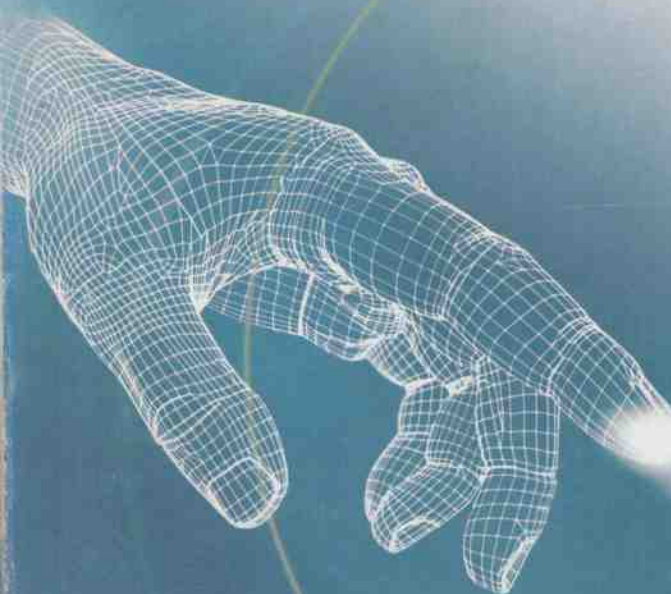


劳动预备制教材 职业培训教材

laodong yubeizhi jiaocai zhiye peixun jiaocai



010010110101001010010101010100101101010001001011100111001100101010010010
01010101001010101000100101110011001100101010010101010101010101010101010101

数控加工技术基础

SHUKONG

JIAGONG JISHU JICHU

劳动预备制教材
职业培训教材

数控加工技术基础

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术基础/周晓宏编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2003

劳动预备制教材 职业培训教材

ISBN 7-5045-4111-7

I. 数… II. 周… III. 数控机床-加工-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 065430 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

新华书店经销

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 8印张 197千字

2003年12月第1版 2004年1月第1次印刷

印数: 3000册

定价: 15.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

数控加工是机械制造业中的先进加工技术,在生产企业中,数控机床的使用越来越广泛。我国的机械制造行业正急需大批熟悉数控机床的编程、操作、故障诊断和维护等技术的应用型人才。本套数控技术劳动预备制、职业培训教材正是为适应这一形势的需要而编写的。

本套数控技术培训教材包括《数控加工技术基础》《数控车床操作与编程培训教程》《数控铣床操作与编程培训教程》《加工中心操作与编程培训教程》《线切割机床及数控冲床操作与编程培训教程》《数控机床维修技术培训教程》六本。这六本教材既相对独立,又保持了相互之间的连续性。

本套培训教材从培养职业技术型人才的目的出发,简述了数控机床的工作原理和结构,介绍了数控编程和数控加工工艺的基础知识,介绍了数控车床、铣床、加工中心、线切割机床及数控冲床的编程方法,详细地介绍了生产实际中常用的数控车床、铣床、加工中心、线切割机床及数控冲床的操作使用方法,涉及的数控系统主要有:日本 FANUC 系统、德国 SIEMENS 系统、西班牙 FAGOR 系统、国产 KENT-18T 系统、国产华中 I 型数控系统等。此外,还介绍了数控机床故障诊断及维修的实用方法。

我们编写本套教材的指导思想是:读者通过学习本套教材,能迅速掌握数控机床的相关技术知识和操作技能,能编制中等难度的数控加工程序,能进行数控机床的一般维护和故障诊断工作。本套教材的编写者多年从事数控加工、编程及数控机床维修方面的教学、科研工作,并具有丰富的生产实践经验。本套教材内容重点突出,图文并茂,浅显易懂,实用性强,可操作性强。书中举例丰富,各章都附有复习题,以便于读者参考。

本套教材由周晓宏编写;湖南工业职业技术学院院长金潇明教授担任主审,并对教材的编审工作给予了许多具体指导。

由于编写时间仓促,这套教材中难免会有一些疏漏之处,我们将在相关职业培训的过程中,积极听取各方面的意见,不断修订和完善。

劳动保障部教材办公室

2003 年 8 月

内 容 简 介

本书简明扼要地介绍了数控加工技术的基础知识。内容包括数控机床概述、数控机床的结构和工作原理、数控编程的基础知识、数控加工基本知识、数控加工工艺基础等。全书内容通俗易懂，图文并茂，各章都附有复习题，供读者参考、练习。通过学习本书所介绍的知识，可为数控机床的操作与编程打下一个良好的基础。

本书可作为数控技术职业技能培训的教材，也可作为机电类本科、高职、中专、技校学生的教材或参考书，也可供从事数控机床操作、编程、维修等相关工作的技术人员培训或自学使用。

本书由周晓宏编写，金潇明审稿。

目 录

第一章 数控机床概述	(1)
§ 1—1 数控机床的入门知识	(1)
§ 1—2 数控机床的加工特点及其应用	(3)
§ 1—3 数控机床的产生及发展	(5)
复习题	(6)
第二章 数控机床的结构及工作原理	(7)
§ 2—1 数控机床的结构	(7)
§ 2—2 数控机床的工作原理及工作方式	(20)
§ 2—3 数控系统插补原理及 CNC 系统原理	(23)
§ 2—4 数控机床伺服系统概述	(26)
§ 2—5 数控机床的分类	(28)
复习题	(34)
第三章 数控编程的基础知识	(35)
§ 3—1 数控编程概述	(35)
§ 3—2 编程几何基础	(38)
§ 3—3 程序的结构及常用指令	(43)
§ 3—4 刀具补偿	(52)
§ 3—5 子程序及其应用	(60)
§ 3—6 现代数控机床的功能	(62)
复习题	(65)
第四章 数控加工基本知识	(66)
§ 4—1 金属切削运动及切削要素	(66)
§ 4—2 金属切削刀具	(68)
§ 4—3 工件的定位与夹紧	(75)
§ 4—4 公差配合的基本知识	(84)
§ 4—5 常用金属材料的种类、性能及热处理	(89)
复习题	(92)
第五章 数控加工工艺基础	(93)
§ 5—1 数控加工工艺概述	(93)
§ 5—2 数控加工工艺设计	(96)
§ 5—3 数控加工工艺文件的编制	(116)
复习题	(119)
参考文献	(120)

第一章 数控机床概述

随着科学技术的进步,机械制造技术有了深刻的变化。由于社会对产品多样化的需求更加强烈,多品种、中小批量生产的比例明显增加,采用传统的普通加工设备已难以适应高效率、高质量、多样化的加工要求。机床数控技术的应用,一方面促使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程连为一体;另一方面,促使机械加工的全过程与柔性自动化水平不断提高,即提高了制造系统适应各种生产条件变化的能力。数控技术同时又是柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)的技术基础之一,是机电一体化的重要组成部分。

因此,机床数控技术的普及和推广将是我国机械制造业的发展趋势,也是提升我国制造业水平的必由之路。

§ 1—1 数控机床的入门知识

一、数字控制

数字控制简称数控或 NC (Numerical Control),是指用输入数控装置的数字信息来控制机械执行预定的动作。其数字信息包括字母、数字和符号。计算机数控简称 CNC (Computer Numerical Control),是采用具有存储程序的计算机,按照存储在计算机读写存储器中的控制程序去执行数控装置的一部分或全部数控功能,在计算机外的惟一装置是接口。目前应用较普遍的是由 8 位和 16 位微处理器构成的计算机 CNC 系统,即 MNC (Microcomputer Numerical Control) 系统。

二、数控机床

数控机床是一种利用数控技术,准确地按照事先安排的工艺流程,实现规定加工动作的金属切削机床。

三、数控机床与普通机床的区别

1. 数控机床一般具有手动加工(用电手轮)、机动加工和控制程序自动加工等功能,加工过程中一般不需要人工干预。普通机床只具有手动加工和机动加工功能,加工过程全部由人工干预。

2. 数控机床一般具有 CRT 屏幕显示功能,显示加工程序、多种工艺参数、加工时间、刀具运动轨迹以及工件图形等。数控机床一般还具有自动报警显示功能,根据报警信号或报警提示,可以迅速地查找机床故障。而普通机床不具备上述功能。

3. 数控机床的主传动和进给传动采用直流或交流无级调速伺服电动机,一般没有主轴变速箱和进给变速箱,传动链短。而普通机床主传动和进给传动一般采用三相交流异步电动机,由变速箱实现多级变速以满足工艺要求,机床传动链长。

4. 数控机床一般具有工件测量系统,加工过程中一般不需要进行工件尺寸的人工测量。而普通机床在加工过程中,必须由人工不断地进行测量,以保证工件的加工精度。

数控机床与普通机床最显著的区别是：当加工对象（工件）改变时，数控机床只需要改变加工程序（应用软件），而不需要对机床作较大的调整即能加工出各种不同的工件。

四、数控系统

数控系统是指数控机床的程序控制系统，它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序，并将其译码，从而控制机床运动，并加工零件。

五、数控程序

输入数控系统中的、使数控机床执行一个确定的加工任务的、具有特定代码和其他符号编码的一系列指令，称为数控程序（NC Program）或零件程序（Part Program）。

六、数控编程

生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程，称为数控编程（NC Program）。

七、数控机床的精度指标

1. 定位精度 定位精度是指数控机床工作台等移动部件在确定的终点所达到的实际位置的精度，因此移动部件实际位置与理想位置之间的误差称为定位误差。定位误差包括伺服系统、检测系统、进给系统等误差，还包括移动部件导轨的几何误差等。定位误差将直接影响零件加工的位置精度。

2. 重复定位精度 重复定位精度是指在同一台数控机床上，应用相同程序相同代码加工一批零件，所得到的连续结果的一致程度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。一般情况下，重复定位精度是成正态分布的偶然性误差，它影响一批零件加工的一致性，是一项非常重要的性能指标。

3. 分度精度 分度精度是指分度工作台在分度时，理论要求回转的角度值和实际回转的角度值的差值。分度精度既影响零件加工部位在空间的角度位置，也影响孔系加工的同轴度等。几种数控机床的精度指标见表 1—1。

表 1—1 几种数控机床的精度指标

机 床 型 号	定位精度 (mm/mm)	重复定位精度 (mm)	分度精度 (")
CINCINNATI	$\pm 0.025/1\ 000$	± 0.006	± 3
JC-018	$\pm 0.012/300$	± 0.006	
XH754	$\pm 0.02/300$	± 0.01	± 10
TH6350	$\pm 0.005/\text{全行程}$	± 0.002	

4. 分辨率与脉冲当量 分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对测量系统而言，分辨率是可以测量的最小增量；对控制系统而言，分辨率是可以控制的最小位移增量，即数控装置每发出一个脉冲信号，反映到机床移动部件上的移动量，一般称为脉冲当量。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一，其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。目前，普通数控机床的脉冲当量一般采用 0.001 mm；简易数控机床的脉冲当量一般采用 0.01 mm；精密或超精密数控机床的脉冲当量一般采用 0.000 1 mm。脉冲当量越小，数控机床的加工精度和加工表面质量越高。

八、数控机床的可控轴数与联动轴数

数控机床的可控轴数是指机床数控装置能够控制的坐标数目。数控机床可控轴数与数控装置的运算处理能力、运算速度及内存容量等有关。世界上最高级数控装置的可控轴数已达

到 24 轴,我国目前最高级数控装置的可控轴数为 6 轴。

数控机床的联动轴数是指机床数控装置控制的坐标轴同时达到空间某一点的坐标数目。目前有两轴联动、三轴联动、四轴联动、五轴联动等。其中,三轴联动数控机床可以加工空间复杂曲面;四轴联动、五轴联动数控机床可以加工宇航叶轮、螺旋桨等零件。

九、数控机床的运动性能指标

数控机床的运动性能指标主要包括主轴转速、进给速度、坐标行程、摆角范围和刀库容量及换刀时间等。

1. 主轴转速 数控机床的主轴一般采用直流或交流调速主轴电动机驱动,选用高速精密轴承支承,保证主轴具有较大的调速范围和足够高的回转精度、刚度及抗振性。目前,数控机床主轴转速已普遍达到 $5\,000 \sim 10\,000\text{ r/min}$,甚至更高,这样对各种小孔加工以及提高零件加工质量和表面质量都极为有利。

2. 进给速度 数控机床的进给速度是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素。它受数控装置的运算速度、机床动态特性及工艺系统刚度等因素的限制。目前国内数控机床的进给速度可达 $10 \sim 15\text{ m/min}$,国外一般可达 $15 \sim 30\text{ m/min}$ 。

3. 行程 数控机床坐标轴 X 、 Y 、 Z 的行程大小,构成数控机床的空间加工范围,即加工零件的大小。行程是直接体现机床加工能力的指标参数。

4. 摆角范围 具有摆角坐标的数控机床,其转角大小也直接影响到加工零件空间部位的能力。但转角太大又会造成机床的刚度下降,因此给机床设计带来许多困难。

5. 刀库容量和换刀时间 刀库容量和换刀时间对数控机床的生产率有直接影响。刀库容量是指刀库能存放加工所需要的刀具数量。目前常见的中小型加工中心多为 $16 \sim 60$ 把,大型加工中心达 100 把以上。换刀时间是指带有自动交换刀具系统的数控机床,将主轴上使用的刀具与装在刀库上的下一工序需用的刀具进行交换所需要的时间。目前,国内均在 $10 \sim 20\text{ s}$ 内完成换刀;国外不少数控机床换刀时间仅为 $4 \sim 5\text{ s}$ 。

§ 1—2 数控机床的加工特点及其应用

一、数控机床的加工特点

数控机床的加工特点主要体现在其“数控”的各种功能上,加上完善的机械机构,数控机床具有以下加工特点。

1. 能加工超精零件。例如,在高精度的数控机床上,可加工出几何轮廓精度极高(达 $0.000\,1\text{ mm}$)、表面粗糙度数值极小(R_a 达 $0.02\text{ }\mu\text{m}$)的超精度零件,如复印机中的回转鼓及激光打印机上的多面反射体等。

2. 能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件。例如,壳体零件不开敞内腔中的成形面,以及“口小肚大”类内成形面零件等。

3. 能加工普通机床不能(或不便)加工的多种零件。例如,用数学模型描述的复杂曲线类零件及三维空间曲面类零件,以及高速车削无退刀槽的螺纹零件及表面粗糙度要求一致的变径表面(端面、球面、大锥角的圆锥面)类零件。

4. 能加工经一次装夹定位后,需进行多道工序加工的零件。例如,在加工中心机床上可方便地实现对箱体类零件进行钻孔、扩孔、镗孔及攻螺纹、铣削端面等多道工序的加工。

5. 一台数控机床可同时加工两个或多个相同的零件,也可同时加工多工序的不同零件。例如,在六轴控制的数控车床及交换工件台加工中心上就能快捷地加工出这类零件。

6. 数控机床加工的自动化程度很高,除刀具的进给运动外,对零件的装夹、刀具的更换、切屑的排除等工作均能自动完成。同时,由于其加工过程多为封闭式,故能极大地减轻操作者的劳动强度和紧张程度,改善操作者的劳动条件。

7. 采用数控机床加工,能通过选用最佳工艺路线和切削用量,有效地减少加工中的辅助时间,较大地提高生产率。

8. 在数控机床上加工零件,一般可省去前期画线、中间检验等工作,通常还可省去复杂的工装,减少对零件的安装、调整等工作,故能明显缩短加工的准备时间,降低生产费用。

9. 数控机床加工能通过修改加工程序,为科研产品设计工件的反复调整创造了良好的条件,从而大大地缩短了研制、定型的周期,给产品开发、产品的改进与改型提供了方便。

二、数控机床的应用

数控机床的性能特点决定了它的应用范围。对数控加工,可按适应程度将加工对象大致分为三类:

1. 最适应类

(1) 加工精度要求高,形状、结构复杂,尤其是具有复杂曲线、曲面轮廓的零件,或具有不开敞内腔的盒形或壳体零件。这些零件用通用机床很难加工,很难检测,质量也难以保证。

(2) 必须在一次装夹中完成铣、钻、铰、镗或攻螺纹等多道工序的零件。

2. 较适应类

(1) 价格昂贵、毛坯获得困难、不允许报废的零件。这类零件在普通机床上加工时,有一定难度,受机床的调整、操作人员的工作状态等多种因素影响,容易产生次品或废品。为可靠起见,可选择在数控机床上进行加工。

(2) 在通用机床上加工生产率低、劳动强度大、质量难以稳定控制的零件。

(3) 用于改型比较、供性能或功能测试的零件(它们要求尺寸一致性好);多品种、多规格、单件小批量生产的零件。

3. 不适应类

(1) 利用毛坯面作为粗基准定位进行加工或定位完全需靠人工找正的零件。数控机床上无在线检测系统可自动检测调整零件位置坐标的情况下,加工余量很不稳定的零件。

(2) 必须用特定的工艺装备,或依据样板、样件加工的零件或加工的内容。

(3) 需大批量生产的零件。但随着数控机床性能的提高、功能的完善和成本的降低,随着数控加工用的刀具、辅具的性能不断改善提高和数控加工工艺的不断改进,利用数控机床高自动化、高精度、工艺集中的特性,将数控机床用于大批量生产的情况逐渐多了起来。因此,适应性是相对的,它会随着科技的发展而发生变化。

数控机床是实现柔性自动加工的重要设备,是发展 FMS (Flexible Manufacture System) 和 CAM (Computer Aided Manufacturing) 的基础。

数控机床的使用、维修技术要求较高,操作及维修人员应有较高的专业素质。

§ 1—3 数控机床的产生及发展

一、数控机床的产生

第一台数控机床是为了适应航空工业制造复杂工件的需要产生的。1952年,美国麻省理工学院和帕森斯公司合作研制成功了世界上第一台具有信息存储和信息处理功能的新型机床,即数控机床。之后,随着电子技术,特别是计算机技术的发展,数控机床不断更新换代。

第一代数控机床从1952年开始,采用电子管元件;第二代数控机床从1959年开始,采用晶体管元件;第三代数控机床从1965年开始,采用集成电路;第四代数控机床从1970年开始,采用大规模集成电路及小型通用计算机;第五代数控机床从1974年开始,采用微处理器或微型计算机。

我国从1958年开始研制数控机床,1975年又研制出第一台加工中心。改革开放以来,由于引进了国外的数控系统与伺服系统,使我国的数控机床在品种、数量和质量方面都得到了迅速发展。从1986年开始,我国数控机床开始进入国际市场。目前我国有几十家机床厂能够生产数控机床和数控加工中心。

数控技术不仅用于数控机床的控制,还用于控制其他机械设备,例如,数控线切割机、自动绘图机、数控测量机、数控编织机、数控剪裁机、机器人等。

目前,在数控技术领域,我国同先进的工业国家之间还存在着不小的差距,但这种差距正在缩小,随着我国国民经济迅速发展,随着企业设备改造和技术更新的深入开展,各行业对数控机床的需要量将大幅度增加,这将有力地促进数控机床的发展。

二、数控机床的发展方向

1. 高精度 高精度包括高进给分辨率(如 $0.1\mu\text{m}$ 或更高)、高定位精度和重复定位精度、高动态刚度、高性能闭环交流数字伺服系统等。

2. 高速化 高速化是指数控机床的高速切削和高速插补进给,目的是在保证加工精度的前提下,提高加工速度。这不仅要求数控系统的处理速度快,同时还要求数控机床具有大功率和大转矩的高转速主轴、高速进给电动机、高性能的刀具、稳定的高频动态刚度。

3. 多功能 多功能是指具有多种监控、检测及补偿功能。如刀具磨损的检测、系统精度及热变形的检测、刀具寿命的管理等功能。大多数现代数控机床都采用CRT显示,可以进行二维图形的轨迹显示,未来的数控系统将具有三维彩色动态图形显示。现代数控系统具有硬件、软件及故障的自诊断功能,未来的数控系统将具有远程(基于网络的)硬件、软件及故障自诊断功能。

4. 高可靠性 数控系统工作的可靠性一直是人们经常关注的重要性能指标。为提高数控系统的可靠性,人们采取了下面的一些措施:

(1) 提高数控系统的硬件质量。选用高质量的集成电路芯片、印制线路板和其他元器件,建立并实施从元器件筛选、稳定产品的制造及装配工艺、性能测试等一系列完整的质量保证体系。

最新的数控系统,如日本的FANUC16系统采用了三维插装技术,与平面高密度插装技术相比,进一步提高了印制线路板上电子零件的插装密度,使控制装置更加小型化,进而将

典型硬件进行集成化,做成专用芯片,为提高系统的可靠性提供了保证。

(2) 模块化、标准化和通用化。现代数控系统的性能越来越完善,功能越来越丰富,促使系统的硬件、软件结构实现了模块化、标准化和通用化。“三化”的实现,不仅便于组织开发、生产和应用,而且也提高了制作和运行的可靠性,便于用户的维修和保养。

5. 智能化 在现代数控系统中,引进了自适应控制技术。自适应控制(Adaptive Control,简称AC)技术是能调节在加工过程中所测得的工作状态特性,且能使切削过程达到并维持最佳状态的技术。在系统工作中,大约有30余种变量直接或间接影响加工效果,如工件毛坯余量不匀、材料硬度不一致、刀具磨损、工件变形、机床热变形、化学亲和力的大小、切削液的黏度等因素。这些变量事先难以预知,加工程序的编制一般依据经验数据,因此,实际加工时很难达到最佳工作状态。

现代数控系统智能化的发展,其功能主要体现在以下几个方面:

- (1) 工件自动检测、自动定心。
- (2) 数控管理。
- (3) 刀具寿命及刀具收存情况管理。
- (4) 刀具破损检测及自动更换备用刀具。
- (5) 负载监控。
- (6) 根据加工时的热变形,对滚珠丝杠等的伸缩进行实时补偿功能。
- (7) 利用反馈控制的实时补偿功能。
- (8) 维修管理。

复 习 题

1. 数控机床是什么样的机床?它适用于什么场合?
2. 与普通机床相比,数控机床有哪些特点?
3. 数控机床的加工有什么特点?
4. 数控机床的发展趋势怎样?

第二章 数控机床的结构及工作原理

§ 2—1 数控机床的结构

数控机床大体由输入装置、数控装置、伺服系统（包括检测装置）和机床本体组成，如图 2—1 所示。

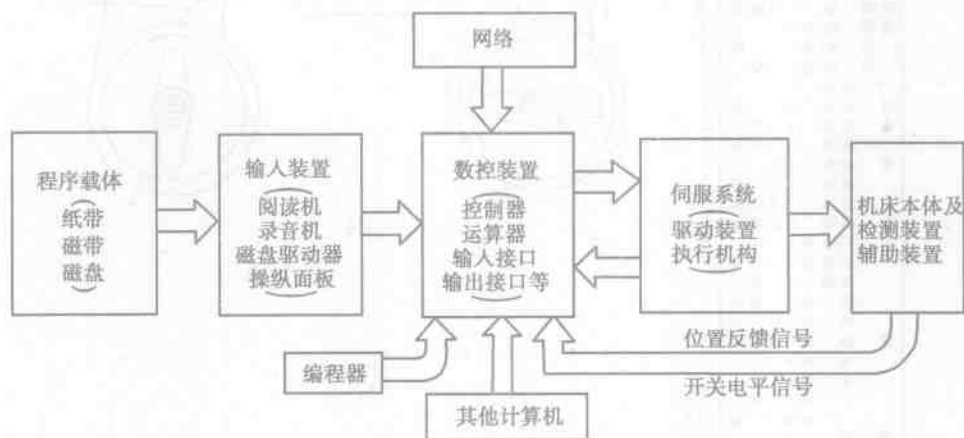


图 2—1 数控机床的组成

一、输入装置

输入装置与输入方法有关，输入方法有以下三种。

1. 控制介质输入 所谓控制介质就是数控信息的物质载体，通常有穿孔纸带、磁带、磁盘等；相应的输入装置是光电纸带阅读机、录音机、磁盘驱动器等。穿孔纸带是在特别的纸带上穿孔，孔的不同位置的组合构成不同的数字或数控代码。加工零件的程序，按规定的格式穿孔记录在纸带上。通过光电纸带阅读机将纸带上的加工程序读入数控装置中的存储器。

穿孔纸带格式有两种：一种为 ISO（国际标准化组织）标准；另一种为 EIA（美国电子工业协会）标准。现在的数控装置都可以识别应用。图 2—2a 所示为穿孔纸带与数控代码的对照，图 2—2b 所示为纸带阅读机。

在使用时，可以用纸带阅读机读入的程序直接控制机床运动，也可以将纸带内容读入到内存中，用内存中存储的程序控制机床。

虽然现在很多数控机床上仍附带有纸带阅读机和磁带录音机，但由于微型计算机的普遍使用，穿孔纸带和磁带控制介质的应用已越来越少。

2. 手工输入 利用键盘和显示屏，输入控制机床运动和刀具运动的指令。具体说有三种情况：一种是手动数据输入（Manual Date Input, MDI），即通过机床面板上的键，把数控程

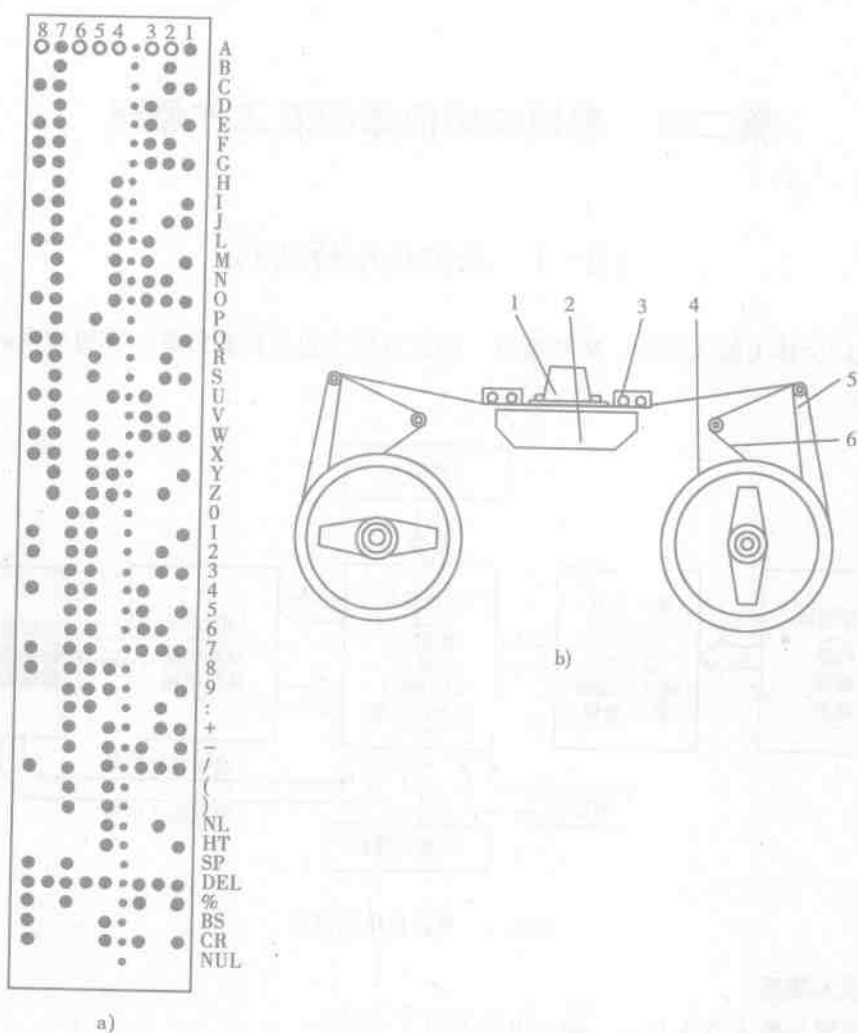


图 2—2 穿孔纸带与纸带阅读机

a) 穿孔纸带与数控代码对照 b) 纸带阅读机

1—光源部 2—光学读入头 3—输带辊 4—卷盘 5—张紧臂 6—纸带

序指令逐条输入存储器中，这种方法一般只适用于一些较为简短的程序。另一种是在数控显示装置的程序编辑界面，用软键或键盘输入程序指令，存于内存中，手工编程主要就是采用这种输入方法。用这种方法还可以调出已存入数控系统的程序并对其进行编辑修改。还有一种方法，是在具有对话功能软件的数控装置（微型计算机）上，根据软件的逻辑格式和显示屏上的对话提示，选择不同的菜单，输入有关的数字和信息后，可自动生成控制程序存入内存，这种方法虽然是手工输入，但却是自动编程。

图形交互自动编程是现在广泛采用的另一种自动编程方式。利用 CAD 软件的图形编辑功能将零件的几何图形绘制到计算机上，形成零件的图形文件，然后调用数控编程模块，采用人机交互的方式在计算机屏幕上指定被加工的部位，通过键盘手工输入相应的加工参数后，计算机自动编制出数控加工程序。

3. 直接输入存储器 从自动编程机上、其他计算机上或网络上, 将编制好的加工程序通过通信接口直接输入数控装置的存储器。这是现代数控机床的发展趋势。

二、数控装置

数控装置由硬件和软件两大部分组成。硬件包括通用 I/O 接口、CPU、存储器、可编程程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 及数字通信接口等。采用单片微处理机数控装置的硬件结构如图 2—3 所示。软件包括管理软件和控制软件。管理软件用来管理零件程序的输入、输出, 显示零件程序、刀具位置、系统参数及报警, 诊断数控装置是否正常并检查故障原因。控制软件则用来完成译码、刀具补偿、插补运算、位置控制等。

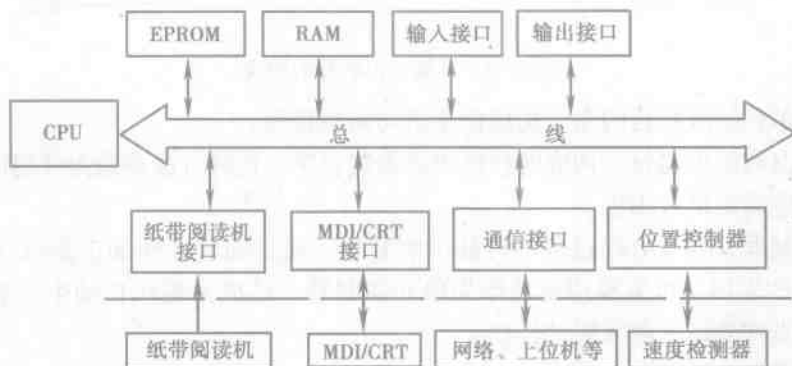


图 2—3 数控装置硬件结构

数控装置的主要功能为读入数值、存储、运算处理, 产生控制信息控制机床运动, 按确定的顺序和设定的条件规则实行程序控制。

纸带阅读机接口及通用输入接口接受纸带阅读机及手工输入或上位机传来的加工程序, 经过识别和译码后分送到相应的存储器, 作为控制与运算的依据。控制器接受这些输入的指令, 控制运行和运算。如果控制与运算是依靠专用计算机固定硬件结构来完成的, 这种数控装置称为硬件数控或硬联结数控。现在数控装置几乎都采用了微型计算机。微型计算机的 CPU 把运算器、控制器集成在芯片中, 运算器最基本的工作就是进行插补运算和刀具轨迹运算。系统将位置检测器测得的实际位置与插补运算后的坐标位置进行比较, 产生控制指令。微型计算机拥有大容量存储器, 只读存储器 (ROM) 存放系统控制程序, 随机存储器 (RAM) 存放系统运行时的工作参数及用户的零件加工程序; 控制运行和运算都是通过软件来实现的, 这种数控装置称为软件数控或软联结数控。输入/输出 (I/O) 接口也都采用集成电路, 可实现数字与电量信号之间的转换。根据控制器的指令通过输出接口, 把控制信号输送到伺服系统。机床输入接口接收检测装置反馈信号并输送到数控装置, 另外还接受操作面板上的各种开关、按钮及机床各种限位开关的电平信号。

对数控机床的控制除了对坐标轴运动进行位置控制外, 还要对诸如主轴的正、反转和停止, 刀具交换, 工件的夹紧、松开, 切削液的开关及润滑系统的运动等进行顺序控制。顺序控制的信息源主要是开关量信号, 完成这一控制任务的装置为可编程控制器 (PLC)。可编程控制器实质上是一种工业控制用的专用计算机, 它由硬件系统和软件系统两大部分组成。

可编程控制器可以将顺序控制程序记忆在存储器中, 由内部计时装置依次读出并执行程

序。只需要更换其中存储的程序,就可以完成另一个完全不同的动作循环,因而特别富有柔性。可编程控制器的构成如图 2—4 所示。可编程控制器的程序编制主要有以下几种方法:

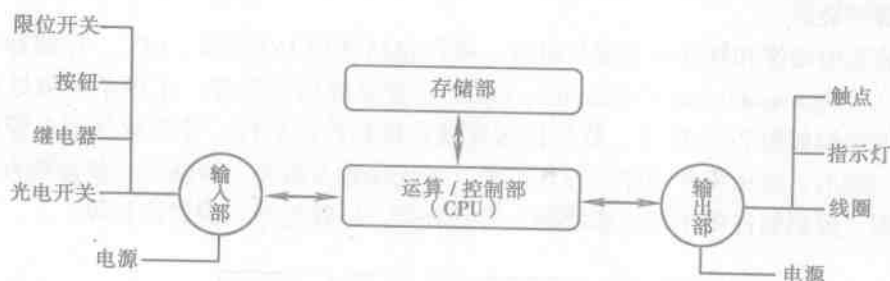


图 2—4 可编程控制器的构成

- (1) 用布尔代数或相近的命令构成命令语句编制程序。
- (2) 用触点和继电器符号构成的梯形图等编制程序。这种方法是最为常用的一种方法。
- (3) 用其他高级语言编程。

可编程控制器是当今数控设备不可缺少的装置,而且随着柔性加工系统 (FMS)、工厂自动化 (FA) 的发展,可编程控制器作为单元控制器,已成为现代自动生产制造系统的重要控制装置,发挥着越来越重要的作用。

三、伺服系统

伺服系统包括驱动装置、执行机构及位置、速度检测反馈装置。伺服电动机是伺服系统的执行机构,驱动装置则是伺服电动机的动力源。来自数控装置的指令信号经功率放大,驱动伺服电动机,进而通过机械传动系统驱动机床主轴、工作台架等机床运动部件。伺服系统按控制原理可分为开环系统、半闭环系统、闭环系统和混合环系统。

1. 驱动装置 驱动装置接受数控系统输出的速度控制信号,输出电能驱动电动机。数控机床中各类驱动电动机的驱动装置见表 2—1。

表 2—1 数控机床中的驱动装置

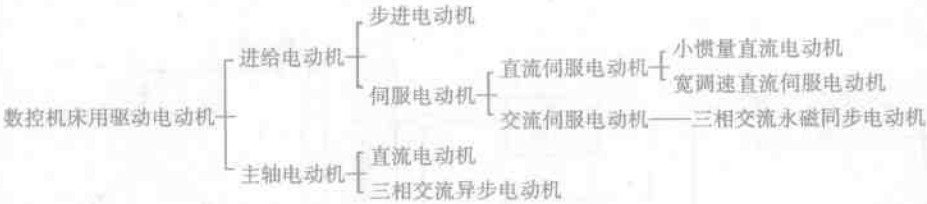
驱动设备	驱动电动机	驱动装置
电动机类型	步进电动机	高低压切换、恒流斩波等
	直流伺服电动机	脉宽调制 (PWM)
		晶闸管控制 (SCR)
	交流伺服电动机	他控变频控制
进给电动机	直流主轴电动机	自控变频控制
		晶闸管控制 (SCR)
	交流主轴电动机	通用变频器控制
主轴电动机	交流主轴电动机	矢量变频控制

由于驱动装置用于对驱动电动机的速度控制,故有时也称驱动装置为速度控制单元;又因为驱动装置是伺服系统中的功率放大部分,故又称驱动装置为伺服驱动单元。

驱动装置中功率器件的作用就是将控制信号进行功率放大,以达到驱动电动机的目的。

功率器件是开关元件，常用的有大功率晶体管、功率场效应晶体管、绝缘门极晶体管、普通晶闸管和可关断晶闸管等。

2. 执行机构 驱动电动机是数控机床伺服系统的执行元件，用于驱动数控机床各坐标轴进给运动的称进给电动机；用于驱动机床主运动的称主轴电动机。数控机床驱动电动机的常用种类如下：



下面对常用的驱动电动机进行介绍。

(1) 进给电动机。进给电动机主要有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机三种。

1) 步进电动机。这是一种将脉冲信号变成角位移的电动机。角位移与输入脉冲个数成正比。步进电动机主要应用在开环控制方式，它没有反馈机构，结构也较简单。在 20 世纪 60 年代，还有一种电液步进电动机，曾作为数控驱动的主力，但随着数控机床向高精度化、高速化方向发展，现在已很少应用。但步进电动机在小型、轻型机床上或在驱动负荷小而稳定的情况下还有很多应用。

2) 直流伺服电动机。直流伺服电动机具有转矩大、过载能力强、动态响应好、调速性能良好等很多优点。数控机床上应用的直流伺服电动机主要是永磁直流伺服电动机。

根据直流电动机的转速特性，对于速度的控制可采用改变外加电压的方式来实现。现在的直流速度控制单元主要采用晶闸管调速系统和晶体管脉宽调速系统（PWM）。而后者在速度、响应性、稳定性及精度方面具有很多优点，其应用越来越广泛。图 2—5 所示为晶体管 PWM 方式调速示意图。

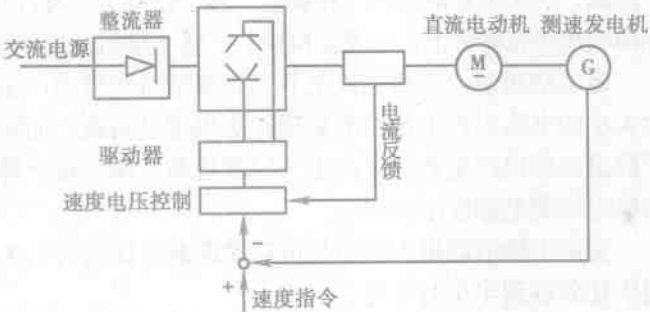


图 2—5 晶体管脉宽调制（PWM）方式

3) 交流伺服电动机。直到 20 世纪 80 年代中期，直流伺服电动机在数控机床的进给驱动中还占有绝对的位置，至今仍然还在很多数控机床上使用着。但是它存在一些固有的缺点，例如，其电刷和换向套易磨损，需经常维护，结构也比较复杂。随着微型计算机数字控制技术、大容量功率电子器件技术的进步，交流伺服电动机的应用已成了当今数控机床驱动系统的主流。图 2—6 所示为永磁交流伺服电动机结构示意图。

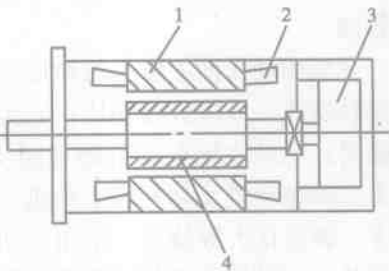


图 2—6 永磁交流伺服电动机结构

1—定子 2—电枢绕组
3—脉冲编码器 4—转子（永久磁铁）

交流电动机的速度控制有很多种类，应用最多的是