陕西职业技术学院
2026 年合同 [illegible] 号

购 置 合 同

陕西职业技术学院（甲方）与陕西聚博欣达项目管理有限公司（乙方）就甲方购置的产教融合实训基地项目—新能源汽车智联制造技术实践中心-智能网联汽车综合教学实训平台设备，经双方协商达成如下合同条款：

1. 合同内容

在甲方组织的关于产教融合实训基地项目—新能源汽车智联制造技术实践中心-智能网联汽车综合教学实训平台项目采购招投标活动中，经评标确定乙方为供货单位。乙方按本合同中确定的设备名称、型号与规格、产地、数量及配套内容进行供货，详细配置见《设备购置清单》；乙方按时将货物运送到甲方指定的地点，负责到货设备的安装与调试，达到正常使用状态；乙方负责为甲方培训操作、维护人员，质保期内负责指导设备的操作使用和保养维修，做好售后服务工作。甲方在乙方完成合同明确规定的责任和义务后，按合同要求支付给乙方相应的设备货款。

1.1 设备购置清单（币种：人民币）

序号	设备（平台）名称	产品名称	品牌、规格、型号	数量（台、套）	单价（万元）	合计（万元）	生产商	备注
1	智能网联汽车智能座舱仿真平台	智能网联汽车智能座舱仿真平台	易飒、EISA-ICV-A3	1	39.18	39.18	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		温控设备	奥克斯空调、KFR-120QW/BPR3QCS(B1)	1	1.2	1.2	奥克斯集团有限公司	/
		教学一体机	立帆、QG-SXLC09K-HXT	1	1.5	1.5	东莞市勤冠电子科技有限公司	/
2	智能网联汽车数字孪生底盘	线控底盘	云伽智享、ZXE-XDP-XKDP001	1	22.25	22.25	云伽智享（北京）科技有限公司	/
		车载网络技术实验箱	和绪、HX	4	6.5	26	北京和绪科技有限公司	/
		温控设备	奥克斯空调、KFR-120QW/BPR3QCS(B1)	1	1.2	1.2	奥克斯集团有限公司	/
		作业工位	定制	9	0.15	1.35	陕西聚博欣达项目管理有限公司	/

		教学一体机	立帆、QG-SXLC09K-HXT	1	1.5	1.5	东莞市勤冠电子科技有限公司	/
3	车路云一体化全场景无人车研发平台	车路云一体化全场景无人车研发平台	JY、ICV/V2X-SLP	1	19.96	19.96	济南简远科技有限公司	/
		温控设备	奥克斯空调、KFR-120QW/BPR3QCS(B1)	1	1.2	1.2	奥克斯集团有限公司	/
4	智能网联汽车感知技术研发平台	视觉传感器实训台	易飒、EISA-SS-YFPT	1	10	10	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		激光雷达实训台	易飒、EISA-SS-LiDAR-TS	1	11.34	11.34	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		毫米波实训平台	易飒、EISA-SS-MMWR-TS	1	15	15	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		超声波雷达实训平台	易飒、EISA-SS-UR-TSt	1	15	15	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		组合导航实训台	易飒、EISA-SS-NAV-ISc	1	15	15	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		多传感器融合实训台	易飒、EISA-SS-PE	1	14.85	14.85	易飒（广州）智能科技有限公司	/
		作业工位	定制	9	0.15	1.35	陕西聚博欣达项目管理有限公司	/
		温控设备	奥克斯空调、KFR-120QW/BPR3QCS(B1)	1	1.2	1.2	奥克斯集团有限公司	/
		教学一体机	立帆、QG-SXLC09K-HXT	1	1.5	1.5	东莞市勤冠电子科技有限公司	/
合计（元）				大写：贰佰万零伍仟捌佰元整				
				小写：2005800元				

1.2 合同总额是指设备到达陕西职业技术学院指定地点、完成验收后的价格，其中已包含货物费（含备品备件费）、包装费、运杂费（含搬运、装卸、保险费等）、工程费、材料费、全部税费、安装调试费、售后服务及培训费等相关费用。

其中，不含税金额 1985940.59 元，增值税税额19859.41 元，适用税率 1 %。

1.3 合同总额为一次性包死价格，不受市场价格的变化和影响，在合同不发生变更时作为付款结算的依据。

1.4 设备的技术参数要求

1.4.1 本合同条款下提交货物的技术规格要求应等于或优于招投标文件技术规格要求（设备的技术参数和指标详见附件）。若技术规格要求中无相应规定，则应符合相应的国家有关部门最新颁布的相应正式标准。

1.4.2 所有设备和参数与招标文件、投标文件保持一致，若关键参数不一致，以其中最优最高标准为执行标准。

1.4.3 乙方应向甲方提供有关标准的中文文本。

1.4.4 除非技术规范中另有规定，计量单位均采用中华人民共和国法定计量单位。

2.包装运输要求

设备的运输方式由乙方自行选择，在生产、运输、装卸过程中的任何安全问题与甲方无关。设备运输、装卸费用由乙方承担。乙方应做好设备的安全防护工作，保证甲方收到的是无任何损伤的货物。设备包装必须符合国家标准或行业标准，满足航空、铁路或公路运输以及货物装卸要求，乙方若因自身原因出现任何安全事故，责任均由乙方承担。同时，对于在此过程中由于乙方未尽义务，造成与甲方有关人或物的损伤，乙方应承担全部责任。

3.交货时间及交货地点

3.1 本项目为交钥匙工程，乙方须提供整套合格产品，严格按照安全规范完成设备用电、照明及网络综合布线施工，确保各类设备供电稳定、网络畅通，满足正常运行使用条件，切实做好安全防护相关工作。产品交货、安装地点均为甲方指定地点。

3.2 合同签订后 40 个日历日内，乙方负责将产品运输到指定地点，并按照验收标准和验收程序完成设备的安装、调试和验收工作。乙方保证运输过程中产品包装完好，在安装调试及验收时设备外观无划痕，设备质量完好。

4.产品质量保证

4.1 乙方提供的设备及配套产品，必须是合同规定厂家制造的合格、全新、未曾使用的产品，产品内部无损坏，外表无磨损，内部包装无破损。

4.2 乙方提供的设备及配套产品必须等同于或优于合同技术指标要求，并能按国家标准供应、检测、调试，确保产品技术指标满足合同约定及使用要求。

4.3 乙方须保证所提供的货物经正确安装、正常运转和保养，在其使用寿命期内须具有符合质量要求和产品说明书要求的性能。在产品质量保证期之内，乙方须对由于设计、工艺或材料的缺陷而发生的任何不足或故障负责，并免费予以改进或更换。

4.4 根据甲方按检验标准自行检验结果或委托有资质的相关质检机构的检验结果，发现货物的数量、质量、规格与合同不符，或者在质量保证期内，证实货物存在缺陷，包括潜在的缺陷或使用不符合要求的材料等，甲方应书面通知乙方。接到上述通知后，乙方应及时免费更换或修理缺陷货物。乙方在甲方发出质量异议通知后未作答复，甲方在通知书中所提出的要求应视为已被乙方接受。

4.5 乙方在收到通知后虽答复，但没有弥补缺陷，甲方可采取必要的补救措施，但由此引发的风险和费用将由乙方承担。甲方可从合同款或乙方提交的履约保证金中扣款，不足部分，甲方有权要求乙方赔偿。甲方根据合同规定对乙方行使的其他权利不受影响。

4.6 产品质量保证期自最终验收合格之日起计算，其中：硬件设备质保期为 五 年；软件系统质保期为 五 年。

质保期内，乙方应对所有硬件设备提供免费维修、免费更换故障零部件，含人工费、上门费、备件费及运输费；对所有软件系统提供免费维护、漏洞修复、版本升级及其他常规技术支持服务；因产品质量或乙方安装施工原因导致的任何故障，全部维修、更换及由此产生的运输、人工等费用均由乙方承担，甲方不就此支付任何费用。

质保期满后，乙方仍应继续提供软件系统终身免费维护，包括但不限于故障排除、数据修复、运行保障等；乙方负责硬件设备的终身维修；维护维修人工费及上门费，收费标准不得高于乙方同期向市场其他同类客户收取价格。确需更换零配件的，乙方应保证更换的零配件为原厂原装新品，仅按配件成本费收取，成本费以乙方向原厂采购的采购凭证价格为准，不另加管理费或服务费，并由乙方负责更换安装并调试至正常运行。

5.技术服务承诺

5.1 乙方应严格按照供货时间，及时给甲方供货。

5.2 乙方负责提供设备相应的技术资料，包括产品合格证、产品保修单、安装使用及维护说明书以及运输装箱清单等，并对所有技术材料的真实性、准确性、先进性、完整性负责。

5.3 人员培训：乙方免费为甲方培训设备使用人员，培训内容包括设备操作、维护、简单维修等（培训内容与标准、培训安排等要求详见后期实际培训计划）。

5.4 售后服务：质保期内，乙方对甲方提出的服务响应不得超过 2 小时，并在 4 小时内派人到现场排除故障或制定解决方案。若设备或软件故障在约定时间内无法修复，乙方应提供性能完好的备用设备或软件供甲方使用，备用设备或软件的规格配置及性能不得低于原设备或软件要求。乙方应配有专业维修工程师，并指派专人负责与甲方联系售后服务事宜，乙方售后服务及维修专线： 18691030428 。质保期内乙方应每季度上门巡检 1 次，并出具设备运行报告。若乙方未在规定时间内响应或维修，甲方有权自行委

托第三方维修，所产生的一切费用（包括但不限于维修费、运输费、替代设备租赁费等）均由乙方承担，甲方可直接从应付的任意一笔款项中抵扣，不足部分有权向乙方追偿。

5.5 具体服务详见乙方投标文件中乙方的承诺书。

6.验收方法及标准

6.1 开箱验收

6.1.1 产品运抵现场后，双方应及时开箱验收，并制作验收记录，以确认与本合同约定的数量、型号等是否一致。

6.1.2 乙方应在交货前对产品的质量、规格、数量等进行详细而全面的检验，并出具证明产品符合合同规定的文件。该文件将作为申请付款单据的一部分，但有关质量、规格、数量的检验不应视为最终检验。

6.1.3 乙方所供设备必须按我国现使用的标准制造，所购标准件和原材料均是国家名牌企业（或用户指定厂家）的合格产品，不会受到其它方提出的专利权、商标权或工业设计权等起诉。其余技术条件完全按照甲方要求。

6.1.4 开箱验收中如发现产品的数量、规格与合同约定不符，甲方有权拒收产品，乙方应及时按甲方要求免费对拒收产品采取更换或其他必要的补救措施，直至开箱验收合格。

6.2 检验验收

6.2.1 开箱验收合格后，乙方应及时组装、调试、试运行，按照合同条款规定的试运行完成后，双方及时组织对产品进行检验验收。合同双方均须派人参加合同要求双方参加的试验、检验。

6.2.2 在具体实施合同规定的检验验收之前，乙方需提前提交相应的测试计划（包括测试程序、测试内容和检验标准、试验时间安排等）供甲方确认。

6.2.3 除需甲方确认的试验验收外，乙方还应对所有检验验收测试的结果、步骤、原始数据等做妥善记录。如甲方要求，乙方应提供这些记录给甲方。

6.2.4 检验测试出现全部或部分未达到本合同所约定的技术指标，甲方有权选择下列任一处理方式：

a.重新测试直至合格为止；

b.要求乙方对货物进行免费更换，然后重新测试直至合格为止；无论选择何种方式，甲方因此而发生的、因乙方原因引起的所有费用均由乙方负担，并承担造成延迟交付的违约责任。

6.2.5 检验验收合格视为最终验收合格，作为起算质保期、付款等事项的依据和节点。

6.3 使用过程检验

6.3.1 在合同规定的质量保证期内，发现设备的质量或规格与合同规定不符，或证明设备有缺陷，包括潜在的缺陷或使用不合适的原材料等，由甲方组织质检（相关检测

费用由乙方承担），根据质检报告及质量保证条款向乙方提出索赔，此索赔并不免除乙方应承担的合同义务。

6.3.2 如果合同双方对乙方提供的上述试验结果报告的解释有分歧，双方须于出现分歧后 2 天内给对方声明，以陈述己方的观点。声明须附有关证据。分歧应通过协商解决。

6.4 所有验收合格，但不能免除乙方应该承担的质保责任。

7.合同款项支付方式

7.1 履约保证金

7.1.1 乙方应在收到中标（成交）通知书后、合同签订前 5 个工作日内，向甲方提交合同总价 5 %的履约保证金（100290元；大写：壹拾万零贰佰玖拾元整）（投标人可自主选择以银行转账、支票、汇票、本票或银行保函等非现金形式缴纳履约保证金，乙方应于提交前就所选缴纳方式的具体要求与甲方财务部门确认）。

7.1.2 履约保证金在验收合格之日起30个工作日内，供应商凭向采购人开具有效期为两年的商业保函（保函金额与履约保证金金额一致，性质为见索即付），向采购人提出书面申请，采购人在收到供应商的商业保函和书面申请后7个工作日内，经确认供应商履行了合同约定的义务，无违约情形一次性予以无息退还履约保证金。

7.2 合同款支付

签订合同后，设备到达指定地点、安装调试完成并验收合格后，并完成甲方所有内部付款审批程序，满足付款条件起10个工作日内支付合同总价的100%。

7.3 甲方向乙方付款前，乙方必须先提供等额的增值税专用发票，在乙方提供后，方可办理付款手续（税票及其相关资料办理具体问题与学校财务部门咨询或协商，乙方开具发票时，须在发票中逐项列明所供设备的名称、规格型号、数量及单价，不得合并开具）。若乙方不能按照学校财务部门的要求出具发票，甲方有权不予付款，由此所造成的一切损失由乙方自行承担，如因发票问题使得甲方蒙受损失（包含但不限于罚款、处理费用、声誉影响等）的，乙方应当承担全部责任，并赔偿损失。

8. 安全生产和文明施工

8.1 现场安全文明施工由乙方编制专项详细方案并严格执行。

8.2 乙方必须认真执行省市有关施工安全生产条例和规定以及甲方管理要求，并做好安全管理工作，避免并杜绝安全事故的发生。如发生安全事故，一切责任与后果均由乙方承担，同时，给甲方造成损失，由乙方承担甲方相应经济赔偿责任。

8.3 在设备安装施工全过程中，乙方应服从甲方的各项管理，并对乙方施工人员进行安全管理。

8.4 确保现场建筑物及相关设施设备完好无损，如施工过程中出现损坏，乙方负责修复赔偿。

8.5 乙方应对安装施工人员相关岗位上岗资格进行审查，并对相关后果负责。

9.索赔

9.1 产品的质量、规格、型号、数量、性能、产地及零配件等与合同约定不符，或在质量保证期内证实货物存有缺陷，包括潜在的缺陷或使用不符合要求的材料等，甲方有权根据有资质的权威质检机构的检验结果向乙方提出索赔。

9.2 在验收合格前，乙方对甲方提出的索赔负有责任，乙方应按照甲方同意的下列一种或多种方式解决索赔事宜：

9.2.1 乙方应按合同规定将货款全额退还给甲方，并承担由此发生的一切损失和费用，包括利息、银行手续费、运费、保险费、检验费、仓储费、装卸费以及为保护退回货物所需的其他必要费用。

9.2.2 根据货物低劣程度、损坏程度以及甲方所遭受损失的数额，经甲乙双方商定降低货物的价格，或由有资质的中介机构评估，以降低后的价格或评估价格为准。

9.2.3 用符合规格、质量和性能要求的原厂原装新零件、部件或货物来更换有缺陷的部分或修补缺陷部分，乙方应承担一切费用和风险，并负担甲方所发生的一切直接费用。同时，乙方应相应延长、修补或更换件的质保期。

9.3 乙方收到甲方发出的索赔通知之日起 5 个工作日内未作答复的，甲方可从合同款或履约保证金中扣回索赔金额，如金额不足以补偿索赔金额，乙方应补足差额部分。

10.违约责任

10.1 合同生效后，甲乙双方应按合同规定认真全面履约。合同履约责任只涉及合同甲乙双方，不考虑第三方因素。

10.2 除不可抗力原因外，如遇下列情况之一者，乙方所缴纳的履约保证金甲方有权不予退还，作为对甲方的赔偿，且甲方有权解除本合同：（1）合同签订后不能按合同时限要求供货或安装调试；（2）所供设备不合格、与合同不符；（3）不能按合同履约；（4）因产品质量原因，不能通过验收。

10.3 如乙方产品质量不符合国家标准、行业内控标准或本合同技术附件要求的，甲方有权退货，乙方应退还全部货款，并承担合同总价款 10 %的违约金及其他损失。

10.4 在合同规定的供货期内乙方未全部交货，除应如数补齐外，还应承担合同总款的 10 %违约金。

10.5 乙方对货物不按招标文件要求，擅自更换，除恢复原招标产品外，应承担更换部分价款 10 %的违约金；乙方如对产品材质、随机配品以次充好，除全部按要求恢复外，应承担此部分价款 10 %的违约金。

10.6 除不可抗力因素外，乙方没有按照合同规定的时间交货，甲方可要求乙方支付违约金，违约金每日按合同总价款的 5 ‰计收。

10.7 乙方对所供产品出现的问题推诿、拖延，24 小时未作出服务响应和提供服务，甲方可要求乙方支付违约金，违约金每日按合同总价款的 0.5 ‰计收。否则，甲方有权拒绝乙方以后参加学校竞标。

11.合同争议的解决

11.1 甲乙双方由于本合同的履行而发生任何争议时，双方可先通过协商解决。

11.2 任何一方不愿通过协商或通过协商仍不能解决争议，则双方中任何一方均应向甲方所在地人民法院起诉。

12.违约解除合同

12.1 出现下列情形之一的，视为乙方违约。甲方可向乙方发出书面通知，部分或全部终止合同，同时保留向乙方索赔及追究其违约责任的权利。

12.1.1 乙方未能在合同规定的限期或甲方同意延长的限期内，提供全部或部分货物的；

12.1.2 乙方未能履行合同规定的其他主要义务的；

12.1.3 乙方在本合同履行过程中有欺诈行为的。

12.2 甲方全部或部分解除合同之后，乙方应承担甲方再次购买类似货物或服务而产生的支出。部分解除合同的，乙方应继续履行合同中未解除的部分。

13.不可抗力

13.1 本合同项下的“不可抗力”是指不能预见，不能避免且不能克服的客观情况，使得本合同一方当事人无法履行合同义务，如战争、严重火灾、水灾、风灾和地震属于不可抗力的事故。

13.2 一方因不可抗力不能履行合同或不能完全履行合同的，根据不可抗力的影响，可以部分或全部地免除责任。由于不可抗力原因致使项目开发中断时，项目交付日期及付款日期相应顺延，各方不承担违约责任。

13.3 如不可抗力事件延续120天以上的，各方通过协商达成在合理的时间内继续履行合同，或部分履行合同，或终止合同的履行。

13.4 一方迟延履行后发生不可抗力的，不能免除责任。

14.其他事项

14.1 合同经双方签字盖章后生效。本合同一式六份，甲方执五份，乙方壹份，执行完毕后自行失效。

14.2 下述文件为本合同一部分，并与本合同一起阅读和理解，且具有同等法律效力：本合同的附件、投标文件均作为本合同不可分割的内容，且具有同等法律效力。合同的附件由甲方使用单位负责审核并签章。

a.合同附件（设备和软件的具体配置及技术参数，培训内容、标准和安排）；

b.招标文件；

c.投标文件；

d.进出口代理协议；

d.中标通知书。

14.3 通知和合同修改：在本合同执行过程中，一方给另一方的通知，都应以书面形式（信函、传真）发送至对方，对本合同条款进行任何改动或补充，均须由甲乙双方签署书面合同修改签证，方为有效。

14.4 本合同未尽事宜由双方协商，另行订立补充协议，补充协议与本协议具有同样的法律效力。如果本合同之附件与本合同规定不符， 以本合同规定为准。

14.5 本合同履行过程中，双方就本合同项下事宜所发出的任何通知、函件、文件、资料等（以下合称“通知”），均应按本合同双方确认的地址、联系人、联系电话及邮箱送达。各方确认合同所填写地址为有效送达地址，并保证该地址准确、有效。收件方签收当日视为送达。特快专递或挂号信寄出后第3日（以邮戳为准）视为送达，即使发生拒收、退回等情形。电子邮件自进入收件方指定电子邮箱系统时视为送达（发送成功即视为进入，无论是否阅读）。若采用多种方式，以最早到达时间为准。任何一方变更地址，应提前3个工作日书面通知对方；否则，原地址仍有效，依此发出的通知一经发出即视为送达，由此产生的后果由未通知方自行承担。

合同签订地点：陕西职业技术学院

合同签订时间：2016年9月17日

甲方（盖章）：陕西职业技术学院	乙方（盖章）：陕西聚博欣达项目管理有限公司
地址：西安市灞桥区狄寨路2028号	地址：陕西省咸阳市秦都区珠泉路瑞泽国际15楼1514室
法定代表人（签字）：	法定代表人（签字）：
委托代理人（签字）：	委托代理人（签字）：
联系人：兀光波	联系人：窦鹏
联系电话：13324599054	联系电话：18691030428
电子邮箱：wgb568@163.com	电子邮箱：373368004@qq.com

附件二、培训计划

一、培训目的

为保障智能网联汽车相关实训平台顺利投入使用，使参训人员系统掌握各实训平台的系统组成、技术原理与操作方法，特制定本培训计划。通过本次培训，参训人员应达到以下目标：

1.系统掌握智能座舱仿真平台、数字孪生底盘系统、车路云一体化平台、智能网联汽车感知技术研发平台的组成结构与技术原理；

2.能够独立完成各实训平台的功能演示与实操操作，具备开展相关教学实训的应用能力；

3.掌握各实训台故障诊断系统的使用方法和各实训舱与智能线控底盘系统的模块化连接方法，具备设备日常使用、维护与简单故障处理能力；

二、培训对象

本次培训对象为智能网联汽车相关实训平台的使用、管理与教学相关人员，参训人员名单及分组安排由培训组织方确定并另行通知。实操练习环节实行分组进行，每组 2-3 人。

三、培训方式

本培训采取线下集中培训与线上进阶培训相结合、理论与实操并重的方式组织实施，具体如下：

1.线下集中培训

分为智能座舱仿真平台、数字孪生底盘系统、车路云一体化平台、智能网联汽车感知技术研发平台四个专题，每个专题按照“理论讲解—功能演示—实操练习—答疑和总结”的流程组织实施；

2.线上进阶培训

分别于线下培训后 1 个月、3 个月各安排 1 天，用于内容复习与问题解答、高级功能与教学应用案例分享，以及 ROS2 开发、视觉与点云算法开发、V2X 应用开发实操；

3.实操练习环节实行分组练习，每组 2-3 人，由培训讲师现场指导，参训人员亲自操作设备，完成各项功能的操作练习。

四、培训时间与地点

1.线下培训时间：连续培训 3 年，具体以培训通知为准；

2.线下培训地点：陕西职业技术学院白鹿原校区；

五、培训总体安排

本次培训总体安排如表 1 所示。

表 1　培训总体安排一览表

第 1 年培训				
序号	培训阶段	培训内容	培训方式	时长
1	线下培训第 1 天	智能座舱仿真平台	理论讲解、功能演示、实操练习、故障诊断培训、答疑和总结	8 小时
2	线下培训第 1 天	数字孪生底盘系统	理论讲解、功能演示、实操练习、故障诊断培训、答疑和总结	8 小时
3	线下培训第 2 天	车路云一体化平台	理论讲解、功能演示、实操练习、故障诊断培训、答疑和总结	8 小时
4	线下培训第 3 天	智能网联汽车感知技术研发平台	理论讲解、功能演示、实操练习、故障诊断培训、模块化连接培训、答疑和总结	8 小时
5	线下培训后 1 个月	第一次线上培训	内容复习和问题解答、高级功能介绍、教学应用案例分享	8 小时
6	线下培训后 3 个月	第二次线上培训	ROS2 开发基础、视觉算法开发、点云算法开发、V2X 应用开发	8 小时
第 2 年培训				
1	线下培训第 1 天	智能座舱仿真平台	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
2	线下培训第 1 天	数字孪生底盘系统	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
3	线下培训第 2 天	车路云一体化平台	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
4	线下培训第 3 天	智能网联汽车感知技术研发平台	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
5	线下培训后 1 个月	第一次线上培训	问题解答、高级功能介绍、教学应用案例分享	8 小时
6	线下培训后 3 个月	第二次线上培训	问题解答、高级功能介绍、教学应用案例分享	8 小时
第 2 年培训				
1	线下培训第 1 天	智能座舱仿真平台	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
2	线下培训第 1 天	数字孪生底盘系统	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
3	线下培训第 2 天	车路云一体化平台	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
4	线下培训第 3 天	智能网联汽车感知技术研发平台	新增功能演示（如有）、故障诊断培训、实操练习、答疑和总结	8 小时
5	线下培训后 1 个月	第一次线上培训	问题解答、高级功能介绍、教学应用案例分享	8 小时
6	线下培训后 3 个月	第二次线上培训	问题解答、高级功能介绍、教学应用案例分享	8 小时

六、培训内容及安排

培训线下部分共设四个专题，线上部分共设两次进阶培训，具体内容及安排如下。

（一）智能座舱仿真平台培训

1.理论讲解

智能座舱技术概述、整车座舱结构介绍、驱动及供电系统原理、HUD 系统原理、交互系统原理、OTA 升级技术原理。

2.功能演示

智能座舱仿真平台启动流程演示、虚拟三维仿真系统演示、HUD 显示功能演示、语音交互控制演示、手势交互控制演示、人脸识别功能演示、DMS 功能演示、智能座椅系统控制演示、OTA 升级演示。

3.实操练习

参训人员分组进行实操练习，每组 2-3 人，在培训讲师指导下亲自操作设备，完成各项功能的操作练习。

4.答疑和总结

解答参训人员疑问，总结培训要点，布置课后练习。

（二）数字孪生底盘系统培训

1.理论讲解

线控底盘技术概述、线控转向系统原理、线控制动系统原理、线控驱动系统原理、VCU 整车控制器原理、CAN 总线通信原理、车载网络通信原理。

2.功能演示

线控底盘系统启动演示、上位机测试软件演示（底盘状态显示、数据输入控制、挡位切换、CAN 报文收发、故障设置与排除）、结构认知软件演示、车载网络实验箱演示（各通信网络配置、数据收发、场景仿真）。

3.实操练习

参训人员分组进行实操练习，操作线控底盘系统和车载网络实验箱，完成各项功能的操作练习。

4.答疑和总结

解答疑问，总结要点。

（三）车路云一体化平台培训

1.理论讲解

车路云一体化技术概述、V2X 通信技术原理、智能灯杆结构介绍、视觉感知技术原理、激光雷达感知技术原理、信号灯控制系统原理、云控平台系统原理。

2.功能演示

智能灯杆安装和调试演示、视觉感知软件演示（数据可视化、相机标定、图像处理、目标检测、车道线检测）、激光雷达感知软件演示（点云可视化、标定、

预处理、目标检测、雷视融合）、信号灯控制系统演示、云控平台演示、V2X 测试系统演示。

3.实操练习

参训人员分组进行实操练习，操作车路云一体化平台各子系统。

4.答疑和总结

解答疑问，总结要点。

（四）智能网联汽车感知技术研发平台培训

1.理论讲解

感知技术概述、视觉传感器原理、激光雷达原理、毫米波雷达原理、超声波雷达原理、组合导航原理、多传感器融合原理。

2.功能演示

各实训台功能演示，包括：视觉传感器实训台（360 度环视测试、摄像头标定、行人检测、车道线识别、ASL）、激光雷达实训台（点云处理、测试、SLAM 建图）、毫米波实训平台（算法验证、测试、FCW、AEB）、超声波雷达实训平台（车位引导、滤波算法验证、测试）、组合导航实训台（卡尔曼滤波验证、融合定位、IMU 标定）、多传感器融合实训台（多任务感知、数据融合可视化）。

3.实操练习

参训人员分组进行实操练习，操作各实训台，完成各传感器测试和算法验证。

4.故障诊断培训

各实训台故障诊断系统使用培训，包括故障设置、故障检测、故障清除操作。

5.模块化连接培训

各实训舱与智能线控底盘系统的快速连接操作培训。

6.答疑和总结

解答疑问，总结要点。

（五）第一次线上培训

1.内容复习和问题解答

复习线下培训重点内容，解答使用过程中遇到的问题。

2.高级功能介绍

介绍各设备的高级功能和扩展应用，包括智能座舱的云平台远程监控、线控底盘的硬件在环仿真、车路云平台的二次开发接口、感知平台的算法开发工具等。

3.教学应用案例分享

分享智能网联汽车教学实训的典型案例和教学设计方案。

（六）第二次线上培训

1.ROS2 开发基础

ROS2 架构介绍、节点通信机制、rviz 可视化工具使用。

2.视觉算法开发

相机标定算法、图像处理算法、目标检测模型训练实践。

3.点云算法开发

点云滤波、分割、聚类算法实践。

4.V2X 应用开发

V2X 协议栈使用、消息解析接口开发、二次开发案例。

七、培训要求

1.参训人员应按时参加培训，遵守培训纪律：参加线上培训时应提前登录线上平台，确保网络与设备正常。

2.实操练习环节应服从培训讲师统一安排，严格按照操作规程操作设备，注意人身安全与设备安全。

3.培训期间请认真听讲、做好学习记录，并按要求完成培训讲师布置的课后练习。

4.培训过程中如有疑问，可随时向培训讲师提出，由培训讲师统一解答。

八、培训保障

1.师资保障：由具备相应专业知识和实操经验的培训讲师负责理论授课、功能演示与实操指导。

2.设备保障：实操练习所需各实训平台、实训台、实验箱及配套软件由培训组织方统一准备。

3.组织保障：培训场地、分组工位及线上培训平台由培训组织方统一安排。

一、产品技术参数表

采购项目名称：{产教融合实训基地项目-新能源汽车智联制造技术实践中心-智能网联汽车综合教学实训平台项目}

采购项目编号：{ SCIT-ZG-SX2026070012}

采购包号：{采购包 1}

序号	标的名称	招标文件要求	投标产品技术参数	品牌/商家	规格型号	数量	偏离说明
1	智能网联汽车智能座舱仿真平台	一、功能 智能座舱仿真平台以真实整车座舱为基础，融合虚拟三维仿真技术，构建车舱、车体及环境的沉浸式实训场景，可全面支撑智能座舱系统的开发、调试与测试教学。平台集成 HUD 显示、语音识别、手势交互、人脸识别及驾驶员监控等功能，实现对车窗、雨刮、座椅等设备的智能控制，并支持云平台远程监控与 OTA 升级。通过软硬件协同与在线离线运行模式，满足学生在智能座舱感知、交互与控制等方面的综合实训需求，提升工程实践与系统开发能力，实现理论讲解、实物操作、故障诊断的有机融合。 二、参数	**为响应本次招标文件要求，我单位提供的产品，技术参数均符合规格：** 一、功能说明 我单位提供的智能座舱仿真平台，将真实整车座舱作为基础，借助虚拟三维仿真技术，打造车舱、车体及环境的沉浸式实训场景，为智能座舱系统的开发、调试与测试教学功能提供完整支撑。功能层面，该平台整合了 HUD 显示、语音识别、手势交互、人脸识别及驾驶员监控等前沿技术，可智能调控车窗、雨刮、座椅等设备，并具有云平台远程监控与 OTA 升级功能。该设备满足软硬件协同与在线离线运行模式，学生可以进行智能座舱感知、交互与控制等方面的综合实训，强化学生的工程实践与系	易飒（广州）智能科技有限公司	EISA-ICV-A3	1 台	无偏离

		（一）总体要求 要求基于真实的整车座舱结构，能够满足对智能座舱车身系统、智能座舱视觉系统及智能座舱交互系统等系统的测试与开发要求；基于虚拟三维系统构建，完整还原车舱、车体、车载设备及道路环境的三维场景，可精准模拟智能汽车开发调试阶段的操纵特性，支持车门、天窗等车内设备的交互控制，且兼容在线与离线运行模式，为智能网联汽车实训教学提供沉浸式、全场景的实操训练平台。 （二）组成要求 主要包括不限于整车车身、驱动及供电系统、HUD 系统、座椅系统、交互系统、多功能方向盘、中控车机等、前置摄像头、阵列麦克风、远程控制系统等。 （三）硬件技术参数 1、整车车身 1）外形：≥长 2894mm*宽 1655mm*高 1613mm 2）轴距：≥2020mm 3）车架材质：采用高强度铝合金、高强度钢 2、驱动及供电系统 1）最高速度：≥100km/h	统开发能力，在理论讲解、实物操作、故障诊断的有机融合方面满足教学需求。 二、参数说明 （一）总体说明 该设备以真实的整车座舱结构为设计基准，全面覆盖对智能座舱车身系统、智能座舱视觉系统及智能座舱交互系统等系统的测试验证与二次开发功能；系统以虚拟三维系统构建为基础，对车舱、车体、车载设备及道路环境的三维场景进行精细还原，对智能汽车开发调试阶段的操纵特性进行精准模拟，平台支持对车门、天窗等车内设备实施交互控制操作，同时兼具在线联网与离线独立两种运行模式，能够为智能网联汽车相关实训教学打造具有高度沉浸感和全流程覆盖的实操演练平台。 （二）组成说明 包括：整车车身、驱动及供电系统、HUD 系统、座椅系统、交互系统、多功能方向盘、中控车机等、前置摄像头、阵列麦克风、远程控制系统等结构。 （三）硬件技术参数说明 1、整车车身 1）外形尺寸：2894mm×1655mm×1613mm				

		2）电机功率：≥40kw 3）续航里程：≥305km 4）电池类型：锂离子电池 5）电池容量：≥31.7kwh 3、HUD 系统 1）直流电压：≥12V 2）最大工作电流：≥450mA 3）工作温度范围：-25～+85℃ 4、座椅系统 1）座椅：采用车规级座椅； 2）主驾驶座椅：支持电动四向调节，支持上位机线控调节。 5、交互系统 支持通过前置摄像头获取车舱驾驶员手部数据，支持≥10 种手势识别，支持手势控制雨刮、车窗。 6、多功能方向盘 采用车规级方向盘、多媒体调节按键、档位切换杆等 7、中控车机 1）处理器：核心/线程：≥2 核≥4 线程；基础频率：≥3.0GHz、最大睿频：≥3.5GHz；L3 缓存：≥4MB	2）轴距： 2020mm 3）车架材质：使用高强度铝合金、高强度钢材质 2、驱动及供电系统 1）最高速度： 100km/h 2）电机功率： 40kw 3）续航里程： 305km 4）电池类型：锂离子电池 5）电池容量： 31.7kwh 3、HUD 系统 1）直流电压： DC12V 2）最大工作电流： 450mA 3）工作温度范围：-25℃～+85℃ 4、座椅系统 1）座椅：采用车规级座椅； 2）主驾驶座椅：具有电动四向调节、上位机线控调节功能。 5、交互系统 具有通过前置摄像头获取车舱驾驶员手部数据功能， 10 种手势识别，具有手势控制雨刮、车窗功能。 6、多功能方向盘 采用车规级方向盘，具有多媒体调节按键、档				

		2）内存：≥8GBDDR3RAM 3）存储：≥512G 4）接口：≥4×USB3.0 接口，≥4×USB2.0 接口，≥2×RJ45 千兆网口，≥6×COM 接口，≥2×HDMI 接口 5）WIFI 网卡：有 6）电源电压：≥12V 直流 8、前置摄像头 1）最大速度：≥30 帧/秒 2）工作电压：≥5V 3）使用分辨率：≥1920×1080P 4）工作温度：-40～+70℃ 9、阵列麦克风 1）指向特性：全指向 2）输出阻抗：1.5 欧姆以下 3）灵敏度：-40dB+/-3dB 4）拾音距离：≥3m 5）传感器：电容式 6）线长：≥1.5m 10、远程控制功能 1）支持通过移动端获取车辆电量、设备状态等信息； 2）支持通过移动端控制车内车窗、雨刮等设	位切换杆等功能。 7、中控车机 1）处理器：核心/线程： 2 核 4 线程；基础频率： 3.0GHz、最大睿频： 3.5GHz；L3 缓存： 4MB 2）内存： 8GBDDR3RAM 3）存储： 512G 4）接口： 4×USB3.0 接口， 4×USB2.0 接口， 2×RJ45 千兆网口， 6×COM 接口，2×HDMI 接口 5）WIFI 网卡：有 6）电源电压：DC 12V 8、前置摄像头 1）最大速度： 30 帧/秒 2）工作电压： 5V 3）使用分辨率： 1920×1080P 4）工作温度：-40～+70℃ 9、阵列麦克风 1）指向特性：全指向 2）输出阻抗：1.5Ω 3）灵敏度：-40dB+/-3dB 4）拾音距离： 3m 5）传感器：电容式				

		备。 （四）功能要求 1、智能座舱仿真功能模块 1）智能汽车仿真实训系统采用虚拟三维系统搭建； 2）支持车舱、车体、全车结构、道路环境、车载设备的三维实现； 3）能够全面、真实地模拟智能汽车在开发、调试状态下的操纵特性； 4）能够控制仿真软件系统中的车门、天窗、雨刮等车内设备； 5）智能汽车仿真实训系统不依赖网络环境，网络在线、离线状态下均应能正常运行使用。 2、云平台功能模块 1）支持远程上传固件升级包，并填写相关的升级信息； 2）支持远程获取并查看车辆的状态信息，包括车辆电量信息、档位信息、车门状态信息、灯光状态信息、里程信息等，可显示车辆的车型及建模； 3）可通过云平台远程控制车辆雨刮、车窗、空调、香薰等，可显示车辆雨刮、车窗、空	6）线长： 1.5m 10、远程控制功能 1）具有通过移动端获取车辆电量、设备状态等信息的功能； 2）具有通过移动端控制车内车窗、雨刮等设备的功能。 （四）功能说明 1、智能座舱仿真功能模块 1）智能汽车仿真实训系统基于虚拟三维系统搭建； 2）能够实现车舱、车体、全车结构、道路环境、车载设备的三维功能； 3）具有全面、真实地模拟智能汽车在开发、调试状态下的操纵特性的功能； 4）具有控制仿真软件系统中的车门、天窗、雨刮等车内设备的功能； 5）智能汽车仿真实训系统无需依赖网络环境，网络在线、离线状态下均能正常运行使用。 2、云平台功能模块 1）具有远程上传固件升级包功能，并填写相关的升级信息； 2）具有远程获取并查看车辆的状态信息功				

		调、香薰的状态； ●3、OTA 升级模块（现场演示）：软件支持查询当前版本信息；软件可查询到是否有新的版本信息，并可以选择升级。 ▲4、抬头显示功能模块 支持接入 HUD，显示车辆左转向灯、右转向灯、近光灯、主车门、副车门、后备箱、车速、电量、档位、ready 状态以及驻车状态等信息。 5、语音交互控制功能模块 支持语音交互控制功能，开启语音识别后，可识别到用户的语音指令；支持在联网状态下支持录音、音频处理、语音识别；支持通过语音识别结果控制车辆等功能；语音识别模块包含开发任务，支持语音识别关键函数的功能开发与测试。 6、手势交互控制功能模块 支持手势交互控制功能，可识别≥10 种手势，开启后可以通过手势控制车辆雨刮、车辆车窗等。 7、人脸识别功能模块 支持人脸识别功能，开启后可实时识别人脸；在车门关闭的状态下，识别到人脸时会	能，包括车辆电量信息、档位信息、车门状态信息、灯光状态信息、里程信息等，能够显示车辆的车型及建模信息； 3）能够通过云平台远程控制车辆雨刮、车窗、空调、香薰等，能够显示车辆雨刮、车窗、空调、香薰的状态； **●3、OTA 升级模块：软件能够查询当前版本信息；能够查询到是否有新的版本信息，并可以选择升级。（现场进行视频演示）** **▲4、抬头显示功能模块** **能够接入 HUD，能够显示车辆左转向灯、右转向灯、近光灯、主车门、副车门、后备箱、车速、电量、档位、ready 状态以及驻车状态等信息。（佐证材料详见第 77 页）** 5、语音交互控制功能模块 平台具备完整的语音交互控制能力。在开启语音识别功能后，系统能够准确识别用户发出的语音指令；在联网状态下，可支持录音采集、音频信号处理及语音识别全过程。系统支持将语音识别结果用于车辆功能的联动控制。此外，语音识别模块还开放开发任务，支持对语音识别关键函数进行功能开发与测试。 6、手势交互控制功能模块				

		自动打开香薰。 ▲8、驾驶员（DMS）功能模块 支持驾驶员（DMS）功能，开启后可实时检测驾驶员状态；当检测到驾驶员出现疲劳驾驶时，播放语音提醒驾驶员。 9、智能座椅系统控制功能模块 1）支持智能座椅功能，可通过软件调节电动座椅前后位置及靠背位置，并且同步显示座椅状态； 2）支持开门迎宾功能，开启车门时，座椅自动调节到迎宾位置。 10、支持与智能座舱系统综合实训平台联动 1）支持与智能座舱系统综合实训平台联动，可通过智能座舱系统综合实训平台调试HUD、麦克风、扬声器、座椅等设备。 2）可通过智能座舱系统综合实训平台进行固件的烧入与还原，支持远程 OTA 升级功能联动。 三、配套要求 严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，需有如下具体配套： （一）电力线路	具有手势交互控制功能，能够识别 10 种手势，开启后通过手势能够控制车辆雨刮、车辆车窗等。 7、人脸识别功能模块 具有人脸识别功能，开启后可实时识别人脸，在车门关闭的状态下，识别到人脸时会自动开香薰。 **▲8、驾驶员（DMS）功能模块** **具有驾驶员（DMS）功能，开启后可实时检测驾驶员状态；当检测到驾驶员出现疲劳驾驶时，系统会播放语音提醒驾驶员。（佐证材料详见第 78 页）** 9、智能座椅系统控制功能模块 1）具有智能座椅功能，通过软件能够调节电动座椅前后位置及靠背位置，并且同步显示座椅状态； 2）具有开门迎宾功能，开启车门时，座椅自动调节到迎宾位置。 10、能够与智能座舱系统综合实训平台进行联动 1）能够与智能座舱系统综合实训平台联动，在智能座舱系统综合实训平台上能够调试HUD、麦克风、扬声器、座椅等设备。				

		1.配备必要且充足的线路、空开、供电接口、安全装置等。 2.布线要求： (1)布线需完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)若原场地配电箱无法满足供电负荷，需新增独立配电箱并重新牵线，并按规范配置空气开关等安全装置； (3)所有布线及配电箱相关材质需符合安全标准，具备防火、阻燃等安全性能。 （二）空间环境 1.墙面要求 (1)材质：采用环保型内墙漆； (2)施工要求：涂刷均匀，无流挂、漏刷、色差等现象； 2.顶面要求 (1)顶面需根据设备安装运行实际要求处理； (2)照明、排风等设备与吊顶协调统一，安装平整； 3.地面要求 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)针对场地原有破损的需进行修复；	2）通过智能座舱系统综合实训平台能够进行固件的烧入与还原，支持远程 OTA 升级功能联动。 三、配套说明 我单位严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，具有为其具体配套说明： （一）电力线路 1.项目配套完整电力线路配套设施，配齐足量传输线缆、空气开关、供电接口及各类安全防护装置，为整套实训设备提供稳定、合规的供电基础保障。 2.布线说明： (1)布线完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2) 针对原有配电箱供电容量不足的场地，增设独立专用配电箱并重新敷设供电线路，同步配套合规空气开关等安全保护器件； (3) 全部线缆、配电箱柜体及内部配件均采用符合国家安全规范的防火阻燃材质，消除电路安全隐患。 （二）空间环境 1.墙面说明				

		(4)踢脚线高度不低于80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.温度要求 (1)噪声：≤50dB(A) (2)循环风量：≥2000m³/h (3)制冷量：≥12000W (4)制热量：≥14000W (4)电压/频率：380V/50Hz (6)能效等级：一级能效 5.照明要求 （1） 照度：≥300 lx （2）眩光 ：UGR≤16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K 6.作业区要求 满足不少于50人的作业工位，具体要求如下： (1)尺寸：对角直径≥1m，高度≥0.75m (2)面板：厚度≥2.5cm，防刮、防潮、防污； (3)脚架：防生锈、防腐蚀、耐磨耐用，颜色均匀，不易掉漆； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装	(1)材质：实训区域墙面施工选用环保内墙涂料，符合教学场地室内环保使用标准； (2)施工说明：墙面涂装施工工艺规范，漆面涂刷平整均匀，杜绝流挂、漏刷、色泽不均等施工缺陷，整体观感整洁统一； 2.顶面说明 (1)顶面根据设备安装运行实际要求处理； (2)顶面照明、排风配套设施与吊顶整体造型协调搭配，各类设备安装平整牢固，外观规整无凹凸错位问题； 3.地面说明 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)对原有地面存在的破损位置预先开展修补处理，消除地面损伤，保障地面整体完好； (4)踢脚线高度80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.温度说明 (1)噪声： 50dB(A) (2)循环风量： 2000m³/h (3)制冷量： 12000W (4)制热量： 14000W (4)电压/频率：380V/50Hz				

		筒，承重性和稳固性良好。	(6)能效等级：一级能效 5.照明说明 （1） 照度： 300 lx （2）眩光 ：UGR 16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K 6.作业区说明 满足50人的作业工位，具体说明如下： (1)尺寸：对角直径1m，高度0.75m (2)面板：桌面面板厚度2.5cm，具备防刮、防潮、防污特性，能够耐受实训过程工具磕碰、液体泼洒，便于日常清洁维护； (3)脚架：桌体脚架具备防锈、防腐蚀性能，耐磨经久耐用，表面色泽均匀，不易出现掉漆脱层现象，适配实训室长期高频使用； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装筒，承重性和稳固性良好。				
2	智能网联汽车数字孪生底盘	一、线控底盘 （一）功能 平台通过部署线控转向系统、线控制动系统、线控驱动系统等装置，能够直观展示出典型底盘线控系统及部件的组成、结构和工作原理，实现理论讲解、实物操作、故障诊	一、线控底盘 （一）功能说明 我单位提供的线控底盘平台通过搭载线控转向、线控制动、线控驱动等关键装置，可直观呈现典型底盘线控系统及核心部件的组成结构、工作原理，实现理论教学、实物操作、故	云伽智享（北京）科技有限	ZXE-XDP-XKDP001	1套	无偏离

		断的有机融合。支持硬件在环仿真功能，支持硬件与仿真软件的双向交互与通信。平台主要由线控驱动系统、线控转向系统、线控制动系统等组成，具备智能网联汽车动力电池开发测试、智能网联汽车驱动电机开发测试功能；预留 CAN 总线接口，支持无人驾驶、二次开发和远程控制；开放 CAN 总线协议、一体化实验系统部分组成。可完成各种实验及实训教学工作。智能网联汽车数字孪生底盘包含 1 台线控底盘系统。 1．结构原理展示 展示线控转向、制动、驱动、故障检测等系统的组成、结构与工作原理。 2．装配调试实训 支持线控系统整车安装、控制电路信号检测。 3．标定测试实训 支持系统标定、接口测试、功能测试、CAN/CANFD 通信验证。 4．故障检测实训 支持故障设置、检测、诊断与排除全流程训练。 （二）参数	障诊断的一体化融合。平台具备硬件在环仿真能力，支持硬件设备与仿真软件之间的双向交互通信；核心模块涵盖线控驱动、线控转向、线控制动系统，同时具备智能网联汽车动力电池、驱动电机的开发测试功能。此外，平台预留 CAN 总线接口，开放 CAN 总线协议，可支持无人驾驶、二次开发及远程控制等拓展应用，同时配套一体化实验系统，能够充分满足各类实验及实训教学需求。智能网联汽车数字孪生底盘包含 1 台线控底盘系统。 1．结构原理展示功能 能够对线控转向、制动、驱动、故障检测等系统的组成、结构与工作原理进行展示。 2．装配调试实训功能 具有线控系统整车安装、控制电路信号检测功能。 3．标定测试实训功能 具有系统标定、接口测试、功能测试、CAN/CANFD 通信验证功能。 4．故障检测实训功能 具有故障设置、检测、诊断与排除全流程训练功能。 （二）参数说明	公司			

		1、整机结构与外观 (1)整体结构 分为上部故障检测板与下部柜式收纳结构。 (2)面板材质 ≥4mm 厚亚克力板，采用 UV 喷描工艺，耐腐蚀、耐冲击、耐污染、绝缘、防火、防潮，不变形、不褪色。 (3)支撑框架 ≥40×200 铝型材。 (4)移动装置 底部配备 4 个福马轮，带高低调节功能，单轮承重≥200kg。 (5)外形尺寸 ≥1200mm×600mm×1500mm（长×宽×高）。 2、工作环境条件 （1）工作温度：－10℃-50℃ （2）相对湿度：20%-70% 3.线控底盘系统参数 （1）线控转向系统 类型：车规级 P-EPS 转向形式：前桥阿克曼转向（伺服电机） 控制方式：转速/角度/位置控制 控制精度：±1°	1、整机结构与外观 (1)整体结构 结构为：上部故障检测板、下部柜式收纳。 (2)面板材质 使用 4mm 厚亚克力板，采用 UV 喷描工艺，耐腐蚀、耐冲击、耐污染、绝缘、防火、防潮，不变形、不褪色。 (3)支撑框架 采用 40×200 铝型材。 (4)移动装置 底部配备 4 个福马轮，带高低调节功能，单轮承重 200kg。 (5)外形尺寸 长 1200mm×宽 600mm×高 1500mm。 2、工作环境条件 （1）工作温度：－10℃-50℃ （2）相对湿度：20%-70% 3.线控底盘系统参数 （1）线控转向系统 类型：车规级 P-EPS 转向形式：前桥阿克曼转向（伺服电机） 控制方式：转速/角度/位置控制 控制精度：±1°				

		响应时间：≤50ms 额定功率：≥220W 额定电压：≥12V 功能要求：带角度反馈，开放 CAN 协议，具备过载保护。 （2）线控制动系统 类型：车规级 EHBS 制动型式：线控液压行车制动+EPB 行驻一体拉线式驻车制动 功能要求：带油压反馈，开放 CAN 协议，具备故障报警功能，可通过上位机读取。 （3）线控驱动系统 类型：车规级永磁同步电机 驱动方式：后轮单电机驱动 控制方式：转速控制 额定功率：≥1.2kW 额定电压：≥48V 通讯方式：开放 CAN 协议 （4）电源与转换 DC-DC 模块：12V/30A，带隔离输出，用于线控系统供电。 4、整车控制系统 整车控制器：车规级 VCU	响应时间： 50ms 额定功率： 220W 额定电压： 12V 功能说明：带角度反馈，开放 CAN 协议，具备过载保护功能。 （2）线控制动系统 类型：车规级 EHBS 制动型式：线控液压行车制动+EPB 行驻一体拉线式驻车制动 功能说明：带油压反馈，开放 CAN 协议，具备故障报警功能，可通过上位机读取。 （3）线控驱动系统 类型：车规级永磁同步电机 驱动方式：后轮单电机驱动 控制方式：转速控制 额定功率： 1.2kW 额定电压： 48V 通讯方式：开放 CAN 协议 （4）电源与转换 DC-DC 模块：12V/30A，带隔离输出，用于线控系统供电。 4、整车控制系统 整车控制器：车规级 VCU				

		通信方式：CAN 总线 控制模式：标配手柄遥控控制，预留控制接口，支持自动驾驶或虚拟座舱控制。 5、示教与交互系统 （1）配备完整底盘线控电路原理图，配备故障检测口，支持万用表或示波器实时信号检测； （2）多功能接口面板 ≥1 个三孔电源插座 ≥2 个 USB3.0 接口 ≥1 个 HDMI 接口 ≥2 个 RJ45 网络接口 配备操作台 6、上位机系统 （1）集成处理器与≥21.5 英寸液晶显示屏 （2）内置专用线控底盘测试软件，支持： 底盘状态显示（车速、制动压力、转向角度、电池 SOC）十进制数据直接输入控制（车速、制动、转向）； 档位切换（前进/后退/停止）； CAN 报文发送与接收（支持动态报文显示、暂停、保存）故障设置与排除实训。 ●7、结构认知（现场演示）	通信方式：CAN 总线 控制模式：标配手柄遥控控制，预留控制接口，支持自动驾驶或虚拟座舱控制。 5、示教与交互系统 （1）配备完整底盘线控电路原理图，配备故障检测口，支持万用表或示波器实时信号检测； （2）多功能接口面板 1 个三孔电源插座 2 个 USB3.0 接口 1 个 HDMI 接口 2 个 RJ45 网络接口 配备操作台 6、上位机系统 （1）集成处理器与 21.5 英寸液晶显示屏 （2）内置专用线控底盘测试软件，具有： 底盘状态显示功能（车速、制动压力、转向角度、电池 SOC）十进制数据直接输入控制（车速、制动、转向）； 档位切换功能（前进/后退/停止）； CAN 报文发送与接收功能（支持动态报文显示、暂停、保存）故障设置与排除实训。 **●7、结构认知（现场演示）**				

		为了便于开展底盘开发配置软件包含了电机系统、动力电池系统、制动系统、转向系统、护栏安全系统、车身塑件系统、车架底盘系统的仿真模块，点击相应位置会出现该系统在车身的布局情况。且用户可以通过左右滑动屏幕对部件进行 360 度旋转观看。 二、车载网络技术实验箱 （一）功能 车载网络及智能网联汽车模拟教学实验箱针对车载以太网、WIFI、蓝牙、CAN、LIN、RS232、RS485 等 7 大车载网络，完成通信原理、数据结构、信号波形及功能测试的理实一体化教学，实现理论讲解、实物操作、故障诊断的有机融合。智能网联汽车数字孪生底盘包含 4 台车载网络实验装置。 1.车载网络 （1）RS232 通信&RS485 通信 主要协议数据：波特率、数据位、停止位和校验位，如设置错误则数据无法接收和发送。系统中也可以手动设置同一个协议的发送次数和发送的时间间隔，软件发送的所有的数据都会在发送窗口中显示出来，并且硬件的反馈数据也会呈现在接收窗口，可以加	**为实现底盘开发，配置软件包含电机系统、动力电池系统、制动系统、转向系统、护栏安全系统、车身塑件系统、车架底盘系统的仿真模块，点击相应位置会出现该系统在车身的布局情况。且用户可以通过左右滑动屏幕对部件进行 360 度旋转观看。（现场进行视频演示）** 二、车载网络技术实验箱 （一）功能说明 我单位提供的车载网络及智能网联汽车模拟教学实验箱聚焦车载以太网、WIFI、蓝牙、CAN、LIN、RS232、RS485 共 7 类车载网络，可围绕通信原理、数据结构、信号波形、功能测试等核心内容，开展理实一体化教学，将理论讲解、实物操作、故障诊断深度结合。智能网联汽车数字孪生底盘包含 4 台车载网络实验装置。 1.车载网络 （1）RS232 通信&RS485 通信 主要协议数据：波特率、数据位、停止位和校验位，如设置错误则数据无法接收和发送。系统中能够手动设置同一个协议的发送次数和发送的时间间隔，软件发送的所有的数据都会在发送窗口中显示出来，并且硬件的反馈数据能				

		强对发送协议和接受协议的理解，更加清晰的认识到通信的实质。 （2）CAN 通信&LIN 通信 主要协议数据：波特率、帧类型、帧 ID、发送时间间隔和发送次数如设置错误则数据无法接收和发送,其它功能同上。 （3）WIFI 通信&车载以太网通信 主要协议数据：连接类型、IP 地址、端口号（蓝牙无须配置 IP 地址及端口等参数）、发送时间间隔和发送次数如现实错误则网络会断开，其它功能同上。 2.智能网联汽车场景 点击启动按钮，汽车自动按照预定程序进行行驶，此时模拟的毫米波雷达和激光雷达时刻采集路况信息。如需停止车辆运行则可以点击暂停按钮，如需重新开始则点击重新开始按钮即可。汽车在虚拟仿真环境行驶的过程中，实时汽车数据和路况数据会实时的反馈到硬件中去，硬件的小车状态会和仿真系统中的车的状态保持同步，做智能化判断。 （1）直线行驶 主要是模拟智能车辆在直线路段的运行情况。并且针对路况做智能化判断，直到运行	够呈现在接收窗口，能够加强对发送协议和接受协议的理解，更加清晰的认识到通信的实质。 （2）CAN 通信&LIN 通信 主要协议数据：波特率、帧类型、帧 ID、发送时间间隔和发送次数如设置错误则数据无法接收和发送,其它功能同上。 （3）WIFI 通信&车载以太网通信 主要协议数据：连接类型、IP 地址、端口号（蓝牙无须配置 IP 地址及端口等参数）、发送时间间隔和发送次数如现实错误则网络会断开，其它功能同上。 2.智能网联汽车场景 点击启动按钮，汽车自动按照预定程序进行行驶，此时模拟的毫米波雷达和激光雷达时刻采集路况信息。如需停止车辆运行则可以点击暂停按钮，如需重新开始则点击重新开始按钮即可。汽车在虚拟仿真环境行驶的过程中，实时汽车数据和路况数据会实时的反馈到硬件中去，硬件的小车状态会和仿真系统中的车的状态保持同步，做智能化判断。 （1）直线行驶 主要是模拟智能车辆在直线路段的运行情况。				

		到系统指定的路段，系统提示仿真结束为止。 （2）环线行驶 主要是模拟智能车辆在环形线路段的运行情况。并且针对路况做智能化转向判断和速度判断，直到运行到系统指定的路段，系统提示仿真结束为止。 （3）AEB 主要是模拟智能车辆在街区路段的运行情况，当车辆前方突然出现紧急情况，车辆会紧急制动。 （4）ACC 主要是模拟智能车辆自动跟踪前方 AI 车辆的情况，前方 AI 车辆加速则智能车辆加速，前方 AI 车辆减速则相应的减速。 （5）红绿灯 主要是模拟智能车辆在通过交通指示灯时的自动启停判断，车辆可以通过红绿灯的状态，自动判断当前应该停车等待还是继续行驶。 以上 5 种仿真数据和车辆行进的状态都会实时的在显示系统上，方便观察和理解。 3. 实训项目	并且针对路况做智能化判断，直到运行到系统指定的路段，系统提示仿真结束为止。 （2）环线行驶 主要是模拟智能车辆在环形线路段的运行情况。并且针对路况做智能化转向判断和速度判断，直到运行到系统指定的路段，系统提示仿真结束为止。 （3）AEB 主要是模拟智能车辆在街区路段的运行情况，当车辆前方突然出现紧急情况，车辆会紧急制动。 （4）ACC 主要是模拟智能车辆自动跟踪前方 AI 车辆的情况，前方 AI 车辆加速则智能车辆加速，前方 AI 车辆减速则相应的减速。 （5）红绿灯 主要是模拟智能车辆在通过交通指示灯时的自动启停判断，车辆可以通过红绿灯的状态，自动判断当前应该停车等待还是继续行驶。 以上 5 种仿真数据和车辆行进的状态都会实时的在显示系统上，方便观察和理解。 3. 实训项目 以太网通信原理及功能测试				

		以太网通信原理及功能测试 WIFI 通信原理及功能测试 蓝牙通信原理及功能测试 CAN 通信原理及功能测试 LIN 通信原理及功能测试 RS232 通信原理及功能测试 RS485 通信原理及功能测试 直线行驶场景功能测试 环线行驶场景功能测试 AEB 场景功能测试 ACC 场景功能测试 红绿灯控制场景功能测试 （二）参数 1.车载网络实验装置整体为实验箱的形式；实验箱采用铝合金骨架与 HPL 板组成，上下分为两层； 2.实验箱面板采用上下两块不小于 6mm 亚克力板，采用喷绘工艺加工，将车载网络架构图绘制在上层面板上，并安装有触摸屏显示器，用于显示车载网络的数据与信息；下层面板配置车载网络各个系统模块端口定义以及检测端口，用于实时测量当前的通信数据。配置各种指示灯，用于显示当前工作状	WIFI 通信原理及功能测试 蓝牙通信原理及功能测试 CAN 通信原理及功能测试 LIN 通信原理及功能测试 RS232 通信原理及功能测试 RS485 通信原理及功能测试 直线行驶场景功能测试 环线行驶场景功能测试 AEB 场景功能测试 ACC 场景功能测试 红绿灯控制场景功能测试 （二）参数说明 1.车载网络实验装置整体为实验箱的形式；实验箱采用铝合金骨架与 HPL 板组成，上下分为两层； 2. 实验箱面板采用双层 6mm 亚克力板结构，表面经喷绘工艺处理。上层面板印有车载网络架构图，并集成触摸屏显示器，用于直观展示网络数据与信息；下层面板则标注了各系统模块的端口定义及检测接口，支持通信数据的实时测量，同时配备多种指示灯以显示当前工作状态。此外，面板上还绘制有底盘线控轮廓图，专用于安装底盘线控系统部件；				

		态。绘制底盘线控轮廓图，用于安装底盘线控系统部件； 3.实验箱整体分为仿真教学软件和实验箱硬件两个部分，其中仿真教学软件运行在移动端上，实验箱硬件由控制电路板、LCD 显示屏、测试点、指示灯、测试工具等组成；二者之间能够实时通信，进行数据交互； 4.车载网络包括车载以太网、CAN 通信、LIN 通信、WIFI 通信，蓝牙通信、RS232 通信、RS485 通信，能够对各种通信的原理及通信机制进行教学，同时为各个通信接口设置测试点，能够随时测量不同通信的信号，同时移动端和实验箱能够进行数据交互，收发各种数据； 5.移动端运行仿真教学软件，模拟各种无人驾驶典型，包括直线行驶，环线行驶，AEB、ACC、红绿灯等场景，实验箱线控底盘小车与仿真软件中的仿真车辆实时联动； 6.实验箱需提供实训指导书； 7.实验箱内部硬件电路、嵌入式程序、仿真软件及场景需完全自主设计并实现，采用车规级处理器芯片。 8.能够清晰讲解各种通信网络的原理及通信	3. 本实验箱系统由仿真教学软件与硬件平台两大部分构成。其中，仿真教学软件部署于移动端设备；硬件平台则集成了控制电路板、LCD 显示屏、测试点、指示灯及专用测试工具等核心组件。软硬件之间建立了实时通信机制，能够高效、稳定地进行数据交互； 4.本系统全面覆盖车载以太网、CAN 通信、LIN 通信、WIFI 通信、蓝牙通信、RS232 通信及 RS485 通信等多种通信协议，能够深入讲解各类通信的原理及工作机制。同时，系统为各通信接口均配置了专用测试点，支持随时测量不同通信信号。此外，移动端与实验箱之间支持双向数据交互，可实现各类数据的实时收发与通信； 5.移动端运行仿真教学软件，模拟各种无人驾驶典型，包括直线行驶，环线行驶，AEB、ACC、红绿灯等场景，实验箱线控底盘小车与仿真软件中的仿真车辆实时联动； 6.实验箱提供实训指导书； 7.实验箱内部硬件电路、嵌入式程序、仿真软件及场景能够完全自主设计并实现，采用车规级处理器芯片。 8.能够清晰讲解各种通信网络的原理及通信过				

		过程中涉及的参数及要求； 9.车载网络系统：RS232/RS485 通信网络包括波特率，数据收发及解析、停止位、校验位、ASCII 码和 HEX 数据，进制数据转换、数据波形等；CAN/LIN 通信包括发送配置（波特率、帧格式、时间间隔、次数），数据收发及解析等；WIFI，车载以太网参数配置（IP 及端口），数据收发及解析等；蓝牙通信参数配置，数据收发及解析； 10.包含虚拟仿真无人驾驶场景介绍，各场景工作原理以及决策过程； 11.实验箱硬件能够根据收发数据进行相应的动作。 12.硬件组成：包括各通信测试点，模拟红绿灯及倒计时显示数码管、LCD 触摸显示屏、小型示波器（测量波形）、指示灯，指示面板（亚克力或者铝塑板）等组成； 13.车载网络：以太网、CAN 通信、LIN 通信、WIFI 通信，蓝牙通信、RS232 通信、RS485 通信，包括各个通信网络节点测试点，状态/控制指示灯，并且可以通过各自的网络软件界面进行通信控制； 14.硬件在环，在移动端上运行仿真教学软	程中涉及的参数及要求； 9.车载网络系统：RS232/RS485 通信网络包括波特率，数据收发及解析、停止位、校验位、ASCII 码和 HEX 数据，进制数据转换、数据波形等；CAN/LIN 通信包括发送配置（波特率、帧格式、时间间隔、次数），数据收发及解析等；WIFI，车载以太网参数配置（IP 及端口），数据收发及解析等；蓝牙通信参数配置，数据收发及解析； 10.包含虚拟仿真无人驾驶场景介绍，各场景工作原理以及决策过程； 11.实验箱硬件能够根据收发数据进行相应的动作。 12.硬件组成：包括各通信测试点，模拟红绿灯及倒计时显示数码管、LCD 触摸显示屏、小型示波器（测量波形）、指示灯，指示面板（亚克力或者铝塑板）等； 13.车载网络：以太网、CAN 通信、LIN 通信、WIFI 通信，蓝牙通信、RS232 通信、RS485 通信，包括各个通信网络节点测试点，状态/控制指示灯，并且可以通过各自的网络软件界面进行通信控制； 14.硬件在环，在移动端上运行仿真教学软				

		件，模拟各种无人驾驶典型场景。 15.技术要求、仿真度高；自由度高、交互性强；硬件在环，数据可交互。 16.技术参数 (1)实验箱 LCD：≥12 英寸，触摸屏;供电：220VAC; (2)显示系统：不小于 10 英寸，运行内存不小于 6G; (3)外形尺寸：≥长 515mm*宽 300mm*高 140mm; (4)底盘：带驱动电机及控制器，能够控制小车进行动作; (5)便携式示波器：双通道，带有电池，可以测试实验箱测试点波形; (6)实验箱仿真系统采用架结构模式设计，逻辑和界面分离; (7)实验箱仿真系统内置心跳反应机制，能够实时反馈实验箱系统和小车的网络状态; (8)系统采用了状态机模式和策略模式等，可对车辆自身状态切换和行为逻辑变换; (9)嵌入式电路 PCB：采用车规级处理器芯片。 三、配套要求	件，模拟各种无人驾驶典型场景。 15.技术要求、仿真度高；自由度高、交互性强；硬件在环，数据可交互。 16.技术参数 (1)实验箱 LCD： 12 英寸，触摸屏;供电：220VAC; (2)显示系统： 10 英寸，运行内存 6G; (3)外形尺寸：长 515mm*宽 300mm*高 140mm; (4)底盘：带驱动电机及控制器，能够控制小车进行动作; (5)便携式示波器：双通道，带有电池，能够测试实验箱测试点波形; (6)实验箱仿真系统采用架结构模式设计，逻辑和界面分离; (7)实验箱仿真系统内置心跳反应机制，能够实时反馈实验箱系统和小车的网络状态; (8)系统采用状态机模式和策略模式等，可对车辆自身状态切换和行为逻辑变换; (9)嵌入式电路 PCB：采用车规级处理器芯片。 三、配套说明 我单位严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，具有以下				

		严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，需有如下具体配套： （一）电力线路 1.配备必要且充足的线路、空开、供电接口、安全装置等。 2.布线要求： (1)布线需完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)若原场地配电箱无法满足供电负荷，需新增独立配电箱并重新牵线，并按规范配置空气开关等安全装置； (3)所有布线及配电箱相关材质需符合安全标准，具备防火、阻燃等安全性能。 （二）空间环境 1.墙面要求 (1)材质：采用环保型内墙漆； (2)施工要求：涂刷均匀，无流挂、漏刷、色差等现象； 2.顶面要求 (1)顶面需根据设备安装运行实际要求处理； (2)照明、排风等设备与吊顶协调统一，安装平整；	具体配套说明： （一）电力线路 1.项目配套完整电力线路配套设施，配齐足量传输线缆、空气开关、供电接口及各类安全防护装置，为整套实训设备提供稳定、合规的供电基础保障。。 2.布线说明： (1)布线完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)针对原有配电箱供电容量不足的场地，增设独立专用配电箱并重新敷设供电线路，同步配套合规空气开关等安全保护器件； (3)全部线缆、配电箱柜体及内部配件均采用符合国家安全规范的防火阻燃材质，消除电路安全隐患。 （二）空间环境 1.墙面说明 (1)材质：实训区域墙面施工选用环保内墙涂料，符合教学场地室内环保使用标准； (2)施工说明：墙面涂装施工工艺规范，漆面涂刷平整均匀，杜绝流挂、漏刷、色泽不均等施工缺陷，整体观感整洁统一； 2.顶面说明				

		3.地面要求 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)针对场地原有破损的需进行修复； (4)踢脚线高度不低于80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.温度要求 (1)噪声：≤50dB(A) (2)循环风量：≥2000m³/h (3)制冷量：≥12000W (4)制热量：≥14000W (4)电压/频率：380V/50Hz (5)能效等级：一级能效 5.照明要求 （1）照度：≥300 lx （2）眩光：UGR≤16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K 6.作业区要求 满足不少于50人的作业工位，具体要求如下： (1)尺寸：对角直径≥1m，高度≥0.75m (2)面板：厚度≥2.5cm，防刮、防潮、防	(1)顶面根据设备安装运行实际要求处理； (2)顶面照明、排风配套设施与吊顶整体造型协调搭配，各类设备安装平整牢固，外观规整，无凹凸错位问题； 3.地面说明 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)对原有地面存在的破损位置预先开展修补处理，消除地面损伤，保障地面整体完好； (4)踢脚线高度80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.温度说明 (1)噪声： 50dB(A) (2)循环风量： 2000m³/h (3)制冷量： 12000W (4)制热量： 14000W (4)电压/频率：380V/50Hz (5)能效等级：一级能效 5.照明说明 （1）照度： 300 lx （2）眩光：UGR16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K				

		污； (3)脚架：防生锈、防腐蚀、耐磨耐用，颜色均匀，不易掉漆； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装筒，承重性和稳固性良好。	6.作业区说明 满足50人的作业工位，具体说明如下： (1)尺寸：对角直径1m，高度0.75m (2)面板：桌面面板厚度2.5cm，具备防刮、防潮、防污特性，能够耐受实训过程工具磕碰、液体泼洒，便于日常清洁维护； (3)脚架：桌体脚架具备防锈、防腐蚀性能，耐磨经久耐用，表面色泽均匀，不易出现掉漆脱层现象，适配实训室长期高频使用； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装筒，承重性和稳固性良好。				
3	车路云一体化全场景无人车研发平台	一、功能 以城市道路真实智能灯杆为原型设计，一体化集成智能感知传感器、路侧边缘计算、V2X车路协同、交通信号控制、网络通信模块、车路云一体化传感器标定工具，复现智慧路侧单元（RSU）全功能架构，满足智能网联汽车车路协同核心课程教学、实训实操、算法验证、科研开发全场景使用，实现理论讲解、实物操作、故障诊断的有机融合。 二、参数	一、功能说明 我单位提供的车路云一体化全场景无人车研发平台，以城市实景智能灯杆为硬件原型，深度集成多类智能感知传感器、路侧边缘计算单元、V2X车路协同通信、交通信号控制、多通道网络通信及配套车路云一体化传感器标定工具，完整复刻智慧路侧单元RSU全套功能架构；平台覆盖智能网联汽车车路协同专业教学全流程，可支撑核心课程理论授课、线下实物实操训练、感知算法仿真验证与前沿科研开发多场景应用，打通理论知识讲授、硬件实物操作、设备故障诊断三大教学环节，实现教学、	济南简远科技有限公司	ICV/V2X-SLP	1套	无偏离

		（一）智能灯杆结构 （1）底座设计：底部配备静音万向轮+机械锁止装置，移动灵活、固定稳固，满足实训室频繁移位与稳定实训双重需求。 （2）安装扩展：杆体集成标准化传感器安装机构，预留多路电源接口、网络接口、信号接口，支持相机、激光雷达、毫米波雷达、通信模块快速安装与位置调节。 （3）材质工艺：采用钢制加厚杆体，表面静电喷塑防腐处理，承重能力强，整体结构稳固无晃动，满足长期教学实训使用。 （4）布线设计：内置隐藏式走线槽，电源线、网线、信号线分离布线，避免信号干扰。 （5）外形尺寸：≥780㎜*370㎜*1750㎜(长*宽*高） （二）视觉感知单元 ▲1.开发架构 基于 ROS2 开发，无第三方开源依赖限制。 ▲2.功能要求	实训、科研一体化融合落地，适配院校智能网联相关专业系统化人才培养需求。 二、参数说明 （一）智能灯杆结构 （1）底座设计：本设备底部一体化配置静音万向滚轮与机械式制动锁止装置，滚轮推行力低、移动转向灵活，机械锁止结构锁紧强度高、无滑移晃动，能够同时满足实训教学场景下设备频繁搬迁转运、实操实训时设备固定稳牢的双重应用需求。 （2）安装扩展：设备杆件一体化集成标准化通用传感器安装机构，预设多路独立电源供电接口、以太网通信接口与模拟 / 数字信号接口，兼容相机、激光雷达、毫米波雷达、无线通信模块等感知设备，可完成快速固定安装，并实现多角度、多维度位置灵活调整。 （3）材质工艺：设备立杆选用加厚碳素钢材质制造，全表面实施静电喷塑防锈防腐处理，机械承载强度高；整体框架力学结构设计合理，装配完成后无松动、无晃动形变，能够满足院校常年不间断教学实训的耐久使用需求。 （4）布线设计：立杆内部集成隐藏式封闭式走线仓，采用分区隔离布线设计，将供电线				

		至少要具备以下功能，每个功能是独立的软件子系统，所有功能集成于一个总界面。具体要求功能如下：相机标定、图像处理、视觉目标检测模型训练、视觉目标检测、车道线检测等。 3.可视化工具 自主开发前端可视化界面，运行流畅无卡顿；系统界面能够显示传感器的连接状态。 ●4.数据可视化总体要求（现场演示） 软件主体配色要适应室内外不同的光照环境，适用于不同光线教学场景使用；能够一键进行 2D/3D 视角切换；能够实时可视化图像；能够一键进行相机复位；能够自定义选择是否显示区域网格、坐标轴、感知目标检测框、感知目标标签、感知目标速度。能够自定义设置不同检测目标类别的显示颜色、边界框尺寸数值、类别标签的文字大小等；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽	路、网络传输线路、传感信号线路物理分隔排布，大幅降低线缆间电磁耦合干扰，保障各类传感器数据传输连续可靠，适配长时间实训作业。 （5）外形尺寸：长 780mm*宽 370mm*高 1750mm （二）视觉感知单元 **▲1.开发架构** **基于 ROS2 开发，无第三方开源依赖限制。（佐证材料详见第 80 页）** **▲2.功能说明** **具备以下功能，每个功能是独立的软件子系统，所有功能集成于一个总界面。具体功能如下：相机标定、图像处理、视觉目标检测模型训练、视觉目标检测、车道线检测等。（佐证材料详见第 81 页）** 3.可视化工具 系统配备自研前端可视化界面，整体运行平稳流畅、响应迅速，无卡顿延迟。界面支持实时监测并展示各类传感器连接工况，状态展示直观清晰。 **●4.数据可视化总体说明（现场演示）** **软件主体配色适应室内外不同的光照环境，适**				

		高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向等。 5.相机标定 （1）采用自动标定方法，能够设置标定板参数、图像来源，至少包括离线文件、ROS2 BAG 包和 ROS TOPIC 三种形式； （2）能可视化相机详细的内参矩阵和训练/测试数据的统计分布云图； （3）可以实现≥20 种标定参数的设置； （4）可以在线查看训练点和测试点在图像中的位置和空间占有率，并根据训练空间占有率提示标定是否完成； （5）能够导出系统采集的所有图像，标定结果、标定板角点检测坐标和数据统计分布云图，数据统计分布云图的分辨率≥2000×1200 像素； （6）能够进行相机标定参数的界面输入、重置，标定结果文件的保存、导出。 6.图像处理系统功能要求 图像处理至少包含灰度和色彩变换、图像平	**用于不同光线教学场景使用；能够一键进行 2D/3D 视角切换；能够实时可视化图像；能够一键进行相机复位；能够自定义选择是否显示区域网格、坐标轴、感知目标检测框、感知目标标签、感知目标速度。能够自定义设置不同检测目标类别的显示颜色、边界框尺寸数值、类别标签的文字大小等；能够通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向等。（现场进行视频演示）** 5.相机标定 （1）系统搭载智能化自动标定功能，支持用户灵活自定义标定板各类参数，可根据实训需求自由切换图像采集来源，全面兼容离线文件、ROS2 BAG 数据包、ROS 实时话题三种图像接入形式，可满足离线数据复盘、数据包回放、实时在线标定等多场景实训作业需求，适配多样化视觉标定教学实验工况。 （2）能可视化相机详细的内参矩阵和训练/测试数据的统计分布云图； （3）可以实现 20 种标定参数的设置，涵盖标				

		滑和增强、图像边缘检测、图像阈值分割图像处理算法； 图像平滑和增强算法至少包含均值滤波、高斯滤波、中值滤波、直方图均衡化、对比度增强和颜色校正 6 个子算法； 图像边缘检测算法至少包含 Canny 边缘检测、Sobel 边缘检测和 Laplace 边缘检测 3 个子算法； 可以在界面进行算法参数修改调试； 具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，同时代码文件有注释，同时具有一键还原功能。 ●7. 视觉目标检测模型训练系统功能要求（现场演示） 能够分步骤实现训练图像的采集、训练数据标注、模型训练整个过程的教学；能够在界面设置要检测的目标类别及图像的标签；能够设置并调整训练参数；训练过程中可以实时显示训练目标边界框损失、置信度误差、分类损失、精准率、召回率和平均精度均值	定精度、矫正系数、采样阈值等多维度参数项，参数可调范围广、配置自由度高； （4）系统具备标定数据实时在线监测功能，可动态展示训练点、测试点在图像画面中的整体分布位置，同步统计并呈现样本空间占有率指标；可依据训练空间占有率达标阈值自动判别标定进度，智能提醒标定工序是否完成，有效规避样本不足、分布不均导致的标定精度偏差，满足标准化、规范化的视觉标定实训教学要求。 （5）能够导出系统采集的所有图像，标定结果、标定板角点检测坐标和数据统计分布云图，数据统计分布云图的分辨率 2000×1200 像素，确保输出数据完整、高清、可溯源，满足实训存档与实验分析要求； （6）能够进行相机标定参数的界面输入、重置，标定结果文件的保存、导出。 6. 图像处理系统功能说明 （1）图像处理涵盖灰度与色彩变换、图像平滑与图像增强、图像边缘检测、图像阈值分割等核心处理算法，可满足多样化图像预处理实训教学需求； （2）图像平滑和增强算法包含均值滤波、高				

		6 个参数的训练曲线；能够显示训练完成率和训练的时间，能够可视化训练结果。 ●8. 视觉目标检测系统功能要求（现场演示） 视觉目标检测能够自主选择检测数据集、数据类型、拍照图像保存路径；在检测过程中可以调节置信度和 iou 参数来实施查看目标检测结果；检测结果包含标签和目标框，不同的目标类别采用不同颜色的框来显示，可以自定义设置是否显示检测目标标签或者目标边界框；具备通过按钮进行目标检测结果录制和回放功能；可以拍照保存检测结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、图像的动态回放和分析图表的自动生成。 ▲9. 车道线检测系统功能要求 可以加载检测数据源，不少于 5 种数据源；可以实现图像的透视变换标定，将图像从实景视角转换为垂直视角，并将标定结果用于	斯滤波、中值滤波、直方图均衡化、对比度增强和颜色校正 6 个子算法，可分别实现图像降噪平滑、灰度均衡优化、细节对比度提升、色彩偏差校正等处理效果，算法覆盖全面、功能维度丰富，可充分支撑各类机器视觉图像预处理教学实训任务； （3）图像边缘检测算法包含 Canny 边缘检测、Sobel 边缘检测和 Laplace 边缘检测 3 个子算法； （4）系统具备可视化算法参数调试功能，可直接在前端界面对各类图像处理及视觉算法参数进行自主配置、在线修改与实时调试； （5）具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，同时代码文件有注释，同时具有一键还原功能，可反复开展实训练习。 **●7. 视觉目标检测模型训练系统功能说明（现场演示）** **能够分步骤实现训练图像的采集、训练数据标注、模型训练整个过程的教学；能够在界面设置要检测的目标类别及图像的标签；能够设置并调整训练参数；训练过程中可以实时显示训练目标边界框损失、置信度误差、分类损失、**				

		基于数字图像处理的车道线检测算法中；可以实现基于数字图像处理和深度学习的两种车道线检测算法；所有算法都可以在界面进行参数调整；可以实时可视化车道线检测算法检测结果，提供正常视角和透视变换两个视角结果的可视化；具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，有代码注释，同时具有一键还原功能。 （三）激光雷达感知单元 1.开发架构 基于 ROS2 开发，无第三方开源依赖限制。 ▲2.总体功能要求 至少要具备激光雷达标定、激光雷达数据读取、点云聚类、点云目标检测、激光雷达建图、激光雷达定位、算法学习、二次开发功能，每个功能是独立的软件子系统，所有功能集成于一个总界面，配有原理展示示教板，可以完成动态原理教学，具有语音讲解功能，可实现对激光雷达的详细功能的讲	精准率、召回率和平均精度均值 6 个参数的训练曲线；能够显示训练完成率和训练的时间，能够可视化训练结果。（现场进行视频演示） ●8.视觉目标检测系统功能要求（现场演示） 能够自主选择检测数据集、数据类型、拍摄图像保存路径；在检测过程中可以调节置信度和 iou 参数来实施查看目标检测结果；检测结果包含标签和目标框，不同的目标类别采用不同颜色的框来显示，可以自定义设置是否显示检测目标标签或者目标边界框；具备通过按钮进行目标检测结果录制和回放功能；可以拍照保存检测结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、图像的动态回放和分析图表的自动生成。（现场进行视频演示） ▲9.车道线检测系统功能说明 可以加载检测数据源，包含 5 种数据源；可以实现图像的透视变换标定，将图像从实景视角转换为垂直视角，并将标定结果用于基于数字图像处理的车道线检测算法中；可以实现基于数字图像处理和深度学习的两种车道线检测算法；所有算法都可以在界面进行参数调整；可以实时可视化车道线检测算法检测结果，提供				

		解。 3.可视化工具 前端可视化界面，运行流畅无卡顿；系统界面能够显示传感器的连接状态。 ●4.数据可视化总体要求（现场演示） 软件主体配色适应室内外不同的光照环境，适用于不同光线场景使用。能够进行 2D/3D 视角切换；能够实时可视化雷达点云；能够一键进行相机复位；能够自定义设置雷达点云显示的尺寸、颜色、强度系数，能够自定义设置点云显示范围的最大高度、最小高度、区域半径；能够自定义选择是否显示显示区域网格、坐标轴、雷达扫描动画、实时点云、感知目标检测框、感知目标标签、感知目标速度。能够自定义设置不同检测目标类别的显示颜色、边界框尺寸数值、类别标签的文字大小等；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y	**正常视角和透视变换两个视角结果的可视化；具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，有代码注释，同时具有一键还原功能。（佐证材料详见第 8 页）** （三）激光雷达感知单元 1.开发架构 整套软件系统依托 ROS 2 分布式框架独立研发，核心功能模块完全自主实现，不存在强制绑定、授权受限类第三方开源依赖，可规避开源协议约束风险，适配教学实训自主二次开发需求。 **▲2.总体功能说明** **具备激光雷达标定、激光雷达数据读取、点云聚类、点云目标检测、激光雷达建图、激光雷达定位、算法学习、二次开发功能，每个功能是独立的软件子系统，所有功能集成于一个总界面，配有原理展示示教板，可以完成动态原理教学，具有语音讲解功能，可实现对激光雷达的详细功能的讲解。（佐证材料详见第 89 页）** 3.可视化工具 系统采用前端可视化交互界面，整体运行流畅				

		方向速度信息、速度方向、距离激光雷达的直线距离等。 5.激光雷达标定软件功能要求 激光雷达标定能够实时可视化雷达点云；能够进行 3D/2D 视角切换；能够在界面对传感器模型进行空间三维转动、缩放操作；能够进行传感器标定参数的界面输入、重置，标定结果文件的保存、导出。 ▲6.点云预处理系统功能要求 点云预处理功能可以实现点云滤波（包含体素降采样和随机降采样算法）、点云分割（包含地面去除 ransac、地面提取 ransac、z 轴地面去除和 z 轴提取地面算法）、点云聚类（包含欧式聚类和点云生长算法）分步过程；能够在线输入调整参数可实时查看点云处理结果；具备通过按钮进行数据录制和回放功能；可以拍照保存测试结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、点云的动态回放和分析图表的自动生成；具备在	稳定、操作顺滑无卡顿；界面可实时监测并展示各类传感器的连接状态与在线工况，设备运行状态一目了然。 **●4.数据可视化总体要求（现场演示）** **软件主体配色适应室内外不同的光照环境，适用于不同光线场景使用。能够进行 2D/3D 视角切换；能够实时可视化雷达点云；能够一键进行相机复位；能够自定义设置雷达点云显示的尺寸、颜色、强度系数，能够自定义设置点云显示范围的最大高度、最小高度、区域半径；能够自定义选择是否显示显示区域网格、坐标轴、雷达扫描动画、实时点云、感知目标检测框、感知目标标签、感知目标速度。能够自定义设置不同检测目标类别的显示颜色、边界框尺寸数值、类别标签的文字大小等；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向、距离激光雷达的直线距离等。（现场进行视频演示）** 5.激光雷达标定软件功能说明 激光雷达标定能够实时可视化雷达点云；支持 3D 与 2D 视角自由切换；能够在界面对传感器				

		线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，在线逐步运行测试；代码文件有注释，同时具有一键还原功能。 ●7.点云目标检测模型训练系统功能要求（现场演示） 点云目标检测模型训练功能能够分步骤实现训练点云数据的采集、训练数据标注、模型训练整个过程的教学；可以自定义检测目标和目标标签，并实时采集训练数据。能够自主增加训练数据、删除训练数据，实现点云数据的实时采集；能够从界面打开点云数据标注窗口，利用深度神经网络自动获取鼠标所在位置中目标的边界框，实现点云数据的半自动标注；能够在界面设置要检测的目标类别及图像的标签；能够利用构建的数据集，训练特定功能的点云目标检测算法；能根据训练曲线数据，在界面设置和调整训练参数和策略；训练过程中可以实时显示训练目标边界框损失、置信度误差、分类损失、精准率、召回率和平均精度均值 6 个参数的	模型进行空间三维转动、缩放操作；能够进行传感器标定参数的界面输入、重置，标定结果文件的保存、导出，方便实验数据留存、复盘分析与项目成果归档。 **▲6.点云预处理系统功能说明（佐证材料详见第 91 页）** **点云预处理功能可以实现点云滤波（包含体素降采样和随机降采样算法）、点云分割（包含地面去除 ransac、地面提取 ransac、z 轴地面去除和 z 轴提取地面算法）、点云聚类（包含欧式聚类和点云生长算法）分步过程；能够在线输入调整参数可实时查看点云处理结果；具备通过按钮进行数据录制和回放功能；可以拍照保存测试结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、点云的动态回放和分析图表的自动生成；具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，在线逐步运行测试；代码文件有注释，同时具有一键还原功能。** **●7.点云目标检测模型训练系统功能要求（现场演示）** **点云目标检测模型训练功能能够分步骤实现训**				

		训练曲线；能够显示训练完成率和训练的时间；能够可视化训练结果。 ▲8.点云目标检测系统功能要求 点云目标检测系统能够选择训练模型，能够修改测试跟踪算法参数并实时显示检测结果，可以修改调整的参数包括：位置系数、方向系数、目标尺寸系数、类别系数、距离阈值、初始协方差矩阵系数、测量协方差矩阵系数；检测结果包含目标标签、3D 目标边界框及尺寸数值；可以自定义检测标签的字体大小和类别，自定义不同目标类别的显示颜色；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向、距离激光雷达的直线距离；具备通过按钮进行目标检测结果录制和回放功能；可以保存检测结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、图像的动态回	练点云数据的采集、训练数据标注、模型训练整个过程的教学；可以自定义检测目标和目标标签，并实时采集训练数据。能够自主增加训练数据、删除训练数据，实现点云数据的实时采集；能够从界面打开点云数据标注窗口，利用深度神经网络自动获取鼠标所在位置中目标的边界框，实现点云数据的半自动标注；能够在界面设置要检测的目标类别及图像的标签；能够利用构建的数据集，训练特定功能的点云目标检测算法；能根据训练曲线数据，在界面设置和调整训练参数和策略；训练过程中可以实时显示训练目标边界框损失、置信度误差、分类损失、精准率、召回率和平均精度均值 6 个参数的训练曲线；能够显示训练完成率和训练的时间；能够可视化训练结果。（现场进行视频演示） ▲8.点云目标检测系统功能说明（佐证材料详见第 98 页） 点云目标检测系统能够选择训练模型，能够修改测试跟踪算法参数并实时显示检测结果，可以修改调整的参数包括：位置系数、方向系数、目标尺寸系数、类别系数、距离阈值、初始协方差矩阵系数、测量协方差矩阵系数；检				

		放和分析图表的自动生成。 ●9.雷视融合目标检测系统功能要求（现场演示） 具备界面调参功能，可以调试的参数至少包括：视觉目标检测置信度、点云目标检测置信度、融合感知阈值、融合感知点云检测置信阈值、位置系数、方向系数、目标尺寸习俗、类别系数、距离阈值、初始协方差矩阵系数、测量协方差矩阵系数；调整参数后，界面分别实时可视化显示点云和图像数据，以及融合感知结果，可以显示检测目标三维边界框、标签、置信度等；能够自定义设置可视化效果参数，包括是否显示、不同目标类别的显示颜色、边界框尺寸数值、类别标签的文字大小等；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向、距离激光雷达的直线距离；具备通过按钮进行目标检测结果	测结果包含目标标签、3D 目标边界框及尺寸数值；可以自定义检测标签的字体大小和类别，自定义不同目标类别的显示颜色；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向、距离激光雷达的直线距离；具备通过按钮进行目标检测结果录制和回放功能；可以保存检测结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、图像的动态回放和分析图表的自动生成。 ●9.雷视融合目标检测系统功能说明（现场演示） 具备界面调参功能，可以调试的参数包括：视觉目标检测置信度、点云目标检测置信度、融合感知阈值、融合感知点云检测置信阈值、位置系数、方向系数、目标尺寸习俗、类别系数、距离阈值、初始协方差矩阵系数、测量协方差矩阵系数；调整参数后，界面分别实时可视化显示点云和图像数据，以及融合感知结果，可以显示检测目标三维边界框、标签、置信度等；能够自定义设置可视化效果参数，包				

		录制和回放功能；可以保存检测结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、图像的动态回放和分析图表的自动生成；具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，在线逐步运行测试；代码有注释，具有一键还原功能。 （三）信号灯控制系统 （1）系统主界面有信号灯显示区，实时显示四路信号灯的亮灯状态及切换剩余时间，设置有“信号灯设置”按钮。 （2）在信号灯设置界面，可以自定义红灯和绿灯的亮灯持续时间，黄灯的亮灯持续时间可单独修改。 （3）在信号灯设置界面，可以选择是否将路端的信号灯实时数据上传至云平台。 （4）RSU 端交通信号灯的与云端/车端的通信协议采用 mqtt 协议。 （5）系统界面可以实时显示相机图像，界面可以一键选择是否将实时图像上传云平台。	**括是否显示、不同目标类别的显示颜色、边界框尺寸数值、类别标签的文字大小等；可以通过单击选中某个检测目标，查看该检测目标的位置和边框信息，包括：跟踪 ID、类型、置信度、目标中心点坐标、边框长宽高、x 方向速度信息、y 方向速度信息、速度方向、距离激光雷达的直线距离；具备通过按钮进行目标检测结果录制和回放功能；可以保存检测结果图片至自定义文件夹；具备通过按钮进行数据分析的功能，可以在数据分析界面实现数据、图像的动态回放和分析图表的自动生成；具备在线代码学习功能，代码用 python 语言编写，采用代码填空模式，在线逐步运行测试；代码有注释，具有一键还原功能。（现场进行视频演示）** （三）信号灯控制系统 （1）本平台配套信号灯控制系统具备可视化交互管控能力，系统主界面有信号灯显示区，实时显示四路信号灯的亮灯状态及切换剩余时间，设置有“信号灯设置”按钮。 （2）系统内置信号灯专属参数配置界面，支持自主自定义红灯、绿灯运行时长，黄灯时长可独立单独调整，灵活适配不同实训场景下的				

		（四）云控平台系统 （1）数据汇聚功能：支持实时接入路侧 RSU 感知数据、车端 OBU 位置数据、GPS 定位数据。 （2）视频可视化功能：支持多路路侧感知视频实时解码、显示、画面融合。 （3）V2X 消息处理功能：支持国标 V2X 消息实时接收、解析、存储与可视化展示。 （4）交通态势监控功能：基于二维/轻量化三维地图，实时展示车辆位置、行驶轨迹、航向。 （5）云端协同服务功能：提供基础云端决策与指令透传服务，实现路侧感知数据下发至车端、车端状态上传至云端。 （6）界面与操作：全中文可视化交互界面，布局简洁、操作便捷，支持界面模块自定义显示，适配高职教学实训与课堂演示使用。 （五）V2X 测试系统 （1）配备独立车端可视化软件界面，用于国标 V2X 典型场景实机测试、预警验证与数据	信号配时教学需求。 （3）在信号灯设置界面，操作人员可自主控制路侧信号灯实时运行数据是否同步上传至云端管控平台。 （4）RSU 端交通信号灯的与云端/车端的通信协议采用 mqtt 协议。 （5）系统界面可以实时显示相机图像，界面可以一键选择是否将实时图像上传云平台。 （四）云控平台系统 （1）数据汇聚功能：可同步接入路侧 RSU 各类感知采集数据、车载 OBU 上报的车辆位置信息以及 GPS 定位数据，实现路、车多维度感知数据统一汇集。 （2）视频可视化功能：可同步对多路路侧感知视频实时解码、显示、画面融合。 （3）V2X 消息处理功能：内置标准化 V2X 消息处理模块，支持国标 V2X 消息实时接收、解析、存储与可视化展示。 （4）交通态势监控功能：依托二维、轻量化三维电子地图完成场景还原，实时展示车辆位置、行驶轨迹、航向。 （5）云端协同服务功能：提供基础云端决策与指令透传服务，打通车、路、云数据双向传				

		交互。 （2）支持与路侧 RSU、车端 OBU 稳定通信，实现 V2X 消息收发、解析、预警触发与结果可视化展示。 （3）支持 Ubuntu 系统运行，兼容 ROS2 机器人操作系统。 （4）可对接 C-V2X 通信模组、路侧计算单元、车载终端单元。 （5）支持国标 V2X 协议栈，兼容 BSM、MAP、SPAT、RSI 等标准消息格式。 （6）支持 V2X 数据实时解析、预警状态实时显示。 （7）开放通信接口、消息解析接口、场景控制接口，支持案例场景以外的其他国标 V2X 应用场景二次开发。 三、配套要求 严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，需有如下具体配套： （一）电力线路	输链路，实现路侧感知数据下发至车端、车端状态上传至云端。 （6）界面与操作：全中文可视化交互界面，布局简洁、操作便捷，支持界面模块自定义显示，适配高职教学实训与课堂演示使用。 （五）V2X 测试系统 （1）配置专用独立车端可视化软件操作界面，用于国标 V2X 典型场景实机测试、预警验证与数据交互。 （2）支持与路侧 RSU、车端 OBU 稳定通信，实现 V2X 消息收发、解析、预警触发与结果可视化展示，用于 V2X 预警机制相关实训验证。 （3）支持 Ubuntu 系统运行，兼容 ROS2 机器人操作系统。 （4）可对接 C-V2X 通信模组、路侧计算单元、车载终端单元。 （5）支持国标 V2X 协议栈，兼容 BSM、MAP、SPAT、RSI 等标准消息格式。 （6）能够对 V2X 传输报文进行实时解析处理、预警状态实时显示。 （7）开放通信接口、消息解析接口、场景控制接口，支持案例场景以外的其他国标 V2X 应用场景二次开发。				

		1.配备必要且充足的线路、空开、供电接口、安全装置等。 2.布线要求： (1)布线需完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)若原场地配电箱无法满足供电负荷，需新增独立配电箱并重新牵线，并按规范配置空气开关等安全装置； (3)所有布线及配电箱相关材质需符合安全标准，具备防火、阻燃等安全性能。 （二）空间环境 1.墙面要求 (1)材质：采用环保型内墙漆； (2)施工要求：涂刷均匀，无流挂、漏刷、色差等现象； 2.顶面要求 (1)顶面需根据设备安装运行实际要求处理； (2)照明、排风等设备与吊顶协调统一，安装平整； 3.地面要求	三、配套说明 我单位严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，具有以下具体配套： （一）电力线路 1.项目配套完整电力线路配套设施，配齐满足量传输线缆、空气开关、供电接口及各类安全防护装置，为整套实训设备提供稳定、合规的供电基础保障。 2.布线说明： (1)布线完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)针对原有配电箱供电容量不足的场地，增设独立专用配电箱并重新敷设供电线路，同步配套合规空气开关等安全保护器件； (3)全部线缆、配电箱柜体及内部配件均采用符合国家安全规范的防火阻燃材质，消除电路安全隐患。 （二）空间环境 1.墙面说明 (1)材质：实训区域墙面施工选用环保内墙涂料，符合教学场地室内环保使用标准； (2)施工说明：墙面涂装施工工艺规范，漆面涂刷平整均匀，杜绝流挂、漏刷、色泽不均等施工缺陷，整体观感整洁统一； 2.顶面说明				

		(1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)针对场地原有破损的需进行修复； (4)踢脚线高度不低于 80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.温度要求 (1)噪声：≤50dB(A) (2)循环风量：≥2000m³/h (3)制冷量：≥12000W (4)制热量：≥14000W (4)电压 / 频率：380V/50Hz (6)能效等级：一级能效 5.照明要求 （1）照度：≥300 lx （2）眩光：UGR≤16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K 6.作业区要求 满足不少于 50 人的作业工位，具体要求如下：	(1)顶面根据设备安装运行实际要求处理； (2) 顶面照明、排风配套设施与吊顶整体造型协调搭配，各类设备安装平整牢固，外观规整，无凹凸错位问题； 3.地面说明 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3) 对原有地面存在的破损位置预先开展修补处理，消除地面损伤，保障地面整体完好； (4)踢脚线高度 80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.温度说明 (1)噪声： 50dB(A) (2)循环风量： 2000m³/h (3)制冷量： 12000W (4)制热量： 14000W (4)电压 / 频率：380V/50Hz (6)能效等级：一级能效 5.照明说明 （1）照度： 300 lx （2）眩光：UGR 16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K 6.作业区说明 满足 50 人的作业工位，具体说明如下： (1)尺寸：对角直径 1m，高度 0.75m				

		(1)尺寸：对角直径≥1m，高度≥0.75m (2)面板：厚度≥2.5cm，防刮、防潮、防污； (3)脚架：防生锈、防腐蚀、耐磨耐用，颜色均匀，不易掉漆； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装简，承重性和稳固性良好。	(2)面板：桌面面板厚度2.5cm，具备防刮、防潮、防污特性，能够耐受实训过程工具磕碰、液体泼洒，便于日常清洁维护； (3)脚架：桌体脚架具备防锈、防腐蚀性能，耐磨经久耐用，表面色泽均匀，不易出现掉漆脱层现象，适配实训室长期高频使用； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装简，承重性和稳固性良好。				
4	智能网联汽车感知技术研发平台	一、视觉传感器实训台 （一）功能 采用模块化设计，由视觉传感器实训舱和移动底座组成；快拆快装，支持不同使用场景；支持开展视觉传感器的装配、调试、标定、故障诊断、图像处理、目标检测算法验证、车道线识别功能应用、ASL功能应用等实训内容。主要包括双目摄像头、单目摄像头、工控机、蓄电池、教学显示屏等硬件及其配套软件。 ●1.360°环视摄像头测试软件(现场演示)：软件支持接入四个摄像头，可显示四个摄像头的连接状态；可设置摄像头对应的车辆方向，支持摄像头位置设置信息的保存；可通过标定板对摄像头进行角点标定，支持标定	一、视觉传感器实训台 （一）功能说明 我单位提供的视觉传感器实训台采用先进的模块化设计理念，主要由视觉传感器实训舱与移动底座两部分组成。设备支持快拆快装，能够灵活适配不同的使用场景。在实训内容方面，该平台全面覆盖视觉传感器的装配、调试、标定及故障诊断，并支持图像处理、目标检测算法验证、车道线识别以及ASL功能应用等核心实训项目。硬件配置上，实训台集成了双目摄像头、单目摄像头、工控机、蓄电池及教学显示屏等核心组件，并配套了完善的教学软件系统。 **●1.360°环视摄像头测试软件(现场演示)：软件支持接入四个摄像头，可显示四个摄像头**	易飒（广州）智能科技有限公司	EISA-SS-YFPT	1套	无偏离

		图片数量的设置；可显示标定前与标定后的图像，能够输出操作的信息。 2.摄像头标定软件 1）支持摄像头录制数据和回放数据； 2）支持通过配置文件设置打开的摄像头设备名、图像分辨率、输出图像话题名； 3）标定软件左侧显示标定画面，右侧显示X、Y、Size、Skew四个标定进度条，使用标定板标定当摄像头检测到标定板后标定画面出现彩色检测线，随着标定板在摄像头前移动位置，标定进度条动态变化，最终进度条全部变绿代表标定完成。 3.自动驾驶行人检测模块 1）提供数据集标注工具，支持制作数据集并进行数据标注； 2）支持使用yolov5目标检测算法的训练脚本对数据集进行训练；支持根据P、R、mAP@.5、mAP@.5-.95指标对训练的模型进行评估，通过image-weights、multi-scale等参数的调整使模型得到优化； 3）支持对比测试优化后的模型，输出评估模型预测的准确性结果。 4）提供不少于50行源代码和不少于两种目	**的连接状态；可设置摄像头对应的车辆方向，支持摄像头位置设置信息的保存；可通过标定板对摄像头进行角点标定，支持标定图片数量的设置；可显示标定前与标定后的图像，能够输出操作的信息。（现场进行视频演示）** 2.摄像头标定软件 1）支持摄像头录制数据和回放数据； 2）支持通过配置文件设置打开的摄像头设备名、图像分辨率、输出图像话题名； 3）标定软件左侧显示标定画面，右侧显示X、Y、Size、Skew四个标定进度条，使用标定板标定当摄像头检测到标定板后标定画面出现彩色检测线，随着标定板在摄像头前移动位置，标定进度条动态变化，最终进度条全部变绿代表标定完成。 3.自动驾驶行人检测模块 1）提供数据集标注工具，支持制作数据集并进行数据标注； 2）支持使用yolov5目标检测算法的训练脚本对数据集进行训练；支持根据P、R、mAP@.5、mAP@.5-.95指标对训练的模型进行评估，通过image-weights、multi-scale等参数的调整使模型得到优化；				

		标检测模型，支持模型部署，模型推理参数调整。 4.视觉传感器故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于进行视觉传感器故障设置和故障状态清除操作。 2）故障清除功能支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点。 3）支持设置与清除深度相机、鱼眼摄像头的电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 5.车道线识别实训系统 （1）视觉传感器实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 （2）系统搭载高分辨率摄像头，其采集的实时图像经过预处理，然后应用基于深度学习的车道线识别算法进行处理，准确区分车道线像素与背景。 （3）系统支持输出不同阶段的图像处理结果，包括： 二值化分割图像：显示清晰的黑色背景与白色车道线，以便于识别和分析车道线。	3）支持对比测试优化后的模型，输出评估模型预测的准确性结果。 4）提供50行源代码和两种目标检测模型，支持模型部署，模型推理参数调整。 4.视觉传感器故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于进行视觉传感器故障设置和故障状态清除操作。 2）故障清除功能支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点。 3）支持设置与清除深度相机、鱼眼摄像头的电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 5.车道线识别实训系统 （1）视觉传感器实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 （2）系统搭载高分辨率摄像头，其采集的实时图像经过预处理，然后应用基于深度学习的车道线识别算法进行处理，准确区分车道线像素与背景。 （3）系统支持输出不同阶段的图像处理结果，包括： 二值化分割图像：显示清晰的黑色背景与白色				

		透视变换图像：提供车道线的透视变换视图，模拟车道线鸟瞰图视角。 预测结果图像：展示车道线识别算法的预测结果(车道线检测结果标记为白色绘制在输出图像上)，以指导模块化智能线控底盘系统的控制决策。 车道线识别成功后，模块化智能线控底盘系统应根据图像处理结果完成相应的控制执行，展示车辆沿车道线行驶的能力。 ●6.ASL 自动限速调节实训系统（现场演示）：视觉传感器实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。系统支持实现 ASL（自动限速调节）功能，通过摄像头采集的实时图像进行预处理后，应用基于深度学习的交通标志识别算法完成限速标志的识别。系统内置高效的交通标志识别算法，能够准确识别不少于 3 种类型的限速标志，并在控制台输出对应的速度限制信息。限速标志识别成功后，模块化智能线控底盘系统应根据识别结果实现相应的控制执行，调整车辆速度以符合限速标志指示。 （二）参数	车道线，以便于识别和分析车道线。 透视变换图像：提供车道线的透视变换视图，模拟车道线鸟瞰图视角。 预测结果图像：展示车道线识别算法的预测结果(车道线检测结果标记为白色绘制在输出图像上)，以指导模块化智能线控底盘系统的控制决策。 车道线识别成功后，模块化智能线控底盘系统应根据图像处理结果完成相应的控制执行，展示车辆沿车道线行驶的能力。 **●6.ASL 自动限速调节实训系统（现场演示）：视觉传感器实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，能够实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。系统支持实现 ASL（自动限速调节）功能，通过摄像头采集的实时图像进行预处理后，应用基于深度学习的交通标志识别算法完成限速标志的识别。系统内置高效的交通标志识别算法，能够准确识别 3 种类型的限速标志，并在控制台输出对应的速度限制信息。限速标志识别成功后，模块化智能线控底盘系统应根据识别结果实现相应的控制执行，调整车辆速度以符合限速标志指示。（现场进行视频演示）**				

		1.双目摄像头 1)外观尺寸:≥长 160mm 宽 45mm 高 35mm 2)工作范围:0.6-8m 3)深度 式:640x480@30fps,320x240@30fps,160x120@30fps 4)精度:≥3mm@1m 等 5)RGB 模式:1920x1080@30FPS/1280x720@30FPS 6)UVC:支持 7)数据接口:USB2.0 等 8)工作温度:10℃~40℃ 9)安全性:Class1 激光 2.单目摄像头 1)最大速度:≥30 帧/秒 2)工作电压:≥5V 3)工作电流:100～120mA 4)分辨率:≥1920x1080 5)工作温度:-40℃~+70℃ 3.工控机 1)CPU:核心线程:≥10 核≥ 16 线程;最大睿频 ≥4.6GHz;缓存:≥9.5MB L2 + ≥20MB 三级智能缓存	（二）参数说明 1.双目摄像头 1)外观尺寸:长 160mm 宽 45mm 高 35mm 2)工作范围:0.6-8m 3)深度 式:640x480@30fps,320x240@30fps,160x120@30fps 4)精度:3mm@1m 等 5)RGB 模式:1920x1080@30FPS/1280x720@30FPS 6)UVC:支持 7)数据接口:USB2.0 等 8)工作温度:10℃~40℃ 9)安全性:Class1 激光 2.单目摄像头 1)最大速度: 30 帧/秒 2)工作电压:DC 5V 3)工作电流:100～120mA 4)分辨率: 1920x1080 5)工作温度:-40℃~+70℃ 3.工控机 1)CPU:核心线程: 10 核 16 线程;最大睿频 4.6GHz;缓存: 9.5MB L2 + 20MB 三级智				

		2)显卡：RT 核心：≥34 个;Tensor 核心：≥136 个;基础频率：≥2310MHz;;显存：≥8GBGDDR6，128bit，带宽≥288GB/s;缓存：≥32MB。 3)内存：≥16GB 4)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 等 5)工作温度：0 ~60° C 6)存储温度：-40~85° C 4.蓄电池 1)标称电压：≥24V 2)标称容量：≥40Ah 3)标准充电方式：电流≥5A，电压≥29.4V 4)最大充电电流：≥13A 5)最大放电电流：≥80A 6)循环寿命：≥1000 次循环 5.显示屏 1)尺寸：≥15.6 英寸 2)分辨率：≥1920*1080 3)刷新率：≥60Hz 4)响应时间：≥5ms 5)屏幕比例：≥16:9 6)亮度：≥300cd/m² 7)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口等	能缓存 2)显卡：RT 核心：34 个;Tensor 核心：136 个;基础频率：2310MHz;;显存：8GBGDDR6，128bit，带宽 288GB/s;缓存：32MB。 3)内存：16GB 4)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 等 5)工作温度：0 ~60° C 6)存储温度：-40~85° C 4.蓄电池 1)标称电压：DC24V 2)标称容量：40Ah 3)标准充电方式：电流 5A，电压 29.4V 4)最大充电电流：13A 5)最大放电电流：80A 6)循环寿命：1000 次循环 5.显示屏 1)尺寸：15.6 英寸 2)分辨率：1920*1080 3)刷新率：60Hz 4)响应时间：5ms 5)屏幕比例：16:9 6)亮度：300cd/m² 7)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口等				

		二、激光雷达实训台 （一）功能 采用模块化设计，由激光雷达实训舱和移动底座组成；快拆快装，支持不同使用场景；支持开展激光雷达的装配、调试、性能测试、故障诊断、数据解析、算法验证、车辆检测功能应用、智能停障功能应用等实训内容。主要包括激光雷达、工控机、蓄电池、教学显示屏等硬件及其配套软件。 ▲1.激光点云数据处理与分析软件 提供一个直观的界面，包含上传文件按钮、算法选择下拉框、运行按钮，通过点击上传文件按钮从本地系统选择并导入激光点云数据文件，界面显示文件路径和文件名称； 2）软件模块配置算法选择按钮，支持多种激光点云滤波算法选择，包括但不限于：直通滤波器、条件滤波器、高斯滤波器、双边滤波器、体素格滤波器、统计滤波器、半径滤波器、频率域滤波器； 3）软件模块内置基于KD树优化的激光点云滤波算法，以提高滤波处理的速度和效率。激光雷达点云滤波结果支持可视化呈现。 ●2.激光雷达测试软件（现场演示）：软件	二、激光雷达实训台 （一）功能说明 本激光雷达实训台采用先进的模块化设计理念，主要由激光雷达实训舱与移动底座两部分组成。设备支持快拆快装结构，能够灵活适应不同的教学与实训场景。在实训内容方面，平台全面覆盖激光雷达的装配、调试、性能测试及故障诊断，并支持数据解析、算法验证、车辆检测以及智能停障等核心功能应用实训。硬件配置上，实训台集成了激光雷达、工控机、蓄电池及教学显示屏等核心组件，并配套了完善的教学软件系统。 **▲1.激光点云数据处理与分析软件（佐证材料详见第104页）** **1）具有一个直观的界面，包含上传文件按钮、算法选择下拉框、运行按钮，通过点击上传文件按钮从本地系统选择并导入激光点云数据文件，界面显示文件路径和文件名称；** **2）软件模块配置算法选择按钮，支持多种激光点云滤波算法选择，包括但不限于：直通滤波器、条件滤波器、高斯滤波器、双边滤波器、体素格滤波器、统计滤波器、半径滤波器、频率域滤波器；**				

		支持接入激光雷达，可通过软件配置激光雷达以太网、时间、电机参数等信息；软件可视化显示点云图像，可显示每个点云信息；软件支持录制和播放点云图像。 3.激光雷达故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于进行激光雷达故障设置和故障状态清除操作。 2）故障清除功能应支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点。 3）软件应支持设置与清除激光雷达电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 4.SLAM 模块 1）激光雷达实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 激光雷达实训仓支持采集点云数据 BAG 包，通过迭代最近点配准算法对所有点或者特征点进行匹配配准，生成完整的点云地图。 （二）参数 1.激光雷达 1)测距方式:脉冲式 2)激光波段:≥905nm	**3）软件模块内置基于 KD 树优化的激光点云滤波算法，以提高滤波处理的速度和效率。激光雷达点云滤波结果支持可视化呈现。** **●2.激光雷达测试软件（现场演示）：软件支持接入激光雷达，可通过软件配置激光雷达以太网、时间、电机参数等信息；软件可视化显示点云图像，可显示每个点云信息；软件支持录制和播放点云图像。（现场进行视频演示）** 3.激光雷达故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于进行激光雷达故障设置和故障状态清除操作。 2）故障清除功能支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点。 3）软件支持设置与清除激光雷达电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 4.SLAM 模块 1）激光雷达实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，能够实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 2）激光雷达实训仓支持采集点云数据 BAG 包，通过迭代最近点配准算法对所有点或者特征点进行匹配配准，生成完整的点云地图。				

		3)激光等级:1 级 4)激光通道:≥16 路 5)测量范围:70m~200m 6)测距精度:±3cm 7)视场角-垂直:-15~+15° 8)视场角-水平:≥360° 9)角度分辨率-垂直:≥ 2° 10)扫描速度: ≥5Hz、≥10Hz、≥20Hz 11)通信接口:以太网、PPS 等 12)供电范围: +9V～+36VDC 13)储存温度: -40℃~+85℃ 14)防护等级:≥IP67 2.工控机 1)CPU: 核心线程: ≥10 核≥16 线程; 最大睿频≥4.6GHz; 缓存: ≥9.5MB, L2+≥20MB 三级智能缓存 2)显卡: ≥RTX4060TI8G 3)内存: ≥16GB 4)接口配置: HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 等 5)工作温度: 0-60° C 6)存储温度: -40-85° C 3.蓄电池 1)标称电压: ≥24V	（二）参数 1.激光雷达 1)测距方式:脉冲式 2)激光波段: 905nm 3)激光等级:1 级 4)激光通道: 16 路 5)测量范围:70m~200m 6)测距精度:±3cm 7)视场角-垂直:-15~+15° 8)视场角-水平: 360° 9)角度分辨率-垂直: 2° 10)扫描速度: 5Hz、10Hz、20Hz 11)通信接口:以太网、PPS 等 12)供电范围: +9V～+36VDC 13)储存温度: -40℃~+85℃ 14)防护等级: IP67 2.工控机 1)CPU: 核心线程: 10 核 16 线程; 最大睿频 4.6GHz; 缓存: 9.5MB, L2+20MB 三级智能缓存 2)显卡: RTX4060TI8G 3)内存: 16GB 4)接口配置: HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 等				

		2)标称容量：≥40Ah 3)标准充电方式：电流≥5A，电压≥29.4V 4)最大充电电流：≥13A 5)最大放电电流：≥80A 6)循环寿命：≥1000 次循环 4.显示屏 1)尺寸：≥15.6 英寸 2)分辨率：≥1920*1080 3)刷新率：≥60Hz 4)色域：≥72% 5)可视角度：≥176° 广视角 6)响应时间：≥5ms 7)屏幕比例：≥16:9 8)亮度：≥300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口 三、毫米波实训平台 （一）功能 该采用模块化设计，由毫米波雷达实训舱和移动底座组成；快拆快装，支持不同使用场景；支持开展毫米波雷达的装配、调试、标定、故障诊断、数据解析、算法验证、AEB 功能应用等实训内容。主要包括毫米波雷达、工控机、蓄电池、教学显示屏等硬件及	5)工作温度：0-60° C 6)存储温度：-40-85° C 3.蓄电池 1)标称电压：DC24V 2)标称容量：40Ah 3)标准充电方式：电流 5A，电压 29.4V 4)最大充电电流：13A 5)最大放电电流：80A 6)循环寿命：1000 次循环 4.显示屏 1)尺寸：15.6 英寸 2)分辨率：1920*1080 3)刷新率：60Hz 4)色域：72% 5)可视角度：176° 广视角 6)响应时间：5ms 7)屏幕比例：16:9 8)亮度：300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口 三、毫米波实训平台 （一）功能说明 本毫米波雷达实训台采用先进的模块化设计理念，主要由毫米波雷达实训舱与移动底座两部				

		其配套软件。 1.毫米波雷达算法验证 1）支持毫米波雷达数据解析，支持解析毫米波雷达输出的原始数据，并将其转换为可供进一步分析的格式（点云数据）。 2）集成高效的点云聚类算法，用于从毫米波雷达数据中提取有意义的目标特征。 3）软件支持原始目标聚类算法，设置毫米波雷达数据输出类型为 cluster，能够通过 python 文件获取基于毫米波雷达点云原始目标数据，将连续的毫米波雷达回波识别为单独的目标实体，得到聚类点云结果可视化图，其中绿色点集表示原始数据、红色点集表示聚类后的点云结果。 4）支持目标跟踪聚类处理功能，设置毫米波雷达数据输出类型为 object，能够通过 python 文件获取基于毫米波雷达点云跟踪目标数据进行聚类处理，得到聚类点云结果可视化图，其中绿色点集表示原始数据、红色点集表示聚类后的点云结果。 5）提供不少于 50 行源代码，支持对算法参数进行调整，以适应不同的应用场景和性能要求。	分组成。设备支持快拆快装结构，能够灵活适配不同的教学与实训场景。在实训内容方面，该平台全面覆盖毫米波雷达的装配、调试、标定及故障诊断，并支持数据解析、算法验证以及 AEB（自动紧急制动）功能应用等核心实训项目。硬件配置上，实训台集成了毫米波雷达、工控机、蓄电池及教学显示屏等核心组件，并配套了完善的教学软件系统。 1.毫米波雷达算法验证 1）支持毫米波雷达数据解析，支持解析毫米波雷达输出的原始数据，并将其转换为可供进一步分析的格式（点云数据）。 2）集成高效的点云聚类算法，用于从毫米波雷达数据中提取有意义的目标特征。 3）软件支持原始目标聚类算法，设置毫米波雷达数据输出类型为 cluster，能够通过 python 文件获取基于毫米波雷达点云原始目标数据，将连续的毫米波雷达回波识别为单独的目标实体，得到聚类点云结果可视化图，其中绿色点集表示原始数据、红色点集表示聚类后的点云结果。 4）支持目标跟踪聚类处理功能，设置毫米波雷达数据输出类型为 object，能够通过				

		2.毫米波雷达测试软件 1）软件支持接入毫米波雷达，可设置毫米波雷达的 ID、检测目标类型、最大检测距离、雷达功率、发送目标质量信息、发送目标扩展信息、控制继电器、排序方式、雷达灵敏度、自定义数据帧等。 2）开启设备后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物并在软件上进行显示，可显示障碍物的 ID、距离、方位角等信息，并且通过 2D 界面的形式显示障碍物点。 ▲3.基于毫米波雷达的前方碰撞预警功能 1）软件支持接入毫米波雷达，用户可设置报警区域角度、报警区域距离；用户开启设备之后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物，并将进入设置的警报角度和警报距离范围内的障碍物，以 ID 的形式显示在测试软件界面的左侧扇形区域内，并可查询目标 ID、X 坐标、Y 坐标、X 方向速度、Y 方向速度； 2）用户可通过场景模拟按键跳转到汽车碰撞场景模拟；在汽车碰撞场景模拟里，用户可以选择三个场景进行模拟 FCW（前向碰撞预警功能），并显示我方车速、前方车速、两车距离、模拟运行时间等信息；	python 文件获取基于毫米波雷达点云跟踪目标数据进行聚类处理，得到聚类点云结果可视化图，其中绿色点集表示原始数据、红色点集表示聚类后的点云结果。 5）提供 50 行源代码，支持对算法参数进行调整，以适应不同的应用场景和性能要求。 2.毫米波雷达测试软件 1）软件支持接入毫米波雷达，可设置毫米波雷达的 ID、检测目标类型、最大检测距离、雷达功率、发送目标质量信息、发送目标扩展信息、控制继电器、排序方式、雷达灵敏度、自定义数据帧等。 2）开启设备后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物并在软件上进行显示，可显示障碍物的 ID、距离、方位角等信息，并且通过 2D 界面的形式显示障碍物点。 **▲3.基于毫米波雷达的前方碰撞预警功能（佐证材料详见第 107 页）** **1）软件支持接入毫米波雷达，用户可设置报警区域角度、报警区域距离；用户开启设备之后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物，并将进入设置的警报角度和警报距离范围内的障碍物，以 ID 的形式显示在测试软件界面的左侧**				

		3）所有场景以动画的方式对我方车辆与前方车辆距离信息和相对速度的呈现。界面包括红色目标点（前方车辆）、扇形区域（毫米波雷达的探测范围）及车道线。 4.毫米波雷达故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于用户方便地进行毫米波雷达故障设置和故障状态清除操作。 2）故障清除功能应支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点。 3）软件应支持设置与清除毫米波雷达电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 4）软件应支持设置与清除毫米波雷达通信类故障，包括 CAN_H 断路故障、CAN_H 对地短路故障、CAN_L 断路故障、 CAN_L 对地短路故障。 5.AEB 实训系统 1）毫米波雷达实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 2）搭载的毫米波雷达应具备高精度的障碍物检测能力，能够在主车行驶过程中实时识别	**扇形区域内，并可查询目标 ID、X 坐标、Y 坐标、X 方向速度、Y 方向速度；** **2）用户可通过场景模拟按键跳转到汽车碰撞场景模拟；在汽车碰撞场景模拟里，用户可以选择三个场景进行模拟 FCW（前向碰撞预警功能），并显示我方车速、前方车速、两车距离、模拟运行时间等信息；** **3）所有场景以动画的方式对我方车辆与前方车辆距离信息和相对速度的呈现。界面包括红色目标点（前方车辆）、扇形区域（毫米波雷达的探测范围）及车道线。** 4.毫米波雷达故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于用户方便地进行毫米波雷达故障设置和故障状态清除操作。 2）故障清除功能支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点。 3）软件支持设置与清除毫米波雷达电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 4）软件支持设置与清除毫米波雷达通信类故障，包括 CAN_H 断路故障、CAN_H 对地短路故障、CAN_L 断路故障、 CAN_L 对地短路故障。				

		前方的障碍物。 3）系统应能够在智能车辆检测到前方障碍物距离小于预设的安全阈值时，自动触发警示信号并执行实车制动操作。 4）支持用户通过配置文件设置和调整 AEB 的安全阈值参数，以适应不同的教学和实训需求。 （二）参数 1.毫米波雷达 1)发射频率：76～77GHz， 2)发射功率：14.1～35.1dBm， 3)测距范围：远距 0.2～250m，近距 0.2～70m@±45，近距 0.2～20m@±60° 4)测量分辨率：远距≥1.79m，近距≥0.39m 5)速度范围：-400km/h～+200km/h 6)速度分辨率：远距≥0.37km/h，近距≥0.43km/h 7)测速精度：≥0.1km/h 8)供电电压：8～32V 9)工作温度：-40° C～+85° C 2.工控机 1)外观尺寸：≥260x200x50mm 2)CPU：核心/线程≥10 核≥16 线程；最大睿	5.AEB 实训系统 1）毫米波雷达实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，能够实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 2）搭载的毫米波雷达具备高精度的障碍物检测能力，能够在主车行驶过程中实时识别前方的障碍物。 3）系统能够在智能车辆检测到前方障碍物距离小于预设的安全阈值时，自动触发警示信号并执行实车制动操作。 4）支持用户通过配置文件设置和调整 AEB 的安全阈值参数，以适应不同的教学和实训需求。 （二）参数说明 1.毫米波雷达 1)发射频率：76～77GHz， 2)发射功率：14.1～35.1dBm， 3)测距范围：远距 0.2～250m，近距 0.2～70m@±45，近距 0.2～20m@±60° 4)测量分辨率：远距 1.79m，近距 0.39m 5)速度范围：-400km/h～+200km/h 6)速度分辨率：远距 0.37km/h，近距 0.43km/h 7)测速精度：0.1km/h				

		频≥4.6GHz；缓存：≥9.5MB L2 + ≥20MB 三级智能缓存 3)显卡：≥RTX4060TI 8G 4)内存：≥16GB 5)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 6)工作温度：0～60° C 7)存储温度：-40～85° C 8)工作电压：≥19V 3.蓄电池 1)标称电压： ≥24V 2)标称容量： ≥40Ah 3)标准充电方式： 电流 ≥5A，电压≥29.4V 4)最大充电电流： ≥13A 5)最大放电电流： ≥80A 6)循环寿命： ≥1000 次循环 4.显示屏 1)尺寸：≥15.6 英寸 2)分辨率：≥1920*1080 3)刷新率：≥60Hz 4)色域：≥72% 5)可视角度：≥176° 广视角 6)响应时间：≥5ms	8)供电电压:8～32V 9)工作温度:-40° C～+85° C 2.工控机 1)外观尺寸：长 260x 宽 200x 高 50mm 2)CPU：核心/线程 10 核 16 线程；最大睿频 4.6GHz；缓存：9.5MB L2 + 20MB 三级智能缓存 3)显卡：RTX4060TI 8G 4)内存：16GB 5)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 6)工作温度：0～60° C 7)存储温度：-40～85° C 8)工作电压：19V 3.蓄电池 1)标称电压： DC24V 2)标称容量： 40Ah 3)标准充电方式： 电流 5A，电压 29.4V 4)最大充电电流： 13A 5)最大放电电流： 80A 6)循环寿命： 1000 次循环 4.显示屏 1)尺寸：15.6 英寸 2)分辨率：1920*1080				

		7)屏幕比例：≥16:9 8)亮度：≥300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口 四、超声波雷达实训平台 （一）功能 采用模块化设计，由超声波雷达实训舱和移动底座组成；快拆快装，支持不同使用场景；支持开展超声波雷达的装配、调试、性能测试、故障诊断、数据解析、均值滤波算法验证、泊车辅助功能应用、停车场车位引导功能应用等实训内容。主要包括超声波雷达、工控机、蓄电池、教学显示屏等硬件及其配套软件。 1.停车场车位引导软件 1）软件支持直观的可视化界面，以绿灯表示空闲车位，红灯表示已使用车位； 2）软件支持接入八路真实超声波雷达数据，用于检测八个车位的空闲状态；软件支持实时显示每路超声波雷达的检测结果； 3）软件支持用户设置停车阈值距离，当超声波雷达检测结果小于该阈值时，系统应提示车辆已停入该停车位，并在界面上显示虚拟车辆；	3)刷新率：60Hz 4)色域：72% 5)可视角度：176° 广视角 6)响应时间：5ms 7)屏幕比例：16:9 8)亮度：300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口 四、超声波雷达实训平台 （一）功能说明 本超声波雷达实训台采用先进的模块化设计理念，主要由超声波雷达实训舱与移动底座两部分组成。设备支持快拆快装结构，能够灵活适配不同的教学与实训场景。在实训内容方面，该平台全面覆盖超声波雷达的装配、调试、性能测试及故障诊断，并支持数据解析、均值滤波算法验证、泊车辅助以及停车场车位引导等核心功能应用实训。硬件配置上，实训台集成了超声波雷达、工控机、蓄电池及教学显示屏等核心组件，并配套了完善的教学软件系统。 1.停车场车位引导软件 1）软件支持直观的可视化界面，以绿灯表示空闲车位，红灯表示已使用车位； 2）软件支持接入八路真实超声波雷达数据，				

		4）软件的虚拟车位引导显示屏支持显示左右停车区的空闲停车位数量。 2.均值滤波算法验证软件 1）通过 config.ini 配置文件选择要打开的超声波雷达模块串口，可获取超声波雷达探头的实时探测数据； 2）算法运行成功，出现窗体动态显示原始探测距离曲线和滤波后的距离曲线。 3.超声波雷达测试软件 1）软件支持接入超声波雷达，可实时显示超声波雷达模块的连接状态，可通过指示图标实时显示≥8 个超声波雷达的状态 2）可同时采集≥8 个超声波雷达探测到的障碍物距离，能够显示超声波雷达的布局，可进行障碍物的预警。 4.超声波雷达故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于用户方便地进行超声波雷达故障设置和故障状态清除操作； 2）故障清除功能应支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点； 3）软件应支持设置与清除超声波雷达电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、	用于检测八个车位的空闲状态；软件支持实时显示每路超声波雷达的检测结果； 3）软件支持用户设置停车阈值距离，当超声波雷达检测结果小于该阈值时，系统应提示车辆已停入该停车位，并在界面上显示虚拟车辆； 4）软件的虚拟车位引导显示屏支持显示左右停车区的空闲停车位数量。 2.均值滤波算法验证软件 1）通过 config.ini 配置文件选择要打开的超声波雷达模块串口，可获取超声波雷达探头的实时探测数据； 2）算法运行成功，出现窗体动态显示原始探测距离曲线和滤波后的距离曲线。 3.超声波雷达测试软件 1）软件支持接入超声波雷达，可实时显示超声波雷达模块的连接状态，可通过指示图标实时显示 8 个超声波雷达的状态 2）可同时采集 8 个超声波雷达探测到的障碍物距离，能够显示超声波雷达的布局，可进行障碍物的预警。 4.超声波雷达故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于用户方便地进行超声波雷达故障设置和故障状态				

		以及正负极同时断路故障； 4）软件应支持设置与清除超声波雷达通信类故障，包括 Tx 断路故障、Tx 对地短路故障、Rx 断路故障、Rx 对地短路故障。 5.模块化连接 超声波雷达实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 （二）参数 1.超声波雷达 1)工作电压：9V～36VDC 2)平均工作电流:≤25 mA 3)峰值电流:≥400 mA 4)盲区距离:≥25cm 5)平面物体量程：25cm～450cm 6)工作周期:≥300 ms 7)响应时间：300ms～1500 ms 8)常温测量精:±(1+S*0.3%) cm 9)100cm 参考角:≈60° 10)ESD:±4KV/±8 KV 2.工控机 1)外观尺寸：≥260mm×200mm×50mm(长×宽×高)	清除操作； 2）故障清除功能支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点； 3）软件支持设置与清除超声波雷达电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、正负极同时断路故障； 4）软件支持设置与清除超声波雷达通信类故障，包括 Tx 断路故障、Tx 对地短路故障、Rx 断路故障、Rx 对地短路故障。 5.模块化连接 超声波雷达实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，能够实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 （二）参数说明 1.超声波雷达 1)工作电压：9V～36VDC 2)平均工作电流：25 mA 3)峰值电流：400 mA 4)盲区距离：25cm 5)平面物体量程：25cm～450cm 6)工作周期：300 ms 7)响应时间：300ms～1500 ms 8)常温测量精:±(1+S*0.3%) cm				

		2)CPU：核心/线程≥10 核≥ 16 线程；最大睿频 ≥4.6GHz；缓存：≥9.5MB L2 + ≥20MB 三级智能缓存 3)显卡：≥RTX4060TI 8G 4)内存：≥16GB 5)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 6)工作温度：0 ~60° C 7)存储温度：-40~85° C 8)工作电压：≥19V 3.蓄电池 1)标称电压：≥24V 2)标称容量：≥40Ah 3)电芯排列方式：≥7S16P（3.7V 2500mAh） 4)尺寸：≥270x140x60mm 5)充电截止电压：29.4V±0.05V 6)放电截止电压：19.6V±0.05V 7)标准充电方式：电流≥5A，电压≥29.4V 8)最大充电电流：≥13A 9)最大放电电流：≥80A 10)循环寿命：≥600 次循环 11)工作温度范围：充电-10℃~55℃,放电-24℃~60℃ 12)防护等级：≥IP63	9)100cm 参考角:≈60° 10)ESD:±4KV/±8 KV 2.工控机 1)外观尺寸： 长 260mm×宽 200mm×高 50mm 2)CPU：核心/线程 10 核 16 线程；最大睿频 4.6GHz；缓存： 9.5MB L2 + 20MB 三级智能缓存 3)显卡：RTX4060TI 8G 4)内存：16GB 5)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 6)工作温度：0 ~60° C 7)存储温度：-40~85° C 8)工作电压：19V 3.蓄电池 1)标称电压：DC24V 2)标称容量：40Ah 3)电芯排列方式：7S16P（3.7V 2500mAh） 4)尺寸：长 270x 宽 140x 高 60mm 5)充电截止电压：29.4V±0.05V 6)放电截止电压：19.6V±0.05V 7)标准充电方式：电流 5A，电压 29.4V 8)最大充电电流：13A 9)最大放电电流：80A				

		4.教学显示屏 1)尺寸：≥15.6 英寸 2)分辨率：≥1920*1080 3)刷新率：≥60Hz 4)色域：≥72% 5)可视角度：≥176° 广视角 6)响应时间：≥5ms 7)屏幕比例：≥16:9 8)亮度：≥300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口 五、组合导航实训台 （一）功能 该采用模块化设计，由组合导航实训舱和移动底座组成；快拆快装，支持不同使用场景；支持开展组合导航的装配、调试、性能测试、故障诊断、数据解析、卡尔曼滤波算法验证、IMU 与卫星定位应用等实训内容。主要包括组合导航、工控机、蓄电池、教学显示屏等硬件及其配套软件。 1.组合导航卡尔曼滤波算法验证软件 1）支持对真实的原始组合导航数据解析； 2）支持使用卡尔曼滤波处理；得到组合导航运动轨迹结果，通过运行 rviz 工具可查看运	10)循环寿命：600 次循环 11)工作温度范围：充电-10℃~55℃,放电-24℃~60℃ 12)防护等级：IP63 4.教学显示屏 1)尺寸：15.6 英寸 2)分辨率：1920*1080 3)刷新率：60Hz 4)色域：72% 5)可视角度：176° 广视角 6)响应时间：5ms 7)屏幕比例：16:9 8)亮度：300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口 五、组合导航实训台 （一）功能说明 本组合导航实训台采用先进的模块化设计理念，主要由组合导航实训舱与移动底座两部分组成。设备支持快拆快装结构，能够灵活适配不同的教学与实训场景。在实训内容方面，该平台全面覆盖组合导航的装配、调试、性能测试及故障诊断，并支持数据解析、卡尔曼滤波算法验证以及 IMU 与卫星定位应用等核心实训				

		动轨迹结果，以黄色线条表示运动轨迹。 2.IMU 与卫星融合定位软件 1）支持获取卫星原始坐标数据，将坐标数据导入到配置文件，能够生成对应坐标位置的卫星地图，以便用户直观地查看位置信息； 2）使用融合定位算法，得到 IMU 与卫星融合定位轨迹结果，支持对比卫星定位、IMU 定位以及 IMU 与卫星融合定位三种条件下的定位效果； 3）支持用户通过 Rviz 可视化工具查看不同定位方式下的轨迹，并使用不同颜色进行标记。 3.IMU 标定软件 1）软件支持 IMU 数据的录制和回放，以便用户能够记录和重现数据，用于功能调试； 2）软件支持通过内参标定配置文件查看 IMU 话题名称、保存文件夹路径、时间限制等关键信息； 3）软件支持从 bag 文件中读取数据，包括陀螺仪的角速度、加速度计的加速度等数据。 4.IMU 调试软件 1）软件应支持配置话题名称、波特率、设备	项目。硬件配置上，实训台集成了组合导航模块、工控机、蓄电池及教学显示屏等核心组件，并配套了完善的教学软件系统。 1.组合导航卡尔曼滤波算法验证软件 1）支持对真实的原始组合导航数据解析； 2）支持使用卡尔曼滤波处理；得到组合导航运动轨迹结果，通过运行 rviz 工具可查看运动轨迹结果，以黄色线条表示运动轨迹。 2.IMU 与卫星融合定位软件 1）支持获取卫星原始坐标数据，将坐标数据导入到配置文件，能够生成对应坐标位置的卫星地图，以便用户直观地查看位置信息； 2）使用融合定位算法，得到 IMU 与卫星融合定位轨迹结果，支持对比卫星定位、IMU 定位以及 IMU 与卫星融合定位三种条件下的定位效果； 3）支持用户通过 Rviz 可视化工具查看不同定位方式下的轨迹，并使用不同颜色进行标记。 3.IMU 标定软件 1）软件支持 IMU 数据的录制和回放，以便用户能够记录和重现数据，用于功能调试； 2）软件支持通过内参标定配置文件查看 IMU 话题名称、保存文件夹路径、时间限制等关键				

		串口号、Frame_id 等参数； 2）软件支持以命令方式启动，发布话题，用户能够通过简单指令快速启动所需的调试功能。 5.定位软件模块 1）软件支持根据 IMU 特性生成 IMU 标定参数，以确保定位准确性和稳定性； 2）软件支持实时发布和接收传感器数据，以保证定位过程中数据的及时性和准确性； 3）软件支持通过 RVIZ 实时观察定位轨迹情况。 6.组合导航故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于用户方便地进行组合导航故障设置和故障状态清除操作； 2）故障清除功能应支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点； 3）软件应支持设置与清除组合导航电源类故障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 7.模块化连接 组合导航实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，要求实现无工具状态下的快	信息； 3）软件支持从 bag 文件中读取数据，包括陀螺仪的角速度、加速度计的加速度等数据。 4.IMU 调试软件 1）软件支持配置话题名称、波特率、设备串口号、Frame_id 等参数； 2）软件支持以命令方式启动，发布话题，用户能够通过简单指令快速启动所需的调试功能。 5.定位软件模块 1）软件支持根据 IMU 特性生成 IMU 标定参数，以确保定位准确性和稳定性； 2）软件支持实时发布和接收传感器数据，以保证定位过程中数据的及时性和准确性； 3）软件支持通过 RVIZ 实时观察定位轨迹情况。 6.组合导航故障诊断与管理系统 1）软件提供一个直观的可视化界面，用于用户方便地进行组合导航故障设置和故障状态清除操作； 2）故障清除功能支持灵活操作，包括单个故障点的清除和一键清除所有故障点； 3）软件支持设置与清除组合导航电源类故				

		速安装、拆卸与电气连接。 （二）参数 1.组合导航 1)接收频率： L1,1575MHzL2,1227MHzB1,1561MHzB2,1207MHzS 2)通道数：≥180 个 3)定位时间：热启动≤1s，冷启动≤28s 4)工作电压：≥5V 5)储存温度：-20° C～+80° C 6)工作温度：-20° C～+80° C 2.工控机 1)外观尺寸：≥260x200x50mm 2)CPU：核心/线程：≥10 核≥16 线程；最大睿频≥4.6GHz；缓存：≥9.5MB L2 + ≥20MB 三级智能缓存 3)显卡：≥RTX4060TI 8G 4)内存：≥16GB 5)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 6)工作温度：0～60° C 7)存储温度：-40～85° C 8)工作电压：≥19V 3.蓄电池	障，包括正极断路故障、负极断路故障、以及正负极同时断路故障。 7.模块化连接 组合导航实训舱支持与模块化智能线控底盘系统快速连接，能够实现无工具状态下的快速安装、拆卸与电气连接。 （二）参数说明 1.组合导航 1)接收频率： L1,1575MHzL2,1227MHzB1,1561MHzB2,1207MHzS 2)通道数：180 个 3)定位时间：热启动 1s，冷启动 28s 4)工作电压：5V 5)储存温度：-20° C～+80° C 6)工作温度：-20° C～+80° C 2.工控机 1)外观尺寸：长 260x 宽 200x 高 50mm 2)CPU：核心/线程：10 核 16 线程；最大睿频 4.6GHz；缓存：9.5MB L2 + 20MB 三级智能缓存 3)显卡：RTX4060TI 8G 4)内存：16GB				

		1)标称电压：≥24V 2)标称容量：≥40Ah 3)电芯排列方式：≥7S16P（3.7V 2500mAh） 4)尺寸：≥270x140x60mm 5)充电截止电压：29.4V±0.05V 6)放电截止电压：19.6V±0.05V 7)标准充电方式：电流≥5A，电压≥29.4V 8)最大充电电流：≥13A 9)最大放电电流：≥80A 10)循环寿命：≥600 次循环 11)工作温度范围：充电-10℃～55℃,放电-24℃～60℃ 12)防护等级：≥IP63 4.显示屏 1)尺寸：≥15.6 英寸 2)分辨率：≥1920*1080 3)刷新率：≥60Hz 4)色域：≥72% 5)可视角度：≥176° 广视角 6)响应时间：≥5ms 7)屏幕比例：≥16:9 8)亮度：≥300cd/㎡ 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm 音频接口	5)接口配置：HDMI/DP/USB3.2/USB2.0 6)工作温度：0～60° C 7)存储温度：-40～85° C 8)工作电压：19V 3.蓄电池 1)标称电压：DC24V 2)标称容量：40Ah 3)电芯排列方式：7S16P（3.7V 2500mAh） 4)尺寸：长 270x 宽 140x 高 60mm 5)充电截止电压：29.4V±0.05V 6)放电截止电压：19.6V±0.05V 7)标准充电方式：电流 5A，电压 29.4V 8)最大充电电流：13A 9)最大放电电流：80A 10)循环寿命：600 次循环 11)工作温度范围：充电-10℃～55℃,放电-24℃～60℃ 12)防护等级：IP63 4.显示屏 1)尺寸：15.6 英寸 2)分辨率：1920*1080 3)刷新率：60Hz 4)色域：72%				

		六、多传感器融合实训台 （一）功能 1.搭载激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、单目摄像头等智能网联汽车常用的感知部件，能够直观展示出智能传感器系统的组成和原理，通过硬件与测试软件的组合，能够实现智能传感器的装配、调试、测试等功能。 2.智能传感器测试软件 1）超声波雷达测试软件 软件支持接入超声波雷达，实时显示超声波雷达模块及≥8个超声波雷达的状态，实时显示超声波雷达检测到的障碍物信息 2）激光雷达测试软件 （1）软件支持接入激光雷达，可通过软件配置激光雷达以太网、时间、电机参数等信息 （2）软件可视化显示点云图像，可显示每个点云信息 （3）软件支持录制和播放点云图像 3）毫米波雷达测试软件 （1）软件支持接入毫米波雷达，可设置毫米波雷达的型号、CAN数据的格式 （2）开启设备后，毫米波雷达会自动检测前	5)可视角度：176°广视角 6)响应时间：5ms 7)屏幕比例：16:9 8)亮度：300cd/m² 9)接口：HDMI/TYPE-C/3.5mm音频接口 六、多传感器融合实训台 （一）功能说明 1.本系统搭载了激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达及单目摄像头等智能网联汽车主流感知部件，能够直观呈现智能传感器系统的整体组成与工作原理。通过硬件平台与专业测试软件的深度结合，可全面实现智能传感器的装配、调试及性能测试等核心功能。 2.智能传感器测试软件 1）超声波雷达测试软件 软件支持接入超声波雷达，实时显示超声波雷达模块及8个超声波雷达的状态，实时显示超声波雷达检测到的障碍物信息 2）激光雷达测试软件 （1）软件支持接入激光雷达，可通过软件配置激光雷达以太网、时间、电机参数等信息 （2）软件可视化显示点云图像，可显示每个点云信息				

		方障碍物并在软件上进行显示，可显示障碍物的 ID、距离、方位角等信息，并且通过 2D 界面的形式显示障碍物点 ▲3.自动限速调节（ASL）功能 软件内置真实场景的限速标志数据集，支持对数据集的标注，且接入视觉传感器，提供不少于两种目标检测算法。学生可以通过视觉传感器采集车道图片，或者使用资源包里图片，对真实场景下的限速标识的识别进行调试与测试，能够实时分析视觉传感器回传的图像，并且将检测结果绘制在输出图像上 ▲4.基于 OpenCV 的车道区域识别 通过平台摄像头采集车道图片，或者使用资源包里图片；将图片输入到实例源码中，利用车道线识别算法对图片进行车道线像素与背景区分开，并输出不同阶段的图像处理结果，分别是黑色背景白色车道线图、不同车道对应颜色车道线图、灰色背景对应不同颜色车道线图、以点的形式重叠原图车道线图 5.基于视觉传感器的多任务感知软件 1）可通过平台摄像头采集交通场景图片，或使用资源包图片的形式，输入到基于深度学习的多任务感知软件进行交通场景的多任务	（3）软件支持录制和播放点云图像 3）毫米波雷达测试软件 （1）软件支持接入毫米波雷达，可设置毫米波雷达的型号、CAN 数据的格式 （2）开启设备后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物并在软件上进行显示，可显示障碍物的 ID、距离、方位角等信息，并且通过 2D 界面的形式显示障碍物点 **▲3.自动限速调节（ASL）功能** **软件内置真实场景的限速标志数据集，支持对数据集的标注，且接入视觉传感器，提供不少于两种目标检测算法。学生可以通过视觉传感器采集车道图片，或者使用资源包里图片，对真实场景下的限速标识的识别进行调试与测试，能够实时分析视觉传感器回传的图像，并且将检测结果绘制在输出图像上（佐证材料详见第 110 页）** **▲4.基于 OpenCV 的车道区域识别** **通过平台摄像头采集车道图片，或者使用资源包里图片；将图片输入到实例源码中，利用车道线识别算法对图片进行车道线像素与背景区分开，并输出不同阶段的图像处理结果，分别是黑色背景白色车道线图、不同车道对应颜色**				

		感知 2）支持车道线识别功能，在可视化界面上以红色线表示 3）支持可行驶区域识别，在可视化界面上以绿色区域表示 4）支持交通目标识别，在可视化界面上能够框选车辆 6.多传感器数据融合可视化软件 1）软件内置不少于 6 个视角的环视视觉传感器，激光雷达，不少于 5 个毫米波雷达的样例数据 2）可通过可视化界面观察每个传感器数据的可视化效果。 3）通过数据及内置标注信息，可以从可视化界面观察到在视觉传感器图像的 3D 目标检测标注结果。 4）提供数据可视化代码，用于多传感器融合相关实训的教学教研工作。 7.激光雷达数据处理与可视化软件 1）通过资源包内激光雷达文件，可通过软件进行激光雷达数据处理与可视化操作 2）通过上位机软件界面，用户点击“导入点云文件”按钮，系统调用本地文件选择器，	**车道线图、灰色背景对应不同颜色车道线图、以点的形式重叠原图车道线图（佐证材料详见第 114 页）** 5.基于视觉传感器的多任务感知软件 1）可通过平台摄像头采集交通场景图片，或使用资源包图片的形式，输入到基于深度学习的多任务感知软件进行交通场景的多任务感知 2）支持车道线识别功能，在可视化界面上以红色线表示 3）支持可行驶区域识别，在可视化界面上以绿色区域表示 4）支持交通目标识别，在可视化界面上能够框选车辆 6.多传感器数据融合可视化软件 1）软件内置 6 个视角的环视视觉传感器，激光雷达， 5 个毫米波雷达的样例数据 2）可通过可视化界面观察每个传感器数据的可视化效果。 3）通过数据及内置标注信息，可以从可视化界面观察到在视觉传感器图像的 3D 目标检测标注结果。 4）提供数据可视化代码，用于多传感器融合相关实训的教学教研工作。				

		支持用户从本地选择并导入激光点云文件 3）支持用户点击选择以下点云滤波器：直通滤波器、条件滤波器、高斯滤波器、双边滤波器、体素滤波器、统计滤波器、半径滤波器、频率滤波器 4）基于用户所输入的激光点云文件、所选择的点云滤波器，系统进行点云滤波，将输出滤波结果图在可视化图像上进行显示 8.基于毫米波雷达的 FCW 1）软件支持接入毫米波雷达，可设置报警区域角度、报警区域距离；开启设备之后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物，并将进入设置的警报角度和警报距离范围内的障碍物，以 ID 的形式显示在测试软件界面的左侧扇形区域内，并可查询目标 ID、X 坐标、Y 坐标、X 方向速度、Y 方向速度 2）可通过场景模拟按键跳转到汽车碰撞场景模拟；在汽车碰撞场景模拟里，可以选择三个场景进行模拟 FCW（前向碰撞预计功能），并显示车速、前方车速、两车距离、模拟运行时间等信息 3）所有场景以动画的方式对我方车辆与前方车辆距离信息和相对速度的呈现。界面包括	7.激光雷达数据处理与可视化软件 1）通过资源包内激光雷达文件，可通过软件进行激光雷达数据处理与可视化操作 2）通过上位机软件界面，用户点击“导云文件”按钮，系统调用本地文件选择器，持用户从本地选择并导入激光点云文件 3）支持用户点击选择以下点云滤波器：直通滤波器、条件滤波器、高斯滤波器、双边滤波器、体素滤波器、统计滤波器、半径滤波器、频率滤波器 4）基于用户所输入的激光点云文件、所选择的点云滤波器，系统进行点云滤波，将输出滤波结果图在可视化图像上进行显示 8.基于毫米波雷达的 FCW 1）软件支持接入毫米波雷达，可设置报警区域角度、报警区域距离；开启设备之后，毫米波雷达会自动检测前方障碍物，并将进入设置的警报角度和警报距离范围内的障碍物，以 ID 的形式显示在测试软件界面的左侧扇形区域内，并可查询目标 ID、X 坐标、Y 坐标、X 方向速度、Y 方向速度 2）可通过场景模拟按键跳转到汽车碰撞场景模拟；在汽车碰撞场景模拟里，可以选择三个				

		红色目标点（前方车辆）、扇形区域（毫米波雷达的探测范围）及车道线 （二）参数 硬件系统技术参数 1.整体规格 1）高度≥1927mm，宽度≥660mm，长度≥1100mm 2）支持毫米波雷达安装 3）支持摄像头安装 2.激光雷达 1）传感器 (1) TOP 法测距通道数（线数）：≥16 (2) 测距：40cm-150m(80m@20%NIST) (3) 盲区：≤0.4m (4) 精度(典型值)：Up to±3cm (5) 水平视场角：≤360º (6) 垂直视场角：±15°（共 30°） (7) 水平角分辨率：0.09º(5Hz) - 0.36º(20Hz) (8) 垂直角分辨率：≥2.0º (9) 帧率：5Hz/10Hz/20Hz (10) 转速:300/600/1200rpm(5/10/20Hz) 2）激光	场景进行模拟 FCW（前向碰撞预计功能），并显示车速、前方车速、两车距离、模拟运行时间等信息 3）所有场景以动画的方式对我方车辆与前车车辆距离信息和相对速度的呈现。界面包括红色目标点（前方车辆）、扇形区域（毫米波雷达的探测范围）及车道线 （二）参数说明 硬件系统技术参数 1.整体规格 1）高度 1927mm，宽度 660mm，长度 1100mm 2）支持毫米波雷达安装 3）支持摄像头安装 2.激光雷达 1）传感器 (1) TOP 法测距通道数（线数）：16 (2) 测距：40cm-150m(80m@20%NIST) (3) 盲区：0.4m (4) 精度(典型值)：Up to±3cm (5) 水平视场角：360º (6) 垂直视场角：±15°（共 30°） (7) 水平角分辨率：0.09º(5Hz) - 0.36º(20Hz)				

		(1) 激光安全等级：Class 1 (2) 波长：≥905nm (3) 激光发射角（全角）：水平≥7.4mrad，垂直≥1.4mrad 3) 输出 (1) 接口：航插接口 (2) 出点数：≤320,000pts/s (3) 以太网输出：≥100Mbps (4) 输出数据协议：UDP packets over Ethernet (5) UDP 数据包内容：距离信息、旋转角度信息、经校准的反射率信息、同步的时间标签 4) 电气特性 (1) 工作电压：9-32VDC (2) 功耗：≤12W (3) 重量：≤0.87 kg（不包含数据线） (4) 工作温度：-30° C~+60° C (5) 存储温度：-40° C~+85° C (6) 防护等级：≥IP67 3.毫米波雷达 1) 水平角度范围：±75° 2) 垂直角度范围：±5°	(8) 垂直角分辨率：2.0º (9) 帧率：5Hz/10Hz/20Hz (10) 转速:300/600/1200rpm(5/10/20Hz) 2) 激光 (1) 激光安全等级：Class 1 (2) 波长：905nm (3) 激光发射角（全角）：水平 7.4mrad，垂直 1.4mrad 3) 输出 (1) 接口：航插接口 (2) 出点数：320,000pts/s (3) 以太网输出：100Mbps (4) 输出数据协议：UDP packets over Ethernet (5) UDP 数据包内容：距离信息、旋转角度信息、经校准的反射率信息、同步的时间标签 4) 电气特性 (1) 工作电压：9-32VDC (2) 功耗：12W (3) 重量：0.87 kg（不包含数据线） (4) 工作温度：-30° C~+60° C (5) 存储温度：-40° C~+85° C (6) 防护等级：IP67				

		3）距离范围：0.6-75m 4）速度范围：±45m/s 5）数据更新时间：<50ms 6）最大目标数：≥128 7）测量距离精度：±0.15m 8）速度精度：±0.06m/s 9）水平角度精度： ±1° 10）距离分辨率：≤0.3m 11）速度分辨率：≥0.12m/s 12）水平角度分辨率：≤15° 13）电源：9-36V 14）功耗：<3W 4.单目摄像头 1）速度：≥30 帧 2）工作电压：5V 3）工作电流：≤120mA 4）使用分辨率：≥1920×1080P 5）工作温度：-40~+70℃ 5.工控机 1）处理器：核心/线程：≥10 核≥16 线程；最大睿频≥4.6GHz；缓存：≥9.5MB L2 +≥20MB 三级智能缓存 2）内存：≥8GB	3.毫米波雷达 1）水平角度范围：±75° 2）垂直角度范围：±5° 3）距离范围：0.6-75m 4）速度范围：±45m/s 5）数据更新时间：50ms 6）最大目标数：128 7）测量距离精度：±0.15m 8）速度精度：±0.06m/s 9）水平角度精度： ±1° 10）距离分辨率：0.3m 11）速度分辨率：0.12m/s 12）水平角度分辨率：15° 13）电源：9-36V 14）功耗：3W 4.单目摄像头 1）速度：30 帧 2）工作电压：5V 3）工作电流：120mA 4）使用分辨率：1920×1080P 5）工作温度：-40~+70℃ 5.工控机 1）处理器：核心/线程：10 核 16 线程；最大				

		3）存储：≥512G 4）接口：≥4×USB3.0 接口，≥4×USB2.0 接口，≥2×RJ45 千兆网口，≥6×COM 接口，≥2×HDMI 接口，自带 WIFI 网卡。 5）电源电压：12V 直流输入 6.超声波雷达 1）工作电源：+12V～24V 2）工作电流：<400mA（+12V 供电） 3）工作温度范围：－40℃～＋80℃ 4）超声波测距范围：200mm～3500mm（反射面为墙面） 5）精度：≥探测距离的 0.5% 6）分辨率：≥5mm 7）通信接口：RS232/RS485、CAN2.0A、CAN2.0B 等 8）探头防护等级：≥IP67 9）探头发射角：≥60° 10）导线长度：≥2500mm 7.GPS 天线 1）频率范围：GPS L1/L2，GLONASS L1/L2，BDS B1/B2/B3 2）增益：≤5.5dBi 3）天线轴比：≤3.0dB	睿频 4.6GHz；缓存：9.5MB L2 + 20MB 三级智能缓存 2）内存：8GB 3）存储：512G 4）接口：4×USB3.0 接口，4×USB2.0 接口，2×RJ45 千兆网口，6×COM 接口，2×HDMI 接口，自带 WIFI 网卡。 5）电源电压：12V 直流输入 6.超声波雷达 1）工作电源：+12V～24V 2）工作电流：400mA（+12V 供电） 3）工作温度范围：－40℃～＋80℃ 4）超声波测距范围：200mm～3500mm（反射面为墙面） 5）精度：探测距离的 0.5% 6）分辨率：5mm 7）通信接口：RS232/RS485、CAN2.0A、CAN2.0B 等 8）探头防护等级：IP67 9）探头发射角：60° 10）导线长度：2500mm 7.GPS 天线 1）频率范围：GPS L1/L2，GLONASS L1/L2，				

		4）端口阻抗：≥50Ω 5）工作电压：3.0V-18.0V 6）工作电流：≤45mA 8.wifi 天线 1）增益：≥6dBi 2）信号特性：全向 3）频率范围：2400～2500MHZ、5000～5850MHZ 9.CAN 总线分析仪 1）CAN 通道数：≥2 2）供电方式：USB 总线直接供电，无需外部电源 3）工作温度：-20～85℃ 4）波特率：10Kbps～1Mbps 5）最大流量：接收 8500 帧/s/通道以上，发送 8500 帧/s/通道以上，且两通道可以同时独立运行,互不影响 6）支持双向传输，CAN 发送、CAN 接收 七、配套要求严格按照设备安装及运行等所需的场地要求、环境要求、电力线路要求等，需有如下具体配套： （一）电力线路 1.配备必要且充足的线路、空开、供电接	BDS B1/B2/B3 2）增益：5.5dBi 3）天线轴比：3.0dB 4）端口阻抗：50Ω 5）工作电压：3.0V-18.0V 6）工作电流：45mA 8.wifi 天线 1）增益：6dBi 2）信号特性：全向 3）频率范围：2400～2500MHZ、5000～5850MHZ 9.CAN 总线分析仪 1）CAN 通道数：2 2）供电方式：USB 总线直接供电，无需外部电源 3）工作温度：-20～85℃ 4）波特率：10Kbps～1Mbps 5）最大流量：接收 8500 帧/s/通道以上，发送 8500 帧/s/通道以上，且两通道可以同时独立运行,互不影响 6）支持双向传输，CAN 发送、CAN 接收 七、配套说明 我单位严格按照设备安装及运行等所需的场地				

		口、安全装置等。 2.布线要求： (1)布线需完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)若原场地配电箱无法满足供电负荷，需新增独立配电箱并重新牵线，并按规范配置空气开关等安全装置； (3)所有布线及配电箱相关材质需符合安全标准，具备防火、阻燃等安全性能。 （二）空间环境 1.墙面要求 (1)材质：采用环保型内墙漆； (2)施工要求：涂刷均匀，无流挂、漏刷、色差等现象； 2.顶面要求 (1)顶面需根据设备安装运行实际要求处理； (2)照明、排风等设备与吊顶协调统一，安装平整； 3.地面要求 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)针对场地原有破损的需进行修复； (4)踢脚线高度不低于 80mm，，具备防潮、	要求、环境要求、电力线路要求等，具有以下具体配套： （一）电力线路 1.项目配套完整电力线路配套设施，配齐[illegible]传输线缆、空气开关、供电接口及各类安全保护装置，为整套实训设备提供稳定、合规的用电基础保障。 2.布线说明： (1)布线完全适配设备的用电需求，保障设备稳定运行； (2)针对原有配电箱供电容量不足的场地，增设独立专用配电箱并重新敷设供电线路，同步配套合规空气开关等安全保护器件； (3)全部线缆、配电箱柜体及内部配件均采用符合国家安全规范的防火阻燃材质，消除电路安全隐患。 （二）空间环境 1.墙面说明 (1)材质：实训区域墙面施工选用环保内墙涂料，符合教学场地室内环保使用标准； (2)施工说明：墙面涂装施工工艺规范，漆面涂刷平整均匀，杜绝流挂、漏刷、色泽不均等施工缺陷，整体观感整洁统一；				

		防磕碰、易清洁性能。 4.环境调节器 (1)噪声：≤50dB(A) (2)循环风量：≥2000m³/h (3)制冷量：≥12000W (4)制热量：≥14000W (5)电压/频率：380V/50Hz (6)能效等级：一级能效 5.照明要求 （1）照度：≥300lx （2）眩光：UGR≤16 （3）显色指数：Ra≥80 （4）色温：3300～5300K 6.作业区要求满足不少于50人的作业工位，具体要求如下：(1)尺寸：对角直径≥1m，高度≥0.75m(2)面板：厚度≥2.5cm，防刮、防潮、防污；(3)脚架：防生锈、防腐蚀、耐磨耐用，颜色均匀，不易掉漆；(4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装筒，承重性和稳固性良好。	2.顶面说明 (1)顶面根据设备安装运行实际要求处理； (2)顶面照明、排风配套设施与吊顶整体造型协调搭配，各类设备安装平整牢固，外观完整无凹凸错位问题； 3.地面说明 (1)基层地面打磨处理，去除油污、浮尘； (2)表面光滑，无气泡、裂缝、色差等缺陷； (3)对原有地面存在的破损位置预先开展修补处理，消除地面损伤，保障地面整体完好； (4)踢脚线高度80mm，，具备防潮、防磕碰、易清洁性能。 4.环境调节器 (1)噪声：50dB(A) (2)循环风量：2000m³/h (3)制冷量：12000W (4)制热量：14000W (5)电压/频率：380V/50Hz (6)能效等级：一级能效 5.照明说明 （1）照度：300lx （2）眩光：UGR 16 （3）显色指数：Ra≥80				

			（4）色温：3300～5300K 6.作业区说明 满足50人的作业工位，具体说明如下： (1)尺寸：对角直径1m，高度0.75m (2)面板：桌面面板厚度2.5cm，具备防刮、防潮、防污特性，能够耐受实训过程工具碰、液体泼洒，便于日常清洁维护； (3)脚架：桌体脚架具备防锈、防腐蚀性能，耐磨经久耐用，表面色泽均匀，不易出现掉漆脱层现象，适配实训室长期高频使用； (4)配件：桌子底部配不锈钢螺丝配件、安装筒，承重性和稳固性良好。				

注：1.以上表格格式行、列可增减。

2.投标人根据采购项目的全部技术参数逐条填写此表，并按招标文件要求提供相应的证明材料。

3.投标人响应产品的制造商家、规格型号、数量进行在此表中明确响应，否则视为未实质性响应本项目。