



■ 全国中等职业技术学校数控加工专业教材 ■

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUOXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI

数控加工工艺 编程与操作

(FANUC系统车床分册)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

数控加工工艺编程与操作

(FANUC 系统车床分册)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺编程与操作: FANUC系统车床分册/沈建峰主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2008

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

ISBN 978-7-5045-6901-1

I. 数… II. 沈… III. ①数控机床-加工工艺 ②数控机床-程序设计 ③数控机床: 车床-加工工艺 ④数控机床: 车床-程序设计 IV. TG659 TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 040356 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京鑫正大印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 295 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

定价: 23.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

随着数控加工技术迅速发展和普及,企业对数控加工技能人才的知识和能力结构以及相应的职业教育和培训提出了更高、更新的要求。为适应这一形势,更好地满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学的需要,我们根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《数控加工专业教学计划与教学大纲》,在广泛调研的基础上,组织行业专家、职业教育研究人员、学校一线教师共同开发了中等职业技术学校数控加工专业教材。

本套教材主要包括:《数控加工工艺编程与操作(FANUC系统车床分册)》《数控加工工艺编程与操作(FANUC系统铣床与加工中心分册)》《数控加工工艺编程与操作(SIEMENS系统车床分册)》《数控加工工艺编程与操作(SIEMENS系统铣床与加工中心分册)》《数控加工工艺编程与操作(国产数控系统车床分册)》《数控加工工艺编程与操作(国产数控系统铣床与加工中心分册)》《CAD/CAM基础与实训(CAXA)》《CAD/CAM基础与实训(Mastercam)》《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》《数控机床电气控制系统及其故障诊断与维修》《模具结构与制造》等。

在本套教材的编写过程中,我们始终坚持了以下几个原则:

在教材体系构建方面,充分考虑各个学校教学条件和设备选型的差异,力求满足学校对数控系统和仿真软件的个性化需求。如针对数控加工工艺教学,按照车床、铣床(加工中心)两个系列,分别编写适合FANUC、SIEMENS和国产数控系统教学的6本教材;针对仿真教学,选取CAXA和Mastercam两种最常用的软件分别编写《CAD/CAM基础与实训(CAXA)》《CAD/CAM基础与实训(Mastercam)》。此外,考虑到各校在专业课程设置上会有某些差异,我们还开发了《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》和《数控机床电气控制系统及其故障诊断与维修》,为学校拓展数控加工专业课程设置创造了条件。

在教材编写模式方面,力求反映先进的教学理念,突出理论实训一体化教学的原则。根据任务驱动的先进教学理念,对教材内容进行重组,以典型零件的生产为载体,有机融入理论知识和操作技能。同时,在教材中尽可能多地采用图片、照片以及步骤清晰的操作流程,这样既再现了工作岗位的情境,又激发了学生的学习兴趣。

在教材内容安排方面,根据国家职业标准《数控车工》《数控铣工》《加工中心操作工》《数控机床装调维修工》,以及企业对数控加工人员的岗位要求,以够用实用为度,删除“繁难偏旧”的理论知识,加大技能训练环节教学内容的编写力度。

在教材配套和服务方面,力求满足教师和学生的需求。6本编程教材均配有练习指导,并按照应知和应会两部分内容编写,一方面梳理知识,提供更多的例题解析,另一方面设计了大量练习,帮助学生复习巩固所学知识。此外,教材中涉及的程序均制作成素材包,可以

从中国劳动社会保障出版社网站 www.class.com.cn 下载。

本套教材的编写得到江苏、浙江、广东、山东、四川、河南、河北、福建等省劳动和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

《数控加工工艺编程与操作 (FANUC 系统车床分册)》是为配合学校开展数控加工教学开发的专业教材，主要内容包括数控机床的编程与操作、简单轴类零件的加工、复合固定循环加工工件轮廓、子程序与刀尖圆弧半径补偿、螺纹加工、自动编程与数控仿真等。本书根据数控行业的岗位要求，按照任务驱动的模式编写，通过教学目标、任务分析、相关理论、操作实践、知识拓展、综合练习等环节组织教材内容，使教材紧紧围绕技能培养这一核心，实现了理论与实践的有机结合。

本书由沈建峰主编，陈立群、陈宏、杨旭参加编写；曾福辉主审。

劳动和社会保障部教材办公室

2008 年 3 月

《数控加工工艺编程与操作 (FANUC 系统车床分册)》

参 考 学 时

章 节 内 容	总学时	讲授	训练
单元一 数控机床的编程与操作基础	30	6	24
课题一 认识数控机床及其操作面板		2	4
课题二 数控车床的手动操作		2	10
课题三 数控车床程序的输入与编辑		2	10
单元二 简单轴类零件的加工	60	9	51
课题一 圆柱/圆锥类零件的编程与加工		3	17
课题二 圆弧工件的加工		3	17
课题三 单一固定循环		3	17
单元三 复合固定循环加工工件轮廓	120	14	106
课题一 外圆粗车固定循环加工		3	27
课题二 径向粗车固定循环加工		3	27
课题三 仿形车复合固定循环		3	21
课题四 复合固定循环车削内孔		2	16
课题五 切槽加工		3	15
单元四 子程序与刀尖圆弧半径补偿	45	5	40
课题一 子程序		3	20
课题二 刀尖圆弧半径补偿编程		2	20
单元五 螺纹加工	60	6	54
课题一 普通三角形螺纹加工		3	27
课题二 复合固定循环加工螺纹		3	27
单元六 自动编程与数控仿真	45	4	41
课题一 自动编程		2	13
课题二 数控仿真加工		2	28
单元七 中级职业技能鉴定应会试题	90	10	80
总计	450	54	396

目 录

单元一 数控机床的编程与操作基础	(1)
课题一 认识数控机床及其操作面板	(1)
课题二 数控车床的手动操作	(10)
课题三 数控车床程序的输入与编辑	(21)
单元二 简单轴类零件的加工	(35)
课题一 圆柱/圆锥类零件的编程与加工	(35)
课题二 圆弧工件的加工	(45)
课题三 单一固定循环	(57)
单元三 复合固定循环加工工件轮廓	(68)
课题一 外圆粗车固定循环加工	(68)
课题二 径向粗车固定循环加工	(76)
课题三 仿形车复合固定循环	(83)
课题四 复合固定循环车削内孔	(93)
课题五 切槽加工	(100)
单元四 子程序与刀尖圆弧半径补偿	(109)
课题一 子程序	(109)
课题二 刀尖圆弧半径补偿编程	(117)
单元五 螺纹加工	(127)
课题一 普通三角形螺纹加工	(127)
课题二 复合固定循环加工螺纹	(137)
单元六 自动编程与数控仿真	(146)
课题一 自动编程	(146)
课题二 数控仿真加工	(158)
单元七 中级职业技能鉴定应会试题	(172)
课题一 中级数控车应会试题 1	(172)
课题二 中级数控车应会试题 2	(180)

课题三	中级数控车应会试题 3	(187)
课题四	中级数控车应会试题 4	(189)
课题五	中级数控车应会试题 5	(191)
课题六	中级数控车应会试题 6	(193)
课题七	中级数控车应会试题 7	(195)

附录		(198)
----	-------	-------

附录 A	FANUC 0i 系统准备功能一览表	(198)
------	--------------------------	-------

附录 B	SIEMENS 802S/802C/802D 系统准备功能一览表	(200)
------	--	-------

附录 C	数控车床中级职业技能要求	(202)
------	--------------------	-------

单元一 数控机床的编程与操作基础

课题一 认识数控机床及其操作面板

一、教学目标

- ◇ 了解数控车床的分类;
- ◇ 了解数控车床的组成;
- ◇ 了解数控车床常用系统;
- ◇ 掌握数控车床操作面板上各功能按钮的含义与用途;
- ◇ 标注图 1—1 中各功能按钮的含义及功能。

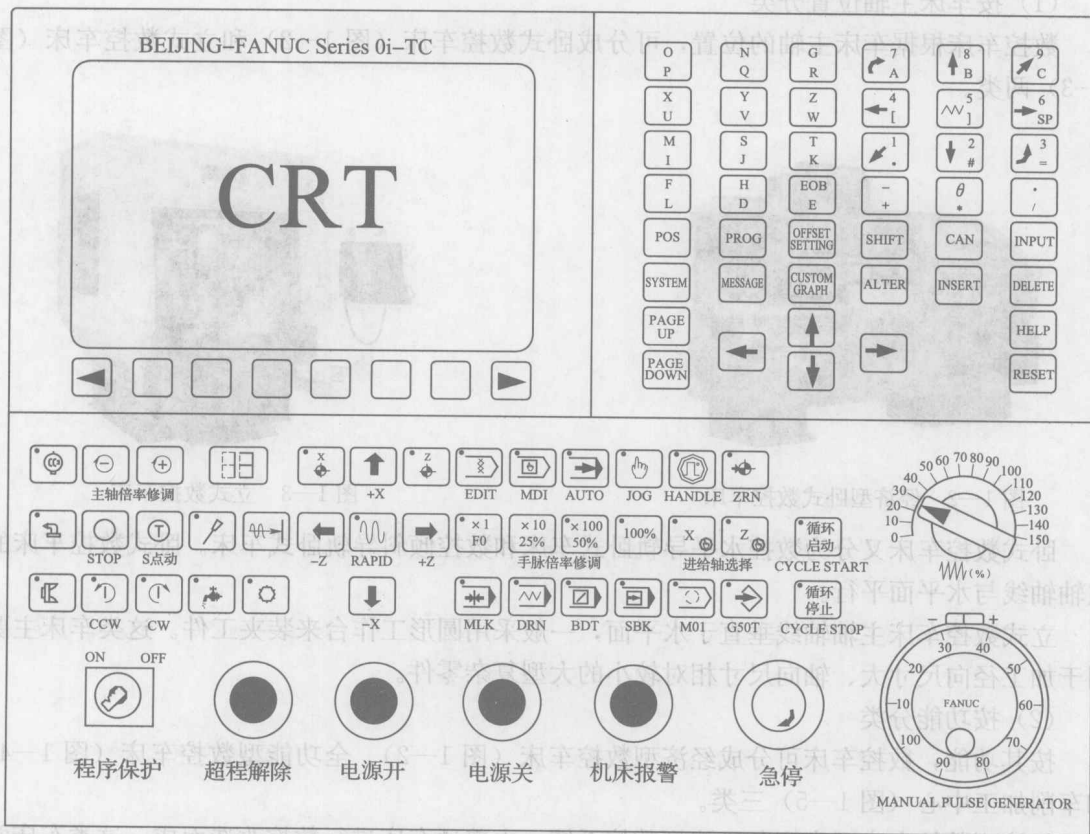


图 1—1 FANUC Oi 系统数控车床操作面板图

二、任务分析

任务要求 掌握如图 1—1 所示 FANUC Oi 系统数控车床操作面板上各按钮的功能, 并对每一功能进行标注。

任务分析 要学会数控机床的面板操作, 首先须掌握数控机床上各按钮的功能。此外, 在完成本任务前, 还须了解数控机床、数控系统、数控面板按钮功能等方面的知识。

在实施本任务时, 应尽可能组织学生进行现场参观, 在参观中加强学生的感性认识。在介绍数控机床时, 应尽可能多地从网络下载数控机床的图片, 用多媒体的形式呈现给学生。

由于数控机床生产厂家众多, 即使采用同一种数控系统的数控机床面板也不尽相同。因此, 在本课题的学习过程中, 教师和学生务必做到举一反三、融会贯通。

三、相关理论

通常情况下也将以车削加工为主并辅以铣削加工的数控车削中心归类为数控车床。

1. 数控车床的分类

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。数控机床按用途进行分类, 用于完成车削加工的数控机床称为数控车床。

(1) 按车床主轴位置分类

数控车床根据车床主轴的位置, 可分成卧式数控车床 (图 1—2) 和立式数控车床 (图 1—3) 两类。

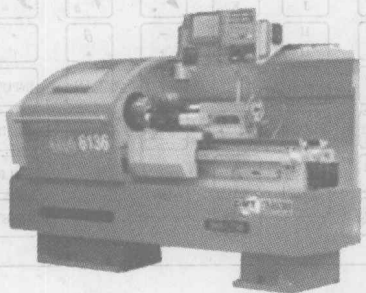


图 1—2 经济型卧式数控车床

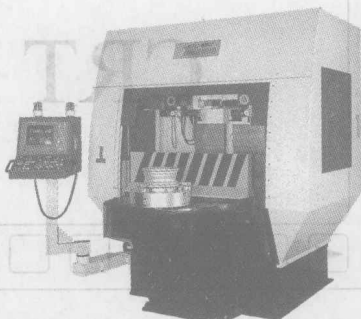


图 1—3 立式数控车床

卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。卧式数控车床的主轴轴线与水平面平行。

立式数控车床主轴轴线垂直于水平面, 一般采用圆形工作台来装夹工件。这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

(2) 按功能分类

按其功能, 数控车床可分成经济型数控车床 (图 1—2)、全功能型数控车床 (图 1—4) 和车削加工中心 (图 1—5) 三类。

经济型数控车床通常配备经济型数控系统, 由普通车床进行数控改造而成。这类车床常采用开环或半闭环伺服系统控制, 主轴较多采用变频调速, 结构与普通车床相似。

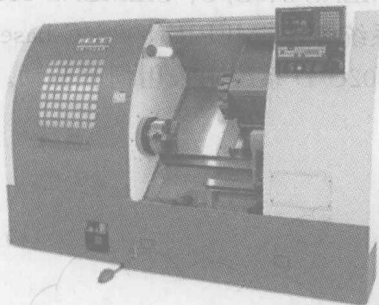


图 1—4 倾斜床身全功能型数控车床



图 1—5 车削加工中心

全功能型数控车床一般采用后置转塔式刀架，可装刀具数量较多；主轴为伺服驱动；车床采用倾斜床身结构以便于排屑；数控系统的功能较多，可靠性较好。

车削中心在全功能数控车床的基础上，增加了 C 轴和动力头，更高级的数控车床带有刀库和自动换刀装置，可实现三轴（X 轴、Z 轴和 C 轴）中任意两轴的联动控制。

(3) 其他分类方式

除以上的分类方式外，数控车床还可根据加工零件的基本类型、刀架数量、数控系统的不同控制方式等进行分类。

2. 数控车床的结构

(1) 数控车床的组成

数控车床主要由车床本体和数控系统两大部分组成。车床本体由床身、主轴、导轨、刀架、冷却装置等组成；数控系统由程序的输入/输出装置、数控装置、伺服驱动三部分组成。

(2) 数控车床的床身布局

数控车床的床身布局分为水平床身和倾斜床身两类。

水平床身数控车床（图 1—2）的加工工艺性好，由于刀架水平放置，提高了刀架的运动精度，缺点是刚度较差、排屑较困难。

倾斜床身数控车床（图 1—4）具有刚度好、外形美观、结构紧凑、排屑容易、便于操作和观察的优点，这类车床的缺点是，当其床身的倾斜角度较大时，会影响导轨的导向性和受力状况。

3. 车床数控系统介绍

(1) FANUC 数控系统

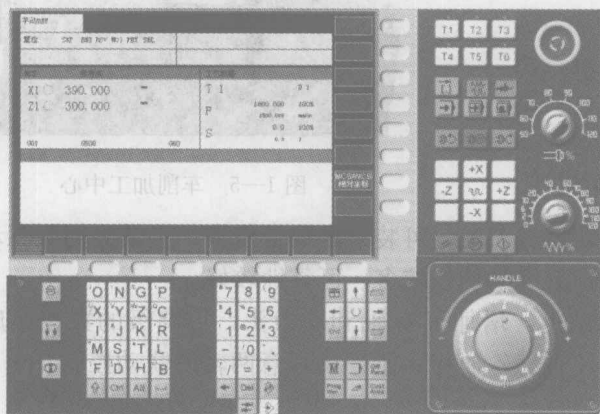
FANUC 数控系统由日本富士通公司研制开发。当前，该数控系统在我国得到了广泛的应用。目前，在我国市场上，应用于车床的数控系统主要有 FANUC 18i TA/TB、FANUC 0i TA/TB/TC、FANUC 0 TD 等。FANUC 0i TA/TB/TC 数控系统操作界面如图 1—1 所示。

(2) SIEMENS 数控系统

SIEMENS 数控系统由德国西门子公司开发研制，该系统在我国数控机床中的应用也相

你能在图 1—4 中标出数控车床各部分结构的位置吗？

当普遍。目前,在我国市场上,常用的数控系统除 SIEMENS 840D/C、SIEMENS 810T/M 等型号外,还有专门针对我国市场而开发的车床数控系统 SINUMERIK 802S/C base line、802D 等型号。其中 802S 系统采用步进电动机驱动,802C/D 系统则采用伺服驱动。SIEMENS 802D 车床数控系统操作界面如图 1—6 所示。



SIEMENS 系统编程指令与 FANUC 系统编程指令的差别较大。

图 1—6 SIEMENS 802D 车床数控系统操作界面

(3) 国产数控系统

自 20 世纪 80 年代初期开始,我国数控系统的生产与研制得到了飞速的发展,并逐步形成了航天数控集团、机电集团、华中数控、蓝天数控等以生产普及型数控系统为主的国有企业,以及北京—法那科、西门子数控(南京)有限公司等合资企业的基本力量。目前,常用于车床的数控系统有广州数控系统,如 GSK928T、GSK980T (操作面板见图 1—7) 等;华中数控系统,如 HNC—21T (操作面板见图 1—8) 等;北京航天数控系统,如 CASNUC 2100 等;南京仁和数控系统,如 RENHE—32T/90T/100T 等。

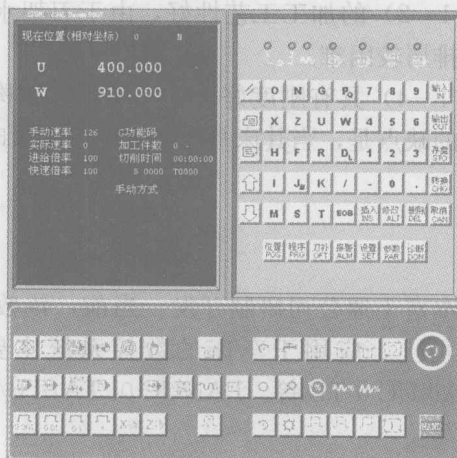


图 1—7 广数 GSK980T 系统操作界面



图 1—8 华中 HNC—21T 系统操作界面

国产系统的编程均可参照FANUC系统的规范进行。

(4) 其他数控系统

除了以上三类主流数控系统外，国内使用较多的数控系统还有日本三菱数控系统和大森数控系统、法国施耐德数控系统、西班牙法格数控系统和美国 A—B 数控系统等。

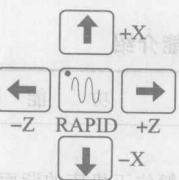
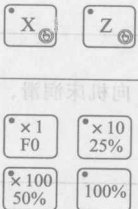
4. 数控系统控制面板按钮及功能介绍

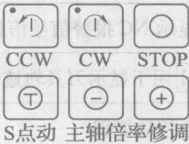
(1) 机床控制面板功能介绍（表 1—1）

表 1—1 FANUC 0i—TA 机床控制面板功能介绍

名 称	功 能 键 图	功 能
机床总电源开关		机床总电源开关一般位于机床的背面。置于“ON”时为主电源开
系统电源开关		按下按钮“电源开”，向机床润滑、冷却等机械部分及数控系统供电
紧急停止与机床报警		当出现紧急情况而按下急停按钮时，在屏幕上出现“EMG”字样，机床报警指示灯亮
超程解除按钮		当机床出现超程报警时，按下“超程解除”按钮不要松开，可使超程轴的限位挡块松开，然后用手摇脉冲发生器反向移动该轴，从而解除超程报警

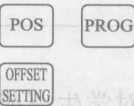
续表

名 称	功 能 键 图	功 能
模式选择按钮		“EDIT”模式：程序的输入及编辑操作 “MDI”模式：手动数据（如参数）输入的操作 “AUTO”模式：自动运行加工操作 “JOG”模式：手动切削进给或手动快速进给 “HANDLE”模式：手摇进给操作 “ZRN”模式：回参考点操作 注：以上模式按钮为单选按钮，只能选择其中的一个
“AUTO”模式下的按钮		MLK：机床锁住。用于检查程序编制的正确性，该模式下刀具在自动运行过程中的移动功能将被限制 DRN：空运行。用于检查刀具运行轨迹的正确性，该模式下自动运行过程中的刀具进给始终为快速进给 BDT：程序段跳跃。当该按钮按下时，程序段前加“/”符号的程序段将被跳过而不执行 SBK：单段运行。该模式下，每按一次循环启动按钮，机床将执行一段程序后暂停 OPT STOP：选择停止。该模式下，指令 M01 的功能与指令 M00 的功能相同
“JOG”进给及其进给方向		“JOG”模式下，按下指定轴的方向键不松开，即可指定刀具沿指定的方向进行手动连续慢速进给。进给速率可通过进给速度倍率旋钮进行调节 按下指定轴的方向键不松开，同时按下中间位置的快速移动按钮（RAPID），即可实现自动快速进给
“HANDLE”操作及其进给方向		选择手摇操作的进给轴 “×1”“×10”和“×100”为手摇操作模式下的三种不同增量步长，而“F0”“F25”“F50”和“F100”为四种不同的快速进给倍率
回参考点指示灯		当相应轴返回参考点后，对应轴的返回参考点指示灯亮起
冷却润滑		按下“间隙润滑”后，将立即对机床进行间隙性润滑 按下“手动冷却”按钮后，执行切削液“开”功能

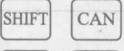
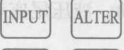
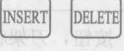
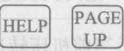
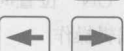
续表		名称	功能键图	功 能
主轴功能				CCW: 主轴反转按钮 CW: 主轴正转按钮 STOP: 主轴停转按钮 注: 以上按钮仅在“JOG”或“HANDLE”模式有效 按下“S点动”主轴旋转, 松开则主轴停止旋转 按主轴修调“+”使主轴增速, 反之则减速
液压按钮				该按钮依次为液压启动、液压尾座和液压卡盘
其他按钮				每按一次“刀架转位”按钮, 刀架将转过一个刀位 “REPOS”用于实现程序中中断后的返回中断点操作 “G50T”功能可为每一把刀具设定一个工件坐标系 “状态显示”用于显示当前机床转速挡位数及刀具号
				当程序保护开关处于“ON”位置时, 即使在“EDIT”状态下也不能对 NC 程序进行编辑操作
加工控制				“循环启动”按钮用于启动自动运行 “循环停止”用于使自动运行加工暂时停止

(2) 数控系统 MDI 功能键 (表 1—2)

表 1—2 MDI 按键功能

名称	功能键图例	功 能
数字键		用于数字 0~9 及运算键“+”“-”“*”“/”等符号的输入
运算键		用于 A、B、C、X、Y、Z、I、J、K 等字母的输入
字母键		EOB 用于程序段结束符“*”或“;”的输入
程序段结束		POS 用于显示刀具的坐标位置
位置显示		PROG 用于显示“EDIT”方式下存储器里的程序; 在 MDI 方式下输入及显示 MDI 数据; 在 AUTO 方式下显示程序指令值
程序显示		OFFSET SETTING 用于设定并显示刀具补偿值、工作坐标系、宏程序变量
刀具设定		

续表

名 称	功能键图例	功 能
系统	 	 用于参数的设定、显示，自诊断功能数据的显示等
报警信号键		 用于显示 NC 报警信号信息、报警记录等
图形显示		 用于显示刀具轨迹等图形
上挡键	  	 用于输入上挡功能键
字符取消键		 用于取消最后一个输入的字符或符号
参数输入键		 用于参数或补偿值的输入
替代键		 用于程序编辑过程中程序字的替代
插入键		 用于程序编辑过程中程序字的插入
删除键	  	 用于删除程序字、程序段及整个程序
帮助键		 为帮助功能键
复位键		 用于使所有操作停止，返回初始状态
向前翻页键		 用于向程序开始的方向翻页
向后翻页键		 用于向程序结束的方向翻页
光标移动键		 共四个，用于使光标上下或前后移动

(3) CRT 显示器中的软键功能

在 CRT 显示器的下方，有一排软按键，这排软按键的功能是根据 CRT 中的对应提示来指定的。

在本书中，机床面板上的控制键用带“”的字符表示，如“HANDLE”等；MDI功能按钮用加“□”的字符表示，如表示编辑功能按钮。

四、操作实践

1. 识读机床面板

根据图 1—1，标出各按钮的含义与功能。

注意：本任务的实施过程中，教师的讲解与学生的练习均在学习车间进行效果更好。

2. 任务评价

任务评价通过课题配分权重表（表 1—3）来体现，是对学生完成任务情况的一个综合评价，可通过自评、互评和教师评分等方式进行。任务配分权重表主要由以下四个主要部分组成。

表 1—3

数控机床面板配分权重表

工件编号		总得分				
项目与权重	序号	技术要求	配分	评分标准	检测记录	得分
工件评分 (40%)	1	熟悉数控机床	10	教师提问		
	2	标注机床面板功能	30	不正确每处扣 3 分		
程序与工艺	3	暂无				
机床操作	4	暂无				
文明生产 (60%)	5	机床维护与保养	30	机床保养		
	6	安全操作		教师提问		
	7	工作场所整理	30	现场清理		

(1) 工件评分

该项目主要用于评价学生对任务的完成情况与完成质量,包括工件的尺寸精度、形位精度、表面粗糙度和配合精度等内容。由于在开始实习时,学生以安全操作机床为实习的主要目的,因此,工件评分在开始的几个任务中配分权重较轻,随着任务的深入,该项目的配分将逐渐提高,直至达到占总分的 70%~80%。

(2) 程序评分

该项目主要用于评价程序编写的规范性、合理性和正确性。与工件评分情况相反,在开始的几个课题中,程序评分将作为配分的重点,但其配分权重将随任务的深入而减轻,直至降到占总分的 20%~30%。

(3) 机床操作

机床操作的配分权重也是前重后轻,将随任务的深入而降低其配分权重,直至最终取消该项目的配分或酌情按 10%的比例配分。

(4) 安全文明生产

安全文明生产的配分要体现在每个任务中,在开始的几个任务中要特别加以强调,以养成学生良好的文明生产习惯,在以后的任务中或等级工考核中以倒扣分的形式加以体现。

五、知识拓展

各项任务的配分比例因任务的不同而变化。

1. FANUC 数控系统的发展

FANUC 公司生产的 CNC 产品根据其研发的先后次序,主要有 FS0、FS10/11/12、FS15、FS16、FS18、FS21/210 等系列。

(1) FS0 系列

FS0 系列是一种面板装配式的 CNC 系统。它有许多类型,例如 FS0—T、FS0—TT、FS0—M、FS0—ME、FS0—G、FS0—F 等。T 型 CNC 系统用于单刀架单主轴的数控车床;TT 型 CNC 系统用于单主轴双刀架或双主轴双刀架的数控车床;M 型 CNC 系统用于数控铣床或加工中心;G 型 CNC 系统用于数控磨床;F 型是对话型数控 CNC 系统。常用 FS0 系列数控系统的型号有 FANUC 0—TD、FANUC 0—MD、FANUC 0i—TA/TB/TC/TD、