数据完备性不够的天花板；
- 无监督学习的方法省去标注环节，但这样的算法不可解释，需要大量的试错过程来矫正，风险较高；
- 强化学习通过奖惩机制能够使算法进行自我的提升改进，通常用于AI的自主决策环节。

亿欧智库：数据处理的5个阶段



多源信息融合算法将分布式的传感器信息进行拟合互补，决策算法整合感知、认知层，最终传递指令完成汽车控制

- ◆ **多传感器融合**：多传感器融合将有效提升汽车感知能力，而不同传感器分布式的运作架构有必要经过算法在数据层融合互补，类似人脑，帮助汽车真正形成全局认知。
- ◆ **决策算法**：决策算法依据来自感知、认知层的信息，完成判定，直接决定汽车行驶的轨迹路线，因而算法公司通常也将决策算法作为核心竞争力和壁垒，竞相推出自动驾驶的解决方案（解决指向决策）。
- ◆ 技术和社会条件的未成熟使得算法的搭建和测试存在不同的技术路线，产业势必会采取兼收并蓄、混合互补的路线进行算法开发、测试。不仅如此，当前分布式计算运作的汽车架构，和初创公司试图打造“人脑”一样的中心式架构也可能实现共存。

亿欧智库：决策算法搭建和测试的不同路线

决策算法的不同路线

神经网络：采用深度学习神经网络，训练AI根据具体的场景做出适宜的决策。但这个决策过程具有“黑箱”性质，难以理解其中依据，存在安全隐患。

因果推理：使用贝叶斯网络（概率推理），针对事件发生的概率以及事件可信度进行分类，具有模块化、透明性优势。

设定规则：人工使用if-then规则覆盖所有可能的情况，对自动驾驶决策系统进行编程，不过这种方法显然难以覆盖所有场景，不够灵活。

混合路线：将以上方法相结合，优势互补。

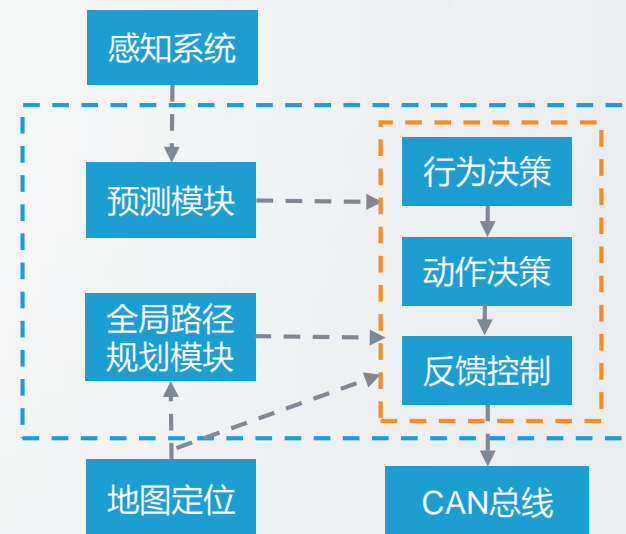
算法测试的不同路线

实际路测：使自动驾驶汽车进行实际路测，以确定系统是否安全并按预期运行。该方案可能受到法规和可测试范围的局限，耗时耗力。

软件仿真测试：构建虚拟的驾驶场景，对算法模型进行测试，降低路测成本，但考验虚拟场景的仿真程度。

硬件系统测试：将传感器预先记录的数据传输给硬件系统进行测试，突破了实际路测的诸多限制。

亿欧智库：决策和控制的基本架构



- 行为决策包括汽车的跟随、停止、追赶等；
- 动作决策要素包括汽车位置、曲度、速度、方向等；
- 反馈控制模块向油门/刹车/方向盘发出信号。

国内初创算法企业涌现，在试图成为通用的自动驾驶解决方案供应商的同时，也在探索其他可能的商业模式

- ◆ 不同算法经过封装成为覆盖不同环节的系统模块（例如环境感知、中央决策），嵌入汽车，并与其他传感器硬件配套，组成可量产、可通用的完整自动驾驶解决方案，这是目前算法公司主要的**发展方向**。
- ◆ **算法在国内外已成为创业者进入自动驾驶市场最主要的入场口**，但缺乏自己的平台，必须要与主机厂、Tier1供应商等合作来取得数据和算法软件应用的机会，短期内难以形成商业闭环，因而部分算法公司正在探索可能的发展模式。如图森未来靠计算机视觉起步，进入无人卡车市场，试图扮演运营方的角色；智行者科技在研发通用的自动驾驶解决方案的同时，也在低速自动驾驶领域研发物流车、观光车、机场接驳车等易于落地的商业项目。
- ◆ **被大公司并购成为算法初创企业可能的出路**，Cruise、Argo AI分别被通用、福特收购的案例将在国内发生。

亿欧智库：国内主要的自动驾驶AI算法初创企业

企业	成立时间	业务	最近融资情况
图森未来	2015	商用车自动驾驶技术研发与应用，在计算机视觉与深度学习算法方面拥有优势	B+轮（2017年，数额未透露）
智行者科技	2015	自动驾驶汽车研发，提供自动驾驶汽车整体解决方案和营运服务，在智能汽车控制决策技术方面拥有优势	A轮（2017年，数千万人民币）
驭势科技	2016	自动驾驶整套解决方案	A轮（2016年，数百万美元）
Momenta	2016	打造自动驾驶大脑；提供基于深度学习的环境感知、高精度地图、驾驶决策算法	B轮（2017年，4600万美元）
小马智行Pony.ai	2016	L4级别无人车技术研发	A轮（2017年，1000万美元）
景驰科技	2017	无人车技术研发	天使轮（2017年，3000万美元）

注：列表仅举出部分主要的AI算法初创企业，在前文中列举的计算机视觉企业等也属于开发AI算法的企业。

案例分析：百度全面押注自动驾驶，以底层服务商的角色挖掘新场景的规模化机会

- ◆ 百度正在将所有力量押注到人工智能上（尤其是自动驾驶），成为国内AI布局最多最重的科技企业。国内汽车行业制造商众多，市场分散，研发驱动力不足。百度作为拥有深度研发能力的科技企业将有机会引领自动驾驶。
- ◆ 早在2013年百度即开始布局自动驾驶。2017年经历人事变动，自动驾驶汽车（L4）事业部、智能汽车事业部（L3）和车联网业务完成重组，陆奇加入百度主导自动驾驶研发。Apollo计划于7月正式公布，百度自动驾驶的产品化步伐正在加速。

亿欧智库：百度自动驾驶发展历程



资料来源：亿欧以及公开资料

亿欧智库：百度系自动驾驶企业

企业	最近融资情况	业务
地平线机器人	A+轮（2016年，数千万美元）	深度学习芯片 汽车解决方案平台
格灵深瞳	A轮（2014年，数千万美元）	计算机视觉
Drive.ai	B轮（2017年，5000万美元）	提供自动驾驶解决方案， 覆盖不同层面的算法开发
禾多科技	A轮（2017年，数千万美元）	
星行科技 Roadstar.ai	天使轮（2017年，1000万美元）	
景驰科技	天使轮（2017年，3000万美元）	
小马智行Pony.ai	A轮（2017年，1000万美元）	高精地图
DeepMap	A轮（2017年，2500万美元）	
Velodyne	A轮（2016年，1.5亿美元，百度参投）	激光雷达

注：百度系包括百度投资企业以及主要离职员工创业企业。

资料来源：IT桔子

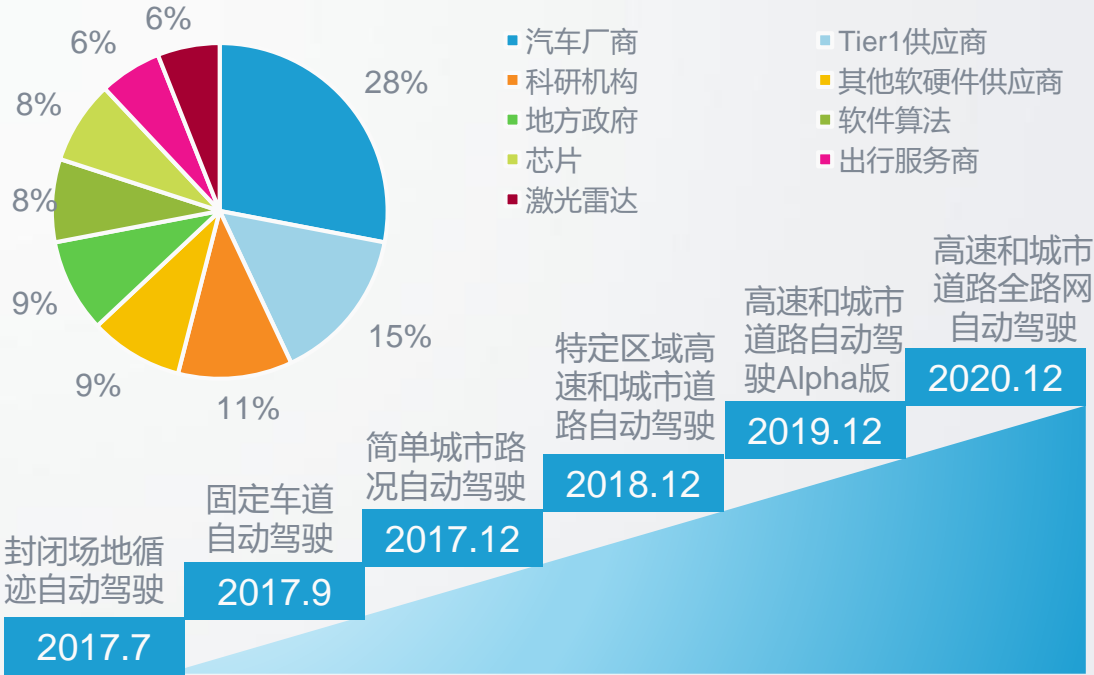
案例分析：百度Apollo计划做下一代安卓系统，整合国内产业资源打造庞大的自动驾驶合作生态

- ◆ 百度在2017年7月公布阿波罗计划，打造开放的自动驾驶平台，面向其他企业开放自身的高精地图、算法、数据，同时将国内行业玩家整合进百度的技术体系，沉淀更多数据，并提升其他竞争者的合作布局门槛。
- ◆ 百度在高精地图采集、数据方面有较大优势，具备完整的自动驾驶技术体系，在国内没有明显的对手。通过发挥底层服务商的角色，百度将有机会取得远期的商业价值。创业者依托Apollo开发产品将延长Apollo计划的产业链，形成可比拟Windows、Android的庞大生态。
- ◆ Apollo能否产生聚集效应尚存疑，在自动驾驶发展初期合作企业对于开放平台往往信心不足，并不愿意将数据拿出共享。目前百度与江淮汽车在高精度地图采集等方面达成合作，并计划在2019年下线首批L3级别汽车，Apollo效应初显。

亿欧智库：百度Apollo技术架构



亿欧智库：百度Apollo目前合作企业类型占比以及Apollo发展规划



3.1.5 车联网技术

Internet of Vehicles

车联网使自动驾驶汽车拥有更广范围的感知预判能力和更优的人机交互能力，从安全出行和信息娱乐两方面覆盖消费需求

- ◆ **定义：**车联网，通俗而言指**车与一切互联（V2X）**，包括其他车辆、行人、道路设施等等，使汽车拥有更大范围的感知能力，发现潜在风险，优化路径规划。车与云平台互联还能及时更新车内系统，为消费者提供信息娱乐服务。车联网的成熟，理论上将降低对传感器和算法的性能需求，也便于生活服务供应商进入汽车，丰富商业场景。
- ◆ **现状：**目前，车厂已经具备了较低等级的网联化技术，实现了汽车与后台的互联，通过OTA（空中下载技术）升级，汽车可自动及时地更新系统和辅助信息，并将用户的操作数据上传到后台。但更高级别的网联协同感知、决策和控制，以实现V2X的信息互联，涉及基础设施改建、车载网络升级（即车载以太网代替CAN总线结构）和通信技术标准的出台，目前还处在研发阶段。

V2X（Vehicles to everything）包括：

- V2V（to Vehicles）：车车互联；
- V2I（to Infrastructure）：车与道路设施互联；
- V2P（to Pedestrian）：车与行人互联；
- V2C（to Cloud）：车与云端互联；
- V2H（to Home）：车与家互联；
-

亿欧智库：国家对汽车网联化的等级划分界定

等级	名称	等级定义	控制	典型信息	传输需求
1	网联辅助信息交互	基于车-路、车-后台通信，实现导航等辅助信息的获取以及车辆行驶与驾驶员操作等数据的上传	人	地图、交通流量、交通标志、油耗、里程等信息	传输实时性、可靠性要求较低
2	网联协同感知	基于车-车、车-路、车-人、车-后台通信，实时获取车辆周边交通环境信息，与车载传感器的感知信息融合，作为自车决策与控制系统的输入	人与系统	周边车辆/行人/非机动车位置、信号灯相位、道路预警等信息	传输实时性、可靠性要求较高
3	网联协同决策与控制	基于车-车、车-路、车-人、车-后台通信，实时并可靠获取车辆周边交通环境信息及车辆决策信息，车-车、车-路等各交通参与者之间信息进行交互融合，形成车-车、车-路等各交通参与者之间的协同决策与控制	人与系统	车-车、车-路间的协同控制信息	传输实时性、可靠性要求最高

车联网应用将带来更大的商业空间，丰富消费者的乘车体验，消费场景化更加凸显

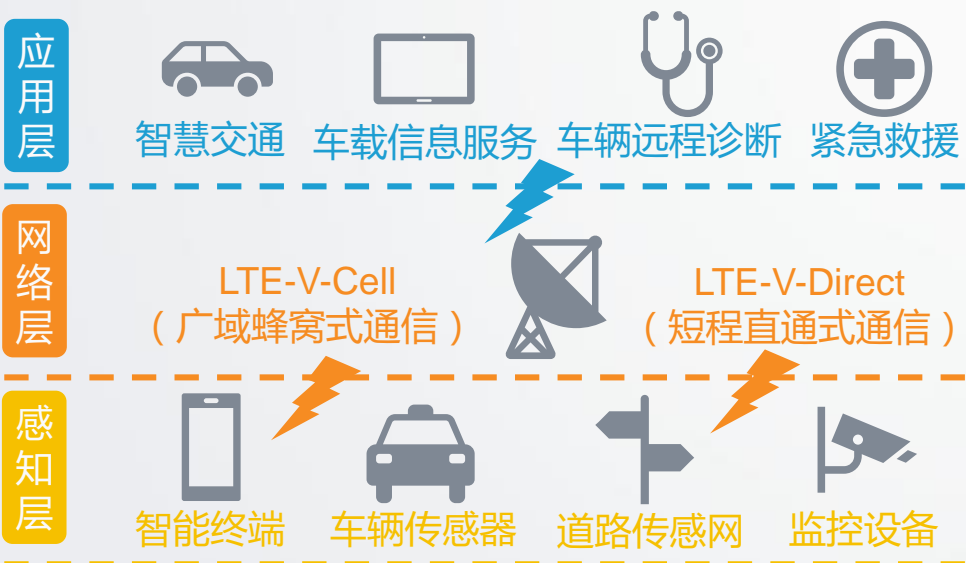
- ◆ 车联网的发展使封闭的乘车舱接入了更多的商业场景。自动驾驶解放司机工作，使消费者将注意力更多转向联网的信息娱乐服务，丰富乘车体验，而且汽车出行的场景化特征能够有效地结合消费发挥作用。
- ◆ 例如：自动驾驶汽车能够在到达某一商圈范围时，根据乘车人的出行习惯推送附近商店的购物推荐清单和商业广告；在接送旅客的时候，自动驾驶汽车能够根据出行路线推荐适合的住宿酒店、餐厅；在老年人乘车外出旅行的过程中，车联网能够提供健康监测服务以及应急处理措施；通过车联网，保险公司能够获知车辆的运行情况，针对性地提供车险方案。
- ◆ 以上的案例更多的是借助手机移动端的应用与汽车类比，仍有一定局限。联网的自动驾驶汽车将具有无限的商业可能性。



车载终端网联系统亟待构建应用生态，V2X技术需要统一的通信技术标准，道路交通设施将发生剧变

- ◆ **车载终端系统以及OTA成为车企率先在车联网发力的地方。**省去召回更新成本、“软件定义汽车”、提升用户体验是OTA明显的优势，经销商的作用将被削弱或发生职责转变；在车载信息服务系统方面，主机厂可以在安全认证的前提下面向第三方的应用开发者开放车载终端，形成自有生态和平台化优势。
- ◆ **市场现状：**在该领域BAT也有所布局（百度CarLife、阿里YunOS、腾讯路宝），其他冠以“车联网”之名的初创企业较为鱼龙混杂。
- ◆ **难点：**V2X的实现需要5G网络的商业化以满足数据传输带宽需求；道路设施将面向车联网技术进行改造，亟待政府的高度参与。此外，与传感器数据融合、提高通信精度是目前V2X技术的难点。
- ◆ V2X技术需要不同终端间统一通信协议，而协议存在**DSRC**（专用短程通信技术标准）和**LTE-V**（大唐、华为主推）两大路线之争。

亿欧智库：车联网系统架构



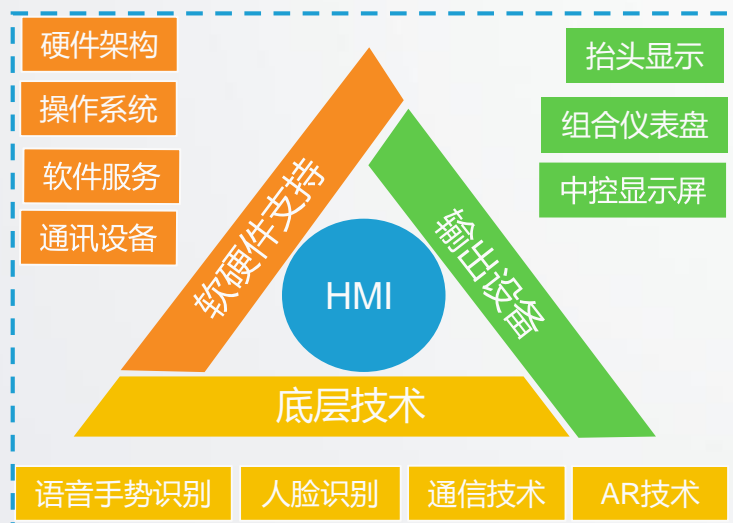
亿欧智库：两种通信协议比较

事项	DSRC	LTE-V
简介	专用短程无线通信技术，可以实现在特定小区域内对高速运动下的移动目标的识别和双向通信，可实时传输图像、语音和数据信息，实现V2I、V2V及V2P的双向通信	基于4.5G网络，以LTE蜂窝网络作为V2X的基础，面向未来5G的重点研究方向，是车联网的专有协议，面向车联网应用场景，实现V2X
现状	研发测试基本定型，美国V2V标准	发展相对较晚，仍在研究阶段，国内优势明显
优势	发展成熟并开始应用，低延时、可靠性	更低延时、更高可靠性、更广通信距离、更大系统容量、有成本优势
参与方	国外：恩智浦、日本电装、瑞萨科技 国内：东软集团、金溢科技	国外：高通、LG 国内：华为、大唐电信

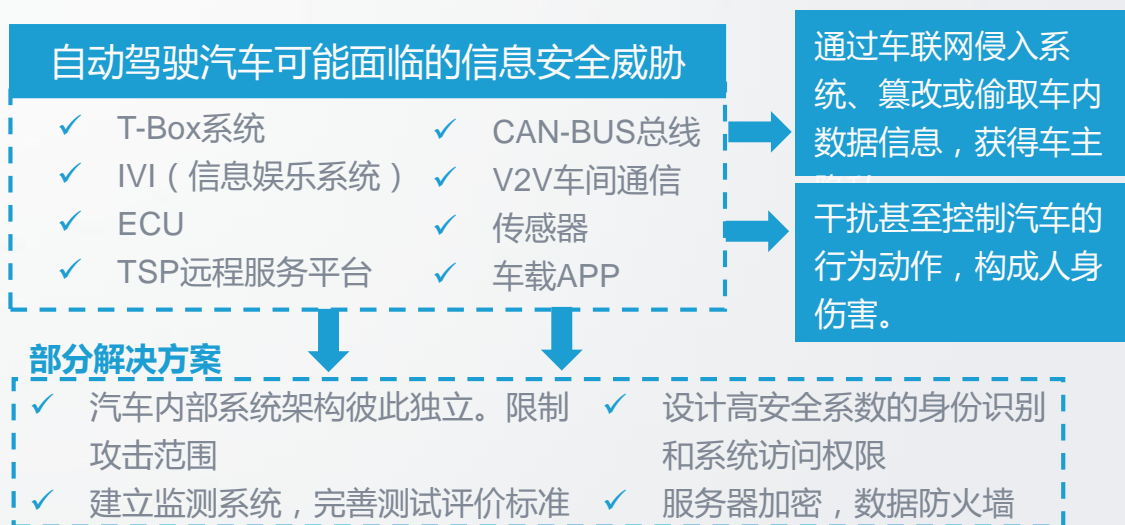
智能交互系统耦合人车，提升自动驾驶的友好度和实用度；自动驾驶信息安全技术未雨绸缪，防范可能的外部攻击

- ◆ **地位方面**，人机交互系统在自动驾驶汽车座舱中的作用将愈加明显，作为人车耦合的桥梁，将有效提升车辆的友好度和实用度，目前在量产的智能汽车中已有一定的交互系统应用。
- ◆ **从优势来讲**，一方面，人机交互系统使车主在让出驾驶权的同时保持对汽车的控制干预，保证自动驾驶汽车具备较高的灵活性和执行力；另一方面，交互技术使得车载终端服务系统更多的增值服务（娱乐、通讯等）成为可能，丰富乘车场景。
- ◆ 智能交互能使乘车人参与到行驶环节，但严格意义上讲，该技术更多的在智能汽车的概念下，而非自动驾驶。

亿欧智库：人机交互（HMI）系统结构



- ◆ 避免意外故障，保证**汽车行驶安全（safety）**是自动驾驶汽车率先解决的问题，包括功能安全和冗余安全，功能安全保证整套方案的正常运转，冗余安全指系统发生故障时能有备份、冗余系统作为保障。行驶安全是自动驾驶汽车能否落地的先决条件。
- ◆ 此外，人为的故意伤害将对**自动驾驶的信息安全（security）**提出考验。信息安全包括数据的存储、应用、传输安全，以及来自传感器、车联网等不同系统的信息安全。
- ◆ 在自动驾驶落地之前，车辆信息安全尚不具备攻击价值，因而这方面的技术开发更多地具有未雨绸缪的性质。360和腾讯目前正在信息安全方面布局。



3.1.6 传统、新兴车企及出行服务商

OEMs & Transportation companies

传统主机厂拥有成熟的供应链、销售链和生产线，研发自动驾驶具备固有优势，但企业转型考验重重

- ◆ 自动驾驶给传统车厂带来转型紧迫感，相较国外车厂大规模的收购投资动作和技术研发，国内主机厂也在制定自动驾驶发展规划。
- ◆ **优势：**传统车厂在资金体量、汽车制造设计上具有明显优势，也有成熟的供应销售链和生产线，商业化落地也更容易被消费者接受。而且，平台优势以及自动驾驶渐进普及的趋势对于传统主机厂而言能够大批量地获取驾驶数据，推动高度自动驾驶技术发展。
- ◆ **劣势：**自动驾驶新技术的引入需要分担车厂相当一部分的力量，包括AI人才引进、中短期难以收到回报的资金投入等；既有产品销量利润的保障，与技术研发推进之间需要有效平衡；传统汽车生产的缓慢迭代特征难以适应技术的快速发展；共享化市场的可能性或将严重影响主机厂在汽车行业的核心位置。
- ◆ **相对保守的姿态使传统整车厂偏爱稳妥的自动驾驶渐进路线**——在自主研发的同时，传统车厂十分注重利用平台优势扩大多领域的合作，但动作相对谨慎。

亿欧智库：国内开发自动驾驶的传统车企（部分）

亿欧智库：车厂的自动驾驶发展策略

- 1. 有明确的研发规划：**逐级研发，2020年和2025年大致作为L3、L4级别汽车量产额的时间节点。
- 2. 自主研发技术：**多地设立研发中心，组建AI团队，保持发展的主动性。
- 3. 合作多方机构：**合作机构覆盖Tier1供应商、科技企业、初创企业、通信运营商、科研机构。
- 4. 维持车厂主导地位：**强调车厂在自动驾驶中的主导地位，强化“造车难”的市场认知。

名称	目前进展	发展规划
一汽	率先开展自动驾驶研发，2007年在红旗HQ3车型基础上完成高速公路自动驾驶样车	2020年推出L4级别的自动驾驶汽车，2025年实现50%车型的高度自动驾驶
长安	L1级别汽车实现量产、完成2000公里的L3级别汽车测试、全球布局研发团队，已投入2亿人民币	推出智能化“654”战略，计划在2018年量产L2级别车型，2020年量产L3级别自动驾驶汽车
上汽	与阿里深度合作开发智能汽车，自主研发车型IGS已具备L3级别自动驾驶功能	2020年推出在结构化道路行驶的自动驾驶汽车，2025年实现全路况的自动驾驶
北汽	已推出EU260自动驾驶测试车型，与百度达成战略合作	计划在2020年之前投入20亿人民币进行研发，在2018 - 2019年量产L2级别、2020 - 2025年量产L3级别的车型
吉利	制定G-Pilot技术规划，已推出具备自动驾驶功能的沃尔沃S90车型	2018年量产搭载自动驾驶系统的沃尔沃，2020年实现高度自动驾驶，并计划向交通服务商、信息内容提供商转型
长城	目前哈弗H8、H9及部分后续车辆已完成了驾驶辅助（L1）阶段的开发	计划在2020年推出高速公路自动驾驶的汽车

新兴车厂从智能电动汽车起家，注重“软件定义汽车”和用户体验，逐步向自动驾驶进发

- ◆ **优势：**相对于传统车企，国内新兴车企实践创新的**束缚更少，决策机构更轻，互联网思维易于把握用户体验**，在汽车增值方面有更多的尝试空间，“软件定义汽车”和“生活方式改变出行”是新兴车企最为突出的发展思路。
- ◆ **新车企进入市场的难点：**造车难以及形成供应链难，新车企目前通过自建工厂（奇点、车和家）或合作制造（蔚来）方式来构建生产线，在此过程中还需维持资金链，争取生产资质；新车厂建立品牌、形成销售服务体系难，合资品牌销售、口碑营销的To C模式或交付给运营商To B模式是可能的营收途径。未来3~5年新兴车企将面临优胜劣汰的历程。
- ◆ **现状：**新兴车厂大多以智能电动汽车作为目前的产品定义，**自动驾驶技术更多处于研发和概念阶段**。在量产车销售上路之前，新兴车企在自动驾驶方面不会迈过大步子（覆盖在L1~L2级别），短期内也无法形成类似传统车企明确的自动驾驶发展战略，但其未来挑战传统车企地位的可能性正被业界看好。

亿欧智库：传统车企与新兴车企特征比较

	新兴车企	传统车企
需要大量融资自建工厂并构建供应链，需跨越较高门槛	既有生产能力	成熟的生产线和供应商体系，已有电动化转型的成功案例
有更强的创新驱动力和试错倾向，有机会取得较大突破	技术创新能力	有强大的汽车技术储备和资金体量，但创新驱动动力不足
决策机制更轻，易于顺应自动驾驶趋势，重视软件的倾向更能吸引AI人才	企业结构	企业结构成熟但决策效率较低，发展自动驾驶的同时必须平衡其他业务
短期难以收支平衡，需要建立品牌和营销体系，尝试新的可能盈利方式	市场地位	成熟的销售体系和长期的品牌形象使受众更愿意接受新技术，维持车厂的市场地位

亿欧智库：国内开发自动驾驶的新兴车企

名称	已有车型	最新融资情况
蔚来汽车	电动超跑-EP9（量产车）、纯电动SUV-ES8（量产车）、自动驾驶概念车-EVE	C轮（2017年，6亿美元）
车和家	SEV智能轻电	A+轮（2017年，6.2亿人民币）
小鹏汽车	小鹏汽车Beta版（辅助驾驶）	B轮（2017年，22亿人民币）
智车优行（奇点汽车）	纯电动SUV-iS6（量产车）	战略投资（2016年，6亿美元）
乐视汽车	FF91（未量产）	战略投资（2016年，6亿美元）
威马汽车	即将发布首款量产车（纯电动智能SUV）	A轮（2016年，10亿美元）

案例分析：长安、蔚来分处传统、新兴车企阵营，仍有开放合作共赢的空间

长安汽车
CHANGAN

NIO 蔚来

- ◆ **研发**：公布智能化“654”战略，在硅谷和底特律布局自动驾驶研发中心，计划在2018年将智能化团队扩充至800人。
- ◆ **开发原则**：以安全为基础，渐进式开发，实现产业化。
- ◆ **合作**：自2013年以来先后与高德、华为、英特尔、百度、博世、蔚来等多家企业在智能汽车、自动驾驶方面合作，并加入国家智能网联汽车联盟。
- ◆ 以汽车控制技术为基础，长安汽车试图构建自主的软硬件平台。目前，车企与科技企业相比依然占据主动性优势。

亿欧智库：长安汽车“654”战略



- ◆ **路线**：类似特斯拉，蔚来汽车从电动超跑的高端车起家，再转向大众化汽车研发。在技术积累之外，良好的传播效果能在市场打响知名度。
- ◆ **思路**：以软件定义汽车，通过持续更新优化车载软件能够改变传统汽车的迭代模式和周期。大数据、AI、用户服务是迭代的核心要素。
- ◆ **研发生产**：蔚来主要采取代工生产的模式，但已逐步构建起供应链，目前已有量产车型EP9（超跑）、ES8（纯电SUV），并计划2020年在北美量产L4级别汽车。

亿欧智库：蔚来汽车与传统汽车制造商的合作



蔚来与长安计划在研发、生产、销售、服务和供应链等各个领域全面合作，尤其是新能源技术、智能技术，并准备共同组建合资公司。

优化整合供应链体系资源，共同研发、制造、推广新能源汽车和智能网联汽车产品。深化先进制造基地建设，形成智能化、自动化、集成化的制造体系能力。

- 相比自主建厂，代工相对缓解了新车企的资金压力，弥补了在汽车制造上的劣势，省去“重复造轮子”的过程，对于传统车企，也能够有效利用产能，吸收新车企的创新理念。

自动驾驶带来新的交通出行生态，出行运营商的To C模式有竞争汽车行业核心地位的较高可能性

- ◆ **优势：**共享正成为未来汽车行业的发展趋势，滴滴、神州优车等出行服务商通过云端的智能调度能力以及运营自动驾驶汽车带来的低成本优势（B端减去司机成本，C端为消费者提供低成本自动驾驶出行方案），有望彻底改变传统的汽车消费模式。出行运营商作为其他服务提供商进入乘车场景的接口，还拥有丰富的变现方式和极强的平台优势。
- ◆ **细分领域：**卡车、物流车等物流运输领域同样具有相当大的市场可能性：单一路况对于自动驾驶和AI技术的性能需求较低，有可行的商业营收途径。
- ◆ 当共享化出行成为趋势，车企销售消费级自动驾驶汽车的商业模式将发生改变，目前国内部分车企已有转型为服务运营商的倾向（如吉利汽车）。亿欧智库认为，出行服务属于公共领域，国内车企具备成功转型的可能性。出行市场To C的特质使最先取得网络效应的企业拥有赢者通吃的机会。

亿欧智库：出行、物流运营商布局自动驾驶的必要性

1.	减去司机成本：	自动驾驶技术的到来可以帮助运营商减去高额的司机成本费用
2.	提高汽车利用率：	自动驾驶汽车能够长时间投入运营，依据后台的智能调度还可以提高利用率和回报率
3.	更易为消费者接受：	自动驾驶落地之初，消费者支付更多费用购买的可能性较低，而运营商的规模优势能够摊薄这部分成本，为消费者提供便宜的汽车体验
4.	竞争产业核心地位：	共享化作为未来可能的发展趋势，车企地位动摇，运营商直接面对C端，有望竞争汽车产业的核心位置
5.	符合交通发展需求：	交通效率和土地利用率的提高，消费者转向付费出行的偏好，使运营商布局自动驾驶合乎交通发展的需求

亿欧智库：滴滴出行在自动驾驶的布局

事项	具体内容
基础能力	已有的出产业务、云平台和数据积累
自动驾驶布局	设立无人驾驶实验室，针对未来交通的智能驾驶系统和基于人工智能的安全开展研究；聘请Waymo、Uber工程师，吸引AI人才
最新融资情况	F轮（2017年，55亿美元，招商银行、软银中国等参投），计划布局自动驾驶的苹果此前投资10亿
投资动作	投资GrabTaxi、Lyft、Careem、Taxify等各国出行服务商
合作企业	戴姆勒、大众、Lyft
实践	与贵阳交通部门合作，提供智慧出行方案
问题	缺乏自主建图资质；百度等科技企业和车企入场门槛低；借助区块链和车联网技术。未来可能产生去中心化的P2P平台

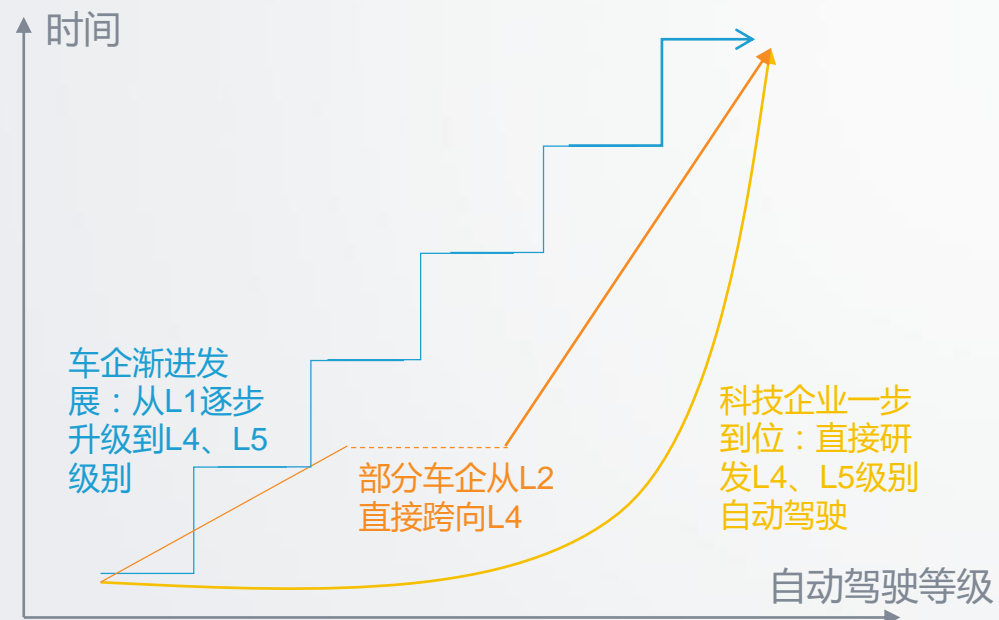
3.2 中国自动驾驶产业发展路线

Development Path

基于不同的企业特征，车企、科技企业各自采取不同的技术发展路线，平衡促进

- ◆ 业内目前存在着两种不同的整体技术发展路线：**渐进发展和一步到位**。前者多为车企采用，目的是在维持当前营收能力的基础上逐步转型、降低实现难度，更符合使汽车落地应用的法规要求，也符合消费者渐进接受创新的习惯；后者多为科技企业、初创企业所采取，转型布局难度较低，拥有更强的创新驱动力和前卫的创新理念，直接占领技术最高点，掌握自动驾驶核心优势。
- ◆ 此外，不同企业在传感器方案技术路线、决策算法技术路线等的不同选择，既是细分领域技术未定型而导致的分歧，同样也基于整体发展策略的大背景。
- ◆ 在渐进路线中，L3的必要性成为争议点（关于驾驶员接管的复杂性），国内车企均选择保留L3的开发阶段。

亿欧智库：自动驾驶技术路线发展图示



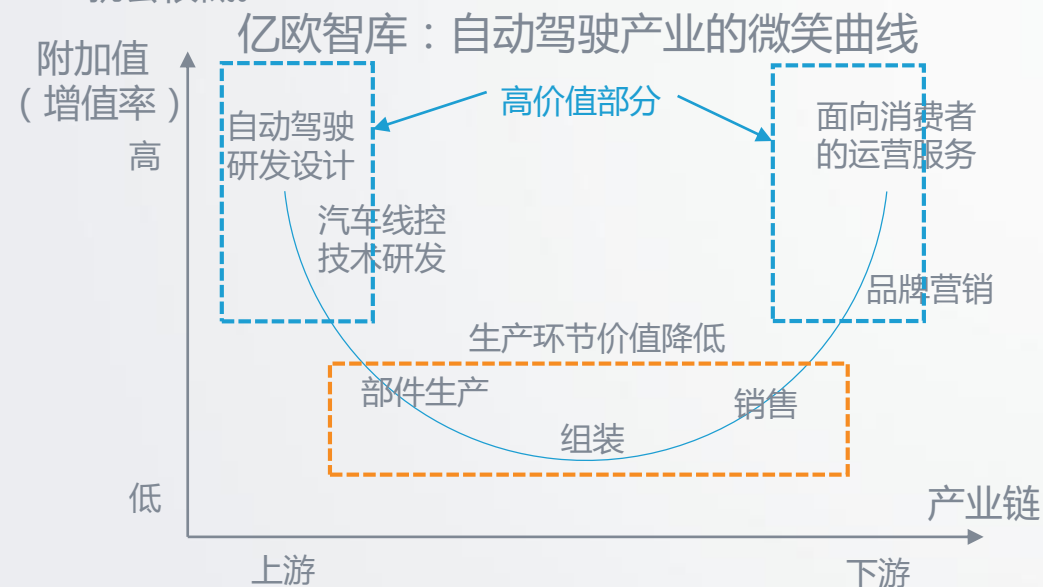
亿欧智库：自动驾驶细分领域的不同发展路线

激光雷达	传感器方案	计算机视觉
传感器感知	周边态势感知	环境建模
自主采集	数据采集	众包采集
道路实测	算法测试	软件仿真
神经网络	决策算法	规则设定
单车智能化	智能化范围	网联智能化
全路网复杂场景	适用区域	固定、单一路况
整车销售	商业模式	运营服务

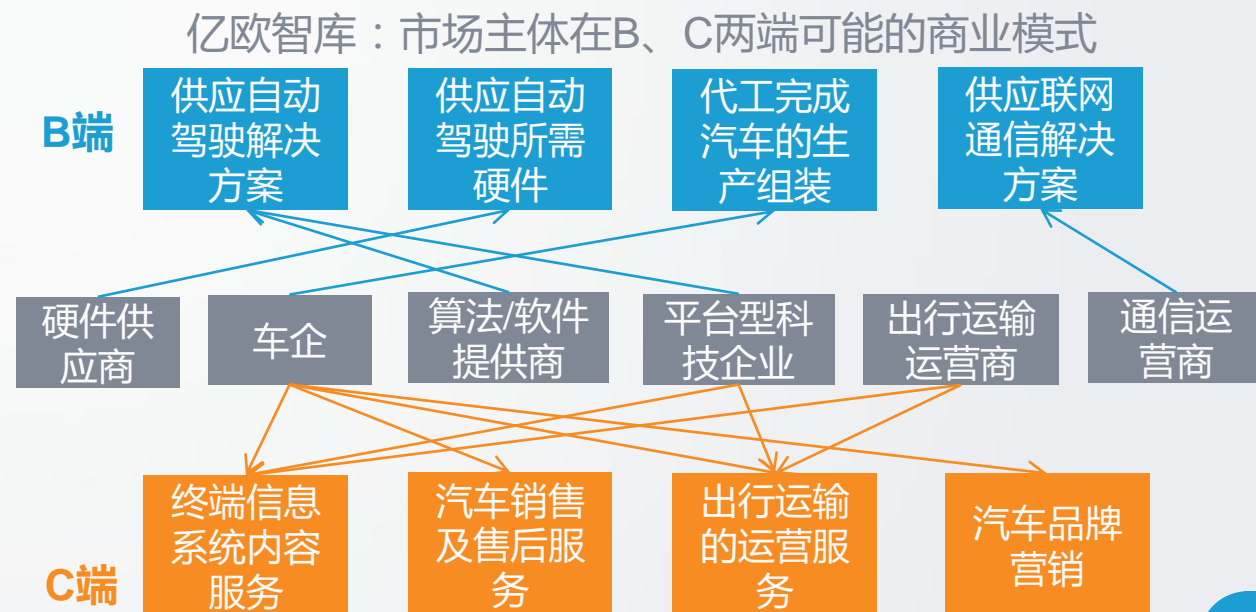
- 成熟路线尚未定型，因而当前不同的技术路线正在呈融合共进的状态发展，不同企业所选择的激进或保守路线总是依据各自优势特征和既有策略。

产业链附加值变动引发企业商业模式改革，企业业务向产业链高价值部分延伸

- ◆ 自动驾驶行业将使传统汽车行业上下游的附加值发生变动，**行业的主要参与者正在避免成为低价值产出的代工方，积极向上游的研发环节和下游的运营服务环节靠拢。**
- ◆ **变动趋势：**国内车企业务同时向上下游扩张。在上游，整车厂加紧自动驾驶关键技术的自主研发，积极与多方合作，但并购投资动作尚少，也缺乏合作成果。整车厂继续维持消费级车辆销售服务体系的同时，也在涉足出行服务领域。车辆销售与运营应作为整车厂并重的两个C端商业模式。目前，整车厂也在试图将车内显示屏作为开发者进入C端的接口，打造汽车时代的操作系统。
- ◆ 科技企业力求发挥自身优势，布局上游算法软件研发，形成完整技术解决方案，甚至取代整车厂进行终端信息系统搭建，完全占据B端高附加值的部分，将使车企和传统供应商沦为代工厂。当然，科技企业一旦构建起跨品牌的生态化平台，进军服务运营的门槛就会很低。



- 自动驾驶技术使得传统汽车产业链上下游的增值率发生变化，传统汽车制造企业正在避免沦为代工方的角色。

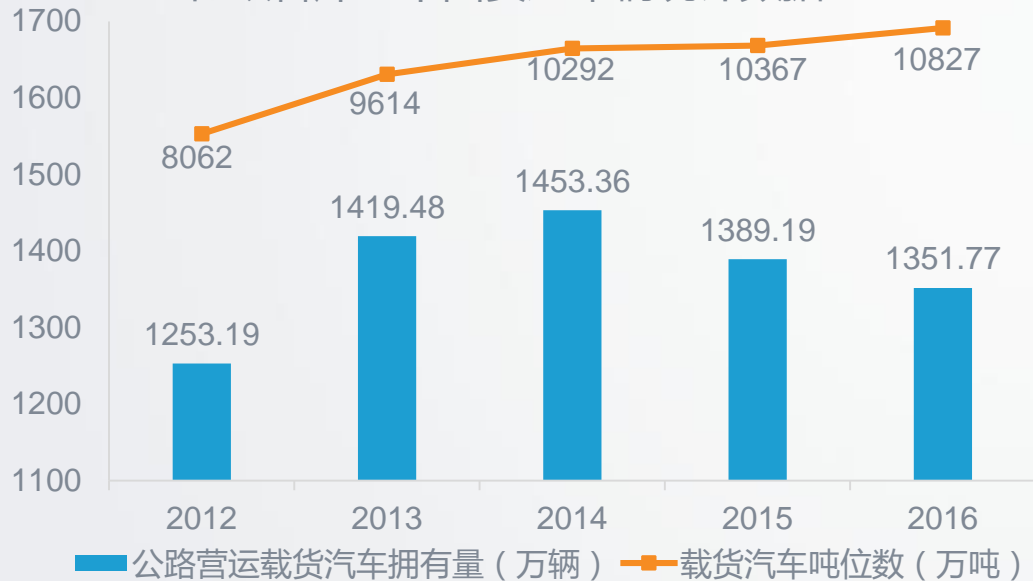


注：B端商业模式不包含自有业务

部分商业化运营的自动驾驶车辆或将最早落地，货运市场成为最佳的技术试验田

- ◆ **背景：**目前国内货运物流仅有国企、顺丰、京东等少数拥有自有车队，传统货运大部分仍主要由挂靠车队的个体承担，已落后于货运需要。**货运需求明确而旺盛，是典型的自动驾驶落地场景。**布局无人卡车研发与运营将去掉司机成本，带来更高的利润，且集约化运营模式又能带来更高效率，商业驱动力强。国内企业中有图森未来专注于无人卡车领域。
- ◆ **特点：**由于货运高速路况较为单一，或者在固定的运输路线运营定制化的自动驾驶车辆，卡车的自主感知、决策技术相比城市道路要求较低，通过有限的算法能够全面覆盖。但卡车在控制技术上难点很多，集卡的车身长度、重量使车辆本身较难在短时间内做紧急控制处理，胎压、抓地力的不同还需要车载自动驾驶系统发出精确的控制指令。

亿欧智库：中国货运车辆统计数据



数据来源：国家统计局

亿欧智库：图森未来企业概况盘点

事项	具体情况
融资情况	2017年获得英伟达B轮投资
荣誉	在全球知名自动驾驶算法评测数据集KITTI和Cityscapes获得10项世界第一
落地情况	在曹妃甸建成自动驾驶卡车试验基地、自动化物流运输商业化运营基地、自动化物流示范区；在美国图森市建立路测和商业化运营基地；在上海汽车城建自动驾驶卡车测试基地
美国运营情况	取得加州无人驾驶牌照，完成加州到亚利桑那的路测
其他无人卡车企业	Otto (Uber)、特斯拉、Embark、Waymo

亿欧智库：其他易于落地的自动驾驶商业化场景



园区摆渡车



仓储货运车



固定路线公交



物流配送车

3.3 中国自动驾驶产业合作模式与初创企业盘点

Cooperation and Start-up companies



注：本图谱列入了自动驾驶技术研发的重度参与者，覆盖了完整的自动驾驶内涵下的产业生态。ADAS不在自动驾驶产业的范畴下，智能交互技术更多地用于汽车驾驶舱的智能服务，也不在自动驾驶这一严格意义的内涵之下。

- ◆ 不同于国外以芯片平台、运营平台划分为界限分明的联盟、阵营，国内尚未出现这样的合作模式，本身就分散的汽车市场以及自动驾驶兴起较晚、初创公司缺乏独角兽使我国暂时还不会出现所谓阵营和高额收购事件，竞争环境相对良好。
- ◆ 国内企业对自动驾驶跨领域合作持开放态度，但大多数合作项目仍处于初期，或进展缓慢保守。上汽与阿里合作开发“斑马智行”是较典型的深度合作案例。
- ◆ 当然，市场上也开始出现一些深度合作结盟的迹象。上汽与阿里联合是国内科技企业和车企合作的典型；高德与千寻合作割据高精地图和定位领域；蔚来与长安、江淮就汽车研发生产打成合作；百度则本着建立生态型平台的目的广泛合作抢地。

亿欧智库：自动驾驶产业跨领域合作优势



- 自动驾驶产业链较长，单一企业无法依靠独立力量发展技术
- 在技术未定型前，企业习惯通过合作来分担研发费用和风险
- 传统车企与科技企业合作也是出于互相学习的需要
- 重磅的合作项目在传播、公关、观念的形成方面具有积极意义

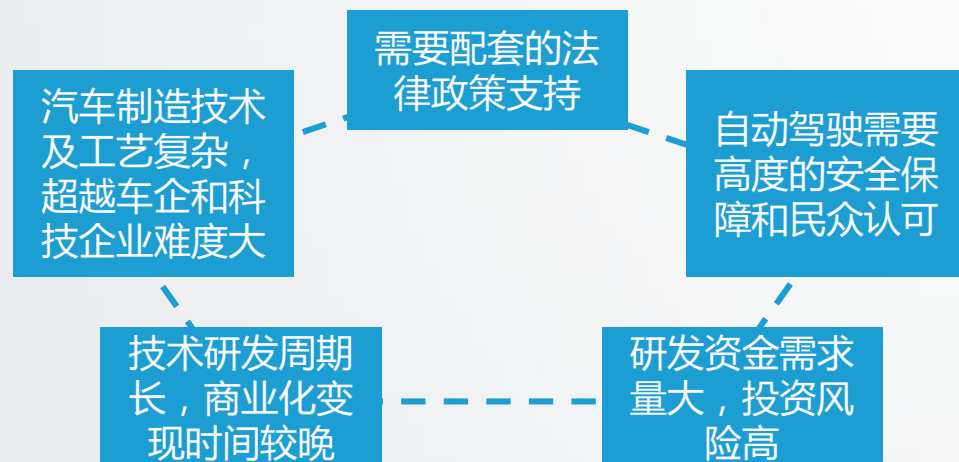
亿欧智库：2017年国内主要的企业合作案例

时间	事件
2017.1	百度与北汽共同开发量产L3级别汽车
2017.2	一汽和东风达成合作
2017.3	科大讯飞分别与奇瑞、长安达成合作
2017.4	长安与蔚来正式达成合作
2017.6	百度与奇瑞就智能网联汽车开发深化合作
2017.6	上汽、华为、中国移动签署车联网合作协议
2017.6	华为与广汽达成战略合作
2017.7	一汽与百度启动自动驾驶等合作
2017.7	蔚来和联想合作开发智能汽车计算平台
2017.8	高德地图联手千寻位置
2017.8	百度与江淮汽车合作开发高精地图等技术

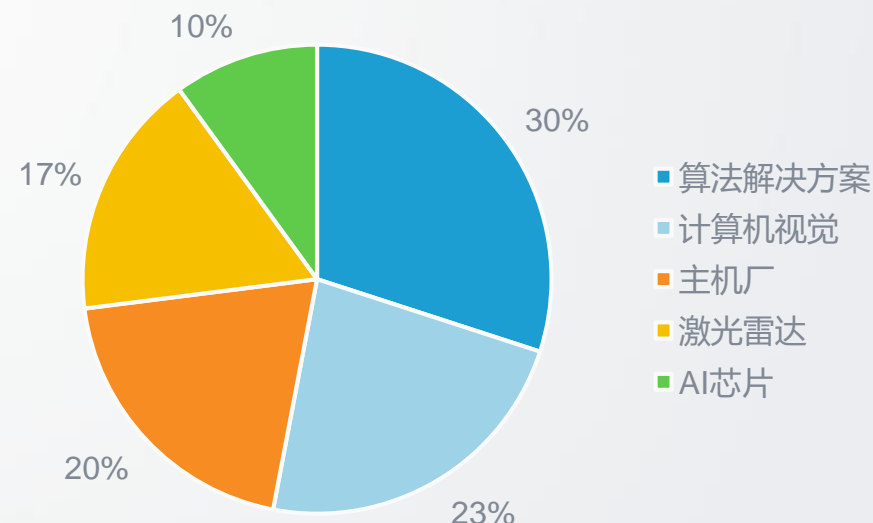
自动驾驶汽车行业门槛高，相对其他AI领域入场创业者较少，但市场潜力极大，独角兽出现机率高

- ◆ 相比于其他人工智能行业，自动驾驶领域的初创公司明显较少。首先，汽车本身的制造工艺复杂，技术实现有难度，研发周期长；此外，汽车研发资金需求量大，投资风险高；最重要的是，自动驾驶作为大规模应用落地的场景，安全保障极为重要，需要配套的法律法规支持和民众认可，加大了创业公司的资质获取难度，商业变现的时间晚。
- ◆ 英特尔和Strategy Analytics此前预测，2050年全球自动驾驶市场规模将达到7万亿美元，未来潜力极高，尤其在交通需求较高的中国，自动驾驶市场机会巨大，因而将会出现体量极大的独角兽。
- ◆ 亿欧智库经过查找筛选，整理出30家正在研发自动驾驶的初创企业，可以看到，初创企业覆盖了自动驾驶产业链环节中除高精地图、V2X、出行服务这样进入门槛高的领域之外的其他领域，尤其是通用算法解决方案和计算机视觉领域。

亿欧智库：自动驾驶产业的高门槛



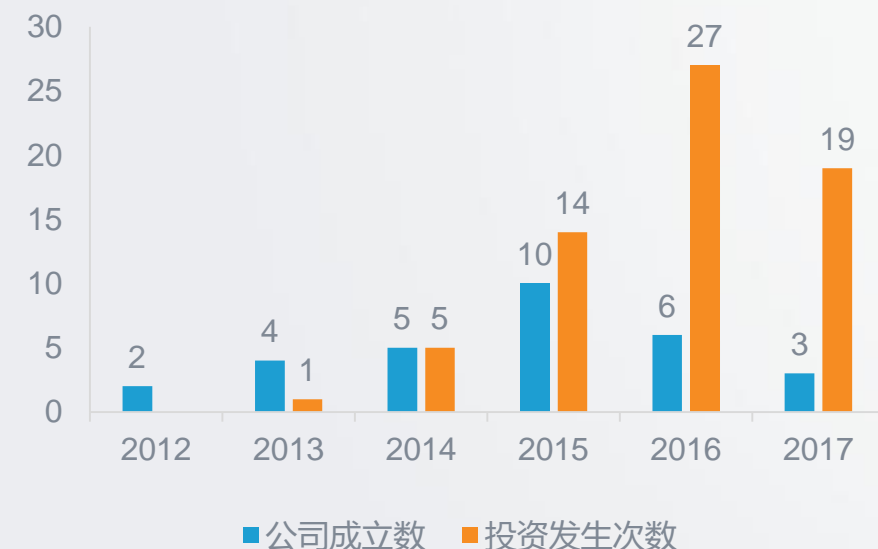
亿欧智库：自动驾驶初创公司集中领域



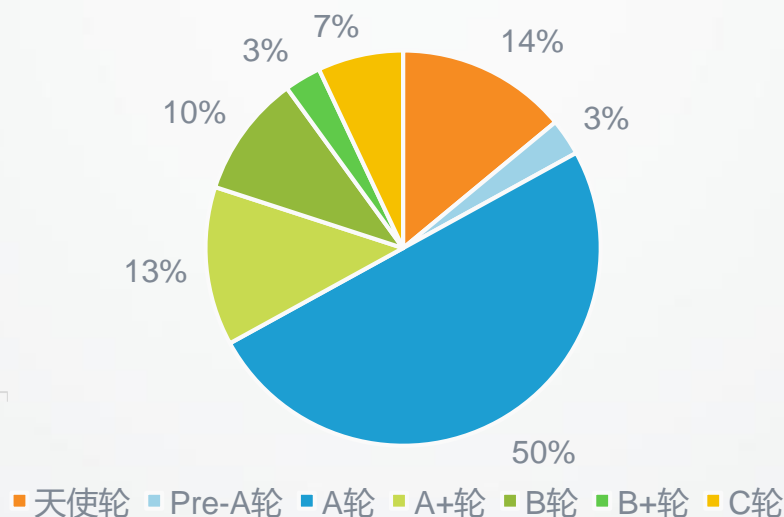
国内初创企业在2016年成为资本市场热点，目前大多仍处于A轮融资阶段，且大多集中在北京

- ◆ 基于亿欧智库进行的国内30家自动驾驶创业公司统计，2015年自动驾驶初创公司成立数量最多，自动驾驶作为新兴行业开始进入人们的视野。进入到2016年，投资发生次数明显提高，自动驾驶成为投资市场热点，2017年投资次数仍有继续增长的趋势，但入场创业者开始减少。
- ◆ 目前创业公司绝大多数仍处于A轮融资阶段，仅有蔚来、思岚进入C轮。伴随行业发展，融资轮次将逐渐向后推移，投资对象将逐渐集中在头部企业。
- ◆ 当前，自动驾驶创业公司中超过一半集中在北京地区，其他企业分别分布在上海、深圳、广州、天津。

亿欧智库：国内自动驾驶创业公司创办时间分布及投资分布



亿欧智库：国内自动驾驶初创企业投资轮次统计



亿欧智库：自动驾驶创业公司地点分布



数据来源：亿欧智库、IT桔子

亿欧智库：国内自动驾驶初创公司收录

企业名称	融资轮次	地点	分类	企业名称	融资轮次	地点	分类	企业名称	融资轮次	地点	分类
Momenta	B轮	北京	算法解决方案	智车优行	A轮	上海	车企	北醒光子	A+轮	北京	激光雷达
图森未来	B+轮	北京	算法解决方案	车和家	A+轮	北京	车企	思岚科技	C轮	上海	激光雷达
蔚来汽车	C轮	上海	车企	商汤科技	B轮	北京	计算机视觉	Maxieye	Pre-A轮	上海	计算机视觉
小鹏汽车	B轮	广州	车企	景驰科技	天使轮	北京	算法解决方案	西井科技	A轮	上海	AI芯片
威马汽车	A轮	上海	车企	寒武纪	A轮	北京	AI芯片	天隼图像	天使轮	北京	计算机视觉
乐视汽车	A轮	北京	车企	地平线机器人科技	A+轮	北京	AI芯片	智眸科技	A轮	北京	计算机视觉
智行者科技	A轮	北京	算法解决方案	MINIEYE	A轮	深圳	计算机视觉	格灵深瞳	A轮	北京	计算机视觉
驭势科技	A轮	北京	算法解决方案	速腾聚创	A+轮	深圳	激光雷达	中科慧眼	A轮	北京	计算机视觉
Pony.ai	A轮	北京	算法解决方案	镭神智能	A轮	深圳	激光雷达	清智科技	天使轮	天津	算法解决方案
Roadstar.ai	天使轮	深圳	算法解决方案	禾赛科技	A轮	上海	激光雷达	禾多科技	A轮	北京	算法解决方案

注：在初创公司这一前提下，亿欧智库依据企业是否处在自动驾驶研发阶段进行筛选。收录名单中不包含ADAS初创公司、未获投资的初创公司以及车载智能服务等不涉及自动驾驶技术本身的初创公司，排名不分先后。当然ADAS作为驾驶辅助技术也是实现自动驾驶的先行前提。列表排名不分先后。

A

- ◆ 传统汽车金字塔式的分布结构正在改变。不同环节的企业相互合作，使得数据、技术、资本得以在整个自动驾驶产业生态之中循环、流动，并以实现更佳的经济效益为目标。目前这一生态结构尚处于不稳定的发展变化状态中。
- ◆ 细分行业：当前传感器领域，以摄像头为主的计算机视觉方案和激光雷达方案最受瞩目，前者亟待突破图像识别准确率的天花板，后者则向低成本、量产化方向发展；高精度地图能够提供更完备的周边环境信息，提供决策支持，目前进入商业化尝试阶段；芯片方面国内企业以打造AI专用芯片作为发展方向；算法方面，国内初创企业众多，试图打造通用的自动驾驶解决方案；车联网使自动驾驶汽车拥有更安全可靠的感知预判能力，需要国家层面的推动；国内车企注重合作，制定了明确的发展路线；出行服务被视为汽车消费发展方向，成为参与者必争之地。

B

- ◆ 自动驾驶整体的发展路线包括渐进发展和一步到位，在细分领域也有诸多不同的技术方向。
- ◆ 产业链附加值发生变动引发企业商业模式变革：车企向出行服务方向进展，科技企业试图占据研发、服务两个端口。

C

- ◆ 国内企业跨领域合作趋势明显，但合作进展较为缓慢，尚未形成界限明确的竞争阵营。
- ◆ 自动驾驶汽车行业门槛高，相对其他AI领域入场创业者较少，但市场潜力极大，独角兽出现机率高。
- ◆ 国内初创企业在2016年成为资本市场热点，主要集中在北京，目前大多数仍处于A轮融资阶段。

Part.4 中国自动驾驶产业展望

Industry Trends

4.1 中国自动驾驶产业趋势及挑战

Trends and Challenges

国内在核心硬件制造技术方面仍然落后，但在算法、数据和商业化落地上具有后发优势

- ◆ 中国是继欧美之后自动驾驶发展最为迅速的市场，尽管在固有的汽车部件制造技术方面仍然落后，但在算法、数据等方面并不落下风，而且庞大的市场规模使中国有机会成为最早商业化落地自动驾驶的国家。
- ◆ 在**汽车制造的关键技术**方面，尤其是底盘技术、汽车线控技术，国内汽车制造商和主要供应商落后于美、德、日汽车巨头，尤其是国内欠缺世界一流的Tier1供应商。自动驾驶技术将重构汽车制造生产环节，国内在汽车部件方面赶超欧美的机会较少。
- ◆ 但是在**算法、数据、消费市场**方面，我国在自动驾驶领域将后来居上，在芯片和计算平台方面，深度学习也给国内带来绕过英伟达、英特尔研发专用芯片的机会。智能网联趋势对基础设施改建的需求，我国相比较而言也更具优势。
- ◆ 自动驾驶供应链将具有全球化的特征，在维持关键技术的自主研发能力的同时，跨国的合作交流同样具有意义。

亿欧智库：各国自动驾驶发展优劣势比较

	 数据后发优势强，市场潜力大，技术储备不足	 科研力量强大，AI人才众多	 汽车制造强国，前期先发优势大
优势	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 交通场景复杂，市场对自动驾驶需求大； ➢ 国内消费者对自动驾驶态度更开放； ➢ 国家制定长期发展战略支持发展； ➢ 用户规模大，能够收集到大量高质量的多样性数据。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 积累了大量AI人才，AI技术领先； ➢ 大量初创公司涌现，投资次数多额度大； ➢ 硅谷的科技巨头大力投入自动驾驶； ➢ 有配套的政策法规，并发布了首个自动驾驶汽车监管草案； ➢ 主机厂实力雄厚，特斯拉成为新兴代表。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 在汽车及零部件生产研发技术方面有大量积淀，先发优势明显； ➢ 政府、学界、车企深度合作开发技术； ➢ 国内以及欧盟在法规政策方面跟进及时。
劣势	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 缺乏自主的汽车工业核心技术，车企国际竞争力弱； ➢ 当前国内AI和自动驾驶的人才储备较弱。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 专利政策和市场集中在一段程度上不利于初创公司成长。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ AI技术发展相对不足； ➢ 国内自动驾驶初创公司较少； ➢ 消费者对自动驾驶的落地持保守态度。

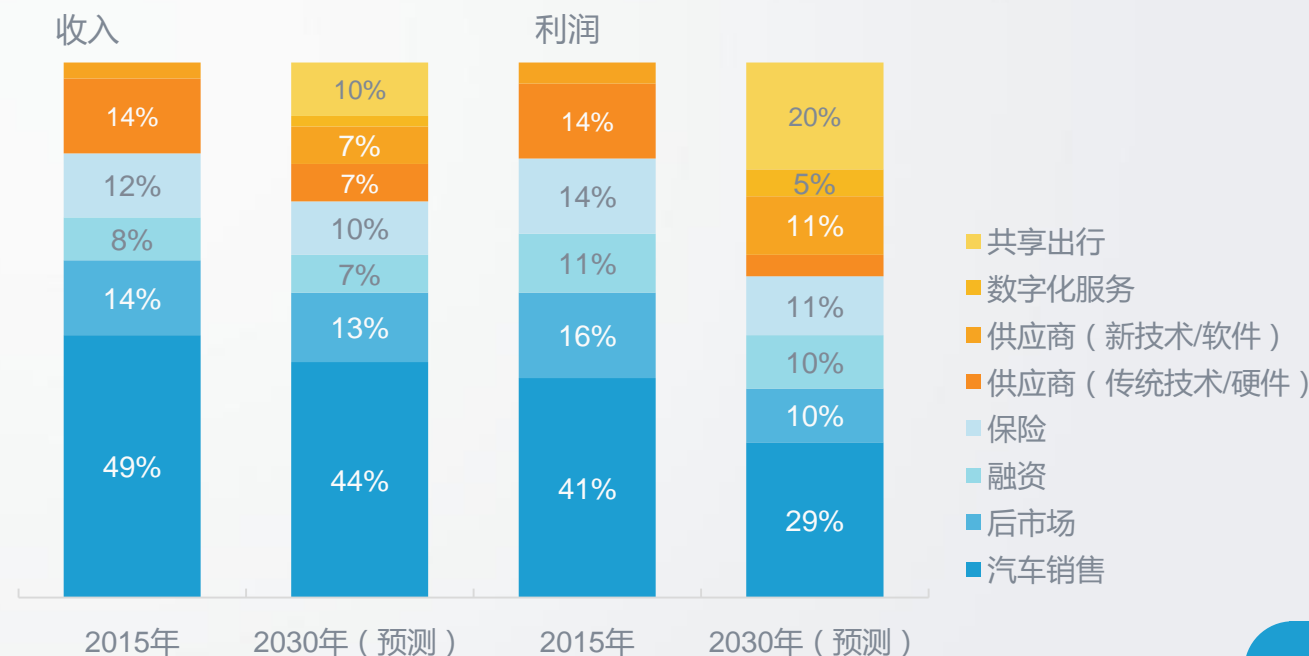
汽车的电动化、共享化等趋势将与自动驾驶产生叠加效应，互相交融，汽车产业将发生较大程度的价值转移

- ◆ 汽车的电动化、共享化与自动驾驶（包括智能化、网联化）作为汽车未来发展的趋势，相互之间将发生叠加效应，加速各自趋势的实现和汽车产业的转型升级。
- ◆ 自动驾驶以及随之而来的叠加效应将给汽车产业带来较大程度的价值转移，汽车销售利润将有明显下降，而新技术、数字化和共享出行将在利润中占到较大的比例。

亿欧智库：汽车发展不同趋势对自动驾驶的叠加效应



亿欧智库：2015-2030年汽车产业价值转移预测



市场分散、参与者众多的特征形成良性竞争的创新生态，随着算法门槛的降低，数据重要性日益凸显，寡头将现

- ◆ 与国外挖角员工、专利诉讼的现状相比，目前，**国内市场分散、参与者众多的特征有利于技术的创新和交流。**
- ◆ **数据重要性日益显现出来**，一方面，对于自动驾驶系统的开发者而言，数据质量越高数量越多，算法和软件将更为精进智能，保证行车安全，优化消费者的乘车体验；另一方面，数据用于商业变现，能提供更多的增值服务，创造更多的盈利模式。
- ◆ **竞争格局**：制造业的本质使自动驾驶硬件的二级供应链不可能为少数几家企业垄断。但在软件系统、C端服务层面，类似PC产业、智能机的“赢者通吃”效应将继续重演。它们的网络外部性特征导致，使用优势企业服务的消费者越来越多，聚集在该企业平台的开发者也会越来越多，庞大的生态将给后来者设立进入壁垒。
- ◆ 数据的采集利用存在天花板，如同技术的准确率易于攀升到90%，但往往难以解决剩下的10%的问题，如此带来的收益递减也对行业提出挑战。

亿欧智库：自动驾驶数据的用途



➤ 拥有庞大、高质量、更新及时的数据库有利于自动驾驶算法的进一步优化，使系统做出更合理的驾驶决策和行为。



➤ 数据采集覆盖量是高精度地图构建的基础。只有拥有更强的自主采集能力，连入更多的用户，才能构建出完整而实时的高精度地图。



➤ 通过采集消费者数据，能够准确地获知出行轨迹、生活习惯和日常喜好，能够更有针对性地满足消费者需求，提供个性化优质服务。

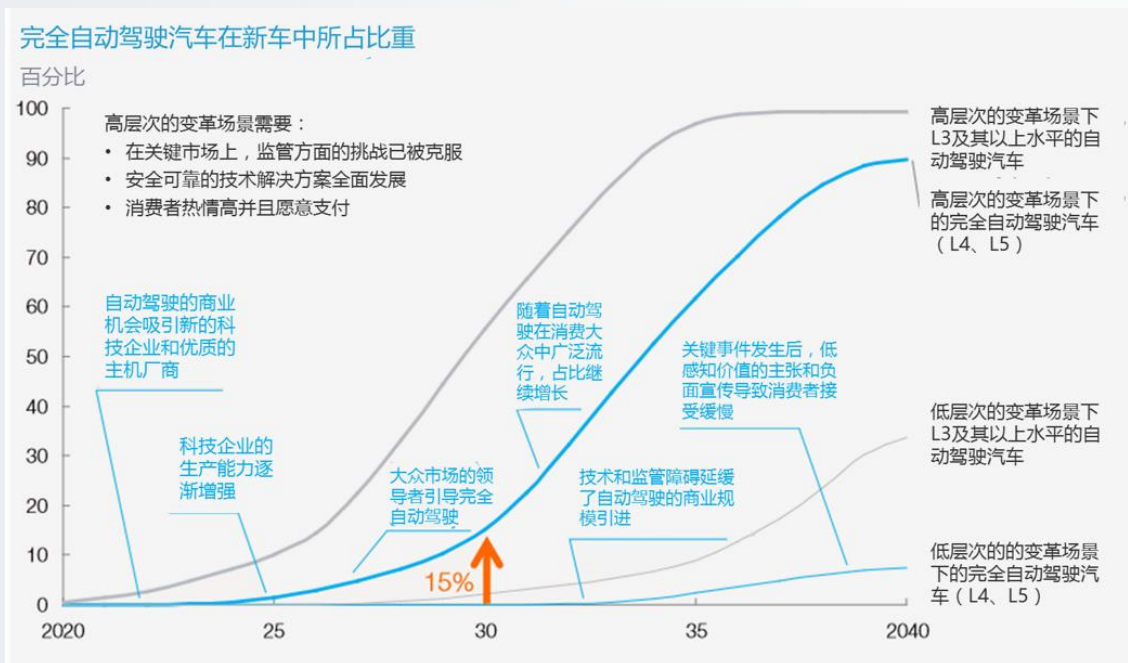
亿欧智库：自动驾驶的赢者通吃效应



趋利避害的动机下，多方面因素将影响自动驾驶落地和普及的轨迹

- ◆ 自动驾驶技术出现并成为市场热点伴随着PEST因素的共同作用，作为改变人类出行理念和生活方式的颠覆性技术，自动驾驶在未来落地将继续受到全局因素的深刻影响。
- ◆ 各类主体接受或拒绝自动驾驶源于趋利避害的动机。除企业、政府直接参与外，社会大众尤其是利益相关者将深度影响自动驾驶。
- ◆ 此前出行服务的兴起已经引起出租车司机罢工反对，尽管新技术在消灭传统职业的同时还能创造更多就业岗位，但这种对身份认同感的动摇仍会对社会、市场带来较大震动。

亿欧智库：自动驾驶发展的预测模型



资料来源：麦肯锡

亿欧智库：自动驾驶落地的影响因素

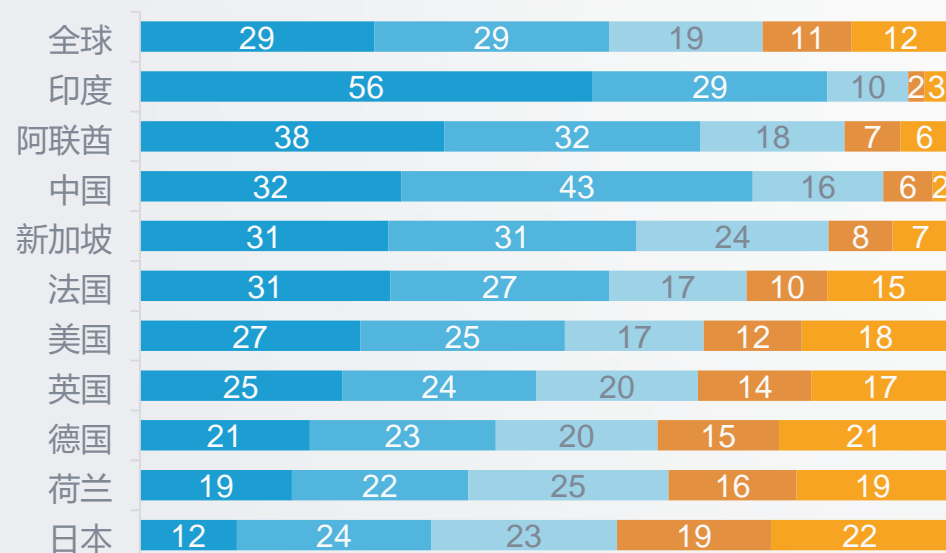
延缓/加速力量	具体影响
政策法规	全国、地方法律法规，部门间的协调程度
	税收等财政政策以及相关的投入预算
	国家的管控政策/战略规划
社会观点	民众对自动驾驶技术便利、安全隐私的看法
	媒体报道/舆论指向
	社会伦理、道德对技术的接受度
资本市场/经济环境	黑客对自动驾驶的恶意利用
	企业估值
	投资水平和资本可用性
技术发展	宏观经济增速
	前期的试验测试效果
	关键技术的突破
利益相关者	对现有岗位、市场主体的变更以及相关事件
	未来可能的受益者

参考资料：普华永道、BCG

自动驾驶的落地将符合创新扩散曲线规律，国内消费者更为欢迎开放的态度加强行业信心

- ◆ 自动驾驶是否会被消费者接受成为市场研究对该技术的主要命题，多个调查显示，消费者对安全的关注仍占大成，而对其他功能的关注程度较低，因此传统车厂的渐进技术路线具备了一定的合理性：率先提高ADAS渗透率，再逐级加入自动驾驶系统，以拟合消费者对创新技术接受的渐进趋势。
- ◆ 中国消费者对驾驶和交通的痛点感受更为深切，加之打车服务、共享经济、移动互联网等新事物在国内普及的先例，**亿欧智库认为，安全问题的解决和乘车体验明显优化之后，自动驾驶能够在国内相当快速地完成普及，行业应对产品的商业化持有信心。**

亿欧智库：许多消费者对尝试自动驾驶汽车持开放态度

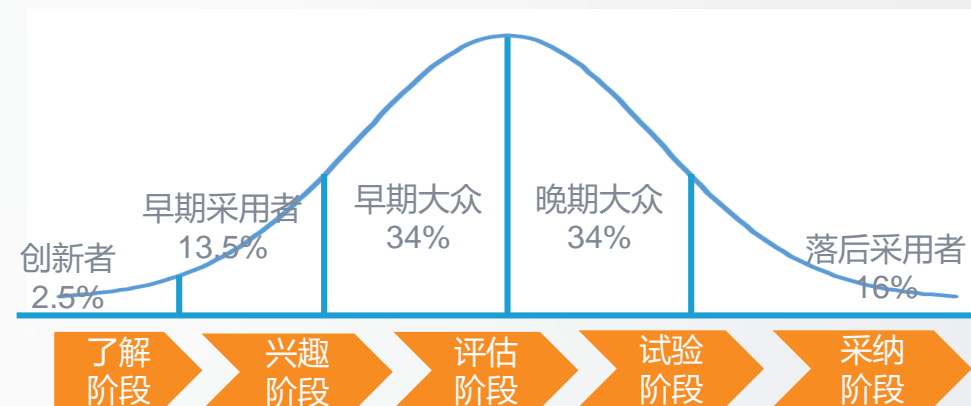


■ 非常有可能 ■ 有可能 ■ 中立 ■ 不可能 ■ 非常不可能

问题：你有多大可能性愿意乘坐完全自动驾驶汽车？ N=5635

数据来源：世界经济论坛；BCG分析

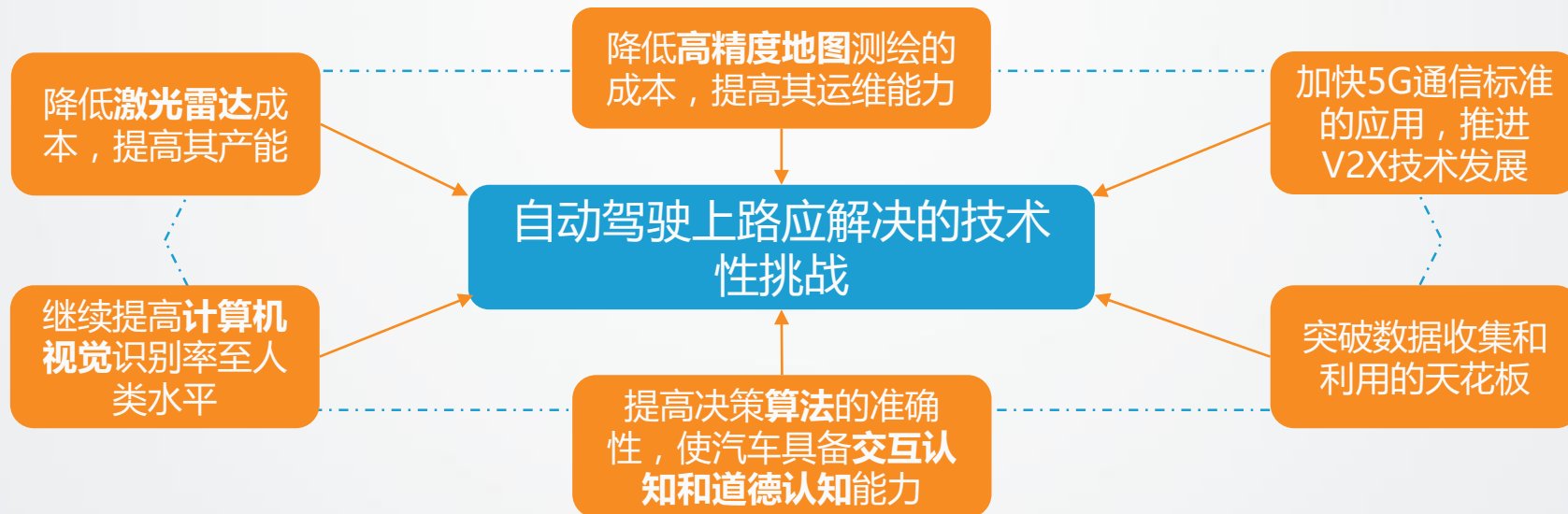
亿欧智库：自动驾驶的创新扩散曲线以及采用阶段



- 自动驾驶在大众中传播并被接纳往往是渐进的过程，最早试吃螃蟹的企业将面临最大的公众质疑，这时期接纳技术的创新者一般是业界决策层和学界；
- 随着技术的发展，自动驾驶技术受意见领袖推广已扩散到相关业界和爱好者中，技术供应商林立，资本市场活跃；
- 自动驾驶逐步渗透到大众当中，在产业市场则进入企业的优胜劣汰阶段；当技术被晚期大众接纳后，产业市场的竞争将基本进入定局。

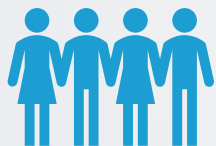
在取得政府和社会信任之前，尽可能突破关键技术是行业当前最紧要挑战

- ◆ 自动驾驶作为人工智能产业中的焦点，在备受市场和资本热捧的同时应清晰地意识到**当前任一环节的产品技术尚不能在安全性和成熟度上代替人类驾驶员**：**激光雷达**目前仍未成为能够规模化生产的低成本车规级产品；图像识别准确率高达95%并不代表**摄像头**能够识别街头不同的天气环境和光线水平下的物体；**高精度地图**绘制需要长周期、高金额的投入；**算法**仍未实现人类拥有的应急处置能力和经验；**V2X技术**需要颠覆现有的基础设施和汽车架构，短时间内难以实现等。
- ◆ 不仅如此，国外自动驾驶行业的供应商在某些技术的成熟度和市场接受度上要优于国内，尤其在激光雷达、计算机视觉和汽车制造技术方面。相关企业在公司的包围下需要另辟蹊径，形成独有的核心技术优势。
- ◆ 庞大而多样化的数据能够有效提高算法水平，而数据采集利用的天花板（指覆盖度由90%提升到近100%的过程）是提高技术鲁棒性、准确性的一大挑战。



技术和产品的落地推广需注意方式方法，虚假宣传和消费者误用将引起消费者接受度反弹

- ◆ 自动驾驶作为新兴技术，社会和民众对其一般持较苛刻的态度。在技术成熟之前，开放环境下的自动驾驶汽车落地势必要经过反复地验证测试。此时企业应注重传达清晰、真实而有吸引力的信息，取得社会认同。
- ◆ 较长时间内，L4及其级别以下的自动驾驶汽车将逐步得到应用，乘车人仍需要在某情况下接管驾驶工作。而企业的不实宣传或消费者的理解偏差将造成可能的安全事故，也容易使消费者产生与预期不符带来的不信任感。
- ◆ 受传播规律的影响，即便安全系数更高，自动驾驶带来的事故也会更容易引起消费者的注意和质疑（如同民众对飞机安全性的态度），消费者接受度会因此发生反弹。
- ◆ 因此，**提升民众对人工智能和自动驾驶的正确理解、促进民众有效应用需要注重方法策略，尽可能克服延缓自动驾驶落地的因素。**



自动驾驶的潜在用户

用户对自动驾驶的关注点

- 自动驾驶能否有效提高通勤效率
- 是否比人类驾驶更为安全
- 是否能真正便利日常生活
- 乘车体验是否会有质的提升
- 自动驾驶是否有政府和媒体背书

构建用户对自动驾驶的认可

- 突出自动驾驶给社会民众带来的巨大效益
- 依靠传播手段打消民众的怀疑畏惧感（如对价格和安全性的顾虑）
- 借助政策倾斜完成推广普及

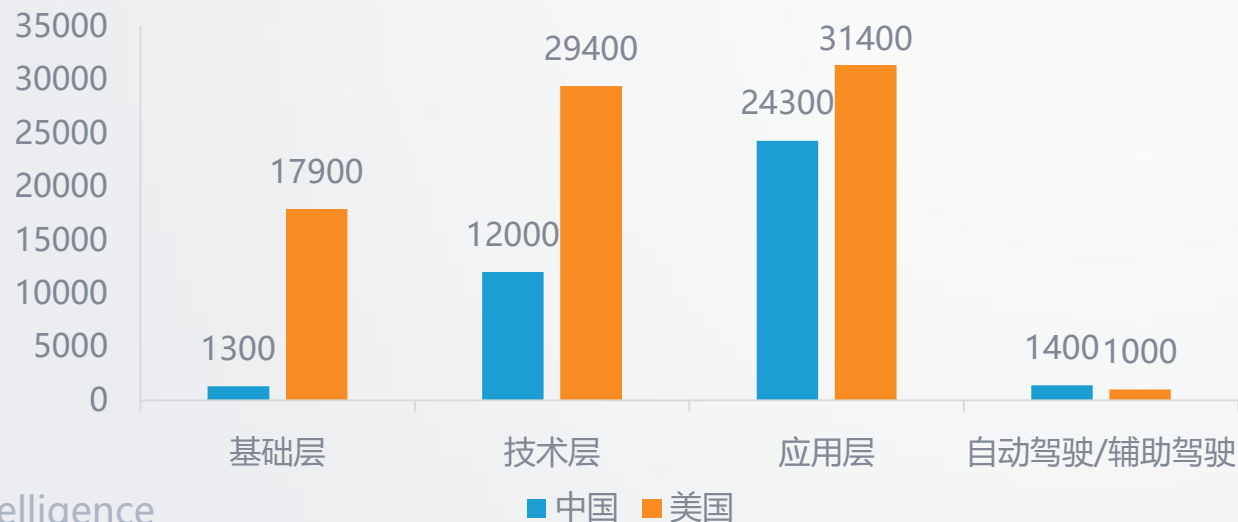
维护用户对自动驾驶的认可

- 严格把控生产研发环节，强化产品的安全性及便利性
- 有效疏导个别事故引起的用户接受度反弹
- 合理管理用户的期望值

国内仍然缺乏尖端AI人才引进和培养的机制，尚未有效发挥产业的聚集效应

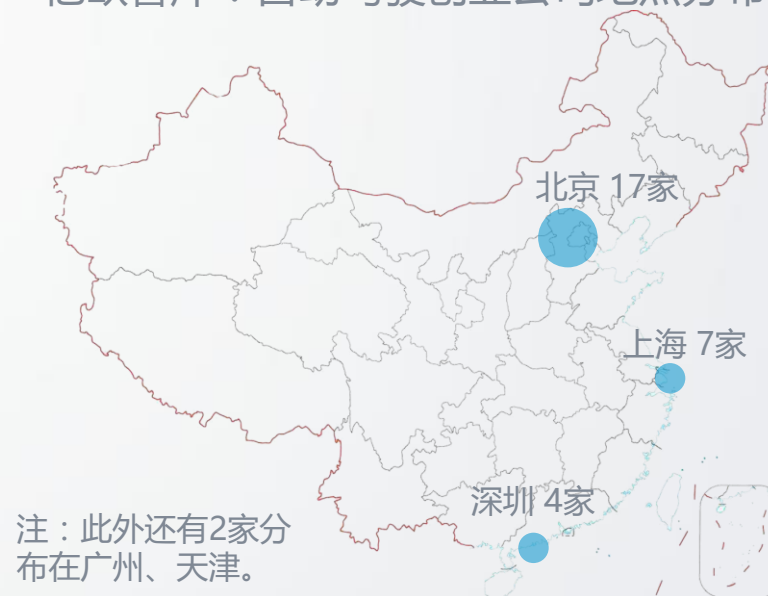
- ◆ 当前，国内从事自动驾驶的研发团队人数已超过美国，但仍主要依赖海外渠道的引进。国内自动驾驶AI人才的**培养机制尚为落后**，还无法适应自动驾驶行业发展的速度。尤其需要指出的是，同时具备科学家水平和商业运营能力的**复合型人才尤其缺少**，很多潜在的可能性还无法被有效挖掘出来。
- ◆ 为应对以上问题，一方面，孵化器以及大企业应该为科学家提供技术转化为商业应用的平台；另一方面，可通过竞赛的方式挖掘具备相关背景的青年AI人才；此外，国家和科研机构也应提供资金和技术支持创业创新、专利研发。
- ◆ 亿欧智库统计数据显示，自动驾驶初创公司有一半聚集于北京，北京将成为国内自动驾驶技术发展的核心聚集区域。但就目前而言，北京尚未形成类似美国硅谷、匹兹堡的**产业聚集效应**，企业间联结协作较少，相关部门应提供基础设施及政策服务的倾斜。

亿欧智库：中美人工智能三大层面及自动驾驶/辅助驾驶领域人才分布



数据来源：腾讯研究院

亿欧智库：自动驾驶创业公司地点分布



数据来源：亿欧智库

支持且审慎，政府在最大化自动驾驶带来社会效益的同时，也需尽可能规避可能出现的社会风险

- ◆ 国内已经出台了《汽车中长期发展规划》，并正在制定《智能网联汽车管理规范》和智能网联汽车产业标准体系，从各地政府对待自动驾驶企业生产和落地的态度上，能够看出政府层面对于能够带来显著社会效益的新技术的欢迎和支持。但高效益预期的另一面是潜在的社会风险。**国家层面的相关技术发展框架能否制定实施成为自动驾驶的一大挑战。**
- ◆ **社会风险包括**：不成熟的自动驾驶技术带来的交通事故；法律法规中对交通事故的责任归属划定纠纷；大量司机失业带来社会不稳定因素；企业收集利用用户数据引发隐私问题；黑客恶意利用漏洞造成社会性危害；AI代替人类驾驶带来的道德伦理问题，等等。
- ◆ **政府部门在操作实施上存在难题**，例如如何对自动驾驶汽车AI设定测试和认证标准，如何在事故的责任划分上平衡企业和消费者利益，部门间的监管协同呈碎片化。

亿欧智库：政府需要面临自动驾驶可能的社会效益及风险

- 交通拥堵得到缓解，降低相关财政负担；
- 交通事故有效降低；
- 汽车产业转型推动经济增长；
- 节约资源；
-

社会效益

- 个别不成熟的自动驾驶技术引发交通事故，造成社会舆论逆转；
- 失业问题严重；
- 企业收集利用用户数据引发隐私权益纠纷；
-

社会风险

亿欧智库：自动驾驶导致法律责任归属发生变化



自动驾驶方案供应商：

汽车决策权转移至供应商，当AI系统发生故障导致事故发生，该主体需承担主要责任。



自动驾驶整车厂及运营商：

一方面该主体应承担供应商产品问题所带来的损失，此外该主体具备车辆监控能力，在事故发生前有责任进行远程干预。



消费者/车主：

该主体可能因为过度信任、理解偏差而误用L4级别以下的自动驾驶系统，由此导致事故发生，该主体也需承担责任。

4.2 自动驾驶带来的泛汽车产业效应

Industry Influence

- ◆ 自动驾驶的落地将推动智慧交通系统（ITS）建成，企业与政府共同搭建智能网联平台，对交通数据进行整合处理，形成分析预测模型，从而运用于交通调度引导、线路规划、车辆管控等方面，使城市交通运转更高效、更环保、更便利，优化市民出行体验。



自动驾驶在颠覆汽车产业本身之外，也将彻底改变其他关联产业的就业形势、商业模式

- ◆ 自动驾驶的实现将带动整个泛汽车行业发生改变，颠覆性地重构消费者的出行体验。亿欧智库认为，在自动驾驶企业纵向扩展产业链，提前布局可能的细分市场时，关联行业应当被足够地重视起来。
- ◆ 出行时间和交通事故的减少将减去大量的成本和岗位，颠覆关联行业的商业模式，价值在不同行业间的转移愈加频繁。

亿欧智库：自动驾驶汽车将带来更大范围的影响



A

- ◆ 相比自动驾驶领先发展的美国、德国，中国在核心硬件制造技术方面仍然落后，但在算法、数据和商业化落地上具有后发优势。
- ◆ 汽车的电动化、共享化等趋势将与自动驾驶产生叠加效应，互相交融，同时汽车产业将发生较大程度的价值转移。
- ◆ 市场分散、参与者众多等特征形成良性竞争的创新生态，随着算法门槛的降低，数据重要性日益凸显，市场集中度将显著提高，“赢者通吃”效应将显现。
- ◆ 政策法规、社会态度、资本市场、技术发展等多方面因素将影响自动驾驶的落地普及。国内消费者对自动驾驶持积极开放的态度，增强了产业发展信心，但具体的传播推广需要把握好方式方法。
- ◆ 中国自动驾驶上路面临的技术挑战集中在激光雷达、计算机视觉、高精度地图、决策控制算法、数据的收集利用以及通信技术这六个方面。
- ◆ 国内政府在选择支持自动驾驶的同时也偏向谨慎，需要在最大化自动驾驶带来的社会效益的同时克服可能的社会风险；此外，构建良好的人才引进和培养机制也是政府亟待推动的任务。

B

- ◆ 自动驾驶的落地将推动智慧交通系统建成。企业与政府共同搭建智能网联平台，对交通数据进行整合处理，形成分析预测模型，从而运用于交通调度引导、线路规划、车辆管控等方面，使城市交通运转更高效、更环保、更便利，优化市民出行体验。
- ◆ 自动驾驶的实现将带动整个泛汽车行业发生改变，颠覆性地重构消费者的出行体验。

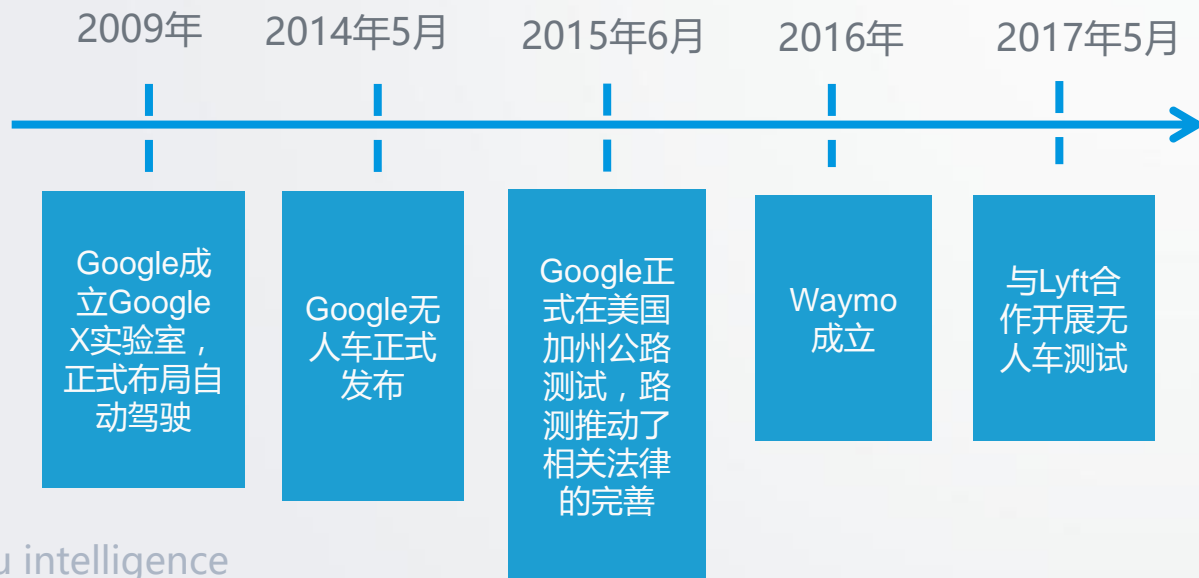
Part.5 国外部分产业领先玩家盘点

Foreign Enterprises

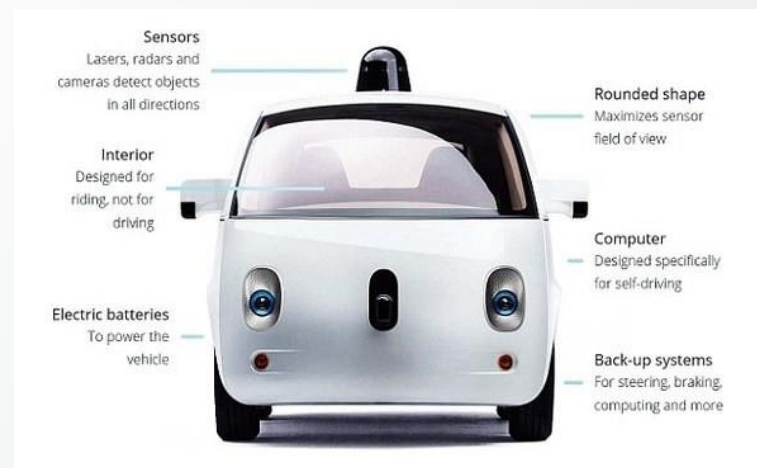
Google/Waymo：率先研发自动驾驶，自主实现软硬件协同，打造商业模式闭环

- ◆ 作为最早涉足自动驾驶民用化研究的科技企业，Google的自动驾驶软硬件解决方案完全自主研发，分拆独立后，Waymo对自动驾驶汽车商业模式的搭建也提上了日程。
- ◆ **开发领域**：自2009年启动自动驾驶测试以来，谷歌的路测里程累计已达 300 万英里，模拟测试里程高达 10 亿英里，数据积累遥遥领先。除拥有强大的算法能力和数据积累之外，Google还自研激光雷达、AI芯片（TPU）、雷达等核心硬件，在乘用车之外也涉足无人卡车，还与Lyft在出行领域进行合作。
- ◆ **商业闭环**：2017年5月，Waymo与Lyft达成合作，谷歌+菲亚特克莱斯勒+Lyft分别输出自动驾驶技术+整车制造能力+按需驾乘网络，逐渐完成了以谷歌为核心的自动驾驶汽车商业模式的闭环。2017年，摩根士丹利报告显示，Waymo估值达到700亿美元。

亿欧智库：谷歌及Waymo发展历程



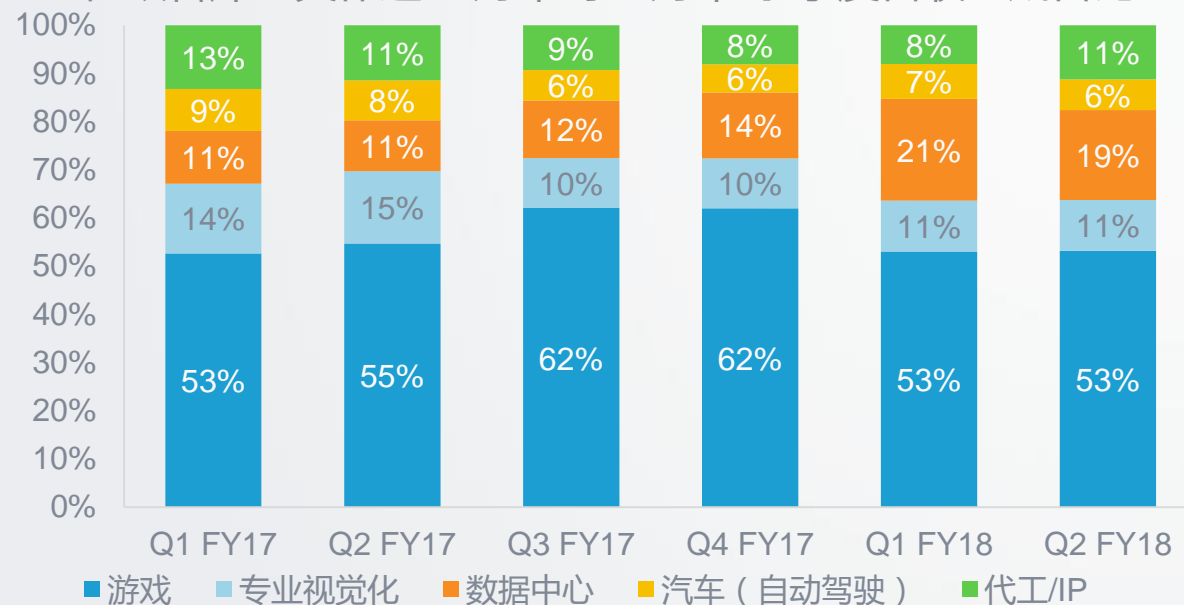
亿欧智库：谷歌自有无人车Firefly



- 谷歌无人车“Firefly”诞生于2014年，在传感器方面配备了激光雷达、摄像头、雷达的完整传感器方案，以及车载电脑，车内设置完全为乘坐需求而设计。该车型随着Waymo拥有合作主机厂后而退役。

- ◆ **英伟达**：英伟达Drive PX 2是全球首款专为自动驾驶汽车设计的AI超级计算机，提供嵌入式AI整体、定制化、可扩展的解决方案，目标是要做人工智能的核心。合作方包括奥迪、宝马、博世等传统车企及零部件供应商，也包括百度、特斯拉、图商TomTom等科技公司。此外，英伟达也通过投资布局，推广自有的计算平台。从财报数据来看，英伟达的汽车营收额增长较小，占比还较低。
- ◆ **英特尔**：在CPU被唱衰的市场论调下，英特尔大力布局自动驾驶，和德尔福、宝马、Mobileye成立自动驾驶联盟，形成“计算+计算机视觉+汽车硬件+整车”的供应链生态，此后大陆和菲亚特也加入联盟。此外还与爱立信、DENSO等结成“汽车边缘计算联盟”，利用云计算提供自动驾驶的数据协助。收购方面，英特尔以153亿美元收购Mobileye，70亿美元收购Altera。此外还有计算视觉软件公司Itseez、深度学习初创公司Nervana Systems、机器视觉初创公司Movidius。英特尔还会计划组建自动驾驶车队来测试研发合作成果。

亿欧智库：英伟达17财年到18财年Q2季度营收组成占比



资料来源：NVIDIA财报

亿欧智库：英特尔收购投资事件

收购/投资时间	收购/投资企业	收购/投资金额
2015.6	Altera (FPGA芯片)	167亿美元
2016.5	Itseez (计算机视觉)	-
2016.4	Yogitech (芯片)	-
2016.8	Nervana (深度学习)	3.5亿美元
2016.9	Movidius (机器视觉)	-
2017.1	Here (地图)	持有15%股份
2017.3	Mobileye (计算机视觉)	153亿美元

资料来源：公开资料整理

- ◆ **自动驾驶战略**：目前，特斯拉的自动驾驶功能定位在Model S、Model X及Model 3上，提供的驾驶辅助功能包括：自动转向、具有交通安全意识的巡航控制、自动停车及“Summon”功能及驾驶员警示系统。同时，致力于4级与5级自动驾驶功能的研发。
- ◆ **汽车产品**：最早引入超大屏幕，颠覆用户体验；率先推出L3级自动驾驶Autopilot，累积数据超过3.6亿公里；拥有独特汽车账号，车主可通过手机APP远程控制、获知状态；汽车联网、远程升级OTA功能。
- ◆ **商业模式**：与传统整车厂不同，特斯拉构建了完整封闭的生态，包括电池工厂、整车工厂、直营店、服务中心、超级充电站、二手车，以及自动驾驶租赁服务等。汽车销售完成后，车主仍将持续为特斯拉贡献利润：联网/云服务、软件升级、维修服务、超级充电站、二手车认证、无人驾驶租赁等。2016年10月，特斯拉宣布搭载Autopilot 2.0硬件车型开始量产。
- ◆ 自上市以来，特斯拉市值从39亿美元一路上涨16倍至最高630亿美元，一度成为美国市值最高的汽车公司。

机遇

- **技术**：计划开发出比人类手动驾驶安全10倍的自动驾驶技术；具备传统车企生产和研发优势，有足够驾驶里程数据支撑算法优化。
- **产品与服务**：丰富客户体验，与竞品拉开差距。
- **产业链**：全产业链布局，业务覆盖产品全生命周期，构建了完整封闭的生态系统，有望持续获得估值溢价。
- **“车联网” + “大数据” 价值**：智能网联汽车产生庞大的数据量，特斯拉可利用积累的自动驾驶数据提供多样化、个性化的应用和服务，形成商业闭环。

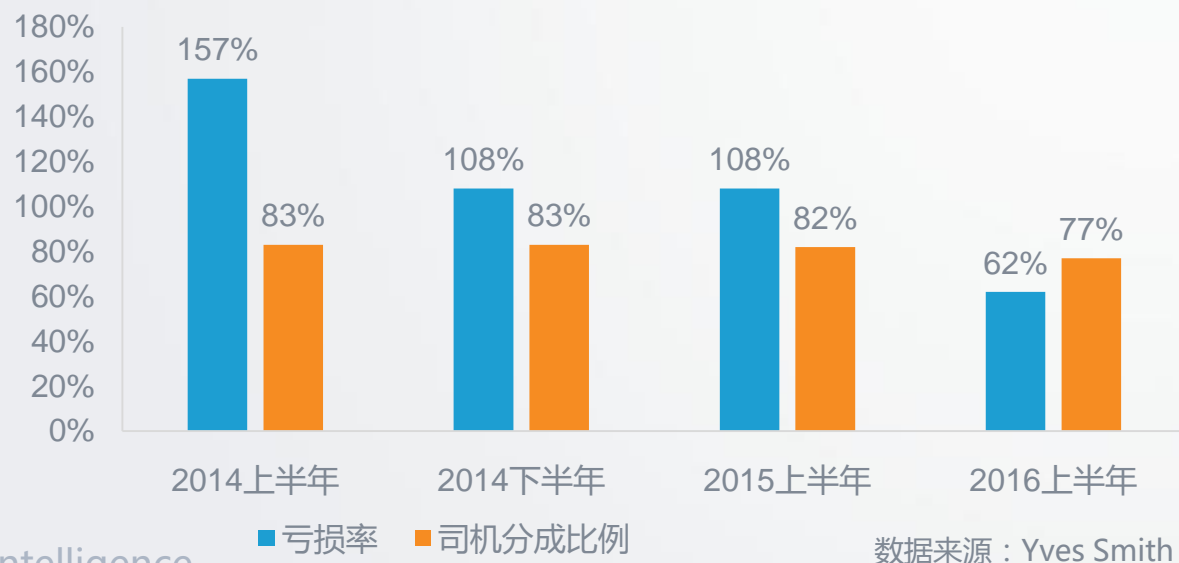
风险

- **现金流**：高额研发支出与固定资产投资导致巨额资金缺口，2016年筹资现金流37.4亿美元，净亏损6.7亿美元。
- **汽车产销不达预期**：公司目前的整车及电池产能有限，短期内产能大幅提升尚存在不确定性；Model 3前期订单转化为有效销量仍需时间证明。
- **政策风险**：使用有风险的未完全成熟技术，交通安全政策法规可能会加以限制，导致召回和赔偿风险。
- **安全事故**：2016年至今，特斯拉Autopilot在国内外发生多起安全事故。

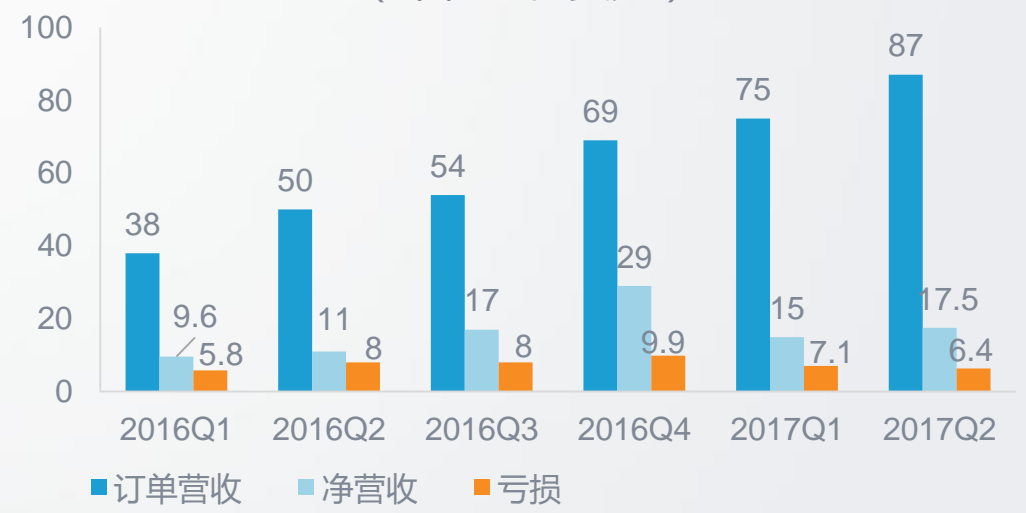
Uber：近700亿美元估值的出行服务商领导者面临内忧外患，自动驾驶前行路艰难，新CEO将带来何种改变有待观察

- ◆ Uber作为全球出行服务的独角兽，一度被估值有690亿美元，订单总额在2016年已达到200亿美元，却仍有28亿的巨额亏损（不含中国区），司机的支付和运营成本是最主要的亏损负担，面临滴滴和Lyft的竞争压力，Uber研发自动驾驶的现实意义相当明显。
- ◆ **市场动作：**Uber在市场并购和人才收拢上动作频频，此前Uber将卡耐基梅隆大学的机器人研发专家编入团队，2016年又先后收购无人卡车公司Otto和深度学习初创公司Geometric Intelligence。合作层面，Uber与主机厂沃尔沃达成自动驾驶技术研发协议。
- ◆ **问题：**2017年以来Uber面临着严重的困境。业务层面，工资低下导致专车司机留存率降低到4%，亏损还在继续，以及后起之秀Lyft挑战Uber当前的市场地位，都加紧了Uber对于自动驾驶研发的诉求，但这需要更高额度的资金投入。内部丑闻、CEO变更、窃取用户隐私以及专利案败诉都使Uber的社会形象严重受损。新任CEO暂时弥合了公司内部裂痕，但在自动驾驶的进展尚有待观察。

亿欧智库：Uber在各年份的亏损率以及司机分成比例变化



亿欧智库：Uber2016Q1到2017年Q2营收及亏损情况（单位：亿美元）



Bosch：全球顶级汽车供应商，依然在自动驾驶浪潮中走在前列，并深度参与中国市场

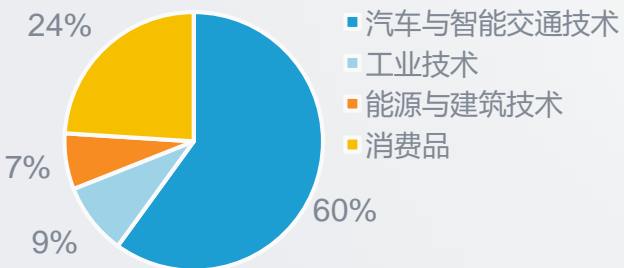
- ◆ **企业优势：**博世（Bosch）作为全球顶级Tier1供应商，在汽车生产制造方面具有深厚底蕴，在汽车电子技术、ADAS等新兴技术上也具备自主产权，向数字化、智能化研发制造转型。在前装市场的巨大优势使博世有望引领产业上游研发，对抗科技企业。
- ◆ **中国市场布局：**此前博世与百度、四维图新、高德三大图商达成合作，开发“博世道路特征”的高精地图平台，还在长安汽车两万公里路测的过程中提供技术支持。中国已成为博世在全球最大的汽车市场，自动驾驶来临之际，博世将继续深度参与国内市场。
- ◆ **地位：**目前以博世、奥迪为代表的传统汽车Tier1供应商和车企仍然走在自动驾驶的前沿，固有的技术优势和资金体量使得科技企业和新兴势力暂时难以超越。

亿欧智库：2016年博世财报数据

博世历年销售额、息税前利润及研发投入（单位：百万欧元）

事项	2012	2013	2014	2015	2016
销售额	44703	46068	48951	70607	73129
息税前利润	2118	2751	3030	4587	3335
研发投入与营收占比	9.9%	9.9%	10.1%	9.0%	9.5%

2016年销售额组成



其他数据

- 博世在2017年年初投资3亿用于人工智能中心投建；
- 2016年博世在华销售额为915亿人民币，占到全球销售额的17%；
- 博世在全球有120个研发中心，59000名研发人员。

亿欧智库：自动驾驶专利技术排名



➤ 博世在自动驾驶专利方面远远超出其他企业。传统车企在汽车产业的固有优势使其在新技术领域依然走在前面。当然，仅从数量衡量无法判定企业真正具有的技术水平。

数据来源：博世、科隆经济研究中心

附录：部分名词解释

- ◆ OBD (On-Board Diagnostic) 车载诊断系统，这个系统能随时监控发动机的运行状况和尾气后处理系统的工作状态，一旦发现有可能引起排放超标的情况，会马上发出警示。
- ◆ RTK (Real - time kinematic) 载波相位差分技术，是基于载波相位观测值的实时动态定位技术，能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果，并达到厘米级精度。
- ◆ SLAM (simultaneous localization and mapping) 即时定位与地图构建。
- ◆ IMU (Inertial measurement unit) 惯性测量单元，是测量物体三轴姿态角(或角速率)以及加速度的装置。
- ◆ INS (Inertial Navigation System) 惯性导航系统，是以陀螺和加速度计为敏感器件的导航参数解算系统，该系统根据陀螺的输出建立导航坐标系，根据加速度计输出解算出运载体在导航坐标系中的速度和位置。
- ◆ CAN(Controller Area Network)控制器局域网络，是ISO国际标准的串行通信协议。
- ◆ T-box (Telematics BOX) 用于和后台系统/手机APP通信，实现手机APP的车辆信息显示与控制。

- ◆ 亿欧智库此份报告通过对自动驾驶概况、产业现状及未来发展趋势、挑战的梳理分析，有了初步的认知和研究成果。但是，我们也知道，对于自动驾驶，乃至智能汽车还有许多地方需要深耕。未来，亿欧智库也将密切关注自动驾驶和汽车产业的未来发展，持续输出一些研究成果，欢迎大家多提宝贵意见。
- ◆ 此次报告主要参与成员有：
 - 报告撰写：李星宏
 - 报告指导：张帆、由天宇
 - 报告辅助：任菊英、王双、肖泽尧、吴妙芸
- ◆ 在此还要感谢所有为亿欧智库此次报告提供帮助和协作的业内人士、行业专家，没有你们的鼎力协助，报告质量会有所折扣。
- ◆ 最近更新
 - 52页百度自动驾驶发展历程图表内容表述有误，已修改。

◆ 团队介绍：

- 亿欧智库是亿欧公司旗下专业的研究与咨询业务部门。
- 智库专注于以人工智能、大数据、移动互联网为代表的前瞻性科技研究；以及前瞻性科技与不同领域传统产业结合、实现产业升级的研究，涉及行业包括汽车、金融、家居、医疗、教育、消费品、安防等等；智库将力求基于对科技的深入理解和对行业的深刻洞察，输出具有影响力和专业度的行业研究报告、提供具有针对性的企业定制化研究和咨询服务。
- 智库团队成员来自于知名研究公司、大集团战略研究部、科技媒体等，是一支具有深度思考分析能力、专业的领域知识、丰富行业人脉资源的优秀分析师团队。

◆ 免责声明：

- 本报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于智库的专业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。本报告的信息来源于已公开的资料，亿欧智库对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽可能的追求但不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映亿欧智库于发布本报告当日之前的判断，在不同时期，亿欧智库可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。亿欧智库不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，亿欧智库对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者可自行关注相应的更新或修改。



网址：www.iyiou.com/intelligence

邮箱：zk@iyiou.com

电话：010-57293241

地址：北京市朝阳区霞光里9号中电发展大厦B座2层