



闽江师范高等专科学校
Minjiang Teachers College

机电工程系仿真实训系统

目 录

机电工程系数控仿真及智能工厂虚拟仿真系统一览表	2
机电工程系数控仿真操作简介	2
数控仿真软件基本实验教学内容简介	3
机电工程系智能工厂虚拟仿真系统简介	39
智能工厂虚拟仿真系统教学功能简介	39

机电工程系仿真实训系统

一、机电工程系数控仿真及智能工厂虚拟仿真系统一览表

序号	实验名称	实验类型	实验用途	实验是否开出	指导教材
1	数控车床模拟编程	验证性	教学	是	课程教材、实验指导书
2	数控铣床模拟编程	验证性	教学	是	课程教材、实验指导书
3	数控车床编程实验	验证性	教学	是	课程教材、实验指导书
4	数控铣床编程实验	验证性	教学	是	课程教材、实验指导书
5	智能工厂虚拟仿真实训	验证性	教学	否	课程教材、实验指导书

二、机电工程系数控仿真系统简介

面向专业：工业机器人维修与应用、数控技术应用。

承担教学任务：实验教学、实习实训、毕业设计。

宇龙数控加工仿真系统是上海宇龙推出的一款数控加工仿真软件，专为数控加工专业的学校和培训机构设计，可以仿真数控加工操作的过程，支持目前所有常见的数控机床和控制系统，并拥有多种数控加工考核功能，包括考试、互动教学、自动评分和记录回放等，便于教学和鉴定工作的进行。

宇龙数控加工仿真系统主要功能：

1、机床与控制系统

数控加工仿真系统提供车床、立式铣床、卧式加工中心和立式加工中心，以及机床厂家的多种常用面板；制系统有 FANUC 0, FANUC 0i, FANUC Powermate 0, FANUC 0i Mate, Siemens 810D, Siemens 802D, Siemens 802S/C, PA8000, 三菱、大森、华中数控，广州数控，华兴、凯恩帝等。

2、丰富的刀具材料库

采用数据库统一管理刀具材料和性能参数库，刀具库含数百种不同材料和形状的车刀、铣刀，支持用户自定义刀具以及相关特征参数。

3、机床操作全过程仿真

仿真机床操作的整个过程：毛坯定义、工件装夹、压板安装、基准对刀、安装刀具、机床手动操作等仿真。

4、加工运行全环境仿真

仿真数控程序的自动运行和 MDI 运行模式；三维工件的实时切削，刀具轨迹的三维显示；提供刀具补偿、坐标系设置等系统参数的设定。

5、全面的碰撞检测

手动、自动加工等模式下的实时碰撞检测，包括刀柄刀具与夹具、压板、机床等碰撞，也包括机床行程越界及主轴不转时刀柄刀具与工件等的碰撞。

6、数控程序处理

能够通过 DNC 导入各种 CAD/CAM 软件生成的数控程序，例如 Mastercam 、 Pro/E 、 UG 、 CAXA-ME 等，也可以导入手工编制的文本格式数控程序，还能够直接通过面板手工编辑、输入、输出数控程序。

7、宏指令的支持

FANUC、Siemens、华中数控、广州数控等系统全面支持宏指令中的变量编程功能。

8、考试记录回放

本系统具有记录考试操作全过程和考试结果的功能以及多种回放方式。

9、互动教学

教师和学生可以相互观看对方的操作，进行互动交流。

10、工业级测量精度

可进行自动智能测量，实时三维模型测量，精度可达到 7-8 位有效数字，完全满足 0.001 毫米的工业级精度要求。

三、仿真软件基本实验教学内容简介

1 宇龙数控加工仿真系统基本操作方法

1.1 界面及菜单介绍

1.1.1 进入数控加工仿真系统

进入宇龙数控加工仿真系统 3.7 版要分 2 步启动，首先启动加密锁管理程序，然后启动数控加工仿真系统，过程如下：

鼠标左键点击“开始”按钮，找到“程序”文件夹中弹出的“数控加工仿真系统”应用程序文件夹，在接着弹出的下级子目录中，点击“加密锁管理程序”，如图 1.1 (a) 所示。



(a) 启动加密锁管理程序 (b) 启动数控加工仿真系统(c) 数控加工仿真系统登录界面

图 1.1 启动宇龙数控加工仿真系统 3.7 版

加密锁程序启动后，屏幕右下方工具栏中出现的图表 ，此时重复上面的步骤，在二级子目录中点击数控加工仿真系统，如图 1.1 (b) 所示，系统弹出“用户登录”界面，如图 1.1 (c) 所示。

点击“快速登录”按钮或输入用户名和密码，再点击“登录”按钮，即可进入数控加工仿真系统。

1.1.2 机床台面菜单操作

用户登录后的界面，如图 1.2 所示。图示为 FANUC Oi 车床系统仿真界面，由四大部分构成，分别为：系统菜单或图标、LCD/MDI 面板、机床操作面板、仿真加工工作区。

1 选择机床类型

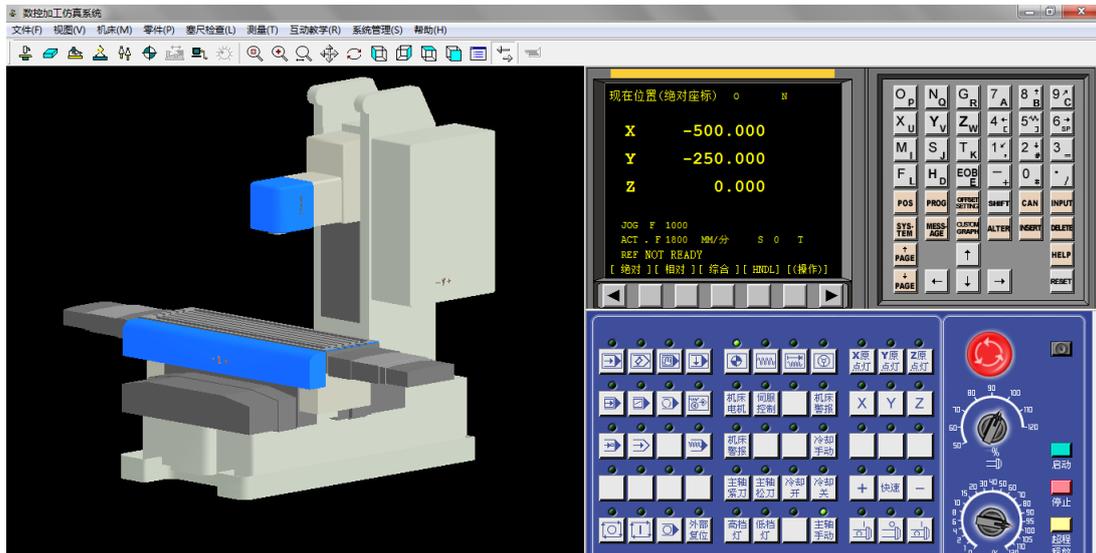
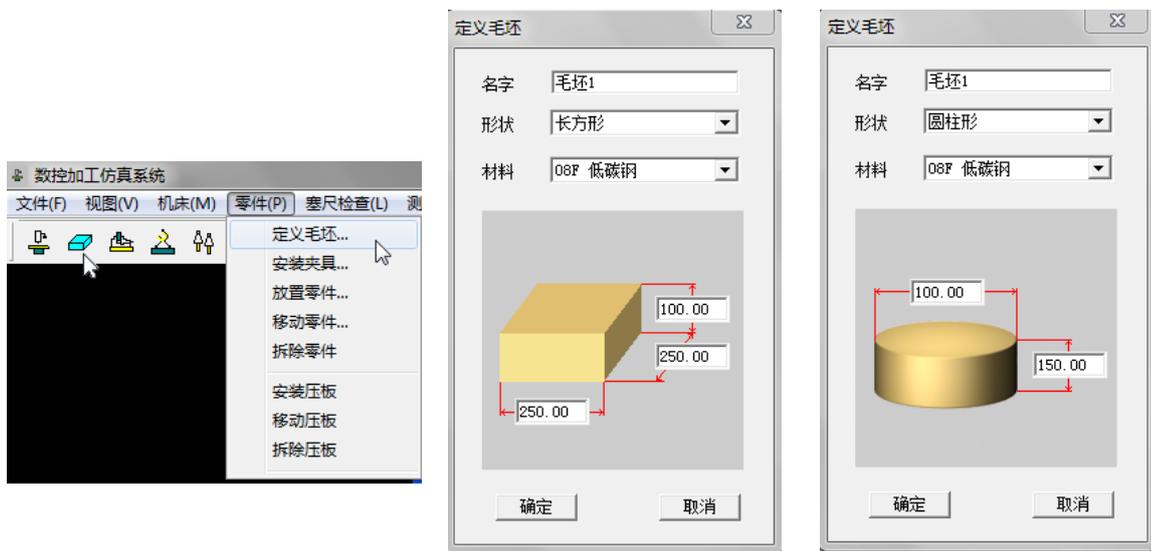


图 1.4 宇龙数控加工仿真系统 3.7 版 FANUC 0i 铣床仿真加工系统界面

2 工件的使用

(1) 定义毛坯

打开菜单“零件/定义毛坯”或在工具条上选择“”，如图 1.5 (a) 箭头所示，系统弹出定义毛坯的对话框，有长方形和圆形两种毛坯可供选择，如图 1.5 (b)、(c) 所示。



(a) 定义毛坯菜单

(b) 长方形毛坯定义

(c) 圆形毛坯定义

图 1.5 毛坯定义操作

在定义毛坯对话框中，各字段的含义如下：

名字：在毛坯名字输入框内输入毛坯名，也可使用缺省值；

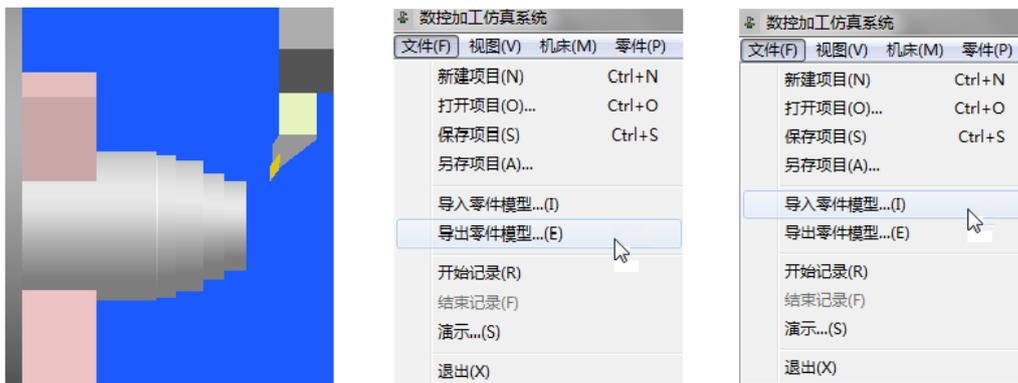
形状：在毛坯形状框内点击下拉列表，选择毛坯形状。铣床、加工中心有两种形状的毛

坯供选择，长方形毛坯和圆柱形毛坯，车床仅提供圆柱形毛坯；

材料：在毛坯材料框内点击下拉列表，选择毛坯材料。毛坯材料列表框中提供了多种供加工的毛坯材料，可根据需要在“材料”下拉列表中选择毛坯材料

毛坯尺寸：点击尺寸输入框，即可改变毛坯尺寸，单位：毫米。

完成以上操作后，按“确定”按钮，保存定义的毛坯并且退出本操作，也可按“取消”按钮，退出本操作。



(a) 零件模型 (b) 导出零件模型菜单 (c) 导入零件模型菜单

图 1.6 零件模型导出导入

(2) 导出零件模型

对于经过部分加工的工件，打开菜单“文件/导出零件模型”，系统弹出“另存为”对话框，在对话框中输入文件名，按保存按钮，就可将这个未完成加工的零件保存为零件模型，可在以后放置零件时通过导入零件模型而调用。如图 1.6 (a)、(b) 所示。

(3) 导入零件模型

机床在加工零件时，除了可以使用原始的毛坯，还可以对经过部分加工的毛坯进行再加工。经过部分加工的毛坯称为零件模型，可以通过导入零件模型的功能调用零件模型。

打开菜单“文件/导入零件模型”，若已通过导出零件模型功能保存过成型毛坯，则系统将弹出“打开”对话框，在此对话框中选择并且打开所需的后缀名为“PRT”的零件文件，则选中的零件模型被放置在工作台面上，如图 1.6 (c) 所示。此类文件为已通过“文件/导出零件模型”所保存的成型毛坯。

(4) 使用夹具

在仿真铣床系统界面中，打开菜单“零件/安装夹具”命令或者在工具条上选择图标



打开选择夹具操作对话框。如图 1.7 所示。

在“选择零件”列表框中选择已定义毛坯。在“选择夹具”列表框中间选夹具，长方体零件可以使用工艺板或者平口钳，圆柱形零件可以选择工艺板或者卡盘。如图 1.7 (a)、(b) 所示。

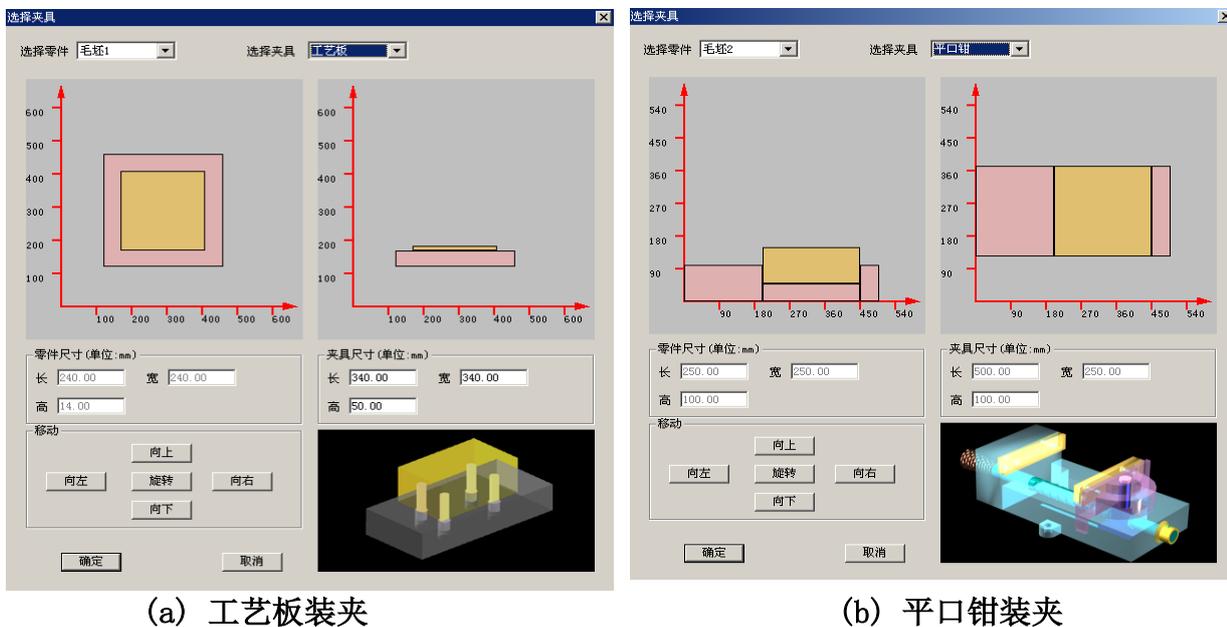


图 1.7 安装夹具

需要指出的是，“夹具尺寸”成组控件内的文本框仅供用户修改工艺板的尺寸，对平口钳无效。另外，“移动”成组控件内的按钮供调整毛坯在夹具上的位置使用。

在本系统中，铣床和加工中心也可以不使用夹具，车床没有这一步操作。

(5) 放置零件

打开菜单“零件/放置零件”命令或者在工具条上选择图标，系统弹出选择零件、安装零件对话框。如图 1.8 所示。



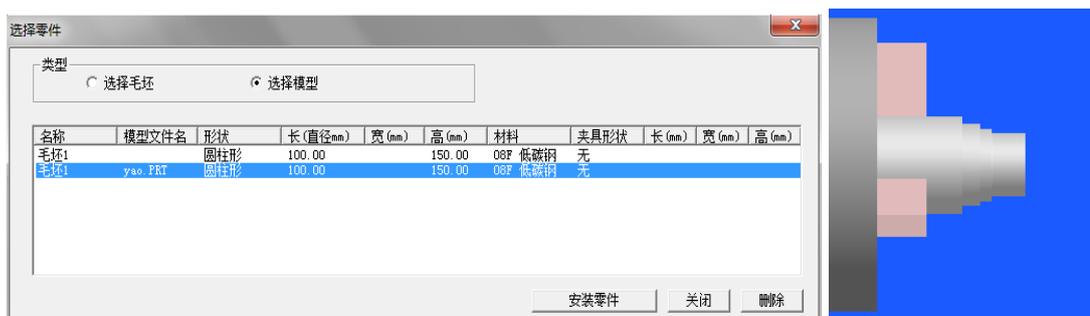
图 1.8 “选择零件”对话框

在列表中点击所需的零件，选中的零件信息加亮显示，按下“安装零件”按钮，系统自

动关闭对话框，零件和夹具（如果已经选择了夹具）将被放到机床上。

对于卧式加工中心还可以在上述对话框中选择是否使用角尺板。如果选择了使用角尺板，那么在放置零件时，角尺板同时出现在机床台面上。

如果经过“导入零件模型”的操作，对话框的零件列表中会显示模型文件名，若在类型列表中选择“选择模型”，则可以选择导入零件模型文件，如图 1.9 所示（a）。选择后零件模型即经过部分加工的成型毛坯被放置在机床台面上。如图 1.9（b）所示。



(a) 选择零件模型对话框

(b) 安装零件模型

图 1.9 选择零件模型

(6) 调整零件位置

零件放置安装后，可以在工作台上移动。毛坯在放置到工作台（三爪卡盘）后，系统将自动弹出一个对话框（铣床、加工中心如图 1.10（a），车床如图 1.10（b）），通过按动小键盘上的方向按钮，实现零件的平移和旋转或车床零件调头。小键盘上的“退出”按钮用于关闭小键盘。选择菜单“零件/移动零件”也可以打开小键盘，如图 1.10（c）所示。



(a) 铣床零件移动对话框

(b) 车床移动零件对话框

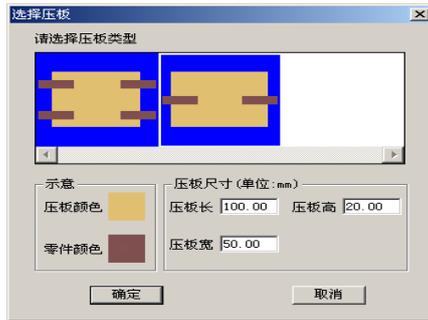
(c) 移动零件菜单

图 1.10 移动零件

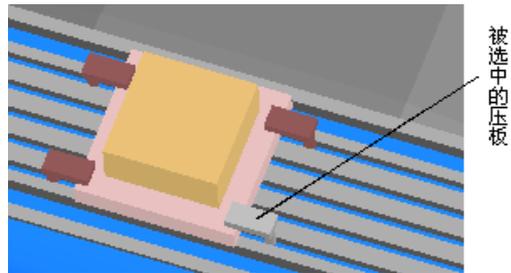
(7) 使用压板

铣床、加工中心安装零件时，如果使用工艺板或者不使用夹具时，可以使用压板。

1) 安装压板 打开菜单“零件/安装压板”。系统打开“选择压板”对话框。如图 1.11 所示。



(a) 安装压板



(b) 移动压板

图 1.11 移动零件

对话框中列出各种安装方案，拉动滚动条，可以浏览全部可能方案，选择所需要的安装方案。在“压板尺寸”中可更改压板长、高、宽。范围：长 30-100；高 10-20；宽 10-50。按下“确定”以后，压板将出现在台面上。

2) 移动压板 打开菜单“零件/移动压板”，系统弹出小键盘。操作者可以根据需要平移压板，(但是不能旋转压板)。首先用鼠标选中需移动的压板，被选中的压板颜色变成灰色，如图 1.11 (b) 所示，然后按动小键盘中的方向按钮操纵压板移动。

3) 拆除压板 打开菜单“零件/拆除压板”，可拆除压板。

3 选择刀具

打开菜单“机床/选择刀具”，或者在工具条中选择“”图标，系统弹出刀具选择对话框。

(1) 车床选刀

系统中数控车床允许同时安装 8 把刀具。对话框图 1.12

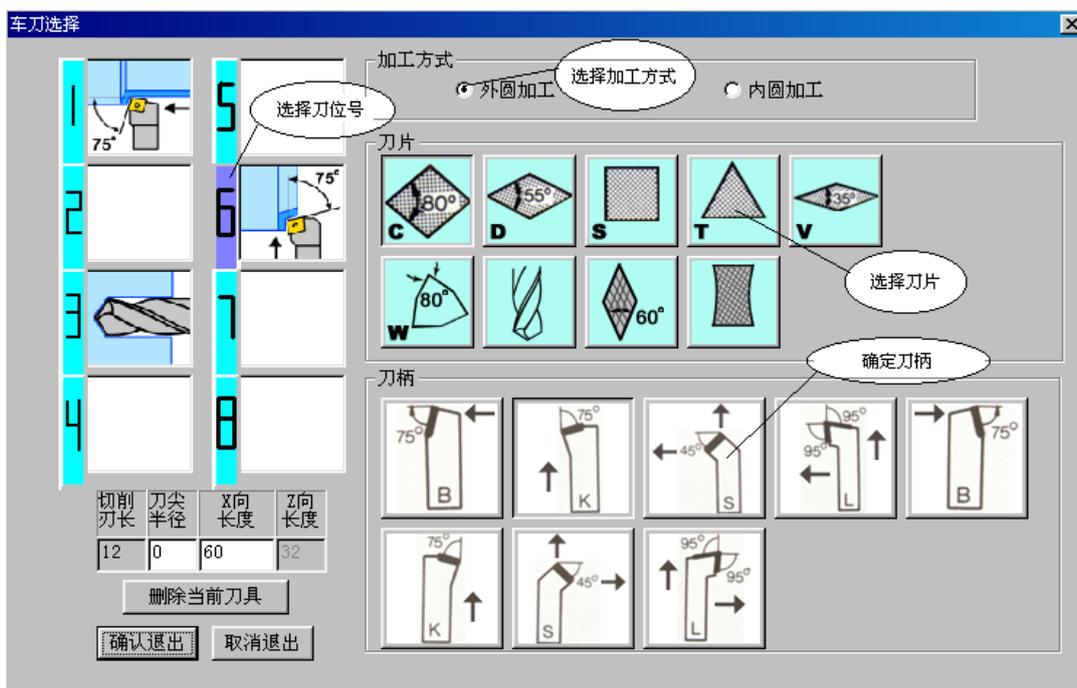


图 1.12 车刀选择对话框

1) 选择车刀

① 在对话框左侧排列的编号 1~8 中，选择所需的刀位号。刀位号即车床刀架上的位置编号。被选中的刀位编号的背景颜色变为蓝色；

② 指定加工方式，可选择外圆加工或内圆加工；

③ 在刀片列表框中选择了所需的刀片后，系统自动给出相匹配的刀柄供选择；

④ 选择刀柄，当刀片和刀柄都选择完毕，刀具被确定，并且输入到所选的刀位中。旁边的图片显示其适用的方式

2) 刀尖半径 显示刀尖半径，允许操作者修改刀尖半径，刀尖半径可以是 0。单位：mm。

3) 刀具长度 显示刀具长度，允许修改刀具长度。刀具长度是指从刀尖开始到刀架的距离。

4) 输入钻头直径 当在刀片中选择钻头时，“钻头直径”一栏变亮，允许输入直径。

5) 删除当前刀具 在当前选中的刀位号中的刀具可通过“删除当前刀具”键删除。

6) 确认选刀 选择完刀具，完成刀尖半径（钻头直径），刀具长度修改后，按“确认退出”键完成选刀。或者按“取消退出”键退出选刀操作。

(2) 数控铣床和加工中心选刀

1) 按条件列出工具清单 筛选的条件是直径和类型，具体操作方法如下：

①在“所需刀具直径”输入框内输入直径，如果不把直径作为筛选条件，请输入数字“0”。

②在“所需刀具类型”选择列表中选择刀具类型。可供选择的刀具类型有平底刀，平底带 R 刀，球头刀，钻头，镗刀等。

③按下“确定”，符合条件的刀具在“可选刀具”列表中显示。

2) 指定序号

在对话框的下半部中指定序号，如图 1.13 所示。这个序号就是刀库中的刀位号。铣床只有一个刀位。卧式加工中心允许同时选择 20 把刀具，立式加工中心允许同时选择 24 把刀具。



图 1.13 铣床和加工中心指定刀位号

3) 选择需要的刀具 先用鼠标点击“已经选择刀具”列表中的刀位号，再用鼠标点击“可选刀具”列表中所需的刀具，选中的刀具对应显示在“已经选择刀具”列表中选中的刀位号所在行，按下“确定”完成刀具选择。

4) 输入刀柄参数 操作者可以按需要输入刀柄参数。参数有直径和长度两个。总长度是刀柄长度与刀具长度之和。

5) 删除当前刀具 按“删除当前刀具”键可删除此时“已选择的刀具”列表中光标停留的刀具。

6) 确认选刀 选择完刀具，按“确认”键完成选刀。或者按“取消”键退出选刀操作。

铣床的刀具装在主轴上。立式加工中心的刀具全部在刀库中，卧式加工中心装载刀位号最小的刀具，其余刀具放在刀架上，通过程序调用。

4 视图变换的选择

在工具栏中图标  的含义是视图变换操作，他们分别对应着主菜单“视图”下拉菜单的“复位”、“局部放大”、“动态缩放”、“动态平移”、“动态旋转”、“左侧视图”、“右侧视图”、“俯视图”、“前视图”等命令，对机床工作区进行视图变化操作。

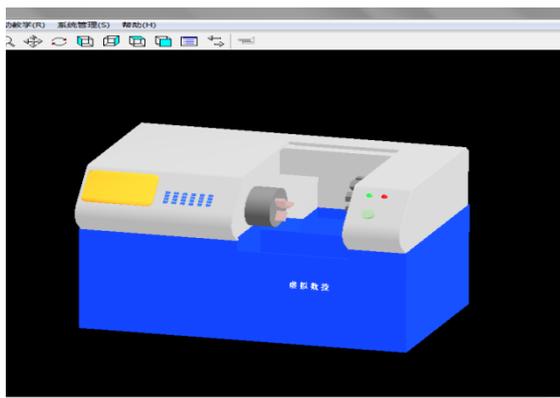
视图命令也可通过将鼠标置于机床显示工作区域内，点击鼠标右键，在弹出的浮动菜单里来进行相应的选择。操作时将鼠标移至机床显示区，拖动鼠标，即可进行相应操作。

5 控制面板切换

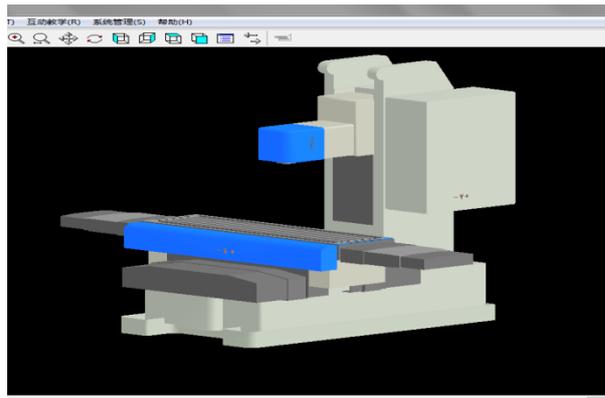
在“视图”菜单或浮动菜单中选择“控制面板切换”，或在工具条中点击“”，即完成控制面板切换。

选择“控制面板切换”时，面板状态如图 1.2 和 1.4 所示，这里系统根据机床选择，显示了 FANUC0i 完整数控加工仿真界面，可完成机床回零、JOG 手动控制、MDI 操作、编程操作、参数输入和仿真加工等各种基本操作。

在未选择“控制面板切换”时，面板状态如图 1.14 所示，屏幕显示为机床仿真加工工作区，通过菜单或图标可完成零件安装、选择刀具、视图切换等操作。



(a) 车床



(b) 铣床

图 1.14 控制面板切换

6 “选项”对话框

在“视图”菜单或浮动菜单中选择“选项”或在工具条中选择“”，在对话框中进行设置。如图 1.15 所示，包括 6 个选项。

- 1) 仿真加速倍率 设置的速度值是用以调节仿真速度，有效数值范围从 1 到 100；
- 2) 开/关 设置仿真加工时的视听效果；

- 3) 机床显示方式 用于设置机床的显示，其中透明显示方式可方便观察内部加工状态；
- 4) 机床显示状态 用于仅显示加工零件或显示机床全部的设置；
- 5) 零件显示方式 用于对零件显示方式的设置，有 3 种方式；
- 6) 如果选中“对话框显示出错信息”，出错信息提示将出现在对话框中；否则，出错信息将出现在屏幕的右下角。



图 1.15 “选项”对话框

1.2 FANUC 0i 数控系统仿真面板操作

宇龙数控加工仿真系统的数控机床操作面板由 LCD/MDI 面板和机床操作面板两部分组成，如图 1.16 所示。这里，我们选择 FANUC 0i 机床系统来说明本数控加工仿真系统的操作，以后没有指明什么系统，都是指 FANUC 0i 机床系统，不再说明。

LCD/MDI 面板为模拟 7.2' LCD 显示器和一个 MDI 键盘构成（上半部分），用于显示和编辑机床控制器内部的各种参数和数控程序；机床操作面板（下半部分）则由若干操作按钮组成，用于直接对仿真机床系统进行激活、回零、控制操作和状态设定等。



1.16 FANUC 0i 标准铣床系统面板

1.2.1 机床准备

机床准备是指进入数控加工仿真系统后，针对机床操作面板，释放急停、启动机床驱动和各轴回零的过程。进入本仿真加工系统后，就如同面对实际机床，准备开机的状态。

1 激活机床

检查急停按钮是否松开至  状态，若未松开，点击急停按钮 ，将其松开。按下操作面板上的“启动”按钮，加载驱动，当“机床电机”和“伺服控制”指示灯亮，表示机床已被激活。

2 机床回参考点

在回零指示状态下（回零模式），选择操作面板上的 X 轴，点击“+”按钮，此时 X 轴将回零，当回到机床参考点时，相应操作面板上“X 原点灯”的指示灯亮，同时 LCD 上的 X 坐标变为“0.000”，如图 1.17（a）所示。

依次用鼠标右键点击 Y, Z 轴，再分别点击“+”按钮，可以将 Y 和 Z 轴也回零，回零结束时 LCD 显示的坐标值（XYZ: 0.000, 0.000, 0.000）和操作面板上的指示灯亮为回零状态，机床运动部件（铣床主轴、车床刀架）为返回到机床参考点，故称为回零，如图 1.17（a）

所示。

车床只有 X, Z 轴, LCD 对两轴的显示为 (XZ: 390, 300), 其回零状态如图 1.17 (b) 所示。



(a) 铣床回零



(b) 车床回零

图 1.17 仿真铣床、车床回零状态

1.2.2 对刀

数控程序一般按工件坐标系编程, 对刀的过程就是建立工件加工坐标系与机床坐标系之间关系的过程。下面我们具体说明铣床(立式加工中心)对刀和车床对刀的基本方法。

需要指出, 以下对刀过程说明时, 对于铣床及加工中心, 将工件上表面左下角(或工件上表面中心)设为工件坐标系原点, 对于车床工件坐标系设在工件右端面中心。

1 铣床及卧式加工中心对刀

(1) X, Y 轴对刀

一般铣床及加工中心在 X, Y 方向对刀时使用的基准工具包括刚性芯棒和寻边器两种。

点击菜单“机床/基准工具...”, 在弹出的基准工具对话框中, 左边的是刚性芯棒基准工具, 右边的是寻边器。如图 1.18 所示。

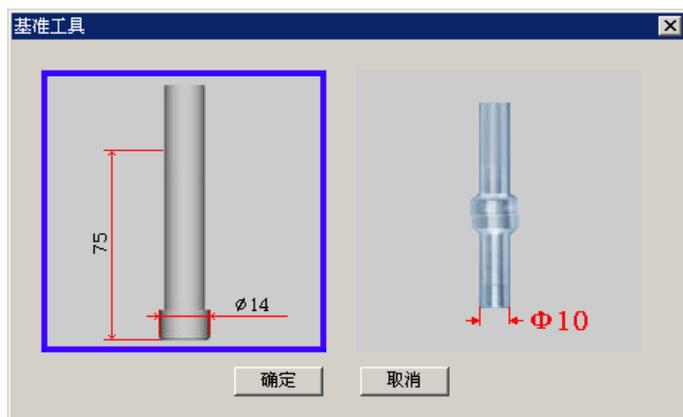


图 1.18 铣床对刀基准工具

1) 刚性芯棒对刀

刚性芯棒采用检查塞尺松紧的方式对刀，同时，我们将基准工具放置在零件的左侧（正面视图）对刀方式，参看图 1.19，具体过程如下。

① X 轴方向对刀

点击机床操作面板中手动操作按钮，将机床切换到 JOG 状态，进入“手动”方式；

首先，我们选择工件毛坯尺寸 120×120×30mm 为例，平口钳装夹，然后打开菜单“机床/基准工具”，选择刚性芯棒，按“确定”按钮，为主轴装上基准芯棒，点击 MDI 键盘上的，使 LCD 界面上显示坐标值。

然后，利用操作面板上的选择轴按钮，单击选择 X 轴，再通过轴移动键，采用点动方式移动机床，将装有基准工具的机床主轴在 X 方向上移动到工件左侧，借助“视图”菜单中的动态旋转、动态放缩、动态平移等工具，调整工作区大小到图 1.19 所示的大致位置。

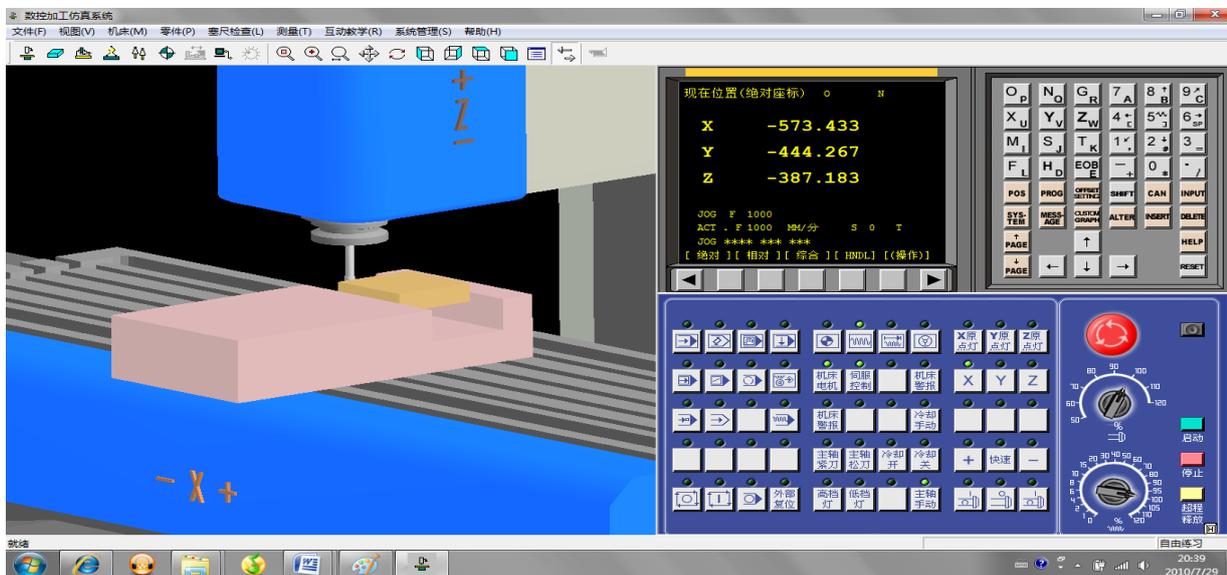


图 1.19 刚性芯棒 X 向对刀

接着，取正向视图，点击菜单“塞尺检查/1mm”，安装塞尺如图 1.20 所示。

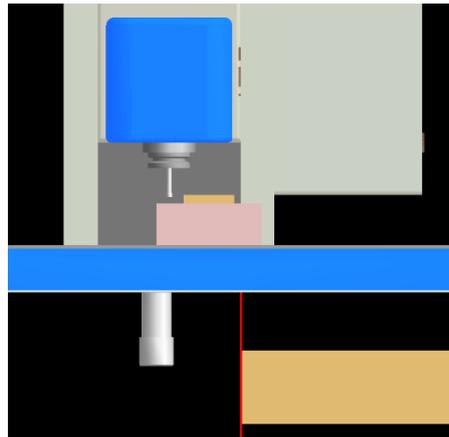


图 1.20 刚性芯棒塞尺对刀

点击机床操作面板上手动脉冲键，切换到手轮方式，点击操作面板右下角的“H”拉出手轮，选中 X 轴，调整手轮倍率。按鼠标右键为主轴向 X 轴“-”方向运动，按鼠标左键为主轴向 X 轴“+”方向运动，如此移动芯棒，使得提示信息对话框显示“塞尺检查的结果：合适”，如图 1.21。

记下塞尺检查结果为“合适”时 LCD 界面中显示的 X 坐标值（本例中为“-568.000”），此为基准工具中心的 X 坐标，记为 X1；将基准工件直径记为 X2（可在选择基准工具时读出），将塞尺厚度记为 X3，将定义毛坯数据时设定的零件的长度记为 X4，则：

工件上表面左下角的 X 向坐标为：基准工具中心的 X 坐标+基准工具半径+塞尺厚度，即：

$$X=X1+X2/2+X3;$$

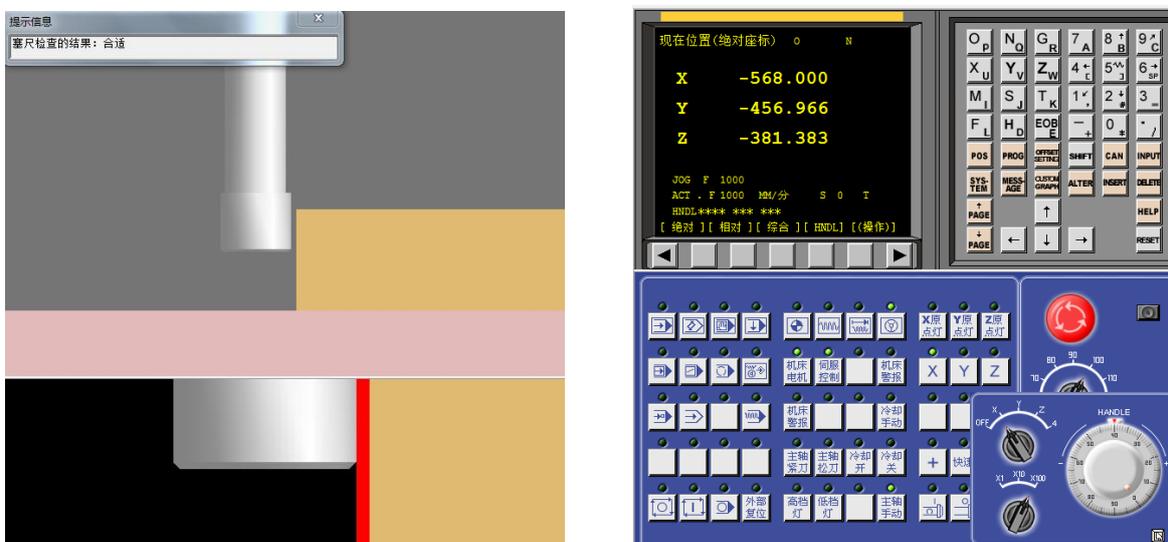


图 1.21 X 方向对刀合适

本例中： $X=-568+7+1=-560\text{mm}$ ；（左下角）

如果以工件上表面中心为工件坐标系原点，其 X 向坐标则为：基准工具中心的 X 的坐标+基准工具半径+塞尺厚度+零件长度的一半。即：

$$X=X_1+X_2/2+X_3+X_4/2;$$

本例中： $X=-568+7+1+60=-500\text{mm}$; （中心原点）

② Y 轴方向对刀

在不改变 Z 向坐标的情况下，我们将刚性芯棒在 JOG 手动方式下移动到零件的前侧，同理可得到工件上表面左下角的 Y 坐标：

$$Y=Y_1+Y_2/2+Y_3;$$

本例中： $Y=-483+7+1=-475\text{mm}$; （左下角）

或工件上表面中心的 Y 坐标为：

$$Y=Y_1+Y_2/2+Y_3+Y_4/2;$$

本例中： $Y=-483+7+1+60=-415\text{mm}$; （中心原点）

需要指出的是，如果我们将基准工具放置在零件的右侧以及后侧对刀时，则以上公式中的“+”同时必须改为“-”，如此才能得到同样正确的结果。

完成 X, Y 方向对刀后，点击菜单“塞尺检查/收回塞尺”将塞尺收回；点击操作面板手动操作按钮，机床切换到 JOG 手动方式，选择 Z 轴，将主轴提起，再点击菜单“机床/拆除工具”拆除基准工具，装上铣削刀具，准备 Z 向对刀。

2) 寻边器对刀

寻边器有固定端和测量端两部分组成。固定端由刀具夹头夹持在机床主轴上，中心线与主轴轴线重合。在测量时，主轴以 400rpm 左右旋转。

通过手动方式，使寻边器向工件基准面移动靠近，让测量端接触基准面。在测量端未接触工件时，固定端与测量端的中心线不重合，两者呈偏心状态。当测量端与工件接触后，偏心距减小，这时使用点动方式或手轮方式微调进给，寻边器继续向工件移动，偏心距逐渐减小。当测量端和固定端的中心线重合时，如果继续微量（1 μm 就足够）进给，那么在原进给的垂直方向上，测量端瞬间会有明显的偏出，出现明显的偏心状态，表示对刀完成，这就是偏心寻边器对刀的原理。而那个固定端和测量端重合的位置（主轴中心位置）就是它距离工件基准面的距离，等于测量端的半径。

① X 轴方向对刀

与刚性芯棒对刀时一样，我们仍然选用 $120 \times 120 \times 30\text{mm}$ 的工件毛坯尺寸，装夹方法也一样，就是在主轴上装的基准工具换成偏心寻边器而已。

具体操作方法也类似，先让装有寻边器的主轴靠近工件左侧，区别是在碰到工件前使主轴转动起来，正反转均可，寻边器未与工件接触时，其测量端大幅度晃动。

接触后晃动缩小，然后手轮方式移动机床主轴，使寻边器的固定端和测量端逐渐接近并重合，如图 1.22 所示，若此时再进行 X 方向的增量或手轮方式的小幅度进给时，寻边器的测量端突然大幅度偏移，如图 1.23 所示。即认为此时寻边器与工件恰好吻合。



图 1.22 寻边器 X 方向对刀

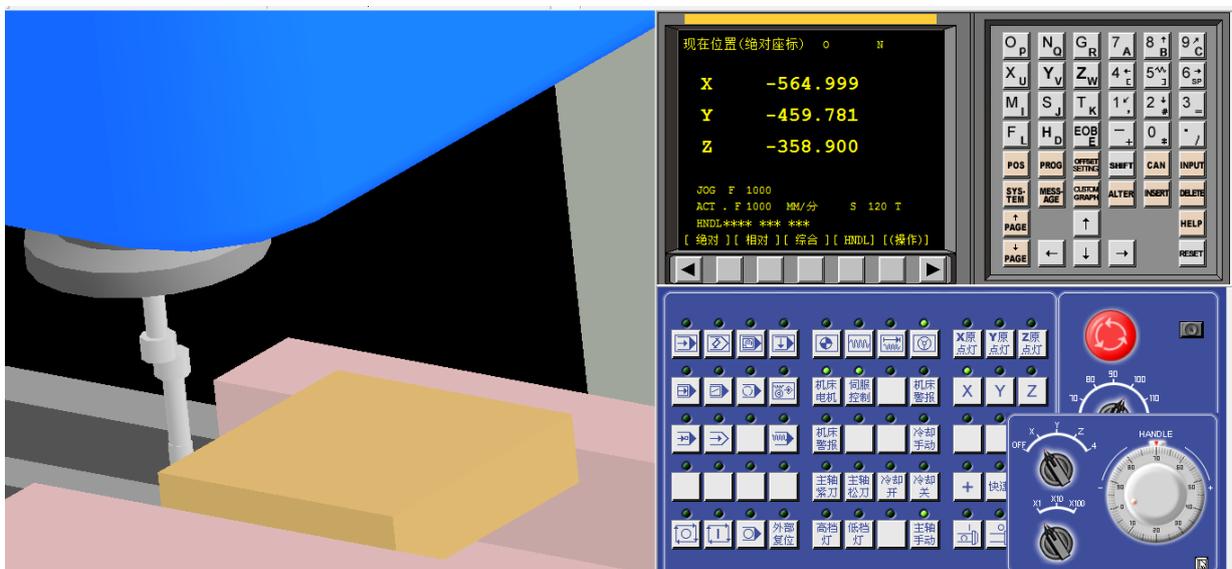


图 1.23 X 方向继续微量进给突然 Y 向大幅度偏移

记下寻边器与工件恰好吻合时 LCD 界面中的 X 坐标值（本例中为“-565.000”），见图

1.22, 此为基准工具中心的 X 坐标, 记为 X1; 将基准工件直径记为 X2 (可在选择基准工具时读出), 将定义毛坯数据时设定的零件长度记为 X3, 则:

工件上表面左下角的 X 向坐标为: 基准工具中心的 X 坐标+基准工具半径, 即:

$$X=X1+X2/2;$$

本例中: $X=-565+5=-560\text{mm};$ (左下角)

如果以工件上表面中心为工件坐标系原点, 其 X 向坐标则为: 基准工具中心的 X 的坐标+基准工具半径+零件长度的一半。即:

$$X=X1+X2/2+X3 /2;$$

本例中: $X=-565+5+60=-500\text{mm};$ (中心原点)

② Y 轴方向对刀

在不改变 Z 向坐标和主轴旋转的情况下, 我们将主轴在 JOG 手动方式下移动到零件的前侧, 并使寻边器的固定端和测量端重合、偏心, 如图 1.24、1.25 所示。



图 1.24 寻边器 Y 方向对刀

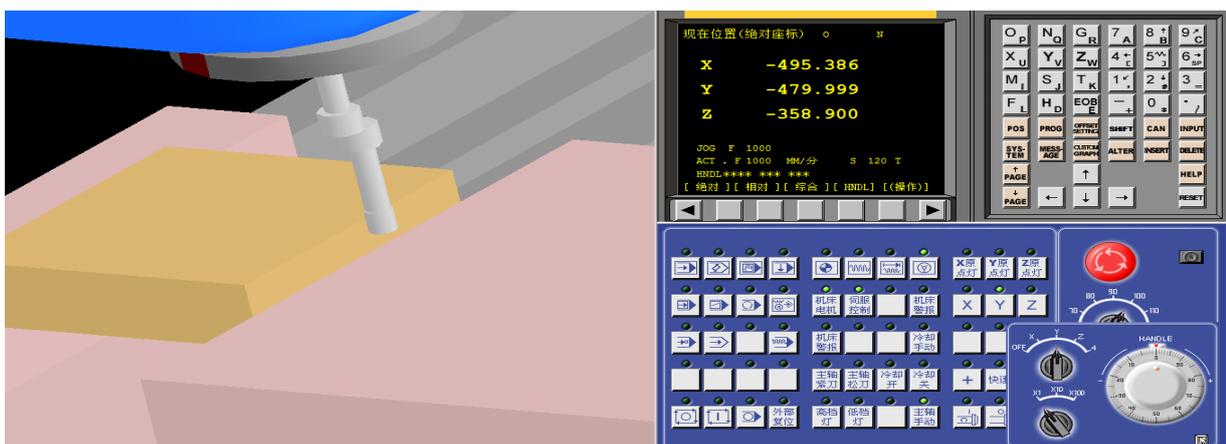


图 1.25 寻边器 Y 方向对刀偏心

同理可得到工件上表面左下角的 Y 坐标：

$$Y=Y_1+Y_2/2;$$

本例中： $Y=-480+5=-475\text{mm};$ （左下角）

或工件上表面中心的 Y 坐标为：

$$Y=Y_1+Y_2/2+Y_3 /2;$$

本例中： $Y=-480+5+60=-415\text{mm};$ （中心原点）

显然，用寻边器对刀，获得的 X/Y 工件原点坐标值与刚性芯棒对刀的结果是完全一样的。

另外，在计算坐标值时，我们还是要注意，如果我们将基准工具放置在零件的右侧以及后侧对刀时，则以上公式中的“+”仍然同时必须改为“-”，如此才能不出问题。

同样，完成 X, Y 方向对刀后，点击操作面板手动操作按钮，机床切换到 JOG 手动方式，选择 Z 轴，将主轴提起，再点击菜单“机床/拆除工具”拆除基准工具，装上铣削刀具，准备 Z 向对刀。

（2）Z 轴对刀

铣床对 Z 轴对刀时采用的是实际加工时所要使用的刀具，塞尺检查法。

点击菜单“机床/选择刀具”或点击工具条上的小图标，选择所需刀具。在操作面板中点击手动键，将机床切换到 JOG 手动方式；为主轴装上实际加工刀具，点击 MDI 键盘上的, 使 LCD 界面上显示坐标值。

同样，在操作面板上的选择轴按钮，单击选择 Z 轴，再通过轴移动键，采用点动方式移动机床，将装有刀具的机床主轴在 Z 方向上移动到工件上表面的大致位置。

类似在 X, Y 方向对刀的方法进行塞尺检查，得到“塞尺检查：合适”时 Z 的坐标值，记为 Z1，如图 1.26 所示。则相应刀具在工件上表面中心的 Z 坐标值为： $Z_1 - \text{塞尺厚度}$ 。

本例中，选择 $\phi 8\text{mm}$ 的平底铣刀，在仿真系统中的编号为 DZ2000-8，由图 1.26 可知，塞尺检查合适时的 Z 坐标值为 -347.000 ，所以，刀具在工件上平面的坐标值为 -348.000 （此数据与工件的装夹位置有关）。



图 1.26 铣床的 Z 向塞尺对刀

当工件的上表面不能作为基准或切削余量不一致时，可以采用试切法对刀。

点击菜单“机床/选择刀具”或点击工具条上的小图标，选择所需刀具。在操作面板中点击手动键，为主轴装上实际加工刀具，将机床切换到 JOG 手动方式；点击 MDI 键盘上的 ，使 LCD 界面上显示坐标值。

同样，在操作面板上的选择轴按钮 ，单击选择 Z 轴，再通过轴移动键 ，采用点动方式移动机床，将装有刀具的机床主轴在 Z 方向上移动到工件上表面的大致位置。

打开菜单“视图/选项...”中“声音开”和“铁屑开”选项。点击操作面板上的主轴正转键，使主轴转动；点击操作面板上的“—”按钮，切削零件，当切削的声音刚响起时停止，使铣刀将零件切削小部分，记下此时 Z 的坐标值，记为 Z，即为工件表面某点处 Z 的坐标值，将来直接作为工件坐标系原点 Z 方向的零值点。

(3) 设置工件加工坐标系

通过对刀得到的坐标值 (X、Y、Z) 即为工件坐标系原点在机床坐标系中的坐标值。要将此点作为工件坐标系原点，还需要一步工作，即采用坐标偏移指令 G92 或 G54~G59 来认可。

1) G92 设定时

必须将刀具移动到与工件坐标系原点有确定位置关系（假设在 XYZ 轴上的距离分别为 α 、 β 、 γ ）的点，那么，该点的在机床坐标系中坐标值是 $(X+\alpha、Y+\beta、Z+\gamma)$ ，然后通过程序执行 G92 X α Y β Z γ ，而得到 CNC 的认可。

2) G54 设定时

只要将对刀数据 (XYZ) 送入相应的参数中即可。这里以对刀获得的数据来说明设置的过程。我们以工件上表面左下角作为工件坐标系原点，并设入 G54 工件坐标系。

在上例中，以工件上表面左下角为工件原点的对刀数据分别为 (-560.000, -475.000, -348.000)，假设我们设置到到默认的 G54 偏移中，设置的过程如下：

点击 ，系统转到 MDI 状态，点击  进入参数设置画面，如图 1.27，点击“坐标系”软键，进入图 1.28 画面，按 MDI 面板上的  光标键，使光标停在图 1.28 亮条处，键入：-560.000，点击 MDI 面板的  键，同理，输入 YZ 的坐标 -475.000 和 -348.000，设置完毕后，系统就已经转换到默认的 G54 工件坐标系显示了，如图 1.29、1.30 所示。



图 1.27 参数设置画面



图 1.28 工件坐标系设置画面



图 1.29 G54 工件坐标系设定



图 1.30 当前刀具在 G54 坐标系下的坐标值

2 车床对刀

在本数控加工仿真系统中，车床的机床坐标系原点可设置在卡盘底面中心，也可和铣床一样与机床回零参考点重合，通常设置在卡盘底面中心，如图 1.31 (a) 所示。

打开菜单“系统管理/系统设置”打开系统设置画面，见图 1.31 (b)，选择“FANUC 属性”选项，即可进行机床坐标系原点设置，并选择卡盘底面中心为机床坐标系原点。

(1) 试切法对刀

试切法对刀是用所选的刀具试切零件的外圆和端面，经过测量和计算得到零件端面（通常是右端面）中心点的坐标值的过程。它是车床建立加工坐标系常用方法。进入数控车床加工仿真系统后，首先激活系统，然后进行回零操作，完了以后就可进入对刀。

点击机床操作面板中手动操作按钮，将机床切换到 JOG 状态，进入“手动”方式，点击 MDI 键盘的按钮，LCD 显示刀架在机床坐标系中的坐标值，利用操作面板上的、和按钮，将机床移动到如图 1.31 (a) 所示大致位置，准备对刀。

①试切工件外圆

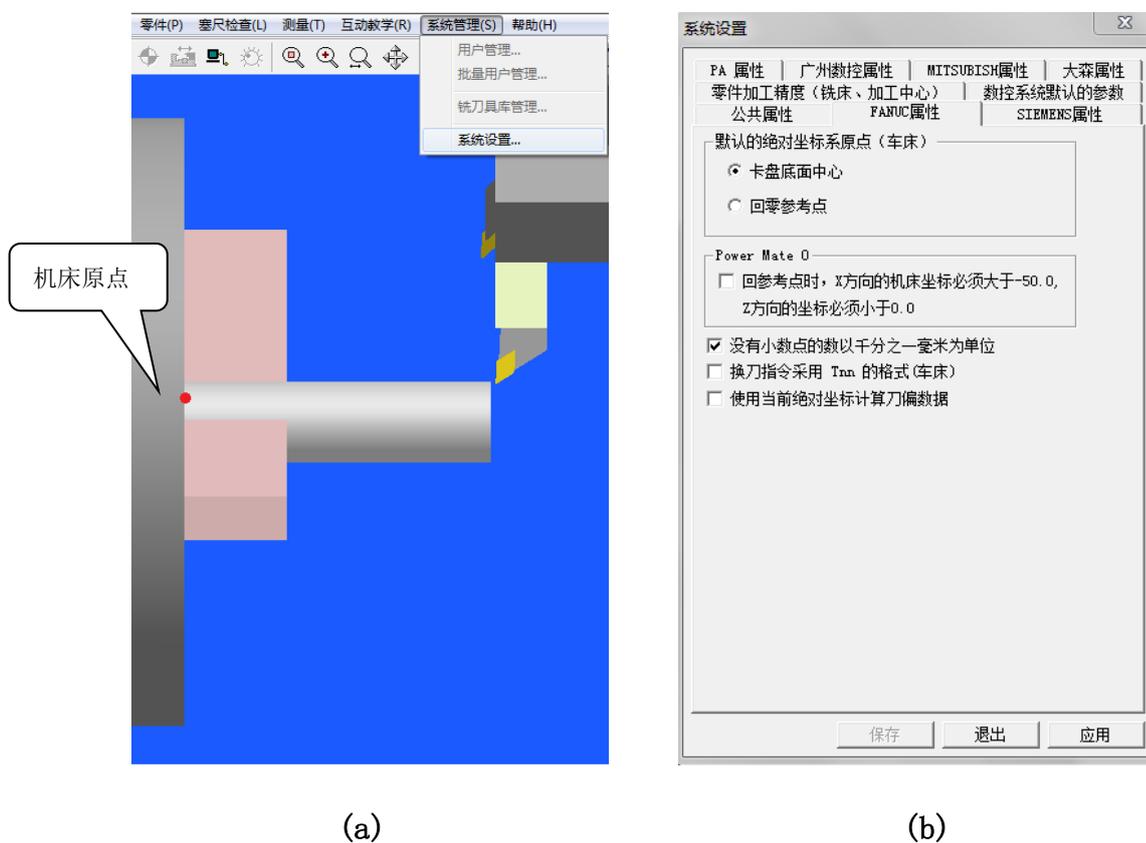
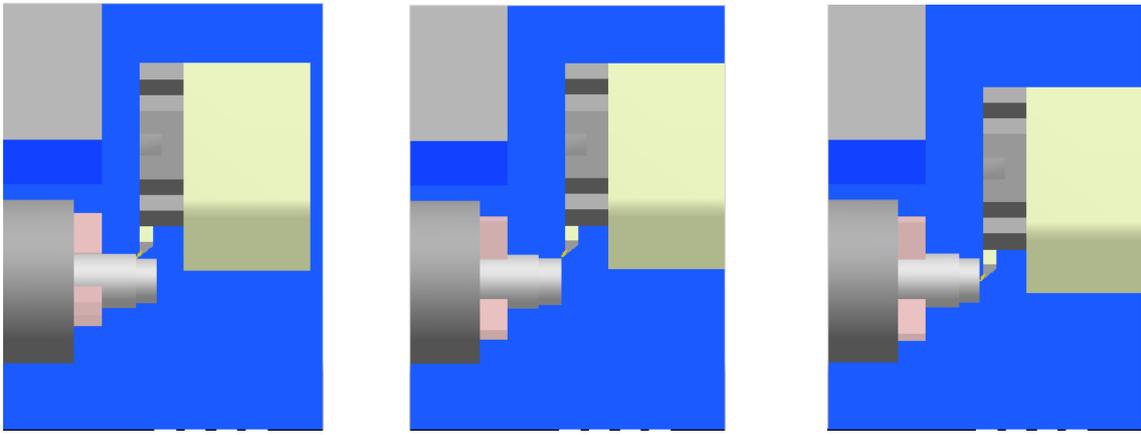


图 1.31 机床坐标系原点设置

首先，点击中的翻转按钮，使主轴转动，点击键，选中 Z 轴，点击的负向移动按钮，用所选刀具试切工件外圆，如图 1.32 (a) 所示。

然后，点击的正向移动按钮，Z 向退刀，将刀具退至如图 1.32 (b) 所示位置。记下 LCD 界面上显示的 X 绝对坐标，记为 X1。



(a) 试切外圆

(b) Z 向退刀

(c) 试切端面

图 1.32 试切对刀

点击 中主轴停按钮，使主轴停止转动，点击菜单“测量/坐标测量”如图 1.33 所示，点击试切外圆时所切线段，选中的线段由红色变为橙色，相应线段尺寸以蓝色亮起，记下测量对话框中对应线段的 X 值（试切外圆的直径），记为 X2。

此时，工件中心轴线 X 的坐标值即为 $X1-X2$ ，记为 X；这个过程也可通过系统的“测量”功能获得，然后直接生成为刀具偏移值或 G54 的工件坐标系原点 X 坐标值。

②试切工件右端面

同理，刀具移动到切右端面的位置，试切端面，如图 1.32 (c)，切完后，Z 向不动，沿 X 退刀，同

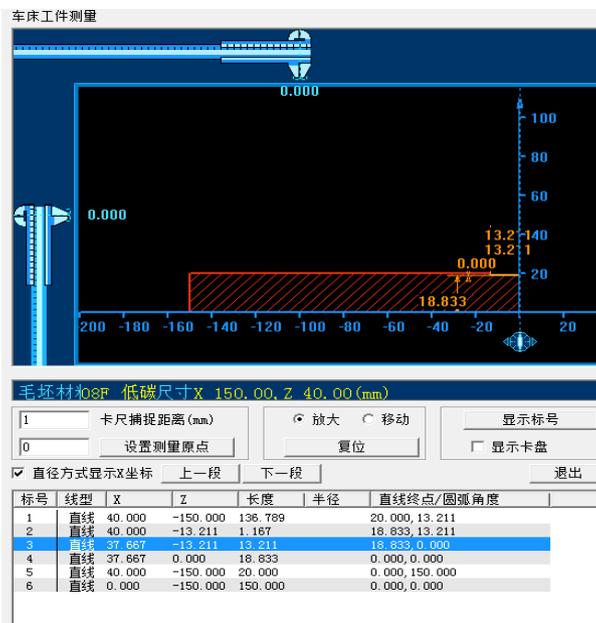


图 1.33 车床工件测量

时记下此时的 Z 坐标值，记为 Z。

那么，这个 (X, Z) 即为工件坐标系原点在机床坐标系中的坐标值。

(2) 设置工件加工坐标系

通过对刀得到的坐标值 (X、Z) 即为工件端面中心点在机床坐标系中的坐标值。要将此点作为工件坐标系原点，还需要一步工作，即采用坐标偏移指令 G50 或 G54~G59 来确认。我们假定毛坯尺寸定义为 $\phi 40 \times 150\text{mm}$ 。试切后的尺寸如下：

试切外圆：测量的直径为 37.667mm，此时机床坐标的 X 坐标为 206.967，则工件端面中心点的 X 值=206.967-37.667=169.30mm；

试切工件右端面：刀具在机床坐标系的 Z 坐标为 149.25，即工件端面中心点的 Z 坐标为 149.25。

1) G50 设定时

必须将刀具移动到与工件坐标系原点有确定位置关系(假设在 X、Z 轴上的距离分别为 α 、 γ) 的点，那么，该点的在机床坐标系中坐标值是 (X+ α 、Z+ γ)，然后通过程序执行 G50 X α Z γ ，而得到 CNC 的认可。例如定义工件编程坐标系指令为：

```
G50 X100. Z50.;
```

则刀具的起始点为：X=169.30+100=269.30，Z=149.25+50=199.25，执行操作时将刀具移动到 (269.30, 199.25)，然后执行 G50 指令即可。

2) G54 设定时

设定时与铣床操作类似，只要将工件端面中心点坐标 (169.30, 149.25) 输入 G54 偏移中即可。这个过程，也可通过系统的“测量”功能获得，自动生成 G54 的工件坐标系原点 X、Z 的坐标值，如此即完成了 G54 工件坐标系的设置。

1.2.3 参数设置操作

1 G54~G59 坐标系偏移的参数设置

激活机床后，在操作面板中点击  键，系统转到位置显示 POS 状态，点击  进入参数设置画面，如前述图 1.27 所示，点击“坐标系”软键，进入坐标系设定画面，如图 1.28 所示，点击 MDI 面板上的  或  键，光标在 No1~No3(G54~G56)坐标系画面和 No4~No6(G57~G59)坐标系画面中翻转，用  光标键选择所需设置的坐标系，如图 1.34 (a)、(b) 所示。



(a) No1~No3 (G54~G56) 坐标系设置画面 (b) No1~No3 (G57~G59) 坐标系设置画面

图 1.34 G54~G59 坐标系偏移的参数设置

按数字键键入地址字 (X、Y、Z) 和数值到输入域。设通过对刀得到的工件坐标系原点在机床坐标系的坐标值为 (-100, -200, -300)，则键入“X-100.00”按 **INPUT** 键，即可把输入域中的“X-100.00”输入到光标所在位置；同理，分别输入“Y-200.00”按 **INPUT** 键，“Z-300.00”按 **INPUT** 键，即完成工件坐标原点的设定。

假设输入 G54 坐标系，则在 LCD 上马上反应出来，如图 1.35 (c)，因为 G54 是上电默认的工件坐标系，即使在程序中不加选择仍然得到确认；而如果输入 G55~G59 等，则不立即反应，要通过 MDI 操作切换或程序执行切换到相应的工件坐标系才会再 POS 中反应出来。如图 1.35 (d)。

注：X 坐标值为-100，须输入“X-100.00”；若输入“X-100”，则系统默认为-0.100



(a) 机床位置 (b) G54 坐标系设置 (c) G54 设置的 POS 显示 (d) G55 坐标系设置

图 1.35 G54~G59 坐标系偏移的参数设置

2 设置铣床及加工中心刀具补偿参数

在 FANUC Oi 系统中，铣床及加工中心的刀具补偿包括刀具的半径和长度补偿，并且分别包括刀具的形状补偿参数和磨损补偿参数，设定后可在数控加工程序中通过 D 字和 H 字调用。

(1) 输入半径形状补偿参数

激活机床后，在操作面板中点击 **POS** 键，系统转到位置显示 POS 状态，点击 **OPEN SETTING** 进入“刀具补偿”补偿参数设置画面，如前述图 1.36 (a) 所示，点击 MDI 面板上的 **PAGE** 或 **PAGE** 键，和光标 **← ↓ →** 键，选择补偿参数编号，点击 MDI 键盘，将所需的刀具半径键入到输入域内。按 **INPUT** 键，把输入域中的半径补偿值输入到所指定的位置。按 **CAN** 依次逐字删除输入域中的内容。

(2) 输入长度形状补偿参数

在进入“刀具补偿”补偿参数设置画面后，点击 MDI 面板上的 **PAGE** 或 **PAGE** 键，和光标 **← ↓ →** 键，选择补偿参数编号，点击 MDI 键盘，将所需的刀具半径键入到输入域内。按 **INPUT** 键，把输入域中的长度补偿值输入到所指定的刀具编号位置。按 **CAN** 依次逐字删除输入域中的内容。



(a) 刀具半径参数设置画面

(b) 刀具长度参数设置画面

图 1.36 铣床刀具补偿参数设定画面

在实际运用时，在铣床或加工中心刀具中，往往采用多把刀具，对于长度补偿，可利用 FANUC 系统提供的“测量”功能来输入刀具的长度补偿。

操作时，以对刀的第一把刀具作为基准刀具，其他刀具只要测量与基准刀具的长度偏差，输入长度补偿表即可正确调用。举例如下：

【例】加工某工件时，需要用到内、外轮廓的铣削刀具 T01 和钻孔刀具 T02，长度不一样。

具体方法：假设，已经完成了基准刀具（T01， $\varnothing 8\text{mm}$ 平底刀，刀具代号“DZ200-8”）X、Y 方向的对刀（1mm 塞尺对刀），现在进行 Z 向对刀。对基准刀具，合适后设定 G54 工件坐标系，Z 向值的显示如图 1.37 (b) 所示。



(a) 基准刀 Z 向 G54 设定实例



(b) 基准刀 Z 向 G54 坐标系 POS 显示

图 1.37 刀具长度补偿参数设定实例

显然，基准刀具底面中心 Z 向坐标为 1mm，主轴如换上钻头（T02， ϕ 12 钻头，刀具代号“钻头- ϕ 12”），就肯定不是 1mm 了。

由于钻头的长度与基准刀具不同，程序中钻头的长度必须要进行补偿，或者对刀后重新设定另外一个坐标系，而采用直接补偿的方法是方便的。

具体步骤如下：

先作 T02 钻头 Z 向对刀，合适后，切入如图 1.38 (a) 所示画面，将光标停在工具补正 002 上，然后在输入域键入“>Z1”，按【测量】软键，此时，H002 的补偿值自动被输入。

如此便完成了 T02 钻头的 Z 向对刀和长度补偿参数的设置，其 X、Y 向中心位置不变，同 T01，故不需再对刀。切回 POS 画面如图 1.38 (b) 所示。

(3) 输入半径和长度的磨耗补偿参数

刀具使用一段时间后在长度和直径上会产生磨耗，加工会使产品尺寸产生误差，因此需要对刀具设



(a) 钻头长度补偿参数设定



(b) 钻头长度补偿后 POS 显示

图 1.38 刀具长度补偿参数设定实例

定磨耗量补偿。参数输入方式同上，操作画面如图 1.36 所示。

3 车床刀具补偿参数

在 FANUC 0i 系统中，车床的刀具补偿在 X、Z 两个轴上都包括刀具的磨耗补偿参数和形状补偿参数，两者之和构成车刀偏置量补偿参数，设定后可在数控车床程序中通过 T 字调用。

(1) 输入磨耗补偿参数

激活机床后，在操作面板中点击 **POS** 键，系统转到位置显示 POS 状态，点击 **OFFSET** 进入“刀具补偿/磨耗”补偿参数设置画面，如图 1.39 (a) 所示，点击 LCD 下方[磨耗]对应软键，进入图 1.39 (b) 所示磨耗设置画面，点击 MDI 面板上的 **←PAGE** 或 **→PAGE** 键，和光标 **←** **↓** **→** 键，选择补偿参数编号，点击 MDI 键盘，将所需的刀具磨耗值键入到输入域内。按 **INPUT** 键，即可把补偿值输入到所指定的位置。

(2) 输入形状补偿参数

同上，进入图 1.39 (a) 所示画面后，点击 LCD 下方[形状]对应软键，进入图 1.39 (c) 所示形状设置画面，点击 MDI 面板上的 **←PAGE** 或 **→PAGE** 键，和光标 **←** **↓** **→** 键，选择补偿参数编号，点击 MDI 键盘，将所需的刀具 X、Z 向德形状补偿值键入到输入域内。按 **INPUT** 键，即可把补偿值输入到所指定的位置。按 **CAN** 依次逐字删除输入域中的内容。



(a) 车床刀具补偿/磨耗画面 (b) 车床刀具磨耗参数设置画面 (c) 车床刀具形状参数设置画面

图 1.39 车床刀具补偿参数设定画面

注：输入车刀磨耗量补偿参数和形状补偿参数时，须保证两者对应值和为车刀相对于基准刀具的偏置量。在设置车床刀具补偿参数时可通过点击 **OFFSET** 键切换刀具磨耗补偿和刀具形状补偿的界面。

在图 1.39 (b)、(c) 所示画面中，我们还可用刀具测量的方法来获得刀具的补偿值，操

作时只要点击画面[操作]对应软键，即进入补偿值测量方式，这特别适用于多把刀具加工的情况。

在图 1.39 (a) 所示画面中，我们还可以输入刀尖半径补偿值 (R) 和刀位点 (T) 数据。

1.2.4 数控程序处理

1 导入数控程序

数控程序可以通过记事本或写字板等编辑软件输入并保存为文本格式文件，也可直接用 FANUC0i 系统的 MDI 键盘输入。

1) 打开机床面板，点击  键，进入编辑状态；

2) 点击 MDI 键盘上  键，进入程序编辑状态；

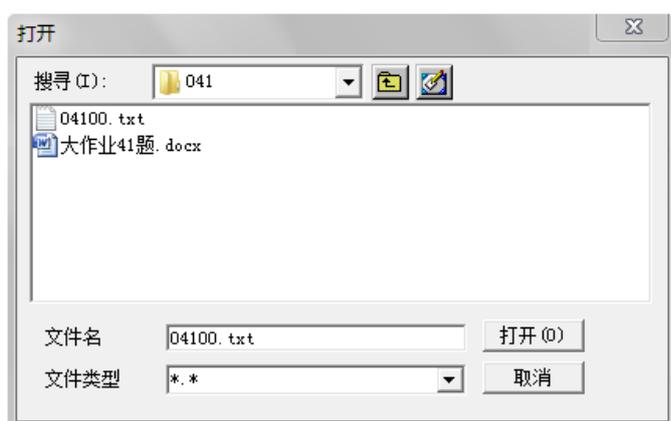
3) 打开菜单“机床/DNC 传送...”，在打开文件对话框中选取文件。如图 1.40 (a) 所示，在文件名列表框中选中所需的文件，按“打开”确认；

4) 按 LCD 画面软键“[(操作)]”，再点击画面软键 ，再按画面“[READ]”对应软键；

5) 在 MDI 键盘在输入域键入文件名,0xx,(0 后面是不超过 9999 的任意正整数),如“00001”；

6) 点击画面“[EXEC]”对应软键，即可输入预先编辑好的数控程序，并在 LCD 显示，如图 1.40 (b)。

注：程序中调用子程序时，主程序和子程序需分开导入。



(a) 打开程——DNC 传送



(b) 导入的数控程序

图 1.40 程序导入

2 数控程序管理

(1) 显示和数控程序目录

1) 打开机床面板，点击  键，进入编辑状态；

- 2) 点击 MDI 键盘上  键，进入程序编辑状态；
- 3) 再按软键[LIB]，经过 DNC 传送的全部数控程序名显示在 LCD 界面上。

(2) 选择一个数控程序

- 1) 点击机床面板 EDIT  档或 MEM  档；
- 2) 在 MDI 面板输入域键入文件名 Oxx；
- 3) 点击 MDI 键盘光标  键，即可从程序[LIB]中打开一个新的数控程序；
- 4) 打开后，“Oxxxx”将显示在屏幕中央上方，右上角显示第 1 程序号位置，如果是  状态，NC 程序将显示在屏幕上。

(3) 删除一个数控程序

- 1) 打开机床面板，点击  键，进入编辑状态；
- 2) 在 MDI 键盘上按  键，进入程序编辑画面；
- 3) 将显示光标停在当前文件名上，按 ，该程序即被删除；
- 4) 或者在 MDI 键盘上按  键，键入字母“O”，再按数字键，键入要删除的程序号码：xxxx；
- 5) 按  键，选中程序即被删除。

(4) 新建一个 NC 程序

- 1) 打开机床面板，点击  键，进入编辑状态；
- 2) 点击 MDI 键盘上  键，进入程序编辑状态；
- 3) 在 MDI 键盘上按  键，键入字母“O”，再按要创建的程序名数字键，但不可以与已有程序号的重复；
- 4) 按  键，新的程序文件名被创建，此时在输入域中，可开始程序输入；
- 5) 在 FANUC0i 系统中，每输入一个程序段（包括结束符 ），按一次  键，输入域中的内容将显示在 LCD 界面上，也可一个代码一个代码输入。

注：MDI 键盘上的字母、数字键，配合“Shift”键，可输入右下角第二功能字符。另外，MDI 键盘的  插入键，被插入字符将输入在光标字符后。

(5) 删除全部数控程序

- 1) 打开机床面板，点击  键，进入编辑状态；
- 2) 在 MDI 键盘上按  键，进入程序编辑画面；

3) 按 键，键入字母“O”；按 键，键入“-”；按 键，键入“9999”；按 键即可删除。

3 数控程序编辑

(1) 程序修改

1) 选择一个程序打开，点击 、 键，进入程序编辑状态，如图 1.41 所示：



图 1.41 程序编辑



图 1.42 程序保存画面

2) 移动光标：

按 MDI 面板的 键、或 键翻页，按 键，移动光标，如图 1.41 所示；

3) 插入字符

先将光标移到所需位置，点击 MDI 键盘上的数字/字母键，将代码输入到输入域中，按 插入键，把输入域的内容插入到光标所在代码后面；

4) 删除输入域中的数据

按 键用于删除输入域中的数据，如图 1.41 输入域中，若按 键，则变为“X26”；

5) 删除字符

先将光标移到所需删除字符的位置，按 键，删除光标所在的代码；

6) 查找

输入需要搜索的字母或代码；按光标 键，开始在当前数控程序中光标所在位置后搜索。（代码可以是：一个字母或一个完整的代码。例如：“N0010”，“M”等。）如果此数控程序中有所搜索的代码，则光标停留在找到的代码处；如果此数控程序中光标所在位置后没有所搜索的代码，则光标停留在原处；

7) 替换

先将光标移到所需替换字符的位置，将替换成的字符通过 MDI 键盘输入到输入域中，按 键，把输入域的内容替代光标所在的代码，如图 1.41 所示，按一下 键，则将 N130 中的 X26

替换为 X26.；

(2) 保存程序

编辑修改好的程序需要进行保存操作。在程序编辑状态下，点击[(操作)]软键，切换到图 1.41 所示状态，点击软键，进入打开、保存画面，如图 1.42 所示。

点击[PUNCH]，弹出“另存为”对话框，如图 1.43 所示，在弹出的对话框中输入文件名，选择文件类型和保存路径，按“保存”按钮执行或按“取消”按钮取消保存操作。

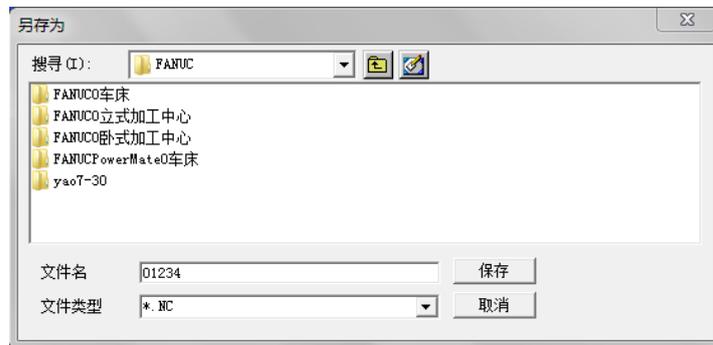


图 1.43 程序保存对话框

1.2.5 手动加工零件

1 手动/连续加工方式

手动加工时，准备好刀具和工件，点击控制面板按钮，机床切换到 JOG 手动方式；点击轴选择按钮，选择要切削的坐标轴，点击按钮，控制主轴的转动（或停止）；点击坐标移动按钮，实现快速的空运动，和正常、准确的切削移动运动，从而实现手动加工。

注：刀具切削零件时，主轴必须转动。若手动加工过程中刀具与零件发生非正常碰撞后（非正常碰撞包括车刀的刀柄与零件发生碰撞；铣刀与夹具发生碰撞等），仿真数控系统弹出警告对话框，同时主轴自动停止转动，此时，调整机床运动部件，到适当位置，关闭报警框，重新起动手轴，即可继续加工。

2 手动/手轮（手脉）加工方式

在手动/连续加工过程中，或在是对刀过程中，当需精确调节主轴位置时，需用手动/手轮方式进行微调切削加工（或调节）。

点击机床操作面板上手动脉冲键，切换到手轮方式，点击操作面板右下角的拉出手轮，如图 1.44 所示。选中要移动的坐标轴（铣床 XYZ，车床 XZ），调整手轮倍率。按鼠标右

键为运动部件向“-”方向运动，刀具接近工件；按鼠标左键为运动部件向“+”方向运动，刀具离开工件。



图 1.44 手动脉冲（手轮）发生器

使用手轮时，鼠标每按一下，在倍率旋钮上，×1 为 0.001 毫米，×10 为 0.01 毫米，×100 为 0.1 毫米；点住手轮为快速进给。

1.2.6 自动加工方式

1 自动/连续方式

(1) 自动加工操作流程：

1) 检查机床是否机床回零。若未回零，先将机床回零；

2) 导入数控加工程序或新建 NC 程序；

3) 检查控制面板上 MEM  是否按下，若未，则用鼠标左键点击 ，将其置于自动加工档，进入自动加工模式。

4) 按    中的循环运行按钮 ，数控程序开始运行。

(2) 中断运行

数控程序在运行过程中可根据需要暂停，停止，急停和重新运行。数控程序在运行时，点击    中的进给保持按钮 ，程序暂停运行，再次点击 ，程序从暂停行开始继续运行。

数控程序在运行时，点击    中的循环停止按钮 ，程序停止运行，再次点击 ，程序从头重新运行。

数控程序在运行时，按下急停按钮 ，数控程序中断运行，继续运行时，先将急停按钮松开，再按    中的  按钮，余下的数控程序从中断行开始作为一个独立的程序执行。

2 自动/单段方式

1) 检查机床是否机床回零。若未回零，先将机床回零；

2) 导入数控程序或自行编写一段程序；

3) 检查控制面板上 MEM  是否按下，若未，则用鼠标左键点击 ，将其置于自动加工档，进入自动加工模式。

4) 点击机床控制面板 ，选择单段运行方式；

5) 按    中的循环运行按钮 ，数控程序开始运行。

注 1：自动/单段方式执行每一行程序均需点击一次    中的  按钮

注 2：选择跳过开关  置“ON”上，数控程序中的跳过符号“/”有效。

注 3：将选择性停止  开关置于“ON”位置上，“M01”代码有效。

按  键，可使程序重置。另外，在自动执行加工程序前，可根据需要调节进给速度倍率选择开关，来控制数控程序运行的进给速度，调节范围从 0-120%。

3 检查运行轨迹

NC 程序导入后，可检查运行轨迹。

在控制面板上点击 MEM  键，再点击 MDI 面板中  键命令，程序执行转入检查运行轨迹模式；再点击操作面板上的按钮 ，即可观察数控程序的运行轨迹，此时也可通过“视图”菜单中的动态旋转、动态放缩、动态平移等方式对三维运行轨迹进行全方位的动态观察，

注：检查运行轨迹时，暂停运行，停止运行，单段执行等同样有效。

1.2.7 MDI 工作模式

1) 点击机床面板  MDI 模式键，机床切换到 MDI 状态，可 MDI 操作；

2) 在 MDI 键盘上按  键，进入手动数据输入（MDI）工作模式，可直接编辑代码指令，如图 1.45 所示；

3) 在 MDI 输入域中输写数据指令，通过点击 MDI 键盘上数字、字母键，构成代码，字符显示，可以作取消、插入、删除等修改操作；

4) 按  键，删除输入域中的数据；

5) 按键盘上  插入键，将输入域中的内容输入到指定位置。LCD 界面如图 1.46 所示；

6) 按  键，已输入的 MDI 程序被清空；

7) 输入完整数据指令后，按运行控制按钮，运行指令代码。

注：运行结束后 LCD 界面上的数据被清空。可重复输入多个指令字，若重复输入同一指令字，后输入的数据将覆盖前输入的数据，重复输入 M 指令也会覆盖以前的输入。



图 1.45 MDI 工作模式



图 1.46 MDI 代码输入

四、机电工程系智能工厂虚拟仿真系统简介

面向专业：工业机器人技术、机电一体化技术、数控技术应用。

承担教学任务：课程及实验教学、实习实训、毕业设计。

智能工厂虚拟仿真系统（SFB）是杭州维讯机器人科技有限公司推出的一款智能制造仿真软件，专为智能制造专业的学校和培训机构设计，可以仿真智能工厂虚拟设计与智能控制的全过程，支持目前所有常见的工业机器人控制系统及工业 MES 系统，并拥有技能多种考核功能，包括考试、互动教学、自动评分和记录回放等，便于教学和鉴定工作的进行，同时软件能将“互联网+”、“虚拟现实+”、数字媒体、大数据等技术与理念引入教学中。

五、智能工厂虚拟仿真系统教学功能简介

SFB 仿真软件在开展智能工厂仿真教学实训过程中拥有丰富的功能具体如下：

（1）可根据特定加工工件的加工工艺，从设备库中选择适合加工设备，并完成生产线布局图搭建与三维可视化图形区生产线组建。并在组建时通过三维可视化区域进行浏览观察；在完成加工设备参数确定与生产线组建后，在节拍页面通过选择典型加工工件，创建对应的生产线节拍流程，通过点击任务节拍执行按钮，就可以运行刚创建的生产线节拍。同时在三维可视化区域可以由操作者通过键盘方向键与鼠标中间控制视角转向，实现在三维场景中漫游，同时观察当前创建节拍的执行情况，查看各设备与工业机器人的运动功能。



（2）能将“互联网+”、“虚拟现实+”、数字媒体、大数据等技术与理念引入教学中。数字媒体技术构建的数字化课程资源，提升教学资源的丰富度、层次性、互动感，并且；“虚拟现实+”构建的虚拟仿真软件能够与专业学科建设相融合，作为承接“理”与“实”的桥梁；“互联网+”、“大数据”技术构建的教学管理云平台，能够有效完成功能、资源、场景、人（角色）、数据的聚合，并成为教学资源的载体，数据聚合与统计的平台。（工业互联网概念,软件可连接）



在 SFB 软件里可构建与实际生产线相同的三维虚拟环境。通过实时采集数控机床、机器人、RFID、物料、AGV、等车间各种设备的当前状态及生产数据，通过物联网上传到 SFB 软件，虚拟设备将与实际的设备相同动作，实现“数字双胞胎”。保证了生产过程的可视化、透明化。数字孪生可本地部署，也可以云端部署。

(3) 系统具备轻量化的仿真设计，可提供上百台加工中心、工业机器人及物流线的海量仿真的处理能力，包含不少于 4-6 轴机床、6 关节工业机器人、双臂机器人、SCARA 等各种结构以及耦合好的各种滑轨与变位机的联动仿真。



(4) 可进行复杂的智能工厂或智能生产线的虚拟仿真设计，包含工业机器人、AGV、数控机床、滑轨与变位机、传送带等仿真布局方案。



(5) 支持中文、英文等多种软件语言。

(6) 包含不少于 ABB、Adept、Comau、Epson、Fanuc、Kawasaki、KUKA(改) 主流品牌的工业机器人模型库、不少于 1800 组的工业机器人仿真模型及 AGV、数控机床、传送带等仿真模型，且模型库可根据用户需求进行编辑与扩展。

(7) 支持将人作为虚拟仿真对象，考虑人和机器的特征与功能，分配人和机器承担的操作职能，在智能工厂虚拟仿真过程中相互配合工作。

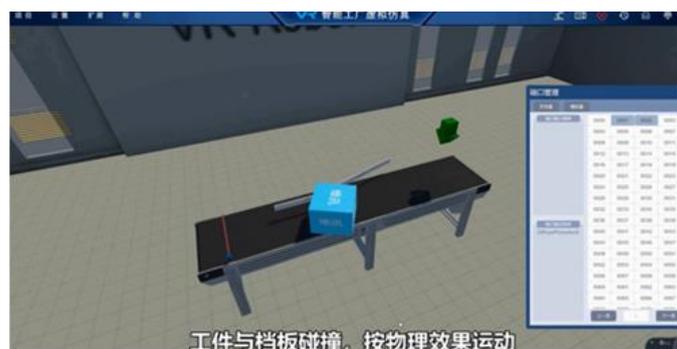
系统通过外部接口外接真实 PLC，可实现 PLC 虚实结合仿真。



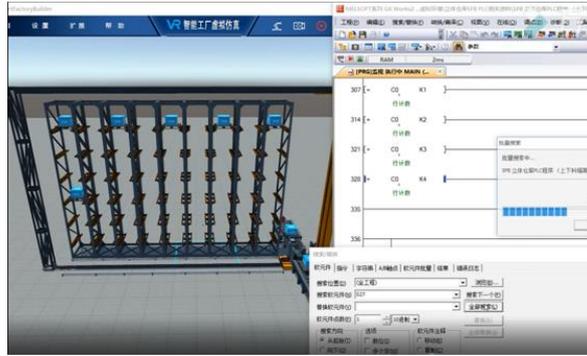
系统可通过网线接入真实硬件示教器，在硬件示教器上完成机器人编程并控制虚拟机器人运动，完成各种机器人虚拟结合仿真。在保证操作安全的同时，不影响操作体验感。



(8) 可以创建包含物理规律的虚拟环境，能模拟仿真实生活中的物理现象，如：重力、弹性碰撞等。系统具有物理特性规则仿真，无需要编程设置，模型按物理规则运行。如当流水线上的工件碰到挡块或障碍物量，会根据物理效果运动。



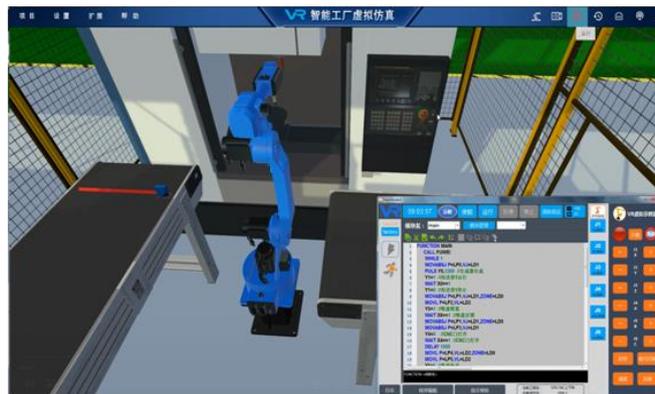
(9) 系统具备虚拟仿真布局与 PLC 程序创建链接，运用 PLC 程序控制虚拟仿真布局，仿真中实现的功能即是 PLC 程序设计的功能，从而实现 PLC 程序功能和设计功能的虚拟仿真调试。



(10) 拥有智能布局优化功能，实时统计和报告工具，方便比较不同布局方案的效益分析、设备分析、产能分析。



(11) 系统通过机器人示教编程器，实现用户对机器人程序的输入输出与机器人运动控制。考察学生对机器人编程知识的了解与掌握情况，通过示教器完成节拍运行时机器人运动程序如工件的抓取、安装等程序的创建。



(12) 教学管理云平台，能够覆盖学生理、虚、实教学场景全覆盖，实现从“看->练->管”逐步升级的“闭环控制”，覆盖了资源管理、资源共享、在线学习、在线考试、成绩管理、教学管控、教学互动、效果评估等全方位教学与管理功能。



(13) 当出现干涉或错误设置（参数和位置等），可以获悉故障点的位置与原因，具备碰撞检测、坐标锁定、限位停止等功能便于调整布局。系统具有模型故障设置与排查功能，提高故障排查能力 SFB 系统是标准模型系统集成设计软件，标准模型故障设置, 在 3D 工业场景仿真中，可通过外部 PLC 实现 PLC 逻辑验证问题。也可以人为的设置执行机构或传感器的故障，测试系统的健全性，提高使用者查找故障的能力。

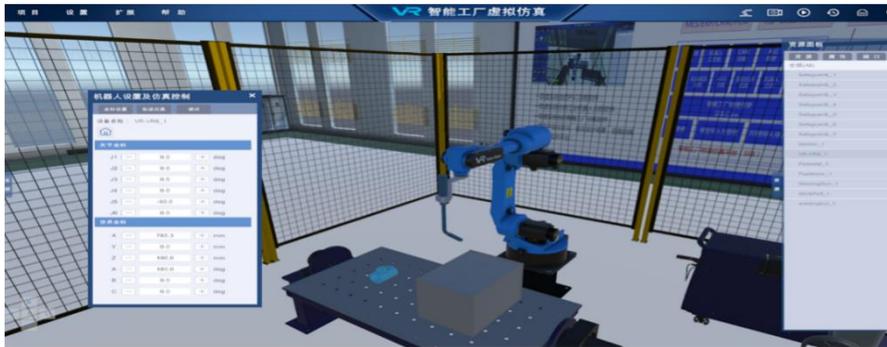


(14) 智能工厂虚拟仿真布局可以通过图像、PDF、视频等多种形式进行导出，包含不少于 PDF、3DS、PDB、DWG、DXF、STL、OBJ、PNG、JPG、AVI、MP4、MOV 等格式，通过交互式三维动态的 PDF 通用格式的文件导出，可查看虚拟仿真设计布局。

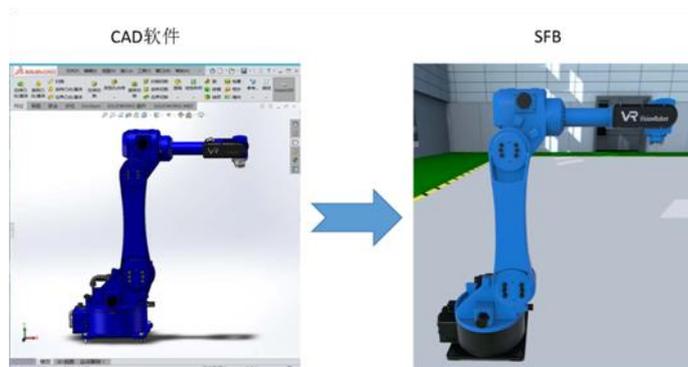
下图为智能工厂虚拟仿真布局二维码视频



(15) 本软件具有机器人离线编程功能，能够直接生成各种品牌机器人的代码。轨迹生成可基于 CAD 数据，简化轨迹生成过程，提高精度。可利用实体模型、曲面或曲线直接生成运动轨迹。



(16) 软件具备开放式通用接口模块，采用通用 3D 技术，与 CAD 教学衔接，可针对组件库中未包含的非标机型建立模型导入，包含 3D Studio; AutoCAD; CATIA; pro/E; SolidWorks up to 2016; Solid Edge V19-20& ST-st8; STEP; Rhino up to 4,5; Iges; Inventor up to 2017; PRC 等导入模型格式，包括工业机器人与加工设备的运动模型导入，并可赋予其参数和运动等数据。



(17) 教学支持方面，云平台中具有“云课堂”、“云实训”、“云考场”三个功能，分别实现学生的理论学习、技能实训、考评测试，可使现有的“老师讲、学生听”的“单向教学”模式升级为教学互动的“双向教学”模式，在教学过程中实现“即教、即学、即练、即考、即巩固”的闭环控制，大幅度提升教学效果，能够采集学生对信息化教学资源的使用情况、操作痕迹，并且进行自动化评价与统计。

1) 软件可本地部署，也可支持云端部署。通过互联网可任何地方访问云平台，支持 PC 终端。

2) 教师能进行课程的创建与编辑，包括各课程的名称、简介、图片，各课程资源的上传、编辑、标签设置与管理及筛选，各课程数据的同步归档与解档。

3) 能进行专业班级的创建与编辑，能批量导入学生信息，也能对单个学生进行添加、移

动、删除及信息编辑等操作。

4) 能对每门课程的作业和考核进行管理, 可以通过关键词搜索, 也可以通过知识点、试题难度、题型等过滤器选择作业及试题, 可以查看、编辑修改及删除。(教学资源管理平台)

5) 能在线学习课程资源、在线虚拟实训、作业测试等, 并能列出该课程的学习进度, 包括在班级中的排名、总成绩、微课自测成绩、平时作业等。

6) 能在线提问、交流、回答问题及查看所有回答。

7) 能在线答疑, 在线发布通知等。

8) 教师能创建作业、试卷等并编辑, 可以批量导入题库。

9) 教师可以启动考试, 并实时监控考生状态, 包括: 已经提交试卷、正在参加考试、缺考三种状态, 并列三种状态的人数。

10) 教师能对作业及考试成绩进行汇总、分析, 展示整个教学班的成绩分布情况、每道题的得分率等, 并能生成文字报表等。

11) 学生能浏览考试情况, 在考试过程中可以查看已做和未做的题, 并能快速定位到试题。已经结束且开放查看的作业、测验, 学生可以查看, 包括: 得分、所作的答案和正确答案。

12) 支持虚拟实训考核, 能查看学生在虚拟实训中各关键步骤的得分情况, 虚拟实训的最高成绩, 可以在线批阅学生提交的学习报告, 能对学生实训成绩进行计算与汇总。



(18) 教学配套微课视频制作要求

1) 行环境

单平台模式: 在台式电脑或笔记本 (WINDOWS) 上运行。

2) 软件界面

隐匿式菜单或工具条: 软件界面上看不到菜单、功能图标, 全部用于显示场景和虚拟设备, 以保持界面的纯净。

整屏展示: 使用完整的屏幕显示场景, 而不是将屏幕切割成若干区域。

3) 部件认知

引出线：引出线将同时显示各部件名称，可根据用户观察视角与设备的距离自动进行层级显示。距离设备越近，显示项目越多。

4) 虚拟装备

虚拟机器人本体：外形尺寸与真实机器人完全相同，并拥有高度逼真的外观。表面可见结构、零部件与真实机器人一致。

虚拟示教盒：可操作的独立示教盒，操作方式与真实示教盒高度一致。经专业绘制，精美大方，与真实示教盒高度逼近。两种显示模式，一是显示在电脑屏幕上，与机器人本体叠放，并有“全部显示”、“隐藏”并可放大、缩小；二种显示方式。是放置与移动终端（如PAD）上，与机器人本体分离。

虚拟场景：软件启动后，即进入逼真的三维车间环境，其中包括机器人、车间设备、叉车、卷闸门、监控摄像头、车间照明灯等，营造出真实的生产氛围。

5) 教学案例

① 下象棋：

以机器人将象棋中的一颗棋子下到棋盘中为案例。

机器人的抓取端是一种带有电磁阀控制的吸盘，通过棋子与吸盘的感应传输信号来控制吸盘的工作。通过编程输入“MOV L”、“MOV J”、“DOU T”、“DELA Y”等机器人指令来达到下象棋的效果。

案例步骤包含：

- 新建程序
- 运动机器人到起始点 P1，添加 MOV J 指令
- 运动机器人到象棋抓取点 P2，添加 MOV J 指令
- 将输出端口“1”置为“ON”
- 添加“DELA Y”指令，使吸盘能够吸牢
- 返回到起始点 P1，添加 MOV J 指令
- 运动机器人到下棋落子点 P3，添加 MOV L 指令
- 将输出端口“1”置为“OFF”
- 添加“DELA Y”指令
- 返回到起始点 P1，添加 MOV L 指令
- 还原场景
- 再现运行

② 绘画：机器人在画板中写出汉字“中”。案例从新建项目操作开始，再通过编程输入“MOV L”、“MOV J”等机器人的运动指令来完成汉字书写，最后再进行运动复现。

案例步骤包含：

- 新建程序
- 运动机器人到落笔点的上方点 P1，添加 MOV J 指令
- 运动机器人到落笔点 P2 点，添加 MOV L 指令
- 运动机器人到第一笔的重点 P3，添加 MOV L 指令
- 运动机器人到第一笔终点的上方点 P4，添加 MOV L 指令
- 按照上述步骤完成剩余笔画的书写
- 还原场景
- 再现运行

③ 上、下料：

机器人将毛坯装入数控车床进行加工并将加工完的工件取出。

首先系统中有 IO 控制，输入信号为车床门开启状态和夹具装夹状态，输出信号有关闭车窗门、夹具夹紧、夹具松开、卡盘运动。通过 IO 控制能有效避免机器人与机床的相互碰撞。再通过编程输入“MOV L”、“MOV J”、“DOU T”、“DIN”、“DELA Y”等机器人指令来完成这一整套动作，最后再进行运动复现。整个案例教学不仅包含如何新建机器人程序，而且也包含了如何使机器人和周边设备协同工作。

案例步骤包含：

- 新建程序
- 运动机器人到工件上方点 P1，添加 MOV J 指令
- 运动机器人到工件赚取点 P2，添加 MOV L 指令
- 添加“WAIT”指令，等待夹紧工件
- 返回到路径点 P1，添加 MOV L 指令
- 运动机器人到机床门前点 P3，添加 MOV J 指令
- 运动机器人到卡盘前点 P4，添加 MOV L 指令
- 运动机器人到装夹点 P5，添加 MOV L 指令
- 添加“DELA Y”指令，使卡盘能够夹紧
- 添加“DELA Y”指令
- 运动机器人卡爪离开工件到点 P6，添加 MOV L 指令
- 运动机器人离开车床到点 P7，添加 MOV L 指令

- 添加“DELA Y”指令
- 添加“WAIT”指令，等待车床门打开
- 返回到路径点 P6，添加 MOV L 指令
- 返回到路径点 P5，添加 MOV L 指令
- 添加“WAIT”指令，等待夹紧工件
- 添加“DELA Y”指令
- 运动机器人使工件离开卡盘点 P8，添加 MOV L 指令
- 运动机器人退出机床点 P9，添加 MOV L 指令
- 返回机器人到 P1 点，添加 MOV J 指令
- 返回机器人到 P2 点，添加 MOV L 指令
- 添加“DELA Y”指令
- 运动机器人到路径点 P10，添加 MOV J 指令
- 还原场景
- 再现运行

④ 焊接：

控制机器人完成简单的焊接任务。

通过编程输入“MOV J”、“MOV L”等机器人运动指令来完成焊接路径的设定，并使用“ARCON”、“ARCOF”等焊接指令来控制焊接状态，以此来完成整个焊接任务，最后通过“再现运动”指令来观看运动复现情况。

案例步骤包含：

- 新建项目
- 焊接机器人移动到待机位置，添加 MOV J 指令
- 焊接机器人移动到焊接开始位置附近，添加 MOV L 指令
- 焊接机器人移动到焊接点，添加 MOV L 指令
- 引弧，开始焊接
- 焊接机器人移动到焊接结束位置，添加 MOV L 指令
- 熄弧，焊接结束
- 焊接机器人移动到结束位置附近，添加 MOV L 指令
- 焊接机器人移动到安全位置，添加 MOV J 指令
- 还原场景
- 再现运行

⑤ 码垛

控制机器人将已经加工好的工件码到工作台上。

机器人的抓取端带有卡爪，通过接触工件后的检测信号输入来控制卡爪的开关。再通过编程输入“MOV L”、“MOV J”、“DOU T”、“WAIT”、“DELA Y”等机器人指令来完成码垛操作。

案例步骤包含：

- 新建程序
- 机器人移动到工件上方位置，添加 MOV L 指令
- 机器人移动到工件抓取点，添加 MOV L 指令
- 添加“WAIT”指令，等待夹紧工件
- 机器人移动到工件上方点，添加 MOV L 指令
- 机器人移动到码垛台上点，添加 MOV J 指令
- 机器人到码垛点，添加 MOV L 指令
- 添加“DELA Y”指令，卡盘松开，放开工件
- 运动机器人到码垛台上点，添加 MOV L 指令
- 重复上述步骤
- 还原场景
- 再现运行

⑥ 机器人编程

机器人坐标系：关节坐标系（J）、基坐标系（B）、工具坐标系（T）、用户坐标系（U）。

插补方式：关节插补、直线插补、圆弧插补。

⑦ 程序管理与编程

程序管理：程序的新建、复制程序、删除、查找、重命名。

程序指令编辑：指令的添加、修改、删除、剪切、复制。

⑧ 机器人指令

运动指令：MOV J、MOV L、MOV C

信号处理指令：DOU T、WAIT、DELA Y、DIN

流程控制指令：LAB、JUM P、JUMP R、JUMP IN、#、END、MAIN

运算指令：R、INC、DEC

平移指令：PX、SHIFTON、SHIFTOFF、MSHIFT

操作符：关系操作符、运算操作符。

⑨ 教学

项目化案例教学：可直接用于仿真实训。案例包括：下象棋、绘画、上下料、焊接、码垛。

即学即练：可选择不同的实训项目，一步步演示各个建筑材料实验的操作过程，并同步伴随操作说明。演示过程中，无需任何切换，就可以操作练习，即演示和操作练习可以随时转换。用户可使用进度控制面板，调节演示速度、快速选择不同的操作阶段。

⑩ 练习

操作方式：人性化的操作方式，简便、快捷、明了。操作任意步骤都支持暂停和回看功能，避免错过每个章节重点；有充分的提示引导信息，如以手形图标结合说明文字提示下一步操作。

⑪ 考核

智能考核：对学生的每一步操作的正确性、规范性、安全性进行自动记录、评估、计分，并输出和提交详细的考核记录单。考核过程中遇到难点可跳过当前步骤，但扣除相应分数。

防作弊功能：自动输出考核记录表，自动加密。

⑫ 辅助功能

行为监控：软件可在实训全程自动实施监控，及时发现、提醒和制止不良操作行为，从而培养良好的操作规范和安全意识，技能训练与养成教育并重，有效保障实训安全。