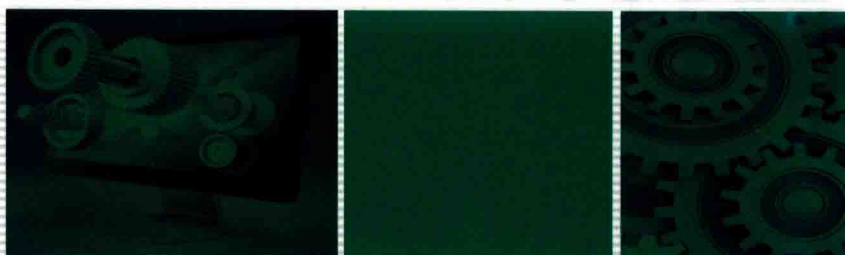


# 数控机床编程与操作

陈天祥 张妍 张德红 编著



# 数控机床

## 编程与操作

陈天祥 张妍 张德红 编著

机械工业出版社

本书是以国家数控技术技能型紧缺人才培养为依据,结合企业实际生产的第一手资料开发的基于工作过程导向、采用典型工作任务驱动的项目式实训教材,是一本真正实现教、学、做一体化,服务于高职机电类职业能力培养的综合性强实训教材。

本书是编者凝结多年一线教学经历,结合多年校企合作的经验,联合知名企业和学校的专业技术骨干共同编写而成。主要内容包括认识数控机床、数控车床编程与加工、数控铣床编程与加工3个部分,下设12个任务。主要特点是采用单元式组织形式,以任务驱动为导向,课程实训教学与理论教学内容完全融合为一体,并逐步完成相应工作项目的教学任务。

本书适于作为高职高专、中职中专院校的数控、模具、机电类专业学生相关课程的教材,同时也是数控机床应用工程技术人员、研究人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作/陈天祥,张妍,张德红编著. —北京:机械工业出版社,2015.8

ISBN 978-7-111-47046-5

I. ①数… II. ①陈… ②张… ③张… III. ①数控机床—程序设计—职业教育—教材②数控机床—操作—职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第151990号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:舒雯 责任编辑:舒雯

版式设计:赵颖喆 责任校对:丁丽丽

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.75印张·337千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47046-5

定价:40.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

策划编辑:010-88379733 教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版 金书网:www.golden-book.com

# 前 言

近年来,随着我国经济结构的转型、产业结构的不断调整和升级,数控加工技术在现代企业得到了快速发展和广泛应用。为了普及与提高数控加工技术,培养数控加工技术相关人才,使其理论与实践相结合,我们编写了本书。

本书是以国家数控技术技能型紧缺人才培养要求为依据,以劳动和社会保障部制定的有关国家职业标准及全国数控技能大赛为指导,结合企业实际生产的第一手资料,联合知名企业和学校的专业技术骨干,共同开发和编写而成。

本书既是一本基于工作过程导向、项目驱动式综合实训教材,又是一本名副其实的校企合作教材。在内容的组织和实施上,以企业实际生产为导向,以国家职业技能鉴定考核标准为依据,结合企业大量典型实例,实现了教、学、做一体化,服务于高职机电类职业能力培养的理念。本书理论知识表述简洁易懂,以够用为度;操作步骤清晰明了,重在应用,旨在技能培养,便于读者学习和掌握。

本书由天津滨海职业学院陈天祥、张妍和宜宾职业技术学院张德红和部分企业骨干共同编写。在编写数控车削技术相关内容过程中,得到了天津渤天顺科技有限公司张福刚工程师的大力协助;在编写数控铣削技术相关内容过程中,得到了天津弗斯特木业有限公司张世义工艺师的帮助。此外,还得到天津滨海职业学院机电工程系刘秋艳、刘鹏、于世楠等诸位教师的大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中谬误和不当之处在所难免,恳望广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

项目 1 认识数控机床 .....	1
任务 1 初步了解数控机床 .....	1
1.1.1 任务综述 .....	1
1.1.2 任务信息 .....	2
1.1.3 任务实施 .....	10
1.1.4 任务小结 .....	11
1.1.5 任务拓展 .....	11
1.1.6 任务工单 .....	11
任务 2 数控机床坐标系统的判定 .....	13
1.2.1 任务综述 .....	13
1.2.2 任务信息 .....	13
1.2.3 任务实施 .....	18
1.2.4 任务小结 .....	19
1.2.5 任务拓展 .....	19
1.2.6 任务工单 .....	19
任务 3 数控加工工艺处理 .....	21
1.3.1 任务综述 .....	21
1.3.2 任务信息 .....	21
1.3.3 任务实施 .....	39
1.3.4 任务小结 .....	39
1.3.5 任务拓展 .....	39
1.3.6 任务工单 .....	45
任务 4 数控程序格式的应用 .....	46
1.4.1 任务综述 .....	46
1.4.2 任务信息 .....	46
1.4.3 任务实施 .....	53
1.4.4 任务小结 .....	53
1.4.5 任务拓展 .....	54

1.4.6	任务工单	54
<b>项目 2</b>	<b>数控车床编程与加工</b>	<b>55</b>
<b>任务 1</b>	<b>膨化机轴的精加工</b>	<b>55</b>
2.1.1	任务综述	55
2.1.2	任务信息	56
2.1.3	本任务需掌握的指令	58
2.1.4	机床操作 (仿真软件的使用)	62
2.1.5	任务实施	68
2.1.6	任务小结	69
2.1.7	任务拓展	69
2.1.8	任务工单	70
<b>任务 2</b>	<b>销子轴的粗加工</b>	<b>72</b>
2.2.1	任务综述	72
2.2.2	任务信息	72
2.2.3	本任务需掌握的指令	77
2.2.4	机床操作	80
2.2.5	任务实施	85
2.2.6	任务小结	86
2.2.7	任务拓展	87
2.2.8	任务工单	87
<b>任务 3</b>	<b>中间轴的加工</b>	<b>89</b>
2.3.1	任务综述	89
2.3.2	任务信息	90
2.3.3	本任务需掌握的指令	93
2.3.4	机床操作	99
2.3.5	任务实施	101
2.3.6	任务小结	104
2.3.7	任务拓展	104
2.3.8	任务工单	105
<b>任务 4</b>	<b>连接轴的加工</b>	<b>107</b>
2.4.1	任务综述	107
2.4.2	任务信息	108
2.4.3	本任务需掌握的指令	109
2.4.4	机床操作	112
2.4.5	任务实施	113
2.4.6	任务小结	115
2.4.7	任务拓展	116
2.4.8	任务工单	117
<b>任务 5</b>	<b>综合轴的加工</b>	<b>119</b>

2.5.1	任务综述	119
2.5.2	任务信息	119
2.5.3	本任务需掌握的指令 (G74)	121
2.5.4	机床操作 (薄壁工件的加工)	127
2.5.5	任务实施	128
2.5.6	任务小结	133
2.5.7	任务拓展	133
2.5.8	任务工单	136
<b>项目3 数控铣床编程与加工</b>		<b>138</b>
任务1 链接套板轮廓的铣削加工		138
3.1.1	任务综述	138
3.1.2	任务信息	139
3.1.3	本任务需掌握的指令	150
3.1.4	机床操作	157
3.1.5	任务实施	165
3.1.6	任务小结	168
3.1.7	任务拓展	168
3.1.8	任务工单	169
任务2 槽型盘的数控铣削加工		171
3.2.1	任务综述	171
3.2.2	任务信息	171
3.2.3	本任务需掌握的指令	173
3.2.4	机床操作	179
3.2.5	任务实施	180
3.2.6	任务小结	184
3.2.7	任务拓展	184
3.2.8	任务工单	185
任务3 孔系零件的数控铣削加工		187
3.3.1	任务综述	187
3.3.2	任务信息	187
3.3.3	本任务需掌握的指令	194
3.3.4	机床操作	203
3.3.5	任务实施	204
3.3.6	任务小结	208
3.3.7	任务拓展	209
3.3.8	任务工单	210
<b>参考文献</b>		<b>212</b>

# 项目 1

## 认识数控机床

### 任务 1 初步了解数控机床

#### 1.1.1 任务综述

学习任务	初步了解数控机床	参考学时：2
需完成的子任务	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 学校为满足正常教育教学的需要，又新购置了一批数控机床，希望你能在这些设备实体上面，指出用于传动和控制的关键机构</li><li>2. 依据实训中心所接的加工任务，希望你能为他们根据不同工件，选择合适的数控加工机床，并说明理由</li><li>3. 在当今网络信息时代，希望能借助身边这些便利的条件及各种媒体和渠道，更多地了解数控机床，并判断出该行业未来的发展趋势</li></ol>	
重点与难点	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 学习重点 通过实体勘察和理论学习，了解数控机床的概念、结构特点及应用范围，揭开它头上那张神秘的面纱</li><li>2. 学习难点 了解各类数控机床的结构部件及组成，了解它们的工作原理</li></ol>	
学习目标	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 知识目标<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 了解数控机床及数控系统的相关概念</li><li>(2) 熟悉数控机床的结构组成及工作原理</li><li>(3) 了解数控机床及数控技术的发展趋势</li><li>(4) 了解数控机床的分类与结构特点</li></ol></li><li>2. 能力目标<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 对常用数控机床大致部件结构的认知能力</li><li>(2) 对常见数控系统的概念和外观认知能力</li></ol></li></ol>	
所需教学设备	数控机床、刀具、量具、常见类型工件、多媒体课件、计算机等	
教学方法	项目驱动、任务导向法；实地观察与演示，小组研讨；教学做一体化	

## 1.1.2 任务信息

### 1. 数控机床概述

(1) 数控机床的基本概念 数控机床 (Numerical Control Machine Tool) 是采用数字控制技术 (Numerical Control) 的机械设备, 是一种以数字量作为指令信息形式, 通过专用或通用的电子计算机控制的机床, 如图 1-1 所示。通过数字化的信息, 可以对机床的运动及其加工过程进行控制。



图 1-1 数控机床结构

数控机床可以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、自动关停切削液等) 和步骤及工件的尺寸, 用数字化代码进行表示, 通过控制介质 (如穿孔纸带或软盘等) 将数字信息送入控制装置, 控制装置对输入的信息进行处理和运算, 发出各种控制信号, 控制机床的伺服系统和驱动元件, 使其自动加工出我们所需要的指定工件。

(2) 数控机床的特点 数控机床是一种高效能自动或半自动机床, 与普通机床相比, 具有以下明显特点:

1) 高精度。实现计算机控制, 排除人为误差, 零件的一致性, 加工精度高, 质量稳定可靠。

2) 高柔性。加工对象改变时, 一般只需要更改数控程序, 体现出很好的适应性, 可大大节省生产准备时间。

3) 高效能。数控机床本身的精度高、刚性大, 可选择科学合理的加工用量, 生产率高, 一般为普通机床的 3~5 倍, 对某些复杂零件的加工, 生产效率可以提高几十倍。

4) 高难度。借助于 CAD/CAM 软件, 非常适合加工结构复杂、形状奇异的零部件。

5) 工况好。机床自动化程度高, 操作人员劳动强度大大降低, 工作环境较好。

6) 易管理。采用数控机床有利于向计算机控制与管理生产方面发展, 为实现生产过程自动化创造了条件。

7) 技术含量高。由于整个加工过程采用程序控制, 数控加工的前期准备工作较为复

杂,包含工艺确定、程序编制等。

8) 高要求。数控机床是典型的机电一体化产品,技术含量高,对维修和从业人员的技术要求很高。

(3) 数控机床的应用范围 数控机床是电子信息技术和传统机械加工技术高度结合的产物,它集现代精密机械、计算机、通信、液压气动、光电等多学科技术为一体,具有高效率、高精度、高自动化和高柔性等特点,是当代机械制造业的主流装备。数控机床大大提高了机械加工的性能,可以精确加工传统机床无法处理的复杂零件,有效提高了加工质量和效率,实现了柔性自动化(相对于传统技术基础上的大批量生产的刚性自动化),并向智能化、集成化方向发展。

数控机床在机械制造业中得到日益广泛的应用,是因为它有效地解决了复杂、精密、小批多变的零件加工问题,能满足高质量、高效益和多品种、小批量的柔性生产方式的要求,适应各种机械产品迅速更新换代的需要,经济效益显著,代表着当今机械加工技术的趋势与潮流,也是现代机械制造企业在市场竞争激烈的条件下,赖以生存与发展的必然要求。随着社会生产和科学技术的进步,数控技术不仅应用于机床的控制,还用于其他设备的控制,如数控线切割机、数控绘图机、数控测量机、数控冲剪机等,仅数控机床就有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床及数控加工中心等。

由于数控机床的上述特点,适用于数控加工的零件有:

- 1) 批量小而又多次重复生产的零件。
- 2) 贵重零件加工。
- 3) 全部需要检验的零件。
- 4) 试制件。

对以上零件采用数控加工,能最大限度地发挥出数控加工的优势。

## 2. 数控机床的产生和发展

(1) 数控机床的产生 20世纪50年代初,美国出于军事和工业发展的需要,设计并研制出了世界上第一台数控机床。1948年美国巴森兹(Parsons)公司在研制加工直升机叶片轮廓样板时,提出了数控机床的初始设想。1949年,该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,他们公开发布了世界上第一台数控机床的试制成功,并可作直线插补。

经过三年调试改进和提高,数控机床于1955年进入实用化阶段。从此,其他一些国家如德国、英国、日本、西班牙和前苏联等国都开始研制数控机床,其中日本发展比较快。当今世界上著名的数控厂家有日本的法那科(FANUC)公司、德国的西门子(SIEMENS)公司、西班牙的法格(FAGOR)公司等。1959年,由美国的克耐·杜列克(Keaney & Trecker)公司首次研制成功开发了加工中心(Machining Center, MC)。这是一种具有自动换刀装置(刀具交换位置)和回转工作台的数控机床,可以在一次装夹中对工件的多个面进行多工序加工,如:钻孔、铰孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等加工。

20世纪60年代末出现了直接数控系统DNC(Direct NC),它由一台计算机直接管理和控制一群数控机床。1967年英国出现了由多台数控机床连接而成的柔性加工系统,就是现在的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System FMS)的前身。20世纪80年代初出现了

以加工中心或车削中心为主体, 配备工件自动装卸和监控检验装置的柔性制造单元 (Flexible Manufacturing Cell, FMC), 后来又出现了以数控机床为基本加工单元的计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS), 实现了生产决策、产品设计、制造、经营等过程的计算机集成管理和控制。

(2) 数控机床加工技术的发展方向 现代数控加工正在向高速化、高精度化、高柔性化、高一体化、网络化和智能化等方向发展。

1) 高速切削。受高生产率的驱使, 高速化已经是现代机床技术发展的重要方向之一。高速切削可通过高速运算技术、快速插补运算技术、超高速通信技术和高速主轴等技术来实现。高主轴转速可减少切削力, 高切削速度有利于克服机床振动, 传入零件中的热量大大降低, 排屑加快, 热变形减小, 加工精度和表面质量得到显著改善。因此, 经过高速切削的工件一般不需要精加工。

2) 高精度控制。高精度化一直是数控机床技术发展追求的目标。它包括机床制造的几何精度和机床使用的加工精度控制两方面。提高机床的加工精度, 一般是通过减少数控系统误差, 提高数控机床基础大件结构性能和热稳定性, 采用补偿技术和辅助措施来达到的。目前精加工精度已经提高到  $0.1\mu\text{m}$ , 并进入了亚微米级, 不久的将来超精度加工将进入纳米时代 (加工精度达  $0.01\mu\text{m}$ )。

3) 高柔性化。柔性是指机床适应加工对象变化的能力。目前, 在进一步提高单机柔性自动化加工的同时, 正努力向单元柔性和系统柔性化发展。数控系统将具有更大限度的柔性, 能实现多种用途。柔性具体是指具有开放性体系结构, 通过重组和编辑, 视需要系统可大可小, 功能可专用也可通用, 功能价格比可调, 可以集成用户的技术经验, 形成专家系统。

4) 高度一体化。CNC 系统与加工过程作为一个整体, 实现机电声光综合控制, 测量造型、加工一体化, 加工、实时检测与修正一体化, 机床主体设计与数控系统设计一体化。

5) 网络化。实现多种通信协议, 既满足单机需要, 又能满足 FMS (柔性制造系统)、CIMS (计算机集成制造系统) 对基层设备的要求。配置网络接口, 通过 Internet 可实现远程监视和控制加工, 进行远程检测和诊断, 使维修变得简单。建立分布式网络化制造系统, 便于形成“全球制造”。

6) 智能化。CNC 系统将是一个高度智能化的系统, 具体是指系统应在局部或全部实现加工过程的自适应、自诊断和自调整; 多媒体人机接口使用户操作简单, 智能编程使编程更加直观, 可使用自然语言编程; 加工数据的自生成及智能数据库; 智能监控; 采用专家系统降低对操作者的要求。

### 3. 数控机床的构成及工作原理

(1) 数控机床的构成 CNC (Computerized Numerical Control) 是计算机数控系统的缩写, 它是在 NC (数控系统) 的基础上发展起来的, 现代数控机床主要由 CNC 数控系统和机床主体组成。此外, 数控机床还有许多辅助装置: 自动换刀装置 (Automatic Tool Changer, ATC)、自动工作台交换装置 (Automatic Pallet Changer, APC)、自动对刀装置、自动排屑装置, 以及电、液、气、冷却、润滑、防护等装置。数控机床一般由加工程序、输入输出设备、CNC 装置 (或称为 CNC 单元)、伺服单元、驱动装置 (或称为执行机构)、可编程序控

制器 PLC 及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成,如图 1-2 所示。

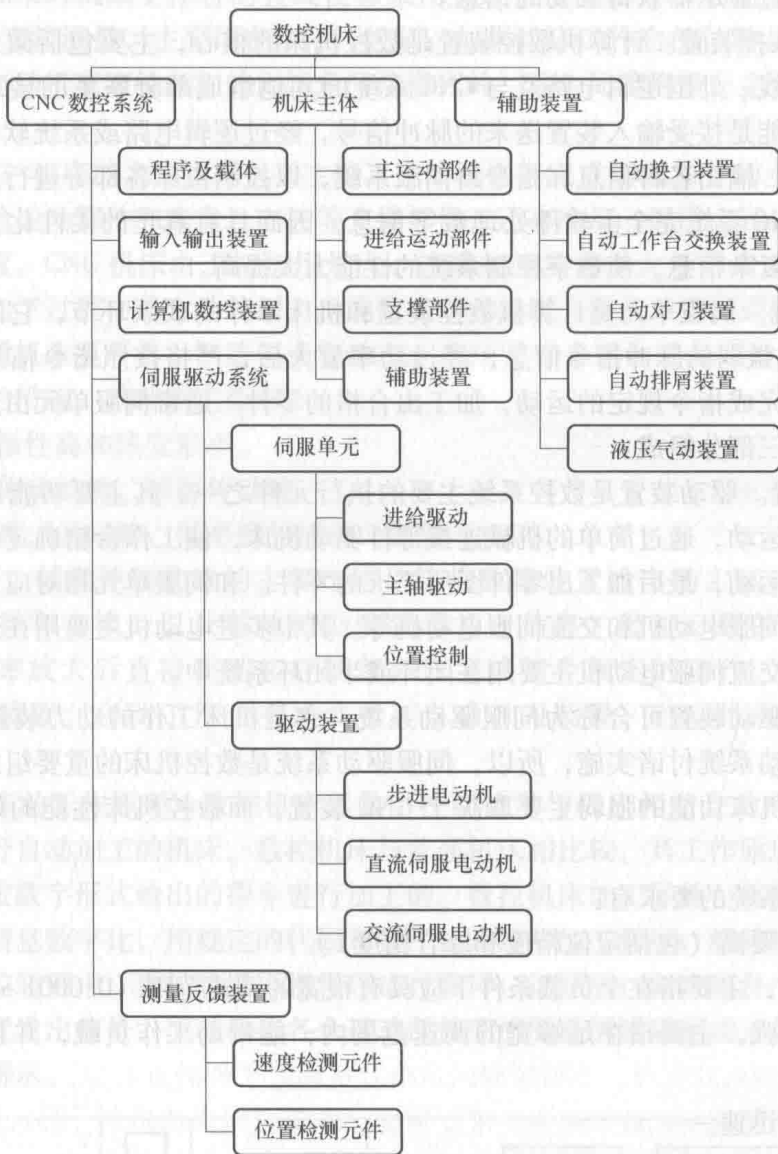


图 1-2 数控机床的构成

1) 程序及载体。数控机床与普通机床的最大区别是数控机床不需要工作人员直接去操作机床,而是按照输入的工件加工程序进行控制加工的。工件加工程序中,包括机床上刀具与工件的相对运动轨迹、工艺参数(进给量、主轴转速等)和辅助运动等加工所需的全部数据信息。加工程序可以存储在控制介质上(如:穿孔纸带、软带、磁盘等)。

2) 输入/输出设备。输入/输出装置是用户与 CNC 系统的接口。存储在信息载体上的加工程序(数控代码)需通过输入装置送给 CNC 装置,数控机床的典型输入设备有纸带阅读器、软盘驱动器及键盘(MDI 方式)等,除上述以外,还可以用 RS232 串行通信接口的方式输入。

数控系统一般配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器, 显示的信息较丰富, 并能显示图形。操作人员通过显示器获得必要的信息。

3) 计算机数控装置。计算机数控装置是数控机床的核心, 主要包括微处理器 (CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路及与 CNC 系统的其他组成部分联系的接口等。计算机数控装置的主要功能是接受输入装置送来的脉冲信号, 经过逻辑电路或系统软件进行译码、运算和逻辑处理后, 输出各种信息和指令给伺服系统, 以控制机床各部分进行规定的动作。由于数控机床的 CNC 系统完全由软件处理数字信息, 因而具有真正的柔性化, 可处理逻辑电路等难以处理的复杂信息, 使数字控制系统的性能大大提高。

4) 伺服单元。伺服单元是计算机数控装置和机床本体的联系环节, 它的主要功能是把来自 CNC 装置的微弱的脉冲指令信息, 经过功率放大后, 严格按照指令信息的要求驱动机床的运动部件, 完成指令规定的运动, 加工出合格的零件。通常伺服单元由进给驱动、主轴驱动和位置驱动三部分组成。

5) 驱动装置。驱动装置是数控系统主要的执行元件之一。其主要功能是把经放大的指令信号变为机械运动, 通过简单的机械连接部件驱动机床, 使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动, 最后加工出零件图所要求的零件。和伺服单元相对应, 驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。其中步进电动机主要用在开环系统中, 直流伺服电动机和交流伺服电动机主要用在闭环或半闭环系统中。

伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统, 它是机床工作的动力装置, CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施, 所以, 伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说, 数控机床功能的强弱主要取决于 CNC 装置, 而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

通常对伺服系统的要求有:

- ① 工作精度要高 (包括定位精度和综合精度)。
- ② 调速性能, 主要指在全负载条件下应具有很宽的调速范围 (0.0001 ~ 15m/min)。
- ③ 负载功能强, 主要指在足够宽的调速范围内, 能带动工作负载, 并且具有一定的负载刚度。
- ④ 响应速度迅速。
- ⑤ 稳定性高。

6) 测量反馈装置。测量反馈装置也称为反馈元件, 通常安装在机床的工作台或丝杠上。其主要作用是将数控机床各坐标轴的位移指令检测值反馈到机床的数控装置中, 供计算机数控装置与指令值比较产生误差信号, 以控制机床向消除该误差的方向移动, 相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛。

按有无检测装置和测量装置的安装位置不同, 计算机数控系统可分为开环数控系统、闭环数控系统和半闭环数控系统。开环数控系统的控制精度主要取决于步进电动机和丝杠的精度, 闭环数控系统的控制精度主要取决于检测装置的精度。因此, 测量装置是高性能数控机床的重要组成部分。此外, 由测量装置和显示环节构成的数显装置, 可以在线显示机床移动部件的坐标值, 大大提高工作效率和加工精度。

常用检测元件有速度检测元件和位置检测元件: 速度检测 (实现速度闭环) 主要包括采用与电动机轴同轴安装的测速发电机 (输出电压与转速成正比) 或光电编码器 (通过检

测所发脉冲的周期来完成数字化的速度检测)；位置检测(实现位移闭环)包括直接测量和间接测量两种。如果对机床工作台的直线位移采用直线型检测元件(如磁栅、光栅、激光测量仪等)，称为直接测量，主要用在全闭环控制；如果机床工作台的位移是通过回转型检测元件测量伺服电动机或滚轴丝杠的回转角间接得到的，称为间接测量，主要用在半闭环控制中。

7) 机床本体。机床的主体主要包括主轴、进给机构等完成切削加工的主运动部件；工作台、刀架等进给运动部件和床身、立柱等支撑部件，还有冷却、润滑、转位、夹紧、换刀机械手等辅助装置。CNC 机床由于切削用量大、连续加工发热量大等因素对加工精度有一定影响，加上在加工过程中是自动控制，不能像在普通机床上由人工进行调整、补偿，所以其设计要求比普通机床更严格，制造要求更精密，采用了许多新的提高刚性、减小热变形、提高精度等方面的措施。其特点主要有：

- ① 刚度、抗振性高和热变形小。
- ② 简化机械传动结构，缩短传动链。
- ③ 采用效率高，无间隙，低摩擦的传动(滚轴丝杠副)。

8) 辅助装置。辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、起停、刀具的选择和交换，以及其他辅助装置等指令信息，经过必要的编译、逻辑判断和运算，经功率放大后直接驱动相应的部件以完成指令规定的动作。常用的辅助装置有：自动换刀装置、自动工作台交换装置、自动对刀装置、自动排屑装置、液压气动装置等。

(2) 数控机床的工作原理 数控机床是数字控制技术与机床相结合的产物，它是一种利用信息技术进行自动加工的机床。数控机床与普通机床相比较，其工作原理的不同之处就在于数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的。数控机床加工零件，首先要将被加工零件的样图及工艺信息数字化，用规定的代码和程序格式编写加工程序，然后将所编程序指令输入到机床的数控装置中。数控装置再将程序进行翻译、运算后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出信号，驱动机床各个运动部件完成所需的辅助运动，最后加工出合格零件，如图 1-3 所示。

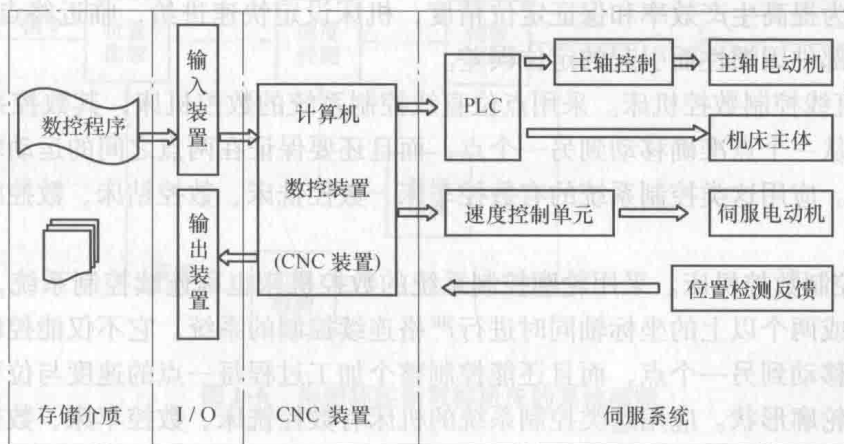


图 1-3 CNC 系统图

(3) 数控机床的工作过程 人们按照零件加工的技术要求和工艺要求,编写零件的加工程序,然后将加工程序输入到数控装置,通过数控装置控制机床各部件完成各种动作(包括主轴运动,进给运动,更换刀具,工件的夹紧与松开,冷却、润滑泵的开与关),使刀具、工件和其他辅助装置严格按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合零件图要求的零件。

数控机床的工作过程如图 1-4 所示,数控机床加工零件的工作过程分以下几个步骤实现。



图 1-4 数控机床的工作过程

#### 4. 数控机床的分类

##### (1) 按加工工艺方法分类

1) 金属切削类数控机床。金属切削类数控机床是指采用车、铣、刨、磨、钻等各种切削工艺,实现切除余量的数控机床,它又可被分为以下两类:

- ① 普通型数控机床。如数控车床、数控铣床、数控磨床等。
- ② 加工中心。其主要特点是具有自动换刀机构的刀具库,工件经一次装夹后,通过自动更换各种刀具,在同一台机床上对工件各加工面连续进行铣(车)键、铰孔、钻孔、攻螺纹等多种工序的加工,如(镗/铣类)加工中心、车削中心、钻削中心等。

2) 特种加工类数控机床。如数控电火花线切割机床、数控电火花成型机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床及数控激光加工机床等。

3) 金属成形类数控机床。如数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。

4) 非加工设备。如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

##### (2) 按控制运动的方式分类

1) 点位控制数控机床。点位控制运动指刀具相对工件的点定位,一般对刀具运动轨迹无特殊要求,为提高生产效率和保证定位精度,机床设定快速进给,临近终点时自动降速,从而减少运动部件因惯性而引起的定位误差。

2) 点位直线控制数控机床。采用点位直线控制系统的数控机床,其数控系统不仅控制刀具或工作台从一个点准确移动到另一个点,而且还要保证在两点之间的运动轨迹是一条直线的控制系统。应用这类控制系统的有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床等。

3) 轮廓控制数控机床。采用轮廓控制系统的数控机床也称连续控制系统,是指数控系统能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行严格连续控制的系统。它不仅能控制移动部件从一个点准确地移动到另一个点,而且还能控制整个加工过程每一点的速度与位移量,将零件加工成一定的轮廓形状。应用这类控制系统的机床有数控铣床、数控车床、数控齿轮加工机床和加工中心等。

##### (3) 按驱动装置的特点分类

1) 开环控制数控机床。这类数控机床的控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通

常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令，经驱动电路功率放大后，驱动步进电动机旋转一个角度，再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转，通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。此类数控机床的信息流是单向的，即进给脉冲发出去后，实际移动值不再反馈回来，所以称为开环控制数控机床。开环控制系统的数控机床结构简单，成本较低。但是，系统对移动部件的实际位移量不能进行监测和误差校正，因此，开环控制系统仅适用于加工精度要求不很高的中小型数控机床，特别是简易经济型数控机床，图1-5所示为开环控制系统。

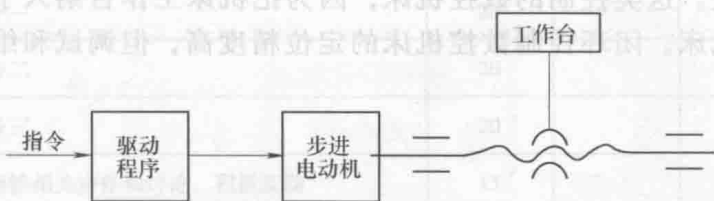


图 1-5 开环控制系统

2) 半闭环控制数控机床。半闭环控制数控机床是在伺服电动机的输出轴或传动丝杠上装有角度检测装置（如光电编码器等），通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的实际位移，然后反馈到数控装置中去，并对误差进行修正。图1-6所示为半闭环控制数控机床的系统框图，通过测速装置可间接检测出伺服电动机的转速，从而推算出工作台的实际位移量，将此值与指令值进行比较，用差值来实现控制。由于工作台没有包括在控制回路中，因而称为半闭环控制数控机床。半闭环数控系统的调试比较方便，并且具有很好的稳定性，目前大多将角度检测装置和伺服电动机设计成一体，使结构更加紧凑。

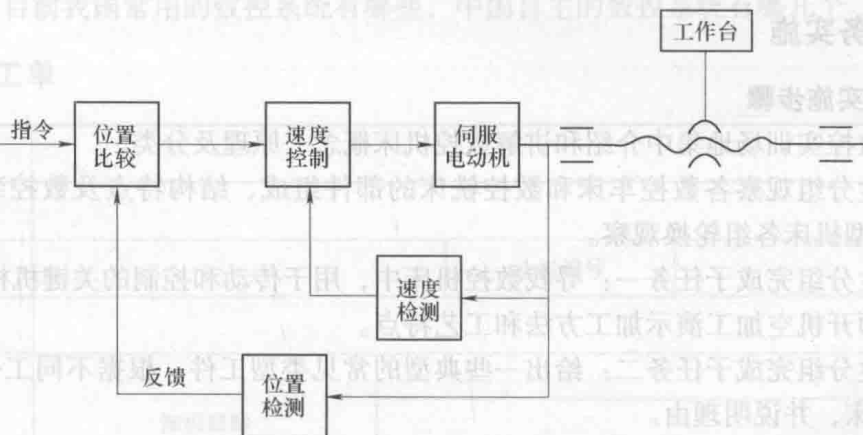


图 1-6 半闭环控制数控机床的系统框图

3) 闭环控制数控机床。闭环控制数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移检测装置，直接对工作台的实际位移进行检测，将测量的实际位移值反馈到数控装置中，与输入的指令位移值进行比较，用差值对机床进行控制，使移动部件按照实际需

要的位移量运动，最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲，闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度，也与传动链的误差无关，因此其控制精度高。

图 1-7 所示为闭环控制数控机床的系统框图，当位移指令值发送到位置比较电路时，若工作台没有移动，则没有反馈量，指令值使得伺服电动机转动，通过速度传感器将速度反馈信号送到速度控制电路，通过直线位移传感器将工作台实际位移量反馈回去，在位置比较电路中，与位移指令值相比较，用比较后得到的差值进行位置控制，直至差值为零为止。这类控制的数控机床，因为把机床工作台纳入了控制环节，故称为闭环控制数控机床。闭环控制数控机床的定位精度高，但调试和维修都较困难，系统复杂，成本高。

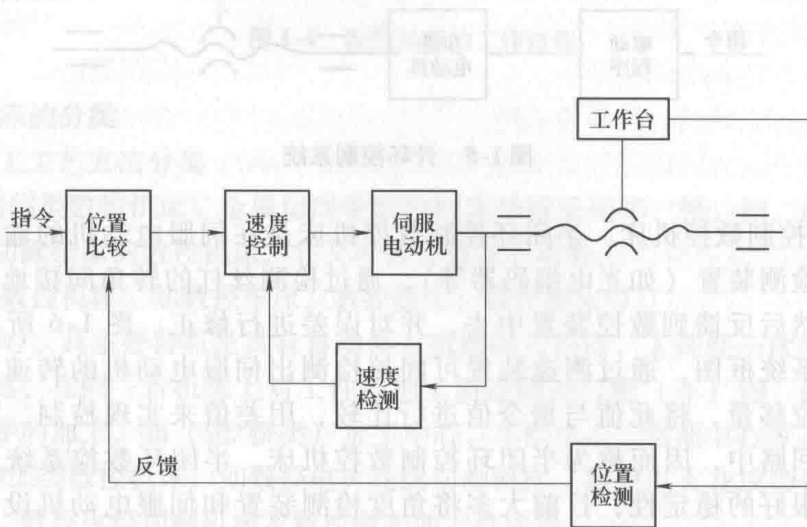


图 1-7 闭环控制数控机床的系统框图

### 1.1.3 任务实施

#### 1. 任务实施步骤

- 1) 在数控实训场地集中介绍和讲解数控机床概念、原理及分类。
- 2) 学生分组观察各数控车床和数控铣床的部件组成、结构特点及数控装置面板的位置，不同类型机床各组轮换观察。
- 3) 学生分组完成子任务一：寻找数控机床中，用于传动和控制的关键机构。
- 4) 教师开机空加工演示加工方法和工艺特点。
- 5) 学生分组完成子任务二：给出一些典型的常见类型工件，根据不同工件选择适用的数控加工机床，并说明理由。
- 6) 教师集中讲解数控机床与数控技术的发展情况和发展趋势。
- 7) 学生分组完成子任务三：说一说你认为目前我国数控机床应该向着哪个方向发展。
- 8) 教师集中讲评学生答案，并对本次课做出总结。