

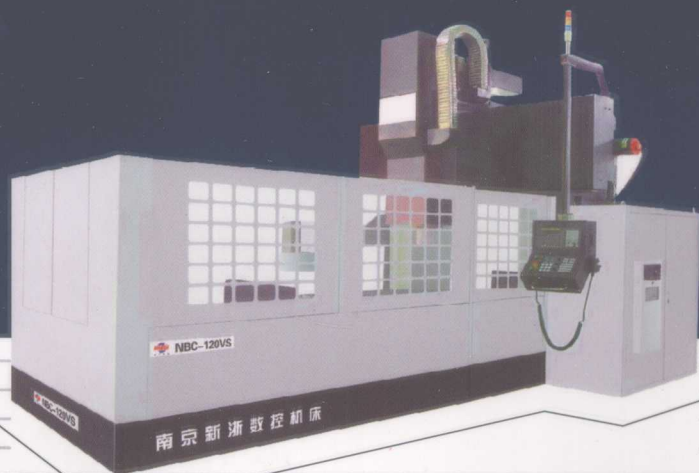
机床数控技术 (第2版)

JICHUANG SHUKONG JISHU

主 编 杜国臣 王士军



MECHANICAL



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校机械制造及自动化专业系列规划教材

机床数控技术(第 2 版)

主 编	杜国臣	王士军	
副主编	苗满香	刘秉亮	毕世英
参 编	王万新	李 杰	潘旭红
主 审	韩建海		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书第2版是在第1版的基础上,根据教育部“全国机械类专业应用型本科人才培养目标及基本规格”的要求,并充分反映近年来数控机床的发展与应用而修订的。本书内容全面、系统,重点突出,力求体现先进性、实用性。本书共6章:绪论、数控加工工艺分析与程序编制、计算机数控系统、数控机床伺服系统、数控机床机械结构和数控机床的保养与维修。每章均有一定数量的思考题与习题,书后还有机床数控技术缩略语英汉对照及常用刀具的切削参数两个附录。

本书可作为应用型本科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化等专业教材,也可作为成人高等教育的同类专业教材用书,还可作为广大自学者及工程技术人员自学机床数控技术用书。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术/杜国臣,王士军主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2010.1

(21世纪全国高等院校机械制造及自动化专业系列规划教材)

ISBN 978-7-301-16519-5

I. 机… II. ①杜…②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(2009)第230331号

书 名: 机床数控技术(第2版)

著作责任者: 杜国臣 王士军 主编

责任编辑: 郭穗娟

标准书号: ISBN 978-7-301-16519-5/TH·0174

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 21印张 彩插2 477千字

2006年8月第1版 2010年1月第2版 2010年1月第1次印刷

定 价: 35.00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

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

第 2 版前言

本书第 2 版是在第 1 版的基础上,根据教育部“全国机械类专业应用型本科人才培养目标及基本规格”的要求,结合编者在数控机床方面的教学与实践经验,并充分反映近年来数控机床的发展与应用而修订的。

数控机床的高精度、高效率决定了发展数控机床是当前中国机械制造技术改造的必由之路,它是未来制造业自动化的基础。随着现代数控机床的大量使用,对机械类专业学生在数控机床方面的教学也提出了新的要求,要求学生具备一定的机床数控技术理论知识及应用方面的基本知识和技能。同时,通过对机床数控技术的系统学习,可提高学生知识的综合运用能力。本书第 1 版自 2006 年 8 月出版以来,受到广大师生和企业技术人员的青睐,在这期间,教材曾多次修订与印刷。然而,随着现代数控机床的发展与应用,对数控机床的应用提出了更高和更迫切的要求,本版以第 1 版的为基础,在数控加工工艺分析与程序编制内容上进行了全面更新与加强,采用了先进而又应用广泛的西门子 SINUMERIK 802D 系统和 FANUC 18i 系统,增加了数控铣床和加工中心宏程序内容,使之更能符合知识的更新和实际应用。

本书从数控机床的基本概念入手,重点突出数控加工工艺分析与程序编制、计算机数控系统、数控机床伺服系统、数控机床机械结构、数控机床的保养与维修等内容,使读者通过系统地学习,熟悉数控机床的基本理论和知识;熟悉数控机床的机械结构、维护和控制知识;熟悉数控机床的加工工艺和编程方法,并能把学到的知识应用到生产实际中。本书共分 6 章,内容包括绪论、数控加工工艺分析与程序编制、计算机数控系统、数控机床伺服系统、数控机床机械结构和数控机床的保养与维修。本书通俗易懂,涉及面广,内容丰富,可操作性强,可作为应用型本科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化等专业教材和成人高等教育的同类专业教材用书,还可作为广大自学者及工程技术人员的自学机床数控技术用书。

本书第 2 版第 1 章绪论由九江学院潘旭红编写;第 2 章的 2.1 数控加工工艺分析、2.2 图形的数学处理由潍坊学院毕世英编写;第 2 章的 2.3.1 数控机床编程基础、2.3.2 数控车削加工程序编制、2.3.3 数控铣削加工程序编制、思考题与习题和附录 2 常用刀具的切削参数由潍坊学院杜国臣编写;第 2 章的 2.3.4 加工中心加工程序的编制和 2.3.5 自动编程简介由潍坊学院刘秉亮编写;第 3 章计算机数控系统和附录 1 机床数控技术缩略语英汉对照由山东理工大学王士军编写;第 4 章数控机床伺服系统由郑州航空工业管理学院苗满香编写;第 5 章数控机床机械结构由德州学院王万新编写;第 6 章数控机床的保养与维修由河北建筑工程学院李杰编写。本书第 2 版由杜国臣、王士军任主编,由河南科技大学韩建海教授任主审。

本书虽然是第 2 版,但限于编者的水平和经验,书中难免有欠妥或疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2009 年 10 月

第 1 版前言

近年来,机床数控技术的迅速发展带动了机械加工技术的飞速发展,使传统的制造工艺发生了显著的变化,许多企业逐步用数控机床替代了普通机床。这就要求工程技术人员具有自动控制、计算机等方面的知识,要求编程人员熟悉数控机床的机械结构和维护,熟悉数控机床的加工工艺和加工软件等基础知识,同时也要求机械加工技术人员熟悉数控机床的编程知识。这种形势对机械类专业应用型本科学生在数控机床方面的知识 with 技能也提出了新的要求,即要求学生具备一定的机床数控技术理论知识及应用方面的基本知识和技能。

本书的编写指导思想是使读者通过学习熟悉数控机床的基本理论和知识;熟悉数控机床的机械结构和控制知识;熟悉数控机床的保养与维修;熟悉数控机床的加工工艺和编程方法,并能把学到的知识应用到生产实践中。

本书通俗易懂,涉及面广,内容丰富,可操作性强,适合机械类专业应用型本科教育使用;可作为应用型本科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化等专业教材,也可作为成人高等教育的同类专业教材用书,还可作为广大自学者及工程技术人员自学参考书。

本书第 1 章、第 2 章 2.3 节由九江学院潘旭红编写;第 2 章的其他部分、第 1~6 章的思考题与习题、附录 2 由潍坊学院杜国臣编写;第 3 章、附录 1 由山东理工大学王士军编写;第 4 章由郑州航空工业管理学院苗满香编写;第 5 章由德州学院王万新编写;第 6 章由河北建筑工程学院李杰编写。杜国臣、王士军任主编,河南科技大学韩建海教授主审,他对本书提出了不少宝贵的意见和建议,编者在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平有限,加之时间仓促,书中不足之处,恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者
2006 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	2
1.1.1 数控机床的定义	2
1.1.2 数控机床的组成及特点	2
1.1.3 数控机床的主要技术参数	3
1.2 数控机床的分类	4
1.2.1 按机械运动轨迹分类	4
1.2.2 按伺服系统的类型分类	5
1.2.3 按功能水平分类	7
1.2.4 按加工方式分类	7
1.3 数控机床的发展与作用	8
1.3.1 数控机床的产生与发展	8
1.3.2 数控机床的发展趋势	9
1.3.3 数控机床在先进制造技术中的作用	11
小结	12
思考题与习题	12
第 2 章 数控加工工艺分析与程序编制	13
2.1 数控加工工艺分析	14
2.1.1 机床的合理选用	14
2.1.2 数控加工工艺性分析	14
2.1.3 加工方法与加工方案的确定	16
2.1.4 工序与工步的划分	20
2.1.5 零件的定位与安装	21
2.1.6 数控加工刀具与工具系统	22
2.1.7 切削用量的确定	30
2.1.8 数控加工路线的确定	30
2.1.9 工艺文件的制定	37
2.2 图形的数学处理	38
2.2.1 基点计算	38
2.2.2 节点计算	39
2.2.3 辅助计算	42
2.3 数控加工的程序编制	44
2.3.1 数控机床编程基础	44



2.3.2 数控车削加工程序编制	50
2.3.3 数控铣削加工程序编制	75
2.3.4 加工中心加工程序的编制	102
2.3.5 自动编程简介	130
小结	132
思考题与习题	132
第3章 计算机数控系统	139
3.1 概述	140
3.1.1 CNC 系统的组成	140
3.1.2 CNC 系统的功能和一般工作过程	140
3.2 CNC 系统的硬件结构	144
3.2.1 单 CPU 结构 CNC 系统的硬件结构	145
3.2.2 多 CPU 结构 CNC 系统的硬件结构	146
3.2.3 开放式 CNC 系统	148
3.3 CNC 系统的软件结构	151
3.3.1 CNC 系统的软件结构特点	152
3.3.2 CNC 系统的软件结构模式	155
3.4 计算机数控中的可编程逻辑控制器	158
3.4.1 PLC 及其工作过程	158
3.4.2 PLC 在数控机床上的应用	164
3.5 CNC 系统的输入/输出与通信	171
3.5.1 CNC 装置的输入/输出和通信要求	171
3.5.2 CNC 系统常用外部设备及接口	172
3.6 CNC 装置的插补原理	182
3.6.1 基准脉冲插补	182
3.6.2 数据采样插补	196
3.6.3 刀具补偿功能	200
3.6.4 进给速度与加减速控制	204
小结	210
思考题与习题	211
第4章 数控机床伺服系统	212
4.1 概述	213
4.2 驱动电动机	214
4.2.1 步进电动机	215
4.2.2 伺服电动机	217
4.2.3 直线电动机	223
4.3 数控机床常用检测装置	224
4.3.1 概述	224





4.3.2 旋转编码器	225
4.3.3 旋转变压器	228
4.3.4 感应同步器	231
4.3.5 光栅尺	233
4.3.6 磁栅	236
4.4 位置控制和速度控制	240
4.4.1 位置控制	240
4.4.2 速度控制	245
小结	267
思考题与习题	267
第 5 章 数控机床机械结构	269
5.1 概述	270
5.2 数控机床的主传动系统	271
5.2.1 数控机床主传动系统要求	271
5.2.2 数控机床主轴的调速方法	272
5.2.3 数控机床的主轴部件	275
5.3 数控机床的进给传动系统	279
5.3.1 数控机床进给传动系统要求	280
5.3.2 滚珠丝杠螺母副	281
5.3.3 直线电动机进给系统	286
5.3.4 数控机床的导轨	287
5.4 自动换刀装置	290
5.4.1 数控车床的自动转位刀架	291
5.4.2 加工中心自动换刀装置	292
5.5 数控机床的主要辅助装置	297
5.5.1 数控回转工作台	297
5.5.2 分度工作台	299
小结	300
思考题与习题	301
第 6 章 数控机床的保养与维修	302
6.1 概述	303
6.2 数控机床故障诊断与维修	303
6.2.1 数控机床故障诊断概述	303
6.2.2 数控机床常用的故障诊断方法	306
6.2.3 数控系统故障诊断与维修	311
6.2.4 伺服系统故障诊断与维修	314
小结	317
思考题与习题	317





附录1 机床数控技术缩略语英汉对照.....	318
附录2 常用刀具的切削参数.....	320
参考文献	325



第1章

绪 论



教学提示

数控机床是采用数字控制技术对机床各移动部件相对运动进行控制的机床，它是典型的机电一体化产品，是现代制造业的关键设备。计算机、微电子、信息、自动控制、精密检测及机械制造技术的高速发展，加速了数控机床的发展。

目前数控机床正朝着高速度、高精度、高工序集中度、高复合化和高可靠性等方向发展，同时其应用范围也越来越广泛。



教学要求

本章主要讲述数控机床的基本概念和特点、主要技术参数、分类以及技术与发展水平等。

本章内容是数控机床的基本知识和内容，要求学生理解并掌握数控机床的基本概念、组成与特点以及分类，了解其发展趋势和在先进制造技术中的作用。



1.1 概 述

1.1.1 数控机床的定义

数控,即数字控制(Numerical Control, NC)。数控技术是指用数字信号形成的控制程序对一台或多台机械设备进行控制的一门技术。

数控机床,简单地说,就是采用了数控技术的机床。即将机床的各种动作、工件的形状、尺寸以及机床的其他功能用一些数字代码表示,把这些数字代码通过信息载体输入给数控系统,数控系统经过译码、运算以及处理,发出相应的动作指令,自动地控制机床的刀具与工件的相对运动,从而加工出所需要的工件。

实际上,数控机床就是一种具有数控系统的自动化机床。所以说数控机床是最典型的机电一体化产品。

1.1.2 数控机床的组成及特点

1. 数控机床的组成

数控机床主要由程序介质、数控装置、伺服系统、机床主体四部分组成,如图 1.1 所示。

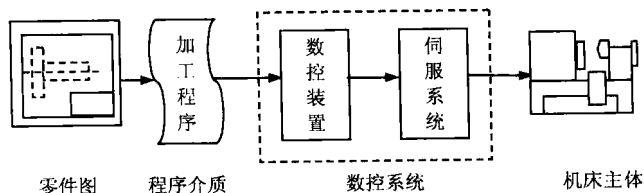


图 1.1 数控机床的组成

其中,程序介质用于记载机床加工零件的全部信息。如零件加工的工艺过程、工艺参数、位移数据、切削速度等。常用的程序介质有磁带、磁盘或 U 盘等。在计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)集成系统中,加工程序可不需要任何载体而直接输入到数控系统。

数控装置是控制机床运动的中枢系统,它的基本任务是接收程序介质带来的信息,按照规定的控制算法进行插补运算,把它们转换为伺服系统能够接受的指令信号,然后将结果由输出装置送到各坐标控制的伺服系统。

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,是数控系统的执行部件。它的基本作用是接收数控装置发来的指令脉冲信号,控制机床执行部件的进给速度、方向和位移量,以完成零件的自动加工。

通常数控系统由数控装置和伺服系统两部分组成,各公司的数控产品也是将两者作为一体的。

机床主体也称主机,包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件,如底座、立柱、滑鞍、工作台(刀架)、导轨等。数控机床与普通机床不同,它的主运动和





各个坐标轴的进给运动都是由单独的伺服电动机驱动,所以它的传动链短、结构比较简单。为了保证数控机床的快速响应特性,在数控机床上还普遍采用精密滚珠丝杠副和直线滚动导轨副。在加工中心上还配备有刀库和自动换刀装置。同时还有一些良好的配套设施,如冷却、自动排屑、自动润滑、防护和对刀仪等,以利于充分发挥数控机床的功能。此外为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工,数控机床的其他机械结构也产生了很大的变化。

2. 数控机床的特点

数控机床与普通机床加工零件的区别,在于数控机床是按照程序自动加工零件,而普通机床由工人手工操作来加工零件。在数控机床上只要改变控制机床动作的程序,就可以达到加工不同零件的目的。由于是一种程序控制过程,数控机床相应形成了以下几个特点。

(1) 采用数控机床可以提高零件的加工精度、稳定产品的质量。因为数控机床按照预定的加工程序进行加工,加工过程中消除了操作者人为的操作误差,所以零件加工的一致性好,而且加工精度还可以利用软件来进行校正补偿,因此可以获得比机床本身所能达到的精度还要高的加工精度及重复定位精度。

(2) 数控机床可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的具有复杂曲面的零件的加工。因此它在航空航天、造船、模具等加工业中得到广泛应用。

(3) 采用数控机床比普通机床可以提高生产效率2~3倍,尤其是对某些复杂零件的加工,生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。

(4) 可以实现一机多用。一些数控机床将几种普通机床功能合一,加上刀库与自动换刀装置构成加工中心,如果能配置数控转台或分度转台,则可以实现一次安装、多面加工。

(5) 采用数控机床有利于向计算机控制与管理生产方面发展,为实现生产过程自动化创造了条件。

1.1.3 数控机床的主要技术参数

1. 主要规格尺寸

数控车床的主要规格尺寸有床身上最大工件回转直径、刀架上最大工件回转直径、加工最大工件长度、最大车削直径等。数控铣床、加工中心的主要规格尺寸有工作台面尺寸、工作台T形槽、工作行程等。

2. 主轴系统

数控机床主轴采用直流或交流电动机驱动,具有较宽的调速范围和较高的回转精度,主轴本身的刚度与抗振性比较好。现在数控机床的主轴转速普遍能达到5000r/min~10000r/min甚至更高,对提高加工质量和各种小孔加工极为有利;主轴转速可以通过操作面板上的转速倍率开关直接改变。

3. 进给系统

进给系统有进给速度范围、快速(空行程)速度范围、运动分辨率(最小位移增量)、定位精度和螺距范围等主要技术参数。





(1) 进给速度。进给速度是影响加工质量、生产效率和刀具寿命的主要因素,直接受到数控装置运算速度、机床动特性和工艺系统刚度的限制。其中,最大进给速度为加工的最大速度,最大快进速度为不加工时移动的最快速度。进给速度可通过操作面板上的进给倍率开关调整。

(2) 脉冲当量(分辨率)。脉冲当量是指两个相邻分散细节之间可以分辨的最小间隔,是重要的精度指标。其有两个方面的内容,一是机床坐标轴可达到的控制精度(可以控制的最小位移增量),表示数控装置每发出一个脉冲信号时坐标轴移动的距离,称为实际脉冲当量或外部脉冲当量;二是内部运算的最小单位,称之为内部脉冲当量,一般内部脉冲当量比实际脉冲当量设置的要小,目的是在运算过程中不损失精度。数控系统在输出位移量之前,自动将内部脉冲当量转换成外部脉冲当量。

实际脉冲当量决定于丝杠螺距、电动机每转脉冲数及机械传动链的传动比,其计算公式为

$$\text{实际脉冲当量} = \text{传动比} \times \frac{\text{丝杠螺距}}{\text{电动机每转脉冲数}}$$

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。目前数控机床的脉冲当量一般为 0.001mm,精密或超精密数控机床的脉冲当量为 0.1 μm 。脉冲当量越小,数控机床的加工精度和加工表面质量越高。

(3) 定位精度和重复定位精度。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误差、检测系统误差、进给系统误差和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。

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。对于中小型数控机床,定位精度普遍可达 $\pm 0.01\text{mm}$,重复定位精度为 $\pm 0.005\text{mm}$ 。

4. 刀具系统

数控车床刀具系统的主要技术参数包括刀架工位数、工具孔直径、刀杆尺寸、换刀时间、重复定位精度等各项内容。加工中心刀库容量与换刀时间直接影响其生产率,通常中小型加工中心的刀库容量为 16~60 把,大型加工中心可达 100 把以上。

换刀时间是指自动换刀系统将主轴上的刀具与刀库中刀具进行交换所需要的时间。

1.2 数控机床的分类

数控机床种类很多,规格不一,人们从不同的角度对其进行了分类。

1.2.1 按机械运动轨迹分类

数控机床按其刀具与工件相对运动的方式,可以分为点位控制、直线控制和轮廓控制。



1. 点位控制数控机床

这类数控机床的特点是要求保证点与点之间的准确定位。它只能控制行程的终点坐标值,对于两点之间的运动轨迹不作严格要求。对于点位控制的孔加工机床只要求获得精确的孔系坐标,在刀具运动过程中,不进行切削加工。如图 1.2 所示为点位控制钻孔加工示意图。

此类数控机床有数控钻床、数控镗床、数控冲床、三坐标测量机、印制电路板钻床等。

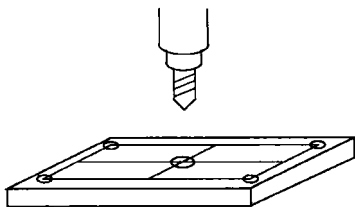


图 1.2 点位控制钻孔加工示意图

2. 直线控制数控机床

这类数控机床的特点是不仅要控制行程的终点坐标值,还要保证在两点之间机床的刀具走的是一条直线,而且在走直线的过程中往往要进行切削。如图 1.3 所示为直线控制切削加工示意图。

此类数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、数控镗床等。

现代组合机床采用数控技术,驱动各种动力头、多轴箱轴向进给钻、镗、铣等加工,也算是一种直线控制数控机床。直线控制也称为单轴数控。

3. 轮廓控制数控机床

这类数控机床的特点是不仅要控制行程的终点坐标值,还要保证两点之间的轨迹要按一定的曲线进行。即这种系统必须能够对两个或两个以上坐标方向的同时运动进行严格的连续控制。如图 1.4 所示为轮廓控制铣削加工示意图。

现代数控机床绝大部分都具有两坐标或两坐标以上联动的功能,除此之外还具有刀具半径补偿、刀具长度补偿、机床轴向运动误差补偿、丝杠螺距误差补偿、齿侧间隙误差补偿等一系列功能。

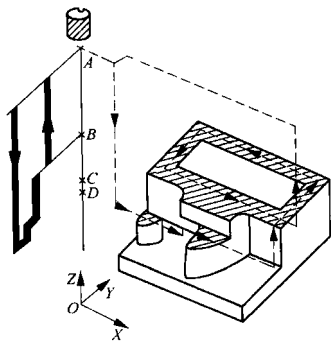


图 1.3 直线控制切削加工示意图

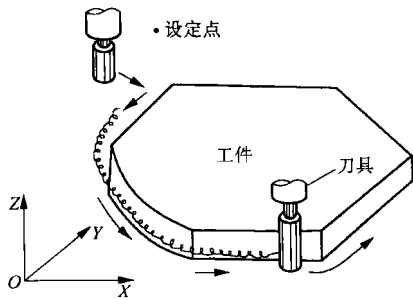
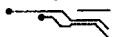


图 1.4 轮廓控制铣削加工示意图

1.2.2 按伺服系统的类型分类

1. 开环伺服系统数控机床

这类机床没有来自位置传感器的反馈信号,数控系统将零件程序处理后,输出数字指令信号给伺服系统,驱动机床运动。例如采用步进电动机的伺服系统就是一个开环伺服系





统,如图 1.5 所示。

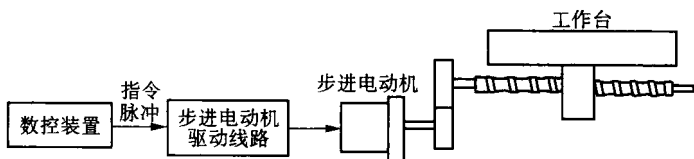


图 1.5 开环伺服系统

这类机床的优点是结构简单、较为经济、维护维修方便,但是速度及精度低,适于精度要求不高的中小型机床,多用于对旧机床的数控化改造。

2. 闭环伺服系统数控机床

这类机床上装有位置检测装置,直接对工作台的位移量进行测量。数控装置发出进给信号后,经伺服驱动使工作台移动;位置检测装置检测出工作台的实际位移,并反馈到输入端,与指令信号进行比较,驱使工作台向其差值减小的方向运动,直到差值等于零为止。如图 1.6 所示为闭环伺服系统。

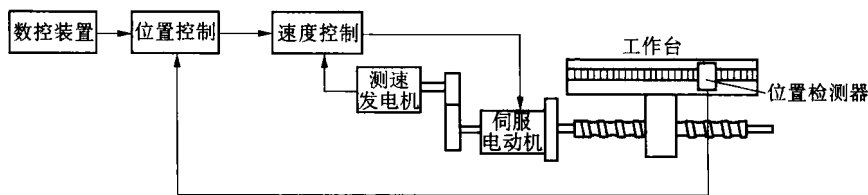


图 1.6 闭环伺服系统

这类数控机床可以消除由于传动部件制造中存在的精度误差给工件加工带来的影响,从而得到很高的精度。但是由于很多机械传动环节包括在闭环控制的环路内,各部件的摩擦特性、刚性以及间隙等都是非线性量,直接影响到伺服系统的调节参数。因此,闭环伺服系统的设计和调整都非常困难。

闭环伺服系统的优点是精度高。但其系统设计和调整困难、结构复杂、成本高,主要用于一些精度要求很高的镗铣床、超精密车床、超精密铣床、加工中心等。

3. 半闭环伺服系统数控机床

这类数控机床采用安装在进给丝杠或电动机端头上的转角测量元件测量丝杠旋转角度,来间接获得位置反馈信息。如图 1.7 所示为半闭环伺服系统。

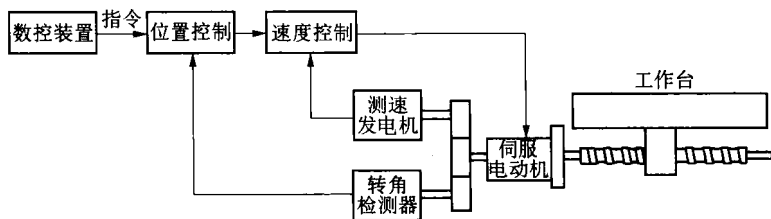


图 1.7 半闭环伺服系统



这种系统的闭环环路内不包括丝杠、螺母副及工作台,因此可以获得稳定的控制特性。而且由于采用了高分辨率的测量元件,可以获得比较满意的精度及速度。大多数数控机床采用半闭环伺服系统,如数控车床、数控铣床、加工中心等。

1.2.3 按功能水平分类

数控机床按功能水平分为高、中、低档三类。数控机床功能水平的高低主要由它们的主要技术参数、功能指标和关键部件的功能水平等决定,主要包括以下内容。

1. 中央处理单元(CPU)

低档数控机床一般采用 8 位 CPU;而中、高档数控机床已经由 16 位 CPU,发展到 32 位或 64 位 CPU,并用具有精简指令集(RISC)的 CPU。

2. 分辨率和进给速度

低档数控机床的分辨率为 $10\mu\text{m}$,进给速度为 $6\text{m/min}\sim 15\text{m/min}$;中档数控机床的分辨率为 $1\mu\text{m}$,进给速度为 $12\text{m/min}\sim 24\text{m/min}$;高档数控机床的分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 或更小,进给速度为 $24\text{m/min}\sim 100\text{m/min}$,或更高。

3. 多轴联动功能

低档数控机床多为 2~3 轴联动;中、高档数控机床则都是 3~5 轴联动,或更多。

4. 显示功能

低档数控机床一般只有简单的数码显示或简单的阴极射线管(CRT)字符显示功能;中档数控机床有较齐全的 CRT 显示功能,如字符、图形、人机对话、自诊断等功能显示;高档数控机床还有三维动态图形显示功能。

5. 通信功能

低档数控机床无通信功能;中档数控机床有 RS-232C 或直接数控(DNC,也称群控)等接口。高档数控机床有制造自动化协议(MAP)等高性能通信接口,且具有联网功能。

数控机床按功能水平的另一种分类是将数控机床分为经济(简易)型、普及(全功能)型和高档型。全功能型机床并不追求过多功能,以实用为准,也称为标准型。经济型数控机床是根据实际机床的使用要求制造的,并合理地简化了系统,降低了价格。在我国,经济型数控机床是指装备了功能简单、价格低、使用方便的低档数控系统的机床,主要用于车床、线切割机床及其他普通机床的数控化改造等。

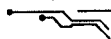
1.2.4 按加工方式分类

1. 金属切削类数控机床

如数控车床、数控钻床、数控磨床、数控铣床、数控齿轮加工机床、加工中心、虚拟轴加工机床等。

2. 金属成型类数控机床

如数控折弯机、数控弯管机、数控冲床、数控回转头压力机等。





3. 数控特种加工机床

如数控线切割机床、数控电火花成型机、数控激光切割机、数控火焰切割机等。

1.3 数控机床的发展与作用

1.3.1 数控机床的产生与发展

1946 年世界上第一台电子计算机问世,由此掀开了信息自动化的新篇章。1948 年美国北密歇根的一个小型飞机工业承包商帕森斯公司(Parsons Co.)在制造飞机的框架及直升机的转动机翼时,提出了采用电子计算机对加工轨迹进行控制和数据处理的设想,后来得到美国空军的支持,并与美国麻省理工学院(MIT)合作,于 1952 年研制出第一台三坐标数控铣床。1954 年年底,美国本迪克斯公司(Bendix Co.)在帕森斯专利的基础上生产出了第一台工业用的数控机床。这时数控机床的控制系统采用的是电子管,其体积庞大,功耗高,仅在一些军事部门中承担普通机床难以加工的形状复杂的零件。这是第一代数控系统。

1959 年晶体管出现,电子计算机应用晶体管元件和印制电路板,从而使机床数控系统跨入了第二代。而且 1959 年克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker Co., 简称 K&T 公司)在数控机床上设置刀库,并在刀库中装有丝锥、钻头、铰刀等刀具,根据穿孔带的指令自动选择刀具,并通过机械手将刀具装在主轴上,以缩短刀具的装卸时间和减少零件的定位装卡时间。人们把这种带自动交换刀具的数控机床称为加工中心(Machining Center, MC)。加工中心的出现,把数控机床的应用推上了一个更高的层次,集铣、钻、镗于一身,为以后立式、卧式加工中心,车削中心,磨削中心,五面体加工中心,板材加工中心的发展打下基础。

20 世纪 60 年代,出现了集成电路,数控系统发展到第三代。以上三代,都属于硬件逻辑数控系统(称为 NC)。由于点位控制的数控系统比轮廓控制的数控系统要简单得多,在该阶段,点位控制的数控机床得到大发展,有资料统计,到 1966 年,实际使用的 6000 台数控机床中,85%是点位控制的数控机床。1967 年,英国 Mollin Co. 将 7 台机床用计算机集中控制,组成柔性制造系统(FMS)。该系统首开柔性制造系统的先河,能执行生产调度程序和数控程序,具有工件储存、传送和检验自动化的功能。

随着计算机技术的发展,小型计算机应用于数控机床中,由此组成的数控系统称为计算机数控(CNC),数控系统进入第四代。20 世纪 70 年代初,微处理机出现,美、日、德等国都迅速推出了以微处理机为核心的数控系统,这样组成的数控系统称为第五代数控系统(MNC, 通称为 CNC)。自此,开始了数控机床大发展的时代。1974 年美国约瑟夫·哈林顿(Joseph Harrington)博士在 *Computer Integrated Manufacturing* 一书中首先提出了计算机集成制造(CIM)的概念,由此组成的系统称为计算机集成制造系统(CIMS)。其核心内容是:“企业生产的各环节,即从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务的全部生产活动是一个不可分割的整体,要紧密连接,统一考虑。整个生产过程实质上是一个数据的采集、传送和加工处理的过程。最终形成的产品可以看作数据的物质表现。”

进入 20 世纪 80 年代,微处理机升档更加迅速,因而极大地促进了数控机床向柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,

