

表12

序号	设备名称	数量 (台/套)	主要技术参数
----	------	-------------	--------

1	化工过程综合自动化实训装置	2	一、硬件部分 1. 主体流程设备 主体流程设备为不锈钢仿真模型，1个加热炉（型式：立式；长度：700mm，宽度：320mm，高度：500mm）、1个省煤器（型式：立式；长度：340mm，宽度：220mm，高度：530mm）、1个蒸发器（型式：立式；直径：210mm，高度：640mm）、1个除氧器（型式：卧式；直径：220mm，长度：450mm，高度：490mm）、1个换热器（型式：卧式；直径：160mm，长度：510mm）、1个上汽包（型式：卧式；直径：250mm，长度：430mm）和若干管路系统的物理结构，整体工艺流程应与真实工业现场一致，整体不锈钢模型尺寸应不大于（长宽高）2000*1000*1000mm； 2. 仪表及执行机构 主要包含，3个液位指示仪表（0-12m）、5个流量测量变送显示仪表（0-30kg/s）、4个压力测量变送显示表头（0-10MPa）、1个温度测量变送显示表头（0-500℃）、1个组分测量变送显示表头（0-50%）、4个流量测量变送装置（0-30kg/s）、2个压力测量变送装置（0-10MPa）、2个温度测量变送装置（0-500℃）、2台离心泵（扬程500m）、1台风机（最大风量100m³/s）、11个调节阀（气动调节阀、线性阀、气相阀最大流通能力3600m³/h、液相阀最大流通能力128 m³/h）、5个开关阀（气动开关阀）等执行机构、1个炉膛着火指示灯（DC 24V） 3. 控制系统 高性能过程控制系统单站，通过Profinet工业以太网进行编程，通过ProfibusDP进行数据通讯，控制器上集成三类通讯接口，以太网通讯接口、ProfibusDP通讯接口，光纤通讯接口；整个控制系统包含如下配置： 1个1MB RAM存储卡； 1个冗余型CPU-H； 1个以太网通讯模块，用以连接到系统总线； 1个UR2（9槽）ALU机架； 1个电源模块AC 120/230V 10A； 二、软件部分 1. 动态模拟引擎，支持不同工艺流程的切换、工艺流程中各设备尺寸特性可自定义、调节阀类型以及流通能力可修改； 2. 工艺流程模型，包括离心泵液位系统、蒸汽动力除氧系统、高阶非线性换热系统、蒸发器系统、加热炉系统、工业锅炉系统共六个由易到难的对象，能够实时模拟各个系统的对象特性，以供控制实训； 3. 内置PID控制系统模块，通过模块对象的可视化图形搭接，完成控制方案与控制器的配置，实现控制方案的实施、PID控制参数整定等功能； 4. 智能评分系统，可对操作行为、控制性能、生产安全等方面进行评估，自动给出评估结果。并能够自定义策略评估； 5. 趋势画面组件，在仿真运行时记录实时数据，可监测仪表阀门数据随时间的变化趋势； 6. VB接口组件，提供基于VB的数据访问接口，即可通过VB编写程序对仿真模型数据进行读写或控制。
---	---------------	---	--

2	计算机控制 流动反应器 返混性能测 定装置	1	1. 体系：氯化钾溶液。 2. 使用温度、压力：常温、常压。 3. 液体流量范围：6~60L/h。 4. 装置主体由反应釜、管式反应器、水箱、电机、水泵组成。 5. 反应釜：容积：0.5~3L，材质：透明有机玻璃。 6. 管式反应器：DN32，长1.2~1.5m，填料拉西环 ϕ 5mm，透明PVC材质。 7. 水箱：容积：$\geq$30L，材质：304不锈钢，表面拉丝工艺处理。 8. 电机：功率：$\geq$40W，数显无级调速。 9. 水泵：磁力驱动泵，额定功率：15W，额定流量：$\geq$7L/min。 10. 数字电导仪：0~2000 μ S/cm，4-20mA远程输出；电导仪变送模块数量：5个。 11. 转子流量计：量程：6~60L/h，16~160L/h，介质水。
3	多功能反应 实验装置	2	1. 体系：乙苯脱氢。 2. 使用温度、压力：0~600℃，常压。 3. 流量范围：气体：1~1000ml/min；液体：0~15.6mL/min。 4. 装置主体由管式反应器、加热炉、预热器、冷凝器组成。 5. 管式反应器：一种耐高压柔性密封反应器，材质：不锈钢316L，耐压$\leq$1MPa，耐温$\leq$600℃，反应器 ϕ 22x6mm，L$\leq$500mm，反应器内设置床层温度检测，温度显示精度：$\pm$0.1℃。 6. 加热炉：开合式陶瓷纤维电加热炉，不锈钢镂空外壳，加热功率1.8KW，每组600W，每组电加热均采用程序控温，控温段数不低于10段。 7. 预热器：材质：不锈钢316L，耐压$\leq$1MPa，ϕ 16x3mm，L$\leq$200mm，加热功率500W，配温度检测1个，温度控制1个，温度显示精度：$\pm$0.1℃。 8. 冷凝器、气液分离器：材质：不锈钢304，ϕ 76x4mm，容积$\leq$0.5L。 9. 液体泵：蠕动泵，转速0.1~200rpm，流转比：0.078ml/转，4-20mA信号远传，实现液体输送计量精准、稳定性高、安全无污染。 10. 流量计带温度补偿，6mm卡套接口，量程0~1000ml/min，带流量控制。 11. 温度测量采用：温度传感器，显示分度0.1℃，精度A级。 12. 压力测量采用压力传感器，精度1.5%FS。压力表，精度1.6级。 13. 冷凝系统：冷凝器夹套水可循环，最低冷凝温度小于0℃，控温精度$\pm$1℃。

4	变压吸附实验装置	1	1. 实验体系：氮氧分离制氮气。 2. 使用温度：常温。 3. 使用压力：-0.1-0.6MPa。 4. 空气流量范围：0-20L/min。 5. 氮气纯度：≥95%。 6. 装置主体由吸附塔、空气压缩机、真空泵、空气缓冲罐、真空缓冲罐、产品罐等组成。 7. 吸附塔：材质不锈钢304，内径≥51mm，长度≥400mm。 8. 空气压缩机：电压220V，功率550W，额定排气压力0.7MPa。 9. 真空泵：旋片式，电压220V，功率370W，抽气速率2L/s。 10. 空气缓冲罐：材质不锈钢304，φ159×3mm，容积≥5L。 11. 真空缓冲罐：材质不锈钢304，φ159×3mm，容积≥5L。 12. 产品罐：材质不锈钢304，φ76×3mm，容积≥500mL。 13. 电动球阀：材质不锈钢304，电压220V，开关型。 14. 管路：管径≥6mm，材质不锈钢316。 15. 气体质量流量计：介质空气，量程：0~10L/min，6mm卡套接口，带流量控制。 16. 氮气检测仪：介质氮气，量程0~100%，显示精度0.01%。
---	----------	---	---

5	多功能特殊精馏实验装置	1	1. 体系：乙醇—乙酸—浓硫酸、乙醇—乙二醇、乙醇—正己烷。 2. 操作压力：-0.1Mpa~0。 3. 精馏塔材质：透明玻璃。 4. 装置主体由玻璃塔体、恒沸精馏塔头、普通精馏塔头、玻璃塔釜1、玻璃塔釜2、原料罐、产品罐、真空泵、真空缓冲罐、进料泵等组成。 5. 玻璃塔体：塔体内径$\leq 20\text{mm}$，塔填料层高$\leq 1.3\text{m}$，塔体玻璃外罩直径$\leq 70\text{mm}$，$\Phi 3\text{mm}$玻璃弹簧填料。塔外壁上、下两段采用透明导电膜加热保温，导电膜功率可调，不影响实验现象观察数量。 6. 恒沸精馏塔头：自动回流比控制，可实现混相回流和分相回流，回流比控制器设置范围$1\sim+\infty$。 7. 普通精馏塔头：自动回流比控制，回流比控制器设置范围$1\sim+\infty$。 8. 玻璃塔釜1：容积$\geq 500\text{mL}$，功率$\geq 200\text{W}$，配加料、测温、溢流和取样接口。要求塔釜下方设置放净口，可实现不拆塔釜的情况下放净塔釜残液。要求采用管道式液封及溢流一体化方案，实现塔釜连续采出功能。 玻璃塔釜2：容积$\geq 500\text{mL}$，功率$\geq 200\text{W}$，配加料、测温 and 取样接口。 9. 原料罐：容积$\geq 500\text{mL}$，玻璃材质。 10. 产品罐：容积$\geq 500\text{mL}$，玻璃材质。 11. 真空缓冲罐：容积$\geq 5\text{L}$，304不锈钢材质。 12. 温度测量采用温度传感器，Pt100，显示分度$\leq 0.1^{\circ}\text{C}$。 13. 压力表：精度不低于2.5级，量程-0.1Mpa~0。 14. U型压差计：$\pm 1000\text{Pa}$，玻璃材质。 15. 真空泵：电压220V，功率250W，抽气量$\geq 1\text{L/s}$，旋片式。
---	-------------	---	--

6	智慧化吸收解吸实验装置	3	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。 1.1 吸收塔：透明塔体，内径95-105mm，填料层高550-600mm，$\phi 10\text{mm}$陶瓷拉西环填料。 1.2 解吸塔：透明塔体，内径95-105mm，填料层高550-600mm，$\phi 6\text{mm}$不锈钢θ环填料。 1.3 旋涡气泵：电压220V，功率800W，风量$\geq 145\text{m}^3/\text{h}$，风压$\geq 16\text{KPa}$。 1.4 吸收泵、解吸泵：不锈钢离心泵，电压220V，功率370W，流量$\geq 3.6\text{m}^3/\text{h}$，扬程$\geq 14\text{m}$。 1.5 CO2缓冲罐：不锈钢304材质，$\phi 108 \times 3\text{mm}$，容积$\geq 1\text{L}$。 1.6 循环水罐：贫液罐，PE材质，容积$\geq 50\text{L}$。 1.7 缓冲罐：富液罐，有机玻璃材质，容积$\geq 9\text{L}$。 2. 管路：所有液体管路透明可视，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。 3. 涡轮流量计：流量计结构透明可视，精度0.5%FS。介质水，量程0.2-1.0m^3/h。提供该透明涡轮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。 4. 质量流量计1：介质空气，量程0-1.0m^3/h，显示精度0.01 m^3/h。 5. 质量流量计2：介质空气，量程0-10m^3/h，显示精度0.1 m^3/h，提供安装在设备上的全景图片。 6. 转子流量计：介质CO2，量程0.5-2L/min。 7. U型差压计：量程$\pm 2000\text{Pa}$。 8. 温度测量：温度传感器Pt100，精度0.1$^{\circ}\text{C}$。 9. 气体探测器：红外气体检测仪，介质CO2，量程0-20%，精度0.01%。 10. 电磁阀：电压220V。 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。 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。 13. 装置尺寸：不大于2200mm*1200mm*2400mm（长*宽*高）。 14. 装置采用高品质铝合金框架，配有可升降可固定万向脚轮：脚轮带有ABS调节手把。 15. 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，防止吸入式机械伤害。 16. 设备结合AI+智慧教育，实现数字孪生、AI导学、实验报告自动评阅于一体的教学功能。
---	-------------	---	--

7	智慧筛板精馏综合实验装置	3	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。 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。 1.2 塔体：内径$\leq 68\text{mm}$，内置不少于12块弓形降液管塔板，设有观察视窗。 1.3 塔釜：容积$\geq 5\text{L}$，加热功率$\leq 3\text{kW}$，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。 1.4 塔顶全凝器：横置列管式，换热面积$\geq 0.35\text{m}^2$。 1.5 原料罐：直径$\geq 270\text{mm}$，容积$\geq 20\text{L}$。 1.6 馏分器：直径$\geq 60\text{mm}$，容积$\geq 300\text{ml}$。 1.7 产品罐：直径$\geq 100\text{mm}$，容积$\geq 1000\text{ml}$。 1.8 塔釜溢流罐：直径$\geq 150\text{mm}$，容积$\geq 5000\text{ml}$。 2. 转子流量计：量程1~11L/min、15~60ml/min、5~25ml/min、25~250ml/min，透明可视。 3. 进料泵、回流泵 均采用蠕动泵，转速范围0.1~200rpm 4. 倒料泵：磁力泵，功率$\geq 15\text{W}$，流量$\geq 7\text{L/min}$，扬程$\geq 4\text{m}$。 5. 压力测量采用耐高温压力传感器，量程0~5kPa，用于塔釜测温，4~20mA远程信号输出。 6. 温度测量采用温度传感器，Pt100，量程0~150℃，显示分度$\leq 0.1^\circ\text{C}$。 7. 低温冷却液循环泵：容积$\geq 10\text{L}$，电压220V。 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。 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。 10. 管路采用冷弯加工工艺，减少焊接点，防锈蚀滴漏，要求提供不少于2张局部管路照片。 11. 塔身至少预留三个不同进料位置。 12. 装置尺寸：不大于2200mm*1200mm*2460mm（长*宽*高）。 13. 装置采用高品质铝合金框架，配有可升降可固定万向脚轮，脚轮带有ABS调节手把。 14. 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。 15. 设备结合AI+智慧教育，实现数字孪生、AI导学、实验报告自动评阅于一体的教学功能。
---	--------------	---	--

8	智慧化综合 流体过程实 验装置	3	1. 装置主体由管路、离心泵、循环水箱、高位槽、计量槽等组成。 1.1 直管阻力：测量段$\geq 1000\text{mm}$； 1.1.1 光滑管测量段：PVC-U管路透明可视，$\Phi 15\text{mm}$，Re范围$2\sim 13\times 10^4$。 1.1.2 粗糙管测量段：不锈钢304，$\Phi 15\text{mm}$，Re范围$2\sim 13\times 10^4$。 1.2 局部阻力： 1.2.1 球阀管路测量段：PVC-U管路透明可视，$\Phi 15\text{mm}$，Re范围$3\sim 12\times 10^4$。 1.2.2 突缩管路测量段：PVC-U管路透明可视，$\Phi 25-\Phi 15\text{mm}$，Re范围$0\sim 15\times 10^4$。 1.3 离心泵：流量$\geq 5\text{m}^3/\text{h}$，扬程$\geq 10\text{m}$，不锈钢304材质。 1.4 循环水箱：容积$\geq 90\text{L}$；304不锈钢材质，表面拉丝工艺处理。 1.5 高位槽：容积$\geq 10\text{L}$，透明材质。 1.6 计量槽：容积$\geq 10\text{L}$，透明材质。 1.7 管路：设备被测管路采用PVC-U透明管，可观察液体流动状态，爆破压力不小于18MPa。 2. 孔板流量计：小孔与管道面积比0.6，透明可视，能观察孔板内部结构。环隙取压。 3. 文丘里流量计：总长不小于115mm，外直径40mm，透明可视，能观察文丘里流量计内部结构。 4. 透明涡轮流量计：量程$0.8\sim 15\text{m}^3/\text{h}$，精确度$\leq 0.5\%\text{FS}$，结构透明可视。 5. 转子流量计：$4\sim 40\text{L}/\text{h}$，水介质。 6. 压力传感器：离心泵入口压力$-0.1\sim 0.1\text{MPa}$，出口压力$0\sim 0.6\text{MPa}$，精度$\leq 0.5\%\text{FS}$。 7. 压力表：离心泵入口压力$-0.1\sim 0.15\text{MPa}$，出口压力$0\sim 0.4\text{MPa}$，精度$\leq 5\%\text{FS}$。 8. 循环水箱温度传感器：不锈钢304材质，显示分度$\leq 0.1^\circ\text{C}$。 9. 转速变送器：测量范围$0\sim 3000\text{rpm}$，精度$\leq 0.2\%$。 10. 差压传感器：量程$0\sim 40\text{kPa}$，精度$\leq 0.5\%\text{FS}$。 11. 流量调节阀：隔膜阀，耐腐蚀PVC材质，维卡软化温度$\geq 72^\circ\text{C}$，液压瞬时爆破实验23°C时$\geq 6.62\text{MPa}$，提供检测报告。 12. 装置尺寸：不大于$2200\text{mm}\times 1200\text{mm}\times 1800\text{mm}$（长*宽*高），其中电气控制柜位于装置右下方，尺寸$\leq 580\text{mm}\times 250\text{mm}\times 600\text{mm}$（长*宽*高），电气控制柜与工艺区有隔离板分隔。 13. 装置外观：采用铝合金框架，配可升降、可固定万向脚轮，脚轮具有ABS调节手把。 14. 安全：电控系统具备超温提示和联锁保护停机功能；离心泵配置防护罩，防止吸入式机械伤害。 15. 设备结合AI+智慧教育，实现数字孪生、AI导学、实验报告自动评阅于一体的教学功能。
---	-----------------------	---	--

9	智慧化传热综合实验装置	3	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。 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$\geq 1000\text{mm}$。 光滑管：外径*壁厚$\geq \phi 22 \times 2\text{mm}$。 波纹管：外径*壁厚$\geq \phi 22 \times 2\text{mm}$，强化传热效果。 蒸汽管道直径：$\phi 76$壁厚：2mm，外保温表面镂空处理。 1.2 列管换热器：不少于2块折流板。 1.3 蒸汽发生器：容积：$\geq 20\text{L}$，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. 旋涡气泵额定参数：风压范围：$-16 \sim 16\text{kPa}$，风量：$\geq 145\text{m}^3/\text{h}$。 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。 4. 温度测量采用温度传感器，Pt100，显示分度$\leq 0.1^\circ\text{C}$。 5. 压力测量采用压力传感器，输出电流：$4 \sim 20\text{mA}$，精度$\leq 1.5\%\text{FS}$。差压传感器，输出电流：$4 \sim 20\text{mA}$，精度$\leq 1.5\%\text{FS}$。 6. 冷却器：用于蒸汽冷凝，风冷式，耐压$\geq 1\text{MPa}$。 7. 安全水封：透明可视，壁厚$\geq 8\text{mm}$。 8. 装置尺寸：不大于$2200\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 1900\text{mm}$（长*宽*高）。 9. 装置采用高品质铝合金框架，配有可升降可固定万向脚轮，脚轮带有ABS调节手把。 10. 安全要求： 10.1 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。 10.2 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。 10.3 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。 10.4 漩涡气泵进风口具备过滤器，防止吸入式机械伤害。 11. 设备结合AI+智慧教育，实现数字孪生、AI导学、实验报告自动评阅于一体的教学功能。
---	-------------	---	---