

ICS 01.110

T04

T/CMAX

中关村智通智能交通产业联盟团体标准

T/CMAX 121—2019

北京市自动驾驶车辆模拟仿真测试平台 技术要求

Technical requirement for automatic driving vehicle simulation test platform in Beijing

2019-10-15 发布

2019-10-16 实施

中关村智通智能交通产业联盟发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 模拟仿真测试平台通用要求	2
5 模拟仿真测试平台技术要求	3

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中关村智通智能交通产业联盟提出并归口，由北京智能车联产业创新中心组织相关企业开展编制工作。

本标准起草单位：北京赛目科技有限公司、中国标准化研究院、清华大学、北京百度网讯科技有限公司、中国软件评测中心、国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司、腾讯科技(深圳)有限公司、北京智能车联产业创新中心有限公司。

本标准主要起草人：胡大林、何丰、薛晓卿、魏利伟、吴琼、周文涵、高博麟、彭伟、周波、张巍、徐志健。

北京市自动驾驶车辆模拟仿真测试平台技术要求

1 范围

本标准规定了自动驾驶车辆模拟仿真测试平台的通用要求和技术要求。

本标准适用于进行自动驾驶车辆模拟仿真测试的平台或系统，目的是指导模拟仿真测试平台进行规范化建设。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 14887 道路交通信号灯

GB 50647 城市道路交叉口规划规范

GB 5768.2 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志

GB 5768.3 道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线

CJJ 152 城市道路交叉口设计规程

CJJ 37 城市道路设计规范

GA 47 道路交通信号控制机

GA 802 机动车类型 术语和定义

JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范

JTG D81 公路交通安全设施设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模拟仿真测试 Simulation Test

通过传感器仿真、车辆动力学仿真、交通流仿真、道路建模等技术模拟真实测试环境，搭建相对真实的驾驶场景，完成自动驾驶汽车测试工作的一种形式。

3.2

数值模型 Numerical model

利用变量、等式和不等式以及数学运算等数学符号和语言规则来描述事物的特征以及内在联系的模型。

3.3

实时仿真测试 Real-time simulation test

计算机模型与实际物理世界的时钟同速率的仿真测试方法。

3.4

单个场景输入测试 Single scenario test

利用单一的测试场景作为测试用例为被测对象提供输入的测试方式。

3.5

路网连续里程测试 Road network consecutive test

利用整个路网作为测试用例，为被测对象提供连续输入，并进行长时间连续度量的测试方式。

3.6

人机切换 Human machine driving switch

自动驾驶系统和驾驶员共同操作，并且在自动驾驶系统移交驾驶权利时，驾驶员应该进行接管和应答响应。

3.7

标定 Calibration

对仿真系统进行校核、验证和确认，使其满足可信性要求并准确地表达物理模型。

4 模拟仿真测试平台通用要求

4.1 平台的完备性要求

- 4.1.1 应具备功能完整的算法测试能力，支持对自动驾驶车辆的感知、决策、控制等算法进行测试，可支持实时仿真测试，且具备多车并发测试的能力；
- 4.1.2 应具备支持多种类型的测试场景的能力，包括城市道路、乡村道路、高速公路等环境；
- 4.1.3 应具备复杂交通场景快速构建和批量生成能力，主要包含道路和道路网络结构、道路路面和车道信息、地形、路边建筑物、可变的道路信息，信号灯、交通标识标线等；
- 4.1.4 应具备交通流仿真模拟能力；
- 4.1.5 应具备自然天气建模和渲染的能力，包括白天、夜晚、晴天、多云、阴天、雨、雪、雾、沙尘等，具备天气条件和路面附着条件的关联能力，具备自然天气条件对传感器的关联能力，可实时模拟路面积水、积雪、雨水浸润镜头等；
- 4.1.6 应具备传感器仿真建模能力，包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达、导航定位单元、惯性测量单元等。其中激光雷达和摄像头应能分别实现点云数据和图像数据原始信号注入方式的仿真；超声波雷达和毫米波雷达应能满足仿真通用雷达传感器的目标级信号，支持多传感器分布式部署，支持不同类型和数量进行仿真配置；
- 4.1.7 可具备驾驶员仿真建模能力，驾驶员可控制测试车辆满足基本的驾驶行为测试，主要包括但不限于车辆启动与停止、车速控制、轨迹控制、人机切换；
- 4.1.8 应具备车辆动力学仿真建模能力，支持外部车辆动力学模型设置和导入等；
- 4.1.9 应具备除车辆外的其他交通参与者的仿真建模能力，包括摩托车、两轮电动车、自行车、行人、动物等；
- 4.1.10 应具备对不同操作系统的兼容能力；
- 4.1.11 应支持传感器套件和环境条件的灵活配置；
- 4.1.12 应支持多种不同的高精地图格式导入，同时应具备一次性导入道路总长度不小于 100 公里的能力；
- 4.1.13 应支持运行数据的自定义组合分析，自动生成数据图表和分析报告；
- 4.1.14 应进行模拟仿真测试平台与实际路测标定；
- 4.1.15 同一场景多次重复测试时的一致性应不低于 99%；
- 4.1.16 具备高并发测试的能力；
- 4.1.17 测试过程中可显示仿真动画和数据仪表，支持多种视角切换，可单步运行；
- 4.1.18 系统应支持对测试过程的回放功能，支持对测试结果数据的下载功能；
- 4.1.19 系统应支持单个场景输入测试和路网连续里程测试等多种测试模式；

- 4.1.20 系统应具备评价模块，能够对被测对象的测试结果进行评定，支持包括但不限于是否违反交通规则，是否发生碰撞等功能；
- 4.1.21 模拟仿真测试平台支持对被测对象不同的接入方式，同时具备相应的机制保证信息安全和数据安全。

5 模拟仿真测试平台技术要求

5.1 场地要素设计

5.1.1 道路等级、建设长度和设计可通行车辆类型

系统应具备不同等级和不同类型的道路，包括高速公路及出入口匝道、城市快速路、主干路、次干路、支路和其他道路等，道路线形包括直线和平曲线，平曲线又包括圆曲线和缓和曲线，各种道路的可实现长度以及设计可通行车辆类型的具体要求见表 1 规定。

表 1 道路等级、可实现长度和设计可通行车辆类型技术要求

道路等级	可实现长度（米）	设计可通行车辆类型
高速公路主路	≥50000	大型载客汽车、中型载客汽车、小型载客汽车、微型载客汽车，重型载货汽车、中型载货汽车、轻型载货汽车、特种车辆
快速路主路	≥50000	
城市主干路	≥50000	
城市次干路	≥50000	
城市支路	≥50000	
城市其他道路	≥50000	自行车、电动车等
非机动车道	≥50000	
人行道	≥10000	行人

以上要素依据但不受限于 JTG D80、JTG D81、CJJ37 等标准规范，利用数值模型的方式在模拟仿真测试平台中实现。

5.1.2 车道类型和数量

系统内各种道路应具备相应的车道类型和数量，具体要求见表 2 规定。

表 2 车道类型技术要求

道路等级	车道类型和数量的具体要求
高速公路主路	行车道具备双向 2 车道、4 车道、6 车道等多种类型的车道类型，并且具备超车道，应急车道、公交车道、自动驾驶专用道等特殊车道类型
快速路主路	行车道具备双向 2 车道、4 车道、6 车道等多种类型的车道类型，并且具备超车道、公交车道、自动驾驶专用道等特殊车道类型
城市主干路	行车道具备双向 2 车道、4 车道等多种类型的车道类型，并且具备公交车道、左转待转区、右转专用道、潮汐车道等
城市次干路	行车道具备双向 2 车道、4 车道等多种类型的车道类型，并且具备非机动车道、机非混行道、行人专用道、路面停车位等
城市支路	行车道具备双向 2 车道、4 车道等多种类型的车道类型
城市其他道路	行车道具备双向 2 车道的车道类型

以上依据但不受限于 JTG D80、JTG D81、CJJ37 等标准规范，利用数值模型的方式在在模拟仿真测试平台中实现。

5.1.3 交叉口

系统应具备不同类型和几何形状的道路交叉口，包括十字形、T 形、Y 形、X 形、错位及环形

交叉口。各类交叉口的功能和基本要求应符合相关规定。城市快速路系统上的交叉口应采用立体交叉型式，除快速路之外的城区道路上不宜采用立体交叉型式，具体要求见表 3 规定。

表 3 交叉口技术要求

交叉口类型		型式要求
平面交叉口	主干路-主干路	信号控制，进、出口道展宽交叉口
	主干路-次干路	信号控制，进、出口道展宽交叉口
	主干路-支路	无信号控制，支路只准右转通行交叉口
	次干路-次干路	信号控制，进、出口道展宽交叉口
	次干路-支路	无信号控制，减速让行或停车让行标志管制交叉口
	支路-支路	无信号控制，减速让行或停车让行标志管制交叉口
立体交叉口	枢纽立交	全定向，喇叭形，组合式全互通立交；苜蓿叶形，半定向；
	一般立交	喇叭形，苜蓿叶形，环形，组合式全互通或半互通立交
	分离式立交	分离式立交

以上交叉口，需要考虑不同等级道路之间的交叉，依据但不受限于 GB50647、JTG D80、JTG D81、CJJ37、CJJ 152 等标准规范利用数值模型的方式在在模拟仿真测试平台中实现。

5.1.4 行人交通

系统应具备人行横道等行人交通设施，并且人行横道的宽度与道路总宽度比例符合要求且可调整，具体要求见表 4 规定。

表 4 行人交通技术要求

道路类别	横断面形式		
	单幅路	双幅路	三幅路
主干路	-	1/6-1/10	1/5-1/10
次干路	1/4-1/6	-	1/4-1/8
支路	1/3-1/6	-	-

以上依据但不受限于 JTG D80、JTG D81、CJJ37、CJJ 152 等标准规范利用数值模型的方式在在模拟仿真测试平台中实现。

5.1.5 道路特征

以城市道路作为参考依据，系统内道路特征要求见表 5 规定，其他道路环境依照相关标准进行设计：

表 5 道路特征技术要求

道路特征	具体要求		
覆盖特征	系统应具备不同的道路摩擦系统，对应不同的气候环境。	常温、干燥、无杂质	0.8-1
		潮湿，积水	0.5-0.8
		积雪，结冰	≤0.5
遮挡特征	系统应具备隧道，搭建隧道长度不少于 1000 米		
	系统应具备林荫道，利用树荫对车道线实现不同程度的光线遮挡。林荫道长度不少于 1000 米		
	系统应具备雨、雪、雾、霾等天气特征，可设置不同的能见度。		

以上依据但不受限于 JTG D80、JTG D81、CJJ37、CJJ 152 等标准规范利用数值模型的方式在在模拟仿真测试平台中实现。

5.1.6 交通标志、标线和信号灯等道路附属设施

系统内交通标志、标线以及信号灯的要求见表6规定。

表6 交通标志、标线和信号灯技术要求

交通标志、标线与信号灯		具体要求
交通标志	指示标志	应设计包含 GB 5768.2 中的直行、向左转弯、向右转弯、直行和向左转弯、直行和向右转弯、向左和向右转弯、靠右侧道路行驶、靠左侧道路行驶、单行路、最低限速、右转车道、直行和右转合用车道、人行横道、公交专用道等标志
	警告标志	应设计包含 GB 5768.2 中的注意儿童、注意行人等标志
	禁令标志	应设计包含 GB 5768.2 中的禁止通行、禁止驶入、禁止左转、禁止右转、禁止直行、禁止掉头、限制速度、停车让行、减速让行、会车让行等标志
	指路标志	不做要求。根据实际测试需求，按照 GB 5768.2 要求设置
	道路施工安全标志	应设计包含 GB 5768.2 中的所有道路施工安全标志
	辅助标志	应设计包含 GB 5768.2 中的学校、时间范围等标志
交通标线	指示标线	应设置 GB 5768.3 中包含的双向 2 车道路面中心线、车行道分界线、车行道边缘线、左转弯待转区线、左转弯待导向线、人行横道线、停车位标线、临时停车区等
	禁止标线	应设置 GB 5768.3 中包含的禁止超车线、停止线、停车让行线、减速让行线、导流线、网状线、专用车道线等
	警告标线	不做要求，根据实际测试需求，按照 5768.3 要求设置
交通信号灯		应设置 GB 14887 中包含的机动车信号灯、非机动车信号灯、人行横道信号灯、方向指示信号灯、闪光警告信号灯、掉头信号灯等

交通标志应依据实际测试需求，按照 GB 5768.2 要求设置。交通标线应依据实际测试需求，按照 GB 5768.3 要求设置。交通信号灯应依据实际测试需求，按照 GB 14887 要求设置。支持对交通标志标线进行模糊处理。

5.2 车辆模型

可配置基本的车辆动力学实验工况。另外，为了满足自动驾驶测试的需要，车辆模型应可配置并满足线控接口的需求，具体要求见表7规定。

表7 车辆模型技术要求

车辆模型		具体要求
车辆属性配置	模型参数化与配置	可配置车辆的动力系统、制动系统、转向系统、悬架系统、轮胎系统、空气动力学等部件和参数
	车辆类型选择	可配置车辆的尺寸，如大型载客汽车、中型载客汽车、小型载客汽车、微型载客汽车，重型载货汽车、中型载货汽车、轻型载货汽车等；可配置轿车、MPV、SUV 等车身结构；可配置纯电动、混合动力、燃油汽车等车辆类型
	线控接口配置	仿真系统可提供转向系统、制动系统、动力系统等线控接口

5.3 传感器模型

系统应具备对传感器不同层级仿真建模的能力，可设置不同传感器在自动驾驶车辆模型上的安装位置与安装角度，可设置传感器的视场范围，可同时仿真不同类型和不同数目的传感器，具体要求见表 8 规定。

表 8 传感器模型技术要求

传感器模型	具体要求
摄像头模型	可以仿真单目摄像头、广角摄像头、鱼眼摄像头的摄像头信号，支持模糊、畸变、暗角、雨水浸润等物理缺陷，可输出彩色/灰白图像
毫米波雷达模型	可以仿真毫米波雷达目标反射特征、探测目标的相对位置和速度，可模拟电磁回波、发射功率、天线增益、杂波和衰减，且具备不同角度、距离、速度的分辨能力
激光雷达模型	可仿真不同帧率、不同线数的激光雷达；可仿真典型固态和机械旋转式激光雷达，可输出高精度的点云，可体现车辆、行人、障碍物、树木树叶、围栏等精细模型
超声波雷达模型	可探测探头与障碍物的间距
惯性传感器模型	可仿真惯性传感器的信号
地图传感器模型	可仿真地图的基本输出信息，支持不同的地图协议和传输方式
GNSS 模型	支持多种定位方式，可仿真 GNSS 经纬度、速度、时钟同步等信息

5.4 动态要素设计

5.4.1 交通参与者

系统应支持不同类型的具有复杂动力学模型的交通参与者以及相应的动态行为。对于单个测试场景能够支撑的交通参与者数量和设计速度的具体要求见表 9 规定。

表 9 交通参与者动态技术要求

交通参与者	支持数量	设计速度 (km/h)
普通车辆	≥20	0-120
特殊车辆	≥3	0-120
行人	≥10	0-5.4
自行车	≥5	0-20
摩托车	≥5	0-80

特殊车辆是指警车、消防车、救护车等，在执行紧急任务时拥有优先路权，包括不受行驶路线、行驶方向、行驶速度和信号灯的约束，其他车辆和行人应让行。

5.4.2 交通信号灯控制

系统应支持交通灯的时序控制。

a) 信号基本转换序列：

- 机动车信号：红->绿->黄->红；
- 非机动车信号：红->绿->黄->红；
- 行人过街信号：红->绿->绿闪->红；

b) 信号持续时间

- 能实现至少 4 个相位控制；
- 绿信号、红信号、行人绿闪信号、黄闪信号的持续时间应根据测试系统需求进行设置；
- 黄信号持续时间可调，至少持续 3 秒；
-

5.4.3 交通流

系统应能仿真交通参与者(包括汽车、摩托车)在实际道路上的运动行为,包括但不限于跟车、换道、转弯、掉头等,并且系统应可指定如下交通流行为,支持现有微观交通流模型,具体要求见表 10 规定。

表 10 交通流动态技术要求

交通参与者		指定方式
自动交通流	宏观交通流	指定某个区域交通流的初始密度,交通流的期望速度及速度分布、期望加速度及加速度分布,车辆位置分布应符合现实交通情况;
	微观交通流	指定交通车的微观驾驶员行为,包括但不限于以下归一化参数,超车冲动系数、期望速度系数、远视距离系数、遵守交通系数;可以指定特定交通车的期望速度、期望加速度,速度与加速度设置应满足车辆实际物理加速度与速度的范围。