

智能网联汽车测试设备 标准化需求研究报告

全国汽车标准化技术委员会
智能网联汽车分技术委员会

2020年9月

全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会发布

前言

衷心感谢参与研究报告编写的各个单位和组织：中国汽车技术研究中心有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、吉林大学、重庆车辆检测研究院、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、一汽-大众汽车有限公司、东风小康汽车有限公司、东风汽车有限公司东风日产乘用车公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、东风商用车有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、柳州五菱汽车工业有限公司、华为技术有限公司、博世汽车部件（苏州）有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、东风汽车集团股份有限公司乘用车公司技术中心、中国第一汽车集团公司、天津市北斗卫星导航定位技术有限公司、爱驰汽车（上海）有限公司。

主要编写人：杨良义、朱冰、徐建勋、季钊、李艺、陈振宇、陈瑶、何佳、张苏林、曹寅、李阳、吴兴宇、高海龙、潘牧、赵凌云、郭宗环、周云龙、钟声峙、马亮、谢业军、郑芳芳、郭干、张帅、刘楠、谢蓉、夏显召、钱金刚、刘涛、薛广宇、宋雪松、犹佐龙、韩中海、申静峰、李超、张培兴、游国平、张铮、赖巧玲、胡龙飞、杜宏建、付广、齐海政、何宏俊、王兴东、易礼艳、郑英东、张图南、翟洋。

目录

1. 智能网联汽车测试设备研究意义.....	4
1.1 智能网联汽车发展现状.....	4
1.1.1 智能网联汽车发展现状.....	4
1.1.2 智能网联汽车技术方案.....	5
1.2 传统汽车与智能网联汽车的差异性分析.....	6
1.2.1 测试方法差异.....	6
1.2.2 测试设备差异.....	8
2. 智能网联汽车测试设备现状及分类.....	9
2.1 测试设备应用分类.....	9
2.1.1 仿真测试.....	9
2.1.2 封闭场地测试.....	17
2.1.3 实际道路测试.....	21
2.2 测试设备产业图.....	23
2.2.1 仿真测试.....	23
2.2.2 封闭场地测试.....	27
2.2.3 实际道路测试.....	35
3. 智能网联汽车测试设备技术要求分析.....	42
3.1.1 仿真测试.....	42
3.1.2 封闭场地测试.....	49
3.1.3 实际道路测试.....	55
4. 标准法规适用性分析.....	60
4.1 测试设备标准化意义.....	60
4.2 测试设备标准的现状及适用性分析.....	61
4.2.1 仿真测试.....	61
4.2.2 封闭场地测试.....	64
4.2.3 实际道路测试.....	68
4.3 标准化建议.....	68

全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会发布

1. 智能网联汽车测试设备研究意义

1.1 智能网联汽车发展现状

随着智能网联汽车领域相关技术逐步走出实验室，进入研发量产阶段，智能网联汽车正在逐步成为汽车行业当前研究热门领域，智能网联汽车将基于车辆自身传感器以及网联手段获取周边交通信息，并依据获取信息实现自动化车辆控制，在保障车辆安全行驶的同时，也将有效地降低交通压力和车祸事故率。

1.1.1 智能网联汽车发展现状

智能网联汽车主要依靠驾驶自动化系统实现各项驾驶辅助以及自动驾驶功能。驾驶自动化系统可以分为 5 个等级，0 级为应急辅助功能，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 级为部分驾驶辅助，驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制，且具备与所执行的车辆横向或纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力；2 级为组合驾驶辅助，驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向和纵向运动控制，且具备与所执行的车辆横向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 级为有条件驾驶自动化系统，驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务；4 级为高度驾驶自动化系统，驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务并自动执行风险减缓策略；5 级为完全驾驶自动化系统，驾驶自动化系统在任何可行驶条件下持续地执行全部动态驾驶任务并自动执行风险减缓策略。截至 2019 年，国内已有 27 家企业推出超 60 款 L2 级别驾驶自动化系统产品，总体市场体量依旧偏小，市场空间可观，预计 2020 年将会有大批 L2 级产品涌入市场，在此情况下，行业也逐步将下一步的研发重点向 L3 甚至更高级别的 L4 转移。

对于智能网联汽车，行业目前主要有两种实现思路，一种是以互联网公司为核心的创新型势力，如谷歌、百度等以互联网涉足汽车行业的公司，其以更加大胆开放的新思路研发，甚至去除传统车中常见的油门、方向盘等结构；而另一种是以车企为核心的造车势力，如特斯拉、奥迪等，其在传统车辆的研发基础上，设计更加智能化的应用，使得车辆具备驾驶自动化能力，并随着技术的能力的提升不断改进设计方案，利用空中升级等方式不断进行迭代

优化。

1.1.2 智能网联汽车技术方案

智能网联汽车需要在行驶过程中正确处理复杂多变的城市交通状况，这就要求智能网联汽车能够通过传感器、GPS 技术、雷达摄像或者 V2X 等技术手段及时准确的获取周边以及前方道路环境信息；要求车辆驾驶自动化系统能够通过算法对收集的交通数据和驾驶行为、规则、案例进行处理，并针对算法不断进行优化使其可以感知识别、规划路径、控制车辆行驶；同时要求驾驶自动化系统能够依据对交通环境中的行人、车辆等移动物体的轨迹分析，预测其未来行驶轨迹。智能网联汽车发展的理想状态，是利用系统取代人类驾驶员，但从技术发展进程来看，未来将存在较长时间的过渡期，各种不同类型、不同层次的技术将共存很长一段时间。智能网联汽车领域技术发展将分化出两种技术方案，以单车智能为基础的智能（自主式）技术路线和以车路协同及 V2X 为基础的网联化技术路线，两种技术路线均有其各自特点为安全有效的实现上述驾驶自动化系统需求，目前行业主要有以下两种技术思路以实现车辆的驾驶自动化。

（1）单车智能化：传统车企基于传感器设备和车辆底层线控研发驾驶自动化系统，此类技术路线通过在车辆上加装传感器设备的方式代替驾驶员对道路、行人和车辆等周围环境进行感知、识别以及监控，并进一步自动执行车辆的驾驶任务及行为，车辆的环境感知、规划决策和智能控制都依据自身系统实现，并能够不断学习和优化对于不同场景下的应对方式。该技术路线的实现高度需求传感器设备的精确以及精准成程度，同时对于计算平台的计算能力，系统的反应级别都具备较高的需求，以保障智能网联相关功能能够安全稳定的实现。

（2）网联化：相比传统车企，IT 企业在云计算、大数据和人工智能等前言技术方面具备较好的技术积累，此类技术路线通过多路段数据采集制作高精度地图，并结合大数据使得车辆在行驶过程中可以明确实时位置，通过传感器设备以保障车辆对行驶环境和地理信息的全方位感知；另外通过网联通信手段使得车辆直接与交通环境中的车辆、信号灯等物体进行信息交换，共享路端感知的结果，车辆在行驶过程中通过车联网技术可以提前预知到前方道路的情况，结合云端实时数据，更加智能地规划车辆行驶路线；该方案中对于网络传输的时延有较高的要求。

1.2 传统汽车与智能网联汽车的差异性分析

汽车产业的自我革命催生了汽车智能化、网联化的风潮，智能网联汽车已经成为科技圈中的热点话题，谷歌、苹果、Uber、百度等科技公司，都把其作为今后的重点来发展。相较于传统车辆，智能网联汽车能够辅助驾驶员执行车道保持、自适应巡航等功能，部分驾驶自动化系统甚至能够完全代替驾驶员控制车辆，这就要求智能网联汽车具备传统车辆所不具备的自主执行车辆的周边环境感知、车辆驾驶行为决策以及驾驶动作执行的能力，这也使得智能网联汽车以及传统汽车的研发技术路线存在一定差异。

传统汽车技术的发展路径中侧重于车辆域控制器和电子电气架构的优化升级，在多元化驾驶员服务的同时，侧重用来汽车性能的评定，包括动力性、燃油经济性、制动性、操控稳定性、平顺性以及通过性等。在一定使用条件下，汽车以最高效率工作的能力，称为汽车使用性能。它是决定汽车利用效率和方便性的结构特性表征。因此传统汽车在技术优化升级的过程中，需要设计各类型的整车功能及性能试验，验证汽车自身的各类性能指标，保障车辆驾驶过程中的高效稳定性。

智能网联汽车通过智能化以及网联化手段的结合，能够发挥本身的智能跟网联两大优势，使得汽车能够实现更加安全、高效的功能。它与人工智能、信息通讯、大数据等新技术和新兴产业跨界相连，构建起新的汽车产业生态，将带来汽车产业乃至城市交通体系、人类出行方式的深刻变革。因此智能网联汽车技术发展的关键点在于智能及网联系统的升级优化，着重于设计试验验证算法或软件的性能指标，不断提升其智能化的程度。

1.2.1 测试方法差异

1.2.2.1 传统汽车测试方法

传统汽车测试主要是对整车性能进行评估，包括侧滑、速度、制动、灯光、排放和噪声等，通过检测汽车的这些性能，可以减少甚至避免行驶中的问题。测试方法可分为以下三种：

(1) 室内台架试验

在室内试验台上测试汽车整车及总成和零部件，并消除不需要研究的某些因素，容易控制试验条件。室内台架试验可以模拟实际使用工况，建立室内台架试验与实际道路试验相应的关系，以代替部分道路试验，这样不仅提高了试验精度，而且缩短了试验周期。

(2) 室外道路试验

汽车在实际使用的道路条件下现场试验，其试验结果比较符合实际使用情况，可全面考核其技术性能。但试验的影响因素多，如条件环境不易控制，受车上空间条件的限制，传感器的安装、测试参数的记录和处理均较室内试验困难。近年来，已陆续发展了各种高性能的小型传感器和电子仪器作现场记录，大大提高了测试精度，此外，短距离遥测系统的发展，使道路试验技术更趋完善。

(3) 试验场试验

汽车按预先制定的试验项目、规范，在规定的行驶条件下进行的试验。试验场可设置比实际道路更恶劣的行驶条件和各种典型道路与环境，这种条件下进行可靠性试验、寿命试验及环境试验，也可以进行强化试验以缩短试验周期。汽车在试验场试验，比在实验室或一般行驶条件下试验更加严格、更加科学、更迅速、更实际。试验场试验可以完成新产品的质量认证和鉴定、标准法规测试、以及为试验室零部件试验或整车模拟试验确定工况和采样条件。

1.2.2.2 智能网联汽车测试方法

智能网联汽车测试与评价是驾驶自动化系统研发中的重要环节，也是相关技术发展的重要支撑，为了满足智能网联汽车测试和评价充分性和有效性的要求，必须要有合适的测试验证方法。目前针对智能网联汽车的测试验证可以分为以下三个部分：

(1) 虚拟仿真测试

虚拟仿真测试是一种利用仿真软件对传感器、车辆、控制器、交通环境等要素进行部分或者全部模拟的测试方法，主要包括软件在环测试（SIL）、硬件在环测试（HIL）、车辆在环测试（VIL）等。基于V字型开发流程，在系统开发不同阶段选择相适应的虚拟仿真测试方法，用于验证系统功能安全。

软件在环测试在系统功能开发过程的开始阶段，在没有硬件的情况下，传感器、车辆与环境均通过软件建立模型模拟，仅对系统策略算法进行功能验证的过程称为软件在环测试。

硬件在环测试通过用真实组件部分替换原始模型来建立更真实的测试环境，从而降低测试系统虚拟化程度，而环境是虚拟的。驾驶自动化系统的环境感知系统、决策规划系统和控制执行系统均可实现硬件在环测试。

车辆在环测试将真实车辆作为实物硬件连接到虚拟的测试环境接受模拟传感器的数据进行测试，是比硬件在环测试更加复杂的测试工具。将所有部件、系统集成到车辆上进行测试，可以降低模型偏差带来的不良影响，使测试结果更加可靠。

(2) 封闭场地测试

受控场地测试从环境到车辆系统均为实物，强调环境和场景的还原和模拟能力，采用柔性化设计，保证车辆能够在有限的场地条件下，尽可能多地经历不同环境和场景，通过专业的测试设备和量化的评估可以实现驾驶自动化系统功能和性能的全面测试。较为成熟的试验场包含高速公路、城市道路、乡村道路等多种道路类型。测试能力除了现有的智能汽车 ADAS 测试项目外，还初步具备了 V2X 基础测试设施，少数测试场还提供雨、雾等不同天气情况模拟。但是大多数投入使用的智能网联汽车测试场还不具备完整的测试环境和要素。

(3) 开放道路测试

开放道路测试作为智能网联汽车商用的最后一步，也是最为特殊与关键的一步，要求被测车辆在实际复杂的、交互的开放道路上进行性能测试与验收。开放道路测试被认为是验证智能网联汽车驾驶安全性、车辆性能最直接、最精确的方法，这一阶段能够真实、有效地评估整车级系统的实际性能以及用户层面相关的性能。

1.2.2 测试设备差异

汽车属于组合型产品，通过零件和系统间的协同合作完成车辆行驶，驾驶者通过驱动系统和控制系统等完成对汽车的操作。随着科学技术的不断融合与创新，通过设备的持续更新可对汽车进行精密检查，满足当前汽车用户的需求。传统汽车和智能网联汽车在测试设备方面存在三个方面的差异性。

(1) 设备多样化

在对传统汽车进行测试时，更多侧重测试汽车零部件产品的功能及性能，其测试设备一般包括发动机检测设备、电气检测设备、结构性检测设备、集成控制检测设备、汽车底盘检测设备等，通过不同设备可对组成汽车的零部件进行测试，并可及时检测到问题所在。针对智能网联汽车测试侧重系统的功能及性能，因此其测试设备不仅包含了在实车测试中的目标物、控制系统、场景配置等设备，同时也包括虚拟仿真的测试，即各类传感器设备的模拟系统、数据板卡等相关设备，测试设备覆盖虚拟仿真测试、封闭场地测试到实际道路测试的全过程测试，涉及的设备相比传统汽车测试更加丰富多样。

(2) 设备的智能化

智能设备越来越多地应用于生活的方方面面，在未来的测试领域里，全方位系统化的智能测试系统将是行业发展的趋势，在传统汽车测试中，测试设备更多侧重电气化集成的稳定性和精确度，满足对汽车测试中数据准确性的把控；在智能网联汽车的测试中，由于其本身

包括智能化系统，因此测试设备在设计时也考虑更加智能化的设计，通过局域网或互联网对测试设备数据进行实时监控。通过计算机测量仪的辅助功能，对测试设备相关参数进行预期设置，在测试过程中，通过计算机技术对数据信息进行智能比对，并可形成立体化数据模型，以一种直观的形式展现在测试人员面前，同时可对数据进行存储，方便测试人员的及时查看。

(3) 设备的网联化

随着智能网联汽车的发展，其网联化的程度也在不断提升，传统汽车一般针对单车性能进行针对性的测试，保障汽车后续运行过程中的稳定性。智能网联汽车在发展智能化的进程中也一直在不断拓展其网联化的功能，融合现代通信与网络技术，实现车与人、车、路、后台等智能信息交换共享，对于智能网联汽车网联化的测试设备需要考虑在一致性通信协议的基础上，构建网联化的测试场景，建立测试车辆、测试设备和网联化场景互联互通的一体化测试方案。与传统汽车测试相比，智能网联汽车测试设备对于网联化提出了新的功能及性能要求。

汽车从规划到最后的产品 SOP，从一个完全没有实物到有实物产品开发的过程。依照从前到后的过程，把测试分为从最初的仿真虚拟测试，半实物测试，场地测试到实车道路测试，分成不同的环节，每个环节参与的实体是不一样的。在最初，人车路都是虚拟的。研发到一定的程度，车上有不同的硬件设计出来，这些硬件可以替换进去，就会变成一些半实物的测试，随着实物参与越来越多，直到有一个实物的车，可以做场地测试，在到最后公开道路上测试，每个测试场景和测试阶段都需要设计和研发，而测试设备作为测试过程的载体，其标准化必将带动汽车测试向更加智能的方向行进，也将推着汽车产业智能化及网联化的发展趋势。

2. 智能网联汽车测试设备现状及分类

2.1 测试设备应用分类

2.1.1 仿真测试

2.1.1.1 ADAS/AD

仿真测试设备大致可分为上位机、实时机、感知模拟配套设备、驾驶人在环配套设备。

(1) 上位机

上位机设备贯穿仿真测试的各个环节，为仿真测试提供算法运行平台、配备运行环境。

上位机根据测试客户需要可以自行进行配置升级,理论上通过并行处理等方式可以将上位机性能不断提升。当前一些软件平台对上位机的性能提出了一些基础要求,例如 Panosim 软件要求上位机达到: 64-bit Windows 7, 64-bit Windows 8.1 or 64-bit Windows 10、 Intel CPU Core i7-3770 or AMD equivalent、 8 GB RAM、 Nvidia GPU GeForce GTX 970 / AMD GPU Radeon RX 480; monoDrive 要求上位机达到: i9900 (8 core)、32 GB 3.2GHz RAM、2 RTX 2080 GPU、 water cooler、 overlock by 50%、 Windows 10、 Labview2019、 monoDriveClient, monoDrive Simulator。上位机可根据需要自行提升性能,因此规定其推荐标准。

(2) 实时机

实时机即快速控制原型,是现代电控系统 V 型开发与测试流程中的一个早期开发验证环节,其主要目的是以原型系统代替尚未定型发布的量产电控系统,快速方便地对新开发或升级的软件模块进行应用层功能逻辑验证。与一般汽车嵌入式电控系统不同,当前 ADAS 应用中特别存在有感知融合层,其要求将多个环境传感器所侦测的环境信息进行数据融合,以实现环境模型的构建,为后续的决策控制层提供条件输入。

(3) 感知模拟配套设备

感知模拟配套设备指为车辆传感器提供模拟仿真信息的相关设备。由于智能网联汽车配备大量的感知传感器,针对这些传感器进行仿真测试时需要通过一定的方式将传感器发出的原始信号进行屏蔽吸收,并根据模拟产生的场景向其发送虚拟的模拟信息,这些相关设备组成的整体即为感知模拟配套设备。

由于车辆装载传感器型号的不同,需要不同的感知模拟配套设备为这些传感器提供虚拟的模拟环境信息,当前已经产品化的相关设备包括毫米波雷达回波模拟设备、摄像头投屏设备、摄像头注入设备、超声波雷达回波模拟设备、V2X 信道模拟设备。

毫米波雷达回波场景模拟系统由回波模拟设备、转台控制系统、多探头天线和吸波暗箱组成。其中回波模拟设备模拟多个目标的距离、速度和回波信号大小;转台控制系统通过配置暗箱中各个探头天线的位置,仿真在不同场景下,来自不同方向的目标物发出的回波信号;带有吸波材料的暗箱避免了箱体内部信号的反射和散射带来的影响。

除了感知模拟配套设备,通过构建传感器模型也可以验证自动驾驶(AD)和辅助驾驶(ADAS)系统算法,传感器模型包含两大仿真功能:传感器前端和传感器环境。

(1) 传感器前端是传感器的检测组件。在相机中,它们是镜头和模数图像转换器。雷达前端模型包含信号调制和天线方向图。激光雷达前端由激光、LED 特性以及光电探测器(接收 LED)组成。

(2) 传感器环境模拟不同传感器检测到的所有环境细节，包括车辆，道路，交通标志，路边结构等，遵从信号传播受材料特性和通道衰减影响的物理定律。

传感器模型提供了逼真的前端仿真数据和环境仿真数据验证驾驶自动化系统的目标检测、数据融合等功能。为了保证最佳仿真速度和性能，传感器仿真模型需要配备强大的图形处理单元。（GPU）和多核中央处理单元（CPU）。

智能网联汽车的仿真测试，不论采用传感器模拟设备或者传感器仿真模型，目前都存在方案不成熟的问题，采用传感器模拟设备进行仿真存在的问题：

- (1) 传感器模拟设备只能模拟少数几个目标，无法满足场景中几十个传感器回波信号的模拟，无法进行真正的感知融合仿真测试；
- (2) 采用探头墙方案来模拟几十个目标回波，系统非常昂贵复杂，目前行业还没有成熟方案和供应商；
- (3) 传感器模拟设备目前只有雷达回波模拟设备和摄像头暗箱系统，在感知系统中需要通过扫描生成点云的激光雷达，目前还没有模拟设备的解决方案。

采用传感器仿真模型仿真存在的问题：

- (1) 传感器模型对射线传播特性（衰落、延时、噪声）、和目标障碍物界面材料物理效应（发射、散射、绕射）的仿真，在模型真实性和准确性上存在较大偏差；
- (2) 同一场景下对多个传感器仿真时，缺少系统同步和对传感器输入信号的延时补偿，无法保证多传感器仿真的一致性。
- (3) 仿真的实时性上，实车接收到的感知信息和传感器仿真模型信息还无法完全同步。

V2X 信道模拟设备主要功能是在实验室条件下对真实 V2X 外场通信环境下的无线信道特性进行模拟，应支持无线信号传播中路径损耗、阴影衰落、多普勒效应和多径衰落等信道特征的模拟，并根据车-车间相对速度、相对距离、信号频率、衰落类型、延迟类型等条件配置参数，实时计算和模拟真实 V2X 信道特性，从而为 V2X 终端直连通信的外场传输特性提供可重复、可配置的环境。

(4) 驾驶人在环配套设备

驾驶人在环配套设备包括驾驶模拟器、驾驶人状态检测系统。驾驶模拟器为驾驶员配备完整的驾驶模拟环境，包括方向盘、离合器、手刹、脚刹、油门、人机交互界面这些完整的驾驶员可操作车辆部件，并通过视屏为驾驶员提供虚拟的车辆行驶环境。目前有很多供应商都可提供其各自的驾驶模拟器方案，例如 NI、VI-grade、恒润科技等，很多整车企业也有其

各自的驾驶模拟器，例如宝马、奔驰、东风、吉利等。驾驶人状态检测系统为驾驶人生理状态检测系统，包括驾驶员眼部动作、心跳、体温、手部握力等。

2.1.1.2 CS

智能网联汽车在硬件和软件层面都涉及网络安全内容，在软件层面中又分系统安全、通信安全、数据安全、应用安全等，所有安全模块都必须进行相关安全测试，以保证系统完整性、保密性、可用性。

(1) 系统安全

分类	检测方法	测试设备/工具	具体功能
逆向分析	静态分析 动态分析	readelf、objdump、IDA Pro（静态分析）	基于逆向工程技术的软件进行漏洞分析方法，扫描系统二进制文件等以检测是否存在调试信息或符号表。
系统漏洞扫描检测	渗透测试	Nmap 端口、Nessus（Tenable）漏洞扫描（商业版/免费版）、OpenVAS 漏洞扫描、Metasploit Framework 漏洞利用、Metasploit Pro（Rapid7 商业版）、Nexpose 漏洞扫描管理（Rapid7 商业版）	通过无线或以太网方式扫描系统，检测是否存在开放的高危端口或系统漏洞。
防火墙策略检测	渗透测试	hping3、Tcpdump、libpcap 库、Xcap、THC-IPv6、Spirent SPT-C1, Wireshark	针对部署的防火墙策略进行测试验证，防范各种常见攻击，例如 DoS 攻击，SYN 洪水攻击等，关闭一些高危的及不常用端口，验证白名单策略等内容。
代码审计	代码静态扫描	Protecode（Synopsys）	静态代码分析在源代码中寻找缺陷和安全漏洞。

(2) 通信安全

通信协议	检测方法	测试设备/工具	具体功能
无线协议 (蓝牙、WiFi) 等	模糊测试	(Synopsys) Defensics 模糊测试工具 其他商业软件: SecDevice、beSTORM、中汽研无线协议漏洞检测工具	自动或半自动的生成随机数据输入到一个测试对象，并监视程序异常，如崩溃，断言(assertion)失败，以发现可能的程序错误，比如内存泄漏。
车载 CAN 总线协议	模糊测试	开源测试工具如 CANToolz、CANalyzatOr 等，也有一些商业版工具如 Vector 的 CANoe+vTESTstudio, 360 Sky-Go 团队的 CAN-Pick 总线安全可视化	通过 CANoe 或其他 CAN 总线注入设备将各种异常 CAN 帧输入到目标节点总线，并检测目标节点和故障或其他异常行为。

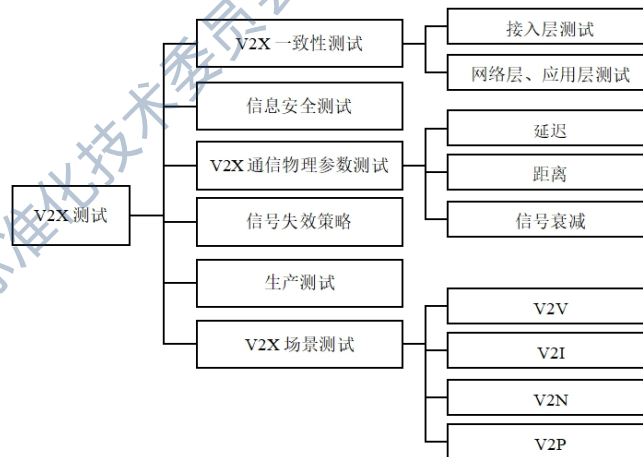
		测试平台	
LTE 网络	对抗性测试的系统方法	LTEInspector	2018 年公开的开源测试工具以发现 4G LTE 网络漏洞。
蓝牙接入安全	渗透测试	Ellisys 设备、Ubertooth One、Scapy、蓝牙 PoC 程序等	检测蓝牙是否存在已知漏洞；是否存在被监听或数据注入的风险等。
无线接入安全	渗透测试	支持监听模式网卡、Aircrack-ng 工具套件、KRACK 漏洞验证、Kismet、Wireshark、Evil-Twin Framework(集成多种工具并测试该 WiFi 在不同场景下的安全性) 等	检测 WiFi 加密模式、AP 模式密码强度，密码爆破，验证已知漏洞是否存在等。
TLS 传输协议	模糊测试	(Synopsys) Defensics 模糊测试工具	自动或半自动的生成随机数据输入到一个测试对象，并监视程序异常，如崩溃，断言(assertion)失败，以发现可能的程序错误，比如内存泄漏。
USB 传输	驱动检测；MITM 攻击	BadUSB、Umap2、USB 双头线	检测是否存在不必要的 USB 驱动，是否存在 MITM 攻击风险，以及是否可通过 USB 接口拷贝文件或执行程序。

(3) 整车渗透测试

测试设备/工具	供应商	具体用途	工具形式
VEOS(德国)	dSPACE	VEOS 是一种基于 PC 的仿真平台，用于早期开发阶段中电控单元 (ECU) 软件的验证。多类模型(比如：功能模型、虚拟 ECU、总线系统和被控对象模型) 都可使用 VEOS 进行仿真，而不必依赖任何特定的仿真硬件。	软件
SystemDesk	dSPACE	通过应用软件生成虚拟 ECU(V-ECU)。V-ECU 可在 dSPACE 仿真平台上用作被测单元，比如使用基于 PC 的仿真平台 VEOS 来验证 ECU 软件。	软件
MotionD(esk)	dSPACE	dSPACE MotionDesk 是一款 3D 在线动画软件，能够实现 ECU 测试硬件在环仿真结果的可视化。MotionDesk 支持支持基于 dSPACE VEOS 的离线仿真，并且具有多种有效功能，能够开发和测试 ADAS 场景。	软件

CANoe	Vector Informatik	CANoe 是网络和 ECU 开发、测试和分析的专业工具，支持从需求分析到系统实现的整个系统的开发过程。在开发的初期阶段，CANoe 可用于建立仿真模型，在此基础上进行 ECU 的功能评估。在完成了 ECU 的开发后，该仿真模型可以用于整个系统的功能分析、测试以及总线系统和 ECU 的集成。	软件
Vehicle Spy	Hitex	Vehicle Spy 3 pro 是一款专业的汽车总线仿真测试软件，专业的 CAN/LIN 总线分析仪，能够进行汽车故障诊断，ECU 节点仿真开发，ECU 自动化测试，总线数据采集，CAN/LIN 总线解码/破解，XCP/CCP 协议的 ECU 标定，以及车辆网络总线数据监测。	软硬件一体化
USRP	Ettus Research	可用于攻击车钥匙、收发 GPS 数据、搭建伪基站等。	硬件
HackRF One	Ettus Research	HackRF 是一款覆盖频率最宽，而且价格最低廉的 SDR 板卡。它几乎所有的信息都是开源的，甚至包括 KiCad 文件。可用于攻击车钥匙、收发 GPS 数据、搭建伪基站等。	硬件
RTL-SDR		24MHz 到 1766MHz	硬件
SDRplay	(英国)	100kHz 到 2GHz，无发送功能，只能接收。	硬件
SDRuno	(法国)	SDRplay 配套软件开发工具	硬件

2.1.1.3 CFA

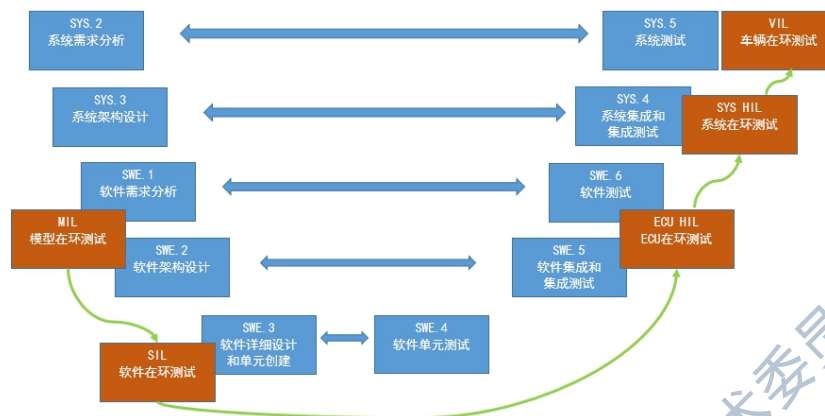


(1) 实验室测试中常用的测试工具如下：

分类	常用工具	设备厂商	功能要求
信号源	SMBV100A SMBV100B	R&S	模拟射频信号，车联网主要用于 GNSS 信号产生和模拟，可为 C-V2X 模式下的覆盖范围外的通信提供精确的同步信息，并向被测设备（DUT）提供非常精确的位置信息。
综测仪	CMW500	R&S	模拟 LTE、UMTS、GSM 网络，与 SMBV 配套模拟 C-V2X，可用于 LTE-V2X 终端认证、研发

			和生产以及场景仿真测试
	MD8475B	Anritsu	模拟 LTE、UMTS、GSM 网络
GNSS 模拟器	6700	Spirent	模拟 GNSS 信号

(2) V2X 仿真测试



参照上图，仿真测试工具设备分类如下：

V2X 仿真测试设备分类	设备需求	代表工具
MIL	可仿真模型在环，验证建模标准和模型的功能。	MATLAB Simulink;
SIL	可仿真软件在环，验证生成的代码和模型在功能上的一致性和主要软件功能。	Vector 测试套件
ECU HIL	可仿真 ECU 在环，验证系统的主要业务功能。	1. Spirent V2X ECU 仿真器 2. 东软 V2X-ECU 3. R&S 基于场景的 V2X 测试系统 4. keysight 基于场景 V2X 测试系统
SYS HIL	可仿真系统在环，验证系统的主要业务功能。	1. Spirent V2X ECU 仿真器 2. 东软 V2X-ECU 3. R&S 基于场景的 V2X 测试系统 4. keysight 基于场景 V2X 测试系统
VIL	可仿真车辆在环，验证系统的主要业务功能。	中汽研 VIL 测试套件

■ R&S 基于场景的 V2X 应用程序的测试

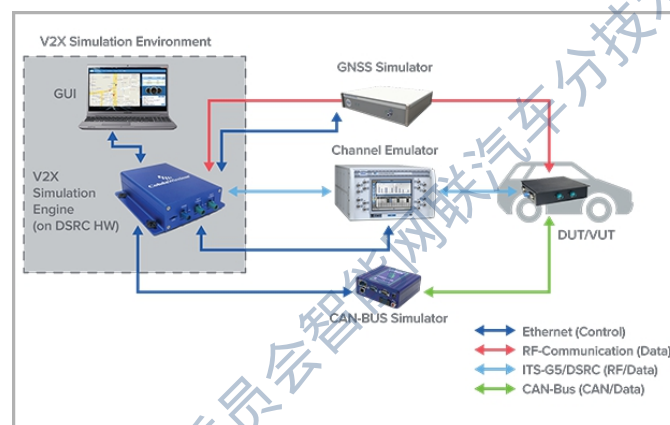
罗德与施瓦茨测试设备包括 R & S®CMW500 宽带无线电通信测试仪和 R & S®SMBV100B GNSS 仿真器，并结合了 Vector, CANoe .Car2x 仿真工具，用于在实验室环境中测试和验证对安全至关重要的 C-V2X 应用程序。

R & S®CMW500 使用 C-V2X 软件包来模拟物理和 MAC 层，以便通过 PC5 无线电接口发送和接收数据。R & S®SMBV100B 充当 GNSS 信号发生器。用于 Vector 工具的 R &

S®CMW-KAA550C-V2X 应用适配器将仪器链接到 CANoe .Car2x 软件环境，以进行 V2X 应用测试。Vector 工具提供了用于配置和运行交通场景的全面功能，因此可以对电子控制单元（ECU）的功能进行全面测试。用户可以创建和模拟详细的流量情况，以验证 C-V2X 的连接性功能，例如：紧急电子刹车灯，左转辅助（LTA）等。

■ Spirent V2X ECU 仿真器

Spirent 与 Tata Elxsi 合作开发了 V2X 测试平台，包括 Tata Elxsi V2X 环境仿真工具，GNSS 模拟器 GSS6300M/GSS6700，DG Technologies Gryphon S4 CAN-Bus 模拟器和 VR5 无线信道模拟器（模拟多径效应等），可用于在 V2X ECU 上运行的 V2X 应用程序的性能进行基准测试。借助完整的射频和无线测试解决方案，Spirent 可以设计和实施复杂的车对车（V2V）和车对基础设施（V2X）通信服务。



■ 车联网信道模型

标准组织	信道模型	信道特点	问题
IEEE	TDL 信道模型	路损，阴影衰落，小尺度衰落，多普勒扩展，时延扩展	场景划分较粗 没有 V2I 的信道模型 单天线模型
3GPP LTE-V2X 36.885	Winner II model ITU-R UMI	路损，阴影衰落，小尺度衰落，多普勒扩展，时延扩展 AOA, AOD	包含城区和高速两个场景 没有区分 V2I 和 V2V 的信道模型
3GPP NR-V2X 37.885	36.885 Fast-fading channel model	路损，阴影，时延扩展 AOA, AOD, ZOA, ZOD	包含城区和高速两个场景 没有区分 V2I 和 V2V 的信道模型
ETSI	TDL: IEEE CDL: 3GPP 36.885 37.885	路损，阴影衰落，小尺度衰落，多普勒扩展，时延扩展 AOA, AOD, ZOA, ZOD	场景不够丰富

车联网模型问题：

- 1、场景不够丰富，没有细化车流量参数

2、V2I 和 V2V 的信道模型会有不同

3、大部分引用微蜂窝信道模型，与实际场景不匹配

(3) 设备一致性测试

终端设备的一致性实验室测试包括：C-V2X 全协议栈互联互通测试和 C-V2X 网络层、消息层、安全层协议一致性测试，旨在检验各厂家产品的标准符合程度，为 C-V2X 产业在全国规模化部署奠定坚实基础。罗德与施瓦茨公司的 CMW500 + SMBV LTE-V2X 测试平台主要提供满足 3GPP Rel.14 的 LTE-V2X PC5 物理层和接入层的仿真；东软公司的 Neusoft VeTest 测试软件主要提供满足中国标准的 LTE-V2X 网络层、消息层和安全层协议一致性测试，共计 91 个测试用例。

2.1.2 封闭场地测试

2.1.2.1 ADAS/AD

ADAS 是一个主动安全功能集成控制系统，利用雷达、摄像头等传感器采集汽车周边环境数据，进行静态、动态物体的识别、跟踪，控制系统结合地图数据进行做出行为决策，使驾驶者觉察可能发生的危险，必要时直接控制车辆以避免碰撞，可有效提升驾驶安全性，是实现自动驾驶的前提。而自动驾驶 AD 功能在 ADAS 原理上进行多方面的智能化升级，从感知、算法到决策，更为先进、复杂。通过更多的雷达、摄像头、激光雷达，高精定位、网联通信等多方面融合技术，达到车辆自动行驶安全的目的。但从测试所涉及的多种设备来看，由于测试技术路线基本是以完成一个场景的安全事件作为目标来验证功能及性能，所以 ADAS 与 AD 在封闭道路测试中所涉及的多种测试设备可通用进行测试。

从测试原理上说，测试设备的精度性能对测试结果造成较大的影响，精度或性能过高会造成不必要的浪费，过低则不能满足试验要求。因此有必要对 ADAS/AD 封闭道路测试设备进行统一的标准化，在最大程度上降低成本且满足试验要求的基础上，使得不同机构的测试结果具有可比性。

完成 ADAS/AD 封闭道路测试首先需要搭建相关的测试场景，之后 ADAS 利用安装在测试车辆上的各种设备控制测试车辆，AD 通过自身能力达到测试开始条件，通过触发安全事件完成相关的试验，并采集试验过程中测试车辆的各种信息，诸如车速，加速度，横向纵向相对距离，方向盘转角等等。因此从大类上看，ADAS/AD 封闭场地测试的测试设备可分为目标物系统，控制系统，数采系统，场景搭建设备等。目标物大类又包含成人目标物，儿

童目标物，自行车目标物，摩托车目标物，汽车目标物以及动物目标物等。控制系统的主要功能是控制测试车辆或目标物按照既定的路线，以设定的速度运动。

按照控制对象的不同，控制系统可分为控制测试车辆的驾驶机器人系统，控制目标物的牵引系统和移动平板。根据采集的数据不同，数采系统可以分为采集车辆速度位置等信息的组合惯导系统，采集声音图像信号的数采系统，数据统计及分析的上位机采集系统等。根据试验场景的不同，常用的场景搭建设备包括：红绿灯，路灯，护栏，车道线，指示牌等。

目标物是搭建测试场景重要的测试设备，用于代表场景中各种交通参与者。有可细分为成人目标物，儿童目标物，自行车目标物，摩托车目标物，汽车目标物以及动物目标物等。目标物的雷达反射特性，吸波或反射材料，红外特性，生理运动特点，外观结构等均要与相对应的真实人或物达到一定程度的接近，以满足传感器的识别需求。此外还要考虑试验过程安全性，可重复操作性等因素对目标物的结构强度提出相应的要求，碰撞后不能对测试车辆造成严重的损坏，不能对试验人员安全造成威胁。

在驾驶机器人方面，国外供应商研发出了可以组合使用的油门，制动，离合驾驶机器人系统，并已经广泛应用于全球范围的 ADAS/AD 测试中。借助驾驶机器人可以完成驾驶员的所有常规驾驶动作，如加速，制动，转向，换挡等驾驶机器人相互配合，并结合相关参数设置，可以使测试车辆按照既定路线，并以设定的速度行驶，并完成一系列指定动作的操作。因此驾驶机器人系统的速度精度，加速度精度，方向盘转角精度等等均要达到相应的要求。

牵引系统和移动平板主要是作为各种目标物的载体，使目标物能够按照指定的路线和设定速度运动，进而实现各种测试场景。其主要性能要求主要包括：速度精度，加速度精度，转向精度，以及能够在一定范围的高温低温环境中工作，结构强度要求等。

惯导系统主要用于车辆定位以及实时监控记录车辆的运动特征，如速度，加速度，车辆姿态，方位角等等。

声音图像信号采集系统主要用于记录试验车辆行驶过程中发出的各种声音和图像报警信号，记录的这些信号可用于系统功能性的判定。声音图像采集系统要具有多种类型的接口以便与其他设备匹配，应具有数据记录和回放功能，其数据存储能力应能满足试验需求，其工作的环境参数范围应较为广泛，能够在相对恶劣的环境下连续工作，数据记录传输过程中的延时应足够小，抗干扰能力强，能够获得声音信号的频率，能够识别图形颜色的变化等。

数据传输系统是实现车与车，车与道路弱势使用者间数据通讯的重要设备。系统应具备实现距离、TTC 等参数的计算，应具备足够宽的信息频率以及波特率的可选范围。

在场景搭建设备方面，对于大部分设备来说由于技术门槛不高，对其性能要求主要为：

外观轮廓足够逼真，雷达和红外反射特性能够足够接近实物，结构强度既能保证测试测试车辆安全同时又具备一定的抗撞击能力等。对于路灯来说，其产生的光照效果以及结构特征应能满足相关法规或标准的要求。

2.1.2.2 CFA

由于基于 LTE-V 的 V2X 技术在国内发展时间较短，相关标准还不够完善，目前专用于 V2X 外场测试设备在国内少有成熟商业化的产品出现。各方在测试过程中大多还是沿用相对较为成熟的 ADAS 测试设备，如 RT-range 等，再结合与 V2X 车载终端/路测终端配套开发的 APP 进行测试。但以上解决方案往往只能应用于交通环境较为简单的场景测试，难以实现大规模复杂环境下的异构交通场景测试（需要测试场地的路测设施完善，且拥有大量装有 V2X 终端的车辆参与）。此外，这种方案在测试工程中需要较长时间的准备工作用于测试场景的搭建，且在测试工程中可操作性较差，对司机的要求较高（如需要特定交通参与者在特定时间点以特定速度到达特定位置），失败的可能性较高，可复现性差。而且在测试过程中，一些细节测试数据对测试者透明，测试者往往只能判断测试通过或失败，但难以对测试失败原因进行追踪溯源。部分 V2X 终端供应商会有自行开发的软件或工具可对项目部署过程中的调试过程进行支撑，但也面临着功能单一或分散，设备体积不够便携以适应外场测试环境等问题。

而由于基于 DSRC 的 V2X 技术在欧美国家或地区的研究工作已开展多年，相关标准较为完善，相关的外场测试设备产品也相对更加成熟。目前已有一批较为成熟的 V2X 外场测试设备出现，如针对复杂交通场景下的背景交通参与者的模拟生成，或 V2X 消息采集与监控等功能的设备。但因为物理层所使用技术与国内不同，以上 V2X 外场测试设备无法直接用于国内测试需求；且国外供应商对国内标准追踪不及时，短时间内也无法完成对国标的适配工作。

封闭场地测试设备分类	设备需求
网络通讯	包括 4G/5G 基站、LTE-V/DSRC/Wifi、GPS/北斗/GLONASS，GPS-RTK 高精度定位基站和接收机，RSU 及配套测试设备，测试 OBU
交通设施	电子警察、智能信号交通
智能化设备	包括假人假车、天气模拟、移动目标、GPS 干扰、雷达侦测、多传感器同步的数据采集、视频监控和机房等。

2.1.2.2.1 路侧设备

路侧单元（RSU）包括 V2X 通信模块、路侧控制器、路侧传感器以及高精定位差分站。RSU 负责与车辆进行实时信息交互、感知交通环境、进行数据采集、数据处理和业务分发，是车路协同中必不可少的关键设备。当前国内企业包括大唐、华为、东软、星云互联、千方科技、车网互联、万集科技等均可提供支持 LTE-V2X 的 OBU 和 RSU 通信产品。

当前在 V2X 测试场景中，对测试用 OBU 和 RSU 的安装位置，覆盖面积，消息时延，支持消息集等缺乏统一规定，在封闭场地测试中 V2X 测试场景的一致性较差。通过对封闭场地 RSU 的布设设定指标，可实现 V2X 测试场景的一致性，提高 V2X 测试的有效性。

2.1.2.2.2 路侧协同控制机

千方科技、星云互联提供感知与控制交通设施数据的路侧协同控制机、管理服务平台。

2.1.2.2.3 路测通信单元信号灯

城市街道环境需尽量还原城市交通要素，配备路测通信单元信号灯至少 3 组，间隔至少 160m 以上供测试车辆进行加减速等操作。

2.1.2.2.4 虚拟场景创建及 V2X 消息广播设备

设备可结合内置的场景仿真软件，创建各类交通参与者，并规划其定位、路径和所发送的 V2X 消息内容，来实现外场测试中背景交通参与者的行为。在测试过程中，设备将按照用户所创建的场景对外广播相应的 V2X 消息的射频信号，因此，仅需少量甚至无需背景车辆与路测设施的情况下即可完成复杂交通场景的测试，大幅降低了 V2X 外场测试的成本与门槛。与此同时，在测试开始前只需将相应测试用例导入设备，无需针对场景进行排练，解决了测试过程中背景交通参与者无法按照既定路径、时间、速度完美执行的问题。此外，通过该设备实现的测试可复现性强，适用于重复性测试的需求。

2.1.2.2.5 V2X 消息采集与监控设备

设备可对空中各类型的 V2X 消息进行采集，并对消息进行实时解析。将地图、交通参与者（被测系统与背景参与者）与 V2X 消息数据可视化地展示出来。设备解决了测试过程中 V2X 数据不可见，只能依靠预警是否正确触发来判断测试是否通过的现状。此外，V2X 消息发送频率较高，大多以大于或等于 1Hz 的频率进行更新，在复杂交通场景下，测试过程中会产生大量的数据，靠人工无法实时观测全部的 V2X 消息，因此此类设备提供了测试

过程的录制功能，支持测试后的回放，方便测试人员了解测试过程中的每一个细节。

2.1.2.2.6 V2X 外场测试设备供应商

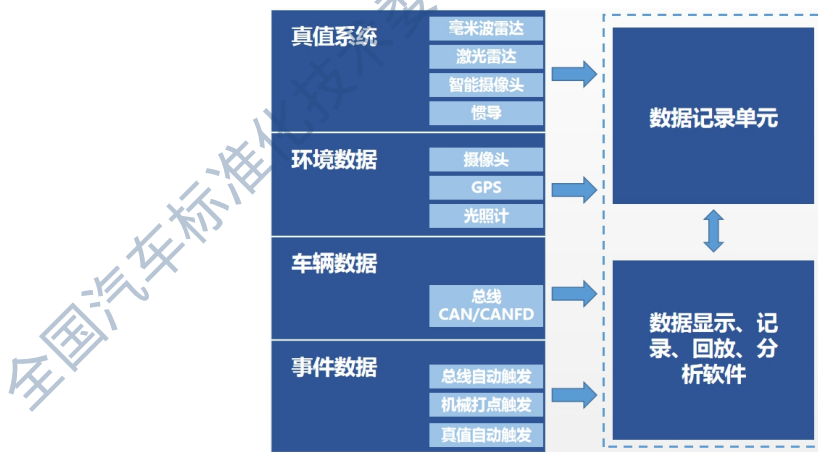
NordSys 公司拥有二十余年的 V2X 软硬件工程服务经验，该公司是该领域领先的工程服务提供商之一。除了车辆侧子系统的规划和开发外，近年来还实施了许多基础设施侧硬件和软件系统，例如用于 Car2Infrastructure 通信的路侧单元或 ITS 站的各种变体。

2.1.3 实际道路测试

2.1.3.1 ADAS/AD

高级驾驶员辅助系统作为车辆主动安全的关键系统，与车辆动力系统、制动系统、转向系统有直接的耦合，是车辆中要求可靠性极高的控制系统，因此针对 ADAS（AD）控制器功能和性能的道路试验必不可少。现阶段，ADAS/AD 道路测试主要是通过软件结合硬件的方式，按照设计好的路线在全国范围内进行被测系统可靠性和稳定性的开放道路测试。通过主观和客观两种方式，记录系统误报、漏报等问题事件。离线回放中，同步还原并分析事件发生时间段内的车辆总线、视频图像、音频信息、GPS 定位等数据，为系统开发人员进行问题定位和系统升级提供依据。

系统主要组成如下图所示：



从方法上讲，ADAS/AD 开放道路测试目前有两类方法：基于手动打点记录问题的方法，基于真值结果自动打点记录问题的方法。

基于手动打点记录问题的方法，硬件系统采集的数据主要有环境数据、车辆数据、事件数据三类。其中环境数据包括：车辆内外摄像头、GPS 定位、光照计（选配）等，车辆数据主要指车辆总线数据（CAN/CANFD 等），事件数据则有总线自动触发事件数据、手动打

点触发数据。

基于真值结果自动打点记录问题的方法，硬件系统采集的数据主要有真值数据、环境数据、车辆数据、事件数据四类。环境数据和车辆数据与基于手动打点方法记录内容相同。真值数据是通过外接毫米波雷达、激光雷达、智能摄像头、惯导等传感器，融合后得到这些传感器的最终目标识别结果。事件数据则有总线自动触发事件数据、真值结果自动触发数据。

在实际方案使用中，分别从降低成本和保证数据有效性两个角度考虑，一般要么单独采用基于手动打点记录问题的方法，要么同时结合手动打点和真值自动打点来使用。

两类方法的配套软件，在功能上也会有具体差异，但总体来讲，实现的功能都主要包括项目管理、在线显示和采集、同步回放和分析、结果统计等，完成对采集的多源数据进行合理利用和分析，得到系统性能评估报告。

从测试设备上讲，ADAS（AD）实际道路测试设备大体上可以分为以下几大类：数据采集系统，采集与分析软件，组合导航系统，真值系统，驾驶员监控系统等。

2.1.3.1.1 数据采集与分析系统

道路试验过程中需要记录大量数据，数采系统的作用是对测试过程中的大量数据进行采集，存储，回放和分析。这些数据包括传感器数据、控制器关键参数、整车 CAN 网络数据以及环境数据等。

2.1.3.1.2 传感器系统

为更好验证被测 ADAS/AD 系统传感器的传感、感知性能，越来越多的主机厂企业、测试服务机构、零部件供应商开始选择基于后装传感器进行道路测试，这些传感器作为真值系统，提供目标识别能力、探测精度等目标结果。通过对比车辆本身传感器和真值传感器输出的目标探测结果，得到车辆传感器探测性能的测试评价。因此，ADAS/AD 道路测试要求真值传感器在识别能力、探测精度等指标上，要求高于车辆本身传感器。这些传感器包括毫米波雷达、激光雷达、智能摄像头等。

摄像机的主要功能是实现各种环境信息的感知，其感知能力包括对车道线，障碍物，标志牌和地面标志，可通行空间以及交通信号灯等的识别。激光雷达一般安装在车辆的四周和顶部，用于解决摄像机的测距不准确的问题。为了推进智能网联汽车技术的发展，同时要解决摄像机测距、测速不够精确的问题。工程师们选择了性价比更高的毫米波雷达作为测距和测速的传感器。毫米波雷达不仅拥有成本适中的优点，而且能够完美解决激光雷达应对不

了的沙尘天气的问题。此外有些车辆还配备了超声波雷达，用于检测车辆周围的障碍物。

2.1.3.1.3 驾驶员监控系统

驾驶员监控系统的作用在于可以确认高级别驾驶自动化系统涉及的后备驾驶员在必要的时候能够保持警觉和清醒，并能随时准备好执行驾驶任务。

2.1.3.1.4 惯性导航系统

随着 ADAS/AD 系统功能的不断增加，测试需求与经验更加丰富和完善，为获取开放道路测试中更加精准的定位信息，越来越多的开发者和测试人员在 ADAS/AD 开放道路测试中增加惯性导航系统，以提高测试系统定位的准确性。

2.2 测试设备产业图

2.2.1 仿真测试

2.2.1.1 ADAS/AD

ADAS/AD 仿真测试方法主要包括模型在环(MIL)、软件在环(SIL)、硬件在环(HIL)、驾驶员在环(DIL)以及整车在环(VIL)，其中对于不同的仿真测试方法而言用到的测试设备有所不同。主要设备类型包括实时系统、摄像头暗箱、雷达模拟器、驾驶模拟器、轴耦合测功机、转鼓试验台等硬件设备，车辆动力学模型仿真和感知环境模型仿真等软件平台。

序号	设备种类	细分种类	供应商	产品名称
1	实时系统	实时处理器	美国国家仪器(NI)、dSPACE、ETAS、Concurrent、IPG	Real-Time-System
2	摄像头暗箱	摄像头暗箱系统	Konrad、Dspace、恒润	CameraBox
3	雷达模拟器	毫米波雷达模拟系统	Konrad、dSPACE、R&S、KEYCOM、KEYSIGHT、恒润	Radar Simulator
4		超声波雷达模拟系统	Konrad、dSPACE、恒润	Ultrasonic Simulator
5		激光雷达模拟系统	Konrad	Lidar Simulator
6	驾驶模拟器	静态驾驶模拟器	VI-grade、INNO、恒润	Driver Simulator

7		动态驾驶模拟器	VI-grade、ABD、INNO、MTS、Ansible	Driver Simulator
8	轴耦和测功机	轴耦和测功机系统	Rototest、Rotronics	Rototest Energy Hubscan
9	转鼓试验台	转鼓试验台系统	MAHA、MTS、AVL	MBT2000
10	仿真车辆模拟	仿真车辆模拟系统	MSC、IPG、Tesis、VI-grade、Panosim	Carsim、Carmaker、Dyna4、VI-Car-realttime、Panosim
11	仿真环境模拟	仿真环境模拟系统	Vires、Tass	VTD、Prescan

实时系统主要用于 ADAS/AD 仿真测试过程中车辆模型的实时仿真和与 ADAS/AD 控制器的实时通信，设备供应商包括美国国家仪器（NI）、dSPACE、ETAS、Concurrent、IPG 等。

美国国家仪器（NI）主要专注于数字通信，涉及到的行业领域包含汽车、航空、医疗、生物等，在数字通信领域应用广泛，而对于汽车领域，NI 市场占有率一般，大概 30%左右。

dSPACE 主要专注于汽车领域的仿真测试，dSpace 是实时机最主要的供应商，其 MicroAutoBox 系列产品是当前最新的相关产品，其采用统一的处理器板卡 DS1401，搭载 IBM PowerPC 处理器，根据不同应用及 IO 需求，MicroAutoBox 可以提供有不同 IO 板卡的变体类型并可扩展 FPGA 的解决方案。在汽车行业中的市场占比最大，大概 50%左右，其汽车领域的仿真测试工具链齐全，涵盖了车辆模型仿真、交通流仿真、实时处理系统、数据采集与通信等，是汽车领域最为完善的仿真测试工具链提供商。

ETAS 主要关注于汽车电子类产品的仿真测试，关注于电子电气性能相关的性能，在 ADAS/AD 领域的产品工具较少，主要提供实时处理系统平台，实现模型的实时仿真和数据通讯，市场占有率一般，大概 10%左右。Concurrent 是高性能实时处理系统的提供商，其实时系统的处理能力最强，在航空、国防、军事等需要大规模模型计算的领域应用较广，由于其高昂的售价和过剩的性能，在汽车行业领域只有少许应用，其在汽车行业的市场占比较少，大概 5%左右。

在感知层模拟器方面，除了德国 IPG 公司的 Xpack4 系统，美国 dSPACE 公司的 SCALEXIO 系统，以及美国 NI 公司的 NI 系统依然占据主流地位，荷兰 Tass International 的 Prescan 系统同样在全球范围被广泛使用。这些公司都在图像层面的感知，这，规划算法的初步开发上具备强大的技术储备和开发经验。国内的恒润公司也推出了相关的产品，但在

产品力和知名度方面与国外主流公司产品还存在较大差距。

摄像头暗箱是针对 ADAS/AD 领域中的感知摄像头的仿真测试设备，其仿真测试原理为使用真实摄像头拍摄仿真画面以激活 ADAS/AD 控制器内部功能，其设备原理简单，大多数国内设备集成商都有相关设备。大多数主机厂或 Tier1 都是自己集成开发，设备开发难度不大。

雷达模拟器是针对智能网联汽车毫米波雷达、超声波雷达或激光雷达的仿真测试设备。雷达模拟测试设备供应商包括 Konrad、dSPACE、R&S、KEYCOM、KEYSIGHT 以及国内的恒润等。其中 Konrad 的雷达模拟器涵盖了毫米波雷达模拟器和激光雷达模拟器，其毫米波雷达模拟器在毫米波雷达检测行业应用较广，许多雷达设备供应商都有在雷达产线上搭建雷达模拟器系统，以供雷达下线检测，另外 Konrad 的雷达模拟器还应用在了 ADAS/AD 领域的联合仿真测试当中，将真实得感知传感器融合到了仿真测试环境当中，由于其完备的测试集成解决方案，其市场占有率较高。dSPACE 的毫米波雷达模拟器主要与 dSPACE 的实时系统进行集成，主要应用再 ADAS/AD 领域的仿真测试中，市场占有率一般。R&S、KEYCOM、KEYSIGHT 等厂商主要在传统汽车雷达的下线检测中应用较为广泛，而对于 ADAS/AD 领域，这些厂商虽有涉及，但市场占有率较低。恒润为毫米波雷达模拟器国内自主研发的供应商，其主要面向 ADAS/AD 领域，市场占有率一般。

在 ADAS/AD 仿真测试领域越来越关注人机交互、人机共驾方面的内容，因此驾驶模拟器也逐渐成为 ADAS/AD 领域越来越重视的仿真测试设备。驾驶模拟器分为静态和动态两种类型，其中静态驾驶模拟器技术难度低、成本低，国内外均有大量产品，市场占有率不分伯仲。对于动态驾驶模拟器而言，供应商主要有 VI-grade、ABD、INNO、MTS、Ansible 等，其中 VI-grade 市场占有率最高，产品线也最为全面，包括车辆动力学仿真软件、驾驶模拟软件、以及从静态到动态的多品类驾驶模拟器产品。ABD 作为场地测试设备的提供商，在驾驶模拟器方面的设备是近几年才开始发展，市场占有率一般。INNO 是韩国的驾驶模拟器供应商，其产品在韩国占有率较高，在国内占有率一般。MTS 和 Ansible 均是从赛车驾驶模拟器转型，并针对乘用车驾驶模拟器进行针对性的开发，市场占有率一般。

轴耦合测功机以及转鼓试验台是作为车辆在环（VIL）测试所需的设备，主要供应商包括马哈、MTS、AVL、Rototest 等。其中马哈、MTS、AVL 均是转鼓试验台的供应商，主要应用在传统汽车的排放、噪声等传统测试领域，对于 ADASAD 领域的整车在环测试来说，其产品并不太成熟，市场占有率均较低。Rototest 是轴耦和测功机的供应商，其主要应用于传统的三电综合、耐久、排放等测试领域，对于 ADAS/AD 领域的整车在环测试来说，市场

依旧没有打开。

车辆动力学模型仿真软件是 ADAS/AD 领域仿真测试时重要的仿真测试要素，其供应商主要包括 Carsim、Carmaker、Dyna4、VI-Car-realtime、Panosim 等。总部位于德国的 IPG 公司推出了 Carmaker 软件系统，其内置了各种类型的道路模型，建筑物模型等，客户可根据自己的需求构建各种各样的测试场景。总部位于荷兰的软件公司 Tass International 推出的 Prescan 系统以物理模型为基础，集成了道路模型，交通参与者模型，并可以设置天气光照条件。此外，总部位于美国的 dSPACE 公司的 ASM 系统, Scaner 公司以及 VTD 公司推出的产品同样具备强大的环境和场景构建能力，以上公司的产品几乎垄断了环境模型系统领域的市场份额。国内方面，位于宁波的 Panosim technologies 公司推出的 PanoSim，是一款集高精度车辆动力学模型、汽车行驶环境模型、车载环境传感模型与交通模型等于一体，逐渐成为 ADAS 仿真设备领域不可忽视的力量。在车辆动力学模型领域，IPG 公司的 Carmaker 系统，以及 dSPACE 公司的 ASM 系统仍然是主流系统，它们既可用于 V 流程前期的模型在环、软件在环仿真，也可以运行于实时仿真系统，用作硬件在环测试。应用领域包括高级驾驶员辅助系统、车辆相关控制系统。此外，作为专业的汽车系统仿真软件开发公司，美国 MSC 公司的 CarSim 系统可以仿真车辆对驾驶员，路面及空气动力学输入的反应，同时被广泛地应用于现代汽车控制系统的开发。国内方面，Panosim technologies 公司推出的 PanoSim 同样具备较强大的车辆动力学仿真能力。在自动化测试工具方面，Test Weaver 公司的产品居于主流位置。

感知场景搭建仿真软件是 ADAS/AD 仿真时测试场景搭建的重要软件，虽传统的车辆建模软件也有场景搭建功能，但并不能完全满足 ADAS/AD 仿真测试的需求，其供应商主要包括 VTD、Prescan 等。其中 Prescan 的市场占有率最高，其对于算法开发来说较为方便；VTD 软件市场占有率近年逐渐攀升，由于其更开放的架构，更高效的仿真效率，越来越受到 ADAS/AD 领域的仿真测试重视。

总体来看，在 ADAS 仿真测试设备领域，由于技术门槛较高，国外主流公司起步早，积累丰富的技术经验，其产品在全球范围已经经过了长期的验证，并得到广泛认可。国内也涌现出了诸如 Panosim technologies, 恒润等相关的高技术企业，但其产品力和知名度与国际主流品牌存在明显差距。

2.2.2 封闭场地测试

2.2.2.1 ADAS/AD

当前国内针对 ADAS 和 AD 的封闭场地测试在测试设备的使用上没有明确的区分，只要是符合需求，一种设备可能用在 ADAS 测试中也可能用在 AD 测试中。业内使用的主要测试设备供应商及其产品名称如下：

序号	产品类别	细分类别	供应商	产品名称
1	目标物系统	假人	4ActiveSystems GmbH	4activePA
2			长沙立中汽车设计开发股份有限公司	—
3		两轮假车	4ActiveSystems GmbH	4activeBS、4active MC
4		三轮假车	4ActiveSystems GmbH	—
5		乘用车假车	4ActiveSystems GmbH	4active C2
6			DRI Advanced Test Systems, Inc	—
7			Massring	—
8	控制系统	驾驶机器人	Anthony Best Dynamics Ltd	SR、CBAR
9			DSD	—
10			Stahle GmbH	—
11			松灵机器人(东莞)有限公司	—
12		可移动平板	Anthony Best Dynamics Ltd	GST、LanuchPad
13			4ActiveSystems GmbH	FreeBoard Large/Small
14			Humanetics Innovative Solutions	UFO
15			DRI Advanced Test Systems, Inc	MicroLPRV
16			松灵机器人(东莞)有限公司	VOLADOR
17			长沙立中汽车设计开发股份有限公司	—
18	行人拖拽系统	Anthony Best Dynamics Ltd	ABD SPT	
19		4Active Systems GmbH	4Active SB、4Active XB	
20	数采	定位数据采集	Oxford Technical Solutions Ltd.	RT
21			SBG systems	—
22			GeneSys Elektronik GmbH	ADMA
23			Racelogic	Vbox IMU
24			NovAtel inc	—
25			DEWESoft measurement innovation	—
26			上海华测导航技术股份有限公司	—
27			北京北斗星通导航技术股份有限公司	—
28			上海戴世智能科技有限公司	—
29			迈普通信技术股份有限公司	—
30			iMAR Navigation GmbH	—

31			Oxford Technical Solutions Ltd.	Range
32			Racelogic	Vbox
33			DEWESoft measurement innovation	——
34		数据采集系统	Vector Informatik GmbH	——
35			Zuragon	——
36			武汉英泰斯特电子技术有限公司	——
37			北京经纬恒润科技有限公司	——
38			中国汽车工程研究院股份有限公司	i-TESTER
39				
40		红绿灯	很多	——
41		报警信号采集系统	DTC GmbH Navigation & Security Solutions	AVAD2、AVAD3
42	场景搭建	街景	MOSHON DATA Ltd	Moshon City Scapes
43		夜间模拟	MOSHON DATA Ltd	Moshon Data Tunnel
44		路灯	MOSHON DATA Ltd	5 Lamp Euro NCAP
45			4ActiveSystems GmbH	——
46		指示牌	很多	——

以下介绍 ADAS、AD 封闭场地测试中市场占有率较高典型供应商的产品解决方案。

国外主要供应商：

(1) 4activeSystems

4activeSystems 致力于用于汽车主动安全测试的假人模型和测试系统，提供各种目标物如 4activePS 静态行人、4activePA 活动关节行人、4activeHT 假人加热外套、4activeBS 静态骑车人、4activeMC 踏板车和摩托车、4activeC2 乘用车目标以及动物目标物，其中假人目标物和自行车目标物当前已经作为 Euro NCAP 实验室唯一认可产品。国内测试机构在标准类测试中也主要使用其产品，国内市场占有率大于 80%。

除了各种目标物外，4A 也提供一些目标物承载控制系统，如可移动平板和行人拖拽系统，可移动平板用于搭载乘用车假车目标和弱势群体目标，国内市场占有率约两成。行人拖拽系统主要用于弱势群体的直线移动控制，国内市场占有约 30%。

(2) AB Dynamic

AB Dynamics 是作为一家车辆工程咨询公司于 1982 年成立，并逐步成长为世界上知名的汽车自动化测试系统供应商之一。在 ADAS 和 AD 测试领域，AB Dynamics 主要提供驾驶机器人、可移动平板、行人拖拽系统。驾驶机器人可以安装于量产车辆，通过调整、设置，可以控制车辆的方向和速度，可移动平板用于搭载各种目标物，行人拖拽系统用于搭载假人

目标物，自行车等目标物的直线移动。

值得一提的是 ABD Flex-0 针对车辆控制提供了另一种紧凑的解决方案，可通过 CAN 或线控驱动功能控制车辆的内置执行器。结合 AB Dynamics 的软件套件可用于执行许多标准测试，而无需在车辆中安装驾驶机器人。控制器使用 CAN 协议与车辆系统通信，只有 AB Dynamics 和 OEM 之间协作才能实现此控制接口。AB Dynamics 也提供了标准的 CAN 控制协议，客户可以将其转换为车辆接受的形式。这种解决方案通常用于测试场景中背景车的控制，而不用于测试车和目标车。

(3) MOSHON DATA

Moshon Data 是英国一家在全球提供专业培训和咨询服务的公司，同时也提供车辆目标物，如 Euro NCAP 官方的目标物 EVT、用户定制目标物，还有 EVT 的牵引系统，以及一些封闭场地场景搭建设施。依据 Euro NCAP 测试规程的要求，MOSHON DATA 提供了针对 AEB 夜间测试的灯光环境场景。

(4) OXTS 公司

OXTS 成立于 1998 年，是英国一家提供惯性导航和全球卫星定位系统的设计和制造商，在 ADAS 和 AD 测试中其主要产品为 RT 和 RT-Range，分别用于高精度定位和数据采集，国内测试机构在封闭场地测试中应用较多，可以成为 ABD 驾驶机器人的高精度定位装置的替代产品。OXTS 的产品在国内市场的占有率约 60%。

(5) 英国 Racelogic 公司

Racelogic 公司设计和制造电子系统，以测量、记录、显示、分析和模拟移动车辆中的数据，包括宝马、福特、倍耐力轮胎、固特异轮胎、保时捷、法拉利、阿斯顿·马丁、本田、杰西博和博世汽车等均普遍使用其产品，使用 VBOX 测量速度，位置，距离和加速度等已经成为行业标准方法，同时视频 VBOX 设备（GPS 视频记录仪）在赛车运动中越来越流行。

(6) 德国 Stahle 机器人系统有限公司

德国 Stahle 机器人系统有限公司是一家机器人系统以及各类系统软件的承包供应商，在全球各地均有分支机构，可提供 24 小时即时服务，已经为全球主要的汽车制造商提供 1000 多套试验室机器人系统，包括奔驰、大众奥迪、宝马、通用等公司。产品包括：自动驾驶仪 SAP2000、自动驾驶仪系统（转向机器人） SFPhybrid。

(7) 日本 Horiba 公司

HORIBA 的汽车测试系统部(ATS)作为发动机、传动系、制动器、风洞及排放测试设备的供应商，始终处于全球领先地位。此外,HORIBA ATS 还能为客户提供全套解决方案,从简

单的发动机试验到复杂的动力学研究、发动机和传动系的开发等，产品包括：发动机及整车排放测试设备、机电一体化系统和试验自动化系统等。

(8) 德国 iMAR

iMAR 公司全称是 iMAR Navigation GmbH，位于德国西南部距离法兰克福 200 公里的圣.英伯市，其产品广泛应用于导航、测量、平台稳定、制导、控制和其他特殊应用，应用范围从军事到民用，涉及汽车、航海、航空多领域。可以测量各种运动学参数，如加速度、角速度、姿态、航向、目标车辆速度与位置等。支持 GPS、GLONASS、GALILEO、北斗、里程表/轮速传感器，实时传输角速度、加速度、姿态、航向、路线、速度与位置，更新率最大支持 1000Hz，标准模式位置精度为 1m，RTK 基站模式位置精度为 0.02m，输出接口包括 R232/RS422/CAN/Ethernet/ USB，RS232 用于 DGPS/RTK 修正输入。

(9) 德国 DTC

DTC 是德国的一家提供惯性导航和安全技术解决方案的设备供应商，针对 ADAS 系统的预警（声音、图像）功能 DTC 提供了 AVAD2 和 AVAD3 两种预警信息采集设备，国内市场占有率在 80%以上。

AVAD2 检测来自仪表板的声音和视觉警报信号，并将其作为触发信号通过 CAN 消息输出。此外，可以监测开关状态，以捕获事件，例如碰撞预警的触发信号。所有状态信息都显示在 LED 上，作为 TTL 中的数字状态输出和 CAN 消息。

AVAD3 捕获来自组合仪器的声音和光学警报以及信号。当它识别出所定义图标的形式和颜色变化或识别出音调时，它将触发信号输出到 TTL，LAN 和 CAN。结果输出的延迟仅在几毫秒之内。AVAD3 的核心是一个非常快速的高端处理器，用于图像和色调分析，车载硬件控制器中装有所有信号调节和 I/O 模块。

除了以上这些市场占有率较高的公司外，以下这些公司也是积极参与相关测试设备开发，行业内活跃度很高。GeneSys 公司是一家专业测试仪器生产商，主要技术优势为惯性导航，其业务涵盖工程机械、汽车、建筑等行业，目前国内有少数汽车企业使用。Trimble 是世界排名第一的卫星导航及惯性导航生产商，Trimble 在国内有独资贸易公司，但是由于 Trimble 高端产品为美国进出口局禁止出口商品，所以装备量少，国内有个别二次封装厂。Honeywell 卫星及惯性导航是世界排名第一的军用卫星及惯性导航厂家，目前正在积极开展汽车行业业务争取民品化进入。在采集图像和声音信号方面，可选用的测试设备较多，目前在专业测试机构中广泛使用的是德国 AVAD 数采系统，目前已经推出了第三代产品 AVAD3，具有兼容性强，数据传输过程延时短的优点。

国内供应商:

(1) 长沙立中汽车设计开发股份有限公司

长沙立中汽车设计开发股份有限公司成立于 2009 年 5 月,是以湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室为技术依托成立的高科技企业,主营汽车安全新技术与新产品的开发。公司研发团队是国内最早从事汽车碰撞安全性研究的团队之一,开展了大量的损伤生物力学和人体防护研究工作;利用有限元方法及多刚体动力学方法建立了大量的汽车结构模型及人体模型,用于分析乘员或行人在汽车碰撞过程中的生物力学响应,从而改进汽车的结构设计。主要测试产品包括:ADAS 测试系统、AEB 行人测试装置、超平承载机器人、踏板机器人、转向机器人等。

(2) 河北普傲汽车科技有限公司

河北普傲汽车科技有限公司提供符合中国测试场景的标准化行人 AEB 测试目标物、标准化自行车 AEB 测试目标物、电动自行车 AEB 测试目标物、两轮轻便摩托车 AEB 测试目标物、车道偏离/道路偏离测试用标准化路边设施以及中央隔离带目标物(包括模拟两波金属护栏、模拟三波金属护栏、模拟水泥路桩、模拟路牙以及代表不同季节和不同地区的模拟草地等)。

(3) 松灵机器人有限公司

松灵机器人(东莞)有限公司(AGILE X Robotics,简称 AGX)于 2017 年在东莞松山湖科技园区注册成立,现拥有东莞研发生产中心及深圳行业应用分公司,是一家集移动机器人平台研发、生产及销售一体化的机器人公司。VOLADOR 地面飞碟是一款地面高速移动机器人,可以用于汽车试验中。

(4) 华测

致力于提供高精度数据的采集和应用解决方案,专业从事高精度卫星导航定位相关软硬件技术产品的研发、生产和销售,主要产品包括高精度 GNSS 接收机、GIS 数据采集器、海洋测绘产品、三维激光产品、无人机遥感产品等数据采集设备,以及位移监测系统、农机自动驾驶系统、数字施工、精密定位服务系统等数据应用解决方案。

(5) 千寻位置

千寻位置是时空智能基础设施,提供厘米级定位、毫米级感知和纳秒级授时,公司成立于 2015 年 8 月。千寻位置基于北斗卫星系统(兼容 GPS、GLONASS、Galileo)基础定位数据,利用遍及全国的超过 2500 个地基增强站以及星基增强系统和自主研发的定位算法,通过互联网技术进行大数据运算,为全球用户提供精准定位及延展服务。

(6) 北斗星通

京北斗星通导航技术股份有限公司，是我国卫星导航产业首家上市公司。公司以推动北斗产业化应用、助力导航产业发展为己任，为全球用户提供卓越的产品、解决方案及服务。形成了基础产品、汽车智能网联与工程服务、信息装备、行业应用及运营服务等业务板块。除以上较为知名的组合惯导品牌外，国内也有一些供应商提供该类产品，经过相关国际认证的国内组合惯。

以下介绍各类系统产品特点

■ 目标物系统产品特点

英国 AB Dynamics 的假人、假车系统基于运动控制经验，借助转向机器人的电机和控制技术，可以精确地让假人运动与迎面而来的车辆运动同步。假人目标（SPT）设计适合测试自动紧急制动（AEB）系统，RC 软件包含了符合欧洲 NCAP 测试标准的预定义测试组。假车目标（Soft Car 360）具备稳定的空气动力学特性，在冲击时可分离成轻质部件，避免损坏测试车辆；日本的 JASTI 公司的汽车碰撞试验用人体假人是按 NHTSA 规格（49CFR/Part572）生产和校正试验的。同时具有座椅试验、安全带试验、步行者伤害试验、摩托车驾驶员伤害试验以及其他人体伤害试验功能；4activeSystems 公司的假人系统满足欧洲 NCAP 标准，在尺寸和外形上复制欧洲人体特征，且低于 60Km/h 不可撞毁，可用于雨天测试，内部无硬物，同时可以配备红外加热外套，具有很好的稳定性和准确性。假车系统速度可达 80Km/h，可承受 65Km/h 撞击，组装快捷；国内长沙立中汽车和湖南赛孚汽车科技公司设计的假人、假车系统均可满足 CNCAP 和 ENCAP 标准需求。总体来说，国外供应商提供的假人假车系统性能优异，但目前国内外公司提供的假人、假车等目标物系统，尺寸均按照欧洲人体尺寸进行设计，符合欧洲实际交通情况，但不完全符合中国行人尺寸。且供货、维修周期较长。国内供应商提供的假人假车可满足 CNCAP 标准，供货维修周期较短，但性能相对有待进一步提升。此外，国内交通环境存在大量的快递三轮车，目前市场尚无该类产品。

■ 控制系统产品特点

控制系统中的驾驶机器人的主要供应商大体上均为国外供应商，主要有英国 AB Dynamics 汽车测试系统公司、英国 Froude Consine 公司、德国 Stahle 机器人系统有限公司、日本 Horiba 公司等；可移动平台的主要供应商在国外有 4A 技术集团公司和 ABD 汽车测试系统公司，国内的松灵机器人有限公司也可提供控制系统中的可移动平台车。

英国 ABDynamics 汽车测试系统公司研发的驾驶机器人专门用于车辆动态，转向系统和制动系统的测试；德国的 Stahle 公司研制出的 SFPhybrid 系统用于试验场或试车跑道上的车辆动态性能和功能安全试验，以机器人级别的精度和重复性来实现标准和自定义的测试流

程；日本的 Horiba 公司的产品 ADS-7000 不仅可以适用于 CVT、LEV、配有直喷发动机的车辆，而且还可适用于混合动力车辆、电动汽车等。松灵机器人提供的可移动平台车具有全地形移动能力、自主路径规划和模块化应用的功能，可以适应不同的工作场景。总体来说，国外提供的 ADAS/AD 控制系统性能较好，能满足各种不同场景应用需求，但是相应产品供货、售后服务周期长，成本较高。国内目前尚未出现占据市场较大份额的 ADAS/AD 控制系统供应商。

■ 数采系统产品特点

数据采集系统国外主要供应商有英国 Racelogic 公司，国内目前没有用于封闭场景测试的数据采集系统供应商。高精度惯导系统在国外的主要供应商为 OXTS、GeneSys (ADMA)，国内有华测、北斗星通、戴世、迈普等多家供应商。

英国 Racelogic 公司的 Racelogic VBOX 汽车测试系统主要组成部分包括 VBOX 遥测系统、VBOX 模块、VBOX 显示器、VBOX 软件等等，基于 GPS 差分技术，提供高精度定位信息，用以测量、记录、显示、分析和模拟移动车辆的数据。对于数据采集系统，国内外目前的技术均较成熟，都具备相应的设备技术方案，国内外的高精度惯导模块都能达到 2 cm 的定位精度。

2.2.2.2 CS

国外主要供应商：

1) Ettus Research，公司是世界领先的低成本软件无线电平台供应商。其中通用软件无线电外设 (USRP) 系列产品，被世界上成千上万的工程师使用着，并且是在软件定义无线电 (SDR) 的硬件算法的开发，研究和的原型设计的首选。

2) Ellisys (瑞士) 是全球领先的 Bluetooth, Wi-Fi, USB 2.0, SuperSpeed USB 3.1, USB 快速充电, USB Type-C, DisplayPort 和 Thunderbolt 等技术的先进协议测试解决方案供应商。通过在适当的时间为开发人员提供正确的创新工具, Ellisys 使这些有前景的市场能够以安全和自信的方式发展，有助于确保这些技术的快速和广泛的接受度。

国内主要供应商：

深圳市菲益科电子科技有限公司，是一家专注于汽车总线开发与测试工具和解决方案供应商，专业为客户提供世界一流的产品和技术，并自主研发生产 CAN、CANFD、LIN 和 K-Line 总线通讯接口，产品功能涵盖：汽车总线协议开发和测试，ECU 节点和网络仿真，ECU 自动化测试，ECU 故障诊断，总线数据采集和记录，ECU 标定 (XCP/CCP 协议标定)

等方面，为国内外的客户提供最先进的总线产品和技术服务。

产品特点：信息安全领域，国外供应商提供的设备具备较好的二次开放能力，但是其技术支持受到地域原因不够便利；而国内设备保持着较高的性价比，同时针对用户的定制化需求和技术支持，可以快速地满足。目前国内市场应用较为广泛的是车辆 CAN 总线测试工具，其供应商也较为广泛且均具备各自的产品特色。

2.2.2.3 CFA

国外主要供应商：

(1) 日本安立公司是一家超过 110 多年历史的创新电子测量解决方案的全球供应商，已拥有包括：信令测试、射频测试、功能测试的全套解决方案。推出面向研发、生产、维护的各种基带、射频、协议的测试仪表。

(2) 罗德与施瓦茨公司 (R&S) 始于慕尼黑的一个两人开发实验室。在移动通信、无线电行业、广播、军事和 ATC 通信以及其它许多应用领域都发挥了重要的作用。所提供的解决方案涵盖：通信、电磁兼容、通用和射频微波测量仪器和测试系统，无线电通讯系统，数字集群通信系统，通信安全，电视和音频广播的传输、监测与测量设备，无线电监测和定位系统；作为全球领先的生产商之一，R&S 公司参加了许多组织和标准化机构，诸如：ITU，ETSI，3GPP，CISPR 或 IEC。

(3) 思博伦通信公司 (Spirent) 是一家英国跨国通信测试公司，在测试、保障、分析和安全技术领域，思博伦一直保持领先地位，为网络、网络设备、设备和服务的能力和性能提供有效的保障。

国内主要供应商：

华为通信测试设备，5G 正在全球范围内开启商用，物联网正在加速使能万物互联时代到来。但 5G 和物联网技术若想从实验室顺利走向大规模商用，对系统设备的性能、网络性能和质量、终端、以及安全性等方面进行“测试”必不可少。而通信测试技术与测试仪器作为通信产业中至关重要的一环，渗透于通信芯片、模组、终端、基站、无线网络等所有环节，贯穿于 5G 全产业链和全生命周期。

产品特点：在网联化测试设备部分，由于汽车网联化及 5G 通信技术还未实现大范围的商业落地，因此针对其测试的设备相对较少，在国外范围内，主要是面向传统通信测试的相关设备及服务；在国内，华为基于其 5G 通信技术的领先性，也设计研发相应的通信测试仪器，但大多用于设备自测，并未商业化落地，随着汽车网联化的不断发展，其测试设备也将

进入到大范围改造升级、应用落地的阶段。

2.2.3 实际道路测试

2.2.3.1 ADAS/AD

2.2.3.1.1 数据采集与分析系统

目前国内外在硬件系统和软件系统，均有大量成熟的方案。其中，硬件普遍有 PC 和嵌入式的方案，前者的优势在于接口丰富、可扩展性强、较容易支持硬件接口的二次开发，但工控机方案普遍存在功耗大、散热慢的问题。后者的优势在于，处理速度快，功耗小，稳定性好，但产品定型后，且接口无法快速扩展。

根据 ADAS/AD 道路测试具体需求的不同，匹配该测试项目的测试设备有多种，用户对每种测试设备的依赖程度也有不同。目前市场上有大量不特定针对 ADAS/AD 系统，实现基本的数据采集和存储功能的 PC。报告中重点列举，具有相对成熟和完整的 ADAS/AD 道路测试方案，包括硬件系统和软件系统。主要有：

序号	产品类别	供应商	产品名称
1	软硬件一体化方案	Vector	软件：CANape 硬件：BRICK CORE COM
2		DEWESoft	软件：DEWESoft X3 硬件：MINITAURs
3		奥地利 DEWETRON	软件：DEWESoft X3/Oxygen 硬件：DEWE2 系列
4		中国汽车工程研究院股份有限公司	软件：i-DAF 智能数据采集与融合系统 硬件：i-TESTER 数据采集系统
5		广州泽尔测试技术有限公司	软件：ASEva 测试软件 硬件：ZR-ASFUS-H100 PC
6		经纬恒润	软件：VDA 硬件：PC
7		武汉英泰斯特电子技术有限公司	软件：inVIEW 数据处理分析软件 硬件：INS-7000 无线数据记录仪
8	数据显示/采集/回放/分析软件	Zuragon	软件：ViCANdo

(1) ADAS 数据记录与评价系统

Vector 公司提供的 ADAS 数据记录与评价系统，包括：CANape 软件系统、数据采集主机 BrikePC、总线采集卡（支持 CANFD、CAN、Flexray）、VX1000 传感器融合与 ECU 标定工具。数据采集主机提供满足 ADAS/AD 道路测试数据采集的板卡和接口，尤其满足 L3 自动驾驶域控制器采用的 XCP 协议，同时具有接口丰富、数据采样率高的亮点。CANape 数据采集、分析、标定软件，能满足 ADAS/AD 系统开发、测试中的多源数据接入、数据可视化展示、数据分析的要求。

由于 Vector 提供的该套道路测试评价系统，还能进行 ADAS 系统的开发标定，因此该产品在国内外试产具有较高占有率。

(2) DEWESoft 数据采集模块及软件

DEWESoft 公司提供 SIRIUS、SBOX、R1DB/R2DB、R3、R4、R8、MINITAUR、DEWE-43、SIRIUS MINI 等一系列硬件采集单元，其中 MINITAURs 符合 ADAS/AD 道路测试数据采集需求，配套 DEWESoft X3 软件，共同完成 ADAS/AD 道路测试。

DEWESoft 软件支持多种数据源，数据可视化种类多，操作简单，且该软件为免费产品，且终身免费升级，因此在国外市场具有较大的用户群体，但在国内，其市场占有率并不高。

(3) DEWETRON 数据采集及系统及分析软件

德维创数采系统基于 PC 技术、模块化设计、方便扩展，支持接入各种常用传感器。性能超群的信号调理模块，加上先进的同步采集技术，保证了测试数据的准确性和同步性。根据不同的 ADAS/AD 道路测试需求，DEWETRON 可提供对应的硬件采集模块，支持各类系统测试。软件上，DEWETRON 可适配 DEWESoft X3 软件，同时也支持其配套的 OXYGEN 数据采集软件。软件开放与其他软件接口，支持多种文件格式导出：.csv、.txt、.excel、.mat、.MDF、.MF4、DMD 等，离线回放、统计的结果支持生成报告导出。

DEWETRON 公司的数据采集主机由于其进入市场较早，硬件平台成熟，在该领域具有较大影响力，因此其产品被国内外广泛应用于 ADAS/AD 道路测试评价应用的数据采集。

(4) ASEva 主动安全评估系统

ASEva 是一款汽车测试系统软件，能够综合测量汽车 ADAS 数据，通过整合汽车测试方案设备的数据，实现对汽车道路试验和汽车运动参数的分析整合。

数据记录单元采用 PC 的方案，具备通用的 CAN/CANFD、以太网、PoE+、USB2.0/USB3.0、I/O、RS232、DVI-D 等接口。满足车辆总线 CAN/CANFD、PoE 摄像头/USB

摄像头、毫米波雷达、激光雷达、智能摄像头、GPS 定位（包括道路类型、天气类型）、手动打点事件等数据的接入。ASEva 数据采集/分析/回放软件通过整合数据记录单元的数据，实现对车辆 ADAS/AD 系统道路试验和汽车运动参数的分析整合。

广州泽尔的该产品进入市场较早，且得益于广州泽尔通过代理在国内 ADAS 场地测试设备的垄断性，为其道路测试设备打开了市场。其 ASEva 产品本身而言，具有接口丰富、软件应用性强等特点，因此该产品在国内市场拥有强大的用户群体。

（5）i-TESTER 道路测试评价系统

中国汽研子公司中汽院智能网联科技有限公司自研出用于 ADAS/AD 道路测试的测试设备：i-TESTER 智能汽车实车测试评价系统，包括数据采集硬件系统和 i-DAF 智能数据采集与融合系统。

数据采集硬件系统包括数据记录主机单元、摄像头、拾音器、手持触发器、显示模块、GPS 天线等组成。硬件接口满足 ADAS/AD 道路测试接口需求，实现车辆总线（CANFD/CAN）、视频图像、毫米波雷达/激光雷达/智能摄像头、GPS 定位、事件触发等数据同步接入。配套的 i-DAF 智能数据采集与融合系统，提供系统配置、数据记录与存储、同步回放、统计分析等功能。通过建立工程-项目管理，实现测试人员、设备、数据的点对点管理。在线模式下，对 ADAS/AD 道路测试过程实施监控，记录并保存试验数据。离线模式下，同步回放采集的所有数据，重点分析记录的 ADAS/AD 问题数据，为开发人员提供问题定位和系统升级的数据依据。

中国汽研的该产品进入市场较晚，但由于其产品源自其 ADAS/AD 道路测试工程服务，在功能应用上具有诸多优势，因此现阶段也逐渐打开了市场，拥有一定客户群体。

（6）VDAS 智能驾驶实车测试系统

经纬恒润提供的智能驾驶实车测试系统-VDAS 主要由数据采集设备、环境感知系统、数据分析软件 VDA 组成。

数据采集设备由车载工控机、多种数据采集板卡、传感器、车载显示屏等组成。通过配套的数据采集软件，实现各类车载总线数据、感知数据的采集，适配 CAN/CANFD、以太网、车载以太网、USB、串口等各类常用接口。

环境感知系统通过激光雷达、高清网络摄像头、组合导航传感器，并结合先进的环境感知算法和传感器融合算法，可以精确地感知周围环境信息，包括周围交通参与者的类别、距离、速度、加速度、航向角等，以及周围交通标志的距离、类型、颜色等，对于车道线检测，还可以检测是否越线，以及统计压线次数等。

数据分析软件 VDA 配合数据采集系统，可以支持各类场地测试和开放道路测试的关键指标自动提取、数据统计和测试报告自动生成。相比于传统的人工分析，可以大幅度提升数据处理效率。

(7) 无线数据记录仪

武汉映泰斯特电子有限公司提供用于车辆整车测试的无线数据记录仪主要用于汽车长时间行驶过程中 ECU 总线数据、车辆故障码、车速、行驶轨迹等参数。也可应用于 ADAS/AD 道路测试，提供配套的软件 inVIEW。

INS-7200 记录仪基于 4G LTE 的高速率，具备 CAN/CANFD 总线原始数据文件传输与录制，自动触发的 UDS 故障诊断、视频/音频采集和远程监控、大数据存储、大数据快速传输等功能。并配置了高精度 GPS 传感器和 GPRS/3 G 传输模块，用户可以实时对车辆进行远程监测，并可以对采集到的数据进行分析处理。INTEST 公司的硬件产品，体积小、接口/线缆少、操作简单，针对 ADAS/AD 道路测试简易数据采集，支持非专业测试的驾驶员单人进行 ADAS/AD 简易道路测试数据采集试验。因此该公司产品在 ADAS/AD 单一应用场景的道路测试，市场占有率较大，但针对需要详细记录被测系统问题的测试应用，该产品具有局限性。

(8) ViCANdo 数据采集分析与分析软件

Zuragon 公司提供的数据采集与分析软件 ViCANdo，是一款兼容多源数据的软件。数据采集 ADAS/AD 道路测试数据采集、分析软件—ViCANdo，为 Zuragon 公司产品。该软件支持安装在 Windows / Linux / OSX / Android 等操作系统上，确保开发测试与数据同平台。作为一套完整的用于 ADAS/AD 道路测试数据采集、分析工具，恒润提供的数据采集记录单元为 PC，具有 CAN/CANFD、LIN、以太网、USB、串口等接口。支持车辆总线、视频、音频、GPS、数字/模拟量的接入。ViCANdo 是一款开放的数据分析软件，支持将总线、GPS、音频、视频、激光/毫米波雷达、智能摄像头、面部识别和生物传感器等数据进行同步。

ViCANdo 软件本身功能强大，兼容各类数据源，更支持导入其他数据记录单元采集的数据进行回放和分析。但其在具体 ADAS/AD 测试评价方面，并未有太多功能应用。因此，相较于广州泽尔的 ASEva 产品，其市场占有率一般。

2.2.3.1.2 传感器系统

用于 ADAS/AD 开放道路测试的传感器有毫米波雷达、激光雷达、视觉传感器等，这些传感器产业情况分布如下：

种类	供应商	产品特点
激光雷达	QUANERGY·美国	OPA 激光雷达全球领先
	Velodyne LiDAR·美国	行业标杆
	LUMINAR·美国	1550nm 激光雷达引领者
	Oryx Vision·以色列	FMCW 激光雷达引领者
	TETRAVUE·美国	相机和 LiDAR 融合深耕多年 Tier2
	INNOVIZ·以色列	光切片技术
	Blackmore·美国	提供基于单目摄像头和环视摄像头的车载视觉技术和产品
	DEEPSCALE·美国	Flash 激光雷达引领者
	TRILUMINA·美国	传感器起家
	LeddarTech·加拿大	激光雷达 IC 化的倡导者
	WAYMO·美国	脱离于 Google, 自动驾驶公司
	IBEO·德国	第一个过车规的激光雷达厂商
	禾赛科技	国内两强之一
	北科天绘·中国	测绘激光雷达起家
	镭神智能·中国	产品线丰富
	北醒光子·中国	出货量最大
	速腾聚创·中国	国内两强之一
	思岚科技·中国	导航起家, 低端雷达为主
	巨星科技·中国	上市公司
光珀智能·中国	国内领先的固态面阵雷达	
毫米波雷达	Autoliv 奥托立夫·德国	24GHz, 77GHz
	Bosch 博世·德国	77GHz
	Continental 大陆·德国	77GHz
	Delphi 德尔福·美国	77GHz
	HELLA 海拉·德国	24GHz, 77GHz
	Denso 电装·日本	77GHz
	Fujitsu 富士通·日本	77GHz
	TRW 采埃孚&天合·美国	77GHz
	Valeo 法雷奥·美国	NA
	Hitachi 日立·日本	77GHz
	Oculii 傲酷·美国	24GHz, 77GHz
	杭州智波·中国	24GHz, 77GHz
	芜湖森斯泰克·中国	24GHz, 77GHz
	南京隼眼科技·中国	77GHz
	苏州安智汽车·中国	77GHz
	北京行易道·中国	77GHz
	深圳安智杰·中国	24GHz, 77GHz
	深圳承泰科技·中国	24GHz, 77GHz, 79GHz
	湖南纳雷科技·中国	24GHz
	华域汽车·中国	24GHz

	保隆科技·中国	24GHz, 77GHz
	深圳卓影·中国	77GHz
	苏州毫米波·中国	24GHz, 77GHz
	长沙莫之比·中国	77GHz
	北京木牛科技·中国	77GHz
	德赛西威·中国	24GHz, 77GHz
智能摄像头	Mobileye·以色列	二级零部件供应商向 Tier1 提供产品
	地平线·中国	基于深度神经网络的解决方案
	双髻鲨·中国	基于双目摄像头的车载视觉技术产品二级零部件供应商
	中科慧眼·中国	基于双目摄像头的车载视觉产品技术二级零部件供应商
	智眸科技·中国	基于双目摄像头的车载视觉产品二级零部件供应商
	南京创来科技·中国	基于单目摄像头的车载视觉技术产品二级零部件供应商
	苏州智华汽车电子·中国	提供基于单目摄像头和环视摄像头的车载视觉技术和产品
	上海智驾电子·中国	基于单目摄像头的车载视觉技术产品二级零部件供应商
	纵目科技·中国	环视 ADAS 技术产品二级零部件供应商产品，主攻乘用车前装
	MINIEYE·中国	基于单目摄像头的车载视觉技术产品二级零部件供应商
	前向启创·中国	基于单目摄像头和多摄像头的车在视觉技术产品二级零部件供应商
	天瞳威视·中国	以 AI 嵌入式视觉系统为基础的多领域应用方案
	魔视智能·中国	基于单目或者多目摄像头的车载视觉技术产品二级零部件供应商

(1) 激光雷达

得益于精度高、范围广、可 360°探测、不受杂波干扰等优势，激光雷达被选为 ADAS/AD 开放道路测试的真值系统。用到的激光雷达主要有 Velodyne、IBEO、镭神、速腾等国内外产品。

美国 Velodyne 公司成立于 1983 年，其 3D 激光雷达产品种类丰富，包括 16 线、32 线、64 线等规格，以及专为智能驾驶汽车设计的 Ultra Puck 激光雷达。Velodyne 激光雷达占有较大的市场份额，谷歌在其最早的原型汽车中所使用的 LiDAR 传感器就是 Velodyne 公司开发的。美国 Quanergy 公司于 2012 年成立于硅谷，目前该公司推出了安装在奔驰智能驾驶测试车上的 The Mark VIII，和第一款专为智能驾驶汽车设计的全固态激光雷达。德国 IBEO 是最早涉足车载激光雷达并提供路上物体追踪、识别的企业之一，成立于 1998 年。其 LUX-4L 和 LUX-8L 专门用于 ADAS 无人驾驶系统。其市场占有率也很高。

目前，Velodyne、IBEO 等几家国外激光雷达产品在 ADAS/AD 道路测试评价中使率较高。除此之外，国内主要有镭神智能、速腾聚创等产品在该领域有一定知名度。

(2) 毫米波雷达

相较于激光雷达，毫米波雷达拥有更远的探测距离，可达 3-200 米，更适合高速行驶的场景，且其受雾霾及雨雪天气影响较小。目前，毫米波雷达市场主要由博世、大陆、法雷奥、海拉、德尔福、奥托立夫、富士通等厂商主导，其中法雷奥、海拉和博世占据我国 24 GHz 雷达市场 60%以上的出货量，大陆集团、博世、德尔福占据我国 77 GHz 雷达市场 80%以上的出货量（数据来源：《2016—2022 年中国毫米波雷达行业市场供需预测及投资战略研究报告》）。等零部件公司。除了这四家，电装和 Hella 同样拥有一定的市场占有率。

对于国产毫米波雷达，行易道、智波科技、森思泰克、卓泰达等公司，也都实现了 24 GHz 和 77 GHz 毫米波雷达的量产。

(3) 智能摄像头

智能摄像头通过对车辆周围环境实时拍摄，并采用 CV 技术对所拍摄的图像进行分析，实现对周围的车辆及行人检测，交通标志和信号灯识别等功能。其优点在于分辨率高、成本低，可有效检测车道线，并对目标的分类具有较高正确率。

用于 ADAS/AD 系统的智能车载摄像头，以色列公司 Mobileye 市场份额高达 70%，这也是目前行业工人的在目标识别与感知结果可信度最高的智能摄像头。因此，用于 ADAS/AD 开放道路测试的智能摄像头，行业一般也普遍性选择 Mobileye 摄像头。

将激光雷达、毫米波雷达、智能摄像头作为真值系统应用于 ADAS/AD 实际道路测试，可为被测系统的感知提供对标依据，也是以后智能网联汽车实际道路测试的趋势。但由于目前无法保证这些外接的传感器感知性能由于车辆本身传感器，且价格昂贵，因此这一方案得到完善和普及仍需要一定时间。

2.2.3.1.3 惯性导航系统

目前，可用于 ADAS/AD 开放道路测试用的组合惯导系统，惯导系统方面与封闭道路测试的情况相同，应用最广泛的是英国牛津公司的 RT 惯导系统。

详见 2.2.2 封闭场地测试的定位数采系统产业情况。

3. 智能网联汽车测试设备技术要求分析

3.1.1 仿真测试

3.1.1.1 ADAS/AD

相较传统汽车零部件供应，智能网联汽车新增了感知、融合定位、车载计算平台、ADS 软件、V2X、智能座舱等部件和子系统。新增部件及子系统更偏重于汽车电子和软件部分，因此在传统的机械零部件供应商之外势必会引入更多的汽车电子软件&硬件供应商，如何确保零部件质量和可靠性相较传统车更加重要。从整车开发的V模型来看，零部件和子系统的验证要先于整车的验证，因此针对零部件和子系统的测试标准和认证有助于整车企业系统级方案的选择及整车方案的集成验证。

ADAS/AD 领域仿真测试主要设备类型包括实时系统、摄像头暗箱、雷达模拟器、驾驶模拟器、轴耦合测功机、转鼓试验台等硬件设备，车辆动力学模型仿真和感知环境模型仿真等软件平台，技术要求如下所示。下面就各个主要新增零部件或子系统的测试设备作技术规格要求分析：

序号	设备种类	细分种类		现有技术水平	技术参数要求
1	上位机系统	上位机	—	1.操作系统：win7、win8、win10，64位 2.处理器：至强 W-3175X； 3.内存：64 GB RAM； 4.显卡： GeForce RTX 2080 Ti；	1.操作系统：win10，64位 2.处理器：i7 9800X； 3.内存：16 GB RAM； 4.显卡： GeForce GTX 1080 Ti；
2	实时系统	实时处理器	—	1.处理器：i7-5700EQ； 2.系统带宽：8 GB/s； 3.内存：4G；	1.处理器：i7-5700EQ； 2.系统带宽：8 GB/s； 3.内存：4G；
3		数采板卡	模拟量采集板卡	1.数据采集范围 0~24V 2.数据采集精度 0.1V； 3.数据采集频率 10MHz	1.数据采集范围 0~32V 2.数据采集精度 0.1V； 3.数据采集频率 100MHz
4			数字量采集板卡		
5		通信板卡	CAN 通信板卡	1.最大传输速率 1Mbps 2.通道数 10	1.最大传输速率 1Mbps 2.通道数 8

6			CANFD 通信板卡	1.最大传输速率 8Mbps 2.通道数 10	1.最大传输速率 8Mbps 2.通道数 6
7			FlexRay 通信板卡	1.最大传输速率 10Mbps 2.通道数 10	1.最大传输速率 10Mbps 2.通道数 2
8			车载以太网通信板卡	1.最大传输速率 100Mbps 2.通道数 10	1.最大传输速率 1000Mbps 2.通道数 2
9	摄像头模拟	摄像头暗箱系统	—	1.摄像头安装位置调节精度 1mm; 2. 摄像头安装角度调节精度 0.1deg; 2.暗箱遮光率 90%; 3.显示器分辨率 8K	1.摄像头安装位置调节精度 1mm; 2. 摄像头安装角度调节精度 0.1deg; 2.暗箱遮光率 100%; 3.显示器分辨率 4K。
10		视频注入	—	1.支持 12 路高清摄像头 2.视频流注入帧率>25 帧/s	1.支持 12 路高清摄像头 2.视频流注入帧率>25 帧/s
11	毫米波雷达模拟系统	毫米波雷达模拟器	24GHz 毫米波雷达模拟器	1.雷达模拟距离 4~200m; 2.雷达模拟目标数量不低于 2 个; 3.雷达模拟目标方向不低于 2 个;	1.雷达模拟距离 0~200m; 2.雷达模拟目标数量不低于 4 个; 3.雷达模拟目标方向不低于 4 个;
12			77GHz 毫米波雷达模拟器	4.雷达模拟目标速度不小于 200km/h; 5.雷达模拟距离精度不大于 0.25m。	4.雷达模拟目标速度不小于 500km/h; 5.雷达模拟距离精度不大于 0.1m。
13			雷达信号注入设备	1.支持 27G, 77GHz 雷达原始信号 2. 频率>30Hz 3. 带宽>xxMHz	1.支持 27G, 77GHz 雷达原始信号 2. 频率>30Hz 3. 带宽>xxMHz
14		超声波雷达模拟系统	—	1.超声波雷达模拟数量不低于 12 个; 2.支持频率: 56kHz; 3.最大仿真距离: 1.5m; 4.最小仿真距离: 0.3m; 5.距离分辨率: 0.01m	1.超声波雷达模拟数量不低于 12 个; 2.支持频率: 56kHz; 3.最大仿真距离: 1.5m; 4.最小仿真距离: 0.3m; 5.距离分辨率: 0.01m

15			激光雷达暗箱	1.激光雷达模拟线束不低于 16 线	1.激光雷达模拟线束不低于 64 线
16		激光雷达模拟系统	激光雷达信号注入设备	1. 支持>64 线激光雷达原始信号 2. 频率>30Hz 3. 带宽>xxMHz	1. 支持>64 线激光雷达原始信号 2. 频率>30Hz 3. 带宽>xxMHz
17			单一传感器对应设备	装备规格同单一传感器对应设备	装备规格同单一传感器对应设备
18	多传感器融合测试	多传感器组合	信号同步设备	支持摄像头、毫米波雷达、激光雷达等信号的同步、延时补偿；	支持摄像头、毫米波雷达、激光雷达等信号的同步、延时补偿；
19	GPS+IMU 定位	GPS+IMU 模块	上位机 GNSS 信号模拟器 IMU 信号模拟器	GNSS 信号模拟器： 支持模拟 BD2、GPS、GLONASS 导航信号； 支持 BD2 B1、B3 任意频点，GPS L1，GLONASS G1 频点； 能够提供高稳定度的 1pps 脉冲信号和 10MHz 时钟信号输出； 支持实时星历和外部星历参数输入 IMU 信号模拟器： 最小仿真步长：1ms 动态范围：角速度 10000 度/秒；速度 30000 米/秒；加速度 100G	GNSS 信号模拟器： 支持模拟 BD2、GPS、GLONASS 导航信号； 支持 BD2 B1、B3 任意频点，GPS L1，GLONASS G1 频点； 能够提供高稳定度的 1pps 脉冲信号和 10MHz 时钟信号输出； 支持实时星历和外部星历参数输入 IMU 信号模拟器： 最小仿真步长：1ms 动态范围：角速度 10000 度/秒；速度 30000 米/秒；加速度 100G
20	SLAM 定位	GPS+IMU+HD 定位模块	上位机、GNSS 信号模拟器、IMU 信号模拟器、HD 地图、摄像头暗箱	上位机、摄像头暗箱规格和 Camera 仿真测试相同 GNSS 信号模拟器，IMU 信号模拟器规格同上	上位机、摄像头暗箱规格和 Camera 仿真测试相同 GNSS 信号模拟器，IMU 信号模拟器规格同上
21			传感器测试设备	和单一传感器测试设备规格相同	和单一传感器测试设备规格相同
22	融合感知+规控测试	计算平台+ADS 感知和规控	信号同步设备	支持摄像头、毫米波雷达、激光雷达等信号的同步、延时补偿；	支持摄像头、毫米波雷达、激光雷达等信号的同步、延时补偿；
23			协议模拟器	支持 CAN, LIN, FlexRay, Ethernet	支持 CAN, LIN, FlexRay, Ethernet

				等协议模拟	等协议模拟
24	驾驶模拟器	静态驾驶模拟器	—	1.包含方向盘、仪表盘、制动踏板、油门踏板、换挡机构等系统	1.包含方向盘、仪表盘、制动踏板、油门踏板、换挡机构等系统
25		动态驾驶模拟器	—	1.包含方向盘、仪表盘、2.制动踏板、油门踏板、3.换挡机构等系统 4.运动相应延迟不大于 50ms; 5.运动频率不低于 50Hz; 6.最大加速度不低于 0.5g; 7.最大减速度不低于 1.0g;	1.包含方向盘、仪表盘、2.制动踏板、油门踏板、3.换挡机构等系统 4.运动相应延迟不大于 20ms; 5.运动频率不低于 50Hz; 6.最大加速度不低于 0.5g; 7.最大减速度不低于 1.5g;
26	轴耦和测功机	轴耦和测功机系统	—	1.最大支持车辆重量不低于 2000kg; 2.系统响应延迟不高于 50ms; 3.最大支持扭矩不低于 5000NM; 4.最大支持车速不低于 200km/h; 5.最大加速度不低于 0.5g; 6.最大减速度不低于 1.0g;	1.最大支持车辆重量不低于 4000kg; 2.系统响应延迟不高于 20ms; 3.最大支持扭矩不低于 10000NM; 4.最大支持车速不低于 200km/h; 5.最大加速度不低于 0.5g; 6.最大减速度不低于 1.5g;
27	转鼓试验台	转鼓试验台系统	—	1.最大支持车辆重量不低于 2000kg; 2.系统响应延迟不高于 50ms; 3.最大支持扭矩不低于 5000NM; 4.最大支持车速不低于 200km/h; 5.最大加速度不低于 0.5g; 6.最大减速度不低于 1.0g;	1.最大支持车辆重量不低于 4000kg; 2.系统响应延迟不高于 20ms; 3.最大支持扭矩不低于 10000NM; 4.最大支持车速不低于 200km/h; 5.最大加速度不低于 0.5g; 6.最大减速度不低于 1.5g;

28	仿真车辆模拟	仿真车辆模拟系统	—	1.仿真车辆模型包含燃油车、电动车、混动车； 2.仿真车辆模型包含轿车、卡车、SUV； 3.仿真车辆模型精度不低于 80%	1.仿真车辆模型包含燃油车、电动车、混动车； 2.仿真车辆模型包含轿车、卡车、SUV； 3.仿真车辆模型精度不低于 85%
29	仿真环境模拟	仿真环境模拟系统	—	1.仿真环境模型包含道路、天气、标志牌、信号灯等； 2.仿真环境模型包含毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达、摄像头等传感器模型； 3.仿真环境支持高精度地图	1.仿真环境模型包含中国典型的道路、天气、标志牌、信号灯等； 2.仿真环境模型包含毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达、摄像头等传感器模型； 3.仿真环境支持高精度地图

当前针对实时机的要求可推导为：

1) 通过给定的汽车总线接口（本方案中需求的是 CAN、LIN 或以太网），获取摄像头、雷达等传感器反馈的 Object List；可能通过以太网接口获取环境感知传感器的原始数据（如：摄像头视频帧、雷达点云矩阵等）；

2) 对来自总线的原始报文数据进行解析，提取有效数据负载——Object List；

3) 对来自总线的传感器原始数据进行预处理（如：图像灰度化、模糊化等），实现对原始数据的语义提取，从而生成 Object List 输出的一系列处理过程；

4) 提供适宜的软件开发环境，以进行 Object List 的融合算法实现；

5) 提供适宜的数据接口，使融合后的结果可以被传输至后续决策控制层作为输入使用。

MABX_II_1401/1513/14 是 MicroAutoBox 系列最新发布产品，IO 板卡为 DS1513，DS1514 为 FPGA 基板，通过在 DS1514 上加装 DS4342 通信模块可进一步支持实时应用程序中对 CAN FD 通信的要求。MABX_II_1401/1513/14 的技术参数如下：

参数	规格
变体名	1401/1513/1514
处理器	IBM PPC 750GL,900 MHz（含 1 MB 二级缓存）
存储空间	16 MB 主存储空间； 6 MB 存储空间专用于 MicroAutoBox 与上位机通信； 16 MB 非易失 Flash 存储空间，可用于存放代码段及行驶记录数据； 行驶记录含事件及日历功能；

启动时间		取决于在 Flash 中的应用程序大小，测试案例： 1 MB 应用程序：160 ms 3 MB 应用程序：340 ms；
接口	上位机接口	100/1000 Mbit/s 以太网连接（TCP/IP）； 兼容标准网络基础架构； LEMO 型接插件；
	以太网实时 IO 接口	100/1000 Mbit/s 以太网连接（UDP/IP）； （可选）RTI Ethernet（UDP）Blockset 用于对以太网接口进行读写操作； LEMO 型接插件；
	USB 接口	用于连接基于 USB 接口的存储设备以后进行长时间数据记录的 USB2.0 接口； LEMO 型接插件；
	CAN 接口	6 路 CAN
	串行接口 （基于 CAN 处理器）	3 路 RS232 接口； 3 路用作 K/L 线或者 LIN 接口；
	双端口存储器接口 （ECU 接口）	2 个双端口寄存器接口
	IP 接口	总共提供 2 个槽； （可选）可用于安装 FlexRay 模块（最多 4 路 FlexRay 通道）； （可选）可用于安装 CANFD 模块（最多 4 路 CANFD 通道）；
可编程 FPGA		Kintex-7 FPGA XC7K32ST-1FBG9001
模数转换	解析度	32 通道 16 位
	采样	16 个并行通道，转换速率 1 MSPS 16 个多路复用通道
输入范围		-10 … 10 V
数模转换	解析度	8 通道 16 位
	输出范围	-10 … 10 V
	输出电流	最大 8 mA
数字 IO	概述	基于 FPGA 的数字 I/O RTI 软件支持对 IO 进行位、频率及 PWM 输出或测量操作
	位 IO	24 通道输入 24 通道输出，5 mA 输出电流
	PWM 输出与测量	所有通道可被配置成频率或 PWM 输入/输出 PWM 频率范围：0.0003 Hz … 150 kHz， PWM 占空比范围：0 … 100%， PWM 分辨率：最高 21 位
板载传感器		3 轴加速度传感器 压力传感器可用于海拔高度识别
信号调理		整车级信号调理，不含功率驱动

		带过压、过流及短路保护
	物理连接	ZIF 型接插件用于 IO 信号的连接，带机械紧固 Sub-D 型接插件用于供电连接 LEMO 型接插件用于连接 ECU 接口、以太网 IO 接口、 USB 接口及以太网上位机接口 上位机连接可进行程序下载、实验配置、信号监测及行驶 记录读取等操作 集成以太网交换机
物理特性	外形材料	铸铝
	外形尺寸	约 200 × 225 × 95 mm
	环境温度	工作（壳体）温度：-40 ° C … +85 ° C 存储温度：-55 ° C … +125 ° C
	供电	供电电压直流 6 … 40 V 带过压及反极性连接保护
	功耗	最大 50 W

美国 NI 公司也可提供相应的实时机设备，其相关设备参数为：采用 2.6 GHz 四核 Intel i7-5700EQ 或 2.7 GHz 双核 Intel i5-4400E、处理器系统带宽不小于 8 GB/s、插槽带宽不小于 4 GB/s、4 GB (1 x 4 GB DIMM)单通道 1600 MHz DDR3 RAM、不少于 2 个千兆以太网端口、不少于 2 个 USB 3.0 端口、不少于 4 个 USB 2.0 端口、具备 ExpressCard 等其他外设；实时处理机箱不少于 4 个混合插槽、不少于 2 个 PXI Express 插槽、不少于 1 个 PXI Express 系统定时插槽、总功率至少 420 W 、每个插槽可以达到 2 GB/s 的专用带宽和 8 GB/s 的系统带宽、可以兼容 PXI、PXI Express、CompactPCI 和 CompactPCI Express 模块、允许工作温度范围在 0°C到 55°C之间。

其雷达回波模型设备主要参数如下：

- (1) 频率范围：76-81GHz；
- (2) 目标数量：2to8+；
- (3) 目标距离：2.5m-300m+；
- (4) VRTS 到 DUT 最小间距：70cm；
- (5) 距离分辨率：10cm；
- (6) 距离精度：±15cm；
- (7) 速度：0 到 500km/hr(75kHz)。

dSpace 雷达回波模拟设备主要参数

序号	型号	恒润科技 RFSS-ARTS-1524
1	雷达信号	脉冲信号/调频连续波信号/频移键控信号
2	工作频率范围	77GHz（可选）
3	最大瞬时带宽	800MHz

4	仿真目标数目	1-4
5	目标距离范围	0.6m-3000m
6	目标距离精度	0.6m
7	目标速度范围	1000km/h
8	目标速度精度	1mm/s
9	最大输入功率	-5dBm
10	最大功率范围	40dB
11	输出功率范围	60dBm,0.5dBm 步进
12	收发天线隔离度	50dB
13	波形存储容量	1Gbyte
14	外部参考时钟	100MHz
15	射频端口	WR12 波导
16	软件模块	目标模拟模块/波形分析模块/天线测试模块

3.1.2 封闭场地测试

3.1.2.1 ADAS/AD

从测试机构的角度讲，ADAS 和 AD 的封闭场地测试具有以下特点：

- 1) 测试场景、工况有限；
- 2) 测试成本较高；
- 3) 为保证测试结果的一致性，测试过程要严格要求，保证能够复现测试结果。

因此要求测试设备能够实时准确全面地记录测试过程中各项参数，当前测试机构对于测试设备的技术要求主要依据各项标准法规和项目开发经验确定。国内测试机构 ADAS 和 AD 的封闭场地测试主要参考标准有 GB/JT、ISO、SAE、IIHS、NHTSA、Euro-NCAP、C-NCAP、J-NCAP、I-Vista，这些标准里会对测试过程中的一些评价参数和指标有明确的要求。以下按测试设备类型分别介绍各种测试设备在行业内的主要技术参数。

■ 目标物系统

目标物主要是用于被智能车辆的传感器探测，然后测试智能系统的性能。从探测的角度讲，当前智能车辆的传感器可以主要有视觉传感器、光学雷达、无线电波雷达，分别对应了目标物的视觉特性、光学反射特性和无线电波反射特性。

- (1) 雷达、红外、视觉特征均拟人；物理特质与真实物体基本一致（包括外形、动态、静态等），雷达反射阵面及热成像阵面与实际相符，RCS 反射面积因中国和欧洲人体型的差异需要相应调整，无坚硬异物，可快速组装。
- (2) 符合中国成人、儿童尺寸及结构特征；

- (3) 适应各种天气环境及温度，适应烈日、雨天、雪天测试；（环境条件，工作温度欧洲要求为-5~40度，中国北方冬天环境温度低于-5度，需要适当降低最低工作温度）
- (4) 假人、假自行车、假摩托车等低速允许时速大于 80km/h 的碰撞，支持与各类平板联动；活动关节行人最大速度达 8 m/s；（与中国向符合）
- (5) 假汽车允许时速大于 120km/h 的碰撞；可独立使用（不依托可移动平板）。（与中国向符合）
- (6) 多次碰撞后仍满足雷达反射特性要求。
- (7) 符合中国快递三轮车尺寸及结构特征，最大速度达 60 km/h；（与中国向符合）
- (8) 3D 假汽车，实现复杂的测试应用
- (9) 车牌尺寸符合中国的标准；
- (10) 能够在复杂场景中实现多目标协同控制。

参考 4A 成年假人、儿童假人、骑行假人、2D 软体假车列举当前主要相关测试设备的各项指标。

设备类型	技术参数要求	现有技术水平
成年假人	1. 整体高度：1800±20mm 2. H 点高度：923±20mm 3. 脚跟距离纵向：315±20mm 4. 脚跟距离侧向：147±10mm 5. 步幅宽度：600±20mm 6. 肩膀宽度：500±20mm 7. 躯干深度：235±10mm 8. 前手到后边：530±20mm 9. 躯干角度：85±1° 10. 上臂角度前摆：110±2° 11. 上臂角度后伸：60±2° 12. 支撑管驱动方向：5±2° 13. 体重：≤4KG	1. 整体高度：1800±20mm 2. H 点高度：923±20mm 3. 脚跟距离纵向：315±20mm 4. 脚跟距离侧向：147±10mm 5. 步幅宽度：600±20mm 6. 肩膀宽度：500±20mm 7. 躯干深度：235±10mm 8. 前手到后边：530±20mm 9. 躯干角度：85±1° 10. 上臂角度前摆：110±2° 11. 上臂角度后伸：60±2° 12. 支撑管驱动方向：5±2° 13. 体重：≤4KG
儿童假人	1. 整体高度：1154±20mm 2. H 点高度：607±20mm 3. 脚跟距离纵向：494±20mm 4. 侧向：129±10mm 5. 步幅宽度：711±20mm 6. 肩膀宽度：298±20mm 7. 躯干深度：139±10mm 8. 前手到后边：362±20mm 9. 躯干角度：78±1° 10. 上臂角度前摆：112±2° 11. 后伸：50±2°	1. 整体高度：1154±20mm 2. H 点高度：607±20mm 3. 脚跟距离纵向：494±20mm 4. 侧向：129±10mm 5. 步幅宽度：711±20mm 6. 肩膀宽度：298±20mm 7. 躯干深度：139±10mm 8. 前手到后边：362±20mm 9. 躯干角度：78±1° 10. 上臂角度前摆：112±2° 11. 后伸：50±2°

	12. 支撑管驱动方向：5±2° 13. 体重：≤2KG	12. 支撑管驱动方向：5±2° 13. 体重：≤2KG
2D 软体假车	与 Euro-NCAP 要求一致，参看“Euro-NCAP TEST PROTOCOL-AEB systems Version1.1 June 2015 ANNEX A EVT SPECIFICATIONS”	<ol style="list-style-type: none"> 按照 1：1 比例复制真实车尾部分的带有空压机的气球车 满足欧盟 94/20/EC 标准乘用车拖车车钩连接装置 集成新款冲击缓冲器（泡沫聚氨酯 PUR） 拖车挂钩高度调节钩 组硬轨道组件 符合 Euro NCAP AEB 测试规程中对目标车的所有参数要求 目标车上需增加国内牌照悬挂位置，离地高度为 670mm，牌照尺寸为 440*140mm 与中国国家标准一致。 目标车具有固定底座，带有缓冲吸振及碰撞滑动功能 用于雷达探测的反射材料应符合 ECE104 规则的要求 能承受最高相对车速不小于 70km/h 的碰撞冲击；重量：74 公斤 轨道上安装了一套放置标准目标的动态移动底座。动态移动底座和动态轨道通过磁铁固定。动态移动底座通与动态轨道在 0.6g 的减加速度下不会脱开。导轨全长 21.4m。前部拉杆高度可调节 可使用标准的汽车挂接装置，满足 94/20/EC 的要求 带有缓冲装置，最高可承受目标底座 60km/h 的冲击，缓冲装置由 PUR(聚氨酯)泡棉组成

从测试机构的角度讲目标物的技术要求要关注以下问题：

- 使用的目标物主要还是国外厂商生产，价格昂贵，而且在多次测试中容易损坏，测试成本高
- 成人目标物身高 1800mm 主要是模拟欧洲人身高，与中国人平均身高并不相符
- 现有假人目标物衣服为黑色，能否代表中国日常生活穿衣习惯需要论证
- 红外反射特征和雷达反射特征需要确定参数保证与人类类似
- 中国交通环境中快递三轮车比较多，需要补充该类目标物产品
- 目标物既要可拆卸又要能够迅速安装，能够保值测试效率

■ 定位与数采系统

在 ADAS 和 AD 的封闭场地测试中用到的数采通常是定位数据采集设备和数据采集系统，这些设备主要围绕 ADAS 和 AD 封闭场地测试中关注的主要指标进行开发，如位置、速度、加速度、车辆的横摆角速度、车辆的航向角、方向盘转角、相对其他车辆的状态关系、相对某一点或某一条线的状态关系以及视频图像等。由于车辆是高速运动的机器，其状态在每一秒钟都会发生很大的变化，因此测试机构对数据采集系统的采集频率会有要求，同时也要求其具有稳定可靠的特性能够应对不同的环境。

- (1) 地基差分 RTK 厘米级定位，静态航向角及动态航向角偏差小于 0.1° 。
- (2) 数据刷新不小于 100HZ，表述输出 UTC 时间、位置信息、速度、航向角、高程等信息及差分状态和锁定卫星数量等判断依据类信息。
- (3) 有 CAN、模拟数采等数据接口。
- (4) 具有数据存储及外部数据输出功能。
- (5) 具有直观的上位机分析软件。
- (6) 安装方便。
- (7) 独立供电。

参考 OXTS 高精度定位设备 RT 3003G, Racelogic 数据采集设备 VBOX RLV3iSL-RTK-V5 列举当前主要相关测试设备的各项指标。

设备类型	技术参数要求	现有技术水平
定位设备	<ol style="list-style-type: none"> 1. 数据更新频率 100HZ 2. 位置精度 0.02m 3. 速度精度 0.1km/h 4. 加速度精度 0.1m/s^2 5. 航向角精度 0.1° 6. 横摆角速度精度 $0.1^\circ/\text{s}$ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原始采样频率 $\geq 100\text{Hz}$ 2. 位置精度 0.02m 3. 速度精度 0.1km/h 4. 加速度精度 0.1m/s^2 5. 航向角精度 0.1° 6. 横摆角速度精度 $0.1^\circ/\text{s}$ 7. 俯仰角 $\pm 90^\circ$，侧倾 $\pm 180^\circ$ 8. 角度测量分辨率 $\leq 0.01^\circ$ 9. 加速度量程 $\pm 10\text{g}$ 10. 加速度分辨率 $\leq 1\text{mg}$ 11. 角速度量程 $\pm 100^\circ/\text{s}$ 12. 角速度分辨率 $0.01^\circ/\text{s}$
数据采集设备	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采集频率至少 100Hz 2. 延时 11ms 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 数据采集频率 100HZ 2. 延时 11ms 3. 2 个 CAN 总线接口用于数据的输入与输出 4. 4x24 位差分模拟输入 5. 2x16 位用户定义的模拟量输出

		6. RS232 串口接口 7. 2 位数字输出 8. 可安装 CF 闪存卡，用于数据记录 9. 可以使用车载 12V 点烟器供电
报警信号采集系统	1. 能够采集声音报警 2. 能够采集图像报警 3. 能够采集震动报警 4. 时间延迟<5 毫秒	1. 能够采集声音报警 2. 能够采集图像报警 3. 时间延迟 2 毫秒

从测试机构的角度讲数采的技术要求要关注以下问题：

- 定位精度根据测试需求确定，不同需求对应不同的定位精度，有利于降低测试成本
- 数据采集设备应该具备丰富的接口，便于输入、输出信息
- 数采设备应该能够适应复杂的环境，温度、湿度适用范围要宽泛
- 报警信号采集应该减小延迟，准确获取触发信号

当前 ADAS 和 AD 的封闭场地测试中用到的控制系统可以分为两种，一种是驾驶机器人可以安装在现有的量产车上，一种是可移动平板，用于搭载目标物，其中可移动平板有搭载车辆模型较大的移动平板，也有搭载弱势群体或动物的较小移动平板。驾驶机器人模拟人类对车辆的操作，会有各个操纵机构组成，如针对方向盘操纵的转向机器人，针对踏板操纵的加速、制动、离合踏板机器人，甚至还有针对手动挡车辆的换挡机器人，这些机器人会通过线束连接到中央控制器，由中央控制器统一协调各个控制机构的动作。

■ 低中速平台车

移动平板主要关注环境适应性如适应温度范围和防水等级，同时位置控制精度、最大巡航速度、最大加速度、最大减速度、续航能力、自重、承载最大重量、能够承受的碾压重量。

ADAS 测试平台应高度集成高精度定位系统、电子控制系统、无线通讯系统、锂电池供电系统、外部触发、后台远程控制及监控系统等。

结合合理的机械设计，可承载不同碰撞目标的自行驱动平台，满足主要用于模拟 60km/h 以下的行人（成人、儿童）、自行车、电动车等中低速目标物的运动场景，可灵活实现前进、后退、转弯、曲线等基本动作控制要求，寻迹复线轨迹精度达到厘米级，任务碰撞点精度±5 厘米，加速及制动加速度大于等于 0.6g。低速平台车尺寸不易过大，以安装一辆模拟摩托车为标准，车身高度以不触发雷达为标准（阵面反射率低于 35%），中速平台车尺寸以能够安装一辆标准 A 级车为标准，低速平台车四方向冲击角不大于 15°，平面无凸起物。中速平台车前后冲击角不大于 10°左右冲击角不大于 15°平面无凸起物。中低速平台车最小离地间隙不小于 2cm。

利用该 ADAS 测试平台和试验车辆可构建出试验车辆与中低速行驶的目标物发生碰撞或将要发生碰撞的危险工况场景,测试平台车根据自身位置信息及被测车位置信息实现闭环控制,用于场地测试环境下,试验车辆环境感知系统、控制策略等主动安全技术的开发和检验。

满足现有主流 AEB、FCW、FCP、BSD 等 ADAS 标准测试、智能网联汽车测试、自动驾驶系统测试,同时兼顾自定义场景测试模拟功能,该 ADAS 测试平台系统高度集成、智能控制,整体使用方便、安全、可靠。

参考 ABD 转向机器人 SR60、踏板机器人 CBAR600L,4A 大型可移动平板 FB large、小型可移动平板 FB small 列举当前主要相关测试设备的各项指标。

设备类型	现有技术水平	技术参数要求
驾驶机器人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 路径跟随位置精度 10cm 2. 速度控制精度 0.1km/h 3. 转向最大扭矩 70Nm 4. 转向最大转速 2500° /s 5. 转向角度分辨率 0.0006deg 6. 转向角度精度 0.1° 7. 转向角速度精度 0.1° /s 8. 制动最大制动力 550N 9. 制动最大制动速度 1200mm/s 10. 制动最大行程 174mm 11. 油门踏板力最大 200N 12. 油门踏板最大速度 750mm/s 13. 最大油门踏板行程 125mm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. VUT (GPS 速度): 测试车速 + 1.0km/h; 2. VT (GPS 速度): 测试车速 ± 1.0km/h; 3. 侧向偏移量: 0 ± 0.1 m; 4. VUT 与 VT 的相对距离 (CCRB 场景下): ± 0.5m; 5. 横摆角速度: 0 ± 1.0 ° /s; 6. 方向盘转角速度: 0 ± 15.0° /s;
大型可移动平板	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 2400x1400x85mm 2. 总重量 130kg 3. 最大负重 50kg 4. 最大运动速度 72km/h 5. 纵向最大加速度 0.3g 6. 纵向最大减速度 0.7g 7. 控制范围 > 500m 8. 可承受轿车、卡车碾压 9. 很低的雷达反射截面 10. 具有一定的防水能力 	——
小型可移动平板	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 2200mmx950x60mm 2. 总重量 50kg 3. 最大负重 15kg 4. 最大运动速度 50km/h 5. 纵向最大加速度 0.3g 6. 纵向最大减速度 0.6g 7. 控制范围 > 500m 	——

	8. 可承受轿车、卡车碾压 9. 很低的雷达反射截面 10. 具有一定的防水能力	
--	--	--

从测试机构的角度讲控制系统的技术要求要关注以下问题：

- 驾驶机器人的车辆控制精度要能够满足测试需求
 - 可移动平板最高速度、加速、减速、续航、防水能力需要提高
 - 可承受碾压的重量要量化
 - 设备使用损耗成本需要控制
 - 供货、维修周期要缩短
- 场景搭建

对场景搭建来说当前还没有公开的行业标准做参考，主要是根据实际需要搭建能够接近真实场景的测试环境。当前标准类测试中与场景相关的就是 AEB 的夜间灯光场景，该场景搭建设备要保证测试区域满足标准要求的光照度和色温要求。

参考 MOSHON DATA 路灯产品列举当前主要相关测试设备的各项指标。

设备类型	技术参数要求	现有技术水平
夜间照明 路灯	——	1. 光源照射方向垂直向下与灯杆平行 2. 光源距离地面 $5\text{m} \pm 0.1\text{m}$ 3. 灯杆与地面夹角 $90^\circ \pm 0.5^\circ$ 4. 设备能够承受 20m/s 的风速 5. 色温 $4500\text{K} \pm 1000\text{K}$ 6. 按照 Euro NCAP 标准布置，得到的平均光照强度范围在 $161\text{x} \sim 221\text{x}$ 之间 7. 具备一定的防水能力 8. 能够根据现场环境进行一些位置/角度/光照强度的调整

从测试机构的角度讲场景搭建的技术要求要关注以下问题：

- 测试场景应该尽量接近真实环境
- 测试场景需要更丰富且要保证一致性
- 场景搭建设施要能够保障测试车辆人员的安全

3.1.3 实际道路测试

3.1.3.1 ADAS/AD

ADAS、AD 道路测试，侧重被测系统在开放道路环境下的稳定性、可靠性，要求试验后能完全还原系统误报、漏报等问题事件，为系统开发人员提供问题优化、系统升级的数据

支撑。由于道路测试涉及试验历程少则数千公里，多则数万公里，时间周期长，人力成本大。因此道路测试设备首先要求功能完备，采集的数据全而有效。

其次，根据不同测试需求，道路测试对数据采集、回放、分析具体技术指标有不同要求，如视频分辨率/帧率、GNSS 更新频率、时间同步精度等。

最后，道路测试过程中，驾驶员将模拟各种工况尽可能激发被测系统介入，进而提供全面的测试评价。因此要求道路测试设备能提供简单友好、高效便捷的交互方式，保证驾驶安全的基础上提高测试效率。

3.1.3.1.1 功能完备性要求

ADAS/AD 道路测试设备应满足数据接入、可视化显示、数据存储、同步回放、离线分析的功能。

原始数据同步采集，记录的每个数据文件添加时间戳，方便离线进行同步回放和分析。具备以下接口需求：

序号	数据接口	数量	要求
1	CAN/CANFD 口	≥4	车辆总线、毫米波雷达/智能摄像头等数据接入，根据具体测试需求确定通道数
2	以太网接口	≥2	激光雷达/摄像头等数据接入，根据具体测试需求确定通道数
3	串口	≥2	惯导等数据接入，底层程序调试，根据具体测试需求确定通道数
4	DIO 口	≥1	手动打点触发信号输入，根据具体测试需求确定通道数
5	模拟量接口	≥1	光照计等数据接入，电流/电压等信号采集，根据具体测试需求确定通道数
6	视频接口	≥6	采集车辆内外视频图像，根据具体测试需求确定通道数
7	音频接口	≥1	通过语音记录被测系统问题场景
8	显示屏	选配	车辆总线、视频、设备状态、GNSS 地图等实时显示
9	数据存储硬盘	≥1	不低于 1 TB，用于路试数据存储
10	软件系统	1	根据需求，提供系统配置、数据显示与记录、同步回放与分析等功能。

以上根据不同测试需求，配备不同的硬件接口和软件功能模块。

ADAS/AD 测试设备除要求具备以上数据接口需求外，还要求具备以下功能：

- (1) 数据掉电保护：ADAS/AD 道路测试设备及其外接设备，依靠车载电源供电，不排除车辆电压不稳，甚至车辆熄火/启动时设备直接断电。因此要求用于道路测试的数据采集单元具备电压保护和数据掉电保护功能，或设备突然掉电时，能自动保存当前正在采集的所有数据。

- (2) 事件触发记录：ADAS/AD 道路测试记录漏报/触发、误报/触发事件的方式有手动触发记录和自动触发记录。无论哪种方式，都不排除触发有误的情况。因此离线分析中，结合记录的车辆总线自动触发的 ADAS/AD 系统报警、动作事件相关数据，对记录的触发事件进行筛查和分析，帮助系统开发人员进行快速的问题定位，并提供真正问题事件的原始数据，供其进行问题定位和系统升级。
- (3) 车辆总线曲线显示：通过在车辆总线解析协议的 DBC 信号列表中，选择需要显示其曲线的信号，测试中可通过曲线走势实时查看该参数的变化。有的测试设备支持对曲线进行放大、缩小、截取、最大值/最小值/平均值、时间标尺、多曲线公用坐标等操作。甚至支持基于已有 DBC 信号通道，用户自定义编辑公式，生成新的信号通道，显示其曲线。
- (4) 视频图像：道路测试一般在前、后、左、右、仪表盘、驾驶舱等用户关心的位置安装摄像头，记录车辆内外环境信息，做到离线分析时真实还原场景。为辅助测试人员准确判断被测 ADAS/AD 系统是否发生漏报/触发、误报/触发等事件，要求在线显示/采集软件支持可同时调出并显示所有视频图像。一般好的数据显示和采集软件还支持将总线 CAN 数据、外接传感器数据叠加到任意视频图像中显示。
- (5) GPS 定位及相关数据获取：ADAS/AD 道路测试记录的所有漏报/触发、误报/触发等事件，要求同步记录 GNSS 定位、道路类型、天气状况等信息，为问题定位和系统升级提供更全面的信息。
- (6) 设备状态监控：道路测试摄像头、GNSS 天线、电源、总线接入及负载率、手持触发器等，任何一个数据接入出现故障，均将影响 ADAS/AD 测试的数据记录，甚至直接导致记录的数据无效。因此，要求测试设备具备对所有接入到数据采集主机的数据进行状态监控，并在状态异常时有视觉或声音报警以提示驾驶员/测试人员及时维护。
- (7) 数据同步回放：在线记录的带有时间戳的所有原始数据：车辆总线、视频、音频、GNSS、事件等数据，要求可在离线模式下同步回放，同样可按照以上几条操作，最后得到被测 ADAS/AD 系统问题事件的分析结果；
- (8) 支持主流激光雷达、毫米波雷达、智能摄像头等真值传感器接入，真值系统功能直接输出目标物分类结果，数据采集软件能基于真值系统输出的目标结果，对被测 ADAS/AD 系统进行测评。

3.1.3.1.2 性能指标要求

针对 ADAS/AD 道路测试具体不同的测试需求，测试设备的性能也有不同的技术要求。如摄像头分辨率、帧率，GNSS 更新频率等。

■ 总体要求

- (1) 工作温度：考虑到满足各时间段内的各区域测试需求，设备要求至少可在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 范围内正常工作；
- (2) 功耗：考虑到道路测试数据采集系统实现方案的不同，功耗要求也不同，对于 PC 方案，一般要求正常使用下峰值功耗不超过 120 W，对于嵌入式方案，一般要求正常使用下峰值功耗不超过 50 W；
- (3) 供电：ADAS/AD 测试设备要求可同时满足乘用车、商用车的测试需求，因此要求供电范围至少涵盖 9 V~36 V；
- (4) 安装与数据接口：道路测试中不排除经过陡峭山路，甚至崎岖颠簸路况，且摄像头、GNSS 天线等长期裸露在外，因此要求 ADAS/AD 道路测试设备具有可靠、简单易于操作的安装方式，同时要求所有接入数据记录主机单元的接口牢固可靠，在路况差的情况下也不会脱落或影响数据正常采集。

■ 技术参数要求

序号	设备种类	细分种类	现有技术水平	技术参数要求
1	数据采集硬件系统	数据存储要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 数据文件独立保存； 2. 每个数据文件带有时间戳； 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 数据文件独立保存； 2. 每个数据文件打有时间戳； 3. 同步精度：不低于 1 ms。
2		CAN/CANFD 采集卡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：通常 4-8； 1. 支持 CANFD、CAN 通信，满足 CAN2.0B 同时兼容 CAN2.0A 规范； 2. 波特 50K~1Mbps 内可设。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：至少 4 路，支持扩展； 2. 支持 CANFD、CAN 通信，满足 CAN2.0B 同时兼容 CAN2.0A 规范； 3. 波特 50K~1Mbps 内可设。
3		以太网数据采集	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：通常 2-6 路； 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：至少 2 路，支持扩展； 2. 100M/1000M 自适应。
4		串口	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：通常 1-4 路。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：不少于 2 路，支持扩展。
5		DIO 口	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：通常 1-4 路； 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：不少于 2 路。
6		模拟量接口	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：通常 1-4 路； 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：不少于 2 路

7		视频	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：通常 4-8 路； 2. 防护等级：IP65； 3. 分辨率：不低于 720P； 4. 帧率：不低于 25fps。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：不少于 6 路； 2. 防护等级：IP65； 3. 分辨率：不低于 720P； 4. 帧率：不低于 25fps； 5. 时间延迟：不超过 300 ms； 6. 工作温度：-30°C~70°C， 储存温度：-40°C~85°C；
8		音频	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：1 路。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道数：1 路； 2. 拾音距离：1.5 m。
9		GNSS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新频率：不低于 10 Hz； 2. 高度、位置精度：±5m； 3. 防护等级：IP65。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新频率：针对 ADAS， 不低于 10 Hz，定位精度不 低于±5m，针对 AD，不低 于 100 Hz，定位精度不低 于 2 cm； 2. 高度、位置精度：±5m； 3. 防护等级：IP65； 4. 支持 GPS、北斗；
10		数据存储 硬盘	<ol style="list-style-type: none"> 1. SD 卡内存一般 16/64/256 /1024GB。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内存不低于 1 TB； 2. 硬盘为可拔插式。
11	数据采集/显示/回放/ 分析软件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采集功能； 2. 同步回放； 3. 结果分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 对设备接口状态实时监控， 故障及时反馈； 2. 支持数据同步采集； 3. 数据同步存储； 4. 同步回放，数据可视化； 5. 结果分析。 	
12	真值系统	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有效探测范围：前向 150 m，后向 80 m 2. 探测精度：50 cm 3. 目标正确识别、分类； 4. 不受天气影响； 5. 不受光照强度影响。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有效探测范围：前向 200 m， 后向 100 m； 2. 探测精度：30 cm； 3. 目标正确识别、分类； 4. 不受天气影响； 5. 不受光照强度影响。 	

3.1.3.1.3 产品操作性

ADAS/AD 道路测试，根据具体不同测试需求，车上配备的人员也有不同。大部分情况下要求除驾驶员外，还需配备一名测试人员。驾驶员负责驾驶，测试人员负责操作软件和记录被测系统问题。若只需进行单一要求的道路测试，从节约成本触发，有时候车上只需配备一名驾驶员即可。

两种情况下，对测试设备的操作便利性都有一定的要求，尤其单人跟车时，更加要求测试设备具有十分友好的交互方式，以最大限度减轻测试人员（或驾驶员）的负担，保证安全驾驶和有效记录数据。具体有如下要求：

- (1) 控制系统开始采集、停止采集，要求具有十分简单友好的操作性，最好同时具备软件、硬件两种控制方式；
- (2) 问题事件手动触发方式，要求操作便捷，被测 ADAS/AD 系统较多时，需要手动打点记录的漏报、漏动作、误报、误动作等事件名目增多，若测试人员或驾驶员无法快速找到对应的触发按钮，将影响事件记录的及时性，甚至发生危险。因此，要求测试设备提供的手动打点记录方式能让测试人员/驾驶员快速找到对应按键；
- (3) 为保证安全驾驶和专注测试，ADAS/AD 道路测试采用的测试设备应尽可能避免分散测试人员和驾驶员的注意力。如，在手动打点触发某事件按钮后，在设备某接口出现异常后，能及时给出语音反馈，及时正确提示测试人员和驾驶员，可保证记录数据的有效性。

3.1.3.2 CFA

当前在 V2V 和 V2P 测试场景中，对测试用 OBU 和 RSU 的安装位置，覆盖面积，消息时延，支持消息集等缺乏统一规定，在封闭场地测试中 V2X 测试场景的一致性较差。通过对封闭场地 RSU 的布设设定指标，可实现 V2X 测试场景的一致性，提高 V2X 测试的有效性。

4. 标准法规适用性分析

4.1 测试设备标准化意义

近几年智能网联汽车技术发展迅速，从少数车辆装配 ADAS 系统，到 2019 年初步统计轿车装配 L2 级别车型有超过 30 款，从 2018 年 4 月开始，大于 9m 营运客车需要强制装配 FCW 系统，先后营运货车、营运客车、大于 11m 客车都推出了强制装备 FCW、AEB、LKA 等 ADAS 系统的计划。相关标准的测试设备和方法，主要参照欧洲和美国。其中 Euro-NCAP 主动安全测试部分所使用到的封闭场地测试设备和方法，在全球得到了广泛推广应用。其中测试涉及到的不少设备，并不符合中国实际交通特征，例如假人、自行车等测试目标物，都是欧洲标准尺寸。因此，结合智能网联汽车的测试需要，迫切需要测试设备标准化，其重要意义主要表现在以下几个方面：

- (1) 行业技术发展，需要标准化测试设备

随着智能网联汽车 ADAS、AD 等功能大量装车量产，测试系统功能越来越复杂，测试

使用到的工具越来越复杂。智能网联汽车生产企业专注于产品开发，测试设备供应商专注于设备开发。行业缺少统一的测试设备标准接口和需求，导致设备开发商的产品未必能符合所有厂家的测试需求。不同厂家的测试设备需求存在差异，导致设备供应商产品开发周期和难度增大。有些测试直接引入国外标准设备，虽然可以完成测试验证，但是缺少中国交通特征和车辆使用环境，很可能会带来测试结果和实际交通应用场景表现不一致的情况。无形增加了测试工作量，延长了产品测试周期。因此，基于统一技术标准的测试设备，可提升测试工作的效率，提高测试结果的可信度。

(2) 测试设备标准化，促进标准测试测试结果一致性

智能网联汽车大量的测试需要和交通场景结合起来，需要考虑交通参与物的特征，尤其是场地测试中会使用到的假人、假车、两轮车等目标物。如果目标物没有统一的技术标准，毫米波雷达、摄像头、激光雷达等传感器感知的目标特征会存在差异。不同的测试目标物，很可能导致测试结果存在差异，测试结果不一致，影响标准法规试验结果的公正性。标准法规的推动，需要部分测试设备的标准支撑。

(3) 测试设备标准化，有利于加快测试技术发展

测试设备标准化，可以提升行业测试设备的技术水平，确保测试设备开发企业能准确把握测试的基本需求，统一测试设备研发的技术方向，加快测试设备的研发进度。确保测试设备生产和研究企业所开发的测试装备，在满足基本标准试验需求的基础之上，可以更便捷的增加新功能，加快测试装备和测试技术的发展速度。

4.2 测试设备标准的现状及适用性分析

4.2.1 仿真测试

智能网联汽车仿真测试技术为当前世界范围内的技术难点，其相关内容正逐步成为测试领域的核心内容。仿真技术正处于高速发展阶段，多家企业都制定了其自家仿真测试设备的功能标准、性能标准、精度标准等，然而由于技术的先进性，至今仍未形成统一的仿真设备国家/行业标准，这在一定程度上制约了测试技术领域的进一步发展。

当前我国自动驾驶功能相关仿真测试法规为吉林大学牵头编写，中国汽车工业协会公布的中国汽车工业协会团体标准—自动驾驶系统功能测试 第7部分：仿真测试。该标准定义了仿真测试相关属于定义，明确了仿真测试的目的及内容，规定了测试接口，并完善了整个自动机是仿真测试流程。

自动驾驶系统功能测试
第7部分：仿真测试
Test methods for functions of
automated driving system
Part 7:
The simulation test
(征求意见稿)

2020-xx-xx 发布

2020-xx-xx 实施

中国汽车工业协会 发布

该项标准对于仿真测试设备提出了一般要求，其内容如表格所示。

■ 仿真模型要求

序号	要求
1	应包含算法、被控对象模型、执行机构模型、环境模型及配置管理
2	应对确认建立模型所需要的数据和所使用的软件以及输入条件的预处理
3	应确保模型的功能、特性、接口与实物一致
4	应定义模型的基本结构和数学描述
5	应对模型的性能、准确度、逼真度、稳定性、有效范围做出规定
6	应指明模型中所使用的数据和输入输出变量的量纲
7	应对其使用的坐标系做出规定
8	应提供模型的正确使用方法说明
9	应记录校核验证所使用的技术和校验的范围
10	应记录校核验证的条件（如：需要的数据和软件）
11	应记录模型校验的结果（如：是否满足仿真要求）
12	应对模型及其数据、文档进行配置管理，例如文件版本、模型的更新

■ 仿真设施要求

针对测试过程中的不同测试阶段，该标准也对其提出了具体要求，例如软件在环仿真、

硬件在环仿真、车辆在环仿真等，在软件在环仿真中，其规定：

序号	要求
1	应列出对计算能力的特殊要求（例如：支撑软件、内存容量、硬盘容量、处理器等）
2	应能够检测和控制仿真的运行
3	应能够记录和显示仿真运行的状态
4	应能够比较相同格式的数据（如：比较两次仿真结果）
5	应能够对仿真输出数据进行在线或离线分析
6	应能够提供对仿真系统进行调试的方法
7	应能够接入外部时钟或为外部提供时钟，达到系统同步
8	应能够支持实时和非实时仿真
9	应能够对仿真系统中的所有设备进行校验
10	应能够对仿真系统中的所有设备进行校验
11	应确保具有设备的使用方法（含使用限制）
12	应确保仿真设备的技术指标在允许范围内
13	应对设施及相关文档进行配置管理

■ 仿真模型要求

- （1）仿真模型包括控制算法、交通模型、环境模型、车辆动力学模型、车辆感知系统模型；
- （2）仿真模型应具备一定的精度，能够真实的反应物理系统的真实情况；
- （3）仿真模型应具备一定的运算性能，能够以较快的运算速度进行运行；
- （4）仿真模型应提供多层接口，并与实际部件接口原理类似；
- （4）仿真模型应能够根据测试场景的不同以及测试车辆的不同进行实时切换。

■ 仿真设施要求

- （1）仿真设施包含仿真计算及配套仿真支撑软件
- （2）仿真设施的运算性能不低于运行该仿真测试的最低需求；
- （3）仿真设施应具备实时存储功能以确保实验结果的有效存储；
- （4）仿真设施的仿真步长应具备根据仿真需求实时调整的能力；
- （5）仿真设施应提供 API 接口，供自动化测试软件进行测试流程控制；

(5) 仿真系统应具备良好的稳定性，能够满足长时间不间断自动化测试的要求。

在硬件在环仿真中，其规定：

■ 仿真设施要求

- 1) 仿真设施主要包括仿真电脑、仿真支撑软件及所测试的仿真硬件系统；
- 2) 仿真电脑和仿真支撑软件的要求参照 9.1.5.1 中仿真设施的要求标准；
- 3) 仿真设施还应具备与仿真硬件系统之间相对应的连接接口，形成闭环；
- 4) 仿真硬件应能够模拟真实情况下的硬件系统工作情况，其误差必须控制在一定范围内；
- 5) 仿真硬件应与目标测试车型一致，其性能必须满足车载规范；
- 6) 仿真硬件的工作环境，安装位置，获取的模拟数据与实际工况相符；
- 7) 仿真硬件中控制器/控制模型应与仿真模型之间采用标准通讯协议（CAN、LIN、MOST、FlexRay、Ethernet 等）
- 8) 控制器在环仿真中控制器应支持算法的更新与标定、应经过前期测试验证具备完整功能逻辑、应与目标车辆参数匹配。

在车辆在环仿真中，其规定：

- 1) 测试对象为完整的车辆系统，传感器，控制器和执行器均为真实物体系统，且以集成到整车之中；
- 2) 传感器通过物理系统获取感知信号，信号可以根据测试场景通过物体系统模拟传感器所需的感知信号。也可以通过实际系统根据实车状态和所需场景，搭建对应目标的物理系统，供传感器采集信号。
- 3) 车辆所处工况应与测试场景中的被测对象具有较高一致性；
- 4) 通过转鼓等实现车辆在可控环境下的动态测试，提高测试的有效性；
- 5) 采用转向力感模拟电机，运动平台等使得车辆给与驾驶员的反馈更加真实；

4.2.2 封闭场地测试

4.2.2.1 ADAS/AD

4.2.2.1.1 现有标准及其适用性分析

在 ADAS 封闭场地测试方面，关于目标物已经形成了比较完整的标准体系。目前针对常用的行人目标物，自行车目标物，摩托车目标物等均有相应的 ISO 标准与之对应。这些标准有的已经公布实施，有的处于国际标准草案阶段，有的处于工作小组草案阶段。

(1) 车辆目标物标准

ISO19206-1 是适用于车辆目标物的标准，目前已经对外公布实施。该标准中规定了车辆目标的特性，使其能够代表乘用车的尺寸、形状、反射特性，结构强度等，同时还要保证测试车辆撞击目标物后不会对测试车辆造成损坏，能够保障驾驶员的安全。

不适用的条目：该标准中，目标物的制作要以 5 年以内具有代表性的 B 级或 C 级车为原型，ISO 标准列举的代表性车型包括大众 Polo，福特嘉年华，标致 207，大众高尔夫，沃尔沃 V40 等，大部分为两厢车型。但是在我国消费者更多选择三厢车型，两厢车的市场占有率持续下降，主流的两厢车型也越来越少，因此目前的 ISO 标准中的推荐车型不符合我国的实际情况，目前广泛使用的汽车目标物也是以大众高尔夫和福特嘉年华为原型开发的。且中国车牌的尺寸与欧洲、美洲均存在差异，中国车牌尺寸为：440mm×140mm，欧洲车牌尺寸：520mm×110mm，美国车牌尺寸：305mm×152mm。

(2) 行人目标物标准

ISO19206-2 是适用于行人目标物的标准，目前已经对外公布实施。该标准规定了行人目标物的各种特性，使其能够代表真实行人的身高、生理特征、反射特性等。同时还要保证测试车辆撞击目标物后能够保证不会对测试车辆造成损坏，能够保障驾驶员的安全。

在该标准中，最明显的不适用性体现在目标物的身高方面。目前广泛使用的成年行人目标物的身高为 180 cm，但是同期我国男性平均身高 170.6cm，女性的平均身高为 155.8cm，均明显较目标物的身高矮。与身材相关的其他尺寸如肩宽，腿长等均较我国居民的实际情况偏大。这会导致行人目标物的 RCS 反射量与我国行人 RCS 反射量的平均水平存在较大差异。除了身高的以外，行人目标物对衣服防水性、强度、耐光性、耐磨性的要求均是根据 ASTM 以及 AATCC 确定的，需要按中国标准材料来定义，此外目标物膝盖，脚踝，躯干运动的生理特征要根据中国人行走统计数据来给出。

(3) 3D 车辆目标物标准

ISO19206-3 目前处于国际标准草案阶段。该标准针对车辆的 3D 目标物制定。与 ISO19206-1 类似，该标准中推荐的原型车型以两厢的小型车为主。

目前广泛使用的 3D 目标物基本上以福特嘉年华为原型制作的，但是目前两厢车的比例在我国越来越低，福特嘉年华也早已经不在主流车型之中，因此使用以嘉年华为原型制作的目标物进行 ADAS 试验不符合当下的实际情况。

(4) 骑行者目标物标准

ISO19206-4 是适用于自行车（含骑车人）目标物的标准，目前处于国际标准草案阶段。

该标准也是基于欧美的实际情况制定的。

一个显著的不适用性一方面体现在骑车人的身高上。与行人目标物一样，自行车目标物的骑车人的身高为 180cm，其整体的身形显著大于我国成人的实际身形。另一个显著的不适用性体现在目标物轮胎尺寸上，目前广泛使用的自行车目标物的轮胎直径为 28 寸左右，而目前在我国直径 28 寸的自行车已经很少被使用，取而代之的是 26 寸，24 寸甚至直径更小的自行车。过高的身形以及更大的轮胎直径导致目标物的一些重要结构尺寸，如前后轮子中心距离，手把高度，骑车人膝盖的高度等均与我国实际情况存在一定的差异。且在我国自行车的前方一般都会安装一个放置杂物的小篮子，这一点在 ISO 标准中也没有体现。此外关于目标物的工作温度，欧洲要求为-5~40 度，中国北方冬天环境温度低于-5 度，需要适当降低最低工作温度。

(5) 摩托车目标物标准

ISO19206-5 是适用于具有动力源的两轮车目标物（可通俗理解为摩托车目标物），该标准目前处于工作小组草案阶段。该标准中涉及的两轮车为发动机气缸容量超过 50cm³，或以其他形式作为动力且最高车速超过 50km/h 的摩托车。

但是根据相关的事统计数据，电动踏板式摩托车因为具备方便灵活，能够载人拉物，充电方便的优势，在我国的使用范围十分广泛，踏板式摩托车在两轮车事故总量的占比也最高，但其最高车速不超过 50km/h。

ISO 标准中的摩托车在我国相对来说不常见，二者在外观形状，尺寸方面均存在差异。中国大城市多禁摩，交通环境以电动助力车为主，且通常会有载人，不戴安全帽等情况，小城市里大排量摩托车也较少。因此从车辆类型的角度看，标准 ISO19206-5 在我国的适用性存在一定的问题。此外，Euro-NCAP 目前只有摩托车与汽车 Cross 碰撞场景，中国需要增加摩托车与汽车并行、切入切出场景。

传感器的识别对目标物的形状和尺寸等较为敏感。不同形状或尺寸的目标物其内部反射和吸波材料的面积位置的差异，及其表面轮廓的不同，直接影响雷达波在目标物表面的反射。影响雷达接收到的反射回来的微波以及雷达对目标物的探测。对于摄像头来说，其主要是通过识别目标物的外观轮廓特征，颜色等对目标物的类型进行判断和识别。外观整体形状和尺寸的显著差异会造成摄像头无法识别出目标物的类型或导致错误的类型识别。传感器对目标物识别的误差，会最终可能会影响主动安全功能系统的准确触发，特别是对比具有避撞功能的系统来说，不能被准确出发可能会导致严重的交通事故。

对于被测车辆而言，若车辆本身不安装 IR 创安其，则对车辆目标物和行人目标物的衣

服、车身材质无需设置 IR 反射率的要求。在环境应用条件方面，欧洲要求其工作温度为-5~40 度，中国北方冬天环境温度低于-5 度，需要适当降低最低工作温度。

综合以上情况，目前现有标准中对目标物以及场景的要求与我国的实际情况相比均存在一定程度的不适用性。此外还可以在多目标物场景以及高速公路场景等方面进一步进行完善。

4.2.2.1.2 其他标准需求分析

■ 封闭场地测试目标物系统标准化需求

除汽标委提出的假人及假自行车特质外形及尺寸以外我们建议应该着重注意以下几点：

- (1) 我国有大量助力电动自行车及电动摩托车，因锂电池及轮毂电机的布置与摩托车发动机不同所以造成雷达阵面及远红外辐射阵面有很大不同，所以假目标物的制作有明显区别；
- (2) 我国城市人员密度大道路交通相对复杂，十分需要多假目标物协同动作测试，单一假目标物测试不能反映实际问题；
- (3) 我国相当大的交通事故比率是超速，同时也有相当大的高速公路交通事故，而我国高速公路限速是 120km/h，所以只把 AEB 定义为城市环境下测试显然是不能满足的，同时把测试平台车的速度定位 80km/h 显然是不符合我国国情的。所以我们建议将汽车假目标平台车时速提到 120km/h，将低速平台车的时速提到摩托车巡航时速 60km/h。
- (4) 假人假车目标物最大碰撞速度、重量，均应结合中国实际交通环境的事故数据给出。
- (5) 假人假车造价昂贵，在调试标定阶段多用自己制造或简易设备，缺乏基本标准要求。
- (6) 现有的设备，行人、自行车、模拟车尾是典型化的特例模拟障碍物，跟实际遇到的障碍物有差异，现有的设备怎样扩展覆盖面。

■ 道路测试系统方案标准化需求

- (1) 需要一套能够采集周围车辆目标物信息（例如速度、加速度、横向距离、纵向距离、TTC 时间等）和车道线距离的采集方案，覆盖现有的 ADAS 传感器精度和参数要求，便于道路测试过程中进行分析场景问题。
- (2) 对于传感器融合方案，其中一个感知传感器信息不可靠时，系统怎样响应？现有的设备不具备模拟干扰类的测试，如光照干扰、对向车道来车的同类型毫米波雷达的干扰。
- (3) 测试车辆通过 GPS 技术进行定位或 4G/5G 通讯时，在有树荫或其他遮挡环境下，就会出现由于定位、通讯信号偏差，目前没有找到定位、通讯信号相关的检测和模拟设

备，在这种路况下测试，现有的测试设备本身也存在定位不准的问题。

- (4) 高度方向的障碍物，比如同向车道的货车，如果尾门打开时，在离地高度到一定程度后，毫米波雷达不能有效探测，视觉感知不能有效补充，出现碰撞风险，现有设备拖拽的障碍物都不是离空的，不能做相应的模拟。
- (5) AEB 感知系统对障碍物的探测是有可能漏检的，没有标准也没有检测设备能准确检测出 AEB 感知系统的探测边界，从现有的测试情况来看，目前的设备注重的是对 ADAS/AD 系统的控制结果做检测，对障碍物的识别准确性、可靠性不做检测。

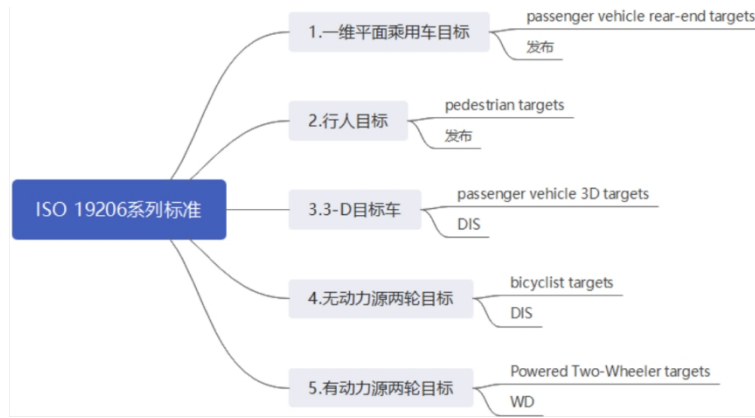
4.2.3 实际道路测试

4.2.3.1 ADAS/AD

一方面，由于 ADAS/AD 道路测试其本身所处的试验环境不具备一致性。另一方面，即便测试内容和测试目标相近或相同，不同用户采用的测试方法存在差异，因此实现手段上的选择更是多种多样。所以不同于场地测试，算法开发验证性质的 ADAS/AD 道路测试及其使用的测试设备，尚无标准可循。

4.3 标准化建议

根据上述智能网联汽车测试设备的需求以及现有标准情况分析，在我国已启动多项 ADAS 以及 AD 领域功能标准起草制定工作的背景下，为进一步保证各项测试验证活动的公平性、有效性以及合理性，有效促进我国智能网联汽车行业的发展，急需开展中国智能网联汽车测试评价设备的标准化工作。在部分主流智能网联汽车测试设备的国际标准与我国标准不符的前提下，建议首先基于目前国际标准化成果与我国汽车行业研发经验，启动 ISO19206 系列标准中的目标假车、目标假人等目标物系统进行标准转化工作。此后本项目组将继续系统研究与梳理想智能网联汽车相关测试设备最新发展动态与需求，结合中国实际道路交通环境，经讨论确认后提出智能网联汽车领域相关测试设备标准化建议，支撑我国智能网联汽车标准体系建设工作。



全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会发布