

# 微机数控

## 原理设计及应用

魏余芳等 编著

西南交通大学出版社

# 微 机 数 控

原 理 设 计 及 应 用

魏余芳等 编著

西南交通大学出版社

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了微机数控的基本原理、设计方法及其应用技术。全书共八章，内容包括：微型工业控制系统；微机数控的接口及新型存贮器（磁泡）；伺服系统及检测装置；微机数控的插补控制原理及程序设计；微机在机末上的应用实例；MCS 51 系列单片机原理及其应用。

本书可作为自动控制、工业自动化、计算机应用及机械电子等专业大学本科教材和教学参考书，也可作力电大、工大有关专业的教材和教学参考书，并适合广大从事数控方面的技术人员自学和参考。

### 微 机 数 控

#### 原理设计及应用

WEI JI SHU KONG

YUAN LI SHE JI JI YING YONG

魏余芳等 编著 责任编辑 张 雪

西南交通大学出版社出版  
(四川 峨眉)

四川省新华书店发行  
西南交通大学出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：26.125

字数：664千字 印数：1~3000册

1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷

ISBN 7-81022-033-0/TP 004

定 价：4.65元

# 前 言

“微机数控”是一门综合技术。它应用了计算技术、自动控制、精密测量、电子技术以及机械设计的最新成就，使数控技术进入一个新阶段，提高到一个新水平。“微机数控”是一门新技术。它突破了常规逻辑数控的模式，采用技术先进、可靠价廉的微型计算机，充分利用其软硬件的功能，使微型计算机在数控机床上的应用得到新发展。

随着科学技术的进步，面对着提高产品质量和劳动生产率以及改善劳动条件、降低产品成本的要求，加工业的生产过程自动化已经提到议事日程并付诸实施。其中“微机数控”以其技术先进、安全可靠、价格低廉而占有重要位置。本书的目的就是为适应生产技术发展的需要，向读者系统地介绍目前行之有效的“微机数控”的技术成就。本书可以作为大学本科自动控制以及工业自动化等专业的教材，也希望成为从事机床数控技术的科技工作者的一本有实用价值的参考书。

本书是作者在近几年来从事“微机数控”教学和科研工作的基础上编写的，并且参考了国内外有关科技文献和资料，反映了当前数控技术发展的新水平。与传统的“机床数控技术”不同，本书具有以下特点：

1. 在内容方面，着重介绍微机在数控系统中的应用，特别是一位机、八位机和单片机在机床数控方面的应用；
2. 在论述方面，在强调微机数控基本理论的同时，重点放在数控系统的实际应用，以及电子电气与机械的有机结合，即“机电一体化”；
3. 书中介绍的系统多系实践证明行之有效的，其主要的程序大多经上机调试通过，具有相当的实用价值，只要读者善于将各功能模块程序作适当的组合，即可直接用于生产实践。

本书共分八章，第一章和第二章对目前“微机数控”技术及其应用的现状作了介绍，并专门介绍了微型工业控制机系统；第四章介绍了“微机数控”系统中不可少的伺服系统和检测装置；第三、五、六章集中介绍了“微机数控”的接口技术和存储器、插补原理以及程序设计，形成了本书的中心内容；第七章列举了微机数控机床的应用实例，最后一章专门介绍了 MCS-51 系列单片机的原理及应用。

本书由魏余芳主编并执笔编写了第一、三章部分和第四、五、六章；第一章部分和第二章由冯景之执笔；第三章部分和第七章由蔡淮执笔；第八章由石绍球执笔。

本书在编写过程中得到西南交通大学计算机科学与工程系诸昌铃教授的指导和帮助，并对全书作了最后审定。在此，表示诚挚的谢意。

鉴于目前微机数控技术发展很快，考虑到作者水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬望读者批评指正。

编 著 者

1987年7月

# 目 录

## 第一章 绪 论

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第一节 概 述                           | 1  |
| 一、微机数控系统的组成                       | 1  |
| 二、微机数控系统的特点                       | 3  |
| 第二节 微机数控系统分类                      | 3  |
| 一、按控制轨迹分类                         | 3  |
| 二、按控制方式分类                         | 4  |
| 第三节 数控技术的应用与发展                    | 5  |
| 一、加工中心机床                          | 5  |
| 二、计算机数控 CNC 和微机数控 MNC             | 6  |
| 三、计算机群控系统 DNC                     | 6  |
| 四、分布式微机数控系统 DMNC                  | 7  |
| 五、自动编程系统                          | 10 |
| 六、自适应控制 AC                        | 11 |
| 七、柔性制造系统 FMS 和计算机辅助设计 CAD 与制造 CAM | 11 |
| 八、经济型微机数控装置                       | 13 |
| 九、可编程序控制器 PC                      | 13 |

## 第二章 微型工业控制装置

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第一节 顺序控制的基本概念   | 14 |
| 第二节 微型工业控制器     | 16 |
| 一、一位微处理机的基本系统结构 | 16 |
| 二、一位机的主要芯片及其功能  | 18 |
| 第三节 一位微处理机的指令系统 | 25 |
| 一、输入/输出指令       | 25 |
| 二、运算指令          | 28 |
| 三、控制指令          | 31 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第四节 一位微机系统设计及其功能扩展</b> | 36 |
| 一、一位机系统设计的内容及步骤           | 36 |
| 二、一位机功能扩展的设计方法            | 38 |
| 三、程序定时功能                  | 45 |
| 四、暂存功能——暂存器的设计            | 46 |
| 五、指令扩展与指令格式的设计            | 46 |
| 六、增强一位机系统的开发功能            | 49 |
| <b>第五节 一位微机的程序设计</b>      | 51 |
| 一、编程的一般步骤                 | 51 |
| 二、基本程序结构及其编程方法            | 52 |
| 三、基本控制程序的设计               | 60 |
| <b>第六节 输入输出通道设计</b>       | 71 |
| 一、输入通道                    | 71 |
| 二、输出通道                    | 75 |
| 三、一位机系统的抗干扰措施             | 79 |
| <b>第七节 一位机在工业控制中的应用</b>   | 80 |
| 一、一位机在电镀自动线中的应用           | 80 |
| 二、一位机在机械加工生产中的应用          | 84 |
| 三、一位机在工业机械手中的应用           | 87 |

### 第三章 微机数控的接口及存贮器

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第一节 概 述</b>          | 94  |
| <b>第二节 输入/输出接口</b>      | 94  |
| 一、输入/输出控制方式             | 94  |
| 二、输入/输出接口的编址方式          | 98  |
| 三、输入/输出接口器件             | 100 |
| <b>第三节 机床控制设备接口</b>     | 111 |
| 一、数字输入/输出电路             | 111 |
| 二、模拟输入/输出电路             | 114 |
| <b>第四节 微型机可编程机床控制接口</b> | 117 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| <b>第五节 通讯显示接口 .....</b>              | <b>118</b> |
| 一、通讯接口 .....                         | 118        |
| 二、CRT 显示器接口 .....                    | 119        |
| <b>第六节 只读存储器 .....</b>               | <b>120</b> |
| 一、只读存储器 ROM.....                     | 121        |
| 二、可编程序的只读存储器 PROM .....              | 121        |
| 三、可擦可写只读存储器 EPROM .....              | 121        |
| 四、电擦除 EEPROM.....                    | 124        |
| <b>第七节 新型存储器——磁泡 .....</b>           | <b>125</b> |
| 一、什么是磁泡 .....                        | 126        |
| 二、Intel 公司 BPK 72 1 M 位磁泡存储器系统 ..... | 126        |
| 三、磁泡存储器的应用 .....                     | 128        |
| 四、驱动程序 .....                         | 133        |
| 五、磁泡技术的前景 .....                      | 136        |

## 第四章 伺服系统及检测装置

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>第一节 概 述 .....</b>         | <b>137</b> |
| 一、常用伺服系统的类型 .....            | 137        |
| 二、数控伺服系统的发展 .....            | 137        |
| 三、反馈检测元件 .....               | 137        |
| <b>第二节 伺服系统 .....</b>        | <b>138</b> |
| 一、步进伺服系统 .....               | 138        |
| 二、直流伺服系统 .....               | 150        |
| 三、交流伺服系统 .....               | 154        |
| <b>第三节 伺服控制系统的微机控制 .....</b> | <b>155</b> |
| 一、概 述 .....                  | 155        |
| 二、直流电机伺服系统的微处理机控制 .....      | 156        |
| 三、步进电机的微处理机控制 .....          | 160        |
| <b>第四节 位置检测装置 .....</b>      | <b>180</b> |
| 一、概 述 .....                  | 180        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 二、编码盘和光电盘 .....              | 181        |
| 三、光栅与激光检测装置 .....            | 183        |
| 四、磁尺及其工作原理 .....             | 186        |
| 五、感应同步器 .....                | 187        |
| <b>第五节 闭环数字控制及数显装置 .....</b> | <b>189</b> |
| 一、脉冲比较的闭环控制系统 .....          | 189        |
| 二、相位比较的闭环控制系统 .....          | 190        |
| 三、感应同步器数显装置 .....            | 194        |
| 四、感应同步器在机床上的应用 .....         | 200        |
| 五、感应同步器数显装置的微机控制 .....       | 201        |

## 第五章 微机数控的插补原理

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>第一节 概 述 .....</b>        | <b>209</b> |
| <b>第二节 逐点比较法插补原理 .....</b>  | <b>209</b> |
| 一、逐点比较法的直线插补 .....          | 209        |
| 二、逐点比较法的圆弧插补 .....          | 214        |
| 三、逐点比较法的终点判别 .....          | 217        |
| <b>第三节 数字积分法的插补原理 .....</b> | <b>219</b> |
| 一、积分器的基本原理 .....            | 220        |
| 二、数字积分法的直线插补 .....          | 221        |
| 三、数字积分法的圆弧插补 .....          | 224        |
| 四、溢出和终点判断 .....             | 227        |
| 五、左移规格化 .....               | 228        |
| <b>第四节 最小偏差法插补运算 .....</b>  | <b>229</b> |
| 一、最小偏差法的直线插补 .....          | 230        |
| 二、最小偏差法的圆弧插补 .....          | 232        |
| <b>第五节 脉冲间隔法插补原理 .....</b>  | <b>236</b> |
| 一、脉冲间隔法直线插补 .....           | 236        |
| 二、脉冲间隔法圆弧插补 .....           | 237        |
| 三、脉冲间隔法的二次曲线插补 .....        | 239        |
| 四、插补实例 .....                | 240        |

|               |     |
|---------------|-----|
| 五、插补流程图 ..... | 242 |
|---------------|-----|

## 第六章 微机数控的软件设计

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一节 微机数控的插补控制程序 ..... | 243 |
| 一、逐点比较法插补运算程序设计 ..... | 243 |
| 二、积分法插补运算程序 .....     | 255 |
| 三、进给速度控制 .....        | 262 |
| 第二节 加工零件的程序编制 .....   | 263 |
| 一、概 述 .....           | 263 |
| 二、程序编制的有关规定 .....     | 263 |
| 三、手工编程 .....          | 266 |
| 第三节 微机数控的系统监控程序 ..... | 269 |
| 一、键处理及显示程序 .....      | 270 |
| 二、输入数据处理程序 .....      | 273 |
| 三、诊断程序 .....          | 277 |
| 四、CRT 显示 .....        | 278 |

## 第七章 微机数控机床应用实例

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一节 线切割机的微机控制系统 .....        | 287 |
| 一、电火花加工原理及线切割机的特点 .....      | 287 |
| 二、线切割机的加工特点 .....            | 288 |
| 三、3 B 程序格式 .....             | 288 |
| 四、SK-80 微机监控程序 .....         | 289 |
| 第二节 车床微机数控系统 .....           | 293 |
| 一、WSQ-80 数控系统概述 .....        | 293 |
| 二、WSQ-80 微机数控车床的主要性能指标 ..... | 293 |
| 三、WSQ-80 的总体结构 .....         | 295 |
| 四、螺纹加工原理及软件实现 .....          | 296 |
| 第三节 铣床微机数控系统 .....           | 302 |
| 一、多轴联动方程的建立 .....            | 302 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 二、刀具半径的延伸和补偿 .....     | 304 |
| 三、四轴联动立体铣床微机数控系统 ..... | 306 |

## 第八章 MCS-51 系列单片机原理及其应用

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一节 单片微型计算机概述 .....          | 313 |
| 第二节 MCS-51 单片微机特点 .....      | 314 |
| 一、MCS-51 系列各种芯片应用特性 .....    | 314 |
| 二、MCS-51 与 Z 80 单板机的区别 ..... | 316 |
| 第三节 MCS-51 单片机结构 .....       | 316 |
| 一、芯片说明 .....                 | 316 |
| 二、MCS-51 系列结构 .....          | 320 |
| 第四节 MCS-51 单片机指令系统 .....     | 326 |
| 一、概 述 .....                  | 326 |
| 二、寻址方式 .....                 | 326 |
| 三、MCS-51 指令系统的特点 .....       | 329 |
| 第五节 定时器/计数器及串行接口 .....       | 331 |
| 一、定时器/计数器 .....              | 331 |
| 二、串行接口 .....                 | 336 |
| 第六节 中断系统 .....               | 339 |
| 一、中断系统结构 .....               | 340 |
| 二、中断的响应过程 .....              | 341 |
| 三、应用注意事项 .....               | 342 |
| 第七节 硬件扩展设计 .....             | 343 |
| 一、概 述 .....                  | 343 |
| 二、存贮器的扩展 .....               | 343 |
| 三、I/O 接口的扩展 .....            | 347 |
| 第八节 单片机应用系统设计举例 .....        | 351 |
| 一、MCS-51 单片机应用系统设计 .....     | 351 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 二、MCS-51 系列单片机在机床控制中的应用举例 ..... | 354        |
| 三、单片机开发工具的作用 .....              | 361        |
| <b>主要参考文献 .....</b>             | <b>364</b> |
| 附录一 SK-80 数控监控程序清单 .....        | 366        |
| 附录二 SK4-80 控制程序清单 .....         | 386        |
| 附录三 Z 80 的指令系统 .....            | 394        |
| 附录四 MCS-51 指令系统摘要 .....         | 399        |
| WSQ-80 驱动装置及接口电路图               |            |

# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

数字控制技术是现代工业生产中一门新的自动控制技术。由于它综合应用了自动控制、计算机技术及精密检测技术等方面的最新成就,对于提高生产效率,降低生产成本,保证加工质量以及减轻操作人员的劳动强度等方面,具有突出的优点。世界各国都在积极采用这一先进技术,并不断研制和开发出新的技术和系统。目前广泛应用的微机数控技术,已证明它具有技术先进、控制精确、使用方便、运行可靠、轻便灵活、易于实现等优点,显示了它的强大生命力。

### 一、微机数控系统的组成

微型计算机数字控制 MNC (以下简称微机数控) 系统主要由微型计算机 (以下简称微型机) 和伺服系统两大部分组成,其中微型机又包括硬件和软件两部分。硬件指微型机本身及其外围设备 (如输入/输出接口及装置等),它是微机数控的神经中枢。微型机通过各种接口、外围设备及系统程序实现对被控对象的控制,所以 MNC 又称为软联接数控。

#### 1. 微机数控系统的基本结构

MNC 系统的基本结构框图如图 1—1 所示。它由以下几部分组成:

##### (1) 程序输入装置

程序输入可采用光电读入机,适用于纸带输入;也可采用磁带输入机,如广泛应用的录音机;还可采用无带输入方式,即通过微机的键盘,以人—机对话方式,输入待加工的零件尺寸。这种方式既可输入加工控制程序,又可输入加工零件的尺寸,但一般来说,加工控制程序已长期驻留在微型机内,只要输入加工数据,即可实现预定的加工。

##### (2) 微机数控装置

微机数控装置由微型机和接口装置组成,担负数值运算、逻辑判断、输入控制、输出控制等功能,完成机械加工过程中所需要的各种操作控制。微型机可选择功能较强的通用微型机,也可选择单片机系统或低功能的单板机,由控制系统所要求的控制功能和数据处理能力决定。一般的单机数控系统,采用单板机或单片机系统足以胜任。接口电路的功能是实现微型机与伺服系统之间的连接,实现信号转换、数据传输及实时控制等。

##### (3) 伺服系统

由伺服元件 (如步进电机、直流伺服电动机、电液马达、交流伺服电机以及各种电磁

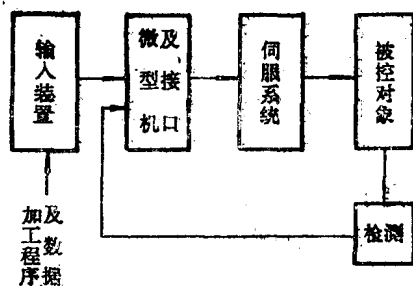


图 1—1 微机数控系统基本结构

阀、电液阀等)、驱动装置以及机械传动机构组成。该部分接收来自微型机的控制指令,转换成驱动被控对象的各个方向的旋转和平移运动,实现各种加工轨迹的控制。

#### (4) 被控对象及检测装置

包括机床和其他生产设备。检测装置的作用是测量位移量并反馈到微机内,形成闭环控制。机床一般均由几个运动部分构成,以构成各个方向的运动组合,实现各种运动轨迹的控制,一般我们采用坐标系表示这些运动部分的运动方向。例如,车床、铣床可用图 1—2 和图 1—3 的坐标系表示。

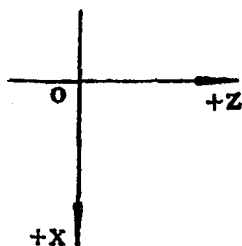


图 1—2 车床 X—Z 坐标系

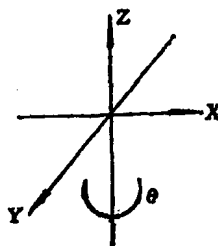


图 1—3 铣床  
X—Y—Z→ $\theta$  坐标系

## 2. MNC 系统软件

软件是指为实现 MNC 系统各项功能编制的专用程序,它一般由以下几部分组成。

### (1) 输入数据处理程序

输入数据处理程序接受输入的零件程序。将用标准代码表示的加工指令和数据整理成便于解释执行的格式后存放。有的还要为插补运算和速度控制进行一些预处理。

### (2) 插补运算程序

插补运算程序完成普通数控(NC)系统中插补器的功能。插补运算是实时性很强的程序,要尽可能减少该程序的指令条数,即缩短进行一次插补运算的时间,因为这个时间直接决定了插补进给的最高速度。

### (3) 速度控制程序

速度控制程序根据给定的速度代码或每分毫米数控制插补运算的频率,以保证预定速度进给。在速度明显突变时,要进行自动升降速控制,避免系统突变造成驱动系统的失步。速度控制可以完全用软件方法(程序计时法)实现,也可以保留用速度译码控制变频振荡器的硬件线路中断或程序询问进入一次插补运算,以达到速度控制的目的。

有些 MNC 系统为了加快进给速度,减轻软件插补计算的负担,而采用粗插补(软件每次插补一个小线段)与细插补(根据粗插补结果,将小线段分成单个脉冲输出)分开进行的方法。这样可以使计算机空出一些时间进行必要的数据处理,然而却增加了一些接口硬件。

### (4) 管理程序和诊断程序

管理程序对数据输入、处理及切削加工过程服务的各个程序进行调度,还可以对面板命令、时钟信号、故障信号等引起的中断进行处理。

诊断程序可以在运行中及时发现系统的故障,并指示故障的类型。

## 二、微机数控系统的特点

1. 可靠性高。由于采用大规模集成电路、软件连接以及自诊断功能，所以大大提高了无故障运行时间，即使有极少的故障也能及时发现和排除。

2. 灵活性强。由于 MNC 系统的硬件是通用、标准化的，对于不同机床的控制要求只须更换可编程只读存储器中的系统控制程序就可实现。根据系统功能要求只须增加某些程序，就可方便地将系统扩充。而且只需要通过软件程序的修改，就可以适应各种零件的加工。特别是小批量的试制产品，可以大大缩短试制周期。对于批量生产的产品，可以保证很高生产率。

3. 易于实现机电一体化。采用大规模集成电路使控制框尺寸大为缩小，采用可编程接口又可将 M、S、T 等顺序控制部分逻辑电路与数控装置结合在一起，使结构更为紧凑。甚至可把数控装置装入机床内部，与机床合为一体，这样不仅减少了占地面积，而且方便了操作和安装。

4. 价格低。采用微机数控，使数控机床电气部分成本大为下降，对功能比较齐全的数控机床价格幅度下降更大。

5. 由于微型机的功能强，存储量大，可实现多功能控制，多路运行控制及数据和图形显示等，给操作人员和监视生产过程带来了方便。

## 第二节 微机数控系统分类

数控技术的发展是随着电子技术、计算技术、自动控制技术及精密测量技术的迅速发展而发展起来的，并广泛应用于各种机械加工机床，各种生产自动线以及各种专用生产机械（如线切割机、绕线机、火焰切割机、绘图机和坐标测量机等）。数控装置自它诞生以来，几经演变，从低级的硬布线常规数控装置到目前应用的微机数控装置，品种繁多。但就其结构形式、工作方式和实现的功能而言，大致可按下列原则进行分类。

### 一、按控制轨迹分类

#### 1. 点位控制系统

这类控制系统的特点是：只要求保证点与点之间的准确定位，即只控制行程的终点坐标值，而对点与点之间刀具所移动的轨迹不加控制。在移动过程中，刀具也不进行切削。采用这类控制系统的机床有钻床、冲床、坐标镗床等。

#### 2. 直线控制系统

这类控制系统的特点是：除了控制点与点之间的准确定位外，还要保证刀具在被控制的两点之间的运动轨迹是一条直线，且在运动过程中，刀具按给定的进给速度进行切削。采用这类控制系统的机床有加工中心机床、车床、铣床和磨床等。

#### 3. 连续控制系统

这类控制系统的特点是：实现点与点之间的各种复杂运动轨迹的控制，如直线、圆弧、二次曲线和高次曲线。并保证对给定的零件尺寸和轮廓进行连续加工控制，所以又称为轮廓控制，这就要求数控装置能够对两个或两个以上的坐标方向实现严格的连续控制，并准确地保持每个坐标的行程控制和速度控制之间的关系。在这类控制系统中，计算机根据基本的输

入数据（如直线的终点坐标，圆弧的起点和终点坐标，圆心坐标和半径等），一边进行插补运算，一边发出各坐标方向的控制命令，使刀具按照给定的轨迹（直线或曲线），对工作表面进行连续切削，将整个工体的表面轮廓加工出来。目前，大多数的机械加工设备，如车床、铣床、磨床、加工中心、齿轮专用机床和其他专用机械设备（切割机、绘图机、测量机等）均采用这类控制系统。

二、按控制方式分类

这一分类原则，主要根据对被控制对象有无反馈控制这一点来确定。所谓反馈控制是指在被控制对象上装设测量装置，对其运动部件的实际位移量进行检测，并将其反馈给计算机，通过比较得出误差信号，再去控制被控对象的运动，直到实际位移量与程序给定值相符为止。根据控制功能和控制精度的要求不同，目前广泛采用的有以下三种系统：

1. 开环控制系统

如图 1—4，在这种系统中，没有检测装置，因此，也没有反馈信号。计算机根据输入数据，经过运算给出控制量（即指令值，一般用输出脉冲量表示），通过伺服机构驱动被控对象的工作台沿一定方向移动，移动的距离由指令值确定。由于工作台实际位移量与指令值不进行比较，其定位精度就取决于伺服机构、机械传动机构（如丝杠）和机床本身的精度。开环控制的优点是系统结构简单，系统稳定性能够保证，调试和维修方便，且易于掌握使用，造价低。缺点是控制精度较差，对进一步提高定位精度受到限制。在一些精度要求不太高的场合，开环控制系统是一个很实用的系统，特别是在高精度的步进电机作为伺服元件的开环系统中，得到非常广泛的应用。

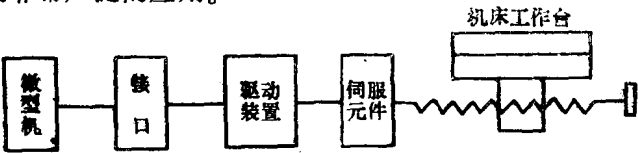


图 1—4 开环控制系统

2. 半闭环控制系统

在这种系统中，是通过测量齿轮传动机构的转角或者滚珠丝杠的转角推算出工作台的位移量，将此位移量与指令值相比较，得到误差信号并用此误差去控制工作台的运动，直到误差为零为止。由于反馈量取自转角，而不是工作台的实际位移，亦即机床工作台未包括在反馈环内，因而称为半闭环控制系统，该系统由于排除了惯量很大的机床部分，使得系统的稳定性得以保证，且结构较简单，调试和维护也易于掌握。该系统的控制精度和机床的定位精度比开环系统高，但由于未消除机床工作台部分的误差，比起全闭环系统又低。该系统如图 1—5 所示。

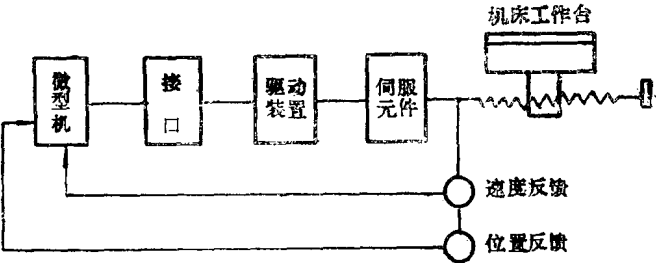


图 1—5 半闭环控制系统

### 3. 闭环控制系统

在该系统中，检测装置直接对工作台的实际位移量进行检测。因为把机床工作台纳入了控制环，故称闭环控制系统。工作台的实际位移量与指令值相比较后形成的误差信号作为控制量去控制工作台的运动，直到误差为零为止。整个系统可以消除包括机床工作台在内的误差，因而定位精度高，调节速度快。但由于机床工作台惯量大，对系统的稳定性会带来不利影响，使调试、维修困难，且系统复杂和成本高，故一般在精度要求很高的机床中才采用这种系统，如铣床、坐标镗床等。系统结构见图 1—6。

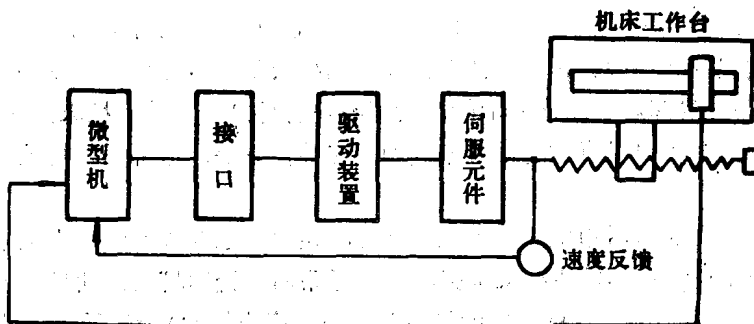


图 1—6 闭环控制系统

## 第三节 数控技术的应用与发展

数控技术的研究开发，首先是在机床控制中进行的，并成为划时代的机床先进控制技术，得到了广泛的应用，取得了显著效益。特别是在数控系统中采用了微型计算机后，使得数控机床和设备的价格日益下降，经济效益显著提高。因此，工业发达国家普遍使用数控机床和数控设备，并大力推广到民用生产中去。美国、苏联、日本、西德等几个国家是拥有数控机床最多的国家，其他一些国家也在大力发展和推广这一应用技术。

我国数控机床的研制工作是从 1958 年开始的。经过三十年的努力，在数量、品种、功能及技术方面都具有一定的基础，技术队伍也初具规模，为今后赶超世界先进水平奠定了基础。目前正朝着完善系统、增强功能、提高产品质量和管理使用水平的方向努力。伴随着我国电子技术与计算机技术的飞跃发展，正在开展软线数控及微处理机应用的研究工作。

目前数控技术的主要发展趋势是：实现高速度，高可靠性，高精度，大功率，多功能；采用微处理机和微型计算机，向着增强功能、降低造价、方便使用的目标进展；积极应用计算技术、系统工程理论和控制技术的最新成果，向着综合自动化方向变革。概括起来有以下几个发展动向。

### 一、加工中心机床

数控加工中心机床是一种具有各种单一加工机能的复合数控机床。它装有刀库并能实现自动换刀，实现车、钻、镗、铣、攻丝等各种加工机能，效率很高，所以加工中心机床又称为多功能数控机床或万能机床。可在一台加工设备上增加控制轴数，构成多轴的数控系

统,提高该设备的自动化程度。目前世界上已有多达24轴的大型数控多头龙门铣床加工设备。

## 二、计算机数控 CNC 和微机数控 MNC

CNC 系统是 60 年代初出现的新型数控系统,它用一台小型计算机代替原来的数控装置。输入信息的存贮,数据加工处理,插补运算以及各种控制机能均通过计算机的软件完成,而机床的控制则通过计算机与机床的驱动装置、强电系统之间的接口装置实现。由于软件与接口的变更方便,CNC 系统具有通用性强和适应性广的特点,根据控制要求不同,可以建立不同功能的 CNC 系统。功能较强的 CNC 系统,可以通过计算机的系统软件,实现加工程序的自动编程及其修改、检验、处理,并自动生成加工目标程序(或加工纸带、加工磁带);也可实现刀库管理和自动换刀功能,改善系统运行品质,校正机床误差以及计算机系统本身的维护,又可实现对产品的质量控制和适应性控制等。这都是常规数控所不能完成的控制功能。

70 年代初,微处理器和微处理机相继问世,显示了它的优越性,大大推动了数控技术的进展。由于微型计算机的性能越来越强,已广泛采用微处理机构成新型数控系统代替体积庞大、价格昂贵的中小型计算机。这就是目前大力推广应用的 MNC 系统。把微处理机和大规模集成电路引进数控系统中,可以方便地实现数控系统中的硬件软化(如通用运控硬件装置的软件实现)和软件硬化(如专用子程序,乘除运算程序的硬化),增强系统的灵活性。因此,MNC 系统是数控技术发展的一个主要方向。

80 年代新研制成功的单片机和位片机,其体积更小而功能较强。对实现“机电一体化”有极大的推进并奠定了技术基础。这也是 80 年代数控技术发展的一个新方向。

## 三、计算机群控系统 DNC

计算机群控指的是用一台计算机直接控制十几台乃至上百台的数控机床或数控设备,因此又称为计算机直接数控系统 DNC。

根据机床群与计算机或中央处理装置结合的形式不同,DNC 系统分为间接型群控系统和直接型群控系统两大类。

### 1. 间接型群控系统

间接型群控系统是在已有的一些单台数控机床的基础上,配上电子计算机联成一个群控系统。在间接型群控系统中,从中央处理装置来的控制指令绕过原有的读带机,通过连接装置分别送到(机床群中)每台机床的普通数控装置中去,其系统框图如图 1-7 所示。

因为这个系统内的数控机床仍保留插补功能,所以它可以脱离计算机的控制独立工作。

### 2. 直接型群控系统

在直接型群控系统中,每台机床不再装设普通的数控装置,只有由伺服控制驱动电路和操作盘所组成的机床控制器,数控机床的插补运算等功能完全由计算机承担,而计算机又通过接口直接控制各机床。因此,DNC 系统实际上具有 CNC 系统的功能和优点。同时还能对生产组织、技术状态等方面进行管理,从而提高机床的生产率。直接型群控系统框图如图 1-8 所示。