

智能网联汽车技术

主 编 李劲松

副主编 崔人志 曾昭炜

主 审 王东兵



重庆大学出版社

智能网联汽车技术

主 编 李劲松
副主编 崔人志 曾昭炜
参 编 蒋 斌 杨 敏 张春雨 徐思为
主 审 王东兵

重庆大学出版社

内容提要

本书是对标国家“双高”建设标准,对标汽车产业发展规划,调研企业急需的关键工作岗位及所需要的职业能力,结合职业教育人才培养标准,以工作任务驱动,校企联合开发的智能汽车技术丛书系列。

本书共5章,结合智能网联汽车国家发展战略和技术路线图2.0,紧密围绕智能网联汽车环境感知、定位导航、高精地图、路径规划、运动控制、5G环境V2X车联网技术、汽车安全技术、道路测试技术和相关法规进行讲解。第1章智能网联汽车概述,介绍智能网联汽车的相关概念、分级及系统组成;第2章智能网联汽车关键技术,介绍环境感知、决策规划、控制执行等技术;第3章智能网联汽车信息交互关键技术,介绍V2X通信技术、智能网联汽车与大数据和云平台以及信息安全技术等内容;第4章智能网联汽车基础支撑技术,介绍高精度地图与定位技术、智能网联汽车法规、标准、智能网联汽车测试评价等内容;第5章智能网联汽车产业应用及发展,介绍智能网联汽车应用场景及发展趋势等内容。

本书可作为高等职业院校智能网联汽车专业、智能汽车技术专业、汽车电子技术专业、新能源汽车技术专业等相关专业的教材,以及汽车技术研发企业、汽车制造企业、汽车维修企业的参考用书及培训教材,也可作为广大对智能汽车感兴趣的各类人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

智能网联汽车技术 / 李劲松主编. --重庆:重庆大学出版社, 2022.3

ISBN 978-7-5689-3202-8

I. ①智… II. ①李… III. ①汽车—智能通信网
IV. ①U463.67

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第050736号

智能网联汽车技术

ZHINENG WANGLIAN QICHE JISHU

主 编 李劲松

副主编 崔人志 曾昭炜

参 编 蒋 斌 杨 敏 张春雨 徐思为

主 审 王东兵

策划编辑 杨粮菊

责任编辑:杨育彪 版式设计:杨粮菊

责任校对:关德强 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆市联谊印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.5 字数:346千

2022年3月第1版 2022年3月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-3202-8 定价:49.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

2019年,中共中央、国务院发布《交通强国建设纲要》;2020年,国家发展改革委、中央网信办、科技部、工业和信息化部等11部门联合发布《智能汽车创新发展战略》,构建国家智能网联汽车顶层设计规划,提出建设中国标准智能汽车和实现智能汽车强国的战略目标;2020年,国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》;2020年11月11日,“2020世界智能网联汽车大会”在京召开,在开幕式后的主论坛环节,中国智能网联汽车创新中心首席科学家李克强发布并解读了《智能网联汽车技术路线图2.0》,该技术路线图制定了面向2035年的智能网联汽车技术发展的总体目标、愿景、里程碑与发展路径。

汽车行业科技变革趋势是向低碳化、电动化、智能化、网联化方向发展。与传统汽车是机电一体化产品相比,智能网联汽车是机电信息一体化产品,需要汽车、交通设施、信息通信基础设施(包括4G/5G、地图与定位、数据平台)等多个产业跨界融合。根据中国汽车工程学会发布的2021年《智能网联汽车产业人才需求预测报告》,2025年,汽车行业人才需求高达120万人,行业总体人才缺口103万人;智能网联汽车技术人才的存量预计仅为7.2万人,而学校教育滞后于人才需求,人才净缺口最高为3.7万人,缺口比例高达1/3。

智能网联汽车技术是一项庞大且复杂的系统工程,是集环境感知、规划决策和控制执行等功能于一体的现代运载工具和移动信息处理平台,具有典型的多学科和跨学科特点。同时智能网联汽车具有区域属性和社会属性的特点,在行驶过程中需要通信、地图、数据平台等本国属性的支撑和安全管理,每个国家都有自己的使用标准规范。

本书结合智能网联汽车国家发展战略和技术路线图2.0,紧密围绕智能网联汽车环境感知、定位导航、高精地图、路径规划、运动控制、5G环境V2X车联网技术、汽车安全技术、道路测试技术和相关法规进行讲解。本书共5章。第1章智能网联汽车概述,对智能网联汽车的基本概念、分级及系统组成做了介绍;第2章介绍了智能网联汽车关键技术,对环境感知、决策规划、控制执行等技术做了详细的讲解;第3章智能网联汽车信息交互关键技术,对V2X通信技术、智能网联汽车与大数据和云平台、信息安全技术进行讲解;第4章智能网联汽车基础支撑技术,对高精度地图与定位技术、智能网联汽车法律法规、智能网联汽车安全标准、智能网联汽车测试评价做了介绍;第5章智能网联汽车产业应用及发展,对智能网联汽车应用场景,现在、未来发展趋势及面临的风险做了介绍。

本书特点:

①政策法规的最新介绍。本书增加了从2019年以来,智能网联汽车国际国内法律法规及最新技术发展路线图的介绍。

②工作任务驱动。本书对标国家“双高”建设标准,对标汽车产业发展规划,调研企业急需的关键工作岗位及所需要的职业能力,结合职业教育人才培养标准及学生的能力特点,打造校企产教深度融合课程体系。本书配有基于企业实际岗位工作任务驱动的实训工单,充分体现了职业教育的核心理念,具有较强的针对性和可操作性。

③教学资源配套丰富。本书是“互联网+”新形态教材,除纸质教材外,还嵌入了习题、视频等数字资源,将教材、课堂、教学资源三者融合,实现线上线下相结合的教学模式。

④校企研产联合开发。本书由成都市技师学院、苏州清研车联教育科技有限公司联合开发,并得到了重庆理工大学、清华大学苏州研究院、全国交通运输职业教育教学指导委员会、全国智慧交通与智能网联汽车产教联盟及一些企业的大力支持。

成都市技师学院是国家级重点技工学校,是世界技能大赛国家级数控铣竞赛项目集训基地、国家高技能人才培养示范基地、国家级智能制造生产性实训基地、全国技工院校一体化师资培训基地,先后获得“2020 亚太职业院校影响力 50 强”“全国教育系统先进集体”“全国职业教育先进单位”“国家技能人才培养突出贡献奖”“四川省文明校园”“四川省依法治校示范学校”等荣誉。

苏州清研车联教育科技有限公司是由清华大学苏州研究院投资的创新型科技教育企业。公司致力于成为汽车数字化人才综合解决方案,从汽车新技术技能人才培养入手,为国内院校汽车相关专业、为汽车企业提供人才培养解决方案,是校企深度融合的立交桥和放大器。

本书由重庆理工大学李劲松担任主编,成都市技师学院崔人志、曾昭炜担任副主编,苏州清研车联教育科技有限公司王东兵担任主审。在本书编写的过程中,成都市技师学院蒋斌、杨敏、张春雨参加了编写工作,四川大学硕士研究生徐思为完成了数据的采集、分析和测试等工作;重庆理工大学学生罗思毅、高科、雷文冰、刘莉莉、陈广、潘黎、邹鹏程参与了资料的收集、整理工作。在此表示衷心感谢。

智能汽车技术尚处发展阶段,且编者学识有限,书中不足之处在所难免,敬请读者指正。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议,恳请提出宝贵意见(电子邮箱 jslj0326@cqut.edu.cn)。

编者

2021年12月

目 录

第1章 智能网联汽车概述	1
1.1 智能网联汽车相关概念	3
1.2 智能网联汽车的分级	7
1.3 智能网联汽车系统组成	14
习题	16
第2章 智能网联汽车关键技术	19
2.1 环境感知技术	21
2.2 决策规划技术	45
2.3 控制执行技术	50
习题	65
第3章 智能网联汽车信息交互关键技术	68
3.1 V2X 通信技术	70
3.2 智能网联汽车与大数据和云平台	95
3.3 信息安全技术	103
习题	108
第4章 智能网联汽车基础支撑技术	111
4.1 高精度地图与定位技术	113
4.2 法规、标准	159
4.3 测试评价	170
习题	184
第5章 智能网联汽车产业应用及发展	187
5.1 智能网联汽车应用场景	189
5.2 国内外智能网联汽车发展历程	197
5.3 智能网联汽车发展趋势	207
5.4 智能网联汽车面临的挑战和应对	211
习题	218
参考文献	222

第1章 智能网联汽车概述

人类的交通工具是经过上千年的马车时代,以及由近代欧洲的机械文明逐步发展而来的,具体可以划分为4个阶段:工业1.0的机械化时代、工业2.0的电气化时代、工业3.0的信息化时代,以及当前正在发生的工业4.0智能化时代。汽车由于与人类社会息息相关,又被称为“改变世界的机器”。在工业4.0智能化时代,汽车产品技术性能及汽车交通系统将在未来10~20年中发生革命性变化。绿色、智能、共享、基于网络的一体化智能网联汽车是集成现代科学技术为一体的新产品、新模式、新生态的载体。智能网联汽车已成为带动AI、信息通信、大数据、云计算等发展的战略制高点。智能网联汽车产品功能和使用方式正在发生深度变革,汽车逐渐转变为智能移动空间。

据有关数据统计,截至2021年12月底,智能网联新车的数量增加到216款,在所有新车中的比例超过23%。2021年全年,智能网联汽车累计销量高达271.8017万辆,在全年累计销量中的占比超过12%达12.74%,其中12月单月的渗透率已接近20%,达到18.68%,与新能源汽车的渗透率不相上下。

展望未来,电动化和智能化的发展趋势将不可逆转,随着汽车厂商持续加大对智能化和电动化的研发力度及新品投放节奏,该细分市场将在不久的将来主导整个汽车市场。

教学目标

通过本章学习,学生可以认识什么是智能网联汽车,了解智能网联汽车的分级,学习智能网联汽车的关键技术。

教学任务

知识点	学习要求
智能网联汽车的概念	了解什么是智能网联汽车
智能网联汽车的系统组成	掌握智能网联汽车的系统结构
智能网联汽车的分级	了解中国、美国及德国对智能网联汽车的分级及异同点

案例导入

依托雄安新区开放创新环境和数字道路建设运营基础,在召开的2021中国国际数字经济博览会智能雄安建设发展论坛上,二十多家企业围绕智能网联汽车的研发、运营、车路协同体系建设开展中试工作,推动全球领先的智能交通体系建立,营造多方共赢的智能网联汽车产业生态环境,共同打造雄安新区智能网联汽车产业聚集示范区,助力建设“妙不可言、心向往之”的未来之城。智慧城市典型交通场景如图1.1所示。

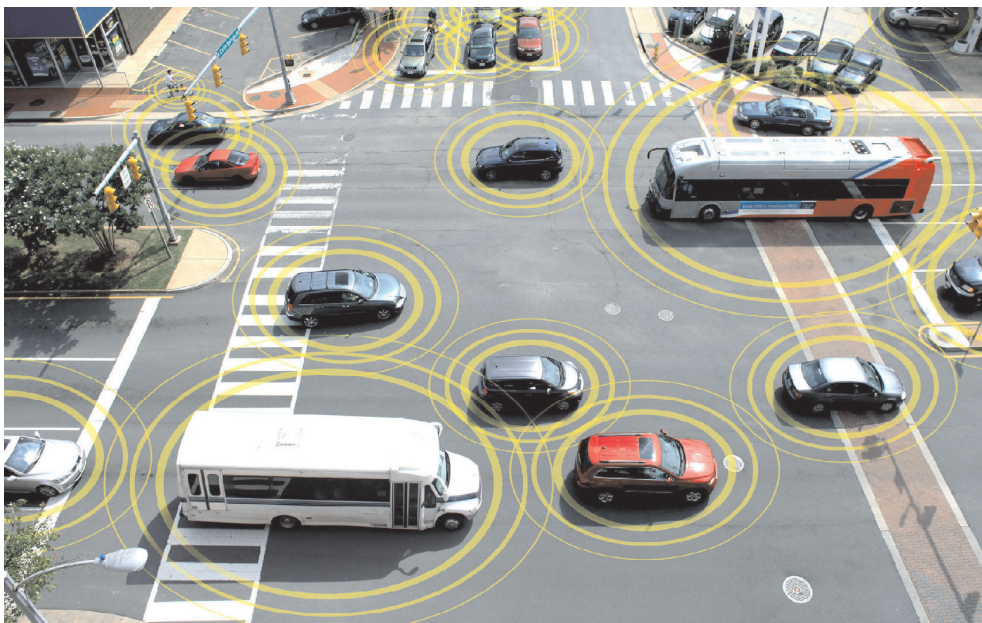


图 1.1 智慧城市典型交通场景

1.1 智能网联汽车相关概念

智能网联汽车是指汽车实现自动驾驶的两条技术路线,即单车智能汽车和可以联网的汽车。一般我们提到“自动驾驶”或者“无人驾驶”,更普遍的说法是“智能车”(智能汽车)。按照《汽车驾驶自动化分级》(GB/T 40429—2021)定义,“自动驾驶汽车”专指 L3 级及以上级别的汽车,不再使用“无人驾驶”的说法,“智能汽车”与“智能网联汽车”在大部分使用场景下是类似的概念,一般不会刻意强调它们的区别。

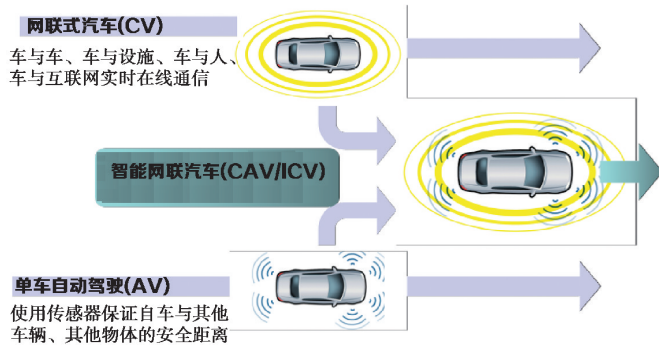
1.1.1 智能汽车的两种模式

智能汽车的“智能”有以下两种模式。

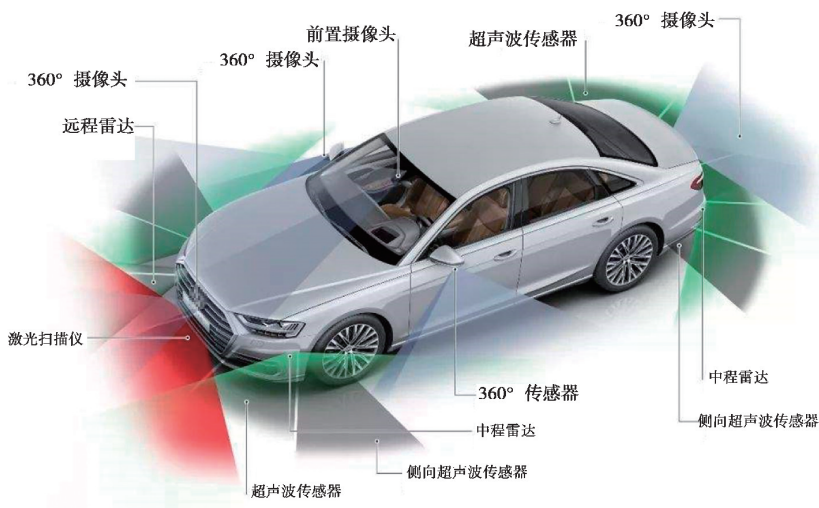
①自主式智能汽车(Autonomous Vehicle):依靠自车所搭载的各类传感器对车辆周围环境进行感知,依靠车载控制器进行决策和控制并交由底层执行,实现自动驾驶。

②网联式智能汽车(Connected Vehicle):车辆通过 V2X 通信的方式获取外界的环境信息并帮助车辆进行决策与控制。

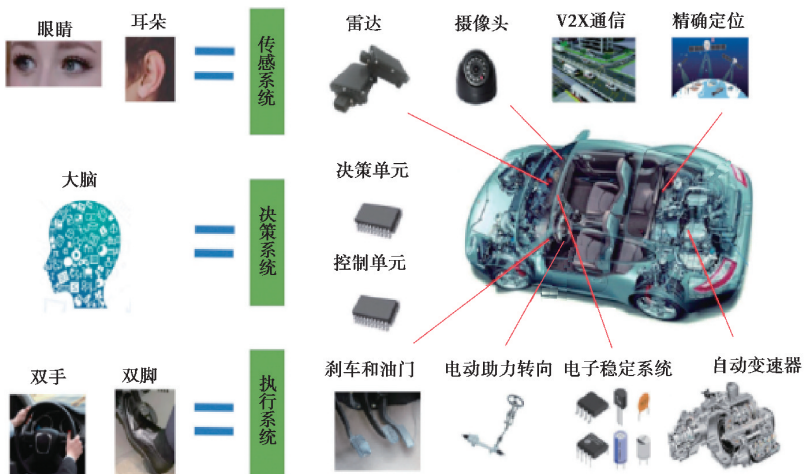
这两种智能的模式都在各自往前发展,同时也在融合,其融合的结果就是智能网联汽车,并且当“智能”和“网联”一起出现时,“智能”一般做狭义理解,即“自主式智能”;当“智能”单独出现时,一般做广义理解,即涵盖了“自主式智能”和“网联式智能”。智能汽车的组成如图 1.2 所示,智能汽车内部展示图如图 1.3 所示。



(a) 自主式智能汽车与网联式智能汽车的融合



(b) 典型传感器布置图



(c) 典型的车辆技术构成图

图 1.2 智能汽车的组成

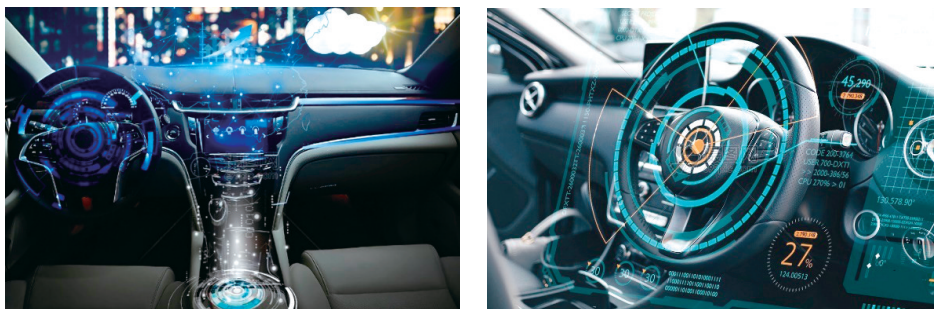


图 1.3 智能汽车内部展示图

1.1.2 车联网的构成

车联网(Internet of Vehicle, IOV)是以车内网、车际网和车云网为基础,按照约定的通信协议和数据交互标准,在车— X (X :车、路、行人及云平台等)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,是物联网技术在交通系统领域的典型应用,如图 1.4 所示。



图 1.4 车联网

从结构层次来看,车联网系统是一个“端管云”三层结构体系:第一层是端系统,第二层是管系统,第三层是云系统。

端系统是汽车的智能传感器,负责采集与获取车辆的智能信息,感知行车状态与环境;是具有车内通信、车间通信、车端系统网通信的泛在通信终端;还是让汽车具备车联网寻址和网络可信标志等能力的设备。

管系统解决车与车、车与路、车与网、车与人等的互联互通,实现车辆自组网及多种异构网络之间的通信与漫游,在功能和性能上保障实时性、可服务性与网络泛在性,同时它也是公网与专网的统一体。

云系统具体内容:车联网是一个云架构的车辆运行信息平台,它的价值链包含了 ITS、物流、客货运、危特车辆、汽修汽配、汽车租赁、企事业车辆管理、汽车制造商、4S 店、车管、保险、紧急救援、移动互联网等。因此需要虚拟化、安全认证、实时交互、海量存储等云计算功能,其应用系统也是围绕车辆的数据汇聚、计算、调度、监控、管理与应用的复合体系。

从应用分类来看,车联网可以从联网技术、应用对象和需求对象等角度来划分,无论哪种分类方式都基本涉及以用户体验为核心的信息服务类应用、以车辆驾驶为核心的汽车智能化应用和以协同为核心的智慧交通类应用。基于蜂窝通信的 V2X 技术如图 1.5 所示。

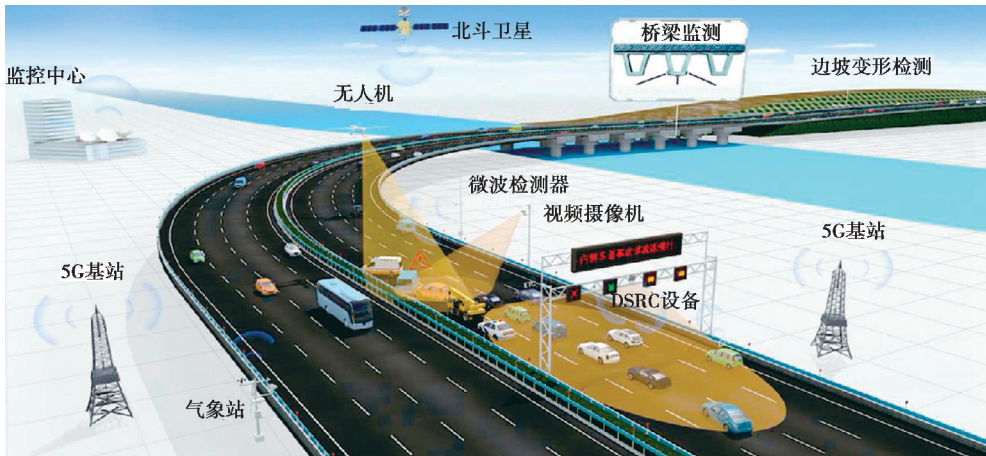


图 1.5 基于蜂窝通信的 V2X 技术

1.1.3 智能交通系统

智能交通系统是未来交通系统的发展方向。它是将先进的信息技术、计算机处理技术、数据通信技术、传感器技术、电子电控技术、运筹学、人工智能等有效地集成运用于整个地面交通管理系统而建立的一种在大范围内、全方位发挥作用的,实时、准确、高效的综合交通运输管理系统,如图 1.6 所示。

智能交通系统范围包含道路上的车辆和各种交通设施,强调系统平台通过智能化方式对交通环境下的车辆及交通设施进行智能化管理和控制,也提高了交通效率。智能交通系统是随着车联网技术的发展而不断发展的,车联网的终极目标就是智能交通系统。

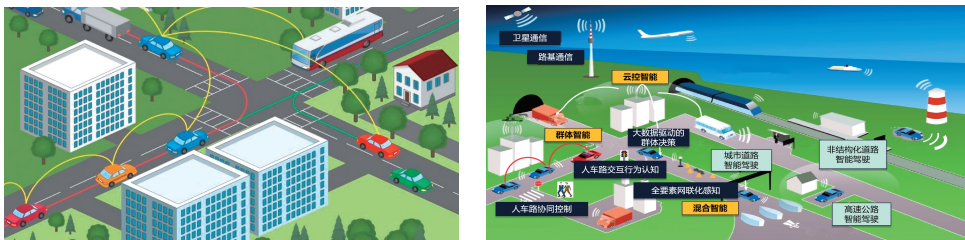


图 1.6 智能交通系统

1.1.4 智能网联汽车定义

我国工业和信息化部在《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)》中明确规定,智能网联汽车(Intelligent and Connected Vehicle, ICV)是指搭载先进的车载传感器、控制器和执行器等装置,并融合现代通信与网络等技术,实现车与 X(人、路、车、云端等)智能信息交换、共享,具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能,可实现“安全、高效、舒适、节能”行驶,并最终可实现替代人来操作的新一代汽车。智能网联汽车产业是汽车、电子、信息、交通、定位导航、网络通信、互联网应用等行业领域深度融合的新型产业,是全球创新热点和未来发展的制高点。

智能网联汽车如图 1.7 所示,先进辅助驾驶系统如图 1.8 所示。

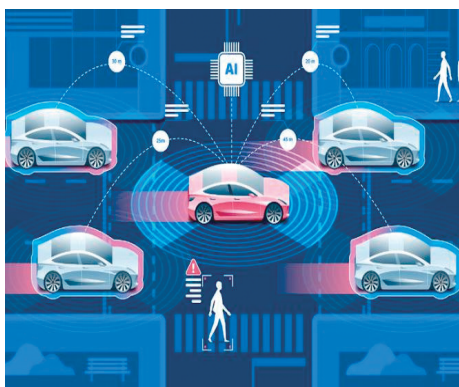


图 1.7 智能网联汽车

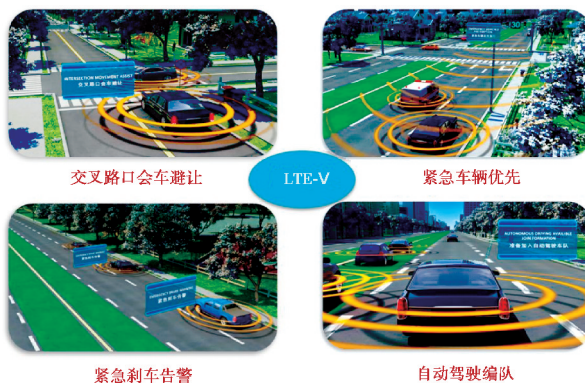


图 1.8 先进辅助驾驶系统

智能汽车、车联网、智能网联汽车的关系如图 1.9 所示。

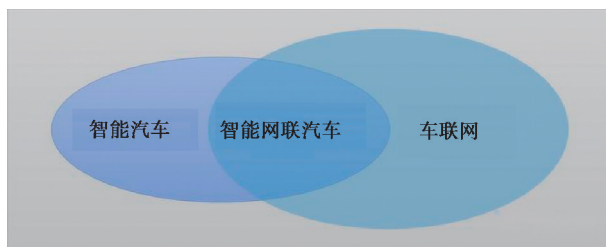


图 1.9 智能汽车、车联网、智能网联汽车的关系

1.2 智能网联汽车的分级

汽车驾驶自动化是全球汽车技术及产业的重要发展趋势,在为人们提供更加安全、舒适以及顺畅的出行方式与物流解决方案的同时,不断与人工智能、信息通信、智慧城市与交通等技术深度融合,正在重塑汽车及相关产业的生态体系和价值链体系。

近年来,国际及主要汽车产业国家和地区的标准法规组织广泛开展汽车驾驶自动化分级的研究。美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)在2013年率先提出将汽车驾驶自动化分为无自动化、特定功能自动化、组合功能自动化、有条件自动化和完全自动化共5个等级;德国联邦交通研究所(BASf)根据研究,将汽车驾驶自动化分为仅驾驶员、辅助驾驶、部分自动驾驶、高度自动驾驶以及完全自动驾驶共5个等级;国际自动机工程师学会(SAE International)发布的SAE J3016标准提出了0—5级分类法,将汽车驾驶自动化分为从无驾驶自动化(0级)直至完全驾驶自动化(5级)在内的6个等级;国际标准化组织(ISO)与SAE组成国际标准联合起草组,正在制定ISO 22736《道路机动车辆驾驶自动化系统相关术语的分级和定义》并已完成FDIS投票;联合国世界车辆法规协调论坛(UN/WP.29)于2019年专门就驾驶自动化分级的法规制定原则展开讨论,确定了区分驾驶辅助和自动驾驶制定相关国际技术法规的方案。其中,SAE J3016是国际上影响最大、应用最广泛的分级标准,截至目前已发布4个版本:2014版首次提出0—5级分类框架和原则,2016版主要增加设计运行范围(ODD)定义并具体说明动态驾驶任务(DDT)等内容,2018版和2021版主要完善术语描述并对标准使用中的常见问题进行解释说明。

1.2.1 美国关于智能网联汽车的技术分级

1. NHTSA 与 SAE 自动驾驶分级

2013 年,NHTSA 首次发布了自动驾驶汽车分级标准,对自动化的描述分为了 5 个等级。2014 年 1 月,SAE 制定了 J3016 自动驾驶分级标准,对自动化的描述分为了 L0—L5 共 6 个等级,以区分不同层次的自动驾驶技术之间的差异。两个分级标准拥有一个共同之处,即自动驾驶汽车和非自动驾驶汽车之间存在一个关键区别,也即汽车本身是否能控制一些关键的驾驶功能,如转向、加速和制动。

美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)将汽车的自动化等级分为以下 5 级。

①无自动化阶段(0 级):在任何道路和环境下,驾驶主体均为驾驶员。

②特定功能自动化(1 级):驾驶主体为驾驶员和系统,在限定的道路和环境条件下,汽车具有一个或者多个特殊自动控制功能。

③组合功能自动化(2 级):驾驶的主体为系统,在限定的道路、环境条件下,汽车具有纵横两个方向上控制功能融合在一起的系统,不需要驾驶员对这些功能进行控制,但驾驶员依旧需要保持对周围环境的感知和对系统的监控,必要时随时进行干预。

④有条件自动化(3 级):驾驶主体是机器,在限定的道路和环境下,汽车能够自动驾驶而且不需要驾驶员保持对系统的监控,但在紧急情况下,仍旧需要进行人工干预。

⑤完全自动化(4 级):在任何道路和环境下均可以实现自动驾驶。

SAE 与 NHTSA 这两个分级标准的区别主要在于对完全自动驾驶级别的定义与划分。与 NHTSA 不同,SAE 将其包含的 L4 级再划分为 L4 和 L5 两个级别。SAE 的这两个级别都可定义为完全自动驾驶,即汽车已经能够独立处理所有驾驶场景、完成全部驾驶操作,完全不需要驾驶员的接管或介入。这两个级别仍存在区别,L4 级的自动驾驶通常适用于城市道路或高速公路这类部分场景;而 L5 级的要求更严苛,汽车必须在任何场景下做到完全自动驾驶。

SAE 的分级是大多数政府和企业使用的标准。美国交通运输部在 2016 年 9 月发布关于自动化汽车的测试与部署政策指引时,明确将 SAE J3016 标准确立为自动驾驶汽车定义的全球行业参照标准。在此之后,来自全球各地的多家企业单位都认可并效仿该标准,评定和研发自身的自动驾驶产品。

2. SAE 分级的更新

2018 年,修订版 SAE J3016(TM)《标准道路机动车驾驶自动化系统分类与定义》进一步细化了每个分级的描述,其中包含 6 个级别的驾驶自动化的详细定义,从无驱动自动化(L0 级)到全驱动自动化(L5 级)及其在道路上的操作。该等级适用于装配汽车在任何给定路况的操作情况下进行的自动驾驶。虽然给定的汽车可以配备或提供在不同级别下执行的驾驶自动化系统,但在任何给定情况下展现出来的自动化驾驶水平都由一个或多个相应的技术状态和参数特征来决定。

SAE 版本的标准提到了动态驾驶任务,并依据动态驾驶任务的执行者和具体内容来定义自动驾驶处于的级别,并认为驾驶中有 3 个主要参与者:用户、驾驶自动化系统以及其他

汽车系统和组件。

在本次 SAE 版本中,诸如电子稳定控制和自动化紧急制动等主动安全系统,以及其他某些类型的驾驶员辅助系统(如车道保持辅助系统等),不在本次驾驶自动化分类标准的范围之内。原因是它们并不是部分或全部动态驾驶任务的持续运行基础,它们仅在特殊情况下针对潜在的危险情况提供短暂干预。由于主动安全系统动作的瞬时特性,其干预措施不会改变或消除驾驶员或自动驾驶程序正在执行的部分或全部动态驾驶任务,因此这些不在自动化驾驶的范围之内。

1.2.2 德国关于智能网联汽车的技术分级

德国联邦公路研究院把智能网联汽车发展划分为3个阶段,即部分自动驾驶、高度自动驾驶以及完全自动驾驶。

(1) 部分自动驾驶阶段

在部分自动驾驶阶段,驾驶员需要持续监测车辆驾驶辅助系统的提示,车辆无法作出自主动作。

(2) 高度自动驾驶阶段

在高度自动驾驶阶段,驾驶员不再需要对驾驶辅助系统持续监控,驾驶辅助系统可以在某种状态下暂时代替驾驶员作出一定的动作,并且能够由驾驶员随时接管对车辆的操控。

(3) 完全自动驾驶阶段

在完全自动驾驶阶段,真正实现无人驾驶的状态。

1.2.3 中国关于智能网联汽车的技术分级

2021年8月20日,《汽车驾驶自动化分级》(GB/T 40429—2021)推荐性国家标准批准发布,于2022年3月1日起实施。该标准规定了汽车驾驶自动化分级遵循的原则、分级要素、各等级定义和技术要求框架,旨在解决我国汽车驾驶自动化分级的规范性问题。

GB/T 40429—2021适用于具备驾驶自动化功能的M类、N类汽车,其他类型车辆可参照执行。基于驾驶自动化系统能够执行动态驾驶任务的程度,根据在执行动态驾驶任务中的角色分配以及有无设计运行范围限制,将驾驶自动化分成0至5级共6个级别。

驾驶自动化等级与划分要素的关系见表1.1。

表 1.1 驾驶自动化等级与划分要素的关系

分级	名称	持续的车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务后援	设计运行范围
0级	应急辅助	驾驶员	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
1级	部分驾驶辅助	驾驶员及系统	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
2级	组合驾驶辅助	系统	驾驶员及系统	驾驶员	有限制

续表

分级	名称	持续的车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务后援	设计运行范围
3级	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务后援用户 (执行接管后成为驾驶员)	有限制
4级	高度自动驾驶	系统	系统	系统	有限制
5级	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制*

* 排除商业和法规因素等限制

GB/T 40429—2021 基于以下 6 个要素对驾驶自动化等级进行划分：

- ①是否持续执行动态驾驶任务中的目标和事件探测与响应；
- ②是否持续执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制；
- ③是否同时持续执行动态驾驶任务中的车辆横向和纵向运动控制；
- ④是否持续执行全部动态驾驶任务；
- ⑤是否自动执行最小风险策略；
- ⑥是否存在设计运行范围限制。

GB/T 40429—2021 对分级方法做了如下明确定义。

在汽车驾驶自动化的 6 个等级中,0—2 级为驾驶辅助,系统辅助人类执行动态驾驶任务,驾驶主体仍为驾驶员;3—5 级为自动驾驶,系统在设计运行条件下代替人类执行动态驾驶任务,当功能激活时,驾驶主体是系统。各级名称及定义如下:

① 0 级驾驶自动化(应急辅助,emergency assistance)系统不能持续执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制,但具备持续执行动态驾驶任务中的部分目标和事件探测与响应的能力。

② 1 级驾驶自动化(部分驾驶辅助,partial driver assistance)系统在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制,且具备与所执行的车辆横向或纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力。

③ 2 级驾驶自动化(组合驾驶辅助,combined driver assistance)系统在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向和纵向运动控制,且具备与所执行的车辆横向和纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力。

④ 3 级驾驶自动化(有条件自动驾驶,conditionally automated driving)系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务。

⑤ 4 级驾驶自动化(高度自动驾驶,highly automated driving)系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务并自动执行最小风险策略。

⑥ 5级驾驶自动化(完全自动驾驶,fully automated driving)系统在任何可行驶条件下持续地执行全部动态驾驶任务并自动执行最小风险策略。

用户与驾驶自动化系统的角色见表1.2。

表1.2 用户与驾驶自动化系统的角色

驾驶自动化等级	用户的角色	驾驶自动化系统的角色 (驾驶自动化系统激活)
0级 应急辅助	驾驶员: 执行全部动态驾驶任务,监管驾驶自动化系统,并在需要时介入动态驾驶任务以确保车辆安全	①持续地执行部分目标和事件探测与响应; ②当驾驶员请求驾驶自动化系统退出时,立即解除系统控制权
1级 部分驾驶 辅助	驾驶员: ①执行驾驶自动化系统没有执行的其余动态驾驶任务; ②监管驾驶自动化系统,并在需要时介入动态驾驶任务以确保车辆安全; ③决定是否及何时启动或关闭驾驶自动化系统; ④在任何时候,可以立即执行全部动态驾驶任务	①持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制; ②具备与车辆横向或纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力; ③当驾驶员请求驾驶自动化系统退出时,立即解除系统控制权
2级 组合驾驶 辅助	驾驶员: ①执行驾驶自动化系统没有执行的其余动态驾驶任务; ②监管驾驶自动化系统,并在需要时介入动态驾驶任务以确保车辆安全; ③决定是否及何时启动或关闭驾驶自动化系统; ④在任何时候,可以立即执行全部动态驾驶任务	①持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向和纵向运动控制; ②具备与车辆横向和纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力; ③当驾驶员请求驾驶自动化系统退出时,立即解除系统控制权