



应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

数控编程与操作

主编 常虹 贺磊



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

数控编程与操作

主 编 常 虹 贺 磊

副主编 王敬伊

参 编 桂 伟 刘绍伟

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与操作/常虹,贺磊主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.2

应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

ISBN 978-7-5680-2255-2

I. ①数… II. ①常… ②贺… III. ①数控机床-程序设计-高等学校-教材 ②数控机床-操作-高等学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 243479 号

数控编程与操作

Shukong Biancheng yu Caozuo

常虹 贺磊 主编

策划编辑:袁 冲

责任编辑:史永霞

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.25

字 数:304 千字

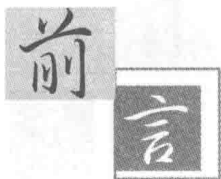
版 次:2017 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:29.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究



数控加工技术是当前国内外广泛使用的一种先进的机械加工技术,我国是制造业大国,在很多制造企业里都大量使用了数控机床,因而出现了数控技术应用专业人才供不应求的局面。当前,教育部等相关部门已经将数控技术应用专业人才确定为我国技能型紧缺人才。

本书编写的目的在于普及与提高数控加工技术,培养数控技术应用专业人才,使之具备一定的数控加工工艺规程设计及实施能力、数控机床编程和操作能力。在编写本书的过程中,编者汲取近几年数控课程教学改革的实践成果,借鉴各学校同类课程教材的经验,以培养数控从业人员分析和解决数控加工工程实际问题的能力为核心,设计了一系列典型任务作为主线,将理论知识融入各个实践项目,使理论与实践有机结合。

本书以 FANUC Oi 系统编程为主,以典型任务引导学生理解和掌握数控编程的基础知识和编程方法,着重培养学生数控编程的能力。全书共分为五个项目,主要内容包括数控加工技术基础、数控车削加工编程、数控铣削加工编程、数控加工中心编程和数控机床的操作。每一项目按学习要求分为若干个典型任务,在提出明确学习目标的基础上,引入教学任务,并对任务实施过程中涉及的相关知识进行详细阐述,进而根据有关知识实施具体任务,对实施过程中的有关内容进行拓展。

本书既可以作为普通高等院校应用型本科机械设计制造及其自动化、材料成型与控制工程等专业“数控机床与编程”课程的教材,又可以作为高职高专机电一体化、模具设计与制造等专业的数控教材,还可以作为数控从业人员培训学习的参考教材。

本书由武昌工学院常虹和贺磊担任主编,沈阳科技学院王敬伊担任副主编,武汉商学院桂伟、温州技师学院刘绍伟参编。主编和副主编一起确定了编写体例、思路、大纲,常虹参与编写项目一、项目二和附录,贺磊参与编写项目三,王敬伊、桂伟、刘绍伟联合编写项目四和项目五,常虹负责统稿工作。副主编王敬伊协助常虹进行习题检查与调整。

本书在编写的过程中得到了武昌工学院机械工程学院、武汉商学院、沈阳科技学院和温州技师学院有关领导和教师的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在欠妥之处,望广大读者谅解,并提出宝贵意见。

编 者

2016 年 5 月

项目一 数控加工技术基础	(1)
任务一 数控加工技术概述	(1)
任务二 数控机床的坐标系	(8)
任务三 数控加工编程基础	(13)
任务四 数控编程的基本指令	(18)
练习题	(22)
项目二 数控车削加工编程	(24)
任务一 数控车床概述	(24)
任务二 数控车床对刀	(32)
任务三 轮廓精车加工	(41)
任务四 简单阶梯轴车削加工	(50)
任务五 阶梯轴车削加工	(55)
任务六 盘类零件车削加工	(61)
任务七 螺纹车削加工	(64)
任务八 沟槽车削加工	(71)
任务九 外轮廓综合车削加工	(79)
任务十 复杂内、外轮廓车削加工	(82)
练习题	(86)
项目三 数控铣削加工编程	(89)
任务一 数控铣床概述	(89)
任务二 数控铣床对刀	(100)
任务三 外轮廓铣削加工	(106)
任务四 内轮廓铣削加工	(114)
任务五 平面铣削加工	(119)
任务六 缩放指令编程应用	(123)



任务七 镜像指令编程应用.....	(126)
任务八 旋转指令编程应用.....	(129)
任务九 极坐标指令编程应用.....	(132)
任务十 数控铣削加工综合编程.....	(135)
练习题.....	(140)
 项目四 数控加工中心编程.....	(144)
任务一 数控加工中心概述.....	(144)
任务二 数控加工中心对刀.....	(147)
任务三 底座的数控加工中心编程.....	(152)
任务四 孔板的数控加工中心编程.....	(156)
练习题.....	(166)
 项目五 数控机床的操作.....	(169)
任务一 FANUC 0i 系统数控机床操作面板及功能.....	(169)
任务二 FANUC 0i 系统数控机床基本操作.....	(174)
练习题.....	(181)
 附录.....	(182)
参考文献.....	(190)

项目一 数控加工技术基础

任务一 数控加工技术概述

一、学习目标

- (1) 掌握数控技术的基本概念。
- (2) 了解数控机床的工作过程,数控机床的组成、分类及特点。

二、任务引入

凸轮零件图如图 1-1 所示,小批量生产,试选择合适的加工设备。

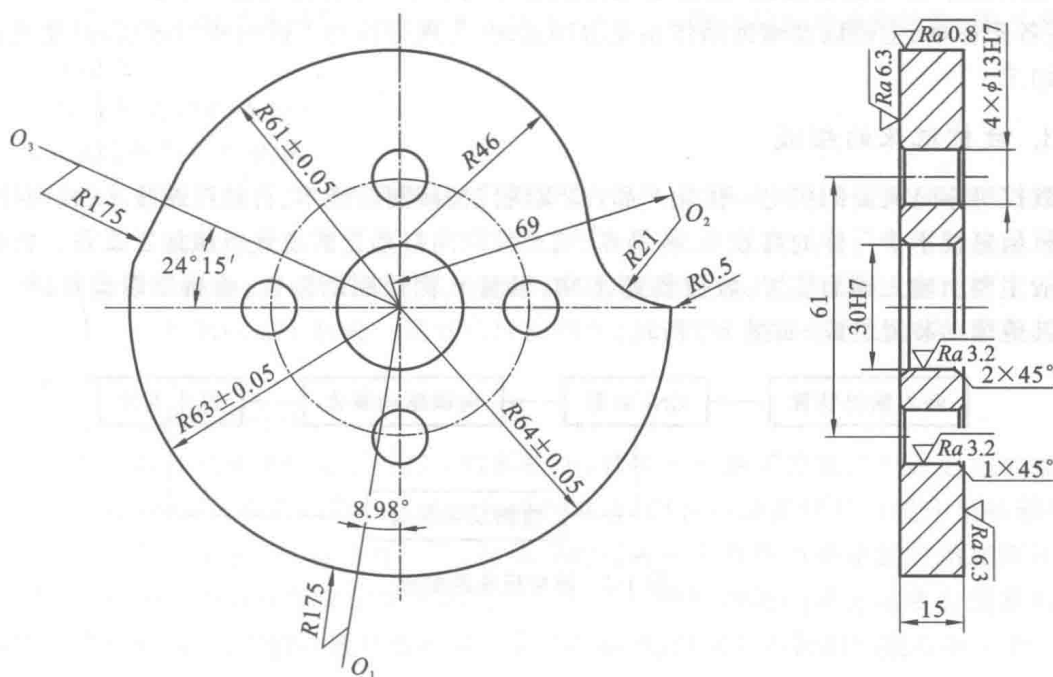


图 1-1 凸轮零件图



三、相关知识

1. 基本概念

数字控制,简称数控(NC),是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程(如加工、测量、装配等)进行可编程控制的自动化方法。

数控技术是指利用数字化信息对机床各部件的运动及加工过程进行控制的一种技术。

数控机床是采用数控技术对机床加工过程进行自动控制的机床。数控机床是信息技术与机械制造技术相结合的产物,是典型的数控设备,它的产生和发展是数控技术应用的重要标志。

2. 数控机床的工作过程

数控机床与普通机床一样,都是依靠机床各个部件的相对运动实现零件的加工,但在实现加工的过程和控制的方法上有很大的区别。

在普通机床上加工零件,一般先要对零件图样进行工艺分析,制定零件加工工艺规程(工序卡)。在工艺规程中规定加工工序、使用的机床、刀具、夹具等内容,机床操作者根据工序卡的要求,操作机床,自行选定切削用量、进给路线和工序内的工步安排等,不断地改变刀具与工件的相对运动轨迹和运动参数(位置、速度等),使刀具对工件进行切削加工,从而得到所需要的合格零件。

在数控机床上,传统加工过程中的人工操作均被数控系统所取代。其工作过程如下:首先要将被加工零件图样上的几何信息和工艺信息用规定的代码和格式编写成加工程序,然后将加工程序输入数控装置,数控系统按照程序的要求,进行相应运算、处理,发出控制命令,使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调运动,实现刀具与工件的相对运动,自动完成零件的加工。

3. 数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化产品,是集现代机械制造技术、自动控制技术、检测技术、计算机信息技术于一体的高效率、高精度、高柔性和高自动化的现代机械加工设备。数控机床一般主要由输入输出装置、数控装置(CNC装置)、伺服驱动装置、检测反馈装置、机床本体和其他辅助装置组成,如图 1-2 所示。



图 1-2 数控机床的组成

1) 输入输出装置

输入输出装置的作用是进行数控加工或运动控制程序、加工与控制数据、机床参数以及



坐标轴位置、检测开关的状态等数据的输入、输出。键盘和显示器是任何数控设备都必备的最基本的输入输出装置。此外,根据数控系统的不同,还可以配光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。作为外围设备,计算机是目前常用的输入输出装置之一。

2) 数控装置

数控装置是数控系统的核心,它由输入输出接口线路、控制器、运算器和存储器等部分组成。数控装置的作用是将输入装置输入的数据,通过内部的逻辑电路或控制软件进行编译、运算和处理,并输出各种信息和指令,以控制机床的各部分进行规定的动作。

3) 伺服驱动装置

伺服驱动装置是数控装置和机床的连接环节,数控装置发出的位移、速度指令信息通过伺服驱动装置的变换和放大,由电动机和机械传动机构驱动机床执行部件,使刀具相对工件产生相对运动,最后加工出图纸所要求的零件。

4) 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床的相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台,以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但由于数控机床切削用量大、连续加工发热量大等因素对加工精度有一定影响,加之在加工中是自动控制的,不能像在普通机床上那样由人工进行调整、补偿,所以其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密,采用了许多新的加强刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施。

5) 检测反馈装置

检测反馈装置由测量部件和相应的测量电路组成,其功能是将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到机床的数控装置中。数控装置将反馈的实际位移量与设定值进行比较,控制驱动装置按指令设定值运动。

4. 数控机床的分类

数控机床的品种规格很多,分类方法也各不相同。一般可根据功能和结构,按下面四种原则进行分类。

1) 按控制运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床。

点位控制数控机床只要求控制机床的移动部件从一点移动到另一点的准确定位,对于点与点之间的运动轨迹要求并不严格,在移动过程中不进行加工。为了实现既快又精确的定位,两点间位移的移动一般先快速移动,然后慢速趋近定位点,从而保证定位精度。图 1-3(a)所示为点位控制的加工轨迹。具有点位控制功能的机床主要有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。

(2) 直线控制数控机床。

直线控制数控机床也称为平行控制数控机床,其特点是除了控制点与点之间的准确定位外,还要控制两相关点之间的移动速度和移动轨迹,但其运动路线只与机床坐标轴平行,也就是说,同时控制的坐标轴只有一个,在移位的过程中刀具能以指定的进给速度进行切削。图 1-3(b)所示为直线控制的加工轨迹。具有直线控制功能的机床主要有简易数控车床和简易数控铣床等,它们一般具有两到三个可控制轴,但同时可控制轴数只有一个。

(3) 轮廓控制数控机床。

轮廓控制数控机床也称连续控制数控机床,其控制特点是能够对两个或两个以上的运

动坐标方向的位移和速度同时进行控制。为了满足刀具沿工件轮廓的相对运动轨迹符合工件加工轮廓的要求,必须将各坐标方向运动的位移控制和速度控制按照规定的比例关系精确地协调起来。因此,在这类控制方式中,就要求数控装置具有插补运算功能,通过数控系统内插补运算器的处理,把直线或圆弧的形状描述出来,也就是一边计算,一边根据计算结果向各坐标轴控制器分配脉冲量,从而控制各坐标轴的联动位移量与要求的轮廓相符合,在运动过程中刀具对工件表面连续进行切削,可以进行各种直线、圆弧、曲线的加工。轮廓控制的加工轨迹如图 1-3(c)所示。

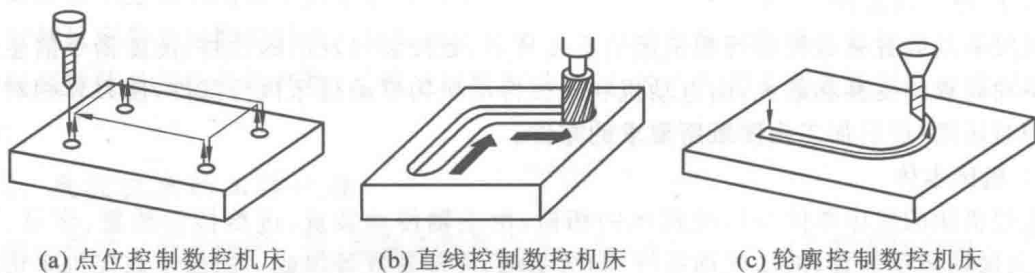


图 1-3 按控制运动轨迹分类的各种机床

这类机床主要有数控车床、数控铣床、数控线切割机床和加工中心等,其相应的数控装置称为轮廓控制数控系统。根据它所控制的联动坐标轴数不同,其联动可以分为下面几种形式。

① 两轴联动:主要用于数控车床加工旋转曲面或数控铣床加工曲线柱面。

② 两轴半联动:主要用于三轴以上机床的控制,其中两根轴可以联动,而另外一根轴可以作周期性进给。图 1-4 所示就是采用这种方式加工三维空间曲面的。

③ 三轴联动:一般分为两类,一类就是 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴联动,比较多地用于数控铣床和加工中心等,图 1-5 所示为用球头铣刀铣削三维空间曲面;另一类是除了同时控制 X 、 Y 、 Z 其中两个直线坐标轴外,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,它除了纵向(Z 轴)、横向(X 轴)两个直线坐标轴联动外,还要同时控制围绕 Z 轴旋转的主轴(C 轴)联动。

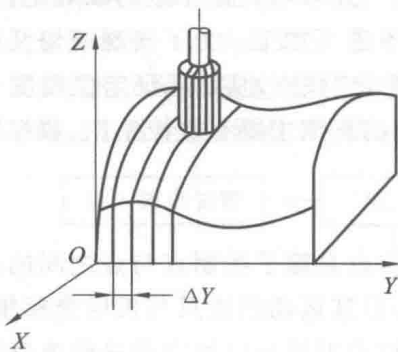


图 1-4 两轴半联动的曲面加工

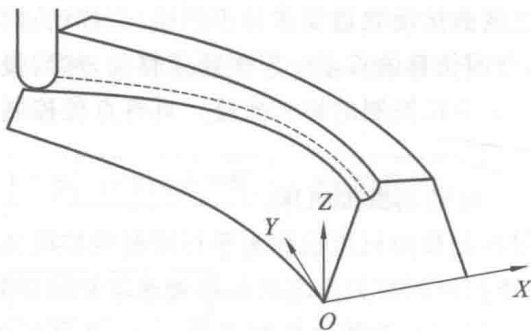


图 1-5 三轴联动的曲面加工

④ 四轴联动:同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动。图 1-6 所示为同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与一个工作台回转轴联动的数控机床。

⑤ 五轴联动:除同时控制 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 A 、 B 、 C 坐标轴中的两个坐标轴,形成同时控制五个轴联动。这时刀具可以被定在空间的任意方向,如图 1-7 所示。比如控制刀具同时绕 X 轴和 Y 轴两个方向摆动,使得刀具在其切削点上始终保持与被加工的轮廓曲面成法线方向,以保证被加工曲面的光滑性,提高其加工精度和加工效率,减小被加工表面的粗糙度。

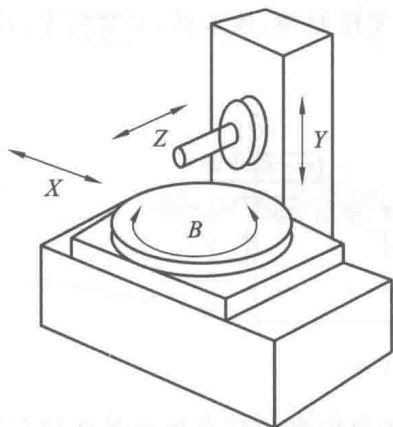


图 1-6 四轴联动的数控机床

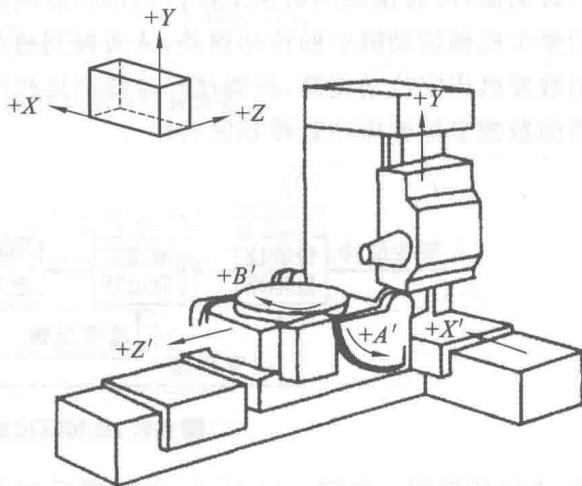


图 1-7 五轴联动的加工中心

2) 按伺服系统控制的方式进行分类

(1) 开环控制数控机床。

开环控制数控机床的进给伺服驱动是开环的,即没有检测反馈装置,一般它的电动机为步进电动机。步进电动机的主要特征是控制电路每变换一次指令脉冲信号,电动机就转动一个步距角,并且电动机本身就有自锁能力。

其控制系统的框图如图 1-8 所示,数控系统输出的进给指令信号通过脉冲分配器来控制驱动电路,它以变换脉冲的个数来控制坐标位移量,以变换脉冲的频率来控制位移速度,以变换脉冲的分配顺序来控制位移的方向。因此,这种控制方式的最大特点是控制方便、结构简单、价格便宜。因为数控系统发出的指令信号流是单向的,所以不存在控制系统的稳定性问题,但由于机械传动的误差不经过反馈校正,因而位移精度不高,主要用于加工精度要求不高的中小型数控机床,特别是简易经济型数控机床。



图 1-8 开环控制系统

(2) 闭环控制数控机床。

闭环控制数控机床的进给伺服驱动是按闭环反馈控制方式工作的,其电动机可采用直流或交流两种伺服电动机,并需要具有位置反馈和速度反馈,在加工中随时检测移动部件的实际位移量,并及时反馈给数控系统中的比较器。它与插补运算所得到的指令信号进行比

较,其差值又作为伺服驱动的控制信号,进而带动位移部件以消除位移误差。

按位置反馈检测元件的安装部位和所使用的反馈装置的不同,它又分为全闭环控制和半闭环控制两种控制方式。

① 全闭环控制 如图 1-9 所示,其位置反馈装置采用直线位移检测元件,安装在机床的工作台侧面,即直接检测机床工作台坐标的直线位移,并通过反馈消除从电动机到机床工作台的整个机械传动链中的传动误差,从而得到机床工作台的准确位置。这种全闭环控制方式的数控机床定位精度高,但调试和维修都比较困难,系统复杂,成本高,主要用于精度要求很高的数控坐标镗床和数控精密磨床等。

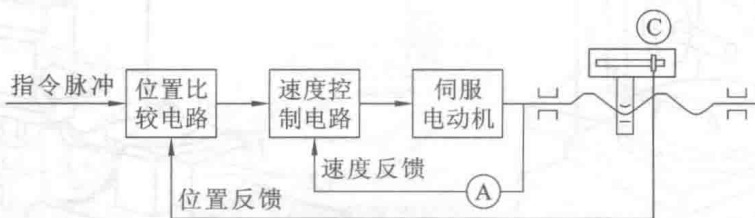


图 1-9 全闭环控制系统

② 半闭环控制 如图 1-10 所示,其位置反馈采用转角检测元件直接安装在伺服电动机或丝杠端部,通过检测丝杠的转角来间接地检测移动部件的实际位移,然后反馈到数控装置中,并对误差进行修正。由于这类控制系统的控制环内不包括机械传动环节,因此可获得较稳定的控制特性。目前,大多数数控机床都采用这种控制方式。

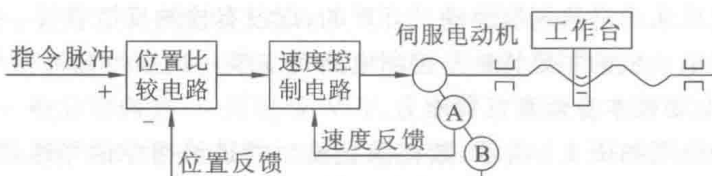


图 1-10 半闭环控制系统

(3) 混合控制数控机床。

将上述控制方式的特点结合起来,就形成了混合控制数控机床。混合控制系统特别适用于大型或重型数控机床,因为此类数控机床需要较高的进给速度与相当高的精度,其传动链惯量与力矩比较大,如果只采用全闭环控制,则机床传动链和工作台将全部置于控制闭环中,调试会比较复杂。混合控制系统又分为以下两种形式。

① 开环补偿型 图 1-11 所示为开环补偿型控制方式,它的基本控制选用步进电机的开环伺服机构,另外还附加一个校正电路,用装在工作台的直线位移测量元件的反馈信号校正机械系统的误差。

② 半闭环补偿型 图 1-12 所示为半闭环补偿型控制方式,它是用半闭环控制方式取得高精度控制,再用装在工作台上的直线位移测量元件实现全闭环修正,以获得高速度与高精度的统一。图 1-12 中 A 是速度测量元件,B 是角度测量元件,C 是直线位移测量元件。

3) 按加工工艺及机床用途分类

(1) 金属切削类。

金属切削类数控机床是指采用车、铣、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又

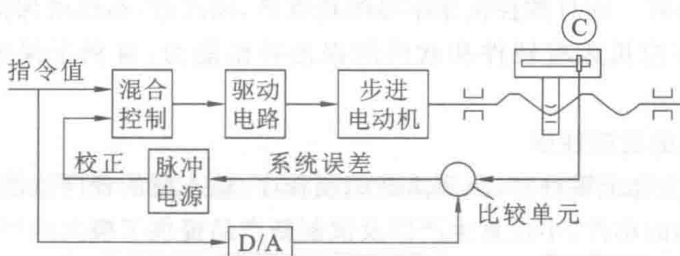


图 1-11 开环补偿型控制方式

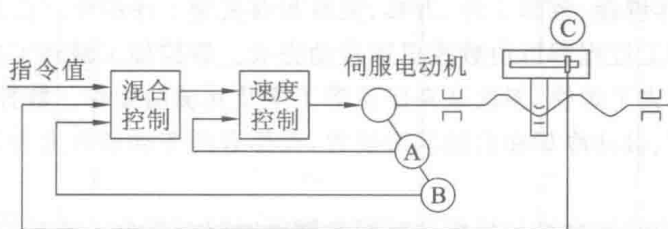


图 1-12 半闭环补偿型控制方式

可分为以下两类。

① 普通型数控机床 如数控车床、数控铣床、数控磨床等。

② 加工中心 其主要特点是具有自动换刀装置和刀具库,工件经一次装夹后,通过自动更换各种刀具,在同一台机床上对工件各加工面连续进行车、铣、铰、钻、攻螺纹等多种工序的加工,如(镗/铣类)加工中心、车削中心、钻削中心等。

(2) 金属成形类。

金属成形类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成形工艺的数控机床,常用的有数控压力机、数控折弯机、数控弯管机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类。

特种加工类数控机床主要有数控电火花线切割机、数控电火花成形机、数控火焰切割机、数控激光加工机等。

4) 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的配置和功能不同,数控机床可以分为高级型、普通型和经济型。其功能水平主要由主控机性能、分辨率、进给速度、伺服电机性能、联动轴数量和自动化程度等指标体现。在不同时期,划分标准也会不同。

5. 数控机床的特点

数控机床利用二进制数字方式输入,加工过程可任意编程,主轴及进给速度可按加工工艺需要变化,且能实现多坐标联动,易加工复杂曲面。对于加工对象具有“易变、多变、善变”的特点,换批调整方便,可实现复杂零件的多品种中小批柔性生产,适应社会对产品多样化的需求。但其价格较昂贵,需要正确分析其使用的经济合理性。

与普通加工设备相比,数控机床的特点可大致归纳为以下几点。

1) 加工精度高,产品质量稳定

数控机床按照预先编制的程序自动加工,加工过程不需要人工干预,加工零件的重复精



度高,零件的一致性好。而且数控机床本身的精度高,刚度好,精度的保持性好,能长期保持加工精度。同时,数控机床有硬件和软件的误差补偿能力,有利于保证零件的加工精度要求。

2) 对加工对象的适应性强

数控机床上改变加工零件时,只需重新编制程序,输入新的程序就能实现对新零件的加工,这就为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。对那些普通机床很难加工或无法加工的精密复杂零件,数控机床能实现自动加工。

3) 自动化程度高,劳动强度低

操作者除了操作键盘、装卸工件、刀具、夹具和对关键工序的中间检测,以及观察机床运行之外,其余全部加工过程都可由数控机床自动完成。数控加工减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件,省去了画线、多次装夹定位等工序及其辅助操作。数控机床一般有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件大为改善。

4) 生产效率高

零件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床主轴的转速和进给量的变化范围比普通机床大,每一道工序都可选用最有利的切削用量。由于数控机床的结构刚性好,因此允许进行大切削量的强力切削,有利于提高切削效率,节省了机动时间。而且数控机床移动部件的空行程运动速度快,工件的装夹时间、辅助时间比一般机床少。

数控机床更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,故节省了零件安装调整时间,而且加工质量稳定,一般只做首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,节省了停机检验时间。当在加工中心上进行加工时一台机床实现了多道工序的连续加工,生产效率的提高更为明显。

5) 经济效益良好

数控机床虽然价值昂贵,加工时分到每个零件上的设备折旧费高,但是在单件、小批量生产的情况下使用数控机床加工,可节省画线工时,减少调整、加工和检验时间,节省了直接生产费用;使用数控机床加工零件一般不需要制作专用夹具,节省了工艺装备费用;数控加工精度稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降;数控机床可实现一机多用,节省厂房面积,节省建厂投资。因此,使用数控机床仍可获得良好的经济效益。

四、任务实施

该零件为小批量生产,轮廓包含多段相切圆弧,加工精度要求较高,采用普通机床难以完成,而且包含多孔加工,适合采用数控铣床或加工中心进行加工。

■ 任务二 数控机床的坐标系

一、学习目标

- (1) 熟悉数控机床坐标系统,掌握数控车床和数控铣床坐标系的方向设置。



(2) 理解机床原点、机床参考点和工件原点的概念。

二、任务引入

加工图 1-13 所示零件,如何控制刀具沿零件轮廓 $ABCD$ 顺序走刀?

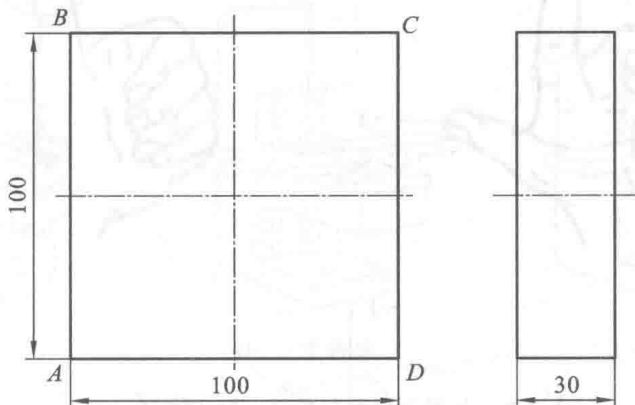


图 1-13 零件图

三、相关知识

1. 标准坐标系与运动方向

数控加工必须准确描述进给运动,在加工过程中,刀具相对工件运动的轨迹和位置决定了零件加工的尺寸、形状。在数控机床上加工零件时,刀具达到的位置信息必须传递给 CNC 系统,然后由 CNC 系统发出信号并使刀具移动到这个位置,这个位置通常以坐标值的形式给出。

为了确定机床的运动方向和移动距离,就要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系就是机床坐标系,也称为机械坐标系。

简化程序编制的方法及保证记录数据的互换性,数控机床的坐标系和运动方向均已标准化。在标准中规定采用右手直角笛卡儿坐标系对机床坐标系进行命名。用 X 、 Y 、 Z 表示直线进给坐标轴, X 、 Y 、 Z 坐标轴的相互关系由右手法则确定,如图 1-14 所示,大拇指指向 X 轴正方向,食指指向 Y 轴正方向,中指指向 Z 轴正方向。

围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示,根据右手螺旋定则,如图 1-14 所示,以大拇指分别指向 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 方向,则食指、中指等弯曲指向分别就是圆周进给运动的 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 方向。

数控机床的进给运动,有的由主轴带动刀具运动来实现,有的由工作台带着工件运动来实现。通常在编程时,不论机床在加工中是刀具移动,还是被加工工件移动,都一律假定被加工工件相对静止不动,刀具移动,并规定刀具远离工件的方向作为坐标的正方向。在确定机床各直线运动的坐标轴时,一般先确定机床 Z 轴,再确定 X 轴,最后根据右手直角笛卡儿坐标系确定 Y 轴。

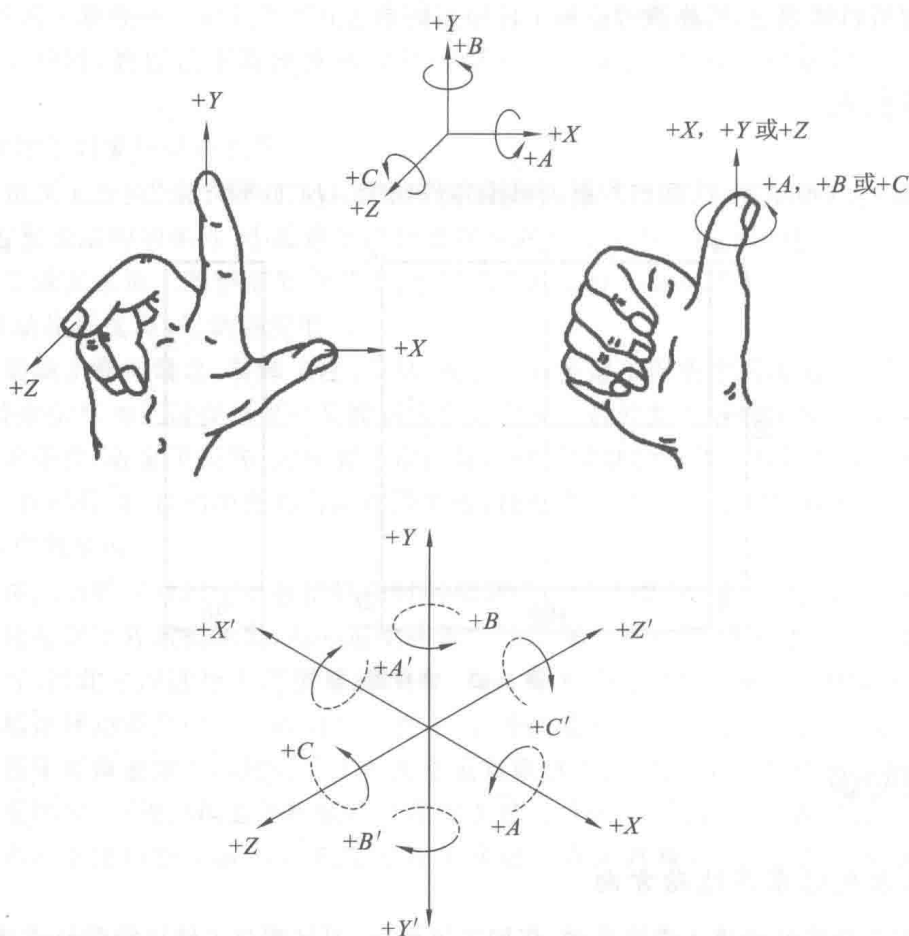


图 1-14 右手直角笛卡儿坐标系

1) Z 坐标的运动

Z 坐标的运动由传递切削力的主轴所决定,与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标,如图 1-15(a)所示的卧式车床,图 1-15(b)所示的立式铣床和图 1-15(c)所示的卧式铣床。

Z 坐标的正方向是增加刀具和工件之间距离的方向。如在钻镗加工中,钻入或镗入工件的方向是 Z 的负方向。

2) X 坐标的运动

X 坐标运动是水平的,它平行于工件装夹面,是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。

对工件做回转切削运动的车床,X 坐标方向为工件的直径方向且平行于横向导轨,如图 1-15(a)所示。

对刀具做回转切削运动的机床,如铣床、镗床,有下列两种情形:

(1) 当 Z 轴竖直(立式)时,从刀具主轴向机床立柱看时,X 运动的正方向指向右方,如图 1-15(b)所示;

(2) 当 Z 轴水平(卧式)时,从刀具主轴向工件看时,X 运动的正方向指向右方,如图 1-15(c)所示。

3) Y 坐标的运动



当 X 、 Z 的运动正方向确定后,可根据已知的 X 和 Z 坐标运动的正方向,按照右手直角笛卡儿坐标系规定的 X 、 Y 、 Z 三者的关系,确定 Y 坐标运动的正方向,如图 1-15 所示。

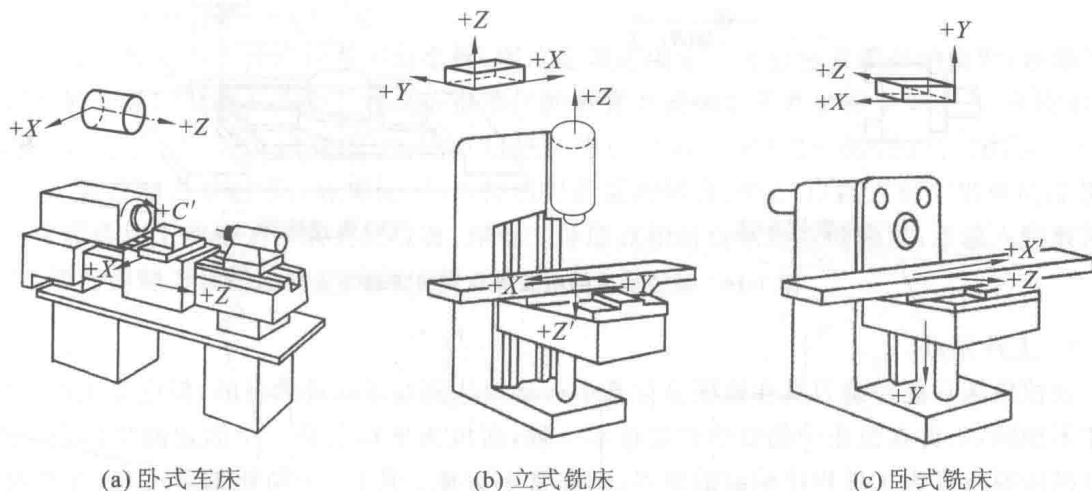


图 1-15 数控机床的坐标系

4) 旋转运动

在图 1-14 中, A 、 B 、 C 相应地表示其轴线平行于 X 、 Y 、 Z 的旋转运动。 A 、 B 、 C 正向为 X 、 Y 和 Z 方向上右旋螺纹前进的方向。

5) 机床的附加坐标系

若在机床上除 X 、 Y 、 Z 坐标的直线进给运动之外,另有第二组平行或不平行于它们的坐标运动,指定为 U 、 V 、 W ,如还有第三组运动,指定为 P 、 Q 、 R 。

2. 机床坐标系与工件坐标系

1) 机床原点

机床坐标系的原点是指机床上设置的一个固定的点,即机床坐标系的原点,也称为机床原点或零点,常用“ M ”表示。它在机床装配、调试时就已确定下来了,是数控机床进行加工运动的基准参考点。

2) 机床参考点

机床参考点(R 点)的位置在每个轴上都是通过减速行程开关粗定位,然后由编码器零位电脉冲(或称栅格零点)精定位,与机床原点的相对位置是固定的。该点至机床原点在其进给坐标轴方向上的距离在机床出厂时已准确确定,使用时可通过回参考点方式进行确认。当已知机床参考点位置时,可以根据机床参考点在机床坐标系中的坐标值间接确定机床原点的位置。

数控机床在接通电源后,通常都要做回参考点操作,利用机床操作面板上的有关按钮,控制机床测量目标定位到机床参考点。在返回参考点的工作完成后,显示器即显示出机床参考点在机床坐标系中的坐标值,表明机床坐标系已自动建立。

通常数控机床参考点和机床原点设置为同一点,即机床参考点在机床坐标系中的各坐标均为 0。图 1-16(a)和图 1-16(b)分别是数控车床和数控铣床的机床原点和机床参考点的位置,图中机床零点均取在直线坐标轴正方向的极限位置上。