

名师课堂

本丛书由国家教学名师王爱玲教授主编

数控职业技能实践系列教程

数控加工 技术基础

■ 王爱玲 主编 ■ 刘永姜 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

数控职业技能实践系列教程

数控加工技术基础

王爱玲 主编 刘永姜 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍机械加工领域中有关数控加工技术的基础知识。其主要内容包括数控加工概述、数控加工技术的基本原理、数控插补原理、典型数控系统简介、数控机床的伺服系统、数控加工工艺基本知识,以及数控加工程序编制基础等。

本书取材新颖,介绍的内容由浅入深,循序渐进。为了满足数控职业技能型人才的市场需要,本书理论联系实际,着重于应用,同时理论部分的讲解突出简明性、系统性、实用性和先进性等特点。

本书可作为高职、高专、成人高校、电大的机电类、数控技术专业教材,以及机电一体化类专业各种层次继续教育的数控培训教材,也可供自动化领域及机械制造业有关工程技术人员和研究人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术基础/王爱玲主编. —北京:电子工业出版社,2009.1

(数控职业技能实践系列教程)

ISBN 978-7-121-05744-1

I.数… II.王… III.数控机床-加工-技术培训-教材 IV.TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第001029号

责任编辑:徐 静 陈韦凯

特约编辑:孙志明

印 刷:北京智力达印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:18.75 字数:408千字

印 次:2009年1月第1次印刷

定 价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

《数控职业技能实践系列教程》

编 委 会

主 编 王爱玲

副主编 (按姓氏笔画排序)

刘中柱 刘永姜 孙旭东 李 清 杨福合 曾志强

编 委 (按姓氏笔画排序)

马清艳	马维金	王爱玲	王永祯	刘中柱	刘永姜
孙旭东	成云平	李 清	朱丽梅	陆春月	吴晶莹
杨福合	郑智贞	贺小宇	绍云鹏	赵丽琴	曾志强
崔 亚	温海骏	蓝海根	翟 宁	蔡国轩	

前 言

数控技术是现代制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，离开了数控技术，先进制造技术就成了无本之木。数控技术的广泛使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化，它的关联效益和辐射能力更是难以估计。数控技术及数控装备已成为关系国家战略地位和体现国家综合国力的重要基础性产业，其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志，实现加工机床及生产过程数控化，已经成为当今制造业的发展方向。

我国数控技术及产业尽管在改革开放后得到了快速发展，但是，与发达国家相比仍然有较大的差距，其原因是多方面的，但最重要的是数控人才的匮乏。目前，随着国内数控机床用量的剧增，急需培养一大批各种层次的数控人才，特别是应用型高级技术人才及能熟练操作数控设备的技能人才，而数控车床、铣床、加工中心及一些特种数控设备操作人员的培养更加显得紧迫。

为了适应我国高等职业技术教育发展及数控技能型人才培养的需要，我们特编写了这一套“数控职业技能实践系列教程”。

本系列教程分6册：《数控加工技术基础》、《数控车削编程与操作》、《数控铣削编程与操作》、《数控加工中心编程与操作》、《特种数控设备编程与操作》、《数控设备故障诊断与维修》。

承担本系列教程编写工作的中北大学机械工程与自动化学院机械工程系，在“机械设计制造及其自动化”山西省品牌专业建设的基础上，1995年就开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业方向，其专业基础课程《机床数控技术》是省级精品课程。在继续工程教育方面，作者单位作为“兵器工业现代数控技术培训中心”和“全国数控培训网太原分中心”的承办单位，自1995年以来，开办了50多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班，为80多个企事业单位培训了大量现代数控技术方面的工程技术人才。目前，中北大学是教育部、国防科工委、中国机械工业联合会认定的数控技术领域技能型紧缺人才培养培训基地。

本系列教程是经过10多年教学实践的积累和检验，不断进行补充、更新、修改而编著完成的。教材力求取材新颖，介绍的内容由浅入深，循序渐进，深入浅出，图文并茂，形象生动，理论密切联系实际，特别着重于应用，每一部分都列举了大量实例。为了满足数控职业技能型人才的市场需要，理论部分的讲解突出了简明性、系统性、实用性和先进性等特点，反映机与电的结合，减少繁杂的数学推导，系统全面地介绍了数控技术、数控装备、数控加工工艺等方面的知识。

本系列教程的特色表现在以下几方面：

(1) 系列的各本教材编写突出了“应用”的特色，精选了大量的应用实例。

(2) 注重理论与实践的合理搭配，既有相关技术的基础理论知识，又有数控实践操作知识。

(3) 在有限的课时内，安排较大量的实验、习题，以锻炼学生实际动手能力和解决实际问题的能力。

(4) 本系列教程编写过程由学校教师和企业技术人员共同完成。

参加本系列教程编写者均为主讲过“机械设计制造及其自动化”类“数控技术”专业本专科各门数控专业课程，并参加相关科研项目的青年教师，由博士生导师王爱玲教授担任系列教程的总策划与主编。

本系列教程可作为高等职业教育的教学与实践教材或教学参考用书；同时对从事数控技术开发、数控设备使用、维修、数控编程技术人员，以及数控机床操作人员均有较大的参考价值；还可作为各种层次的继续工程教育用数控培训教材。

《数控加工技术基础》由王爱玲任主编，刘永姜任副主编。第1章由王爱玲编写，第2章和第5章由刘永姜编写，第3章由马清艳编写，第4章由朱丽梅编写，第6章由赵丽琴编写，第7章由成云平编写。全书由王爱玲提出总体构思并进行审稿，由刘永姜负责统稿。

本书编写时参阅了很多院校和企业的教材、资料和文献，部分资料来源于网络，并得到很多专家和同行的支持与帮助，在此谨致谢意！

限于编者的水平和经验，书中难免会有疏漏和错误之处，恳请读者和各位同仁批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机床数字控制的基本原理	1
1.1.1 数字控制的基本概念	1
1.1.2 数控机床的组成	1
1.1.3 数控机床的工作过程	3
1.1.4 数控系统中轨迹控制的基本原理	5
1.1.5 数控系统中的辅助功能及实现	6
1.1.6 数控机床加工零件的操作过程	6
1.2 机床数控系统的分类	7
1.2.1 按机床的运动轨迹分类	7
1.2.2 按伺服系统的控制方式分类	9
1.2.3 按数控系统功能水平分类	10
1.3 数控加工技术	11
1.3.1 数控加工技术的特点	11
1.3.2 数控加工工艺的概念	12
1.3.3 数控加工工艺的主要内容	13
1.3.4 数控加工工艺的特点	14
1.3.5 数控加工工艺的适应性	15
1.3.6 数控加工工艺设计	16
1.4 机床数控技术的发展	17
1.4.1 数控机床的产生和数控技术的发展过程	17
1.4.2 机床数控技术的发展趋势	19
思考题	24
第 2 章 数控加工技术的基本原理	25
2.1 数控加工的基本概念	25
2.2 数控加工技术的发展	25
2.3 数控加工技术的特点与应用	26
2.4 数控加工机床的系统组成	26
2.5 数控加工基本原理	27
2.6 数控加工编程基础	29
2.6.1 数控加工的坐标系与指令系统	29
2.6.2 数控加工程序格式	35

2.6.3	数控加工生产流程	37
	思考题	38
第3章	数控插补原理	39
3.1	概述	39
3.1.1	插补的基本概念	39
3.1.2	插补运算的基本原理	39
3.1.3	插补方法的分类	40
3.2	逐点比较插补法	41
3.2.1	逐点比较法直线插补	41
3.2.2	逐点比较法圆弧插补	47
3.3	数字积分插补法	53
3.3.1	数字积分法直线插补	54
3.3.2	数字积分法圆弧插补	59
3.3.3	改进 DDA 插补质量的措施	62
3.4	数据采样(增量)插补法	63
3.4.1	时间分割插补法原理	65
3.4.2	数据采样插补的终点判别	68
3.5	刀具补偿原理	69
3.5.1	刀具半径补偿的原理	69
3.5.2	B 功能刀具半径补偿	71
3.5.3	C 功能刀具半径补偿	73
	思考题	78
第4章	典型数控系统简介	79
4.1	概述	79
4.2	CNC 装置的硬件结构	80
4.2.1	CNC 装置的硬件综述	80
4.2.2	CNC 装置硬件结构类型	82
4.3	CNC 装置的软件结构	90
4.3.1	CNC 装置的软硬件界面	90
4.3.2	CNC 装置控制软件设计思想	91
4.3.3	CNC 装置软件结构模式	94
4.4	开放式数控系统	104
4.4.1	开放式数控系统的特征	106
4.4.2	发达国家的开放式数控系统研究	106
4.4.3	开放式数控系统的关键技术	113

4.5	典型的数控系统	114
4.5.1	西门子 SINUMERIK 840D 数控系统介绍	114
4.5.2	FANUC 数控系统	117
4.5.3	华中 HNC—21T 和 HNC—21/22M 数控系统	129
	思考题	132
第5章	数控机床的伺服系统	133
5.1	伺服系统概述	133
5.1.1	伺服系统的组成	133
5.1.2	对伺服系统的基本要求	134
5.1.3	伺服系统的分类	136
5.2	步进电机及其速度控制	139
5.2.1	步进电机的结构与工作原理	139
5.2.2	步进电机的主要特性及选用	147
5.3	直流伺服电机及其速度控制	150
5.3.1	直流伺服电机概述	150
5.3.2	直流电机速度控制	159
5.4	交流伺服电机及其速度控制	165
5.4.1	交流伺服电机	165
5.4.2	交流电机调速方法	172
5.5	进给位置伺服系统	172
5.5.1	进给伺服系统的分类	173
5.5.2	脉冲比较伺服系统	173
5.5.3	相位比较伺服系统	174
5.5.4	幅值比较伺服系统	176
5.6	位置检测装置	178
5.6.1	检测装置的要求与分类	178
5.6.2	旋转变压器	181
5.6.3	感应同步器	182
5.6.4	绝对值脉冲编码器	189
5.6.5	光栅	192
5.6.6	磁栅	200
5.6.7	脉冲编码器	205
	思考题	209
第6章	数控加工工艺基本知识	210
6.1	数控加工切削基础	210

6.1.1	切削过程的基本规律	210
6.1.2	金属切削刀具	213
6.1.3	金属材料的切削加工性	220
6.1.4	切削温度与切削液	226
6.1.5	数控刀具的选择	228
6.2	数控加工工艺基础	232
6.2.1	数控加工工艺概念	232
6.2.2	数控加工工艺性分析	236
6.2.3	数控加工工艺路线设计	241
6.2.4	数控加工工序设计	248
	思考题	251
第7章	数控加工程序编制基础	253
7.1	数控编程的概念	253
7.2	数控编程的内容与方法	253
7.2.1	数控编程的内容	253
7.2.2	数控编程的方法	255
7.3	程序的结构与格式	256
7.3.1	程序的结构	256
7.3.2	程序段格式	257
7.4	数控编程几何基础	260
7.4.1	数控机床坐标系和运动方向	260
7.4.2	工件坐标系	262
7.4.3	编程坐标系	265
7.4.4	数控编程的特征点	265
7.5	数控编程的基本指令	267
7.5.1	准备功能指令——G 指令	272
7.5.2	辅助功能指令——M 指令	284
7.5.3	其他功能指令	286
7.6	数控编程中的数学处理	287
7.6.1	基点	287
7.6.2	非圆曲线数学处理的基本过程	288
	思考题	289
	参考文献	290

第1章 绪 论

1.1 机床数字控制的基本原理

1.1.1 数字控制的基本概念

数字控制 (Numerical Control, NC), 简称为数控, 是一种自动控制技术, 是用数字化信号对控制对象加以控制的一种方法。数字控制是相对于模拟控制而言的, 数字控制系统中的控制信息是数字量, 而模拟控制系统中的控制信息是模拟量。数字控制与模拟控制相比有许多优点, 如可用不同的字长表示不同精度的信息, 可对数字化信息进行逻辑运算、数学运算等复杂的信息处理工作, 特别是可用软件来改变信息处理的方式或过程, 而不用改动电路或机械机构, 从而使机械设备具有很大的“柔性”。因此数字控制已被广泛用于机械运动的轨迹控制和机械系统的开关量控制, 如机床的控制、机器人的控制等。

数字控制的对象是多种多样的, 但数控机床是最早应用数控技术的控制对象, 也是最典型的数控化设备。数控机床是采用了数控技术的机床, 或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟 (International Federation of Information Processing, IFIP) 第五技术委员会, 对数控机床作了如下定义: 数控机床是一种装了程序控制系统的机床。该系统能逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。

定义中所提的程序控制系统, 就是数控系统 (Numerical Control System, NCS)。数控系统是一种控制系统, 它自动输入载体上事先给定的数字量, 并将其译码, 再进行必要的信息处理和运算后, 控制机床动作和加工零件。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的专用硬件数控系统。随着微型计算机的发展, 硬件数控系统已逐渐被淘汰, 取而代之的是计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 系统。CNC 系统是由计算机承担数控中的命令发生器和控制器的数控系统。由于计算机可完全由软件来确定数字信息的处理过程, 从而具有真正的“柔性”, 并可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息, 使数字控制系统的性能大大提高。

1.1.2 数控机床的组成

数控机床是典型的数控化设备, 它一般由信息载体、计算机数控装置、伺服系统和机床 4 部分组成, 如图 1-1 所示。



图 1-1 数控机床的组成

1. 信息载体

信息载体又称控制介质，用于记录数控机床上加工一个零件所必需的各种信息，如零件加工的位置数据、工艺参数等，以控制机床的运动，实现零件的机械加工。早期的数控机床（系统）常用的信息载体有穿孔带、磁带等，现代数控机床（系统）常用的信息载体有磁盘或半导体存储器等，并通过相应的输入装置将信息输入到数控系统中。数控机床既可采用信息载体输入，也可采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入，或通过串行口将计算机上编写的加工程序输入到数控系统。高级的数控系统还包含一套自动编程机或者计算机辅助设计/计算机辅助制造（CAD/CAM）系统。由这些设备实现编制程序、输入程序、输入数据，以及显示、模拟显示、存储和打印等功能。

2. 计算机数控装置

计算机数控装置是数控机床的核心，它的功能是接受载体送来的加工信息，经计算和处理后去控制机床的动作。它由硬件和软件组成。硬件除计算机外，其外围设备主要包括光电阅读机、CRT、键盘、面板、机床接口等。光电阅读机用于输入系统程序和零件加工程序。CRT 供显示和监控用。键盘用于输入操作命令及编辑、修改程序段，也可输入零件加工程序。操作面板可供操作人员改变操作方式、输入整定数据、启停加工等。机床接口是计算机和机床之间联系的桥梁，机床接口包括伺服驱动接口及机床输入/输出（I/O）接口。

3. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分，包括驱动机构和机床移动部件，它接受数控装置发来的各种动作命令，驱动受控设备运动。伺服电机可以是步进电机、电液马达、直流伺服电机或交流伺服电机。

4. 机床

机床是用于完成各种切削加工的机械部分，是在普通机床的基础上发展来的，但也作了很多改进和提高。它的主要特点是：

（1）由于大多数数控机床采用了高性能的主轴及伺服传动系统，因此数控机床的机械传动结构得到了简化，传动链较短。

（2）为了适应数控机床连续地自动化加工，数控机床机械结构具有较高的动态刚度、阻尼精度及耐磨性，热变形较小。

- (3) 更多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。
- (4) 不少数控机床还采用了刀库和自动换刀装置以提高机床工作效率。

1.1.3 数控机床的工作过程

数控机床的工作过程包括以下几个方面:

(1) 输入 输入给数控系统的有零件加工程序、控制参数和补偿数据等。

(2) 译码 输入的程序段含有零件的轮廓信息(起点、终点、直线还是圆弧等)、要求的加工速度及其他的辅助信息(换刀、换挡、冷却液开关等)。计算机依靠译码程序来识别这些代码,将加工程序翻译成计算机内部能识别的语言。

(3) 数据处理 数据处理程序一般包括刀具半径补偿、速度计算和辅助功能的处理。刀具半径补偿是把零件轮廓轨迹转化为刀具中心轨迹。速度计算是解决该加工程序段以什么样的速度运动的问题,加工速度的确定是一个工艺问题,数控系统仅仅是保证这个编程速度的可靠实现。另外,辅助功能如换刀、换挡等也在这个程序中实现。

(4) 插补 计算轨迹的过程称为插补,即根据给定的曲线类型(如直线、圆弧或高次曲线)、起点、终点及速度后,在起点和终点之间进行数据点的密化。计算机数控系统的插补功能主要由软件来实现,目前主要有两类插补方法:一是基准脉冲插补,它的特点是每次插补运算结束产生一个进给脉冲;二是数据采样插补,它的特点是插补运算在每个插补周期进行一次,根据指令进给速度计算出一个微小的直线数据段。

(5) 伺服控制 将计算机送出的位置进给脉冲或进给速度指令,经变换和放大后转化为伺服电机(步进电机或交、直流伺服电机)的转动,从而带动机床工作台移动。

(6) 管理程序 当一个数据段开始插补时,管理程序即着手准备下一个数据段的读入、译码、数据处理。即由它调用各个功能子程序,且保证一个数据段加工过程中将下一个程序段准备就绪。一旦本数据段加工完成,即开始下一个数据段的插补加工。整个零件加工就是在这种周而复始的过程中完成的。

用数控机床进行加工,首先必须将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化,按规定的代码和格式编制数控加工程序。然后用适当的方式将此加工程序输入数控系统。数控系统根据输入的加工程序进行信息处理,计算出理想轨迹和运动速度。然后将处理的结果输出到机床的执行部件,控制机床运动部件按预定的轨迹和速度运动。

数控机床的加工过程如图1-2所示。其中信息输入、信息处理和伺服执行是数控系统的3个基本工作过程,也是数控系统的3个基本组成部分。加上机床本体,数控机床必须具备信息输入、信息处理、伺服执行及机床本体4个基本组成部分。

加工一个零件所需的数据及操作命令构成零件加工程序。加工程序可以用符号或数字形式记录在输入介质(有形的信息载体)上,输入数控系统;也可以通过键盘或通信接口输入数控系统。输入介质一般是穿孔纸带、磁带、磁盘等。输入介质上的数据以程序段形式

编排。



图 1-2 数控机床加工过程

每一程序段都包含有加工零件某一部分所需的全部信息：加工段长度、形状、切削速度、进给速度及进刀量等。零件程序编程时所需的尺寸信息（长度、宽度及圆弧半径）和外形（圆弧、直线或其他）取自零件图，尺寸按每一个运动轴（如 X 、 Y 等）分别给出。切削速度、进给速度，以及冷却液通断、主轴回转方向、齿轮变速等其他辅助功能均可编程输入。这样，在加工过程中，每执行一个程序段，刀具便完成一部分切削。

信息处理是数控装置的核心任务，由计算机来完成。它的作用是识别输入介质中每个程序段的加工数据和操作命令，并对其进行换算和插补计算。所谓插补，即根据程序信息计算出运动轨迹上的许多中间点的坐标。这些中间点坐标以前一中间点到后一中间点的位移量形式输出，经接口电路向各坐标轴执行部件送出控制信号，控制机床按规定的速度和方向移动，以完成零件的成形加工。

伺服执行部分的作用是将插补输出的位移信息转换成机床的进给运动。数控系统要求伺服执行部件准确、快速地跟随插补输出信息执行机械运动。这样数控机床才能加工出高精度的工件。数控机床常用的伺服驱动元件有功率步进电机、宽调速直流伺服电机和交流伺服电机等。

从上面可以看出，与传统的机床相比，数控系统取代了操作人员的手工操作。传统的机床加工中，操作者通过操纵手轮使切削刀具沿着工件移动进行零件加工，加工精度完全由操作者的视力及熟练程度决定，加工精度难以保证。对于外形简单且精度要求较低的零件可用手工操作方式完成，若是二维轮廓或三维轮廓加工，手工操作的普通机床就无能为力了。采用了数控机床后，原来操作者手工完成的工作都包含在零件程序中了，所以他们只需编制简单的程序，监视机床工作，并作通常的零件更换即可，从而实现了工件的自动加工。

与传统机床相比，数控机床有以下优点：

- (1) 具有充分的柔性，只需编制零件程序就能加工零件。
- (2) 在切削速度和进给行程的全范围内均可保持精度，且一致性好。
- (3) 生产周期较短。
- (4) 可以加工复杂形状的零件。
- (5) 易于调整机床，与其他制造方法（如自动机床、自动生产线）相比，所需调整时间较少。
- (6) 操作者有空闲时间，可照料其他加工。



数控机床也存在以下问题:

- (1) 造价相对高。
- (2) 维护比较复杂, 需要专门的维护人员。
- (3) 需要高度熟练和经过培训的零件编程人员。

1.1.4 数控系统中轨迹控制的基本原理

数控系统信息处理的主要任务之一是进行轨迹控制。一般情况下, 用户程序给出了轨迹的起点和终点, 以及轨迹的类型(如直线、圆弧或是其他曲线), 并规定其走向(如圆弧是顺时针还是逆时针)。由数控系统在控制过程中计算出轨迹运动的各个中间点, 这个计算过程称为插补。即“插入”、“补上”轨迹运动的各个中间点。插补的概念与常用的“插值法”类似, 只是插值法一般只求一个中间点, 而插补求的是很多个中间点, 且这些中间点的坐标值与理想轨迹的误差应不超过机床的分辨率。插补结果输出运动轨迹的中间点坐标值, 机床伺服系统根据此坐标值控制各坐标轴协调运动, 走出预定轨迹。

插补工作可用硬件或软件来完成。早期的硬件数控系统中, 都采用硬件的数字逻辑电路来完成插补工作。以硬件为基础的数控系统中, 数控装置采用了电压脉冲作为插补点坐标增量输出, 其中每一脉冲都在相应的坐标轴上产生一个基本长度单位的运动, 在这种系统中, 一个脉冲(P)对应着一个基本长度单位(BLU), 可表示为

$$P = BLU$$

这些脉冲可用以驱动开环控制系统中的步进电机, 也可驱动闭环控制系统中的直流伺服电机。每发送一个脉冲, 工作台相对刀具移动一个基本长度单位, 称为脉冲当量。

脉冲当量的大小决定了加工精度, 发送给每一坐标轴的脉冲数目决定了相对运动距离, 而脉冲的频率代表了坐标轴速度。

在CNC系统中, 插补工作一般由软件完成。也有用软件进行粗插补, 用硬件进行细(精)插补的CNC系统。在CNC系统中, 信息以二进制形式编排、处理和存储。二进制的每一位(bit)代表一个基本长度单位(BLU), 表示为

$$\text{bit} = BLU$$

比如16位字可表达65 536个不同的坐标轴位置。如果系统的分辨率为基本长度单位0.01mm, 则这个数字表示的最大运动距离可以达到655.36mm。沿用数控系统脉冲当量的概念, 一个脉冲当量与二进制的bit等价, 所以

$$\text{bit} = P = BLU$$

即在所有CNC系统中, 二进制的每一位、脉冲及基本长度单位实际上是等效的。

软件插补方法可分为基准脉冲插补和数据采样插补两类。基准脉冲插补法是模拟硬件插补的原理, 它把每次插补运算产生的指令脉冲输出到伺服系统, 驱动工作台运动。每插补一次, 发出一个脉冲, 工作台移动一个基本长度单位, 即脉冲当量。输出脉冲的最大速度取决

于执行一次插补运算所需的时间。该方法虽然插补程序比较简单,但进给速度受到一定的限制,所以常用在进给速度不很高的数控系统或开环数控系统中。基准脉冲插补有多种方法,最常用的是逐点比较插补法、数字积分插补法等。

软件插补的第二类方法是数据采样插补法。使用数据采样插补法的数控系统,其位置伺服通过计算机及测量装置构成闭环,插补结果输出的不是脉冲,而是数据。计算机定时地对反馈回路采样,得到的采样数据与插补程序所产生的指令数据相比较后,输出用误差信号去驱动伺服电机。采样周期各系统不尽相同,一般取 10ms 左右。采样周期太短计算机来不及处理,太长则会损失信息从而影响伺服精度。

另外还有一种硬件和软件相结合的插补方法。把插补功能分别分配给软件和硬件插补器,前者完成粗插补,即把加工轨迹分为大的段,而硬件插补器完成精插补,进一步密化数据点,完成程序段的加工。该法对计算机的运算速度要求不高,并可余出更多的存储空间以存储零件程序,而且响应速度和分辨率都比较高。

1.1.5 数控系统中的辅助功能及实现

用户输入的加工程序代码必须经过译码、刀具补偿、速度处理和辅助功能处理等一系列的数据处理过程,才能得出插补所需的数据。在控制机床运动的过程中,还需对传动系统的间隙和丝杠的螺距误差进行补偿,才能最终控制机床加工出合格的零件。

除轨迹控制外,在加工过程中还需执行一些辅助控制,如主轴的停、开、正转、反转,主轴的转速控制,切削液的开、关,换刀控制等。这些辅助功能有的在一个程序段的插补运动开始之前执行,有的在插补之后执行。主轴的转速控制一般由专门的主轴系统来控制,数控系统只需输出一个转速给定量。这个给定量可以是模拟量,也可以是数字量,视主轴系统而定。其他的辅助功能主要是开关量控制。在简单的系统中,这些开关量的控制逻辑较简单,花费处理时间短,因而由数控系统的微型计算机或继电器逻辑电路来执行。在较复杂的系统中,这些辅助功能的控制较复杂,要花费大量的时间来处理,有的功能还需要与轨迹控制同时执行,因此复杂系统的开关量控制通常由一个可编程控制器来执行。如加工中心、柔性制造单元等,由于刀库、工作台控制较为复杂,所以一般都由专门的一个可编程控制器来进行控制。

1.1.6 数控机床加工零件的操作过程

数控机床加工零件的操作可分为如下 4 步:

(1) 数控程序的编制 先根据零件图纸的要求设计数控加工工艺过程,如工步、加工路线、切削用量、行程等,再按编程手册的有关规定编制数控加工程序单。

(2) 控制介质的制作和程序的输入 由加工程序单制作控制介质,如穿孔带、磁带、磁盘等,再将控制介质记录的加工信息通过输入装置输入到数控系统中。



(3) 加工信息的处理与计算和控制指令的发出 当加工程序输入到数控系统后, 在控制系统内部的系统程序的支持下, 系统程序对加工程序进行必要的处理与计算后, 发出相应的控制指令。

(4) 控制指令的执行 运动部件按控制指令进行运动, 从而实现零件的数控加工。

1.2 机床数控系统的分类

机床数控系统的种类很多, 为了便于了解和研究, 可从不同的角度对其进行分类。

1.2.1 按机床的运动轨迹分类

按照机床的运动轨迹可把机床数控系统分为以下 3 类。

1. 点位控制系统 (point to point control system)

点位控制系统只控制机床移动部件的终点位置, 而不管移动所走的轨迹如何, 可以一个坐标移动也可以两坐标同时移动, 在移动过程中不进行切削。为保证定位精度, 可在移动过程中采用如图 1-3 所示的分级降速、连续降速或单向定位等方法提高定位精度。数控钻床、数控冲床等都属于点位控制系统。

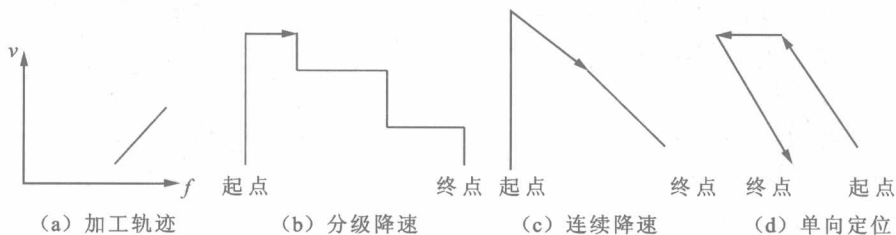


图 1-3 点位控制定位方式

2. 直线切削控制系统 (strait cut control system)

直线切削控制系统控制刀具或工作台以适当的速度按平行于坐标轴的方向直线移动, 并可对工件进行切削。这类系统也能按 45° 进行斜线切削, 但不能按任意斜率进行切削, 简易数控车床就属于直线切削控制系统。也可将点位控制系统和直线切削控制系统结合在一起成为点位/直线切削控制系统, 数控镗床属于这一类系统。

3. 轮廓控制系统 (contouring control system)

轮廓控制系统又称连续切削控制系统, 它能对刀具与工件相对移动的轨迹进行连续控制, 能加工曲面、凸轮、锥度等复杂形状的零件, 数控铣床、数控车床、数控磨床均采用连