

第1章

绪 论

1.1 车联网技术

1.1.1 车联网应用背景

制造业是立国之本,是国家的支柱产业,是技术创新的主要领域。我国提出实施“中国制造 2025”,以建设制造强国,加快发展先进制造业,其中汽车被列为十大“大力推送重点领域突破发展”之一,而智能交通系统(ITS)作为交通现代化建设的重要内容。为解决我国综合运输效能低下、公众出行不便、交通安全态势严峻、交通能耗高、交通服务水平落后等迫切问题,国家对交通运输提出了高效、安全、便捷、低碳发展的重大要求。面向应用需求,创新引领和推动智能交通的持续发展,是我国智能交通行业未来发展的方向。

随着大数据、云计算、人工智能、物联网等新一代信息技术的发展,众多领域掀起了新的科技革命。车联网(internet of vehicles)是物联网在智能交通领域的运用,是智能交通系统的重要组成部分。车辆和交通基础设施通过车联网技术对道路上的人、车、物实现全面感知,包括对道路的实时运行状况、道路交通流数据、交通设施状态的智能监测与管理等,这些都为驾驶员行车安全与综合信息服务提供基础支撑。车联网产业依托信息通信技术,通过车内、车与车、车与路、车与人、车与服务平台的全方位连接和数据交互,发展新一代汽车,提供综合信息服务,形成汽车、电子、信息通信、道路交通运输等行业深度融合的新型产业形态。车联网对于汽车产业转型升级、智能交通建设等具有重大意义,不仅有利于促进汽车产业创新变革,也有利于促进自动驾驶技术发展和应用,推进智慧交通,缓解交通拥堵及提升交通安全性。

1.1.2 车联网的定义与体系架构

1. 车联网的定义

车联网可以从广义和狭义两个方面进行定义。

广义车联网包括车内网、车际网和车云网,是车辆、道路、环境、云(平台)间进行数据和信息交换的通信技术,包含信息平台(云)、通信网络(管)、智能终端(端)三大核心技术。

(1) 车内网:以 CAN/LIN 总线技术为核心,建立一个标准化的整车网络。

(2) 车际网:基于无线通信技术,如专用短程通信技术(dedicated short range communication, DSRC)或 LTE-V 技术,建立车辆与周边环境的互联互通。

(3) 车云网:又称车载移动互联网,是指车载终端基于 3G、4G、5G 等远程通信技术实现与互联网的无线连接。

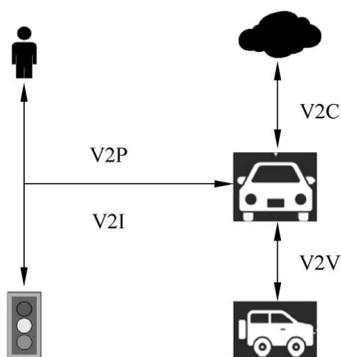


图 1.1 V2X 示意图

狭义车联网一般指 V2X(vehicle to everything),是实现车与车(V2V)、车与人(V2P)、车与基础设施(V2I)和车与云(V2C)连接与信息交换的现代通信技术,如图 1.1 所示。

根据中国物联网校企联盟的定义,车联网是由车辆位置、速度和路线等信息构成的巨大交互网络。通过 GPS、RFID、传感器、摄像头图像处理等装置,车辆可以完成自身环境和状态信息的采集。通过互联网技术,所有的车辆可以将自身的各种信息传输汇聚到中央处理器;通过计算机技术,对这些大量的信息进行分析和处理,从而计算出不同车辆的最佳路线,并及时汇报路况和安排信号灯周期。

随着车联网技术和产业的发展,车联网的概念也在逐步发生变化。根据车联网产业技术创新战略联盟的定义,车联网是以车内网络、车际网络和车载行动网络为基础,按照既定的通信协议和数据交互标准,在车对其他对象(包括车、路、行人及互联网等)之间进行无线通信和信息交换的大系统网络,是能够实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络。

2. 车联网的体系架构

传统的车联网系统包括车辆和车载系统、车辆标识系统、路边设备系统、信息通信网络系统四大组成部分。随着车联网技术与产业的发展,传统的车联网系统包含的内容得到了扩展,根据车联网的系统功能划分,体系结构包含网络层、感知层和应用层三个层次,如图 1.2 所示。

1) 感知层

感知层包含具有感知能力的智能网联汽车和各种基础设施。其功能包括完成车辆自身与周围环境信息的全面感知,通过车与车、车与基础设施、车与云、车与行人的通信、车载传感器及车辆定位等信息感知技术,实时采集车辆状态、周围环境及车辆位置等信息,为车联网应用提供全面的信息感知服务。

2) 网络层

网络层解决车与车、车与路、车与设施、车与人等的互联互通,充分利用专用短程通信

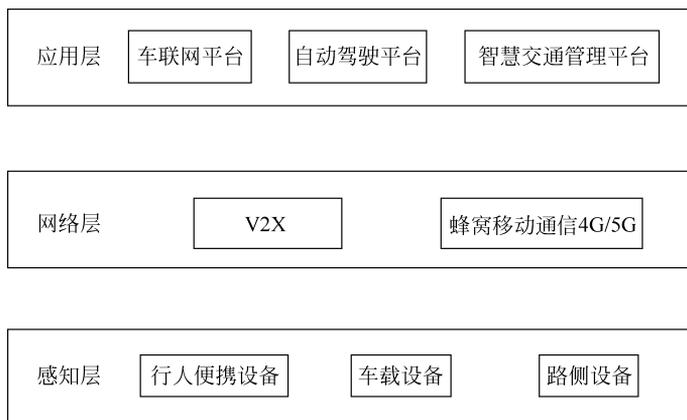


图 1.2 车联网体系架构

DSRC 和基于蜂窝移动通信的车联网技术 (cellular-V2X, C-V2X) 等通信网络资源, 为综合应用层提供透明的信息传输服务和应用支撑。

3) 应用层

应用层是一个综合信息平台, 包含面向各种车联网产业的应用, 综合利用云计算、大数据、虚拟化等技术, 构筑数据平台、运营平台和支撑平台。各项服务在现有的网络体系和协议基础上, 对感知层的数据进行预处理, 为车联网用户提供汽车信息收集、存储、处理、共享与发布等各类信息服务, 具体应用包括车联网服务云平台、交通信息管理平台、自动驾驶服务云平台和地图云平台等。

1.1.3 车联网标准体系

2018年6月, 工业和信息化部、国家标准化管理委员会联合组织制定了《国家车联网产业标准体系建设指南》(以下简称《指南》)。两部门表示, 将推动形成统一、协调的国家车联网产业标准体系结构, 如图 1.3 所示。标准体系按照不同行业属性划分为汽车、通信、电子、交通和公安五大行业领域, 具体包括智能网联汽车标准体系、信息通信标准体系、电子产品与服务标准体系、智能交通相关标准体系及车辆智能管理标准体系五个标准体系。在《指南》中分别定义了各自的标准体系结构。

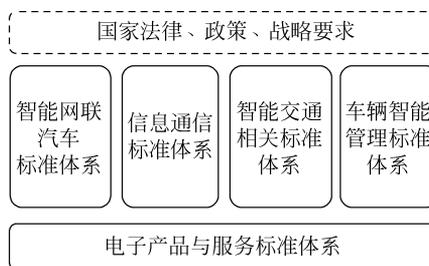


图 1.3 车联网产业标准体系结构

根据《指南》的规定, 我国车联网产业标准体系建设总体目标包括以下两个阶段。

(1) 2018—2020年, 主要解决标准体系融会贯通和基础共性标准缺失的问题, 基本建成国家车联网产业标准体系。

(2) 2020—2025年, 主要解决标准体系完善及标准推广应用问题, 全面形成中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、路网设施、法规标准、产品监管和信息安全体系。

随着汽车电动化、网联化、智能化交融发展, 车辆运行安全、数据安全和网络安全风险交

织叠加,安全形势更加复杂严峻。为了加快建设健全车联网网络安全和数据安全保障体系,为车联网产业安全健康发展提供支撑,2022年2月,工业和信息化部在现有国家车联网产业标准体系的基础上,组织编制了《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》,用于加强对车联网安全整体支撑作用。上述两个标准体系建设指南的发布总体形成了我国完善的车联网产业标准体系。

1.1.4 车联网的发展趋势

车联网产业是汽车、电子、信息通信、道路交通运输等行业深度融合的新型产业,是全球创新热点和未来发展制高点。随着5G、边缘计算、云计算等新技术的快速发展,我国车联网产业在政策规划、标准体系、技术研发、应用示范和基础设施建设等多方面取得了积极进展,在促进汽车、交通等传统产业转型升级以及促进形成数字经济发展的新产业集聚方面起到了积极作用。

1. 政策加持,车联网加速落地

我国持续推动车联网产业发展,从政策发布到标准建立,推进车联网健康有序发展。2020年国务院发布了《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》,促进新能源汽车与能源、交通、信息通信深度融合,协调推动智能网络设施建设,推进交通标识等道路基础设施数字化改造和互联。工业和信息化部在《关于推动5G加快发展的通知》中提出,要促进“5G+车联网”协同发展,推动将车联网纳入国家新型信息基础设施建设工程,促进LET-V2X规模部署,建设国家级车联网先导区。有了政策加持,我国车联网新型基础设施快速落地并初见成效。

2. 协同发展,车联网应用不断延伸

当前,车联网的内涵不断丰富,价值空间不断拓展。车联网应用服务体系日益丰富,与汽车、交通等行业加速融合。车联网应用不仅服务于辅助驾驶、高等级自动驾驶等智能网联汽车应用,还能够有效解决交通效率、城市治理等系统性工程问题。此外,车联网应用正逐渐从服务个人用户扩展至智慧矿山、智慧港口、智慧工厂等企业用户的生产类应用。

3. 产业成熟度持续提升,竞争力加强

我国已经具备自主知识产权的车联网C-V2X车规级芯片模组,形成了国际市场竞争能力,5G基础设施建设走在全球前列。汽车、信息通信、交通等跨行业在技术路径、建设运营等方面的协同合作逐步加深,持续深化“车—路—云—网—图”技术攻关,正在加快标准化基础设施建设部署,加快可持续、可复制应用场景推广与价值空间挖掘,筑牢通信安全、数据安全和网络安全基础底座,推进车联网产业迈入应用部署的新时期。

1.2 自动驾驶

1.2.1 自动驾驶概述

近几年,新能源汽车的发展十分迅速,除了传统车企开始布局新能源汽车,越来越多的互联网企业也纷纷入局,与之相关的智能驾驶技术也迅速普及。随着汽车电动化渗透率的

不断提升,汽车在动力和加速方面趋于同质化,因此,智能化和网联化是汽车厂商差异化竞争布局的重要方向。其中,自动驾驶技术是智能汽车未来的核心竞争力之一。

1. 自动驾驶的定义及分级

自动驾驶是指车辆在无驾驶员操作的情况下自行实现驾驶,车辆自身能够对行驶任务进行规划与决策,并代替驾驶员操控,使车辆完成安全行驶的功能。

自动驾驶汽车又称无人驾驶汽车、电脑驾驶汽车或轮式移动机器人,是一种通过计算机系统实现无人驾驶的智能汽车。自动驾驶汽车依靠人工智能、视觉计算、雷达、监控装置和全球定位系统协同合作,可以让计算机在没有人的主动操作下做到车路协同,自动安全地操作机动车辆。

根据美国汽车工程师协会(SAE)制定的标准,自动驾驶等级分为L0~L5级。L0级为无自动驾驶,L1级为辅助驾驶,L2级为部分自动驾驶,L3级为有条件自动驾驶,L4级为高度自动驾驶,L5级为完全自动驾驶。自动驾驶分级如图1.4所示。

L0	L1	L2	L3	L4	L5
<p>无自动驾驶</p> <p>手动控制,驾驶员执行所有的驾驶指令(转向、加速、制动等)</p>	<p>辅助驾驶</p> <p>汽车可以看作一个简单的自动系统(例如,通过巡航控制监控车速)</p>	<p>部分自动驾驶</p> <p>汽车可以自动实现转向和加速,驾驶员依旧需要监控所有的指令,并可以在任何时候控制汽车</p>	<p>有条件自动驾驶</p> <p>汽车能够执行大部分驾驶指令,但是驾驶员仍需要掌控汽车</p>	<p>高度自动驾驶</p> <p>汽车可以在特定场景下执行所有的驾驶任务,但是人类的掌控则成为一个可选择项</p>	<p>完全自动驾驶</p> <p>汽车可以在任何情况下执行所有的驾驶任务,不需要人类驾驶员的监控和交互</p>

图 1.4 自动驾驶分级

2. 自动驾驶技术及应用

自动驾驶是一个复杂的软硬件结合的系统,主要分为感知、决策规划、控制执行三大技术模块。感知模块主要通过GPS/IMU传感器获取车身状态信息,通过摄像头、激光雷达、毫米波雷达等传感器为自动驾驶提供周围环境信息,相当于驾驶员的眼睛和耳朵。决策规划模块根据感知系统提供的车辆位置和周边环境数据,在车载计算平台中根据适当的模型进行路径规划等决策,相当于驾驶员的大脑。控制执行模块以自适应控制和协同控制方式控制车辆执行响应命令动作,相当于驾驶员的手和脚。

从感知的层面看,随着智能驾驶级别的提升,车辆所需要的传感器也越发多样化,为了应对不同的场景和保证车辆的安全,多传感器融合成为行业技术发展趋势。多传感器融合是对信息的多级别、多维度组合,不仅能利用不同传感器的优势,还能提高整个系统的智能化,提升自动驾驶的可靠性与安全性。

自动驾驶技术在各领域的应用日益广泛,在个人出行乘用车方面,重庆、武汉两地发布新规,允许自动驾驶车辆进行商业化运营试点。至此,全国已有北京、重庆、武汉、深圳、广州、长沙等多个城市允许自动驾驶汽车在特定区域、特定时段进行商业化试运营。2022年8月1日,《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》(以下简称《条例》)正式生效,这是国内首部关于智能网联汽车的管理法规,对自动驾驶的准入规则、路权、权责认定等进行了明确规定。根据《条例》,完全自动驾驶的汽车可以不具有人工驾驶模式和相应装置,可以不配备驾驶员,在深圳交通管理部门划定的区域、路段行驶。2022年8月7日,全国首个全车无人化示

范运营资格在重庆市永川区发放,百度“萝卜快跑”自动驾驶付费出行服务正式开始运营。用户可下载“萝卜快跑”手机应用进行体验。目前,乘用车方面由于自动驾驶法规、技术和场景复杂等限制,严格意义上的 L3 很难在短期内落地。而在封闭、低速、固定线路和不载人的部分场景,如矿山、工业园区、港口等,高级版自动驾驶正加速落地。

1.2.2 自动驾驶与车联网的关系

自动驾驶的核心是车,而不是网。没有车联网(V2X)技术,驾驶也能实现自动化。在未来的自动驾驶应用中,V2X 通信技术是实现环境感知的重要技术之一,与传统车载激光雷达、毫米波雷达、摄像头、超声波等车载感知设备优势互补,为自动驾驶汽车提供雷达无法实现的超视距和复杂环境感知能力。没有 V2X,就无法真正地实现复杂场景下的安全自动驾驶。

如当前的谷歌、特斯拉、Mobileye 自动驾驶系统,它们基于传感器、雷达和摄像头进行各种信息的输入;通过人工智能技术决策,单车本身在一定程度上就可以实现自动驾驶。但是也有很大的局限性,在晚上或雨雪雾天等恶劣天气下,在交叉路口、拐弯处及非视距等场景,雷达、摄像头不能及时、准确地感知周边环境。而车联网中的 V2X 通信,可提供远超出当前传感器感知范围的信息,通过和周边车辆、道路、基础设施通信,获取比单车能得到的更多的信息,大大增强对周围环境的感知,弥补单车感知产生的不足,提升车辆本身自动驾驶决策的及时性及可靠性。总之,在实现车辆自动驾驶场景中,V2X 作为车辆感知能力的重要补充,即便车辆本身就可以实现自动驾驶,通过车联网技术可以进一步提升性能。

车联网是实现自动驾驶技术的一种重要途径,其核心在于车路协同技术。“聪明的路,智慧的车”的技术路线能够弥补当前自动驾驶汽车在信息感知、分析决策上的不足,尽快实现车辆的智能化自动化运营。自动驾驶目前有单车智能自动驾驶(autonomous driving, AD)和车路协同自动驾驶(vehicle-infrastructure cooperated autonomous driving, VICAD)两种技术路线。其中,AD 主要依靠车辆自身的视觉、毫米波雷达、激光雷达等传感器、计算单元、线控系统对环境感知、计算决策和控制执行。VICAD 则是在单车智能自动驾驶的基础上,通过车联网将交通参与要素有机地联系在一起,助力自动驾驶车辆在环境感知、计算决策和控制执行等方面的能力升级,加速自动驾驶应用成熟。VICAD 不仅可以提供更安全、更舒适、更节能、更环保的驾驶方式,还是城市智能交通系统的重要环节,也是构建新型智慧城市的核心要素。目前,通过车联网(V2X)的车路协同,从单车智能向网联智能演进,实现高水平自动驾驶,已成为产业发展方向。

1.3 智能网联汽车

2019 年,国家发展和改革委员会、科学技术部、工业和信息化部联合发布了《汽车产业中长期发展规划》,明确将智能网联汽车(intelligent connected vehicle, ICV)技术作为汽车产业发展的重点突破领域,是《中国制造 2025》重点产业领域之一。智能网联汽车是指车联网与智能车的有机联合,涵盖了计算机、电子、控制、人工智能等多学科领域。中国汽车工业协会将其定义为,搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置,并融合现代通信与网络技术,实现车与人、车、路、后台等智能信息交换共享,实现安全、舒适、节能、高效行驶,并最终可替代人来操作的新一代汽车。

智能网联汽车可以提供更安全、更高效、更舒适、更节能的驾驶方式和交通出行综合解决方案,是城市智能交通系统的重要组成部分,拥有广阔的发展前景。其意义不仅在于汽车产品与技术的升级,更有可能带来汽车以及相关产业全业态和价值链体系的重塑。

1.3.1 智能网联汽车关键技术

目前提到的自动驾驶技术,更多的是从单车智能角度展开。作为未来发展一大爆点点的智能汽车,其未来发展方向包括智能化和网联化两个方面。智能汽车关键技术可总结为“三横”和“两纵”。其中,感知、决策、控制和通信是汽车智能化与网联化的核心,如图 1.5 所示。



图 1.5 智能网联汽车关键技术

“三横”是指车辆/设施技术、信息交互技术和基础支撑技术；“两纵”是指车载平台和基础设施建设。

- (1) 车辆/设施技术包括环境感知技术、智能决策技术和控制执行技术等。
- (2) 信息交互技术包括 V2X 通信技术、云平台与大数据技术、信息安全技术等。
- (3) 基础支撑技术包括高精度地图与高精度定位技术、标准法规和测试评价技术等。

1.3.2 智能网联汽车与其他概念的区别与联系

自动驾驶是当前汽车产业发展的热点领域,也是在全球范围内被广泛关注的焦点。随着人工智能技术的不断发展,智能处理技术与网络通信技术深度融合,产生了智能网联汽车。车联网系统是智能网联汽车、智能汽车的最重要载体,只有充分利用互联技术才能保证智能网联汽车真正拥有充分的智能和互联。智能网联汽车的终极目标是无人驾驶汽车。无人驾驶汽车是汽车智能化与车联网的完美结合。

智能网联、智能驾驶、自动驾驶及无人驾驶几个概念的联系与区别如下。

与智能网联汽车实现“智能化”与“网联化”的融合不同,智能驾驶汽车更强调智能化的过程。智能驾驶汽车技术涵盖了 ADAS、智能互联等任何有助于实现汽车驾驶智能化的系统和应用,覆盖环境感知、规划决策、控制执行等多个环节,并最终指向“代替人操作”的目标。

自动驾驶汽车重点强调实现汽车的自动化控制操作,比如,车辆本身搭载的各种传感器、GPS 和其他通信设备感知外部环境信息,针对安全状况进行决策规划,然后无须驾驶员直接操作即可自动完成控制动作。

仅具有预警提示或者短暂干预能力的辅助驾驶系统而不能依据外部情况持续实施自主控制的汽车应与自动驾驶汽车区分开来,可以归类到“辅助驾驶”与“智能驾驶”。

不是所有的智能网联汽车都会发展成自动驾驶汽车,但自动驾驶汽车一定要有智能网联功能。

当自动驾驶系统进入 L4 高度自动驾驶、L5 完全自动驾驶阶段,就意味着自动驾驶技术更加高级,从实现任何场景下无须人为干预实现驾驶自动化、完全代替人来操作的目标,进入了无人驾驶汽车的行列。

依据以上的分析,在智能网联汽车的行业框架下,智能网联、智能驾驶、自动驾驶及无人驾驶的关系应是内涵层层缩小,技术层层递进。智能网联、智能驾驶、自动驾驶及无人驾驶的关系如图 1.6 所示。

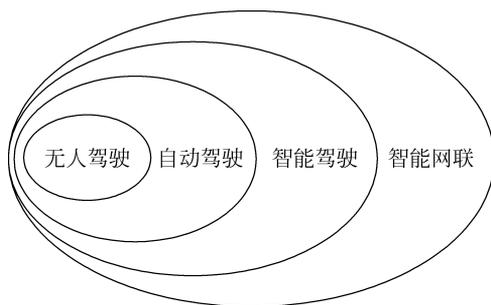


图 1.6 智能网联、智能驾驶、自动驾驶及无人驾驶的关系

智能交通系统(intelligent transport system, ITS)是一种将先进的信息技术、数据通信传输技术、电子传感技术、卫星导航与定位技术、电子控制技术以及计算机处理技术等有效地集成运用于整个交通运输管理体系,而建立起的一种在大范围内、全方位发挥作用的,实时、准确、高效的综合运输和管理系统。发展智能交通是提高交通运输效率,解决交通拥挤、交通事故等问题的最好办法。从各国实际应用效果来看,发展智能交通系统确实可以提高交通效率,有效减缓交通压力,降低交通事故率,进而保护了环境、节约了能源。而智能网联汽车是智能交通系统的重要组成部分。智能交通系统、智能网联汽车及车联网关系如图 1.7 所示。

智能网联汽车是推动众多重点领域协同创新、构建新型交通运输体系的重要载体,在塑造产业生态、提高交通安全性、实现节能减排等方面具有重大战略意义。国家在智能网联汽车产业的法规、政策、技术、标准、试点、项目资金方面全方位支持,开放融合、创新发展的产业生态基本形成。

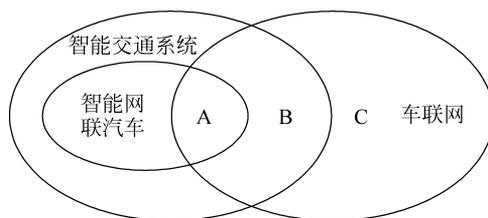


图 1.7 智能网联汽车与智能交通系统、车联网的关系

A—协同式智能车辆控制(智能网联汽车); B—协同式智能交通管理与信息服务;
C—汽车智能制造、电商、售后服务及保险等

参考文献

- [1] 崔胜民. 智能网联汽车技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020.
- [2] 秦孔建, 吴志新, 陈虹. 智能网联汽车测试与评价技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2021.
- [3] 中国电子信息产业发展研究院. 智能网联汽车测试与评价技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2017.
- [4] 王平, 王超, 刘富强, 等. 车联网权威指南——标准、技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018.
- [5] 陈山枝, 胡金玲, 等. 蜂窝车联网(C-V2X)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2021.
- [6] 杨殿阁, 黄晋, 江昆, 等. 汽车自动驾驶[M]. 北京: 清华大学出版社, 2022.

第2章

自动驾驶平台

2.1 自动驾驶系统

自动驾驶技术是一种将机器学习和机器人技术等应用于交通领域,在没有人工干预的情况下,针对给定的出发地 A 和目的地 B,利用车规级别的计算平台和人工智能技术,安全高效地驾驶车辆并完成车辆的交通功能的新兴技术。针对当前频发的交通事故、较高的事故伤残率和交通拥堵等一系列问题,自动驾驶技术凭借其独有的交通事故预测功能、交通事故无法避免时伤害最小化功能和出行路线再规划功能等,能够有效地提高交通通行效率、降低交通事故率和改善车辆的能源消耗等,近年来吸引国内外的科研团队和科技公司纷纷布局自动驾驶技术的研发,同时自动驾驶技术也是实现我国建设交通强国和构建国家综合立体交通网的关键一环。

自动驾驶技术主要由环境感知、决策和规划控制三部分构成。类比于人类驾驶员,从 A 地出发到 B 地的过程中,车辆需要不间断地获取周围的交通环境数据和交通规则数据等,利用全局的地图信息和局部的路障信息规划合理的行驶路线,并将行驶车辆的速度和加速度等数据通过 CAN 总线发送给车辆运动控制系统,实现车辆在无人工干预情况下的自动行驶。通过车载传感器如摄像头、激光雷达和毫米波雷达,结合车载定位导航设备如 GNSS(全球导航卫星系统)和 IMU(惯性测量单元),利用机器学习的方法获知在某一个时刻车辆周围静态障碍物和动态障碍物的位置、大小、类别和属性等信息,根据已有的高精地图数据规划车辆在下一时刻的行驶轨迹,并依照当前的道路路况信息,在必要时更新高精地图数据。

如图 2.1 所示,自动驾驶系统包含环境感知系统、定位导航系统和路径规划系统。环境感知相当于人类驾驶员的眼睛和耳朵,主要依赖于车载传感器获取车辆周围的环境信息,并通过人工智能技术获知诸如道路标志、标线等信息。定位导航系统类似于当前的车载导航系统,但其与车载导航系统不同的是,定位导航系统提供的道路数据信息更为复杂,并且能