

职业技术教育数控专业项目教学系列教材



# 数控车削编程与操作

◎ 主 编 姜海滨 郑海波

职业技术教育数控专业项目教学系列教材

# 数控车削编程与操作

主编 娄海滨 郑海波  
参编 缪时敏



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数控车削编程与操作 / 娄海滨, 郑海波主编. —杭州:  
浙江大学出版社, 2009. 2

(职业技术教育数控专业项目教学系列教材)

ISBN 978-7-308-06542-9

I. 数… II. ①娄…②郑… III. ①数控机床: 车床—车  
削—程序设计—专业学校—教材②数控机床: 车床—车  
削—操作—专业学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 011276 号

## 数控车削编程与操作

主编 娄海滨 郑海波

丛书策划 樊晓燕

责任编辑 王波

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

<http://www.press.zju.edu.cn>)

电话: 0571-88925592, 88273066 (传真)

排版 杭州中大图文设计有限公司

印刷 富阳市育才印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 16.25

字数 395 千

版印次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

印数 0001—3000

书号 ISBN 978-7-308-06542-9

定 价 26.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

# 总 序

近年来,浙江大学出版社一直关注着职业教育的改革与发展,并通过为中等职业教育开发教材,努力为职业教育做贡献。早在2002年,浙江大学出版社就出版了浙江省第一套适用于中等职业教育的数控专业教材。最近,为落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》中提出的“以服务为宗旨、以就业为导向”的办学方针和教育部提出的“以就业为导向、以能力为本位”的教育教学指导思想,浙江大学出版社组织编写了基于“项目教学型课程”的中等职业教育数控专业教材。

这套教材在编写中,充分体现了工作过程导向的课程开发思想,凸显了职业教育的教学规律。它具有以下几个特点:一是能力本位,即课程定位与目标、课程内容与要求、课程实施与评价等都力求突出职业能力的培养,符合职业教育人才培养的目标要求;二是任务引领,即以工作任务为中心引领技能、知识和态度的学习,让学生在完成工作任务的过程中发展学生的综合能力;三是结果驱动,即通过完成工作任务的结果,如物质产品或服务产品,激发学生的成就动机,有利于提高教学质量;四是内容实用,即紧紧围绕工作任务的需要选择课程内容,不追求理论知识的系统性,而是强调内容的实用性;五是做学一体,即主张打破长期以来的理论与实践二元分离的局面,以完成工作任务的工作过程为红线组织教学,旨在实现理论与实践的一体化教学。

这套教材的编写人员,均为参加过教育部中德师资培训项目的骨干教师。他们借鉴、吸收了德国职业教育的许多先进理念和先进经验,并充分考虑了我国国情,以现代企业的需求为基础,结合中等职业学校学生的智力结构和认知水平,组织教材内容,使教师在使用这套教材教学时,能教得轻松;学生在使用这套教材学习时,学得有兴趣。所以,从这个意义上讲,这套教材也是中德师资培训项目的成果。

这套教材的出版,是对基于工作过程导向的项目教学理论与开发技术的

一次有益尝试。它对重构符合地区经济特色的职业教育课程体系,促进符合职业教育规律和特点的人才培养模式和课程模式的改革,具有重要的现实意义。

这套教材的出版,是教材编写组成员、各地职业教育专家和教师、企业界技术管理人员通力合作,为之倾注心血和智慧结晶。对所有为这套教材的出版做出奉献和贡献的人们,我要表达自己由衷的谢意和深深的敬意。

我相信,这套教材的出版,将为中等职业教育数控专业的教学改革做出新贡献,并将发挥范例的作用,进而推动整个中等职业教育的课程开发和教材改革向纵深发展。

需要特别指出,在新一轮中等职业教育课程改革的进程中,浙江大学出版社带了好头,其所作所为,为我国高等学校及高等学校出版社参加、参与中等职业教育的课程开发和教学改革,开创了一种新模式,做出了一个好榜样。我坚信,今后将会有更多的高等学校及高等学校出版社,都会像浙江大学和浙江大学出版社一样,热情关注中等职业教育和高等职业教育的发展。这对促进职业教育的教学改革,培养更多更好的我国经济建设所需要的高素质高技能的人才,有着十分深远的意义。

**姜大源**

(教育部职业技术教育中心研究所研究员、中国职业技术教育杂志主编)

2008年7月30日

# 前 言

本书是职业教育数控专业项目教学系列教材之一,是根据数控车工国家职业技能鉴定标准编写的。

数控技术及数控机床在当今机械制造业中的重要地位及其所带来的巨大效益,显示了其在国家基础工业现代化中的战略性作用,并已成为传统机械制造业提升改造和实现自动化、柔性化、集成化生产的重要手段和标志。随着国内数控机床的用量剧增,企业急需大批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型技术人才。为了适应我国职业教育发展及应用型人才培养的需要,我们经过反复实践与总结,编写了这本《数控车削编程与操作》。

本书从数控车床操作的要求出发,注重技能训练,结合典型实例,详细介绍了机床操作、手工编程、数控车削加工工艺等核心内容。在内容组织和编排上兼顾了国内系统与国外系统、中高档和经济型数控系统,选用了FANUC(法那科)、SIEMENS(西门子)、华中系统和广州数控系统作为典型数控系统进行剖析。在课程结构上突出实践操作和编程技能,打破原有单系统单章节的体系,在编程和综合练习中以项目教学法为指导思想,并设置了相应的项目练习,将4种系统的编程指令进行横向比较,通过大量实例表述不同系统编程中的异同,从而使读者对数控编程有更深入的理解。

本书可作为中职学校数控、模具、机械制造、机电一体化等机电类专业的教材,也可作为机械行业企业员工的岗位培训教材。

本书由娄海滨、郑海波主编并统稿,参加编写的有:温州职业中专娄海滨编写了第一章、第三章,玉环县坎门文技校郑海波编写了第二章、第四章及附录,平阳技工学校缪时敏编写了第五章。在编写过程中参考了数控编程方面的诸多资料、教材和各系统编程操作手册,在此对相关作者深表谢意。

限于编者水平和经验,书中难免有欠妥之处,敬请读者批评指正。

**编者**

# 目 录

<b>第1章 数控车床操作基础</b> .....	1
1.1 数控车床与车削加工简介 .....	1
1.2 数控车床控制面板的学习与操作训练 .....	6
1.3 数控车床刀具 .....	31
1.4 坐标系与对刀 .....	38
1.5 数控程序概述 .....	55
1.6 典型数控系统的程序输入与自动运行 .....	64
<b>第2章 数控车削编程基础</b> .....	76
项目一 直线编程练习 .....	76
项目二 圆弧编程练习 .....	86
项目三 刀具半径补偿指令练习 .....	91
项目四 切槽编程练习 .....	99
项目五 固定循环指令编程练习 .....	103
项目六 螺纹编程练习 .....	132
项目七 子程序练习 .....	144
<b>第3章 数控车削加工工艺</b> .....	149
3.1 数控车床的加工对象 .....	149
3.2 数控车床编程加工工艺处理 .....	150
3.3 切削用量的选择 .....	156
<b>第4章 数控车削加工综合练习</b> .....	161
项目一 轮廓精加工 .....	161
项目二 轮廓粗加工 .....	164
项目三 .....	168

项目四 .....	175
项目五 .....	182
项目六 .....	189
项目七 .....	196
项目八 .....	202
项目九 .....	207
项目十 .....	211
<b>第5章 中级数控车工试题集 .....</b>	<b>218</b>
5.1 中级数控车工理论试题集 .....	218
5.2 中级数控车工理论试题参考答案 .....	231
5.3 中级数控车工操作试题集 .....	233
<b>附:斯沃数控仿真软件的介绍与操作 .....</b>	<b>245</b>



# 第1章 数控车床操作基础

自美国在1952年研制出世界上第一台数控机床后,机床制造业就进入了数控时代。

数控机床是制造业的加工母机和国民经济的重要基础。它为国民经济各个部门提供装备和手段,具有无限放大的经济与社会效应。目前,欧、美、日等工业化国家已先后完成了数控机床产业化进程。

## 1.1 数控车床与车削加工简介

### 1.1.1 典型数控车床概述

#### 1. 数控车床介绍

数控车床是计算机数字控制(CNC)车床的简称,数字控制车床是用数字代码形式的信息(程序指令),控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的车床。它集通用性好的万能型车床、加工精度高的精密型车床和加工效率高的专用型车床的特点于一身,是国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床。它具有广泛的加工工艺性能,可加工圆柱、圆锥、圆弧和各种螺纹;具有直线插补、圆弧插补各种补偿功能,并在复杂零件的批量生产中发挥了良好的经济效果。

#### 2. 数控车床的组成

数控车床一般由车床主体、数控装置、主轴伺服系统、进给伺服系统及辅助部分组成。下面以CK6140数控车床(见图1-1)为例进行介绍。

##### (1) 车床主体

它是数控车床的机械主体,由车床的基础大件(如床身及导轨、底座)、各运动部件(如主轴、刀架和机械传动机构等)及辅助装置(如润滑装置、冷却装置等)所组成。通过专门设计,数控车床主体各部位性能比普通车床优越,如结构刚性好,能适应高速和强力车削需要;精度高,可靠性

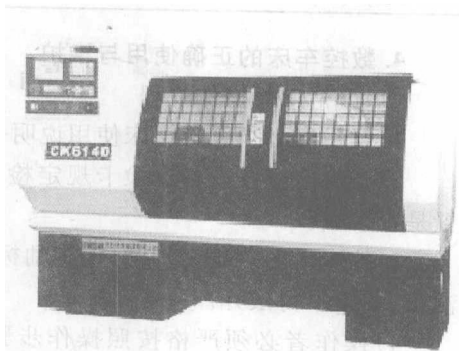


图 1-1 CK6140 数控车床

好,能适应精密加工和长时间连续工作等。

### (2) 数控装置

数控装置(习惯称为数控系统)是数控车床的控制核心,是对机床进行控制,并完成零件自动加工的专用微型计算机。它接收数字化了的零件图样和工艺要求等信息,按照一定的数学模型进行插补运算,用运算结果实时地向伺服系统和其他辅助的控制线路发出指令信号,对机床的各运动坐标进行速度和位置控制,完成零件的加工。

### (3) 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动电机、各种伺服驱动元件和执行机构等,是数控系统的执行部分。其作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,整台机床的性能主要取决于伺服系统。

## 3. 数控车床的主要技术参数

车床型号:CK6140

床身上最大回转直径	$\phi 400\text{mm}$
拖板上最大回转直径	$\phi 210\text{mm}$
X轴最大进给速度	3000mm/min
Z轴最大进给速度	6000mm/min
X轴最大行程	380mm/min
Z轴最大行程	1000mm/min
主轴通孔直径	$\phi 62\text{mm}$
主轴内孔锥度	MT4
主轴转速	100~3000r/min
尾座套筒内孔锥度	MT5
尾座套筒移动量	160mm
尾座套筒直径	$\phi 75\text{mm}$
X轴重复定位精度	0.01mm
Z轴重复定位精度	0.015mm
刀位数	4
刀方尺寸	25×25mm
主电机功率	6kW

## 4. 数控车床的正确使用与维护

### (1) 严格遵循操作规程

- 1) 操作者必须熟悉车床使用说明书和数控车床的一般性能、结构,严禁超性能使用。
- 2) 开机前应按设备点检卡规定检查机床各部分是否完整、正常,机床的安全防护装置是否牢靠。
- 3) 按润滑图表规定加油,检查油标、油量、油质及油路是否正常,保持润滑系统清洁,油箱、油眼不得敞开。
- 4) 操作者必须严格按照操作步骤操作机床,未经操作者同意,其他人员不得私自开动。
- 5) 按动各按键时用力应适度,不得用力拍打键盘、按键和显示屏。

- 6) 严禁敲打中心架、顶尖、刀架、导轨。
- 7) 机床发生故障不正常现象时,应立即停车检查、排除。
- 8) 操作者离开机床、更换刀具、测量尺寸、调整工件时,都应停车。
- 9) 工作完毕后,应使机床各部处于原始状态,并切断电源。
- 10) 妥善保管机床附件,保持机床整洁、完好。
- 11) 做好机床清扫工作,保持清洁,认真执行交接班手续,填好交接班记录。

#### (2) 严格日常维护和保养制度

数控车床的维护保养具体分为外观保养、主轴部分的保养、润滑部分的保养、尾座部分的保养等,具体的数控车床的维护保养知识详见表 1-1。

表 1-1 数控车床的维护保养知识

日常保养内容和要求	定期保养的内容和要求	
	保养部位	内容和要求
一、外观保养 1. 擦清机床表面,下班后,所有的加工面抹上机油防锈。 2. 清除切屑(内、外)。 3. 检查机床内外有无磕、碰、拉伤现象。 二、主轴部分 1. 液压夹具运转情况。 2. 主轴运转情况。 三、润滑部分 1. 各润滑油箱的油量。 2. 各手动加油点、按规定加油,并旋转滤油器。 四、尾座部分 1. 每周一次,移动尾座清理底面、导轨。 2. 每周一次拿下顶尖清理追空。 五、电气部分 1. 检查三色灯、开关。 2. 检查操纵板上各部分位置。 六、其他部分 1. 液压系统无滴油、发热现象。 2. 切削液系统工作正常。 3. 工件排列整齐。 4. 清理机床周围,达到清洁。 5. 认真填写好交接班记录及其他记录。	外观部分	清除各部件切屑、油垢,做到无死角,保持内外清洁,无锈蚀、无黄袍。
	液压及切削油箱	1. 清洗滤油器。 2. 油管畅通、油窗明亮。 3. 液压站无油垢、灰尘。 4. 切削液箱内加 5~10mL 防腐剂(夏天 10mL,其他季节 5~6mL)。
	机床本体及清屑器	1. 卸下刀架尾座的挡屑板,清洗。 2. 扫清清洗屑器上的残余铁屑,每 3~6 个月(根据工作量大小)卸下清屑器,清扫机床内部。 3. 扫清回转装刀架上的全部铁屑。
	润滑部分	1. 各润滑油管要保持畅通无阻。 2. 各润滑点加油,并检查油箱内有无沉淀物。 3. 试验自动加油器的可靠性。 4. 每月用纱布擦拭读带机各部位,每半年对各运转点至少润滑一次。 5. 每周检查一下滤油器是否干净,若较脏,必须洗净,最长时间不能超过一个月就要清洗一次。
	电气部分	1. 对电机碳刷每年要检查一次(维修电工负责),如果不合要求者,应立即更换。 2. 热交换器每年至少检查清理一次。 3. 擦拭电器箱内外清洁无油垢、无灰尘。 4. 各接触点良好,不漏电。 5. 各开关按钮灵敏可靠。

### 1.1.2 车削基本知识

金属切削加工的方法很多,例如车削、铣削、刨削、磨削等,其中车削是切削加工中最常用的方法。据统计,组成金属切削机床的零件中,约有 50% 以上都需经过车床加工,由

于车床的加工范围广泛,所以在机械加工的各类机床中,车床几乎要占总数的 1/2 左右。因此,车削加工在机械工业中具有十分重要的地位和作用。车削加工的基本工作内容是:车外圆、车端面、车槽、钻中心孔、钻孔、车内孔、铰内孔、车各种螺纹、车圆锥、车成形面、滚花以及盘绕弹簧等,如图 1-2 所示。

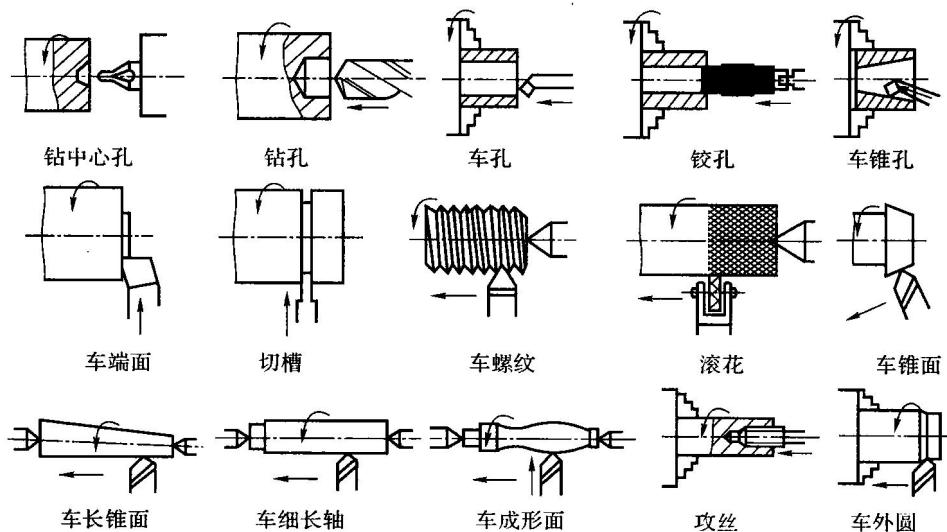


图 1-2 车削加工的基本工作内容

## 1. 车削运动及车削表面

### (1) 车削运动

在车床上,切削运动是由刀具和工件作相对运动而实现的。

按其所以起的作用,通常可分为以下两种。

- ①主运动:车削时工件的旋转为主运动。
- ②进给运动:车削时刀具的直线、曲线移动为进给运动。

### (2) 车削表面

在车削外圆过程中,工件上存在着三个不断变化着的表面:待加工表面、已加工表面和过渡表面。

## 2. 车削用量

在车削时,车削用量是切削速度  $v_c$ 、进给量  $f$  和背吃刀量  $a_p$  三个切削要素的总称。它们对加工质量、生产率及加工成本有很大影响。

### (1) 切削速度 $v_c$

车削时的切削速度是指车刀刀刃与工件接触点上主运动的最大线速度(m/s)。

### (2) 进给量 $f$

车削时,进给量是指工件旋转一转时刀具沿进给方向的位移量,又称走刀量(mm/r 或 mm/min)。

### (3) 背吃刀量 $a_p$

车削时,背吃刀量是指待加工表面与已加工表面之间的垂直距离,又称切削深度(mm)。

## 任务 1-1 熟悉机床与实习准备

### 1. 目标任务

- (1) 熟悉数控车床的操作规程。
- (2) 认识数控车床的各个组成部分,并能够理解其作用及各参数的意义。
- (3) 观察数控车床加工一个零件的完整过程。

### 2. 观察记录

表 1-2

观察序号	观察内容	注意事项	记录	备注
1	工作环境			
2	开机	记住机床的电源开关位置		
3	车床主体			
4	数控装置	了解所学的是何种系统		
5	伺服系统	要找到伺服驱动电动机		
6	自动润滑装置	学会添加或更换润滑油		
7	冷却装置	学会调整冷却装置		
8	刀架	明白刀位的定义		
9	夹具	学会三爪卡盘卡爪的拆装		
10	加工	分析与普通车床的不同点		
11	总结			

#### 相关知识

1958年我国试制成功了第一台数控机床,但是,由于相关工业基础差,致使发展速度缓慢。我国的数控机床制造业从20世纪80年代开始起步,目前仍处于发展阶段。

“十五”期间,我国数控机床行业实现了超高速发展。其年产量2001年为17521台,2005年达59639台,接近6万台大关,是“九五”末期的424倍。至2006年,我国数控机床年产量达到85756台。

从2003年开始,中国就成了全球最大的机床消费国,也是世界上最大的数控机床进口国。国内数控机床制造企业在中高档与大型数控机床的研究开发方面与国外有较大差距,70%以上的此类设备和绝大多数的功能部件均依赖进口。国产数控机床特别是中高档数控机床仍然缺乏市场竞争力,我们应看清形势,充分认识国产数控机床的不足,努力发展先进技术,加大技术创新与培训服务力度,以缩短与发达国家之间的差距。

## 1.2 数控车床控制面板的学习与操作训练

数控系统的控制面板是操作人员与数控系统进行人机交流的最主要的介质。当今世界上有几十种各不相同的数控系统,如 FANUC、SIEMENS、MAZAK、FAGOR、华中、广数、凯恩帝、华兴、大森、广泰等系统,虽然各种数控系统控制面板的形式不同,但各种开关、按键的功能及操作方法大同小异,本书为满足各地区多层次的需求,以 FANUC 0i-TA、SIEMENS 802S/C、华中世纪星 HNC-21/22T、广数 928TC 数控系统为例来介绍数控车床控制面板的操作。

### 1.2.1 FANUC 0i-TA 数控系统控制面板的介绍与操作

#### 1. FANUC 0i-TA 数控系统控制面板介绍

(1) CRT/MDI 单元(如图 1-3 所示)

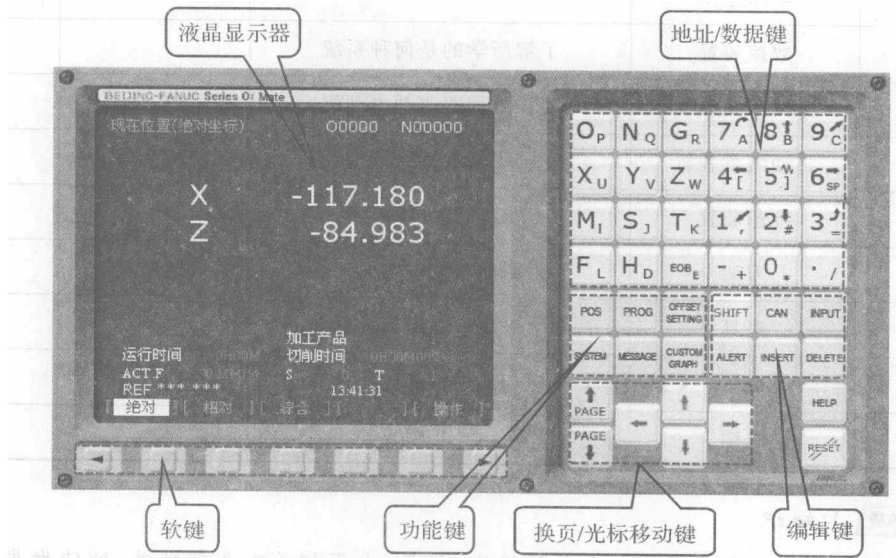


图 1-3 FANUC 0i-TA 数控系统 CRT/MDI 单元

(2) 机床操作面板(如图 1-4 所示)

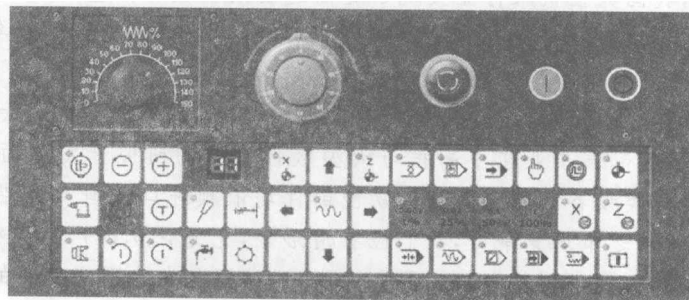
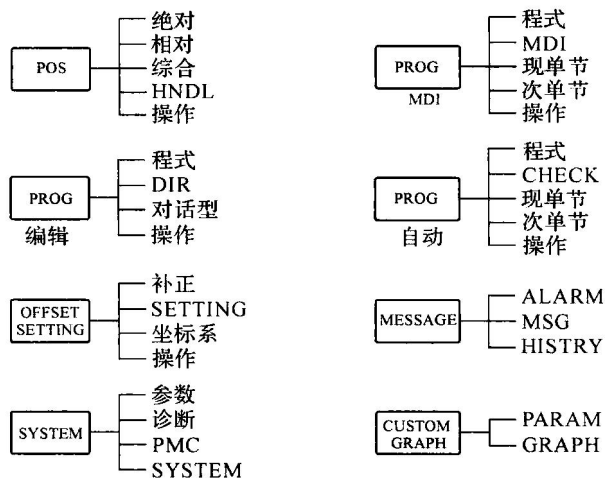


图 1-4 沈阳第一机床厂 FANUC 0i-TA 数控面板

(3) 菜单结构

FANUC 0i-TA 系统的主要功能菜单结构如下所示。



2. FANUC 0i-TA 系统的操作说明

(1) 方式选择(如图 1-5 所示)

方式选择按键及其对应的机床工作方式如下:



图 1-5

1) 编辑程序方式;(再按下 (程序)键,可输入程序)

2) MDI 运行方式;(适用于简单的测试操作)

3) 自动运行方式;

4) 手动进给方式;

5) 手轮脉冲方式;

6) 返回参考点方式。

(2) 轴手动按键(如图 1-6 所示)

(+X)、 (+Z)、 (-X)、 (-Z) 按键用于在手动连续进给和返回机床参考点方式下,选择进给坐标轴和进给方向。

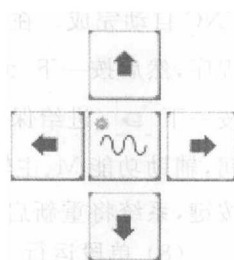


图 1-6

(3) 速率修调(如图 1-7 所示)



图 1-7

- 1) 进给修调(由“进给倍率”旋钮来调整);
- 2) 手轮修调(由“脉冲最小单位/快速倍率”按键来选择);
- 3) 快速修调(由“脉冲最小单位/快速倍率”按键来选择);
- 4) 主轴修调(由“主轴速率修调”按键( $\ominus$ ——升速,  $\oplus$ ——降速)来调整)。

#### (4) 回参考点

按一下  $\square$  “回零”按键(指示灯亮),系统处于手动回参考点方式,可手动返回参考点。分别按一下  $\square$  (+X)、 $\square$  (+Z)按键,可以使 X 轴、Z 轴回到参考点。回参考点结束时  $\square$ 、 $\square$  按键内的指示灯亮。

#### (5) 手动进给

按一下  $\square$  (手动)按键(指示灯亮),系统处于手动运行方式,可手动移动机床坐标轴(下面以手动移动 X 轴为例说明),按压  $\square$  (+X)或  $\square$  (-X)按键,X 轴将产生正向或负向连续移动;松开按键,X 轴即减速停止。在手动连续进给时,若同时按压  $\square$  (快进)按键,则产生相应轴的正向或负向快速运动。

#### (6) 手轮进给

按一下  $\square$  (手轮脉冲)按键(指示灯亮),系统处于手轮进给方式,同时按一下相应的  $\square$  (X 轴手轮选择)或  $\square$  (Z 轴手轮选择)按键,可实现手轮进给机床坐标轴。手轮进给方式每次只能增量进给 1 个坐标轴。手轮进给的增量值由“脉冲最小单位”按键控制。

#### (7) 自动运行

按一下  $\square$  (自动)按键(指示灯亮),系统处于自动运行方式,机床坐标轴的控制由 CNC 自动完成。在自动运行方式时,按  $\square$  (程序)键,再按下“程序”软键选择要运行的程序,然后按一下  $\square$  (循环启动)按键(指示灯亮),自动加工开始。在自动运行过程中,按一下  $\square$  (进给保持)按键(指示灯亮),程序执行暂停,机床运动轴减速停止。暂停期间,辅助功能 M、主轴功能 S、刀具功能 T 保持不变。在自动运行暂停状态下,按一下  $\square$  按键,系统将重新启动,从暂停前的状态继续运行。

#### (8) 单段运行

在自动运行方式时,按一下  $\square$  (单段)按键(指示灯亮),系统处于单段自动运行方式,程序控制将逐段执行。每再按一下  $\square$  (循环启动)按键,执行一条程序。

#### (9) 手动机床动作控制(如图 1-8 所示)

##### 1) 主轴控制

在手动方式下,按一下  $\square$  (主轴正转)按键(指示灯亮),主电机以机床参数设定的转速正转;按一下  $\square$  (主轴反转)按键(指示灯亮),主电机以机床参数设定的转速反转;按一下  $\square$  (主轴停止)按键,主电机停止运转。

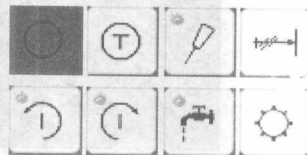





图 1-8




## 2) 主轴点动

在手动方式下, 按压  (主轴点动) 按钮(指示灯亮), 主轴将产生正向或负向连续转动(转动方向视前一次机床主轴动作而定), 松开  按钮(指示灯灭), 主轴即减速停止。


## 3) 换刀控制

在手动方式下, 按一下  (换刀键) 按钮, 选择与当前刀号相邻的下一个刀号的刀具。

## 4) 冷却控制

在手动方式下, 按一下  (冷却开/停) 键, 冷却液开, 再按一下又为冷却液关, 如此循环。

## (10) 系统复位

按下  (系统复位键), 所有轴运动停止。所有辅助功能输出无效, 机床停止运行并呈初始上电状态。

## 1.2.2 SIEMENS 802S/C 数控系统控制面板的介绍与操作

## 1. SIEMENS 802S/C 数控系统控制面板的介绍

(1) 机床控制面板(如图 1-9 所示)

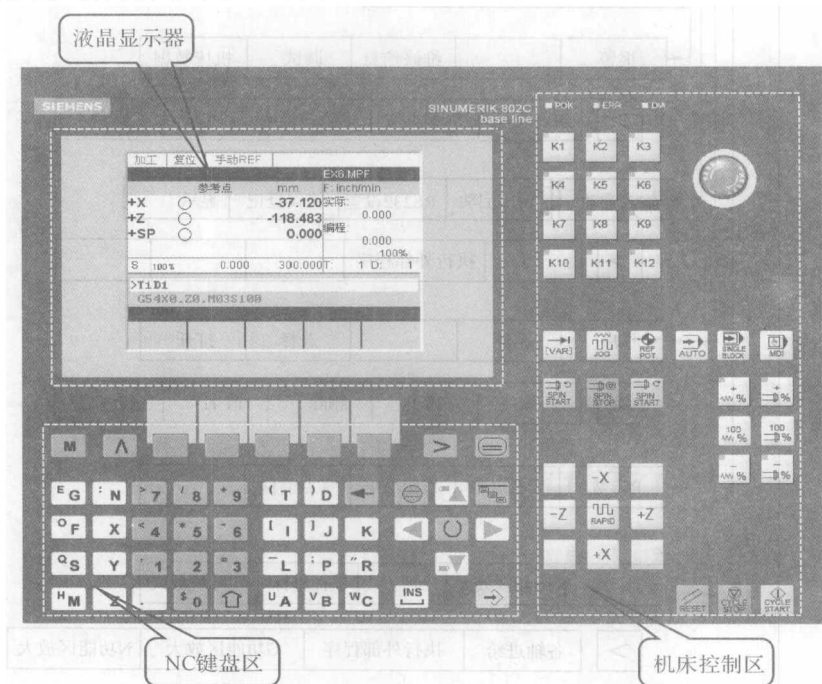


图 1-9

(2) 屏幕划分(如图 1-10 所示)

- ① 当前操作区域: 加工; 参数; 程序; 通讯; 诊断。
- ② 程序状态: 程序停止; 程序运行; 程序复位。
- ③ 运行方式: 点动方式; 自动方式; MDA 方式。
- ④ 状态显示: 程序段跳跃; 空运行; 快速修调; 单段运行; 程序停止; 程序测试; 步进增量。