

基于14项智能网联汽车封闭测试的海南汽车试验场改造建设

刘建社 王宣锋

(海南热带汽车试验有限公司, 琼海 571400)

【欢迎引用】刘建社, 王宣锋. 基于14项智能网联汽车封闭测试的海南汽车试验场改造建设[J]. 汽车文摘, 2024(9): 48-54.

【Cite this paper】LIU J S, WANG X F. Transformation of Hainan Automotive Proving Ground Based on 14 Closed Tests of Intelligent Connected Vehicles[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(9): 48-54.

【摘要】为了全面掌握智能网联汽车封闭试验场建设标准,通过分析《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》及相关标准、法规,总结了智能网联汽车在封闭测试场进行14项测试的具体要求,梳理了智能网联汽车封闭测试场建设的主要内容,并按照相关要求从园区改造、硬件设备设施建设及软件平台建设3大方面对海南汽车试验场进行了智能网联化改造,使其满足所有智能网联汽车封闭测试要求,为封闭测试场建设或传统试验场改造为智能网联汽车试验场提供参考。

关键词: 智能网联汽车; 封闭测试; 汽车试验场改造

中图分类号: U467.1 文献标志码: A DOI: 10.19822/j.cnki.1671-6329.20230081

Transformation of Hainan Automotive Proving Ground Based on 14 Closed Tests of Intelligent Connected Vehicles

Liu Jianshe, Wang Xuanfeng

(Hainan Tropical Automobile Test Co., Ltd., Qionghai 571400)

【Abstract】In order to comprehensively understand the construction standards for intelligent connected vehicle closed proving grounds, this paper provides an in-depth analysis of the “Specification for the Management of Road Testing of Intelligent Connected Vehicles (Trial)” and related standards and regulations. The specific requirements for 14 tests of intelligent connected vehicles in closed proving grounds are summarized. The main contents of constructing the closed test field for intelligent networked vehicles are organized. According to the relevant requirements, the intelligent networking transformation of the Hainan Proving Ground has been completed from 3 aspects: park renovation, hardware equipment facility construction, and software platform construction. This transformation aims to meet all closed test requirements for intelligent connected vehicles, serving as a reference for the construction of closed proving grounds or the upgrade of traditional proving grounds into intelligent connected proving grounds.

Key words: ICV(Intelligent connected vehicle), Closed test, Automotive proving ground transformation

0 引言

智能网联汽车是加快制造强国、科技强国、网络强国、交通强国建设的重要载体,是我国汽车产业转型升级的突破口。封闭场地的安全性测试评价是国内外智能网联汽车技术研发和应用不可或缺的重要环节。利用封闭测试场地的测试场景进行智能网联技术的试验验证,是提升智能网联汽车安全性的重要途径。在智能网联汽车正式进入市场之前,必须在封闭测试场的真实环境中进行充分测试,全面验证自动驾驶功能,保

证车辆在各种交通状况和不同使用场景下都能安全可靠、平稳高效地运行。目前,美国、法国、德国、日本等发达国家,要求智能网联汽车上开放道路或特定路段进行测试前均需进行充分的封闭场地试验,部分国家需要测试车辆经过第三方的测试评价。2018年4月12日,工信部、公安部及交通部联合发布《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》^[1],要求智能网联汽车在封闭试验区进行14项实车测试,由国家或省市认可的从事汽车相关业务的第三方检测机构对其智能网联功能进行检测验证、确认其具备进行道路测试的条件,方可

申请进行自动驾驶道路测试。海南省政府制定《海南省智能网联汽车道路测试管理办法》^[2],并将海南汽车试验场拟定为第三方授权的检测机构。因传统试验场已不能满足智能网联汽车全部功能开发和验证需要,通过对国家三部门要求智能网联汽车在封闭测试场进行14项测试的具体要求进行分析,梳理智能网联封闭测试场建设要求,并对海南汽车试验场进行智能网联化改造,以满足智能网联汽车14项封闭试验测试,旨在为封闭测试场建设或智能网联化改造提供参考。

1 国家三部门14项测试场地改造建设

国家三部门14项测试属于智能网联汽车在开放道路测试前的封闭测试阶段,需要基于封闭测试场构建各种实际道路场景,在风险可控的条件下对智能网联汽车进行最接近实际道路环境的实车试验,充分发现智能汽车测试或示范应用过程中出现的各种问题。同时,试验员可亲自使用并熟悉测试车辆的自动驾驶操作习惯、试验方式和紧急情况下的处理方法,使其能在开放道路测试时应对自如。

1.1 国家三部门14项测试场建设标准

测试场建设标准主要包括:国家三部门联合印发的《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》,以下简称《管理规范》;中国智能网联汽车产业创新联盟、全国汽车标准化委员会智能网联汽车分技术委员会联合发布的《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程(试行)》,以下简称《测试规程》。

其他涉及标准包括:GB/T 43119—2023《自动驾驶封闭测试场地建设技术要求》;GB 50647—2011《城市道路交叉口规划规范》;CJJ152—2010《城市道路交叉口设计规程》;GB 5768—2017《道路交通标志和标线》;GB 25280—2016《道路交通信号控制机》;GB 14886—2016《道路交通信号灯设置与安装规范》。

1.2 国家三部门14项测试要求梳理

《管理规范》和《测试规程》要求应具备车辆状态记录、存储及在线监控功能,能实时回传车辆控制模式、车辆位置、车辆速度、加速度等运动状态信息。因此需建设车内外监控信息、车辆定位信息、场地高精地图、监控平台及数据存储的管理平台等内容。同时要求车辆外部360°视频监控,所以需要在测试场地路段设置监控系统,并建立相应服务器保存各类数据。

根据《测试规程》进行逐个场景进行梳理,得出所需场地及设施需求,如表1所示。

通过表1可知,大多场景的道路长度 ≥ 100 m,少数

场景道路长度 ≥ 300 m,有些场景需要至少2条车道,不同场景道路两边标线类型不同,包括黄实线、白实线、白虚线、黄虚线等。同时需设置十字路口和环岛场景,十字路口直线段长度根据要求计算得出4个支路长度应 ≥ 100 m,为保证试验正常进行,应保留一定余量,4个支路长度至少取120~150 m;环岛设计时应考虑4个出口,环岛中心岛半径设计可参考CJJ152—2010《城市道路交叉口设计规程》,中心岛最小半径与环岛设计速度有关,可考虑适当余量,具体可参考表2。路边设施包括红绿灯、各类标识标牌、RSU、假人、假车、假两轮车等。

1.3 国家三部门14项测试场地改造

海南汽车试验场智能网联化改造前属于典型的传统型汽车试验场,主要由高速环道、性能路、强化环路、操稳广场及暴晒场组成。高速环道全长6.042 km,其中直线段长2.2 km,环道半径为145 m,最大车速为180 km/h。性能路全长1.7 km。强化环路全长10.0 km,由18类30种不同参数的典型路面组成,操稳广场面积为93 000 m²,暴晒场面积为47 000 m²,如图1所示。

此次智能网联化改造充分利用现有场地,进行合理规划实现国家三部门14大项34小项的测试场景。基于原有性能路长且直的特点(直线段长1.4 km),落地较高速场景(两车道性能路面及旁边ABS路面,并合理组合绘制各类道路标线),利用原有操稳广场面积较宽特点,柔性化设计落地环岛及十字路口相关场景,利用厂区交通道路落地其余场景,具体落地位置如表3所示。图2中的1、2、3、4、5、6、7区域及蓝色环岛2个场景完成国家三部门14项测试项目,同时利用2、3、4区域实现街景深度体验区。

在厂区交通道路十字路口和丁字口设置固定红绿灯,在操稳广场十字路口设置移动红绿灯,并配置RSU实现各类网联场景所需功能。

考虑到海南岛实际道路圆盘灯及箭头灯共存情况,特在丁字口设置圆盘灯,十字路口设置箭头灯。交通标识、道路标线、部分建筑外墙、假人、假车均可以做到按需调整,体现柔性化设计理念。并且针对海南特有湿热气候及雷电天气,各系统、各部件及连接件均需具备耐腐蚀性和防雷等要求。

1.4 国家三部门14项包含的建设内容

通过1.2小节分析得出建设内容主要包括园区改造、硬件设备设施建设及软件平台建设3大方面,具体建设内容如表4。

表1 国家三部门智能网联汽车14项测试项目、测试场景、所需场地及设施

测试项目	测试场景	所需场地及设施	测试项目	测试场景	所需场地及设施
交通标志和标线识别及响应	1.1 限速标志识别及响应	长直道,长度≥100 m;限速牌	交通信号灯识别及响应*	2.1 机动车信号灯识别及响应	长直道,长度≥100 m;停止线;信号灯
	1.2 停车让行标志标线识别及响应	长直道,长度≥100 m;停车让行线;停车牌		2.2 方向指示信号灯识别及响应	长十字路口,长度≥100 m;停止线;方向指示信号灯
	1.3 车道线识别及响应	长直道,长度≥100 m和半径≤500 m弯道组合且弯道长度≥100 m;两侧车道线为白色虚线或实线	前方车辆(含对向车辆)行驶状态识别及响应	3.1 车辆驶入识别及响应	至少2条长直道,长度≥100 m;中间车道线为白色虚线
	1.4 人行横道线识别及响应	长直道,长度≥100 m;人行横道线		3.2 对向车辆借道本车车道行驶识别及响应	至少2条长直道,长度≥100 m;中间车道线为黄色虚线
障碍物识别及响应	4.1 障碍物测试	长直道。长度≥100 m;车道中间放置;1个交通锥桶或1个隔离栏	行人和非机动车识别及响应*	5.1 行人横穿马路	长直道,长度≥57 m;人行横道线;假人
	4.2 误作用测试	长直道,长度≥100 m;车道中间放置井盖、铁板或减速带		5.2 行人沿道路行走	至少2条车道长直路,长度≥100 m;中间车道线为白色虚线;假人
跟车行驶(包括停车和起步)	6.1 稳定跟车行驶	两侧车道线为实线的长直道,长度≥265 m;假车		5.3 两轮车横穿马路	至少2条车道的长直道,长度≥57 m;长直道内设置人行横道线;假两轮车
	6.2 停-走功能	两侧车道线为实线的长直道,长度≥90 m;假车		5.4 两轮车沿道路骑行	2条车道的长直道,长度≥100 m;中间车道线为白色虚线;假两轮车
靠路边停车	7.1 靠路边应急停车	至少一条行车道和一条应急车道,长度≥176 m	超车	8.1 超车	至少2条车道的长直道,长度≥134 m;中间为白色虚线;假车
	7.2 最右车道内靠边停车	至少两条车道的长直道,中间车道线为虚线,长度≥65 m	并道行驶	9.1 邻近车道无车并道	至少2条车道的长直道,长度≥107 m
交叉路口通行*	10.1 直行车辆冲突通行	至少双向两车道的十字路口;直行或右转标线		9.2 邻近车道有车并道	至少3条车道的长直道,长度≥107 m;假车
	10.2 右转车辆冲突通行	至少双向两车道的十字路口;直行右转标线		9.3 前方车道减少	至少2条车道的长直道,长度≥100 m;车道减少标志牌
	10.3 左转车辆冲突通行	十字交叉路口;直行和左转标线	环形路口通行*	11.1 环形路口通行	路口数量≥3个;双车道的环岛
自动紧急制动	12.1 前车静止	长直道,长度≥65 m;假车	联网通讯*	14.1 长直路段车车通讯	双向两车道,长度≥300 m; OBU
	12.2 前车制动	长直道,长度≥265 m;假车		14.2 长直路段车路通讯	长直道,长度≥300 m; RSU和OBU
	12.3 行人横穿	长直道,长度≥57 m;假人		14.3 十字路口车车通讯	双向两车道十字路口;支路长度≥50 m; OBU
人工操作接管	13.1 人工操作接管	—		14.4 编队行驶测试	长直道; OBU

注:车载单元(On Board Unit, OBU),路侧单元(Road Side Unit, RSU)。

标注*项目为选测项目,如企业声明其车辆具有相应功能或测试路段涉及该场景的应进行检测。

经过智能网联化改造,海南汽车试验场目前已具备的部分设备设施如图3所示。

表2 环岛设计速度与中心岛最小半径

环岛设计速度/km·h ⁻¹	20	25	30	35	40
中心岛最小半径/m	20	25	35	50	65



图1 海南汽车试验场鸟瞰

表3 国家三部门14大项34小项测试场景及测试路段

测试项目	测试场景	测试路段	测试项目	测试场景	测试路段
交通标志和标线的识别及响应	1.1 限速标志识别及响应	性能路、解放路	靠路边停车	7.1 靠路边应急停车	性能路噪声路段
	1.2 停车让行标志标线识别及响应	暴晒场到性能路		7.2 最右车道内靠边停车	性能路
	1.3 车道线识别及响应	性能路南北调头区	超车	8.1 超车	性能路中段
	1.4 人行横道线识别及响应	丁字口、十字口、操稳广场十字口、解放路小二楼处			
交通信号灯的识别及响应*	2.1 机动车信号灯识别及响应	丁字口、十字口、操稳广场十字口	并道行驶	9.1 邻近车道无车并道	性能路中段
	2.2 方向指示信号灯识别及响应	十字口、操稳广场十字口		9.2 邻近车道有车并道	性能路中段
前方车辆(含对向车辆)行驶状态的识别及响应	3.1 车辆驶入识别及响应	性能路		9.3 前方车道减少	性能路南段
	3.2 对向车辆借道本车车道行驶识别及响应	性能路	交叉路口通行*	10.1 直行车辆冲突通行	十字口、操稳广场十字口
障碍物的识别及响应	4.1 障碍物测试	操稳广场、解放路、性能路		10.2 右转车辆冲突通行	十字口、操稳广场十字口
	4.2 误作用测试	解放路		10.3 左转车辆冲突通行	十字口、操稳广场十字口
行人和非机动车的识别及响应*	5.1 行人横穿马路	操稳广场十字口、解放路小二楼处	环形路口通行*	11.1 环形路口通行	操稳广场环岛
	5.2 行人沿道路行走	性能路	自动紧急制动	12.1 前车静止	性能路
	5.3 两轮车横穿马路	操稳广场十字口、解放路小二楼处		12.2 前车制动	性能路
	5.4 两轮车沿道路骑行	性能路		12.3 行人横穿	和协路、操稳广场直线段
跟车行驶(包括停车和起步)	6.1 稳定跟车行驶	性能路	人工操作接管	13.1 人工操作接管	操稳广场
	6.2 停-走功能	性能路		联网通讯*	14.1 长直路段车车通讯V2V
		14.2 长直路段车路通讯V2I	性能路		
		14.3 十字交叉口车车通讯V2V	十字口、操稳广场十字口		
		14.4 编队行驶测试	性能路		

注:标注*项目为选测项目,如企业声明其车辆具有相应功能或测试路段涉及该场景的应进行检测。



图2 国家三部门14项测试场景落地

表4 国家三部门14项改造包含的建设内容

项目	名称	备注
园区改造	求实路场地扩展硬化	扩展为双向三车道
	指挥楼监控中心改造	监控中心及机房装饰装修
	道路标线改造	根据落地场景进行标牌立杆及标线绘制
硬件设备设施建设	智能网联测试区域网络系统	厂区内强弱电布线,接入交换机,核心交换机,防火墙,入侵检测系统(Intrusion Detection Systems, IDS)及日志审计设备等
	智能网联测试区域监控系统	前端视频采集系统、网络传输系统及终端管理系统
	固定式信号灯控制系统	信号机、信号灯(圆盘灯、箭头灯)、倒计时器、人行灯、灯杆、线缆、系统平台等
	移动式信号灯	可移动,带路侧单元RSU(LTE-V)
	交通诱导显示屏系统	LED显示屏、控制系统、钢结构柱、功放、可编程控制器(programmable Logic Controller, PLC)配电柜等
	监控中心拼接屏系统	49英寸液晶(Liquid Crystal Display, LCD)拼接屏、外置图像处理器、拼接屏控制软件等
	监控中心音响系统	全频扬声器、调音台、功放、话筒等
	限速牌、停车让行标牌、车道数变少等	标牌可移动及更换
	V2X通信系统:RSU+OBU(LTE-V)	考虑场内路网结构布设RSU
	高精度定位系统	包括定位基站及车载基站
	车载数据采集系统(摄像机、逆变器、工控机、天线等)	可采集车辆状态信息及车内外视频信息
	服务器	管理平台应用服务器、管理平台数据库服务器、地图引擎服务器、大屏幕应用服务器
假车、假人、假自行车、假摩托车	1:1假车、假人、假自行车、假摩托车	
软件平台建设	测试监控平台系统	测试监控中心、数据分析中心、V2X测评系统、数据采集可视化系统等
	智能网联汽车道路测试管理系统	系统管理、测试管理、设备设施管理、业务管理、可视化管理、智慧交通管理系统等
	高精度地图	基于国家CGCS2000坐标系对整个试验场区进行测绘
	地图引擎软件	管理平台软件集成和自动驾驶系统的地图数据发布,空间处理能力等



图3 国家三部门14项改造后部分设备设施

2 除三部门14项测试场景外其他测试场景

2.1 街景深度示范体验区

除14项测试场景外,在厂区交通道路上可实现街

景深度示范体验区,如图4所示。

2.2 V2X 测试场景

智能网联汽车除了依靠本车的物理传感器实现周边状态感知外,还能够通过V2X通信技术在更大



图4 街景深度示范体验区

的空间尺度上扩展环境和交通状况的感知范围。封闭测试场均希望在有限的测试场地内设置尽可能多的测试场景,可通过一个路侧单元RSU在其覆盖范围内设置多个场景实现。海南汽车试验场采用不同厂家的路侧单元RSU及车载单元OBU,均满足T/CSAE 53—2017《合作式智能运输系统车用通信系统应用层及应用数据交互标准》应用层通信协议,可进行V2X一致性及通信通用性测试。根据场内实际道路情况布置近40个网联场景,遍布于厂区交通道路、性能路及操稳广场。涵盖安全类、效率类及信息服务类,并可进行通信能力测试,也可组合成多种自定义场景。

2.3 L1、L2级驾驶辅助系统(ADAS)测试场地

海南汽车试验场同时建设了符合L1、L2级驾驶辅助系统(Advanced Driver Assistance System, ADAS)测试场地,在南环操稳广场绘制目前国内最长的专用ADAS试验弯道R250及R500曲线,弧长均为250 m,进入曲线前加速段长度分别为230 m及300 m。高速环道及性能路直线段分别为2 200 m及1 400 m,均可满足ADAS直线测试不低于1 000 m的要求。

3 国家三部门14项智能网联化改造验证

海南汽车试验场经过国家三部门14项智能网联化改造,建成的测试场景及设备设施经过多轮实车验证均符合《管理规范》及《测试规程》相应要求,并通过了国内知名专家组的评审验收。依托改造后的封闭测试基地,海南汽车场成功取得了海南省唯一的智能汽车道路测试和示范应用管理第三方机构和封闭测试区,组织开展海南省智能汽车道路测试相关工作,负责海南省智能汽车道路测试或示范应用的申请、组织专家论证评估、日常监督管理等工作,截止2024年4月份,已协助海南省政府累计发放测试与示范牌照29张,实现测试里程超过18万km。具

体测试案例见图5。



(a) 环形路口通行



(b) 行人横穿道路



(c) 两轮车横穿道路

图5 三部门14项测试案例

4 改造后整体布局

海南汽车试验场经过智能网联化改造建设,已成为国家唯一的“高温、高湿、高腐蚀、多雨—三高一多”、覆盖L1-L5级及V2X网联测试能力的热带智能网联特色测试基地;包括高速极限场景测试区、城市模拟区、乡村山路模拟区及综合服务区四个区域,如图6所示。2022年已获工信部“国家智能网联汽车封闭测试基地(海南)”资质。

高速极限场景测试区利用原有高速环道进行改

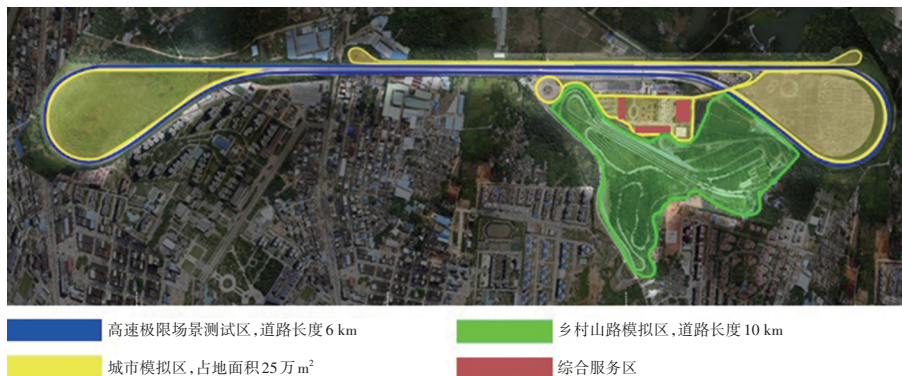


图6 智能网联试验场整体布局

造实现;城市模拟区利用厂区交通道路、南环操稳广场、北环广场及性能路进行改造实现(国家三部门14项测试属于城市模拟区的主要组成部分);乡村山路模拟区利用原有强化环路进行改造实现;综合服务利用原有指挥楼、检测楼及车库车间实现。

5 结束语

本文根据国家三部门14项测试要求,梳理计算出14大项34小项场景测试所需场地及设施,同时归纳了测试场地建设的相关标准。结合海南汽车试验场现状,进行了各场景实际落地,并得出国家三部门14项测试需要的建设内容。智能网联试验场建设、传统试验场智能网联化改造可以借鉴相关内容。改造后场地经过了多轮次的测试验证,完全符合国家三部门14项测试要求。后续会基于海南独特的三高多自然一多环境,继续打造中国湿热地区智能汽车特色场景库建设。

参考文献

[1] 工业和信息化部,公安部,交通运输部. 关于印发《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》的通知[EB/OL]. (2018-04-03)[2024-04-09]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/zbgj/art/2020/art_699ad3bae2bb45759e7a5d39a4073c54.html.

- [2] 海南省工业和信息化厅. 海南省智能汽车道路测试和示范应用管理办法(试行)[EB/OL]. (2020-08-18)[2024-04-09]. <http://iitb.hainan.gov.cn/iitb/fzswj/202008/5ee05b719e6b4b2f9d6138e5164efa60.shtml>.
- [3] 刘宏骏,沈万霞,齐巍. 国内外智能网联汽车测试场地发展分析[J]. 科技视界, 2017(2): 80-81.
- [4] 易茂,夏芹,谯杰. 智能网联汽车测试场建设与测试方法浅析[J]. 汽车实用技术, 2018(20): 41-43.
- [5] Briefs U. Mcity Grand Opening[J]. Research Review, 2015, 46(3): 1-10
- [6] 王艺帆. 自动驾驶汽车测试体系与现状研究[J]. 汽车与安全, 2016(10): 82-86.
- [7] 黎宇科,刘宇. 国外智能网联汽车发展现状及启示[J]. 汽车工业研究, 2016(10): 30-36.
- [8] 刘天洋,余卓平,熊璐,等. 智能网联汽车试验场发展现状与建设建议[J]. 汽车技术, 2017(1): 7-11.
- [9] 中国电子信息产业发展研究院. 智能网联汽车测试与评价技术[M]. 人民邮电出版社, 2017: 385-442.
- [10] 郭冰. 基于V2X的自动驾驶技术优化思路[J]. 中国汽车, 电子技术与软件工程 2019(4): 85.
- [11] 崔硕,姜洪亮,戎辉,等. 关于C-V2X的标准组成及研究现状分布[J]. 汽车电器, 2018(9): 47-52.

(责任编辑 明慧)