附件2：智能传感实训室建设

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **货物**  **名称** | **型号规格、技术参数、性能配置** | **数量** | **单位** | **预算单价**  **（万元）** | **预算金额**  **（万元）** |
| 1 | 机器视觉系统综合实训平台 | 机器视觉系统应用实训平台主要用于高职及本科阶段的图像处理、机器视觉、人工智能、运动控制、PLC编程等课程实训以及创新二次开发课程等 。主要由实训机台、机器视觉器件箱和机器视觉工具箱等组成。  一、实训机台：  （1）实训机台包含XYZ三轴直线运动模组、电控板、报警灯、按钮盒、视觉安装夹具、产品托盘、光幕保护传感器、工控机、显示器等。  ▲（2）设备要求结构紧凑，集成度高，不含显示器设备尺寸不大于700mm（宽）\*650mm（深）\*1500mm（高），平台行程：XY轴不小于200mm，Z轴不小于50mm，Z轴可以连续回转。平台运动精度高，XY轴的电机须采用闭环电机，Z轴的电机需要带刹车，XYZ重复精度优于±0.01mm。  ▲（3）视觉器件安装拥有良好的兼容性，能够快速安装多种类相机，包含面阵相机、线阵相机、双目3D相机、线激光3D相机等，同时相机有多个安装位置和姿态，可以安装在Z轴上，也可以安装在固定支架上；也能够快速安装多种类光源，包含环形、同轴和背光源等，可调节的安装支架需有刻度标识。  （4）实训平台三方向采用半透明亚克力封闭，正面开口安装光幕保护传感器，同时相机安装的上面可安装可调节的遮光板。  （5）平台电控板主要包含漏电保护、PLC、通讯扩展、直线电源和电机驱动器等，运动部分采用PLC进行控制，并通过上位机完成通讯，可支持任意曲线插补，也可以扩展运动控制卡。  （6）Z轴固定板尺寸不小于120x80mm，上面均布阵列排列的螺丝孔，搭配使用具有良好的灵活性，能够安装旋转轴（旋转轴末端可以配套不同尺寸吸盘），能够安装各种相机和视觉光源，用户也能够扩展其他执行装置（比如螺丝批、涂胶针筒等）。  ▲（7）实训机台功能分区，上方为操作区域，下方为电控柜及收纳区，下方包含透明窗口的电气柜、工控机柜、键鼠抽屉、收纳抽屉等，实验所需的输入/输出接口均布置在平台上方面板上，方便动手操作，包含双色报警灯、真空开关接口、光源控制、旋转轴电机信号、相机供电、USB3.0及GigE相机输出、通用IO等。同时配套按钮盒，能够进行设备上电、急停以及XY轴的四向摇杆手动控制；  （8）采用一线品牌高性能机器视觉专用工控机，性能不低于i5 四核CPU、8G内存和120G SSD硬盘，自带不少于4个千兆网口，支持POE；不少于4个USB3.0口；带不少于4个PCI或PCIe的扩展槽，能够安装运动控制卡；显示器尺寸不小于22寸，带液压万向调节支架。  二、机器视觉器件箱  （1）器件箱相机套件包含不少于3台2D相机和1台3D相机。其中一台高速2D相机分辨率不低于1280x960像素，采用全局快门黑白CMOS芯片，芯片尺寸不小于1/3”,帧率不低于90fps，采用USB3.0接口；一台高分辨率黑白2D相机分辨率不低于2448x2048像素，采用全局快门CMOS芯片，芯片尺寸不小于2/3”,帧率不低于20fps；一台彩色2D相机分辨率不低于2500x1940像素，采用滚动快门CMOS芯片，芯片尺寸不小于1/2.5”,帧率不低于14fps；2D相机均兼容GigE VISION或USB3 VISION协议，并支持GenlCam标准；网口相机支持POE供电，支持宽压供电，符合CE，FCC,UL,ROHS认证。3D相机采用一体式封装，外形不大于180x100x60mm，自带红外结构光源和白色LED光源，两个相机分辨率不低于1920x1080像素，视场角大于80°x56°，最小工作距离350mm，深度测量重复精度优于2mm@WD<600mm，测量距离以内可以进行3D标定、3D匹配、3D体积测量等实验，能实现基于双目特征的匹配和基于立体模式的匹配。  （2）器件箱镜头套件包含不少于3个不同焦距的定焦镜头和1个双远心镜头，定焦镜头焦距焦距至少包含12mm、25和35mm，光圈不小于F2.8；双远心镜头，0.3X放大倍率，工作距离约110mm， 景深不小于±2.5mm@F5.6，镜头光学畸变优于0.02%，远心度优于0.04%，外形尺寸不大于Φ60× 120mm；所有镜头均支持500万及以上像素，支持2/3英寸及以上相机成像芯片；配套一组镜头接圈，包含1、2、5、10、20、40mm，并配套与定焦镜头匹配的偏振镜和镜头清洁布等。  （3）器件箱光源套件包含不少于三个环形光源、1个同轴光源和1个背光源，三个环形光源其中一个小号环形为直射环形光源，发光面外径不小于80mm，内径不小于40mm，采用RGB LED灯珠，同时光源配有外螺纹，能够直径拧在配套的定焦镜头上；中号环形为45度环形光源，发光面外径不小于120mm，内径不小于80mm，LED颜色为绿色；大号环形光源为低角度照明方式，发光面外径不小于155mm，内径不小于120mm，LED颜色为蓝色，以上三个环形光源可以组合成1个AOI光源；同轴照明光源采用RGB LED灯珠，发光面积不小于60x60mm；背光源为白色平行光，采用底部贴片LED，光源均匀度高于90%，发光面大于165x140mm，带正向固定孔。  （4）配套实训需要的多种图案标定板，标定板尺寸与治具尺寸兼容，图案精度优于正负0.01mm，包含透明和漫射两种材质。  ▲（5）器件箱内还应包含多台相机安装的快换板和连接件，并配套所有相机、光源配套的数据线、电源线和延长线等，箱内缓冲泡沫需按物品形状一对应设计，并编号与机台对应。投标需要提供器件箱内的3D布局图或实物照片。  三、机器视觉工具箱  （1）工具箱用于机器视觉应用实训安装、接线所需的必要工具，包含外置θ轴、多个光源固定件、AOI光源连接件、相机高度升降件、常用螺丝、机械工具、电气工具等。  （2）外置θ轴采用中空旋转电机，重复精度优于±0.5°，能够方便的固定在Z轴固定板上，前端的吸嘴也可以根据实验样品大小进行更换。  （3）机械工具包含六角扳手、十字和一字螺丝刀、斜口钳、直尺和轧带等。  （4）电气工具包含万用表、真空发生器、气管、6mm、8mm和10mm备用吸嘴等。  ▲（5）工具箱的外形尺寸与器件箱相同，箱内缓冲泡沫需按物品形状一对应设计，并编号与机台对应。投标需要提供器件箱内的3D布局图或实物照片。  四、软件及配套  （1）设备配套的软件提供机器视觉应用图形化编程和代码编程两种编程模式，图形化编程要求通俗易懂，采用拖拽式流程框图定义流程；代码编程提供基于VB.net\C#多种语言的例程；  ▲（2）支持多项目同步运行，支持多用户模式，软件可以在独立的笔记本运行，网络端用户可以获取对应IP地址机台上的图片。既可以用笔记本客户端对设备进行控制，也可以多台设备通讯协同完成实训任务。  ▲（3）提供机器视觉应用图形化编程至少包含常用图像处理、运动控制和外部通讯工具，包括3D标定、3D定位、3D测量、AOI检测等多种高级算子，提供API，支持二次开发（开标现场提供投标设备进行“3D标定”、“3D定位”、“3D测量”和“AOI PCB检测”软件功能演示视频将给以加分）  （4）机器视觉应用图形化编程软件的2D相机工具至少包含有图像预处理、无/正反检测、颜色/位置判断、定位、尺寸测量、ID识别、字符识别、缺陷检测等工具；  （5）机器视觉应用图形化编程软件的3D相机工具支持多种不同类型3D相机（包含TOF、线激光、双目结构光、扫描振镜等），软件工具包含3D标定、3D定位、3D测量等，可实现双目3D匹配和点云3D匹配，并可以实现三维测量和三维姿态跟踪等实验，并配套相应的教学资源；  （6）软件除了支持常见品牌的2D相机和3D相机之外，也具有外部接口，支持常见品牌的PLC、运动控制卡和工业机器人，也支持常见的激光振镜控制。  （7）软件支持单相机及多相机对位，支持XYθ、XYY、UVW、SCARA等多种平台类型。 | 12 | 套 | 24.8 | 297.6 |
| 2 | 机器视觉实训案例及配件 | **实训案例及配件**  （1）PCB图像拼接及尺寸测量：配套PCB样品（模拟IC两件）、样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （2）七巧板创意造型摆拼：配套七巧板样品一套、样品治具一件，治具尺寸260×220×5mm（±1.0mm）。  （3）机械零件平面尺寸综合测量：配套机械零件样品（不良2件NG和 2件OK共四件），样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （4）PCBA AOI：配套PCBA样品肆件（不良3件NG和1件OK摆放件共四件）、样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （5）大豆分选：配套大豆样品一套（黄豆和绿豆各15颗，模拟杂质四件）样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （6）IC或连接器引脚测量：配套IC样品六件、样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （7）印刷综合检测：配套印刷样品一套（5件NG 和1件OK共六件）样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （8）液体试管识别及分拣：配套液体试管六件、样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （9）物流包裹测量及分拣：配套物流包裹样品四件、样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。  （10）焊缝识别与跟踪检测：配套涂胶样品治具一件，治具尺寸202×112×6mm（±1.0mm）。 | 12 | 套 | 1.0 | 12.0 |
| 3 | 场地建设 | （1）投影仪，3台，配套得力120寸光子幕布；  （2）便携投影仪，1台：2400ANSI亮度，分辨率大于1080P,  （3）吸顶空调：5匹，3台；  （4）现场网络环境建设；  （5）壁挂蓝牙音箱；  （6）文化氛围建设。 | 1 | 批 | 9.4 | 9.4 |
| 小计 319 | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **货物**  **名称** | **参考品牌型号** | **型号规格、技术参数、性能配置** | **数量** | **单位** | **预算单价**  **（万元）** | **预算金额**  **（万元）** |
| 4 | 信号发生器 |  | 1. ★等性能双通道信号输出，正弦波输出频率1uHz~30MHz 2. 采样率150MSa/S，垂直分辨率14-bit 3. ★方波频率、高斯白噪声不小于30MHz 4. 任意波形长度：16K点 5. 能够输出低抖动的方波/脉冲波形，同时脉冲波可以做到脉宽、上升/下降沿精细可调. 6. 输出幅度(高阻)：≤10MHz ：4mV ~ 20V； ＞10MHz : 4mV ~ 10V 7. ★方波特性： 频率：1uHz ~ 30MHz，上升、下降时间：4.2nS，过冲：3%，占空比：0.001% ~ 99.999% 8. ★脉冲特性：频率：1uHz ~ 12.5MHz，脉宽最小：32.6ns，上升/下降时间可调：16.84ns ~ 22.4s，过冲: 3%，占空比:0.001~99.999% 9. ★谐波发生器功能，可产生不少于10次谐波 10. ★丰富的模拟和数字调制功能：AM、DSB-AM、FM、PM、FSK、ASK和PWM以及Sweep功能与Burst功能 11. 提供通道复制、通道耦合以及通道合并等功能，硬件频率计功能：100mHz ~ 200MHz 12. ★内建任意波形不少于190种 13. 提供功能强大的任意波形编辑器。产生波形方式有标准函数、公式编辑器和波形数学计算功能进行编辑任意波形 14. 标配以太网LAN接口以及USB Host，USB Device， 等外围接口 15. ★4.3英寸TFT-LCD显示屏 16. 供货时提供针对本次采购的原厂授权书和原厂售后服务承诺书，以保证产品的合法来源及品质。 | 台 | 50 | 0.3 | 15 |
| 5 | 数字示波器 |  | ★1.带宽≥100MHz，模拟通道数≥2，每路模拟通道必须具备专用的电压控制旋钮，示波器的最小垂直档位：500uv/div  2.示波器上升时间≤3.5ns  ★3.波形捕获率≥35万帧/秒，标配256级波形灰度及色温显示功能  4.标配存储深度≥12Mpts  5.标配半透明悬浮全参数测量窗口功能，以实现波形和参数的同时观测  ★6.标配分段存储(Sequence)模式功能，支持700，00段以上的分段存储功能，可显示每次采集的时间。  ★7.标配增强/高分辨率模式功能，等效增强3bit ENOB。  8. 标配触发类型：标配：边沿、斜率、脉宽、窗口、欠幅、间隔、超时、码型、高清视频  ★9.标配历史模式（History)功能，最大记录75，000帧以上波形  10.标配36种自动测量和统计功能，实时统计当前值、平均值、最小值、最大值、标准方差和测量次数  ★11. FFT运算≥1Mpts点  12. 标配Auto Setup、Default、Cursors、Measure、Roll、Clear Sweeps 、Math 和 Print功能的一键实现功能。  ★13.标配基于硬件实现的Pass/Fail检测功能，测量速度最高达60,000次/秒  14.7英寸彩色TFT显示，分辨率800\*480  15. 标配串行总线IIC, SPI, UART, RS232, CAN, LIN的触发和解码  16.支持安全隔离通道功能，可直接看差分信号  17. 可和原厂信号源无缝互连，支持数据可无缝转换  18. 标配教育模式功能，可手动开启和关闭Auto键自动定标功能和参数自动测量功能  ★19.标配以太网LAN接口以及其它外围接口：USB Host，USB Device，Pass/Fail,Trigger Out，以支持组建基于互联网的云实验室系统, 并方便仪器扩展和程控操作  20. 供货时提供针对本次采购的原厂授权书和原厂售后服务承诺书，以保证产品的合法来源及品质。 | 台 | 50 | 0.32 | 16 |
| 6 | 智能笔 |  | 1.支持电容触摸设备书写、无线控制发射器一体化设计。  2.笔身配置不少于四个物理按键，具备翻页、模拟激光笔、智能语音控制功能，兼顾触摸书写以及远程操控的握持姿态。  3.兼容白板软件、PPT、PDF等多种演示软件课件的远程翻页控制。  4.内置高精度陀螺仪，具备模拟激光笔功能，可通过笔身按钮激活陀螺仪模拟激光功能，适用于加载防眩光设计的教学显示设备。  5.支持笔身翻转矫正，笔身轻微倾斜时，水平移动智能笔，可瞬时矫正识别光标动作为水平移动。  6.支持按键唤醒语音识别功能，避免杂音造成误唤醒。  7.支持唤醒语音识别时，可直接通过语音打开PC内已安装的应用、可直接通过语音调用网络搜索引擎搜索查询相应资料、可进行语音转写输入、支持PPT上下翻页，音量大小调整，返回桌面等操作。  8.采用无线连接方式，远程控制最远距离：语音识别：5m；模拟激光：10m；上翻页、下翻页：25米  9.内部集成可充电电池设计，可连续不中断使用≥20小时，从无电到满电的充电时长≤2小时  支持智能休眠节电，智能笔20秒无人使用时自动进入休眠节电模式，按任意按键唤醒智能遥控笔。 | 支 | 2 | 0.03 | 0.06 |
| 7 | 白板 |  | 支架900mm\*1800mm可移动可翻转双面磁性办公/会议白板 | 块 | 1 | 0.07 | 0.07 |
| 8 | 图形工作站 |  | 一、硬件要求：  ★1、制造商:知名品牌，必须是专业工作站型号。  2、机箱要求：塔式≥17L机箱，电源≥250W，硬盘配置缓冲易拆保护套，内部免工具拆卸位置具备标识，机箱电源底部设计；  3、操作系统：DOS出厂，支持Win7\Win10\Server2012等专业版系统  4、处理器：不低于因特尔酷睿 Intel I5-9500处理器  5、内存：本次配备16GB DDR4 2666MHz DIMM，插槽数量4个；  6、硬盘：512G 固态硬盘；  7、扩展槽：≥1个PCI-E\*16，≥2个PCI-E\*1；  7、显卡：集成显卡  9、网络：集成Intel I219-LM千兆网卡  10、接口：前置接口：自带闪亮指示灯，USB接口6个(USB3.0 4个；USB2.0 2个），自带立体声、麦克风接口，后置接口：网络接口千兆 (RJ45)，USB接口4个，模拟音频接口3个，VGA接口。  11、显示器 ：搭配27寸显示器，FHD全高清硬屏，微边款设计，分辨率1920×1080，屏幕比例16：9，亮度不低于250，对比度不低于1000:1，响应时间4ms，VGA+HDMI视频双接口，具有低蓝光护眼功能，能在普通模式和低蓝光模式之间进行切换，可俯仰调节底座。  二、 软件要求  ★为响应国家网络安全法的政策要求，保障电脑主机信息安全，本项目需配备正版终端威胁防御系统，系统要求：  1、系统支持全中文界面，B/S架构，管理员只需通过浏览器登录控制中心，即可对系统进行管理；  客户端支持Windows7、Windows 10、Windows 11、Windows2003、Windows2008、Windows2012等32位/64位微软操作系统，同时应支持Centos、Redhat、Ubuntu等Linux操作系统以及中标麒麟、银河麒麟等国产操作系统；  2、客户端安装后占用小于30MB存储资源，病毒库小于3MB，日常内存占用小于10MB，有效节省PC或Server资源  3、控制中心支持全网、分组、标签等方式指定某些客户端定制特殊策略，特殊策略包括文件实时监控、恶意行为监控、下载保护、系统加固、软件安装拦截、浏览器保护、黑客入侵拦截、恶意网站拦截等。  4、支持网络准入功能，支持标准802.1x协议，通过与支持该协议的交换机联动，实现有线局域网网络准入。  5、支持敏感数据防泄漏，支持敏感信息检查，针对终端存储的word、pdf、Excel、文本文件等进行全盘关键字检查，对含有制定关键字的文档进行禁止发送、禁止打印、禁止拷贝等管控。（必须提供功能界面截图）  6、要求对流行病毒的检测能力必须超过98%的检出率，超过98%的清除率，小于0.1%的误报率，需提供权威机构第三方测试证明。  7、支持非法外联监控，实时检测内部网络用户通过调制解调器、ADSL、双网卡等任意连接设备非法外联互联网行为，支持报警、断开网络、自动重启等管控措施；（必须提供功能界面截图）。  三；资质及售后服务  ★1性能认证，投标产品通过节能认证，3C认证，供货时需提供以上证书复印件加盖原厂印章  ★2、原厂三年有限上门免费保修服务，要求全年无休服务，第二自然日上门；提供门到桌的安装验机服务；提供厂家大客户专家专人400和800售后服务热线电话，为保障售后服务原厂需在该地市内设有官方服务站（需提供官网截图及网址链接）。  ★3、投标人在中标供货后提供生产厂家针对此项目满足用户要求的售后服务保证原件和授权书原件，加盖厂商红章证明，符合原厂设备机器，采购人保留对成交供应商所竞标的产品进行全面测试的权利，若测试结果不符合采购文件要求，视为不合格产品，采购方有权拒收。 | 套 | 2 | 0.62 | 1.24 |
| 9 | 电脑桌 |  | 参考规格：1400mm×600mm×750mm，材质：材料采用一级三聚氰胺板密度板，桌面25mm厚密度板，其余15mm厚密度板，优质PVC机械封边。桌子后方配有背板，为方便布线，桌子后方预留有走线孔，并配有布线槽，配有键盘托。配有主机位放置电脑主机箱。配件：键盘安装两节豪华道轨，优质五金配件；要求经久耐用，不易脱落。颜色可根据需求定制。每台配1张方凳。 | 套 | 2 | 0.08 | 0.16 |
| 10 | 无线路由 |  | 最高传输速率 2976Mbps  传输速率2.4GHz 574Mbps  传输速率5GHz 2402Mbps  频率范围 双频（2.4GHz，5GHz）  调制方式 11b：  速率集：MCS0-MCS11(支持2条流)  网络接口 1个10/100/1000Mbps WAN口，3个10/100/1000Mbps LAN口  天线  天线类型 内置天线  天线数量 4根  是否可拆卸 否  功能参数  MU-MIMO 支持，2x2  MESH组网 支持，多机型混合Mesh组网  无线访问控制(黑白名单)，SSID隐藏，智能防蹭网纠错  网络管理 支持Web、Android，iOS  产品认证 GB/T9254-2008，GB4943.1-2011  处理器 IPQ5000 双核1.0GHz  运行内存 RAM：256MB | 台 | 1 | 0.03 | 0.03 |
| 11 | 实验台面板 | 定制 | 材质：铝。面板尺寸大小：长约71.3cm;宽约17.3cm；厚约1cm。板1开孔尺寸：(宽)W：261mm；（高）H：108mm（深）：296mm。板2开孔尺寸：长约313mm，宽约135mm，高约151mm，电源孔尺寸：长约2cm；宽约：1.5cm。 | 张 | 100 | 0.009 | 0.9 |
| 12 | 电工原理实验箱(交流) |  | **一、技术指标**  1、电源：交流输入三相四线380V±10%。  2、配三相四线（4P)带漏电保护电源开关。  3、有三路短路保护、三路电源指示灯、三相四线电源输出接线端子和三路电流测量接口。  4、配三相灯组负载：每相有三个15W灯泡，用3只开关控制通断，共9只灯泡。每相留有电流测量插孔1对，便于相电流的测量。灯泡上装有机玻璃保护罩，既防止灯泡损坏，又保护实验导线不被烫坏，还保护了人生安全。  5、R、L、C元件特性组：设有1kΩ/25W功率电阻、1H/0.5A电感及4µF/500V高压电容各一只，通过实验可测试各元件的参数。  6、36V/220V升降压铁芯变压器 1只，原、副边均设有电流插座便于电流的测试，可测量原、副边电流，通过实验可掌握变压器参数测试的方法，并了解电压、电流和阻抗的变换关系。  7、双绕组变压器1只：220V/双路12V。通过实验可掌握变压器原、副边同名端，副边双绕组同名端的判断方法，进一步理解同名端在变压器应用中的意义。  8、设置交流电压表一只，量程0～450V；交流电流表一只，量程0～500mA，带有短路保护；数显交流多功能表（可测量交流电压、电流、功率和功率因素)一只。  9功率因素提高实验不采用传统的日光灯电路，用一低功率因数感性负载（电动机）同时匹配好相应的电容组，能明细地观察到并接电容而提高电路功率因素及变化特点。  10、箱子上要设计有专用接地保护设施。  11、配置短接按钮1个。  12、创新设计模块(一个批次设备里配5套，和电工原理实验箱出自同一制造商）  1)能用低压直流电模拟三相交流电源，输出的三相交流电其电压幅值和相位差既可以调节又稳定可靠还安全节电。有效避免由于整个电网系统三相负载的不确定性（三相负载在每一时刻都是随机的，导致三相负载不平衡）和供电系统内阻不为零，导致三相电不平衡和不稳定而引起实验结果的很大误差，影响实验教学效率和结果。  2）它可方便地观察三相电压幅值或相位差由平衡变为不平衡时，所引起的中线电流的变化，从而加深学生对三相电的充分认识，以提高学生的学习兴趣。  3）用负载电阻并联发光二极管显示电路作为三相负载的每一相，使负载精度高、节电且寿命长，人身安全性高。  12、实验电路主板采用至少4mm厚亚克力板材激光雕刻而成，可以清晰看到全部元器件实物，增加学生的感性认识。  13、配套自锁紧护套实验导线16根（红、黄、绿、黑各4根），电流接口线1根。  14、机箱：坚固型铝合金框架，厚实的 ABS 塑料包角，参考尺寸不大于488×368×148mm。  15、免费上门提供本设备使用方人员的维护维修培训，并且提供三年全免费上门维修保养服务。  16、供应商在成交后签订合同之日起5个工作日内必须携带所有样机到采购人处，双方共同对技术参数功能进行现场验证，否则不予验收。   1. **实验项目**   1、用三表法测量交流电路等效参数  2、正弦稳态交流电路相量的研究  3、单相铁心变压器特性的测试  4、三相交流电路电压、电流的测量  5、三相电路功率的测量  6、功率因数及相序的测量  7、功率因数的提高实验，要求不采用传统的日光灯电路负载 | 套 | 56 | 0.32 | 17.92 |
| 13 | 电工原理实验箱(直流) |  | **一、实验箱结构形式** 1、要求采用模块化设计方式。主板包含电源、函数信号发生器、测量表、数字电位器、恒流源等。实验电路均为独立模块，每个模块采用至少4mm厚亚克力板材激光雕刻而成，可以清析看到全部元件实物，增加学生感性认识，并且每个模块可以单独从实验箱独立取出，不同的实验模块，可以单独安装回实验箱上。方便设备的维护维修，提高设备使用效率。  **二、主要技术指标**  1、输入交流AC：220V，±10%。  2、直流稳压输出 DC：±12V/1.5A，DC：5V/1.5A。  3、直流稳压可调输出:DC:0～±24V/1A连续可调输出,每路电源均有短路保护自动恢复功能。  4、恒流源：0～50mA可调恒流源输出，要有开路保护功能。  5、配置0-9999Ω可调电阻箱  6、配置0-99Ω连续可调数字式电位器。  7、提供数字式直流电流表1只，各分0~2mA 、0~20mA、0~200mA 共3档测量。  8、提供数字式直流电压表1只，分200mV、2V、20V共3档测量。  9、函数发生器：输出波形：方波、三角波、正弦波；频率范围：0-1MHZ 分四档。  10、主板上至少留3个尺寸相同的独立模块接入位置。  11、每个独立模块采用至少4mm厚亚克力板材激光雕刻而成，模块参考尺寸300×348×108mm。可以清析看到全部元件实物，增加学生感性认识。  12、独立模块实验插孔均采用带护套式。  13、独立实验模块的配置  模块1能完成以下相关实验  1）基本电工仪表使用与测量误差的计算 2）减少仪表测量误差的方法   1. 电阻的串联、并联和混联 2. 电路故障分析 3. 线性与非线性元件的伏安特性。 4. 电位及其与电压关系的研究。 5. 基尔霍夫定理。 6. 叠加定理。 7. 电压源与电流源的等效变换。 8. 戴维南及诺顿定理。   模块2能完成以下相关实验  1 ）受控源VCVS、VCCS的实验。 2）典型电信号的观察和测量。 3）RC一阶电路的响应测试。 4）二阶电路的响应测试。 5) RC选频网络特性测试。 6) R、L、C串联谐振电路的研究。 7）R、L、C并联谐振电路的研究。 8) 双口网络测试。  9）回转器实验 10)其它电路的研究  ★15、配套虚拟仿真实验软件，可仿真所有实验例程。  16、安全保护措施：设计有电源输入输出专用保护电路板，具有接地保护、漏电过载过流保护功能，具有误操作保护功能；安全性符合相关的国标标准，所有材质均符合环保标准。  17、机箱：坚固型铝合金框架，厚实的 ABS 塑料包角，参考尺寸不大于488×368×148mm。  18、免费上门提供本设备使用方人员的维护维修培训，并且提供三年全免费上门维修保养服务。  ★19、供应商在成交后签订合同之日起5个工作日内必须携带样机到采购人处，双方共同对技术参数功能进行现场验证，否则不予验收。  **三、实验项目**  1）基本电工仪表使用与测量误差的计算 2）减少仪表测量误差的方法  3) 电阻的串联、并联和混联 4) 电路故障分析 5）线性与非线性元件的伏安特性。 6)电位及其与电压关系的研究。 7）基尔霍夫定理。 8）叠加定理。 9）电压源与电流源的等效变换。 10）戴维南及诺顿定理。 11）受控源VCVS、VCCS的实验。 12）典型电信号的观察和测量。 13）RC一阶电路的响应测试。 14）二阶电路的响应测试。 15) RC选频网络特性测试。 16) R、L、C串联谐振电路的研究。 17）R、L、C并联谐振电路的研究。 18) 双口网络测试。  19）回转器实验 20)其它电路的研究 | 套 | 56 | 0.35 | 19.6 |
| 共计2 | | | | 70.98 | | | |
| 合计 | | | | 389.98 | | | |