

自动驾驶和智能网联场景设计 ——以南京市江心洲为例

程明

(国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司, 北京 100176)

摘要: 为探索建立国内领先的车路协同综合服务体系, 结合南京市江心洲建设的智能网联研发测试基地, 利用现有道路设施, 在路侧布设摄像机、毫米波雷达、激光雷达、通信和计算设备, 对测试区域整体进行智能网联升级改造。通过自动驾驶、智能网联和本地特色三类测试场景的设计和搭建, 统筹汽车产业发展要素, 打破产业链发展壁垒, 加快跨产业资源间的协同发展, 打造融合各类智能交通工具及城市智能基础设施信息于一体的数据平台, 实现出行工具与城市基础设施的高效协同运行。

关键词: 车路协同; 自动驾驶; 智能网联

中图分类号: U495 **文献标识码:** A

DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2023.31.005

0 引言

大力推进新型基础设施建设布局是“十四五”时期把握新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局的重大举措。从智能网联汽车应用来看, 测试验证是产业发展的必经之路和前提条件。在车联网技术大规模示范应用之前, 需要利用智能网联基础设施, 根据不同测试场景进行充分测试验证。坚持以场景为牵引、应用为导向, 特在南京市江心洲设计半封闭智能网联车辆测试区, 推动自动驾驶和智能网联场景测试验证及示范应用。

1 规划范围

江心洲位于南京市建邺区西部, 四面环水, 北望南京长江大桥, 南眺南京长江三桥。全洲南北长 12 km, 东西平均宽度 1.2 km, 总面积 15.21 km², 江堤 24.38 km, 规划了“两快六主十三次”的道路网络结构。岛上共有 152 个路口和路段出入口, 其中有 99 个路口已完工, 具备通行条件, 部分区域和路段仍处于施工状态。大部分区域道路成网, 个别路段存在使用盆栽、围挡等进行道路阻断的情况。

江心洲智能网联化升级改造的整体规划思路是综合考虑岛上用地规划情况、居民出行路线、交通参与者类型和现有测试道路状态等因素。在全岛形成四个核心区, 并呈现“三横三纵一环线”的格局。为此, 将自动驾驶和智能网联测试场景设计范围确定为北至桃源街、南至凤林街、西起环岛西路、东至环岛东路, 区域面积约 11.5 km², 全岛智能化改造预计完成 70%。智能网联化升级改造规划范围见图 1。



图 1 智能网联化升级改造规划范围

2 布设方案

江心洲路口众多, 已建成的 99 个路口中并不全需要布设智能网联路侧设备, 综合考虑道路实施条件、路口改造成本和测试场景布设原则等因素, 选取其中的 75 个路口进行进一步的智能网联化升级改造。根据江心洲整体规划, 在“三横三纵一环线”的布局上, 利用现有道路条件设施, 通过杆件复用的形式, 在路侧布设摄像机、毫米波雷达、激光雷达、气象融合感知设备、通信和计算设备等。根据前期调研及岛内实际场景需求, 最终划分了四个等级的路口设备布设方案。以标准四岔路口为例, 表 1 列出了几种主要设备的数量。

表 1 路口设备布设方案^[2]

方案	激光雷达	毫米波雷达	高清摄像机	AI 摄像机	MEC	RSU
1	4	4	8	0	1	1
2	4	4	4	0	1	1
3	0	4	4	0	1	1
4	0	0	0	4	0	1

收稿日期: 2023-03-29

作者简介: 程明 (1985—), 女, 工程师, 北京人, 硕士, 研究方向为道路交通工程设计和智能网联示范区规划设计。

方案一中使用固态激光雷达、毫米波雷达和兼顾路段的反向摄像机实现全息感知、排队长度统计等功能，可实现的测试场景丰富，但成本较高；方案二和方案一类似，但是缺少反向摄像机，与方案一相比，不能实现路段感知，无法查看排队长度等状态；方案三放弃使用激光雷达，导致识别精度有所降低，但仍可以识别物体移动速度，进行障碍物检测；方案四是一种低成本解决方案，仅使用 AI 摄像机来解决目标识别和计算问题，由 RSU 解决数据传输和信号灯识别问题。以上路口设备布设方案仅适用于标准路口，在实际应用中应根据经验考虑由于遮挡、断路施工等原因造成的设备增减。

3 测试场景

测试场景是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。根据以上路口设备布设方案对江心洲规划范围内道路基础设施进行升级改造，完成三类场景的搭建，

分别为 29 项自动驾驶测试场景、24 项智能网联测试场景和 24 项本地特色测试场景。每种测试场景的选取和测试流程的实现均应遵循相应标准规范和现场条件进行。

3.1 自动驾驶场景

自动驾驶测试场景、测试方法及通过标准均应符合《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程（试行）》中的要求。根据江心洲实际道路条件，在岛上规划选取 29 项自动驾驶功能测试场景^[4]。根据这些场景的道路条件和测试方法，从江心洲各路段中筛选出符合测试场景要求的路段，并综合考虑对现状交通流的影响和道路测试的连续性、便捷性、高效性，最终选出测试场景布设路段。梳理出建设单位需要为测试场景的实现提供的交通及道路测试设施。自动驾驶场景布局见图 2。

3.2 智能网联场景

根据江心洲实际道路条件，同时参考《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

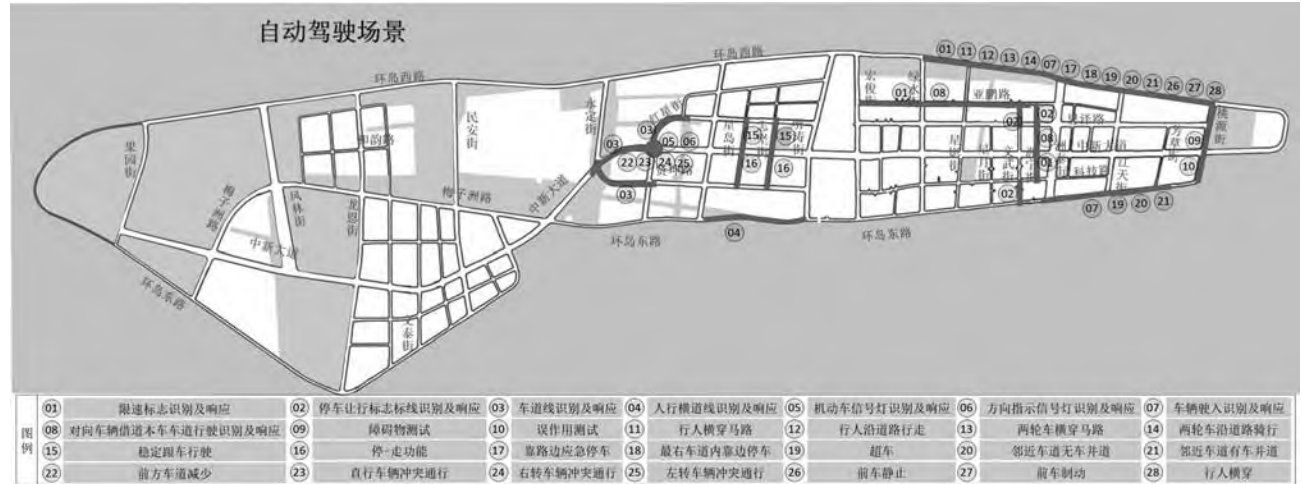


图2 自动驾驶场景布局

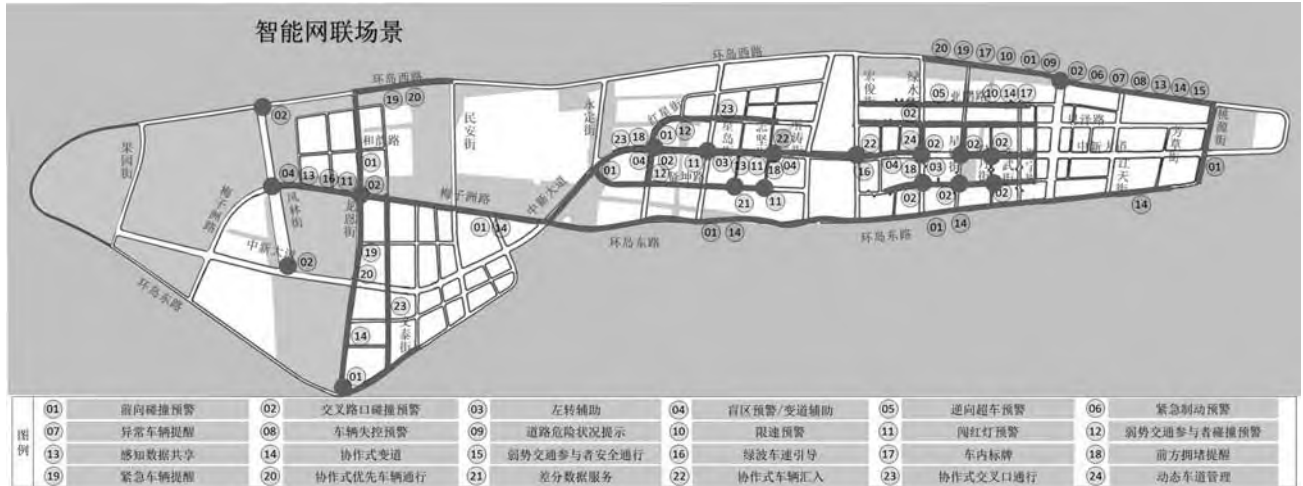


图3 智能网联场景布局

准》中对智能网联测试场景的相关要求，在岛上规划选取24项智能网联功能测试场景^[5-6]。

由于路口布设设备方案不同，各路口能够实现的测试场景也有所不同。图3中仅展示重点路段路口能够实现的场景。

智能网联汽车搭载了先进的车载传感器、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（人、车、路、云端等）的智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能。因此，在智能网联道路测试中，路侧、车端和云端需要进行数据交互。

路侧设备需要回传的数据应根据不同场景和平台需求进行调整，主要交互信息类型有交通参与者信息、车辆事件预警信息、交通事件/标志信息RSI、信号灯消息SPAT、设备状态信息等。

车端应具备车辆状态记录、存储及在线监控功能，能实时回传下列第1~4项信息，并自动记录和存储下列各项信息在车辆事故或失效状况发生前至少90 s的数据，数据存储时间不少于1年：^[7]

- 1) 车辆标识（车架号或临时行驶车号牌信息等）；
- 2) 车辆控制模式；
- 3) 车辆位置；
- 4) 车辆速度、加速度、行驶方向等运动状态；
- 5) 环境感知与响应状态；
- 6) 车辆灯光、信号实时状态；
- 7) 车辆外部360°视频监控情况；
- 8) 反映驾驶人和人机交互状态的车内视频及语音监控情况；
- 9) 车辆接收的远程控制指令（如有）；
- 10) 车辆故障情况（如有）。

以上数据按照《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》执行，并按照江心洲云控管理平台设计上传相关数据。

3.3 本地特色场景

除了自动驾驶和智能网联测试场景，根据江心洲特有的道路条件和智能网联行业相关企业的测试需求，规划选取24项本地特色测试场景，详见表2。此外，场景实现需要设备厂家进行开发调试。

表2 本地特色测试场景^[1, 3]

测试场景	测试内容
异形路口识别预警	车辆通过异形路口，视觉识别难度大，通过路侧设备辅助识别并做出碰撞预警
能见度预警	通过加装气象传感器，对由于路面烟火、团雾、雨雪等影响能见度的情况预警
道路坑洼颠簸信息采集	车辆通过道路坑洼、颠簸、破损路段，由OBU传输信息至RSU，也可以直接反馈给云控平台，实现道路巡检养护

表2（续）

测试场景	测试内容
前方静止/慢速车辆告警	道路两侧有大量违停车辆，在智能网联车辆行驶路线上会出现突然起步车辆，车辆存在视觉盲区，需要借助路侧设备做碰撞预警
合流区碰撞预警	车辆通过合流区，如果路侧设备检测到有匝道汇入车辆，应对立交上智能网联车辆做出碰撞预警
分流区碰撞预警	车辆通过分流区，如果路侧设备检测到匝道有临时变道车辆汇入，应对正常行驶智能网联车辆做出碰撞预警
桥梁进出岛提醒	对由江心洲西侧通过江心洲大桥、由东侧通过夹江大桥进出岛车辆进行语音提醒“您已驶入/出江心洲智能网联先导区”
隧道进出岛提醒	对由江心洲西侧通过南京长江隧道、由东侧通过夹江隧道进出岛车辆进行语音提醒“您已驶入/出江心洲智能网联先导区”
后车严重超速预警	识别后方严重超速行驶车辆，并对智能网联车辆做预警
后方特殊车辆预警	识别后方警车、救护车、消防车等特殊车辆，并对智能网联车辆做预警
车辆追踪	利用路口布设相机对车牌识别，通过云控平台对岛上车辆进行追踪
信号减弱/丢失	车辆通过信号减弱或者丢失路段。通过调整rsu信号强度，模拟在隧道中信号减弱或丢失的情况下，智能网联车辆行驶状态
智能网联车辆突发故障	智能网联车辆突发自动驾驶故障，通过路侧设备协同感知
交通流及道路拥堵监测预警	统计不同方向的交通流，并通过云端监测判断车辆拥堵状态
行人/非机动车闯入预警（鬼探头）	对突然闯入行驶路线的行人/非机动车进行识别检测
不按道路规则行驶（车辆逆行）	基于倒车事件识别算法，对行驶路线上出现倒车行为等的异常行车事件进行检测判断
路面遗撒	基于车辆遗撒检测算法，监视频区域内出现的物体从车辆内遗撒至路面的事件
无灯控斑马线预警	在非灯控路口，设计弱势交通参与者预警，实现公交车辆礼让斑马线
公交站点提示（进出站预警）	在站点附近对其他智能网联车辆提示公交进出站
学校区域提醒	对中新大道-红星街两个方向、红星街-贤达路由北向南方向车辆提示“前方学校区域”
服务信息公告	中新大道-志坚街：显示去往新街口、新城大厦、南京南站等主要地点的时间预估信息 中新大道-宏骏街：显示去往江北新区、新城总部大厦等主要地点的时间预估信息
地铁站提醒	向非公交车辆提示前方地铁站
查报站提醒	提示前方查报站
侧向碰撞预警	从贤坤路-志坚街过来的车辆，因为是圆形灯控，可以直接右转，所以在中新大道-志坚街提示侧向碰撞

本地特色测试场景具有先进性和独特性，同时又是各城市智能网联汽车落地应用必要的测试验证探索，因此，根据现场调研成果和场景实现可行性，将各场景体现在图4位置中。



图 4 本地特色场景布局

4 建设成果

通过对南京江心洲部分路口进行智能网联化升级改造,搭建智能化基础设施体系,形成集 5G-V2X、边缘融合计算、高精度地图、高精度定位于一体的半开放式自动驾驶测试环境,成为面向智慧城市、智能交通和自动驾驶等应用领域的综合性测试示范区。在为行业企业提供测试验证环境的基础上,开展特定场景下的示范应用,包括精准公交、无人观光、无人安防、无人清扫、无人售卖、无人物流、无人接驳和 Robotaxi 多个场景测试方案,帮助企业和整车厂快速集成车路协同整体方案,实现应用场景测试和能力验证。

智能网联测试示范区的建设,一方面可以推动当地基础设施建设,为新兴智能网联测试研发企业提供现代化的测试场地、先进的试验设备、良好的试验环境,从而吸引更多的企业来岛上做测试。另一方面,这些企业可以定期为高校学生提供实习机会,实现校方参与研发设计,加强企业与高校及科研院所的合作,推进产学研协同合作。

这种产学研协同合作不仅能够实现高校科研机构技术的快速孵化与转移,使产业部门获得更多研发支持,而且能够通过三方彼此的优势互补、资源整合共同完成一系列创新项目,最终促进区域创新绩效的不断提升。此外,还可以在岛上增设智能网联汽车、自动驾驶技术相关的展馆和体验活动,向人们展示无人驾驶汽车、传感器技术、汽车导航技术、测试解决方案和人工智能技术等,起到科普宣传的作用,吸引全市乃至全省各年龄段人群体验无人驾驶技术,促进资源整合和转化、技术创新、人才培养、企业发展和地方经济、文化建设。

5 结束语

通过智能网联汽车应用场景的设计和搭建,聚焦

智能网联汽车 C-V2X、车路协同、计算平台、操作系统等行业共性和关键技术,充分发挥带动和示范作用,推动全球资源的整合,组织联合攻关、协同研发,打造源头创新能力,培育新技术、新产品、新业态。统筹汽车产业发展要素,打破产业链发展壁垒,加快跨产业资源间的协同发展,全面构建核心技术自主可控、产业链安全高效、产业生态循环畅通的现代产业体系,推动汽车产业转型升级。通过以智能网联汽车为核心,融合交通、通信、能源等专业力量,构成智能网联未来出行体系,打造融合各类智能交通工具及城市智能基础设施信息于一体的数据平台,实现出行工具与城市基础设施的高效协同运行,形成全新出行生态系统。

参考文献:

[1] 中国智能网联汽车产业创新联盟. 智能网联汽车产品测试评价白皮书[R/OL]. (2020-10-28)[2022-01-12]. <http://www.caicv.org.cn/material?cid=38>

[2] 中国联合网络通信集团有限公司. 5G+MEC+V2X 车联网解决方案白皮书[R/OL]. (2021-03-18)[2022-01-12]. [http://max. book118. com/html/2021/0323/5334334121003202.shtm](http://max.book118.com/html/2021/0323/5334334121003202.shtm)

[3] 中国智能网联汽车产业创新联盟. C-V2X 产业化路径及时间表研究[R/OL]. (2019-10-29)[2022-01-12]. <http://www.caicv.org.cn/material?cid=38>

[4] 中国智能网联汽车产业创新联盟, 全国汽标委智能网联汽车分技术委员会. 智能网联汽车自动驾驶功能测试规程(试行)[S/OL]. (2018-08-03)[2022-01-12]. <http://www.caicv.org.cn/index.php/search?keyword>

(下转第 13 页)

表4 2035年客运枢纽布局规划

类型	枢纽名称	所在岛屿	交通衔接方式
码头	长峙车客渡码头	长峙岛	水路、轨道、公交
	定海港民间客运码头	舟山本岛	水路、公交
	三江客运码头	舟山本岛	水路、公交
	半升洞客运码头	舟山本岛	水路、轨道、公交
	桃花茅草屋车客渡码头	桃花岛	水路、公交
	虾峙棚棚车客渡码头	虾峙岛	水路、公交
	登步车渡码头	登步岛	水路、公交
	岱山新城陆岛交通码头	岱山岛	水路、公交
	衢山客运中心(衢山客运码头、衢山汽车总站)	衢山岛	水路、公交(兼顾长途客运功能)
	岱山长涂车客渡码头	大小长涂岛	水路、公交
	枸杞交通码头	枸杞岛	水路、公交
	嵎山交通码头	嵎山岛	水路、公交
公交场站	新城公交总站(舟山市客运中心站(新城))	舟山本岛	轨道、公交
	定海公交总站(舟山市客运西站(定海))	舟山本岛	轨道、公交
	普陀公交总站(舟山市客运东站(普陀))	舟山本岛	轨道、公交
	长白客运站	长白岛	水路(逐步转型)、公交
	岱山公交总站	岱山岛	公交
	秀山兰山客运站	秀山岛	水路(逐步转型)、公交
通用机场	泗礁岛通用机场	泗礁岛	水路、公交、通用航空
	枸杞通用机场	枸杞岛	公交、通用航空
	衢山通用机场	衢山岛	公交、通用航空
	岱山通用机场	岱山岛	公交、通用航空
	东极通用机场	庙子湖岛	水路、通用航空
	桃花通用机场	桃花岛	公交、通用航空

3 结束语

舟山是我国构建创新型、示范性海洋经济示范区的战略区位，为构建高水平交通强市，需构建门户功能显著、具备鲜明海岛特色的综合交通枢纽体系。希望本文的论述可为舟山综合交通枢纽体系规划设计提供一定的参考。

参考文献：

- [1] 张明子, 冯西培. 综合交通枢纽中城市轨道交通的模式演变与规划布局研究[J]. 都市快轨交通, 2021, 34(5): 50-59.
- [2] 李强. 西安站改扩建综合交通枢纽规划研究[J]. 铁路运输与经济, 2020, 42(9): 7-13.
- [3] 张海涛, 李兆平, 冯超, 等. 京张高铁清河站地下交通枢纽分体建造工法研究[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(12): 2163-2170.
- [4] 赵腾飞, 李翔宇, 马英, 等. 基于乘客出行全过程的地下综合交通枢纽空间环境热舒适性提升策略研究[J]. 建筑技术, 2022, 53(5): 556-561.
- [5] 高海鹏. 以功能为导向的城市轨道交通平行换乘车站设计研究——评《当代城市轨道交通枢纽开发与空间规划设计》[J]. 现代雷达, 2021, 43(8): 112.

(上接第10页)

- [5] 中国汽车工程学会. 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(第一阶段): T/CSAE53-2020[S/OL]. (2020-12-31)[2022-01-12]. <http://csae.sae-china.org/portal/standardSearch>
- [6] 中国汽车工程学会. 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(第二阶段): T/

CSAE157-2020[S/OL]. (2020-11-26) [2022-01-12]. <http://csae.sae-china.org/portal/standardSearch>

- [7] 工业和信息化部, 公安部, 交通运输部. 智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)[S/OL]. (2021-07-21)[2022-01-12]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-08/03/content_5629199.htm