

现代工程训练与工程应用



数控加工及特种加工技术

杨洪亮 主编



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

现代工程训练与工程应用

数控加工及特种加工技术

主 编 杨洪亮
副主编 李 丹
主 审 张学仁

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书的主要内容分为数控加工技术和特种加工技术两部分。数控加工部分主要讲述数控加工的基本原理、数控机床的基本特点、数控机床程序的编写等内容,着重对数控车床、数控铣床、数控电火花线切割加工机床(该部分的编程在特种加工部分讲解)、数控冲床等数控机床的编程和操作进行了介绍;特种加工部分主要讲述电火花加工、电火花线切割加工、超声加工、激光加工、电化学加工、电子束和离子束加工、快速原型制造技术以及其他特种加工方法的基本原理、基本设备、主要特点和应用。

本书为高等工科院校工程训练用指导教材,也可供从事机械制造方面的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工及特种加工技术/杨洪亮主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2008. 8

(现代工程训练与工程应用)

ISBN 978 - 7 - 5603 - 2779 - 2

I. 数… II. 杨… III. ①数控机床 - 加工②特种加工 - 工艺 IV. TG659 TG66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 132200 号

责任编辑 孙 杰

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 9 字数 219 千字

版 次 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 2779 - 2

印 数 1 ~ 3 000 册

定 价 18.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

我国机电类专业的课程设置近几年虽有所改进,但教学内容仍较陈旧。高校学生所学到的知识技能与企业的要求尚存在差距。因此,各高校都加大了对工程训练中心的投入,扩大了培训范围,希望通过对学生应用技能的前期培训,缩短其走向工作岗位的适应期,并减少企业的培训费用。

目前设立工程训练中心的高校有清华大学、北京大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学、燕山大学、山东大学、西安交通大学、北京航空航天大学、北京理工大学等近百所高校。为此,哈尔滨工业大学出版社与哈尔滨工业大学工程训练中心、燕山大学机械工程学院共同探讨,联合哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学等几所高校出版这套面向广大学生实习、技师培训、人才培养的《现代工程训练与工程应用》系列图书。

数控加工及特种加工技术在现在的机械制造中已得到非常广泛的应用。数控加工及特种加工技术的培训是工程训练中重要的培训内容,在使学生了解现代科学技术在工程实践中的应用、培养学生的创新思维能力等方面都起着重要的作用。

本书在编写过程中贯彻了教育部机械基础课程教学指导分委员会制定的《工程材料及机械制造基础系列课程改革指南》的精神,总结了哈尔滨工业大学工程训练中心多年的教学经验,着重讲述了工程训练中数控及特种加工技术的培训内容。本书力求简洁明了,突出实践及可操作性,如数控部分以实例的分析、编程和机床具体操作为主,以提高学生的编程和操作能力。

本书杨洪亮任主编,李丹任副主编。其中第1章、第2章和第6章的6.1、6.2、6.4、6.5、6.6、6.9由杨洪亮编写;第3章由刘景瑞编写,李家新和张益君为此部分的编写提供了建议;第4章由李丹编写;第5章由包军编写,韩强辉和张德锦参与了5.3和5.4节部分内容的编写;第6章的6.3由刘华编写,6.7和6.8由韩成顺编写。全书由张学仁主审。

由于作者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者
2008年5月于哈工大

目 录

第 1 章 数控机床简介	(1)
1.1 数控机床的产生及发展	(1)
1.2 数控机床的基本工作原理	(1)
1.3 数控机床的分类及特点	(3)
复习思考题	(6)
第 2 章 数控机床的编程基础	(7)
2.1 数控机床的编程规则	(7)
2.2 常用数控编程指令的应用	(17)
2.3 自动编程概述	(22)
复习思考题	(24)
第 3 章 数控车削加工	(25)
3.1 数控车削加工概述	(25)
3.2 数控车床手工编程实例	(27)
3.3 数控车床微机编程实例	(30)
3.4 J1CK6132 数控车床操作方法	(37)
复习思考题	(42)
第 4 章 数控铣削加工	(43)
4.1 数控铣削加工概述	(43)
4.2 数控铣床手工编程实例	(45)
4.3 数控铣床微机编程实例	(46)
4.4 数控铣床实际操作方法	(51)
复习思考题	(58)
第 5 章 数控冲压	(59)
5.1 数控冲压基本原理	(59)
5.2 数控冲压的编程方法	(60)
5.3 数控冲压零件编程实例	(73)
5.4 数控冲床的操作	(80)
复习思考题	(86)
第 6 章 特种加工技术	(88)

6.1 特种加工概述	(88)
6.2 电火花加工	(89)
6.3 数控电火花线切割加工	(92)
6.4 超声加工	(109)
6.5 电解加工	(115)
6.6 电子束和离子束加工	(116)
6.7 激光加工	(121)
6.8 快速原型制造技术	(127)
6.9 其他特种加工方法简介	(131)
复习思考题	(132)
参考文献	(133)

第1章 数控机床简介

1.1 数控机床的产生及发展

数控机床(Numerical Control,简称 NC),即用数值和符号构成的数字程序实现自动控制的机床。

1952年3月,世界上第一台数控机床由美国麻省理工学院和帕森斯公司共同研制成功。这台数控机床的第一号机,是一台有信息存储和处理能力的、能完成三轴控制的铣床,取名为 Numerical Control。从此以后,很多厂家都开展了数控机床的研制开发和生产。1959年,美国 Keaney & Treckre 公司开发成功了具有刀库、刀具交换装置、回转工作台,可以在一次装夹中对工件的多个表面进行钻孔、镗孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等多种加工的数控铣床。由于将多种机床功能集于一身,省去了工件的反复搬运、装夹、换刀等操作,而使加工精度和效率都大为提高。从此,数控机床的新种类——加工中心(machining center)诞生了。

经过数十年的发展,随着微型计算机技术的发展及其在数控领域的应用,数控机床的控制部分已经从以硬件为主的数控装置,发展成为硬件软件相结合的计算机数控(Computer Numerical Control,简称 CNC)系统。当今的数控机床在机械加工领域占有非常重要的地位,是柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称 FMS)、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称 CIMS)等的基本构成单元。

现在数控技术已经应用于各种机床上,例如数控车床、数控铣床、数控冲床、数控齿轮加工机床以及数控电火花线切割等特种加工机床。

我国数控机床的开发研制工作起步也较早,1958年,北京第一机床厂与清华大学合作研制成功了我国第一台数控铣床。但由于我国相关工业基础差,致使其发展缓慢,多数机床和加工中心没有在生产中发挥作用。20世纪80年代以来,在消化吸收国外先进技术的基础上,我国数控技术有了新的发展,数控机床才真正进入批量生产的商品化时代。尤其近些年来,我国已研制了具有自主知识产权的数控技术平台和数控系统,但绝大多数全功能数控机床还是采用国外的 CNC 系统。

1.2 数控机床的基本工作原理

数控机床通常由以下几部分组成,其工作原理框图如图 1.1 所示。

1. 程序载体

数控加工时,并不是由操作者直接操控机床,这就必须在人与机床之间建立某种联

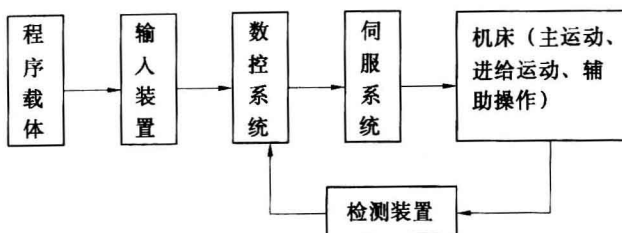


图 1.1 数控机床工作原理框图

系,这种联系的中间媒介物称为程序载体(也称为控制介质)。程序载体上需要存储工件的全部几何信息和工艺信息。程序载体可以是穿孔纸带、穿孔卡、磁带和软磁盘等。编程工作可由人工完成,也可以由计算机辅助编程系统完成。

2. 输入装置

输入装置的功能是将程序载体上的数控代码信息转换成相应的信号传送至数控装置的内存存储器。根据所采用程序介质的不同,输入装置最早使用光电阅读机,以后大量采用磁带机和软盘驱动器;可以通过数控装置面板上的输入按键将工件的程序清单以手工方式直接输入,也可以用通信方式由计算机直接传送给数控装置。

3. 数控系统

数控系统是数控机床最重要的组成部分,现在绝大部分数控机床都已采用微型计算机作为硬件,配以数控系统软件构成数控系统。其作用是接收输入装置传送来的信息,进行译码和储存。在系统内进行相应的运算和处理,将用户程序转换成控制机床运动的控制信号。

4. 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置组成,同时与机床的执行机构相连。根据数控系统传来的控制信号,对执行机构的位移、速度等进行控制。它的伺服精度和动态等相应特性将直接影响数控机床的生产率、加工精度以及工件表面质量。目前,常用的伺服驱动器件有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

5. 机床

与传统的普通机床相比,数控机床作为高精度、高效率的自动化机床,通常对机床的精度、刚度等都提出了更高的要求。机床在整体布局、外部造型、传动及进给系统、刀具系统、支撑结构和排屑系统等方面都存在差异。例如,多采用滚珠丝杠、滚动导轨,以及各种消除间隙的机构等。

6. 检测装置

检测装置的作用是检测执行部件的实际位移量,并将实际位移量反馈给伺服系统,由伺服系统中的位置比较环节对控制位移量与实际位移量进行比较,根据比较结果,调整控制信号,提高控制精度。常用的位移检测元件有脉冲编码器、旋转变压器、光栅和磁栅等。

1.3 数控机床的分类及特点

数控机床的规格种类繁多,分类方法各异。根据数控机床的功能和结构,可按以下基本原则对其进行分类。

1.3.1 按机床的运动控制轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是只需要控制机床运动部件从一点到另一点的准确定位。数控系统只需要控制起点和终点的坐标值,点与点之间的移动轨迹并不严格控制,在运动和定位过程中不进行任何加工程序。这类机床主要有数控钻床(见图 1.2)、数控镗床、数控冲床、数控点焊机等。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床,其特点是除了控制机床运动部件点与点之间的准确定位外,还要控制两点间的移动轨迹和速度,即要保证刀具在这两点间的运动轨迹是一条直线,在移动过程中刀具就进行切削加工。采用这种控制的机床有数控车床(见图 1.3)、数控铣床和数控磨床等。

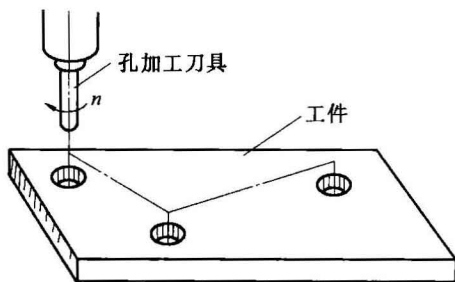


图 1.2 点位控制数控钻床加工示意图

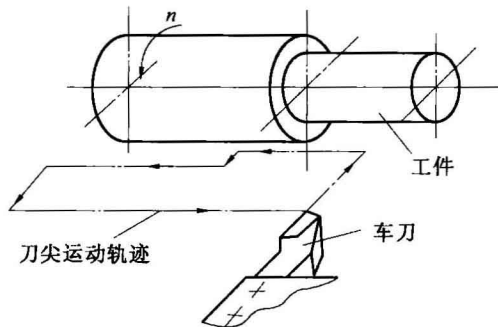


图 1.3 直线控制数控车床加工示意图

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床(又称连续控制机床)的特点是机床运动部件能够实现两个或两个以上坐标轴同时进行联动控制,不仅要控制机床运动部件起点与终点的坐标位置,而且要控制整个加工过程中每一点的速度和位移,即要控制运动轨迹,可用于加工平面内的直线、曲线或空间曲面。采用这种控制的数控机床有数控铣床、数控车床、数控磨床、数控线切割机床、数控加工中心等。如图 1.4 所示。

轮廓控制数控机床按它所控制的联动轴数不同,可分为以下几种主要形式。

(1)二轴联动。主要用于数控车床加工曲线旋转面(如图 1.4(a)所示)或数控铣床等加工曲线轮廓的柱面。

(2)二轴半联动。主要用于三轴以上控制的机床,其中的两个轴相互联动,而另一个

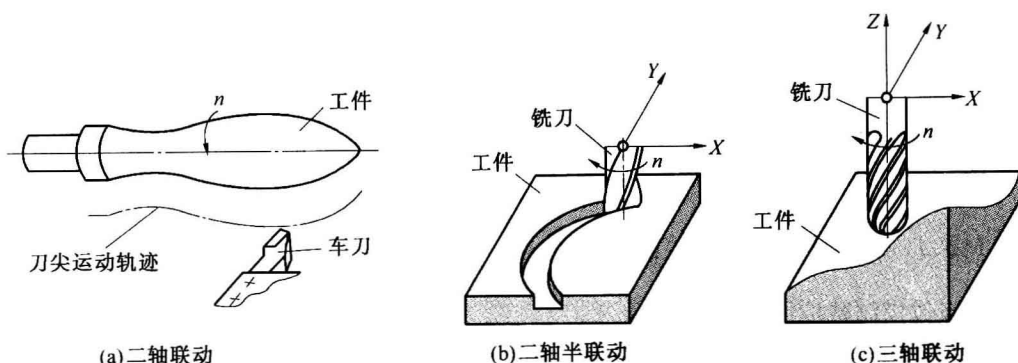


图 1.4 轮廓控制加工示意图

轴作周期的进给,如图 1.4(b)所示。

(3)三轴联动。一般分两类,一类就是 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动,多用于数控铣床和加工中心等。如用球头铣刀加工三维空间曲面,如图 1.4(c)所示。另一类是除了同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴中的两个联动外,还同时控制围绕其中某一直线坐标轴旋转的旋转坐标轴。如车削加工中心,它除了控制纵向(Z 轴)、横向(X 轴)两个直线坐标轴联动外,还同时控制绕 Z 轴旋转的主轴(C 轴)联动。

(4)四轴联动。即同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与某个旋转的坐标轴联动。

(5)五轴联动。除了同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动外,还同时控制围绕这些直线坐标轴旋转的旋转坐标轴(A 、 B 、 C)中的两个坐标轴,形成同时控制五个轴联动。这时刀具可以被确定在空间的任意方向。

1.3.2 按伺服控制方式分类

1. 开环控制数控机床

这种机床没有检测反馈装置,进给伺服系统是开环的,开环控制系统的特点是系统只按照数控装置的指令脉冲进行工作,对执行结果,即移动部件的实际位移,不进行监测和反馈。典型的开环控制系统框图如图 1.5 所示。

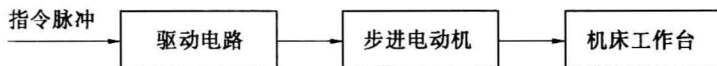


图 1.5 数控机床开环控制系统框图

步进电动机作为驱动元件,数控装置发出指令脉冲,通过控制电路中的环形分配器和功率放大器驱动步进电动机。每一个指令脉冲使步进电动机转一个角度,即步进电动机的步距角。步进电动机再通过滚珠丝杠传动将工作台移动一个位移量,即数控装置发出一个指令脉冲而使移动部件产生的相应位移量,通常称为脉冲当量。因此,工作台的位移量与数控装置发出的指令脉冲数成正比,移动的速度与脉冲的频率成正比。所以改变进给脉冲的数目和频率,就可以控制工作台的位移量和速度。这种系统的结构简单、调试方便、价格低廉、易于维修,但机床的位置精度完全取决于步进电动机和机械传动部分的精度,很难得到较高的精度。目前,国内的经济型数控机床多采用开环控制系统。

2. 闭环控制数控机床

如图 1.6 所示,闭环控制系统是在机床的最终运动部件的相应位置安装直线位置检测元件,直接检测机床的直线位移量,并将移动部件实际位移量反馈到数控装置中的比较器,与指令所要求的位移量进行比较,用比较的差值进行控制,消除误差,使运动部件严格按照实际需要的位移量移动,从而提高加工精度。其中,速度检测单元的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号反馈到速度控制电路中,进行转速校正,保证电动机转速保持恒定。闭环控制的特点是加工精度高、移动速度快,但整个系统复杂,调试和维修都较困难,成本高,一般用于精度要求较高的数控机床,如数控精密镗铣床、数控精密磨床等。

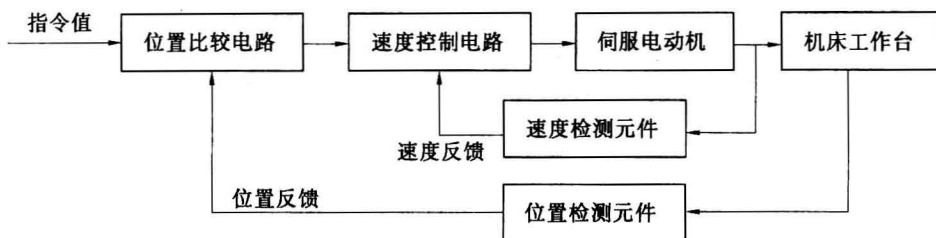


图 1.6 数控机床闭环控制系统框图

3. 半闭环控制数控机床

如图 1.7 所示,半闭环控制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,它不是直接测得工作台的位移量,而是通过推算间接测量执行部件的实际位移或位置,反馈到数控装置中进行位置比较,用比较的差值来进行控制,这种反馈系统中不包括工作台,称为半闭环控制。

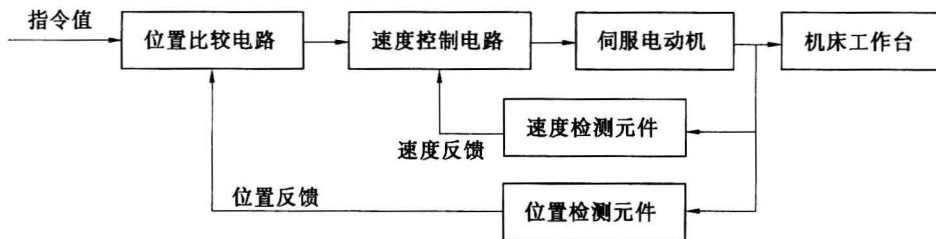


图 1.7 数控机床半闭环控制系统框图

半闭环系统精度比闭环系统差,但系统稳定性好,成本较低,调试和维修方便,因而应用较广泛。

此外,还有按工艺用途、数控系统功能水平等分类的方法。

1.3.3 数控机床的特点

与普通机床相比,数控机床具有以下几方面的特点。

(1) 适应性强,具有高度柔性。由于采用数控程序控制,加工中只要改变数控程序,便可以实现对新零件的自动化加工,解决了多品种、小批量生产的自动化问题,适应当前产品更新换代快的要求,缩短了新产品的试制及生产周期。

(2)可加工复杂型面。通过数控系统控制数控机床能实现多坐标轴联动,可实现任意的轨迹运动和加工出许多普通机床难以加工或无法加工的空间曲线或曲面。如螺旋桨、模具型腔等。

(3)精度高、质量稳定。数控机床的机床结构是按照精密机床的要求来设计制造,精度高,刚度大,抗干扰能力强;数控系统每输出一个脉冲,机床移动部件移动量(即脉冲当量)一般为 0.001 mm ,高精度数控机床可达 0.0001 mm ,运动分辨率高于普通机床。同时,闭环数控机床具有位置检测装置,可将移动部件的实际位移量反馈到数控系统,并进行补偿,从而获得比机床本身精度还高的加工精度。此外,数控机床是根据数控程序自动工作,一般在工作过程中不需要人工干预,消除了人为操作误差的影响。

(4)生产率高。零件的加工时间包括机动时间和辅助时间,数控机床可有效地减少这两部分时间。数控机床刚度大、功率大,主轴转速和进给速度可调范围大,且为无级变速,每道工序都可选择较大而合理的切削用量,减少机动时间。空程速度大大高于普通机床,缩短了快进、快退时间。加工过程一般不需要停机对工件进行检测,减少机床停机时间。数控机床加工时可免去划线工序。加工中心可自动换刀和自动交换工作台,工件一次装夹可完成多个工序加工,大大减少了工件装夹和对刀等辅助时间。

(5)降低劳动强度、改善劳动条件。操作者主要是利用操作面板对数控机床的自动加工进行操作,大大降低了操作者的劳动强度,改善了生产条件。

(6)数控机床一次性投资和日常维修保养费用较普通机床高,对操作与管理人员的素质要求也较高。需从生产实际出发,合理地选用数控机床,充分发挥数控机床的能力,便可带来良好的经济效益。

复习思考题

1. 什么叫数控机床?它的工作原理是什么?
2. 什么是脉冲当量?
3. 数控机床有哪些分类方法?可将数控机床分为哪些类型?
4. 简述开环系统、闭环系统和半闭环系统的特点和区别。它们各适用于什么场合?
5. 点位控制、直线控制与轮廓控制方式有什么不同?它们各适用于什么场合?
6. 与普通机床相比,数控机床有哪些特点?

第2章 数控机床的编程基础

2.1 数控机床的编程规则

2.1.1 数控机床的坐标系

为了准确地描述机床的运动,规范、简化数控程序的编制方法,并使所编的数控程序具有互换性,必须规定数控机床的坐标轴。数控机床坐标轴的指定方法已经标准化,我国在 JB/T 3051—1999 中规定了各种数控机床的坐标轴和运动方向。

1. 坐标轴和运动方向命名的原则

(1)右手直角坐标系。如图 2.1(a)所示,右手的拇指、食指和中指相互垂直,分别代表 X 、 Y 、 Z 三坐标轴,标准规定大拇指所指方向为 X 轴的正方向,食指所指方向为 Y 轴的正方向,中指所指方向为 Z 轴的正方向。

(2)永远假定工件静止,刀具相对于静止的工件而运动。

(3)运动的正方向。标准规定,机床某一部件运动的正方向,是增大工件和工具之间距离的方向。

(4)机床旋转坐标运动的正方向。围绕 X 、 Y 、 Z 各轴的回转运动分别用 A 、 B 、 C 表示,其正方向按右手螺旋法则确定,如图 2.1(b)所示。右手大拇指指向 X 、 Y 或 Z 正方向,四指弯曲环绕方向即为 A 、 B 或 C 正方向。相反的方向分别用 $+X'$ 、 $+Y'$ 、 $+Z'$ 、 $+A'$ 、 $+B'$ 、 $+C'$ 表示,如图 2.1(c)所示。

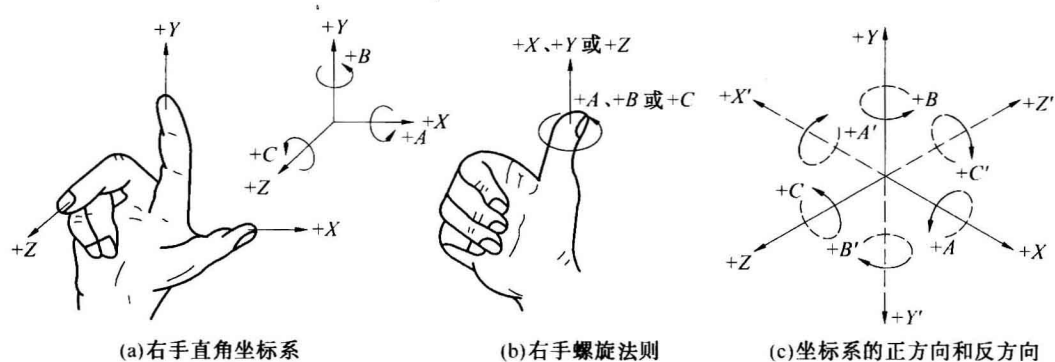


图 2.1 右手直角坐标系

2. 坐标轴的指定方法及步骤

(1) Z 轴。指定坐标轴时首先要指定 Z 轴。规定机床的主轴为 Z 轴,当机床有多个主轴时,取常用的主轴为 Z 轴;当机床无主轴时(如数控刨床),取垂直于工件装夹表面方向为 Z 轴。

若 Z 轴方向进给运动部件为工件(工作台),则用 $+Z'$ 表示,其正方向与 Z 轴相反。

(2) X 轴。 X 轴通常是水平轴,它平行于工件的装夹平面。对于工件作旋转运动的机床(如车床), X 轴的方向取垂直于工件回转轴线(Z 轴)的水平径向,正方向为刀具远离工件的方向;对于刀具作回转运动的机床(如铣床),当 Z 轴竖直(立式)时,从主轴向立柱看, X 轴方向指向右;若 Z 轴是水平的(卧式),当从主轴向工件方向看时, X 轴正向指向右;对于工件和刀具都不旋转的机床(如刨床), X 坐标轴平行于主要切削方向,并以切削方向为正方向。

若 X 轴方向进给运动部件为工件(工作台),则用 $+X'$ 表示,其正方向与 X 轴相反。

(3) Y 轴。 Y 轴垂直于 Z 、 X 轴,根据已经确定的 Z 、 X 轴,按右手直角坐标系确定。同样 $+Y'$ 与 Y 的方向相反。

(4) 旋转坐标 A 、 B 、 C 。此三轴分别表示其轴线平行于 X 、 Y 、 Z 轴的旋转坐标。 A 、 B 、 C 旋转坐标根据已确定的 X 、 Y 、 Z 轴,用右手螺旋法则来确定。

(5) 附加坐标。若机床除 X 、 Y 、 Z (第一组)主要直线运动外,还有平行于它们的运动,可分别将它们指定为 U 、 V 、 W (第二组),若还有第三组,则分别指定为 P 、 Q 、 R 。

常用数控机床的坐标轴如图 2.2~图 2.6 所示。

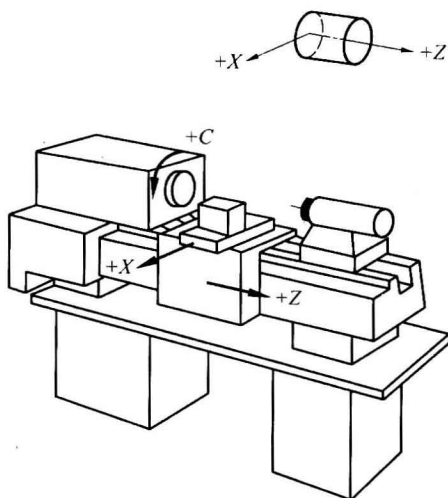


图 2.2 数控车床坐标轴

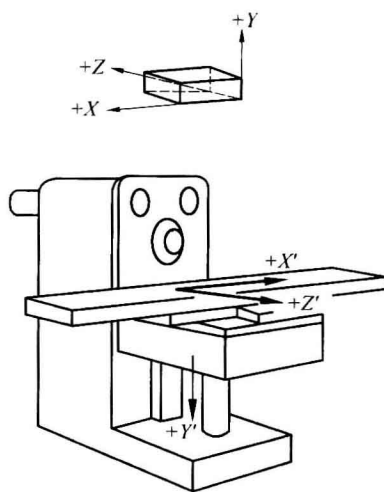


图 2.3 数控卧式铣床坐标轴

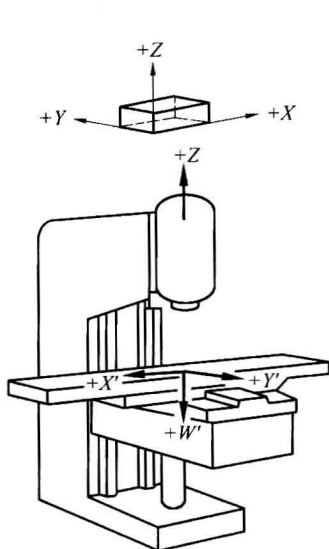


图 2.4 数控立式铣床坐标轴

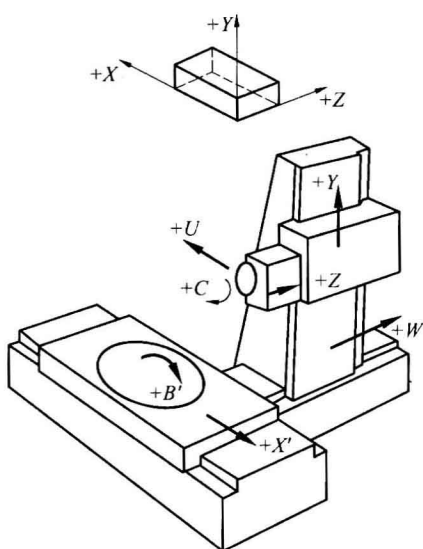


图 2.5 数控卧式镗铣床坐标轴

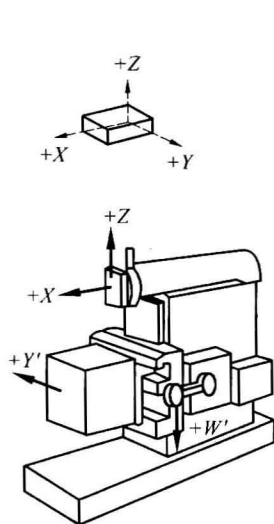


图 2.6 数控刨床坐标轴

3. 机床坐标系与工件坐标系

(1) 机床坐标系。机床坐标系是机床上固有的坐标系,数控机床出厂时,厂家在机床上设置一个固定不变的点,它一般为各个坐标移动的极限位置,该点称为机床原点或机床零点。以这一点为原点建立的坐标系称为机床坐标系。数控车床上,一般取卡盘端面与主轴中心线的交点处为机床原点,如图2.7所示,图中 O 即为数控车床的机床原点。在数控铣床上,机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴正方向的极限位置上,如图2.8所示,图中 O 即为立式数控铣床的机床原点。

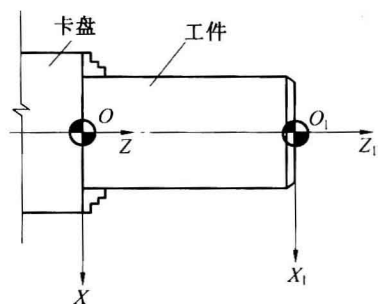


图 2.7 数控车床的机床坐标系与工件坐标系

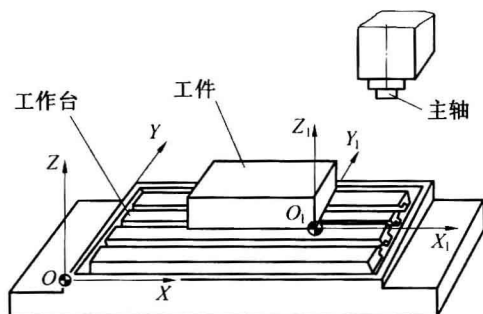


图 2.8 数控铣床的机床坐标系与工件坐标系

编程时,直接使用机床坐标系计算被加工工件的坐标很不方便,一般要建立工件坐标系。

(2) 工件坐标系。工件坐标系在编程时使用,又称编程坐标系,由编程人员在工件上设定某一点为原点,在其上建立工件坐标系。该点称为工件原点或编程原点,应尽量选择在零件的设计基准或工艺基准上,编程坐标系中的各轴方向应与所使用的数控机床相应

的坐标轴方向一致,以使编程方便,编制程序时,只需根据零件图样选择工件原点、建立工件坐标系、计算坐标值,而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置。当工件装夹在机床上之后即可使工件原点与机床原点建立起尺寸联系。如图 2.7 所示,图中 O_1 即为数控车床上工件选择的工件原点。如图 2.8 所示,图中 O_1 即为立式数控铣床上工件选择的工件原点。

4. 绝对坐标系和相对坐标系

(1)绝对坐标系。刀具(或工作台)运动位置的坐标值相对于某一固定的坐标原点给出,即称为绝对坐标,该坐标系称为绝对坐标系。如图 2.9(a)所示, A 、 B 、 C 三点的坐标值均是以固定的坐标原点 O 计算,其坐标值分别为: $X_A = 20$, $Y_A = 20$; $X_B = 10$, $Y_B = 50$; $X_C = 30$, $Y_C = 40$ 。

(2)相对(增量)坐标系。刀具(或工作台)运动位置的坐标值相对于前一位置给出,即以前一个位置为零点,而不是以固定的坐标原点为零点,即称为相对(增量)坐标系。常用 U 、 V 、 W 表示 X 、 Y 、 Z 三个方向上的增量。如图 2.9(b)所示, B 点的坐标相对于前一点 A 给出, C 点的坐标相对于前一点 B 给出,其值分别为: $U_B = -10$, $V_B = 30$; $U_C = 20$, $V_C = -10$ 。

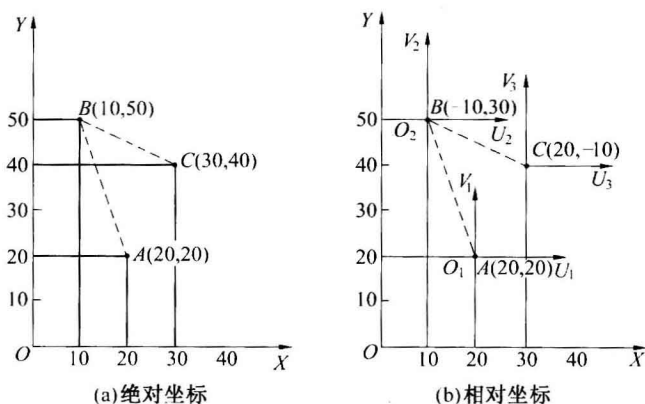


图 2.9 绝对坐标与相对坐标

2.1.2 数控编程的概念和方法

在数控机床上加工零件,要把待加工零件的全部工艺过程、工艺参数等加工信息以代码的形式记录在控制介质上,用这些信息控制机床自动实现零件的全部加工过程。从零件图样到获得数控机床所需的控制介质的全部过程,即为程序编制过程。数控编程可以用手工编程或微机编程。

2.1.3 编程的一般步骤

以手工编程为例,数控编程的一般步骤如下。

1. 分析零件图样

零件程序编制工作一般从分析零件图样入手,全面地了解工件的几何形状和尺寸、表面质量以及零件的材料和热处理等技术要求,以便正确地对零件进行工艺处理。

2. 工艺处理

通过工艺处理,要确定该零件的加工方案等一般工艺规程,还要选择工件坐标原点,确定机床、换刀点以及走刀路线等。

(1)确定加工方案。加工方案中所需确定的内容与普通机床的零件加工工艺设计的内容基本相似,包括选择合适的数控机床,进行工序与工步划分,选择或设计夹具及工件装夹方法,合理选择刀具及切削用量等。

(2)正确选择工件坐标原点。选择工件坐标原点,建立工件坐标系,确定工件坐标系与机床坐标系的相互转换关系,便于刀具轨迹和有关几何尺寸的计算。

(3)确定机床的对刀点及换刀点。机床的对刀点或换刀点是数控加工程序中刀具的起点,要便于检测和刀具轨迹计算,并要避免换刀时刀具与工件或其他部件产生干涉、碰撞,同时也要尽量减少启动或换刀时的空程距离。

(4)选择合理的走刀路线。走刀路线是整个加工过程中刀具相对工件的具体运动轨迹,包括刀具快速接近工件加工部位时的空程轨迹和切削加工轨迹。选择走刀路线时应尽量缩短走刀路线,减少空行程,提高生产率;保证加工零件的精度和表面粗糙度要求;简化数值计算,减少程序段数目和编程工作量。

(5)确定有关辅助功能。如确定切削液的先后启停要求,确定加工中对重要尺寸的自动或停机检测等。

3. 数值计算

根据零件图样的几何尺寸和所确定的加工路线及设定的坐标系,计算出数控机床所需输入的数据。数值计算的复杂程度取决于零件的复杂程度和数控系统的功能。对于点位控制的数控机床,一般无需数值计算。对于轮廓控制的数控机床,如果零件的形状比较简单(如直线和圆弧组成的平面零件),而数控系统的插补功能又与零件的形状相符,并且具有刀具的补偿功能时,数值计算也比较简单,只需要算出零件轮廓相邻几何要素的交点和切点坐标值即可。当零件形状比较复杂,并与数控系统的插补功能不一致时,就需要进行较复杂的数值计算。对于这种情况,大多借用微机完成数值计算工作。

4. 编写加工程序单

加工路线、工艺参数及刀位数据确定以后,编程人员可根据数控系统规定的功能指令代码及程序段格式,逐段编写加工程序单。编写程序时,还要了解数控机床加工零件的过程,适当填入必要的工艺指令,如机床启停、加工中暂停等。并填写有关的工艺文件,如数控加工工序卡片、数控刀具卡片、工件装夹和零点设定卡片、数控加工程序单等。

5. 程序输入

程序输入有手动数据输入(MDI)、介质输入、通信输入等方式。现代 CNC 系统的存储量大,可存储多个零件的加工程序,并可以在不占用加工时间的情况下输入。对于不太复杂的零件常用手动数据输入,比较方便及时。对于复杂零件可用通信方式或存储介质由微机直接传送给数控装置。

6. 程序的校验与首件试切

在手动输入过程中,系统便可以进行一般的语法检验。程序全部输入后,要进行空运