

技工学校、职业学校数控类一体化教材

数控车床编程 与操作实训

(SIEMENS系统和FANUC系统)

沈建峰 主编 章志成 主审



国防工业出版社
National Defense Industry Press

技工学校、职业学校数控类一体化教材

数控车床编程与操作实训

(SIEMENS 系统和 FANUC 系统)

主 编 沈建峰

副主编 宋乃林 陆伟明 陈 飞

主 审 章志成 朱勤惠

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作实训 / 沈建峰主编. —北京: 国防工业出版社, 2006.9 重印

技工学校、职业学校数控类一体化教材

ISBN 7-118-04045-2

I. 数... II. 沈... III. ①数控机床: 车床-程序设计-专业学校-教材②数控机床: 车床-操作-专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082055 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 16¼ 字数 291 千字

2006 年 9 月第 3 次印刷 印数 8001—11000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

技工学校、职业学校数控类一体化教材编委会

(排名不分先后)

- | | |
|-----|-----------------|
| 陈立群 | 江苏常州技师学院 |
| 蔡坚成 | 江苏常州劳动和社会保障局培训处 |
| 林 森 | 江苏泰州技师学院 |
| 张涌海 | 江苏常州冶金技师学院 |
| 倪士俊 | 江苏常州冶金技师学院 |
| 狄东涛 | 江苏溧阳职业高级中学 |
| 朱忠平 | 江苏溧阳第二职业高级中学 |
| 蒋春芳 | 江苏金坛职教中心 |
| 马凤婷 | 江苏常州电子技校 |
| 姚国铭 | 江苏武进职教中心 |
| 芮桃明 | 江苏高淳职教中心 |
| 顾国洪 | 江苏江阴职教中心 |
| 徐锦华 | 西安工程技术学院 |
| 陈世林 | 成都高级技工学校 |

前 言

随着机电一体化技术的迅猛发展,数控机床的应用已日趋普及。在现代机械制造业中,正广泛采用数控技术以提高工件的加工精度和生产效率。

随着数控机床的大量使用,社会急需大批熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的技能型人才。因此,为了适应中、高级数控技术人员学习和培训的需要,满足技工学校、职业学校的数控教学之用,国防工业出版社组织编写了《技工学校、职业学校数控类一体化教材》丛书,该丛书包括《数控车床编程与操作实训》和《数控铣床、加工中心编程与操作实训》,其特点是内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂,并针对每个知识点配备了大量的实例。

本书由常州技师学院沈建峰、泰州技师学院宋乃林、武进职教中心陆伟明、常州冶金技师学院陈飞同志负责编写,沈建峰主编;常州劳动和社会保障局培训处的章志成同志和常州技师学院的朱勤惠同志审稿,章志成主审。另外,在本书的编写过程中借鉴了国内外同行的最新资料与文献,并得到了高级讲师唐应谦的精心指导以及编委会成员单位的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月

内 容 简 介

本书是根据 2004 年劳动部颁布的《数控车工国家职业标准》而编写的一本数控车床专业教材,内容包括数控车床编程、数控车床操作和数控车床加工工艺,其内容涵盖了数控车工中、高技能的绝大部分知识点。

本书共分四章,分别为数控编程的基础知识、FANUC 系统数控车床的编程与操作、SIEMENS 系统数控车床的编程与操作和中、高级数控车床编程与加工实例。本书在每一知识点的讲解过程中,均以实例的形式来体现,内容简单明了,通俗易懂。

本书主要用于技工学校、职业学校的数控车床专业教学,也可作为数控车床专业的职工培训教材和工人自学用书。

目 录

第一章 数控车床编程与加工基础	1
第一节 数控加工与数控车床概述	1
第二节 数控车床编程基础知识	10
第三节 数控车削用刀具及刀具功能	38
思考与练习	52
第二章 FANUC 系统的编程与操作	55
第一节 FANUC 系统及其功能简介	55
第二节 内、外圆加工固定循环	58
第三节 螺纹加工及其固定循环	81
第四节 子程序	103
第五节 用户宏程序	109
第六节 FANUC 系统及其车床的操作	123
思考与练习	141
第三章 SIEMENS 系统的编程与操作	143
第一节 SIEMENS 系统功能简介	143
第二节 内、外圆加工固定循环	148
第三节 螺纹加工及其固定循环	167
第四节 子程序	182
第五节 参数编程与坐标变换编程	185
第六节 SIEMENS 系统及其车床的操作	194
思考与练习	220
第四章 编程与加工实例	222
第一节 中级数控车工编程与加工实例	222
第二节 高级数控车工编程与加工实例	233
思考与练习	249
参考文献	251

第一章 数控车床编程与加工基础

第一节 数控加工与数控车床概述

随着科学技术的飞速发展,产品的更新换代越来越快、生产批量越来越小、生产周期也变得越来越短,但是产品的精度越来越高。为满足以上要求,在机械行业中,数控机床的使用已越来越广泛,特别是数控车床以其低廉的价格、优良的性能,在各制造行业中得到了普及,并有取代普通车床的趋势。因此,熟练掌握数控方面的专业技术已成为当代机械类技术工人的必备条件。

一、数控加工与数控编程

1. 数控加工的定义

数控加工是指在数控机床上自动加工零件的一种工艺方法。数控加工的实质是:数控机床按照事先编制好的加工程序并通过数字控制过程,自动完成零件的加工。

2. 数控加工的内容

一般来说,数控加工流程如图 1-1 所示,主要包括以下几方面的内容。

(1) 分析图样,确定加工方案 对所要加工的零件进行技术要求分析,选择合适的加工方式,再根据加工方式选择合适的数控加工机床。

(2) 工件的定位与装夹 根据零件的加工要求,选择合理的定位基准,并根据零件批量、精度及加工成本选择合适的夹具,完成工件的装夹与找正。

(3) 刀具的选择与安装 根据零件的加工工艺性与结构工艺性,选择合适的刀具材料与刀具种类,完成刀具的安装与对刀,并将对刀所得参数正确设定在数控系统中。

(4) 编制数控加工程序 根据零件的加工要求,对零件进行编程,并经初步校验后,将这些程序通过控制介质或手动方式输入机床数控系统。

(5) 试切削、试运行并校验数控加工程序 对所输入的程序进行试运行,并进行首件试切削。试切削一方面用来对加工程序进行最后的校验,另一方面用来校验工件的加工精度。

(6) 数控加工 当试切的首件经检验合格并确认加工程序正确无误后,便

可进入数控加工阶段。

(7) 工件的验收与质量误差分析 工件入库前,先进行工件的检验,并通过质量分析,找出误差产生的原因,提出纠正误差的措施。

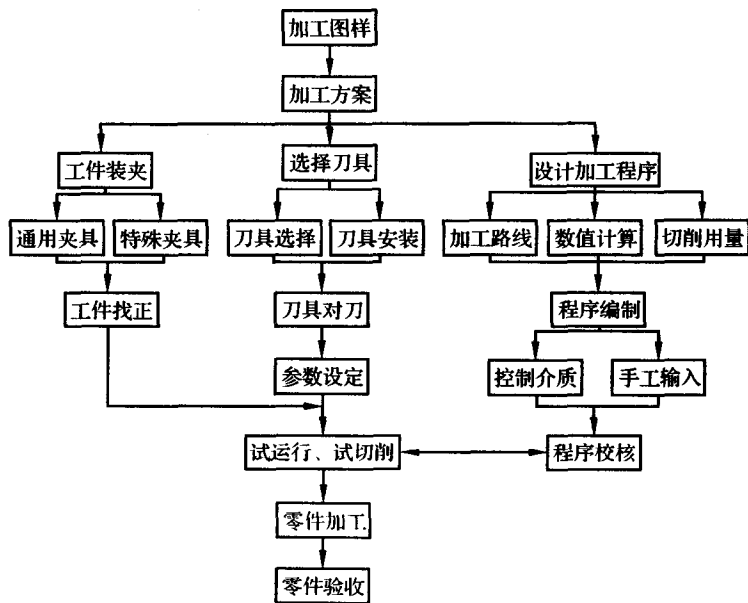


图 1-1 数控加工流程图

3. 数控编程的定义

为了使数控机床能根据零件加工的要求进行操作,必须将这些要求以机床数控系统能识别的指令形式告知数控系统,这种数控系统可以识别的指令集称为程序,制作程序的过程称为数控编程。

数控编程的过程不仅仅指编写数控加工指令的过程,它包括从零件分析开始,经编写加工指令到制成控制介质以及程序校验的全过程。在编程前,首先要进行零件的加工工艺分析,确定加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数以及各项其他功能,如换(转)刀、主轴正反转及停止、切削液开关等;然后,根据数控机床规定的指令及程序格式,编写加工程序单;再将程序单中的内容记录在控制介质上(如软盘、移动存储器、硬盘),并经检查无误后,采用手工输入方式或计算机传输方式输入机床的数控装置中,从而指挥机床加工零件。

4. 数控编程的内容与步骤

数控编程的步骤如图 1-2 所示,其内容主要有以下几个方面。

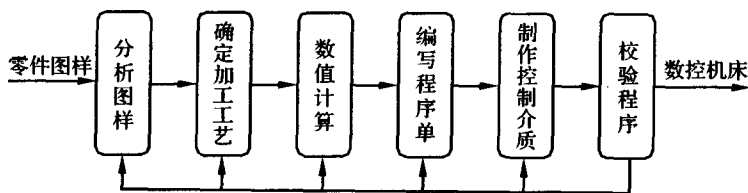


图 1-2 数控编程的步骤

(1) 分析零件图样 零件轮廓分析,零件尺寸精度、形位精度、表面粗糙度、技术要求的分析,零件材料、热处理等要求的分析。

(2) 确定加工工艺 选择加工方案,确定加工路线,选择定位与夹紧方式,选择刀具,选择各项切削参数,选择对刀点、转刀点等。

(3) 数值计算 选择编程坐标系原点,对零件轮廓上各基点或节点进行准确的数值计算,为编写加工程序单做好准备。

(4) 编写加工程序单 根据数控机床规定的指令及程序格式编写加工程序单。

(5) 制作控制介质 简单的数控加工程序,可直接通过键盘进行手工输入。当需要自动输入加工程序时,必须预先制作控制介质。现在大多数程序采用软盘、移动存储器、硬盘作为存储介质,采用计算机传输进行自动输入。目前,老式的穿孔纸带已很少使用了。

(6) 程序校验 加工程序必须经过校验并确认无误后才能使用。程序校验一般采用机床空运行的方式进行,有图形显示功能的机床可直接在 CRT 显示屏上进行校验,另外还可采用计算机数控模拟等方式进行校验。

二、数控编程的分类

数控编程可分为手工编程和自动编程两类。

1. 手工编程

手工编程是指所有编制加工程序的全过程,即图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序单、制作控制介质、程序校验都是由手工来完成。

手工编程不需要计算机、编程器、编程软件等辅助设备,只要有合格的编程人员即可完成。手工编程具有编程简便、及时的优点,但其缺点是不宜对复杂曲线或三维曲面轮廓进行编程。手工编程比较适合批量较大、形状简单、计算方便、轮廓由直线或圆弧组成的零件的加工。对于形状复杂的零件,特别是具有非圆曲线、列表曲线及三维曲面的零件,采用手工编程则比较困难。

2. 自动编程

自动编程是指通过计算机自动编制数控加工程序的过程。

自动编程的优点是效率高、程序正确性好。自动编程由计算机替代人完成复杂的坐标计算和书写程序单的工作,它可以解决许多手工编程无法完成的复杂零件编程难题。其缺点是必须具备自动编程系统或编程软件。

实现自动编程的方法主要有语言式自动编程和图形交互式自动编程两种。前者是通过高级语言的形式,表示出全部加工内容,计算机采用批处理方式,一次性处理、输出加工程序。后者是采用人机对话的处理方式,利用 CAD/CAM 功能生成加工程序。

CAD/CAM 软件编程与加工过程:图样分析、工艺分析、三维造型、生成刀具轨迹、后置处理生成加工程序、程序校验、程序传输并进行加工。

当前常用的数控车床自动编程软件有:Mastercam 数控车床编程软件(编程界面见图 1-3)、Caxa 数控车床编程软件(编程界面见图 1-4)等。

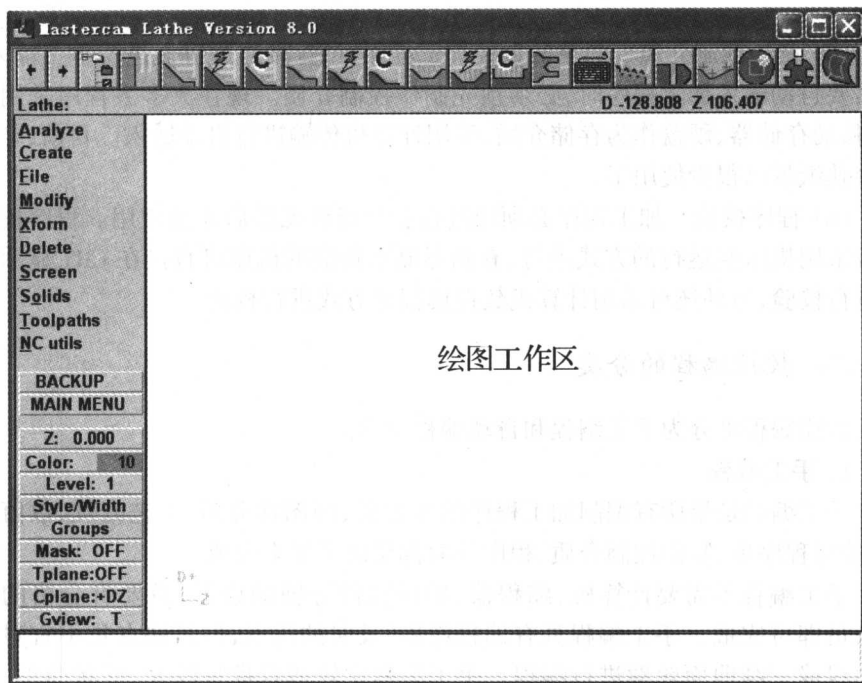


图 1-3 Mastercam 数控车床自动编程界面

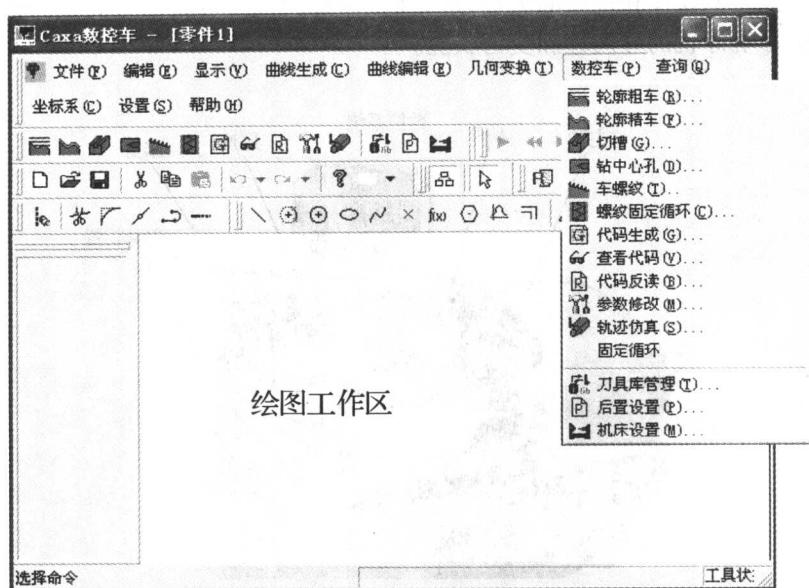


图 1-4 Caxa 数控车床自动编程界面

三、数控车床及其编程特点

1. 数控车床

1) 数控车床的定义

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。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。图 1-5 所示为经济型数控车床。

2) 数控车床的组成

如图 1-5 所示,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、滑板、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 3 部分组成。

3) 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。

水平床身经济型数控车床(见图 1-5)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,这类机床的缺点是刚性较差、排屑较困难。

倾斜床身全功能型数控车床(见图 1-6)具有刚性好、外形美观、结构紧凑、

排屑容易、便于操作和观察的优点,这类机床的缺点是,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。

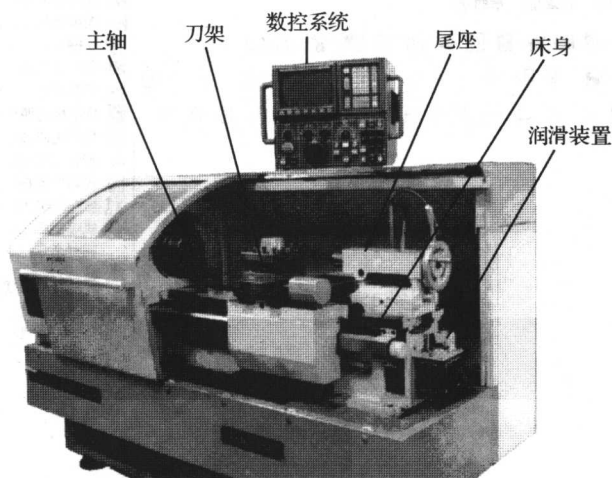


图 1-5 水平床身经济型数控车床

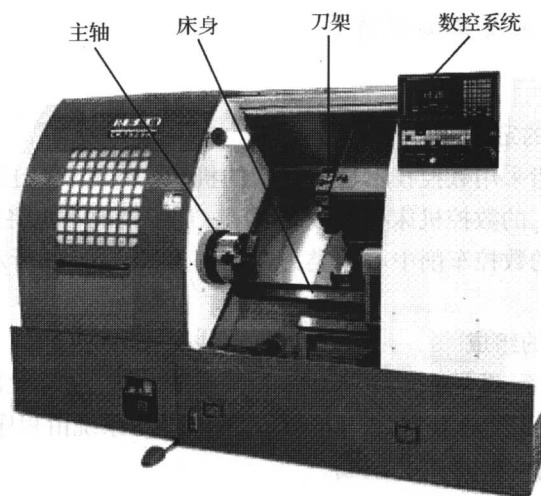


图 1-6 倾斜床身全功能型数控车床

2. 数控车床的分类

根据使用功能,数控车床主要分为经济型数控车床、全功能型数控车床以及车削中心等。

1) 经济型数控车床

经济型数控车床是以配备经济型数控系统为特征,并基于普通车床进行数控改造的产物。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,机床结构与普通车床相似。

2) 全功能型数控车床

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,便于排屑;数控系统的功能较多,可靠性较好。

3) 车削中心

车削中心(见图 1-7)的特点是:除具有数控车削加工功能外,车削中心还采用了动力刀架,并可在刀架上安装铣刀等回转刀具,该刀架具备动力回转功能。其次,车削中心还具有 C 轴功能。当动力刀具启用后,主轴旋转运动成为进给运动,刀具旋转变成了主运动。车削中心的刀架容量一般较大,部分车削中心还带有刀库和自动换刀装置。

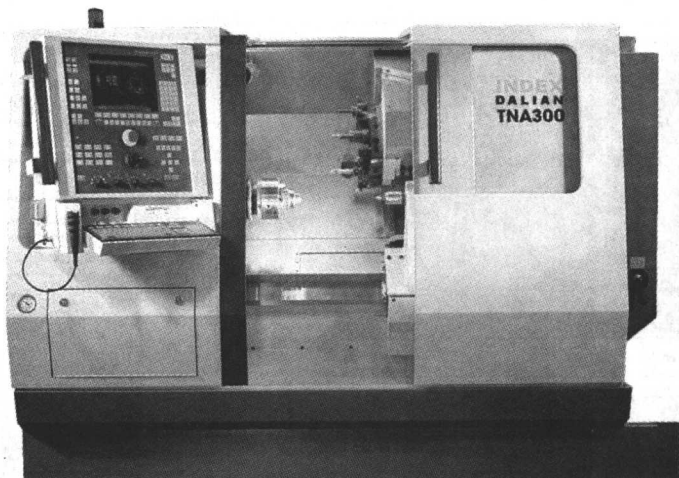


图 1-7 车削中心

3. 数控车床的编程特点

(1) 在一个程序段中,根据图样上标注的尺寸,可以采用绝对方式或增量方式编程,也可采用两者混合编程。在 SIEMENS(西门子)系统中用 G90/G91 指令来指定绝对尺寸与增量尺寸,而在某些数控系统(如 FANUC)中,则规定直接用地址符 U 、 W 分别指定 X 、 Z 坐标轴上的增量值。

(2) 由于被车削零件的径向尺寸在图样标注和测量时,均采用直径尺寸表示,所以,在直径方向编程时, $X(U)$ 均以直径量表示。

(3) 为提高工件的径向尺寸精度, X 向的脉冲当量取 Z 向的 $1/2$ 。

(4) 由于车削加工时常用棒料或锻料作为毛坯, 加工余量较多。为了简化编程, 数控系统采用了不同形式的固定循环, 便于进行多次重复循环切削。

(5) 在数控编程时, 常将车刀刀尖看做一个点, 而实际的刀尖通常是一个半径不大的圆弧。为了提高工件的加工精度, 在编制采用圆弧形车刀的加工程序时, 常采用 G41 指令或 G42 指令来对车刀的刀尖圆弧半径进行补偿。

四、常用车床数控系统

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, 在中国市场上, 应用于车床的数控系统主要有 FANUC 18i-TA/TB、FANUC 0i-TA/TB、FANUC 0-TD 等。FANUC 0i-TA 数控系统操作界面如图 1-8 所示。

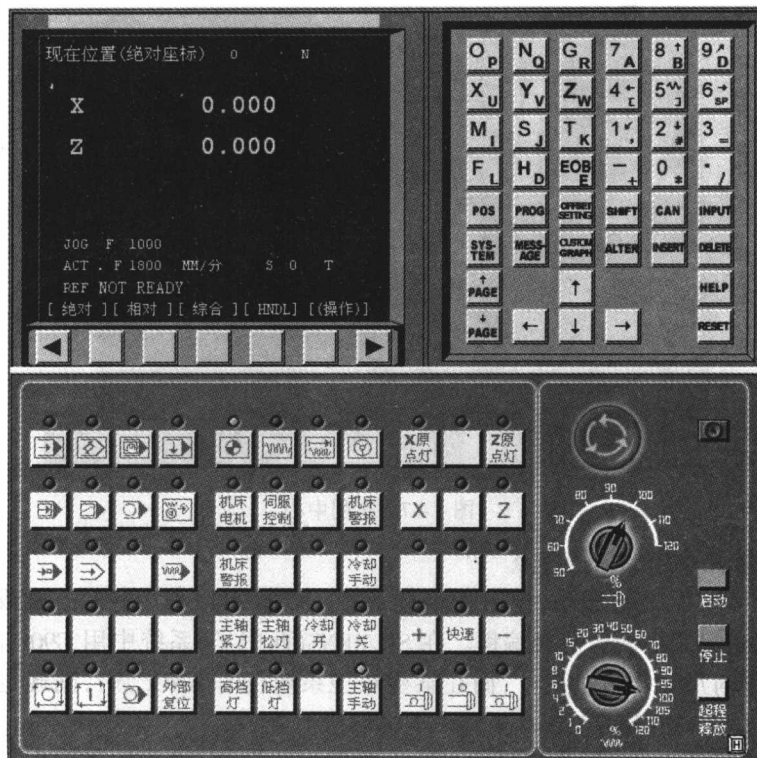


图 1-8 FANUC 0i-TA 数控车床系统操作界面

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当普遍。目前,在我国市场上,常用的数控系统除 SIMEMENS 840D/C、SIMEMENS 810T/M 等型号外,还有专门针对我国市场而开发出来的,并在南京生产的车床数控系统 SINUMERIK 802S/C base line、802D 等型号。其中,802S 系统采用步进电机驱动,802C/D 系统则采用伺服驱动,802 系列数控系统的各种型号均有分别适用于车削加工或铣削加工的产品。SIEMENS 802D 车床数控系统操作界面如图 1-9 所示。

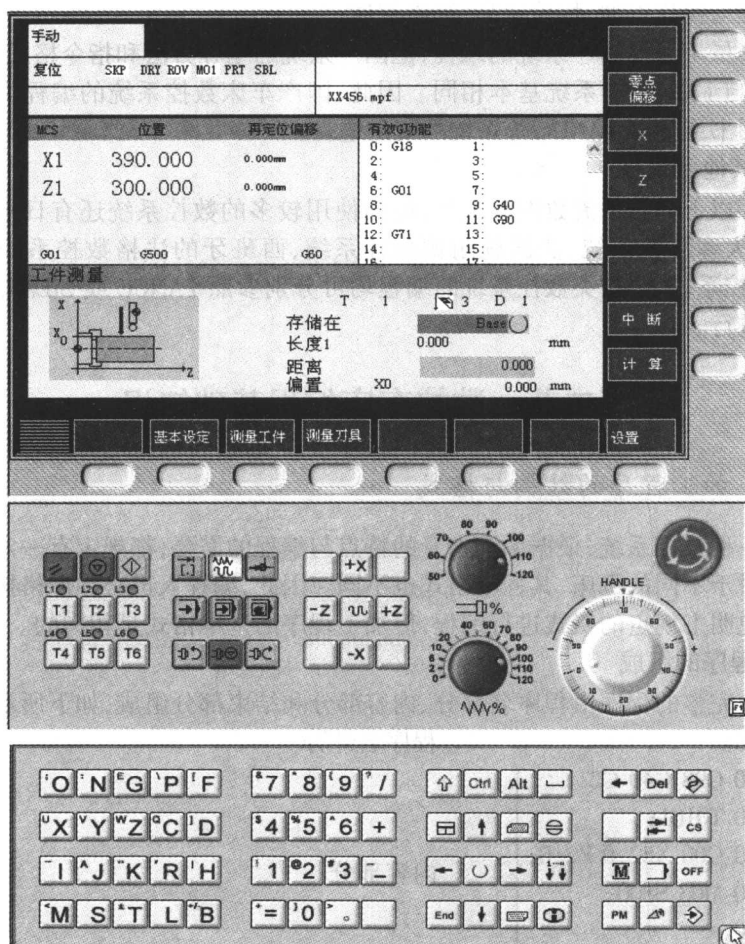


图 1-9 SIEMENS 802D 数控车床系统操作界面

3. 国产系统

自 20 世纪 80 年代初期开始,我国数控系统生产与研制得到了飞速的发展,并逐步形成了以航天数控集团、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 等;华中数控系统,如 HNC-21T 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 等以及成都广泰数控系统,如 GTC2B/2C 等。

国产数控系统目前在经济型数控车床中运用较多,这类数控系统的共同特点是编程与操作方便、性价比高、维修简便。

本书虽未涉及国产系统的编程,但国产系统的编程方法和指令格式(包括固定循环)与 FANUC 等系统基本相同。因此,国产车床数控系统的编程均可按其编程说明书或参照 FANUC 等系统的规定进行。

4. 其他系统

除了以上 3 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、大森数控系统、法国施耐德数控系统、西班牙的法格数控系统 and 美国 A-B 数控系统等。这类数控系统的编程均可分别参照 FANUC 或 SIEMENS 系统的规定进行。

第二节 数控车床编程基础知识

一、加工程序的结构与格式

每一种数控系统,根据系统本身的特点与编程的需要,都规定有一定的程序格式。对于不同的机床,其程序格式也不同。因此,编程人员必须严格按照机床(系统)说明书规定的格式进行编程,但加工程序的基本格式是相同的。

1. 程序的组成

一个完整的程序由程序名部分、内容部分和结束部分组成,如下所示。

O0001		程序名部分
N10 G98 G40 G21;	}	内容部分
N20 T0101;		
N30 G00 X52.0 Z2.0;		
N40 M03 S800;		
N50 ...		
N200 G28 U0 W0;		
N210 M30;		结束部分