



# 燕山大学

## 产线装备原理与设计实验指导书

*Principle and design of production line equipment*

*Experiment Book*

编者：李玉昆、张连东

教 务 处

2023 年 4 月

# 实验一 多线供送系统仿真设计

## 一、实验目的

- 1、了解供送装置的类型与组成，掌握供送系统选型与设计的方法；
- 2、熟练 Visual Components 操作，掌握多线供送系统的工艺仿真方法；
- 3、结合实际仿真结果进行数据分析、优化验证。

## 二、实验用仪器设备

计算机； Visual components 智能工厂仿真软件；

## 三、实验内容

设计一套多线供送系统的生产线，通过仿真平台建立模型整体布局，进行逻辑控制及验证调试，结合仿真数据进行设计优化：

- 1、在模型库中找到搬运机器人、机器人控制器、搬运工人、各种传送带种类及控制、上料设备，并熟悉模型核心参数、功能等；
- 2、根据上料效率，合理设置传送带速度；
- 3、设置搬运机器人、搬运工人控制逻辑；
- 4、合理布局码垛，设置各模型的逻辑控制，运行仿真；
- 5、对供送产线进行数据分析，结合仿真数据优化产线设计。

## 四、实验基础知识

随着自动化与智能化的发展，在生产线多线供送和分拣、工件转序等过程采用集成加工技术实现机床制造过程的完全自动化。上下料机器人自动柔性搬运系统具有很高的效率和产品质量稳定性，柔性较高且可靠性高，结构简单更易于维护，可以满足不同种类产品的生产，对用户来说，可以很快进行产品结构的调整和扩大产能，并且可以大大降低产业工人的劳动强度。

## 产线自动上下料的设计与选型

总体设计在自动上下料的设计与选用中需要注意以下几个方面：

①按照生产批量或生产率计算出所需要的上料节拍或上料生产率，根据所需要的上料生产率选择合适的自动上下料设备或设置相应的参数；

②根据工件的类型和尺寸、形状、从必要性和可能性综合考虑合理的自动化程度，决定必要的组成成分，决定上下料装置的类型以及定向机构。

## 五、实验步骤

在本实验中我们将在仿真软件中学习如何使用产线仿真软件，建立多线供送系统装置，并利用工业机器人和搬运工人进行物料转运。

### 1. 开发界面介绍

首先打开仿真软件，如下图（图 1-1）：

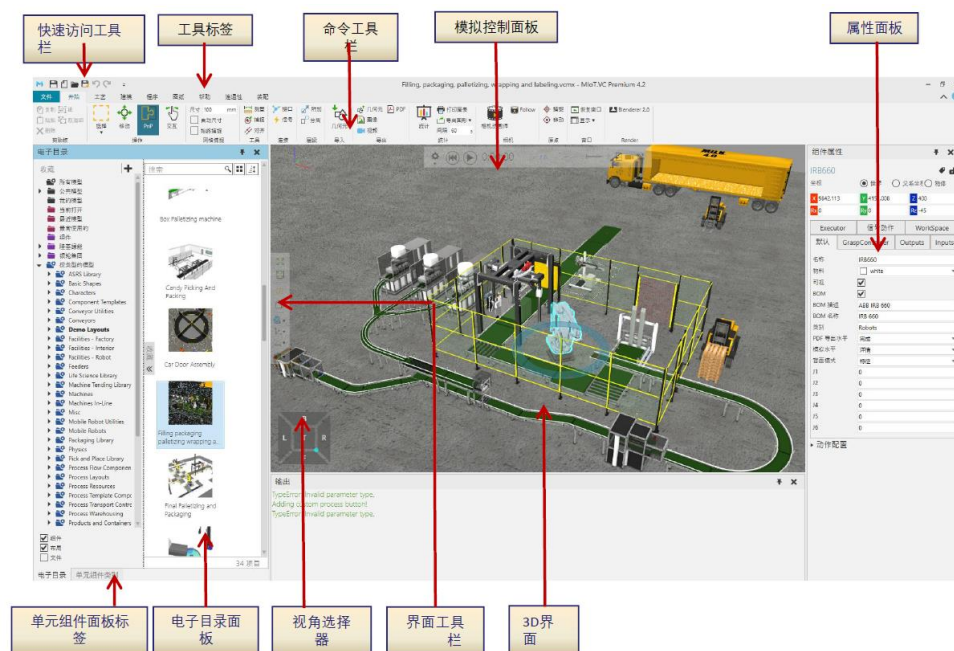


图 1-1 仿真软件界面

从电子目录库中选择“按类型的模型”，然后选择“Robots”，将会看到 40 多家工业机器人品牌，双击任意一款机器人，机器人的模型将会导入到工作

区域中；也可以通过拖拽机器人，实现导入,导入后的效果，案例中选用的是 ABB 公司的 IRB2400,如下图（图 1-2）：

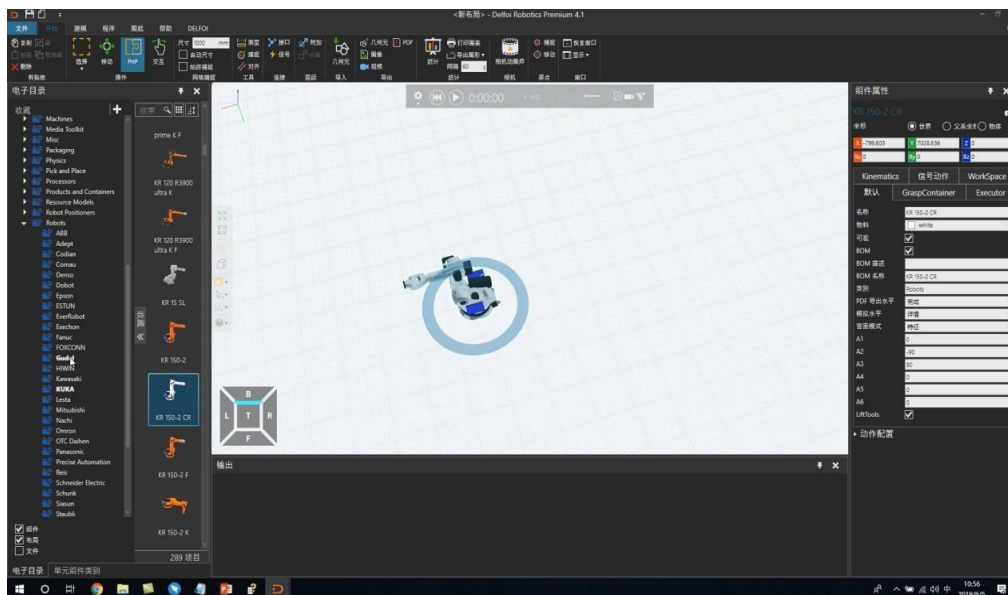


图 1-2 机械手

当鼠标在 3D 视图中时，可滚动鼠标滚轮进行放大缩小，按住鼠标右键拖动鼠标进行视图旋转，选中机器人组件，按住鼠标左键拖动鼠标改变机器人组件的位置，同时按住鼠标左键和右键并拖动鼠标，进行 3D 视图的移动操作。

关于软件更多的操作，请参考软件操作说明书。

从电子目录库中选择“按类型的模型”，然后选择“Conveyors”，选择任意一款带有传感器的输送线（输送线 1），案例中选用 Sensor Conveyor，在界面的右侧【组件属性】下根据需求调整相应的属性，根据生产节拍，调整相应的上料速度等，如下图（图 1-3）：

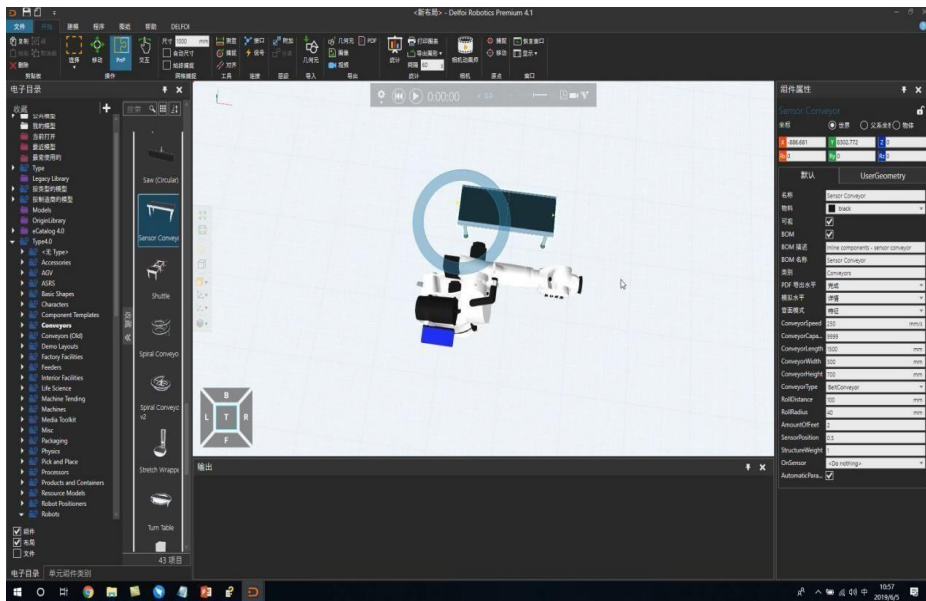


图 1-3 输送线

从电子目录库中选择“按类型的模型”，点击“Feeders”选择任意一款上料器，拖入 3D 界面，并与输送带相连，案例中选用 Basic Feeder，如下图（图 1-4）：

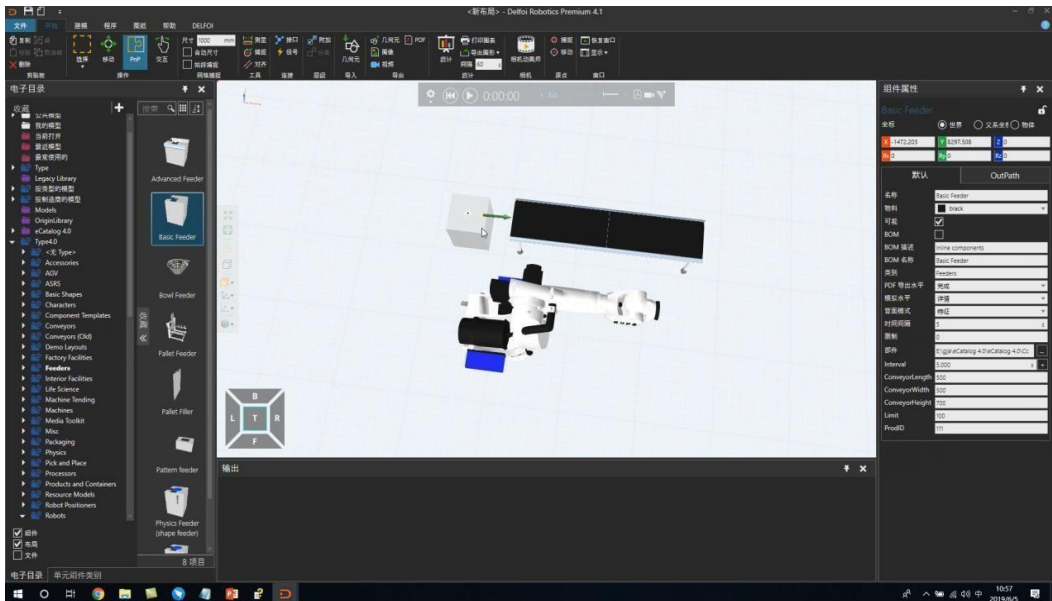


图 1-4 上料器

从电子目录库中选择“按类型的模型”，然后选择“Conveyors”，选择任意一款带有传感器的输送线(输送线 2, 可以是上面步骤 3 中同一款输送线)，案例中选用 Sensor Conveyor，在界面的右侧【组件属性】下根据需求调整相应的属性，根据生产节拍，调整相应的上料速度等，如下图（图 1-5）：

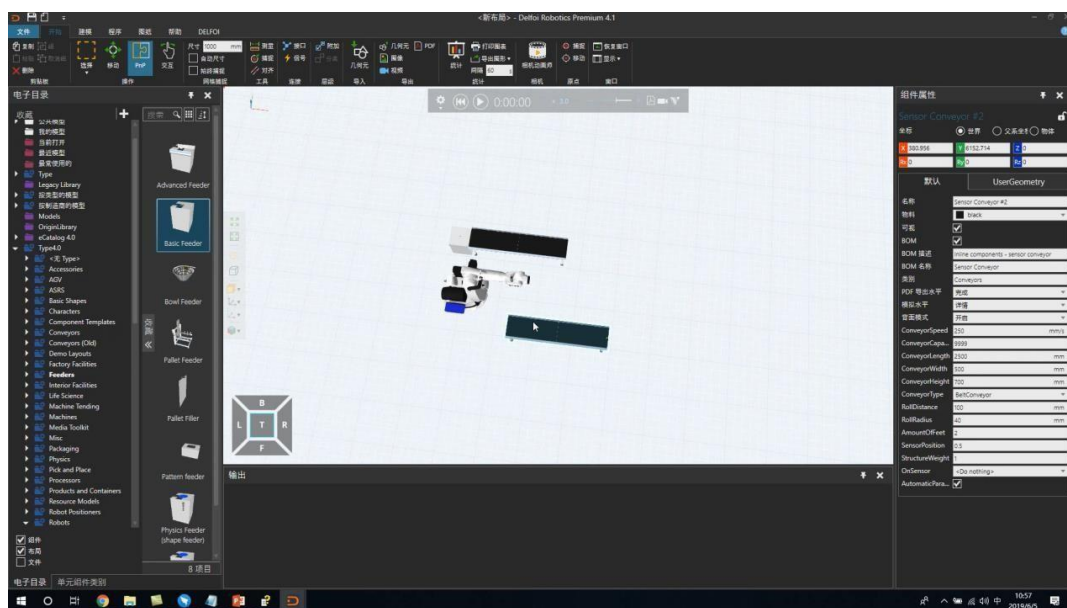


图 1-5 输送线 2

## 六、实验报告撰写及文档材料提交

- 1、按要求完成多线供送装置的搭建与模拟，完成产线布局、仿真验证及数据分析、产线优化等。
- 2、按要求提交仿真实验视频，将整体系统图输出二维图，并标注，最后粘贴到报告中。

## 实验二 智能制造产线仿真

### 一、实验目的

1. 了解智能制造产线仿真应用理念，学习仿真软件在机器人和生产制造行业的应用；
2. 掌握智能制造产线搭建和仿真的基本步骤，并进一步提高建模与仿真分析能力；
3. 初步运用仿真技术发现产线中的关键问题，并通过改进措施，提高产线系统的生产能力与生产效率。

### 二、实验用仪器设备及资料

计算机; Visual components 智能工厂仿真软件; 加工工件模型文件: wheel rim.vmcx。

### 三、实验内容

根据生产线的工艺设计要求调整各个工位组件的位置，完成生产线各个工作站（机床上下料、检测、码垛）的搭建，然后对整条生产线进行模拟调试，观察仿真运行逻辑、位置，检查干涉等。

### 四、实验基础知识

产线配置首先是生产线平衡问题，产线平衡问题研究如何安排生产线工位，即需要设置多少个工位和每个工位的作业内容是什么。“平衡”的意义体现在每个工位的工作量相当。生产线平衡的目的是尽量使每个工位都处于繁忙状态，完成最多的操作量，闲置时间最少，以求生产线效率最优。

#### 1. 生产线平衡涉及概念

生产节拍是相邻两个产品通过生产线尾端的时间间隔，即每隔多长时间

有一件产品从生产线流出。

生产节拍的计算公式是：

$$\text{生产节拍 (C)} = \frac{\text{每天生产时间}}{\text{每天的计划产量}}$$

基本作业单元是生产线上不能再分解的动作，如果再分解，就产生多余动作。

生产线效率是衡量生产线平衡优劣的指标，为总有效时间占总付出时间的百分比，闲置时间越少生产线效率越高。生产线效率的计算公式如下：

$$\text{生产线效率} = \frac{\text{总有效时间 T}}{\text{节拍 C} \times \text{工位数 N}} \times 100\%$$

## 2. 生产线平衡步骤

生产线平衡的步骤如下：

(1)用一个流程图表示出基本动作的先后关系。流程图由圆圈和箭头组成，圆圈代表一个基本作业单元，箭头表示作业顺序。

(2)计算生产节拍 (C)

(3)用下面的公式计算出所需要的工位数 (N)。

$$N = \frac{\text{完成作业所需的时间总量 (T)}}{\text{生产节拍 (C)}}$$

结果取不小于计算值的最小整数。计算出的工位数为理论上满足要求的最少工位数。

(4)向第一个工位分配基本作业单元，一次一项，逐项增加，直到完成作业的时间等于节拍，或由于受作业时间或操作次序的限制其他基本作业单元

不能再增加为止。重复这个过程向第二个工位分配作业，然后是第三个工位，直到将所有基本作业单元分配完毕。

分配作业时，首先分配具有第一特征的基本作业单元，若有问题，则分配具有第二特征的基本作业单元。

第一特征：具有最多后续作业；第二特征：持续时间最长。

(5)计算效率，评价生产线平衡效果。

(6)如果结果不如人意，进一步调整生产线的平衡。

## 五、实验步骤

### 1. 机床上下料仿真

(1)启动 Visual Components Premium 4.4 软件(以下简称 VC 软件)

双击桌面上的 vc 软件图标，打开软件如图 2-1:

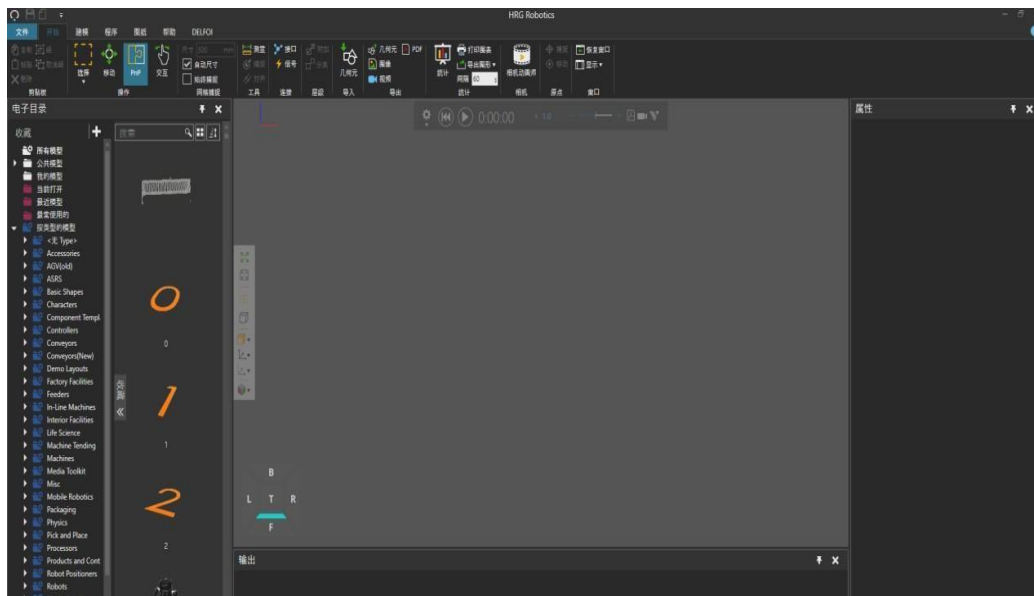


图 2-1 初始界面

(2)拖入模型

将实验所需用到组件拖入视图界面中，如表 2-1:

表 2-1 组件列表

编号	组件名称	编号	组件名称
1	Generic Articulated Robot v4 (机器人)	6	Conveyor (传送带)
2	MachineTending Robot Manager v4 (机器人管理台)	7	Basic Feeder (上料机)
3	Process Machine - ProLathe (车床)	8	MachineTending Inlet (入口)
4	Process Machine - ProMill (铣床)	9	MachineTending Outlet (出口)
5	MachineTending Flip Table Process Machine (转动台)	10	Generic 3-Jaw Gripper (夹爪)

➤ 在电子目录栏内输入 1 号机器人组件“Generic Articulated Robot v4”进行检索，找到机器人组件，拖拽到中间 3D 视图中，操作过程如图 2-2:

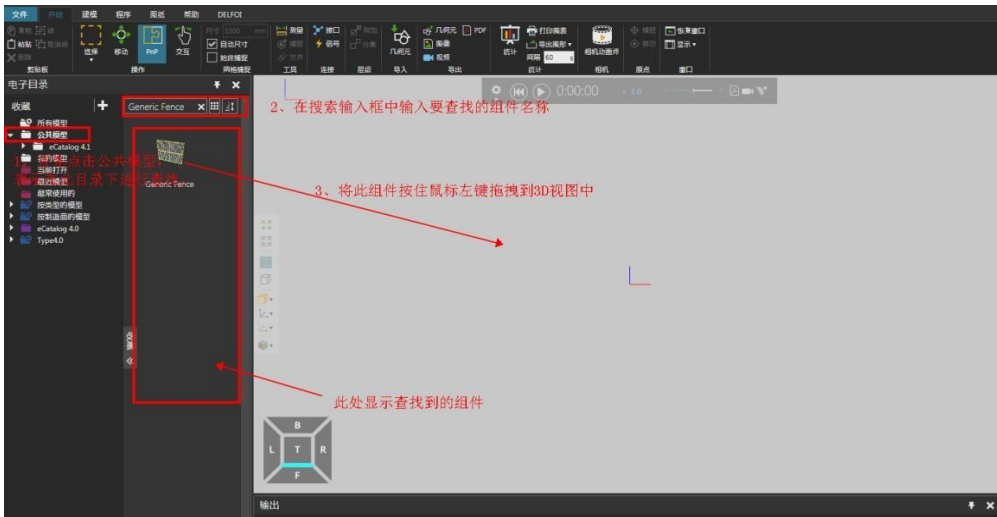


图 2-2 检索组件

➤ 将其余组件通过相同方式拖拽到中间 3D 视图中，完成后如图 2-3 (位置关系无影响):

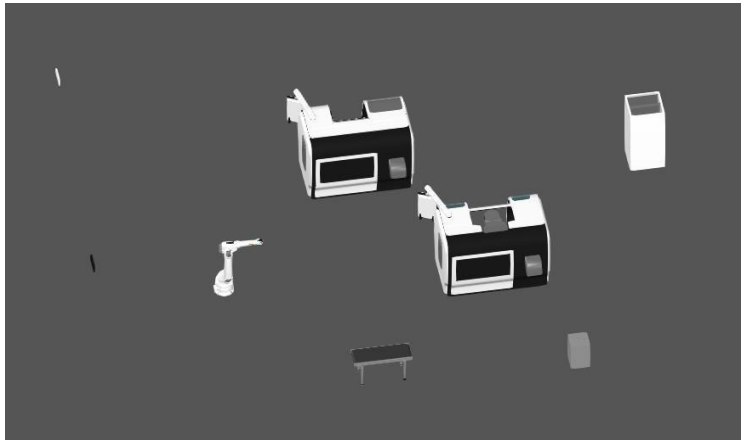


图 2-3 拖入组件

### (3)搭建布局

- 调整传送带参数，选中传送带部件，在右侧“组件属性”标签下的 Default 组中的 ConveyorLength 的数值改为 2500，如图 2-4：



图 2-4 传送带参数设置

- 另外再复制一条传送带，选中传送带，点击图 2-5 中鼠标处图标，即可额外生成条传送带。

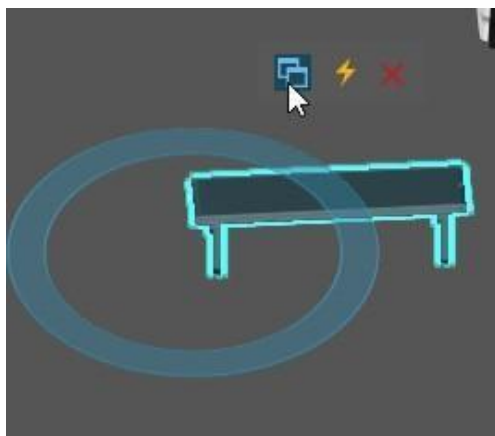


图 2-5 复制传送带

- 接下来进行各组件的布局，可根据按下表 2-2 给出的坐标轴调整各组件位置，坐标输入位置如下图 2-6:



图 2-6 输入位置坐标

表 2-2 组件位置坐标

组件名称	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
MachineTending Robot Manager v4 (机器人管理台)	0	0	0	0	0	0
Process Machine – ProLathe (车床)	700	-1800	0	0	0	0
Process Machine – ProMill (铣床)	-2000	-150	0	0	0	-90
MachineTending Flip Table Process Machine (转动台)	1500	1100	0	0	0	135
Conveyor (传送带 1)	3500	0	0	0	0	180
Conveyor#2 (传送带 2)	0	800	0	0	0	90

➤ 在“PnP”操作模式下，移动 Basic Feeder（上料机）靠近 Conveyor（传送带 1）时，会发现有一个绿色的箭头出现，如下图 2-7 中红框所示，此箭头表示这两者可以连接起来。

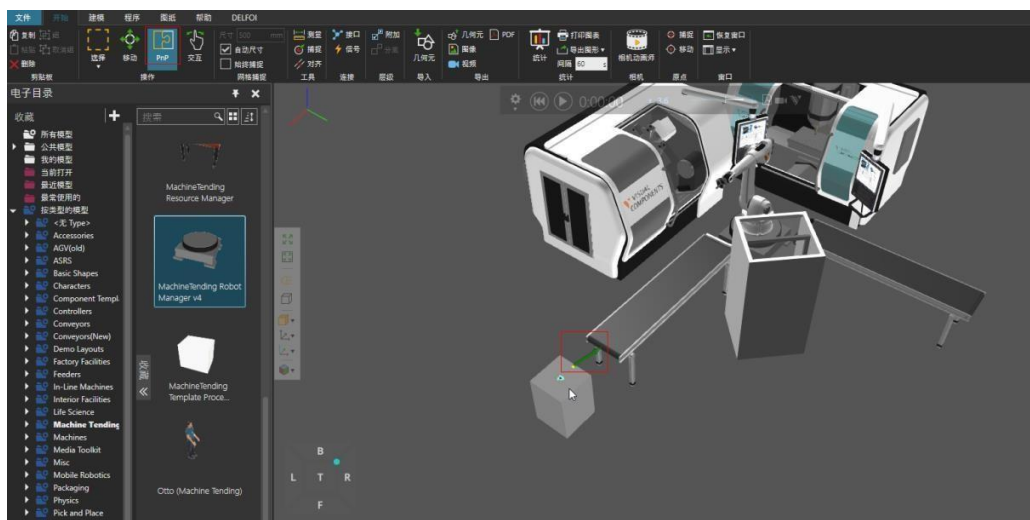


图 2-7 组件 PnP 连接方法

➤ 沿着箭头方向继续移动到足够近的距离时，会发现两者会自动连接起来，如下图 2-8:

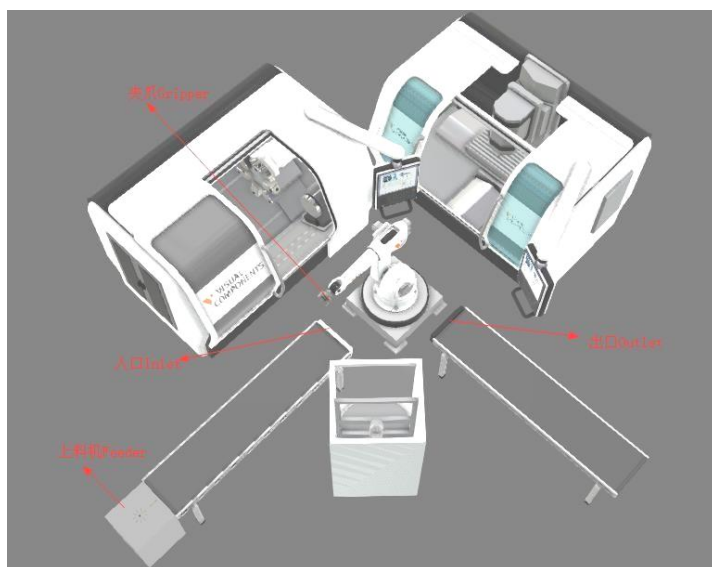


图 2-8 组件 PnP 连接完成

类似的操作，将机器人连接到 MachineTending Robot Manager v4（机器人管理台）上；夹爪连接到机器人末端关节；MachineTending Inlet（入口）连接到 Conveyor（传送带 1）的另一端；MachineTending Outlet（出口）连接到 Conveyor#2（传送带 2）的入口端。

#### (4)连接组件

➤ 选择 MachineTending Robot Manager v4（机器人管理台），点击“连接”标签下的“接口”按钮，窗口界面颜色发生改变，并显示各部件接口，如下图 2-9:

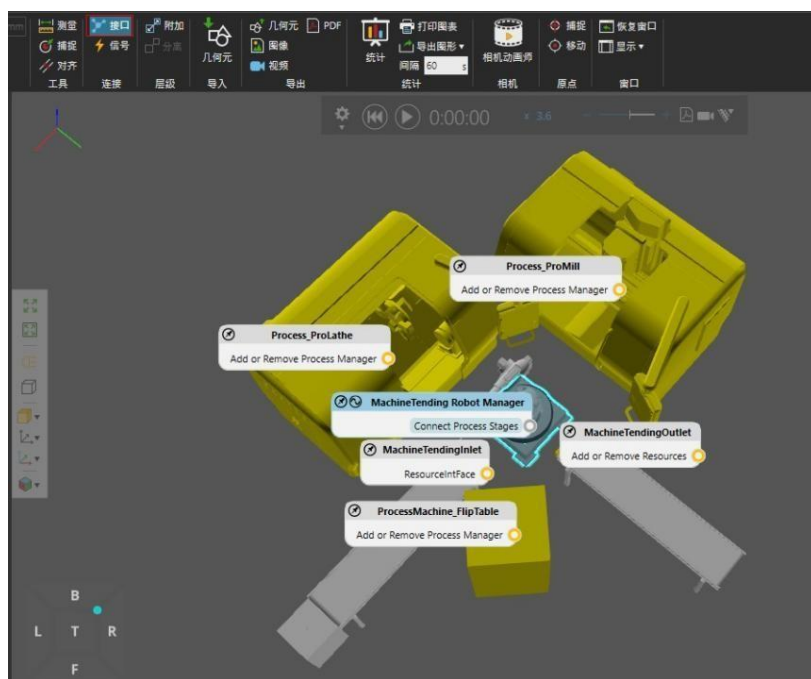


图 2-9 接口界面

➤ 鼠标左键按住其中一个接口不放，拖动到另一个接口，进行连接，将 MachineTending Robot Manager 与其他部件一一连接，连接完成后，部件颜色变为绿色，如下图 2-10 所示:

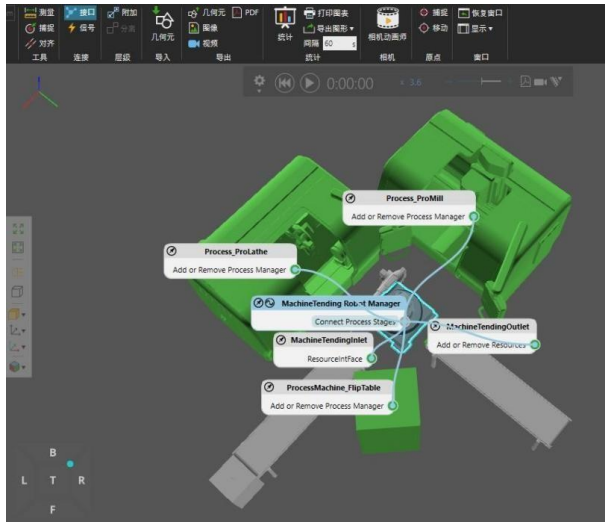


图 2-10 接口连接完成

- 再次点击“接口”按钮，关闭接口连接面板。
- 选择车床组件 ProLathe，在右侧对话框的“默认”标签下“ProcessIndex”修改为 2，如图 2-11；
- 类似地修改转动台的“ProcessIndex”选项为 3，铣床 ProMill 的“ProcessIndex”选项为 4，此选项将影响工件的加工流程。

#### (5)导入工件模型

选择 Basic Feeder 上料机，在右侧对话框的“默认”标签下“Interval”修改为 30s,并在“部件”标签下选中要导入轮毂组件文件，（文件路径：XX/wheel rim.vcmx），如下图 2-12：



图 2-11 工序设置



图 2-12 选择轮毂模型文件

## (6) 仿真验证

点击“开始仿真”按钮，验证整个机床上下料过程，是否合理，“+”“-”可控制仿真速度，如下图 2-13:

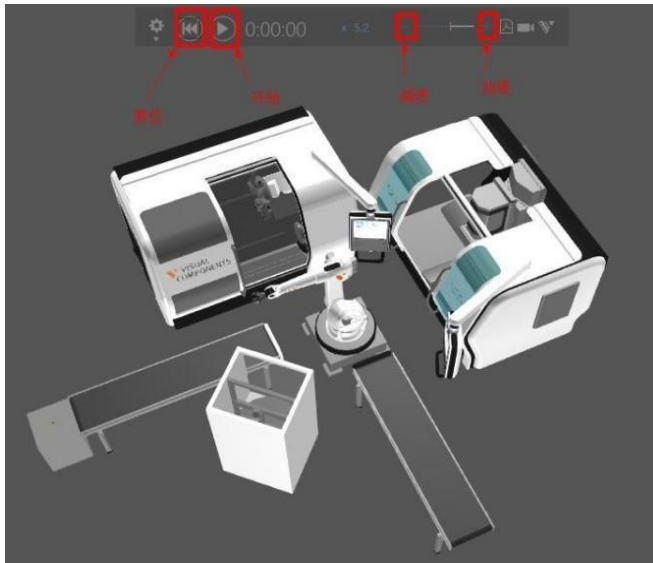


图 2-13 开始仿真

## 2. 自动码垛仿真

### (1)拖入模型

将本部分实验所需用到组件拖入视图界面中,拖入方法如上,不再赘述,组件如下表 2-3:

表 2-3 组件列表

编号	组件名称	编号	组件名称
1	Works Robot Controller (机器人控制器)	5	Conveyor (传送带 3)
2	Works Task Control (任务控制器)	6	Generic Articulated Robot v4 (机器人 2)
3	Works Process (流程器)	7	Generic 3-Jaw Gripper (夹爪 2)
4	Parametric Pallet with Collar(托盘)		

组件拖入后应如图 2-14:

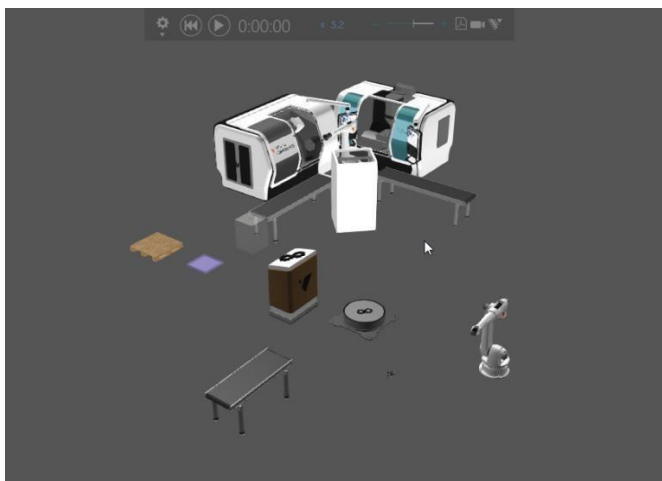


图 2-14 拖入组件

## (2)参数调整

➤ 加长加宽传送带 3，选中 Conveyor #3，将右侧“组件属性”标签下的 Default 组中 ConveyorLength 的数值改为 5000，ConveyorWidth 的数值改为 1000，其余参数保持默认，如图 2-15，另再复制一条传送带 4。

默认	Advanced	Materials
名称	Conveyor #3	
物料	black_matte	
可视	<input checked="" type="checkbox"/>	
BOM	<input checked="" type="checkbox"/>	
BOM 描述	Inline components. Straight conveyor.	
BOM 名称	Conveyor	
类别	Conveyors	
PDF 导出水平	完成	
模拟水平	详情	
背面模式	特征	
ConveyorLength	5000	mm
ConveyorWidth	1000	mm
ConveyorHeight	700	mm
ConveyorSpeed	200	mm/s

图 2-15 调整传送带参数

- 选中 Works Robot Controller（机器人控制器），参数设置如下图 2-16：

AutoHoming		MotionPath		Kinematics	
默认	Speeds	Advanced	Stats	Track	
名称	WorksRobotController				
物料	steel				
可视	<input checked="" type="checkbox"/>				
BOM	<input type="checkbox"/>				
BOM 描述	Call robot to do works tasks using this pedest				
BOM 名称	Works Robot Controller				
类别	Works				
PDF 导出水平	完成				
模拟水平	详情				
背面模式	特征				
Configuration	Automatic				
Looks	Round				
Tasklist	robot.assy				
Busy	<input checked="" type="checkbox"/>				
SerialTaskList					
MultiPickTaskList					
PedestalDiameter	700			mm	
PedestalHeight	500			mm	
RunningRoute					

图 2-16 调整机器人控制器参数

➤ 选中 Works Process(流程器),复制两次生成 Works Process #2 与 Works Process #3, 同时选中 Works Process #2 与 Works Process #3, 将右侧“组件属性”标签下的 Default 组中 CLength 与 CWidth 的数值改为 1000, 其余参数保持默认, 如下图 2-17:

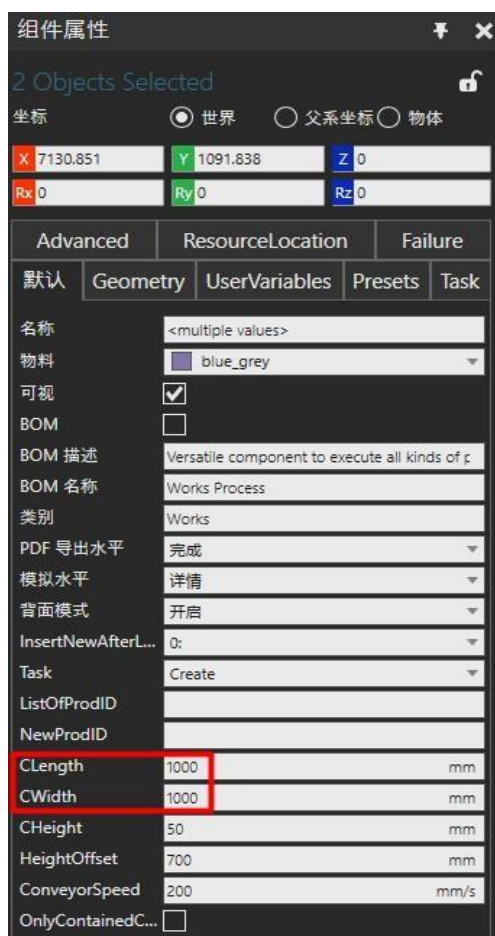


图 2-17 调整流程器参数

➤ 选中 Pallet（托盘），修改参数如下图 2-18:



图 2-18 调整托盘参数

### (3)搭建布局

➤ 接下来进行各组件的布局，可根据按下表 2-4 给出的坐标轴调整各组件位置。

表 2-4 组建坐标

组件名称	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Works Robot Controller（机器人控制器）	-800	4300	0	0	0	0
Conveyor（传送带 3）	-5500	5300	0	0	0	0

➤ 在“PnP”操作模式下，将机器人连接到机器人控制器上；夹爪连接到机器人末端关节；三个 Process 连接到传送带上（请注意箭头流向一致），连接完成后应如下图 2-19 所示：

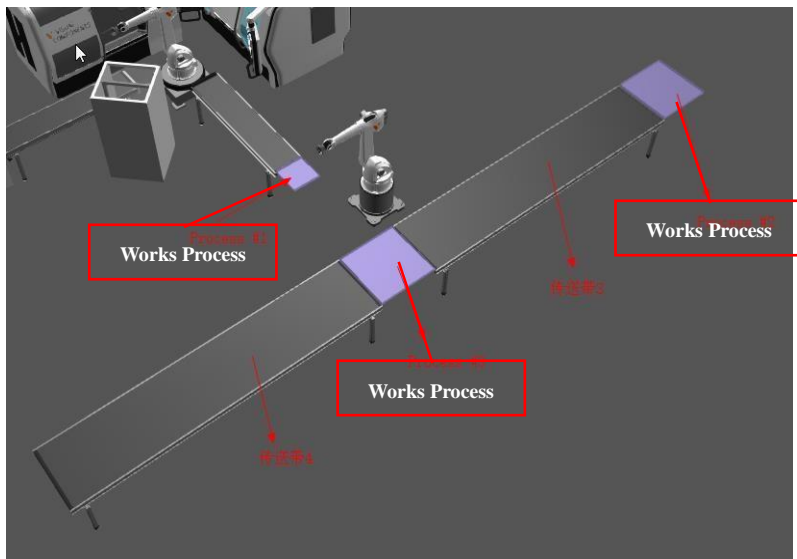


图 2-19 组件 PnP 连接完成

#### (4)创建流程

➤ Process#1 中创建 3 项任务：TransportIn、Pick、Delay，创建方法如下

图 2-20:

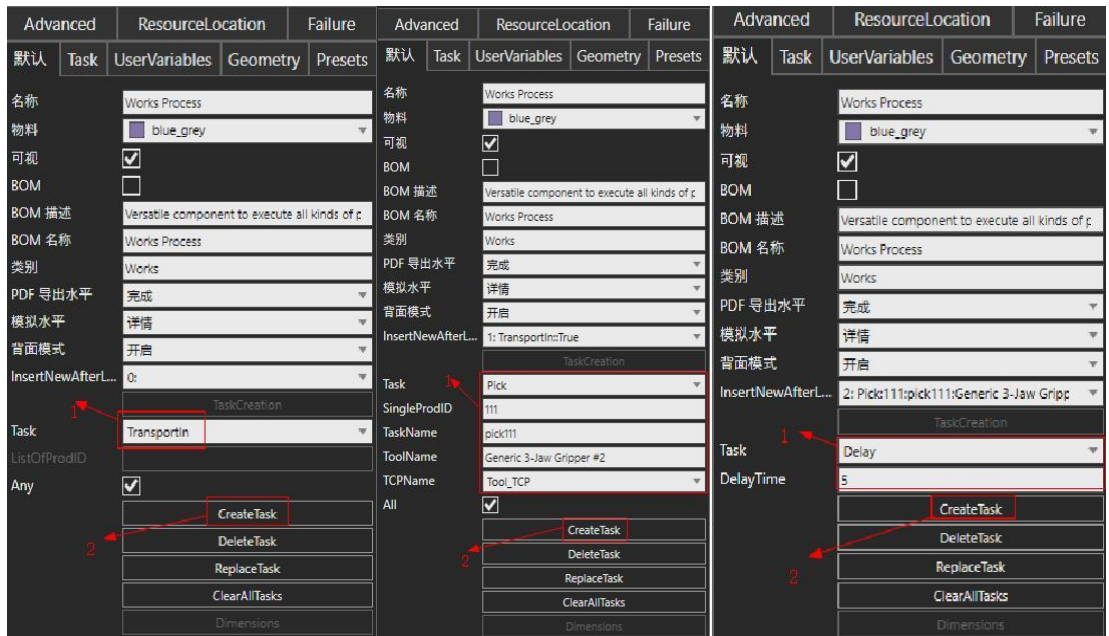


图 2-20 Process#1 流程创建

➤ Process#2 中创建 4 项任务：Delay、Create、Transportout、Delay，创建方法如下

图 2-21:

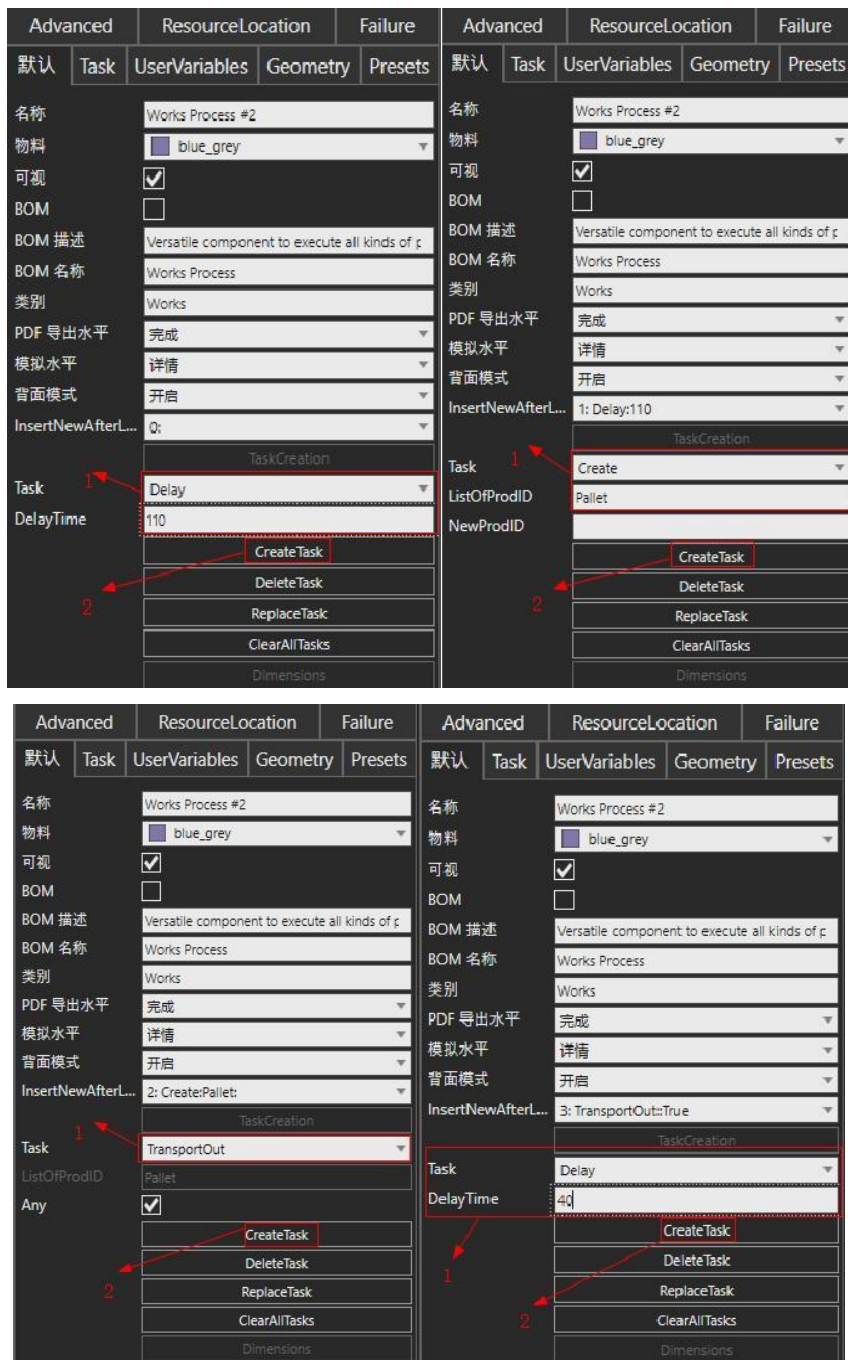
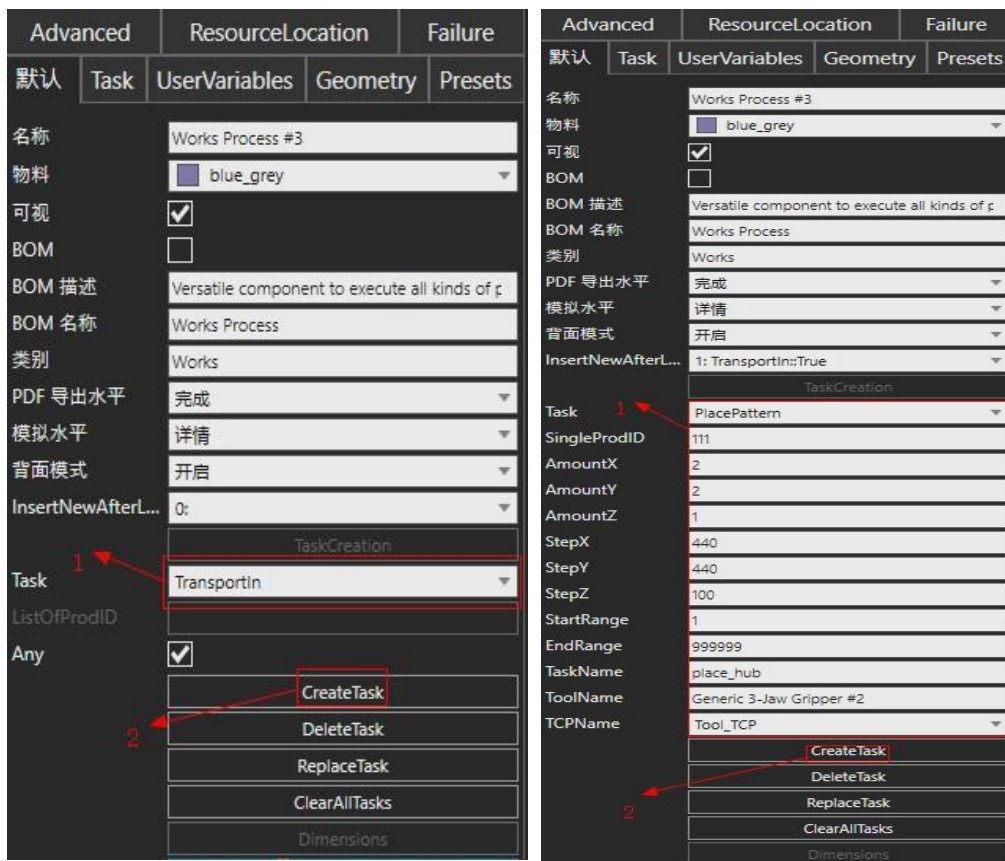


图 2-21 Process#2 流程创建

➤ Process#3 中创建 4 项任务：TransportIn、PlacePattern、Merge、TransportOut，创建方法如下图 2-22：



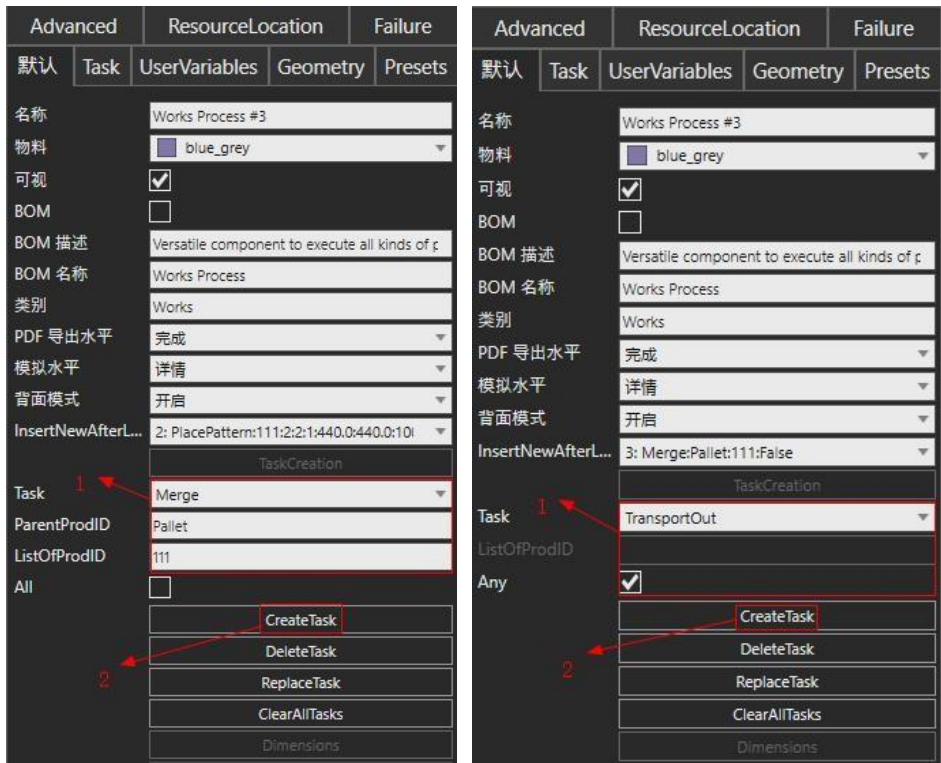


图 2-22 Process#3 流程创建

- 将抓取命令“pick111”与码垛命令“place\_hub”赋予机器人控制器，选择机器人控制器，在右侧“组件属性”标签下的 Default 组中 SerialTaskList 选项中填写 pick111, place\_hub（注意中间用逗号隔开），见图 2-23。

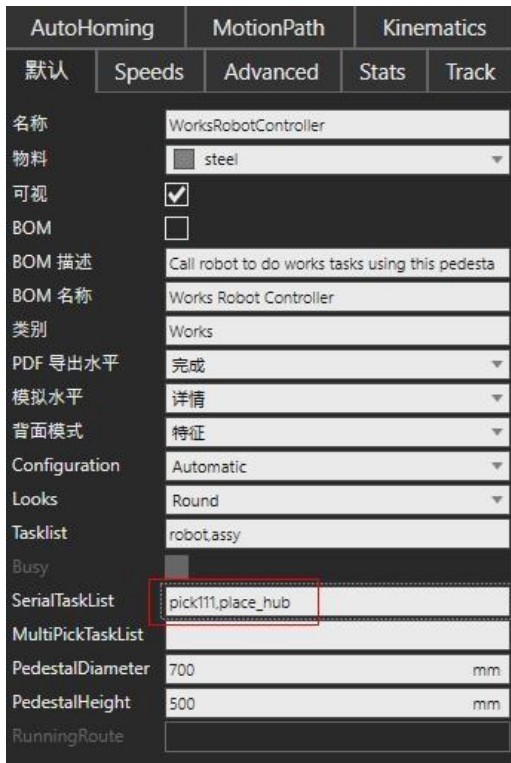


图 2-23 赋予机器人控制器命令

### (5)位置示教

➤ 点击“开始仿真”按钮，可发现轮毂在托盘的位置不合理，如下图 2-24 所示，需手动示教码垛的初始位置。

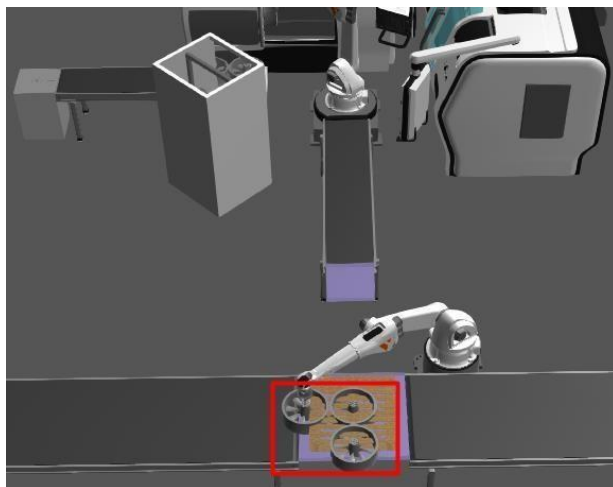


图 2-24 轮毂位置不合理

- 点击“复位”按钮，然后点击“开始仿真”按钮重新仿真，待第一个轮毂被放置到托盘上后点击“暂停”按钮。
- 点击“对齐”工具，捕捉对象选择“边和面”，先用鼠标选择轮毂下端边界线，再选择托盘上端平面，即可使得轮毂下端面与托盘上表面对齐，见图 2-25。

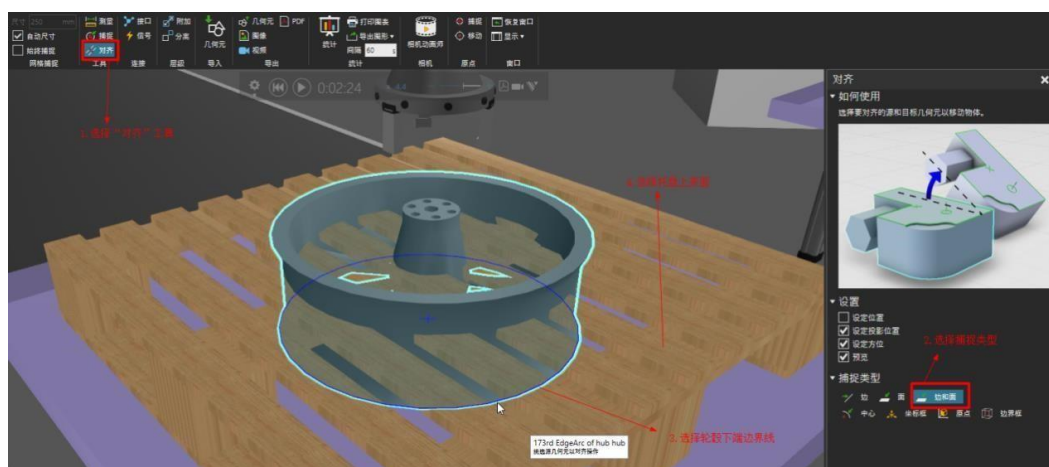


图 2-25 对齐轮毂下底面

- 点击“移动”按钮，进入手动模式，分别点击 X 轴与 Y 轴前后左右平移轮毂至合理位置，如下图 2-26 所示，图中 X、Y 坐标值可供参考（Z 坐标值已通过上步“对齐”操作确定）。

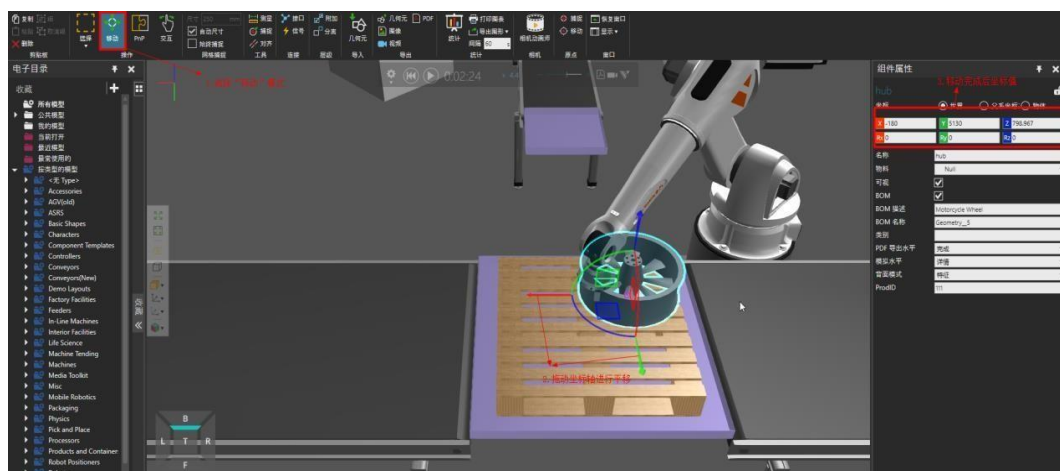


图 2-26 选定轮毂初始位置

- 选中 Process #3，右侧“组件属性”标签下选择流程 2（PlacePattern），然后点击“TeachLocation”按钮，完成示教，如下图 2-27。

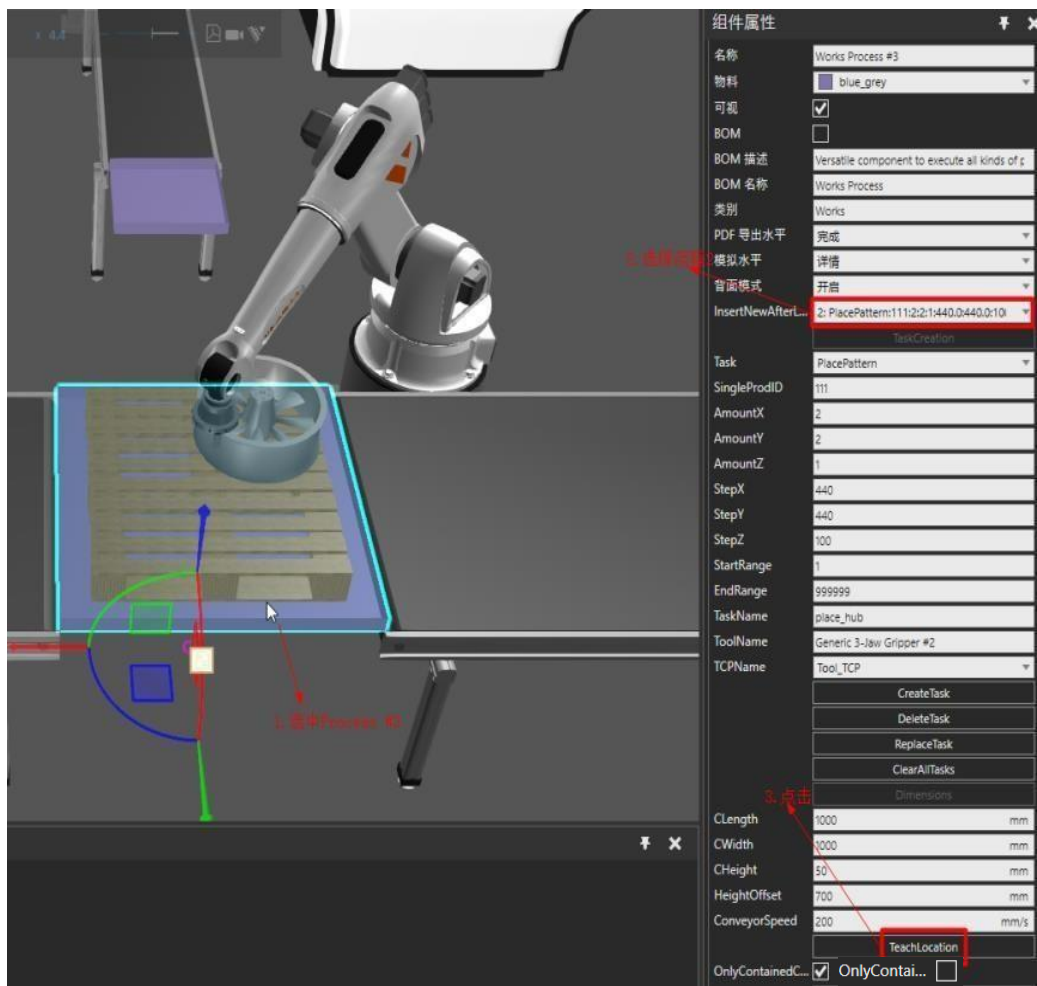


图 2-27 完成位置示教

- 点击“复位”按钮，然后点击“开始仿真”按钮重新仿真，检查示教位置是否合理。

### 3. 产线仿真

点击“开始仿真”按钮，观察整条生产线的流程与节拍，如有不当之处，可修改参数进行调整，直至可正常模拟整个生产过程，最终仿真效果如下图 2-28。

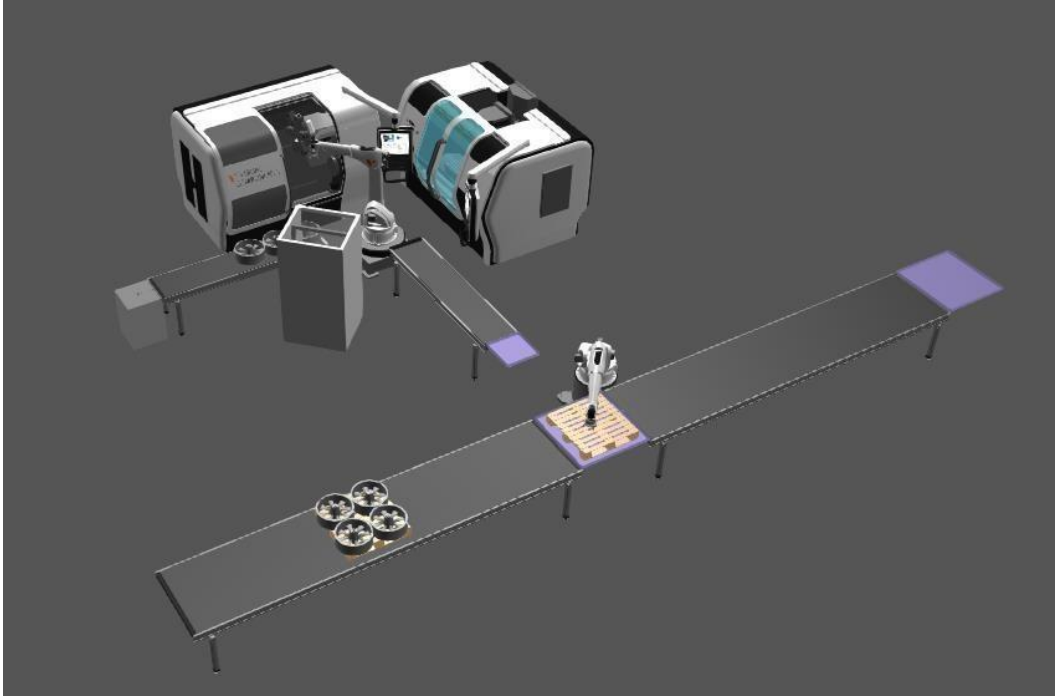


图 2-28 最终仿真效果图

## 六、实验报告撰写及文档材料提交

实验结果提交包含两部分，填写实验报告和提交仿真实验视频：

- 1、根据实验内容，将整体系统图输出二维图，并标注，最后粘贴到报告中；
- 2、按要求完成智能制造生产线的搭建与模拟，并录制仿真视频（mp4 格式）与仿真源文件一同提交。