

城市客运自动驾驶示范应用 专题调研报告



交通运输部科学研究院

中国公路学会自动驾驶工作委员会

2021年12月

编写组名单

主编单位：交通运输部科学研究院

中国公路学会自动驾驶工作委员会

主编人员：刘好德 吴忠宜 刘向龙 祁昊 管妮娜

参编单位：广州市公共交通集团有限公司、郑州市公共交通集团有限公司、东南大学、长安大学、大连理工大学、上海海事大学、长沙理工大学、北京交通大学、北京百度网讯科技有限公司、郑州宇通客车股份有限公司、广州文远知行科技有限公司、湖南湘江智能科技创新中心有限公司、中车时代电动汽车股份有限公司、深圳元戎启行科技有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司等

参编人员：李 成、宜毛毛、常振廷、宋德王、张 健、翟景森、周红媚、汪 磊、姚振兴、王江锋、龙科军、游国平、李珊珊、聂育仁、任永利、彭国锋、李焱、朱田、姜婧、钱贞国、王寒松、李香静、穆凯、吴骏等

目 录

一、工作概况	1
(一) 背景.....	1
(二) 目的.....	2
(三) 工作过程.....	2
二、相关概念	3
(一) 基本概念.....	3
(二) 分级标准.....	5
三、自动驾驶技术研发进展	11
(一) 技术发展路线.....	11
(二) 产业发展路径.....	14
(三) 关键技术进展及主要瓶颈.....	15
(四) 国内外重大研发项目与计划.....	27
四、自动驾驶相关政策制度	43
(一) 国外政策法规.....	43
(二) 我国政策法规.....	45
五、自动驾驶相关标准规范	54
六、自动驾驶道路测试与示范应用	57
(一) 自动驾驶道路测试与示范区工作稳步开展.....	57
(二) 自动驾驶示范应用程序逐渐规范.....	57
(三) 部分城市建立了道路测试年度报告披露机制.....	58
(四) 部分城市以多种形式开展自动驾驶运营探索.....	59
七、公交自动驾驶典型试点示范案例	60
(一) 封闭园区内.....	61
(二) 封闭/半封闭道路.....	65
(三) 开放道路.....	69
(四) 案例小结.....	88
八、出租自动驾驶典型试点示范案例	90
(一) 国外 ROBOTAXI.....	90
(二) 国内 ROBOTAXI.....	92
(三) 案例小结.....	100
九、问题与建议	101
(一) 存在的主要问题.....	101
(二) 下一步工作建议.....	102
附件:	105

一、工作概况

（一）背景

自动驾驶技术作为全球新一轮科技革命与产业发展制高点竞争的重点领域，受到全球各主要经济体的广泛关注并取得快速发展。2019年9月，中共中央、国务院下发的《交通强国建设纲要》提出：加强智能网联汽车（智能汽车、自动驾驶、车路协同）研发，形成自主可控完整的产业链。2020年初，发改委等11个部委联合下发布的《智能汽车创新发展战略》提出：到2025年，中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、基础设施、法规标准、产品监督和网络安全体系基本形成，实现有条件自动驾驶的智能汽车达到规模化生产，实现高度自动驾驶的智能汽车在特定环境下市场化应用。2020年12月，交通运输部发布《关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》（交科技发〔2020〕124号）提出：稳步推进辅助驾驶技术在城市公交、道路客运中的应用；研究自动驾驶车辆营运条件及管理办法，探索建立自动驾驶营运车辆运行安全监管体系。

近年来，城市客运领域的自动驾驶发展迅猛，各地正加快相关技术测试和部署工作。为了掌握城市客运自动驾驶技术的发展和现状，编制组依托相关科研课题与工程，开展城市客运领域自动驾驶发展现状专题调研，明确自动驾驶技术与产业进展、试点示范现状、存在的主要问题，并提出相应的政策建议，成果将以专题调研报告和咨政建言的方式呈报部领导审阅。

（二）目的

了解城市客运领域（公交、出租）自动驾驶发展现状、剖析城市客运自动驾驶转向运营面临的问题与挑战，研究提出推动我国城市客运自动驾驶商业化运营的对策建议。

（三）工作过程

一是资料收集整理。编制组广泛收集整理了国内外自动驾驶相关政策法规、技术研发、示范应用等方面资料，总结了典型案例经验，初步分析了自动驾驶技术发展面临的难题与挑战。

二是开展实地调研。2020年起，编制组先后赴郑州、厦门、广州、重庆、深圳、长沙等城市开展实地调研，详细了解各地城市公交、出租汽车自动驾驶示范应用项目实施情况，并与示范应用项目的承建方/运营方、地方交通运输管理部门、运营企业等深入交流探讨了自动驾驶应用落地面临的挑战与解决途径。

三是问卷调查与函询。2021年6月至8月，依托相关研究课题，部交科院先后就自动驾驶接受度、政策法规等主题开展问卷调查；针对城市客运自动驾驶发展现状、问题及建议等，累计向20余家相关科技企业、车辆制造企业、高校和科研机构开展函调。

四是组织专家研讨。2021年10月至11月，编制组在形成《城市客运自动驾驶示范应用专题调研报告》初稿后，多次组织自动驾驶领域专家进行研讨，广泛吸取专家意见，修改和完善专题调研报告，形成调研成果。

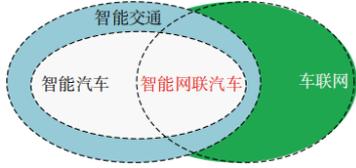
二、相关概念

(一) 基本概念

自动驾驶的概念首次出现在二十世纪初,近几年随着相关技术的快速发展,进一步衍生出智能网联汽车(工信部)与智能汽车(发改委)等自动驾驶车辆概念、智能驾驶与无人驾驶等操作模式概念、单车智能与车路协同等自动驾驶发展路线概念(详见表1)。自动驾驶本身也在发展,从一开始的智能辅助到整车自动控制,再到现在将车与车、车与人、车与环境联合起来,构成了一个完整的智能网络。上述概念中,由于“自动驾驶”一词的流传度更广,被大众和业界广为接受,为方便理解,本报告仍沿用自动驾驶的表述。

表1 自动驾驶相关概念及定义

概念	定义	说明
智能驾驶 (Intelligent Driving)	是指汽车搭载先进的智能系统和多种传感器设备(如摄像头、雷达、导航设备等),具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能,可实现安全、舒适、节能、高效行驶,并 最终可替代人来操作 。 ——张新珏.人工智能驾驶[M].电子工业出版社,2020:1-2.	 <p>智能驾驶与无人驾驶是不同概念,智能驾驶包含无人驾驶,而无人驾驶是智能汽车发展的最高形态。</p>
自动驾驶 (Automated/Autonomous Driving)	是指利用传感探测技术、自动控制技术、通信技术和交通流理论等,通过车载装置和路边设施的智能探测、车-车和车-路通信手段、车辆自动操纵控制装置,在特定的道路上 实现车辆自动运行 。 ——全国智能运输系统标准化技术委员会.智能运输系统 通用术语:GB/T 20839-2007[S].2007:1-13.	
无人驾驶 (Driverless Driving)	是指在 驾驶员不介入 的情况下,汽车可以完成全自动自动驾驶的控制动作,指向自动驾驶汽车技术发展的最终形态,即L4、L5阶段,汽车能够在限定环境下乃至全部环境下完成全部的驾驶任务。 ——李克强等.智能网联汽车(ICV)技术的发展现状及趋势[J].汽车安全与节能学报,2017,8(01):1-14.	

<p>V2X (Vehicle to Everything)</p>	<p>V2X 意为 Vehicle to Everything，是将车辆与一切事物相连接的新一代信息通信技术，是智能汽车和智能交通的支撑技术之一，包含车辆与车辆 V2V、车辆与基础设施 V2I、车辆与行人 V2P、车辆与外部网络 V2N 等各种应用通信应用场景。 ——IMT-2020(5G)推进组.C-V2X 白皮书[R].2018.</p>	<p>车联网侧重于“网”。 V2X 主体对象是“车”，用通信技术将车辆与一切事物相连接。 车路协同侧重于“协同”，是“车”与“路”的协同，二者是平等关系，通过信息交互和共享实现“协同”。</p>
<p>车联网 (Internet of Vehicles)</p>	<p>车联网是借助新一代信息和通信技术，实现车内、车与车、车与人、车与服务平台的全方位网络连接，提升汽车智能化水平和自动驾驶能力，构建汽车和交通服务新业态，从而提高交通效率，改善汽车驾乘感受，为用户提供智能、舒适、安全、节能、高效的综合服务。 ——中国信通院.车联网白皮书[R].2017.</p>	
<p>车路协同 (Vehicle and Infrastructure Cooperate)</p>	<p>是采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，全方位实施车车、车路动态实时信息交互，并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理，充分实现人车路的有效协同，保证交通安全，提高通行效率，从而形成的安全、高效和环保的道路交通系统。 ——IMT-2020(5G)推进组.C-V2X 白皮书[R].2018.</p>	
<p>智能网联汽车 (Intelligent and Connected Vehicle)</p>	<p>通常也被称为“自动驾驶汽车”，是指搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与 X（车、路、人、云等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，可实现安全、高效、舒适、节能行驶，并实现替代并最终超越人类来操作的新一代汽车。 ——李国强.智能网联汽车(ICV)技术的发展现状及趋势[J].汽车安全与节能学报,2017,8(01):1-14.</p>	 <p>2020年2月，《智能汽车创新发展战略》中提出智能汽车的概念。</p>
<p>智能汽车 (Intelligent Vehicle)</p>	<p>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。智能汽车通常又称为智能网联汽车、自动驾驶汽车等。 ——《智能汽车创新发展战略》</p>	

（二）分级标准

1. 智能网联化汽车分级标准

（1）自动驾驶 SAE 分级标准

SAE International 国际自动机工程师学会（以下简称“SAE”）于 2014 年 1 月发布 J3016（TM）《标准道路机动车驾驶自动化系统分类与定义》标准，按照自动驾驶对于汽车操纵的接管程度和驾驶区域评出了 L0-L5 共六级的评级。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，明确将该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。随后，许多汽车相关企业也都纷纷采用该标准对产品进行定义。

2018 年 6 月，SAE 发布了最新修订版的 J3016，对动态驾驶任务和机动车驾驶自动化系统进行了详细的描述，按照给定情况下系统和驾驶员承担的驾驶任务及其表现出的相应的技术状态和特征参数来划分自动驾驶等级。最新的修订有如下目的：一是明确在自动驾驶系统参与下，人类驾驶员的作用；二是对制定自动驾驶相关法律、政策、法规和标准时出现的一些问题提供解答；三是为自动驾驶的规格和技术要求提供一个有效的框架说明；四是为人们谈论自动驾驶话题提供一个明确、清晰标准，也提供了一个快速查询手册以节省查询时间和精力。

表 1 SAE 自动驾驶定义和分级标准

SAE 分级	名称	概念界定	动态驾驶任务(DDT)		动态驾驶任务支援 (DDT Fallback)	设计适用范围 (ODD)
			车辆运动控制	物体和事件的探测响应 (OEDR)		
驾驶员执行部分或全部的动态驾驶任务						
0	无自动驾驶 (No Driving Automation)	即便有主动安全系统的辅助, 仍由驾驶员执行全部的动态驾驶任务	驾驶员	驾驶员	驾驶员	不可用
1	辅助驾驶 (DA, Driving Assistance)	在适用的设计范围内, 自动驾驶系统可持续执行车辆运动控制的某一子任务 (不可同时执行), 由驾驶员执行其他的动态驾驶任务	驾驶员和系统	驾驶员	驾驶员	有限
2	部分自动驾驶 (PA, Partial Driving Automation)	在适用的设计范围内, 自动驾驶系统可持续执行车辆运动控制任务, 驾驶员负责执行 OEDR 任务并监管自动驾驶系统	系统	驾驶员	驾驶员	有限
自动驾驶系统 (ADS) 执行全部动态驾驶任务 (当系统使用时)						
3	有条件自动驾驶 (CA, Conditional Driving Automation)	在适用的设计范围内, 自动驾驶系统可以持续执行完整的动态驾驶任务, 用户需要在系统失效时接受系统的干预请求, 及时做出回应	系统	系统	备用用户 (能在自动驾驶系统失效时接受请求, 取得驾驶权)	有限
4	高度自动驾驶 (HA, High Driving Automation)	在适用的设计范围内, 自动驾驶系统可以自动执行完整的动态驾驶任务和动态驾驶任务支援, 用户无需再对系统请求做出回应	系统	系统	系统	有限
5	完全自动驾驶 (FA, Full Driving Automation)	自动驾驶系统能在所有道路环境执行完整的动态驾驶任务和动态驾驶任务支援, 驾驶员无需介入	系统	系统	系统	无限制

(2) 我国《汽车驾驶自动化分级》

2020年1月1日,推荐性国家标准《汽车驾驶自动化分级》(GB/T 40429-2021)正式实施。该标准将汽车驾驶自动化功能将划分为0-5级共6个等级,其中最高级别的自动驾驶为完全自动驾驶。为了减少分歧,中国标准参考SAE标准0-5级的分级框架,对每个具体的驾驶自动化功能分级结果基本是一致的,仅有少部分依照国情进行调整。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。

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

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

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

3级驾驶自动化(有条件自动驾驶): 驾驶自动化系统在其设计运行条件内持续地执行全部动态驾驶任务。

4级驾驶自动化(高度自动驾驶): 驾驶自动化系统在其设计运

行条件内持续地执行全部动态驾驶任务和执行动态驾驶任务接管。

5 级驾驶自动化（完全自动驾驶）：驾驶自动化系统在任何可行驾驶条件下持续地执行全部动态驾驶任务和执行动态驾驶任务接管。

表 2 汽车驾驶自动化分级标准

分级	名称	车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务接管	设计运行条件
0 级	应急辅助	驾驶员	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
1 级	部分驾驶辅助	驾驶员和系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
2 级	组合驾驶辅助	系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
3 级	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务接管用户（接管后成为驾驶员）	有限制
4 级	高度自动驾驶	系统	系统	系统	有限制
5 级	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制

自动驾驶 SAE 分级标准与我国《汽车驾驶自动化分级》有三点不同：

（1）SAE 标准将 AEB 等安全辅助功能和非驾驶自动化功能都放在 0 级，称为无驾驶自动化，我国标准则称为应急辅助，驾驶员能够掌握驾驶权，系统可感知环境，并提供报警、辅助或短暂介入驾驶，作为一个安全的基础分支，和非驾驶自动化功能分开，更加便于理解；

（2）中国版标准针对 0-2 级自动驾驶，规定的是“目标和事件探测与响应”由驾驶员及系统协作完成，而在 SAE 标准下，L0 级至 L2 级自动驾驶汽车的 OEDR（目标和事件检测，以及决策任务）全部由人类驾驶员完成；

（3）中国版标准在 3 级中明确增加对驾驶员接管能力监测和风险减缓策略的要求，明确最低安全要求，减少实际应用的安全风险。

2. 智能网联道路系统分级标准（征求意见稿）

2019年9月，中国公路学会自动驾驶工作委员会、自动驾驶标准化工作委员会发布了《智能网联道路系统分级定义与解读报告》（征求意见稿），该报告明确了交通基础设施等级与车辆自动化等级的耦合关系，以及在动态驾驶任务中交通基础设施、车辆和驾驶员的角色，从交通基础设施系统的信息化、智能化、自动化角度出发，结合应用场景、混合交通、主动安全系统等情况，将交通基础设施系统分为 I0-I5 六个级别，如下表所示。

表 3 智能网联道路系统分级情况表

分级	名称	信息化 (数字化/网联化)	智能化	自动化	服务对象
I0	无信息化/无智能化/无自动化	无	无	无	驾驶员
I1	初步数字化/初步智能化/ 初步自动化	初步	初步	初步	驾驶员/车辆
I2	部分网联化/部分智能化/ 部分自动化	部分	部分	部分	驾驶员/车辆
I3	基于交通基础设施的 有条件自动驾驶/高度网联化	高度	有条件	有条件	驾驶员/车辆
I4	基于交通基础设施的 高度自动驾驶	完全	高度	高度	车辆
I5	基于交通基础设施的 完全自动驾驶	完全	完全	完全	车辆

我国智能网联道路系统建设还在初级阶段，目前国内绝大部分的道路都属于 I0 级（无信息化/无智能化/无自动化），即交通基础设施无检测和传感功能，由驾驶员全程控制车辆完成驾驶任务和处理特殊情况。要实现车联网（车路协同）需要交通基础设施至少达到 I2 级（初步数字化/初步智能化/初步自动化），即交通基础设施具备复杂传感和深度预测功能。

3. 智能网联汽车网联化等级（研究成果）

2016年，中国汽车工程学会发布了《节能与新能源汽车技术路线图》，在智能网联汽车技术路线图中描述了智能化和网联化分级方式，在网联化层面提出了网联辅助信息交互、网联协同感知、网联协同决策与控制三个等级，其中，网联协同感知和网联协同决策与控制描述了实时可靠获取周边交通环境信息，并形成车-车、车-路以及更多的交通参与者之间的协同感知、协同决策与控制，体现了对车与路之间的协同、智能控制技术理念。

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

三、自动驾驶技术研发进展

（一）技术发展路线

自动驾驶有单车智能自动驾驶（Autonomous Driving, AD）和车路协同自动驾驶（Vehicle-Infrastructure Cooperated Autonomous Driving, VICAD）两种技术路线。其中 AD 主要依靠车辆自身的视觉、毫米波雷达、激光雷达等传感器、计算单元、线控系统对环境感知、计算决策和控制执行。VICAD 则是在单车智能自动驾驶的基础上，通过车联网将“人-车-路-云”交通参与要素有机地联系在一起，助力自动驾驶车辆在环境感知、计算决策和控制执行等方面的能力升级，加速自动驾驶应用成熟。

1. 单车智能

从技术和成本在车侧和路侧的分配出发，单车智能的发展又演化出两条技术路线，分别是以感知融合与高精度地图为代表的“谷歌派”单车智能路线和以视觉感知与影子模式为代表的“特斯拉派”单车智能路线。

单车智能“谷歌派”的代表企业包括 Waymo、通用 Cruise，以及以戴姆勒、宝马等公司为代表的主流车企，以激光雷达为主要感知设备，采取了激光雷达、毫米波雷达、摄像头等多传感器融合的方案。在高精地图方面，Waymo 通过谷歌地图专业的测绘车队为无人驾驶汽车创建丰富而详细的高精度地图，进行高精度定位，提供动态实时的数据服务，保证信息的准确和完整。

单车智能“特斯拉派”以视觉识别为核心，典型代表为依靠

Mobileye 视觉自动驾驶技术起家的特斯拉，此技术路线认为视觉是最有效的信息获取方法，在量产汽车上没有配备成本高昂的激光雷达，而是选择了更为便宜也更容易量产的计算机视觉的方案，并通过神经网络的模型训练 Autopilot 算法。此外，特斯拉利用影子模式(Shadow-Mode)训练与迭代其自动驾驶算法，将已售车辆变为“测试车辆”，不断收集现有活跃车辆的真实场景数据，实现案例的不断丰富与算法的不断完善。



图 1 谷歌方案（左）和特斯拉方案（右）

2. 车路协同

车路协同是把车、路、网、云考虑成完整的系统，用智慧的道路、可靠的网络和强大的云端弥补自动驾驶汽车的不足，提高安全性、可靠性以及相关的功能，达到系统的优化，快速的大规模的推动系统的实施。

车路协同强调依靠“聪明的车”和“智慧的路”实现自动驾驶，强调在“车”的基础上，“路”将路网的周边环境、行人、非机动车都实现可视化，实时为车辆提供信息，从而将“车”和“路”结合起来，实现整个路网的连接。“可靠的网”和“强大的云”也同样重要，通过5G这张“网”，使得车与车、人与车、车与路等信息能够更加顺畅的进行传输；同时，

大量的数据和场景应用也需要“云”平台予以支撑，通过云端化和分布式的服务，实现软件和硬件的融合，为自动驾驶的应用提供解决方案。



图 2 车路协同通讯硬件系统环境与应用场景

3. 优缺点对比

车路协同优点是把智能设备安置在道路上，通过通信网络，将感知到的数据共享给周边更多车辆，打造具有完整性和系统性的运行区域，大幅减少设备需求数量、降低成本，有效提升区域内车辆行驶的安全性、便捷性和经济性。缺点是必须先解决路况、技术、标准、基础设施智能化改造等一系列问题，路侧设施设备一次性投入成本较高，对通信能力有较高的要求，必须保证自动驾驶车辆和路测设备实时信息交互，一旦通信受限将影响车辆安全。

单车智能的优点是自动驾驶车辆本身具体较高的安全性，在路侧设备没有覆盖或者出现故障、通讯被干扰的情况下仍然能够安全可靠地完成自动驾驶任务。缺点是车辆需要加装雷达，单车成本较高，车端的传感器在感知时会受到视角、视野范围以及恶劣天气的限制，存在视角盲区、感知距离不长等问题，且作为单一主体、各自为战，缺

乏交互，会影响一个区域内的整体运行效果。

相比于单车智能只能使车辆感知到自身周围情况并根据有限周边环境做出车辆自身的规划决策，缺乏全局意识，车路协同可以实现车辆和驾驶员的超视距感知，通过分析整个路网的运行状况来为车辆提供更加合理的建议，实现全局的统筹调度，既辅助决策提供最优解，也能提升道路通行效率。

车路协同和单车智能并不是非此即彼的选择题，而是两者之间相互补充与促进。车路协同主要适用于路侧设备和信号全覆盖的线路，而单车智能适用于路侧设备没有覆盖或者路侧设备出现故障、通讯被干扰的情况下仍然能够安全可靠地完成自动驾驶任务。另一方面，单车智能也能作为车路协同的终端触手，收集必要的数​​据，来辅助进行新功能开发、系统升级等。因此，车路协同技术更适用于 BRT 或具有公交专用道的常规公交等城市复杂道路运行场景，单车智能更适用于封闭园区、微循环公交等交通环境相对简单的道路运行场景。

（二）产业发展路径

在自动驾驶技术产业化的过程中，科技公司/车企/产业部门立足自身特点，发展出了三条技术演进路径：

路径 1：逐级演化至 L4/L5。在 L2 的技术基础上叠加 L3、L4 自动驾驶功能，通过迭代逐步发展和应用自动驾驶技术，能够有效降低司机劳动强度、显著提升安全等级、提高劳动效率的辅助驾驶技术，是大部分整车厂和一级供应商的选择。

路径 2：直接研发 L4/L5。基于软件、智能算法以及电子领域的

强大实力，跨越 L2、L3 直接研发 L4/L5 的发展方式，是新型科技公司的整体选择。

路径 3: L2/L3 与 L4/L5 并行发展。同时发展 L2/L3 与 L4/L5，短期内仍以 L2/L3 模式盈利，逐步推动实现 L4/L5，是多数具有较强研发实力的车企的选择。

(三) 关键技术进展及主要瓶颈

自动驾驶技术的产业应用主要依赖于“聪明的车”(单车自动驾驶技术)与“智慧的路”(智能网联基础设施)，具体关键技术包括单车自动驾驶的感知、决策、控制技术，高精度地图及导航技术，智能网联基础设施和通讯技术，协同控制平台技术等，各项关键技术及主要瓶颈如下：

1. 单车自动驾驶感知技术

自动驾驶感知技术需要实现道路线形估计及环境感知、静态交通状态及动静态障碍物检测与识别、车辆状态估计及运动补偿、交通标志、标线、信号灯等交通基础设施检测等功能，同时需要获得高精度定位作为自动驾驶决策和控制依据。现有的传感器包括视觉传感器、雷达传感器、红外传感器等，其中雷达传感器又可细分为毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达三种。目前，全球自动驾驶感知系统不同类型传感器专利数量占比分别为：视觉传感器 30%、毫米波雷达 22%、激光雷达 20%、超声波雷达 13%、红外传感器 9%、其它传感器 6%。

不同传感器技术各有优劣。视觉传感器优点在于探测距离较远、分辨率高，且能识别路标和交通信号灯，缺点在于对光线要求很高，

容易受天气影响；毫米波雷达优点在于探测距离远、灵敏度高、穿透性强，缺点在于对非金属不敏感、静止测距能力弱、很难探测物体大小和形状；超声波雷达优点在于成本低、精度高，缺点在于反馈时间长，只适用于倒车等短距离场景；激光雷达其综合性能最好，不仅灵敏度高、探测角度广，而且可探测多数物体，精度高、且可 3D 建模，缺点在于成本高昂、受天气影响大；红外传感器最大优势在于可以夜视，缺点在于灵敏度、静止测距、探测角度都比较一般。

从发展方向上看，通过对单个传感器进行改进及成本控制，通过提高传感器性能指标、降低生产成本，有助于促进视觉传感器和雷达传感器等多种传感器组合装配的普及，形成融合决策依据。

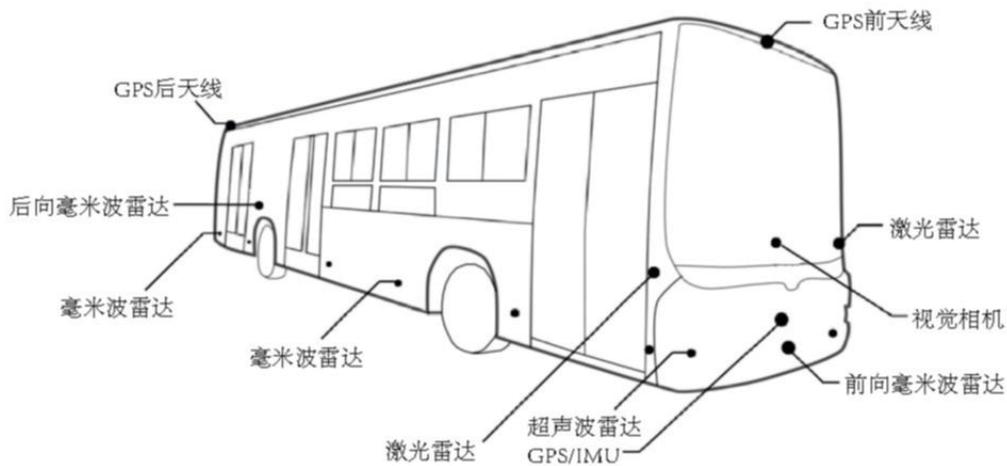


图 3 单车自动驾驶感知设备

自动驾驶感知技术主要存在以下问题：

(1) 感知缺陷。无法完全满足实际的应用场景，存在识别失效问题。主要技术瓶颈在于：一是感知盲点，部分区域、物体无法感知；二是感知辨别度低，感知到物体但是无法识别；三是感知反馈时间长且信号弱，识别到物体，但是无法精准及时反馈。

(2) 成本过高。尤其是激光雷达成本较高，单个激光雷达价格超过现在感知系统硬件总价。当前主流感知系统硬件组合为“1 个前视摄像头+4 个环视摄像头+12 个超声波雷达+3 个毫米波雷达”，根据电动车百人会估算，2020 年摄像头、超声波雷达、毫米波雷达平均成本分别为 60 美元、12 美元、90 美元，对应总成本在 714 美元。然而，综合性能最优的激光雷达成本却居高不下，如 16 线激光雷达约 2000 至 3000 美元，远超组合传感器方案。

2. 单车自动驾驶决策与控制技术

单车自主决策与控制首先需要实现多源组合信息的融合和预测，即实现路侧感知信息与车辆感知信息融合、多传感器前向信息融合、多传感器多方向信息融合、车辆群体信息融合、车辆轨迹预测、路段交通状态预测、路网交通状态预测等功能。

车辆自动驾驶决策技术主要以效率、安全和能源消耗为目标，车辆轨迹预测算法为核心，对车辆队列、期望车速、期望车间距、期望交通量、在接入点的期望交通分流、交通信号配时等参数进行规划，完成车辆行为及运动的规划、推理、决策等。

车辆自动驾驶控制技术主要实现车辆路径控制、车队队列控制，以及按照控制指令到车载单元，实现对汽车方向盘、油门、刹车等执行机构的控制。紧急状态下，如通信中断时，控制权移交至车载单元，车载单元以安全为目标控制车辆。

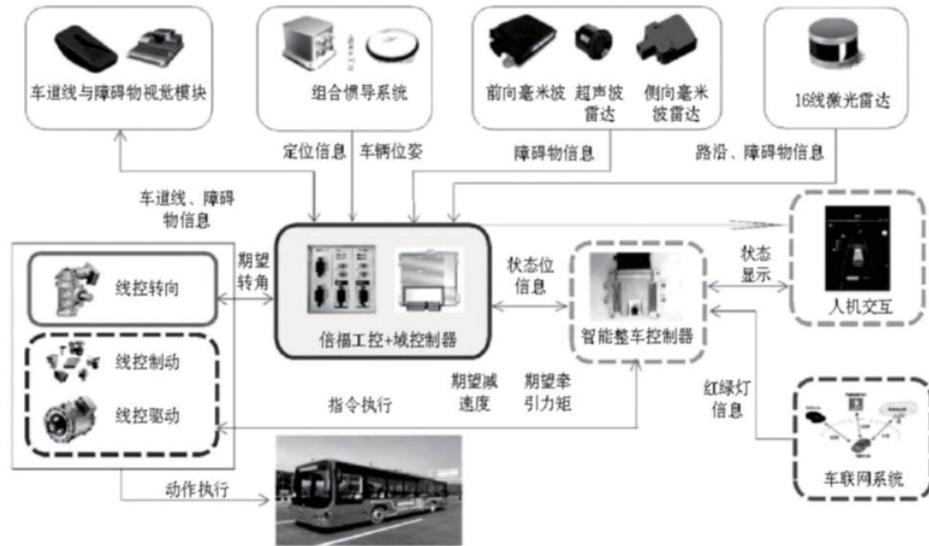


图 4 单车自动驾驶感知-决策-控制物理结构

自动驾驶决策与控制技术存在的问题:

(1) 单车决策很难考虑车-车协同关系，需要依托 V2X 和车路协同技术实现智能车辆群体的驾驶决策。智能决策技术以安全、舒适、节能、高效为行驶目标，通过车辆周边环境和路侧感知信息，为自动驾驶车辆提供最合理的智能决策。目前，自动驾驶在智能决策技术方面主要有两种方案，基于规则 (rule based) 的方案与终端到终端 (end-to-end) 的方案。其中，基于规则的方案需要人工搭建一个非常复杂的架构，可解释性较高；而终端到终端的方案通过神经网络处理，可使自动驾驶车辆产生类似于人类的驾驶行为，这更接近人类的驾驶习惯。

(2) 国外大型企业相比，我国在自动驾驶车辆控制的稳定性和市场规模等方面仍有较大差距。控制执行技术将智能决策的行为指令解析为带有时间信息的轨迹曲线，从而对自动驾驶车辆的行驶速度与方向进行有效控制。具体而言，控制执行技术旨在解决自动驾驶车辆

的轨迹优化问题。目前，多数自动驾驶汽车采用传统的控制方法，如比例 - 积分 - 微分控制、滑模控制、模糊控制、自适应控制、鲁棒控制等，中国虽在控制执行技术上有一定的研发基础，但与博世、德尔福等国外大型企业相比，在稳定性和市场规模等方面仍有较大差距。

3. 高精度地图及导航

高精地图面向自动驾驶的应用场景，在自动驾驶场景中承担着辅助环境感知、辅助定位、辅助路径规划、辅助控制等功能，是实现自动驾驶必不可少的基础设施，其功能包括：（1）辅助环境感知。传感器容易受到大雾、大雨等恶劣天气影响，且在夜间光线差、地下信号差的地方表现不佳，通过高精地图实现的精准定位是对传感器的重要补充。（2）辅助定位。在汽车行驶过程中，由于信号、时延等多种因素，存在一定的位置误差，通过高精地图的精准匹配作为补充，可实现汽车的精准定位。（3）辅助路径规划。高精地图关于道路数据的维度更广，包含车道中心线、信号灯、周围障碍物、限速牌等多重信息；而且精度更高，达到厘米级；在实际中可辅助系统规划最佳的驾驶道路方案。（4）辅助控制。高精地图可以提供超出传感器探测范围的道路信息，而且在自动驾驶过程中通过对周围环境的精确还原，可提前提供加减速、转向、变道等控制建议，辅助系统进行自动驾驶操作控制。

相比普通地图，高精地图的优点在于：（1）精度更高。普通地图精度在 m 级，高精地图精度在 cm 级。（2）时效性更强。对于静态数据，普通导航地图更新频率在月度或者季度；高精度地图更新频率为

天或者周；对于动态数据，普通地图不做更新要求，高精地图要求实时更新。（3）数据维度更广。普通地图只记录道路级别的数据，如道路等级、形状、坡度、方向等，而高精地图还需要记录车道类型、宽度、护栏、路沿、交通指示牌、信号灯等。

高精度地图及导航存在以下主要问题：

（1）标准体系尚需完善，地图格式规范尚无中国标准。当前标准方面主要是《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》和《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》两份标准征求意见稿，对于道路模型、车道模型、路口数据等都有详细的标准。但是对于地图编译和格式规范尚无相关标准。目前全球关于高精地图的格式规范已经发布的标准有：1）NDS 导航数据标准(NDS 协会发布)；2）OpenDRIVE 地图格式标准(德国 VIRES 公司发布)；3）JDRMA 标准(日本数字地图协会发布)；4）GDF 标准(欧洲电子地图计划)；5）Etak 标准(美国 Etak 公司发布)；6）Navtech 标准(美国导航技术公司发布)。

（2）技术成熟度不够，地图采集和实时更新较难。高精地图的难点可粗略分为两部分：一是地图制作难，高精地图在精度和数据维度上远高于普通地图，如果采用专业测绘车，耗时太长无法保证数据量；如果采用众包模式无法保证数据精度；当前专业采集和众包采集联合方式，在数据融合和去重、冗余方面还处于探索阶段，需要解决的技术问题还很多。二是地图实时更新，无人驾驶需要实时动态地图，高精地图需要不断更新，尤其是动态数据；这不仅要求图商在数据采

集、数据编译、数据发布方便的时效，而且对汽车接收数据、数据存储方面也提了很高的要求。

4. 车路协同路侧基础设施

在车路协同和自动驾驶的共同需求驱动下，传统的以土建结构为主的道路设施必须升级为满足智能网联和智能驾驶需要的既有道路结构又有通讯和计算能力的基础设施。其技术特征主要以全息传感、数字孪生、车路协同等数字特性为主，旨在在现有设施条件下利用信息化手段充分发挥道路的供能潜力。

路侧基础设施包括路侧感知模块、数据处理模块、通信模块、展示模块和电源单元等。通过感知模块采集交通和车辆驾驶环境信息，数据处理模块提供特定车辆的状态数据，并通过通信模块完成车辆与上一层级点层 TCU 之间实现信息交互和发送特定的车辆驾驶指令给车辆，展示模块用于展示发送至车载设备的数据。

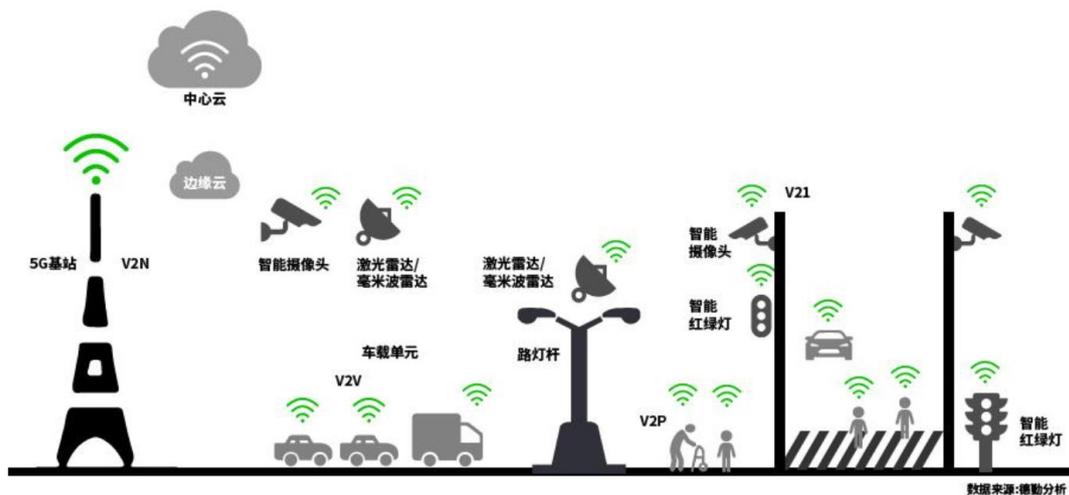


图 5 车路协同条件下自动驾驶交通环境

车路协同基础设施存在以下主要问题:

- (1) 目前道路设计场景超前，与发展阶段不适配。部分场景应

用主要面向 L4 及以上自动驾驶车辆，考虑目前自动驾驶的发展水平以及法律法规的限制要求，开放道路仅能作为完全自动驾驶测试使用。由于缺乏应用对象，现阶段铺设过多无人驾驶的路侧辅助设施难以发挥智慧高速的服务价值，甚至导致现有设施资源被侵占。

(2) 现有路侧基础设施设计与建设方案场景单一，缺乏统筹性考虑。目前许多相关工程主要面向某单一场景进行设计，没有发挥底层复杂的感知技术与传输技术的实际效用，路、车协同应用场景较少。

(3) 智慧道路缺乏统一的标准，功能设计“八仙过海”。目前建设仍处于探索、局部测试阶段，在数据类型、数据格式、接口协议、通讯手段等方式上不同区域、不同省份仍存在较大的差异。

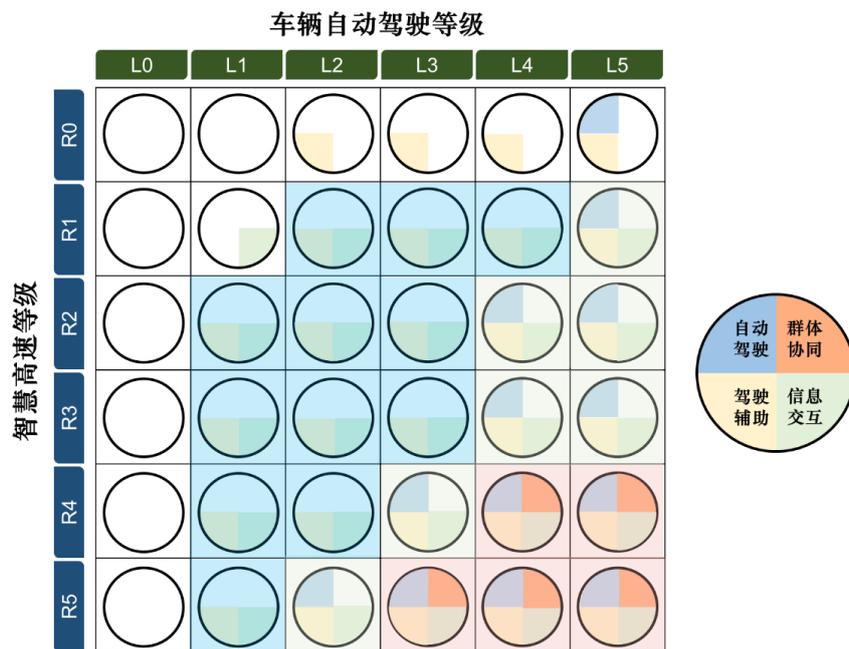


图 6 “聪明的车”和“智慧的路”耦合发展等级

5. V2X 及通讯技术

车路协同自动驾驶依赖于高速、高效、安全、可靠的通讯技术基础，同时实现车辆与其他要素的通讯。V2X 技术是将车辆 (V) 与一

切事物（X）相连接的新一代信息通信技术，是车路协同最核心的基础技术，它将“人、车、路、云”等交通参与要素有机地联系在一起。

新一代通讯技术实现了车路协同自动驾驶技术系统各要素之间的数据交互与协同决策。基础设施与一切事物相连接（Infrastructure to Everything, I2X）、车辆与一切事物相连接（Vehicle to Everything, V2X）是重要的信息通讯技术，用于实现道路、车辆、系统间的互联互通，其中 X 代表任何与之交互信息的对象，主要包含车、人、交通路侧基础设施、云和网络。具体而言，I2X 和 V2X 通讯技术可以通过无线通讯获得实时道路信息、行人信息等一系列交通与驾驶信息，然后充分应用这些信息提高自动驾驶车辆的安全性与出行效率，并提供一定的车载娱乐服务。目前，在 I2X 和 V2X 通信标准的应用上，国内外主要为 DSRC、4G-LTE 和 5G 等方案。

通讯技术面临的主要问题：

（1）用户隐私保护问题。V2X 的汽车由于需要和其他车辆、基础设施以及行人进行实时通信，所以使用装有 V2X 汽车的用户隐私数据更容易暴露在攻击者的视野范围内。如何能够有效的保护用户的隐私信息，确保通讯网络安全，确保自动驾驶系统的整体秩序和决策安全，是车联网汽车网络安全的重要部分。

（2）频谱资源问题。随着物联网技术的快速发展，对频谱资源的需求也越来越多，然而，频谱空间是有限的，如何提高频谱的利用率将是人们需要考虑的重大问题。如今的无线通信资源是十分紧张的，智能网联自动驾驶汽车需要合理、充分、高效地利用有限的通讯资源。

(3) 通信标准问题。V2X 技术要求可以实现车车协同通信，但是受限于当前的发展阶段、车企和通讯行业之间的技术壁垒，车辆之间的通信标准目前较为模糊；也没有统一的处理延时控制，并且每个车企之间的优化算法也各有差异。在 V2X 技术发展的同时，也要求国家之间、车企之间要相互沟通，统一标准，共同发展。

6. 协同控制平台

在单车自主智能实现的自动驾驶之上，通过车路协同、车车协同等实际应用场景，实现系统层面的自动驾驶车辆群体智能控制，主要是指在车路协同自动驾驶下的升级版智能交通管理系统，包括分层的交通控制中心和交通控制单元，用于信息处理、交通控制指令制定。分层的交通控制中心（Traffic Control Center, TCC）和交通控制单元（Traffic Control Unit, TCU）包括宏观层 TCC、地区层 TCC、通道层 TCC、路段层 TCC、路段层 TCU、点层 TCU。每一层的控制中心和控制单元能够处理上层交通控制中心和交通控制单元的交通控制指令信息，并向低层交通控制中心和交通控制单元发送控制指令。

协同控制平台依赖于云计算设施。云计算技术采用分布式冗余存储方式，具有处理大规模数据和实现数据共享等特点。云计算技术提供的服务包含基础设施即服务（Infrastructure as a Service, IaaS）、平台即服务（Platform as a Service, PaaS）和软件即服务（Software as a Services, SaaS）。车路协同自动驾驶系统中大量数据存储和计算的需求，为云计算技术从概念层走向应用层提供了机遇，两者可以实现优势互补。而云计算技术应用在车路协同自动驾驶中尚处于初级阶段，

IaaS 层为车路协同自动驾驶提供处理、存储、网络和基本计算资源，允许部署路网层、路段层和路侧设备通用的应用；PaaS 层提供服务，允许将路网层、路段层和路侧设备所需应用部署在云端；SaaS 层可访问云供应商提供的服务应用。如何建立完善的车路协同自动驾驶云分布式平台、提高云服务的安全性将是车路协同自动驾驶技术发展的重要方向。

车路协同的云管边端架构

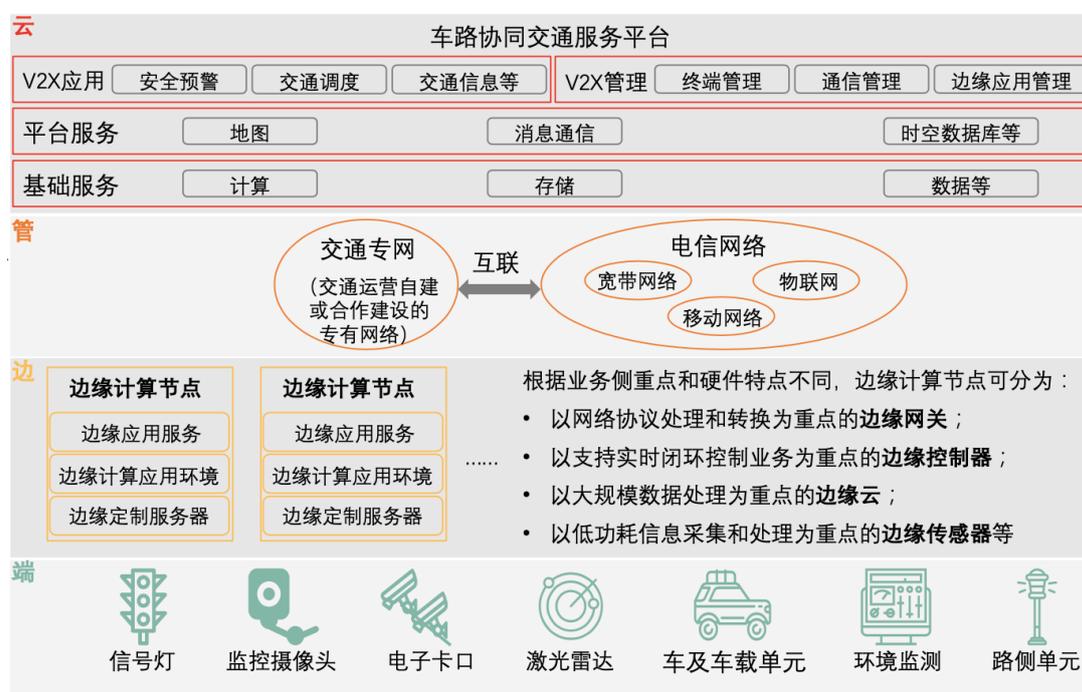


图 7 自动驾驶需求背景下的车路协同云控平台架构图示

协同控制平台技术存在的主要问题:

(1) 协同控制的应用水平相对初级。目前仅停留在道路信号控制识别、危险信号交互与避让、交通拥堵状况信息传递等功能，尚不能实现道路交通流协同优化控制与组织等高级智能化控制。

(2) 各要素之间的协同性不够。目前，车-车、车-路等端到端通讯功能已经迈上了新台阶，但基于 V2X 通讯技术的各要素协同应用

控制机制和算法的开发尚处在起步阶段。尤其是交通系统集成优化技术，对于有效组织车辆实现有序运行具有重要意义。通过整合车路和道路基础设施优势构建系统平台，对全局宏观层集成、交通走廊层集成、路段层集成、关键节点层集成的交通系统进行决策与优化，该系统通过不断训练和学习进行更新与升级，并能够给车辆和路侧控制单元发布交通状况信息及诱导或控制指令，使得车辆能够与其它车辆及路侧设施设备进行协同运作。

（四）国内外重大研发项目与计划

1. 美国交通部《自动驾驶汽车综合计划》

2021年1月11日,美国交通部发布了《自动驾驶汽车综合计划》(Automated Vehicles Comprehensive Plan),基于自动驾驶1.0~4.0系列政策,描述了美国自动驾驶未来发展愿景,从国家层面确立了自动驾驶的发展战略,确保美国在该技术领域的领先地位。该计划确定了美国自动驾驶发展的三大目标:

（1）促进合作和提高透明度。确保所有人都能获取关键信息来促进新技术的安全集成和应用。通过各种途径,例如案例分析、指南、技术报告、面向公众的在线平台以及面对面和线上活动,以确保在与所有利益相关方进行互动时保持持续透明的沟通。美国交通部通过定期与利益相关方沟通,发布自愿性指南以及信息共享来提高透明度。

（2）建立现代化的监管环境。美国交通部将修订法规,消除在汽车创新设计、功能和运营模式方面的不必要的障碍,其中,安全的优先级仍然最高。一是简化部署路径。豁免是安全地进行研究、测试和示范项目以及商业化部署的主要短期工具。为进一步提升这些功能,美国交通部正努力简化和修订处理豁免程序。二是修改现有法规,对于有碍自动驾驶发展的条款进行修订,消除不必要的障碍。三是对自动驾驶系统进行安全监管,探索安全保障的新方法,并研究评估自动驾驶系统技术安全性的创新模型和工具。

（3）构建适应自动驾驶的交通运输系统。开展针对性研究,为自动驾驶系统的试点示范及部署提供资助,更新基础设施标准以适应

自动驾驶技术。设立“高度自动驾驶车辆研究与开发计划”，2019年该计划已为美国8个项目提供6000万美元的联邦拨款。联邦公共运输管理局(FTA)通过“综合交通创新示范”、“加速创新交通项目”等，为公交自动化、按需出行和出行支付集成等项目提供资金支持，鼓励公共交通部门尝试具有前瞻性的服务模式和解决方案，例如公共交通自动化。

自动驾驶系统的功能和应用在车辆设计和预期用途方面仍存在很大差异，《自动驾驶汽车综合计划》中列举了5个应用领域，说明美国交通部在这些领域如何采取措施解决自动驾驶技术、车辆和运行环境的各种问题。

(1) 无人低速货车

目标：在城市和郊区低速道路上实现L4或L5级自动驾驶的低速小型货车，最大速度限制在每小时25英里以内，总车质量小于3000磅。

工作内容：制造商使用不满足联邦机动车辆安全标准(FMVSS)的车辆(例如，没有手动驾驶控制的车辆)，必须申请豁免。从长远来看，修改法规可能会更利于部署。NHTSA计划考虑制定有关“消除自动驾驶系统障碍”、“配备自动驾驶系统的无人配送车”的法规制定提案预告。制定这两项法规，从联邦层面上为无人低速货车的商业化扫清了已知的障碍。美国智能交通系统联合计划办公室(ITS JPO)正在支持低速无人配送等新兴货运应用和技术的探索性研究，包括试点和早期部署。

(2) 有条件自动驾驶乘用车

目标：在城市道路和高速公路环境中，以正常车辆行驶速度，开展 L3 级自动驾驶的乘用车。

工作内容：持续研发帮助人类驾驶员保持关注并安全接管驾驶任务的车辆系统。NHTSA 人因因素研究组正在研究相关主题，包括：帮助驾驶员理解自动驾驶系统功能，确定由驾驶员接管控制车辆的最佳方法，包括自动驾驶系统发生故障需要将控制权移交给驾驶员，或自动达到最小风险条件。当前的工作旨在明确驾驶员为了快速成功地重新获得控制权可能需要的信息种类，以及呈现信息的方法。接管过程将涉及车辆警告或通知，目前，另一项研究正在探索警告或通知的时间，以深入了解安全恢复完全手动驾驶需要多少时间。

(3) 高度自动驾驶乘用车

目标：在城市道路和高速公路环境中，以正常车辆行驶速度，开展 L4 级自动驾驶的乘用车。

工作内容：制造商使用不符合 FMVSS 标准的车辆(例如，没有手动驾驶控制的车辆)，需要申请豁免。2020 年 2 月，美国道路安全管理局（NHTSA）批准 Nuro 暂时不需要满足 FMVSS 某些标准，并执行了条款和条件加强监督。从长远来看，修改法规可能会更利于部署而无需豁免。NHTSA 制定法规为自动驾驶系统消除不必要的障碍，同时保持现有标准规定的安全水平。同时，NHTSA 还为自动驾驶系统的安全建立监管或次级监管框架。该框架将客观定义、评估和管理自动驾驶系统的安全，同时确保实现进一步创新所需的灵活性。

(4) 高速公路自动驾驶卡车

目标：可在高速公路出、入匝道自行变道的 L4 级自动驾驶的长途货运车。

工作内容：联邦汽车运输安全管理局(FMCSA) 将继续行使其现有的法定权力，保障在州际运输中的商用卡车和大客车的安全运行。FMCSA 正在制定法规制定提案通知，为汽车承运人提供一个统一的监管框架，以在州际贸易中部署配备 L4 级和 L5 级自动驾驶系统的商用卡车。其法规将不再假设商用车驾驶员始终是人，或在运行中商用车必须载人。FMCSA 计划与自动驾驶商用车开发者、制造商、汽车承运人、行业协会以及其他利益相关者共同举行一系列合作会议，加快制定自动驾驶商用车运营行业统一标准。

(5) 低速客运穿梭巴士

目标：在时速不超过 25 英里的道路上，开展 L4 级自动驾驶的客运巴士。

工作内容：FTA 通过资助示范项目(例如“综合交通创新示范”、“加速创新交通项目”等)，探索公交自动化，包括政策、人因因素、收益成本等。NHTSA 关于“更新临时豁免程序，并将临时豁免计划扩展到国内制造商以用于研究、示范和其他目的”的法规制定提案通知，有望简化豁免程序，并允许美国初创公司申请批准在公开道路上测试或示范运行这些车辆。

2. 美国联邦公共交通管理局《公共交通自动化战略研究计划》

美国公共交通产业在采用新技术、服务和商业模式方面相对保守，

一方面因为资金和政策限制，另一方面对实施途径没有深入理解，缺乏联邦政府的指导，因而不愿意冒险使用公共资金或采用新的运营模式。2018年1月，美国联邦公共交通管理局（FTA）发布的《公共交通自动化战略研究计划》（The Strategic Transit Automation Research (STAR) Plan）在咨询广泛的利益相关者和案例分析的基础上，确定了推动公共交通行业向前发展的五年研究议程。该计划充分利用学术界、公共部门以及私营部门的核心优势，围绕基础研究、综合示范和战略合作三个领域进行工作组织。

表 4 工作领域预期成果

工作领域	描述	预期成果
基础研究	研究能够解决公共交通行业更广泛地参与自动化技术必须解决的问题。需要客观的结果和信息公开，来满足监督和管理的需要。	通过建立对基础问题（人因、政策、成本收益等）的共识，加速制造商、供应商和公共交通运营商进入自动化领域。
综合示范	在现实环境中进行自动化技术示范。综合示范项目将为研究技术问题、用户接受度、运营和维护成本以及制度问题等创建一个测试平台。	评估结果和经验教训将广泛传播给公共交通利益相关方，促进技术和行业的发展，提高考虑部署自动化公交服务的公共交通部门的信心。
战略合作	FTA 的资金和技术援助将补充合作伙伴的项目部署和评估，更加经济高效地开展，并传播研究成果。	将提高各方参与者研究的质量和实用性，通过研究结果的广泛传播，进一步扩大利益相关方的参与。

表 5 《公共交通自动化战略研究计划》项目描述

年份	基础研究	综合示范	战略合作
2018	<ul style="list-style-type: none"> 自动驾驶政策综述 轻型商用车自动驾驶技术应用于公交 市场分析与支持系统 用户接受度和人因研究 风险与安全分析 	<ul style="list-style-type: none"> 公共交通自动驾驶测试设施 综合示范评价指导 公共交通自动驾驶联盟征集 综合示范 1: 公交高级驾驶员辅助系统 (SAE L1-L2) 	<ul style="list-style-type: none"> 评估和分享从 Valley Metro (亚利桑那州凤凰城) 共享自动驾驶汽车试点项目吸取的经验教训 已确定的其他合作伙伴关系 利益相关者参与、知识转移和技术援助
2019	<ul style="list-style-type: none"> 用户接受度和人因研究 风险与安全分析 劳动力影响评估 	<ul style="list-style-type: none"> 综合示范 1: 同上 综合示范 2: 低速穿梭巴士 (SAE L4), 包括微循 	

年份	基础研究	综合示范	战略合作
	<ul style="list-style-type: none"> 政策实施 商业案例 	环公交和第一/最后一公里接驳	<ul style="list-style-type: none"> 与其他部门的相关项目的协调：FHWA、ITS JPO、NHTSA、ATTRI 等
2020	<ul style="list-style-type: none"> 政策实施 可达性分析 	<ul style="list-style-type: none"> 综合示范 1: 同上 综合示范 2: 同上 综合示范 3: 车辆维护和停车场自动化 (SAE L4) 	
2021	<ul style="list-style-type: none"> 劳动力影响评估 投融资方案 利益相关者指南 标准评估与协作 	<ul style="list-style-type: none"> 综合示范 3: 同上 综合示范 4: 需求响应式自动驾驶公交 (SAE L5) 综合示范 5: 自动驾驶 BRT (SAE L4) 	
2022	<ul style="list-style-type: none"> 劳动力影响评估 安全性和用户接受度影响 公交自动驾驶部署的过渡成本和规划 对服务模式和用户的影响 利益相关者指南 	<ul style="list-style-type: none"> 综合示范 4: 同上 综合示范 5: 同上 	

(1) 公交高级驾驶员辅助系统

公交高级驾驶员辅助系统 (ADAS) 可提高操作安全性, 或在燃油经济性、效率或其他指标方面提高驾驶性能。ADAS 通常被归为 SAE 1 级或 2 级 (L1/L2) 系统, 涉及车辆控制的一个或多个方面的部分自动化, 如纵向或横向控制。公交车上的 ADAS 可以使用传感器系统 (如摄像头、雷达、激光雷达) 的输入, 为控制油门、制动和转向系统的执行器提供信息。

(2) 自动驾驶穿梭巴士

使用小型 SAE 4 级 (L4) 穿梭巴士, 如 EasyMile、Local Motors 和 Navya 提供的低速自动驾驶巴士, 或符合 FMVSS 的改进型车辆, 如 Waymo 使用的克莱斯勒 Pacifica。这些车辆不需要人工操作, 早期

示范时车上会有一名乘务员，在必要时担任安全操作员。自动驾驶穿梭巴士的可能应用包括：循环巴士服务—两个或多个站点之间的固定路线或灵活服务和支线巴士服务—与固定路线中转站的连接。由于车速较低（通常小于 25 英里/小时），这些车辆仅限于在某些（限速）环境下行驶，如停车场、公交专用道、校园、市中心和老年社区。

（3）车辆维护、停车场自动化操作

车辆维护、停车场自动化操作主要目的是提高设施使用效率，可能会对场内作业的安全产生影响。使用来自传感器系统（如摄像头、雷达、激光雷达）的输入，为控制油门、制动和转向系统的执行器提供信息，可以支持多种应用，包括：车辆清洗、维修、加油和其他场地操作的精确对接和操纵，停车和召回的全自动驾驶。

（4）需求响应式自动驾驶公交

需求响应式自动驾驶公交在中小型车辆上使用 SAE 5 级（L5）自动驾驶技术，在规定服务区域内提供任意两个点之间的按需服务。相关应用包括：自动驾驶辅助公交、第一/最后一英里出行、需求响应式合乘。需求响应式自动驾驶公交与自动驾驶穿梭巴士类似，但它不限于预定义的路线和站点，不仅可以在人口密集、需求量大的地区运营，还可以为社区和其他人口密度较低的地区（如郊区和农村地区）的用户提供乘车服务。第一/最后一英里出行服务将提供固定路线车站（如 BRT 或轨道交通）与用户指定地点（如购物中心、商业园区和住宅）之间的连接。自动驾驶辅助公交重点为行动受限的用户提供乘车服务，因此，可能需要配备乘务员、专用设备或其他设计功能。

(5) 自动驾驶快速公交

与常规公交服务相比，快速公交(BRT)速度更快、可靠性更高，站点之间的距离通常更长。在过去的十年中，BRT 变得越来越普遍，如今这种系统在洛杉矶和匹兹堡等大城市以及俄勒冈州尤金等中等城市地区运行。自动驾驶 BRT 使用 L4 级车辆，不需要人工操作，此类系统尚未进行试点。

3. 联邦公共交通运输管理局资助的公交自动驾驶示范和试点项目

联邦公共交通运输管理局 (FTA) 通过资助公交自动驾驶示范和试点项目，开展相关应用研究，这些示范和试点项目如图 8 和表 6 所示。

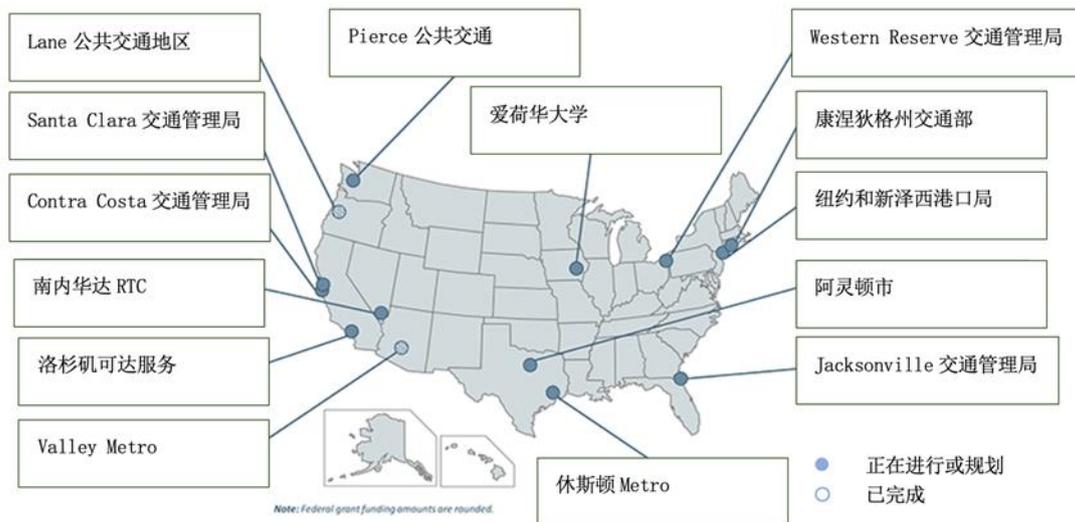


图 8 FTA 资助和管理的公交自动驾驶示范和试点项目地图

表 6 FTA 资助和管理的公交自动驾驶示范和试点项目

项目机构	项目描述	地点	状态	资助金额
Valley Metro 地区公共交通运输管理局 (Valley Metro)	使用 Waymo 的克莱斯勒 Pacifica 车型为流动辅助公交系统用户和 65 岁及以上的老年人提供按需服务。	亚利桑那州凤凰城	完成	\$250,000
Contra Costa 交通管理局	包括三个示范项：(1) Roosmoor 社区的低速自动驾驶巴士服务、(2)到区域医疗中心的按需自动驾驶巴士	加利福尼亚州 Contra Costa 县	规划中	\$7,500,000

项目机构	项目描述	地点	状态	资助金额
	服务以及 (3) I-680 走廊两英里的基础设施安装。			
Santa Clara Valley 交通管理局	使用两辆专用的、通用规格的电动自动驾驶巴士。	加利福尼亚州 Santa Clara 县	规划中	\$2,300,000
Santa Clara Valley 交通管理局	在帕洛阿尔托医疗园区运行 Local Motors Olli 低速自动驾驶巴士。	加利福尼亚州 Santa Clara 县	实施中	\$845,000
洛杉矶可达服务	提供韦斯特伍德一家医院和洛杉矶地铁轻轨站之间的自动驾驶巴士服务, 线路长 3 英里。	加利福尼亚州洛杉矶县	规划中	\$120,000
康涅狄格州交通部	在专用公交专用道(9 英里、11 个车站、5 个交叉口)上使用三辆 40 英尺电动公交车提供自动驾驶快速公交服务。	康涅狄格州新不列颠和哈特福德	规划中	\$2,000,000
Jacksonville 交通管理局	湾街沿线的自动驾驶车辆, 共 15 辆。	佛罗里达州 Jacksonville	规划中	\$25,000,000
爱荷华大学	从爱荷华市穿过农村地区和小城镇, 长 47 英里的农村固定环路上运行自动驾驶巴士。	爱荷华州 Johnson 县	规划中	\$7,000,000
南内华达州区域交通委员会	在拉斯维加斯医疗地区运行循环自动穿梭巴士。	内华达州拉斯维加斯	规划中	\$5,300,000
纽约和新泽西港口管理局	在林肯隧道专用公交车道运行自动驾驶大客车。	纽约大都会区	规划中	\$250,000
Western Reserve 公共交通管理局	使用两辆专用的、通用规格的电动自动驾驶巴士。	俄亥俄州 Mahoning 县	规划中	\$2,300,000
Lane 公共交通地区	在 1.5 英里 BRT 路段上运行 60 英尺自动驾驶铰接式公交车。	俄勒冈州 Lane 县	完成	\$1,900,000
Harris 县公共交通管理局	在连接德克萨斯南方大学、休斯顿大学和休斯顿第三区的固定路线上运行电动自动驾驶巴士。	德克萨斯州 Harris 县	规划中	\$1,500,000
阿灵顿市	使用 5 辆自动驾驶车辆提供在阿灵顿市中心和德克萨斯大学阿灵顿校区的按需共享乘车服务。	德克萨斯州阿灵顿市	实施中	\$1,700,000
Pierce 公共交通	运行配备自动紧急制动行人避让安全系统的 30 辆新型公交。	华盛顿州 Pierce 县	实施中	\$1,600,000

4. 欧盟“地平线 2020”计划 (Horizon 2020)

2014 年 1 月，欧盟启动“地平线 2020”计划 (Horizon 2020)，该计划囊括了包括框架计划在内的所有欧盟层次重大科研项目，总预算近 800 亿欧元，到 2020 年结束。“地平线 2020”的主要目的是整合欧盟各国的科研资源，提高科研效率，促进科技创新，推动经济增长和增加就业。

在交通领域，“地平线 2020”重点支持与低碳和可持续交通、自动化道路运输、电动汽车、安全和有弹性的运输系统等方面的研究和创新活动。创新的网联和自动驾驶功能和应用（如先进车辆控制、车辆定位系统、数据处理、人工智能、用户界面等）的关键技术已经取得了重大进展，许多示范项目已经在进行中，在不同的环境中测试自动驾驶功能。2016/17 年的交通工作计划中对“自动化道路运输”重点关注的是具有 L3 级自动驾驶功能的车辆。2018-2020 年的总体目标是促进 L4 级的自动驾驶系统的市场化，通过大规模的示范，对用于乘用车、高效货运运营和城市地区共享出行服务的高度自动驾驶系统的性能和安全性进行测试。此外，还将解决驾驶员角色的变化以及如何通过以人为本的自动驾驶汽车设计来解决这一问题。通过支持创新的网联和自动驾驶技术以及出行解决方案，为欧洲工业创造新的全球市场机会，并加强欧洲作为创新出行领域世界领先者的地位。2018-2020 年“自动化道路运输”议题下涵盖的科研主题及内容如下：

(1) 基于试点项目的多场景下高度自动驾驶功能测试、验证和认证

对于高度自动驾驶系统，由于必须考虑全面的驾驶情况和场景，对测试和验证的需求急剧增加。当前可用的程序无法提供有效且具有成本效益的解决方案。急需一种综合方法来开发通用程序，以在各种交通场景中对高度自动驾驶功能进行测试、验证和认证。欧盟提供400-600万欧元资助该主题的研究。预期影响：针对高度自动化驾驶功能和可靠准确定位的全面测试、验证和认证程序，将为在欧洲加速实施高度自动驾驶汽车铺平道路。用于网络安全漏洞评估的新测试程序和工具，可以保护联网和自动驾驶车辆免受操纵和威胁，以保证安全运营。在车辆、车辆部件和V2X通信系统级别进行基于模型的验证和仿真的通用标准，以支持认证流程的协调和标准化。

(2) 道路自动驾驶的影响评估

除了自动驾驶功能方面的技术进步外，在网联和自动驾驶汽车的部署方面仍存在许多挑战 and 不确定性，需要一种协调的方法来支持在欧洲和国际层面部署自动驾驶系统，评估网联和自动驾驶系统的影响。目前已经开发并应用了多种评估网联和自动驾驶系统影响的方法，但尚无一种获得普遍认同的方法。本主题将通过两个子主题来实施。子主题1：评估网联、协作和自动驾驶系统的影响、收益和成本，涉及以下方面：①评估应用于乘用车、城市交通和货物运输网联、协作和自动驾驶系统在不同场景下的短期、中期和长期影响、收益和成本，包括但不限于驾驶员行为、出行行为、充电和加油行为、可达性、安全性、交通效率、排放、能源消耗、资源使用、对就业的影响、所需技能、基础设施损耗和土地使用。②建立可靠的多学科交叉的方法来

评估网联和自动驾驶系统的长期影响。③提供公共工具包，用于评估网联和自动驾驶系统(包括所需的基础设施)和决策支持系统的影响、收益和成本，以帮助当局评估有关城市法规和规划的战略决策。欧盟提供 400-600 万欧元对子主题 1 进行资助。子主题 2: 协调和支持行动。根据欧盟在研究和创新方面的国际合作战略,鼓励开展国际合作。特别是考虑与来自美国、日本、韩国、新加坡和/或澳大利亚的项目或合作伙伴合作。欧盟提供 200-300 万欧元对子主题 2 进行资助。

(3) 以人为本的高度自动驾驶车辆设计

在 SAE L3 级或更低的情况下,仍然需要驾驶员准备好接管车辆,而在高度自动驾驶条件下(SAE L4 级),不需要驾驶员干预。在单次旅行中,不同的自动驾驶功能将共存,必须确保不同自动驾驶级别之间的安全转换。本主题侧重于具有高度自动驾驶功能的车辆人机界面的安全设计,以及不同自动驾驶级别(L4 级与 L3 级(或 L2 级)之间的安全可控转换。欧盟提供 400-800 万欧元资助该主题的研究。预期影响:自动驾驶汽车遇到无法处理的情况会转变为较低的自动驾驶水平。该研究将通过防止人为错误造成的道路事故,帮助实现欧洲交通白皮书“零愿景”的目标。

(4) 城市地区共享、网联和协作的自动驾驶车队开发和测试

共享、网联和协作的自动驾驶汽车可以提供无缝的门到门服务,如果将它们融入有效的公共交通系统,就可以打造更健康、方便、环保和可持续的城市。目前,大多数试点都是小规模,涉及按需乘车服务或在受控环境中运行的低速班车。为了加速采用基于共享、网联

和协作自动驾驶汽车的高质量和面向用户的出行服务，需要在现实条件下开展示范服务，以测试这些系统和服务的性能、安全性和可行性并证明它们对用户有吸引力并被用户接受。此外，需要评估对减少二氧化碳排放和污染物、安全和整体运输系统成本的潜在影响。欧盟提供 1500 至 3000 万欧元资助该主题的研究。

(5) 实际物流操作中高效、安全的网联和自动驾驶重型车辆

重型商用车的网联、自动驾驶系统具有巨大潜力，可为卡车运输行业、车队运营商和整个物流行业带来颠覆性变革。多个国家正在测试各种自动驾驶卡车和卡车编队。在广泛部署重型商用车的网联、协作和自动驾驶技术之前，需要解决许多具体挑战，包括车辆技术、驾驶员/用户交互/协作、车辆对车辆和车辆对基础设施的通信等。本主题的重点是开发、测试和示范在实际物流运营中用于重型商用车的网联和自动驾驶系统。欧盟提供 1500-2000 万欧元资助该主题的研究。

(6) 大规模网联和高度自动驾驶乘用车示范

示范网联和高度自动驾驶乘用车（SAE L4 级）在具有挑战性和复杂性的环境中的稳健性和可靠性以及用户接受度。测试用于网联和自动驾驶的连接技术，自动驾驶汽车与其他车辆、基础设施和其他道路使用者之间的通信可提高自动驾驶汽车的安全性、舒适度，并改善整个运输系统的效率。开展跨境示范，以确保新服务和系统在欧洲层面兼容和可操作，优化数字技术实现自动驾驶在国家之间的使用，实现可靠的通信覆盖。基于网络安全整体概念保护自动驾驶系统，以避免对启用自动驾驶功能的信息进行任何（有意识的）操纵，并确保

数据的机密性、可用性和完整性。该概念还应包括保护自动驾驶车辆收集的信息和传输到车辆的外部数据。为网联和自动驾驶功能的测试和验证程序的开发提供支持,包括与网络安全相关的性能。评估网联、协作和高度自动驾驶系统对交通系统效率、安全、安保、环境以及用户行为和用户接受度的影响。通过通用数据共享框架提供试点期间收集的数据,以促进进一步的研究。根据欧盟在研究和创新方面的国际合作战略,鼓励开展国际合作。欧盟提供 1500 至 3000 万欧元资助该主题的研究。

表 7 “自动化道路运输”研究主题分年度资助计划

主题	资助金额 (百万欧元)		
	2018	2019	2020
(1) 基于试点项目的各种交通场景下高度自动驾驶功能测试、验证和认证程序	6		
(2.1) 评估网联、协作和自动驾驶系统的影响、收益和成本	6		
(2.2) 协调和支持行动	3		
(3) 高度自动驾驶车辆以人为本设计		8	
(4) 城市地区共享、网联和协作的自动驾驶车队开发和测试		30	
(5) 实际物流操作中高效、安全的网联和自动驾驶重型车辆			20
(6) 大规模网联和高度自动驾驶乘用车示范			30
总预算	15	38	50

5. 中国国家重点研发计划及其他重大项目

2016 年,国家重点研发计划设立“新能源汽车”重点专项,“电动汽车智能化”是该专项下设的 6 个基础研究方向之一,旨在突破智能汽车研发所涉及的核心关键技术。2018 年,新增“综合交通运输与智能交通”重点专项,推动交通运输科技进步和加快形成安全、便捷、高效、绿色的现代综合交通运输体系。近 5 年,与自动驾驶、车路协

同以及智能网联汽车相关的国家重点研发计划项目见下表。

表 8 国家重点研发计划（自动驾驶/车路协同/智能网联汽车领域）

年份	项目名称	牵头单位	专项名称
2016	智能电动汽车的感知、决策与控制关键基础问题研究	清华大学	新能源汽车
	电动汽车智能辅助驾驶关键技术与产品开发	北京经纬恒润科技有限公司	新能源汽车
	电动汽车智能辅助驾驶技术研发及产业化	东软集团股份有限公司	新能源汽车
2017	智能电动汽车电子电气架构研发	中国汽车技术研究中心	新能源汽车
	电动自动驾驶汽车关键技术研究及示范运行	中国汽车工程学会	新能源汽车
2018	自动驾驶电动汽车环境感知技术研究	清华大学	新能源汽车
	自动驾驶电动汽车测试与评价技术	中国汽车技术研究中心有限公司	新能源汽车
	自动驾驶电动汽车集成与示范	上海国际汽车城（集团）有限公司	新能源汽车
	车路协同系统要素耦合机理与协同优化方法	北京航空航天大学	综合交通运输与智能交通
	车路协同环境下车辆群体智能控制理论与测试验证	清华大学	综合交通运输与智能交通
	大规模网联车辆协同服务平台	北京交通发展研究院	综合交通运输与智能交通
	封闭和半开放条件下智能车路系统测试评估与示范应用	交通运输部公路科学研究所	综合交通运输与智能交通
2020	智能新能源汽车车载控制基础软硬件系统关键技术研究	北京新能源汽车技术创新中心有限公司	综合交通运输与智能交通
	路车智能融合控制与安全保障关键技术及应用	北京航空航天大学	综合交通运输与智能交通

其他自动驾驶重大项目有：

（1）科技部支持、百度承担的《科技创新 2030：自动驾驶国家新一代人工智能开放创新平台》，项目研究经费 3421 万元，主要面向自动驾驶推动汽车产业升级等重大应用需求，研发车端基础软硬件平台，突破复杂交通场景感知、智能决策与规划控制等核心技术，实现

复杂城市道路、高速公路下的自动驾驶能力，研发线控车辆认定及接入标准，支持开发套件的适配及集成。

(2) 工信部支持、百度承担的《高质量发展：自动驾驶模拟仿真平台》，研究经费 2 亿元，主要建立道路环境场景仿真覆盖度最高、数据最全、精度最高的道路环境场景仿真平台，为我国自动驾驶道路环境仿真提供高可用的基础仿真云平台服务。重点突破静态场景还原、动态案例仿真、传感器仿真、车辆动力学仿真等功能，并能够接入自动驾驶感知和决策控制系统，自研自动驾驶模拟仿真配套工具。具备为全产业链企业提供道路环境场景仿真测试与应用服务的能力。

四、自动驾驶相关政策制度

（一）国外政策法规

1. 政策规划

近些年来，各国政府对自动驾驶技术高度重视，并为其发展提供了诸多支持。目前，全球多国已出台战略、指南、发展路线图、国家项目等扶持政策 and 举措，大力推动自动驾驶研发和应用。国外自动驾驶相关政策规划主要为自动驾驶行业在技术、安全、标准等方面给予指引，同时也起到了明确部分行业内技术标准的作用。

表 9 国外自动驾驶相关政策文件

国家	发布日期	文件名称	内容要点
阿联酋	2016 年 4 月	《自动化运输战略》	战略旨在使 2030 年迪拜 25% 的交通运输实现自动化，每日运输量为 500 万次。启动“阿联酋自动化运输挑战赛”，鼓励全球的创新公司、学术机构和研发中心为迪拜量身定做自动化交通解决方案。
德国	2015 年 9 月	《自动网联驾驶战略》	确定了德国发展自动驾驶的六大重点行动领域：基础设施、法律、创新、互联性、网络安全和数据保护、社会对话（公众参与），并提出了具体措施。
美国	2013 年 5 月	《关于自动驾驶汽车法规的意见》	提出对各州立法建议，要求必须有驾驶人员监管，只能出于实验目的。
	2016 年 9 月	《自动驾驶汽车政策指南 1.0》	提出 15 项安全评估标准，包含了数据、隐私、系统安全、汽车网络安全、人机界面、碰撞性、客户教育与培训、注册与认证、碰撞后反应、联邦与州政府法规、道德考虑、适用范围、目标意外检测响应、退出方法、测试方法等方面。
	2017 年 9 月	《自动驾驶系统 2.0: 安全愿景》	取代《自动驾驶汽车政策指南》，包括 12 项安全标准：系统设计安全、设计适用范围、目标和意外检测与响应、退出机制、测试方法、人机交互界面、汽车网络安全、耐撞性、ADS 碰撞后行为、数据记录、消费者教育及培训、联邦州及地方法律

国家	发布日期	文件名称	内容要点
	2018年10月	《为未来交通做准备：自动驾驶汽车3.0》	提出六项基本原则，包括安全、技术中立、现代化条例、监管与运营、政府主动性、自由等角度。明确专业标准词汇，明确联邦州政府的监管职责
	2020年1月	《确保美国自动驾驶领先地位：自动驾驶汽车4.0》	1) 自动驾驶带来的经济和社会效益以及三大原则；2) 展示美国联邦政府各部门行政命令及行政活动；3) 列举美国政府开展各类投资、促进活动，以及为自动驾驶创新者提供的资源。
日本	2018年3月	《自动驾驶相关制度整備大纲》	明确事故责任主题，针对自动驾驶汽车造成的事故损失，原则上由车辆所有者承担责任
	2020年5月	《日本自动驾驶政策方针4.0版》	提出2025年能够在40个区域实现Level4自动驾驶车辆运行。
欧盟	2016年11月	《合作智能交通系统战略》	到2019年在欧盟国家道路上大规模配置合作式智能交通系统，实现汽车与汽车之间、汽车与道路设施之间的“智能沟通”。
	2018年5月	《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》	明确自动驾驶战略目标：到2020年，将实现高速公路自动驾驶、城市中心区域低速自动驾驶，2030年普及完全自动驾驶。
英国	2017年3月	《英国数字战略》	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。

2. 法律法规

已有多个国家出台了针对自动驾驶的法案或修正案，目的主要是保障自动驾驶的法律安全，助力自动驾驶汽车产业发展，清除其上路行驶、商业化应用的法律障碍，同时基于自动驾驶汽车相关法规、标准以及道路测试规范的研究，已经在全球范围内展开。

表 10 国外公交自动驾驶相关法律法规

国家	发布日期	法律法规名称	内容要点
加拿大	2016年1月	公路交通法修正案	安大略省根据“公路交通法案”(HTA)启动为期10年的试点项目，允许合格参与者在满足特定条件的前提下，在安大略省道路上测试自动驾驶车辆。
韩国	2016年12月	机动车管理法修订案	修订后的法案允许在道路上开展自动驾驶汽车测试(即临时操作许可)。
新加坡	2017年2月	道路交通法修正案	自动驾驶车辆的测试合法化，规定了自动驾驶汽车测试时的责任豁免制度。

国家	发布日期	法律法规名称	内容要点
德国	2017年6月	道路交通法修正案	规定在特定条件下允许自动驾驶系统代替人类驾驶，此外，还规定了自动驾驶模式下的责任认定、驾驶员的权利义务、自动驾驶引发交通事故的赔偿金额等。
美国	2017年9月	《自动驾驶法案》 (H.R.3388 - SELF DRIVE Act)	明确了发展无人驾驶汽车技术(HAV、ADS等)的核心目标是安全；统一了美国全国无人驾驶技术发展由国家公路交通安全管理局监管，避免各州和各政府部门多头管理。
	2017年11月	《自动驾驶法案》(S.1885-AV START Act)	规定事项涉及高度自动汽车测试、豁免、安全评估、网络安全、隐私保护以及高度自动汽车技术委员、HAV数据访问咨询委员会等。
英国	2018年7月	自动化与电动化汽车法案	确立了自动驾驶汽车发生事故的保险和责任规则。根据法案规定，自动驾驶汽车在“自我驾驶”状态下发生事故的，根据车辆是否投保，分别由保险公司和车主对事故造成的损失承担赔偿责任。同时，法案还规定了保险人和车主的责任减免条款和追偿制度。
日本	2019年5月	《道路运输车辆法》修正案	①在安保标准对象装置中追加“自动运行装置”。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，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。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改造车辆。⑤创立委托制度，负责汽车检查证的记录等事务。

(二) 我国政策法规

当前，我国自动驾驶产业发展规划已经较为清晰、道路测试政策法规体系已经初步形成、产品准入与安全监管制度正在积极突破的背景下，各界对于自动驾驶运营管理相关政策法规的诉求较为迫切和集中，也对交通运输管理部门落实相关发展规划、做好自动驾驶运营管理制度设计有了更高期待。

1. 自动驾驶产业发展规划已较为清晰明确。

2017年12月，工信部印发的《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020年）》首先提出，到2020年建立可靠、安全、实时性强的智能网联汽车智能化平台，形成平台相关标准，支撑高度自动驾驶（HA级）。随后发布的《交通强国建设纲要》《智能汽车创新发展战略》《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》《关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》《国家综合立体交通网规划纲要》等文件，则进一步明确了我国自动驾驶技术研发、产业发展和应用落地的总体规划和前进方向。

表 11 国内自动驾驶相关政策规划文件

年份	单位	文件名称	目标年	内容要点
2015年 5月	国务院	《中国制造2025》	2025	将智能网联汽车列入未来十年国家智能制造发展的重点领域，提出要掌握辅助驾驶、自动驾驶总体技术及各项关键技术
2017年 4月	工信部、 发改委、 科技部	《汽车产业中长期发展规划》	2020 2025	以智能网联汽车为突破口之一，引领整个产业转型升级
2017年 7月	国务院	《新一代人工智能国家发展规划》	2020 2025 2030	将智能网联汽车自动驾驶应用放到重要地位
2017年 12月	工信部	《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020年）》	2020	推进人工智能和制造业深度融合，加快制造强国和网络强国建设。
2019年 9月	国务院	《交通强国建设纲要》	2035	到2035年基本建成交通强国。同时，要求交通装备先进适用、完备可控，加强智能网联汽车（智能汽车、自动驾驶、车路协同）的研发，形成自主可控完整的产业链，大力发展智慧交通。

年份	单位	文件名称	目标年	内容要点
2020年 2月	发改委、 网信办、 科技部、 工信部、 交通部 等 11 部 委	《智能汽车创新发展战略》	2025	2025 年实现有条件智能汽车规模化生产，2035 年中国标准智能汽车体系全面建成的愿景，指出发展核心技术、完善基础设施建设、完善相关法律法规体系等智能汽车发展的主要任务，并宣布了加强组织实施、完善扶持政策等保障举措。
2020年 8月	交通部	《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》	2035	明确到 2035 年，交通运输领域新型基础设施建设取得显著成效。先进信息技术深度赋能交通基础设施，精准感知、精确分析、精细管理和精心服务能力全面提升，智能列车、自动驾驶汽车、智能船舶等逐步应用。
2020年 12月	交通部	《关于促进道路 交通自动驾驶技术发展和应用的 指导意见》	2025	提出了加强自动驾驶技术研发、提升道路基础设施智能化水平、推动自动驾驶技术试点和示范应用和健全适应自动驾驶的支撑体系等四个方面、12 项具体任务，以支持自动驾驶技术在交通运输领域落地应用，鼓励和引导自动驾驶技术发展和应用。
2021年 2月	国务院	《国家综合立体交通网规划纲要》	2035	优化国家综合立体交通布局、推进综合交通统筹融合发展、推进综合交通高质量发展等三方面 12 项主要任务

2. 自动驾驶道路测试政策法规体系初步建立。

2018 年 4 月，工信部、公安部、交通运输部联合印发的《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》，首次规定了自动驾驶道路测试的有关要求，是我国指导开展自动驾驶道路测试的根本依据。在此基础上，为适应行业新的发展需求，推动实现由道路测试向示范应用扩展，2021 年 7 月，三部委修订并印发了《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》，进一步补充了自动驾驶示范应用、测试示范道路场景、测试车辆范围、测试示范主体保障能力、自动驾驶功能通用检测标准等方面的要求。

全国 30 多个省市也陆续出台了智能网联汽车开放道路测试相关的指导意见和管理实施细则，部分城市更是在此基础上进一步开展了创新与突破。2021 年 10 月，北京市发布《北京市智能网联汽车政策先行区无人化道路测试管理实施细则》，正式开放“无人化”测试场景，分多阶段有序开展自动驾驶“无人化”道路测试。2021 年 7 月，广州市发布了《关于逐步分区域先行先试不同混行环境下智能网联汽车（自动驾驶）应用示范运营政策的意见》《在不同混行环境下开展智能网联汽车（自动驾驶）应用示范运营的工作方案》两个政策文件，支持开展自动驾驶混行试点建设。2021 年 3 月，深圳市发布的《深圳经济特区智能网联汽车管理条例（征求意见稿）》中提出，在满足一定条件下，高度自动驾驶和完全自动驾驶的智能网联汽车开展道路测试或者示范应用时可以不配备驾驶人。

表 12 自动驾驶道路测试政策文件

地区	发布时间	发布单位	名称
国家	2018 年 4 月	工信部、公安部、交通部	《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》
	2021 年 7 月	工信部、公安部、交通部	《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》
北京	2017 年 12 月	交通委、公安交管局、经信委	《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）》
		交通委、公安交管局、经信委	《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》
	2019 年 6 月	交通委、公安交管局、经信委	《北京市自动驾驶车辆测试道路管理办法（试行）》
	2019 年 12 月	交通委、公安交管局、经信委	《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》
	2021 年 10 月	北京经济技术开发区管理委员会	《北京市智能网联汽车政策先行区无人化道路测试管理实施细则》
	2021 年 11 月	北京市高级别自动驾驶示范区工作办公室	《北京市智能网联汽车政策先行区自动驾驶出行服务商业化试点管理实施细则（试行）》

地区	发布时间	发布单位	名称
上海	2018年2月	经信委、公安局、交通委	《上海市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》
	2019年9月	经信委	《上海市智能网联汽车道路测试和示范应用管理办法（试行）》
	2020年3月	上海市交委	《上海市道路交通自动驾驶开放测试场景管理办法（试行）（草案）》
重庆	2018年3月	经信委、公安局、交通委、城管委	《重庆市自动驾驶道路测试管理实施细则（试行）》
	2020年5月	经信委	《重庆市自动驾驶道路测试管理办法（征求意见稿）》
深圳	2018年5月	交通委、发改委、经信委、公安交管局	《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》
	2021年3月	深圳市人大常委会	《深圳经济特区智能网联汽车管理条例（征求意见稿）》
长春	2018年4月	工信局、公安局、交通局	《长春市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》
长沙	2018年4月	经信委、公安局、交通局、湘江新区经发局	《长沙市智能网联汽车道路测试管理实施细则（试行）》
	2019年6月	市政府	《长沙市智能网联汽车道路测试管理实施细则（试行）V2.0》
	2020年6月	工信局、公安局、交通局	《长沙市智能网联汽车道路测试管理实施细则（试行）V3.0》
广州	2018年6月	交委、工信委市公安局	《广州市关于智能网联汽车道路测试有关工作的指导意见》
	2018年4月	南沙工信局、交通局、公安局	《广州市南沙区关于智能网联汽车道路测试有关工作的指导意见（试行）》
	2021年7月	广州市政府	《关于逐步分区域先行先试不同混行环境下智能网联汽车（自动驾驶）应用示范运营政策的意见》
	2021年7月	广州市政府	《在不同混行环境下开展智能网联汽车（自动驾驶）应用示范运营的工作方案》
天津	2018年6月	交通委、经信委、公安局	《天津市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》
保定	2018年1月	市人民政府	《保定市人民政府关于做好自动驾驶车辆道路测试工作的指导意见》
平潭	2018年3月	党工委管委会	《平潭综合实验区无人驾驶汽车道路测试管理办法（试行）》
济南	2018年7月	经信委、公安局、交通委	《济南市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》

地区	发布时间	发布单位	名称
河南	2018年8月	工信委、公安厅、交通厅	《河南省智能网联汽车道路测试管理办法》
肇庆	2018年7月	市公安局、交通局、经信局	《肇庆市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则(试行)》
杭州	2018年8月	经信委、公安局、交通局	《杭州市智能网联车辆道路测试管理实施细则(试行)》
江苏	2018年8月	经信委、公安局、交通局	《江苏省智能网联汽车道路测试管理细则(试行)》
襄阳	2018年11月	经信委、公安局、交通局	《襄阳市智能网联汽车道路测试管理规定(试行)》
广东	2018年11月	省工信厅、公安厅、交通厅	《广东省智能网联汽车道路测试管理规范实施细则(试行)》
武汉	2018年11月	经信委、公安局、交通委	《武汉市智能网联汽车道路测试管理实施细则(试行)》
海南	2019年1月	省工信厅、公安厅、交通厅	《海南省智能网联汽车道路测试实施细则(试行)》
西安	2019年2月	市工信局、市交通局、市公安局	《西安市规范自动驾驶车辆测试指导意见(试行)》
		市工信局、市交通局、市公安局	《西安市自动驾驶车辆道路测试实施细则(试行)》
合肥	2020年8月	经信局、公安局、交通局和包河区人民政府	《合肥市智能网联汽车道路测试管理实施细则(试行)》
莆田	2019年8月	交通局、工信局和公安局	《莆田市智能网联汽车道路测试管理办法(试行)》
惠州	2018年11月	经信局	《惠州市智能网联汽车创新发展战略规划(征求意见稿)》
柳州	2019年11月	工信局、发改委、公安局和交通局	《柳州市智能网联汽车道路测试管理细则(试行)》
沧州	2019年9月	发改委、工信局、交通局和公安局	《沧州市智能网联汽车道路测试管理办法(试行)》
银川	2020年3月	网信局、发改委、工信局、公安局、交通局	《银川市智能网联汽车道路测试和示范应用管理细则(试行)》
阳泉	2020年4月	大数据局、工信局、公安局、交通局、经开区	《阳泉市智能网联道路测试管理办法(试行)》
浙江	2018年8月	交通厅、公安厅和省信委	《浙江省自动驾驶汽车道路测试管理办法(试行)》
嘉兴	2020年1月	经信局、公安局、交通局	《嘉兴市智能网联汽车道路测试管理办法实施细则(试行)》

3. 产品准入与安全监管政策法规正在积极突破。

2021年4月，工信部发布的《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南（试行）》（征求意见稿），针对申请准入的具备有条件自动驾驶、高度自动驾驶功能的智能网联汽车生产企业及其产品，提出了智能网联汽车生产企业安全保障能力要求、智能网联汽车产品准入过程保障要求、智能网联汽车产品准入测试要求等。2021年8月，市场监管总局发布的《关于实施汽车产品质量安全沙盒监管制度的通告（征求意见稿）》，积极探索监管方式改革创新，包括了实施沙盒监管的范围和对象、必要条件、流程和步骤等。2021年3月，公安部发布的《道路交通安全法（修订建议稿）》，新增了自动驾驶道路测试牌照、行驶数据记录、驾驶人、交通事故与责任等的有关要求。2021年5月，国家测绘地理信息局印发的《关于加强自动驾驶地图生产测试与应用管理的通知》，对自动驾驶地图数据采集、编辑加工和生产制作单位及数据保密与安全等进行了要求。

专题 1: 《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南（试行）》（征求意见稿）

（1）适用企业产品：L3 和 L4 级智能网联汽车企业及产品准入，完全自动驾驶企业及产品准入有待后续完善推出。

（2）作为准入管理指南，是今后的智能网联汽车准入的纲领性文件，具体的技术规范、测试要求、技术指标有待于进一步细化明确。

（3）企业准入：应满足产品功能、网络与隐私安全，以及软件升级管理要求。

（4）产品准入：智能网联汽车产品应明确自动化功能及设计运行条件，特别重视网络信息安全，信息安全标准体系快速推进。

（5）智能网联汽车产品准入既要满足与外界实体交互的三大场景测试，包括模拟仿真测试、封闭场地测试和实际道路测试，又要满足交互过程中数字

媒介可靠性要求，包括网络安全测试、软件升级测试和数据存储测试。

(6) 整体来说，指南系统的规定了 L3、L4 级自动驾驶企业及产品的准入纲领性要求，为满足安全保障要求，目前来看，准入门槛很高，企业及产品准入成本将更高。与关键部件的龙头企业合作，集成创新更适合当前的整车企业。

(7) 智能网联汽车涉及众多产业链，是技术及零部件高度融合的产品，目前我国在关键部件仍有短板，尤其是高算力芯片及高可靠软件。

专题 2: 《关于实施汽车产品质量安全沙盒监管制度的通告》(征求意见稿)

《通告(征求意见稿)》主要包括五个部分。

第一部分，实施沙盒监管的范围和对象。实施沙盒监管的范围主要集中在新技术新业态领域，如应用了车联网、大数据、云计算、人工智能、生物识别等前沿技术，或实现了自动驾驶、远程升级等新功能新模式的已经销售于市场中的汽车产品，不包括开发设计验证阶段尚未正式投入市场的产品。实施的对象主要是相关汽车整车企业、零部件企业、互联网科技企业、数据服务商、网络运营商、软件与系统供应商等。

第二部分，实施沙盒监管的必备条件。实施沙盒监管的产品需要具备价值性、必要性和可行性，且实施对象能够主动对未知的质量安全风险进行测试及评估，并且具备必要的测试评估资源。

第三部分，实施沙盒监管的流程和步骤。此部分规定了实施沙盒监管的申请、评估、测试、报告、退出五个阶段。在沙盒监管周期内，企业主动公开测试方案、测试结果和产品质量安全自我评估报告，市场监管总局联合相关部门通过跟踪评估、质量服务，及时指导帮助企业查找共性问题，改进产品设计、制造，降低产品安全风险。

第四和第五部分，市场监管总局和相关部门的职责和任务。市场监管总局将搭建汽车产品质量安全监管服务云平台，对于进入沙盒监管的产品实施柔性管理。同时，会同相关部门组建专家委员会，制定沙盒监管实施指南和配套措施，确保沙盒监管制度顺利实施。

专题 3: 《道路交通安全法(修订建议稿)》

2021 年 3 月公安部发布了《道路交通安全法(修订建议稿)》，公开向社会征求意见。本次修订从打造现代化道路交通治理格局、加强车辆和驾驶人源头

监管、改善便民服务、完善道路通行条件和通行规定、完善交通事故处理规定、科学配置法律责任六方面入手，共修改 124 条，其中修改 84 条、新增 39 条、删除 1 条，新增自动驾驶相关规定（第一百五十五条），具体要求如下：

（1）具有自动驾驶功能的汽车开展道路测试应当在封闭道路、场地内测试合格，取得临时行驶车号牌，并按规定在指定的时间、区域、路线进行。经测试合格的，依照相关法律规定准予生产、进口、销售，需要上道路通行的，应当申领机动车号牌。

（2）具有自动驾驶功能且具备人工直接操作模式的汽车开展道路测试或者上道路通行时，应当实时记录行驶数据；驾驶人应当处于车辆驾驶座位上，监控车辆运行状态及周围环境，随时准备接管车辆。

（3）发生道路交通安全违法行为或者交通事故的，应当依法确定驾驶人、自动驾驶系统开发单位的责任，并依照有关法律、法规确定损害赔偿 responsibility。构成犯罪的，依法追究刑事责任。

（4）具有自动驾驶功能但不具备人工直接操作模式的汽车上道路通行的，由国务院有关部门另行规定。

（5）自动驾驶功能应当经具有相应资质的从事汽车相关业务的第三方检测机构检测合格。

五、自动驾驶相关标准规范

近年来，我国陆续发布了一批自动驾驶相关的国标和行业性规范未见，初步解决了车辆技术性能、道路测试等环节的共性问题，产业部门也从团标开始自下而上探索自动驾驶运营服务方面的标准规范，有力推动了城市客运自动驾驶的落地应用。

1. 现有国标/行标主要聚焦道路测试和车辆技术性能，但运营服务监管方面尚属空白。

2017年12月至2018年6月，工信部与国标委联合印发了《国家车联网产业标准体系建设指南》，包含智能网联汽车、总体要求、信息通信与电子产品与服务四部分内容，国家车联网产业标准体系初步形成。2021年3月，交通运输部会同工信部、国标委联合印发了《国家车联网产业标准体系建设指南（智能交通相关）》，进一步规划了智能交通基础设施、交通信息辅助、智能管理和服务、车路协同等领域关键标准的研究与制定。此外，全国智能运输系统标准化技术委员会和全国汽车标准化技术委员会也分别就智能运输系统自动驾驶功能要求、自动驾驶车辆及其安全功能要求开展了国家标准的研究与制定。但是，在自动驾驶运营服务监管方面的国标和行标均为空白，且尚未形成相关标准体系规划。

表 13 自动驾驶道路测试规范性文件

地区	发布时间	发布单位	文件名称
国家层面	2018年7月	交通部	《自动驾驶封闭场地建设技术指南（暂行）》
	2018年8月	工业部	《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程（试行）》
	2020年4月	交通部	《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）》
北京	2018年2月	北京市交通委、交管局、经信委	《北京市自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法（试行）》
	2018年2月	北京市交通委、交管局、经信委	《北京市自动驾驶车辆封闭测试场地技术要求（试行）》
深圳	2018年10月	深圳市交通局	《深圳市智能网联汽车道路测试开放道路技术要求（试行）》

表 14 自动驾驶相关国家标准

发布时间	发布单位	名称	类别
2019年5月	全国智能运输系统标准化技术委员会	智能运输系统 扩展型倒车辅助系统性能要求与检测方法	GB/T 37436-2019
2019年5月	全国智能运输系统标准化技术委员会	智能运输系统 换道决策辅助系统性能要求与检测方法	GB/T 37471-2019
2019年10月	全国汽车标准化技术委员会	商用车辆自动紧急制动系统（AEBS）性能要求及试验方法	GB/T 38186-2019
2020年3月	全国汽车标准化技术委员会	车辆行驶跑偏试验方法	GB/T 38679-2020
2021年8月	全国汽车标准化技术委员会	汽车驾驶自动化分级	GB/T 40429-2021

2. 运营、安全、服务系列团体标准陆续发布,开始自下而上探索。

2021年11月,深圳市智能交通行业协会联合50余家企业发布的《低速无人车城市商业运营安全管理规范》,是我国首部专为自动驾驶低速无人车服务场景应用而编制的团体标准,填补了低速无人车的定义规范和商业应用方面的空白;中国智能交通产业联盟提出的《自动驾驶公交车 第1部分:车辆运营技术要求》《自动驾驶公交车 第2部分:自动驾驶功能测试方法与要求》,滴滴、百度、博世、北汽、腾讯等企业联合提出的《自动驾驶出租车运营规范与安全管理要求》三项团体标准公开征求意见,标志着我国逐步开始探索运营、安

全、服务方面的自动驾驶标准规范。但是，上述团体标准均为产业部门发起和推动，交通运输管理部门和城市客运企业尚未参与，在反映自动驾驶运营需求方面的代表性不足。

表 15 自动驾驶相关团体标准

发布时间	发布单位	名称
2020年7月	滴滴、百度、博世、北汽、腾讯等	《自动驾驶出租车运营规范与安全管理要求》 (征求意见稿)
2020年11月	北京百度网讯科技有限公司	《自动驾驶出租车 第1部分: 车辆运营技术要求》(征求意见稿)
2020年11月	北京百度网讯科技有限公司	《自动驾驶出租车 第2部分: 自动驾驶功能测试方法及要求》(征求意见稿)
2021年10月	中国智能交通产业联盟	《自动驾驶公交车 第1部分: 车辆运营技术要求》(征求意见稿)
2021年10月	中国智能交通产业联盟	《自动驾驶公交车 第2部分: 自动驾驶功能测试方法与要求》(征求意见稿)
2021年11月	深圳市智能交通行业协会	《低速无人车城市商业运营安全管理规范》

六、自动驾驶道路测试与示范应用

（一）自动驾驶道路测试与示范区工作稳步开展

根据《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》规定，道路测试是指在公路（包括高速公路）、城市道路、区域范围内等用于社会机动车通行的各类道路指定的路段进行的智能网联汽车自动驾驶功能测试活动；道路测试要求配置驾驶人（安全员），负责道路测试安全运行，并在出现紧急情况时从车内采取应急措施。北京、广州、深圳等地通过出台地方性法规的方式，允许开展自动驾驶无人化测试。据不完全统计，截至2021年8月，我国已经建设10个国家级智能网联汽车测试示范区，开放超过5200公里测试道路，累计道路测试总里程超过700万公里，累计发放自动驾驶测试牌照超过1000张，涵盖乘用车、公交车以及重型卡车等多种类型。

表 16 国家级智能网联汽车示范区

序号	建成/开放时间	地点	示范区
1	2016.6	上海	工信部批准国内首个国家级智能网联汽车示范区：国家智能网联汽车（上海）试点示范区
2	2016.7	浙江	浙江5G车联网应用示范区：云栖小镇、乌镇
3	2016.11	重庆	国家智能汽车与智慧交通（重庆）应用示范区
4	2018.2	北京	国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区
5	2018.3	武汉	武汉智能网联汽车和智慧交通应用示范区
6	2018.3	广州	广州智能网联汽车与智慧交通应用示范区
7	2018.6	长沙	国家智能网联汽车(长沙)测试区
8	2018.8	长春	国家智能网联汽车应用（北方）示范区
9	2019.1	无锡	国家智能交通综合测试基地（无锡）
10	2021.7	成都	中德合作智能网联汽车车联网四川试验基地

（二）自动驾驶示范应用程序逐渐规范

根据《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》规定，示范应用是指在公路（包括高速公路）、城市道路、区域范围内

等用于社会机动车通行的各类道路指定的路段进行的具有试点、试行效果的智能网联汽车载人载物运行活动。目前，我国开展自动驾驶道路测试与示范应用的基本流程为：一是地方城市发布自动驾驶道路测试相关政策文件；二是按照政策规定，由拟开展自动驾驶道路测试的单位（道路测试主体）向地方公安部门申请道路临时测试牌照，开展自动驾驶道路测试；三是道路测试车辆在满足一定道路测试时间或里程要求（240小时或1000公里）后，道路测试主体方可申请开展自动驾驶载人载物示范应用。

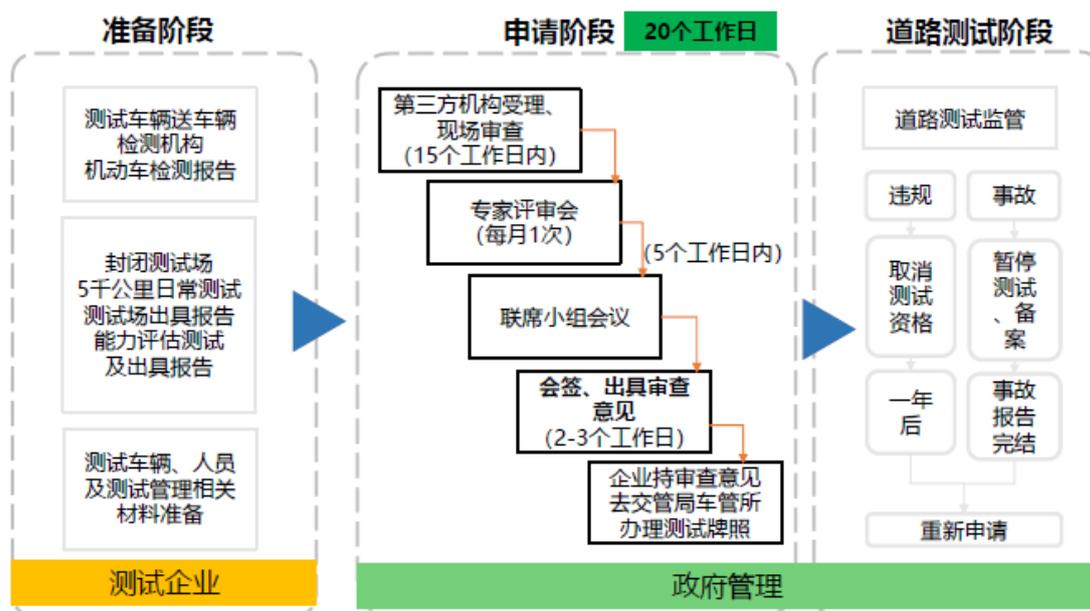


图 9 自动驾驶道路测试基本流程

（三）部分城市建立了道路测试年度报告披露机制

根据《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2020）》披露，截至2020年底，北京已累计在海淀区、顺义区、北京经济技术开发区和房山区开放200条、共计699.58公里的测试道路，共为14家企业的87辆车发放了道路测试牌照，累计安全行驶里程已超过221.34万公里。

2020年有效测试车辆数73辆，载人测试里程为102万公里，运载社会志愿者超过1.5万人次。根据《上海市智能网联汽车开放道路测试报告（2020年）》披露，截至2020年底，上海累计开放243条、559.87公里测试道路，向22家企业、152辆车颁发了道路测试或示范应用资质，涉及乘用车、商用车、专项作业车等不同车型。2020年，上海智能网联汽车开放道路测试有效测试时长为1.17万小时，有效测试里程为39.7万公里，上传第三方机构数据平台1.68亿条测试数据。

（四）部分城市以多种形式开展自动驾驶运营探索

2019年12月，文远知行在广州市政府的支持下，以乘用车基本车型（已纳入工信部公告）申领常规车牌和出租运营许可，对车辆进行自动驾驶改装后开展出租自动驾驶收费运营，以此绕开开放道路临时测试牌照的限制；2021年4月，百度在重庆市永川区人民政府的支持下，落地全国首个“自动驾驶公交车收费示范运营项目”；同年4月，北京市设立全国首个“智能网联汽车政策先行区”，推动开展自动驾驶车辆的高速测试（京台高速10公里测试范围）、无人化测试和商业化运营，并于11月发布了《北京市智能网联汽车政策先行区自动驾驶出行服务商业化试点管理实施细则（试行）》，正式开放国内首个“自动驾驶出行服务商业化试点”。

七、公交自动驾驶典型试点示范案例

由于具有线路站点固定、运行速度低、路况复杂但可控（公交专用道）等特点，城市公交（尤其是快速公交系统）已成为自动驾驶技术落地应用的最佳场景之一，有望率先实现商业化应用。国际上，美国、欧盟、新加坡等发达国家和地区已经开始在公交自动驾驶领域积极开展研究、测试和应用部署，其中，美国联邦公共交通运输署（FTA）专门发布了《公共交通自动驾驶发展战略与路线图》。近年来，我国也在加快城市公交自动驾驶技术的研发、测试和部署工作，实施主体已经从最初的客车生产企业/技术研发企业向公交运营企业和政府管理部门共同参与转变，实施内容也由纯粹的科技研发向运营测试转变，发展态势逐渐由产业/资本驱动向业务驱动转变。

随着世界各国陆续推动开展自动驾驶技术试点和示范应用，包括稳步推动自动驾驶客运出行服务、鼓励自动驾驶新业态发展，鼓励按照从封闭场景到开放环境深化技术试点示范，产学研用各方创新热情高涨，科技企业、车辆制造商、公交公司等陆续开展公交自动驾驶的相关试点示范。据不完全统计，截至2021年10月，我国开展公交自动驾驶示范应用的城市超过10座，车辆规模超过100辆¹。按照公交自动驾驶运行环境，试点示范案例可以划分为封闭园区内、封闭/半封闭道路、开放道路三种类型。按照公交线路类型，又可分为常规公交、快速公交（BRT）、微循环公交、需求响应式公交等。全球公交自动驾驶试点示范案例如下所示。

¹ 宇通约20辆，百度约10辆，海梁科技约10辆，中车约5辆，深蓝科技约5辆，轻舟智航约50辆。

（一）封闭园区内

1. 澳大利亚 Marian Grove 退休村 EZ10——微循环公交

2019年4月澳大利亚新南威尔士州启动了无人驾驶公交 BusBot 项目，EZ10 无人驾驶公交车在澳大利亚 Marian Grove 退休村投入使用，其功能主要是服务于村内退休老人日常出行。乘客通过公共交通公司 Via 创建的智能手机应用程序召唤车辆。该应用程序能够告知用户乘车公交站点，随后班车抵达并将乘客送到目的公交站。该项目中，EZ10 无人驾驶公交车顶配置了 GPS 导航设备，车身四角装有激光雷达传感器与 270 度视角的摄影机，能够做到 360 度无盲区观测，车辆的有效观测视距为 40 米。



图 10 澳大利亚 Marian Grove 自动驾驶公交

2. 美国密歇根大学 Mcity 测试中心 olli——微循环公交

2016年6月，美国亚利桑那州洛克汽车公司和 IBM 公司合作，打造了基于“沃森”认知计算平台的自动驾驶公交车辆 Olli，并在密歇根大学 Mcity 测试中心（一个拥有近 16 英亩道路和自动驾驶基础设施的公私合营研发基地）开展测试。Olli 的特殊之处在于，它使用了

4 个沃森 API，能够实现车辆与乘客之间的平顺交流。同时 Olli 利用了 IBM Watson 物联网、云计算平台，能够对嵌入在整辆车中的 30 多个传感器所提供的交通数据进行实时分析处理。



图 11 Olli 自动驾驶公交

3. 日本丰砂公园 EZ10——微循环公交

2017 年 8 月 1 日至 11 日，日本永旺集团在千叶县永旺购物中心旁的丰砂公园内开展了无人驾驶公交封闭测试项目。该项目采用自动驾驶公交车身长约 4 米，宽 2 米，车高约 3 米，最多可乘载 12 名游客。车辆装有视频、雷达和 GPS 传感器，以此来确定车辆准确位置，并实现在预设路线上的自动驾驶。



图 12 日本丰砂公园自动驾驶巴士

4. 新加坡南洋理工大学 Volvo 7900——常规公交

2019 年由新加坡政府和沃尔沃公司合作推出的自动驾驶公交车 Volvo7900 电动公交在南洋理工大学进行测试，该款自动驾驶公交车全长 12 米，可以容纳 80 名乘客。为了能够灵活应对多种出行环境，车上配备了多种感知设备，如光学传感器、雷达、360 度镜头和全球卫星导航系统等，其 GPS 系统可以将定位精度提升至厘米级。为确保行驶安全性和可靠性，该自动驾驶公交配置了网络安全保护系统，能够有效防止外界恶意攻击。同时车辆采用车顶快速充电方案，充电 6 分钟即可行驶 25 公里，是一款结合了自动驾驶和纯电动零排放的公交车辆。



图 13 新加坡 Volvo 7900 自动驾驶公交

5. 北京海淀公园——接驳公交/微循环公交

2018 年 11 月 29 日，市民可以在北京海淀公园免费试乘体验百度阿波龙无人驾驶小巴车。阿波龙小巴车承担从海淀公园西门到儿童游乐场所之间的往返接驳重任，全程约 1 公里，往返时长在 15 至 20 分钟左右，采用了百度研发的 Apollo 无人驾驶平台，基于高精地图和智能感知技术，能根据实时感知的环境信息和地图数据规划路径，对车辆、行人的行为和意图进行预测，从而做出行车决策。



图 14 北京海淀公园阿波龙小巴

6. 北京首钢工业园区——微循环公交

2021年“五一”假期，首钢园内无人驾驶小巴士和出租车将开放体验。自2018年10月16日首钢园开展科技冬奥应用场景应用示范起，截至目前已有北汽、百度、清华、京东、新石器 etc 11家自动驾驶车项目企业达成应用合作，有9种无人车入园开展测试运行，累计测试里程已达15万公里。园区还建成了近10公里部署V2X车路协同设备的自动驾驶测试道路，完成了大跳台停车场自动驾驶专用充电桩配套建设，并启动智能公交站台和智慧交通云控平台等场景设计实施，预计北京冬奥会期间，入园无人车数量将超过100辆，实现载人接驳、物品售卖、园区维护等服务功能。

（二）封闭/半封闭道路

7. 美国康涅狄格州重型自动公交巴士——常规公交

美国康涅狄格州 New Flyer 公司打造了一款名为 Xcelsior AV 的重型自动驾驶公交车并进行了实地测试。该项目由康涅狄格州交通运输部主持，一批具备 L4 级的 Xcelsior 自动驾驶公交车沿着新不列颠到哈特福的一条半封闭公交专用道运行，线路全长 14.5 公里。该项目中，Xcelsior 公交车辆全长 41 英尺（约 12.5 米），可以容纳 40 位乘客，并提供了足够的乘客站立空间。车辆采用电力动力系统，并配置有激光雷达（LIDAR）、无线电探测器和摄像头等感应设备，实现了 360 度全景观测，能够有效识别行人、车辆和其他障碍物。此外，Xcelsior 车辆还可与其他智能车辆和基础设施实现通信，如交通信号灯、行人信号灯等。



图 15 美国康涅狄格州 Xcelsior 自动驾驶公交

8. 美国德克萨斯州阿灵顿市 Milo——常规公交

从 2017 年 8 月到 2018 年 8 月，德克萨斯州阿灵顿市试行了一种低速共享自动驾驶公共汽车服务，自动驾驶公共汽车名为“Milo”。阿灵顿市战略举措办公室领导了试点项目的规划、项目开发、采购、实施、运营和评估。First Transit 是一家交通和移动服务提供商，负责监督车辆的正常运行，包括对车载乘务员的培训和监督。该项目选择了两辆 EasyMile EZ10 Gen-12 车辆作为试点车辆，车辆能够进行 SAE 4 级（高驾驶自动化）自动行驶，并由中央运营中心监控。

从 2017 年 8 月到 2018 年 8 月，EasyMile 进行了 100 多项测试活动，包括在 AT&T 体育场和全球生活公园（足球、棒球和音乐会）举行的 78 项活动，17 项针对感兴趣公民的公开测试，以及 18 项针对特殊利益群体（如学校、当地工程团体以及一些公司和企业）的测试。阿灵顿市战略举措办公室报告说，该项目的目标已经实现，所有测试中没有发生重大安全事故。



图 16 美国德克萨斯州 Milo 自动驾驶公交

9. 美国拉斯维加斯自动驾驶公交——常规公交

2017 年开始，美国 Navya 和凯奥雷斯（Keolis）在拉斯维加斯在市中心环路上试运营了全国首个混合路权的公交自动驾驶项目。一款 Navya ARMA 低速自动化车辆为居民和拉斯维加斯游客提供自动驾驶公交服务。测试中自动驾驶公交车共运行了 1515 个小时，服务总乘客量达 32827 人。该项目的主要目标是衡量公众对自动化车辆的满意度和接受度以及收集服务本身相关问题；此外，该项目还针对 DSRC、互联车辆和基础设施技术如何提升自动驾驶公交服务水平开展了测试。项目团队表示希望能够定期开展面向公众的自动驾驶公交试验，从而获得更多真实数据。



图 17 拉斯维加斯自动驾驶巴士

10. 郑州市东三环智能网联 BRT 示范项目——BRT（建设中）

2020 年 4 月 23 日，根据《郑州市发展和改革委员会关于郑州市东三环（北三环东延线-东三环-南三环东延线）L3 级智能网联快速公交示范工程可行性研究报告的批复》，郑州市东三环快速公交建设项目升级为东三环智能网联 BRT 示范项目，总投资 33336 万元，其中智能系统总投资 14943 万元，快速公交系统总投资 18393 万元，投入 60 辆智能网联纯电动客车，开展基于 BRT 线路的智能网联公交示范运营，建设智能网联 BRT 车路协同系统、“人-车-路-站-云”一体化的自动驾驶云控平台、智能网联信息安全防护系统等。

11. 厦门市智能网联 BRT 示范项目——BRT

5G BRT 智能网联车路协同系统是 2018 年发布的国内首个面向 5G 的城市级智能网联应用。由于厦门 BRT 道路拥有专有路权、全程封闭等优势条件，是开展车联网规模应用的绝佳场景。该项目于 2018 年 6 月启动，截止 2019 年，已完成两辆 BRT 公交车的 5G 智能网联升级改造和 5 个智慧路口的部署建设，并发布了四项智能网联应用：

超视距防碰撞、实时车路协同、智能车速策略以及安全精准停靠。截至目前，两辆 BRT 公交车已通过 6000 公里以上的应用测试，其行驶安全、通行效率等方面的测试结果均顺利通过了业主单位的评审，得到厦门公交集团的高度评价，并将交付规模增加至 50 辆 BRT 公交车，使该项目成为国内第一个经过成熟商业模式验证的智能网联车路协同项目。

该系统在完成交付后，将带来安全提升、效率提高、节能环保等多方面优势。其中智能车速策略可节省 10% 油耗，直接降低了业主的运营成本；安全精准停靠将车辆与站台间距控制在 10 厘米以内，减少乘客上下车易发生的踩空摔倒事故，有效减少了用户的投诉；交叉路口 360 度盲区检测，可显著提升 BRT 车辆通过路口时的安全性，减少驾驶盲区和碰撞事故，提高路口通行效率，保障安全出行。未来，在现有四项业务应用基础上，还可根据交通行业用户的需求，开展定向针对性的业务开发。



图 18 厦门智能网联 BRT

（三）开放道路

1. 希腊特里卡拉市自动驾驶公交——常规公交

2015年9月，由机器人软件公司 Robosoft 研发的无人驾驶巴士在希腊特里卡拉市进行测试，该项目旨在为中小型城市开发公共交通工具 CityMobil2，由欧洲联盟投资并主导实施。特里卡拉试点路线全长 2.4 公里，含有 8 个公交站点，线路宽度从 2.4 米到 2.8 米不等。项目最初是为了引导游客到城市的风景及重要的兴趣点。2015 年 11 月至 2016 年 2 月，该项目共开展了 1490 班次公交测试，运营里程达 3580 公里，服务乘客 12138 名。该项目中，特里卡拉市还建立了一个公交控制中心，以便技术人员能够监督路线运行情况，每辆公交车上均配备有一名训练有素的“操作员”，以便在车辆意外失控时进行人工干预，但这种情况在整个试运营期间从未发生过。项目车辆配备有激光雷达和视频检测系统，任何高度超过 20 厘米、距离车辆小于 20 米的物体都能够被精准感知，对车辆安全运行起到了重要支撑。



图 19 希腊特里卡拉无人驾驶巴士

2. 英国伦敦无人驾驶公交——常规公交

2016 年 7 月，英国伦敦首批无人驾驶公交车 GATEway 在格林威

治市开展了实地测试，该车辆是由 Oxbotica 汽车公司研发。与谷歌早期无人驾驶汽车类似，该款自动驾驶公交没有方向盘、油门以及刹车等系统，车辆运行完全由电脑控制。车辆可以乘坐 4 名乘客，最高时速为 16km/h。车辆运行数据由 5 个摄像头和 3 台激光雷达收集，能够有效识别车辆 100 米外环境信息，一旦发现有异物阻挡了去路，车辆能提前做出反应，从容地完成停车。该项目车辆设计时特别重视行人识别，安装了自动防故障装置，能够快速应对行人、自行车以及猫狗等动物的突然闯入，保证行车安全。



图 20 英国伦敦无人驾驶公交车

3. 荷兰阿姆斯特丹自动驾驶公交——常规公交

2016 年 7 月，奔驰 citypilot 自动驾驶巴士在荷兰阿姆斯特丹城市道路和高速公路上开始了测试，测试自动驾驶公交车从阿姆斯特丹史基浦机场开至哈勒姆镇，测试线路全长约 20 公里。该巴士所搭载的 CityPilot 平台能够利用 GPS、雷达和摄像头来识别交通信号、行人和其他障碍物，指导自动驾驶车辆在公交站台特定位置停车，在必要情况下还能够升起无障碍登车平台。测试行驶过程中，该自动驾驶巴士

最高时速可达 70km/h，全程未出现需要人工干预的情况。



图 21 荷兰阿姆斯特丹自动驾驶公交

4. 芬兰赫尔辛基自动驾驶公交——常规公交

2016 年 8 月，芬兰首都赫尔辛基南部的一段开放公路上开展了无人驾驶公交车测试项目，项目所用车辆为法国产的“EasyMile EZ-10”小型无人驾驶公交车。这种小型公交车可容纳 12 名乘客，包含 6 个座位和 6 个站立空间，车辆未配备驾驶舱。车辆最高设计时速为 40km/h，但测试时最大速度仅为 11km/h。当有侧方超车时，乘客能够明显感觉到无人驾驶公交车在自动减速。此次测试的目的是检验无人驾驶公交车在普通开放街道上运行的可行性和安全性。



图 22 荷兰赫尔辛基自动驾驶公交

5. 瑞典斯德哥尔摩自动驾驶小巴 Ak Med——微循环公交

2018 年 1 月，由北欧巴士制造商 Scania 和 Nobina 联合开发的电动自动驾驶巴士在瑞典斯德哥尔摩以北的 Barkarbystden-Akalla 市开展实地测试。项目测试周期为 6 个月，路线里程为 1.5 公里，乘客可以免费乘搭该自动驾驶公交车。该项目由 Ericsson 公司和瑞典一家公共交通设施供应商联合实施，其目的主要是测试自动驾驶公交在开放道路上运行的实际效果。项目所采用的小巴最多可容纳 11 名乘客，最高时速为 24 km/h，其自动驾驶系统由 Ericsson 公司研发，借助视频、雷达等传感器设备，能够有效识别巴士站、交通灯号和路牌标志等信息，车辆配备的高精 GPS 卫星定位系统能够确保车辆不偏离预设路线。



图 23 瑞典斯德哥尔摩自动驾驶小巴

6. 西班牙马拉加自动驾驶公交项目——常规公交

2021年2月，西班牙马拉加市与阿万扎（Avanza）公司合作开展了一项名为AutoMost的公交自动驾驶测试项目，该项目总投资为900万欧元，测试路线起点为西班牙马拉加港口，终点为马拉加市中心的公园大道，全程均为全开放道路。该项目所用无人驾驶公交车利用全球卫星定位系统实现车辆高精定位，利用摄像头识别公交车周围的行人或其他障碍物的位置，并与交通信号灯等基础设施实现联通，保障了车辆自动驾驶安全性。车辆测试期间最高时速为18km/h。目前该计划仍处于研究和试验阶段，项目方还未打算进行商业化普及应用。



图 24 西班牙马拉加无人驾驶公交

7. 郑州郑东新区金融岛——常规公交

2020年6月20日，郑州新区区政府出资，郑东新区建设环保局承建，宇通客车股份有限公司运营的郑东新区金融岛自动驾驶公交1号线在开放道路上正式运行。该线路环绕龙湖金融岛一周，总长17.4公里，全线共设置数字化站台19组、34座，首批上线宇通12米L3级自动驾驶车辆12台，具备L4自动驾驶能力，车辆续航里程300公里，最多可乘坐80多人，平均速度达每小时25公里，部分路段最高车速可以达到每小时50公里。截至2021年5月底，该线路累计运行54万公里，累计运输乘客10000人次。

该线路通过5G车路协同技术、大数据、人工智能等先进技术，结合智慧站台、智慧场站等一体化管控系统，具备了自动出场、精准停靠、盲区监测、信号协同、信号优先、智能维保、自动进场、自主泊车、自动充电等功能，实现了驾驶车辆智能监控、安全预警和与其他社会车辆的同域协同运行，是我国首个实现自动驾驶商业应用验证

的智能公交线路。



图 25 郑州金融岛无人驾驶公交

8. 郑州智慧岛 5G 智能公交项目——微循环公交

2019 年 5 月，4 台 5 米长的 L4 级自动驾驶公交“小宇”开始在郑州新区智慧岛上的一条环形线路试运行。智慧岛 5G 智能公交项目是中国移动河南分公司与宇通客车进行的一次基于 5G 网络传输条件下的自动驾驶公交项目。此条 5G 智能公交线路是全球首条在开放道路运行的无人驾驶公交线路，经由中道东路-平安大道-中道西路-中道东路环线，路程全长约 1.53km，途径 3 个智能站台（平均站距 508 米）、7 个智能红绿灯，截止 2020 年 8 月 31 日，该路段上的累计零事故运营里程已超过 3 万 km，接待市民约 2 万人。



图 26 郑州新区智慧岛内的宇通 L4 级自动驾驶巴士

9. 上海环湖一路自动驾驶公交——常规公交

2020 年 7 月 15 日，环湖一路智慧公交项目获得上海市首张智能网联商用车载人示范应用牌照。测试运营区域为上海自贸区临港新片

区环湖一路，总长 8.5 公里，是上海市首批发布的智能网联汽车开放测试道路，融合了基于 5G+智能网联技术的开放测试综合应用场景、基于大数据的智慧公交服务场景、基于人工智能的交通全息感知等新技术。该项目实现了从“道路测试”到“示范运营”的突破。该示范应用线路共设置 8 个公交站台，前期拟投入 1 辆智能网联公交车，自滴水湖一号码头沿顺时针方向运行，单班次运营时长约 30 分钟，乘客可通过“环湖一路智能公交”APP 和微信小程序等多渠道预约乘坐。

车辆采用中车时代公司基于第三代自动驾驶平台打造的智能网联公交，具备红绿灯信息交互和响应，语音提示自动驾驶动作和状态、自动靠边停站和自动开关门等功能，可实现 L3 级别的自动驾驶运营。路侧设施建设融合了视频信息、激光雷达、毫米波雷达等多源信息打造了全息感知交叉路口，能够有效提高交叉口通行效率、改善行人过街的安全、为智能车辆主动提供路侧交通信息；同时项目综合车路协同、V2X 等技术打造了公交及特种车辆的优先通行、自动驾驶汽车与周边环境的 V2V、V2I、V2P 通信。



图 27 上海环湖一路自动驾驶公交

10. 深圳福田保税区阿尔法巴——常规公交

2017年9月3日，海梁科技与安凯客车共同研发的无人驾驶客车阿尔法巴在深圳福田保税区开展试运行，成为中国首款在公共道路试运行的无人驾驶客车。路测线路为开放线路，全程1.2km，测试过程中每辆智能公交车内仅有一名安全员，拐弯、刹车、加速，全部由车辆自动完成。如今，具备L3+级别运行能力的第三代阿尔法巴智能驾驶公交车已先后在深圳、张家界、武汉、合肥等城市落地运行，车辆总数达到12辆，运行总里程超过4.8万公里，搭载超过3万名乘客，安全零事故。这是全球首次在开放道路上进行的智能驾驶公交试运行。该车将先后在国乐科技园、南方科技大学、福田保税区测试4个月，累计测试里程约8000公里。



图 28 深圳福田保税区正在路测的阿尔法巴客车

11. 长沙湘江新区智慧交通示范线——常规公交

长沙湘江新区智慧公交示范线于2018年12月18日开通，由湘江新区主导，中车时代电动提供自动驾驶车辆，湘江智能提供线路建设，星云互联提供车路协同设备。该线路属于开放道路条件下的常规公交线路，南起国家智能网联汽车（长沙）测试区，途经学士路、莲

坪大道、含浦大道，北至云栖路与含浦大道交叉口，全长约 7.8 公里，沿途停靠 11 个站点，双向总计 22 个站点，设计 4 台 12 米 L3 级自动驾驶公交试运营测试，截至 2021 年 7 月 30 日，该线路累计运行里程 50000 公里，累计客运量 2000 人次。



图 29 开放道路智慧公交示范线现场

12. 武汉经济技术开发区智能驾驶穿梭巴士——常规公交

2019 年 10 月，武汉经济技术开发区开通了“智慧生态城-龙灵山-春笋-鸟语林”智能驾驶穿梭巴士，线路长度约 20km，途径经开大道、通顺河大桥、省道等，属于全开放道路条件下的接驳线/需求响应式公

交。截至2021年8月1日，智能驾驶穿梭巴士累计运行里程55500km，累计客运量3400人次。智能驾驶穿梭巴士基于全局路径规划及局部高精地图融合的总体技术线路，采用激光雷达、毫米波雷达、摄像头视觉融合的方式识别及定位障碍物；装有组合惯导系统，配合千寻位置服务具备在无卫星定位偶尔丢失情况下的持续自动驾驶能力；支持车路协同、车联网、第三方平台接入等功能。



图 30 武汉经开区“春笋号”无人驾驶公交

13. 重庆永川自动驾驶公交运营示范线——常规公交

重庆自动驾驶公交运营示范线在永川区投入运营，由百度承建，厦门金龙提供自动驾驶车辆，畅恒公交公司运营。该线路采用 L4 级自动驾驶公交车，可实现精准靠站，轻松应对公交站场景及更为复杂的城市道路路况。结合 V2X 车路协同，可实现车载 OBU 与智能网联路侧设备进行 L4 级车路协同感知驾驶，可实时接收来自路侧智能感知系统所收集到的路面全量交通参与者高精度感知数据，让车辆提前

决策规划，提升通行效率，实现聪明的车与智能的路紧密结合。

该运营线路为凤凰湖到神女湖的开放道路，途经永川神女湖、农机校、兴龙湖等站点，长度约 10km。按照重庆市永川区印发《永川区自动驾驶车辆示范运营管理办法(试行)》，开展示范运营体验(2021年4月1日至2022年3月31日)，单程票价2元。截至2021年8月1日，累计运行里程4800km，累计客运量11000人次。



图 31 重庆永川自动驾驶公交运营示范线

14. 广州自动驾驶便民线路——常规公交（建设中）

广州公交集团自动驾驶便民线路运营项目已于2021年9月1日经市政府常务会议纪要（穗府15届154次〔2021〕28号）审议通过，计划分两阶段在6条便民线路实施自动驾驶运营，配备5.5米自动驾驶车辆50台。

表 17 15. 广州自动驾驶便民线路

线路	线路设置情况					
鱼珠软件 CBD 总部环	线路长度:	5公里	总车次:	109车次	总载运里程:	545公里

线路	线路设置情况					
线(护林路)	配车:	8 辆	首班车时间:	7:00	末班车时间:	21:00
	行车时间:	20 分钟	发车密度:	高峰 5 分/班	车日行程:	68 公里
广州塔西站环线	线路长度:	8 公里	总车次:	33 车次	总裁运里程:	264 公里
	配车:	2 辆	首班车时间:	7:00	末班车时间:	19:00
	行车时间:	12 分钟	发车密度:	高峰 15 分/班 低峰 30 分/班	车日行程:	132 公里
琶洲数字经济试验区环线	线路长度:	6 公里	总车次:	125 车次	总裁运里程:	750 公里
	配车:	13 辆	首班车时间:	7:00	末班车时间:	21:00
	行车时间:	20 分钟	发车密度:	高峰 5 分/班	车日行程:	58 公里
国际生物医药价值创新园便民线(知识城)	线路长度:	10.8 公里	总车次:	140 车次	总裁运里程:	1512 公里
	配车:	13 辆	首班车时间:	7:00	末班车时间:	21:00
	行车时间:	30 分钟	发车密度:	高峰 10 分/班	车日行程:	117 公里
天河软件园环线(目前未具备开行条件,待条件具备后再开行)	线路长度:	9 公里	总车次:	106 车次	总裁运里程:	954 公里
	配车:	11 辆	首班车时间:	7:00	末班车时间:	21:00
	行车时间:	25 分钟	发车密度:	高峰 5 分/班	车日行程:	87 公里
珠江新城 CBD 环线(目前未具备开行条件,待条件具备后再开行)	线路长度:	5 公里	总车次:	31 车次	总裁运里程:	155 公里
	配车:	3 辆	首班车时间:	7:00	末班车时间:	19:00
	行车时间:	25 分钟	发车密度:	高峰 15 分/班	车日行程:	52 公里

15. 广州黄埔自动驾驶公交——常规公交

2021 年 6 月, 百度 Apollo 作为首批获得广州市公交车型自动驾驶道路测试企业, 在黄埔区知识城、科学城、生物岛“两城一岛”范围

内开展自动驾驶测试运营。共计投放 10 台车辆，开通 5 条线路。涵盖了 30 多公里的公开测试道路，运营区域内共设立 18 个站点，每天接待超过 200 人次用户，车上均设有安全员和领航员，日均自动驾驶里程 200 余公里。运营的 18 个站点覆盖了居民社区、公园、商超、写字楼、行政办公区、公交站点、地铁站等，实现涵盖黄埔区委区政府、黄埔区行政办公区、知识城科教园区、生物岛标准生产单元、地铁站等区域 Robobus 摆渡接驳服务。周边居民可以在百度地图上点击打车“自动驾驶”或使用百度“度优行”软件使用。

该项目采用百度最新一代自动驾驶公交车 Robobus 的感知硬件，包括了：4 个激光雷达，2 个位于车辆前方左右两侧，1 个位于车辆前方顶部，1 个位于车辆后风挡下居中，用于障碍物检测；2 个毫米波雷达，检测范围 250 米，1 个为前向，1 个为后向，位于车辆下部居中；7 个单目相机，4 个为前向，位于前风挡上方居中，用于障碍物及红绿灯检测，2 个为侧后向，位于前方左右激光雷达上方，1 个为后向，位于后激光雷达下方，用于障碍物检测；2 个 GPS 天线，位于车顶部后方居中，间隔 1m 以上，用于 GPS 定位。截至目前，已累计自动驾驶行驶里程约 42,891 公里，总乘车人次达 12,393 人，用户群体涵盖上班族、游客、学生、居民等，极大提高市民出行效率。

16. 沧州自动驾驶公交——常规公交

2021 年 5 月，沧州正式开始自动驾驶车辆测试部署，在沧州市政府批准的共计 636.9 公里范围内开放道路开展自动驾驶测试部署，区域内进行部署的线路共计 5 条，设 15 个站点（其中展示类环线整条

路线只有一个起终点，运营类站点达到 80%)。日常运营时间 14 小时/天，以即上即下形式进行运营，车辆运行时速 30 公里/小时，运营线路 11 公里，投放 3 台 6.5 米 Robobus 自动驾驶巴士，车内配备 2 名安全员，开放运营线路 1 条，沿途经过开曙街、黄河东路等区域，服务对象主要为附近厂区民众以及政企活动及接待，实现覆盖办公区、厂区、居民区、学校等区域，并且有效覆盖传统公交未覆盖区域，达到便捷民众出行的目的。

沧州智能驾驶公交于 2021 年 7 月 6-8 日承接在河北省沧州市举办了“第七届智能网联汽车技术及标准法规国际交流会 (ICV 2021)”及“首届智能网联汽车标准化成果展的接驳活动。接驳路线为沧州西站-沧州金狮国际酒店，路线单项 4.7 公里，共计接待 87 人次，乘车体验平稳舒适，受到了试乘嘉宾的一致好评。在进行对民众出行需求调查后，合理的进行线路内站点的设置以及站点加密，能够有效提升民众出行的便利性以及解决政府公共出行痛点。同时，Robobus 车型已达到 L4 级别，现阶段在沧州部署线路内能够实现自动加减速、车辆进出站、转向、信号灯识别等自动驾驶能力，并且结合 MaaS 平台实现乘车预约、车辆调度、排班、数据统计、车辆监控等功能。

17. 苏州高铁新城自动驾驶公交——常规公交

2020 年 10 月 21 日，中国移动与轻舟智航在苏州高铁新城联合部署的首个常态化体验的 5G Robobus 试点开始常态化开放体验，并启动“苏州 Robobus 早鸟计划”，招募有日常通勤需求的市民免费搭乘。该自动驾驶公交试点共计开放了 3 条、15.3 公里的公交线路，其

中 Q1 已经对公众开放体验，Q2、Q4 路也已经开通，涵盖了会议中心、购物中心、高铁站、地铁站、商务办公楼、住宅等区域，共有 10 台无人公交提供服务，运营时段集中在周一至周五的早中晚高峰，高峰时段平均 5 分钟一班车。其中，Robobus Q1 总长度为 3.4 公里，平均每天每车提供 58 次订单服务，日均客流量 116.15 人次，半年以来总行驶里程超 15000km，超 11000 人次乘车体验；Q2 主要连接商业区、办公区和长三角研发社区启动区，路线总长为 4.6 公里；Q4 连接高铁站，住宅区，苏州大学实验学校，吾悦广场，大湾地铁站，以及主要写字楼如紫光大厦，江南大厦等，路线总长 7.3 公里。此外，轻舟智航计划将在苏州高铁新城新增 4 条 Robobus 线路，目标覆盖高铁新城 9.8 平方公里及周边部分区域，解决数万居民“最后一公里”的难题。



图 32 苏州高铁新城 Robobus Q1



图 33 苏州高铁新城 Robobus Q2、Q4

18. 深圳坪山自动驾驶公交——常规公交

2021 年 1 月，深圳坪山区推出了全国首张无人公交月卡，持有月卡的市民可乘坐深圳首条微循环无人公交线路进行日常通勤。在深圳坪山站附近有通勤需求的市民均可报名“早鸟计划”，免费申领月卡，通过手机上查看下一趟小巴的当前位置和预估到达时间，凭小程

序扫码上车。该无人公交线路是深圳首条微循环无人公交线路，线路总长约 5 公里，沿途设置了 10 个站点，贯穿了深圳坪山站周边居民区、学校、剧院、公园和办公区等核心地点，由自动驾驶公司“轻舟智航”提供服务，采用轻舟无人小巴车型“龙舟 ONE”，设有 9 个乘客位和 1 个驾驶位，但坐在驾驶位上的不是司机，而是监控车辆正常运转的安全员。龙舟 ONE 为纯电动新能源车辆，可实现车身周围 360 度无盲区感知，前方最远感应距离超过 200 米，车身长度约为 5.9 米，车速为每小时 20-50 公里，除了具备行人车辆避让、自动变道、自动转向、红绿灯识别等基本功能，还能应对各类城市复杂交通场景，例如穿行人车混杂的路口、后车加塞、鬼探头等。



图 34 深圳坪山自动驾驶公交

（四）案例小结

综上所述，公交自动驾驶示范应用以技术测试验证为主，尚未开展面向实际运营的示范应用。截至 2021 年 8 月，我国开展城市公交自动驾驶示范应用的城市主要有郑州、深圳、广州、长沙、重庆（永

川)、沧州等，车辆总规模超过 100 辆，主要特点如下：一是大多由地方政府和科技企业/车企主导建设和运行，交通运输管理部门和公交企业参与程度较低；二是示范应用场景多为封闭园区内的接驳/微循环公交线路，或交通流量较小、运行环境较为单一的远郊区域开放/半开放道路场景下的常规公交线路；三是以阶段性道路测试和观摩体验为主，常态化运行的线路较少。

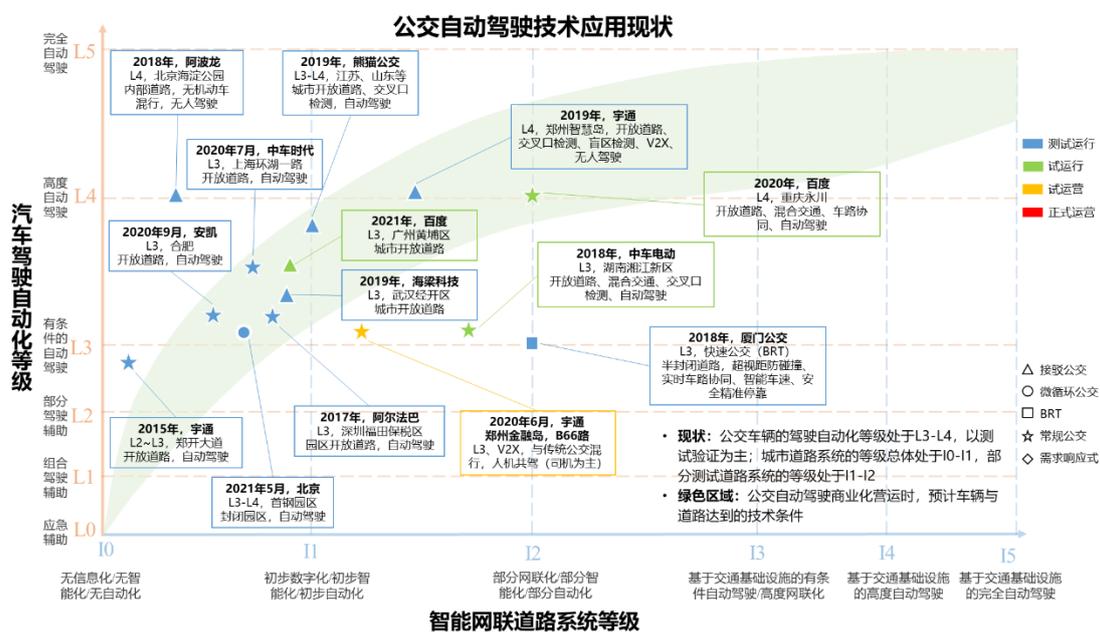


图 35 公交自动驾驶应用示范现状

八、出租自动驾驶典型试点示范案例

自动驾驶出租车即 Robotaxi，是使用自动驾驶技术代替人工驾驶员进行驾驶行为的出租车服务。国外最早开展自动驾驶出租研发的企业为 Google，2009 年成立无人驾驶汽车计划，经过 7 年研发，2018 年底正式推出面向自动驾驶网约车的 Waymo One 应用。我国最早开展自动驾驶出租探索的企业为百度，2013 年启动百度无人车项目，2020 年正式落地应用。经过数年发展，由于自动驾驶技术在成本、安全、环保方面的优势，吸引了大量科技企业、车企开展自动驾驶出租研发及应用，进一步推动了我国自动驾驶出租示范应用工作的开展。据不完全统计，我国开展出租自动驾驶示范应用的城市超过 15 座，车辆规模超过 700 辆²。

（一）国外 Robotaxi

当前，无人驾驶出租车商业应用已在美日欧等国取得了较大进展。多国已允许自动驾驶载人、无安全员上路，Robotaxi 的运营范围正在逐步扩大。

讽刺的是，头部的自动驾驶科技巨头，包括 Waymo、Cruise、Argo 和 Aurora 在内，都对 Robo-taxi 市场情有独钟。眼下，Waymo One 已经在亚利桑那落地，而安波福则选择赌城，通用则选择旧金山。

1. 美国亚利桑那州

美国亚利桑那州最早允许开放 Robotaxi 载人运输，Waymo 于 2018 年开始向早期用户免费开放此项服务。在加州，自动驾驶车辆获

² 百度约 300 辆，文远知行约 150 辆，小马智行约 150 辆，商汤约 20 辆，东风约 60 辆，滴滴约 40 辆。

得加州 DMV (Department of Motor Vehicles 机动车辆管理局) 的部署许可证和 CPUC (California Public Utilities Commission 加州公共事务委员会) 颁发的载客运输两种许可后, 将被允许载客服务, 但不能收取费用。目前, Waymo、Cruise、Pony.ai、AutoX 等自动驾驶企业已获得相关许可。与此同时, 随着示范运营覆盖范围逐步扩大, Robotaxi 服务逐渐被当地民众所接受。Waymo 的 Robotaxi 运营范围已经从凤凰城扩展到加州南湾, 累计服务超过 10 万人次。

2. 美国加利福尼亚

加州是全球首个为无人驾驶汽车制定法规的地区, 只要拿到当地的路测牌照便可进行测试。截至 2020 年 6 月, 经加州车管局 (CADMV) 许可进行道路测试的自动驾驶公司共有 66 家。但想要在加州进行 RoboTaxi 服务, 还需要经过加利福尼亚公用事业委员会 (CPUC) 的许可, 才能参与到“配备安全驾驶员的自动驾驶汽车乘客服务项目”中来。CPUC 的项目与 CADMV 开具的路测许可并不相同, 后者仅仅是允许企业的自动驾驶车辆在开放道路上进行测试, 且需配备安全员。但想要参加 CPUC 的项目首先就需要持有路测许可。目前, 共有 7 家公司获准在加州进行 RoboTaxi 服务, 分别是 Zoox、AutoX、小马智行、Waymo、Aurora、Cruise 以及 Voyage。

根据加州 DMV 收到的 60 份年度“脱离”报告汇总, 已获得加州自动驾驶路测牌照 (需配备安全员) 的自动驾驶公司及其测试车辆在 2019 年度 (2018 年 12 月 1 日至 2019 年 11 月 30 日) 累计在自动驾驶模式下测试的里程超过了 288 万英里, 比上一年增加超过 80 万英

里。其中，自动驾驶鼻祖 Waymo 测试里程遥遥领先，超过 145 万英里，占据总测试总里程的半壁江山。排名第二的通用汽车旗下的 Cruise 测试里程达到 83.1 万英里，占据总测试里程的近 29%。两家公司的测试里程占据了总测试里程的约 80%。小马智行、百度以及 Nuro 测试里程分别达到 17.48 万英里、10.8 万英里和近 6.9 万英里。这五家公司的累计测试里程占据了总测试里程的约 92%。排名前十的公司累计测试里程则占据了总测试里程的 97.44%。其中，根据 CPUC 的数据，Waymo 在加州的营运车辆共有 78 辆，从 2019 年 11 月到 2020 年 1 月的三个月时间中共完成服务 17939 单，运营里程达到 24 万英里；2020 年 1 月至 4 月，Zoox 共有 5 台车在加州地区进行了 52.85 英里的载客服务，服务人数 23 人，共服务 14 单。

2. 美国拉斯维加斯

安波福公司是第一家推出自动驾驶商业化运营开发的技术公司，于 2018 年 5 月率先在拉斯维加斯推出面向公众的自动驾驶网约车服务。安波福在拉斯维加斯的自动驾驶网约车的服务范围已覆盖克拉克郡及拉斯维加斯市内的 1600 多个站点，包括车水马龙的娱乐场所、拉斯维加斯会展中心及市政厅周边站点。目前，安波福正在继续开发其自动驾驶汽车的覆盖范围，以增加更多的服务站点，覆盖更广泛的区域，服务更广大的客户，并探索更多种的应用模式。

（二）国内 Robotaxi

1. 北京城市副中心

2021 年 8 月 26 日，北京城市副中心自动驾驶启动仪式在通州区

举行，标志着百度 Apollo 自动驾驶出行服务平台“萝卜快跑”正式落地北京通州。百度 Apollo 作为首批获得通州区自动驾驶道路载人测试牌照的企业，可以在区域内 26 条共计 50 多公里的公开道路开展自动驾驶测试运营。运营区域内共投放自动驾驶车辆 6 辆，设立 22 个站点，每天可接待超过 100 车次用户，车上均设有安全员。首批开放的 22 个站点覆盖了幼儿园、小学、社区、超市、行政办公区、公交站点等，实现涵盖行政办公区、大运河森林公园、副中心规划馆、地铁站等区域自动驾驶车辆摆渡接驳服务。周边居民可以在百度地图上点击打车“自动驾驶”或使用百度“萝卜快跑”软件使用。

2. 北京首钢园区

2021 年 5 月 2 日，百度自动驾驶出行服务平台在北京首钢园区正式对公众开放全无人驾驶出行服务，投放自动驾驶车辆 10 辆，并同时启动商业化收费测试运营，可为用户提供自由互达呼单模式及环线模式，出行路线包括首钢园区场馆区、工作区、停车场、咖啡厅、酒店等，可满足用户在园区的休闲、办公出行需求。自 5 月份以来，首钢园区百度无人车累计载客超 5000 人次，累计出行总里程超 11850 公里，实现常态化商业运营服务。



图 36 百度萝卜快跑 Robotaxi

3. 北京亦庄经开区

2021 年 4 月，北京市设立全国首个智能网联汽车政策先行区，推动开展自动驾驶车辆的高速测试（京台高速 10 公里测试范围）、无人化测试和商业化运营，并于 11 月发布了《北京市智能网联汽车政策先行区自动驾驶出行服务商业化试点管理实施细则（试行）》，正式开放国内首个自动驾驶出行服务商业化试点。目前，北京市自动驾驶出行服务商业化试点区域仅限北京亦庄约 60 平方公里范围限定区域内，总里程约 322 公里开放道路，拿到许可的企业在此区域内约有 100 辆无人车的运营规模。

北京亦庄自动驾驶载人载物车测试将分阶段逐步推进实施。第一阶段是，当同系统、同型号、同传感器等一批符合三同原则的自动驾驶车辆达到 10 万公里测试里程时，可搭载本企业劳动合同、劳务合同的人员，对自动驾驶技术的再一次验证。通过验证车辆人员乘坐的感观感受体验，助力自动驾驶企业调教自动驾驶系统，使车辆更加人

性化、更加舒适；第二阶段是，当符合三同原则的一批自动驾驶车辆达到 50 万公里测试里程时，可向市民进行招募自动驾驶志愿者，乘坐自动驾驶车辆进行体验。

目前，百度、小马智行、丰田等多家企业均投入了大量资源在经开区开展自动驾驶道路测试工作，截至目前，经开区自动驾驶车辆道路测试里程超过五十万公里，无交通事故发生。其中百度投放自动驾驶车辆 50 辆，设置站点超过 400 个，每天订单数超过 90 单。

4. 上海嘉定区

2021 年 9 月 12 日，百度 Apollo 在上海正式启动自动驾驶示范应用，可以通过下载“萝卜快跑”，在星期一至星期日的 7:00—23:00 体验自动驾驶出行服务。在上海市嘉定区安亭区域范围内，已规划站点 100 个，覆盖 89 平方公里、217 公里的合规路网范围。安排示范应用车辆 30 辆，对已完成示范应用测试的范围内的办公区、住宅区、商业区、地铁站、酒店等核心区域站点提供大众用户需求的高品质的服务。百度 Apollo 在上海开放的示范应用路线将分阶段、有序覆盖 150 个试乘站点，可以实现公共交通接驳、日常通勤、商务休闲等出行服务。

5. 广州黄埔区

2019 年 11 月，文远知行在广州市启动中国首个 Robotaxi 全开发运营服务，已投放 100 台自动驾驶出租车，覆盖广州市黄埔区 144.65 平方公里的核心城市开放道路，上下车点设置超过 200 个，运营时间为周一到周日的 9: 00am-18: 00pm。2020 年 6 月，通过与高德开展合作，文远知行 Robotaxi 上线高德打车平台，推出中国首例由聚合打

车平台与自动驾驶出行企业联合推出的全对外开放 Robotaxi 服务。



图 37 文远知行 Robotaxi

2021 年 7 月 17 日，百度 Apollo 共享无人车在广州正式面向公众全面开放，投放 Apollo Robotaxi 共计 94 台，上下车站点达到 237 个，且数量仍在持续增长，是目前广州开放站点数量最多的自动驾驶体验服务，行驶路线途经学校、医院、公园、酒店、办公场所等各种场景，运营时间从 9:30 持续至夜间 23:00，密集的站点设置可以支持用户便捷使用 Robotaxi，满足出行需求，日订单量超过 400 单。用户可通过百度地图、Apollo Go App 在广州黄埔科学城区域的 200 多个开放站点免费体验到无人车。

6. 广州南沙区

2018 年 4 月，南沙在全省率先发布《关于智能网联汽车道测试有关工作的指导意见（试行）》，并陆续出台相关扶持办法，支持企业开展多种技术路线的自动驾驶远程测试、自动驾驶汽车商业化试点。截止到 2020 年底，南沙区累计开放测试道路总里程达 90.7 公里。

2021年3月，南沙区与广州小马智行科技有限公司、中科智城（广州）信息科技有限公司三方共同签订框架协议，共同推动自动驾驶车端感知与“城市大脑”融合应用，计划全域开放智能网联汽车测试道路，并在庆盛区块打造占地475亩的自动驾驶测试基地，积极推动智能网联汽车道路测试先行试点区建设。根据协议，南沙区政府将支持建设高级别自动驾驶的5G示范路段、车端感知系统，通过“城市大脑”平台汇聚小马智行、中科智城采集的车、路、人等相关数据。小马智行将提供自动驾驶车端感知数据，为城市交通组织和精细化管理提供决策依据。中科智城将利用实时全量的城市数据资源全局优化城市公共资源，建设保障智慧城市正常运行的“数据联动中心”与“业务指挥中心”。目前，小马智行已在南沙辖区内的路测里程超过250万公里。



图 38 小马智行自动驾驶车队

7. 深圳福田区

2021年7月19日，深圳市福田区与自动驾驶公司元戎启行宣布正式为公众提供 RoboTaxi（自动驾驶汽车）载人应用示范服务。即日起，深圳市民可通过微信公众号“元戎启行 DeepRoute”与微信小程序“元启行”体验 RoboTaxi 出行服务。目前，元戎启行在深圳福田区部署了 20 辆 RoboTaxi，服务范围几乎覆盖了整个福田区，包括深圳核心 CBD 在内的近百个站点，总运营路段长达 200 余公里。RoboTaxi 采用了最新一代软硬件系统，能够对数百米内的各种交通参与者实现精准识别，根据实时路况进行高效的行驶规划与决策，拥有多传感器融合、高效推理计算、动态障碍物行为预测、自动避障、5G 远程监管等数十项安全保障能力。即便在夜晚和暴雨等条件下也能提供更加安全可靠的自动驾驶服务。



图 39 元戎启行 RoboTaxi

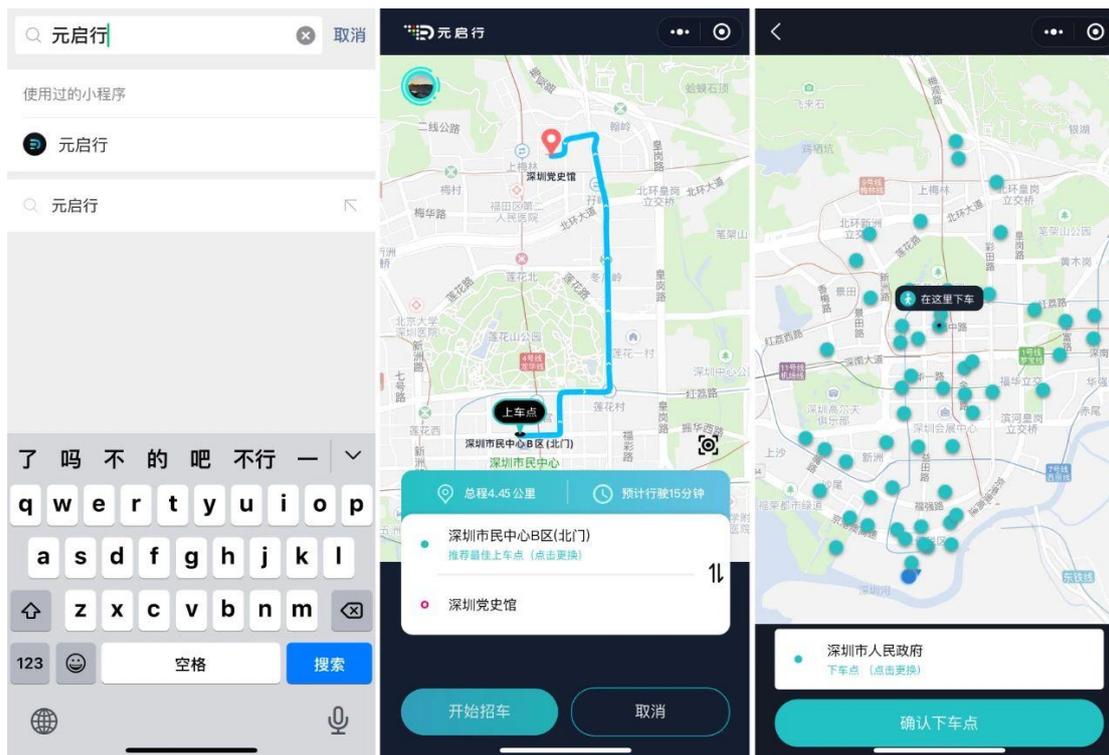


图 40 “元启行”小程序

8. 长沙湘江新区

2020年4月19日，百度 Robotaxi 上线百度地图及百度 APP 智能小程序 Dutaxi，向长沙市民全面开放试乘服务。这意味着在相关法律法规指导下，百度率先推动 Robotaxi 在湖南湘江新区进入常态化的测试试乘阶段。目前，长沙 Robotaxi 运营时段为周一至周日 09:20-16:40（节假日除外），Robotaxi 的开放运营范围约 130 平方公里、135 公里开放道路，行车路线覆盖长沙当地的居民区、商业休闲区及工业园区等实用生活场景。目前百度共计投放 Robotaxi 共计 30 辆，设置站点 164 个，日订单量超过 100 单。在 Robotaxi 运营范围内，长沙用户打开百度地图进入打车服务选择“自动驾驶”或在百度 APP 搜索“Dutaxi”，均可体验自动驾驶出行服务。通过选择推荐的上下车站点并完善身份信息后，即可发单呼叫无人车。

9. 河北沧州

2020年8月21日，百度在沧州开放 Apollo Go 自动驾驶出租车服务，投放 Robotaxi 共计 30 辆。沧州市民通过百度地图，即可一键呼叫免费搭乘体验。百度此次在沧州开启的 Apollo Go Robotaxi 服务，由 Apollo 和生态伙伴云图科技联合运营。沧州市城市测试道路总里程达到 229 公里，自动驾驶行车路线将覆盖高铁站、学校、星级酒店、博物馆、产业园等沧州核心区域，首批开放的上下车乘车站点共计 55 个，目前已累计增加到 190 个，日订单量超过 100 单。值得一提的是，Apollo 首次尝试将 Robotaxi 服务深入到高铁站、星级酒店等主城公共区域之间的网约车通行。

（三）案例小结

综上所述，出租自动驾驶示范应用发展较快，部分城市在运营方面有所突破。截至 2021 年 8 月，我国开展出租汽车自动驾驶示范应用的城市主要有北京、上海、广州、深圳、长沙等，车辆总规模超过 700 辆，参与的科技企业与车企超过 80 家，呈现以下特点：一是全部以科技企业主导建设和运营，主要包括百度、小马智行、滴滴沃芽、文远知行和元戎启行等头部企业，由于成本较高，且对企业的安全管控能力要求极高，传统出租企业对自动驾驶的接受度较低；二是相比于公交自动驾驶，出租自动驾驶在人才、资金等方面的资源投入更为密集，技术更新迭代速度更快，示范应用时空范围逐渐扩大，车辆运行基本处于自动驾驶状态。三是部分城市采用变通的方式在出租自动驾驶运营上有所突破，如广州采用对车辆进行自动驾驶改装的方式开

展出租自动驾驶收费运营。

九、问题与建议

（一）存在的主要问题

1.自动驾驶关键性法规仍停留在测试层面。

由于我国《道路交通安全法》、工信部《道路机动车辆生产企业及产品准入管理办法》、公安部《机动车登记规定》等法律法规对自动驾驶车辆产品准入、号牌申领等环节的限制，我国绝大部分自动驾驶示范应用尚处于测试阶段，主要以《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》以及地方道路测试相关政策等为依据开展测试工作，在产品准入、号牌申领、运营准入、安全监督、责任认定、保险业务、隐私与数据保护等自动驾驶生产运营类的关键性政策法规条款亟需突破。

2.自动驾驶技术应用对行业运营需求考虑不足。

在资本和产业的推动下，当前自动驾驶的技术发展以科技企业/车企为主，主要致力于解决车辆自动化驾驶能力的技术创新和提升，对交通运输管理部门和客运企业关注的自动化运营能力需求考虑不足，如运营安全、组织调度、技术保障、服务监督等。同时，自动驾驶示范应用基本由科技企业/车企主导，交通运输管理部门与客运企业多为被动参与，双方在项目策划、立项、实施的全流程缺乏协作沟通，面向运营的示范应用主题不突出，实际运营效果还有待观察。

3.自动驾驶运营准入制度与技术要求尚属空白。

一是产业与行业对于“运营”的理解不一致。产业普遍认为载人

运行即为运营，行业需要对安全、运营、服务等方面进行系统全面的测试与评估，满足技术要求并经过交通运输管理部门审批后才可以开展常态化的载客运营服务；二是尚未形成明确的自动驾驶运营准入制度。各地自动驾驶示范应用主要采用项目或试点形式开展收费运营，是在现行法律法规框架下临时性变通的措施；三是尚未形成明确的自动驾驶运营准入技术要求。当前的道路测试主要针对自动化驾驶能力的车辆性能和功能测试，缺乏针对自动化运营能力的自动驾驶系统集成测试和载客测试，交通运输管理部门无法评估自动驾驶技术是否达到运营要求。

4.自动驾驶运营对客运企业配套保障带来巨大挑战。

作为知识密集型技术的典型代表，自动驾驶技术的应用将引起公交、出租等劳动密集型企业管理制度、人力资源、运营服务、安全监管等方面的巨大变革，对企业的车辆调度管理、维修保养、驾驶员/安全员技能、企业运营管理平台建设等提出更高要求，对企业的自动驾驶运营保障体系带来巨大挑战。当前，传统客运企业尚未考虑自动驾驶技术应用对运营各方面的影响，也未研究过与自动驾驶运营相适应的配套保障体系与措施，还不具备自动驾驶运营服务能力。

（二）下一步工作建议

1.组织开展面向运营的自动驾驶关键政策储备研究。

在工信部产品准入（车型公告）、公安部上路许可（号牌申领）等限制自动驾驶运营关键环节法律法规积极尝试突破的同时，创新探索城市客运自动驾驶运营方面的新政策，开展自动驾驶运营准入、安

全监督、责任认定、保险业务、隐私与数据保护等生产运营类关键性政策法规的储备性研究，明确相关政策法规的出台路径，以应对自动驾驶技术对城市客运行业的冲击与挑战。

2.加快开展面向运营的城市客运自动驾驶需求分析。

针对城市客运自动驾驶运营管理，以交通运输管理部门和客运企业的运营管理需求为导向，组织开展面向自动化运营能力的城市客运自动驾驶需求研究，形成自动驾驶需求导则/技术指南类成果，统一产业与行业的需求和认识，指导科研生产单位与运输服务企业开展自动驾驶应用与实践。

3.加快构建自动驾驶运营准入制度体系与技术要求。

创新探索城市客运自动驾驶运营的实施路径，研究城市客运自动驾驶运营准入、审批程序、管理与监督机制等，明确自动驾驶运营准入基本条件，开展面向自动驾驶系统自动化运营能力的测试体系与测试方法研究，构建自动驾驶运营准入制度体系与技术标准体系，推动开展面向运营的自动驾驶准入测试工作。

4.鼓励开展自动驾驶运营配套保障体系创新研究。

鼓励行业、产业科研单位与城市客运企业联合开展自动驾驶运营配套保障体系的创新性储备研究，全面评估自动驾驶技术应用对城市客运企业运营管理的影响，从管理制度、职责分工、人力资源、运营服务、安全监管等方面，构建并提升自动驾驶的运营服务能力。

5.加强自动驾驶运营示范分类指导与评估。

一是加强对城市客运自动驾驶示范应用的分类指导，明确各类示

范应用所要达成的目标、效果与实施路径，探索自动驾驶运营管理新模式，提升自动化运营管理能力；二是总结提炼城市客运自动驾驶运营管理标准体系，为自动驾驶运营积累经验和奠定基础。三是研究构建自动驾驶示范应用效能评价体系，对先导示范效果进行跟踪评估。

附件：

交通运输部科学研究院 中国公路学会自动驾驶工作委员会

关于支持开展城市公交自动驾驶研究工作的函

各有关单位：

为响应《交通强国建设纲要》中加强自动驾驶研发的要求，落实《交通运输部关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》中关于稳步推动自动驾驶客运出行服务的部署，交通运输部科学研究院、中国公路学会自动驾驶工作委员会联合有关单位拟开展《城市公交自动驾驶系统运营服务需求导则》研究工作，以形成共识、明确面向运营服务需求的城市公交自动驾驶系统顶层设计，现已形成工作方案（见附件）。为凝聚全行业力量和智慧，研究组将广泛开展现状调研、需求征集、方案论证和推广等工作，请贵单位给予大力支持。

联系人：吴忠宜/管妮娜，联系电话：18611613921/13810772333

邮箱：wuzhy@motcats.ac.cn/gaunnina@chinahighway.com

传真：010-58278358

地址：北京市朝阳区惠新里 240 号（邮编：100029）

附件：工作方案

交通运输部科学研究院



中国公路学会自动驾驶工作委员会

（中国公路学会代章）



2021年6月14日