

2023-2024 年度机械行业职业教育技能大赛
“华中数控杯”工业机器人装调与应用技术
赛项
高校组

样
题

(虚拟仿真)

选手须知：

1. 本任务书如出现任务书缺页、字迹不清等问题，请及时向裁判申请更换任务书。
2. 请仔细阅读任务书，检查考核平台，如有模块缺少、设备问题、网络问题，请及时向考评人员提出。
3. 竞赛现场不得携带任何电子存储设备。
4. 请在 **120 分钟** 内完成任务书规定内容。
5. 参考资料以 pdf 格式存放在“D:\工业机器人数字孪生虚拟调试软件\参考资料”文件夹下。
6. 竞赛过程中，请及时保存工业机器人工作站场景文件。具体保存位置为“D:\工业机器人数字孪生虚拟调试软件**号工位”指定文件夹中。
7. 竞赛完成的工业机器人工作站场景文件和录制视频文件均需要选手放置在“D:\工业机器人数字孪生虚拟调试软件**号工位”指定文件夹中，放置其它位置将无法参与评分。
8. 竞赛时间结束后进行统一评判。
9. 当选手完成情况一至时，完成提交时间将作为评定依据，用时短者排名靠前。
10. 请服从裁判的管理与安排。
11. 仿真运行时长参与评分内容。
12. 比赛全程需要保持网络通畅。

系统描述：

现有一个工业机器人装配工作站、工作站中有工业机器人、快换夹具模块、立体仓库模块、井式供料模块、皮带传送模块、变位机模块、旋转供料模块和 4 种装配工件。工业机器人的关节坐标原点从附加轴到轴六依次为{0、0、-90、180、0、90、0}。

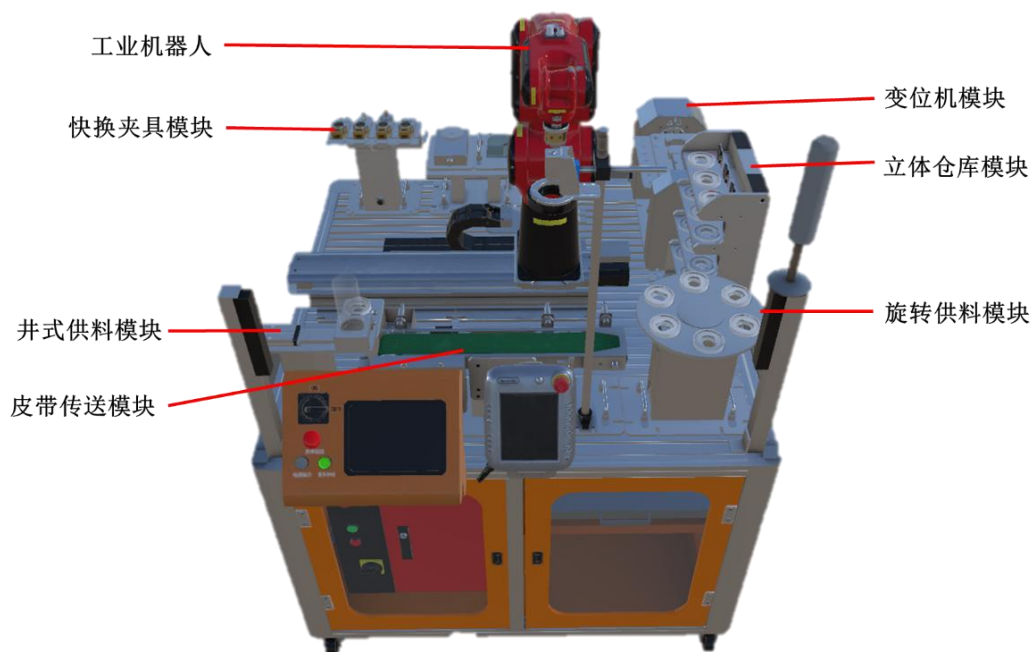


图 1-1 工业机器人装配工作站

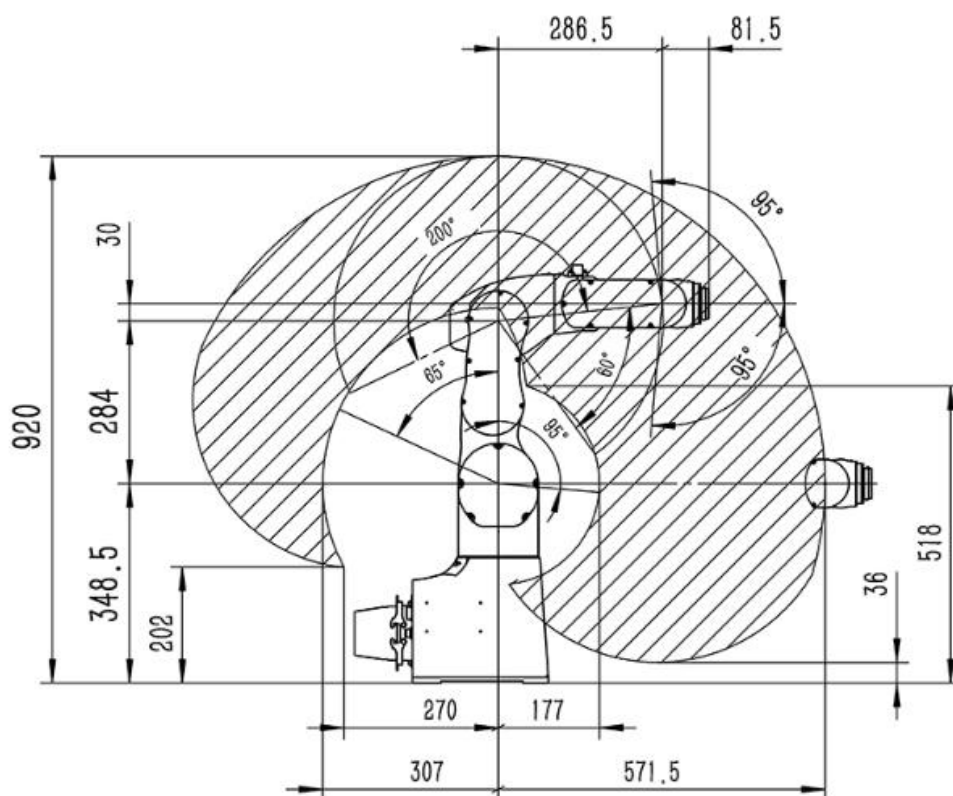
模块介绍：

1. **实训台。**实训台是用于固定机器人及其外部设备设施的操作平台，工业机器人、快换夹具模块、立体仓库模块、井式供料模块、皮带传送模块、变位机模块、旋转供料模块都需要放置在该平台上。



图 1-2 实训台

2. 工业机器人。 HSR-JR603 型工业机器人臂展 571.5mm，负载能力为 3KG，末端最大运行速度为 3m/s。机器人安装在行走轴上可拓宽机器人的运动空间，在一些狭小位置可以为机器人提供更加灵活的操作。机器人工作范围：附加轴具有 600MM 行程、轴 1 $\{-180^{\circ} \sim 180^{\circ}\}$ 、轴 2 $\{-155^{\circ} \sim 5^{\circ}\}$ 、轴 3 $\{-20^{\circ} \sim 240^{\circ}\}$ 、轴 4 $\{-180^{\circ} \sim 180^{\circ}\}$ 、轴 5 $\{-95^{\circ} \sim 95^{\circ}\}$ 、轴 6 $\{-360^{\circ} \sim 360^{\circ}\}$ 。



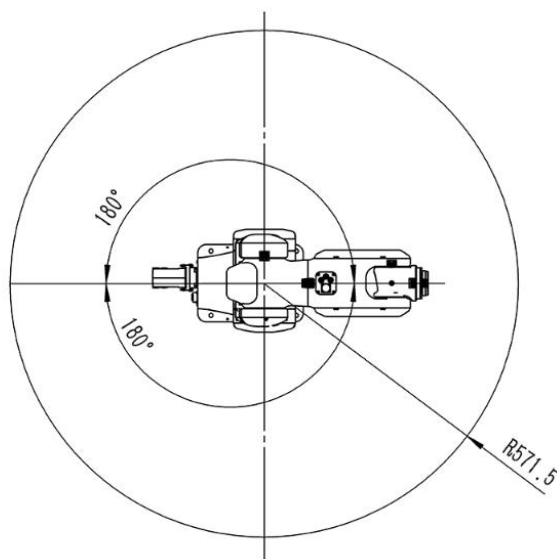


图 1-3 工业机器人参数

3. 装配工件。装配工件一共有 4 种，分别为关节底座工件、电机工件、减速器工件、输出法兰工件。其中关节底座放置在立体仓库模块、电机工件放置在立体仓库模块或旋转供料模块、减速器工件放置在井式料仓模块、输出法兰工件放置在旋转供料模块或井式供料模块。

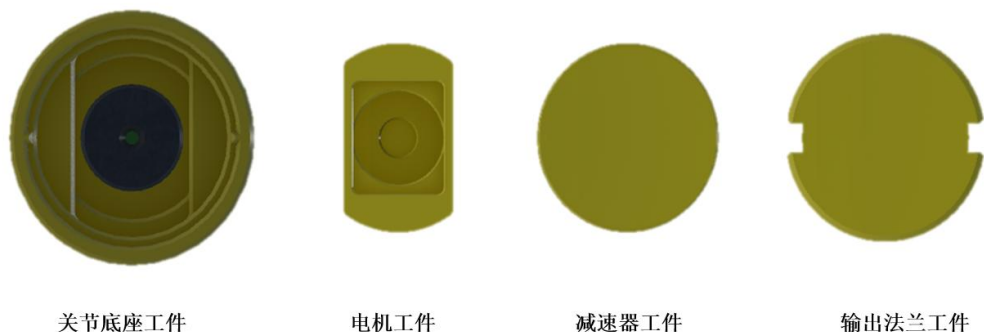


图 1-4 装配工件

4. 快换夹具模块。工作站中需要使用的快换夹具有 3 种，分别为弧口夹具、吸盘工具、直口夹具。其中弧口夹具用于取放关节底座工件、直口夹具用于取放电机工件、吸盘工具用于取放减速器工件和输出法兰工件。

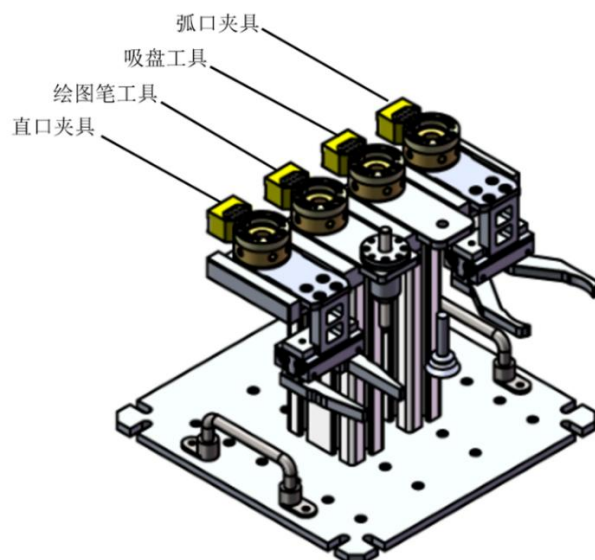


图 1-5 快换夹具模块

5. 立体仓库模块。仓储模块含 4 层*3 个存储位，每个存储位均搭载 1 个工件检测传感器，检测距离最大 15mm，每个存储位均可用于放置关节底座工件、电机工件。

注：成品工件必须放置在立体仓库模块。当电机工件放置在立体仓库模块时、半成品工件放置在旋转供料模块时，需要将料仓物料底座在当前位置的基础上沿 RY 方向再旋转 90 度。

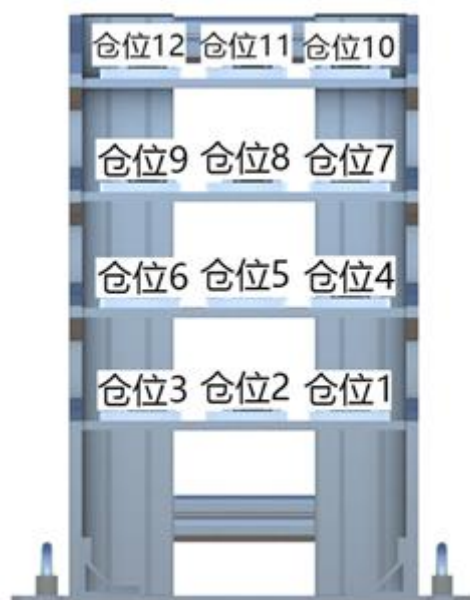


图 1-6 立体仓库模块

6. 井式料仓模块。井式供料模块由圆柱形料筒和伸缩气缸组成，圆柱型料筒内径为 50mm，可同时装入减速器工件和输出法兰工件两种圆形物料，气缸配置磁性开关可检测动作是否执行。



图 1-7 井式料仓模块

7. 皮带传送模块。皮带传送模块用于传送减速器工件和输出法兰工件，主要由皮带线输送机、工件上料检测传感器、工件到位检测传感器组成。

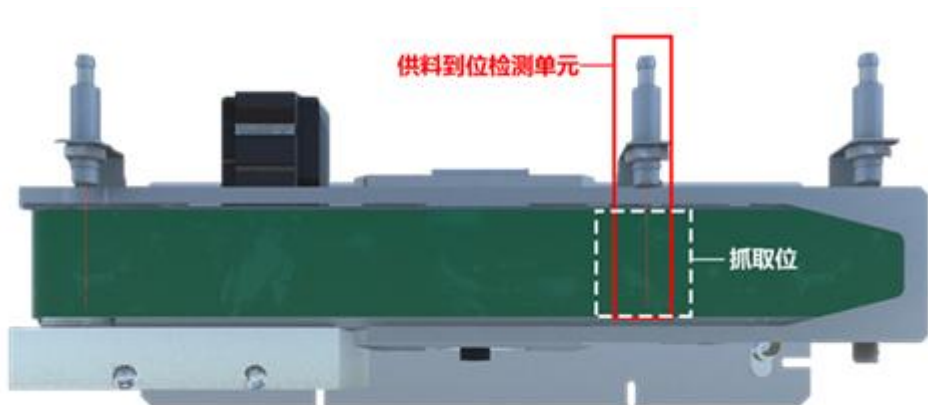


图 1-8 皮带传送模块

8. 变位机模块。变位机模块用于工件的装配，该模块采用机器人外部轴控制，可通过示教器对其进行编程和操作。运动范围通过机械限位设置为 $\pm 90^\circ$ 。变位机模块主要由伸缩气缸和工件定位夹紧块组成。

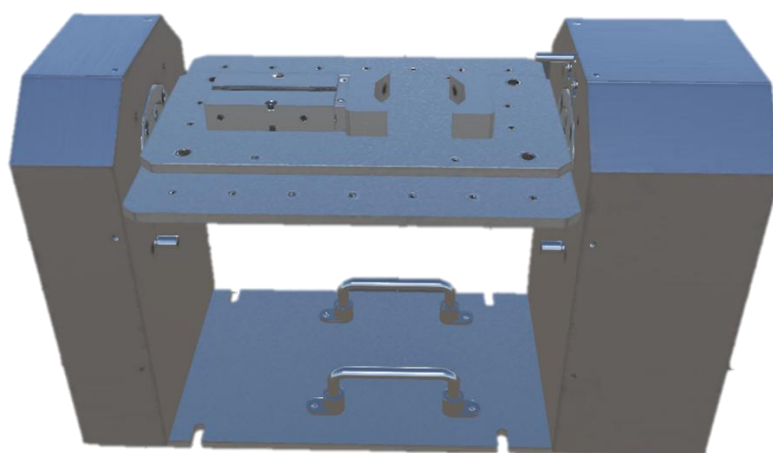


图 1-9 变位机模块

9. 旋转供料模块。旋转供料模块可用于关节底座工件、电机工件、输出法兰工件、半成品工件的存放。该模块具有 6 个工件放置位，沿圆盘圆周方向阵列。

注：当半成品工件放置在旋转供料模块时，需要将旋转供料模块上的物料底座在当前位置的基础上沿 RY 方向再旋转 90 度。



图 1-10 旋转供料模块

任务描述：

现需要在虚拟仿真软件中完成工业机器人装配虚拟仿真工作站的搭建、并通过场景中

信号和模块动作的关联，编写工业机器人程序，使工业机器人能够在虚拟工作站中完成半成品工件的装配。

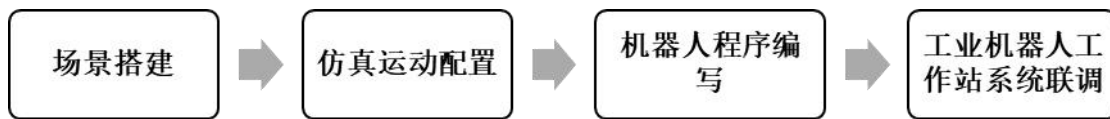


图 1-11 系统思维导图

注：半成品工件由关节底座和减速器工件组成，其中减速器工件放置在关节底座中如图 1-12 所示，在进行装配时需要首先将减速器工件取出放置在物料简体中，然后再进行电机工件、减速器工件、输出法兰工件的装配。



图 1-12 半成品工件详情

任务一 工业机器人应用系统仿真布局搭建

根据任务要求，打开工业机器人数字孪生虚拟调试软件，新建机器人工作站场景，从模型库中导入功能模型，对功能模块位置进行调整，且各模块布局在实训台上且无穿模，机器人工作范围可达，保证后续仿真流程可以正常执行，模型布局不能和图 1-1 的布局方式一致。



（一）工业机器人装配工作站布局

任务描述：根据半成品装配要求，完成工业机器人装配工作站的模型加载和布局搭建。

（1）各模块合理布局在实训台上，各功能模块之间没有重叠交叉，且与实训台之间没有穿模现象；

(2) 仅能使用一个实训台完成装配任务，实训台上每个功能模块仅能出现一次。

(二) 工业机器人可达工作空间

任务描述：搭建的快换夹具模块、立体仓库模块、皮带传送模块、变位机模块、旋转供料模块、皮带运输模块、井式料仓模块均在工业机器人的工作范围内，保证后续仿真流程可以正常执行。

具体要求：

(1) 工业机器人使用弧口夹具能够到达立体料仓模块仓位 7 的物料底座中心，仓位号根据模块功能描述；

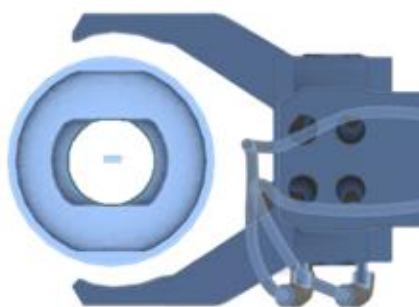


图 1-13 物料底座中心

(2) 工业机器人使用弧口夹具能够到达旋转料仓模块仓位的物料底座中心，靠近工业机器人一边的仓位即可；

(3) 工业机器人使用弧口夹具能够到达变位机模块气缸与挡块中间位置；

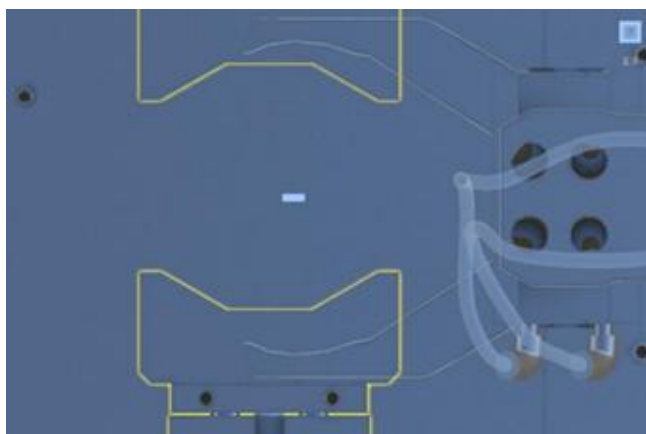


图 1-14 气缸与挡块中间位置

(4) 工业机器人使用快换夹头能够到达快换台模块，并与弧口夹具对接；

(5) 工业机器人使用吸盘夹具伸入到井式料仓的料筒中。

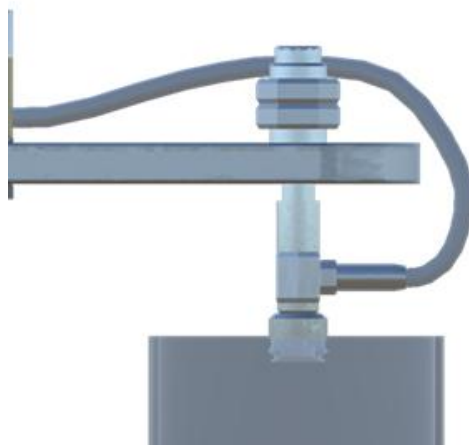


图 1-15 吸盘夹具伸入到井式料仓的料筒中

(三) 添加装配工件

任务描述：为工业机器人工作站添加装配工件，根据模块功能描述存放对应工件。

具体要求：

- (1) 立体仓库存在 2 个半成品工件，仓位号不限；

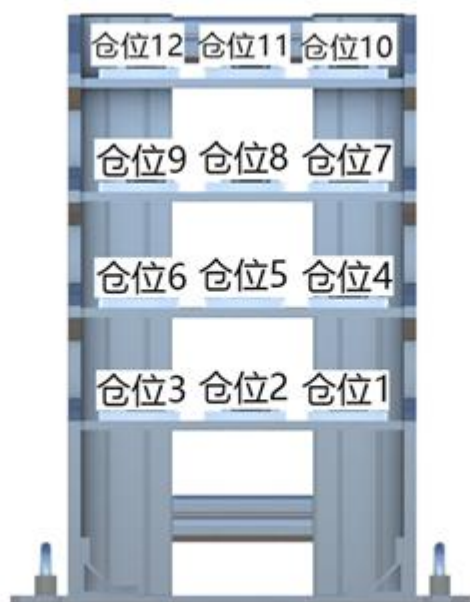


图 1-16 立体仓库仓位编号

- (2) 旋转料仓存在 3 个电机工件，仓位号不限；



图 1-17 旋转料仓仓位编号

(3) 井式料仓中存在 1 个法兰盘工件。

完成任务一后，举手示意裁判进行评判！

任务二 工业机器人装配应用运动仿真设计

任务描述：在虚拟调试软件中完成机器人快换夹具、单控气缸、圆形回转机构、输送带、传感器的运动对象仿真设计。开启仿真实现功能模块的仿真动作。

(1) 通过控制使能信号，实现弧口夹具、直口夹具的张开和夹紧；

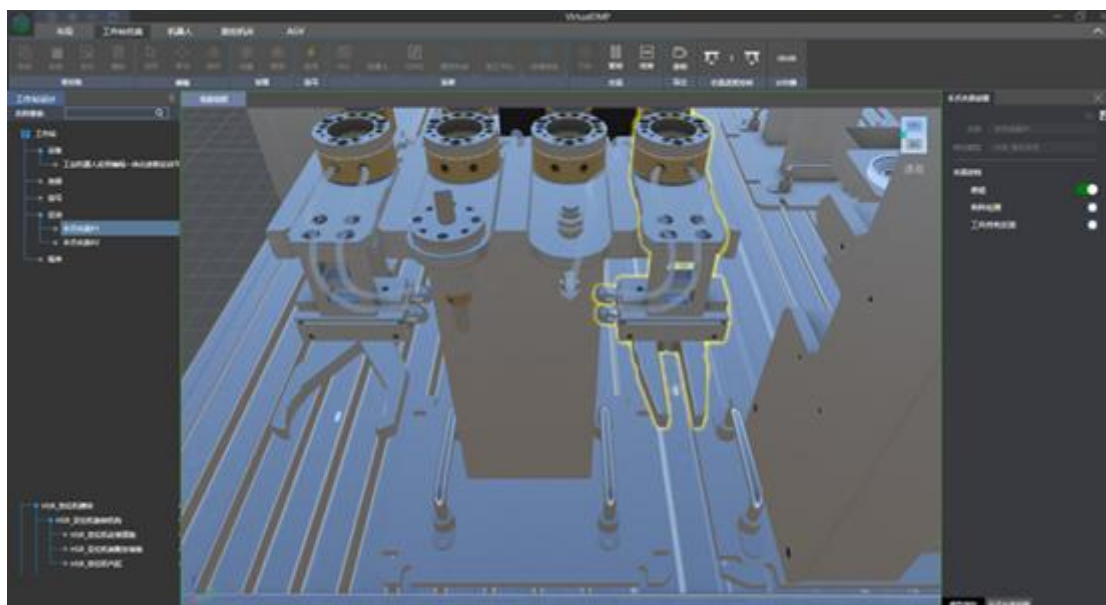


图 1-18 夹具控制

(2) 通过控制使能信号，实现变位机气缸夹紧关节底座工件；

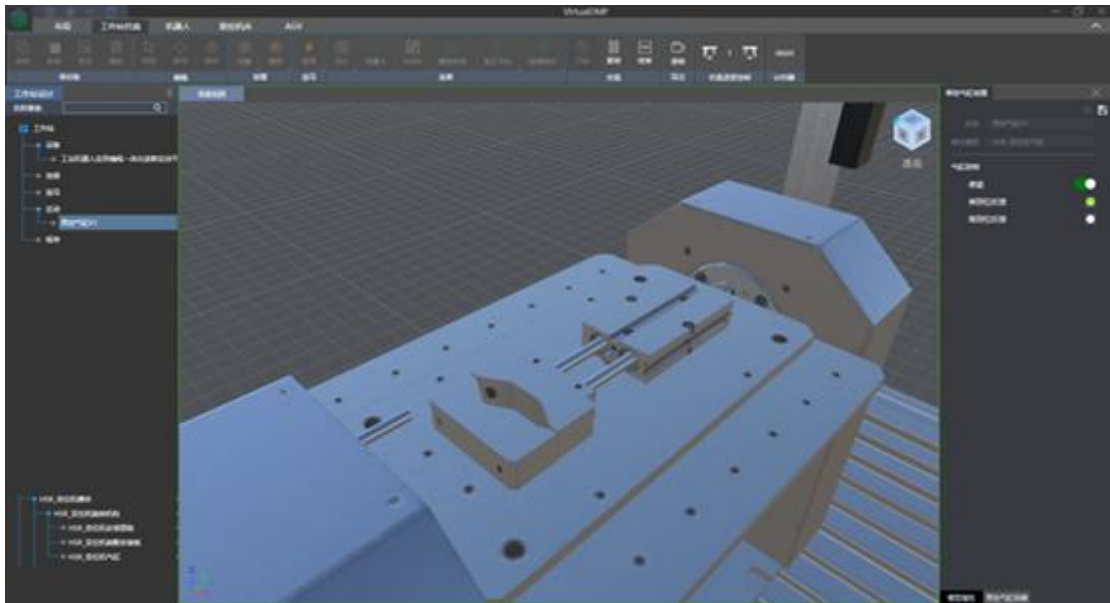


图 1-19 气缸控制

(3) 通过控制使能信号，让旋转料仓的料盘以 $10^{\circ}/s$ 的速度，旋转到 73° 的位置，并在虚拟调试软件界面中实时显示当前位置。

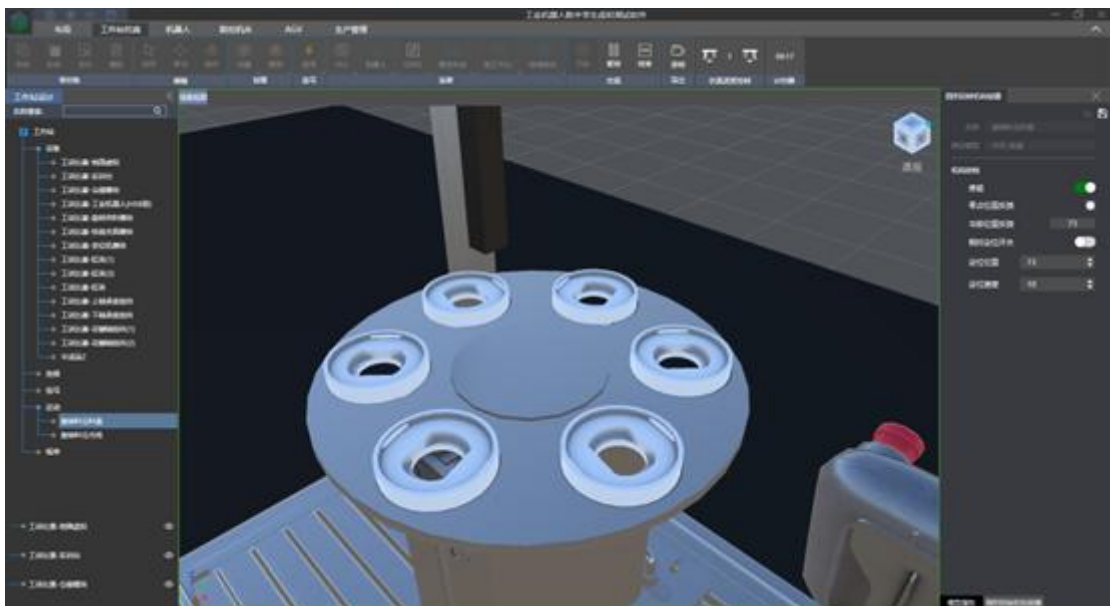


图 1-20 旋转料仓控制、

(4) 通过控制使能信号，让井式料仓气缸把减速器工件推出到物料传输模块的皮带上，皮带将减速器工件运输到抓取位置，并供料检测光电显示有料反馈。

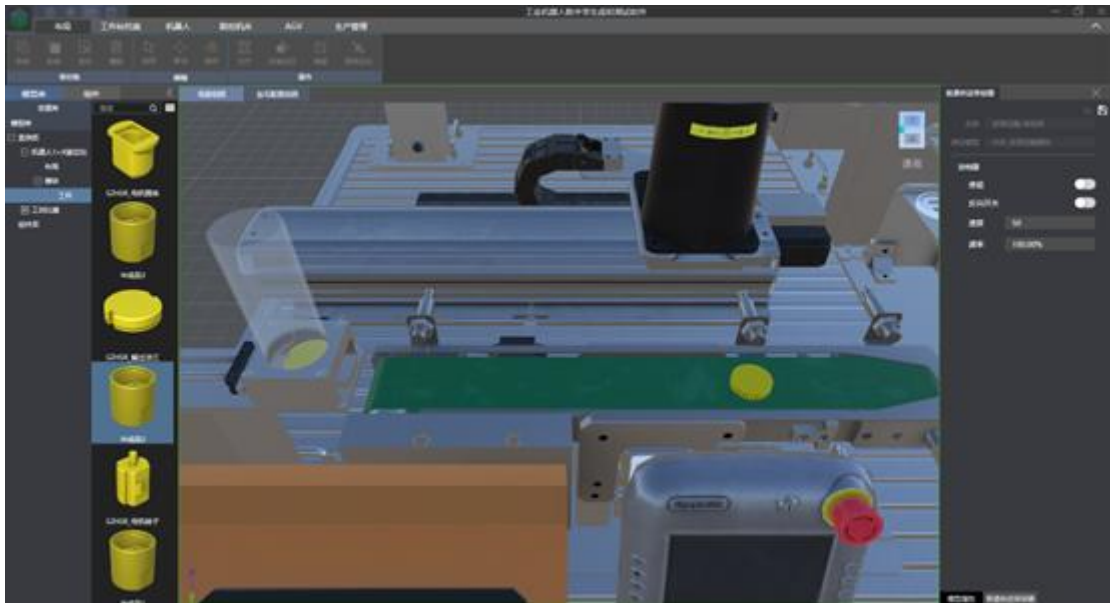


图 1-21 传送带控制

完成任务二后，举手示意裁判进行评判！

任务三 工业机器人虚拟装配逻辑程序设计

任务描述：结合工作站中创建的运动对象，编写工业机器人程序并示教点位，再配置工业机器人程序容器，以保证启动仿真运行后工业机器人能够完成拾取和放置吸盘夹具，直口夹具，弧口夹具动作。

具体要求：

- （1）完成工业机器人能够从快换台拾取和放置 3 种快换夹具，点位示教和程序的编写；
- （2）完成机器人程序容器配置，保证快换夹具拾取放置过程中不会与快换台发生穿模情况，使用过程中快换夹具不会发生掉落；
- （3）能够任意指定机器人完成一种夹具拾取与放置的动作；
- （4）完成工业机器人拾取弧口夹具，然后机器人抓取半成品工件并搬运到变位机模块的点位示教和程序的编写；
- （5）半成品工件搬运到变位机位置后，需要控制变位机气缸夹紧；
- （6）完成机器人程序容器配置，保证半成品工件搬运过程中不会与快换台发生穿模情况，使用过程中半成品工件（包含底座工件和减速器工件）不会发生掉落；

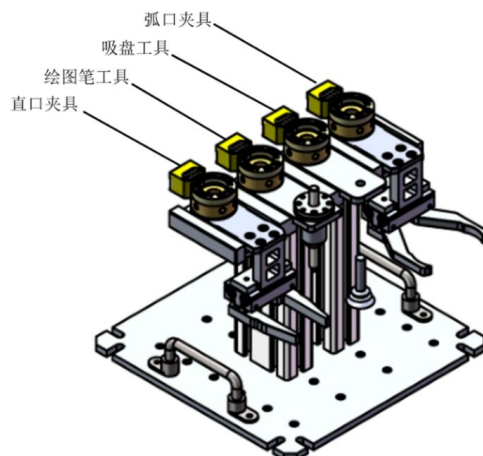


图 1-22 快换夹具模块

完成任务三后，举手示意裁判进行评判！

任务四 工业机器人虚拟装配系统联调

根据系统运行要求，结合任务二中功能模块的运动仿真设计和任务三机器人程序，完成半成品装配工艺的机器人编写程序与点位示教，启动仿真使用视频录制功能，录制一整套工业机器人装配减速器工件半成品的装配流程。

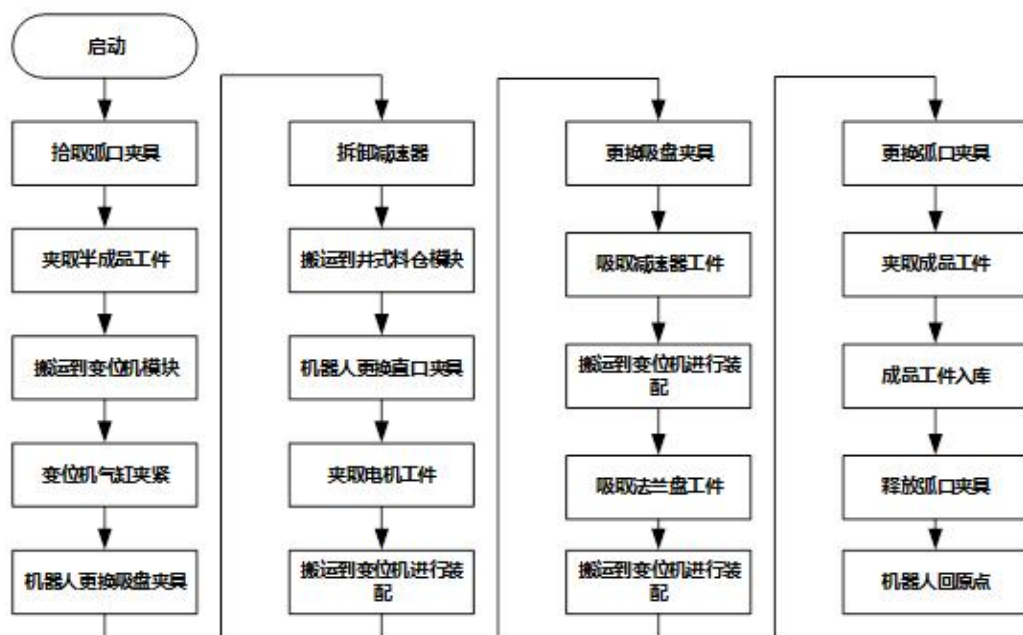


图 1-23 工业机器人工艺流程图

（注：视频录制文件参与评分内容、如视频录制不完整只按照提交视频部分进行评分）

（1）半成品工件装配。启动录制功能，开启仿真，首先工业机器人拾取弧口夹具，然后机器人抓取半成品工件并搬运到变位机模块，半成品工件搬运到变位机位置后控制变位

机气缸夹紧。

（2）减速器工件拆除。工业机器人自动更换吸盘工具，吸取半成品工件中的减速器工件，并搬运到井式供料模块的料筒中。

（3）电机工件装配。工业机器人自动更换直口夹具，抓取电机工件，然后将电机工件装配到变位机气缸夹紧的关节底座中。

（4）减速器工件装配。工业机器人自动更换吸盘工具并发送“井式气缸弹料”信号，井式气缸弹出减速器工件、传送带启动、当光电传感器检测到减速器工件时、传送带停止，机器人将减速器工件装配到变位机气缸夹紧的关节底座中。

（5）输出法兰工件装配。工业机器人使用吸盘工件吸取自定义位置的输出法兰工件，然后将输出法兰工件装配到变位机气缸夹紧的关节底座中。

（6）成品入库。工业机器人自动更换弧口夹具，移动到变位机模块夹取成品工件，变位机气缸松开，然后机器人将成品工件放入立体仓库中，接着释放弧口夹具并放回原点。

（7）视频文件保存。系统运行结束，停止视频录制，将录制视频文件保存到“D:\工业机器人数字孪生虚拟调试软件**号工位”指定文件夹中。

完成任务四后，举手示意裁判进行评判！

2023-2024 年度机械行业职业教育技能大赛
“华中数控杯”工业机器人装调与应用技术
赛项
高校组

样
题

(实际操作)

选手须知：

1. 比赛时间 180 分钟（包含裁判评分时间）。90 分钟后，选手可以弃赛，但不可提前离开位场地，需要在赛位指定位置，与比赛设备隔离。
2. 请务必阅读各任务的重要提示，除任务中有说明外，限制各任务评判顺序、但不限制任务中各项的先后顺序，选手在实际比赛过程中要根据赛题情况进行操作。
3. 比赛过程中，若选手操作不当发生危及设备或人身安全事故，立即停止比赛，将取消其参赛资格。
4. 比赛所需要的相关资料都以电子版的形式保存在工位计算机里指定位置 D:\ZL\。
5. 选手对比赛过程中需裁判确认部分，应当先举手示意，等待裁判人员前来处理。
6. 选手在竞赛过程中应该遵守相关的规章制度和安全守则，如有违反，则按照相关规定在竞赛的总成绩中扣除相应分值。
7. 赛题中要求的备份和保存在电脑中的文件，需在计算机电脑 D 盘创建指定文件夹（文件名日期+场次+工位号，如：2020 年 10 月 12 日比赛第 01 场次第 2 工位，文件名为 202010120102），其他盘符及目录无效。
8. 需要裁判验收的各项任务，任务完成后裁判只验收 1 次，请根据赛题说明，确认完成后再提请裁判验收。
9. 选手严禁携带任何通讯、存储设备及技术资料，如有发现将取消其竞赛资格。选手擅自离开本参赛位或者与其他赛位的选手交流或者在赛场大声喧哗，严重影响赛场秩序，如有发生，将取消其竞赛资格。
10. 选手提交的所有资料不得出现学校、姓名等与身份有关的信息。
11. 选手必须及时保存自己编写的程序及资料，防止意外断电及其它情况造成程序或资料的丢失。
12. 赛场提供的任何物品，不得带离赛场。

竞赛设备描述：

现有一台工业机器人应用编程一体化创新实训平台，该平台由工业机器人、快换装置、装配模块、井式供料模块、变位机单元、皮带运输模块、RFID 模块、视觉检测模块、立体库单元等组成，各模块布局如图 1 所示。关节坐标系下工业机器人工作原点位置为 $[0^\circ, -90^\circ, 180^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 0^\circ]$ 。

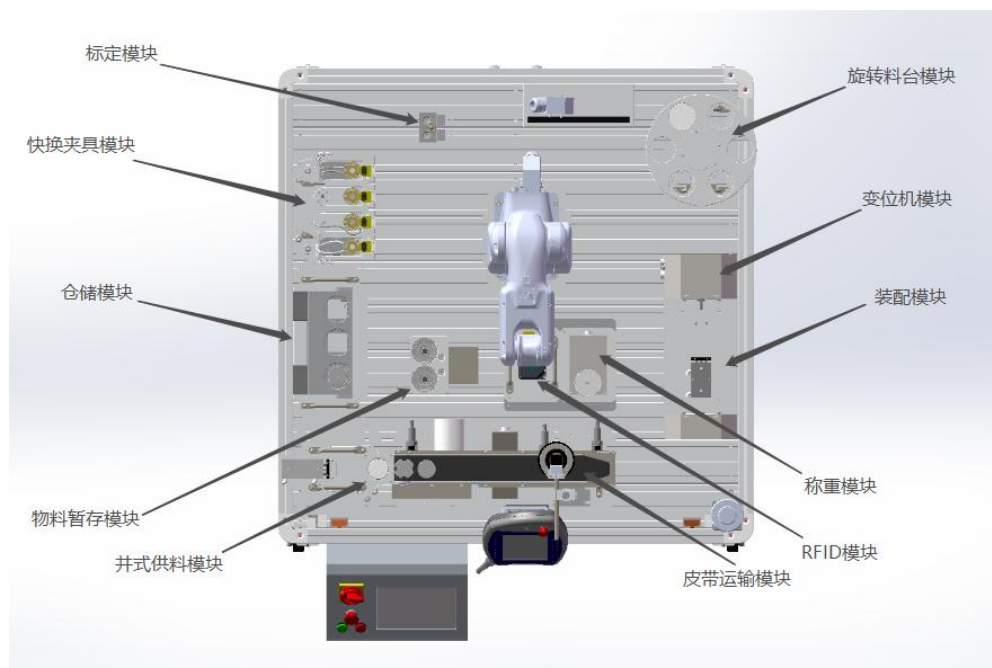


图 1 工业机器人应用编程一体化创新实训平台效果图

平台所用机器人末端工具如图 2 所示，其中绘图笔工具用于绘制图形，弧口手爪工具用于取放关节底座，直口手爪工具用于取放电机，吸盘工具用于取放减速器和输出法兰。

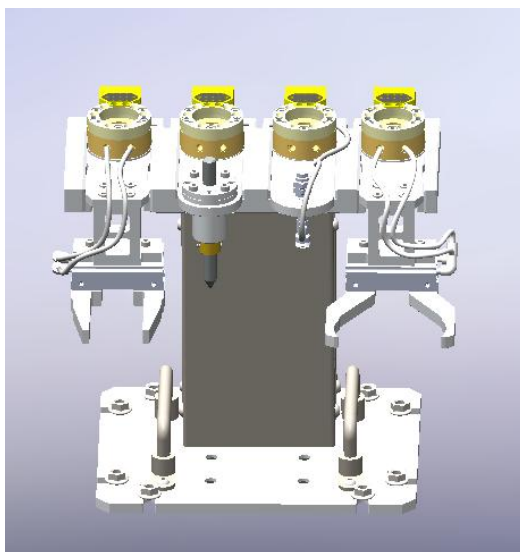


图 2 机器人末端工具

装配零件如图 3 所示



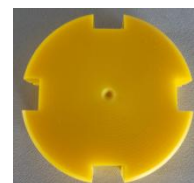
(1) 关节底座



(2) 电机



(3) 减速器



(4) 输出法兰

图 3 装配零件示意图

工业机器人关节部件的装配步骤：

步骤①：关节底座在装配模块上正确定位；

步骤②：电机装配到关节底座中；

步骤③：谐波减速器装配到关节底座中；

步骤④：输出法兰装配到关节底座中；

步骤⑤：装配好的关节成品返回立体库指定位置（如图 4 所示）。

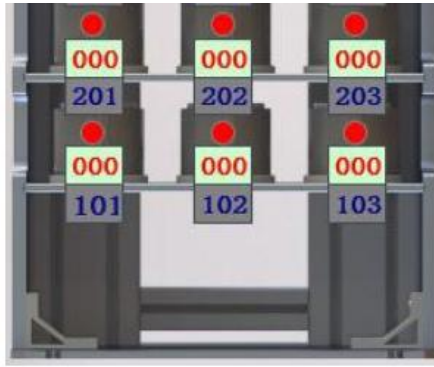


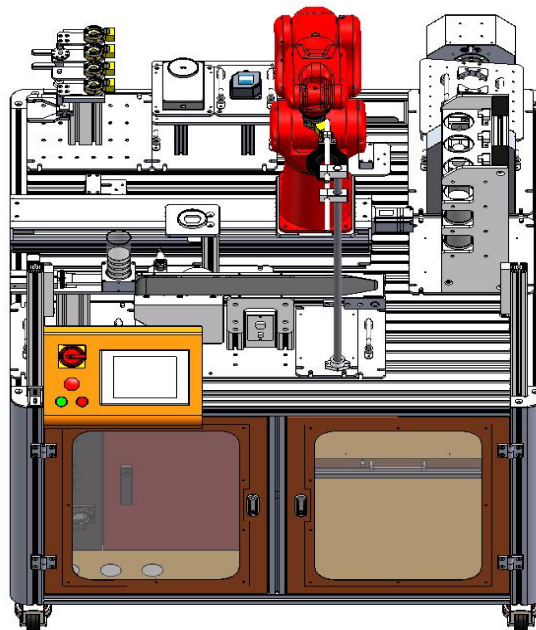
图 4 立体仓库位置示意图

任务一：工业机器人系统安装调试


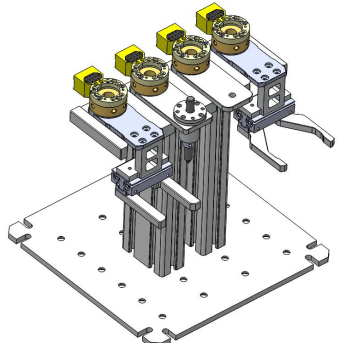
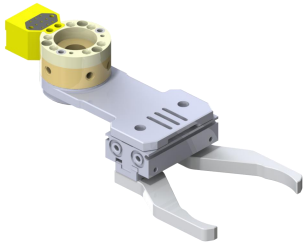
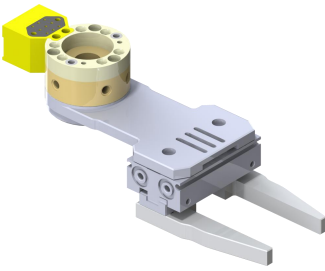

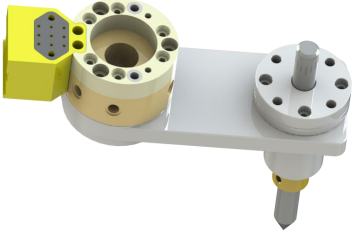
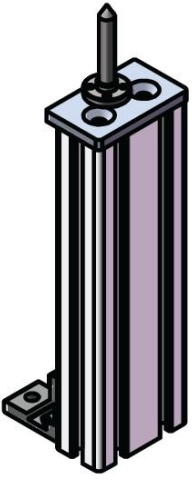
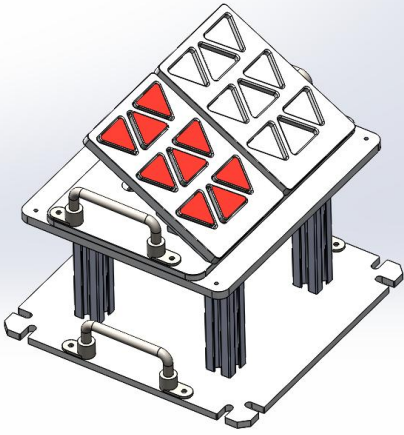
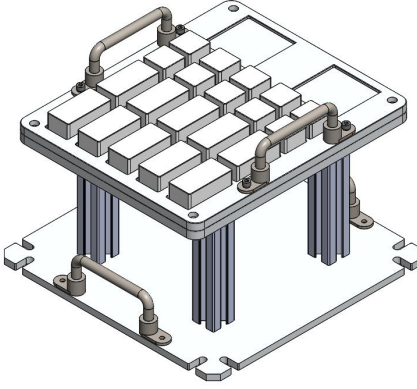
任务描述：根据现场提供的部件，对工业机器人工作站的机械、电气、气路系统进行安装调试，做好工业机器人应用前的准备工作。

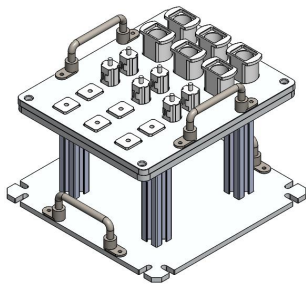
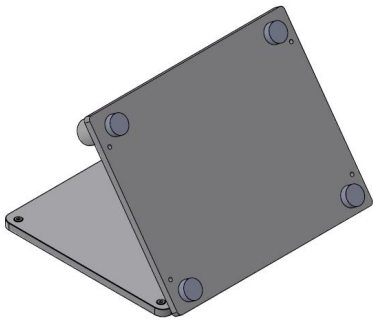
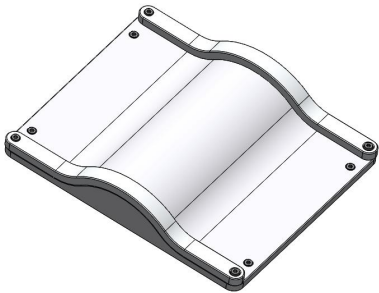
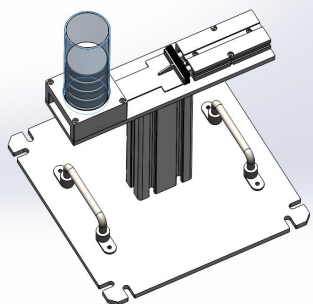
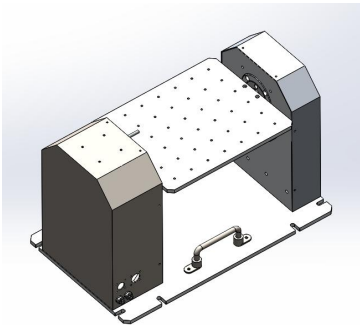
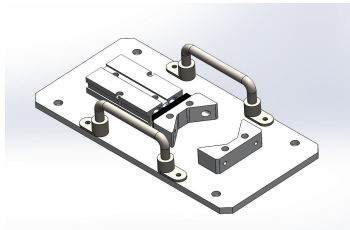
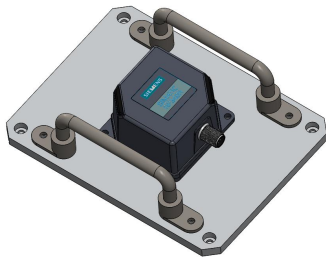
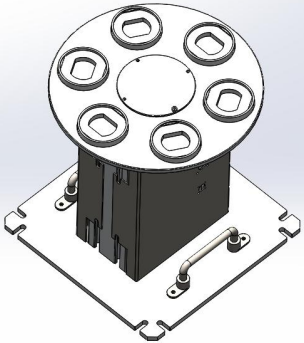
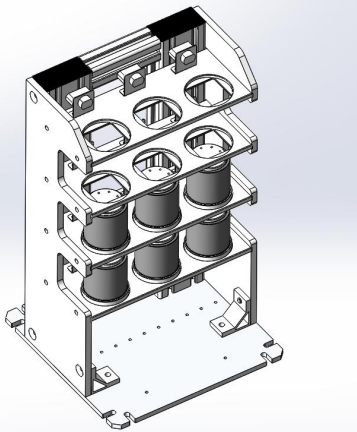
（一）硬件安装

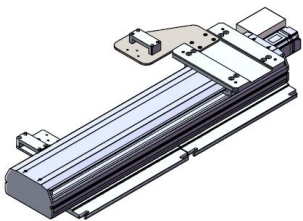
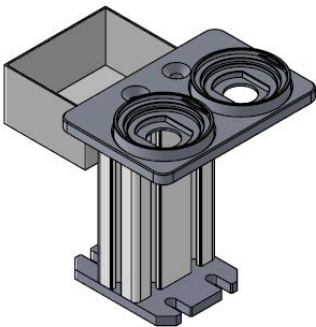
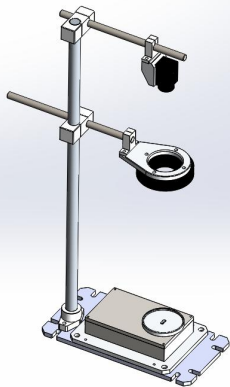
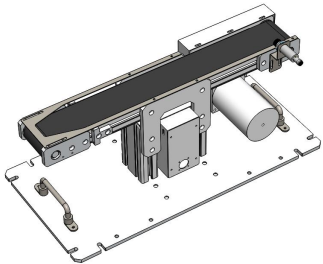
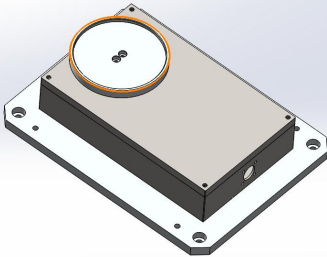
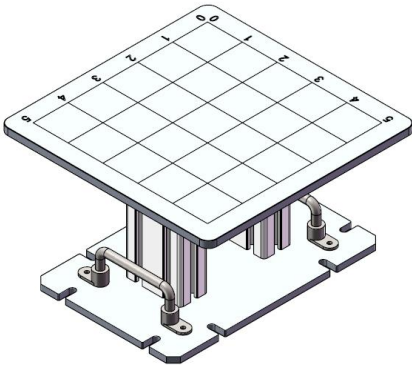
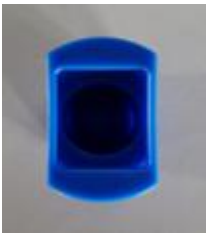




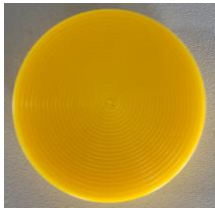
任务描述：根据现场提供的部件，选择合适的模块及夹具搭建竞赛环境，硬件搭建完成后，如下图效果。



模块库：

		
<p>工业机器人</p>	<p>快换装置</p>	<p>弧口手爪工具</p>
		
<p>平口手爪工具</p>	<p>吸盘工具</p>	<p>金属笔工具</p>
		
<p>工具标定尖</p>	<p>搬运模块</p>	<p>码垛模块</p>

		
电机装配模块	绘图模块	曲面模块
		
井式供料模块	变位机模块	装配模块
		
RFID 模块	旋转供料模块	立体库模块

		
行走轴模块	工件暂存模块	视觉检测模块
		
输送模块	称重模块	棋盘模块
		
电机外壳	电机转子	电机端盖
		
电机成品	关节底座	减速器

		
输出法兰	关节成品	

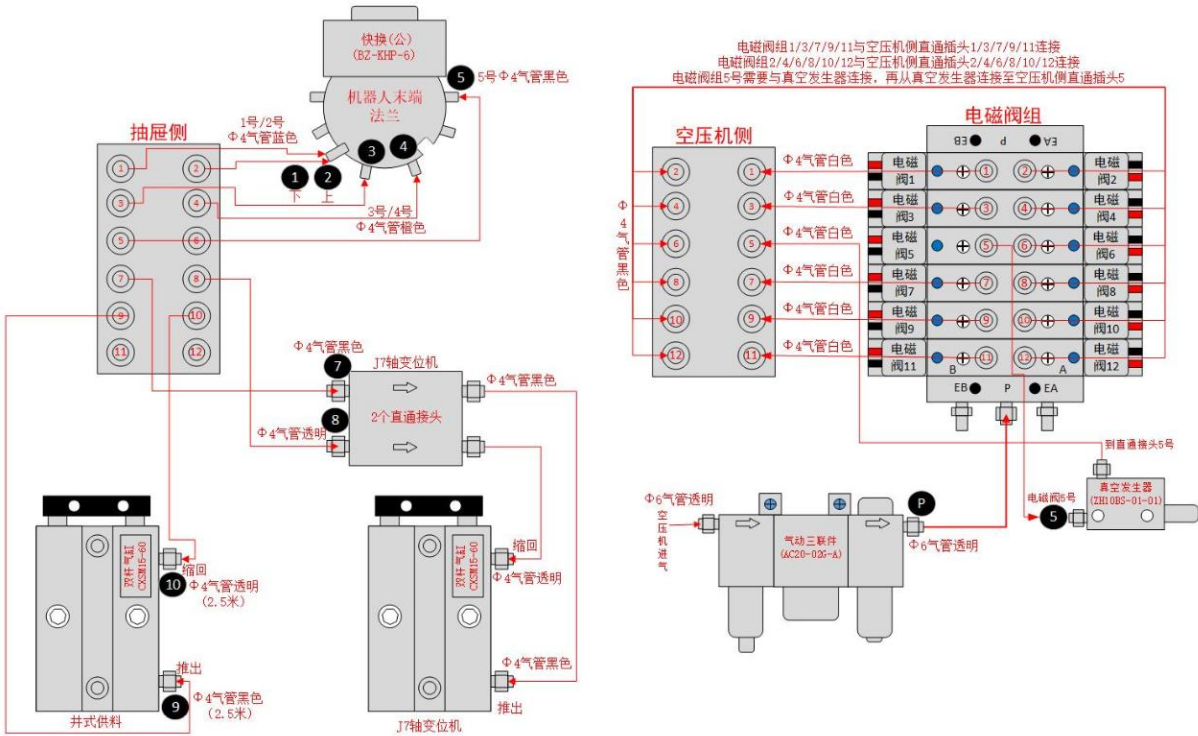
(二) 线路连接

注意:不允许给设备通电

根据平台的硬件安装，按照电气原理图进行相应的操作，完成工作站任务所需的电气的布局及接线。

(三) 气路连接

根据平台的硬件安装，按照下面气路图进行相应的操作，完成工作站任务所需的气路搭建。



(四) 系统检测与故障排除

对平台的硬件、线路、气路安装进行检测，检测相应的机械位置是否合适与稳固，检测线路正确性，检测气路正确性，电磁阀的手动功能是否正常。

注意事项：在未完成安装前，不得通电通气。

完成任务一后，举手示意裁判进行评判！

任务二：智能视觉系统调试

任务描述：根据任务要求，对智能视觉系统的视觉进行调整，相机标定，智能视觉系统的调试，能用视觉软件正确获取工件位置、形状和颜色，以及通讯设置，能将视觉数据传送给机器人。

（一）视觉调整

打开安装在计算机上的智能视觉软件，通过调整相机，使智能相机稳定、清晰地摄取图像信号，在软件中能够实时查看放置于相机下方传送带上的物料图像，要求物料图像清晰。

（二）视觉软件标定

打开视觉软件，调用标定流程图，正确设置相机图像相应参数，对“高精度特征匹配”进行设置，对“N 点标定”进行设置，完成相机标定，生成标定文件。

（三）智能视觉系统的调试

制作减速器和输出法兰的特征模板，调试流程，将减速器和输出法兰工件正确放置到输送带末端，并用视觉软件获取工件位置、形状和颜色。

（四）通讯设置与结果显示

打开 PLCInterface，进行 VM 通信参数和 PLC 通信参数正确设置，分别将白黄蓝三种颜色的法兰和减速器放置在视觉下方，进行拍照，通过观察机器人示教器 R 寄存器数值，查看结果是否正确。(R[100]– R[105])

完成任务二后，举手示意裁判进行评判！

任务三：工业机器人系统编程和调试

任务描述：根据任务书要求，通过示教器完成坐标系标定和示教编程。实现工业机器人自动完成一套关节部件的装配（含 3 个零件的装配，其中关节底座、电机模块、减速器各 1 个），并将装配好的部件放到指定位置。

（一）工业机器人工具坐标系标定

通过示教器完成吸盘工具坐标的标定，标定完成后，检验其标定的正确性，选择标定的工具坐标进行旋转运动时，围绕着吸盘中心旋转。

（二）工业机器人装配

1. 根据任务要求编写相应程序，通过工业机器人示教再现，完成一套关节部件的装配（含 3 个零件的装配，其中关节底座、电机模块、减速器各 1 个）。装配开始前手动将关节底座放入立体库 101 位置，电机模块放置在旋转供料模块，手动将 1 个减速器放置到传输带视觉检测传感器处。要求如下：

（1）关节底座装配：在自动模式下，加载工业机器人程序，按下启动按钮，工业机器人自动抓取弧口手爪工具并返回工作原点，然后机器人抓取立体仓库上关节底座工件，将关节底座搬运到处于水平状态变位机上的定位模块上，完成关节底座的装配；

（2）电机模块装配：机器人自动更换直口手爪工具，机器人正确在旋转供料模块抓取电机，将电机正确搬运并装配到关节底座上，完成电机的装配；

（3）减速器装配：机器人自动更换吸盘工具，机器人正确吸持减速器工件，将减速器正确搬运并装配到电机模块上，完成减速器的装配；

（4）成品入库：机器人自动更换弧口手爪工具，正确抓取关节成品将关节成品搬运至立体库 101 位置，完成一套关节成品的装配任务。

（5）系统还原：在机器人完成装配任务后，自动将机器人末端的夹具归还到快换夹具架，最后回到工作原点。

完成任务三后，举手示意裁判进行评判！

任务四：系统综合编程调试

任务描述：根据任务书要求，对系统的人机界面开发及控制程序设计，完成工业机器人系统的联机运行，实现一套工业机器人关节部件的上料、输送、检测、装配和入库过程。

（一）PLC 程序的编写与调试

根据综合任务要求，由选手自行设计 PLC 程序，满足以下基本功能：

1. 编写总控 PLC 中工业机器人系统模块任务，能够自动实现总控 PLC 与机器人数据的交换，以及 PLC 对机器人外部模式的控制，满足以下功能：

1) 总控 PLC 和机器人的通讯建立，实现机器人与 PLC 数据交互的通讯。

2) 机器人在外部模式下，总控 PLC 控制机器人的运行流程，实现 PLC 对机器人外部模式的控制，机器人使能打开和关闭，程序加载和卸载，机器人启动、暂停、停止等功能。

2. 编写总控 PLC 中视觉系统模块任务，能够指定工件类型和工件颜色，自动对收到的视觉模块发送的数据进行比较，将比较的结果存储在相应变量中，为后续自动运行做准备。

3. 编写总控 PLC 程序，协调机器人、外部轴、视觉检测系统以及工作站各个模块配合工作，完成一套工业机器人关节部件的上料、输送、检测、装配和入库过程。

（二）人机交互功能设计

根据综合任务要求，由选手自行组态触摸屏并设计控触摸屏界面，满足以下基本功能：

1. 编写旋转供料模块控制界面，通过触摸屏能够实现手动在不同速度下实现旋转供料模块的正反转，旋转供料模块回零点和零点校准，以及显示旋转供料模块的当前位置和速度。

旋转供料模块调试界面参考示例如下图 5 所示。



图 5 旋转供料模块调试界面参考示例

2. 编写装配模块和井式供料输送模块界面，通过触摸屏能够实现装配气缸的伸出和缩回，井式供料气缸的伸出和缩回，输送带的运输和停止。

装配模块和井式供料输送模块界面参考示例如下图 6 所示。



图 6 装配模块和井式供料输送模块界面参考示例

3. 编写工件代码录入界面，通过触摸屏能够选择不同仓位进行工件代码录入和清除，录入完成后，在对应仓位显示代码类型，可以设置运行时减速器和输出法兰颜色，相关工作代码定义，见下表。

注：评判时，随机指定仓位进行 RFID 读写及仓位显示。

单个工件	代码	说明
关节底座	1	1) 单个工件代码如左所示； 2) 半成品代码为单个工件代码的组合，如代码 13 表示关节底座、减速器组成的半成品，代码 124 表示关节底座、电机和法兰组成的半成品； 3) 成品代码为 99；
电机	2	
减速器	3	
输出法兰	4	

工件代码录入界面参考示例如下图 7 所示。

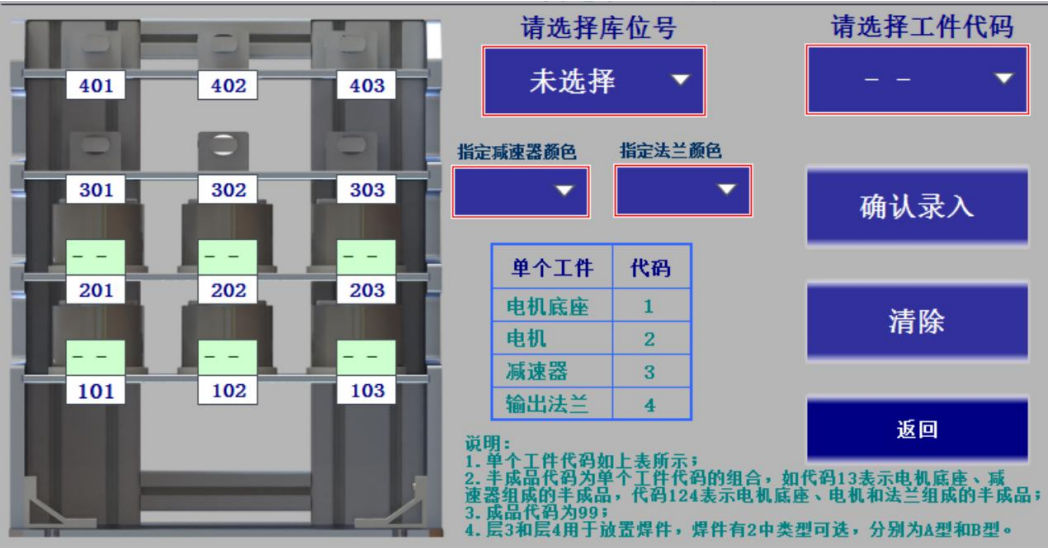


图 7 工件代码录入界面参考示例

4. 编写演示界面，通过触摸屏能够控制机器人的启动、暂停和停止，显示仓位信息和

RFID 信息，选择不同演示程序，进行系统回原点操作和启动停止。

演示界面参考示例如下图 8 所示。

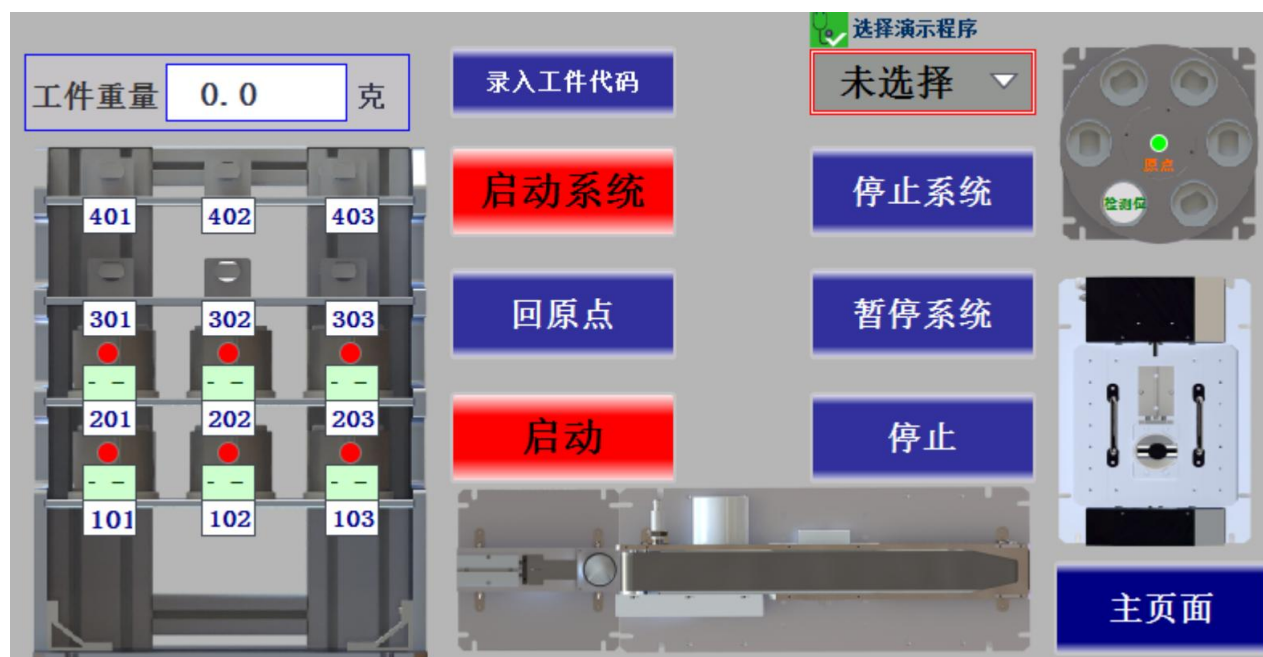


图 8 演示界面参考示例

完成任务四（一）和（二）后，举手示意裁判进行评判！

（三）工作站综合任务实现

根据任务要求，实现一套工业机器人关节部件的上料、输送、检测、装配和入库过程。具体要求如下：

1) 工件准备：本任务需要完成一套关节部件的装配（含 4 个零件的装配，其中关节底座、电机模块、减速器和输出法兰各 1 个）。手动将 1 个关节底座放入立体库 201 位置，1 个电机模块放入旋转供料模块上（位置由裁判随机放置）；手动将 1 个白色减速器和 1 个白色输出法兰放置到井式料仓中。

2) 系统初始状态：工业机器人处于工作原点位置且末端无工具，变位机处于水平位置状态，输送带、装配模块上没有工件，立体库 201 位置位置显示工件类型为 1；

3) 关节底座装配：按下 HMI 启动按钮，工业机器人自动抓取弧口手爪工具并返回工作原点，然后机器人抓取立体仓库上关节底座工件，将关节底座搬运到处于水平状态变位机上的定位模块上，定位气缸伸出固定关节底座工件，完成关节底座的装配；

4) 电机部件装配：机器人自动更换合适的工具，并控制转盘顺时针旋转，检测到电机工件后，转盘继续顺时针旋转 60°后自动停止，机器人正确抓取电机工件并装配到关节底座上；

5) 井式料仓上料：电机部件装配完成后，机器人控制井式料仓单元上料气缸将供料筒中的一个物料推出，实现井式料仓单元上料过程；

6) 物料输送：井式料仓上料完成后，输送带立即开始运行，将物料输送至输送带末端，待末端传感器检测到工件后输送带自动停止；

7) 物料检测：物料输送至末端且输送带停止后，机器人触发相机拍照，获取物料位置形状颜色信息，并在将信息传送给机器人。如果是减速器，继续进行下一步减速器的装配，如果是输出法兰，机器人自动更换吸盘工具，将输出法兰搬运至井式料仓单元，继续重复 5)

6) 7) 操作。

8) 减速器装配：机器人自动更换吸盘工具且获取减速器信息后，机器人正确吸持减速器工件，将减速器正确搬运并装配到电机模块上，完成减速器的装配；

9) 输出法兰上料：减速器装配完成后，机器人控制井式料仓单元上料气缸将供料筒中的一个输出法兰推出，实现输出法兰上料过程；

10) 输出法兰输送：输出法兰上料完成后，输送带立即开始运行，将输出法兰输送至输送带末端，待末端传感器检测到工件后输送带自动停止；

11) 输出法兰检测：输出法兰输送至末端且输送带停止后，机器人触发相机拍照，获取输出法兰信息，并在将信息传送给机器人；

12) 输出法兰装配：机器人获取输出法兰信息后，机器人正确吸持输出法兰工件，调整吸盘角度将输出法兰正确搬运至关节底座内，并进行顺时针旋转 45°，完成输出法兰的装配；

13) 成品入库：机器人自动更换弧口手爪工具，正确抓取关节成品并搬运至 RFID 模块上进行写入数据 99，并在 HMI 上显示信息，再将关节成品搬运至立体库 201 位置，完成一套关节成品的装配任务；

14) 系统结束复位：待一套关节部件装配完成后，机器人自动将末端工具放入快换装置并返回工作原点[0°，-90°，180°，0°，90°，0°]；

完成任务四（三）后，举手示意裁判进行评判！