

“十三五”普通高等院校规划教材

# 数控机床及编程

Shukong Jichuang Ji Biancheng

主 编 王金城 方沂  
副主编 周述齐 赵巍  
主 审 阎 兵



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

“十三五”普通高等院校规划教材

# 数控机床及编程

主 编 王金城 方 沂  
副主编 周述齐 赵 巍  
主 审 阎 兵

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书全面地介绍了数控机床的工作原理及各类数控机床的编程方法。以掌握数控理论技术和实际数控编程能力为目的,为后期的数控技能实践打下坚实的基础,是培养数控领域理论、技能“一体化”人才的专业教材。本书从四个方面进行讲解:①数控机床结构及工作原理、数控加工工艺、数控切削加工技术;②数控机床编程原理和编程方法;③数控铣床、加工中心、数控车床及数控电加工机床的结构和工作原理,列举了生产实践中典型工程零件的加工实例和其制造原理,并结合数控机床职业技能等级考核标准而列举出典型案例;④增加了数控加工实践中必需的 CAD/CAM 自动编程技术,及现代加工制造技术领域的新装备、新工艺和新技术。

本书可作为高等工科院校机械制造专业、机电一体化专业、数控技术应用专业、模具制造专业本科生教材,也可作为职业技术类大学研究生教学的参考用书,亦可作为从事数控领域工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控机床及编程/王金城,方沂主编.—北京:国防工业出版社,2015.5

“十三五”普通高等院校规划教材

ISBN 978-7-118-10128-7

I. ①数... II. ①王... ②方... III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 079448 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 18 3/4 字数 430 千字

2015年5月第1版第1次印刷 印数 1—2000册 定价 48.00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

20世纪90年代以来,我国数控机床产量以年均18%的速度迅速增长,从2002年至今,我国已连续12年成为世界第一机床消费大国。数控机床以其优异的性能和精度引起世人的瞩目,并开创了机械产品向机电一体化发展的先河。随着机电一体化技术的迅速发展,数控机床的应用已日趋普及,它的通用性、灵活性、高效率、高精度、高质量等特点,决定了数控机床应用的广泛性。机械制造业正在越来越多地采用数控技术改善其生产加工方式,社会对其相应技术人才的需求也越来越高。由此,数控机床的教学和数控技能人才的培养,更应该加强其先进性和实用性的统一,加速解决我国数控技术应用人才严重短缺的矛盾。

全国职教工作会议提出的“大力发展职业教育,造就亿万技能人才”的精神中指出:强化职业院校学生实践能力和职业技能的培养,切实加强学生的生产实习和社会实践;大力推行工学结合、校企合作的人才培养模式,加速技能型人才的培养,尽快使我国成为制造业强国,切实有效地改革现有数控人才的培养模式,开发和完善现有教材是当务之急。

本书保留了经典数控机床类教材有关数控理论内容,如各类数控机床结构和工作原理、数控编程指令,以及数控机床实训类教材侧重数控机床操作的特点,以典型工程案例为切入点,将分散的、堆积的知识整合为实用的、有效的综合能力。调整数控课程的知识体系,删减和凝炼有关机床各系统结构和控制系统结构部分,丰富各类工程案例的具体解决和增加数控领域新装备、新工艺和新技术发展的内容。如增加了三维软件编程、高速切削、四轴加工、五轴切削、激光加工和新型的3D打印技术等,将各孤立的学科知识整合成综合运用知识解决问题的能力。

参加本书编写的作者都是具有20余年数控机床理论教学和实践、实训教学经验的“一体化”教师,且具有高级专业技术职称和高级技师职业资格,有着丰富的教学经验和工程实践技能。该课题组成员起草和制定了数控领域《国家职业标准》,2006年编写的《数控机床实训技术》一书被指定为高等教育“十一五”国家级规划教材。“数控机床及编程”课程被评为天津市级精品课程。数控专业“本科+技师”和“一体化”的人才培养模式共两次获得国家级教学成果一等奖。在从事本科数控教学的同时,课题组成员积累了近10年的研究生、留学研究生数控“一体化”课程的教学经验,本书得到了教育部、财政部职教师资本科专业培养标准、培养方案、核心课程和特色教材开发项目(VTNE016),以及天津职业技术师范大学特色教材建设项目的资助,为本书的编写和开发提供了有利保障。

本书由王金城、方沂主编,周述齐、赵巍为副主编,阎兵主审。具体编写分工如下:王金城(第1章);赵巍(第2章);周述齐(第3章);袁国强(第4章);张永丹(第5章);缪亮、王健(第6章);路景春、刘卫华(第7章);何平(第8章);郭晓军(第9章)。全书由王金城、方沂提出总体构想并统稿,王博负责文字校对。

由于时间仓促,收集的资料有一定的限度,加之编写人员水平有限,书中难免存在不足和欠妥之处,恳切希望广大读者批评指正并提出宝贵意见。

编者  
2015年2月

# 目 录

<b>第 1 章 数控机床工作原理</b> .....	1
1.1 数控机床的产生与发展 .....	1
1.1.1 数控机床的产生 .....	1
1.1.2 数控机床的特点 .....	2
1.2 数控机床的种类 .....	3
1.2.1 按工艺用途分类 .....	3
1.2.2 按运动方式分类 .....	5
1.2.3 按控制方式分类 .....	6
1.2.4 按数控机床的性能分类 .....	6
1.3 数控加工工艺 .....	7
1.3.1 工艺准备 .....	7
1.3.2 编制程序 .....	13
1.3.3 工件加工 .....	14
1.3.4 工件检测 .....	17
1.4 数控切削技术 .....	24
1.4.1 工件材料的切削加工性 .....	24
1.4.2 切削刀具材料 .....	25
1.4.3 切削用量的确定 .....	29
1.5 数控机床的加工原理及组成 .....	30
1.5.1 数控机床的加工原理 .....	30
1.5.2 数控机床的组成 .....	30
<b>第 2 章 数控机床控制原理</b> .....	33
2.1 数控机床的坐标系 .....	33
2.1.1 机床坐标系 .....	33
2.1.2 工作坐标系 .....	34
2.1.3 附加运动坐标 .....	35
2.2 数控机床的控制基础 .....	35
2.2.1 数控系统的发展状况 .....	35
2.2.2 计算机数控(CNC)系统的组成 .....	37
2.2.3 单微处理机结构系统 .....	39

2.2.4	多微处理机结构系统	41
2.3	插补原理	43
2.3.1	插补的概念及插补方法分类	43
2.3.2	逐点比较法插补原理	43
2.3.3	数字积分法插补原理	49
2.3.4	计算机数控软硬件结合的插补方法	52
2.4	刀具半径补偿原理	53
2.4.1	刀具半径补偿的基本概念	53
2.4.2	C 机能刀具半径补偿法的基本设计思路	54
2.4.3	程序段间交接情况分析	54
<b>第 3 章</b>	<b>数控机床结构</b>	<b>58</b>
3.1	数控机床结构及布局特点	58
3.1.1	数控机床自身特点对其结构的影响	58
3.1.2	数控机床对结构的要求	59
3.1.3	数控车床的布局结构	61
3.1.4	加工中心机床的布局结构	62
3.2	数控机床的主传动系统	64
3.2.1	主传动变速(主传动链)	64
3.2.2	主轴(部件)结构	65
3.3	数控机床进给传动	67
3.3.1	进给运动	67
3.3.2	滚珠丝杠螺母副	68
3.3.3	数控机床进给系统的间隙消除	70
3.3.4	回转坐标进给系统	71
3.3.5	导轨	73
3.4	数控机床其他装置	74
3.4.1	自动换刀装置(ATC)	74
3.4.2	排屑装置	75
3.5	数控机床的伺服系统	75
3.5.1	伺服系统及数控机床对其的要求	75
3.5.2	伺服系统的类型	76
3.5.3	常用的驱动元件	77
3.6	伺服系统中的检测元件	84
3.6.1	测速发电机	85
3.6.2	编码盘与光电盘	85
3.6.3	旋转变压器	86
3.6.4	感应同步器	87
3.6.5	光栅	89

3.6.6	磁尺	90
<b>第4章</b>	<b>数控铣床编程</b>	<b>92</b>
4.1	数控机床的编程方法	92
4.1.1	数控编程的基本概念	92
4.1.2	数控机床编程的分类方法	92
4.1.3	程序结构	93
4.2	程序编程的基本指令	94
4.2.1	坐标系指令	94
4.2.2	坐标平面选择指令	97
4.2.3	快速点定位及插补指令	97
4.2.4	暂停、英制输入、公制输入指令	101
4.2.5	参考点控制指令	101
4.2.6	Z轴移动编程	102
4.2.7	刀具半径补偿指令	103
4.2.8	刀具长度补偿类指令	106
4.2.9	常用辅助功能M指令	108
4.3	数控铣床的基本操作	110
4.3.1	FANUC Oi 数控系统简介	110
4.3.2	控制面板与操作	111
4.3.3	FANUC Oi 数控铣床操作步骤	115
4.4	子程序的编制	118
4.4.1	子程序的格式	119
4.4.2	子程序样例	119
4.4.3	镜像指令	121
4.5	孔加工固定循环	122
4.5.1	钻削孔固定循环	122
4.5.2	其他孔加工固定循环指令	125
4.6	二维轮廓件铣削编程	126
4.6.1	二维外形轮廓铣削编程	126
4.6.2	二维内轮廓铣削编程	127
4.6.3	带岛型腔加工	128
<b>第5章</b>	<b>加工中心机床编程</b>	<b>129</b>
5.1	加工中心机床结构	129
5.1.1	加工中心机床的组成	129
5.1.2	机床规格	130
5.2	加工中心机床的刀具系统	131
5.2.1	刀柄	131



5.2.2	刀具系统 .....	133
5.3	刀具长度测量 .....	135
5.3.1	刀具长度人工测量 .....	135
5.3.2	刀具长度自动化测量 .....	137
5.4	加工中心编程案例 .....	138
5.4.1	加工中心加工的基本操作 .....	138
5.4.2	加工中心编程案例一 .....	139
5.4.3	加工中心编程案例二 .....	144
5.5	加工中心机床的维护和保养 .....	149
<b>第6章</b>	<b>数控车床编程 .....</b>	<b>153</b>
6.1	数控车床编程知识 .....	153
6.1.1	数控车床的坐标系和运动方向 .....	153
6.1.2	数控车床手工编程的方法 .....	155
6.1.3	数控车床常用各种指令 .....	158
6.2	数控车床的操作方法 .....	182
6.2.1	操作面板 .....	182
6.2.2	操作步骤 .....	184
6.3	数控车床编程实例 .....	192
6.4	数控车床编程与加工练习件 .....	204
6.5	数控车床的维护和保养 .....	207
<b>第7章</b>	<b>数控电加工机床 .....</b>	<b>209</b>
7.1	电火花线切割机床的加工原理 .....	209
7.1.1	电火花线切割加工机床 .....	209
7.1.2	电火花线切割加工原理、特点及应用范围 .....	212
7.2	电火花线切割机床加工实例 .....	214
7.3	电火花成形机床的加工原理 .....	219
7.3.1	数控电火花机床的结构 .....	219
7.3.2	电火花线切割加工原理、特点及应用范围 .....	221
7.4	电火花成形机床加工实例 .....	223
<b>第8章</b>	<b>自动编程技术 .....</b>	<b>225</b>
8.1	自动编程原理 .....	225
8.1.1	自动编程概述 .....	225
8.1.2	CAD/CAM 系统的自动编程 .....	226
8.2	二维铣削加工刀具轨迹的生成 .....	233
8.2.1	二维外形轮廓加工刀具轨迹的生成 .....	233
8.2.2	二维型腔铣削加工刀具轨迹的生成 .....	233

8.2.3	钻孔加工 .....	235
8.2.4	二维字符加工 .....	235
8.3	三维铣削自动编程 .....	236
8.3.1	零件几何造型 .....	236
8.3.2	曲面类型和特征 .....	236
8.3.3	实例应用 .....	237
<b>第9章</b>	<b>现代加工制造技术 .....</b>	<b>272</b>
9.1	计算机集成制造系统 .....	272
9.1.1	制造技术的发展历史 .....	272
9.1.2	柔性制造系统(FMS) .....	272
9.1.3	计算机集成制造系统(CIMS) .....	273
9.2	高速加工技术 .....	274
9.2.1	高速加工的基本概念 .....	274
9.2.2	高速铣削的优点 .....	275
9.2.3	高速铣削应用实例 .....	276
9.3	多轴加工技术 .....	277
9.3.1	四轴加工中心 .....	277
9.3.2	四轴加工样例 .....	279
9.3.3	五轴加工中心 .....	282
9.3.4	五轴加工样例 .....	283
9.4	激光加工技术 .....	284
9.4.1	数控激光加工机的组成 .....	284
9.4.2	激光加工技术的应用 .....	284
9.5	快速原形技术 .....	286
9.5.1	快速原形技术 .....	286
9.5.2	3D 打印机技术 .....	286
9.5.3	3D 打印机具体应用 .....	287
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>289</b>

# 第 1 章 数控机床工作原理

## 1.1 数控机床的产生与发展

### 1.1.1 数控机床的产生

数字控制(Numerical Control),简称 NC,它是采用数字化信息实现加工自动化的控制技术。用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床,称作数控机床。早期的数控机床的 NC 装置是由各种逻辑元件、记忆元件组成随机逻辑电路,是固定接线的硬件结构,由硬件来实现数控功能,称作硬件数控,用这种技术实现的数控机床一般称作 NC 机床。

计算机数控机床(Computer Numerical Control),简称 CNC 机床。现代数控系统是采用微处理器或专用微机的数控系统,由事先存放在存储器里的系统程序(软件)来实现逻辑控制,实现部分或全部数控功能,并通过接口与外围设备进行连接,称为 CNC 系统,当前生产的数控机床多属于 CNC 机床,也可简称 NC 机床。

数控机床就是将加工过程所需的各种操作(如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开车与停车、自动关停冷却液等)和步骤以及工件的形状尺寸用数字化的代码表示,通过控制介质(如穿孔纸带或磁盘等)将数字信息送入数控装置,数控装置对输入的信息进行处理与运算,发出各种控制信号,控制机床的伺服系统或其他驱动元件,使机床自动加工出所需要的工件。数控机床的诞生与发展,有效地解决了一系列生产上的矛盾,为单件、小批精密复杂零件的加工提供了自动化加工手段。

1948 年,美国巴森兹(Parsons)公司在研制加工直升飞机叶片轮廓样板时提出了数控机床的初始设想。

1949 年,巴森兹公司与麻省理工学院(MIT)合作,开始了三坐标铣床的数控化工作。

1952 年 3 月,公开发布了世界上第一台数控铣床的试制成功,这是可实现直线插补的第一代数控机床。

经过三年的试用、改进与提高,1955 年,数控机床进入实用化阶段。从此,其他一些国家,如德国、英国、日本和俄罗斯等国都开始研制数控机床,其中日本发展最快。当今世界著名的数控系统厂家有日本的 FANUC(法那科)公司、德国的 SIEMENS(西门子)公司、美国的 A-B 公司、意大利的 A-BOSZA 公司等。

1959 年 3 月,美国克耐·杜列克(Keaney&Trecker)公司成功开发了具有刀库、刀具交换装置、回转工作台的加工中心机床(Machining Center),即第二代数控机床。它可以在一次装夹中对工件的多个面进行多工序加工,如进行钻孔、铰孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等加工。

1965 年,出现了以集成电路数控装置的第三代数控机床,不仅体积小,功率消耗少,且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称 DNC),又称群控系统,以及采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称 CNC),使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974年,使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称 MNC)研制成功,随后称为 CNC 机床,这是第五代数控系统,可靠性也得到极大的提高。

20世纪90年代开始,个人计算机(PC)的发展日新月异,基于PC平台的数控系统应运而生,数控系统进入第六代。

凡在PC机上可运行的软件,如CAD、CAM、CAPP、工厂级、车间级生产调度管理软件等,在第六代数控上均可运行;凡是在PC机上可插入的模块和可接上的外部设备,如网卡、图形加速卡、声卡和打印机、摄像机等,在第六代数控上均可插入和接上。如果插上网卡和摄像机,总控室在办公室内即可看到任何一台机床的工作情况。

随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置,数控装置愈趋小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能的数控机床相继诞生。

### 1.1.2 数控机床的特点

数控机床与传统机床相比,具有以下一些特点。

#### 1. 具有高度柔性

在数控机床上加工作件,主要取决于加工程序,它与普通机床不同,不必制造、更换许多工具、夹具,不需要经常重新调整机床。因此,数控机床适用于零件频繁更换的场合,也就是适合单件、小批生产及新产品的开发,缩短了生产准备周期,节省了大量工艺装备的费用。

#### 2. 加工精度高

数控机床加工精度,一般可达 $0.005\text{mm}$ ,它是按数字信号形式控制的,数控装置每输出一个脉冲信号,则机床移动部件移动一个脉冲当量(一般为 $0.001\text{mm}$ ),而且机床进给传动链的反向间隙与丝杠螺距平均误差可由数控装置进行补偿,因此,数控机床定位精度比较高。

#### 3. 加工质量稳定、可靠

加工同一批零件,在同一机床,在相同加工条件下,使用相同的刀具和加工程序,刀具的走刀轨迹完全相同,零件的一致性,质量稳定。

#### 4. 生产率高

数控机床可有效地减少零件的加工时间和辅助时间。数控机床的主轴转速和进给量的范围大,允许机床进行大切削量的强力切削;数控机床目前正进入高速加工时代,数控机床移动部件的快速移动和定位及高速切削加工,极大地提高了生产率;另外配合加工中心的刀具使用,实现了在一台机床上进行多道工序的连续加工,减少了半成品的工序间周转时间,提高了生产率。

#### 5. 改善劳动条件

数控机床加工前经调整后,输入程序并启动,机床就能自动连续地进行加工,直至加工结束。操作者主要进行程序的输入、编辑,装卸零件,刀具准备,加工状态的观测,零件的检验等工作,劳动强度极大降低,机床操作者的劳动趋于智力型工作。另外,机床一般是封

闭式加工,既清洁,又安全。

### 6. 利于生产管理现代化

数控机床的加工,可预先精确估计加工时间,所使用的刀具、夹具可进行规范化、现代化管理。数控机床使用数字信号与标准代码为控制信息,易于实现加工信息的标准化,目前已与计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)有机地结合起来,是现代集成制造技术的基础。

## 1.2 数控机床的种类

现代加工制造技术手段的飞速发展和加工设备的不断完善,使得数控机床的品种和规格越来越多。根据数控机床的功能和组成,一般数控机床有以下四种分类方法。

### 1.2.1 按工艺用途分类

#### 1. 一般数控机床

一般数控机床是在普通机床的基础上发展起来的,这种类型的数控机床和工艺用途与普通机床相似,不同的是它适合加工单件、小批量和复杂形状的零件,它的生产率和自动化程度比传统机床高,而且这类机床的控制轴数一般不超过三个,其种类有以下几种:

- (1) 数控车床(NC Lathe),如图1-1所示。
- (2) 数控铣床(NC Milling Machine),如图1-2所示。
- (3) 数控钻床(NC Drilling Machine),如图1-3所示。
- (4) 数控平面磨床(NC Surface Grinding Machine),如图1-4所示。
- (5) 数控镗床(NC Boring Machine)。
- (6) 数控外圆磨床(NC External Cylindrical Grinding Machine)。
- (7) 数控工具磨床(NC Tool Grinding Machine)。
- (8) 数控轮廓磨床(NC Contour Grinding Machine)。
- (9) 数控坐标磨床(NC Jig Grinding Machine)。
- (10) 数控齿轮加工机床(NC Gear Cutting Machine)。
- (11) 数控冲床(NC Punching Machine)。



图1-1 数控车床

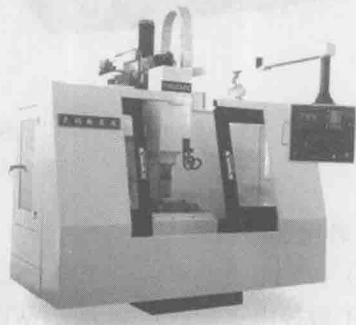


图1-2 数控铣床

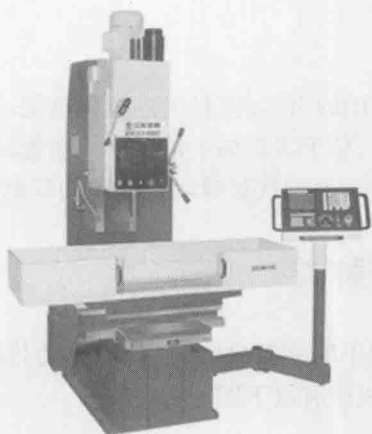


图 1-3 数控钻床

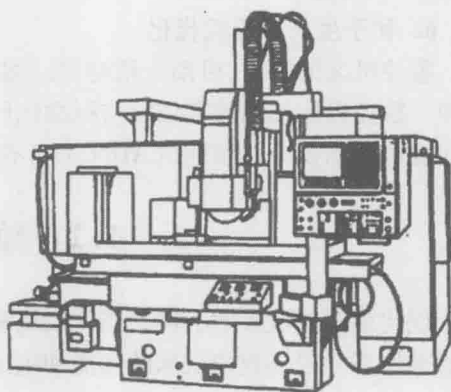


图 1-4 数控平面磨床

## 2. 数控加工中心机床

数控加工中心机床是在数控铣床的基础上发展起来的,它是数控机床发展到一定阶段的产物,它有一个自动刀具交换装置(ATC),在刀具和主轴之间有一个换刀机械手,工件一次装夹后,可自动连续进行铣、镗、钻、扩、铰、攻丝等多种工序的加工。加工中心又分为立式加工中心、卧式加工中心和复合式加工中心,如图 1-5(a)和(b)所示。



(a)



(b)

图 1-5 加工中心机床

(a) 立式加工中心;(b) 卧式加工中心。

## 3. 特种加工机床

- (1) 数控电火花成形机床(EDM, Electric Discharge Machine), 如图 1-6 所示。
- (2) 数控电火花线切割机床(WEDM, Wire Electric Discharge Machine), 如图 1-7 所示。
- (3) 数控激光加工机床(NC Laser Beam Machine)。
- (4) 数控超声波加工机床(NC Ultrasonic Machine)。

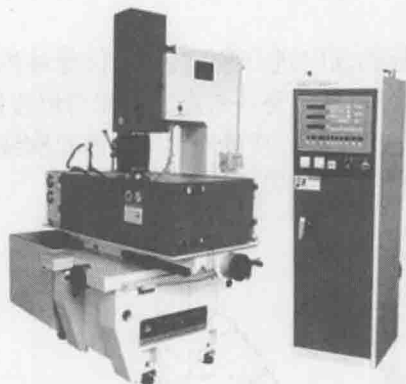


图 1-6 电火花成形机床

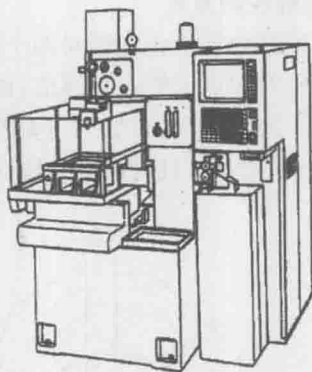


图 1-7 电火花线切割机床

## 1.2.2 按运动方式分类

### 1. 点位控制系统

点位控制系统(图 1-8)的数控机床,其数控装置只控制刀具从一点到另一点的位置,而不控制移动的轨迹,因为点位控制数控机床只要求获得准确的加工坐标点的位置。由于数控机床只是在刀具或工件到达指定的位置后才开始加工,刀具在工件固定时执行切削任务而在运动过程中不进行加工。为了在精确定位的基础上有尽可能高的生产率,两相关点之间的移动是先快速移动到接近定位点时再降低速度,以保证定位精度。例如数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床等,均采用点位控制系统。

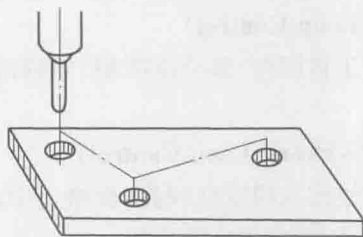


图 1-8 点位控制系统

### 2. 直线控制系统

直线控制系统(图 1-9)不但要求刀具或机床工作台从起点坐标运动到终点坐标,还要求刀具或工作台以给定的速度在沿平行于某坐标轴方向运动的过程中进行切削加工。

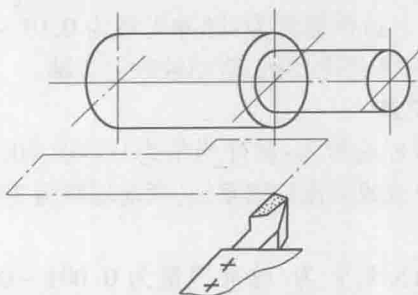


图 1-9 直线控制系统

### 3. 轮廓控制系统

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制,它不仅能够控制机床移动部件的起点与终点坐标值,而且能控制整个加工过程中每一个点的速度与位移量,既要控制加工的轨迹,又要加工出要求的轮廓。如图 1-10 所示,其被加工工件的轮廓线可以是任意形式的曲线,且可以用直线插补或圆弧插补的方法进行切削加工。

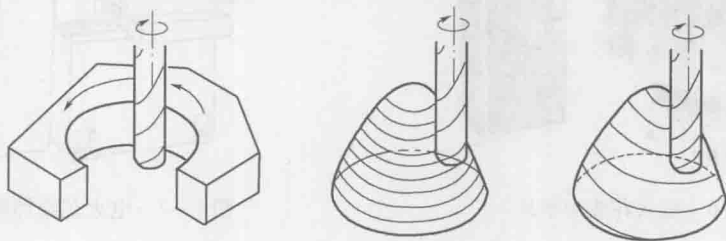


图 1-10 轮廓控制系统

#### 1.2.3 按控制方式分类

数控机床按照被控量有无检测反馈装置可分为开环控制系统和闭环控制系统两种。在闭环控制系统中,根据测量装置安放的位置又分为全闭环控制和半闭环控制两种。

##### 1. 开环控制系统(Open Loop Control)

开环控制系统的特点是速度和精度都低,但其反应迅速,调试方便,工作比较稳定,维修简便,成本也较低。

##### 2. 闭环控制系统(Closed Loop Control)

闭环控制系统的特点是加工精度高,移动速度快,但调试和维修比较复杂,稳定性难以控制,成本也较高。

##### 3. 半闭环控制系统(Semi-closed Loop Control)

半闭环控制系统的特点是精度及稳定性较高,价格适中,调试维修也较容易,兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点,因此应用比较普遍。

#### 1.2.4 按数控机床的性能分类

##### 1. 低档(经济型)数控机床

低档数控机床也称经济型数控机床。其特点是根据实际的使用要求,合理地简化系统,以降低价格。这类机床的技术指标通常为:脉冲当量为  $0.01 \sim 0.005\text{mm}$ ,快速进给速度为  $4 \sim 10\text{m/min}$ ,驱动元件为开环步进电动机,联动轴数为 2 轴。

##### 2. 中档(普及型)数控机床

中档数控机床的技术指标通常为:脉冲当量为  $0.005 \sim 0.001\text{mm}$ ,快速进给为  $15 \sim 24\text{m/min}$ ,伺服系统为半闭环直流或交流伺服系统,联动轴数为 3 轴。

##### 3. 高档数控机床

高档数控机床的技术指标通常为:脉冲当量为  $0.001 \sim 0.0001\text{mm}$ ,快速进给速度为  $15 \sim 100\text{m/min}$ ,伺服系统为闭环直流或交流伺服系统,联动轴数为多轴。



## 1.3 数控加工工艺

根据国家数控类职业技能鉴定标准,可将数控加工过程分为四个部分:①工艺准备;②程序编制;③工件加工;④工件检测。

### 1.3.1 工艺准备

从数控机床加工程序编制的过程中来看,数控机床使用的工件加工程序中,应考虑机床的运动过程、工件的加工工艺过程、刀具的形状及切削用量、走刀轨迹等各方面的问題。为了编制出一个合理的、比较实用的加工工序,要求编程人员不仅要了解数控机床的工作原理、性能特点及结构,掌握编程语言和标准程序格式,还应该能够熟练掌握零件的加工工艺,确定合理的切削用量,合理地选用夹具和刀具类型,并熟悉检测方法。也就是说数控机床的编程必须首先把工艺设计好,工艺设计的好坏对数控加工质量的好坏有直接的影响。

下面以图 1-11 所示零件为例来进行其加工工艺分析。

#### 1. 工艺的设计

##### 1) 分析零件图

首先是能正确分析零件图,确定零件的加工部位,根据零件图的技术要求,分析零件的形状、基准面、尺寸公差和表面粗糙度的要求,还有加工面的种类、零件的材料、热处理等其他技术要求,如图 1-11 所示。

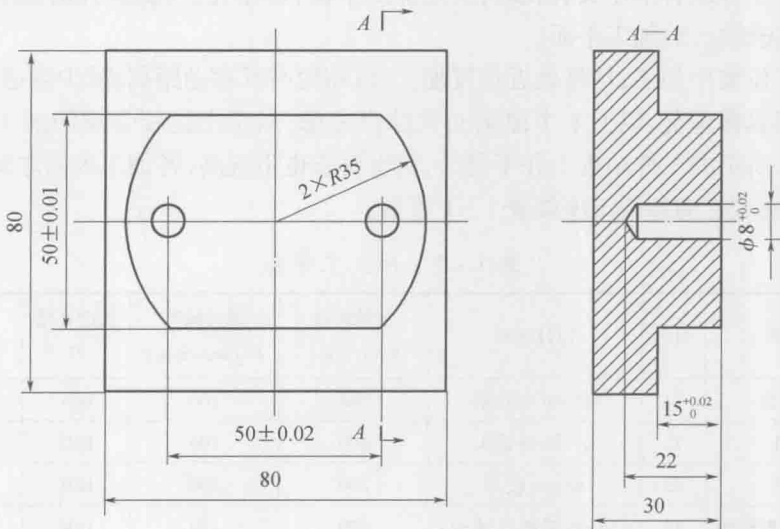


图 1-11 被加工零件图样

##### 2) 数控机床的选择

对零件图样分析完之后,由工件的加工数量来考虑零件加工各项技术经济指标,合理地选用数控机床。例如,箱体、箱盖、壳体等可以选用立式数控铣床或加工中心。若被加工零件是圆柱体、锥体、各种成形回转表面等,则可以选用数控车床。