

内部刊物
免费交流



智能网联汽车(山东)协同创新研究院
Shandong ICV Co-Innovation Institute

智能网联汽车动态要情

双月刊 2022年6-7月 第2期

主办单位：山东汽车工程学会

智能网联汽车(山东)协同创新研究院

目录

(一) 国际资讯.....	5
1. 美国 NHTSA 发布首份辅助驾驶事故报告.....	6
2. 苹果发布新一代 CarPlay	6
3. 美国对 83 万辆特斯拉汽车展开调查	7
4. Einride 自动驾驶卡车获批公共道路行驶.....	7
5. Cruise 正式开始在旧金山提供无人驾驶付费服务.....	8
6. 千公里 18 次事故，Waymo 发布无人驾驶报告.....	9
7. 欧盟颁布交通安全与自动驾驶汽车新法规.....	9
8. 欧盟要求所有新车必须安装限速装置.....	9
9. 意法、格芯两大半导体巨头宣布法国建厂	10
10. 大众将牵手博世共同开发自动驾驶技术.....	11
11. 宝马 L3 级自动驾驶将于 2023 年底推出	11
12. 梅赛德斯-奔驰与腾讯合作专注自动驾驶	12
13. 丰田与 NTT Data 合作开发智能网联汽车	12
14. 本田将在 2022 年秋开始研发自动驾驶纯电微型车	13
15. 日本自动驾驶新技术将于 2023 年启用.....	13
16. 日本将为台积电合资工厂提供 35 亿美元补贴	13
17. 韩国首尔市政府启动自动驾驶出租车服务.....	14

18. 现代摩比斯率先开发出生命体征集成控制器，用于安全驾驶.....	14
19. SKT 扩大自动驾驶试验区以测试智能交通系统.....	15
20. LG U+将把高精度定位技术应用于自动驾驶和智能港口	15

(二) 国内动态..... 16

1. 国内首次立法突破，智能网联汽车迎来规范化管理.....	17
2. 工信部：适时开展自动驾驶准入试点	17
3. 工信部明确汽车软件升级通用技术要求.....	18
4. 甘肃颁发首批自动驾驶路测牌照	18
5. 天津东疆发布多条智能网联汽车测试道路	18
6. 广东自动驾驶汽车“混行”上路运营	19
7. 广州市智能网联等产业链发布三年计划.....	19
8. 淄博发布“智能网联汽车道路测试”管理办法.....	19
9. 武汉：推动智慧公交、自动驾驶出租车逐步落地	20
10. 长沙推动道路测试与示范应用牌照互认.....	20
11. 福特车路协同系统落地西安	21
12. 全国首张自动驾驶重卡测试牌照落地柳州.....	21
13. 理想汽车成立芯片公司	21
14. 蔚来将在新加坡建立自动驾驶研发中心.....	21
15. 小米汽车三项自动驾驶专利公布	22

16. 全国首批，阿里获“主驾无人”自动驾驶卡车路测牌照.....	22
17. 百度、小马智行相继宣布收费，Robotaxi 商业化再提速设.....	22
18. 国家电网：今年将投资 900 亿元加快城市电网建设.....	23

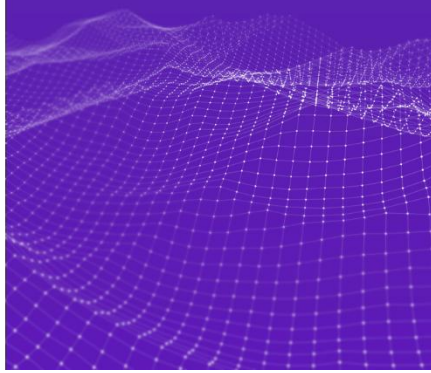
(三) 学术前沿..... 24

1. 自动驾驶系统中的边缘计算技术.....	25
2. 一文读懂 BEV 空间内的特征级融合.....	35
3. 智能驾驶域控制器硬件方案演进趋势分析.....	57
4. 自动驾驶中的机器学习.....	72
5. 一文读懂基于 DL 的无人驾驶视觉感知系统的应用场景.....	77
6. 智能汽车行业过冬策略：“分离异构项”与“合并同类项”.....	85

(四) 书目推荐..... 98

1. 《汽车战争：电动汽车的兴起、衰落和复苏》.....	99
2. 《自动驾驶改变未来》.....	101

国际资讯



1. 美国 NHTSA 发布首份辅助驾驶事故报告

6 月 15 日，美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）发布的报告显示，去年 7 月至今年 5 月，特斯拉等车企共报告近 400 起涉及 L2 级驾驶辅助系统（ADAS）的碰撞事故。NHTSA 表示，原始数据尚缺乏合适背景，只可用作快速识别潜在缺陷趋势，以及用于确定驾驶辅助系统是否可以提高车辆安全性。由于一系列限制，不应使用这些数据对任何车企的技术安全性下结论。

上述数据未考虑到装载辅助驾驶系统的车辆数量，或车辆已行驶的里程数。（来源：澎湃新闻）

2. 苹果发布新一代 CarPlay

当地时间 6 月 6 日，苹果在其年度软件开发者大会 WWDC2022 上发布了 CarPlay 软件的升级版。



目前阶段，CarPlay 扮演的角色仅仅是“iPhone 的扩展屏幕”，但

是新一代的 CarPlay 不满足于仅仅做一个超级 APP，而是瞄向了整个智能座舱。在此次 CarPlay 更新中，首先是对原有基本功能的升级和扩展，仪表盘、中控屏都能清楚展示 CarPlay 内容，仪表盘甚至可以自定义设置成不同主题和风格。其次，CarPlay 不仅接管了车内屏幕，仪表盘还可以显示车速、最高转速、油位、温度等信息。用户可通过 CarPlay 直接控制空调、座舱、收音机等功能。

苹果还表示，全新的 CarPlay 已经与多家国际主流车企达成了合作，包括奔驰、奥迪、保时捷、福特、日产、现代、极星等，预计将在 2023 年的早些时候上车。但是特斯拉和宝马并不打算支持苹果新 CarPlay。

（来源：汽车之家）

3. 美国对 83 万辆特斯拉汽车展开调查

6 月 10 日，美国汽车安全监管机构升级对特斯拉自动驾驶系统的调查。美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）在周四发布的通知中表示，正在扩大自去年 8 月开始的针对一系列特斯拉汽车撞上停在路边的应急车辆事故的调查。他们明确表示正将此前的调查升级为工程分析，这是 NHTSA 在决定是否下令召回汽车时采取的步骤。调查包括 2014 年至 2021 年生产的约 83 万辆特斯拉汽车，包括 Model 3、Model S、Model X 和 Model Y 等。（来源：财联社）

4. Einride 自动驾驶卡车获批公共道路行驶

6 月 26 日，电动自动驾驶货运公司 Einride 已获得美国高速公路安全管理局（NHTSA）批准，可以在美国公共道路上运营其自动驾驶电动运输（AET）卡车。



该公司将成立一个试点项目，由远程 Pod 操作员（Remote Pod Operator）负责操作并随时监控其纯电动无人驾驶卡车——Pod。（来源：汽车之家）

5. Cruise 正式开始在旧金山提供无人驾驶付费服务

据外媒报道，通用旗下的 Cruise 在 6 月 23 日表示，该公司已开始在旧金山向公众提供付费无人驾驶打车服务，此举是该服务走向商业化的最新一步。

早些时候，Cruise 克服了当地官员的反对意见，成功成为第一家在旧金山获得自动驾驶汽车收费许可的企业。6 月 2 日，加州公共事业委员会以 4 比 0 的投票结果批准了 Cruise 公司的许可。该公司表示，将在未来几周内投放多达 30 辆配备无人驾驶系统的雪佛兰 Bolt 电动汽车，从而在当地推出付费服务。

Cruise 目前正在旧金山西北部三分之一的地区提供无人驾驶乘车服务，并补充说他们将扩大这项服务的范围。车辆的最高时速将被限制在 30 英里（约 48 公里）以下，并且还将避开市中心区域以及晚上 10 点至

早上 6 点的时段。车辆不允许使用高速公路，并且不可在大雾、降雨等天气条件下以及能见度较低的路段行驶。（来源：哇咔咔汽车新闻网）

6. 千公里 18 次事故，Waymo 发布无人驾驶报告

据外媒消息，近日，谷歌母公司旗下的自动驾驶公司 Waymo 发布了一份在美国凤凰城地区的无人驾驶汽车测试报告，并详细介绍了公司一系列自动驾驶测试工作的数据和细节。

自从在凤凰城开始测试以来，Waymo 的自动驾驶车辆行驶里程已达到 981 万公里，且其中的 10.5 万公里是完全没有人类驾驶的“完全自动驾驶”状态。此外，报告还显示，Waymo 的自动车辆自 2019 年到 2020 年 9 月为止，共发生 18 次事故，以及 29 次人为干涉以避免碰撞的情况。

（来源：哇咔咔汽车新闻网）

7. 欧盟颁布交通安全与自动驾驶汽车新法规

7 月 6 日，欧盟委员会宣布已开始实施新的机动车通用安全条例。该法规引入了一系列强制性的高级驾驶辅助系统来改善道路安全，并建立了欧盟批准自动化和完全无人驾驶车辆的法律框架。欧盟委员会计划在今年夏天批准自动化和联网车辆的技术规则，特别关注高速上取代驾驶员的自动驾驶车辆（L3 级）、城市班车或无人出租车等完全无人驾驶车辆（L4 级）。（来源：European Commission）

8. 欧盟要求所有新车必须安装限速装置

近日，欧盟推出新的法规，要求所有的新车都必须安装 ISA 智能速度辅助装置（Intelligent Speed Assistance）。同时，英国也在实施类似的法规。

目前，欧洲的许多汽车都具备了限速辅助装置，通过导航地图以及摄像头拍摄到的路标信息来向驾驶员提示限速信息，但该功能必须由驾驶员来开启。根据欧盟最新的法规，ISA 智能速度辅助装置需要在默认状态下处于开启状态，但允许驾驶员在每次行程开始时关闭系统。

根据欧盟新的交通安全法规，整车厂商可以选择不同的方式提醒驾驶员违反限速，其中包括播放警示音、发出振动警告、油门/电门踏板的触觉反馈以及车辆自主减速。ISA 智能速度辅助装置必须具备以上的一种或多种提醒方式。

2022 年 7 月 6 日起在欧盟市场推出的全新车型都必须配备 ISA 智能速度辅助装置，而已经上市的新车必须在 2024 年 7 月之前配备相应的限速装置。

欧洲运输安全委员会（ETSC）是 ISA 智能速度辅助装置的主要支持者。该委员会表示，新的法规将能减少 30%的碰撞事故和 20%的事故死亡率。欧盟的目标是到 2050 年实现零道路死亡。ISA 智能速度辅助装置以及其他相关功能，如 AEB 自动紧急制动系统，可在 2038 年前防止 14 万起严重道路交通伤害。（来源：汽车之家）

9. 意法、格芯两大半导体巨头宣布法国建厂

7 月 11 日，意大利芯片制造商意法半导体（STM）和美国芯片制造商格芯（Global Foundries）宣布两家公司签订备忘录，将共同在法国建设一家新的晶圆工厂。意法半导体（STM）官网消息显示，这座新工厂目标是在 2026 年全面投产，在全面建成后每年可生产多达 62 万 300mm（12 寸）晶圆。这些芯片将用于汽车、物联网和移动应用程序。

STM 和 GF 合作在法国建厂，是欧洲发展芯片制造以降低电动汽车和智能手机中使用的关键部件对亚洲和美国供应链的最新举措，同时也将

为实现《欧洲芯片法》的目标做出巨大贡献。（来源：第一电动网）

10. 大众将牵手博世共同开发自动驾驶技术

日前，据外媒报道，德国汽车制造商大众和汽车零部件供应商博世已获得德国卡特尔办公室的许可，开始共同开发自动驾驶技术，双方合作的重点是 L2 级和 L3 级自动驾驶系统。

今年 1 月，大众旗下软件子公司 Cariad 和博世达成合作，共同开发用于大众乘用车的自动驾驶软件，以赶上竞争对手特斯拉和梅赛德斯。据悉，该软件将实现 L2 级和 L3 级自动驾驶功能。其中，L2 级自动驾驶功能将从 2023 年开始部署在大众汽车上。

根据 1 月份的一份声明，博世和 Cariad 的目标是，在大众集团旗下销售的车辆中“提供允许驾驶员暂时将手从方向盘上移开的功能”。此外，博世和 Cariad 表示，他们合作开发的零部件也将有可能部署在其他汽车制造商生产的汽车中。

此前，大众和博世都将各自的软件业务组成一个单一的软件部门，以强化产品供应，从而更好地挑战特斯拉和 Alphabet 等竞争对手。（来源：哇咔咔汽车新闻网）

11. 宝马 L3 级自动驾驶将于 2023 年底推出

据德媒《BIMMERPOST》报道，宝马的 L3 级自动驾驶系统“Personal Pilot”将在 2023 年底推出，并将首先搭载在欧洲和中国推出的全新一代宝马 7 系上，从 2024 年 7 月开始，该技术将应用于全新一代宝马 5 系等车型上。

据悉，宝马的 Personal Pilot 将支持在所有满足特定先决条件的路线中实现完全自动驾驶，这意味着宝马将会和奔驰一样，需要对启用 L3

级自动驾驶系统时发生的事故负责，预计这也是美国暂时没有列入名单的原因。（来源：汽车之家）

12. 梅赛德斯-奔驰与腾讯合作专注自动驾驶

7月11日，梅赛德斯-奔驰集团股份公司旗下公司——戴姆勒大中华区投资有限公司与腾讯签署了合作备忘录。双方将围绕高级别自动驾驶领域展开战略合作，利用云计算、大数据和人工智能技术，提速梅赛德斯-奔驰自动驾驶技术的模拟、测试和应用。该合作将强化研发资源，支持梅赛德斯-奔驰与英伟达在华携手研发自动驾驶汽车技术。

为此，双方将建立自动驾驶联合实验室，发挥各自创新优势，在自动驾驶工具链、验证服务和其它相关领域探索创新，以加快梅赛德斯-奔驰在中国的自动驾驶技术研发，更好地服务中国市场。腾讯将凭借在自动驾驶方面丰富的经验和资源积累，以及云计算、大数据、人工智能方面的技术专长，通过IT架构、工具和平台，为梅赛德斯-奔驰提供集成的、高性能和稳定的云服务支持。同时，安全始终是梅赛德斯-奔驰在开发和引入自动驾驶系统的重中之重，腾讯将提供其车联网安全领域的专长来支持梅赛德斯-奔驰在中国的自动驾驶研发工作。

腾讯致力于做汽车企业数字化转型的助手，以云、图、AI等数字化基础设施为核心，为合作伙伴的数字化进程提速。至此，腾讯在智慧出行领域已经与奔驰、宝马、奥迪、一汽、长安、东风、广汽、长城等40多家车企达成合作。（来源：汽车之家）

13. 丰田与 NTT Data 合作开发智能网联汽车

据外媒报道，日本电信公司 Nippon Telegraph & Telephone Corp (NTT)旗下数据子公司 NTT Data 正与丰田汽车公司(Toyota Motor Corp)

联手开发可以收集和共享数据的智能网联汽车。此次合作是建立在 NTT 和丰田联合开发智能网联汽车生态系统的合作的基础之上。NTT Data 首席执行官 Yo Honma 称 NTT Data 的优势在于能以安全的方式收集数据并使用人工智能进行分析。

NTT Data 首席执行官 Yo Honma 表示该公司将积极考虑并购，以加速进军海外市场，且预计公司未来四年将支出 4000 亿日元（约 30 亿美元）用于并购。丰田的先进技术公司 Woven Planet Holdings 自去年成立以来也一直在疯狂收购，以加强其软件工程师队伍，且在去年 9 月表示将收购硅谷初创公司 Renovo，以加快其汽车软件平台的推出。（来源：哇咔咔汽车网）

14. 本田将在 2022 年秋开始研发自动驾驶纯电微型车

本田(Honda)在 7 月 4 日宣布，与日本茨城县常总市合作，从 2022 年秋天开始，将利用全新研发的超小型电动车，于当地展开新世代移动服务的验证实验。盼透过自动驾驶等技术，改善少子、高龄化地区的移动方式。该自动驾驶技术目标 2030 年进入实用阶段。（来源：本田官网）

15. 日本自动驾驶新技术将于 2023 年启用

6 月 6 日，东日本高速公路公司（NEXCO 东日本）表示利用准天顶卫星“引路”号技术，将最早在 2023 年度实现除雪车自动驾驶系统的实用化。在不使用摄像头的情况下，除雪车能在视野不好的下雪天以误差 20 厘米以下行驶。（来源：凤凰网）

16. 日本将为台积电合资工厂提供 35 亿美元补贴

6 月 17 日，日本经济产业省表示，将为台积电、索尼集团和电装在

日本熊本县建造的合资半导体工厂提供高达 4,760 亿日元（35 亿美元）的补贴。该工厂总投资将达到 86 亿美元，日本政府将承担约 40% 的成本。日本方面具体支持金额将在仔细审查合伙人的申请后确定，最早将于今年年底开始到位。（来源：和讯网）

17. 韩国首尔市政府启动自动驾驶出租车服务

6 月 10 日，首尔市政府与韩国国土交通部合作在首尔江南区启动市区自动驾驶出租车服务，并开启为期两个月的试运行。试运行期结束后，自 8 月起，江南区市民可以用手机 APP 呼叫使用自动驾驶出租车服务。与去年在上岩洞投放自动驾驶汽车的计划相比，此次 RoboRide 出租车服务投放于路况复杂的江南地区，且不设固定路线，车辆自行做出一系列判断，寻找乘客出发地到目的地最短路程。（来源：中国新闻网）

18. 现代摩比斯率先开发出生命体征集成控制器，用于安全驾驶

6 月 23 日，现代摩比斯（Hyundai Mobis）宣布开发出可分析驾驶员生命体征（如姿势、心率和脑电波）的集成控制器，成为全球首家开发出该类控制器的公司。虽然移动出行行业中已经具有能够处理某些生命体征的控制器，但这是第一次开发出能够对各种生命体征进行综合分析的专用医疗保健控制器。凭借该控制器，现代摩比斯将实现专注于乘员而非车辆性能的安全技术。

现代摩比斯将其称之为智能座舱控制器（Smart Cabin Controller），由四个测量乘员生命体征的传感器、一个用于分析这些体征的控制器和软件逻辑组成。可以说，现代摩比斯已开发出类似于先进大脑的产品，可以分析实时变化的生命体征。（来源：盖世汽车）

19. SKT 扩大自动驾驶试验区以测试智能交通系统

6月28日，韩国移动通讯运营商 SK Telecom (SKT) 在韩国首尔西部住宅和商业区 Sangam 扩大了自动驾驶汽车试验驾驶区，以测试提供交通状况等实时信息的协作智能交通系统 (C-ITS)，以便单个车辆可以共享数据并避免交通事故发生。该系统融合了车联网(V2X)和物联网(IoT)通信等智能网联汽车技术。

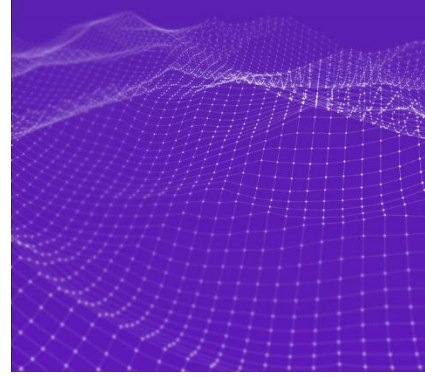
SKT 将为安全驾驶提供额外服务，例如儿童保护、行人通知和意外情况的闭路电视图像。（来源：盖世汽车）

20. LG U+将把高精度定位技术应用于自动驾驶和智能港口等领域

7月11日，据韩联社报道，韩国第三大移动运营商 LG U+宣布，将把超精密定位技术服务的应用范围扩大到自动驾驶和智能港口。

据了解，LG U+超精准实时移动定位 (RTK) 技术已经在自动驾驶机器人和自动驾驶车辆测试项目上应用。2020年6月，LGU+与 Autonomous a2z 签署了合作备忘录，将在韩国中部的世宗市联合示范自动驾驶技术。在 Autonomous a2z 提供的微型电动汽车和 15 座微型巴士等自动驾驶汽车上，LG U+就应用了实时高精度定位 (RTK) 技术。（来源：哇咔咔汽车网）

国内动态



1. 国内首次立法突破，智能网联汽车迎来规范化管理

7月5日，国内首部关于智能网联汽车管理的法规——《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》（以下简称《条例》）正式发布。该《条例》经深圳市第七届人民代表大会常务委员会第十次会议于2022年6月23日通过，自2022年8月1日起施行。

近年来，智能网联汽车相关技术飞速发展，原有针对传统汽车的法律制度以及监管模式，已经不能完全适应智能网联汽车发展的需要。目前，全球已有17个国家制定出台专门法律法规或者修改现有法律法规，美国、德国、日本等汽车强国更是在自动驾驶汽车立法方面走在我国的前面。此次《条例》的出台将填补我国智能网联汽车法律空白，为智能网联汽车创新发展提供坚实的法律保障，并为其他城市提供经验标准，带来示范效应。

《条例》共九章六十四条，涵盖了从智能网联汽车自动驾驶的定义、市场准入，到权责认定等方面的具体规定和管理办法。值得关注的主要有以下五方面：

1. 明确了智能网联汽车自动驾驶的定义。
2. 可以在车路协同基础设施较为完善的区域开展测试应用。
3. 在市场准入方面，明确列入产品目录并登记方可上路。
4. 规定智能网联汽车安全提示规则。
5. 首次明确交通事故责任划分。

（来源：智能汽车与智慧城市协同发展联盟）

2. 工信部：适时开展自动驾驶准入试点

6月14日，工业和信息化部副部长辛国斌表示，下一步将继续统筹

发展和安全，坚持公共安全的底线，在管理政策、技术创新、标准体系、测试示范等方面协同发力，出台自动驾驶的功能要求、信息安全等重要标准，并适时开展准入试点，来推动智能网联汽车产业发展能够行稳致远。（来源：中国新闻网）

3. 工信部明确汽车软件升级通用技术要求

6月17日，工业和信息化部公开征求《汽车软件升级通用技术要求》（以下简称《要求》）等九项强制性国家标准意见。其中，《要求》明确车辆制造商应建立软件升级管理体系；对于每次软件升级，车辆制造商应记录并安全存储相关信息，该信息应至少保存至车型停产后10年。（来源：工业和信息化部）

4. 甘肃颁发首批自动驾驶路测牌照

6月17日，甘肃省首条自动驾驶测试道路、首批自动驾驶路测牌照发布，标志着甘肃省智慧交通建设和智能网联汽车发展迈上新台阶。目前，除了兰州新区13公里的试验段，正在修建的清傅公路还有8公里无人驾驶试验路段，建成后将开启高速公路状态下的无人驾驶试验。（来源：兰州晚报）

5. 天津东疆发布多条智能网联汽车测试道路

6月20日，天津市交通运输委员会、天津市公安局联合印发《关于发布东疆保税港区智能网联汽车测试道路的通告》（以下简称《通告》），并发布东疆保税港区部分道路作为智能网联汽车测试道路。《通告》要求，道路测试的智能网联汽车应当取得临时行驶车号牌，并在指定的道路进行测试。此次公布的测试路段约13.7公里，同时面向城市出行、物

流运输等自动驾驶领域开展技术测试与场景应用。（来源：天津市交通运输委员会）

6. 广州自动驾驶汽车“混行”上路运营

6月30日，广州市智能网联汽车自动驾驶混行试点全国首发，同时颁发了南沙区首批《示范运营车辆标志牌》。作为广州市首个智能网联汽车混行试点区，到2025年，南沙区将分四个阶段投放总计不超过2000台智能网联汽车示范运营，开展不同混行比例、车路协同不同参与度以及多种新型出行服务的大规模城市交通试验。（来源：南方Plus）

7. 广州市智能网联等产业链发布三年计划

日前，广州市工业和信息化局官网发布广州市工业和信息化局广州市发展和改革委员会关于印发《广州市智能网联与新能源汽车产业链高质量发展三年行动计划（2022-2024年）》的通知。

通知明确到2024年，初步建成以企业创新为主体、以自主可控为导向的智能网联与新能源汽车全产业链群，对智能网联汽车、新能源汽车、汽车零部件三大行业的发展制定了具体指标和主要任务。（来源：广州市工业和信息化局）

8. 淄博发布“智能网联汽车道路测试”管理办法

6月29日，《淄博市智能网联汽车道路测试与示范管理试行办法》（以下简称《办法》）正式发布实施。《办法》明确了道路测试与示范推进管理机构、申请条件、审核流程、交通事故责任认定及处理。下一步，淄博将全力推动《办法》落地实施，科学划定道路测试与示范区域，聚焦智慧交通、园区危险品运输车辆监管、末端无人驾驶等应用场景需

求，加快基础设施智慧化改造，进一步完善包括产业扶持、标准互认、通行便利、应急预案在内的政策体系。（来源：淄博日报）

9. 武汉：推动智慧公交、自动驾驶出租车逐步落地

6月29日，武汉市人民政府新闻办召开新闻发布会，解读将于近日正式印发实施的《武汉市交通强国建设试点实施方案》（以下简称《方案》）。《方案》提出建设智慧智能交通基础设施及车城网平台，并探索智慧交通产业发展新模式。明确1-2年完成不少于100公里开放测试道路智能化改造，智慧公交、自动驾驶出租车、末端无人配送等示范应用场景逐步落地，城市云平台、城市基础服务平台等基本建成；3-5年，形成累计500公里的智能网联汽车和智能交通测试道路，形成一批智能网联道路建设标准规范，应用场景基本落地，建成车城网平台、开放道路测试综合管理系统、运营调度系统等，交通数据共享、数据治理、交通仿真等功能实现应用。

（来源：央广网）

10. 长沙推动道路测试与示范应用牌照互认

6月6日，长沙市工业和信息化局、长沙市公安局等五部门联合印发《长沙市智能网联汽车道路测试与示范应用管理细则(试行)V4.0》，增加了道路测试与示范应用牌照互认相关内容，优化了各省市国家级智能网联测试区互认流程机制，明确了道路测试与示范应用互认的具体流程。在其他省市具备道路测试资格的测试主体，经过长沙的认定流程即可获得在长沙的测试资格，快捷、简便。（来源：长沙晚报）

11. 福特车路协同系统落地西安

6月15日，福特汽车宣布车路协同系统落地西安，携手四维图新帮助车主解决“等灯”难题，首批将开通西安未央区和雁塔区近100个路口。目前，福特车路协同系统已在新一代蒙迪欧、全新一代F-150猛禽、EVOS、Mustang Mach-E、锐界PLUS以及全新探险者等6款量产车型全系标配，并已先后覆盖无锡、长沙、广州以及西安部分路段。（来源：搜狐网）

12. 全国首张自动驾驶重卡测试牌照落地柳州

近日，广西移动柳州分公司配合东风柳州汽车有限公司顺利完成5G远程驾驶设备首次测试。借助中国移动5G网络，乘龙H5智能网联电动物流车顺利拿到全国首张针对公开道路入厂物流场景的自动驾驶重卡测试牌照。（来源：北青网）

13. 理想汽车成立芯片公司

5月19日，四川理想智动科技有限公司成立，注册资本为1亿元人民币，该公司由Leading Ideal HK Limited全资控股，而后者是理想汽车关联公司。在新公司的经营范围中，包含了集成电路芯片设计及服务一项，这也被业界认为是理想汽车即将自研芯片的信号。不过，理想汽车目前并未对此进行正面回应。（来源：每经网）

14. 蔚来将在新加坡建立自动驾驶研发中心

5月20日，蔚来在新加坡证券交易所主板正式挂牌，并宣布将在新加坡建立人工智能与自动驾驶研发中心。蔚来董事长李斌表示：“蔚来将借助新加坡的国际经济和科技中心的优势，与新加坡本地科研机构展

开深度合作，进一步完善蔚来的全球研发与业务布局。”目前，蔚来已在中国（北京、上海）、美国圣何塞、欧洲等地建立智能研发中心。（来源：第一财经）

15. 小米汽车三项自动驾驶专利公布

6月1日，小米汽车科技有限公司近日公开三项自动驾驶领域相关专利。其中，“图像处理方法和装置、车辆、可读存储介质”专利可以监控车辆底部路面情况，扩大视野范围即减少视野盲区，有利于提升无人驾驶车辆的安全性；“道路定位方法、装置、设备、车辆及存储介质”及“车辆控制方法、装置、介质、芯片、电子设备及车辆”专利旨在基于卫星定位系统数据以及车道路由信息，确定目标车道，并控制目标车辆行驶。（来源：盖世汽车）

16. 全国首批，阿里获“主驾无人”自动驾驶卡车路测牌照

6月27日，浙江德清成为全国首个颁发L4级“主驾无人”自动驾驶卡车公开道路测试牌照的城市，阿里巴巴获得首批2张牌照之一。未来，阿里达摩院研发的无人卡车“大蛮驴”将在德清指定区域开展路测，包括部分高速路段。（来源：网易新闻）

17. 百度、小马智行相继宣布收费，Robotaxi商业化再提速

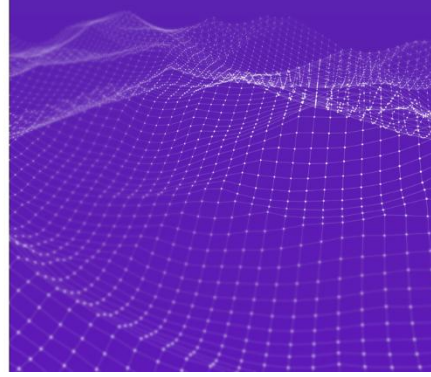
6月30日，百度Apollo宣布旗下自动驾驶出行服务平台“萝卜快跑”在武汉市经开区开启商业化试点，面向公众提供自动驾驶付费出行服务。在此之前，百度“萝卜快跑”已经分别在北京、重庆和阳泉实现了商业化出行服务，此次落地武汉，将进一步为百度探索Robotaxi商业

化落地提供重要经验借鉴。（来源：北京市高级别自动驾驶示范区）

18. 国家电网：今年将投资 900 亿元加快城市电网建设

据央视新闻，记者从国家电网了解到，今年将投资 900 亿元加快城市电网建设，提升城市供电可靠性。眼下，多地正利用夏季高峰前的窗口期，加快城市电网基础设施建设，为迎峰度夏期间电力稳定供应提供保障。（来源：央视网）

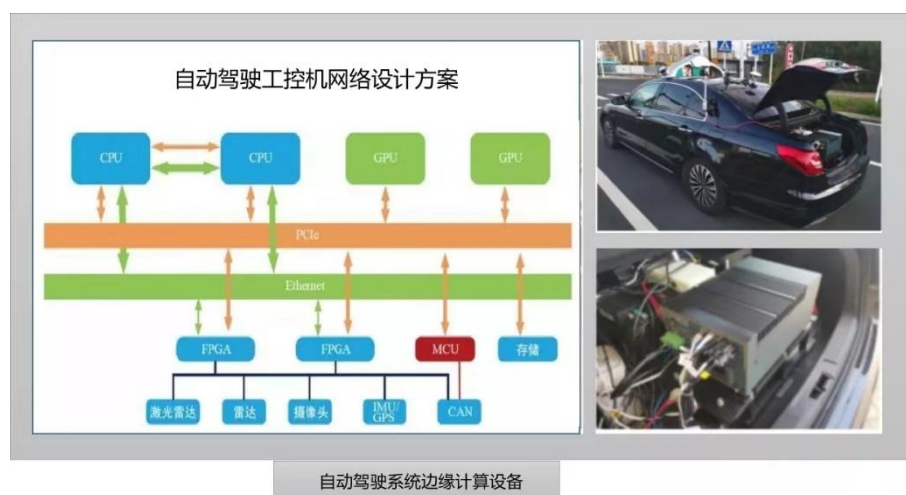
学术前沿



自动驾驶系统中的边缘计算技术

随着 5G 时代的到来，边缘计算成为自动驾驶系统中新的业务增长点，未来将有超过 60%的数据和应用将在边缘产生和处理。

边缘计算是一种在网络边缘进行计算的新型计算模式，其对数据的处理主要包括两个部分，其一是下行的云服务，其二是上行的万物互联服务。“边缘”实际上是一种相对概念，指从数据到云计算中心内路径之间的任意计算、存储以及网络相关资源。从数据的一端到云服务中心的另一端，在此路径上根据应用的具体需求和实际应用场景，边缘可以表示为此条路径上的一个或多个资源节点。边缘计算的本质是云计算在数据中心之外汇聚节点的延伸和演进，主要由边缘云、边缘网络、边缘网关三类落地形态构成。



如上图所示，表示一种目前在自动驾驶中使用的工控机。实际上，它是一种加固的增强型个人计算机。它可以作为一个工业控制器在工业环境中可靠运行，采用符合 EIA 标准的全钢化工业机箱，增强抗电磁干

扰能力，并采用总线结构和模块化设计技术，防止出现单点故障。如上自动驾驶工控机网络设计方案充分考虑了 IS026262 的要求。其中，CPU、GPU、FPGA 以及总线都做冗余设计。当整体 IPC 系统失效时，冗余 MCU 控制可以保证运算安全，直接发送指令到车辆 CAN 总线中控制车辆停车。目前这种集中式的架构适用于下一代集中式自动驾驶系统方案，其中工控机相当于下一代集中式域控制器，将所有的计算工作统一放到一个其中，算法迭代不需要过度考虑硬件的整体升级和车规要求。

一、边缘计算与边缘云

当前自动驾驶中，大规模的人工智能算法模型和大规模数据集中化分析均放在云端进行。因为，云端拥有大量的计算资源，可以在极短的时间内完成数据的处理，但是仅依靠云端为自动驾驶汽车提供服务在很多情况下是不可行的。因为自动驾驶汽车在行驶过程中会产生大量需要实时处理的数据，如果将这些数据都通过核心网传输到远程云端处理，那么仅数据的传输便会导致很大的时延，无法满足数据处理的实时性要求。核心网络的带宽也难以支持大量自动驾驶汽车同时向云端发送大量的数据，而且一旦核心网络出现拥塞导致数据传输不稳定，自动驾驶汽车的行驶安全便得不到保障。

边缘计算关注局部业务，实时性要求高，网络压力较大，计算方式面向本地化。边缘计算更适用于基于集成的算法模型，进行本地小规模智能分析与预处理工作。将边缘计算应用到自动驾驶领域将有助于解决自动驾驶汽车在环境数据获取和处理上所面临的问题。

作为行业数字化转型的两大重要计算方式，边缘计算与云计算基本

是同时共存、相互补充、相互促进，共同解决大数据时代的计算问题。

边缘计算是指在网络边缘执行计算的一种计算模型，其操作对象来自云服务的下行数据和万物互联服务的上行数据，而边缘计算中的“边缘”是指从数据源到云计算中心路径之间的任意计算和网络资源。简而言之，边缘计算将服务器部署到用户附近的边缘节点，在网络边缘（如无线接入点）给用户提供服务，避免了长距离数据传输，给用户提供更加快速的响应。任务卸载技术将自动驾驶汽车的计算任务卸载到其他边缘节点执行，解决了自动驾驶汽车计算资源不足的问题。

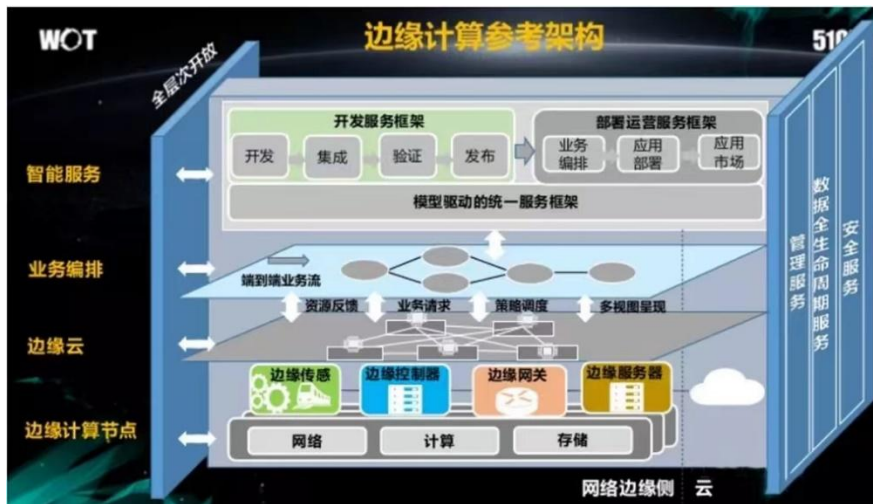
边缘计算具有邻近性、低时延、本地性和位置感知性的特点。其中，邻近性是指边缘计算靠近信息源，适用于通过数据优化捕获和分析大数据中的关键信息，并且可以直接访问设备，更加高效地服务与边缘智能，易于衍生出特定的应用场景。低时延是指边缘计算服务靠近产生数据的终端设备，相对于云计算，极大的降低了时延，尤其是在智能驾驶应用场景中，使得反馈过程更加快速。本地性是指边缘计算可以与网络的其余部分隔离运行，实现本地化，相对独立的计算，一方面保证了本地数据安全性，另一方面降低了计算对网络质量的依赖性。位置感知性是指当边缘网络是无线网络的一部分时，边缘计算式的本地服务可以利用相对较少的信息来确定所有连接设备的位置，这些服务可以应用于基于位置的服务应用场景。

同时，边缘计算的发展趋势将逐渐向异构计算、边缘智能、边云协同以及 5G+边缘计算的发面进行演进。异构计算需要使用不同类型的指令集和体系架构的计算单元组成系统的计算方式，满足边缘业务对多样

性计算的需求，通过异构计算不仅可以满足新一代“连接+计算”的基础设施构建，还可以满足碎片化产业和差异化应用的需求，提升计算资源利用率，支持算力的灵活部署和调度。

二、边缘计算参考架构

边缘计算参考架构的每层都提供了模型化的开放接口，实现了架构的全层次开放，通过纵向管理服务，数据全生命周期服务以及安全服务，实现业务全流程、全生命周期的智能服务。



如上图所示，边缘计算参考架构主要包括如下内容：

整个系统分为智能服务、业务编排、边缘云和边缘计算节点四层，边缘计算位于云和现场设备之间，边缘层向下支持各种现场设备的接入，向上可以与云端对接。边缘层包括边缘节点和边缘管理器两个主要部分。边缘节点是硬件实体，是承载边缘计算业务的核心，边缘管理器的核心是软件，主要功能是对边缘节点进行统一管理。边缘计算节点一般具有计算资源、网络资源和存储资源，边缘计算系统对资源的使用有两种方式：其一，直接将计算资源、网络资源和存储资源进行封装，提供调用接口，边缘管理器以代码下载、网络策略配置和数据库操作等方式使用

边缘节点资源；第二，进一步将边缘节点的资源按功能领域封装成功能模块，边缘管理器通过模型驱动的业务编排方式组合和调用功能模块，实现边缘计算业务的一体化开发和敏捷部署。

三、边缘计算的硬件基础设施

1、边缘服务器

边缘服务器是边缘计算和边缘数据中心的主要计算载体，可以部署在运营商某机房内。由于边缘计算环境差异较大，且边缘业务在时延、带宽、GPU 和 AI 等方面存在个性化诉求，同时应该尽量减少工程师在现场的操作，并具有强大的管理运维能力保障，其中包括状态采集、运行控制和管理接口，以实现远程、自动化的管理。

自动驾驶系统中，通常采用智能边缘一体机将计算、存储、网络、虚拟化和环境动力等产品有机集成到一个工控机中，方便自动驾驶系统的正常工作。

2、边缘接入网

边缘计算接入网络是指从用户系统到边缘计算系统所经过的一系列网络基础设施，包括但不限于园区网、接入网络和边缘网关等。且带有融合性、低时延、大带宽、大连接、高安全等特性。

3、边缘内部网络

边缘计算内部网络是指边缘计算系统内部网络基础设施，如连接服务器的网络设备，与外网互联的网络设备以及由其构建的网络等。边缘计算内部网络具有架构简化、功能完备、性能损耗大幅减少的特征；同时，能做到边云协同，集中管控。

由于边缘计算系统天然呈现分布式属性，单个规模不大但数量众多，若采用单点管理模式，难以满足运行需求，还会占用工控机资源，降低效益；另一方面，边缘计算业务更强调端到端的时延、带宽以及安全性，因此边云、边边之间的协同也是非常重要的。一般是需要在云计算系统中引入智能化的跨域管理编排系统，统一管控一定范围内的所有边缘计算系统网络基础设施，通过支持基于边云协同集中式管理模式，保证网络与计算资源的自动化高效配置。

4、边缘计算互联网络

边缘计算互联网络包括从边缘计算系统到云计算系统（如公有云、私有云、通信云、用户自建云等），其他边缘计算系统、各类数据中心所经过的网络基础设施。边缘计算互联网络具备连接多样化、跨域低时延的特征。

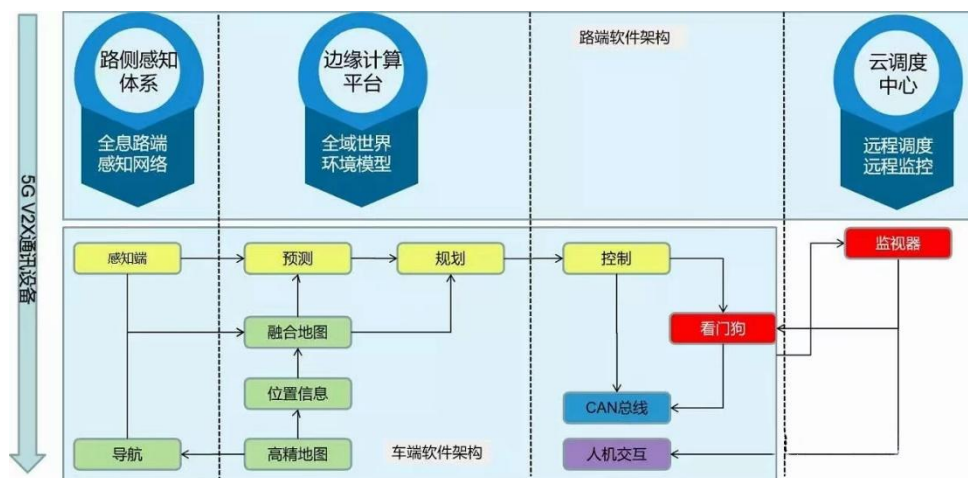
四、边缘计算与自动驾驶系统如何结合

下一阶段，为了实现更高阶自动驾驶系统任务，仅仅依靠单车智能是完全不够的。

协同感知和任务卸载是边缘计算在自动驾驶领域的主要应用，这 2 种技术使实现高级别自动驾驶成为可能。协同感知技术使汽车可以获取其他边缘节点的传感器信息，扩大了自动驾驶汽车的感知范围，增加了环境数据的完整性。以自动驾驶为例，汽车将集成激光雷达、摄像头等传感器，同时需要通过车辆网 V2X 等实现车辆与道路以及交通数据的全面感知，获取比单车内外部传感器更多的信息，增强对超视距范围内环境的感知，并通过高清的 3D 动态地图实时共享自动驾驶位置。并将采集

到的数据与道路边缘节点和周边车辆进行交互，从而扩展感知能力，实现车与车、车与路协同。云计算中心则负责收集来自分布广泛的边缘节点数据，感知交通系统的运行状况，并通过大数据和人工智能算法，为边缘节点、交通信号系统和车辆下发合理的调度指令，从而提高系统运行效率。比如，雨雪、大雾等恶劣天气下，或在交叉路口、拐弯你等场景下，雷达和摄像头无法清晰的辨别前方障碍，通过 V2X 来获取道路，行车等实时数据，可以实现智能预测路况，避免意外事故的发生。

随着自动驾驶等级的提升，配备智能传感器数量的增加，自动驾驶汽车每天产生大量的原始数据。这些原始数据需要在本地进行实时处理、融合以及特征提取，包括基于深度学习的目标检测和跟踪等。同时需要利用 V2X 提升对环境、道路和其他车辆的感知能力，通过 3D 高清地图进行实时建模和定位、路径规划和选择、驾驶策略调整，进而安全的控制车辆。由于这些任务都需要在车内始终来保持处理和响应实时性，因此需要性能强大可靠地边缘计算平台来执行。考虑到计算任务的差异性，为了提高执行效率并降低功耗和成本，一般需要支持异构的计算平台。



自动驾驶的边缘计算架构

自动驾驶的边缘计算架构依赖于边云协同和 LTE/5G 提供的通信基础设施和服务。边缘侧主要指车载单元、路侧单元 (RSU) 或移动边缘计算 (MEC) 服务器等。其中车载单元是环境感知、决策规划和车辆控制的主体, 但依赖于 RSU 或 MEC 服务器的协作, 如 RSU 给车载单元提供了更多关于道路和行人的信息, 但是有些功能运行在云端更加适合甚至无法替代。比如车辆远程控制、车辆模拟仿真和验证、节点管理、数据的持久化保存和管理等。

对于自动驾驶系统的边缘计算来说, 可以很好的实现负载整合、异构计算、实时处理、连接互通、安全优化等优势。

1、“负载整合”

将诸如 ADAS、IVI、数字仪表、抬头显示和后娱乐系统等不同属性的负载, 通过虚拟化计算运行在同一个硬件平台上。同时, 基于虚拟化和硬件抽象层的负载整合, 更易于实现云端对整车驾驶系统的业务编排、深度学习模型更新、软件和固件升级等。

2、“异构计算”

是将自动驾驶系统边缘平台所继承的多种不同属性的计算任务, 根据其在不同硬件平台上运行的性能和能耗比差异性采取不同的计算方式。例如地理定位和路径规划、基于深度学习的目标识别和检测、图像预处理和特征提取、传感器融合和目标跟踪等。GPU 擅长处理目标识别和跟踪的卷积计算。而 CPU 则对于逻辑运算能力将会产生更好的性能、且能耗也更低。而数字信号处理 DSP 则在定位等特征提取算法产生更多优势。这种异构计算的方式很好的提升了计算平台的性能和能耗比, 降低计算

时延。异构计算针对不同计算任务选择合适的硬件实现，充分发挥不同硬件平台的优势，并通过统一上层软件接口来屏蔽硬件多样性。

3、“实时处理”

众所周知，由于自动驾驶系统对于实时性要求极高，因为危险情况下可能就那么几秒钟的时间可用于自动驾驶系统进行刹车避撞。并且，该制动反应时间包括整个驾驶系统的响应时间，涉及云端计算处理、车间协商处理时间、车辆本身系统计算和制动处理时间。如果将自动驾驶响应实时划分到对其边缘计算平台的各个功能模块要求。则需要细化到感知检测时间、融合分析时间以及行为路径规划时间上。同时也要考虑整个网络时延，因为 5G 带来的低时延、高可靠性应用场景也是非常关键的。他可以使自动驾驶汽车实现端到端低于 1ms 的时延，并且可靠性接近 100%。同时，5G 可以根据优先级灵活分配网络处理能力，从而确保车辆控制信号传输具备较快的响应速度。

4、“连接互通”

面向自动驾驶汽车的边缘计算离不开车用无线通信技术（V2X, vehicle-to-everything）的支持，它提供了自动驾驶汽车与智能交通系统中其他元素的通信手段，是自动驾驶汽车和边缘节点合作的基础。

目前，V2X 主要基于专用短程通信（DSRC, dedicated short range communication）和蜂窝网络[5]。其中 DSRC 是一种专门用于车辆与车辆（V2V, vehicle-to-vehicle）和车辆与道路基础设施（V2I, vehicle-to-infrastructure）之间的通信标准，具有数据传输速率高、时延低、支持点对点或点对多点通信等优点。以 5G 为代表的蜂窝网络

具有网络容量大、覆盖范围广等优点，适用于 V2I 通信和边缘服务器之间的通信。

5、“安全优化”

边缘计算安全性是边缘计算的重要保障，其设计结合了云计算和边缘计算纵深的安全防护体系，增强边缘基础设施、网络、应用、数据识别和抵抗各种安全威胁的能力，为边缘计算的发展构建安全可信环境。

下一代自动驾驶系统 5G 核心网控制面与数据面呈现分离状态，NFV 令网络部署更加灵活，从而确保边缘分布式计算部署得以成功。边缘计算将更多的数据计算和存储从中央单元散步到边缘，其计算能力部署于靠近数据源的地方，一些数据不必再经过网络到达云端处理，从而降低时延和网络负荷，也提升了数据安全性和隐私性。对于未来对于靠近车辆的移动通信设备，如基站、路边单元等或均将部署车联网的边缘计算，可以很好的完成本地端的数据处理、加密和决策，并提供实时、高可靠的通信能力。

总结

边缘计算在自动驾驶的环境感知和数据处理方面有着极其重要的应用。自动驾驶汽车可以通过从边缘节点获得环境信息来扩大自身的感知范围，也可以向边缘节点卸载计算任务以解决计算资源不足的问题。相比于云计算，边缘计算避免了长距离数据传输所导致的高时延，能给自动驾驶车辆提供更快速的响应，并且降低了主干网络的负载。因此，阶段性自动驾驶研发过程采用边缘计算将是其不断优化和发展的重要选项。

（来源：微信公众号“焉知智能汽车”，作者 Jessie）

一文读懂 BEV 空间内的特征级融合

在高等级智能驾驶领域，除了特斯拉和 mobileye 走的是纯视觉技术路线外，其他大多数玩家走的还是多传感器融合的技术路线。

多传感器融合方案，一方面能够充分利用不同工作原理的传感器，提升对不同场景下的整体感知精度，另一方面，也可以在某种传感器出现失效时，其他传感器可以作为冗余备份。

目前多传感器融合方案，主要有后融合（目标级融合）、前融合（数据级融合）和中融合（特征级融合）三种。

一、多传感器融合方案

1、传感器后融合（目标级融合）

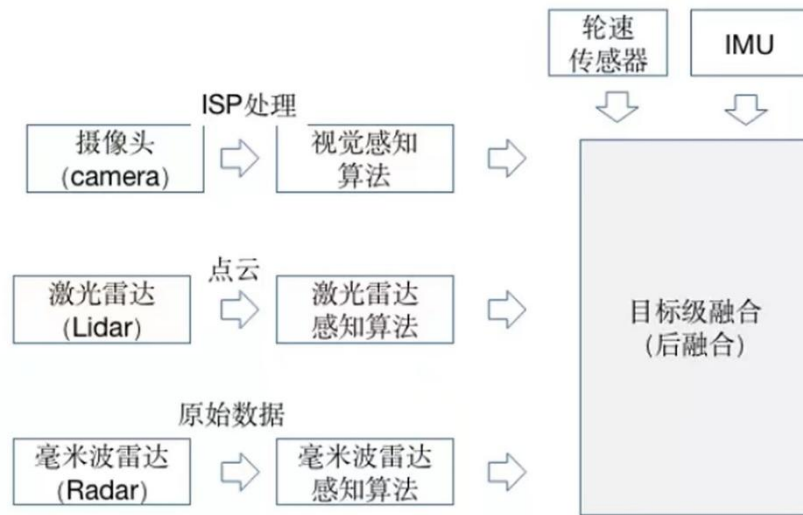
所谓后融合，是指各传感器针对目标物体单独进行深度学习模型推理，从而各自输出带有传感器自身属性的结果，并在决策层进行融合，这也是当前的主流方案。其优势是不同的传感器都独立进行目标识别，解耦性好，且各传感器可以互为冗余备份。

对于 Tier 1 而言，后融合方案便于做标准的模块化开发，把接口封装好，提供给主机厂“即插即用”。

对于主机厂来说，后融合算法比较简单，每种传感器的识别结果输入到融合模块，融合模块对各传感器在不同场景下的识别结果，设置不同的置信度，最终根据融合策略进行决策。

不过后融合也有缺点，最大的问题就是，各自传感器经过目标识别

再进行融合时，中间损失了很多有效信息，影响了感知精度，而且最终的融合算法，仍然是一种基于规则的方法，要根据先验知识来设定传感器的置信度，局限性很明显。



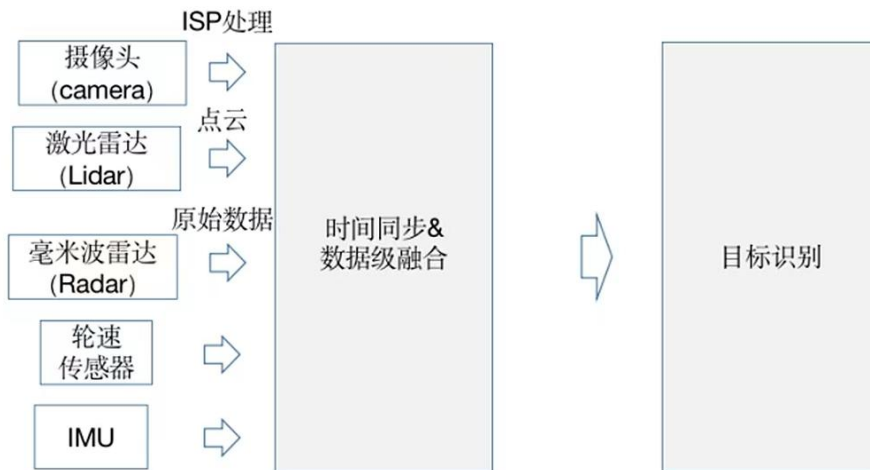
目标级融合（后融合）原理图

2、传感器前融合（数据级融合）

所谓前融合，是指把各传感器的数据采集后，经过数据同步后，对这些原始数据进行融合。

其优势是可以从整体上来处理信息，让数据更早做融合，从而让数据更有关联性，比如把激光雷达的点云数据和摄像头的像素级数据进行融合，数据的损失也比较少。

不过其挑战也很明显，因为视觉数据和激光雷达点云数据是异构数据，其坐标系不同，视觉数据是 2D 图像空间，而激光雷达点云是 3D 空间，在进行融合时，只能在图像空间里把点云放进去，给图像提供深度信息，或者在点云坐标系里，通过给点云染色或做特征渲染，而让点云具有更丰富的语义信息。



多传感器数据级融合（前融合）原理示意图

坐标系的不同，也导致前融合的效果并不理想，一方面，前融合需要处理的数据量较大，对算力要求较高；另一方面，前融合要想达到好的效果，对融合策略要求较高，过程非常复杂，所以目前业内应用并不多。

为了解决异构传感器坐标系不一致的问题，开发人员常常会把视觉 2D 图像转到 3D 坐标系下，这样就和其他传感器数据，如激光雷达点云数据，所在的空间保持一致，从而可以在相同坐标系下进行融合。

将视觉信息转换到 3D 坐标系，就是本文介绍的重点——BEV。BEV 是鸟瞰图 (Bird's Eye View) 的简称，也被称为上帝视角，是一种用于描述感知世界的视角或坐标系 (3D)，BEV 也用于代指在计算机视觉领域内的一种端到端的、由神经网络将视觉信息，从图像空间转换到 BEV 空间的技术。

虽然理论上 BEV 可以应用在前、中、后融合过程中，不过因为前融合实现难度大，一般很少将 BEV 应用在前融合，偶尔也会用在后融合上，更多会应用在介于数据级融合和目标级融合之间的特征级融合，即中融

合上。

3、传感器中融合（特征级融合）

所谓中融合，就是先将各个传感器通过神经网络模型提取中间层特征（即有效特征），再对多种传感器的有效主要特征进行融合，从而更有可能得到最佳推理。

对有效特征在 BEV 空间进行融合，一来数据损失少，二来算力消耗也较少（相对于前融合），所以一般在 BEV 空间进行中融合比较多。

为了简化描述，如无特殊说明，下文提及的 BEV 感知，均指“BEV 空间内的中融合”（特征级融合）。

那么，视角转换到 BEV 空间，究竟有什么意义呢？

想象一下停车就好了。停车挺有难度的，尤其对于新手司机来说。驾驶员不仅要注意前方，还要兼顾左右两个后视镜和车内倒车镜，根据经验去预估自车相对于周边障碍物的位置和距离。

而有了车载 360 环视功能，驾驶员能从上帝视角一目了然地看到自车周边物体的位置和距离，停车也就变得简单了很多。



360 度环视视角

具体到智能驾驶系统，因为感知、预测、决策和规划等模块，都是在 3D 空间内进行的，而摄像头看到的图像信息，只是真实物理世界在透

视视图 (Perspective View) 下的投影, 从图像得到的信息, 需要经过复杂的后处理才能使用, 信息损失也很多。而将视觉信息转换到 BEV 空间, 则可以很方便地连接感知与下游的规划控制模块。

此外, BEV 空间内的感知任务, 在精度上也有优势。做 2D 感知时, 面对远处的物体, 可能几个像素的误差便可能导致几十米的真实误差, 而在 BEV 空间内训练模型时, 对远处误差的损失 (loss) 更加明显, 所以感知结果也会更准确一些。

综上, 这也就是 BEV 如此重要的原因。

二、BEV 的发展历史

在了解 BEV 的技术细节之前, 我们先来了解下 BEV 的发展历史。传统方法的 BEV 空间转换方法, 一般是先在图像空间对图像进行特征提取, 生成分割结果, 然后通过 IPM (Inverse Perspective Mapping, 逆透视变换) 函数转换到 BEV 空间。

什么是 IPM?

在前视摄像头拍摄的图像中, 由于透视效应现象 (想象从一个点去看世界, 透视效应会呈现出近大远小的观察结果) 的存在, 本来平行的事物 (比如车道线), 在图像中却不平行。IPM 就是利用相机成像过程中的坐标系转化关系, 对其原理进行抽象和简化, 得到真实世界坐标系和图像坐标系之间坐标的对应关系, 并进行公式化描述, 从而消除这种透视效应, 所以叫做逆透视变换。



车道线的逆透视变换（IPM）

IPM 是一种连接图像空间和 BEV 空间的简单直接的方法，只需要知道相机内外参数就可以。相机内参数，指的是与相机自身特性相关的参数，比如焦距、像素大小等，而相机外参数则是相机在真实世界坐标系中的参数，比如相机的安装位置、旋转方向等。

不过，IPM 依赖一些预先的假设，比如地面平直性假设（地面要是平的），且相机和地面之间没有相对运动（车辆的俯仰角不变）。

很多时候这个假设太严苛了，很难满足，比如在颠簸道路上，或者在车辆加速或减速产生俯仰时，系统对目标物的感知结果波动非常大，会产生“忽近忽远”的跳变，平行的车道线，这时也会变成“内八”或者“外八”。

于是就有了改进方案，那就是将相机的实时位姿考虑进来，加上俯仰角的修正补偿后，再进行空间转换。改进后虽然效果有所改善，但是实时位姿也很难准确得到，所以效果并不理想。

这两年，深度学习也开始被应用于 BEV 空间转换，且逐渐成为主流方案。相比于依赖人为规则，使用神经网络从 2D 空间进行 BEV 空间转换，能够取得更好的感知效果。具体的流程是，先通过一个共享的主干网络（Backbone）来提取每个相机的特征(feature)，然后再通过 Transformer 等将多摄像头数据，完成从图像空间到 BEV 空间的转换。在 BEV 空间内，

由于坐标系相同,可以很方便地将图像数据和其他传感器数据(如Lidar、Radar等)进行融合,还可以进行时序融合形成4D空间,这也是当下BEV技术的大趋势。



毫末智行用于识别车道线的 BEV 时空融合感知网络

三、BEV 空间内中融合的优势

相比于后融合和前融合,在 BEV 空间内进行中融合具有如下优势:

(1) 跨摄像头融合和多模融合更易实现

传统跨摄像头融合或者多模融合时,因数据空间不同,需要用很多后处理规则去关联不同传感器的感知结果,操作非常复杂。在 BEV 空间内做融合后,再做目标检测,算法实现更加简单, BEV 空间内视觉感知到的物体大小和朝向也都能直接得到表达。

(2) 时序融合更易实现

在 BEV 空间时,可以很容易地融合时序信息,形成 4D 空间。在 4D 空间内,感知网络可以更好地实现一些感知任务,如测速等,甚至可以输出运动预测 (motion prediction) 给到下游的决策和规控。

(3) 可“脑补”出被遮挡区域的目标

因为视觉的透视效应,2D 图像很容易有遮挡,因而,传统的 2D 感

知任务只能感知看得见的目标，对于遮挡完全无能为力，而在 BEV 空间内，可以基于先验知识，对被遮挡的区域进行预测，从而“脑补”出被遮挡区域可能存在物体。虽然“脑补”出的物体，有一定“想象”的成分，但这对于下游的规控模块仍有很多好处。

(4) 更方便端到端做优化

传统做感知任务时，依次做目标识别、追踪和运动预测，更像是个“串行系统”，上游的误差会传递到下游从而造成误差累积，而在 BEV 空间内，感知和运动预测在统一空间内完成，因而可以通过神经网络直接做端到端优化，“并行”出结果，这样既可以避免误差累积，也大大减少了人工逻辑的作用，让感知网络可以通过数据驱动的方式来自学习，从而更好地实现功能迭代。

四、BEV 感知需要什么样的架构

虽然每个公司使用的 BEV 感知架构可能不完全相同，但是大致架构类似。

第一步，先将摄像头数据输入到共享的骨干网络（Backbone），提取每个摄像头的的数据特征（feature）。

第二步，把所有的摄像头数据（跨摄）进行融合，并转换到 BEV 空间。

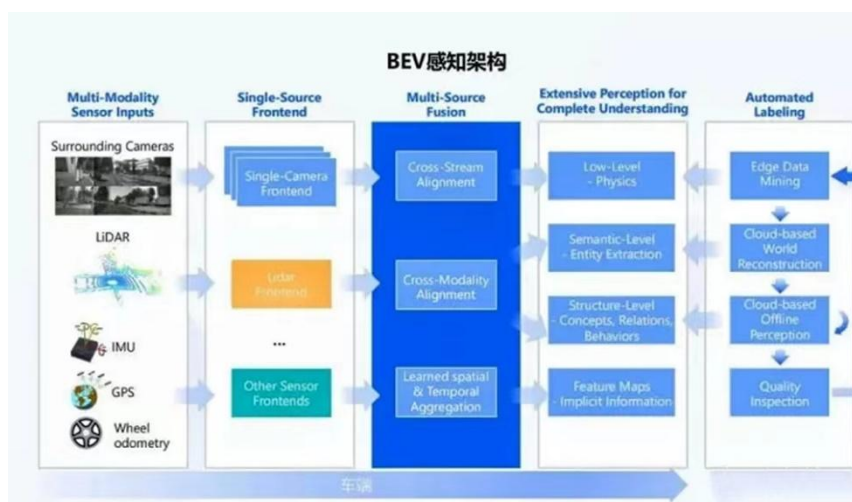
第三步，在 BEV 空间内，进行跨模态融合，将像素级的视觉数据和激光雷达点云进行融合。

第四步，进行时序融合，形成 4D 时空维度的感知信息。

最后一步，就是多任务输出，可以是静态语义地图、动态检测和运

动预测等，给到下游规控模块使用。

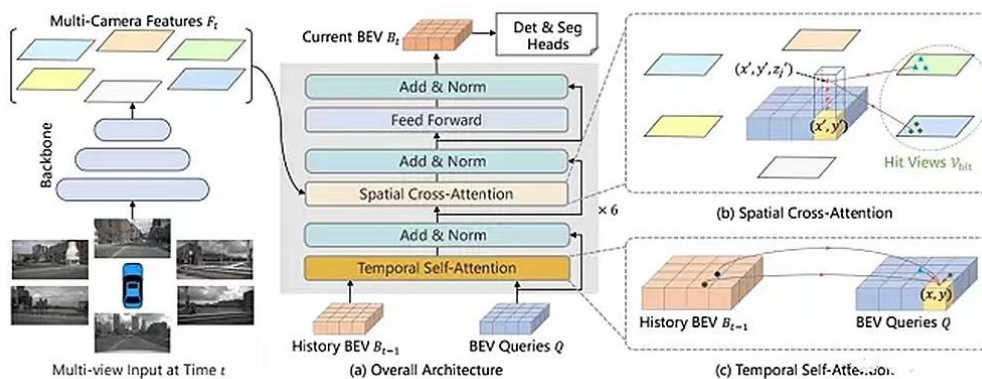
值得一提的是，Transformer 在 CV 领域的应用自 2020 年底就开始获得关注，随着 2021 年特斯拉在 AI Day 上公开其在 FSD 中使用了 Transformer 算法后，国内多家公司也纷纷开始将 Transformer 应用在感知系统中，如毫末智行、地平线、纽劭等。



BEV 感知架构（引用自地平线架构师刘景初主题为“上帝视角与想象力—自动驾驶感知的新范式”的线上分享）

相比于传统神经网络（如 CNN）的局部感受野，Transformer 的注意力机制，能够带来更好的全局感受野，让其在进行跨摄像头、跨传感器以及时序融合时，可以更好地在空间时序维度上建模，从而可以提升感知准确率。

下图中，南京大学、上海人工智能实验室和香港大学提出的 BEVFormer 算法架构就使用了 Transformer，并在 nuScenes 测试集上的 NDS 指标上取得了新的当前最优水平（SOTA）56.9%，提升了 9 个点。



BEVFormer 算法架构

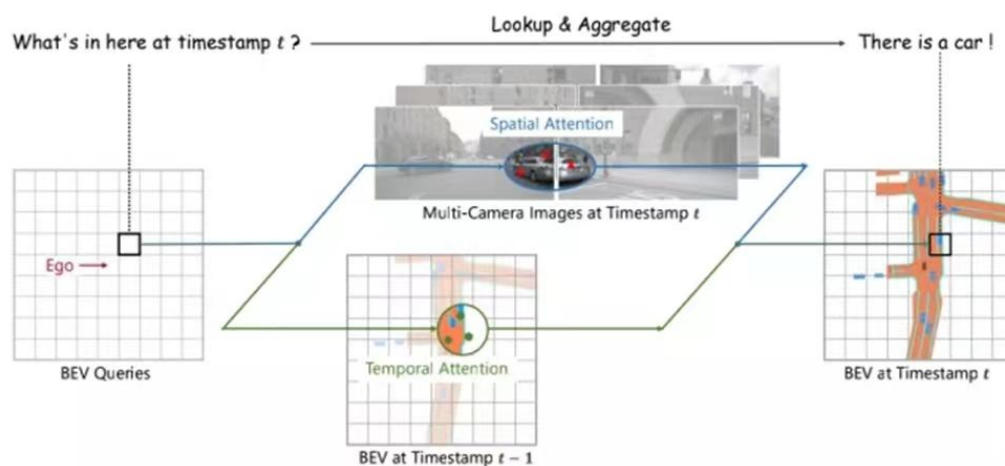
BEVFormer 经过骨干网络提取特征后,经过了 6 个编码层(encoder), 每一个都采用了典型的 transformer 结构。

具体实现上, BEVFormer 通过预先设置参数的网格划分(grid-shaped) 的 BEV 查询机制 (BEV queries) 来利用时空信息。为了聚合空间信息, BEVFormer 设计了空间交叉注意力机制 (spatial cross-attention, 即 BEV 查询机制从多相机特征中通过注意力机制提取所需的时空特征), 让 BEV 查询机制能从其感兴趣的多相机视角中提取特征, 为了聚合时序信息, BEVFormer 提出了时序自注意力机制(temporal self-attention, 即每一时刻生成的 BEV 特征都从上一时刻的 BEV 特征获取所需的时序信息) 来融合历史信息。

BEVFormer 在通过 Transformer 进行 BEV 空间转换时, 是通过预先设置参数的网格划分 (grid-shaped) 的 BEV 查询机制和空间交叉注意力机制。

预先设置了一个大小为 $H \times W \times C$ 的空间, 作为 BEVFormer 的查询空间, 其中 H 和 W 是 BEV 平面的空间尺寸, C 为与该平面垂直的高度坐

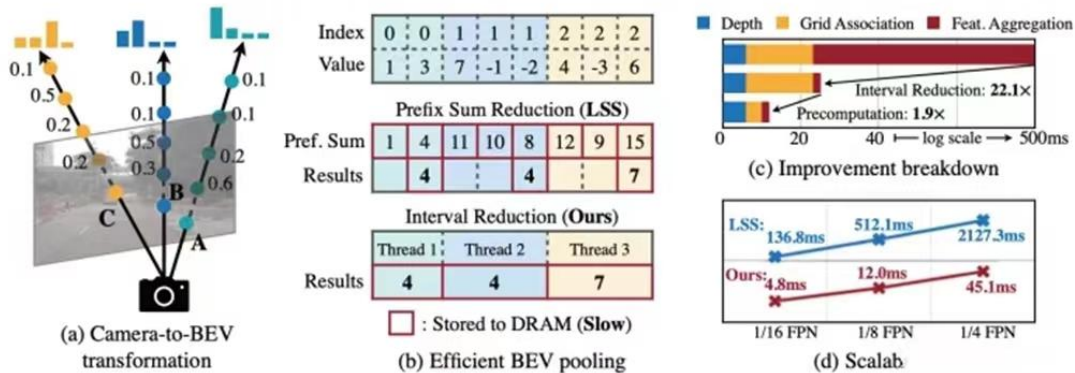
标，其中网格间隔值 s 代表了该空间的颗粒度，自车坐标作为原点，BEV 查询机制负责不断查询，找到这个空间内每个坐标点 (x, y) 的柱状 3D 参考点，最终完成全部 BEV 空间转换。



BEVFormer 的 BEV 查询机制

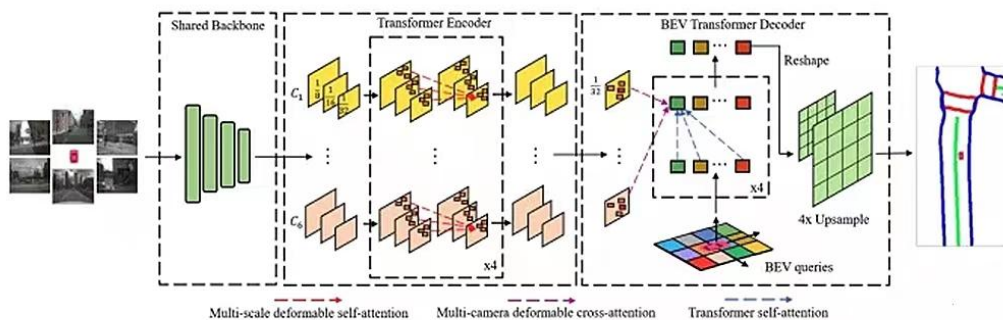
BEVFusion 在进行 BEV 转换时，虽没使用 Transformer，不过也经历了编码 (encoder) 和解码 (decoder) 两个过程，在解码过程中，把图像信息转化成 BEV 的 3D 空间的特征点云，每个像素都有一个预估深度 D ， N 个输入相机会生成大小为 $N \times H \times W \times D$ 的相机特征点云，其中 (H, W) 是相机特征图的大小， D 为深度信息。

而转换成的 BEV 空间的特征点云，以自车作为坐标系原点，沿 x 轴和 y 轴展开，以局部网格采样的方式，如网格间隔 (grid) 为 r ，一般通过池化 (pooling) 操作来聚合每个 $r \times r$ BEV 空间网格内的特征，并沿 z 轴 (高度方向) 展平特征，于是完成了从 2D 到 BEV 空间的转换。



BEVFusion 相机到 BEV 空间转换机制

此外，纽劭提出的对多相机配置的 BEV 语义分割任务的 BEVSegFormer 架构，也用到了 Transformer，并在 nuScenes 验证集的语义分割任务上取得了当前最优水平（SOTA）。



BEVSegFormer 的网络

几位行业内专家认为，由于 Transformer 先天具有更好的全局感受野，因而可以好地提取全局特征，既可以用来作为骨干网络，也可以在 BEV 转换中使用。BEV+Transformer 联合使用，优势会更加明显，有可能会成为行业发展趋势。

五、BEV 模型和数据的通用性

不同的量产车型中，摄像头的数量、安装位置和具体参数存在较大的差异，使用传统后融合策略时，这些定制化的传感器适配带来了巨大

的工作量。

那么，在 BEV 空间进行中融合时，是否会有差异呢？

一方面，在适配不同车型时，是否和传统的后融合有差异呢？

另一方面，从不同量产车型回传回来的数据，是否能够用于持续迭代统一的 BEV 感知模型呢？

1、如何适配不同车型

由于传统后融合太依赖人工后处理规则，在传感器适配时，有诸多的无比痛苦的定制化工作，可能安装位置或者视角稍微调整一下，就需要花大量的时间适配。与后融合方案相比，BEV 感知模型由于少了很多人工规则，通用能力要出色得多，虽然也需要做一些适配，但是整体工作量还是要少地多。

“换一个新车型，相机安装位置变了，这时候需要把相机重新标定一下，再采集数据训练一下”一位行业专家说道。

为了提升 BEV 模型的泛化能力，一般可以通过预先设置结构化参数来适配不同车型（比如安装高度、安装位置、角度等），这样就可以在模型训练时排除相机内外参的影响。

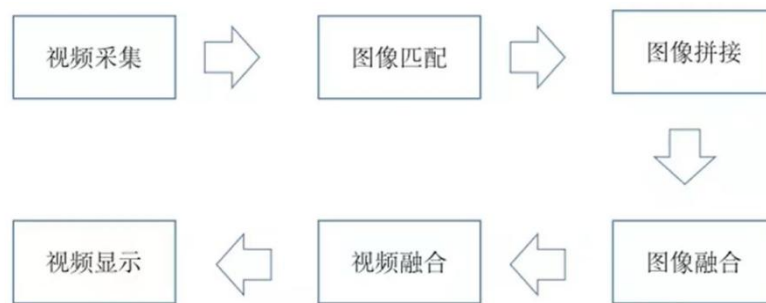
不过也有一些模型，如 BEVerse 等，尝试把相机的内外参作为信号输入，直接给到模型进行训练，让神经网络自己去学着利用这些信息做适配，这样适配会更加方便，不过这也对 BEV 网络架构的设计提出了更高的要求。

2、回传数据的通用性

业内专家普遍认为，不同车型上的摄像头虽然可能位置、数量不同，

但回传回来的数据（如图像、视频流）转换到 BEV 空间后，都可以很方便地用于训练 BEV 模型。只是考虑到位置差异，在使用车端摄像头数据时，需要对多摄像头的重合部分做一下处理。其实环视摄像头的视野重合部分并不多，前向多个不同 FOV 的摄像头会有较多重合部分。要处理这种重合部分，可以采用拼接技术。

每一张图像都有自己的特征点，数据采集后，先根据图像的特征点，对特征点相似的图像进行特征匹配（图像匹配），从而找到邻接图并将相邻的图像拼接在一起（图像拼接），然后就对特征相同的不同分辨率的图像进行融合（图像融合）。完成图像融合后，只需要把相邻帧图进行拼接成视频（视频融合），整个过程就完成了。具体过程如下图所示。



拼接流程

图像匹配过程中很关键的环节是图像特征点的获取和匹配。这可以通过 SIFT、SURF 等方法来实现，不过为了提升计算效率，业内一般通过降采样（类似于降低分辨率）的方式来进行特征检测。

在图像融合时，一般可用泊松算法、直接平均算法和加权算法等方法，直接平均算法业内用得更多一些。

除了上述的图像拼接外，为了消除不同车型的差异，业内还用一种叫“虚拟相机”的方法来共享训练数据，“就是将图像投影到一个标

准的视角上（训练时用的视角），投影后的相机就叫虚拟相机，这样就能保证回传数据和训练数据的视角相同了”一位行业专家介绍道。

除了上述提到的视角问题外，一位行业专家也提到 ISP（Image Signal Process，图像信号处理）的处理也可能会影响数据的通用性。不同摄像头的 ISP 不同，对 Raw data 的处理方式也不同，虽然可以通过技术手段来解决（如通过图像预处理统一到同一个色彩空间下），但也可能会影响到感知结果，“就像人带着墨镜看世界一样，看一般物体可能不受影响，看红绿灯就可能会受到一些影响”，这位专家解释道。

六、BEV 技术的局限性与挑战

1、BEV 解决不了视觉的“先天缺陷”

在传统的 2D 检测时，检测、分类和跟踪任务，都是依赖有监督学习的训练，也就是说感知网络只能识别出之前“见过”的物体，对于之前没“见过”的物体（即训练数据集里没有的），是识别不出来的，从而会出现“不认识就看不见”的现象，这也被认为是视觉的“先天缺陷”。比如少见的异形物体，如披萨盒，高速上奔跑的野生动物等，这种情况可能出现的概率并不高，但是一旦出现可能是致命的。

那么这个问题，在转换到 BEV 空间后，可以解决吗？

业内专家给的答案很一致：不能。

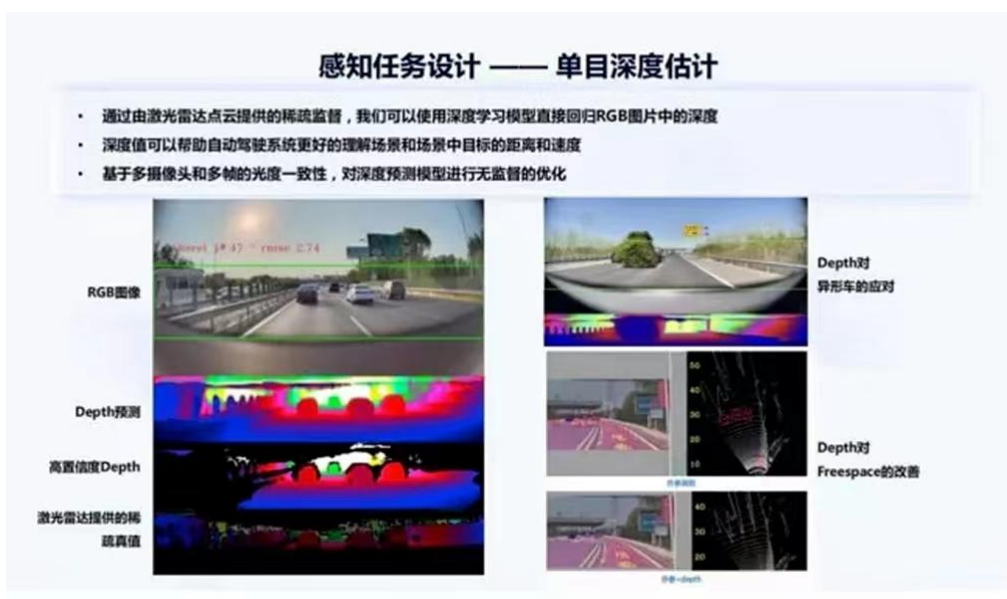
BEV 模型没有训练过的物体，在 BEV 空间内，可能是“不存在”的。不过仍然有其他办法来弥补这个缺陷，具体如下：

（1）深度（Depth）估计

当前在 2D 感知方案中应用比较广泛的是底层视觉感知（low level

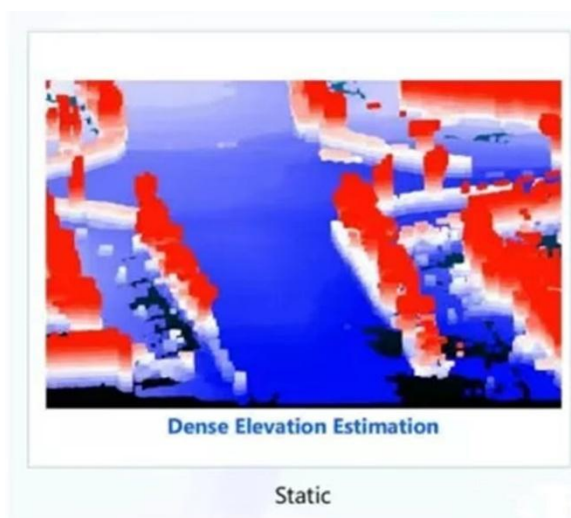
vision) 中的深度估计。深度估计一般是通过激光雷达的稀疏点云提供的真值进行训练，从而利用深度学习直接预测出稠密的深度值。通过预测深度就可以一定程度上解决异形物体问题。

如下图所示的右侧的拉了树木的大车，如果使用普通的车辆检测，因为这种训练样本极少，可能会漏检，而采用深度估计，至少可以知道该处有物体，可以及时采取措施，避免安全事故。



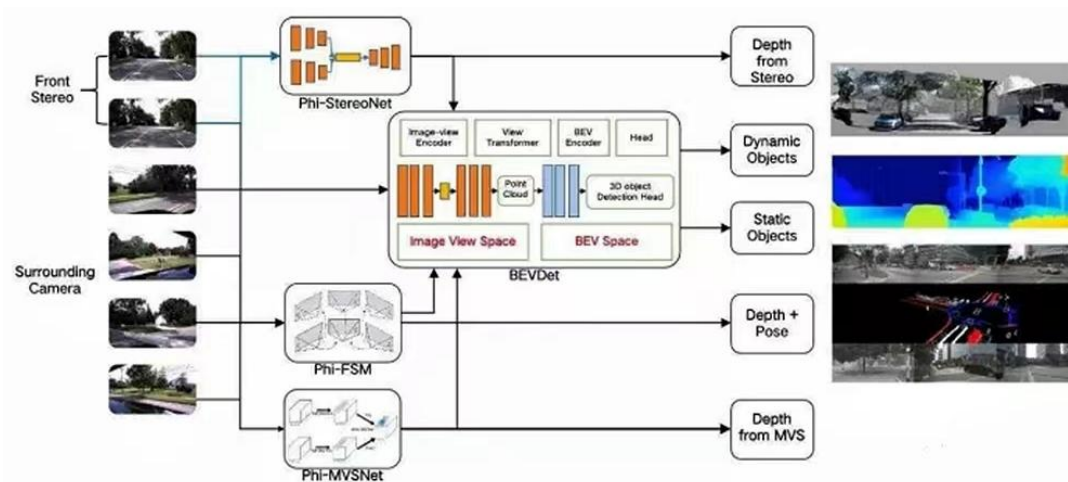
单目深度估计

在 BEV 空间中，可以把底层视觉静态感知到的深度预估，转化为路面上的高度信息。下图所示为一帧所感知到的结果，蓝色表示路面，高度比较低，红色表示凸起，红色越深表示高度越高，也能看到一些地面上的凸起物体，可以根据识别出来的物体类别进行后续的决策规划，如果是无法识别的异形物体，那么最安全的方式就是避开它。



BEV 空间中的底层视觉感知（引自地平线架构师刘景初主题为“上帝视角与想象力——自动驾驶感知的新范式”的线上分享）

鉴智机器人推出的视觉雷达也是采用类似的原理，通过前向双目相机和环视相机产生深度信息生成稠密点云，并在 BEV 空间内进行目标检测。



鉴智机器人提出的视觉雷达算法架构

(2) 数据驱动

当然，底层视觉感知的深度估计也不是万能的，如果遇到一个没训练过的数据，可能在特征提取时就忽略了，所以，要解决这个问题的另一种方法就是数据驱动。数据驱动依赖数据闭环工具链，各家也都开发

了工具链系统，比如毫末智行的 LUCAS、地平线的 AIDI 等。

（3）多传感器冗余

在纯视觉不能保证百分之百安全的情况下，采用多传感器冗余的方案成为了众多主机厂的选择，尤其是激光雷达，是对视觉非常好的补充。车端装了激光雷达之后，由于有更高精度的数据，能给视觉提供更好的真值数据，也能更好地训练视觉算法。

就像均胜电子郭继舜在一次线上分享时提到的，在不能保证完全安全的情况下，系统设计时考虑传感器冗余、硬件堆料等是非常必要的，也是“系统设计的正义”。

2、BEV 感知的挑战

总体而言，BEV 是个全新的感知范式，向上下游（如定位和预测）都有很大的拓展空间，业内很多企业也都在积极探索实践中，但在实践中还有很多的挑战需要克服。

（1）数据问题

上文也提到了，BEV 感知中最具备挑战的还是如何获取更多维度的数据，以及产生更高质量的真值。加上 Transformer 本身的特性，为更好地发挥优势，其对数据量的要求也比传统卷积神经网络大得多，这就越发加剧了模型对数据的“饥渴”程度。

要应对这个挑战，一方面依赖车端影子模式持续不断地采集数据，另一方面也依赖云端系统去做数据挖掘和真值生成，这需要持续不断地去优化云端真值系统的算法。

此外，为了减少标注工作量，提升训练效率，自监督学习也开始被

引入到云端系统中。和有监督学习不同，自监督学习的真值信息不是人工标注的，而是算法自动构造监督信息（真值），来进行监督学习或训练。当前自监督学习已经被应用在数据挖掘、数据标注和神经网络的预训练中。

（2）算力消耗问题

上文也提到过，由于使用 Transformer 进行 BEV 空间转化非常消耗算力，对车端有限算力提出了挑战。目前主要有两个优化的方向：

（a）模型轻量化

图像处理中，使用 Transformer 的计算复杂度与图像尺寸的平方成正比，这会导致，在图像很大的时候，计算量过于庞大。如何在尽量不影响感知精度的前提下，降低 Transformer 的计算复杂度，节省车端算力，成了学术界和工业界普遍关注的问题。为了解决这个问题，可以借鉴使用传统 CNN 中的模型压缩技巧来降低计算复杂度，比如：

剪枝：深度学习模型可以看作是一个复杂树状结构，如果能减去一些对结果没什么影响的旁枝，就可以实现模型的减小。

量化：深度学习模型由大量的浮点型（float）权重参数组成，如果能用低精度类型（如 int 8）替代原有的高精度类型（如 float 32）的权重参数，那么模型体积就会大大压缩，低位的浮点计算速度会远远高于高位浮点计算速度，这也是最容易实现的压缩方式。

此外，学术界也有一些最新的成果，可以供业界参考。

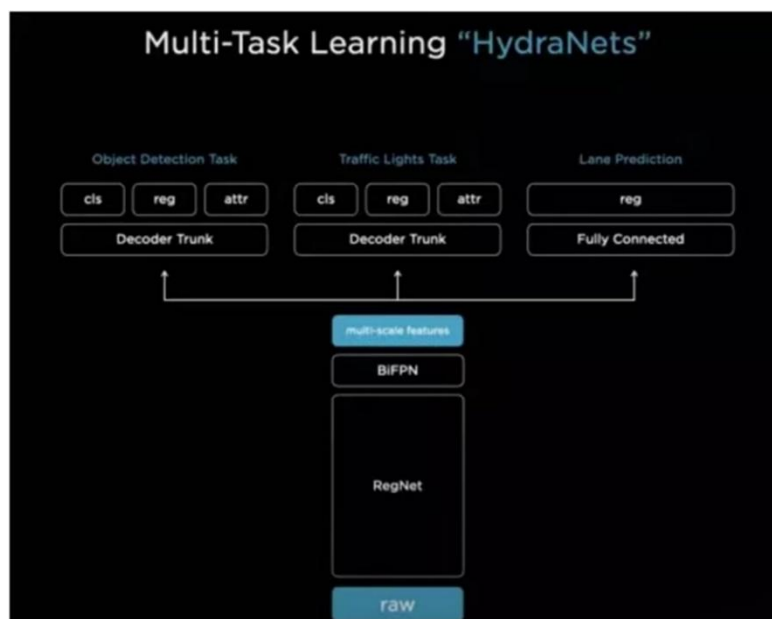
使用移动窗口操作（Shifted window scheme）、具有层级设计的（hierarchical architecture）的 SwinTransformer，可以把计算复杂

度大幅度降低到具有输入图像大小线性计算的复杂度，且在各种图像任务上也都有很好的性能，因而 SwinTransformer 可以被当做骨干网络来使用。

借鉴了 DCN (Deformable Convolutional Networks, 可变形卷积网络) 的思想, Deformable DETR 将 DETR 中的注意力机制替换成可变形注意力机制 (与全局(global)&密集(dense)的注意力机制不同, 可变形注意力机制能够聚焦于特征相关区域并捕获信息, 从而实现局部(local)&稀疏(sparse)的高效注意力机制), 使 DETR 范式的检测器更加高效, 收敛速度也大大加快, 并且给了业界启发, 可以将可变形注意力泛化, 形成了 Deformable Transformer。

(b) 多任务模型

除了上述模型压缩技巧外, 还有一个常用的技巧, 就是共享权重, 有点像提取公因数, 假设模型的每一层都有公用的公因数, 是否可以提取出来做一次运算, 而不是每一层都算一次, 如共享骨干网络等, 这就是应用普遍的多任务模型 (Multi-Task learning)。其中最出名的多任务模型, 莫过于特斯拉的 HydraNet, 在一个模型中同时实现了目标检测、红绿灯检测和车道线检测三个任务。



特斯拉 HydraNets

使用多任务模型最明显的优势，就是因为共享特征提取的网络参数，避免了大量的重复计算，效率大大提升。除此外，多任务模型还有个额外好处，就是有时可以加速网络的训练过程。因为共享网络的感知任务是强相关的，比如车道线检测和动态目标检测，在训练其中一个任务时，共享网络的特征提取能力也加强了，对于另外的任务的性能提升也是有帮助的。

那有没有可能在训练多任务模型的时候出现不同的任务“相互伤害”“此消彼长”的现象呢？

据地平线苏治中的线上分享中提到的，这种情况是有可能的，不过也有技巧办法可以解决。比如某个任务对其他任务伤害很大，就可以降低这个任务的学习速率（learning rate），降低它的权重，如果实在无法兼容，还可以单独再新建一个模型去训练这个任务。

比如 BEVerse，就是在 BEV 空间内完成的多任务模型感知任务，完成了 3D 目标检测、局部语义地图和运动预测这三个任务，且每个模块都

达到了当前最优水平（SOTA）。

（3）BEV 算法更复杂、门槛更高

相比于传统 2D 图像检测，BEV 感知算法会复杂得多，尤其是前文提到的云端的 3D 重建、4D 空间的标注、真值生成和模型训练，都是之前 2D 感知任务中所没有的，相应地难度和门槛自然也要高一些。

不过，朱政也提到，由于 BEV 感知进入大家的视野还不太算太久，各家还在摸索中，有些算法还没那么成熟，等到后续量产实践多起来了，开源的工具也慢慢多起来了，门槛也会慢慢降低，“就像四五年前其实 2D 感知也没那么好做，不过现在成熟多了，有很多开源的算法，工具链也很成熟了，门槛就显得没那么高了”朱政说道。

随着如 BEV 和 Transformer 等诸多视觉算法的进展，视觉能力的上限也大大提升。

诸多业内专家也提到，即使量产车辆装了激光雷达，在云端进行数据处理时，还是会以视觉为主，“毕竟，相比激光雷达先天的缺点（如点云稀疏、缺少语义信息等），视觉的优势非常明显，加上摄像头出货量更大，产业链更加成熟，后续升级也更加方便，比如可以很容易从 800 万像素升级到 1600 万像素，甚至现在手机摄像头的像素已经过亿了”，一位专家告诉九章智驾。

之前九章智驾采访一家进军 L2 前装量产市场的 L4 公司的 CTO 时，对方也提到，过去 L4 以激光雷达点云为主、视觉为辅的方案是有其历史原因的，因为那时基于深度学习的视觉算法还不成熟，能支持深度学习的大算力平台也不成熟，不过目前，视觉在 L4 方案中占的分量会越来越

重，甚至未来有可能超过激光雷达。

随着图像转化到 BEV 空间后，也可以直接借鉴激光雷达、毫米波雷达领域的研究方法和进展。如果未来进一步绕过 ISP，直接将 RAW DATA 输入到感知模型中，可进一步提升视觉在极限条件下（极暗和极亮）的感知能力，可以想象，未来视觉能力会有更大的发展，让我们拭目以待。

（来源：微信公众号“九章智驾”，作者许良）

智能驾驶域控制器硬件方案演进趋势分析

一、早期

奥迪的 zFAS (2015 年 4 月开发完成) 是智能驾驶域控制器最早期的架构形态, 采用 3 颗 SoC+MCU 方案, 该方案几乎是把当时在各个应用领域性能最优的芯片组合在了一起。zFAS 模块包含: SoC-1 (Mobileye-EyeQ3) + SoC-2 (英伟达-Tegra K1 VCM) + SoC-3 (Altera-Cyclone V) + MCU (英飞凌-Aurix-TC297T)

Mobileye - EyeQ3: 负责前置摄像头图像处理;

NVIDIA - Tegra K1 VCM: 负责环视摄像头图像处理以及驾驶员的状态监控;

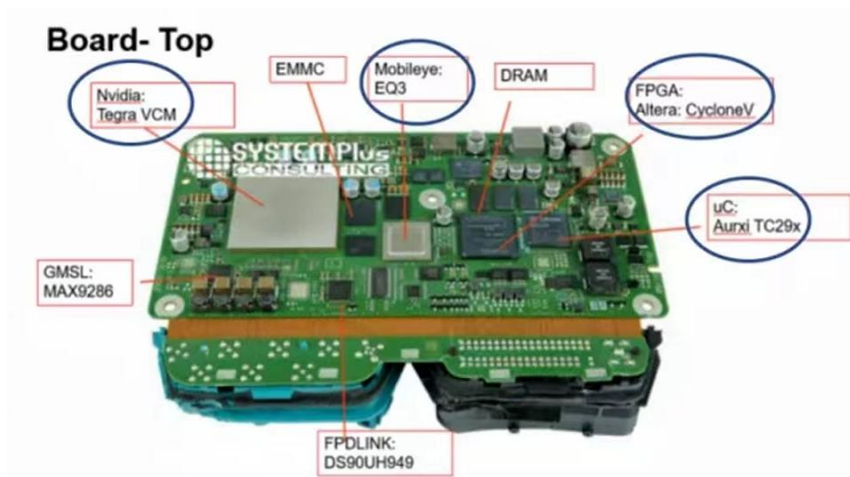
Altera - Cyclone V: 负责超声波信号处理; 摄像头、毫米波雷达和激光雷达等多源传感器数据融合; 作为内部网关实现内部通信;

Infineon - Aurix TC297T: 用于监控系统的运行状态, 并对外进行通信。

受限于整个行业能提供的计算平台算力水平 (EyeQ3 的 AI 算力为 0.256TOPS, Tegra K1 VCM 单浮点运算性能为 350GFLOPS, Cyclone V 的 CPU 算力为 5250 DMIPS), 导致 zFAS 的整体性能水平受到了很大的限制。

芯片	类型	硬件架构	算力	量产时间
EyeQ3	SOC (ASIC)	4MIPS核心+4VMP核心	0.256TOPS	2014
Tegra K1 VCM	SOC (GPU)	192CUDA (kepler架构) 核心+4 Cortex A15 核心	350GFLOPS	2014
Cyclone V	SOC (FPGA)	FPGA+2Cortex A9 核心	5250 DMIPS	2012
VS				
Xavier	SOC (GPU)	512CUDA核心 (Volta架构) + DLA (深度学习加速器) + PVA (可编程视觉加速器) + 8 ARM64 架构 (代号Carmel) 核心	30TOPS/2.8TFLOPS/—	2020

两个不同时间段芯片性能的定性比较



zFAS 的电路主板示意图

备注：该域控制器由 Mobileye 提供 EyeQ3 芯片及对应的软件方案，TTTech 提供中间件，奥迪自研一些上层应用算法，安波福进行系统集成。

二、现状

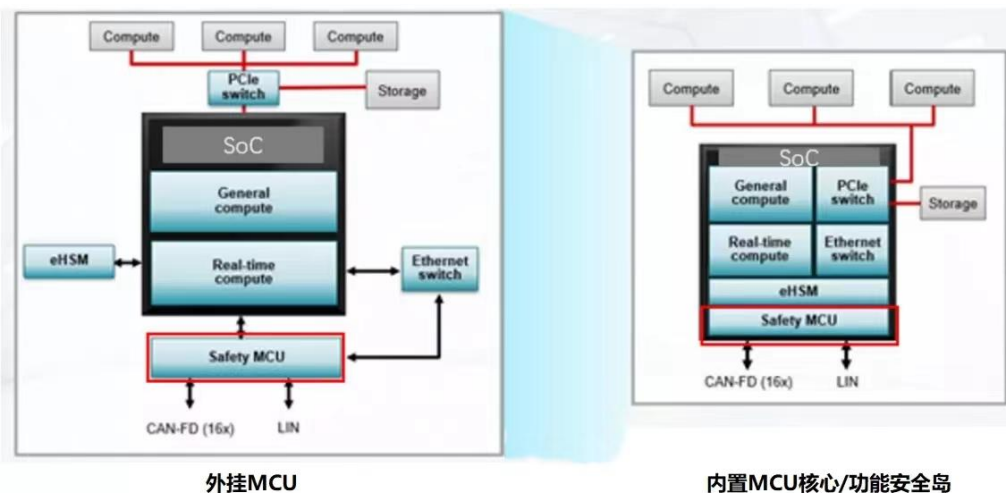
随着芯片厂商开放度提升，SoC 芯片集成的异构资源不断丰富，以及 CPU 算力和 AI 算力的大幅提高，行车和泊车传感器的数据处理、数据融合等软件算法开始逐渐地集成到一个功能更强大的异构 SoC 里面去完成。因此，智驾域控硬件方案中选用 SoC 芯片的种类在减少，但仍然需要 ASIL D 级别的 MCU 作为辅助支持，比如德赛西威的 IPU03：英伟达-Xavier+英飞凌 Safety MCU；华为的 MDC610：昇腾 610 芯片+英飞凌 Safety MCU。虽然有一些域控方案里依然会使用 2~4 颗 SoC，但大都是选择同一种型号的 SoC，比如特斯拉的 Autopilot HW3.0 平台采用 2 颗 FSD 芯片；蔚来的 NIO Adam 域控平台采用 4 颗 Orin X 芯片。

车型	智驾域控SoC	AI算力 (TOPS)	域控制器供应商	车型上市时间
特斯拉Model3	2 颗FSD	144	自研	已量产
小鹏P5/P7	1 颗Xavier	30	德赛西威	已量产
小鹏G9	2 颗Orin X	508	—	预计 2022 年第三季度
理想L9	2 颗Orin X	508	德赛西威	2022 年 6 月
蔚来ET7	4 颗Orin X	1016	自研	已量产
威马M7	4 颗Orin X	1016	—	预计 2022 年下半年
上汽智己L7	2 颗~4 颗Orin X	500~1000+	创时智驾	2022 年 4 月
上汽非凡R7	2 颗~4 颗Orin X	500~1000+	德赛西威	预计 2022 年下半年
哪吒S	1 颗昇腾 610	200	华为	预计 2022 年底
长安阿维塔 11	2 颗昇腾 610	400	华为	2022年8月

不同车型所用 SoC 芯片对比

三、未来

随着 SoC 芯片集成化程度不断提高，越来越多的 SoC 芯片将会在内部集成 ASIL D 等级的 MCU 核心-功能安全岛。那么，外挂的 MCU 的角色有被 SoC 内部的功能安全岛所取代的趋势，市场上将会逐渐出现越来越多的单 SoC 芯片域控解决方案。比如，知行科技的 IDC MID 版本，通过单颗 TDA4VM 芯片实现行泊一体方案，预计在今年下半年量产应用。



两种 MCU 架构对比

外挂 MCU：用于智能驾驶域控制上的 SOC 大多尚不能满足高功能安全等级的要求，因此，在智驾域控的主板电路上还需要搭配一颗独立的、达到 ASILD 等级的 MCU 芯片，比如英飞凌 TC297/397 等，用于满足安全

监控、安全停车等高性能安全需求的应用场景。

内置 MCU 核心/功能安全岛：通过在 SoC 内部内置 MCU 核心，利用锁步的方式提升 SoC 芯片自身的功能安全等级，同时外设接口也会更丰富，一般会设有单独的 CAN 接口，作为和整车底盘和毫米波雷达的数据通讯接口，在紧急工况下实现车辆的安全停车。

四、SOC+MCU 硬件方案引发的思考

现在 L2+ 及以上的智能驾驶域控硬件方案的形式主要是：N*SoC+MCU。其中，SoC 一般主要负责感知、全局路径规划等，MCU 则负责实时性要求很高的整车控制任务。为什么域控制器电路板上要布置一颗独立的 MCU 芯片，它的作用是什么，去掉它到底行不行？

智驾域控平台	SoC芯片	外挂MCU	应用车型
德赛西威IPU03	英伟达 - Xavier	英飞凌 - TC297T	小鹏P7
特斯拉Hardware3.0	FSD	英飞凌 - TC297T	Model 3/Model S
理想智驾域控平台	地平线-J3	英飞凌 - TC397	2021 款理想One
华为MDC610	昇腾 610	英飞凌- TC397	哪吒S、广汽埃安AION LX

当前已量产应用的主流智驾域控硬件方案

1.1 外挂 MCU 的作用是什么

在整个智能驾驶解决方案中，外挂 MCU 需满足功能安全 ASIL D 要求，有多路 CAN 总线接口和高速以太网接口，能与车身传感器连接，并接收和发送车身 CAN 总线和以太网信息，从而实现域控平台与整车其它节点进行交互。MCU 主要支持的功能如下：

1) 整车底盘控制功能：作为最后一道关口，对车辆的执行命令进行校验处理，并对接底盘的控制功能；

2) 状态监控：供电模块状态、通信状态、以及交互节点状态的监控等；

3) 执行最小安全风险策略：当监测到自动驾驶系统发生故障时，外挂 MCU 会及时进入最小安全风险条件，担负起功能降级、驾驶员接管提

醒、安全停车的作用。

1.2 去掉外挂 MCU，到底行不行

如果打算去掉 MCU，那么原先 MCU 干的“活”谁来接替呢？只能是 SOC 了，那么，现在 SOC 到底有没有这个能力把 MCU 的活全干了？按理说是可以的，因为现在很多的 SOC 内部开始集成 MCU 核心-功能安全岛，性能也越来越接近外挂的 MCU，比如 TDA4VM 内部的功能安全岛，已经可以达到 ASILD 等级，在一些情况下是完全可以替代外挂 MCU。

但是为什么现在主流方案依然还是采用 SOC+外挂 MCU 呢？经过找业界相关专家调研咨询，下面从技术和商业化角度来进行简单地进行分析总结：

技术上不是很成熟。虽然越来越多的芯片厂商开始考虑在 SoC 芯片内部内置 MCU 核心，但与传统成熟工艺的 MCU 相比，内置的 MCU 核心在功能安全、实时性和可靠性方面尚存在一些差距，毕竟任何新技术和新产品都需要一定的时间验证。

安全性不足，内存有限。英飞凌大中华区智能驾驶市场经理余辰杰曾在一次公开演讲中提到：现在的 AI SoC 算力丰富，有 Cortex-A 核、NPU、GPU 等。更有一些 SoC 内部集成一个 MCU 级别的实时锁步核，称之为 safety island。它似乎在灌输一个概念，SoC 里面加了一对锁步核就是功能安全 ASIL-D 了。其实一对锁步的实时核跟 ECU 系统，甚至仅仅是芯片自身达到 ASIL - D 等级都不是一个概念。而且受制于 die size，成本等原因，目前一些 safety island 上只集成了非常有限的 RAM。以一个 Lockstep R5F 附加 1M SRAM 为例，如果希望程序都运行在 RAM 中，程序的体积受到明显制约。

《2 万字长文说清自动驾驶功能架构的演进》一文中也表达了类似的观点：“未来单 SoC 的价格会比 SoC+MCU 便宜，即使单 SoC 也能符合

功能安全 ASIL D 的要求（目前行业内的大算力 SoC 只能做到 ASIL B），也可以满足网络安全要求，但是对于完全自动驾驶安全而言做到‘相对安全’还远远不够，需要做到‘本质安全’，因此笔者认为外挂 MCU 还是非常有必要。”

软件移植存在风险。单 SoC 芯片方案尚未经过充分的市场验证，用内置的 MCU 核心去取代外挂 MCU 这种革新式的设计，会有一些风险。

前宇通客车智能网联副院长彭能岭认为，之所以现在主流方案还是 SoC +MCU，我觉得大家还是出于一种谨慎的态度，毕竟不同厂家的 MCU 里面的硬件资源以及硬件性能都不会完全一样。如果把外挂 MCU 的功能移植到内置功能安全岛，在软件的移植过程中会带来一些风险，比如软件漏洞、软件缺陷等。倒不如沿用现在的 SoC+MCU 方案更稳妥。毕竟现在的软件比以前更复杂，并且国家对产品的安全性、合规性等要求也越来越高。因此，任何车企都不太愿意贸然去冒风险去掉外挂 MCU。

商业上不是很合算，现阶段投资回报率低。主机厂或者 Tier1 已经习惯于把控车等功能放到外挂的 MCU 上去实现，并在上面跑传统的 AUTOSAR CP 操作系统。现在 Tier1 如果打算把外挂 MCU 的功能迁移到内部不但需要投入人力和时间成本，同时也需要满足一些客观条件：第一个是 SoC 芯片内置 MCU 核心的可靠性和功能安全等级达到了规定要求；第二个是整个软件平台也要有对应的方案。从长期来看，这是一个趋势，但过渡肯定需要时间，需要投入研发成本。

寒武纪行歌产品副总裁刘道福提到，对于现在的车型平台，主机厂考虑到研发周期的紧迫性，一般不太愿意去尝试和更换新的架构方案，主机厂已经习惯使用老的架构方案，比如控车用 TC297/397 等，并且这些方案已经很成熟。对于下一代新的平台，主机厂有更多时间去做研发，会从更高的集成度、更低的量产成本去考虑这件事，可能愿意投入一定

的资源去做。在行歌的未来产品中，会考虑将 MCU 功能集成到 SoC 中，从而提高域控制器集成度，降低域控制器的整体 BOM 成本。

“目前国内车厂项目的平台化相对来讲没有海外体系成熟，部分车型项目比较碎片化一些。从 Tier1 的角度来讲，如果仅仅是拿到了一个车型或者一个项目，量级可能较小，相应的开发费有限。外挂 MCU 拿掉，虽然硬件上的成本省了一点，但把所有的综合成本算下来，包括重新匹配 AUTOSAR、以及在 AUTOSAR CP 上部署一些其它软件等工作算进去，相比沿用已成熟量产的现成方案，估计不太合算。所以它不仅仅是技术层面的可行性问题，更多还需要从商业的角度考虑。”黑芝麻智能产品副总裁丁丁讲道。

现阶段，外挂 MCU 方案作为成熟方案，具有实现上的便利性和成本上的优势

外挂的 MCU 已经形成了完整的产业生态和明确的产业分工。英飞凌，NXP 以及瑞萨等传统 MCU 厂商，MCU 已经做了很多代，各方面都已经比较成熟，在生态链上已经有很多合作伙伴。有的合作伙伴负责 MCU 上 AUTOSAR 的适配，有的负责上层应用的开发，已经形成了一个完整的产业链条，对于 Tier1 或者车厂来讲，只要花钱就能够找到合作伙伴帮助他们完成。

安霸软件研发高级总监孙鲁毅认为，外挂 MCU 的独立性更强，Tier1 在它上面开发的一些软件，做一些基础性工作，比如 AUTOSAR CP 的适配或基于毫米波雷达的一些功能。基于一颗 MCU 开发的软硬件可以反复重用，而不用顾虑主控的 SoC 芯片究竟选择的是哪家，进而可以减少 Tier1 的工程量，缩短开发时间、降低开发成本。

五、单 SOC 芯片方案的优势以及挑战

当前的智驾域控的主流方案依然是 N*SOC+MCU 的形式，但是，去掉

外挂 MCU 在未来是不可忽视的技术趋势。如果方案中去掉外挂 MCU，并且行车和泊车功能都整合到一个 SOC 里，那么就是理想型的单 SOC 芯片方案了。

2.1 单 SOC 芯片方案的优势

降低系统复杂度，缩短通讯时延。N*SoC+MCU 的方案不管是片间的通讯，还是硬件的设计，都比较复杂。软件架构也很难做得很灵活，会存在一些兼容性和适配性的问题。片间虽然可以通过以太网或者 PCIe 进行通讯，但依然存在一定的通讯延迟。而单 soc 芯片方案无所考虑片间之间的通讯连接，主计算的性能核与内置的功能安全岛之间共享内存，通信效率比较高，时延要低很多。

有利于整车布置和系统硬件成本的降低。单 SoC 芯片方案，会使得整个系统相对简单，不仅 BOM 成本能够有一定程度的节省，同时还可以更好的控制域控制器的设计尺寸，便于整车的空间布置。

有利于整个系统的 OTA 升级。即使是单 SoC 芯片方案，内部也存在多个分区，但加载一套 OTA 系统即可。孙鲁毅举例说：“智能驾驶域控制器若是采用单 SoC 芯片方案，那么，跟手机升级流程是类似的——手机里面也是有很多软件，但他们的 OTA 标准流程是一样的，所有东西都是通过一个软件仓库下载，下载完了进行核对，该升级哪个就升级哪个，这样流程就会比较简单。如果是有两个 SoC，可能有的版本需要考虑均衡性，还得考虑先升级哪一个。并且，升级顺序出错了，就会出问题。如果考虑两边一起升级，还需要考虑能不能支持。”

功耗会有一定程度的降低。刘道福认为：“单 SoC 芯片方案的域控制器的功耗表现要好一些。首先，单 SoC 芯片方案能够避免片间通讯带来的一些能耗；其次，单 SoC 芯片的域控制器集成度更高，该 SoC 芯片的溢价较高，芯片厂商就有动力去用更先进的工艺，用更先进的工艺便

会带来功耗的减少。”

“功耗实际上是跟驱动电平相关的，芯片一般都是采用 3.3V、1.5V 或者 5V 供电。如果是采用双芯片的方案，有可能供电电压不同，就需要匹配两种不同的电平。即使都是 TTL 电平，有低电压的 TTL 电平，也有高电压的 TTL 电平。通常情况下，如果是单芯片方案的话，TTL 电平可以做得更低一些。因此整个系统产生的功耗就可以有一定程度的降低。”彭能岭从另外一个更细节的技术角度解释道。

应对外挂 MCU 缺货带来的影响。去掉外挂 MCU，采用单 SoC 方案的另外一个最大的推动力源自英飞凌等 MCU 大厂的缺货。比如，有很多车厂或域控 Tier1 都碰到了英飞凌 AURIX 全系列芯片的缺货。缺货最直接的后果就是涨价，甚至是涨价都买不到。这种情况下，他们只能无奈“被迫”地去选择去开发和应用带有内置 MCU 核心的单 SoC 芯片方案了。

2.2 单 SOC 芯片方案的挑战

内部基于功能安全上的隔离。对于智能驾驶域控制器单 SoC 芯片方案，主计算的部分和其它部分需要做好功能安全上的隔离，因为一个核心的计算模块不希望被其它非核心的计算模块影响到。一般情况下，会按功能安全需求的不同进行划分，对功能安全有要求的区域与对功能安全没有要求的要分开，对功能安全要求特别高和对功能安全要求一般的也要分开。

刘道福说：“单 SoC 芯片方案在安全上的挑战增加了，需要做更严格的隔离。首先，SoC 中 MCU 区域的功能安全等级比其他区域要求更高，并且，相比于原来的安全岛也会有更多的功能安全设计要求——采用实时核锁步是最基本的，在一些通路的关键电路，甚至会采用 TMR (Triple modular redundancy) 电路，在极端情况下，某一个通路出现错误时，能通过投票恢复。其次，MCU 区域也需要做更严格的隔离，包括时钟、

电源都需要完全独立，和 SoC 的其他区域进行隔离，避免 SoC 其它区域的故障影响到 MCU 区域。”

彭能岭也基本认可这一观点：“对于单 SoC 芯片内部的隔离，不同的公司有不同的做法，比如说内置功能安全岛和主计算单元部分要做解耦隔离：电源部分要隔离，计算单元的部分要做隔离。目前常见的隔离手段是光耦器件，但是采用这种手段，在单颗 SoC 上怎么把集成度提升又是一个难题。”

符合要求的理想型 SoC 芯片比较少。据某 Tier1 智驾域控产品经理透露：“单 SoC 域控方案在未来主要适用于中低端车型，因此主机厂在进行 SoC 芯片选型的时候，对成本会比较敏感。这就要求芯片厂商在做芯片设计的时候需要能够对市场需求充分了解，既不能遗漏需求，也不能过度设计。性能要好、功耗要低，并且价格还要有优势，从目前来看，能够满足市场需求的、高性价比的 SoC 芯片几乎没有。”

如果智能驾驶域控要通过 1 颗 SoC 芯片来实现所有的功能，那么需要满足：

A. SoC 芯片内部的异构类型要丰富

AI 加速单元：通常是 GPU 或 NPU 等，承担大规模浮点数并行计算需求，用于摄像头、激光雷达等传感器信息的识别、融合、分类等；

通用计算单元：由多个车规级多核 CPU 芯片组成，主要负责一些逻辑运算任务，用于管理软硬件资源、完成任务调度，同时整合多源数据完成路径规划等功能。

控制单元：内部应集成 ASIL-D 等级的 MCU 核心，用于替代之前外挂 MCU，实现车辆动力学的横纵向控制。

图像信号处理单元（ISP）：随着图像分辨率的不断提高，增加了摄像头散热处理的难度，再加上摄像头尺寸小型化的发展趋势，图像处理

单元已经不适合内置在摄像头，开始逐渐集成到域控制器的 SOC 芯片内部。

B. 支持足够多的传感器接入，并能够提供充足的 CPU 算力和 AI 算力

传感器接口要丰富，支持多路摄像头视频数据接入，多路以太网设备接入（4D 毫米波雷达的主要接口是百兆以太网，激光雷达的主要接口是千兆以太网），多路 CAN 接口设备接入（毫米波雷达）等；

对于低端车型，至少需要 5 个高清摄像头（泊车至少需要 4 个，行车至少需要 1 个）。而中高端车型配置的行车和泊车摄像头加起来在 10 个以上，甚至不少车型还同时配置有 4D 毫米波雷达和激光雷达。多源传感器的接入意味着不仅需要配置相应的接口，同时也需要有足够大的内存带宽和充足的算力来保证算法模型的正常运行。

六、从中短期来看，单 SOC 芯片方案是趋势，但不能 Cover 所有场景

基于芯片技术的发展和不同等级自动驾驶对域控方案的需求，笔者认为，在中短期内，智能驾驶的硬件架构方案未来会出现两种路线方向：轻量级域控偏向于采用单 SoC 方案；大算力域控支持更高阶的智能驾驶功能，对功能安全等级的要求较高，并且需要做系统冗余，所以至少需要另外一个 SoC 用于备份功能，因此，会采用主 SoC + 备份 SoC 的方案，甚至是主域控+副域控制器方案。

3.1 轻量级域控制器—单 SoC 芯片方案

轻量级智能驾驶域控制器因受产品定位以及成本的限制，所以对算力的要求（一般在十几~几十 TOPS 左右）、传感器的接入能力以及对功能安全的要求，相比大算力域控制器要低不少。据业内人士透露，即将量产的国产芯片中就有几款可以通过单 SoC 芯片支持 L2+级行泊一体方案。比如行歌 SD5223、黑芝麻的 A1000 等。

轻量级域控率先采用单 SoC 芯片方案，主要跟其产品定义和应用场景有关。因为它的定位是用于实现 L1~L2+级的驾驶辅助功能。彭能岭提到：“L2 级自动驾驶场景一定需要把功能安全等级做那么高么？从合规性的角度，以及产品性能边界的角度来讲，不一定需要。对于 L2 级，国家法规要求驾驶员对安全负责。系统只是在帮助人开车，不需要进入一种最小风险状态。”

目前已经量产落地的行泊一体域控制器中基本没有采用单 SoC 芯片方案。但是，从长期的发展趋势来看，芯片的集成化会越来越高，采用单 SoC 芯片的域控方案将会是未来的发展趋势。因为它能够使得系统的集成度变得更高，不仅能够降低系统硬件成本，还有利于系统的 OTA 升级。

3.2 大算力域控制器—主 SoC+备份 SoC/MCU 或者主域控+副域控方案

为了满足更高级别自动驾驶功能而设计的大算力域控制器，需要做好域控制器的冗余方案，目前主流的方案有两种：

在一个板子上做主 SoC 芯片和备份 SoC/MCU 芯片 (L2+)

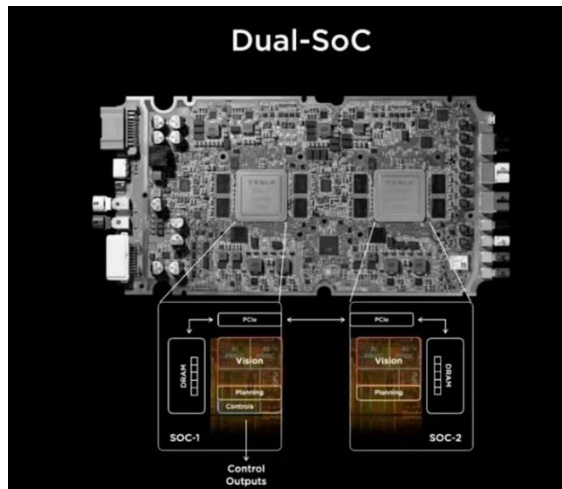
采用主域控+副域控制器方案 (L3 及以上)

据某主机厂的自动驾驶系统专家介绍：“从目前来看，采用单颗 SoC 芯片方案实现系统安全的冗余设计，还没有比较成熟的方案，最稳妥的做法还是采用主 SoC+备份 SoC/MCU 的方案：一个是主计算单元，做一些常态化的计算，另外一个用于安全监控和应急处理的备份计算单元，当主计算单元出问题了，备份的计算单元用于控车。这是目前比较主流的一种设计方案。”

1) 主 SoC+备份 SoC

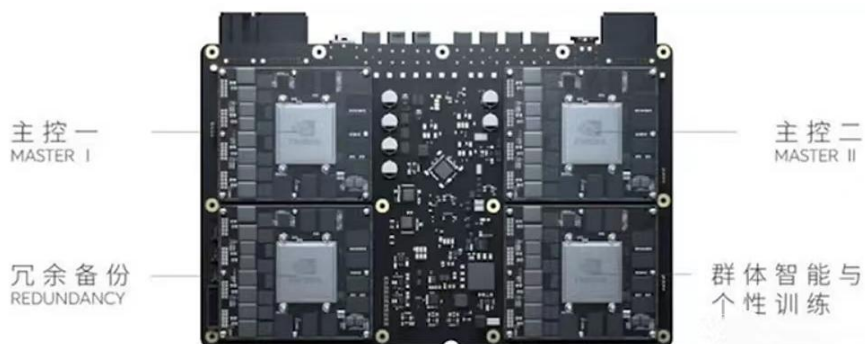
A. 特斯拉-Autopilot HW3.0 (144TOPS)：主板采用双 FSD 芯片冗余设计，两颗芯片的供电和数据通道都是独立且互为备份，减少了功能区

故障隐患。两颗芯片对同样的数据进行分析，相互验证、比对分析，再得出最终结论，提高了数据处理的安全性和准确性。



AutoPilot HW3.0 硬件主板

B. 蔚来-超算平台 NIO Adam (1016TOPS)：该智能驾驶域控平台采用 4 颗 Orin-X 芯片，包括 2 颗主控芯片+1 颗冗余备份芯片+1 颗群体智能与个性训练专用芯片。2 主控芯片用于实现 NAD 算法的全栈运算，包含多方案相互校验感知、多源的高精度定位、多模态的预测与决策；1 冗余备份芯片用于在主控芯片失效的时候，确保车辆的安全。



蔚来超算平台-NIO Adam

2) 主域控+副域控制器

如果是用于支持 L3 及以上更高级的自动驾驶功能，则需要考虑采用主域控+副域控制器设计方案。因为双芯片方案也会存在一些问题，毕竟是在一块板子上，两颗芯片的位置不会离得特别远，假如遇到一个强磁

场，或者高温的影响，两颗芯片很有可能会同时失效。

如果是两个域控，布置的位置会远一些，在极端的情况下，他们受到的影响也是独立的，整个系统的安全性会提高很多。如果是设计两个两个完全相同的域控，则成本便会高很多，一般不会采用这样的设计。为了兼顾成本，一般会选择另外一个干其它工作的域控“兼职”做智驾域控的“副手”，在主域控出问题的时候，能够代替主域控实施控车的职责，把车靠边停下来即可。

A. 长城汽车-GEEP4.0 架构：该架构的硬件平台由中央计算平台(CCU)、智能座舱模块(HUT)、智能驾驶模块(IDC)，以及 3 个区域控制器(VIU_L、VIU_R 以及 VIU_F) 组成。其中 IDC 是智能驾驶的主控制单元，在高阶自动驾驶配置下，CCU 可以作为 ICU 域控制器的备份，实现最低风险条件。

B. 上汽零束-银河全栈 3.0 架构方案：该架构的硬件由两个高性能计算单元 HPC1 和 HPC2 以及四个区域控制器 (ZONE) 构成。两个高性能计算单元中的一个用于智能座舱和智能驾驶功能，另外一个主要做网关和车控以及 BCM 等功能，另外还承担智能驾驶的备份功能。（来源：微信公众号“九章智驾”，作者陈康成）

自动驾驶中的机器学习

近年来，自动驾驶技术技术的发展速度非常快。预计达到完全自动驾驶 L5 的程度是指日可待的。自动驾驶的核心技术主要是人工智能中的机器学习与深度学习两个方向。在本文中，我们的关注点在于机器学习算法在自动驾驶技术中的应用。

为了让读者更好地理解自动驾驶中的机器学习算法，本文会首先介绍有关该设备和自动驾驶技术的运行原理，然后介绍机器学习方法及其在自动驾驶任务中的应用。最后展示一些流行的自动驾驶技术模拟器。

一、关于自动驾驶技术

自动驾驶技术的目的在于解除汽车对驾驶员的需求，部署了自动驾驶技术的汽车能够完全独立自主的把汽车从一个地点驾驶到另一个地点。为了能够完成这项复杂的任务，这些汽车需要配备额外的硬件和软件系统，帮助 AI 系统了解环境、做出决策并采取行动。自动驾驶技术需要回答以下个问题。

1. 自动驾驶技术如何看到？

自动驾驶技术主要使用摄像头、普通雷达和激光雷达三种传感器，它们就像人眼和大脑一样协同工作。它们共同为汽车提供了清晰的环境视图。帮助汽车识别附近物体的位置、速度和 3 维形态。此外，目前依靠的自动驾驶技术现在正在建设惯性测量单元，可以监测和控制汽车的加速度和位置。

2. 自动驾驶技术如何做出决策？

在通过传感器识别到周边物体之后，自动驾驶的决策系统一般通过聚类算法将周边物体进行聚类，并根据物体位置做出决策。

接下来我们来展示一下自动驾驶控制系统的工作原理，控制系统主要进行场景理解和决策规划两方面工作，系统主要的工作步骤如下：

传感器：从环境中收集传感器数据；

感知和定位：识别和定位物体和标记；

场景表示：了解环境参数和特征；

规划决策：路径和运动规划，根据驾驶策略寻找最优轨迹；

控制：设置必要的车辆加速、减速、转向和制动参数。

二、自动驾驶中的强化学习与监督学习

机器学习是指计算机程序通过已知经验数据中进行训练，通过迭代训练以提高其在指定任务上预测准确性的过程。机器学习算法通常分为三大类流派，分别是监督学习、无监督学习和强化学习（RL）。监督学习算法基于归纳推理，通常需要使用有标记的数据进行训练，以执行分类或回归，而无监督学习一般应用于未标记数据的密度估计或聚类等技术。相比之下强化学习比较自成一派，其通过与环境交互来提高其在指定任务上的性能，与监督和非监督学习使用损失函数进行迭代训练的方式不同，强化学习一般使用奖励函数进行训练，比如 OpenAI 与王者荣耀的绝悟 AI 都属于强化学习的范畴，一般在电竞、机器人等方向上应用较多。

根据各类机器学习算法的特点，可以看出在“场景理解”的相关任务中，使用监督学习算法比较合适，而在“决策与规划”任务中，又非

强化学习算法莫属。

在实际工作中，监督学习为强化学习提供了必要的环境信息，监督学习算法一般将“场景理解”的结果，输入到强化学习模型当中，在监督学习的加持下，强化学习可以完成方向盘操作优化、路径规划和轨迹优化、动态路径规划、基于场景的高速公路及交叉路口的合并与拆分等等高难度自动驾驶任务，通过来自专家系统的逆向强化学习，增加对于行人、车辆等交通参与者的意图预测，并确保安全操作的执行优先级。

三、用于自动驾驶的流行算法

SIFT 算法一般用于特征提取，该算法检测对象并解释图像。例如，对于三角形标志，以标志的三个顶点作为特征输入，自动驾驶系统可以通过这些点来识别标志。

梯度提升不同于在神经网络中使用的梯度下降算法，梯度提升是一种用于回归、分类和其他任务的技术，它一般以决策树等弱预测模型基础生成新的预测模型，其分类性能通常优于随机森林。梯度提升与下文即将出场的 AdaBoost 算法工作原理类似。

AdaBoost 该算法收集数据并对其进行分类，以提高自动驾驶系统的性能。它将各种低性能分类器进行分组，根据当前迭代中的实际性能自动调整其参数，以获得高性能分类器。在实践中，AdaBoost 技术与简单的分类树或树桩作为基学习器一般合并使用，与其他单个基学习器的分类相比，这样的方式提高了性能。

TextonBoost 算法的工作原理与 AdaBoost 类似，只是它接收来形状、上下文和外观的数据。

HOG 是一种特征描述符，常用于从图像数据中的特征提取。HOG 一般用于分析对象的位置，以了解对象如何变化或移动。实际操作中 HOG 方法主要用于人脸和图像检测来对图像进行分类，还能用于识别并分类车辆类型。

YOLO 算法对于对象分类，如将图像中的行人、树木和车辆进行分类。YOLO 使用卷积神经网络，这使其非常适理解空间信息，并能够提取边缘、线条和纹理等特征。YOLO 有 24 个卷积层。当激光雷达与 YOLO 配合使用时，可以在拥挤的交通环境下进行导航。

四、用于算法测试和训练的模拟器和数据集

模拟器是用于试验自动驾驶系统的利器，特别是对于强化学习其意义更为明显。主流的模拟器如下：

CARLA - 城市模拟器，包含摄像头和激光雷达的信息流，有语义分割、位置信息。

TORCS - 赛车模拟器，包括摄像头、代理位置、车辆测试控制策略。

AIRSIM - 具有深度和语义的摄像头的的数据流，并且支持无人机的自动驾驶测试。

GAZEBO (ROS) - 多机器人物理模拟器，用于复杂的二维和三维地图中进行路径规划和车辆控制的测试。

SUMO - 城市交通的宏观尺度建模，用于运动规划测试使用。

DeepDrive - 一个基于虚幻平台搭建的自动驾驶模拟器，提供多摄像头数据。NVIDIA DRIVE Sim™ - 一种是开放、可扩展、模块化的模拟器，支持从头开始构建以运行大规模、物理精确的多传感器仿真。

WEBOTS - 一个完整的开发环境，可以用来建模、编程和模拟测试。

写在最后

机器学习在自动驾驶领域发挥着重要作用。在这篇文章中，我们介绍了自动驾驶技术的一些基本知识，以及机器学习算法在自动驾驶系统中的应用，还简要说明了一些在实践中比较流行的算法以及一些用于自动驾驶测试的模拟器。最后我们可以得出结论，自动驾驶具有实现完全自主 L5 级别的潜力。这可能会减少道路交通事故，让那些无法开车的人独立，从而改善交通物流。（来源：CSDN 专业开发者社区，作者 Denis Chikurtev）

一文读懂基于 DL 的无人驾驶视觉感知系统的应用场景

基于深度学习的计算机视觉，应用于无人驾驶的视觉感知系统中，主要分为四大块：

- 动态物体检测 (Dynamic Object Detection)
- 通行空间 (Free Space)
- 车道线检测 (Lane Detection)
- 静态物体检测 (Static Object Detection)

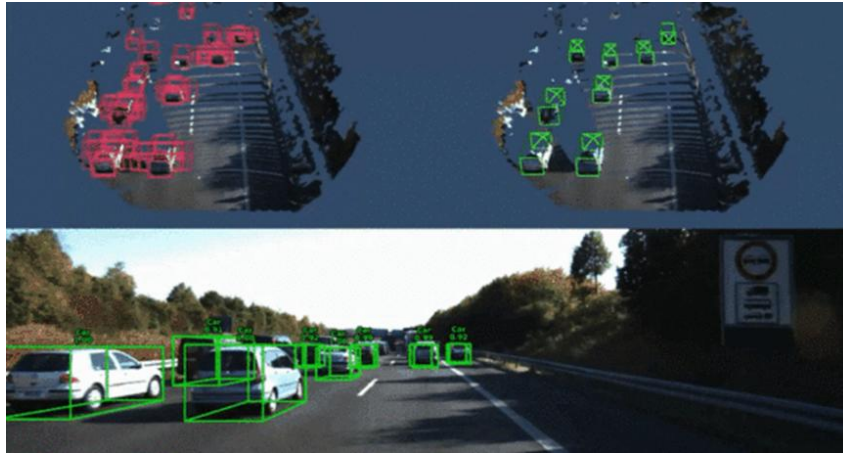
主要从需求、难点、实现三个方面对每项感知部分做剖析。上述检测的难度从难到易排序：DOD>FS=LD>SOD。

一、动态物体检测

检测需求：对车辆（轿车、卡车、电动车、自行车）、行人等动态物体的识别；

检测难点：（三座大山：检测类别多、多目标追踪难度大、测距精度足够准）

- 1、遮挡情况情况较多，heading 朝向的问题，测距精准度；
- 2、行人、车辆类型种类较多，难以覆盖，容易误检（集装箱 vs 卡车、树干 vs 行人）；
- 3、加入追踪，id 切换的问题。3D 物体检测。



实现方案：摄像头的内外参标定；对动态物体的检测，尤其是车辆的检测，是需要给出车辆的 3D bounding box 的（给出一个伪 3D 也是可以的），所以在神经网络的训练打标签时与普通的 2D 检测有区别，3D 的好处在于能给出车的一个 heading 信息，以及车的高度信息。车辆及行人都要给出对应的 id 号，要加入多目标跟踪算法，遮挡情况下的 id 难以维持，这是一个难点。另外神经网络提取特征能力再强大，也不能 cover 掉所有的动态物体检测，可以依据现实场景增加一些几何约束条件（如汽车的长宽比例固定，卡车的长宽比例固定，车辆的距离不可能突变，行人的高度有限等），增加几何约束的好处是提高检测率，降低误检率，如轿车不可能误检为卡车；方案是训练一个 3D 检测模型（2.5D 也行）加后端多目标追踪优化加基于单目视觉几何的测距方法。

对于动态物体的检测，最后需要结合激光雷达的结果进行融合，在夜间、雨雪天气，视觉无法处理；同时，有激光雷达信息，对于车辆的朝向信息判断更准确，仅凭一个摄像头去做检测、去做 heading、去做精准的距离判断，难度太大。



结合激光雷达，夜晚能准确给出车辆的 heading 信息

二、通过空间检测

检测需求：对车辆行驶的安全边界（可行驶区域）进行划分，主要对车辆、普通路边沿、侧石边沿、没有障碍物可见的边界、未知边界进行划分。



绿色代表可通行区域

检测难点：

1、复杂环境场景时，边界形状复杂多样，导致泛化难度较大。不同于其它的检测有明确的检测类型（如车辆、行人、交通灯），通行空间需要把本车的行驶安全区域划分出来，需要对凡是影响本车前行的障碍物边界全部划分出来，如平常不常见的水马、锥桶、坑洼路面、非水泥路面、绿化带、花砖型路面边界、十字路口、T 字路口等进行划分。

2、标定参数校正；在车辆加减速、路面颠簸、上下坡道时，会导致相机俯仰角发生变化，原有的相机标定参数不再准确，投影到世界坐标

系后会出现较大的测距误差，通行空间边界会出现收缩或开放的问题。

3、边界点的取点策略和后处理；通行空间考虑更多的是边缘处，所以边缘处的毛刺，抖动需要进行滤波处理，使边缘处更平滑。障碍物侧面边界点易被错误投影到世界坐标系，导致前车隔壁可通行的车道被认定为不可通行区域，如下图所示。



视觉感知结果与实际投影到世界坐标系下是有差别的

实现方案：摄像头标定（若能在线标定最好，精度可能会打折扣），若不能实现实时在线标定功能，增加读取车辆的 IMU 信息，利用车辆 IMU 信息获得的俯仰角自适应地调整标定参数；选取轻量级合适的语义分割网络，对需要分割的类别打标签，场景覆盖尽可能的广；描点操作（极坐标的取点方式），边缘点平滑后处理操作（滤波算法）。

三、车道线检测

检测需求：对各类车道线（单侧/双侧车道线、实线、虚线、双线）进行检测，还包括线型的颜色（白色/黄色/蓝色）以及特殊的车道线（汇流线、减速线等）的检测。



直观感受车道线的检测

标准单一情况下的车道线识别难度不大，路况大都是平行笔直的实线或虚线（如特斯拉支持高速公路的辅助驾驶，它们的车道线检测拟合的效果极好）。车道线的检测难点在于：

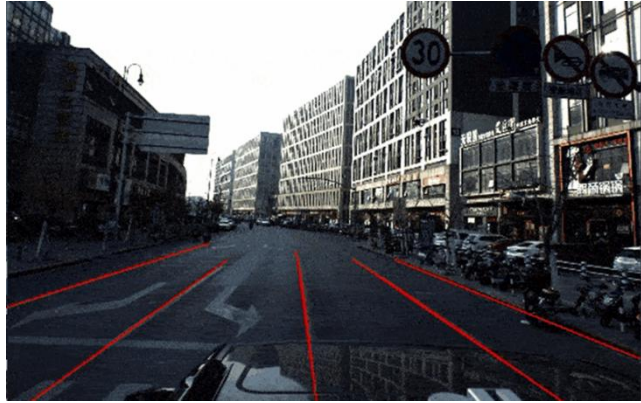
1、线型种类多，不规则路面检测车道线难度大；如遇地面积水、无效标识、修补路面、阴影情况下的车道线容易误检、漏检。

2、上下坡、颠簸路面，车辆启停时，容易拟合出梯形、倒梯形的车道线。

3、弯曲的车道线、远端的车道线、环岛的车道线，车道线的拟合难度较大，检测结果易闪烁；

实现方案：传统的图像处理算法需经过摄像头的畸变校正，对每帧图片做透视变换，将相机拍摄的照片转到鸟瞰图视角，再通过特征算子或颜色空间来提取车道线的特征点，使用直方图、滑动窗口来做车道线曲线的拟合，传统算法最大的弊端在于场景的适应性不好。采用神经网络的方法进行车道线的检测跟通行空间检测类似，选取合适的轻量级网络，打好标签；车道线的难点在于车道线的拟合（三次方程、四次方程），所以在后处理上可以结合车辆信息（速度、加速度、转向）和传感器信息

做航位推算，尽可能的使车道线拟合结果更佳。



市区道路车道线检测

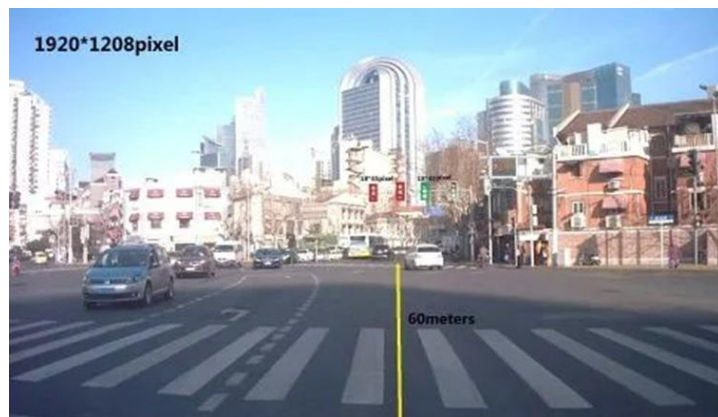
四、静态物体检测

Tesla Model3 Autopilot 渲染在 HMI 界面的车道线结果(极其稳定，极其鲁棒)

检测需求：对交通红绿灯、交通标志等静态物体的检测识别；

检测难点：

1、红绿灯、交通标识属于小物体检测，在图像中所占的像素比极少，尤其远距离的路口，识别难度更大。如下图红绿灯在 1920*1208 的像素层面上占据的像素大小仅为 18*45pixel 左右，在强光照的情况下，人眼都难以辨别，而停在路口的斑马线前的汽车，需要对红绿灯进行正确的识别才能做下一步的判断。



感受一下红绿灯识别的难度

2、交通标识种类众多；采集到的数据易出现数量不均匀的情况。

3、交通灯易受光照的影响，在不同光照条件下颜色难以区分（红灯与黄灯），且到夜晚时，红灯与路灯、商店的灯颜色相近，易造成误检；

实现方案：通过感知去识别红绿灯，有一种舍身取义的感觉，效果一般，适应性差，条件允许的话(如固定园区限定场景)，该装 V2X 就装 V2X, 多个备份冗余，V2X>高精度地图>感知识别。若碰上 GPS 信号弱的时候，感知识别可以出场了，大部分情况，V2X 足以 Cover 掉大部分的场景。感知方案的具体实现参照文章，主要为红绿灯数据集采集，标签处理，检测模型训练，算法部署，追踪后端优化，接口开发；

红绿灯的算法开发可以参考：

1、真值的来源。定义，校准，分析比对，绝不是看检测结果的 map 或帧率，需要以激光的数据或者 RTK 的数据作为真值来验证测距结果在不同工况（白天、雨天、遮挡等情况下）的准确性；

2、硬件帧率、资源消耗。多个网络共存，多个相机共用都是要消耗 cpu、gpu 资源的，如何处理好这些网络的分配，多个网络的前向推理可能共用一些卷积层，能否复用；引入线程、进程的思想来处理各个模块，更高效的处理协调各个功能块；在多相机读取这一块，做到多目输入的同时不损失帧率，在相机码流的编解码上做些工作。

3、多目融合的问题。一般在汽车上会配备 4 个（前、后、左、右）四个相机，对于同一物体从汽车的后方移动到前方，即后视摄像头可以看到，再移至侧视相机能看到，最后移至前视相机能看到，在这个过程中，物体的 id 应保持不变（同一个物体，不因相机观测的变化而改变）、

距离信息跳变不宜过大（切换到不同相机，给出的距离偏差不宜太大）

4、多场景的定义。针对不同的感知模块，需要对数据集即场景定义做明确的划分，这样在做算法验证的时候针对性更强；如对于动态物体检测，可以划分车辆静止时的检测场景和车辆运动时的场景。对于交通灯的检测，可以进一步细分为左转红绿灯场景、直行红绿灯、掉头红绿灯等特定场景。公用数据集与专有数据集的验证。

5、回放工具验证，感知输出的离线数据分析。肉眼观察视觉感知的效果是不可靠的，需要将视觉检测的结果，激光的结果，RTK 的结果都统一在回放工具上，对视觉检测的结果进行离线分析，包括距离误差的分析、检测效果与距离的分析、曲线拟合的分析等等，完成这些工作需要统一时间戳，同时输出视觉检测结果的类别信息，距离信息和作为真值传感器的输出信息，进行分析对比，以此验证视觉感知结果的好坏。上述为视觉感知中的具体实现模块功能。（来源：微信公众号“智能车情报局”）

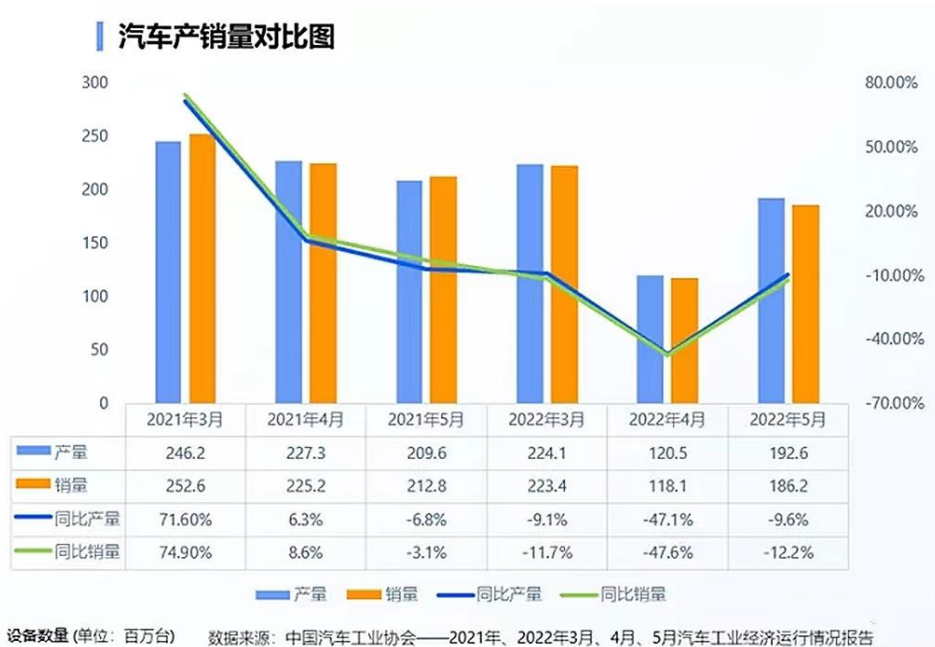
智能汽车行业过冬策略：

“分离异构项”与“合并同类项”

一、寒冬降临

汽车行业的寒冬来得猝不及防。马斯克近日表示对美国经济有“超级糟糕的预感”，特斯拉因此要裁员 10%左右。对此，摩根士丹利的分析师亚当说：“马斯克对全球经济有着独特的洞察力。我们认为他的消息可信度很高。”

中国汽车工业协会数据显示：2022 年 4 月，汽车产销分别完成 120.5 万辆和 118.1 万辆，环比分别下降 46.2%和 47.1%，同比分别下降 46.1%和 47.6%。



一方面由于收入下降，资金面吃紧，另一方面，由于汽车行业智能化变革的步伐丝毫没有停歇。“地平线杯”第三届中国智能汽车年度车

型评价结果显示，在入围的 106 款车型中，智能化装配率持续快速提升，车道保持辅助、主动刹车已成为标配，装机率达 100%，自适应巡航从 20 年的 34% 增长到 21 年的 82%，增长率超过 140%。

过去几年，车企和大型 Tier1 在智能化技术研发方面都制定了长周期战略规划，大手笔资本支出，头部车企都喊出了全栈自研的口号，打造核心技术。

车载计算平台以及软件是兵家必争之地，好几个头部主机厂都发布了超过万人的软件人才发展计划，力图掌握全栈软件。从座舱里的各种功能应用，到自动驾驶的感知、定位、规划、决策和控制，再到车载操作系统，中间件，甚至自动驾驶芯片等。

但核心技术自研是需要海量研发资金投入的，当前环境下，保存现金流变得异常重要，如何节省现金流安全过冬，又不至于被高速发展的行业甩下？是行业每一个玩家都被迫严肃思考的挑战。

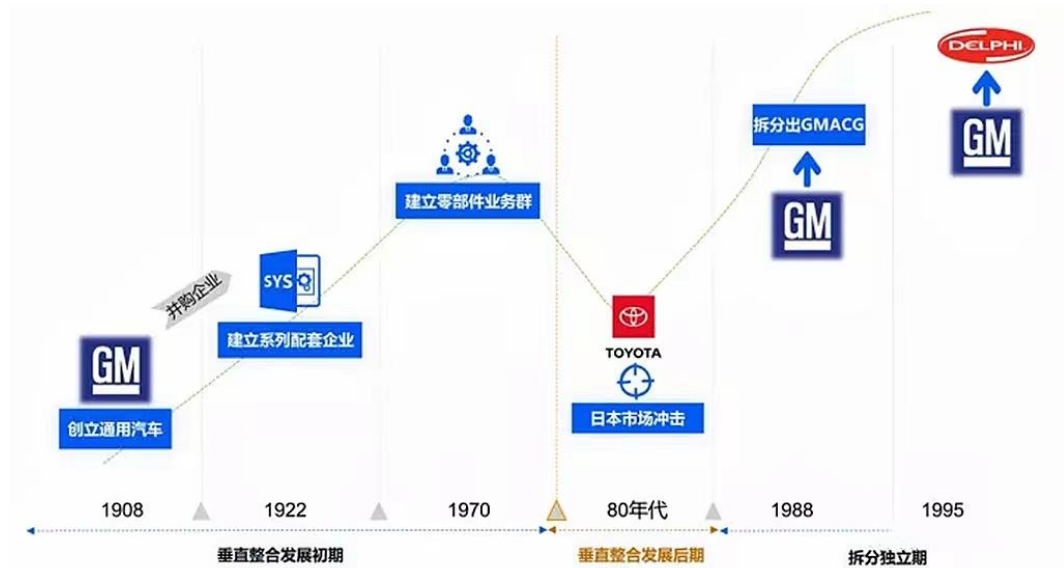
二、垂直整合还是生态合作

这要从两种发展模式说起：垂直整合模式与生态合作模式。产业早期，垂直整合模式优势明显。垂直整合模式的优势：产业发展初期优势明显，高景气时期利润丰厚。

一个世纪前的福特公司绝对是全栈自研的标杆，零部件自不必说，家里还有矿，拥有煤矿和铁矿山，甚至还有铁路。从制造汽车的原料开采、炼钢、运输、制造加工到最后的销售，全部都是自己把持。

通用也不遑多让。1908 年，威廉·杜兰特创立通用汽车，其后两年间，通用汽车共并购了 25 家公司，其中有 12 家是零部件制造企业，到

1922 年，通用汽车的零部件产业涵盖了电子设备、转向系统、传动系统、发动机、车轴、敞篷车身等等一系列配套企业。



三、通用零部件业务发展历史

20 世纪初，这种垂直整合的模式在市场上竞争优势明显。汽车产业发展早期，分工尚不成熟，配套尚不齐全，而下游需求旺盛，产能即实力，把零部件都掌控在自己手里，既能解决配套有无的问题，又能充分榨取产业发展红利，何乐而不为？

到 1970 年代，产业的垂直整合策略让通用汽车辉煌一时，从螺丝钉到发动机，诞生了庞大无比的零部件业务群。福特和通用作为规模化汽车工业的开创者，通过垂直整合极大降低了成本，并获取了巨额利润。

但在行业发展进入发展期后，这种模式遇到了巨大挑战。随着产业链分工越来越细化，垂直型供应链模式在 1960 年代后的成本效应就越来越差了。

到了 80 年代，变革的风暴终于到来。丰田汽车的精益生产模式的出现，帮助日本汽车冲击美国市场，迫使美国汽车工业做出改变。

通用原本引以为傲的稳定零部件供应体系的弊端开始显现：自有零部件企业规模效益有限，难以持续支撑下去，剥离利润较低的零部件产业势在必行。

通用前 CEO 斯隆曾指出：“通常人们会误以为自己制造的部件要比外购的成品便宜，但事实上这些供应商的利润非常薄，更具竞争力，必须根据自己的投资来确定预期，合理确定自己的计划，否则自己制造不会降低成本。”

据斯隆回忆，当时通用汽车产品的销售成本中，外购零部件、材料和服务的比例总计可达 55%-60%。

斯隆进一步表示，“内部的供应机构不仅要在产品部件的生产上专业化，还要在价格、质量以及服务上具有充足的竞争力。如果他们不具备的话，需求部门就可自行从外面购买这些零部件，即使我们已经决定制造而不是购买这些部件，并且已经建立了这些部件的生产设施，这一决定也不是不可动摇的。”

四、棋至中盘，OEM 分拆自有零部件业务

1988 年，通用决定放弃垂直整合模式，成立独立的零部件部门：GMACG（通用汽车零部件集团），这就是德尔福的前身。1999 年的 5 月，通用汽车彻底剥离自己的零部件子公司德尔福分离出去，并在纽约证券交易所上市，其后成为全球最大的 Tier1 公司。

这无疑是个成功的决定。通用公司总裁史密斯这样解释该决定：“通用和德尔福分离之后，能在各自的领域内集中经营，进而增强自己的核心竞争力，更好的满足各自顾客、股东和企业员工的需要。”

而就在德尔福独立后不久，福特也效仿通用，2001 年将零部件子公司伟世通分拆为独立的上市公司。类似的案例还包括马瑞利，后者从菲亚特克莱斯勒独立出来。

零部件子公司纷纷脱离母公司，折射的是产业发展的自然逻辑。随着汽车产业的规模增长，汽车零部件产业发展起来，在跟车企内部的零部件部门的竞争中占据了上风，专业化分工程度提升，有利于进一步提升产品质量和技术；而面向全球的车企进行大规模的生产与供应，则显著促进成本的降低，提升了盈利水平。

即使是拆分出来的 Tier1 们，也沿着相同的逻辑发展，从通用分拆出来的德尔福继续拆分，其主动安全技术、车联网和无人驾驶业务拆分后成为安波福，德尔福科技则专注于动力系统和后市场。类似的故事还发生在奥托利夫等公司身上。

五、芯片行业也走过了同样的发展历程

或许是受特斯拉的启发，即使是芯片这样非常专业的领域，车企的身影也日渐活跃，小鹏、蔚来等都已经成立了芯片部门，还有更多的主机厂正在通过投资，成立子公司等方式深度参与到芯片研发中。笔者在跟上游 IP 行业从业者的沟通中得知，越来越多的主机厂正在加入到造芯的行列之中。

当下主机厂加速布局自研芯片业务，但如果我们回顾历史，却发现一个非常不同的现象。今天的汽车芯片行业三驾马车：恩智浦、英飞凌和瑞萨，其诞生的背景惊人的一致，以下是他们的诞生历史：

1999 年，西门子将其半导体部门拆分出来，成立了英飞凌半导体。

2003 年，摩托罗拉将其半导体部门拆分出来，成立了飞思卡尔半导体，而且还倒贴了 2 亿美元。

2002 年，NEC 剥离其半导体部门，成立了 NEC 电子公司。

2003 年，日立制作所及三菱电机的相继剥离了其半导体业务，合并成立了瑞萨科技，瑞萨又在 2010 年合并了 NEC 电子公司。

2005 年，飞利浦宣布将其半导体部门剥离，成立了恩智浦半导体。

2015年，恩智浦以118亿美元的价格完成了对飞思卡尔半导体的并购，成为全球最大的汽车芯片供应商。



可以看出，2C端的大型整机设备公司在本世纪初都纷纷拆分了自己的“灵魂”：芯片业务部门。其背景是：整个半导体行业在互联网泡沫破灭后陷入了寒冬期，维持自有芯片部门不但无法构成核心竞争力，反而成了财务黑洞。可以说，这是一个“分离异构项”的过程。

同时，独立出来的半导体公司都采取了“合并同类项”的做法，通过兼并重组，降低了运营成本，扩大了自己的规模优势，产生覆盖面更广的产品组合，并且减少了竞争对手。

一个产业的发展历程，始于垂直整合，终于“分离异构项”与“合并同类项”

六、生态合作模式后劲更足，奠定产业成熟期格局

我们看奥运会，一个简单的事实是：十项全能的选手在任何一个单项成绩上都没法跟专业选手比，只有每个公司聚焦自己的优势领域，分工协作，才能产生行业的最优解。

在生态型供应体系中，独立的供应商专精于它所属的业务领域，在激烈的竞争环境里打造出了特有的竞争力，可以给客户提供更具有性价比的产品或服务。

在行业发展早期，产业配套还不齐全，垂直整合公司（IDM）的商业模式占优，在 PC 发展初期，IBM 和苹果这样的 IDM 主导了行业发展，并攫取了行业大部分利润。但是当行业进入到发展期后，产业链开始细分，行业基于英特尔和微软的开放平台，形成了规模空前的软件生态，并展现了强大的创新能力，在性能和成本上全面压倒 IDM 模式，击败了 IBM 的封闭模式。

即使是发展初期非常封闭的苹果，最终也走向了开放，乔布斯的苹果时代有两个发展阶段。一是 PC 时代，苹果采用完全封闭的模式，结果被微软跟英特尔打得一败涂地，乔布斯本人也被董事会赶走，回归以后痛定思痛，做手机时候就是半开放平台的方式，尽管在手机这个生态上面还是有一定的垂直整合，可是软件生态它完全是打开的。乔布斯本人在这两个时代的成长历程，也是从封闭走向开放的历程，作为计算行业的一代天才，其成长历程这可以说是产业发展规律的缩影。

PC 和手机的发展历史证明：开放生态模式总是能后来居上，超越全栈自研的垂直整合模式。

七、智能汽车行业正在沿着相同的故事线向前演进

沿着计算机和智能手机发展史的延长线往前看，智能汽车产业将会更为开放，因为智能汽车所涉及的技术堆栈的深度和广度远超 PC 和手机，包括感知、定位、规控、人机交互、数据闭环、云计算、通信等等，对

后进入行业者来说，封闭的垂直整合模式难度极大。

有统计数据显示，整个汽车行业 70%的投资已经转向新能源和智能化技术。但从产业资本的利用效率来看，行业的每个玩家都做全栈技术研发是巨大的浪费，技术水准难以保证，更缺乏规模效应，ROI 的帐根本算不过来。同时，各自为政还导致软件开发碎片化，难培养出高质量的创新生态。

罗兰贝格汽车中心行业负责人郑赞近日在一个论坛上表示：“传统车厂在软件方面更多的是自研与合作并行，而硬件方面是通过投资芯片厂商来加强合作。提出“全栈自研”的目的更多的是希望对此能够保持 OEM 在整个产业链条上的主导地位，控制核心软件和数据，当然在硬件方面肯定需要上游供应商来进行支持。”

这几年行业的发展也在印证这一判断，几年前，大部分的主机厂都表示要自研感知算法，今天，越来越多的主机厂都采取了通过供应商来获取感知模块，自己聚焦 PNC（规划与控制）的技术战略。

德勤在《汽车工程迈入由软件领航的新时代》的研究报告中表示：“软件能造就你的竞争力，也能破坏你的竞争力”。这里的关键就是技术上的战略定位。

当前的行业形势正在加速一个趋势的形成：越来越多的主机厂不再追求做全栈开发，而是希望掌握全栈能力，核心目标是确保供应链的完整性和安全性，而非替代供应商。

新能源叠加智能化变革的大潮下，越来越多的行业玩家开始聚焦核心业务，并且跟行业玩家展开更为广泛的生态合作，近期比亚迪跟

Momenta 成立合资公司迪派智行，聚焦智能驾驶研发；更早前，大陆跟地平线成立合资公司，深耕 ADAS 和自动驾驶领域；这样的例子还有通用跟本田在自动驾驶方面的合作、福特跟大众在新能源技术方面的合作等，英伟达跟奔驰合作更加深入，不但合作研发自动驾驶功能，还直接在软件收益上采用分成模式。毕竟，全栈自研的特斯拉是一个难以复制的杰出案例，并不是每个玩家都可以做到的。

“一般而言，供应商相比主机厂能更好地评估自身准备情况。研究还显示，供应商更能判断一些产品开发趋势的战略重要性，并且在内部准备方面明显领先于主机厂。”德勤在其研究报告中表示。

对于车企和 Tier1 来说，通过跟科技公司合作，在过程中学习算法、数据闭环等技术，可以有效减少大举投入带来的高昂试错成本，更为高效地提升自研能力。生态合作与自研不但不矛盾，还是一个相辅相成的关系，生态合作会帮助自己沉淀自研能力，对自身研发能力有更准确地评估，确定自研的重点领域，进而做到最优化的产业分工。

八、自动驾驶科技公司积极拥抱生态合作

对于初创公司来说，今年的融资前景非常黯淡，资本变贵了，VC 和 PE 拿钱困难，出手比去年谨慎得多，连投资狂人孙正义都开始收敛了。

之前的很多 L4 自动驾驶公司，希望一步到位做 L4 Robotaxi 的运营业务，但落地进展较慢，盈利更是困难重重。在当前的形势下，一个新的趋势是：自动驾驶公司正在加速向 Robotaxi 业务和 L2+量产业务并举的商业模式转型。

近日，文远知行和博世达成战略合作，文远知行通过本次战略合作

也正式进军 L2+级自动驾驶市场。文远知行更多负责软件模块和算法，博世则负责软硬件的集成、产品质量的把控，包括对车厂的销售和车厂的对接等。博世智能驾驶与控制事业部中国区总裁李胤表示，此次双方是“强强联手”。文远 CEO 韩旭则表示，文远知行和博世“把握了最佳的市场时机”。媒体的形容是：“犹如诺曼底登陆战役一样，（文远）开辟第二战场”。

无独有偶，L4 级自动驾驶解决方案公司轻舟智航也形象地提出了“双擎”战略，继续推进 Robobus 自动驾驶方案的同时，启动前装量产方案的研发。近日与地平线达成战略合作，预计到 2023 年，双方基于征程 5 芯片联合研发的高等级自动驾驶方案将达到量产水平。

还有更多的自动驾驶公司也在采用这种模式，积极拥抱主机厂和 Tier1，将 L4 技术降维到 L2+产品去量产落地。通过两条腿走路的方式，在不放弃终极目标的前提下，加速打造自身造血能力，在产业寒冬之下，无疑是正确的应对方式。

九、生态合作加速智能汽车行业创新

与汽车行业早期发展不同，生态合作对于智能化变革尤其重要，有三点因素值得思考：

1. 汽车行业早期的工业化时代，零部件产业主要靠资本、土地、人力等驱动，智能化却主要靠人才驱动，对应的组织管理模式也完全不同，不能依靠工业化的命令式管理，这就使得智能化行业的有效管理半径变小，对应的是智能网状的组织模式和使命愿景驱动的管理模式，传统的垂直整合模式在这种情况下的效用远不及工业时代。

2. 智能汽车的想象空间巨大，产业体量仅次于房地产，全球几乎所有的顶尖科技公司都加入了战局，导致行业一开始就呈现白热化的局面。同时，经过了 PC 和手机两次大的智能化浪潮，行业对于智能化发展的趋势有了比之前深刻得多的认知，因此，产业链细分的发展速度远超当年，大大压缩了垂直整合模式的生存周期。

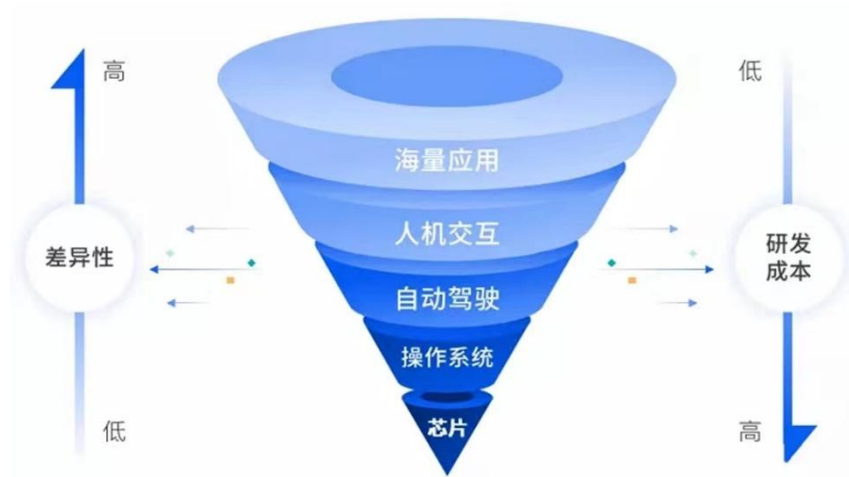
3. 智能汽车是强标准驱动的产业，近年来智能网联标准加速制定，仅汽标委就已发布标准 10 项，立项标准 26 项，涉及 ADAS/AD、信息安全、智能座舱、操作系统等，标准对于驱动产业链生态的形成意义重大，行业玩家的产品可以用统一的技术规范和接口进行适配，极大提升了创新合作的效率。

太过依赖智能化供应商的技术，是否会陷入到同质化的竞争？毕竟，对于整车品牌来讲，打造差异化竞争力是致胜的核心，但这里我们更要深入思考的是：汽车作为 C 端的消费品，什么是用户可感知的差异化体验，并且愿意为这种体验买单？

通常而言，对于操作系统、中间件、芯片等底层技术，消费者的体感是很弱的，越往上走，比如应用软件，基于数据的智能化服务等，消费者的体感越强。

当苹果做打造 iPhone 的时候，其所使用的技术基本都已经由其它公司开发出来，甚至就连 iOS，也是源于一款失败的便携式电脑产品：牛顿。但这并不妨碍 iPhone 成为一款伟大的产品。乔布斯的成功之处在于：他不从工程师思维出发，而是从用户思维出发倒推所需要的核心技术，去创造用户价值；并且，苹果的技术战略并非自研，而是敢于率先使用

供应商的新技术，而不是自己发明它。



苹果并没有因此被供应商“绑架”，他从不使用一家供应商的整体解决方案，而是将供应链拆得很细，自己掌握架构和接口，让供应商形成同质化竞争，从而在博弈中牢牢掌握了主动权。

主机厂的供应链体系也随之发生了彻底的重构，从过去的垂直供应链模式转向网状的供应链模式。

例如，领先的主机厂已经将主要芯片供应商按照一级供应商来管理，一方面这两年汽车芯片缺货对主机厂的冲击巨大，大大加深了主机厂对于芯片的认知和重视，更重要的原因在于：芯片是智能化的底座，对整个 E/E 方案影响巨大。芯片选型将越来越多地由主机厂来决定，一线主机厂倾向在计算平台定义的早期就和芯片厂进行直接商谈，确保技术符合需求、芯片可以保供等。

几乎所有的一线主机厂都已成立了智能化研究院，整体 E/E 架构设计的能力迅速提升，在统一架构的前提下，通过软硬解耦，将智能化的各个模块拆开，分别进行招标，这就给大量的创新公司创造了市场，同时，自己也掌握了核心技术应用的主导权，整个产业生态形成了多赢的

格局，发展前景非常乐观。

特斯拉难以复制，越来越多的主机厂选择了有选择的自研和生态合作并举的技术战略。

总结

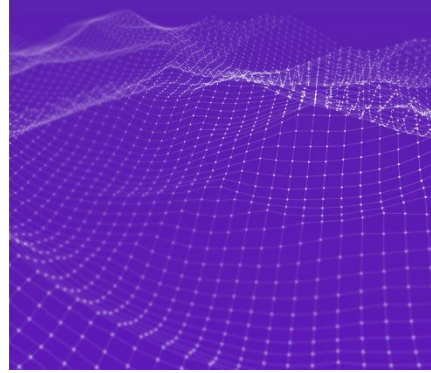
当资本的潮水退去，无论是科技公司、Tier1 还是主机厂，都开始回归商业本质，砍掉不必要的项目，有所为有所不为，拥抱生态合作，加速收敛到产业分工合作的平衡态。

当前，智能汽车进入发展期，终端品牌之间的竞争异常激烈，这个阶段创新速度极端重要，在市场领先半年，可能就奠定胜局了。生态的优势恰恰在于创新速度，在每一个技术节点上，都有多家公司在创新，就不容易被单个技术点卡死。创新的失败率是极高的，如果没有生态系统，任何一个公司都无法承担起创新成本。



对于大规模的技术创新，开放的生态合作模式可能是人类最好的组织形式。展望未来，共性的产业技术大概率会由生态系统来支撑，主机厂则聚焦差异化体验的开发，汽车品牌之间的竞争大概率将变成基于生态系统之上的差异化竞争。在当下的产业环境下，这一趋势尤其值得我们思考与借鉴。（来源：微信公众号“九章智驾”，作者李星宇）

书目推荐



1. [美]约翰 J. 菲亚尔卡：《汽车战争：电动汽车的兴起、衰落和复苏》（译者：马芳武、王博）



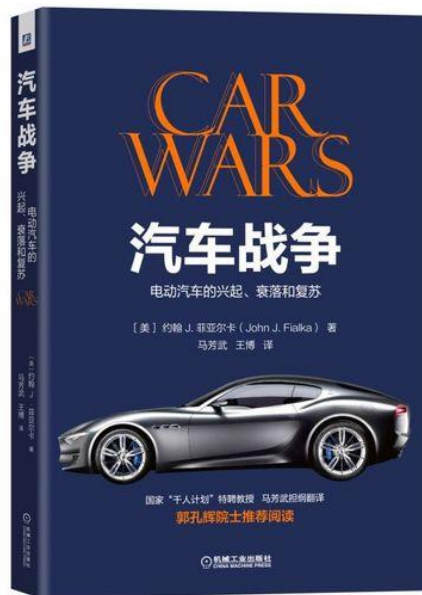
作者简介：

约翰·J·菲亚尔卡曾在华尔街日报华盛顿分社工作长达 26 年，在 2008 年，他创办了专注于报道气候变化的网络新闻媒体 Climate Wire 并担任主编。他曾经出版过三本书，并且因其调查性的报道赢得了包括沃思·宾汉（Worth Bingham）奖和雷蒙德·克拉珀（Raymond Clapper）奖在内的多个奖项。

在《汽车战争：电动汽车的兴起、衰落和复苏》（Car Wars: The Rise, the Fall, and the Resurgence of the Electric Car）这本书中，菲亚尔卡以其漫长的记者生涯中亲身经历以及采访的素材，生动地讲述了人们对电动汽车曾经的排斥以及二度迷恋的一个个充满戏剧性的故事。

译者为马芳武，英国帝国理工大学博士，国际汽车工程师学会会士、世界汽车工程师学会联合会副主席、吉林大学汽车工程学院教授，国际期刊 Automotive Innovation 执行主编。吉林大学青岛汽车研究院发起

人之一，曾任吉林大学青岛汽车研究院执行院长。



本书简介：

《汽车战争：电动汽车的兴起、衰落和复苏》的作者约翰·菲亚尔卡在美国《华尔街日报》工作了 26 年。菲亚尔卡在本书中讲述了美国人对电动汽车曾经的排斥以及二度的迷恋这一充满戏剧性的、引人入胜的故事。本书生动地记录了多个国家，包括美国、日本、德国、韩国和中国等，从早期的电动汽车到埃隆·马斯克的特斯拉电动汽车许多个有趣的电动汽车发展的故事。如今，电动汽车已经获得了美国消费者的青睐，无论是美国能源部和加州州政府，还是曾经的保守派通用汽车和丰田汽车，都相信这项曾经一度被淡忘的技术，会引领 21 世纪大规模的商业巨变。掌握电动汽车技术，必将在这场涉及数万亿美元的世界性竞赛中占据主导地位。

本书适合所有关注电动汽车的读者阅读，包括有意向购买电动汽车

的消费者、汽车及相关专业的学生和教师、汽车整车及零部件企业的技术和管理人员、汽车行业的政策制定者，以及汽车领域的投资人等。

2. 柴占祥、聂天心、[德]Jan Becker（杨·贝克）：《自动驾驶改变未来》



图为作者之一柴占祥

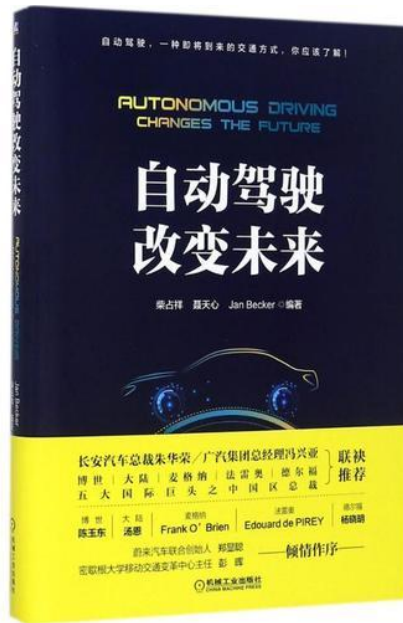
作者简介：

柴占祥，中国贸促会汽车行业分会会长助理、全球汽车论坛组委会秘书长。先后就读于清华大学和美国科罗拉多州立大学，曾先后在奔驰、菲亚特和亚新科担任过各种技术及管理职务，有 20 多年的行业经验。

聂天心，英国理学硕士，在汽车行业从业近 20 年。在中国早展开电动汽车研发，并创立了中国首家以分时租赁共享为商业模式推广电动汽车应用的公司。2014 年受乐视集团创始人贾跃亭先生之邀，创立了世界一流的智能网联电动汽车公司 Faraday Future。

[德]Jan Becker（杨·贝克），Faraday Future 全球自动驾驶业务高级总监，斯坦福人工智能实验室访问学者及讲师。拥有 40 多个专利，发表过 50 多篇涵盖了自动系统、机器人学、驾驶员辅助和自动驾驶的文

章。



本书简介：

从 21 世纪初起，自动驾驶汽车已经呈现出接近实用化的趋势，行业重大变革正在到来。近年来，汽车制造商、Tier-1 供应商、互联网巨头、新兴科技公司均投身其中，围绕争夺技术制高点而进行的投资和并购、跨界融合、人才争夺越演越烈。本书介绍了自动驾驶的来龙去脉、洞悉它如何影响我们的生活。本书分为自动驾驶的历史篇、技术篇、基础设施篇、社会篇、海外企业篇、中国篇和未来篇共 7 篇。

让人工智能技术更好地为人服务

AI Lights up the Future

山东汽车工程学会

联系地址：济南市高新区经十路 7000 号汉峪金谷 A5-2-2702

联系电话：0531-81286097

电子邮箱：sdqcxh86155082@163.com

*扫一扫二维码关注微信订阅号



智能网联汽车（山东）协同创新研究院

联系地址：山东省淄博市临淄经济开发区智能网联汽车产业园综合楼2F

联系电话：0533-6092688

电子邮箱：SDICV@sdicv.com

*扫一扫二维码关注微信订阅号



智能网联汽车（山东）协同创新研究院