



# 绪 论

## 1.1 基本概念

智能网联汽车(Intelligent and Connected Vehicles, ICVs)是指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X(车、路、人、云等)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<sup>[1]</sup>。

智能网联汽车是自主式智能驾驶汽车与网联式汽车的结合,这里自主式智能驾驶汽车指的是不依靠网联信息的自动驾驶汽车,或又可被称为无人驾驶汽车或自动驾驶汽车;网联式汽车指的是在普通汽车的基础上增加网联通信设备,融合现代通信与网络技术,能够实现信息交换,但并不一定具备自动驾驶功能的汽车。

广义上的智能网联驾驶所包含的概念非常广泛,包括主动安全、辅助驾驶、自主式自动驾驶、网联式自动驾驶等各个方面。其中,主动安全是比较基础的功能,它是为预防和避免车辆发生事故而设计的安全系统,包括制动防抱死系统(Anti-lock Brake System, ABS)、电子制动力分配装置(Electric Brakeforce Distribution, EBD)、车身电子稳定控制系统(Electronic Stability Program, ESP)等;辅助驾驶能够有效增加汽车驾驶的舒适性和安全性,如前向碰撞预警(Forward Collision Warning, FCW)、车道偏离预警(Lane Departure Warning, LDW)、自适应巡航控制(Adaptive Cruise Control, ACC)、车道保持辅助(Lane Keeping Assist, LKA)等,基于上述功能开发的高级驾驶辅助系统(Advanced Driving Assistance System, ADAS)已被广泛商业化;自主式自动驾驶是智能网联汽车发展的高级形态,在没有网联信息的情况下可以做到一定程度的自动驾驶;网联式自动驾驶则是智能网联汽车的重要发展方向,其目标是借助网联手段实现更好、更全面的自动驾驶性能。

同时,智能网联汽车不仅指民用领域的汽车,还包括军事领域的无人平台、特种用途的地面无人车辆等。再者,它也包括各种不同形式的行走机构,如轮式、履带式、足式等。因此,从广义上来说,智能网联汽车也可以是在地面行驶的具有一定汽车性能的移动机器人。

## 1.2 发展历史

在智能网联汽车早期发展阶段,技术研发主要集中于智能化,即不同等级的汽车自动化技术上。20世纪80年代到90年代,伴随着计算机性能的提升、机器人控制技术的成熟、车

载传感品质的突破,自动驾驶技术进入了一个快速发展阶段。这一时期的显著特点是军方、大学、企业间开展了广泛合作,成功研发了多辆自动驾驶汽车原型。其中,最具代表性的成果包括美国卡内基-梅隆大学的 NavLab 系列、德国慕尼黑联邦国防军大学的 VaMoRs(P) 系列和意大利帕尔马大学视觉实验室(VisLab)的 ARGO 项目。

21 世纪初,国内外通过举行自动驾驶挑战赛来促进自动驾驶汽车及其相关技术的发展,国外最具代表性的比赛为美国国防部高级研究计划局(Defense Advanced Research Projects Agency,DARPA)举办的无人驾驶挑战赛,国内最具代表性的比赛为中国智能车未来挑战赛。

第一届 DARPA 无人车挑战赛于 2004 年在美国莫哈韦沙漠地区举行,赛事共有 21 支参赛车队参与(图 1-1),经过资格赛测试,最终共有 15 支车队进入了决赛,但在决赛中,没有一支车队完成整场比赛。所有车队中,行驶最远的是卡内基-梅隆大学的 Sandstorm 车队,共完成了 11.78 公里的路程。第一届比赛结果显示,无人驾驶车辆的定位、感知技术还不够成熟,比赛中多次发生导航定位错误、障碍物感知不准确等问题。此外,参赛车辆配备的感知系统庞大而且昂贵。第一届 DARPA 无人车挑战赛不仅是无人驾驶赛事的先驱,而且在推动无人驾驶汽车和无人驾驶技术发展方面具有里程碑的意义。

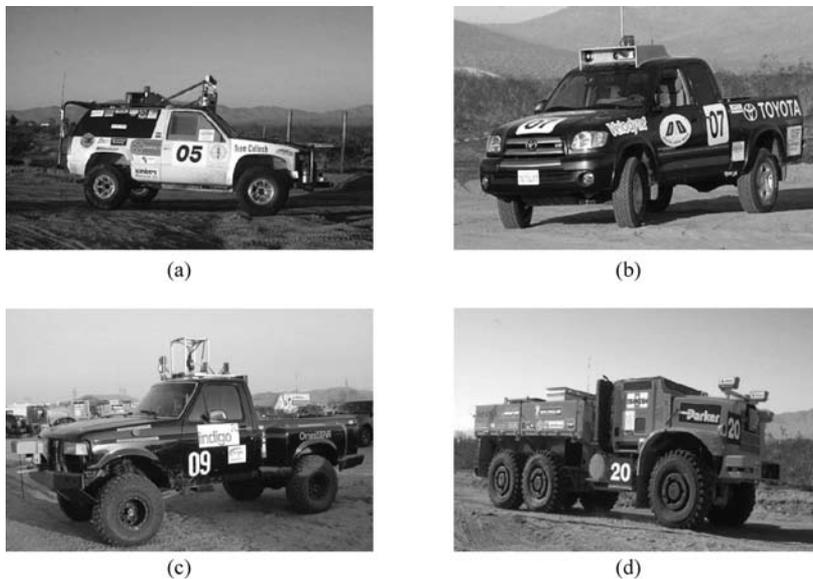


图 1-1 第一届 DARPA 无人车挑战赛中部分参赛车辆<sup>[2]</sup>  
(a) BOB; (b) Digital Auto Drive; (c) Golem 1; (d) Oshkosh truck

第二届 DARPA 无人车挑战赛于 2005 年举行,赛段全长 212 公里,赛事共有 195 支队伍申报,其中 43 支车队通过审核进入了资格赛,23 支队伍进入了决赛,5 支车队跑完了全程。其中斯坦福大学的 Stanley 获得冠军,成绩为平均速度 30.7km/h。第三届 DARPA 无人车挑战赛又被称为城市挑战赛,于 2007 年在乔治空军基地举办,赛事共有 53 支队伍报名,11 支队伍通过了资格测试,6 支车队跑完了全程。卡内基-梅隆大学的 Boss、斯坦福大学的 Junior 和弗吉尼亚理工大学的 Odin 分获前三名。第二、三届 DARPA 无人车挑战赛中部分参赛车辆,如图 1-2 所示。

DARPA 无人车挑战赛无疑促进了全世界范围内无人驾驶技术的发展。从 2004 年没有

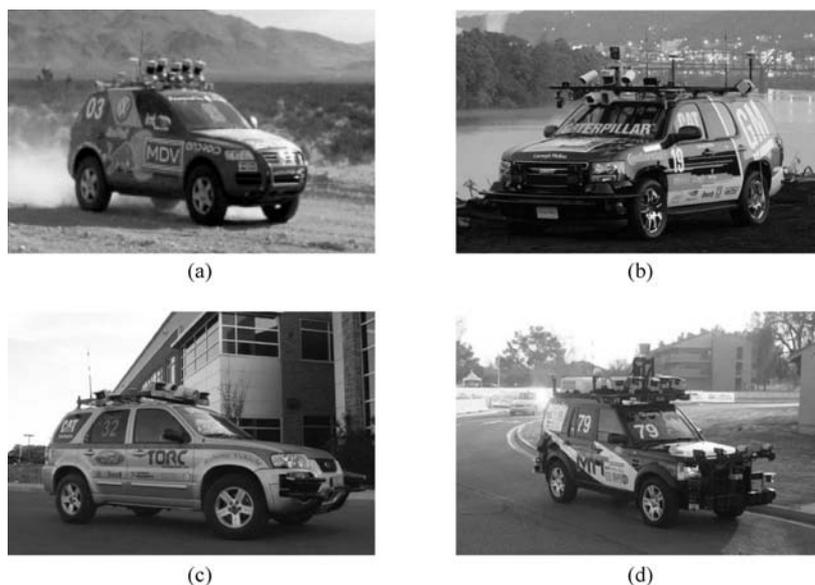


图 1-2 第二、三届 DARPA 无人车挑战赛中部分参赛车辆<sup>[3-4]</sup>

(a) Stanley; (b) Boss; (c) Odin; (d) Talus

车辆完成全部比赛,到 2005 年几乎所有决赛团队都超越了 2004 年挑战赛的最好成绩,再到 2007 年更加苛刻的场景下依然有车队较顺利地完成任务。DARPA 无人车挑战赛只用了三届比赛的时间便让我们看到了无人驾驶技术的发展速度和无人车落地的可行性。这三届 DARPA 无人车挑战赛为后续的深入研究和商业化发展打下了坚实的基础。

从 2009 年起,中国国家自然科学基金委员会连续成功举办了 11 届中国智能车未来挑战赛。挑战赛内容由初期封闭道路,到中期真实道路,再到后期真实复杂道路和交通流,见证了我国智能车技术的发展历程。中国智能车未来挑战赛不仅推动了智能车关键技术与验证平台研究的创新与发展,确保重大研究计划总体科学目标的实现,而且促进了我国在智能车辆领域的持续投入和产业生态的逐步改善。

随着自动驾驶技术的飞速发展,现代的自动驾驶技术已经成为以电动化、智能化、网联化、共享化的“新四化”为核心,涉及车辆控制、人工智能、通信等多个技术领域的综合技术。在此背景下,众多自动驾驶联盟逐步建立(图 1-3),相互之间实现优势互补。

各大联盟组成各异,风格和发展路径也有着明显的不同。宝马、英特尔与 Mobileye 领衔的自动驾驶联盟与大陆、德尔福等供应商联合,主攻单车智能下的自动驾驶技术;而大众 NAV 联盟纳入各大车联网厂商,希望以车载以太网为载体搭建面向高级自动驾驶的高速车载网络平台;丰田则面向未来出行,构建完善的车辆基础平台并向其他供应商开放相关接口,实现新一代移动服务;Waymo 公司以十几年的研发积累和海量实际道路测试数据为基础,专攻高等级自动驾驶算法和技术,以 Robotaxi 为核心商业应用,希望打造“全世界最有经验的驾驶人”;通用收购 Cruise,以该控股公司聚焦自动驾驶技术研发,以实现软硬结合的自动驾驶车辆商业化;奔驰在与宝马的合作终止后,选择了与英伟达合作开展自动驾驶芯片的研究。

中国的自动驾驶公司几乎与国外公司同时起步,总体可以分为互联网公司、初创企业和

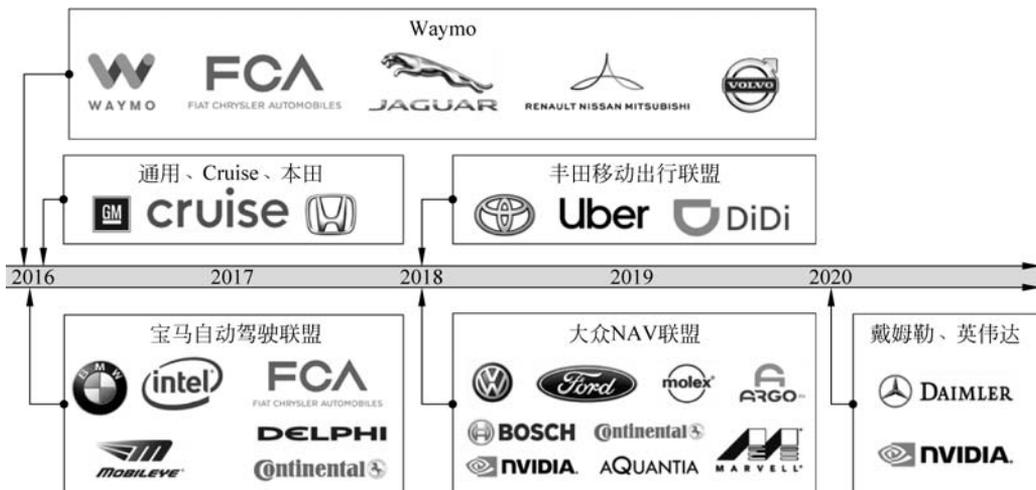


图 1-3 各大自动驾驶联盟

传统车企三类,如图 1-4 所示。互联网公司方面,百度是国内最早从事自动驾驶研发的公司之一,自 2015 年起,百度深度学习研究院开启了对自动驾驶的研发。2017 年 4 月,百度在 AI 开发者大会上发布了 Apollo,为自动驾驶相关领域提供一个开放、完整、安全的软件平台。腾讯 2016 年 9 月成立智能驾驶实验室,定位于自动驾驶系统软件与服务提供商,目前已经搭建了高精度地图、模拟仿真、自动驾驶云服务三大平台。阿里巴巴于 2017 年成立达摩院,并设立自动驾驶部门,致力于打造智慧物流运输平台,积极研发智能、安全的自动驾驶系统。初创企业以蔚来、小马智行、智行者等为代表,其技术领域包括乘用车、出租车以及特定场景车辆等。蔚来是国内初创企业中较早完成自动驾驶乘用车交付的,目前已有多个量产车型上市。小马智行在 2018 年 12 月开展自动驾驶出租车服务(Robotaxi),而智行者先从低速非载人领域切入,将自动驾驶技术应用于环卫和物流配送场景。传统车企方面,各大主机厂也在大力发展自动驾驶技术。2016 年,长安汽车发起 2000km 无人驾驶挑战,多辆基于长安睿骋研发的无人驾驶汽车从重庆出发,途经西安、郑州,最终顺利到达北京的长安分公司,完成了在结构化道路的长距离高级辅助驾驶功能展示。2018 年,上汽集团建立了上汽人工智能实验室,以上汽云计算平台、大数据平台以及业务场景为基础,创建人工智能应用和解决方案。除此之外,比亚迪、吉利、一汽等企业也在近年逐渐推出了自主研发的自动驾驶样车。



图 1-4 中国自动驾驶公司

得益于科研院所、自动驾驶创业公司、汽车制造厂商的不懈探索,智能网联汽车相关技术已经有了重大进步,但智能网联汽车的普遍应用尚需时日,目前仍存在诸多问题。

## 1.3 系统简介

### 1.3.1 体系架构简介

智能网联汽车的技术架构可划分为“三横两纵”式<sup>[1]</sup>,如图 1-5 所示。“三横”是指智能网联汽车主要涉及的车辆/设施、信息交互与基础支撑三大领域技术,包括环境感知、智能决策、控制执行、V2X 通信、云平台与大数据、信息安全、高精度地图、高精度定位、标准法规与测试评价;“两纵”是指支撑智能网联汽车发展的车载平台以及基础设施。其中,基础设施包括能够支撑智能网联汽车发展的全部外部环境条件,比如智能道路、交通设施、通信网络等。这些基础设施将逐渐向数字化、智能化、网联化和软件化方向发展。

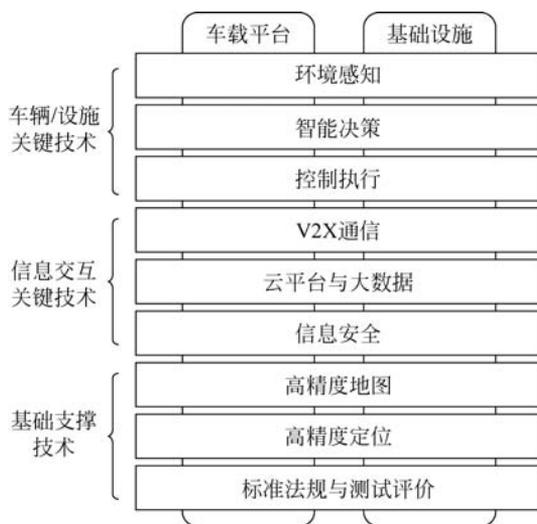


图 1-5 智能网联汽车“三横两纵”技术架构

智能网联汽车的发展与应用离不开车路云一体化的综合系统,其体系架构如图 1-6 所示<sup>[1]</sup>。该系统主要由新型架构车辆、智能基础设施体系、信息安全管理体和网联运营体系组成。车路云一体化融合控制系统(System of Coordinated Control by Vehicle-Road-Cloud Integration, SCCVRCI),利用新一代信息与通信技术,将人、车、路、云的物理层以及信息层、应用层连为一体,进行融合感知、决策与控制,可实现车辆行驶和交通运行安全、效率等性能综合提升。该系统也可称为“智能网联汽车云控系统”,或简称“云控系统”。

### 1.3.2 关键技术简介

智能网联汽车关键技术主要包括环境感知、高精度地图与定位、自主式决策与控制、智能网联汽车测试与评价等,这些技术依托于智能网联汽车硬件平台。

智能网联汽车硬件平台是实现复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能的基础。在环境感知基础硬件方面,传感器是车辆理解外部环境、保证行驶安全的基本硬件,主要包括车



图 1-6 车路云一体化系统体系架构

载视觉传感器、毫米波雷达、激光雷达和超声波传感器等。在智能网联环境下，车载感知传感器主要用于获取道路标识、交通信号、障碍物位置及可行驶区域等信息，以综合完成环境感知任务。在导航与定位基础硬件方面，定位可依靠如视觉传感器、激光雷达等不同的硬件设备实现，其中基于信号的定位最常采用的是全球卫星导航定位系统，在此基础上的航迹递推主要依赖惯性导航系统实现。在计算平台基础硬件方面，车载计算芯片是高级别自动驾驶车辆不可或缺的核心部件，其运行效率和能耗都对车辆处理数据的性能有着直接影响。在车联网基础硬件方面，无线通信技术赋能自动驾驶汽车，是网联化的基础。为了使这些硬件设备之间更好地协同工作，实现对应的感知与决策功能，需要在物理层面设计对应的连接交互关系。同时，为了更好地控制车辆，提高智能网联汽车的行驶安全性、舒适性和经济性，还需要设计上述附加系统和原车电子电气系统之间的连接交互关系。上述的各个设备主体及其在物理层面上的连接交互关系便组成了智能网联汽车的硬件架构。

环境感知技术通过安装在智能网联汽车上的传感器，完成对周围环境的识别和理解，具体任务包括目标检测、图像与点云的分割、目标跟踪、意图识别、轨迹预测与风险评估等。环境感知技术对智能网联汽车的发展有着至关重要的影响，准确、鲁棒和高效的感知算法是智能汽车安全性、舒适性的保证。传统的环境感知方法难以满足智能网联汽车的需求，而深度学习方法的迅速崛起为智能网联汽车环境感知提供了新的解决方案。另外，随着车联网技术的出现，逐渐实现了信息在车车、车路、车人及车与互联网之间的传输，这也为智能网联汽车对行驶环境的感知提供了新的手段。

高精度地图与定位技术可用来为车辆提供位置、姿态和周边道路环境信息。高精度地

图能够辅助环境感知,以厘米级的精度表示车道线、道路边缘、道路坡度与曲率等信息,同时也包含信号灯、交通标志等语义信息,是对感知系统的有力补充;高精度地图还起到辅助定位的作用,在车辆行驶过程中,将高精度地图中丰富的先验信息与车载传感器实时获取的环境信息相结合,通过地图匹配技术可精确计算出车辆在道路上的具体位置,实现更高精度定位。高精度地图与定位技术可使车辆获得超视距感知能力,实时获取前方路况信息,从而规划一条避免拥堵的可通行路径;可为车辆提供道路预警信息,在车辆经过人行横道、学校等路段时提前预警,保障行驶安全;还可对道路特征精确建模,帮助车辆更稳定地行驶在车道内。高精度地图与定位技术为智能网联汽车的规划、决策与控制等技术提供支持,是智能网联汽车解决方案的核心和基础。

自主式决策与控制技术以自车为控制对象,基于传感器、地图等输入的环境信息与驾驶目标,规划未来一段时间的行驶轨迹(包含路径及对应速度)。决策过程常基于分层式设计思路,包含参考路径生成、行为规划(如超车/换道/转向等)、运动规划三个主要步骤。车辆控制模块接收决策模块输入的目标轨迹,通过控制车辆的转向系统、油门驱动和刹车系统,使车辆按照目标轨迹行驶。车辆控制通常分为上下两层,上层输出加速度和车辆转向角,下层接收上层输出,控制车辆底层执行系统。在单车自主式决策控制的基础上,智能网联汽车协同控制技术综合所处交通环境的动态或静态信息,协同设计多个智能网联汽车的控制策略,基于此实现多车系统、车路系统等的全局协同优化。协同控制技术可以更大程度地保障每一辆车行驶性能的同时,提高交通系统的整体性能。

智能网联汽车测试与评价技术是智能网联汽车研发中的重要环节,也是智能网联技术发展的重要支撑。与 ADAS 功能不同,智能网联汽车的最终目标是可以完全替代人类进行车辆操控。由于驾驶控制权发生转移,智能网联驾驶系统将面临环境不确定性带来的诸多挑战,如多变的气象条件、道路环境以及无法预知的车辆行为等。因此,智能网联汽车的测试与评价就是要在复杂的驾驶场景下对车辆的自动驾驶功能进行评估,验证车辆功能是否满足预期设计要求。

## 1.4 等级划分

智能网联汽车技术包括智能化与网联化两个技术层面,其等级划分也可对应地按照智能化与网联化两个层面区分。

在智能化层面,按照驾驶自动化技术让汽车达到的智能化程度,国际汽车工程师协会(Society of Automotive Engineers, SAE)<sup>[5]</sup>、美国道路安全管理局(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)和中国工信部发布的《汽车驾驶自动化分级》<sup>[6]</sup>分别对智能网联汽车智能化等级进行划分,各划分的原则和内容基本相同,这里以国际汽车工程师协会的划分为例进行说明。

SAE 将驾驶自动化技术分为 L0~L5 共六个等级,其中 L0 代表没有驾驶自动化技术辅助的传统人类驾驶,L5 代表全场景完全自动驾驶,数字越大代表驾驶自动化程度越高,具体等级划分如表 1-1 所示。

表 1-1 SAE 对驾驶自动化的等级划分

分级	名称	定义	车辆横纵向运动控制	周边感知与对应决策	应急处理	设计运行范围
L0	无自动化 (No Driving Automation, NA)	驾驶任务完全由驾驶人执行,即使配备了主动安全系统	驾驶人	驾驶人	驾驶人	无
L1	驾驶辅助 (Driver Assistance, DA)	在特定场景下驾驶自动化系统可控制车辆横向或纵向运动(不可同时),其他驾驶任务由驾驶人完成	驾驶人和系统	驾驶人	驾驶人	有限
L2	部分自动驾驶 (Partial Driving Automation, PA)	在特定场景下驾驶自动化系统同时控制车辆横向和纵向运动,驾驶人需要对周边感知并做出对应决策,同时监控自动驾驶系统	系统	驾驶人	驾驶人	有限
L3	有条件自动驾驶 (Conditional Driving Automation, CA)	在特定场景下驾驶自动化系统执行所有动态驾驶任务,当驾驶自动化系统提出接管请求或者出现问题时,接管人员需要快速接管车辆	系统	系统	系统	有限
L4	高度自动驾驶 (High Driving Automation, HA)	在特定场景下驾驶自动化系统执行所有动态驾驶任务和应急处理,不需要任何人为干涉	系统	系统	系统	有限
L5	完全自动驾驶 (Full Driving Automation, FA)	在任何场景下驾驶自动化系统执行所有驾驶任务和应急处理,不需要任何人为干涉	系统	系统	系统	无限

如表 1-1 所示,SAE 对驾驶自动化的等级划分主要考虑的内容包括动态驾驶任务、应急处理和设计运行范围 (Operational Design Domain, ODD), 并依据这些内容的差别进行划分。其中,动态驾驶任务是指在道路上正常行驶所需的所有实时操作和决策,包括感知周边环境、做出相应决策、实施动作规划、进行转向灯提示转向、加减速等,但是不包括行程安排、目的地和途经地的选择等任务规划功能。车辆横纵向运动控制是动态驾驶任务中的一个子任务,它包括通过方向盘来对车辆进行横向运动操作和通过加速、减速控制车辆纵向运动。周边感知与对应决策也是动态驾驶任务中的子任务,它包括对车辆周边环境物体和事件的探测、识别、分类等感知任务,以及针对周边环境做出对应的响应和决策。应急处理是指当驾驶自动化系统失效或者出现超过系统原有的运行设计范围之外的情况时,最小化驾驶风险的操控策略。设计运行范围是指驾驶自动化系统被设计的起作用的条件及适用范围,其具体内容包含多个维度,包括但不限于天气环境、地理环境、工作时间、交通和道路特征等。

基于以上要素,SAE 对驾驶自动化的等级进行了划分。

L0 (Level 0): 无自动化。驾驶任务完全由驾驶人执行,包括制动、转向、启动加速及减速停车。即使车辆配备了主动安全系统,仍只属于 L0 等级。

L1 (Level 1): 驾驶辅助。在特定场景下驾驶自动化系统可控制车辆横向或纵向运动 (不可同时),其他驾驶任务由驾驶人完成。此阶段车辆具有有限自动控制的功能。

L2 (Level 2): 部分自动驾驶。在特定场景下驾驶自动化系统同时控制车辆横向和纵向运动,驾驶人需要负责周边环境感知并做出对应决策,同时监控自动驾驶系统。此阶段车

辆具有横纵向两种控制功能融合的控制系统,可为更高级自动驾驶奠定基础。

L3(Level 3): 有条件自动驾驶。在特定场景下驾驶自动化系统执行所有动态驾驶任务,当驾驶自动化系统提出接管请求或者出现问题时,接管人员需要快速接管车辆。此阶段车辆能够在某个特定的交通环境下实现自动驾驶,并可以自动检测交通环境的变化以判断是否返回驾驶人驾驶模式。

L4(Level 4): 高度自动驾驶。在特定场景下驾驶自动化系统执行所有动态驾驶任务和应急处理,不需要任何人为干涉。此阶段驾驶操作和环境观察均由系统完成,不需要车上人员对系统要求进行应答。

L5(Level 5): 完全自动驾驶。在任何场景下驾驶自动化系统执行所有驾驶任务和应急处理,不需要任何人为干涉。此阶段无须驾驶人和方向盘,在任何环境下系统都能完全自动控制车辆,只需提供目的地或者输入导航信息,就能够实现所有路况的自动驾驶到达目的地,达到真正的全工况完全自动驾驶阶段。

综上所述,SAE 对驾驶自动化的等级划分是逐层变化的,而各等级驾驶自动化可实现的功能也是逐级递增的。在 L0 中车辆无自动控制,但可以具备车道偏离预警、交通警报等功能。在 L1 中,车辆则可以实现单一的纵向或横向控制,支持自适应巡航(ACC)、自动紧急制动(Autonomous Emergency Braking, AEB)、车道保持辅助(LKA)等。在 L2 中驾驶自动化系统则可以同时控制车辆横向和纵向运动,在特定场景下解放驾驶人的双手和双脚,但是驾驶人仍然需要观察周边情况并做出相应决策。在 L3 中,驾驶自动化系统则可以执行全部动态驾驶任务,驾驶人只需做好准备,在车辆运行出现状况需要应急处理时接管车辆即可。L4 则是指在特定场景下完全实现自动驾驶,不需要车上人员介入驾驶,如在一些封闭园区的无人驾驶服务、特定场景的无人驾驶运营等。L5 则是终极目标,是驾驶自动化的最高形态,无条件地完全自动驾驶。

在网联化层面,按照网联通信内容的不同,将等级划分为网联辅助信息交互、网联协同感知、网联协同决策与控制三个等级<sup>[7]</sup>,如表 1-2 所示。

表 1-2 网联化等级划分

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

网联化等级 1: 网联辅助信息交互, 实现车-路、车-后台之间的通信, 车辆可通过网联获得地图、交通流量、交通标志、导航等辅助信息, 车辆的行驶数据与驾驶人操作等数据也可实现上传。该等级下, 车辆完全由人来操控, 对网联通信的传输实时性、可靠性要求较低。

网联化等级 2: 网联协同感知, 实现车-车、车-路、车-人、车-后台之间的通信, 车辆可实时获取周边交通环境信息, 将其与车载传感器的感知信息融合, 可作为自车决策与控制系统的输入。该等级下, 车辆的控制可由人与系统共同来完成, 对网联通信的传输实时性、可靠性要求较高。

网联化等级 3: 网联协同决策与控制, 实现车-车、车-路、车-人、车-后台之间的通信, 车辆可实时获取周边交通环境信息及决策信息, 车-车、车-路等各交通参与者之间信息进行交互融合, 形成车-车、车-路等各交通参与者之间的协同决策与控制。该等级下, 车辆的控制由人与系统共同来完成, 对网联通信的传输实时性、可靠性要求最高。

正如以上智能网联汽车的等级划分所示, 智能网联汽车的发展并不是一蹴而就的, 要想真正实现像人类一样随心所欲地行驶, 可能至少还需要数十年时间, 甚至可能永远无法实现。正因为如此, 在智能网联汽车的发展过程中, 人们通常采用 ODD 管理的方式来限定智能网联汽车的行驶条件(如时间、地点、道路类型、光照、天气等), 让它们在 ODD 规定范围内行驶。

比如一些城市里的无人驾驶专线车, 通过对行驶路线进行限制, 使车辆只沿固定的路段运行, 能够快速、经济、搭载乘客前往沿途的地点; 再如一些园区或是社区里的短途车辆, 由于这些区域内车速缓慢, 道路标识清晰, 而且人们出行时间也比较规律, 因此智能网联汽车能够得到较好的试用; 还有在一些农场和矿山, 智能网联汽车因为是在非公开的道路作业, 没有过多的车辆和行人需要躲避, 而且通常只是执行重复性的任务, 所以能够较快地得到应用。

汽车智能化与网联化的等级划分及发展过程如图 1-7 所示。

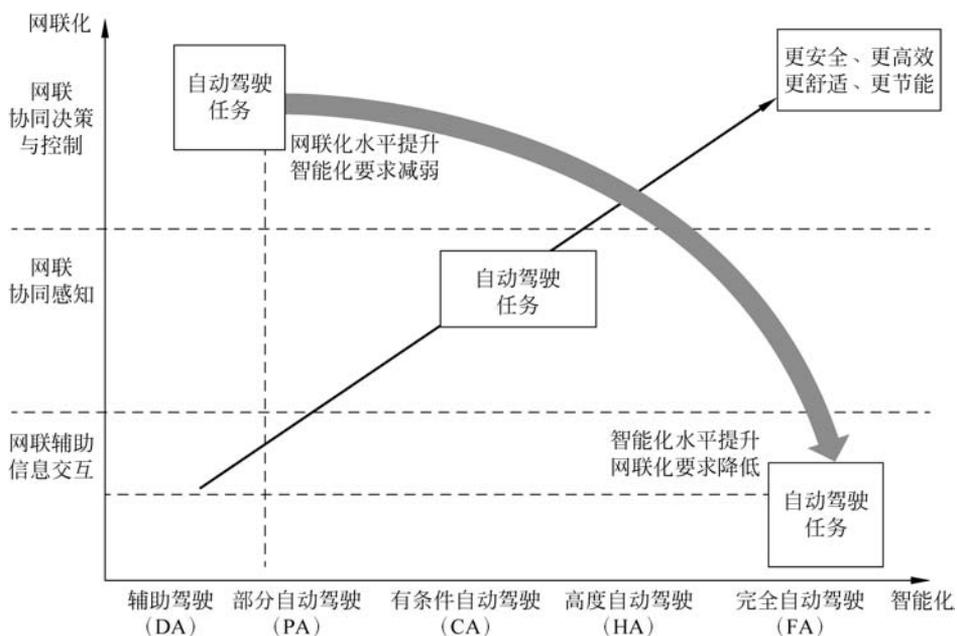


图 1-7 智能化与网联化发展示意图