

# 车路协同系统装调与测试核心课程标准

专业名称：	智能网联汽车技术
专业代码：	460704
学 制：	三年制高职
适用年级：	2025 级
制订时间：	2024 年 12 月

岳阳现代服务职业学院

## 《车路协同系统装调与测试》

# 课 程 标 准

制定人：肖高尚

智能工程学院

二〇二四年十二月

## 目 录

### 一、课程基本信息

### 二、课程性质与任务

#### （一）课程性质

#### （二）课程任务

#### （三）学情分析

### 三、课程目标与要求

#### （一）课程目标

#### （二）课程要求

### 四、课程结构与内容

#### （一）课程结构

#### （二）课程内容

### 五、课程实施与保障

#### （一）课程实施

#### （二）课程保障

### 六、课程考核与评价

### 七、课程进程与安排

## 一、课程基本信息

课程名称	车路协同系统装调与测试	课程代码	0525313
课程学时/学分	64/4	课程类型	专业核心必修课
适应专业	智能网联汽车技术	开设学期	第四学期
执笔人	肖高尚	制定日期	2024. 12
课程团队成员	黄振华、秦丽、肖高尚、伏弘毅、龚欣		
课程审核	教研室主任：秦丽		
	专业带头人：黄振华		
	二级学院（部）负责人：李锋		
	教务处负责人：李景福		

## 二、课程性质与任务

### （一）课程性质

《车路协同系统装调与测试》是智能网联汽车技术专业的一门专业核心课程，以培养学生动手实践能力为主，为学生今后从事智能交通、自动驾驶、汽车电子等相关行业打下重要基础。

先导课程：《汽车机械基础》《汽车机械制图》《汽车电工电子技术》《单片机技术应用》《C 语言程序设计》《汽车网络通信基础》《智能网联汽车概论》《汽车构造》《智能传感器装调与测试》《底盘线控系统装调与测试》

平行课程：《计算平台部署与测试》《智能座舱系统装调与测试》《智能网联整车综合测试》《汽车电气及电控系统检修》

后续课程：《汽车性能与使用技术》《新能源汽车概论》

### （二）课程任务

通过本课程的学习和训练，使学生能够熟练安装和调试车路协同系统（V2X）设备，掌握系统测试与故障排查方法，并深入理解车路协同技术在智能交通系统中的关键作用。课程着重于增强学生的实操技能和职业素养，培育其认真负责、严谨细致的工作态度，激发其敏锐的思维和创新精神，以及树立牢固的安全意识，为学生将来在智能网联汽车、智慧交通、车联网通信、自动驾驶系统集成等领域的岗位工作打下坚实的基础。

### （三）学情分析

本课程的授课对象是智能网联汽车技术专业的大二学生，在前期的学习中已经打下了一定的基础，他们对新技术充满好奇心，乐于通过实践来提升自己的技能。在教学过程中，教师应充分利用学生的这些特点，设计以学生为中心的教学活动，如小组讨论、实验室实践、案例分析等，以提高学生的参与度和学习效果。同时，教师需要不断更新教学内容，引入行业最新的技术和案例，以激发学生的学习兴趣，并为他们提供与未来职场相关的知识和技能。此外，教师还应鼓励学生发展自主学习能力，引导他们利用网络资源进行拓展学习，为终身学习打下基础。

## 三、课程目标与要求

### （一）总体目标

本课程为智能网联汽车技术专业培养高素质技术技能人才目标的实现，致力于培养学生的职业道德和创新意识，以及精益求精的工匠精神，使学生掌握车路协同系统的架构、组成、工作原理及关键技术（如 V2X 通信、环境感知、数据融合等），具备系统的安装、调试、测试、故障诊断与优化能力。通过理论学习和实践训练，学生能够胜任智能网联汽车及智慧交通领域的系统集成、运维管理、测试验证等工作，成为具备扎实专业技能和良好职业素养的高素质技术人才，为智能网联汽车产业的创新发展贡献力量。

### （二）具体目标

#### 1. 素质目标：

- （1）培养学生独立分析问题和探索问题的能力，勇于创新、敬业乐业的工作作风；
- （2）培养学生实事求是的学风和创新精神；
- （3）培养学生良好的团队协作精神；
- （4）培养学生的工匠精神以及学以致用、服务社会的意识；
- （5）树立学生勤于思考、做事严谨的良好作风和良好的职业道德。

#### 2. 知识目标：

- （1）掌握车联网和 C-V2X 技术；

- (2) 掌握车载单元 (OBU) 的测试装调方法;
- (3) 掌握路侧单元 (RSU) 的测试装调方法;
- (4) 掌握边缘计算单元 (MEC) 的测试装调方法;
- (5) 掌握路侧感知传感器测试装调方法;
- (6) 掌握车路协同典型任务作业及场景搭建。

### 3. 能力目标:

- (1) 能进行车载单元 (OBU) 的装调与测试;
- (2) 能进行路侧单元 (RSU) 的装调与测试;
- (3) 能进行边缘计算单元 (MEC) 装调与测试;
- (4) 能进行路侧感知传感器的装调与测试;
- (5) 能进行车路协同作业测试场景的搭建。

## **(三) 课程要求**

### 1. 坚持立德树人

《车路协同系统装调与测试》课程教学要落实立德树人根本任务,充分挖掘本课程思政元素,将社会主义核心价值观融入教学全过程,使学生在思考、辨析、解决问题的过程中,能站稳立场、明辨是非、行为自律、知晓责任。

### 2. 提升专业技能

在教学设计时,基于整车及智能系统装配、调试和质量检验等岗位的工作流程和典型工作任务,引入企业真实案例和项目,并融入岗赛证内容与要求;在课堂教学中,采用理论与实践相结合的教学方式,让学生在学中做、做中学,提升学生专业技能和综合应用能力。

### 3. 培养创新意识

在教学过程中,根据学生的学习基础,创设适合学生的教学环境与活动,引导学生开展自主学习、协作学习、探究学习,并进行分享和合作,同时,引导学生学会根据自身需要,自主选择学习平台,创设学习环境,形成自主学习的能力和习惯。

## **四、课程结构与内容**

### (一) 课程结构

《车路协同系统装调与测试》是一门实践性较强的专业核心课程，根据智能网联汽车装配、调试和维修岗位工作内容、高职教育人才培养目标和本专业人才培养方案，融入“1+X”智能网联汽车测试装调职业技能等级证书、“1+X”智能网联汽车检测与运维技能等级证书和“全国职业院校技能大赛”智能网联汽车技术项目技能竞赛内容与要求，遵循“理论以‘必须、够用’为度，实践以‘强能、致用’为本”的原则，按照从简单到复杂、从单项到综合的思路，序化课程内容，精心设计“车路协同系统认知”“车载终端装调与测试”“路侧设备装调与测试”“云控平台搭建与测试”“V2X典型应用场景剖析与测试”五个模块，针对每个模块，分成了自动驾驶技术对比、系统架构解析、车载终端技术基础等11个项目，按实际操作步骤和内容设置了32个任务。在教学实施过程中，突出实践教学、重视学生动手操作能力的培养，实现教学与工作岗位、工作内容的有效对接。

表1 课程结构一览表

序号	模块名称	项目名称	任务	学时 (理论/实训)
1	模块一： 车路协同系统认知	项目一：自动驾驶技术对比	任务1：单车智能自动驾驶发展问题分析	8 (4/4)
		项目二：系统架构解析	任务2：车路协同自动驾驶定义和内涵分析	
			任务3：车路协同系统架构和关键技术认知	
			任务4：车路协同自动驾驶发展和架构演进认知	
2	模块二： 车载终端装调与测试	项目一：车载终端技术基础	任务1：V2X技术框架和发展认知	12 (6/6)
			任务2：高精度定位技术剖析	
		项目二：车载终端装调与测试	任务3：车载单元(OBU)认知和功能参数分析	
			任务4：车载单元(OBU)装调与测试	
			任务5：V2X基本消息BSM剖析与测试	
			任务6：车载单元(OBU)远程直连通信测试	
3	模块三： 路侧设备装调与测试	项目一：路侧感知设备部署	任务1：路侧感知技术剖析	24 (12/12)
			任务2：路侧摄像头装调与测试	
			任务3：路侧毫米波雷达装调与测试	
			任务4：路侧激光雷达装调与测试	
		项目二：路侧计	任务5：路侧计算单元调试	

		算与通信	任务 6：路侧单元（RSU）认知和功能参数分析	
		项目三：V2X 消息处理	任务 7：路侧单元（RSU）装调与测试	
			任务 8：V2X 路侧安全消息 RSM 剖析	
			任务 9：V2X 地图消息 MAP 剖析与制作	
			任务 10：路侧智能交通信号灯配时	
			任务 11：V2X 信号灯消息 SPAT 剖析	
			任务 12：V2X 路侧消息 RSI 剖析与制作	
4	模块四：云控平台搭建与测试	项目一：云控平台搭建	任务 1：云控平台技术剖析	10 (5/5)
			任务 2：云控平台搭建准备	
			任务 3：云控平台功能区搭建	
		项目二：云控平台测试	任务 4：云控平台功能测试	
			任务 5：云控平台远程驾驶测试	
5	模块五：V2X 典型应用场景剖析与测试	项目一：V2X 典型应用场景剖析	任务 1：V2X 典型应用场景认知	10 (5/5)
		项目二：V2X 典型应用场景测试	任务 2：前向碰撞预警（FCW）	
			任务 3：绿波车速引导（GLOSA）	
			任务 4：弱势交通参与者（VRU）保护	
			任务 5：1+X 证书考核场景复现	
合计				64 (32/32)

## (二) 课程内容

本课程总课时 64 节, 课程具体教学内容和实训项目见表 2。

表 2 课程教学内容一览表

序号	模块名称	项目名称	任务	教学目标	教学内容	实训项目	课时
1	模块一: 车路协同系统认	项目一: 自动驾驶技术对比	任务 1: 单车智能自动驾驶发展问题分析	1、掌握 SAE J3016 自动驾驶分级标准 (L0-L5); 2、理解单车智能在复杂场景中的技术瓶颈。	1、自动驾驶技术对比; 2、典型失效案例: 暴雨中的毫米波雷达误检。	检测车载传感器的车辆感知范围	2
		项目二: 系统架构解析	任务 2: 车路协同自动驾驶定义和内涵分析	1、理解“车-路-云”协同控制架构; 2、掌握 V2X 通信的五大应用场景分类。	1、中国《智能网联汽车技术路线图 2.0》核心指标; 2、美国 DSRC 与我国 C-V2X 的技术参数对比。	配置 V2I 通信协议	2
			任务 3: 车	1、掌握路侧设备的功能	1、汽车硬件架构解析;	拆解 RSU	2



2			路协同系统架构和关键技术认知	模块； 2、理解高精度定位与时间同步技术。	2、北斗三代+IMU 组合定位原理。	设备	
			任务 4: 车路协同自动驾驶发展和架构演进认知	1、了解车路协同技术代际演进（4G→5G→6G）； 2、掌握“上帝视角”对自动驾驶的增益原理。	1、百度 Apollo 车路协同开源架构； 2、5G 网络切片在低时延场景的应用。	测试 4G/5G 网络下的端到端通信时延	2
	模块二：车载终端装调与测试	项目一：车载终端技术基础	任务 1：V2X 技术框架和发展认知	1、掌握 V2X 协议栈分层结构（物理层/网络层/消息层）； 2、理解中国 C-V2X“四跨”测试技术路线。	1、DSRC（IEEE 802.11p）与 C-V2X（3GPP R14）对比； 2、BSM/SPAT/MAP 消息交互流程图解。	使用 CANoe 软件抓取 OBU 发出的 BSM 消息	2
			任务 2: 高精度定位技术剖析	1、理解 RTK 定位原理及误差补偿方法； 2、掌握多源传感器时空对齐技术。	1、北斗三代系统服务性能指标（水平 1cm+1ppm）； 2、松耦合 VS 紧耦合融合架构对比。	模拟 GNSS 信号遮挡下的 IMU 补偿效果	2
		项目二：车载终端装调与测试	任务 3: 车载单元（OBU）认知和功能参数分析	1、掌握 OBU 硬件组成（GNSS/DSRC/CAN/电源模块）； 2、理解通信协议栈配置参数。	1、OBU 接口定义手册解读； 2、发射功率（23dBm）与通信距离关系。	实物拆解 OBU 设备	2
			任务 4: 车载单元（OBU）装调与测试	1、掌握 OBU 机械安装规范（振动/防水/EMC）； 2、理解车载网络拓扑连接逻辑。	1、GB/T 28046-2011 车载设备环境适应性标准； 2、CAN 总线线束制作工艺要求。	实车安装 OBU	2
			任务 5：V2X 基本消息 BSM 剖析与测试	1、掌握 BSM 消息字段定义（SAE J2735 标准）； 2、理解消息生成与校验机制。	1、BSM 核心字段：车辆 ID/位置/速度/航向角； 2、CRC 校验算法与消息优先级设置。	使用 CANoe CAPL 脚本自定义生成 BSM 消息	2
			任务 6: 车载单元（OBU）远程直连通信测试	1、掌握 PC5 接口直连通信配置流程； 2、理解通信距离与信号衰减关系。	1、3GPP R14 PC5 接口协议栈解析； 2、自由空间路径损耗公式计算。	测试 OBU 与 RSU 通信	2
3	模块三：路	项目一：	任务 1: 路侧感知技	1、掌握摄像头/毫米波雷达/激光雷达的性能参数	1、AI 摄像头识别率指标；	使用标定板对摄像头与	2

	侧 设 备 装 调 与 测试	路 侧 感 知 设 备 部署	术剖析	对比； 2、理解多传感器时空标定原理。	2、激光雷达点云密度。	激光雷达进行联合标定	
			任务 2: 路侧摄像头装调与测试	1、掌握摄像机视场角计算方法（焦距/传感器尺寸）； 2、理解视频流编码与传输协议。	1、镜头焦距公式： $f=w \times D/W$ ； 2、ONVIF 协议与 RTSP 流媒体配置。	路侧摄像头装调与测试	2
			任务 3: 路侧毫米波雷达装调与测试	1、掌握 FMCW 雷达测距/测速原理； 2、理解雷达安装高度与探测盲区关系。	1、大陆 ARS430 雷达参数（最大探测距离 300m）； 2、安装高度公式： $h \geq 0.2 \times \text{探测距离}$ 。	路侧毫米波雷达装调与测试	2
			任务 4: 路侧激光雷达装调与测试	1、掌握 TOF 激光雷达工作原理； 2、理解点云聚类算法流程。	1、禾赛 AT128 垂直视场角（ $25^\circ$ ）； 2、点云反射强度与物体材质关系。	路侧激光雷达装调与测试	2
		项 目 二： 路 侧 计 算 与 通 信	任务 5: 路侧计算单元调试	1、掌握边缘计算节点硬件配置要求； 2、理解 Docker 容器化部署流程。	1、安装 Ubuntu 20.04 系统； 2、通过 Docker 部署目标检测算法。	路侧计算单元调试	2
			任务 6: 路侧单元（RSU）认知和功能参数分析	1、掌握 RSU 硬件组成（主控/通信/定位模块）； 2、理解射频参数配置逻辑。	1、RSU 接口定义（SMA/GPIO）； 2、发射功率（23dBm）与通信距离关系。	RSU 拆解与测量	2
		项 目 三： V2X 消 息 处 理	任务 7: 路侧单元（RSU）装调与测试	1、掌握 RSU 安装规范（水平度/防雷等级）； 2、理解 PTP 精密时间同步协议。	1、GB/T 31024.3-2019 路侧设备安装标准； 2、时钟同步精度要求（ $\mu s$ 级）。	RSU 实地安装	2
			任务 8: V2X 路侧安全消息 RSM 剖析	1、掌握 RSM 消息结构（SAE J2735 标准）； 2、理解异常交通参与者检测逻辑。	1、RSM 核心字段：事件类型/位置/置信度； 2、目标轨迹预测算法（卡尔曼滤波）。	通过 RSU 发送模拟 RSM 消息	2
			任务 9: V2X 地图消息 MAP 剖析与制作	1、掌握 MAP 消息数据要素（车道/信号灯/标线）； 2、理解高精地图矢量化编码规则。	1、OpenDRIVE 格式车道线定义； 2、车道拓扑连接关系描述。	使用 QGIS 软件绘制交叉路口矢量地图	2
			任务 10: 路侧智能	1、掌握信号灯相位配时优化方法；	1、Webster 配时模型（最小延误公式）；	使用 SUMO 仿真软件搭	2

			交通信号灯配时	2、理解车辆排队长度检测算法。	2、视频检测器精度要求（ $\pm 0.1s$ ）。	建交叉路口模型	
			任务 11：V2X 信号灯消息 SPAT 剖析	1、掌握 SPAT 消息数据结构； 2、理解相位切换时间同步机制。	1、信号灯状态编码（红灯=0x01）； 2、倒计时精度要求（ $\pm 1s$ ）。	配置信号机发送 SPAT	2
			任务 12：V2X 路侧消息 RSI 剖析与制作	1、掌握 RSI 消息应用场景（施工/事故预警）； 2、理解地理围栏触发机制。	1、事件类型编码规则（施工=0x10）； 2、WGS84 坐标系转换方法。	制作并发送 RSI 消息	2
4	模块四：云控平台搭建与测试	项目一：云控平台搭建	任务 1：云控平台技术剖析	1、掌握云控平台"边缘-中心"两级架构； 2、理解数据安全传输机制。	1、云控平台功能模块（数据中台/业务中台）； 2、MQTT 协议与 TLS 加密配置流程。	使用 MQTT.fx 工具建立与云平台的加密连接	2
			任务 2：云控平台搭建准备	1、掌握服务器硬件选型原则（CPU/GPU/存储）； 2、理解网络拓扑设计要点。	1、边缘节点配置要求（Intel Xeon 8 核/32GB RAM）； 2、网络带宽计算（单个 RSU 需 $\geq 10Mbps$ ）。	在 VMware 中部署虚拟服务器	2
			任务 3：云控平台功能区搭建	1、掌握微服务模块划分原则； 2、理解容器化部署流程。	1、Docker 容器与虚拟机性能对比； 2、Kubernetes 集群管理基础命令。	基于 Docker 部署数据接收服务	2
			任务 4：云控平台功能测试	1、掌握交通事件下发逻辑； 2、理解平台性能评估指标。	1、事件下发优先级规则（紧急事件>常规事件）； 2、端到端时延测试方法（发包-接收时间戳比对）。	使用 Wireshark 抓包验证 OBU 接收时延	2
			任务 5：云控平台远程驾驶测试	1、掌握远程驾驶系统架构（5G+边缘计算）； 2、理解控制指令校验机制。	1、5G 网络切片配置参数（URLLC 模式）； 2、控制指令安全校验（CRC32+数字签名）。	模拟远程控制	2
5	模块五：V2X 典型应用场景剖析与测试	项目一：V2X 典型应用场景剖析	任务 1：V2X 典型应用场景认知	1、掌握 17 种 V2X 应用场景分类（安全/效率/信息服务）； 2、理解场景触发条件与执行逻辑。	1、中国《合作式智能运输系统应用层标准》（YD/T 3709-2020）； 2、前向碰撞预警（FCW）场景参数阈值（ $TTC \leq 2.5s$ ）。	使用 PreScan 搭建典型场景	2
		项目	任务 2：前	1、掌握 FCW 场景算法	1、时间碰撞模型公式：	实车测试	2

试	二： V2X 典型 应用 场 景 测试	向碰撞预 警（FCW）	逻辑（TTC 计算模型）； 2、理解多源数据融合验 证方法。	TTC= Δ d/ Δ v； 2、毫米波雷达与摄像 头数据融合权重分配。		
		任务 3：绿 波车速引 导 （GLOSA ）	1、掌握 GLOSA 算法核 心参数（信号周期/相位 差）； 2、理解车路协同节能原 理。	1、韦伯斯特配时模型 优化公式； 2、推荐车速计算：Vrec = D/(Tremain - Tbuffer)。	1、构建连续 三个信号灯 路口； 2、验证不同 车速下的通 过率（目标： >70%）。	2
		任务 4：弱 势交通参 与 者 （VRU） 保护	1、掌握 VRU 检测技术 （毫米波雷达点云聚 类）； 2、理解行人轨迹预测算 法。	1、欧洲 CAPITAL 项目 保护标准（预警提前量 ≥2s）； 2、卡尔曼滤波在轨迹 预测中的应用。	路侧设备联 动测试	2
		任 务 5： 1+X 证书 考核场景 复现	1、掌握 1+X 证书考核评 分要点； 2、理解故障注入测试方 法。	1、智能网联汽车测试 装调中级证书 K3 模块 要求； 2、典型故障案例：RSU 时钟不同步（偏差 > 1ms）。	证书考核模 拟	2
合计						64

## 五、课程实施与保障

### （一）课程实施

#### 1. 课程理念

坚持以学习者为中心，按照“以学定教、以学施教、以学评教”的理念，教师根据岗位工作流程、课程内容特点和学生学情情况，融入岗赛证要求，挖掘课程思政元素和文化元素，制定教学策略；突出学生主体地位和教师的主导作用，精心设计教学流程和教学活动，通过情境体验、课堂互动、作品呈现等环节，让学生动起来，让课堂活起来；因材施教，鼓励和帮助学生个性化、差异化发展，使学生学有所思、学有所得、学有所用。

#### 2. 教学策略

教学模式：理论实践一体化教学模式

教学方法：采用集中讲授、分组实操、任务驱动等教学方法

教学手段：依托智慧职教、爱课程、超星、钉钉、腾讯云、MOOC 等教学平台和

微信学习群、QQ 学习群等，运用多媒体设备、动画、网络通信技术专业实训设备、模型、挂图等教学资源和设备进行教学，动态记录学生的学习情况，教师可随时与学生互动，及时了解学生的整体和个体目标达成情况，为调整教学策略和个别辅导提供依据。

### 3. 教学过程

课前导学：教师推送学习资源，发布学习任务；学生以小组为单位研讨，完成学习任务；教师线上交流与答疑，了解学生自主学习情况，修改教学策略。

课中研学：围绕教学目标和教学重难点，针对课前自学环节的困惑和疑点，根据专业/学科课程特点和学生学习心理特征，精心设计教学流程，引导学生做中学、学中做，在问题导向、合作探究、师生互动、作品展示中习得知识、培养能力、提升素养。

课后践学：围绕教学目标，引导学生在课外活动中参与课程实践，拓展知识视野，践行文化价值，培育专业能力。课程实践活动原则上体现开放性（如企业调研、社会调查等）和合作性（小组或团队合作）。

### 4. 课堂形态

适应“互联网+”信息化教学环境及学生学习特点，依托“智慧职教、爱课程、超星、钉钉、腾讯云”等智慧教育云平台 and 校内外实习实训基地，充分运用数字化课程资源、模拟仿真软件、教学仪器设备等教学资源和云计算、大数据、人工智能等现代教育技术，建设“云端课堂、实体课堂、仿真课堂、实境课堂”，使智慧教育覆盖教学的全过程，以学定教，打造高效课堂，促进学生个性化发展。

## （二）课程保障

### 1. 教学团队：

#### （1）课程负责人

具有本科及本科以上学历，中级及中级以上职称，具备 1 年以上或 5 年内有 6 个月以上的企业实践经历，从事教学工作 3 年以上，承担本课程教学工作 1 年以上，爱岗敬业、师德高尚，能够较好地把握国内外智能网联整车及智能系统装配、调试和检测等行业岗位发展，能广泛联系行业企业，了解行业企业对本专业人才的需求实际，紧密跟踪行业新技术、新工艺、新材料、新设备、新标准等，教学设计、专业研究能

力强，能够组织开展有关本课程的教科研活动。

（2）专任教师

具有高校教师资格和本专业领域有关证书；有理想信念、有道德情操、有扎实学识、有仁爱之心；具有电气工程、汽车工程、电子信息等相关专业本科及以上学历；具有扎实的本专业相关理论功底和实践能力；具有较强的信息化教学能力，能够开展课程教学改革和科学研究；每 5 年累计不少于 6 个月的企业实践经历，能够独立完成本课程的讲授。

（3）兼职企业导师

大部分专业核心课程教学和实训技能训练任务，由奇瑞公司一线工程师和技师任教。

（4）教学团队

本专业学生数与专业专任教师数比例要求不高于 25:1，双师素质教师占专业教师比例要求 70%，专任教师队伍考虑职称、年龄，形成合理的梯队结构。

2. 教学设施：

车路协同系统装调与测试实训室。为实现本课程的教学目标应具备的实训室及配套设施要求见表 3。

表 3 实训室及配套设备要求

序号	实训室（基地）名称	基本配置要求	功能说明
1	车路协同系统装调与测试实训室	电脑 55 台。	培养学生车载网络系统的调试、维护能力；培养学生车载网络系统的整体设计能力。
2	校外实训基地	数量 3~5 个，能满足车载网络技术课程的教学。	

3. 教学资源

（1）教材：从教育部和省教育厅指定的教材目录中选用近 3-4 年内出版的教材，优先使用国家规划教材、全国百强出版社教材、省级规划教材；鼓励校企合作开发活页式、工作手册式新型教材。

推荐教材：《智能网联汽车车路协同系统装调与测试》 作者：李东兵、王春波、刘云鹏 出版社：机械工业出版社 出版时间：2024 年 1 月 31 日

（2）教学参考资料：根据课程教学的实际需要，配置与本课程相关的专业参考

书，方便师生查询、借阅。主要参考书目如下：

《C-V2X 车路协同系统装调与测试》 作者：罗映、崔玉珍、刘天亮 出版社：北京邮电大学出版社 出版时间：2024 年 6 月

(3) 数字化教学资源:建设和配备与本课程有关的音视频素材、教学课件、数字化教学案例、虚拟仿真软件、数字教材等教学资源，形成种类丰富、形式多样、使用便捷、动态更新、满足教学的数字化教学资源库。主要学习网站如：

<http://www.icve.com.cn>

六、课程考核与评价

课程的考核评价采用过程性考核评价、终结性考核评价与增值性考核评价相结合的形式，过程性考核主要包括课前线上学习、课中出勤与课堂参与度以及课后作业任务完成度等；终结性考核包括期末理论考试、专业技能考核或作品考核；增值性考核指学生在学完规定的学习任务后，获得的荣誉，竞赛获得的奖项，开发的产品、项目、专利，发表的论文等成果，可以转化成学分，替换相关课程或环节部分学分。

表 3 课程考核评价形式一览表

考核评价形式		考核内容	比例%
过程性考核与评价	课前：线上讨论、课前测试、作品提交等	到课考勤、学习态度、安全意识、合作精神、敬业精神、团队意识、课堂参与、实训操作、知识掌握等	10
	课中：课堂提问、现场操作、小组考核、小测验等		30
	课后：课后作业、课后实践、学习、作品提交等		10
终结性考核与评价	理论考试	理论知识、职业规范等	30
	技能考核/作品考核	专业技能、创新能力等	20

表 4 课程考核内容一览表

序号	模块名称	项目名称	任务	知识点	技能点	考核占比(%)
1	模块一：车路协同系统认	项目一：自动驾驶技术对比	任务 1：单车智能自动驾驶发展问题分析	1、SAE J3016 自动驾驶分级标准； 2、视觉/毫米波雷达的感知局限性。	1、能在仿真软件中识别感知盲区； 2、会对比不同天气条件下的传感器性能。	2
		项目	任务 2：车路	1、“车-路-云”三级协同架	1、能配置 V2X-Sim 基	3

2		二：系统架构解析	协同自动驾驶定义和内涵分析	构； 2、DSRC 与 C-V2X 的通信延迟对比。	础通信场景； 2、会解析 V2I 消息交互流程。	
			任务 3：车路协同系统架构和关键技术认知	1、RSU 硬件组成； 2、高精度时间同步； 3、边缘计算节点功能。	1、能识别 RSU 各功能模块； 2、会使用示波器测量 PTP 时钟同步偏差； 3、能配置边缘计算节点的 Docker 容器网络。	4
			任务 4：车路协同自动驾驶发展和架构演进认知	1、技术代际演进：4G（LTE-V）→5G（NR-V2X）→6G 愿景； 2、“上帝视角”增益原理：路侧感知覆盖盲区补偿； 3、开源架构案例：百度 Apollo 车路协同架构图解析。	1、能测试 4G/5G 网络下的端到端通信时延差异； 2、会使用 C-V2X 模组发送自定义 MAP 消息； 3、能在仿真平台复现多车协同感知场景。	3
	模块二：车载终端装调与测试	项目一：车载终端技术基础	任务 1：V2X 技术框架和发展认知	1、V2X 协议栈分层结构； 2、中国“四跨”测试技术路线。	1、能用 CANoe 抓取 BSM 消息； 2、会分析消息字段合规性。	2
			任务 2：高精度定位技术剖析	1、RTK 定位误差补偿原理； 2、松/紧耦合融合架构差异。	1、能操作 Ublox 配置软件； 2、会测试静态/动态定位精度。	3
		项目二：车载终端装调与测试	任务 3：车载单元（OBU）认知和功能参数分析	1、OBU 硬件架构：GNSS 天线接口/CAN 总线终端电阻/电源管理模块； 2、通信参数：发射功率（23dBm±2dB）、频段（5.855-5.925GHz）； 3、热设计标准：工作温度范围（-40℃~+85℃）。	1、能使用万用表测量 CAN 总线终端电阻（ $120\Omega \pm 5\%$ ）； 2、会通过频谱仪检测 OBU 发射频段合规性； 3、能拆解 OBU 并识别各功能模块。	3
			任务 4：车载单元（OBU）装调与测试	1、机械安装规范：振动（GB/T 28046）、防水（IP67）、EMC（ISO 11452）； 2、电气安全：线束颜色编码（电源红/CAN 黄/地线黑）； 3、网络拓扑：CAN 总线节点阻抗匹配原则。	1、能使用扭矩扳手安装 OBU 支架（8-10N·m）； 2、会制作防水型 CAN 总线接头； 3、能测试电源模块的瞬态响应（9-36V 输入）。	4
			任务 5：V2X	1、BSM 消息结构：Part I	1、能使用 CANoe	4



			基本消息 BSM 剖析与测试	（基础状态）/Part II（扩展事件）； 2、消息安全机制：PSID（0x20）和 CRC32 校验算法； 3、发送频率：常规 10Hz/紧急事件 100Hz。	CAPL 脚本自定义 BSM 消息； 2、会通过 CANoe 测量消息发送间隔（误差±10ms）； 3、能解析 BSM 中的车辆加速度。	
			任务 6：车载单元（OBU）远程直连通信测试	1、PC5 接口协议：3GPP R14 侧链路（Sidelink）资源分配； 2、通信性能指标：RSSI（>-85dBm）、PER(<1%)； 3、遮挡模型：自由空间损耗公式（ $32.4+20\log d+20\log f$ ）。	1、能配置 OBU 的 PC5 直连通信参数（RB 数量/调制方式）； 2、会使用路测仪测量不同距离下的 RSSI 值； 3、能分析多径干扰导致的通信丢包问题。	4
3	模块三：路侧设备装调与测试	项目一：路侧感知设备部署	任务 1：路侧感知技术剖析	1、三传感器性能参数对比； 2、时空标定坐标转换原理。	1、能计算传感器视场角重叠区域； 2、会使用标定板完成外参标定。	3
			任务 2：路侧摄像头装调与测试	1、镜头焦距计算公式； 2、ONVIF 协议通信流程。	1、能调整摄像头俯仰角； 2、会测试车牌识别准确率。	4
			任务 3：路侧毫米波雷达装调与测试	1、FMCW 原理； 2、安装规范：俯仰角、高度、盲区补偿； 3、性能参数：大陆 ARS430 探测距离（300m@RCS 10m <sup>2</sup> ）。	1、能使用水平仪调整雷达俯仰角（误差≤0.5°）； 2、会通过 ContiAnalyzer 软件验证目标跟踪连续性； 3、能测试雨雾天气下的雷达信噪比衰减。	4
			任务 4：路侧激光雷达装调与测试	1、TOF 原理； 2、标定参数：禾赛 AT128 垂直角分辨率（0.1°） 3、环境适应性：工作温度（-40℃~60℃）。	1、能使用标定板完成激光雷达外参标定； 2、会通过 RS-View 软件检测点云密度（≥100 点/m <sup>2</sup> ）； 3、能诊断点云缺失故障（镜面污染/电机异常）。	3
		项目二：路侧计算	任务 5：路侧计算单元调试	1、边缘计算架构：华为 Atlas 500 AI 加速（16TOPS）； 2、容器化部署：Docker	1、能通过 Kubernetes 部署多容器服务； 2、会测试目标检测算法精度（mAP≥0.8）；	3

项目三：V2X 消息处理	与通信		网络模式（host/bridge）； 3、实时性要求：感知→决策时延（ $\leq 100\text{ms}$ ）。	3、能诊断 GPU 利用率过高问题。	
	任务 6：路侧单元（RSU）认知和功能参数分析		1、硬件组成：主控/C-V2X 模组； 2、射频指标：发射功率（ $23\text{dBm} \pm 1\text{dB}$ ）、驻波比（ $\leq 1.5$ ）； 3、协议支持：SAE J2735/YD/T 3709。	1、能使用矢量网络分析仪测量天线驻波比； 2、会通过 Web 界面配置 RSU 通信参数； 3、能识别电源模块故障（输出电压异常）。	2
	任务 7：路侧单元（RSU）装调与测试		1、安装标准：GB/T 31024.3 防雷等级（ $\geq 20\text{kA}$ ）； 2、时间同步：PTPv2（IEEE 1588）时钟精度（ $\pm 1\mu\text{s}$ ）； 3、联调流程：信号机→RSU→云平台握手协议。	1、能使用扭矩扳手安装支架（ $10\text{N} \cdot \text{m} \pm 5\%$ ）； 2、会通过 Wireshark 抓包分析 PTP 同步报文； 3、能测试 SPAT 消息端到端时延（ $\leq 200\text{ms}$ ）。	4
	任务 8：V2X 路侧安全消息 RSM 剖析		1、消息结构：事件类型（0x01：行人/0x02：抛洒物）； 2、置信度算法：卡尔曼滤波预测轨迹概率； 3、触发条件：目标速度 $> 1\text{m/s}$ 且距离车道 $< 3\text{m}$ 。	1、能通过 RSU 模拟器发送自定义 RSM 消息； 2、会验证 OBU 预警触发距离（误差 $\leq 5\text{m}$ ）； 3、能诊断消息丢失问题（MQTT 主题配置错误）。	3
	任务 9：V2X 地图消息 MAP 剖析与制作		1、数据要素：车道线（类型/宽度/曲率）、信号灯（ID/相位）； 2、编码规则：OpenDRIVE→J2735 MAP 转换逻辑； 3、更新机制：差分更新（ $\Delta\text{MAP}$ ）触发条件。	1、能使用 QGIS 绘制符合 J2735 标准的车道拓扑； 2、会通过 Python 脚本生成 MAP 消息 JSON 文件； 3、能验证 MAP 消息的几何一致性（车道连接无断裂）。	3
	任务 10：路侧智能交通信号灯配时		1、配时模型：Webster 公式； 2、检测器集成：视频流量检测精度（ $\geq 95\%$ ）； 3、优先控制：紧急车辆绿灯延长（ $\geq 15\text{s}$ ）。	1、能在 SUMO 中优化信号周期（ $60\text{--}120\text{s}$ ）； 2、会配置信号机与 RSU 的 NTCIP 协议； 3、能测试公交优先场景的响应时间（ $\leq 3\text{s}$ ）。	3
	任务 11：V2X 信号灯消息 SPAT 剖析		1、消息字段：剩余时间（ $0.1\text{s}$ 精度）、状态（红灯=0x01）；	1、能解析 SPAT 消息中的相位时序图； 2、会通过 RSU 重发异	2

				2、时间同步：UTC 时间戳（ns 级精度）； 3、异常处理：信号机离线时的默认值填充。	常 SPAT 消息； 3、能测试 OBU 的 SPAT 解析容错能力。	
			任务 12: V2X 路侧消息 RSI 剖析与制作	1、应用场景：施工(0x10)、事故(0x11)、拥堵(0x12)； 2、地理围栏：WGS84 多边形顶点编码规则； 3、优先级设置：Level 1（立即弹窗）/ Level 2（后台记录）。	1、能使用高德 API 生成地理围栏坐标； 2、会配置 RSI 消息的多种触发条件； 3、能测试不同 OBU 厂商的 RSI 兼容性。	4
4	模块四：云控平台搭建与测试	项目一：云控平台搭建	任务 1：云控平台技术剖析	1、边缘-中心云架构分工； 2、MQTT TLS 加密机制。	1、能配置 CA 证书加密连接； 2、会创建 MQTT 主题订阅。	2
			任务 2：云控平台搭建准备	1、服务器硬件选型原则； 2、网络带宽计算方法。	1、能部署 Ubuntu Server 系统； 2、会配置双网卡隔离。	3
			任务 3：云控平台功能区搭建	1、微服务架构； 2、容器化部署。	1、能通过 Dockerfile 构建 Nginx+RTMP 流媒体镜像； 2、会配置 K8s 的 Deployment 滚动更新策略； 3、能诊断容器内存泄漏（docker stats 监控）。	4
			任务 4：云控平台功能测试	1、JSON 字段定义； 2、优先级规则（0-紧急/1-重要/2-常规）； 3、端到端时延（从事件生成到 OBU 接收≤200ms）； 4、并发处理能力（≥1000TPS）。	1、能使用 JMeter 模拟 1000 台 OBU 并发接入； 2、会通过 Wireshark 过滤 MQTT QoS1 报文； 3、能编写 Python 脚本自动化测试时延（精度±5ms）。	3
			任务 5：云控平台远程驾驶测试	1、5G 网络切片； 2、控制指令安全。	1、能配置 5G CPE 的 URLLC 切片连接； 2、会使用 CANoe 模拟紧急制动指令（CAN ID 0x0A1）； 3、能分析控制指令的端到端时延（传感器→云端→执行器）。	3
5	模块	项目	任务 1: V2X	1、17 类场景分类标准；	1、能在 PreScan 中加	2

五：V2X 典型应用场景剖析与测试	一：V2X 典型应用场景剖析	典型应用场景认知	2、FCW 场景触发阈值。	载标准场景； 2、会标注通信覆盖范围。	
	项目二：V2X 典型应用场景测试	任务 2：前向碰撞预警（FCW）	1、TTC 碰撞时间模型； 2、多传感器数据融合规则。	1、能设置急减速测试场景； 2、会测量预警触发距离。	3
		任务 3：绿波车速引导（GLOSA）	1、配时算法：Webster 公式优化信号周期； 2、节能原理：减少怠速油耗（怠速油耗≈2L/h）。	1、能在 SUMO 中构建连续3个信号灯路口场景； 2、会测试不同车速下的路口通过率（目标＞70%）； 3、能调整 SPAT 消息中的相位剩余时间字段。	4
		任务 4：弱势交通参与者（VRU）保护	1、检测技术：毫米波雷达点云聚类（DBSCAN 算法）； 2、预警逻辑：行人轨迹预测（卡尔曼滤波）。	1、能模拟行人 1.2m/s 横穿马路场景； 2、会测量从检测到 OBU 告警的端到端时延（标准≤150ms）； 3、能诊断摄像头低照度下的漏检问题。	4
		任务 5：1+X 证书考核场景复现	1、考核要点：中级证书 K3 模块（车路协同系统测试）； 2、故障注入：RSU 时钟不同步（偏差＞1ms）。	1、能配置异常 SPAT 消息（错误相位时间）； 2、会使用 Wireshark 定位时钟同步故障； 3、能在 10 分钟内完成故障修复并提交报告。	2
	合计				

七、课程进程与安排

表 5 课程进程安排一览表

序 号	教学内容	计划课时		授课地点	执行 周次
		理论	实践		
1	任务 1：单车智能自动驾驶发展问题分析	1	1	理实一体化教室	D1
2	任务 2：车路协同自动驾驶定义和内涵分析	1	1	理实一体化教室	D1
3	任务 3：车路协同系统架构和关键技术认知	1	1	理实一体化教室	D2
4	任务 4：车路协同自动驾驶发展和架构演进认 知	1	1	理实一体化教室	D2

5	任务 1: V2X 技术框架和发展认知	1	1	理实一体化教室	D3
6	任务 2: 高精度定位技术剖析	1	1	理实一体化教室	D3
7	任务 3: 车载单元 (OBU) 认知和功能参数分析	1	1	理实一体化教室	D4
8	任务 4: 车载单元 (OBU) 装调与测试	1	1	理实一体化教室	D4
9	任务 5: V2X 基本消息 BSM 剖析与测试	1	1	理实一体化教室	D5
10	任务 6: 车载单元 (OBU) 远程直连通信测试	1	1	理实一体化教室	D5
11	任务 1: 路侧感知技术剖析	1	1	理实一体化教室	D6
12	任务 2: 路侧摄像头装调与测试	1	1	理实一体化教室	D6
13	任务 3: 路侧毫米波雷达装调与测试	1	1	理实一体化教室	D7
14	任务 4: 路侧激光雷达装调与测试	1	1	理实一体化教室	D7
15	任务 5: 路侧计算单元调试	1	1	理实一体化教室	D8
16	任务 6: 路侧单元 (RSU) 认知和功能参数分析	1	1	理实一体化教室	D8
17	任务 7: 路侧单元 (RSU) 装调与测试	1	1	理实一体化教室	D9
18	任务 8: V2X 路侧安全消息 RSM 剖析	1	1	理实一体化教室	D9
19	任务 9: V2X 地图消息 MAP 剖析与制作	1	1	理实一体化教室	D10
20	任务 10: 路侧智能交通信号灯配时	1	1	理实一体化教室	D10
21	任务 11: V2X 信号灯消息 SPAT 剖析	1	1	理实一体化教室	D11
22	任务 12: V2X 路侧消息 RSI 剖析与制作	1	1	理实一体化教室	D11
23	任务 1: 云控平台技术剖析	1	1	理实一体化教室	D12
24	任务 2: 云控平台搭建准备	1	1	理实一体化教室	D12
25	任务 3: 云控平台功能区搭建	1	1	理实一体化教室	D13
26	任务 4: 云控平台功能测试	1	1	理实一体化教室	D13
27	任务 5: 云控平台远程驾驶测试	1	1	理实一体化教室	D14
28	任务 1: V2X 典型应用场景认知	1	1	理实一体化教室	D14
29	任务 2: 前向碰撞预警 (FCW)	1	1	理实一体化教室	D15
30	任务 3: 绿波车速引导 (GLOSA)	1	1	理实一体化教室	D15
21	任务 4: 弱势交通参与者 (VRU) 保护	1	1	理实一体化教室	D16
32	任务 5: 1+X 证书考核场景复现	1	1	理实一体化教室	D16
小计		32	32		
合计		64			