

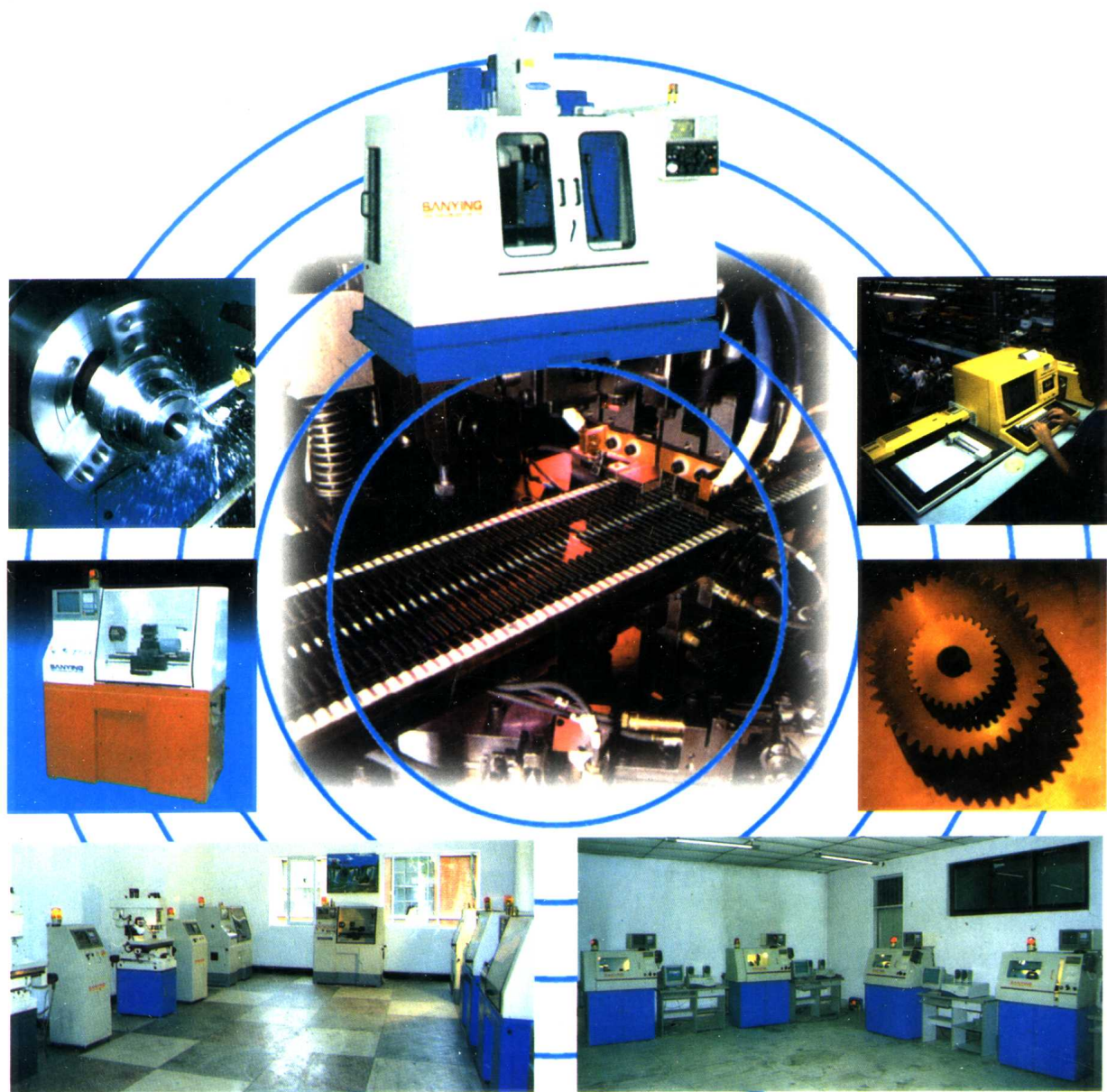
供大专 高职 中专使用

现代数控机床

实用教程

王宝成 主编

吴联兴 刘凤仙 副主编



供大专、高职、中专使用

现代数控机床实用教程

王宝成 主编

吴联兴 刘凤仙 副主编

天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床实用教程/王宝成主编. —天津:天津科学技术出版社, 2000.10(2004.1 重印)

ISBN 7-5308-2910-6

I. 现... II. 王... III. 数控机床—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 45034 号

责任编辑:费晶玲

版式设计:雒桂芬

责任印制:张军利

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051 电话 (022)23332393

网址:www.tjkjbs.com.cn

天津市武清区永兴印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 423 000

2000 年 10 月第 1 版

2004 年 1 月第 2 次印刷

定价:30.00 元

前 言

随着现代科学技术的发展,数控技术在机械制造领域中日益普及与提高,各种类型的数控机床在生产中得到越来越广泛的应用。目前,数字控制系统已由微机数控系统所替代,系统可靠性大大提高,灵活性增强,而且造价低廉,便于实现网络化管理。

为了适应新技术的发展,各高校本科、专科,高职、高专相继进行了专业设置的改造,增加了机电专业和数控专业,并开设了数控机床课程。为满足各大专、高职、中专数控机床教学的需要,我们组织了多年从事数控机床实践且教学经验丰富的教授、讲师,编写了《现代数控机床实用教程》。

本书主要特点是加强基础理论学习的同时,突出数控编程方法和数控机床实验方法等内容的学习与应用,通过对各种简单、复杂形状零件的编程学习和上机加工综合实训,使学生达到了既懂得理论知识,又能有较强实际动手能力和上机操作能力。本书力求文字简练、通俗易懂、图文并茂,每章后附思考题与练习题便于自学。可作大专、高职、中专等数控专业学生的教科书,亦可作相关教师的参考书。

全书分三大部分,第一部分讲述数控机床的工作原理、数控系统和机床结构;第二部分详细地讲述了数控编程的基本知识,数控车床、数控铣床,加工中心手工编程方法和自动编程方法;第三部分,讲述了数控实验系统、数控车床、数控铣床实验方法及自动编程实验方法等,同时也阐述了数控机床的保养方法及常见故障的排除与维护。

本书由王宝成任主编,吴联兴、刘凤仙任副主编。第一、六章由王宝成编写,第二、三、五章由李桂云编写,第四章由张秋菊编写,第七章由肖卫宁编写,第三章的第四、五节和第四章的第四节由李刚编写,第八章由孟真编写。在全书编写过程中,田亮、李铮做了大量的工作。

本书由陈志强教授担任主审。

在本书的编写过程中,天津三英新技术发展有限公司何其行总经理始终给予了精神和物质方面的全力支持,并提供了全新的技术资料 and 实验设备,在此深表谢意。

由于参编人员水平有限,时间仓促,书中错误、缺点在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2000. 8. 于天津

目 录

第一章 数控机床概述	1
第一节 数控机床及其特点	1
一、数控机床的基本概念	1
二、数控机床的特点	1
第二节 数控机床的工作原理、组成及其分类	2
一、数控机床的工作原理	2
二、数控机床的组成	3
三、数控机床的分类	4
四、数控机床的坐标系	5
第三节 数控技术的发展	7
一、柔性制造系统	7
二、计算机集成制造系统	8
思考题与练习题	8
第二章 数控车床的典型结构	9
第一节 数控车床概述	9
一、数控车床的主要组成	9
二、数控车床的分类	10
三、数控车床的用途和加工特点	11
四、MJ-50 数控车床的用途、布局及技术参数	11
第二节 数控车床的主运动与主轴结构	13
一、数控机床主轴的变速形式	13
二、主轴部件	14
第三节 数控车床的进给传动系统	17
一、数控机床进给传动系统的要求	17
二、滚珠丝杠副	18
三、传动齿轮间隙调整机构	22
四、导轨	25
五、MJ-50 数控车床的进给传动系统及传动装置	28
第四节 自动换刀装置	32

一、回转刀架换刀	32
二、更换主轴头换刀	35
思考题与练习题	36
第三章 数控铣床与加工中心的典型结构	37
第一节 数控铣床概述	37
一、数控铣床的主要组成	37
二、数控铣床的特点	37
三、XK5040A 型数控铣床的用途、布局及技术参数	38
第二节 数控铣床的传动系统与结构	40
一、数控铣床的传动系统	40
二、数控铣床特有的结构	40
第三节 回转进给系统的典型结构	43
一、数控回转工作台	44
二、分度工作台	45
第四节 加工中心概述	49
一、加工中心的组成结构	49
二、加工中心的分类	49
第五节 立式加工中心简介	51
一、机床的用途、布局	51
二、机床主轴部件	52
思考题与练习题	58
第四章 数控系统	60
第一节 数控机床的位置传感器	60
一、概述	60
二、光栅	61
三、磁栅	63
四、编码器	65
五、旋转变压器	66
六、感应同步器	69
第二节 数控机床伺服系统	72
一、伺服系统概述	72
二、伺服系统的执行元件	73
三、常见数控机床伺服系统	80
第三节 插补原理与计算	83
一、插补的基本概念	83
二、逐点比较插补法	84
三、数字积分插补法	87

第四节 数控机床的接口	95
一、键盘输入及接口	95
二、显示器及其接口	96
三、通信接口	99
四、I/O 并行接口	102
思考题与练习题	106
第五章 数控机床的维护保养及常见故障处理	108
第一节 数控机床的维护保养	108
一、数控机床的使用要求	108
二、数控机床的维护保养	108
第二节 数控机床的常见故障及处理	110
一、故障与可靠性	110
二、故障分类	111
三、故障诊断及处理的基本原则	111
四、常见故障的诊断和处理	112
思考题与练习题	118
第六章 数控编程的基本知识	119
第一节 数控编程概述	119
一、数控编程的内容与方法	119
二、程序的结构与格式	120
三、程序编制中的坐标系	121
四、准备功能和辅助功能代码	123
第二节 程序编制中的工艺分析	126
一、数控加工工艺的主要内容	126
二、工序划分原则	127
三、零件装夹	127
四、加工路线的确定	127
五、选择刀具和切削用量	128
六、工艺文件编制	129
第三节 程序编制中的数值计算	131
一、数值计算的内容	131
二、由直线和圆弧组成零件轮廓的基点计算	132
三、非圆曲线节点坐标计算	136
四、程序编制中的误差处理	137
思考题与练习题	138
第七章 数控机床程序的编制	139
第一节 数控车床程序编制	139

一、数控车床编程基础	139
二、数控车床基本编程指令及编程方法	141
第二节 数控铣床程序编制	175
一、数控铣床编程基础	175
二、数控铣床基本编程指令和编程方法	179
第三节 加工中心程序的编制	201
一、加工中心机床坐标系统	201
二、加工中心基本功能	203
三、加工中心基本编程方法	205
第四节 自动编程	209
一、自动编程概念	209
二、MASTER CAM 软件自动编程	210
思考题与练习题	212

第八章 数控机床实验

222

第一节 数控实验室系统	222
一、各种类型数控机床的规格	222
二、三英 DNC 系列数控软件	224
三、三英 2000 型车、铣两用数控编程模拟器	225
四、数控实验室系统设备的特点	226
第二节 数控编程模拟器(数控系统)操作方法	226
一、2000 型车、铣两用数控编程模拟器组成和各部作用	226
二、编程模拟器(数控系统)的操作	228
第三节 数控车削实验方法	241
一、数控车削实验前的准备	241
二、数控车削实验方法	243
三、数控车削加工实验实例	244
第四节 数控铣削加工的实验方法	251
一、数控铣削加工实验前的准备	251
二、数控铣削实验方法	252
三、数控铣削加工实验实例	253
第五节 计算机自动编程实验方法	263
一、使用 Corel DRAW6.0 生成加工图形的方法	263
二、用数控铣床铣字的实验方法	265
三、计算机自动编程及实时加工实验	266
思考题与练习题	267

第一章 数控机床概述

第一节 数控机床及其特点

一、数控机床的基本概念

数控是数字控制(Numerical Control)的简称或称 NC,其含义是用以数字和符号构成的数字信息自动控制机床运转。简言之,数控机床就是装备数控装置的机床,也称 NC 机床。

随着科学技术的进步,数控机床得到了飞速发展。机械装备日新月异,机械产品日趋精密、复杂。特别在宇航、造船、精密仪器、军事工业、计算机工业等行业,机械零件要求精度高、形状复杂、批量小、加工困难、生产效率低等,这一系列问题只有采用了数控机床才会得到解决。

数控机床发展到今天,完全依赖于数控系统的发展。自 1952 年美国研制成功第一台数控机床诞生起已经经历了几代的变化。

第一代数控:1952 ~ 1959 年采用电子管元件构成的专用数控装置(NC);

第二代数控:1959 ~ 1964 年采用晶体管电路的 NC 装置;

第三代数控:1965 ~ 1970 年采用小、中规模集成电路的 NC 装置;

第四代数控:1971 ~ 1974 年采用大规模集成电路的小型通用电子计算机控制的系统(CNC);

第五代数控:自 1974 年开始采用微型电子计算机控制的系统(MNC);

目前,数控系统以价格低廉、工作可靠为数控机床的发展开辟了广阔天地。

二、数控机床的特点

(一)生产柔性大

在数控机床上加工不同零件时,只需改变加工程序,而不需要制造或更换许多工具、模具和夹具。因此数控机床特别适合于单件和中小批量的生产。

(二)加工精度高

数控机床由精密机械和自动化控制系统组成,所以,数控机床具有很高的控制精度和制造精度;数控机床的自动加工方法消除了操作者的人为误差,提高了同一批零件加工尺寸的一致性,使加工质量稳定,产品合格率高。

(三)生产效率高

数控机床具有良好的刚性,可以采用较大的切削用量,并且又是自动进行加工,节省了机动时间;数控机床通常不需要专用的工夹具,因而可省去工夹具的设计和制造时间;所以,数控

机床的生产效率高。

(四)减轻劳动强度、改善劳动条件

数控机床是按照预先编好的程序自动完成加工的,操作者只操作键盘、装卸零件和观察监视加工过程,不需要进行繁重的、重复性的手工操作。

(五)良好的经济效益

数控机床可以提高产品质量,降低材料及其资源损耗,降低生产成本;可以缩短产品开发的周期,降低生产设备投资的费用,提高生产率。

第二节 数控机床的工作原理、组成及其分类

一、数控机床的工作原理

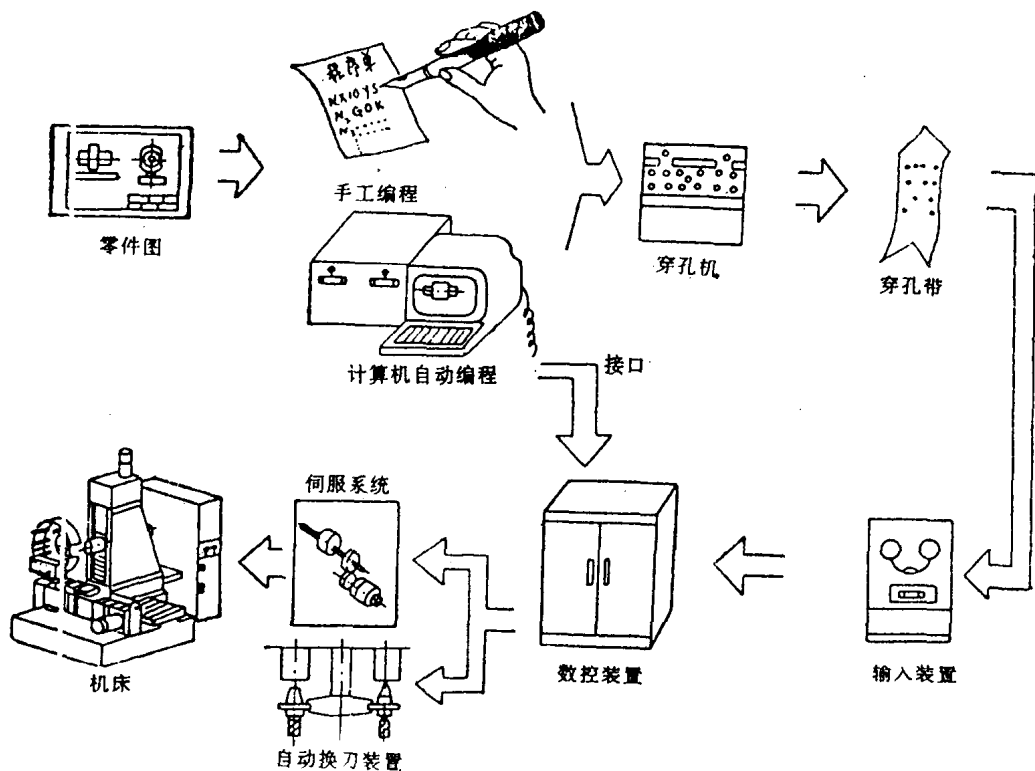


图 1-1 数控机床的工作原理示意图

数控机床其工作原理如图 1-1 所示。首先将被加工的零件的状态、尺寸及工艺要求等,采用手工或计算机进行零件的程序编制,把加工零件所需机床的各种动作及工艺参数变成数控装置所能接受的程序代码,并将这些程序代码存储在程序载体上(纸带、磁带、光盘等),然后,经输入装置,读出信息并送入数控装置。当程序载体为纸带时,用光电读带机输入。若程序载体为磁盘或光盘,可用驱动器输入,或用计算机和数控机床的接口直接进行通信。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算变成脉冲信号,有的脉冲信号送到机床的伺服系统,经传动机

构驱动机床有关部件;有的脉冲信号送到可编程序控制器中,按顺序控制机床的其它辅助动作如工件夹紧、松开、冷却液的开闭、刀具的自动更换等。

二、数控机床的组成

数控机床由机床、数控系统和外围技术组成。如图 1-2 所示。

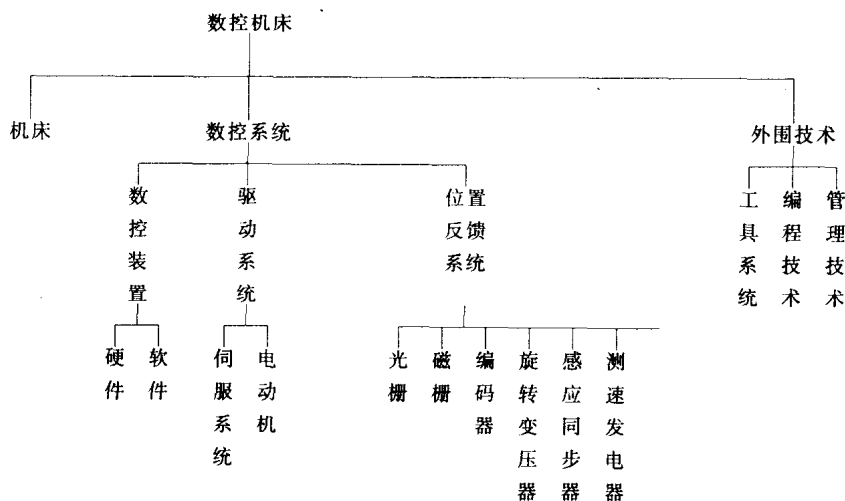


图 1-2 数控机床的组成

数控机床的种类很多,其基本结构分成以下几部分,如图 1-3 所示。

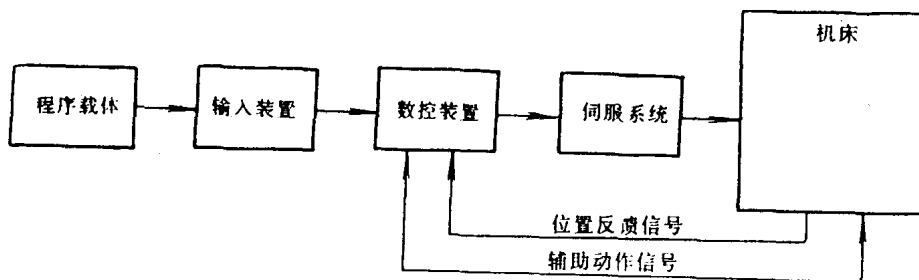


图 1-3 数控机床基本结构图

(一)程序载体

在加工过程中,机床的全部动作过程和刀具相对于工件的运动轨迹都是通过编制加工程序,以一定的格式和代码存储在一种载体上,如穿孔纸带、磁带、磁盘等。

(二)输入装置

输入装置的作用是将程序载体内有加工的信息输入到数控装置。根据程序载体的不同,输入装置可以是光电阅读机、录音机或软盘驱动器等。

现代数控机床,可以利用机床上的显示屏及键盘手动输入加工程序指令(即 MDI 方式输入);还可以利用 CAD/CAM 软件在计算机上编程,然后通过计算机用通讯方式将程序传送到数控装置。

(三) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,数控装置通常由专用(或通用)计算机、输入输出接口板及机床控制器等组成。其功能是完成输入信息的存储、数据的变换、插补运算及实现各种控制。

(四) 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构,其作用是来自数控装置的信号转化为机床移动部件的运动,伺服系统的性能影响机床加工精度、零件的表面质量和生产率的高低。

(五) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部分。与传统机床相比,具有结构简单、精度高、结构刚性好、可靠性高和传动效率高等特点。

三、数控机床的分类

数控机床的种类很多,常见的分类有以下几种。

(一) 按工艺用途分类

1. 普通数控机床 包括数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床等,而且每种类型中又有很多品种。

2. 加工中心机床 加工中心是在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置,工件经一次装夹后,数控装置就能控制机床自动地更换刀具,连续地对工件各加工面自动完成加工。

3. 多坐标数控机床 数控装置可同时控制的坐标轴数超过3时的数控机床称为多坐标数控机床。多坐标数控机床常见的是4~6个坐标,能加工复杂形状的零件。

4. 数控特种加工机床 如线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

(二) 按控制运动方式分类

1. 点位控制数控机床 数控装置只控制移动部件从一个位置(点)精确地移到另一个位置(点),而对它们的运动轨迹没有严格要求,在移动过程中不进行任何加工。如图1-4a所示,常见的有数控钻床、数控冲床等。

2. 直线控制数控机床 直线控制数控机床的数控装置不仅要控制两点间的准确位置,还要控制移动速度和轨迹。在刀具相对于工件移动时进行切削加工,其轨迹是平行机床各坐标轴的直线。如图1-4b所示,常见的有数控车床、数控磨床和数控镗铣床等。

3. 连续控制数控机床 连续控制数控机床的数控装置能够同时对两个或两个以上坐标的位移和速度进行连续相关的控制,使其加工出符合图纸要求的复杂形状的零件。如图1-4c所示,常见的有数控车床、数控铣床、加工中心等。

(三) 按伺服系统的控制方式分类

1. 开环控制系统的数控机床 开环控制系统的数控机床没有检测反馈装置,通常使用功率步进电动机作为执行元件。机床加工精度低,但是由于系统结构简单,系统平稳,容易调试,成本低,所以使用较广泛。

2. 闭环控制系统的数控机床 闭环控制系统的数控机床在机床移动部件上装有位置检测装置,在加工中,随时将测量到的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用其差值进行控制,直到实现位移部件的最终精确定位。其特点是加工精度很高,但设计和调整困难,主要用于一些精度要求较高的镗铣床、超精车床和加工中心等。

3. 半闭环控制系统的数控机床 将位置检测元件安装在驱动电动机或传动丝杠的端部,

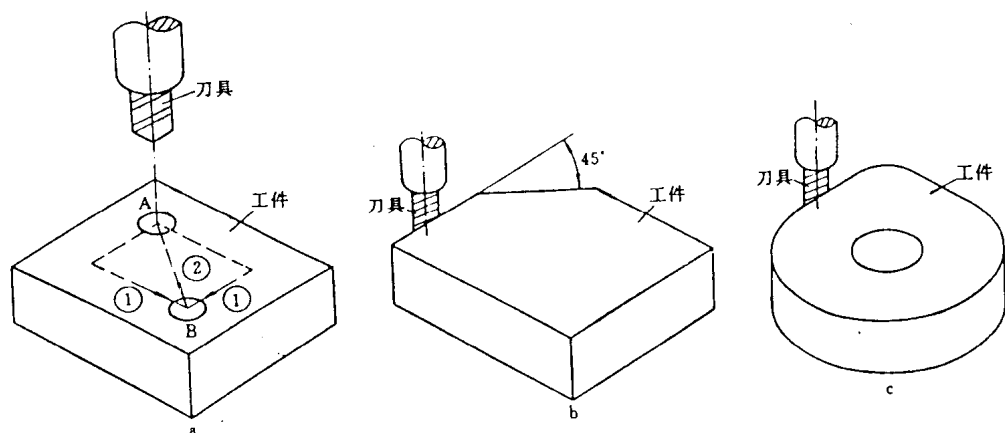


图 1-4 控制运动方式

a. 点位控制

b. 直线控制

c. 连续控制

间接测量执行部件的实际位置或位移。其精度低于闭环系统,但测量装置结构简单,安装调试方便。常用于中档数控机床。

(四)按功能水平分类

1. 经济型数控机床 经济型数控机床指采用单片机或单板机与步进电动机组成数控系统的数控机床。其功能简单,价格便宜,适用于自动化程度要求不高的场合。
2. 标准型数控机床 这类数控机床的功能较全,价格适中,应用较广。
3. 多功能型数控机床 这类数控机床的功能齐全,价格较贵。

四、数控机床的坐标系

机床的运动形式是多种多样的,为了描述刀具与零件的相对运动、简化编程,我国已根据 ISO 标准统一规定了数控机床坐标轴的代码及其运动方向。

(一)坐标系建立的原则

1. 刀具相对于静止的零件而运动的原则 由于机床的结构不同,有的是刀具运动,零件固定;有的是刀具固定,零件运动等等。为了编程方便,一律规定为零件固定,刀具运动。
2. 标准坐标系采用右手直角笛卡尔坐标系,如图 1-5 所示 在图中,大拇指的方向为 X 轴的正方向;食指为 Y 轴的正方向;中指为 Z 轴的正方向。
3. 增大零件和刀具之间距离的运动方向为坐标轴的正方向。

(二)数控机床的坐标系

1. Z 坐标 以传递切削力的主轴为 Z 轴。例如:车床、磨床的 Z 轴是带动零件旋转的主轴;钻床、铣床、镗床的 Z 轴是带动刀具旋转的主轴。若机床上没有主轴(如刨床),则 Z 轴垂直于零件装夹面。

2. X 坐标 X 坐标是水平的,平行于零件的装夹面。对于零件旋转的机床(如车床、磨床), X 坐标的方向是在零件的径向上,且平行于横滑座。刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向,如图 1-6 所示。对于刀具旋转的机床(如铣床、镗床、钻床等),如 Z 轴是垂直的,从主轴向立柱看, X 运动的正方向指向右方,如图 1-7 所示。如 Z 轴是水平的,从主轴向零件看,

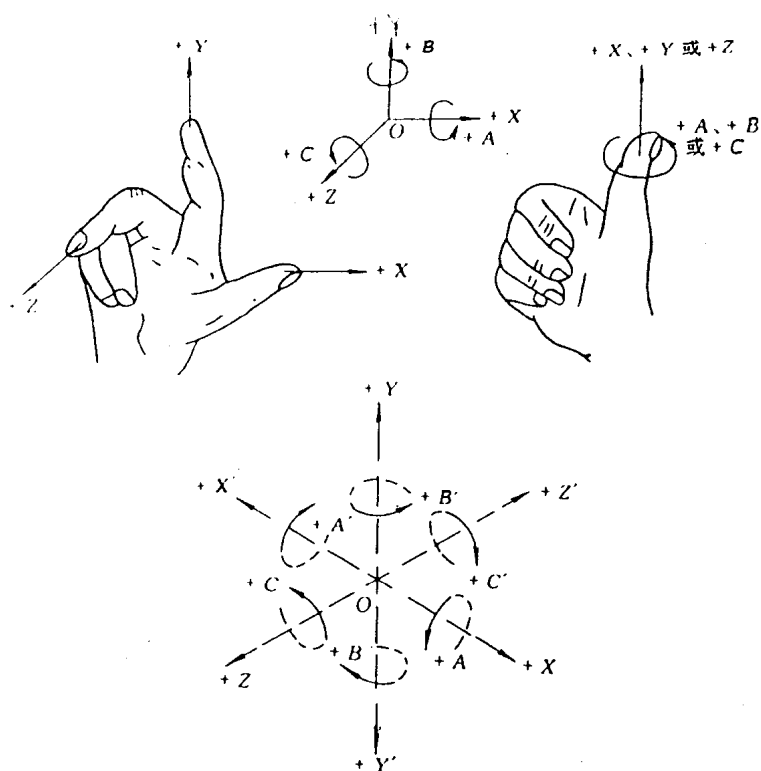


图 1-5 右手直角笛卡儿坐标系

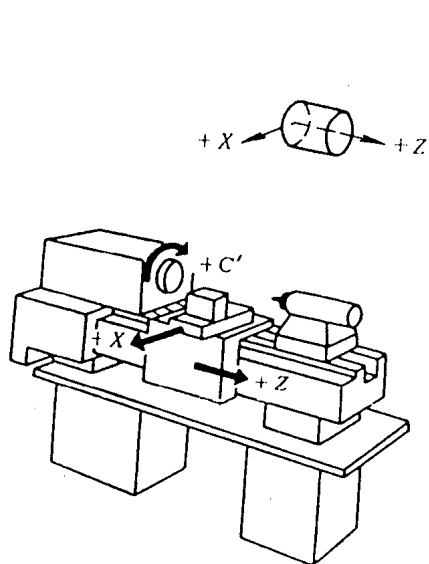


图 1-6 卧式车床

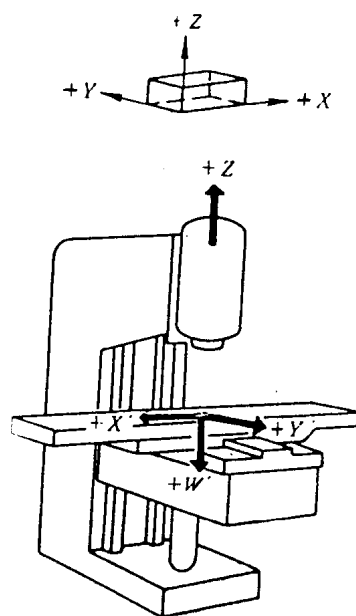


图 1-7 立式升降台铣床

X 运动的正方向指向右方,如图 1-8 所示。



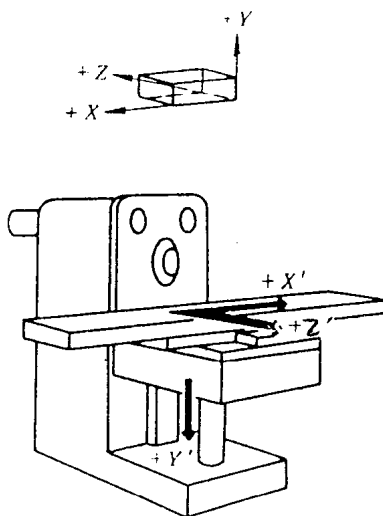


图 1-8 卧式升降台铣床

3. Y 坐标 根据 X 和 Z 坐标方向,按照右手直角笛卡尔坐标系确定 Y 坐标。

4. 旋转运动 A 、 B 和 C 相应地表示其轴线平行于 X 、 Y 和 Z 坐标的旋转运动,正方向按右手螺旋定律确定。

5. 附加坐标 除标准坐标 X 、 Y 、 Z 外,另外有平行于它们的第二组坐标 U 、 V 、 W 。如还有第三组运动,则用 P 、 Q 、 R 表示。

第三节 数控技术的发展

由于计算机技术的发展,数控机床已经研制出了 3、4、5、6 坐标轴的数控机床,现在世界许多工业化发达国家已经广泛应用数控机床,其产量和应用程度已成为衡量一个国家工业化程度和技术水平的重要标志之一。

我国从 1958 年开始研制数控机床,到 60 年代末和 70 年代初,简易的数控线切割机床已在生产中广泛使用。80 年代初,我国引进了国外先进的数控技术,使我国的数控机床在质量和性能上都有了很大的提高。从 90 年代起,我国已向高档数控机床方向发展。

随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术、传感器、检测技术和精密机加工技术的高速发展,数控机床在技术上的更新换代周期越来越短;另外,随着社会对机械产品的种类、形状、结构及加工质量等多样化需求的增强,人们希望生产一种适应性更强、加工范围可以随时调整、柔性更大的新系统——柔性制造系统。

一、柔性制造系统(FMS)

FMS 是一个自动化制造系统。它是将若干台数控机床,用一套自动物料搬运系统连接起来,通过计算机系统进行综合管理与控制,协调机床加工系统和物料搬运系统的功能,从而使整个系统自动地适应零件生产混合变化及生产量的变化。

柔性制造系统可由以下部分组成。①加工系统(加工单元) 它实施对产品零件的加工,

如切削加工、焊接、喷漆、装配、清洗等。构成加工系统的设备可以是焊接机械、喷漆设备、清洗机或各类数控机床。②传递系统(物流系统) 它实施对毛坯、夹具、工件等的出入库和装卸等工作。它所需要的设备主要是仓库和自动上、下料装置,如传送带、机器人、自动小车和随行夹具系统等。但这种传递系统必须是自动分配系统,运送工具也应具有一定的智能。③控制系统 它是由一个分布式多级计算机系统实施对整个柔性制造系统的控制与监督。它不仅可以对机床、加工设备、传输系统和中央刀库实行管理和控制,根据需要,还可以对整个车间的设备和人事档案、生产计划的调度与实施进行控制。控制系统除了上述控制功能外,还必须实施对机床、刀具和工件的监控,利用专用的传感器和信息网络监控刀具状态及工件的实际加工尺寸等。

二、计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(CIMS),就是用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造,使企业获得更高的总体利益。

CIMS 包括三个计算机系统。①计算机辅助设计和计算机辅助制造系统,即 CAD/CAM 系统。此系统实施产品设计与制造工艺。②计算机辅助生产控制系统,即 CAP/CAC 系统。此系统对加工过程进行计划、调度与控制。③工厂自动化系统,它将实现产品的自动装配与测试、材料的自动运输与处理等。

思考题与练习题

1. 什么叫数控机床?
2. 数控机床的特点是什么?
3. 点位控制和连续控制有什么区别?各适用于什么场合?
4. 开环控制与闭环控制有什么区别?各适用于什么场合?
5. 什么是柔性制造系统?



第二章 数控车床的典型结构

第一节 数控车床概述

数控车床又称为 CNC (Computer Numerical Control) 车床,即用电子计算机控制的车床。普通卧式车床是靠手工操作机床来完成各种切削加工,数控车床是将编制好的加工程序输入到数控系统中,用伺服电动机控制车床进给运动部件的动作顺序、移动量和进给速度,再配以主轴的转速和转向,便能加工出各种形状不同的轴类或盘类等回转体零件。数控车床是目前应用较为广泛的数控机床之一。

一、数控车床的主要组成

数控车床与普通卧式车床相比较,其机械结构仍然由主轴箱、刀架、进给传动系统、床身、液压系统、冷却系统、润滑系统等部分组成,两者本质差别是进给传动系统的不同。普通卧式车床进给是经主电机、主轴箱、挂轮箱、进给箱、溜板箱传到刀架实现纵向和横向进给;数控车床是通过伺服电动机、滚珠丝杠、溜板传到刀架实现纵向和横向进给。

数控车床的种类较多,但一般均由车床主体、数控装置和伺服系统组成。

(一) 车床主体

车床主体主要包括主轴箱、床身、刀架、尾座、进给机构等。

1. 主轴箱 一般数控车床采用了电动机无级变速,减少了机械变速装置,因此主轴箱的结构比普通卧式车床简单。但是主轴箱材料要求较高,制造安装精度也较普通卧式车床高。

2. 床身 床身的形式如图 2-1 所示。根据床身导轨与水平面的相对位置将床身分为平床身(图 a)、斜床身(图 b)、平床身斜滑板(图 c)、立床身(图 d)。

水平床身的工艺性好,导轨面加工方便,水平床身上水平放置刀架的运动精度高,一般用于大型数控车床或小型精密数控车床。但是水平床身下部空间小,排屑困难,刀架水平放置加大了机床宽度方向的尺寸。

斜床身的导轨倾斜角度分别为 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° (立式床身)。倾斜角度小,排屑不便;倾斜角度大,导轨的导向性差,受力情况也不好。中小型数控车床床身倾斜角度以 60° 为宜。

水平床身配倾斜布置的滑板,这种布局形式既具有水平床身工艺性好的特点,又有斜床身排屑方便的优点,因此在中小型数控车床中普遍被采用。

3. 刀架 数控机床的刀架按照换刀形式的不同可分为回转式刀架和带刀库的自动换刀装置。数控车床上使用的回转刀架是一种简单的自动换刀装置,根据加工对象不同可以设计成四刀位或六刀位,经济型数控车床一般配备四刀位自动回转刀架。回转刀架在机床上有两种布置形式:回转轴垂直于主轴,用于盘类零件的加工;回转轴平行于主轴,用于轴类、盘类零