

## 说 明

1、供应商必须详细描述投标设备所采用核心部件的品牌、技术参数等内容。

2、凡在“采购清单及技术参数”中表述为“标配”或“标准配置”的设备，供应商应在响应文件中将其标配参数详细列明。

3、“采购清单及技术参数”内的设备、配件或部件名称是习惯性名称，对供应商没有任何限制性，注册证上名称与之不符可以参与投标，以投标产品的技术规格为准。

4、所供货物必须符合国家相关法规规定或标准要求，标牌齐全、清晰、经检验合格的全新的产品，必须提供真实的配套厂商的相关资料。

5、供应商必须无条件保证所提供投标产品的制造、检验以及提供技术服务完全符合国家有关产品制造和验收标准。如果有不符之处，供应商应在投标文件中加以说明，并提请采购单位注意。

6、供应商应注意投标的风险，认真阅读和理解采购文件，选择符合或优于采购文件要求的产品参与投标。如所供产品存在技术偏离，供应商应如实填写技术规格偏离表，若评标时评标委员会掌握了确切事实说明某供应商或制造厂家没有如实填写技术规格偏离表或有欺诈行为，该投标文件将被拒绝。若采购人验收时发现货物中存在指标低偏离，将拒绝支付合同货款，并追究相应的法律责任。

★7、采购文件中的采购产品，若有属于《关于印发节能产品政府采购品目清单的通知》（财库〔2019〕19号）中规定的政府强制采购产品的，投标人应当提供节能产品参加投标，并提供合法认证机构出具的节能产品证书，否则投标无效。

8、实质性条款：要求中标（成交）公示后三日内，业主对任何响应内容存疑时，可随时要求投标人针对本项目的产品对所提供的方案的任意功能在项目实施现场进行功能演示与测试，投标人必须无条件配合。如果与投标响应文件存在不符、功能不能实现、无法满足设计规范、不符合系统实施方案及业主培训等要求，任何一种情况均以虚假应标处理，由此所产生的后果由投标人全部承担。



# 规格、技术参数明细表

编号：1	货物名称：电力电子与多电机变频调速技术实训平台（核心产品）
详细参数：	

## 一、技术性能

1.输入电源：三相四线(或三相五线 380V±10% 50Hz)

2.装置容量：< 1.5kVA

3.参考外形尺寸不小于(长宽高)：1850mm×720mm×1600mm

4.安全保护：设有电流型漏电保护器和电压型漏电保护器，当线路有漏电现象，即能实施保护并切断输出电源，电压型漏电保护器。

## 二、平台的组成

1.电源控制屏(铁质双层亚光密纹喷塑结构，铝质面板)

(1)三相缺相指示、相序检测及过压指示

当输入设备的三相电源电压缺少任何一路或者两路，控制屏面板上相应指示灯亮；当三相电源正常时自动检测输入电源的相序关系，当电网电压值大于255V时自动发出告警信号。

(2)交流电源(均带有过流保护措施，交流电源输出处设有过流保护装置，当相间、线间过电流及直接短路均能自动保护，具有保护动作声光报警功能，可避免调换保险丝带来的麻烦)。

提供交流电源：直流调速档为三相交流电 200V/3A

交流调速档为三相交流电 240V/3A

(3)高压直流电源

励磁电源：220V/0.5A，具有输出短路保护。

(4)数字式仪表

交流数字电压表：可通过其下方的波段开关切换指示三相电网输入线电压，精度1.0级。

真有效值交流数字电压表一只：测量范围0~500V，量程自动判断、自动切换，精度0.5级，三位半数显，为交流调速系统电力电子技术实验提供电压指示。

真有效值交流数字电流表一只：测量范围0~5A，量程自动判断、自动切换，精度0.5级，三位半数显，具有超量程告警、指示及切断总电源功能，为调速系统提供电流指示。

直流数字电压表一只：测量范围0~300V，三位半数显，输入阻抗为10MΩ，精度0.5级，为可逆调速系统提供电压指示。

直流数字电流表一只：测量范围为0~5A，三位半数显，精度0.5级，具有超量程报警、指示、切断总电源等功能，为可逆调速系统提供电流指示。

(5)人身安全保护体系

三相隔离变压器一组；电压型漏电保护器1：对隔离变压器前的线路出现的漏电现象进行保护；电压型漏电保护器2：对隔离变压器后的线路及实验过程中的接线等出现的漏电现象进行保护，发出声光报警信号并切断电源；电流型漏电保护装置：控制屏若有漏电现象，漏电流超过一定值，即切断电源。实验连接线及插座：强、弱电连接及插座分开，不能混插。

(6)定时器兼报警记录仪

平时作为时钟使用，具有设定实验时间、定时报警、提前提醒后切断电源等功能，还可以自动记录由于接线或操作错误所造成的告警次数。

(7)控制屏其它设施

控制屏正面大凹槽内，设有两根不锈钢管，可挂置实验部件，凹槽底部设有12芯、10芯、4芯、3芯等插座，挂件的供电由这些插座提供。控制屏两边设有单相三极220V电源插座及三相四极380V电源插座，还设有实验台照明用的日光灯一盏。

## 2.实验桌

实验桌为铁质双层亚光密纹喷塑结构，桌面为防火、防水、耐磨高密度板，结构坚固，形状似长方体封闭式结构，造型美观大方；设有两个大抽屉、柜门，用于放置工具、存放挂件及资料等。桌面用于安装电源控制屏并提供一个宽敞舒适的工作台面。实验桌还设有四个万向轮和四个固定调节机构，便于移动和固定，有利于实验室的布局。

3.不锈钢电机导轨、光码盘测速系统及数显转速表

包括1024光电编码器及固定电机的不锈钢导轨等。不锈钢导轨平整度好，无应力变形，加工精细，同心度好，互换性好，能保证电机与电机、电机与测功机之间连接的同心度不超过±5丝。

4.三相可调电阻(每组900Ω×2/0.41A)

作为实验中的可调电阻性负载用。

5.晶闸管主电路

提供12只5A/1000V的晶闸管，分成正、反桥两组，每只晶闸管均设有过流、过压保护装置，正、反桥晶闸管可通过外加信号进行触发(留有触发脉冲输入接口)，可更好的完成设计性实验；设有带镜面精密指针式直流电压表±300V，精度1.0级带镜面直流电流表±2A，精度1.0级各一只和平波电抗器一组。

6.三相晶闸管触发电路

提供三相触发电路、功放电路等，与“晶闸管主电路”配套使用。

7.晶闸管触发电路实验

提供单结晶体管触发电路、正弦波同步移相触发电路、锯齿波同步移相触发电路、单相交流调压触发电路、TCA785集成触发电路共五个触发电路实验。

8.电机调速控制实验(I)

提供以下模块：电流反馈与过流保护(FBC+FA)、给定器(G)、转速变换器(FBS)、反号器(AR)、电压隔离器(TVD)、调节器I和调节器II。其中调节器I和调节器II的反馈电阻、电容均外接(从可调电阻、电容箱上获得)。

9.电机调速控制实验(II)

提供以下模块：转矩极性鉴别(DPT)、零电平检测(DPZ)及逻辑控制器(DLC)，与“电机调速控制实验(I)”配合使用完成逻辑无环流可逆直流调速系统实验项目。

10.给定及实验器件

提供给定(±15V可调电压输出)、压敏电阻(作为过压保护元件，内部已连成三角形接法)、二极管。

11.新器件特性实验

提供SCR、MOSFET、IGBT、GTO、GTR电力电子器件，与给定及实验器件等配套使用，可测定其特性曲线；与功率器件驱动电路实验箱配套使用，可完成电力电子新器件的驱动特性实验。

12.可调电阻、电容箱

提供耐压AC63V的可调电容三组，调节范围为0.1~11.37μF，0~999kΩ十进制可调电阻两组；供电流调节器，速度调节器反馈回路使用，可灵活改变调节器的放大倍数及积分时间。

13.单相调压与可调负载

提供一只0~250V/0.5kVA单相交流自耦调压器，为相应的实验提供可调电源；一个整流滤波电路以及0~180Ω/1.3A(串联)或0~45Ω/2.6A(并联)瓷盘可调电阻，为相应的实验提供一个可调的阻性负载。

14.变压器实验

提供三相芯式变压器一个(该变压器有2套副边绕组，原、副边绕组的电压为127V/63.6V/31.8V)，用于异步电机串级调速实验和三相桥式、单相桥式有源逆变电路实验；还设有三相不可控整流电路用来产生直流电源。

15.功率器件驱动电路实验箱

主要是为完成新器件特性实验提供驱动和保护电路，使学生了解电力电子新器件的驱动特性。主要包括电源、驱动电路、PWM波形发生器。

(1)电源：为驱动电路提供电源，包括±5V、+20V、±15V直流电源。

(2)驱动电路：包括MOSFET、IGBT、GTR和GTO的驱动电路。其中IGBT的驱动电路采用了专用芯片EXB841。

(3)PWM波形发生器：由SG3525为核心的PWM波形发生器主要为新器件驱动电路提供PWM驱动波形；可以通过频率调节旋钮进行频率调节；通过占空比电位器来调节PWM波的占空比；频率范围分为2档，通过钮子开关切换，高频档是为MOSFET和IGBT驱动电路提供PWM波形，频率调节范围4kHz~10kHz；低频档是为GTR和GTO驱动电路提供PWM波形，频率调节范围400Hz~1kHz；占空比在各频率点上均能从0%调至100%。

16.直流斩波实验

提供组成直流斩波电路所需的元器件和采用专用的PWM控制集成电路SG3525。可完成教材中降压斩波电路(Buck Chopper)、升压斩波电路(Boost Chopper)、升降压斩波电路(Boost-Buck Chopper)、Cuk斩波电路、Sepic斩波电路、Zeta斩波电路六种典型实验。

电路(Boost Chopper)、升降压斩波电路(Boost-Buck Chopper)、Cuk斩波电路、Sepic斩波电路、Zeta斩波电路六种典型实验。

17.直流发电机：200V、1.1A、220W、1600r/min

18.直流并励电动机：220V、1.1A、185W、1600r/min

19.三相线绕式异步电动机：220V/Y、0.6A、120W、1380r/min

20.线绕式异步电机转子专用箱

21.研究型变频调速实验组件（研究型实验，实验室总共配1套）

研究型变频调速实验组件采用挂箱结构，主要包括变频调速控制电路和功率驱动电路，是基于TMS320F2812芯片研制的一款快速控制原型和硬件在线实时仿真开发系统，具有快速控制原型开发、硬件在线仿真功能，通过Matlab/Simulink设计好控制算法，编译整个模块就能自动生成DSP代码，在控制电路上运行后就能生成相应的控制信号，从而方便地实现对被控对象的控制。功率驱动电路IGBT采用大功率IPM模块PM25RLA120，最大输出功率3.7kW。

利用此系统可以完成对三相交流异步电机等众多电机的实时控制，可以直接使用Matlab语言编写算法或者用Simulink库搭建电机控制算法，也可以在Windows系统上使用C、C++或者Basic语言编写电机控制算法，同时配有DSP（USB2.0）专业仿真器，用于程序的下载和烧录。

▲实验项目（Matlab/Simulink版）：（1）SPWM调制方式下V/F曲线测定；（2）马鞍波调制方式下V/F曲线测定；（3）空间电压矢量调制方式下V/F曲线测定；（4）开环正弦波调制（SPWM）的高性能变频调速实验；（5）开环马鞍波调制（SPWM）的高性能变频调速实验；（6）开环空间矢量控制（SVPWM）的高性能变频调速实验；（7）磁场定向控制（FOC）的高性能变频调速实验；（8）直接转矩控制（DTC）的高性能变频调速实验，提供可完成上述实验项目的功能截图的证明材料。

▲实验项目（C语言版）：（1）DSP控制的SPWM变频调速实验；（2）DSP控制的马鞍波变频调速实验；（3）DSP控制的SVPWM变频调速实验；（4）三相交流异步电动机FOC控制实验（分五个步骤：①功率单元模块测试实验；②电流、速度功能模块测试实验；③电流闭环调节器功能测试实验；④电流模型功能模块测试实验；⑤电流、速度双闭环控制功能实验），提供可完成上述实验项目的功能截图的证明材料。

22.单/三相级联多电平逆变器（研究型实验，实验室总共配1套）

基本技术要求：

由三个电压型两电平逆变器级联组成，采用特定谐波消除PWM（SHEPWM）调制和载波移相PWM（PSPWM）调制等多种控制策略，其中控制芯片采用TMS320F28335，独立直流电源由AC220V/AC80V的隔离变压器输出经桥式整流滤波得到。

（1）面板要求雕刻有级联多电平逆变器原理框图，可通过面板上的接线端子自由组成单相七电平或单相五电平或三相三电平逆变器。

（2）留有128\*64的液晶屏与4\*4的键盘组成的人机接口，12路PWM波形、3路电流波形、2路电压波形等观测孔，以及JTAG接口，配有DSP（USB2.0）专业仿真器。

（3）25MHz/1300V示波器有源差分探头，具有1/50和1/500两档衰减可供选择和超量程报警功能，用于对逆变器输出电压进行安全的浮地测量，防止使用示波器不当造成损坏逆变器或损坏示波器或给人身带来潜在伤害，保证了实验过程的安全性。

配置与技术参数要求：

（1）处理器：TMS320F28335，最高主频150MHz。

（2）DSP实时在线仿真器（专业仿真器），用于DSP程序的仿真、开发及应用程序的烧录。

（3）基本功率单元：采用IPM模块，数量3个。

（4）电平输出方式：级联输出。

（5）调制方式：载波PWM调制，阶梯波调制及空间矢量调制。

（6）输出电压：单相级联七电平（ $\pm 3E$ ， $\pm 2E$ ， $\pm 1E$ ，0），单相级联五电平（ $\pm 2E$ ， $\pm 1E$ ，0），三相三电平（ $\pm 1E$ ，0）。

（7）显示方式：液晶屏显示，大小不小于128\*64。

▲（8）响应文件中须提供“单/三相级联多电平逆变器”的实物图，并提供第三方机构出具的“单/三相级联多电平逆变器”产品的合格检验报告复印件或扫描件加盖投标人公章；

实验项目：

（1）单相七电平阶梯波控制实验

（2）单相七电平特定谐波消除PWM调制实验

（3）单相七电平载波移相PWM调制实验

（4）单相七电平载波层叠PWM调制实验

（5）多电平PWM逆变器与两电平逆变器比较实验

（6）三相三电平特定谐波消除PWM调制实验

（7）三相三电平载波移相PWM调制实验

（8）三相三电平载波层叠PWM调制实验

（9）三相三电平空间矢量PWM调制实验

23.无线电能传输实验组件（研究型实验，实验室总共配1套）

基本技术要求：

本实验组件主要分为发射端、接收端、智能人机交互界面和上位机监控软件。发射端主要包括发射线圈，控制器，高频逆变器，电流电压反馈电路，电压表与电流表等；接收端主要包含接收线圈，电压调节电路，控制器以及负载等。

配置与技术参数要求：

（1）最大功率120W；额定功率100W；

（2）发射、接收线圈均固定在铝型材燕尾槽结构的导轨上，有效外径305mm，有效内径105mm，有效行程0~200mm。

（3）接收端主要包含接收线圈，电压调节电路，控制器以及负载等组成。

（4）控制器采用TI公司的TMS320F2812芯片；

（5）高频逆变器采用IPM模块PM25RLA120；

（6）智能人机交互界面采用7寸触摸屏，可以设定频率、启停等，显示当前日期、时间。

（7）监控软件采用LABVIEW编写，实时显示输入、输出电压电流波形，实时显示电能传输效率。

▲（8）响应文件中须提供无线电能传输系统结构图；提供线圈及线圈调节装置实物图；提供满足技术指标中要求的智能人机交互界面图并加盖投标人公章。

实验项目：

（1）搭建无线电能传输实验系统

（2）传输效率与相对位置的关系实验

（3）传输效率与频率的关系实验。

24.多电机控制实验系统（研究型实验，实验室总共配1套）

DSP程序采用C语言模块化编写，也可以直接使用Matlab语言编写算法或者用Simulink库搭建电机控制算法，编译整个模块就能自动生成DSP代码，在控制电路上运行后就能生成相应的控制信号，从而方便地实现对四种电机的控制，配有DSP（USB2.0）专业仿真器，用于程序的下载和烧录。

上位机监控软件采用Labview软件编写，实现电机启动、停止、加减速、正反转切换、PI参数设定等控制；同时可实时的观测到系统实际运行时的多种波形。

基本配置与技术要求：

（1）处理器：TMS320F2812，最高主频150MHz。

（2）功率模块：需采用三菱IPM模块PM25RLA120，最大输出功率3.7kW。

（3）保护功能：具有欠压保护、过压保护、过流保护和温度保护，当上述任意一种情况发生时立刻封锁PWM脉冲输出。

（4）配套电机（四种电机）：

①直流有刷电机：额定电压220V，额定电流1.2A，额定功率185W，额定转速1600r/min；

②直流无刷电机：电流有效值0.94A，额定功率100W，最高转速1500r/min；

③三相鼠笼式异步电机：额定电压380V，额定电流1.12A，额定功率370W，额定转速1400r/min；

④三相永磁同步电机：额定电压380V，额定电流0.35A，额定功率180W，额定转速1500r/min。

（5）人机交互界面采用5寸触摸屏，用于显示电机类型、电机转速及电机运行状态，并可以控制电机启停等。需要提供触摸屏截图图片。

片。

▲(6) 要求响应文件中提供对应下列序号(1)-(8)所有实验项目完全一致的实验指导书截图, 包含但不限于封面、目录、实验项目功能截图。

▲(7) 响应文件中提供有效产品彩页, 能够反映所投产品的基本技术参数和功能等。

实验项目:

(1) 直流有刷电机PWM控制调速实验(C语言版)

①开环PWM可逆直流调速实验

②转速单闭环PWM可逆直流调速实验

③速度、电流双闭环PWM可逆直流调速实验

(2) 直流无刷电机PWM控制调速实验(C语言版)

①直流无刷电机控制原理实验

②速度、电流双闭环调速实验

③定位控制实验

(3) 三相异步电动机开环变频调速实验(C语言版)

①DSP控制的SPWM变频调速实验

②DSP控制的马鞍波变频调速实验

③DSP控制的SVPWM变频调速实验

(4) 三相异步电动机开环变频调速实验(Matlab/Simulink版)

①DSP控制的SPWM变频调速实验

②DSP控制的马鞍波变频调速实验

③DSP控制的SVPWM变频调速实验

(5) 三相交流异步电机FOC控制实验(C语言版)

①功率单元模块测试实验

②电流、速度功能模块测试实验

③电流闭环调节器功能测试实验

④电流模型功能模块测试实验

⑤电流、速度双闭环控制功能实验

(6) 三相永磁同步电机FOC控制实验(C语言版)

①功率单元模块测试实验

②电流、速度功能模块测试实验

③电流闭环调节器功能测试实验

④相位初始化测试实验

⑤电流、速度双闭环控制功能实验

(7) 磁场定向控制(FOC)的高性能变频调速实验(Matlab/Simulink版)

(8) 直接转矩控制(DTC)的高性能变频调速实验(Matlab/Simulink版)

25.实验连接线: 配备两种不同的实验联接线, 强电部分采用高可靠护套结构手枪插连接线(防触电); 弱电部分采用弹性铍轻铜裸露结构联接线, 两种导线都只能配合相应内孔的插座。

26.欧式导线架: 用于悬挂和放置实验专用连接导线, 外形尺寸不小于530mm×420mm×1200mm, 底部设有五个万向轮。

27.铝型材电脑桌

外形尺寸不小于: 长×宽×高=625mm×600mm×1045mm。立柱采用3060铝型材、底盘框架采用3030铝型材设计。立柱前面用一体成型的L型冷轧钢支撑架加固。桌面采用12mm厚的实心抗贝特复合板材, 边缘倒圆, 防火防水防静电。配键盘抽屉, 键盘抽屉底部配可旋转收缩的鼠标托盘, 键盘抽屉上面有放置笔的凹槽, 采用静音导轨。配四只1.5寸带刹车万向脚轮。桌面后面和底板后面带防护板, 防止掉落。

28.钢木方凳(3个)

外形尺寸不小于: 长×宽×高=360mm×260mm×450mm。凳框采用1.1mm厚的优质方钢管和优质冷轧钢板焊接而成。采用钣金圆弧压边包边木面板工艺, 防护凳面。凳框表面全自动脱脂、静电喷塑处理, 防锈。凳面采用18mm厚的高密度复合板材, 表面和边缘高温热压防火PVC。凳脚安装高分子树脂脚套。

29.实验室教学软件资源包(整个实训室总共配1套)

(1) 电力电子线路仿真实训软件: 软件包含多种典型电力电子线路的仿真实训, 每个仿真实训电路分为实训器材的认识及功能介绍、原理仿真、实训操作、结果显示等部分, 学生可以利用软件虚拟连接导线、信号源、示波器等。

▲“电力电子线路仿真实训软件”要求提供第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书; 计算机软件著作权登记证书; 提供以上报告及证书复印件或扫描件加盖原厂公章, 原件合同签订时核查。

电力电子仿真实训软件主要包含以下内容: 触发(驱动)单元电路、单相不控整流电路、三相不控整流电路、晶闸管单相可控整流电路、晶闸管三相可控整流电路、单相有源逆变电路、三相有源逆变电路、晶闸管单相调压电路、晶闸管三相调压电路、GTR单相并联逆变电路、直流(IGBT)斩波电路(包括降压斩波电路、升压斩波电路、升降压斩波电路、Cuk斩波电路、Sepic斩波电路、Zeta斩波电路六种典型线路)、单相SPWM控制(IGBT)H型交直交变频电路、PWM控制(MOSFET)开关型稳压电源电路、专用PWM集成电路控制的直流PWM可逆供电电路、晶闸管直流调速系统电路、晶闸管交流调压调速系统电路、晶闸管交流串级调速系统电路、直流PWM可逆调速系统电路、电力电子典型线路的装调。

(2) 安全用电仿真实训软件: 包括各种电气安全作业的组织措施、技术措施和安全保护措施、电气设备的安全运行、电网的安全管理、电气火灾灭火知识等。软件功能: 以Flash动画与3D虚拟仿真相结合, 模拟安全用电基础知识、人体阻抗的认识和测试、直接接触电的认识和实训操作、人体在遭受电击时的电流途径、间接触电的认识和实训操作、IT供电系统、TT供电系统、TN-S供电系统、TN-C供电系统、TN-C-S供电系统、指令标识的认识、电气火灾产生的原因及处理方法等。

▲“安全用电仿真实训软件”要求提供第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书; 计算机软件著作权登记证书; 提供以上报告及证书复印件或扫描件加盖原厂公章, 原件合同签订时核查。

(3) 电力拖动仿真实训软件

▲“电力拖动仿真实训软件”要求提供第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书; 计算机软件著作权登记证书; 提供以上报告及证书复印件或扫描件加盖原厂公章, 原件合同签订时核查。

针对电力拖动技术控制线路的连接、调试、测量等过程进行模拟仿真。

软件功能: 1.软件采用模块化设计思想, 由电气器件展示、电气安装与连接、线路检查、故障检测与维修等模块组成, 操作流程接近实际工业场景, 操作结果实时显示。2.电气器件展示模块有自耦变压器、控制按钮、电磁启动器、多圈电位器、珐琅电阻等10余种常用器件模型, 以3D的形式展现并附有文字说明介绍。各模型均可任意放大、缩小和旋转, 具有直观立体、真实互动的效果。3.电气安装与连接模块包括元器件组装和电气线路连接。操作者按照界面提示或者原理图先将元器件库中的元件拖到电气柜上进行组装, 器件组装完成后进入电气线路连接界面。在接线界面学员可以自己动手接线, 也可以通过“一键接线”由计算机完成接线。接完线后学员通过操作相应的器件, 根据原理图以及器件的动作情况, 判断连接线路是否正确。4.通电检查模块主要用于在设备通电前进行电压检查, 检查电源电路是否短路。5.故障诊断与维修模块具有故障设置功能, 故障点设置典型、全面, 操作者根据故障现象, 利用所学知识进行排故练习。6.电气安装与连接、线路检查、故障检测与维修三个模块均有三相鼠笼式电动机点动控制线路、三相鼠笼式电动机自耦减压启动线路、风机电锁电气控制线路、磁力启动器控制的启动线路等12个常见线路。

(4) 多种电机在环实时仿真软件实验平台

▲为使软件与设备兼容且运行流畅以及后期的软件升级服务, 要求该软件持有人必须与投标人所投的“电力电子与多电机变频调速技术实训平台”为同一生产厂家, 响应文件中须提供“多种电机在环实时仿真软件实验平台”的软件评测报告、计算机软件著作权登记证书, 提供以上报告及证书复印件或扫描件加盖原厂公章, 原件合同签订时核查。

4.1 软件功能

软件实验的电机类型包含最常见的几类电机: 直流电机、异步电机、同步电机和变压器, 对于电机运用等效电路的方式给出了工作特性曲线和机械特性曲线。对每一种电机均给出了电气和机械参数, 便于学生理解和参考。学生可以通过选择对应的电机与运行方式获得电机的转速、转矩、电流等信息, 十分便捷。暂停/停止后会显示游标, 挪动游标可以在右侧获取当前点的值, 有助于后续的计算。

得电机的转速、转矩、电流等信息，十分便捷。暂停/停止后会自动显示游标，挪动游标可以在右侧获取当前点的值，有助于后续的计算与分析。

#### 4.1.1 工作特性和机械特性实验

直流电机：根据励磁绕组的连接方式不同，可选择串励、并励和他励这三种电机。通过改变绕组两端电压、电枢回路串入电阻、励磁回路串入电阻这三种方式，选择电磁转矩、转速、效率、电流和电磁功率等参数，可以画出固有机械特性和人为机械特性，其中电磁转矩改为输出功率可画出电机的工作特性曲线。

异步电机：从异步电机的调速入手，有改变定子绕组电压调速、转子回路串电阻调速和变频调速，其参数可以人为设置，可以方便的看到不同调速方式及输入参数情况下电机的调速机械特性。

#### 4.1.2 启动、调速、制动实验

进入后在上方可以看到电机的一些关键铭牌参数，有助于学生有大致判断。从电机的电路上，可以看到电机主要参数，很好地模拟了实验，让学生能够明白输入的参数会影响哪些参数变化。可以选择查看哪些变量，例如：定子绕组电压、电机转速、转矩等，不需要像实际实验中单独测量转速和电流等参数也可以清楚的看到需要的变量。

转矩：负载转矩有四种类型，分别为位能型负载、摩擦型负载、平方转矩负载（模拟风机、水泵）和恒功率负载，与额定转矩下的比值作为输入，能让学生更好地了解轻载、中载和重载情况下电机的运行。

启动：根据不同的电机，启动方式会略微有所不同，例如：Δ形连接的异步电机就有Y-Δ启动，可以根据显示的启动方式（如：定子绕组降电压启动）及输入所需的参数来模拟实际中不同的启动方式。

调速：调速过程根据电机的特点，包含了各类电机主要的一些调速方式，仿真实验接近实际，工作特性展示的是稳态特性，而运行实验的调速很好的向学生展现了电机调速的暂态特性。

制动：实际运行中可能需要使电机快速停下，这就需要采取合理的制动方式。学生可以选择制动方式看到实际电机的运行情况，将启动、调速与制动放在同一人机界面中，可以很好地模拟出完整的实验流程。

#### 4.2 性能指标

4.2.1 直流电机不少于23组数据模型；

4.2.2 异步电机不少于20组数据模型；

4.2.3 同步电机不少于6组数据模型；

4.2.4 变压器不少于6组数据模型；

4.2.5 直流电机数据模型覆盖串励、并励、他励三种电机类型；

4.2.6 异步电机数据模型覆盖星型、三角两种接法；

#### (5) 电力电子与调速系统视频教学软件

提供与设备配套的視頻教学软件，视频软件主要包含：

①主控制器模块(2812)、人机接口模块、信号调理模块、过零检测模块、电压/电流信号观测模块、转速测量与霍尔信号检测模块、两电平整流/逆变及采样模块、三电平整流/逆变及采样模块、两电平驱动模块整流/逆变部分、三电平驱动模块整流/逆变部分及母线滤波及线路保护模块的功能介绍、原理、接线及实验教学视频。

②三相两电平/三电平PWM逆变教学视频，包括MATLAB仿真及实际的滤波前后的两电平相电压、线电压波形。

▲要求响应文件中提供上述列出的功能不少于10项功能的截图。

#### 三、平台可完成的实训项目

##### 1. 电力电子技术实训项目

- (1) 单结晶体管触发电路
- (2) 正弦波同步移相触发电路
- (3) 锯齿波同步移相触发电路
- (4) 西门子TCA785集成触发电路
- (5) 单相半波可控整流电路
- (6) 单相桥式半控整流电路
- (7) 单相桥式全控整流及有源逆变电路
- (8) 三相半波可控整流电路
- (9) 三相桥式半控整流电路
- (10) 三相半波有源逆变电路
- (11) 三相桥式全控整流及有源逆变电路
- (12) 单相交流调压电路
- (13) 三相交流调压电路
- (14) 单向晶闸管(SCR)特性
- (15) 功率场效应管(MOSFET)特性
- (16) 电力晶体管(GTR)特性
- (17) 绝缘双极型晶体管(IGBT)特性
- (18) 功率场效应管(MOSFET)驱动与保护电路
- (19) 电力晶体管(GTR)驱动与保护电路
- (20) 绝缘双极型晶体管(IGBT)驱动与保护电路

##### 2. 典型电力电子器件线路实训

直流斩波电路的性能研究(降压斩波电路、升压斩波电路、升降压斩波电路、Cu k 斩波电路、Sepic斩波电路、Zeta斩波电路六种典型线路)(IGBT)

##### 3. 直流电机调速实训

- (1) 晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定(SCR)
- (2) 晶闸管直流调速系统主要单元的调试(SCR)
- (3) 单闭环(电压单闭环、转速单闭环、电流单闭环)不可逆直流调速系统(SCR)
- (4) 双闭环不可逆直流调速系统(SCR)
- (5) 逻辑无环流可逆直流调速系统(SCR)

##### 4. 交流电机调速系统实训

- (1) 双闭环三相异步电机调压调速系统(SCR)
- (2) 双闭环三相异步电机串级调速系统(SCR)

编号：2

货物名称：智能型电工电子技术实训装置（核心产品）

详细参数：



## 一、技术性能

1.输入电源：三相四线（或三相五线） $\sim 380V \pm 10\%$  50Hz

2.外形尺寸不小于（长宽高）：1600mm $\times$ 730mm $\times$ 1400mm

3.安全保护：设有接地保护、漏电保护、过载保护等功能，漏电保护动作电流 $\leq 30mA$ 。

▲4.装置配置不少于115种创新实训模块，由透明有机盒及PCB板构成，并可配置多种电工电子实训挂箱。学生可设计、搭接、调试、验证新的电工电子电路，投标供应商自行列出不少于115种创新实训模块清单。

## 二、基本配置及功能

装置主要由电源控制屏、实训桌、电工电子实训模块、实训挂箱等组成。

### （一）电源控制屏

控制屏为铁质双层亚光密纹喷塑结构，铝质面板（凹字烂板技术），为实训提供交直流电源、信号源和仪表等，具体功能如下：

#### 1.交流电源部分

(1)提供三相0 $\sim$ 450V连续可调交流电源，同时可得到单相0 $\sim$ 250V连续可调交流电源(配有一台三相同轴联动自耦调压器，规格为1.5kVA/0 $\sim$ 450V。可调交流电源输出设有过流保护技术，相间、线间过电流及直接短路均能自动保护。配有三只指针式交流电压表，通过切换开关可指示输入的三相电网电压值和三相调压器的输出电压值。

(2)提供一路AC380V和三路AC220V交流电源接口，可为外配仪器设备提供工作电源。

(3)低压交流电源：分3V、6V、9V、12V、15V、20V、24V七档可调，输出端具有短路保护、过载保护及自动复位功能。

(4)提供实训220V、30W的日光灯灯管一支，将灯管灯丝的头四个头经过快速保险丝引出供实训使用，可防止灯丝损坏。

(5)提供30W镇流器一只。

#### 2.直流电源部分

(1)提供两路0.0 $\sim$ 30V/0.5A可调稳压电源，从0V起调，具有截止型短路软保护和自动恢复功能，设有三位半数显示。

(2)提供四路固定直流电源： $\pm 5V/0.5A$ 、 $\pm 12V/0.5A$ ，每路均具有短路、过流保护和自动恢复功能。

(3)提供一路0 $\sim$ 200mA连续可调恒流源，分2mA、20mA、200mA三档，从0mA起调，调节精度1%，负载稳定度 $\leq 5 \times 10^{-4}$ ，额定变化率 $\leq 5 \times 10^{-4}$ ，配有数字式直流毫安表指示输出电流，具有输出开路、短路保护功能。

#### 3.测量仪表

(1)智能真有效值交流电压表一只

测量范围0 $\sim$ 500V，能对交流信号（20Hz $\sim$ 20kHz）进行真有效值测量，量程自动判断、自动切换，四位LED显示，精度0.5级。

(2)智能真有效值交流电流表一只

测量范围0 $\sim$ 5A，能对交流信号（20Hz $\sim$ 20kHz）进行真有效值测量，量程自动判断、自动切换，四位LED显示，精度0.5级。

(3)智能直流数显电压表一只

测量范围0 $\sim$ 300V，量程自动判断、自动切换，四位LED显示，精度0.5级。

(4)智能直流数显毫安表一只

测量范围0 $\sim$ 2000mA，量程自动判断、自动切换，四位LED显示，精度0.5级。

#### 4.函数信号发生器/频率计

(1)输出波形：分正弦波、矩形波、三角波三种，由琴键开关切换选择；

(2)频率范围：2Hz $\sim$ 2MHz，分七个频段选择；

(3)输出幅度：0 $\sim$ 16VP-P，三位LED数码管显示；

(4)输出衰减：分0dB、20dB、40dB、60dB四档，由两个“衰减”按键切换选择；

(5)频率计：具有内测/外测功能；测频范围：1Hz $\sim$ 10MHz，六位共阴LED数码管显示。

### （二）实训模块

提供电阻器、电容器、电感器、脉冲变压器、稳压二极管、双向稳压管、整流二极管、场效应管、晶闸管、双向晶闸管、IGBT管、复位按钮开关、钮子开关、白炽灯、保险丝、共阴数码管、集成稳压管、声电传感器、扬声器、蜂鸣器、气敏传感器、元件插座、音乐片、铜电阻温度计、运放电路、继电器驱动电路、单结晶体管触发电路、功率放大集成电路、DC-DC集成变换器MC34063A、单管放大电路、电机测速、十位逻辑电平输出、单次脉冲源、编码开关电路、拔码盘、CP时钟脉冲源、十位逻辑电平显示、共阴数码管驱动电路、交通灯电路等100多种实训模块。

实训模块由透明元件盒及PCB板构成，元件盒是组合式透明元件盒，元件盒单元组采用多元件、典型实训单元电路、典型传感器、通用集成电路插座等制成，可根据实训需要方便地组合成不同的电子线路；使实训具有开放性和创新性，元件盒体由透明有机工程塑料注塑而成，具有示教功能，使使用者能够观察到元件形状和接线方式，有利于教师讲解和学生认识；面板采用PCB制作而成，表面清爽、符号线路清晰、表面耐磨损、元件更换容易；面板上标志的元件电路符号采用最新国家标准，具有整体结构紧凑、外形美观大方、安装简单、使用保管方便等特点。导线插孔采用防逆座，导线装有弹性插头可在模块上面插接，以保证可靠连接进行各种实训；实训时可根据实训内容和技能训练的需要，方便的任意组合实训线路，以完成不同的实训项目等。

### （三）实训组件

#### 1.交流电路实训（二）

提供三组白炽灯螺口灯座。每组由两个独立的白炽灯螺口灯座组成(每组设有一个开关与一个电流插座)。可插60W以下的白炽灯六只。可完成三相交流电路实训。

#### 2.电工综合技能实训（一）

电流表、电压表和欧姆表的设计

#### 3.继电器控制实训

提供交流接触器（线圈电压为220V）两只，按钮三只（黄、绿、红各一只）

#### 4.继电器控制实训

提供交流接触器（线圈电压220V）一只，热继电器一只，时间继电器一只

#### 5.继电器控制实训

提供变压器（220V/26V/6.3V）、整流电路、能耗制动电阻（10 $\Omega$ /25W）各一组，行程开关四只

#### 6.铁芯变压器、互感/电度表实训

铁芯变压器一只（50VA、36V/220V），原、副边均设有保险丝及电流插座，方便测试并能可靠保护防止变压器损坏；互感线圈一组，实训时临时挂上，两个空心线圈L1、L2装在滑动架上，可调节两个线圈间的距离，并可将小线圈放到大线圈内，配有大、小铁棒各一根及非导磁铝棒一根；电度表一只，规格为220V、3/6A，实训时临时挂上，其电源线、负载线均已接在电度表接线架的接线柱上，便于实训。

#### 7.单相智能交流功率、功率因数表

由一套微电脑，高速、高精度A/D转换芯片和全数显电路构成。通过键控、数显窗口实现人机对话的智能控制模式。为了提高测量范围和测试精度，将被测电压、电流瞬时值的取样信号经A/D变换，采用专用DSP计算有功功率。功率的测量精度0.5级，电压、电流量程分别为450V、5A，可测量负载的有功功率、功率因数及负载的性质；还可以贮存、记录15组功率和功率因数的测试结果数据，并可逐组查询。

#### 8.三相鼠笼电机（ $\Delta/Y$ 220V/380V）

电机的三个绕组均已引出，接线方便。

9.信号的分解与合成模块（整个实训室总共配置一套）：采用FIR数字滤波技术和FPGA器件实现典型周期信号的分解，用模拟电路实现视为不响应，能够分解至7次谐波。采用EP3C系列144脚FPGA芯片，数字滤波方法完成方波、半波、全波、三角波、矩形波等频率固定为50Hz信号的分解与合成，1路模拟信号输入和9路模拟信号输出（1路直流量、7次谐波分量和1路合成信号）。实测分解后各次谐波的波形，以及合成后波形，实测与理论误差小于5%。ADC采用LTC1605（16bit，采样率100kbps，输入电压范围 $\pm 10V$ ）；DAC采用AD5348（12bit，8个并行DAC）。▲要求响应文件中提供“信号的分解与合成模块”对应的PCB丝印图，不对应或提供不相关的丝印图视为不响应该条款。

#### 10.频率特性分析模块（整个实训室总共配置一套）：采用ARM+FPGA架构、DDS直接数字频率合成技术，可完成被测网络

10Hz $\sim$ 150kHz范围内任意一频率段（分10段）的幅频特性、相频特性分析及显示，模块由ARM微处理器STM32F1系列控制器、EP3C系列144脚FPGA芯片、ADC（12位、8MSPS）、DAC（12位、100MSPS）按键、编码开关及显示电路组成，响应文件中需提供PCB丝印图。可设置为线性（分段线性）或点频（输出分辨率：1Hz）扫频方式，可显示3dB位置的频率值。通过2路DAC电路将测试结果（被测对象的幅频、相频特性）以图形方式在示波器上显示，同时在液晶屏上显示测量数据。可自动测量无源与有源滤波器模块



结果（被测对象的幅频、相频特性）以图形方式在示波器上显示，同时在液晶屏上显示测量数据。可自动测量无源与有源滤波器模块的幅频、相频特性曲线和3dB位置频率值。工作模式设置至少包含：对数/线性模式、全程扫频、分段扫频、点频、测频等，要求人机界面。▲要求响应文件中提供“频率特性分析模块”对应的幅频、相频特性曲线图，不对应或提供不相关的曲线图视为不响应该条款。

11.实验电路扩展套件（整个实训室总共配置一套）：由万能多孔板与不同尺寸的透明元件盒组成。万能多孔板：注塑一体成型，非拼接，尺寸 $\geq 480\text{mm} \times 360\text{mm} \times 30\text{mm}$ ，由工程塑料和配重机构组成，左右两侧内嵌把手，配4个防滑底脚，正面以13mm间距阵列分布900个以上的孔（注塑一体成型，非拼接），便于实验电路的连接；透明元件盒由元件盒体及PCB面板构成，透明有机工程塑料注塑，固定底脚间距为13mm的整数倍。提供电阻排、电容排、三端元件、接线器、电位器、熔断器、拓展模块等透明元件盒；元件盒尺寸 $\geq 65\text{mm} \times 25\text{mm} \times 40\text{mm}$ （不少于4个）、 $\geq 65\text{mm} \times 65\text{mm} \times 40\text{mm}$ （不少于6个）、 $\geq 125\text{mm} \times 65\text{mm} \times 40\text{mm}$ （不少于3个）、 $\geq 125\text{mm} \times 115\text{mm} \times 40\text{mm}$ （不少于1个）、 $\geq 190\text{mm} \times 125\text{mm} \times 40\text{mm}$ （不少于2个）。

12.电路虚实结合远程实验教学系统（整个实训室总共配置一套）：电路虚实结合远程实验教学系统：由虚拟仿真实验、在线实验管理二大系统组成，既可以采用虚拟仿真实验模式，也可以拓展远程控制硬件实物实验模式。可以拓展的远程实物实验配备与真实工程环境中完全相同，具有远程网络访问功能的数据采集系统、远程实验电路模块（参数、电路结构可远程调整）、实验电路控制器、网关、网络摄像头等设备。有效地拓展了教学的时空领域，学生可随时随地在线预约实验，开展一阶RC电路、二阶的暂态响应等实验项目。学生仅需通过互联网，登录远程虚实结合实验教学平台，即可自主预约实验时间和实验内容；选择虚拟仿真实验或远程实物实验时，系统根据学生预约信息，自动显示可供使用的硬件平台。平台集成用户管理、实验开设、实验预习、实验预约、在线实验、报告管理、成绩管理等功能，实验教学突破时间限制，满足在线化学习需要。

▲要求响应文件中提供“电路虚实结合远程实验教学系统”的系统功能截图，系统截图不对应或提供不相关的功能截图视为不响应该条款。

13.教师测试系统开发学习套件（整个实训室总共配置一套）

13.1脉冲响应测试系统开发学习套件：利用M序列、二阶被测对象的构建，配合显示模块，采集信号的输入、信号的输出，通过软件编程，实时在线测试对象的脉冲响应特性。

利用LM324运放及电容、电阻实现二阶被测对象的构建。

利用555定时器实现频率可调的时钟脉冲输入，74LS74、74LS32等芯片实现M序列信号发生器电路的制作，通过外围线路的选择，可以实现3组不同M序列波形的生成。

控制器采用嵌入式单片机，Cortex-M3内核的STM32F1系列微控制器，具有内置高速存储器（高达512K字节的闪存和64K字节的SRAM），2个12位的ADC、2个12位DAC、3个通用16位定时器和1个PWM定时器，还包含标准和先进的通信接口：2个I2C接口和SPI接口、3个USART接口、一个USB接口和一个CAN接口等。通过配合TFT触摸屏实现信号的处理及显示功能。触摸屏实时反映输入波形、输出波形、系统响应波形的监测。

▲要求响应文件中提供“脉冲响应测试系统开发学习套件”的功能原理图、源程序、模块图片的对应截图，截图不对应或提供不相关的功能截图视为不响应该条款。

13.2逻辑训练器套件：

（1）要求采用工程塑料保护外壳、有机玻璃盖板和电路板组成。配有电源开关和锂电池充放电状态指示灯；1个系统复位按键、4位拨码开关和4位指示灯，用于设置/指示工作模式；操作面含有36个按键和36个指示灯（按键和指示灯一体化设计），指示灯颜色分别为红、绿、蓝、橙，外形尺寸不小于 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 35\text{mm}$ 。

（2）要求有3种工作模式（3阶、4阶、6阶），可通过拨码开关选择，并由指示灯指示。当选择3阶时，有1种初态（复位时），512种终态（操作9个按键），通过操作9个任意按键可以使对应按键上的指示灯指示到任意512种状态，可实现512\*512种状态组合。当选择4阶时，有1种初态（复位时），65536种终态（操作16个按键），通过操作16个任意按键可以使对应按键上的指示灯指示到任意65536种状态，可实现65536\*65536种状态组合。

（3）采用锂电池供电，使用micro USB接口充电。锂电池技术参数：标称电压3.7V；充电截止电压4.2V；放电截止电压3.0V；典型容量750mAh@0.2C。

（4）提供从4种初态通过操作按键到9个指示灯全亮的操作视频。

▲要求响应文件中提供13.2.序号（1）-序号（4）对应的功能原理图、源程序、模块等图片，图片不对应或提供不相关的功能截图视为不响应该条款。

14.导线架：用于悬挂和放置实训连接导线，外形尺寸：不小于 $530\text{mm} \times 430\text{mm} \times 1200\text{mm}$ ，设有五个万向轮。

15.实训连接线：配备两种不同规格的实训连接线，强弱电均采用高可靠护套结构手枪插连接线。

（四）实训桌

实训桌为铁质双层亚光密纹喷塑结构，桌面为防火、防水、耐磨高密度板。实训桌设有两个带锁抽屉和柜子，抽屉可放置实训导线和实训资料，柜子采用分层结构，可放置实训模块、实训挂箱和实训仪器等，还设有四个带刹车的轮子，便于移动和固定。

（五）钢木方凳（2个）

外形尺寸：长宽高不小于 $360\text{mm} \times 260\text{mm} \times 450\text{mm}$ 。凳框采用1.1mm厚的优质方钢管和优质冷轧钢板焊接而成。采用钣金圆弧压边包边木面板工艺，防护凳面。凳框表面全自动脱脂、静电喷塑处理，防锈。凳面采用18mm厚的高密度复合板材，表面和边缘高温热压防火PVC。凳脚安装高分子树脂脚套。

三、要求可完成的实训项目

（一）直流电路实训项目：不少于20个，投标供应商自行列出实训项目。

（二）交流电路实训项目：不少于22个，投标供应商自行列出实训项目。

（三）继电接触控制实训项目：不少于10个，投标供应商自行列出实训项目。

（四）模拟电子技术实训项目：不少于25个，投标供应商自行列出实训项目。

（五）数字电子技术实训项目：不少于15个，投标供应商自行列出实训项目。

（六）电子综合应用实训项目：不少于15个，投标供应商自行列出实训项目。

四、装置的安全保护体系

1.交流电源及供电主回路采用三相四线制（或三相五线制）电源输入，经电流型漏电保护器、接触器到三相输出。2.控制屏电源由接触器通过启、停按钮进行控制。3.屏上装有电压型漏电保护装置，控制屏内或强电输出若有漏电现象，即产生告警信号并切断总电源。

4.屏上装有一套电流型漏电保护器，控制屏若有漏电现象，当漏电流超过一定值时，即切断电源。5.屏上三相调压器副边设有一套过流保护装置。调压器输出短路或所带负载太大，电流超过设定值，系统即告警并切断总电源。

五、教学软件资源包（整个实训室总共配置1套）

（一）电子电路综合仿真实训软件

▲“电子电路综合仿真实训软件”要求提供第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件加盖投标人公章，原件在合同签订时核查。

软件分为常用工具、导线连接、仪器仪表、电路基础、数字电子技术、模拟电子技术、电子工艺、单片机技术、EDA技术、PLC与变频器等十个模块，共计近百个实训项目。

主要包括以下实训项目：1.常用工具：试电笔、钢丝钳、电工刀、剥线钳、电烙铁等工具的使用说明；2.导线连接：线头连接、导线连接、绝缘包扎等注意事项；3.仪器仪表：万用表、示波器、信号发生器等常用仪表的使用训练；4.电路基础：伏安特性、基尔霍夫定律、叠加原理、戴维南定理等20项电路原理的验证训练；5.数字电子技术：集成逻辑电路、组合逻辑电路、触发器、计数器、AD/DA转换等10项原理应用实训；6.模拟电子技术：单管放大器、场效应管放大器、射极放大器等12项原理应用实训；7.电子工艺：焊接、插装、生产、SMT等工艺仿真说明；8.单片机技术：延时小灯、舞台灯、红绿灯、倒计时器等12项应用设计实训；9.EDA技术：数码管显示、表决器、序列检测器、格雷码编码器等7项应用设计实训；10.PLC与变频器：卷扬机、打孔机、机械手、皮带生产线、自动门等16项应用设计实训。

（二）工业自动化仪表3D仿真教学软件

▲“工业自动化仪表3D仿真教学软件”要求提供第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件加盖原厂公章，原件在合同签订时核查。

▲要求响应文件中提供该软件功能要求的序号1.1-序号1.4所示功能的佐证截图。

1.1系统采用全3D虚拟仿真技术，在电脑屏幕上构建了三维传感器的结构，具有拆卸和组装功能。

1.2系统通过产品说明、结构展示、工作原理三个方面，讲述了涡轮流量计、孔板流量计、文丘里流量计、椭圆齿轮流量计、腰轮流量计、双转子流量计、超声波流量计、干簧管式液位计、浮筒液位计、雷达液位计、超声波液位计等11个常用工业自动化仪表功能。

计、双转子流量计、超声波流量计、干簧管式液位计、浮筒液位计、雷达液位计、超声波液位计等11个常用工业自动化仪表功能。

1.3结构展示：单独展示每种仪表的3D结构，可以360度旋转、放大缩小。

1.4工作原理：通过液位测量、流量测量等具体应用实例来展示工业自动化仪表的基本原理，并可动态显示实验结果，以此加深学生对常用工业自动化仪表的了解。

(三) 电工与原理虚拟仿真教学软件（实训室总共配置一套）

▲要求响应文件中提供“电工与原理虚拟仿真教学软件”通过第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件并加盖原厂公章，原件在合同签订时核查。

提供正版仿真软件，软件包括实验台功能模块部分和实验电路部分。每个功能块配置操作步骤，视图复位、帮助等。

1.实验台功能模块部分包括：调压器、稳压源、恒流源、功率·功率因数表、交流电压表、交流电流表、直流电压表、直流电流表。具体功能如下：

1)调压器：虚拟调压器的输出电压范围值是0~450V。虚拟调压器界面由指针表式交流电压表、真有效值交流电压表和调压器旋钮组成；交流电压表显示输出电压值（指针式与数显式）；调节旋钮改变输出电压值（要求响应文件中提供功能图片）。

2)稳压源、恒流源：虚拟的恒压源是双路恒压源，有两路输出且分别输出可调电压0~30V，0~500mA可调恒流源（要求响应文件中提供功能图片）。

3)功率·功率因数表：虚拟的功率/功率因素表界面、功能及使用与“电工技术实验平台”功率/功率因素表一致，由表头、档位开关、接线柱等组成（要求响应文件中提供功能图片）。

4)交流电压表、交流电流表：虚拟交流电压表、交流电流表界面、功能及使用与“电工技术实验平台”交流电压表、交流电流表一致，都是由一个四位的表头和两个接线柱组成（要求响应文件中提供功能图片）。

5)直流电压表、直流电流表：虚拟恒直流电压表、直流电流表与“电工技术实验平台”一样，虚拟直流电压表和直流电流表设置了琴键开关选择档位，告警指示灯，复位按钮等（要求响应文件中提供功能图片）。

2.实验电路部分：提供以下实验电路，实验所需器件、仪表、属性（阻值）等参数均与实际实验模块或实验箱上的电路器件及属性一致，学生可直接在软件上测出实验数据。

1)基尔霍夫定律实验

2)叠加原理的验证实验

3)戴维南定理的验证

4)R、L、C串联谐振

5)三相交流电路电压、电流的测量

(四) 电工电子器件综合展示仿真实训软件

▲要求响应文件中提供“电工电子器件综合展示仿真实训软件”通过第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件并加盖原厂公章，原件在合同签订时核查。

提供正版仿真软件，包含电子器件、电机与变压器、低压电器、故障检测等模块，通过反复学习与训练，可以达到对电子元器件的深入认识，掌握其测量、安装、使用、故障检测与排除的方法步骤，提升实践技能。

3.1电子器件：实训项目包括：(1)电阻器、电位器；(2)电容器；(3)电感与小型变压器；(4)二极管；(5)三极管；(6)光电器件；(7)集成电路；(8)传感器；(9)贴片元件。（要求响应文件中提供功能图片）

3.2电机与变压器：实训项目包括：(1)三相异步电动机；(2)单相异步电动机；(3)伺服电机；(4)直流电动机；(5)变压器。（要求响应文件中提供功能图片）

3.3低压电器：实训项目包括：(1)接触器；(2)继电器；(3)开关；(4)按钮；(5)指示灯；(6)熔断器；(7)接线端子。（要求响应文件中提供功能图片）

3.4故障检测：实训项目包括：(1)晶闸管与单结晶体管电路；(2)电力拖动电路。（要求响应文件中提供功能图片）

(五) 电子产品搭建与调试仿真实训软件

▲要求响应文件中提供“电子产品搭建与调试仿真实训软件”通过第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件并加盖原厂公章，原件在合同签订时核查。

要求提供正版仿真软件，软件要求具有基础实训、通信实训、高频实训、综合实训、设备介绍五个教学模块，具有实训目的查看、原理图查看、实训模块查看、操作步骤查看、实训仿真等功能。软件包含单片机、传感器、高频电子、数字通信以及无线通信等多个综合应用实训单元，每个实训单元分为实训器材的介绍、原理仿真、实训操作、结果显示等几部分，学生可以利用软件虚拟连接导线、信号源、示波器等器件，按照提示的实训步骤进行操作。

▲1.基础实训（响应文件中提供下列6个实训单元对应的功能截图）

(1)跑马灯(2)查询式键盘调试(3)LED 16\*16点阵显示调试(4)无线遥控发射接收电路调试(5)TLC549 8位AD串行转换调试(6)红外线通信调试等实训单元；

▲2.通信实训（响应文件中提供下列2个实训单元对应的功能截图）

(1)ΔM增量调制编码与译码(2)FSK移频键控调制与解调；

▲3.高频电子实训（响应文件中提供下列5个实训单元对应的功能截图）

(1)高频小信号放大器(2)正弦波振荡器(3)模拟乘法器调幅与检波(4)中波调幅收音机(5)短波调频收音机；

▲4.综合实训（响应文件中提供下列6个实训单元对应的功能截图）

(1)步进电机控制系统(2)超声波倒车雷达(3)电子秤(4)数字电子钟(5)出租车计价器(6)基于Zigbee物联网节点信息采集与传输。

(六) 电子综合应用3D仿真教学软件

▲要求响应文件中提供“电子综合应用3D仿真教学软件”通过第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件并加盖原厂公章，原件在合同签订时核查。

要求提供正版仿真软件，软件要求具有基础实训、通信实训、高频实训、综合实训、设备介绍等功能。软件包含多个电子综合应用实验单元，每个实验单元分为实验器材的介绍、原理仿真、实验操作、结果显示等几部分，可利用软件虚拟连接导线、示波器等器件，按照提示的实验步骤进行操作，器件在软件界面中可缩小、放大、移动、360°任意翻转，从各个不同角度观察，提供典型项目3D虚拟场景的模拟仿真等。

▲响应文件中提供以下8个实训项目对应的功能截图：①出租车计价器；②电子语音万年历；③DDS信号发生器；④数据采集系统；⑤指纹门禁系统；⑥实时视频监控；⑦64×32点阵广告屏时钟；⑧MP3音乐播放器。

(七) 电子技术AR仿真实训教学APP软件

▲要求响应文件中提供“电子技术AR仿真实训教学APP软件”通过第三方检验/评测机构出具的软件评测报告和软件产品评估证书；计算机软件著作权登记证书；提供以上报告及证书复印件或扫描件并加盖原厂公章，原件在合同签订时核查。

要求提供正版仿真软件，软件要求具有电子技术实训装置动画演示、交直流仪表介绍、模拟电路仿真实训、数字电路仿真实训等功能。

软件具有实时交互性，使用时在手机上打开软件将摄像头对准图片或实物，增强现实系统要求展示出以下功能：在手机上打开本软件，将摄像头对准到特定物体上（图片/实物）然后增强现实系统可以在它上面展示出以下功能，投标时需提供以下6个实训项目对应的功能截图：电子技术实训装置的动画演示、直流稳压电源的介绍、交直流仪表的介绍、函数信号发生器的介绍、模拟电路仿真实训、数字电路仿真实训。

编号：3

货物名称：示波器

详细参数：

1.100M带宽，双通道，1G Sa/s的实时采样率，当双通道同时打开，最高能实现双通道1G Sa/s的实时采样率；  
2.8寸高清液晶屏，分辨率不小于800\*600,15\*10网格显示，波形显示细腻；  
▲3.存储深度（每次采集波形的记录长度）不低于80M点；提供证明材料。  
4.最大波形刷新率不低于50000次/秒；  
5.不低于1mV/div~10V/div电压档，垂直分辨率不低于8bit；  
▲6.内置VGA或HDMI接口，支持外接大屏或投影显示，方便教学演示，同时有USB Device & Host、LAN、Pass/Fail等丰富的外部接口；提供证明材料。  
7.时基精度不低于1ppm，内置6位1ppm精确度硬件频率计，频率精度精确到0.01Hz；水平时基不小于2ns/div~1000s/div，支持X-T、Y-T、慢扫/滚动等时基模式，X-T和Y-T支持双屏显示和三屏显示两种模式，三屏显示可显示时域波形、李沙育波形以及李沙育波形的相关参数；  
8.具备不少于边沿、视频、脉宽、斜率、欠幅、窗口、Timeout、第N边沿等触发类型，支持逻辑触发，总线触发（I2C、SPI、RS232、CAN）及解码功能；  
9.标配解码功能，支持SPI、IIC、RS232、CAN总线触码功能；  
10.配置不少于峰-峰值、平均值、均方根值、周期均方根值、游标均方根值、频率、周期、工作周期、最大值、最小值、顶端值、底端值、幅度、过冲、预冲、上升时间、下降时间、相位、正脉冲、负脉宽、正占空比、负占空比、延迟A→B↓、延迟A→B↑、正脉冲个数、负脉冲个数、上升边沿个数、下降边沿个数，FRF、FFR、FRR、FFF、LRR、LRF、LFR、LFF、面积、周期面积等38种自动测量项；  
11.具有不低于128M的本机闪存，可存储不低于100组波形，存储的波形可用做参考波形，供学生老师存档分析；支持存储/调用数据类型，不少于设置、波形、CSV文件、位图四种类型；  
12.支持加、减、乘、除、开方、积分、微分、自定义数学运算及数字滤波等运算功能；  
▲13.配置FFT功能，支持分屏显示功能，支持Hamming、Rectangle、Blackman、Kaiser、Bartlett 6种窗口模式，支持Vrms与dB切换。提供证明材料。  
▲14.通道菜单支持电压/电流显示切换，电流测量范围不小于100.0mA/V~1KA/V；提供证明材料。  
▲15.提供生产厂家针对本项目的授权书、售后服务承诺函及参数确认函，以上加盖生产厂家公章。

编号：4	货物名称：仿真软件运行平台
详细参数：	
主要配置：不低于12代CPU i7/16G内存/256G固态硬盘+1TB机械硬盘/4G独立显卡/23.8WLED，配键盘鼠标。须满足实训室教学要求，能够流畅运行工控软件，电工电子和电力电子仿真软件，及绘图软件，如Multisim，CAD，Proteus等。	

编号：5	货物名称：智能交互平板
详细参数：	

#### (一) 技术要求

- 1.整机采用一体设计，外部无任何可见内部功能模块连接线。整机采用全金属外壳设计，边角采用弧形设计，表面无尖锐边缘或凸起。
- 2.整机屏幕采用不低于86英寸液晶显示器。整机采用UHD超高清LED液晶屏，显示比例16:9，分辨率3840\*2160。钢化玻璃表面硬度≥9H。
- 3.整机内嵌安卓操作系统，系统版本不低于10.0，内存≥2GB，存储空间≥8GB。
- 4.采用红外触控技术，支持Windows、Android系统中进行10点触控。
- 5.前置USB接口支持Android系统、Windows系统读取外接移动存储设备。
- 6.整机内置2.2声道扬声器，保证用户教学效果，额定总功率60W。
- 7.整机支持高级音效设置，可以调节左右声道平衡；在中低频段125Hz~1KHz，高频段2KHz~16KHz分别有-12dB~12dB范围的调节功能。
- 8.整机内置非独立外扩展的4阵列麦克风，可用于对教室环境音频进行采集，拾音距离≥12m。
- 9.采用内置摄像头、麦克风，无需外接线材连接，无任何可见外接线材及模块化拼接痕迹，未占用整机设备端口。
- 10.整机具备至少6个前置按键，可实现老师开关机、调出中控菜单、音量+/-等操作。
- 11.为方便老师录制微课，减少老师过多操作，设备支持通过前置按键一键启动录屏功能，可将屏幕中显示的课件、音频内容与人声同时录制。
- 12.支持经典护眼模式，可通过前置物理按键一键启用经典护眼模式。
- 13.整机支持纸质护眼模式，可以在任意通道任意画面任意软件所有显示内容下实现画面纹理的实时调整；支持透明度调节；支持色温调节。
- 14.Wi-Fi制式支持IEEE 802.11 a/b/g/n/ac/ax；支持版本Wi-Fi6，Wi-Fi和AP热点工作距离≥12m。
- 15.整机内置非独立摄像头，拍摄像素数≥1300万。摄像头视场角≥135度，可用于远程巡课。
- 16.整机摄像头支持人脸识别、快速点名、随机抽人；识别所有学生，显示标记，然后随机抽选，同时显示标记不少于60人。
- 17.整机支持蓝牙Bluetooth 5.2标准，支持连接外部蓝牙音箱播放音频。
- 18.无PC状态下，嵌入式系统内置互动白板支持十笔书写及手掌擦除（手掌擦除面积根据手掌与屏幕的接触面大小自动调整），白板书写内容可以PDF、IWB和SVG格式导出。支持10种以上平面图形工具，支持8种以上立体图形工具。

#### 19.电脑模块

- (1)PC模块可抽拉式插入整机，可实现无单独接线的插拔。
- (2)搭载Intel 酷睿系列 i5CPU。
- (3)内存：8GB DDR4笔记本内存或以上配置。
- (4)硬盘：256GB或以上SSD固态硬盘。

#### (二) 教学软件

- 1.为使用方全体教师配备个人账号，形成一体的信息化教学账号体系；根据教师账号信息将教师云空间匹配至对应学校、学科校本资源库。支持通过数字账号、微信二维码、硬件密钥方式登录教师个人账号。
- 2.能够为教师提供可扩展至95TB的云存储空间，教师可在个人云空间中上传存储互动课件、云教案和其他教学资源。
- 3.支持PPT解析课件、互动云课件和云端资源调用等多种备课方式，教师可以直接在课件中调取试题、微课视频、仿真实验等云端资源，可以自由创建试题、课堂互动游戏、思维导图、网络画板、学科工具等形成互动课件。
- 4.分享者可将互动课件、课件组以公开或加密的web链接和二维码形式进行分享，分享链接可设置访问有效期。
- 5.互动课件内容的编辑修改无需人为保存即可自动同步至云空间，可根据教师需要调整云空间自动同步的时间间隔，避免教学资源的损坏、遗失。
- 6.可插入文本框输入文本并支持文本样式设置：字体、字号、颜色、加粗、倾斜、下划线、上下角标、项目符号。
- 7.提供精细点擦除、笔迹全屏清除，手势擦除方式。手势擦除面积可根据教师手掌与屏幕的接触面积自动判定调整擦除面积大小。
- 8.支持调用放大镜工具进行局部画面放大，可设置放大比例及聚光灯效果。
- 9.支持授课时导出课件导出为图片，课件支持多种格式导出。
- 10.支持电脑端/手机端实现校本资源共建共享。
- 11.支持查看资源文件夹的创建者，资源的上传作者，更新时间、等数据。校本资源支持在线预览。

#### (三) 移动支架

- 1.移动支架通过防倾斜实验，正负10度倾斜角度下不能翻倒；
- 2.承压≥100kg，壁挂高度可调；整体高度≥1597mm；
- 3.托盘承重25KG,模具设置U型置物槽，方便触摸笔、遥控器物品放置；
- 4.支撑立杆采用壁厚≥1.8mm方通冷轧钢材质，表面黑色喷涂；
- 5.脚轮为万向轮，聚氨酯（PU）材质，均带脚刹，直径不小于φ75mm；
- 6.脚轮中心距横向≥1115mm，纵向≥627mm。