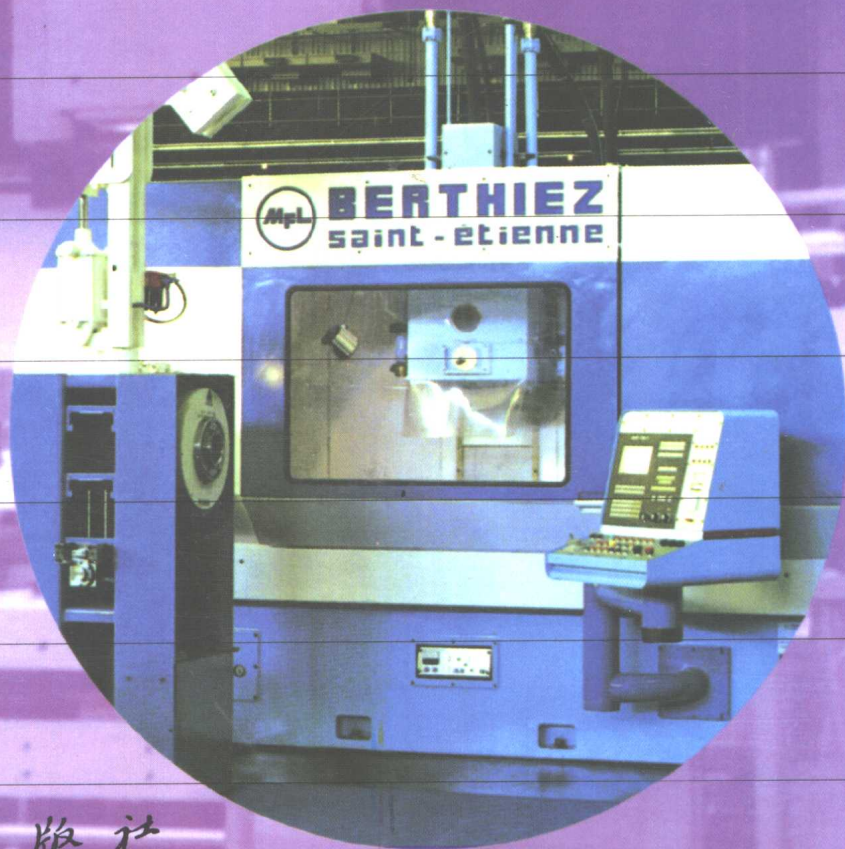


现代数控技术系列

现代数控编程 技术及应用

王爱玲 沈兴全 吴淑琴 彭彬彬 编著

主编 王爱玲 副主编 沈兴全



国防工业出版社

National Defence Industry Press

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

现代数控技术系列

现代数控编程技术及应用

王爱玲 沈兴全 编 著
吴淑琴 彭彬彬
主 编 王爱玲 副主编 沈兴全

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了数控编程的各个方面及相关基础知识,重点讲解了数控编程基础,程序编制中的工艺分析处理,程序编制中的数值计算,自动编程及自动编程系统,刀位验证与轨迹编辑,编程系统的后置处理;以实际应用为例,讲述了数控车床、数控铣床和其他数控机床及加工中心的编程基础、编程方法及编程实例。

本书可作为数控技术应用专业、数控机床加工专业、机械制造专业、机电一体化专业大中专教材和参考书,可作为数控技术人员的培训教材,也可供从事数控机床工作的工程技术人员作为参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代数控编程技术及应用/王爱玲主编. —北京:国防工业出版社,2002.1
(现代数控技术系列)
ISBN 7-118-02645-X

I. 现... II. 王... III. 数控机床—程序设计
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 064502 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 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23½ 538 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:34.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

序 言

现代数控技术集机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通讯技术、液压气动技术、光机电技术于一体,是现代制造技术的基础,它的发展和运用,开创了制造业的新时代,使世界制造业的格局发生了巨大变化。

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的物质手段,它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;数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等,都是建立在数控技术之上。数控技术是国际商业贸易的重要构成,发达国家把数控机床视为具有高技术附加值、高利润的重要出口产品,世界贸易额逐年增加。

因此,数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,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,是当今制造业的发展方向。专家们曾预言:机械制造的竞争,其实质是数控的竞争。

有鉴于此,发达国家把提高数控技术水平作为提高制造业水平的重要基础,竞相发展本国的数控产业。日本由于数控技术高度发展使其制造业迅速崛起,美国要挽回其失去的地位,欧洲要适应市场竞争的需求,从而以数控技术为主要标志的现代制造技术成了美国、日本和欧洲等工业国家竞争的焦点之一。日本、美国、意大利、西班牙、印度等国,都采用了一些扶植本国数控产业发展的政策措施。中国政府正积极采取各种有效措施大力发展中国的数控产业,把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。数控技术在制造业的扩展与延伸所产生的辐射作用和波及效果对机械制造业的产业结构、产品结构、专业化分工方式、机械加工方式及管理模式、社会的生产分工、企业的运行机制等正带来深刻的变化,对国民经济的发展起着重要的促进作用。

现代机械加工业逐步向柔性化、集成化、智能化方向发展,需要将不断飞速发展的通用计算机技术及其体系结构、现代自动控制理论及现代的电力电子技术应用于新一代数控机床并突出其“开放式”及“智能化”的特征。

我国从发展数控技术的战略高度结合国民经济发展的特点对数控技术进行创新性研究,重点开发“开放式”、“智能化”的数控车床、数控加工中心及数控电加工机床系列产品。

本系列书籍作者选准了这个题材,1995年就在本单位机械设计制造及其自动化专业开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业方向;在继续工程教育方面,作者所在单位作为“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40多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班,为70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。

在新产品研究开发方面,作者应用现代数控技术为企业开发出复杂曲面 CAD/CAM

一体化多种产品。

本系列书籍是在作者多年从事现代数控技术方面的教学、科研、基础理论研究和工作的基础上总结深化撰写成的。本系列书籍系统地分专题详细论述了现代数控技术的有关理论,内容充实,重点突出,同时尽可能地反映数控技术领域内的新成就和新的应用经验;在注重理论系统性的同时,强调如何应用理论分析实际问题,如数控编程实例及故障诊断实例等。在编写结构上,内容深入浅出,图文并茂,条理清楚,便于学用。

相信这套系列书籍能够有益于我国数控技术领域人才的培养,有益于我国数控技术的发展,有益于我国立足世界数控技术之林。



2001年9月13日于太原

前 言

数控技术是现代化工业生产中发展十分迅速的高技术,它集中体现了机械制造技术,自动控制技术,计算机软、硬件技术,检测监控等多种学科技术的最新成就;在提高生产率,降低成本保证加工质量及改善劳动条件等方面均体现出优越性。特别是在适应市场激烈竞争,产品迅速更新换代,小批量和多品种生产方面,采用各类数控设备、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统乃至计算机集成制造系统,是必然的趋势。数控技术已是衡量一个国家机械制造工业水平的重要标志之一,更是体现一个机械制造企业技术水平的重要标志。

发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路,是未来工厂自动化的基础。数控编程是应用数控机床进行零件加工的必要前提。随着数控机床功能的不断扩大及数控系统性能的不断提高,数控机床在航空、航天、造船、汽车、模具等各个机械制造领域得到了普遍应用,并且将越来越普及。目前社会和企业急需培养大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作的人员和工程技术人员,为此,我们编写了这本数控编程。

本书由华北工学院王爱玲教授任主编,沈兴全同志任副主编,第1、3、4章由沈兴全编写,第2章由王爱玲编写,第5、6、8章由彭彬彬编写,第7、9、10章由吴淑琴编写。

由于作者水平有限,书中难免出现疏漏和错误,恳请读者给予指正。

编 者
2001年4月

目 录

第 1 章 数控编程基础	1
1.1 数控机床概述	1
1.1.1 数控机床的工作原理	1
1.1.2 数控机床的分类及特点	2
1.2 插补原理与计算机数控系统	4
1.2.1 插补原理	4
1.2.2 计算机数控系统	6
1.3 程序编制的基本概念	7
1.3.1 程序编制的内容与方法	8
1.3.2 零件加工程序的输入方式	10
1.3.3 穿孔纸带信息代码	11
1.3.4 程序结构与格式	14
1.4 数控编程几何基础	17
1.4.1 数控机床坐标系和运动方向	17
1.4.2 绝对坐标和增量(相对)坐标系	21
1.4.3 工件坐标系	21
1.4.4 数控编程的特征点	23
1.5 程序编制中的基本指令	25
1.5.1 准备功能指令——G 指令	28
1.5.2 辅助功能指令——M 指令	34
1.6 自动编程系统简介	34
第 2 章 程序编制中的工艺分析处理	37
2.1 数控加工工艺分析的特点及内容	37
2.1.1 数控加工的工艺设计特点	37
2.1.2 数控加工工艺的主要内容	37
2.2 零件的加工工艺性分析	38
2.2.1 选择并决定进行数控加工的内容	38
2.2.2 零件图样上尺寸数据的标注原则	38
2.2.3 零件各加工部位的结构工艺性应符合数控加工的特点	39
2.3 加工方法选择及加工方案确定	40
2.3.1 机床的选用	40
2.3.2 加工方法的选择	40

2.3.3 加工方案设计的原则	42
2.4 工艺路线设计	42
2.4.1 工序的划分	42
2.4.2 工步的划分	43
2.4.3 顺序的安排	43
2.4.4 数控加工工序与普通加工工序的衔接	44
2.5 加工路线的确定	44
2.5.1 点位控制机床加工路线	44
2.5.2 孔系加工的路线	45
2.5.3 车螺纹的加工路线	45
2.5.4 铣削平面的加工路线	45
2.5.5 铣削曲面的加工路线	47
2.6 刀具选择	50
2.7 切削用量的确定	50
2.8 在线测量	51
2.9 数控加工工艺文件	51
2.9.1 工序卡	51
2.9.2 数控加工刀具明细表	52
2.9.3 机床调整单	52
2.9.4 数控加工程序单	53
第3章 程序编制中的数值计算	54
3.1 数值计算的内容	54
3.1.1 基点与节点的计算	54
3.1.2 刀位点轨迹的计算	55
3.1.3 辅助计算	55
3.2 直线圆弧系统零件轮廓的基点计算	56
3.2.1 联立方程组法求解基点坐标	56
3.2.2 三角函数法求解基点坐标	57
3.3 直线圆弧系统刀位点轨迹计算	60
3.3.1 刀位点的选择及对刀	60
3.3.2 刀具中心编程的数值计算	60
3.3.3 尖角过渡的数值计算	61
3.3.4 刀具轨迹设计中的几个优化问题	63
3.4 特殊情况下的直线轮廓图形处理方法	64
3.5 一般非圆曲线节点坐标计算	69
3.5.1 概述	69
3.5.2 用直线段逼近非圆曲线	69
3.5.3 用圆弧段逼近非圆曲线时的计算方法	74
3.5.4 双圆弧法求节点坐标	77

3.5.5	NURBS 曲线插补技术	80
3.6	数控加工中的常用数学模式	82
3.6.1	圆弧样条	82
3.6.2	三次参数样条	89
3.6.3	Bezier 曲线	92
3.6.4	抛物线拟合	101
3.6.5	双三次参数曲面(孔斯曲面)	102
3.6.6	Bezier 曲面	104
3.6.7	B 样条曲面	105
3.6.8	单线性曲面(直纹面)	105
3.7	列表曲线的节点坐标计算	106
3.7.1	列表曲线	106
3.7.2	插值	107
3.7.3	拟合	113
3.7.4	光顺	113
3.8	刀位点轨迹的处理与计算	117
3.8.1	平面形状偏置问题的各种理论分析	117
3.8.2	曲面的数学处理	120
3.8.3	三坐标铣床的行切加工斜削面对有关问题处理	124
3.8.4	多坐标点位加工刀具轨迹设计	128
3.8.5	参数线加工	129
3.8.6	截面线加工	132
3.8.7	三坐标球刀多面体曲面加工	134
3.8.8	曲面交线的加工	135
3.8.9	曲面间过渡区域的加工	138
3.8.10	叶轮通道加工	139
3.8.11	多坐标加工刀位计算	142
第4章	数控车床手工编程	146
4.1	数控车床编程基础	146
4.1.1	数控车床的分类与特点	146
4.1.2	数控车床的编程特点	147
4.1.3	编程前的工艺准备	148
4.1.4	数控系统的功能	148
4.1.5	数控车床刀具补偿	151
4.1.6	数控车床不具备刀具半径补偿功能时的刀具补偿计算	153
4.1.7	数控车床坐标系	155
4.2	数控车床常用指令及编程方法	158
4.2.1	数控车床的常用指令	158
4.2.2	数控车床基本编程方法	161

4.3 数控车床典型零件编程举例	183
4.3.1 轴类零件加工编程	183
4.3.2 盘类零件加工编程	185
第5章 数控铣床的编程	191
5.1 数控铣床概述	191
5.1.1 数控铣床的用途与组成	191
5.1.2 机床的主要技术参数	191
5.1.3 机床的传动系统	192
5.2 数控铣床编程基础	193
5.2.1 数控系统的功能	193
5.2.2 坐标系统	197
5.3 基本编程方法	197
5.4 数控铣床编程要点及举例	223
第6章 加工中心的编程	228
6.1 加工中心	228
6.1.1 概述	228
6.1.2 自动换刀装置	228
6.1.3 XHK716型立式加工中心	230
6.2 加工中心编程基础	232
6.2.1 数控系统的功能	232
6.2.2 工作坐标系和参考点	233
6.3 基本编程方法	233
6.4 加工中心编程要点及举例	242
6.4.1 编程要点	242
6.4.2 编程举例	243
第7章 其它数控机床的编程	247
7.1 数控钻削技术	247
7.1.1 数控钻床的类型	247
7.1.2 程序编制实例	248
7.2 数控电火花成形加工技术	256
7.2.1 电火花成形加工原理与特征	256
7.2.2 电火花成形加工的应用	258
7.2.3 电极	258
7.2.4 数控电火花成形加工工艺过程	260
7.3 数控外圆磨削技术	263
7.3.1 数控外圆磨削的特点	263
7.3.2 数控外圆磨削方式	264
7.3.3 变量在程序中的应用	266
7.3.4 典型零件的加工实例	267

7.3.5	应用中要注意的问题	275
7.4	数控强力磨削技术	276
7.4.1	成形方法	277
7.4.2	强力磨削编程	277
7.4.3	磨削	282
7.5	数控激光加工技术	283
7.5.1	激光产生的原理及特点	283
7.5.2	激光加工工艺及特点	285
7.5.3	激光加工机简介	286
7.5.4	对图形的数学处理	287
7.5.5	激光加工工艺参数的选择	289
7.5.6	程序的编制	294
7.5.7	用户宏程序在激光加工中的应用	298
第8章	自动编程	300
8.1	自动编程概述	300
8.1.1	自动编程的基本原理	300
8.1.2	自动编程系统的基本类型与特点	301
8.1.3	APT 语言简介	303
8.1.4	国外主要的 CAM 软件介绍	305
8.2	MasterCAM 简介	307
8.2.1	MasterCAM 软件系统简介	307
8.2.2	MasterCAM 系统的 CAD 功能	309
8.2.3	MasterCAM 系统的 CAM 功能	327
第9章	刀位验证与轨迹编辑	337
9.1	刀位数据验证	337
9.2	程序文件检查	337
9.3	显示验证	338
9.3.1	刀位轨迹显示验证	338
9.3.2	加工表面与刀位轨迹的组合显示验证	339
9.3.3	组合模拟显示验证	341
9.4	截面验证法	342
9.4.1	横截面验证	342
9.4.2	纵截面验证	342
9.4.3	曲截面验证	343
9.5	距离验证	344
9.6	加工过程动态仿真验证	344
9.7	刀具轨迹编辑功能	345
第10章	编程系统的后置处理	347
10.1	后置处理过程及特点	347

10.1.1 刀具路径文件格式的多样性·····	348
10.1.2 NC 程序格式的多样性·····	348
10.1.3 技术需要的多样性·····	349
10.2 后置处理算法·····	350
10.2.1 带回转工作台的 4 坐标数控机床后置处理算法·····	350
10.2.2 5 坐标数控机床后置处理算法·····	353
10.2.3 5 坐标数控机床进给速度的计算·····	359
10.3 通用后置处理系统原理及实现途径·····	361
10.3.1 通用后置处理系统原理·····	361
10.3.2 通用后置处理系统的实现途径·····	361
参考文献·····	363

第 1 章 数控编程基础

1.1 数控机床概述

数控机床是数字控制机床(Numerically Controlled Machine Tool)的简称,亦称 NC 机床,是为了满足单件、小批、多品种自动化生产的需要而研制的一种灵活的、通用的能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床,具有适应性强、加工精度高、加工质量稳定和生产效率高的优点。它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等多方面的技术成果。随着机床数控技术的迅速发展,数控机床在机械制造业中的地位越来越重要。

第一台数控机床是适应航空工业制造复杂零件的需要而产生的。这是一台直线插补三坐标立式铣床,其数控系统全部采用电子管,也称第一代数控系统。经过三年的改进和自动程序编制的研究,于 1955 年进入实用阶段,一直到 20 世纪 50 年代末,由于晶体管的应用,数控系统提高了可靠性且价格开始下降,一些民用工业开始发展数控机床,其中多数是钻床、冲床等点位控制的机床。数控技术不仅在机床上得到实际应用,而且逐步推广到焊接机、火焰切割机等,使数控技术不断地扩展应用范围。

我国的数控机床是从 1958 年开始研制的,经历了 40 多年的发展历程,目前数控技术已在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心也相继研制成功。

1.1.1 数控机床的工作原理

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体组成,其组成框图如图 1-1 所示。

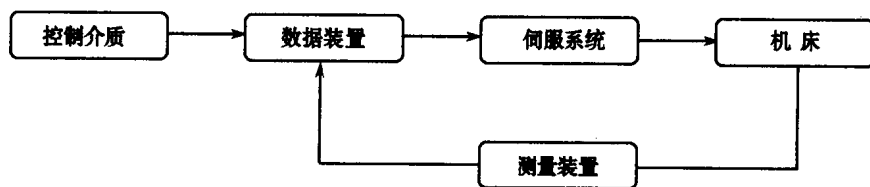


图 1-1 数控机床的组成

1. 控制介质

它是用于记载各种加工信息(如零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等),以控制机床的运动,实现零件的机械加工。常用的控制介质有标准的纸带、磁带和磁盘等。

控制介质上记载的加工信息要经输入装置输送给数控装置。常用的输入装置有光电纸带输入机、磁带录音机和磁盘驱动器等。对于用微机控制的数控机床,也可用操作面板上的按钮和键盘将加工程序直接用键盘输入,并在 CRT 显示器上显示。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它的功能是接受输入装置输入的加工信息,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,发出相应的脉冲送给伺服系统,通过伺服系统控制机床的各个运动部件按规定要求动作。

3. 伺服系统及位置检测装置

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。由机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统,它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移量。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。伺服系统有开环、闭环和半闭环之分,在闭环和半闭环伺服系统中,还需配有位置测量装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量。

4. 机床本体及机械部件

数控机床的本体及机械部件包括:主运动部件,进给运动执行部件如工作台、刀架及其传动部件和床身立柱等支承部件,此外还有冷却、润滑、转位和夹紧装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库,更换刀具的机械手等部件。数控机床的本体和机械部件的结构,其设计方法基本同普通机床类似,只是在精度、刚度、抗振性等方面要求更高,尤其是要求相对运动表面的摩擦系数要小,传动部件之间的间隙要小,而且传动和变速系统要便于实现自动化控制。

数控机床加工零件时,首先应编制零件的加工程序,这是数控机床的工作指令。将加工程序输入到数控装置,再由数控装置控制机床主运动的变速、起停、进给的方向、速度和位移量,以及其它如刀具选择更换、工件的夹紧松开、冷却润滑的开关等动作,使刀具与工件及其它辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。数控机床加工工件的过程见图 1-2。

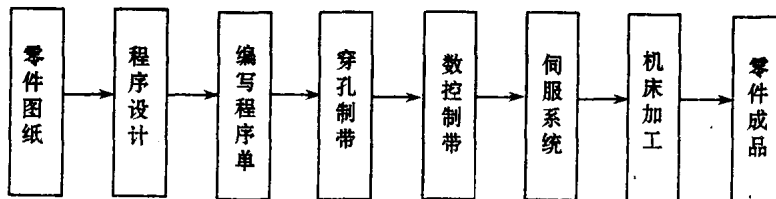


图 1-2 数控机床加工工件过程

1.1.2 数控机床的分类及特点

数控机床的种类很多,可按不同的方法进行分类:

按工艺用途可分为:数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗铣床、数控齿轮加工机床、数控电火花加工机床、数控线切割机床、数控冲床、数控剪床、数控液压机等各种工艺用途的数控机床。在数控镗铣床的基础上发展起来的加工中心,带有刀库和自动换刀装置。工件一次装卡后,可以完成铣、镗、钻、扩、铰、攻丝和铣螺纹等多种加工工序。在数控车床的基础上增加了刀库、自动换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等机械结构而形成车削加工中心,可在一次装卡中完成回转零件的几乎所有加工工序,如车、铣、钻等。

按运动方式即刀具与工件相对运动方式,数控机床可分为点位控制、直线控制和轮廓控制三种。如图 1-3 所示。

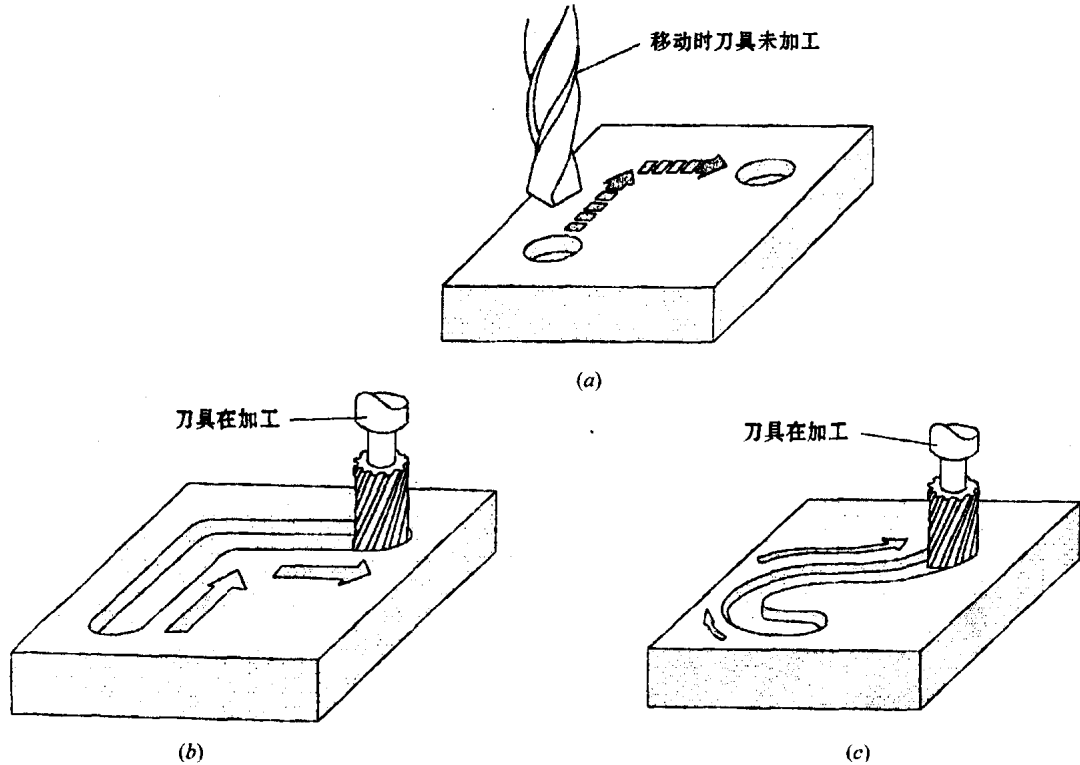


图 1-3 数控机床分类
(a) 点位控制; (b) 直线控制; (c) 轮廓控制。

按有无位置检测和反馈装置分可分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统三种,如图 1-4 所示。

按数控装置的构成方式,数控机床可分为硬线数控系统和软线数控系统两种。硬线数控系统使用硬线数控装置,它的输入处理、插补运算和控制功能,都由专用的固定组合逻辑电路来实现,不同功能的机床,其组合逻辑电路也不同。改变或增减控制、运算功能时,需要改变数控装置的硬件电路。因此它的通用性和灵活性差,制造周期长,成本高,20 世纪 70 年代以前的数控机床基本上属于这种类型。软线数控系统也称计算机数控系统,使用软线数控装置。这种数控装置的硬件电路是由小型或微型计算机加上通用或专用的大规模集成电路制成的,数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现,所以不同功能的数控机床其系统软件也不同,而修改或增减系统功能时,也不需要变动硬件电路,只需要改变系统软件。因此,它具有较高的灵活性,同时由于硬件电路基本上是通用的,这就有利于大量生产,提高质量和可靠性,缩短制造周期和成本。从 70 年代中期以后,随着微电子技术和微型计算机的出现,以及集成电路的集成度不断提高,计算机数控系统才得到不断的发展和提高,目前几乎所有的数控机床都采用了软线数控系统。

除了上述几种分类方法以外,还有其它的分法,例如按控制轴数和联动轴数可分为几轴控制几轴联动等多种数控机床;按数控机床功能多少可分为经济型数控机床和全

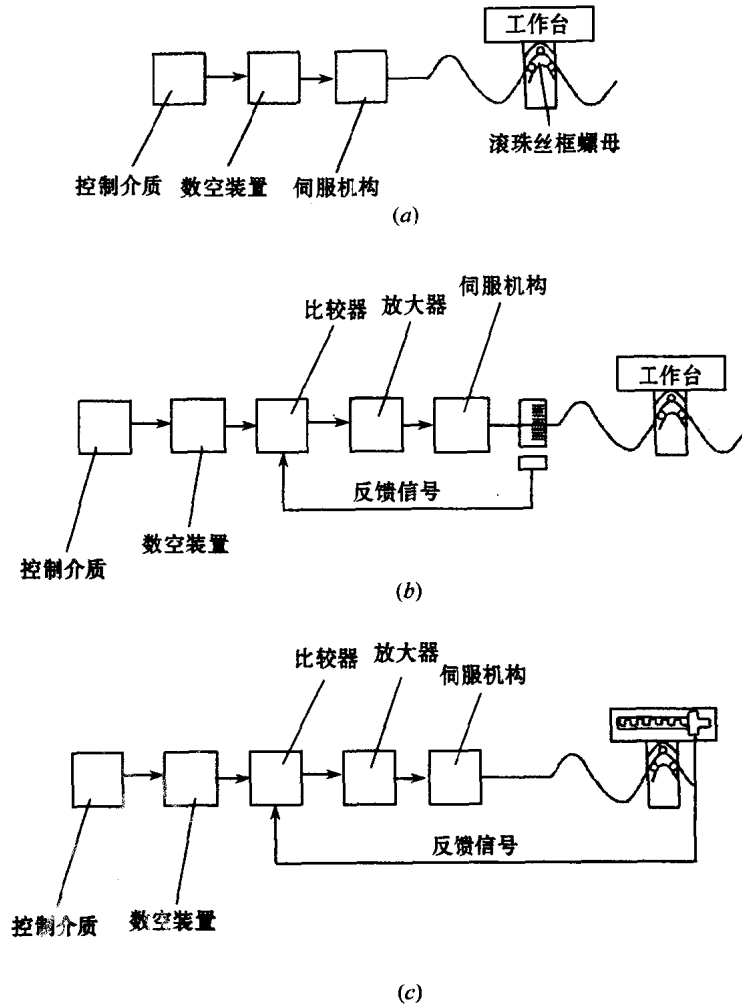


图 1-4 控制系统分类

(a) 开环控制系统方框图；(b) 半闭环控制系统方框图；(c) 闭环控制系统方框图。

功能型数控机床等。

和普通机床相比,数控机床具有以下几个方面的优点:适应能力强,适于多品种、单件小批量零件的加工;加工精度高,多轴联动可实现复杂轮廓的插补运动;可以大大减轻工人的体力劳动;具有较高的加工生产率和较低的加工成本;有利于实现机械加工的现代化管理。

随着计算机技术的快速发展,数控机床的发展势头更加迅猛,今后的发展趋势是高精度化、高速化、高自动化、高复合化、高智能化。

1.2 插补原理与计算机数控系统

1.2.1 插补原理

大多数机器零件的形状,一般都是由一些简单的几何元素(直线、圆弧等)构成。在数

控机床上加工直线或圆弧,实质上是数控装置根据有关的信息指令进行的“数据密化”的工作。例如加工图 1-5 所示的一段圆弧,已知条件仅是该圆弧的起点 A 和终点 B 的坐标,圆心 O 的坐标和半径 R ,要想把该圆弧光滑描绘出来,就必须把圆弧段 AB 之间各点的坐标计算出来,再把这些点填补到 A 、 B 之间,通常把“填补空白”的“数据密化”工作称为插补。把计算插补点的运算称为插补运算。把实现插补运算的装置叫作插补器。

由于数控装置具有插补运算的功能,所以只要记录有限的信息指令,如加工直线只需记录直线的起点和终点的坐标信息;加工圆弧只需记录圆弧半径、起点和终点坐标、顺转和逆转等信息,数控装置就能利用控制介质上的这些有限的信息指令进行插补运算,将直线和圆弧的各点数据算出,并发送相应的脉冲信号,通过伺服机构控制机床加工出直线和圆弧。

在数控系统中,常用的插补方法有逐点比较法、数字积分法、时间分割法等。现将数控系统中用得最多的方法——逐点比较法的插补过程和直线圆弧插补运算方法简介如下。

逐点比较法的插补原理可概括为“逐点比较,步步逼近”八个字。逐点比较法的插补过程分为四个步骤:

(1) 偏差判别 根据偏差值判断刀具当前位置与理想线段的相对位置,以确定下一步的走向。

(2) 坐标进给 根据判别结果,使刀具向 X 或 Y 方向移动一步。

(3) 偏差计算 当刀具移到新位置时,再计算与理想线段间的偏差以确定下一步的走向。

(4) 终点判别 判断刀具是否到达终点。未到终点,则继续进行插补。若已达终点,则插补结束。

如图 1-6 所示,是应用逐点比较法插补原理进行直线插补的情形。机床在某一程序中要加工一条与 X 轴夹角为 α 的 OA 直线,在数控机床上加工时,刀具的运动轨迹不是完全严格地走 OA 直线,而是一步一步地走阶梯折线,折线与直线的最大偏差不超过加工精度允许的范围,因此这些折线可以近似地认为是 OA 直线。我们规定:当加工点在 OA 直线上方或在 OA 直线上,该点的偏差值 $F_n \geq 0$,若在 OA 直线的下方,即偏差值 $F_n < 0$,机床数控装置的逻辑功能,根据偏差值能自动判别走步。当 $F_n \geq 0$ 时朝 $+X$ 方向进

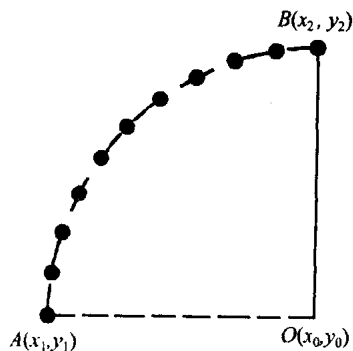


图 1-5 插补运算

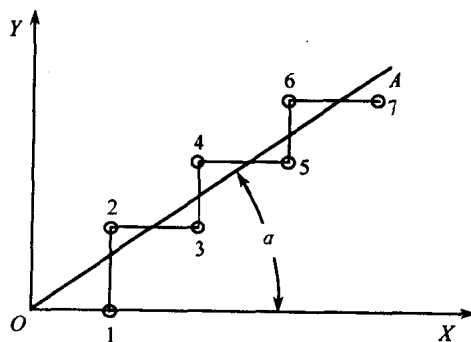


图 1-6 直线插补