

● 新专业规范

● 新基本要求

● 新课程体系

● 新教学内容



21 世纪机械类课程系列教材

机床数控技术

□ 王爱玲 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

- 深入浅出地讲解
- 图文并茂地呈现
- 循序渐进地学习
- 通俗易懂地表达

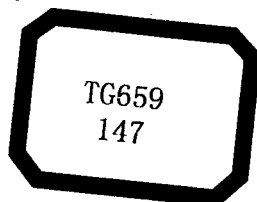


数控技术基础与实训

机床数控技术

（第2版）

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪机械类课程系列教材

机床数控技术

王爱玲	主 编
李克天	副主编
冯裕强	参 编
彭卫东	
李梦群	
文怀兴	
罗学科	
王 文	
姜金三	

高等教育出版社

内容简介

本书以现代数控机床为基础,详细地分析和阐述了数控技术的最新原理与方法,从理论和实践两个方面介绍现代数控技术的相关内容,基本反映了近年来国内外数控技术发展的最新成就。全书共七章,包括概论、数控机床的程序编制、数控插补原理、计算机数字控制装置、位置检测装置、数控机床的伺服系统、数控机床结构。本书各章既有联系,又有一定的独立性,每章后面附有思考题与习题。为了培养学生编程和实际操作机床的能力,本书的附录部分还以目前应用比较广泛的几种数控机床为例,介绍了编程与操作方法,内容包括 FANUC 数控系统、西门子 SINUMERIK 840D 数控系统、APT 语言、MasterCAM 系统。

本书可作为高等工科学校机械类专业的教材,也可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校相关专业的教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术/王爱玲主编. —北京:高等教育出版社,2006.9

ISBN 7-04-020066-X

I. 机... II. 王... III. 数控机床-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 098800 号

策划编辑	卢 广	责任编辑	贺 玲	封面设计	杨立新	责任绘图	杜晓丹
版式设计	王艳红	责任校对	王 雨	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 唐山市润丰印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 23
字 数 560 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 9 月第 1 版
印 次 2006 年 9 月第 1 次印刷
定 价 28.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20066-00

前 言

制造业是国民经济和国防建设的基础性产业,先进制造技术是振兴传统制造业的技术支撑和发展趋势,是直接创造社会财富的主要手段,谁掌握先进制造技术,谁就能够占领市场。而数控技术是先进制造技术的基础技术和共性技术,已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志之一。

历史经验告诉我们,落后就要挨打。无论是从经济还是从战略的角度,我国都应该加大数控产业发展的力度。为此,我国已把发展数控技术作为振兴制造业的重中之重。

我国数控技术及产业尽管在改革开放后取得了显著的成就,开发出了具有自主知识产权的数控平台,即以 PC 为基础的总线式、模块化、开放型的单处理器平台和多处理器平台,开发出了具有自主知识产权的基本系统,也研制成功了并联运动机床,但是我国的数控技术及产业与发达国家相比仍然有比较大的差距,其原因是多方面的,但最重要的是数控人才匮乏。

作为为国家经济建设和国防建设培养高级专门技术人才的高等学校,是数控人才培养的主渠道,近年来在数控技术方向的本科生培养和对企业的继续工程教育方面做了大量的工作,取得了良好的社会效益和声誉,也形成了一支具有丰富的数控技术教学、科研经验的师资队伍。根据 2004 年机械工程高等教育精品课程建设大连会议的决定,由中北大学作为主编单位,组织来自全国六所高校的专家学者共同编写了本书。

本书内容涉及数控技术的方方面面,包括数控机床的程序编制、数控插补原理、计算机数字控制系统、位置检测装置、数控机床的伺服系统、数控机床结构等,是在作者多年从事数控技术方面的教学、科研工作经验的基础上编写的,力求做到理论联系实际,保证技术的先进性;力求语言简练、质朴,避免概念堆积、术语罗列;力求讲清每一项技术是什么,应用该项技术能解决什么问题,使读者对数控技术有一个基本的认识。

本书内容详实、新颖,基本能反映近年来国内外数控技术发展的最新成就。论述深入浅出,图文并茂。本书可作为高等工科院校机械工程高年级学生和研究生教材,也可作为工程技术人员更新知识的自修用书,还可作为数控机床编程、工艺、操作及维修人员的理论指导和技术参考书。

本书由王爱玲主编。具体编写分工如下:第 1 章由中北大学王爱玲编写,第 2 章由中北大学王爱玲、李梦群编写,第 3 章由广东工业大学的李克天、彭卫东编写,第 4 章由北方工业大学罗学科编写,第 5 章由浙江大学王文编写,第 6 章由郑州航空工业管理学院姜金三编写,第 7 章由陕西科技大学文怀兴编写,附录 A、附录 B 由中北大学李梦群编写,附录 C、附录 D 由中北大学冯裕强编写。编写大纲由王爱玲、冯裕强、李梦群、文怀兴共同拟定,冯裕强承担第 2、3、7 章内容统

稿,李梦群承担第4、5、6章内容统稿,由中北大学王洪福老师整理书稿。

北京理工大学张建民教授、博士生导师及太原理工大学牛志刚博士审阅了全书,提出了宝贵的建议和修改意见,在本书的编写出版中得到了高等教育出版社理工出版中心的大力支持,谨此表示衷心的感谢。

由于数控技术在不断的发展之中,希望广大的使用者将使用该书的意见和信息反馈给我们,以便充实提高。由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和疏漏,恳请批评指正。

编 者

2005年6月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话: (010) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100011

购书请拨打电话: (010)58581118

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 数控技术与数控机床的基本概念	1
1.1.1 数字控制	1
1.1.2 数控机床	1
1.1.3 机床数字控制的原理	2
1.1.4 数控机床的组成及特点	3
1.2 数控机床分类	5
1.2.1 按运动控制的特点分类	5
1.2.2 按伺服系统的控制方式分类	7
1.2.3 按数控系统功能水平分类	8
1.2.4 按工艺用途分类	9
1.2.5 按所用数控装置的构成方式 分类	10
1.3 数控机床技术的发展历程、现状与 趋势	10
1.3.1 发展历程	10
1.3.2 技术现状与发展趋势	11
1.3.3 关键技术分析	18
1.4 数控编程技术的发展历程、现状与 趋势	21
1.4.1 发展历程	21
1.4.2 技术现状与发展趋势	21
1.4.3 关键技术分析	23
思考题与习题	24
第 2 章 数控机床的程序编制	25
2.1 概述	25
2.1.1 数控编程的基本概念	25
2.1.2 数控编程方法简介	25
2.1.3 数控编程的几何基础	26
2.1.4 数控编程的工艺基础	30
2.1.5 数控编程的内容与步骤	43
2.2 数控编程的标准	44
2.2.1 数控编程的国际标准与国家 标准	44
2.2.2 程序结构与程序段格式	44
2.2.3 新的数控系统设计规范与新的 CNC 系统标准	48
2.3 数控系统的指令代码	49
2.3.1 准备功能指令——G 指令	53
2.3.2 辅助功能指令——M 指令	58
2.3.3 子程序与宏程序	58
2.4 手工编程	59
2.4.1 数控孔加工程序编制	59
2.4.2 数控车削加工程序编制	64
2.4.3 数控铣削加工程序编制	73
2.5 数控编程的数学处理	76
2.5.1 基点和节点计算	76
2.5.2 刀位点的计算	77
2.5.3 非圆曲线刀位轨迹的计算	77
2.5.4 空间曲线、曲面的刀位轨迹的 计算	78
2.6 自动编程简介	78
2.6.1 自动编程的基本概念	78
2.6.2 语言程序编程系统	78
2.6.3 图形交互自动编程系统	83
2.7 CAD/CAM 软件及数控加工程序的 自动生成	84
2.7.1 常用 CAD/CAM 软件简介	84
2.7.2 数控加工程序自动生成的方法 与步骤	86
思考题与习题	87
第 3 章 数控插补原理	89
3.1 插补方法	89
3.1.1 插补的基本概念	89
3.1.2 插补功能的基本要求	89
3.1.3 插补方法的分类	90

3.2 基准脉冲插补	90	4.4.1 概述	159
3.2.1 逐点比较插补法	90	4.4.2 键盘输入及其接口	160
3.2.2 数字积分插补法	98	4.4.3 显示器及其接口	163
3.3 数据采样插补	106	4.4.4 机床开关量及其接口	169
3.3.1 概述	106	4.4.5 串行通信及其接口	174
3.3.2 直线函数法	108	4.4.6 网络通信及其接口	176
3.3.3 扩展 DDA 数据采样插补	110	4.5 可编程控制器在数控机床中的应用	177
3.3.4 其它插补方法简介	114	4.5.1 数控机床上的两类控制信息	177
3.4 刀具补偿原理	118	4.5.2 可编程控制器及其工作过程	178
3.4.1 刀具补偿的基本概念	119	4.5.3 可编程控制器在数控机床上的 应用实例	183
3.4.2 刀具半径补偿的计算方法	119	思考题与习题	189
3.4.3 刀具半径补偿的方法	121	第5章 位置检测装置	190
3.4.4 刀具半径补偿的实例	123	5.1 概述	190
3.5 CNC 装置的加减速控制	124	5.1.1 位置检测装置的作用	190
3.5.1 进给速度的计算	124	5.1.2 位置检测装置的分类	190
3.5.2 进给速度的控制	126	5.2 旋转变压器	191
思考题与习题	134	5.2.1 旋转变压器的结构和工作 原理	191
第4章 计算机数字控制系统	136	5.2.2 旋转变压器的应用	193
4.1 概述	136	5.2.3 旋转变压器的主要参数	194
4.1.1 CNC 技术的发展	136	5.3 感应同步器	195
4.1.2 CNC 系统的组成	138	5.3.1 感应同步器的结构和工作 原理	195
4.1.3 CNC 装置的组成和工作原理	139	5.3.2 感应同步器的应用	197
4.1.4 CNC 装置的主要功能和特点	141	5.3.3 感应同步器检测装置的优点	198
4.2 CNC 装置的硬件结构	144	5.3.4 感应同步器的技术性能参数	199
4.2.1 CNC 装置的硬件构成	144	5.4 脉冲编码器	200
4.2.2 CNC 装置的体系结构	144	5.4.1 增量式脉冲编码器	200
4.2.3 单微处理器数控装置的硬件 结构	145	5.4.2 绝对值式脉冲编码器	202
4.2.4 多微处理器数控装置的硬件 结构	146	5.5 光栅	205
4.2.5 开放式数控装置的体系结构	150	5.5.1 光栅的结构	206
4.3 CNC 装置的软件结构	152	5.5.2 光栅的工作原理	206
4.3.1 软件结构的特点	152	5.5.3 光栅位移 - 数字变换电路	208
4.3.2 输入和数据处理	155	思考题与习题	210
4.3.3 速度处理和加减速控制	156	第6章 数控机床的伺服系统	211
4.3.4 插补计算	156	6.1 概述	211
4.3.5 位置控制	157	6.1.1 伺服系统的组成	211
4.3.6 故障诊断	158	6.1.2 数控机床对伺服系统的基本	
4.4 数控系统常用接口	159		

要求	212	7.2.4 虚轴数控机床	270
6.1.3 伺服系统的分类	214	7.3 数控机床主传动系统	272
6.1.4 伺服系统的发展	217	7.3.1 主传动的要求和变速	
6.2 伺服电机	219	方式	272
6.2.1 直流伺服电机及其工作特性	220	7.3.2 直流或交流电动机的无级	
6.2.2 交流伺服电机及其工作特性	228	调速	273
6.2.3 步进电机及其工作特性	231	7.3.3 主传动系统的机械结构	276
6.2.4 直线电动机系统	235	7.3.4 高速主轴单元	279
6.3 速度控制	239	7.4 数控机床进给传动系统	282
6.3.1 直流进给运动的速度控制	240	7.4.1 进给传动系统的特点	282
6.3.2 直流主轴驱动的速度控制	248	7.4.2 滚珠丝杠螺母副	283
6.3.3 交流进给运动的速度控制	249	7.4.3 传动齿轮间隙消除机构	286
6.3.4 交流进给驱动的速度控制	253	7.5 数控机床导轨	288
6.3.5 交流主轴驱动的速度控制	253	7.5.1 数控机床对导轨的基本要求	288
6.3.6 交流伺服电机的矢量控制	255	7.5.2 数控机床导轨的类型与特点	288
6.4 位置控制	259	7.6 自动交换刀具和自动交换工件	
6.4.1 位置控制的基本原理	259	系统	292
6.4.2 数字脉冲比较位置控制伺服		7.6.1 自动换刀装置	293
系统	260	7.6.2 工件自动交换系统	297
6.4.3 全数字控制伺服系统	261	7.7 数控机床回转工作台	299
思考题与习题	262	7.7.1 数控回转工作台	299
第7章 数控机床结构	263	7.7.2 分度工作台	300
7.1 概述	263	思考题与习题	302
7.1.1 数控机床结构组成	263	附录 A FANUC 数控系统	303
7.1.2 数控机床机械结构的主要		附录 B 西门子 SINUMERIK 840D	
特点	264	数控系统	322
7.2 数控机床的总体布局	266	附录 C APT 语言	335
7.2.1 数控车床的布局形式	266	附录 D MasterCAM 系统	346
7.2.2 加工中心的布局形式	267	参考文献	358
7.2.3 高速数控机床的布局形式	269		

第 1 章

概 论

1.1 数控技术与数控机床的基本概念

1.1.1 数字控制

数字控制 (numerical control) 是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种技术方法。

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术,是现代化工业生产中的一门发展十分迅速的高新技术。数控装备是以数控技术为代表的新技术应用于传统制造产业和新兴制造业形成的机电一体化产品,即所谓的数字化装备。其技术范围所覆盖的领域有机械制造技术,微电子技术,信息处理、加工、传输技术,自动控制技术,伺服驱动技术,检测监控、传感器技术,软件技术等。数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业(如信息技术及其产业,生物技术及其产业,航空、航天等国防工业产业)的使能技术和最基本的装备。它在提高生产率、降低成本、保证加工质量及改善工人劳动强度等方面都有突出的优点,特别是在适应机械产品迅速更新换代、小批量、多品种生产方面,各类数控装备是实现先进制造技术的关键。

数控技术包括数控系统、数控机床及外围技术,其组成如图 1.1 所示。

1.1.2 数控机床

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它符号编码指令规定的程序。

定义中所提的程序控制系统,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,再进行必要的信息处理和运算后,控制机床动作并加工零件。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,简称 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。

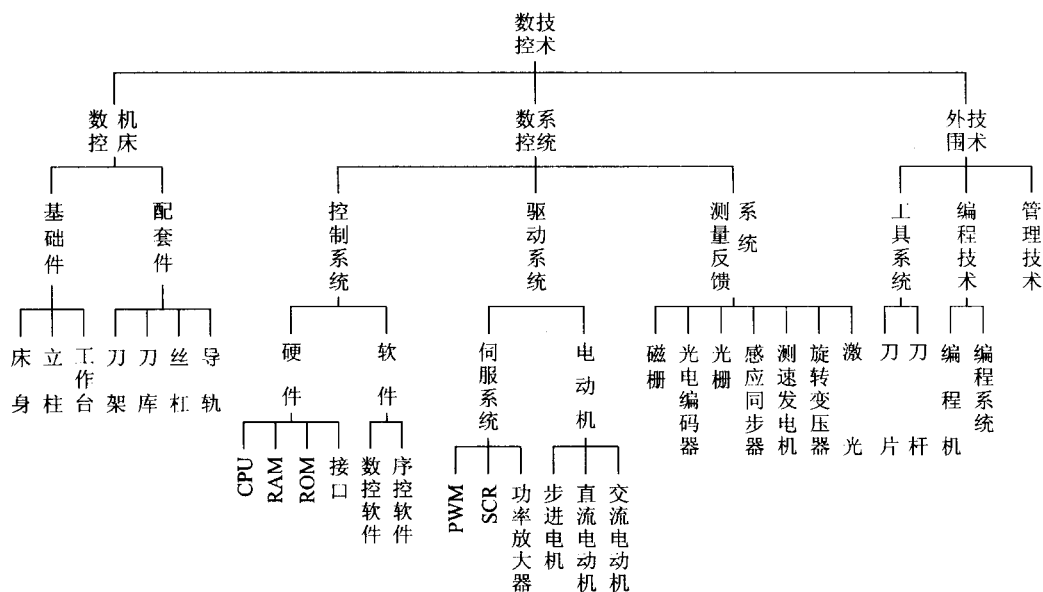


图 1.1 数控技术的组成

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。

1.1.3 机床数字控制的原理

金属切削机床加工零件,是操作者依据工程图样的要求,不断改变刀具与工件之间相对运动的参数(位置、速度等),使刀具对工件进行切削加工,最终得到所需要的合格零件。

数控机床是如何工作的呢?简言之就是用数字信息来控制机床的运动。机床的所有运动包括主运动、进给运动及各种辅助运动,都是用输入数控装置的数字信号来控制的。

具体而言,数控机床的工作过程,即加工零件的过程如图 1.2 所示。

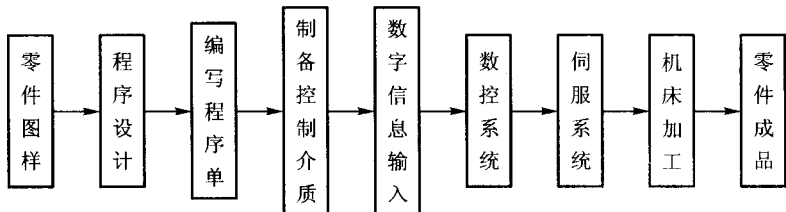


图 1.2 数控机床的工作过程

其主要步骤是:

- 1) 根据被加工零件图样中所规定的零件的形状、尺寸、材料及技术要求等,制定工件加工的工艺过程、刀具相对工件的运动轨迹、切削参数以及辅助动作顺序等,进行零件加工的程序设计。
- 2) 用规定的代码和程序格式编写零件加工程序单。
- 3) 按照程序单上的代码制备控制介质(制作穿孔带、磁盘等)。

4) 通过输入装置把变为数字信息的加工程序输入给数控系统。

5) 启动机床后,数控系统根据输入的信息进行一系列的运算和控制处理,将结果以脉冲形式送往机床的伺服机构(如步进电机、直流伺服电机、电液脉冲马达等)。

6) 伺服机构驱动机床的运动部件,使机床按程序预定的轨迹运动,从而加工出合格的零件。

数控机床的加工,是把刀具与工件的运动坐标分割成一些最小的单位量,即最小位移量,由数控系统按照零件程序的要求,使坐标移动若干个最小位移量(即控制刀具运动轨迹),从而实现刀具与工件的相对运动,完成对零件的加工。

刀具沿各坐标轴的相对运动,以脉冲当量 δ 为单位(mm/脉冲)。

当走刀轨迹为直线或圆弧时,数控装置则在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,然后按中间点的坐标值,向各坐标输出脉冲数,保证加工出需要的直线或圆弧轮廓。

数控机床的工作内容如图 1.3 所示。

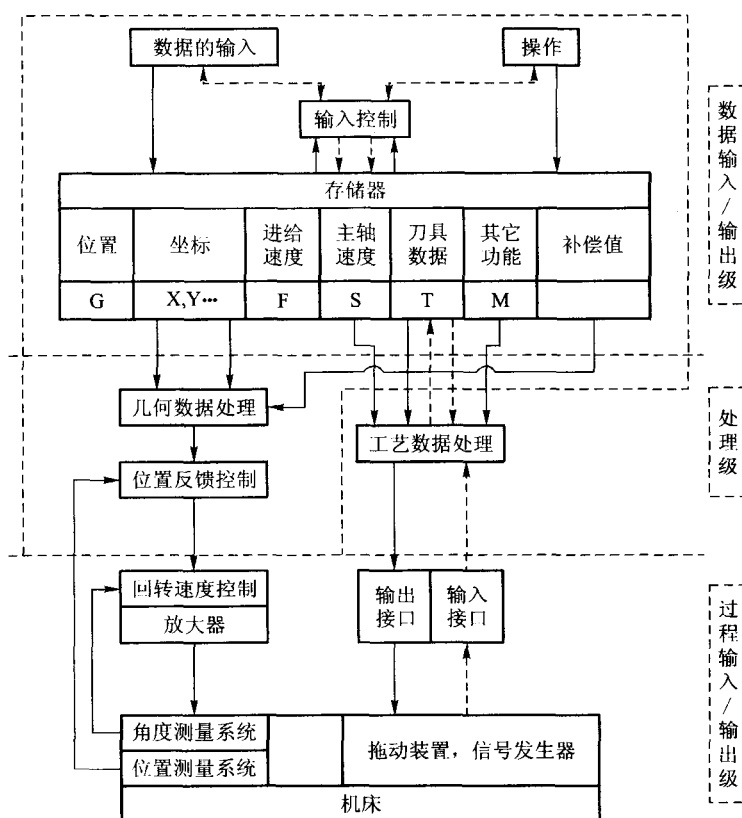


图 1.3 数控机床的工作内容

1.1.4 数控机床的组成及特点

数控机床是典型的数控化设备,一般由信息载体、计算机数控系统、伺服系统、机床本体、测量反馈装置五部分组成,如图 1.4 所示。

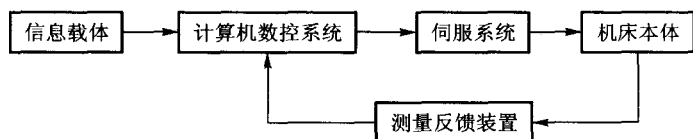


图 1.4 数控机床的组成

1. 信息载体

信息载体又称控制介质,用于记录数控机床上加工一个零件所必需的各种信息,如零件加工的位置数据、工艺参数等,以控制机床的运动,实现零件的机械加工。常用的信息载体有穿孔带、穿孔卡、磁带、磁盘等,并通过相应的输入装置将信息输入到数控系统中。数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入,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。高级的数控系统可能还包含一套自动编程机或者 CAD/CAM 系统,由这些设备实现编制程序、输入程序、输入数据及显示、模拟显示、存储和打印等功能。

2. 计算机数控系统

计算机数控系统是数控机床的核心,它的功能是接受载体送来的加工信息,经计算和处理后去控制机床的动作。它由硬件和软件组成。硬件除计算机外,其外围设备主要包括光电阅读机、CRT、键盘、面板、机床接口等。光电阅读机用于输入系统程序和零件加工程序。CRT 供显示和监控用。键盘用于输入操作命令及编辑、修改程序段,也可输入零件加工程序。操作面板可供操作人员改变操作方式、输入整定数据、启停加工等。机床接口是计算机和机床之间联系的桥梁,机床接口包括伺服驱动接口及机床输入/输出接口。伺服驱动接口主要是进行数/模转换,以及对反馈元件的输出进行数字化处理并记录,以供计算机采样。机床输入/输出接口用于处理辅助功能。软件由管理软件和控制软件组成。管理软件主要包括输入输出、显示、诊断等程序。控制软件包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算、位置控制等。数控系统控制机床的动作可概括为:

- 1) 机床主运动,包括主轴的启动、停止、转向和速度选择,多坐标控制(多轴联动)。
- 2) 机床的进给运动,如点位、直线、圆弧、循环进给的选择,坐标方向和进给速度的选择等。
- 3) 刀具的选择和刀具的补偿(长度、半径)。
- 4) 其它辅助运动,如各种辅助操作、工作台的锁紧和松开、工作台的旋转与分度和冷却泵的开、停等。
- 5) 故障自诊断。由于数控系统是一个十分复杂的系统,为使系统故障停机时间减至最少,数控装置中设有各种诊断软件,对系统运动情况进行监视,及时发现故障,并在故障出现后迅速查明故障类型和部位,发出报警,把故障源隔离到最小范围。

6) 通信和联网功能。

3. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分,包括驱动机构和机床移动部件,它接受数控装置发来的各种动作命令,驱动受控设备运动。伺服电机可以是步进电机、电液马达、直流伺服电机或交流伺服电机。一般来说,数控机床的伺服驱动要求有好的快速响应性能,能灵敏而准确地跟踪由数控

装置发出的指令信号。

4. 测量反馈装置

该装置由测量部件和相应的测量电路组成,其作用是检测速度和位移,并将信息反馈给数控装置,构成闭环控制系统。没有测量反馈装置的系统称为开环控制系统。

常用的测量部件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅和磁尺等。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切割加工的机械部分,包括床身、立柱、主轴、进给机构等机械部件。机床是被控制的对象,其运动的位移和速度以及各种开关量是被控制的。数控机床采用高性能的主轴及进给伺服驱动装置,其机械传动结构得到了简化。

为了保证数控机床功能的充分发挥,还有一些配套部件(如冷却、排屑、防护、润滑、照明、储运等一系列装置)和辅助装置(编程机和对刀仪等)。

1.2 数控机床分类

机床数控系统的种类很多,为了便于了解和研究,可从不同的角度对其进行分类。

1.2.1 按运动控制的特点分类

按照机床的运动轨迹可把机床数控系统分为三大类。

1. 点位控制系统(point to point control system)

点位控制系统只控制机床移动部件的终点位置,而不管移动所走的轨迹如何,可以一个坐标移动也可以两个坐标同时移动,在移动过程中不进行切削,为保证定位精度,可在移动过程中采用如图 1.5 所示的分级降速、连续降速或单向定位等方法提高定位精度。数控钻床、数控镗床、数控冲床等都属于点位控制系统。

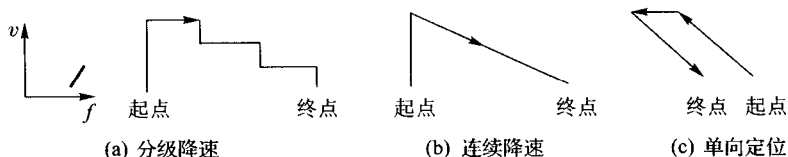


图 1.5 点位控制定位方式

2. 直线切削控制系统(straight cut control system)

直线切削控制系统控制刀具或工作台以适当的速度按平行于坐标轴的方向直线移动并可对工件进行切削。这类系统也能按 45° 进行斜线切削,但不能按任意斜率进行切削,简易数控车床就属于直线切削控制系统。也可将点位控制系统和直线切削控制系统结合在一起成为点位/直线切削控制系统,数控镗床属于这一类系统。

3. 连续切削控制系统(contouring control system)

连续切削控制系统又称轮廓控制系统,它能对刀具与工件相对移动的轨迹进行连续控制,能

加工曲面、凸轮、锥度等复杂形状的零件,数控铣床、数控车床、数控磨床均采用连续控制系统。连续控制系统的核心装置是插补器。插补器的功能是按给定的尺寸和加工速度用脉冲信号使刀具或工件走任意斜线或圆弧,分别称为直线插补器和圆弧插补器。高级的连续控制系统的插补器还具有抛物线、螺旋线插补功能。

连续切削控制系统按同时控制且相互独立的轴数,可以有2轴控制,2.5轴控制,3、4、5轴控制等。2轴控制指的是可以同时控制两个轴,但机床也允许多于两个轴。当控制 X 、 Y 、 Z 三个移动坐标轴时,可以进行图1.6所示的曲线形状加工。当同时控制 X 、 Z 坐标和 Y 、 Z 坐标时,可以加工图1.7所示形状的零件。2.5轴控制是指两个轴连续控制,第三个轴点位或直线控制,从而实现三个主要轴 X 、 Y 、 Z 内的二维控制。3轴控制是指同时控制 X 、 Y 、 Z 三个坐标,这样刀具在空间的任意方向都可移动,因而能够进行三维的立体加工,如图1.8所示。4轴控制是指同时控制四个坐标运动,即在三个平动坐标之外,再加一个旋转坐标。同时控制四个坐标的数控机床如图1.9所示,可用来加工叶轮或圆柱凸轮。5轴控制中的5个轴是三个平动 X 、 Y 、 Z ,再加上围绕这些直线坐标旋转的旋转坐标 A 、 B 、 C 中的两个坐标形成同时控制五个坐标。这时,刀具可以在空间的任意方向给定,因而当进行图1.10所示的曲面切削时,可以使刀具对曲面经常保持一定角度,也可以进行如图1.11所示零件侧面的切削。此外,在一次装夹的情况下,能实现任意方向的孔加工。由于刀具可以按数学规律导向,使之垂直于任何双曲线平面,因此特别适合于加工透平叶片、机翼等。

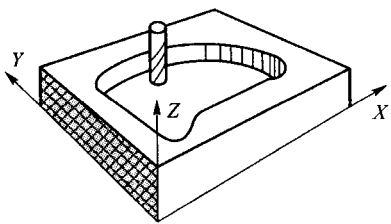


图 1.6 同时控制两个坐标的轮廓控制(一)

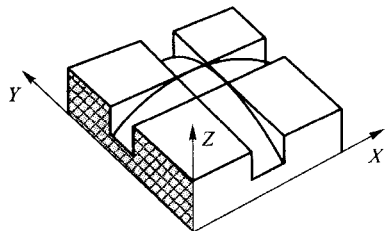


图 1.7 同时控制两个坐标的轮廓控制(二)

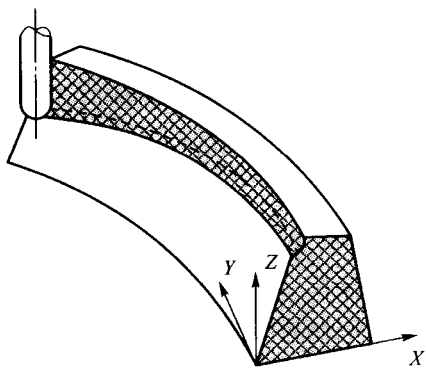


图 1.8 3轴联动的数控加工

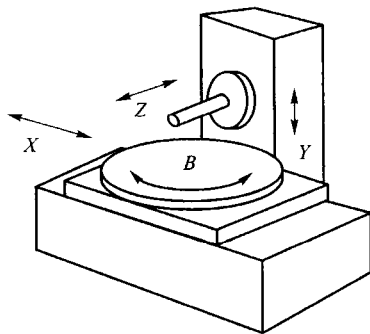


图 1.9 同时控制四个坐标的数控机床

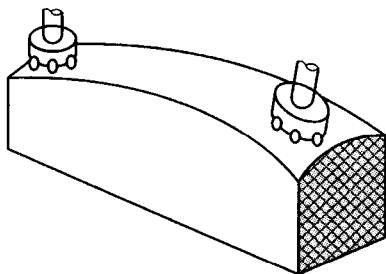


图 1.10 5 轴联动的数控加工(一)

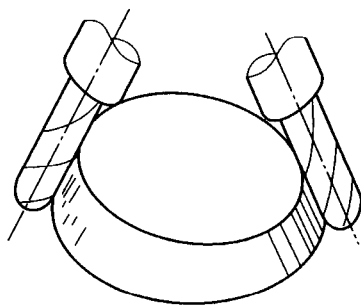


图 1.11 5 轴联动的数控加工(二)

1.2.2 按伺服系统的控制方式分类

伺服系统包括驱动机构和机床移动部件,它是数控系统的执行部分。按其控制原理可分为以下三类:

1. 开环控制系统(open loop control system)

如图 1.12 所示的典型的开环伺服系统,是采用步进电机的伺服系统。对于数控装置发来的每一个进给脉冲,经驱动线路放大并驱动步进电机转动一个步距(即一个固定的角度,如 1.5°),再经减速齿轮带动丝杠旋转,并通过丝杠螺母副传动工作台移动。可以看出,工作台的移动量与进给脉冲的数量成正比。显然,这种开环系统的精度完全依赖于步进电机的步距精度及齿轮、丝杠的传动精度,它没有测量反馈矫正措施,所以对高精度的数控机床往往不能满足要求。但开环系统的结构简单、调试容易、造价低,在数控机床的发展过程中占有一定的地位,现在仍普遍采用。

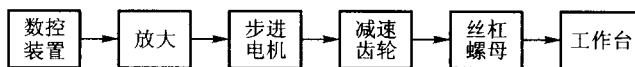


图 1.12 开环伺服系统方框图

2. 半闭环控制系统(semi-closed loop control system)

如图 1.13 所示的半闭环伺服系统,采用装在丝杠上或伺服电机上的角位移测量元件测量丝杠或电动机轴的转动量,间接地测量工作台的移动量。它的优点就是不受工作台位移量的限制,角位移测量元件制成 360° ,可循环使用。

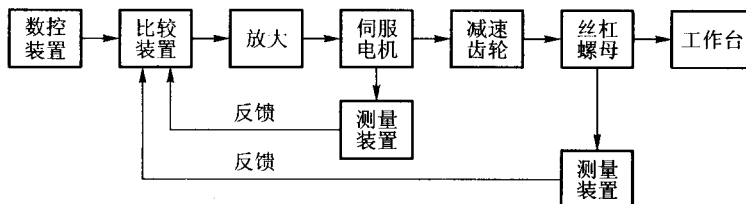


图 1.13 半闭环伺服系统方框图