



高等职业教育机电一体化专业“十二五”规划教材

数控机床编程与加工

(上册)

主编 房连琨

CDIO教育理念

· 任务驱动
· 项目导向
· 能力培养
· 面向就业



YZLI0890164777



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育机电一体化专业“十二五”规划教材

数控机床编程与加工

(上册)

房连琨 主 编

王 俊 副主编



YZLI0890164777

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书分为两个课题,六个模块,若干个项目。分为上下两册,上册为课题一数控车床编程与加工,包括三个模块,分别为理论模块(一)、仿真模块(二)、实训模块(三)。下册为课题二数控铣床及加工中心编程与加工,也包括三个模块,分别为理论模块(四)、仿真模块(五)、实训模块(六)。

本书可作为高职高专、成人高校机电一体化专业、机械制造专业及数控专业的教材,也可作为从事数控加工、培训人员辅助用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与加工:全2册/房连琨主编. —北京:国防工业出版社,2011.12

高等职业教育机电一体化专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07705-6

I. ①数... II. ①房... III. ①数控机床—程序设计—高等职业教育—教材②数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 240731 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 323 千字

2011 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 总定价 54.00 元 上册 27.00 元
下 册 27.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

目前,我国正处于从“世界制造大国”向“世界制造强国”转变的发展时期,许多企业都以先进的数控设备作为保证产品加工质量的重要技术措施,并且因此为企业带来了较大的经济效益。随着数控机床的广泛应用,数控技术在机械制造业中的地位与作用越来越重要,制造业对高素质、高技能数控技术人才的需求也更为迫切。

数控机床的发展与普及,需要大批高素质的数控机床编程与操作人员。在数控机床编程与加工的课程中,数控实训环节尤其重要,但目前缺乏实用性强和可操作性强的教材,很大程度上影响了数控实训的效果。基于这种现状编写了本书。本书可作为高职院校机电一体化专业、机械制造专业及数控专业的教材,也可作为数控培训人员辅助用书。

本书编写以能力培养为主线来组织教学;更新课程内容,体现课程特点,跟上时代步伐;注重实际操作环节,增强综合能力的培养。对数控机床编程及操作采用课题制教学模式,即将教学内容按技能类型和等级分成若干个模块,每个模块下设若干个子课题,以每个课题为核心,结合相关的工艺知识、专业理论知识和操作技能进行一体化教学。本书在编写过程中本着如下原则。

1. 基本理论与基本操作不可忽视

由于高职学生主要是技能的培养,本着理论知识适度够用的原则,有必要对教材中理论性太强、岗位实用性较低的内容进行删减,以突出实践技能性强的教学内容。所以教材对数控加工的原理只进行简单讲解,以讲明基本概念、基本原理为度,删去一些繁琐的计算过程和一些过时的教学内容。

2. 利用模拟操作替代实际操作

数控加工仿真系统软件是一个应用虚拟现实技术于数控加工操作技能实训的仿真软件,具备对机床操作全过程和加工运行全环境的仿真功能,可以进行数控编程和加工操作过程教学,使需要在数控设备上才能完成的大部分教学功能在此虚拟制造环境中实现,弥补了传统数控教学的不足。基于这一功能和特点,使用仿真软件将大大减少在数控机床设备上的资金投入,减少工程材料和能源的消耗,既能降低成本又能加快数控人才的培养速度,尽快填补市场空缺。

3. 实训要与生产实际结合

大部分高职院校的技能训练都是在校内的实习车间完成,往往与工厂的生产实际有一定差距。以往在数控训练中只注重训练学生的编程能力,只要加工出零件轮廓就可以了,而忽略强调零件的尺寸公差、形位公差、工艺知识等要求,更不用说生产效率、工时核算、刀具管理等生产管理的重要因素了,按此模式培养的学生必然与生产实际严重脱节,生产管理的知识则获得更少。因此,在实训阶段应以正式生产的方式为主对学生进行实训训练。

基于这个出发点,编者对数控机床加工与编程在教学内容上进行了改革,采用课题制方法进行教学,将这门课的内容设计为两个课题,六个模块,若干个项目。本书分为上下两册,由房连琨任主编,王俊任副主编。参加编写上册的人员有王俊(编写课题:实训模块)、房连琨(编写课题:仿真模块)、毕长飞(编写课题:理论模块)、张艳灵编写附录。下册由房连琨编写,全书由房连琨负责统稿。

本书在编写过程中,参阅了许多教材、文献和网络上的资料,在此谨致谢意!

由于编者水平有限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

上 册

课题一 数控车床编程与加工	1
理论模块(一)	1
第1章 数控机床概述	1
1.1 数控机床产生和发展	1
1.2 数控机床工作原理、组成及特点	2
1.3 数控机床的分类	4
第2章 数控车床编程基础	8
2.1 数控车床编程内容、步骤及方法	8
2.2 编制程序时的工艺处理	9
2.3 数控机床坐标系	14
2.4 程序结构与格式	17
2.5 直径编程方式	20
第3章 数控车床编程	23
3.1 简单回转体编程的基本指令	23
3.2 刀具补偿功能	38
3.3 复杂回转体编程指令	42
仿真模块(二)	53
项目一 上海宇龙仿真软件的使用	53
任务一 软件安装及运行	53
任务二 仿真软件使用	54
项目二 数控车床对刀	67
任务一 标准刀对刀方法	67
任务二 机床坐标系下对刀	74
项目三 简单回转体零件编程仿真加工(一)	77
任务一 简单回转体零件 15 编程及仿真加工	77
任务二 简单回转体零件 16 编程及仿真加工	81
项目四 简单套类零件编程仿真加工(二)	85
任务一 简单套类零件 18 编程及仿真加工	85
任务二 简单套类零件 19 编程及仿真加工	89
项目五 复杂回转体零件编程仿真加工(一)	93

任务一 复杂回转体零件 21 编程及仿真加工	93
任务二 复杂回转体零件 22 编程及仿真加工	97
项目六 复杂回转体零件编程仿真加工(二)	101
任务一 复杂回转体零件 24 编程及仿真加工	101
任务二 复杂回转体零件 25 编程及仿真加工	105
项目七 复杂回转体零件编程仿真加工(三)	110
任务一 复杂回转体零件 27 编程及仿真加工	110
任务二 复杂回转体零件 28 编程及仿真加工	114
项目八 复杂回转体零件编程仿真加工(四)	119
任务一 复杂回转体零件 30 编程及仿真加工	119
任务二 复杂回转体零件 31 编程及仿真加工	124
实训模块(三)	128
项目一 数控车床操作安全规程及对刀	128
任务一 数控车床操作安全规程	128
任务二 数控机床操作与对刀	130
项目二 台阶轴(一)	135
任务一 台阶轴零件 33 的编程与加工	135
任务二 台阶轴零件 34 的编程与加工	140
项目三 台阶轴(二)	144
任务一 台阶轴零件 35 的编程与加工	144
任务二 台阶轴零件 36 的编程与加工	149
项目四 套类零件编程与加工	153
任务一 套类零件 37 的编程与加工	153
任务二 套类零件 38 的编程与加工	158
项目五 车削外三角螺纹	162
任务一 外三角螺纹零件 39 的编程与加工	162
任务二 外三角螺纹零件 40 的编程与加工	167
项目六 特型面的编程与加工	171
任务一 特型面零件 41 的编程与加工	171
任务二 特型面零件 42 的编程与加工	176
项目七 综合训练(一)	180
任务一 综合零件 43 的编程与加工	180
任务二 综合零件 44 的编程与加工	187
项目八 综合训练(二)	194
任务一 综合零件 45 的编程与加工	194
任务二 综合零件 46 的编程与加工	201
附录 数控车工国家职业标准	208
参考文献	218

课题一 数控车床编程与加工

理论模块(一)

第1章 数控机床概述

1.1 数控机床产生和发展

1.1.1 数控机床的诞生

出于军事发展的需要,1952年美国麻省理工学院(MIT)在美国空军后勤部的资助下,成功研制了世界上第一台有信息存储和处理功能的新型机床,即数控机床。数控技术及数控机床的诞生,标志着生产和控制领域一个崭新时代的到来。随着科学技术的高速发展,机械制造领域正发生着巨大的变化,传统的生产方式和加工技术已难以满足产品的优质、高效及多品种的市场需求,特别是在面对市场竞争日趋激烈、市场需求不断变化的情况下,为满足加速开发研制新产品、改变单一不变大批大量的生产格局,以数控加工技术为代表的现代制造技术展现出其强大的生命力。因此,数控技术很快就从美国逐步推广到欧洲和亚洲等国家。

1.1.2 数控机床的发展过程

第一台数控机床综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的技术成果。它的出现不仅用于复杂曲面零件的加工,而且指明了今后机床自动化的发展方向。

数控机床以微电子技术发展为推动力,先后经历了第一代电子管数控系统、第二代晶体管数控系统、第三代集成电路数控系统、第四代小型计算机数控系统和第五代微型机数控系统五个发展阶段。前三代数控系统是20世纪70年代以前的早期数控系统,它们都是采用电子电路实现的硬接线数控系统,因此称为硬件式数控系统,也称为NC数控系统。第四代和第五代系统是20世纪70年代中期开始发展起来的软件式数控系统,称为计算机数字控制或简称为CNC系统。

软件式数控系统是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统,它具有很强的程序存储能力和控制功能,这些控制功能是由一系列控制程序(驻留系统内)来实现的。软件式数控系统的通用性很强,具有很大的柔性,因而数控系统的性能大大提高,而价格却有了大幅度的下降。同时,可靠性和自动化程度有了大幅度的提高,数控机

床也得到了飞速发展。目前 CNC 数控系统几乎完全取代了以往的 NC 数控系统。

1.1.3 数控机床的发展趋势

近年来,随着微电子和计算机技术的飞速发展及数控机床的广泛应用,使加工技术跨入一个新的里程,并建立起一种全新的生产模式,数控机床正朝着高精度、高速度、高自动化、高复合化、计算机直接数字控制及柔性制造方面发展。在日、美、德、意等发达国家已出现了以数控机床为基础的自动化生产系统。如计算机直接数控系统(Direct Numerical Control, DNC)、柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。

1.2 数控机床工作原理、组成及特点

1.2.1 数控机床工作原理

数控技术是数字控制(Numerical Control)技术的简称,是指用数字化信号对设备运行及其加工过程进行控制的一种自动化技术。而数控设备中的数据处理(即微型计算机)、控制电路以及伺服机构称为数控系统。装备了数控系统的机床称为数控机床。随着科学技术的发展,数控系统采用微处理器 CPU 作为数控装置的核心,因此数控机床又称 CNC (Computer Numerical Control) 机床,是由电子计算机或专用电子计算装置对数字化信息进行处理而实现自动控制的机床。

数控机床加工零件时,首先应编制零件的数控程序,这是数控机床的工作指令。将数控程序输入到数控装置,再由数控装置控制数控机床主运动的变速、启停,进给运动的方向、速度和位移大小,以及其他诸如刀具选择交换、工件夹紧松开和冷却润滑的启停等动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照数控程序规定的顺序、路程和参数进行工作,从而加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。数控机床加工时,根据零件工作图样的工艺要求,将机床各运动部件的移动量、速度、动作先后顺序、主轴转速、转向及冷却等要求,以规定的数控代码形式编制程序单,并输入到机床数控系统中,然后数控系统根据输入的指令,进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令让其控制机床各个部分进行规定位移和动作。

1.2.2 数控机床的组成

数控机床一般由程序输入/输出装置、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和机床本体六部分组成,如图 1.1.1 所示。

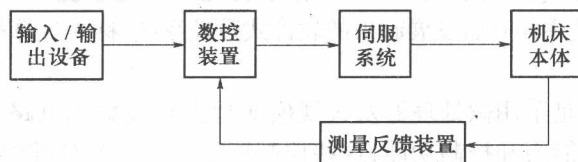


图 1.1.1 数控机床的组成

(1) 输入/输出设备。对于微机控制的数控机床可用操作面板上的键盘直接把加工程序输入数控装置。

(2) 数控装置。数控装置是数控机床的控制核心,其功能是接收程序输入装置输入的加工信息,经译码、处理与计算,发出相应的脉冲信号送给伺服系统,通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动。

(3) 伺服系统。机床伺服系统是数控系统的执行部分,是以机床移动部件(工作台)的位置和速度作为控制量的自动控制系统。它是由速度控制装置、位置控制装置、驱动伺服电机和相应的机械传动装置组成,其功能是接收数控装置输出的脉冲信号指令,使机床上的移动部件作相应的移动。

(4) 测量反馈装置。通过位置传感器将伺服电动机的角位移或数控车床执行机构的直线位移转换成电信号,输送给数控装置,并与指令位移进行比较,并由数控装置发出指令,纠正所产生的误差,使数控机床按工件加工程序要求的进给位置和速度完成加工。常用的位移检测元件有脉冲编码器、感应同步器、光栅及磁栅等。

(5) 机床本体。机床本体是数控机床的机械部分,包括床身、主轴箱、工作台、进给机构、辅助装置(如刀库、液压气动装置、冷却系统和排屑装置等)。数控机床是高精度、高生产率的自动化加工机床。与传统的普通机床相比,数控机床在整体布局、外部造型、主传动系统、进给传动系统、刀具系统、支承系统和排屑系统等方面有很大的差异。这些差异能更好地满足数控技术的要求,并充分适应数控加工的特点。通常对数控机床的精度、静刚度、动刚度和热刚度等均提出了更高的要求,而传动链则要求尽可能简单。

1.2.3 数控机床的加工特点

1. 高度柔性

数控机床的刀具运动轨迹是由加工程序决定的,当加工工件改变时,只需要改变加工程序就可以完成工件的加工。对单件小批量生产及新产品的开发,可缩短生产准备周期,有利于机械产品的更新换代。

2. 加工精度高

数控机床本身的精度比较高,且在加工过程中操作人员不参与操作,工件的加工精度全部由机床保证,消除了操作者人为造成的误差。因此,加工出来的工件具有精度高、尺寸一致性好、质量稳定的特点。

3. 生产效率高

数控机床能连续完成整个加工过程,减少了辅助动作时间和停机时间,即有效地减少了零件的加工时间,因此其生产效率高。

4. 减轻劳动强度

数控机床加工过程不需要人的干预,大大减轻了工人的劳动强度。

5. 经济效益明显

数控机床具有生产效率高、加工质量好、废品少,以及减少工装和量刀具、缩短生产周期、减少在制品数量、缩短新产品试制周期等优势,从而可以为企业带来良好的经济效益。

6. 生产管理现代化

由于在数控机床上进行加工所需的时间可以预计,而且每件固定不变,因而工时和工

时的费用可以计算得更精确。这有利于精确编制生产进度表、均衡生产和取得更高的预计产量。因此,使用数控机床加工有利于生产现代化管理。

1.3 数控机床的分类

目前数控机床种类很多,通常按下列方式进行分类。

1.3.1 按加工工艺方法分类

1. 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床、数控镗铣床等。加工中心(MC)是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。

2. 特种加工类数控机床

数控特种加工机床有数控线电火花切割机床、数控电火花成形机床、数控激光加工机床等。

3. 成型类数控机床

金属成型类数控机床有数控板材成型加工机床、数控管料成型加工机床及数控压力机等。

1.3.2 按机械加工的运动轨迹分类

1. 点位控制机床

该机床只对点的位置进行控制,即机床的运动部件只能实现从一个位置到另一个位置的精确位移,移动过程中不进行任何加工。数控系统只需要控制行程起点和终点的坐标值,而不控制运动部件的运动轨迹。

2. 直线控制机床

这种机床不仅要控制点的准确位置,而且要控制刀具(或工作台)以一定的速度沿与坐标轴平行的方向实现进给运动,或者控制两个坐标轴实现斜线的进给运动。这种控制常应用于简易数控车床、数控镗床等,现已较少使用。

3. 轮廓控制机床

这种机床能同时对两个或两个以上的坐标轴实现连续控制。它不仅能够控制移动部件的起点和终点,而且能够控制整个加工过程中每点的位置与速度。也就是说,能连续控制加工轨迹,使之满足零件轮廓形状的要求。

轮廓控制数控机床多用于数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等各种数控机床,轮廓控制主要用于加工曲面、凸轮及叶片等复杂形状的工件,基本取代了所有类型的仿形加工机床,提高了加工精度和生产率,现在的数控机床多为轮廓控制数控机床。

1.3.3 按同时控制轴数分类

(1) 二坐标机床:如数控车床,可加工回转体类零件;某些数控镗铣床,二轴联动可镗铣斜面。

(2) 三坐标数控机床:如一般的数控铣床、加工中心,三轴联动可加工曲面零件。

(3) 坐标数控机床:此类数控机床又称二轴半,实为二坐标联动,第三轴做周期性等距运动。

(4) 多坐标数控机床:四轴及四轴以上联动称为多轴联动。如五轴联动铣床,工作台除 X 、 Y 、 Z 三个方向可直线进给外,还可绕 Z 轴旋转进给(C 轴),刀具主轴可绕 Y 轴做摆动进给(B 轴)。

1.3.4 按伺服系统分类

根据有无检测反馈元件及其检测装置,机床的伺服系统可分为开环伺服系统、闭环伺服系统、半闭环伺服系统。

1. 开环伺服系统数控机床

在开环伺服系统中,机床没有测量反馈装置,如图 1.1.2 所示,即控制装置发出的信号流程是单向的。工作台的移动速度和位移量是由输入脉冲的频率和脉冲数决定的,改变脉冲的数目和频率,即可控制工作台的位移量和速度。由于开环伺服系统对移动部件的实际位移无检测反馈,故不能补偿位移误差,因此,伺服电动机的误差以及齿轮与滚珠丝杠的传动误差,都将影响被加工零件的精度。但开环伺服系统的结构简单、成本低、调整维修方便、工作可靠,它适用于精度、速度要求不高的场合。目前,开环控制系统多用于经济型数控机床。

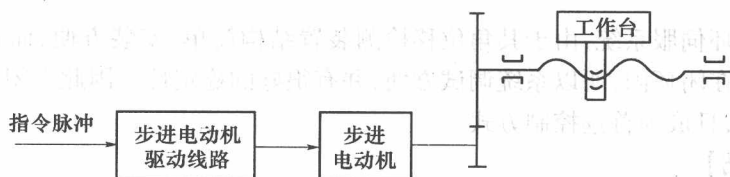


图 1.1.2 开环伺服系统数控机床

2. 闭环伺服系统数控机床

闭环伺服系统是在机床移动部件上安装直线位置检测装置,当数控装置发出位移脉冲信号指令,经过伺服电动机、机械传动装置驱动运动部件移动时,直线位置检测装置将检测所得实际位移量反馈到数控装置,与输入指令要求的位置进行比较,用差值进行控制,直到差值消除为止,最终实现移动部件的高位置精度,如图 1.1.3 所示。

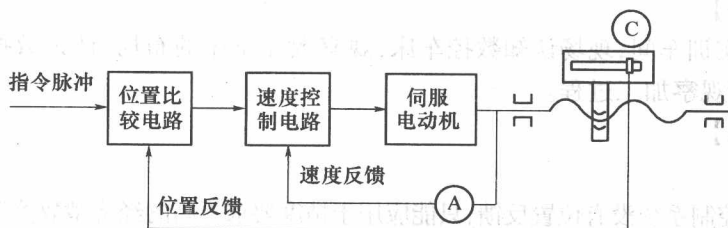


图 1.1.3 闭环伺服系统数控机床

闭环伺服系统的特点是加工精度高、移动速度快。但是,机械传动装置的刚度、摩擦阻尼特性、反向间隙等非线性因素,对系统的稳定性有很大影响,造成闭环控制系统安装

调试比较复杂;且直线位移检测装置造价高,因此闭环伺服系统多用于高精度数控机床和大型数控机床。

3. 半闭环伺服系统数控机床

这种控制方式对移动部件的实际位置不进行检测,而是通过检测伺服电动机的转角,间接地检测移动部件的实际位移量,检测装置将检测所得实际位移量反馈到数控装置的比较器,与输入指令要求的位置进行比较,用差值进行控制,直到差值消除为止。半闭环伺服系统数控机床控制结构如图 1.1.4 所示。

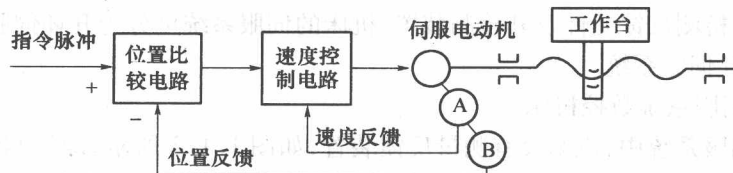


图 1.1.4 半闭环伺服系统数控机床

由于半闭环控制的运动部件的机械传动链不包括在闭环之内,机械传动链的误差无法得到校正或消除。但是,由于广泛采用的滚珠丝杠螺母机构具有良好的精度和精度保持性,且采用了可靠的消除反向运动间隙的结构,因此,其控制精度介于开环系统与闭环系统之间。

对于半闭环伺服系统,由于其角位移检测装置结构简单、安装方便,而且惯性大的移动部件不包括在闭环内,所以系统调试方便,并有很好的稳定性。因此半闭环伺服系统得到了广泛应用,且成为首选控制方式。

【本章小结】

本章主要介绍了数控机床的产生和发展;数控机床的组成及工作原理;数控机床的分类方法;有关数控的基本概念。通过本章学习使学生掌握数控机床的工作原理及有关数控的基本概念,了解数控机床产生、发展以及分类的方法。学习的重点和难点是机床的工作原理。

【知识链接】

在金工实训过程中,通过对普通车床操作实训,同学们掌握了普通车床各部分组成及作用,也掌握了普通车床的工作原理,了解普通车床加工的基本知识。

【技能训练】

课后参观实训车间,现场认知数控车床,观察数控车床的布局,认识数控车床的各个组成部分,仔细观察加工过程。

【思考练习】

1. 判断题

- (1) 开环控制系统没有位置反馈,只能应用于精度要求不高的经济型数控系统中。()
- (2) 半闭环控制系统一般采用角位移检测装置间接地检测移动部件的直线位移。()
- (3) 数控技术是 FMS 不可缺少的工作单元,但在 CIMS 中运用不多。()
- (4) 全功能数控系统应配置高速、功能强的可编程序控制器。()
- (5) 数控机床要完成的任务只是控制机床的进给运动,达到能加工复杂零件的要求。()

2. 选择题

- (1) 数控机床的传动系统比通用机床的传动系统。()
 - A. 复杂
 - B. 简单
 - C. 复杂程度相同
 - D. 不一定
- (2) 数控机床的进给运动是由()完成的。
 - A. 进给伺服系统
 - B. 主轴伺服系统
 - C. 液压伺服系统
 - D. 数字伺服系统
- (3) 数控折弯机床按用途分是一种()数控机床。
 - A. 金属切削类
 - B. 金属成型类
 - C. 电加工
 - D. 特殊加工类
- (4) 只有装备了()的数控机床才能完成曲面的加工。
 - A. 点位控制
 - B. 直线控制
 - C. 轮廓控制
 - D. B - SURFACE 控制
- (5) 闭环与半闭环控制系统的区别主要在于()的位置不同。
 - A. 控制器
 - B. 比较器
 - C. 反馈元件
 - D. 检测元件

3. 简答题

- (1) 数控机床由哪些部分组成,各组成部分有什么作用?
- (2) 什么叫点位控制、直线控制和连续控制,它们的主要特点与区别是什么?
- (3) 什么叫开环、闭环、半闭环系统,它们之间有什么区别?
- (4) 简述数控机床的工作原理。
- (5) 和普通机床控制相比较,数控机床有何特点,控制的对象有哪些?

第2章 数控车床编程基础

2.1 数控车床编程内容、步骤及方法

2.1.1 数控编程的概念

在数控机床上加工零件,首先要进行程序编制,将零件的加工顺序、工件与刀具相对运动轨迹的尺寸数据、工艺参数(主运动和进给运动速度、切削深度等)以及辅助操作等加工信息,用规定的文字、数字、符号组成的代码,按一定的格式编写成加工程序单,并将程序单的信息通过控制介质输入到数控装置,由数控装置控制机床进行自动加工。从零件图纸到生成零件加工程序的全部过程称为数控程序编制。数控编程的一般步骤如图1.2.1所示。

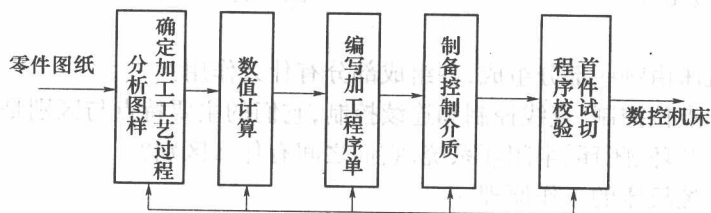


图 1.2.1 数控编程的步骤

1. 分析图样、确定加工工艺过程

在确定加工工艺过程时,编程人员要根据图样对工件的形状、尺寸、技术要求进行分析,然后选择加工方案、加工顺序、加工路线、装夹方式、刀具及切削参数,同时还要考虑所用数控机床的指令功能,充分发挥机床的效能,加工路线要短,要正确选择对刀点、换刀点,减少换刀次数。

2. 数值计算

根据零件图的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系,计算零件粗、精加工各运动轨迹,得到刀位数据。对于点位控制的数控机床(如数控冲床),一般不需要计算,只是当零件图样坐标系与编程坐标系不一致时,才需要对坐标进行换算。对于形状比较简单的零件(如直线和圆弧组成的零件)的轮廓加工,需要计算出几何元素的起点、终点,圆弧的圆心,两几何元素的交点或切点的坐标值,有的还要计算刀具中心的运动轨迹坐标值。对于形状比较复杂的零件(如非圆曲线、曲面组成的零件),需要用直线段或圆弧段逼近,根据要求的精度计算出其节点坐标值,这种情况一般要用计算机来完成数值计算的工作。

3. 编写加工程序单

加工路线、工艺参数及刀位数据确定以后,编程人员可以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。此外,还应填写有关的工艺文件,如数控加

工工序卡片、数控刀具卡片、数控加工程序单等。

4. 制备控制介质

制备控制介质就是把编制好的程序单上的内容记录在控制介质(磁盘等)上作为数控装置的输入信息。目前,随着计算机网络技术的发展,可直接由计算机通过网络与机床数控系统通信。

5. 程序校验与首件试切

程序单和制备好的控制介质必须经过校验和试切才能正式使用。校验的方法是直接将控制介质上的内容输入到数控装置中,让机床空运转,以检查机床的运动轨迹是否正确。还可以在数控机床的显示器上模拟刀具与工件切削过程的方法进行检验,但这些方法只能检验出运动是否正确,不能查出被加工零件的加工精度。因此有必要进行零件的首件试切。当发现有加工误差时,应分析误差产生的原因,找出问题所在,加以修正。

2.1.2 数控程序的编程方法

数控编程可分为手工编程和自动编程两类。

1. 手工编程

整个程序的编制过程由人工完成。这就要求编程人员不仅要熟悉数控代码及编程规则,而且还必须具备机械加工工艺知识和一定的数值计算能力。手工编程对简单零件通常是可以胜任的,但对于一些形状复杂的零件或空间曲面零件,编程工作量十分巨大,计算繁琐,花费时间长,而且非常容易出错。不过,根据目前生产实际情况,手工编程在相当长的时间内还会是一种行之有效的编程方法。手工编程具有很强的技巧性,并有其自身特点和一些应该注意的问题,将在后续内容中予以阐述。

2. 自动编程

编程人员只需根据零件图样的要求,按照某个自动编程系统的规定,编写一个零件源程序,输入编程计算机,再由计算机自动进行程序编制,并打印程序清单和制备控制介质。自动编程既可以减轻劳动强度、缩短编程时间,又可减少差错,使编程工作简便。

用数控机床对零件进行加工时,首先对零件进行加工工艺分析,以确定加工方法、加工工艺路线;正确地选择数控机床刀具和装夹方法;然后,按照加工工艺要求,根据所用数控机床规定的指令代码及程序格式,将刀具的运动轨迹、位移量、切削参数以及辅助功能编写成加工程序单,传送或输入到数控装置中,从而使数控机床自动对工件进行加工。这种从分析工件图到获得加工程序单的全过程叫数控程序的编制,简称编程。

2.2 编制程序时的工艺处理

在数控机床上加工零件与普通机床上加工零件所涉及的工艺问题大致相同,处理方法没有多大差别,基本过程为分析零件图纸,明确加工内容;确定工艺路线;工件在车床上的装夹方式;各表面的加工顺序和刀具进给路线以及刀具和切削用量的选择等。

2.2.1 零件图工艺分析

在设计零件的加工工艺规程时,首先要对加工对象进行深入分析。对于数控车削加

工应考虑以下几方面。

(1) 分析零件轮廓的几何条件。手工编程时,要计算每个节点坐标,零件图上是否漏掉某尺寸,零件图上的图线位置是否模糊或尺寸标注不清,零件图上尺寸标注方法应适应数控车床加工的特点,应以同一基准标注尺寸或直接给出坐标尺寸。

(2) 尺寸精度要求。分析零件图样尺寸精度的要求,判断能否利用车削工艺达到要求,常常对零件要求的尺寸取最大和最小极限尺寸的平均值作为编程的尺寸依据。

(3) 形状和位置精度的要求。零件图样上给定的形状和位置公差是保证零件精度的重要依据。加工时,要按照其要求确定零件的定位基准和测量基准。

(4) 表面粗糙度要求。表面粗糙度是保证零件表面微观精度的重要要求,也是合理选择数控车床、刀具及确定切削用量的依据。

2.2.2 工艺路线的确定

工艺路线的拟定是制订工艺规程的关键,主要任务是选择各个表面的加工方法和加工方案,确定各个表面的加工顺序以及工序集中和分散的程度,合理选用机床和刀具,确定所用夹具的大致结构等。

1. 加工方案的确定

确定加工方案要时,首先应根据零件加工精度和表面粗糙度的要求,初步确定为达到这些要求所需要的加工方法和加工方案。采用不同加工方案所能达到的经济精度和表面粗糙度如表 1.2.1 所列。

表 1.2.1 加工方案参考表

加工类型	加工方案	经济精度	表面粗糙度	适用范围
外圆表面	粗车—半精车	8~9	5~10	除淬火钢以外的金属材料
	粗车—半精车—精车	6~7	1.25~2.5	
	粗车—半精车—磨削	6~7	0.63~2.5	主要用于淬火钢
	粗车—粗磨—精磨	5~7	0.16~0.63	
平面	粗车—半精车	8~9	5~10	适用于端面加工 适合未淬火钢及 铸铁的平面加工
	粗车—半精车—精车	6~7	1.25~2.5	
	粗铣—精铣	7~9	1.0~2.5	适用于端面加工
	粗车—半精车—精车—磨削	6	0.32~1.25	
孔	钻—扩—铰	8~9	2.5~5.0	适合未淬火钢及铸铁实 心毛坯或有色金属
	钻—扩—粗铰—精铰	7	1.25~2.5	
	钻—粗镗—精镗	7~8	1.25~2.5	
	钻—铰—精镗	7~8	1.25~2.5	除未经淬火钢以外各种钢及 铸铁,毛坯上已有孔
	粗镗(扩)—半精镗	8~9	2.5~5.0	
	粗镗(扩)—半精镗—精镗	7~8	1.25~2.5	