

MNC系列 微型计算机控制 线切割机

李煜华 主编

国防工业出版社

内 容 简 介

全书分十三章。内容包括：微型计算机基础知识；MNC系列微型机控制器的组装和指令系统；锥度控制原理；平面坐标系的插补原理及程序格式；控制系统软件；控制器的调试方法与故障分析；高频电源；锥度机床的使用与维修；程序的自动编程与穿复孔机等。

本书通俗易懂，内容深入浅出，结合实际，不仅详细地介绍了系统的结构和工作原理，而且还介绍了大量的应用实例及故障的分析与排除方法。

本书可供从事数控、计算机应用的科技人员、技术工人及有关专业的师生参考，亦可做为培训教材。

MNC系列微型计算机控制线切割机

李煜华 主编

*

国防工业出版社出版、发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张11¹/₄ 296千字

1990年1月第一版 1990年1月第一次印刷 印数：0,001—2,000册

ISBN 7-118-00387 5/TP 43 定价：6.90元

前 言

MNC 系列微型计算机控制锥度线切割机床是利用穿孔纸带或磁带等作为输入信号，以高频电火花为能源，通过钼丝（或其他电极）和工件间的电蚀进行切割，使被加工工件获得所需要的尺寸和形状。它是一种高效能的自动化机床，可以加工各种形状的冲模和金属零件。随着计算机及电火花加工技术的发展，微型计算机控制的线切割机床将日趋普及并逐渐扩大其应用范围。

近几年来，我国在微型计算机生产和应用方面得到了迅速发展。实践证明，推广微型计算机的应用是我国实现技术改造、促进现代化的一个经济而又有效的途径。数控线切割机床以前使用的是普通数控 NC 系列控制器，它的控制逻辑是由专用计算机中固定接线的硬件结构来实现的。专用计算机造好后就难以改变，同时其可靠性差、体积大、耗电多和维修困难等均是 NC 系列控制器的致命弱点。另外，生产上（如钟表行业等）常需要小型精密模具，这就对控制器的功能和控制精度提出了更高的要求。为了适应这种需要，我们研制出了 MNC 系列微型计算机控制器，并用于线切割机床上。到目前为止，MNC 微型计算机控制的线切割机床已生产了数千台。

为了适应电加工技术发展的需要，特编写了此书。本书内容丰富，按系统的结构，结合控制方案、典型电路、论述系统的工作原理、设计方法、故障分析和排除方法。此外，还给出了丰富的应用实例。

在编写过程中，钱之亮参加了第六章输入部分的编写工作，本书的全部插图由孙淑芳绘制，全书由中国计算机学会理事、CAD 专业委员会副主任唐毅副教授审稿。同时还得到了南京航空学院金庆同教授、全国电加工学会常务理事杜炳荣同志、苏州

IV

电加工研究所梁春宜总工程师、上海科学技术大学科技开发总公司林焕佑主任、上海科学技术大学计算机科学系副主任徐拾义副教授、上海无线电专用机械厂、宜兴计算机厂及江苏太仓计算机应用仪器厂的大力帮助，在此表示诚挚的谢意。

由于水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

编者 于上海科学技术大学

目 录

第一章 微型计算机基础知识	1
1.1 微型计算机概述	1
1.2 数制和码制	3
1.3 逻辑电路	10
1.4 运算电路	12
1.5 触发器与寄存器	16
1.6 指令、程序和语言	20
1.7 微处理器的结构和工作原理	23
1.8 存储器和堆栈	25
1.9 微型计算机的输入/输出和中断	26
1.10 总线	28
1.11 微型计算机的软件	29
第二章 MNC 系列微型计算机控制器的组装	31
2.1 MNC 系列微型计算机系统的组成	31
2.2 Z80CPU	32
2.3 地址译码器的连接	37
2.4 存储器的连接	42
2.5 Z80 并行 I/O 接口	45
2.6 Z80 计数器/定时器 (CTC)	55
2.7 键盘接口电路	63
2.8 数码显示器接口	64
2.9 盒式磁带机接口	68
2.10 打印机接口	69
第三章 MNC 系列微型计算机控制器的指令系统	72
3.1 指令的寻址方式	72
3.2 指令的功能分类	74
3.3 指令的十六进制代码	95

第四章 平面两坐标系的插补原理	103
4.1 醉步式近似法	103
4.2 斜线插补	104
4.3 斜线插补的计算程序	108
4.4 圆弧插补	109
4.5 圆弧插补的计算程序	113
4.6 加工长度控制	114
4.7 程序格式	119
第五章 锥度控制原理及程序格式	122
5.1 定义	122
5.2 NR_1 圆圆联系函数	123
5.3 递推法求 S	123
5.4 NR_2 圆圆联系函数	124
5.5 用递推法求 NR_2 的角度偏差判别公式	125
5.6 甲、乙圆弧的自身插补偏差值	126
5.7 自动间隙补偿及程序格式	131
5.8 锥度控制原理及程序格式	144
第六章 控制系统总述	155
6.1 系统概述	155
6.2 输入部分的系统软件	158
6.3 加工控制的中断处理程序	165
第七章 输出	169
7.1 步进电机的工作原理	169
7.2 环形分配器	173
7.3 位置检测与GMY-1型光栅传感器	179
第八章 控制器的调试方法及故障分析	186
8.1 控制器印制电路板调试前的检查	186
8.2 控制电路的基本调试方法	188
8.3 接口电路板的调试	201
8.4 总调	210
第九章 机床	225
9.1 床身	225

9.2	贮丝筒	226
9.3	倒顺开关	227
9.4	冷却液箱	228
9.5	线架	228
9.6	工件夹具	231
9.7	坐标工作台	232
9.8	机床电器	236
第十章	高频电源	240
10.1	电蚀原理	240
10.2	晶体管式高频电源	245
10.3	其它高频电源电路	250
第十一章	程序编制	258
11.1	程序格式及其意义	258
11.2	编程一般步骤	260
11.3	计算方法	262
11.4	坐标变换法	273
11.5	编程注意事项	276
11.6	引入程序与引出程序	278
11.7	实例	279
第十二章	锥度机床的使用与维修	306
12.1	机床的结构特点	306
12.2	主要技术指标	306
12.3	机床的常见故障及其排除方法	307
12.4	操作线切割机床的注意事项	315
第十三章	自动编程	317
13.1	自动编程简介	317
13.2	自动编程的硬件结构	318
13.3	系统软件结构	323
13.4	编写图形程序	330
13.5	微型计算机控制穿复孔机	341
附录	.....	345

第一章 微型计算机基础知识

1.1 微型计算机概述

自从 1971 年世界上第一片微处理器 Intel4004 和由它组装成的 MCS-4 型微型计算机（简称微型机）问世以来，在短短几年中微型机得到了迅速发展。到 1980 年止，全世界累计生产了约 1200 万台。微型机的发展可分为四代：

第一代（1971~1973 年）以 Intel4004 和 8008 微处理器为代表的，采用 PMOS 工艺，字长为 4 位和 8 位。

第二代（1974~1978 年）以 Intel8080/8085、MC6800 和 Z80 为代表的，采用 NMOS 工艺，字长为 8 位。

第三代（1979~1981 年）以 Intel8086、MC68000 和 Z8000 为代表的，采用 HMOS 等先进的集成电路工艺，字长为 16 位。

第四代（1981 年以后）32 位的高档微型机，其代表产品有 I 8800、IAPX432（一个芯片上集成了 10 万个晶体管）等。

微型机是在小型机的基础上发展起来的，它吸收了小型和大型计算机的优点和先进技术，具有体积小、可靠性高、价格低廉、功耗低、灵活性和通用性好等许多优点。

1.1.1 微处理器和微型计算机

电子数字计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五个基本部分组成，如图 1-1 所示。控制器担负着控制和指挥整个机器的信息处理过程的任务。运算器具有对信息进行运算、整理、判断分析的功能。通常将控制器和运算器合称中央处理单元或中央处理机（CPU）。

在一个或几个芯片上集成具有中央处理单元（CPU）功能的大规模集成电路叫做微处理器（ μP ）。

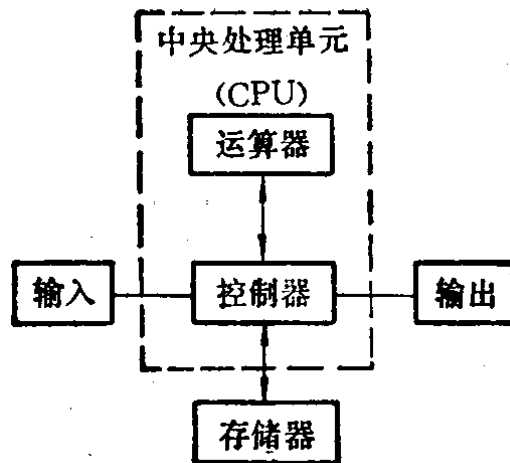


图 1-1

以微处理器为核心,加上大规模集成电路的存储芯片、输入/输出接口芯片和把各部件连接起来的三组总线等组成的计算机叫做微型机 (μC)。

1.1.2 微型计算机的分类

1. 按微处理器处理数据的位数分类

(1) 四位微型机 近年来生产的四位单片微型机多为专用机,价格低廉,产量大,广泛用于各种家用电器、仪器仪表、工业控制等方面。

(2) 八位微型机 八位微型机是目前微型机的主流,应用范围广,如工业控制、交通控制和仪器仪表等。

(3) 十六位微型机 这是高性能的微型机,可取代小型机,用于集中式数据处理。目前正朝着高集成度(单片的微处理器)、高速度方向发展。

(4) 位片式微型机 位片式微型机是采用双极性工艺,分别做成2位或4位的位片微处理器,能拼装成有一定字长的微型机。其特点是工作速度快。例如,用ECL工艺制造的MECL 10800位片式微处理器系列,时钟频率达20MHz,适用于高速的计算机、仪器仪表及通信设备。

2. 按微型机组装形式分类

(1) 单板微型机 这种微型机把微处理器、RAM、EPROM 存储器以及并行、串行的 I/O 接口组装在一块印制板上，并配有键盘、显示装置、盒式磁带机等外部设备。在 EPROM 中存放监控程序。单板微型机的主要特点是使用简便，具有较强的扩充能力。

(2) 多板微型机 这种微型机是把多块微型机印制线路板和各种输入/输出设备控制器、电源、控制面板等部件组装在一个机架内，配有 CRT 显示器、打印机、软盘或硬盘等各种外部设备，并配有较丰富的软件。这种微型机的功能很强，能担负较复杂的数据处理和控制任务。

(3) 单片微处理机 这种单片机是把微处理器、1~2 K 字节的 ROM、64~128 字节的 RAM 和 I/O 接口集成在一个芯片上，如 Intel 8048、8049、8748、8749、Z80 等产品。它们适用于智能化的仪器仪表和控制装置。

1.2 数制和码制

微型机所处理的一切信息（包括命令、数值、字符）统称为数据。微型机使用的数制有二进制、十六进制，八进制等，分别介绍如下：

1.2.1 二进制

1. 二进制数

二进制数制只能用 0 和 1 表示任何一个数，它的基数是 2，按“逢二进一”原则进位。

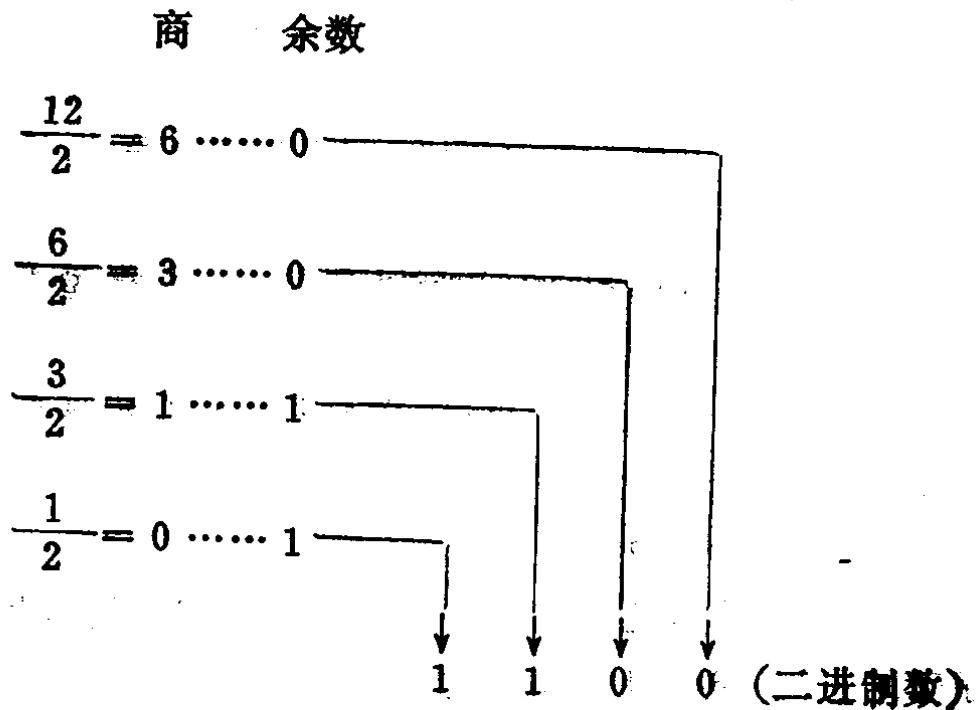
2. 二进制数转换成十进制数

例如，把二进制数 1011.111 转换成十进制数的过程是

$$\begin{aligned} (1011.111)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \\ &\times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times \\ &2 + 1 \times 1 + 1 \times 0.5 + 1 \times 0.25 + 1 \times 0.125 = (11.875)_{10} \end{aligned}$$

3. 十进制数转换成二进制数

例如，把十进制数 12 转换成二进制数的步骤如下：



4. 二进制加法和减法

(1) 二进制加法规则

$$0 + 0 = 0 \quad 1 + 1 = 0 \text{ (且进位为 1)}$$

$$0 + 1 = 1 \quad 1 + 1 + 1 = 1 \text{ (且进位为 1)}$$

例如，

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + 1101 \\ \hline 11000 \end{array}$$

(2) 二进制减法规则

$$0 - 0 = 0 \quad 1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0 \quad 0 - 1 = 1 \text{ (且借位为 1)}$$

例如

$$\begin{array}{r} 1101 \\ - 0110 \\ \hline 0111 \end{array}$$

5. 二进制乘法和除法

(1) 二进制乘法规则

$$0 \times 0 = 0 \quad 1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0 \quad 1 \times 1 = 1$$

例如,

$$\begin{array}{r}
 1010 \\
 \times 0101 \\
 \hline
 1010 \\
 0000 \\
 + 1010 \\
 \hline
 110010
 \end{array}$$

(2) 二进制除法规则 二进制除法规则与十进制除法类似, 从被除数的最高位开始检查, 定出需要超过除数的位数。找到这个位时商记1, 并把选定的被除数值减去除数, 然后把被除数的下一位移到除数上。如果余数减除数不够减时则商为0, 把被除数的再下一位移到余数上, 减去余数, 直至全部被除数的位都下移完为止。例如:

$$\begin{array}{r}
 1011 \text{ (商)} \\
 101 \overline{) 110111} \\
 \underline{- 101} \\
 0011 \\
 \underline{- 0000} \\
 111 \\
 \underline{- 101} \\
 101 \\
 \underline{- 101} \\
 0
 \end{array}$$

1.2.2 八进制

八进制数制只用 8 个数字 0、1、2、3、4、5、6、7 来表示一个数，其基数为 8，按“逢八进一”的原则进位。将八进制数 145.232 转换成十进制数的步骤如下：

$$(145.232)_8 = 1 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 3 \times 8^{-2} + 2 \times 8^{-3} = (101.3007)_{10}$$

二进制数往往很长，若按 3 位一组分成若干组即可转换成八进制数，例如：

二进制数	011	101	001	111	110
八进制数	3	5	1	7	6

1.2.3 十六进制

十六进制的基数是 16，它用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数字和 A、B、C、D、E、F 6 个字母（共 16 个符号）来表示一个数，按“逢十六进一”的原则进位。

例如，十六进制数 10AE 转换成十进制数的步骤如下：

$$(10AE)_{16} = 1 \times 16^3 + 0 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 14 \times 16^0 = (4270)_{10}$$

将二进制数按 4 位一组分成若干组，便可转换成十六进制数。例如，

二进制数	0111	1100	1011	1001
十六进制数	7	C	B	9

微型机的数据用十六进制表示时，一般规定在数的后面加 H 标记，十进制数一般不加标记。表 1-1 列出了十进制、二进制、八进制、十六进制数的对照表。

表1-1 各种数制的对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

1.2.4 二-十进制 (BCD 码)

二-十进制是利用 4 位二进制数来代替 1 位十进制数的编码。4 位二进制数可以表示十六个不同状态，在此仅取其中十个状态来表示 0 ~ 9 十个十进制数，其余六个状态 (1010~1111) 不用。用二进制数代替 1 位十进制数的编码方法有多种，最常用的是

表1-2 二-十进制数码 (8421码)

十进制	二-十进制 (8421码)	十进制	二-十进制 (8421码)
0	0000	10	0001 0000
1	0001	11	0001 0001
2	0010	12	0001 0010
3	0011	13	0001 0011
4	0100	14	0001 0100
5	0101	15	0001 0101
6	0110	16	0001 0110
7	0111	17	0001 0111
8	1000	18	0001 1000
9	1001	19	0001 1001

8421 码，即二进制各位的“权”依次是 $2^3 = 8$ 、 $2^2 = 4$ 、 $2^1 = 2$ 、 $2^0 = 1$ （见表 1-2）。

1.2.5 数的定点制和浮点制表示形式

微型机中数的小数点不作为一个单独信息存放。确定小数点的位置一般有以下两种方法。

1. 定点制

在定点制中，小数点的位置固定不变，通常规定在数的最高位之前，符号位之后。例如，八位二进制数用最高位作为符号位，0 表示正，1 表示负。

0 · 1 0 1 1 0 1 1

符号位 数 值 位

微型机一般都采用定点制，因此参加运算的数要先经过处理（如乘上一个因子），使其绝对值小于 1。运算后的结果要预先作出估计，其绝对值应小于 1，否则微型机将产生溢出，迫使它停止现有运算，转去处理溢出错误。

2. 浮点数

在浮点制中，数的小数点位置是浮动的。每个浮点数由阶和尾数组成。其中，尾数是小于 1 的数，阶和阶符用来确定小数点的真正位置。采用两组二进制数来分别表示阶码和尾数。

1.2.6 原码、反码和补码

微型机在进行算术运算时，对带符号的数规定有一定的表示规格，即码制。

1. 原码

符号位为 0，表示是正数；符号位为 1，表示是负数。正数的原码就是该数本身，负数的原码是数本身不变，但符号位为 1。例如，0.1001101 是 +0.1001101，1.1001101 是 -0.1001101。

2. 反码

正数的反码就是原码。负数的反码是符号位为 1，数的各位

变反，即将 0 变成 1，将 1 变成 0。例如， $+0.1101001$ 的反码为 0.1101001 ， -0.1101001 的反码为 1.0010110 。

0 的反码有两种表示方法，即 $+0$ 的反码为 0.0000000 ， -0 的反码为 1.1111111 。

3. 补码

一个数 X 以 N 为模的补码的求法如下：

$$X_{*} = N + X$$

微型机常用一个数 X 以 2 为模的补码，其规定如下：

当 X 为正数时，其补码等于 X 本身；当 X 为负数时，其补码等于 X 的反码末位加 1。例如， $X = +0.1011011$ ，则 $X_{*} = 0.1011011$ ； $X = -0.1011011$ ，则 $X_{*} = 1.0100100 + 0.0000001 = 1.0100101$ 。

利用反码和补码可简化减法运算。例如，可用补码的加法来代替两个数的减法：

$$X = +0.1101001 \quad Y = -0.0100010$$

求 $X + Y$ 。采用补码运算较为简便：

因为 $X_{*} = 0.1101001$ ， $Y_{*} = 1.1011110$ ，所以， $X_{*} + Y_{*} = 0.1000111$ （仍取 8 位）。

1.2.7 字符代码

微型机除了处理数字信息外，还要处理大量非数字信息。例如，26 个英文字母和各种控制符号，这些字母和符号统称为字符。

目前，微型机大多采用 ASCII 码（美国信息交换标准代码）。ASCII 码用 6 位、7 位或 8 位二进制数码来表示英文字母、数字、控制符号和专用字符等。全 ASCII 码有 7 个数位（7 位可构成 128 种排列），可以表示一百多个不同的字母和符号（见表 1-3）。7 位码附上 1 位奇偶校验位，便成为 8 位码。

表1-3 7位ASCII码表

高位 $b_6b_5b_4$	低位 $b_3b_2b_1b_0$							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	Ⓐ	P	,	P
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	↓	o	DEL

1.3 逻辑电路

通常,一个逻辑电路有一个(或一个以上)输入,一个输出。不同性质的逻辑电路,输入与输出之间有不同的关系,这种关系称为逻辑函数。输入和输出的状态只有两种:高电平和低电平。通常,用逻辑1(即有效)来表示高电平,逻辑0(即无效)表示低电平。这种表示方法称为正逻辑,大多数微型机使用正逻辑。本书介绍的微型机均使用正逻辑。如果用逻辑1表示低电平,逻辑0表示高电平,则称为负逻辑。少数微型机如Intel4004/4040就使用负逻辑。

经常使用的逻辑电路介绍如下:

1. 与门

与门符号如图1-2(a)所示,其含义为只有当所有输入(A