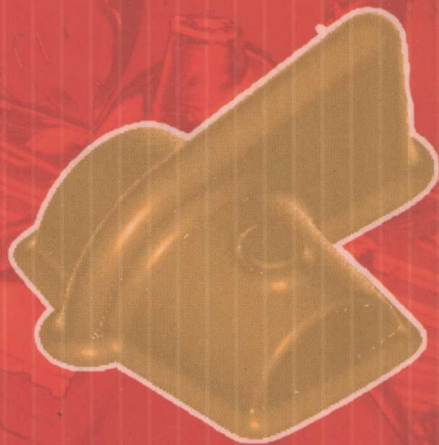




21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材



数控机床 与编程技术

王志勇 翁 迅 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



中国机械工业教育协会 机械行业职业技能等级认定教材

数控机床 与编程技术

第2版

机械工业出版社

21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材

数控机床与编程技术

王志勇 翁 迅 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以数控机床为对象,系统地介绍了数字控制的基本原理、现代控制系统和数控机床的程序编制以及数控机床的基本结构。

全书共分 8 章,内容包括:数控设备的基本概念、特点与分类,数控加工编程基础,数控加工程序编制,计算机数控系统结构,数控加工控制原理,数控机床的伺服驱动与检测,数控设备的机械系统结构及设计,数控机床实例,数控机床的应用与维修等。本书内容全面、系统,侧重介绍机床数控技术方面的基本内容和基本知识,力求讲清基本原理和基本概念,注重理论联系实际。为了便于学生自学及巩固所学内容,各章均附有习题。

本书适合作为高等院校机电类专业教学用书,特别适于机电一体化专业使用,也可供从事数控技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与编程技术/王志勇,翁迅编著. —北京:北京大学出版社,2007.7
(21世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材)
ISBN 978-7-301-09328-3

I. 数… II. ①王… ②翁… III. 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(2005)第 074517 号

书 名:数控机床与编程技术

著作责任者:王志勇 翁迅 编著

责任编辑:黄庆生 刘标

标准书号:ISBN 978-7-301-09328-3/TH·0036

出 版 者:北京大学出版社

地 址:北京市海淀区成府路 205 号 邮编:100871

电 话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013 出版部 62754962

网 址:<http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱:xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者:北京大学印刷厂

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 14.75 印张 260 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

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

举报电话:010-62752024; 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

前 言

数控技术是 20 世纪 70 年代发展起来的机床控制新技术，是自动化制造系统的核心技术。数控技术是微电子技术、计算机技术、现代控制技术、传感检测技术、信息技术和机械制造技术的综合应用，它涉及的知识领域极广。这对工程技术人员的素质提出了越来越高的要求，同时也对培养人才的高等工程教育提出了更高的要求。

本教材力求以专业必需的理论为基础，系统地介绍了数控原理、数控编程、数控设备等各方面的知识。

全书共分 8 章：

第 1 章主要介绍了数控技术的产生，基本原理和数控系统的分类；

第 2 章介绍了数控车床和数控铣床、加工中心以及数控电火花线切割机床的结构和组成原理；

第 3 章介绍了数控机床加工程序的编制基础；

第 4 章介绍了数控机床加工程序的自动编程；

第 5 章介绍了数控技术轨迹控制原理，介绍了加工轨迹控制的轮廓插补原理及其算法实现流程；

第 6 章介绍了数控系统的硬件和软件结构；

第 7 章介绍了数控机床的伺服驱动系统；

第 8 章介绍了数控机床的选购、维护与故障检测。

本书由北京科技大学的王志勇和翁迅编著。

本书在编写过程中，注重了内容的系统性，编排由浅入深、循序渐进，既讲述基本原理，又注意到与现代最新应用技术的联系，从选材到内容结构的安排上力求做到新颖、简明、实用。理论内容以应用为目的，强调针对性和实用性，同时突出解决实际问题的具体办法，强调学以致用。

限于编者的水平和经验，本书难免有欠妥或错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 数控技术简介	1
1.1.1 数控技术的产生	1
1.1.2 数控技术的发展	2
1.2 数控机床的组成及基本原理	4
1.2.1 数控系统的组成	4
1.2.2 数控基本原理	6
1.2.3 数控机床的组成	6
1.3 数控系统的分类	7
1.3.1 按数控装置类型分类	7
1.3.2 按运动方式分类	7
1.3.3 按控制方式分类	8
1.3.4 按功能水平分类	9
1.3.5 按用途分类	10
1.4 数控机床的特点及适用范围	10
1.5 习题	11
第2章 数控机床的结构	12
2.1 数控车床概述	12
2.1.1 数控车床的布局形式与基本构成	12
2.1.2 数控车床的主要技术参数	13
2.1.3 数控车床的主要结构	13
2.1.4 自动回转刀架结构	16
2.1.5 数控车床的尾座结构	17
2.2 数控铣床概述	17
2.2.1 数控铣床的分类及用途	18
2.2.2 数控铣床的主要技术参数	19
2.2.3 数控铣床的主要结构	19
2.3 立式加工中心	23
2.3.1 立式加工中心组成部件及作用	23
2.3.2 立式加工中心主要结构	23

2.3.3	带刀库的自动换刀系统.....	26
2.3.4	立式加工中心的主要技术参数.....	27
2.4	数控电火花线切割机床概述.....	28
2.4.1	概述.....	28
2.4.2	数控线切割机床的组成及主要部件结构特点.....	29
2.4.3	数控线切割的控制系统.....	31
2.4.4	数控电火花成型机床.....	32
2.5	习题.....	33
第3章	数控加工编程	34
3.1	数控加工编程的基础知识.....	34
3.1.1	数控编程常用规则.....	34
3.1.2	数控设备的坐标系和运动方向.....	35
3.1.3	程序格式.....	36
3.1.4	数控编程分类.....	37
3.1.5	数控程序的编制方法及步骤.....	38
3.1.6	数控基本功能代码.....	39
3.2	数控编程的工艺基础.....	46
3.2.1	数控编程加工工艺选择.....	46
3.2.2	数控编程中的工艺处理.....	48
3.3	数控车床编程.....	54
3.3.1	数控车床编程基础.....	54
3.3.2	基本编程指令.....	55
3.3.3	圆锥加工编程.....	61
3.3.4	螺纹加工编程.....	62
3.3.5	子程序.....	62
3.3.6	循环加工编程.....	63
3.3.7	编程实例.....	64
3.4	数控铣床编程.....	68
3.4.1	数控铣床编程基础.....	68
3.4.2	基本编程指令.....	70
3.4.3	常用编程指令.....	72
3.4.4	其他系统特殊指令.....	75
3.4.5	编程实例.....	80
3.5	加工中心编程.....	84
3.5.1	加工中心编程特点.....	85

3.5.2	基本编程指令	85
3.5.3	刀具编程指令	87
3.5.4	孔加工固定循环	91
3.5.5	子程序指令	95
3.5.6	编程实例	96
3.6	习题	98
第4章	自动编程技术	99
4.1	自动编程概述	99
4.1.1	基本概念	99
4.1.2	自动编程系统的基本组成	100
4.1.3	自动编程系统的基本类型	100
4.1.4	自动编程系统的信息处理过程	102
4.1.5	计算机辅助数控编程的特点与基本步骤	103
4.1.6	计算机辅助数控编程软件及功能介绍	105
4.2	Mastercam 软件简介	107
4.2.1	Mastercam 9.0 环境介绍	107
4.2.2	Mastercam 9.0 基本操作方法	109
4.3	Mastercam 二维图形构建	112
4.3.1	绘制点	112
4.3.2	绘制直线	113
4.3.3	绘制圆弧	114
4.3.4	绘制矩形	115
4.3.5	绘制椭圆	115
4.3.6	绘制多边形	116
4.3.7	绘制倒直角	116
4.4	Mastercam 三维曲面造型	117
4.4.1	相关系统设置	117
4.4.2	绘制预定曲面	118
4.4.3	曲线创建曲面	119
4.5	实体造型	122
4.5.1	创建预定实体	122
4.5.2	实体布尔运算	123
4.5.3	曲线创建实体	124
4.6	Mastercam 数控加工	126
4.6.1	刀具路径功能	127

28	4.6.2 构建刀具路径过程.....	127
28	4.7 实例.....	128
29	4.7.1 粗加工.....	129
29	4.7.2 半精加工.....	130
29	4.7.3 精加工.....	132
29	4.8 习题.....	133
30	第5章 数控技术轨迹控制原理	134
30	5.1 数控技术编程中的数据处理.....	134
30	5.1.1 基点坐标计算.....	134
30	5.1.2 节点坐标计算.....	135
30	5.1.3 刀位点轨迹的坐标计算.....	136
30	5.2 数控技术插补原理与实现.....	138
30	5.2.1 逐点比较法.....	139
30	5.2.2 数字积分法.....	145
30	5.2.3 数据采样法.....	150
30	5.2.4 其他插补方法.....	154
30	5.3 数控技术补偿原理与实现.....	156
30	5.3.1 刀具半径补偿原理与实现.....	156
30	5.3.2 刀具长度补偿原理与实现.....	161
30	5.4 习题.....	163
30	第6章 数控系统的硬件和软件结构	164
30	6.1 系统的硬件和软件结构.....	164
30	6.1.1 CNC系统的组成.....	164
30	6.1.2 CNC装置的工作过程.....	165
30	6.2 CNC系统的硬件体系结构.....	166
30	6.2.1 单微处理器CNC装置的结构.....	166
30	6.2.2 多微处理器结构.....	167
30	6.3 CNC系统的软件结构.....	169
30	6.3.1 概述.....	169
30	6.3.2 CNC装置软件结构.....	170
30	6.4 计算和加减速控制.....	174
30	6.4.1 进给速度计算.....	174
30	6.4.2 进给速度控制.....	177
30	6.4.3 数据采样系统的CNC装置加减速控制.....	177
30	6.5 插补程序、位置控制和故障诊断.....	183
30	6.5.1 插补程序.....	183

6.5.2	位置控制.....	183
6.5.3	故障诊断.....	184
6.6	习题.....	184
第7章	数控机床的伺服驱动系统.....	185
7.1	概述.....	185
7.1.1	伺服系统的组成.....	185
7.1.2	数控机床对伺服系统的基本要求.....	185
7.1.3	伺服系统分类.....	186
7.2	步进电动机伺服系统.....	189
7.2.1	开环伺服控制原理.....	189
7.2.2	步进电动机的选择.....	191
7.2.3	步进电动机驱动控制电路.....	193
7.2.4	步进电动机的微机控制.....	197
7.3	数控机床的位置检测装置.....	199
7.3.1	检测装置的功用.....	199
7.3.2	检测装置的分类.....	199
7.4	直流电动机伺服系统.....	202
7.4.1	直流伺服电动机的结构和工作原理.....	203
7.4.2	直流伺服电动机的调速原理和常用的调速方法.....	203
7.4.3	晶体管脉宽调制器速度控制单元.....	204
7.4.4	直流伺服系统的位置控制.....	207
7.5	交流电动机伺服系统.....	209
7.5.1	交流伺服电动机调速的原理和方法.....	210
7.5.2	交流伺服电动机调速主电路.....	210
7.5.3	交流伺服系统的控制回路.....	211
7.6	习题.....	215
第8章	机床的选购、安装、调试、检验、维护与故障检测.....	216
8.1	数控机床的选用.....	216
8.2	数控机床的安装、调试、验收.....	217
8.2.1	数控机床的安装.....	217
8.2.2	数控机床的调试.....	219
8.2.3	数控机床的检测与验收.....	219
8.3	数控机床的维护与故障检测.....	222
8.4	习题.....	225
参考文献	226

第 1 章 概 论

1.1 数控技术简介

1.1.1 数控技术的产生

20 世纪 40 年代以来,随着科学技术和生产的不断发展,对各种产品的质量和生产效率提出了越来越高的要求。机械产品加工工艺过程的自动化是实现高质量、高效率生产的重要措施之一。飞机、汽车、农机、家电等生产企业大多采用了自动机床、组合机床和自动生产线,从而保证了产品质量,提高了生产效率,减轻了操作者的劳动强度。

在机械制造业中,广泛采用自动机床和组合机床为主的自动生产线,进行对单一零件的高效率和高度自动化的生产,这种生产方式需要巨大的初期投资和很长的生产准备周期,因此,它仅适用于批量较大的零件的生产。

但是,在机械产品加工中,大批量生产的零件并不是很多,据统计,单件与小批量生产的零件约占机械加工总量的 80%以上。对这些多品种且加工批量小、零件形状复杂、精度要求高的零件的加工,采用专业化程度很高的自动机床和自动生产线就显得很不合适。在市场经济的大潮中,产品的竞争日趋激烈,为在竞争中求得生存与发展,各企业纷纷在提高产品档次、增加产品种类、缩短试制与生产周期和提高产品质量上下功夫,即使是批量较大的产品,也不大可能是多年一成不变,必须经常开发新产品,频繁地更新换代。传统的自动化生产线难以适应小批量、多品种生产要求。

多年来已有的各类仿形加工设备在过去的生产中部分地解决了小批量、复杂零件的加工。但在更换零件时,必须重新制造靠模并调整设备,这不但要耗费大量的手工劳动,延长了生产准备周期,而且由于靠模加工误差的影响,零件的加工精度很难达到较高的要求。

为了解决上述这些问题,一种灵活、高精度、通用、高效率的“柔性”自动化生产技术——数控技术应运而生。数字控制在机床领域是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制。数控机床是一种装有数字程序控制系统(数控系统)的高效自动化的设备,它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量、液压、气动及新型机械结构方面的技术成果。

它的工作过程是将加工零件的几何信息和工艺信息进行数字化处理,在加工前由编程人员按规定的代码将零件的图纸编制成程序,然后通过程序载体将数字信息送入数控系统的计算机中进行寄存、运算和处理,最后通过驱动电路由伺服装置控制机床实现自动加工。

数控机床的研制最早起源于美国。1952年美国帕森斯公司和麻省理工学院在美国空军的委托下,合作研制出世界上第一台三坐标数控铣床,完成了直升机叶片轮廓检查用样板的加工。这是一台采用专用计算机进行运算与控制的直线插补轮廓控制数控铣床。经过三年的试用、改进与提高,数控机床于1955年进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用。

尽管这种初期数控机床采用电子管和分立元件硬接线电路来进行运算和控制,体积庞大而功能单一,但它采用了先进的数字控制技术,且具有普通设备和各种自动化设备无法比拟的优点,具有强大的生命力,它的出现开辟了工业生产技术的新纪元。从此,数控技术在全世界得到了迅速发展。

1.1.2 数控技术的发展

1. 数控机床结构的发展

数控机床在发展的最初阶段,一般是在传统的机床上配备数控系统,并对某些结构进行改进而成为一台数控机床。随着对数控机床功能要求的不断提高,传统机床的结构刚度、抗震性、热变形以及低速爬行等性能已不能满足数控机床的要求。数控机床在结构上必须比传统机床有更好的静刚度、动刚度和热刚度,必须提高数控机床的几何精度,其进给传动链也必须有足够的刚度,并采用消除传动间隙的装置,同时必须采用滚珠丝杠和滚动导轨以消除低速爬行,实现微量进给以保证数控机床有很高的重复定位精度。

2. 数控系统的发展

1952年,美国麻省理工学院研制出的三坐标联动、利用脉冲乘法器原理的试验性控制系统是数控机床的第一代。

1959年,电子行业研制出晶体管元器件,因而数控系统中广泛采用晶体管和印刷电路板技术,跨入第二代。1959年3月,由美国克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker Corp.)发明了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。

1960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进一步提高,数控系统发展到第三代。

以上三代,都是采用专用控制的硬件逻辑数控系统(NC)。

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,这就是最初的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。之后,美、欧、日也相继进行开发和应用。

随着计算机技术的发展,小型计算机开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统(NC),数控的许多功能由软件程序实现。由计算机作控制单元的数控系统(CNC),称为第四代数控系统。1970年,在美国芝加哥国际展览会上,首次展出了这种系统。

1970年前后,美国英特尔公司开发和使用了微处理器。1974年,美、日等国首先研制出以微处理器数控系统为核心的数控机床。20多年来,微处理器数控系统的数控机床得到了飞速发展和广泛应用,这就是第五代数字控制(MNC)。后来,人们将MNC也统称为CNC。

20世纪80年代初,国际上又出现了柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。FMC和FMS被认为是实现计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的基础。

数字控制系统有如下特点。

(1) 可用不同的字长表示不同精度的信息,表达信息准确。

(2) 可进行逻辑、算术运算,也可以进行复杂的信息处理。

(3) 可不用改动电路或机械机构,通过改变软件来改变信息处理的方式,具有柔性化。

由于数字控制系统具有上述特点,数控技术被广泛用于机械运动的轨迹控制。除用于数控机床,还用于工业机器人、数控线切割机、数控电火花机床、坐标测量机、绘图仪、纺织机、裁剪机和焊接机等。

3. 伺服系统的发展

数控机床的伺服系统是实现机床轴运动(包括进给运动、主轴运动及位置控制)的关键系统之一。它的性能对数控机床的重复定位精度、动态响应特性以及最高运动速度具有重要影响。

伺服系统的发展经历了几个阶段。20世纪60年代初期,曾在数控机床上采用液压伺服系统,液压伺服系统与当时传动的直流电动机相比,具有响应时间短、输出相同扭矩的伺服部件的外形尺寸小的优点;但由于液压伺服系统存在着发热量大、效率低、污染环境和不利于维修等缺点,因此逐步被步进电动机和新型伺服电动机所代替。

功率型步进电动机的问世,使步进电动机开始直接用于驱动数控系统的进给运动。这种驱动系统在运动速度较低、输出扭矩不太大的经济型数控机床上仍然得到普遍的应用。近年来,步进电动机的细分控制技术的突破不仅提高了控制系统的分辨率,而且改善了步进电动机的步与步间转换的快速响应特性和运动平稳性。因此,采用细分的步进电动机在输出扭矩较小、重复定位精度高和运动平稳性要求高的小型精密数控机床上得到广泛的应用。

20世纪60年代,在数控机床上广泛使用小惯量直流电动机。20世纪70年代研制成功了大惯量直流电动机,即宽调速直流电动机。20世纪80年代以来,随着大规模集成电路、电力电子学和计算机控制技术的发展,特别是用计算机对交流电动机的磁场进行矢量控制技术的重大突破,使长期以来人们一直试图用交流电动机取代直流电动机应用在调速和伺服控制中的设想得以实现。交流伺服电动机几乎保留了直流电动机的所有优点,具有调速范围宽、稳速精度高和动态响应特性好等优点,成为迄今为止最为理想的伺服系统。

由于作为检测元器件的脉冲编码器的分辨率和可靠性的不断提高,将脉冲编码器与直流伺服电动机或交流伺服电动机组成一体的半闭环伺服系统极大地简化了数控机床的总体结构,为数控机床性能的全面提高发挥了重要的作用。

1.2 数控机床的组成及基本原理

数字控制(Numerical Control, NC)简称数控,它是用数字化信号对设备运行及其加工过程进行控制的一种自动化技术。NC装置由各种逻辑元件、记忆元件组成随机逻辑电路,是固定接线的硬件结构,由硬件来实现数控功能。

1.2.1 数控系统的组成

数控系统一般由控制介质、数控装置、伺服系统、测量装置和执行部件组成,如图 1-1 所示。

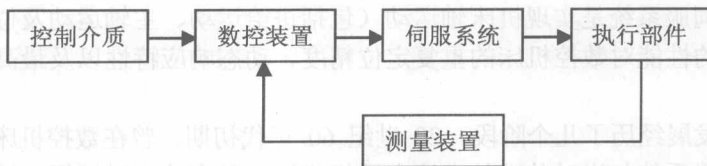


图 1-1 数控系统的组成

1. 控制介质

数控设备工作时,不需要操作者直接进行手工加工,但设备必须按操作者的意图进行工作,这就必须在操作者与设备间建立某种联系,这种联系的中间媒介物称为控制介质。控制介质也称为信息载体,它可以是穿孔带、穿孔卡、磁带、软磁盘等。

在控制介质上存储着加工零件所需要的全部操作信息,它是数控系统用来指挥和控制设备进行加工运动的唯一指令信息。这种指令信息通过纸带上每一行八个孔位上不同孔的位置和数量来表示,这些孔是由自动穿孔机根据数控加工程序单的内容按指定的代码逐行打出的。

2. 输入装置

输入装置的作用是将控制介质上的程序代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控

装置中。根据不同控制介质,输入装置可以是光电读带机、录音机或软盘驱动器。现在有很多数控设备不用任何控制介质,而是将数控加工程序单上的内容通过数控装置上的键盘直接输入给数控装置,称为 MDI 方式(键盘输入方式)。有的还可以将数控加工程序由编程计算机用通信方式传送给数控装置。

3. 数控装置

数控装置是数控设备的核心,它接受输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理,然后将各种信息指令输出给伺服系统,使设备各部分进行规定的、有序的动作。这些指令主要是经插补运算决定的各坐标轴的进给速度、进给方向和位移量,主运动部件的变速、换向和起停信号,选择和交换刀具的指令信号,切削液的开停信号,工件的松夹、分度工作台的转位等辅助指令信号。

介于数控装置与被控设备之间的弱电控制装置,主要作用是接受数控装置输出的主运动变速、刀具选择交换、辅助装置动作等指令信号,经过必要的编译、逻辑判断和功率放大后,直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件等,完成指令所规定的各种动作。

4. 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动电路和伺服驱动元件,它们与执行部件上的机械部件组成数控设备的进给系统。其作用是把数控装置发来的速度和位移指令(脉冲信号)转换成执行部件的进给速度、方向和位移。每个作进给运动的执行部件,都配有一套伺服驱动系统,而相对于每一个信号,执行部件都有一个相应的位移量,又称为脉冲当量,其值越小,加工精度越高。数控装置可以以很高的速度和精度进行计算并发出很小的脉冲信号,关键在于伺服系统能以多高的速度与精度去响应执行,所以整个系统的精度与速度主要取决于伺服系统。

在伺服系统中,伺服驱动电路要把数控装置发出的微弱信号(5V左右,毫安级)放大成强电的驱动电信号(几十至上百伏,安培级)去驱动执行元件——伺服电机。

伺服系统的执行元件主要有功率步进电动机、电液脉冲马达、直流伺服电动机和交流伺服电动机等,其作用是将电控信号的变化转换成电动机输出轴的角速度和角位移的变化,从而带动执行部件作进给运动。

5. 执行部件

数控系统的执行部件是加工运动的实际执行部件,主要包括主运动部件、进给运动执行部件、工作台、拖板及其部件和床身立柱等支承部件,此外还有冷却、润滑、转位和夹紧等装置,存放刀具的刀架、刀库及交换刀具的自动换刀机构等。要求执行部件应有足够的刚度和抗震性,还要有足够的精度,传动系统结构简单,便于实现自动控制。

6. 测量反馈装置

测量反馈装置是将运动部件的实际位移、速度及当前的环境参数加以检测，转变为电信号后反馈给数控装置，通过比较，得出实际运动与指令运动的误差，这时发出误差指令，纠正所产生的误差。测量反馈装置的引入，有效地改善了系统的动态特性，大大提高了零件的加工精度。

1.2.2 数控基本原理

数控系统加工零件是按照事先编制好的加工程序单进行的。

首先应分析零件图样，根据图样中对材料和尺寸、形状、加工精度及热处理等的要求来确定工艺方案，进行工艺处理和数值计算。在此基础上，根据数控系统规定的功能指令代码和程序段格式编写数控加工程序单。

根据加工程序单的内容，用穿孔机制作控制介质（穿孔纸带）。通过读带装置将穿孔纸带的代码逐段输入到数控装置，也可以用键盘输入方式（MDI）将加工程序单内容直接输入数控装置。

数控装置将输入指令进行译码、寄存和运算后，向系统各个坐标的伺服系统发出指令信号，经驱动电路的放大处理，驱动伺服电动机输出角位移和角速度，并通过执行部件的传动系统转换为工作台的直线位移，实现进给运动。

同时，数控装置通过强电控制装置——可编程序控制器（PLC）实现系统必要的辅助动作，如自动变速、冷却润滑油的自动开停、工件的自动松夹及刀具的自动更换等，配合进给运动完成零件的自动加工。

1.2.3 数控机床的组成

数控机床由信息输入、数控装置、伺服驱动及检测装置、机床本体、机电接口等五大部分组成。

信息输入是将加工零件的程序和各种参数、数据通过输入设备送到数控装置。

数控装置是一种专用计算机，是整个数控机床数控系统的核心，决定了机床数控系统功能的强弱。

伺服驱动及检测反馈是数控机床的关键部分，它影响数控机床的动态特性和轮廓加工精度。

机床本体包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和底座、立柱、刀架、工作台等基础部件。高精度、高刚度的机床本体结构是保证数控机床高效、高精度、高度自动化加工的基础。

1.3 数控系统的分类

1.3.1 按数控装置类型分类

按数控装置类型分类, 数控系统可分为硬件式数控系统和软件式数控系统。

(1) 硬件式数控系统。这是早期的数控系统。在这种系统的数控装置中, 输入、译码、插补运算、输出等控制功能均由分立式元件硬接线连接的逻辑电路来实现。一般来说, 不同的数控设备需要设计不同的硬件逻辑电路。这类数控系统的通用性、灵活性等功能较差, 维护代价高。

(2) 软件式数控系统。20世纪70年代中期, 随着微电子技术的发展, 芯片的集成度越来越高, 利用大规模及超大规模集成电路组成CNC装置成为可能。在此装置中, 常采用小型计算机或微型计算机作为控制单元, 其中主要功能几乎全部由软件来实现, 对于不同的系统, 只需编制不同的软件就可以实现不同的控制功能, 而硬件几乎可以通用, 这就为硬件的大批量生产提供了条件。数控系统硬件的批量生产有利于保证质量、降低成本、缩短周期、迅速推广和扩展应用, 所以现代数控系统都无例外地采用CNC装置。

1.3.2 按运动方式分类

按运动方式分类, 数控系统可分为点位控制系统、点位直线控制系统、轮廓控制系统。

(1) 点位控制系统。点位控制系统的特点是加工移动部件只能实现一个位置到另一个位置的精确移动, 在移动和定位过程中不进行任何加工, 而且移动部件的运动路线并不影响加工孔距的精度。数控系统只需精确控制行程终点的坐标值, 而不控制点与点之间的运动轨迹。为了尽可能地减少移动部件的运动与定位时间, 通常先快速移动到接近终点坐标, 然后减速准确移动到定位点, 以保证良好的加工精度。采用点位控制系统的主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机及数控弯管机等。

(2) 点位直线控制系统。点位直线控制系统的特点是加工移动部件不仅要实现从一个位置到另一个位置的精确移动, 而且能实现平行于坐标轴的直线加工运动及沿与坐标轴成45度的斜线进行切削加工, 但不能沿任意斜率的直线进行切削加工。数控车床、数控镗铣床和数控加工中心等均采用点位直线控制系统。

(3) 轮廓控制系统。该系统可以使刀具和工件按平面直线、曲线或空间曲面轮廓进行相对运动, 加工出任何形状的复杂零件, 它可以同时控制2~5个坐标轴联动, 功能较为齐全。在加工中, 需要不断进行插补运算, 然后进行相应的速度与位移控制。数控铣床、数控凸轮磨床和功能完善的数控车床都采用了轮廓控制系统。此外, 数控火焰切割机、数控线切割及数控绘图机等也都采用了轮廓控制系统。它们取代了各种类型的仿形加工, 提高了产品的精度和生产效率, 因而得到了广泛的应用。