

免费提供
精品教学资料包
服务热线: 400-615-1233
www.xinsijiaocai.com

智能网联汽车 概论



中等职业教育智能网联汽车技术系列教材

智能网联汽车 概论

主编 易坤仁 刘国灿
主审 黄启敏

智能网联汽车概论

主编 易坤仁 刘国灿

西北工业大学出版社

ISBN 978-7-5775-0295-3



9 787577 502953 >

定价: 43.00元

西北工业大学出版社

中等职业教育智能网联汽车技术系列教材

智能网联汽车 概论

主 编 易坤仁 刘国灿
副主编 陆信光 杜健健
 卢远西
主 审 黄启敏



西北工业大学出版社

西安

【内容简介】 本书共分为7章,内容分别是智能网联汽车概述、智能网联汽车环境感知系统、智能网联汽车导航定位系统与高精度地图、智能网联汽车无线通信技术、智能网联汽车网络系统、智能网联汽车控制执行技术和智能驾驶应用技术。

本书既可作为中等职业院校汽车类专业相关课程的教材,也可作为社会相关机构进行技术培训的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

智能网联汽车概论 / 易坤仁, 刘国灿主编. -- 西安 :
西北工业大学出版社, 2026. 2. -- ISBN 978-7-5775
-0295-3

I. U463.67

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2026QK0856 号

ZHINENG WANGLIAN QICHE GAILUN

智能网联汽车概论

易坤仁 刘国灿 主编

责任编辑: 孙 倩

装帧设计: 黄燕美

责任校对: 朱辰浩

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029)88491757, 88493844

网 址: www.nwpup.com

印 刷 者: 河北龙大印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12.75

字 数: 215 千字

版 次: 2026 年 2 月第 1 版 2026 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5775-0295-3

定 价: 43.00 元

如有印装问题请与出版社联系调换



随着汽车智能化、网联化的发展,智能网联汽车作为新兴产物,将会带来巨大的社会价值,如改善交通状况、提供就业岗位等,并可拉动汽车、通信、电子等行业协同发展。

党的二十大报告指出:“培养造就大批德才兼备的高素质人才,是国家和民族长远发展大计。”为把党的二十大精神贯彻落实到现代职业教育中,不断完善应用型人才培养体系,提高职业院校办学能力和办学质量,笔者编写了本书。

本书内容新颖、通俗易懂,既强调基础,又体现新知识、新技术;在编写上采用图解形式和简约的文字表述,图文并茂,是一本实用、高效的智能网联汽车技术图解类教材。

本书的教学时数为 40 课时,各章的参考教学时数如下。

章 序	内 容	教学时数/课时
一	智能网联汽车概述	4
二	智能网联汽车环境感知系统	6
三	智能网联汽车导航定位系统与高精度地图	4
四	智能网联汽车无线通信技术	4
五	智能网联汽车网络系统	6
六	智能网联汽车控制执行技术	6
七	智能驾驶应用技术	10
合计		40

本书由广西理工职业技术学校易坤仁、刘国灿任主编并参与编写,广西理工

职业技术学校陆信光、杜健健和上汽通用五菱汽车股份有限公司卢远西任副主编并参与编写,广西理工职业技术学校苏俭、赵博文、陆万福和伊宁市职业技术学校魏新春一并参与编写。本书具体编写分工如下:易坤仁编写了第一章和第三章,刘国灿编写了第二章,杜健健编写了第四章第一节至第四节,苏俭编写了第四章第五节至第八节,陆信光编写了第五章,赵博文编写了第六章第一节至第三节,陆万福编写了第六章第四、第五节,魏新春编写了第六章第六节,卢远西编写了第七章。全书由广西理工职业技术学校黄启敏主审。

在编写过程中,笔者参考了大量资料与文献,在此向其作者表示感谢。

由于笔者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2025年8月

	第一章 智能网联汽车概述	1
	第一节 智能网联汽车的相关概念与分级	1
	第二节 智能网联汽车的组成与建设	8
	第三节 智能网联汽车的发展现状	12
	第四节 智能网联汽车的关键技术及发展趋势	16
	第二章 智能网联汽车环境感知系统	27
	第一节 环境感知系统概述	27
	第二节 环境感知传感器	30
	第三章 智能网联汽车导航定位系统与高精度地图 ...	53
	第一节 导航定位系统	53
	第二节 高精度地图	63
	第四章 智能网联汽车无线通信技术	69
	第一节 无线通信概述	69
	第二节 V2X 通信技术	72
	第三节 DSRC 技术	83
	第四节 LTE-V 通信技术	87
	第五节 蓝牙技术	91
	第六节 RFID 技术	95

- ▶ 第七节 NFC 技术 98
- ▶ 第八节 5G 移动通信技术 100



第五章 智能网联汽车网络系统 106

- ▶ 第一节 智能网联汽车网络的构成与特点 106
- ▶ 第二节 车载网络 109
- ▶ 第三节 车载自组织网络 117
- ▶ 第四节 车载移动互联网 122



第六章 智能网联汽车控制执行技术 128

- ▶ 第一节 线控技术 128
- ▶ 第二节 汽车线控转向系统 129
- ▶ 第三节 汽车线控驱动系统 135
- ▶ 第四节 汽车线控制动系统 139
- ▶ 第五节 汽车线控换挡系统 145
- ▶ 第六节 汽车线控悬架系统 150



第七章 智能驾驶应用技术 157

- ▶ 第一节 ADAS 的定义与类型 157
- ▶ 第二节 安全预警类 ADAS 159
- ▶ 第三节 主动控制类 ADAS 171
- ▶ 第四节 视野改善类 ADAS 185



参考文献 197

第一章

智能网联汽车概述



第一节 智能网联汽车的相关概念与分级

一、智能网联汽车及其相关概念

智能网联汽车是车联网与智能驾驶汽车技术相结合的产物。智能网联汽车与智能汽车、网联汽车、自动驾驶汽车和无人驾驶汽车密切相关。

1. 智能网联汽车

随着电子信息技术的发展,智能网联汽车进入了广泛应用的时代,成为世界各国汽车技术与产业发展的战略方向。2023年7月,由工业和信息化部、国家标准化管理委员会共同制定的《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023版)》明确了智能网联汽车的定义:智能网联汽车是具备环境感知、智能决策和自动控制,或与外界信息交互,乃至协同控制功能的汽车。

智能网联汽车可分为“智能”“网联”“汽车”三个维度。图1-1所示为智能网联汽车。

“智能”是指搭载先进的车载传感器(如摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达等)、控制器、执行器等装置和车载系统模块,具备复杂环境感知、智能化决策与控制等功能,能实现预定的驾驶任务。

“网联”是指车辆信息互联共享能力,即车辆采用新一代移动通信技术[如第



5 代移动通信技术(5G)],实现车内、车与车、车与环境之间的信息交互,并由控制器进行计算,进一步增强车辆的智能化程度和自动驾驶能力。

“汽车”是智能终端载体的形态,未来以新能源汽车为主。



图 1-1 智能网联汽车

2. 智能汽车

智能汽车是指在普通车辆上增加了先进的传感器(如雷达、摄像头等)、控制器、执行器等装置,通过车载环境感知系统和信息终端实现与车、路、人等的信息交互,使车辆具备智能的环境感知能力,能够自动分析车辆行驶的安全及危险状态,并使车辆按照人的意愿到达目的地,可以实现一部分功能替代人来操作的目的的汽车。图 1-2 所示为智能汽车。

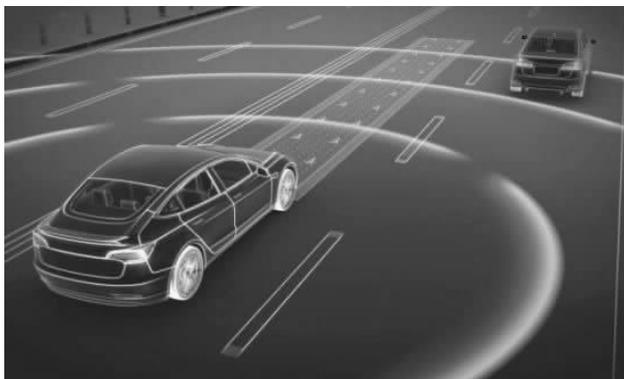


图 1-2 智能汽车

目前,典型的智能汽车是具有先进驾驶辅助系统(advanced driving assistance system,ADAS)的车辆。ADAS 包含车道偏离预警系统、车道保持辅助系统、前方碰撞预警系统、自动紧急制动(autonomous emergency braking,

AEB)系统等。ADAS 在汽车上的配置越多,汽车的智能化程度越高。

智能汽车的发展方向是自动驾驶汽车、网联汽车和智能网联汽车。智能汽车的自动化程度越高,就越接近于自动驾驶汽车;智能汽车的网联化程度越高,就越接近于网联汽车;智能汽车的自动化和网联化程度越高,就越接近于智能网联汽车。

广州橙行智动汽车科技有限公司的小鹏 P7 如图 1-3 所示,它配置了车道偏离预警系统、车道保持辅助系统、自动泊车辅助系统、自适应巡航控制系统等,属于智能化较高的智能汽车。



图 1-3 小鹏 P7

3. 网联汽车

网联汽车是指基于通信网络,可实现车与车、车与网络中心、车与交通系统等服务中心之间的连接,甚至可以是车与住宅、车与办公室、车与道路基础设施等之间的连接的汽车,即可以实现车内网络与车外网络之间的信息交互,实现人-车-环境的信息交互与共享的汽车。

网联汽车最初阶段的车载信息技术主要是通过内置在汽车上的计算机网络技术,借助无线通信技术、卫星导航技术,实现文字、图像、语音信息交换。

网联汽车现阶段的车载信息技术则是基于地理信息系统技术、卫星导航技术、无线通信技术和智能交通系统技术,主要实现卫星定位导航、娱乐信息播放、交通信息预报、车辆救援等。图 1-4 所示为网联汽车的应用。

智能交通系统是未来的发展方向,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、电子控制技术、运筹学、人工智能等有效地集成

应用于地面通信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。

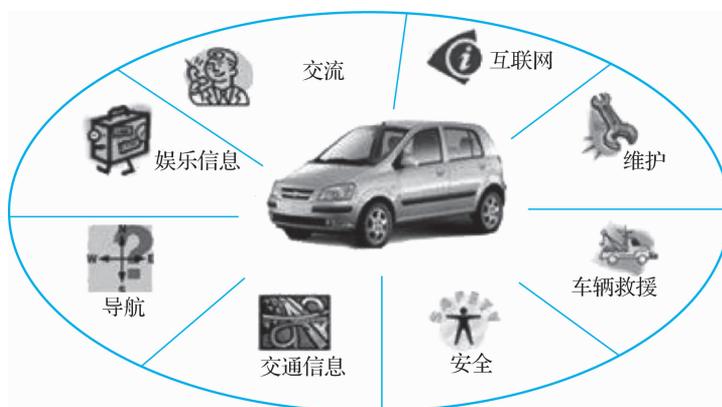


图 1-4 网联汽车的应用

4. 自动驾驶汽车

自动驾驶汽车是指汽车至少在某些具有关键安全性的控制功能方面无需驾驶员直接操作即可自动完成控制动作的车辆。与智能汽车不同,自动驾驶汽车除了实现驾驶辅助的基本功能外,还允许驾驶员将注意力从交通路况和控制车辆的思想中解放出来,但是驾驶员仍需要坐在车里,在自动驾驶退出或者尚未启动时控制车辆。

自动驾驶汽车至少包括车道保持辅助系统、自适应巡航控制系统、自动紧急制动系统和自动泊车辅助系统。

上海蔚来汽车有限公司(简称蔚来)的 ET7 如图 1-5 所示,其属于 L3 级的自动驾驶汽车,配备了自适应巡航控制系统、自动变道辅助系统、自动泊车辅助系统、车道保持辅助系统、车道偏离预警系统等。



图 1-5 蔚来 ET7

自动驾驶汽车的终极阶段是无人驾驶汽车。

5. 无人驾驶汽车

无人驾驶汽车是通过车载环境感知系统感知道路环境,自动规划和识别行车路线并控制车辆到达目的地的智能汽车。它利用车载传感器来感知车辆周围环境,并根据所获得的道路状况、车辆位置和障碍物信息,控制车辆的航向和速度,从而使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。图 1-6 所示为 Pony 无人驾驶汽车。



图 1-6 Pony 无人驾驶汽车

无人驾驶汽车集自动控制、体系结构、人工智能和视觉计算等众多技术于一体,可以在限定的环境乃至开放环境下完成全部的驾驶任务,而不需要人为操控。无人驾驶汽车与智能汽车相比,具有更先进的环境感知系统、中央决策系统以及底层控制系统。无人驾驶汽车是汽车智能化和网联化的终极发展目标,也是未来汽车发展的方向。

二、智能网联汽车的分级

1. 美国汽车工程师学会对自动驾驶的分级

2018 年,美国汽车工程师学会(SAE)对自动驾驶的分级进行了修订,见表 1-1。

表 1-1 SAE 对汽车自动驾驶的分级

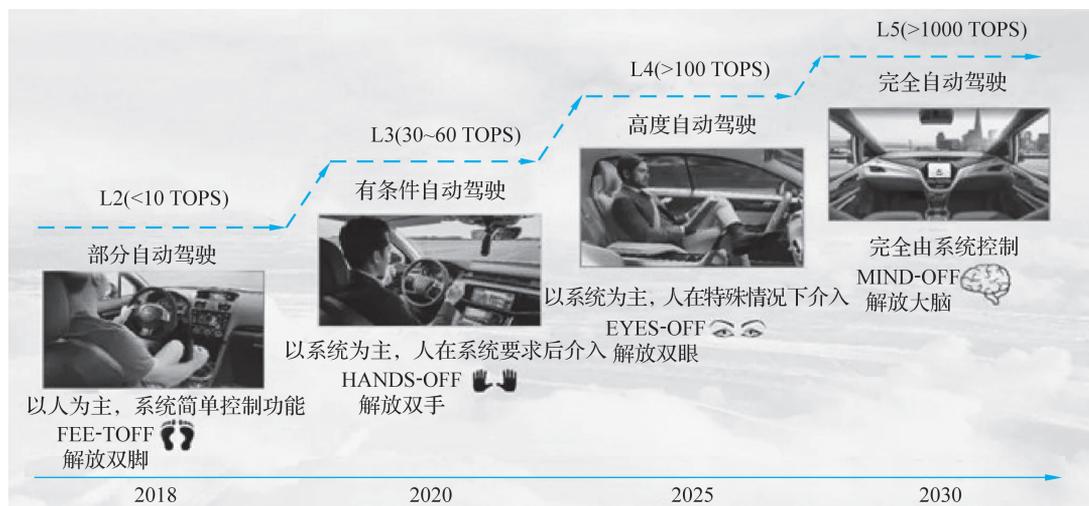
项 目	分 级					
	L0	L1	L2	L3	L4	L5
称 呼	无自动化	驾驶支持	部分自动化	有条件自动化	高度自动化	完全自动化
定 义	由驾驶员全权驾驶汽车,驾驶员在行驶过程中可以得到警告	通过驾驶环境对转向盘和加减速中的一项操作提供支持,其余由驾驶员进行操作	通过驾驶环境对转向盘和加减速中的多项操作提供支持,其余由驾驶员进行操作	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作,根据系统要求提供应答	由无人驾驶系统完成驾驶操作,根据系统要求适当提供应答;限定道路和环境条件	由无人驾驶系统完成驾驶操作,驾驶员在特定情况下接管;不限定道路和环境条件

续表

项目	分级					
	L0	L1	L2	L3	L4	L5
主体	驾驶操作	驾驶员	驾驶员/系统	系统		
	周边监控	驾驶员			系统	
	支援	驾驶员			系统	
	系统作用域	无	部分			全域

汽车自动驾驶按自动化程度分为6个等级,数值越高,代表自动驾驶的成熟度就越高。自动驾驶覆盖L1~L5级整个阶段,在L1级、L2级阶段,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者纵向某一方面的自主控制,完成感知、决策、控制、执行这一完整过程。随着层级的提高,对系统的要求也随之提高。在L3~L5级阶段,它们能够在某一环节为驾驶员提供辅助甚至能够代替驾驶员,优化驾车体验。

图1-7所示为不同自动驾驶级别的算力需求。



注:TOPS(tera operations per second)是处理器运算能力单位,1TOPS代表处理器每秒钟可进行一万亿次操作。

图1-7 不同自动驾驶级别的算力需求

2. 我国对自动驾驶的分级

2022年3月1日,《汽车驾驶自动化分级》(GB/T 40429—2021)开始实施,其将驾驶自动化分为0~5共6个等级。表1-2为我国驾驶自动化等级与划分要素的关系。

表 1-2 我国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	驾驶员和系统	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
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

0 级: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。

1 级: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。

2 级: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 级:系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务。

4 级: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。

5 级: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。

驾驶员对车辆的控制权,可以分为驾驶员拥有车辆全部控制权、驾驶员拥有车辆部分控制权、驾驶员不拥有车辆控制权 3 种形式。当驾驶员拥有车辆控制权时,车辆 ADAS 的配置越多,技术越成熟,驾驶员对车辆的控制权就越少,车辆自动化程度就越高。

第二节 智能网联汽车的组成与建设

一、智能网联汽车的组成

智能网联汽车以汽车为主体,利用环境感知技术实现多车辆安全驾驶,通过通信网络等手段,为用户提供多样化的信息服务。智能网联汽车的组成如图 1-8 所示。



图 1-8 智能网联汽车的组成

1. 环境感知层

环境感知层的主要功能是通过车载环境感知技术(如车载摄像头、激光雷达等)、卫星定位技术、车内网技术、4G/5G 及 V2X(vehicle to everything,一种车辆与外界通信的技术)无线通信技术,实现对车内与车外(如道路、车辆和行人

等)静态、动态信息的提取和收集,并向智能决策层输送信息。环境感知层是智能网联汽车各类功能实现的前提。

2. 智能决策层

智能决策层的主要功能是接收环境感知层的信息并进行分析、处理,做出自动驾驶行为决策。智能决策层对道路、车辆、行人、交通标志和交通信号等进行识别,分析、判断车辆需要采取的驾驶模式和将要执行的操作,并向车辆控制和执行层输送指令。智能决策层是智能网联汽车各项功能得以实现的核心。

3. 控制和执行层

控制和执行层的主要功能是根据智能决策层的指令对车辆进行操作和协同控制,并通过交互系统向驾驶员提供道路交通信息、安全信息、娱乐信息、救援信息等,保障汽车安全行驶和舒适驾驶。

例如,车辆的毫米波雷达前方碰撞预警系统探测到前方车辆的信息(如距离、车速等)和道路信息(如车道线等),并将这些信息传输给智能决策层,从而判断车辆是否处于安全车距,再将判断结果传输到控制和执行层,发出预警信息,保障车辆安全行驶。图 1-9 所示为毫米波雷达前方碰撞预警系统工作示意图。

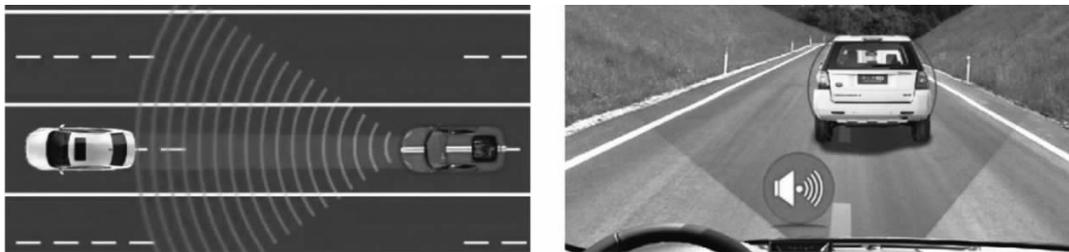


图 1-9 毫米波雷达前方碰撞预警系统工作示意

二、智能网联汽车的建设

1. 智能网联汽车的建设阶段及目标

《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023版)》提出,根据智能网联汽车技术现状、产业需要及未来发展趋势,分阶段建立适应我国国情并与国际接轨的智能网联汽车标准体系。

第一阶段到 2025 年,系统形成能够支撑组合驾驶辅助和自动驾驶通用功能

的智能网联汽车标准体系。制修订 100 项以上智能网联汽车相关标准,涵盖组合驾驶辅助、自动驾驶关键系统、网联基础功能及操作系统、高性能计算芯片及数据应用等标准,并贯穿功能安全、预期功能安全、网络安全和数据安全等安全标准,满足智能网联汽车技术、产业发展和政府管理对标准化的需求。

第二阶段到 2030 年,全面形成能够支撑实现单车智能和网联赋能协同发展的智能网联汽车标准体系。制修订 140 项以上智能网联汽车相关标准并建立实施效果评估和动态完善机制,满足组合驾驶辅助、自动驾驶和网联功能全场景应用需求,建立健全安全保障体系及软硬件、数据资源支撑体系,自动驾驶等关键领域国际标准法规协调达到先进水平,以智能网联汽车为核心载体和应用载体,牵引“车-路-云”协同发展,实现创新融合驱动、跨领域协同及国内国际协调。

2. 智能网联汽车的建设思路

智能网联汽车标准体系建设思路是:适应我国智能网联汽车在新发展阶段的新趋势、新业态和新需求,围绕智能化和网联化协同创新发展,兼顾企业产品研发、产业生态建设和政府行业管理需要,同步推进技术创新发展和基本安全保障,统筹国内国际标准法规制定协调,构建科学合理、开放创新、协调兼容的智能网联汽车标准体系,为我国智能网联汽车发展发挥引领和基础支撑作用。

智能网联汽车涉及汽车、通信、信息、网络、交通等多领域技术,其技术架构较为复杂,可划分为“三横两纵”式关键技术架构,如图 1-10 所示。“三横”是指车辆关键技术、信息交互关键技术与基础支撑关键技术,“两纵”是指支撑智能网联汽车发展的车载平台与基础设施。基础设施包括交通设施、通信网络、大数据平台、定位基站等,逐步向数字化、智能化、网联化和软件化方向升级,以支撑智能网联汽车的发展。

结合智能网联汽车与移动终端、基础设施、智慧城市、出行服务等相关要素的技术关联性,体现跨行业协同特点,共同构建以智能网联汽车为核心的协同发展有机整体,更好地发挥智能网联汽车标准体系的顶层设计和指导作用,图 1-11 所示为智能网联汽车标准体系技术逻辑框架。



图 1-10 智能网联汽车的“三横两纵”式关键技术架构

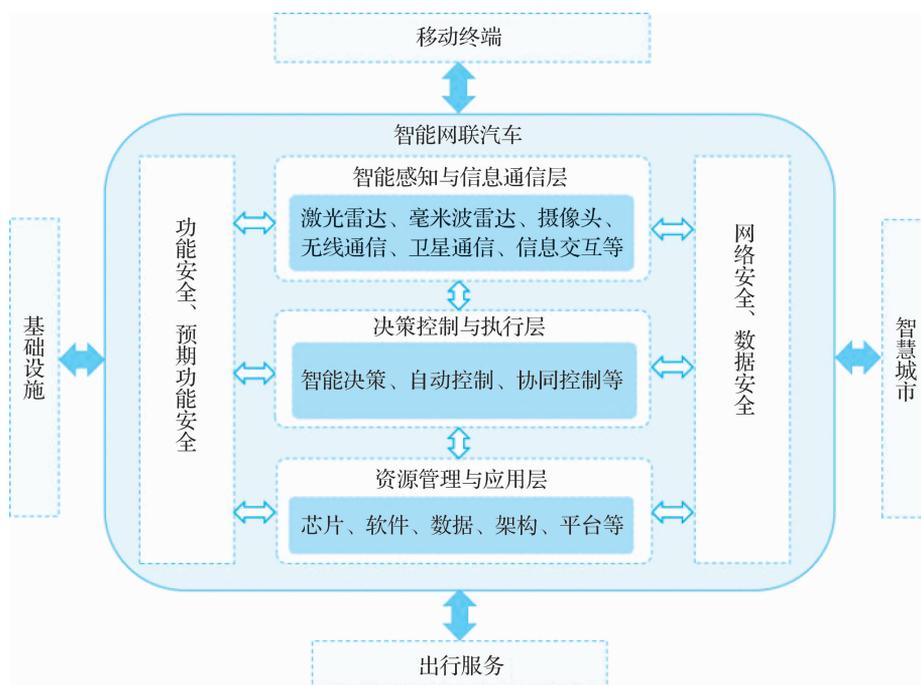


图 1-11 智能网联汽车标准体系技术逻辑框架

第三节 智能网联汽车的发展现状

一、国外智能网联汽车的发展现状

研究表明,在智能网联汽车的初级阶段,采用先进驾驶辅助技术可减少 50%~80% 的交通事故,而进入智能网联汽车的终极阶段(无人驾驶阶段),则有望实现零伤亡乃至零事故,帮助人们摆脱繁重且枯燥的驾驶任务。

美国、德国、法国、英国、日本等发达国家将自动驾驶技术视为未来交通发展的重要方向,在技术研发、道路测试、标准法规和政策等方面,为智能网联汽车的发展提供了重要支持。

1. 美国自动驾驶汽车技术发展现状

2013 年,美国国家高速公路交通安全管理局就已经发布了《关于自动驾驶汽车的初步政策》,并制定了支持自动驾驶技术发展和推广的自动驾驶安全标准。

2017 年 9 月,美国交通部发布了名为《自动驾驶系统 2.0:安全愿景》的自动驾驶汽车指南,该指南被业界视为自动驾驶汽车发展的指导方针。同月,美国众议院一致通过了《自动驾驶法案》,为美国自动驾驶汽车的成功开发、技术创新、技术测试和安全部署提供了重要支持,该法案要求自动驾驶汽车生产商或者系统提供商需要向监管部门提交安全评估证明,以证明其自动驾驶汽车在数据、产品、功能等各个方面采取了足够的安全措施。同时,该法案还要求生产商必须制订隐私保护计划,包括对车主以及乘客信息的收集、存储、使用等方面的保护措施。

2018 年 10 月,美国交通部发布了自动驾驶指导政策《自动驾驶汽车 3.0:准备迎接未来交通》,致力于消除制约自动驾驶车辆发展的政策壁垒,并支持将自动驾驶车辆纳入整个交通系统。

2020 年,美国白宫和美国交通部共同发布了《自动驾驶汽车 4.0:确保美国在自动驾驶技术方面的领导地位》,提出涵盖用户、市场以及政府三个方面的十大技术原则。在保护用户与群体方面,一是安全优先,二是强调技术与网络安全,

三是确保隐私与数据安全,四是强化机动性与可达性。该战略提出,自动驾驶是先进制造、先进计算技术、高速通信技术、先进传感器、计算机视觉、机器学习以及人工智能等技术创新融合的结果;同时,应将自动驾驶的开发工作列为政府部门研究与开发预算的优先事项,积极出台各类保障促进政策,为自动驾驶技术提供创新要素。

2. 德国自动驾驶汽车技术发展现状

自2014年起,在欧盟市场销售的所有新车都必须配备AEB系统,没有该系统的车辆将很难获得欧盟新车安全评鉴协会五星级安全认证。沃尔沃的城市安全系统、梅赛德斯-奔驰的预安全防护系统和本田的碰撞缓解制动系统均属于这类系统。

德国在2016年推出关于自动驾驶的首套伦理道德标准,为自动驾驶系统设计和伦理道德研究提供了强有力的支持。该标准允许自动驾驶汽车在事故现场做出优先判断,并将其纳入系统的学习机制。

2017年6月,德国颁布了世界上第一部自动驾驶法——《道路交通法》第八修正案,该修正案允许自动驾驶系统在特定条件下取代人类驾驶车辆,极大地改善了德国道路的自动驾驶技术道路测试条件,推动了自动驾驶技术推动的进度。为此,德国率先开放了A9高速公路的部分路段用于自动驾驶技术测试。

3. 法国自动驾驶汽车技术发展现状

2014年,法国就公布了自动驾驶汽车发展路线图,计划在未来三年投资1亿欧元进行自动驾驶汽车实地测试;还表示在2016年年底实现全国数千公里的道路联网,并推动道路法律法规修订,以满足自动驾驶汽车上路要求。

2016年8月,法国政府正式批准外国汽车制造商在公路上测试自动驾驶汽车,此前法国政府只允许本土汽车公司在道路上测试自动驾驶技术(对测试路段和测试等级有明确要求)。法国还将自动驾驶纳入了“人工智能发展计划”和“促进增长和企业变革行动方案”中,全面推动自动驾驶技术的发展。

2018年,法国制定了自动驾驶汽车发展战略,旨在将这些机遇变为现实,并加快自动驾驶技术的发展,将其整合到现有的乘客出行及货物流通服务中。

得益于2019年12月颁布的《出行指导法》,法国成为在2022年前通过允许

自动驾驶车辆上路的法律和监管框架的欧洲国家之一。据不完全统计,法国自2021年以来已经开展了50多个自动驾驶测试项目,包括私家车和公交车等方面。

4. 英国自动驾驶汽车技术发展现状

2015年,英国政府就建立了自动驾驶汽车中心,此后积极推进政策和监管。

2017年8月,英国交通部和国家基础设施委员会发布了《联网和自主车辆网络安全的关键原则》,涵盖了个人数据安全、远程车辆控制等技术的基本原则,以确保智能汽车设计、开发和制造过程中的网络安全和信息安全。

2018年7月,英国颁布了《自动和电动车辆法案》,从保险法规的角度保护人民的安全,减轻汽车制造商和软件开发商的压力,加快智能汽车技术的发展。

2023年3月,英国网联与自动驾驶中心正式发布《2035年英国网联与自动驾驶出行产业路线图》。本报告在2030年路线图基础上进行修订,面向短期(2023—2026年)、中期(2027—2030年)和长期(2031年+)系统梳理了英国在四大创新应用场景和两大基础支撑能力方面的发展路线图,并分析潜在挑战与机遇、甄别高价值技术、提升供应链韧性,旨在帮助行业有关方深入了解行业发展战略方针和具体实施路径,最终推动英国自动驾驶出行产业有序发展。

英国正逐步落实自动驾驶汽车审批和授权机制与监管框架,目前允许自动驾驶汽车相关的商业服务和商业模式的投资;通过这些举措加速推动自动驾驶汽车的早期应用场景的规模化发展和成长。

5. 日本自动驾驶汽车技术发展现状

日本把自动驾驶作为一项重要的发展战略,是重视人工智能应用和发展汽车工业的国家之一。在2017年的智能交通系统构想及路线图中,日本明确了自动驾驶技术的推广计划:2020年实现高速公路上的L2级自动驾驶、L3级自动驾驶和特定区域的L4级自动驾驶;2025年实现高速公路上的L4级自动驾驶。

2018年3月,日本政府在“未来投资会议”上提出了《自动驾驶相关制度整备大纲》,明确了L3级汽车驾驶事故责任的定义。同年9月,日本国土交通省正式发布了《自动驾驶汽车安全技术指南》,规定了L3级和L4级自动驾驶汽车必须满足的安全条件。

2024年,日产自动驾驶汽车开始道路测试,用于解决日本的交通问题,并且

日产汽车计划于 2027 年在日本实现自动驾驶商业化。

二、国内智能网联汽车的发展现状

我国高度重视智能网联汽车的发展,2015 年,我国将智能网联汽车列为未来十年国家智能制造发展的重要领域。

2016 年,在中国汽车工程学会年会上,《节能与新能源汽车技术路线图》发布,明确了我国智能网联汽车技术路线图,以指导汽车制造商的发展和未来的产业发展。

2017 年,国务院印发《新一代人工智能发展规划》,进一步明确了自动驾驶技术自主应用的战略目标。

2018 年 4 月,工业和信息化部、公安部、交通运输部联合印发的《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》是指导智能网联汽车测试的指导性文件。该文件强调要推动汽车智能化,规范智能网联汽车道路测试管理,对提出智能网联汽车道路测试申请、组织测试并承担责任的测试主体做出明确规定,对测试驾驶员条件做出规定,对智能汽车自动驾驶功能检测项目做出说明。

2020 年 2 月,由国家发展改革委、中央网信办、科技部等 11 个部委联合发布的《智能汽车创新发展战略》提出,到 2025 年,中国标准智能汽车的技术创新、产业动态、基础设施、法规标准、产品监管和网络安全体系基本形成。实现有条件自动驾驶的智能汽车达到规模化生产,实现高度自动驾驶的智能汽车在特定环境下市场化应用。智能交通系统和智慧城市相关基础设施取得积极进展,车用无线通信网络(LTE-V2X 等)实现区域覆盖,新一代车用无线通信网络(5G-V2X)在部分城市、高速公路逐步开展应用。

2021 年 8 月,为进一步推动智能网联汽车产业健康有序发展,加强道路机动车辆生产企业及产品准入管理,工业和信息化部发布了《关于加强智能网联汽车生产企业及产品准入管理的意见》,进一步明确管理范围、强化企业主体责任、加强数据和网络安全管理、规范软件在线升级、加强产品管理和完善保障措施。

2023 年 7 月,工业和信息化部、国家标准化管理委员会联合修订发布《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023 版)》,主要针对智能网联汽车通用规范、核心技术与关键产品应用,构建包括智能网联汽车基础、技术、产

品、试验标准等在内的智能网联汽车标准体系,指导车联网产业智能网联汽车领域的相关标准制修订,充分发挥标准对车联网产业关键技术、核心产品和功能应用的引领作用,与《国家车联网产业标准体系建设指南》其他部分共同形成统一、协调的国家车联网产业标准体系架构。



第四节 智能网联汽车的关键技术及发展趋势

一、智能网联汽车的关键技术

智能网联汽车关键技术包括环境感知技术、先进驾驶辅助技术、车载网络技术、无线通信技术、智能互联技术、智能座舱技术、信息融合技术、信息安全与隐私保护技术等。

1. 环境感知技术

环境感知技术包括车辆本身状态感知、道路感知、行人感知、交通状况感知、交通标志感知、交通信号感知、周围车辆感知等,见表 1-3。环境感知技术示意图如图 1-12 所示。

表 1-3 环境感知技术

类 型	含 义
车辆本身状态感知	感知车辆位置、行驶方向、行驶速度、行驶状态等
道路感知	检测道路类型、判断道路状况、识别道路标线、是否偏离行驶轨迹等
行人感知	判断车辆行驶前方是否有行人,包括白天、夜晚、被障碍物遮挡的行人识别等
交通状况感知	检测道路交通拥堵情况、是否发生交通事故等,以便车辆选择通畅的路线行驶
交通标志感知	识别道路两侧的各种交通标志,如限速、弯道等,及时提醒驾驶员注意
交通信号感知	自动识别交叉路口的信号灯,如何高效通过交叉路口等
周围车辆感知	检测车辆前方、后方、侧方的车辆情况,避免发生碰撞,也包括交叉路口被障碍物遮挡的车辆

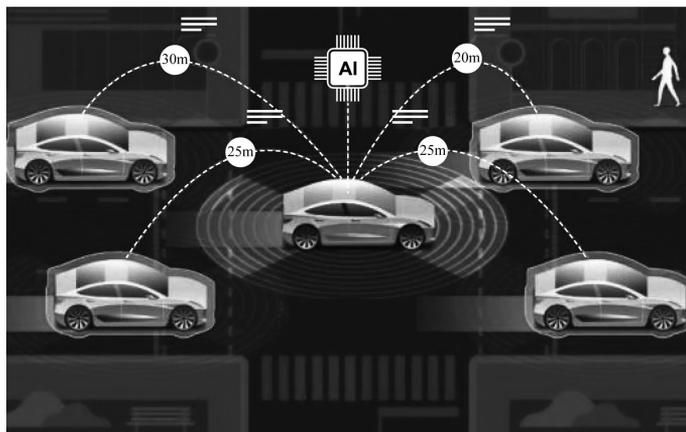


图 1-12 环境感知技术示意图

在复杂的路况下,单一传感器无法完成环境感知的全部任务,必须整合各种类型的传感器,利用多传感器融合技术为智能网联汽车提供更加真实可靠的路况环境信息。

2. 先进驾驶辅助技术

先进驾驶辅助技术通过车辆环境感知技术和智能互联技术对道路、车辆、行人、交通标志等进行检测和识别,并对识别信号进行分析处理,传输给执行机构,保障车辆安全行驶。先进驾驶辅助技术是智能网联汽车重点发展的技术,其成熟程度和使用多少代表了智能网联汽车的技术水平,是其他关键技术的具体应用体现。图 1-13 所示为先进驾驶辅助技术。



图 1-13 先进驾驶辅助技术示意

3. 车载网络技术

车载网络技术是指将汽车的内部传感器、控制器和执行器之间的通信用点对点的连接方式连成复杂的网状结构,如图 1-14 所示。目前,汽车上广泛应用的网络有控制器局域网(controller area network, CAN)、局部互连网络(local interconnect network, LIN)、FlexRay 总线和面向媒体的系统传输(media oriented system transport, MOST)总线等。随着超高清 DVD 播放系统、ADAS 等应用进入汽车,这些车载网络系统的传输速率和带宽已经无法满足需要。以太网最有可能应用于智能网联汽车,它采用星形连接架构,每一个设备或每一条链路都可以专享 100 MB 带宽,且传输速率达到万兆级。以太网的开放性、兼容性更适应未来汽车行业的发展趋势,更容易将现有的应用融入新的系统中。

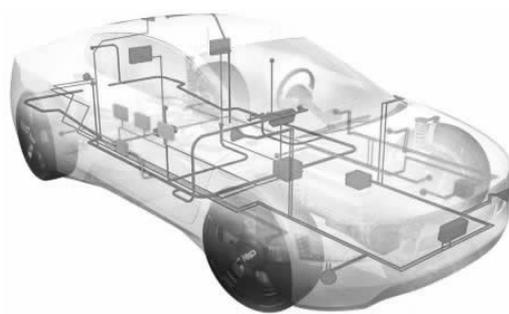


图 1-14 车载网络技术示意

4. 无线通信技术

无线通信技术包括远距离无线通信技术和近距离无线通信技术。

(1) 远距离无线通信技术。远距离无线通信技术一般指移动通信网络,以 4G/5G 技术为代表,主要提供通信、导航等功能,服务智驾智舱功能。智能终端的普及以及应用的多样化,促进了无线通信的迅速发展,5G 已进入商用阶段。

(2) 近距离无线通信技术。近距离无线通信技术包括蓝牙、专用短程通信(dedicated short range communications, DSRC)技术、车辆长期演进(long-term evolution-vehicle, LTE-V)技术、射频识别(radio frequency identification, RFID)技术等,其中 DSRC 技术和 LTE-V 技术可以实现在特定区域内对高速运动下移动目标的识别和双向通信,例如车辆与车辆(vehicle to vehicle, V2V)、车辆与基础设施(vehicle to infrastructure, V2I)双向通信,实时传输图像、语音和数据信息

等。图 1-15 所示为近距离无线通信技术。



图 1-15 近距离无线通信技术示意图

5. 智能互联技术

当两车距离较远或被障碍物遮挡,无法直接通信时,两者之间的通信能够通过路侧控制单元进行信息传递,构成一个无中心、完全自组织的车载自组织网络。车载自组织网络依靠近距离无线通信技术实现 V2V 和 V2I 之间的通信,它使在一定通信范围内的车辆可以相互交换各自的车速、位置及车载传感器感知的数据,并自动连接建立一个移动的网络。智能互联技术的典型应用包括交叉路口协助驾驶、行驶安全预警和交通信息发布等。图 1-16 所示为智能互联技术示意图。

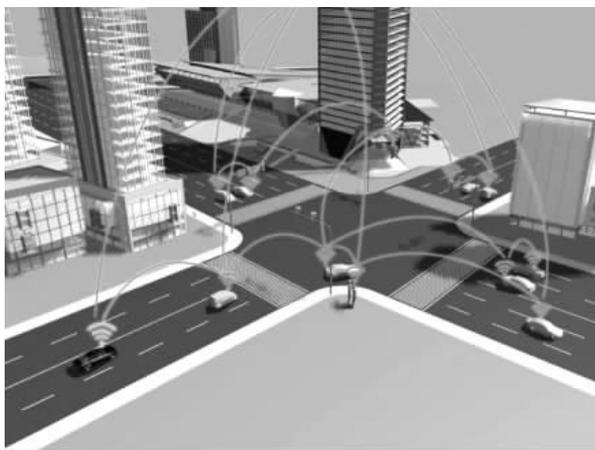


图 1-16 智能互联技术示意图

6. 智能座舱技术

智能座舱技术是在汽车座舱内采用更多的信息输入和输出系统,以及具有更高算力的芯片,通过多模态人机交互系统以及更具智能化的 AI 助手,让汽车更多地满足人们对空间、时间的愉悦要求,以及情感交互的需求。它主要由人机交互系统、导航定位系统、影音娱乐系统和信息通信系统等组成。图 1-17 所示为智能座舱技术示意图。



图 1-17 智能座舱技术示意图

根据佐思汽研的《2023 年中国汽车多模态交互发展研究报告》,智能座舱主动式、拟人化、自然化交互成为主要方向。从交互方式来看:单一模态交互,如触觉、语音等主流交互的控制范围从车内拓展至车外,指纹、肌电等新型交互方式的案例增多;多模态融合交互下,语音+头姿/人脸/唇语、面部+情绪/嗅觉等多种融合交互不断上车,旨在打造更加主动、自然的人车交互。这为智能座舱技术在汽车领域的应用开拓了新的可能性,为未来的智能化发展提供了更广阔的前景。

7. 信息融合技术

信息融合技术是指利用计算机技术对多源信息在一定准则下加以自动分析、综合处理,以实现不同应用的分类任务而进行的处理过程。该技术主要用于对多类型、多源、多平台传感器所获得的各种情报信息(如数据、视频图像等信息)进行采集、传输、汇集、分析、过滤、综合、相关及合成,快速进行情报处理和自动图形标绘。智能网联汽车采用信息融合技术,才能在采集和传输的信息种类多、数量大时,保障信息的实时性和准确性。图 1-18 所示为信息融合技术示意图。

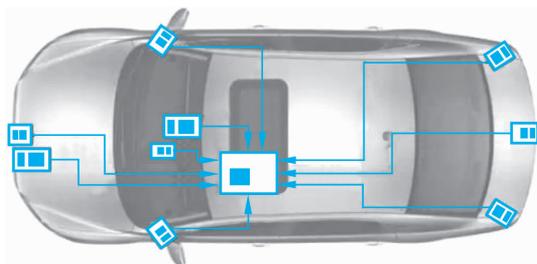


图 1-18 信息融合技术示意图

8. 信息安全与隐私保护技术

随着智能网联汽车接入网络,网络信息安全事件开始出现。在智能网联汽车的应用中,车载系统极易受到攻击,非法人员可以通过技术手段侵入车载系统,对信息进行窃取、干扰甚至修改等,这会直接影响到智能网联汽车体系的安全,甚至会影响到驾驶员的生活及其他安全。图 1-19 所示为信息安全与隐私保护技术示意图。



图 1-19 信息安全与隐私保护技术示意图

2022 年,工业和信息化部办公厅印发的《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》指出,注重总体与基础共性标准、终端与设施网络安全标准、网联通信安全标准、数据安全标准、应用服务安全标准和安全保障与支撑标准,提升标准对细分领域的覆盖程度,加强标准服务能力,提高标准应用水平,支撑车联网产业安全健康发展。

除上述关键技术外,智能网联汽车还涉及高精度地图与定位技术、虚拟测试技术、交通大数据处理与分析关键技术等先进技术。

二、智能网联汽车的关键零部件

智能网联汽车的关键零部件有车载雷达系统、车载光学系统、集成控制系统、高精定位系统、车载互联终端等。

(1)车载雷达系统。远程毫米波雷达、中程毫米波雷达、短程毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达等,国内产品有效目标识别精度与国际品牌相当,并具有成本优势,自主市场份额在 40%以上。

(2)车载光学系统。光学摄像头、夜视系统等具备图像处理和视觉增强功能,国内商品性能与国际品牌相当并具有成本优势,自主市场份额在 80%以上。

(3)集成控制系统。开发域控制器,实现对多子系统进行统一调度和管理,以满足复杂智能化功能的要求,同时进一步提高算力利用率,从而形成技术、成本的优势,自主市场份额达到 50%。

(4)高精定位系统。以北斗卫星导航系统(Beidou navigation satellite system, BDS)的亚米级高精度定位为基础,实现对全球定位系统(global positioning system, GPS)的逐步替代与升级,自主市场份额在 60%以上。

(5)车载互联终端。自主开发车载信息娱乐系统、远程通信模块和近距离通信模块,自主市场份额分别达到 70%、60%和 90%。

三、智能网联汽车的发展总体目标

《智能网联汽车技术路线图 2.0》指出,智能网联汽车发展愿景是要实现汽车强国伟大目标,使汽车社会朝着有益于文明进步、可持续轨道发展,满足人民对美好生活无限向往的需求,体现在安全、效率、节能减排、舒适和便捷、人性化等方面。

智能网联汽车发展总体目标为,到 2035 年中国方案智能网联汽车技术和产业体系全面建成,产业生态健全完善,整车智能化水平显著提升,网联式高度自动驾驶智能网联汽车大规模应用。由于采用智能化和网联化技术,驾乘安全性和舒适性显著提高,道路交通能源消耗和污染排放有效降低;中国方案智能网联汽车关键核心技术处于国际领先水平,有效助推汽车产业转型升级、新兴产业经济重构和安全、高效、绿色的汽车社会文明形成,促进建设世界汽车强国的战略

目标实现。图 1-20 所示为智能网联汽车发展总体目标。

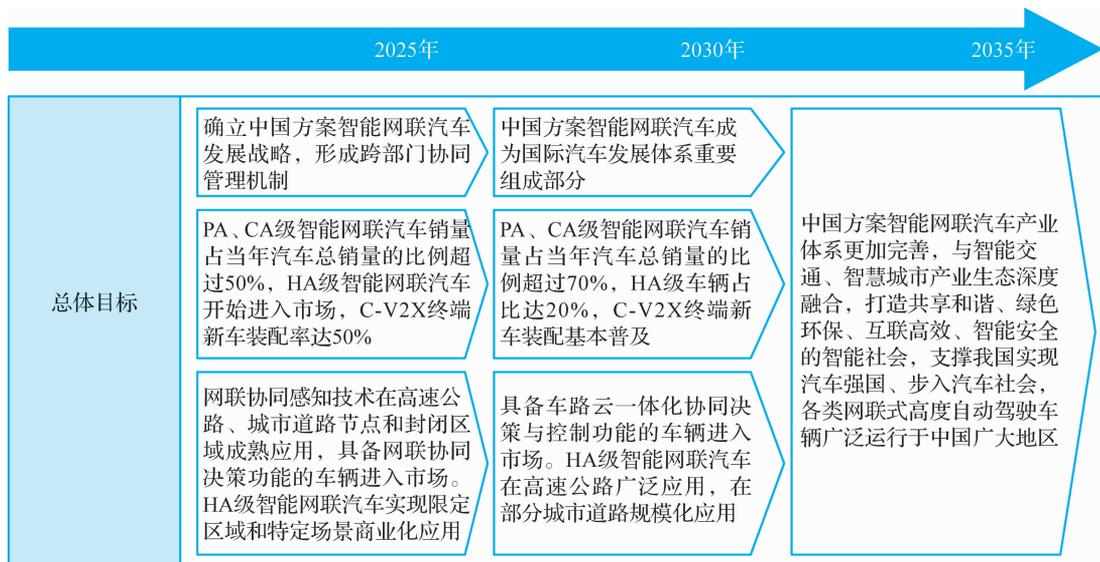


图 1-20 智能网联汽车发展总体目标

《智能网联汽车技术路线图 2.0》对于智能网联汽车未来发展的总体目标，在顶层设计、技术和产品创新能力、市场应用三个方面做出了清晰的规定，对智能网联乘用车的发展里程碑做出了规划。

1. 顶层设计

顶层设计方面包括三个发展目标：一是中国方案智能网联汽车发展战略形成，并逐渐成为国际汽车发展体系的重要组成部分；二是政策法规体系、技术标准体系、产品安全体系、运行监管体系建成并不断完善；三是汽车与交通、信息通信等产业相互赋能、协同发展，新型产业生态体系形成，智能网联汽车、智能交通、智慧城市深度融合。图 1-21 所示为智能网联汽车发展总体目标——顶层设计方面。

2. 技术和产品创新能力

技术和产品创新能力方面包括三个发展目标：一是研发体系、生产配套体系、创新产业链体系形成并持续优化；二是拥有世界排名前十的供应商企业 1~2 家，中国品牌智能网联汽车以及核心零部件国际竞争力增强；三是“人-车-路-云”高度协同，通信网络、道路交通、地图定位等智能化基础设施覆盖度高。图 1-22 所示为智能网联汽车发展总体目标——技术和产品创新能力方面。

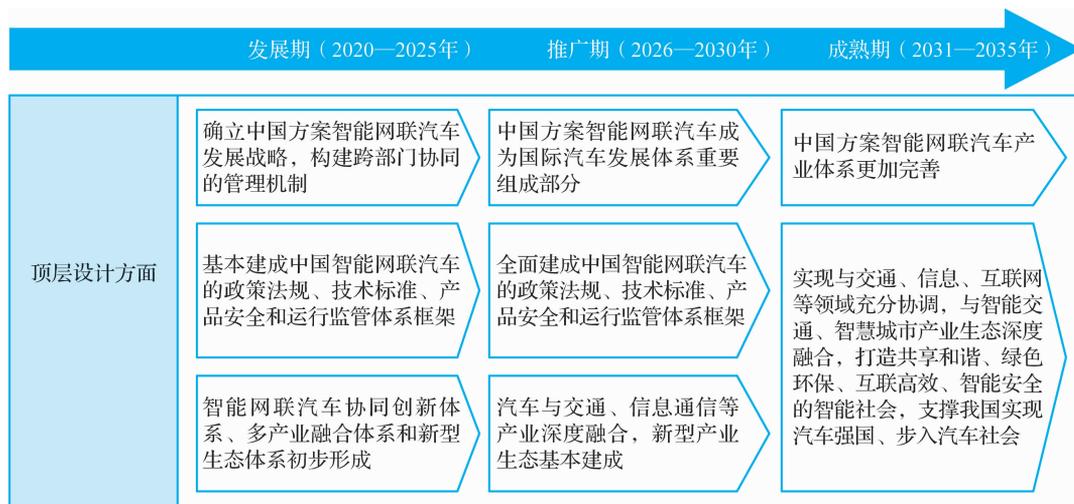


图 1-21 智能网联汽车发展总体目标——顶层设计方面



图 1-22 智能网联汽车发展总体目标——技术和产品创新能力方面

3. 市场应用

市场应用方面提出了四个发展目标: 一是 PA(部分自动驾驶)、CA(有条件自动驾驶)级智能网联汽车渗透率持续增加, 2025 年达到 50%, 2030 年超过 70%; 二是蜂窝车联网(C-V2X)终端的新车装配率 2025 年达到 50%, 2030 年基本普及; 三是在 2025 年, 高度自动驾驶车辆首先在特定场景和限定区域实现商业化应用, 并不断扩大运行范围; 四是网联协同感知、协同决策与控制功能不断应用, 车辆与其他交通参与者互联互通。图 1-23 所示为智能网联汽车发展总体目标——市场应用方面。

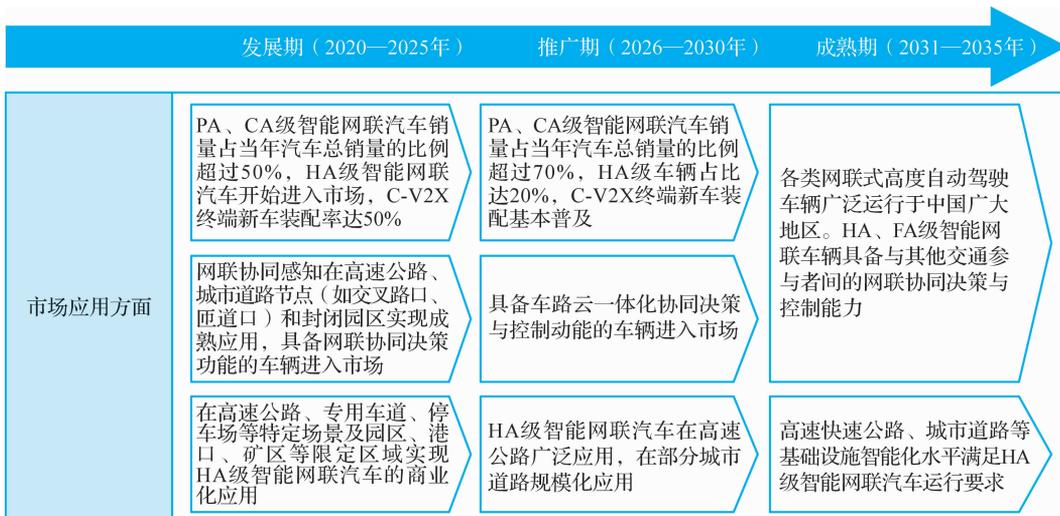


图 1-23 智能网联汽车发展总体目标——市场应用方面

4. 智能网联乘用车的发展里程碑

对于智能网联乘用车而言,《智能网联汽车技术路线图 2.0》规划,到 2025 年左右,CA 级自动驾驶乘用车技术达到规模化应用,HA(高度自动驾驶)级自动驾驶乘用车技术开始进入市场;到 2030 年左右,HA 级自动驾驶乘用车技术达到规模化应用,典型应用场景包括城郊道路、高速公路以及覆盖全国主要城市的城市道路;到 2035 年以后,FA(完全自动驾驶)级自动驾驶乘用车开始应用。图 1-24 所示为智能网联乘用车的发展里程碑。

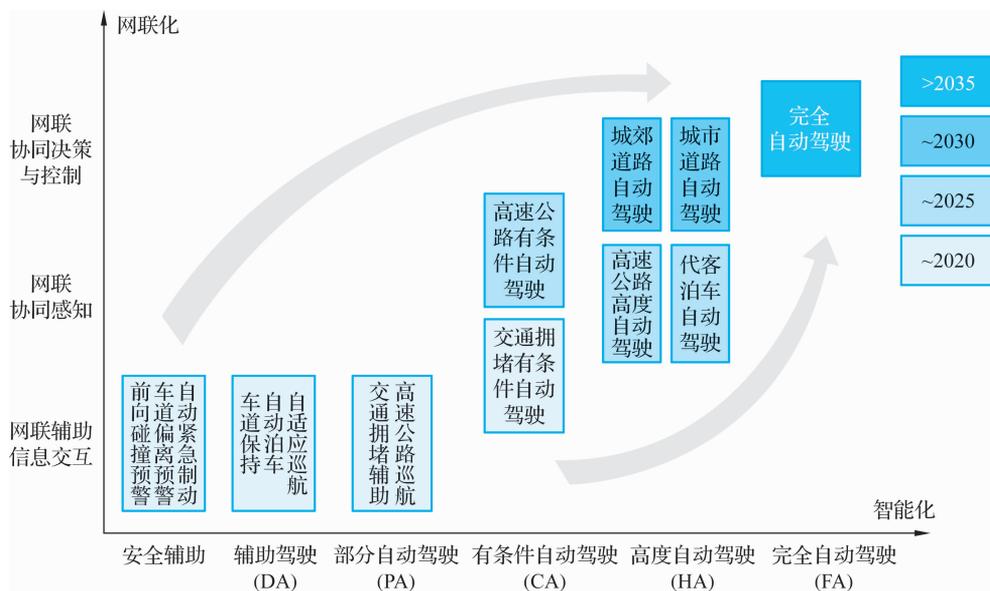


图 1-24 智能网联乘用车的发展里程碑

四、智能网联汽车的发展重点

智能网联汽车的发展重点有多方面,具体情况如下。

(1)基于网联的车载智能信息服务系统。在现有远程信息服务系统基础上,为驾驶和出行提供交通、资讯、车辆运行状态及智能控制等信息服务,突出信息化和人机交互升级。逐步普及远程通信功能,部分实现 V2X 短程通信功能,信息可用于智能化控制。

(2)驾驶辅助级智能汽车。基于车载传感器实现智能驾驶辅助,可提醒驾驶员、干预车辆,突出安全性、便利性和舒适性,使驾驶员对车辆保持持续控制。

(3)部分或高度自动驾驶级智能汽车。《智能网联汽车自动驾驶系统技术要求 第 1 部分:高速公路及快速路自动驾驶》(DB4403/T 359.1—2023)标准适用于具备 L3 级及以上自动驾驶功能的乘用车和商用车,通过建立高级别自动驾驶测试评价体系,支撑政府管理和服务企业研发。

(4)完全自动驾驶级智能汽车。制定中国版完全自动驾驶标准,利用人工智能、深度挖掘及自动控制技术,配合智能环境和辅助设施实现自动驾驶,可改变出行模式、提高道路利用率。

(5)整车信息安全防护技术。从边界防御向主动安全纵深防御体系跃升,实现威胁提前感知,动态实时响应,让汽车从攻击事件中快速恢复正常。

(6)数字化底盘线控系统。数字化底盘线控系统是智能网联汽车核心执行机构,进一步实现数字化控制,通过一体化控制,助力高度自动驾驶实现,提高自动驾驶体验。

(7)多源信息融合技术。突破环境感知与多传感器信息融合,V2X 通信模块集成,车载与互联信息融合技术。

(8)车路协同控制技术。大力建设车联网基础设施,配有相应的法规松绑和调整。

(9)基础设施与技术法规。形成中国版先进驾驶辅助、V2X 及多网融合的技术标准体系和测试评价方法,完善基于 V2X 通信标准体系的道路基础设施。