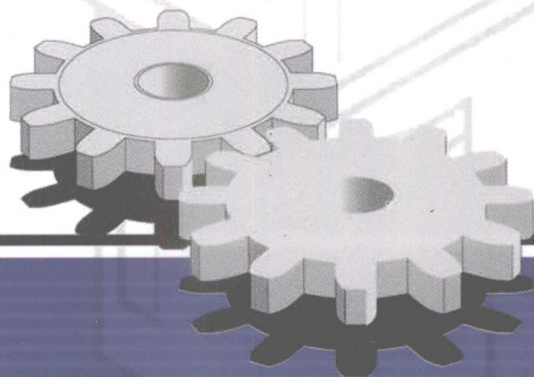


21世纪高等学校基础工业

CAD / CAM规划教材



数控技术

黄国权 主编 张立勋 主审



清华大学出版社

21 世纪高等学校基础工业 CAD/CAM 规划教材

数控技术

黄国权 主编

张立勋 主审

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了数控技术,内容包括数控机床的分类和特点、计算机控制装置、进给伺服系统、数控编程基础、数控编程技术。本书内容丰富,逻辑性强,结构严谨,体现了现代数控技术发展的成果。

本书可作为高等学校机械设计制造、自动化专业及某些大专院校机电类专业的教材,也可供从事现代制造及相关工程工作的技术人员阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控技术/黄国权主编. —北京:清华大学出版社,2008.12

(21世纪高等学校基础工业CAD/CAM规划教材)

ISBN 978-7-302-17867-5

I. 数… II. 黄… III. 数控机床 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第087971号

责任编辑:付弘宇 赵晓宁

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.75 字 数:465千字

版 次:2008年12月第1版 印 次:2008年12月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:025178-01

前 言

数控技术是现代先进制造技术的基础和核心。数控机床是电子信息技术和传统机械加工技术结合的产物,它集机械制造技术、信息技术、计算机技术、微电子技术和自动化技术等多学科为一体,具有高效率、高精度、高自动化和高柔性的特点,是当代制造业的重要装备。当今世界各国的制造业通过发展数控技术,建立数控机床产业,促使制造业跨入了一个崭新的发展阶段。

为了发展数控技术,培养数控技术人才,笔者编写了这本《数控技术》。在重视系统基础知识的同时,本书着重吸收现代国内外数控技术的新发展和新成果,力求做到内容的先进性、科学性和实用性,取材新颖、结构严谨、系统性强。

全书共分5章,第1章“绪论”简要介绍了数控技术、数控机床。第2章“计算机数控(CNC)装置”介绍了CNC装置的硬件结构、CNC装置的软件结构、CNC装置的刀具补偿、进给速度处理和加减速控制、CNC装置的插补原理(包括基准脉冲插补法、数据采样插补法)、CNC装置的接口电路、CNC系统中的可编程控制器(PLC)、开放式数控体系结构。第3章“进给伺服系统”介绍了检测装置(包括旋转变压器、感应同步器、计量光栅、编码器)、步进式伺服系统、直流伺服电机及其速度控制、交流伺服电机及其速度控制、位置控制系统、全数字控制伺服系统。第4章“数控编程基础”介绍了数控程序、坐标系统、数控编程的内容、数控编程的步骤、数控加工工艺分析、数控刀具(包括数控刀具的分类、数控刀具材料、数控车床刀具、数控铣床刀具等)、数控编程中的指令代码(包括准备功能字(G代码)、辅助功能字(M代码)、进给功能字(F代码)、主轴功能字(S代码)、刀具功能字(T代码)、刀具偏置字(D、H代码)等)。第5章“数控编程技术”介绍了数控车床编程、数控铣床和加工中心编程、轮廓控制系统编程、曲面轮廓加工技术、数控编程方法、语言编程技术、图形编程技术、数控程序的检验与仿真、典型软件的数控编程功能简介。

本书特别适合作为高等学校机械设计制造、自动化专业及某些大专院校机电类专业的教材,还适合于从事现代制造、有关工程的技术人员阅读。

全书由哈尔滨工程大学黄国权教授编写,哈尔滨工程大学博士生导师张立勋教授对全稿做了仔细的审阅,在此致以衷心感谢。

由于时间和水平有限,书中难免存在不足甚至错误,敬请读者批评指正。对本书有任何意见或建议,请发邮件至:fuhy@tup.tsinghua.edu.cn。

编者

2008年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 数控技术的几个概念	1
1.1.2 数控技术的组成	1
1.2 数控机床的工作原理与组成	2
1.2.1 数控机床的工作原理	2
1.2.2 数控机床的组成	3
1.3 数控机床的分类	4
1.3.1 按控制系统的特点分类	4
1.3.2 按伺服系统控制方式的分类	5
1.3.3 按工艺用途的分类	6
1.3.4 按数控系统功能水平的分类	7
1.4 数控机床的特点	7
1.5 数控技术的发展历史与发展趋势	8
1.5.1 数控机床的发展历史	8
1.5.2 数控系统的发展	10
1.5.3 数控技术的发展趋势	13
本章小结	16
复习题	17
第 2 章 计算机数控装置	18
2.1 概述	18
2.1.1 CNC 系统的组成	18
2.1.2 CNC 装置的组成与工作原理	18
2.1.3 CNC 装置的主要功能	20
2.1.4 CNC 装置的主要特点	22
2.1.5 CNC 装置的分类	23
2.2 CNC 装置的硬件结构	24
2.2.1 CNC 装置硬件结构的组成	25
2.2.2 CNC 装置硬件结构的类型	25
2.3 CNC 装置的软件结构	28
2.3.1 CNC 装置软件的组成	28

2.3.2	CNC 装置软件的特点	29
2.3.3	CNC 装置软件的工作过程	32
2.4	CNC 装置的刀具补偿	34
2.4.1	概述	34
2.4.2	B 功能刀具半径补偿	35
2.4.3	C 功能刀具半径补偿	36
2.5	进给速度处理和加减速控制	41
2.5.1	开环 CNC 系统的进给速度及加减速控制	41
2.5.2	闭环(或半闭环)CNC 系统的加减速控制	43
2.6	插补原理	47
2.6.1	概述	47
2.6.2	基准脉冲插补法	48
2.6.3	数据采样插补法	64
2.7	CNC 装置的接口	70
2.7.1	概述	70
2.7.2	键盘及显示器	70
2.7.3	机床开关及其接口	71
2.7.4	串行通信及接口	72
2.7.5	数控系统通信的 DNC 通信接口	75
2.7.6	网络通信接口	78
2.8	数控机床用可编程控制器(PLC)	79
2.8.1	概述	79
2.8.2	数控机床中 PLC 实现的功能	80
2.8.3	PLC 与 CNC 机床的关系	80
2.8.4	M、S、T 功能的实现	82
2.9	开放式数控体系结构	84
2.9.1	概述	84
2.9.2	开放式数控系统的定义及其基本特征	85
2.9.3	开放式数控系统的模式	87
2.9.4	开放式数控系统的结构	88
2.9.5	开放式数控系统面临的问题及发展趋势	90
	本章小结	92
	复习题	93
第 3 章	进给伺服系统	95
3.1	概述	95
3.1.1	数控机床进给伺服系统的发展情况	95
3.1.2	数控机床进给伺服系统的基本组成	96
3.1.3	数控机床对进给伺服系统的基本要求	97

3.1.4	数控机床伺服系统的分类	98
3.1.5	数控机床伺服系统的发展趋势	100
3.2	检测装置	102
3.2.1	概述	102
3.2.2	旋转变压器	103
3.2.3	感应同步器	106
3.2.4	计量光栅	108
3.2.5	编码器	110
3.3	步进式伺服系统	113
3.3.1	反应式步进电机的结构及工作原理	113
3.3.2	步进电机的选择	115
3.3.3	步进式伺服系统的工作原理	116
3.4	直流伺服电机及其速度控制	117
3.4.1	直流电机的工作原理	117
3.4.2	直流伺服电机的机械特性	118
3.4.3	直流伺服电机的调速原理与方法	119
3.4.4	直流伺服电机速度控制单元的调速控制方式	121
3.5	交流伺服电机及其速度控制	123
3.5.1	交流伺服电机的分类	123
3.5.2	永磁式交流伺服电机的工作原理	124
3.5.3	永磁同步伺服电机的性能	124
3.5.4	交流伺服电机的调速原理	125
3.5.5	交流伺服电机的速度控制单元	125
3.5.6	交流伺服电机的矢量控制调速	127
3.6	位置控制系统	133
3.6.1	相位比较伺服系统	133
3.6.2	幅值比较伺服系统	134
3.6.3	数字比较伺服系统	135
3.7	全数字控制伺服系统	136
3.7.1	伺服系统的三种基本控制方式	136
3.7.2	全数字控制伺服系统的特点	137
3.7.3	前馈控制简介	137
3.7.4	全数字伺服系统举例	138
	本章小结	140
	复习题	141
第4章	数控编程基础	142
4.1	数控编程的概述	142
4.1.1	数控程序	142

4.1.2	坐标系统	144
4.1.3	数控编程的内容	148
4.1.4	数控编程的步骤	148
4.2	数控加工工艺分析	150
4.2.1	数控加工工艺的基本特点	150
4.2.2	数控加工工艺的主要内容	150
4.2.3	合理选用数控机床	150
4.2.4	数控加工零件工艺性分析	151
4.2.5	加工方法的选择与加工方案的确定	152
4.2.6	工序与工步的划分	153
4.2.7	零件的安装与夹具的选择	155
4.2.8	对刀点与换刀点的确定	155
4.2.9	切削刀具的选择与切削用量的确定	156
4.2.10	加工路线的确定	159
4.2.11	数控编程误差及其控制	161
4.3	数控刀具	162
4.3.1	数控加工对刀具的要求	162
4.3.2	数控刀具的特点	163
4.3.3	数控刀具的分类	164
4.3.4	数控刀具材料	165
4.3.5	数控车床刀具	167
4.3.6	数控铣床刀具	178
4.4	数控编程中的指令代码	185
4.4.1	准备功能字(G代码)	185
4.4.2	辅助功能字(M代码)	189
4.4.3	进给功能字(F代码)	190
4.4.4	主轴功能字(S代码)	190
4.4.5	刀具功能字(T代码)	190
4.4.6	刀具偏置字(D、H代码)	191
本章小结	191
复习题	193
第5章	数控编程技术	195
5.1	数控车床编程	195
5.1.1	数控车床车削加工编程的特点	195
5.1.2	数控车床编程基础	195
5.1.3	数控车床编程坐标系统的确定	196
5.1.4	插补功能	200
5.1.5	螺纹切削指令(G32)	201

5.1.6	刀尖圆弧半径补偿	202
5.1.7	数控车床车削固定循环编程指令	203
5.1.8	车削加工编程举例	216
5.2	数控铣床和加工中心编程	224
5.2.1	数控铣床和加工中心编程特点	224
5.2.2	点位-直线控制系统编程	225
5.2.3	固定循环方式加工孔编程举例	232
5.2.4	子程序	233
5.3	轮廓控制系统编程	236
5.3.1	轮廓控制系统概述	236
5.3.2	轮廓控制系统的数学处理	236
5.3.3	直线-圆弧轮廓零件编程	237
5.3.4	数控铣削工件外轮廓编程实例	239
5.3.5	非圆曲线轮廓零件编程	246
5.3.6	非圆曲线轮廓零件编程举例	253
5.4	曲面轮廓加工技术	256
5.4.1	复杂形状零件的几何建模	256
5.4.2	复杂形状零件数控加工工艺方案	258
5.5	数控编程方法	259
5.5.1	手工编程	259
5.5.2	自动编程	260
5.5.3	计算机辅助数控加工编程的一般原理	261
5.6	APT 语言编程技术概述	261
5.6.1	APT 语言自动编程的过程	261
5.6.2	APT 语言系统的系统程序	262
5.6.3	APT 语言系统的特点	264
5.7	图形编程技术概述	264
5.7.1	图形编程的概念、特点及系统组成	264
5.7.2	图形编程的基本原理	265
5.7.3	叶轮叶片的数控编程例题	266
5.8	数控程序的检验与仿真	274
5.8.1	刀位轨迹仿真法	274
5.8.2	三维动态切削仿真法	276
5.8.3	虚拟加工仿真法	276
5.9	典型软件的数控编程功能简介	277
5.9.1	I-DEAS 软件	277
5.9.2	UG (Unigraphics) 软件	277
5.9.3	Pro/Engineer 软件	278
5.9.4	CAXA 制造工程师 2006	279

5.9.5 Cimatron 软件	281
5.9.6 CATIA 软件	282
本章小结	282
复习题	283
参考文献	287

第 1 章 绪 论

1.1 概述

数控技术 (Numerical Control Technology), 是现代先进制造技术 (Advanced Manufacturing Technology, AMT) 的基础和核心。数控机床 (Numerical Control Machine) 是电子信息技术和传统机械加工技术结合的产物, 它集机械制造技术、信息技术、计算机技术、微电子技术和自动化技术等多学科为一体, 具有高效率、高精度、高自动化和高柔性的特点, 是当代制造业的重要装备。当今世界各国制造业通过发展数控技术, 建立数控机床产业, 促使制造业跨入了一个崭新的发展阶段, 从而提高了制造能力和水平, 增强了发展经济的适应能力和竞争能力。总之, 大力发展以数控技术为核心的先进制造技术, 已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

1.1.1 数控技术的几个概念

数控技术, 它是用数字化信号对机床运行及其加工过程进行控制的一种方法, 简称数控 (Numerical Control, NC)。

数控系统 (Numerical Control Systems), 根据 ISO 的定义: “数控系统是一种控制系统, 它自动阅读输入载体上事先给定的数字, 并将其译码, 从而使机床移动和加工零件”。

数控机床是一种装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理代码或其他符号编码指令编排的程序。

1.1.2 数控技术的组成

数控技术由机床本体、数控系统及外围技术三部分组成, 如图 1-1 所示。

机床本体主要由床身、立柱、导轨、工作台等基础件和刀架、刀库等配套件组成。

数控系统由输入输出设备、计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 装置、可编程控制器 (Programmable Logic Control, PLC) 及主轴伺服驱动装置、进给伺服驱动装置以及测量装置等组成, 其中计算机数控装置是数控系统的核心。

外围技术主要包括工具技术 (主要指刀具系统)、编程技术和管理技术。

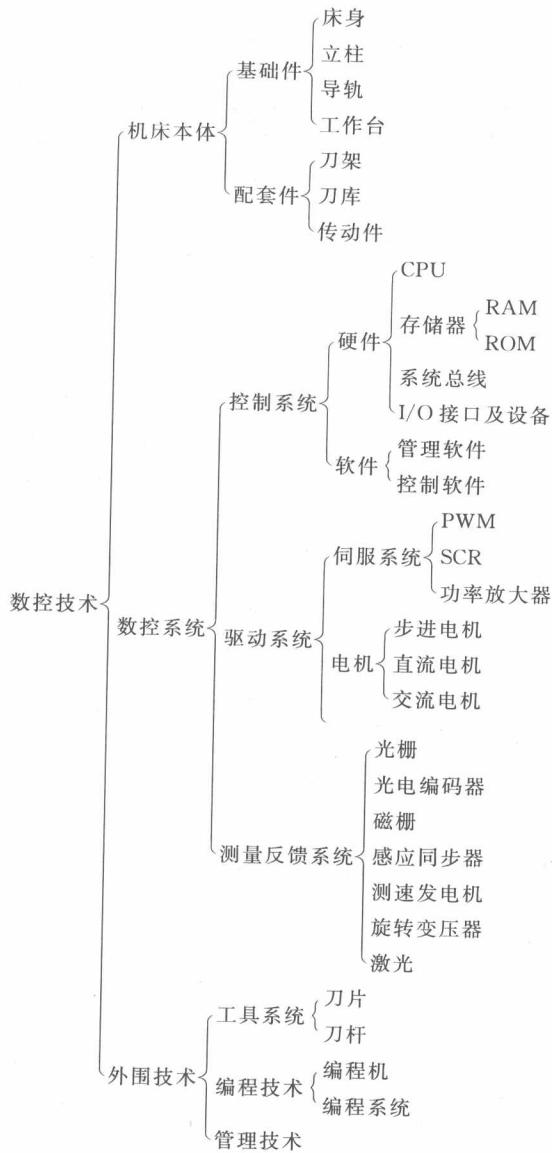


图 1-1 数控技术的组成

1.2 数控机床的工作原理与组成

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床的工作原理是：首先按照零件加工的技术和工艺要求编写零件加工程序，然后将加工程序输入到数控装置，最后通过数控装置控制主轴的转动、进给运动、更换刀具以及工件的夹紧与松开、冷却润滑泵的开与关，使刀具、工件和其他辅助装置按加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作，从而加工出符合图纸要求的零件。

1.2.2 数控机床的组成

数控机床一般由程序载体、输入装置、数控装置、伺服驱动系统、强电控制装置、位置检测装置、机床(主运动机构、进给运动机构、辅助动作机构)组成。图 1-2 为数控机床组成的框图。

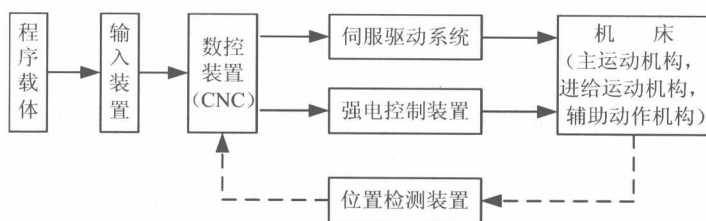


图 1-2 数控机床的组成

1. 程序载体

程序载体是对数控机床进行控制,建立人与数控机床某种联系的媒介物。在程序载体上存储加工零件所需要的全部几何信息和工艺信息,它可以是穿孔纸带、磁盘等。采用哪一种存储载体,取决于数控装置的设计类型。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控装置内。根据程序存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、软盘驱动器等。有些数控机床,不用任何程序存储载体,而是将数控程序单的内容通过数控装置上的键盘,用手工方式(MDI 方式)输入,或者将数控程序由编程计算机用通信方式传送到数控装置。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它接收输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令以控制机床的各个部分,进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是由插补运算决定的各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给位移量、进给方向和速度的指令,经伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动。其他还有主运动部件的变速、换向和启停信号,选择和交换刀具的刀具指令信号,控制冷却、润滑的启停,工件和机床部件松开、夹紧,分度工作台转位等辅助指令信号等。

4. 伺服驱动系统

伺服驱动系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置(电机)组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它根据数控装置发来的速度和位移指令控制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。伺服驱动系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服驱动系统中,还得使用位置检测装置,间接或直接测量执行部件的实际进给位移,以与指令位移进行比较,按闭环原理,将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动。它是机床工作的动力装置,CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施,所以伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上

上说,数控机床功能的强弱主要取决于 CNC 装置,而数控机床性能的高低主要取决于伺服驱动系统。

5. 强电控制装置

强电控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统,其主要作用是接收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,经必要的编译、逻辑判断、功率放大后,直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件,以完成指令所规定的动作。此外,还有行程开关和监控检测等开关信号也要经过强电控制装置送到数控装置进行处理。

6. 检测装置

检测装置也称反馈元件,通常安装在机床的工作台或丝杠上,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛,它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置,供 CNC 装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动。因此,检测装置是高性能数控机床的重要组成部分。此外,由检测装置和显示环节构成的数显装置,可以在线显示机床移动部件的坐标值,极大地提高工作效率和工件的加工精度。

7. 机床的机械部件

数控机床的机械部件包括主运动部件,进给运动执行部件(如工作台、拖板及其传动部件和床身立柱等支承部件)。此外,还有冷却、润滑、排屑、转位和夹紧等辅助装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床机械部件的组成与普通机床相似,但传动结构要求更为简单,在精度、刚度、抗震性等方面要求更高,而且其传动和变速系统要便于实现自动化控制。

1.3 数控机床的分类

数控机床的品种规格很多,可以从不同的角度进行分类,常用的分类方法有按控制系统的特点分类、按伺服系统控制方式分类、按工艺用途分类和按数控系统的功能水平分类,如表 1-1 所示。

表 1-1 数控机床的分类

分类方法	数控机床类型		
	按控制系统的特点	点位控制数控机床	直线控制数控机床
按伺服系统控制方式	开环控制系统	半闭环控制系统	闭环控制系统
按工艺用途	金属切削数控机床	金属成形数控机床	数控特种加工机床
按数控系统的功能水平	经济型数控机床	普及型数控机床	高档型数控机床

1.3.1 按控制系统的特点分类

按数控机床运动轨迹的控制系统的特点分类,可将数控机床分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床三种类型。

1. 点位控制(Point to Point Control)数控机床

这类数控机床的主要特点是只控制刀具(或工作台)从一点移动到另一点的准确定位,数控机床移动部件在移动中不进行加工,只要求以最快的速度从一点移动到另一点。至于点与点之间的移动轨迹(路径与方向)并无严格要求,各坐标轴之间的运动并不相关。例如数控钻床、数控镗床、数控冲床等。

2. 直线控制(Line Control)数控机床

这类机床是在点位控制基础上,除控制点与点之间的准确定位外,还要求从一点到另一点之间按直线移动、按指定的进给速度作直线切削。例如平面铣削的数控铣床、阶梯车削的数控车床、磨削加工的数控磨床,按指定的进给速度作直线切削。

3. 轮廓控制(Contouring Control)数控机床

轮廓控制数控机床也称为连续控制数控机床,其特点是能够同时对两个或两个以上运动坐标位移和速度进行连续相关控制,不仅要控制起点、终点坐标的准确性,而且对每瞬时的位移和速度进行严格的不间断的控制,使刀具与工件间的相对运动符合工件加工轮廓的表面要求。例如,具有两坐标或两坐标以上联动的数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。目前的大多数金属切削机床的数控系统都是轮廓控制系统。

1.3.2 按伺服系统控制方式的分类

伺服系统控制是指由数控装置发出脉冲或电压信号,通过伺服系统控制机床各运动部件运动。数控机床按伺服系统控制方式分类有三种形式:开环控制数控机床、闭环控制数控机床和半闭环控制数控机床。

1. 开环控制(Open Loop Control)数控机床

这类机床的伺服进给系统中没有位移检测反馈装置,控制系统采用步进电机,输入数据经过数控系统运算,输出指令脉冲控制步进电机工作,然后通过机械传动系统转换成刀架或工作台的位移,如图1-3所示。这种控制系统由于没有检测反馈校正,对执行机构不检测,无反馈控制信号,因此称之为开环控制系统。开环控制系统的设备成本低,位移精度一般不高,工作速度受到步进电机的限制。但其控制方便,结构简单,价格便宜,在我国广泛用于经济型数控机床或旧设备的数控改造中。



图 1-3 开环控制数控机床

2. 闭环控制(Closed Loop Control)数控机床

这类机床又称全闭环控制机床,其检测装置安装在机床刀架或工作台等执行部件上,用以直接检测这些执行部件的实际运行位置(直线位移),反馈给数控装置,将其与数控装置的指令位置(或位移)相比较,用比较的误差值控制伺服电机工作,直至到达实际位置,误差值

消除,因此称之为闭环控制,如图 1-4 所示。闭环控制系统绝大多数采用伺服电机,有位置测量元件和位置比较电路,直接检测校正,位置控制精度很高。但由于它将滚珠丝杠螺母副及机床工作台这些大惯量环节放在闭环之内,因此系统稳定性会受到影响,调试困难,而且设备的结构复杂,成本高。

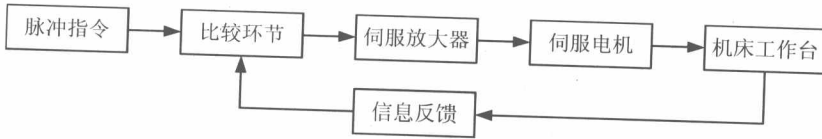


图 1-4 闭环控制数控机床

3. 半闭环控制(Semi-closed Loop Control)数控机床

这类机床的位置检测元件安装在伺服电机上,通过测量伺服电机的角位移间接计算出机床工作台等执行部件的实际位置(或位移),反馈至位置比较电路,与指令中的位移值相比较,用比较的误差值控制伺服电机工作。这种系统用推算方法间接测量工作台位移,不能补偿数控机床传动链零件的误差,因此称之为半闭环控制系统,如图 1-5 所示。由于它将丝杠螺母副及机床工作台等大惯量环节排除在闭环控制系统之外,不能补偿它们的运动误差,因此精度受到影响,但系统稳定性有所提高,调试比较方便。半闭环控制系统的控制精度高于开环控制系统,调试比闭环控制系统容易,设备的成本介于开环与闭环控制系统之间。

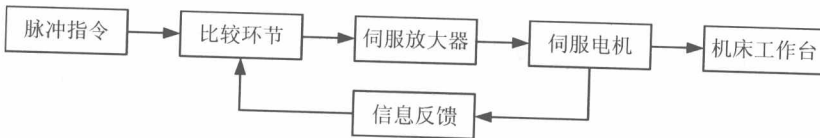


图 1-5 半闭环控制数控机床

1.3.3 按工艺用途的分类

按工艺用途可把数控机床分为金属切削数控机床、金属成形数控机床和特种数控加工机床。

1. 金属切削数控机床

其加工原理是用切削刀具对零件进行切削加工,如数控车床、数控铣床、加工中心、车削中心等各种普通数控机床。

2. 金属成形数控机床

金属成形数控机床是指使用挤、冲、压、拉等成形工艺的数控机床,如数控压力机、数控折弯机、数控弯管机等。

3. 特种数控加工机床

这类机床包括数控线切割机床、数控电火花成形加工机床、数控激光切割机床、数控火焰切割机床等。

1.3.4 按数控系统功能水平的分类

按照数控系统的功能水平,数控机床可以分为经济型(低档或简易型)、普及型(中档型)和高档型三种类型。这种分类方法没有明确的定义和确切的分类界限,不同的国家分类的含义也不同,且数控技术在不断发展,不同时期的含义也在不断发展变化。下面的论述仅作为功能水平分类的参考条件。

1. 经济型数控机床

这类机床的驱动元件一般是由步进电机实现的开环驱动,控制轴数为3轴或3轴以下,脉冲当量或进给分辨率为 $10\sim 5\mu\text{m}$,快速进给速度可达 $10\text{m}/\text{min}$ 。数控系统多为8位单板机或单片机,用数码管显示,一般不具备通信功能。这类机床结构一般比较简单,精度中等,能满足加工形状比较简单的直线、斜线、圆弧及螺纹,价格比较便宜。

2. 普及型或中档型数控机床

这类机床采用直流或交流伺服电机实现半闭环驱动,能实现4轴或4轴以下联动控制,进给分辨率为 $1\mu\text{m}$,快进速度可达 $15\sim 24\text{m}/\text{min}$,一般采用16或32位处理器,具有RS-232C通信接口、图形显示功能及面向用户宏程序功能。此类数控机床的品种很多,几乎覆盖了各种机床类型,其发展趋势是趋向于简单、实用,不追求过多功能,保持价格适当且不断有所降低。

3. 高档型数控机床

高档型数控机床指加工复杂形状的多轴联动数控铣床或加工中心,功能强、工序集中、自动化程度高、具有高柔性。一般采用64位以上微处理器,形成多CPU结构。采用数字化交流伺服电机形成闭环驱动,并开始使用直线伺服电机,具有主轴伺服功能,能实现5轴以上联动,最高分辨率可达 $0.1\mu\text{m}$ 或更小,最大快进速度可达 $100\text{m}/\text{min}$ 以上;具有三维动画功能进行加工仿真检验和宜人的图形用户界面,同时还具有多功能智能监控系统 and 面向用户的宏程序功能,有很强的智能诊断和智能工艺数据库,能实现加工条件的自动设定,且实现计算机联网和通信。

1.4 数控机床的特点

与普通机床相比,数控机床具有以下特点。

1. 加工精度高、加工质量稳定

数控机床有较高的加工精度,一般在 $0.005\sim 0.1\text{mm}$ 之间,数控机床的加工精度不受零件复杂程度的影响。机床加工精度在很大程度上取决于进给传动的位置精度。数控机床的进给传动为数字式伺服传动,它能保证运动参数,如位移、速度的准确性。此外,传动链短,传动机构精密、高效,也极大地提高了传动的精度。因此,数控机床具有较高的加工精度。

数控加工过程,对于同一批零件,由于使用同一机床和刀具以及同一加工程序,刀具的