



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高职高专系列规划教材

# 数控机床

主 编 袁 锋 魏 娟

副主编 袁 飞 杜家希



北京师范大学出版社

02102310:02107721

0.44 768965 543290 5585234 0004322545032700+28924



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高职高专系列规划教材

# 数控机床

主 编 袁 锋 魏 娟

副主编 袁 飞 杜家希

（CIP）目录题注在图

1. 数控机床的组成与分类 1

2. 数控机床的精度与性能 2

3. 数控机床的坐标系与运动 3

4. 数控机床的进给系统 4

5. 数控机床的伺服系统 5



北京师范大学出版社

## 内容简介

本书是国家职业技能鉴定等级考工的培训系列教材之一,是针对教育部数控技能型紧缺人才的培养培训方案的指导思想编写的。

本书在编写过程中,突破原有教材的思维模式,紧紧围绕和贯彻数控技能型紧缺人才的培养培训方案的指导思想,在切实保证学生对基础知识掌握的同时,取消繁琐的理论和计算,突出培养学生的实际动手能力、对理论知识的应用能力和综合能力,每章后面的实验部分是本书的特色,为便于学生理解和掌握,每章前列有本章基本知识要点、应掌握的重点和学习难点,每章后备有本章小节、习题和思考题。

本教材适应高等职业技术学院数控、模具、机电类专业学生使用,也可作为数控车床技术工人的理论教材、本科院校机械及自动化专业学生金工实习和生产实习中现代制造技术部分的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控机床/袁锋主编. —北京:北京师范大学出版社,  
2006.8  
(21世纪高职高专系列规划教材)  
ISBN 7-303-08199-2

I.数… II.袁… III.数控机床—高等学校:技  
术学校—教材 IV.TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 092640 号

北京师范大学出版社出版发行  
(北京新街口外大街 19 号 邮政编码:100875)

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

出版人:赖德胜

北京东方圣雅印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:185 mm × 260 mm 印张:23.25 字数:530 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

定价:34.50 元

## 出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业学校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等四个专业领域为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等职业、高等职业文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入地研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明召开高职高专教材研讨会,对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资等进行了深入的探讨,同时推出了一批高职教材。这些教材特点如下:

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以3年制为基础,兼顾2年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知

识,内容体系更趋合理。

2.教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3.教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4.教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5.反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材,并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机等其他专业,以及工商管理、财会等方面教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业与成人教育事业部全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组  
北京师范大学出版社

## 参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院  
山东劳动职业技术学院  
济宁职业技术学院  
辽宁省交通高等专科学校  
浙江机电职业技术学院  
杭州职业技术学院  
西安科技大学电子信息学院  
西安科技大学通信学院  
西安科技大学机械学院  
天津渤海职业技术学院  
天津渤海集团公司教育中心  
连云港职业技术学院  
景德镇高等专科学校  
徐州工业职业技术学院  
广州大学科技贸易技术学院  
江西信息应用职业技术学院  
浙江商业职业技术学院  
内蒙古电子信息职业技术学院  
济源职业技术学院  
河南科技学院  
苏州经贸职业技术学院  
浙江工商职业技术学院  
温州大学  
四川工商职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
太原理工大学轻纺学院  
浙江交通职业技术学院

保定职业技术学院  
绵阳职业技术学院  
北岳职业技术学院  
天津职业大学  
石家庄信息工程职业学院  
襄樊职业技术学院  
九江职业技术学院  
青岛远洋船员学院  
无锡科技职业学院  
广东白云职业技术学院  
三峡大学职业技术学院  
西安欧亚学院实验中心  
天津机电职业技术学院  
漯河职业技术学院  
济南市高级技工学校  
沈阳职业技术学院  
江西新余高等专科学校  
赣南师范学院  
江西交通职业技术学院  
河北农业大学城建学院  
华北电力大学  
北京工业职业技术学院  
湖北职业技术学院  
河北化工医药职业技术学院  
天津电子信息职业技术学院  
广东松山职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
北京师范大学



山西大学工程学院  
平顶山工学院  
黄石理工学院  
广东岭南职业技术学院  
青岛港湾职业技术学院  
郑州铁路职业技术学院  
北京电子科技职业学院  
北京农业职业技术学院  
宁波职业技术学院  
宁波工程学院  
北京化工大学成教学院  
天津交通职业技术学院  
济南电子机械工程学院  
山东职业技术学院  
天津中德职业技术学院  
天津现代职业技术学院  
天津青年职业技术学院  
无锡南洋学院  
北京城市学院  
北京经济技术职业学院  
北京联合大学  
大红鹰职业技术学院  
广东华立学院  
广西工贸职业技术学院  
贵州商业高等专科学校  
桂林旅游职业技术学院  
河北司法警官职业学院  
黑龙江省教科院  
湖北财经高等专科学校  
华东师范大学职成教所  
淮南职业技术学院  
淮阴工学院  
黄河水利职业技术学院  
南京工业职业技术学院  
南京铁道职业技术学院  
黔南民族职业技术学院  
青岛职业技术学院  
陕西财经职业技术学院

陕西职业技术学院  
深圳信息职业技术学院  
深圳职业技术学院  
石家庄职业技术学院  
四川建筑职业技术学院  
四川职业技术学院  
太原旅游职业技术学院  
泰山职业技术学院  
温州职业技术学院  
无锡商业职业技术学院  
武汉商业服务学院  
杨凌职业技术学院  
浙江工贸职业技术学院  
郑州旅游职业技术学院  
淄博职业技术学院  
云南机电职业技术学院  
云南林业职业技术学院  
云南国防工业职业技术学院  
云南文化艺术职业学院  
云南农业职业技术学院  
云南能源职业技术学院  
云南省交通职业技术学院  
云南司法警官职业学院  
云南热带作物职业技术学院  
西双版纳职业技术学院  
玉溪农业职业技术学院  
云南科技信息职业学院  
昆明艺术职业学院  
云南经济管理职业学院  
云南农业大学  
云南师范大学  
昆明大学  
陕西安康师范学院  
云南水利水电学校  
昆明工业职业技术学院  
云南财税学院  
云南大学高职学院

## 前 言

本书是国家职业技能鉴定等级考工的培训系列教材之一,是针对教育部数控技能型紧缺人才的培养培训方案的指导思想编写的。

数控机床是一门实践性很强的技术,本书在编写过程中突破原有教材的思维模式,紧紧围绕和贯彻数控技能型紧缺人才的培养培训方案的指导思想,在切实保证学生对基础知识掌握的同时,取消繁琐的理论和计算,突出培养学生的实际动手能力、对理论知识的应用能力和综合能力,改变了数控机床原理与结构课程的空洞无味、偏重理论的特点。每章后面的实验部分是本书的特色,9个实验可供实验条件好的学校参考,不具备其实验条件的学校可根据学校自身的条件有选择地进行。

参考学时如下所示。

| 序号 | 内 容            | 课时 | 课时分配 |    |    |
|----|----------------|----|------|----|----|
|    |                |    | 讲课   | 实验 | 实训 |
| 1  | 数控机床概述         | 6  | 4    | 2  |    |
| 2  | 数控机床典型机械结构     | 16 | 12   | 4  |    |
| 3  | 数控机床的数控系统      | 14 | 10   | 4  |    |
| 4  | 数控加工工艺和编程基础    | 14 | 10   | 4  |    |
| 5  | 数控机床安装调试与故障诊断  | 10 | 6    | 4  |    |
| 合计 |                | 60 | 42   | 18 |    |
| 实训 | CAD/CAM 自动编程实训 | 40 |      |    | 40 |

实践教学参考学时如下所示。

| 序号  | 内 容               | 课时 |
|-----|-------------------|----|
| 实验① | 数控机床结构观察认识实验      | 2  |
| 实验② | 数控机床典型机械结构装拆实验    | 2  |
| 实验③ | 数控工作台装拆实验         | 2  |
| 实验④ | 数控机床 CNC 系统工作原理实验 | 2  |
| 实验⑤ | 数控机床检测装置结构与使用实验   | 2  |
| 实验⑥ | 车削类零件典型表面数控加工工艺实验 | 2  |
| 实验⑦ | 铣削类零件典型表面数控加工工艺实验 | 2  |



续表

| 序号  | 内 容                 | 课时 |
|-----|---------------------|----|
| 实验⑧ | 数控机床故障诊断实验(故障诊断实验台) | 2  |
| 实验⑨ | 数控机床安装调试精度检验实验      | 2  |
| 合计  |                     | 18 |
| 实训  | CAD/CAM 自动编程实训      | 40 |

参加本书编写的有常州轻工职业技术学院的袁飞(第1、3、4章)、袁锋(第6、8、9章),西安科技大学的魏娟(第2、7章),河南科技学院的杜家希(第5章),袁锋、魏娟任主编并统稿,袁飞、杜家希任副主编。全稿由云南机电职业技术学院李善华院长主审。本书在编写过程中得到了常州轻工职业技术学院领导的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005年12月

## 目 录

|                           |    |                      |    |
|---------------------------|----|----------------------|----|
| <b>第 1 章 数控机床概述</b> ..... | 1  | <b>认识实验</b> .....    | 13 |
| 1.1 数控机床简介 .....          | 1  | <b>第 2 章 数控机床的典型</b> |    |
| 1.1.1 数控机床的产生 .....       | 1  | <b>机械结构</b> .....    | 21 |
| 1.1.2 数字控制与数控             |    | 2.1 数控机床的结构组成及       |    |
| 机床 .....                  | 2  | 特点 .....             | 21 |
| 1.2 数控机床的组成、工作            |    | 2.1.1 数控机床机械结构的      |    |
| 原理和特点 .....               | 3  | 主要组成 .....           | 21 |
| 1.2.1 数控机床的组成及            |    | 2.1.2 数控机床机械结构的      |    |
| 工作原理 .....                | 3  | 主要特点 .....           | 23 |
| 1.2.2 数控机床的特点 .....       | 5  | 2.2 数控机床的主传动系统及      |    |
| 1.3 数控机床的分类 .....         | 6  | 主轴部件 .....           | 26 |
| 1.3.1 按工艺用途分类 .....       | 6  | 2.2.1 主轴驱动方式 .....   | 26 |
| 1.3.2 按控制的运动轨迹            |    | 2.2.2 数控机床的主传动       |    |
| 分类 .....                  | 7  | 系统 .....             | 28 |
| 1.3.3 按伺服系统的控制            |    | 2.2.3 数控机床的主轴        |    |
| 方式分类 .....                | 7  | 部件 .....             | 31 |
| 1.3.4 按功能水平分类 .....       | 9  | 2.3 数控机床进给运动         |    |
| 1.4 数控机床的发展趋势 .....       | 9  | 系统 .....             | 37 |
| 1.4.1 数控机床结构的             |    | 2.3.1 对进给系统的性能       |    |
| 发展 .....                  | 9  | 要求 .....             | 37 |
| 1.4.2 计算机控制性能的            |    | 2.3.2 滚珠丝杠螺母副 .....  | 38 |
| 发展 .....                  | 10 | 2.3.3 传动齿轮消隙         |    |
| 1.4.3 伺服驱动系统的             |    | 机构 .....             | 40 |
| 发展 .....                  | 10 | 2.4 数控机床自动换刀         |    |
| 1.4.4 自适应控制 .....         | 10 | 系统 .....             | 43 |
| 1.4.5 计算机群控 .....         | 11 | 2.4.1 数控车床与车削中心      |    |
| 1.4.6 柔性制造系统 .....        | 11 | 刀架系统 .....           | 43 |
| 本章小结 .....                | 12 | 2.4.2 加工中心自动换刀       |    |
| 习题与思考题 .....              | 12 | 系统 .....             | 46 |
| 实验 1 数控机床总体结构观察           |    | 2.5 分度工作台和回转         |    |



|                              |    |                        |     |
|------------------------------|----|------------------------|-----|
| 工作台 .....                    | 49 | 3.4 数控机床的检测装置 .....    | 97  |
| 2.5.1 分度工作台 .....            | 50 | 3.4.1 检测装置的分类 .....    | 97  |
| 2.5.2 数控回转工作台 .....          | 50 | 3.4.2 检测装置的性能          |     |
| 2.6 数控机床辅助装置 .....           | 52 | 指标和要求 .....            | 98  |
| 2.6.1 数控机床对刀测量               |    | 3.4.3 常用的位置检测          |     |
| 装置 .....                     | 52 | 装置简介 .....             | 98  |
| 2.6.2 数控机床排屑                 |    | 3.5 PLC 与接口技术 .....    | 103 |
| 装置 .....                     | 53 | 3.5.1 PLC 的作用和         |     |
| 本章小结 .....                   | 55 | 特点 .....               | 103 |
| 习题与思考题 .....                 | 55 | 3.5.2 数控机床 PLC 的       |     |
| 实验 2 数控机床典型机械结构              |    | 控制对象 .....             | 104 |
| 装拆实验 .....                   | 56 | 3.5.3 数控机床 PLC 的       |     |
| 实验 3 数控工作台装拆                 |    | 形式 .....               | 105 |
| 实验 .....                     | 62 | 3.5.4 输入 / 输出与通信       |     |
| <b>第 3 章 数控机床的数控系统</b> ..... | 64 | 接口 .....               | 107 |
| 3.1 计算机数控(CNC)               |    | 本章小结 .....             | 108 |
| 系统 .....                     | 64 | 习题与思考题 .....           | 108 |
| 3.1.1 CNC 装置的工作              |    | 实验 4 数控机床 CNC 系统       |     |
| 原理 .....                     | 64 | 工作原理实验 .....           | 109 |
| 3.1.2 CNC 装置的特点 .....        | 66 | 实验 5 数控机床检测装置结构与       |     |
| 3.1.3 CNC 装置的硬件              |    | 使用实验 .....             | 114 |
| 结构 .....                     | 67 | <b>第 4 章 数控加工工艺及编程</b> |     |
| 3.1.4 CNC 装置的软件              |    | 基础 .....               | 121 |
| 结构 .....                     | 70 | 4.1 数控机床加工工艺           |     |
| 3.2 伺服驱动系统 .....             | 73 | 概述 .....               | 121 |
| 3.2.1 伺服系统的组成和               |    | 4.1.1 数控加工的主要          |     |
| 工作原理 .....                   | 74 | 对象 .....               | 121 |
| 3.2.2 伺服电机简介 .....           | 75 | 4.1.2 数控机床加工工艺的        |     |
| 3.2.3 开环步进电机伺服               |    | 基本特点 .....             | 124 |
| 系统 .....                     | 76 | 4.1.3 数控机床加工工艺的        |     |
| 3.2.4 闭环伺服电机驱动               |    | 主要内容 .....             | 125 |
| 系统 .....                     | 79 | 4.2 数控机床加工工艺           |     |
| 3.3 CNC 装置插补原理 .....         | 88 | 分析 .....               | 126 |
| 3.3.1 脉冲增量插补                 |    | 4.2.1 数控机床加工零件的        |     |
| 原理 .....                     | 88 | 工艺性分析 .....            | 126 |
| 3.3.2 数字增量插补                 |    | 4.2.2 数控机床加工工艺路线       |     |
| 原理 .....                     | 95 | 的拟订 .....              | 128 |

|                                  |     |                                        |     |
|----------------------------------|-----|----------------------------------------|-----|
| 4.3 数控机床加工工序<br>的设计 .....        | 134 | 实验 7 铣削类零件典型表面数控<br>加工工艺实验 .....       | 172 |
| 4.3.1 进给路线的确定 .....              | 135 | <b>第 5 章 数控机床安装、调试与<br/>故障诊断</b> ..... | 176 |
| 4.3.2 定位与夹紧方案<br>的确定 .....       | 137 | 5.1 数控机床的选用 .....                      | 176 |
| 4.3.3 夹具的选择 .....                | 139 | 5.1.1 选用依据 .....                       | 176 |
| 4.3.4 刀具的选择 .....                | 141 | 5.1.2 确定典型加工<br>工件 .....               | 176 |
| 4.3.5 切削用量的选择 .....              | 145 | 5.1.3 数控机床规格的<br>选择 .....              | 177 |
| 4.3.6 对刀点与换刀点<br>确定 .....        | 146 | 5.1.4 机床精度的选择 .....                    | 177 |
| 4.4 数控编程的基本知识 .....              | 148 | 5.1.5 数控系统的选择 .....                    | 179 |
| 4.4.1 程序编制的内容 .....              | 148 | 5.1.6 购置订货时应注意的<br>问题 .....            | 180 |
| 4.4.2 程序编制方法与<br>格式 .....        | 149 | 5.2 数控机床安装与调试 .....                    | 180 |
| 4.4.3 数控机床的坐标系和<br>运动方向的规定 ..... | 151 | 5.2.1 机床初就位 .....                      | 180 |
| 4.4.4 数控编程的数值<br>计算 .....        | 154 | 5.2.2 机床连接 .....                       | 181 |
| 4.5 典型表面数控加工<br>工艺 .....         | 156 | 5.2.3 数控系统的连接与<br>调试 .....             | 181 |
| 4.5.1 车削类零件典型表面<br>数控加工工艺 .....  | 156 | 5.2.4 通电试车 .....                       | 184 |
| 4.5.2 铣削类零件典型表面<br>数控加工工艺 .....  | 159 | 5.2.5 机床精度和功能的<br>调试 .....             | 184 |
| 4.5.3 钻、镗类零件典型表面<br>数控加工工艺 ..... | 162 | 5.2.6 试运行 .....                        | 185 |
| 4.6 工艺文件的编制 .....                | 164 | 5.2.7 数控机床的验收 .....                    | 185 |
| 4.6.1 数控机床加工工<br>序卡 .....        | 164 | 5.3 数控机床的使用与<br>维护 .....               | 190 |
| 4.6.2 数控机床刀具调<br>整单 .....        | 165 | 5.3.1 机床使用要点 .....                     | 190 |
| 4.6.3 数控机床加工程<br>序单 .....        | 166 | 5.3.2 数控机床维修的基本<br>概念 .....            | 195 |
| 本章小结 .....                       | 167 | 5.3.3 预防性维护 .....                      | 196 |
| 习题与思考题 .....                     | 168 | 5.3.4 数控机床的故障诊断<br>方法 .....            | 199 |
| 实验 6 车削类零件典型表面数控<br>加工工艺实验 ..... | 168 | 5.4 机械故障诊断 .....                       | 202 |
|                                  |     | 5.4.1 常见故障分类 .....                     | 202 |
|                                  |     | 5.4.2 故障的判断 .....                      | 203 |
|                                  |     | 5.4.3 常见机械故障的<br>处理 .....              | 204 |

|                                 |     |                                       |     |
|---------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 5.5 伺服系统故障诊断 .....              | 206 | 软件简介 .....                            | 242 |
| 5.5.1 进给伺服系统故障<br>诊断 .....      | 206 | 7.2 “CAXA 制造工程师 2004”<br>用户界面 .....   | 243 |
| 5.5.2 主轴伺服系统故障<br>诊断 .....      | 208 | 7.3 “CAXA 制造工程师 2004”<br>加工造型功能 ..... | 248 |
| 5.6 常见的故障操作 .....               | 209 | 7.4 “CAXA 制造工程师 2004”<br>数控加工功能 ..... | 264 |
| 5.6.1 常见故障分类 .....              | 209 | 本章小结 .....                            | 290 |
| 5.6.2 故障的常规处理 .....             | 210 | 习题与思考题 .....                          | 290 |
| 5.6.3 故障的一般<br>判断法 .....        | 210 | <b>第 8 章 MasterCAM 自动编程</b> .....     | 295 |
| 5.6.4 常见故障分析<br>举例 .....        | 211 | 8.1 MasterCAM 自动编程软件<br>功能简介 .....    | 295 |
| 本章小结 .....                      | 213 | 8.2 MasterCAM 的主要功能<br>模块 .....       | 296 |
| 习题与思考题 .....                    | 213 | 8.3 MasterCAM 软件自动<br>编程 .....        | 297 |
| 实验 8 数控机床故障诊断<br>实验 .....       | 214 | 8.4 MasterCAM 自动编程要点<br>及编程步骤 .....   | 299 |
| 实验 9 数控机床安装调试精度<br>检验实验 .....   | 216 | 8.5 MasterCAM 自动编程<br>实例 .....        | 300 |
| 附录 5.1 数控车床的精度<br>要求 .....      | 219 | 8.5.1 零件及工艺方案<br>分析 .....             | 300 |
| 附录 5.2 数控铣床的精度<br>要求 .....      | 226 | 8.5.2 程序编制 .....                      | 301 |
| 实训篇                             |     | 本章小结 .....                            | 310 |
| <b>第 6 章 CAD/CAM 自动编程</b>       |     | 习题与思考题 .....                          | 311 |
| 概述 .....                        | 230 | <b>第 9 章 Unigraphics 自动编程</b> .....   | 314 |
| 6.1 CAD/CAM 自动编程<br>发展概述 .....  | 230 | 9.1 UG 自动编程软件<br>简介 .....             | 314 |
| 6.2 CAD/CAM 系统组成 .....          | 232 | 9.2 UG CAM 初始化加工<br>环境 .....          | 315 |
| 6.3 数控语言自动编程 .....              | 232 | 9.2.1 UG CAM 加工<br>界面 .....           | 315 |
| 6.4 图形交互自动编程 .....              | 234 | 9.2.2 UG CAM 工具条 .....                | 315 |
| 6.5 常用编程软件 .....                | 237 | 9.2.3 UG CAM 数控编程<br>步骤 .....         | 317 |
| 6.6 CAD/CAM 自动编程的<br>发展方向 ..... | 239 | 9.3 UG 铣削加工<br>(Milling) .....        | 319 |
| 本章小结 .....                      | 240 |                                       |     |
| 习题与思考题 .....                    | 241 |                                       |     |
| <b>第 7 章 CAXA 自动编程</b> .....    | 242 |                                       |     |
| 7.1 CAXA 自动编程                   |     |                                       |     |

|       |                 |     |              |              |     |
|-------|-----------------|-----|--------------|--------------|-----|
| 9.4   | UG 自动编程实例 ..... | 321 | 9.4.6        | 创建刀具轨迹 ..... | 334 |
| 9.4.1 | 零件工艺方案          |     | 9.4.7        | 生成车间工艺       |     |
|       | 分析 .....        | 321 |              | 文件 .....     | 352 |
| 9.4.2 | 加工坐标系设定 ...     | 321 | 本章小结 .....   |              | 353 |
| 9.4.3 | 建立装配主模型 ...     | 321 | 习题与思考题 ..... |              | 354 |
| 9.4.4 | 创建毛坯 .....      | 323 | 参考文献 .....   |              | 356 |
| 9.4.5 | 创建刀具、方法和        |     |              |              |     |
|       | 几何体父节点组 ...     | 326 |              |              |     |

## 第1章 数控机床概述

### 主要内容

1. 本章详细介绍数控机床的发展过程、组成和工作原理,各种分类方式及数控系统的发展方向。
2. 重点内容是数控机床的组成、工作原理。
3. 难点内容是数控机床的工作原理。

随着科学技术的不断发展和市场竞争的日趋激烈,古老的机械制造技术受到了极大的冲击,传统的机械加工自动设备和普通机床已逐渐不能适应市场竞争的要求。高效率、高精度的数控(Numerical Control)机床,以其良好的性能从很大程度上解决了上述问题。尤其是在未来的科技产业化时代里,以数控技术为核心的现代化制造技术将在现代工业中占据越来越重要的地位。

### 1.1 数控机床简介

本节从数控机床的产生背景谈起,介绍数控机床的国内外发展情况以及各部分的组成和工作原理;然后通过说明数控机床的优缺点及将来的发展趋势,引导读者认识数控机床在现代制造业中的地位与作用;最后介绍数字控制和数控机床的概念,使读者对数控机床有一个基本的认识。

#### 1.1.1 数控机床的产生

在机械制造行业中,如何实现加工工艺自动化,一直以来都是人们追求的目标。因为实现自动化不仅可以提高产品的质量,提高生产效率,降低成本,还能够从很大程度上改善工人的劳动条件。

传统的机械制造业如汽车、拖拉机、家电行业,广泛采用适合大量生产的自动机床、组合机床和专用自动生产线,这种自动化设备需要大量的资金以及较长的生产准备时间。但是近年来,机械制造业开始从大批量连续生产同一产品向生产批量不同、种类繁多的中、小批量及单件产品转变。这种单件、小批量生产的零件约占机械加工总量的80%左右,如果采用专用的自动化设备肯定不合理。因为专用自动化设备不可能实现经常性的改装和调整,所以长期以来只能用普通机床进行加工。但是对于一些精度要求高、形状较为复杂、加工量少且需要频繁改型的零件而言,普通机床很难甚至有时无法对其进行加工,为满足市场需要,适应日趋激烈的市场竞争,一种新型的机床——数控机床诞生了。数控机床为加工高精度、形状复杂的单件、小批量生产的零件提供了自动加工的手段,大幅度地缩短了产品的制造周期,提高了产品的加工质量和竞争能力。目前,数控技术已经成为衡量一个国家机械制造工业水平的重要标志之一,更是衡量一个机械制造企业技术水平的重要标志。



### 1. 国外数控机床发展状况

早在 20 世纪 40 年代初, 美国 Parsons 公司就提出了机床数字控制的概念。当时 Parsons 公司接受美国空军的委托, 研制一种计算装置, 用以实现日益复杂的飞机零部件的自动加工。基于 Parsons 的思想, 1952 年美国麻省理工学院伺服机构研究所成功地研制出一台基于电子管和继电器的试验型数控机床, 这是一台采用脉冲乘法器原理的三坐标数控立式铣床, 也是世界上公认的第一台数控机床。此后经过 3 年的改进和自动程序编制的研究, 数控机床进入实用阶段, 市场上出现了商品化数控机床, 这是第一代数控机床。

20 世纪 50 年代末, 由于在计算机行业中研制出晶体管元件, 晶体管数控系统被研制成功, 由此产生了使用晶体管的第二代数控机床, 同时还出现了带自动换刀装置的数控机床, 称为加工中心。

1965 年, 采用小规模集成电路的第三代数控机床产生了, 这使数控装置的体积减小, 功耗降低, 可靠性得到一定提高。

1970 年, 采用大规模集成电路的第四代数控机床研制成功, 当时在美国芝加哥的国际机床展览会上展出了第一台计算机控制的数控机床 (CNC), 它采用小型计算机取代了专用控制计算机。

在 1970 年左右, 美国英特尔公司开发出 4 位微处理器。1974 年, 以微处理器为核心的数控系统研制成功, 其后的 20 多年, 微处理器数控系统得到了广泛应用, 极大地促进了数控机床的普及和数控技术的发展。这种以微处理机技术为特征的数控系统称为第五代数控机床。

### 2. 国内数控机床发展状况

我国从 1958 年开始研制数控机械加工技术, 即第一代电子管数控机床, 1966 年研制出第二代产品, 1972 年研制出第三代产品, 1975 研制出我国第一台加工中心, 数控系统发展进入第四代, 到了 20 世纪 80 年代初, 我国引进了国外 (主要是日本和美国) 先进的数控技术, 使我国的数控机床在品种、性能和技术水平等方面都得到了迅速发展, 我国的数控系统发展进入了第五代。至 1989 年底, 我国数控设备 (如各种规格的立式、卧式加工中心、数控车床、数控铣床等) 的可供品种已超过 300 种, 其中数控机床占 40%, 加工中心占 27%。从 20 世纪 90 年代开始, 我国经济型数控机床的研究、生产和推广工作进展较大。

现在, 我国已建立了以中、低档数控机床为主的数控体系, 并且成功研制了柔性制造系统, 我国的数控机床进入了一个新的发展阶段, 开始向高档数控机床方面发展, 预计在不久的将来, 我国将会赶上并超过世界先进国家的水平。

#### 1.1.2 数字控制与数控机床

数控机床的被控制对象可以是各种加工过程, 而任何生产都有一定的过程。数控机床控制生产过程是通过事先编制好的程序以数字形式送入计算机或专用计算装置, 利用计算机的高速数据处理能力, 将程序进行计算和处理, 然后分解为一系列的动作指令, 输出并控制生产过程中相应的执行对象, 从而使生产在人干预或少干预的情况下自动进行, 实现生产过程的自动化。

在采用了数字控制技术的数控机床中, 经常会接触到以下概念。

#### 1. 数字控制 (Numerical Control) 技术

数字控制技术是一种通过数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的方法, 简

称为数控（NC）技术。

数控技术不仅用于数控机床的控制，还用于控制其他机械设备，例如数控线切割机、数控测量仪、自动绘图仪、工业机器人等。

## 2. 数控系统（Numerical Control System）

数控系统即采用数控技术的控制系统，它能自动阅读输入载体上事先给定的程序，并将其译码，从而使机床运动并加工零件。它一般包括数控装置、输入/输出装置、可编程控制器（PLC）、驱动控制装置等部分。机床本体为被控对象。

数控系统严格按照外部输入的程序对工件进行自动加工，与普通机床相比，数控机床避免了普通机床大量而又繁琐的手工操作。

## 3. 数控机床（Numerical Control Machine）

数控系统与机床本体的结合体称为数控机床，或者称为采用数控系统的机床。它是技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备，是一个装有程序控制系统的机床。该系统可逻辑地处理具有使用号码和其他符号编码指令规定的程序。

数控机床集机械制造、计算机、微电子、现代控制及精密测量等多种技术为一体，使传统的机械加工工艺发生了质的变化，即用数控系统实现加工过程的自动化操作。

## 4. 计算机数控系统（Computerized NC System）

当数控系统的数控装置采用计算机数控装置（CNC装置）时，该数控系统就称做计算机数控系统，习惯上称为CNC系统。CNC系统一般由装有数控系统程序的专用计算机、输入/输出设备、可编程控制器（PLC）、存储器、主轴驱动及进给装置等部分组成。

目前，绝大多数的数控系统都是采用CNC系统。

# 1.2 数控机床的组成、工作原理和特点

数控机床是一种利用数字控制技术进行自动化加工控制、按照事先编制好的程序实现规定加工动作的金属切削加工机床。下面对数控机床的组成以及各部分的功能进行分析，讲述数控机床的工作原理以及优缺点。

## 1.2.1 数控机床的组成及工作原理

数控机床一般由程序载体、输入装置、数控装置、伺服系统、位置反馈系统和机床本体等部分组成，如图1.1所示。

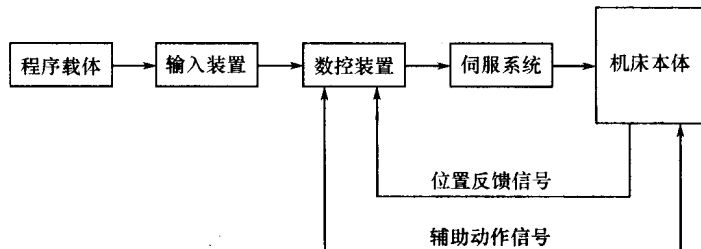


图 1.1 数控机床的组成