

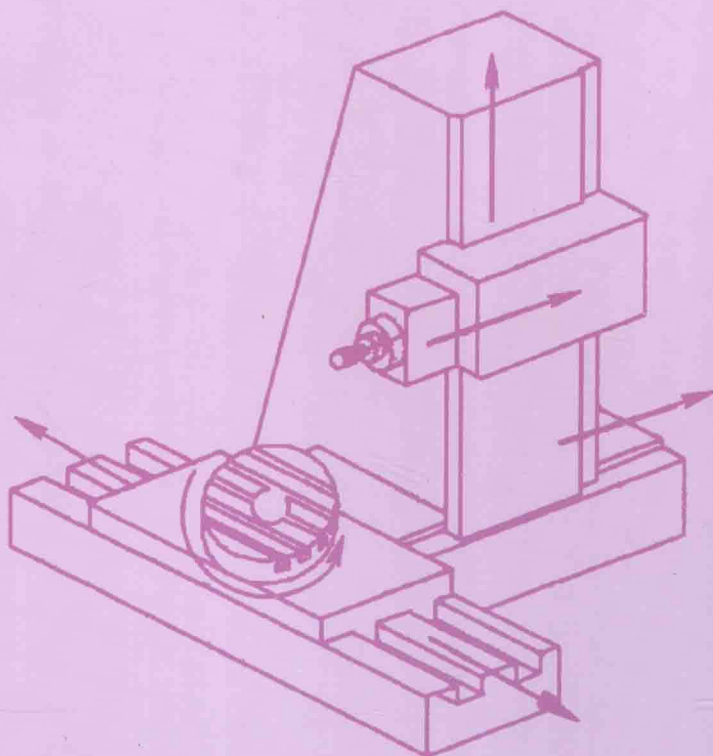


高职高专“十二五”规划教材
机电专业系列

数控编程与加工项目化教程

SHUKONGBIANCHENG YU JIAGONGXIANGMUHUAJIAOCHENG

主编 肖爱武 何荣誉 龙 华



 南京大学出版社



高职高专“十二五”规划教材

机电专业系列

数控编程与加工项目化教程

主 审	董建国				
主 编	肖爱武	何荣誉	龙 华		
副主编	聂笃伟	何文学	胡建波	龙育才	
编 委	郭艳丽	张秋霞	李玉龙	战丽娜	
	唐志英	柳 青	黄启红	何幸保	



南京大学出版社

内容简介

《数控编程与加工项目化教程》以工作模块为导向,以项目为载体,按数控加工国家职业技能鉴定标准要求,结合编者多年从事数控加工教学、实训及生产积累的经验而编写。全书突出数控实训特点,讲解了数控机床加工基础及数控车床、数控铣床和加工中心的编程与操作,并辅以大量的数控编程与操作实训。本书既可作为高职高专院校数控专业、模具专业、机电一体化专业、机械设计制造及自动化专业的数控加工编程教材,也可作为广大数控加工从业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工项目化教程 / 肖爱武等主编. —南京:南京大学出版社,2012.1

高职高专“十二五”规划教材·机电专业系列

ISBN 978-7-305-09426-2

I. ① 数… II. ① 肖… III. ① 数控机床—程序设计—高等职业教育—教材 ② 数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ① TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 263630 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出版人 左 健

丛 书 名 高职高专“十二五”规划教材·机电专业系列
书 名 数控编程与加工项目化教程
主 编 肖爱武 何荣誉 龙 华
责任编辑 王秉华 编辑热线 025-83685720

照 排 江苏南京大学印刷厂
印 刷 盐城市华光印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 17 字数 364 千
版 次 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-09426-2
定 价 36.00 元

发行热线 025-83594756
电子邮件 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

前言

本教材以《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》(教高[2002]2号)精神为指导,按照“必需”“够用”“实用”“好用”的职业教育原则为依托,并结合高职高专学生和授课老师教学的特点编写而成。本书有如下特色:

1. 本教材以数控车床、数控铣床(加工中心)、数控电加工的编程与操作为核心,深入浅出地介绍了加工中心和数控车床安全操作规程、数控加工工艺、数控车削与铣削的编程、典型数控机床的操作、典型零件的加工应用实例等内容。读者通过对本书的学习,不但能掌握数控编程的方法与技巧,也能比较全面地了解数控加工。

2. 该教材系统的讲解了 FANUC 数控系统编程,所有零件加工程序语句都附有详细、清晰的注释说明。各章后设有习题,便于学生更好地掌握所学内容。

3. 全书采用项目式编写模式,以项目为导向,任务为驱动的结构体系。让学生带着目标任务展开学习,具备目的性明确、实用性强的特点。

本书由肖爱武、何荣誉、龙华担任主编,聂笃伟、何文学、胡建波、龙育才担任副主编;参与编写的人员有:湖南化工职业技术学院肖爱武、李绍友、刘成云、唐琼老师,湖南工业职业技术学院龙华、张云、唐琴老师,湖南生物机电职业技术学院何荣誉、李玉龙老师,湖南科技职业学院何文学老师,怀化职业技术学院聂笃伟老师,湖南科技工业职业技术学院胡建波老师,娄底职业技术学院龙育才老师,湖南水利水电职业技术学院战丽娜老师,湖南电气职业技术学院何幸保老师,岳阳职业技术学院柳青、黄启红老师,潇湘职业学院唐志英老师,永城职业学院郭艳丽、张秋霞老师。具体编写分工如下:工作模块一中的项目一、项目二由何荣誉编写,项目三由龙华编写,项目四由聂笃伟编写,项目五由肖爱武编写,项目六由胡建波编写;工作模块二中的项目一由何文学编写,项目二由龙育才编写,项目三由郭艳丽编写;工作模块三中的项目一由柳青编写,项目二由张秋霞编写,工作模块四中的项目一由战丽娜、黄启红编写,项目二由何幸保、唐志英编写。同时,李绍友、刘成云、唐琼、张云、唐琴、李玉龙老师负责教材资料的收集整理,并组织教学 PPT 设计与制作;全书由肖爱武老师负责设计

教材的总体框架、制定编写大纲、组织老师撰写及承担全书的定稿和统稿；最后由湖南工业职业技术学院董建国教授担任主审，对原稿的内容、体系进行了详细的审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

本书可作为职业院校数控技术、模具设计与制造、机电一体化、机械制造及自动化等专业的教材，也可供有关工程技术人员、数控机床编程与操作人员学习及培训使用。本书在写作时，得到湖南化工职业技术学院机械工程系领导和同事的帮助与支持，也得益于许多专家学者对数控技术方面的论著。由于编者的经验和水平有限，书中难免存在错漏之处，恳请读者批评指正。

目 录

工作模块一	数控车削编程与加工	1
项目一	手动车削定位销	2
项目二	数控车削锥轴	21
项目三	数控车削球头螺杆	42
项目四	数控车削轴套	61
项目五	数控车削球头联轴节	74
项目六	数控车削椭圆轴	102
工作模块二	数控铣削编程与加工	111
项目一	数控铣削 U 形槽板	112
项目二	数控铣削六方模板	138
项目三	数控铣削凹半球曲面	157
工作模块三	数控加工中心编程与加工	169
项目一	加工孔板	170
项目二	加工座板	197
工作模块四	数控电加工	231
项目一	线切割加工角度样板	232
项目二	电火花加工注射模镶块	257
参考文献		266

工作模块一 数控车削编程 与加工

项目一 手动车削定位销

【工作任务】

定位销零件图如图 1-1-1 所示,试操作 FANUC 0i 数控车床手动车削完成零件的加工,毛坯尺寸 $\phi 45\text{ mm}\times 100\text{ mm}$,材料为 45 钢。

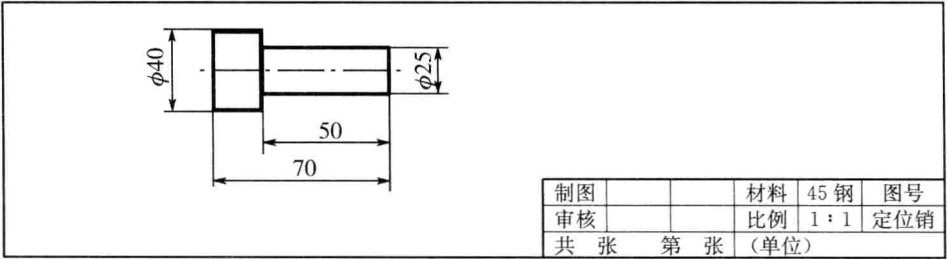


图 1-1-1 定位销

【学习目标】

1. 清晰了解数控机床操作工岗位的职责与工作要求,严格遵守数控机床的安全操作规程,了解数控机床日常维护与保养的基本要求。
2. 了解 FANUC 0i 数控车床的基本结构,能按操作规程启动及停止 FANUC 0i 数控车床。
3. 熟悉 FANUC 0i 数控车床的基本操作,能手动操作完成零件的车削加工。

一、数控机床操作工的岗位职责

1. 数控机床操作工的岗位职责

在机械制造企业,数控机床操作工的主要工作岗位职责为:

- ① 在生产设备部门主管的领导下,严格遵守“操作规程”,完成每月的生产任务,并对加工零件的质量负责。
- ② 按照工艺文件的要求,准备工装夹具、量具、刀具,做好生产准备。
- ③ 严格按照图纸和过程文件进行加工,确定零件加工质量,做好每一过程的自检、首件报验工作,并做好记录。
- ④ 已加工好的零件,要按规定整齐摆放在标志区内,严禁乱摆、乱放,严禁使已

加工表面着地,绝不能破坏已加工表面。

⑤ 对被判为不合格的零件,应及时“返工”、“返修”,严禁将不合格品混入合格品中。

⑥ 严格遵守“设备管理制度”、“车间现场定置管理”、“文明生产管理制度”、“安全生产管理制度”,搞好机床的维护保养,搞好文明生产、安全生产。

2. 数控机床安全操作规程

操作规程既是保证操作人员人身安全的重要措施之一,也是保证设备安全和产品质量的重要措施,操作人员必须严格按照操作规程进行正确操作。

(1) 加工工件前的注意事项

① 查看工作现场是否存在可能造成不安全的因素,若存在应及时排除。

② 按数控机床启动顺序开机,查看机床是否显示报警信息。

③ 数控机床通电后,检查各开关、旋钮和按键是否正常、灵活,数控机床有无异常现象。

④ 检查液压系统、润滑系统油标是否正常,检查冷却液容量是否正常,按规定加好润滑油和冷却液,手动润滑的部位先要手动进行润滑。

⑤ 各坐标轴手动回参考点。回参考点时应先注意是否会和机床上的工件、夹具等发生碰撞。若某轴在回参考点前已处于参考点位置附近,必须先将该轴手动移动到距离参考点 100 mm 以外的位置,再回参考点。

⑥ 在进行工作台回转交换时,台面、护罩、导轨上不得有其他异物;检查工作台上工件是否正确、夹紧是否可靠。

⑦ 为了使数控机床达到热平衡状态,开始加工前必须使数控机床空运转 15 min 以上。

⑧ 按照刀具卡正确安装好刀具,并检查刀具运动是否正常,通过对刀,正确输入刀具补偿值,并认真核对。

⑨ 数控加工程序输入完毕后,应认真校对,确保无误,并进行模拟加工。

⑩ 按照工序卡安装并找正夹具。

⑪ 正确测量和计算工作坐标系,并对所得结果进行验证。

⑫ 手轮进给和手动连续进给操作时,必须检查各种开关所选择的位置是否正确,分清正负方向,认准按键,然后再进行操作。

(2) 加工工件时的注意事项

① 无论是首次试加工,还是周期性重复加工,首先检查工序卡、刀具卡、坐标调整卡、程序卡四者是否一致,然后进行逐把刀逐段程序的试切。

② 试加工时,快速倍率、进给倍率开关置于最低挡,切入工件后再加大倍率。

③ 在运行数控加工程序中,要重点观察数控系统上的坐标显示。

④ 对一些有试刀要求的刀具,要采用“渐进”的方法试刀。

(3) 加工工件完毕后的注意事项

① 清洁工作台、零件及台面铁屑等杂物,整理工作现场。

② 在手动方式下,将各坐标轴置于数控机床行程的,中间位置。

③ 按关机顺序关闭数控机床,断电。

④ 清理并归还刀、量、夹具,将工艺资料归档。

3. 数控机床的日常维护与保养

数控机床的日常维护与保养是延长其使用寿命的关键工作,一般情况下,数控机床的日常维护和保养工作是由操作人员来进行的。

数控机床的日常维护、保养及出现现象的解决方法见表 1-1-1~表 1-1-4。

表 1-1-1 日检项目

序 号	项 目		正 常 情 况	解 决 方 法
1	液压系统	油标	在两根间隔线之间	加油
		压力	按照机床操作说明书要求	调节压力螺钉
		油温	大于 15℃	打开加热开关
		过滤器	绿色显示	清洗
2	主轴润滑系统	过程检查	电源灯亮,油泵泵正常运转	和机械工程师联系
		油标	在两根间隔线之间	加油
3	导轨润滑系统	油标	在两根间隔线之间	加油
4	冷却系统	油标	液面显示 2/3 以上	加冷却液
5	气压系统	压力	按照机床操作说明书要求	调节压力阀
		润滑油指标	大约 1/2	加油

表 1-1-2 周检项目

序 号	项 目		正 常 情 况	解 决 方 法
1	机床零件	移动零件	运动正常	清扫机床
		其他细节		
2	主轴润滑系统	散热片	干净	除尘
		空气过滤器		

表 1-1-3 月检项目

序 号	项 目		正 常 情 况	解 决 方 法
1	电源	电源电压	50 Hz、220~380 V	测量、调整
2	空气干燥器	过滤器	干净	清洗

表 1-1-4 半年检

序 号	项 目		正 常 情 况	解 决 方 法
1	液压系统	液压油	干净	更换液压油
		油箱		清洗油箱
2	主轴润滑系统	润滑油	干净	更换润滑油
3	传动轴	滚珠丝杆	运转正常	加润滑脂

二、认识数控车床

用数字化的代码把零件加工过程中的各种操作和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量记录在介质上,送入计算机或数控系统,经过译码运算、处理,控制机床的刀具与工件的相对运动,加工出所需的零件,此类机床统称为数控机床。常用数控机床有数控车床、数控铣床、数控加工中心等。

1. 数控车床的类型

按车床主轴位置可分为卧式和立式数控车床;按刀架数量可分为单刀架和双刀架数控车床;按功能可分为经济型数控车床、普通数控车床、车削加工中心;按导轨布置形式可分为水平床身和斜床身数控车床。如图 1-1-2 和图 1-1-3 所示。

经济型数控车床是通过对普通的车床的车削进给系统改善后形成的简易型数控车床,成本较低,但自动化程度和功能都比较差,加工的精度也不高,适用于要求不太高的回转类零件的车削加工。

普通数控车床是根据车削加工要求在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床,数控系统功能强,自动化程度和加工精度也比较高。加工时一般可同时控制 X、Z 两个坐标轴,适用于一般回转类零件的车削加工。

车削加工中心是在普通数控车床的基础上,增加了 C 轴和动力头,更高级的机床还带有刀库,可控制 X、Z 和 C 三个坐标轴,联动控制可以是(X、Z)、(Z、C)、或(X、C)。由于增加了 C 轴和铣削动力头,这种数控车床的加工功能大大的增强,除可以进行一般车削外,还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

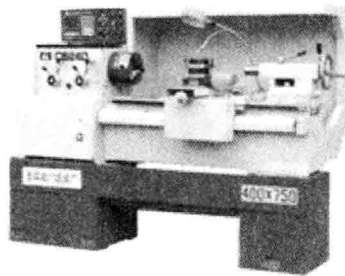


图 1-1-2 水平床身经济型数控车床



图 1-1-3 斜床身数控车床

2. 数控车床的加工对象

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转类零件的内外圆柱面,任意角度的内外圆锥面,复杂回转的内外曲面、圆柱面、圆锥螺纹等,并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔、镗孔等切削加工。由于数控机床有较高的加工精度,能完成直线和圆弧插补,且在加工过程中能自动调节速度,因此数控车削加工的工艺范围较普通车削加工宽得多。与普通车削加工相比,数控车削的加工对象主要为:

① 精度要求高、超低表面粗糙度以及超精密零件,如高速电机主轴,高精度的机床主轴,磁盘,录像机磁头,激光打印机的多面反射体,复印机的回转鼓、隐形眼镜、照

相机等光学设备的透镜及其模具等对轮廓精度和超低的表面粗糙度等标准要求超高的零件。

② 表面形状复杂的回转体零件。如具有封闭内成型面的壳体零件。

③ 带一些特殊类型螺纹的零件。普通车床只能车等节距的直、锥面公、英制螺纹,而且一台车床只限定加工若干种节距。数控车床不但能车任何等节距的直、锥和端面螺纹,而且能车增节距、减节距,以及要求等节距、变节距之间平滑过渡的螺纹和变径螺纹。数控车床车削螺纹时主轴转向不必像传统车床那样交替变换,它可以一刀又一刀不停地循环,直到完成,所以它车削螺纹的效率很高。数控车床可以配备精密螺纹切削功能,再加上采用机夹硬质合金螺纹车刀,并能使用较高的转速,所以车削出来的螺纹精度较高、表面粗糙度小。因此,包括丝杠在内的螺纹零件很适合于在数控车床上加工。

3. FANUC 0i 数控车床的控制面板

图 1-1-4 所示为 FANUC 0i 系统控制面板,它由 CRT 显示器和 MDI 键盘组成。CRT 显示器用于显示车床参考点坐标、刀具起始点坐标、刀具补偿量数据、数控指令数据、报警信号、自诊断结果、滑板运动速度和间隙补偿值等参数。用 MDI 键盘结合 CRT 可以进行数控系统操作。数控系统控制面板因数控系统不同而有所不同。键盘上各个键的功能列于表 1-1-5。

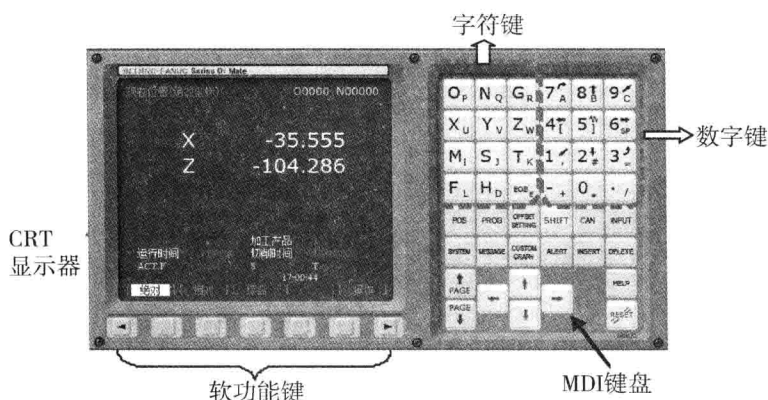


图 1-1-4 数控系统控制面板

表 1-1-5 控制面板键盘功能一览表

名 称	键面示意图	功 能
数字键		实现字符的输入,例如:点击软键将在光标所在位置输入“5”字符;点击软键后再点击将在光标所在位置处输入“]”;软键中的“EOB”将输入“;”号表示换行结束。

(续表)

名 称	键面示意图	功 能
字符键		实现字符的输入, 点击 键后再点击字符键, 将输入右下角的字符。例如: 点击 将在 CRT 的光标所处位置输入“O”字符, 点击软键 后再点击 将在光标所处位置处输入“P”字符; 软键 中的“EOB”将输入“;”号表示换行结束。
翻页键		软键 实现左侧 CRT 中显示内容的向上翻页; 软键 实现左侧 CRT 显示内容的向下翻页。
光标移动键		移动 CRT 中的光标位置。软键 实现光标的向上移动; 软键 实现光标的向下移动; 软键 实现光标的向左移动; 软键 实现光标的向右移动。
程序编辑键		: 字符替换。
		: 将输入域中的内容输入到指定区域。
		: 删除一段字符。
功能键		: 在 CRT 中显示坐标值。
		: CRT 将进入程序编辑和显示界面。
		: CRT 将进入参数补偿显示界面。
		: 在自动运行状态下将数控显示切换至轨迹模式。
换挡键		输入字符切换键。
取消键		删除单个字符。
输入键		将数据域中的数据输入到指定的区域。
复位键		机床复位。

4. FANUC 0i 数控车床的操作面板

FANUC 0i 车床标准面板操作如图 1-1-5 所示。主要用于控制机床运行状态, 由模式选择按钮、程序运行控制按钮等多个部分组成。键盘上各个键的功能列于表 1-1-6。

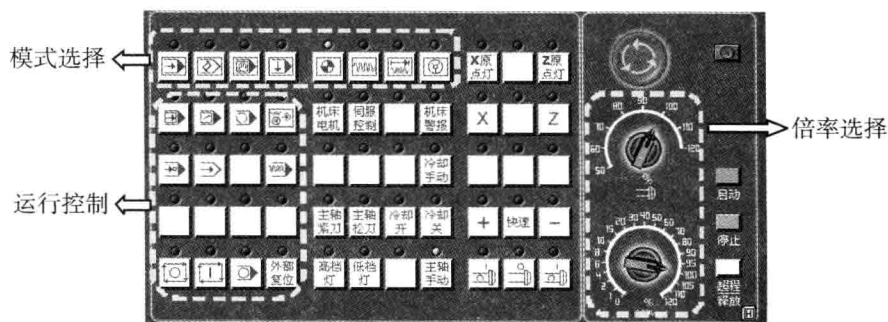
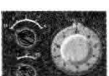
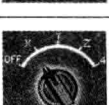


图 1-1-5 数控机床操作面板

表 1-1-6 操作面板键盘功能一览表

名 称	键面示意图		功 能 说 明
系统控制		启动	启动控制系统。
		关闭	关闭控制系统。
安全功能		急停按钮	按下急停按钮,使机床移动立即停止,并且所有的输出如主轴的转动等都会关闭。
		超程释放	系统超程释放。
模式选择		自动运行	此按钮被按下后,系统进入自动加工模式。
		编辑	此按钮被按下后,系统进入程序编辑状态,用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序。
		MDI	此按钮被按下后,系统进入 MDI 模式,手动输入并执行指令。
		回原点	机床处于回零模式;机床必须首先执行回零操作,然后才可以运行。
		手动	机床处于手动模式,可以手动连续移动。
		手动脉冲	机床处于手动脉冲进给控制模式。
		手轮进给	机床处于手轮控制模式。
倍率选择		主轴倍率选择旋钮	调节主轴旋转倍率。
		进给倍率	调节主轴运行时的进给速度倍率。
主轴控制		主轴控制按钮	从左至右分别为:正转、停止、反转。
手动进给控制		选择 X 轴	在手动状态下,按下该按钮则机床移动 X 轴。
		选择 Z 轴	在手动状态下,按下该按钮则机床移动 Z 轴。
		正向移动	手动状态下,点击该按钮系统将向所选轴正向移动。在回零状态时,点击该按钮将所选轴回零。
		负向移动	手动状态下,点击该按钮系统将向所选轴负向移动。
		快速移动	按下该按钮,机床处于手动快速状态。
手轮进给控制		手轮显示	按下此按钮,则可以显示出手轮面板。
		手轮面板	点击  按钮将显示手轮面板。
		手轮轴选择旋钮	手轮模式下,将光标移至此旋钮上后,通过点击鼠标的左键或右键来选择进给轴。

(续表)

名 称	键面示意图		功 能 说 明
手轮进给控制		手轮进给倍率旋钮	手轮模式下将光标移至此旋钮上后,通过点击鼠标的左键或右键来调节手轮步长。X1、X10、X100 分别代表移动量为 0.001 mm、0.01 mm、0.1 mm。
		手轮	将光标移至此旋钮上后,通过点击鼠标的左键或右键来转动手轮。
运行控制		远程执行	此按钮被按下后,系统进入远程执行模式即 DNC 模式,输入输出资料。
		单节	此按钮被按下后,运行程序时每次执行一条数控指令。
		单节忽略	此按钮被按下后,数控程序中的注释符号“/”有效。
		选择性停止	当此按钮按下后,“M01”代码有效。
		机械锁定	锁定机床。
		试运行	机床进入空运行状态。
		进给保持	程序运行暂停,在程序运行过程中,按下此按钮运行暂停,按“循环启动”  恢复运行。
		循环启动	程序运行开始;系统处于“自动运行”或“MDI”位置时按下有效,其余模式下使用无效。
		循环停止	程序运行停止,在数控程序运行中,按下此按钮停止程序运行。

三、FANUC 0i 数控机床的手动操作

1. 选择数控车床

(1) 进入仿真系统

① 鼠标左键点击“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 1-1-6 所示。加密锁程序启动后,屏幕右下方工具栏中出现的图标。

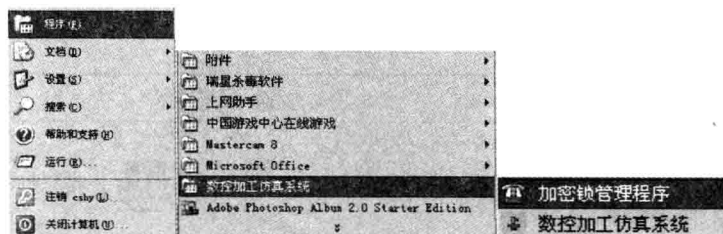


图 1-1-6 数控加工仿真系统运行加密锁

② 重复上面的步骤,在最后弹出的目录中点击所需的数控加工仿真系统,系统

弹出“用户登录”界面,如图 1-1-7 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 1-1-7 数控加工仿真系统登录界面

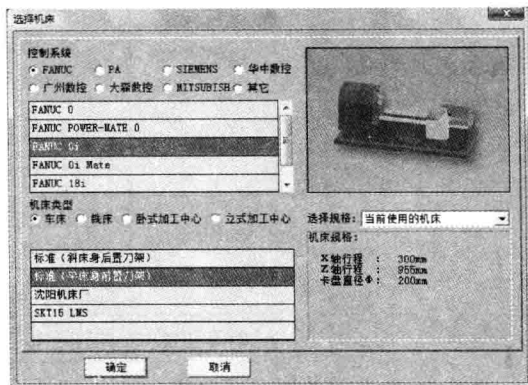


图 1-1-8 机床选择

(2) 选择机床类型

打开菜单“机床/选择机床”(或在工具栏中选择“”按钮),在选择机床对话框中选择如图 1-1-8 所示的控制系统类型和相应的机床并按确定。

(3) 激活车床

点击“启动”按钮,此时车床电机和伺服控制的指示灯变亮.

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。

注意:机床操作时,可直接从“激活车床”步骤开始进行。

2. 回参考点

回参考点又称为回零,其目的是建立数控车床的坐标系。开机后回参考点,可消除屏幕显示的随机动态坐标,使机床有个绝对的坐标基准。在连续重复的加工后,回参考点可消除进给运动部件的坐标累积误差。回参考点操作一般有手动回参考点及指令回参考点两种方法,手动回参考点的步骤见表 1-1-7。

表 1-1-7 手动回参考点步骤

序 号	操 作 步 骤	操 作 内 容
1	选择“回参考点”方式	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“回原点”按钮  ,转入回原点模式。

(续表)

序 号	操 作 步 骤	操 作 内 容
2	选择“快速倍率”的较低挡位	选择“快速倍率”选择开关到较低挡。降低移动速度,避免“超程”现象出现。
3	X 轴回零	点击操作面板上的“X 轴选择”按钮  ,使 X 轴方向移动指示灯变亮  ,点击“正方向移动”按钮  ,此时 X 轴将回原点,X 轴回原点灯变亮  ,CRT 上的 X 坐标变为“600.00”。
4	Z 轴回零	点击操作面板上的“Z 轴选择”按钮  ,点击“正方向移动”按钮  ,此时 Z 轴将回原点,Z 轴回原点灯变亮  ,CRT 上的 Z 坐标变为“1 010.00”。

3. 手动连续进给

手动连续进给可快速移动刀架到指定位置,其操作步骤见表 1-1-8。

表 1-1-8 手动连续进给步骤

序 号	操 作 步 骤	操 作 内 容
1	选择“手动连续进给”方式	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
2	选择“快速倍率”的挡位	调节主轴运行时的进给速度倍率开关到适当挡位。
3	选择进给轴	分别点击  ,  键,选择移动的坐标轴
4	选择进给方向	分别点击  ,  键,控制机床的移动方向

4. 主轴运动控制

点击,,控制主轴的转动和停止。

注:刀具切削零件时,主轴需转动。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),系统弹出警告对话框,同时主轴自动停止转动,调整到适当位置,继续加工时需再次点击,,按钮,使主轴重新转动。

5. 手动脉冲进给

在手动连续方式或在对刀需精确调节机床时,可用手动脉冲方式调节机床,操作方式见表 1-1-9。