

普通高等教育“十一五”规划教材

面向应用型人才培养

数控机床与编程

(第2版)

韩玉勇 王士柱 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”规划教材
面向应用型人才培养

数控机床与编程

(第2版)

韩玉勇 王士柱 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要包括:数控机床概述、数控机床机械结构、数控加工工艺、数控机床的程序编制、数控车床编程加工、数控铣床编程加工、数控机床伺服系统、特种数控加工机床以及数控机床的选用与维护。全书注重理论联系实际,各章既有联系,又有一定的独立性。每章均附有技能目标、单元实训与习题。

本书可作为高等职业院校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控技术、CAD/CAM 技术应用和模具设计与制造等专业的教材,也可供研究设计单位、企业从事数控技术开发与应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与编程/韩玉勇,王士柱主编. —2 版. —北京:
国防工业出版社,2009.7

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06320-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 068306 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 16½ 字数 376 千字

2009 年 7 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本教材在第1版的基础上,经过一定的教学实践,并广泛汇集相关教学单位的意见和建议,对其进行了精心的研讨和修改,作出了一些改进和调整。修改后力求突出以下特点:

(1)本教材与第1版相比,更注重以培养数控技术应用型人才为目标,从高职学生具体特点及未来就业角度出发,突出高等职业技术教育特色,以“必需、够用、实用”为原则,充分体现知识的先进性、案例的实用性。

(2)为突出知识的连贯性,增加了数控工艺基础知识、数控刀具应用特点等工艺技术方面的内容,使数控程序的编制与工艺技术更好地结合,以增强数控编程技术应用能力。

(3)在保留第1版教材总体框架的基础上,以FANUC数控系统为例介绍数控编程技术,着重应用实例紧密结合生产实际。

(4)在对第1版教材更新、补充的基础上,删除了知识点相对独立的章节内容,并调整了相关章节的顺序,充分突出本书的讲述重点。

(5)为方便教学,本书精选了大量的典型实例,实例中的程序均在实践过程中经过检验,读者可以放心使用。

本书由韩玉勇、王士柱任主编,陈树艳、杨朝全任副主编。在本书的编写过程中,得到了山东理工大学、枣庄科技职业学院、武汉工业职业技术学院、北京电子科技职业学院、西安航空职业技术学院、中国石油勘探开发研究院的大力支持与帮助。黄雪梅老师审阅了全书并提出了许多宝贵意见和建议,张伟提供了大量资料,在此表示衷心感谢。

尽管我们在增强教材特色方面做出了许多努力,但由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不当之处,恳请各教学单位和读者多提宝贵意见和建议。

编 者

目 录

第1章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的发展及特点	1
1.1.1 数控机床的发展	1
1.1.2 数控加工的特点	3
1.2 数控机床的工作原理及各部分功能	5
1.2.1 数控机床的工作原理	5
1.2.2 数控机床的组成及各部分的功能	5
1.3 数控机床的分类	7
1.3.1 按机床类型的分类	7
1.3.2 按进给伺服系统类型分类	8
1.3.3 按数控系统控制的刀具运动轨迹分类	8
1.3.4 按数控系统功能水平分类	10
1.4 计算机数控系统	11
1.4.1 计算机数控系统的硬件组成	11
1.4.2 计算机数控系统的软件组成	12
1.4.3 数控系统的工作过程	13
1.4.4 数控系统的要求、类型及主要功能	13
1.4.5 常见数控系统	14
单元实训	14
习题	15
第2章 数控机床机械结构	16
2.1 数控车床结构	17
2.1.1 数控车床的布局形式	17
2.1.2 数控车床的组成及特点	18
2.1.3 数控车床的分类	19
2.1.4 数控车床传动系统的主要机械结构	21
2.2 数控铣床结构	26
2.2.1 数控铣床的布局及发展趋势	26
2.2.2 数控铣床的组成及特点	27
2.2.3 数控铣床的分类	28
2.2.4 数控铣床的传动系统的主要结构	31
2.3 加工中心结构	37

2.3.1	加工中心概述	37
2.3.2	加工中心的组成	40
2.3.3	加工中心传动系统的主要结构	42
2.4	其他数控机床	46
2.4.1	数控滚齿机	46
2.4.2	立式钻床	47
2.5	数控机床典型机械结构	49
2.5.1	联轴器	49
2.5.2	消除间隙的齿轮传动结构	51
2.5.3	滚珠丝杠螺母副	53
2.5.4	机床滚动导轨	57
单元实训		59
习题		59
第3章	数控加工工艺	61
3.1	数控刀具	61
3.1.1	数控加工对刀具的要求	61
3.1.2	数控机床常用刀具种类	62
3.1.3	可转位刀片及其代码	63
3.1.4	数控工具系统	65
3.2	数控加工工艺基础	69
3.2.1	基本概念	69
3.2.2	数控加工的工艺特点	70
3.2.3	数控加工工艺的主要内容	71
3.3	数控车削加工工艺	72
3.3.1	数控车削的主要加工对象	72
3.3.2	数控车削加工工艺的制定	73
3.4	数控铣削加工工艺	79
3.4.1	数控铣削的主要加工对象	79
3.4.2	数控铣削加工工艺的制订	82
单元实训		87
习题		88
第4章	数控机床的程序编制	89
4.1	数控编程概述	89
4.1.1	数控编程的概念	89
4.1.2	数控编程的方法	90
4.1.3	编程方法的选择	94
4.2	数控机床的坐标系	94
4.2.1	坐标轴的命名	94
4.2.2	数控机床上的有关点	96

4.3	常用编程指令	99
4.3.1	准备功能 G 指令	100
4.3.2	辅助功能 M 指令	105
4.3.3	F、S、T 功能	106
4.4	数控加工程序的格式与组成	107
4.4.1	零件加工程序的结构	107
4.4.2	程序的分类	109
4.5	手工编程	112
4.5.1	手工编程的概念及特点	112
4.5.2	手工编程的步骤	112
4.5.3	编程示例	113
4.6	自动编程	115
4.6.1	自动编程的概念和特点	115
4.6.2	常用自动编程软件	116
4.6.3	图形交互式自动编程的基本步骤	117
	单元实训	118
	习题	119
第 5 章	数控车床编程加工	120
5.1	数控车床编程的特点及基本原理	120
5.1.1	数控车床编程的特点	120
5.1.2	数控车床编程的基本原理	121
5.2	数控车床编程的方法	126
5.2.1	坐标轴运动	126
5.2.2	尺寸系统指令	134
5.2.3	刀具与刀具补偿	137
5.2.4	子程序	143
5.3	数控车床编程举例	145
	单元实训	148
	习题	149
第 6 章	数控铣床编程加工	150
6.1	数控铣床编程概述	150
6.1.1	数控铣床加工编程前的工艺处理	150
6.1.2	数控铣床编程的特点	152
6.1.3	数控铣床编程基础	153
6.2	数控铣床的编程方法	155
6.2.1	设定工件坐标系	155
6.2.2	插补功能指令	161
6.2.3	刀具补偿指令	163
6.2.4	固定循环与子程序	168

6.2.5 暂停指令G04	173
6.3 数控铣床编程举例	173
单元实训	178
习题	179
第7章 数控机床伺服系统	181
7.1 数控机床伺服系统概述	181
7.1.1 伺服系统的组成	181
7.1.2 数控机床对伺服系统的要求	182
7.1.3 伺服系统的分类	183
7.2 数控机床检测装置	186
7.2.1 旋转变压器	187
7.2.2 感应同步器	189
7.2.3 光栅传感器	191
7.2.4 脉冲编码器	193
7.3 直流伺服系统	195
7.3.1 直流伺服电动机分类	195
7.3.2 永磁直流伺服电动机	195
7.3.3 直流伺服系统主电路	198
7.3.4 晶闸管触发电路	201
7.3.5 直流电机晶闸管供电的速度控制系统	201
7.3.6 晶体管直流脉宽(PWM)调速系统	203
7.4 交流伺服系统	205
7.4.1 交流伺服电机	205
7.4.2 交流永磁电机调速系统	207
7.4.3 交流主轴驱动系统	211
单元实训	214
习题	214
第8章 特种数控加工机床	215
8.1 数控电火花加工机床	215
8.1.1 电火花加工概述	215
8.1.2 数控电火花加工机床	218
8.2 数控线切割加工机床	222
8.2.1 线切割加工的工作原理	222
8.2.2 数控电火花线切割加工的特点	222
8.2.3 数控电火花线切割加工机床	223
8.2.4 典型零件的线切割加工实例	228
8.3 数控压力机	230
单元实训	231
习题	232

第 9 章 数控机床的选用与维护 233

9.1 数控机床的选用、安装、调试与验收 233

9.1.1 数控机床的选用 233

9.1.2 数控机床的安装、调试与验收 237

9.2 数控机床的使用与日常维护 241

9.2.1 数控机床的使用要求 241

9.2.2 数控机床的日常维护与保养 242

9.3 数控机床的故障诊断与维修 244

9.3.1 数控机床故障诊断的方法 244

9.3.2 数控机床主要部件常见故障及排除方法 248

单元实训 253

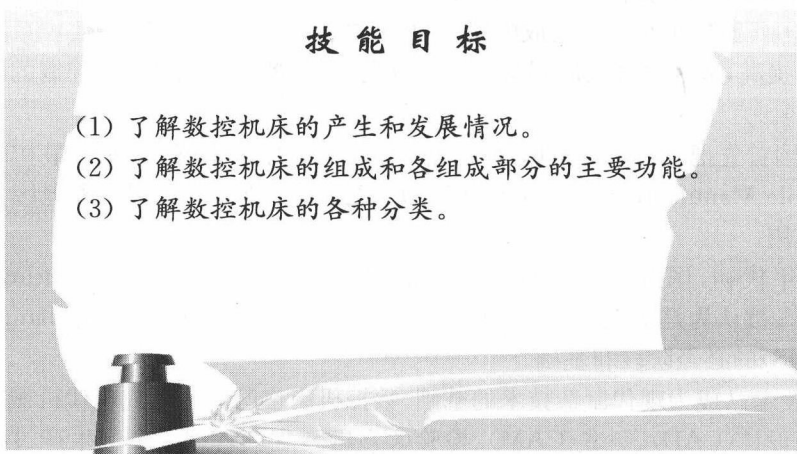
习题 253

参考文献 254

第 1 章 数控机床概述

技能目标

- (1) 了解数控机床的产生和发展情况。
- (2) 了解数控机床的组成和各组成部分的主要功能。
- (3) 了解数控机床的各种分类。



1.1 数控机床的发展及特点

1.1.1 数控机床的发展

1. 金属切削机床的产生

早在 18 世纪中叶,就出现了现代机床的雏形。早期的机床采用蒸汽机作为动力,加工精度不高,如最早的汽缸镗床的加工精度约为 1mm。19 世纪至 20 世纪初,机床的驱动源由蒸汽机改为电机,并一直延续至今。金属切削机床的出现,推动了社会生产力的发展,而工业的发展及不断涌现的科学技术成果又使机床工业本身得以不断发展。

2. 数控机床的产生和发展

为了有效地提高产品质量和生产效率、降低生产成本、改善工人的劳动条件,新型的数字程序控制机床应运而生。它极其有效地解决了在普通机床加工中存在的一系列缺点和不足,为单件、小批量生产的精密复杂零件提供了自动化加工手段。

最早采用数字控制技术进行机械加工的思想,是在第二次世界大战后不久提出来的。当时,美国密执安州的帕森斯公司(Parsons Corporation)为了帮助美国空军解决飞机零件和检查装置的复杂加工的问题,即制造飞机框架及直升飞机叶片轮廓用样板时,利用全数字电子计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,并考虑了刀具半径对加工路径的影响,使加工精度达到 $\pm 0.0381\text{mm}$ 。以当时的水平来看,是相当高的。

1952 年,美国麻省理工学院研制出一套实验性数字控制系统,并把它装在一台立式

铣床上,成功地实现了同时控制 3 轴的运动。这台数控机床被大家称为世界上第一台数控机床,是数控机床的第一代。但是这台机床毕竟是一台实验性的机床,到了 1954 年 11 月,在帕森斯专利的基础上,第一台工业用的数控机床由美国本迪克斯公司(Bendix Cooperation)生产出来。

1959 年,电子行业研制出晶体管元器件,因而数控系统中广泛采用晶体管和印制电路板,从而使数控机床跨入了第二代。同年 3 月,由美国克耐·杜列克公司发明了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。现在加工中心已成为数控机床中一种非常重要的品种,在工业发达的国家中约占数控机床总量的 1/4。

1960 年,美国研制出了小规模集成电路。由于它的体积小、功耗低,使数控系统的可靠性得以进一步提高,数控系统发展到第三代。以上三代,都采用的是专用控制的硬件逻辑数控系统(NC)。

1967 年,英国首先把几台数控机床连接成具有柔性的加工系统,这就是最初的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,FMS)。之后,美、欧、日等国家和地区也相继进行了开发和应用。

20 世纪 80 年代初,国际上又出现了柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell,FMC),它和 FMS 被认为是实现计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,CIMS)的必经阶段和基础。

如今,数控技术已成为现代制造技术的基础,数控机床也已成为组成现代机械制造生产系统以及实现设计(CAD)、制造(CAM)、检验(CAT)与生产管理等全部生产过程自动化的基本设备。数控技术水平的高低、数控机床拥有量的多少已成为衡量一个国家工业现代化水平的重要标志。

3. 我国数控机床的发展情况

我国从 1958 年开始研究数控技术,到 20 世纪 60 年代中期一直处于研制、开发阶段。1965 年,国内开始研制晶体管数控系统。从 20 世纪 70 年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工及电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但数控系统的可靠性、稳定性未得到解决,因而没能广泛推广。在这一时期,数控线切割机床由于结构简单、使用方便、价格低廉,在模具加工中得到了应用和推广。20 世纪 80 年代,我国从日本 FANUC 公司引进了部分系列的数控系统和直流伺服电机、直流主轴电机技术,以及从美、欧等国家和地区引进了一些新的技术,并进行了国内商品化生产。这些系统可靠性高、功能齐全,推动了我国数控机床的稳定发展,使我国的数控机床在性能和质量上产生了一个质的飞跃。图 1-1 所示为我国第一台数控机床。

1995 年以后,我国数控机床的品种有了新的发展。数控机床品种不断增多,规格齐全,许多技术复杂的大型数控机床、重型数控机床都相继研制出来。为了跟踪国外技术的发展,北京机床研究所研制出了 JCS-FMS-1.2 型的柔性制造系统。这个时期,我国在引进、消化国外技术的基础上,进行了大量的开发工作。一些较高档次的数控系统(5 轴联动),分辨力为 $0.0021\mu\text{m}$ 的高精度数控系统、数字仿形数控系统、为柔性单元配套的数控系统都开发出来,并造出样机,开始了专业化生产和使用。

现在,我国已经建立了以中、低档数控机床为主的产业体系,并于 20 世纪 90 年代开始了高档数控机床的研发和生产。21 世纪的到来,为我国各种数控机床的开发、生产和

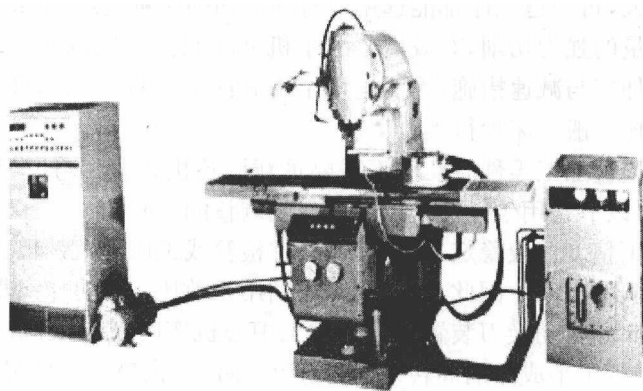


图 1-1 我国第一台数控机床

应用开辟了更加广阔的前景,未来几十年,我国将成为数控机床生产和使用的大国。

1.1.2 数控加工的特点

数控机床在机械制造业中得到了日益广泛的应用,是因为它具有如下特点。

1. 对加工对象改型的适应性强

由于在数控机床上改变加工零件时,只需要重新编制程序就能实现对零件的加工,它不同于传统的机床,不需要制造和更换许多工具、夹具和检具,更不需要重新调整机床。因此,数控机床可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件,这就为单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。它不仅缩短了生产准备周期,而且节省了大量工艺装备费用。此外,数控加工运动的任意可控性使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面加工。

2. 加工精度高

数控机床是按以数字形式给出的指令进行加工的,由于目前数控装置的脉冲当量(即每输出一个脉冲后数控机床移动部件相应的移动量)一般达到了 0.001mm ,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,因此,数控机床能达到比较高的加工精度。对于中、小型数控机床,定位精度普遍可达到 0.03mm ,重复定位精度为 0.01mm 。因为数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性,所以制造精度比较高,特别是数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差,因此,同一批加工零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量十分稳定。

在采用点位控制系统的钻孔加工中,由于不需要使用钻模板与钻套,钻模板的坐标误差造成的影响也不复存在。又由于加工中排除切屑的条件得以改善,可以进行有效冷却,被加工孔的精度及表面质量都有所提高。对于复杂零件的轮廓加工,在编制程序时已考虑到对进给速度的控制,可以做到在曲率变化时,刀具沿轮廓的切向进给速度基本不变,被加工表面就可获得较高的精度和表面质量。

3. 加工生产率高

零件加工所需要的时间包括机动时间与辅助时间两部分。数控机床能够有效地减少这两部分时间,因而加工生产率比一般机床高得多。数控机床主轴转速和进给量的范围

比普通机床的范围大,每一道工序都能选用最有利的切削用量,良好的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削,有效地节省了机动时间。数控机床移动部件的快速移动和定位均采用了加速与减速措施,因而选用了很高的空行程运动速度,消耗在快进、快退和定位的时间要比一般机床少得多。

数控机床在更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,而零件又都安装在简单的定位夹紧装置中,可以节省用于停机进行零件安装调整的时间。

数控机床的加工精度比较稳定,一般只做首件检验或工序间关键尺寸的抽样检验,因而可以减少停机检验的时间。因此,数控机床的利用系数比一般机床高得多。

在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心机床时,在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高就更为明显。

4. 自动化程度高,减轻操作者的劳动强度

数控机床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了操作面板、装卸零件、关键工序的中间测量以及观察机床的运行之外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均大为减轻,劳动条件也得到相应的改善。

5. 良好的经济效益

使用数控机床加工零件时,分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的。但在单件、小批量生产情况下,可以节省工艺装备费用、辅助生产工时、生产管理费用及降低废品率,因此能够获得良好的经济效益。

6. 有利于生产管理的现代化

用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点都有利于使生产管理现代化。图 1-2 所示为信息化的车铣加工中心。

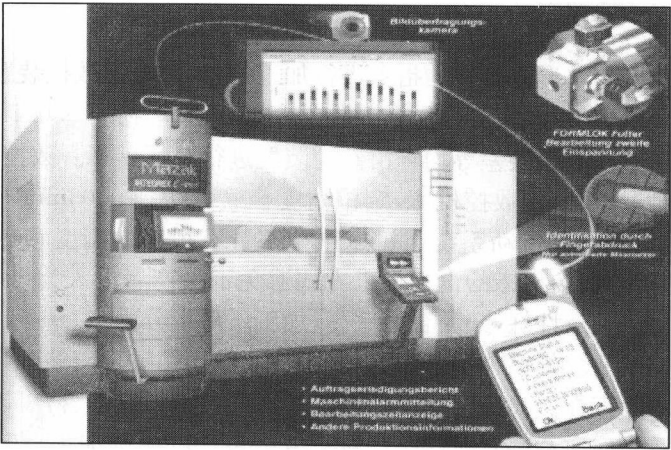


图 1-2 信息化的车铣加工中心

7. 易于建立计算机通信网络

由于数控机床使用数字信息,所以易于与计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)系统连接,形成计算机辅助设计和制造与数控机床紧密结合的一体化系统。另外,数控机床通

过因特网(Internet)、内联网(Intranet)、外联网(Extranet),现在已可实现远程故障诊断及维修,并已初步具备远程控制和调度、进行异地分散网络化生产的可能,从而为今后进一步实现制造过程网络化、智能化提供了必备的基础条件。

任何事物都有两重性,数控加工虽有上述各种优点,但也存在不足之处。例如,由于机床价格较高,提高了起始阶段的投资;维修难度大,对设备维护的要求相应提高;加工中的调整相对复杂、对操作人员的技术水平要求更高等,使其单位加工成本较高。

1.2 数控机床的工作原理及各部分功能

1.2.1 数控机床的工作原理

利用数控机床完成零件数控加工通常需要经过以下 5 个步骤。

(1) 根据零件加工图样进行工艺分析,拟定加工工艺方案、明确工艺参数和尺寸数据。

(2) 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序,或用 CAD/CAM 软件直接生成零件的加工程序。

(3) 程序的输入或传输。由手工编写的程序,可以通过数控机床的操作面板输入程序;由编程软件生成的程序,通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。

(4) 将输入或传输到数控单元的加工程序进行试运行、刀具路径模拟等。

(5) 通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

数控加工的控制过程与计算机控制打印机打印过程特别是与计算机控制绘图仪绘图过程非常相似。

1.2.2 数控机床的组成及各部分的功能

数控机床是一种利用数控技术,并按照事先编好的程序实现动作的机床。它由输入装置、CNC 单元、伺服系统、位置反馈系统和机床机械部件构成。数控机床组成框图如图 1-3 所示。

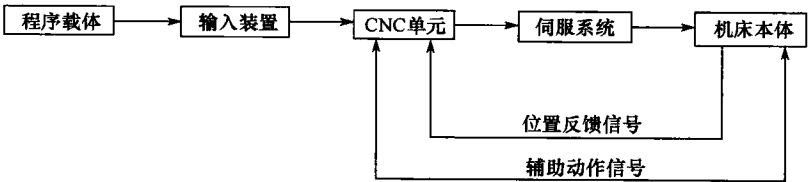


图 1-3 数控机床的组成框图

数控机床各组成部分的功能简介如下。

1. 程序载体

数控机床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序中,包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(进给量、主轴转数等)和辅助运动等。将零件加工程序用一定的格式和代码,存储在一种载体上,如穿孔纸带、盒式磁带或软磁盘等,通过数控机床

的输入装置,将程序信息输入到 CNC 单元内。

2. 输入装置

将数控程序输入数控装置,根据程序载体的不同,相应地有以下 3 种输入方式。

1) 控制介质输入

主要有 2 种输入方法:一种方法是通过纸带输入,即在特制的纸带上穿孔,用孔的不同位置的组合构成不同的数控代码,通过纸带阅读机将指令输入;另一种方法是对于配置有计算机软驱动器的数控机床,可以将存储在磁盘上的程序通过软驱输入系统。

2) 手动输入

操作者可以利用机床上的显示屏及键盘输入加工程序指令,控制机床的运动,具体有以下 3 种情况。

(1) 手动数据输入(Manual Data Input,MDI)。即通过机床面板上的键,把数控程序指令逐条输入到存储器中。这种方法只适用于一些比较短的程序,只能使用一次,机床动作后程序就消失。

(2) 在控制装置的程序编辑界面(EDIT)状态下,用按键输入加工程序,存入控制装置的内存中。用这种方式可以对程序进行编辑,程序可重复使用。

(3) 在具有会话编程功能的数控装置上,可以按照显示屏上提示的问题,选择不同的菜单,将图样上指定的有关尺寸数字等输入,就可自动生成加工程序存入内存。这种方法虽然是手工输入,却是自动编程。

图形交互自动编程是现在广泛采用的另一种自动编程方式。利用 CAD 软件的图形编辑功能将零件的几何图形绘制到计算机上,形成零件的图形文件,然后调用数控编程模块,采用人机交互的方式在计算机屏幕上指定被加工的部位,通过键盘手工输入相应的加工参数后,计算机自动编制出数控加工程序。

3) 直接输入存储器

利用这种方式可以使用数控装置的串行口,通过对有关参数的设定和相关软件,直接读入在自动编程机上及其他计算机上或网络上编制好的加工程序。

3. CNC 单元

CNC 单元由信息的输入、处理和输出 3 个部分组成,如图 1-4 所示。程序载体通过输入装置将加工信息传给 CNC 单元,编译成计算机能识别的信息,由信息处理部分按照控制程序的规定,逐步存储并进行处理后,通过输出单元发出位置和速度指令给伺服系统与主运动控制部分。

数控机床的辅助动作,如刀具的选择与更换、切削液的启停等能够用可编程序控制器(PLC)进行控制。现代数控系统中,一般备有 PLC 附加电路板,这种结构形式可省去 CNC 与 PLC 间的连线,结构紧凑,可靠性好,操作方便,无论从技术上或经济上都是有利的。

4. 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电路和伺服驱动电动机组成,并与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,是数控机床的一个重要组成部分。它和一般机床进给系统的根本区别是:一般进给系统只能稳定地传递所需的力和速度,但不能接收随机的输入信息,不能控制执行部件的位移和轨迹;伺服系统则不然,它能将数控装置送来的指令

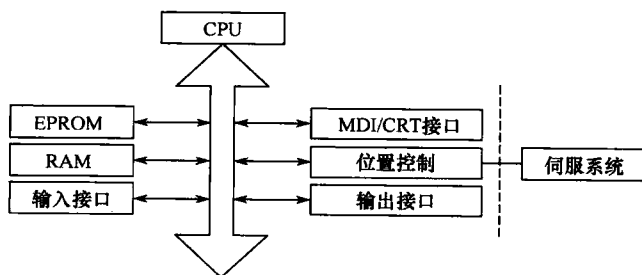


图 1-4 CNC 单元的组成

信息加以放大,经功率放大后,通过机床进给传动元件(如齿轮减速箱和滚珠丝杠螺母等)驱动机床移动部件(工作台或刀架),以便精确定位或按照规定的轨迹和速度运动,使机床加工出符合图样要求的零件。每个作进给运动的执行部件都配有一套伺服驱动系统。

伺服系统直接影响数控机床加工的速度、位置、精度、表面粗糙度等。伺服系统按控制原理可分为开环伺服系统、半闭环伺服系统和闭环伺服系统。开环伺服系统常用于步进电动机,闭环伺服系统常用于脉宽调速直流电动机和交流伺服电动机等。

5. 位置反馈系统

位置反馈分为伺服电动机的转角位移反馈和数控机床执行机构(工作台)的位移反馈 2 种,运动部分通过传感器将上述角位移或直线位移转换成电信号,输送给 CNC 单元,与指令位置进行比较,并由 CNC 单元发出指令,纠正所产生的误差,适时控制机床的运动位置。

6. 机床的机械部件

数控机床的机械结构,除了主运动部件、进给运动部件(如工作台、刀架)、辅助部分(如液压、气动、冷却和润滑部分等)和支撑部件(如床身、立柱)等一般部件外,尚有些特殊部件,如储备刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)、自动托盘交换装置等。与普通机床相比,数控机床结构发生了很大的变化,普遍采用了滚珠丝杠、滚动导轨,传动轻巧精密,效率更高;用滚动导轨或贴塑导轨消除了爬行;采用主轴电机和变速齿轮的变速机构,实现无级变速的同时还减少了变速齿轮的级数,使数控机床的传动系统更为简单;机床的工作台可装有位置反馈装置,传动装置的间隙要尽可能小;由于数控机床的运行速度和加工速度一般都比普通机床高,所以对机床的静态刚度和动态刚度、振动频率等方面要求更高,以适应对数控机床高定位精度和良好控制性能的要求。

1.3 数控机床的分类

1.3.1 按机床类型的分类

数控机床按机床类型可分为以下 4 类。

1. 切削加工类

切削加工类即具有切削加工功能的数控机床,如数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控刨插机床、数控齿轮加工机床、数控螺纹加工机床、数控电加工及超声波加工机

床、数控磨床、数控割断机床和其他数控机床等。目前,国内外开发的新品种特别多,分得越来越细。如在数控磨床中不仅有数控外圆磨床、数控内圆磨床、集可磨外圆和内圆于一机的数控万能磨床、数控平面磨床、数控坐标磨床、数控工具磨床、数控无心磨床、数控齿轮磨床,还有专用或专门化的数控轴承磨床、数控外螺纹磨床、数控内螺纹磨床、数控双端面磨床、数控凸轮轴磨床、数控曲轴磨床、能自动换砂轮的数控导轨磨床(又称为导轨磨削中心)等,还有工艺范围更宽的车削中心、加工中心、柔性制造单元(FMC)等。

2. 成形加工类

成形加工类是指具有通过物理方法改变工件形状功能的数控机床,如数控折弯机、数控冲床、数控压力机等。

3. 特种加工类

特种加工类是指具有特种加工功能的数控机床,如数控电火花线切割机床、数控电火花成形机床、带有自动换电极功能的“电加工中心”、数控激光切割机床、数控激光热处理机床、数控激光板料成形机床、数控等离子切割机。

4. 其他类型

其他类型是指一些数控设备,如数控装配机、数控测量机、机器人等。

1.3.2 按进给伺服系统类型分类

按数控机床的进给伺服系统有无位置测量反馈装置可分为开环数控机床和闭环数控机床。在闭环数控系统中,根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环系统和半闭环系统 2 种(详见第 7 章的内容)。

1.3.3 按数控系统控制的刀具运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制又称为点到点控制。该系统的特点是只控制刀具对工件的定位,而对它们定位过程中的运动轨迹及移动速度没有严格要求(如图 1-5 所示,刀具由 A 点定位到 B 点时,既可走轨迹①,又可走轨迹②),且移动过程中不进行切削。点位控制的数控机床主要用于平面内的孔系,主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控弯管机和数控冲剪床等,其采用的数控系统称为点位数控系统。

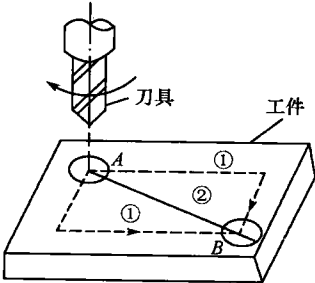


图 1-5 点位控制

为了确保准确的定位,点位控制系统在高速运行后,一般采用 3 级减速,以实现慢速