



HZPlanner 机器人轨迹规划仿真软件

用户操作手册

文档版本：v1.0

软件版本：v1.0

上海画竹软件科技有限公司



目 录

一、 软件安装	3
二、 软件功能简介	6
1. 功能介绍	6
2. 基本功能说明	11
三、 主要功能模块详细说明	13
1. 场景配置功能模块	13
2. 刀路制作模块	21
3. 路径规划及排序模块	28
4. 一键刀路制作模式	29
5. 中断程序模块*	31
6. 参数建模模块	32
7. 轨迹编辑模式	35
8. 网格离散	40
9. 点云模型划分及规划	41
10. 网格面轨迹生成	43
11. 辅助示教轨迹	46
四、 其它辅助功能模块	51
1. 模型摆放	51
2. 仿真模块	53
3. 后处理模块	54
4. 设置修改模型图层颜色	56
5. 模型拆分合并	56



6. 模型简化功能	57
7. 工具坐标系编辑	58
8. 机器人工作空间显示	58
9. 软件全局参数设定	60



一、软件安装

软件有以下两个安装包：HZPlanner 和 HZPlanner_Data。

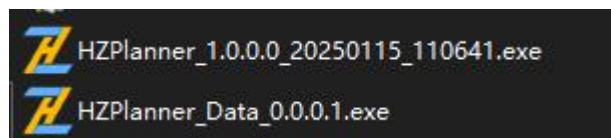


图 1-1 安装包示意

其中 HZPlanner 为软件本体安装包，通过点击可以将软件安装至当前电脑系统中。

HZPlanner_Data 为软件外部的场景资源文件，用于增强软件内部场景（机器人、地轨、工作台、工具等等）种类，建议随软件一同安装否则将无法享受内置库数据带来的便捷性。

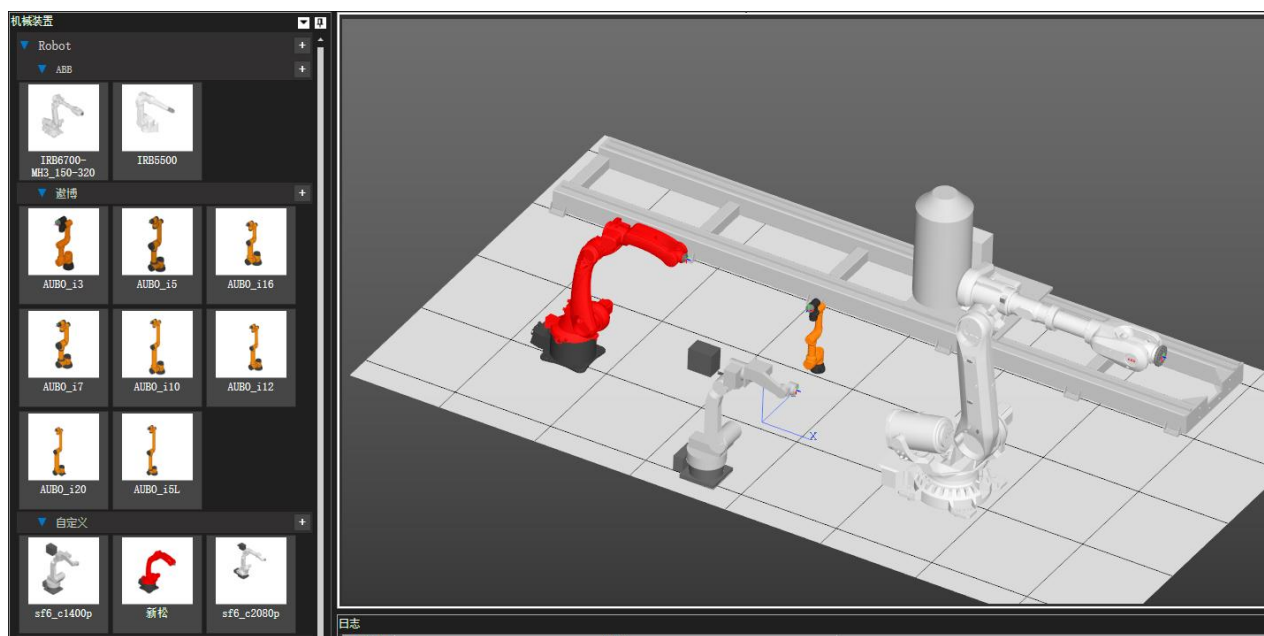


图 1-2 场景库



激活方法:

软件首次安装完成后，点击运行，会进入未激活试用模式。

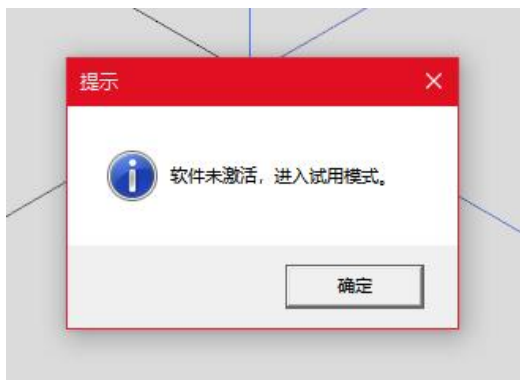


图 1-3 试用模式



单击界面右上侧功能菜单，会弹出软件激活版本信息窗口，将本机二维码通过（截屏、拍照模式）发给我们，进行授权离线激活软件在本机的使用。



图 1-4 软件激活窗口

我们收到二维码信息图片后，会向您发送一段激活码：（例，8888 8888 8888 8888），将其内容输入激活码对话框中，然后点击 **激活** 按钮，软件将在本机环境下激活成功。



图 1-5 软件成功激活窗口

激活成功后，会显示激活时长，并提示软件激活成功。

软件后期版本更新对激活码的状态无任何影响，在本机激活期间可以享受任何版本软件的使用权限。



二、软件功能简介

1. 功能介绍

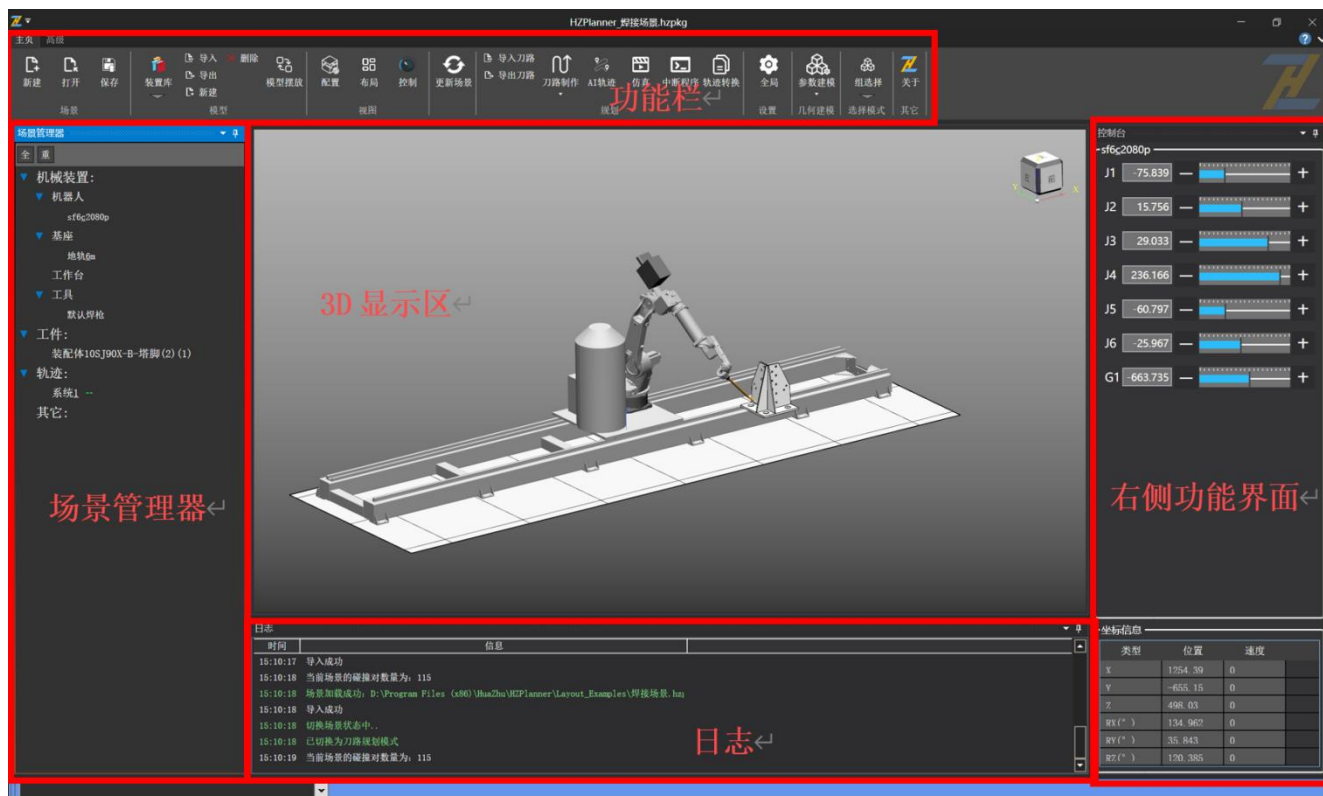


图 2-1 软件总窗口

新建: 新建当前界面, 清除所有信息 (场景树内的所有信息)

文件: 可以打开保存整个场景布局文件 (*.hzpkg), 机器人, 地轨, 工件等等。

模型: 导入 step、igs、brep、obj 等模型, 导入模型默认作为工件, 同时也可以可以在右侧功能界面配置出可运动的机器人、地轨等模型文件。



图 2-2 外部模型导入



场景库：内置不同品牌的所有机器人类型，可快速搭建机器人加工场景。同时可以导入自己配置的场景模型包*. hzmpkg。

布局：弹出左侧场景树界面，主要分三大类：机械装置，工件，刀路。

控制：右侧弹出控制界面，用于控制机器人地轨每个轴的运动。同时下侧界面显示当前系统机器人TCP的世界坐标系位置以及仿真时的末端速度。

坐标信息			
类型	位置	速度	
X	1995.98	0	
Y	567.48	0	
Z	1569.4	0	
RX(°)	0	0	
RY(°)	90	0	
RZ(°)	0	0	

图 2-3 坐标系界面

配置：弹出当前场景配置界面，用于制作运动机构，[见后续功能详细介绍](#)。

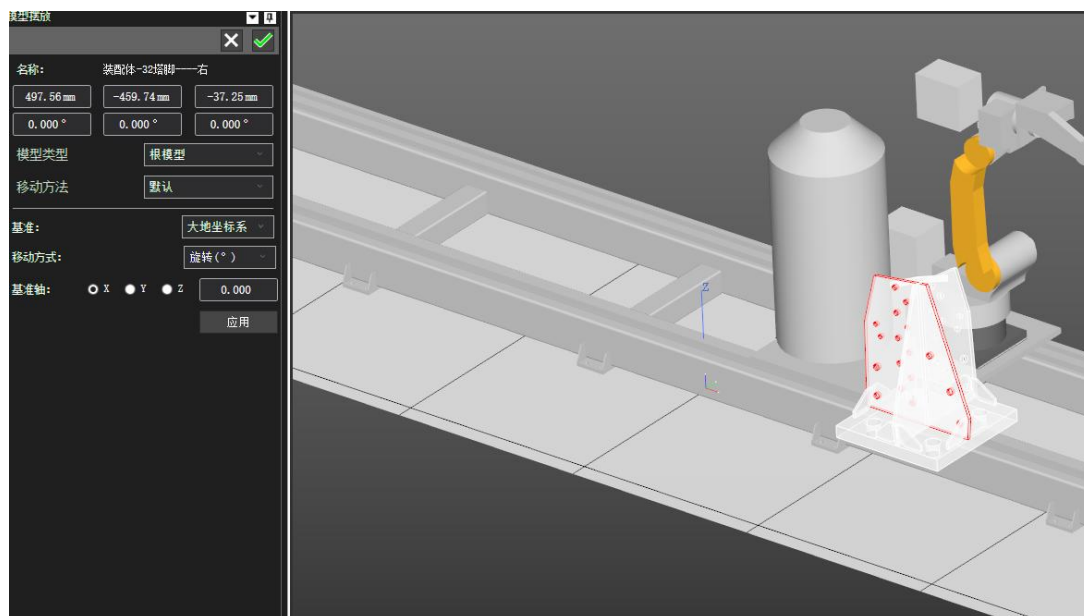


图 2-4 模型摆放界面

模型摆放：点击后进入工件编辑界面，可以进行工件摆放，移动操作。

进入模型摆放界面后，如果选中模型，会让选中的模型透明。

模型类型有两种：根模型，表示会改变模型整体位置。子模型，仅会修改子模型的位置。

移动方法：通过坐标轴拖拽，或者通过几何方式面面贴合。

场景库：存储所有历史配置过的场景模型，同时可以导入自己配置的场景模型包*. hzmpkg。

更新场景：同步场景信息，比如碰撞，运动等信息。 每次在软件中修改机器人或者地轨 DH 软限位，需要手动同步下场景，用于更新信息，注意每次配置好场景后（尤其是安装设备时，导致系统自由度发生改变），需要点击更新场景才能进行路径规划。

刀路：可以导入导出制作的刀路文件，刀路文件包含场景中工件信息，加工路径，空移路径等等。保存格式为*. hzwpkg

刀路制作：

当前软件具有三种轨迹规划方法， 面轨迹 多段面轨迹 焊接轨迹，根据不同的生成对应有不同的机器人系统。

同时在**布局**栏可以右键系统，选择对应刀路制作的操作。 具体操作见后续 [轨迹生成](#) 介绍。



图 2-5 轨迹生成界面

点击每个对应的轨迹生成功能后，会弹出机器人列表，表示当前加工轨迹属于哪个机器人系统，（对于多系统设备有效）

路接规划：规划左侧【场景管理器】中**轨迹**列表的所有路径间的无碰撞的最短空移过渡路径。

仿真：弹出仿真进度条，可以仿真加工，检测是否有碰撞。

组选择：切换场景模型的选择方式。



图 2-6 高级功能

高级：

检查碰撞，检查当前场景机构是否碰撞，若碰撞则快速定位碰撞位置信息。

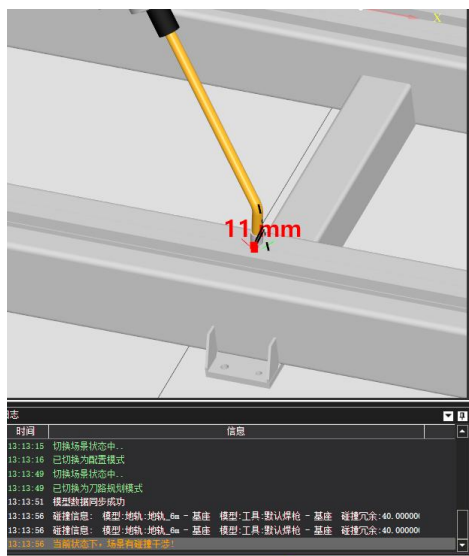


图 2-7 焊枪与地轨碰撞

测量，用于简单的测量模型间的位置距离关系，选择边，点，并显示距离。

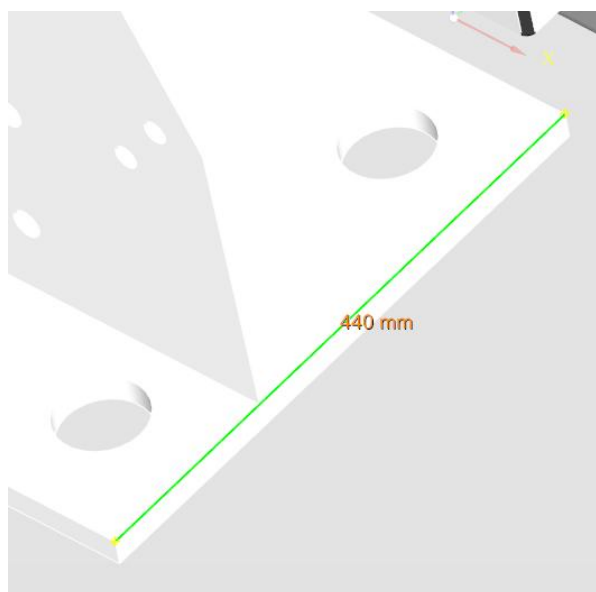


图 2-8 测量线段长度

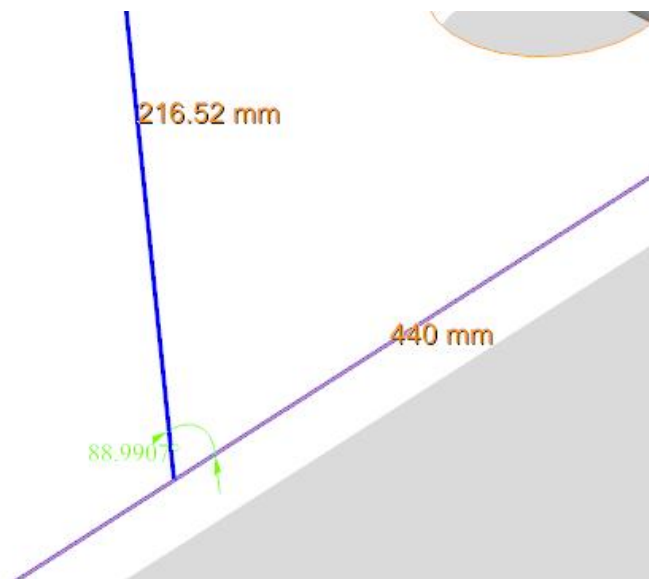
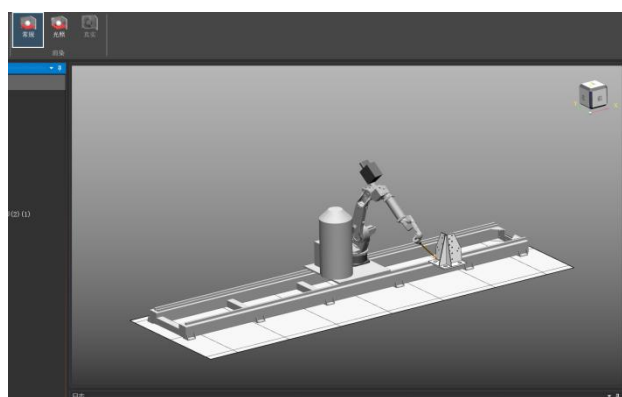
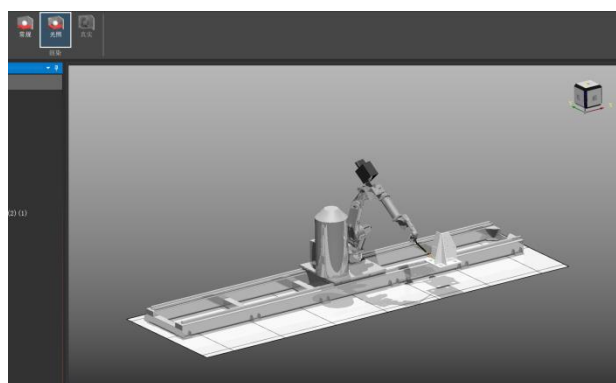


图 2-9 测量两条线段的夹角

常规，用于 3D 显示栏的显示方式为常规



光照，用于 3D 显示栏的显示方式为光照



真实，用于 3D 显示栏的显示方式为真实

2. 基本功能说明

① 导入模型基本存储结构



图 2-10 模型基本结构

如上图所示，每个模型都会以上述节点参数存储与本软件中。

对于 牛腿 模型来说，有 子元素 装配 Link1 运动轴等子节点。

- ◆ 子元素表示当前模型下，有几个单独可以选中操作的子模型，比如一个 6 轴工业机器人模型，内部至少包含 6 个运动关节和 1 个底座模型，故会存在 7 个子模型。
- ◆ 装配表示对于机器人 地轨这类有安装其它装置需求的设备开发的接口，机器人由于特征结构默认会自动根据 DH 参数确定安装位置，对于地轨则需要人为手动赋予安装位置。详情见 [地轨装配点设置章节](#)。

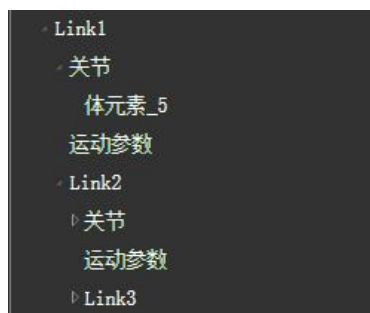


图 2-11 运动模组结构

- ◆ **Link1** 表示当前运动装置的运动模型关系，该节点下还包含下一个串联的 link 节点，当前运动节点的运动子模型，运动参数等。 详情功能操作见 [机器人配置章节](#)

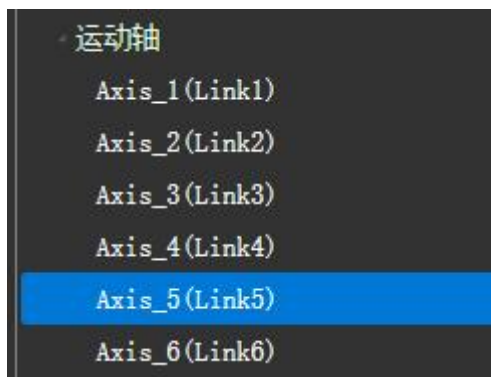


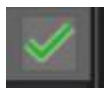
图 2-12 运动轴列表

- ◆ **运动轴** 由于上述 link 节点串行依赖关系，若修改每个 link 需要一层一层点(尤其对于机器人来说)，则在外部提供 link 菜单的快捷编辑节点，功能等同于每个运动节点的 **运动参数**

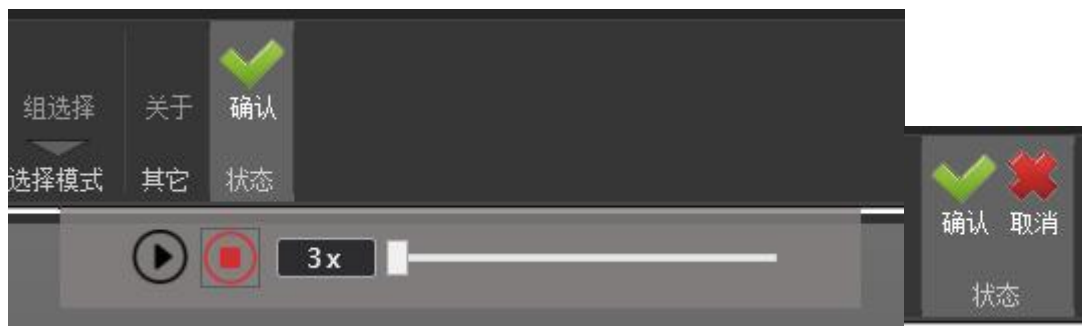
② 软件命令确认以及取消



如上图所示，每次进入一个功能命令是，会有上述窗口弹出， 为取消当前功能，恢复原样，见[轨迹](#)

[生成功能命令](#)。 为确认当前命令执行下一步操作。

③ 软件状态确认以及取消



如上图所示，在一些命令内部还是存在一些特殊状态需要处理，比如[运动装置配置](#)时的 **点选** 功能开启时，会出现上述状态，进入面选择功能。

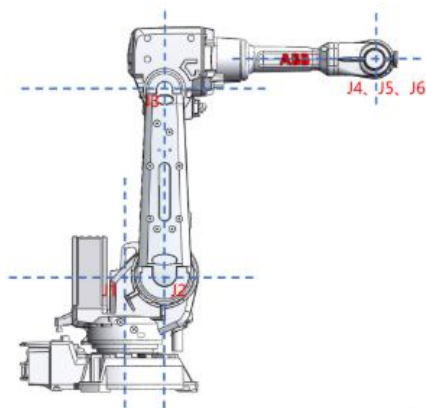
三、主要功能模块详细说明

1. 场景配置功能模块

场景配置模块用于将原始 step 或者网格模型文件，转化为具备运动属性的场景库文件。目前软件支持将普通三维数字模型文件变为机器人、地轨、变位机、工具等。

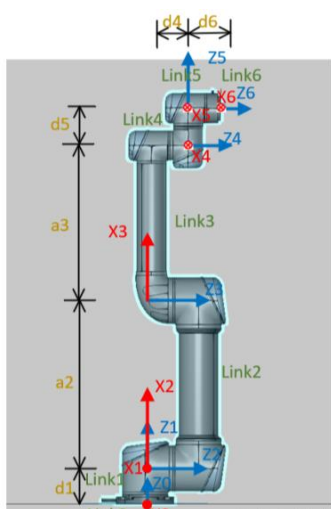
首先通过软件上方工具栏中的 **模型** 功能导入常见的普通模型。

当前软件可以配置机器人类型有三种： 常规工业机器人，UR 机器人类型，喷涂机器人类型。



满足 Piper 法则，机器人的 DH 模型 J4/J5/J6 相交与一点。适用于大多数普通工业机器人。

配置机器人时，J4 轴延世界坐标系 X 正方向。



不同于 Piper 法则机器人,UR 机器人 J4/J5/J6 轴不交于一点，初始零位姿态也与普通工业机器人不同，整体竖直朝上。

配置机器人时，机器人零位姿态如图所示。

其中图中 J6 轴朝向世界坐标系的 Y 负方向。

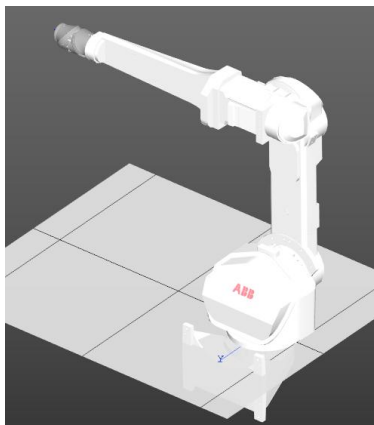


ABB 的喷涂机器人存在耦合轴，实际控制时只有 6 个轴，但在 DH 建模时，机器人存在 7 个运动轴，其中第 5、6 轴位于末端，且完全耦合，第 5 轴运动时，第 6 轴运动角度与第 5 轴相同，但是运动方向相反。故仅用一个轴来表示 DH 建模时的 5、6 轴。

机器人配置时与普通机器人相同，J4 轴延世界坐标系 X 正方向。

表 3-1 机器人配置类型

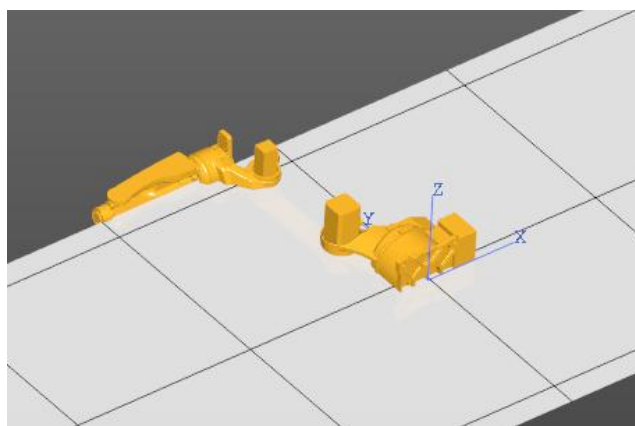


图 3-1 导入机器人模型

➤ 机器人模型配置

配置要求：

- ① 机器人配置时，机器人四轴朝向与世界坐标系 X 方向同向，（使用常规机器人配置方法举例）
- ② 将机器人底座中心移动到世界坐标系中心，另机器人基坐标系与世界坐标系重合。

配置方法：

通过 模型摆放 功能，使用 面贴合 功能精准将机器人底座中心贴合到世界坐标系中心，纠正 4 轴旋转方向。得到如下图所示姿态，（具体调整方法见 模型摆放 章节）：

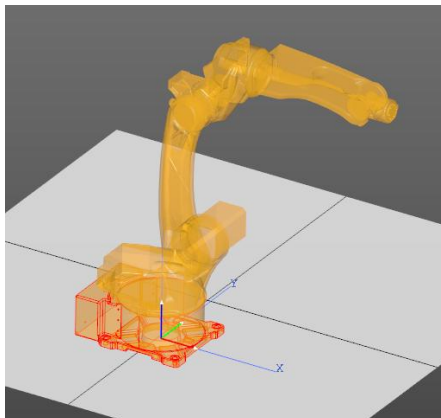


图 3-2 调整机器人姿态

右键右侧模型的根节点，选中 **设置装置类型** 设置需要配置的装置类型，为机器人。

机器人类型根据需要配置的模型选择，当前模型为 常规工业机器人（区分方法见表 3-1）。

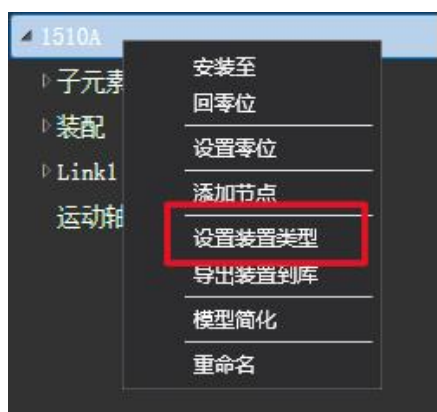


图 3-3 右键菜单

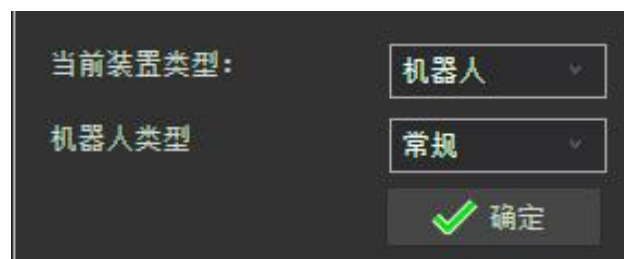


图 3-4 类型界面

然后右键根节点，弹出右键菜单，选中 **设置零位**，将机器人模型当前位置设置为机器人的零位坐标系位置。

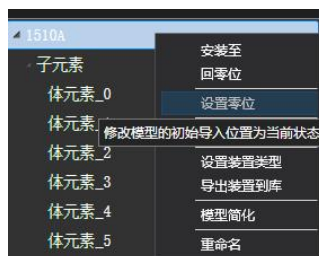


图 3-5 设置零位

配置每个运动组的模型，一一选中体元素下的子模型，右键 移动到节点，选中对应的运动关节。

将其配置到各自的运动关节中。

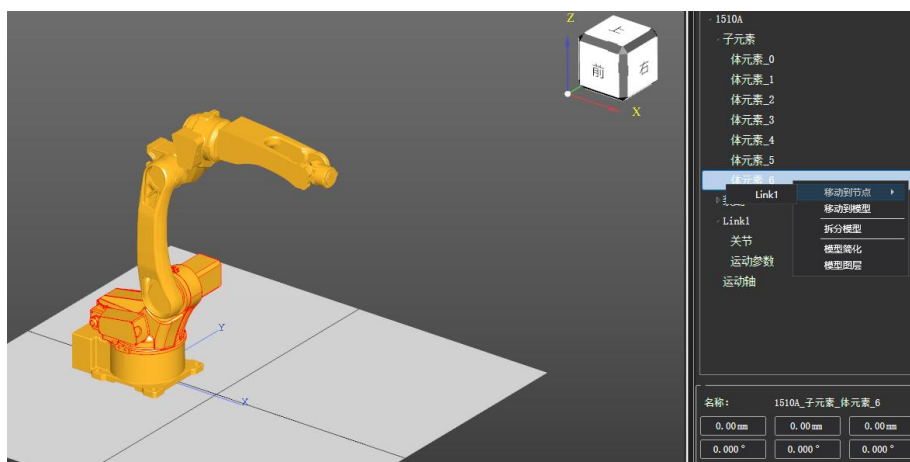


图 3-6 配置运动模型

配置好机器人 6 个运动关节后，会在 运动轴 节点下显示 6 个运动轴节点。鼠标左键双击每个节点，会弹出运动轴参数设置界面。

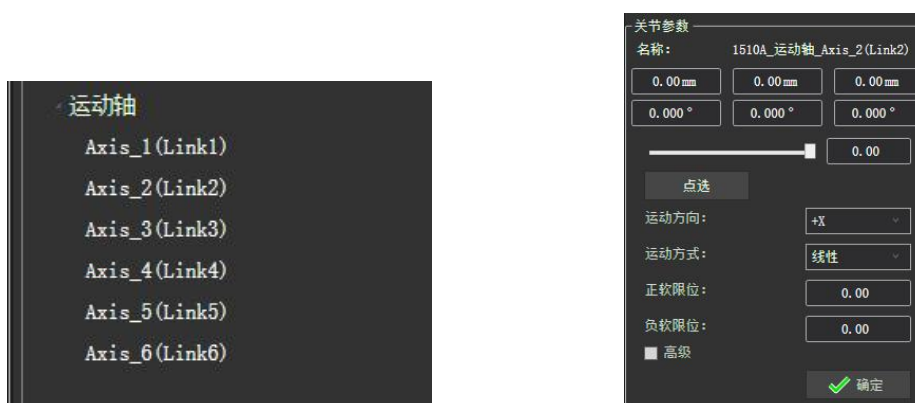


图 3-7 设置运动参数

本软件所有运动机构具备如下运动参数：

1. 运动轴基准轴心位置姿态，如上图 6 个数字框表示，X Y Z RX RY RZ。

该运动轴位置可以直接在数字输入框编辑，也可以通过 **点选** 按钮在界面模型中点选。

点击 **点选** 按钮后，按钮变为 **选择轴心**，此时进入轴心位置选择状态，界面进入面选择模式，选择一个面，会自动确定面的中心为旋转中心，Z 轴为面的法向朝向。如下图坐标轴显示，通过点选可以设置 J2 的运动中心。

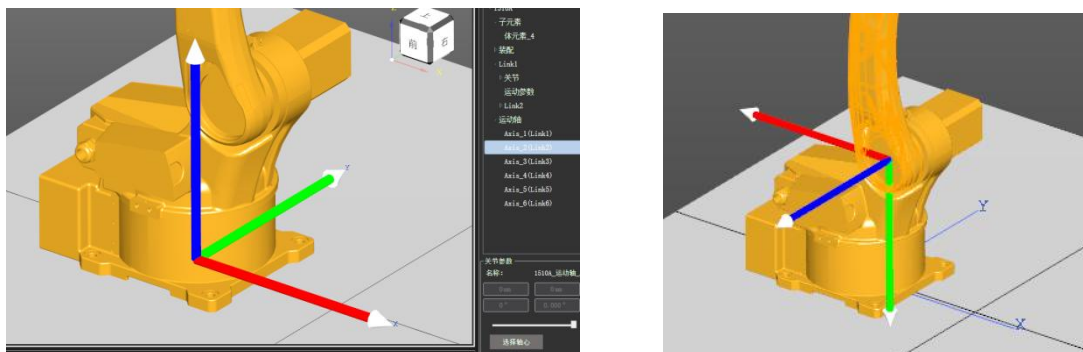


图 3-8 设置运动中心位置

2. 设置运动轴的方向，以及运动方式（旋转、平移）。
3. 设置运动轴的正负限位。
4. 高级功能，用于设置喷涂机器人 DH 参数，设置某个轴与另一个轴耦合参数（耦合轴和耦合系数）。



图 3-9 设置运动中心位置

通过上述界面设置耦合轴和耦合比，耦合主轴复选框勾选表示当前轴为主动轴，而被耦合的轴为被动轴，控制时被动轴隐藏，通过主动轴按照耦合比驱动，仅适用于喷涂机器人。

根据上述介绍，依次配置好每个运动轴参数，然后再次点击右键菜单的 **设置零位**（仅更新当前设备为场景运动模型，并配置到系统中，用于后续自动轨迹规划），或者单击软件上方菜单栏的 **场景更新** 按钮，全局更新所有配置参数。

最终机器人配置完成，若机器人 DH 配置正确，会在机器人末端显示 TCP 坐标系，具体朝向如下图所示。

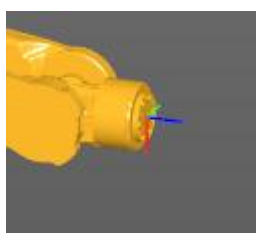


图 3-10 机器人末端 TCP

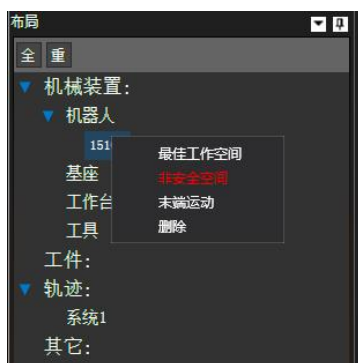


图 3-11 拖拽机器人模型

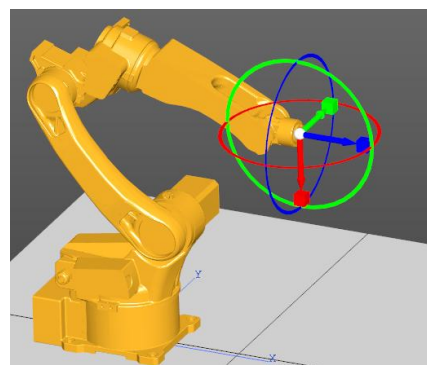


图 3-12 拖拽机器人模型

为了再次确认机器人配置是否成功，再次在左侧 **布局** 界面选中机器人下的刚配置运动装置（若不存在则再次点击上方菜单栏的 **场景更新**），然后右键选中 **末端运动** 然后会出现右侧图中拖拽坐标系，鼠标拖拽，机器人运动姿态无误，即配置成功。

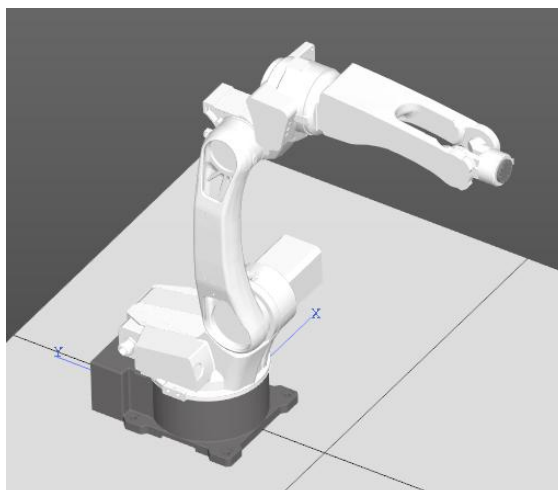


图 3-13 配置机器人模型颜色图层

最后软件可以设置模型颜色外观，参照其它功能 [颜色图层设置](#)。

➤ 地轨、基座配置

地轨装置配置时，如同机器人配置，无论几个自由度地轨，参考机器人配置方法，

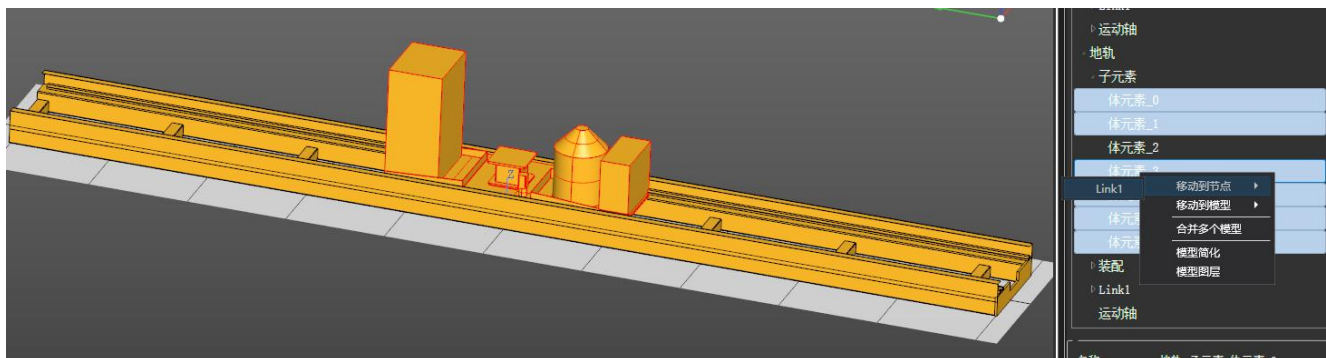


图 3-14 配置地轨模型

设置模型初始零位

配置机械装置类型：地轨。

配置每个运动轴。

然后设置每个运动轴运动参数。

不同于机器人配置的是，地轨配置需要手动设置安装面位置坐标(机器人完全根据 DH 参数自动获取)。

需要点击模型节点中的装配节点，双击安装 **位置** 节点。弹出安装位置设置界面。

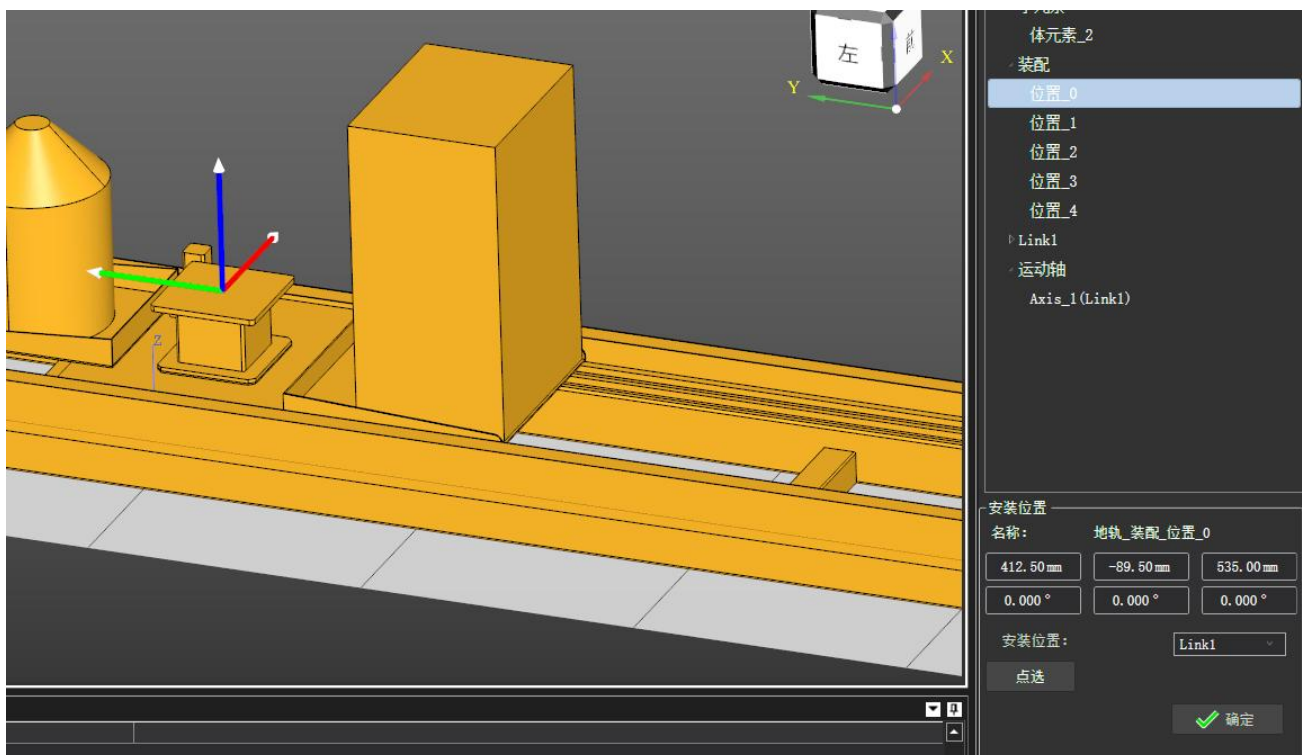


图 3-15 设置地轨安装位置

与前文设置关节 **运动中心** 方法类似，通过鼠标点击获取安装位置。并配置安装位置所属的 link 节点，当出现多自由度地轨时，需要手动选择安装的 link 位置。

注：需要在当前位置安装机器人时，右键需要安装的机器人模型，然后选择地轨的安装位置。如下图所示。

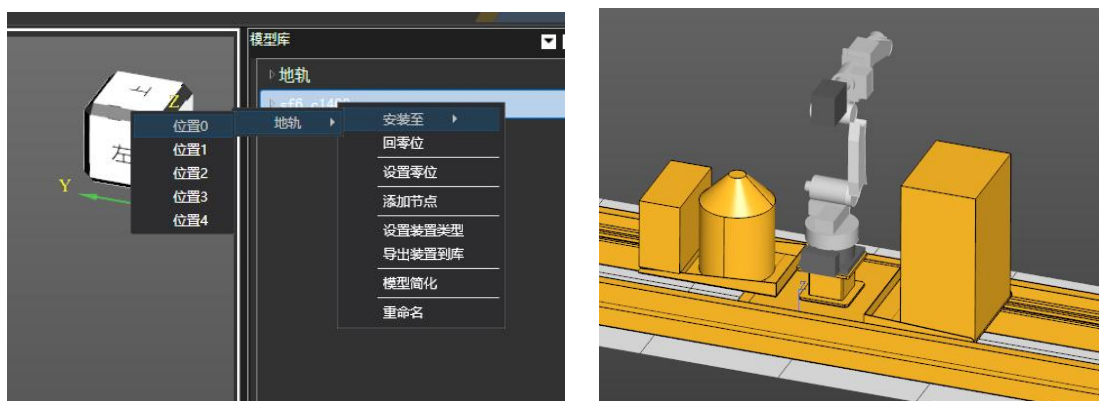


图 3-16 配置机器人到地轨上

最后**更新场景**，将模型导入软件系统中，可以后续轨迹规划。

➤ 变位机配置

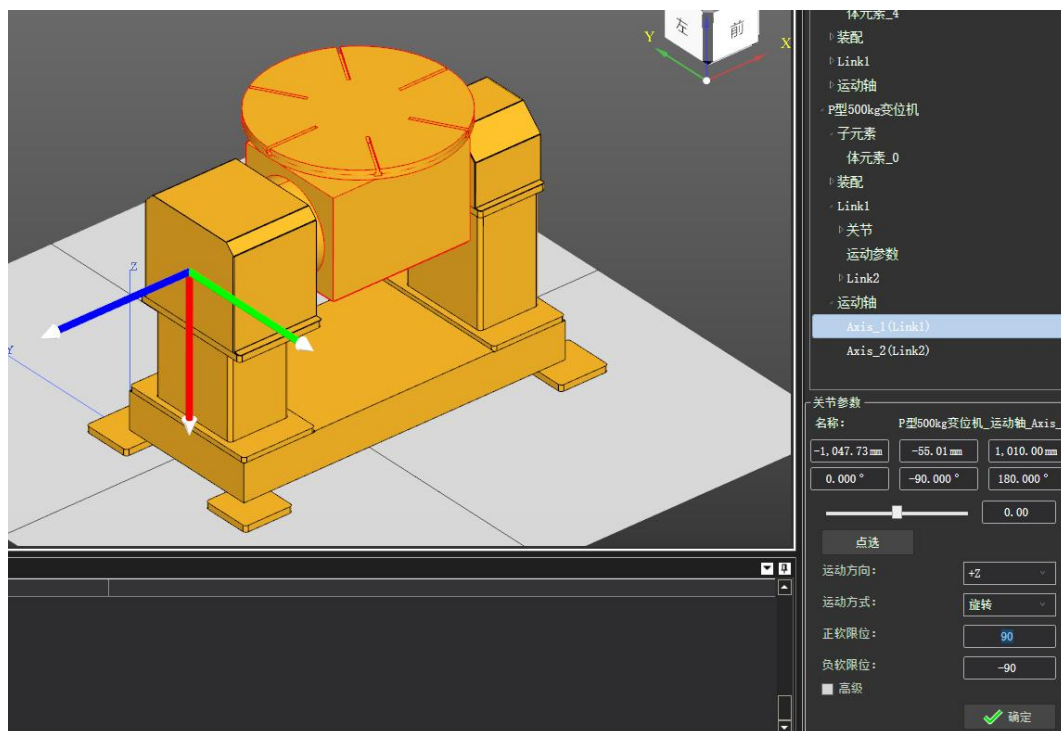


图 3-17 配置变位机模型

配置方法如前文描述，不同点在于需要选择配置类型为 **变位机模型**。

注：当前版本软件暂不支持变位机上摆放工件路径规划，故变位机配置功能暂时无效。

➤ 工具配置

工具目前不支持具备运动属性的装置，比如夹爪等。

工具配置需要调整工具模型的初始位置，确保安装位置能够安装到机器人 TCP 末端。

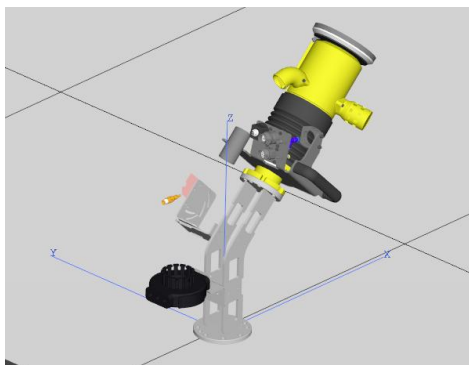


图 3-18 配置工具

工具配置需要设置装置类型为 工具。

然后**更新场景**，尝试将配置好的工具安装到机器人末端，查看是否成功。参考机器人安装到地轨的方法步骤。

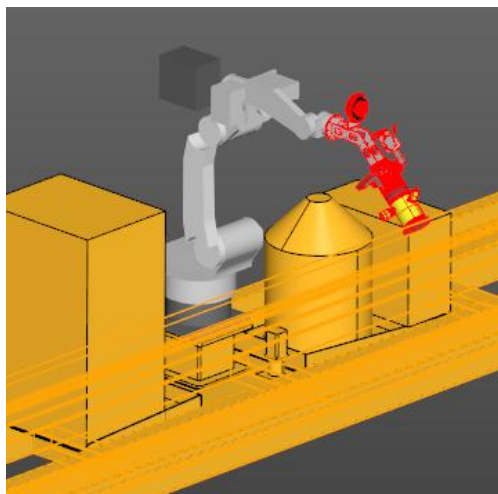


图 3-19 安装到机器人末端

2. 刀路制作模块

目前轨迹生成包含三个功能，**面轨迹** **多段面轨迹** **焊接轨迹**。该功能可以从两个地方分别打开，一个是上方菜单栏的 **刀路制作** 下拉列表菜单中找到，另一个在场景管理器的 **轨迹->系统** 节点右键下找到



功能按钮，如下图所示，



图 3-20 菜单栏功能选项



图 3-21 场景管理器右键菜单功能选项

➤ 面轨迹



图 3-22 菜单栏功能选项

进入该功能后，在左侧场景功能列表中，出现一个弹窗，默认弹窗功能无法使用，当且仅当鼠标在 3D 界面中选中一个待加工的面之后，才会进入可编辑状态。如上图所示。



图 3 - 23 面轨迹参数设置总览

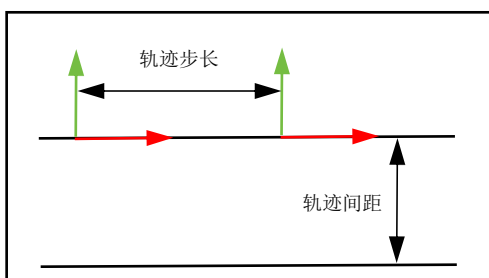
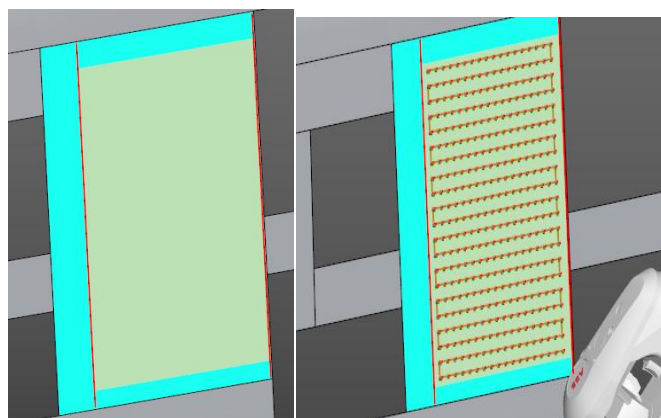


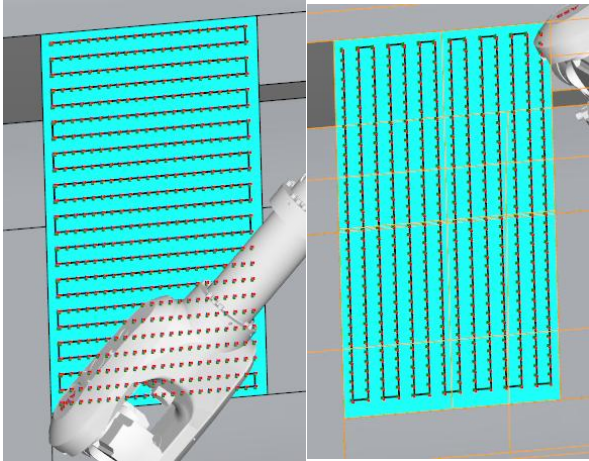
图 3 - 24 轨迹参数图示



截断方向复选框，表示对待加工面进行平面二维两个方向上的裁剪，下面的进度条表示裁剪区域。

如上图所示，轨迹会在局部区域进行生成。



轨迹方向 轨迹反向	设置轨迹加工方向的正反，调整首尾加工位置。
分布方向 竖向	调整轨迹分布方向，如下图所示
	
末端高度 30.00 mm	表示机器人末端 TCP 离加工表面的距离。
轨迹间距 50.00 mm	如图 3-24 所示，建议根据打磨工具工作半径或者喷涂工具作业半径确定。
轨迹步长 30.00 mm	如图 3-24 所示
轨迹姿态 更新姿态	通过上述设置参数，更新当前轨迹姿态。计算出最佳工作轨迹。
☒ 高级 最小后退距离 100.00000	其它参数，表示机器人加工该片区域，之后抬刀的最小高度，防碰撞干涉。 （因为轨迹加工状态为接触式作业，以及加工前必定对工件进行精定位，所以工件与工具的碰撞距离设置很小，但是后期进行过渡点空移规划时，为了安全考虑，碰撞冗余距离设置较大，需要有较大的抬刀动作）



➤ 多段面轨迹



图 3-25 多段面轨迹参数设置总览

内部参数与面轨迹相同，多了 **间断轨迹** 功能选项，主要应用于大型构建表面的打磨，对某一片轨迹进行区域划分，确保加工时只动机器人，而不动外部轴（地轨）。

设置每块区域间隔大小，会得到如下图所示效果。

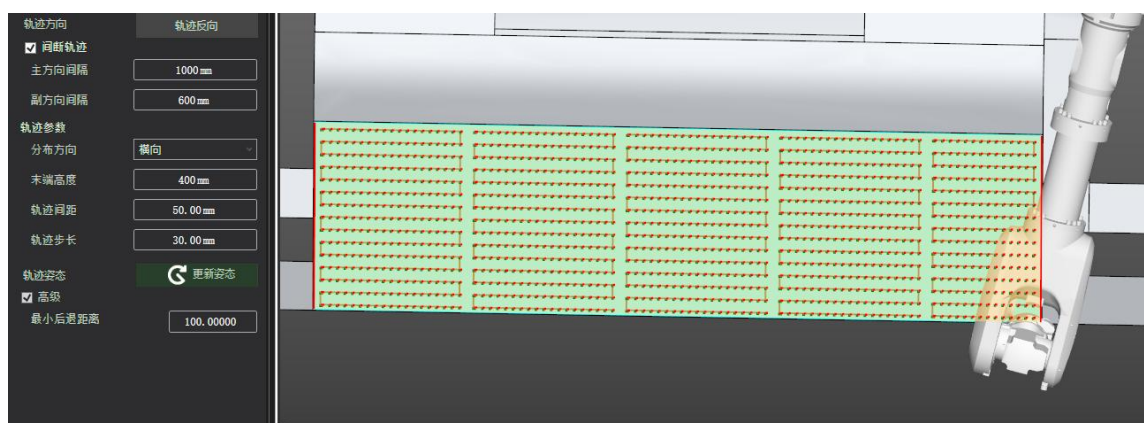


图 3-26 多段面轨迹

➤ 提取焊缝

焊缝提取功能比较基础，目前支持提取单条焊缝，后期增加多种焊接方式（连续焊，包角焊，多层多道，断续焊等）。

焊缝提取界面分为两个，首先进入焊缝选择界面，有提取方法和姿态球半径两种，通过姿态球快速计算焊缝两个邻面的夹角，给出角平分线向量。目前提取方法只有一种。



图 3-27 焊缝提取界面

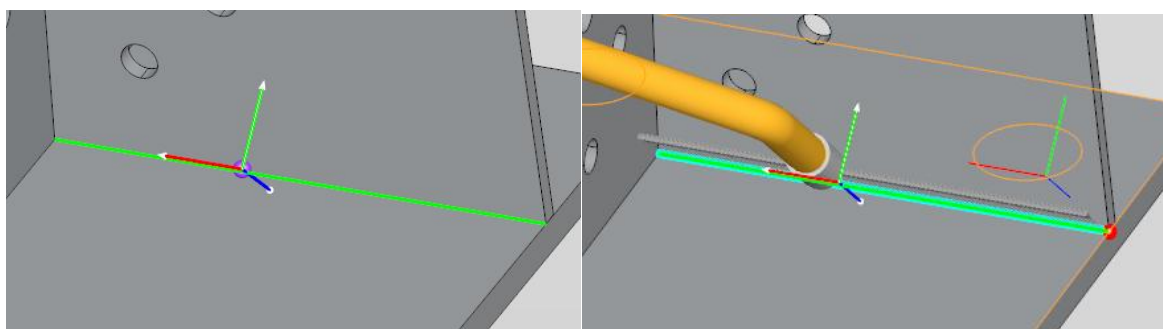


图 3-28 鼠标自动捕捉边界线

如图 3-28 所示，点击鼠标左键，确定当前要加工的焊缝。然后单击 3-29 图中的 绿色勾，进入焊缝编辑状态。进入焊缝生成界面，

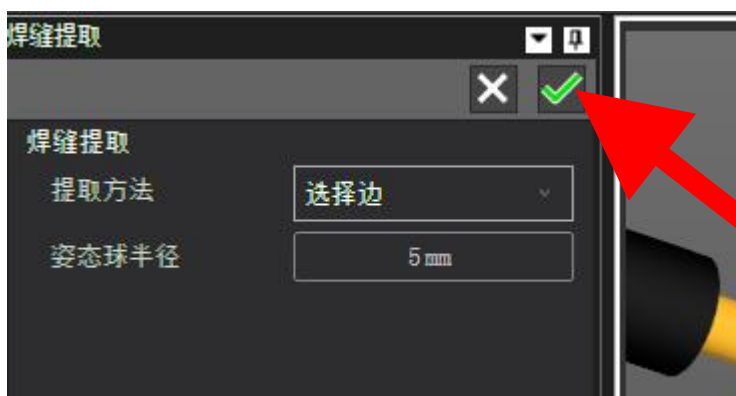


图 3-29 点击确定



图 3-30 焊缝编辑

焊缝编辑可以设置焊丝长度，轨迹方向（同前文），后退距离。最后可以更新姿态。

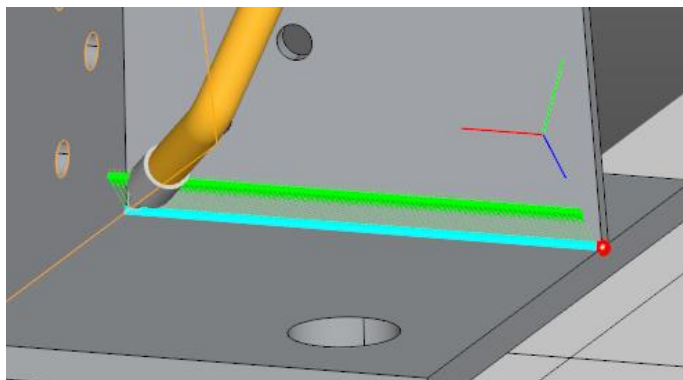


图 3-31 焊缝状态



最后每条轨迹生成结束后，会在此处插入一条轨迹节点，左侧表示当条轨迹是否需要加工（不会进行路径规划）。

3. 路径规划及排序模块

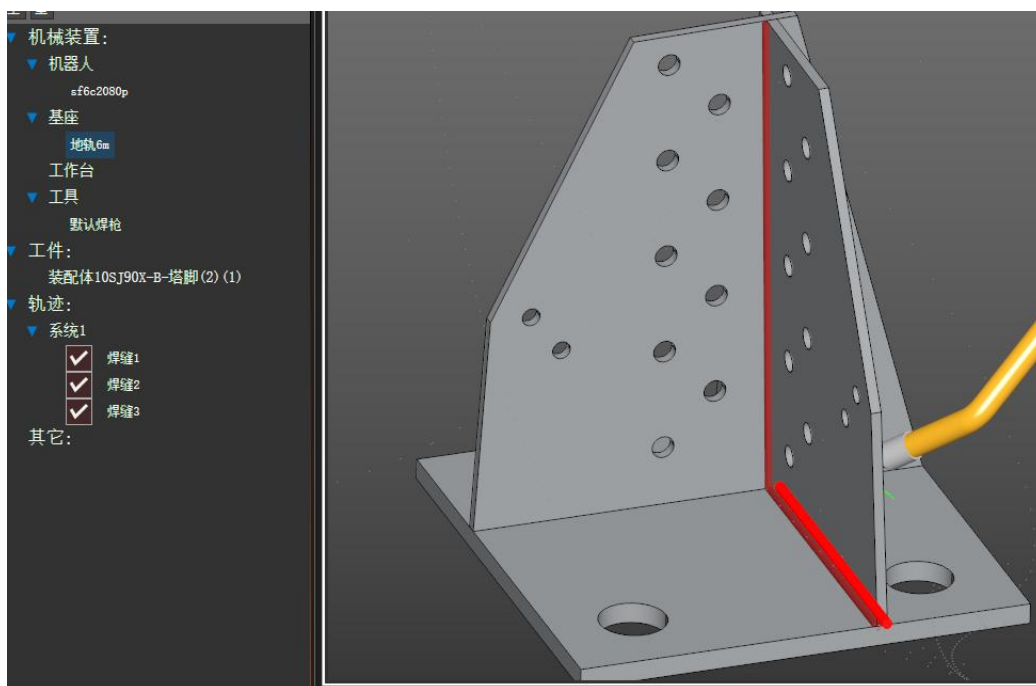


图 3 - 32 焊缝

如图所示有三条焊缝，一条立焊缝，两条地板焊缝分别在一块儿板两侧。



单击上方  按钮，确定规划当前系统 1 中的三条打勾  焊缝之间的过滤路径。

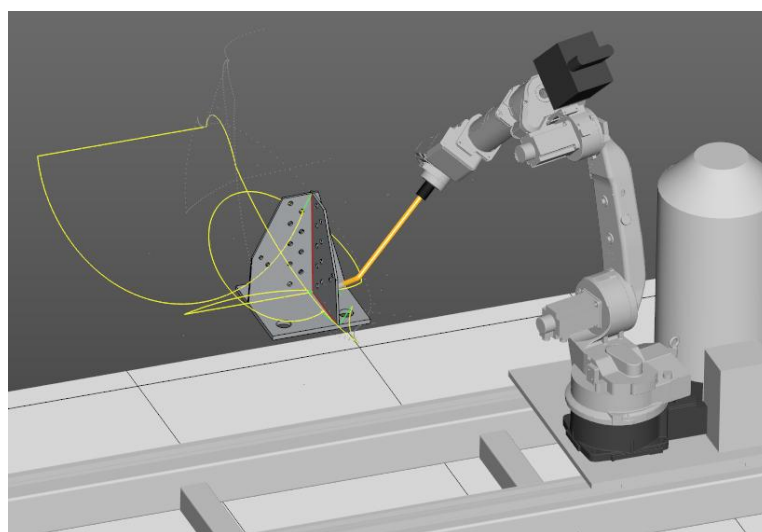


图 3 - 33 过渡路径规划

如上图所示，黄色曲线，表示机器人 TCP 过渡路径的轨迹，系统已经规划出一条最佳的无碰撞

过渡轨迹。辅助机器人执行焊接程序。该状态需要点击  按钮才能展示。

如果加工轨迹比较多，轨迹先后顺序未明确定义，执行轨迹存在绕远路现象。可以右键轨迹所属系统，选择 自动排序，会大大减少无意义的过渡点上的空移消耗时间。对于轨迹条数特别多时，效果会非常明显。

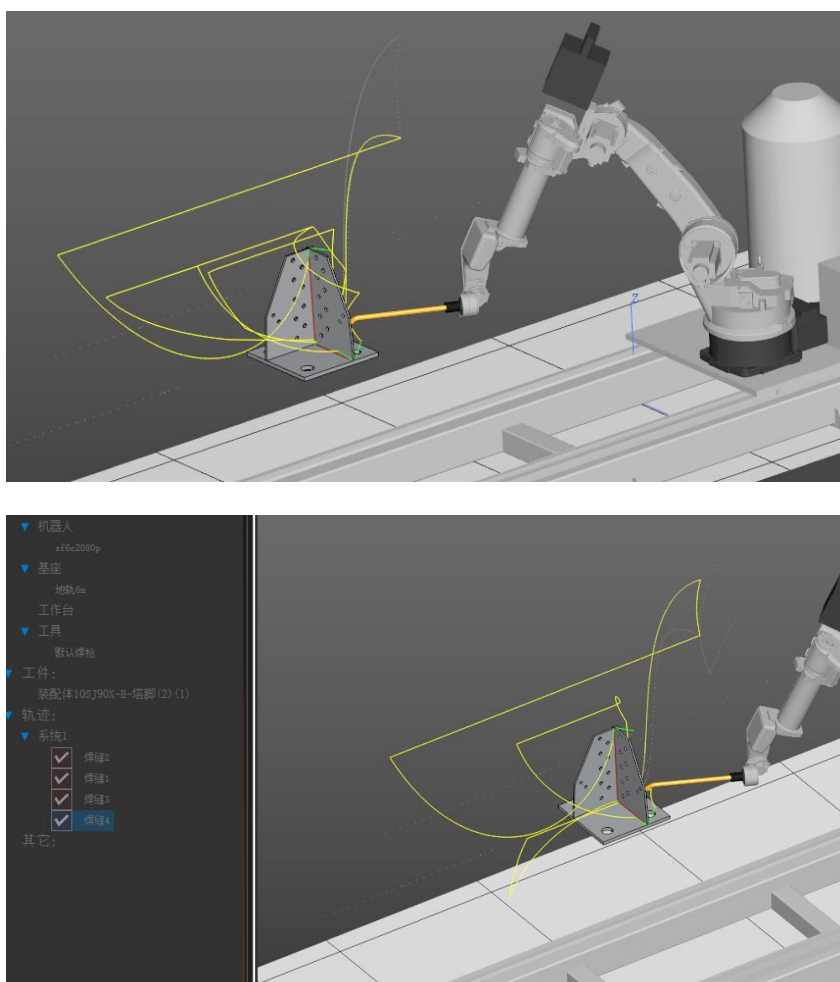


图 3 - 34 自动排序

4. 一键刀路制作模式

一键刀路制作目前支持对所有面进行路径规划，自动排序。如下图所示，



图 3 - 35 一键生成刀路参数设置

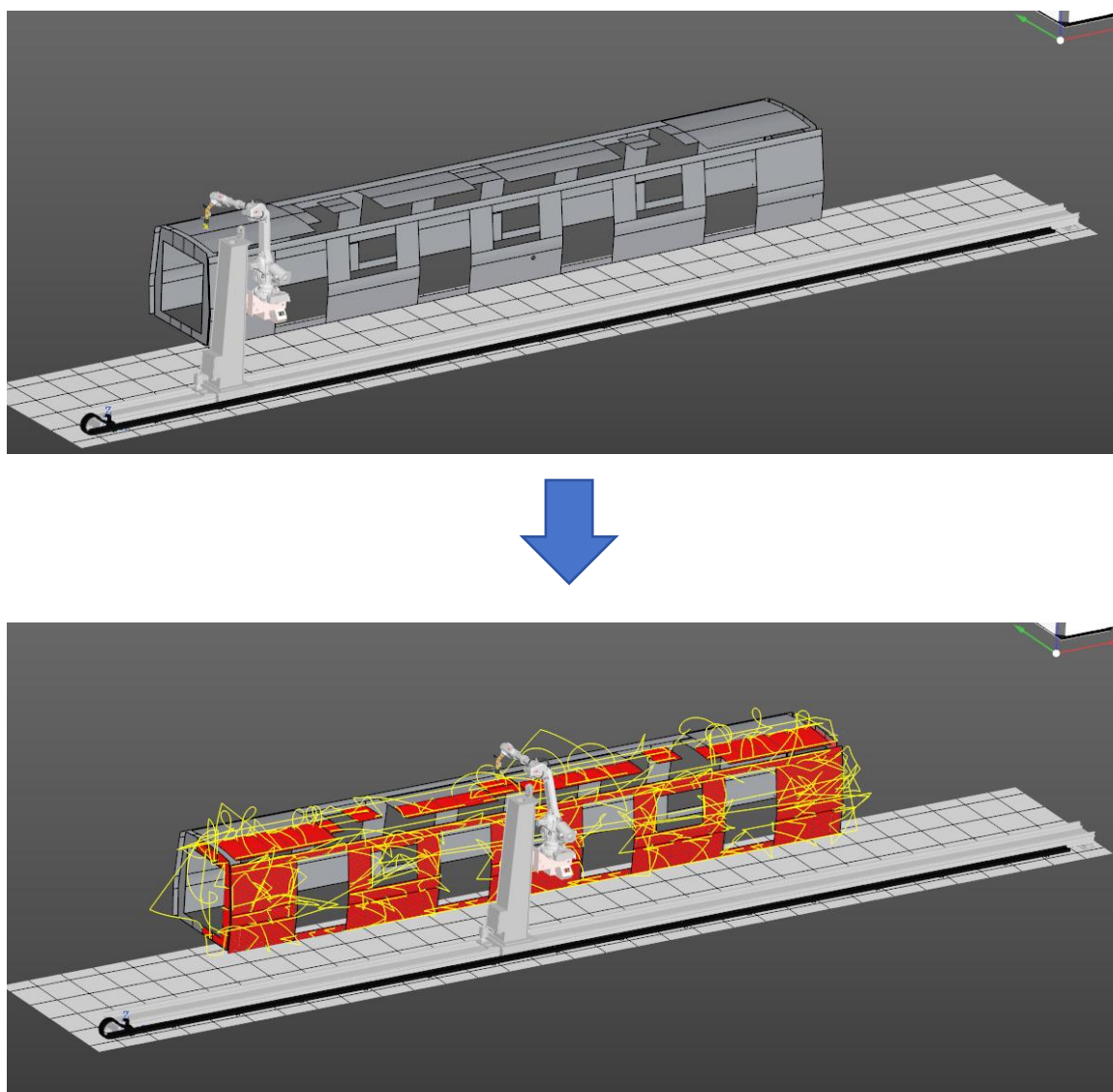


图 3 - 36 一键生成刀路

5. 中断程序模块*

中断程序是一个手动机器人离线编程控制器，可以输入系统软件自带的功能指令，在主程序运行期间，满足某个条件后（定时器或者轨迹点数量）即可在当前加工轨迹执行结束后，执行中断指令。

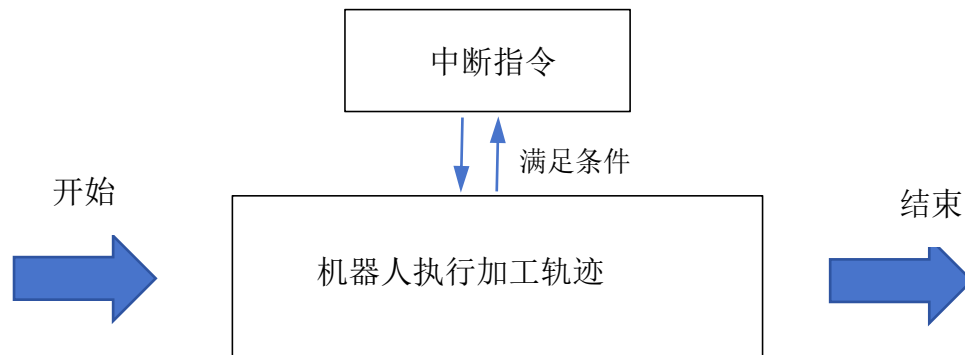


图 3 -37 中断程序流程图

该功能主要可以应用于焊接行业的，自动定时 **清枪剪丝** 功能，如图 3-36 所示。

也可以应用与打磨行业的 **自动更换打磨砂纸** 程序。

目前只是一个**演示功能**，很多参数没有暴露出来（比如设置中断响应条件，目前程序内部是固定执行 100 个轨迹点，自动响应），只有一个中断程序，根据机器人主流程运动点的数量决定何时启动中断程序。

做为一个演示功能，目前只开放了 MoveJ（关节运动指令），Delay(延时指令)。

上侧有**模拟 停止** MoveJ 指令，MoveL 指令暂时无效。

模拟：会编译文本框中指令内容，查看指令是否合法，如下图所示，第三行指令无效，编译运行不通过。

停止 为模拟期间停止系统动作的功能。

MoveJ 可以在最后一行插入当前机器人的关节信息，相当于示教。

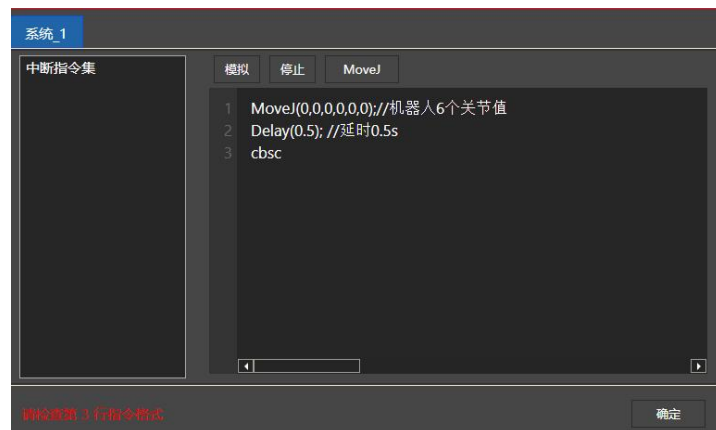


图 3-38 中断程序编辑界面



图 3-39 仿真界面

6. 参数建模模块



图 3-40 参数建模

目前只开放了焊枪参数化建模功能，有两部分组成，焊枪总体和喷嘴建模。

焊枪总体确定焊枪整体尺寸和防撞器大小。

喷嘴确定碰嘴模型尺寸，用于焊接时的碰撞规划，模型越准确轨迹规划结果越容易避免碰撞干涉。

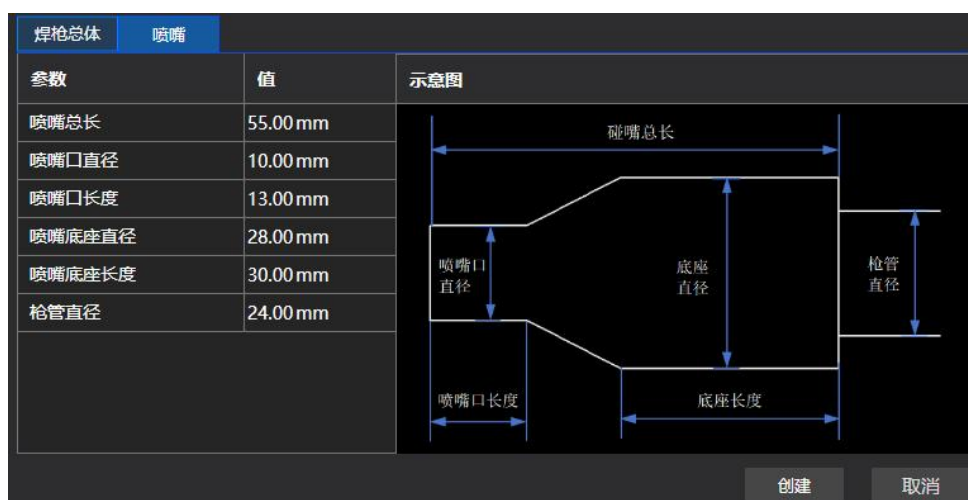
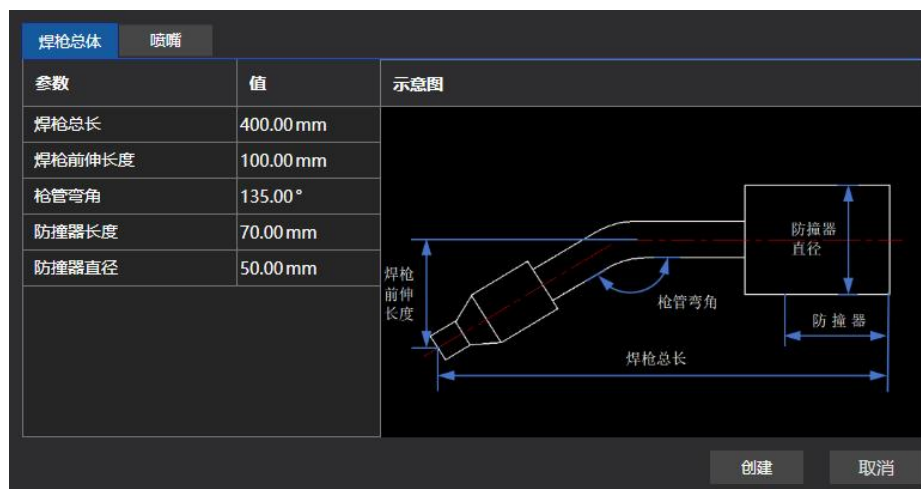


图 3-41 焊枪建模

注意在参数化模型时右下角按钮为 **创建**，为新建一个工具模组。

如下图所示，自定义一个焊枪模型，并在场景管理器中自动归类为焊枪。

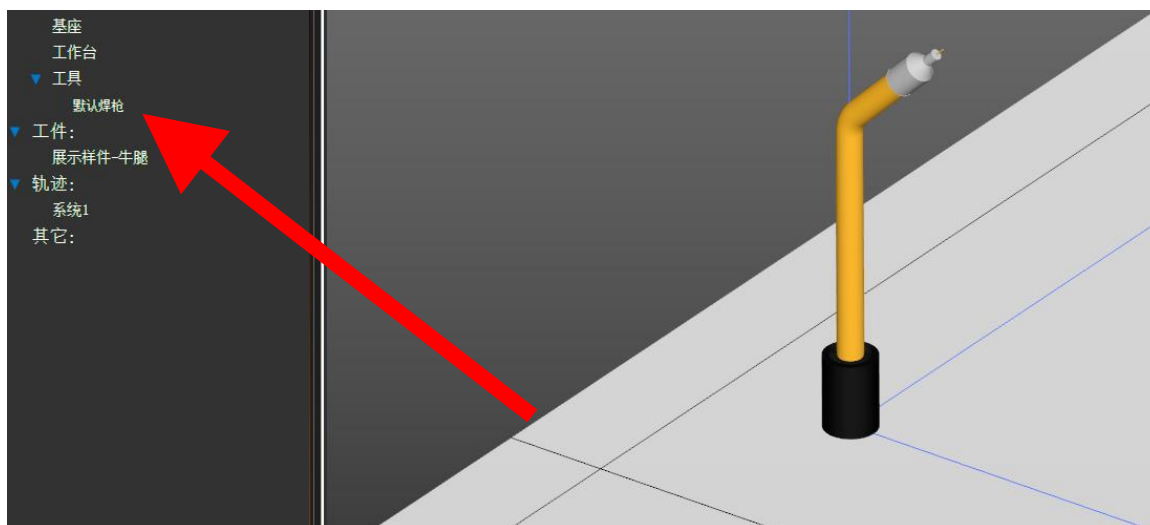


图 3-42 焊枪模组

同时该参数化模型支持二次修改，右键上图中的 **工具** -> **默认焊枪** 节点，然后在右键菜单中选择 **修改工具参数** 即可完成模型参数化修改。此时打开的参数编辑界面，右下角按钮为 **修改** 而不是创建一个新的模组。

同时该功能支持场景导入导出后，再次对参数化建模的工具进行修改建模。

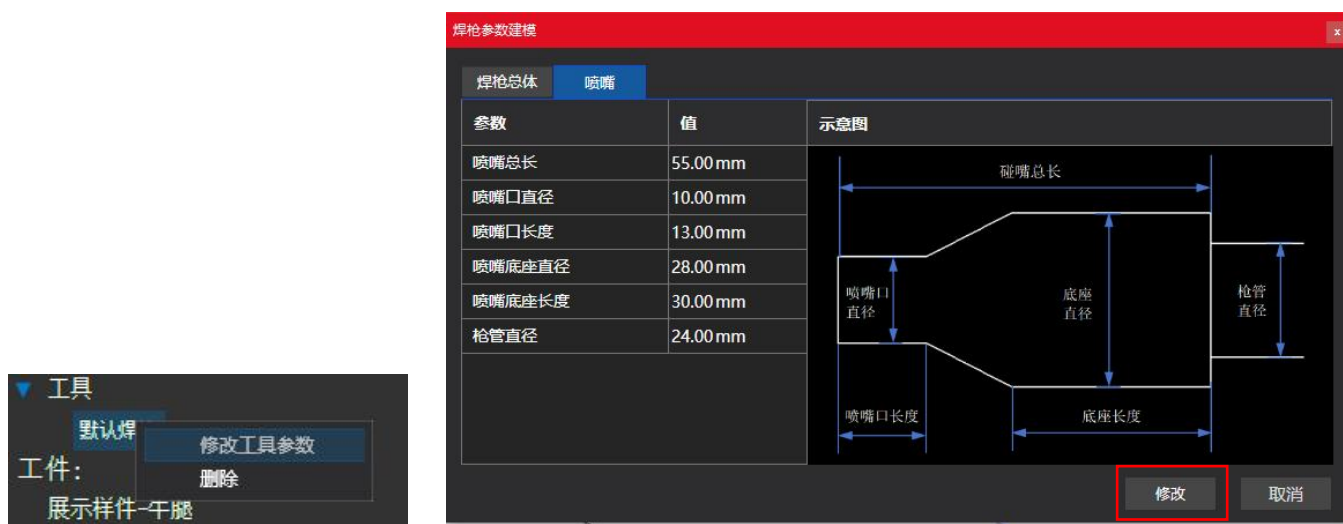


图 3-43 焊枪参数修改



7. 轨迹编辑模式

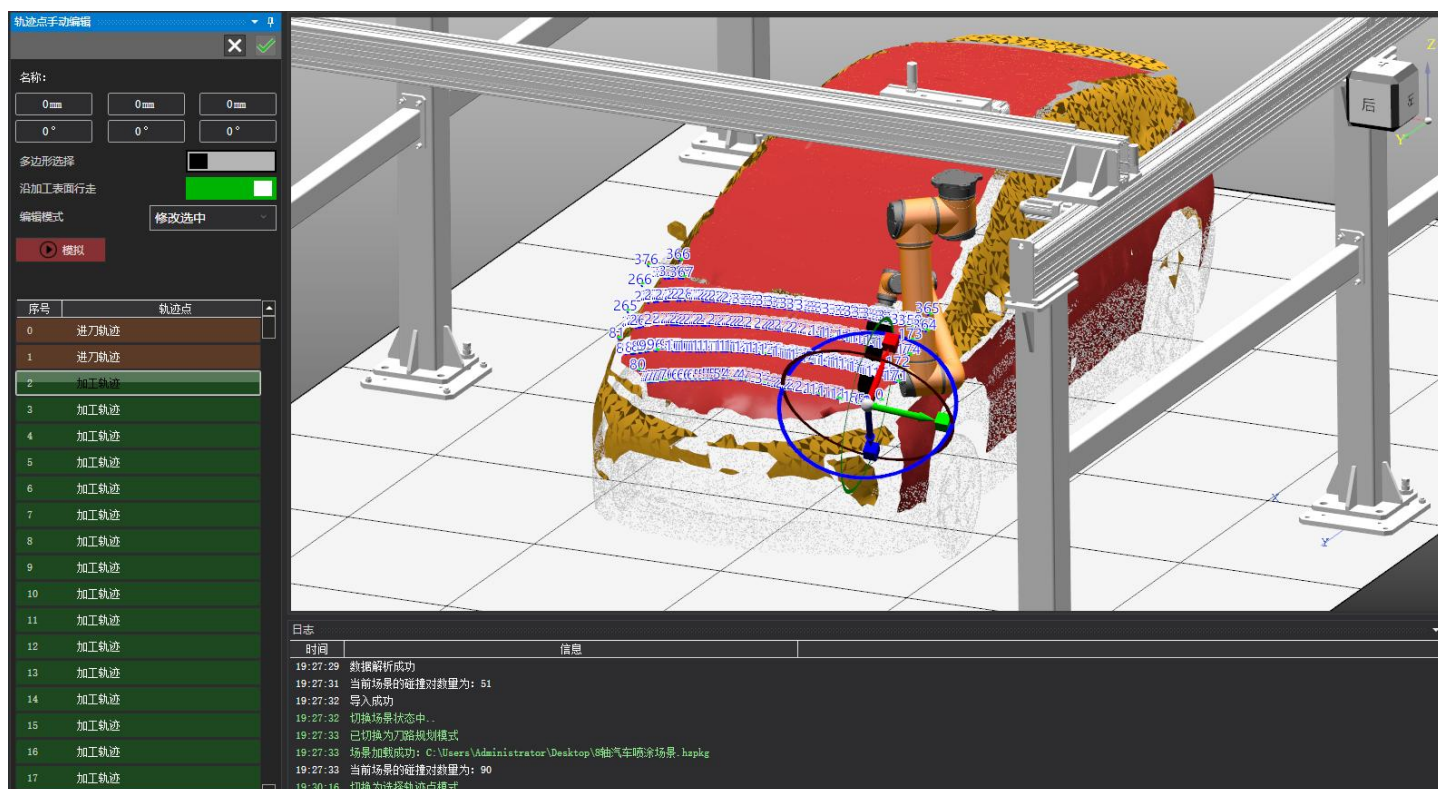
可以对轨迹点逐个修改编辑：

统一修改轨迹点姿态，批量修改选中姿态，单个点姿态调整。

该功能由路径列表右键触发：【轨迹点手动编辑】



点击后会弹出轨迹编辑界面：



功能介绍：

名称:

0 mm	0 mm	0 mm
0 °	0 °	0 °

轨迹点姿态修改输入框，支持基于当前坐标系基础上的 6 种位置加姿态偏移：

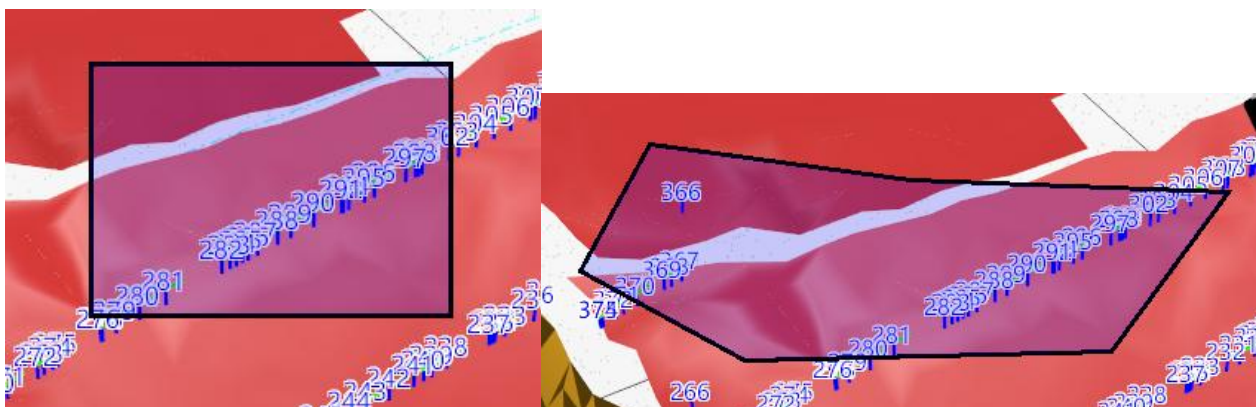
ΔX ΔY ΔZ ΔRX ΔRY ΔRZ 。

只会修改选中或者，全局修改。

框选模式：

多边形选择 ☐

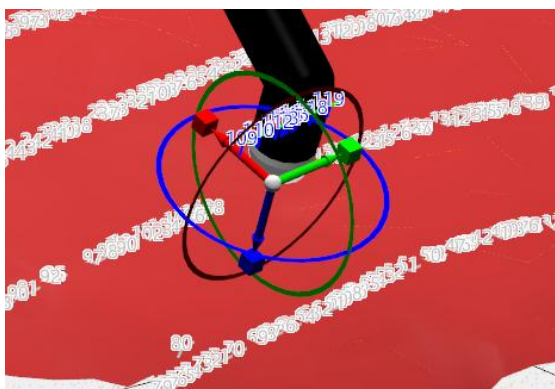
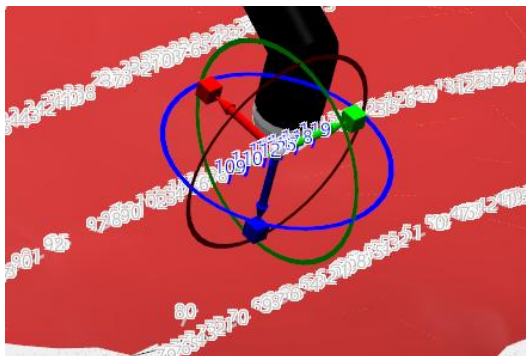
分为矩形框选和多边形框选模式。多边形框选需要多次点击鼠标左键，最后点击鼠标右键确认框选区域大小。而矩形框选则只需要鼠标左键按下拖拽即可确认选中区域。



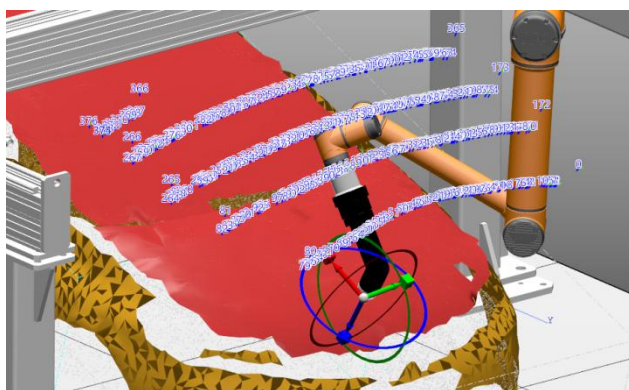
编辑模式：分为修改选中和修改所有。

编辑模式

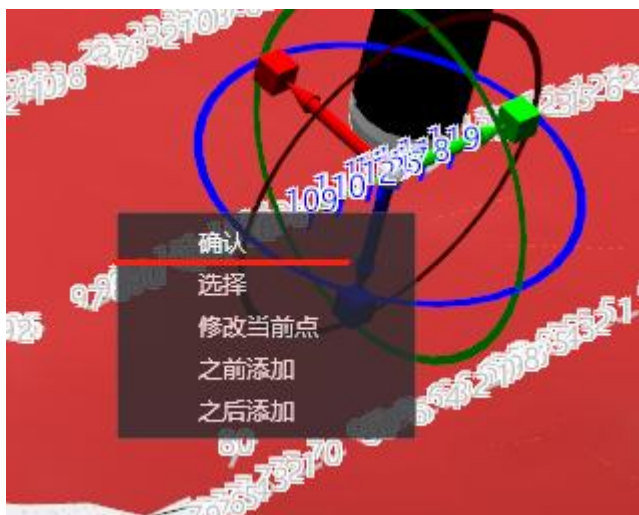
如果修改选中，可以在 3D 视图中框选多个轨迹点，然后在上述 6 种位姿调整框中修改轨迹点姿态。



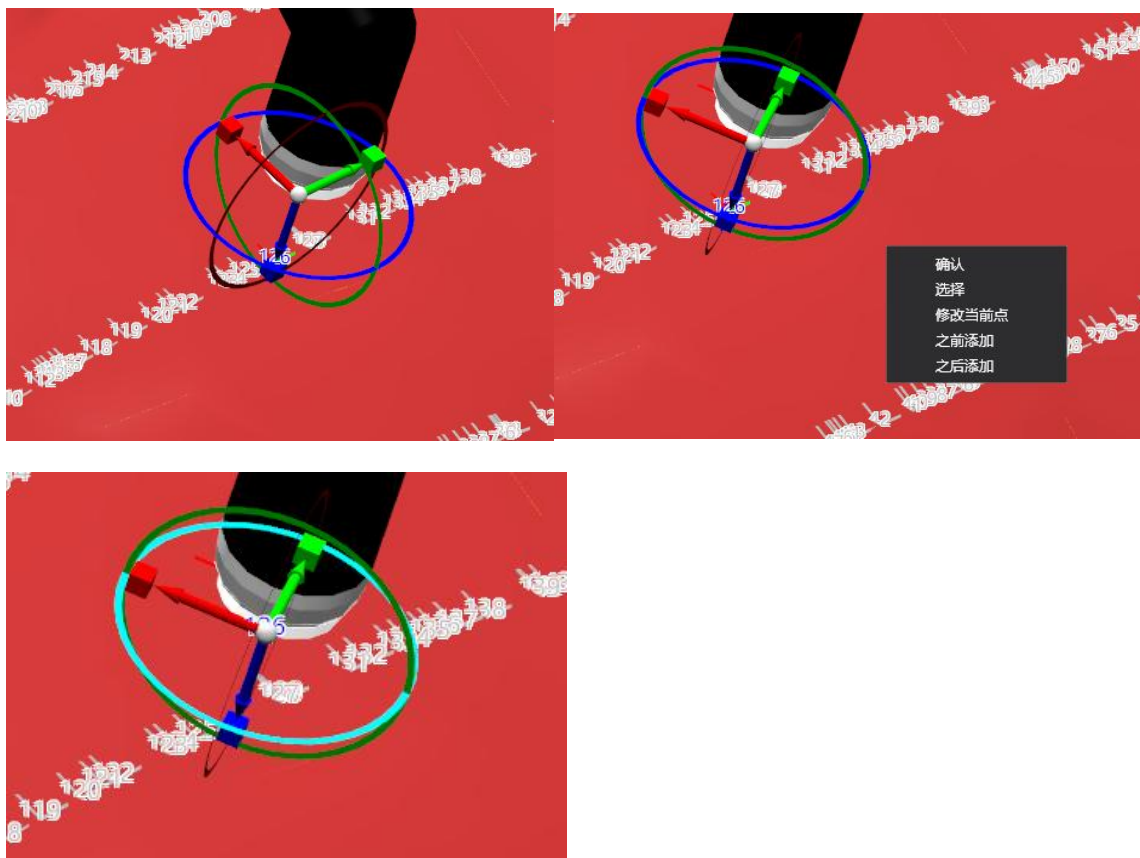
选中修改（选中轨迹点延 Z 后退 100mm）



全局修改（所有轨迹点延 Z 后退 500mm）



注意：选中轨迹点修改时会进入特殊状态，将选中的轨迹点高亮（退出高亮状态需要鼠标右键，然后点击【确认】功能才会退出），此时若**只选中一个轨迹点**时，则可以通过拖拽末端坐标轴的方式，修改每一个轨迹点姿态，拖拽完轨迹点后，点击修改当前点，则轨迹修改成功。



当选中一个点时，可以进行 当前轨迹点插入（之前之后添加），当前轨迹点修改功能。

沿工件表面行走：



默认开启，表示此时状态下，拖拽机器人末端，法向永远垂直与工件表面，自适应表面法向姿态，确保贴合。

关闭后，拖拽机器人末端，则恢复正常拖拽模式。



默认修改轨迹点后，该按钮变红，提示用户需要点击模拟（内部会规划机器人连续轨迹），模拟完成后按钮变绿，表示当前轨迹点修改成功。



同时 3D 界面会进入模拟仿真阶段，进入仿真阶段只有【停止】按钮生效，以便于退出仿真状态：

如果此时有选中编辑的轨迹点时，则会以选中的轨迹点进行仿真。

如果没有选中，则会对所有轨迹进行仿真。

删除功能：

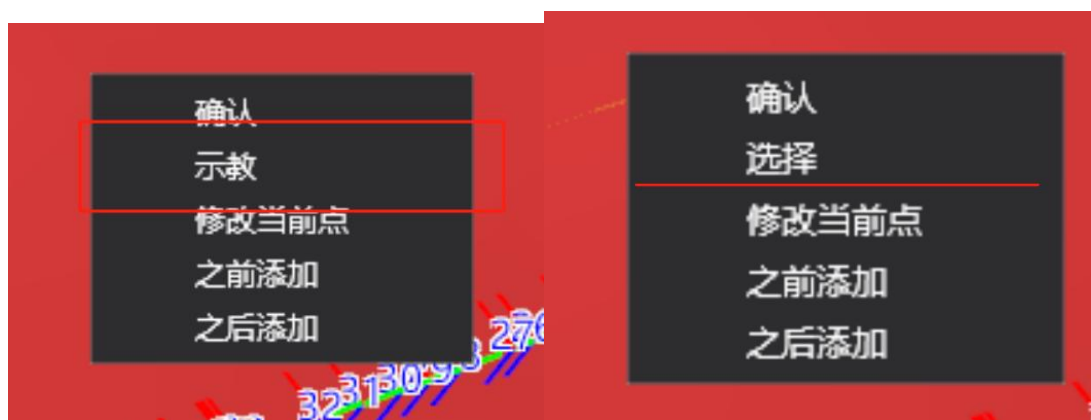


如上所示，选中列表轨迹点选项，可以进行删除功能。

其中：多选操作（按住键盘左 shift 键+鼠标左键分别点击 118 轨迹和 123 轨迹，则会自动选中之间所有轨迹；或者按住键盘左 ctrl + 鼠标左键，可以单个多选轨迹）。

当前功能已改进：无需手动触发切换，如果鼠标选中拖拽坐标系，则会自动拖拽，若没有选中则自动进入框选状态。

~~框选模式与拖拽模式功能冲突，需要鼠标右键切换才能进入对应选择功能。~~



~~点击【示教】则会进入拖拽模式，点击【选择】则会进入框选模式。~~



同时每次切换时，下面日志系统，也会提示当前状态。

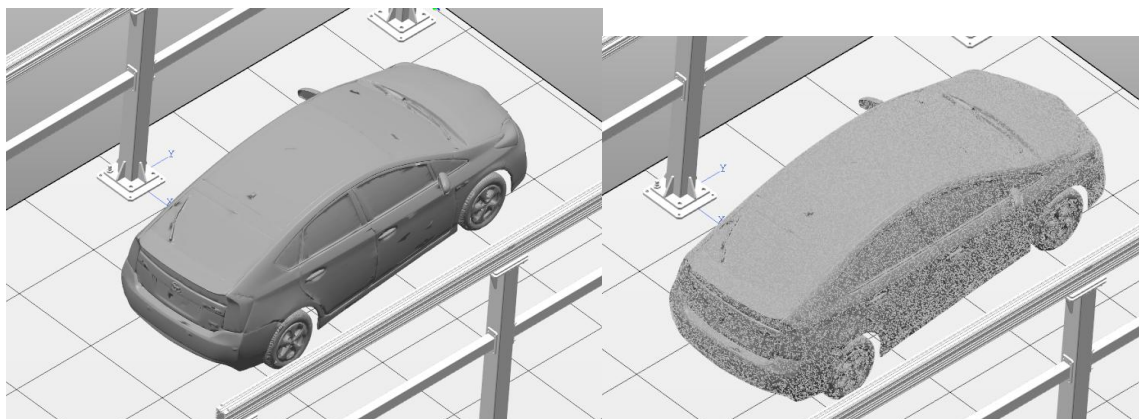
8. 网格离散

将网格模型转化为点云模型，可用于大数据分析处理。



有两个参数，点云最大数量【离散点云数量】，点云中每个点的最小间距【点云密度】。

点击【更新】按钮，则离散当前网格为点云。



9. 点云模型划分及规划



通过右键工件中的点云模型，点击【点云分割轨迹】按钮触发当前功能。



该一键划分有以下几个参数（对于同一类工件，参数固定无需修改）。

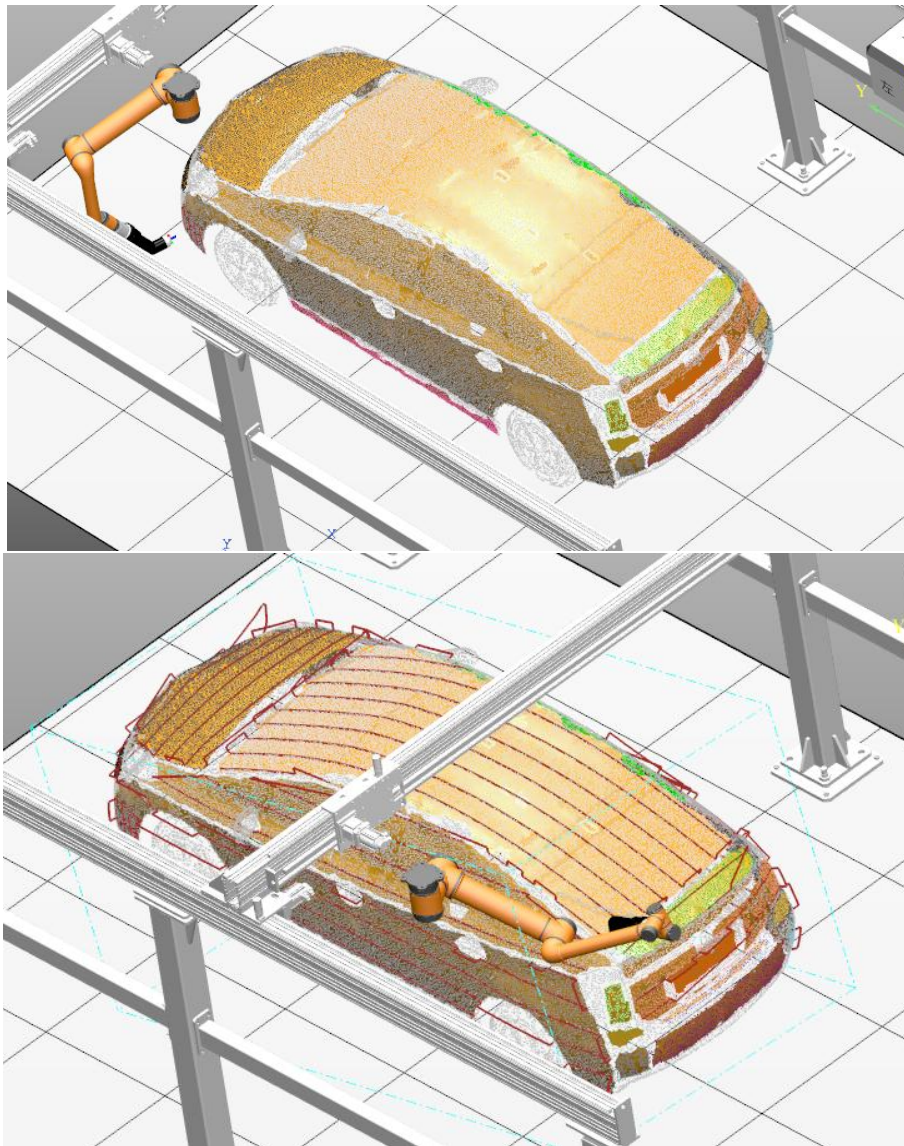
【平滑度】和【曲率阈值】表示需要自动分割点云参数，当点云出现上述超过上述限制的拐角时，会以此为界限分割点云。

【稀疏点云】和【点云重建半径】表示分割后的点云重建网格模型时参数，上述参数表示重建后网格大小不超过 40mm。无需修改。

设置完参数后，点击【生成】，将自动划分点云为每片区域，车头，车尾，车侧等等。

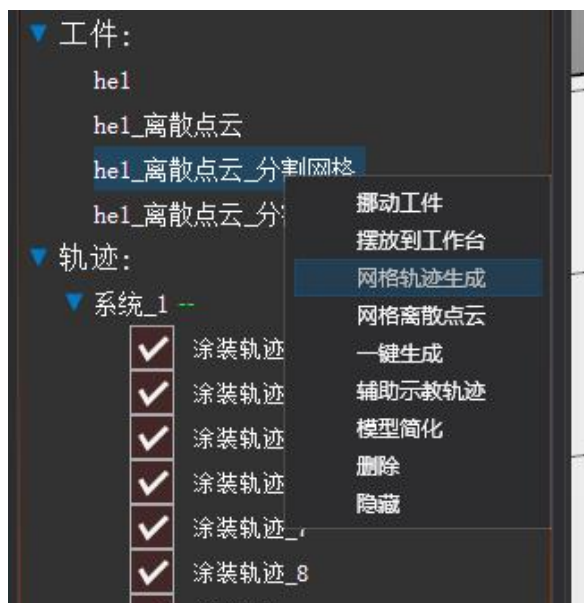


最后点击【更新】，会在上述区域中，自动规划加工路径。





10. 网格面轨迹生成

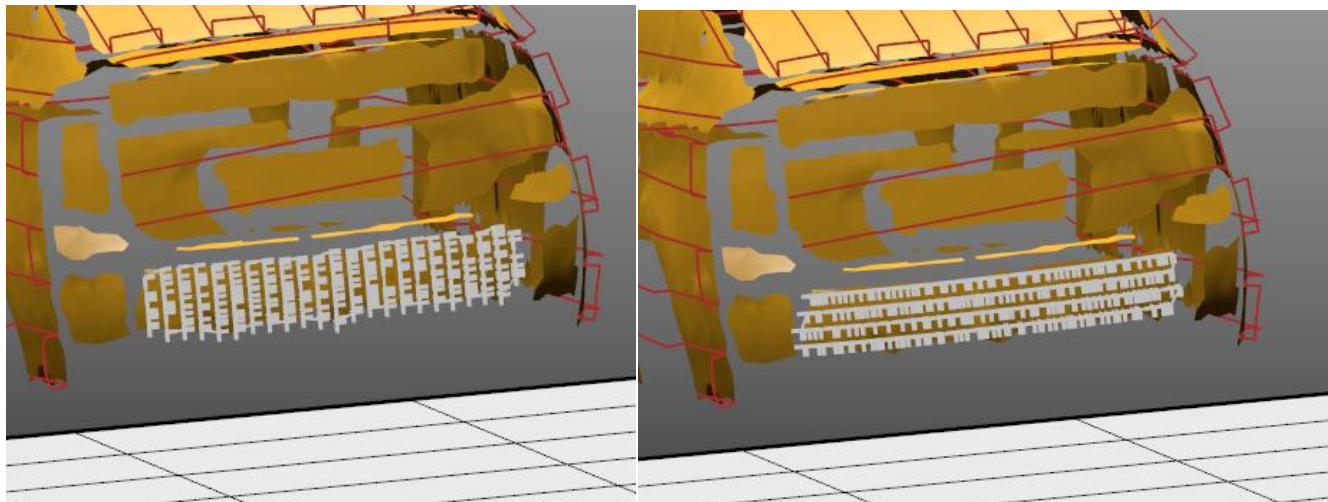


网格轨迹面单独规划参数设置界面。通过上述功能按钮触发，然后弹出下列窗口。首次弹出窗口不可编辑，需要鼠标左键在界面中选中一张待规划的网格面，才能进入编辑状态。

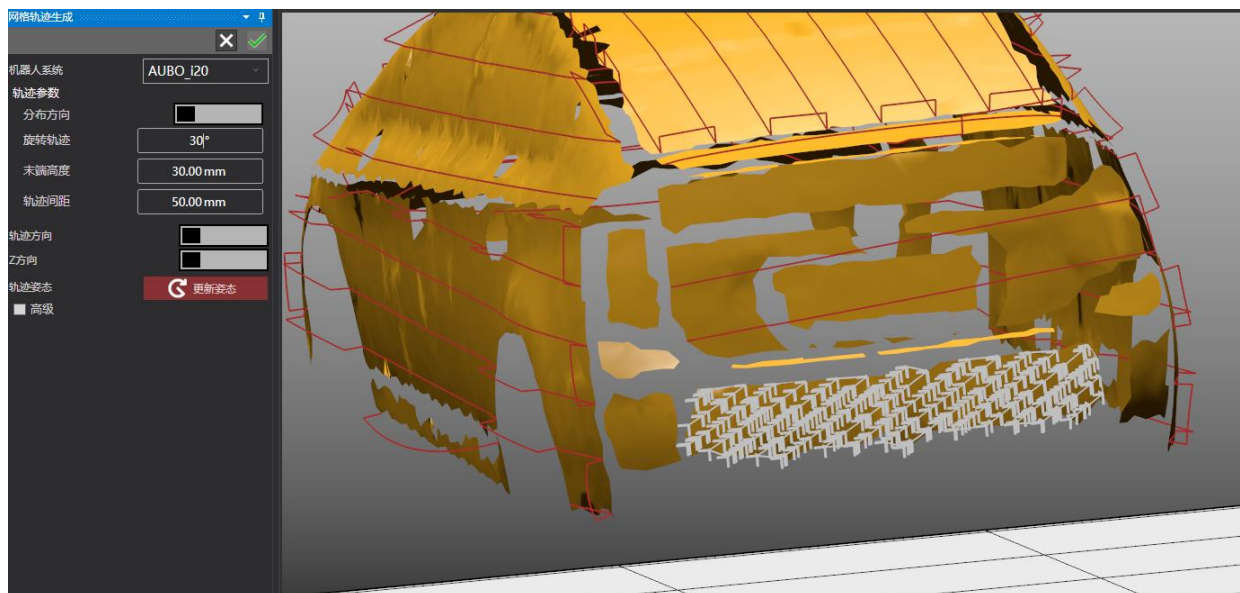


轨迹规划参数：

分布方向，用于切换轨迹的分布方向，效果如图所示。

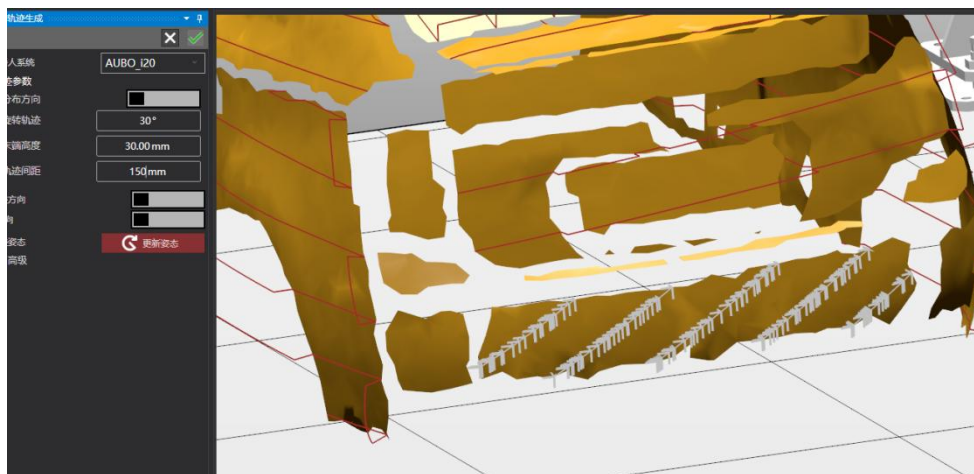


旋转轨迹，微调轨迹分布方向，输入 30° ，然后按下键盘“回车”键更新轨迹，如下图所示。



末端高度，表示工具 TCP 距离工件表面的法向距离。

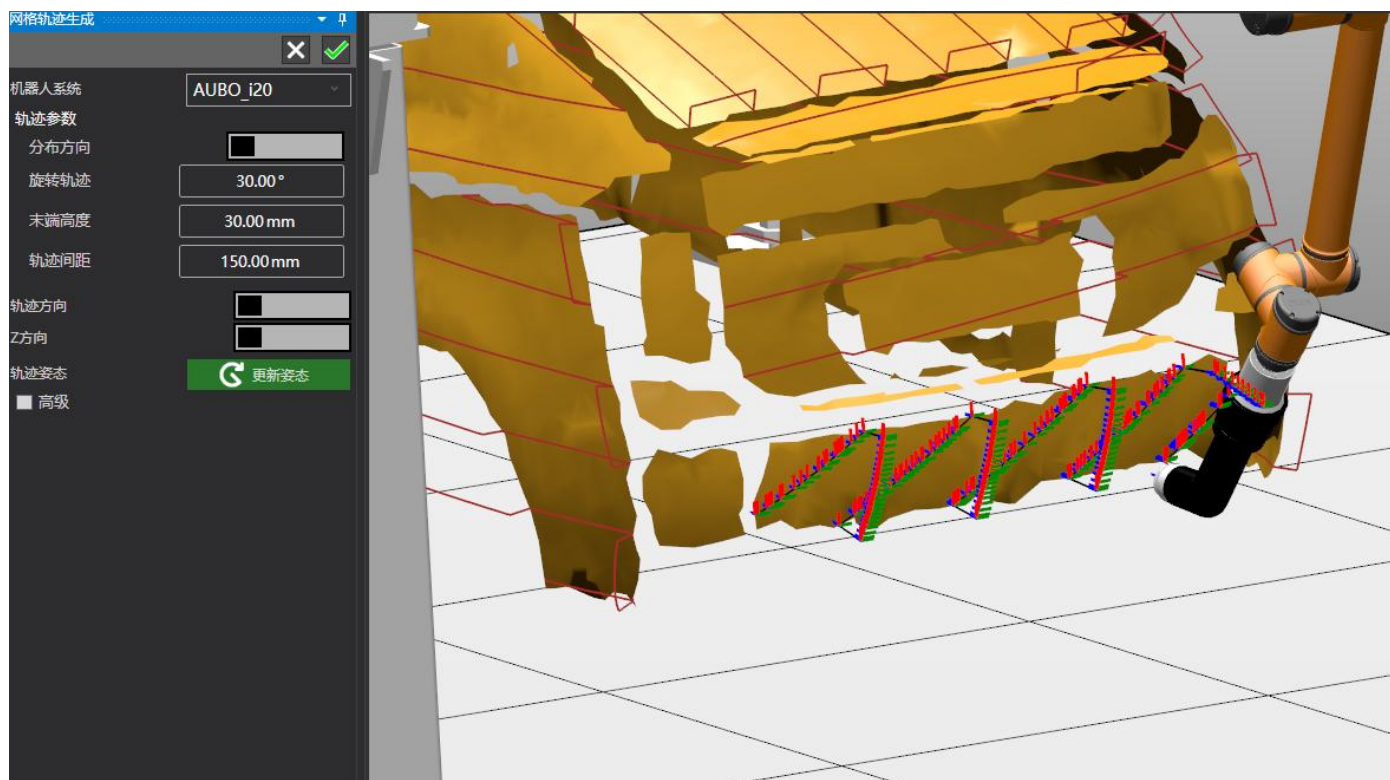
轨迹间距，表示轨迹每行的划分密度，若修改为 150mm，再次按下键盘“回车”键更新轨迹，如下图所示。



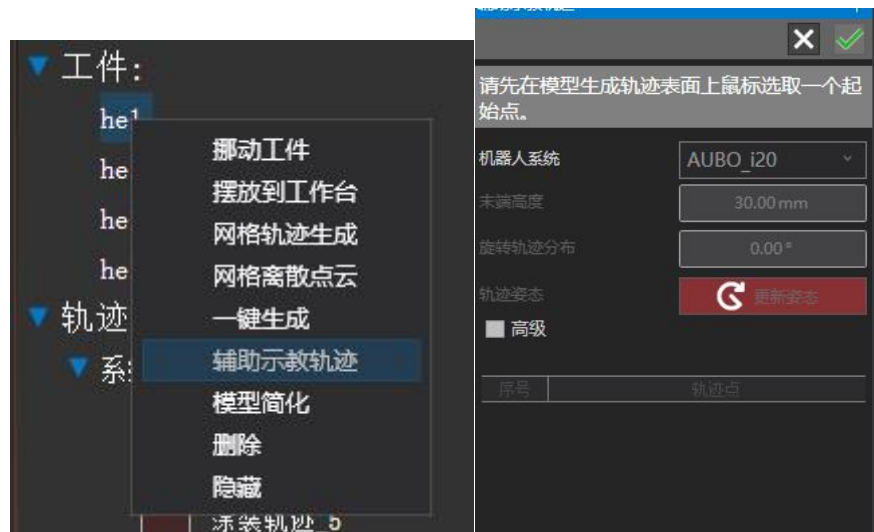
轨迹方向，用于调整轨迹整体的前后加工方向。

Z 方向，一般用于手动调整当前面的法向，进而影响到加工时姿态的法向。当工件有完整的造型时，算法会自动纠正正面的法向，多数场景不会用到。

最后点击【更新姿态】，将会自动规划出可用轨迹。

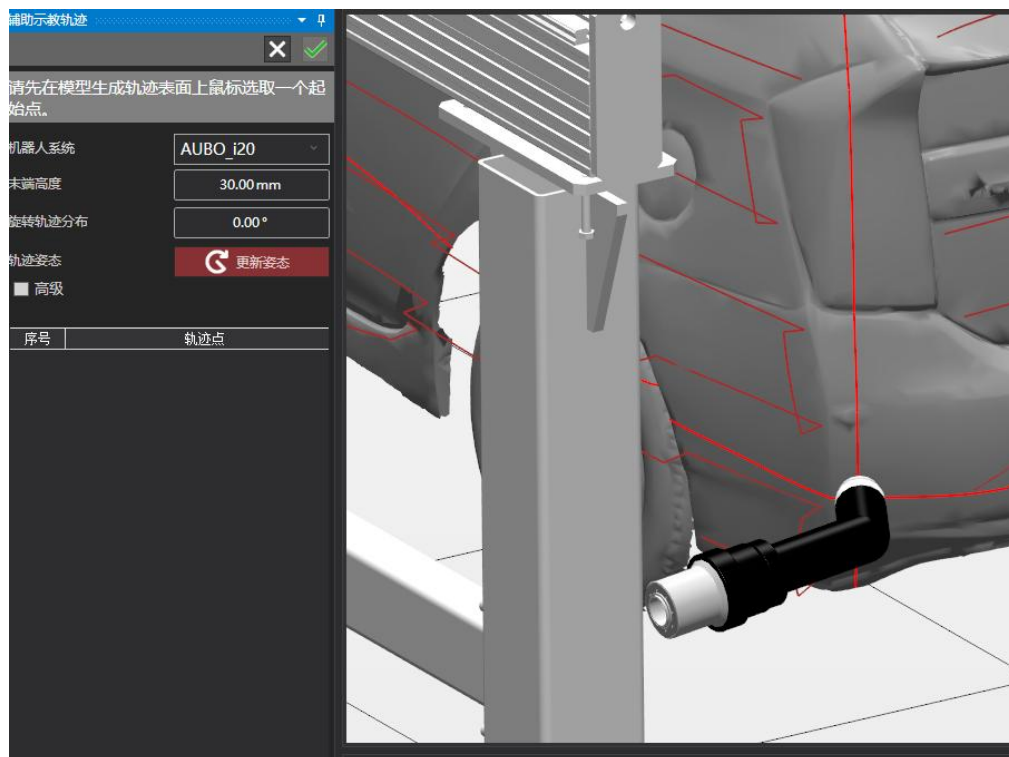


11. 辅助示教轨迹

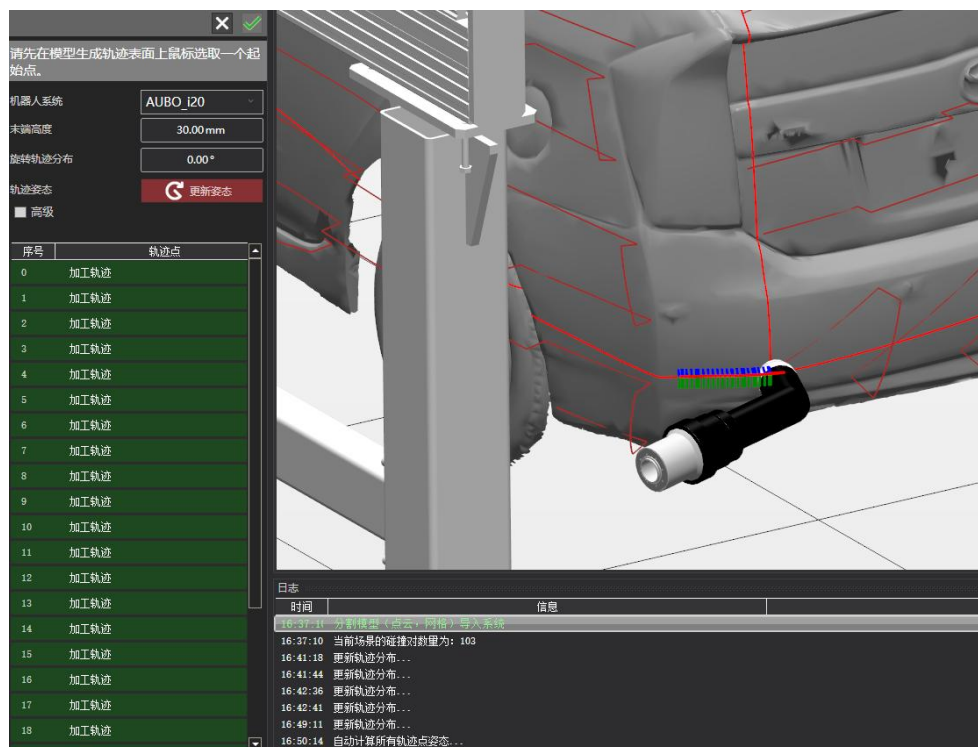


该功能用于自定义在面上（目前只支持网格面规划）手动规划出更灵活的轨迹路径，通过算法辅助人员灵活的生成各种路径。功能触发位置如上。

进入下列功能编辑界面后，需要鼠标在工件上点击确定起点位置，才可进行编辑。



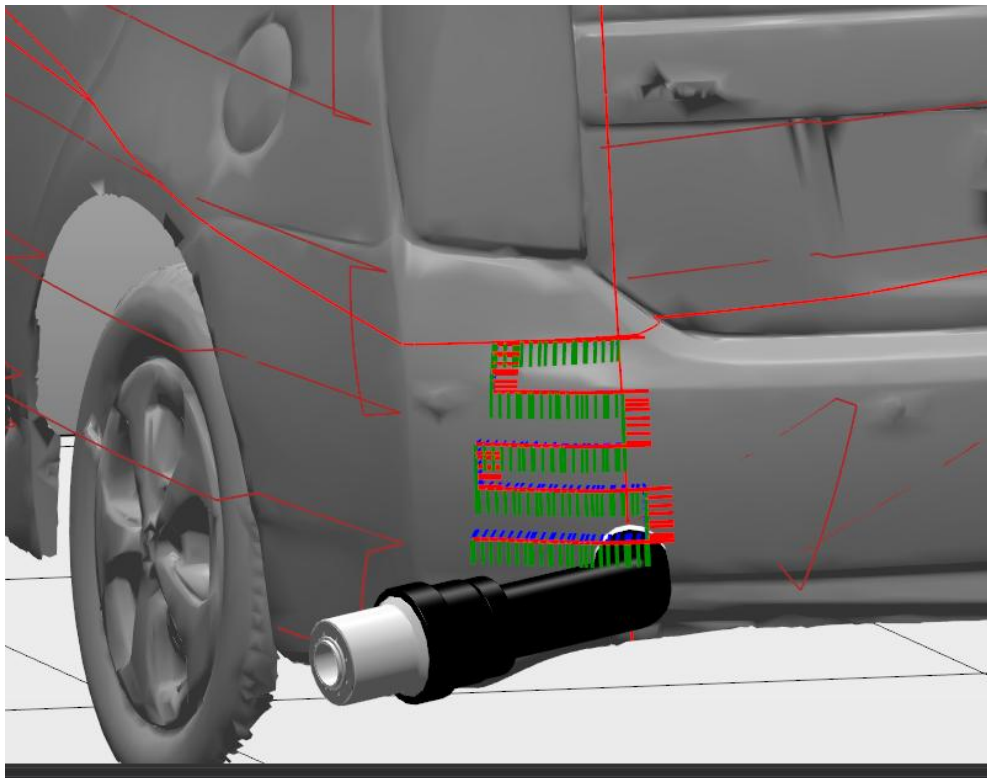
如上图所示，鼠标点击工件表面，会在工件上生成一个“十字路径”，代表不同的轨迹延伸方向。然后鼠标在任意红色线条附近点击，会自动从当前起始位置到目标点击位置，生成一条轨迹。



同时侧边会显示对应生成的轨迹点，用于简单的查看和删除。

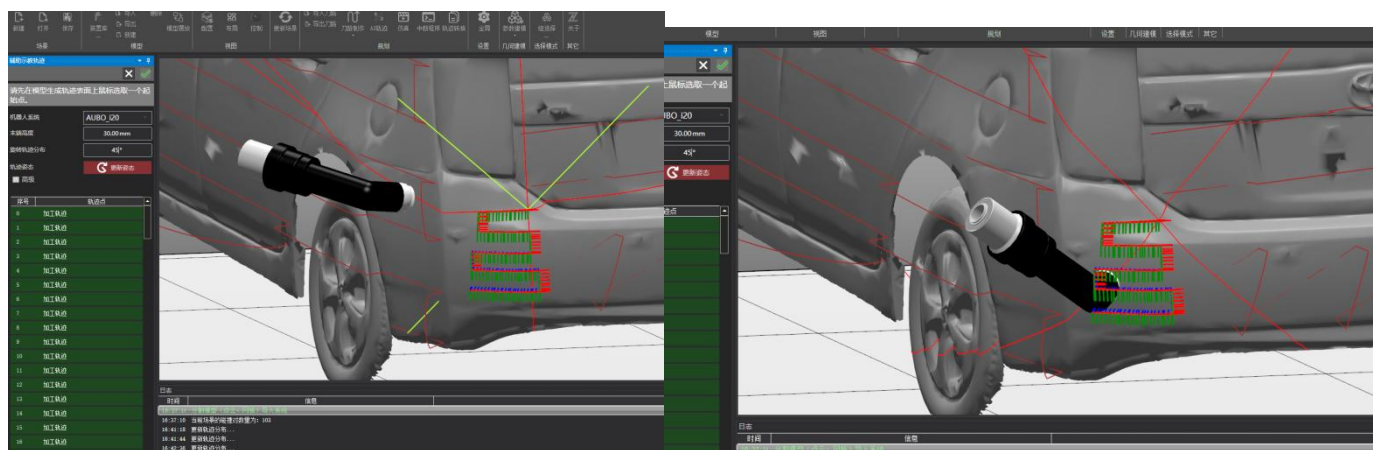


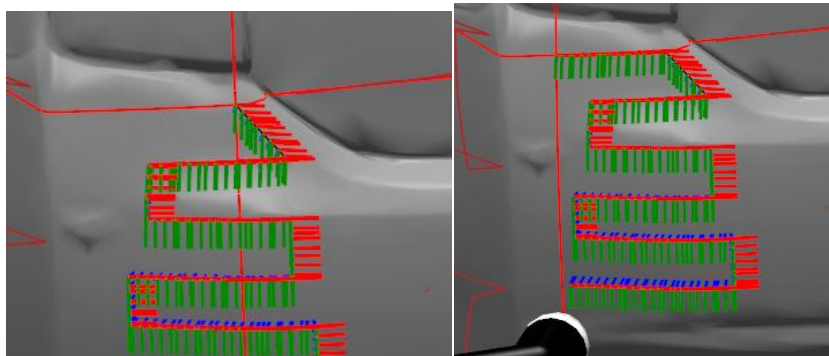
同时辅助示教系统添加了**自动纠偏功能**，无论被规划曲面有多复杂，都会以首条轨迹的方向为基准，确保后续每条轨迹都是以首条轨迹为参考而平行的。如下图所示，手动示教多条轨迹，然后观察其平行度。



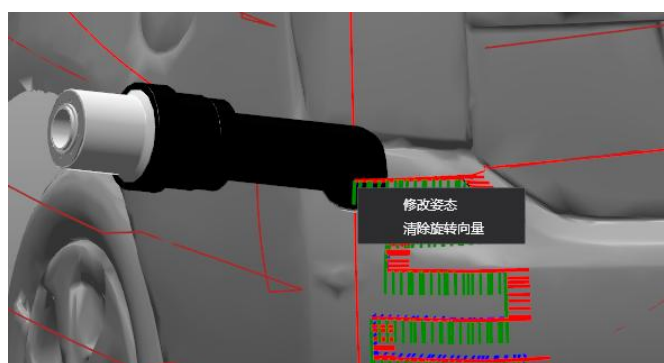
末端高度表示，工具离工件表面的法向距离。

轨迹旋转分布，输入角度 45° ，然后键盘“回车”调整红色 十字路径的方向。 出现如下所示路径，然后可以在新的路径上提取轨迹。



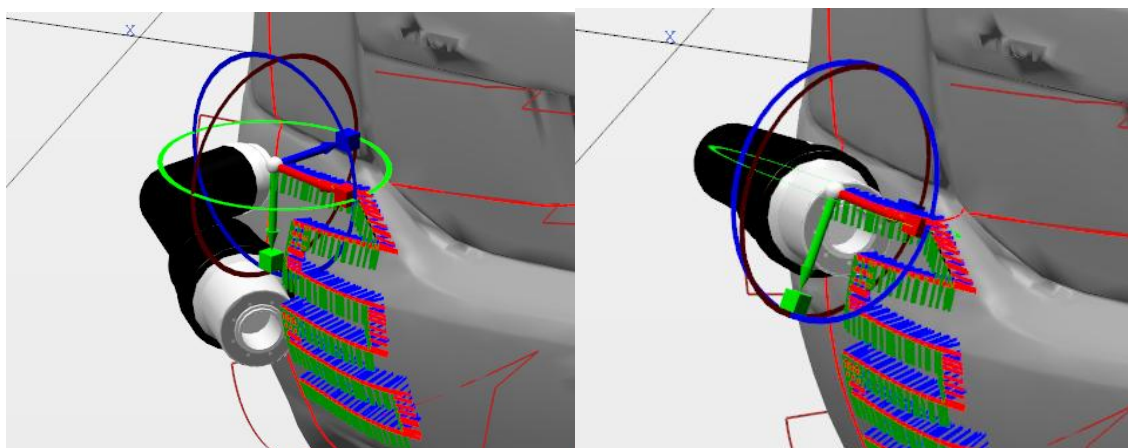


如上图所示，规划出一条倾斜轨迹，但是系统中存在自动纠偏功能，倾斜路径也会自动纠正平行。

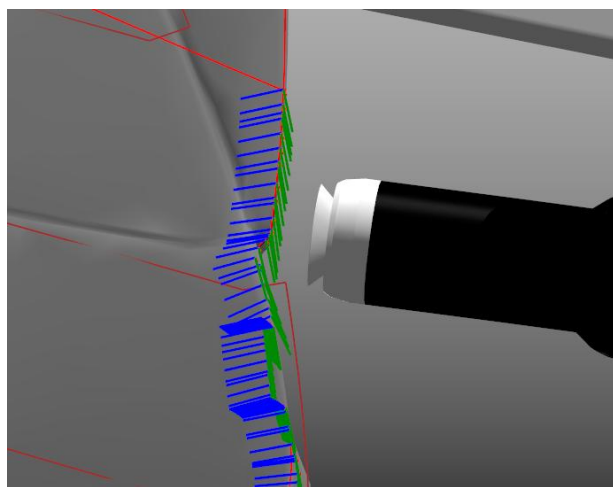
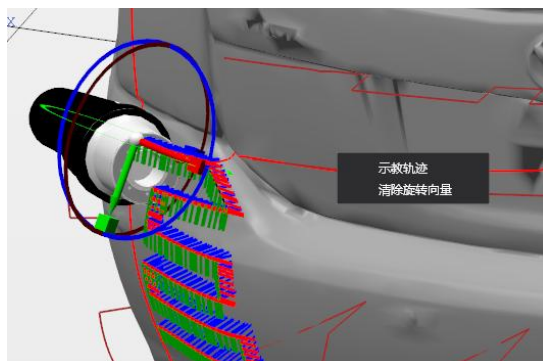


姿态调整

如果想修改轨迹路径的加工姿态，可以右键弹出功能按钮列表，单击【修改姿态】会出现姿态调整坐标。



通过鼠标拖拽，调整一个角度，然后继续右键，单击【示教轨迹】退出姿态调整界面。然后再次鼠标点击示教，会另之后的轨迹都会处于以上的倾斜状态。

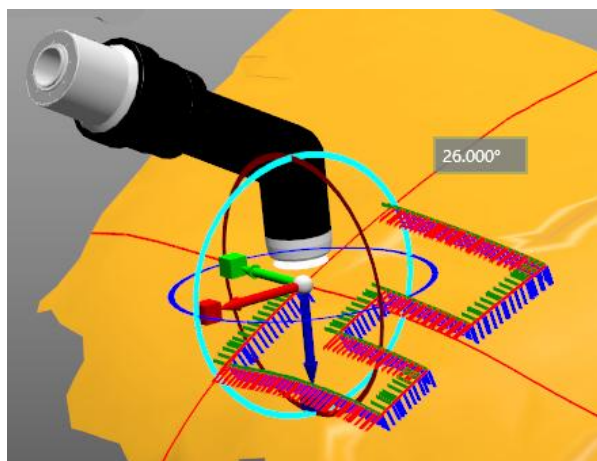


最后单击更新姿态，将会自动计算出所有轨迹的机器人关节姿态值。

【清除旋转向量】，点击上述右键菜单则会，重置机器人末端姿态，使工具末端与工件法向完全贴合。

改进项：

调整末端工具姿态时，会自动出现数字对话框，告知用户当前**旋转角度**（相对于工具与工件表面完全贴合姿态）。同时具备自动**取整**功能，方便用户灵活调整。



四、其它辅助功能模块

1. 模型摆放

用于修改场景内模型位置，其中对于有安装子模型的装置位置修改，同时会作用到被安装模型，即改变父装置位置，子装置在父装置的相对位置不变，同时变化。



图 4 - 1 模型摆放

如上图所示，进入功能界面后，若没有选中一个模型，则界面无法编辑，需要鼠标在 3D 界面中选中一个模型再进行编辑修改。

其中上方 6 个数字输入框可以直接编辑修改模型在世界坐标系的绝对位置坐标。

模型类型 有两种，**根模型**和**子模型**。子模型只修改模型中的 每个**体元素** 位置，根模型就会直接改变模型整体位置坐标。

如下图的 H 钢模型 所示，修改子模型，只修改上面某个板材位置，修改根模型，则会整体位置发生变化。

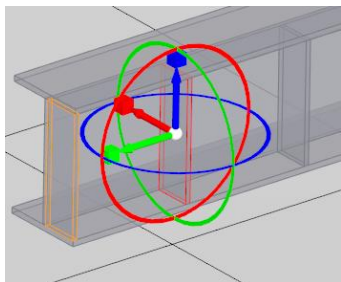


图 4 - 2 子模型位置修改

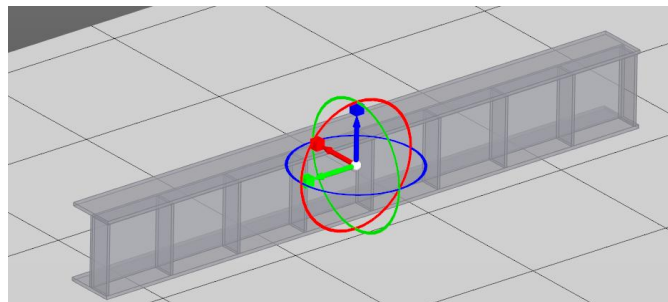


图 4 - 3 根模型位置修改

移动方法有三种，默认，坐标系拖拽，Z 贴合。

名称:	悬臂工件 (1)		
	7,302.24 mm	859.57 mm	1,117.62 mm
	0.000 °	0.000 °	0.000 °
模型类型	根模型		
移动方法	默认		
基准:	大地坐标系		
移动方式:	旋转 (°)		
基准轴:	☐ X	☒ Y	☐ Z
	0.000		
	应用		

默认

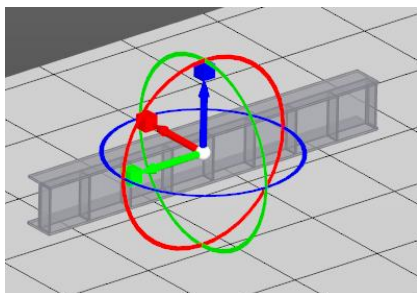
上方 6 个数字输入框可进行编辑修改模型位置。也可以通过下方控件修改模型相对当前的位置坐标。

比如另模型旋转绕世界坐标系旋转 90°

则基准选择大地坐标系，移动方式 旋转，基准轴 Z，数字输入框输入 90

点击 应用 按钮，模型就会移动到相应位置。

名称:	悬臂工件 (1)		
	7,302.24 mm	859.57 mm	1,117.62 mm
	0.000 °	0.000 °	0.000 °
模型类型	根模型		
移动方法	坐标系拖拽		



坐标系拖拽

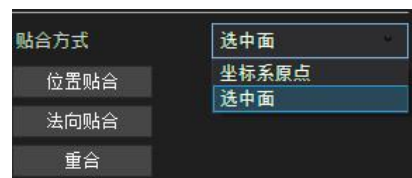
进入该方式后，上方位置坐标系不可编辑，只可查看。

3D 视图中显示拖拽坐标系框架，鼠标左键点击拖拽即可。



Z 贴合

进入该方式后，上方位置坐标编辑不可用。



贴合方式有两种**选中面** **坐标系原点**。通过选中模型上的某个面与另一个面的法向位置重合，进而改变模型整体的位置坐标。有点儿类似 SW 的装配面面贴合功能，但是不支持装配约束。

选中面表示两个面两两贴合，通过 **位置** **法向** **重合** 等方式贴合。

而坐标系原点，则只将选中面与世界坐标系进行贴合，进而修改模型位置。

2. 仿真模块

进入仿真演示功能之前，需要对场景中所有机器人设备进行路径规划，填补每条加工轨迹间的过渡路径。完成机器人对目标的所有加工的运动控制。

进入仿真状态，会弹出一个进度条界面控件，其中  作为播放按钮，启动场景仿真。



为仿真启动时有效，启动仿真后，再次点击该按钮，仿真停止。进度条显示当前仿真的位置。



数字输入框表示，当前仿真的速度倍率，最大为 10 倍速度，最小为 0.1 倍速率。

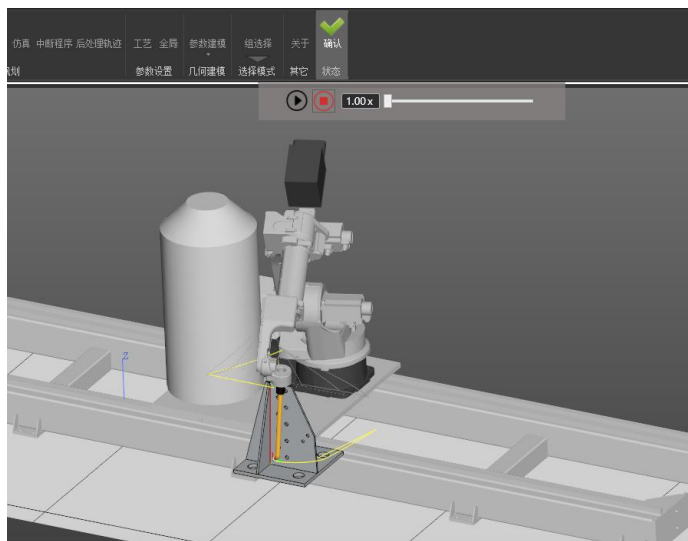


图 4 - 4 仿真界面

3. 后处理模块

后处理轨迹生成功能采用模版管理，通过外部配置轨迹点存储模板，可自行外扩不同品牌的机器人控制轨迹。模板文件存储在软件根目录下 `hzdata\program`。若要新定义一种其它格式文件需要，在当前目录下补充即可。

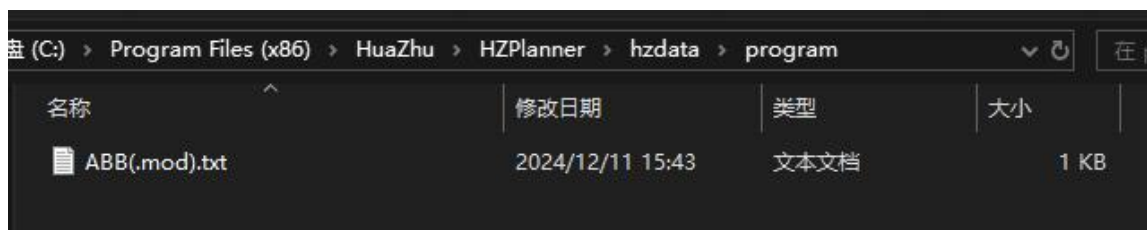


图 4 - 5 模板文件存储路径

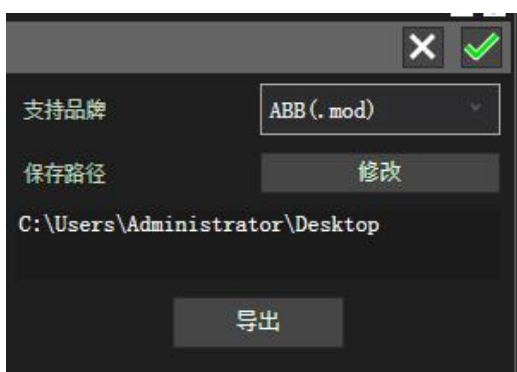


图 4 - 6 后处理轨迹生成界面

如下所示，以 ABB 机器人模板为例：



```
{
  "Ender" : "ENDMODULE",
  "Function" : "PROC {} ()\n {} \n ENDPROC\n",
  "Header" : "MODULE {}\n",
  "JointIT" : "[[{}], [{}]]",
  "JointT" : "CONST jointtarget {} := [[{}], [{}]];\n",
  "LineIT" : "[[{}], [{}], [0, 0, 0, 0], [{}]]",
  "LineT" : "CONST robtarget {} := [[{}], [{}], [0, 0, 0, 0], [{}]];\n ",
  "Main" : "PROC main()\n {} \n ENDPROC\n",
  "MoveJ" : "\tMoveAbsJ {}, {}, {}, tool0\Wobj:=wobj0;\n",
  "MoveL" : "\tMoveL {}, {}, {}, {}\\Wobj:=wobj0;\n",
  "PreMain" : "\tConfJ \\off;\n\tConfL \\off;\n",
  "Speed" : "CONST speeddata {} := [ {} ];\n",
  "Suffix" : ".mod",
  "ToolData" : "PERS tooldata user_tool_{} := [TRUE, [[{}], [{}]], [5, [23, 0, 75], [1,
0, 0, 0], 0, 0, 0]];\n",
  "ToolPrefixName" : "user_tool_",
  "WobjData" : "PERS wobjdata hz_world := [FALSE, TRUE, , [[{}], [{}]], [[0, 0, 0], [1,
0, 0, 0]]];\n",
  "Zone" : "CONST zonedata {} := [ FALSE, {}, {}, {}, {}, {}, {} ];\n"
}
```

在当前模板中配置不同品牌机器人轨迹数据模板，在导出时选择对应的模板，可完成各个品牌的后处理轨迹生成。

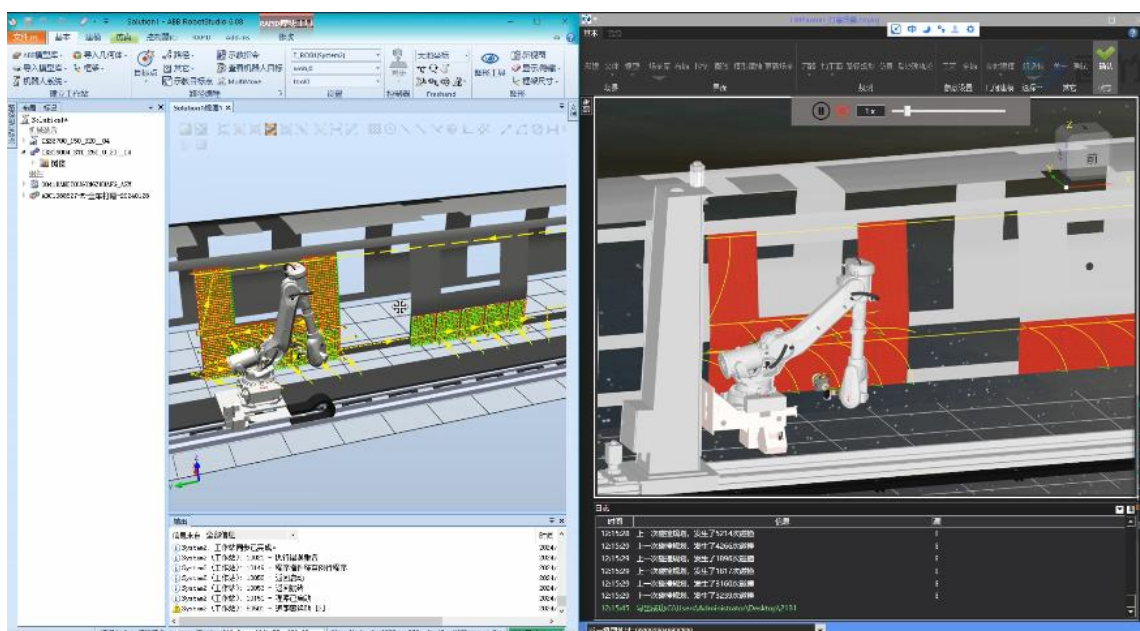


图 4-7 后处理轨迹生成界面



4. 设置修改模型图层颜色

导入的每个模型中的体元素可以设置模型图层，通过右键 **体元素** 节点弹出修改 **模型图层** 功能，点击后出现图层修改功能。



图 4-8 修改模型图层

当前图层修改尽可以单独修改颜色、透明度，或者统一赋予不同的材质。

注： 后期会开放更多模型材质设置选项。

5. 模型拆分合并



图 4-9 模型拆分合并

该功能在 模型配置界面中，每个模型节点下 **子元素**→ **体元素**，右键弹出。其中如果选中一个体元素，则会显示模型**拆分**。如果选中多个体元素则会显示模型**合并**。

模型拆分合并功能常用于场景运动装置配置环节，往往很多客户发过来的原始 step 模型会非常复杂，在制作地轨、机器人等运动模组时，可能一个运动关节会包含几十个子模型。模型结构很臃肿，此时就可以通过模型合并将所有相同关节的子模型统一合并为一个，然后进行操作。

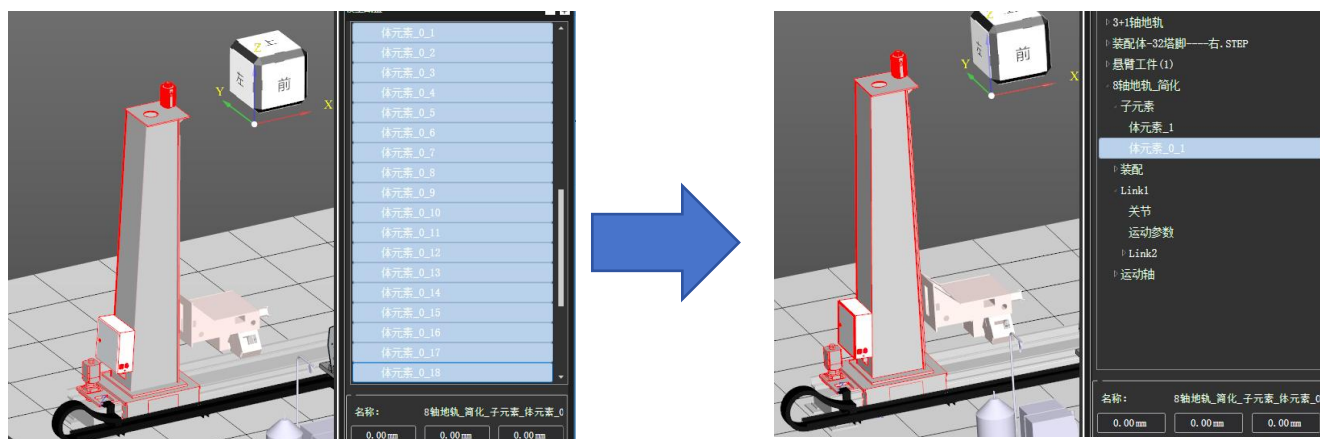


图 4-10 模型合并

反言之，模型拆分就上述功能的反向操作结果，用于删除模型内无用的小零件（不影响碰撞），或者是修改模型内部某个体的颜色图层，然后再次合并，增强模型美观性。

注：右侧列表节点的多选 通按住 ctrl + 鼠标左键进行多选，也可以按住 shift 进行顺序多选（与 windows 系统文件多选操作类似）。

6. 模型简化功能

用于自动小孔去除，圆角去除，小模型件去除（螺栓件等），减少场景模型的复杂度。

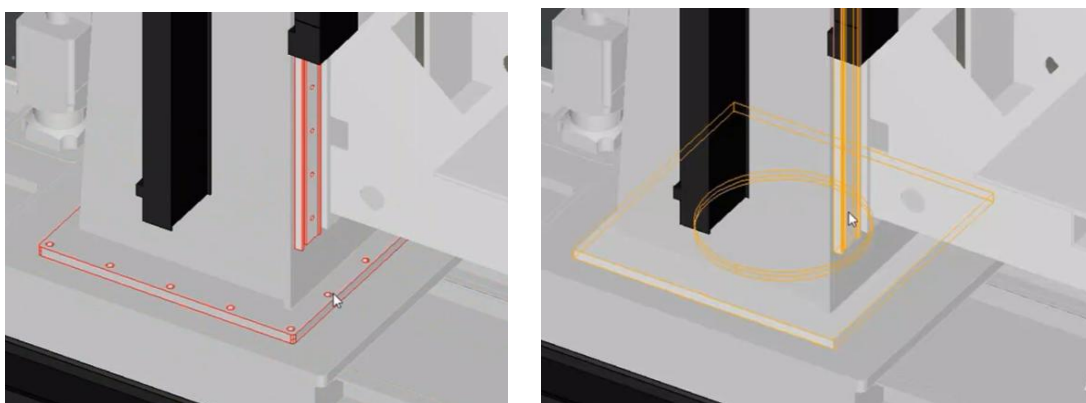


图 4-11 模型简化

功能入口有两个，一个在 模型配置下模型根节点右键菜单中，用于将整个模型进行简化。

一个在体元素右键菜单中，用于将当前体元素模型简化。

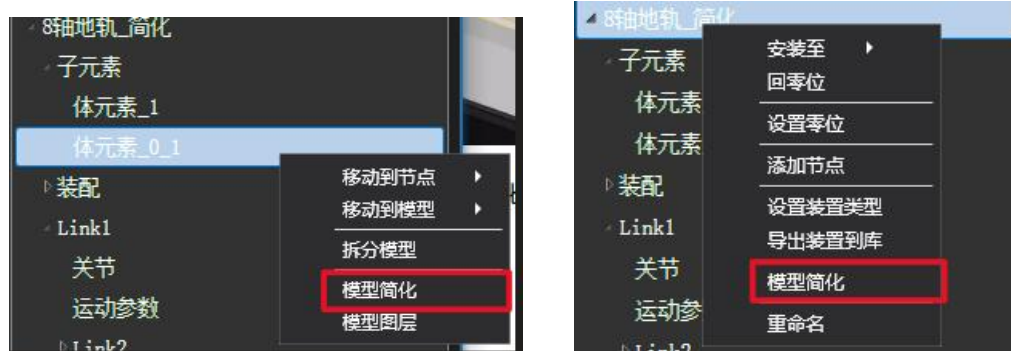


图 4-12 功能入口

7. 工具坐标系编辑

功能位于 场景管理器 轨迹，系统节点的右键菜单中。

可以编辑修改机器人设备末端工具坐标系，也可以设置。默认内置最多 5 个工具坐标系号，既可以通过输入工具坐标系值修改坐标系，也可以通过点选，在 3D 界面上选择当前工具上某个位置（仅可以选择工具模型）。

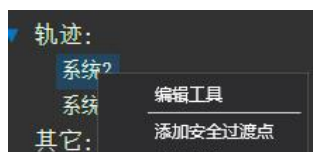


图 4-13 编辑工具功能入口

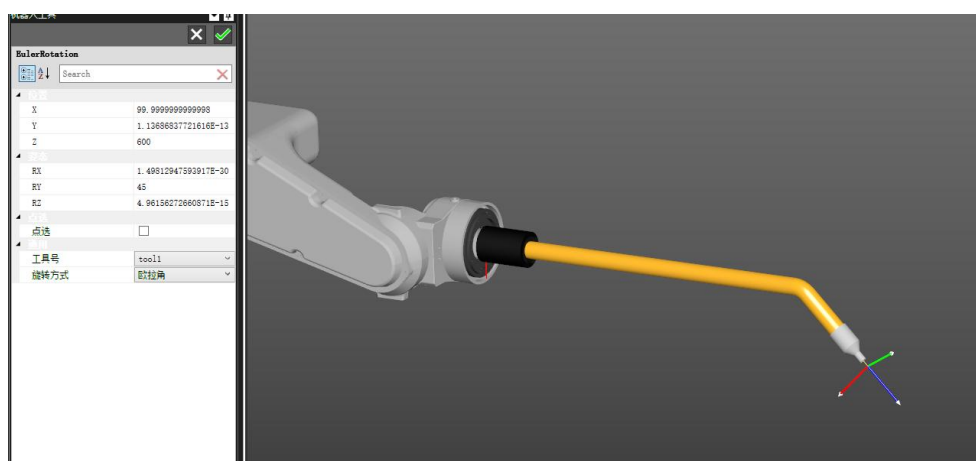


图 4-14 工具坐标系编辑

8. 机器人工作空间显示

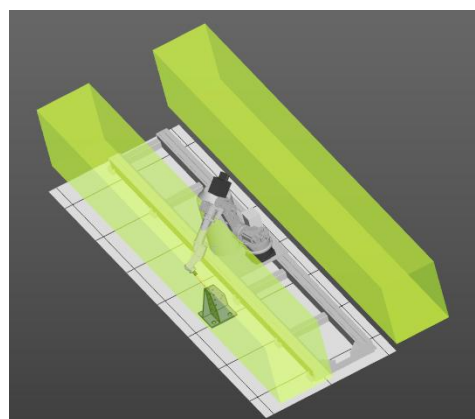
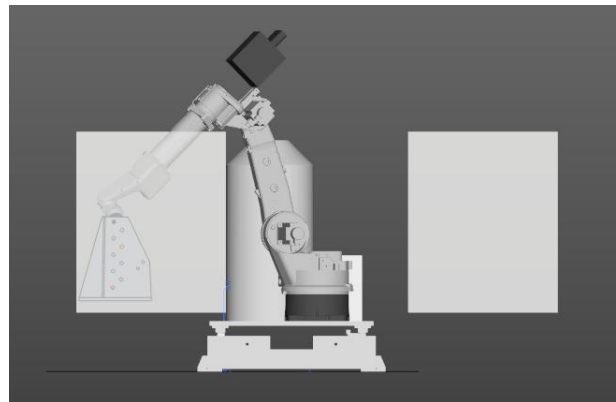
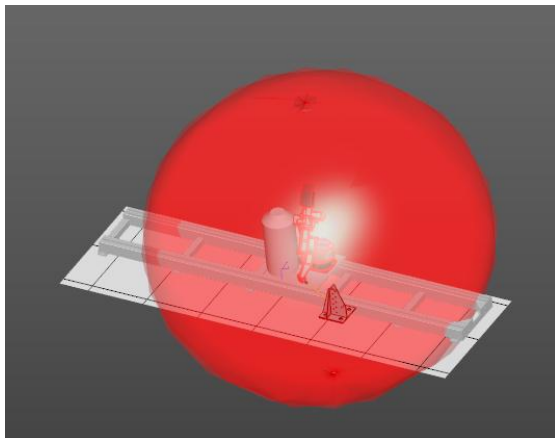
功能入口位于下方，在场景管理器中 机器人 子节点右键弹出。

最佳工作空间：机器人工作的最佳范围，可达性，舒适性最好。

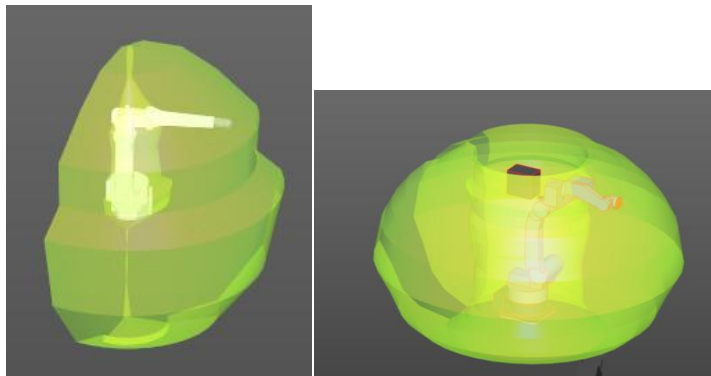
非安全空间，表示该区域为机器人工作最大半径，操作人员不应该在机器人运动过程中闯入。



图 4-15 功能入口



地轨最佳工作空间



单个机器人来说，会显示更为准确的球体，同时球体会考虑 J1 轴的角度限位。

图 4 - 16 非安全区域为一个球体

图 4 - 17 最佳空间为更准确区域

注：计算机器人安全空间时，请确保末端工具坐标系与默认工具坐标系朝向近似，为 Z 轴向外，X 朝下，否则计算出的最佳工作区间可能有误。

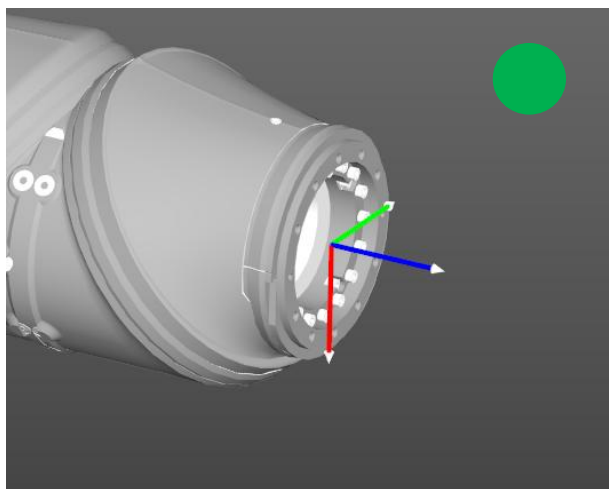


图 4 - 18 正确

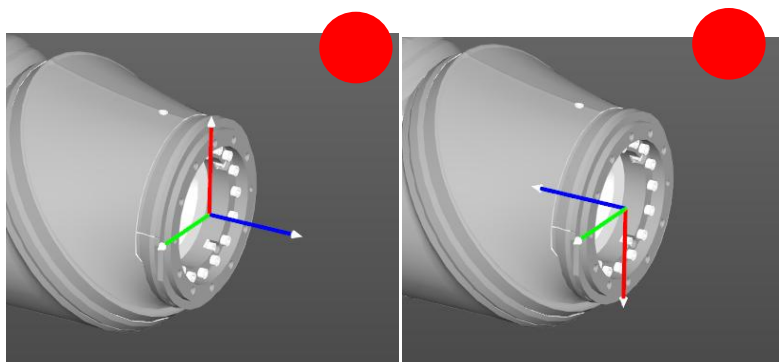


图 4 - 19 错误

9. 软件全局参数设定

当前软件全局参数有三大类，模型处理参数，运动规划参数，速度控制参数。



模型处理参数，包含全局 3D 显示参数

面显示模式：用于控制 3D 界面中模型表面显示是否依赖模型的面法向，如果不是双面显示，可能存在错误的法向面，会不进行显示。

防锯齿：提高 3D 场景的显示效果。

小体过滤：为模型在导入时会自动优化模型的复杂程度，过滤一些无用的小体模型（螺栓之类的）。通过模型半径和长度控制小体过滤参数。

模型简化为前文描述功能，内置参数有最大简化时间，超过该设定时间会自动停止。

是否过滤杂面，过滤复杂模型的结构，比如孤立的面，线，点之类的。

孔洞半径，为模型简化时需要删除的小孔特征，对于运动仿真模型来说无任何意义，需要开启过滤。

小面表示模型中存特别小面积的面，通过合并可以过滤。

模型导入缩放比例，表示**导入网格模型**时，由于不同软件定义的标准尺寸不统一，甚至模型数据内也没有缩放比例，需要软件外置一个缩放因子控制模型大小。

模型导出视角，表示机械装置配置好之后，需要导出时的默认视角方向，用于场景库中缩略图中显示的模型最佳姿态。



模型 规划 速度控制

碰撞冗余

运动方式 多轴联动

空移 30 mm

机器人与工件 50 mm

确定

规划界面目前参数较少，

运动方式表示：多轴联动和单轴控制，表示是否在生成路径时，配置联动地轨。

空移距离，计算轨迹间过渡点路径的碰撞冗余距离。

机器人与工件，为在生成加工轨迹时，机器人与工件的最小碰撞距离。

模型 规划 速度控制

机械臂

类型	空移速度	空移加速度	加工速度	加工加速度
关节	10.0	1,000.0	20.0	1,000.0
外部轴	200	3,000	400	3,000

确定

速度控制，皆为轴运动速度控制，比如机器人关机速度，地轨轴速度等等。

还未实现末端 TCP 线速度和角速度控制约束。