



21世纪高职高专规划教材·机电类

数控编程技术

主 编 杨晓平 副主编 马亚娟



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高职高专规划教材·机电类

数控编程技术

主 编 杨晓平
副主编 马亚娟

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以培养技能型人才为目的,从应用的角度出发,主要介绍了具有代表性且在企业 and 学校运用较为普遍的 FANUC 数控系统、SIEMENS 数控系统和华中数控系统的编程。本书共 7 章,包括数控技术概论、数控车床 FANUC 系统编程、数控铣床 SIEMENS 编程、加工中心 FANUC 系统编程,华中 HNC—21T 系统数控车床编程、华中世纪等数控铣床的编程、数控电火花切割编程等内容。本书编程例题按照实际加工情况添加了程序段注释,使读者比较容易接受和掌握,既便于教师备课,也便于学生自学。

本书配有习题集,主要有填空题、判断题、选择题、简答题及编程题。题目切合数控加工实际,能够对书中所学重点知识进行考核,有利于学生巩固所学知识和提高数控编程技能。

本书可作为高等职业技术学院数控技术专业、机电一体化专业、机械制造及自动化专业等的教材,也可以作为本科院校教学参考书以及工厂数控技术人员、研究人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控编程技术/杨晓平主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1802 - 3

I. 数… II. 杨… 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 (2009) 第 012239 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 陕西省乾兴印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 25.25

字 数 / 525 千字

版 次 / 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 3000 册

总 定 价 / 43.00 元 (含配套习题集)

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着数控机床的逐步普及，社会急需大批熟练掌握数控机床编程、操作的技能型人才。为满足教学及中、高级数控技术人员学习的需要，编者针对数控教学的特点，根据多年的教学经验，编写了《数控编程技术》。

本书从数控编程技术的应用方法出发，全面细致地介绍了数控编程基础知识、数控车床 FANUC 系统编程、数控铣床 SIEMENS 系统编程、加工中心 FANUC 系统编程、华中数控系统车床编程、华中数控系统铣床编程及数控电火花线切割编程。本书较好地结合了教学的需要，内容上充分地体现了灵活性和实用性。

本书的特点是：

- 技术理论与应用实例相结合，特别适合于高职教育边讲边练的教学特色。配套有习题集，也为开展基于工作过程的项目教学提供项目素材。
- 通过大量的典型综合实例，将学生所学过的相关技术理论知识有机地联系起来，并应用于实际训练之中，有利于学生综合能力及生产实践技能的培养。
- 经验说明，不同数控系统机床的编程与操作具有触类旁通的特点，而现实要求无论是教师还是学生都应该掌握多种数控系统的应用，本书正是针对这一要求编写的一本好用的教材。

本书由陕西国防工业职业技术学院杨晓平担任主编并统稿，由陕西航空职业技术学院马亚娟担任副主编。其中第 1 章由陕西国防工业职业技术学院刘武、甘代伟编写；第 2 章由陕西国防工业职业技术学院潘冬、郭力编写；第 3 章由陕西国防工业职业技术学院杨晓平、曾霞编写；第 4 章由陕西国防工业职业技术学院赵熹、锥玉花编写；第 5 章由西京学院纪春波与陕西航空职业技术学院马亚娟编写；第 6 章由西京学院胡明哲编写；第 7 章由陕西国防工业职业技术学院张晨亮、刘晓青编写。

全书由李诚人教授主审，他对本书提出了不少宝贵的建议，编者在此致以衷心感谢。由于编者的水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 数控技术概论	1
1.1 数控机床的概念及发展概况	1
1.1.1 数字控制的基本概念	1
1.1.2 数控机床的产生与发展过程	1
1.1.3 我国数控技术发展概况	3
1.1.4 数控技术发展趋势	3
1.2 数控机床的工作原理及基本组成	7
1.2.1 数控机床的工作原理	7
1.2.2 数控机床的组成	7
1.3 数控机床的分类	10
1.3.1 按加工方式分类	10
1.3.2 按控制刀具运动方式分类	10
1.3.3 按伺服控制方式分类	11
1.3.4 按数控系统的功能水平分类	12
1.3.5 按可联动的轴数分类	13
1.4 数控机床的特点和应用范围	14
1.4.1 数控机床的加工特点	14
1.4.2 数控机床的应用特点	16
1.5 数控编程概述	16
1.5.1 数控编程的方法与内容	16
1.5.2 程序的结构与格式	18
1.5.3 机床坐标系和运动方向	21
1.5.4 机床坐标系原点与机床参考点	22
1.6 数控编程工艺基础	24
1.6.1 数控加工工艺的基本特点	24
1.6.2 数控加工工艺分析的主要内容	24
1.6.3 数控加工工艺分析的一般步骤与方法	25

1.6.4 数控加工工艺文件	37
1.7 数控程序编制中的数学处理方法	43
1.7.1 数学处理的概念	43
1.7.2 基点的数学处理方法	43
第2章 数控车床 FANUC 系统编程	45
2.1 数控车床编程基础	45
2.1.1 数控车床概述	45
2.1.2 数控车床坐标系	47
2.2 FANUC 系统数控车床程序的编制	47
2.2.1 程序组成及程序结构	47
2.2.2 准备功能指令应用	50
2.2.3 辅助功能指令应用	54
2.2.4 进给、主轴、刀具功能指令	55
2.2.5 单一循环功能指令应用 (G90, G94)	59
2.2.6 螺纹加工指令应用 (G32, G92)	63
2.2.7 复合循环功能指令应用 (G70 ~ G76)	66
2.2.8 子程序功能应用	73
2.3 数控车床编程实例	75
2.3.1 基本指令编程	75
2.3.2 螺纹加工	77
2.3.3 复合循环编程实例	78
2.3.4 综合实例	80
第3章 数控铣床 SIEMENS 系统编程	86
3.1 数控铣床基础	86
3.1.1 数控铣床概述	86
3.1.2 数控铣床坐标系	87
3.2 SIEMENS 数控系统编程	89
3.2.1 程序结构	89
3.2.2 基本功能指令应用	90
3.2.3 M、F、S、T 功能指令	99
3.2.4 刀具半径、长度补偿功能指令	101
3.2.5 孔加工固定循环功能指令	106

3.2.6	SIEMENS 数控系统子程序	117
3.2.7	特殊编程功能	119
3.2.8	SIEMENS 数控系统 R 参数编程	124
3.3	数控铣床编程实例	128
3.3.1	XK714/A 铣床简介	128
3.3.2	数控铣床编程实例	140
第4章	加工中心 FANUC 系统编程	152
4.1	加工中心编程基础	152
4.1.1	加工中心概述	152
4.1.2	加工中心坐标系	158
4.2	加工中心编程方法	159
4.2.1	程序组成及结构	159
4.2.2	准备功能指令应用 (G)	161
4.2.3	辅助功能指令应用 (M)	169
4.2.4	进给速度 F、主轴转速 S、刀具选择 T 功能指令应用	170
4.2.5	刀具半径、长度补偿功能指令应用	172
4.2.6	FANUC 数控系统固定循环功能指令应用	177
4.2.7	子程序功能指令应用	185
4.2.8	坐标变换功能指令应用	189
4.2.9	宏程序功能指令应用	197
4.3	加工中心编程实例	202
第5章	华中 HNC—21T 系统数控车床编程	219
5.1	HNC—21T 系统数控车床程序的编制	219
5.1.1	华中系统程序的组成与结构	219
5.1.2	模态指令与非模态指令	220
5.1.3	辅助功能 M 代码	220
5.1.4	主轴功能 S 代码, 进给功能 F 代码, 刀具功能 T 代码	220
5.1.5	准备功能 G 代码	221
5.1.6	刀尖半径补偿指令 G40、G41、G42	224
5.1.7	主要循环指令及子程序	226
5.2	典型零件编程实例	237
5.2.1	切槽编程实例	237

5.2.2 复杂外轮廓编程实例	239
5.2.3 复杂内轮廓编程实例	242
5.3 HNC—21T 系统数控车床宏指令及宏程序简介	245
5.3.1 数控车床常用的曲线简介	245
5.3.2 HNC—21T 系统数控车床宏指令简介	245
5.3.3 HNC—21T 系统数控车床宏程序编程实例	247
第6章 华中世纪星数控铣床的编程	251
6.1 HNC—21M 系统程序编制	251
6.1.1 华中系统程序的结构	251
6.1.2 辅助功能 M 代码	251
6.1.3 PLC 设定的辅助功能	252
6.1.4 主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T	252
6.1.5 准备功能 G 代码	253
6.1.6 有关坐标系和坐标的指令	254
6.1.7 准备功能指令应用	254
6.1.8 刀具补偿功能指令	258
6.1.9 其他功能指令	260
6.1.10 特殊编程功能指令	262
6.1.11 固定循环	266
6.1.12 子程序	272
6.1.13 华中系统宏指令编程	275
6.2 HNC—21M 系统编程实例	277
第7章 数控电火花线切割编程	282
7.1 数控电火花线切割概述	282
7.1.1 线切割加工原理	282
7.1.2 数控线切割机床的组成	283
7.1.3 电火花线切割加工正常运行必须具备的条件	283
7.1.4 数控电火花线切割机床的分类	284
7.1.5 线切割加工的加工对象	284
7.2 数控电火花线切割程序编制	284
7.2.1 手工编程	285
7.2.2 ISO 代码下切割加工程序编制	287

7.2.3 自动编程	291
7.3 线切割工艺	293
7.3.1 程序校验	293
7.3.2 工件的装夹	293
7.3.3 穿丝孔及切割路线的确定	294
7.4 数控电火花线切割编程实例	295
参考文献	299

第1章

数控技术概论

1.1 数控机床的概念及发展概况

1.1.1 数字控制的基本概念

数字控制 (Numerical Control), 简称为数控, 是一种自动控制技术, 是用数字化信号对控制对象加以控制的一种方法。数字控制是相对模拟控制而言的, 数字控制中的控制信息是数字量, 而模拟控制系统中的控制信息是模拟量。数字控制与模拟控制相比有许多优点, 如可用不同的字长表示不同精度的信息, 可对数字化信息进行逻辑运算、数学运算等复杂的信息处理工作, 特别是可用软件来改变信息处理的方式或过程, 而不用改动电路或机械机构, 从而使机械设备具有很大的“柔性”。因此数字控制已被广泛用于机械运动的轨迹控制和机械系统的开关量控制, 如机床的控制、机器人的控制等。

1.1.2 数控机床的产生与发展过程

数字控制的对象是多种多样的, 但数控机床是最早应用数控技术的控制对象, 也是最典型的数控化设备。数控机床是采用了数控技术的机床, 或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟 (International Federation of Information Processing, IFIP) 第五技术委员会, 对数控机床作了如下定义: 数控机床是一种装了程序控制系统的机床, 该系统能逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。

定义中所提到的程序控制系统, 就是数控系统 (Numerical Control System)。数控系统是一种控制系统, 它自动输入载体上事先给定的数字量, 并将其译码, 再进行必要的信号处理和运算后, 控制机床动作和加工零件。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的专用硬件数控系统。随着微型计算机的发展, 硬件数控系统已逐渐被淘汰, 取而代之的是计算机数控系统 (Computer Numerical Control, CNC)。CNC 系统是由计算机承担数控中的命令发生器和控

制器的数控系统。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,使数字控制系统的性能大大提高。

1. 数控机床的发展

第一台数控机床是由美国 Parsons 公司与美国麻省理工学院 (MIT) 于 1952 年合作研制成功的,当时是为了加工直升机螺旋桨叶片轮廓的检查样板。此后,其他一些国家(如德国、英国、日本、前苏联等)都开展了数控机床的研制开发和生产。1959 年,美国克耐·杜列克公司 (Keaney&Trecker) 首次成功开发了加工中心 (Machining Center, MC),这是一种有自动换刀装置和回转工作台的数控机床,可以在一次装夹中对工件的多个平面进行多工序的加工,包括钻孔、镗孔、攻丝、镗削、平面铣削、轮廓铣削等。20 世纪 60 年代末,出现了直接数控系统 (Direct NC, DNC),即由一台计算机直接管理和控制一群数控机床。1967 年,英国出现了由多台数控机床连接而成的柔性加工系统,这便是最初的柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS)。20 世纪 80 年代初,出现了以加工中心或车削中心为主体,配备工件自动装卸和监控检验装置的柔性制造单元 (Flexible Manufacturing Cell, FMC)。近几年,又出现了以数控机床为基本加工单元的计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS),实现了生产决策、产品设计及制造、经营等过程的计算机集成管理和控制。

2. 数控系统发展的几个主要阶段

数控机床发展到今天,完全依赖于数控系统的发展。自 1952 年美国研制出第一台数控机床起,数控系统经历了两个阶段和六代的发展。

(1) 数控阶段 (1952—1970 年)

早期计算机的运算速度低,这对当时的科学计算和数据处理影响还不大,但不能适应机床适时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统,这被称为硬件连接数控,简称为数控 (NC)。随着元器件的发展,这个阶段共经历了 3 代。

第一代数控: 1952—1959 年,采用电子管元件构成的专用 (NC) 装置。

第二代数控: 1959—1964 年,采用晶体管电路的 NC 装置。

第三代数控: 1965—1970 年,采用小、中规模集成电路的 NC 装置。

(2) 计算机数控阶段 (1970 年至今)

到 1970 年,通用小型计算机业已开始成批生产。其运算速度比二十世纪五、六十年代有了大幅度的提高,这比专门“搭”成的专用计算机成本低、可靠性高,于是将它移植过来作为数控系统的核心部件,从此进入了计算机数控阶段。随着计算机技术的发展,这个阶段也经历了 3 代。

第四代数控: 1970—1974 年,采用大规模集成电路的小型通用计算机数控 (CNC) 系统。

第五代数控: 1974—1990 年,微处理器应用于数控系统。

第六代数控: 1990 年以后 PC (即个人计算机,国内习惯称微机) 的性能已发展到很高

的阶段,可满足作为数控系统核心部件的要求,数控系统从此进入了基于PC的时代。

1.1.3 我国数控技术发展概况

我国从1958年开始研究数控技术,1966年研制成功晶体管数控系统,并将样机应用于生产。1968年成功研制X53K-1立式铣床。20世纪70年代初,加工中心研制成功。1988年FMS通过验收投入运行,用于生产、伺服电动机的零件。1981—2000年我国数控技术经历了引用国外先进技术、消化吸收、科技攻关和产业化攻关四阶段,使我国的数控技术飞速发展。2003年全国数控机床产量达到36 813台,同比增值47.73%。目前,数控机床的品种有1 500多种,其中,数控车床产量居世界第一。

1.1.4 数控技术发展趋势

数控机床是机械制造业乃至整个工业生产中不可缺少的复杂工具。随着微电子技术和计算机技术的发展,数控系统的性能日趋完善,数控机床的应用领域日趋扩大。总的发展趋势是朝着高速度化、高精度化、多功能化、小型化、系统化、多样化、成套性与高可靠性等方向发展,以满足社会生产发展中的各种需要。

1. 高速度、高精度化

速度、精度是机械制造技术的关键性指标。由于采用了高速CPU芯片、多CPU控制系统以及带高分辨率检测元件的交流数字伺服系统,同时采用了改善机床动态、静态特征等有效措施,机床的速度、精度已大大提高。

提高微处理器的位数和速度是提高数控系统速度和精度的最有效的手段。现代数控系统已经逐步由16位CPU过渡到32位CPU,日本已开发出64位CPU的数控系统。日本的FANUC公司的数控系统已广泛采用32位CPU,如FANUC—15数控系统采用32位CPU,实现了最小位移单位为0.001 mm,最大进给速度达到100 m/min。

在数控机床的高速化中,提高主轴旋转非常重要。由于主轴旋转的高速化,使得切削时间比过去缩短了80%。目前很多数控机床采用高速内装式主轴电动机,使主轴的驱动不必通过齿轮箱,而是直接把电动机与主轴连接成一体装入主轴部件中,可将主轴转速提高到4 000~5 000 r/min。第13届欧洲国际机床展览会上展示的数控机床,其主轴最高转速已达7 000~10 000 r/min。

提高数控机床的加工精度,可通过减少数控系统的误差和采用补偿技术实现,如提高数控系统的分辨率;使CNC控制单元精细化;提高位置检测精度(日本交流伺服电动机有的已安装可产生100万/转个脉冲的内藏位置检测器,位置检测精度能达到0.001/脉冲)。目前加工中心的定位精度就由过去的 $\pm 51\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 11\text{ }\mu\text{m}$ 。

2. 多功能化

数控加工中心(Machining Center, MC)可以将许多工序和许多工艺过程集中到一台机床上完成,实现自动换刀及自动更换工件,一次装夹完成全部加工工序,可以减少辅助时

间, 实现一机多用, 最大限度地提高机床的开机率和利用率。

3. 高效化

数控机床加工是提倡以减少工序及辅助时间为主要目的的复合加工, 而且正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。工件在一台机床上一次装夹后, 通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施, 完成多工序、多表面的复合加工, 数控技术的进步提供了多轴和多轴联动控制, 如 FANUC—15 系统的可控轴数和联动轴数为 2 ~ 15 轴, SIEMENS 840 系统控制轴数可达 24 轴。装有滚珠丝杠的数控机床快速移动速度可达 60 m/min, 装有直线电动机的数控机床快速移动速度可达 120 ~ 160 m/min。磨床的砂轮线速度可达 120 ~ 160 m/min, 甚至 200 m/min。自动换刀时间可在 1 s 以下, 托盘交换时间 8 s 左右。

4. 结构新型化

近年来, 成功开发出一种完全不同于原来数控机床结构的新型数控机床。这种被称为“6 条腿的加工中心”或虚轴机床 (又称并联机床) 的数控机床, 没有任何导轨和滑台, 采用能够伸缩的“6 条腿” (伺服轴) 支撑并联, 并与安装主轴头的上平台和所安装的下平台相连。如图 1-1 所示。它可实现多坐标联动加工, 其控制系统结构复杂, 加工精度、加工效率较普通加工中心高。

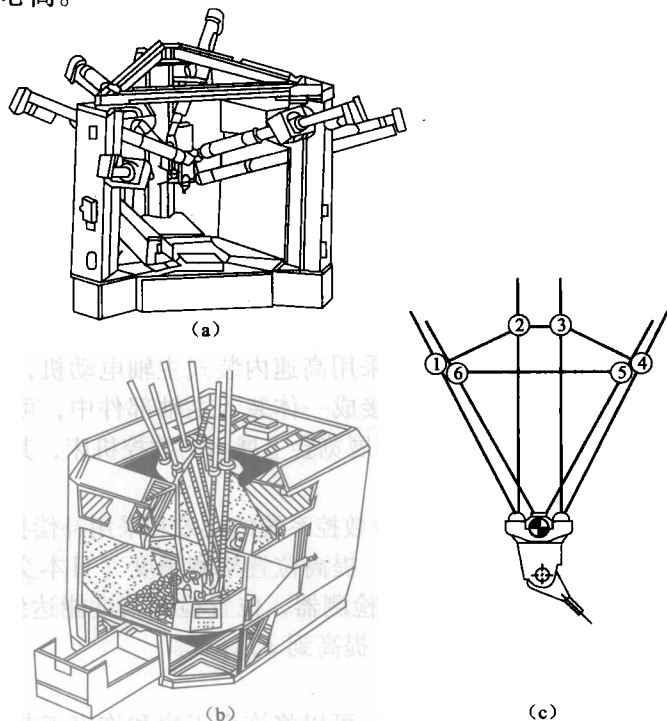


图 1-1 六杆加工中心示意图

(a) 六杆加工中心示意图; (b) G 系列六杆加工中心示意图; (c) 运动平台与主轴部件示意图

5. 智能化

早期的数控系统通常针对相对简单的理想环境,其作用是调度任务,以确保加工在规定时间内完成。而目前人工智能则试图用计算模型实现人类的各种智能行为。在数控技术领域,智能控制的研究和应用方向正沿着几个重要分支发展:自适应控制(Adaptive Control, AC)、模糊控制、视神经网络控制、专家控制和前馈控制等。自适应控制是在加工过程中,中断检查用来表示加工状态的相关参数,如切削力、切削温度等,通过与机内设定参数的对比及响应的处理,对主轴转速、执行部件进给速度等进行校正,使数控机床能够始终在最佳的切削状态下工作,从而提高加工精度。在数控系统中还可以配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统,在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制,使数控系统性能大大提高,从而达到最佳控制的目的。

6. 先进制造系统

柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)是一种几乎不用人参与,而且能连续地对同一类型零件中不同零件进行自动化加工的最小加工单元。独立使用的加工设备,又可以作为柔性制造系统或柔性自动线的基本组成模块。如图1-2所示。

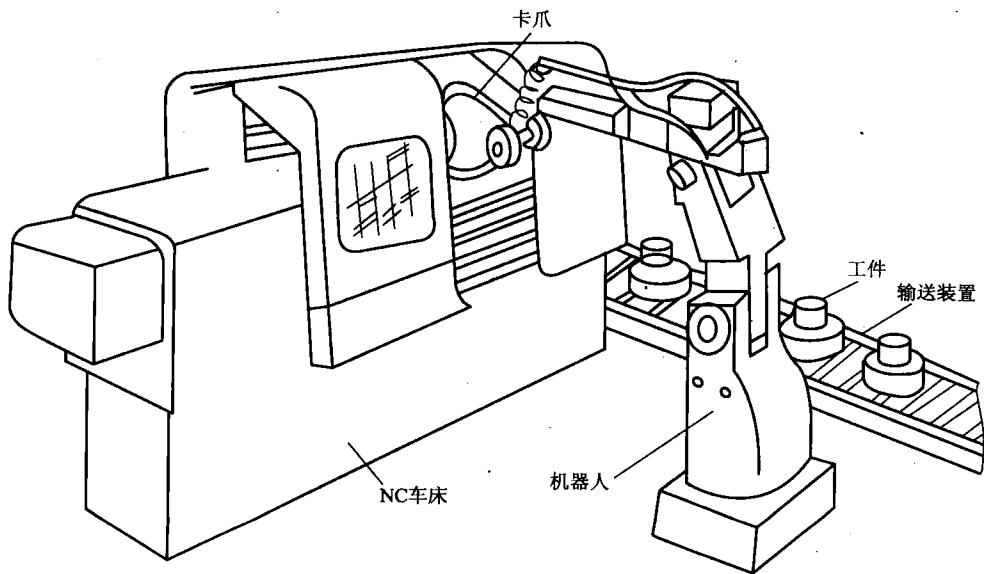


图1-2 带有机器人的FMC

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)是由加工系统、物料自动储运系统和信息控制系统三者相结合并能自动运行的制造系统。如图1-3所示。这种系统可按任意顺序加工一组不同工序与不同加工节拍的零件,工艺过程随加工零件的不同作适当调整,能在设备的技术范围内自动地适应加工零件和生产规模的变化。

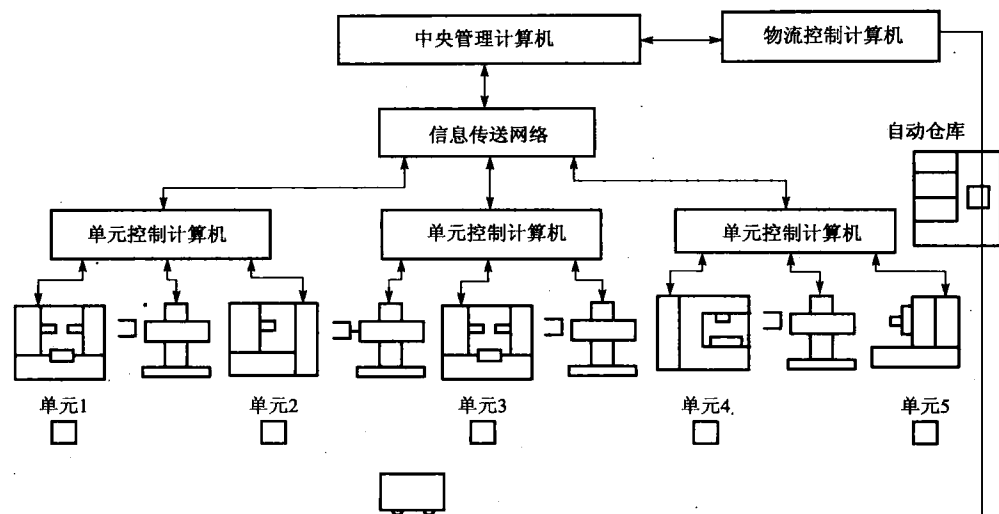


图 1-3 FMS 组成实例

计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS）体现一种企业经营管理的哲理，它强调企业的生产经营是一个整体，必须用系统工程的观点来研究和解决生产经营中出现的课题。集成的核心，不仅是设备的集成，更主要的是以信息为主导的技术集成和功能集成。计算机是集成的工具，计算机辅助的各单元技术是集成的基础，信息交换是桥梁，信息共享是目标。计算机集成制造系统的相互集成关系如图 1-4 所示。

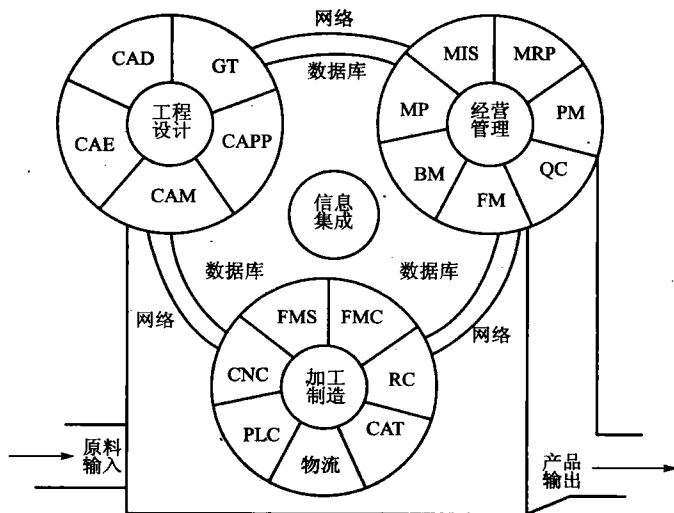


图 1-4 CIMS 技术集成关系图

1.2 数控机床的工作原理及基本组成

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床的工作原理示意图如图 1-5 所示。首先根据被加工零件的形状、尺寸及工艺要求等,采用手工或计算机进行零件加工程序的编排,把加工零件所需机床的各种动作及工艺参数变成数控装置所能接收的程序代码,并将这些程序代码存储在控制介质(穿孔带、磁带、磁盘)上,然后经输入装置读出信息并送入数控装置。当控制介质为穿孔带时,用光电读带机输入;若控制介质为磁带或磁盘时,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转变成脉冲信号,有的脉冲信号被传送到机床的伺服系统,经传动装置驱动机床有关运动部件;有的脉冲信号则传送到可编程控制器中,按顺序控制机床的其他辅助动作,如工件紧、松开,切削液的开关,刀具的自动更换等。

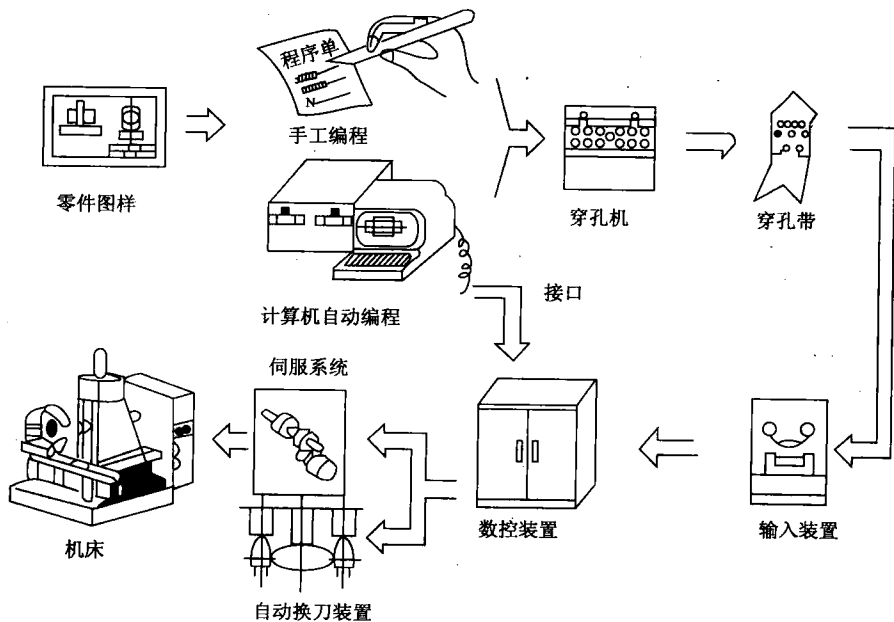


图 1-5 数控机床工作原理图

1.2.2 数控机床的组成

1. 数控机床的组成

数控机床一般是由输入/输出设备、数控装置、伺服系统、机床本体和检测反馈装置组

成，其基本组成框图如图 1-6 所示。

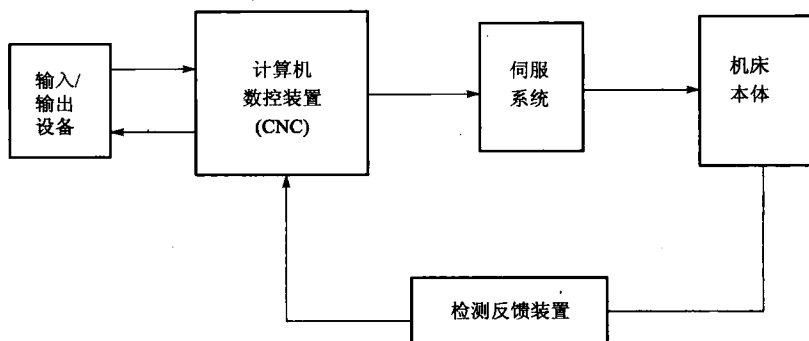


图 1-6 数控机床组成框图

(1) 输入/输出设备

用于记载零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等各种加工信息，从而控制机床的运动，实现零件的机械加工。常用的信息载体有穿孔纸带、磁带、磁盘等，并通过输入机将记载的加工信息输入数控系统中。有些数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘直接输入加工程序，或通过串行口将计算机上编写的加工程序输入到数控系统中。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心，它的作用是接收输入装置所输入的加工信息，实现数值的计算、逻辑判断、输入/输出控制等功能。目前数控装置一般使用多个微处理器，以程序化的软件形式实现数控功能。它是一种位置控制系统，根据所输入的数据插补出理想的运动轨迹，然后输出到执行部件，加工出所需的零件。

(3) 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部件，它包括电动机、速度控制单元、测量反馈单元、位置控制等部分。伺服系统将数控系统发来的各种运动指令转换成机床移动部件的运动。由于伺服系统直接决定刀具和工件的相对位置，所以伺服系统的性能是决定数控机床加工精度和生产率的主要因素之一。目前许多数控机床使用了全数字伺服驱动的直线电动机，这种电动机刚性好，可高速转动。

(4) 机床本体

数控机床的主体是完成各种切削加工的机械部分，主要包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置。与普通机床相比，数控机床具有更好的刚性和抗振性，相对运动面的摩擦因数小，传动间隙小，所以数控机床的外观、整体结构、传动系统、刀具系统以及操作机构与普通机床有着很大的差异。