

国家示范院校重点建设专业

数控技术专业课程改革系列教材

数控机床操作实训

◎ 主 编 程 玉 李玉琴

◎ 副主编 贾 芸 程 艳 张 宁

◎ 主 审 汪永华 余承辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家示范院校重点建设专业

数控技术专业课程改革系列教材

数控机床操作实训

◎ 主 编 程 玉 李玉琴

◎ 副主编 贾 芸 程 艳 张 宁

◎ 主 审 汪永华 余承辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是安徽水利水电职业技术学院国家示范院校重点建设专业——数控技术专业课程改革系列教材之一。内容包括数控车床与操作、数控铣床与操作、加工中心与操作、数控机床的选用与维修等。

本书为高职高专、电大、职大、成人教育等院校机械类、机电类专业的通用教材，也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目（C I P）数据

数控机床操作实训 / 程玉, 李玉琴主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2010.3

（国家示范院校重点建设专业、数控技术专业课程改革系列教材）

ISBN 978-7-5084-7314-7

I. ①数… II. ①程… ②李… III. ①数控机床—操作—高等学校：技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第039543号

书 名	国家示范院校重点建设专业 数控技术专业课程改革系列教材 数控机床操作实训
作 者	主 编 程 玉 李玉琴 副主编 贾 芸 程 艳 张 宁 主 审 汪永华 余承辉
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 9.75印张 237千字
版 次	2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	22.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书是安徽水利水电职业技术学院国家示范院校重点建设专业——数控技术专业课程改革成果之一，由本学院教师和企业工程技术人员共同编写。

本书是根据教育部、国防科工委、中国机械工业联合会制定的高职教育数控技术专业领域技能型紧缺人才培养方案要求，结合目前高职生源状况，针对高职院校中机制、数控、机电、模具等专业的教学基本要求而组织编写的高职教材，也可作为成人高校、中职教育及从事数控加工的相关人员使用和参考。

数控机床是计算机、自动控制、自动检测等高新技术的产物，随着数控技术的发展，数控机床在航空、航天、造船、汽车、模具等机械制造领域的应用日益广泛，现代机械制造技术发生了巨大的变化，数控机床已经成为衡量一个国家机械制造业水平的重要标志。大力发展、应用数控加工技术是当前我国机械制造业技术改造的必由之路，是我国未来工厂自动化的基础。与此同时，企业急需既懂数控机床工件原理，又熟悉数控加工编程及实际操作技能的人才。数控加工技术人员的匮乏，已成为制造工业快速、高效及可持续发展的瓶颈。快速有效地培养一大批能够熟练掌握现代数控编程与加工技术的人才，已成为全社会的共同需求，这为高等职业教育提供了广阔的市场。

数控机床是高精度、高自动化、高效率的设备，能否充分发挥其功能，数控加工编程与操作是关键。对于数控加工技术人员来说，要编制出合理的数控加工程序，使数控机床达到最佳的零件加工效果，就必须学习数控编程指令的功能和编程技巧，并且应该掌握数控加工工艺及工艺装备、自动编程等相关知识，学会综合运用。

本书吸取了编者多年的一线教学和实践经验，结合近几年高等职业技术教育课程改革，并针对当前机械制造企业对数控人才需具备的专业知识结构的要求，从有效培养数控实用技术人才角度出发，将数控加工编程与数控加工工艺技术知识相互融合、贯通，精心编写而成。在编写中注重对实例的讲解，以“必须”和“实用”为原则，突出实用性，并注重培养学生解决实际问题的能力。

本书内容主要涉及数控操作与维护等方面的内容，包括现代数控车床、数控铣床、加工中心的操作及加工，常见的维修与维护方法，并介绍了典型数控机床操作的技能及安全规程。

本书由安徽水利水电职业技术学院程玉、李玉琴任主编，贾芸、程艳、张宁任副主编，由汪永华、余承辉组织编写并审阅、修改、完善。参加编写的还有董子林、耿道森、赵华新、汤萍、朱兴国、朱梅云、范红兵等。在编写教材过程中还得到学院有关领导的指导和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促、编者水平有限，书中难免有不足和错误之处，欢迎广大读者提出宝贵意见。

编者

2010年1月

前言

项目 1 数控车床与操作	1
任务 1.1 数控车床仿真软件简介	1
1.1.1 数控车床仿真软件的进入和退出	1
1.1.2 数控车床仿真软件的工作窗口	1
1.1.3 数控车床仿真软件的基本操作	2
1.1.4 数控车床仿真软件的操作实例	5
任务 1.2 数控车床操作面板简介	7
1.2.1 系统介绍	7
1.2.2 华中世纪星 HNC-21/22T 面板功能简介	7
1.2.3 FANUC0-TDⅡ 系统面板功能简介	13
任务 1.3 数控车床基本操作	16
1.3.1 开机、返回机床参考点、急停、超程解除、关机	16
1.3.2 手动操作及 MDI 运行	18
1.3.3 程序输入与管理	21
1.3.4 运行控制	26
1.3.5 刀具补偿	29
1.3.6 设置与显示	31
1.3.7 故障诊断	36
1.3.8 帮助信息	37
1.3.9 数控车床安全操作规程	37
1.3.10 数控车床操作安全防护及日常维护保养	39
任务 1.4 数控车床典型零件加工实例	40
1.4.1 加工实例 1	40
1.4.2 加工实例 2	42
1.4.3 加工实例 3	45
1.4.4 加工实例 4	48
1.4.5 加工实例 5	50
项目 2 数控铣床与操作	53
任务 2.1 数控铣床仿真软件简介	53
2.1.1 数控铣床（加工中心）仿真软件系统的进入和退出	53

2.1.2	数控铣床仿真软件的工作窗口	53
2.1.3	数控铣床仿真软件基本操作	55
2.1.4	数控铣床的仿真软件操作实例	58
任务 2.2	数控铣床操作面板功能简介	62
2.2.1	FANUC—0i 数控铣床系统的操作面板	62
2.2.2	ZJK7532—1 型数控钻铣床的机械操作面板	66
任务 2.3	数控铣床基本操作	69
2.3.1	手动回参考点	69
2.3.2	手动连续进给和增量进给	70
2.3.3	MDI 操作	70
2.3.4	对刀	71
2.3.5	程序输入与编辑 (使用 HCNC—1M 系统)	73
2.3.6	程序调用	74
2.3.7	程序校验和加工运行	74
2.3.8	刀具数据库的设置	75
2.3.9	数控铣床安全操作规程	76
任务 2.4	数控铣床典型零件加工实例	78
2.4.1	加工实例 1	78
2.4.2	加工实例 2	79
2.4.3	加工实例 3	81
2.4.4	加工实例 4	82
2.4.5	加工实例 5	83
2.4.6	加工实例 6	85
项目 3	加工中心与操作	87
任务 3.1	加工中心仿真软件简介	87
3.1.1	华中世纪星控制面板简介	87
3.1.2	华中世纪星系统仿真软件的使用	87
任务 3.2	加工中心操作面板简介	90
任务 3.3	加工中心基本操作	96
3.3.1	加工中心操作过程和规程	96
3.3.2	加工中心常用操作和辅助工具用法	98
任务 3.4	加工中心典型零件加工实例	103
3.4.1	加工实例 1	103
3.4.2	加工实例 2	106
3.4.3	加工实例 3	112
3.4.4	加工实例 4	115
3.4.5	加工实例 5	118
3.4.6	加工实例 6	120

项目 4 数控机床的选用与维修	125
任务 4.1 数控机床的选择	125
4.1.1 数控机床的选用	125
4.1.2 选用的一般原则	125
4.1.3 选用要素	126
任务 4.2 数控机床的日常维护	128
4.2.1 数控机床维护的内容	128
4.2.2 点检	130
4.2.3 数控机床机械部件的维护	132
任务 4.3 数控机床常见故障诊断维修	134
4.3.1 数控机床机械部件常见故障的处理	134
4.3.2 数控机床伺服驱动系统故障诊断与维修	139
4.3.3 数控系统故障诊断分析	142
参考文献	147

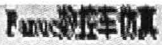
项目 1 数控车床与操作

任务 1.1 数控车床仿真软件简介

学习目标：掌握 FANUC—0i 系统数控车床仿真软件的使用。

1.1.1 数控车床仿真软件的进入和退出

1. 进入数控车床仿真软件

打开电脑，单击或双击图标，然后单击图标则进入 FANUC 数控车床仿真系统。

2. 退出数控车床仿真软件

单击屏幕右上方的图标，则退出数控车床仿真系统。

1.1.2 数控车床仿真软件的工作窗口

数控车床仿真软件的工作窗口分为标题栏区、菜单区、工具栏区、机床显示区、机床操作面板区、数控系统操作区如图 1.1.1 所示。



图 1.1.1 数控车床仿真软件工作窗口

1. 菜单区

YHCNC—TURNING 的菜单区包含了文件、查看、帮助三大菜单。

2. 工具栏区

纵、横向工具栏。

3. 机床操作面板区

机床操作面板区位于窗口的右下侧。主要用于控制机床的运动和选择机床运行状态，由急停键、机床开关、机床锁开关、模式选择旋钮、单步执行及机床空转开关、程序运行



控制开关、机床主轴手动控制开关、冷却液开关、刀库中选刀、驱动开关、手脉、手动移动机床按钮等多个部分组成。

4. 数控系统操作区

在横向工具栏中选择窗口切换按钮后，数控系统操作键盘会出现在视窗的右上角，其左侧为数控系统显示屏。使用操作键盘并结合显示屏可以进行数控系统的操作。

- (1) 数字/字母键。
- (2) 编辑键，替代键、插入键、修改键、回车换行键。
- (3) 页面切换键，位置显示页面、程序显示与编辑页面、参数输入页面。
- (4) 翻页键 (PAGE)。
- (5) 光标移动，向上、下、左、右移动光标。
- (6) 输入键。

1.1.3 数控车床仿真软件的基本操作

1. 回参考点

- (1) 置模式旋钮在位置。
- (2) 依次选择键和键，机床沿 X、Z 方向回参考点。

2. 工件菜单

单击图标，选择“工件大小”，则进入工件菜单。在工件菜单下，有四项功能：

- (1) 棒料或管料选择。
- (2) 工件直径或长度尺寸定义。
- (3) 夹具类型选择。
- (4) 尾架及尾架半径定义。

3. 刀具原点设置

单击图标，让刀具快速定位到工件上相关点的位置。

4. 刀具设置

单击图标，点击“添加刀具”，进入刀具设置状态，可进行刀具类型和刀片形状选择。

5. 工件测量

单击图标，进入工件测量状态。通过使用计算机键盘上的光标键，选择    键，可以测量工件的尺寸及表面粗糙度。

6. 移动

手动移动机床的方法有三种：

- (1) 连续移动：这种方法用于较长距离的移动。

- 1) 置模式在键位置。

- 2) 单击键，单击方向键，则刀具按指定方向移动，松开后停止运动。用倍率旋



钮可调节移动速度。

(2) 点动：这种方法用于微量调整，如用在对刀操作中。

1) 置模式旋钮在  位置。

2) 选择各轴，按方向按钮，每按一次刀具移动一步。可调节每一步的移动距离。

(3) 操纵“手脉”(MPG)：这种方法用于微量调整。

7. 编辑数控程序

(1) 选择一个数控程序。选择模式在  或  位置。

1) 按  键，键入字母“O”。

2) 按  键，键入数字“7”，即键入搜索的号码：“O7”。

3) 按  键开始搜索；找到后，“O0007”显示在屏幕右上角程序编号位置，NC 程序显示在屏幕上。

(2) 删除一个数控程序。

1) 选择模式在  位置。

2) 按  键，键入字母“O”。

3) 按  键，键入数字“7”，即键入要删除的程序的号码：“O7”。

4) 按  键，键入“O7”，NC 程序被删除。

(3) 删除全部数控程序。

1) 选择模式在  位置。

2) 按  键，然后键入“O9999”。

3) 按  键，屏幕提示“此操作将删除所有登记程式，你确定吗？”，点击“是”按钮，则全部数控程序被删除。

(4) 搜索一个指定的代码。一个指定的代码可以是：一个字母或一个完整的代码。操作步骤如下：

在 EDIT 或 MEM 方式下，按  键，然后选择一个 NC 程序，输入需要搜索的字母或代码，按  键，在当前数控程序中搜索，光标停留在需搜索的字母或代码处。

(5) 编辑 NC 程序（删除、插入、替换操作）。

1) 将模式选择旋钮旋至  。

2) 选择  键。

3) 输入被编辑的 NC 程序名如“O7”，按  键即可编辑。输入数据：用光标点击数字/字母键，数据被输入到输入域。按  键用于删除输入域内的数据。

(6) 通过控制操作面板手工输入 NC 程序。



1) 将模式选择旋钮旋至 .

2) 按  键。

3) 键入程序名。

4) 按  键，开始程序输入；注意：每输完一段程序，按  键，换行输入下一段程序。

8. 运行数控程序

(1) 自动运行数控程序加工零件。

1) 置模式旋钮在  位置。

2) 选择一个程序。

3) 按  键。

(2) 试运行数控程序。试运行数控程序时，机床和刀具不切削零件，仅运行程序。

1) 点击  键。

2) 选择一个程序。

3) 按  键。

(3) 单步运行。

1) 点击  键。

2) 运行过程中，每按一次  键执行一段数控程序。

9. 工件坐标系设置

1) 置开关在  或  方式。

2) 按  键进入参数设定页面，按【坐标系】对应的键。用  键在番号为 00~06 之间切换，00~06 分别对应 G54~G59。

10. 输入刀具补偿参数

输入半径补偿参数：

(1) 置模式开关在  或  方式。

(2) 按  键进入参数设定页面，按【补正】对应的键，用方向键选择补偿参数编号，输入补偿值到半径补偿 R 中。

11. 位置显示

按  键切换到位置显示页面。位置显示有三种方式，绝对、相对、综合。

(1) 零件坐标系（绝对坐标系）位置。显示刀位点在当前零件坐标系中的位置。

(2) 相对坐标系位置。显示操作者预先设定为零的相对位置。

(3) 综合显示。同时显示当时刀位点在零件坐标系（ABSOLUTE）、相对坐标系（RELATIVE）、机床坐标系（MACHINE）中的位置。



12. MDI 手动数据输入

置模式开关在  键→点击  键→点击 MDI 对应的键→输入程序→点击  键→点击  键即可。

1.1.4 数控车床仿真软件的操作实例

如图 1.1.2 所示零件，设毛坯是 $\phi 44$ 的长棒料，试编程并模拟加工。

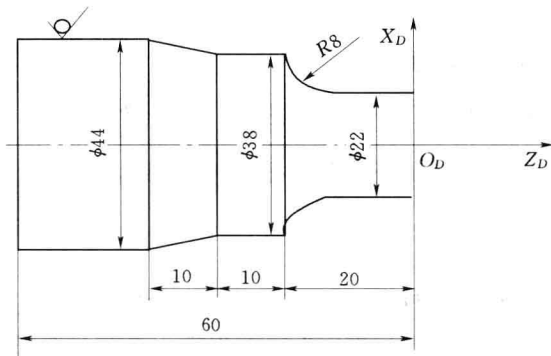


图 1.1.2 零件实例

1. 编写数控加工程序

(1) 制定加工方案。

- 1) 车端面。
- 2) 从右至左粗加工各面。
- 3) 从右至左精加工各面。
- 4) 切断。

(2) 确定刀具。

- 1) 90° 外圆车刀 T1：用于粗、精车外圆。
- 2) 切槽刀 (3mm 宽) T2：用于切断。
- (3) 确定编程原点。设定编程原点在零件右端面中心处。
- (4) 编程。

```
O5555;
N001 G00 G97 G99 M03 S600;
N002 T0101;
N005 G00 X45 Z5;
N006 G71 U2 R1 ;
N007 G71 P008 Q012 U0.6 W0.3 F0.2 ;
N008 G00 X22;
N009 G01 W-17 ;
N010 G02 X38 W-8 R8 ;
N011 G01 W-10 ;
N012 X44 W-10 ;
N013 M03 S1000;
```



N014 G70 P008 Q012 F0.1 ;
N022 G00 X150;
N023 G00 Z150 T0202;
N024 G00 X45 Z-63;
N025 G01 X1 F0.1;
N026 G01 X45;
N027 G00 X150 Z150 M05;
N028 M30;

2. YHCNC—TURNING 的操作

(1) 开机。进入 YHCNC—TURNING 之后，点击 键。

(2) 回零。将模式选择旋钮旋至 ，按下 键，车床沿 X 方向回零；按下 键，车床沿 Z 方向回零。

(3) 编辑并调用程序。

1) 输入程序。输入程序有两种方法，第一种是通过数控系统操作区的编辑键输入程序；第二种是通过“写字板”或“记事本”输入程序。在此，介绍第二种方法。在记事本中点击“文件”→“保存(S)”。将保存类型设为“文本文档(*.txt)”，在文件名中输入“O5555.nc”，O5555 为文件名，由拼音和数字组成，后缀名必须为“.nc”。

2) 调用程序。①将模式选择旋钮旋至 ，按顺序点击 键、 键；②在提示“>—”处输入程序号“O1234”，点击 键；③点击 键，将文件类型改为“ 代码文件(*.cnc;*.nc)”。在相应文件夹中找到文件 O5555.nc，点击“打开”按钮，此时，程序被调入到数控系统中。

(4) 安装工件。单击图标 ，选择“工件大小”，则进入设置毛坯尺寸状态。将工件直径改为 44，将工件长度改为 100，点击“OK”按钮即可。

(5) 对刀。

1) 装刀。该程序用了两把刀具，T1 为 90°外圆车刀、T2 为 3mm 宽的切槽刀。在刀具库管理中找到 90°外圆车刀及 3mm 宽的切槽刀，若没有合适的刀具，可通过“添加”按钮添加合适的刀具。将 T1 和 T2 分别拖到机床刀库中的 01 和 02 位置。

2) 对刀。让光标选中 01 号刀，并点击“转到加工位”，此时 1 号刀位于加工位。将模式选择旋钮旋至 ，点击图标 ，选择“确定”。

3) 输入补偿数据。

a. 点击 键，然后点击“补正”对应的键，刀具磨损中 W001 号、W002 号中的 X、Z 均应为 0，若不为 0，应将其修改为 0。

b. 点击“形状”对应的键。将光标移到 G001 号的 X 位置，在提示“>—”处输入 X44，然后点击“测量”对应的键；将光标移到 G001 号的 Z 位置，在提示“>—”处输入 Z0，然后点击“测量”对应的键；此时，1 号刀对刀完毕。通过手动移动机床按钮，让刀具远离工件。然后点击 键，将 2 号刀位于加工位。点击图标 ，与一号刀进行



相同的操作，将 2 号刀对刀完毕。

c. 让机床回零。

(6) 自动加工。将模式选择旋钮旋至 ，点击程序运行开始按钮 ，车床开始自动加工零件。

(7) 测量工件。依次点击  键、 键，对工件进行测量。

任务 1.2 数控车床操作面板简介

学习目标：掌握华中世纪星（HNC—21/22T）数控系统的面板结构及各部分功能；掌握 FANUC0—TDⅡ 数控车床的系统控制面板结构及各部分功能。

1.2.1 系统介绍

数控系统是数控机床的核心，我国在数控车床上常用的数控系统有日本的 FANUC 公司的 0T、3T、5T、6T、10T、11T、0TC、0TD、0TE、7CT、160/18TC、160/180TC、0i 等；德国的 SIEMENS 公司的 802S、802C、802D、810D、840D、840Di、840C 等，以及美国 ACRAMATIC 数控系统、西班牙 FAGOR 数控系统等。

国内生产的经济型数控系统产品有：南京大方股份有限公司的 JWK 系列，南京江南机床数控工程公司的 JN 系列，上海开通数控公司的 KT—300 系列等。

普及型数控系统产品有：北京机床研究所的 1060 系列，无锡数控公司的 8MC/8TC 数控系统；北京凯恩帝数控公司 KND—500 系列，北京航天数控集团的 CASNUC—901、902 系列；广州数控设备厂 GSK980T 系列，大连大森公司的 R2F6000 型等。

高档数控系统的主要产品有：珠峰数控公司的 CME988（中华 I 型）系列；北京航天数控集团的 CASNUC911MC（航天 I 型）；华中数控公司的世纪星 21T 及中科院沈阳计算所 LT8520/30（蓝天 I 型）等。

本节主要介绍华中世纪星 HNC—21/22T 和 FANUC0—TDⅡ 的面板组成。

1.2.2 华中世纪星 HNC—21/22T 面板功能简介

HNC—21/22T 车床数控装置操作台为标准固定结构，下面以 HNC—21T 为例介绍其面板组成。

HNC—21T 车床数控装置操作台为标准固定结构，如图 1.2.1 所示。

1.2.2.1 显示器（软件操作界面）

操作台的左上部为彩色液晶显示器，用于汉字菜单、系统状态、故障报警的显示和加工轨迹的图形仿真。

HNC—21/22T 的软件操作界面如图 1.2.2 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. 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。

3. 运行程序索引

自动加工中的程序名和当前程序段行号。



图 1.2.1 数控装置操作台

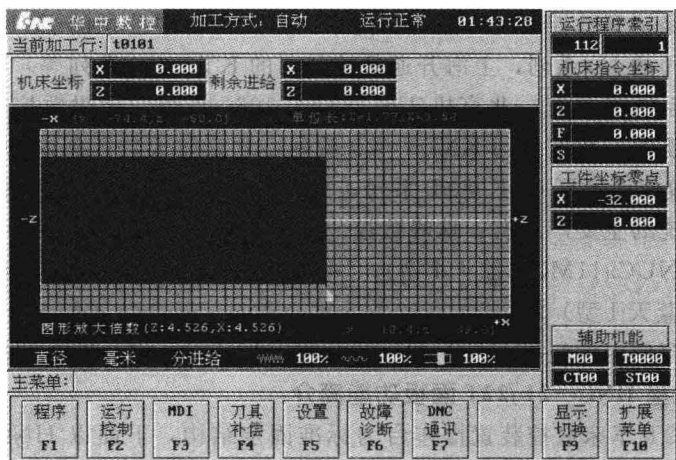


图 1.2.2 HNC-21/22T 的软件操作界面

4. 选定坐标系下的坐标值

(1) 坐标系可在机床坐标系/工件坐标系/相对坐标系之间切换。

(2) 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(负载电流只对 11 型伺服有效)。

5. 工件坐标零点

工件坐标系零点在机床坐标系下的坐标。

6. 辅助机能

自动加工中的 M、S、T 代码。

7. 当前加工程序行

当前正在或将要加工的程序段。



8. 当前加工方式、系统运行状态及当前时间

(1) 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。

(2) 运行状态：系统工作状态在“运行正常”和“出错”间切换。

(3) 系统时钟：当前系统时间。

9. 机床坐标、剩余进给

(1) 机床坐标：刀具当前位置在机床坐标系下的坐标。

(2) 剩余进给：当前程序段的终点与实际位置之差。

10. 其他

直径/半径编程、公制/英制编程、每分进给/每转进给、快速修调、进给修调、主轴修调。

1.2.2.2 NC 键盘

NC 键盘包括 F1~F10 十个功能键和精简型 MDI 键盘。

NC 键盘用于零件程序的编制、参数输入、MDI 及系统管理操作等。

1. 功能键 F1~F10 及软件菜单功能

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，如图 1.2.3 所示。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 1.2.4 所示（主菜单和程序功能子菜单）。

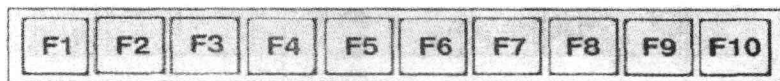


图 1.2.3 功能键 F1~F10

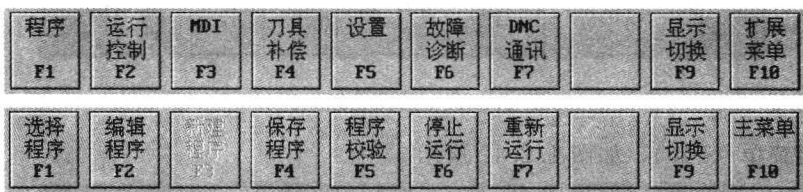


图 1.2.4 菜单层次

当要返回主菜单时，按子菜单下的 F10 键即可。

(1) 第一级菜单（主菜单）。主菜单如图 1.2.5 所示。



图 1.2.5 主菜单



(2) 第二级菜单。

1) 程序 (F1)，如图 1.2.6 所示。



图 1.2.6 程序 (F1)

2) 运行控制 (F2)，如 1.2.7 所示。



图 1.2.7 运行控制 (F2)

3) MDI (F3)，如图 1.2.8 所示。



图 1.2.8 MDI (F3)

4) 刀具补偿 (F4)，如图 1.2.9 所示。



图 1.2.9 刀具补偿 (F4)

5) 设置 (F5)，如图 1.2.10 所示。

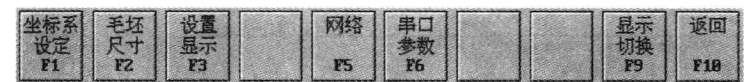


图 1.2.10 设置 (F5)

6) 故障诊断 (F6)，如图 1.2.11 所示。



图 1.2.11 故障诊断 (F6)

7) 扩展菜单 (F10)，如图 1.2.12 所示。



图 1.2.12 扩展菜单 (F10)

(3) 第三级菜单。

1) 刀偏表 (F4→F1)，如图 1.2.13 所示。



图 1.2.13 刀偏表 (F4→F1)