

职业技术教育数控专业项目教学系列教材



# 数控铣削编程与操作

◎ 主 编 张瑜胜 刘欣欣

职业技术教育数控专业项目教学系列教材

# 数控铣削编程与操作

主编 张瑜胜 刘欣欣

参编 马勇侠 赵冬辉

刘明伟

浙江大學出版社

## 内容提要

本书根据“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职业教育办学方针,针对职业技术学校学生的知识基础与学习特点来编写,是一本理论与实践一体化的教材。具体内容包括数控铣床操作基础、数控铣削编程基础、数控铣削加工工艺、数控铣削加工综合练习。

全书理论部分大量配图示,务求形象生动;机床的操作部分设置操作流程表,学生按照操作流程表来逐步操作机床,可以大量减少误操作。教材突出数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性。

本教材可作为职业技术学校机电、数控类专业的教学用书,也可供职业培训使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控铣削编程与操作 / 张瑜胜, 刘欣欣主编. — 杭州:

浙江大学出版社, 2008.8

(中等职业教育数控专业项目教学系列教材)

ISBN 978-7-308-06137-7

I. 数… II. ①张…②刘 III. ①数控机床: 铣床—金属切削—程序设计—专业学校—教材②数控机床: 铣床—金属切削—操作—专业学校—教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 120581 号

## 数控铣削编程与操作

主编 张瑜胜 刘欣欣

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 12

字 数 277 千

版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-06137-7

定 价 20.00 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的结晶。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

为了更好地学习先进国家的职业技术教育经验,提高我国中等职业教育数控专业的教学水平,真正为国家培养出适用的技术人才,由浙江大学出版社组织了一批有丰富教学经验、并深入学习过德国职业教育的赴德访问学者为主要编写人员的作者,编写了一套中等职业技术教育数控专业系列教材。本教材借鉴国内外职业教育先进教学模式,突出“项目教学法”,顺应现代职业教育教学制度的改革趋势,适应学分制,是一本理论与实践一体化的教材,实现了理论与实践有机的结合。

本教材的特点是:

1. 坚持以就业为导向、以能力为本位的原则,突出“项目教学法”,注重理论与实践有机的结合。

2. 本教材根据中职学生的知识基础与学习特点来编写。理论部分大量配图示,务求形象生动。

3. 机床的操作部分设置操作流程表,学生按照操作流程表来逐步操作机床,可以大量减少误操作。

4. 结合学校特点,合理设置实训项目。

5. 突出数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性。

6. 本书适合做数控机床操作方面的职业培训教材,也适合作为高职、中职数控专业的实训教材,还可供广大读者作为自学读本。

本书由太原市交通学校张瑜胜、长春市机械工业学校刘欣欣主编,太原市交通学校马勇侠、长春市机械工业学校赵冬辉、吉林航空工程学校刘明伟参编,在本书编写过程中得到了全国广大职业院校同仁的大力支持,在此一并致谢!

由于编者学识和水平有限,难免有错漏之处,敬请批评指正。

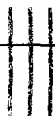
编者

2008年6月



# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第 1 章 数控铣床操作基础</b>   | 1   |
| 1.1 数控铣床与铣削加工简介         | 1   |
| 1.2 数控铣床控制面板的学习与操作训练    | 5   |
| 1.3 数控刀具                | 21  |
| 1.4 坐标系与对刀              | 31  |
| 1.5 数控程序概述与程序录入         | 39  |
| <b>第 2 章 数控铣削编程基础</b>   | 49  |
| 项目一 直线编程练习              | 49  |
| 项目二 圆弧编程练习              | 58  |
| 项目三 刀具半径补偿指令编程练习        | 67  |
| 项目四 刀具长度补偿指令编程练习        | 76  |
| 项目五 固定循环指令编程练习          | 86  |
| 项目六 子程序及其他功能指令          | 100 |
| <b>第 3 章 数控铣削加工工艺</b>   | 112 |
| 3.1 数控加工工艺概述            | 112 |
| 3.2 数控铣床加工工艺分析          | 113 |
| 3.3 数控铣削加工工艺设计          | 119 |
| <b>第 4 章 数控铣削加工综合练习</b> | 124 |
| 项目一 外轮廓加工               | 124 |
| 项目二 内轮廓加工               | 129 |
| 项目三 沟槽加工                | 133 |
| 项目四 十字凸板                | 140 |
| 项目五 孔系加工                | 147 |
| 项目六 六边形凸台               | 153 |
| 项目七 圆弧连接内型腔             | 159 |
| 项目八 双面零件的加工             | 165 |
| 项目九 综合练习                | 178 |





# 第1章 数控铣床操作基础

1949年,美国帕森斯(Parsons)公司接受美国空军委托,研制一种计算机控制装置,用来实现飞机、火箭等的复杂零部件的自动化加工。帕森斯公司首先提出了机床数字控制方案,并与美国麻省理工学院伺服机构研究所合作,于1952年研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式数控铣床,它标志着数控技术的诞生。

## 1.1 数控铣床与铣削加工简介

### 1.1.1 典型数控铣床概述

#### 1. 数控铣床介绍

数控铣床是用计算机数字化信号控制的铣床,有立式和卧式两种。立式数控铣床又有床身式与升降台式两种,其中床身式数控铣床是带刀具的铣削头移动、工作台执行纵向与横向运动,而升降台式数控铣床是带刀具的铣削头固定不动、工作台执行纵向、横向及垂直运动。本书以 XK713 床身式数控铣床为例,简介其结构特点和主要性能。这种铣床可以加工由直线和圆弧两种几何要素构成的平面轮廓,也可以直接用逼近法加工非圆曲线构成的平面轮廓(采用多轴联动控制),还可以加工立体曲面和空间曲线。XK713 床身式数控铣床的结构布局如图 1-1 所示,它可以进行镗、铣、扩、铰等多种工序的加工,主要适用于板类、盘类、壳体类等复杂零件的加工,特别适用于汽车制造业和模具制造业。



图 1-1 XK713 床身式数控铣床

#### 2. 数控铣床的组成

数控铣床一般由铣床主机、数控装置、主轴伺服系统、进给伺服系统及辅助部分等组成。下面以 XK713 数控铣床为例进行介绍。

##### (1) 铣床主机

主机是数控铣床的机械主体,由机床的基础大件(如床身、底座)和各运动部件(如主轴箱、工作台和进给机构等)所组成。它不仅要实现由数控装置控制的各种运动,而且还

要承受切削力,因此机床本体必须保证有必要的几何精度、足够的刚度、小的热变形、低的摩擦阻力,才能最后保证数控机床的加工精度。

## (2) 数控装置

数控装置是数控铣床的控制核心,是一种控制数控机床各种运动的微型计算机。它由输入设备、操作及显示装置和计算机本体组成。数控装置通过输入设备或直接从外部计算机接收加工程序指令,经过处理和计算,向主轴伺服系统、进给伺服系统和其他辅助的控制线路发出指令信号,使它们按加工程序规定的动作顺序、刀具运动轨迹及切削参数进行加工。

## (3) 主轴伺服系统

主轴伺服系统,由伺服驱动单元、主轴伺服电动机、电动机到主轴之间的机械传动装置和一些安装在主轴上的检测元件所组成。其功能是按照数控装置的指令信号,使主轴按照规定的转速稳定地运转并实现主轴启动、变速、反转、停止和准停等动作。

## (4) 进给伺服系统

进给伺服系统由进给伺服驱动单元、进给伺服电动机、电动机与移动部件之间的机械传动装置和位移测量元件等所组成。数控铣床一般有三个进给伺服系统。其功能是按照数控装置的指令信号,驱动移动部件以指令规定的速度、位移量运动。一个脉冲信号使移动部件产生的位移量叫脉冲当量(XK713 数控铣床的脉冲当量是 0.001mm),指令脉冲的数量代表着移动部件的移动量,而单位时间内发出的脉冲数量,即脉冲频率,就代表着移动部件的移动速度。因此进给伺服系统的精度、快速性以及动态响应,是影响数控机床加工精度、表面质量及生产效率的主要因素。

## (5) 辅助部分

辅助部分是指实现机床各种辅助动作的装置,例如自动润滑装置、冷却装置、排屑装置等。辅助装置虽然不会影响数控机床的加工精度,但却是影响数控机床可靠性的主要因素之一。

# 3. 数控铣床的主要技术参数

机床型号: XK713

## (1) 工作台

|                |              |
|----------------|--------------|
| 工作台面积          | 320mm×1000mm |
| 最大承载           | 300kg        |
| T 型槽(槽数×槽宽×间距) | 3×14mm×80mm  |
| X 轴行程          | 600mm        |
| Y 轴行程          | 300mm        |
| Z 轴行程          | 450mm        |

## (2) 主轴

|              |              |
|--------------|--------------|
| 主轴转速         | 30~6000r/min |
| 主轴锥孔         | ISO7:24      |
| 主轴端面至工作台台面距离 | 100~550mm    |
| 主轴电机功率       | 5.5kW        |

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| 主轴最大输出扭矩        | 108Nm                 |
| (3) 进给          |                       |
| 伺服电机输出扭矩        | 6Nm                   |
| 快速移动速度(X、Y、Z 轴) | 8000mm/min            |
| 切削进给速度          | 10~4000mm/min         |
| (4) 刀具          |                       |
| 刀柄型式/拉钉型式       | BT40/MAS403           |
| 刀具最大直径/长度/重量    | $\phi$ 60mm/300mm/5kg |
| (5) 精度          |                       |
| 定位精度            | 0.020mm /全长           |
| 重复定位精度          | 0.012mm /全长           |
| (6) 其他          |                       |
| 气源、气压           | 250L/min、0.4~0.6MPa   |

#### 4. 数控机床的正确使用与维护

##### (1) 严格遵循操作规程

1) 数控系统编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训,熟悉所用数控机床的机械、数控系统、强电设备、液压、气源等部分及使用环境、加工条件等;能按机床和系统使用说明书的要求正确、合理地使用;应尽量避免因操作不当引起的故障。

2) 开机后首先要回参考点。

3) 非电修人员,包括操作者不能随便动电器。

4) 不得随意修改参数。

5) 机床在正常运行时不允许开或关电器柜的门,禁止按动“急停”和“复位”按钮。

##### (2) 严格的日常维护和保养制度

1) 定期检查。

2) 经常监视数控系统的电网电压。

3) 防止尘埃进入数控装置内。

4) 存储器用的电池要定期检查和更换。

5) 数控系统长期闲置不用时,也应定期进行维护保养,经常给数控系统通电。

6) 定期检查、清洗自动润化系统,添加或更换油脂油液。

7) 经常清扫卫生,注意保持清洁。

### 1.1.2 铣削基本知识

凡是从坯件上切去一定深度的金属层,使其形状、精度和光洁度都合乎要求的加工,统称为金属切削加工。金属切削加工的方法很多,例如车削、铣削、刨削、磨削等,其中铣削是切削加工中常用的方法之一。如图 1-2 所示,在数控铣床上应用多刃或单刃刀具可以铣削平面、沟槽、角度、内

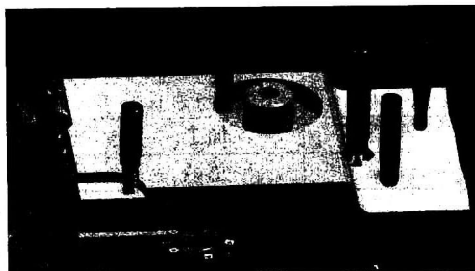


图 1-2

轮廓、外轮廓、切断等,还可以用来做钻孔、镗孔、铣孔、扩孔、铰孔等加工。

铣削时为了从工件上切去一层金属,必须具备一定的运动,即主运动和进给运动。根据这两个运动配合形式的不同,铣削方式可以分为顺铣和逆铣。

### 1. 主运动

直接切除工件上的切削层,使之转变为切屑,以形成工件新表面的运动,称为主运动,用切削速度  $v_c$  表示。通常,主运动的速度较高,消耗的切削功率也较大。

### 2. 进给运动

不断地把切削层投入切削的运动,称为进给运动,用进给速度  $v_f$  (mm/min) 或进给量  $f$ 、 $f_z$  来表示。

### 3. 切削深度

切削深度  $a_p$  为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离。 $a_p$  的大小直接影响主切削刃的工作长度,反映了切削负荷的大小。

### 4. 顺铣和逆铣

顺铣就是铣刀旋转方向与工作台进给方向相同时的铣削方式;逆铣就是铣刀旋转方向与工作台进给方向相反时的铣削方式。

## 任务 1-1 熟悉机床与实习准备

### 1. 目标任务

- (1) 熟悉有关机床的操作规程。
- (2) 认识机床的各个组成部分,并能够理解其作用与机床各参数的意义。
- (3) 观察数控铣床加工一个零件的完整过程。

### 2. 观察记录

表 1-1 观察记录

| 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    | 铣床主机   |                           |     |     |
| 4    | 数控装置   |                           |     |     |
| 5    | 主轴伺服系统 | 要找到主轴电动机                  |     |     |
| 6    | 进给伺服系统 | 要找到各伺服驱动电动机               |     |     |
| 7    | 自动润滑装置 | 学会添加或更换油脂油液               |     |     |
| 8    | 冷却装置   | 学会调整冷却装置                  |     |     |
| 9    | 工作台    | 明白工作台各参数的意义并学会如何在工作台上固定夹具 |     |     |
| 10   | 主轴与刀具  | 明白主轴锥孔的意义                 |     |     |
| 11   | 加工     | 想一想与普通铣床的不同点              |     |     |
| 12   | 总结     |                           |     |     |

小 知 识

1958 年我国试制成功了第一台数控铣床,但是,由于相关工业基础差,致使发展速度缓慢。一直到 20 世纪 80 年代前期,在引入了国外技术后,我国的数控机床才真正进入小批量生产的商品化时代。到 2005 年,我国机床产值达到了 51 亿美元,跃居世界第三,其中数控机床产量达 59600 台。在长足发展的背后,与发达国家机床产业相比,我国机床生产水平的差距依然明显。

## 1.2 数控铣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控制、操作数控机床的最主要介质,是人们学习、了解、掌握数控系统的重要途径。当今世界上有几十种各不相同的数控系统,如 FANUC、SIEMENS、MAZAK、华中、广数、凯恩帝等系统,各种数控系统的控制面板是不相同的,但大多数是有共性或相近的,本书以各学校使用较多的华中数控系统与 FANUC 数控系统为例来介绍数控铣床控制面板的操作。

### 1.2.1 华中数控系统控制面板的介绍与操作

#### 1. 华中数控系统的控制面板介绍

##### (1) 机床控制面板 MCP(见图 1-3)



图 1-3 华中世纪星数控铣床控制面板

##### (2) MPG 手持单元

MPG 手持单元由手摇脉冲发生器、坐标轴选择开关组成,用于手摇方式增量进给坐

标轴。MPG 手持单元的结构如图 1-4 所示。

### (3) 软件操作界面

HNC-21M 的软件操作界面如图 1-5 所示。其界面由如下几个部分组成：

#### 1) 图形显示窗口

可以根据需要,用功能键 F9 设置窗口的显示内容。

#### 2) 倍率修调

主轴修调:当前主轴修调倍率;

进给修调:当前进给修调倍率;

快速修调:当前快进修调倍率。

#### 3) 菜单命令条

通过菜单命令条中的功能键 F1~F10 来完成系统功能的操作。

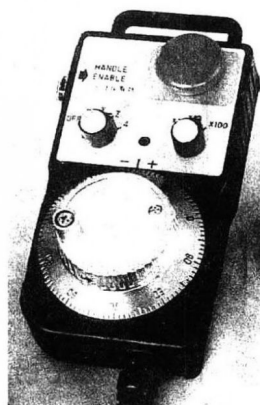


图 1-4 MPG 手持单元

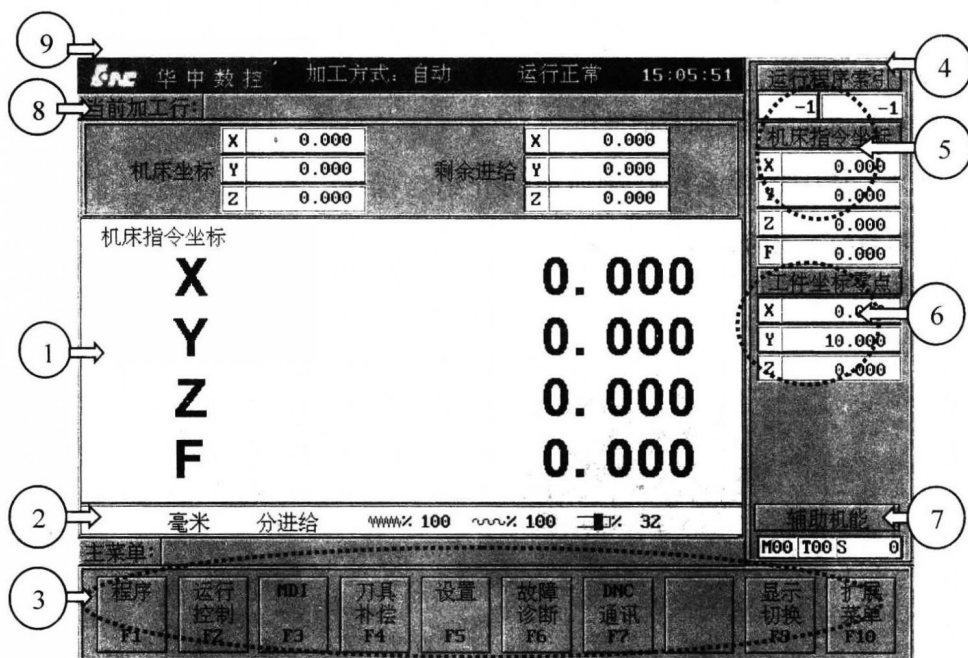


图 1-5 HNC-21M 的软件操作界面

#### 4) 运行程序索引

自动加工中的程序名和当前程序段行号。

#### 5) 选定坐标系下的坐标值

坐标系可在机床坐标系/工件坐标系/相对坐标系之间切换;

显示值可在指令位置/实际位置/剩余进给/跟踪误差/负载电流/补偿值之间切换。

#### 6) 工件坐标零点

工件坐标系零点在机床坐标系下的坐标。

## 7) 辅助机能

自动加工中的 M、S、T 代码。

## 8) 当前加工程序行

当前正在或将要加工的程序段。

## 9) 当前加工方式、系统运行状态及当前时间

工作方式: 系统工作方式根据机床控制面板上相应按键的状态可在自动(运行)、单段(运行)、手动(运行)、增量(运行)、回零、急停、复位等之间切换;

运行状态: 系统工作状态在“运行正常”和“出错”间切换;

系统时钟: 当前系统时间。

## (4) 软件菜单功能

操作界面中最重要的一块是菜单命令条。系统功能的操作主要通过菜单命令条中的功能键 F1~F10 来完成。由于每个功能包括不同的操作, 菜单采用层次结构, 即在主菜单下选择一个菜单项后, 数控装置会显示该功能下的子菜单, 用户可根据该子菜单的内容选择所需的操作, 如图 1-6 所示。

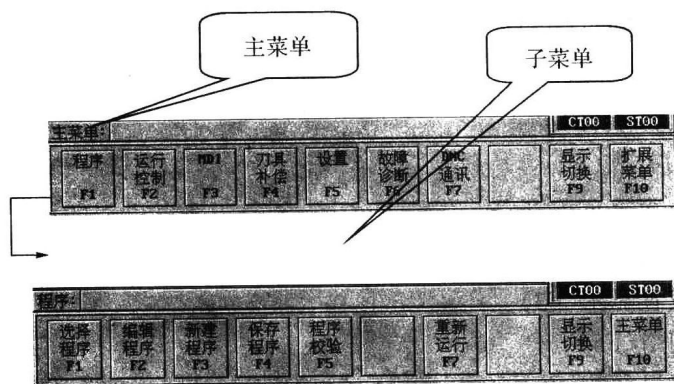


图 1-6 菜单层次

当要返回主菜单时, 按子菜单下的 F10 键即可。

注意: 华中数控系统的说明书约定用 F1→F4 格式表示在主菜单下按 F1 键, 然后在子菜单下按 F4 键。

## (5) 主菜单和扩展菜单(见图 1-7、图 1-8)



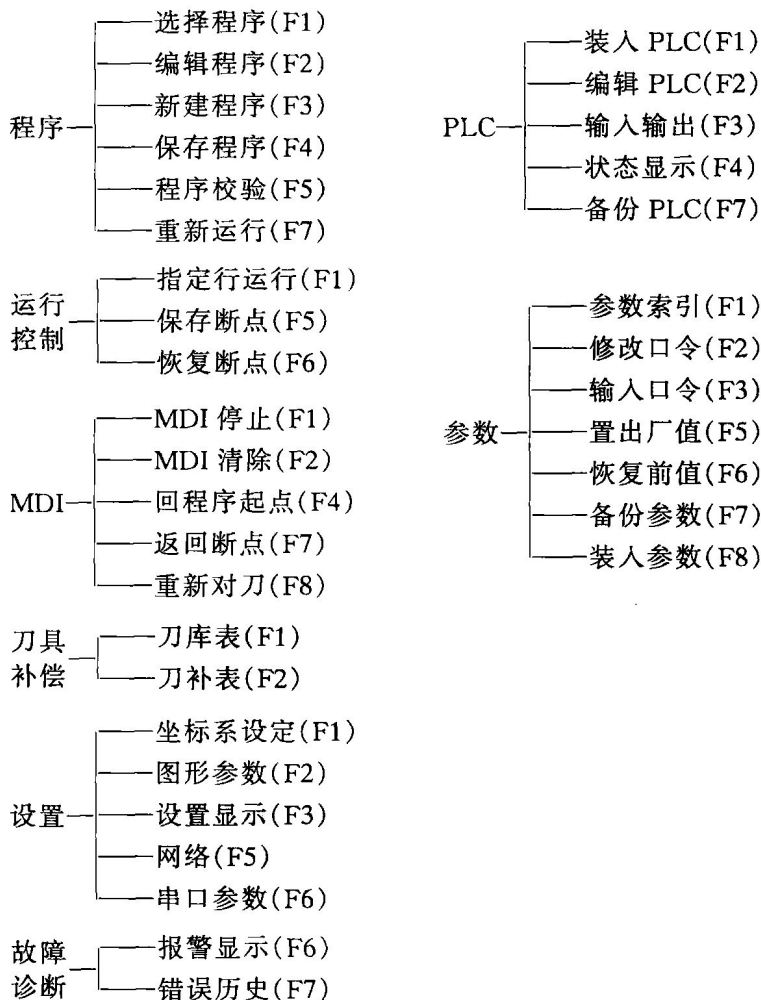
图 1-7 主菜单



图 1-8 扩展菜单

## (6) 菜单结构

HNC-21M 的主要功能菜单结构如下所示:



## 2. 华中数控系统的操作说明

### (1) 方式选择(见图 1-9)

机床的工作方式由手持单元和控制面板上的

方式选择类按键共同决定。

方式选择类按键及其对应的机床工作方式如下:

- 1) “自动”:自动运行方式;
- 2) “单段”:单程序段执行方式;
- 3) “手动”:手动连续进给方式;
- 4) “增量”:增量/手摇脉冲发生器进给方式;
- 5) “回零”:返回机床参考点方式。

其中,按下“增量”按键时,视手持单元的坐标轴选择波段开关位置,对应两种机床工作方式:



图 1-9



- 1) 波段开关置于“Off”档: 增量进给方式;
- 2) 波段开关置于“Off”档之外: 手摇脉冲发生器进给方式。

注意:

1) 控制面板上的方式选择类按键互锁, 即按一下其中一个(指示灯亮), 其余几个会失效(指示灯灭);

2) 系统启动复位后, 默认工作方式“回零”;

3) 当某一方式有效时, 相应按键内指示灯亮。

(2) 轴手动按键(见图 1-10)

“+X”、“+Y”、“+Z”、“+4TH”、“-X”、“-Y”、“-Z”、“-4TH”按键用于在手动连续进给、增量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。

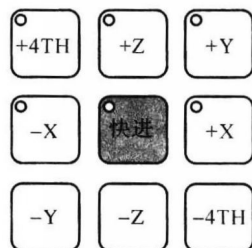


图 1-10

(3) 速率修调(见图 1-11)

1) 进给修调

2) 快速修调

3) 主轴修调

(4) 回参考点



图 1-11

按一下“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。根据各轴“回参考点方向”参数的设置, 分别按一下“+X”、“+Y”、“+Z”按键, 可以使 X 轴、Y 轴、Z 轴回到参考点。回参考点结束时“+X”、“+Y”、“+Z”按键内的指示灯亮。

(5) 手动进给

按一下“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“+X”或“-X”按键(指示灯亮), X 轴将产生正向或负向连续移动; 松开“+X”或“-X”按键(指示灯灭), X 轴即减速停止。同时按压多个相容的轴手动按键, 每次能手动连续移动多个坐标轴。在手动连续进给时, 若同时按压“快进”按键, 则产生相应轴的正向或负向快速运动。

(6) 手摇进给

当手持单元的坐标轴选择波段开关置于“X”、“Y”、“Z”档时, 按一下控制面板上的“增量”按键(指示灯亮), 系统处于手摇进给方式, 可手摇进给机床坐标轴。手摇进给方式每次只能增量进给 1 个坐标轴。手摇进给的增量值(手摇脉冲发生器每转一格的移动量)由手持单元的增量倍率波段开关“ $\times 1$ ”, “ $\times 10$ ”, “ $\times 100$ ”控制。增量倍率波段开关的位置和增量值的对应关系如表 1-2 所示。

表 1-2 增量波段开关位置和增量值的对应关系

| 位置      | $\times 1$ | $\times 10$ | $\times 100$ |
|---------|------------|-------------|--------------|
| 增量值(mm) | 0.001      | 0.01        | 0.1          |

### (7) 自动运行

按一下“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。自动方式时,在系统主菜单下按“F1”键进入自动加工子菜单,再按“F1”选择要运行的程序,然后按一下“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“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“循环启动”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

按一下“单段”按键,系统处于单段自动运行方式(指示灯亮),程序控制将逐段执行。按一下“循环启动”按键,运行一程序段,再按一下“循环启动”按键,又执行下一程序段,执行完了后又再次停止。

### (9) 手动机床动作控制(见图 1-12)

#### 1) 主轴控制

在手动方式下,主轴停止状态,按一下“主轴制动”按键(指示灯亮),主电机被锁定在当前位置。在手动方式下,当“主轴制动”无效时(指示灯灭),按一下“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“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“主轴停止”按键(指示灯亮),主电机停止运转。



图 1-12 手动机床动作控制

#### 2) 主轴定向

在手动方式下,当“主轴制动”无效时(指示灯灭),按一下“主轴定向”按键,主轴立即执行主轴定向功能,定向完成后,按键内指示灯亮,主轴准确停止在某一固定位置。

#### 3) 换刀控制

在手动方式下,按一下“允许换刀”按键(指示灯亮),允许刀具松/紧操作,再按一下又为不允许刀具松/紧操作(指示灯灭)。在“允许换刀”有效时(指示灯亮),按一下“刀具松/紧”按键,松开刀具(默认值为夹紧),再按一下又为夹紧刀具。

#### 4) 冷却控制

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

## 1.2.2 FANUC 系统控制面板的介绍与操作

### 1. FANUC 系统的控制面板介绍

#### (1) CRT/MDI 单元(见图 1-13)