

国内外自动驾驶产业政策与监管规制对 深圳产业发展的影响及借鉴研究报告

深圳市标准技术研究院

二〇二〇年九月

2019 年度深圳标准专项资金资助项目

专题报告

国内外自动驾驶产业政策与监管规制对 深圳产业发展的影响及借鉴研究报告

建设单位：深圳市标准技术研究院

完成时间：二〇二〇年九月

编委：路宏峰 刘燕克

撰稿：童生华 王欢雪 路欣 张瀚文 何璇 刘忠凯

审校：童生华 王欢雪

目 录

1. 前言.....	1
1.1 项目研究背景.....	1
1.2 项目的目的和意义.....	3
1.3 项目研究的主要内容.....	4
2. 自动驾驶汽车概述.....	5
2.1 自动驾驶汽车的定义与分级.....	5
2.1.1 欧洲有关自动驾驶汽车的分级.....	5
2.1.2 美国有关自动驾驶汽车的分级.....	6
2.1.3 中国有关自动驾驶汽车的分级.....	8
2.2 自动驾驶产业链.....	9
2.2.1 自动驾驶汽车产业链.....	9
2.2.2 自动驾驶系统产业链.....	10
2.2.3 中外自动驾驶产业链对比.....	13
2.3 车联网.....	15
3. 国内外自动驾驶技术发展情况及先进企业案例分析.....	17
3.1 国内外自动驾驶专利申请情况.....	17
3.1.1 专利申请趋势.....	17
3.1.2 领先专利权人.....	17
3.1.3 专利地域分布.....	19
3.1.4 专利组合价值评估.....	19
3.1.5 专利行业分布.....	20
3.1.6 企业对自动驾驶技术的贡献.....	20
3.1.7 自动驾驶技术 SEPs 领先持有人.....	21
3.1.8 通信技术领域专利现状.....	22
3.1.9 自动驾驶技术专利申请战略瞄准更广泛的国际保护.....	24
3.2 中、美、日、德自动驾驶技术专利竞争格局分析.....	24
3.2.1 专利技术竞争主体.....	24
3.2.2 专利技术竞争区域.....	24
3.2.3 IPC 技术领域.....	26

3.3	自动驾驶关键技术专利分析.....	27
3.3.1	智能决策技术全球态势分析.....	28
3.3.2	智能决策技术地域分布分析.....	29
3.3.3	智能决策技术申请人分析.....	29
3.3.4	智能决策技术分布情况分析.....	31
3.3.5	智能决策技术发明人分析.....	31
3.4	自动驾驶专利竞争力排名分析.....	32
3.4.1	中国专利保护协会《人工智能技术专利深度分析报告》.....	32
3.4.2	欧洲专利局发布欧洲“专利与自动驾驶”.....	33
3.4.3	德国科隆经济研究所自动驾驶专利报告.....	34
3.4.4	日本东京的研究公司 Patent Result 自动驾驶专利报告.....	35
3.5	国内外先进企业自动驾驶发展情况.....	35
3.5.1	特斯拉.....	35
3.5.2	宝马.....	36
3.5.3	大众.....	36
3.5.4	通用.....	37
3.5.5	Waymo.....	38
3.5.6	百度.....	38
3.5.7	华为.....	40
3.5.8	滴滴.....	41
3.5.9	Uber.....	42
4.	国外自动驾驶产业相关政策及监管规制情况.....	43
4.1	国际准则与认证.....	45
4.1.1	UN/WP.29 自动驾驶工作组及其制定的法规规则.....	45
4.1.2	ISO 及其相关 TC 制定的标准规范.....	48
4.1.3	IATF 及汽车质量管理体系标准 IATF 16949.....	57
4.1.4	ISO/IEC JTC1/SC7 及 ASPICE 认证.....	57
4.2	美国.....	59
4.2.1	美国自动驾驶产业发展现状.....	59
4.2.2	美国自动驾驶汽车相关政策.....	60

4.2.3	美国自动驾驶相关管理机构.....	63
4.2.4	美国自动驾驶汽车相关法规.....	64
4.2.5	美国自动驾驶汽车相关标准规范.....	65
4.3	欧洲国家.....	70
4.3.1	欧洲国家自动驾驶产业发展现状.....	70
4.3.2	欧盟自动驾驶汽车相关政策.....	73
4.3.3	欧盟自动驾驶相关管理机构.....	76
4.3.4	欧盟自动驾驶汽车相关法规.....	77
4.3.5	欧盟自动驾驶汽车相关标准规范.....	80
4.3.6	欧盟重要成员国自动驾驶汽车监管规制.....	82
4.4	日本.....	83
4.4.1	日本自动驾驶产业发展现状.....	84
4.4.2	日本自动驾驶汽车相关政策.....	87
4.4.3	日本自动驾驶相关管理机构.....	89
4.4.4	日本自动驾驶汽车相关法规.....	92
4.4.5	日本自动驾驶汽车相关标准规范.....	94
5.	中国自动驾驶产业相关的产业规划、政策及监管规制情况.....	96
5.1	中国自动驾驶产业发展现状.....	96
5.2	中国自动驾驶相关的产业规划及发展政策.....	100
5.3	中国自动驾驶相关的法律法规.....	101
5.4	中国自动驾驶相关的标准规范.....	104
5.4.1	全国智能运输系统标准化技术委员会.....	104
5.4.2	全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会.....	105
5.4.3	其他相关标准/计划	108
5.5	中国主要省市自动驾驶产业发展及政策规制情况.....	111
5.5.1	北京市.....	111
5.5.2	上海市.....	114
5.5.3	江苏省.....	115
5.5.4	广州市.....	116
6.	国内外自动驾驶产业政策与监管规制对深圳产业发展的影响及借鉴.....	117

6.1	自动驾驶汽车的风险分析.....	117
6.1.1	技术瓶颈使得自动驾驶汽车功能并不完善.....	117
6.1.2	自动驾驶汽车的技术缺陷对人类生命安全存在潜在威胁.....	118
6.1.3	相关立法的缺失使人类生命财产面临巨大风险.....	119
6.2	国内外自动驾驶产业发展存在的问题与发展趋势.....	120
6.2.1	自动驾驶汽车产业发展存在的问题.....	120
6.2.2	自动驾驶汽车产业发展的特点及趋势.....	123
6.3	深圳自动驾驶产业发展现状与政策规制情况.....	125
6.3.1	产业发展.....	125
6.3.2	政策规制.....	126
6.3.3	中国（深圳）自动驾驶汽车产业规制建设存在的问题.....	128
6.3.4	国内外自动驾驶产业政策与监管规制对深圳产业发展的影响分析	129
6.4	主要国家在自动驾驶道路测试规制特点及对比.....	132
6.4.1	管理方式.....	133
6.4.2	测试主体.....	136
6.4.3	测试人员.....	137
6.4.4	测试车辆.....	137
6.4.5	资格评审.....	140
6.5	深圳自动驾驶产业发展与规制建设的建议.....	141
6.5.1	完善道路测试立法及标准体系建设.....	143
6.5.2	确立适用智能网联汽车的认证监管制度.....	143
6.5.3	建立管理部门对产业的运行监测管理制度.....	145
6.5.4	先行先试，建立自动驾驶“双轨制”保险制度.....	146
6.5.5	健全自动驾驶领域的信息与数据安全管理制度.....	146
6.5.6	加大自动驾驶领域的人才培养及引进力度.....	148
	参考文献.....	150

1. 前言

1.1 项目研究背景

目前，自动驾驶汽车整体处于内测阶段，但辅助驾驶系统 ADAS 已逐渐应用于新车。根据艾媒咨询数据，2016 年全球 ADAS 市场规模约为 40 亿美元，法律法规是限制自动驾驶发展的主要因素。随着技术的成熟与产业化和各国政府对自动驾驶的支持，未来自动驾驶市场规模将加速增长。英国著名市场研究机构 TechNavio 和 Strategy Analysis 预测，2020 年全球 ADAS 市场规模将在 176-300 亿美元。以此计算，2016-2020 年年均增长率在 45%-65%。

基于人工智能、通信技术、地图数据、车联网等技术的自动驾驶在安全性、节约能源资源和高效利用道路资源性、时效性等方面具有很强的优势。美国未来能源公司的报告称，自动驾驶技术会对美国的就业率产生细微的负面影响，但是在经济上的好处则显而易见——“大规模的经济效益到 2050 年会创造大约 8000 亿美元的社会效益和经济效益，其中大多数来自于交通事故发生率的降低、上班时间的缩短、能源安全、减少对石油的依赖以及环境效益等。”

1) 自动驾驶汽车已成为全球汽车产业发展的战略制高点，多国均为自动驾驶立法。当前，自动驾驶正处于技术快速演进、产业加速布局的发展阶段，全球多数国家已将自动驾驶汽车发展纳入国家顶层规划。美国、欧盟、日本、新加坡、韩国、荷兰、瑞典等均在积极推进自动驾驶的相关立法工作，主动破解制约技术发展的制度瓶颈。如美国的《自动驾驶汽车政策指南》和《为未来交通做准备：自动驾驶汽车 3.0》、欧盟的《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》、日本对《道路运输车辆法》和《道路交通安全法》的修订以及日本与德国联合提出的有关制定自动驾驶国际安全基准的方案等。美国是自动驾驶汽车立法的先行者，目前已有 30 多个州开放了自动驾驶路测。

2) 自动驾驶是国家顶层规划的重要关注点，是国家重点支持发展的领域。从 2015 年的《中国制造 2025》，2017 年的《汽车产业中长期发展规划》，到 2018 年 12 月的《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》，到 2019 年 5 月的《2019 年智能网联汽车标准化工作要点》，再到 2020 年的《智能汽车创新发展战略》，等，这些政策为我国自动驾驶汽车的发展明确了方向和目标，奠定了产业发展的

政策基础。中国以百度为代表的互联网企业、传统 IT 企业、传统车厂均开始进入自动驾驶领域。目前，北京、保定、上海、重庆、深圳、长沙、长春、平潭、广州等九个城市先后出台了自动驾驶路测法规。截至 2019 年 5 月底，全国已有 13 个城市发放了约 105 张自动驾驶路测牌照。

3) 自动驾驶是汽车智能化发展的必然趋势，企业纷纷加强在自动驾驶汽车领域的战略布局。特斯拉、宝马、大众、通用、长安、一汽、吉利等国内外整车企业均围绕自动驾驶汽车进行多方战略布局，加大在自动驾驶汽车领域的投资。来自互联网、信息技术、电子科技等非汽车领域的企业也纷纷布局自动驾驶相关业务。谷歌自 2009 年开始无人驾驶测试，其旗下无人驾驶汽车 Waymo 是全球无人驾驶路测数据最高的公司；百度计划在 2020 年前开放高速公路和普通城市道路上的全自动驾驶；华为于 2018 年与奥迪合作推动汽车自动驾驶和数字化服务发展；Uber 瞄准自动驾驶与城市交通两大大方向，从人才和资金方面加大对自动驾驶汽车技术的研发。

4) 自动驾驶汽车产业界监管法规及标准体系尚不完善。为了实现安全无忧的自动驾驶，系统需要具备以下特性：①可靠：超低故障率（汽车级品质）；②安全：强大的故障检测能力（ISO26262）；③可用：正确操作准备就绪（能够区分安全相关和非安全相关的故障）；④容错：即便在发生故障时，也可以继续操作（降低性能/功能，仅可继续操作重要功能）；⑤可信赖：故障预测功能能够提前检测故障（离线测试）。目前，以自动驾驶为主题的全球产业竞争正在展开。作为一个新兴业态，在实现商业化的过程中，自动驾驶的监管机制、标准法规、基础设施等基础问题仍制约着自动驾驶汽车真正落地。智能网联作为汽车产业的一项革新技术，目前还处于发展初期，技术方面仍存在很多不确定的因素，加之产业发展的要求，制定相关的政策来引导产业健康发展就显得尤为必要。近两年出现的多起自动驾驶汽车致人死亡事故为业界及监管部门敲响了警钟。在技术快速发展的同时，如何保证自动驾驶汽车上路的安全性，如何规范开展对自动驾驶汽车上路测试的监管等，是各国政府及企业面临解决的问题。因此，完善自动驾驶领域的立法与监管规制是实现汽车自动驾驶健康发展、保证自动驾驶出行安全的重要基石。

5) 自动驾驶是深圳智慧城市建设及发展人工智能产业的重要组成部分。深

圳近年来产业结构不断转型升级，产业发展环境好，已经具备自动驾驶上下游完整产业链的构建条件。深圳从事与智能交通相关的上市企业达 19 家，是国内智能交通上市企业最集中的城市，涉及交通监控、车载 GPS 导航、智能公交、智能停车、车联网、智能出行服务、智能轨道等多个细分领域，涵盖产业链多个环节，并集聚了华为、腾讯、比亚迪、金溢科技等一批创新型发展企业。最新发布的《新一代人工智能发展行动计划（2019-2023 年）》、《关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》、《深圳市关于支持智能网联汽车发展的若干措施》等重要文件，为深圳在人工智能、5G、智能网联、智慧城市建设等自动驾驶相关领域的发展进行了部署。

受到 2020 年全球新冠肺炎疫情的影响，在各大车企停产、全球车市一片萧条的背景下，低速无人配送车、无人作业车及其自动驾驶公司获得了不少关注。

1.2 项目的目的和意义

当前，自动驾驶正处于技术快速演进、产业加速布局的发展阶段，发达国家和地区对自动驾驶给予了高度关注，主动破解制约技术发展的制度瓶颈，积极构筑自动驾驶技术体系。美国、欧盟、日本、新加坡、韩国、荷兰、瑞典等国家或地区均在积极推进自动驾驶的相关立法工作。

中国政府也高度重视自动驾驶技术的发展。交通运输部在坚持鼓励探索、包容失败、确保安全、反对垄断的原则基础上，稳步推进自动驾驶技术发展与应用。同时会同工业和信息化部、公安部等部门，在政策法规、标准规范、技术研发、试点示范等方面开展了一系列工作，已发布的《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》、《国家车联网产业标准体系建设指南》、《自动驾驶封闭测试场地建设技术指南（暂行）》等文件以及正在征求意见或起草的自动驾驶相关政策法规文件/指南等将为我国自动驾驶领域建立覆盖自动驾驶测试、运营、监管、保险等多个方面的法律法规安全监管体系。

深圳是中国改革开放的重要窗口，在在人工智能、智能传感器、5G、算法、芯片、高精地图、车载信息系统等自动驾驶相关领域的技术研发及应用均已走在全球前列，并集聚了华为、腾讯、比亚迪等一批集聚优势的创新性企业。《新一代人工智能发展行动计划（2019-2023 年）》、《关于支持深圳建设中国特色社

会主义先行示范区的意见》等重要文件的发布，为深圳自动驾驶产业领域的先行先试指明了行动方向。

在全球自动驾驶汽车快速发展过程中，近两年出现的多起自动驾驶汽车致人死亡事故为业界及监管部门敲响了警钟。在技术快速发展的同时，如何保证自动驾驶汽车上路的安全性，如何规范开展对自动驾驶汽车上路测试的监管等，是各国政府及企业面临解决的问题。监管制度的确立，不仅能为自动驾驶汽车产业的顺利发展保驾护航，也能为其研发工作指明方向、确立边界，具有十分重要的现实意义。目前全球已经有相当数量的国家或专家团队在制定自动驾驶发展相关政策标准，不少国家也出台了一些立法，但总体来说，自动驾驶产业领域还并未形成完善的监管法规及可供实施的标准规范体系。

本项目对国内外自动驾驶产业领域的产业政策、监管体制、法规体系、标准规范、国内外自动驾驶技术及专利发展情况、国内外先进企业发展案例等开展研究，将为我市相关政府部门进行产业监管提供参考与借鉴，也为我市自动驾驶相关企业了解国外专利技术与法规标准动态等提供信息指引。本项目研究契合国际、国家及深圳市多个产业发展规划及方向，具有很强的时效性和创新性。

1.3 项目研究的主要内容

本项目主要从以下几个方面开展研究：

（1）分析国内外自动驾驶产业发展现状，对欧盟、美国、日本等发达经济体在自动驾驶领域的产业政策、监管规制（含监管机构、监管机制、监管法规、标准规范等）等开展深入研究；

（2）对国内外自动驾驶汽车领域先进企业的专利情况以及国内外先进企业在自动驾驶领域的发展情况进行分析研究；

（3）结合国内外自动驾驶产业发展现状，分析国外自动驾驶汽车监管规制对深圳市乃至中国自动驾驶产业发展的影响及借鉴。

2. 自动驾驶汽车概述

2.1 自动驾驶汽车的定义与分级

自动驾驶汽车¹指主要依靠人工智能、视觉计算、雷达和全球定位及车路协同等技术，使汽车具有环境感知、路径规划和自主控制的能力，从而可让计算机自动操作的机动车辆。

汽车自动化存在着不同的层级。一些机构，如国际机动车工程师学会（SAE International, Society of Automotive Engineers，原译为美国汽车工程师学会）、德国联邦公路研究机构（German Federal Highway Research Agency）、美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）等对不同程度的自动化进行了区分。从其内容来看，分类标准层出不穷。有以人类参与度作为标准进行划分的，将其划分为4种类型：人类驾驶人对汽车进行监控以随时准备进行人工干预；人类驾驶人在机器要求的情况下进行人工干预；人类驾驶人依照自身意愿实施人工干预；人类驾驶人对自动驾驶汽车不进行任何干预。有以授权程度为标准加以划分的，可分为暂时自动驾驶系统、半自动驾驶系统和全自动驾驶系统。也有以汽车自动化程度不同为标准进行概略划分的，如德国将之划分为部分自动、高度自动以及完全自动的自动驾驶方式。日本则主要致力于电子不停车收费系统（ETC）与自动运输系统（AHS）的发展，在道路智能方面的定义并不清晰。

2.1.1 欧洲有关自动驾驶汽车的分级

欧洲的道路交通咨询委员会（ERTRAC）每两年发布一个自动驾驶开发路线图，在其2019年发布的版本中，自动驾驶基础设施分级（ISAD）A-E共5个等级。其中A-C级为数字化基础设施：A级为通过协同决策实现自动驾驶，B级为协同感知，C级为动态数字信息；D-E级为便利基础设施，D级仅能支持数字地图，E级则无法支持。该版本还定义了自动驾驶车辆开发路径的L0-L5共6个等级：L0无自动驾驶，提供部分的警告功能；L1驾驶辅助，驾驶员监控驾驶环境，驾驶员和系统共同执行车辆的加减速和转向的动作，动态驾驶任务的反馈主

¹ 自动驾驶汽车（automated vehicle）、自动驾驶汽车（autonomous car）、无人驾驶汽车（driverless car）、网联自动驾驶（connected and automated driving, CAD）、智能网联汽车等名称均可指由计算机代替人类从事动态驾驶任务，如无特殊说明，本报告统一使用自动驾驶这一表述。

要由驾驶员完成；L2 部分自动驾驶，主要由驾驶员监控驾驶环境，系统通过驾驶环境信息的判断执行加减速和转向动作，动态驾驶任务的反馈主要由驾驶员完成；L3 有条件自动驾驶，监控驾驶环境的主体为自动驾驶系统，同时系统完成加减速及转向等驾驶操作，动态驾驶任务的反馈主要由驾驶员完成，根据系统请求，驾驶员需提供适当的干预；L4 高度自动驾驶，由自动驾驶系统监控驾驶环境完成驾驶操作，特定环境下系统会向驾驶员提出响应请求，驾驶员可以不进行响应。L5 完全自动驾驶，在所有的驾驶模式下，包括监控驾驶环境、执行驾驶操作、对动态驾驶任务进行反应等均为自动驾驶系统负责。

2.1.2 美国有关自动驾驶汽车的分级

2013 年，美国交通部(DOT)下辖的美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)，率先发布了自动驾驶汽车的分级标准，其对自动化的描述共有 4 个级别。2014 年 1 月，SAE International 国际自动机工程师学会制定了 J3016 自动驾驶分级标准，对自动化的描述分为 6 个等级：L0-L5，用来明确不同级别自动驾驶技术之间的差异性。由于 SAE 对分级的说明更加详细、描述更为严谨，且更好地预见到了自动驾驶汽车的发展趋势。所以最终 SAE 的分级成为了大多数政府和企业使用的标准。2016 年 9 月，美国交通运输部发布了关于自动化车辆的测试与部署政策指引，明确将 SAE International J3016 标准确立为定义自动化/自动驾驶车辆的全球行业参照标准，用以评定自动驾驶技术。此后，全球诸多汽车行业相关的企业也采用了 SAE J3016 对自身相关的产品进行技术定义。

2018 年 6 月，最新修订版 SAE J3016《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（见下表 1），并强调了防撞功能。SAE 最新版本的标准中，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，并认为驾驶中有三个主要的参与者：用户、驾驶自动化系统以及其他车辆系统和组件。每个参与者的定义并不基于实际情况，也就是说，即使司机在辅助驾驶期间走神，他仍然是属于用户的级别；系统在条件自动驾驶期间出现故障不能正常行驶，它也仍然属于 L3 驾驶自动化系统。值得注意的是，在本次 SAE J3016（2018）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），这些不在此次驾驶自动化分类标准的范围之内。

表 1 SAE J3016 对自动驾驶汽车的分级与定义

SAE 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
SAE 定义		由人类驾驶者全权驾驶汽车，在行驶过程中可以得到警告。	通过驾驶环境对方方向盘和加速减速中的一项操作提供支持，其余由人类操作。	通过驾驶环境对方方向盘和加速减速中的多项操作提供支持，其他由人类操作。	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类提供适当的应答。	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类不一定提供所有的应答。限定道路和环境条件。	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，可能的情况下，不限定道路和环境条件
主体	驾驶操作	人类驾驶者	人类驾驶者/系统	系统			
	周边监控	人类驾驶者			系统		
	支援	人类驾驶者				系统	
	系统作用域	无					系统

L0: 驾驶员完全掌控车辆；

L1: 自动系统有时能够辅助驾驶员完成某些驾驶任务；

L2: 自动系统能够完成某些驾驶任务，但驾驶员需要监控驾驶环境，完成剩余部分，同时保证出现问题，随时进行接管。在这个层级，自动系统的错误感知和判断有驾驶员随时纠正，大多数车企都能提供这个系统。L2 可以通过速度和环境分割成不同的使用场景，如环路低速堵车、高速路上的快速行车和驾驶员在车内的自动泊车；

L3: 自动系统既能完成某些驾驶任务，也能在某些情况下监控驾驶环境，但驾驶员必须准备好重新取得驾驶控制权（自动系统发出请求时）。所以在该层

级下，驾驶者仍无法进行睡觉或者深度的休息。在 L2 完成以后，车企的研究领域是从这里延伸的。由于 L3 的特殊性，目前看到比较有意义的部署是在高速 L2 上面做升级；

L4：自动系统在某些环境和特定条件下，能够完成驾驶任务并监控驾驶环境；L4 的部署，目前来看多数是基于城市的使用，可以是全自动的代客泊车，也可以是直接结合打车服务来做。这个阶段下，在自动驾驶可以运行的范围内，驾驶相关的所有任务和驾乘人已经没关系了，感知外界责任全在自动驾驶系统，这里就存在着不同的设计和部署思路了；

L5：自动系统在所有条件下都能完成的所有驾驶任务。

我们所说的自动驾驶系统（ADS），通常是在 3~5 层级，随着层级的提高，对系统的要求也随之提高。由于目前自动驾驶的分级，特别是 L3 和 L4 还没有大规模应用在实际生活之中。

2.1.3 中国有关自动驾驶汽车的分级

根据中国十一个部委 2020 年 2 月 10 日联合发布的《智能汽车创新发展战略》，智能汽车通常又称为智能网联汽车、自动驾驶汽车等，是指通过搭载先进传感器等装置，运用人工智能等新技术，具有自动驾驶功能，逐步成为智能移动空间和应用终端的新一代汽车。

2020 年 4 月 10 日，工业和信息化部科技司发布推荐性国家标准《汽车驾驶自动化分级》，拟于 2021 年 1 月 1 日实施，该标准是我国智能网联汽车标准体系的基础类标准之一，将为我国后续自动驾驶相关法律、法规、强制性标准的出台提供支撑。其中包括了对驾驶自动化的定义、驾驶自动化分级原则、驾驶自动化等级划分要素、驾驶自动化各等级定义、驾驶自动化等级划分流程及判定方法、驾驶自动化各等级技术要求等。《汽车驾驶自动化分级》在制定过程中，参考了 SAE J3016 的 0-5 级的分级框架，二者对每个具体的驾驶自动化功能分级结果基本一致。两者的不同点在于：（1）SAE J3016 将 AEB 等安全辅助功能和非驾驶自动化功能都放在 0 级，归为“无驾驶自动化”，《汽车驾驶自动化分级》则将其称之为“应急辅助”，与非驾驶自动化功能分开。（2）《汽车驾驶自动化分级》在“3 级驾驶自动化”中明确增加了对驾驶员接管能力监测和风险减缓策略的要求，减少实际应用安全风险。

2.2 自动驾驶产业链

自动驾驶在全球范围内，产业链的参与范围极其广泛。自动驾驶从技术本身的高难度、资源整合的广泛程度、应用场景的多样性，以及需要投入的资源丰富程度，都需要产业链的各参与方结盟。下述各领域的公司，形成了极其复杂的合作关系，形成了你中有我、我中有你的产业链图谱。

(1) 从覆盖的国家而言，覆盖了自动驾驶产业蓬勃发展的美国、中国、德国、日本、韩国等国家。

(2) 从覆盖的企业类型而言，覆盖了传统车企的丰田、大众、戴姆勒、福特、沃尔沃、现代等；造车新势力的特斯拉、蔚来等；互联网巨头的谷歌 Waymo、腾讯等、供应商的博世、电装等。

(3) 从覆盖的企业阶段而言，覆盖上市公司、成熟企业、发展期企业和初创公司等。

(4) 从覆盖的产业链完整度而言，覆盖了整车生产企业、零部件企业、芯片企业、传感器企业、全栈方案提供商、地图提供商、商业应用场景方等等。

2.2.1 自动驾驶汽车产业链

自动驾驶汽车行业产业链庞大，市场潜力大，根据中商产业研究院整理的资料，自动驾驶汽车产业链除了传统汽车的零部件、汽车制造、汽车 4S 店、汽车经销商、汽车后市场等，还包括未来 5G 将覆盖的自动驾驶汽车上下游，如上游的传感器、网络服务商、数据服务商、芯片供应商等；下游的出行服务、第三方应用和服务等。



图 1 自动驾驶汽车产业链

2.2.2 自动驾驶系统产业链

自动驾驶系统由三部分组成——感知、决策和执行。感知层硬件包括感知环境的激光雷达、毫米波雷达、摄像头、红外夜视和组合导航设备，感知车辆自身的压力传感器、流量传感器、陀螺仪及加速度传感器等传感器都属于感知层面的零部件。决策层涉及算法、应用软件与芯片。高精度地图定位、云平台、V2X通信、车载平台等车联网系统为汽车进行路况判断，规划最优行驶路径，起到决策作用。不同处理器处理的信息通过总线通信，最后给执行层发出指令。执行层则对应电子刹车、电子助力转向、电子车身稳定系统等，包括转向、油门、制动、照明等执行部件与系统，和整车应用。现有汽车零部件供应商在执行层有许多积累，通过研发新一代产品进行产品升级；而在感知和决策层，国内传统零部件供应商参与较少，更多是IT巨头和创业公司在该领域竞争。

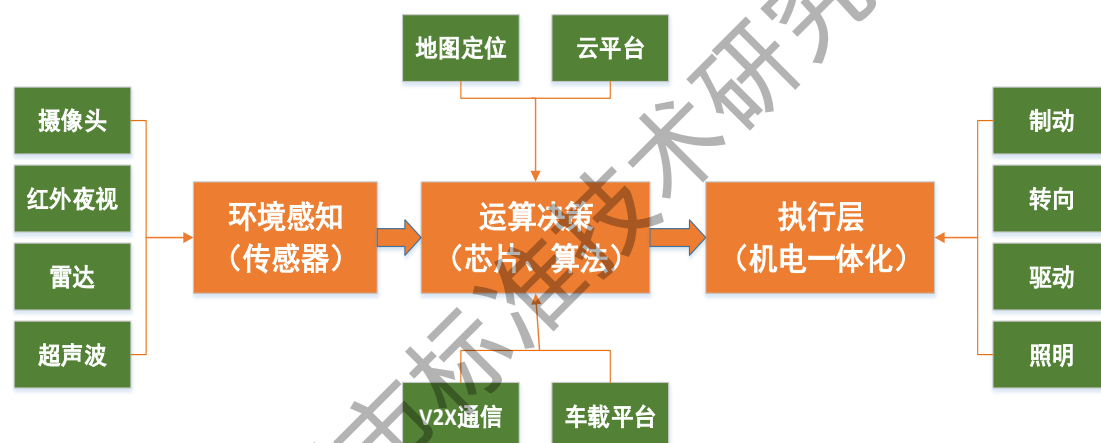


图2 自动驾驶系统产业链

（1）感知层：激光雷达作为传感器之一在自动驾驶发展的过程中至关重要。

车用传感器用于汽车电子技术、作为车载电脑（ECU）的输入装置，能够将发动机、底盘、车身各个部分的运作工况信息以信号方式传输给车载电脑，是汽车运行达到最佳状态。先进辅助驾驶系统（ADAS）的广泛应用，作为环境感知的传感器在自动驾驶汽车中，定位、雷达、视觉等传感器协作融合，能够以图像、点云等形式输入收集到的环境数据，并通过算法的提取、处理和融合，进一步形成完整的汽车周边驾驶态势图，为驾驶行为决策提供依据。

自动驾驶汽车的传感器可以分为视觉传感器、定位传感器、听觉传感器、姿态传感器、雷达传感器。其中视觉传感器可以分为单目摄像头、双目摄像头、夜视红外摄像头；定位传感器可以分为惯性导航系统、卫星导航系统（GNSS）、高

精度地图、实时动态（RTK）差分系统；听觉传感器可以分为语音识别、声音定位入口；姿态传感器可以分为车载诊断系统（OBD）、CAN 总线、惯性测量单元（IMU）、发动机等汽车工况传感器；雷达传感器主要为激光雷达、毫米波雷达、摄像头、超声波雷达。随汽车电子发展与自动驾驶需求，1999 年 Mercedes Benz 率先将毫米波雷达应用汽车领域，此后车载雷达技术发展逐渐成熟，目前已成为 ADAS 关键传感器之一。为避免与其他设备频段冲突，车载雷达需要分配专属频段，各国频段划分略有不同，2005~2013 年欧盟将 24GHz 作为车载毫米波雷达的频段，随后增加 79GHz；而美国则使用 24GHz、76~77GHz 两个频段；日本选用 60~61GHz 频段。各国车载雷达频段混乱的情况，使其发展受到限制，直至 2015 年世界无线电通信大会（WRC-15）上，决定将 77.5GHz~78.0GHz 划分子无线电定位业务，从而使 76~81GHz 皆可用于车载雷达，为全球车载毫米波雷达发展提供支持。汽车雷达主要分为两类：

- 自动巡航控制“远程雷达”，工作频率为 77 GHz。这使得车辆能够保持与前方车辆的续航距离。
- 防撞“短距离雷达”工作在 24 GHz 和 79 GHz。这是作为系统的一部分开发的，用于警告驾驶员即将发生的碰撞，从而避免采取措施。在不可避免的碰撞情况下，车辆可以自行做好准备（例如，通过施加制动器，预紧安全带），以最大程度地减少对乘客和他人的伤害。

在自动驾驶汽车的雷达传感器中，由于各有其优缺点和适用场景，在提高汽车自动化等级的过程中，多传感器的融合成为必然趋势。

表 2 自动驾驶汽车使用的传感器优劣势对比

	优势	劣势
摄像头	成本低、硬件技术成熟，可识别物体属性	依赖光纤，易受恶劣天气影响
毫米波雷达	全天候、全天工作，探测距离较远，性能稳定，测速准确	无法感知平面目标信息，无法识别物体属性，且相对分辨率较低；覆盖区域成扇形，有盲点区域
激光雷达	测量精度高、分辨率高，测距范围大，响应速度快	受恶劣天气影响、成本高、工艺复杂

超声波雷达	价格低、原理简单、数据处理速度较快	分辨率低，易受环境影响，测距范围小且不够精确
--------------	-------------------	------------------------

L2 级别下的自动驾驶汽车无需激光雷达，但 L3 级别以上的自动驾驶汽车对激光雷达的分辨率和数量需求逐渐增加，L5 级别自动驾驶需要 128 线的激光雷达，可以说如果激光雷达的发展不够理想，自动驾驶等级的提高会收到很大的限制。

作为感知端的重要零部件，激光雷达的发展影响着自动驾驶的应用场景。激光雷达在自动驾驶技术中的应用主要是对装载物所在周围环境进行 3D 建模，获得环境的深度信息、识别障碍物、规划路径、以及进行环境测绘等等。随着自动驾驶技术的进一步发展，激光雷达作为主流传感器受益明确。

先进的技术也意味着更高昂的成本。与其他发展较成熟的摄像头、毫米波雷达等传统传感器相比，激光雷达仍是一个在不断变化中的技术，也仍是一个量产难度较大的技术，目前仍没有能够在技术和成本上完全满足车规要求的激光雷达。目前激光雷达的技术不够发达，生产成本低。从各大车企对激光雷达企业的关注和自动驾驶发展对传感器的刚需可看出，激光雷达市场方兴未艾，在更成熟的量产计划实现后，激光雷达将迎来更大的市场。

（2）决策层：高精度地图是自动驾驶刚需，市场呈两极分化格局

高精度地图是自动驾驶的核心技术之一。和普通导航电子地图相对，它是服务于自动驾驶系统的专题地图，拥有精确的车辆位置信息和丰富的道路元素数据信息，起到构建类似于人脑对于空间的整体记忆与认知的功能，可以帮助汽车预知路面复杂信息，如坡度、曲率、航向等，是确保行车效率与安全、规避潜在风险的信息来源和关键决策基础。

高精度地图的高精度体现在两个方面。一是高精度地图的绝对坐标精度更高，地图上某个目标和真实世界的事物之间的精度更高；二是高精度地图所含有的道路交通信息元素更丰富和细致。

高精度地图主要有以下三大功能：地图匹配、辅助环境感知和路径规划。高精度地图将车辆位置精准的定位于车道之上、帮助车辆获取更为准确有效全面的当前位置交通状况并为无人车规划制定最优路线。

（3）执行层：物流服务成短期突破口，联合互联网巨头扩大服务范围

自动驾驶下游应用丰富，短期内有望最先实现规模化应用的领域为承担服务或物流功能的载物无人车，移动服务机器人是其主要类型之一。从技术上看，载物无人车由智能模块集成和特定功能组件构成。其中，智能模块包括感知交互模块、认知决策模块、导航移动模块、运动控制模块等，是服务机器人智能性的基础；而特定功能组件决定其应用领域。移动类的服务机器人的核心是导航移动模块，其又包括定位、建图、路径规划等。从客户分布看，无人车企业积极拓宽客户范围，目前已与互联网巨头达成合作，向无人服务平台进军。

根据对自动驾驶产业链重要节点市场空间的测算，预计 2025 年激光雷达、高精度地图、无人车应用的市场规模分别可达 99.22 亿元、115.6 亿元和 420 亿元。

2.2.3 中外自动驾驶产业链对比

2.2.3.1 车载摄像头

车载摄像头产业链包括摄像头（含镜头组、感光元件 CMOS、DSP、模组封装）、软件算法。在**镜头组**领域，国内的舜宇光学在车载摄像头镜头组领先于全球市场，2017 年的市场份额就达到了 39%。**CMOS（感光元件）**是整个摄像头的核心部件，该行业基本被美日韩企业所垄断，行业的绝对领导者是美国企业 OnSemi（安森美），其在汽车图像传感器市场的市占率达到 46%，而国内企业在该领域尚处起步阶段。在车载摄像头的**软件算法**方面，基本就是 Inter 旗下的 Mobileye 一家独大，市场份额基本达到 90%左右。总体来说，在**车载摄像头领域**，中国企业在相较于美国企业的存在感还是较弱，整体呈现追赶之势。

2.2.3.2 毫米波雷达

目前车载毫米波雷达主要集中在 24Hz 和 77Hz（未来会趋同于 77Hz），从市场格局来看，已基本被欧洲、美国、日本等国企业所垄断。其中美国的德尔福（Delphi）毫米波雷达以 77GHz 为主，采用较为传统的硬件方案，成本比较高，但性能不俗。国内企业在毫米波雷达领域起步较晚，目前国内市场上 24GHz 毫米波雷达的产品体系已经相对成熟，供应链已经相对稳定，但 77Hz 的毫米波雷达产品当前并不完善，核心雷达芯片受到国外企业限制。目前国内毫米波雷达主要供应商包括北京行易道（77GHz）、德赛西威（24GHz，77GHz）、深圳安智杰科技（24GHz，77GHz）、杭州智波科技（24GHz，77GHz）等企业。总体看来，

在毫米波雷达领域，国内的产业链也没有欧美等地区完善，其雷达核心芯片依旧受限於它国。

2.2.3.3 激光雷达

在激光雷达技术上，美国、德国、以色列、加拿大等国家走在全球前列。据不完全统计，国外激光雷达企业达到 14 家。其中行业类最有名的当属美国的 Velodyne。Velodyne 提供 16-128 线完整序列的激光雷达，产品性能非常的强悍，国内外比如 Uber、百度等知名企业都是它的客户。美国的 Quanergy 也是激光雷达的一大供应商，其主要供应固态的 8 线激光雷达，成本相较于 Velodyne 的机械式激光雷达便宜不少。中国企业近年来奋起直追，激光雷达企业已有 8 家，如速腾聚创和禾赛科技等。目前速腾聚创最先进的激光雷达已经到 128 线了；禾赛科技则主要在固态雷达领域发力，美国加州现有的 62 家获得无人车公开道路测试牌照的高科技公司中，有超过 40% 已经是禾赛 Pandar40 的付费客户。由于全世界的激光雷达布局汽车步伐仍处于起步阶段，因此国内外技术进展相差并不大，自主企业、创新型企业有望通过技术研发获得市场先机，占领市场。

2.2.3.4 自动驾驶芯片

自动驾驶芯片被视为自动驾驶汽车的大脑，各国在这一领域均在加大研发产品研发力度。美国比较知名的自动驾驶芯片厂商包括英伟达、Mobileye（主要用于摄像头的的数据感知，而并非中央域处理器）、特斯拉等，而国内的比较知名的芯片厂家主要是地平线和黑芝麻。其中地平线在 Waymo 举办的 CVPR 2020 自动驾驶 Workshop 开放数据集挑战赛中获得 5 项挑战中的 4 项全球第一。

在自动驾驶芯片领域，国内厂家在超前研发方面可能与国外老牌企业还有一定差距，但整体而言大家差距并不大，例如黑芝麻的芯片在算力接近特斯拉的前提下，功耗却减少了一半有余。

2.2.3.5 高精度地图

高精地图被认作是自动驾驶中不可或缺的一环，能为自动驾驶车辆获取先验信息，提高自动驾驶汽车的安全性、舒适性等。因高精地图涉及到国家地理安全，所以相关牌照并不好拿，从事地图采集的企业基本都是本国的企业。

当前国外高精度地图竞争格局呈现两极分化的态势。一方面是大型互联网科技巨头、车企，如谷歌、英特尔、宝马等。这些公司在高精地图的研发上更多

采取集中采集的地图信息搜集方式，他们的合作伙伴数量相对而言更多而且更为稳定，在市场上影响力更强。而另一方面是看准时间和角度切入自动驾驶行业的初创公司，可以将其视作算法集成层面的公司。这些公司利用高精度地图进行路线规划，采用新型计算平台，整合多传感器信息，开发相应的车辆控制算法对汽车进行行为控制。此类公司使用的信息采集方式基本均为成本较低的众包采集，典型案例有 Carmera 的高精度地图服务工程测量、城市规划，DeepMap 为合作伙伴开发的云端服务平台等。美国的高精地图供应商包括 Mobileye、Waymo、TomTom 等，其中 Waymo 所开发的高精地图已经满足美国凤凰城等多个城市的 L4 级别自动驾驶（仅供自家使用），TomTom 的高精度地图数据已经实现对美国本土洲际公路和高速公路的全覆盖。

中国高精度地图竞争格局与国外类似，可以分为老牌地图服务商（如高德地图、四维图新等）和挑战者（如宽凳科技、星舆科技等）。前者拥有导航电子地图制作甲级资质，采用集中制图和众包制图结合的方式研发高精度地图。后者仅有部分拿到了导航电子地图制作甲级资质，未能拿到资质的企业则利用众包采集的高精度地图数据搜集方法，绕开资质要求并独立展开高精度地图业务。目前国内仅有 13 家企业取得了导航电子地图制作甲级资质，可以为主机厂商提供车载导航数据。而真正能够提供完善电子地图的只有七家，分别是：四维图新、高德软件、凯立德、易图通、灵图、瑞图万方、城际高科；只有 8 家参与到导航业务。

2.2.3.6 5G 技术及设施

具有低延时、高速率、广链接的 5G 注定是自动驾驶全面落地的先决条件之一，在这一领域上，中国是全面领先于其他国家，无论是相关技术、政策还是基建。到 2025 年，我国将有 4.3 亿个 5G 连接，中国基本能实现 5G 信号的全覆盖，这对于自动驾驶的落地无疑是重大利好消息。

2.3 车联网

车联网 V2X（Vehicle to Everything）是采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，实现车与各交通要素的直接交互，综合实现碰撞预警、安全预防及通报、辅助驾驶等多种应用；同时，通过与云端的交互，车辆可以实时获取全局交通网络的状态并作出及时反应，从而形成安全、高效和环保的智慧交通有机体系。车联网是移动互联网在汽车行业的新型应用，利用 RFID、GPS、移动通信、无线

网络等接入技术和网络服务支撑技术，实现人、车、路、环境之间的智能协同。V2X 是智能汽车、自动驾驶、智能交通运输系统的基础和关键技术。全球主要国家和地区已经分配了 V2X（DSRC 和 C-V2X）点对点通信工作频段。其中，美国分配 5850-5925MHz 共 75M 带宽；欧洲分配 5855-5925MHz 共 70M 带宽；日本分配 5770-5850MHz 共 80M 带宽；韩国分配 5855-5925MHz 共 70M 带宽；新加坡分配 5875-5925MHz 共 50M 带宽；中国分配 5905-5925MHz 共 20M 带宽。

车联网 V2X 全球存在两大标准流派，DSRC（Dedicated Short Range Communications，专用短程通信技术）和 C-V2X（Cellular-Vehicle-to-Everything，基于蜂窝技术车联网通信）。车联网 V2X 主要的标准组织和联盟包括 IEEE（美国电气电子工程师学会）、ETSI（欧洲电信标准协会）、3GPP（移动通信伙伴联盟）、ARIB（日本电波产业协会）、TTA（韩国电信技术协会）、IMDA（新加坡资讯通信媒体发展局）、5GAA（5G Automotive Association）等。

DSRC 标准化流程可以追溯至 2004 年，主要基于三套标准：第一个标准是 IEEE 802.11p，它定义了汽车相关的“专用短距离通信”（DSRC）物理标准；第二个是 IEEE 1609，标题为“车载环境无线接入标准系列（WAVE）”，定义了网络架构和流程；第三个是 SAE J2735 和 SAE J2945，定义了消息包中携带的信息，该数据将包括来自汽车上的传感器信息，例如位置、行进方向、速度和刹车信息。目前，DSRC 标准获得通用、丰田、雷诺、恩智浦、AutoTalks 和 Kapsch TrafficCom 等支持。2019 年 12 月，福特、戴姆勒、大众和英特尔等巨头的蜂窝车联网（C-V2X）技术行政许可请求获得美国联邦通信委员会一致投票通过，将重新分配 9 GHz 频段的 75MHz 频谱，其中一部分将用于 C-V2X 技术。业界称之为车联网标准战的重大转折，说明美国或转向 C-V2X 技术路线。

C-V2X 标准工作始于 2015 年，由 3GPP 通过拓展通信 LTE 标准制定，并向 5G 演进，各工作组主要从业务需求、系统架构、安全研究和空口技术 4 个方面开展工作。业务需求由 3GPP SA1 工作组负责，系统架构由 3GPP SA2 工作组负责，安全方面由 3GPP SA3 工作组负责，空口技术由 3GPP RAN 工作组负责。目前，C-V2X 获得福特、宝马、奥迪、戴姆勒、本田、现代、日产、沃尔沃、PSA Group，众多 Tier1，运营商移动、联通、AT&T、德国电信、KDDI、DOCOMO、Orange、Vodafone，以及华为、爱立信、大唐、高通、英特尔、三星等支持。

3. 国内外自动驾驶技术发展情况及先进企业案例分析

3.1 国内外自动驾驶专利申请情况

2019 年 10 月 16 日，德国专利数据公司 IPlytics 发布了自动驾驶技术（Autonomous driving technology）专利竞争态势报告。报告检索分析了自动驾驶技术相关专利共 58675 件（32906 项专利家族），分别从专利申请趋势、领先专利权人、专利地域分布、专利组合价值评估、专利行业分布、企业最自动驾驶技术的贡献、标准必要专利（SEPs）领先持有人等方面展开分析。报告主要结论总结如下。

3.1.1 专利申请趋势

如图 3 所示，自动驾驶技术的专利申请数量整体呈上升趋势。2009 至 2019 年，自动驾驶技术专利申请数量从 1358 件增长至 18260 件，相较于 2016 年，专利申请数量增长了 3 倍。从近 10 年专利申请态势来看，全球自动驾驶技术发展主要经历了两个阶段。第一阶段，2009-2014 年，处于平稳增长期，跨国挑战赛掀起了自动驾驶技术研发的热潮，互联网/科技型企业 and 大型汽车制造企业的加入加快了自动驾驶技术发展的步伐。第二阶段，2014-至今，处于快速增长期，专利申请数量呈爆发式增长，自动驾驶技术的研发达到高潮，并逐步走向市场化。

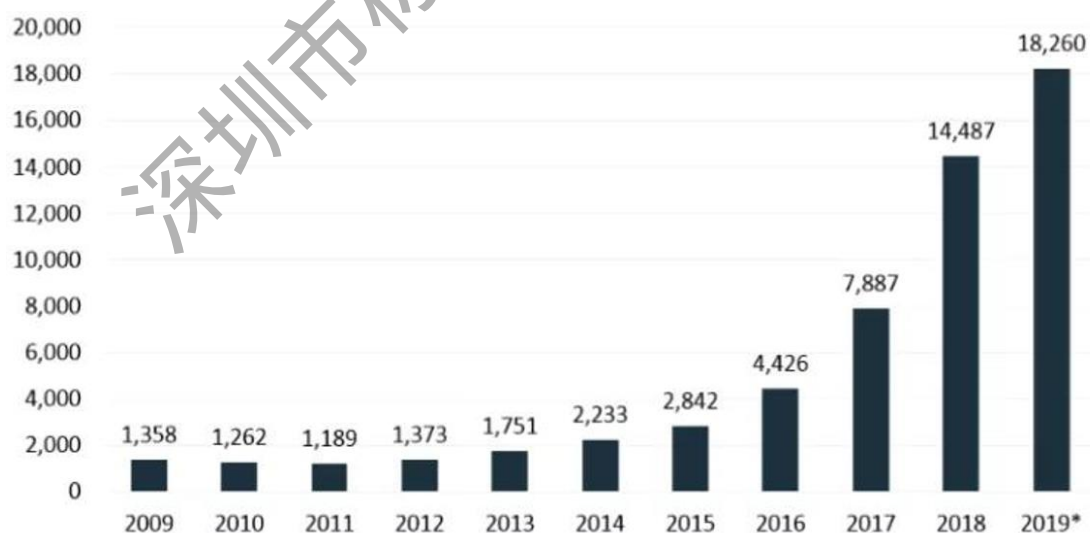


图 3 2009 至 2019 年自动驾驶技术专利申请数量（单位：件）

3.1.2 领先专利权人

为了充分了解各申请人的技术实力，统计了全球自动驾驶技术专利申请排名前 10 的申请人，如图 4 所示。自动驾驶技术前 10 位领先专利权人中美国占 6

位，韩国占 3 位，日本占 1 位。从专利申请人的主要业务类型来看，目前自动驾驶技术的研发主要以丰田、福特和通用等为代表的大型汽车制造企业和以谷歌、英特尔等为代表的互联网/科技型企业两大创新主体。进一步分析可知，日本互联网/科技型企业也无代表，而美国的企业制造企业和互联网/科技企业共同发展。可以想见，美国在自动驾驶领域拥有较为明显的优势地位。从专利申请报告指出，从专利的角度来看，无论是在汽车工业还是科技领域，欧洲在自动驾驶技术方面都较为落后。此外，全球排名前 10 的申请人申请的专利量占自动驾驶技术专利总申请量的比例为 28.6%，显示出该市场还存在广泛的较为分散的创新者，总体市场仍处于快速发展阶段。

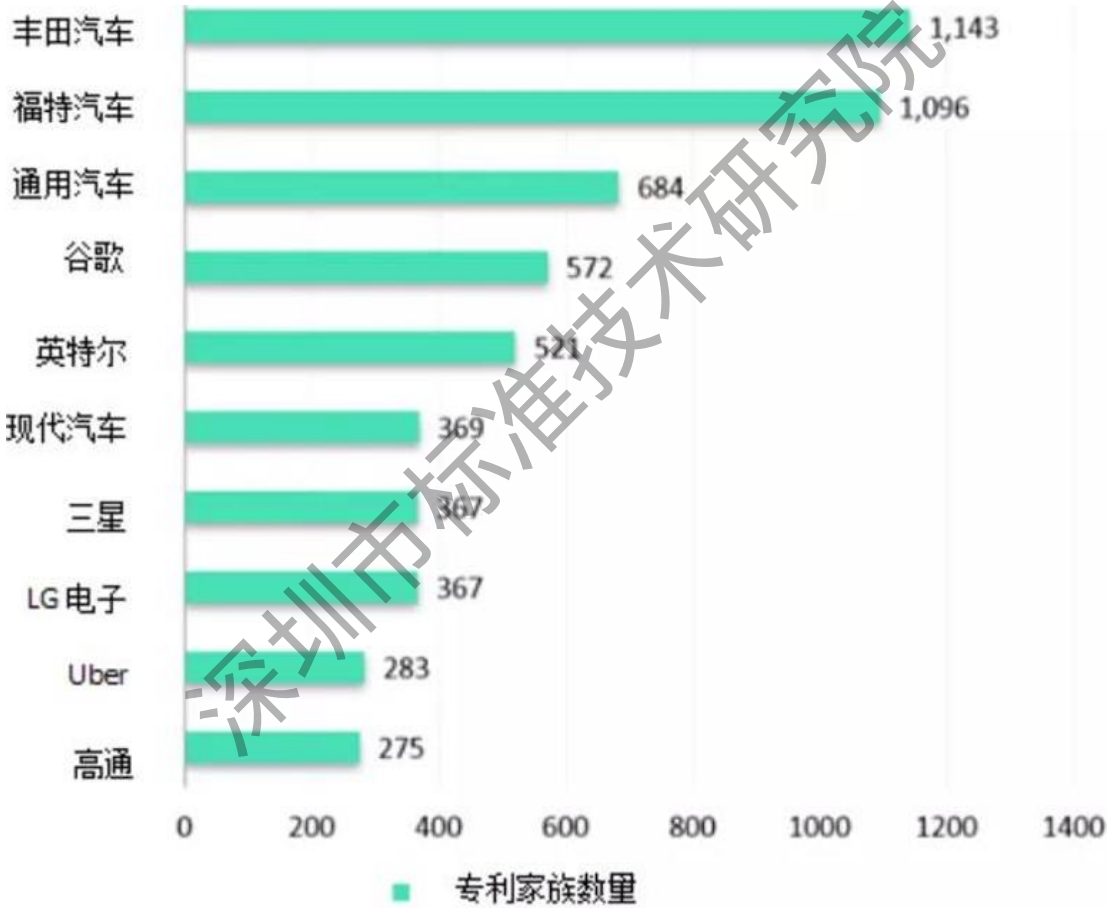


图 4 自动驾驶专利权人（Top10）（单位：项）

表 3 全球自动驾驶专利申请排名前 10 的申请人分类

所属国别	申请人	大型汽车制造企业	互联网/科技型企业
美国	6	2	4

韩国	3	1	2
----	---	---	---

3.1.3 专利地域分布

IPlytics 对受理自动驾驶技术专利的国家/地区进行了分析。如图所示，从专利地域分布来看，美国专利商标局受理的自动驾驶技术专利数量为 28479 件，位居榜首；其次是日本专利局（10505 件）和中国国家知识产权局（9208 件）。美、日、中三国自动驾驶技术专利受理量占总受理量的 58.9%，显示出自动驾驶的竞争具有一定的区域集中性。

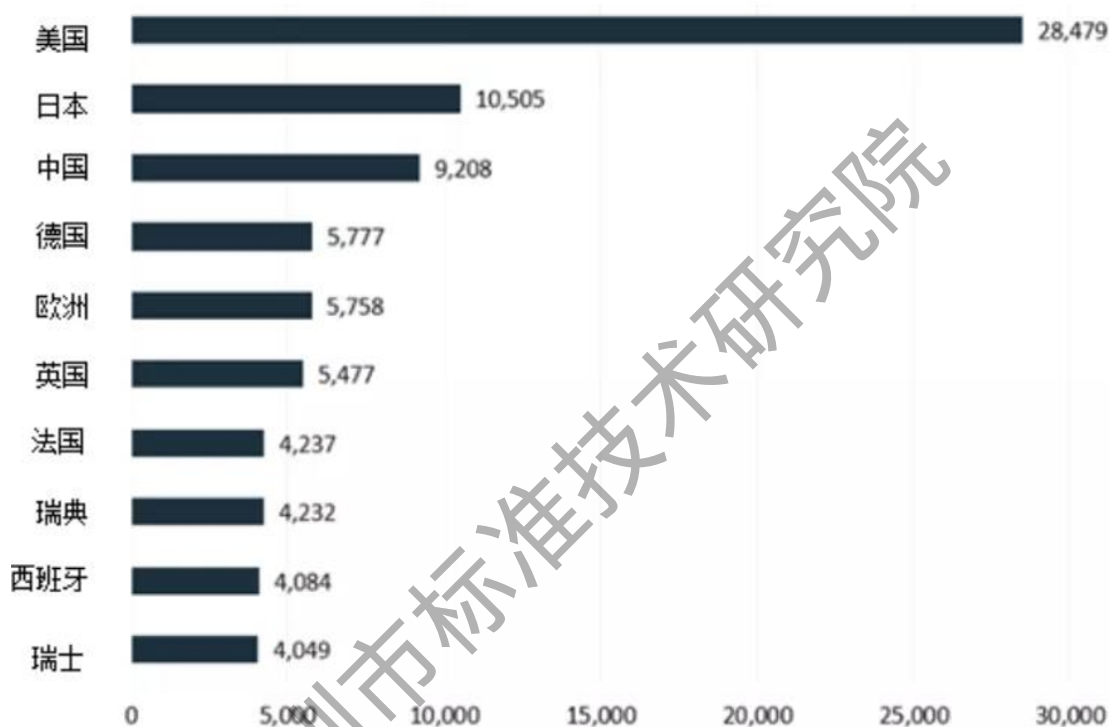


图 5 自动驾驶技术专利受理地域分布（单位：件）

3.1.4 专利组合价值评估

IPlytics 利用专利价值评估指标（Statistical Patent Valuation Indicator）分析专利组合的优势、劣势和定位。其中，市场覆盖指标（Market Coverage Indicator）用来评估专利家族的规模，高市场覆盖体现了专利发明的高国际市场潜力；技术相关性指标（Technical Relevance Indicator）用以计算专利被引用次数，高技术相关性明确了特定细分市场的领先技术。由于统计指标是标准化的，所以可以与行业的平均水平进行比较（高于 1 分即高于平均水平）。

如表 4 所示，前 10 位专利权人的市场覆盖指标都高于行业的平均水平，说明申请人对专利价值的重视，同时也进一步说明企业意识到自动驾驶技术的重要

性与潜力。技术相关性方面，只有谷歌公司（1.21 分）和通用汽车公司（1.08 分）的专利组合具有较高的技术相关性。

表 4 自动驾驶技术专利市场覆盖和技术相关性分析

申请人	专利家族份额	市场覆盖	技术相关性
丰田汽车	3.47%	1.14	0.85
福特汽车	3.33%	1.73	0.59
通用汽车	2.08%	1.58	1.08
谷歌	1.74%	1.57	1.21
英特尔	1.58%	1.34	0.15
现代汽车	1.12%	1.07	0.35
三星	1.12%	1.40	0.34
LG 电子	1.12%	1.59	0.68
Uber	0.86%	1.35	0.62
高通	0.84%	1.47	0.76

3.1.5 专利行业分布

IPlytics 揭示了自动驾驶专利应用于不同的行业。如图 6 所示，96%的专利集中在机械工程、仪器和电气工程行业，其分别占比为 35%、34%和 27%。

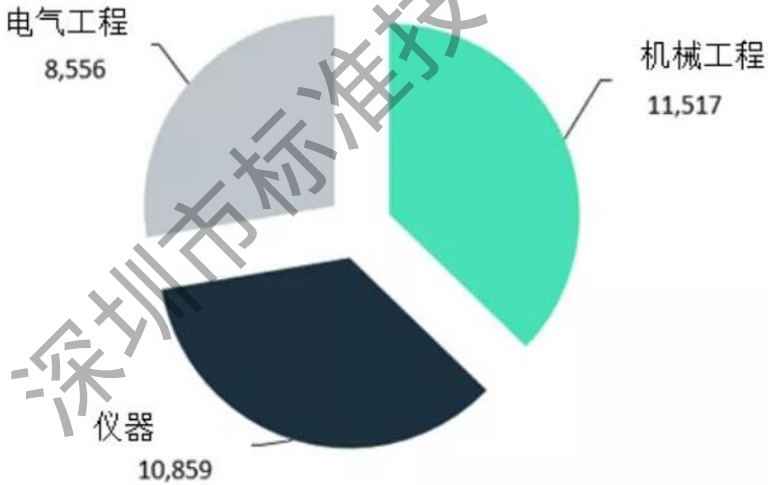


图 6 自动驾驶技术专利行业分布

3.1.6 企业对自动驾驶技术的贡献

下图 7 显示了为自动驾驶标准开发做出技术贡献的前 10 家公司。排名前三的分别是 LG 电子（81 件）、华为（66 件）和三星（48 件），这三家公司均为移动通信技术公司，占技术贡献总量的 27%

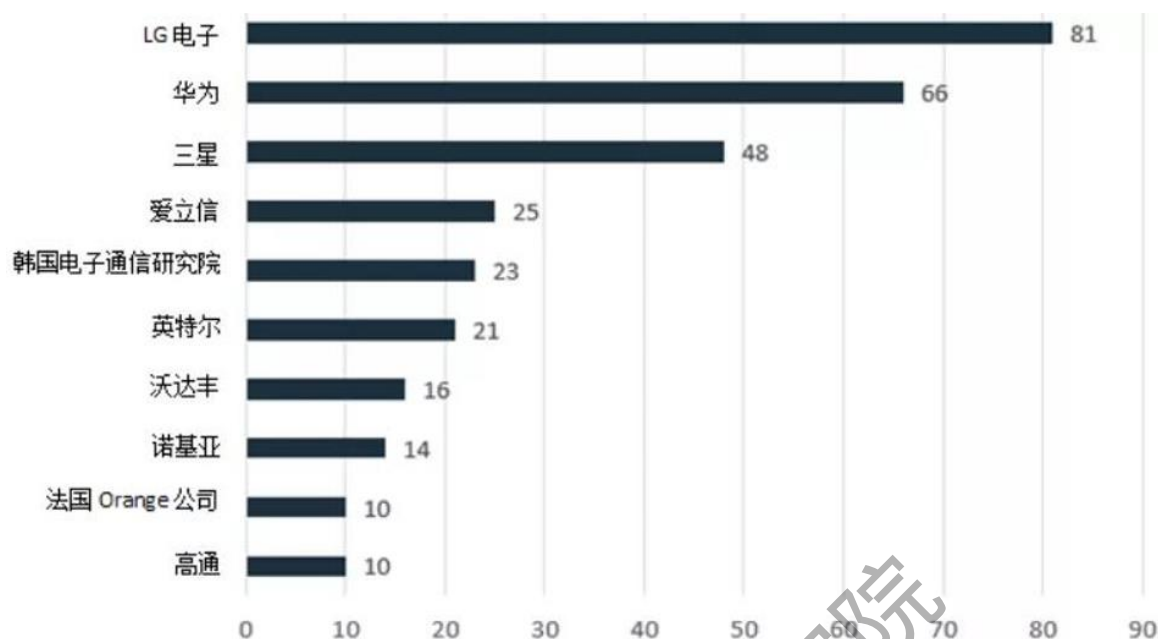


图 7 企业技术贡献 Top10 (单位: 件)

3.1.7 自动驾驶技术 SEPs 领先持有人

下图 8 给出了与自动驾驶技术相关的标准必要专利 (Standard Essential Patents, SEPs) 分布情况。其中, 排名第一的是华为, 拥有 49 件 SEPs, 其次是 LG 电子 (27 件) 和英特尔 (21 件)。此外, 截止目前, 汽车制造商和供应商尚未开展自动驾驶领域标准 (Connectivity standards) 的开发。

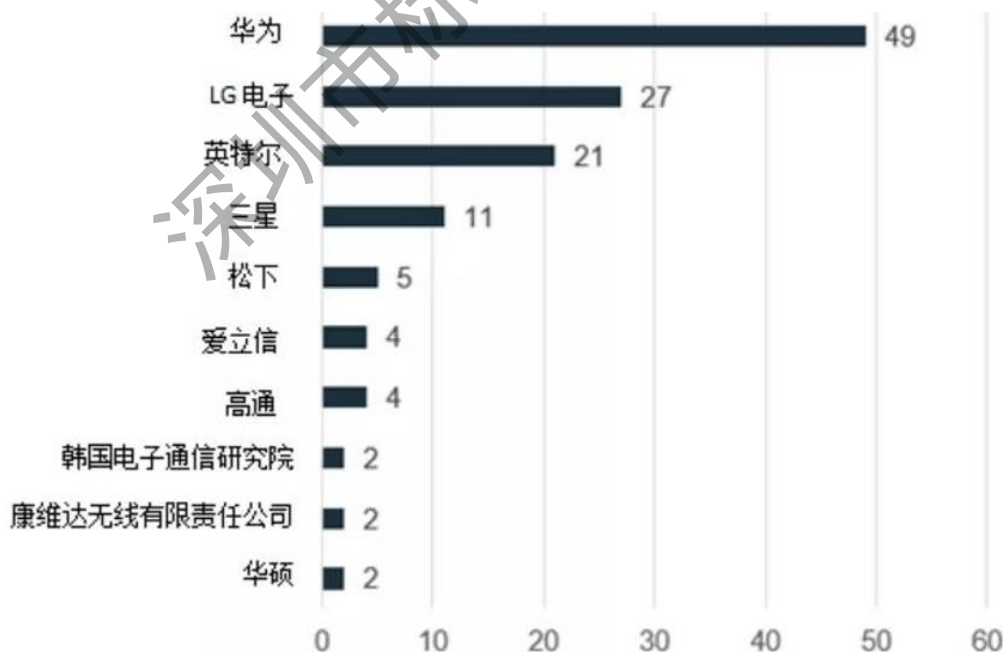


图 8 自动驾驶技术 SEPs 领先持有人 (单位: 件)

3.1.8 通信技术领域专利现状

自动驾驶汽车产业是深度融合的产业，其产业链包含了通信零件及设备生产商、汽车制造商、解决方案商、电信运营商多方企业的参与。V2X (Vehicle to Everything) 通信技术是自动驾驶汽车中信息交互的关键技术，主要用于实现车间信息共享与协同控制的通信保障。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，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。

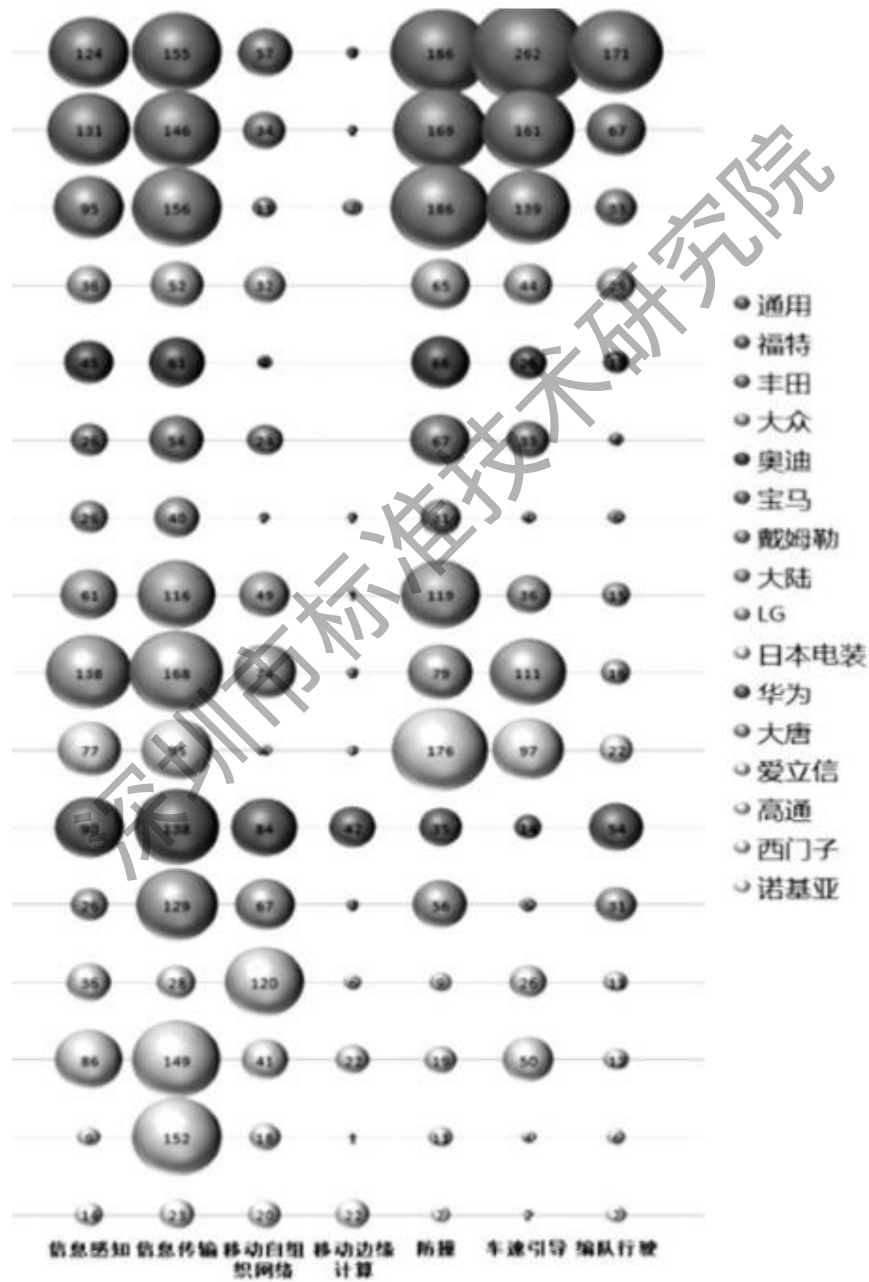


图9 17家企业在自动驾驶主要技术分支的全球专利申请量

对通用、福特、丰田、华为、英特尔、高通等 17 家汽车及通信企业在信息

感知、信息传输、移动自组织网络、移动边缘计算、防撞、车速引导和编队行驶 7 个技术分支的全球专利申请数据进行检索，参见上图所示。可以很明显地看出，汽车企业主要的研发重心在防撞、车速引导及编队行驶等与车辆行驶相关的技术分支。通用、福特、丰田在信息感知、信息传输技术分支投入了大量研发，而其他汽车企业对于通信相关的技术分支投入研发较少。汽车企业间横向比较可见，大众、奥迪、宝马、戴姆勒的专利储备较为薄弱，这也侧面解释了诺基亚会针对戴姆勒发起专利诉讼的原因。通信企业对于信息感知、信息传输、移动自组织网络及移动边缘计算这 4 个与通信相关的技术分支，申请较为积极，说明通信企业已经为其在自动驾驶汽车产业的发展做好了知识产权储备。

权威机构 IPlytics 公布的自动驾驶领域 5G 标准专利报告显示，截至 2019 年 4 月，声称获得与汽车技术相关的 5G 标准必要专利最多的是高通公司，前 15 名中多是通信电子领域的公司，未出现汽车企业（如下图 10）。可见，通用、福特、丰田和日本电装在自动驾驶各技术领域都有积极布局，大众、奥迪、宝马、戴姆勒在自动驾驶相关技术上的布局薄弱。此外，汽车企业尚未持有与汽车技术相关的 5G 标准必要专利。

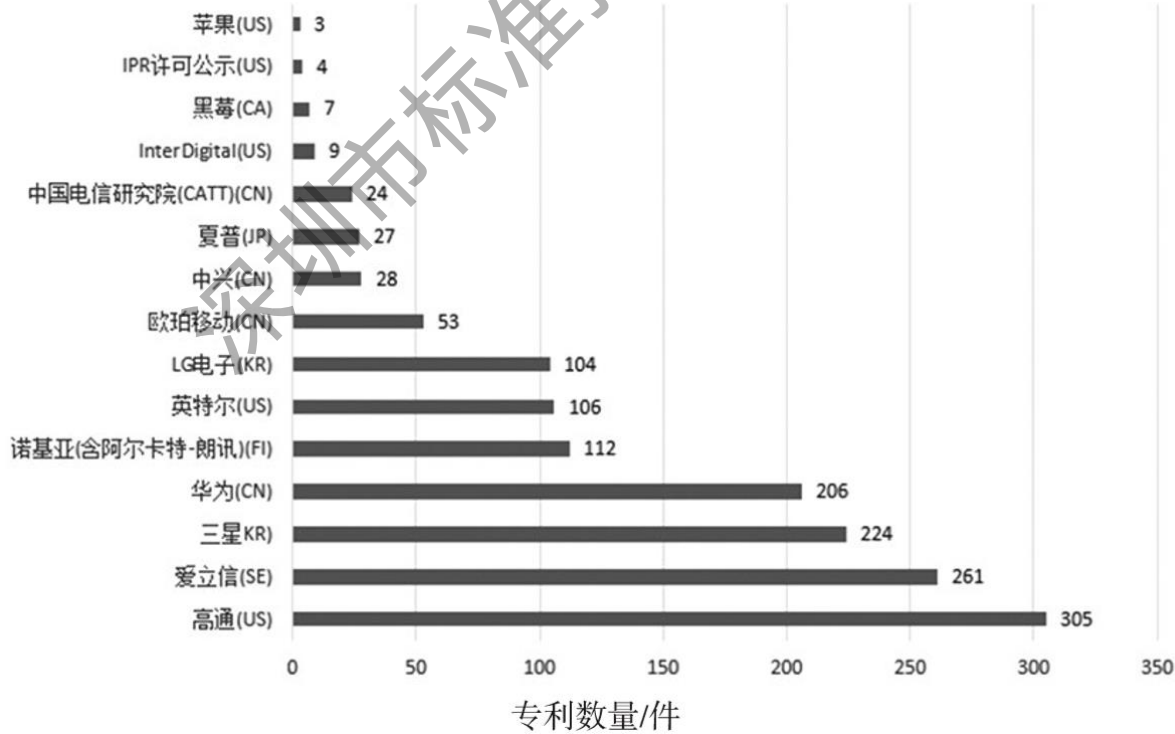


图 10 声称拥有与车辆技术相关的 5G 标准必要专利量排名

3.1.9 自动驾驶技术专利申请战略瞄准更广泛的国际保护

自动驾驶相关技术的申请战略与已有的汽车技术存在显著不同。在欧专局或 PCT 申请中,自动驾驶相关技术的专利家族平均规模明显偏大、专利保护也更为频繁,这表明在获得广泛的国际帮助对自动驾驶技术至关重要。

3.2 中、美、日、德自动驾驶技术专利竞争格局分析

3.2.1 专利技术竞争主体

为了充分了解各申请人的技术实力,将申请人进行了分公司、子公司、分支机构等的合并,对中、美、日、德的专利申请人进行统计分析。

表 5 中、美、日、德自动驾驶专利申请排名前十的申请人比较

申请人所属国别 专利申请国	中国	美国	日本	德国	韩国
中国	4	2	2	1	1
美国	0	3	5	1	1
日本	0	10	0	0	0
德国	0	0	2	8	0

由上表可以看出,中国、美国专利申请排名前 10 的申请人中,国外申请人占据了半壁江山,中美市场是竞争者抢占的主要阵地,各国企业均在积极进行专利布局。而日本和德国市场本土保护欲望强烈,尤其是日本,国外企业难以挤进前 10,德国市场也仅有 2 家美国企业进入前 10。此外,日本和德国申请人不仅重视本国市场,其海外扩张趋势也很明显。美国本土市场虽然充斥着众多国外企业,但其海外布局势头强劲,各有 2 家企业进入中国和德国专利申请排名前 10 的名单。可惜的是,中国申请人并未出现在美、日、德专利申请排名前 10 的名单中。此外,中、美、日、德排名前 10 的申请人申请的专利量占各国自动驾驶专利申请总量的比例分别为 12.6%、29.8%、25.7% 和 53.9%。说明中国市场更为分散,市场参与主体众多,而德国市场龙头企业优势明显。

3.2.2 专利技术竞争区域

下图 11 显示了中、美、日、德四国专利申请主要目标市场国/地区分布情况。

中国申请人在本国申请的专利占比高达 96.50%，而美国这一比例为 41.42%，日本为 63.14%，德国为 43.67%。很明显，美、日、德十分重视国际市场的专利布局，美国和德国尤其突出，其国外申请占比达到近 60%。相比而言，中国申请人在国外的专利申请占比仅为 3.50%，与美、日、德均存在较大差距。中国申请人在美、日、德申请的专利占比分别为 0.73%、0.06%和 0.01%，而美、日、德申请人在中国申请的专利占比为 10.04%、7.84%和 8.12%，可见中国在自动驾驶领域仍处于专利输入国地位

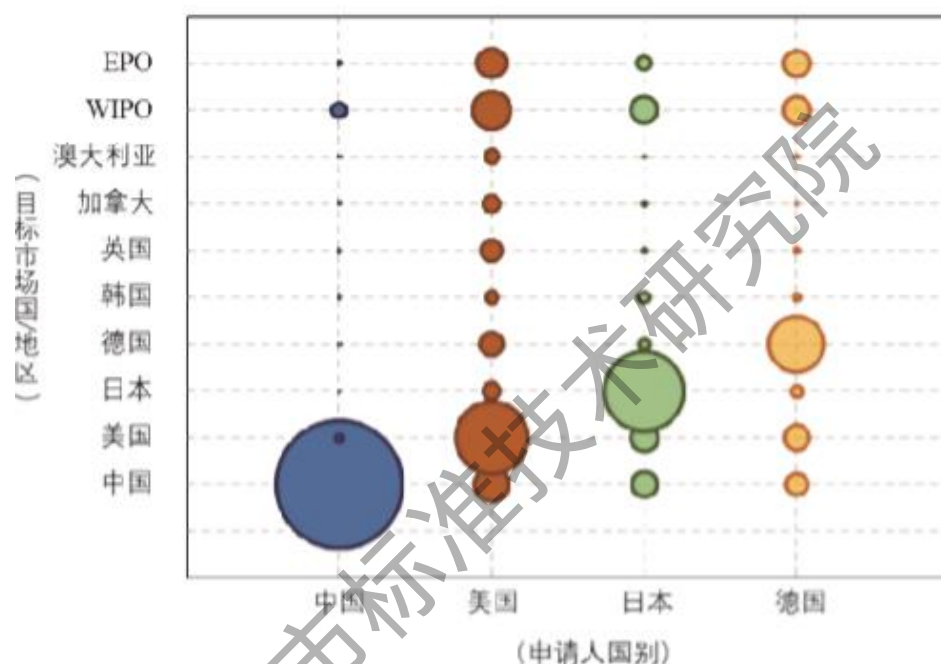


图 11 中、美、日、德四国专利申请的主要目标市场国/地区分布图

下图 12 显示了中、美、日、德四国专利申请的主要技术来源国及专利申请流向。总体而言，中、美、日、德四国的专利申请大部分来源于本国申请人，均十分重视本国市场的保护，同时也吸引了其他国家的大量布局，其中美国市场的竞争最为激烈，国外申请占比达到 40%。中国的专利申请来源于美、日、德申请人的占比分别为 6.84%、4.16%和 3.14%，但美、日、德的专利申请来源于中国申请人的占比仅为 1.32%、0.14% 和 0.03%。从专利申请流向可以看出，美、日、德在我国布局的专利数量明显大于我国在这三国布局的专利数量，目前中国在自动驾驶的专利竞争中仍处于下风。此外，日本和德国十分重视美国市场，而美国更偏向中国市场的布局。

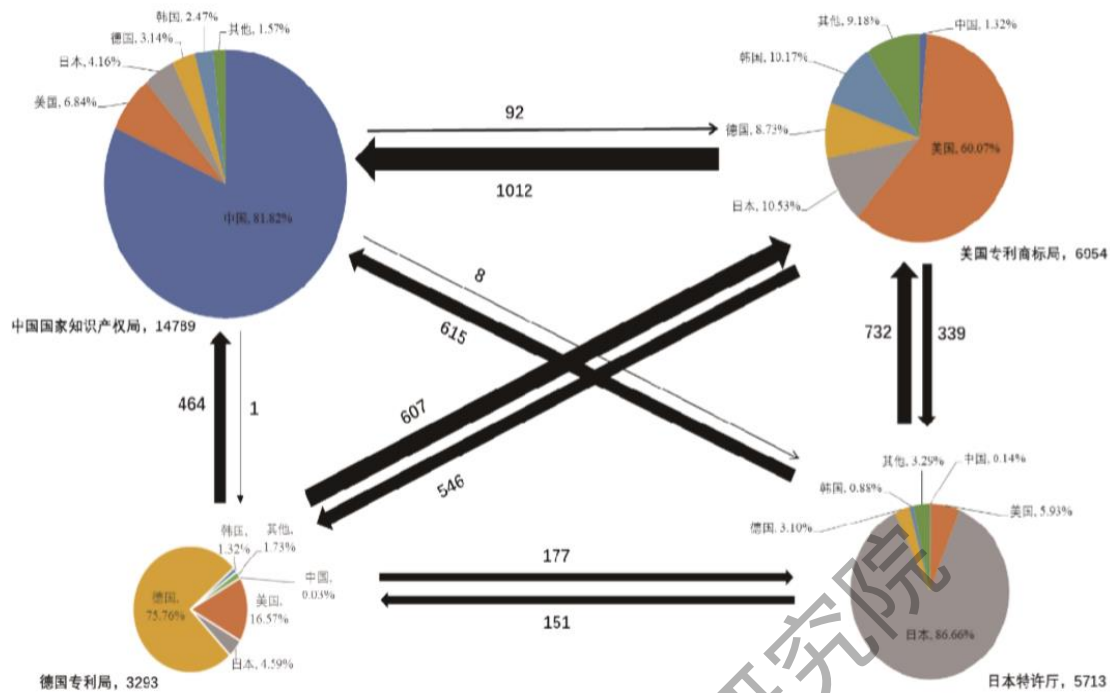


图 12 中、美、日、德四国专利申请的主要技术来源国及专利申请流向

3.2.3 IPC 技术领域

通过查询并按照 IPC 小类进行分类统计，得到中、美、日、德四国自动驾驶专利申请排名前 10 的 IPC 技术领域分布表。由下表可知，中、美、日、德四国自动驾驶的 IPC 技术领域分布大体相似，其中 G05D、G08G、G01C、B60W、B60R、B62D 是四国共同关注的 6 个重点 IPC 领域，涉及到①非电变量的控制或调节系统；②交通控制系统；③测量距离、水准或者方位，勘测，导航，陀螺仪，摄影测量学或视频测量学；④车辆驾驶控制系统；⑤车辆、车辆配件或车辆部件；⑥机动车、挂车等方面的技术，主要涉及 G 部和 B 部。对排名前 10 的技术小类进行归纳整理，可知目前四国自动驾驶的研究方向主要集中在决策控制系统（G05D、G08G、B60W）、环境感知（G01C）和车辆、配件及部件（B60R、B62D）这三大方面。其中决策控制系统是最受关注的研究热点，决策控制系统是自动驾驶的大脑和中央控制单元，属于最重要的基础技术，对它的关注也无可厚非。

表 6 中、美、日、德四国自动驾驶专利申请排名前十的 IPC 分布

中国		美国		日本		德国	
IPC	数量	IPC	数量	IPC	数量	IPC	数量

G05D	2172	G05D	3034	G05D	2402	B60W	1425
B60W	1780	B60W	1532	G08G	1279	G08G	540
B60R	1347	G08G	924	B60W	1021	F16H	399
G08G	1118	G01C	853	G01C	561	B60R	365
B62D	953	G06F	649	B61B	504	G05D	254
G01C	714	H04W	616	B60R	496	F16D	253
G05B	648	G06K	601	B65G	490	B60K	224
G06K	640	G06Q	545	B62D	457	B62D	205
G01S	580	B60R	438	B60K	334	B60T	159
G06Q	516	B62D	412	B60L	285	G01C	138

更进一步分析可知，中国和美国的研究方向最为接近，排名前 10 的 IPC 分类号中有 8 个技术领域是双方共同关注的重点领域。日本的研究方向更多的偏向于车辆装置和系统，德国更加偏重传动装置与制动控制系统，这与日本和德国在自动驾驶领域的优势来自于其拥有实力雄厚的大型汽车制造企业是相符的，而中国在自动驾驶领域的优势企业是百度公司，因此其更多的关注决策控制和导航定位。

3.3 自动驾驶关键技术专利分析

智能决策技术是车辆智能性的直接体现，对车辆行驶舒适性、安全性至关重要，也是自动驾驶技术的核心。其中信息融合技术可关联多传感器的数据和融合建立周边环境模型，路径轨迹规划技术主要完成车辆的全局路径规划任务及局部运动轨迹规划，危险态势预警分析主要负责故障预警和预留安全机制，保障车辆安全形式。

我们通过中国汽车技术研究中心自主研发的全球汽车专利技术数据库，对智能决策技术及下级分支技术信息融合技术、路径轨迹规划技术、危险态势预警分析技术的专利进行检索。检索主要采用分类号和关键词相结合的方式，关键词包括：自动驾驶、智能网联、信息融合、多传感器融合、行为决策、路径轨迹规划、危险预警、态势预警以及对上述技术进行扩展得到的关键词。检索后结合分类号，对专利文献进行人工标引获得最终数据，最大限度去除噪声，保证准确性。

3.3.1 智能决策技术全球态势分析

截止到 2019 年 5 月 30 日，智能决策技术方面的专利共 7142 件，其中国外申请的专利 4284 件，中国专利 2858 件。

智能决策技术相关专利申请量如下图 13 所示，受专利 18 个月公开期的影响，部分数据并未公开，故 2017~2018 年数据略有下滑。从全球专利申请分布情况看，智能决策技术申请量随时间增加的趋势明显，可划分为 3 个阶段。第 1 个阶段为 2000~2006 年，是智能决策技术的发展萌芽期，全球申请量相对较少，每年不足 100 件，这一时期智能决策技术主要集中在高校及企业前端研究，民用领域应用较少，智能决策技术还处于缓慢积累阶段。第 2 个阶段为 2006~2013 年，是智能决策技术的快速发展期，随着电子信息技术和人工智能技术的飞速发展，美国、日本等均投入了较大的研发力度，这一时期专利数量稳步增加，年专利申请量相对于前一时期出现了明显增长，2013 年专利申请量达到近 500 件。第 3 个阶段为 2013 年至今，随着电子智能技术的发展和硬件产业链的成熟，制造成本大幅下降，自动驾驶技术快速发展，智能决策技术专利申请量快速增长，2016 年开始，年申请量突破 1000 件，年增长率超过 30%，智能决策技术进入爆发期。中国智能决策技术研发和专利申请的总体趋势与全球保持一致，专利申请速度略缓于全球，但近 2 年增速超过全球增速。可以推测，目前对智能决策技术的研究热度依然很高，未来可能会有较多企业进入，将会产出更多新技术和新产品。

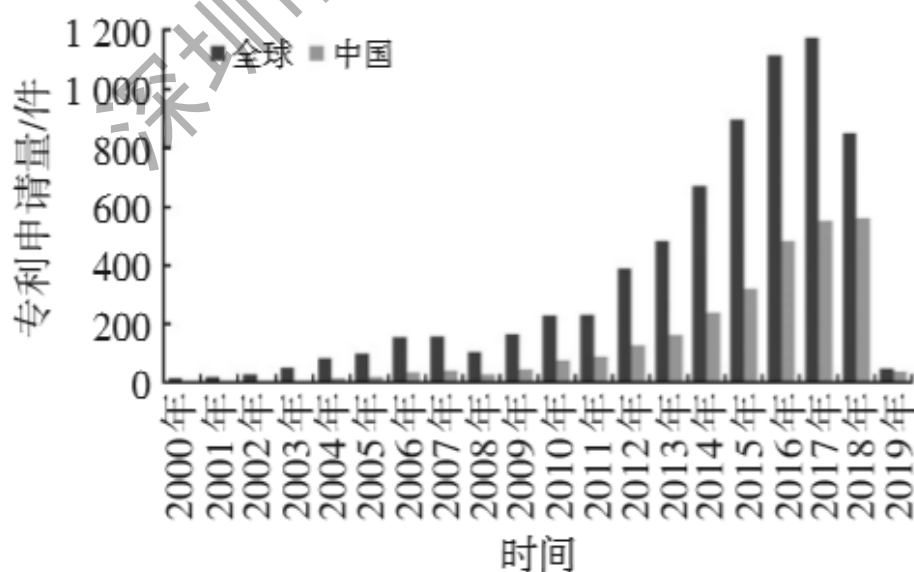


图 13 智能决策技术专利申请趋势

3.3.2 智能决策技术地域分布分析

智能决策技术的全球专利布局情况如下表所示，专利布局国家较为集中，中国、美国、日本、德国、韩国的专利申请数量占全球相关专利数量的近 80%。

表 7 智能决策技术国家分布情况

国家	专利数量/件	占比/%	国家	专利数量/件	占比/%
中国	2858	40	德国	450	6
美国	1467	21	韩国	306	4
日本	569	8	其他	1492	21

从专利申请量分布情况来看，中国是智能决策技术的最大输入国。这表明中国的智能决策技术发展迅猛，达到了一定的技术储备，但综合申请人的分布情况来看，有很大一部分专利申请是国外企业在中国的申请以及国外申请人的同族申请。去除国外申请人的申请后，中国的申请量占比从 40%降到不足 30%。这也间接说明，中国作为智能决策技术主要市场的地位越来越明显，国外申请人在中国的专利布局不断增强。

3.3.3 智能决策技术申请人分析

智能决策技术的申请人分布很广，从申请人的国家分布来看，德国在该领域具有绝对领先的优势，也存在较激烈的技术竞争，比较有代表性的是罗伯特·博世有限公司（RobertBoschGmbH）及何迹全球公司（Here GlobalB.V.），其智能决策技术分布的专利持有量分别为专利申请人排名中的第 1 名和第 4 名。此外，美国和日本企业在相关技术的布局上也具有一定实力。值得关注的是越来越多非汽车及零部件企业的涌入，谷歌公司（GoogleInc.）在全球智能决策技术方面布局了 217 件专利，成为第三方机构中的佼佼者，何迹全球公司也持有较多数量的专利，包含智能决策中的关键核心专利。由此可见，越来越多的互联网及其他领域的企业进入了智能决策技术领域，申请人分布情况如下图 14 所示。

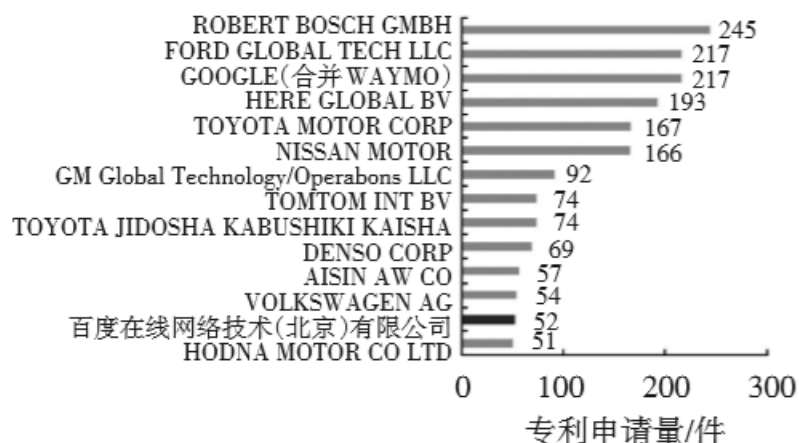


图 14 全球申请人分布情况

国内智能决策技术申请人分布情况如下图 15 所示,前 5 名依然是合资企业。

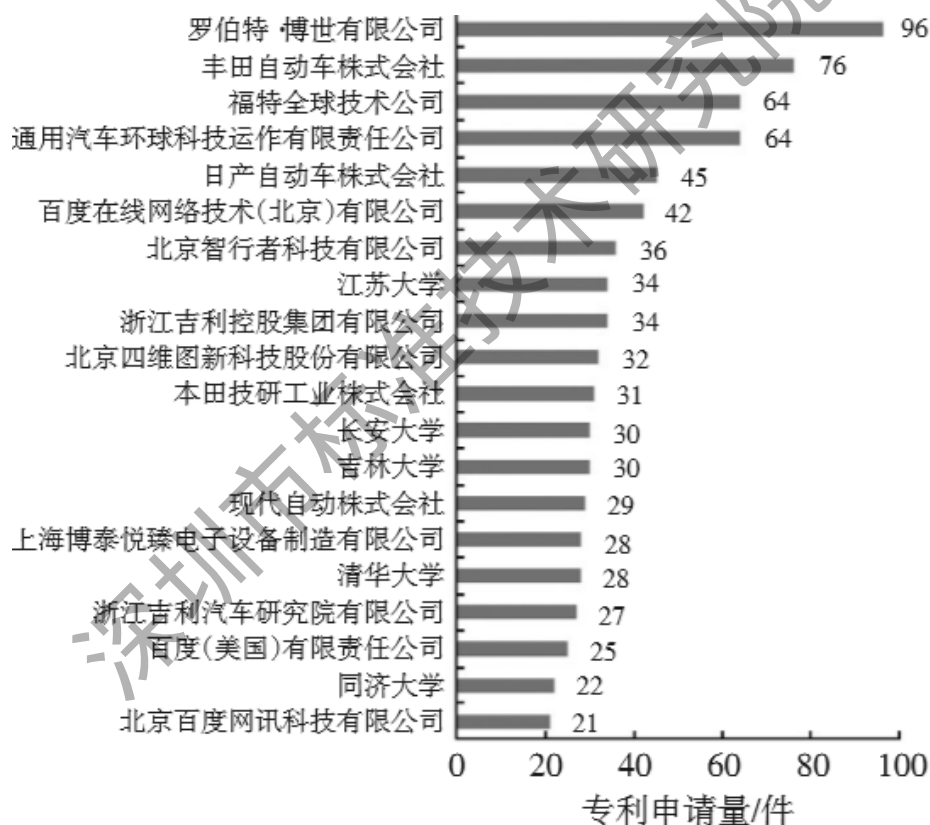


图 15 中国申请人分布情况

中国本国企业中,智能决策技术专利分布最多的是百度在线网络技术(北京)有限公司,高校中,江苏大学、长安大学、吉林大学、清华大学和同济大学在智能决策技术方面也分布了相当数量的专利。可见,高校非常重视自动驾驶及无人车方面的技术研发,且在无人车的智能决策技术方面也产出了相当数量的专利。中国汽车企业相较于第三方科技公司以及零部件公司,在智能决策技术方面的积

淀较少，产出的专利数量也较少，表现较好的是浙江吉利控股集团有限公司。

3.3.4 智能决策技术分布情况分析

智能决策技术全球专利技术分布情况如下表 8 所示，中国呈现了和全球相近的分布。路径轨迹规划产出专利最多。

表 8 智能决策技术情况分布

技术分布	全球申请量/件	中国申请量/件	全球占比/%
信息融合技术	1210	590	16
路径轨迹规划技术	4773	1778	65
危险态势预警技术	1383	630	19

3.3.5 智能决策技术发明人分析

对智能决策技术每个分支的发明人情况进行梳理，分领域的发明人排名如表 3 所示。信息融合技术前 10 位发明人中并无中国人，SHUQINGZENG 为通用汽车研发人员，共为通用汽车公司贡献了近 170 件发明专利，其中车辆与雷达技术相关专利占比 18%，关联道路的车辆控制专利占比 17%，可见该发明人应为通用电控研发团队核心人物，主要涉及车辆控制及雷达相关技术的应用研究。排名第 2 的发明人为爱信精机公司员工，其为公司贡献了 70 多件发明专利，其中涉及车辆避撞的专利占比 60%，涉及图像通信技术的专利占比 48%。

表 9 智能决策技术发明人排名

信息融合技术		路径轨迹规划技术		危险态势预警分析技术	
发明（设计）人	专利数量/件	发明（设计）人	专利数量/件	发明（设计）人	专利数量/件
SHUQING ZENG	20	AMNON SHASHUA	30	不公告发明人	27
NAGAMINE NOBORU	16	YORAM GDALYAHU	29	MICHAEL L.OBRADOVICH	21
JIAJUN ZHU	15	DANIEL BRAUNSTEIN	26	AIMURA MAKOTO	12
WINNER HERMANN	15	SATO YUJI	23	NAGATA SHNICHII	12
MICHAEL SCHOENHERR	13	ARAN RESIMAN	20	TSURU NAOHIKO	12
STEFAN NORDBRUCH	12	DAVID LAROSE	20	冯擎峰	11

HOLGER MIELENZ	10	WILIAM ROSS	20	ISAJI KAZUYOSHI	10
STILLER CHRISTOPH	10	OFER SPRINGER	19	SCOTT VINCENT MYERS	10
HERMANN WINNER	9	DAISUKE SAITO	18	吴成明	10

路径轨迹规划技术方面，排名第 1 的 AMNON SHASHUA 曾供职于 ORCAMTECHNOLOGIESLTD 与 MOBILEYE 公司，其中 42% 为在 ORCAMTECHNOLOGIESLTD 公司的申请，33% 为在 MOBILEYE 公司的申请，该发明人为 MOBILEYE 公司贡献了 42 件发明专利，其中涉及图像识别轨迹规划方面的专利占比 56%，涉及 二维位置的专利占比 25%，涉及防撞系统的专利占比 20%，可见该发明人应为图像算法团队核心人物，主要涉及车辆图像算法技术的应用研究。排名第 2 的发明人也就职于 MOBILEYE 公司，其为公司贡献了 40 多件发明专利，其中涉及图像识别技术应用的专利占比 52%，涉及地图数据构造和编排的专利占比 48%。

危险态势预警排名前 10 位的发明人中有 2 位中国人，分别为冯擎峰与吴成明，均为吉利汽车公司员工，且申请数量相近，为吉利公司的重要发明人。排名第 2 的 MICHAEL OBRADOVICH 是 AMERICAN CALCAR INC 员工，该发明人为公司共贡献了 170 多件发明专利，其中 78% 的专利与导航技术相关，60% 的专利涉及道路交通控制，该发明人为导航技术领域的重要发明人。排名第 3 的发明人为本田公司的 AIMURA MAKOTO，其为本田贡献了 70 多件发明专利，主要涉及车辆交通控制系统。

3.4 自动驾驶专利竞争力排名分析

3.4.1 中国专利保护协会《人工智能技术专利深度分析报告》

根据中国专利保护协会 2018 年 11 月 12 日发布的《人工智能技术专利深度分析报告》（检索日期 2018 年 10 月 15 日），在自动驾驶方向，国内主要申请人的前三名为百度、福特、丰田，百度作为上榜的唯一一家互联网公司，申请量列于首位。

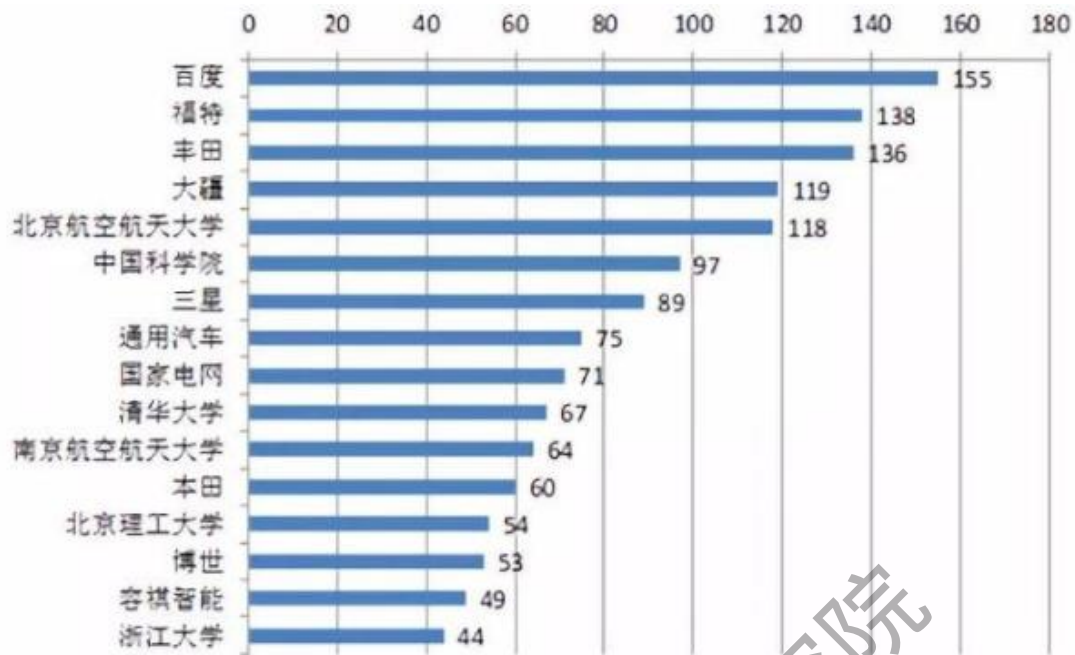


图 16 自动驾驶方向企业申请专利情况

从上图可以看出，百度在本土自动驾驶专利申请人中一枝独秀。根据公开报道，百度正在通过 Apollo 开放平台，以技术输出等方式，与汽车产业链的上下游厂商达成合作，构建智能驾驶生态。在自动驾驶的申请人排名中，难觅中国本土汽车制造商的踪迹，从一个侧面说明中国本土传统汽车制造商无法引领潮流，部分沦为国外品牌的制造基地。当然，这也为百度提供了更大的机会。福特、本田、通用、博世等美日德传统汽车制造商纷纷在中国专利布局，实力强劲，不可小觑。

3.4.2 欧洲专利局发布欧洲“专利与自动驾驶”

2018 年 11 月，欧洲专利局发布“专利与自动驾驶”研究报告，对 2011-2017 年的欧洲自动驾驶专利申请进行了统计分析。为了研究目的，该报告将自动驾驶专利申请分为两个技术领域——自动驾驶平台和智能交通环境，其中自动驾驶平台领域包括三个技术分支，感知/分析/决策（自动决策）、车辆操控（车辆部件）以及计算技术（底层软硬件），而智能交通环境则由自动车辆之间和自动车辆与环境的交互技术组成，包括通信（车辆互联、通信基础设施）、智能交通逻辑（交通管理、车辆识别、自动泊车或车辆与电网的接口）。其中 2017 年感知/分析/决策、通信技术领域申请量大，而通信和计算技术领域增长最快，2011-2017 的复合增长率分别为 674%和 470%。

欧洲自动驾驶前 25 名申请人的申请量占总申请量的 40%，一半申请人来自

运输和相关工业，在车辆操控、智能逻辑、感知/分析/决策占领导地位，另一半是信息（汽车 ICT）和通信公司，其中四大科技公司因在通信和计算技术领域的大量申请而位居前四，分别为三星集团、英特尔、高通以及 LG 集团。

3.4.3 德国科隆经济研究所自动驾驶专利报告

2017 年 8 月 29 日，德国科隆经济研究所（Cologne Institute for Economic Research）检索并分析了 2010 年至 2017 年 7 月期间的 5839 项自动驾驶相关专利，以确定该领域的活跃公司。第一名既非汽车制造商，也非美国高科技公司，而是德国汽车部件供应商博世。博世在激光雷达、卫星导航和红外（IR）成像系统等领域拥有多项专利——这正是自动无人驾驶汽车安全导航所依赖的技术。

从下图 17 可以看出，德国传统汽车公司渴望在未来保持其强势地位：前 10 名专利持有者中有 6 家是德国公司，博世是汽车制造商的主要供应商，申请数量最多。被广泛认为是自动驾驶研究领导者的谷歌在 2010 年至 2017 年 7 月期间申请了 338 项专利。

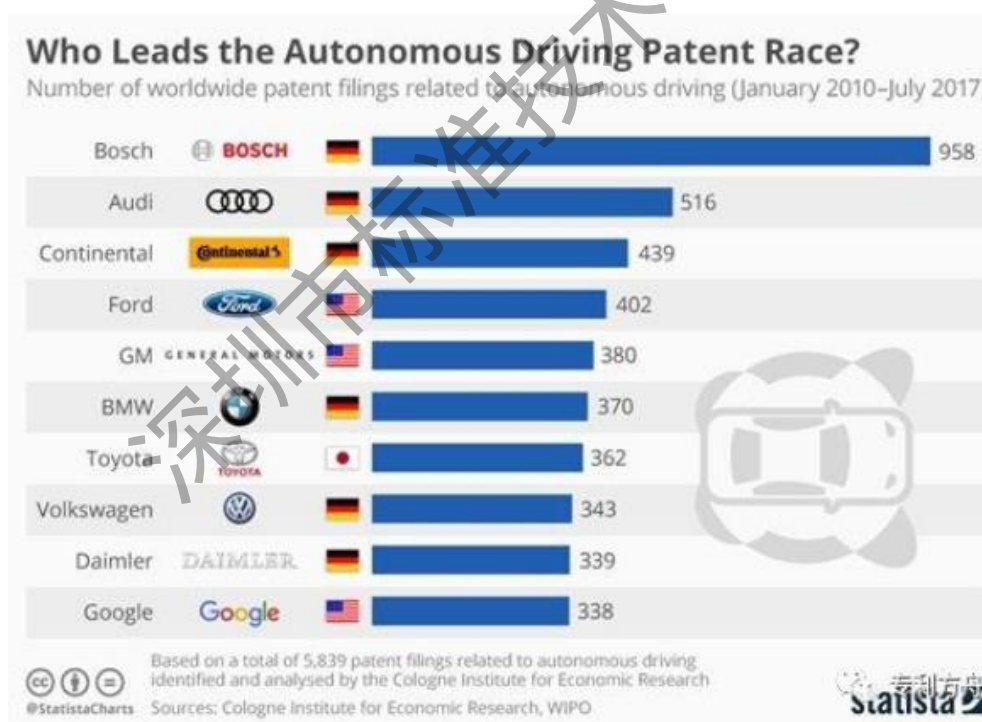


图 17 德国科隆经济研究所自动驾驶专利报告中企业专利申请前十

该报告仅是统计了欧专局的自动驾驶专利申请，具有一定的局限性，很多专利申请并不一定要通过欧专局进入欧洲国家。报告结论显示，汽车运输企业在车辆操控领域具有明显的领先优势，并在智能物流、感知/分析/决策、计算方面具

有强势地位。专门从事信息和通信技术（汽车信息通信技术）和电信业务的公司则在通信和计算技术领域拥有最强大的地位。

中国自动驾驶专利申请仅占 3%，而欧洲和美国占比为 37.2%和 33.7%，其次为日本 13%、韩国 7%。中国自动驾驶专利申请较少，可能的原因在于一方面中国起步晚，并且多通过 PCT 进入欧洲或者直接进入欧洲具体国家，尚有时间等待进入；另一方面，中国自动驾驶本土申请人多为科研院所，申请专利的意图多元化，多无意进入欧洲。

传统的汽车制造商与信息和通信技术公司有不同专利布局策略，ICT、通信公司多通过 EPO 或 PCT，涵盖更多的司法管辖区，更大专利族进行广泛的保护。

3.4.4 日本东京的研究公司 Patent Result 自动驾驶专利报告

日本东京的研究公司 Patent Result 统计了截止 2018 年 7 月底的自动驾驶专利，得出了不一样的排名。公司依据三个因素进行了评分：追求专利权的程度、竞争对手关注度，以及审查员引用程度。例如，申请国际专利的公司在第一类中获得高分，其次分数是面临众多无效请求的公司，第三是国际检索报告中引用公司专利的频率。

谷歌 Waymo 的专利总共被引用 769 次，约为丰田的 1.6 倍，GM 的 2.3 倍。一般来说，公司专利被引用越多，竞争者获得类似专利的难度就越大。Waymo 拥有 318 项专利，不到丰田的一半，但其专利在审查员中广为人知，被公认为处于领先地位。

3.5 国内外先进企业自动驾驶发展情况

除了特斯拉、宝马、大众等传统汽车制造商，来自互联网、信息通信、电子科技等非汽车领域的企业也在纷纷布局自动驾驶汽车及相关业务。

3.5.1 特斯拉

作为纯电动汽车的先行者，特斯拉一直以来也是无人驾驶技术的积极推动者。2015 年，特斯拉正式启动 AutoPilot 自动辅助驾驶系统，但这套系统并不能实现完全的无人驾驶，到目前为止，特斯拉的 AutoPilot2.0 依旧属于常见的第 2 级 L2。而因为这套 AutoPilot 系统曾与全球多起交通事故的关联，也让特斯拉的自动驾驶技术深受争议。

3.5.2 宝马

宝马在 2016 年 6 月发布了企业发展新战略，将着眼于进一步加强电动汽车及自动驾驶技术优势，并发展优质个人驾驶领域的新服务。2016 年 7 月，宝马与英特尔、Mobileye 形成战略联盟，加强在自动驾驶汽车领域的合作，计划在 2021 年以前，让高度自主的自动驾驶解决方案全面实现量产。

2019 年 9 月 6 日，宝马集团与中国信息通信研究院共同签署了《智能网联汽车领域合作谅解备忘录》。根据协议，宝马集团在华的研发机构宝马（中国）服务有限公司和中国信通院将合作推进智能网联汽车在中国的技术创新和产业化，共建跨行业协同产业生态体系，为新一代汽车发展奠定基础。在此之前，宝马中国已经和多家中国互联网公司、运营商等达成多项合作协议，致力于拓展 5G 应用服务，建立高性能数据驱动开发平台。

宝马一直秉承开放创新理念，在不同领域和优秀的企业合作，引领行业变革。近期，宝马与中国联通、四维图新和腾讯分别就 5G 移动通讯、高精地图和“高性能数据驱动开发平台”签约合作。2020 年 7 月 3 日上午，上海、北京、杭州三地连线，共同见证全球领先的云计算服务平台阿里云与汽车行业领军企业宝马（中国）首次强强联手，推进“互联网+汽车”产业发展，共建双方首个以“互联网+汽车”产业为垂直领域的战略合作项目“阿里云创新中心-宝马初创车库联合创新基地”落地浦东金桥，并举行两家企业与金桥经济技术开发区管委会和金桥（集团）公司四方战略合作线上签约仪式。

3.5.3 大众

大众布局自动驾驶还要追溯到上个世纪。1998 年，大众为了自动驾驶在内的前瞻且有量产前景的汽车技术，在硅谷成立了 ERL 电子研究实验室，当时，大众自动驾驶项目是这个实验室主要研究的项目之一。

从 1998 年到 2015 年，大众积极研发自动驾驶相关技术，并且成效显著——主要围绕汽车智能互联领域打造八项先进技术，分别为交通堵塞导航、自动驻车系统、方向盘触摸控制、车联网、3D 打印、iBeetleapp、照片智能处理、智能附件。2016 年，大众发布了“携手共进-2025 战略”中，其中提出把发展自动驾驶技术作为其未来核心竞争力之一。此后，大众在自动驾驶的布局开始由点到面逐渐丰富起来了。

大众集团监事会成员在 2017 年 11 月批准了未来 5 年的投资方案，大众将投资 340 亿欧元用于电动汽车、自动驾驶以及移动出行领域的战略转型。在自动驾驶这个领域，大众正在采取两条路线并进的策略，一方面在推向市场的汽车上搭载高度成熟的自动驾驶技术，而另外一方面，L5 级别的自动驾驶车型 SEDRIC 将承担更多探索未来出行和交通工具的重任。

2018 年 9 月，大众集团与微软公司表示，大众采用微软的 Azure 云平台，为全系车型提供未来数字服务和移动产品。据了解，大众借助汽车云技术，正为用户提供一套独特的解决方案。

2019 年 12 月，上汽集团和广汽集团签署战略合作框架协议，合作有效期 5 年。根据协议，双方将积极探讨在联合开发核心技术、共享产业链资源、聚焦新商业模式以及合力拓展海外市场等方面的合作。

2020 年年初，在与阿里合资的斑马网络之外，上汽集团成立了相对独立的软件中心。上汽方面称，该中心将承担新一代中央集中式电子架构、云管端面向服务的软件平台、汽车数据基础架构和软件集成开发环境等基础技术平台研发任务

3.5.4 通用

通用汽车公司生产和销售轿车、越野车、运动型多用途车、双门轿车、运动型、皮卡和混合动力车、掀背车和厢式货车。该公司提供二手车，并通过经销商和分销商提供其产品，通用汽车公司原名 NGMCO, Inc., 2009 年更名为通用汽车公司，公司成立于密歇根州底特律市。

通用汽车旗下的自动驾驶汽车部门通用巡航 (GMCruise) 正与谷歌 (Google) 的子公司 Waymo 展开激烈竞争，率先将全自动汽车推向市场。通用汽车正在使用自己的自动驾驶车队测试自己的共享单车应用程序。

通用在 2015 年 7 月宣布将在全球增长型市场投资 50 亿美元，在这其中，自动驾驶汽车占大头。2016 年 1 月，与美国汽车共享出行公司 Lyft 达成合作，将投资 5 亿美元与其共同打造自动驾驶网络。又于 2017 年 6 月启动自动驾驶汽车计划，并计划每季度投入 1500 万美元用于自动驾驶技术研发。

2019 年 10 月，大众宣布成立自动驾驶独立部门 Volkswagen Autonomy (简称 VWAT)，在慕尼黑和沃尔夫斯堡设有办事处，计划分别于 2020 年和 2021 年在硅谷和中国建立分公司。到 2019 年底，大众还将集团内自动驾驶的研究资源

将全部转移到 VWAT。VWAT 将负责大众内部 L4 级自动驾驶的所有事宜，加速自动驾驶的商业落地。

2019 年 1 月，大众和福特宣布组建一个业务范围广泛的战略联盟，其中包括探索在自动驾驶、智能移动出行服务和电动车型领域内的合作。

2019 年 7 月，大众和福特共同宣布，双方将在美国和欧洲市场与自动驾驶技术公司 Argo AI 展开合作，大众还表示将向其投资 26 亿美元，其内容包括 10 亿美元的直接现金入资，以及将其估值为 16 亿美元的子公司自动驾驶公司 AID（Autonomous Intelligent Driving）折价并入 Argo AI，AID 则成为 ArgoAI 在欧洲的新总部。2020 年 6 月，大众完成对 Argo AI 的投资。

3.5.5 Waymo

谷歌自 2009 年开始通过其母公司 Alphabet 旗下的 Waymo 运行无人驾驶测试。2018 年底，Waymo 在亚利桑那州凤凰城推出首个自动驾驶出租车服务 Waymo One，成为首家无人驾驶车辆商业化落地的公司，此举标志着谷歌无人车将进入下一个全新阶段。2019 年 7 月，Waymo 获得加州监管机构的许可，许可授权 Waymo 可以使用其自动驾驶出租车运送乘客。2019 年 10 月，Waymo 在部分地区上线了无安全员的自动驾驶汽车。2019 年，Waymo 自动驾驶公开道路测试里程达到 1000 万英里（约合 1609 万公里）；至 2019 年底，Waymo 总路测里程超过了 2000 万英里，是全球无人驾驶路测数据最高的公司。

2020 年 6 月，Waymo 宣布成为沃尔沃的“L4 级自动驾驶全球独家合作伙伴”，沃尔沃将利用 Waymo 的自动驾驶技术打造自动驾驶电动出租车。

2020 年 7 月 22 日，Waymo 与菲亚特克莱斯勒宣布，计划将他们在自动驾驶汽车领域的合作扩大至商用汽车，两家公司将共同打造面向商用车型的 L4 级自动驾驶技术。同时，Waymo 的自动驾驶技术将被集成到菲亚特克莱斯勒全球销售的 Ram ProMaster 客货车中。另外，Waymo 的自动驾驶送货部门 Waymo Vi 将使用与菲亚特克莱斯勒共同开发车辆。

3.5.6 百度

百度在 2013 年 7 月成立深度学习研究院，开始进入自动驾驶汽车领域，并于 2014 年 7 月首次发布“百度无人驾驶汽车”研发计划，2015 年成立专门的自动驾驶事业部。2017 年 4 月，百度决定向汽车行业及自动驾驶领域的合作伙伴

提供软件平台阿波罗，提供自动驾驶的环境感知、轨迹规划和驾驶操作等方面的源代码，帮助整车企业搭建完整的自动驾驶系统，并计划在 2020 年前开放高速公路和普通城市道路上的全自动驾驶。目前，百度与金龙客车联合打造的自动驾驶巴士“阿波龙”首批量产车型已经发往北京、雄安、深圳、平潭、武汉以及日本东京等地投入试运营。

在 2019 年 1 月的国际消费类电子展（CES）上，百度正式发布 Apollo 企业版+Apollo3.5。百度官方称 Apollo 企业版为“全球首个最全面的自动驾驶和车联网领域的商业解决方案”，包括小度车载 OS、高速场景自动驾驶、自动泊车、小巴自动驾驶和地图数据服务平台 5 大“软硬一体化+云端”的解决方案。Apollo 企业版具有快速落地（从项目启动到落地最快只需要三个月）、成本可控、全面安全、AI 领先 4 大亮点。

2019 年 12 月，在首届百度 Apollo 生态大会上，百度 Apollo 除继续升级自动驾驶平台外，还发布了车路协同、智能车联两大开放平台。目前，百度 Apollo 已经获得了 150 张自动测试牌照，与一汽红旗合作开发的自动驾驶出租车已经在湖南长沙展开试运营。预计 2020 年，百度自动驾驶出租车队将覆盖长沙 135 公里开放道路。除长沙外，雄安新区以及河北沧州也是百度自动驾驶出租车重点布局的城市。

2018 年，百度 Apollo 成为中国首个获得 ISO 26262 道路车辆功能安全国际标准认证的互联网/AI 企业。值得一提的是，TUV 对百度的功能安全成熟度评语为“Defined-Practiced”（流程已建立且实施），这是 ISO26262 认证中较高等级的认可。

2019 年，百度高精地图与小度车载 OS 双双获得 ASPICE 认证。百度作为国内唯一具备完整的自主知识产权，拥有从采集设备到数据制作全流程自主研发能力的高精地图数据提供商，也是全球极少数通过 ASPICE 项认证的高精地图供应商。与此同时，小度车载 OS 也成为市面上首家获得 ASPICE 认证的车载 OS 系统。

2020 年 2 月，国际知名标准认证机构 TÜV NORD 北德向百度颁发了 IATF 16949:2016 质量管理体系认证符合性证书，百度 Apollo 自动驾驶套件再获自动驾驶车规级认证。这意味着百度 Apollo 的自动驾驶套件进入全球主流整车厂零

部件供应链质量管理体系的准入门槛，为自动驾驶的车规级量产打好了稳固的基础。至此，在自动驾驶、车路协同与智能车联等关键方向上，百度 Apollo 凭借自动驾驶套件、高精地图、小度车载 OS 等几大拳头产品已经取得 IATF 16949、ISO 26262、ASPICE 等主流车规级认证。作为全球最大的自动驾驶平台，百度 Apollo 也成为国内最符合车规级标准的自动驾驶开放平台。

2020 年 4 月 20 日，百度投入 45 辆无人驾驶出租车，在长沙正式启动自动驾驶出租车项目。

3.5.7 华为

华为在 2016 年发表了一份白皮书，详细介绍了移动网络运营商在自动驾驶汽车领域的价值，包括在智能停车、车队管理、与车内娱乐相关的数据、基于 LTE 的紧急服务等方面。2017 年巴塞罗那世界移动大会上，华为与沃达丰合作展示了用于车联网的蜂窝技术。2018 年 7 月，华为与奥迪展开战略合作，双方将在自动驾驶汽车领域开展深入合作，并将联袂推动汽车自动驾驶和数字化服务的发展，到 2020 年前，由双方联手打造的 5G 自动驾驶汽车将有望推出。

2019 年 4 月上海车展上，华为自动驾驶云服务 Octopus 首次展出，仿真测试就属于其中一项服务能力。2020 年 1 月 9 日，华为自动驾驶云服务首次在长沙湘江新区落地，这也意味着，自动驾驶仿真领域又迎来一个巨头的入局。

2020 年 2 月，华为 MDC 智能驾驶计算平台获得由德国莱茵 TÜV 集团颁发的 ISO 26262 功能安全管理认证证书。华为智能汽车解决方案 BU 从成立之初，一直将产品功能安全管理及认证工作放在首位，安全是智能驾驶的基本要求，智能驾驶计算平台，技术复杂度高，安全更受挑战。此次通过 ISO 26262 功能安全管理认证是华为 MDC 智能驾驶计算平台研发历程中一个新的起点，它将提升并确保华为 MDC 智能驾驶计算平台产品的功能安全性。在 ISO 26262 功能安全管理认证的护航下，华为 MDC 智能驾驶计算平台将使智能驾驶产业更安全的进入快车道。

伴随着 5G 落地，将会加速自动驾驶+智能汽车时代的到来，甚至改变未来的汽车生活模式，对于华为在内的 5G 技术合作商而言，将会是巨大的商机。据研究机构 Gartner 预测，到 2020 年全球将有 6000 万辆联网汽车，在接下来的四年内则将达到 2.2 亿辆。2020 年 4 月 24 日，华为联合首批 18 家合作车企成立“5G

汽车生态圈”，加速 5G 技术在汽车产业的商用进程。首批 18 家合作车企，分别为一汽集团（一汽红旗、一汽奔腾、一汽解放）、长安汽车、东风集团（东风乘用车、东风小康）、上汽集团（上汽乘用车、上汽通用五菱）、广汽集团（广汽新能源）、北汽集团（北汽新能源）、比亚迪、长城汽车、奇瑞控股、江淮汽车、宇通（客车）、赛力斯、南京依维柯、T3 出行。据华为方面介绍，华为并不会直接去制造汽车，而是将 5G 技术赋能汽车产业，令 5G 汽车成为汽车产业发展的战略高点。生态圈成立后，华为与生态圈内的企业将致力于智能网联和自动驾驶的进一步推进，并推动车联网技术及解决方案的升级。

2020 年 5 月 18 日，华为自动驾驶操作系统内核（含虚拟化机制）成功获得业界 Safety 领域最高等级功能安全认证（ISO 26262 ASIL-D），成为我国首个获得 ASIL-D 认证的操作系统内核，同时该内核已于 2019 年 9 月获得 Security 领域高等级信息安全认证（CC EAL 5+），标志着华为自动驾驶操作系统内核已成为业界首个拥有 Security & Safety 双高认证的商用 OS 内核。ISO 26262 功能安全标准是目前欧美和国内高安全行业的强制准入标准，其对产品的开发流程管理、安全架构设计、安全编码和安全测试等方面有极苛刻的要求。据介绍，华为经过多轮交付件评审、现场审核、专家终审，通过机构的层层审核，获得 TV 莱茵 ISO 26262 认证证书。得益于该内核的细粒度解耦架构、形式化方法和确定性时延机制等优势，华为获证周期相比行业缩短了 1 年，得到了认证机构和发证官的高度评价。

2020 年 7 月 25 日，华为在苏州举办华为自动驾驶网络技术峰会，并宣布成立华为数通自动驾驶网络联合实验室。根据目前已识别的技术方向，华为数通自动驾驶网络联合实验室将在意图感知和理解、智能推荐和决策、网络仿真演算、数字孪生等领域进行重点投入，加速自动驾驶网络落地。

3.5.8 滴滴

滴滴对自动驾驶领域的布局可追溯到 2016 年，这一年滴滴组建了自动驾驶研发团队，在高精地图、感知、行为预测、规划与控制等领域建立细分团队。2017 年，滴滴成立美国研究院，用于自动驾驶和大数据的发展。并将自动驾驶业务拆分，并获得软银愿景基金二期领投的超 5 亿美元融资；2018 年，获得美国加利福尼亚州自动驾驶测试标准，开始国内自动驾驶路测计划；2019 年，滴滴拿到

由上海颁发的国内首批自动驾驶载人示范应用牌照。此外，滴滴还建立了国内首个自动驾驶安全护航中心，能够实时监测车辆与路况，并协助给出相应的指令。2019年6月19日，北汽集团与滴滴自动驾驶公司签署战略合作框架协议，双方将通过在汽车、人工智能及共享出行领域的深度合作，共同研发高级别自动驾驶定制车型，推动自动驾驶技术在中国产业化落地。根据北汽与滴滴自动驾驶公司签署的战略合作协议，双方合作重点是“L4级以上自动驾驶、智能出行等领域”，“共同推动创新技术在地方产业落地”。

2020年6月27日，在经过约7个月的有效测试之后，滴滴的无人驾驶出租服务在上海嘉定区落地。这是滴滴布局自动驾驶出租的又一个节点性事件。滴滴作为面向未来智能移动出行服务的科技创新企业，近年来持续投入自动驾驶及车路协同等技术研发，不断发挥交通数据优势推进算法迭代，成为了推动自动驾驶和未来移动出行服务产业发展的重要力量。北汽集团与滴滴拥有高度一致的战略愿景，深度互补的产业空间，在自动驾驶、智能出行、云计算、工业互联网等前沿领域大有可为。

3.5.9 Uber

Uber 的自动驾驶一直是其主要业务之一。自动驾驶与城市交通是其瞄准的两大方向。2015年2月，Uber 在匹兹堡建立了自动驾驶研发团队，还从卡内基梅隆大学国家机器人工程中心挖走了50名专家。2019年4月19日，Uber 宣布其自动驾驶部门将获得10亿美元的注资，其中6.67亿美元来自丰田汽车和日本汽车零部件供应商电装公司，3.33亿美元来自软银愿景基金，新投资将用于自动驾驶汽车和卡车技术的研发。

4. 国外自动驾驶产业相关政策及监管规制情况

自动驾驶最早应用于 20 世纪 90 年代的美国军事领域，产业化开始于 21 世纪谷歌 Moonshot 计划中的无人车项目。以英特尔 153 亿美元收购自动驾驶视觉芯片公司 Mobileye 为标志事件，全球进入供应链整合期。

在过去几年中，自动驾驶的浪潮席卷全球，是推动产业变革的新力量，更是相关国家战略布局的重心。美国、德国等国家均将自动驾驶汽车视为未来汽车产业发展的主流趋势，各方面投入持续加大。2018 年自动驾驶行业分析报告指出，综合分析行业和市场两个维度，目前德国与美国保持领先地位，瑞典和英国位列第三、第四位，中国位居第七位。美国、德国、日本等国家对自动驾驶的研究起步较早，并拥有了一定的技术和数据优势，中国属于后起之秀，大有利用领先的 5G 技术实现弯道超车之势。根据知名调研机构在 2019 年 12 月份所发布会的“2019 年全球独角兽 500 强企业名单”显示，谷歌旗下的自动驾驶技术公司 Waymo 凭借着折合人民币 1.22 万亿的估值，超越了蚂蚁金服，成为了全球估值最高的独角兽企业。自动驾驶已成为全世界炙手可热的朝阳产业。

中国电子信息产业发展研究院发布的《世界智能网联汽车产业发展指数 2019》显示，智能网联汽车产业方面，美、德处于第一梯队，部分产业处于绝对领先地位，优势明显。第二梯队中，中国、日本、韩国、英国、法国等国家有一定汽车产业和电子信息制造业基础，同时政府高度重视，产业已初具规模；以色列、荷兰等国家重点发力零部件和后市场，在部分领域掌握核心技术，同时建立了良好的产业生态和应用环境。

监管制度是世界各国自动驾驶汽车立法的首要工作。从立法精神来看，有的国家侧重于推动自动驾驶汽车技术的快速发展和加速商业化，而对另一些国家而言，公共安全是其关注的焦点。从立法内容来看，各国规定也不尽一致。自动驾驶汽车监管制度的主要内容应当包括对相关核心概念的界定、道路测试制度、市场准入制度和准入后监管制度。

自动驾驶相关的核心概念包括自动驾驶汽车和驾驶员。建立有效监管制度的前提是对这两个核心概念进行厘定，使之成为对于法律界和技术界均适用的、且为公众和媒介所熟知的通用术语和界定。自动驾驶汽车道路测试监管制度的建立，是自动驾驶汽车发展的重要一环。科学的道路测试制度，需要综合考量保障公共

安全和推动自动驾驶汽车产业发展两个重要的因素并在两者之间找到平衡。以时间顺序来进行划分，道路测试监管制度应当包括路测申请制度、路测注册制度和路测中的监管制度等内容。自动驾驶汽车的市场准入及准入后监管制度的缺位问题目前尚不突出。从各国立法来看，规制重点主要还是集中在相对紧迫的路测制度，而对于其后的市场准入制度关注较少。但自动驾驶汽车产业发展的终极目标是走向市场，因此，应未雨绸缪，尽快建立市场准入和准入后监管的原则性制度框架。

表 10 各国有关自动驾驶相关的法规标准情况

传感器/主动安全		ISO	ECE	欧洲	美国	中国
传感器模块	车用摄像头	ISO 22840:2010				
	车用雷达					
主动安全系统	车道偏离预警	ISO 17361:2017	R130	(EU) 2019/2144	SAE J2808-2017	GB/T 26773 JT/T 883
	车道偏离辅助				NHTSA 车道偏离系统试验	
	自适应巡航	ISO 20035:2019			SAE J2399-2014	GB/T 20608
	自动紧急制动	ISO 22839:2013	R131 R152	ECE R152 ²		
	前撞预警	ISO 15623:2013	R131	ECE R131	SAE J2400-2003 ECE R131	
	盲点测试		R151	ECE R151	SAE J 2802-2015	国家标准 《道路车辆盲区监

² 尚未发布，预计采用 ECE R152。

						视系统 (BSD)性能要求及 试验方法》 征求意见稿 稿
	胎压监测		R141		FMVSS 138	
	倒车辅助	ISO 22840:2010	R39			
	电子稳定性控制系统		R140		FMVSS 126	GB/T 30677

4.1 国际准则与认证

目前，各国制定或拟制定的自动驾驶相关标准主要集中在车联网标准、先进驾驶辅助系统以及自动驾驶技术标准三个方面。相关的标准制修订机构主要有联合国世界车辆法规协调论坛（UN/WP.29）、国际标准化组织（ISO/TC22、ISO/TC204）、美国材料与试验学会（ASTM）、美国电子电气工程师协会（IEEE）、欧洲标准化组织（CEN/TC278）等。针对自动驾驶汽车的体系认证，其涉及的认证及各类认证的导入顺序为：ASPICE 认证—IATF 16949 认证—ISO 26262 认证。以下将就自动驾驶汽车相关的标准规范及认证进行介绍。

4.1.1 UN/WP.29 自动驾驶工作组及其制定的法规规则

为支持车辆智能化网联化技术快速发展，2018 年 6 月，WP29 启动了成立以来最大力度的改革，将原制动与行驶系工作组（GRRF）与智能交通/自动驾驶非正式工作组（ITS/AD IWG）整合重组，设立了新的自动驾驶车辆工作组（Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles，GRVA），加快推进功能要求、测试方法、信息安全等相关法规的制定与协调。GRVA 的工作范畴包括：

（1）车辆自动化和连接的安全性，包括功能要求（FRAV）、自动驾驶验证方法

（VMAD）、网络安全（和软件更新）、用于自动驾驶的 EDR/数据存储系统（当前）；（2）ADAS（遥控操纵、自动转向系统）；（3）动力学（转向、制动等）。

2019 年 9 月，由中国、欧盟、日本、美国等国牵头，世界车辆法规协调论坛（UN/WP.29）制定了有关以安全为核心来指导联合国自动驾驶汽车监管工作的框架文件。该框架适用于配备了可在驾驶员部分监管或无监管情况下驾驶的系统的自动驾驶/无人驾驶汽车（一般称为自动化 3 至 5 级）。该框架列出了世界论坛需要优先解决的一系列问题：（1）故障安全响应；（2）人机接口；（3）对象事件监测和响应（OEDR）；（4）自动化系统将在何种条件下运行；（5）系统安全验证；（6）网络安全；（7）软件更新；（8）数据存储和事件数据记录器（EDR）。

由亚洲、欧洲和北美专家牵头的四个技术小组将准备上述主题的提案草案，这四个小组将从以下四个方面处理上述问题：（1）自动化车辆的功能要求；（2）验证自动驾驶汽车的驾驶能力；（3）网络安全和软件更新；（4）用于自动驾驶和事件数据记录器的数据存储系统。目前，中国工信部副主任陈春梅作为自动驾驶汽车功能要求小组的专家参与自动驾驶技术与规则的相关工作。UN/ECE 制定/修订的与自动驾驶相关的法规有：

表 11 UN/ECE 制定/修订的与自动驾驶相关的法规

UN/ECE 法规号	法规名称（英文）	法规名称（中文）
ECE R131	Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)	自动紧急制动系统（AEBS）
ECE R152	Advanced Emergency Braking Systems (AEBS) for M1 and N1 vehicles	用于 M1 和 N1 车辆的自动紧急制动系统（AEBS）
ECE R79	Steering equipment	转向装置
ECE R140	Electronic Stability Control	电子稳定控制系统（ESC）

2020 年 6 月 24 日，联合国世界车辆法规协调论坛的第 181 次全体会上，《1958 年协定书》管理委员会（AC.1）投票表决通过了信息安全（UN Regulation on Cybersecurity and Cyber Security Management Systems）、软件升级（UN Regulation on Software Updates and Software Updates Management Systems）以及自动车道保持系统（UN Regulation on Automated Lane Keeping Systems, ALKS）三项智能网

联汽车领域的重要法规。

联合国有关“信息安全”与“软件升级”两项新法规将通过为汽车制造商建立明确的性能和审核要求，帮助解决这些安全风险。同时也是这一领域有史以来首批国际统一并具有约束力的技术规范。两项法规的要求涵盖：（1）管理车辆网络风险；（2）通过设计确保车辆信息安全，以减缓价值链上的风险；（3）检测并处置车队的安全事件；（4）提供安全可靠的软件升级并确保不会损害车辆安全。

《自动车道保持系统（ALKS）》法规是针对“3级”驾驶自动化功能的第一个具有约束力的国际法规。该法规规定 ALKS 在具备物理隔离且无行人及两轮车的道路上行驶，且运行速度不应高于 60 km/h。这三项法规将于 2021 年 1 月起实施。

1、《信息安全与信息安全管理系统》法规

本法规适用于与信息安全相关的 M 类、N 类、至少装有 1 个电控单元的 O 类以及具有 3 级以上自动驾驶功能的车辆。“信息安全”是指道路车辆及其功能受到保护，使其电子电气元件免受网络威胁；“信息安全管理系统（CSMS）”是一种基于风险的系统方法，定义了组织过程，职责和治理，以处理与对车辆的网络威胁相关的风险并保护其免受网络攻击。法规包括信息安全相关的一般要求、CSMS 合格证书、管理审批等内容，并提出了详细的信息安全威胁、漏洞、攻击方法，以及对应缓解措施，为汽车行业实施必要的流程提供了一个框架：（1）识别和管理车辆设计过程中的信息安全风险；（2）验证风险是否得到管理，包括测试；（3）确保及时进行风险评估；（4）监控网络攻击并有效应对；（5）对成功或未遂的攻击进行分析；（6）根据最新的威胁和漏洞评估安全措施是否仍然有效。

2、《软件升级与软件升级管理系统》法规

本法规适用于允许软件升级（更新）的 M 类、N 类、O 类、R 类、S 类、T 类车辆。“软件升级”是指用软件包将软件升级或更新到新的版本（包括更改配置参数）；“软件升级管理系统（SUMS）”是一种通过定义组织过程和程序，以符合本法规软件升级要求的系统方法。法规主要包括有关软件升级过程的车辆类型批准申请、标识、SUMS 合格证书、RX 软件标识号（RXSWIN）、一般要求等内容，为汽车行业实施必要的流程提供了一个框架：（1）记录与车辆类型有关的硬件和软件版本；（2）识别与型式批准有关的软件；（3）验证零部件上的软件；（4）识别相互依赖性；（5）确定车辆目标，并验证其更新兼容性；（7）评估软

件更新是否影响型式批准或合法定义的参数；（8）评估更新是否影响安全或安全驾驶；（9）向车主通报最新情况；（10）记录以上所有内容。

3、《自动车道保持系统》法规

本法规以联合国《自动驾驶框架文件》为指导，从系统安全、故障安全响应、人机界面、DSSAD、信息安全及软件升级等方面对 ALKS 提出严格要求。其中“系统安全”要求系统在激活后可以执行全部动态驾驶任务；“故障安全响应”要求系统具备驾驶权转换、碰撞应急策略和最小风险策略；“人机界面”规定系统的激活和退出条件，并明确系统的应提示信息及形式；“DSSAD”要求应记录系统的驾驶状态；“信息安全和软件升级”要求系统应满足“信息安全法规”和“软件升级法规”。

4.1.2 ISO 及其相关 TC 制定的标准规范

ISO 是国际标准化组织（International Organization for Standardization）的简称，其主要活动是制定国际标准，协调世界范围的标准化工作，组织各成员国和技术委员会进行情报交流，以及与其他国际组织进行合作，共同研究有关标准化问题。在 ISO 的技术委员会中，与智能交通系统有关的主要有：ISO/TC22 道路车辆、ISO/TC204 智能运输系统、ISO INFCO 信息系统和服务、ISO/TC211 地理信息、ISO/IEC JTC1/SC31 信息技术/自动识别和数据获取技术、ISO/TC154 工商行政管理中的过程、数据资料 and 文件。以下主要介绍与自动驾驶汽车关联度较高的 ISO/TC22 道路车辆、ISO/TC204 智能运输系统两个技术委员会及其制定的自动驾驶标准情况。

4.1.2.1 ISO/TC22 道路车辆

（1）ISO/TC22 简介及其下设的分委会与工作组

ISO 下设的道路车辆技术委员会 TC 22 主要负责在 1968 年维也纳公约中所规定的道路车辆（包括挂车、摩托车、机动车、汽车列车、铰接车辆）及其装备的兼容性、互换性、安全性以及术语和性能评价试验规程（包括仪器的特性）的标准化工作。ISO/TC 22 的秘书处设在法国，下设 11 个分技术委员会和 2 个工作组。

表 12 ISO/TC 22 下设的分技术委员会

SC 编号	SC 名称及其下设的工作组
-------	---------------

ISO/TC 22/SC 31	数据通讯	
ISO/TC 22/SC 32	电气和电子组件以及一般系统方面	ISO/TC 22/SC 32/WG 1 点火设备 ISO/TC 22/SC 32/WG 2 环境条件 ISO/TC 22/SC 32/WG 3 电磁兼容 ISO/TC 22/SC 32/WG 4 汽车电缆 ISO/TC 22/SC 32/WG 5 保险丝和断路器 ISO/TC 22/SC 32/WG 6 板载电气连接 ISO/TC 22/SC 32/WG 7 起动装置和发电机的功能特性 ISO/TC 22/SC 32/WG 8 功能安全 ISO/TC 22/SC 32/WG 9 牵引车与牵引车之间的电气连接 ISO/TC 22/SC 32/WG 10 光学元件-试验方法和要求 ISO/TC 22/SC 32/WG 11 网络安全 ISO/TC 22/SC 32/WG 12 软件更新
ISO/TC 22/SC 33	车辆动力学和底盘部件	ISO/TC22/SC33/WG2 乘用车的车辆动力学 ISO/TC22/SC33/WG3 驾驶员辅助和主动安全功能 ISO/TC22/SC33/WG5 轮圈 ISO/TC22/SC33/WG6 重型商用车和公共汽车的车辆动力学 ISO/TC22/SC33/WG9 自动驾驶系统的测试场景 ISO/TC22/SC33/WG10 刹车片和摩擦片 ISO/TC22/SC33/WG11 仿真 ISO/TC22/SC33/WG14 制动液 ISO/TC22/SC33/WG16 主动安全测试设备
ISO/TC 22/SC 34	车辆动力系统、传动系统及传动液	
ISO/TC 22/SC 35	照明系统及可视性	
ISO/TC 22/SC 36	安全和碰撞试验	
ISO/TC 22/SC 37	电动车辆	
ISO/TC 22/SC 38	摩托车和轻便摩托车	

ISO/TC 22/SC 39	人体工程学
ISO/TC 22/SC 40	轻型和重型商用车、大客车和挂车的特定要求
ISO/TC 22/SC 41	燃气汽车
ISO/TC 22/AG 1	自动驾驶特设小组（ADAG）
ISO/TC 22/SAG	战略咨询小组
备注：表中红色字体部分为与自动驾驶汽车相关度较高的分技术委员会及工作组。	

（2）ISO/TC22 及其分技术委员会制定的自动驾驶相关标准

截至 2020 年 4 月底，ISO/TC22 及其分技术委员会制定的自动驾驶相关标准如下表 13。

表 13 ISO/TC22 及其分技术委员会制定的自动驾驶相关标准

TC/SC	标准号	标准名称
ISO/TC 22/SC32	ISO 26262-1:2018	道路车辆—功能安全—第 1 部分：术语
	ISO 26262-2:2018	道路车辆—功能安全—第 2 部分：功能安全管理
	ISO 26262-3:2018	道路车辆—功能安全—第 3 部分：概念阶段
	ISO 26262-4:2018	道路车辆—功能安全—第 4 部分：系统层的产品开发
	ISO 26262-5:2018	道路车辆—功能安全—第 5 部分：硬件层的产品开发
	ISO 26262-6:2018	道路车辆—功能安全—第 6 部分：软件层的产品开发
	ISO 26262-7:2018	道路车辆—功能安全—第 7 部分：生产、运行、服务和报废
	ISO 26262-8:2018	道路车辆—功能安全—第 8 部分：支持过程
	ISO 26262-9:2018	道路车辆—功能安全—第 9 部分：面向汽车安全完整性等级（ASIL）和面向安全性的分析
	ISO 26262-10:2018	道路车辆—功能安全—第 10 部分：ISO 26262 指南
	ISO 26262-11:2018	道路车辆—功能安全—第 11 部分：将 ISO 26262 应用于半导体的指南
ISO/TC	ISO 26262-12:2018	道路车辆—功能安全—第 12 部分：摩托车用 ISO 26262 的适用性
	ISO 21448:2019	道路车辆—预期功能安全
ISO/TC	ISO 4138: 2012	乘用车稳态行驶性能开环测试方法

22/SC33	ISO 7401: 2011	道路车辆横向瞬态响应测试方法开环测试方法
	ISO 7975: 2019	乘用车—转弯制动—开环测试方法
	ISO 9816: 2018	乘用车—车辆在转弯时的断电反应—开环测试方法
	ISO 13674-1: 2010	道路车辆—集中操纵量化的测试方法—第 1 部分：编织测试
	ISO 13674-2: 2016	道路车辆—集中处理量化的测试方法—第 2 部分：过渡测试
	ISO 15037-1: 2019	道路车辆—车辆动力学测试方法—第 1 部分：乘用车的一般条件
	ISO 17288-1: 2011	乘用车自由驾驶行为第 1 部分：转向释放开环测试方法
	ISO 17288-2: 2011	乘用车自由驾驶行为第 2 部分：转向脉冲开环测试方法
	ISO 19206-1: 2018	道路车辆—用于评估主动安全功能的目标车辆，易受伤害的道路使用者和其他物体的测试设备—第 1 部分：乘用车后端目标的要求
	ISO 19206-2: 2018	道路车辆—用于评估主动安全功能的目标车辆，易受伤害的道路使用者和其他物体的测试设备—第 2 部分：行人目标的要求
	ISO 19364: 2016	乘用车—车辆动态仿真和验证—稳态循环行驶行为
	ISO 19365: 2016	乘用车—车辆动态仿真的验证—正弦与保压稳定性控制测试
ISO/TC 22/SC35	ISO 16505: 2019	道路车辆—摄像机监控系统的人体工程学和性能方面—要求和测试程序

(3) ISO/TC22 及其分技术委员会有关自动驾驶的标准制修订计划

截至 2020 年 4 月底，ISO/TC22 已开展了多项有关自动驾驶汽车的标准制修订计划，参见下表 14。

表 14 ISO/TC22 及其分技术委员会有关自动驾驶的标准制修订计划

TC/SC	标准计划	计划名称
TC22/SC32	ISO/SAE DIS 21434	道路车辆-网络安全工程
	ISO/CD 21448	道路车辆—预期功能的安全性
	ISO/AWI 24089	道路车辆-软件更新工程
TC22/SC33	ISO/CD 11010-1	乘用车模拟模型分类法第 1 部分：车辆动力学操纵
	ISO/DIS 19206-3	道路车辆—用于评估主动安全功能的目标车辆，易受伤害的道路使用者和其他物体的测试设备—第 3 部分：乘用车 3D 目标的要求
	ISO/DIS 19206-4	道路车辆—用于评估主动安全功能的目标车辆，易受伤害的道路使用者和其他物体的测试设备—第 4 部分：骑自行车的人目标的要求
	ISO/WD TS 22133-1	道路车辆—主动安全性和自动/自动车辆测试的测试对象监视和控制—第 1 部分：功能要求，规格和通信协议
	ISO/CD 22733-1	道路车辆—评估自动紧急制动系统性能的测试方法—第 1 部分：车对车
	ISO/CD 22735	道路车辆—评估车道保持辅助系统性能的测试方法
	ISO/WD 34501	道路车辆—自动驾驶系统测试场景的术语和定义
	ISO/WD 34502	道路车辆—基于情景的安全评估的工程框架和过程
	ISO/WD 34503	道路车辆—用于自动驾驶系统的运营设计领域的分类法
	ISO/WD 34504	道路车辆—场景属性和分类

(4) 汽车功能安全要求 (ISO 26262)

随着汽车上电子/电气系统数量不断的增加，有些高端汽车上有多达 70 多个 ECU（电子控制单元），其中安全气囊系统、制动系统、底盘控制系统、发动机控制系统以及线控系统等都是安全相关系统。为了实现汽车上电子/电气系统的

功能安全设计，2011 年 11 月 15 日 ISO/TC22 正式发布了道路车辆功能安全系列标准 ISO 26262，为开发汽车安全相关系统提供了指南，该标准的基础是适用于任何行业的电子/电气/可编程电子系统的功能安全标准 IEC 61508。ISO 26262 系列标准的目的在于提高汽车电子、电气产品的功能安全，在产品的研发流程和管理流程中，预先分析和评估潜在的危害和风险，通过实施科学的安全技术措施、规范和方法来降低风险，利用软、硬件系统化的测试、验证和确认方法，使电子、电气产品的安全功能在安全生命周期内满足汽车安全完整性等级的要求，提升系统或产品的可靠性，避免过当设计而增加成本以及避免因系统失效、随机硬件失效、设计缺陷所带来的风险，使电子系统的安全功能在各种严酷条件下保持正常运作，确保驾乘人员及路人的安全。

ISO 26262 系列标准适用于安装在最大总质量为 3.5 吨的量产乘用车上的与安全相关的电子电气系统（包括电子、电气和软件组件），涵盖的范围广泛，几乎涉及到了传统汽车和新能源汽车所有与功能安全相关的汽车电子、电气系统，如：汽车防抱死制动系统（ABS）、车身稳定控制系统、防撞系统、车道偏离报警系统、自适应助力转向、主动停车辅助系统、自适应悬架控制、安全气囊、司机瞌睡警示系统、自动巡航系统、胎压监控系统等。该系列标准：（1）提出了一个汽车安全生命周期概念（管理、开发、生产、运行、维护、停用）；（2）提出了一个专用于汽车的基于风险分析的方法，以确定汽车安全完整性等级（ASIL：Automotive Safety Integrity Level）；（3）利用汽车安全完整性等级来制定相应的规范和措施以避免不合理的残余风险；（4）提出了验证和确认方法的规范以确保达到可接受的安全完整性等级；（5）提出了与供应商相关的规范要求。

依据 ISO 26262 标准进行车规功能安全管理认证是针对车辆和系统提出的功能性安全要求，针对故障诊断和故障处理的可靠性，确保系统或产品的可靠性，既避免过当设计而增加成本，又满足了安全系统及产品符合所需安全完整性等级。这一系列标准也是目前全球主流整车企业在设计新车型时普遍采用的功能安全标准。

2018 年 12 月 1 日，ISO 发布了 ISO 26262 第二版系列标准（见上表）。新标准对多处内容进行了更新，消除了对车身重量的限制，从而将其覆盖范围扩大到其他类型的车辆，包括重型公路车辆、卡车、公共汽车和摩托车。值得注意的是，

新标准还增添了一份关于半导体产品的功能安全设计和使用指南。

然而，2018 版的 ISO 26262 系列标准中仍缺少关于自动驾驶车辆开发的细节规定。2019 年 1 月，ISO 发布了道路车辆预期功能安全（SOTIF）标准 ISO/PAS 21448。ISO/PAS 21448 旨在为避免因自动驾驶汽车整车及系统的非失效、预期功能局限、合理可预见的误用所引起安全风险，从整车层面、系统层面、软硬件层面及不同系统组件层面如感知、决策、执行提供了针对预期功能的风险识别、分析和设计方法，通过基于对已知不安全场景和未知不安全场景的预期功能安全验证和确认，探测和发现不同层面及系统组件中的功能不足并进行改进，使自动驾驶汽车在预期使用工况下达到合理安全水平。

目前，ISO 对 ISO/PAS 21448 的修订正处于委员会草案（CD）阶段。

4.1.2.2 ISO/TC204 智能运输系统

（1）ISO/TC204 简介及其下设的分委会与工作组

1992 年，ISO 设立有关运输信息与控制系统（TICS）技术委员会，也就是 TC204，2001 年 4 月在夏威夷召开的 ISO/TC204 全体会议上，一致通过将 TC204 的名称更改为“智能运输系统（ITS）技术委员会”。TC204 下设 13 个工作组，见下表 15。

表 15 ISO/TC204 简介及其下设的工作组

工作组	工作组名称
ISO/TC 204/AG 1	大数据与人工智能
ISO/TC 204/WG 1	体系架构
ISO/TC 204/WG 3	ITS（智能运输系统）数据库技术
ISO/TC 204/WG 5	收费
ISO/TC 204/WG 7	一般车队管理和商业/货运
ISO/TC 204/WG 8	公共交通/紧急事件处理
ISO/TC 204/WG 9	综合交通信息管理与控制
ISO/TC 204/WG 10	出行者信息系统
ISO/TC 204/WG 14	车辆/道路警示和控制系统
ISO/TC 204/WG 16	通讯技术
ISO/TC 204/WG 17	ITS 系统中的移动设备

ISO/TC 204/WG 18	合作系统
ISO/TC 204/WG 19	移动集成（Mobility integration）

（2）ISO/TC204 及其工作组制定的自动驾驶相关标准

截至 2020 年 4 月底，ISO/TC204 及其工作组制定的自动驾驶相关标准如下表 16。

表 16 ISO/TC204 及其工作组制定的自动驾驶相关标准

标准号	标准名称
ISO 11270: 2014	智能交通系统—车道保持辅助系统（LKAS）—性能要求和测试程序
ISO 15622: 2018	智能交通系统—自适应巡航控制系统—性能要求和测试程序
ISO 15623: 2013	智能交通系统—前车碰撞预警系统—性能要求和测试程序
ISO/TS 15624: 2001	运输信息和控制系统—交通障碍警告系统（TIWS）—系统要求
ISO 15628: 2013	智能运输系统—专用短距离通信（DSRC）— DSRC 应用层
ISO 17361: 2017	智能交通系统—车道偏离警告系统—性能要求和测试程序
ISO 17386: 2010	运输信息和控制系统—低速操作操纵辅助系统（MALSO）—性能要求和测试程序
ISO 17387: 2008	智能交通系统—车道变更决策辅助系统（LCDAS）—性能要求和测试程序
ISO 20035: 2019	智能交通系统—自适应巡航控制系统（CACC）—性能要求和测试程序
ISO 20524-1: 2020	智能运输系统—地理数据文件（GDF）GDF5.1 —第 1 部分：在多个源之间共享的独立于应用程序的地图数据
ISO/TR 20545: 2017	智能交通系统—车辆/道路警告和控制系统—车辆自动驾驶系统（RoVAS）/超越驾驶员辅助系统的标准化报告
ISO 20900: 2019	智能交通系统—半自动停车系统（PAPS）—性能要求和测试程序
ISO/TS 21185: 2019	智能传输系统—用于在可信设备之间进行安全连接的通信配置文件
ISO 21717: 2018	智能交通系统—半自动车内驾驶系统（PADS）—性能要求和测试程序
ISO/TR 21718:	智能交通系统—协作 ITS 和自动驾驶系统 2.0 的时空数据字典

2019	
ISO 22078: 2020	智能运输系统—自行车驾驶员检测和减缓碰撞系统（BDCMS）—性能要求和测试程序
ISO 22178: 2009	智能运输系统—低速追随（LSF）系统—性能要求和测试程序
ISO 22839: 2013	智能运输系统—前向车辆碰撞缓解系统—操作，性能和验证要求
ISO 22840: 2010	智能运输系统—辅助进行反向操纵的设备—增程后备辅助系统（ERBA）
ISO 26684: 2015	智能交通系统（ITS）—交叉路口信号信息和违规警告系统（CIWS）—性能要求和测试程序

（3）ISO/TC204 及其工作组有关自动驾驶的标准制修订计划

截至 2020 年 4 月底，ISO/TC204 已开展了多项有关自动驾驶汽车的标准制修订计划，参见下表 17。

表 17 ISO/TC204 开展的自动驾驶相关的标准计划

标准计划	计划名称
ISO/PRF 20524-2	智能运输系统—地理数据文件（GDF）GDF5.1 —第 2 部分：自动驾驶系统，协作式 ITS 和多式联运中使用的地图数据
ISO/AWI 21734-1	公共交通—自动驾驶公交车的连通性和安全功能的性能测试—第 1 部分：通用框架
ISO/AWI TS 22726-1	智能交通系统—互联和自动驾驶系统应用程序的动态数据和地图数据库规范—第 1 部分：协调静态地图数据的体系结构和逻辑数据模型
ISO/AWI TS 22726-2	智能交通系统—互联和自动驾驶系统应用程序的动态数据和地图数据库规范—第 2 部分：动态数据的逻辑数据模型
ISO/SAE AWI PAS 22736	智能运输系统—公路机动车辆驾驶自动化系统相关术语的分类和定义
ISO/CD 22737	智能交通系统-用于预定义路线的低速自动驾驶（LSAD）系统-性能要求，系统要求和性能测试程序
ISO/AWI TR 23254	智能运输系统—体系架构—联网自动化车辆的用例和高级参考体系架构

4.1.3 IATF 及汽车质量管理体系标准 IATF 16949

为了协调国际汽车质量系统规范，全球主流汽车制造商及协会于 1996 年成立了一个专门机构，称为国际汽车工作组 IATF（International Automotive Task Force）。该标准的制定组织 IATF 成员包括全球主要的汽车制造商以及各大主流市场的汽车工业与制造协会，如宝马、戴姆勒、大众、通用、福特、克莱斯勒、雷诺、标志、菲亚特，以及德国汽车工业协会（VDA）、意大利汽车制造商协会（ANFIA）、法国车辆设备工业联盟（FIEV）、美国国际汽车监督局（IAOB）和英国汽车制造与贸易商协会（SMMT）等。

《ISO/TS 16949 汽车行业质量管理体系技术规范》，于 1999 年由 IATF 和 ISO 质量管理技术委员会 ISO/TC 176 首次合作制定。2016 年 10 月 1 日，全新的汽车行业标准 IATF 16949:2016《质量管理体系——汽车行业生产件与相关服务件的组织和质量管理体系要求》正式发布，并全面替代 ISO/TS 16949:2009 标准。IATF 16949:2016 完全采用了 ISO9001:2015 标准的结构，增加了部分汽车行业的特殊要求，包括内嵌软件的产品质量保证要求、安全件的质量管理要求、供应商二方审核要求等，是一份具有较强客户导向和系统性较强的创新标准。IATF 16949:2016 体现了汽车行业对于产品技术发展趋势及汽车质量关注变化趋势，有望进一步推动全球汽车行业的更广泛的应用。与 ISO/TS16949:2009 标准相比，IATF 16949:2016 在 ISO 9001 标准基础上补充的内容进行了较大的修订。其中 83 个条款在原版标准的基础上进行修订，增加了新的要求。另外，IATF 16949:2016 标准还新增了 39 个条款。

IATF 16949:2016 是 IATF 所执行的最新质量管理体系认证标准，是目前全球通用的汽车行业零部件质量管理体系标准。如果一家企业没有获得相关标准认证，那就意味着有可能失去作为车企供应商的资格。IATF 16949 的制定是为了适应汽车工业全球采购的需要，减少零部件及材料供应商为满足各国质量体系要求而多次认证的负担，避免多重认证审核，而建立的全球性的针对汽车零部件供应商产品与服务的质量管理标准体系。

4.1.4 ISO/IEC JTC1/SC7 及 ASPICE 认证

ISO/IEC 联合信息技术委员会（ISO/IEC Joint Technical Committee for Information Technology）是国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）联

合组建的第一个标准化技术委员会，其编号为 JTC1。它在 ISO 和 IEC 共同领导下，承担信息技术领域国际标准制定工作，其重要性和影响力非同一般。JTC1 的秘书处设在美国，由美国国家标准化所（ANSI）负责日常工作。

1987 年，ISO/IEC JTC1 成立了第七分技术委员会 SC7（1991 年正式命名为软件工程（Software Engineering）分技术委员会，2000 年更名为软件和系统工程（Software and System Engineering）分技术委员会）。1993 年，ISO/IEC JTC1 在 SC7 设立第十工作组，发起了制订 ISO/IEC 15504 系列标准的前期工作。项目名称是“软件过程改进和能力测定”（Software Process Improvement and Capability Determination），简称 SPICE。基于 SPICE，各行业/领域衍生出了自己的标准，包括：汽车行业——Automotive SPICE、医疗设备行业——Medi SPICE、航天行业——S4S-SPICE for SPACE 等。

Automotive SPICE（汽车软件过程改进和能力测定），全称 ISO 15504 Automotive Software process improvement and capability determination，简称 APICE，是一个由欧洲车企（包括：奥迪、宝马、奔驰、菲亚特、福特、捷豹路虎、保时捷、大众、沃尔沃等）发起的车载软件开发的流程标准，用于欧洲主机厂对供应商进行软件流程能力评估。ASPICE 详细定义了汽车软件工程所涉及的主要过程，通过保证过程质量以及持续优化，确保最终交付的产品质量，已经成为国内外主流原型设备制造商（OEMs）、一级供应商（Tier1）的准入标准。2015 年开始陆续用 ISO 330XX 系列标准代替 ISO/IEC 15504 系列标准。

ASPICE 认证是由 iNTACS 认证的国际审核员小组对汽车嵌入式软件产品开发项目进行的过程能力评价。ASPICE 认证分 Class 3、Class 2、Class 1 三个等级，分别代表项目过程对应的实证是 1 个、2 个以上、4 个以上。ASPICE 认证小组最少由 2 名国际审核员构成，根据审核小组成员与被审组织的关系，区别为 Type A、B、C、D 四类评估。ASPICE 认证的过程能力包括 1、2、3、4、5 级别。

ASPICE适用领域



图 18 ASPICE 适用领域

ASPICE 兴起于欧洲，广泛用于主机厂以及供应商企业自身的过程能力改进，以及对供应商的风险评估。从更务实的角度，主机厂基于供应商的 ASPICE 等级评定其是否具有供应商资质。

4.2 美国

4.2.1 美国自动驾驶产业发展现状

美国对自动驾驶汽车的支持不仅局限于政策研究、技术开发等方面，也非常注重道路测试和示范区建设。一方面在示范区模拟多种道路和场景，提供自动驾驶运行环境；另一方面通过真实道路测试，帮助自动驾驶汽车在实操中发现问题、积累经验，不断优化性能，推动技术创新。作为自动驾驶的先行者，美国拥有多项自动驾驶技术，也是全球路测城市最多的国家。在商业化落地方面，美国的企业为其他国家的自动驾驶提供了一个案例。从 2018 年开始，陆续有自动驾驶公司推出 RoboTaxi 服务，这项自动驾驶出租车计划被称为是最有可能商业化的路径，也是未来自动驾驶的发展目标。

美国有六十多座自动驾驶试验场。2017 年 1 月 19 日，美国交通部指定十个国家级“自动驾驶汽车试验场”。虽然美国交通部基于中立客观的原则，认真考虑全美所有州内正在进行相关研究和测试活动的试验场，不会对各地的研发和测试活动进行褒贬评价，也不会特别偏向某一个或某几个自动驾驶试验场，最终在《自动驾驶汽车 3.0：为未来交通做准备》中取消了上述十个试验场的名义。但

是，这些试验场依旧是美国自动驾驶试验场的典型代表。

美国自动驾驶示范区分为底特律和硅谷两大阵营。位于密歇根州的 M-city 和 Willow Run 靠近底特律汽车城，属于底特律阵营；Go Mentum 基地和 Castle 空军基地靠近硅谷，属于硅谷阵营。其中，Go Mentum 和 Willow Run 是美国交通部指定的 10 个用于研发无人驾驶汽车技术的测试站点之一。这十大试验场是 Contra Costa Transportation Authority (CCTA) & GoMentum Station（康特拉科斯塔交通管理局和 GoMentum Station，加利福尼亚州）、San Diego Association of Governments（圣迭戈政府联合会，加利福尼亚州）、American Center for Mobility (ACM) at Willow Run（位于 Willow Run 的美国移动中心，密西根州）、Central Florida Automated Vehicle Partners（佛罗里达州中部地区自动驾驶合作伙伴，佛罗里达州）、City of Pittsburgh and the Thomas D. Larson Pennsylvania Transportation Institute（匹兹堡市和宾夕法尼亚州托马斯·D·拉尔森交通研究所，宾夕法尼亚州）、Texas AV Proving Grounds Partnership（德克萨斯州自动驾驶汽车试验场合作伙伴，德克萨斯州）、U.S. Army Aberdeen Test Center（美国陆军阿伯丁测试中心，马里兰州）、Iowa City Area Development Group（爱荷华城市地区开发集团，爱荷华州）、University of Wisconsin-Madison（威斯康星大学麦迪逊分校，威斯康星州）、North Carolina Turnpike Authority（北卡罗来纳州收费公路管理局，北卡罗来纳州）。

根据美国交通部的统计数据，截至 2020 年 3 月，美国共有 80 多家自动驾驶公司，总共拥有超过 1400 辆自动驾驶测试车辆，在美国全境内，共有 36 个州允许自动驾驶车辆在公开道路上进行测试。其中加州是首批在公共道路上实施自动驾驶车辆测试的州之一，也是自动驾驶测试最火的州，大量从事自动驾驶或相关行业的科技公司总部集聚于此。目前有 60 多家公司在加州进行自动驾驶车辆测试，其中包括 Waymo、Cruise 等，也包括中国的百度、滴滴、Pony、WeRide 等。

4.2.2 美国自动驾驶汽车相关政策

美国将驾驶自动化技术作为交通领域的重点发展对象，并从国家层面进行战略布局。2013 年以来美国陆续公布了系列自动驾驶顶层设计文件。

2013 年，美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）首次发布指导性文件《关于自动驾驶汽车的初步政策》，制定了自动驾驶测试相关标准，提出了对各州自

自动驾驶汽车立法的建议，用于支持自动驾驶技术的发展和推广。

2014 年，美国发布《智能交通系统战略计划（ITS）2015-2019》，以汽车的自动化、网联化作为战略核心，提出五大战略主题，六大项目类别，以项目带动创新。美国交通部牵头协调，引导产业界、学术界、政府机构等各部门参与到智能交通项目中，形成产学研的有效结合（见下图 19）。

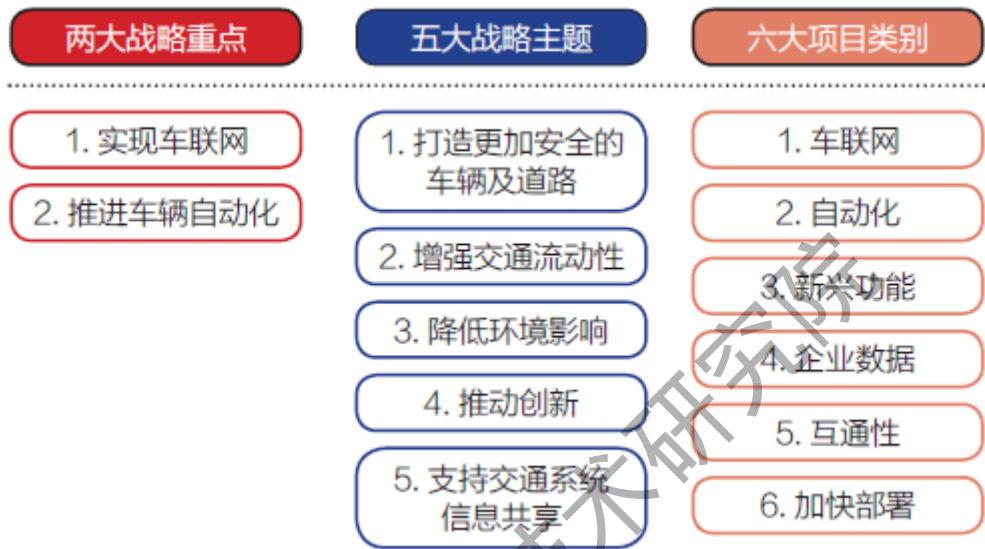


图 19 《智能交通系统战略计划 2015-2019》创新支持体系

2016 年 9 月 20 日，美国公布《联邦自动驾驶汽车政策》（Federal Automated Vehicles Policy），提出将安全监管作为核心内容。该政策从自动驾驶汽车性能指南（Vehicle Performance Guidance for Automated Vehicles）、统一的州政策（Model State Policy）、现行 NHTSA 监管工具（NHTSA’s Current Regulatory Tools）、新的监管工具（Modern Regulatory Tools）等四个方面，针对高度自动驾驶的安全设计、开发、测试和应用等，为生产、设计、供应、测试、销售、运营或者应用高度自动驾驶汽车的传统汽车厂商和其他机构提供了一个具备指导意义的前期规章制度框架。

2017 年 9 月 12 日，美国交通部发布《自动驾驶系统 2.0：安全愿景》（Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety，以下简称“AV 2.0”）的自动驾驶汽车指南。该指南主要关注的为 Level 3 到 Level 5（SAE 标准）的自动驾驶系统，汽车制造商无需等待就能开始测试以及部署它们自己的自动驾驶系统，另外它还精简了各大公司和组织在自动驾驶开发过程中的自我评估流程。该指南旨在为统一全自动驾驶、先进驾驶者辅助系统（ADAS）等自动化开发项目并协助汽车行业、

当地政府、州政府、联邦政府达成这一目标而设计。

2017 年 10 月 4 日，美国交通部又发布了新版自动驾驶汽车和自动驾驶系统（ADS）指导文件——《准备迎接未来交通：自动驾驶汽车 3.0》（Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicle 3.0，以下简称“AV 3.0”）。AV 3.0 通过增加整合和系统相关问题进一步对 AV 2.0 补充和完善。AV 2.0 中关于测试程序的准则仍然有效。AV 3.0 的核心是，交通部在原有指南的基础上对自动驾驶范围进行了延伸，涵盖乘用车、商用车、公路运输和道路等交通系统。该文件还包括了交通部下属各家主管部门展开的法规制定和其他建议行动。其中包括联邦公路管理局（FHWA）、联邦铁路管理局（FRA）、联邦汽车运输安全管理局（FMCSA）、联邦航空管理局（FAA）、联邦运输管理局（FTA）、管道和危险材料安全管理局（PHMSA）和国家公路交通安全管理局（NHTSA）。在自动驾驶系统的车辆研发方面，最重要的部门涉及国家公路交通安全管理局（NHTSA）和联邦汽车运输安全管理局（FMCSA）。

在 AV 3.0 中，国家公路交通安全管理局（NHTSA）计划制定新规，包括对特定安全标准的修改，以适应自动驾驶汽车技术，以及解决某些标准设定的例外情况，这些例外只有在有人驾驶的情况下才会出现。最明显的情况是方向盘和踏板，但联邦机动车辆安全标准（FMVSS）要求，配备自动驾驶系统的车辆可能享有豁免，包括有关前方视野和座位布置的规定。此外，该机构还将考虑对自动驾驶汽车安全标准的制定方法进行改革。

2020 年 1 月 7 日，美国交通部部长赵小兰在 2020 年国际消费类电子展（CES）上宣布，美国正式发布新版自动驾驶汽车指导文件《确保美国在自动驾驶技术领域的领先地位：自动驾驶汽车 4.0》（Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0，以下简称“AV 4.0”），确立了联邦层面自动驾驶汽车开发和集成的指导方针。AV 4.0 由美国白宫和交通部共同发起，整合了 38 个联邦部门、独立机构、委员会和总统行政办公室在自动驾驶领域的工作，将为州政府、地方政府、创新者以及所有利益相关者，提供美国政府在自动驾驶方面的工作指导。AV 4.0 为自动驾驶汽车的开发和集成提供了联邦指导方针，其中包括：优先考虑安全、强调网络安全、确保隐私和数据安全、保持技术中立、促进创新、确保标准和政策一致等。AV 4.0 详细介绍了哪些联邦机构负责

自动驾驶技术的哪些领域，以及各个政府机构正在进行的工作和计划。不过，AV 4.0 仍属于自愿性指导方针，美国依然缺乏强制性的全国性标准。

4.2.3 美国自动驾驶相关管理机构

美国是联邦制国家，交通部（USDOT）是联邦层面自动驾驶汽车主要管理部门，各州机动车管理局是州层面主要管理部门。美国《自动驾驶系统 2.0：安全愿景》政策中，对联邦政府和州政府的角色进行了明确界定，详见下表 18。

表 18 美国有关自动驾驶相关的管理机构

联邦政府职能	州政府职能
确定新的“联邦机动车安全标准”（FMVSS）	行政管理，例如：应挑选一个领导机构负责 HAVs 所有测试的相关事务；应建立一个具有司法管辖权的自动化驾驶安全技术委员会。
加强 FMVSS 执法	在管辖地域颁发驾驶执照和机动车注册
调查和管理不符合安全要求和存在安全缺陷车辆的召回和补偿	颁布和实施交通法规
关于车辆安全问题的公众交流和培训	在各州自行进行安全检查
发布落实《联邦自动驾驶汽车政策》的指南	管理制定机动车保险及责任的法规

美国交通部（USDOT）是联邦层面的有关道路车辆的主管机构，其在车辆自动化中的作用是：促进自动运输系统的开发和部署，以增强安全性，移动性和可持续性；识别自动驾驶汽车技术的收益机会；投资研究领域以促进行业投资并支持实现利益机会；建立联邦机动车辆安全标准和基础设施指南。下设十余个机构。其中，国家公路交通安全管理局（NHTSA）是自动驾驶汽车直接的、也是最重要的管理机构。根据《联邦交通运输法》，NHTSA 听命于国会保护驾驶车辆人员的安全，拥有对现有和新型汽车技术和设备广泛的执法权。美国交通部（USDOT）智能交通系统联合计划办公室（Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, ITS JPO）在整个 ITS 计划中建立了一个自动化计划。第一步，该计划制定了《2015-2019 年车辆自动化多式联运计划计划》，这是 ITS JPO 的 ITS 战略计划 2015-2019 年的重要组成部分。该计划计划确定了 USDOT 的愿景，角

色和目标，以及自动化研究的广泛研究路线图。

4.2.4 美国自动驾驶汽车相关法规

在自动驾驶刚刚兴起的阶段，美国并没有相应统一的法律法规，而是由各个州来出台制订专属的法律法规。但是，这种各自为政的法规在一定上造成了标准无法统一，企业需要在不同的区域应付不同的法规，对于推广自动驾驶来说增加了巨大的隐形成本，因此包括通用汽车、大众、Waymo 等企业都在敦促联邦政府制定关于自动驾驶的相关法案。2017 年 9 月 6 日，美国众议院通过了《确保车辆演化的未来部署和研究安全法案》，也称《自动驾驶法案》（Self Drive Act, H.R.3388），这是美国首次在联邦层面对自动驾驶汽车的监管进行立法。《自动驾驶法案》是美国关于自动驾驶的首部重要联邦立法，法案修订了美国《交通运输法》（49 U.S.C），规定了 NHTSA 对自动驾驶汽车的监管权限，并规定了美国联邦法律相较于州法律的优先权。修正案全文包括十三个章节，其中比较关键的是第四章、第五章、第六章内容，这三章提出的自动驾驶汽车的安全标准、网络安全要求以及豁免条款，尤其是豁免数量条款，为自动驾驶汽车上路提供了法律豁免。

根据《自动驾驶法案》的要求，NHTSA 需要建立一个自动驾驶汽车顾问委员会进行专门的监管。此外，NHTSA 还将肩负起完善自动驾驶汽车安全标准的责任，包括传感器、软件和相关网络安全以及隐私保护等等。同时为了推广自动驾驶的发展，法案提出了数量豁免监管办法，允许汽车制造商第一年的汽车豁免量为 2.5 万辆，第二年为 5 万辆，第三、四年均为 10 万辆，被豁免的自动驾驶汽车可以不用严格遵守现有的汽车安全标准和相关规定。

2017 年 11 月，作为《自动驾驶法案》的补充法案——《自动驾驶汽车法案》（S.1885-AV START Act）被提上参议院立法议程。该法案由参议院商务委员会主席 John Thune(R-SD)提出，有望为自动驾驶汽车这项新生事物的监管框架铺平道路。若提案获得通过，将对许多与自动驾驶汽车相关的联邦法规进行松绑。诸如特斯拉与通用汽车这样的制造商，有望在不受特定行为监管的情况下，开发与销售这些车辆。法案将允许联邦政府收集二级自动驾驶系统的信息，比如特斯拉的 AutoPilot 辅助驾驶、以及通用的 Super Cruise。此外，法案有权确定未来自动驾驶汽车的外观。只要获得联邦机动车辆安全标准的豁免，就允许制造商生产不

带方向盘、油门、以及刹车踏板的车辆。经过一年多的谈判，到 2018 年 12 月，参议院将《自动驾驶汽车法案》的提案推到了只差临门一脚的位置，只待国会审议通过。事实上，自特朗普上任以来，对自动驾驶持双重态度，一方面废除了奥巴马政府时期成立的自动驾驶汽车委员会，另一方面却在政策指导方面放开手脚，连涉及安全认证层面的事务都交给自动驾驶汽车厂商自主进行。如此自相矛盾的态度，使得《AV START ACT》未能在参议院得到多数支持，目前，该项立法工作陷入停滞。

在州层面，各州积极推动自动驾驶立法，截至目前已有 30 多个州及华盛顿特区颁布了自动驾驶法案。内华达州在 2011 年 6 月就通过了美国第一部允许自动驾驶汽车上路行驶的法律。加利福尼亚州在 2014 年通过了自动驾驶汽车的测试法规，并在 2016 年的新法案中允许自动驾驶车辆能够在没有安全员的前提下进行公开道路测试。更激进的亚利桑那州甚至对刹车、方向盘和安全员也没有做硬性规定，这在一定程度上吸引了不少从事自动驾驶研发的企业。此外，美国部分州政府还自行制定允许自动驾驶汽车测试及上路的政策法案。内华达州于 2011 年率先启动自动驾驶汽车立法，以解决自动驾驶汽车在该州高速公路上的道路测试问题。2012 年 9 月，加利福尼亚州出台了更为宽松的自动驾驶汽车法规，确立了“促进和保障无人驾驶汽车安全”的立法理念，力争为自动驾驶技术的发展扫清障碍。随后，佛罗里达州、哥伦比亚特区、密歇根州等十多个州（特区）先后出台了几十条针对自动驾驶汽车的交通政策法规，全面推动美国自动驾驶技术及人工智能产业的发展。

4.2.5 美国自动驾驶汽车相关标准规范

美国没有加入联合国世界车辆法规协调论坛（UN/WP29），美国交通部（USDOT）国家公路交通安全管理局（National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA）在道路车辆及智能交通系统的标准方面已开展了相关工作。美国各大企业也早已意识到统一的技术标准对于自动驾驶商业化和规模化应用的重要性，通过企业间“合纵连横”的合作（如宝马与英特尔、Mobieye 三方联手开发业内领先的自动驾驶开放平台，福特、Google、Uber、Lyft、沃尔沃结成“自动驾驶更安全道路联盟（Self-Driving Coalition for Safer Streets）等），向联邦政府游说，以让美国道路交通更好地适应未来自动驾驶技术的发展，并致

力于消除联邦政府与州政府在法律法规方面的差异和冲突。

《美国法典(United States Code, U.S.C.)》的第.30112 部分规定所有机动车辆（包括摩托车），在其制造之日起就必须遵守美国联邦机动车安全标准（Federal Motor Vehicle Safety Standards, FMVSS）。美国联邦机动车安全标准（FMVSS）是目前国际上汽车安全技术法规的三大主要体系之一，在全球范围内具有深远影响力。美国汽车产业根据《联邦机动车安全标准》（FMVSS）对产品进行自我认证，如企业为发展自动驾驶技术，有不符合 FMVSS 的方面，可向 NHTSA 申请豁免。除了机动车安全标准（FMVSS），目前美国国际自动机工程师学会（SAE）、电气和电子工程师协会（IEEE）、美国材料与试验协会（ASTM）均制定了自动驾驶相关的标准。

4.2.5.1 FMVSS 标准

1966 年 9 月，美国颁布实施《国家交通及机动车安全法》，授权 DOT 对乘用车、多用途乘用车、载货车、挂车、大客车、学校客车、摩托车以及这些车辆的装备和部件制定并实施 FMVSS，FMVSS 全文收录在《联邦法规（Code of Federal Regulation, CFR）》第 49 篇第 571 部分。截至 2020 年 7 月，FMVSS 法规涉及安全气囊、刹车、儿童乘客安全、残疾人士和乘客、电子稳定控制（ESC）、燃油积极性（CAFE）、制造商信息、安全带、轮胎、汽车、其他设备等多个方面。FMVSS 中涉及自动驾驶系统的条款主要包括防侧翻、制动系统等。相关标准条款主要有：

表 19 自动驾驶相关的 FMVSS 标准

FMVSS 编号	标准名称
121	空气制动系统
124	加速器控制系统
125	警告装置
126	联邦机动车安全标准：电子稳定控制系统
135	轻型车辆制动系统
136	重型车辆电子稳定控制系统
138	胎压监测系统

美国现行机动车管理标准 FMVSS 制定较早，未将自动驾驶技术考虑在内，

在自动驾驶认证管理领域存在空白。由于 FMVSS 很多条款都要求人类驾驶员参与，并对车辆座椅、脚踏板等结构有特殊要求，这些条款将对发展自动驾驶技术形成挑战。2016 年 12 月，美国交通部正式发布《联邦机动车安全标准——第 150 号》（FMVSS No.150），推动 DSRC 强制安装立法，计划将在 2023 年强制所有轻型车辆配备车用 DSRC 技术。

4.2.5.2 SAE 标准

国际自动机工程师学会（SAE，原译为“美国汽车工程师学会”）下设的高级驾驶员辅助系统（ADAS）委员会负责影响车辆先进技术（例如 ACC，FCW，BSM，LDW，LKA，车辆声音等）的所有安全和人为因素等方面的标准制修订。

表 20 自动驾驶相关的 SAE 标准

SAE 标准	标题	日期	状态
J2399_201409	自适应巡航控制（ACC）操作特性和用户界面	2014.9.25	已修改
J2400_200308	前撞预警系统中的人为因素：操作特性和用户界面要求	2003.8.29	修订中
J2802_201506	盲点监视系统（BSMS）：操作特性和用户界面	2015.6.4	已修改
J2808_201701	车道偏离警告系统：人机界面信息	2017.1.26	已修改
J2889/1_201511	道路车辆发出的最小噪声的测量	2015.11.10	已修改
J3048_201602	车道保持辅助系统的驾驶员-车辆接口 注意事项	2016.2.24	发行

4.2.5.3 IEEE 标准

IEEE 智能交通系统学会（IEEE Intelligent Transportation Systems Society，IEEE ITSS）成立于 1999 年 1 月 1 日，学会成立的初衷是提供“单一 IEEE 窗口”、协调 IEEE ITS 活动、组织相关会议、支持 ITS 标准开发活动等，学会成员涵盖航空航天与电子系统、天线与传播、通信、电脑、消费电子产品、控制系统、电磁兼容性、电子器件、工业电子、仪器与测量、微波理论与技术、电力电子、可靠性、机器人与自动化、信号处理、系统/人与控制论、车辆技术等多个领域，

其主要研究领域为应用于智能交通系统（ITS）的电气、电子工程和信息技术的理论、实验和操作，以及为利用协同技术系统工程概念开发和改进各种运输系统等。目前，IEEE ITSS 发布的自动驾驶相关标准如下：

表 21 IEEE ITSS 发布的自动驾驶相关标准

标准号	标准名称
IEEE SA 1609.0-2013	车辆环境中的无线接入（WAVE）--结构体系 描述移动车辆环境中的车辆无线接入设备通信的无线通信架构和服务
IEEE SA 1609.2-2016	试用标准：车辆环境中的无线接入--应用和管理信息的安全服务
IEEE SA 1609.3-2010	车辆环境中的无线接入（WAVE）--网络服务
IEEE SA 1609.4-2010	车辆环境中的无线接入（WAVE）--多频操作
IEEE SA 1609.11-2010	车辆环境中的无线接入（WAVE）--智能交通系统中的空中电子支付数据交换协议
IEEE SA 1609.12-2019	车辆环境中的无线接入（WAVE）--标识分配
IEEE SA 1455-1999	车辆/路侧通信用信息集
IEEE SA 802.11p-2010	信息技术—局域网和城域网—特殊要求—第 11 部分：无线局域网媒体访问控制层（MAC）和物理层（PHY）规范 修订 6：车辆环境中的无线接入

此外，IEEE 相关技术委员会/工作组正在开展的有关自动驾驶车辆的标准计划包括：

表 21 IEEE 相关技术委员会/工作组正在开展的有关自动驾驶车辆的标准计划

标准计划	计划名称	技术委员会/工作组
P2452	Standard for the Performance of Lidar Used in Traffic Speed Measurements 用于行车速度测量的激光雷达性能标准	IM/TET TC41--Traffic Enforcement Technologies: http://www.ieee-ims.org/

P2040.1	Taxonomy and Definitions for Connected and Automated Vehicles 联网和自动驾驶车辆的分类法和定义	AVWG--Automated Vehicles Working Group: https://cesoc.ieee.org/
P2040.2	P2040.2 - Recommended Practice for Multi-Input Based Decision Making of Automated Vehicles Driving on Public Roads 在公共道路上基于自动驾驶的多输入决策的推荐做法	
P2040.3	P2040.3 - Recommended Practice for Permitting Automated Vehicles to Drive on Public Roads 允许自动驾驶汽车在公共道路上行驶的建议做法	
P2040	Standard for General Requirements for Fully Automated Vehicles Driving on Public Roads 在公共道路上行驶的全自动驾驶汽车的一般要求标准	
P2846	Formal Model for Safety Considerations in Automated Vehicle Decision Making 自动驾驶决策中的安全考虑的形式模型	VT/ITS--Intelligent Transportation Systems: http://www.vtsociety.org/

4.2.5.4 ASTM 标准

美国材料与试验协会（ASTM）的 F45 无人驾驶自动引导工业车辆委员会（Committee F45 on Driverless Automatic Guided Industrial Vehicles）制定的自动驾驶汽车相关标准：

表 22 ASTM F45 委员会制定的自动驾驶汽车相关标准

标准号	标准名称（英文）	标准名称（中文）
ASTM F3200-19	Standard Terminology for Driverless Automatic Guided Industrial Vehicles	无人驾驶自动引导工业车辆的标准术语
ASTM F3218-19	Standard Practice for Documenting Environmental Conditions for Utilization with	使用 A-UGV 测试方法记录使用环境条件的标准规范

	A-UGV Test Methods	
ASTM F3244-17	Standard Test Method for Navigation: Defined Area	导航标准测试方法：定义区域
ASTM F3265-17	Standard Test Method for Grid-Video Obstacle Measurement	网格视频障碍物测量的标准测试方法
ASTM F3327-18	Standard Practice for Recording the A-UGV Test Configuration	记录 A-UGV 测试配置的标准规范
ASTM F3381-19	Standard Practice for Describing Stationary Obstacles Utilized within A-UGV Test Methods	描述 A-UGV 测试方法中使用的固定障碍物的标准实践

此外，ASTM 的 E17 车辆-路面系统技术委员会下设的 E17.51 车辆路侧通信分委会（Subcommittee E17.51 on Vehicle Roadside Communication）制定的有关自动驾驶汽车的车联网标准。

表 23 ASTM E17.51 委员会（分委会）制定的有关自动驾驶汽车的车联网标准

标准号	标准名称（英文）	标准名称（中文）
ASTM E2213-03 (2018)	Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems — 5-GHz Band Dedicated Short-Range Communications (DSRC), Medium Access Control (MAC), and Physical Layer (PHY) Specifications	车路系统电信和信息交换标准规范—5GHz 频段专用短程通信介质访问控制（MAC）和物理层（PHY）规范

4.3 欧洲国家

4.3.1 欧洲国家自动驾驶产业发展现状

欧洲国家目前在自动驾驶领域的规划与投入也是相对积极的，据统计欧盟每年在自动驾驶技术上面的研发投入超过 57 亿欧元，占整个欧盟全年研发投入的 28%，已经成为欧盟研发投入最多的领域了。在成员国层面，英国业界和政府已投入超过 5 亿英镑用于智能网联和自动驾驶汽车的研发和测试。英国已建立四个主要试验场和三条试验高速公路，拥有超过 80 个合作研发项目进行。德国是世界上第一个制定自动驾驶伦理规则并进行立法的国家，在自动驾驶汽车路测方面，

不仅在多个城市开展多路段、多场景的测试，还在首都柏林推出了一条自动驾驶实测路段，建立在真实交通环境中，将实现无人驾驶车辆在现实市区交通环境中上路行驶。

2019 年 2 月，毕马威（KPMG）发布的《自动驾驶汽车成熟度指数³报告》（Autonomous Vehicles Readiness Index）显示，从国家对自动驾驶技术的准备情况和开放态度来看，在前十名的国家中，欧洲占据 6 席。其中，荷兰排名全球第一，挪威、瑞典、芬兰、英国、德国也进入前十。该报告认为，自动驾驶成功的条件包括：政府监管，包括政府对自动驾驶技术的支持意愿和投入程度；出色的道路和移动网络基础设施；来自于私营部门的投资和创新；强大的汽车行业参与和支持的大规模测试；以及政府支持/吸引与制造商的伙伴关系。该报告认为，未来欧洲发达国家有可能会更早地实现全国范围内的智能驾驶。

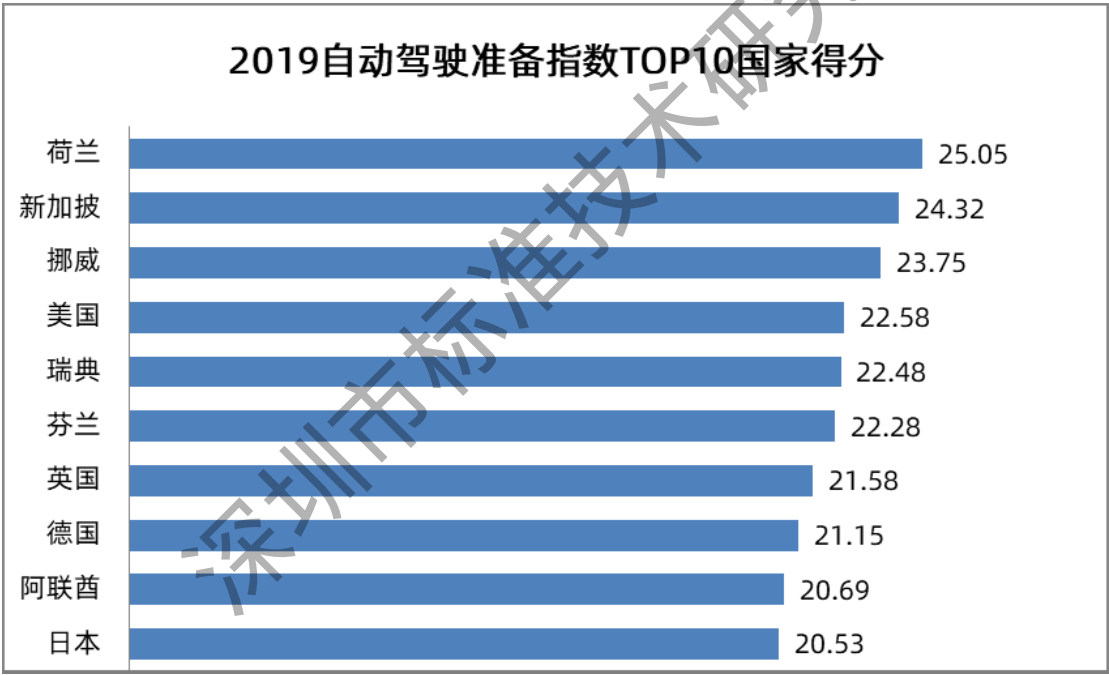


图 19 2019 年自动驾驶准备指数前十的国家

从得分来看，这些国家在技术创新、基础设施、政策法规、消费者接受度等方面处于全球领先地位，并通过改善道路安全、货运服务和公共交通等措施，迎接自动驾驶的到来。同时，奥迪、宝马、奔驰、大众、沃尔沃等老牌汽车制造商正在通过投资、收购、合作等方式，推动自动驾驶汽车的发展，并将自身的传统制造优势与科技巨头、创业公司的技术优势相结合，以加速自动驾驶业务的布局。

³ 成熟度指数包括四个方面：政策和立法；技术和创新；基础设施；以及消费者接受度。

（1）荷兰

荷兰是自动驾驶汽车行业的引领者，正在研究自动驾驶汽车在物流和货运服务中的使用。在《自动驾驶汽车成熟度指数报告》中，荷兰在“准备就绪”方面排名第一，主要得益于其先进的智能道路基础设施、无处不在的高速无线网络、全球最高密度的电动汽车充电桩。

早在 2017 年 2 月，荷兰政府就通过一项法案，允许在没有驾驶员的情况下对自动驾驶汽车进行大规模测试。开放性的政策也吸引了更多的汽车制造商来测试自动驾驶汽车。此外，荷兰政府还在研究使用自动驾驶汽车提升安全性的潜在方法，并测试 5G 技术在联网汽车中的应用。

TASS International 是由五个汽车部门（软件和服务、认证、安全中心、动力系统中心和交通中心）组成的企业实体，致力于为交通业开发安全系统提供支持，从而让汽车变得更智能、更安全和更环保。该公司提出了各种自动驾驶解决方案。

荷兰电动汽车共享出行服务商 Amber Mobility 正在进行自动驾驶汽车测试，合作伙伴包括荷兰政府、地图与导航服务商 TomTom、Nvidia 的传感器数据处理、微软的 Azure 和 AI 软件，以及荷兰应用科学研究组织（TNO）。

另外，荷兰最大的连锁超市 Albert Heijn 正在测试自动驾驶送货机器人进行商品配送。

（2）挪威

2018 年，挪威已经通过了自动驾驶汽车测试的合法化。之后，有多个城市开始了自动驾驶巴士的测试。

在奥斯陆，公共交通出行公司 Ruter 与 Autonomobility 合作测试自动驾驶汽车，包括一个含有 50 多辆汽车的车队。预计到 2021 年，将有 50 多辆自动驾驶巴士上路。

（3）瑞典

2018 年，瑞典在斯德哥尔摩城外开通了世界上第一条充电公路，能够在电动汽车和电动卡车的行驶过程中为它们充电。

目前，瑞典正大力推动电动自动驾驶汽车的发展。瑞典交通局已经授权汽车巨头沃尔沃开始自动驾驶汽车的测试，并有望在 2021 年上路行驶。此外，瑞典初创公司 Einride 设计的自动驾驶卡车 T-pod 已经上路行驶。

（4）芬兰

芬兰的研究方向更侧重于如何处理自动驾驶汽车在冬季积雪覆盖的道路上行驶。2017 年，芬兰 VTT 技术研究中心推出了专门针对积雪路面场景设计的无人驾驶汽车 Martti。

芬兰初创公司 Sensible4 长期专注于极端天气条件下自动驾驶技术的开发和测试。2018 年，公司与日本零售品牌无印良品合作设计了能够适应多种天气条件的全球首款 L4 级自动驾驶巴士 Gacha。预计到 2020 年，该自动驾驶汽车将在三个芬兰城市上路。

（5）英国

在自动驾驶汽车领域，英国政府一直采用非常前瞻性的方法，使自动驾驶汽车的部署更加高效。2018 年 7 月，英国政府发布了一系列支持自动驾驶、车联网、新能源车等技术发展的计划。多份政府文件将这些技术列为未来交通发展的重要趋势。政府还决定拨款资助 6 个自动驾驶汽车相关的研发项目。

2018 年 11 月，政府宣布将在 2021 年前，资助在三个地区开展的自动驾驶公交车和出租车测试服务，包括苏格兰的自动驾驶巴士和伦敦的自动驾驶出租车。此外，英国初创公司 FiveAi 已经开始了自动驾驶汽车的街头试验。

（6）德国

德国是一个拥有自动驾驶汽车国家战略的国家。与其他国家不同，德国发展自动驾驶走的是比较务实的路线。他们通过申请大量的自动驾驶专利来储备技术，逐步往实践靠拢。

2018 年，德国政府提出了一个法律框架，允许在特定环境中进行自动驾驶。2019 年 4 月，大众汽车在德国汉堡启动了 L4 级自动驾驶汽车测试工作，试点项目预计将在 2020 年完成。

4.3.2 欧盟自动驾驶汽车相关政策

在欧洲，欧盟已经推出了多项促进自动驾驶汽车的发展措施和战略。2003 年欧洲智能交通协会（ERTICO）提出 eSafety 计划，以保障车辆安全为目的研究车载安全模块的配置。2006 年欧盟提出 CVIS 车路协同技术的项目，其研究成果于 2010 年在荷兰阿姆斯特丹进行展示。2010 年欧盟委员会公布的《欧盟 2020 战略》中提出了面向数字社会的欧洲数字化议程智能增长计划。2011 年欧盟委

员会在《欧盟一体化交通白皮书》中提出重点发展车辆智能安全、信息化及交通安全管理。2013 年欧盟推出的“地平线 2020 计划”中，提出推动合作式智能交通、汽车自动化、网联化及产业应用。

2015 年，欧盟发布了《欧洲自动驾驶智能系统技术路线》(European Roadmap Smart Systems for Driving)，提出了欧洲自动驾驶发展战略。

2016 年，欧盟委员会通过了《合作智能交通系统战略》(Cooperative Intelligent Transport Systems，简称 C-ITS)，该战略的目标是促进整个欧洲范围内投资和监管框架的融合，以促进 C-ITS 服务能在 2019 年实现部署，成为合作、互联和自动驾驶的里程碑。

2016 年，欧盟各成员国签署了《阿姆斯特丹宣言“互联和自动驾驶领域的合作”》(Declaration of Amsterdam "Cooperation in the field of connected and automated driving")，宣言要求制定一个有关 CAD 的泛欧洲共同战略。此外，为了确保欧盟内部一致的车辆政策，2016 年 1 月由代表汽车、电信、IT 和保险等不同行业利益的相关者，在欧盟委员会的领导下，成立了 GEAR 2030 高级小组。高级小组将协助欧盟委员会，就高度自动化和联网车辆，制定长期的欧盟战略。此外，在 Horizon 2020 项目中，“自动化道路交通”是运输研究项目的关键内容之一。

2018 年 5 月，欧盟委员会发布了名为《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》的文件，文件显示，欧盟计划到 2020 年，在高速公路上实现自动驾驶，在城市中心区域实现低速自动驾驶；到 2030 年普及完全自动驾驶。其中，到 2022 年，所有新车都将具备通信功能，实现“车联网”。欧盟委员会强调：“要使欧洲在网联和自动驾驶领域处于世界领先地位。”

2019 年，欧盟宣布推进在欧洲道路上部署基于 DSRC 直连通信的 V2X 技术。同年，欧盟道路交通研究咨询委员会 (European Road Transport Research Advisory Council, ERTRAC) 更新发布了“联网自动驾驶汽车路线图 (Connected Automated Driving Roadmap)”，强调协同互联的内涵，增加了网联式自动驾驶的内容，同时明确提出基于数字化基础设施支撑的网联式协同自动驾驶 (Infrastructure Support levels for Automated Driving, ISAD)。在该路线图中，ERTRAC 的互联互通和自动驾驶工作组 (Connectivity and Automated Driving Group) 专家对基础

设施进行了等级划分，其目的是描述自动驾驶车辆对交通路网设施不同区块的差异化要求。例如，对于容易出现交通阻塞的合流匝道位置，需要建设 A 级基础设施来进行交通控制；对于一些交通运行较为顺畅的快速路段，仅需要建设 C 级基础设施来提供动态信息给行驶车辆；而对于二级公路网络可以建设 D 级基础设施，而在一些乡村地区不需要智能化的基础设施配套。

2020 年 2 月 19 日，欧盟委员会在布鲁塞尔发布《人工智能白皮书》（White Paper on Artificial Intelligence）（以下简称“白皮书”）。《白皮书》提出一系列政策措施，旨在大力促进欧洲人工智能研发，同时有效应对其可能带来的风险。欧委会指出，从数字医疗到精准农业，从自动驾驶到智慧城市，人工智能技术应用领域广泛，经济潜力巨大。但欧盟在人工智能研发和应用方面已经落后于美国和中国。世界知识产权组织最新发布的统计报告表明，目前全球 85% 以上的人工智能相关技术专利来自中美两国企业。为尽快缩小在人工智能技术方面与世界领先水平的差距，欧盟在《白皮书》中提出了一项雄心勃勃的投资计划，将在今后 10 年内每年投入高达 200 亿欧元的技术研发和应用资金。据欧盟估算，欧盟人工智能等数字技术的现有经济规模为 3000 亿欧元，占欧盟国内生产总值的 2.4%，5 年之后这一数字将是目前的三倍。欧盟也高度重视并通过制定规则来应对技术发展给公民权利带来的风险。2018 年 5 月，欧盟《通用数据保护条例》（GDPR）生效实施。本次欧盟《人工智能白皮书》也在保护公民隐私和数据安全方面制定了一系列措施。例如，人工智能企业必须通过相关部门的安全测试和资质审核才能进入欧盟市场。其中，**自动驾驶**、医疗设备、社会保障和移动支付等“高风险”行业的人工智能企业均被列为重点审核和监管对象。欧盟司法委员雷恩德斯指出：“如果自动驾驶汽车出现交通事故，谁将为此承担责任？我们必须对类似问题作出规定。”《白皮书》还对使用人脸识别等远程生物识别系统提出严格限制。这些规定不仅适用于欧洲本地企业，也将对在欧盟运营的第三国数字企业产生重要影响。欧盟《人工智能白皮书》将在未来三个月内接受各界人士的公开咨询，再根据反馈结果进行相应修订。此外，欧盟还将于 2020 年年底制定出台《**欧盟数字服务法**》等具有法律约束力的数字规则，从而对规范市场准入、强化企业责任和保护基本权利等问题作出明确规定。

4.3.3 欧盟自动驾驶相关管理机构

欧盟包括 27 个成员国，欧洲委员会承担了欧盟立法的工作，也覆盖了欧盟成员国自动驾驶车辆标准的相互认证工作。欧盟希望实现一个共同的愿景是促进自动驾驶车辆应用，具体战略方面包括三大支柱：第一，开发自动驾驶关键技术和基础设施；第二，确保自动驾驶出行的安全性；第三，解决自动驾驶带来的社会道德层面问题。

在自动驾驶汽车领域，欧洲委员会主要负责三个方面的工作：一是制定欧盟层面的法律和政策框架，包括技术标准协调和法律法规协调。二是协调和资金支持基础研究。三是促进其成员国与其他国家和地区的合作。为此，欧盟针对自动驾驶汽车发展创建了新的协调小组，并明确欧盟委员会部门职能分工。2015 年 10 月，欧盟成立了 **GEAR 2030 高级别小组**，主要负责研究汽车行业的未来，为成员国、行业利益相关者和欧盟委员会成员带来了制定自动驾驶政策建议的目标。该专家组于 2017 年发布了《GEAR 2030 高级别专家组最终报告》和《GEAR 2030 战略（2015-2017）》，深入分析了引入自动驾驶汽车对欧洲的影响，并商定了路线图和确定目标。在欧盟委员会内，自动驾驶汽车相关政策由 5 个部门共同负责。**内部市场、行业、企业家精神和中小企业司（DG Grow）**负责车辆立法、汽车行业竞争力、产品责任、知识产权和 GNSS-Galileo 系统等；**通信网联、内容和技术司（DG Content）**负责与电信部门协调；**出行与运输司（DG Move）**负责交通管理和道路安全；**研究与创新司（DG RTD）**负责研究自动驾驶及其资金支持；**气候行动司（Clima）**负责促进行业可持续发展。

此外，2003 年 6 月 25 日，在欧盟委员会的认可和支持下，欧盟成立了**欧盟道路交通研究咨询委员会（European Road Transport Research Advisory Council, ERTRAC）**。ERTRAC 由来自覆盖公路运输利益相关团体的高级代表组成，包括：消费者、汽车制造商、零件供应商、公路基础设施运营商和开发商、服务提供商、能源提供商、研究部门、城市和区域以及欧盟和成员国的公共当局。ERTRAC 的主要任务包括定义欧洲道路运输战略和路线图，协助改善欧洲、成员国、地区的公共和私人道路运输研发活动之间的协调，加强欧洲网络和集群的研究创新能力，增强欧洲运输行业的全球竞争力，支持 Horizon 20250（欧洲研究与创新框架计划）的实施。ERTRAC 下设城市交通、长途货运、能源与环境、

道路运输安全与保障、全球竞争力、互联和自动驾驶共 6 个工作组。其中，**互联和自动驾驶工作组**（Working Group on Connectivity and Automated Driving）于 2014 年成立，现为 ERTRAC 的常设工作组，其主要任务是监测和更新《欧洲自动驾驶路线图》⁴。2017 年，该工作组在新的《欧洲地平线》框架方案 9（FP9）中提供了第 4 章“互联和自动化-提升移动化能力”的内容。

4.3.4 欧盟自动驾驶汽车相关法规

欧盟认为，在保障自动驾驶安全层面有四个方法，首先要更好的对自动驾驶汽车监管，在欧洲进行大规模的测试，第二是针对不同自动驾驶车辆的技术，形成自动驾驶汽车管理的指导文件，第三要推出新的欧盟法律框架来管理自动驾驶车辆，最后是要形成评估策略。

具体到自动驾驶技术的成熟和广泛应用，欧盟认为需要从下列 4 个方面进行归管：（1）安全性：车辆与数字基础设施之间，以及车与车之间安全，可靠和可信赖的通信；（2）用户采纳：更多用户使用具备自动驾驶能力的车辆或功能，同时整个社会（包括其他道路用户）都能够接受这些功能和车辆；（3）AI：人工智能可以在复杂的交通环境中实现安全的自动驾驶；（4）测试：在开阔道路上对自动驾驶系统进行大规模测试和验证对于进一步开发和部署至关重要。在以上四个方面，欧盟和 UNECE 制订了一系列的法律和法规来规范和引导自动驾驶汽车的发展，见下表 23。

表 23 欧盟和 UN/ECE 制定的自动驾驶汽车相关法规

1. ECE 技术法规	a) 自动驾驶车辆框架文件（L3 及以上） ^a	Framework document on automated/autonomous vehicles (19 June 2020)
	b) ALKS 技术要求	Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to automated lane keeping system (9 April 2020)

⁴ 最新版本于 2019 年发布，该路线图的目标是成为欧洲自动驾驶领域的参考文件，包括就如何开发和部署自动驾驶系统以及需要解决的研究和创新挑战，提供有关研究和业界的单一见解。路线图还包括欧盟成员国以及跨全球的的国家计划（行动）。

	c) AEBS	R131: Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)
		R152: Advanced Emergency Braking Systems for M1 and N1 vehicles
	d) 制动和转向	R13H: uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to braking
		R13: uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking
		R79: uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to steering equipment
		R139: Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to Brake Assist Systems (BAS)
		R140: Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to Electronic Stability Control (ESC) Systems
	e) 盲点监测	R151: uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to blind Spot Information Systems (BISIS)
	f) 紧急救援	R144: Accident Emergency Call Systems (AECS)
2. 网络安全	the approval of vehicles with regard to cyber security and of cybersecurity management systems	
3. 软件更新	the approval of vehicles with regard to software update processes and of software update management systems	
4. 责任认定和事故重现	a) Data storage system for automated driving (DSSAD) Requirements for Draft ALKS Regulation	
	b) Event Data Recorder (EDR) Performance Elements Appropriate for Adoption in 1958 and 1998 Agreement Resolutions or Regulations	

5. 豁免指南	guidelines on the exemption procedure for the EU approval of automated vehicles ⁵
6. 车辆安全	a) Regulation (EU) 2019/2144 -- on type-approval requirements for motor vehicles and their trailers, and systems, components and separate technical units intended for such vehicles, as regards their general safety and the protection of vehicle occupants and vulnerable road users (一般安全要求法规, 简称新 GSR) b) (EU) 2018/858 -- on the approval and market surveillance of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles (新的整车型式认证框架法规) c) (EU) 2020/683 -- (EU) 2018/858 的实施条例 (2020.4.15 发布)
7. 道路安全	road traffic safety resolution on the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic
8. 交通法规	a) convention on road traffic (Vienna on 8 November 1968); b) Convention on road traffic (Geneva on 19 September 1949)
9. 基础设施	a) (EC) 1071/2009 - common rules concerning the conditions to be complied with to pursue the occupation of road transport operator; b) 2008/96/EC - road infrastructure safety management; c) Resolution on road signs and signals;
10. 定期检查	a) 2014/45/EU - periodic roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers b) 1997 agreement: uniform conditions for periodical technical inspections of wheeled vehicles and the reciprocal recognition of such inspections
11. 其它	a) (EU) 561/2006 - social legislation relating to road transport; b) (EU) 165/2014 - tachographs in road transport

⁵ 2018 年 5 月 17 日, 欧盟委员会发布《自动联网移动的欧盟战略》(EU strategy on connected and automated mobility), 对车联网及自动驾驶发展进行支持。在此基础上, 2019 年 4 月 5 日, 欧盟委员会又发布了《自动驾驶汽车欧盟认证豁免程序指南》(Guidelines on the exemption procedure for the EU approval of automated vehicles)。

a: 此文件由欧盟、中国、日本和美国共同领导完成。

其中，欧盟 2019 年 12 月底发布的(EU) 2019/2144（简称新 GSR）替代了旧一般安全法规（EC） No 661/2009（简称旧 GSR），旨在加强对车内乘员、弱势道路使用者的保护，减少交通事故率和人员伤亡。新 GSR 还新增和升级了多项安全技术要求，包括升级成员保护要求，新增先进车辆技术要求、自动驾驶车辆技术要求，更新零部件要求，修正新框架（(EU) 2018/858）大批量认证技术要求部分项目等。

4.3.5 欧盟自动驾驶汽车相关标准规范

欧洲有关自动驾驶车辆的相关标准规范主要由欧洲标准化委员会（CEN）下设的 TC 278 智能交通系统负责制修订。截至 2020 年 4 月，CEN/TC 278 已制定的自动驾驶车辆相关标准如下表 24。

表 24 CEN/TC 278 已制定的自动驾驶车辆相关标准

标准号	标准名称（中文）	采用标准
EN 12253: 2004	道路运输和交通信息技术-专用短程通信（DSRC）-使用 5.8GHz 微波的物理层	
EN 12795: 2003	道路运输和交通信息技术-专用短程通信（DSRC）-DSRC 数据链路层：介质访问和逻辑链路控制	
EN 12834: 2003	道路运输和交通信息技术-专用短程通信（DSRC）-DSRC 应用层	
EN 13372: 2004	道路运输和交通信息技术-专用短程通信（DSRC）-道路运输和交通信息技术应用简介	
EN 15509: 2014	电子收费-DSRC 协同应用简介	
EN ISO 14906: 2018+A1: 2020	电子收费-DSRC 应用界面定义	ISO 14906:2018+A1: 2020
EN 16312:2013	智能交通系统-自动车辆和设备注册（AVI/AEI）-使用专用短距离通信的	

	AVI/AEI 和电子注册识别的可互操作应用程序配置文件	
CEN / TR 16968: 2016	电子收费-使用专用短距离通信的应用程序的安全措施评估	
CEN / TR 16742: 2014	智能交通系统-欧洲 ITS 标准和系统中的隐私问题	
CEN / TS 17395: 2019	智能交通系统-电子安全-自动化和自动驾驶汽车的 eCall	
EN ISO 14814: 2006	道路运输和交通远程信息处理-自动车辆和设备识别-参考体系结构和术语	ISO 14814: 2006
EN ISO 14815: 2005	道路运输和交通远程信息处理-自动车辆和设备识别-系统规格	ISO 14815: 2005
EN ISO 14816: 2005+A1: 2019	道路运输和交通远程信息处理-自动车辆和设备识别-编号和数据结构	ISO 14816: 2005+A1: 2019
EN ISO 17261: 2012	智能运输系统-自动车辆和设备识别-多式联运货物运输体系结构和术语	ISO 17261: 2012
EN ISO 17262: 2012+AC: 2013+A1: 2019	智能交通系统-自动车辆和设备识别-编号和数据结构	ISO 17262: 2012+AC: 2013+A1: 2019
EN ISO 17263: 2012+AC: 2013	智能交通系统-自动车辆和设备识别-系统参数	ISO 17263: 2012+AC: 2013
EN ISO 17264: 2009+A1: 2019	智能交通系统-自动车辆和设备识别-接口	ISO 17264: 2009+A1: 2019
EN ISO 17287: 2003	道路车辆-运输信息和控制系统的人体工程学方面-评估驾驶时使用的适合性的程序	ISO 17287: 2003
EN ISO 18750: 2018	智能交通系统-协作式 ITS-本地动态地图	ISO 18750: 2018
EN ISO 24534-1: 2010	自动车辆和设备识别-车辆电子注册识别 (ERI) -第 1 部分: 体系结构	ISO 24534-1: 2010

EN ISO 24534-2: 2010	自动车辆和设备的识别-车辆的电子注册识别 (ERI) -第 2 部分: 操作要求	ISO 24534-2: 2010
EN ISO 24534-3: 2016	智能运输系统-自动车辆和设备识别-车辆的电子注册识别 (ERI) -第 3 部分: 车辆数据	ISO 24534-3: 2016
EN ISO 24534-4: 2010+A1: 2019	车辆和设备的自动识别-车辆的电子注册识别 (ERI) -第 4 部分: 使用非对称技术的安全通信	ISO 24534-4: 2010+A1: 2019

4.3.6 欧盟重要成员国自动驾驶汽车监管规制

欧洲国家的自动驾驶技术发展相对成熟,不仅有欧盟对《联合国道路交通公约》关于自动驾驶进行修正,英国、德国等也出台了自动驾驶相关的法案或政策。

4.3.6.1 德国

由于德国加入的《维也纳道路交通公约》规定驾驶员必须时刻掌控交通工具,德国自动驾驶汽车道路测试工作一直在海外进行。德国于 2016 年批准了修订后的《维也纳道路交通公约》在德国的适用,允许驾驶人将驾驶任务转移至汽车,德国汽车企业才具备了自动驾驶本土化测试的条件。2017 年 6 月,德国颁布了全球首个关于自动驾驶的相关法律《道路交通法修订案》,修正案从上位法的角度对自动驾驶的概念、驾驶人的义务、驾驶数据的记录等进行了原则性规定,允许自动驾驶系统在特定条件下代替人类驾驶汽车,极大地推动了自动驾驶技术在德国道路测试的进展。为此,德国率先开放了 A9 高速公路的部分路段进行自动驾驶技术测试。对于责任认定,该法案也给出了响应的解决方案。法案要求测试车辆安装“黑匣子”,以便记录整个行驶过程,便于事故发生后追溯责任。

除了在法律上不断完善,2018 年,德国还公布了全球首个针对自动驾驶的道德的指导方针,为自动驾驶系统设计、伦理道德研究提供有力的支撑。该指导方针的起草委员会由政府牵头,并由伦理道德、法律和技术等领域的专家组成。方针特别对汽车控制系统的安全性进行了规定,指出汽车控制系统必须在事故到来时不惜一切代价避免人员伤亡。该指导方针共包括 20 条意见,核心要点包括“当系统引发的事故少于人类司机时,常理上需要应用自动与互联驾驶”、“财物损失优于人身损失:在危险情况下,保护人类生命始终是第一要务”、“发生不可

避免的事故时，不得根据行车者的个人特征（年龄、性别、身体或精神状态）做出判定”、“所有的驾驶情况必须被记录存储，并能明确驾驶责任方是人或电脑”。

4.3.6.2 英国

2014 年，英国政府建立了 2 亿英镑的专项基金来推动英国自动驾驶技术的研究、开发与部署工作。该基金 2015 年起的 3 年内，在英国的 4 个城市（米尔顿凯恩斯、格林威治、布里斯托、南格洛斯特郡）同期推进 3 个自动驾驶示范项目：Autodrive、GATEway 和 Venturer，试图解决自动驾驶的技术、商业模式、法律、保险以及产业化应用等问题。

2015 年 7 月，英国发布《无人驾驶汽车发展道路：道路测试指南》（The Pathway to Driverless Cars: A Code of Practice for Testing），规定测试者必须遵守所有相关的道路交通法律，并且确保：1）测试车辆必须能够上路行驶（原型车辆应在英国司机和汽车登记局注册）；2）经过培训的司机或操作人员（无需在车内）必须准备好，能够且愿意在必要时取得控制，且车辆需配备记录装置；3）已购买合适的保险。

2017 年 3 月，英国发布《英国数字战略》（UK Digital Strategy），大力支持自动驾驶，允许其上路测试并提供专项资金支持促进其研究与开发。

2017 年 8 月，英国运输部和国家基础设施保护中心发布《联网和自动驾驶汽车网络安全关键原则》（The key principles of vehicle cyber security for connected and automated vehicles），内容涉及个人数据信息控制、远距离汽车控制等各项技术的 8 项基础原则（前 3 项属于智能交通系统（ITS）与联网和自动化车辆（CAV）系统安全原则范畴，后 5 项属于 ITS 与 CAV 系统设计原则范畴），确保智能汽车的设计、开发及制造过程中的网络安全与信息安全。

2018 年 7 月 19 日，英国发布《自动和电动车辆法案》（The Automated and Electric Vehicles Bill），该法案为无人驾驶车辆的登记以及事故责任分配做出了具体规定。在保险方面，新法案规定：在已购买保险的情况下，无人驾驶车辆在自动驾驶时发生的事故责任一般由保险公司承担。无保险的情况下，车辆所有人对事故承担责任。

4.4 日本

日本对于自动驾驶的发展规划比较谨慎，其目前仅对 2020 年的发展做了较

为详细的场景规划。日本自动驾驶汽车 2020 年的发展目标是：在一定条件下实现在高速公路和人口稀少地区自动驾驶；力争在高速公路上实现“3 级（可在紧急情况下由人驾驶）”自动驾驶；在人口稀少地区等特定地区实现“4 级”自动驾驶等实用化。2019 年 8 月，日本通过《道路运输车辆法》修正案，为实现自动驾驶实用化规定了安全标准。法案已于 2020 年 5 月起实施，预计 2020 年实现高速公路自动驾驶的实用化。

4.4.1 日本自动驾驶产业发展现状

近年来，在政府支持下，日本各大汽车厂商在自动驾驶领域不断加大研发力度。丰田汽车公司 2020 年 1 月宣布，将在日本静冈县裾野市建设以互联汽车和自动驾驶纯电动汽车为中心、所有产品和服务通过互联网连接的智慧城市，计划于 2021 年初开工建设。日产汽车公司已在代表车型“天际线”采用 L2 级自动驾驶技术，并力图降低三维地图数据等服务价格，以提高销量。本田汽车公司计划 2020 年内发售可在高速公路上进行 L3 级自动驾驶的车型。

日本其他领域的先进公司也发挥各自技术优势，加入到这一产业竞合中。日本 IT 巨头软银与丰田汽车开展合作，共同出资成立了一家致力于提供新型出行服务的公司，自动驾驶出行服务将成为重要合作内容。索尼推出的专用影像传感器提高了对光线的灵敏度，让自动驾驶汽车在黑暗环境中也能正常工作，并发布了搭载该公司自动驾驶系统的试制车。夏普、松下、东芝等公司宣布将推出用于自动驾驶传感器中的激光雷达产品。

2020 年 7 月，日本政府发布了最新版自动驾驶发展规划，计划最早在 2022 年，能够在废弃火车轨道等限定空间内实现 L4 级别的自动驾驶服务，并在 2025 年把该服务扩大至包括高速公路与普通道路在内的 40 多个区域。此前，日本政府解禁了 L3 级别自动驾驶车辆在高速公路行驶的相关限制。日本政府还计划借东京奥运会推广自动驾驶，启用包括丰田在内的 L4 级别自动驾驶车队来执行接驳工作。

总的说来，日本自动驾驶汽车产业发展有着以下特点：

（1）提前布局，以政策做支撑。日本自 2013 年起就布局自动驾驶产业，其自动驾驶技术——SIP-adus 占据了核心地位，政府还成立了 SIP 自动驾驶推进委员会。2016 年 5 月，日本警视厅发布了《自动驾驶汽车道路测试指南》，对测试

机构、测试人员、测试车辆均提出技术要求。2017 年 5 月，日本内阁发布《2017 官民 ITS 构想及路线图》，计划于 2020 年左右实现 L3 级别的自动驾驶。2018 年 9 月，日本国土交通省正式发布《自动驾驶汽车安全技术指南》，明确 L3、L4 级别的自动驾驶汽车必须满足的安全条件。2019 年，日本发布《道路交通法》修正案和《道路交通车辆法》修正案，从制度建设的高度确保自动驾驶汽车的安全性，从而推动自动驾驶汽车的普及。日本企业很早之前就开展了自动驾驶的研发。1997 年，丰田在雷克萨斯 LS Celsior 上使用了基于激光传感器制造的 ACC 自适应巡航系统。在 2005 年爱知世博会期间，丰田展示了智能多模式交通系统（IMTS），可利用车间通信及地面信号装置，实现汽车自动速度控制和刹车控制功能，开启了车联网的早期运用。在 2018 年 1 月的 CES（消费者电子展）上，丰田推出 e-Palette Concept 共享电动自动驾驶概念车，并提出“移动盒子”的概念，最快将于 2020 年东京奥运会上开始试运营。2019 年 1 月，丰田在 CES 上展示了 Guardian 驾驶辅助系统。

车联网方面，从 2016 年开始，丰田在新车型中安装数据通信模块系统（Data Communication Modules, DCM），推动汽车互联技术普及。丰田计划升级 IT 基础设施，构建丰田大数据中心，分析、运用 DCM 收集的数据并应用于各种服务。为了加快车联网开发，日本丰田汽车公司与美国微软公司于 2016 年 1 月共同出资在美国得克萨斯州成立了一家名为“丰田物联（TOYOTA CONNECTED）”的公司，该公司将主要致力于搜集和分析车辆位置信息等大数据，并将其灵活应用于新商品和新服务的研发工作之中。2017 年，丰田还取得了微软的车联网专利技术的许可，包括操作系统、语音识别、手势控制、人工智能和网络安全工具等。总体而言，丰田的自动驾驶技术、专利数量排在全球前列。

（2）感知与决策：毫米波雷达技术成熟，激光雷达和高性能处理器欠缺。

日本企业在先进驾驶辅助系统（ADAS）领域已经有较多的积累。根据 Auto2xtech 的统计，2015-2017 年 ADAS 收入综合排行榜上有多家日本企业，比如 Aisin Seiki（爱信）、Denso（电装）、Hitachi（日立）。日产是较早推出装配 AVM 系统的车型的公司之一。日产的 AVM 与测距雷达配合使用，泊车时左边显示合成的俯视图，右侧可以切换显示后方、右侧、左侧的图像。同时，测距雷达探测到的车辆与障碍物之间的距离也可以显示在屏幕上。本田开发的多视角摄像系统

(Multi-View Camera System) 与日产的 AVM 布局类似。通过车头、车尾与后视镜上的四个 CCD 鱼眼摄像头, 利用 ECU 电子控制元件整合视讯内容后, 可以合成鸟瞰图。富士通的 360 度全景成像系统“OMNIVIEW”采用的是三维模型, 从而可从任意视角显示全方位场景。

激光雷达方面, 日本企业的技术相对薄弱。根据 Market Research Reports 的数据, 全球前十大激光雷达制造商中没有日本企业。根据 Market Research Reports 的统计, 全球的激光雷达制造商主要集中在美国, 比如 Velodyne 的激光雷达已经被 Google、百度等多家自动驾驶公司采用。目前, 电装、日立等公司已掌握了 24GHz、77GHz 毫米波雷达技术。其他相关日本企业也在积极布局, 比如先锋开发 MEMS 激光雷达, OMRON 在 2018 年 9 月开发出了探测距离超过 150 m 的远距离激光雷达。除了自行研发, 日本企业也通过投资国外激光雷达公司来布局该领域。2017 年 9 月, 丰田投资激光雷达初创公司 Luminar, 同时丰田研究所将和 Luminar 合作研发最新版本的自动驾驶平台。Luminar 公司是一家位于美国加州帕罗奥尔特奥的创业公司, 专门为无人驾驶汽车生产 LIDAR 传感器和感知软件。它在佛罗里达州奥兰多市建有一家占地 3 万多平方米的制造工厂。目前 Luminar 已经获得了沃尔沃、丰田和奥迪的订单。2018 年 12 月, 尼康向激光雷达龙头 Velodyne 投资 2500 万美元。2019 年 4 月, 两者还达成协议, 尼康帮助 Velodyne 大规模生产激光雷达。依托尼康在大规模生产精密光学器件上的技术积累, 有望推动 Velodyne 实现低成本激光雷达的量产。

(3) 车联网和高精度地图助力自动驾驶。日本早在 1995 年就开始建立“道路交通信息通信系统”(VICS)。1997 年本田推出车联网服务 Internavi, 之后丰田和日产相继推出车联网服务 G-Book 和 Car Wings。2016 年, 丰田利用专用短程通信技术(DSRC)成为全球首个在车辆上应用 V2X 技术的企业。2017 年 10 月, 本田宣布将与俄亥俄州马里斯维尔市合作试验 V2X 技术。同年 11 月, 本田又宣布与网银合作研发测试 5G 技术。2018 年 1 月, 日产宣布与大陆、爱立信、NTT DOCOMO、OKI 和高通科技公司联合测试 C-V2X 技术。2019 年 2 月, 日本爱知县利用 5G 测试平台进行了远程同时控制 2 辆自动驾驶汽车的试验。高精度地图方面, 2013 年 SIP 项目成立之后, 日本政府就开始计划制作自己的高精度地图。2015 年, 该项目开展了自动驾驶的静态数据调研, 数据模型基于日本电

子地图协会（DRM）的基本款框架，由日本知名图商 Pasco 主导调研。2016 年 6 月成立了 Dynamic Map Planning 公司，公司股东包括日本九大汽车公司，三菱电机和地图开发商 Zerin。截至 2019 年，Dynamic Map Platform 的高精地图已经覆盖了日本所有的高速公路。其地图标准也被日本丰田、本田、日产、马自达等 10 家主机厂所接受。

4.4.2 日本自动驾驶汽车相关政策

作为高度重视人工智能应用、汽车产业发达的国家之一，日本将自动驾驶作为重要的发展战略。

2013 年，日本启动了名为 SIP（战略性创新创造方案）的项目，它是由日本内阁政府推进的日本复兴计划，将聚焦于联合产业界、学术界以及政府机构，促进技术的研发应用。其中，自动驾驶系统战略创新项目（SIP-adus）以丰田为首。SIP-adus 项目以确立世界最安全的交通系统及向国际社会做出贡献为目的，采取官民合作方式，推进自动驾驶相关基础技术研发，扩大官民合作领域；2016 年 2 月该项目支持的“无人驾驶评价据点整備项目”落户茨城县筑波市的日本机动车研究所（Japan Automobile Research Institute，简称 JARI）。

2015 年 11 月，在第 2 次面向未来投资的官民对话中，日本首相安倍晋三提出“努力实现 2020 年奥运会·残运会上的无人驾驶出行服务，以及高速公路上的无人驾驶。为此，需到 2017 年建立必要的示范及其它相关制度，完善基础设施建设。”2017 年 5 月，日本政府发布“官民 ITS 行动/路线计划”（Public-Private ITS Initiative/Roadmaps），提出自动驾驶推进时间表：2020 年左右，实现相当于 L2、L3 级别的自动驾驶以及在特定区域内 L4 级别的自动驾驶出行服务；到 2025 年在高速公路实现相当于 L4 级别的自动驾驶。行动/路线计划（2017）还指出，L2 及以下的自动驾驶在日本现行道路法律框架之内，然而要想让 L3 及以上的自动驾驶实现市场化，则有必要进一步修改相关法律法规。

2018 年 2 月，日本政府召开未来投资会议，确定“未来投资战略 2018”草案。2018 年 6 月，日本内阁会议通过《未来投资战略 2018》。未来投资战略希望通过投资自动驾驶等新技术的研发来推动日本经济增长，提出 L3 级别的自动驾驶车辆于 2020 年实现量产销售，到 2030 年达到国内新车销量占比 30%的目标；该战略还提出实施监管沙盒（Sandbox）制度，即在特定空间更“宽松”的制度

环境，使得自动驾驶等相关的实证实验可以自由进行，也就是说，对于目前相关法律法规未涵盖的一些实证试验，在限定参与者、时间等要素的前提下，使其能够得以实施。未来投资战略 2018 还提出，在 2018 年年内，确定自动驾驶制度改善方面的方针政策，例如交通规则、发生事故时的责任认定等，从而为发展较高级别的自动驾驶打基础。

此外，日本还大力推进自动驾驶汽车示范项目。目前，日本已开展国家公路第三方评估项目，包括：最后一公里自动驾驶示范（雅马哈、SB drive：六人座小车和小型巴士）；以日本中部山地的沿路车站为据点的自动驾驶服务（雅马哈、爱信、mobility）；在冲绳进行的巴士自动驾驶、大规模第三方评估试验（mobility）；高速公路的卡车列队行驶（丰田、mobility）。

在政策和发展规划上，日本政府给出了明确的计划表，相比于欧美中的 2020 年计划，略显保守。但谨慎的背后，是基于日本强大的汽车工业体系，对汽车产业深刻的认识。日本拥有完整的从芯片到各种传感器、零部件的体系，但在技术标准的制定方面，日本速度缓慢，目前，日本还没有支撑行业发展的“常用零部件规格和安全规范”，但日本相关企业（日立、电装和松下等）担心美国或欧洲零部件标准将使得日本供货商在全球竞争者处于劣势，其在标准制定方面存在较大需求。企业已经要求日本土地、基础设施、交通和旅游部制定“能够实时传递交通和事故数据的智能公路基础设施标准。这一技术可用来调整电子信号速度限制，缓解交通，或向智能车辆的仪表盘直接传送道路建设警示信息。”

原型设备制造商（OEMs）需要特殊许可才能进行道路测试。国家警察厅要求“所有公共道路上的测试都要有司机坐在方向盘后面，”这也就限制了全自动驾驶汽车的测试。另外，日本政府还在考虑其他几项限制性措施。其中包括“限制自动驾驶车辆进入高速公路，司机要为任何事故负责。”还要求“安装防止操作人员睡着或东张西望的装置，这一装置可以使用感应器判断操作人员的状态。

2020 年 5 月 12 日，日本自动驾驶商业化研究会发布了 4.0 版《**实现自动驾驶的相关报告和方案**》。4.0 版政策主要包括无人驾驶服务的实现和普及路线图、先进自动驾驶技术的测试验证两大要点。日本政府计划在 2022 年左右，能够在有限区域内实现只需远程监控的无人驾驶自动驾驶服务，在 2025 年，将这种自动驾驶服务扩大至 40 个区域。同时计划在 2020 年，实现无人自动驾驶服务，实

现卡车在高速公路上的无人驾驶列队跟驰技术。

4.4.3 日本自动驾驶相关管理机构

在日本推进实施自动驾驶政策为目的的政府管理体制中，内阁官房在实施自动驾驶政策的过程中发挥总决策（司令塔）功能，内阁府、经济产业省、国土交通省、警察厅、总务省、消费者厅等省厅相互协调合作。

其中，内阁官房日本经济再生事务局是“成长战略”的制定者，主要负责自动驾驶的官民协议会，对国家级项目的验证数据项目、统一格式、验证项目的进度等进行管理；内阁官房 IT 综合战略室是“官民 ITS 构想•路线图”的制定者，其下设的道路交通工作组主要负责实现自动驾驶的场景、政府整体的制度完善大纲、自动驾驶相关的数据战略等工作。

在产业政策及车辆研发方面，经济产业省及国土交通省自动车局是自动驾驶汽车的主要管理机构，其主要任务是增强日本汽车产业竞争力、探讨自动驾驶的未来前景、探讨协调战略（10 个重要领域）、为建立国际化规则完善相关体制、列队跟驰路侧、最后一英里自动驾驶验证等。作为自动驾驶产业政策的主要制定者，经济产业省以在自动驾驶的“技术”和“商业化”两方面取得世界顶尖水平为目标。在“技术”方面，在与国土交通省合办的“自动驾驶商务研讨会”上推进“对未来前景达成一致”和“确定协调领域”相关工作，通过协调领域最大化形成企业可以将资源集中投入竞争领域的条件；在“商业化”方面，重点关注无人自动驾驶的移动服务及货车列队跟驰，通过实际验证来明确商业模式、确立相关技术、完善包含制度和基础设施在内的社会体系、提高社会接受度。

表 25 经济产业省及国土交通省自动车局探讨的协调战略

协调领域	拟实现的理想状态和行动方针
I、地图	为提高自身位置推定和识别功能，紧跟高精地图的市场化时期迅速进行建设完善。在 2018 年内完成全部高速公路的数据整備工作。在 2017 年指明了通过在普通公路特定区域的验证试验提出今后方针的方向，在 2019 年内完成在特定地区的标准验证和评价，在 2021 年底前确定扩大完善设施地区的方针。在 2019 年 2 月 13 日公布已获得 INCJ 等方面的增资，并已启动对拥有三维高精地图的美国企业（Ushr）的收购程序。继续通过全球推广、自动地图化等措施来降低成本。

II、通信基础设施	为尽早实现高水平的自动驾驶，不仅要发展自律车辆控制技术，还要通过与通信基础设施技术的协同来提高安全性。2017 年设定用例，决定使用基础设施和试验场所。与相关组织合作，在 2018 年制定标准 and 设计要求，在 2019 年内与特定地区（东京 2020 试验地区）完善所需的基础设施。
III、识别技术 IV、判断技术	结合国外动向，逐步确立应符合的最低程度的性能标准及其试验方法。另外，为提高研发效率，着力完善数据库，并取得试验设备与评价环境的战略性协调。不断推进对传感技术、行车记录仪、驾驶行为及交通事故数据的活用。同时， 争取在 2020 年末确立 3 级、4 级所需的识别技术等相关技术标准。
V、人体工学	为提高研发效率，努力实现研发和评价平台的通用化。在 2017 年确立驾驶员的生理和行为指标，以及驾驶员监测系统的基本构想。结合在 2017-2018 年所开展的大规模验证试验，以国际化展开为视角，推进各项要求等的国际标准化工作。
VI、安全	逐步确立车辆系统发生故障时、性能达到极限时、误用时的评价方法。指定用例和场景，完成传感器目标性能的导出及设计要求的抽取，2017 年提出国际标准化方案。2018 年将相应的验证工作的简介和事例汇总成可广泛运用的手册，2019 年以后推进该手册的使用。
VII、网络安全	为提高旨在确保安全的研发工作的效率，致力于统一研发和评价方法。2017 年制定应符合的最低水平，并提出国际化标准方案以及制定行业指标。2019 年底前实现评价环境（测试床）的实用化，并在今后着力强化信息共享体制并探讨网络安全框架。
VIII、软件人才	为解决作为研发核心的包括网络安全在内的软件人才不足的问题，着力推进人才的挖掘、确保和培养工作，2017 年实施关于软件的技能分类和整理以及挖掘、确保、培养工作的相关调查。2018 年制定技能标准，并举办在试验道路上自动驾驶时的算法精度竞赛（自动驾驶 AI 挑战）。2018 年召开有关网络安全的讲座。在今后探讨如何通过行业协调来宣传人才的必要性及职业的魅力。
IX、社会接受度	明示自动驾驶的效用和风险，着力研发符合国民需求的自动驾驶系统，

	努力完善为投入社会使用所需的相关环境。为实现自动驾驶，指出自动驾驶的效用，对作为普及前提的责任理论进行整理，并持续发布进展情况。
X、安全性评价	努力构建起运用至今的通过自动驾驶商业研讨会等研发出的技术安全性评价。2018 年协调制定了显示了日本交通环境的暂定场景，并活用于国际讨论中。2019 年以后，继续加强国际合作，探讨对今后发生的事故的相关数据的处理，并运用于安全性评价中。

在**自动驾驶系统开发及大规模验证方面**，内阁府启动的 SIP-adus 计划为自动驾驶实用化的相关研究和实际验证提供了政策保障。根据该计划，日本成立了自动驾驶推进委员会，并开展 2020 东京临海部验证实验。

在**车辆标准及运输事业方面**，国土交通省自动车局主要负责探讨道路运输车辆发的安全标准、研究汽车损害赔偿责任、探讨旅客运输事业等，其相关工作主要通过交通政策审议会、先进安全车（ASV）推进计划、车辆安全对策研讨会、交通安全环境研究所等进行推进。

在**基础设施建设与完善方面**，国土交通省道路局负责下一代协同 ITS、共同研究、完善道路基础设施，并开展以半山区的服务区为据点的自动驾驶服务；总务省负责对通信基础设施进行完善，主要任务是通过以实现车联网社会为目标的研究会，探讨通信方式及其使用方法以及开展 5G 验证实验（AI、大数据）。

在交通规则方面，警察厅以阶段性实现符合技术开发的方向性的自动驾驶为目标的调查研讨委员会，通过探讨路测指标、整理列队跟驰的现状与课题、研究道交法相关的及运用性课题来开展相关工作。同时，警察厅也对接联合国有关日内瓦条约、维也纳条约的修订以及交通规则的相关协调。

此外，日本消费者厅、法务省等机构负责联合国 WP29 自动驾驶相关标准的协调工作。日本汽车工业协会（JAMA）、日本汽车研究所（JARI）、日本汽车技术协会（JSAE）也是日本自动驾驶汽车领域的重要参与者。JAMA 是日本的汽车行业组织，会员包括在日本国内生产乘用车、火车、客车、摩托车等机动车辆的 14 家生产企业。其主要任务是开展机动车生产、出口及市场相关调查、研究以及各种统计等相关资料的制作和刊行；开展与机动车及机动车产业相关的政府政策、机动车标准认证及安全技术和环境技术、与机动车及机动车产业相关的环

环境保护、交通安全的推动、机动车流通、机动车使用环境的改善、机动车贸易及机动车产业国际性商务环境、机动车材料及零部件、机动车及机动车产业电子信息、机动车产业的知识产权保护等有关事项相关的调查、研究及建议。JARI 作为公立的公共研究机构，积极推进汽车性能和安全性的提高，开展以环保节能为中心的研究，并进行涉及汽车与产业经济的社会调查研究，以及在技术上指导国际合作等对社会公共利益有益的活动。JSAE 是一个非盈利的学术组织，拥有团体会员 500 多个，其主要工作包括：开展技术交流，举办学术报告会、研讨会、组织学术访问和调研，参加和举办国际性会议，建立国际间的交流与合作，推荐会员的科研成果，编辑出版技术、信息资料和书籍。

4.4.4 日本自动驾驶汽车相关法规

作为日本《道路交通安全法》的执法主体，2016 年 5 月，日本警察厅颁布《自动驾驶汽车道路测试指南》，允许开始自动驾驶汽车道路测试试验，但同时提出以下要求：在上路前必须要经过封闭实验场地测试；上路时必须要遵守现行交通法规，必须有驾驶员坐在驾驶座位上，必须要安装行车记录仪等。

2017 年 6 月，日本警察厅发布《远程自动驾驶系统道路测试许可处理基准》，允许汽车在无人驾驶的状态下进行道路测试，该处理基准作出以下规定：测试车辆需符合道路运送车辆安保基准的相关规定，需确保车辆可以远程监控、远程制动及通信响应超时时自动制动。此外，基准还规定须选择无线通信不会中断的场所进行测试，避开明显影响公众正常通行的路段和时间段，以及原则上试验从最初 1 辆开始逐辆增加；基准还将远程监控员定位为承担现行道路交通法规上规定义务和责任的驾驶人，并规定测试机构需向测试道路所在行政辖区的警署提交申请材料，由相关警员（原则上是从事驾驶证考试的考官）乘坐测试车辆进行道路行驶测试，测试审查合格后，签发道路测试牌照，该牌照有效期不超过 6 个月。

2018 年 9 月，日本国土交通省正式发布《自动驾驶汽车安全技术指南》，明确 L3、L4 级别的自动驾驶汽车必须满足的安全要求，分为以下十个方面的内容：

（1）设置 ODD 运行设计域；（2）自动驾驶系统安全性，要求控制和传感器系统的冗余设计确保安全，ODD 超出设定范围时，能够自动安全停车；（3）符合现有保安基准及相关国际标准（ISO）；（4）人机交互（HMI），要求 L3 级别车辆需要能够监控或识别驾驶员是否处于空置车辆的状态，并且能够在必要时发出

警报，L4 车辆需要能够判断车辆是否难以继续自动驾驶，能够告知驾驶员（或交通运营管理者）车辆即将自动停止；（5）装配数据记录装置（行车记录仪）；（6）网络安全，可参考最新国际信息安全法规（如 WP.29 的信息安全法规），考虑反黑客措施等；（7）对于无人驾驶的自动驾驶车辆的额外技术要求，运营管理中心能够通过摄像头监控车辆内外情况，出现紧急制动时，能够自动通告运营管理中心；（8）安全评估，要求针对 ODD 内可预见的危险场景，通过组合模拟、测试道路或道路试验提前验证系统的安全性；（9）使用中车辆的安全要求，应采取必要的安全措施，如维护和保养、软件升级等确保网络安全；（10）针对自动驾驶汽车消费者，应确保用户熟悉系统的操作、ODD 的范围以及功能限制。

2019 年 3 月日本发布《道路交通法》修正案。日本《道路交通法》禁止驾驶人员在驾驶中操作智能手机和注视车载导航仪的画面。而修正案的核心是将自动驾驶排除在上述规定的适用对象⁶之外。修正案以紧急时切换为手动驾驶为前提，将解禁智能手机操作等“开车一心二用”。通过此次对《道路交通法》的修改，“3 级”自动驾驶状态下的公路行驶成为可能。一定条件下的完全自动驾驶“4 级”以及完全自动驾驶“5 级”的实用化则还需进一步修改法律。

为了推动自动驾驶汽车的普及，从制度建设的高度确保自动驾驶汽车的安全性，2019 年 3 月，日本内阁发布《道路运输车辆法》修正案，对《道路运输车辆法》进行了部分修订。修正案修订的内容主要体现在五个方面。（1）在安保标准对象装置中追加“自动运行装置”。所谓自动运行装置，是指通过软件程序使车辆自动行驶时，必须安装的一些装置，例如摄像头、雷达等，而这些装置必须有能力代替驾驶员进行认知、预测、判断及操作等。各个自动运行装置的使用条件由国土交通大臣来设定，其中也包括记录车辆运行状态的装置。（2）引入汽车电子检查的同时，与该检查相关的必要的技术信息管理工作由日本独立行政法人——汽车技术综合机构（NALTEC）负责。（3）车辆的检查和整修方面，除了原本的刹车、发动机等外，摄像头、雷达等自动运行装置等先进技术的相关整修也纳入其中。此外，汽车制造商有义务提供检查、整修所需的技术信息。（4）创立许可制度，使用通信电路等方式，允许通过改变汽车自动运行装置的软件程序来

⁶ 《道路交通法》修正案涉及的对象是在一定条件下由系统负责驾驶、紧急时由司机操作的“3 级”自动驾驶。

改造车辆。与许可制度相关的事务中，技术类的审查同样交由NALTEC进行。(5) 为了确保整车检查符合汽车认证制度，增加纠错指令，用于处理整车检查中的不足之处。随着汽车检查的电子化，创立委托制度，负责汽车检查证的记录等事务。

4.4.5 日本自动驾驶汽车相关标准规范

在车载通信标准（DSRC）方面，日本主要采取的是日本无线工业及商贸联合会（Association of Radio Industries and Business，ARIB）制定的 ARIB STD-T75 《短距离通信（DSRC）系统》。ARIB STD-T75 于 2001 年 9 月 6 日发布，截至目前，已经历了 5 次修订，目前最新版本为 2008 年 12 月 12 日发布的 1.5 版。

ARIB 是由日本邮政省在 1995 年 5 月特设成立的，目的是为加快无线技术的应用，通过无线技术的标准化组织这样一种形式，来集中各个无线相关领域的知识和经验，对无线技术进行研究和开发。ARIB 的具体活动包括：（1）在电信和广播领域对无线频谱的使用进行调查和研究；（2）为公众提供咨询和教育，在电信和广播领域收集并发布关于无线频谱的使用信息；（3）在电信和广播领域建立无线系统的技术标准；（4）在电信和广播领域与国外的组织就无线频谱的使用进行沟通、协调和合作；（5）在无线法律的 102-17 条的基础上提供特定的频率改变支持业务；（6）其他与 ARIB 的目的相关的活动。

除了 ARIB STD-T75 这个车载通信标准外，日本工业标准协会（JIS）还制定了智能交通系统中有关自动驾驶汽车相关的多项标准，见下表 26。

表 26 日本 JIS 制定的有关自动驾驶相关的标准

标准号	标准名称
JIS D 0801: 2012	智能交通系统-自适应巡航控制系统（ACC）-性能要求和测试程序
JIS D 0802: 2015	智能运输系统-前车碰撞预警系统-性能要求和测试方法
JIS D 0803: 2012	智能运输系统-低速障碍警告（MALSO）-性能要求和测试程序
JIS D 0805: 2010	智能运输系统车道变更决策支持系统的性能要求和测试方法
JIS D 0806: 2011	智能运输系统-低车速跟随（LSF）系统-性能要求和测试程序
JIS D 0807: 2011	智能运输系统-全车自适应巡航控制（FSRA）系统-性能要求和测试程序

JIS D 0808: 2015	智能交通系统-车辆前部碰撞缓解系统-操作、性能和验证要求
JIS D 0810: 2004	车载导航系统地图数据存储格式
JIS D 6801: 2019	自动驾驶车辆 术语
JIS D 6802: 1997	自动驾驶车辆 安全通用规则
JIS D 6803: 1994	自动驾驶车辆 通用设计规则
JIS D 6804: 1994	自动驾驶车辆 设计通用规则
JIS D 6805: 1994	自动驾驶车辆 特性和功能的测试方法

深圳市标准技术研究院

5. 中国自动驾驶产业相关的产业规划、政策及监管规制情况

5.1 中国自动驾驶产业发展现状

2014 年，百度和宝马合作研发自动驾驶技术被视为中国自动驾驶汽车领域的一个“里程碑”时间。近年来，国内车企对自动驾驶的重视程度与日俱增。天眼查数据显示，我国有超过 4400 家经营范围含“自动驾驶、智能驾驶、无人驾驶”且状态为在业、存续、迁入、迁出的自动驾驶相关企业，其中，广东省自动驾驶相关企业数量最多，占比超过 32%。

随后几年，在看到自动驾驶“风口”后，不少行业企业跨界开展自动驾驶相关业务，并陆续成立自动驾驶相关公司。在企业规划远大目标的同时，业界与资本对自动驾驶这项新技术的发展也信心满满。据亿欧汽车统计，2015-2017 年间，完成融资的自动驾驶相关企业数量飞速增长，且诸多企业都在同一年完成多轮融资。这是中国自动驾驶行业的“黄金三年”。2018-2019 年，大多数初创企业即将开始 B 轮融资，但此前商业化计划完成度较低，资本开始冷静看待这项技术。到 2019 年，企业与资本之间的“矛盾”继续激化，资本更加关注有商业落地苗头的自动驾驶企业。一时间，“自动驾驶寒冬已至”的言论不绝于耳。但另一方面，“暖阳”也悄然而至。2019 年，从国家到各级地方政府对自动驾驶技术的支持力度空前。目前，我国智能网联汽车测试与示范场地建设已进入规模化阶段，建设主体、示范类型多样。据亿欧汽车统计，2019 年，国内智能网联示范区数量环比增长 146%，其中，地市级示范区数量暴增近 3 倍，由 14 个增长至 41 个，高速公路示范区数量也急速增加，各类测试场地数量接近 30 个，测试环境丰富。长沙、广州等地政府，分别与百度、文远知行等科技公司成立合资公司，深度绑定，共同面向该市市民运营 Robotaxi，成为中国自动驾驶的发展之路上新的里程碑。与此同时，车路协同和 5G 的飞速发展，也为迭代速度变缓的单车智能技术开辟了另一条道路。

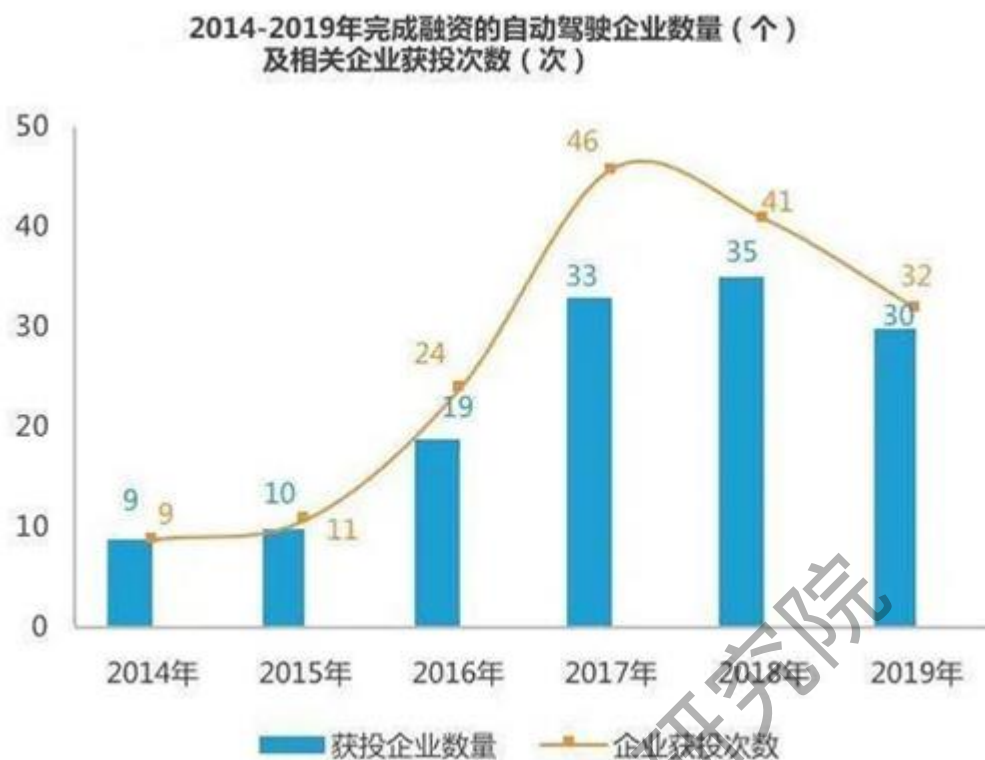


图 20 2014-2019 年完成融资的自动驾驶企业情况⁷

表 27 国内重点城市智能网联汽车（自动驾驶汽车）示范区&测试区

示范区名称	开放时间	示范区特点	运行及参与机构
京冀智能汽车与智慧交通产业创新示范区	2018 年底，建设道路总长为 10 公里的封闭试验场地	绿色用车、智慧路网、智能驾驶、便捷停车、快乐车生活、智慧管理六大应用示范	由北京亦庄经济技术开发区运行，千方科技、百度、北汽、长安汽车等 15 家机构参与
上海国家智能网联汽车示范区	2016 年 6 月封闭测试区一期正式运营	示范区以服务智能汽车、V2X 网联通讯两大类关键技术的测试及演示为目标	有上海国际汽车城（集团）有限公司运营，上汽集团、同济大学参与
重庆智能汽车与智慧交通应用示范区	2016 年 11 月，“智能汽车集成系统试验区(i-VISTA)”建成并开始启用	包括智能驾驶、智慧路网、绿色用车、防盗追踪、便捷停车、资源共享、大范围交通诱导和交通状态智慧管理等八大领域应用。	由中国汽车工程研究院（重庆）运营，长安、一汽、易华录等参与
重庆中国汽研智能网联汽车	2018 年底	大型综合智能网联汽车试验基地	由中国汽车工程研究院股份有限公司运营

⁷ 数据来自亿欧汽车。

试验基地			
浙江 5G 车联网应用示范区	2016 年 7 月，云栖小镇初步建成 5G 车联网应用示范；2016 年 11 月，乌镇示范试点项目进入试运行。	云栖小镇基于 LTE-V 车联网标准的智能汽车的车—车、车—路信息交互场景；乌镇示范试点以视频技术为核心的透明示范路，4G+的宽带移动测试网络，智能化停车应用场景。	浙江省政府、浙江移动、华为、上汽等
武汉智能网联汽车示范区	2018 年 3 月，开工建设，建成时间待定	开展智能驾驶、智慧路网、绿色用车、便捷停车、交通状态智慧管理等多个应用示范	湖北省政府、雷诺集团、东风雷诺汽车公司、武汉蔡甸生态发展集团
武汉“智慧小镇”示范区	2016 年确立	DSRC/LTE·V，通信网+物联网+智慧网三网、无人驾驶示范小镇	武汉中国光谷汽车电子产业技术园新战略联盟（CECOV）牵头
深圳无人驾驶示范区	2017 年底	M-CITY 无人驾驶汽车测试区	南方科技大学、密西根大学、前沿产业基金
广州智联汽车与智慧交通应用示范区	2018 年 3 月	以 5g 试点网络和物联网为核心的产业生态体系，突出智能网联汽车电子产业化以及整车应用	广州市政府等
湖南湘江新区智能系统测试区（国家智能网联汽车(长沙)测试区）	2018 年 6 月	高速公路模拟测试环境，以及无人机起降跑道	未来智能科技发展有限公司运营

近些年，中国汽车产业链上的企业在自动驾驶领域积极探索前进，并在基于 V2X 技术的自动驾驶感知、自动跟车和自动泊车等多项关键技术方面实现了突破。但对相关技术的掌握与欧美等发达国家仍存在一定的差距。至 2019 年底，宝马、戴姆勒、奥迪、大众对其部件厂商的工艺，均有达到 ASPICE 标准的要求，而国内的近千家汽车电子部件供应厂商中，仅有不到 10 家获得 ASPICE 认证。

在地方政策上，很多地方突出自身优势，加快自动驾驶汽车从道路测试、示

范园区到相关产业的发展。其中，2019 年 6 月，江苏省发布《江苏省推进车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划（2019-2021 年）》，提出到 2021 年，全省相关产业的技术水平和产业规模居全国领先地位，相关产业产值突破 1000 亿元，打造 2-3 家产业竞争力和规模水平国内领先的产业集聚区。到 2025 年，建设成为全国车联网（智能网联汽车）重点产业集聚区，用户渗透率达到 60%以上，L4 级别智能车辆在特定领域开始试运行。2020 年 4 月 1 日，江苏省发布《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》江苏实施方案，其中明确，支持无锡等建设国家级智能网联汽车先导区，加快构建产业生态，推动实现无人驾驶汽车产业化应用。在道路测试方面，2019 年 9 月，上海市印发《上海市智能网联汽车道路测试和示范应用管理办法（试行）》。其中指出，智能网联汽车道路测试和示范应用工作应分级分类推进，遵循智能网联汽车自主式智能驾驶和网联式协同驾驶融合发展的路径，加快智能网联汽车从研发测试逐步向示范应用过渡，并逐步实现商业化应用。在园区建设上，在工信部、公安部、交通运输部指导下，国内一些地区积极出台智能网联汽车道路测试管理举措，推动实践。至今，经批复的有国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区、国家智能交通综合测试基地（无锡）、国家智能网联汽车（上海）试点示范区、浙江 5G 车联网应用示范区、武汉智能网联汽车示范区、国家智能网联汽车（长沙）测试区、广州智能网联汽车与智慧交通应用示范区等。在开放道路测试上，北京、上海、天津、重庆、广州、武汉、长春、深圳、杭州、无锡、长沙、保定、济南、平潭、肇庆等一些城市出台了道路测试管理规范，划定了具体道路开放区域。目前，全国开放自动驾驶道路测试的城市中，已开放载人测试许可的有北京、上海、广州、长沙、武汉、沧州 6 个城市。在全国开放自动驾驶载人测试的城市中，实际进行自动驾驶小汽车载人测试且具有规模化车队（30 台及以上）的企业主要有 3 家：百度阿波罗、文远知行/文远粤行、小马智行。

毕马威最新发表的第三份年度《自动驾驶汽车成熟度指数》报告，评估了 30 个国家及司法管辖区对采用自动化汽车的成熟度情况和进展，透过 28 项指标针对自动化汽车的部署及技术创新进行评估与排名。指标划分成四大范畴：政策与法规、技术与创新、基础建设以及消费者接受程度。2019 年新加坡以 25.45 分居榜首，其次是荷兰（25.22 分）和挪威（24.25 分）。中国在榜上整体排名与

2018 年一样居于二十位，整体得分有所上升（由 2018 年 14.41 分升至 2019 年 16.42 分），反映国内自动驾驶汽车技术的进展。此外，中国在自动化汽车的前驱—电动汽车的国际市场占有率维持全球前五名。随着自动驾驶汽车技术进入发展成熟期，报告分析的大部分国家/地区在过去一年不断增加对自动驾驶汽车的测试、开发和应用。中国在行业合作方面领先同侪，尤其与中国零售商合作把商业自动驾驶技术应用于专用卡车上，例如在仓库和矿场内行驶及作为货物运送，和在城际高速公路之间的应用。

在中国自动驾驶各类发展政策导向下，自动驾驶蓝海吸引了各路巨头驻足。2020 年 4 月 22 日，阿里达摩院对外发布全球首个自动驾驶“混合式仿真测试平台”，模拟一次极端场景只需 30 秒，系统每日虚拟测试里程可超过 800 万公里，大幅提升自动驾驶 AI 模型训练效率，将有助于推动自动驾驶加速迈向 L5 阶段。2020 年 5 月初，华为联合一汽集团、长安汽车、东风集团、上汽集团、广汽集团、北汽集团、比亚迪、长城汽车等首批 18 家车企，正式发布成立“5G 汽车生态圈”。“5G 汽车生态圈”的建立，给智能驾驶提供重要保障，进一步推动智能网联的发展及车联网技术及解决方案的升级。阿里巴巴也在加紧升级研发自动驾驶技术。

5.2 中国自动驾驶相关的产业规划及发展政策

国家交通运输部高度重视自动驾驶技术发展，坚持鼓励探索、包容失败、确保安全、反对垄断的原则，稳步推进自动驾驶技术发展与应用。同时会同工业和信息化部、公安部等部门，在政策法规、标准规范、技术研发、试点示范等方面开展了一系列工作。

2018 年以来，交通运输部自动驾驶专题研究组围绕自动驾驶法律、法规开展专项研究。2019 年 9 月，交通运输部组织产学研用各方代表，系统分析了道路交通安全法、道路交通安全法实施条例、公路法、测绘法、产品质量法、机动车交通事故责任强制保险条例等现行法律法规及《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》、《公开地图内容表示补充规定（试行）》、《遥感影像公开使用管理规定（试行）》等规范性文件的适应性。在此基础上，交通运输部组织国内产学研界代表研究起草了促进自动驾驶发展的指导意见，提出了覆盖自动驾驶测试、运营、监管、保险等方面的法律法规体系建设意见，包括推进高速公路道路测试、

制定载人载物测试管理办法、完善测绘地理信息法律法规、建立自动驾驶汽车交通强制保险机制、研究自动驾驶汽车营运管理办法、建立自动驾驶营运车辆运行安全监管体系等。该指导意见力争以国务院文件或多部门联合印发。目前，正在按程序征求有关部门和地方的意见。

2020 年 2 月 24 日，国家发改委、工信部、科技部等 11 个部委印发《**智能汽车创新发展战略**》，明确提出了建设中国标准智能汽车和实现智能汽车强国的战略目标，以及构建协同开放的技术创新体系、跨界融合的产业生态体系、先进完备的基础设施体系、系统完善的法规标准体系、科学规范的产品监管体系、全面高效的网络安全体系等六大重点任务，对我国智能汽车未来发展做出全面部署和系统谋划。《战略》提出，当前我国面对车辆控制权切换的自动驾驶技术的出现，主要面临两大方面等挑战：一是法律法规、标准体系、产品监管等存在空白和挑战，二是伦理道德、数据安全等问题将长期伴随自动驾驶汽车等发展，甚至对商业化推广产生决定性影响。面对上述挑战，《战略》从健全法律法规、完善标准体系、推动认可认证、加强产品管理、构建网络安全体系等角度做出明确规定，破除发展障碍，培育良好的市场发展环境，同时也将从组织实施、扶持政策、人才保障、国际合作和发展环境上加强保障。这些措施的实施，表明了我国大力发展智能汽车的决心，也将有效打消人民群众对智能汽车的诸多疑虑，提升社会接受度，最终形成利于智能汽车发展的良好社会环境。

2020 年 5 月 19 日，国新办举行“加快建设交通强国 推动交通运输行业高质量发展”新闻发布会，交通运输部副部长刘小明在会上透露，下一步将推进自动驾驶技术应用，制定促进自动驾驶发展的相关意见，力求构建新基建应用场景。

5.3 中国自动驾驶相关的法律法规

相比国外，我国的自动驾驶立法工作虽然起步较晚，但在充分吸收了国外的经验之后监管力度更为谨慎和稳健。针对 2018 年 3 月全国第十三届全国人大一次会议上有关加快自动驾驶立法的第 6219 号建议，工信部、公安部、市场监管总局等部委均表示要加快自动驾驶立法及监管。工信部表示将从支持政策、标准法规、测试示范、网联技术研发与发展、网联信息安全等多个方面积极推动智能网联汽车发展。公安部通过实地调研论证的方式了解国内外智能网联汽车发展路径、当前技术现状、面临的主要问题以及智能网联汽车场地和实际道路测试情况，

研讨推动中国智能驾驶汽车发展的意见建议，积极推动智能网联汽车道路测试。同时公安部还积极推进《道路交通安全法》修改，为智能网联汽车创新变革提供发展空间和安全保障，并且积极打造道路测试环境，为智能网联汽车发展创造良好的道路环境。市场监督管理总局则从标准化顶层设计、检验检测认证技术、产品责任研究等方面开展相关立法及标准化工作。

在车联网方面，近年来，我国车联网产业发展迅速，关键技术创新不断加快，测试示范区建设初具成效，融合创新生态体系初步形成，涉及汽车、信息通信等多个行业发展以及交通运输、车辆管理等领域的数字化改造。为实现充分合作、加强协同，迫切需要建立跨行业、跨领域、适应我国技术和产业发展需要的标准体系。为此，2017 年 12 月，国家标准委会同工业和信息化部联合印发了《**国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）**》（工信部联科〔2017〕332 号），对智能网联汽车标准体系建设进行规划部署，加快建立跨行业、跨领域、适应我国技术和产业发展需要的智能网联汽车标准体系。批复成立了全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会，加速推动智能网联汽车标准化工作，支撑智能网联汽车标准体系建设以及国际标准化工作。2018 年 6 月，工业和信息化部、国家标准化管理委员会共同组织制定了《**国家车联网产业标准体系建设指南（总体要求）**》《**国家车联网产业标准体系建设指南（信息通信）**》和《**国家车联网产业标准体系建设指南（电子产品与服务）**》系列文件。2018 年 8 月，工业和信息化部出台《**车联网直连通信使用 5905-5925MHz 频段管理规定（暂行）**》，为基于 LTE-V2X 直连通信划定了 20MHz 带宽的专用频率资源。2018 年 12 月，工业和信息化部发布《**车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划**》，提出了发展目标和一系列具体举措。2020 年 4 月，工业和信息化部、国家标准化管理委员会三部门联合印发《**国家车联网产业标准体系建设指南（车辆智能管理）**》。《指南》提出，应按照车联网产业发展技术现状、未来发展趋势及道路交通安全行业应用需求，分阶段建立车辆智能管理标准体系：到 2022 年底，完成基础性技术研究，制修订智能网联汽车登记管理、身份认证与安全等领域重点标准 20 项以上，为开展车联网环境下的智能网联汽车道路测试、车联网城市级验证示范等工作提供支撑；到 2025 年，系统形成能够支撑车联网环境下车辆智能管理的标准体系，制修订道路交通运行管理、车路协同管控与服务等业务领域重点标准 60

项以上。2020 年 7 月 31 日，我国自主建设的北斗三号全球卫星导航系统正式开通。该导航系统的服务内容之一就是车联网。同日，交通运输部公开发函，广泛征求对《国家车联网产业标准体系建设指南（智能交通相关）（征求意见稿）》（以下简称《征求意见稿》）的意见。其中，对进一步明确标准制修订重点，以及形成统一、协调的国家车联网产业标准体系架构作出部署。

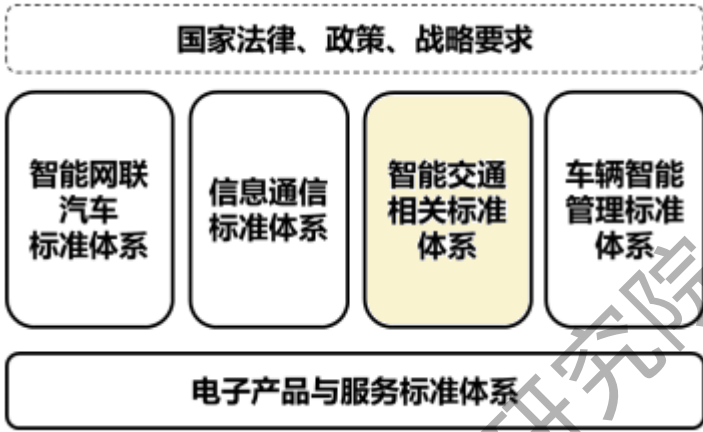


图 21 车联网产业标准体系建设架构图⁸

在道路测试方面，2018 年 4 月，交通运输部与工业和信息化部、公安部联合印发《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》（以下简称《管理规范》），首次从国家层面就规范自动驾驶道路测试作出规定。目前，北京、上海、重庆、湘潭、长沙、长春、深圳、广州、天津、杭州、济南、浙江、江苏等地根据《管理规范》制定了实施细则，发放测试牌照 100 多张。为落实《管理规范》有关内容，保障道路测试安全，2018 年 5 月交通运输部印发《自动驾驶封闭测试场地建设技术指南（暂行）》，并在全国认定了 3 家自动驾驶封闭场地测试基地。目前，公安部正在配合立法机关修订《中华人民共和国道路交通安全法》，为自动驾驶创新变革提供发展空间和安全保障。交通运输部还组织起草了《自动驾驶车辆封闭场地测试技术要求（暂行）》，针对多种测试场景提出测试要求，目前正在多方征求意见，待完善后将适时印发。

2020 年 4 月 26 日，交通运输部公路局发布了关于征求《公路工程适应自动驾驶附属设施总体技术规范(征求意见稿)》意见的函。据悉，该意见稿是国家层面首次出台的与自动驾驶相关的公路技术规范，对于推动我国自动驾驶发展加速迈入产业化具有重要意义。

⁸ 其中，智能交通相关标准体系还在征求意见当中。

5.4 中国自动驾驶相关的标准规范

5.4.1 全国智能运输系统标准化技术委员会

全国智能运输系统标准化技术委员会（SAC/TC268）主要负责智能运输系统领域的标准制修订工作。

（1）已制定的国家标准

截至 2020 年 6 月，SAC/TC268 制定的智能汽车相关的标准包括：

表 28 SAC/TC268 制定的智能汽车相关的标准

标准号	标准中文名称	发布日期	实施日期
GB/T 37471-2019	智能运输系统 换道决策辅助系统 性能要求与检测方法	ISO 17387:2008 (EQV)	2019/12/1
GB/T 37436-2019	智能运输系统 扩展型倒车辅助系统 性能要求与检测方法	ISO 22840:2010 (EQV)	2019/12/1
GB/T 33577-2017	智能运输系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程	ISO 15623:2013 (EQV)	2017/12/1
GB/T 20608-2006	智能运输系统 自适应巡航控制系统 性能要求与检测方法	ISO 15622:2002 (EQV)	2007/4/1
GB/T 20611-2006	智能运输系统 中央数据登记簿数据管理机制要求	ISO 14817:2002 (EQV)	2007/4/1
GB/T 26773-2011	智能运输系统 车道偏离报警系统 性能要求与检测方法	ISO 17361:2007 (EQV)	2011/12/1
GB/T 31024.1-2014	合作式智能运输系统 专用短程通信 第 1 部分：总体技术要求	-	2015/2/1
GB/T 31024.2-2014	合作式智能运输系统 专用短程通信 第 2 部分：媒体访问控制层和物理层规范	-	2015/2/1
GB/T 31024.3-2019	合作式智能运输系统 专用短程通信 第 3 部分：网络层和应用层规范	-	2019/12/1

GB/T 31024.4-2019	合作式智能运输系统 专用短程通信 第4部分:设备应用规范	-	2019/12/1
GB/T 20839-2007	智能运输系统 通用术语	-	2007/5/1
GB/T 28425-2012	智能运输系统 消息集模板	-	2012/10/1
GB/T 20606-2006	智能运输系统 数据字典要求	IEEE Std 1489-1999 (EQV)	2007/4/1
GB/T 20607-2006	智能运输系统 体系结构 服务	ISO/CD 14813-1:2004 (EQV)	2007/4/1
GB/T 20135-2006	智能运输系统 电子收费 系统框架模型	-	2006/10/1

(2) 相关国家标准计划

2016 年, 原国家测绘地理信息局发布了《关于加强自动驾驶地图生产测试与应用管理的通知》, 明确了自动驾驶地图数据采集、编辑和生产的资质要求, 以及自动驾驶技术试验、道路测试的地图数据管理和保密要求等。但现实仍存在很多问题, 企业迫切希望国家测绘地理信息主管部门尽快推动自动驾驶地图配套政策、标准的出台和调整, 以适应自动驾驶市场的快速发展。

鉴于高精地图是智能驾驶的关键性基础技术, 是否有高质量、高精度的电子地图直接影响自动驾驶行业的发展, 但目前常用的导航地图存在精度不足、格式不统一等问题, 2019 年 6 月 20 日, 全国智能运输系统标准化技术委员会正式在官方网站发布《智能运输系统 智能驾驶电子地图数据模型与交换格式 第 1 部分:高速公路》、《智能运输系统 智能驾驶电子地图数据模型与交换格式 第 2 部分:城市道路》两项标准的意见征求意见稿。

此外, 有消息称, 国家自然资源部正在加快研究制定自动驾驶地图保密处理技术和公开使用等政策。

5.4.2 全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会

2018 年 4 月成立的全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会 (SAC/TC114/SC34) 承担了我国自动驾驶规范研究工作, 目前共有 5 个工作组, 包括公路安全、信息安全、ADAS、自动驾驶、网联功能与应用, 同时还有协调

专家组和智能网联汽车国际专家咨询组，进行国际标准法规的协调工作。

(1) 已制定的国家标准

截至 2020 年 6 月，SAC/TC114/SC34 已制定的自动驾驶相关国家标准有：

表 29 SAC/TC114/SC34 已制定的自动驾驶相关国家标准

标准号	标准名称	采用的标准	实施日期
GB/T 34590.1-2017	道路车辆 功能安全 第 1 部分：术语	ISO 26262-1:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.2-2017	道路车辆 功能安全 第 2 部分：功能安全管理	ISO 26262-2:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.3-2017	道路车辆 功能安全 第 3 部分：概念阶段	ISO 26262-3:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.4-2017	道路车辆 功能安全 第 4 部分：产品开发：系统层面	ISO 26262-4:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.5-2017	道路车辆 功能安全 第 5 部分：产品开发：硬件层面	ISO 26262-6:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.7-2017	道路车辆 功能安全 第 7 部分：生产和运行	ISO 26262-7:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.8-2017	道路车辆 功能安全 第 8 部分：支持过程	ISO 26262-8:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.9-2017	道路车辆 功能安全 第 9 部分：以汽车安全完整性等级为导向和以安全为导向的分析	ISO 26262-9:2011 (MOD)	2018-05-01
GB/T 34590.10-2017	道路车辆 功能安全 第 10 部分：指南	ISO 26262-10:2012 (MOD)	2018-05-01
GB/T 29121-2012	道路车辆 乘用车列车 横向稳定性试验	ISO 9815:2010 (IDT)	2013-07-01
GB/T 6323-2014	汽车操纵稳定性试验方法	ISO 13674-1:2003 (EQV)	2014-06-01
GB/T 38679-2020	车辆行驶跑偏试验方法	-	2020/10/1

GB/T 38186-2019	商用车辆自动紧急制动系统 (AEBS)性能要求及试验方法	-	2020/5/1
-----------------	---------------------------------	---	----------

此外，2018年8月3日，全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会、中国智能网联汽车产业创新联盟联合发布了《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程》，规定了14个驾驶功能，34个场景。目前，我国已有20个地区开展道路测试，涉及企业超过40多家，发放牌照超过100张。

(2) 相关国家标准计划

标准体系规划建设方面，2020年4月16日，工信部发布《2020年智能网联汽车标准化工作要点》。《工作要点》明确，2020年将完成标准体系阶段性建设目标，推进产品管理和应用示范标准研制，加快推进各类急需关键标准出台，深化国际标准法规交流与合作。具体而言，到2020年，将初步建立能够支撑驾驶辅助和低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系，制定30项以上智能网联汽车重点标准，涵盖功能安全、信息安全和人机界面等通用技术和信息感知与交互、决策预警和辅助控制等核心功能相关的技术要求和试验方法；到2025年，将建成能够支撑高级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系，制定100项以上智能网联汽车标准，涵盖智能化自动控制、网联化协同决策技术以及典型场景下自动驾驶功能与性能相关的技术要求和评价方法。目前，已开展的标准制定计划包括：

表 30 SAC/TC114/SC34 开展的自动驾驶标准制定计划

计划号	项目名称	计划下达日期	项目状态
20193390-T-339	驾驶员注意力监测系统性能要求及试验方法	2019/10/24	正在起草
20193384-T-339	汽车用被动红外探测系统	2019/10/24	正在起草
20193383-T-339	汽车用主动红外探测系统	2019/10/24	正在起草
20193385-T-339	汽车用超声波传感器总成	2019/10/24	正在起草
20193387-T-339	道路车辆 直线行驶稳定性试验方法	2019/10/24	正在起草
20192315-T-339	智能泊车辅助系统性能要求及试验方法	2019/7/12	正在起草
20192314-T-339	汽车驾驶自动化分级	2019/7/12	正在批准
20171831-T-339	道路车辆 基于控制器局域网的诊断通信	2017/10/11	正在批准

	第 2 部分 传输层协议和网络层服务		
20171830-T-339	道路车辆 基于控制器局域网的诊断通信 第 3 部分 基于控制器局域网的统一诊断服务	2017/10/11	正在起草
20171832-T-339	道路车辆 基于控制器局域网的诊断通信 第 1 部分 综述	2017/10/11	正在批准
20171042-T-339	乘用车转向系统功能安全要求及试验方法	2017/7/21	正在起草
20171039-T-339	道路车辆 盲区监测（BSD）系统性能要求及试验方法	2017/7/21	正在批准
20171040-T-339	乘用车车道保持辅助（LKA）系统性能要求及试验方法	2017/7/21	正在批准
20171038-T-339	道路车辆 先进驾驶辅助系统（ADAS）术语及定义	2017/7/21	正在批准
20151489-T-339	乘用车自动紧急制动系统（AEBS）性能要求及试验方法	2015/8/18	正在批准

5.4.3 其他相关标准/计划

（1）中国汽车工程学会

中国汽车工程学会（China SAE）成立于 1963 年，是由中国汽车科技工作者自愿组成的全国性、学术性法人团体；是中国科学技术协会的组成部分，非营利性社会组织；是世界汽车工程师学会联合会（FISITA）常务理事；是亚太汽车工程年会（APAC）发起国之一。中国汽车工程学会下设标准化工作委员会，依托专业分会/产业联盟成立了 12 个技术领域的标准专家组，负责制定中国汽车工程学会标准（CSAE 标准，团体标准）。其中，CSAE 智能网联汽车标准专家组由中国智能网联汽车产业创新联盟组建。

截至 2020 年 6 月，中国汽车工程学会已发布的自动驾驶相关的团体标准有：

表 31 中国汽车工程学会发布的自动驾驶相关的团体标准

序号	团体标准号	标准名称
1	T/CSAE 125-2020	智能网联汽车测试场设计技术要求
2	T/CSAE 101-2018	智能网联汽车车载端信息安全技术要求

3	T/CSAE 100-2018	车联网数据采集要求
4	双 标 号 : T/CSAE 53-2017 、 T/ITS 0058-2017	合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互标准

《车联网数据采集要求》主要包含应用领域、数据采集周期、数据包结构和定义、数据流编码规则、数据采集项等几部分。数据应用首先需要明确数据应用的方向,根据主要方向及具体场景梳理数据采集需要。该标准给出了数据应用在保险创新和数据智能应用两大方向及相应的具体应用场景。根据数据采集周期综合数据应用场景、现有技术实现能力及流量费用限制,标准将数据采集分为周期性数据采集和触发性数据采集两类。数据包的结构和定义则给出了数据封装和解读的整体规则。标准针对车联网数据流按周期性数据和事件触发性数据两类进行了规定;数据采集项则具体规定了需要采集的变量代码、采集频率、数据项名、数据项、数据类型、长度/字节、最小计量单元、单位、参考范围和缺省值。

《智能网联汽车车载端信息安全技术要求》将车载端信息安全架构分为车载端自身的硬件、操作系统、应用三个层面的安全、对外通信和对内通信的安全、以及数据安全共六个部分,并没有描述车辆段的信息安全整体架构和各个子系统的安全要求。

V2X 应用层标准——《合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互标准》于2017年9月,发布。标准定义了5种基本的V2X消息,以及构成这些消息的数据帧与数据元素。相较美标SAE J2735定义的应用层数据字典,我们在基础的数据帧和数据元素层面,针对通用的车辆和道路属性、通用的数据单位做了尽可能的兼容与统一;但在构成具体应用场景的5种基本消息层面,标准基于我国智能网联汽车和智能交通产业的现状与需求,进行了量身定制。例如在路侧端,考虑传统ITS感知设施(如路侧雷达、视频)网联化后,能够为智能网联汽车提供更丰富的道路(特别是本车感知盲区)感知信息,标准创新性地提出了RSM消息,来对基于V2X的协同安全应用进行增强。

此外,中国汽车工程学会还针对自动驾驶系统测试、数据采集、系统安全等自动驾驶多个方面进行了团体标准的立项,主要包括:

表 32 中国汽车工程学会立项的自动驾驶团体标准计划

序号	任务书号	标准项目名称	牵头单位
1	2019-05	基于视觉的辅助驾驶系统离线测试方法	清华大学苏州汽车研究院
2	2019-23	基于车路协同的高等级自动驾驶应用层数据交互内容	北京百度网讯科技有限公司
3	2019-42	自动驾驶地图采集要素模型与交换格式	易图通科技(北京)有限公司
4	2019-43	基于视觉、激光传感器的自动驾驶路侧定位系统技术条件	北京百度网讯科技有限公司
5	2019-44	自动驾驶地图动态信息数据交换格式	北京华为数字技术有限公司
6	2019-45	自动驾驶路侧传感器数据交换格式	
7	2019-46	基于卫星地基增强的车辆定位技术要求	千寻位置网络有限公司
8	2020-10	线控转向及制动系统通讯协议要求及测试规范	中汽研汽车检验中心(天津)有限公司
9	2020-18	道路运输车辆主动安全智能防控系统平台技术要求	长安大学、陕西汽车集团有限责任公司
10	2020-19	道路运输车辆主动安全智能防控系统通讯协议要求	
11	2020-20	道路运输车辆主动安全智能防控系统终端技术要求	
12	2020-21	智能网联汽车场景数据采集平台搭建要求及方法	国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司
13	2020-22	智能网联汽车场景数据点云标注要求及方法	
14	2020-23	智能网联汽车场景数据图像标注要求及方法	

(2) C-ASAM 工作组

2019年9月,中汽中心下属中汽数据有限公司(以下简称“中汽数据”)与ASAM联合发表声明,共同组建C-ASAM工作组。C-ASAM作为ASAM中国区唯一官方代表单位,全权负责统筹管理中国区ASAM会员、举办C-ASAM相关

会议和培训、并由深度参与 ASAM 标准制定的中汽数据代表定期向成员更新 ASAM 标准研究进展、促进成员参与国际标准制定以及国际合作等相关事务。针对 ASAM OpenX 模拟仿真测试场景标准、XIL 在环测试标准、ODS 数据管理工具，C-ASAM 成员积极开展研究与开发工作。C-ASAM 工作组将整合中国智能网联汽车行业，利用国际合作平台价值，实现互通互利，携手共进，达成共赢的局面。

基于数据接口和格式等仿真验证领域的共性问题，ASAM 引入的 OpenX 系列标准从多个角度填补了行业空白。该系列标准的推出与完善，使得仿真测试场景中各要素之间的隔阂逐渐被打破，原本孤立的各环节的贯通与交互成为可能。以宝马、大众、博世领衔的百余家国际厂商，已纷纷参与到该系列标准的制定与使用中。而随着国内如上汽、百度等企业不断加入 C-ASAM 工作组，我国汽车仿真验证领域的国际化接轨进程将加快，OpenX 系列标准的影响也将不断扩展。

(3) 行业标准

2018 年 8 月，国家自然资源部发布了 CH/T 3020-2018《实景三维地理信息数据激光雷达测量技术规程》。该标准规定了利用各种平台的激光雷达测量技术获取实景三维地理信息数据的要求及多平台数据配准及融合处理的技术要求。

5.5 中国主要省市自动驾驶产业发展及政策规制情况

5.5.1 北京市

北京是国内最早为自动驾驶建立路测标准法规并发放测试牌照的地区之一，组建了北京智能车联产业创新中心，构建了从封闭测试场到开放测试区域的严谨测试流程，出台了最高安全门槛的载人载物测试政策。自 2016 年起，北京就以“安全第一、有序创新”为核心原则，围绕积极探索自动驾驶“中国标准”的工作思路，不断推动各项标准法规研制，持续推进协同创新，为全球自动驾驶发展提供了更加严谨、客观、全面的东方视野。近年来，北京积极引领中国标准智能汽车发展路径，实践出车路协同自动驾驶技术路线，并组织相关企业在亦庄核心区率先建设了 40 公里的 V2X 测试道路，进行了深度系统化的车联网以及自动驾驶示范运行探索。2019 年 12 月，北京更开始允许载客自动驾驶汽车测试。

北京自 2017 年起成为中国首个批准在公共道路上进行自动驾驶汽车测试的城市，在自动驾驶汽车发展方面一直领先众多中国城市，北京亦不断投放资源研

究和推动自动驾驶汽车的应用，成为其他城市的典范。毕马威最新发布的《自动驾驶汽车成熟度指数》中，北京被认定为在推动自动驾驶汽车发展方面有开创性成就的五大城市之一，其他四个城市分别为底特律、赫尔辛基、匹兹堡及首尔。目前，北京市自动驾驶开放测试道路、区域范围、服务规模、测试牌照及测试里程均居全国首位。截至 2019 年底，北京市已累计开放 151 条测试道路，总里程 503.68 公里。截至 2020 年 5 月，北京市自动驾驶车辆道路测试安全行驶里程已超过 145.48 万公里。

此外，北京还通过政产学研等各方合作，在产业共性技术、评测方法、法规、标准等多个方面开展工作。由千方科技牵头，京津冀地区汽车、交通、通信、互联网行业 10 家龙头企业共同出资，成立北京智能车联产业创新中心，并由超过 60 家企业、高校、科研院所等签署协议，共同成立中关村智通智能交通产业联盟，共同推进产业共性技术、评测方法、法规、标准等工作。

表 33 北京自动驾驶汽车相关规范制修订情况

时间	事件
2020 年 3 月	修订 T/CMA116-01-2018《自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方 法》
2020 年 3 月	北京智能车联产业创新中心发布《北京市自动驾驶车辆道路测试报告 (2019)》
2020 年 2 月	2 月 10 日发布 T/CMA143001-2019《自动驾驶车辆道路测试数据采集 技术要求》
2019 年 12 月	12 月 31 日，全国首个车联网（智能网联汽车）和自动驾驶地图应用试 点正式签约，落地京津冀示范区
2019 年 12 月	12 月 30 日，北京经济技术开发区开放自动驾驶测试区域，北京市自动 驾驶载人载物测试正式启动
2019 年 12 月	12 月 13 日发布关于印发《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则 (试行)》的通知
2019 年 10 月	10 月 25 日发布 T/CMA119-2019《自动驾驶车辆测试道路要求》、 T/CMA120-2019《自动驾驶车辆测试安全管理规范》
2019 年 10 月	10 月 15 日发布 T/CMA121-2019《北京市自动驾驶车辆模拟仿真测

	试平台技术要求》
2019 年 6 月	北京市发布《北京市自动驾驶车辆测试道路管理办法（试行）》
2019 年 5 月	国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地成为北京市自动驾驶车辆封闭测试场地（T1-T5 级）
2019 年 5 月	5 月 24 日发布 T/CMAX 118-2019《场（厂）内专用自动驾驶纯电动小型巴士技术规范》
2019 年 4 月	发布《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2018）》
2019 年 3 月	国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地试运行
2019 年 3 月	发布《北京市自动驾驶车辆道路测试 2018 年度工作报告》
2019 年 2 月	北京市智能网联汽车示范运行区（首钢园）正式启动
2019 年 1 月	三项团体标准认定为中关村标准，封闭试验场地方标准立项： （1）《T/CMAX 117-2018 服务型电动自动行驶轮式车技术规范》 （2）《T/CMAX116-01-2018 自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方 法》 （3）《T/CMAX116-02-2018 自动驾驶车辆封闭试验场地技术要求》
2018 年 10 月	北京市发布智能网联汽车产业白皮书
2018 年 9 月	全国首次发布服务型电动自动行驶轮式车的团体标准、深化修订自动驾驶车辆道路测试相关标准： （1）《T/CMAX 117-2018 服务型电动自动行驶轮式车技术规范》 （2）《T/CMAX116-01-2018 自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方 法》 （3）《T/CMAX116-02-2018 自动驾驶车辆封闭试验场地技术要求》
2018 年 8 月	北京市发布自动驾驶车辆道路测试政策指导文件修订版： • 《北京市关于加快推进自动驾驶车辆道路测试有关工作的指导意见（试行）》修订版 • 《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》修订版
2018 年 4 月	北京市自动驾驶开放道路测试里程突破一万公里
2018 年 3 月	北京市发布全国首个自动驾驶测试开放道路要求——《北京市自动驾驶车辆测试路段道路要求（试行）》

2018 年 3 月	中标交通委自动驾驶车辆道路测试第三方机构
2018 年 3 月	北京市发放第一批自动驾驶开放道路测试临时牌照
2018 年 2 月	全国首次发布自动驾驶车辆道路测试评估标准及团体标准： • 《北京市自动驾驶车辆封闭测试场地技术要求（试行）》 • 《北京市自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法（试行）》 • 《T/CMAA 116-01—2018 自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方 法》 • 《T/CMAA 116-02—2018 自动驾驶车辆封闭试验场地技术要求》
2018 年 2 月	封闭测试场国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区海淀基地启用
2017 年 12 月	全国首个关于自动驾驶车辆道路测试政策正式发布： • 附件 1：北京市关于加快推进自动驾驶车辆道路测试有关工作的指导 意见（试行） • 《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》
2017 年 9 月	全球首条智能网联汽车潮汐试验道路在北京亦庄启动

5.5.2 上海市

2016 年 6 月，工信部批准建设的国内首个“国家智能网联汽车（上海）试点示范区”封闭测试区在上海嘉定国际汽车城正式运营，开展智能网联汽车测试验证和智慧交通示范。4 年来，测试区已累计为近百家国内外企业提供超过 1300 天次、10000 小时测试服务。目前嘉定区域内已经集聚了 90 余家智能网联汽车相关企业，包括大陆、舍弗勒、法雷奥等外资零部件企业以及地平线、欧菲光、滴滴等国内零部件、出行服务领域企业。同时，全球首个 5G 智慧交通示范区和国家级智能网联汽车云控平台有序推进，加快实现智能网联汽车规模化示范运营。

截至目前，嘉定可用于智能网联汽车测试的开放道路已达到 53.6 公里，覆盖面积 65 平方公里，涉及不同类型与等级道路，测试场景达到 1580 个，并将智能网联汽车的活动范围延伸至工业区、商业区、交通枢纽、住宅区等生活中的各个场景。在这 53.6 公里范围内，5G 信号已经实现了全覆盖，高精度地图也已采集完毕。此外，测试区内还建立了国内首个智能驾驶全息场景库，已积累 2000 例交通事故深度调查数据，完成二十余类场景提取。基于嘉定良好的测试环境和服务，车企实现了可持续创新和技术升级优化。目前，除滴滴外，上海共有包括

上汽、宝马在内的 20 家车企获得了 78 张智能网联汽车测试牌照；先途智能、新石器等一批智能网联专用车，已在特定区域内实现无人清扫、移动无人零售、无人配送等一些列功能。AUTOX、小马智行等自动驾驶公司也将陆续推出自动驾驶示范项目。

在制定标准规范方面，2017 年 10 月，上海市成立了智能网联汽车和应用标准工作组，以推进智能网联汽车地方标准的先行先试。第一批研究制定的相关标准包括：《智能引导、充电停车库和管理系统技术规范》《基于上海道路环境的车辆车道盲区监控系统性能要求及测试方法》《基于上海道路环境的车道偏离预警系统性能要求及测试方法》等。

2020 年 7 月，2020 世界人工智能大会在上海举行，其中，作为大会十大主题论坛之一的自动驾驶论坛，围绕自动驾驶技术应用、智慧交通建设和营运车辆的商业运行解决方案，国内外众多行业嘉宾就“自动驾驶产业生态”、“自动驾驶应用落地及商业模式探索”以及“自动驾驶的核心技术突破”等重要议题多维度展开交流与探讨。上海临港经济发展（集团）有限公司副总裁刘伟发布了“信息飞鱼”规划中的第一项重大产业专项行动——智能网联汽车专项行动。依托国际光缆登陆口，构建跨境数据中心、新型互联网交换中心，临港将建设智能网联汽车产业数据基础设施，培育一批智能网联汽车数字服务企业，打造智能网联汽车产业数字经济生态，推动智能网联汽车产业数据交互流通，建设智能网联汽车信息安全平台，并大力发展智能网联汽车软件服务业。论坛上还举行了临港新片区智能网联汽车产业大规模示范应用启动仪式，上汽集团、商汤科技、中国移动、临港科技城等十五家包含了传统整车、自动驾驶、芯片、通信及临港知名企业共同参与，推动人工智能与实体经济的深度融合，为未来自动驾驶产业化落地奠定基础。

5.5.3 江苏省

目前，各地均在推进车联网项目的落地。以江苏为例，其首个升级车联网先导区已于 2019 年 10 月揭牌，形成了以常熟市、相城区、工业园区为主体的园区。按规划，先导区聚焦智能网联汽车、车联网通信技术等重点领域和环节，实施一批研发项目，并引进和培育智能网联汽车相关企业，形成完善的产业链条。此前，江苏（无锡）车联网先导区率先成为了首个国家级先导区。

5.5.4 广州市

2018 年 9 月 6 日，广州南沙开发区管委会、广东省交通集团有限公司、交通运输部公路科学研究院在北京公路院签署了《战略合作框架协议》，三方将在自动驾驶测试基地和新型汽车检测基地、交通大数据中心和车路协同研发中心、智慧交通产业园、智慧城市建设等方面进行全面合作。其中包括在南沙共建自动驾驶示范区的内容。2019 年，南沙自动驾驶示范区项目规划已进行了公示，项目总投资达 96 亿元。此外，上海、河北、江苏、浙江等地区都兴建了自动驾驶示范区或车联网先导区。这些示范区建成后，将有助于开展智能驾驶、智慧路网等诸多应用示范，并促进 5G 和智能汽车、智慧交通等融合发展。2020 年 2 月 21 日，广州市正式批准《庆盛枢纽区块 DC0304 规划管理单元控制性详细规划修编》，有力支持了南沙国家级自动驾驶与智慧交通示范区项目建设。根据广州市交通运输局发布的数据，截至 2020 年 8 月 24 日，广州市已开展智能网联汽车道路测试，共发放了 55 张测试通知书，开放 67 条、135 公里测试道路。

6. 国内外自动驾驶产业政策与监管规制对深圳产业发展的影响及借鉴

6.1 自动驾驶汽车的风险分析

自动驾驶汽车具有运行的自主性、驾驶模式的多样性、驾驶人员的非特定性、运用的广泛性等特性，尤其是鉴于自动驾驶汽车运行的自主性，我们必须要通过立法的手段将其风险控制到最小的范围和最低的程度。自动驾驶汽车在实践中存在的问题和风险主要包括以下方面。

6.1.1 技术瓶颈使得自动驾驶汽车功能并不完善

对路况的感知和识别是自动驾驶面临的最核心的技术问题，这个功能类似于人类驾驶员的眼睛和耳朵。现实中的路况千差万别且极其复杂，自动驾驶需要识别不同场景下的实时路况和周遭环境，包括不同的天气状况、不同的交通信号、车辆周边的实时情况、紧急状况等等。对路况的感知和识别是自动驾驶汽车必须要达到和实现的技术目标，目前，尽管传感技术和人工智能等先进技术得到了快速的发展，但自动驾驶领域的顶级研究机构仍然难以实现车辆的理想识别水平，即人类驾驶者的识别水平。因此，自动驾驶汽车的发展仍然需要投入大量的人力、物力、财力和足够多的时间，不能急于求成，要始终把人类的生命安全放在优先考虑之列。

除了对路况的感知和识别外，车辆控制也是自动驾驶需要解决的技术瓶颈之一。自动驾驶实质上就是要让汽车模仿人类驾驶员的操作状态和驾驶行为，要达到此目标需要克服很多技术上的障碍。例如，在不同的路况中如何保持车辆的平稳运行，实现车辆的加减速、转向和调头，以及如何应对突发状况等等都是自动驾驶面临的重大技术挑战。此外，如何协调不同车辆之间的运行状态以及如何从宏观的角度对整个道路的交通状况进行优化也是自动驾驶面临的重大技术难题。对车辆进行控制是基于自动驾驶汽车对路况识别后的判断行为，而汽车的判断能力或者说认知能力来源于车辆自身的计算平台，该平台是车辆的决策机构。自动驾驶汽车通过传感器、摄像头、雷达等设备获取的实时路况信息需要由计算平台进行统一处理，来判断车辆的行驶状态以及车辆周边的环境，综合各种信息进而判断车辆接下来需要做出的驾驶行为。自动驾驶汽车计算平台的判断和认知能力

需要在测试中通过不断的自主学习来提高，只有经过无数次的测试，才能最大程度地通过自主学习应付复杂多变的现实路况，也才能实现和人类驾驶者那样对车辆的自主操控。由此可知，自动驾驶汽车的计算平台需要海量的数据作为支撑，在此基础上实现实时可靠的决策判断，这就对自动驾驶汽车的计算技术有极高的要求。

目前，自动驾驶汽车所有技术上遇到的瓶颈都在现实中威胁着人的生命安全。在我国，现实路况的复杂程度对自动驾驶汽车的测试造成了巨大的障碍，对技术标准的要求也比欧美国家更高。我国的道路状况千差万别，道路上机动车和非机动车混行度非常的高，而且违反交通规则的状况也普遍存在，这都对自动驾驶技术提出了更为苛刻的要求。

6.1.2 自动驾驶汽车的技术缺陷对人类生命安全存在潜在威胁

自动驾驶汽车集当代最先进的科技于一身，其自身发展所展现出来的技术优势也必将对社会其他领域产生助推作用。但是，这种助推作用仅仅是自动驾驶汽车技术优势的一种理想状态。在自动驾驶汽车逐渐走向道路实测并展开应用的过程中，会出现机动车和自动驾驶汽车在道路上共同行驶的情况，这将对现有的交通秩序构成极大的威胁，尤其要强调的是对人类驾驶者生命安全造成的威胁。事实上，在现有的自动驾驶汽车道路测试的案例中，已经出现多例自动驾驶汽车和人类驾驶的机动车相碰撞的事故。在这些交通事故中，起因多数是因为人类驾驶者的疏忽，少数是自动驾驶汽车自身的操作失误。尽管有证据显示，自动驾驶汽车在多数情况下遵循了道路交通规则，但机动车的驾驶人却抱怨自动驾驶汽车的行驶方式不符合人们的惯常思维，导致机动车驾驶人躲避不及时。这其中有技术不成熟的原因，当然随着技术的升级这些问题都可以解决，但更重要的原因是自动驾驶与人类不同的行驶方式。在相同的行驶规则下，自动驾驶汽车和机动车的驾驶者之间并没有形成相同的思维模式，不同的驾驶思维导致了不同的驾驶行为，进而引发了交通事故。自动驾驶汽车和人类驾驶员驾驶的机动车对于路况的识别和判断并不相同，自动驾驶汽车有自主学习的能力，而且有其特有的驾驶思维，在自动驾驶汽车和机动车并行的时候，如果遇到突发情况，自动驾驶汽车对于紧急情况的应急反应无疑将交通事故的安全风险转嫁到人类驾驶员身上，这就给机动车驾驶人的生命安全造成了极大的威胁。

自动驾驶汽车具有高度智能化、信息化、网络化的特点，网络信息技术的引入也对车辆操作系统的安全问题构成极大威胁。电脑系统作为自动驾驶汽车的大脑，一旦被入侵或出现系统程序错乱，将对车辆的行驶造成严重的影响，在这种情况下如何保证车辆的安全预警、安全停靠以及保证周围车辆的行驶安全，都是自动驾驶技术需要面对和克服的技术难题。未来自动驾驶汽车投入运营后，还要完善智能道路基础设施建设，通过基础设施的建设形成一个完整的、立体的、互动的智能交通网络。如果说自动驾驶汽车的电脑系统被入侵将对车辆个体及小范围周边车辆的行驶构成风险，那么，智能道路基础设施如果受到网络攻击，将会对整个智能交通系统构成威胁，这也是对整个人类生命的巨大威胁。因为智能基础设施的运行同样依赖计算机网络，该智能基础设施中心通过实时数据的收集、传输、分析来提示、引导、监管道路上行驶的自动驾驶汽车，从而保证整个智能交通系统的安全和效率。因此，如果智能道路基础设施遭到入侵和破坏或者其自身出现网络故障，其后果可想而知。而面对这潜在的风险，必须通过立法的手段把风险控制在极小的范围，例如，要求运营的自动驾驶汽车必须在技术上保证系统运行的安全，消除技术层面的漏洞。我国在制定相关法律时，必须要求将网络安全意识贯穿到自动驾驶汽车的所有环节，最大限度的消除车辆行驶风险，保障人类的生命安全。

6.1.3 相关立法的缺失使人类生命财产面临巨大风险

前述提到的自动驾驶的技术风险，将会随着科技的进步而大大降低甚至消除。技术层面的漏洞在未来将不再是导致自动驾驶汽车风险的主要原因，反倒是技术层面之外的因素会对自动驾驶行业的发展构成挑战。例如，自动驾驶汽车上路后如果引发交通事故，那么如何进行责任分配？该追究谁的责任？是自动驾驶汽车制造商，还是自动驾驶汽车操作系统的提供商，抑或是车上的乘客？事故发生后是否有相应的保险制度和赔偿制度等等，这些都是自动驾驶汽车发展需要面对和解决的问题，而这些非技术性的因素很难通过自动驾驶行业内部的科技发展来解决，只能通过国家的立法来进行法律规制。2016年中国共接报道路交通事故864.3万起，造成的直接财产损失高达12.1亿元。在自动驾驶汽车普及的过程中，科技的进步势必会降低交通事故的发生率，但是其普及过程却面临着法律层面的挑战，比如事故发生后如何确认责任主体，如何进行责任分配，如何适用保险制度

等等。因此，自动驾驶汽车的发展，技术层面导致的风险随着科技的进步可以降低甚至消除，但法律的缺失或不完善才是自动驾驶技术发展最大的挑战。科技的发展已然推动自动驾驶汽车领域的快速发展，但政策和法律却决定了自动驾驶汽车能否走进人们的生活。因此，自动驾驶汽车的发展与普及，必须要有法律的保驾护航。

自动驾驶面临的法律空白主要包括两个方面：一方面，自动驾驶汽车的出现和普及使得交通事故的责任压力发生转移，现有的法律法规难以处理这种新型的法律关系，这种责任压力的转移应当特别值得注意。如果是由于自动驾驶汽车引发的交通事故，应当如何追究事故主体的责任，是追究汽车制造商的责任还是追究汽车拥有者的责任，这是现行法律修改或新的立法需要解决并予以明确的问题；另一方面，现有的法律法规还没有关于自动驾驶汽车前期测试评估和上路行驶权的规定。根据我国现行道路交通安全法的规定，驾驶人只有在依法取得机动车驾驶证之后才能驾驶机动车，显然，这里的驾驶人应当为自然人。按照现行法律规定，自动驾驶汽车上路由于没有驾驶者而使自身处于违法的境地。此外，自动驾驶汽车的法律地位没有相关法律予以明确，行驶标准也没有法律予以界定。这就导致相关研发企业在对自动驾驶汽车进行道路测试时，得不到车辆的悬挂牌照，相关的报批程序也受到巨大的阻力。到目前为止，只有北京和深圳出台了自动驾驶车辆道路测试的相关意见和实施细则，来规范推动自动驾驶汽车的实际道路测试。从国家法律层面讲，自动驾驶汽车道路测试合法化的问题仍然处于灰色地带，就自动驾驶汽车发展的速度来看，急需国家层面的法律法规来对整个自动驾驶行业进行引导和规制。

6.2 国内外自动驾驶产业发展存在的问题与发展趋势

6.2.1 自动驾驶汽车产业发展存在的问题

最近几年，自动驾驶汽车的浪潮席卷全球，是推动产业变革的新力量，更是相关国家战略布局的重心。各国政策密集出台落地，智能汽车概念持续升温，市场投资热潮旺盛，市场发展潜力巨大。从自动驾驶国内外整个发展情况来看，在自动驾驶技术的激烈竞争中，美德引领自动驾驶产业发展大潮，日本、韩国迅速觉醒，我国呈追赶态势。近几年，我国汽车自动驾驶行业获得了快速发展，2019年，我国智能驾驶系统行业市场规模达 533.38 亿元。当前全球汽车行业正在快

速迈向智能网联时代，L3 和 L4 级的高等级自动驾驶汽车⁹已经发展到产业化前夜。高级别自动驾驶产业化有一系列的问题需要突破，包括技术突破、政策立法与监管规制、基础设施建设、商业应用模式等关键问题。

（1）高级别自动驾驶汽车的技术开发难度超出预期

高级别自动驾驶汽车的关键零部件，包括 AI 芯片、集成电路、激光雷达等还处于研发初级阶段。目前从事自动驾驶研发的企业，除 Waymo 自主开发芯片外，其他企业 L4 级以上的车载芯片，基本都用英特尔等国际企业，而这些芯片也还没有通过市场的检验，实际效果还难以确定。我国自动驾驶芯片公司还属于起步阶段，产品有待市场验证，未来充满挑战。车规级的激光雷达现在也面临很大挑战，其尺寸、成本、可靠性等尚不能完全满足汽车前装的要求，距离量产还有很长的路要走。

此外，自动驾驶汽车的控制策略正在研究阶段，目前业界提到的控制策略，都是基于某些特定场景，全场景的实现难度超预期。同时，汽车企业在研发 L3 级自动驾驶时发现，信号处理量与 L2 级相比，呈指数级增长，新的问题层出不穷。为保证安全性，必须把功能安全级别提高，从硬件到软件都要升级，势必带来成本过高的问题，这将成为 L3 级自动驾驶产业化的一大挑战。

（2）实现高级别自动驾驶应解决高精度地图和高精定位问题

为实现高级别自动驾驶，高精度地图和高精定位是必备条件。高精度地图需要满足两大要求，一是精度达到厘米级；二是能够实现秒级更新。当前，高精度地图测绘受到相关法律法规限制，遇到了发展瓶颈。此外，要实现秒级更新，就需要 5G 通信技术的支持，以及云端计算资源的助力。现在 5G 和云端计算技术尚未规模化应用，需要加快推进建设。

高精定位方面，要实现高可靠、低成本、多传感器的高精度定位存在很大的困难。因为在高楼遮挡、隧道、地库等环境下，通过 GPS+车载陀螺仪+加速度传感器可以实现一定的高精度定位，但是如果 GPS 长时间没有信号的话，将无法实现。如何跨越这个障碍，还有待新的技术突破。

（3）自动驾驶汽车产业化需要突破道路交通安全、标准体系、型式认证等法律法规的限制

⁹ 本报告中所指的高级别自动驾驶汽车为 L3 级及以上级别的车辆。

自动驾驶汽车上路，与现行法律法规存在诸多冲突。在中国包括《道路交通安全法》、《公路法》等都不涉及自动驾驶方面的内容，没有明确法律界定。例如，交通责任的认定缺失，客户购买自动驾驶汽车会有很多疑虑，将影响高级别自动驾驶汽车实现市场化。此外，L3、L4 级自动驾驶汽车需要采集大量数据。这些数据以及数据的处理和使用，都存在法律依据缺失。还有，对自动驾驶汽车的等级如何认证，标准也是缺失的。在目前自动驾驶汽车的发展过程中，特斯拉、Uber 等自动驾驶汽车引发的致命安全事故表明，自动驾驶信息安全问题隐患较大，这其中还涉及国家交通安全、地理信息安全、数据安全、产业安全等一系列安全问题。自动驾驶汽车的安全可靠性与监管体系仍需要加强。

为加快自动驾驶汽车产业化，美国在积极推动自动驾驶汽车相关的法律豁免权，德国也在修改《德国道路交通安全法》，为 L3 级自动驾驶汽车上路扫清障碍。我国有关管理部门能否完善相关法律法规，将成为高级别自动驾驶汽车产业化的关键。

（4）自动驾驶汽车的测试管理需建立完整统一的管理体系、测试评价体系

目前，有关自动驾驶汽车的市场主体空前丰富，传统主机厂、互联网企业、ICT 企业、出行服务企业等纷纷加入。各国正在推动开放测试道路、完善法律法规等政策。道路测试是自动驾驶汽车产业化必须经历的阶段，其测试的标准、规程、管理方式均无经验可循，目前，我国多个地区都在建设自动驾驶汽车测试场，陆续出台了测试管理实施细则，城市级的测试规范之间存在诸多差异。企业疲于应付各种各样的管理规范，影响测试工作效率，成本高昂。2018 年，美国交通部发布新的法令，取消现有的自动驾驶汽车测试场，全面放开自动驾驶汽车路试，由测试单位承担安全责任，对自动驾驶汽车的发展大有裨益。如何借鉴国际经验建立完整统一的管理体系、测试评价体系，成为助力行业创新发展的关键。

（5）自动驾驶汽车产业化需要加快推动完善车联网产业基础设施

自动驾驶实现产业化，需要车、路、云、网、图互联，协同发展。尽管车路协同（V2X）有很多创新探索，由于交通、通信、汽车等跨行业协调的难度很大，仍需突破技术障碍加快落地应用，通过合作共建，推动完善车联网产业基础设施，加强部门合作和部省协同，构建基于 LTE-V2X、5G-V2X 等无线通信技术的网络基础设施。打造综合大数据及云平台，推进道路基础设施的信息化和智能化改造，

支持构建集感知、通信、计算等能力为一体的智能基础设施环境。

(6) 加速自动驾驶汽车产业化发展应鼓励商业模式的创新探索

自动驾驶带来的商业潜力巨大，各国自动驾驶汽车企业都在进行商业化的探索。但是，目前高级别自动驾驶汽车还没有清晰的商业模式，在现行法律法规的框架下应鼓励有条件的企业率先开展自动驾驶运营服务，充分规划限定行驶区域，设定行驶的各种限制，包括车速、路线等，并且预先进行充分测试。L3 级及以上高级别自动驾驶汽车的产业化落地，在未来一段时间内，将可能在特定的场景实现，主要包括封闭和半封闭区域、结构化和半结构化道路的高速公路区域（60~150Km/h）与城市道路、园区、港口、矿区等适合低速行驶（0~60Km/h）的区域等。高级别自动驾驶的商业化运营与共享出行结合，将加速改造面向自动驾驶汽车的新型城市交通环境。

6.2.2 自动驾驶汽车产业发展的特点及趋势

(1) 行业间融合越来越密切，跨行合作越来越频繁

自动驾驶涉及到复杂的多产业融合，除了传统整车制造以外还涉及到了大量新兴技术，如：人工智能、大数据、物联网等。智能驾驶相关技术通过多元化的技术融合，探索更多场景应用。传统原型设备制造商（OEMs）、一级供应商（Tier1）通过添加高级辅助驾驶系统（ADAS），使其现有产品获得 L1~L3 级部分自动驾驶能力，同时也通过自建，整体收购的形式组建自己的自动驾驶研发团队，目标是开发适应未来的完全无人驾驶产品；人工智能创业公司着手开发自动驾驶算法以及针对特定或通用场景的整套系统解决方案；而互联网企业基于其在数据、资金、行业所拥有的强大综合实力，希望为未来出行领域开发 L4、L5 平台级自动驾驶系统。

智能网联汽车行业是汽车、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。随着智能网联技术的发展，为缩短开发时间，提升市场竞争力，自动驾驶汽车行业间的融合越来越密切，跨行合作亦越来越频繁。

(2) 自动驾驶资本加持推动行业更快发展

2015 年起，伴随着自动驾驶技术研发应用的火热，全球自动驾驶行业投融资规模迅速增长，2018 年行业投融资规模达到近年来峰值，根据 AI 车库公布的

数据显示，2019 年全球自动驾驶行业共发生 104 起融资，其中公开披露金额的融资事件共 70 起，融资总额为 66.4 亿美元，相较于 2018 年而言，行业融资规模有所下滑。2019 年，全球自动驾驶融资总额与事件最多的均为美国和中国。其中，美国以 31 起融资事件、45 亿美元融资领跑全球，中国以 59 起融资事件、23 亿美元紧随其后。中美囊括全球融资总额的 94%，融资事件的 86%。从国内省市自动驾驶投融资数据来看，2019 年融资金额最为密集的三个区域依次是北京、上海、深圳。北京共发生 21 起融资事件，融资总额 88.15 亿人民币，占比 57%，成为自动驾驶创业的首选地。进入 2020 年以来，自动驾驶企业融资不断。据盖世汽车不完全统计，2020 年上半年，自动驾驶领域至少发生了 42 起融资，涉及总金额超过 76 亿美元。

（3）自动驾驶汽车产业发展机遇与挑战并存

近年来，多国均出台了支持智能网联汽车发展的国家规划、产业政策、基础设施建设等方面的利好政策，自动驾驶产业将在全球获得高速发展的重要机遇。从需求端来看，汽车智能化受市场需求和经济转型升级、技术变革的影响，需求结构得到升级。从应用场景来看，2020 年的新冠肺炎疫情为低速¹⁰无人配送发展带来发展机遇。在抗击“新冠肺炎”疫情过程中，无人驾驶技术在物流、配送、出行、环卫、医疗等领域的应用得到全面促进，一定程度上推动了无人驾驶的商业化落地。长期来看，此次疫情将会加强社会对智能汽车，尤其是对无人商用车的重视，进而加速智能化、在线化、远程化、无人化的发展。从消费者方面来看，疫情将引发技术变革，并带来消费习惯、消费理念的转变。但是，受限于技术攻关、政策环境、市场接受度等因素，智能网联汽车的普及之路依然面临诸多挑战，如核心技术积累不足、法律法规标准体系有待健全、智能路网基础设施建设面临投资大周期长问题、商业化应用及产业生态不成熟、智能网联汽车上路还需要再伦理、事业、责任认定等方面接受行业及公众的检验等。

（4）各国密集出台政策，政产学研各界联合探索多种合作模式

纵观历史，诸多新兴行业在早期发展阶段，都需要政府的大力扶持，自动驾驶这项新兴技术也不例外，政府扶持必不可少。毕马威在 2018 年发布的《自动驾驶汽车成熟度指数报告》（Autonomous Vehicles Readiness Index）中指出，衡

¹⁰ “低速”主要指时速为 5-20 公里/小时，低速无人驾驶在感知、决策、控制等方面表现不错。

量自动驾驶汽车成熟度有四项标准：政策和立法、技术和创新、基础设施建设、消费者接受度。其中，政策和立法、基础设施建设这两项标准的主导者都是政府，足以看出政府在自动驾驶发展道路上占据至关重要的地位。

通过相关政策法规的出台以及各项基础设施的建设，政府在自动驾驶技术的发展道路上起到指引方向和给予路权两大关键作用。近几年来，围绕技术研发、开放道路测试、建立智能网联示范区，美国、欧盟、日本、中国等自动驾驶主要地区从国家政府到地方政府，均出台了相关政策、完善了立法、制定了相关标准体系。目前，地方政府与自动驾驶相关企业之间的合作主要集中在智能网联示范区层面，比较主流的合作模式是相关企业与地方政府共同成立合资公司，合力运营自动驾驶出租车。未来，自动驾驶相关企业、地方政府、车企、出行公司之间的联系将更为紧密，合作模式也将持续优化。

6.3 深圳自动驾驶产业发展现状与政策规制情况

6.3.1 产业发展

2017 年 12 月，在深圳市福田区委区政府的大力支持下，深圳市海梁科技有限公司联合深圳巴士集团股份有限公司成功举行“阿尔法巴”智能驾驶公交全球首发仪式。“阿尔法巴”智能驾驶公交已经过累计 8000 多公里测试，在视觉感知、智能决策、规划执行方面取得重大突破。2018 年 2 月 2 日，海梁科技与瑞典斯堪尼亚商用车有限公司签署战略合作协议。双方将联合深圳巴士集团股份有限公司积极推动全球商用车智能驾驶创新中心建设，整合国内外人工智能、自动驾驶企业的优势资源，汲取各方先进技术。通过寻求新的协同合作，加快相关技术研发及产业应用，借助粤港澳大湾区、广深科技走廊、深莞惠合作圈的雄心壮志，建立全球自动驾驶产业集聚区。

目前，深圳智能网联汽车项目发展基础较为全面，既有比亚迪汽车电子的整车生产能力，为深圳智能网联汽车制造贡献力量。同时有华为、中兴等全国领先通信企业为智能网联汽车发展提供技术服务支撑，腾讯为首的一批互联网企业亦积极推动智能网联汽车布局。深圳电子产业发达，智能硬件生产配套能力领先。未来 5G 将覆盖自动驾驶汽车上下游，如上游的传感器、网络服务商、数据服务商、芯片供应商等，下游的出行服务、第三方应用和服务等，都会引来新模式新机遇。自动驾驶领域，大疆发布了千元级、性价比高的激光雷达，与速腾聚创、

镭神智能的激光雷达共同加速了自动驾驶规模化落地，在自动驾驶增量零部件领域形成了初步集聚效应。华为、腾讯大局发力自动驾驶，在全国率先推出了业内一流的基础软硬件、车辆网和应用产品和方案。

最新发布的中国智能网联汽车产业区域分析报告指出，从互联网企业、智能技术提供商、整车制造、综合实力四个指标考量，北上广深杭五大产业城市中，深圳综合实力排名第二，产业配套更显优越。2019 年，中国 A 股市场的 63 家自动驾驶概念股公司中，深圳上市股票 47 家，是全国自动驾驶汽车概念股最多的城市。截至 2020 年 7 月，深圳已发布 124 公里的开放测试道路，覆盖 9 个行政区域，并向腾讯、大疆、海梁等企业共发放 12 张牌照，海梁科技在福田保税区展开“阿尔法巴”智能公交试运行，同时汇聚 60 余家自动驾驶相关企业组建深圳市智能网联汽车产业创新促进会。

2020 年 7 月 9 日，深圳先进技术研究院汽车电子中心团队的自动驾驶方案在位于深圳坪山区的深圳智能网联交通测试示范区完成了 10 个项目，共计 36 个场景，120 次测试，顺利通过自动驾驶测试项目。下一步该团队将向相关部门提交开放道路测试牌照的申请。

6.3.2 政策规划

2018 年 6 月，深圳市交运委、发改委、经信委、公安局四部门联合印发《深圳市关于贯彻落实〈智能网联汽车道路测试管理规范（试行）〉的实施意见》的通知，以规范我市智能网联汽车道路测试管理有关工作。10 月 26 日，四部门又联合发布了《深圳市智能网联汽车道路测试开放道路技术要求（试行）》，作为该实施意见的配套落实文件。同时，交运委还发布了《深圳市智能网联汽车道路测试首批开放道路目录》。

2020 年 5 月 27 日，深圳市发展和改革委员会关于印发《深圳市关于支持智能网联汽车发展的若干措施》的通知。通知主要围绕增强技术自主创新能力、构建协同共享发展生态、完善基础设施建设、完善产业配套环境四大方面提出了十六条支持措施，以推进深圳市智能网联汽车产业有序健康发展，形成技术引领和应用示范的创新格局。未来 3-5 年，深圳将重点推动基于 5G 的车联网示范应用，推进深圳建设车联网先导区、智慧交通示范区，助力深圳打造世界级的产业集群和创新集群，并力促 30-50 家企业发展成为行业独角兽或最具成长性企业。

2020年8月10日，市交通运输局、市发展改革委、市工业和信息化局、市公安交警局联合印发的《深圳市关于推进智能网联汽车应用示范的指导意见》正式实施。深圳将采用定点定线的形式在细分领域先行开展智能网联汽车应用示范，包括载人、城市环卫作业和载货及其它专项作业应用示范。在前期开放124公里道路进行测试的基础上，深圳将由点及面逐步开放更多更复杂道路环境，开展多场景多模式示范应用，逐步实现深圳智能网联汽车技术落地及商业化运营。《指导意见》的印发，将有力推动特定区域智能汽车测试运行及示范应用，加快我市智能网联汽车发展，抢占新一轮科技革命和产业变革的先机。

《指导意见》明确了载人、城市环卫作业和载货及其它特种作业三种应用示范场景。载人应用示范是指以智能网联汽车为载体在指定的开放道路开展非营利性的载人测试示范活动；城市环卫作业是指以智能网联汽车为载体在指定的开放道路开展非营利性的城市道路无人清扫和无人洒水作业测试示范活动；载货及其它特种作业是指以智能网联汽车为载体在指定的开放道路开展非营利性的货物运输（危险货物除外）和其它特种作业测试示范活动。值得注意的是，在满足现有规章制度、保障安全条件下，除开放道路外，深圳鼓励半封闭独立功能区进行智能网联汽车应用示范，即大学校园、港口、物流园、工业园、公共绿化公园、景区等具有明显围蔽特征的场地。

《指导意见》规定，申请开展智能网联汽车应用示范的主体、车辆、驾驶人及安全员等应满足2018年公布的《深圳市关于贯彻落实〈智能网联汽车道路测试管理规范（试行）〉的实施意见》的要求。在取得深圳市智能网联汽车道路测试通知书和临时行驶车号牌基础上，制定应用示范方案和应急预案，统一安装车载终端，按流程报经深圳市智能网联汽车道路测试联席工作小组研究同意，获得深圳市智能网联汽车道路应用示范资格，按规定的时间、区域和项目开展应用示范工作。

其中，开展载人应用示范的，申请应用示范车辆在申请开展应用示范所在区域道路测试里程累计应不低于每车1000公里，且未发生交通违法行为或有责任交通事故，并提交相关证明；申请应用示范车辆自动驾驶功能检测项目应包含行人和非机动车的识别及响应、交通信号灯识别及响应、交叉路口通行、环形路口通行，并获得合格证明；应用示范主体可通过互联网、媒体、手机APP、微信小

程序等方式采用实名制招募年满 18 岁并具有完全民事行为能力的志愿者，在向志愿者充分告知安全风险的前提下签订相关责任协议，且应保证志愿者具备座位险、人身意外险等必要的商业保险，并采取有效措施保障志愿者人身安全；应用示范主体不得向志愿者收取费用或报酬，不得利用应用示范车辆从事或者变相从事运输经营活动。

6.3.3 中国（深圳）自动驾驶汽车产业规划建设存在的问题

当前，自动驾驶技术的发展已给现行相关法律法规和管理体系带来挑战。自动驾驶汽车作为跨产业融合创新产物，既要符合汽车管理相关法律法规，也要与地理信息、网络安全等领域相关法律法规相适应。在我国现行相关法律法规中，产品管理、交通管理、责任界定、保险监管、网络安全管理、地理信息管理等方面的部分规定，存在制约自动驾驶汽车发展的矛盾点和可能触发潜在风险的空白点。这些问题主要体现在以下几个方面：

（1）现行汽车产品标准中的部分条款不适用于自动驾驶汽车。现行技术标准基于传统汽车制定，部分条款如“转向操纵装置必须直接由驾驶员操作”与自动驾驶汽车的本质矛盾，导致高级别自动驾驶功能无法上路使用。

（2）部分交通管理法律法规不适用于自动驾驶汽车。一是现行法律法规禁止在高速公路和城市快速路上试车，还禁止在公路上检验车辆制动性能；二是现行法律法规要求汽车只能由取得机动车驾驶证的人驾驶，并对驾驶人身体条件、驾驶行为作出严格规定；三是尚未建立自动驾驶系统监管制度。这在一定程度上限制了自动驾驶功能的使用。

（3）交通行为责任主体与自动驾驶汽车行为主体不匹配。我国现行交通行为责任体系以人为核心构建，第一责任主体是驾驶员。而高级别自动驾驶汽车的责任主体可能会扩展到使用者、生产者、设计者、销售者等方面，现行责任体系难以适用。

（4）部分车辆保险法律规定难以适用于自动驾驶汽车。车辆保险的本质是承担意外事故造成的经济赔偿责任，现行保险制度与交通行为责任划分高度关联。随着驾驶主体和交通行为责任主体变化，自动驾驶的事故责任界定一直都是立法的难点，因此会导致赔偿迟滞，车险方面的难题阻碍着智能汽车的发展。以车辆所有人、驾驶人为核心的车辆保险制度亟需调整。

(5) **严格的测绘管理制度或限制部分自动驾驶技术发展。**我国对测绘行为采取严格的管理模式，如限制企业采集、编辑加工和生产高精度地图，限制车辆在使用高精度地图时进行感知与定位，禁止在地图中表达敏感信息(如道路坡度、曲率等)，地图公开发布前必须进行偏转加密等。上述规定对自动驾驶技术的发展有所影响。

(6) **缺少专门针对自动驾驶汽车网络安全的指导性文件。**自动驾驶汽车的高社会效用同样伴随着高风险。自动驾驶网络安全不仅关乎车辆本身，还涉及公共安全。但《网络安全法》相关规定比较笼统，难以充分应对自动驾驶汽车带来的特殊情景下的网络安全问题。

(7) **人工智能引发的伦理道德问题在自动驾驶汽车上同样存在。**在人身伤害无法完全避免的情况下，自动驾驶技术的发展和使用时可能会引发伦理层面的拷问，这在立法和监管中应予考虑。

6.3.4 国内外自动驾驶产业政策与监管规制对深圳产业发展的影响分析

目前，发展自动驾驶汽车已经成为各国共识，美、德、日等汽车强国纷纷加快战略布局，各大科技巨头大举投资并购，全球智能网联汽车发展呈现出核心技术加速突破、基础支撑加快完善、产业生态渐趋成熟的良好态势。

从**产业政策**来看，随着汽车智能化、电子化的推进，自动驾驶已经是未来汽车发展的必然趋势。目前，以美国、欧盟、日本、中国等为代表的全球主要国家和地区，都将自动驾驶汽车作为汽车产业发展的重要方向，纷纷加快产业布局、制定发展战略，通过政策支持、技术研发、标准法规、示范运行等综合措施，加快推动产业化进程。政策支持和标准落地将推动自动驾驶实现标准化、自主化，但政策和标准的制定过程需要多机构协调，短期内较难形成完整的体系。

从**技术层面**来看，“感知技术，决策技术，运动控制”是自动驾驶技术进阶的三大支柱。现阶段国内外的自动驾驶技术基本围绕 L4 级，系统通过高精度传感器、汽车与障碍物的探测等技术开展。但是 L4 级自动驾驶的系统仍处于起步阶段，涉及自动驾驶的 5G 技术、识别技术、V2X 技术、人机交互技术、高精度地图、决策技术、定位技术、通信安全技术等是业界重点关注并进行研发创新的核心技术。

从**资本层面**来看，自动驾驶作为人工智能技术周期演进过程最被看好的领域

之一，受到全球资本市场的热捧，资金注入促使产业发展速度加快，2018 年全球自动驾驶行业投融资规模达到近年来峰值。根据 AI 车库公布的数据显示，2019 年全球自动驾驶行业共发生 104 起融资，相较于 2018 年而言，行业融资规模小幅减少。其中，融资总额与事件最多的两个国家为美国（31 起融资事件、45 亿美元融资）和中国（59 起融资事件、23 亿美元融资额），中美囊括全球融资总额的 94%，融资事件的 86%。

从**立法规制**来看，美国、欧盟、日本、中国等汽车国家及地区以政府为主，推动适用于自动驾驶汽车的法律法规制修订，研究制定促进技术研发和推广应用的支持措施，加强网络基础设施建设和道路智能化改造，通过出台标准、制修订法律法规等方式为自动驾驶汽车产业发展营造良好环境。

从**社会观念**来看，近年来因自动驾驶导致的安全事故不断发生，不少人对自动驾驶技术的安全性提出了质疑，即便这样，发展自动驾驶技术仍然成为了商界各位巨头的首要目标。此外，在自动驾驶测试阶段以及实际运行阶段，都会产生并使用大量多种类型数据，保障信息与数据安全也是政府、业界、消费者共同关注的焦点问题。目前，ISO、欧盟、美国、德国、中国等已针对自动驾驶的信息与数据安全保护制定了相关的法律法规与标准规范。

从**基础设施建设**方面，多个国家针对自动驾驶相关的远程信息、标识、碰撞障碍、车道宽度和限制的道路基础设施进行改建。当前，全球自动驾驶发展主要处于测试与示范运营阶段，测试条件是衡量自动驾驶基础设施的重要标准之一，关系到技术测试及数据积累，而这些是高级别自动驾驶及商业化的必要条件。目前，美国在自动驾驶的测试里程、开放城市、测试进度、牌照申请机制、测试路网等多个方面，均居全球领先水平。

从**产品应用**来看，在 2020 年抗击“新冠肺炎”疫情过程中，低速无人驾驶技术在物流、配送、出行、环卫、医疗等领域的应用得到全面促进，一定程度上推动了无人驾驶的商业化落地。目前高级别自动驾驶汽车还没有清晰的商业模式，考虑到自动驾驶带来的商业潜力巨大，各国自动驾驶汽车企业都在进行商业化的探索。鉴于技术实现的难度和场景实现的紧迫性，商用车的货运场景和乘用车的自主停车及结构化道路的一些使用场景将优先落地。

从**消费者接受程度**来看，根据凯捷研究院（Capgemini Research Institute）2019

年对 5000 多人进行的一项调查显示，中国消费者对无人驾驶汽车的态度比大多数国家都积极，而西方消费者对这项技术的态度较为冷淡。相对于其他国家，中国消费者对于改善交通的诉求以及对新技术、隐私数据的开放态度有利于自动驾驶在中国的落地。

根据自动驾驶汽车产业发展的特性及上述分析，政策、技术、资本、立法规划、基础设施、社会观念、产品应用等多个方面都是影响自动驾驶产业发展的因素。自动驾驶的场景落地需要依靠政策的加持、标准法规的规制、以及技术、基础设施、商业模式的成熟和完善，以构建全新的运营模式。最近几年，国家工信部加强顶层设计、坚持创新驱动、完善标准规范、推动测试应用，出台了一系列指导性文件，搭建了跨领域的产学研用协同创新平台，加快了国家标准体系建设，建设了上海、重庆、北京、深圳等地的测试示范区，推动自动驾驶汽车的发展环境日趋完善，有效地激发了企业动力、市场活力。国内多个地方政府也采取了多项措施，加速推动自动驾驶产业的发展。

在国内外政府及业界通过产业政策、立法规划、资本融资、研发创新、示范应用等多个手段规范、推动自动驾驶产业发展的同时，深圳在自动驾驶产业政策、道路测试规范、测试应用、创新平台等方面也都开展了相关的工作。在**产业政策**方面，深圳已发布的《新一代人工智能发展行动计划（2019-2023 年）》、《深圳市关于支持智能网联汽车发展的若干措施》等文件，为深圳自动驾驶产业的发展指明了行动方向，明确了发展目标。在**道路测试规范**方面，深圳已出台了《深圳市关于贯彻落实〈智能网联汽车道路测试管理规范（试行）〉的实施意见》、《深圳市智能网联汽车道路测试开放道路技术要求（试行）》、《深圳市智能网联汽车道路测试首批开放道路目录》等多项文件，以规范智能网联汽车的道路测试。在**应用示范**方面，2016 年 7 月，南方科技大学、密西根大学、前沿产业基金在深圳签订合作协议，宣布将联合共建无人驾驶示范基地。2017 年底，前沿科技与密歇根大学引进的 M-CITY 项目¹¹在深圳落地——M-CITY 无人驾驶测试区正式运营。截至 2020 年 7 月，深圳在 9 个行政区域开放了 124 公里的测试道路。2020 年 8 月，深圳市又出台了《深圳市关于推进智能网联汽车应用示范的指导意见》，

¹¹ M-CITY 项目是全球首个无人驾驶汽车测试区，是美国密歇根大学 MTC 中心的下属项目，包括了美国交通运输部、福特、通用、本田、日产等在内的政府机构和企业参与了该项目的建设。

深圳将根据载人、城市环卫作业和载货及其它特种作业三种应用示范场景，由点及面逐步开放更多更复杂道路环境，开展多场景多模式示范应用。在平台建设方面，2019年8月，60多家自动驾驶相关企业在深圳组建了深圳市智能网联汽车产业创新促进会。根据规划，未来3-5年，促进会将重点推动基于5G的车联网（智能网联汽车）示范应用，推进深圳建设车联网先导区、智慧交通示范区，力促30-50家企业发展成为行业最具成长性企业。

随着国内外自动驾驶汽车（智能网联汽车）产业的快速发展、相关基础设施的建设推进、标准规范的陆续出台、各类场景的应用示范，在深圳现有自动驾驶产业链各环节发展基础上，在政策的大力支持下，未来深圳自动驾驶汽车产业将在产业链核心环节突破、产业关键技术攻关、产业创新成果转化、共性技术协调创新、公共服务平台搭建、城市级场景仿真研究、创新成果培育应用、智能交通系统完善、智能化道路管理水平提升、道路交通测试、智能网联汽车标准制修订的参与力度、行业技术交流合作、科研人才培养与引进、金融资本扶持等多个方面发力，推动促进我市自动驾驶产业的健康、快速、规范化发展。

6.4 主要国家在自动驾驶道路测试規制特点及对比

自动驾驶汽车作为新生事物，其测试承担着智能化、网联化等技术以及在云、管、端多方面的技术研究和产品开发，对技术迭代、功能安全性的验证、应用示范，以及未来产品标准、法规、监管等方面的探索具有重要意义。道路测试是验证自动驾驶汽车技术研发技术不可或缺的重要环节，目前国内外许多机构在自动驾驶的道路上都已经做了相应的规划并付诸行动。通过道路测试，我们能够全方位的验证自动驾驶汽车在不同道路场景中的可靠性、智能性、安全性，实现车辆与外界实时交通信息的交换和协调，没有经历路测的自动驾驶汽车就只是一个“理想”的模型，无法预知其在实际场景中对周围环境的判断是否符合预期，因此开展路测也是自动驾驶汽车投入商业使用前的必经之路。

道路测试是自动驾驶技术发展的关键阶段，道路测试立法也是各发达国家对自动驾驶的主要法律规制。目前，自动驾驶汽车道路测试的相关标准、规程、管理方式均无经验可循，各个国家在推进落实测试工作时，有着各自的思考和一些倾向性。比如中国注重安全、可控，从申请测试到评审，再至测试中的管理、监督，均提出严格的要求，并设置相应的监管手段。而欧、美等国家技术发展时间

较长，经验较为丰富，在保证安全的前提下，对自动驾驶汽车持欢迎、开放的态度，对于道路测试的管理也较为宽松。

通过梳理部分国家及相关城市出台的自动驾驶道路测试管理规范可以发现，各国所提出的要求及管理方式存在大大小小的差异，不仅对测试车辆及测试人员有着不同的要求，在测试管理方面也存在着诸多不同。这些差异性将会直接或间接地影响自动驾驶道路测试工作的效率，从而对技术迭代以及当地的产业发展带来一定的影响。

表 34 主要国家/城市自动驾驶道路测试相关要求

自动驾驶道路测试相关要求		中国						国外				
		北京	上海	深圳	广州	平潭	杭州	美国		日本	英国	德国
								加州	内华达州			
基础要求	驾驶员培训	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	保险/保证金	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	测试经历	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	数据记录/存储	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	网络安全防护							○		○	○	
测试管理	许可制	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
	高速路测试							○	○	○	○	○
	车内无驾驶员/远程操作测试				○	○		○	○	○	○	
	编队测试					○			○			

6.4.1 管理方式

各国对道路测试的管理方式差异较大。

第一，大多数国家对自动驾驶汽车道路测试实施许可制度。测试主体必须在获得相关主管部门颁发的测试牌照（测试许可）后，才可以开展道路测试。

比如中国，各城市出台的自动驾驶测试管理规范中要求测试主体需提交相关的申请材料，由相关部门审核通过发放测试许可后，方具有道路测试资格。采取同样措施的还有包括加州、内华达州在内的美国多个州，以及日本、德国等国家。

美国在《自动驾驶系统 2.0：安全愿景》中呼吁各州确定领导机构专门负责自动驾驶测试审查，成立自动驾驶技术委员会并制定处理测试申请的流程，多数州为自动驾驶道路测试明确了申请测试的条件和流程。日本的远程测试同样采用许可制度，测试申请经审查合格后，由警察局签发有效期不超过 6 个月的测试道路使用许可文件。不过，日本在《自动驾驶汽车道路测试指南》中针对有人在车内的测试，并未提及有关申请测试许可的事宜，只是要求测试主体在测试前要将测试技术、安全确保措施等内容报告于当地警方、交通运输部门等。类似的还有英国，《无人驾驶汽车发展道路：道路测试指南》中同样未明确设立自动驾驶测试的准入门槛，只是对测试人员、车辆等提出了相应要求。

第二，中国暂不准许自动驾驶汽车在高速公路上进行测试。《道路交通安全法实施条例》要求，机动车在高速公路上行驶，不得有试车或者学习驾驶机动车的行为。各城市开放的测试道路多选取在城市中交通状况较为简单、车流量较少的路段，少有人车混杂的行驶区域，以防止自动驾驶汽车难以应对复杂环境从而带来更严重的交通拥堵。高速公路虽路况较为规整，但通行速度较快，一旦发生事故，带来的损失更为严重，国内尚未准许高速公路自动驾驶测试，一方面是基于安全及潜在风险考虑，另一方面则是涉及到相关法律法规的约束。2019 年 4 月 12 日，国内第一条基于自动驾驶的智能网联高速公路测试路段——齐鲁交通智能网联高速公路测试基地及研发中心项目在济南启动。项目计划从 2019 年至 2023 年分四个阶段进行建设和运营。

国外多数国家已经开放了自动驾驶汽车在高速公路上测试的许可，这与国外不同于国内的道路管理体系有关。以美国加州为例，加州针对准许自动驾驶汽车测试的公共道路的定义，主要参照了《加州车辆法案》中“highway”、

“offstreetpublicparkingfacility”、“street”的三个概念。其中，针对“highway”和“street”的解释相同，指任何性质的且能够开发给公众使用的道路，包含了类似中国高速公路等级的相关道路。实际上，美国的高速公路网建设较为发达，且大城市内主要城镇间已基本体现快速化，美国不再称高速公路为 Freeway 或 Motorway，而一律简称为 Highway，即公路、主干道。美国在概念上弱化了对高速公路与城市道路的区分，各州开展自动驾驶道路测试时也并未针对高速公路的测试专门提出禁令。英国于 2017 年开始在高速公路上测试自动驾驶汽车。2018

年，英国政府对《公路规则》（Highway Code）进行了修改，允许驾驶员在高速公路安全使用改变车道、远程遥控泊车等先进驾驶辅助系统。《公路规则》修改的内容已在《道路车辆（设施和使用）条例 110》（Road Vehicles (Construction and Use) Regulation 110）中进行更新。

第三，美、日、英等国家准许远程测试。美国如加州、内华达州、密歇根州、佛罗里达州等州开放车内无驾驶员的远程测试许可，有别于有人在车内的自动驾驶测试，多数州政府要求该类测试车辆要通过相应的豁免申请。

日本考虑到未来全自动驾驶汽车“既无驾驶员又无需掌控方向盘”，通过颁布《远程自动驾驶系统道路测试许可处理基准》，准许测试主体申请远程测试，将远程监管人员定位为远程存在、承担现行道路交通法规规定义务和责任的驾驶人员，在测试过程中始终保持监视状态，以保证在紧急情况出现时能够及时对车辆进行处理。远程监管人员同样要经过相应培训方可承担测试任务。日本对远程测试地点的通信环境提出要求，确保周围的无线通信系统不会中断，且所选定的测试地点和时间应不会对交通状况产生严重阻碍。

英国在《无人驾驶汽车发展道路：道路测试指南》中同时定义了高度自动驾驶汽车及完全自动驾驶汽车，并提出不用坐在驾驶座位的测试操作员的概念，但仍要求能够实时接管汽车。

此外，荷兰、新加坡、新西兰等国家也同样允许自动驾驶车辆在没有人员跟随的情况下进行测试。

在中国，目前提出准许车内无驾驶员自动驾驶测试的只有平潭和广州两个城市。其中，平潭用安全员的概念替代测试驾驶员，且不要求安全员必须坐在车内驾驶座位上，但其职责与测试驾驶员无异，应实时监控系统的运行状况，在系统出现故障或发出警告提醒时立即接管车辆或启动紧急制动。广州准许驾驶人员的座位设置在远程，进行远程测试，并要求测试里程需累计超过 3 万公里且无发生责任交通事故及失控状况，才可申请开展远程测试。

第四，内华达州、广州准许测试编队行驶。内华达州准许卡车进行编队测试，但将编队测试定义为驾驶辅助功能，而非自动驾驶功能。广州也在其发布的《关于智能网联汽车道路测试有关工作的指导意见》中指出编队测试能够在指定路段开展，不过测试车辆的数量最多不能超过 10 辆，如果测试的是大型客车、重型

货车及半挂牵引车，其测试时速不得超过 30 公里/小时。

第五，针对交通事故责任，目前各国几乎依旧按照原有的交通规则进行判定。

由测试人员承担直接责任，而测试主体作为测试活动的主导者将为测试车辆和测试人员负责。除非能够证明汽车自身及其系统存在重大的缺陷，汽车生产商、系统供应商等将不会承担道路测试的责任。

而对于交通事故赔偿，各国通过提高测试主体购买保险的额度，用以承担自动驾驶道路测试的高风险性，测试主体将以保险的方式对交通事故中的损失进行赔偿。德国在道路交通法修正案中针对自动驾驶汽车造成的人员伤亡和财物损失的最高损害赔偿总额提出新的要求，分别为 1000 万欧元与 200 万欧元，为普通情形下的 2 倍。

第六，日本、英国强调测试前的宣传工作。日本要求在开展测试前，测试主体应向当地居民以及周边的交通参与者就自动驾驶测试的相关内容进行宣传和说明，一方面提高周边人群对自动驾驶汽车的警惕性，提升安全性，另一方面也旨在达到教育群众的目的，让更多的人提前认识并逐渐接受自动驾驶汽车。英国则提出测试主体应考虑向公众及媒体传播有关自动驾驶汽车的潜在好处、道路测试的基本情况、对其他交通参与者带来的影响等内容。

第七，加州要求展开远程测试的车辆中应放置一份车辆交互指南。目的是提供给附近的执法人员，以及消防人员、医疗人员等，帮助他们以正确的方式与自动驾驶汽车进行交互，在车辆出现紧急情况，能够安全地将测试车辆移动至相对安全的环境中。车辆交互指南包含车辆基本信息、保险证明、测试人员联系电话以及车辆状态辨别方式、功能说明、限制条件、操作交互方式等内容。

6.4.2 测试主体

测试主体作为自动驾驶道路测试的主导者，对测试过程的安全性负责。测试主体一方面应具有一定的研发水平，掌握丰富的自动驾驶技术经验，有能力加强测试车辆的安全控制水平，建立安全监管的技术平台，另一方面，面对测试过程中可能出现的交通事故，能够主动承担责任，承受相应的赔偿。

因此，大多数国家针对测试主体提交的申请材料，需包含实现安全控制的实施手段、远程监管的实现方式等，比如中国的北京、上海、深圳等城市要求测试主体应提交测试相关的风险分析及应对方案，日本针对远程测试的申请应提交应

对紧急情况的安全实施计划，美国加州则要求提交远程监管通信方式的说明。

针对测试主体的责任赔偿能力，各国要求测试主体为测试车辆购买一定额度的保险，以承担交通事故造成的赔偿损失。其中，中国普遍要求每辆测试车辆的保险为 500 万元（重庆还要求提供不少于 500 万元的事故赔偿保函），美国加州则是 500 万美元。

6.4.3 测试人员

测试人员肩负着测试过程中的安全责任，并在出现紧急情况时实施应急措施，合格、称职、有能力的测试人员对于自动驾驶道路测试的安全保障十分重要。大多数国家及城市对测试人员提出相应的要求，一是具有一定的驾驶经验，并取得合法的驾照，且不应有酒驾、毒驾等危险驾驶的记录，二是接受过相应的测试培训，以加强自动驾驶道路测试的操作技能及安全意识，能够充分了解自动驾驶系统的功能，熟悉自动驾驶汽车的操作方式，可以意识到测试过程中的潜在风险，在紧急情况发生时能及时、正确地接管测试车辆。

为了进一步加强对测试人员的重视，美国加州以及中国各个城市还要求测试人员培训计划的证明材料作为测试申请的材料之一，英国、日本则是提出测试人员具有一定的自动驾驶汽车测试的经验，目的是确保测试人员有能力且能够胜任自动驾驶汽车在公开道路安全测试的工作。

德国对测试人员无特殊要求，只是强调了驾驶人员使用自动驾驶功能的权利和义务，比如当系统提出接管请求或者发现周边环境不适用自动驾驶功能时应及时接管汽车的控制权。

6.4.4 测试车辆

为保证道路测试的安全、可控，各国对测试车辆提出了多项要求。

第一，测试车辆应具备基本的自动驾驶功能技术要求。包括车内具有可感知的提醒装置、可手动开启或关闭自动驾驶功能、可自动关闭自动驾驶功能，以及数据记录、存储等功能。以保证测试人员可以随时了解到测试车辆的运营状态，在车辆系统判定自身处在不适用自动驾驶功能的环境或者系统出现错误等风险状态时，以可视化的方式提醒测试人员关闭自动驾驶功能，以接管测试车辆的控制权，如果测试人员没有及时接管控制，车辆本身能够采取措施将自身风险降至最低。

此外，各地几乎均要求测试车辆具有数据记录及存储的功能，比如英国要求自动驾驶汽车应有安全数据记录设备，以记录速度、驾驶模式等关键信息。数据记录及存储的功能对于自动驾驶汽车的测试至关重要，一是数据能够帮助测试主体进行技术迭代，针对碰撞数据进行学习、分析，有助于提升自动驾驶汽车的安全性；二是测试过程中记录的数据，能够为可能出现的事故提供责任判定支撑。

第二，测试车辆具有相应的测试经历。如下表 35 所示，大部分国家均要求自动驾驶汽车进行道路测试之前，应进行充分的封闭场地试验，以保证测试车辆具有基本的自动驾驶功能。

表 35 各国自动驾驶测试经历相关要求

国家	相关政策	试验要求	测试评价要求
美国	自动驾驶汽车政策指南	需要从 15 个方面对需要上路测试的自动驾驶汽车安全性进行评估。测试方法应该包括一系列仿真、封闭场地测试以及上路测试	制造商与供应商可自行测试也可委托第三方实施测试
英国	无人驾驶汽车发展道路：道路测试指南	对自动驾驶汽车上公共道路测试颁发许可证，要求自动驾驶汽车完成自主测试	需通过第三方技术机构对自动驾驶功能进行检验认证
德国	道路交通修正案	对自动驾驶汽车上公共道路测试颁发许可证，要求自动驾驶汽车完成自主测试	需通过第三方技术机构对自动驾驶功能进行检验认证
日本	自动驾驶汽车道路测试指南	根据公共道路的测试内容，充分考虑行驶条件和情况，在封闭测试场地内容进行试验	封闭测试场地可以是自有的，也可以是第三方的
中国	智能网联汽车道路测试管理规范（试行）	测试车辆应在封闭道路、场地等特定区域进行充分的实车测试，符合国家行业相关标准，省、市级政府发布的测试要求以及测试主体的测试评价规程，具备进行道路测试的条件	测试车辆自动驾驶功能应由国家或省市认可的从事汽车相关业务的第三方检测机构进行检测验证

第三，德国对于测试车辆的认证与传统汽车相同。一是满足德国国内有关传统汽车的相关规定，满足传统汽车的许可要求；二是通过欧盟制定的第2007/46/EC 指令中针对机动车、车辆系统等相关的型式认证，即可提交上路申请，获取道路测试的资格。

德国道路交通法修正案针对搭载自动驾驶功能的机动车的概念进行了明确，比如可实现横向和纵向的自动行驶、驾驶员可以手动关闭自动驾驶功能、系统可以识别需要驾驶员操作的场景并能够用可感知的方式提醒驾驶员等。值得一提的是，德国针对这些功能是通过定义的方式，而非要求，这意味着在德国的法律中，不具备这些功能的车辆不属于自动驾驶汽车，也不适用其中对自动驾驶汽车的相关要求，而是适用一般规定。

第四，部分地区突破传统汽车技术标准。目前正在进行测试的自动驾驶汽车多由传统汽车改装而来，但自动驾驶技术标准尚未形成完整的体系，未来产品形态也未定型，部分国家及地区针对自动驾驶汽车的技术标准进行了突破。

比如日本国土交通省在2016年修订安全标准，批准乘用车、卡车等车型可以无后视镜，但前提是摄像头的覆盖范围和显示器的画质具备与后视镜同等的性能。

中国平潭在当地发布的测试规范中取消了对方向盘的强制性要求，并准许车内无驾驶员的测试。一是考虑到自动驾驶产品形态尚未定型，从技术标准上突破传统定义；二是美国加州已经准许车内没有驾驶员的测试，无人驾驶是下一阶段测试的必然需求；三是为当地的测试主体提供便利，百度和金龙合作的无方向盘的无人驾驶小巴已经在平潭展开测试。

而中国除了平潭之外，其余城市均要求提交测试车辆的机动车安全技术证明或除耐久性之外的强制性检测项目的检测报告，将测试车辆视为传统汽车提出安全技术要求。在此之上，各城市为新技术的迭代发展留出了空间——若因实现自动驾驶而有个别项目无法满足要求，需证明其未降低车辆安全性。

第五，美、日、英强调网络安全防护。美国《自动驾驶法案》(S.1885)要求汽车制造商应制定网络安全计划，并通过与安全人员建立联系以减少网络安全风险。英国要求测试主体应确保自动驾驶系统及车内的其他系统要达到一定的网络安全级别，以应对未经授权的网络访问所带来的风险。日本要求测试主体应根

据当地《网络安全基本法》的规定，采取相应的网络安全防护措施以确保自动驾驶测试的安全性。

第六，杭州要求车辆加装智能网联模块。杭州在智慧城市的建设上具有较长时间的布局，未来自动驾驶汽车作为智能化终端将融入智慧城市的体系中。针对测试车辆，杭州额外提出加装智能网联模块的要求，确保车辆能够与交通设施如交通灯等以及其他车辆的正常通信。一方面是加快自动驾驶 V2X 功能的技术迭代，另一方面通过测试为智慧城市的建设增加更加丰富的数据资源。

6.4.5 资格评审

为加强对自动驾驶道路测试的管理、监督，强化测试主体和测试人员的安全责任意识，各地测试管理部门需对申请测试的资格进行审查。首先是申请材料的审核，测试主体需提交相应的申请材料，测试管理部门需要对这些材料进行审核，以判定测试车辆的基本功能、测试人员的培训，以及保险等是否达到要求。在申请提交后，测试管理部门通过专家答辩、实车乘坐等方法对测试车辆的系统功能、稳定性进一步进行评估，这种方式多发生在中国，国外少有采纳。

国内外对于测试资格评审的差异化方式大概有以下几种：

一是中国设定专家评审过程。在申请材料提交后，测试管理部门会对通过初审的测试主体安排专家评审的过程，采用答辩问询，以及实车乘坐的方式来评估自动驾驶系统的稳定性、测试驾驶员的驾驶操作能力等，结合专家的综合意见，来判定是否具备测试资格，再结合各城市的交通状况、道路规划，逐步开放测试路段、发放测试通知书。

二是北京以场景评估测试车辆等级。北京对测试车辆设定了能力评估分级，共分为 T1-T5 的五个等级以及表明具备网联驾驶能力的 TX 等级，并建立自动驾驶能力与公共测试道路复杂程度的对应关系。测试车辆申请某一等级测试牌照时，需要在评审阶段通过相对应的评估场景的测试。

北京主要以场景的复杂程度作为等级划分的依据，并效仿“人考驾照”的思路，设定考核项目，测试车辆通过这些项目的测试，即可认定具有相应的等级。不过这种思路难以避免企业为了申请测试而“背题”。

三是上海提出 30 次有效测试、90%达标率指标。在评估阶段，上海要求测试主体需要在封闭测试区进行实车检查及试验，并划定了 17 个项目。17 个项为

可扩展项目而非必选项，实际测试项目依据自动驾驶系统的操作设计领域、企业的测试目的、自评测试的情况而定。

针对这些项目，上海还提出每个测试项目的有效测试不低于 30 次、测试结果达标率不小于 90% 的硬性要求。一方面加大了门槛，另一方面也充分验证系统的稳定性，为测试牌照的发放提供充分的评审依据。

四是日本远程测试需进行行车审查。在日本申请远程操作测试时，提交申请材料之后，当地的警察局会指派相关警员乘坐测试车辆参与公开道路的测试，该“考官”会依据行驶情况，重点考察测试车辆是否能够遵守交通法规，审查合格通过后，会由警察局签发有效期不超过 6 个月的自动驾驶道路测试的许可文件。

6.5 深圳自动驾驶产业发展与规制建设的建议

最近几年，基于人工智能、通信技术、地图数据、车联网等技术的自动驾驶汽车浪潮席卷全球，推动汽车产业的变革，自动驾驶汽车成为全球多个国家战略布局的重心，国内外整车企业以及来自互联网企业、信息技术、电子科技等非汽车领域的企业均纷纷布局自动驾驶相关业务。以自动驾驶为主题的全球产业竞争正在展开。作为一个新兴业态，在技术研发及实现商业化的过程中，自动驾驶的监管机制、标准法规、基础设施等基础问题仍制约着自动驾驶汽车真正落地。智能网联作为汽车产业的一项革新技术，目前还处于发展初期，技术方面仍存在很多不确定的因素，相关立法及规范行业发展的标准体系还有待完善。目前，以美国、欧盟、日本、中国等为代表的全球主要国家和地区，都将智能网联汽车作为汽车产业发展的重要方向，纷纷加快产业布局、制定发展战略，通过政策支持、技术研发、标准法规、示范运行等综合措施，加快推动产业化进程。当前，自动驾驶技术的发展已给现行相关法律法规和管理体系带来挑战。自动驾驶汽车作为跨产业融合创新产物，既要符合汽车管理相关法律法规，也要与地理信息、网络安全等领域相关法律法规相适应。自动驾驶技术的发展绕不开持续的道路测试，而上路测试的标准在各国乃至一个国家的各部门都参差不齐，自动驾驶车辆发生事故后究竟如何认定责任也亟须政策或法律澄清。因此，如何保证自动驾驶汽车上路的安全性，如何规范开展对自动驾驶汽车上路测试的监管，如何规范自动驾驶这一新兴产业的发展等，是各国政府及企业面临解决的问题。

2019 世界智能网联汽车大会上，交通运输部党组成员兼总规划师王志清表

示，我国自动驾驶产业已从理念走向现实，从顶层规划层面已出台了多项措施，推动自动驾驶汽车的发展。2018 年以来，交通运输部自动驾驶专题研究组围绕自动驾驶法律、法规开展专项研究，出台了《数字交通发展纲要》和《智能网联汽车道路测试管理规范》，认定了 6 个场地封闭测试基地，为智能网联汽车的发展营造了良好的环境。2020 年 2 月，十一部委联合发布《智能汽车创新发展战略》，提出要构建协同开放的技术创新体系、跨界融合的产业生态体系、先进完备的基础设施体系、系统完善的法规标准体系、科学规范的产品监管体系、全面高效的网络安全体系等六大重点任务，对我国智能汽车未来发展做出全面部署和系统谋划。下一步，交通运输部从三个方面推动：一是加强协同合作，优化政策供给，出台自动驾驶顶层设计文件，坚持互利共赢；二是夯实发展基础，攻关自动驾驶与车路协同技术，推动交通设施数字化；三是开展试点示范，建设自动驾驶示范路、示范区，以 2022 年北京冬奥会等为节点，推动智能网联汽车商业化运用。

2020 年中国政府工作报告首次提出了“新基建”，以 AI、5G 技术领衔的智慧交通基础建设被视为新基建的重点发展领域之一。智能网联汽车产业是新基建的重要应用之一，它是汽车、电子、信息通信、交通运输、人工智能等行业深度融合发展的新兴业态，也是当前全球汽车产业技术变革和电子信息产业升级的重要突破口和着力点。深圳经济特区自成立以来，一直发挥着“试验田”和“窗口”的作用。最新发布的《深圳市新一代人工智能发展行动计划（2019-2023 年）》、《关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》、《深圳市关于支持智能网联汽车发展的若干措施》等重要文件，为深圳在人工智能、5G、智能网联、智慧城市建设等自动驾驶相关领域的发展进行了部署。随着科技的不断进步，发展“智能汽车”的趋势已成为必然。目前来看，城市建设层面自动驾驶环境面临着非常多挑战，如**重建轻运营、重数据轻应用、缺少顶层设计、缺乏战略眼光**等。要想推动智能汽车行业发展，完善顶层设计、健全立法体系是核心要素之一。健全的法律可使智能汽车企业以及监管部门有法可依，规范行业发展。因此，加强智能汽车技术的研发与革新要和研究其背后所涉及的法律法规问题齐头并进，为我国、我市相关法律的完善奠定基础，助力我国、我市智能汽车行业健康发展。综合自动驾驶汽车关键技术发展、国内外自动驾驶立法规制现状、行业发展趋势

与动向等，建议深圳市自动驾驶汽车产业发展与规划建设可从以下几个重点方面开展工作。

6.5.1 完善道路测试立法及标准体系建设

道路测试规模是评价企业自动驾驶技术的重要尺度，中外车企在这一方面仍存在一定差距。在加州公布的自动驾驶道路测试报告中，waymo 和 cruise 的测试历程分别为 234 万公里和 133 万公里，而小马智行、百度、nuro、zoox 等仅超过 10 万公里，在北京市开展自动驾驶车辆道路测试的企业，百度的总测试历程接近 90 万公里，小马智行则为 12 万公里，中国自动驾驶技术的领头企业与国外领头企业差距仍然存在。

汽车在测试过程中，对道路的选择及道路设施的搭建应有法律法规进行相关规定的支撑，以保证测试过程的有序开展和顺利进行。2018 年，深圳市发布了有关《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）的实施意见》、《深圳市智能网联汽车道路测试开放道路技术要求（试行）》、《深圳市智能网联汽车道路测试首批开放道路目录》等文件，已规范我市智能网联汽车道路测试管理有关工作。目前多个国家包括中国部分城市已发布的道路测试相关制度或立法，要求测试道路的条件应满足智能汽车基本场景的测试，如车道内直线行驶、变更车道、超车、自动紧急制动以及红灯时停车等情景。在道路测试过程中，应及时记录车辆工况、车辆 V2V 与 V2I 的交互等情况，根据以上数据，进一步进行智能汽车的改进工作。

目前，包括深圳在内的多个城市已经建成智能网联汽车示范区，用于对智能网联汽车进行上路测试。因此，在后续深圳市自动驾驶产业发展过程中，深圳应充分发挥先行示范区的作用，结合产业技术发展情况及道路测试过程中发现的问题，从其他国家、其他城市在道路测试方面出台的相关立法及标准规范中吸取经验，取长补短，不断完善我市道路测试立法体系，搭建适合产业发展的标准体系。

6.5.2 确立适用智能网联汽车的认证监管制度

自动驾驶汽车作为一个新兴技术行业，目前尚无出台适用于自动驾驶汽车认证的通用法规，这不仅意味着现行的认证审批框架不足以全面评估与自动化技术相关的复杂安全问题，同时还将继续限制这一先进技术的发展，从而推迟自动驾驶汽车入市应用的进程。相对于传统汽车，对自动驾驶车辆进行有效评估和认证，

需要更全面、更严格的标准化测试方法。在为未来的自动驾驶车辆制定认证和型式审批的过程中，国际间已达成共识，即必须在型式审批中应用虚拟仿真测试。只有通过虚拟仿真，才可以扩大测试规模。除此以外，车辆制造商、供应商、相关工具制造商和独立的技术服务机构应与监管机构紧密合作，以加快这一新技术型式审批框架的形成。纵观全球，各国自动驾驶相关法规框架的发展进程正在提速。可以看到，美国已经最快实现无车型审批限制，而英国和新加坡的审批流程进展至第四步，更多关注的是应用。中国当前处在第二步，已建立了基础的型式认证相关法规。

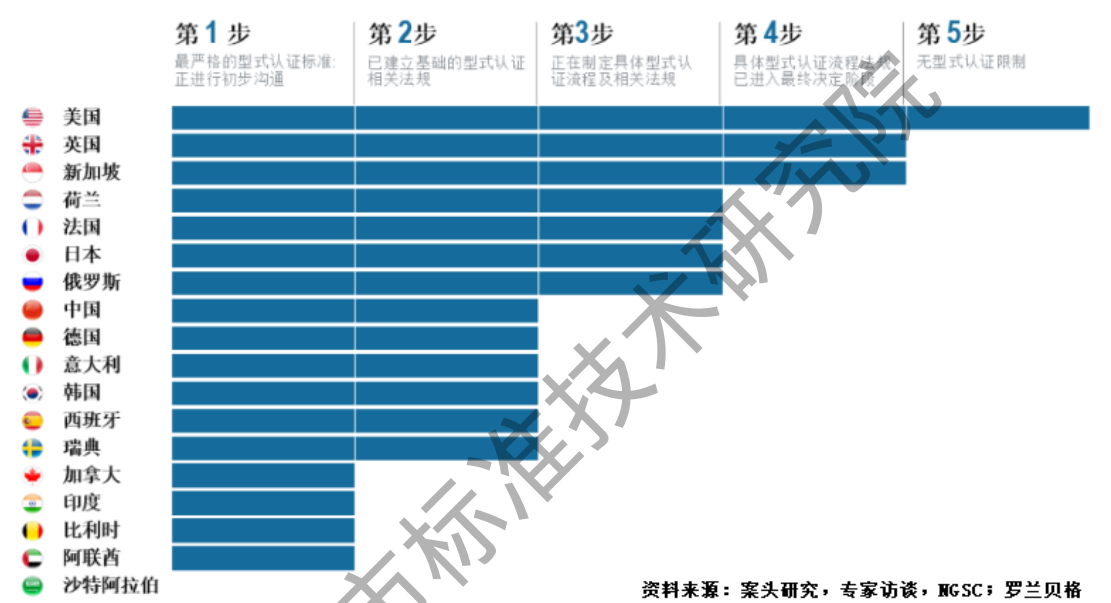


图 22 L4&L5 审批流程（截至 2020 年 1 月）

目前，国内外对智能汽车实行自我认证监管方式，但不排除未来向事前审批转移。目前美国对智能汽车实行的是自我认证制度。NHTSA 曾在 2016 版产业政策中表示，为了提升公众信任度和产品安全性，未来不排除会采用产品事前审批方式的可能。NHTSA 未来可能采取的售前审批方式有两种，一是完全替代自我认证程序。NHTSA 选取车辆样机进行测试，确定该类型车辆是否符合所有标准。二是混合认证和审批程序。高度自动驾驶汽车（HAV）制造商可以根据 FMVSS 进行自我认证，而 NHTSA 就 FMVSS 标准外的高度自动驾驶汽车功能进行售前审批，或是由 NHTSA 规定 HAV 最重要的安全系统应符合其售前审批要求，其他自动化水平低的系统和设备由制造商进行自我认证。具体来看，我国已经设定了分阶段的智能网联汽车技术里程碑，并对商业化设定了量化的基础目标，目前

处于分区域上路试点阶段。同时，我们也需要关注贸易保护主义带来的高度不确定性风险。目前的贸易摩擦与争端将成为“新常态”，并会长时间存在。在此背景下，中国需要实现核心技术的“自主化”，以应对日益激烈的贸易战与技术战。

深圳作为我国改革开放的重要窗口，市政府已实施多年的“质量强市”策略及打造“深圳质量”的目标推动了我国检测认证行业，深圳检验检测认证行业也已发展成为全国行业的尖兵。在深圳建设社会主义先行示范区的新时代背景下，我国可发挥先行先试、先行示范区的政策优势，在我国检测认证行业发展基础上，针对自动驾驶汽车产品，应根据产品研发及质量安全特点，鼓励推动行业制定适合自动驾驶行业的检验检测方法，确立合适的审批认证制度，研发建设相关检测设施，为自动驾驶汽车产品把好上市前的质量安全关。

6.5.3 建立管理部门对产业的运行监测管理制度

车辆管理部门对智能汽车运行状况进行监管，确保车辆、车内外人员的安全，决定着智能汽车的发展与革新。基于此，车辆运行报告制度成为立法的关键条目之一。当车辆发生事故时，不论该事故是否导致财产损失和人员伤亡，测试方必须将事故发生的时间、地点及原因等相关情况向管理部门报告，包括测试过程中是否因自动行驶而发生事故、故障及违反道路交通相关法律，使监管部门及时掌握行业内技术和安全性能发展进程，并完善相关监管制度。

以美国加州（CA）为例，加州作为自动驾驶技术的发源地，无论在技术、资金还是政策方面都占据全球优势，因此吸引到了全球众多主流无人车公司在此进行自动驾驶道路测试。自 2015 年起，加州机动车管理局（DMV）要求获得自动驾驶路测牌照的公司每年都上交一份自动驾驶路测报告。该报告主要涵盖的信息包括：测试里程数，测试车辆信息，测试路段场景，自动驾驶脱离记录几个方面。其中自动驾驶脱离记录（Disengagement Record）代表自动驾驶汽车因为故障、路面突发或者人为原因，脱离自动驾驶模式，改为人类驾驶员接管车辆的情况数据。这份每年发布的自动驾驶路测报告，也被认为是全球自动驾驶技术排名榜的重要参考依据。

目前，深圳已发布 124 公里的开放测试道路，覆盖 9 个行政区域，并向腾讯、大疆、海梁等企业共发放了 12 张牌照。因此，深圳市交通运输局等相关管理机构应加快对自动驾驶产业的运行监测管理制度的确立，要求参与道路测试的企业

/机构应向车辆管理部门上交年度总结。年度总结应当具有车辆由自动驾驶模式转为人工驾驶的原因、时间以及相关必要情节。该报告可使包括深圳交通运输局在内的管理机构清楚智能汽车相关技术指标及安全性能等,为制定和完善管理内容获取实际依据,也可使企业了解具体情况,进行客观的评估和研究,改进测试过程中发现的问题,进行技术的进一步研发与升级。

6.5.4 先行先试,建立自动驾驶“双轨制”保险制度

自动驾驶的事故责任界定一直都是立法的难点,因此会导致赔偿迟滞,车险方面的难题阻碍着自动驾驶汽车的发展。在自动驾驶汽车引发的交通事故中,法律责任的分配涉及到汽车的生产者、销售者、使用者和受害者等几个关键角色。其中判定使用者法律责任有无的关键是看其平时是否尽到了严格的检查和维护义务,如果受害者和使用者都无过错,事故的发生是由汽车自身的故障导致的,那么,就让生产者承担瑕疵担保责任。因为在整个自动驾驶领域,生产者获得了巨大的利益,理应由其承担一定的风险。

自动驾驶立法的目的,一方面在于规范行业秩序,防范风险;另一方面,当交通事故发生后,能够明确各方的法律责任,使受害者得到公平赔偿。此外,立法还应当鼓励技术的研发,不应当为技术创新设置过多的障碍。因此,为了避免自动驾驶技术的研发者承担过多的法律责任,深圳自动驾驶产业发展基础比较全面,发展势头强劲,金融保险产业发展水平位居全国前列。因此,深圳可发挥“先行先试”优势,针对自动驾驶产业建立“双轨制”的保险模式,由自动驾驶汽车公司(生产者)与汽车的所有人或者管理人(消费者)分别为自动驾驶汽车投保。与自动驾驶汽车自身部件如传感器、摄像头、雷达、控制器等设备相关的事项,由制造商投保;因未尽到严格的检查、维修义务或未按法律规定使用汽车等原因造成的交通事故,由消费者也即汽车所有者投保。如此,“双轨制”保险制度能够将原本集中的法律责任进行分散处理,这样,不仅可以使受害者、使用者得到公平且快速的赔偿,而且也由于分散了企业和消费者的风险从而促使自动驾驶汽车技术良性快速发展。

6.5.5 健全自动驾驶领域的信息与数据安全管理制度

自动驾驶汽车技术的发展实现了汽车与互联网行业的跨界融合。伴随自动驾驶汽车的发展,每辆汽车将从过去的封闭转向开放,融入到联网的平台中进行实

时的信息交互。黑客可以通过网络对车辆进行远程攻击,使车辆做出熄火、刹车、加减速、解锁等操作,也可以通过截获通讯信息、攻击云端服务器,达到窃取用户信息和车辆数据的目的,严重的还会威胁驾驶员和乘客的生命安全。同时,在自动驾驶产业链中,数据的采集、存储、处理、传输、共享等生命周期各环节潜在的安全威胁都给自动驾驶数据防护带来了全新的挑战,而数据遭到破坏后可能会危害国家安全、社会秩序、公共利益以及公民、法人和其他组织的合法权益。要想实现自动驾驶汽车规模化、商业化落地,必须解决“信息与数据安全”问题。

现阶段自动驾驶数据产生和保存还局限于相关研发机构、企业以及国家级自动驾驶测试区。各机构虽建立了较大规模的数据库,开源了实时训练数据集,但自动驾驶数据的实际应用交互尚未普及,相关的安全风险尚未完全暴露。另一方面,随着自动驾驶汽车的不断发展,车辆相关的数据量将日益增大。保守估计,当前一辆配备三颗摄像头、一颗 32 线激光雷达以及组合惯导系统等传感器的自动驾驶测试车,每小时约产生 20GB 数据。后续,随着 L3 或 L4 级别的车辆量产落地,为了保证自动驾驶车辆安全运行,传感器和计算模块的数量必然会大幅增加,也就意味着每天产生的数据量将成倍甚至几十倍。这些数据不管是实时存储在云端,还是暂时存储在车辆上,如何保证海量数据的安全,都将是巨大的难题与挑战。

目前国外发达国家已针对自动驾驶的信息与数据安全保护制定了相关的法律法规与标准规范,如国际标准化组织(ISO)制定的道路车辆信息安全标准,美国出台的《现代汽车的网络安全最佳实践》、《自动驾驶系统 2.0: 安全愿景》、《自动驾驶汽车 3.0: 为未来交通做准备》、《确保美国在自动驾驶技术领域的领先地位: 自动驾驶汽车 4.0》、《自动驾驶法案》和《汽车安全与隐私法案》(提案),欧盟的《通用数据保护条例》和《智能汽车网络安全与适应力》研究报告,德国的《道路交通安全法》修正案,英国的《联网与自动驾驶汽车网络安全主要原则》等。中国的《民法总则》《网络安全法》和《信息安全技术个人信息安全规范》、《中华人民共和国测绘法》、《智能网联汽车信息安全评价测试技术规范(征求意见稿)》等,以及由安波福、奥迪、百度、宝马、德国大陆集团、戴姆勒、菲亚特克莱斯勒、HERE、英飞凌、英特尔和大众等 11 家公司联合发布的企业联合白皮书《自动驾驶安全第一》等。

针对自动驾驶信息与数据安全存在的问题，建议我国、我市可以从以下几方面开展工作：一是规范数据共享治理模式，促进自动驾驶数据开放共享，并由相关部门通过制定立法、管理条例、标准规范等方式，加强对数据共享参与方和数据共享过程的监管。同时分阶段制定自动驾驶数据的治理和安全共享的实施细则，进一步推动自动驾驶的快速发展。二是加强对自动驾驶云平台的数据安全管控，对自动驾驶应用及系统按照国家网络安全等级保护相关要求建设，对于高精地图等涉及国家秘密范围的数据和系统，建议部署具备较强安全隔离机制和安全监管措施的专属云平台。三是加强智能网联测试示范区和运行区域的数据安全监管与防护体系建设，通过定期开展数据风险评估，加强数据安全监督检查。四是加强自动驾驶汽车底层固件的安全防护。科研单位与企业合作加强对自动驾驶汽车底层固件的安全研究，以防止可能的攻击行为，提升自动驾驶汽车行驶的安全性和稳定性。

6.5.6 加大自动驾驶领域的人才培养及引进力度

自动驾驶汽车产业发展除了需要资本的支持，还离不开市场、技术与人才三要素的支持。其中，人才尤其是自动驾驶发展的关键所在。在企业蜂拥而至、需求不断释放的背景下，一方面由于自动驾驶对人才各方面的学科知识要求较高，具备专业素养和技能的优秀人才本就不多；另一方面，高校、企业等培养人才也需要耗费大量的时间和成本，周期长见效慢。因此当前全球的自动驾驶人才缺口高达百万。与此同时，在仅有的人才梯队中，顶级的专业人才数量也是屈指可数。基于此，巨头和资本们为了哄抢和招揽人才也是无所不用其极。如 Uber 为了吸收人才，花重金收购整个公司。据相关数据显示，2018 年我国猎聘、BOSS 直聘、拉勾等平台之上，与自动驾驶有关的岗位平均年薪已经达到 30-60 万左右，如果有丰富经验和能力的，百万以上更是稀松平常，这无疑体现出资本对于人才的狂热争夺。但即便如此，自动驾驶的人才缺口依然难填补。

目前，在自动驾驶领域，围绕优秀人才，一些企业相互挖人才，引发或演变为企业之间激烈的商业知识产权之争，由此也带来了更多的企业纠纷和商业官司。当企业发展一旦陷入纠纷与官司缠身的漩涡之中，整个行业发展也必然不会保持健康。基于此，未来自动驾驶发展还是需从根源上解决人才困局，避免发生企业间恶性竞争的情况。与此同时，行业也需建立完整完善的产权规范，更好护卫自

自动驾驶稳定、有序发展。

2019年4月，“北航与百度合办自动驾驶专业方向成立仪式暨自动驾驶学术研讨会”上，百度和北京航空航天大学宣布将联合办学，成立国内首个自动驾驶研究生专业方向。根据合作计划，百度将为北航自动驾驶相关人才培养提供自动驾驶相关资源和平台，用于自动驾驶专业方向的教学和学生实训等；支持北航教学实验创新中心的建设，并协助北航安排学生的实践、实习、就业辅导与推荐等工作，让自动驾驶人才培养从“课本”照进“技术一线”，为产学研合一提供强有力的技术支援。

目前，深圳在自动驾驶汽车产业链的传感器、网络服务商、数据服务商、芯片供应商、出行服务、第三方应用和服务等环节具有较好的发展基础。深圳高等教育基础较弱，但在最近10年来，深圳高校建设也跑出了“深圳速度”。除了深圳大学、南方科技大学、深圳技术大学等自建大学，深圳也与国内外很多高校开展合作办学，名校高端资源不断涌向深圳——清华大学深圳研究生院、北京大学深圳研究生院、中国科学院大学深圳校区、香港中文大学（深圳）、中科院深圳理工大学……在深圳高等教育快速发展的基础上，深圳可结合本地在自动驾驶产业链各环节的产业发展优势，鼓励高等院校、科研机构根据需求和自身特色，联合公共服务平台和企业，建设跨学科的智能网联汽车传感器综合人才培养基地，为企业输送高层次工艺人才和技术创新人才。同时，深圳也应积极引进海外领军人才和高端技术人才，持续优化人才环境，支持相关院士工作站、博士后工作站、技术中心、孵化创业中心等建设，为高端人才集聚提供载体。

参考文献

- [1]. 2019 车辆高精度定位白皮书[R]. IMT-2020(5G)推进组, 2019
- [2]. 2019 年中国自动驾驶行业发展研究报告[R]. 前瞻产业研究院, 2019
- [3]. 自动驾驶数据安全白皮书（2020）[R]. 国家工业信息安全发展研究中心, 2020
- [4]. 全球自动驾驶测试与商业化应用报告（2019）[R].百人会, 2019
- [5]. Patents and self-driving vehicles[R]. European Patent Office, 2018
- [6]. Safety First for Automated Driving[R]. LLC; AUDI AG; Bayrische Motoren Werke AG; Beijing Baidu Netcom Science Technology Co., Ltd; Continental Teves AG & Co. oHG; Daimler AG; FCA US LLC; HERE Global B.V.; Infineon Technologies AG; Intel; Volkswagen AG., 2019
- [7]. 垣见直彦. 日本自动驾驶概况[J]. 智能网联汽车, 2019(01):34
- [8]. 垣见直彦. 日本的自动驾驶技术推进政策[EB/OL]. <https://max.book118.com/html/2018/0328/159019009.shtm>, 2017
- [9]. 郑雪芹. 他山之石：欧美日自动驾驶汽车相关政策法规[J]. 汽车纵横, 2018(08):46
- [10]. 陈萌,黄旭. 日本自动驾驶产业发展现状分析[J]. 智能网联汽车, 2019(05):60-65
- [11]. 唐安然. 自动驾驶汽车行政规制的域外借鉴[J]. 山西警察学院学报, 2019(2):45-50
- [12]. 徐志刚,张宇琴. 我国自动驾驶汽车行业发展现状及存在问题的探讨[J]. 智能网联汽车, 2019(1):13-21
- [13]. 樊晓旭,李霖,田思波. 自动驾驶汽车法律监管环境分析及思考[J]. 汽车工业研究, 2019(2):2-7
- [14]. 吴士东. 人工智能自动驾驶法律规制——以“Uber 无人车之人死亡案”为视角[J]. 四川职业技术学院学报, 2018(8):35-40
- [15]. 孙巍,张捷,穆文浩,吴云强. 典型国家和地区自动驾驶汽车发展概述[J]. 汽车与安全, 2016(2):86-89
- [16]. 秦志媛. 美国智能汽车政策法规体系研究及对我国的启示与借鉴[J]. 汽车

与配件, 2018:38-40

- [17]. 谢一驰. 我国自动驾驶汽车法律规制探析[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2018(11):72-77
- [18]. 孙正良. 美国自动驾驶汽车道路测试法规简介[J]. 汽车与安全, 2016(06):82-85
- [19]. 孙正良. 英国自动驾驶汽车道路测试法规简介[J]. 汽车与安全, 2016(07):70-72
- [20]. 李磊. 论中国自动驾驶汽车监管制度的建立[J]. 北京理工大学学报(社会科学版). 2018(02):124-131
- [21]. 公维洁. 智能网联汽车发展面临的法律法规问题及建议[J]. 2016 中国汽车工程学会年会论文集. 2016:2010-2013

深圳市标准技术研究院