

# T/CAAMTB

## 中国汽车工业协会团体标准

T/CAAMTB XXXX—2024

### 智能网联汽车测试场地建设技术要求

Technical requirements for construction of  
testing site for intelligent and connected vehicles

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

2024-0 -0 发布

2024-0 -0 实施

中国汽车工业协会 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 总体技术要求 .....	3
5 测试道路技术要求 .....	4
6 V2X 测试环境搭建技术要求 .....	13
7 数据中心技术要求 .....	18
8 云控平台技术要求 .....	18
附录 A 车路协同场景设施推荐表 .....	19

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国汽车工业协会提出并归口。

本文件起草单位：襄阳达安汽车检测中心有限公司、中公高远（北京）汽车检测技术有限公司、中汽研汽车试验场股份有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、武汉东研智慧设计研究院有限公司、浙江海康智联科技有限公司。

本文件主要起草人：

# 智能网联汽车测试场地建设技术要求

## 1 范围

本文件规范了智能网联汽车封闭测试场地建设的测试道路技术要求、网联环境设施技术要求及配套服务设施技术要求。

本文件适用于智能网联汽车封闭测试场地的规划和建设。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅所注日期对应的版本适用于本文件；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 5768 道路交通标志和标线

GB 14886 道路交通信号灯设置与安装规范

GB 14887 道路交通信号灯

GB/T 24973 收费用栏杆

GB 50057-2016 建筑物防雷设计规范

GB 50034-2013 建筑照明设计标准

GB/T 33697 公路交通气象监测设施技术要求

GB/T 18833 道路交通反光膜

GB/T 29103 道路交通信息服务通过可变情报板发布的交通信息

GB 25280 道路交通信号控制机

GB50174-2017 数据中心设计规范

CJJ 37 城市道路工程设计规范

CJJ 45-2015 城市道路照明设计标准

JTG B01 公路工程技术标准

JTG D20 公路路线设计规范

JTG 3370.1-2018 公路隧道设计规范 第一册 土建工程

JTG D70/2—2014 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施

JTG 2111-2021 小交通量农村公路工程设计规范

JTG D81 公路交通安全设施设计规范

GA/T 1743 道路交通信号控制机信息发布接口规范

YD/T 3400-2018 基于 LTE 的车联网无线通信技术总体技术要求

YD/T 3755-2020 基于 LTE 的车联网无线通信技术支持直连通信的路侧设备要求

YD/T 3592-2019 基于 LTE 的车联网无线通信技术基站设备技术要求

YD/T 3593-2019 基于 LTE 的车联网无线通信技术核心网设备技术要求

DG/TJ 08-2256 城市道路交通标志、标线、信号设施养护技术标准

## 3 术语和定义

### 3.1

智能网联汽车 Intelligent and connected vehicles; ICV

搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与 X（车、路、人、云等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，可实现“安全、高效、舒适、节能”行驶，并最终可实现替代人来操作的新一代汽车。

### 3.2

智能网联汽车测试场地 Testing site for intelligent and connected vehicles

满足智能网联汽车功能测试所需的测试道路、交通标志和标线、基础设施及配套服务的封闭测试区域。

### 3.3

设计运行范围 operational design domain; ODD

设计时确定的自动驾驶功能的运行条件（如：道路、天气、交通、速度、时间等）。

### 3.4

自动驾驶功能 autonomous driving function

在特定的设计运行范围内，自动驾驶汽车所能够实现的具体的动态驾驶任务的能力。

### 3.5

测试场景 test scenario

车辆测试过程中所处的地理环境、天气、道路、交通状态及车辆状态和时间等要素的集合。

### 3.6

场景链 scenario chain

多个测试场景连续布置于测试场道路形成的测试链条，能够实现智能网联汽车一次性连续多个场景的测试。

### 3.7

最小有效长度 minimum effective length

测试车辆从静止状态加速至测试速度，按照要求完成测试后，并制动至停止所需要的距离。（包括：测试准备段、测试段和安全缓冲段）。

### 3.8

回旋线参数 clothoid parameter

通过回旋线长度  $L_c$  及半径  $R$  来确定的参数，回旋线参数  $A$  按下式计算：

$$A = \sqrt{R \times L_c} \quad (1)$$

式中：

$R$  —— 回旋线上任意给定点的曲线半径（m）；

Lc —— 回旋线上任意给定点到原点的曲线长 (m)

### 3.9

十字交叉 intersection

四岔公路呈“十”字形的平面交叉。[JTJ 002-87, 定义 4.3.7]

### 3.10

停车视距 stopping sight distance

汽车行驶时, 驾驶人员自看到前方障碍物时起, 至到达障碍物前安全停车止, 所需的最短行车距离。[JTJ 002-87, 定义 4.2.28]

### 3.11

车道加宽 lane widening

汽车在曲线路段上行驶时, 后轮轨迹偏向曲线内侧, 为适应行车需要, 弯道内侧相应增加路面、路基宽度。

### 3.12

环形交叉 rotary intersection

道路交会处设有中心岛, 所有横穿交通流都被交织运行所代替, 形成一个单向行驶的环行交通系统。[JTJ 002-87, 定义 4.3.6]

## 4 总体技术要求

### 4.1

智能网联汽车测试场地设计应以满足高级别自动驾驶功能测试为主, 结合多种道路类型设计需求, 辅以道路网联环境和配套服务基础设施, 同时可以满足一般 ADAS 测试及网联测试需求。

### 4.2

智能网联汽车测试场设计应根据实际场地规模大小和投资预算等, 并结合测试场的设计应用需求, 选择适用的自动驾驶功能和道路类型。

### 4.3

智能网联汽车测试场地设计中测试道路和测试场景应综合考虑, 统筹布设, 实现不同场景连续测试。不同类型测试道路的连接和规划应充分考虑场景测试连续性原则, 以满足未来技术发展对于封闭场地场景链的测试需求。

### 4.4

智能网联汽车测试场设计应根据测试道路的类型, 规划和建设相应的交通标志和标线, 满足智能网联汽车交通标志和标线识别及响应的测试需求。

### 4.5

智能网联汽车测试场设计宜参照 CJJ 45 等相关标准设置夜间照明路灯,满足夜间相关测试需求。

#### 4.6

测试场地应预留区域满足扩展测试场景测试需求,通过柔性化设计,能够根据不同的测试需求搭建不同的测试场景。

#### 4.7

依据测试功能需求,规划相互独立的测试分区,包含城市测试区、高速测试区、乡村测试区,各分区根据实际条件设置对应典型要素,满足分区定位要求。

#### 4.8

为提高测试效率,各测试分区在保证满足本标准要求的道路技术要求条件下,可根据实际条件增加同类低于标准技术要求的测试道路,提高场景复杂度和连续性。

#### 4.9

智能网联汽车测试道路的建设除应符合本标准的规定外,应满足道路设计相关国家标准和行业标准,允许在不影响本文件规定的自动驾驶功能测试的前提下根据测试场实际场地条件进行相应调整。

#### 4.10

智能网联汽车测试场应设运营管理中心,配备必要的管理设施(门禁、道闸等)和管理人员,实现测试场地与非测试区域的硬隔离。

### 5 测试道路技术要求

#### 5.1 基本要求

##### 5.1.1

城市测试区道路设计车速 60km/h,高速测试区道路设计车速大于 60km/h。

##### 5.1.2

除特别说明外,测试道路的峰值附着系数应不小于 0.8,横坡 1%-2%,道路表面为沥青或者混凝土,道路应平坦,无明显的凹坑、裂缝等不良情况。

##### 5.1.3

标准设计要求一般对称设计,实际设计时可根据实际情况满足某一方向上的设计要求即可。

#### 5.2 城市测试区道路技术要求

城市测试区用于测试车辆在中低速城市复杂环境下的感知响应能力,同时为智慧城市发展提供支持,典型场景为车道内行驶、变道行驶、非机动车及行人避让、交叉口冲突、环岛行驶、交通信号灯识别、交通标志标线识别,测试道路要素应至少包含直线路段、弯道、标准平面交叉口、环形路口、车道渐变段、公交站、城市街区路段、潮汐车道、公交专用道。

##### 5.2.1 直线路段

城市测试区应至少包含一处长直道路，满足中低速下车辆在本车道内行驶及变道行驶测试要求，其道路示意图如图 1 所示，基本设计参数如表 1 所示。

表 1 直线道路设计参数

道路类型	车道数量	车道宽度 m	最小有效长度 m
直道	双向四车道	3.5	500

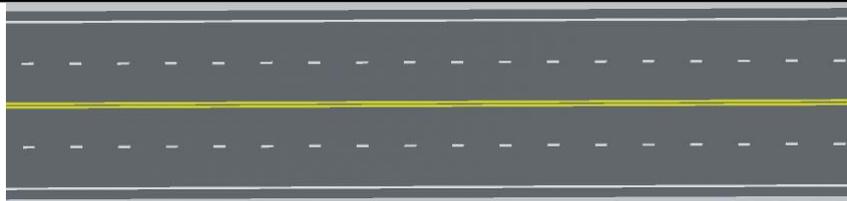


图 1 城市道路示意图

### 5.2.2 弯道

城市测试区应包含一种或多种曲率半径弯道，满足车辆通过弯道时功能及性能测试，其关键参数如表 2 所示，道路示意如图 2 所示，设计时弯道两侧应使用缓和和曲线连接其他道路，以供测试准备和安全预留使用，同时半径小于 250m 时，内侧车道应设置加宽缓和段。

表 2 弯道设计参数

道路类型	车道数量	设计车速	车道宽度	最大超高	最小圆曲线半径	最小有效长度
弯道	两车道	30	3.5	2.0%	85	200
		40		2.0%	150	200
		50		4.0%	200	200
		60		4.0%	300	200

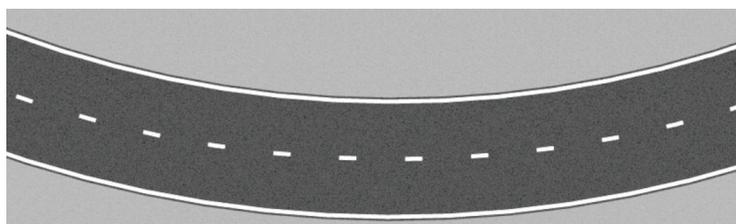


图 2 城市弯道示意图

### 5.2.3 十字交叉路口

城市测试区应至少包含一处十字交叉路口，满足车辆平面交叉口通行测试要求，有条件宜设置多种不同设计参数的交叉口，且至少有一个交叉口进出口路段双向 5 车道及以上，根据测试需求布置交通信号灯，其类型、位置、与安装应满足 GB14886、GB14887，同时路口应设置人行横道标志标线。相邻交叉口之间距离宜大于 200m，在进口道处可通过展宽以及偏移中心线同时压缩车道宽度的方式增加左转或右转专用/混合车道。

十字路口交叉角宜为直角，斜交时，其锐角宜不小于 45°，十字路口设计参数如表 3、表 4、表 5 所示，十字路口示意图如图 3 所示。

表 3 十字路口设计参数

道路类型	出入口车道数	车道宽度 m	入（出）口直线段最小有效长度
------	--------	--------	----------------

十字路口	双向四车道及以上	2.8-3.25 (进口)	200
		3.25-3.5 (出口)	

表 4 路口转弯半径

右转弯计算行车速度 km/h	15	20	25	30
转弯半径 m	10	15	20	25

表 5 交叉口停车视距

交叉口直线车设计速度	30	35	40	45	50	60
安全视距	30	35	40	50	60	75

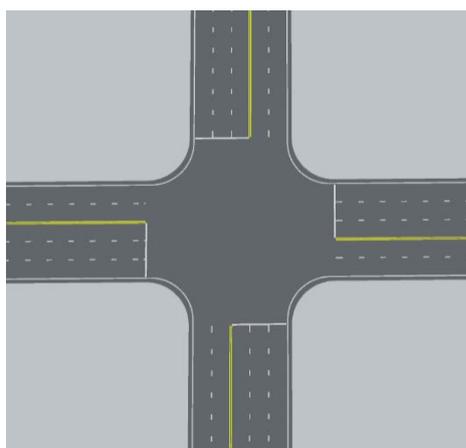


图 3 十字路口

### 5.2.4 环形交叉路口

城市测试区至少包含一处 4 支及以上的环形路口，满足车辆环形路口通行测试要求，环形路口一般设计参数如表 6 所示，环岛最小半径和环岛车道加宽如表 7、表 8 所示，其他要求参考 CJJ37，环岛示意图如图 4 所示。

表 6 环形路口设计参数

道路类型	出入口车道数	车道宽度 m	环形路口内车道数	入（出）口直线段最小有效长度
环形路口	至少双向两车道	3.25~3.75	$\geq 2$	200

表 7 环形路口半径

环岛设计速度 km/h	20	25	30	35	40
环岛最小半径 m	20	25	35	50	65

表 8 环形路口车道加宽值

中心岛半径	10-15	15~20	20~30	30~40	40~50	50~60
小型车	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4
大型车	3.0	2.4	1.8	1.3	1	0.9

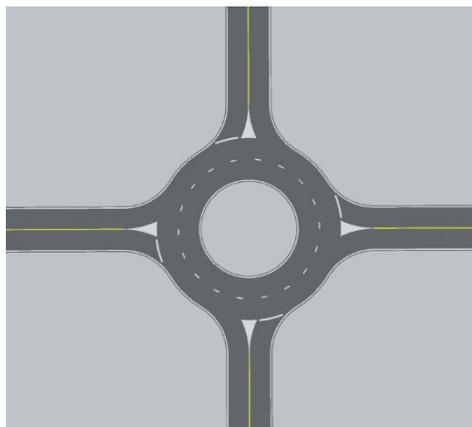


图 4 环形路口

### 5.2.5 车道渐变段

城市测试区应至少包含一处车道数量渐变路段并设置相应标志牌，满足车辆车道减少变道测试要求，渐变段最小长度如表 9 所示，车道渐变段示意图如图 5 所示。

表 9 车道宽度渐变段最小长度值

设计车速 km/h	20	30	40	50	60
渐变段长度最小值/m	20	25	30	35	40

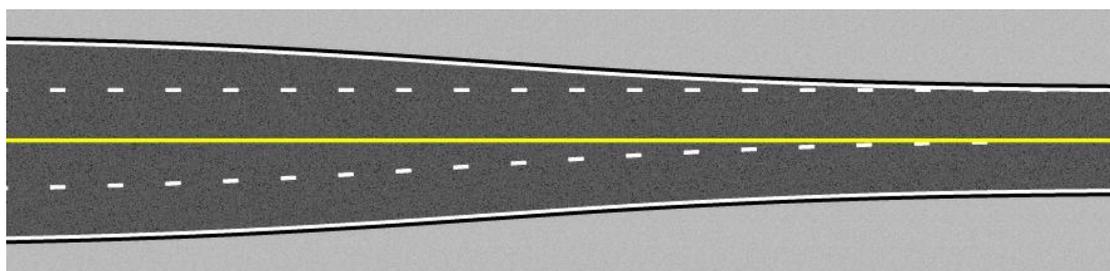


图 5 渐变段示意图

### 5.2.6 公交车站

城市测试区至少包含一处公交站道路，包括港湾式停靠站和路边式停靠站两种，站台主要参数见表 10 所示。

表 10 公交站台主要参数（括号为极限值）

最小车道宽度	站台高度	最小站台宽度	站台长度
3.00m (2.75m)	0.15m~0.20m	2.0m (1.5m)	2-4 辆公交车长度

港湾式停靠站由渐变段引道白色虚线、正常段外边缘白色实线或白色填充线组成。港湾式停靠站正常段的长度不小于 30m，两侧渐变段引道的长度一般不小于 15m。当专用于公交车、校车等特定车辆停靠时，应在停靠站中间标注停靠车辆的类型文字，并以黄色实折线填充停靠站正常段其他区域，指示除特定车辆外，其他车辆不得在此区域停留。

路边式/直接式停靠站的外围为黄色实线，内部填充黄色实折线，并在中间位置标注停靠车辆的类型文字，长度一般不小于 25m。

### 5.2.7 城市街区

城市测试区应根据实际布局搭建不同的城市街景，应建设模拟街景设施，长度不少于 100m，高度不低于 8m，满足多种特色场景。

### 5.2.8 公交专用道

城市测试区至少包含一处公交专用道，公交专用车道宽度宜为 3.5m，路口处宽度不应小于 3m，设置公交车专用车道线。

公交专用车道线应与公交专用车道标志配合设置，可根据试验需要可设置公交引导设施，包括光线引导、信号引导、感应设施引导等。

### 5.2.9 潮汐车道

城市测试区至少包含一处潮汐车道，潮汐车道所在道路车道数双向 3 车道及以上，主干路的双向车道数不少于 5 条，合理设置车道导向方向，并用可变标志明确指示，能够明确告知潮汐车道的通行方向。

## 5.3 高速测试区道路技术要求

高速测试区用于高速场景下的功能测试，在一般场地可作为 ADAS 性能测试场地，典型场景包括直线高速行驶、变道行驶、通过收费站、进出匝道、各类 ADAS 测试场景，测试场地至少包括直线道路、弯道、进出口匝道、收费站以及服务区设施。

### 5.3.1 直线道路

高速测试区应至少包含一处长直道路段，纵向坡度小于 0.1%，满足高速行驶车辆在本车道内行驶及变道行驶测试要求，可根据实际条件设置应急车道，其基本设计参数如表 11 所示，道路示意图如图 6 所示。

表 11 直线道路设计参数

道路类型	车道数量	车道宽度 m	最小有效长度 m
直道	四车道及以上	3.75	1200

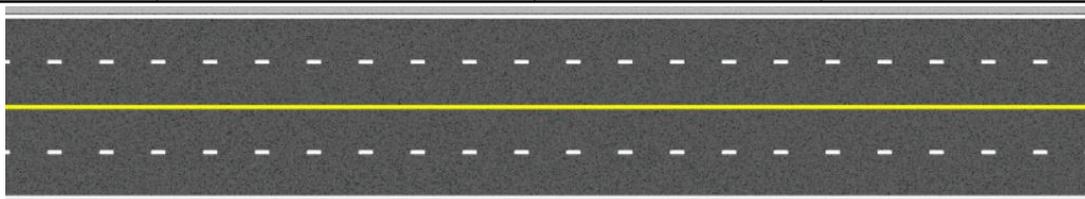


图 6 高速直线道路示意图

### 5.3.2 弯道

高速测试区应至少包含一处弯道，当设计时弯道两侧应使用缓和曲线连接其他道路，以供测试准备和安全预留使用，同时半径小于 250m 时，内侧车道应设置加宽缓和段，其设计参数如表 12 所示，高速弯道示意图如图 7 所示。

表 12 弯道设计参数

道路类型	车道数量	设计车速	最大超高	最小圆曲线半径	最小有效长度
弯道	两车道	60	8%	125	400
		80		250	400

		100		400	440
		120		650	540

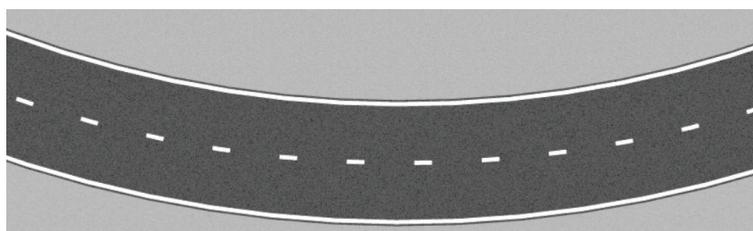


图 7 高速弯道示意图

### 5.3.3 进出口匝道

高速测试区应至少包含一处进出口匝道，设计车速不宜大于 40km/h，设计宽度 3.50m，可结合右侧硬路肩设置紧急停车带，紧急停车带宽度不小于 1.5m。匝道的技术参数如表 13 所示，进出口匝道示意图参考图 8、图 9，其中进口匝道宜设置限速标志及匝道信号灯，出口匝道应设置出口标志，设置多个匝道时宜设置成不同类型。

表 13 匝道基本技术参数

道路类型	车道数量	圆曲线最小半径	回旋线参数	回旋线长度	最小有效长度	最大纵坡
进口匝道	至少一条车道	60	35	35	200	4（上坡）
出口匝道						5（下坡）
					120	5（上坡）
						4（下坡）

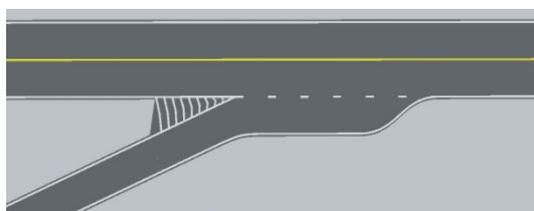


图 8 进口匝道

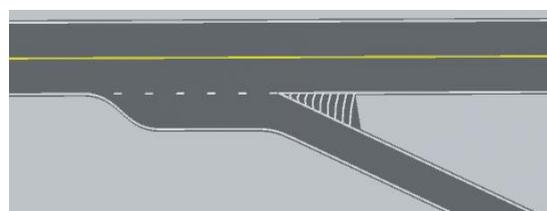


图 9 出口匝道

### 5.3.4 收费站

高速测试区应至少包含一处收费站，收费站应设有符合 GB/T 24973 相关要求的收费用电动栏杆。收费站的出入口收费车道数均不小于 1 条，收费车道应为不停车收费/ETC 车道 3.5m。收费站前或距离收费站适当位置应设置收费站标志、限速标志、限高标志、限重标志、减速丘、减速标线。

收费岛宽度宜采用 2.2m，收费岛侧面高度宜采用 0.30m，主线收费广场收费岛长度 28-36m，匝道收费广场收费岛为 18-36m。

### 5.3.5 服务区

测试场应至少包含一处服务区，服务区一般几何布置应包括加（减）速车道、连接匝道、贯穿车道、停车场等，服务区、停车区匝道的的设计速度宜采用 40km/h，条件受限时不应小于 30km/h，加（减）速匝道长度均不小于 60m，停车场沿主线的纵向最小长度宜大于 30m。

服务区可根据需求在停车场设置加油及充电站。

加油站道路设计技术要求如下：

a) 车辆入口和出口应分开设置，站区内停车位和道路应符合下列规定：

b) 站内车道或停车位宽度应按车辆类型确定。加油加气加氢站的车道或停车位，单车道宽度不应小于 4m，双车道宽度不应小于 6m；

充电站道路设计技术要求如下：

a) 入口和出口应分开设置，并应明确指示标识；

b) 充电站内道路的设置应满足消防及服务车辆通行的要求，充电站内的单车道宽度不应小于 3.5m，双车道宽度不应小于 6m；

#### 5.4 乡村测试区道路技术要求

乡村测试区主要测试车辆在交通信息缺少以及特殊路面条件下行驶的适应能力，典型场景为异形交叉口通行、弯道行驶、坡道行驶、特征路面行驶，测试场地至少包含坡道、小半径弯道、特征路面、异形路口。车道宽度要求较高，双车道宽度不应小于 6m，单车道宽度不宜小于 3.5m。

##### 5.4.1 坡道

乡村测试区应包含多处坡道，坡道坡度宜为 5%~14%，特殊坡道的坡度可超过 20%，坡道长度不宜小于 45m，坡道示意图如图 10 所示。有条件可设置连续上下坡，并结合弯道设置弯坡。

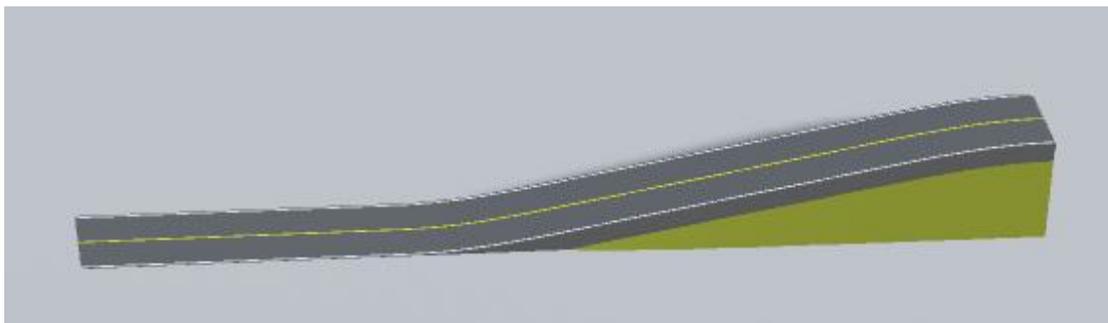


图 10 坡道

##### 5.4.2 小半径弯道

乡村测试区应包含多处小半径弯道，弯道曲率半径范围 10m~60m，弯道长度不小于 50m。

有条件可设置连续急弯，连续急弯至少包含一个左弯和一个右弯，弯道间距 0-30m，弯道半径 40-60m，连续弯道示意图如图 11 所示。

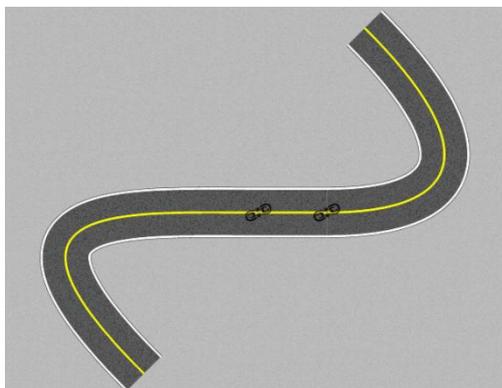


图 11 连续弯道示意图

### 5.4.3 特征路面

乡村测试应包含多种特殊路面，包含但不限于泥土路、砂石路、破损水泥路、砖块路、涉水路、起伏路等，车道长度不小于 30m。

### 5.4.4 异形路口

乡村测试区应包含一处以上异形路口，可根据需求设置无标线路口或标线褪色磨损路口。

## 5.5 其他测试道路技术要求

### 5.5.1 S 弯道

测试场应根据实际情况设置 S 弯道，可通过在实际道路或动态广场内设置标识和隔离设施来实现。对于大型客车、重型和中型货车，半径取值为 12m，路宽取值为 4m，弧长取值 28.27m；对于中型客车及微型货车，半径取值为 9.5m，路宽取值为 3.7m，弧长取值 22.38m；对于小型、微型客车以及轻型货车，半径取值为 7.5m，路宽取值为 3.5m，弧长取值 17.67m。参考表 15。

表 14 S 弯道设计参数

车型	半径/m	路宽/m	弧长/m
大型客车、重型和中型货车	12	4	28.27
中型客车及微型货车	9.5	3.7	22.38
小型、微型客车以及轻型货车	7.5	3.5	17.67

### 5.5.2 停车位

测试场应包含多种停车位，满足泊车测试需求。停车位按两种车型规定尺寸，上限尺寸长为 1560cm，宽为 325cm，适用于大中型车辆；下限尺寸长为 600cm，宽为 250cm，适用于小型车辆。在条件受限时，宽度可适当降低，但最小不应低于 200cm。

停车位标线按设置方式可分为：车辆平行于通道方向停放的平行式；车辆与通道方向成  $30^{\circ}$  ~  $60^{\circ}$  角停放的倾斜式；车辆垂直于通道方向停放的垂直式。可根据需要在停车位标线内布置附加箭头，箭头朝向应为车头方向。

有条件可布置不同种类的停车位，如残疾人停车位、植草砖停车位、机械式升降停车位、室内停车位等。

### 5.5.3 隧道

测试场应至少包含一处隧道，满足自动驾驶汽车通过隧道的适应性测试，隧道建设的要求按照 JT/T 3370.1-2018 和 JT/T D70/2—2014 的规定，为了降低建设成本，亦可选择建设模拟隧道。隧道（含模拟隧道）的建设长度不宜小于 100m，模拟隧道包含弯道时，弯道半径不小于 30m，模拟隧道所选用的材质应能够在某一区间内完全屏蔽定位和通信信号，且应能够阻挡阳光透射，隧道入口前设置前照灯使用和鸣笛标志。根据试验需要可在隧道内设置紧急停车带，具体参数见表 16。

表 15 隧道设计参数

道路类型	车道数	设计车速 km/h	车道宽度 m	隧道最小长度 m	车道净高 m
直道/小曲率弯道	单向两车道	40-60	3.5 ~ 3.75	$\geq 100$	$\geq 4.5$

### 5.5.4 模拟环境设施

测试场应至少包含一处环境模拟设施，满足自动驾驶汽车对天气和灯光环境的全天候测试需求。环境模拟设施控制宜采用自动化控制系统，道路至少双向两车道且总长度不小于 200m，车道宽度 3.5-3.75m，测试时可以结合雨雾天气及环境灯光进行不同环境下的测试。

模拟雨天设施应能模拟降雨，降雨等级划分如表 16 所示。

**表 16 模拟降雨等级划分表**

等级	划分标准（小时降雨量，单位 mm/h）
小雨	10.0mm/h~14.9mm/h
中雨	15.0mm/h~29.9mm/h
大雨	30.0mm/h~49.9mm/h
暴雨	50.0mm/h~99.9mm/h
特大暴雨	≥100mm/h

模拟雾天设施应能模拟降雾，降雾等级划分如表 17 所示。

**表 17 降雾等级划分表**

等级	划分标准（能见度 V，单位 m）
轻雾	能见度 > 500 m
大雾	200m < 能见度 ≤ 500m
浓雾	100m < 能见度 ≤ 200m
强浓雾	50m < 能见度 ≤ 100m
特强浓雾	能见度 ≤ 50 m

模拟光照设施应能模拟 5 lux-2000 lux 的弱环境照明条件，环境色温的要求是 5500K±500K，测试区域应保证光照均匀度，不能出现明显的明暗交替现象。有条件的可以模拟早晨或者傍晚黄光效果，环境色温的要求是 2500K±500K，也可以在设施内部分区域模拟 20000 lux~30000 lux 范围内的强光直射。

### 5.5.5 桥梁

测试场应至少包含一处桥梁设施，桥梁的布设形式可分为立体交叉桥、跨线桥、高架桥等形式。

桥梁及其引道的平、纵、横技术指标应与道路总体布置相协调，桥上纵坡宜不大于 4%，桥头引道纵坡宜不大于 5%。

桥面宽度应根据试验确定，宜采用为双车道形式，可根据试验需要修建多车道形式。

### 5.5.6 立体交叉

测试场应包含一处立体交叉，可根据场地实际情况选择直接式出入口匝道或者平行式出口匝道，有条件可设计苜蓿叶形式立交匝道。立体交叉匝道可设置为单向单车道或单向两车道，单车道匝道必须设置停车带，宽度为 3m，条件受限时 1.5m，为满足测试要求，匝道长度不宜小于 150m，具体设计参数如表 17 所示。

高架路下的平面交叉，由于受高架桥墩、柱的影响，通视条件较差，可作为特殊交叉口进行试验测试，试验时通过交通组织和交通标志、标线布设，确保安全视距。

表 18 立体交叉匝道设计参数

立体交叉匝道	关键参数							
	设计车速 km/h	20	25	30	35	40	50	60
	缓和曲线最小长度 m	20	25	35	40	45	50	60
	回旋曲线参数 m	20	25	35	40	50	70	90
	圆曲线最小长度	20	20	25	30	35	45	50
	停车视距 m	20	25	30	35	40	55	70
	最大纵坡%	8					7	6
	圆曲线最小半径 $i=0.06$	15	25	30	40	55	90	130

## 5.6 交通安全附属设施

交通安全附属设施应以满足智能网联测试场景为首要目标，同时兼顾安全防护要求。附属设施包括施工区临时隔离设施（锥形桶、防撞桶、警示灯、水马等）、道路安全隔离防护设施（京式护栏、防撞护栏、警示桩等）。施工临时隔离设施的布设一般分为警告区、过渡区、缓冲区、工作区、终止区等几部分，具体情况可根据实际情况和试验需求进行调整；道路安全隔离防护设施可参考 JTG D81 中相关要求。

## 6 V2X 测试环境搭建技术要求

### 6.1 路侧通信单元技术要求

#### 6.1.1 一般要求

路侧通信单元应根据试验需求合理布设，支持多种道路条件下的布设，包括直线道路、弯道、十字路口、丁字路口、环岛、匝道、隧道、高架桥下路等。因遮挡问题导致信号覆盖不足(建议值：信号强度  $RSRP < -110$  dbm)区域，需增加部署 RSU。

根据 RSU 的实际覆盖半径确定部署间隔及部署点位，可根据道路现有立杆情况，适当调整部署位置。部署 RSU 优先顺序从高到低依次为：电警杆/监控杆安装、信号灯杆安装、新立杆安装。RSU 宜与感知系统共杆部署。

无遮挡情况下，路侧单元直连通信的有效通信距离应不小于 300m。车路通信，车与路侧单元的应用层端到端最大通信时延应不超过 100ms。通信网络应能够支持路侧单元和车辆最大数据更新频率 10Hz 的周期性消息发送。

#### 6.1.2 直道路段部署

直道路段的部署宜满足以下要求，部署示意图 12。部署间距宜为 200m~800m，采用抱杆安装；可根据道路遮挡情况和安装条件，确定在道路单边安装或者对向安装；

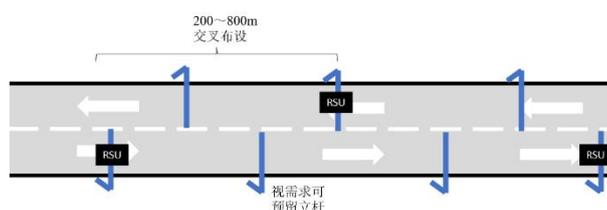


图 12 长直线 RSU 双向布置示意

- a) 道路两侧、道路中间无绿化带，或绿化带内灌木的密度不遮挡路侧 RSU 信号的情况，宜沿道路两侧交叉部署；
- b) 道路中间存在茂密树木绿化带、树木高度遮挡 RSU 直线传播路径，宜在同一点位道路两侧分别部署 RSU；

### 6.1.3 弯道路段部署

无遮挡弯道路段部署 1 个 RSU，以覆盖整个弯道，部署示意图 13。

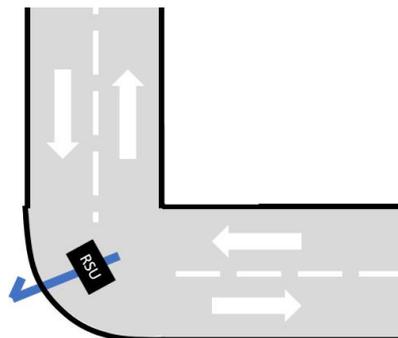


图 13 弯道 RSU 部署示意

### 6.1.4 丁字路口部署

无遮挡丁字路口部署 1 个 RSU，以覆盖整个路口，部署示意图 13。

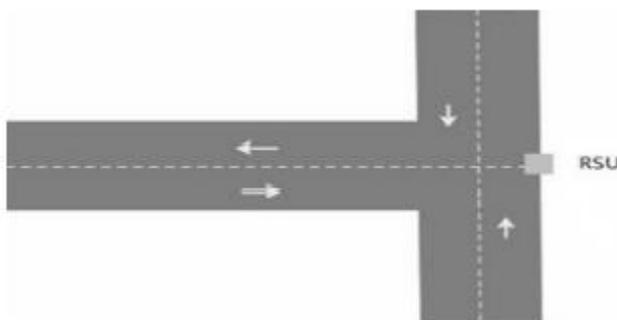


图 13 丁字路口 RSU 部署示意

### 6.1.5 十字交叉路口部署

对于普通十字交叉路口（中间区域无遮挡物），可采用与感知系统共杆部署的方式在对角部署 2 台 RSU；对于复杂十字交叉路口（路口区域较为开阔、交通流量密度大），可在路口四个转角点位与感知系统共杆部署 4 台 RSU。

十字交叉路口 RSU 的部署方案见表 18 和图 14。

表 18 十字路口部署方案汇总

类型	描述	部署原则
乡村十字路口	路口周围没有建筑，树木遮挡	靠近信号机位置立杆部署 1 个 RSU
城区十字路口	路口中间没有遮挡物，周围有建	部署 2 个 RSU，分别覆盖水平和垂直两个方向，RSU 的位置可根

	筑，树木遮挡	据现场情况调整，根据需要可预留立杆。
--	--------	--------------------

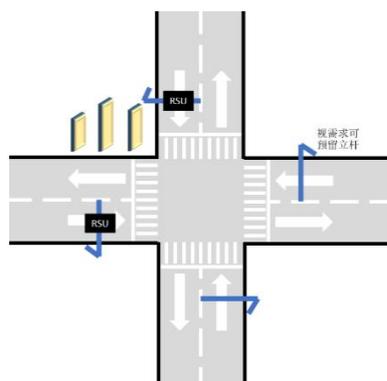


图 14 十字路口 RSU 布置示意

部分场景需要将信号沿道路延伸，如拥堵严重时需要提前通知到车量，此时宜增加部署 RSU，扩大路口信号覆盖范围。部署间距建议为 200m，部署示意图 15。

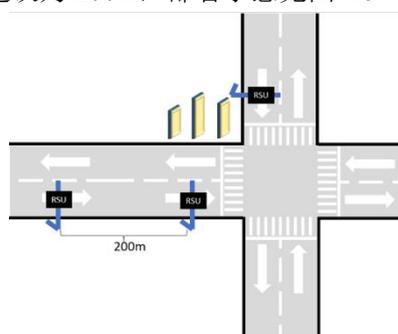


图 15 路口延伸 RSU 部署示意

### 6.1.6 环形交叉路口部署

环形交叉路口部署宜满足以下要求，部署示意图 16：

a) 若环形交叉路口内无遮挡或存在高杆，部署 1 个 RSU。若存在树木遮挡，则需在每个路口方向部署 1 个 RSU；

b) 其他复杂环岛，如高架下及超过 6 个路口的环形交叉路口等，宜根据实际遮挡和安装条件情况调整数量和安装位置，确保环形交叉路口内所有道路的 RSU 覆盖信号无遮挡、RSU 的 GPS 信号无遮挡、相邻 RSU 间距 <math><800\text{m}</math>。

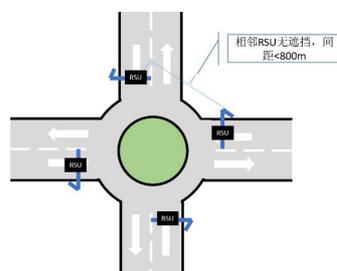


图 16 环形交叉路口 RSU 部署示意（存在遮挡）

### 6.1.7 匝道部署

遮挡匝道宜在分合流点布置 1 个 RSU，覆盖匝道口，确保匝道和主线的分合流位置信号覆盖良好。

部署示意图 17。

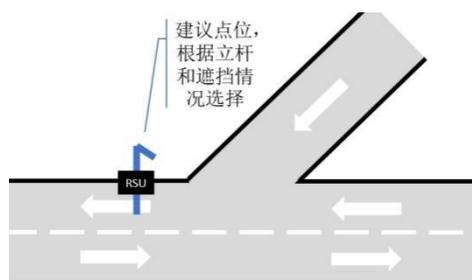


图 17 匝道 RSU 部署示意

### 6.1.8 隧道部署

隧道部署宜满足以下要求，部署示意图 18：

- 隧道内 RSU 部署间距宜为 200m~600m。若隧道为弯道，要确保相邻 2 个 RSU 的间距在可视范围内；
- 鉴于隧道内施工困难，为满足未来定位能力演进需要，安装点位按照 200m 的间距预留，弯道处适当加密；
- 弯道小于 200m，安装点位处于隧道中间位置。

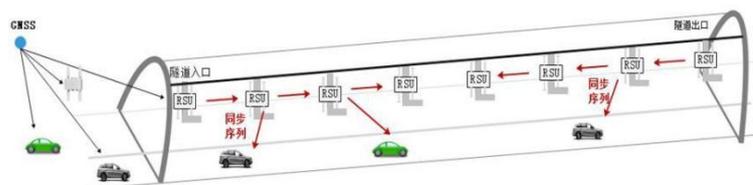


图 18 隧道 RSU 部署示意

### 6.1.9 高架桥下方部署

高架桥下方 RSU 部署时应保证 GPS 和 PC 口的信号不受遮挡，可采用级联方式将桥外 RSU 的 GPS 信号级联到桥下方的 RSU 处，并根据实际情况调整 RSU 的位置和高度。

## 6.2 路侧感知单元技术要求

### 6.2.1 安装部署要求

路侧感知设施应根据试验需求合理布设，支持多种道路条件下的布设，包括直线道路、弯道、坡道、隧道、环形路口、交叉路口、道路出入口等，且不得影响试验。

感知设备包括不限于摄像头、毫米波雷达、激光雷达，在部署安装时，应满足以下要求：

- 宜全线部署，与车路协同路侧设施/通信单元共杆安装或共用机箱，在灯杆、立交桥等安装时应保证设施安装支护结构的稳定性；
- 多个路侧感知设备间应合理设置设施间距，满足感知覆盖要求；
- 应合理规划路侧感知设备安装位置及安装角度，避免设备感知区域被遮挡。

### 6.2.2 功能要求

建议路侧感知设备包括如下功能：

- 支持目标检测：支持行人、非机动车和机动车检测；
- 支持至少三种交通事件类型检测：抛洒物检测、拥堵检测、路障检测、施工检测、交通事故

检测、浓雾检测、违停检测、逆行检测等；

c) 支持交通流数据采集：车流量、排队长度、车道平均速度、车头时距、车头间距、车道时间占有率、车道空间占有率信息采集；

### 6.2.3 性能要求

建议路侧感知设备性能要求如下：

- a) 目标检测精度：准确率>95%；
- b) 目标检测位置误差：100m 以内，定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ ；
- c) 目标检测航向角误差：90%以上目标航向角精度 $\leq 5^\circ$ ；
- d) 交通事件检测精度：准确率大于 95%；
- e) 检测时延：端到端时延 $< 200\text{ms}$ ；

### 6.3 网联定位设施技术要求

自动驾驶汽车测试道路应能提供高精度定位差分信号，周围无信号反射物，差分信号应至少满足北斗和 GPS 两种制式差分信号，应支持 RTD 和 RTK 差分信息，实时 RTK 定位精度水平优于 3cm；在 GNSS 信号受屏蔽或遮挡的环境中，设置路侧辅助定位设施，为自动驾驶车辆提供定位服务。

### 6.4 标志标线及信号灯技术要求

#### 6.4.1 一般标志技术要求

智能网联汽车测试应结合测试需求，合理布置交通标志牌，包含常见的警告、禁令、指示、指路四类标志牌，如限高限宽、停车让行、减速让行、限速、人行横道、出入口、上下坡等标志。

警告标志前置距离一般根据道路的设计速度进行选择；禁令、指示标志应设置在禁止、限制或遵循路段开始的位置。指路标志设置位置应符合每一指路标志的具体规定，一般要求距离交叉口 30m-80m。

标志牌的支撑形式分为柱式、悬臂式、门架式以及附着式，其中柱式标志的下边缘距路面的高度不小于 1.8m，路侧有行人时不低于 2.1m，有非机动车时不小于 2.3m；悬臂式及门架的净空不小于 5.0m。标志安装时应使标志面垂直于行车方向，视实际情况调整其水平或俯仰角度。交通标志材料应符合公路交通标志和标线设置手册、GB/T 18833 的有关规定。交通标志标线养护应符合 DG/TJ 08-225 6 有关规定。通过及时修剪树木，更换破损标志，及时施画磨损标线等养护手段，保证实体交通标志标线的视认性。

#### 6.4.2 智慧交通标志及设施技术要求

智慧交通设施包括可变信息标志、停车诱导设施等。

可变信息标志发布的信息应符合 GB/T 29103 的有关规定。

交通信息发布设施应具备通信接口，能将接收到的信息实时发布。

交通信息发布设施应能发布交通路况、交通诱导、交通事件、交通管理、安全警示、附近停车诱导、充电站位置引导等信息，可具备向自动驾驶车辆传递此类信息的功能。

#### 6.4.3 道路标线技术要求

智能网联汽车测试场地道路交通标线的作用是向测试车辆传递有关道路交通的规则、警告、指引等信息，可以与标志配合使用，也可以单独使用，一般分为三类，即指示标线、禁止标线以及警告标线。根据测试要求，测试场的标线一般包括车道线、潮汐车道线、人行横道线、人行横道预告标识线、停车让行标线、减速让行标线、停车位线、停靠站线、减速丘标线、各类导向箭头、减速标线、立面标线等。标线材料按本身特性分为溶剂型涂料标线、热熔型涂料标线、水性涂料标线、双组分涂料标线、预成形标线带，其技术指标应符合相关技术要求，设计时应根据试验需求、场地条件、使用寿命等方面综合考虑。

#### 6.4.4 交通信号灯技术要求

交通信号控制设施包括机动车信号控制设施、非机动车信号控制设施等。

交通信号控制设施应符合 GB 25280、GA/T 1743、GB 14886-2016 中的有关规定。

交通信号控制设施应具备通信接口，能与边缘计算设备互通互联，可将接收到的信号控制信息向自动驾驶车辆发送，信号机协议应采用国标，或通过私有协议。信号控制信息包括当前信号灯状态、红绿灯剩余时间、路口可允许行驶的方向（或车道）、信号灯相位等数据。

### 7 数据中心技术要求

数据中心应满足相关的数据保密要求，切实保护数据所有者的相关权益；

数据格式应符合通用性相关要求，可根据企业要求自行确定；

需满足国家标准 GB50174-2017 的 B 级要求。

### 8 云控平台技术要求

智能网联汽车测试场宜部署云控平台，为智能网联汽车和智能路侧设备数据交互提供标准认证、车辆与路侧系统数据分析及存储、测试场环境与测试过程监控、以及提供车路协同感知、决策与控制辅助与增强等能力。云控平台应满足以下要求：

- a) 支持智能网联测试车辆、智能路侧设备数据交互的标准化 CA 认证服务；
- b) 支持与第三方云平台的数据对接，数据接收时延低于 100ms；
- c) 对所测试车辆、路侧设备进行标准化数据采集、存储和分析，并按照管理要求实时动态监控测试过程；
- d) 实时为测试车辆、测试场交通指示设备提供融合车路信息的感知、决策与控制辅助计算服务，包括提供协同感知数据，驾驶决策和控制建议，交通系统控制建议，以及驾驶行为提示、预警、引导等一系列云端计算结果，相关计算服务需保证满足车辆测试功能的周期时延要求；
- e) 支持第三方应用在云平台上按照标准开发接口与开发要求进行仿真测试和实际环境测试。

**附录 A**  
**车路协同场景设施推荐表**

V2X 场景		道路条件		设备条件	
场景名称	通信模式	道路类型	设备名称	布设要求	
交叉路口碰撞预警	V2I	十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、雷达、摄像头、MEC	雷达、摄像头在路口朝前垂直的 2 个方向分别安装 1 套，MEC、RSU 在路口安装 1 个	
左转辅助	V2I	十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、雷达、摄像头、MEC	在路口朝长直道方向安装 1 套	
道路危险状况提示	V2I		RSU、雷达、摄像头、MEC	路侧安装 1 套	
限速预警	V2I		RSU、限速标牌	路侧安装 1 套	
闯红灯预警	V2I	十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、红绿灯(具备网联功能)	路口/路段路侧同向安装 1 套	
绿波车速引导	V2I	十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、红绿灯(具备网联功能)	路口/路段路侧同向安装 1 套	
弱势交通参与者碰撞预警	V2I	直道/十字路口、丁字路口、异形路口、斑马线	RSU、雷达、摄像头、MEC	路段路侧安装/路口朝长直道方向安装 1 套	
车内标牌	V2I	直道/十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、标牌	路段路侧安装/路口朝长直道方向安装 1 套	
前方拥堵提醒	V2I	直道/十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、雷达、摄像头、MEC	路段路侧安装/路口朝长直道方向安装 1 套	
汽车近场支付	V2I	直道、路侧有停车场	RSU		
弱势交通参与者碰撞预警	V2P	直道/(十字路口、丁字路口、异形路口)、斑马线		/	
感知数据共享	V2I	直道/十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、雷达、摄像头、MEC	路段路侧安装 1 套	
协作式变道	V2I	直道	RSU、雷达、摄像头、MEC	路段路侧安装 1 套	
协作式车辆汇入	V2I	匝道	RSU、红绿灯(具备网联功能)、雷达、摄像头、MEC	汇入口安装 1 套	
协作式交叉口通行	V2I	十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、雷达、摄像头、MEC	交叉路口朝长直道方向安装 1 套	
差分数据服务	V2I		RSU 与定位差分数据服务基站	路段路侧安装 RSU, 高处安装 RTK 基站	
动态车道管理	V2I	十字路口、丁字路口、异形路口	动态车道标牌、RSU、雷达、摄像头、MEC	交叉路口朝长直道方向安装 1 套	
协作式优先车辆通行	V2I	直道	RSU	路段路侧安装 1 套	
		十字路口、丁字路口、异形路口	RSU、红绿灯(具备网联功能)	路口朝长直道方向安装 1 套	
场站路径引导服务	V2I	停车场, 高速路服务站, 加油站等	RSU	路段路侧安装 1 套	
浮动车数据采集(测试 RSU 和平台功能)	V2I		RSU	路侧安装 1 套	
道路收费服务	V2I	直道	2 个 RSU	路段入口和出口各安装 1 个	
弱势交通参与者安全通行	P2X	直道/十字路口、丁字路口、异形路口、斑马线	RSU	路段路侧安装/路口朝长直道方向安装 1 套	

