

附件：

基于机械电子工程专业工程教育认证实验室建设项目
主要技术参数

目 录

1 机电气综合实践平台	1
2 人工智能深度学习创新实验平台	10
3 FPGA 数模混合口袋实验平台	13
4 虚拟调试实训系统	14

1 机电气综合实践平台

1.1 功能要求

所有主要元件至少可以组成以下功能模块，且每个功能模块都可以单独开展实验教学。

1.1.1 上料模块

逐个将工件从柱状料仓中推出，对应实验项目：

- (1) 单作用气缸/双作用气缸应用
- (2) 节流调速
- (3) 进气节流排气节流区别
- (4) 压力传感器的使用
- (5) 电磁阀控制
- (6) PLC 配置/接线/通讯
- (7) PLC 输入信号（常开/常闭/取反/上升沿/下降沿）
- (8) PLC 输出信号（空线圈/R 线圈/S 线圈）
- (9) PLC 延时接通/延时断开/计数器

1.1.2 识别粉料模块

可通过工件的材质、颜色、尺寸等物理信息将工件移动至不同位置，对应实验项目：

- (1) 三位五通电磁阀的应用
- (2) 两气缸三位置的实现
- (3) 电容传感器/电感传感器应用
- (4) 颜色传感器应用
- (5) 距离传感器应用
- (6) PLC 分支程序的应用
- (7) PLC 周期扫描的影响

1.1.3 传送模块

负责工件的搬运和定位，传送距离不少于 350mm，对应实验项目：

- (1) 传送带涨紧/纠偏
- (2) 变频器设置
- (3) 步进电机位置控制/频率控制
- (4) PLC 频率输出
- (5) PLC 运动位置控制
- (6) PLC 传送速度测量（编码器原理）

1.1.4 翻转模块

负责工件 180 度翻转，对应实验项目：

- (1) 真空抓取
- (2) 比例阀的使用
- (3) 伺服运动控制（位置控制/速度控制）
- (4) PLC 模拟量输出
- (5) PLC 第三方模块使用
- (6) PLC 闭环控制
- (7) PLC PID 调节

1.1.5 添料模块

可通过抓取/吸取方式将料芯放入工件内，对应实验项目：

- (1) 工装定位
- (2) 柔性抓取调节
- (3) Modbus 通讯
- (4) 丝杆运动计算

1.6 装配模块

通过 x、y 抓取机构组装完整工件，对应实验项目：

- (1) PLC 间通讯
- (2) 伺服/步进 动态同步
- (3) PLC 步序编程
- (4) 丝杆运动计算，
- (5) 系统操作（视工况选择 启动/顺序启动/直接复位/顺序复位/停止）

验收时以上所有模块必须组装成一个完整的装配显示工艺流程，设备需要运行一个完整的逻辑控制循环。

1.2 主要元器件及其技术参数

序号	名称	数量	主要参数
1	空压机	2	工作电压：AC 220V 输出压力：0.8Mpa 储气量：40L 噪音：<50db
2	实训台	1	尺寸：1800mm*800mm*800mm 桌面厚度：>20mm

序号	名称	数量	主要参数
			特殊：坐面下带收纳槽，一侧带支架 1800mm*800mm(网孔板)
3	电脑	1	CPU: I5 内存: 8G 硬盘: 1TB+256GB 显示器: 21"液晶 还原: 带可选择分区还原的还原卡 预装软件: ePLAN、博途 V15、变频器/伺服驱动器参数设置软件
4	漏保	1	三相 10A
5	变压器	1	AC 220V - DC 24V 100W
6	端子排	100	UK2.5B 双层
7	西门子 S7-1200 系列 PLC	2	工作存储器: 100KB 装载存储器: 4MB 保持性存储器:10KB 数字量接口: 14 IN/10 OUT 模拟量接口: 2 IN 通讯口数: 1 PROFINET
8	西门子 S7-1200 系列 PLC 扩展模块	1	输出端口: 2 输出类型: ± 10 V 或 0 - 20 mA
9	继电器	10	工作电压: DC24V 类型: 固态
10	按钮	6	工作电压: DC24V 安装方式: 面板 功能: 自锁回弹各 3PC
11	指示灯	6	工作电压: DC24V 安装方式: 面板 颜色: 红绿黄各 2PC
12	电位计	2	输入电压: DC24V 输出电压: 0~10V
13	气源处理	1	一体化的模块设计 接口: Rc 1/8 调压范围: 0.05~0.85MPa 压力分区: 色环 过滤精度: 5 μ m 冷凝水贮存量: 8 cm ³

序号	名称	数量	主要参数
14	减压阀	2	调压范围：0.02 ~ 0.8 Mpa 压力分区：色环 精度：满值的±1% 接口：Rc 1/8
15	电磁阀	4	功能：2位5通 单电控 接口：Rc 1/8 工作电压：DC24V 流量：1000L/Min 响应时间：10ms
16	电磁阀	4	功能：2位5通 双电控 接口：Rc 1/8 工作电压：DC24V 流量：1000L/Min 响应时间：10ms
17	电磁阀	1	功能：3位5通 中封 接口：Rc 1/8 工作电压：DC24V 流量：1000L/Min 响应时间：10ms
18	电磁阀	1	功能：3位5通 中压 接口：Rc 1/8 工作电压：DC24V 流量：1000L/Min 响应时间：10ms
19	电磁阀	1	功能：3位5通 中泄 接口：Rc 1/8 工作电压：DC24V 流量：1000L/Min 响应时间：10ms
20	比例阀	1	功能：比例压力阀 接口：Rc 1/8 工作电压：DC24V 控制电压：DC0~10V 反馈电压：DC1~5V 调压范围：0.005~0.5Mpa

序号	名称	数量	主要参数
			流量：1000L/Min 直线性：±1%F.S 灵敏度：±0.2%F.S
21	节流阀	10	耐压：1.5Mpa 接口：ø6 调节：M5*0.5
22	真空发生器	1	喷嘴口径：0.5mm 接口：ø6 真空：-48kPa
23	气缸	2	缸径：20mm 行程：150mm 接口：Rc 1/8 工作方式：双作用 端位缓冲：气
24	气缸	2	缸径：20mm 行程：150mm 接口：Rc 1/8 工作方式：单作用 端位缓冲：气 外观形式：圆
25	气缸	2	缸径：12mm 行程：40mm 工作方式：单作用 外观形式：方
26	气缸	1	缸径：15mm 行程：100mm 接口：Rc 1/8 工作方式：双作用 外观形式：带导向
27	气缸	1	缸径：15mm 角度：180° 接口：Rc 1/8 工作方式：双作用 外观形式：方形

序号	名称	数量	主要参数
28	气爪	1	缸径：10mm 角度：30° 接口：Rc 1/8 工作方式：双作用
29	气爪	1	工作压力：-0.1~0Mpa 角度：60° 接口：Rc 1/8 工作方式：真空
30	吸盘	1	直径：16mm 行程：6mm
31	传感器	22	感应方式：磁感应 感应距离：5mm 工作电压：DC24V 信号：PNP
32	压力传感器	1	测量范围：0.0~1Mpa 测量精度：±1%F.S 信号：PNP + DC 0~5V
33	压力传感器	1	测量范围：0.0~1Mpa 测量精度：±1%F.S 信号：PNP + DC 0~5V
34	压力传感器	1	测量范围：-0.1~1MPa 测量精度：±1%F.S 信号：PNP
35	变频器	1	频率范围：0.5~400Hz 模拟设定精度：最高设定频率的±0.5%以内(25℃±10℃) 数字设定精度：最高设定频率的±0.01%以内(-10~+50℃) 数字设定频率分辨率：0.1Hz 模拟设定频率分辨率：0.1Hz(50/60Hz 模式时) 变频器控制方式：高载波频率正弦波 PWM 控制 载波频率：V/F 控制设定时：可选择 7 种(0.8~10kHz 可变)；简易 矢量控制设定时：可选择 4 种(2.5~10kHz 可变) 外控操作模拟设定信号： 电位器(10 kΩ、1/4W 以上) 0-5 V DC、0-10 V DC

序号	名称	数量	主要参数
			<p>4-20 mA 0-20 mA(连接 200Ω、1/4W 以上的外部电阻)</p> <p>外控操作数字设定信号： 电位器(10 kΩ、1/4W 以上) 0-5 V DC、0-10 V DC 4-20 mA 0-20 mA(连接 200Ω、1/4W 以上的外部电阻)</p> <p>通信设定：RS485 通信</p> <p>多段速频率设定 多段速运行：最多可设定 16 段速(任意设定频率) 定时器运行：最多可设定 8 段速(任意设定频率) 脉冲输入运行：最多可设定 8 段速(任意设定频率)</p> <p>电流限制:在额定输出电流的 1~200% 下可设置限流功能</p> <p>跳闸保护： 瞬间过电流(SC1-6)、温度异常(OH)、过电流、过负载、电子热敏继电器、电压不足、过电压、冷却风扇故障、外部异常、操作异常、CPU 出错</p> <p>防止失速：防止过电流失速、防止过电压失速</p>
36	伺服控制器	2	<p>控制方式：PWM 方式 正弦波驱动</p> <p>控制信号接口：输入 8 个 (通过参数进行功能分配) 输出 3 个 (通过参数进行功能分配)</p> <p>模拟信号：输出 2 个</p> <p>脉冲信号：编码器脉冲、或外部位移传感器脉冲通过 A/B 相信号长线驱动器输出</p> <p>通信功能： RTEX 可实时的进行动作指令的传输、参数的设定、状态监视器等 USB:可连接电脑等进行参数设定以及状态监视等。</p> <p>控制模式： 半闭环控制/全闭环控制</p> <p>运动控制功能： 位置控制，速度控制，转矩控制</p>
37	伺服电机	3	<p>最高转速：6500 r/min</p> <p>额定转速：3000 r/min</p> <p>额定转矩：1.27 Nm</p> <p>额定电流：2.4A 功率：100 W~400 W</p>

序号	名称	数量	主要参数
			防护等级：IP65 编码器：23bit 绝对
38	电感传感器	15	安装尺寸：M8 测量距离：2mm 信号：PNP 工作电压：24V 工作方式：电感检测
39	电容传感器	2	安装尺寸：M8 测量距离：2mm 信号：PNP 工作电压：24V 工作方式：电容检测
40	色温传感器	1	测量距离：10mm 工作电压：24V 信号：NPN 工作模式： 色标模式时：入光时 ON/非入光时 ON(教导时自动设定) 彩色模式时：一致时 ON/不一致时 ON(教导时设定)
40	光电传感器	3	测量距离：40~300mm 重复精度：1mm 工作电压：24V 信号：NPN
41	距离传感器	1	测量距离：0~200mm 重复精度：200μm 工作电压：24V 控制输出信号：PNP 模拟输出信号： · 输出范围：0~5V · 输出阻抗：100Ω
42	信号分路器	1	合并端：数字 8 IN /8 OUT 模拟 2 IN / 1 OUT ，每路有 led 信号 指示灯 分路端：（数字 8 IN /8 OUT 模拟 2 IN / 1 OUT）*2 接口：CN57
43	传送带	1	尺寸：60mm*500mm

序号	名称	数量	主要参数
44	齿形带	1	尺寸：60mm*500mm
45	丝杆模块	1	尺寸：60mm*500mm 螺距：10mm

2 人工智能深度学习创新实验平台

2.1 机械模块

- (1) 高强度铝合金机体
- (2) 单向流水线，皮带宽度 37mm，周长 1355mm
- (3) 驱动部件：调速电机
- (4) 重量≤30Kg
- (5) 外形尺寸：660×310×710mm（设备箱体）

2.2 电气模块

- (1) 使用电压：200~230V 50/60Hz
- (2) 传感器：光电传感器
- (3) 控制方式：调速器
- (4) 气泵：外形尺寸 190*130*170mm、气压 0.2-0.3MPa 、电压 220V、流量 20-23L/min、
出气接口：1/8 螺纹
- (5) 气缸：伸缩气缸
- (6) 设备总功率≤400W

2.3 视觉模块

- (1) 分辨率：1280*960
- (2) 帧率：40fps
- (3) 芯片：1/3 ” CCD
- (4) 像元尺寸：3.75um*3.75um
- (5) 数据位数：8/12
- (6) 颜色：彩色
- (7) 镜头：焦距 12mm，光圈 F=1:2.0~C
- (8) 同轴光源：发光面 90*90mm，白色 LED
- (9) 模拟光源控制器：AC220V 输入、DC24V 输出，2 通道、支持常亮和外触发模式、亮度均匀可调
- (10) 搭载深度学习 AI 智能视觉软件

2.4 深度学习 AI 智能视觉软件

包含的工具模块至少有：

- (1) 图像预处理工具主要包括：转换为灰度图、颜色空间转换、图像反色、任意角度旋转

直方图均衡化、直方图正则化、直方图灰度变换、自适应直方图均衡、二值化增强（逐点阈值）、二值化增强（双阈值）、投影图像增强、均值滤波、中值滤波、Sobel 滤波、最大极值滤波、最小极值滤波、线增强滤波等。

(2) 定位工具主要包括：灰度定位、特征定位、模板混合定位、多模板定位、矩形定位、斑块定位、边定位、边定位（任意方向）、圆定位、相交线定位等工具、深度目标定位（XU）。

(3) 几何工具主要包括：圆、两线交点、点到线垂足、两线平分线（锐角）、多点拟合直线段、过点关于直线的平行线、点圆极值点、线圆极值点、圆线交点、圆圆交点、点到圆切点、点到椭圆最近点等。

(4) 有无工具主要包括：灰度检出（可用作定位）、特征检出（可用作定位）、斑块检出、边缘点检出、边检出、边检出（离散）、圆检出、圆弧检出、圆度检查、有序色块检出（仅彩色图）、自适应缺陷、线状缺陷、边缘缺陷、角点缺陷、统计缺陷、模板检查（字符行）、彩色模板检查（仅彩色图）、旋转周期模板检查、深度学习缺陷过滤（XU）、深度学习缺陷检出（XU）等。

(5) 计数工具主要包括：灰度搜索计数、特征搜索计数、斑块计数、圆计数、椭圆计数、矩形计数、区块自定义、位置自定义、多宽度测量（水平方向）、多宽度测量（垂直方向）等。

(6) 计测工具主要包括：距离（任意的点线圆之间）、圆直径、斑块面积或比率、亮度、对比度、斑线距离极值（宽高测量）、背景差异面积、颜色面积（仅彩色图）、边缘高度、截宽度测量等。

(7) 识别工具主要包括：字符识别检查、条码识别检查、QR 码识别检查、DataMatrix 码识别检查、深度目标定位字符识别（XU）、深度目标定位多组字符识别（XU）、深度像素分割字符识别（XU）。

(8) 掩模工具主要包括：前序图掩模、用户图形掩模（直接使用拖动区域）、模板掩膜、斑块掩模、颜色掩模（仅彩色图）、圆掩模、环形掩模、多边形掩模、掩膜后处理。

(9) 其他工具主要包括：功能包、数值运算、公式运算、字符串比较、字符串处理、字符串生成、数值统计、状态统合及流程触发、跟随显示、位置偏移、模板分类、模板学习、深度学习模型分类（XU）等。

2.5 可开设实验

(1) 智能视觉基础实验

实验 1 图像的采集与获取

实验 2 预处理-图像灰度化

实验 3 预处理-SOBEL 滤波

实验 4 标定

实验 5 掩膜

实验 6 定位

实验 7 测量

实验 8 字符识别

实验 9 特征检出

实验 10 特征搜索计数

实验 11 数值运算

实验 12 通讯

(2) 智能视觉综合实验

实验 1 智能视觉颜色识别

实验 2 智能视觉特征分选

实验 3 深度学习训练模型

实验 4 深度学习缺陷分选

(3) 智能视觉行业应用实验

智能视觉技术在医药行业的应用

2.6 视觉控制器

(1) 工业级母版、高性能双核心中央处理器

(2) 8G RAM 高速缓存

(3) 1024G ROM 静态存储空间

(4) 机器视觉专用 Intel 千兆网接口

(5) 工业级全铝机箱

(6) 功耗低于 150W，节能环保

(7) VGA 或 HDMI 显示接口输出

(8) 大尺寸可视化显示界面，过程及结果输出窗口

(9) 无线数据输入设备

2.7 配套资源

(1) 配套已正式出版的专业视觉教材《智能视觉技术及应用》，提供教材中综合应用案例的软件开发工程文件及对应的 openCV 案例源码。

(2) 设备使用手册

(3) 实验指导手册

(4) 软件使用手册

(5) 工具套装

3 FPGA 数模混合口袋实验平台

- (1) 板载 FPGA 芯片: Xilinx Artix-7 XC7A35T
- (2) 时钟: 100MHz
- (3) 配置方式: USB-JTAG/SPI Flash
- (4) 存储器
 - 1) SRAM: 2Mbit
 - 2) SPI Flash: N25Q032A
- (5) 通用 I/O
 - 1) Switch: x8
 - 2) LED: x16
 - 3) Button: x5
 - 4) DIP: x8
 - 5) 通用扩展 IO: 32pin
- (6) 音视频/显示
 - 1) 七段数码管: x8
 - 2) VGA 视频输出接口
 - 3) Audio 音频接口
- (7) 通信接口
 - 1) UART: USB 转 UART
 - 2) Bluetooth: 蓝牙模块
- (8) 模拟接口
 - 1) DAC: 8-bit 分辨率
 - 2) XADC: 2 路 12bit 1Msps ADC
- (9) 配置以下模块
 - 1) Grove 微型振动器
 - 2) 矽递 WaterSensor 水位传感器
 - 3) 矽递 Grove Dust Sensor
 - 4) Grove 人体红外运动传感器
 - 5) 矽递 Grove 触摸传感器
 - 6) Grove(MQ2)可燃气体传感器
 - 7) Grove 伺服舵机
 - 8) 矽递 Grove 6 轴加速度传感器

4 虚拟调试实训系统

4.1 智能视觉典型工艺产线

包含自动点胶机、自动焊接机和自动组装机等组成的线体。

4.1.1 电源

AC220V \pm 10%/50Hz/20KW

4.1.2 环境要求

大气：无易燃易爆和腐蚀气体

温度：25℃ \pm 10℃

湿度：40~75%RH

4.1.3 气源

自带，0.5~0.7MPa，干燥气源

4.1.4 四轴机械手

(1) 品牌：爱普生

(2) 型号：LS3-B401S

(3) 臂长：第 1-2 轴臂 400 mm

(4) 重复定位精度：第 1-2 关节 \pm 0.01 mm、第 3 关节 \pm 0.01 mm、第 4 关节 \pm 0.01°

(5) 最大运动范围：第 1 关节 \pm 132°、第 2 关节 \pm 141°、第 3 关节 150 mm、第 4 关节 \pm 360°

(6) 负载：额定值 1 kg、最大值 3 kg

(7) 标准循环时间：0.36 秒

(8) 第 4 关节容许惯性力矩：额定值 0.005 kg·m²、最大值 0.05 kg·m²

(9) 第 3 关节顶压力：100 N

4.1.5 焊接激光

(1) 品牌：首镭

(2) 平均输出功率：20W

(3) Max 线速度：12000mm/s

(4) 打标范围：110mmx110mm

(5) 激光重复频率：20KHz-80KH（可调）

(6) Min 字符：0.2mmx0.2mm

- (7) 重复精度：不小于 0.01mm
- (8) Min 线宽：0.017mm
- (9) 功率调节范围：1%-100%
- (10) 整机功率≤500W

4.1.6 螺杆阀

- (1) 品牌：常州高凯
- (2) 型号：Psv-flow1050
- (3) 大电机转速：300rpm
- (4) 进料螺杆材料：钨钢
- (5) 泵体材料：铝合金/不锈钢
- (6) 出料部分：标准针头/定制针头
- (7) 大气体压力：2 bar
- (8) 大胶量：160mg/s
- (9) 小点径：0.2mm
- (10) 适用流体材质：PUR 热熔胶、红胶、焊锡膏、硅脂、UV 胶、磁液、环氧树脂等

4.1.7 视觉软件

- (1) 数量：3 套
- (2) 提供易于应用的交互式开发环境，简单拖放即可完成取像配置、视觉工具集成、离散输入输出分配；
- (3) 视觉工具丰富，通过视觉工具终端拖动，能够方便完成各工具直接结果传递；
- (4) 生成应用程序，不需要任何代码即可完成视觉项目；
- (5) 支持 VB.NET、C#、C++等调用控件
- (6) 灵活的软件开发环境：完整的可编程功能、快速建模功能、易用的模块化设计

4.1.8 工业相机

- (1) 品牌：OPT
- (2) 型号：OPT-CC600-GL-04
- (3) 分辨率：3072*2048
- (4) 像元尺寸(μm)：2.4
- (5) 芯片类型：CMOS 行曝光
- (6) 曝光方式：Rolling
- (7) 帧率 FPS：18
- (8) 芯片尺寸：1/1.8"
- (9) 传感器型号：IMX178

- (10) 数据接口: GigE
- (11) 快门: 25 μ S~1S
- (12) 图像输出格式: Mono8, BayerRG8/10/10Packed, BayerGB8/10/10Packed, YUV422Packed
- (13) 增益(dB): X1~X32
- (14) 动态范围(dB): 66dB
- (15) 电源: PoE 供电/通过 Hirose 接口直流供电, 电压范围 9V~24V
- (16) 重量 (kg): 0.09
- (17) 功率 (W): 12V \approx 3.4W
- (18) 温度 (°C): 存储温度: -10°C~+50°C; 工作温度: -10°C~+50°C
- (19) GPIO: 6 芯 Hirose 接口 (1 路光耦隔离输入, 1 路光耦隔离输出)
- (20) 外壳尺寸(mm) (不含镜头后座和后壳接口): 29 \times 29 \times 42
- (21) 相机通用协议: 符合 GigE Vision V2.0 协议和 GenICam 标准
- (22) 黑白/彩色: 彩色

4.1.9 光源

- (1) 品牌: OPT
- (2) 型号: OPT-RI9045-W
- (3) 数量: 3 台
- (4) 发光颜色: 白色
- (5) 发光角度: 45°
- (6) 消耗功率: 24V/6.3W
- (7) 外壳尺寸 (直径): 90mm

4.1.10 光源控制器

- (1) 数量: 3 台
- (2) 品牌: OPT
- (3) 型号: OPT-DPM0524E-4
- (4) 电压: 24V
- (5) 电流: 0.5A
- (6) 发光方式: 常亮/频闪
- (7) 自动检测光源额定电流: 连接 10mA~0.5A 24V 光源
- (8) 手动设置最大输出电流: 10mA~0.5A 可设
- (9) 连接器: 2pin
- (10) 亮度可调级别: 256 级亮度可调
- (11) 保护: 短路保护 过流保护
- (12) 触发: 电平触发

- (13) 常用触发模式：亮度 256 级可设
- (14) 常用触发脉宽：1~999ms
- (15) 高亮触发模式：单通道以 1A 输出
- (16) 高亮触发脉宽：0.01~5.00ms
- (17) 触发响应时间： $\leq 80 \mu s$
- (18) 触发响应频率： $\leq 4KHz$
- (19) 通道数：4/8/12/16
- (20) 输出功率：12W/CH
- (21) 通信方式：RS232/以太网
- (22) 待机功耗： $< 3W$
- (23) 外型尺寸(L*W*H)：59*69*110mm
- (24) 工作环境温度： $-5^{\circ}C \sim 50^{\circ}C$
- (25) 重量 (kg)：0.28kg

4.1.11 镜头

- (1) 数量：3 台
- (2) 品牌：OPT
- (3) 型号：OPT-C1618-5M
- (4) 焦距 mm：16
- (5) 后焦距 mm：13.58
- (6) 工作距离 mm：150~ ∞
- (7) 光圈 F/#：F1.8~F16
- (8) 搭配芯片：1/3" | 1/2.5" | 1/1.8" | 2/3"
- (9) 畸变(%): $< 0.2\%$
- (10) 最大视场(H*V)： $18.0^{\circ} \times 13.5^{\circ}$ | $21.2^{\circ} \times 16.1^{\circ}$ | $26.7^{\circ} \times 20.3^{\circ}$ | $31.4^{\circ} \times 26.3^{\circ}$

4.1.12 机架材质

SPCC、方钢、亚克力

4.1.13 机架配件

安装门锁、GD 福马脚轮、拉手、磁吸

4.1.14 设备表面处理

烤漆、丝印

4.1.15 加工件材质、表面处理方式

铝合金本色阳极，45 钢镀铬

4.1.16 XY 模组重复定位精度

±0.01mm

4.1.17 R 模组重复定位精度

±0.1°

4.1.18 输送线最大输送速度

>400mm/s

4.1.19 重复点胶精度

±0.02-0.05mm

4.1.20 重复打标精度

±0.02-0.04mm

4.1.21 六轴机械手

(1) 动作形态：垂直多关节型

(2) 自由度：6

(3) 可搬质量：8 kg

(4) 重复定位精度：±0.02 mm

(5) 动作范围：

S轴 -170° ~ +170°，L轴 -65° ~ +145° U轴 -70° ~ +190°，R轴 -190° ~ +190°，
B轴 -135° ~ +135°，T轴 -360° ~ +360°

(6) 容许力矩：R轴 17N·m(1.73kgf·m)；B轴 17N·m(1.73kgf·m)；T轴 10N·m(1.02kgf·m)

(7) 容许惯性力矩：R轴 0.5kg·m²；B轴 0.5kg·m²；T轴 0.2kg·m²

(8) 噪音：≤75 dB

(9) 设置方式：置地式、壁挂式、倾斜式、倒挂式

4.1.22 可开展实训项目

(1) 视觉引导点胶

视觉点胶将机器视觉+运动控制+点胶系统相结合，将产品于治具上进行上料；工业相机按照要求检测当前区域的产品，通过视觉处理软件进行确认不同产品的点胶坐标的位置和角度等信息；所述视觉处理软件传输点胶信息至点胶设备；点胶设备，根据所接收的信息及内容对应产品进行逐一点胶。

(2) 视觉引导焊接

将产品于治具上进行上料；所述打标相机检测当前区域的产品，通过视觉处理软件进行当前

区域内产品的位置确认，并进行转换不同产品的相对打标坐标的位置和角度等打标信息；所述视觉处理软件传输打标位置信息至打标设备；打标设备根据所接收的信息及内容对应产品进行逐一打标。

(3) 视觉引导组装

机器视觉系统识别产品的位置和方向，将产品与指定的模板进行比较，确保组件处于正确的角度和位置。然后使用该指导向机器人或机器控制器控制组件确认位置和方向，以便机器人可以定位组件，实现精确定位。

(4) 视觉识别二维码追踪

每个工站使用二维码进行产品追踪和生产过程控制。载具上的二维码提供关键的追踪信息，相机识别二维码，对于识别信息需要具备整合、保存、上传、查询等功能，便于对生产过程的状态追溯。

(5) 视觉成品尺寸检测

基于工业视觉检测技术原理的工业表面尺寸检测系统能够在线、高速扫描每个产品，形成高分辨率的片材图像，进行实时的图像处理，精确捕捉各种组装尺寸，并实现报警、质量分析和分拣等处理。

4.1.23 PLC

(1) 品牌：西门子

(2) 参数：紧凑型 CPU, DC/DC/继电器，机载 I/O：14 个 24V DC 数字输入；10 DO 继电器 2A；程序/数据存储器 100 KB；装载存储器 4Mbyte；CPU 处理时间：对于位运算，典型值 0.08 μ s；对于字运算，典型值 1.7 μ s；对于浮点运算，典型值 2.3 μ s；通讯接口，集成以太网接口，支持 PROFINET

4.1.24 伺服电机

(1) 品牌：西门子

(2) 型号：1FL6024-2AF21-1

(3) 参数：低惯量，Pn0.1 kW, Nn 3000rpm, Mn0.32Nm, 2500 线增量编码器，带键槽，不带抱闸，低惯量，具有一键优化调试功能

4.1.25 触摸屏

(1) 品牌：西门子

(2) 参数：按键+触摸操作，7 寸 6.5 万色显示，集成 Profinet 接口、组态，协议（以太网），TCP/IP, DHCP, SNMP, DCP, LLDP；分辨率 800*480，背光灯可调节

4.2 MES 系统

设备数据实时反馈，生产计划信息显示，设备运行数据显示，设备异常数据显示与分析，生

产数据分析，运行数据分析。

4.3 数字孪生生产线

实现数字模型与真实设备一比一联动，能够通过数据模型分析设备真实运行状态，通过模拟生产和模拟数据与模拟动作工艺进行全方面了解智能制造装配生产工艺。

4.4 虚拟仿真操作台

- (1) 处理器：i7-11700 处理器（8 核/16MB/16T/高达 4.9GHz/65W）
- (2) 内存：16GB DDR4 3600MHz
- (3) 硬盘：M.2 512GB PCIe NVMe Class35
- (4) 显示器：21.5 寸宽屏显示器
- (5) 显卡：NVIDIA Quadro P1000 4G 专业图形显卡
- (6) 网卡：集成网卡
- (7) 声卡：集成高保真音频解码
- (8) 鼠标、键盘：USB 光电鼠标、键盘
- (9) 操作系统：正版 Windows 10 简体中文
- (10) 具有还原卡

4.5 数字孪生仿真软件

- (1) 能够以虚拟方式设计和评估装配工艺方案，同步产品和制造需求，提供对装配顺序、资源和活动持续时间的清晰可见性
- (2) 提供全面和成熟的质量分析功能，可以数字化分析质量公差问题的源因素，涵盖设计和制造环节，有效支持公差质量管理
- (3) 能够评估人体在产品制造过程中的行为表现，分析数字人体在进行装配作业时的可操作性和装配操作的可达性，进行动作时间分析
- (4) 能够满足单个机器人、工作台及完整的生产线和生产区域等多个级别的机器人仿真和工作站开发需求
- (5) 能够根据产品工艺规划和产量交付要求，对工厂制造生产能力进行规划、评估和优化
- (6) 提供实验管理、特征值计算、遗传算法等启发式数值优化求解器，对大规模系统输入参数进行仿真优化，快速获得最优的系统参数配置
- (7) 工艺管理、制造执行及仿真管理要基于三维结构化工艺管理平台，实现工艺规划与工艺过程验证及虚拟调试软件的集成。详细阐述集成原理及方案，如需二次开发请阐述技术实现方式，及开发工作周期；
- (8) 支持 KUKA、ABB、COMAU、FANUC、YASKAWA、KAWASAKI 机器人的离线编程，能够对多种机器人、自动化设备进行精确设计、仿真、优化、分析，快速编制高准确度工业机器人 3D 运动轨迹和执行程序。列明所支持的机器人品牌；

(9)提供工艺仿真虚拟调试功能,与机械工程学院的教学硬件妥善联通,包括 PLC、Sinumerik 数控系统等,能够进行自动化设备、机器人和 PLC 控制器等的虚拟调试;

(10)支持自动焊点分布到机器人、自动焊枪定向、焊点工位平衡、焊点分布手动调整等工艺规划,还可进行干涉、可达性、翻转等工艺分析,并通过自动路径规划功能进行优化;

(11)内置丰富的智能工厂对象库,包含建筑、工业、物料搬运、各类工业用传输带以及车辆等,对象支持参数化设置。逐一列明所支持的建筑、工业、物料搬运、工业用传输带、车辆等智能工厂对象库图谱;

(12)提供全面和成熟的工厂设计和物流仿真功能,包含成熟的物流设备库、控制策略和生产流程,可以灵活配置和编程控制,具有对多种布局和产能方案进行智能优化的能力;

(13)通过虚拟仿真软件进行虚拟设备调试与验证。

1)包含机械手程序编程验证仿真,工业视觉相机模型位置仿真,并触发拍照后呈现拍照结果。

2)包含 PLC 程序编程验证仿真

3)包含人因工程仿真

(14)提供教学资源模块,便于学生按照实习模块进行虚拟编程,虚拟调试等教学环节。

(15)需为市场最新版本且同版本终身免费升级

4.6 运动控制仿真软件

SimulationV11.0 软件,(包括 SIMIT S&CTE、FLOWNET、CONTEC 库)-2500 个仿真标签, SIMATIC 许可 USB 加密狗, SIMATIC 许可证载体 U 盘。

SIMIT 仿真平台提供了一个综合性的行为模型库,可以在虚拟环境中还原最真实的传感器和执行器行为。

SIMIT 的行为库已包含驱动器和阀门等标准组件。这个库随着 SIMIT 每次更新发布不断扩展,并集成新开发的仿真块。这个库包含了 SIMIT 的标准 DRIVES 行为库的扩展。仿真块可仿真相关 PROFINET 报文的行为。

仿真块可用于:

(1)根据详细的 PROFINET 报文模型仿真驱动行为;

(2)提高精度,从而增加仿真模型的优势;

(3)可虚拟调试机器、生产线或工厂;

(4)培训真实机器、生产线或工厂的员工。

4.7 运动控制实训工作站

7.1 电气控制模块

提供电源模块、电源指示模块、PLC 接口模块、机器人 I/O 模块、组合模块、继电器模块等电气模块,所提供模块的 I/O 接口均引到电器面板上,方便学生动手搭建电气控制回路,插接式

接口安全可靠，且有利于电气回路分析。

7.2 PLC 单元

(1) 用户存储器：64KB 工作存储器/2MB 装载存储器/40K 字保持性存储器

(2) 板载数字 I/O：32 点集成 24 V 直流数字量输入，32 点集成数字量输出；板载模拟 IO：提供 4 路模拟量输入模块，4 路模拟量输出模块

(3) 过程映像大小：1024 字节输入/1024 字节输出；信号模块扩展：最多 8 个信号模块；

(4) 信号板扩展：支持总线式远程扩展，CAN 总线最多可支持 30 路，每路 8 个信号模块扩展；

(5) 通信模块扩展：主模块即可支持串口 RS422、RS485 通讯，以太网通讯，CAN 总线通讯

(6) 高速计数器：共 8 个，可实现单相单计数，单相双计数，AB 相计数以及高速中断，脉冲输出：5 个

(7) 品牌：西门子 S7-1200 系列

7.3 HMI 单元

(1) 屏幕尺寸：7 英寸

(2) 分辨率：800×480 像素

(3) 色彩：16M

(4) 防护等级：IP65

7.4 伺服系统

(1) 伺服驱动器：XYZR 四轴，电源单相 220V，Profinet 总线，9 路 DI 和 3 路 DO。

(2) 伺服电机：低惯量 100W 和中惯量 400W，额定转速 3000rpm，23bit 多圈绝对值编码器。

7.5 实训台架

采用优质冷轧钢焊接制作而成，表面烤漆处理；面板为 20mm 厚钢板，外形尺寸：1800*1300*1900mm，透明或棕色亚克力防护门；底部安装 4×60F 工业福马轮，便于移动与固定；实训台架侧面已下嵌设备运行状态指示灯。

7.6 实训模块

触摸屏界面设计练习，设备调试练习（对点及参数调整等），运动控制-手动练习（JOG、回原点、急停、手动定位等），运动控制-单轴自动跑位练习，运动控制-双轴自动跑位练习，综合练习-模拟完整的工业组装流程（包括取料、组装、放料以及报警信息等）。