

北京市自动驾驶车辆 道路测试报告 (2020年)



编制

中关村智通智能交通产业联盟
北京智能车联产业创新中心

指导

北京市自动驾驶测试管理联席工作小组

征途漫漫，唯有奋斗

（一）国家持续出台重大政策，鼓励自动驾驶新业态发展

2020 年度，国家持续出台相关政策，鼓励自动驾驶汽车开展多形态场景试点及探索。2 月，国家发展和改革委员会牵头、国家 11 部委联合印发《智能汽车创新发展战略》，提出建设中国标准智能汽车的战略愿景，明确车路协同的自动驾驶发展路线，并确认 6 大主要任务和 5 项保障措施。为深入贯彻落实创新战略，国务院办公厅、工业和信息化部、公安部、交通运输部等多部门陆续出台多项指导文件。

11 月，国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划（2021—2035 年）》，提出到 2025 年，高度自动驾驶汽车实现限定区域和特定场景商业化应用，力争经过 15 年的持续努力，高度自动驾驶汽车能够实现规模化应用。12 月，交通运输部针对道路交通自动驾驶发展应用，制定发布《关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》，鼓励自动驾驶新业态发展，鼓励有条件的地方开展自动驾驶车辆共享、摆渡接驳、智能泊车等试运行及商业运营服务，支持开展便捷高效、安全有序的自动驾驶出行模式开发与应用，促进“出行即服务”产业综合发展，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。

北京市积极响应国家政策，北京智能车联产业创新中心积极参与，支撑北京市自动驾驶测试管理联席工作小组多次组织相关企业单位进行座谈，召开专家会征求行业专家意见，在征询相关部门建议后最终形成《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》第四版，并对外正式发布。此次政策升级，北京市在持续支持载人载物、编队行驶测试的基础之上，允许开放高速公路、无人化、特殊天气（夜间、雨、雾）等自动驾驶测试场景，加速自动驾驶商业化进程。

2021 年 1 月 11 日，工业和信息化部会同公安部、交通运输部组织行业机构、重点企业等开展《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》修订并形成征求意见稿，拟将自动驾驶汽车道路测试及示范应用范围拓宽覆盖高速公路，同时指导进一步打通各省市之间的测试互认工作。

北京依托道路测试成果设立自动驾驶政策先行区，积极对外输出自动驾驶工作经验，相关省市也对北京市自动驾驶相关标准法规充分认可并给予采纳使用。在 11 月举行的“世界智能网联汽车大会”上，北京市对外发布《智能网联汽车测试互认推进路线图》，进一步推进国内范围的测试互认工作。

（二）新基建创造新产业发展机遇，助力打造自动驾驶新高地

中国不只在传统基建领域硕果累累，在“新基建”领域同样有所作为。自动驾驶、无人技术在 2020 年的新冠疫情中大展拳脚，“新基建”更是创造新的产业发展机遇，自动驾驶和智慧交通产业作为“新基建”的重要组成部分将得到进一步发展。

从政策层面看，决策层对新基建谋篇布局已久。2018 年 12 月，中央经济工作会议首次提出新型基础设施的概念，指出要“加大制造业技术改造和设备更新，加快 5G 商用步伐，加强人工智



能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设”。2020 年新基建被提到新的高度：1 月 3 日的国务院常务会议，2 月 21 日、3 月 4 日的中央政治局会议均提到新基建；3 月 4 日，中央政治局常务会议再次强调“要加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设进度”。

当前自动驾驶领域长尾问题依然显著，单车智能仍然需要高昂成本方可全面落地。因此，车路协同的技术路线有望为自动驾驶发展提供新的思路，通过车路协同辅助单车智能有效解决部分长尾问题，提升单车智能的适用范围，有望加速推动自动驾驶的产业化进程。东南大学特聘教授、中国公路学会自动驾驶委员会主任冉斌表示，车路协同技术有望让大规模自动驾驶提前 10 至 15 年到来。

在北京版“新基建”方案《北京市加快新型基础设施建设行动方案（2020-2022 年）》中，针对自动驾驶明确提出三年内铺设网联道路 300 公里，建设超过 300 平方公里自动驾驶示范区的整体目标。依托国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区的良好发展基础，北京市推进建设全球首个网联云控式高级别自动驾驶示范区——北京市高级别自动驾驶示范区。智慧交通企业代表千方科技相关负责人表示，智能网联大势下，北京将有望成为全球瞩目的自动驾驶产业高地。

（三）产业格局初显，商业化过程仍需持续破冰

2020 年，自动驾驶产业在融资、无人化与商业落地等热点话题的围绕下快速向前，我国政府持续高度重视自动驾驶产业发展，频频出台政策，并投入大量支持资金。但是，目前自动驾驶产业仍处在发展初期，仍然有许多问题待逐个解决。2021 年，自动驾驶产业依然将在摸索中前进。

自动驾驶资本市场回暖，汽车智能化仍处于技术迭代期。据不完全统计，2020 年，自动驾驶公司融资堪称疯狂，融资事件已经接近 30 起，总金额已达到 1000 亿人民币。小马智行继续获得 2.67 亿美元的投资，已融资超过 10 亿美元，估值超过 53 亿美元，百度 Apollo 估值更是高达百亿美元。

我国汽车智能化多传感器融合、人工智能、高精度地图、信息安全、云计算等等相关领域的技术依然有待提升。汽车芯片产业链不完善，研发生产能力不够强，依然高度依赖进口。

道路智能化建设与自动驾驶汽车的协同发展，还需要经过规模化验证。从2018年6月至今，交通部、公安部、工信部联合发布若干个关于车联网的国家标准，最近交通部也在推进服务设施的标准工作。由此带来的新问题也浮现出来：在车路协同路线上，智能网联设施标准化如何实现整体推进。例如当下量产汽车已具备一定自动驾驶功能，与之对应的问题就是当前道路如何进行网联设施建设。随着车辆自动驾驶能力的提升，高速公路、国道、省道、乡道等道路应如何推进与自动驾驶车辆相匹配的网联设施建设。同时，在上述推进过程中还将面对网联与非网联、有人驾驶与无人驾驶的车辆混合交通模式常态化的阶段，要满足多种模式的不同需求，相应的道路设施建设工作又该如何推进。

探索新的测试技术和测试方法，以加速自动驾驶技术落地市场。仿真测试技术通常被认为是降低自动驾驶测试成本、提升测试效率的更好选择，它的优势以在短时间内实现在现实测试中难以达到的测试里程。但由于存在真值难以标定的问题，业界主要将仿真测试技术应用于研发环节。同时，仿真测试目前主要集中在测试自动驾驶决策系统，自动驾驶的感知系统、控制系统、人机交互系统、辅助环境系统以及各种自然环境下的整车适应性依然需要通过实车来进行测试。因此业内很多公司虽然具备相当强的仿真测试能力，但依然要进行大量实车测试，以确保测试评价的可靠性与完整性。

自动驾驶运营模式仍在探索，产业发展格局初显。2020年以来，多家企业表示已具备自动驾驶车辆的量产能力，扎根北京的测试企业纷纷开展并探索 Robotaxi 等新技术、新产品、新模式的运营测试。其中，戴姆勒、奥迪等不断尝试新的技术方案；小马智行等不断扩展适配车型；宝马等企业持续发力拓展高速公路等特定场景。同时，随着在京自动驾驶测试企业技术的逐步成熟，已呈现以北京为原点、全国范围逐步推广来开展自动驾驶适应性路测的产业发展格局。百度已经在北京、长沙、沧州开展 Robotaxi 测试或试运营；小马智行在广州开展 Robotaxi 试运营并取得自动驾驶卡车测试牌照；滴滴在上海上线 Robotaxi 服务；奥迪在无锡获得自动驾驶测试牌照。

自动驾驶相关标准及法规亟待健全。自动驾驶涉及的标准种类繁多，如交通类、出行安全类、通信类、测绘类等多种类型，需要各相关行业协同推进标准建设工作。由于自动驾驶技术依然处于不断迭代中，使得相关行业和国家标准及相应法规在当前阶段尚无法确定；而相关标准法规的无法落地，又制约了自动驾驶产业的快速发展。因此，为了保障自动驾驶实践工作的稳步推进，需要考虑建立科学实验豁免机制。

版权声明

本报告版权属于中关村智能交通产业联盟、北京智能车联产业创新中心，受法律保护。

如需转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中关村智能交通产业联盟、北京智能车联产业创新中心”。

违反上述声明者，将追究其相关法律责任。

目录

征途漫漫，唯有奋斗	i
一、概述	1
(一) 进一步开放政策，鼓励自动驾驶商业化探索	1
(二) 坚持标准引领	1
(三) 持续打造场 - 路 - 区三级测试环境	5
(四) 坚持测试技术与自动驾驶技术创新并举	5
(五) 道路测试稳固有序	6
(六) 示范运营工作持续推进	7
二、封闭试验场测试情况	9
(一) 测试概况	9
(二) 基础性能测试 - 感知性能测试	19
(三) 单项能力评估测试	23
(四) 基于自然驾驶环境的自动驾驶性能测试方法大幅提升测试效率	28
(五) 综合能力评估测试	29
三、开放道路测试情况	32
(一) 测试概况	32
(二) 试运营测试 - 载人测试	37
(三) 开放道路脱离情况分析	38
(四) 道路测试管理服务	43
四、总结及展望	45
北京智能车联产业创新中心介绍	46

一、概述

北京市作为全国科技创新中心，一直秉承“安全第一、有序创新”原则，积极推进自动驾驶技术科学试验与产业探索。2020年，北京市加大推进自动驾驶产业化落地的步伐，大力支持自动驾驶从“研发和道路测试阶段”向“特定区域的示范运行阶段”迈进。截至2020年底，北京市已累计开放4个区县自动驾驶测试道路，共计200条，699.58公里；开放2个自动驾驶测试区域，面积约140平方公里；开放全国首个车联网（智能网联汽车）和自动驾驶地图应用试点区域；累计为14家自动驾驶企业87辆车发放一般性道路测试牌照，测试里程超200万公里，测试过程安全可控，未对其他交通参与者产生不良影响；首次为百度43车发放了允许载人第三阶段以及5车发放了允许无人化第一阶段测试的审查意见。

（一）进一步开放政策，鼓励自动驾驶商业化探索

2020年11月13日，北京市自动驾驶测试管理联席工作小组根据自动驾驶产业发展的趋势，结合自动驾驶技术的演进情况，第四次升级更迭《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》：

- **延长测试有效期：**自动驾驶车辆道路测试联席意见有效期延长至2年。
- **新增多种专项技术测试，进一步满足应用场景需求：**继续支持编队行驶测试，同时新增特殊天气环境（夜间、雨、雾）、高速环境、无人化技术测试。
- **加大支持运营服务模式探索力度：**加大载人、载物测试支持力度；支持规模化的试运营探索，取消对测试车辆数的限制。

（二）坚持标准引领

在北京市自动驾驶测试管理联席工作小组的指导下，在北京市科委、中关村管委等单位的支持下，中关村智能交通产业联盟联合产业上中下游龙头企业、科研院所等，编制了北京自动驾驶车辆道路测试标准体系，并持续推进研制自动驾驶相关标准工作，解决产业发展中的瓶颈问题。产业联盟牵头并参与了累计22项国际、国家、行业、地方和团体标准的制定工作，其中3项标准被北京市认定为自动驾驶相关评价标准，1项入选工信部百项团标，4项被认定为“中关村标准”，并面向全国推广应用。

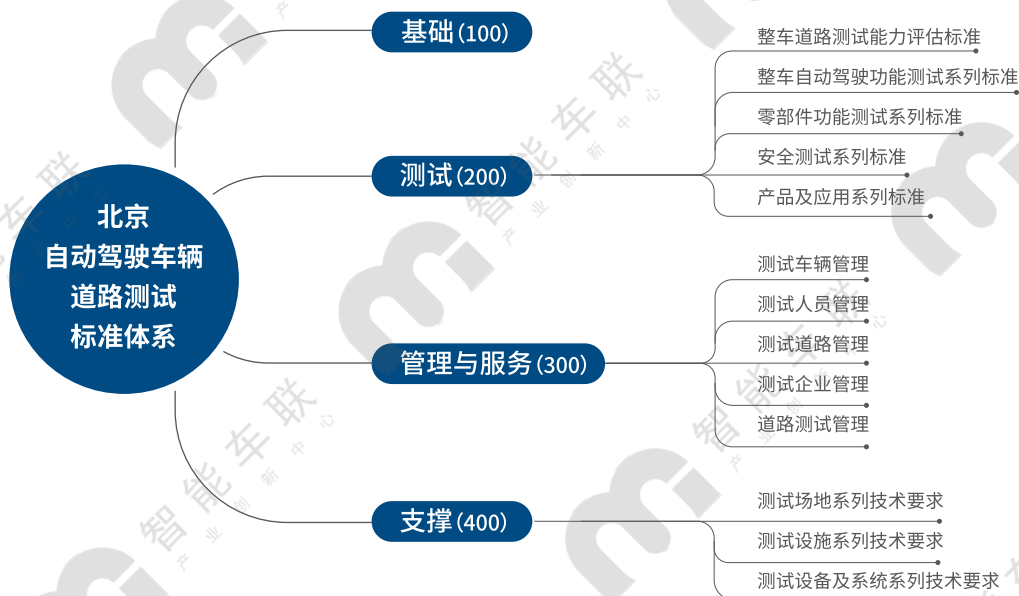


图1 北京自动驾驶车辆道路测试标准体系

北京智能车联产业创新中心作为北京市自动驾驶道路测试第三方服务机构，在北京市自动驾驶测试管理联席工作小组的指导下，积极推进北京市相关工作成果的标准化转化工作，作为全国汽车标准化技术委员会、全国智能运输系统标准化技术委员会和中国汽车工程学会等组织、机构的成员，依托自动驾驶封闭试验场测试及开放道路测试验证，牵头及参与发布团体标准4项，牵头行业标准1项，参与国际标准4项、国家标准2项、行业标准4项、地方标准1项。

在北京市自动驾驶测试管理联席工作小组的指导下，在北京市科委、中关村管委等单位的支持下，由北京智能车联产业创新中心组织，百度、宝马、小马智行、戴姆勒、沃芽科技、美团、北汽新能源、北汽福田、北京航迹科技、千方集团、北京航空航天大学、中国信息通讯研究院等20余家单位开展了系列标准研制与验证工作。为了保障测试技术与规范的严谨性与可行性，标准编制单位均对关键参数和数据进行了反复校验，其中百度联合北京智能车联产业创新中心开展了64827公里的无人化测试验证，充分确认了技术的可行性及测试方法和参数的可靠性。

- 增加雨雾和夜间等特殊环境测试、高速公路测试以及无人化专项测试内容，推进自动驾驶进入示范运行阶段，助力产业稳步落地。
- 规范自动驾驶车辆测试场景参数，加强测试场景的可追溯性；增加测试场景中的目标物，加强测试场景的真实性。
- 探究新的测试方法，研究虚拟仿真与实车测试结合的测试方法，并应用于各类专项技术测试中。
- 研究自动驾驶仿真测试场景集定义，推动场景库的建立，建立百万级的仿真测试场景集。
- 基于无人配送等市场需求，进一步规范服务型电动自动行驶轮式车测试方法及要求，整理形成12个项目、48个测试场景。

表 1 北京市标准制定完善情况

标准发布形式	序号	标准类别	标准编号	标准名称	公布日期	备注
团体标准	1	整车道路测试能力评估标准	T/CMAA 116-01—2018	自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法	2018/2/11, 2018/9/30 (修订版)	工信部百项团体标准、中关村标准、北京市采纳
	2	整车道路测试能力评估标准	T/CMAA 116-01—2020	自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法	2020.11.9	
	3	整车道路测试能力评估标准	T/CMAA 21001-2020	服务型电动自动行驶轮式车道路测试能力评估内容与方法	2020.8.18	
	4	产品及应用系列标准	T/CMAA 117—2018	服务型电动自动行驶轮式车技术要求	2018/9/30	中关村标准
	5	产品及应用系列标准	T/CMAA 118—2019	场(厂)内专用自动驾驶纯电动小型巴士技术规范	2019/5/24	
	6	测试设备及系统系列技术要求	T/CMAA 21002-2020	自动驾驶仿真测试场景集要求	2020.9.28	中关村标准
	7	测试设备及系统系列技术要求	T/CMAA 116-02—2018	自动驾驶车辆封闭试验场地技术要求	2018/2/11	中关村标准、北京市采纳
	8	测试设备及系统系列技术要求	T/CMAA 119—2019	自动驾驶车辆测试道路要求	2019/10/25	北京市采纳
	9	测试设备及系统系列技术要求	T/CMAA 121—2019	自动驾驶车辆模拟仿真测试平台技术要求	2019/10/15	北京市采纳
	10	测试设备及系统系列技术要求	T/CMAA 43001—2019	自动驾驶车辆道路测试数据采集要求	2020/2/10	
	11	测试车辆管理	T/CMAA 120—2019	自动驾驶车辆道路测试安全管理规范	2019/10/25	

表2 国际标准情况

标准发布形式	序号	标准编号	标准名称	公布日期
国际标准	1	ISO34501	Road Vehicles - Terms and Definitions of Test Scenarios for Automated Driving Systems	/
	2	ISO34502	Road Vehicles- Engineering Framework and Process of Scenario-based Safety Evaluation	/
	3	ISO34503	Road Vehicles - Taxonomy for Operational Design Domain for Automated Driving Systems	/
	4	ISO34504	Road Vehicles - Scenario Attributes and Categorization	/

表3 国家标准制定情况

标准发布形式	序号	标准编号	标准名称	公布日期
国家标准	1	征求意见阶段	《智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求》	/
	2	预研报告阶段	《智能网联汽车 自动驾驶功能道路试验方法及要求》	/

表4 行业标准制定情况

标准发布形式	序号	标准编号	标准名称	公布日期
行业标准	1	YD/T 3708-2020	基于LTE的车联网无线通信技术网络层测试方法	2020/4/16
	2	YD/T 3710-2020	基于LTE的车联网无线通信技术消息层测试方法	2020/4/16
	3	编制中	面向C-V2X的MEC业务服务能力开放和接口技术要求	/
	4	编制中	面向LTE-V2X的多接入边缘计算业务架构和总体需求	/

表 5 参与地方标准制定情况

标准发布形式	序号	标准编号	标准名称	公布日期
地方标准	1	立项阶段	《自动驾驶高精地图特征定位数据技术规范》	/

（三）持续打造场 - 路 - 区三级测试环境

2020 年度，持续推进自动驾驶车辆测试的“场（封闭试验场）—路（开放测试道路）—区（开放测试区域）”三级测试环境的建设与开放。

- 扩大并丰富封闭试验环境供给，打造面向产业发展服务的自动驾驶封闭测试基地，支持更多场景测试需求。

截至 2020 年底，北京共认定封闭试验场地 4 个，仿真测试平台 1 个，已充分满足自动驾驶企业测试与研发需求，其中国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地（以下简称亦庄基地）通过交通运输部自动驾驶封闭场地测试基地认定，可面向全国提供自动驾驶和智能网联的第三方测试服务，可提供车路协同场景、城市 T1-T5 场景及高速场景测试服务。

- 扩增测试道路与测试区域，支持更多实际场景测试需求

截至 2020 年底，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，699.58 公里的测试道路。新增开放测试区 1 个，位于海淀区，覆盖面积约 100 平方公里，新增了 49 条，195.9 公里的自动驾驶测试道路。

（四）坚持测试技术与自动驾驶技术创新并举

自动驾驶技术呈现加速发展的状态，而传统的基于场景的测试一般是离散的，片断的，更适于自动驾驶功能性测试，比如交叉口左转等，不能完全适应自动驾驶技术的发展。因此北京市自动驾驶测试管理联席工作小组、北京市科委支持北京智能车联产业创新中心联合行业龙头企业，不断探索新测试技术与方法，将基于场景的测试提升到基于自然驾驶环境的测试。在测试中通过设定连续不间断的，且基于真实交通环境有挑战性的自然驾驶环境，不仅可更有效地测试自动驾驶的综合性能，并能有效实现加速测试，提升测试效率。

（五）道路测试稳固有序

截至 2020 年 12 月 31 日，有 14 家企业（包括 7 家互联网企业、6 家主机厂、1 家地图厂商）共计 87 辆车，参与北京市自动驾驶车辆一般性道路测试。

2020 年度，百度 43 车获批允许开展载人第三阶段测试、5 辆车获批开展无人化第一阶段测试，小马智行 5 车获批允许开展载人第一阶段测试，奥迪、戴姆勒等测试主体通过方案迭代不断提升技术水平，丰田持续推进旗下量产车型的相关测试工作，沃芽科技在更多的车辆平台开展测试，美团也在持续探索开放道路测试。截至 2020 年 12 月 31 日：

- 公开道路测试里程达 221.34 万公里，有效测试车辆数 73 辆；
- 无人化道路测试来自主驾驶位命令来源率为 0，有效测试车辆数 5 辆；
- 载人测试里程为 1021568 公里，运载社会志愿者超过 15006 人次。

（往年数据请参看《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2018 年-2019 年）》）。

表 6 北京市测试牌照发放与道路测试情况

测试主体名称	2018年-2020年	
	累计道路测试车辆数 (辆)	累计测试里程数 (公里)
北京百度网讯科技有限公司	57	2019230
上海蔚来汽车有限公司	2	3515
北京新能源汽车股份有限公司	1	235
戴姆勒大中华区投资有限公司	2	926
北京小马智行科技有限公司	7	163249
腾讯大地通途(北京)科技有限公司	1	4157
苏州滴滴旅行科技有限公司	2	1332
奥迪(中国)企业管理有限公司	2	1144
北京智行者科技有限公司	2	1403
重庆金康新能源汽车设计院有限公司	1	0
北京四维图新科技股份有限公司	1	1220
丰田汽车研发中心(中国)有限公司	4	15022
北京三快在线科技有限公司	1	464
北京沃芽科技有限公司	4	1540
合计	87	2213436

测试主体	2020年				2019年			2018年	
	通用技术测试车辆数 (辆)	载人测试车辆数 (辆)	无人化测试车辆数 (辆)	测试里程数 (公里)	通用技术测试车辆数 (辆)	载人测试车辆数 (辆)	测试里程数 (公里)	通用技术测试车辆数 (辆)	测试里程数 (公里)
百度	55	43 第三阶段	5 第一阶段	1125305	52	40	754038	45	139888
蔚来	0	/	/	0	1	/	1100	2	2415
北汽	0	/	/	0	0	/	0	1	235
戴姆勒	2	/	/	16	2	/	434	2	476
小马智行	5	5 第一阶段	/	41938	5	/	111179	2	10133
腾讯	0	/	/	0	1	/	3898	1	259
滴滴	0	/	/	0	2	/	1254	2	78
奥迪	2	/	/	194	1	/	869	1	81
智行者	0	/	/	0	2	/	1403	/	/
金康	0	/	/	0	1	/	0	/	/
四维图新	0	/	/	0	1	/	1220	/	/
丰田	4	/	/	3893	4	/	11129	/	/
三快	1	/	/	330	1	/	133	/	/
沃芽科技	4	/	/	1540	/	/	/	/	/
合计	73	48	5	1173215	73	40	886656	56	153565

(六) 示范运营工作持续推进

北京市在有条件的自动驾驶开放测试区以及封闭园区持续推进自动驾驶与车联网应用示范工作。其中，自动驾驶车辆载人道路测试作为开放测试区的重点应用示范场景在 2020 年得到深化落地。百度作为北京市 Robotaxi 场景应用的代表企业，于 2020 年 8 月开展载人第二阶段测试，即面向社会公众开展自动驾驶载人测试（北京市要求测试以科学试验为目的，不得从事运输经营活动），并于 2020 年 12 月，开展无人化第一阶段测试。截至 2020 年 12 月底，共有 15006 人次通过手机呼叫百度自动驾驶车辆，九成以上的用户表示未来愿意继续使用该服务。

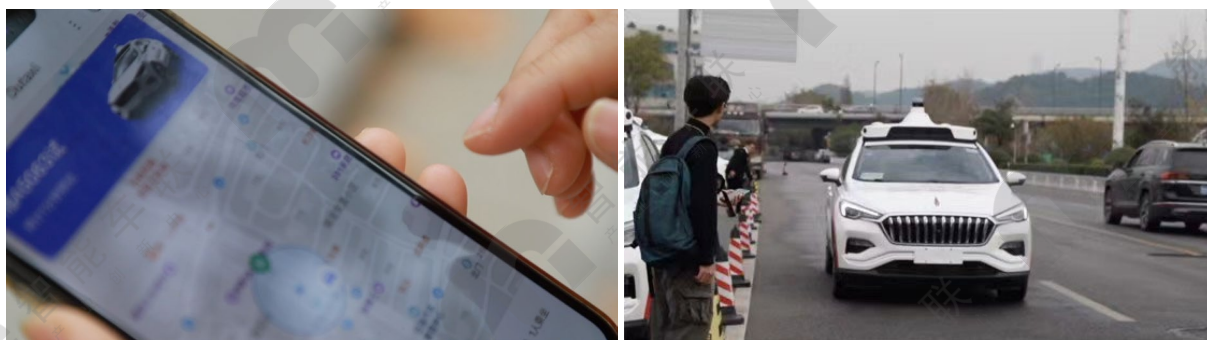


图 2 北京市载人测试

封闭园区方面，无人物流、无人配送、无人零售等商业模式得到进一步的探索。美团作为北京市无人配送和无人零售的代表企业，2020 年打造落地 MAISHOP AI 智慧门店，以“无人仓”+“无人车”的模式，实现从下单、分拣、出货、配送到交付的全流程智能化服务，打造全新的无人零售体验。2020 年 9 月初，美团在北京市智能网联汽车示范运行区（首钢园）开通全国首个常态化运营的无人配送门店，已销售千余订单，平均每单都能在 15 分钟内送达。



图 3 美团无人配送应用情况

二、封闭试验场测试情况

(一) 测试概况

2020 年度，封闭试验场为 20 余家国内外企业、科研院所、高等院校提供了测试服务，测试服务时长 2500 小时，封闭试验场内全年测试里程 5.44 万公里，累计测试里程 20 余万公里。

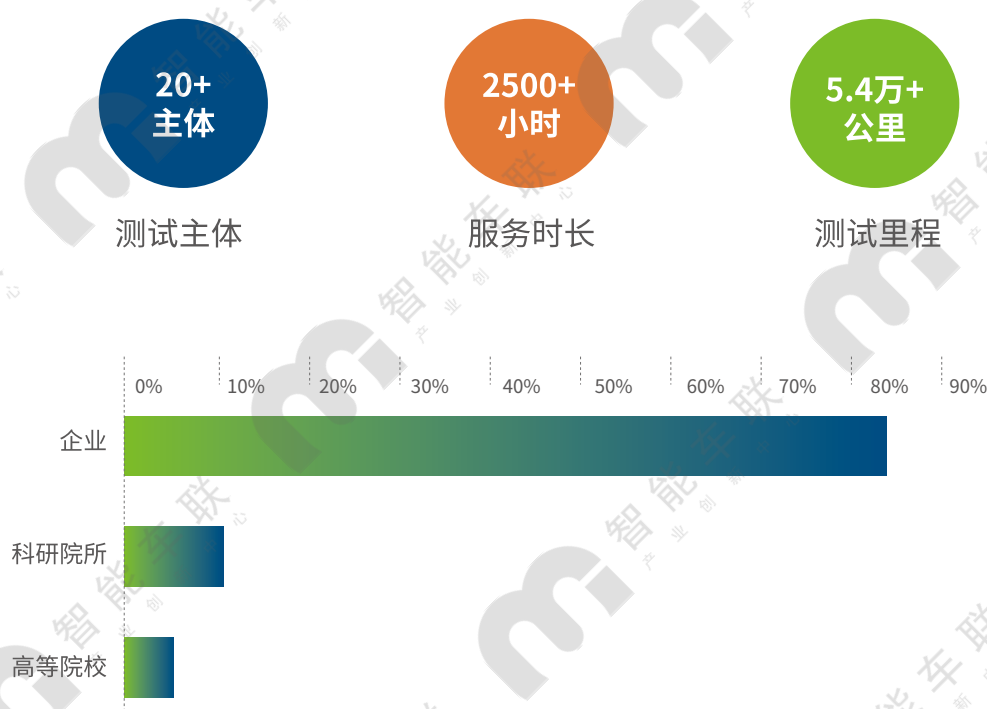


图 4 亦庄基地测试服务情况

封闭试验场测试为自动驾驶车辆进入开放道路测试前的预演，主要包括稳定性测试、自动驾驶道路测试的适应性测试、测试主体管理能力测试。稳定性测试通过不少于规定里程的自动驾驶系统运转，验证自动驾驶系统的可靠性、稳定性；适应性测试通过在一定里程数量的日常测试中随机布设以中低风险为主的常见城市交通场景，测试自动驾驶系统以及测试驾驶安全员对交通法规遵守程度、对交通安全的保障能力，并通过布设各类易于引发交通事故的场景，测试自动驾驶系统以及测试安全员对交通事故风险的预判与控制能力；管理能力测试分为日常管理能力测试和风险管理能力测试，日常管理能力测试针对测试主体为保障日常测试顺利进行而对车辆、测试安全员与测试工程师、测试流程等制定管理措施与流程的能力，风险管理能力测试针对测试主体风险控制、异常事件处理、应急处理以及与政策相关要求相符合的能力。

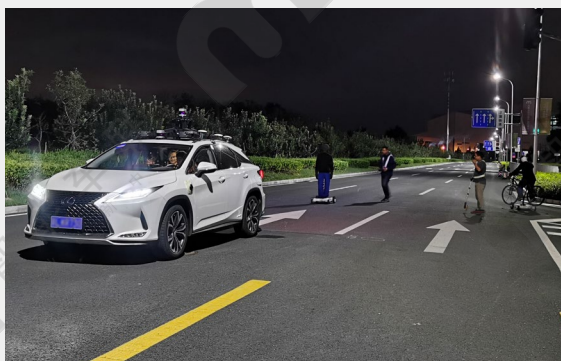
北京智能车联产业创新中心通过结构化测试，即在封闭试验场内有组织、有目标的测试方式来验证自动驾驶技术，保障自动驾驶产业安全推进。目前已积累超过 40000 种结构化测试的场景用例，让自动驾驶车辆在这些可控的场景进行测试，并且可以通过改变不同的变量，确保自动驾驶技术能够处理可能遇到的各种情况。北京智能车联产业创新中心将持续致力于打造多维度、全场景的测试、评估与服务能力体系。

2020 年 12 月，百度首次在亦庄基地内通过了无人化专项技术测试，由北京市自动驾驶测试管理联席工作小组向其颁发了首批 5 张无人化路测（第一阶段）通知书，这是北京市首次允许测试主体在公开道路进行无人化自动驾驶测试。无人化专项技术测试包含危险类场景、易发生脱离类场景、功能安全类场景、远程脱困类场景等，除了要求自动驾驶车辆能够处理典型的复杂、危险场景和开放道路测试中易发生脱离的场景，还要求具备完善的冗余机制和风险最小化机制（MRC），以保证车辆在遇到无法处理的场景时或发生故障的情况下做到最小化风险处理。



图 5 百度无人化测试

2020 年，除无人化测试外，亦庄基地内还开展了高速测试、夜间测试、雨天行驶测试、雾天行驶测试等专项技术测试，覆盖自动驾驶车辆在高速环境和特殊天气环境下的典型测试场景，对特殊天气下的车辆感知能力做出要求，且测试场景均可在封闭试验场内搭建。封闭试验场测试为北京市自动驾驶道路测试工作的开展提供有效支撑，为自动驾驶车辆走向商业化落地提供充分安全保障。



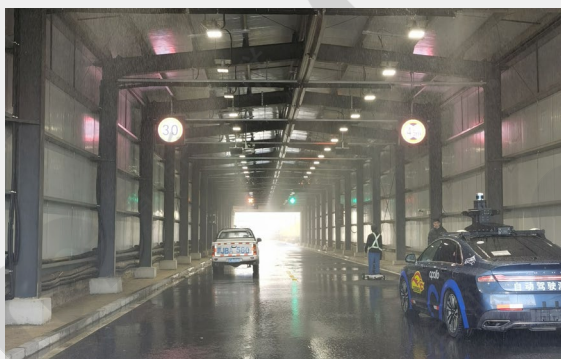
● 模拟真实城市道路 夜间光照环境

- # 夜间专项技术测试
- # 典型交通目标感知
- # 场景测试



● 模拟雾天环境下的 天气条件和能见度

- # 雾天专项技术测试
- # 感知能力测试
- # 多种能见度模拟



● 模拟雨天环境下的 天气条件和路面情况

- # 雨天专项技术测试
- # 感知能力测试
- # 支持模拟暴雨



● 高速工况下的 场景测试

- # 高速专项技术测试
- # 典型场景覆盖
- # 场景测试

图6 亦庄基地专项技术测试

2020年6月，推荐性国家标准《智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求》在亦庄基地开展了首次验证测试。北京智能车联产业创新中心作为测试承担方在基于标准测试用例要求和场地特点下制定试验验证方案，戴姆勒、宝马、北汽新能源三家企业提供试验车辆，该验证试验聚焦于验证标准场景选取和重要参数设置的合理性。本次验证测试的成功有效推进了标准制定进度，完善和提升了标准及质量。

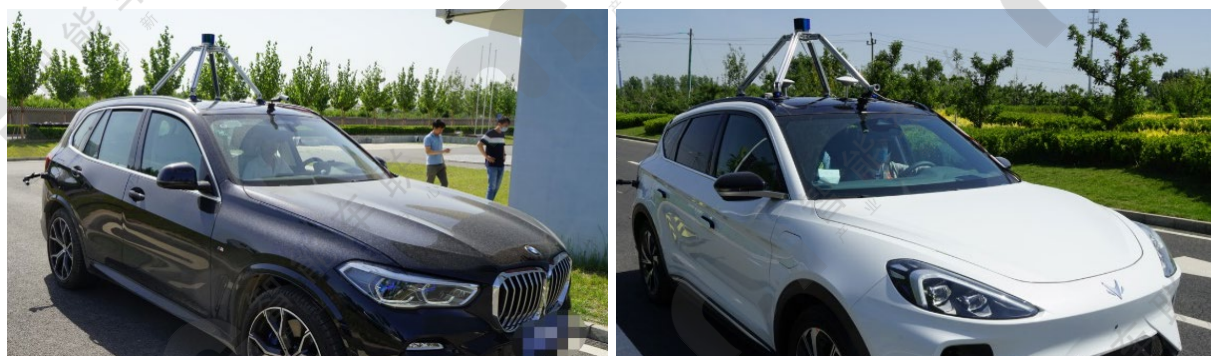


图7 亦庄基地国家标准验证

在北京市自动驾驶测试管理联席工作小组、中关村管委的支持下，亦庄基地持续开展“星火计划”，为企业、科研院所、高等院校提供优惠测试服务，同时增加了单元区域测试特惠服务，测试场地成本低至百元级。在北京市科委的指导下，推出“X计划”，组织北京市高校相关专业学生进入亦庄基地科研实习，每年向符合条件的高校科研项目提供两免一减专业测试服务，累计为相关单位提供了244小时的免费测试服务。截至2020年底，通过“星火计划”和“X计划”，北京智能车联产业创新中心为10余家企业、高校、科研团队提供了千余小时的优惠服务，节约研发资金达数千万元。

国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区

星火计划 & “X”计划

——暨北京市自动驾驶产业创新扶持计划

——暨北京市智能网联科研团队封闭测试支持计划

20套

免费的
自动驾驶能力评估服务

2500小时

特惠
封闭试验场服务

244小时

免费的
测试服务

千万元

节约
研发资金

图8 亦庄基地“星火计划”&“X计划”服务情况

“星火计划”还支持了科技部开展的“新能源汽车重点专项”测试，对于构建自动驾驶电动汽车测试场景数据库，建立自动驾驶电动汽车信息安全、功能安全、环境感知系统、决策规划系统、控制执行系统等系统级和整车级的测试评价方法，研究涵盖环境复杂度、任务复杂度、人工干预度和驾驶智能度等评价指标的自动驾驶电动汽车评价理论及体系等有重大意义。

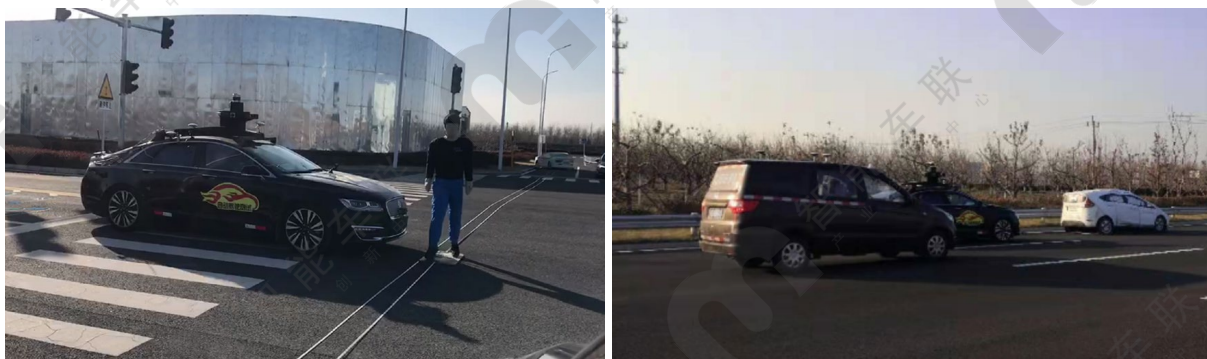


图9 科技部新能源汽车重点专项测试

新能源车型增多

2020年度，封闭试验场内的新能源车型占比达到80%，自动驾驶车辆依托的新能源车型数量逐年增多，电动化趋势明显，传统燃油车型占比减少。

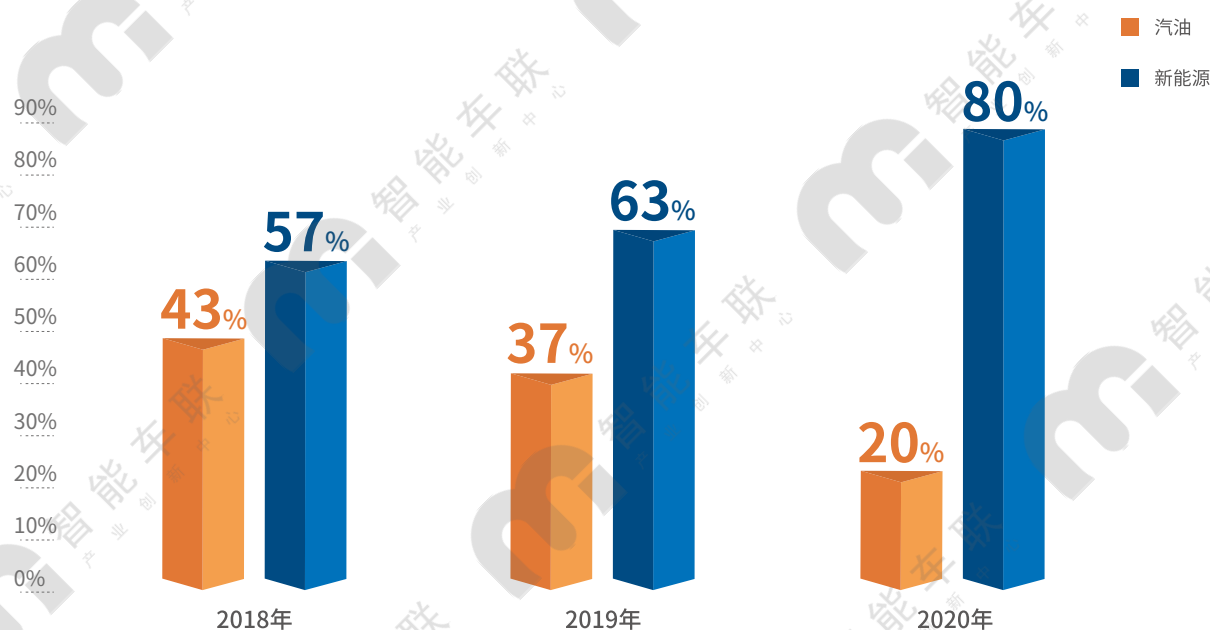


图10 封闭试验场内车辆燃料种类占比

新能源车型中又以国产新能源车型为主。国外自动驾驶公司也多选用混动或纯电车型。

表 7 2018 年 -2020 年封闭试验场内新能源车型

年份	纯电动	混合动力
2020	   	  
2019	    	 
2018	   	

表 8 部分国外自动驾驶公司车型情况

企业	车型	燃料种类
Waymo	 菲亚特Pacifica	混动
	 捷豹I-Pace	电动
Uber	 沃尔沃 XC90	混动
Cruise	 雪佛兰 Bolts	电动
Argo.ai	 福特 Fusion	混动
Voyage	 福特 Fusion	混动
ZOOX	定制车型	电动

自动驾驶依托的新能源车型增多主要原因有以下方面：从技术层面来看，新能源汽车以电力驱动的内在特性决定了其电气化程度较高，能够更好的适应车辆智能化、信息化的发展趋势；同时，相较于传统的底盘技术，线控底盘系统还具有轻量化、响应速度快、控制精度高、维护成本低的特点，可以满足自动驾驶技术的要求；自动驾驶与电动化的结合符合未来汽车电动化、智能化、网联化、共享化的发展趋势。

同时，2019 年出现的依托车型国产化趋势在新能源车型中更加明显。2020 年，进入封闭试验场测试的所有车型中，国产车型占比达到近 50%；所有新能源车型中，国产车型约占 80%，所有纯电动车型均为国产品牌。

2020 年，关键零部件国产化趋势依然明显，在封闭试验场内开展测试的自动驾驶方案中，采用国产激光雷达品牌的车型占到 71%，且线数多为 40 线及以下。

表 9 2020 年激光雷达品牌属性分析

品牌属性	国外品牌	国内品牌
品牌示例	Velodyne	禾赛
线数	32、64	40
方案占比	29%	71%

技术水平持续上升

2020 年在北京市持续开展相关测试的自动驾驶测试主体技术水平稳步上升。以下根据 2020 年百度、戴姆勒、奥迪、小马智行、沃芽科技、丰田、美团共 7 家测试主体的测试数据，从综合能力评估等级、综合能力评估通过率、单项能力评估通过率三个指标进行分析。

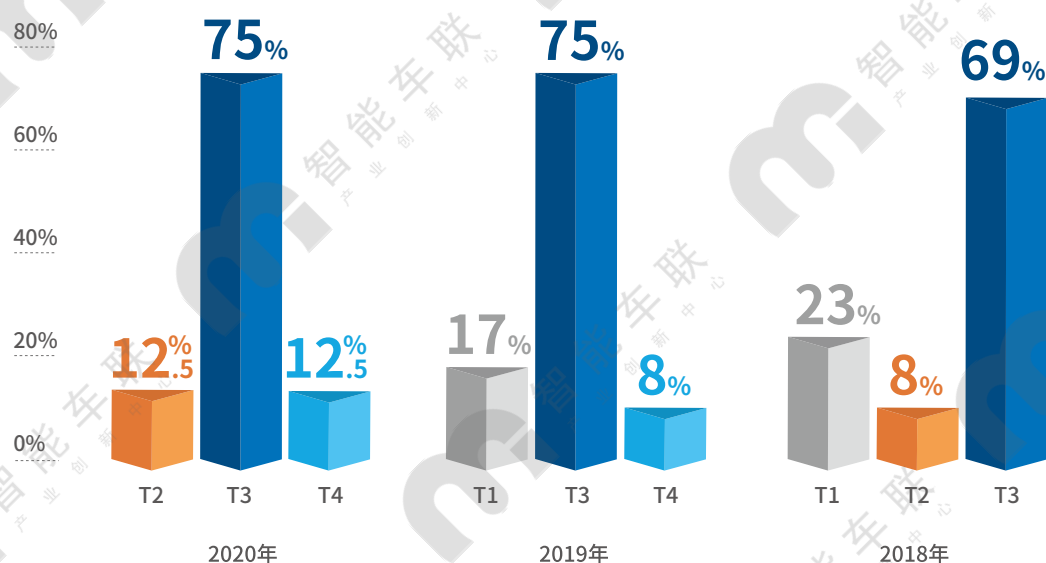


图 11 综合能力评估等级占比情况

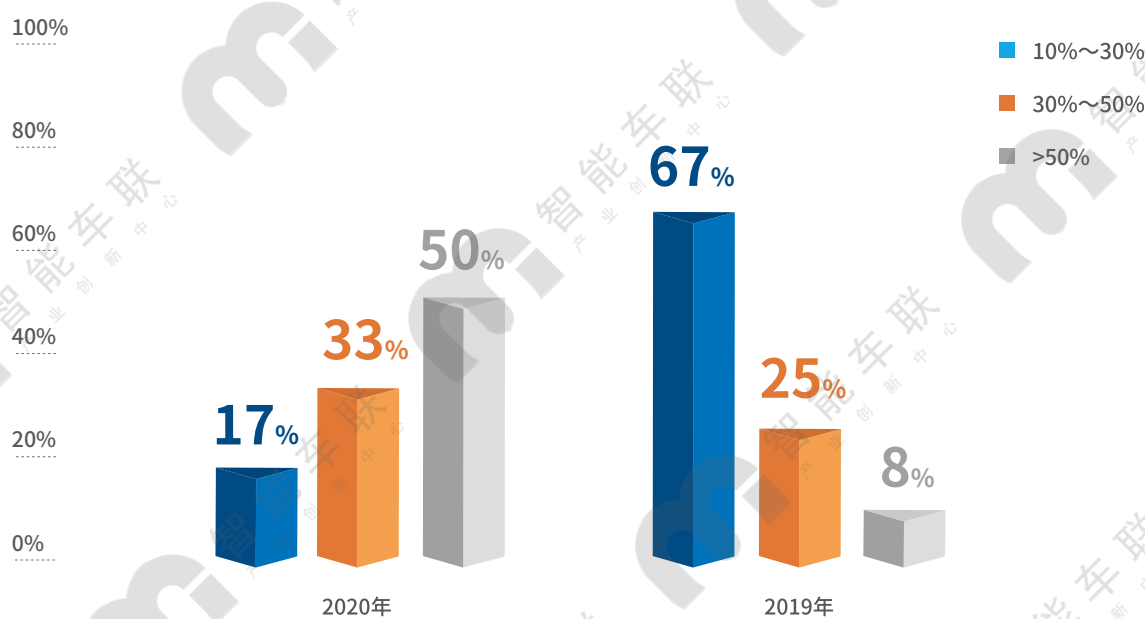


图 12 综合能力评估通过率

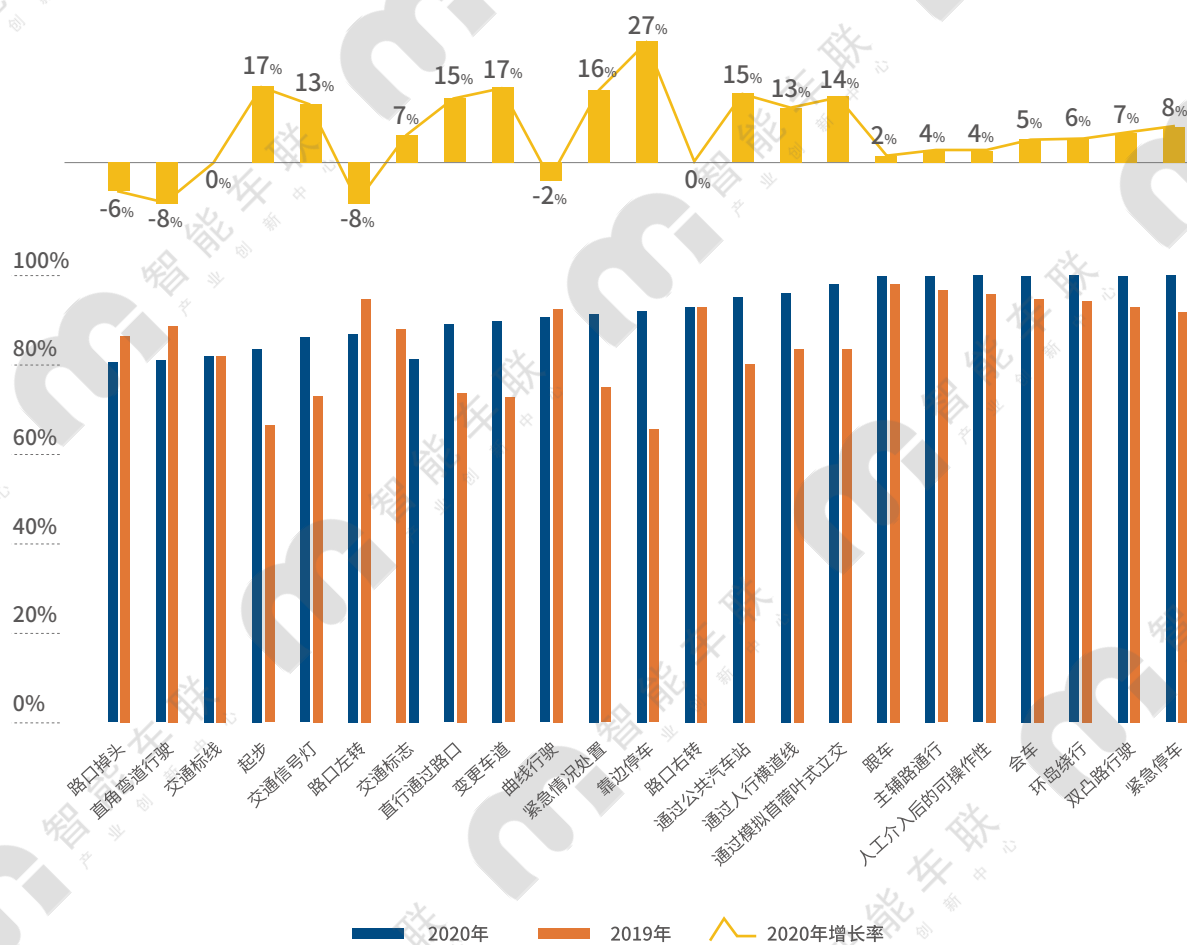


图 13 单项能力评估通过率

综合能力评估等级提高直接反映了测试主体能够通过难度和复杂度更高的场景测试；综合能力评估通过率提高反映了自动驾驶车辆在连续执行动态驾驶任务的能力、稳定性上的提升；单项能力评估通过率情况优于 2019 年度，自动驾驶车辆对封闭试验场内的典型交通场景解决方案有一定优化。2020 年，没有测试主体申请 T1 级别难度的综合能力评估，百度通过了 T4 级别综合能力评估测试。

整体而言，北京市封闭试验场内自动驾驶车辆技术水平优于其在 2019 年度的技术水平。

积极探索新测试技术

当前自动驾驶实车测试亟待解决的问题包括测试成本高，极端场景和危险工况测试难、危险性大等。虚拟仿真测试系统搭建的虚拟测试环境和车辆模型存在可信度不一的问题，同时只能针对决策规划系统进行测试，无法完全取代实车测试。从北京市封闭试验场内自动驾驶车辆碰撞原因分析来看，仅规划错误引起的问题（约占 10%）可以由仿真平台来避免，其他问题均无法由仿真测试来避免。

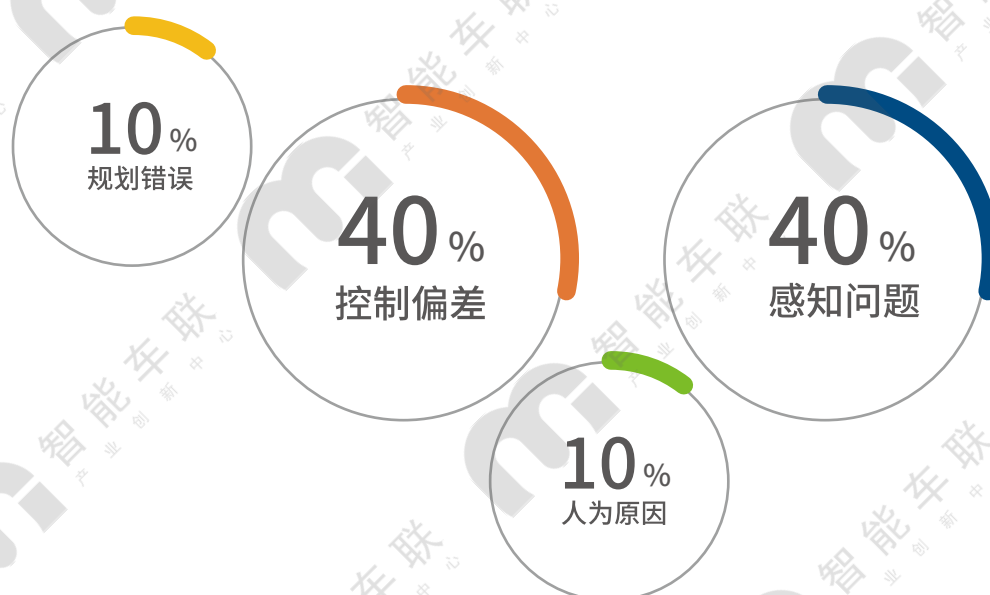


图 14 封闭试验场内实车测试碰撞原因分析

传统封闭试验场测试场景搭建依赖于场地建设条件和测试设备功能，测试成本高、局限性大。此外，自动驾驶车辆搭载了较多昂贵的传感器，很多价值较高的边缘类、危险类测试场景即使封闭试验场具备搭建条件测试，也仍然存在较高的测试风险，无法满足常态化的测试需求。

为了更好地适应自动驾驶技术发展，北京智能车联产业创新中心积极推动新测试技术的研发，初步构建基于真实世界交通场景的自然驾驶数据库，用于分析交通流与交通行为关系以及各类交通事件的出现概率。基于此，北京智能车联产业创新中心与百度联合完成了混合现实测试技术开发，通过在现实场地内虚拟注入部分交通目标¹，将真实世界元素和虚拟目标结合起来，验证了 0 成本危险碰撞场景测试以及低成本复杂场景测试的可行性。

注 1：交通目标是对交通参与者（行人、非机动车、车辆等）及静态交通设施（标志标线、信号灯等）、半静态交通设施（锥桶、水马、施工等）的统称



图 15 北京智能车联产业创新中心混合现实测试系统

场景测试评价体系初步建立

自动驾驶车辆的评价，对于自动驾驶车辆技术的发展具有重要意义。由于集合了感知、规划和控制等智能系统，自动驾驶车辆不再是一个传统意义上的车辆。传统测试方法例如耐久性、环境适应性、震动特性、电子电器安全以及碰撞安全等，无法评价车辆的智能性，对于评价自动驾驶车辆存在很大的局限性。对于自动驾驶车辆的评价，需要突出其作为智能系统的任务决策能力和复杂环境的认知与理解能力。北京智能车联产业创新中心于 2018 年发布的 T/CMAx 116-01-2018《自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法》在全球范围内首次提出以交通场景复杂度来划分自动驾驶能力级别。随着技术方案日趋成熟，自动驾驶行业已经逐渐进入精耕细作的阶段。北京智能车联产业创新中心根据封闭实验场景测试数据，结合自然驾驶数据库中驾驶数据的统计分布，侧重于任一微观驾驶行为，进一步从安全性、舒适性和高效性三个维度建立了更加完善的评价体系。

● 安全性评价：

安全性评价主要评估自动驾驶车辆和周围社会车辆、交通设施以及其它参与者之间的碰撞风险。

● 舒适性评价：

传统车辆的舒适性评价主要通过车辆自身的震动特性衡量。对于自动驾驶车辆的舒适性评价，侧重考察乘客对于自动驾驶系统本身的感受，包括在加速、减速、转向等行为过程中产生的体感变化。对于车辆舒适性的评价，通常以主观评价为主。

● 高效性评价：

高效性评价首先应考虑车辆在通行效率的表现。对于通行效率评价，主要聚焦于微观层面，考虑单车在特定区域或者特定场景下的表现。比如跟车距离的长短和车道的利用率直接相关；信号灯前停车距离大小，也同样会影响通行效率。高效性评价还考虑了车辆的节能性，比如当车辆在路口避让来车时，车辆的启停次数会对能耗产生影响。另外，根据场景特点的不同，高效性评价还设置了其它反映车辆表现的指标，比如跟车场景中自动驾驶车辆对于车速和跟车距离控制稳定性等指标。

(二) 基础性能测试 - 感知性能测试

感知技术目标是以最少的测试及验证里程来达到可靠的感知水平，目前在北京测试的测试主体都采用了激光雷达 + 毫米波雷达 + 超声波雷达 + 摄像头的感知方案。



图 16 封闭试验场内部分自动驾驶车辆

感知性能测试包含交通目标物感知类别测试、交通目标物感知距离测试、感知粒度测试、整车盲区测试、动态感知距离测试、移动目标物感知距离测试、感知速度测试等。2020 年增加了夜间、雨天、雾天等特殊天气环境下的感知测试项目，帮助企业发现感知系统问题，完善感知方案。2020 年度，北京智能车联产业创新中心为 10 余批次自动驾驶车辆进行了感知性能测试，下面以儿童感知盲区测试、前向最大感知距离测试和特殊天气下最大感知距离测试为例进行说明。

儿童感知盲区测试

2020 年，儿童感知盲区中前向盲区最小为 0m, 中位数为 0.5m；左右两侧盲区基本对称，最小值为 0.15m, 中位数为 1m；后方盲区最小值为 0.17m, 中位数为 1.8m；整体上测试车辆对于前方感知盲区优化最好，两侧和后方次之。对比 2020 年和 2019 年在封闭试验场内测试的最优的两套自动驾驶感知方案，两侧盲区和后方盲区明显减小。

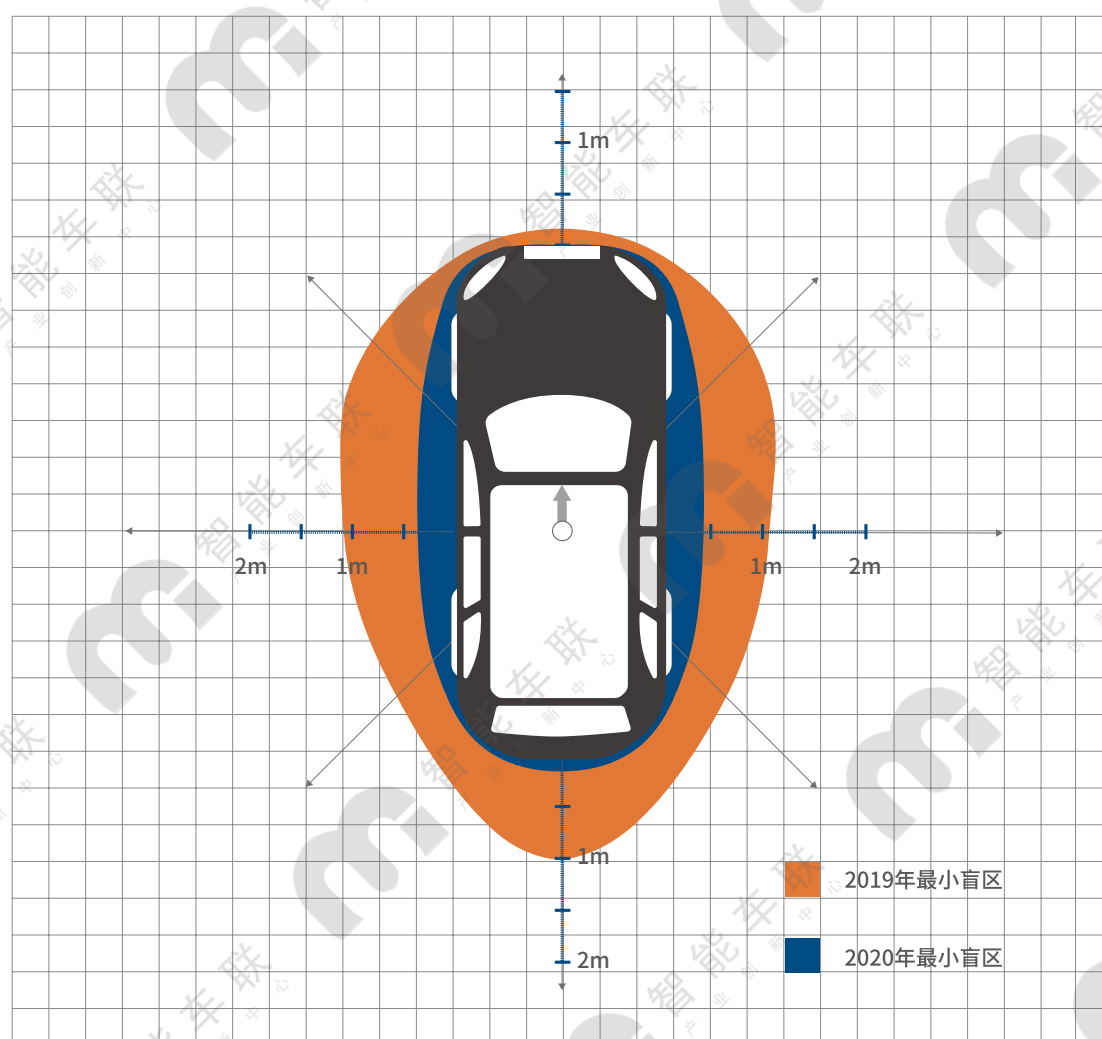


图 17 2020 年 /2019 年封闭试验场内儿童感知盲区最优方案对比

最大感知距离测试

最大感知距离测试是测试自动驾驶车辆在前、后、左、右、左前、右前、左后、右后八个方向上，对于典型交通目标如成人、儿童、自行车、机动车、锥桶的最大稳定感知距离，更大的稳定感知距离代表自动驾驶能够提前发现各个方向上的目标，留给系统做出判断和响应的时间就更充足。以前向最大感知距离为例，根据联合国世界车辆法规协调论坛通过的《自动驾驶车道保持系统（ALKS）》法规的解读，如果需要保证一辆速度 60km/h（通常情况下城市工况的最高行驶速度）的车辆，在静止或突然静止的车辆前能够成功避免碰撞，则需要最少提前 46m 发现目标并采取措施。因此，46m 为保证自动驾驶行驶安全的前向感知距离最低要求。下面以 2020 年度最大感知距离测试中的前向测试结果为例说明。

根据封闭试验场内数据表明，自动驾驶车辆对前方目标的感知距离逐步提升。2020 年度，测试主体前向最大感知目标（成人、儿童、自行车、车辆、锥桶）中，感知距离从大到小依次为车辆、成人、自行车、儿童、锥桶。

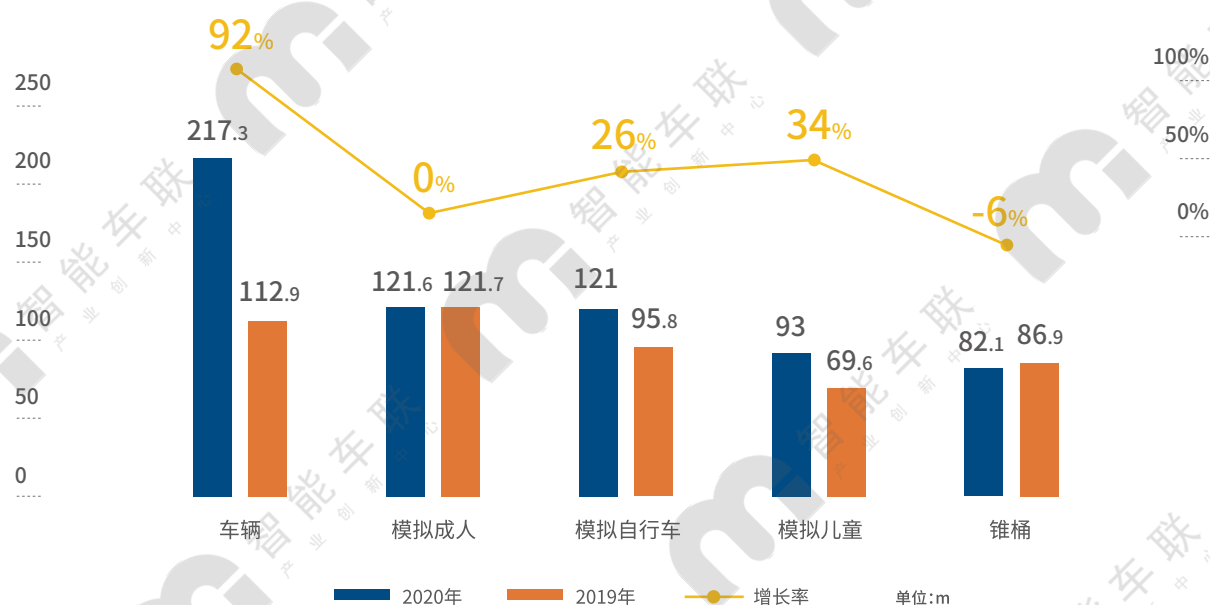


图 18 2020 年 / 2019 年封闭试验场前向最大感知距离最优方案对比及增长率统计

从测试结果上看，近几年持续在封闭试验场内开展测试的企业感知能力提升显著。2019 年部分感知能力较弱的企业，在 2020 年其感知距离有较大提升幅度

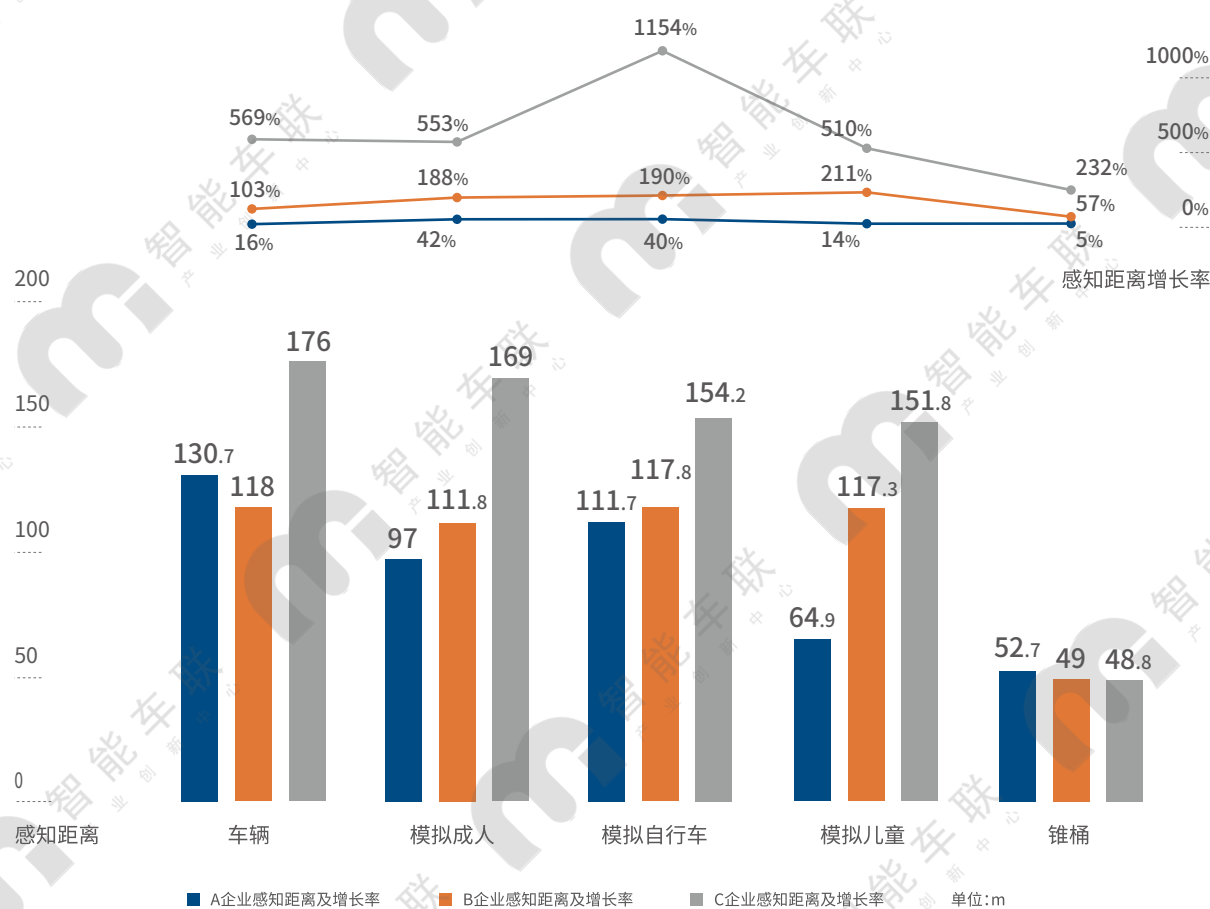


图 19 2020 年部分测试主体前向最大感知距离及增长情况

根据数据统计，2020 年，封闭试验场内进行感知测试的测试主体前向最大感知距离分布整体提升明显，所有目标的感知距离均大于 46m。头部测试主体对儿童、成人、自行车的感知距离突破 150m，锥桶感知距离大于 46m 的测试主体占比从 57% 提升到 100%。

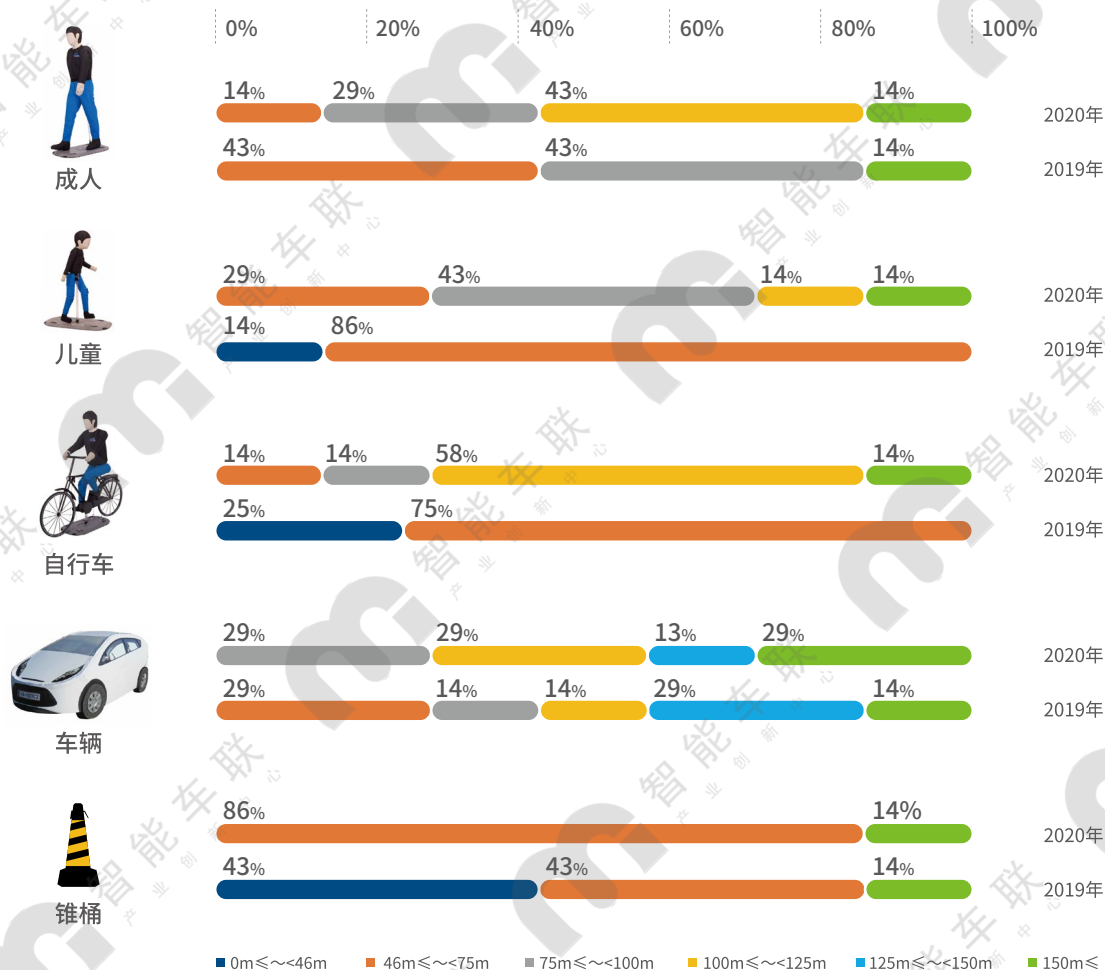


图 20 2020 年 / 2019 年前向最大感知距离测试主体分布情况

特殊天气下最大感知距离测试

2020 年，在封闭试验场内进行了特殊天气条件下的感知性能测试，测试环境覆盖夜间弱光照环境，模拟雨天环境，模拟雾天环境。激光雷达和摄像头是目前自动驾驶车辆感知系统的主要硬件，但作为光学传感器，由于光在传播过程中易受到悬浮在空气中的粉尘或水滴的影响（如下雨、雾天会引起水滴对激光雷达脉冲的某些反射，会造成反射信号中的噪声，同时对摄像头造成遮挡和干扰），其成像效果会受到特殊天气的影响。相较而言，低光照的夜间环境对激光雷达的影响较小，但对摄像头成像会产生一定的影响。因此在封闭试验场内模拟特殊天气环境以测试自动驾驶车辆感知系统的表现对未来自动驾驶开放道路测试和产品落地有很大的意义。

根据数据统计，以白天（光照强度 > 1000lux）下前向感知距离性能为参考（100% 感知距离），夜间环境（光照强度 < 50lux）下感知性能只能达到 82%，雨天下只剩 63%，雾天（能见度 > 浓雾）只能达

到白天的 45%。与大部分人理解的自动驾驶可轻松胜任全天候环境不同，不同的天气条件下，各类传感器有不同的优势，需要对感知融合算法进行加强训练针对性调试，以减小天气环境对融合感知系统的影响。

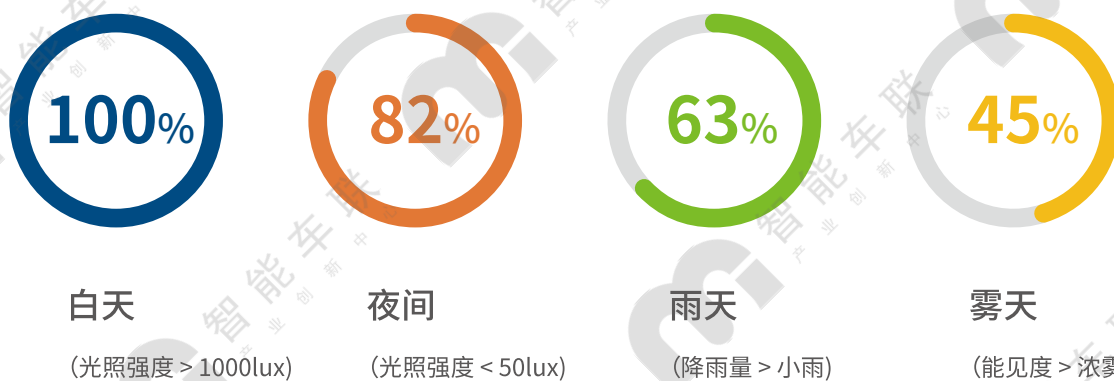


图 21 现阶段不同天气环境对前向最大感知距离的影响

(三) 单项能力评估测试

单项能力评估是根据测试主体所选的评估分级，以专项为单位，对自动驾驶车辆进行逐个场景的测试，能够完整验证车辆在每个场景下的自动驾驶能力。



通过火车道口



通过收费站



路口行人冲突



行人横穿

图 22 亦庄基地测试场景展示

根据数据统计，2020 年在封闭试验场内开展测试的测试主体在各个专项下的通过率明显优于 2019 年度（T3 级及以下难度），43% 的专项通过率达到了 95% 以上，主辅路通行、环岛绕行、会车等 7 个专项的通过率达到 100%；39% 的专项通过率提升达到了 10% 以上，其中包括交通信号灯、直行通过路口、靠边停车、通过人行横道线等专项。一方面测试主体技术水平有了稳步的提升，另一方面，经过近 3 年的封闭试验场测试训练，测试主体对典型的交通场景的通过能力，对交通规则的理解和遵守能力都有了明显的加强。

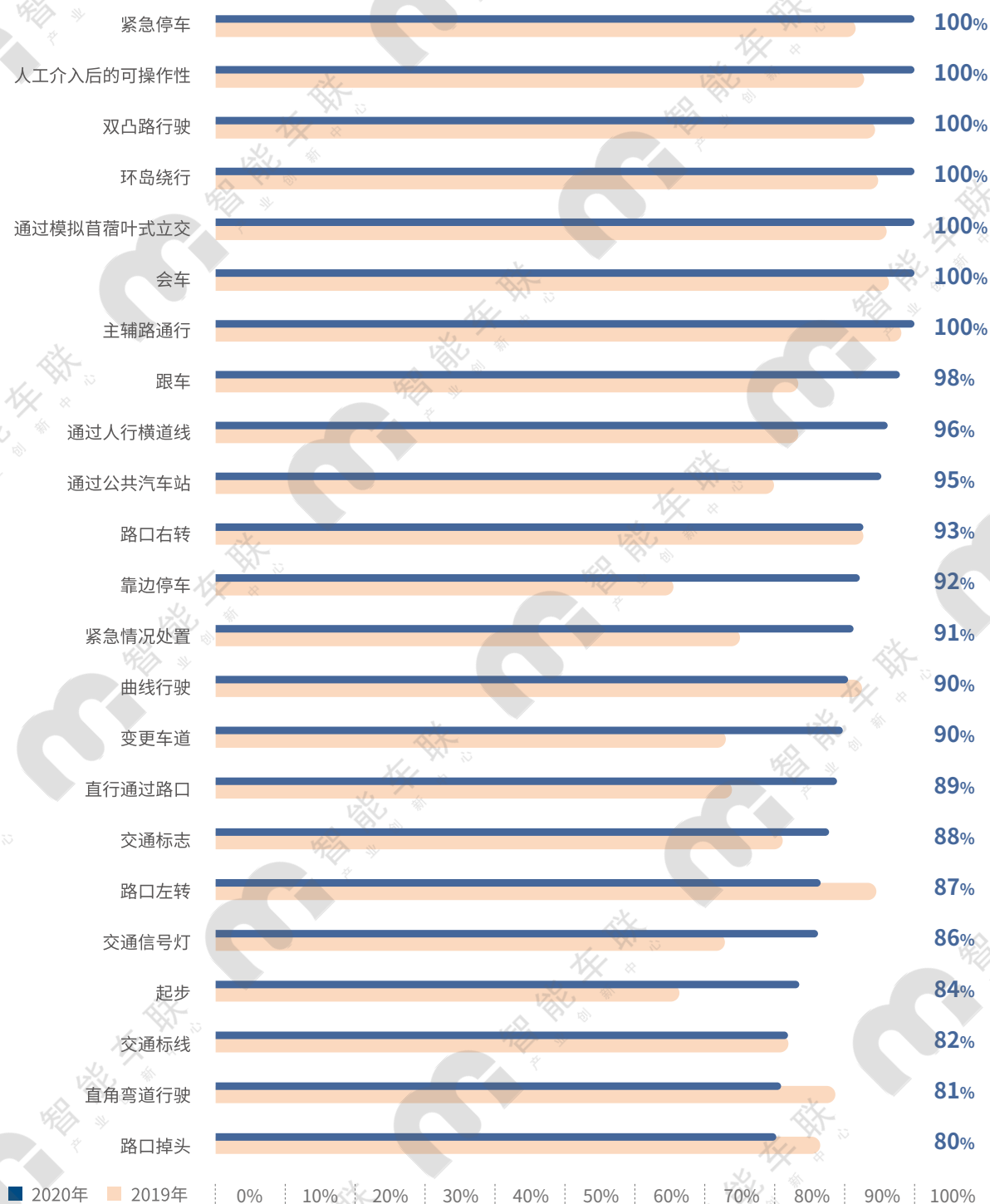


图 23 2020 年 / 2019 年单项能力评估首次通过率

从 2020 年测试主体首次测试的通过率来看，测试主体的技术水平差距有所减小，但是规模化测试主体的技术优势依然明显。2020 年，测试主体单项能力评估通过率均能达到 60% 以上，超过半数的企业通过率高于 90%。

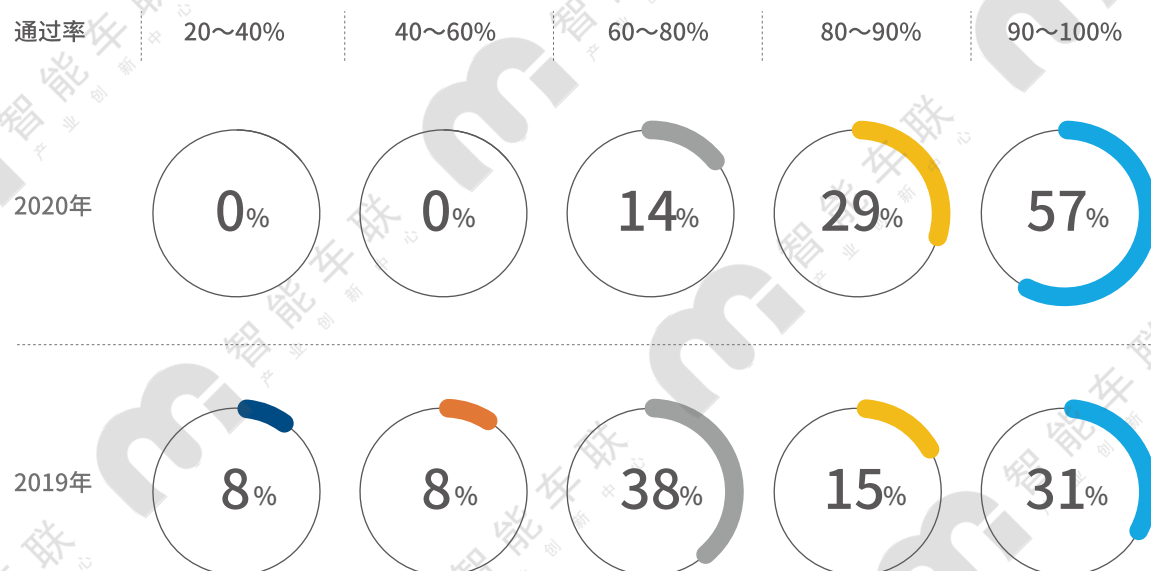


图 24 测试主体通过率分布情况统计

典型场景分析 - 跟车

跟车场景是自然驾驶中时间和里程占比最长的场景。下面以封闭试验场内的 T3 级自动驾驶车辆为测试对象，依据上文中北京智能车联产业创新中心场景评价体系，进行跟车场景的评价。

1、跟车场景安全性评价

跟车场景的安全性评价基于测试车辆和目标车辆运动学特性进行分析，利用测试车辆减速度对跟车场景安全风险水平进行评价。

北京智能车联产业创新中心依据建立的自然驾驶数据库统计数据显示，在跟车工况下，车辆平均制动减速度绝对值的均值为 2.78m/s^2 ，95% 的驾驶员在紧急制动时平均制动减速度的绝对值小于 4.45m/s^2 ；将跟车行驶安全性评价分为以下三种工况：

● 安全工况：

$$a < 2.78\text{m/s}^2$$

● 轻度风险工况：

$$2.78\text{m/s}^2 \leq a < 4.45\text{m/s}^2$$

● 高度风险工况：

$$a \geq 4.45\text{m/s}^2$$

通过场地测试数据得到的不同厂家平均跟车距离如下（以车速 40km/h 为例），可以看出厂商在安全性的设计方面都较为谨慎。

表 10 测试主体平均跟车距离和安全工况距离

测试主体	平均跟车距离	安全工况 ($a < 2.78\text{m/s}^2$)
测试主体A	26.27m	>23.98m
测试主体B	31.34m	
测试主体C	31.68m	
测试主体D	32.34m	

2、跟车场景高效性评价

在跟车场景中，跟车距离的长短直接影响车道的利用效率。对于通行效率应只在安全域内进行评价。选择自然驾驶数据中平均减速度绝对值小于 2.78m/s^2 的数据，统计得到车辆平均制动减速度绝对值的均值为 2.24m/s^2 ，所以将通行效率的评价分为以下两种工况：

● 高效率工况：

$$2.24\text{m/s}^2 \leq a < 2.78\text{m/s}^2$$

● 低效率工况：

$$a \leq 2.24\text{m/s}^2$$

通过测试数据可以看出，即使同为 T3 级别的测试主体之间，在同一场景的表现依然存在档次差距。其中只有测试主体 A 处于高效工况区间，说明大部分测试主体在跟车距离的选择上都更为保守。

表 11 测试主体平均跟车距离和不同效率下跟车距离

测试主体	平均跟车距离	高效 ($a > 2.24\text{m/s}^2$)	低效 ($a \leq 2.24\text{m/s}^2$)
测试主体A	26.27m	<29.07m	$\geq 29.07\text{m}$
测试主体B	31.34m		
测试主体C	31.68m		
测试主体D	32.34m		

另外，对于稳定跟车场景，车速保持稳定性和跟车距离控制稳定性体现了自动驾驶车辆在该场景下的性能表现。使用下表中的指标进行分析，采用横向比较的方法确定性能等级水平。其中偏差比平均值可以表征整个的控制跟随控制水平；偏差比的最大值可以表征跟随控制水平的边界能力；偏差比标准差可以表征跟随的稳定性。

表 12 跟车高效性评价指标

车速控制	车距控制
速度偏差比平均值	距离偏差比平均值
速度偏差比最大值	距离偏差比最大值
速度偏差比标准差	距离偏差比标准差

其中部分数据如下表所示：

表 13 测试主体跟车高效性评价情况

测试主体	速度偏差比均值	距离偏差比均值
测试主体A	1.7%	3.0%
测试主体B	4.3%	1.3%
测试主体C	4.3%	2.3%
测试主体D	4.4%	3.1%

通过以上分析可以看出，即使处于同一级别的自动驾驶车辆，在场景中的表现依然存在着很大的差异。北京智能车联产业创新中心新建立的评价体系与自然驾驶场景数据库紧密结合，能够做到对自动驾驶车辆进行更加深入细致的评价。

（四）基于自然驾驶环境的自动驾驶性能测试方法大幅提升测试效率

自动驾驶车辆在进入开放道路前，需要通过大量试验，验证系统的可靠性和稳定性。《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》规定测试车辆应在封闭试验场内完成累计不少于 5000 公里的自动驾驶测试。通过在半载、满载等不同工况下完成封闭试验场内布设的道路交通测试场景，加速暴露设备、系统、车辆存在的问题。北京智能车联产业创新中心与行业龙头企业共同研制了“基于自然驾驶环境的自动驾驶性能加速测试方法”，并取得了良好的实际效果。

与开放道路测试相比，亦庄基地具有场景典型性强和场景密度高的特点。依据密歇根大学 Mcity 提出的自动驾驶快速测试方法论，将真实驾驶环境分解成不同的场景，通过这些场景进行模拟和重复测试，在每一个特定的场景测试效率将提升 300-10 万倍以上。如果一辆自动驾驶车按照这种方式在最严苛与最具挑战性的驾驶状态中行驶 1000 英里，那么可以相当于在真实环境中行驶了 30 万~1 千万英里。在亦庄基地内，北京智能车联产业创新中心依据自然驾驶数据库连续布设有挑战的自然驾驶场景，自动驾驶车辆平均每行驶 1 公里会遇到 30.2 个场景（不包括常见交通标线类场景），其中动态交通场景占比 65%。根据自然驾驶数据库，以路口直行交通流冲突类场景为例，亦庄基地内的测试 100 公里效率可等效于北京市开放道路测试 10000 公里。



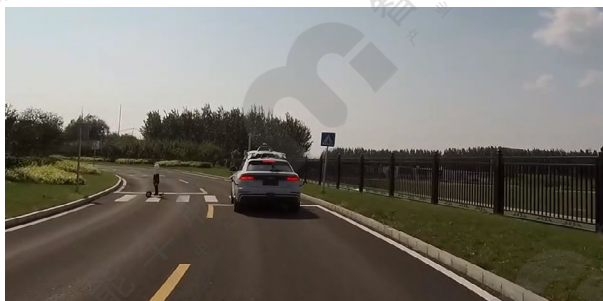
路口直行遭遇违规交通流干扰类场景

封闭试验场等效开放道路测试倍数
>10000 倍



路口左转遭遇违规交通流干扰类场景

封闭试验场等效开放道路测试倍数
>10000 倍



无信号灯人行横道线行人冲突类场景

封闭试验场等效开放道路测试倍数
>500 倍



$3s < TTC < 5s$ 车辆切入类场景

封闭试验场等效开放道路测试倍数
>10000 倍

图 25 亦庄基地部分测试场景等效测试倍数

2020 年度，封闭试验场内测试里程超过 5.44 万公里，发生碰撞事故 3 起，平均每 1.81 万公里发生一次碰撞事故；其中，碰轧路边石 2 起，未及时躲避模拟行人发生碰撞 1 起。

截至 2020 年底，封闭试验场内累计测试里程 20 余万公里，发生碰撞事故 19 起，未出现对测试人员造成伤害的安全事件。从碰撞事故的分析来看，自动驾驶技术分层明显，尾部企业与头部企业依然存在较大的技术差距。事故原因主要是由定位异常及感知错漏，其中定位异常在所有的事故原因中占有最大的比重。

自动驾驶车辆行驶的前提是需要知道车辆的位置，在复杂多变的城市环境中，定位的精度要求控制在厘米级以内，如果偏差过大，在行驶过程中就易与道路周边设施发生碰撞、刮蹭等事故。业内通用的是差分信号 +IMU+ 高精地图 +LiDAR/ 双目信息融合的定位方法。由于差分信号会受建筑物遮挡、天气、电磁等因素干扰，导致车辆定位出现偏差或丢失。未来自动驾驶企业需要持续优化融合定位算法，减少定位异常情况。

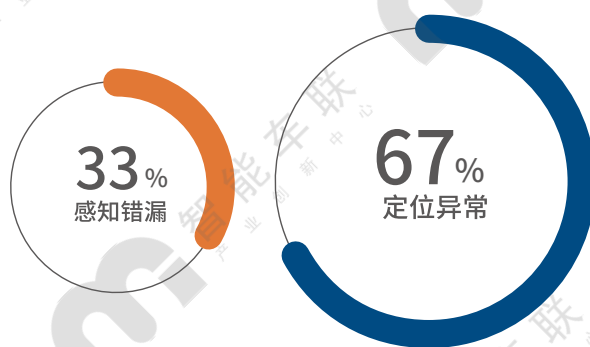


图 26 2020 年度封闭试验场内事故原因及占比

（五）综合能力评估测试

综合能力评估测试以路线的方式将对应等级的专项测试场景进行随机串联，对自动驾驶车辆连续执行动态驾驶任务的能力、稳定性进行评估。2020 年度，封闭试验场内进行了 50 余次综合能力评估，为测试主体发现问题百余项。

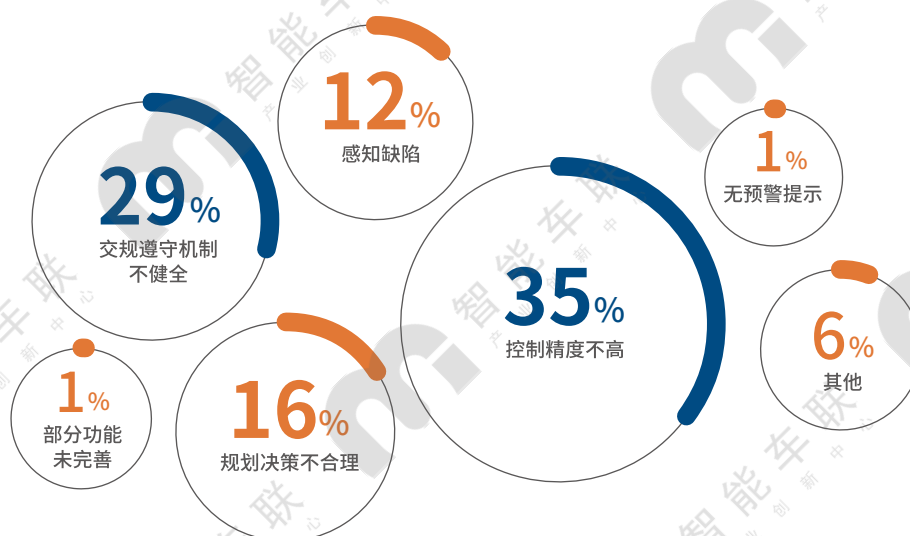


图 27 2020 年封闭试验场综合能力评估发现的主要问题及占比

综合能力评估发现的问题中，感知、决策、控制类问题占比超过 6 成。其中控制精度不高造成的问题多为骑轧车道线实线，长时间骑轧车道线虚线，行驶制动不平顺，停车位置与预期相差较大等；交规遵守机制不健全主要包含未正确使用转向灯（约占交规类问题的 77%）、未遵守停车让行标志、未按照车道指示方向行驶、连续变道等。以上问题在综合能力评估后，均得到优化。

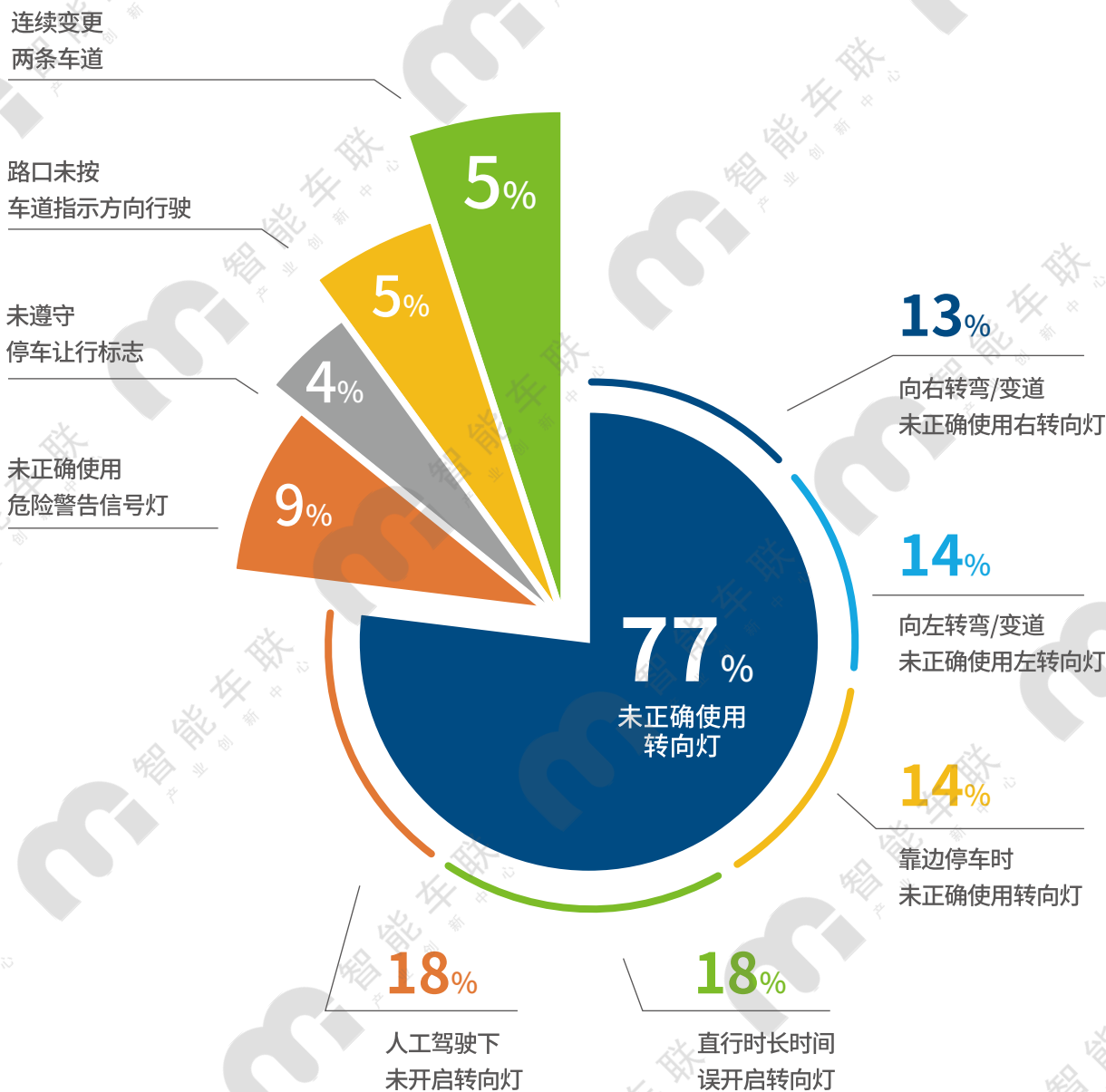


图 28 2020 年综合能力评估交规类问题统计

根据数据统计，2020 年、2019 年持续在封闭试验场内测试的测试主体在系统稳定性、感知能力、规划合理性上有了了一定的提升，综合能力评估的通过率有了较大的提高，8 成的测试主体在 2-3 次内即可通过综合能力评估，平均每批次自动驾驶车辆综合能力评估次数减少了 1.2 次。一方面是测试主体技术水平提高，另一方面，北京市开展的封闭试验场测试训练有效地帮助测试主体提高对测试安全的认知和对交通规则的遵守能力。

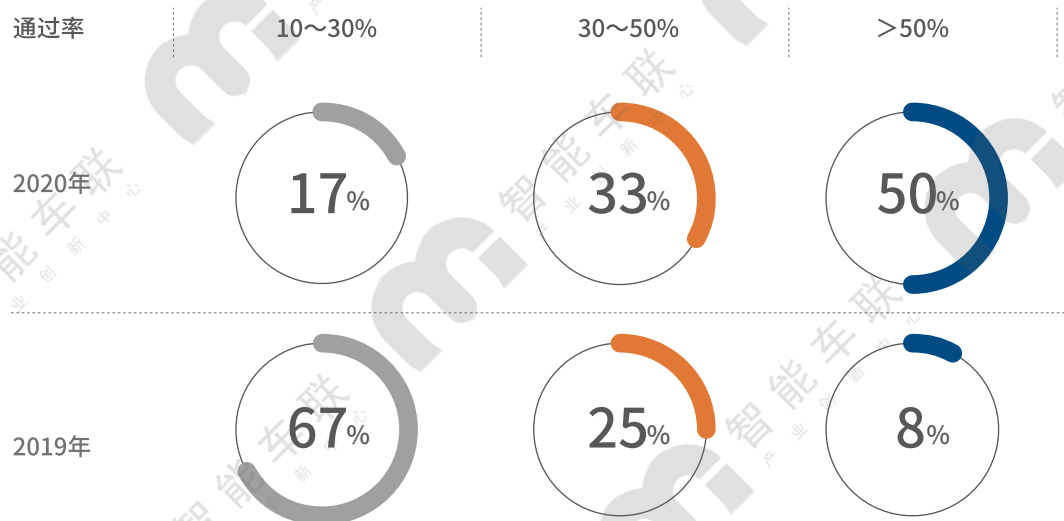


图 29 2020 年、2019 年综合能力评估通过率情况统计

封闭试验场测试作为测试与评估自动驾驶车辆能力的重要手段，对规范和促进测试主体技术创新，提升自动驾驶车辆技术水平起到了非常积极的作用。

三、开放道路测试情况

(一) 测试概况

截至 2020 年 12 月，北京市自动驾驶车辆道路测试安全行驶里程累计已超过 2213436 公里，较 2019 年末增长了 112.8%，平均每月测试里程 9.8 万公里，北京市道路测试总里程处于全国领先地位，道路测试过程安全可控，未对周边交通环境产生不良影响，北京市开放道路测试情况开放、透明，测试数据将由第三方服务机构持续对外公布。

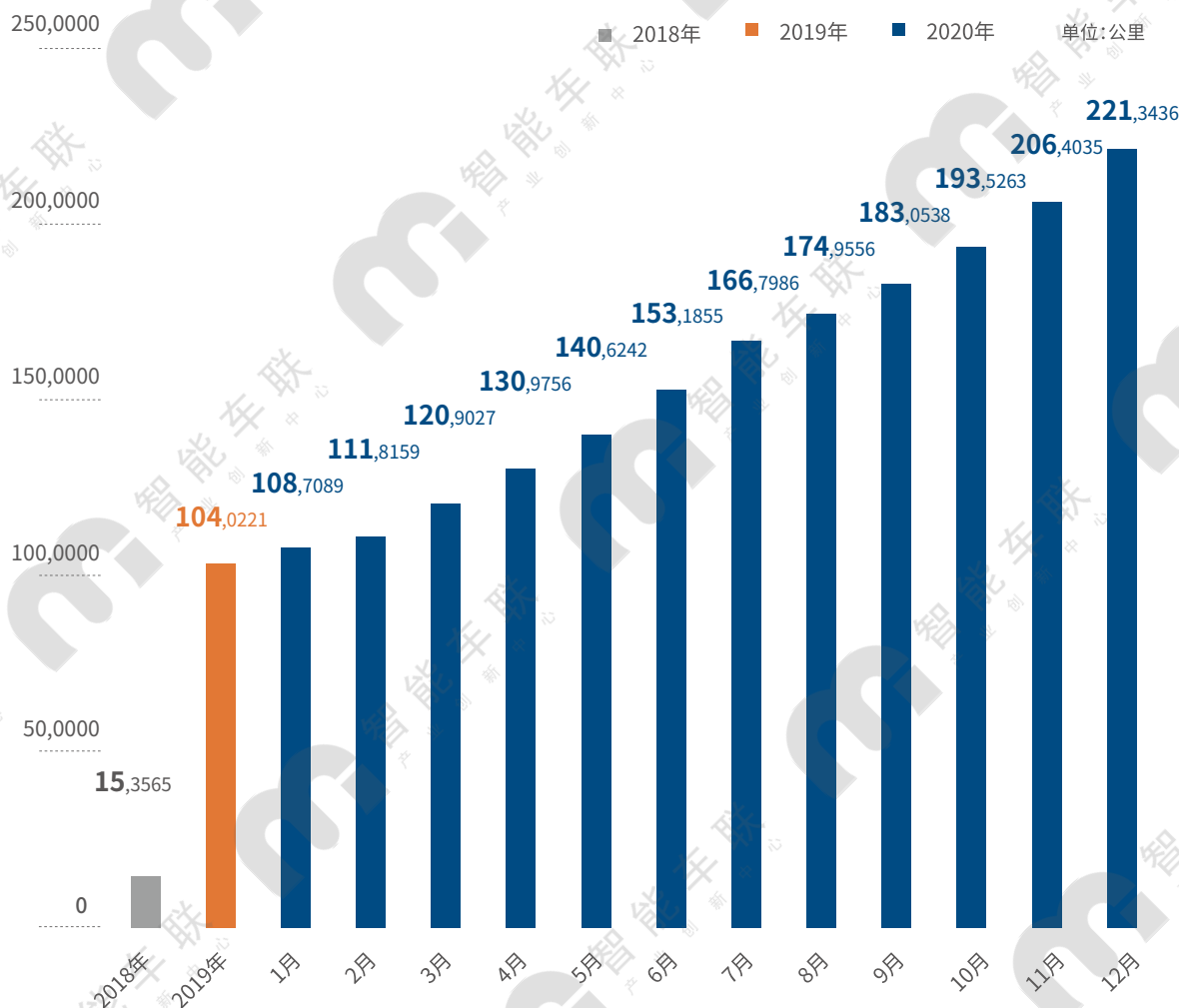


图 30 北京市开展道路测试以来里程累计情况

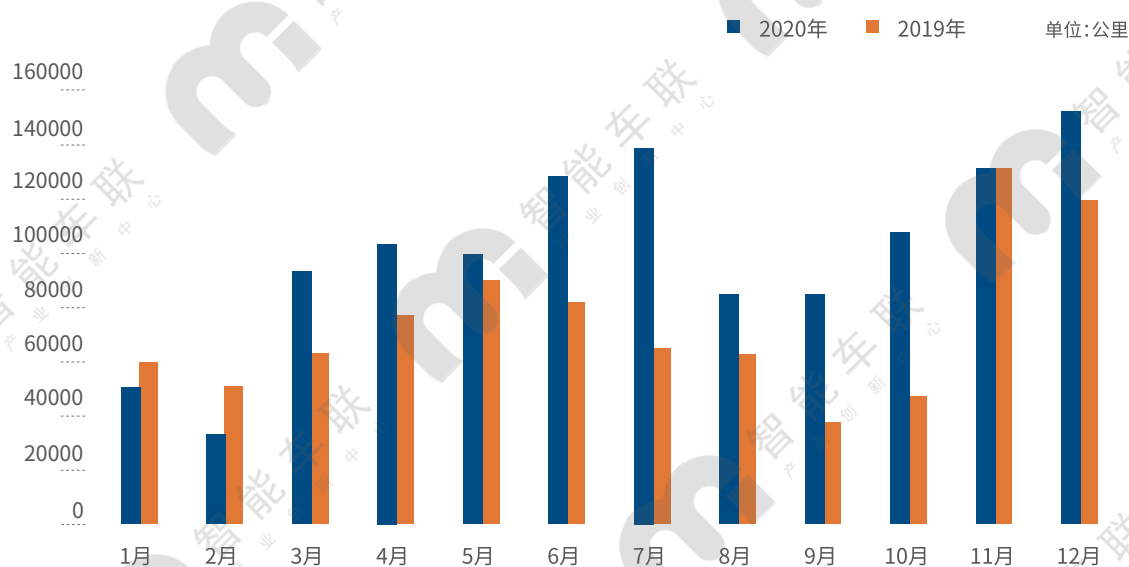


图 31 2020 年 / 2019 年每月道路测试里程情况统计

2020 年, 共有百度、戴姆勒、小马智行、奥迪、丰田、美团、北京沃芽科技 7 家测试主体在北京开放道路上开展了自动驾驶道路测试。

表 14 道路测试各测试主体 2020 年每月测试里程

时间	测试主体	测试里程(公里)	时间	测试主体	测试里程(公里)
1月	百度	43734.5	7月	百度	131204.3
	小马	2066.6		小马	4780.9
	奥迪	56.5		美团	145.7
	丰田	1429	8月	百度	71225.5
	美团	181.3		小马	10341
2月	百度	30470		美团	3.3
3月	百度	88395	9月	百度	71145.5
	戴姆勒	11.5		小马	9836.7
	丰田	2462	10月	百度	99559.5
4月	百度	98264.6		小马	5152.4
	小马	2460.4		奥迪	12.5
	戴姆勒	4	11月	百度	128291.1
5月	百度	92857.6		沃芽	481.4
	小马	3626	12月	百度	148217.9
	丰田	2.4		奥迪	124.6
6月	百度	121939		沃芽	1058.4
	小马	3673.9			

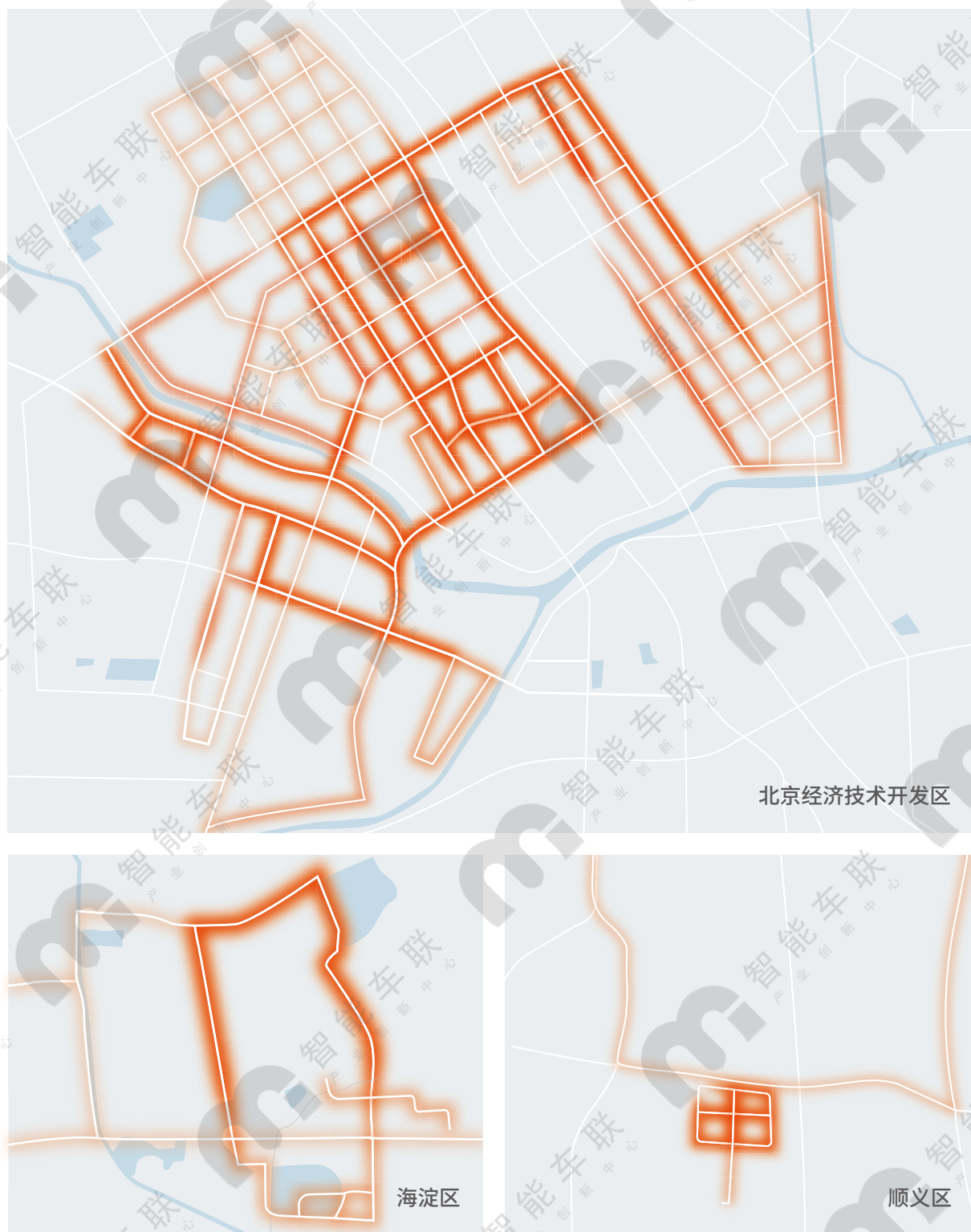


图 32 2020 年北京市开放道路测试热度概览（部分）

2020 年，测试主体测试区域覆盖北京经济技术开发区、海淀区、顺义区 3 大测试区域，目前没有测试主体在房山区开放道路开展测试，测试主体在进行道路测试时通常会选择距离研发中心或测试基地较近的区域。北京经济技术开发区开放道路测试里程增长率 112%，海淀区测试里程增长率 74.1%。

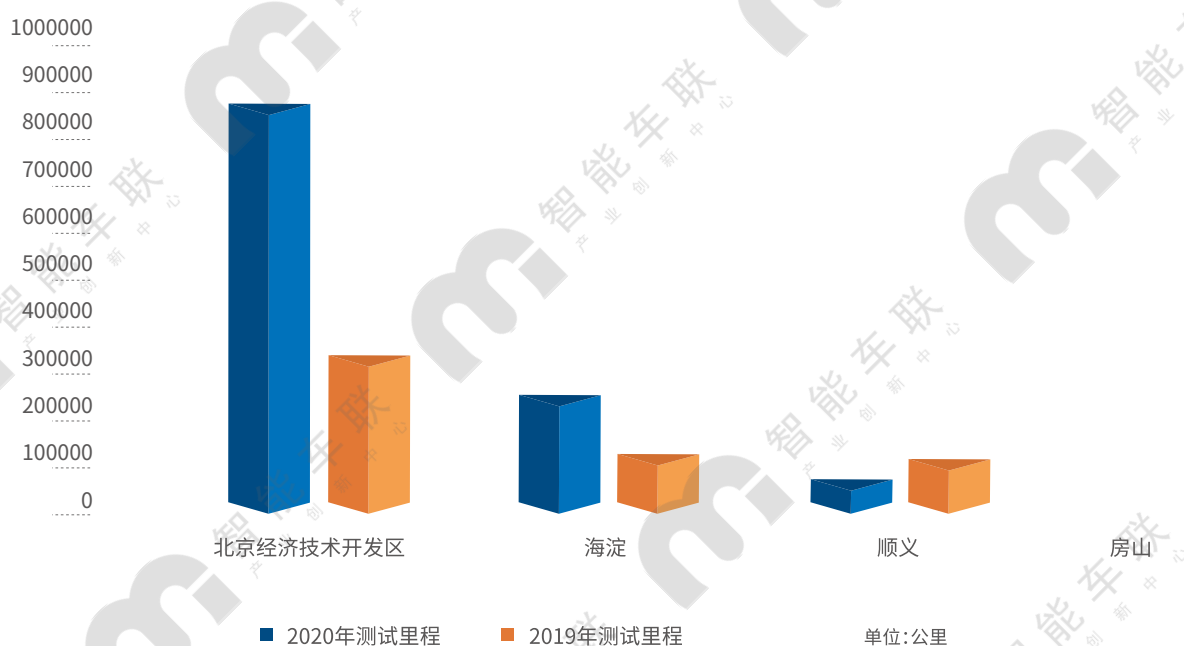


图 33 2020 年 / 2019 年各区域开放道路测试里程统计

从测试里程与道路长度的关系来看，2020 年北京经济技术开发区开放道路长度占北京市开放道路长度 46%，测试里程占总里程的 74%，北京经济开区开放道路规模最大，道路使用率最高，测试主体测试意向最大。

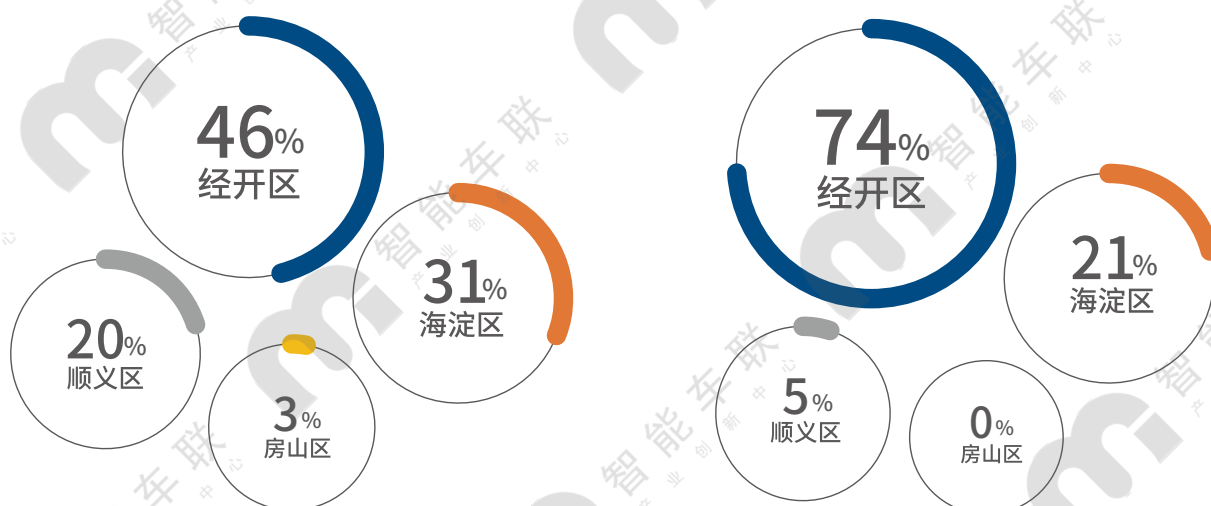


图 34 2020 年各区开放道路测试长度占比（左）及测试里程占比（右）统计

下表反映了各个测试主体在各区开展道路测试时的道路覆盖情况。

表 15 2020 年测试主体测试区域覆盖及道路等级覆盖统计

测试主体名称	北京经济技术开发区				海淀区			顺义区		
	R1	R2	R3	R4	R2	R3	R4	R1	R2	R3
百度	100%	100%	100%	100%	33%	24%	17%	40%	29%	33%
戴姆勒								40%	4%	
小马智行	50%	50%	70%		29%					
奥迪					8%			40%		
丰田	100%	75%	71%							
三快在线								40%	29%	25%
沃芽					40%					

2020 年，R3 级开放道路累计测试里程占全部测试里程的 79%，R2 级开放道路测试里程占 17.5%，R1 级和 R4 级道路测试里程最少，分别占 3.2% 和 0.3%。2020 年，R3 级新增开放道路 129.2 公里，符合测试主体对开放道路的测试需求。同时新增了 35.1 公里的 R4 级道路和 28.2 公里的 R5 级道路，以保证未来测试主体对更高等级道路的测试需求。

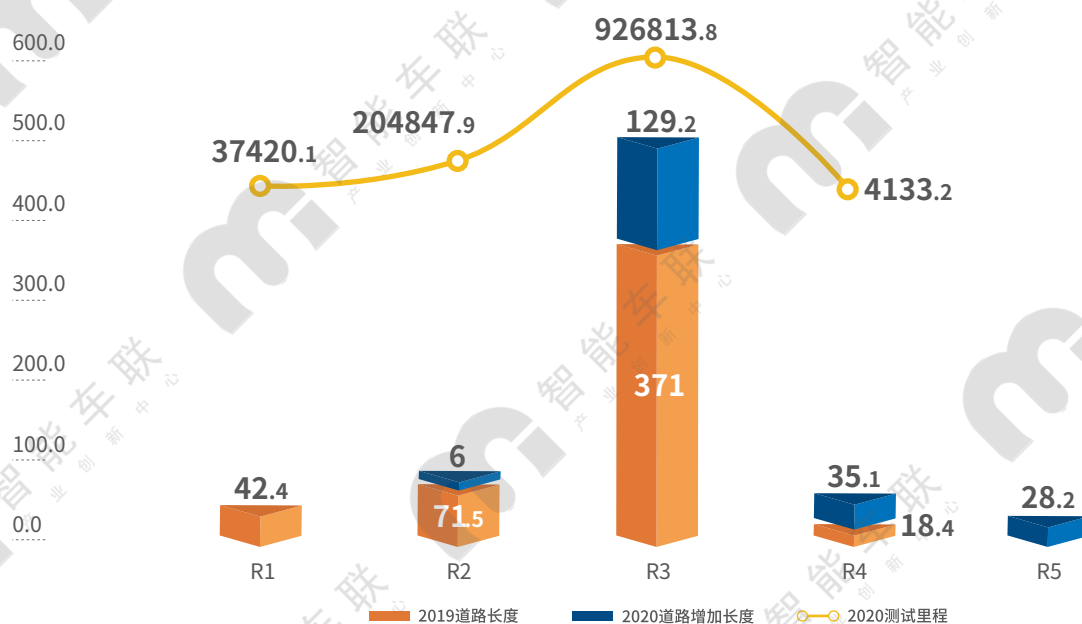


图 35 开放道路长度变化情况及 2020 年开放道路测试里程情况统计

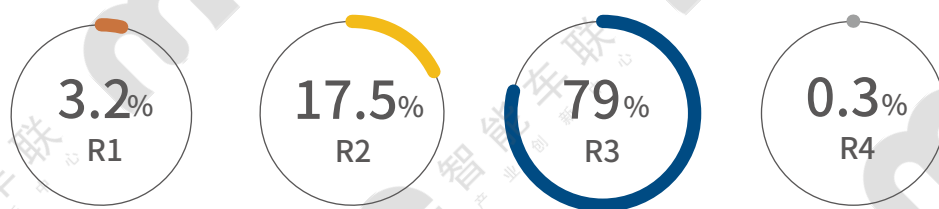


图 36 2020 年北京市各等级开放道路测试里程占比

(二) 试运营测试 - 载人测试

截至 2020 年 12 月底，北京市自动驾驶车辆载人道路测试安全行驶里程已超过 1021568 公里，除内部人员测试外，累计运载社会志愿者超过 15006 人次，先后在北京经济技术开发区、海淀区、顺义区开放载人接驳站点，整体测试安全有序，未对周边交通环境产生不良影响。

北京开放载人运营测试后，掀起了全民关注自动驾驶的热潮，将自动驾驶的舆情声量推向了新的高峰。根据对使用 RoboTaxi 服务的用户统计，男性对新兴自动驾驶技术的兴趣更大，76% 的乘客为男性；近 60% 的乘客为 18-35 岁的青年群体，这一群体对出行需求较大，对新科技的接受程度也更高，并且作为社会的中坚力量，对自动驾驶的接纳也会加速社会对自动驾驶的认可。63% 的乘客为 6 年以上驾龄的“老司机”，75% 的人每周开车频次小于 2 天，这部分人群对于经济、方便、高效的出行服务需求更高，是未来 RoboTaxi 的主力用户。

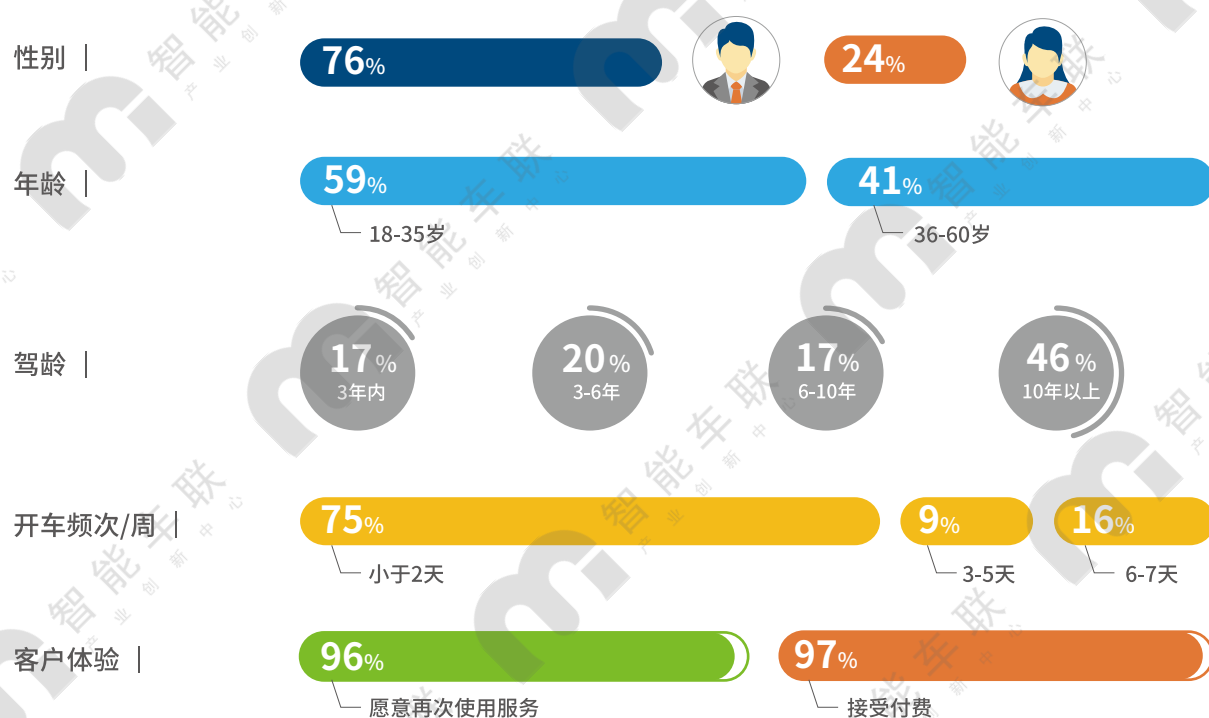


图 37 2020 年北京市载人测试用户画像

从乘客的满意度调查数据来看，用户对于 RoboTaxi 的出行体验满意率较高，未来再次使用的意愿较高，97% 的人愿意接受付费使用此类服务。这都反映了目前大众对于北京市开放道路载人测试接受程度较高，对于自动驾驶技术普及有正向的期望。持续开展载人运营测试既能让 RoboTaxi 在出行市场中赢得一席之地，也帮助我们看到自动驾驶落地对城市交通可能产生的正向影响。

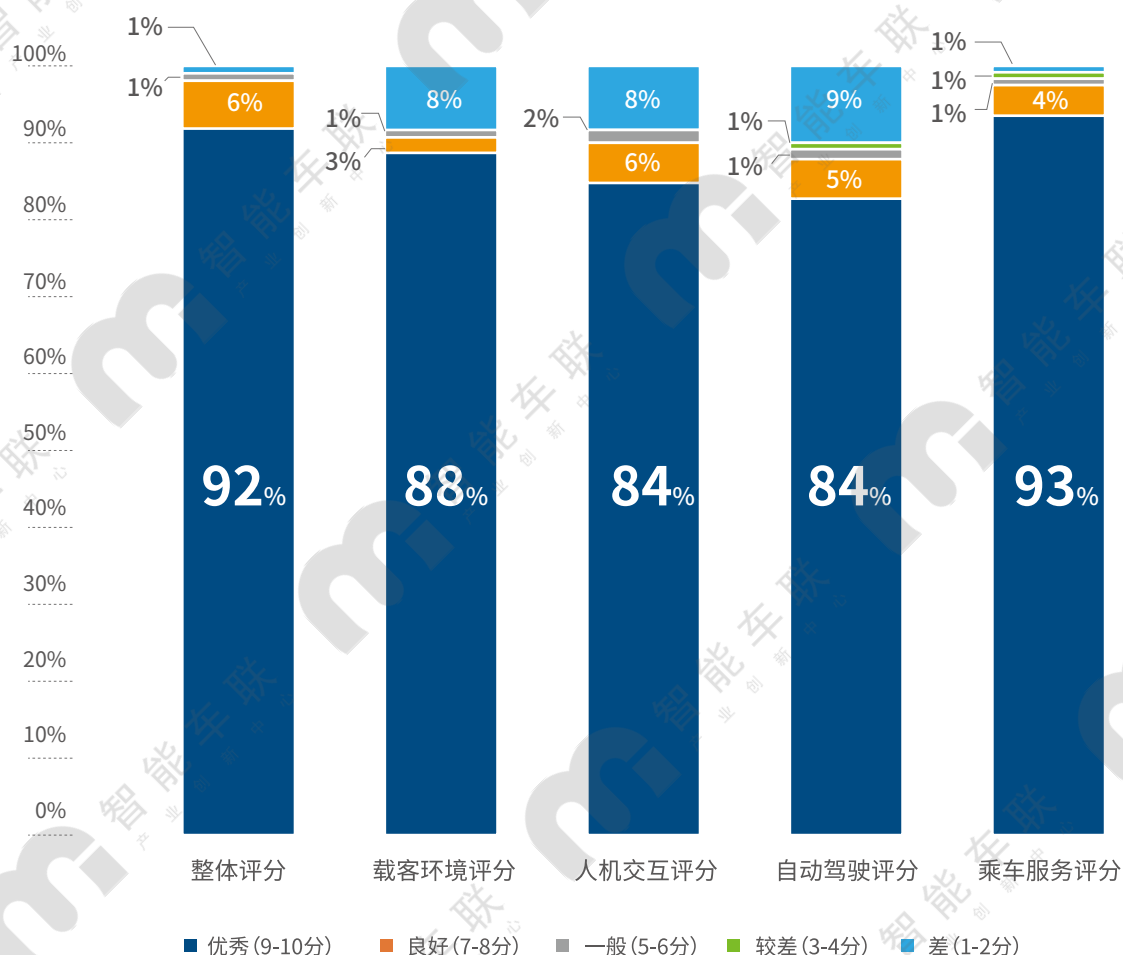


图 38 百度 2020 年载人测试用户满意度调查情况

(三) 开放道路脱离情况分析

自动驾驶脱离是指自动驾驶车辆出现系统故障、遇到无法处理的场景或由于测试需要，车辆控制权限切换为人类驾驶员的事件。

2020 年，北京开放道路测试脱离原因整体与 2019 年类似，此外由于北京市开放了载人测试，在人为接管大类中增加了其他运营流程操作等因为载人测试带来的脱离原因。

表 16 2020/2019/2018 年道路测试脱离类别及脱离原因

脱离类别	2020年脱离原因	2019年脱离原因	2018年脱离原因
系统故障 系统检测到异常 发出接管信号 引发的接管	- 车辆及硬件问题 - 定位偏离 - 系统异常 - PAD页面异常 - PAD刷新异常	- 传感器故障 - 定位偏离 - 地图加载异常 - 系统异常 - 地图标注异常 - 车辆及硬件异常 - 车辆EPS控制器故障	- 传感器故障 - 定位偏离 - 地图加载异常 - 系统时延异常 - 数据记录设备故障
策略缺陷 由于算法模块 策略原因导致的 非预期的车辆行为 引发的接管	- 社会车辆近距离切入 - 社会车辆过于贴近测试车辆 - 社会车辆未按规定车道行驶， 抢占道路 - 社会车辆行为预测错误 - 社会车辆未按交规行驶， 且车速过快 - 决策规划策略问题 - 感知策略问题 - 控制策略问题 - 测试车未按交规行驶	- 社会车辆近距离切入 - 社会车辆过于贴近测试车辆 - 社会车辆未按规定车道行驶， 抢占道路 - 社会车辆行为预测错误 - 社会车辆未按交规行驶， 且车速过快 - 决策规划策略问题 - 感知策略问题 - 控制策略问题 - 测试车未按交规行驶 - 路口减速不及时 - 行人过于贴近测试车辆	- 社会车辆近距离切入 - 社会车辆过于贴近测试车辆 - 社会车辆未按规定车道行驶， 抢占道路 - 社会车辆行为预测错误 - 社会车辆逆行，且车速过快 - 路径规划错误 - 障碍物识别或漏识别 - 测试车辆行驶速度低， 影响社会车辆通行 - 车辆停滞不前
人工安全防护 超出设计ODD 车辆系统 无法解决时的接管	- 社会车辆违章占用车道 - 其它交通参与者危险行为 - 道路施工无法通行 - 前方道路拥堵 - 道路限速不正确	- 社会车辆违章停车占用车道 - 其他交通参与者危险行为 - 道路施工无法通行 - 复杂路况下防御性接管 - 前方道路拥堵 - 信号灯故障 - 功能调试	- 社会车辆违章停车占用车道 - 单车道情况下非机动车 占用车道慢速行驶 - 道路施工无法通行
人为接管 由于测试需求 或人为原因 造成的接管	- 安全员休息 - 安全员需要打电话 - 工程师更换数据记录设备 - 工程师软件/设备数据整理 - 工程师重新规划路径 - 行驶至测试道路边界 - 安全员误操作 - 其它运营流程操作 - 到达测试结束时间	- 安全员休息 - 安全员需要打电话 - 工程师更换数据记录设备 - 工程师软件/设备数据整理 - 工程师重新规划路径 - 行驶至测试道路边界 - 安全员误操作 - 测试前对接管功能进行自检	- 安全员休息 - 安全员需接打电话 - 工程师更换数据记录设备 - 工程师软件/设备数据整理 - 工程师重新规划路径 - 行驶至测试道路边界

自动驾驶车辆平均每脱离一次可行驶的里程在一定程度上反映了测试主体的技术水平，该里程的增长在体现了测试主体在开放道路测试中整体技术水平的提升。近两年，在北京持续进行开放道路测试的企业在单次脱离行驶里程上保持了较高的增长速度，部分企业单次脱离行驶里程提升了 2-4 倍。这说明持续开展规模化的开放道路测试对加速测试主体技术水平提升有重要意义。

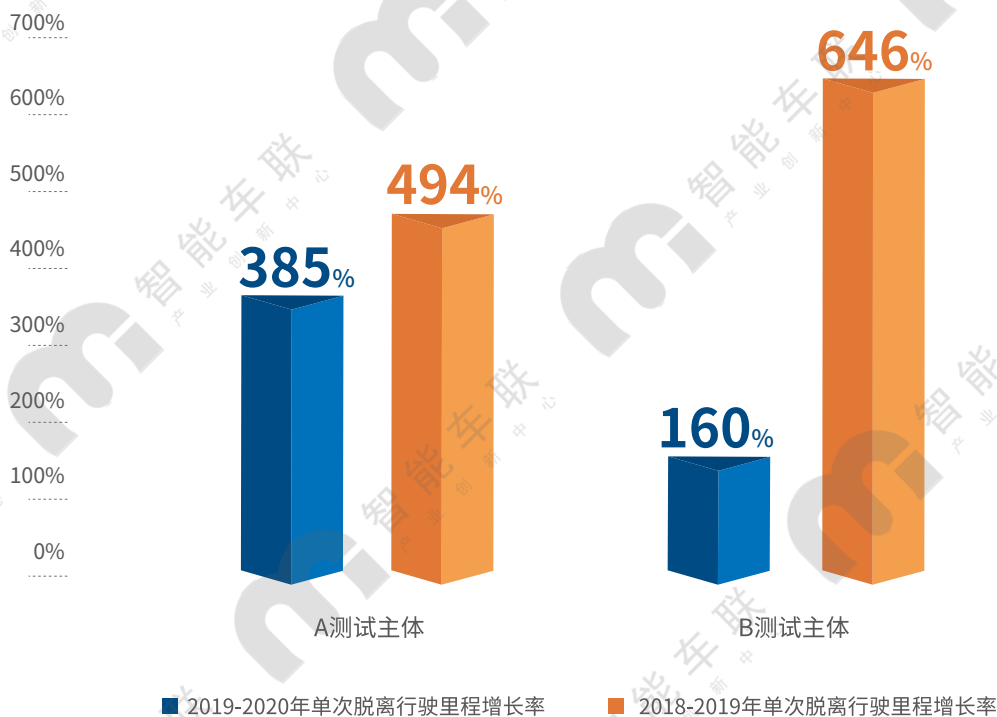


图 39 部分测试主体开放道路脱离率增长率情况

在相对固定的测试区域内，固定场景下脱离频率的变化（自动驾驶车辆在某个场景下的脱离概率）能直接反映出自动驾驶车辆在某类场景处理能力的提升或某一功能的优化情况。基于 2020 年脱离数据，选取在北京经济技术开发区内持续进行开放道路测试的某测试主体，其自动驾驶车辆左转场景下的脱离数据进行分析。数据显示该测试主体的自动驾驶车辆左转脱离情况从上半年的平均每 72 次左转发生一次脱离，下半年提升为平均每 200 次左转会发生一次脱离情况；从统计结果来看，开放道路测试对其功能优化有明显的推动作用。

在脱离数据中主要包括关键脱离和非关键脱离两类数据，关键脱离数据即自动驾驶车辆在开放道路测试中遇到无法处理的场景或出现系统故障等预期之外的脱离情况；非关键脱离是测试人员有如休息、接打电话、更换数据记录设备等测试之外的需求带来的接管，在开展规模化测试的企业中，此类脱离占有较高的比例。

随着自动驾驶道路测试的开展，关键脱离的比例会逐渐降低，因此在脱离分析时需要将非关键脱离去除，对关键脱离数据的积累和分析，搭建典型脱离场景，复现测试，可加速自动驾驶车辆测试效率，提高车辆在道路测试中的安全性。本报告在 2020 年每月的脱离数据中随机抽取了 5000 个样本，人为去除非关键脱离数据，只保留关键脱离场景，进行脱离情况的分析。

2020 年，近九成的关键脱离发生在北京经济技术开发区，10% 发生在海淀区，这与各区的测试里程占比（图 34）基本相符。北京经济技术开发区内道路交通流量较大，交通环境复杂，并开放了难度更大的 T4 级道路，能够满足测试主体的更多测试需求，加速其自动驾驶测试，提升其测试效率。

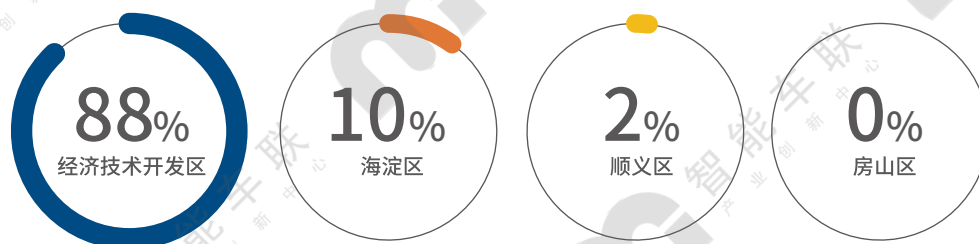


图 40 2020 年关键脱离区域分布统计

脱离场景分类（从主车驾驶行为角度分类）：

基于关键脱离数据分析自动驾驶脱离原因，自动驾驶关键脱离可以分为两类，一类是由于自身系统故障或自身系统不足如感知异常、传感器故障、定位偏离、系统异常、地图异常等造成的脱离；另一类是在与其他交通参与者或目标物交互时发生脱离，即在场景发生脱离。根据数据统计，第二类脱离在所有关键脱离中占极大比重（约 93%），本报告主要针对关键脱离中的场景脱离进行介绍。

按照主车驾驶行为将场景分为起步场景、跟车场景、变道场景、路口直行场景、左转场景、右转场景、会车场景、掉头场景、停车场景 9 类场景。数据显示，直行类场景²占 47%，路口类脱离场景占 42%，其他场景共占 11%。

自动驾驶车辆在直行时的脱离情形包括社会车辆加塞、违规变道、违规停车、行人横穿等。路口类场景脱离较多的原因包括自动驾驶需要同时处理信号灯、标志标线、行人、车辆等目标，路口交通流密度大、数量较多，对目标行为预测的难度更大。

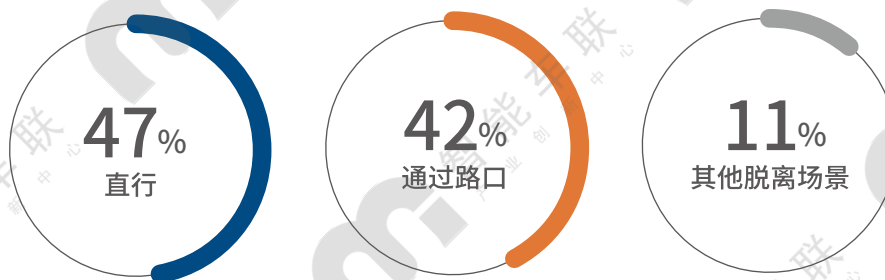


图 41 2020 年关键脱离场景分类及占比统计

注 2：本文定义的直行类场景为无干扰下的跟车场景

脱离原因分类（从交通目标角度分类）：

从统计结果来看，目标占用车道（25%）、道路施工（22%）、路口博弈（17%）是造成自动驾驶脱离的主要原因，其他如交通参与者逆行、横穿、切入、过于贴近等原因造成的脱离共占 36%。

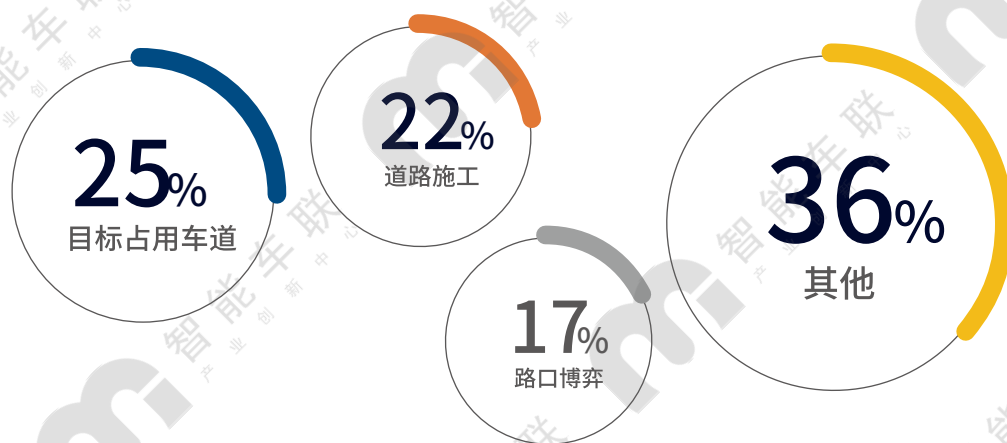


图 42 2020 年关键脱离原因占比统计

目标占用车道类脱离多数情况下是社会车辆违规停车，如同方向只有一条车道时社会车辆在车道中央或侵占大部分车道违规停车（如图所示），自动驾驶车辆无法越过黄实线借道继续行驶。自动驾驶车辆的规划系统基于不违反交通规则的前提，为车辆规划行驶路径，这样的设计原则确保了自动驾驶车辆基本不会出现违反交通规则的行为，但也导致在此类情况下，自动驾驶车辆无法像人类驾驶员那样“灵活”地选择借道通过。道路施工类的脱离场景基本与此类情况相同，道路施工临时改变了车道的行驶规则（即临时改变了部分区域的行驶规则），自动驾驶系统无法判断哪种情况下可以“违反”行驶规则，哪种情况下必须严格遵守。现实是在复杂的交通环境中，国内城市道路上存在大量此类情况，如何提升道路交通的管理水平，是解决这类问题的关键。

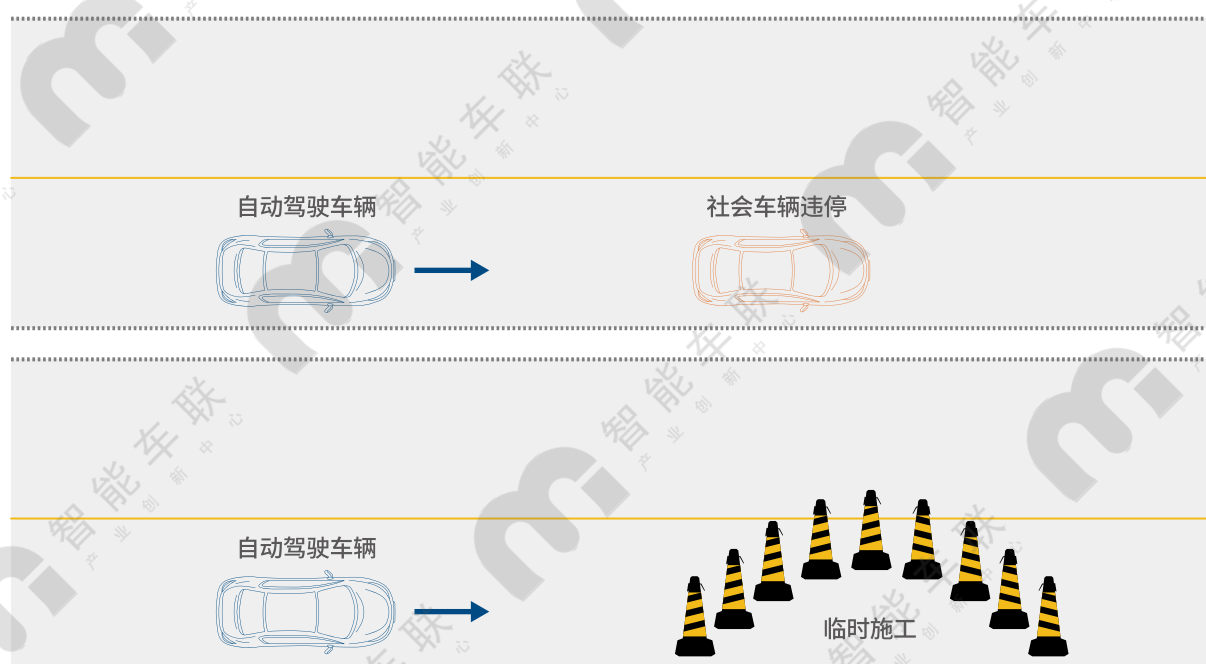


图 43 目标占用车道与道路施工示意图

脱离目标分类：

小型客车是目前引起自动驾驶脱离最多的交通参与者。在关键脱离交通目标统计中，小型客车相关的脱离占 54%，其他小型货车、公交车、特种车辆等机动车相关的脱离共占 32%，二轮车和三轮车相关的约占 10%，行人脱离场景占比最少，约 4%。这说明 2020 年在北京市开放道路测试的自动驾驶车辆对于行人类场景处理能力较好，有效地保障了弱势群体的安全。

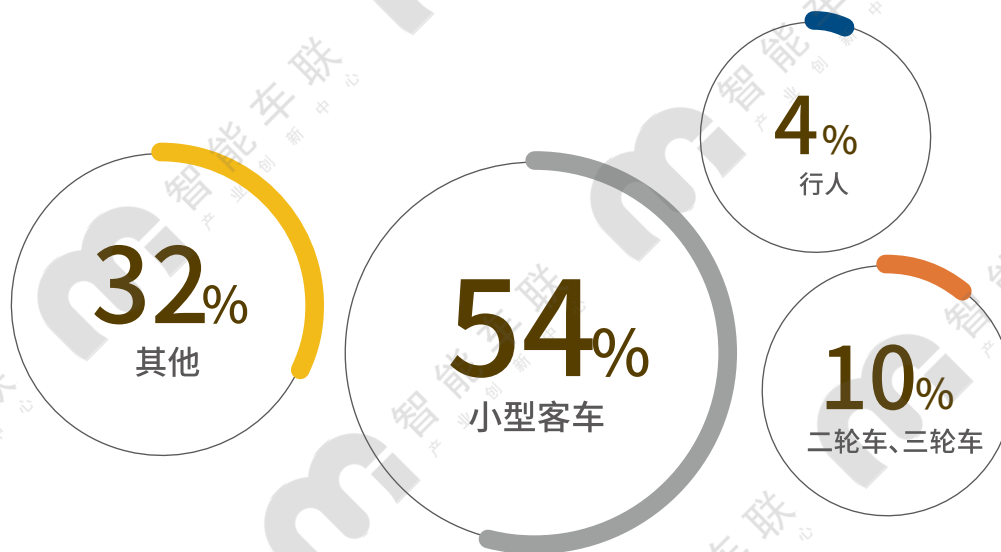


图 44 脱离场景动态交通目标统计

（四）道路测试管理服务

为了满足北京自动驾驶车辆道路测试服务的需求，北京智能车联产业创新中心在北京市自动驾驶测试管理联席工作小组的指导下研制了“北京市自动驾驶车辆道路测试管理与服务平台”，实时管理测试车辆的位置、车况、自动驾驶状态、测试驾驶员行为等。该平台能够准确、客观、公正地记录自动驾驶车辆在实际道路测试中的行为，通过对管理数据的溯源、挖掘、分析，为北京市自动驾驶政策的改进与优化提供数据支撑，以此来保障自动驾驶车辆道路测试安全可控。



图 45 北京市开放道路测试管理与服务平台

截至目前,共发现道路测试隐患 521 次,告知纠正测试问题 352 次,其他问题在管理系统警告后自动纠正,下发通知 7 次,有力地保障自动驾驶道路测试工作安全有序推进。北京市自动驾驶道路测试保持着 0 不良影响的记录,测试主体均能规范测试行为。

四、总结及展望

2020 年，新冠疫情肆虐全球，面对灾难，国家持续出台相关政策鼓励自动驾驶汽车开展多形态场景试点及探索，“新基建”为国内自动驾驶产业发展带来新机遇。北京市持续落实智能网联国家战略，优化建设自动驾驶相关政策和测试环境，推进自动驾驶产业发展迈进新台阶。

（一）政策奠基，探索创新

政策的支持和资本市场的逐渐回暖都为智能网联相关产业发展带来新的机遇，智慧道路的建设已经进入各地相关管理部门的未来规划工作。自动驾驶车辆测试从科学实验阶段向商业化应用探索阶段推进，除了已经开展的通用技术测试外，龙头企业也开始推进载人测试、无人化测试的规模性验证和商业模式探索。

（二）国家布局，先行示范

北京市十四五规划明确以数字化引领高精尖产业发展的重要任务，未来五年北京市将建成一批高级自动驾驶示范区，运行区域总面积超过 1000 平方公里，实现限定区域内高级别自动驾驶汽车规模化运行。随着智慧道路的逐渐铺开以及自动驾驶开放道路测试的持续拓展，自动驾驶应用场景不断丰富，一方面能有效帮助自动驾驶技术提升，另一方面将进一步深化自动驾驶应用示范探索、促进产业升级。

（三）全面支撑，勇创佳绩

北京市自动驾驶测试管理联席工作小组将持续指导北京智能车联产业创新中心等相关单位，勇争交通强国自动驾驶先导示范区，探索自动驾驶营运条件及管理办法；勇挑自动驾驶关键技术攻关重任，支撑攻克 5G 车路协同环境下的全无人自动驾驶技术；勇创高级别自动驾驶场景新应用，落实自动驾驶乘用车或自动驾驶车辆、自动驾驶公交车、自动驾驶货车、自动驾驶轮式服务车和自动驾驶园区巴士等应用方向；勇启自动驾驶测试新技术新思路，持续丰富自主建设自动驾驶场景库并在国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地创新开展自动驾驶混合现实技术测试。安全第一、有序创新，保障北京市自动驾驶测试工作稳步推进，并推动北京市自动驾驶产业有序快速发展。

北京智能车联 产业创新中心介绍

北京智能车联产业创新中心有限公司依照新兴产业创新主体模式设立，是全国首家智能网联创新中心，也是北京市唯一一家智能网联测试与服务领域的市级产业创新中心，由千方科技牵头，包括交通、汽车、互联网、通信行业的合计 9 家龙头企业共同出资成立。北京智能车联产业创新中心定位于打造智慧交通方向下国内领先的智能网联汽车“全生命周期”测试、验证、检测与评估机构以及应用示范的产业服务平台。

北京智能车联产业创新中心聚焦解决制约智能网联行业发展的测试难、评价难与上路难等问题，牵头组织行业知名企业、科研院所编制自动驾驶能力评估、道路选取、试验场建设、数据传输等 10 项团体标准，其中的自动驾驶能力评估标准在全球范围内首次提出了以交通情景复杂度来划分 SAE 的 L3 及以上自动驾驶能力级别的思路，入选 2018 年工信部百项团标向全国推广，系列标准被北京市采纳作为自动驾驶相关适用标准。





北京智能车联产业创新中心支撑北京市建设完成“场-路-区”三级试验与示范环境，包括 850 亩自动驾驶封闭试验场（包括北京市首个 T5 级测试场），可复现京津冀地区 85% 城市、90% 高速、80% 乡村交通场景，并已在亦庄核心区域建设完成 40 公里的 V2X 测试道路，与产业伙伴合作建设虚拟仿真实验室、人机混驾实验室和 V2X 网联测试实验室，已初步形成自动驾驶虚拟仿真-封闭场地-开放道路逐级联动的测试评价服务体系。同时北京智能车联产业创新中心大力推进自动驾驶道路测试与示范工作，全面负责国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区的管理、建设与运营以及全国首个车联网（智能网联汽车）和自动驾驶地图应用试点的支撑、推进工作。

2018 年 3 月 15 日，北京智能车联产业创新中心被正式授权为北京自动驾驶车辆道路测试第三方服务机构，负责北京市自动驾驶车辆道路测试日常管理工作，构建全国首个自动驾驶道路测试管理平台，并连续两年发布全国首份自动驾驶道路测试技术报告。

在北京市相关部门的领导下，遵循“安全第一，有序创新”原则，北京智能车联产业创新中心当前已经具备自动驾驶与车联网测试评估方法与标准研制能力和测试评估服务能力，自动驾驶与车联网测试评估政策研究推动能力、测试管理能力、技术方案咨询服务能力，以及自动驾驶与车联网测试设备、系统软硬件的设计开发与研制能力。希望与各家智能网联合作伙伴同心戮力，为智能网联行业的健康、稳步、快速发展贡献力量。

北京市自动驾驶道路测试 大事记（2020 年）

12月



- 北京市自动驾驶测试管理联席工作小组向百度 Apollo 颁发了首批 5 张无人化路测（第一阶段）通知书



- T/CMAA 21002-2020《自动驾驶仿真测试场景集要求》被认定为“中关村标准”

10月

- 北京智能车联产业创新中心获得 CNAS 认证

11月

- 北京智能车联产业创新中心运营管理的国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地被交通运输部认定为自动驾驶封闭场地测试基地
- 北京市发布《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》（4.0），持续支持自动驾驶新技术与商业试运营测试，允许开展特殊天气环境（夜间、雨、雾）、高速环境、无人化技术测试



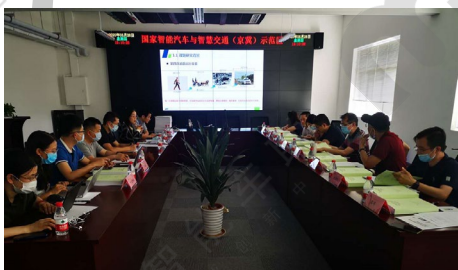
- 2020 年世界智能网联汽车大会在京召开
- 发布 T/CMAA 116-01-2020 《自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法》，新增特殊天气环境（夜间、雨、雾）、高速环境、无人化技术测试方法

9月



- 北京经济技术开发区启动建设全球首个网联云控式高级别自动驾驶示范区

7月



- 北京智能车联产业创新中心承担的北京市科技计划重大专项课题“车辆道路测试自动驾驶能力评估规范方法研究及技术验证”通过专家验收

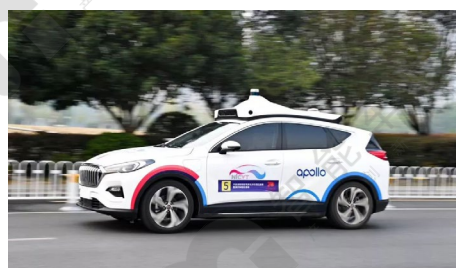
3月



- 发布《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019）》

8月

- 北京开启面向社会招募自动驾驶载人测试志愿者的进程：百度在京上线 Robotaxi 在线预约服务功能



- 北京市自动驾驶测试管理联席工作小组审核通过百度 Apollo 在京开启第二阶段自动驾驶载人测试
- 发布 T/CMAX 21001-2020《服务型电动自动行驶轮式车道路测试能力评估内容与方法》

6月



- 在研国标《智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求》首次验证试验在京冀示范区亦庄基地顺利完成

2月

- 发布 T/CMAX 43001-2019《自动驾驶车辆道路测试数据采集技术要求》



国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区

国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区亦庄基地 交通运输部认定自动驾驶封闭场地测试基地 车联网（智能网联汽车）和自动驾驶地图应用试点

城市道路测试区

- ① 城市主干道
 - ② 城市次干道
 - ③ 城市支路
 - ④ 环岛
 - ⑤ 模拟苜蓿叶立交桥
 - ⑥ 有信号灯路口
 - ⑦ 无信号灯路口
 - ⑧ 铁道口
 - ⑨ 主辅路出入口
 - ⑩ 林荫道
 - ⑪ 可变导向车道
 - ⑫ 公交专用道
 - ⑬ 单行道
 - ⑭ 机非混行道
 - ⑮ 右转专用道
 - ⑯ 潮汐车道
 - ⑰ 曲线行驶
 - ⑱ 直角转弯
 - ⑲ 左转待转区
 - ⑳ 涉水区
 - ㉑ 雨篦子
 - ㉒ 公共汽车站
 - ㉓ 城市街景
 - ㉔ 路侧停车
 - ㉕ 隧道
- 雨雾模拟
强光 / 弱光模拟

高速公路与快速道路测试区

- ① 高速公路
- ② 快速道路
- ③ 高速路环岛
- ④ 快速路辅路
- ⑤ 匝道
- ⑥ 公交专用道
- ⑦ 高速路入口
- ⑧ 高速路出口
- ⑨ 主辅路出入口
- ⑩ 高速路车道控制
- ⑪ 主辅路出入口信号控制
- ⑫ 收费站（含 ETC）
- ⑬ 充电站 + 服务区

配套设施

- ① 实验楼
 - 主控中心
 - 服务中心
 - 展示中心
 - 车库、调试车间
- ② 实验室
 - C-V2X 网联测试联合实验室
 - 自动驾驶虚拟仿真联合实验室
 - 人机混驾联合实验室
 - 环境实验室

- ③ 停车场 + 充电桩
- ④ 高精度定位增强设施
GNSS 智能参考站
基地 V2X 网联通信覆盖
基地 5G 网络覆盖

服务型电动自动驾驶轮式车测试区

- ① 街区道路
- ② 园区道路
- ③ 连续曲线行驶路
- ④ 上下坡路
- ⑤ 侧向倾斜路

乡村道路测试区

- ① 弯道
- ② 坡道
- ③ 水泥路
- ④ 砂石路
- ⑤ 砖块路
- ⑥ 环岛



截至

2020年12月31日,

北京市自动驾驶车辆道路测试安全行驶里程已超过

2213413 公里

由千方科技牵头,京冀地区汽车、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。

智能车联
产业创新中心
www.mzone.site

场 | 覆盖京津冀地区城市、乡村、高速
85% 交通场景

交通运输部
认定自动驾驶封闭场地
测试基地



占地面积约650亩

2019年5月作为北京市
自动驾驶封闭测试场(T1-T5)正式启用。
具备全天候测试、天气测试以及
高速测试多种测试环境,
可用于12米以下自动驾驶车辆测试

开放测试道路最长的城市
200 条 699.58 公里道路

路



北京经济技术开发区

条 111
公里 322.46

顺义区

条 26
公里 143.82

海淀区

条 52
公里 215.32

房山区

条 11
公里 18.0

区 | 北京经济技术开发区区域开放
车联网(智能网联汽车)和自动驾驶地图应用试点
V2X全域覆盖

智能网联应用示范
经开区、首钢园、环保园

用

开放了全国首个40平方公里的测试区域,为测试主体开展
ROBOTAXI、接驳、分时租赁、编队行驶等商业模式探索提供
测试环境

国内首个车联网(智能网联汽车)和自动驾驶地图应用试点
落户国家智能汽车与智慧交通(京冀)示范区亦庄基地与北京
经济技术开发区

北京智能车联产业创新中心整体规划,完成了40公里道路的
V2X设备全域覆盖,满足自动驾驶车辆的V2V、V2I、V2P车路
协同测试



示范应用区域V2X全场景覆盖

面向未来出行的区域级示范区应用探索,

ROBOTAXI、无人接驳、代客泊车等

园区示范应用相继开展,

涵盖无人接驳、编队行驶、分时租赁、无人快递、

无人配送、无人售卖、无人清扫、

无人巡检等商业运行场景

自动驾驶道路测试
临时号牌
已发放

14 家企业
87 辆车

Baidu 百度

NIO 蔚来

DAIMLER

奥迪

美团

BAIC BJEV
北汽新能源

智行

Tencent 腾讯

滴滴

pony.ai

SOON

NAVI

TOYOTA

沃芽科技

智慧交通和智能网联 产业链

车

摄像头

- 采埃孚、松下、索尼、法雷奥、麦格纳、大陆、Mobileye、海拉
- 豪威科技、宇视、中科慧眼
- 舜宇光学、欧菲科技

毫米波雷达

- 博世、大陆、天合、海拉、德尔福、电装
- 行易到、凌波微步
- 华域汽车、纳雷科技、智波科技、斯泰克、

电子电器架构

- 博世、瑞萨、德尔福、ESG、Ruetz
- 北汽、经纬恒润、长城华冠
- 上汽、一汽、长城、宇通、东风、威马

智能网联汽车整车

- 通用、奥迪、丰田、沃尔沃、特斯拉、Zoox、Cruise
- 北汽、北汽福田、宝马中国、戴姆勒中国、奥迪中国、北京奔驰、京环装备、北汽新能源、长城华冠、奇点汽车、车和家、智行者、新石器
- 长安、上汽、广汽、吉利、蔚来汽车、威马汽车、小鹏汽车、拜腾汽车

激光雷达

- Velodyne、Quanergy
- 北醒光子、佳光科技、北科天绘
- 巨星科技、中海达、速腾聚创、禾赛科技

执行系统

- 博世、大陆、德尔福、采埃孚
- 北汽新能源、小马智行、驭势科技、智行者
- 万向集团、亚太股份

智能驾驶舱

- 伟世通、博世、大陆、先锋、阿尔派、佛吉亚、哈曼、Navdy、松下
- 中科创达、乐驾科技、可可家里
- 索菱、德赛西威、华阳、均胜电子、路畅科技、航盛

路

车路协同解决方案

- Image Sensing, MobilEye, Iteris, SIEMENS, Olivia, TrafficVision
- 千方、易华录、海信、莱斯、科力

车路信息安全

- 日立、瑞萨、恩智浦、Intel、Mentor Graphics
- 奇虎360、国科欣翼、赛迪、梆梆安全
- 东软

云

计算平台

- NVidia、Intel、NXP、英飞凌、德尔福、三星
- 百度、地平线、驭势科技、智行者、赛迪
- 阿里、腾讯

云平台

- 微软、Google、ASD
- 百度、四维图新、北邮、启迪国际、清研宏达
- 比亚迪、斑马网络

网

V2X通信系统

- 瑞萨、大陆、日立
- 大唐、千方、华为北京、新岸线、中交兴路
- 华为、中兴、海康威视

电信运营商

- AT&T、SKT、NTT、Vodafone
- 中国移动、中国联通、中国电信、中国铁塔

测

检测机构

- 密歇根大学、AsteZero 等
- 北京智能车联产业创新中心
- 上海淞虹、湘江智能、中国汽研等

封闭测试场

- M-city、Willow Run、AstaZero 等
- 国家智能汽车与智慧交通(京冀)示范区
- 上海、湖南、浙江、无锡、重庆、武汉等示范区

共性技术

操作系统

- 微软、苹果、谷歌
- 百度、中科创达
- 阿里

自动驾驶解决方案

- 奥迪、特斯拉、谷歌、苹果、德尔福、Uber、Waymo、博世、英伟达
- 百度、京东、经纬恒润、智行者、初速度、地平线、滴滴出行
- 阿里、长安、上汽

AI芯片

- Mobileye、Altera、Movidius、英伟达
- 中科寒武纪、地平线、深鉴科技、四维图新

人工智能算法

- MobilEye、英伟达、Waymo
- 百度、驭势科技、深鉴科技、地平线、清华大学、中科院、北航、北理工

增值服务

数据增值

- 英特尔、微软、思科、Otonomo、Bright Box
- 彩虹无线、联华思创、优必爱、钛牛科技、众智先导
- 上海评驾科技

出行服务

- Uber、Lyft、Grab
- 滴滴出行、首汽集团、易到用车、神州优车、九五智驾、嘀嗒出行
- 曹操出行、一嗨租车

智能物流

- Waymo、Uber、沃尔沃、戴姆勒
- 铂骏北京、中交慧联、乐卡车联、斯润天朗、图森未来

* 注： ■ 部分为海外企业 ■ 部分为北京市企业 ■ 部分为外省市企业

延伸阅读

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

智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）

北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）- 第四版

智能网联汽车测试互认推进路线图

北京市加快新型基础设施建设行动方案（2020-2022 年）

北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019 年）

北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2018 年）

汽车驾驶自动化分级

智能网联汽车自动驾驶功能场地试验方法及要求

Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to Automated Lane Keeping Systems

T/CMAA 116-01-2020 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

T/CMAA 21001-2020 服务型电动自动驾驶轮式车道路测试能力评估内容与方法

版权声明

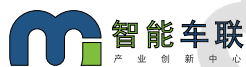
本报告版权属于中关村智能交通产业联盟、北京智能车联产业创新中心，受法律保护。
如需转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中关村智能交通产业联盟、北京智能车联产业创新中心”。

违反上述声明者，将追究其相关法律责任。



+86 10 8972 5218

中国北京·国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区 - 亦庄基地



bicmi@mzone.site



www.mzone.site



扫码关注官方微信