

# 工业机器人

## 离线编程与仿真 (ROBOGUIDE)

陈南江 郭炳宇 林燕文 | 主编

彭赛金 卢亚平 | 副主编

微课版

学习平台、微课资源、多媒体课件、题库及答案、教学工作页

Off-line Programming & Simulation of  
Industrial Robot Based on ROBOGUIDE



扫二维码

# 目 录

基础入门篇	
<b>项目一 初识离线编程仿真软件</b> ..... 2	
【项目引入】 .....	2
【知识图谱】 .....	3
任务一 ROBOGUIDE 的认知 .....	8
【任务描述】 .....	8
【知识学习】 .....	9
【思考与练习】 .....	12
任务二 ROBOGUIDE 的安装 .....	12
【任务描述】 .....	12
【知识学习】 .....	12
【任务实施】 .....	13
【思考与练习】 .....	17
任务三 创建机器人工程文件.....	17
【任务描述】 .....	17
【知识学习】 .....	18
【任务实施】 .....	19
【思考与练习】 .....	25
任务四 ROBOGUIDE 界面的认知.....	25
【任务描述】 .....	25
【知识学习】 .....	25
【思考与练习】 .....	32
【项目总结】 .....	32
【拓展训练】 .....	32
<b>项目二 创建仿真机器人工作站</b> ..... 34	
【项目引入】 .....	34
【知识图谱】 .....	35
任务一 机器人的属性设置.....	39
【任务描述】 .....	39
【知识学习】 .....	40
【任务实施】 .....	42
【思考与练习】 .....	43
任务二 工具的创建与设置.....	43
【任务描述】 .....	43
【知识学习】 .....	43
【任务实施】 .....	44
【思考与练习】 .....	47
任务三 工装的创建与设置.....	48
【任务描述】 .....	48
【知识学习】 .....	48
【任务实施】 .....	48
【思考与练习】 .....	52
任务四 工件的创建与设置.....	52
【任务描述】 .....	52
【知识学习】 .....	52
【任务实施】 .....	52
【思考与练习】 .....	57
【项目总结】 .....	57
【拓展训练】 .....	57
<b>项目三 离线示教编程与程序修正</b> ..... 59	
【项目引入】 .....	59
【知识图谱】 .....	60
任务一 创建离线示教仿真工作站.....	62
【任务描述】 .....	62
【知识学习】 .....	63
【任务实施】 .....	64
【思考与练习】 .....	71
任务二 虚拟 TP 的示教编程 .....	72
【任务描述】 .....	72
【知识学习】 .....	72
【任务实施】 .....	72
【思考与练习】 .....	75
任务三 仿真程序编辑器的示教编程.....	75
【任务描述】 .....	75
【知识学习】 .....	75
【任务实施】 .....	76
【思考与练习】 .....	78
任务四 修正离线程序及导出运行.....	78
【任务描述】 .....	78
【知识学习】 .....	79
【任务实施】 .....	79
【思考与练习】 .....	81
【项目总结】 .....	81
【拓展训练】 .....	81



## 模拟仿真篇

<b>项目四 基础搬运的离线仿真</b> .....	<b>84</b>
【项目引入】 .....	84
【知识图谱】 .....	85
任务一 导入物料与设置仿真.....	86
【任务描述】 .....	86
【知识学习】 .....	86
【任务实施】 .....	87
【思考与练习】 .....	89
任务二 创建工具与设置仿真（虚拟电机法）.....	89
【任务描述】 .....	89
【知识学习】 .....	89
【任务实施】 .....	90
【思考与练习】 .....	94
任务三 创建仿真程序与仿真运行.....	94
【任务描述】 .....	94
【知识学习】 .....	95
【任务实施】 .....	97
【思考与练习】 .....	100
【项目总结】 .....	100
【拓展训练】 .....	100
<b>项目五 分拣搬运的离线仿真</b> .....	<b>102</b>
【项目引入】 .....	102
【知识图谱】 .....	103
任务一 创建分拣工作站基础要素.....	107
【任务描述】 .....	107
【任务实施】 .....	108
【思考与练习】 .....	114
任务二 创建工具与设置仿真（模型替代法）.....	114
【任务描述】 .....	114
【知识学习】 .....	114
【任务实施】 .....	115
【思考与练习】 .....	121
任务三 创建虚拟电机与设置仿真.....	122
【任务描述】 .....	122
【知识学习】 .....	122
【任务实施】 .....	123
【思考与练习】 .....	127
任务四 创建分拣作业程序.....	127
【任务描述】 .....	127
【知识学习】 .....	127
【任务实施】 .....	128

【思考与练习】 .....	141
【项目总结】 .....	141
【拓展训练】 .....	142

## 离线编程篇

<b>项目六 轨迹绘制与轨迹自动规划的编程</b> .....	<b>144</b>
【项目引入】 .....	144
【知识图谱】 .....	145
任务一 汉字书写的轨迹编程及现场运行.....	148
【任务描述】 .....	148
【知识学习】 .....	149
【任务实施】 .....	149
【思考与练习】 .....	155
任务二 球面工件打磨的轨迹编程.....	155
【任务描述】 .....	155
【任务实施】 .....	156
【思考与练习】 .....	159
【项目总结】 .....	159
【拓展训练】 .....	159
<b>项目七 基于机器人-变位机系统的焊接作业编程</b> .....	<b>161</b>
【项目引入】 .....	161
【知识图谱】 .....	162
任务一 创建焊接工作站基础要素.....	166
【任务描述】 .....	166
【任务实施】 .....	166
【思考与练习】 .....	167
任务二 变位机系统的设置与模块的搭建.....	168
【任务描述】 .....	168
【知识学习】 .....	168
【任务实施】 .....	168
【思考与练习】 .....	179
任务三 双头法兰短管焊接的轨迹编程.....	179
【任务描述】 .....	179
【知识学习】 .....	180
【任务实施】 .....	181
【思考与练习】 .....	184
【项目总结】 .....	184
【拓展训练】 .....	184



## 项目五 分拣搬运的离线仿真

### 【项目引入】

小白：“小罗同学，今天我接到一个新任务，就是将下面这台工作站的工作流程用仿真的功能进行演示。”

小罗：“没问题，不过你要把它的工作流程完完整整地告诉我，因为我要提前规划。”

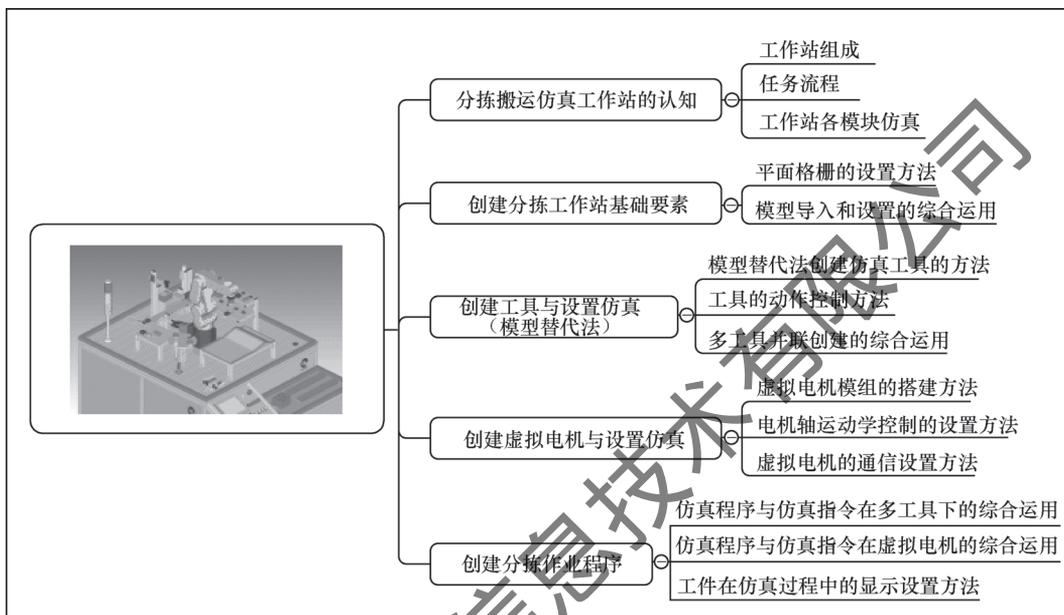
小白：“好的。搬运机器人首先前往工具架，用快换接头拾取夹爪；然后到达双层料库的位置，用夹爪依次抓取物料，并将所有的物料投放到料井中；搬运机器人回到工具架，将夹爪放回到原来的位置，再拾取吸盘，进入待命状态；料井的推送气缸将第1个物料推出，传送带将其传送到末端传感器的位置；机器人握持吸盘将物料从传送带的末端搬运到平面托盘上，并根据形状摆放到合适的位置；料井推送气缸再推出下一个物料，直到所有物料搬运完成并对号入座，最终实现分拣作业；最后机器人将吸盘放回工具架上，并且回到最开始的“HOME”点位置，进入待机状态。”

小罗：“这个过程听起来还挺复杂的，不过根据你前面所说的内容，我已经将整个过程简化成下面这张图了。”

小白：“对！这个貌似要好很多。那就开始吧！”



## 【知识图谱】



### 1. 分拣搬运仿真工作站认知

F01 仿真分拣工作站具体由工业机器人、工具架及末端执行器、双层立体料库及物料块、料井及推送气缸、传送装置、平面托盘组成，如图 5-1 所示。工作站选用 FANUC LR Mate 200iD/4S 迷你型搬运机器人，使用夹爪和吸盘实现物料的搬运与分拣。

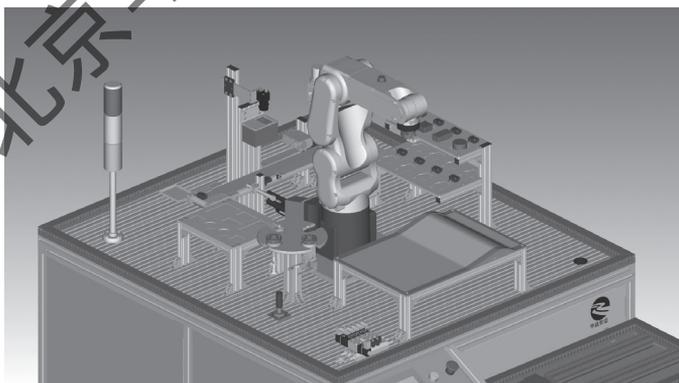


图 5-1 F01 仿真分拣工作站

微课



分拣工作站认知

(1) 工具架和工具

工具架模型与工作站基座模型作为一个整体导入到 ROBOGUIDE 的 Fixtures 下，其目的主要是为了精简模型的数量，如图 5-2 所示。如果需要调整工具架相对于基座的位置，必须首先利用绘图软件将工具架的三维模型分拆出来，再单独放到 Fixtures 下。

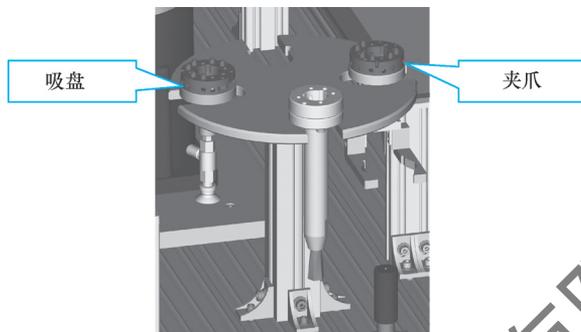


图 5-2 工具架及工具

快换接头（见图 5-3）利用螺栓固定在机器人的法兰盘上，利用气动锁紧装置实现夹爪和吸盘的拾取。在仿真工作站中，快换接头模型属性始终是工具（Tooling）模块。接头拾取夹爪与吸盘，实际上就是一种变相的工件搬运工具，只不过搬运的对象不是常见的物料块模型，而是工具模型。

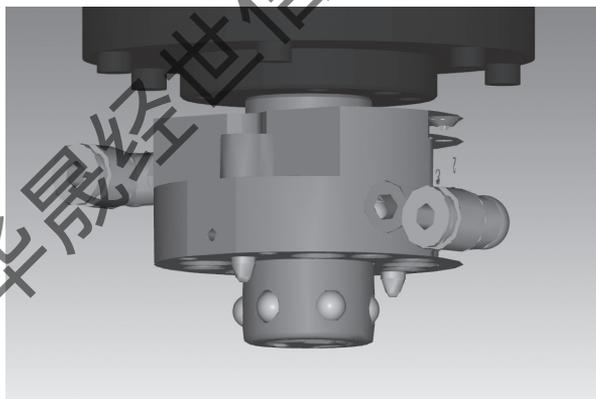


图 5-3 快换接头

夹爪和吸盘在本仿真工作站中都具有 2 个角色：一个是充当快换接头拾取的对象，另一个是担任搬运物料的工具。正是因为这种特殊性，所以夹爪和吸盘具有 2 个模块属性：一个是位于 Parts 模块下的工件属性，另一个是位于 Tooling 模块下的工具属性。

图 5-4 所示为夹爪和吸盘的整体模型，二者应放置于工具架上。在夹爪模型导入 Parts 之前，应用绘图软件将 2 个手指调成打开的状态，即间距较大的状态。工具架上的工具模型的属性是 Part，而不能是 Tooling，因为在仿真的环境下，只有 Part 形式的模型才能被拾取。

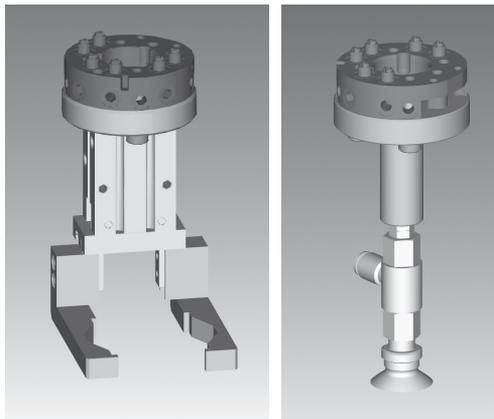


图 5-4 Parts 模块下的工具

图 5-5 所示为安装在机器人上的工具模型，但此处的夹爪和吸盘并不是通过链接的方式安装在快换接头上，而是夹爪或吸盘与快换接头作为一个整体模型导入 Tooling 模块。实际上，夹爪的情况要比吸盘复杂些，因为吸盘在搬运物料时的状态不变，故一个模型文件就足够了。但是夹爪却有开与合 2 种状态，这就需要 2 个模型进行交替显示，从而实现 2 个手指的开合。

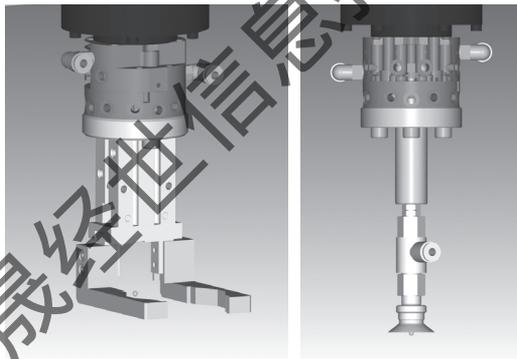


图 5-5 Tooling 模块下的工具

### (2) 双层立体料库

双层立体料库（见图 5-6）用于随机存放物料。搬运机器人握持夹爪从双层料库抓取物料。双层料库可与工作站基座作为一个整体导入 Fixtures 模块，如果需要调整料库的位置和尺寸等细节，必须利用三维绘图软件将其拆分出来，再单独导入到 Fixtures 模块。

### (3) 料井和推送气缸

料井模型与工作站基座是一个整体，当然也可以拆分进行单独导入，但是在没有特殊要求的情况下尽量减少模型的数量。

推送气缸是 Machine 模块下的一个模组，用于实现推送动作的仿真。气缸作为模组的固定部分，推杆作为模组的运动部分。

机器人夹爪从双层料库上拾取的物料块会依次投放到料井中，料井底部右侧的推送气缸将物料推送到左侧的传送带上，如图 5-7 所示。整个过程涉及物料的 2 次运动：第 1 次

是物料自由落体运动；第2次是从料井到传送带的直线运动。要实现这2次运动，需要在Machines(见图5-8)下创建虚拟的直线电机，通过机器人的数字信号进行控制，携带物料进行运动。

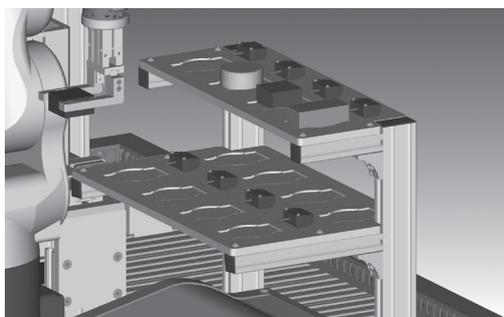


图 5-6 双层立体料库

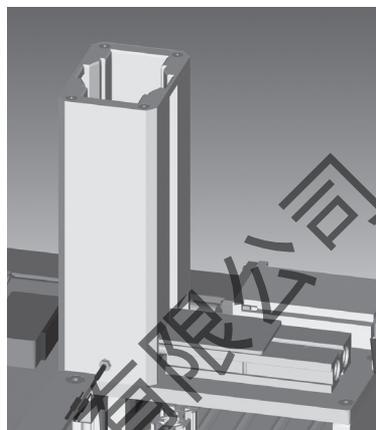


图 5-7 料井和推送气缸

以推送气缸为例，气缸体模型作为该模组的主体，即固定组件，推杆作为运动组件。推送气缸是一个二级模组（固定一级和运动一级）。Machines支持组件并联和多级串联链接，也就是说，如果需要，可以在“气缸体”的基础上添加组件与“推杆”并联，也可以在“推杆”的基础上添加组件，形成多级串联模组，如图5-9所示。



图 5-8 Machine 模组结构图

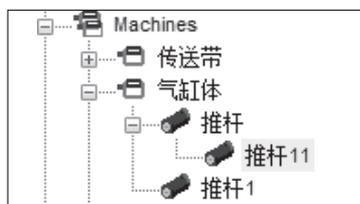


图 5-9 并联与串联模组

#### (4) 传送装置

传送带模型及其附件与工作站基座是一体模型（见图5-10），并且其本身的皮带也无法转动。要实现物料在传送带上做直线运动，同样需要创建虚拟电机，通过机器人的数字信号控制。

与推送气缸不同的是，传送带除了接收来自机器人的控制信号外，物料达到末端后还要将到位信号反馈给机器人控制器。

#### (5) 平面托盘

平面托盘（见图5-11）的模型属性为Fixture，可以与工作站基座作为一个整体导入。但是如果立体料库、基座、平面托盘都是同一模型，在关联物料Part时会出现冲突。因为立体料库已经关联了Part，相当于平面托盘关联过了。所以建议将平面托盘模型分拆出来单独导入，或者在托盘的附近创建一个隐藏的Fixture，将物料关联到隐藏模型上。

机器人握持吸盘从传送带的末端拾取物料，搬运到平面托盘上。托盘上有4种不同形状的物质摆放坑，面积较大的是码垛位置，其他3种为单个物质摆放位置，有正方形、长方形



和圆形，分别对应 3 种物料的形状。

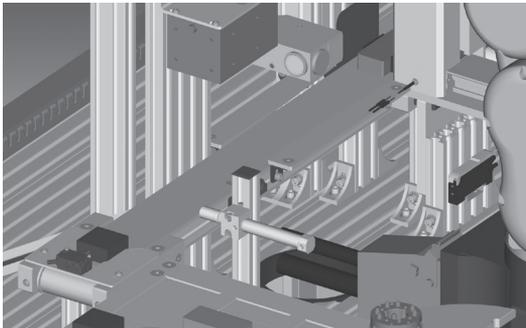


图 5-10 传送装置

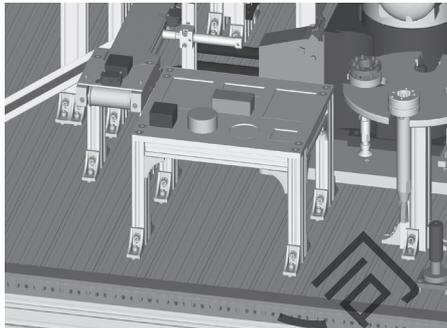


图 5-11 平面托盘

#### (6) 物料

物料是垂直投影为圆形、正方形和长方形的 3 种形状模型，始终属于 Parts。物料关联的位置有：双层料库、料井自由落体直线电机、推送气缸电机、传送带直线电机、平面托盘、夹爪和吸盘。

### 2. 预测难点分析

#### (1) 机器人拾取工具后抓取物料过程

夹爪和吸盘会出现在 2 个地方：一个是工具架上；另一个是快换接头，也就是机器人上。以夹爪为例，在项目四中，仿真搬运的情况比较简单，夹爪模型是直接作为工具模型（Tooling）被安装在机器人上的，仿真过程中工具直接抓取物料（Part）；但本项目中则是快换接头工具（Tooling）拾取夹爪（Part）以后，再拾取物料（Part）的过程。但是在 ROBOGUIDE 中，用已经携带 Part 的工具去拾取另一个 Part 是不可能实现的，因为在搬运仿真过程中，一个工具不可能同时搬运 2 个 Part 模型文件。

#### (2) 虚拟直线电机动作前和动作完成后物料显示的问题

以推送气缸推出物料到传送带传送物料至末端的过程为例，推送过程时物料在推送气缸直线电机上运动，传送过程时物料在传送带直线电机上运动。气缸推出第 1 个物料块，传送带开始传送后，气缸直线电机末端的物料应该消失。但事实上如果按照一般的设置和编程，气缸直线电机末端的物料会一直存在，并且传送带传送过程中也不会有物料显示，不能满足仿真的基本要求。

本项目将会在之前学习内容的基础上详细地讲解整个仿真的流程，包括工作站的搭建、仿真的设置、程序的创建和运行，让大家更深入地了解并掌握搬运模块的仿真功能。针对可能出现的难点，在实际实施的过程中通过前后的连接和对比，寻求办法与总结经验。

## 任务一 创建分拣工作站基础要素

### 【任务描述】

小罗：“由于本次任务比较复杂，是仿真功能的一个综合应用，所以涉及的模块模型较多。考虑到初学者可能会在此项目中混淆模型的模块划分，所以工作站模型的创建会

详细讲解。”

小白：“对！我觉得学了这么多，适当地回顾一下以前的知识是非常合理的，正所谓‘温故而知新’。”

## 【任务实施】

构建工作站的基础要素就是搭建一个工作站的雏形，包括创建初始机器人工程文件、搭建 Fixtures 的模型和导入 Parts 的模型。

微课



创建分拣工作站  
基础要素

### 1. 创建工程文件及基本设置

① 创建机器人工程文件。选择搬运模块将其命名为“F01 仿真分拣工作站”，然后选择“LR Handling Tool”搬运软件工具，选用 FANUC LR Mate 200iD/4S 迷你型搬运机器人，结果如图 5-12 所示。

② 首先对工程文件进行常规设置，调整软件界面的显示状态，简化界面以提高计算机的运行速度。

执行菜单命令“Cell”→“Workcell “F01 仿真分拣工作站” Properties”，打开工程文件属性设置窗口，选择“Chui World”选项卡，如图 5-13 所示。

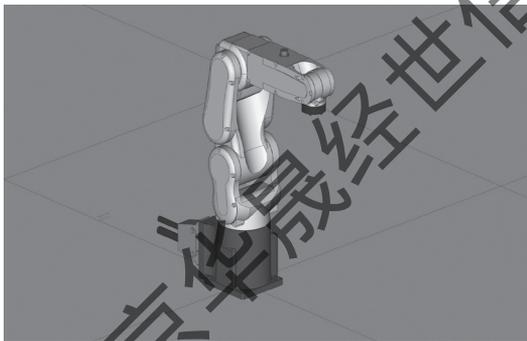


图 5-12 初始机器人仿真工程文件界面

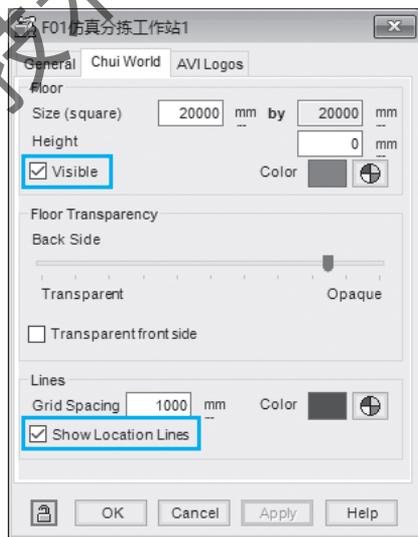


图 5-13 工程文件属性设置窗口

Size (square): 设置平面格栅的尺寸。平面格栅为正方形，数字后的单位是国际单位毫米。

Height: 设置平面格栅的高度。工程文件默认的界面中，平面格栅的中心与机器人底座平面的中心都位于界面坐标原点，此原点的位置不可更改。

Visible: 设置平面格栅是否可见。

Color: 设置平面格栅的颜色。

Back Side: 设置平面格栅背面的透明度。平面格栅的上方为正面，下方为背面；滑块从左向右，透明度增加。

Transparent front side: 设置平面格栅正面的是否透明。

Grid Spacing: 设置平面格栅中每个小方格的边长，后方的单位为毫米。

微课



修改平面格栅的  
样式

**Color:** 设置网格线条的颜色。

**Show Location Lines:** 设置 TCP 相对于工程界面坐标原点的位置信息线是否可见，勾选情况下可见，如图 5-14 所示。

如图 5-13 所示，将“Visible”与“Show Location Lines”选项取消勾选，隐藏平面格栅与 TCP 位置信息显示线。设置完成的界面如图 5-15 所示，界面精简的同时提高了计算机的运行速度。

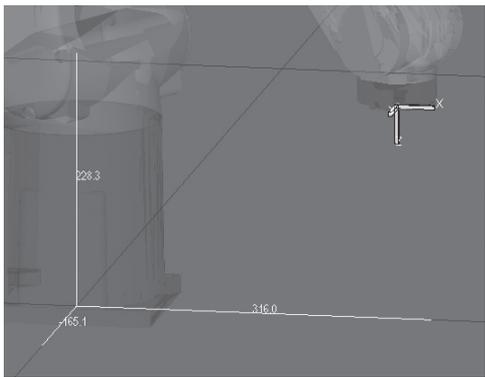


图 5-14 TCP 位置信息显示

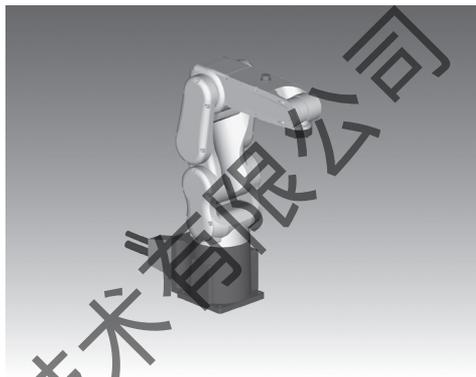


图 5-15 隐藏平面格栅的显示效果

③ 在工程界面中双击机器人模型，打开机器人属性设置窗口，选择“General”选项卡，调整机器人的显示状态和位置，如图 5-16 所示。

**Name:** 机器人控制器命名，支持中文输入。在单一机器人的工程文件中可以默认不做处理，如果工程文件中含有多机器人，给从事不同作业的机器人赋予相应的中文名称，对于模块查找及操作都是极为方便的。

**Model:** 机器人的型号信息。

**Serialize Robot:** 工程文件配置修改选项，单击进入最开始创建工程文件的界面，修改机器人型号、添加附加轴等。

**Visible:** 设置机器人模型是否可见。

**Edge Visible:** 设置机器人模型轮廓边缘线是否可见。

**Teach Tool Visible:** 设置机器人 TCP 是否可见，右侧的滑块可调整 TCP 显示的尺寸大小。

**Wire Frame:** 设置是否线框显示。勾选该选项则使得机器人模型以线框的样式显示，右侧的滑块可调整机器人模型在实体和线框 2 种样式下的透明度。

**Location:** 设置机器人模型的位置。默认情况下，机器人模型底座的中心与界面的坐标原点重合。

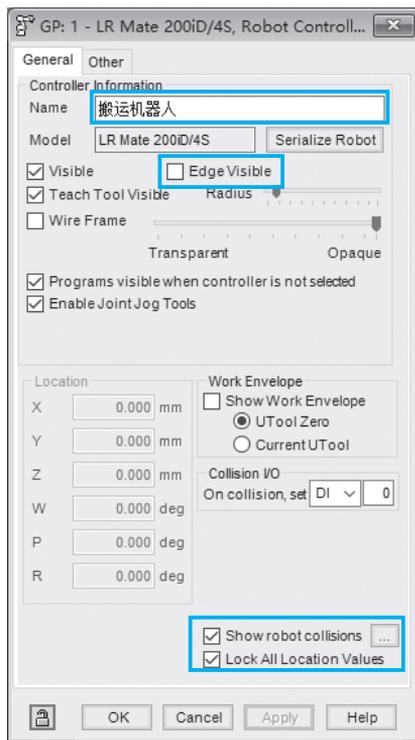


图 5-16 机器人属性设置窗口