

数控铣床编程与操作

许兆丰 等编译



CNC PROGRAMMING
OPERATING BOOK
MILLING

中国劳动出版社

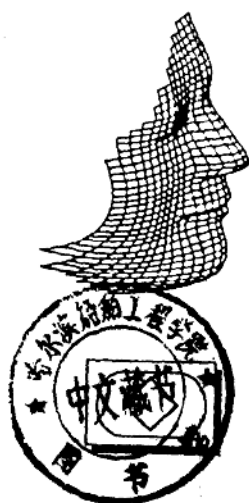
TG 527

X 72

379988

数控铣床编程与操作

许兆丰 等编译



中國勞動出版社

(京)新登字 114 号

本书着重叙述数控(CNC)铣床的编程与操作方法。内容包括:数控铣床的操作方法;工件编程零点的确定,刀具数据的确定和输入;数控铣床的编程规则;G 代码和 M 代码的功能及编程方法等。对数控铣床避免碰撞的方法也作了简要阐述。书后附有 CNC 机床屏幕显示常用的英语词汇和中文译注,颇有实用价值。

本书图文并茂,通俗易懂。书中还介绍了典型铣削零件的编程与操作方法,以供参考。

本书主要是数控铣床,加工中心机床编程操作人员的岗位培训教材,亦可作为机电一体化大、中专、技校学生学习数控铣床编程与操作时的参考书。

本书是《数控车床编程与操作》的续编本。

JS190/13

数控铣床编程与操作

许兆丰等 编译

责任编辑 陈卫国

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街1号)

北京怀柔东茶坞印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 13.5印张 327千字

1994年6月北京第1版 1994年9月北京第1次印刷

印数:11000册

ISBN 7-5045-1565-5/TH·085(课) 定价:16.00元

前 言

当今世界,科学技术飞速发展,在机床行业中,由于数控(CNC)机床具有高柔性、高精度、高效率,已成为国内外机床的发展方向。最近几年,我国进口和自行设计制造了相当数量的数控机床。但是,掌握数控机床编程和操作的人员相对匮乏,培养数控机床编程操作人员已是当务之急。

本书通过从奥地利 EMCO 公司引进的较先进的数控教学铣床及编程和操作教材《PROGRAM MING INSTUCTION MILLING EMCOTRONIC TMO2》《EMCO TRONIC MI OPERATING INSTRUCTION》《INSTRUCTION BOOK SERVICE PARTS EMCO F3—CNC》等译编而成。该书较详细地介绍了数控铣床的编程与操作方法。本书使用编程语言为 DIN66025,与 ISO 等效。因此,通过本书学习,掌握了数控铣床编程操作的基本方法后,对进一步掌握国内外数控铣床,加工中心机床的编程操作有实践性指导意义。

上海机床厂厂长 陈美福

1994 年 4 月

编 译 说 明

本书图文并茂,并列举了典型铣削零件的编程方法,通俗易懂。书后附有 CNC 机床和 CNC 加工中心机床屏幕显示常用的英语词汇和中文译注,颇有实用价值。

本书主要由许兆丰编译;冯慧娟负责书中典型铣削零件的编写工作,以及对本机床的操作方法进行试验论证;附录中报警号及原因分析和常用数控技术名词中英对照由侯振飞编译。上海机床厂张有贵副厂长对该书的编译也给予了大力的支持,并仔细校审了全部书稿。

由于我国数控技术还处于开发阶段,再如上编译者水平有限,经验不足,书中的缺点错误一定难免,恳切希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

1994 年 4 月

目 录

第一章 数控铣床介绍.....	1
§ 1—1 数控铣床的基本工作原理.....	1
§ 1—2 数控铣床的特点及应用.....	2
§ 1—3 数控铣床的主要组成部分.....	4
§ 1—4 数控铣床的主要规格.....	5
§ 1—5 数控铣床的控制部分.....	9
复习题	18
第二章 数控铣床的参考点、工件编程零点和刀具数据的输入.....	19
§ 2—1 F3—CNC 铣床的机床零点、工件零点和刀具零点	19
§ 2—2 数控铣床参考点的确定	20
§ 2—3 工件编程零点的确定(零点偏置)	22
§ 2—4 刀具数据的输入	35
复习题	42
第三章 数控铣床的编程规则	43
§ 3—1 CNC 程序结构.....	43
§ 3—2 编程规则	44
§ 3—3 绝对值编程和增量值编程	46
§ 3—4 机床的初始状态	47
§ 3—5 准备程序段和结束程序段	48
复习题	49
第四章 准备功能 G 代码	51
§ 4—1 G 代码 0 组——轨迹功能	52
§ 4—2 G 代码 2 组——进给功能	82
§ 4—3 G 代码 6 组——子程序调用和无条件跳步	83
§ 4—4 G 代码 7 组——长度计量单位	85
§ 4—5 G 代码 8 组——刀具半径补偿	85
复习题.....	103
第五章 辅助功能 M 代码	105
§ 5—1 M 代码的分组及功能	105
§ 5—2 工作台的精确转位.....	107
§ 5—3 镜象功能.....	108

复习题.....	109
第六章 数控铣床的操作.....	110
§ 6—1 手动方式.....	111
§ 6—2 编辑方式.....	117
§ 6—3 自动方式.....	135
§ 6—4 数控铣床避免碰撞的主要方法.....	142
§ 6—5 刀具的装夹.....	145
§ 6—6 切削用量的选择.....	148
复习题.....	153
附录 一、报警编号及原因分析	154
二、常用数控技术名词中英对照	173

第一章 数控铣床介绍

数控铣床又称 CNC(Computer Numerical Control)铣床。英文意思是用电子计算机数字化信号控制的铣床。

§ 1-1 数控铣床的基本工作原理

铣床的加工表面形状一般是由直线、圆弧或其他曲线所组成。普通铣床操作者根据图样的要求,不断改变刀具与工件之间的相对位置,再与选定的铣刀转速相配合,使刀具对工件进行切削加工,便可加工出各种不同形状的工件。

数控机床加工,是把刀具与工件的运动坐标分割成最小的单位量,即最小位移量,由数控系统根据工件程序的要求,使各坐标移动若干个最小位移量,从而实现刀具与工件的相对运动,以完成零件的加工。

如图 1-1 所示的凸轮曲线 L。要求刀具 T 沿工件的曲线轨迹运动进行切削加工。

可以设想将曲线 L 细分成 $\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_i$ 等线段。设在单位时间内,在 x 坐标及 y 坐标方向移动量分别为 $\Delta x_1, \Delta y_1$,即并合成线段 ΔL_1

$$\Delta L_1 = \sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta y_1^2}$$

同样
$$\Delta L_2 = \sqrt{\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2}$$

.....

$$\Delta L_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$$

由于 ΔL 的斜率不断变化,因此进给分量 $\Delta y/\Delta x$ 随之不断变化。只要机床计算机能连续地自动控制 x、y 两个坐标方向 Δy 与 Δx 的比值。就可实现曲线工件 L 的数控加工。

在数控加工中,进给分量 $\Delta y, \Delta x$ 的移动是由数控装置给伺服电机传递运动的脉冲群来完成。每一个脉冲是机床的最小单位位移量。

最简单的位置控制系统见图 1-2。图中伺服电机是将电脉冲信号转换成角位移的变换驱动部件。例如,一个脉冲使伺服电机转 1.5° ,通过齿轮(或直接)驱动滚珠丝杠螺母副带动工作台移动一个位移量。机床数控装置连续地按一定方式供给 x 轴脉冲电流,它就可以一步一步地

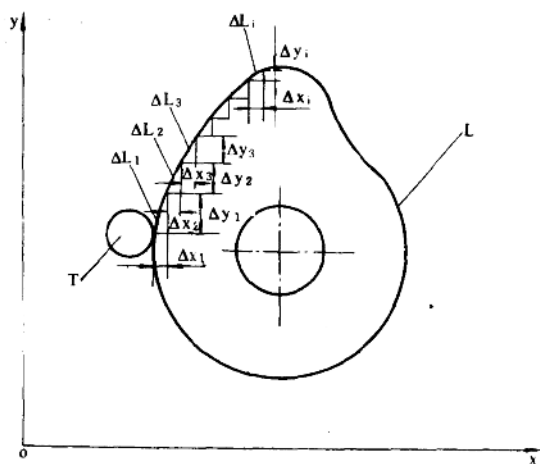


图 1-1 数控机床加工曲线的原理

连续转动并驱动滚珠丝杠,把旋转运动变为工作台直线运动。位移量与指令脉冲数量成正比,位移速度与指令脉冲的频率成正比。同时,机床数控装置连续地按一定比例供给 y 轴脉冲电流即可合成所需的曲线运动。

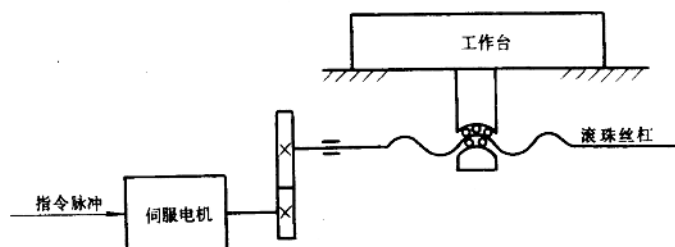


图 1-2 伺服电机传动原理

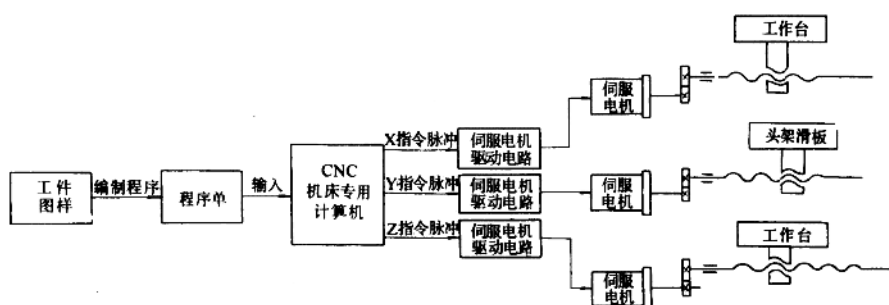


图 1-3 数控铣床基本工作原理图

综上所述,数控铣床的基本工作原理可用图 1-3 所示的框图来说明。数控铣床加工时,是根据工件图样工艺要求,将铣床各运动部件的移动量、速度及动作先后程序、主轴转速、转向及冷却等要求,以规定的数控代码形式,编制程序单,并输入到机床专用计算机中。然后,数控系统根据输入的指令,机床专用计算机进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令,控制机床各个部分进行规定的位移和有程序的动作。其中进给系统指令见图 1-3。由数控系统送出的指令脉冲,经驱动电路控制和放大后,使伺服电机转动,通过齿轮副(或直接)经滚珠丝杠,驱动铣床 x、y(头架滑板)和 z 方向的工作台。再与选定的主轴转速相配合,便可加工出各种不同形状的工件。

§ 1-2 数控铣床的特点及应用

随着科学技术和市场经济的不断发展,对机械产品的质量、生产率和新产品开发的周期提出了越来越高的要求。

虽然许多大量生产企业(如汽车、拖拉机、家用电器等制造厂)已经采用了自动机床和专用自动生产线,可以提高生产效率,提高产品质量,降低生产成本。但是,由于市场竞争日趋激烈,

企业必须不断开发新产品。在频繁地开发新产品的生产过程中,使用“刚性”(不可变)的自动化设备,要改变其工艺过程是非常复杂的,因此,刚性自动化设备日益暴露其缺点。

再则,在机械制造业中,并不是所有产品零件都具有很大的批量。据统计,单件小批生产约占加工总量的 75~80%。对于单件、小批,复杂零件的加工,用“刚性”自动化设备加工,显得成本高,生产周期长等缺点,并且亦很难达到较高的精度。

为了解决上述问题,满足新产品开发和多品种,小批量生产的自动化,国内外已研制生产了一种灵活的、通用的、万能的、能适应产品频繁变化的数控(CNC)机床。

下面介绍数控铣床的主要特点。

一、高柔性

数控铣床的最大特点是高柔性(可变的),所谓“柔性”即是灵活、通用、万能,可以适应加工不同形状工件的自动化机床。

数控铣床一般都能完成钻孔、镗孔、铰孔、铣平面、铣斜面、铣槽、铣曲面(凸轮)、攻螺纹等加工。而且,一般情况下,可以在一次装夹中,完成所需的加工工序。

如图 1—4 所示齿轮箱,齿轮箱上一般有两个具有较高位置精度要求的孔,孔周有安装端盖的螺孔,依照老的传统加工方法如下:

1. 划线

划底面线 A,划 $\Phi 47JS7$ 、 $\Phi 52JS7$ 及 90 ± 0.03 中心线。

2. 刨(或铣)底面 A

3. 平磨(或刮削)底面 A

4. 镗加工(用镗模)

铣端面,镗 $\Phi 52JS7$ 、 $\Phi 47JS7$,保持中心距 90 ± 0.03 。

5. 划线(或用钻模)

划 8—M6 孔线。

6. 钻孔攻丝

钻攻 8—M6 孔。

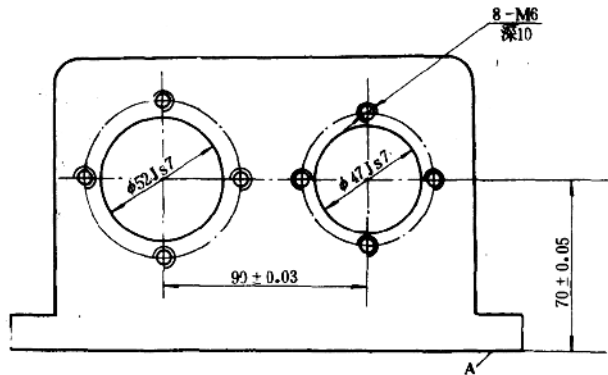


图 1—4 齿轮箱

以上工件至少需要 6 道工序才能完成。如果用数控铣床加工,只需把工件的基准面 A 加工好,可在一次装夹中完成铣端面、镗 $\Phi 52JS7$ 、 $\Phi 47JS7$ 及钻攻 8—M6 孔。亦就是将以上 4、5、6 工序合并为 1 道工序加工。

更重要的是,如果开发新产品或更改设计需要将齿轮箱上 2 个孔改为 3 个孔,8—M6 螺孔改为 12—M6 孔。采用传统的加工方法必须重新设计制造镗模和钻模,则生产周期长。如果采用数控铣床加工,只需将工件程序指令改变一下(一般只需 0.5~1h),即可根据新的图样进行加工。这就是数控机床高柔性带来的特殊优点。

二、高精度

目前数控装置的脉冲当量(即每轮出一个脉冲后滑板的移动量)一般为 0.001mm,高精度

的数控系统可达0.0001mm。一般情况下,绝对能保证工件精度。另外,数控加工还可避免工人的操作误差,一批加工零件的尺寸同一性特别好(包括工件的主要尺寸和倒角等尺寸的同一性),大大提高了产品质量。

由于数控机床的高精度和灵活性,能加工很多普通机床难以完成或根本不能加工的复杂型面(如高精度螺旋推进器)。因此,数控机床首先在航空、航天工业中应用。在加工各种复杂模具更显出其优越性。

三、 高效率

数控机床的高效率主要由数控机床高柔性带来的。如数控铣床,一般不需要使用专用夹具和工艺装备。在更换工件时,只需调用储存于计算机中的加工程序,装夹工件和调整刀具数据即可,可大大缩短生产周期。更主要的数控铣床的万能性带来高效率,如一般的数控铣床都具有铣床、镗床和钻床的功能。使工序高度集中,大大提高了生产效率并减少了工件的装夹误差。

另外,数控铣床的主轴转速和进给量都是无级变速的。因此,有利于选择最佳切削用量。数控铣床都有快进、快退、快速定位功能,可大大减少机动时间。

据统计,采用数控铣床比普通铣床可提高生产率3~5倍。对于复杂的成形面加工,生产率可提高十几倍,甚至几十倍。

四、 大大减轻了操作者的劳动强度

数控铣床对零件加工是按事先编好的程序自动完成的。操作者除了操作键盘,装卸工件和中间测量及观察机床运行外,不需要进行繁重的重复性手工操作,可大大减轻劳动强度。

由于数控机床具有以上独特的优点,因此数控机床已成为金属切削机床的发展方向。

但是,数控机床的编程操作比较复杂,对编程人员的素质要求较高。否则,很难发挥数控机床的作用。另外,数控机床的价格昂贵,如编程操作不慎,万一发生碰撞,其后果不堪设想。为此,必须重视编程操作人员的培训。

§ 1-3 数控铣床的主要组成部分

数控铣床一般由以下几个部分组成:

一、 主机

是数控铣床的机械部件,包括床身、主轴箱、工作台(包括X、Y、Z方向滑板),进给机构等。

二、 控制部分(CNC装置)

是数控铣床的控制核心,一般是一台机床专用计算机,包括印刷电路板,各种电器原件,屏幕显示器(监视器)和键盘、纸带、磁带等组成。

三、 驱动装置

是数控铣床的执行机构的驱动部件,包括主轴电机、进给伺服电机等。

四、辅助装置

是指数控铣床的一些配套部件,包括刀库、液压、气动装置、冷却系统和排屑装置等。具有刀库并能自动换刀的数控机床称为加工中心(Machining Center)。

§ 1-4 数控铣床的主要规格

数控铣床有很多种类和规格,但基本原理和编程操作方法大同小异。下面以奥地利 EMCO 公司生产的 EMCO F3—CNC 铣床(图 1—5)为例,说明数控铣床的编程和操作方法。

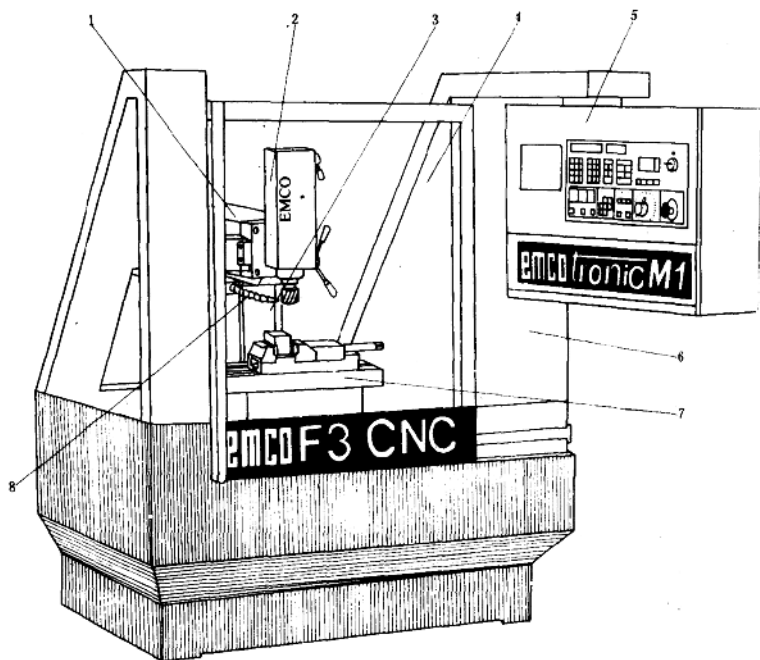


图 1-5 EMCO F3-CNC 铣床外形图

- 1-主轴箱 2-立铣头 3-垂直导轨
4-防护门 5-CNC 装置 6-防护罩
7-工作台 8-冷却嘴

一、机床主要规格

1. 工作台移动范围

纵向(x)	300mm
横向(y)	200mm
垂直方向(z)	350mm

如图 1-6 所示,实际使用范围在图中虚线区域内,即: $x=260$; $y=160$; $z=330$ 。

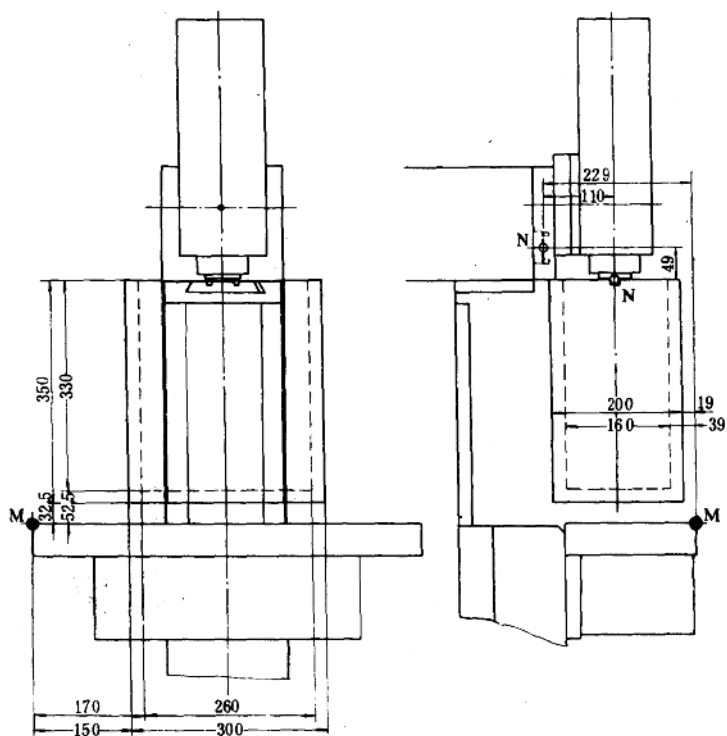


图 1-6 工作台移动范围

2. 工作台尺寸(图 1-7)

垂直工作台尺寸	600×180mm
2—T 字槽尺寸	12×21mm
槽距	90 mm
水平工作台尺寸	600×200mm
4—T 字槽尺寸	12×21mm
槽距	45 mm

3. 主轴

刀具柄号	SK30(DIN2079)
换刀	手动
主轴转速	80~2200r/min

4. 驱动部分

主传动为直流无级变速电动机	2.6kw
进给传动 X、Y、Z 三轴联动	
快速定位(GOO)速度	3000mm/min
工作进给速度	1~3000mm/min

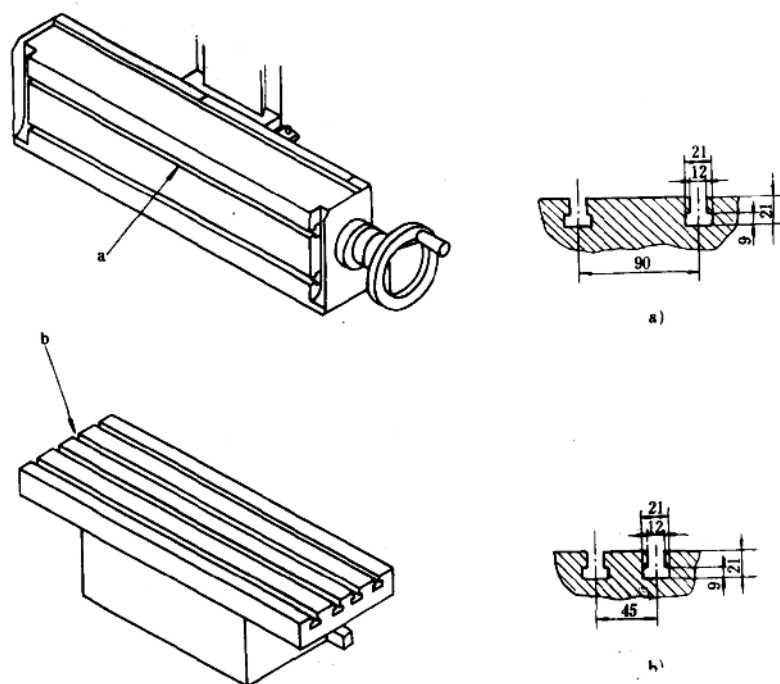


图 1-7 工作台尺寸
a)垂直工作台 b)水平工作台

分辨率	0.0025mm
5. 冷却系统	
冷却箱容量	50L
冷却泵输出量	15L/min
6. 机床重量	~900kg

二、控制部分主要规格

本机床使用专用计算机可执行 X、Y、Z 三轴同时移动(三轴联动),可进行直线和圆弧插补。可控制主轴(刀具)转速、进给量、刀具补偿、编程零点偏置和其他有关参量等。机床控制部分内存为 20KB(约 110m 穿孔带),并装有 12"监视器(屏幕显示)。

输入精度	0.001mm (0.0001")
加工工件螺距	0.01~32mm
主轴转速修调	50~120%
进给修调	0~140%
插补范围	±9999.999mm

EMCOTRONIC M1 控制面板

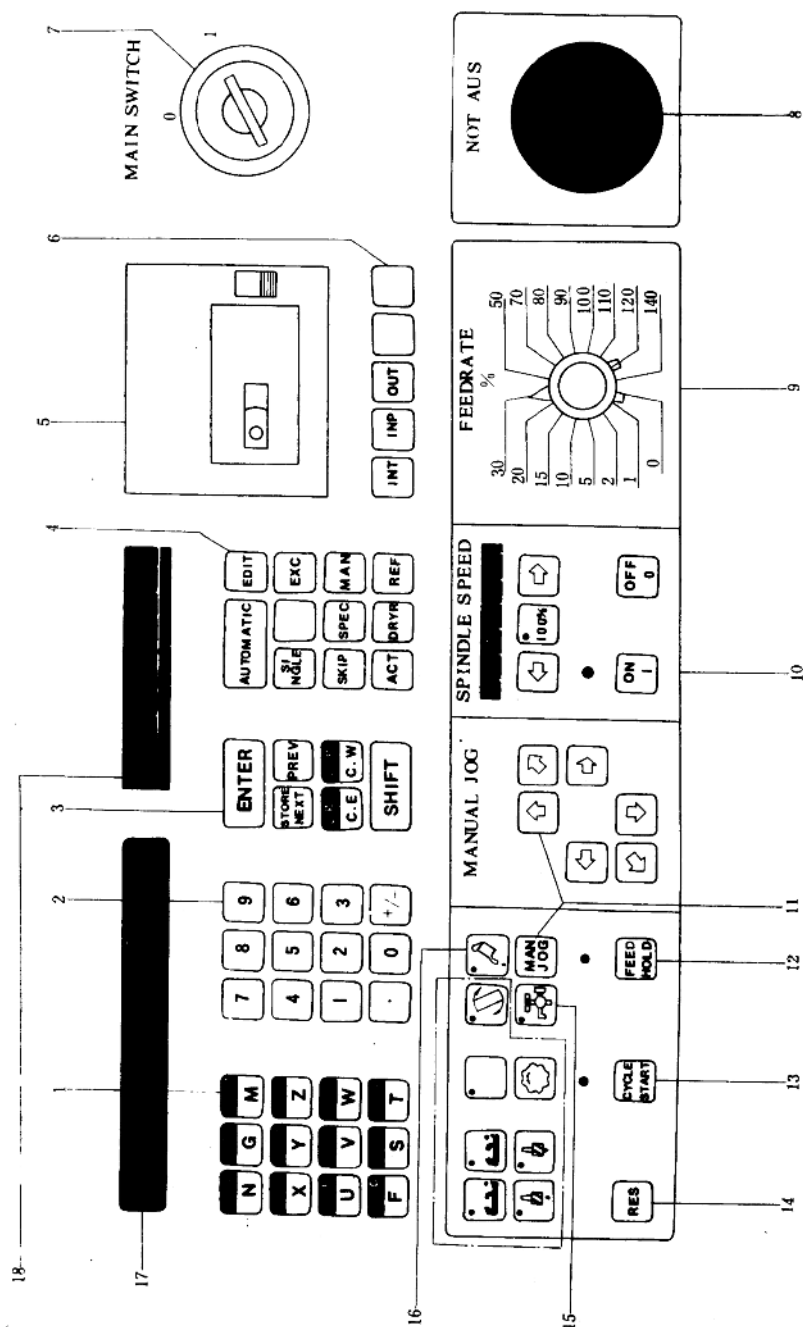


图 1-8 EMCOTRONIC M1 控制面板

- 1-地址键 2-数字键 3-功能键 4-方式键 5-盒式磁带装置 6-盒式磁带操作键 7-电源开关 8-紧急停
键 9-进给修调旋钮 10-主轴开关及修调键 11-手动方式控制工作台移动键 12-进给暂停键 13-循环启动
键 14-复位键 15-冷却泵开关 16-润滑泵键 17-屏幕显示 18-主轴功率显示

刀具存储

99 把

操作方法:手动方式;编辑方式;执行方式;自动方式。子方式:单程序段;空跳程序段;空运转;返回参考点;初始状态;换刀等。

程序结构

DIN66025,用小数点输入。

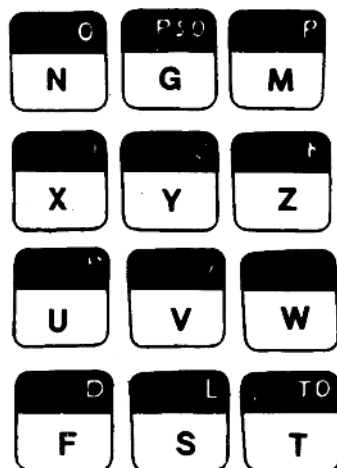


图 1-9 地址键组

§ 1—5 数控铣床的控制部分

数控铣床的控制部分主要由一台专用计算机组成,计算机的控制面板可分为控制键和屏幕显示(监视器)器两大部分。

EMCO F3—CNC 数控铣床控制面板(EMCO TRONIC M1),如图 1-8 所示

一、控制键

下面将各组键的主要功能介绍如下:

1. 地址键(图 1-9)

地址键的一个键上分上档和下档两个符号,它具有双重功能,见表 1-1

表 1-1 地址键的双重功能

键	功 能
	按 N,下档 N 地址被选择
	按 SHIFT 键,再按 O 键,即上档 O 地址被选择

地址键的功能见表 1-2。

表 1-2 地址键的功能

键	功 能
	N 地址,表示程序段号 如:N0000~N9999
	O 地址,表示程序号 如:O0001~O0099 等

续表

键	功 能
PSO G SHIFT PSO	G 地址,表示准备功能 如 G01;G02;G03、G81 等 PSO 表示零点偏置寄存器
P M SHIFT P	M 地址 表示辅助功能 如:M03;M04;M30 等 P 地址 G 功能循环中的有关参量
I X J Y K Z SHIFT I SHIFT J SHIFT K	X、Y、Z 轴地址 绝对值编程时 X、Y、Z 轴坐标数据地址 如:X50.253;Y30.0;Z5.0 I、J、K 地址 圆弧中心坐标参量
R U V W SHIFT R	U、V、W 地址 增量值编程时坐标数据地址 R 地址 操作者监视方式下的地址;如改变参考点时需调入 R 参数