

# 智能网联试验场关键构成要素分析

刘洋 刘庆存 胡世广

(中国汽车技术研究中心有限公司, 300300)

【欢迎引用】刘洋,刘庆存,胡世广.智能网联试验场关键构成要素分析[J].汽车文摘,2024(5):47-52.

【Cite this paper】LIU Y, LIU Q C, HU S G. Analysis on Key Elements of Intelligent Networking Test Site[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(5): 47-52.

【摘要】在深入分析国内政策标准,总结测试需求中的典型场景,以现有车路两端产品发展情况的基础上,探索智能网联试验场工艺规划方法、规划设计原则,分析场景布局、测试分区、道路类型等构成要素,以典型测试场景为例说明元素布置方法,为智能网联试验场规划建设提供技术思路和参考。

关键词:顶层规划设计;政策标准;典型场景;场景布局;公开道路规划

中图分类号:U467.51 文献标志码:A DOI:10.19822/j.cnki.1671-6329.20230056

## Analysis on Key Elements of Intelligent Networking Test Site

Liu Yang, Liu Qingcun, Hu Shiguang

(China Automotive Technology & Research Center Co.,Ltd., 300300)

【Abstract】This article analyzes domestic policies and standards in depth, summarizes typical scenarios in testing requirements, explores process planning methods for intelligent networking test sites based on the development of existing products at both ends of the vehicle and road, analyzes component elements such as scenario layout, test zoning, and road type, and provides technical ideas and planning references for the planning and construction of intelligent networking test sites.

Key words: Top planning and design, Policies and standards, Typical scenarios, Scenario layout, Planning and design process of open roads

## 0 引言

近年来,随着智能网联领域的快速发展,国内智能网联试验场数量也在逐步增加。国家各部委陆续发布了车联网标准体系的建设指南,但大部分相关的具体标准还在制定过程中,整体标准体系还未成熟,智能网联试验场未形成统一的规划原则和场景元素内容。而智能网联试验场作为整车零部件测试载体及三级测试体系基础,其规划设计及构成要素分析的相关研究对智能网联领域整体发展具有重要影响。于胜波等<sup>[1]</sup>通过国内外智能网联相关领域的对比,提出我国智能网联汽车在道路测试流程、无人驾驶道路测试、道路测试场景、事故定责与商业保险以及国际合作方面的发展建议。游华蓉等<sup>[2]</sup>通过对

智能网联试验场总体规划、功能布局、测试道路及场景布置、搭配建筑研究,为智能网联汽车基础设施设计提供技术参考。郑建明等<sup>[3]</sup>结合智能网联汽车发展战略,挖掘我国典型道路特征,提出测试道路技术参数计算模型和设备设施规划原则。刘平等<sup>[4]</sup>在规划设计中强调测试分区,着重分析测试场景,配套相关网联设施。冀建波<sup>[5]</sup>对部分试验场进行梳理分类,对设计经验进行总结。周锐等<sup>[6]</sup>根据实际经验系统性地提出智能网联汽车试验场的设计方法论与建设架构图。

基于已有研究内容,通过对各类标准进行分类研究,考虑试验场测试运营及能力拓展,提出试验场设计原则。依据区域典型特点将试验场进行分区,同时分析智能网联试验场关键构成要素,包括

道路类型、道路特点、道路参数、配套路侧设施等内容。梳理智能网联试验场内的关键要素构成,可以指导智能网联试验场的顶层规划设计,拓展复杂场景搭建的方式,帮助建立现有智能网联产品测试场景库,也可为智能网联试验场测试能力评价提供一定参考。

## 1 智能网联汽车试验场标准政策研究

### 1.1 国内政策

2015年印发的《中国制造2025》,提出到2025年掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术,建立较完善智能网联汽车自主研发体系、生产配套体系及产业链,基本完成汽车产业转型升级。2016年发布的《装备制造业标准化和质量提升规划》<sup>[7]</sup>,提出开展智能网联汽车标准化工作;2017年发布的《汽车产业中长期发展规划》,提出推动宽带网络基础设施建设和多产业共建智能网联汽车;2018年发布的《2018智能网联汽车标准化工作要点》<sup>[8]</sup>,推进先进智能驾驶辅助系统、自动驾驶、汽车信息安全、网联标准的研究与制定;2019年发布的《2019年智能网联汽车标准化要点》<sup>[9]</sup>,强调落实标准体系建设指南,系统布局技术领域,加快中国标准制定修订;2020年发布的《智能汽车创新发展战略》<sup>[10]</sup>,提出到2025年,实现有条件自动驾驶的智能汽车达到规模化生产,实现高度自动驾驶的智能汽车在特定环境下市场化应用。《2020年智能网联汽车标准化工作要点》<sup>[11]</sup>针对驾驶辅助系统、自动驾驶、信息安全、功能安全、汽车网联等领域特点,有计划、有重点地部署标准研究与制定工作;《关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》<sup>[12]</sup>提出建成一批国家级自动驾驶测试基地和先导应用示范工程,推动自动驾驶技术产业化落地;2021年发布《国家车联网产业标准体系建设指南(智能交通相关)》<sup>[13]</sup>,提出初步构建起支撑车联网应用和产业发展的标准体系,到2025年系统形成能够支撑车联网应用、满足交通运输管理和服务需求的标准体系;《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南(试行)》<sup>[14]</sup>规定了L3、L4级自动驾驶企业及产品准入纲领性要求;《开展车联网身份认证和安全信任试点工作的通知》<sup>[15]</sup>提出V2X的通信安全问题;《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)》<sup>[16]</sup>提出示范应用申请,道路测试与示范应用管理。2022年发布《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》<sup>[17]</sup>,提出到2023年底,初步构建起车联网网络安全和数据安

全标准体系;《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》<sup>[18]</sup>对通过准入试点的智能网联汽车产品,在试点城市的限定公共道路区域内开展上路通行试点。

### 1.2 国内标准

目前,国内只发布了一项自动驾驶封闭场地的国家标准—《智能网联汽车自动驾驶功能场地试验方法及要求》,标准中说明一般环境下自动驾驶场地测试的试验场景、试验方法及通过标准。依据规划设计内容,目前发布的标准可以大体分为4类,分别为道路建设、测试评估、场景合集和场地管理,具体分类内容如图1所示。

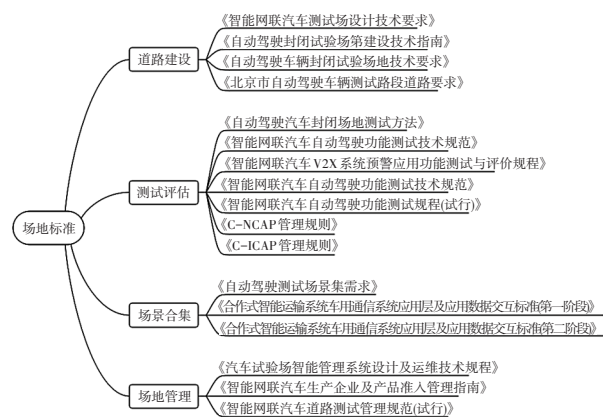


图1 场地标准分类

## 2 智能网联试验场工艺规划

智能网联试验场工艺规划要以场地实际情况出发,遵守规划原则,考虑场地认证准入研发测试示范需求,配合车路两端感知测试设备和基础设施,集成系统应用软件控制云平台进行场景搭建设计、管线排布设计及工艺点位设计。

### 2.1 规划设计原则

智能网联试验场在顶层工艺规划过程中要始终遵循贯彻一定的原则,保证在规划设计整体进程不会出现大方向上的偏差,综合经验及相关标准,将规划设计原则总结如下:

- (1)规划设计要满足标准要求的测试内容,结合当地道路及交通特点进行差异化设计。
- (2)规划设计要求在有限的场地上最大限度规划丰富合理的测试场景。
- (3)规划过程要考虑场景连接的连续性,保证测试过程整体的流畅性。
- (4)规划过程应根据不同场景的测试量,对需求量的道路场景进行冗余规划;提升试验场测试车辆的

最大容载量。

(5)规划设计方案应具备前瞻性,保证试验场具备升级拓展的基础硬件能力,匹配智能网联预期的发展。

## 2.2 功能分区

智能网联试验场作为验证智能网联汽车在各类工况下行驶状态的封闭场地,应具备社会典型区域道路,充分表现区域道路特点,可以全面复现社会道路现实状况。根据各类标准及设计经验研究,试验场规划主要包括城市道路测试区、高速道路测试区、城乡道路测试区、功能区测试区、动态广场测试区和特殊道路测试区。

### 2.2.1 城市测试区

城市测试区道路场景主要包含十字路口、丁字路口、Y型路口等元素,如图2所示。

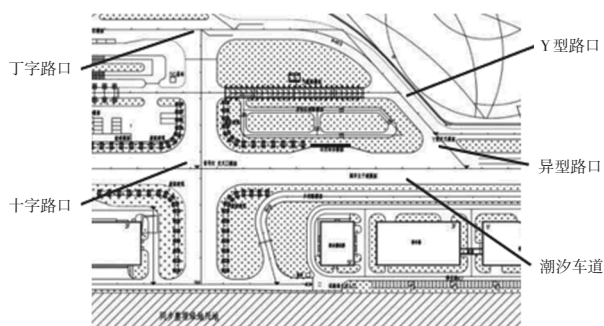


图2 某试验场城市测试区

场景路口一般是指全开放式十字路口,场地条件允许可增加设计带安全岛式十字路口。设计的环岛路口内环面积全部硬化或种植绿植。异型路口主要模拟城市内十字路口附带辅路的交通状况。潮汐车道至少包含双向多车道,设置其中一条车道为潮汐车道。城市道路测试具体要素说明如表1。

表1 城市道路测试区要素

序号	要素名称	道路类型	主要参数	路侧设施
1	十字路口	双向4车道	各向道路至少150 m,转弯半径不小于15 m	通信设备、感知设备、计算单元、信号灯、监控设备
2	丁字路口	双向2车道	各向道路至少50 m,转弯半径不小于15 m	通信设备、感知设备、计算单元、信号灯、监控设备
3	Y型路口	双向2车道	各向道路至少50 m,转弯半径不小于10 m	通信设备、感知设备、计算单元、信号灯、监控设备、标识标牌
4	环岛路口	不低于3个出入口,双向2车道	各向道路至少50 m,环岛半径根据试验场大小确定	通信设备、感知设备、计算单元、监控设备、标识标牌(信号灯)
5	异型路口	双向2车道	至少设置5个出入口,设置形式整体考虑	通信设备、感知设备、计算单元、信号灯、监控设备、标识标牌

### 2.2.2 高速测试区

高速测试区道路主要包含高速收费站、进出匝道、高速服务区、主要行驶道路等测试场景,如图3所示。高速收费站可以采取模拟建设方式。高速服务区内应设置泊车区、充电区、加油区、维修站以及各类模拟建筑。具体要素说明见表2。

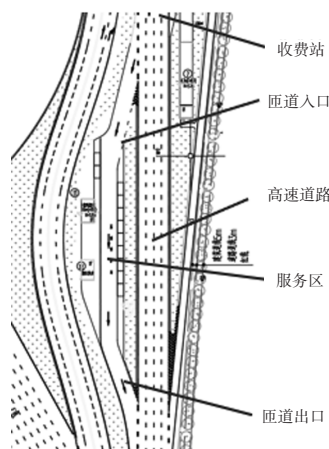


图3 某试验场高速测试区

表2 高速测试区要素

序号	要素名称	道路类型	主要参数	路侧设施
1	高速收费站	进出口直线道路至少各1条	道路至少30 m	通信设备、感知设备、计算单元、监控设备、道闸设备
2	进出匝道	至少2条车道搭配匝道	匝道至少50 m	通信设备、感知设备、监控设备
3	高速服务区	依据实际情况规划面积	包含各类停车位	通信设备、感知设备、监控设备、标识标牌
4	高速公路	至少双向4车道	各向道路至少350 m,与动态广场连接	通信设备、感知设备、计算单元、监控设备、标识标牌(信号灯)

### 2.2.3 城郊测试区

城郊测试区道路场景主要包含交通路口、林荫路、断头路、越野路、隧道等元素,如图4所示。交通路口包括有信号灯路口和无信号灯路口。林荫路主要用于智能车辆感知系统对于路面动态误识别的测试,道路单侧或两侧依据当地情况种植代表性的植物,保证阴影可覆盖道路。断头路可结合场景情况设置为路口断头路或单路断头路,场景进行车路协同通讯决策及自动感知行驶测试。越野路可结合当地及周边情况布置相应特色的道路,设计速度为40 km/h,测试车辆对路面及路侧情况的感知识别能力,测试车辆在失去信号诱导行驶的情况,同时可以进行车辆自身性能的测试。隧道可采取真实隧道或模拟隧道形式,隧道内进行灯光测试、无信号测试以及定制场景搭建

等。具体要素说明见表3。

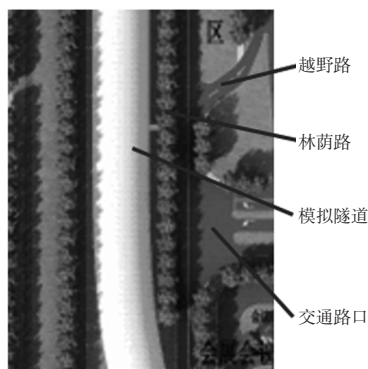


图4 城郊测试区

表3 城郊测试区要素

序号	要素名称	道路类型	主要参数	路侧设施
1	十字或丁字交通路口	各向至少为双向2车道	道路至少30 m	通信设备、感知设备、计算单元、监控设备、标识标牌(信号灯)
2	林荫路	至少为双向2车道	道路至少50 m	通信设备、感知设备、监控设备
3	断头路	至少为双向2车道	道路至少30 m	通信设备、感知设备、监控设备
4	越野路	符合当地道路特色,至少双向2车道	依据场地面积设计长度	通信设备、感知设备、监控设备
5	隧道	至少双向2车道	至少150 m	通信设备、感知设备、计算单元、监控设备、标识标牌、通行灯

### 2.2.4 示范应用测试区

根据试验场的面积,围绕测试路段交叉区设置各类示范应用区,主要包括城市商业区、工业区、交通枢纽区、住宅区、教学区和泊车区等,如图5所示。

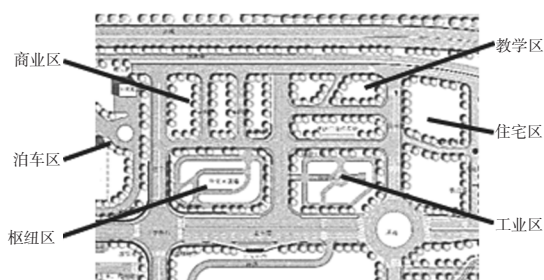


图5 示范应用测试区

依据车辆功能测试需求进行选取设计,考虑测试流线用联络路将各示范应用区与道路连接。各类示范区设置该区域的典型道路及场景特点,验证车辆在区域内的行驶状态。区域内尽可能规划各类典型场景建筑立面,建筑表面采用真实材料或雷达反射参数与真实材料相近的其他材料,测试车辆对周边静态事

物的感知决策能力。

### 2.2.5 动态广场测试区

依据测试需求及场地情况设计不同半径的硬化广场,广场一般配合多车道加速直线路,满足不同测试速度要求,如图6所示。动态广场内可进行车辆传统性能测试;场内可设置临时标线,进行标准要求的大半径弯道项目测试;此外,广场内可进行柔性场景的搭建,丰富场地测试的场景库,提升场景测试能力的冗余性。

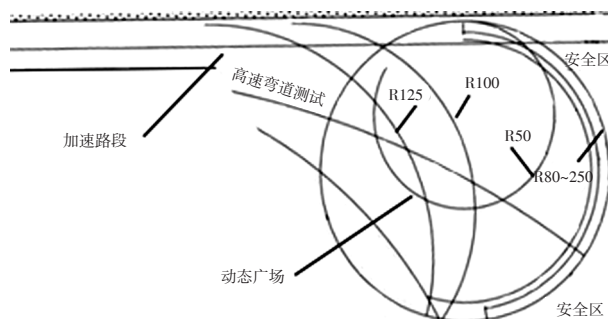


图6 动态广场测试区

### 2.2.6 特征性能测试区

特征性能测试区用于车辆性能和执行动态驾驶任务的综合测试,主要包含涉水路、砂石路、湿滑路、井盖路、减速丘路、各斜率坡道等。特殊道路参数根据测试车辆类型和测试项目进行设计。特征道路区可在场区内某个位置单独设计,也可在其他测试区内合并规划。

## 2.3 场景布局

### 2.3.1 标准化场景

根据现有封闭试验场场地标准及规划设计经验总结,目前试验场需要具备典型标准化的测试场景以满足智能网联汽车的功能测试。具体场景名称、道路类型及场景区域要求如表4所示。

以城市道路十字路口为例,简要说明规划内容及场景搭建元素。该段道路为双向6车道,设计速度为80 km/h,规划左转右转专用路,路口设置安全岛,主干道路设置隔离区。区域内规划智能信号灯系统、边缘计算单元系统、感知系统、通信系统、室外无线系统和5G基站,具体点位如图7所示。

### 2.3.2 定制化场景

对于整车及零部件企业来说,在研发过程中需要更加复杂、更加贴近真实道路的测试场景,同时智能网联产业车路两端设备的发展迅速,因此在规划设计过程中要考虑未来测试发展方向的定制化场景。

表4 标准化场景

序号	场景名称	道路类型	场景区域
1	限速标志识别	双向长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
2	车道线识别	长直道与弯道组合	高速快速路、城市道路、城郊道路
3	停止线识别	交通路口	城市道路、城郊道路
4	满屏灯识别行驶	至少双向4车道路口	城市道路、城郊道路
5	方向灯识别行驶	至少双向4车道路口	城市道路、城郊道路
6	潮汐灯识别行驶	双向2车道	城市道路
7	隧道行驶	双向2车道	高速快速路、城市道路、城郊道路
8	环岛路口行驶	不少于3个出入口,每个出入口至少为双向2车道	城市道路、城郊道路
9	上下匝道	至少两条车道搭配匝道	高速快速路、城郊道路
10	收费站	模拟或真实收费站	高速快速路、城郊道路
10	路口冲突同行(直行、左转、右转)	至少双向2车道十字路口	城市道路、城郊道路
11	障碍物识别	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
12	静态车辆识别	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
13	行人横穿人行线	至少2条车道长直道	城市道路、城郊道路
14	同向行人行走	至少2条车道长直道,设置人行横道线	城市道路、城郊道路
15	同向自行车行驶	至少2条车道长直道	城市道路、城郊道路
16	同向摩托车行驶	至少2条车道长直道	高速快速路、城郊道路
17	行人横穿道路	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
18	自行车横穿道路	至少2条车道长直道	城市道路、城郊道路
19	行驶中车辆切入	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
20	行驶中车辆切出	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
21	对向车辆行驶	双向2车道	城市道路、城郊道路
22	车辆走-停行驶	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
23	前方车辆紧急制动	至少1条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
24	定点停车	至少2条车道长直道	城市道路、城郊道路
25	公交车港湾进站	至少1条车道长直道配备港湾公交站	城市道路
26	公交车站台进站	至少1条车道长直道配备公交站停车区	城市道路
27	动态干预接管	至少2条车道长直道	高速快速路、城市道路、城郊道路
28	风险减缓策略	设计运行范围内的路段	高速快速路、城市道路、城郊道路

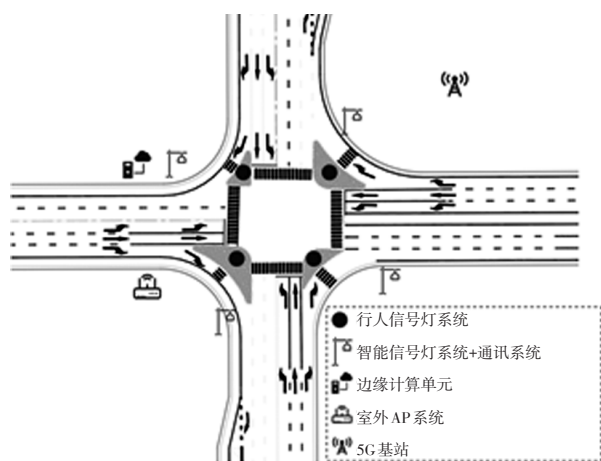


图7 城市十字路口场景搭建

真实隧道是城市道路及山路等常见的道路元素,长距离的隧道对车辆行驶具有一定挑战性,真实隧道相较钢构模拟隧道屏蔽信号效果好,且隧道内光照强度自然形成,任何时段均满足车辆的真实测试环境。

实体立交是城市道路中较为复杂的交通元素,车辆在设计运行范围内接管动态驾驶任务,测试车辆在高度复杂路况下的自动驾驶能力,此类复杂场景是L4、L5级别自动化车辆上路示范运营前的必要测试项。目前此类场景也可用于汽车零部件的研发测试验证,如图8所示。

雨雾模拟系统可以短时间仿真各级强度降雨及各级能见度的雾,其中雨况主要有小雨、中雨、大雨、

暴雨、大暴雨、特大暴雨,雾气能见度可调。雨雾模拟系统在控制雨量的同时要保证相应的均匀度、雨滴尺寸、雨滴速度等参数。车辆在该场景下可对各类车载传感器进行测试,同时对车辆的操纵性和车辆渗漏性进行测试。目前各类天气模拟系统设备还在开发研究中,后期可逐步增加其他天气模拟系统,如沙尘、降雪、雷电、雨雪等天气。雨雾模拟系统可规划在隧道内,有利于降低室外风对雨雾形的影响,提升整体场景效果。隧道内也可规划市政灯光、阳光模拟等设备,设备可仿真不同时段的日光照射场景,照度及色温无级调控。阳光模拟设备可搭配雨雾模拟系统模拟雨后路面不规则反光的场景,也可搭配隧道内可调灯光及静态车辆模拟隧道内会灯场景。

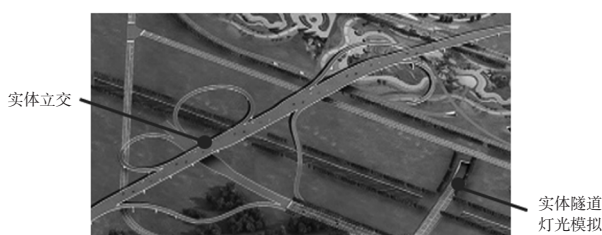


图8 规划实体效果图场景

### 3 结束语

智能网联试验场工艺规划设计将前期整车零部件仿真测试内容总结归纳,将仿真内容在真实场景条件下完整复现,保证测试验证的重复性和安全性。同时设计过程中分析提取公开道路中的典型路况工况元素,结合测试设备发展情况及测试流程方法,将所有元素拼接重组,形成具备先进代表性的整体解决方案。

智能网联试验场规划设计均需要跨专业多学科的协同配合,需要不断升级拓展创新,逐步与测试、产品相融合,为智能网联汽车各类产业提供安全可靠的载体支撑。

#### 参 考 文 献

- [1] 于胜波,陈桂华,李乔等.国内外智能网联汽车道路测试对比研究[J].汽车文摘,2020(2):29-36.
- [2] 游华蓉,胡青青,费旭,等.智能网联汽车试验场规划设计研究[C]//2022年工业建筑学术交流会,2022:5.
- [3] 郑建明,张建军,宋黎明,等.智能网联汽车封闭试验场设计技术研究[C]//2020中国汽车工程学会年会暨展览会,2020:7.
- [4] 刘平,刘春杰,赵铁拓.智能网联试验场规划设计及测试

技术[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(11):328-330.

- [5] 冀建波.智能网联汽车封闭测试场建设现状及场地设计总结[J].城市道桥与防洪,2020(8):325-327.
- [6] 周锐,徐高鹏,金涛,等.车路协同试验场设计建设:历史、现状和展望[J].山西交通科技,2022(2):1-10.
- [7] 梁.工信部等联合印发《装备制造业标准化和质量提升规划》[J].机器人技术与应用,2016(5):2.
- [8] 信息技术与标准化编辑部.《2018年智能网联汽车标准化工作要点》加快四领域重点标准制修订[J].信息技术与标准化,2018(4):5.
- [9] 解瀚光.2019年智能网联汽车标准化工作第一次系列会议在苏州召开[J].中国汽车,2019(2):16-17.
- [10] 环境技术编辑部.国家发展改革委等十一部门联合印发《智能汽车创新发展战略》[J].环境技术,2021,39(1):4.
- [11] 中国商界编辑部.工信部发布《2020年智能网联汽车标准化工作要点》[J].中国商界,2020(6):86.
- [12] 汽车与安全编辑部.交通运输部印发《关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》[J].汽车与安全,2022,300(12):78.
- [13] 信息技术与标准化.三部门印发《国家车联网产业标准体系建设指南(智能交通相关)》2022年底初步构建起标准体系[J].信息技术与标准化,2021,436(4):7.
- [14] 陈琦.《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南》为产业变革吹响号角[J].汽车与配件,2021,1305(11):28-29.
- [15] 机器人技术与应用编辑部.工信部开展车联网身份认证和安全信任试点工作[J].机器人技术与应用,2021,202(4):1.
- [16] 汽车与安全编辑部.三部门联合印发《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)》[J].汽车与安全,2021,287(11):79.
- [17] 信息技术与标准化编辑部.工信部印发《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》[J].信息技术与标准化,2022,448(4):4.
- [18] 汽车工艺师编辑部.两部门为智能网联车安全上路划重点[J].汽车工艺师,2022(11):23.

(责任编辑 明慧)

#### 【作者简介】

刘洋(1992—),男,中国汽车技术研究中心有限公司,硕士,工程师,研究方向为智能网联试验场工艺规划及智能网联检测设备。

E-mail:liuyang2018@catarc.ac.cn