



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 机电一体化技术专业

数控机床与 数控编程技术

陈志雄 主 编

董兆伟 主 审

659
64



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

7662
c464

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材
• 机电一体化技术专业

数控机床与数控编程技术

陈志雄 主编

董兆伟 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据高等职业教育教学要求编写的。主要内容包括数控机床的组成和工作原理；数控机床的结构；数控车床、加工中心的编程方法；数控机床的选用、安装、调试和维护；CAD/CAM 图形交互式自动编程系统简介等。书后还附录了准备功能 G 代码、辅助功能 M 代码及部分常用数控术语。每章均有一定数量的练习思考题。本书取材注重新颖、实用，具有针对性。

本书可作为高等职业院校机电一体化专业、模具设计与制造专业、电气控制专业的数控机床和数控编程技术教材，也可作为广大自学者及工程技术人员自学用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与数控编程技术 / 陈志雄主编. —北京：电子工业出版社，2003.7
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·机电一体化技术专业
ISBN 7-5053-8726-X

I. 数… II. 陈… III. ① 数控机床—加工—高等学校：技术学校—教材 ② 数控机床—程序设计—高等学校：技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 061354 号

责任编辑：张荣琴

印 刷：北京东光印刷厂

出版发行：电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：14.25 字数：374 千字

版 次：2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数：6 000 册 定价：18.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。
联系电话：(010) 68279077

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;
2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;
3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;
4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

- | | |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院 | 广州大学科技贸易技术学院 |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院 |
| 江西蓝天职业技术学院 | 江西工业工程职业技术学院 |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院 |
| 保定职业技术学院 | 广东轻工职业技术学院 |
| 安徽职业技术学院 | 西安理工大学 |
| 杭州中策职业学校 | 辽宁大学高职学院 |
| 黄石高等专科学校 | 天津职业大学 |
| 天津职业技术师范学院 | 天津大学机械电子学院 |
| 福建工程学院 | 九江职业技术学院 |
| 湖北汽车工业学院 | 包头职业技术学院 |
| 广州铁路职业技术学院 | 北京轻工职业技术学院 |
| 台州职业技术学院 | 黄冈职业技术学院 |
| 重庆工业高等专科学校 | 郑州工业高等专科学校 |
| 济宁职业技术学院 | 泉州黎明职业大学 |
| 四川工商职业技术学院 | 浙江财经学院信息学院 |
| 吉林交通职业技术学院 | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院 | 南京金陵科技学院 |
| 天津滨海职业技术学院 | 无锡职业技术学院 |
| 杭州职业技术学院 | 西安科技学院 |
| 重庆职业技术学院 | 西安电子科技大学 |
| 重庆工业职业技术学院 | 河北化工医药职业技术学院 |

石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子工业学院高职院校
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州工商职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院
安徽电子信息职业技术学院
浙江工商职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院

前 言

本书是高等职业技术教育机电一体化、模具设计与制造、电气控制、数控机床应用及加工技术等专业用书。在编写过程中，我们遵从“淡化理论，够用为度，培养技能，重在应用”的编写原则，从高等职业教育的实际出发，以培养技术应用型人才为目的，在理论上以“必须、够用”为度，加强职业的针对性和技术的实用性，不过多地进行不必要的理论推导，而是以数控机床的结构及数控编程方法为主要内容。同时为了培养学生的创新、创业精神，本书对数控机床的选型、安装、调试和维护，CAD/CAM 图形交互式自动编程系统等也进行了简单介绍。

本书可以满足职业技术学院机电类专业的教学要求，可作为高职高专、职大、电大师生的教学用书和广大自学者及工程技术人员的自学用书。

全书共 5 章，各院校可根据自己的实际情况决定内容的取舍。

本书第 1 章、附录由陈志雄编写；第 2 章、第 4 章、第 5 章由杜家熙编写；第 3 章由陈志雄、钱逸秋编写。

本书由湖北职业技术学院陈志雄任主编并对全书进行了统稿，他提出了全书的总体构思、编写大纲及编写的指导思想。河南职业技术师范学院杜家熙、天津中德职业技术学院钱逸秋任副主编。

本书由河北师大职业技术学院院长董兆伟博士主审，他认真、仔细地审阅了全稿，并提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促和水平所限，书中难免存在缺点和不当之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2003.5



Contents

第 1 章 概论	(1)
1.1 数控技术的发展过程	(1)
1.1.1 数控机床的出现和发展	(1)
1.1.2 我国数控机床的发展概况	(2)
1.1.3 数控机床的发展趋势	(2)
1.2 数控机床的基本组成及工作原理	(4)
1.2.1 数控机床的组成	(4)
1.2.2 数控机床的工作原理	(5)
1.3 数控机床的分类	(6)
1.3.1 按控制系统功能分类	(6)
1.3.2 按加工方式分类	(7)
1.3.3 按伺服控制方式分类	(8)
1.3.4 按数控系统的功能水平分类	(10)
1.4 数控机床的特点	(10)
1.4.1 数控机床的加工特点	(10)
1.4.2 数控机床的使用特点	(11)
本章小结	(13)
思考题和习题 1	(13)
第 2 章 数控机床的结构	(14)
2.1 概述	(14)
2.1.1 对数控机床机械结构的要求	(14)
2.1.2 数控车床的主体结构	(17)
2.1.3 加工中心的主体结构	(18)
2.2 主轴驱动及其机械结构	(19)
2.2.1 数控机床对主传动的要求	(19)
2.2.2 主传动的调速方式	(20)
2.2.3 主传动的机械结构	(21)
2.3 伺服驱动控制系统与机床进给机构	(24)
2.3.1 数控机床对伺服系统的要求	(24)
2.3.2 步进电动机伺服系统	(25)
2.3.3 直流伺服电动机伺服系统	(28)



2.3.4	交流伺服电动机伺服系统	(30)
2.3.5	机床进给传动机构	(30)
2.4	自动换刀系统	(43)
2.4.1	自动换刀装置的形式	(43)
2.4.2	数控车床的换刀形式	(44)
2.4.3	加工中心的换刀形式	(48)
2.5	回转工作台	(51)
2.5.1	开环数控回转工作台	(51)
2.5.2	闭环数控回转工作台	(51)
2.6	数控机床检测装置	(52)
2.6.1	概述	(52)
2.6.2	测速发电机	(54)
2.6.3	编码盘与光电盘	(54)
2.6.4	旋转变压器	(55)
2.6.5	感应同步器	(56)
2.6.6	光栅	(57)
2.6.7	磁栅	(58)
	本章小结	(59)
	思考题和习题 2	(60)
第 3 章	数控加工编程	(61)
3.1	数控加工编程的基础知识	(61)
3.1.1	数控程序的编制方法及步骤	(61)
3.1.2	程序的结构和格式	(63)
3.1.3	常用地址符及其含义	(66)
3.1.4	数控机床的坐标系	(66)
3.2	数控机床加工工艺分析	(67)
3.2.1	加工方法的选择	(67)
3.2.2	加工工序的编排原则	(68)
3.2.3	工件的装夹	(68)
3.2.4	对刀点和换刀点位置的确定	(69)
3.2.5	加工路线的选定	(71)
3.2.6	刀具及切削用量的选择	(73)
3.3	常用准备功能和辅助功能指令	(77)
3.3.1	准备功能 G 代码	(77)
3.3.2	辅助功能 M 代码	(84)
3.4	数控机床的操作功能	(86)
3.4.1	数控车床的操作功能简介	(86)
3.4.2	加工中心的操作功能简介	(93)
3.5	数控车床程序编制	(98)



3.5.1 数控车床的坐标系	(98)
3.5.2 数控车床的编程要点	(100)
3.5.3 刀具补偿	(101)
3.5.4 固定循环	(102)
3.5.5 螺纹加工	(108)
3.5.6 数控车床编程实例	(110)
3.6 数控加工中心程序编制	(116)
3.6.1 立式加工中心的坐标系	(116)
3.6.2 刀具补偿 (G40, G41, G42)	(118)
3.6.3 固定循环 (钻孔循环)	(121)
3.6.4 换刀指令	(132)
3.6.5 加工中心编程实例	(133)
本章小结	(135)
思考题和习题 3	(136)
第 4 章 数控机床的选用、安装、调试及维护	(139)
4.1 数控机床的选用	(139)
4.1.1 选用依据	(139)
4.1.2 选用内容	(139)
4.1.3 购置订货时应注意的问题	(141)
4.2 数控机床的安装、调试和验收	(141)
4.2.1 机床初就位	(142)
4.2.2 机床连接	(142)
4.2.3 数控系统的连接与调整	(142)
4.2.4 通电试车	(144)
4.2.5 机床精度和功能的测试	(145)
4.2.6 试运行	(146)
4.2.7 数控机床的验收	(146)
4.3 数控机床的维护保养	(150)
4.3.1 对数控机床操作人员的要求	(150)
4.3.2 数控机床的日常维护与保养	(151)
4.3.3 数控机床的故障维修	(153)
本章小结	(156)
思考题和习题 4	(157)
第 5 章 自动编程技术简介	(158)
5.1 自动编程基础	(158)
5.1.1 自动编程的基本概念	(158)
5.1.2 自动编程的基本工作原理	(159)
5.1.3 国内外典型 CAM 软件介绍	(160)



5.2	Master CAM 的特点与功能	(162)
5.2.1	Master CAM 的主要特点与功能	(163)
5.2.2	Master CAM 的工作环境	(165)
5.3	二维刀具轨迹的生成与编辑	(168)
5.3.1	二维刀具路径模组及其共同参数	(168)
5.3.2	二维刀具路径的使用	(171)
5.3.3	二维刀具模组	(173)
5.4	三维刀具轨迹的生成与编辑	(189)
5.4.1	产生曲面刀具路径的两种方法	(189)
5.4.2	用线框架法产生刀具路径	(189)
5.4.3	曲面模型产生三维刀具路径	(191)
5.4.4	三维刀具路径的编辑	(191)
5.4.5	应用实例	(192)
	本章小结	(204)
	思考题和习题 5	(204)
附录 A 准备功能 G 代码(JB3208-83)		(205)
A.1	表格	(205)
A.2	定义	(206)
附录 B 辅助功能 M 代码		(209)
B.1	表格	(209)
B.2	定义	(210)
附录 C 部分常用数控术语		(212)
C.1	通用术语	(212)
C.2	程序编制和软件术语	(213)
C.3	数控系统术语	(214)
C.4	机床及加工工艺术语	(215)
参考文献		(217)

第 1 章 概 论



内容提要

本章主要介绍了数控的概念,数控机床的发展过程及发展趋势;数控机床的基本组成及工作原理;按控制系统功能、加工方式、伺服控制方式、数控系统的功能水平等四种方法对数控机床进行分类;数控机床的加工特点和使用特点。

1.1 数控技术的发展过程

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础。数控技术水平高低和数控设备的拥有量,是体现一个国家综合国力水平、衡量工业现代化的重要标志之一。

1.1.1 数控机床的出现和发展

数控是数字控制(Numerical control)的简称,是近代发展起来的用数字化信息进行控制的自动控制技术。其含义是用以数值和符号构成的数字信息自动控制机床的运转。数控机床也简称为 NC 机床。

最早采用数字控制技术进行机械加工的思想,是在第二次世界大战以后提出的。当时,美国一个小型飞机工业承包商帕森兹公司(Parsons corporation)在制造飞机时,利用全数字电子计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,并考虑了刀具半径对加工路径的影响,其加工精度达到 $\pm 0.0381\text{ mm}$ 。这在当时是具有相当高的水平的。

1952年,美国帕森兹公司(Parsons corporation)与麻省理工学院伺服机构实验室(Serve Mechanisms laboratory of The Massachusetts's Institute of Technology)合作,成功研制出一套三坐标联动、利用脉冲乘法器原理的试验性数字控制系统,并将它装在一台立式铣床上,当时用的电子元件是电子管。这就是公认的第一台数控机床,也是数控机床的第一代。

1959年,晶体管元件问世,数控系统中广泛应用晶体管和印刷电路板。从此,数控系统跨入了第二代。1959年3月,美国克耐·杜列克公司(Keane Y & Trecker Corp)开发了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。

1965年,出现了小规模集成电路。由于其体积小,功耗低,使数控系统的可靠性得到了进一步的提高,从而使数控系统发展到了第三代。

以上三代数控系统都是采用专用控制硬件逻辑数控系统,称为普通数控系统,即 NC (Numerical Control) 系统。

由于当时控制计算机的价格十分昂贵,1967年,英国首先把几台数控机床连接成具有柔

性的加工系统,这就是最初的 FMS (Flexible Manufacturing System) 柔性制造系统。随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统 (NC),数字控制的许多功能由软件程序实现,由此出现了用计算机作为控制单元的数控系统 (CNC),这就是数控系统的第四代。

1970 年前后,美国英特尔 (Intel) 公司首先开发和使用了微处理器。1974 年,美国、日本等首先研制出以微处理器为核心的数控系统的数控机床。由于中、大规模集成电路的集成度和可靠性高、价格低廉,因此,20 多年来,微处理器数控系统的数控机床得到飞速发展和广泛应用。这就是微机数控 (Micro-Computer Numerical Control) 系统,即 MNC 系统。从而数控机床进入了第五代。后来,人们将 MNC (微机数控系统) 也统称为 CNC (计算机数控系统)。

20 世纪 80 年代初,国际上又出现了柔性制造单元 FMC (Flexible Manufacturing Cell)。

柔性制造单元 (FMC) 和柔性制造系统 (FMS) 被认为是实现计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System) 的必经阶段和基础。

1.1.2 我国数控机床的发展概况

我国从 1958 年开始研制数控机床,由清华大学研制出了最早的样机。1966 年我国诞生了第一台用于直线-圆弧插补的晶体管数控系统,即第二代数控系统。1970 年,集成电路数控系统制造成功,标志着我国进入了第三代数控系统制造阶段。但是由于历史的原因,数控机床的发展很慢,品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

从 20 世纪 70 年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但由于电子元器件的质量和制造工艺水平差,致使数控系统的可靠性、稳定性未得到解决,因此不能广泛推广。

直到 20 世纪 80 年代,我国先后从日本、德国、美国等国家引进一些先进的数控系统和直流伺服电机、直流主轴电机技术,并进行了商品化生产,这些系统可靠性高,稳定性好,功能齐全,推动了我国数控机床的发展,使我国数控机床在质量、性能及水平上有了一个飞跃。1985 年,我国数控机床的品种累计达 80 多种,进入了实用阶段。

1986 年~1990 年期间是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目——“柔性制造系统技术及设备开发研究”和重点科技开发项目——“数控机床引进技术消化吸收(数控机床一条龙)”,推动了我国数控机床的发展。

从 20 世纪 90 年代以来,我国主要发展高档数控机床。

目前,在数控领域中,我国和先进的工业国家之间还存在一定的差距。我国数控机床的生产还远远满足不了国内生产的需要,更不能满足出口的要求。在现有数控机床中,还有待于进一步提高其利用率。随着我国加入 WTO,并将成为世界制造中心,各行各业对数控机床的需要将会很大,数控机床也必然在国家建设中发挥更大的作用。

1.1.3 数控机床的发展趋势

1. 数控系统发展趋势

数控系统的总体发展趋势是:



(1) 新一代数控系统采用开放式体系结构。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术,如多媒体技术,实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。数控系统继续向高集成度方向发展,每个芯片上可以集成更多个晶体管,使系统更加小型化、微型化,可靠性大大提高。利用多 CPU 的优势,实现故障自动排除;增强通信功能,提高进线、联网能力。

开放式体系结构的新一代数控系统,其硬件、软件和总线规范都是对外开放的。充足的软、硬件资源,不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持,而且也为用户的二次开发带来极大的方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用,既可通过升档或剪裁构成各种档次的数控系统,又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统,开发生产周期大大缩短。这种数控系统可随 CPU 升级而升级,结构上不必变动。

(2) 新一代数控系统,向智能化发展。控制性能大大提高。

随着人工智能在计算机领域的渗透和发展,数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理,不但具有自动编程、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能,而且人机界面极为友好,并具有故障诊断专家系统。其自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置,能自动识别负载和优化调整参数。

总之,新一代数控系统技术水平大大提高,促进了数控机床性能向高精度、高速度、高柔性化方向发展,使柔性自动化加工技术水平不断提高。

2. 数控机床发展趋势

当前,世界数控技术及其装备发展趋势主要体现在以下几个方面:

(1) 高速、高效、高精度、高可靠性。

高速、高效:机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可大幅度提高加工效率、降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产,有广泛的适用性。

高精度:从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工),是世界各工业强国发展的方向。其精度从微米级到亚微米级,乃至纳米级,其应用范围日趋广泛。

高可靠性:是指数控系统的可靠性高于被控设备的可靠性要在一个数量级以上,但也不是可靠性越高越好,仍然是适度可靠,受性能价格比的约束。

(2) 模块化、专门化与个性化;智能化;柔性化和集成化。

模块化、专门化与个性化:机床结构模块化,数控功能专门化,机床性能价格比显著提高。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

智能化:智能化的内容包括数控系统的各个方面:一是为追求加工效率和加工质量方面的智能化;二是为提高驱动性能及使用连接的智能化;三是简化编程和操作方面的智能化;四是智能诊断、智能监控方面,如方便系统的诊断及维修等。

柔性化和集成化:柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。

(3) 开放性。为适应数控进线、联网、普及型个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求,最重要的是体系结构的开放性,如设计生产开放式的数控系统。美国、欧共体及日本正发展开放式数控。



(4) 出现新一代数控加工工艺与装备：如为适应制造自动化的发展，向 FMC（柔性制造单元），FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）提供基础设备，要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能，而且还要具有自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头（有时带坐标变换）、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能；FMC，FMS 制造及无图纸制造技术；围绕数控技术、制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速主轴、直线电动机、软件补偿精度等单元方面技术；以计算机辅助管理和工程数据库、因特网为主体的制造信息处理技术和智能化决策系统等。

1.2 数控机床的基本组成及工作原理

数控机床是一种利用信息处理技术进行自动加工的机床。熟悉数控机床的组成，不仅要掌握数控机床的工作原理，同时还要掌握数控技术在其他行业的应用。

1.2.1 数控机床的组成

数控机床主要由加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统、辅助控制装置、反馈系统及机床等几个部分组成，如图 1.1 所示。

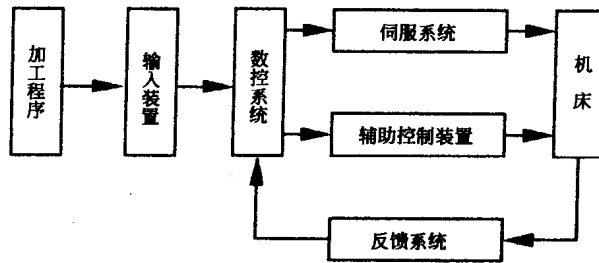


图 1.1 数控机床的基本组成

1. 加工程序

数控机床与普通机床的最大区别是数控机床不需要工作人员直接去操作机床，它是按输入的工件加工程序运行的。工件加工程序中，包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数（进给量、主轴转速等）和辅助运动等加工所需的全部信息。加工程序可存储在控制介质（也称信息载体、程序载体）上。数控机床中，常用的控制介质有穿孔带、磁带和磁盘等。

2. 输入装置

输入装置的作用是将控制介质（信息载体、程序载体）上的有关加工信息传递并存入控制系统内。根据控制介质的不同，相应有不同的输入装置。如对应穿孔带，有光电阅读机；对应磁带，有录放机；对应磁盘，有磁盘驱动器等。

现代数控机床，可以通过键盘，用手动方式（MDI 方式）直接输入数控系统，也可以由计算机编程后，用通信方式传送到数控系统中。

3. 数控系统

数控系统是数控机床的核心, 主要包括微型计算机、通用输入和输出外围设备及相关软件。

数控系统的主要功能是接受输入装置送来的脉冲信号, 经过数控系统的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后, 输出各种信息和指令, 控制机床各部分进行规定的动作。所输出的控制信息中最基本的信息是: 进给插补运算确定各坐标轴(即做进给运动的各执行部件)的进给速度、进给方向和进给位移量指令, 还有主运动部件的变速、换向和启停指令; 刀具的选择和交换指令; 冷却、润滑装置的启停, 工件和机床部件的松开、夹紧, 分度工作台转位等辅助指令。

4. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分。它接受数控装置的指令信息, 经功率放大后, 严格按照指令信息的要求驱动机床的运动部件, 完成指令规定的运动, 加工出合格的零件。一般来说数控机床的伺服系统, 要有好的快速响应性能和高的伺服精度。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分, 目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

5. 测量反馈装置

测量反馈装置的作用是将数控机床各坐标轴的位移指令检测值反馈到机床的数控装置中, 数控装置对反馈回来的实际位移值与设定值进行比较后, 向伺服系统发出指令, 纠正所产生的误差。

6. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和交换, 以及其他辅助装置等指令信息, 经过必要的编译、逻辑判别和运算, 经功率放大后直接驱动相应的电器, 带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

现在由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快, 性能可靠, 易于使用、编程和修改, 并可直接驱动机床电器的特点, 已被广泛作为数控机床的辅助控制装置。

7. 机床

与普通机床相比, 数控机床主体结构虽然还是由主传动装置、进给传动装置、床身及工作台和辅助装置组成, 但其传动系统更为简单。并且数控机床的静态和动态刚度要求更高, 如传动装置的间隙要求尽可能小, 滑动面的摩擦因数要小, 但有恰当的阻尼, 以适应对数控机床高定位精度和良好的控制性能的要求。

1.2.2 数控机床的工作原理

数控机床与普通机床相比, 其工作原理的不同之处在于数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的。



数控机床加工零件，首先要将被加工零件的图样及工艺信息数字化，用规定的代码和程序格式编写加工程序，然后将所编程序指令输入到机床的数控装置中。数控装置再将程序（代码）进行译码、运算后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出信号，驱动机床各运动部件，控制所需要的辅助运动，最后加工出合格零件。

1.3 数控机床的分类

数控机床五花八门，种类繁多，据不完全统计，已有 400 多个品种。当前数控机床究竟如何分类，国内外尚无统一的规定。为了便于了解和研究，我们通常按以下 4 种方法来分类。

1.3.1 按控制系统功能分类

按控制系统的功能特点可以将数控机床分为点位控制、点位直线控制、轮廓控制等 3 种数控机床。

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是在刀具相对工件的移动过程中，不进行切削加工，对定位过程中的运动轨迹没有严格要求，仅要求实现从一个坐标点到另一个坐标点的精确定位。为了尽可能地减少刀具的运动时间并提高定位精度，刀具先是快速移动到接近终点的位置，然后降低移动速度，使之慢速趋近定位点，以确保定位精度。这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控测量机、数控点焊机、数控弯管机等。如图 1.2 所示是点位控制钻孔加工示意图。从图中可以看出，从第一个孔到第二个孔，刀具的 3 种不同的运动轨迹，都能满足钻孔的要求。

2. 点位直线控制数控机床

点位直线控制数控机床的特点是不但要控制从一坐标点到另一坐标点的精确定位，还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹。其轨迹是平行机床各坐标轴的直线，或两轴同时移动形成的 45° 的斜线。点位直线控制数控机床虽然比点位控制数控机床的工艺范围广，但在实用中仍受到很大的限制。这类数控机床主要有经济型数控车床、数控镗铣床、数控加工中心等。如图 1.3 所示是点位直线控制切削加工示意图。

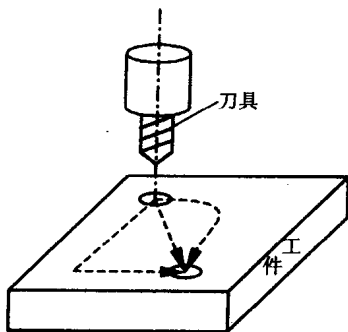


图 1.2 点位控制钻孔加工示意图

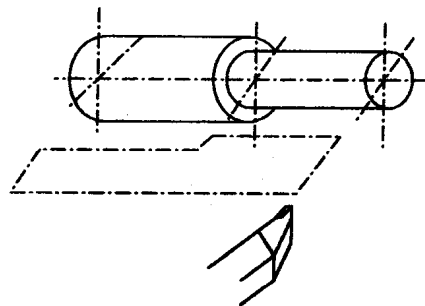


图 1.3 点位直线控制切削加工示意图