

高等职业院校机械类教材

数控机床与编程

实用教程

王宝成 主编

SHUKONG JICHUANG YU BIANCHENG SHIYONG JIAOCHENG



数控机床与编程实用教程

王宝成 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是参照教育部颁发的《数控技术教学大纲》的基本精神,结合多年的教学实践经验编写的。

本书共分八章。主要内容包括:数控机床的工作原理、数控系统、机床结构、数控编程的基本知识和基本方法、数控机床的保养方法、常见故障的排除与维护。

本书可作为高等职业技术学院机械类教学用书,也可以作为中等专业学校机械类选用教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与编程实用教程/王宝成主编. —天津:天津大学出版社, 2004.1

ISBN 7-5618-1886-6

I. 数... II. 王... III. 数控机床—程序设计—高等学校—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 124789 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨风和

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022—27403647 邮购部: 022—27402742

印 刷 河北省永清县印刷厂

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 14.25

字 数 357 千

版 次 2004 年 1 月第 1 版

印 次 2004 年 1 月第 1 次

印 数 1—5 000

定 价 20.00 元

前 言

随着微电子技术的飞速发展,由微机控制的数控设备应用日益广泛,需要一批既熟悉数控设备编程与操作,同时又懂得数控设备维护与保养的中、初级技术人员。根据高等职业技术学院培养生产第一线的实用人才和管理人才的目标,为此我们编写了这本教材。

本教材,在保证必要的基础知识、基础理论的基础上,本着必需、够用的原则,对教材中涉及的各知识点,进行了筛选和补充。在编写上注重对学生数控设备的基本操作能力、编程能力及对设备的维护保养能力的培养。内容丰富,详简得当,实用性强。既有理论又有大量实例,内容的安排特别适合教师的教学和学生的学习及实验。

本教材的编写工作是由该课程教学第一线的教师承担,他们在指导学生进行大量编程实验和机床操作实训的基础上,结合十年来教与学的丰富经验而编写的。

本书由王宝成任主编,由肖卫宁、李桂云、张秋菊任副主编,吴联兴任主审。其中第一、第四章由王宝成编写,第二、第三章由张秋菊编写,第五、第六章由肖卫宁编写,第七、第八章由李桂云编写。许鑫华、冯小华、沈明兰等参与了文稿的录入、描图等工作。

本书编写还得到了天津三英新技术发展有限公司的大力支持,在此表示感谢。

限于编者水平和学识,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2003.5

目 录

第一章 数控机床概述	(1)
第一节 数控机床及其特点.....	(1)
第二节 数控机床的工作原理、组成及其分类.....	(2)
第三节 数控技术的发展.....	(5)
习题.....	(6)
第二章 数控系统	(7)
第一节 数控系统概述.....	(7)
第二节 数控系统的基本结构.....	(8)
第三节 数控系统插补原理与计算.....	(12)
第四节 数控系统接口技术.....	(21)
习题.....	(25)
第三章 数控机床伺服系统	(26)
第一节 概述.....	(26)
第二节 步进电动机控制系统.....	(27)
第三节 直流伺服电动机控制系统.....	(30)
第四节 交流伺服电动机控制系统.....	(32)
第五节 位置控制系统.....	(33)
第六节 位置检测装置.....	(37)
习题.....	(48)
第四章 数控编程基本知识	(49)
第一节 数控编程的内容与方法.....	(49)
第二节 数控编程的基本知识.....	(50)
第三节 程序编制中的工艺分析.....	(58)
第四节 程序编制中的数值计算.....	(64)
习题.....	(71)
第五章 数控车床程序的编制	(72)
第一节 概述.....	(72)
第二节 数控车床基本编程指令及编程方法.....	(74)
第三节 典型数控车床编程综合实例.....	(107)
习题.....	(110)
第六章 数控铣床及加工中心程序的编制	(116)
第一节 数控铣床程序的编制.....	(116)
第二节 加工中心程序的编制.....	(144)
第三节 自动编程.....	(159)

习题.....	(162)
第七章 数控机床的机械结构	(167)
第一节 数控机床机械结构概述.....	(167)
第二节 数控机床主传动系统结构.....	(168)
第三节 数控机床进给传动系统结构.....	(172)
第四节 自动换刀装置.....	(190)
习题.....	(195)
第八章 数控机床的分类、维修与操作	(197)
第一节 数控机床分类.....	(197)
第二节 数控机床维护与故障排除.....	(202)
第三节 数控车床操作.....	(207)
第四节 数控铣床操作.....	(214)
第五节 加工中心操作.....	(217)
习题.....	(221)
参考文献	(222)

第一章 数控机床概述

第一节 数控机床及其特点

一、数控机床的基本概念

数控是数字控制 (Numerical Control, NC) 的简称, 其含义是用数字和符号构成的数字信息自动控制机床运转。简言之, 数控机床就是装备数控装置的机床, 也称 NC 机床。

随着科学技术的进步, 数控机床得到了飞速发展。机械装备日新月异, 机械产品日趋精密、复杂。特别在宇航、造船、精密仪器、军事工业、计算机工业等机械零件要求精度高、形状复杂、批量小、加工困难、生产效率低这一系列问题中, 只有采用了数控机床才会得到解决。

数控机床发展到今天, 完全依赖于数控系统的发展。自 1952 年美国第一台数控机床诞生起已经经历了几代的变化:

第一代数控, 1952 年到 1959 年采用电子管元件构成的专用数控 (NC) 装置;

第二代数控, 1959 年到 1964 年采用晶体管电路的 NC 装置;

第三代数控, 1965 年到 1970 年采用小、中规模集成电路的 NC 装置;

第四代数控, 1971 年到 1974 年采用大规模集成电路的小型通用电子计算机控制的系统 (CNC);

第五代数控, 自 1974 年开始采用微型电子计算机控制的系统 (MNC)。

目前, 数控系统以价格低廉、工作可靠为数控机床的发展开辟了广阔天地。

二、数控机床的特点

1. 生产柔性大

在数控机床上加工不同零件时, 只需改变加工程序即可, 而不需要制造或更换许多工具、模具和夹具, 这一特点满足了当前产品更新快的市场竞争需要。因此, 数控机床特别适合于零件频繁更换或单件和中小批量的生产场合。

2. 加工精度高

数控机床由精密机械和自动化控制系统组成。所以, 数控机床本身具有很高的控制精度和制造精度。数控机床加工零件的过程是按照预定的程序自动进行的, 消除了操作者的人为误差, 提高了同一批零件加工尺寸的一致性, 使加工质量稳定, 产品合格率高。

3. 生产效率高

数控机床具有良好的刚性, 可以采用较大的切削用量, 并且又是自动进行加工, 节省了机动时间。数控机床通常不需要专用的工夹具, 因而可省去工夹具的设计和制造时间; 所

以，数控机床的生产效率高。

4. 减轻劳动强度，改善劳动条件

数控机床是按照预先编好的程序自动完成加工的，操作者只需操作键盘、装卸零件和观察、监视加工过程；不需要进行繁重的、重复性的手工操作，劳动趋于智力型工作。数控机床一般是封闭式加工，既清洁又安全。

5. 良好的经济效益

数控机床可以提高产品质量，降低材料及资源损耗，降低生产成本；可以缩短产品开发生产的周期，降低生产设备投资的费用，提高生产率。

第二节 数控机床的工作原理、组成及其分类

一、数控机床的工作过程

数控机床工作过程如图 1-1 所示。首先将被加工零件的形状、尺寸及工艺要求等，采用手工或计算机进行零件的加工程序编制，把加工零件所需的机床各种动作及工艺参数变成数控装置所能接受的信息代码，并将这些信息代码存储在信息载体上（纸带、磁带、光盘等），然后经输入装置读出信息并送入机床的数控装置。当信息载体为纸带时，用光电读带机输入；若信息载体为磁盘或光盘，可用驱动器输入，或用计算机和数控机床的接口直接进行通信。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算变成脉冲信号，有的脉冲信号送到机床的伺服系统，经传动机构驱动机床相关部件，完成零件的加工；有的脉冲信号送到可编程序控制器中，按顺序控制机床的其他辅助部件，完成工件夹紧、松开、冷却液的开闭、刀具的自动更换等。

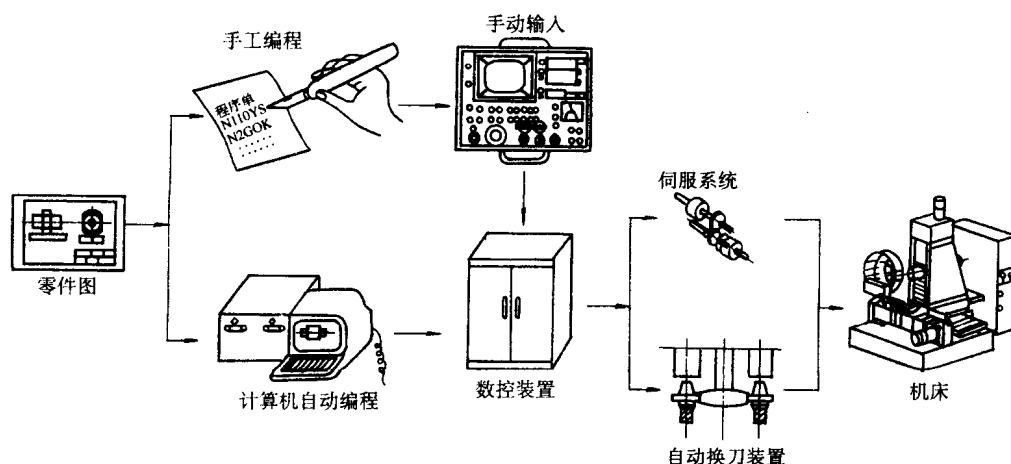


图 1-1 数控机床工作过程示意图

二、数控机床的组成

数控机床的种类很多，但其主要是由程序载体、输入装置、数控装置、伺服装置和机床本体及其辅助装置组成，如图 1-2 所示。

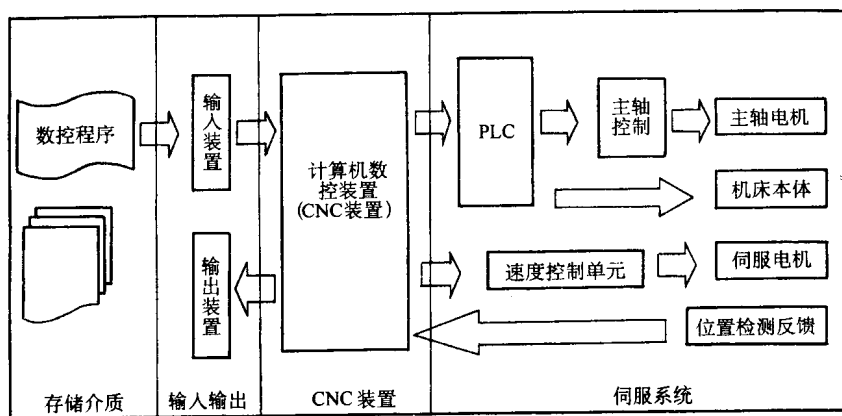


图 1-2 数控机床的组成

1. 程序载体

在加工过程中，机床的全部动作过程和刀具相对于工件的运动轨迹，都是通过编制加工程序以一定的格式和代码，存储在一种载体上，如穿孔纸带、磁带、磁盘等。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体内有加工的信息输入到数控装置。根据程序载体的不同，输入装置可以是光电阅读机、录音机或软盘驱动器等。

现代数控机床，可以利用机床上的 CRT（或液晶）显示屏及键盘手动输入加工程序指令（即 MDI 方式输入）；也可以利用 CAD/CAM 软件在计算机上编程，然后通过计算机用通信方式将程序传送到数控装置。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心，数控装置通常由专用（或通用）计算机、输入输出接口板及机床控制器等组成。其功能是完成输入信息的存储、数据的变换、插补运算及实现各种控制。

4. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构，其作用是把来自数控装置的脉冲信号转化为机床移动部件的运动。伺服系统的性能影响机床加工精度、零件的表面质量和生产率的高低。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。与传统机床相比，具有结构简单、精度高、结构刚性好、可靠性高、传动效率高等特点。

三、数控机床的分类

数控机床的种类很多，常见的分类有以下几种。

1. 按工艺用途分类

1) 普通数控机床 包括数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床等，而且每种类型中又有很多品种。

2) 加工中心 加工中心是在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置，工件经一次装夹后，可进行多种工艺、多道工序的集中加工，减少了工件装卸次数、更换刀具等辅助时间，机床的生产效率较高。

3) 多坐标数控机床 数控装置可同时控制超过三个坐标轴数的机床称为多坐标数控机床。多坐标数控机床常见的是 4~6 个坐标, 能加工复杂形状的零件。

4) 数控特种加工机床 如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

2. 按控制运动方式分类

1) 点位控制数控机床 数控装置只控制移动部件从一个位置(点)精确地移到另一个位置(点), 而对它们的运动轨迹没有严格要求, 在移动过程中不进行任何加工, 如图 1-3 (a) 所示。常见的有数控钻床、数控冲床等。

2) 直线控制数控机床 直线控制数控机床的数控装置不仅要控制两点间的准确位置, 还要控制移动速度和轨迹。在刀具相对于工件移动时进行切削加工, 其轨迹是平行机床各坐标轴的直线, 如图 1-3 (b) 所示。常见的有数控车床、数控磨床和数控镗铣床等。

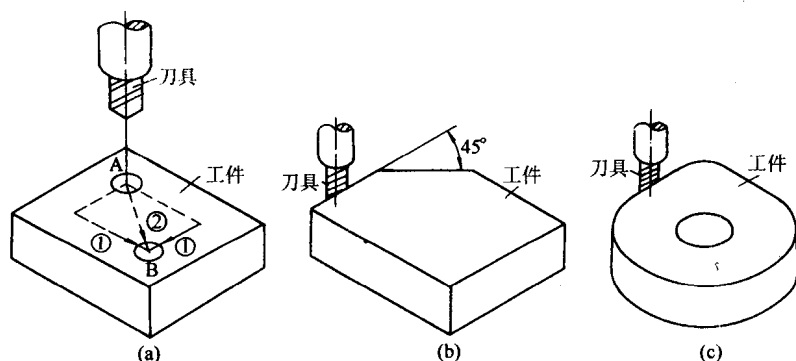


图 1-3 控制运动方式

(a) 点位控制; (b) 直线控制; (c) 连续控制

3) 连续控制数控机床 连续控制数控机床的数控装置能够同时对两个或两个以上的坐标的位移和速度进行连续相关的控制, 使其加工出符合图纸要求的形状复杂的零件, 如图 1-3 (c) 所示。常见的有数控车床、数控铣床、加工中心等。

3. 按伺服系统的控制方式分类

1) 开环控制系统的数控机床 开环控制系统的数控机床没有检测反馈装置, 通常使用功率步进电动机作为执行元件。机床加工精度低, 但是由于系统结构简单, 系统平稳, 容易调试和维修, 成本低, 所以常用于经济型数控机床。

2) 闭环控制系统的数控机床 闭环控制系统的数控机床在机床移动部件上装有位置检测装置, 在加工中, 随时将测量到的实际位移值反馈到数控装置中, 与输入的指令位移值进行比较, 用其差值进行控制, 直到实现位移部件的最终精确定位。其特点是加工精度很高, 但设计和调试困难。主要用于一些精度要求较高的数控镗铣床、超精车床和加工中心等。

3) 半闭环控制系统的数控机床 将位置检测元件安装在驱动电动机或传动丝杠的端部, 间接测量执行部件的实际位置或位移。其精度低于闭环系统, 但测量装置结构简单, 安装调试方便。常用于中档数控机床。

4. 按功能水平分类

1) 经济型数控机床 经济型数控机床指采用单片机或单板机与步进电动机组成数控系统的数控机床。其功能简单, 价格便宜, 适用于自动化程度要求不高的场合。

- 2) 标准型数控机床 这类数控机床的功能较全, 价格适中, 应用较广。
- 3) 多功能型数控机床 这类数控机床的功能齐全, 价格较贵。

第三节 数控技术的发展

由于计算机技术的发展, 数控机床已经研制出了 3、4、5、6 坐标轴的数控机床, 现在世界许多发达工业化国家已经广泛应用数控机床, 其产量和应用程度已成为衡量一个国家工业化程度和技术水平的重要标志之一。

我国从 1958 年开始研制数控机床, 到 60 年代末和 70 年代初, 简易的数控线切割机床已在生产中广泛使用。80 年代初, 我国引进了国外先进的数控技术, 使我国的数控机床在质量和性能上都有了很大的提高。从 90 年代起, 我国已向高档数控机床方向发展。

随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术、传感器、检测技术和精密机加工技术的高速发展, 数控机床在技术上的更新换代周期越来越短; 另外, 随着社会对机械产品的种类、形状、结构及加工质量等多样化需求的增强, 人们希望生产一种适应性更强、加工范围可以随时调整、柔性更大的新系统——柔性制造系统。

一、柔性制造系统 (FMS)

FMS 是一个自动化制造系统。它是将若干台数控机床, 用一套自动物料搬运系统连接起来, 通过计算机系统进行综合管理与控制, 协调机床加工系统和物料搬运系统的功能, 从而使整个系统自动地适应零件生产混合变化及生产量的变化。

柔性制造系统可由以下几部分组成。

- 1) 加工系统 (加工单元) 它实施对产品零件的加工, 如切削加工、焊接、喷漆、装配、清洗等。构成加工系统的设备可以是焊接机械、喷漆设备、清洗机或各类数控机床。
- 2) 传递系统 (物流系统) 它实现对毛坯、夹具、工件等的出入库和装卸等工作。它所需要的设备主要是仓库和自动上、下料装置, 如传送带、机器人、自动小车和随行夹具系统等。但这种传递系统必须是自动分配系统, 运送工具也应有一定的智能。
- 3) 控制系统 它是由一个分布式多级计算机系统实施对整个柔性制造系统的控制与监督。它不仅可以对机床、加工设备、传输系统和中央刀库实行管理和控制, 根据需要还可以对整个车间的设备和人事档案、生产计划的调度与实施进行控制。控制系统除了上述控制功能外, 还必须实施对机床、刀具和工件的监控, 利用专用的传感器和信息网络监控刀具状态及工件的实际加工尺寸等。

二、计算机集成制造系统

计算机集成制造系统 (CIMS), 就是通过计算机信息集成实现现代化的生产制造, 使企业获得更高的总体利益。

CIMS 包括三个计算机系统:

- ① 计算机辅助设计和计算机辅助制造系统, 即 CAD/CAM 系统, 此系统进行产品设计与制造;
- ② 计算机辅助生产控制系统, 即 CAP/CAC 系统, 此系统对加工过程进行计划、调度与

控制；

③工厂自动化系统，它将实现产品的自动装配与测试、材料的自动运输与处理等。

习 题

- 1-1 什么叫数控机床？
- 1-2 数控机床的特点是什么？
- 1-3 数控机床主要由哪些部分组成？
- 1-4 点位控制和连续控制有什么区别？各自适用于什么场合？
- 1-5 开环控制与闭环控制有什么区别？各自适用于什么场合？
- 1-6 什么是柔性制造系统？

第二章 数控系统

第一节 数控系统概述

数控机床的核心部分是数控系统，其发展过程经历了硬件（NC）数控系统和计算机数控系统（CNC）阶段。目前数控机床所采用的数控系统均为 CNC 系统。

CNC 系统是用计算机控制加工，实现数值控制的系统。它的硬件电路是由小型或微型计算机加上通用或专用大规模集成电路制成，因此又称微机数控（MNC），其部分或全部控制功能由系统软件实现。所以修改和增减系统功能时，不需变动硬件电路，只需改变系统软件。

NC 系统又称普通数控系统。其控制功能均由专用的数字逻辑电路实现，因此系统的通用性和灵活性较差，而且成本较高，现已被 CNC 系统取代。

一、数控系统的组成

数控机床的数据处理和控制电路以及伺服系统等统称为数控系统。它由加工程序、输入设备、输出设备、计算机数字控制（CNC）装置、可编程控制器（PLC）、主轴控制单元和进给（伺服）驱动装置等组成，如图 2-1 所示。

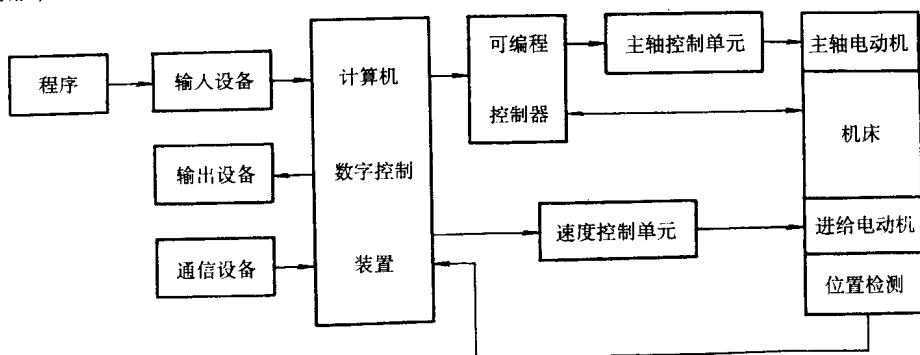


图 2-1 CNC 系统的组成

程序是指操作者根据被加工零件的图样要求，按规定的代码和格式编制的零件加工程序。加工程序可以通过键盘手工输入，也可以由上一级计算机或编程机通过通信接口输入数控系统。

输入设备的作用是将程序载体内的加工信息输入到数控装置。

数控系统根据输入的加工程序进行信息处理，然后由输出设备将处理结果送到数控机床的执行机构。

计算机数字控制装置是数控系统的核心，它接收各种输入信息并执行各种控制功能。

可编程控制器是一种专用控制微机。在数控系统中主要用来实现辅助功能（M、S、T

功能), 其控制方式是开关量控制。

主轴控制单元的作用主要是控制主轴转速, 并与可编程控制器配合实现主轴定位。

数控机床进给轴的控制要求很高, 它直接关系到数控系统的精度和速度。进给伺服系统有速度控制和位置控制两个控制环路, 通常由计算机数控装置处理位置控制信息, 由速度控制单元进行速度控制。

二、数控系统的特点

与 NC 系统相比, CNC 系统具有以下特点。

①灵活性, 即所谓的柔性。由于使用了 CNC 装置, 使系统具有软件功能, 只要改变控制程序即可改变控制功能, 而不必改变硬件。

②通用性。硬件采用模块结构, 通过改变软件来满足不同要求; 接口电路可由标准部件组成, 实现标准化。只用一种 CNC 系统就能满足大部分数控机床(车床、铣床、加工中心、钻镗床等)的要求。

③可靠性。加工程序被一次送入计算机存储器, 避免了因程序载体的故障而产生的停机现象。采用大规模和超大规模的集成电路, 使系统可靠性大大提高。

④易于实现许多复杂功能。由于计算机可完全由软件来确定数字信息的处理过程, 从而具有真正的柔性, 并可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息, 使数控系统的性能大大提高。

⑤具有与机床连接及进行远程通信功能。

第二节 数控系统的基本结构

计算机数控系统主要由硬件和软件两大部分组成。

一、数控系统的硬件结构

如图 2-2 所示, 计算机数控系统的硬件由中央处理单元和总线、存储器、位置控制单元、输入/输出接口及外部设备等组成。

1. 中央处理单元 (CPU) 和总线 (BUS)

CPU 是微处理器的核心, 由运算器、控制器和内存储器组成。它对系统内的部件及操作进行统一的控制, 按程序中指令的要求进行各种运算, 使系统成为一个有机的整体。

总线 (BUS) 是信息和电能公共通路的总称。总线按功能分为数据总线 (DB)、地址总线 (AB) 和控制总线 (CB)。

2. 存储器

CNC 系统中的存储器包括只读存储器 (ROM) 和随机存储器 (RAM) 两种。

只读存储器一般采用可以用紫外线擦除的 EPROM。系统程序放在只读存储器中, 只能被 CPU 读出, 不能写入; 运算的中间结果、需显示的数据、运行中的状态、标志信息等存放在随机存储器 (RAM) 中, 它可以随时地读出和写入, 断电后信息丢失; 零件的加工程序、机床参数、刀具参数等存放在有后备电池的 CMOSRAM 中, 或者存放在磁泡存储器中, 这些信息在这种存储器中能被随机读出, 还可以根据操作需要写入或修改, 断电后信息仍保

留。

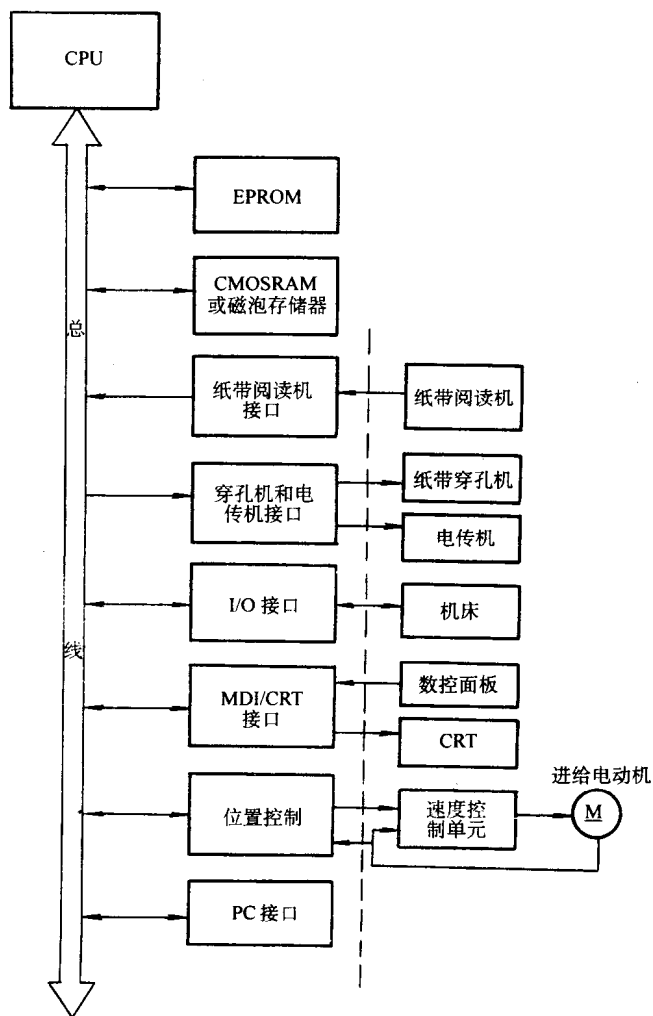


图 2-2 数控系统的硬件结构

3. 位置控制单元

CNC 系统中的位置控制单元又称为位置控制器或位置控制模板。位置控制主要是对数控机床进给运动的坐标位置进行控制。例如工作台的前后或左右移动、主轴箱的上下移动、围绕某一轴线旋转运动等。

4. 输入/输出 (I/O) 接口

指外设与 CPU 间的连接电路。微机与外设要有输入输出数据通道，以便交换信息。CPU 向外设送出信息的接口称为输出接口，外设向 CPU 传递信息的接口称为输入接口。

二、数控系统的软件结构

图 2-3 所示为 CNC 系统软件的组成。CNC 系统软件可分为管理软件和控制软件两部分。管理软件包括零件程序的输入、输出、显示、诊断和通信功能软件；控制软件包括译

码、刀具补偿、速度处理、插补运算和位置控制等功能软件。下面就几个主要程序作一概括介绍。

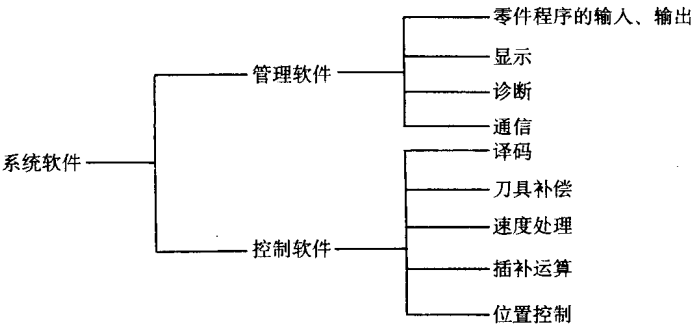


图 2-3 CNC 系统软件的组成

1. 输入程序

CNC 系统中零件的加工程序，一般是通过键盘、磁盘等方式输入的。在软件设计中，这些输入方式大多采用中断方式来完成，且每一种输入法均有一个相对应的中断服务程序。如在键盘输入时，每按一个按键，硬件就向主机 CPU 发出一次中断申请，若 CPU 响应中断，就调用一次键盘服务程序，完成相应键盘命令的处理。

在 CNC 系统中，无论哪一种输入方式，都要将输入的零件加工程序先放在缓冲器中（以免微机受到干扰，系统陷入瘫痪），然后再经缓冲器放到零件程序存储器中。零件程序的读取也要经过缓冲器。程序的存取如图 2-4 所示。

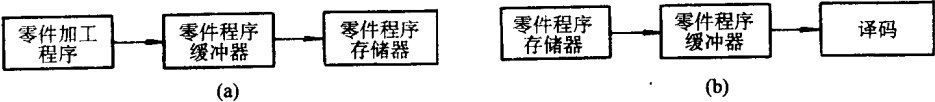


图 2-4 程序的存取

(a) 零件程序存储；(b) 零件程序读取

2. 译码程序

在输入的零件加工程序中，含有零件的轮廓信息、工艺要求的加工速度及其他辅助信息。这些信息在计算机插补运算与操作控制之前，必须翻译成计算机内部所能识别的语言。译码程序的功能就是把程序段中的各个数据，根据其前后的文字地址送到相应的缓冲寄存器中。

3. 数据处理程序

数据处理程序有三个任务，即刀具半径补偿、速度计算以及辅助功能的处理等。刀具半径补偿是把零件的轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹；速度计算是用来确定加工数据段的运动速度；辅助功能的处理是指换刀、主轴启动停止、冷却液开停等辅助功能的处理（即 M、S、T 功能的传送及其先后顺序的处理）。

数据处理是为了减轻插补工作的负担及速度控制程序的负担，提高系统实时处理能力，所以数据处理程序又称插补的准备程序或预计算。

4. 插补计算程序

插补计算是 CNC 系统中最重要的一项计算工作之一，是在理想的轨迹或轮廓上的已知点之

间确定一些中间点的计算。在 CNC 系统应用中，常采用粗、精插补相结合的方法，即把插补功能分成软件插补和硬件插补两部分。数控系统控制软件把刀具轨迹分成若干段，而硬件电路再在各段的起点和终点之间进行数据点的“密化”，即软件实现粗插补，硬件实现精插补。

5. 伺服（位置）控制程序

伺服（位置）控制程序的主要功能是对插补值进行处理，计算出位置的指令值，同时读一次实际的反馈值，然后计算出指令值与反馈值之间的差值（称为位置跟随误差），再经过换算得到速度指令值。

6. 输出程序

输出程序的主要功能如下。

① 伺服控制。

② 反向间隙补偿。当进给方向改变时，要进行反向间隙补偿处理。反向间隙值由程序预置。若某一轴由正向变成反向运动，则在反向前输出 Q 个正向脉冲；反之，则输出 Q 个反向脉冲。

③ 丝杠的螺距误差补偿。预先对机床各点精度进行测量，作出误差曲线，将各点的修正值制成表格存入数控系统的存储器，数控系统对各点坐标位置自动进行补偿，以提高精度。

④ M、S、T 辅助功能的输出。M、S、T 代码大多是开/关量控制，由机床强电执行。需在软件设计前确认哪些功能是在插补输出之后执行，哪些功能必须在插补输出之前执行。

7. 管理程序

管理程序是实现计算机数控装置协调工作的主体软件。当一个数据段开始插补加工时，管理程序就准备下一个数据段的读入、译码、处理，调用各功能子程序，准备好下一段数据，一旦本数据段加工完毕立即开始下一段插补。

为数据输入、处理及切削加工过程服务的各个程序均由管理程序进行控制。

8. 诊断程序

完善的诊断程序可以防止故障的发生或扩大，在故障出现后，可以迅速查明故障类型和位置，减少故障停机时间。

诊断分多种情况，有启动诊断、在线诊断、停机诊断、远程通信诊断等。

三、硬件和软件的关系

计算机数控系统由硬件和软件两大部分组成。硬件和软件两者缺一不可，硬件为软件的运行提供了支持环境；没有软件，硬件便无法工作。

硬件处理速度快，但造价高，线路复杂，故障率也高；软件设计灵活，适应性强，但处理速度慢。因此在系统中，软、硬件的分工是由性能价格比决定的。

现代 CNC 系统中，软件和硬件的界面关系是不固定的。早期的 NC 装置中，数控系统的全部信息处理功能都由硬件来实现。随着微机技术的发展，微机性能价格比的提高，微机成为数控系统中信息处理的主角，并由软件完成数控工作。随着产品的不同，功能要求的不同，软件和硬件的界面是不一样的，图 2-5 所示是三种典型 CNC 系统的软硬件界面。