

高职高专机械类

“十一五”规划
精品课程建设

教材

数控编程 与加工操作

主编 黄登红

主审 张璐青

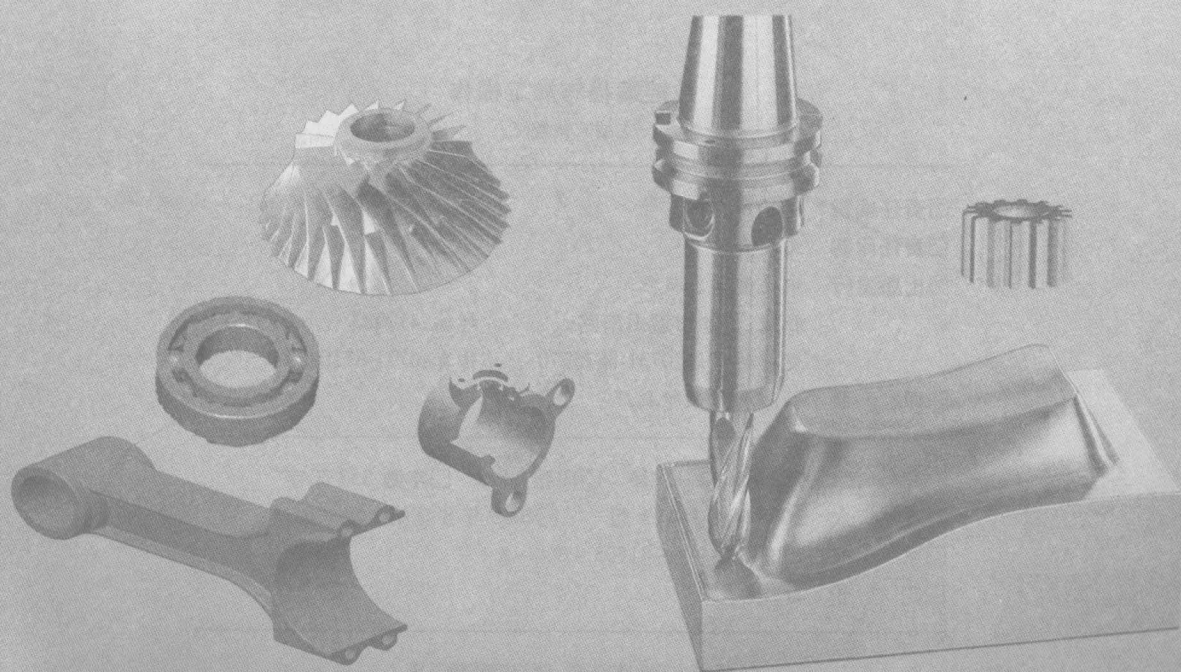


中南大学出版社
www.csupress.com.cn

高职高专机械类 “十一五” 规划 教材
精品课程建设

数控编程 与加工操作

主 编 黄登红
副主编 杨 丰 肖爱武 肖祖政
编 委 宋宏明 李劲夫 温够萍
李建平 黄登红 杨 丰
肖爱武 肖祖政
主 审 张璐青



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工操作/黄登红主编. —长沙:中南大学出版社,
2008. 5

ISBN 978-7-81105-664-8

I. 数... II. 黄... III. ①数控机床—程序设计②数控机床—
加工 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 111527 号

数控编程与加工操作

主编 黄登红

☐责任编辑 周芝芹 何 晋

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 14.5 ☐字数 357 千字

☐版 次 2008 年 8 月第 1 版 ☐2008 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-664-8

☐定 价 28.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前言

近年来,随着数控机床的应用日趋普及,社会对数控应用型人才的需求呈现高速增长态势,数控专业成为热门专业,开设该专业的职业院校也越来越多。“如何培养出受企业欢迎的数控技能人才”成为职业教育界关注的热点问题。职业院校通常的教学方式是:先全面进行基本理论教学,然后集中时间进行技能实训。这种教学方式在职业教育刚开始的时候取得了比较好的效果,但是也暴露出很多问题,主要是教学中的许多理论知识很难在实际操作中用到,即教学中老师很难对“必需、够用”为度的原则有很好的把握;另外,一般职业院校的学生生源大多都是高中或初中应届毕业生,缺乏生产实践,在有限的教学时间内系统学习所有理论知识很困难,短时间也很难领悟。针对现有教学方式存在的弊端,一种新的教学方式——项目导向、任务驱动教学逐渐被推出,现在已经有许多职业院校采用。

“项目导向、任务驱动”教学法的理论基础是教育家陶行知先生所提倡的“在做中学,在做中学”的教育理论。它是一种以“项目导向、任务驱动”为主要形式,将职业岗位典型实践项目贯穿于教学的始终,用项目和任务进行新知识的引入。不以学科为中心来组织教学内容,不强调知识的系统性、完整性,而是从职业活动的实际需要出发,强调能力本位和知识的“必需、够用”原则,注重知识、技能传授与职业岗位实践项目紧密结合,让学生学有所用、学以致用。

为了有效促进项目导向、任务驱动教学方式在职业院校中的普及推广,中南大学出版社组织富有教学和实践经验、主持或承担省级以上精品专业和精品课程建设的骨干教师编写了适应该教学模式的一系列教材。本书着重介绍 FANUC 系统数控编程及其应用,内容包括数控铣床、加工中心、数控车床及数控电火花线切割的编程与操作四个模块。根据各工种(岗位)的典型工作内容,以项目为纽带,以任务为载体,把相关工艺知识、编程知识和程序调试、机床操作技能有机结合,可实现理论实训一体化教学,也方便借助数控加工仿真手段组织教学。另外,为方便教师讲课和学生自学,本书还配有电子教案、课件及学习指导(电子版)供下载。

本书由长沙航空职业技术学院黄登红主编,株洲技术学院张璐青主审。参与本书编写工作的有:长沙航空职业技术学院黄登红、杨丰、宋宏明、湖南化工职业技术学院肖爱武、衡阳技师学院肖祖政、衡阳工业财经职业技术学院李劲夫、湘潭电气职业技术学院温够萍,邵阳职业技术学院李建平。

本书虽经反复推敲和校对,但因编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2008年7月

目 录

模块一 数控铣床编程与加工操作

项目一 数控铣床的坐标系	(1)
1.1 数控铣床的机床坐标系	(1)
1.2 工件坐标系	(2)
1.3 工件坐标系与机床坐标系的关系	(3)
1.4 巩固练习	(3)
项目二 数控加工仿真软件(铣床)的使用	(4)
2.1 数控加工仿真软件(铣床)的基本操作	(4)
2.2 数控铣床加工仿真实例	(13)
项目三 平面铣削	(16)
3.1 任务:板状零件的面铣削	(16)
3.2 平面铣削的一般工艺	(16)
3.3 平面铣削常用编程指令	(20)
3.4 任务决策和实施	(25)
3.5 巩固练习	(27)
项目四 轮廓铣削	(28)
4.1 任务:凸模板的轮廓铣削	(28)
4.2 轮廓铣削加工工艺知识	(28)
4.3 轮廓铣削常用编程指令	(30)
4.4 任务决策和执行	(36)
4.5 巩固练习	(38)
项目五 型腔铣削	(39)
5.1 任务:矩形型腔零件的铣削	(39)
5.2 型腔零件的铣削加工工艺	(39)
5.3 子程序	(41)
5.4 任务决策和实施	(43)
5.5 巩固练习	(46)
项目六 孔加工	(48)
6.1 任务1:端盖零件上沉头螺钉孔和销孔的加工	(48)
6.2 孔的加工工艺知识	(48)
6.3 钻孔、铰孔及铰孔固定循环指令	(51)
6.4 任务决策和执行	(55)

6.5	巩固练习	(58)
6.6	任务2: 支撑座零件上孔的加工	(59)
6.7	攻螺纹和镗孔的加工工艺	(59)
6.8	攻螺纹与镗孔固定循环指令	(63)
6.9	任务决策和执行	(65)
6.10	巩固练习	(69)
项目七	规则曲面的铣削加工	(71)
7.1	任务: 凹半球曲面加工	(71)
7.2	规则曲面的加工方法	(71)
7.3	B类宏程序编程	(72)
7.4	任务决策和执行	(76)
7.5	巩固练习	(78)
项目八	综合铣削加工实例	(80)
8.1	任务: 腰形槽底板的加工	(80)
8.2	任务决策和执行	(81)
项目九	数控铣床加工操作	(88)
9.1	数控铣床基本操作练习	(88)
9.2	任务: 十字槽底板加工	(95)

模块二 铣削加工中心编程与加工操作

项目一	铣削加工中心编程与加工	(101)
1.1	任务: 定位孔板的加工	(101)
1.2	加工中心加工对象	(101)
1.3	换刀相关指令与长度补偿指令	(103)
1.4	任务决策和执行	(105)
1.5	巩固练习	(110)
项目二	数控加工仿真软件(加工中心)的使用	(112)
2.1	数控加工仿真软件(加工中心)的基本操作	(112)
2.2	巩固练习	(114)

模块三 数控车床编程与加工操作

项目一	数控车床的坐标系	(116)
1.1	机床坐标系确定原则	(116)
1.2	机床原点与参考点	(117)
1.3	工作坐标系及其设定	(117)
项目二	数控加工仿真软件(车床)的使用	(120)
2.1	数控加工仿真软件(车床)的基本操作	(120)

2.2 数控车床加工仿真实例	(126)
项目三 外圆柱/圆锥类零件加工	(131)
3.1 任务: 短轴零件加工	(131)
3.2 数控车削外圆柱/圆锥面工艺知识	(131)
3.3 外圆柱/圆锥面加工常用编程指令	(137)
3.4 任务决策和执行	(144)
3.5 巩固练习	(146)
项目四 外圆弧面的加工	(147)
4.1 任务: 手柄加工	(147)
4.2 型面加工工艺知识	(147)
4.3 型面加工常用编程指令	(148)
4.4 任务决策和执行	(153)
4.5 巩固练习	(155)
项目五 螺纹加工	(156)
5.1 任务: 螺钉加工	(156)
5.2 螺纹加工工艺知识	(156)
5.3 螺纹加工常用编程指令	(158)
5.4 任务决策和执行	(162)
5.5 巩固练习	(164)
项目六 孔加工	(165)
6.1 任务: 套管的加工	(165)
6.2 孔加工工艺知识	(165)
6.3 孔加工指令	(167)
6.4 任务决策和执行	(168)
6.5 巩固练习	(171)
项目七 规则公式曲线车削加工	(172)
7.1 任务: 椭圆轮廓加工	(172)
7.2 规则公式曲线的加工方法	(172)
7.3 B类宏程序编程	(172)
7.4 任务决策和执行	(176)
7.5 巩固练习	(179)
项目八 综合车削加工实例	(180)
8.1 任务: 长轴加工	(180)
8.2 任务决策和执行	(180)
8.3 巩固练习	(186)
项目九 车削中心编程与加工	(187)
9.1 任务: 薄壁凸轮加工	(187)
9.2 薄壁零件加工工艺知识	(187)
9.3 车削中心编程指令	(189)

9.4 任务决策和执行	(192)
9.5 巩固练习	(196)
项目十 数控车床加工操作	(197)
10.1 数控车床基本操作	(197)
10.2 磨耗补正操作	(201)
10.3 任务: 轴类零件加工	(202)

模块四 数控线切割机床编程与加工操作

项目一 数控线切割机床编程与加工	(206)
1.1 任务: 南瓜模板零件的加工	(206)
1.2 数控线切割加工工艺	(206)
1.3 数控线切割编程方法	(212)
1.4 任务决策和执行	(220)
1.5 巩固练习	(222)
参考文献	(223)

模块一 数控铣床编程与加工操作

项目一 数控铣床的坐标系

1.1 数控铣床的机床坐标系

为了便于在数控程序中统一描述机床运动,简化程序的编制,并使程序具有互换性,在数控机床中引入了坐标系的概念。无论机床机构如何,在编制程序与说明进给运动时,统一以坐标系来规定进给运动的方向和距离。

数控机床坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系。该坐标系可以表示一个刚体在空间的六个自由度,包括三个移动坐标(X , Y , Z)和三个转动坐标(A , B , C)。这六个坐标之间的关系如图 1-1-1 所示。在运动方向的表示中,刀具相对于工件的运动方向用 X 、 Y 、 Z 表示,而工件相对于刀具的运动方向用 X' 、 Y' 、 Z' 表示。



图 1-1-1 直角笛卡儿坐标系

笛卡儿坐标系只表明了六个坐标之间的关系,而对于数控机床坐标方向的判断则有如下规定。

原则一:零件固定,刀具运动。

由于机床的结构不同,有的是刀具运动,零件固定;有的是刀具固定,零件运动等。为了统一编程规则,永远假定刀具相对于静止的工件而运动。

原则二:坐标轴正方向的判断顺序为先 Z 后 X 再 Y ,最后为 A 、 B 、 C 旋转轴。

1. Z 坐标的方向判定

(1) 方向原则:与主轴轴线平行的坐标轴为 Z 坐标轴。对于铣床、钻床、镗床,其主运动为刀具的旋转运动,主轴为刀具旋转轴心,则与刀具旋转轴心平行的坐标轴为 Z 。

(2) 正方向原则:为刀具远离工件的方向。

2. X坐标的方向判定

(1) 方向原则: X 坐标轴平行于工件的装夹平面。

(2) 正方向原则: 对于刀具旋转的机床(如铣床、钻床、镗床), X 坐标轴的正方向为由刀具向立柱看, 右侧为正。

3. Y坐标的方向判定

根据 Z 坐标轴和 X 坐标轴的正方向, 利用右手定则可以确定 Y 坐标轴的正方向。如图 1-1-2 所示分别为立式铣床、卧式铣床和五坐标联动机床的机床坐标系, 图中机床上标明的是在机床坐标系中, 坐标轴正方向对应的机床运动正方向。

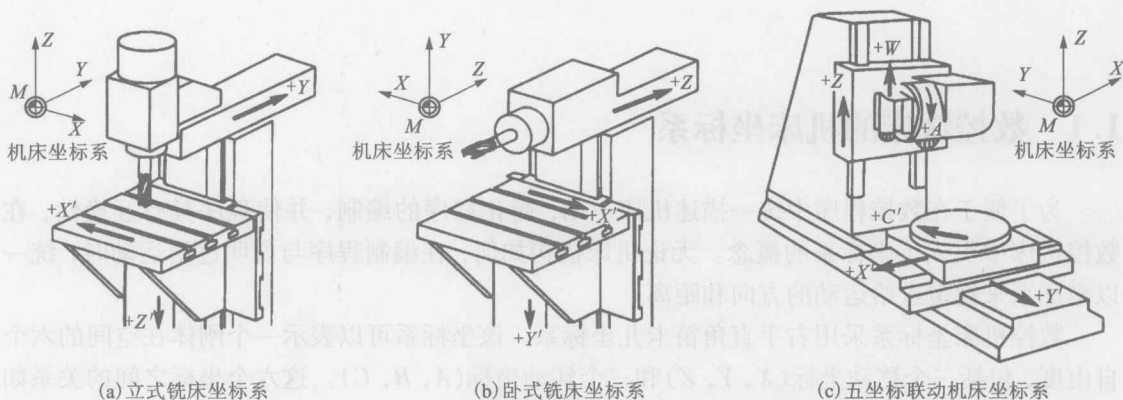


图 1-1-2 机床坐标系

4. A、B、C坐标的方向判定

分别从 X 、 Y 、 Z 轴正方向往负方向看, 逆时针旋转方向依次为 A 、 B 、 C 坐标的正方向。

5. 机床原点

机床原点是指在机床上设置的一个固定点, 即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来, 是数控机床进行加工运动的基准参考点。它是不能更改的。一般用字母 M 表示。在数控铣床上, 机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 坐标的正方向极限位置上。

6. 机床参考点

机床参考点是机床位置测量系统的基准点, 一般用 R 表示, 用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的, 坐标值已输入数控系统中, 通常在参考点的坐标为零。参考点对机床原点的坐标是一个已知数。通常数控铣床的机床原点和机床参考点是重合的。

回参考点是机床的一种工作方式。此操作目的就是在机床各进给轴运动方向上寻找参考点, 并在参考点处完成机床位置检测系统的归零操作, 同时建立起机床坐标系。

1.2 工件坐标系

工件坐标系是编程人员根据零件样图及加工工艺等在工件上建立的坐标系, 是编程时的坐标依据, 又称编程坐标系。数控程序中的所有坐标值都是假设刀具的运动轨迹点在工件坐标系中的位置。确定工件坐标系时不必考虑工件毛坯在机床上的实际装夹位置。工件坐标系各坐标轴方向与机床坐标系是一致的。

工件原点也称编程原点,是工件坐标系的原点,一般用字母 W 表示。工件原点是由编程人员定义的,与工件的装夹无关。不同的编程人员根据编程目的不同,可以对同一工件定义不同的工件原点,而不同的工件原点也造成程序坐标值的不同。

工件原点的选择有以下两条原则:

原则一:工件原点应尽量选择在零件的设计基准或工艺基准上,如图 1-1-3 所示。

原则二:对称零件,工件原点应选在对称中心上,如图 1-1-4 所示。

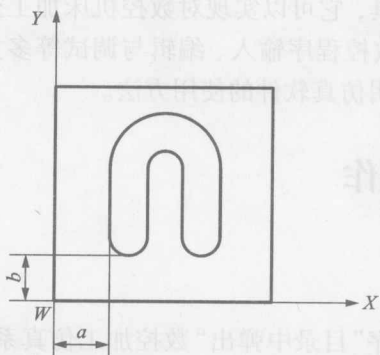


图 1-1-3 一般零件

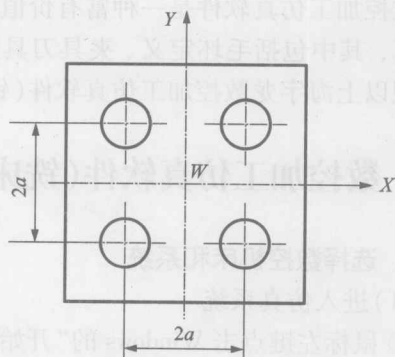


图 1-1-4 对称零件

1.3 工件坐标系与机床坐标系的关系

在加工过程中,数控机床是按照工件装夹好后所确定的工件原点位置和程序要求进行加工的。编程人员在编制程序时,只要根据零件样图就可以选定工件原点,建立工件坐标系,计算坐标数值,而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置。对于加工人员来说,则应在装夹工件和调试程序时,确定工件原点在机床坐标系中的位置,并在数控系统中给予设定(即给出原点设定值)。通常把这个确定工件坐标系在机床坐标系位置的过程称为对刀。具体的对刀方法在后面的机床操作章节中进行介绍。

总之,机床坐标系是机床运动控制的参考基准,而工件坐标系是编程时的参考基准。机床坐标系建立在机床上,是固定的物理点;而工件坐标系建立在工件上,是根据编程习惯位置可变的。加工时通过对刀手段确定工件原点与机床原点的位置关系,将工件坐标系与机床坐标系建立固联关系。工件坐标系与机床坐标系的关系如图 1-1-5 所示。

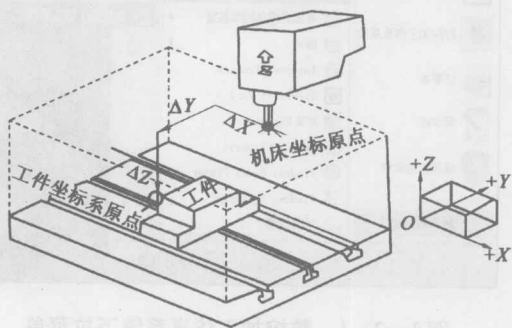


图 1-1-5 机床各坐标系的关系

1.4 巩固练习

1. 如图 1-1-5 所示,若工作台向右移动,判断此时程序中的坐标方向是什么?
2. 机床回参考点的作用是什么?

项目二 数控加工仿真软件(铣床)的使用

数控加工仿真软件是一种富有价值的教学辅助工具,它可以实现对数控机床加工全过程的仿真,其中包括毛坯定义、夹具刀具定义及选用,数控程序输入、编辑与调试等多方面内容。现以上海宇龙数控加工仿真软件(铣床)为例,说明仿真软件的使用方法。

2.1 数控加工仿真软件(铣床)的基本操作

1. 选择数控机床和系统

(1) 进入仿真系统

① 鼠标左键点击 Windows 的“开始”按钮,在“程序”目录中弹出“数控加工仿真系统”的子目录,在接着弹出的下级子目录中点击“加密锁管理程序”,如图 1-2-1 所示。加密锁程序启动后,屏幕右下方工具栏中出现  图标。

② 再点击“数控加工仿真系统”,系统弹出“用户登录”界面,如图 1-2-2 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,进入数控加工仿真系统。

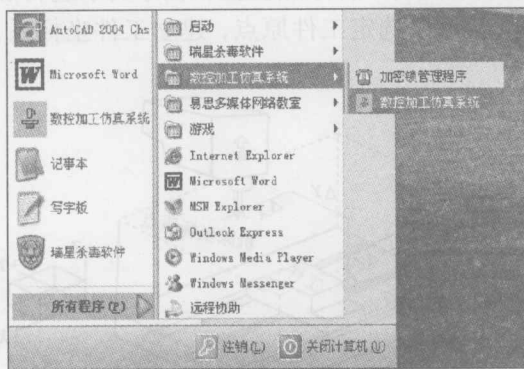


图 1-2-1 数控加工仿真系统下拉菜单



图 1-2-2 登录界面

(2) 选择机床类型

进入数控加工仿真系统之后,通过菜单“机床/选择机床”,在选择机床对话框中选择需要的控制系统类型和相应的机床(如图 1-2-3 所示),并按“确定”按钮。

这里选择的控制系统类型是 FANUC 0i,机床类型是标准型,此时界面如图 1-2-4 所示。

(3) 视图的变换

在工具栏中选  之一,它们分别对应于菜单“视图”下拉菜

单的“复位”“局部放大”“动态放缩”“动态平移”“动态旋转”“左侧视图”“右侧视图”“俯视图”“前视图”(如图 1-2-5 所示)。将鼠标移至机床显示区,拖动鼠标,进行相应操作。

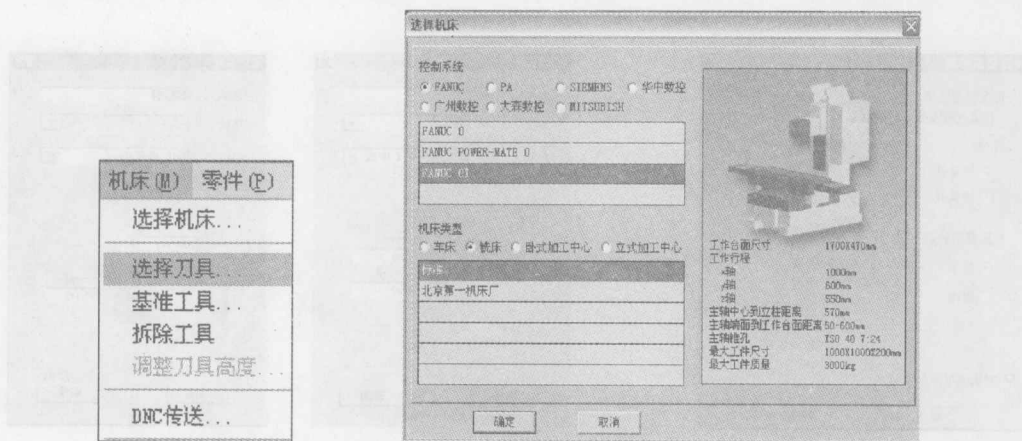


图 1-2-3 选择系统和机床

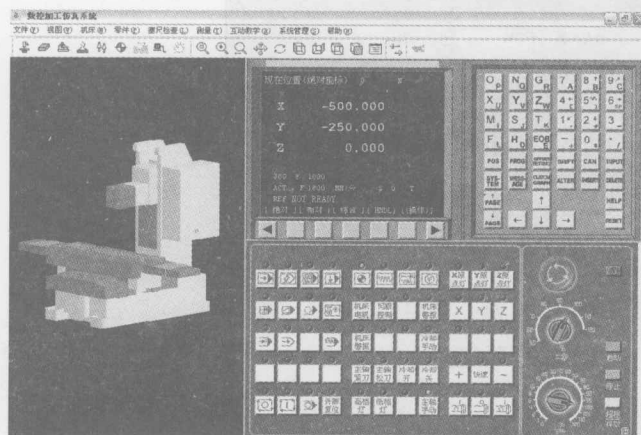


图 1-2-4 机床界面

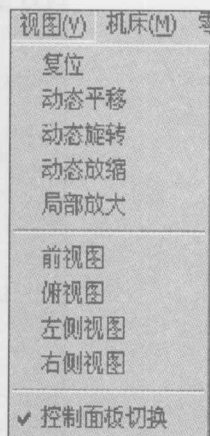


图 1-2-5 视图菜单

(4)“选项”的设置

在“视图”菜单中选择“选项”或在工具条中选择，弹出“设置显示参数”对话框(如图1-2-6所示)，可根据需要进行相应设置(例如在对刀时可选择隐藏机床或将机床显示设置为透明状态)。

2. 模拟机床台面操作

(1) 工件装夹

① 定义毛坯 打开菜单“零件/定义毛坯”或在工具条上选择“”，可以定义长方体或圆柱体毛坯，如图 1-2-7 所示。这里选择长方形毛坯，尺寸设置如图 1-2-7 中左图所示。

② 选择夹具 打开菜单“零件/安装夹具”或在工具条上选择图标 ，打开操作对话框

框,如图 1-2-8 所示。在“选择零件”列表框中选择毛坯。在“选择夹具”列表框中选择夹具,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。“移动”成组控件内的按钮可以调整毛坯在夹具上的位置。这里选择平口钳,并进行位置调整。

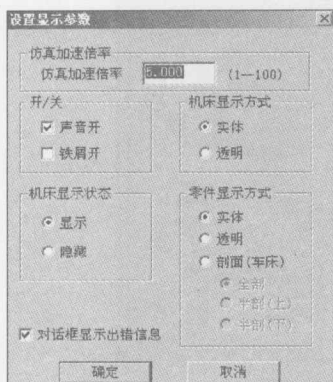


图 1-2-6 显示参数设置

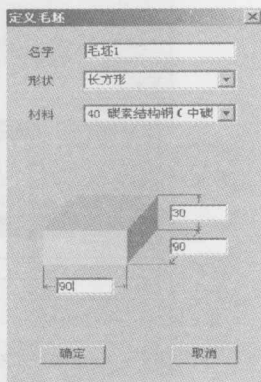


图 1-2-7 毛坯定义

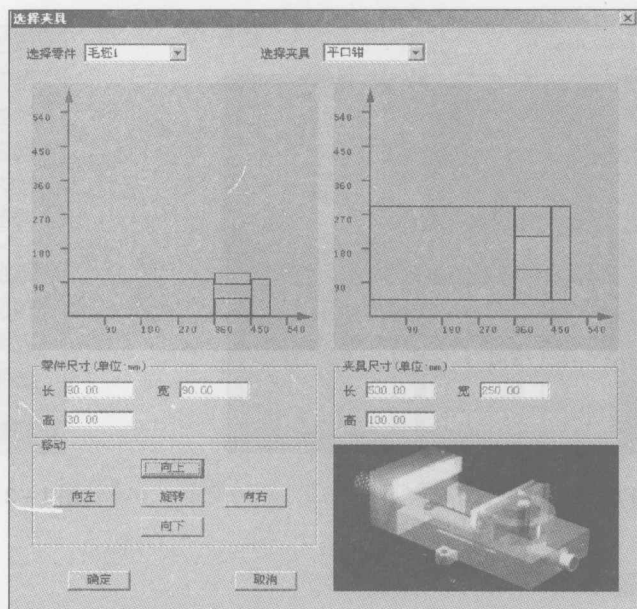
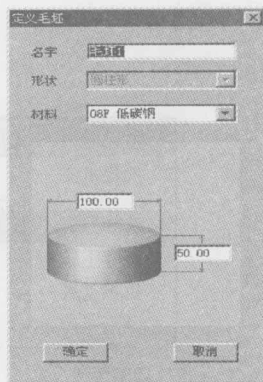


图 1-2-8 选择零件和夹具

③ 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 , 系统弹出操作对话框,如图 1-2-9 所示。

在列表中点击所需的零件,选中的零件信息加亮显示,按下“确定”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。

④ 调整零件位置 零件可以在工作台上移动。毛坯放上工作台后,系统将自动弹出一个控制零件移动的面板,通过按动方向按钮,实现零件的平移和旋转。

(2) 数控铣床选刀

打开菜单“机床/选择刀具”或者在工具条中选择“”，系统弹出刀具选择对话框(如图 1-2-10 所示)。

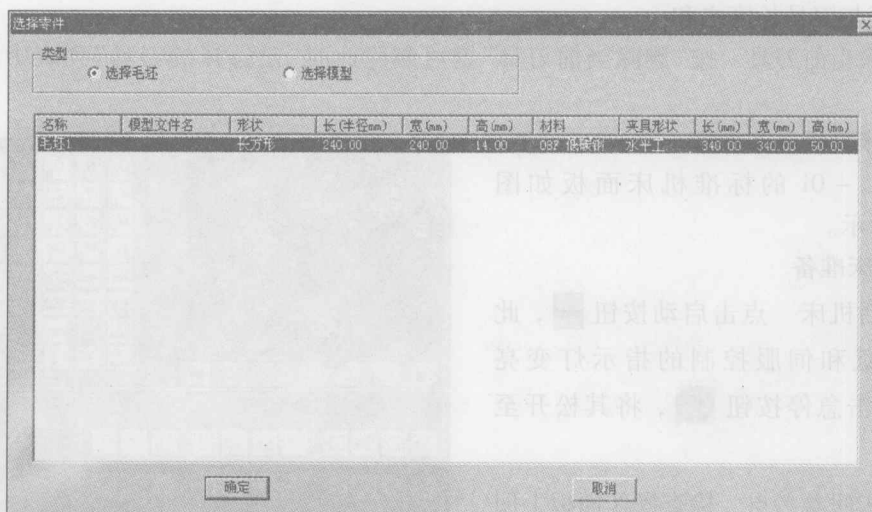


图 1-2-9 放置零件界面

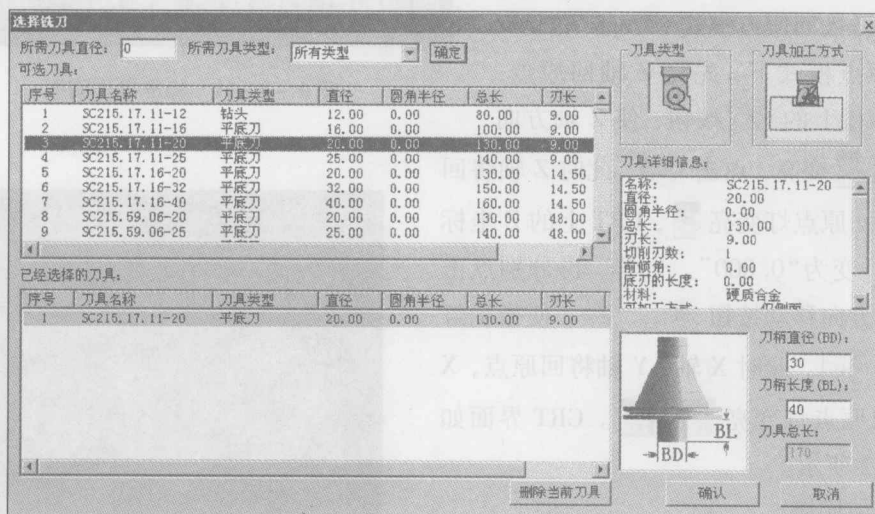


图 1-2-10 选择刀具

① 按条件列出工具清单

- 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”。
- 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。
- 按下“确定”，符合条件的刀具在“可选刀具”列表中显示。

② 选择需要的刀具 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,这时铣床的刀具装在主轴上。

③ 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。

④ 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”列表中所选择的刀具。

3. 机床面板基本操作

FANUC - 0i 的标准机床面板如图 1-2-11 所示。

(1) 机床准备

① 激活机床 点击启动按钮 , 此时机床电机和伺服控制的指示灯变亮 。点击急停按钮 , 将其松开至  状态。

② 机床回参考点 检查操作面板上回原点指示灯是否亮 , 若指示灯亮, 则已进入回原点模式; 若指示灯不亮, 则点击  按钮, 转入回原点模式。

在回原点模式下, 先将 Z 轴回原点, 点击操作面板上的  按钮, 使 Z 轴方向移动指示灯  变亮, 点击 , 此时 Z 轴将回原点, Z 轴回原点灯变亮 , CRT 上的 Z 坐标 (机械坐标) 变为“0.000”。同样, 再分别点击 X 轴, Y 轴方向移动按钮 , , 使指示灯变亮, 点击 , 此时 X 轴, Y 轴将回原点, X 轴, Y 轴回原点灯变亮   。CRT 界面如图 1-2-12 所示。

(2) 手动操作

① 手动方式

a. 点击操作面板上的“手动”按钮, 使其指示灯亮 , 机床进入手动模式。

b. 分别点击 , ,  键, 选择移动的坐标轴。

c. 分别点击 ,  键, 控制机床的移动方向 (选择  按钮, 可实现快速移动)。

d. 点击   控制主轴的转动和停止 (此时应使键  的指示灯亮)。

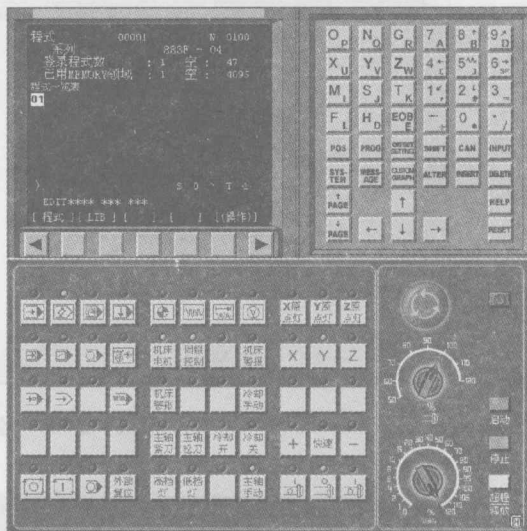


图 1-2-11 标准操作面板

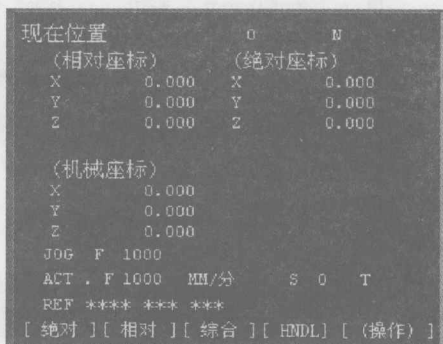


图 1-2-12 CRT 界面

② 手动脉冲方式

a. 点击操作面板上的“手动脉冲”按钮  或 ，使指示灯  变亮。

b. 点击右下角按钮 ，显示手轮(如图 1-2-13 所示)。

c. 鼠标对准“轴选择”旋钮 ，点击左键(旋钮逆时针转)或右键(旋钮顺时针转)，选择坐标轴。

d. 鼠标对准“手轮进给速度”旋钮 ，点击左键或右键，选择合适的倍率。

e. 鼠标对准手轮 ，点击左键或右键，精确控制机床的移动。

f. 点击    控制主轴的转动和停止(此时应使键  的指示灯亮)。

g. 点击 ，可隐藏手轮。

(3) 对刀

数控程序一般按工件坐标系编程，对刀的过程从某种意义上讲，就是在机床坐标系中确定工件坐标系位置的过程，即告诉数控系统工件原点在哪。下面具体说明数控铣床对刀的方法(这里将工件上表面中心点设为工件坐标系原点)。

① 选取基准工具 一般铣床在 X、Y 方向对刀时使用的基准工具包括刚性靠棒和寻边器两种。

点击菜单“机床/基准工具”，弹出的基准工具对话框(图 1-2-14)中，左边的是刚性靠棒基准工具，右边的是偏心寻边器。这里选取刚性靠棒。

② X、Y 轴对刀 这里介绍采用刚性靠棒进行对刀的过程。

a. X 轴方向对刀(先对毛坯右边)

点击操作面板中的按钮  进入“手动”方式；点击 MDI 键盘上的  和 CRT 上的“综合”软键，使 CRT 界面上显示机械坐标值；借助“视图”菜单中的动态旋转、动态放缩、动态平移等工具，适当点击 ，， 按钮和 ， 按钮，将机床移动到如图 1-2-15 所示的大致位置。

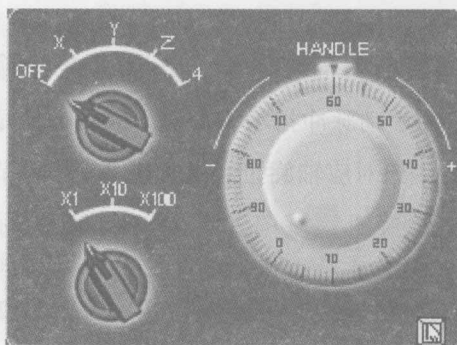


图 1-2-13 手轮

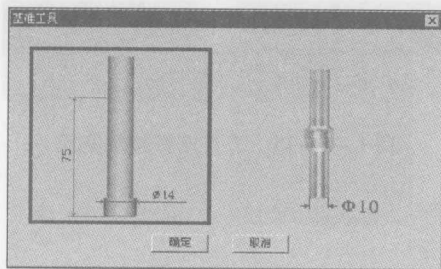


图 1-2-14 基准工具选择

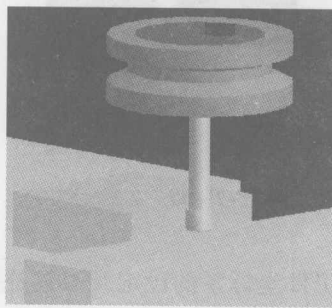


图 1-2-15 靠近毛坯右侧面