一、采购清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **数量（台/套）** |
| 1 | 乙酸乙酯合成实践装置**（核心产品）** | 1 |
| 2 | 综合传热实验装置 | 1 |
| 3 | 综合流体力学实验装置 | 1 |
| 4 | 吸收与解吸实验装置 | 1 |
| 5 | 筛板精馏实验装置 | 1 |
| 6 | 恒压过滤实验装置 | 1 |
| 7 | 循环风洞道干燥实验装置 | 1 |

二、技术参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **产品**  **名称** | **技术标准** | **配置清单** |
| 1 | **乙酸乙酯合成实践装置（核心产品）** | **1.功能要求：**  **1.1要求基于模块化理念，将多工艺工段形成可独立运行的模块。**  **1.2每个模块可单独控制使用，多模块可组合成不同工艺生产线。**  **1.3要求装置可满足酯化反应制乙酸乙酯工艺连续生产和教学使用；要求提供该设备的操作说明指导书。**  **1.4要求装置具备开放性，生产过程的组成不少于4个单元模块构成，可实现单独操作且允许根据产品需求进行重组搭建设备；要求提供单独模块形式及多模块重组搭建方式对工艺必要性的文字说明。**  **1.5整套系统应包含但不限于以下部分工艺教学内容，釜式反应、酯化反应、过滤分离、萃取、精馏、传热、流体输送等，还应有与化工单元操作常见的定量加料、真空倒料等内容。**  **1.6要求装置具备高安全性，配备高低液位联锁控制系统，废液集中排放；要求提供关于此安全性的文字性描述资料。**  **1.7要求配套该装置厂家的化工类实验与实践装置教学系统3D动画视频资源库，要求投标文件中提供化工类实验与实践装置教学系统3D动画视频二维码≥40个，提供每个操作单元的3D动画视频的二维码，并能实现用手机扫描二维码，观看不同单元3D动画视频。要求视频时长≥2分钟，提供动画操作界面≥3张。**  **2.公共单元**  **2.1功能要求**  **2.1.1用于提供稳定的软化水、冷却水、压缩空气和真空。**  **2.1.2采用现场触控操作实现主要控制自动化，配合有部分手动操作。**  **2.2详细配置要求**  **2.2.1软化水罐：1个，容量≥100L，耐腐蚀，液位自控。**  **2.2.2循环水罐：1个，容量≥100L，耐腐蚀，液位自控。**  **2.2.3真空缓冲罐1个：不锈钢304，容量≥20L。**  **2.2.4软化水泵1台：不锈钢离心泵，流量≥3.6m³/h，扬程≥14m。**  **2.2.5真空泵1台：几何抽速≥120L/min。**  **2.2.6空气压缩机1台：压力：0~0.7MPa，排气量≥40L/min，配稳压阀。**  **2.2.7管路：热媒管路：304不锈钢。**  **2.2.8阀门：球阀，6个。**  ▲**2.2.9标准化配件：快速连接接头、管件等，用于模块化拆装和设备拆装使用，可快速实现多个模块之间拆装。**  ▲**2.2.10**要求采用高品质铝合金框架，配有可升降万向脚轮，脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定的装置，单元模块尺寸≤2200×1200×2000m（L×W×H）。  **2.2.11软件部分：配有各单元3D仿真操作软件1套。**  **2.2.12控制部分：各单元独立控制系统1套：集成所有远传信号。控制箱数量：1个。**  **3.酯化反应单元**  **3.1功能要求**  **3.1.1应具备定量加料功能。**  **3.1.2可实现在线酯化反应。**  **3.1.3具备冷凝回流、过滤分离、真空倒料的功能。**  **3.1.4采用现场触控操作实现主要控制自动化，配合有部分手动操作，增加动手能力。**  **3.2详细配置要求**  **3.2.1反应釜1个：材质：不锈钢304，容量：≥20L，设计温度：≥120℃，夹套加热，转速无极可调，温度自控，带有机械搅拌，配温度、压力检测。**  **3.2.2原料罐2个：材质：不锈钢304，容量：≥20L。**  **3.2.3母液罐1个：材质：不锈钢304，容量：≥20L，配真空系统，可实现真空倒料。**  **3.2.4塔顶冷凝器1个：材质：不锈钢304，列管式换热器，外径≥108mm。**  **3.2.5粗酯罐1个：材质：不锈钢304，容量：≥5L。**  **3.2.6管道过滤器1个：材质：不锈钢316L，过滤精度：**≥**100目。**  **3.2.7精馏塔1个：材质：不锈钢304，原料处理量≥50mL/min，塔体带外保温壳体，有效防止学生烫伤：塔内径≥50mm，全塔可拆装，回流比可调节**8-10**，塔节密封：材质：聚四氟乙烯，厚≥3mm，连接法兰：材质：不锈钢304，厚≥10mm，塔体外形尺寸：≤Φ159保温壳体，高度≤3m，填料：φ4不锈钢θ环填料，填料高≥0.9m。**  **3.2.8馏分器1个：材质：不锈钢304，容量≥300mL，带液位显示。**  **3.2.9**蠕动泵：数量：**5台，**转速范围0.1～200rpm。  **3.2.10管路：卫生级304不锈钢管、不锈钢316L卡套管，整套采用快拆式连接方式。**  **3.2.11阀门：电动球阀、手动球阀、罐底阀等。**  **3.2.12标准化配件：快速连接接头、管件等，用于模块化拆装和设备拆装使用，实现多个模块之间拆装、拼接。**  ▲**3.2.13**要求采用高品质铝合金框架，配有可升降万向脚轮，脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置。单元模块尺寸≤2200×1200×3100mm（L× W×H）。  **3.2.14软件部分：配有该单元3D仿真操作软件1套。**  **3.2.15控制部分：该单元独立控制系统1套：集成所有远传信号。控制箱数量：1个。**  **4.萃取单元**  **4.1功能要求**  **4.1.1应具备定量加料功能。**  **4.1.2可进行液液萃取和两相分离操作。**  **4.1.3恒温系统可实现温度自控，满足萃取釜反应温度的需求。**  **4.1.4采用现场端触控操作实现主要控制自动化，配合有部分手动操作。**  **4.2详细配置要求**  **4.2.1萃取釜1个：材质：高硼硅玻璃，透明可视；容量：≥20L，夹套恒温，带有机械搅拌，配温度、压力检测。**  **4.2.2重相乙二醇罐1个：材质：不锈钢304，容量：≥20L。**  **4.2.3重相水罐1个：材质：不锈钢304，容量：≥30L。**  **4.2.4恒温系统1套：最低冷凝温度≤0℃，控温精度：≤0.1℃。**  **4.2.5**蠕动泵：4台，转速范围0.1～200rpm。  **4.2.6管路：304不锈钢管、不锈钢316L卡套管、硬质四氟管，整套采用快拆式连接方式。**  **4.2.7阀门：电动球阀、手动球阀、罐底阀等。**  **4.2.8标准化配件：特制快速连接接头、管件等，用于模块化拆装和设备拆装使用，可快速用于多个模块之间拆装、拼接，使用简单，操作方便。**  ▲**4.2.9**铝合金框架，装置配有可升降万向脚轮，脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置。单元模块尺寸≤2200×1200×2900mm（L× W×H）。  **4.2.10软件部分：配有该单元3D仿真操作软件1套。**  **4.2.11控制部分：该单元独立控制系统1套：集成所有远传信号。控制箱数量：1个。**  **5.精馏单元**  **5.1功能要求**  **5.1.1该单元可实现间歇精馏、连续精馏，可进行回流比调节操作。**  **5.1.2该单元可实现乙酸乙酯的精制提纯操作及物料回收操作。**  **5.1.3该单元精馏过程尾气要求集中排放，中间过程无逸散。**  **5.1.4采用现场端触控操作实现主要控制自动化，配合有部分手动操作，增加动手能力。**  **5.2详细配置要求**  **5.2.1精馏塔2个：材质：不锈钢304，原料处理量≥50mL/min，塔体带外保温壳体，塔内径≥50mm，全塔可拆装，回流比可调节5**-8**，塔节密封：材质：聚四氟乙烯，厚≥3mm，连接法兰：材质：不锈钢304，厚≥10mm，塔体外形尺寸：≤Φ159保温壳体，高度≤3m，填料：φ4不锈钢θ环填料，填料高≥0.9m，塔釜：一体式塔釜溢流、塔釜测压、塔釜液位综合系统。**  **5.2.2粗酯缓冲罐2个：材质：不锈钢304，容量：≥5L。**  **5.2.3乙酸乙酯罐1个：材质：不锈钢304，容量：≥5L。**  **5.2.4乙二醇罐1个：材质：不锈钢304，容量：≥10L。**  **5.2.5塔顶冷凝器2个：材质：不锈钢304，列管式换热器，外径≥108mm。**  **5.2.6馏分器2个：材质：不锈钢304，容量：≥250mL，带液位显示。**  **5.2.7**蠕动泵：6台，转速范围0.1～200rpm。  **5.2.8温度传感器：精度：A级，直径≤3mm，数量：≥10支。**  **5.2.9管路：卫生级304不锈钢管、不锈钢316L卡套管，整套采用快拆式连接方式。**  **5.2.10阀门：手动球阀、电动球阀等。**  **5.2.11标准化配件：特制快速连接接头、管件等，用于模块化拆装和设备拆装使用，可快速用于多个模块之间拆装、拼接。**  ▲**5.2.12**采用铝合金框架，配有可升降万向脚轮，脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置。单元模块尺寸≤2200×1200×3100mm（L× W×H）。  **5.2.13软件部分：配有该单元3D仿真操作软件1套。**  **5.2.14控制部分：该单元独立控制系统1套：集成所有远传信号。控制箱数量：1个。**  **6.智能系统参数要求**  **6.1现场控制系统**  **6.1.1软件：含监控组态软件、逻辑组态软件、硬件加密狗。**  ▲6.1.2工业一体化操控终端，数量：4个。主要参数：电容触摸式操作，≥15寸，控制屏分辨率为：≥1920\*1080，前置≥200万像素摄像头，内存：DDR4 ≥8G，硬盘：SSD硬盘，≥128G；内置：5G双频WIFI、4G模块、加密狗接口；内置麦克风及扩音器各1个；网口2个，USB3.0接口4个，独立RS232串口2个，独立RS485接口1个；DB9免焊母头1个；HDMI接口1个；可控安全盘接口1个；UPS不间断电源适配器1个。兼容Windows操作系统，可安装监测与控制软件。可显示温度传感器温度、压力传感器压力、蠕动泵转速、釜内搅拌转速等数值，可控制蠕动泵转速、釜内搅拌转速、电动阀门开闭。4G模块可支持安装物联网卡。用于实现无线传输实验数据功能。要求投标文件中提供可控安全盘接口的使用说明书。  ▲6.1.3软件控制部分：装置监测与控制软件，具备自检测功能。  **6.2远程控制系统**  **6.2.1软件：含监控组态软件、逻辑组态软件、硬件加密狗。**  **6.2.2中控终端：台式，4台，配置：双核CPU，内存**≥**4G，硬盘**≥**1TB，**≥**23英寸显示；独立显卡，独立显存**≥**2GB。**  **6.2.3 DCS模块：微处理器：嵌入式32CPU,720MHz；内存容量：**≥**256M DDR2 SDRAM，数据存储容：**≥**256MB NANDFLASH；数据掉电保持容量：≥128KB FeRAM；运算能力：2048个控制回路/s；扫描周期：数字量≥25ms，模拟量≥50ms；CNet接口：2个，通讯速率1Mbps；SNet接口：2个，通讯速率100Mbps；电源功耗：2.5W；稳定运行负荷：<30% 。**  **6.2.4网络模块：支持 IEEE 802.3、IEEE 802.3u 和 IEEE 802.3x；配备 10/100M、全/半双工、 MDI/MDIX 自适应 RJ45 端口以及100BaseFX（多模、 SC/ST 接头）；工作温度：支持 -10 ~60°C ，导轨式安装，以及带 LED 指示灯的 IP30 外壳；支持宽电压输入以及反接保护。**  **6.3在线学习系统**  **6.3.1要求装置配备在线学习系统，围绕互联网展开，将管理者、教师、学生连接到网络平台上，通过物联网技术将实验装置以及学习资源也接入到网络平台上。“教、学、练、考”一体化，建立以学习成效为导向的实验成果评价体系，实现可定量评价教学成果。应用WEBGL技术呈现网页版智能在线学习系统，实现虚实结合的教学模式，具有课程学习板块、3D虚拟仿真板块、题库板块、音视频资源板块等功能。**  **6.3.2系统无需下载客户端，可以网页直接登陆。**  **6.3.3系统有充分的权限控制系统。**  ▲**6.3.4系统有在线考核功能。要求提供该功能操作截图，数量：≥2张。**  **6.3.5系统有在线三维动画视频播放功能。**  ▲**6.3.6系统有在线三维模拟操作学习功能。要求提供该功能操作截图，数量：≥2张。**  **6.3.7配套实验辅助系统，通过装置自带操作终端进行分步式操作视频指导学习，同时具备手机端APP，学生通过网络随时学习实验指导视频。**  **6.4视频动画要求**  **6.4.1要求每个单元均依托3D建模为基础，具有实物既视感。**  **6.4.2模拟管路以及设备内流体流动现象，对设备进行介绍的同时完成设备操作教学，可以增加学生对流体流动、传热、传质以及反应等现象的了解。**  **6.4.3要求配套以投标响应装置为背景的实验操作视频，包括实验人员逐步操作过程。**  **6.5模拟软件要求**  **6.5.1通过互联网在线进行模拟操作，基于浏览器驱动3D场景。**  **▲6.5.2软件基于3D虚拟技术，模拟再现实物场景和工艺生产线，实现高自由度模型互动；要求提供与装置实物操作流程对应的3D仿真操作证明资料。**  **6.5.3软件设计有智能引导练习模式，对初学者给予配件提示、操作提示、流程提示等。**  **6.5.4软件设计有智能考试模式，合理设置教学点，根据学生的操作步骤，实时判断考试成绩。**  **6.5.5教师可查阅每个学生考试内容，判断学生每个知识点的掌握情况，优化教学内容。**  **7.可拓展配置资源要求**  7.1数字专家是利用智能体开发平台，基于自然语言驱动智能体进行数据收集、推理和知识推送的以数字形式存在于数字空间，具备为用户提供多模态数据交互、虚拟专家问答以及多模态数据处理与展示等功能。  **▲**7.2配有适用于安全评价的 AI 模型，其具备多文档格式支持能力，可上传并识别包括文本文件（TXT）、微软办公软件之文档（Word）、电子表格文件（Excel）、便携式文档格式（PDF）、图像文件（JPG）以及标记语言文件（Markdown）等多种格式。  **▲**7.3数字专家拥有卓越的文档解析能力，能够自动从上传的文档中精准提炼出关键要点，对知识库中相关的内容进行归纳总结逻辑判断和结果提炼输出用户无需耗费精力手动提取信息，系统会自行识别并提取文档中的重要数据，提高工作效率与数据处理的准确性。  7.4数字专家需要具备强大的交互式问答功能。用户可提出与专业数据库相关的问题，系统基于自然语言驱动智能体进行数据收集、推理，并推送知识。系统会依据存储的数据和信息，智能地回答用户的问题。这种交互式问答功能，使用户能够迅速获取所需信息，极大提升了用户体验以及数据利用的便捷性。  **＃**7.5要求现场针对此模块即“**可拓展配置资源**”模块的相关产品功能提供演示视频，以确认此功能合理性。  **8.实践区配套要求**  包含设备位号、吊牌、警示标志、脚贴等实验室文化配套设施，要求投标文件中提供包含详细配套内容的图片。  **9.技术资料要求**  9.1要求能提供本装置的彩页图片。  **▲**9.2要求能提供本装置的工艺流程图，**评定该工艺流程是否满足使用要求**。  9.3要求投标人提供针对本项目自主设计的实验室平面布置图2张。  9.4要求提供装置在房间内合理布局的3D效果图2张。 | **1.公共单元**  **软化水罐：1个；**  **循环水罐：1个；**  **真空缓冲罐1个；**  **软化水泵1台；**  **真空泵1台；**  **空气压缩机1台；**  **阀门：PVC球阀6个；**  **控制箱数量：1个。**  **2.酯化反应单元**  **反应釜1个；**  **原料罐2个；**  **母液罐1个；**  **塔顶冷凝器1个；**  **粗酯罐1个；**  **精馏塔1个；**  **馏分器1个；**  **控制箱数量：1个。**  **3.萃取单元**  **萃取釜1个；**  **重相乙二醇罐1个；**  **重相水罐1个；**  **恒温系统1套；**  蠕动泵4台；  **控制箱数量：1个。**  **4.精馏单元**  **精馏塔2个；**  **粗酯缓冲罐2个；**  **乙酸乙酯罐1个；**  **乙二醇罐1个；**  **塔顶冷凝器2个；**  **馏分器2个；**  蠕动泵6台；  **阀门：手动球阀、电动球阀等；**  **控制箱数量：1个。**  **5.智能系统（1套）**  现场控制系统  远程控制系统  在线学习系统  视频动画  3d模拟软件 |
| 2 | 综合传热实验装置 | **一、装置功能要求**  1.掌握对流传热系数αi的测定方法，加深对其理论和影响因素的理解。  2.掌握应用线性回归分析方法，确定传热关联式Nu=ARemPr0.4中常数A、m的值。  3.通过对波纹管和光滑管的数据对比，加深对强化传热基本理论的理解。  4.了解列管换热器的结构，学习列管换热器的传热系数、平均推动力的测定方法。  5.能验证圆形直管内对流给热的经验关联式，确定关联式Nu=ARemPr0.4中常数A、m的值；能测定管外蒸气冷凝给热系数αo与总传热系数Ko，与管内给热系数αi比较。  6.光滑管、波纹管内部为平滑圆柱形紫铜管，外部为不锈钢管；通过视镜能观察紫铜管管外蒸气冷凝状况，区别滴状冷凝和膜状冷凝。  7.能测定两种套管换热器换热系数和测定列管换热器传热系数；风路管道进换热器前端设置有流量计，通过风量调节阀调节进风流量。  **二、主要技术参数要求**  **1.设计要求**  1.1体系：水蒸气～空气。  1.2操作温度：≤100℃。  1.3操作压力(表压）：≤2KPa。  1.4管内空气流量范围：≤45m3/h。  1.5电压380V，总功率≤7kW。  **2.装置主体参数要求**  2.1 装置主体由套管换热器、列管换热器、蒸汽发生器等组成，均采用304不锈钢材质。  2.1.1套管换热器包括内套管和蒸汽管道，内套管分为光滑管和波纹管，均为紫铜管，有效长度≥1000mm。  光滑管：外径×壁厚≥ø22 ×2mm。  波纹管：外径×壁厚≥ø22 ×2mm，强化传热效果。  蒸汽管道直径：φ76壁厚：2mm，外保温表面镂空处理。  2.1.2列管换热器：不少于2块折流板。  2.1.3蒸汽发生器：容积：≥20L，加热控制模式包含压力、功率等多重控制模式，隔热壳体为镂空工艺。  2.2旋涡气泵额定参数：风压范围：-16～16kPa，风量：≥145m3/h。  2.3手动球阀和手动截止阀主要采用不锈钢304材质；另配有手动铜闸阀。  2.4温度测量采用温度传感器，Pt100，显示分度≤0.1℃。  2.5压力测量采用压力传感器，输出电流：4～20mA，精度≤1.5%FS。差压传感器，输出电流：4～20mA。  2.6冷却器：用于蒸汽冷凝，风冷式，耐压≥1MPa。  2.7安全水封：透明可视，为UPVC材质，壁厚≥2.8mm。  2.8要求装置采用高品质铝合金框架，装置配有可升降万向脚轮，脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置。尺寸：≤2200mm×580mm× 1900mm(L× W×H)。  2.9安全要求：  2.9.1蒸汽发生器、套管换热器配有保温层和隔热壳，具备降低表面温度和防止烫伤的防护能力。  2.9.2设备用蒸汽发生器能充分考虑安全因素，同时添加安全水封，压力传感器，压力报警等相关安全措施，可实现自动泄压保护。  2.9.3蒸汽发生器配置冷凝液收集回收系统，具备完全回收冷凝水，防止干烧危险。  2.9.4 装置无机械搅拌和输送泵，不存在机械伤害。  **3.控制系统参数要求**  3.1 硬件控制部分  **＃**3.1.1 集成模组：包含主模组、扩展模块、信号模块。主模组内部集成不低于12路插槽口，不低于24路信号的监控。在主模组内部，每个插槽口兼容安装PT、TC、DO、DI、AD、DA等信号模块，提供每路插槽口兼容以上6种信号模块的功能演示视频。  3.1.2 主模组MCU芯片：时钟频率范围：4MHz~16MHz。GPIO端口数量：80。16位Timer数量：6。外设/功能/协议栈：DMA。CCP捕获/比较。LIN总线协议。LCD/LED驱动。片载温度传感器。提供主模组MCU芯片实物照片不少于1张。  ▲3.1.3工业一体化操控终端，数量：1个。主要参数：电容触摸式操作，≥15寸，控制屏分辨率为：≥1920\*1080，前置≥200万像素摄像头，内存：DDR4 ≥8G，硬盘：SSD硬盘，≥128G；内置：5G双频WIFI、4G模块、加密狗接口；内置麦克风及扩音器各1个；网口2个，USB3.0接口4个，独立RS232串口2个，独立RS485接口1个；DB9免焊母头1个；HDMI接口1个；可控安全盘接口1个；UPS不间断电源适配器1个。兼容Windows操作系统，可安装监测与控制软件、支持实验数据的处理、存储等。可显示蒸汽发生器压力、蒸汽发生器温度、套管空气进出气温度、套管壁温、列管空气进出气温度等数值。4G模块可支持安装物联网卡。用于实现无线传输实验数据功能。要求投标文件中提供可控安全盘接口的使用说明书，可控安全盘接口接口照片1张。  3.1.4装置可实现分步式语音操作反馈功能：根据实验操作步骤进行语音播报。  3.2 软件控制部分：装置监测与控制软件，具备自检测功能，提供软件运行界面截图不少于2张。  ▲3.3提供该装置的工艺流程图，用于评定所投产品的工艺流程及配置是否满足技术要求。  **4.配套资源要求**  **＃**4.1 实验辅助系统，学生可通过手机端APP学习实验分步式操作视频。提供该手机端APP操作截图及装置操作讲解视频截图≥2张，并能提供演示视频。  4.2 实验装置动画二维码，可通过扫描二维码观看实验动画，预习实验内容。动画时长≥2min，视频配有全流程语音讲解，提供≥2张所投设备不同角度含播放进度条的动画截图。  4.3 提供化工类实验与实践装置3D动画视频二维码资源库，投标需提供该3D动画视频二维码≥40个，能实现移动终端扫码观看3D动画视频。  4.4 本装置配套在线仿真软件主要技术要求：  4.4.1仿真软件以综合传热实验装置为仿真对象，基于真实实验数据，模拟实验流程、实验现象和实验规律，具有操作说明、认知、实验操作、数据记录、数据处理、实验报告和评分等≥7个功能模块，支持桌面端、网页端等至少2种运行方式。  4.4.2仿真实验内容包含光滑管换热操作、波纹管换热操作和列管换热操作；仿真实验具有探究性实验内容，支持列管堵管实验操作，以供探究列管部分堵管对实验结果的影响。要求提供该系统功能截图不少于2张。  **＃**4.4.3 支持在一定区间内设置调节阀门开度，能够可靠模拟传热单元操作中进口截面温度、出口截面温度、蒸汽温度、压力、差压等参数的联动变化。要求提供该系统功能截图不少于2张及系统功能演示视频。  4.4.4数据处理与可视化图表：支持通过输入权限码可查看仿真软件的数据处理结果，包括光滑管数据处理表、波纹管数据处理表、列管数据处理表、列管堵管数据处理表；可通过图表的方式对实验数据进行可视化分析和展示，包括光滑管Nu测/Pr0.4、Nu计/Pr0.4与Re的关系图、波纹管Nu/Pr0.4、Nu/Pr0.4与Re的曲线双对数图表，并生成对应的曲线拟合公式和置信度R2数值。要求提供该数据处理与可视化图表截图≥3张。  4.4.5操作评分：仿真实验应采用百分制评分，支持对任意一个子实验单独评分、2个子实验组合评分；支持查看每一个交互操作步骤的得分情况，支持将评分成绩上传至云端保存。  4.4.6 设备认知学习：仿真实验可播放35个认知设备的相机路径动画，以便于用户熟悉设备组成、了解设备结构。  4.4.7 数据记录与下载：每个实验模块支持记录不少于5组实验数据，支持删除最近记录的数据并重新记录；支持将实验数据以Excel表格的形式下载到本地。  4.4.8实验操作引导：仿真实验具有实验操作步骤说明和操作引导视频，以便于用户快速掌握实验操作。要求提供仿真实验操作引导视频二维码。  4.4.9辅助操作功能：仿真软件具有阀门位号的显示与隐藏功能，支持一键视角复位，方便用户交互操作。  4.4.10须提供综合传热虚拟仿真软件著作权登记证书扫描件并加盖供应商公章。  4.4.11 实验辅助系统（账号数量≥200个） | 1.光滑管、波纹管、列管换热器、蒸汽发生器等各1个；  2.旋涡气泵 1个；  3.手动球阀 5个；  4.手动截止阀 6个；  5.手动铜闸阀 1个；  6.温度传感器 12个；  7.压力传感器 2个；  8.差压传感器、压力表 各1个；  9.冷却器 1个；  10.安全水封 1个；  11.总控制柜 1个；  12.工业一体化操控终端 1台；  13.装置监测与控制软件 1套；  14.实验辅助系统1套。 |
| 3 | 综合流体力学实验装置 | **一、装置功能要求**  1.此综合装置能够实现各支路连接独立，支路与支路间接口大小和尺寸一致，各支路排列顺序可调；具有被测管路可更换段，可更换段两端有标准快速更换接口，可接入不同种类的被测管路，并且能够快速手动更换；投标文件中需提供被测管路可更换段及标准快速更换接口图片≥2张，被测管路放在设备支架上的照片1张。  2.能够测定层流状态下圆形直管内摩擦系数λ与雷诺数Re的关系，验证λ与Re的关系曲线。  3.能够测定湍流状态下光滑圆形直管、粗糙圆形直管摩擦系数λ与雷诺数Re的关系，验证λ与Re的关系曲线。  4.能够测定湍流状态下突缩管局部阻力系数及阀门局部阻力系数ζ，验证ζ与Re的关系。  5.能够测定孔板流量计的流量系数C0和文丘里流量计的流量系数CV，验证流量系数与雷诺数的关系，测定孔板流量计、文丘里流量计永久压力损失。  6.能够测定恒定转速下离心泵的扬程H、轴功率N以及效率η与泵流量Q之间的特性曲线。  7.能够测定离心泵工作的不同管路系统中，管路所需的压头H和液体流量Q的管路特性曲线。  **二、主要技术参数要求**  **1.设计要求**  1.1介质：水。  1.2使用温度、压力：常温常压。  1.3流量范围：0.5～10m3/h。  1.4Re范围：层流雷诺数600～2000、光滑管雷诺数2x104～13x104、粗糙管2x104～13x104、球阀管3x104～12x104、突缩管2x104～15x104、文丘里2x104～10x104、孔板2x104～10x104。  **2.装置主体参数要求**  2.1装置主体由管路、离心泵、循环水箱、高位槽、计量槽等组成。  2.1.1直管阻力：测量段≥1000mm；  2.1.1.1光滑管测量段：管路透明可视，为UPVC材质，Φ15mm，Re范围1.2～13×104。  2.1.1.2粗糙管测量段：不锈钢304，Φ15mm，Re范围1.2～13×104。  2.1.2局部阻力：  2.1.2.1球阀管路测量段：管路透明可视，为UPVC材质，Φ15mm，Re范围3～9x104。  2.1.2.2突缩管路测量段：管路透明可视，为UPVC材质，Φ15-Φ12mm，Re范围2.0～15×104。  2.1.3离心泵：流量≥ 5m3/h，扬程≥10m，不锈钢304材质。  2.1.4循环水箱：容积≥90L；材质：304不锈钢，表面拉丝工艺处理。  2.1.5高位槽：容积≥10L，UPVC透明材质。  2.1.6计量槽：容积≥10L，UPVC透明材质。  2.1.7 设备所有液体管路透明可视，为UPVC材质，提供检测报告及装置实物照片1张予以证明。  2.2孔板流量计：DN20，小孔与管道面积比0.6，内孔板：不锈钢304，外直径：φ60；外法兰：直径：φ90，单片厚20mm，透明可视，能观察孔板内部结构。环隙取压。  2.3文丘里流量计：DN20，总长114.98mm，外直径40mm，圆锥收缩段夹角21°，圆锥扩散角7°，透明可视，能观察文丘里流量计内部结构。  2.4透明涡轮流量计：量程0.5～10m3/h，精确度≤0.5%FS，结构透明可视。  2.5转子流量计：4～40L/h，水介质。精度：±2.5%。  2.6压力传感器：离心泵入口压力-0.1～0.1MPa，出口压力0～0.6MPa，精度≤0.5%FS。  2.7压力表：离心泵入口压力-0.1～0.15MPa，出口压力0～0.4MPa，精度≤2.5%FS。  2.8温度测量采用温度传感器，用于测循环水箱温度，量程：-100～200℃，不锈钢304材质，显示分度≤0.1℃。  2.9转速测量采用光电传感器，测量范围0～3000 rpm，精度≤1rpm。  2.10差压传感器：量程0～40kPa，精度≤0.5%FS，用于测量管路沿程差压、阀门和突缩局部差压、孔板和文丘里差压。  2.11流量调节阀：隔膜阀，耐腐蚀PVC材质。  2.12装置尺寸：≤2200mm ×580mm×1800mm(L× W×H）。  2.13 装置外观：要求装置采用高品质铝合金框架，装置配有可升降万向脚轮，脚轮带有ABS调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置。  2.14 安全要求：循环水配置过温保护，电控系统具备超温提示和联锁保护停机；离心泵配置防护罩，防止吸入式机械伤害。  **3.控制系统参数要求**  3.1硬件控制部分：  3.1.1集成模组：包含主模组、扩展模块、信号模块。主模组内部集成不低于12路插槽口，不低于24路信号的监控。在主模组内部，每个插槽口兼容安装PT、TC、DO、DI、AD、DA等信号模块。  3.1.2 主模组MCU芯片：时钟频率范围：4MHz~16MHz。GPIO端口数量：80。16位Timer数量：6。外设/功能/协议栈：DMA。CCP捕获/比较。LIN总线协议。LCD/LED驱动。片载温度传感器。提供主模组MCU芯片实物照片不少于1张。  ▲3.1.3工业一体化操控终端，数量：1个。主要参数：电容触摸式操作，≥15寸，控制屏分辨率为：≥1920\*1080，前置≥200万像素摄像头，内存：DDR4 ≥8G，硬盘：SSD硬盘，≥128G；内置：5G双频WIFI、4G模块、加密狗接口；内置麦克风及扩音器各1个；网口2个，USB3.0接口4个，独立RS232串口2个，独立RS485接口1个；DB9免焊母头1个；HDMI接口1个；可控安全盘接口1个；UPS不间断电源适配器1个。兼容Windows操作系统，可安装监测与控制软件、实验数据处理、存储等。可显示透明涡轮流量计流量数据、压力传感器压力、温度传感器温度、光电传感器转速、功率变送器功率、压差传感器压差等数值，可控制离心泵转速。4G模块可支持安装物联网卡。用于实现无线传输实验数据功能。要求投标文件中提供可控安全盘接口的使用说明书，可控安全盘接口接口照片1张。  3.2 软件控制部分：装置监测与控制软件，具备自检测功能，提供软件运行界面截图≥2张。  **▲**3.3提供该装置的工艺流程图，用于评定所投产品的工艺流程及配置是否满足使用要求。  **4.配套资源要求**  4.1 配套在线学习系统，实现虚实结合的教学模式。包含课程学习板块、题库板块、音视频资源板块等。提供该系统功能截图≥2张。  4.2 具备虚拟实验室场景和实验装置，实现模拟操作、测试，模拟操作成绩可同步至在线教学系统账号，并具备在无网络环境进行模拟练习。提供与所投产品一致的、不同角度的全景虚拟截图≥2张。  4.3 本装置配套在线仿真软件主要技术要求：  4.3.1仿真软件以综合流体力学实验装置为仿真对象，基于真实实验数据，模拟实验流程、实验现象和实验规律，具有操作说明、认知、实验操作、数据记录、数据处理、实验报告和评分等不少于7个功能模块，支持桌面端、网页端等至少2种运行方式。  4.3.2仿真实验内容包含层流实验操作、光滑管阻力测定操作、粗糙管阻力测定操作、突缩阻力测定操作、孔板流量计标定操作、文丘里流量计标定操作、阀门阻力测定操作、低阻管路性能测定操作、高阻管路性能测定操作、离心泵特性曲线测定操作≥10个子实验；  4.3.3 仿真实验应基于流体力学原理进行设计，支持用户在一定区间内设置阀门开度、转速等数值，能够可靠模拟流体力学单元操作中流量、压力、差压等参数的联动变化。要求提供该软件功能截图≥2张。  4.3.4数据处理：支持通过输入权限码可查看仿真软件的数据处理结果，包括层流阻力测定实验数据处理表、光滑管阻力测定实验数据处理表、粗糙管阻力测定实验数据处理表、突缩管阻力测定实验数据处理表、孔板流量计标定实验数据处理表、文丘里流量计标定实验数据处理表、阀门阻力测定实验数据处理表、低阻管路性能测定实验数据处理表、高阻管路性能测定实验数据处理表、离心泵特性曲线测定实验数据处理表；  4.3.5数据可视化：可通过图表的方式对实验数据进行可视化分析和展示，包括层流实验的阻力系数λ与Re的关系曲线、光滑管、粗糙管摩擦系数λ与雷诺数Re的关系曲线，突缩管局部阻力系数及阀门局部阻力系数ζ与Re的关系曲线，孔板流量计和文丘里流量计的流量系数C0与雷诺数的关系曲线，离心泵的特性曲线，管路特性曲线。  4.3.6 操作评分：仿真实验应采用百分制评分，支持对任意一个子实验单独评分、多个子实验组合评分；支持查看每一个交互操作步骤的得分情况，支持将评分成绩上传至云端保存。  4.3.7 实验数据记录：支持显示、隐藏数据记录窗口，支持删除最近记录的数据并重新记录；支持将实验数据以Excel表格的形式下载到本地。  4.3.8 设备认知学习：仿真实验可播放不少于60个认知设备的相机路径动画，以便于用户熟悉设备组成、了解设备结构。  4.3.9实验操作引导：仿真实验具有实验操作步骤说明和操作引导视频，以便于用户快速掌握实验操作。要求提供仿真实验操作引导视频二维码。  4.3.10辅助操作功能：仿真软件具有阀门位号的显示与隐藏功能，支持一键视角复位，方便用户交互操作。  4.3.11投标时须提供综合流体力学虚拟仿真软件著作权登记证书扫描件并加盖供应商公章。  4.4 MES实验信息管理系统能同时连接多种实验装置，根据需要自由切换当前监测装置，与装置现场的工业组态软件操作界面实时同步数据显示和报警同步提示。需提供MES显示界面截图≥2张、移动终端与装置现场同步数据显示界面截图≥1张。  4.5 实验辅助系统，学生可通过手机端APP学习实验分步式操作视频。提供该手机端APP操作截图及装置操作讲解视频截图≥2张。  4.6 实验微课视频，含真实实验人员进行的流程、局部功能、逐步操作过程讲解，视频时长≥20 min。提供视频截图≥2张，并提供网络链接或二维码证明。  4.7实验装置动画二维码，可通过扫描二维码观看实验动画，预习实验内容。动画时长≥2min，视频配有全流程语音讲解，提供≥2张所投设备不同角度含播放进度条的动画截图。  4.8提供化工类实验与实践装置3D动画视频二维码资源库，投标需提供该3D动画视频二维码不少于40个，能实现移动终端扫码观看3D动画视频。  4.9装置配套学生信息录入系统：可通过操控终端登录，选择相应的实验课程，并录入本次实验课程相关学生的姓名、学号，信息录入系统可具备人脸识别功能。要求提供该信息录入系统在设备上应用的操作界面截图≥2张。  4.10装置配套数字孪生智能可视化互动展示系统，包括装置简介、系统化实验操作讲解、智能AI应用问答、数字孪生展厅等。要求提供相关功能截图≥3张。 | 1.离心泵、循环水箱、高位槽、计量槽 各1个；  2.孔板流量计 1个；  3.文丘里流量计 1个；  4.透明涡轮流量计 1个；  5.转子流量计 1个；  6.压力传感器 2个；  7.压力表 2个；  8.温度传感器 1个；  9.光电传感器 1个；  10.差压传感器 3个；  11.流量调节阀 2个；  12.管路单向阀 1个；  13.总控制柜 1个；  14.工业一体化操控终端 1台；  15.装置监测与控制软件 1套；  16.在线学习系统1套；  17.MES实验信息管理系统1套；  18.实验辅助系统1套；  19.实验微课视频1套。 |
| 4 | 吸收与解吸实验装置 | **一、装置功能要求**  1.能测定填料吸收塔、解吸塔不同喷淋密度下的体积传质系数。掌握以ΔY（或ΔX）为推动力的总传质系数KYa（KXa）的测定方法，测定液速对总传质系数的影响。  2.观察一定液体流量不同气速下，填料塔的流体力学状态，测定气体通过填料层的压降与气速的关系曲线，确定填料塔在一定液体流量下的液泛气速；  3.可进行单吸收、单解吸、吸收与解吸联合实验操作。  4.吸收与解吸联合实验操作时，可进行循环水操作，或连续上下水操作。  5.实验数据可在线实时显示，实验结束后数据自动生成及处理。要求提供实验数据可在线实时显示的截图1张。  6.无需实验室另提供专门上下水条件。  **二、主要技术参数要求**  **1.设计参数要求**  1.1 体系：CO2-空气-水。  1.2 使用温度、压力：常温、常压。  1.3 液体流量范围：200-800L/h。  1.4 空气流量范围：0-1.0m3/h。  1.5 二氧化碳流量：0.3-3L/min。  1.6 吸收传质系数：1000-8000 kmol/(m3·h）。  1.7 填料塔压降：0-3kPa。  **2.装置主体参数要求**  2.1 装置主体由吸收塔、解吸塔、旋涡气泵、吸收泵、解吸泵、CO2缓冲罐、循环水罐、缓冲罐等组成。  2.1.1吸收塔：透明塔体，UPVC材质，内径95-105mm，填料层高550- 600mm，φ10㎜陶瓷拉西环填料。  2.1.2解吸塔：透明塔体，为UPVC材质，内径95-105mm，填料层高550- 600mm，φ6mm不锈钢θ环填料。  2.1.3旋涡气泵：风量≥145m3/h，风压≥16KPa。  2.1.4吸收泵、解吸泵：不锈钢离心泵，流量≥3.6m3/h，扬程≥14m。  2.1.5 CO2缓冲罐：不锈钢304材质，φ108×3mm，容积≥1L。  2.1.6循环水罐：贫液罐，PE材质，容积≥50L。  2.1.7缓冲罐：富液罐，有机玻璃材质，容积≥9L。  ▲2.2 管路：所有液体管路为UPVC材质，透明可视，提供检测报告及透明管安装在装置上的全景实物照片1张予以证明。  ▲2.3液体流量计：测量范围0.2-0.8m³/h，介质水，精度±0.5%。通讯：4~20mA。提供流量计安装在装置上的全景和局部实物照片及对应操控终端数据照片各不少于1张予以证明。  2.4质量流量计1：介质空气，量程0-1.0m3/h，显示精度0.01 m3/h。  2.5质量流量计2：介质空气，量程0-10m3/h，显示精度0.1 m3/h。  2.6 转子流量计：介质CO2，量程0.5-2L/min。精度±4%。  2.7 U型差压计：量程±2000Pa。  2.8 温度测量：温度传感器Pt100，精度0.1℃。量程：-100～200℃。  2.9 气体探测器：红外气体检测仪，介质CO2，量程0-20%，精度0.01%。  2.10 电磁阀：电压220V。  2.11 循环罐的出口通过管路连接解吸泵入口，解吸塔的底部出口通过管路连接循环罐的入口，可实现吸收液循环操作。  2.12 吸收塔和解吸塔的进气口、塔顶共设置有4个气体取样点，吸收塔和解吸塔的进液口、底部排液口共设置有4个液体取样口。  2.13 装置外观：要求装置采用铝合金框架。装置配有可升降万向脚轮：脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置，尺寸：≤ 2200mm× 580mm×2400mm（L× W×H）。  2.14安全要求：循环水配置过温保护，电控系统具备超温提示和联锁保护停机；漩涡气泵进风口具备过滤器。  **3.整体控制要求**  3.1 硬件控制部分：  3.1.1 集成模组：包含主模组、扩展模块、信号模块。主模组内部集成不低于12路插槽口，不低于24路信号的监控。在主模组内部，每个插槽口兼容安装PT、TC、DO、DI、AD、DA等信号模块。  3.1.2 主模组MCU芯片：时钟频率范围：4MHz~16MHz。GPIO端口数量：80。16位Timer数量：6。外设/功能/协议栈：DMA。CCP捕获/比较。LIN总线协议。LCD/LED驱动。片载温度传感器。提供主模组MCU芯片实物照片不少于1张。  ▲3.1.3工业一体化操控终端主要参数：电容触摸式操作控制屏，≥15寸，控制屏分辨率为：≥1920×1080，前置≥200万像素摄像头，内存：DDR4 ≥8G，硬盘：SSD硬盘，≥128G；内置：5G双频WIFI、4G模块、加密狗接口；内置麦克风及扩音器各1个；网口2个，USB3.0接口4个，独立RS232串口2个，独立RS485接口1个；DB9免焊母头1个；HDMI接口1个；可控安全盘接口1个；UPS不间断电源适配器1个。兼容Windows操作系统，可安装监测与控制软件、支持实验数据的处理、存储等。可显示质量流量计、液体流量计、温度测量、气体探测器等数值。4G模块可支持安装物联网卡。用于实现无线传输实验数据功能。要求投标文件中提供可控安全盘接口的使用说明书，可控安全盘接口接口照片1张。  3.1.4装置可实现分步式语音操作反馈功能：根据实验操作步骤进行语音播报。  3.2 软件控制部分：与装置配套的监测与控制软件，能够通过操控终端对设备进行启停、调节等操作。使用直观方式显示设备各测量点的仪表读数。有数据记录功能。对误操作有提示及安全保护功能。软件具备自检测功能，提供软件运行界面截图≥2张。  ▲3.3提供该装置的工艺流程图，用于评定所投产品的工艺流程及配置是否满足技术要求。  **4.配套资源要求**  4.1 配套在线学习系统，实现虚实结合的教学模式。包含课程学习板块、题库板块、音视频资源板块等。提供该系统功能截图≥2张。  4.2 具备虚拟实验室场景和实验装置，实现模拟操作、测试，模拟操作成绩可同步至在线教学系统账号，并具备在无网络环境进行模拟练习。提供与所投产品一致的、不同角度的全景虚拟截图≥2张。  4.3 本装置配套在线仿真软件主要技术要求：  4.3.1仿真软件以吸收与解吸实验装置为仿真对象，基于真实实验数据，模拟吸收与解吸实验工艺流程、实验现象和实验规律，具有操作说明、认知、实验操作、数据记录、数据处理和评分等不少于6个功能模块，支持桌面端、网页端等至少2种运行方式。  4.3.2仿真实验内容包含流体力学实验、吸收解吸（循环水）实验、吸收解吸联合实验、单吸收实验、单解吸实验等≥5个子实验。  4.3.3 仿真实验中的各实验变量关系根据流体力学原理、传质速率方程、亨利定律等实验 规律进行设计，支持用户通过调节水流量、空气流量等实验变量，模拟吸收与解吸单元操作中差压、CO2浓度的变化，支持至少4种水流量下的差压~风量关系模拟和数据记录。提供该系统功能截图≥2张。  4.3.4数据处理：支持通过输入权限码可查看仿真软件的数据处理结果，至少包括流体力学实验数据处理、吸收解吸（循环水）实验数据处理、吸收解吸联合实验数据处理、单吸收实验数据处理、单解吸实验数据处理等数据处理表。  4.3.5数据可视化：可通过图表的方式对实验数据进行可视化分析和展示，至少包括流体力学实验的lg△p-lgu曲线、吸收解吸实验（循环水）平衡+吸收操作线、吸收解吸实验（循环水）平衡+解吸操作线、吸收解吸联合实验吸收+平衡+解吸操作线、单吸收实验平衡+吸收操作线、单解吸实验平衡+解吸操作线等图表。要求提供该系统功能截图≥3张。  4.3.6操作评分：仿真实验应采用百分制评分，支持查看每一个交互操作步骤的得分情况，支持将评分成绩上传至云端保存。  4.3.7数据记录与实验报告：支持手动输入实验数据和一键自动记录两种数据记录方式；支持将实验报告以Excel表格的形式下载到本地。  4.3.8设备认知学习：仿真实验可播放≥40个认知设备的相机路径动画，以便于用户熟悉设备组成、了解设备结构。  4.3.9实验操作引导：仿真实验具有实验操作步骤说明和操作引导视频，以便于用户快速掌握实验操作。要求提供仿真实验操作引导视频查看二维码。  4.3.10辅助操作功能：仿真软件具有阀门位号的显示与隐藏功能，支持一键视角复位，方便用户交互操作。  4.3.11投标时须提供吸收与解吸虚拟仿真软件著作权登记证书扫描件并加盖供应商公章。  4.4 MES实验信息管理系统能同时连接多种实验装置，根据需要自由切换当前监测装置，与装置现场的工业组态软件操作界面实时同步数据显示和报警同步提示。需提供MES移动终端与装置现场同步数据显示界面截图≥2张。  4.5 实验辅助系统，学生可通过手机端APP学习实验分步式操作视频。提供该手机端APP操作截图及装置操作讲解视频截图≥2张。  4.6 实验微课视频，含真实实验人员进行的流程、局部功能、逐步操作过程讲解，视频时长≥20min。提供视频截图≥2张，并提供网络链接或二维码证明。  4.7实验装置动画二维码，可通过扫描二维码观看实验动画，预习实验内容。动画时长≥2min，视频配有全流程语音讲解，提供≥2张所投设备不同角度含播放进度条的动画截图。  4.8提供化工类实验与实践装置3D动画视频二维码资源库，投标需提供该3D动画视频二维码≥40个，能实现移动终端扫码观看3D动画视频。 | 1.吸收塔、解吸塔 各1套；  2.旋涡气泵、吸收泵、解吸泵 各1台；  3.循环水罐、缓冲罐、CO2缓冲罐 各1个；  4.质量流量计1、质量流量计2、U型差压计、温度传感器、气体探测器 各1个；  5.液体流量计、转子流量计 各2个；  6.电磁阀 4个；  7.总控制柜 1个；  8.工业一体化操控终端 1台；  9.装置监测与控制软件 1套；  10.在线学习系统1套；  11.MES实验信息管理系统1套；  12.实验辅助系统1套；  13.实验微课视频（网络链接）1套。 |
| 5 | 筛板精馏实验装置 | **一、装置功能要求**  1.可测定全回流时板式精馏塔全塔效率和单板效率。  2.装置为筛板单溢流降液管塔，塔身局部设置观察视盅，能观察塔体内部结构及气液交换状态。  3.能实现回流比手动控制，研究回流比对精馏塔分离效率的影响。  4.装置能实现料液循环使用，节省操作时间。  5.装置无需外接自来水即可正常实验。  **二、主要技术参数要求**  **1.设计要求**  1.1 体系：水-乙醇。  1.2 操作压力：常压。  1.3 原料处理量：10~100mL/min。  1.4回流比：0~+∞。  1.5 不锈钢筛板塔，筛板开孔率≥9.44%。  1.6塔顶产品浓度V20≥92%  **2.装置主体参数要求**  2.1 装置主体由塔体、塔釜、塔顶全冷器、原料管、馏分器、产品罐、塔釜溢流组成，均采用304不锈钢材质。  2.1.1塔体隔热壳体为镂空工艺，其它罐体采取喷砂工艺。需提供塔体镂空隔热壳体图片1张，罐体喷砂后的罐体效果图1张予以证明。  2.1.2塔体：内径≥68mm，内置不少于12块弓形降液管塔板，设有观察视盅。  2.1.3 塔釜：容积≥5L，加热功率≤3kW，功率连续可调，要求塔釜设有液位保护，当液位低于一定高度自动停止加热。  2.1.4 塔顶全凝器：横置列管式，换热面积≥0.35m2。  2.1.5 原料罐：直径≥270mm，容积≥20L。  2.1.6 馏分器：直径≥60mm，容积≥300ml。  2.1.7 产品罐：直径≥100mm，容积≥1000ml。  2.1.8 塔釜溢流罐：直径≥150mm，容积≥5000ml。  2.2 转子流量计：量程1～11L/min、15～60ml/min、2.5～25ml/min、25～250ml/min，透明可视，为UPVC材质。  2.3 进料泵、回流泵：均采用蠕动泵，转速范围0.1～200rpm。  2.4 倒料泵：磁力泵，流量≥7L/min，扬程≥4m。  2.5 压力测量采用耐高温压力传感器，量程0～5kPa，4～20mA远程信号输出。  2.6 温度测量采用温度传感器，Pt100，量程0～150℃，显示分度≤0.1℃。  2.7 低温冷却液循环泵：电压：220V，额定功率：1000W，容积：≥10L，低温使用范围：-20℃~常温，流量0-16L/min，扬程16m。  2.8 塔釜产品罐可通过倒料泵使液体返回原料罐，塔顶产品罐可通过放料阀使液体通过自重力返回原料罐，实现料液循环使用。  2.9通过低温冷却液循环泵向塔顶冷凝器供给制冷循环水，同时通过转子流量计显示和调节冷却水流量，无需外接自来水。  2.10 管路采用冷弯加工工艺，要求提供≥2张局部管路照片。  2.11 塔身至少预留三个不同进料位置。  2.12 装置外观：要求装置采用铝合金框架，装置配有可升降万向脚轮。配有支撑底座用于固定装置，尺寸：≤2200mm× 580mm×2460mm（L× W×H）。  2.13安全要求：精馏塔配有保温层、隔热壳，塔釜具备液位过低联锁保护、过压保护，电控系统具备超压提示和联锁保护停机，装置具备综合放空口，所有罐体放空口并联至综合放空口，便于集中排气。  **3.控制系统参数要求**  3.1 硬件控制部分：  3.1.1 集成模组：包含主模组、扩展模块、信号模块。主模组内部集成不低于12路插槽口，不低于24路信号的监控。在主模组内部，每个插槽口兼容安装PT、TC、DO、DI、AD、DA等信号模块。  3.1.2 主模组MCU芯片：时钟频率范围：4MHz~16MHz。GPIO端口数量：80。16位Timer数量：6。外设/功能/协议栈：DMA。CCP捕获/比较。LIN总线协议。LCD/LED驱动。片载温度传感器。提供主模组MCU芯片实物照片不少于1张。  ▲3.1.3工业一体化操控终端，数量：1个。主要参数：电容触摸式操作控制屏，≥15寸，控制屏分辨率为：≥1920×1080，前置≥200万像素摄像头，内存：DDR4 8G，硬盘：SSD硬盘，≥128G；内置：5G双频WIFI、4G模块、加密狗接口；内置麦克风及扩音器各1个；网口2个，USB3.0接口4个，独立RS232串口2个，独立RS485接口1个；DB9免焊母头1个；HDMI接口1个；可控安全盘接口1个；UPS不间断电源适配器1个。兼容Windows操作系统，可安装监测与控制软件、实验数据处理、存储等。可显示蠕动泵转速、塔釜压力、14个温度等数值，可控制蠕动泵转速、塔釜加热功率。4G模块可支持安装物联网卡。用于实现无线传输实验数据功能。要求投标文件中提供可控安全盘接口的使用说明书，可控安全盘接口照片1张。  3.1.4采用彩色摄像技术在线观测精馏塔塔板处实验现象，并将实验画面实时传输到本设备的工业一体机显示终端。提供在线观测精馏塔塔板处的摄像头照片1张，在线观测精馏塔塔板处实验现象截图1张  3.1.5装置可实现分步式语音操作反馈功能：根据实验操作步骤进行语音播报。  3.2 软件控制部分：装置监测与控制软件，具备自检测功能，提供软件运行界面截图不少于2张。  ▲3.3提供该装置的工艺流程图，用于评定所投产品的工艺流程及配置是否满足技术要求。  **4. 配套资源要求**  **＃**4.1 配套在线学习系统，实现虚实结合的教学模式。包含课程学习板块、题库板块、音视频资源板块等。提供该系统功能截图≥2张，及系统功能演示视频。  4.2 具备虚拟实验室场景和实验装置，实现模拟操作、测试，模拟操作成绩可同步至在线教学系统账号，并具备在无网络环境进行模拟练习。提供与所投产品一致的、不同角度的全景虚拟截图≥2张。  4.3 本装置配套在线仿真软件主要技术要求：  4.3.1仿真软件以筛板精馏实验装置为仿真对象，基于真实实验数据，模拟实验流程、实验现象和实验规律，具有操作说明、认知、实验操作、数据记录、实验报告和评分等不少于6个功能模块，支持桌面端、网页端等至少2种运行方式。  4.3.2仿真实验应基于乙醇-水二元体系t—x（y）相平衡曲线、精馏段操作线方程、提馏段操作线方程、理论板数以及回流流量-馏分器液位高度等实验原理和规律进行设计，至少包含全回流操作和部分回流操作两部分实验内容。  4.3.3实验参数调节：支持用户在一定区间内设置制冷温度等实验变量；能够模拟通过调节回流流量使馏分器液位稳定至中部这一实验操作过程。  4.3.4 过程模拟：支持用户调节加热功率比例，可模拟升温过程中的压力变化、温度变化以及塔板温度分布曲线。要求提供该功能塔板温度分布曲线截图。  4.3.5设备认知学习：仿真实验可播放不少于50个认知设备的相机路径动画，以便于用户熟悉设备组成、了解设备结构。  4.3.6实验操作引导：仿真实验具有实验操作步骤说明和操作引导视频，以便于用户快速掌握实验操作。要求提供仿真实验操作引导视频的二维码。  4.3.7操作评分：仿真实验应采用百分制评分，支持查看每一个交互操作步骤的得分情况，支持将评分成绩上传至云端保存。  4.3.8辅助操作功能：仿真软件具有阀门位号的显示与隐藏功能，支持一键视角复位，方便用户交互操作。  4.3.9投标时须提供筛板精馏虚拟仿真软件著作权登记证书并加盖供应商公章。  4.4 MES实验信息管理系统能同时连接多种实验装置，根据需要自由切换当前监测装置，与装置现场的工业组态软件操作界面实时同步数据显示和报警同步提示。需提供MES显示界面截图≥2张、移动终端与装置现场同步数据显示界面截图≥1张。  4.5 实验辅助系统，学生可通过手机端APP学习实验分步式操作视频。提供该手机端APP操作截图及装置操作讲解视频截图≥2张。  4.6 实验微课视频，含真实实验人员进行的流程、局部功能、逐步操作过程讲解，视频时长≥20分钟。提供视频截图≥2张，并提供网络链接或二维码证明。  4.7实验装置动画二维码，可通过扫描二维码观看实验动画，预习实验内容。动画时长≥2min，视频配有全流程语音讲解，提供≥2张所投设备不同角度含播放进度条的动画截图 | 1.塔体、塔釜、塔顶冷凝器、原料管、馏分器、产品罐、塔釜溢流管 各1个；  2.转子流量计 4个；  3.进料泵、回流泵 各1台；  4.倒料泵 1台；  5.耐高温压力传感器 1个；  6.温度传感器 14个；  7.低温冷却液循环泵 1台；  8.总控制柜 1个；  9.工业一体化操控终端 1台；  10.装置监测与控制软件 1套；  11.在线学习系统1套；  12.MES实验信息管理系统1套；  13.实验辅助系统1套；  14.实验微课视频（网络链接）1套。 |
| 6 | 恒压过滤实验装置 | **一、装置功能要求**  1.了解板框过滤机结构及安装顺序。  2.学习恒定压力下过滤常数和比阻。  3.学习过滤压力与比阻的关系。  4.所用板框为可洗暗流式板框过滤机，可拆卸。  5.装置能测定恒定压力下过滤常数和比阻。  6.设备有洗涤过程，能学习洗涤速率测定方法及操作。  ▲7.通过定压调节阀，将压缩空气引入加压罐底部的气动搅拌盘，实现气动配料。提供气动搅拌过程说明一份。  **二、主要技术参数要求**  **1.设计要求**  1.1使用温度：常温。  1.2使用压力：0.1～0.2MPa。  1.3四个滤框总容积：0.58L。  1.4电压220V，总功率≤1kW。  **2.装置主体参数要求**  2.1 装置主体由拌浆槽、加压罐、洗水罐、板框过滤器、压缩机、电子秤组成。  2.1.1配浆槽：容积≥35L，不锈钢304材质，外表面喷砂工艺，气动搅拌。  2.1.2加压罐：容积≥35L，立式，不锈钢304材质，外表面喷砂工艺，气动搅拌。  2.1.3洗涤罐：容积≥10L，不锈钢304材质，外表面喷砂工艺。  2.1.4板框过滤器：不锈钢304材质，包括过滤框、洗涤板、非洗涤板，采用800目工业滤布。  2.1.5压缩机：低噪音压缩机功率：≤600W，压力：≤0.7MPa。  2.1.6电子秤：量程10kg，显示分度：0.1g，电压220V，可充电；  2.2定值减压阀：工作压力0～0.4MPa。  2.3安全阀：定值，0.25MPa。  2.4压力表：0～0.25MPa。精度2.5级。  2.5阀门采用球阀，材质UPVC，耐压≥0.6MPa。  ▲2.6管路：所有液体管路透明可视，为UPVC材质，采用快拆式连接。要求提供所用透明管路检测报告及透明管安装在装置上的全景实物照片1张予以证明。  2.7 要求装置采用高品质铝合金框架，装置配有可升降万向脚轮，脚轮带有调节手把，可分别调节高度。配有支撑底座用于固定装置，尺寸：≤2200mm× 580mm×1330mm（L× W×H）。  2.8 要求装置具备超短时逆闭系统，对学生的误操作进行安全防护，投标时提供功能说明。  ▲2.9提供该装置的工艺流程图，用于评定所投产品的工艺流程及配置是否满足技术要求。  2.10安全要求：  ▲2.10.1 装置无机械搅拌和输送泵。提供无机械搅拌证明。  2.10.2装置配置三路定制调压阀，具备防止误操作伤害。  2.10.3加压罐配置安全阀，具备超压自动泄压保护能力。  **3.配套资源要求**  3.1 配套在线学习系统，实现虚实结合的教学模式。包含课程学习板块、题库板块、音视频资源板块等。提供该系统功能截图2张。  3.2 具备虚拟实验室场景和实验装置，实现模拟操作、测试，模拟操作成绩可同步至在线教学系统账号，并具备在无网络环境进行模拟练习。提供与所投产品一致的、不同角度的全景虚拟截图≥2张。  3.3 本装置配套在线仿真软件主要技术要求：  3.3.1通过应用3D虚拟现实技术，真实再现板框过滤实验室环境和操作过程，并对操作数据进行分析，得到仿真结果。  3.3.2仿真实验内容包含0.10MPa过滤、0.15MPa过滤和0.20MPa过滤等不少于3种过滤压力下的实验过程。  3.3.3 仿真实验应基于恒压过滤方程、过滤常数和洗涤速率等实验原理进行设计，支持用户在一定区间内设置过滤物料的质量等实验变量，并在实验过程中生成对应的实验数据。  3.3.4数据处理：支持通过输入权限码可查看仿真软件的数据处理结果，包括0.10MPa数据处理表、0.15MPa数据处理表、0.20MPa数据处理表和比阻-压力数据处理表，至少包含Δτ/Δq~q回归线的斜率与截距、过滤常数、过滤时间和比阻等数据。  3.3.5数据可视化：可通过图表的方式对实验数据进行可视化分析和展示，至少应包括比阻~过滤压力关系图表和0.10MPa、0.15Mpa与0.20Mpa三种过滤压力下的Δτ/Δq~q回归线图表、回归线方程及其对应的置信度R^2。要求提供该软件功能截图≥3张。  3.3.6操作评分：仿真实验应采用百分制评分，支持查看每一步交互操作的得分情况，支持将评分成绩上传至云端保存。  3.3.7数据记录与实验报告：支持滤液每增加一定质量就自动记录一次数据，支持将实验数据以Excel表格的形式下载到本地。  3.3.8设备认知学习：仿真实验可播放≥30个认知设备的相机路径动画。  3.3.9实验操作引导：仿真实验具有实验操作步骤说明和操作引导视频，以便于用户快速掌握实验操作。要求提供仿真实验操作引导视频的二维码。  3.3.10动画展示：支持以3D动画的形式展示加料过程、板框安装与卸料过程，支持以2D动画的形式展示配浆槽、加压罐等液位变化过程。  3.3.11投标时须提供恒压过滤虚拟仿真软件著作权登记证书扫描件并加盖供应商公章。  3.4 实验辅助系统，学生可通过手机端APP学习实验分步式操作视频。提供该手机端APP操作截图及装置操作讲解视频截图≥2张。  3.5 实验微课视频，含真实实验人员进行的流程、局部功能、逐步操作过程讲解，视频时长≥20分钟。提供视频截图≥2张，并提供网络链接或二维码证明。  3.6 实验装置动画二维码，可通过扫描二维码观看实验动画，预习实验内容。动画时长≥2min，视频配有全流程语音讲解，提供≥2张所投设备不同角度含播放进度条的动画截图。 | 1.配浆槽、加压罐、洗涤罐、压缩机、计量槽 各1个；  2.板框过滤器：过滤框：4个，洗涤板：2个，非洗涤板：3个 1套；  3.定值减压阀 3组；  4.安全阀 2个；  5.压力表 2个；  6.球阀 ≧6个；  7.在线学习系统1套；  8.实验辅助系统1套；  9.实验微课视频（网络链接）1套。 |
| 7 | 循环风洞道干燥实验装置 | **一、装置功能要求**  1.装置可进行常压循环风干燥。  2.实验数据可在线实时显示，实验结束后数据自动生成及处理。要求提供实验数据可在线实时显示的截图1张。  3.能够测定湿物料的临界湿含量。  4.能够测定湿物料与热空气的传质系数与传热系数。  5.设备风量、温度、湿度可进行调节。  6.湿球温度测定采用外接式测定法。  **二、主要技术参数要求**  **1.设计要求**  1.1体系：毛毡-水-空气  1.2实验温度：70℃～100℃。  1.3操作压力：常压。  1.4毛毡湿物料重量：60～100g。  **2.装置主体参数要求**  2.1 装置主体由洞道干燥器、风机、空气加热器、循环进风系统等组成。  2.1.1空气加热器为镂空工艺，洞道干燥器采取喷砂工艺。  2.1.2洞道干燥器尺寸：长≤ 1300mm、宽≤140mm、高≤ 170mm，304不锈钢材质。  2.1.3风机：电压380V，功率≥750w，风量≥18m3/min，全风压≥2kPa。要求风机配独立支撑系统，防止风机震动对称重数据干扰，提供风机独立支撑证明图片。  2.1.4空气加热器：电压220V，加热功率≤4kw。  2.1.5循环进风系统：循环风温度范围为70℃～100℃，循环风温度自动控制。  2.2湿球温度测量系统：透明可视，为UPVC材质，湿球温度测定采用外接式测定法，提供该测定方法的证明资料。  2.3孔板流量计：304不锈钢材质，环隙取压，孔板外直径≤89.8mm，孔板孔径≤46.48mm，厚度≤4mm。  2.4称重系统：专用自动除皮称重传感器量程0～1000g，精度≤0.1g。  2.5管路及阀门：不锈钢蝶阀，直径≤DN50。铜闸阀，直径≤DN25。  2.6温度传感器：Pt100，显示分度0.1℃。  2.7压差传感器：4～20mA输出，量程0～5KPa。  2.8要求装置采用铝合金框架，装置配有可升降万向脚轮。配有支撑底座用于固定装置，尺寸：≤2200mm×580mm×1300mm（L× W×H）。  2.9安全要求：电加热、洞道配有保温层和隔热壳，电加热配置过温保护，电控系统具备超温提示和联锁保护停机。  **3.控制系统参数要求**  3.1 硬件控制部分：  3.1.1 集成模组：包含主模组、扩展模块、信号模块。主模组内部集成≥12路插槽口，不低于24路信号的监控。在主模组内部，每个插槽口兼容安装PT、TC、DO、DI、AD、DA等信号模块。  3.1.2 主模组MCU芯片：时钟频率范围：4MHz~16MHz。GPIO端口数量：80。16位Timer数量：6。外设/功能/协议栈：DMA。CCP捕获/比较。LIN总线协议。LCD/LED驱动。片载温度传感器。提供主模组MCU芯片实物照片≥1张。  3.1.3工业一体化操控终端，数量：1个。主要参数：电容触摸式操作，≥15寸，控制屏分辨率为：1920\*1080，前置≥200万像素摄像头，内存：DDR4 8G，硬盘：SSD硬盘，≥128G；内置：5G双频WIFI、4G模块、加密狗接口；内置麦克风及扩音器各1个；网口2个，USB3.0接口4个，独立RS232串口2个，独立RS485接口1个；DB9免焊母头1个；HDMI接口1个；可控安全盘接口1个；UPS不间断电源适配器1个。兼容Windows操作系统，可安装监测与控制软件、支持实验数据的处理、存储等。可显示孔板流量计压差、3个温度、毛毡重量等数值，可控制空气加热器加热温度。4G模块可支持安装物联网卡。要求提供可控安全盘接口的使用说明书，可控安全盘接口接口照片1张。  3.2 软件控制部分：装置监测与控制软件，具备自检测功能，提供软件运行界面截图≥2张。  ▲3.3提供该装置的工艺流程图，用于评定产品工艺流程及配置是否满足需要。  **4.配套资源要求**  4.1 配套在线学习系统，实现虚实结合的教学模式。包含课程学习板块、音视频资源板块等。提供该系统功能截图≥2张。  4.2 具备虚拟实验室场景和实验装置，实现模拟操作、测试，模拟操作成绩可同步至在线教学系统账号，并具备在无网络环境进行模拟练习。提供与所投产品一致的、不同角度的全景虚拟截图≥2张。  4.3 实验辅助系统，学生可通过手机端APP学习实验分步式操作视频。提供该手机端APP操作截图及装置操作讲解视频截图≥2张。  4.4 本装置配套在线仿真软件主要技术要求：  4.4.1仿真软件以循环风洞道干燥实验装置为仿真对象，基于真实实验数据，模拟实验流程、实验现象和实验规律，具有操作说明、设备认知、实验操作、数据记录、数据处理、实验报告和评分等不少于7个功能模块，支持桌面端、网页端等至少2种运行方式；  4.4.2仿真实验支持用户在一定区间内设置干燥温度，模拟循环风洞道干燥实验操作中温度、压力等参数的联动变化，支持分别在虚拟三维场景中设备对应位置上和控制界面上显示温度（干球温度、湿球温度、空气温度等）、压力等实时变化数据。  4.4.3 数据处理与可视化图表：支持通过输入权限码可查看仿真软件的数据处理结果，至少应包括干燥曲线、湿物料质量随干燥时间变化曲线和干燥速率曲线等图表。  4.4.4操作评分：仿真实验应采用百分制评分，支持查看每一个交互操作步骤的得分情况，支持将评分成绩上传至云端保存。  4.4.5设备认知学习：仿真实验可播放≥13个认知设备的相机路径动画。  4.4.6数据记录与下载：软件提供虚拟计时器，支持每隔一个固定时间间隔就自动记录一次物料质量数据；支持将实验数据以Excel表格的形式下载到本地。  4.4.7动画展示：支持以3D动画的形式展示安放物料过程、支持以2D动画的形式展示风洞道的气流方向、物料干燥时的颜色变化等过程。  4.4.8实验操作引导：仿真实验具有实验操作步骤说明和操作引导视频。要求提供仿真实验操作引导视频的二维码  4.4.9辅助操作功能：仿真软件具有阀门位号的显示与隐藏功能，支持一键视角复位。  4.4.10投标时须提供循环风洞道干燥虚拟仿真软件著作权登记证书并加盖供应商公章。  4.5 实验微课视频，含真实实验人员进行的流程、局部功能、逐步操作过程讲解，视频时长≥20min。提供视频截图≥2张，并提供网络链接或二维码证明。  4.6 实验装置动画二维码，可通过扫描二维码观看实验动画，预习实验内容。动画时长≥2min，视频配有全流程语音讲解，提供≥2张所投设备不同角度含播放进度条的动画截图。 | 1.洞道干燥器 1个；  2.风机 1个；  3.空气加热器 1个；  4.称重传感器 1个；  5.孔板流量计 1个；  6.不锈钢蝶阀 1个；  7.铜闸阀 1个；  8.温度传感器 3个；  9.压差传感器 1个；  10.总控制柜 1个；  11.工业一体化操控终端 1台；  12.自检测系统软件 1套；  13.在线学习系统1套；  14.实验辅助系统1套；  15.实验微课视频（网络链接）1套。 |
|  | 2 | 备注：以上采用固定数值描述的指标，所投产品技术指标可优于采购要求的技术指标。（备注：①国标尺寸除外 ②受安装环境限制除外 ③定制产品除外） |  |