

丛书主编

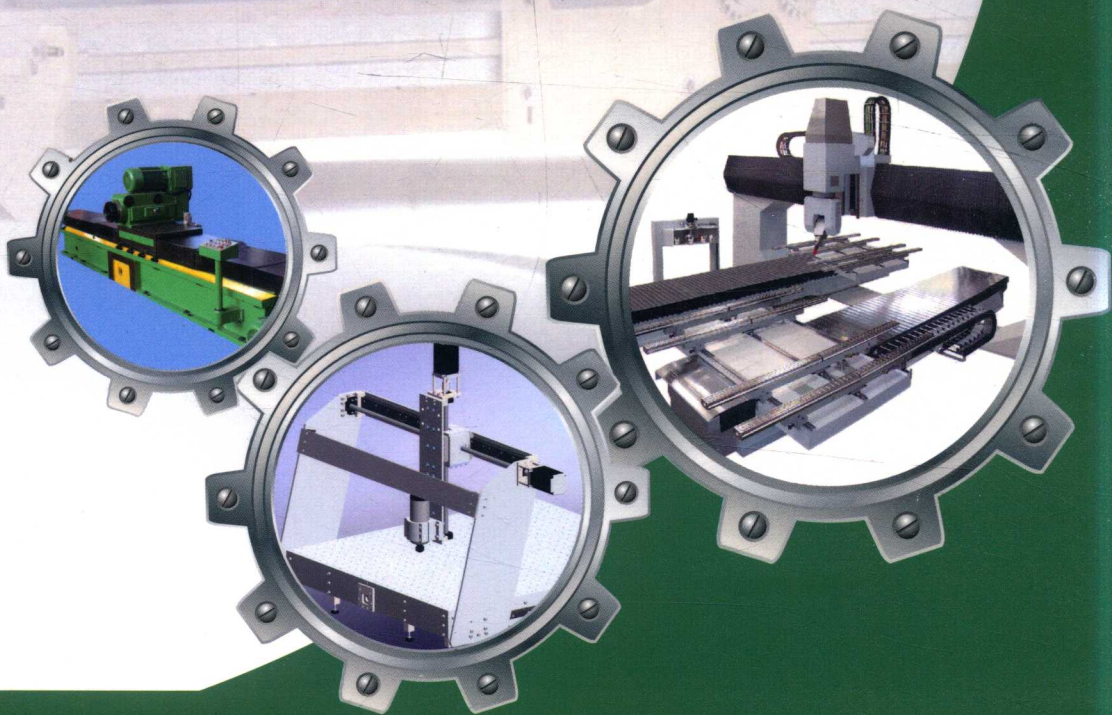
王爱玲

现代数控

原理及控制系统

(第4版)

张吉堂 刘永姜 陆春月 周进节 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代数控技术系列(第4版)

现代数控原理 及控制系统

(第4版)

张吉堂 刘永姜 陆春月 周进节 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要介绍机械加工领域中的有关数控原理与系统,主要内容包括机床数字控制的基本原理、机床数控系统的基本概念、数控技术的最新发展动态,数控加工程序的预处理、点位控制与点位/直线切削控制、连续切削控制的各种插补算法、数控系统的刀具补偿原理以及数控机床进给速度的控制等数控技术,并介绍了机床数控系统的硬、软件结构及接口电路技术,还介绍了开放式数控系统和机器人数控技术。本书理论与实际相结合,着重于应用,突出理论的系统性、实例的代表性和技术的先进性。

本书既可作为机械设计制造及其自动化专业本科生、机电一体化类相关专业方向的硕士、博士研究生的教材和教学参考书,同时也可作为机械制造自动化领域相关工程技术人员和研究人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代数控原理及控制系统/张吉堂编著. —4版. —北京:国防工业出版社,2016.4

(现代数控技术系列/王爱玲主编)

ISBN 978-7-118-10634-3

I. ①现... II. ①张... III. ①数控机床 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 030594 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)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25¼ 字数 578 千字

2016 年 4 月第 4 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 66.00 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

“现代数控技术系列”(第4版)总序

中北大学数控团队近期完成了“现代数控技术系列”(第4版)的修订工作,分六个分册:《现代数控原理及控制系统》《现代数控编程技术及应用》《现代数控机床》《现代数控机床伺服及检测技术》《现代数控机床故障诊断及维修》《现代数控加工工艺及操作技术》。该系列书2001年1月初版,2005年1月再版,2009年3月第3版,系列累计发行超过15万册,是国防工业出版社的品牌图书(其中,《现代数控机床伺服及检测技术》被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,《现代数控原理及控制系统》还被指定为博士生入学考试参考用书)。国内四五十所高等院校将系列作为相关专业本科生或研究生教材,企业从事数控技术的科技人员也将该系列作为常备的参考书,广大读者给予很高的评价。同时本系列也取得了较好的经济效益和社会效益,为我国飞速发展的数控事业做出了相当大的贡献。

根据读者的反馈及收集到的大量宝贵意见,在第4版的修订过程中,对本系列书籍(教材)进行了较大幅度的增、删和修改,主要体现在以下几个方面:

(1) 传承数控团队打造“机床数控技术”国家精品课程和国家精品网上资源共享课程时一贯坚持的“新”“精”“系”“用”要求(及时更新知识点、精选内容及参考资料、保持现代数控技术系列完整性、体现教材的科学性和实用价值)。

(2) 通过修订,重新确定各分册具体内容,对重复部分进行了协调删减。对必须有的内容,以一个分册为主,详细叙述;其他分册为保持全书内容完整性,可简略介绍或指明参考书名。

(3) 本次修订比例各分册不太一样,大致在30%~60%之间。

变更最大的是以前系列版本中《现代数控机床实用操作技术》,由于其与系列其他各本内容不够配套,第4版修订时重新编写成为《现代数控加工工艺及操作技术》。

《现代数控原理及控制系统》除对各章内容进行不同程度的更新外,特别增加了一章目前广泛应用的“工业机器人控制”。

《现代数控编程技术及应用》整合了与《现代数控机床》重复的内容,删除了陈旧的知识,增添了数控编程实例,还特别增加一章“数控宏程序编制”。

《现代数控机床》对各章节内容进行更新和优化,特别新增加了数控机床的人机工程学设计、数控机床总体设计方案的评价与选择等内容。

《现代数控机床伺服及检测技术》更新了伺服系统发展趋势的内容,增加了智能功率模块、伺服系统的动态特性、无刷直流电动机、全数字式交流伺服系统、电液伺服系统等内容,并对全书的内容进行了优化。

《现代数控机床故障诊断及维修》对原有内容进行了充实、精炼,对原有的体系结构进行了更新,增加了大量新颖的实例,修订比例达到60%以上。第9章及第11章5、6节全部内容是新增加的。

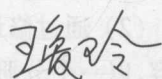
(4) 为进一步提升系列书的质量、有利于团队的发展,对参加编著的人员进行了调整。给学者们提供了一个新的平台,让他们有机会将自己在本学科的创新成果推广和应用到实践中去。具体内容见各分册详述及引言部分的介绍。

(5) 为满足广大读者,特别是高校教师需要,本次修订时,各分册将配套推出相关内容的多媒体课件供大家参考、与大家交流,以达到共同提高的目的。

中北大学数控团队老、中、青成员均为第一线教师及实训人员,部分有企业工作经历,这是一支精诚团结、奋发向上、注重实践、甘愿奉献的队伍。一直以来坚守着信念:热爱我们的教育事业,为实现我国成为制造强国的梦想,为我国飞速发展的数控技术多培养出合格的人才。

从20世纪80年代王爱玲为本科生讲授“机床数控技术”开始,团队成员在制造自动化相关的科技攻关及数控专业教学方面获得了20多项国家级、省部级奖项。为适应培养数控人才的需求,团队特别重视教材建设,至今已编著出版了50多部数控技术相关教材、著作,内容涵盖了数控理论、数控技术、数控职业教育、数控操作实训及数控概论介绍等各个层面,逐步完善了数控技术教材系列化建设。

希望本次修订的“现代数控技术系列”(第4版)带给大家更多实用的知识,同时也希望得到更多读者的批评指正。



2015年8月

第4版引言

随着微电子技术和计算机技术的发展,数控技术的发展日新月异,数控系统性能日臻完善,应用领域日益扩大。

本书从2002年1月第1版出版以来深受广大读者的欢迎,市场反应良好,2005年1月再版,2009年3月第3版。出版以来,被多所院校列为本科生、研究生教材,也被部分科研人员用作常备的参考书,获得了出版社及许多读者的好评,为我国飞速发展的数控事业做出了一定贡献。

本次再版仍以作为相关专业本科,特别是硕士、博士研究生的教材和教学参考书为基本定位,同时考虑为相关工程技术人员的研究、开发与应用提供技术参考。本着反映数控领域最新发展成果,拓展数控技术的相关内容,提高理论层次,淘汰过时内容的指导思想,对各章都进行了不同程度的提升、精炼、修改。并力争体现出以“取材新颖,介绍内容由浅入深,循序渐进,理论与实际相结合,着重于应用,突出理论的系统性、实例的代表性和技术的先进性”为特色。

为适应制造自动化的发展,向FMC、FMS和CIMS提供基础设备,要求数控制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头等功能,而工业机器人为实现这些功能提供了最佳的方案,因此近年来数控系统与机器人的控制融合得到了快速的发展,各数控企业纷纷推出自己的解决方案。因此本次修订增加了“工业机器人控制”作为一章。

本书的主题是控制原理及系统,第1章是概述,第2章到第7章是原理,第8章到第11章是系统部分,按通用系统、开放系统、机器人控制系统及这些控制系统中有特色的接口技术来安排各章节。

本次再版除新增加了“工业机器人控制”作为第10章,原来的第10章调整为第9章,原第9章调整为第11章外,其余各章节都进行了不同程度的修改。第1章重写了1.3.2小节“我国数控系统的发展概况”中的“(我国)数控系统发展现状”和1.3.3小节“数控系统的发展趋势”;第2章添加了介绍STEP-NC标准发展的新内容;第3章重写了3.2.3小节,题目从“DNC数控系统输入方式”变为“磁盘输入和通信输入方式”;第4章到第7章是数控原理部分,内容基本没有改变,只调整了体系结构,精炼了文字表达,修正了个别错误;第8章增加了8.1节“计算机数控系统概述”,分为8.1.1小节“计算机数控系统概念及原理”和8.1.2小节“计算机数控系统的组成及特点”,还重写了8.5.2小节“并联数控系统”,另外,原8.5.2小节“开放式数控系统”主要内容调整到了第9章,并进行了更

新;第9章根据原8.5.2小节和“开放式数控系统案例”一节及收集到的最新资料进行了改写更新,充实了内容,突出了开数控系统的主题;第11章增加了11.6节“数控系统总线技术”;另外还修正了原来的一些笔误、印刷错误等。

本书主要内容包括机床数字控制的基本原理、机床数控系统的基本概念、数控技术的最新发展动态,数控加工程序的预处理、点位控制与点位/直线切削控制、连续切削控制的各种插补算法、数控系统的刀具补偿原理以及数控机床进给速度的控制等数控技术,并介绍了机床数控系统的硬、软件结构及接口电路技术,还介绍了开放式数控系统和机器人数控技术。

本书第1,2,3,4章由张吉堂编写,第5,6章由刘永姜编写,第7章由梁晶晶编写,第8,11章由陆春月编写,第9章由周进节编写,第10章由张纪平编写。丛书总主编王爱玲教授对全书进行了主审。本书在编写过程中参阅了国内外同行的相关教材、资料与文献,在此谨致谢意。

数控技术发展日新月异,限于编著者的水平,书中定有不少尚且没有来得及更新的内容,也会在编写上存在一些缺点和疏漏,恳请读者批评指正。

张吉堂

2015年8月

目 录

第 1 章 数控系统概述	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 数控机床加工零件的操作过程	3
1.1.4 计算机数控系统的工作过程	3
1.2 机床数控系统的分类	3
1.2.1 按机床的运动轨迹分类	4
1.2.2 按伺服系统的控制方式分类	5
1.2.3 按数控系统功能水平分类	6
1.3 数控系统的发展	7
1.3.1 数控系统的发展简史	7
1.3.2 我国数控系统的发展概况	9
1.3.3 数控系统的发展趋势	11
第 2 章 数控系统控制信号的构成	17
2.1 数控机床的坐标系	17
2.1.1 数控机床所使用的坐标系	17
2.1.2 机床坐标的确定方法	18
2.1.3 绝对坐标系与相对坐标系	18
2.2 数控机床的原点偏置	20
2.2.1 数控机床的各种原点	20
2.2.2 数控机床的零点偏置	21
2.3 数控机床指令代码	21
2.3.1 数控代码标准	21
2.3.2 程序段的组成	26
2.3.3 程序段格式	30
2.4 发展中的 STEP-NC 标准	30
2.4.1 STEP-NC 标准的提出	30

2.4.2	STEP-NC 与 STEP 标准	31
2.4.3	STEP-NC 的数据模型	31
2.4.4	STEP-NC 数控程序结构	32
2.4.5	STEP-NC 标准的发展	33
第 3 章	控制信息的输入	35
3.1	数控系统控制面板	35
3.1.1	经济型 JWK 数控系统控制面板	35
3.1.2	SIEMENS 880 数控系统控制面板	37
3.2	数控加工程序的输入	40
3.2.1	数控加工程序的输入过程	40
3.2.2	键盘输入方式	41
3.2.3	磁盘输入和通信输入方式	43
3.3	数控加工程序的译码	43
3.3.1	硬件译码过程	44
3.3.2	软件译码过程	46
3.3.3	基于 STEP-NC 数控系统的译码过程	52
第 4 章	数控机床点位控制与点位/直线切削控制	54
4.1	点位控制与点位/直线控制的一般概念	54
4.1.1	点位控制与点位/直线控制的异同	54
4.1.2	程序编制的增量方式与绝对值方式	55
4.1.3	测量系统的增量方式与绝对方式	56
4.1.4	点位控制系统与点位/直线切削控制系统的结构	56
4.2	位置计算与比较	58
4.2.1	位置计算与比较线路的各种方案	58
4.2.2	消除增量方式累计误差的方法	58
4.2.3	使用绝对值编程方式的位置计算与比较线路结构	59
4.2.4	位置计算与比较的软件实现	60
4.3	点位/直线切削机床的其他功能	61
4.3.1	主轴准停功能	61
4.3.2	自动换刀功能	62
4.4	补偿机能	67
4.4.1	齿隙补偿	67
4.4.2	螺距补偿	68
4.4.3	计算机数控系统的误差补偿	69

第 5 章	数控机床的连续切削控制	71
5.1	概述	71
5.2	逐点比较法	72
5.2.1	逐点比较法直线插补	73
5.2.2	逐点比较法圆弧插补	76
5.2.3	逐点比较法插补软件	82
5.2.4	逐点比较法算法的改进	86
5.3	数字积分插补法	90
5.3.1	数字积分法直线插补	91
5.3.2	数字积分法圆弧插补	94
5.3.3	空间直线插补	97
5.3.4	改进 DDA 插补质量的措施	98
5.3.5	数字积分法插补软件的实现	103
5.4	数据采样插补法	107
5.4.1	数据采样插补法原理	107
5.4.2	时间分割法插补原理	108
5.4.3	扩展 DDA 数据采样插补法	111
5.4.4	数据采样插补的终点判别	114
5.5	椭圆插补方法	118
5.5.1	椭圆插补基本原理	118
5.5.2	椭圆插补终点判别处理	120
5.5.3	椭圆插补精度分析	121
5.6	高次曲线样条插补方法	122
5.6.1	参数三次样条插补原理	122
5.6.2	参数三次样条插补基本算法	124
5.6.3	参数三次样条插补轮廓误差分析	125
5.7	曲面插补	126
5.7.1	曲面直接插补(SDI)	126
5.7.2	基于 STEP-NC 数控系统的曲面插补	131
5.7.3	高精度开放式数控系统复杂曲线曲面插补	135
5.8	螺纹加工算法	148
5.8.1	固定螺距的螺纹加工算法	148
5.8.2	变动螺距的螺纹加工算法	150
5.8.3	多螺纹加工算法	151
第 6 章	数控系统的刀具补偿原理	153
6.1	概述	153

6.2	数控系统的刀具补偿原理	153
6.2.1	刀具数据	153
6.2.2	刀具长度补偿	156
6.2.3	刀具半径补偿	157
6.3	C 刀具补偿类型及判别方法	161
6.3.1	C 刀具补偿类型的定义	161
6.3.2	C 刀具半径补偿算法的几个基本概念	163
6.3.3	C 刀具补偿转接类型的判别方法	165
6.4	C 刀具补偿的算法	167
6.4.1	直线接直线的情况	167
6.4.2	直线接圆弧的情况	170
6.4.3	圆弧接直线的情况	173
6.4.4	圆弧接圆弧的情况	175
第 7 章	数控机床加减速控制原理	178
7.1	进给速度的控制方法	178
7.1.1	进给速度的给定	178
7.1.2	进给速度的控制方法	179
7.2	CNC 装置的常见加减速控制方法	180
7.2.1	前加减速控制	181
7.2.2	后加减速控制	184
7.2.3	S 型加减速控制	187
7.2.4	自适应加减速控制	192
第 8 章	数控系统的软硬件	199
8.1	计算机数控系统概述	199
8.1.1	计算机数控系统概念及原理	199
8.1.2	计算机数控系统的组成及特点	200
8.2	机床 CNC 装置的组成、工作原理及特点	203
8.2.1	机床 CNC 装置的组成	203
8.2.2	机床 CNC 装置的工作原理	204
8.2.3	机床 CNC 装置的主要功能和特点	206
8.3	机床数控系统的硬件	209
8.3.1	机床数控系统硬件综述	209
8.3.2	机床数控装置硬件结构类型	210
8.4	机床数控系统软件结构	220
8.4.1	机床 CNC 系统的软件体系结构与软硬件界面	220

8.4.2	机床 CNC 系统控制软件设计思想	221
8.4.3	机床 CNC 系统典型的软件结构模式	224
8.5	机床数控系统实例	234
8.5.1	传统机床数控系统	235
8.5.2	并联数控系统	243
第 9 章	开放式数控系统	249
9.1	开放式数控系统概述	249
9.1.1	开放式数控系统产生的历史背景	249
9.1.2	开放式数控系统的概念和特征	249
9.1.3	开放式数控系统的分类	250
9.2	开放式数控技术的发展	251
9.2.1	美国的开放式数控系统研究计划	251
9.2.2	欧盟的 OSACA 计划和日本的 OSEC 计划	256
9.2.3	我国开放式数控技术的发展	257
9.3	开放式数控系统案例	259
9.3.1	NC 嵌入 PC 式数控系统	259
9.3.2	“PC + 运动控制器”数控系统	264
9.3.3	全软件型 CNC 数控系统	268
第 10 章	工业机器人控制	272
10.1	工业机器人概述	272
10.1.1	工业机器人机构形式	272
10.1.2	工业机器人的位姿描述和齐次变换	274
10.1.3	工业机器人运动学和运动规划	276
10.2	工业机器人控制系统及软硬件组成	282
10.3	工业机器人控制系统的信息交互	288
10.3.1	工业机器人人机界面	288
10.3.2	工业机器人控制程序	289
10.4	工业机器人控制系统接口技术	293
10.4.1	I/O 接口	294
10.4.2	总线接口	298
10.5	工业机器人应用及举例	301
10.5.1	工业机器人应用	301
10.5.2	工业机器人应用举例	302
10.6	其他用途机器人控制	304
10.6.1	其他用途机器人控制理论架构	304

10.6.2	其他用途机器人控制方法介绍	305
10.6.3	其他用途机器人控制技术的发展方向	305
第 11 章	数控系统接口技术	307
11.1	数控系统输入输出设备接口	307
11.1.1	键盘输入接口	307
11.1.2	显示器输出接口	309
11.2	数控系统的 I/O 接口	314
11.2.1	接口规范	316
11.2.2	接口电路	317
11.3	数控系统的可编程控制器	324
11.3.1	可编程控制器工作原理	324
11.3.2	PLC 在数控系统中的应用	329
11.4	数控系统的通信	341
11.4.1	数字通信概述	341
11.4.2	数控系统常用串行通信接口标准	345
11.4.3	数控系统网络通信接口	350
11.5	开放式数控系统接口	353
11.5.1	概述	353
11.5.2	SERCOS 接口的特性和能力	355
11.5.3	SERCOS 接口技术	358
11.6	数控系统总线技术	366
11.6.1	STD 总线	367
11.6.2	PCI 总线	369
11.6.3	CAN 现场总线	372
11.6.4	Profibus 现场总线	374
11.6.5	DeviceNet 总线	379
11.6.6	ControlNet 总线	381
11.6.7	Ethernet/IP 总线	383
参考文献	386

第 1 章 数控系统概述

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, 程序控制系统能逻辑地处理由控制编码或其他符号指令构成的程序。

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(Hard NC)。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系统(Computer Numerical Control, CNC)。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, CNC 系统与硬件数控系统相比, 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、伺服系统和机床四部分组成, 如图 1-1 所示。

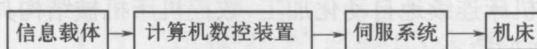


图 1-1 数控机床的组成

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。常用的信息载体有穿孔带、穿孔卡、磁带、磁盘等,它们通过相应的输入装置将信息输入到数控系统中。数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入,或通过通信接口将计算机上编写的加工程序输入到数控系统。高级的数控系统可能还包含一套自动编程机或者 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、操作面板、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/输出接口。伺服驱动接口主要是进行数/模转化,以及对反馈元件的输出进行数字化处理并记录,以供计算机采样;机床输入/输出接口用于处理辅助功能。软件由管理软件和控制软件组成。管理软件主要包括输入、输出、显示、诊断等程序;控制软件包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算、位置控制等部分。数控装置控制机床的动作可以概括为以下几点:

(1) 机床主运动,包括主轴的启动、停止、转向和速度选择。

(2) 机床的进给运动,如点位、直线、圆弧、循环进给的选择,坐标方向和进给速度的选择等。

(3) 刀具的选择和刀具的补偿(长度补偿、半径补偿)。

(4) 其他辅助运动,如各种辅助操作,工作台的锁紧和松开,工作台的旋转与分度和冷却泵的开、停等。

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,但也做了很多改进和提高,它的主要特点:

(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,传动链大大缩短。

(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 数控机床加工零件的操作过程

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,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。

1.1.4 计算机数控系统的工作过程

计算机数控系统的工作过程如下:

(1) 输入,即将零件加工程序、控制参数和补偿数据等输入给数控系统。

(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)、要求的加工速度以及其他的辅助信息(换刀、换挡、冷却液开关等),计算机依靠译码程序来识别这些符号,并将加工程序翻译成计算机内部能识别的语言。

(3) 数据处理,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数据段以什么样速度运动的问题。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,即根据给定的曲线类型(如直线、圆弧或高次曲线)、起点、终点以及速度,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:一是脉冲增量插补,它的特点是每次插补运算结束产生一个进给脉冲;二是数字增量插补,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) 执行,伺服系统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,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。

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三大类:

1. 点位控制系统

点位控制系统(Point to Point Control System)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,也可以二坐标同时移动,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 1-2 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、数控镗床、数控冲床等都属于点位控制系统。

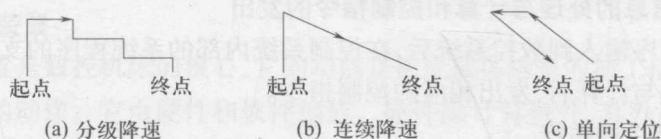


图 1-2 点位控制系统

2. 直线切削控制系统

直线切削控制系统(Strait Cut Control System)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. 连续切削控制系统

连续切削控制系统(Contouring Control System)又称轮廓控制系统,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、数控磨床均采用连续切削控制系统。连续切削控制系统的核心装置就是插补器。插补器的功能是按给定的尺寸和加工速度用脉冲信号使刀具或工件走任意斜线或圆弧,分别称为直线插补器和圆弧插补器。高级的连续控制系统的插补器还具有抛物线、螺旋线插补功能。

连续切削控制系统按同时控制且相互独立的轴数,可以有 2 轴控制,2.5 轴控制,3, 4,5 轴控制等。2 轴控制指的是可以同时控制 2 轴,可以进行图 1-3 所示的曲线形状加工,但机床也许多于 2 轴,如 X, Y, Z 三个移动坐标轴,同时控制 X, Z 坐标和 Y, Z 坐标时,可以加工图 1-4 所示形状的零件;2.5 轴控制是指两个轴连续控制,第三个轴点位或直线控制,从而实现三个主要轴 X, Y, Z 内的二维控制;3 轴控制是指同时控制 X, Y, Z 三个坐标,这样刀具可移动到坐标空间的任意位置,因而能够进行三维的立体加工,如图 1-5 所示;4 轴控制是指同时控制 4 个坐标运动,即在 3 个平动坐标之外,再加一个旋转坐标,同时控制 4 个坐标的数控机床如图 1-6 所示,可用来加工叶轮或圆柱凸轮;5 轴控制中的 5 个轴是三个平动 X, Y, Z ,再加上围绕这些直线坐标旋转的旋转坐标 A, B, C 中的两个坐标,实现 5 个坐标同时控制,这时刀具可以给定在空间的任意方向。因而当进行如图 1-7 所示的曲面切削时,可以使刀具对曲面保持一定角度,也可以进行如图 1-8 所示零件侧面的切削。此外,在一次装卡的情况下,能实现任意方向的孔加工。由于刀具可以按数学规律导向,使之垂直于任何双曲线平面,因此特别适合于加工透平叶片、机翼等。