



全国高等职业教育示范专业规划教材

数控技术专业




# 数控机床 原理、结构与维修

张平亮 编

SHUKONG JICHUANG YUANLI JIEGOU YU WEIXIU



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



配 电子 课件  
教师 免费 下载

全国高等职业教育示范专业规划教材  
数控技术专业

# 数控机床原理、结构与维修

张平亮 编



机械工业出版社

本书按照数控技能型紧缺人才的数控机床操作、维护和维修岗位的能力要求编写的。全书共分9章,内容包括数控机床概述,数控机床的主体结构,数控机床的主传动系统,数控机床的进给传动系统,回转工作台与自动换刀系统,数控机床的液压与气动系统,数控机床的选用、安装和验收,数控机床的维修管理与维护、普通机床的数控技术改造。

教材结构体系科学,内容全面、综合,深入浅出,既考虑到目前数控机床应用的实际情况,又考虑到数控机床的发展趋势,紧扣数控机床操作、维护和维修的岗位(群)需求,将职业资格证书考核内容融入到课程体系中。从学生的认知规律出发,通过大量典型数控机床结构实例和维修实例的讲解,提升学生的职业素质和应用技能。每章后附有技能实训题、思考与练习题,可供学生期末考试和职业资格证书考核时参考,又可供教学参考。

本书可作为高职高专院校数控技术专业、机电一体化专业 and 模具设计与制造专业的教材,也可作为本科、职工大学、业余大学、电大机械类和近机类等相关专业教学参考教材,还可作为企业数控机床操作、维护与维修等职业技能的培训参考教程,并可供有关工程技术人员和其他对数控机床感兴趣的读者阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床原理、结构与维修/张平亮编. —北京:  
机械工业出版社, 2010  
全国高等职业教育示范专业规划教材. 数控技术专业  
ISBN 978-7-111-31233-8

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床-结构-高等学校: 技术学校-教材②数控机床-维修-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第130850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:王海峰 责任编辑:王英杰  
版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧  
封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦  
北京京丰印刷厂印刷  
2010年8月第1版·第1次印刷  
184mm×260mm·18印张·441千字  
0 001—4 000册  
标准书号:ISBN 978-7-111-31233-8  
定价:30.00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

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着计算机、通信、电子、检测、控制和机械等相关技术的发展,数控技术也日新月异,并已成为现代先进制造系统(FMS、CIMS等)中不可缺少的基础技术。数控机床是集机、电、液、计算机和自动控制及测试技术为一身的现代机电一体化的典型设备,具有技术密集和知识密集的特点。近年来,各种数控机床在自动化加工领域中的占有率也越来越高,为了适应我国高等职业技术教育的发展及数控应用型技术人才培养的需要,急需培养一大批数控技术应用型高级人才。为了让更多的人全面了解和掌握数控机床的结构与工作原理,为数控机床的使用、故障诊断与维修建立良好的基础,基于目前数控教学的特点,编者根据多年的数控机床研发、制造和教学经验,并借鉴数控机床操作人员的经验,编写了本教材。

在编写过程中力求做到“理论先进,内容实用、可操作,理论实践紧密结构”,把教学改革实践的最新成果在教材中体现出来。本教材的主要特色有:

(1) 以培养综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出位置。为此,在编写的过程查阅了大量的资料,力求使教材结构体系科学,内容上覆盖了数控机床的机电结构,论述翔实,将近年来数控机床结构方面的最新发展并已成成熟的结构,在书中有所体现,比如高速电主轴等。

(2) 内容实用、可操作。按照内容实用、可操作的原则精选内容,先剖析典型的部件结构,后讲整个数控机床的结构,达到触类旁通、举一反三的效果。

(3) 理论与实践紧密结合。结合教学中的经验,教材始终保持理论与实践结合紧密的特点,每章都分析具体实例,并开发出实训题,通过理论讲解—实例分析—实训的过程,学生可以较好地掌握数控机床结构及维修技术。

(4) 注意与其他课程的衔接。注意与先修课机械设计基础、液压与气动等和后续课数控机床故障诊断与维修技术的衔接,尽量减少内容的简单重复,把教学改革实践的最新成果在教材中体现出来。

在本教材的编写过程中得到了学院领导、教研室和现代制造实训中心老师的大力支持和帮助,在此深表谢意。限于编者的水平和经验,书中欠妥和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

本教材取材新颖,内容由浅入深、循序渐进,图文并茂,实例丰富,着重于应用,理论部分突出简明性、系统性、实用性和先进性,适于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的数控机床课程教学和技能培训用书,又能适应其他不同层次的学习者学习数控机床的要求,也可以作为生产企业中有关技术人员的参考书。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 数控机床概述 ..... 1

### 【学习导引示例】 DMU80FD 型五轴加工

#### 中心和虚轴加工中心 ..... 1

#### 1.1 数控机床的产生、特点和应用范围 ..... 2

##### 1.1.1 数控机床的产生 ..... 2

##### 1.1.2 数控机床的特点和应用范围 ..... 2

#### 1.2 数控机床的组成、分类和典型的数控机床 ..... 4

##### 1.2.1 数控机床的组成 ..... 4

##### 1.2.2 数控机床的分类 ..... 7

##### 1.2.3 典型的数控机床 ..... 9

#### 1.3 数控系统 ..... 14

##### 1.3.1 CNC 系统的组成 ..... 15

##### 1.3.2 CNC 装置的功能特点 ..... 15

##### 1.3.3 CNC 装置的硬件结构 ..... 16

##### 1.3.4 CNC 装置的软件结构 ..... 20

##### 1.3.5 辅助控制接口模块 ..... 23

##### 1.3.6 数控系统的 PLC ..... 23

##### 1.3.7 位置控制模块（伺服系统） ..... 25

##### 1.3.8 功能接口模块 ..... 26

##### 【实例 1-1】 FANUC Oi 系列数控系统 ..... 27

#### 1.4 数控机床的现状和发展趋势 ..... 30

##### 1.4.1 国内外数控机床的发展与现状 ..... 30

##### 1.4.2 高速、高效、高精度与高可靠性 ..... 30

##### 1.4.3 多功能化、复合化、智能化、网络化、柔性化、集成化 ..... 30

##### 1.4.4 新技术标准化、规范化 ..... 32

#### 技能实训题 ..... 32

#### 本章小结 ..... 32

#### 思考与练习题 ..... 33

## 第 2 章 数控机床的主体结构 ..... 35

### 【学习导引示例】 HM-077 型车削加工中心的主体结构 ..... 35

#### 2.1 数控机床的总体布局 ..... 36

##### 2.1.1 总体布局与工件形状、尺寸和质量的关系 ..... 37

##### 2.1.2 运动分配与部件的布局 ..... 38

##### 2.1.3 总体布局与机床的结构性能 ..... 40

##### 2.1.4 总体布局与机床的使用要求 ..... 41

##### 2.1.5 数控机床的具体布局 ..... 42

##### 【实例 2-1】 数控卧式镗铣床（加工中心）的总体布局 ..... 44

#### 2.2 数控机床的结构特点与结构要求 ..... 45

##### 2.2.1 较高的结构刚度 ..... 45

##### 2.2.2 良好的抗振性能 ..... 50

##### 2.2.3 减小机床的热变形 ..... 50

#### 2.3 床身 ..... 51

##### 2.3.1 床身结构 ..... 51

##### 2.3.2 床身截面形状和肋板布置 ..... 55

##### 2.3.3 床身材料 ..... 56

##### 【实例 2-2】 两种车床床身的结构及动态对比 ..... 56

##### 【实例 2-3】 德国 DNE480L 型数控车床底座和床身 ..... 57

#### 本章小结 ..... 57

#### 思考与练习题 ..... 58

## 第 3 章 数控机床的主传动系统 ..... 59

### 【学习导引示例】 VMC-15 型加工中心的主传动系统及典型结构 ..... 59

#### 3.1 数控机床的主轴系统 ..... 61

##### 3.1.1 对主传动系统的要求 ..... 61

##### 3.1.2 主传动变速的方式 ..... 61

#### 3.2 主轴及其部件的结构 ..... 70

##### 3.2.1 主轴本体 ..... 70

##### 3.2.2 主轴部件 ..... 70

##### 【实例 3-1】 数控车床主轴支承结构 ..... 73

##### 【实例 3-2】 THM6380 型自动换刀数控铣镗床的主传动系统 ..... 75

##### 【实例 3-3】 典型的润滑方式 ..... 78

#### 3.3 典型机床主轴的结构 ..... 78

##### 3.3.1 数控车床的主轴部件 ..... 78

【实例 3-4】 TND360 型数控车床主轴 部件 .....	80	直线电动机传动 .....	120
【实例 3-5】 车削中心主传动系统 .....	81	4.6 数控机床导轨 .....	121
3.3.2 自动换刀数控铣床的主轴 部件 .....	82	4.6.1 对数控机床导轨的要求 .....	122
【实例 3-6】 THK6380 型加工中心主轴 部件结构 .....	85	4.6.2 导轨的技术要求 .....	123
3.4 主轴的准停 .....	85	4.6.3 导轨的基本类型及特点 .....	123
3.5 主轴部件的拆卸及调整 .....	88	【实例 4-7】 THK 系列 LM 导轨的类型及 特点 .....	130
【实例 3-7】 THK6380 型加工中心主轴 部件的拆卸与调整 .....	88	4.7 进给传动系统常见故障的诊断及 维修 .....	134
3.6 主轴部件的维护 .....	89	技能实训题 .....	135
【实例 3-8】 主传动系统故障及排除方法 实例 .....	91	本章小结 .....	135
技能实训题 .....	92	思考与练习题 .....	136
本章小结 .....	93	<b>第 5 章 回转工作台与自动换刀     系统 .....</b>	<b>138</b>
思考与练习题 .....	94	【学习导引示例】 VMC-15 型加工中心自动 换刀系统 .....	138
<b>第 4 章 数控机床的进给传动系统 .....</b>	<b>95</b>	5.1 分度工作台 .....	139
【学习导引示例】 典型数控机床的数控 工作台传动系统 .....	95	5.1.1 定位销式分度工作台 .....	139
4.1 概述 .....	96	5.1.2 齿盘定位式分度工作台 .....	141
4.1.1 对进给传动系统的要求 .....	96	【实例 5-1】 THK6370 型数控卧式镗铣床齿 盘定位的分度工作台 .....	141
4.1.2 联轴器 .....	96	5.1.3 鼠牙盘分度工作台 .....	143
【实例 4-1】 TND360 型数控车床的安全 联轴器 .....	98	5.1.4 带有交换托盘的分度工作台 .....	144
4.2 齿轮传动副 .....	99	【实例 5-2】 ZHS-K630 型卧式加工中心 带有交换托盘的分度 工作台 .....	145
4.3 数控机床用丝杠传动副 .....	102	5.2 数控回转工作台 .....	146
4.3.1 滚珠丝杠副 .....	102	5.2.1 开环数控回转工作台 .....	147
【实例 4-2】 滚珠丝杠副的标注示例 .....	106	5.2.2 闭环数控回转工作台 .....	148
【实例 4-3】 滚珠丝杠的安装示例 .....	108	5.2.3 双螺杆回转工作台 .....	149
4.3.2 静压丝杠副 .....	111	【实例 5-3】 JCS-013 型自动换刀数控镗 铣床的数控回转工作台 .....	149
4.4 齿轮齿条副与双导程蜗杆副传动 .....	113	5.3 刀架换刀装置 .....	151
4.4.1 齿轮齿条副传动 .....	113	5.3.1 自动换刀装置的形式 .....	151
【实例 4-4】 XKB-2320 型数控龙门铣床 齿轮齿条传动 .....	114	5.3.2 刀具的选择方式 .....	152
4.4.2 双导程蜗杆副传动 .....	116	5.3.3 回转刀架换刀装置 .....	153
【实例 4-5】 JCS-013 型加工中心双导程 蜗杆副的间隙调整结构 .....	117	【实例 5-4】 CK3263 系列数控车床回转 刀架 .....	158
4.5 静压蜗杆蜗轮条副与直线电动机 传动 .....	118	5.3.4 多主轴转塔头换刀装置 .....	159
4.5.1 静压蜗杆蜗轮条副传动 .....	118	5.3.5 排刀式刀架 .....	161
4.5.2 直线电动机传动 .....	119	5.4 刀库自动换刀系统 .....	161
【实例 4-6】 HVM800 型卧式加工中心		5.4.1 刀库的形式 .....	162
		5.4.2 刀具交换机构 .....	166

5.4.3 机械手结构原理 .....	168	【实例 6-4】 H400 型卧式加工中心气 动系统 .....	206
【实例 5-5】 JCS-013 型卧式加工中心双臂 单爪交叉型机械手 .....	169	【实例 6-5】 数控车床用真空卡盘 气动系统 .....	210
【实例 5-6】 CH6144ATC 型车削中心链式 刀库的驱动、分度和夹 紧机构 .....	174	【实例 6-6】 HT6350 型卧式加工中 心气压系统 .....	211
【实例 5-7】 JCS-018A 型加工中心的自动 换刀装置 .....	175	【实例 6-7】 数控加工中心气动换刀 系统 .....	211
【实例 5-8】 MOC200MS3 型车削加工单元自 动换刀装置 .....	177	6.4 数控机床液压系统的维护和液压 故障的维修 .....	212
【实例 5-9】 带刀库自动换刀系统 实例 .....	178	6.4.1 液压系统的维护要点 .....	212
5.5 辅助机构 .....	183	6.4.2 维护、保养计划的安排 .....	214
5.5.1 工件交换系统和 FMC 的工件 交换装置 .....	183	6.4.3 液压系统常见故障的特征 .....	217
【实例 5-10】 具有托板交换工作站的柔 性制造系统 (FMS) .....	186	6.4.4 液压元件常见的故障及排除 .....	217
5.5.2 排屑装置 .....	186	【实例 6-8】 速度控制回路的故障 维修 .....	219
5.5.3 过载保护、超程限位和回机床 参考点装置 .....	188	【实例 6-9】 方向控制回路的故障 维修 .....	219
5.6 自动换刀装置的常见故障与维修 .....	188	6.5 数控机床气动系统的维护和气压 故障的维修 .....	220
【实例 5-11】 从换刀装置的结构、换刀 过程来分析和判断换刀过 程中出现的故障 .....	190	6.5.1 气动系统维护的要点 .....	220
技能实训题 .....	190	6.5.2 气动系统的点检与定检 .....	220
本章小结 .....	191	【实例 6-10】 TH5840 型立式加工中心 刀柄和主轴的故障及 维修 .....	221
思考与练习题 .....	191	【实例 6-11】 TH5840 型立式加工中心 松刀动作缓慢的故障 及维修 .....	222
<b>第 6 章 数控机床液压与气动系统</b> .....	193	技能实训题 .....	222
【学习导引示例】 CK3225 数控车床液压 系统 .....	193	本章小结 .....	224
6.1 液压与气动系统的概述 .....	195	思考与练习题 .....	224
6.1.1 液压与气压传动系统的构成 .....	196	<b>第 7 章 数控机床的选用、安装和 验收</b> .....	226
6.1.2 液压与气压传动的主要元件 应用 .....	196	7.1 数控机床的选用 .....	226
6.1.3 液压与气压传动的工作原理 .....	199	7.2 数控机床的安装、调试和运行 .....	233
6.2 数控机床典型液压回路分析 .....	200	7.2.1 数控机床的安装 .....	233
【实例 6-1】 MJ-50 型数控车床液压 系统 .....	200	7.2.2 数控机床的调试和运行 .....	236
【实例 6-2】 VP1050 型加工中心液压 系统 .....	201	7.3 数控机床的验收 .....	237
【实例 6-3】 TH6350 型卧式加工中心 液压系统 .....	203	7.3.1 数控机床外观的检查 .....	237
6.3 数控机床典型气压回路分析 .....	206	7.3.2 数控机床精度的验收 .....	237
		【实例 7-1】 CJK6032-1 型数控车床主要几何 精度检验项目及方法 .....	241
		技能实训题 .....	242

本章小结 .....	243	本章小结 .....	263
思考与练习题 .....	244	思考与练习题 .....	263
<b>第 8 章 数控机床的维修管理与 维护 .....</b>	<b>247</b>	<b>第 9 章 普通机床的数控化改造 .....</b>	<b>265</b>
8.1 数控机床的维修管理 .....	247	【学习导引示例】 C616 型普通车床的数 控化改造 .....	265
8.1.1 数控机床的管理 .....	247	9.1 机床改造的概述 .....	265
8.1.2 数控机床的使用要点 .....	248	9.1.1 机床数控化改造的条件 .....	265
8.1.3 数控机床的安全生产要求 .....	250	9.1.2 机床数控化改造的原则 .....	266
8.1.4 数控机床的维修管理 .....	250	9.1.3 机床数控化改造的方向和 途径 .....	266
8.2 数控机床的维护保养、故障诊断 与维修 .....	252	9.1.4 机床数控化改造的一般步骤 .....	267
8.2.1 数控机床的维护保养 .....	252	9.2 机床的经济型数控技术改造 .....	268
【实例 8-1】 数控机床的日常维护与 保养 .....	254	9.3 C616 型普通车床的数控化改造 实例 .....	272
8.2.2 数控机床常见故障的分类、诊断 与维修 .....	255	【实例 9-1】 加工双人字槽的经济型数控 铣床改造实例 .....	274
【实例 8-2】 数控机床故障诊断及 维修实例 .....	258	技能实训题 .....	276
8.3 数控机床的生产管理 .....	258	本章小结 .....	276
技能实训题 .....	263	思考与练习题 .....	277
		<b>参考文献 .....</b>	<b>278</b>



# 第 1 章 数控机床概述

## 学习目的与要求

- 掌握数控机床的组成与工作原理。
- 掌握数控机床的特点与分类。
- 掌握机床数控系统的定义、组成与工作原理。
- 熟悉数控系统常见的硬、软件结构形式。
- 了解常见数控系统，熟悉 FANUC Oi 数控系统。
- 了解数控加工技术的发展。

## 【学习导引示例】 DMU80FD 型五轴加工中心和虚轴加工中心

德国 DMG 集团生产的 DMU80FD 型五轴加工中心，具有铣削和车削的复合加工能力。机床上的立式主轴可以摆动（B 轴），图 1-1a 所示为铣头摆动的工作状态。数控回转工作台采用直接驱动方式，工件一次装夹不仅可以实现五面加工和五轴联动加工，而且对直径尺寸大、轴向尺寸小的回转体零件可以实现铣削和车削的复合加工，同时满足高精度和高效率的加工要求。图 1-1b 所示为该机床加工回转体零件的实例。

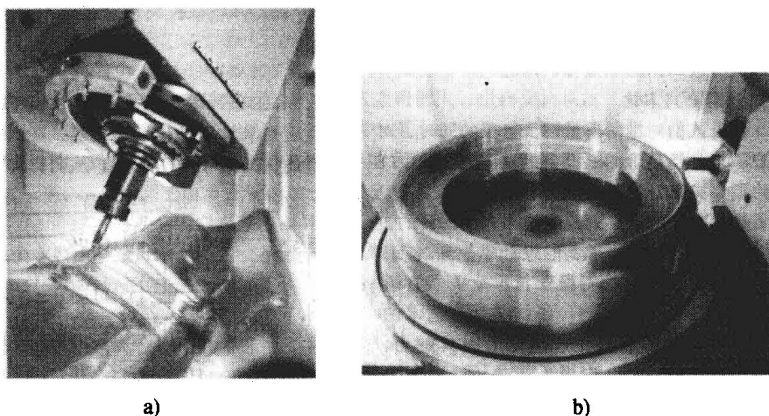


图 1-1 德国的 DMU80FD 五轴加工中心

为了改变了以往传统机床的结构，通过连杆的运动，实现主轴多自由度运动，完成工件复杂曲面的加工。虚轴加工中心一般采用六根可以伸缩的伺服轴，支承并连接装有主轴头的上平台与装有工作台的下平台的构架结构形式，取代传统的床身、立柱等支承结构。图 1-2 为 Hexa 6X 虚轴加工中心。虚轴加工中心同样可采用六根轴端装有滑板，滑板可上下移动的长度固定的轴的形式，它可代替六根可以伸缩的伺服轴。图 1-3 为 Linapod 立式虚轴加工中心，它的杆件位移由滑板移动来实现。

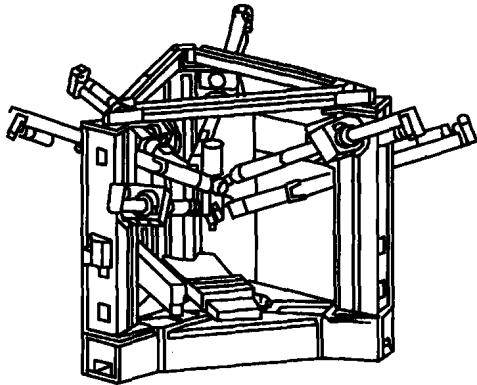


图 1-2 Hexa 6X 虚轴加工中心

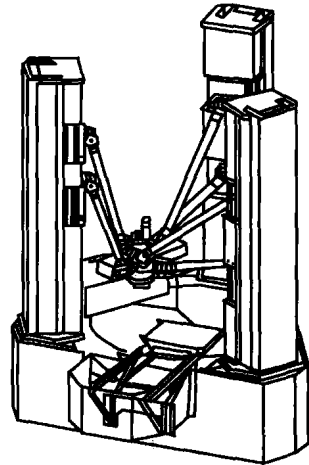


图 1-3 Linapod 立式虚轴加工中心

## 1.1 数控机床的产生、特点和应用范围

20 世纪人类社会最伟大的科技成果之一是计算机的发明与应用, 计算机及控制在机械制造设备中的应用是制造业发展最重大的技术进步。自从 1952 年美国第一台数控机床问世至今已经历了半个多世纪, 现在数控设备已包括车、铣、加工中心、镗、磨、冲压、电加工以及各类专用加工设备, 形成了庞大的数控制造设备家族, 每年全世界数控设备的产量有 15 万~25 万台, 产值达数百亿美元。

### 1.1.1 数控机床的产生

1949 年美国 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。1952 年美国麻省理工学院研制出了基于电子管和继电器的机床数字控制装置, 用于控制铣床系统为数控机床第二代产品。随着集成电路技术的发展, 1965 年出现了第三代数控机床—小规模集成电路数控机床, 以上第二三代为数控机床发展的第一阶段, 称为 NC 阶段, 即逻辑数字控制阶段, 其特点是数控系统的所有功能均由硬件(数控装置)来实现, 故又称为硬件数控。1970 年小型计算机开始用于数控机床, 数控机床的发展由此进入第二阶段, 称为 CNC 阶段, 即计算机数字控制阶段。

### 1.1.2 数控机床的特点和应用范围

数控机床是采用了数控技术的机床, 或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing, IFIP)第五技术委员会对数控机床定义如下: 数控机床是一个装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。

机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域, 因此, 数控机床的水平代表了当前数控技术的性能、水平和发展方向。

数控机床是一种综合应用了微电子技术、计算机技术、自动控制、精密测量和机床结构

等方面的最新成就而发展起来的高效自动化精密机床，是一种典型的机电一体化产品。它集高效率、高精度和高柔性于一身，代表了机床的主要发展方向。

带有自动刀具交换装置（Automatic Tool Change, ATC）的数控机床（带有回转刀架的数控车床除外）称为加工中心（Machine Center, MC）。它通过刀具的自动交换，可以一次装夹完成多工序的加工，实现了工序的集中和工艺的复合，从而缩短了辅助加工时间，提高了机床的效率，减少了零件安装、定位次数，提高了加工精度。加工中心是目前数控机床中产量最大、应用最广的数控机床。

在加工中心的基础上，通过增加多工作台（托盘）自动交换装置（Auto Pallet Changer, APC）以及其他相关装置组成的加工单元称为柔性加工单元（Flexible Manufacturing Cell, FMC）。FMC 不仅实现了工序的集中和工艺的复合，而且通过工作台（托盘）的自动交换和较完善的自动检测、监控功能，可以进行一定时间的无人化加工，从而进一步提高了设备的加工效率。FMC 既是柔性制造系统的基础，又可以作为独立的自动化加工设备使用，因此其发展速度较快。

在 FMC 和加工中心的基础上，通过增加物流系统、工业机器人以及相关设备，并由中央控制系统进行集中、统一控制和管理，这样的制造系统称为柔性制造系统（Flexible Manufacturing System, FMS）。FMS 不仅可以进行长时间的无人化加工，而且可以实现多品种零件的全部加工或部件装配，实现了车间制造过程的自动化，它是一种高度自动化的先进制造系统。

随着科学技术的发展，为了适应市场需求多变的形势，对现代制造业来说，不仅需要实现车间制造过程的自动化，而且要实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。将这些要求综合所构成的完整的生产制造系统，称为计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS），CIMS 将一个工厂的生产、经营活动进行了有机的集成，实现了更高效益、更高柔性的智能化生产，是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

为了了解数控机床的基本组成，首先需要分析数控机床加工零件的工作过程，如图 1-4 所示。

1) 根据零件加工图样进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移数据。

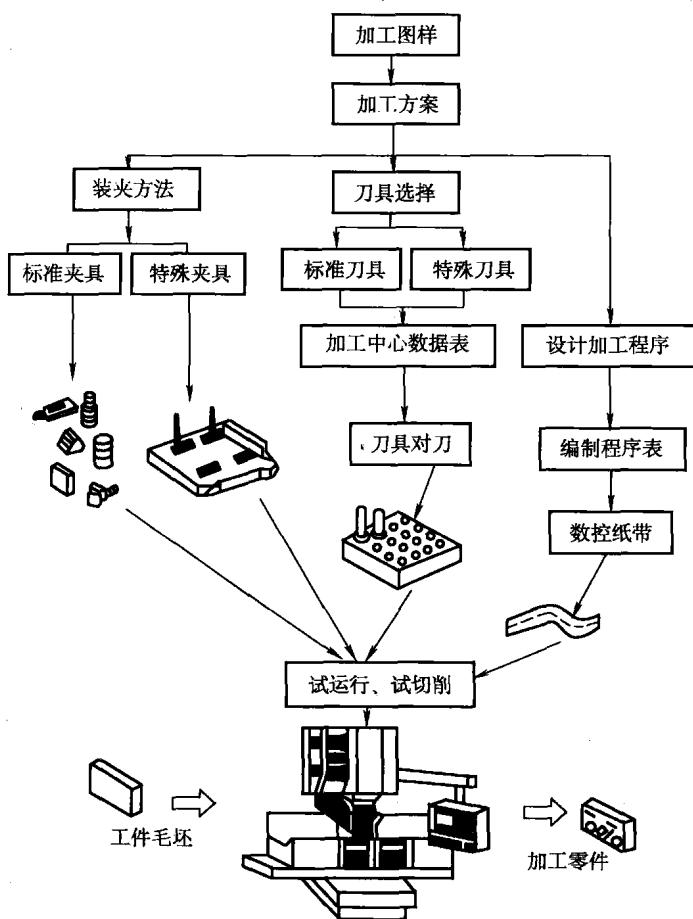


图 1-4 数控加工过程示意图

2) 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单, 或用自动编程软件, 进行 CAD/CAM 工作, 直接生成零件的加工程序文件。

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

4) 运行加工程序, 进行机床加工试运行、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。

## 1.2 数控机床的组成、分类和典型的数控机床

### 1.2.1 数控机床的组成

由零件的加工过程可知, 作为数控机床的基本组成, 它应包括: 控制介质 (输入/输出设备)、数控装置、伺服驱动和测量反馈装置、辅助控制装置以及工作本体等部分, 如图 1-5 所示。

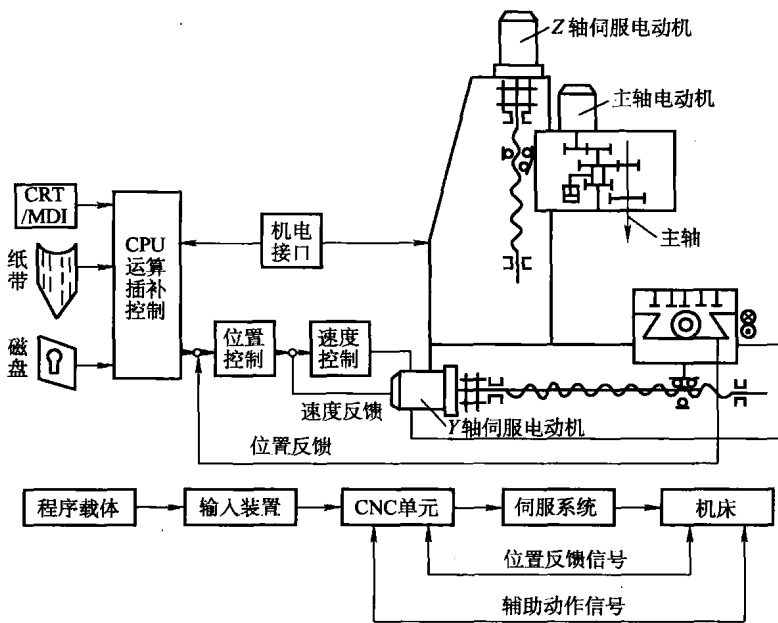


图 1-5 数控机床的组成及框图

(1) 控制介质 数控机床工作时, 不需要人直接操纵机床, 但机床又必须执行人的意图。这就需要一种在人与机床之间建立某种联系的中间媒介物, 称为控制介质。在控制介质上存储着加工零件所需要的全部操作信息和刀具相对工件的位移信息。因此, 控制介质就是指将零件加工信息传送到数控装置去的信息载体。控制介质有多种形式, 随着数控装置类型的不同而不同, 常用的有穿孔带、穿孔卡、磁带、磁盘等。控制介质上记载的加工信息要经过输入装置传送给数控装置, 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。

除了上述几种控制介质以外, 还有一部分数控机床采用数码拨盘、数码插销或利用键盘

直接将程序及数据输入。另外，随着 CAD/CAM 技术的发展，有些数控设备利用 CAD/CAM 软件在其他计算机上编程，然后通过计算机与数控系统通信，将程序和数据直接传送给数控装置。

(2) 数控装置 数控装置 (CNC 单元) 是数控机床的控制中心，被喻为“中枢系统”。数控装置由输入装置、CPU (运算器和控制器) 和输出装置等构成。数控装置的功能是接受控制介质上的各种信息，经过识别与译码后，送到 CPU 进行计算处理，再经过输出装置将 CPU 发出的控制命令送到伺服系统，带动机床完成相应的运动。数控机床配置的数控装置不同，其功能和性能也有很大差异。就目前应用来看，FANUC (日本)、SIEMENS (德国)、FAGOR (西班牙)、HEIDENHAIN (德国)、MITSUBISHI (日本) 等公司的数控装置及相关产品，在数控机床行业占据主导地位。我国数控产品以华中数控、航天数控为代表，也已将高性能数控系统产业化。常见数控装置如图 1-6，图 1-7 所示。



图 1-6 FANUC 数控装置



图 1-7 SIEMENS 数控装置

目前均采用微型计算机作为数控装置。微型计算机的中央处理单元 (CPU) 又称为微处理器，是一种大规模集成电路，它将运算器、控制器集成在一块集成电路芯片中。在微型计算机中，输入与输出电路也采用大规模集成电路，即所谓的 I/O 接口。微型计算机拥有较大容量的寄存器，并采用高密度的存储介质，如半导体存储器和磁盘存储器等。

(3) 伺服系统 伺服系统是数控系统的执行机构，包括驱动、执行和测量反馈装置。伺服系统接受数控系统的指令信息，并按照指令信息的要求与位置、速度反馈信号相比较后，带动机床的移动部件或执行部件动作，加工出符合图样要求的零件。伺服系统直接影响数控机床的速度、位置、加工精度、表面粗糙度等。

当前数控机床的伺服系统，常用的位移执行机构有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。后两者都带有光电编码器等位置测量元件，可用来精确控制工作台的实际位移量和移动速度。

(4) 机床本体 数控机床的本体是指其机械结构实体，是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件 (主轴、主运动传动机构)、进给运动部件 (工作台、溜板及相应的传

动机构)、支承件(立柱、床身等)以及特殊装置、自动工件交换(APC)系统、自动刀具交换(ATC)系统和辅助装置(如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等)组成。它与普通机床相比较有所改进,具有以下特点:

- 1) 数控机床采用了高性能的主轴及伺服系统,机械传动结构简化,传动链较短。
- 2) 机械结构具有较高的刚度、阻尼精度及耐磨性,热变形小。
- 3) 更多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。

与普通机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统与刀具系统的部件结构及操作机构等都已发生了很大的变化,其部分部件如图1-8、图1-9所示。

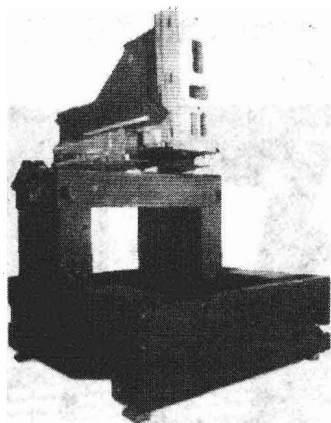


图1-8 床身

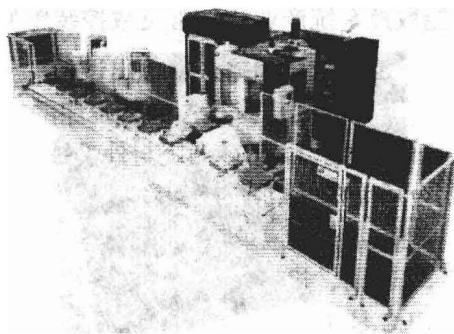


图1-9 APC

(5) 辅助装置 辅助装置主要包括换刀机构、工件自动交换机构、工件夹紧机构、润滑装置、冷却装置、照明装置、排屑装置、液压气动系统、过载保护与限位保护装置等。数控机床附件的品种主要有为经济型数控车床配套的各种简易数控刀架;为全功能数控车床配套的各种全功能数控刀架、动力卡盘、自定心中心架;为数控铣床及加工中心配套的各种数控分度头、数控回转工作台、数控刀杆;为数控磨床等配套的各类吸盘;角度转换镗钻头、各类机用虎钳及自动排屑、过滤、恒温装置等,其部分部件如图1-10、图1-11所示。

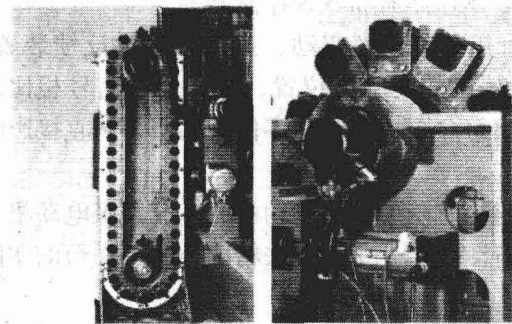


图1-10 刀库

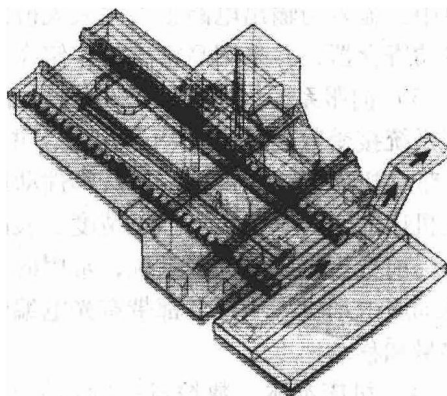


图1-11 排屑示意图

## 1.2.2 数控机床的分类

数控机床通常按以下最基本的几个方面进行分类：

### 1. 按加工方式和工艺用途分类

按加工方式不同，可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床等。有些数控机床具有两种以上切削功能，例如以车削为主兼顾铣、钻削的车削中心；具有铣、镗、钻削功能，带刀库和自动换刀装置的镗铣加工中心（简称加工中心）。另外，还有数控电火花线切割、数控电火花成形、数控激光加工、等离子弧切割、火焰切割、数控板材成形、数控冲床、数控剪床、数控液压机等各种功能和不同种类的数控加工机床。

### 2. 按加工路线分类

数控机床按其刀具与工件相对运动的方式，可以分为点位控制、直线控制和轮廓控制。

(1) 点位控制数控机床 点位控制方式就是刀具与工件相对运动时，只控制从一点运动到另一点的准确性，而不考虑两点之间的运动路径和方向，如图 1-12a 所示。这种控制方式多应用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等。

(2) 直线控制数控机床 直线控制方式就是刀具与工件相对运动时，除控制从起点到终点的准确定位外，还要保证平行坐标轴的直线切削运动，如图 1-12b 所示。由于只作平行坐标轴的直线进给运动，因此不能加工复杂的工件轮廓。这种控制方式用于简易数控车床、数控铣床、数控磨床。

(3) 轮廓切削（连续轨迹）控制数控机床 轮廓控制就是刀具与工作相对运动时，能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行控制。因此可以加工平面曲线轮廓或空间曲面轮廓，如图 1-12c 所示。采用这类控制方式的数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心等。

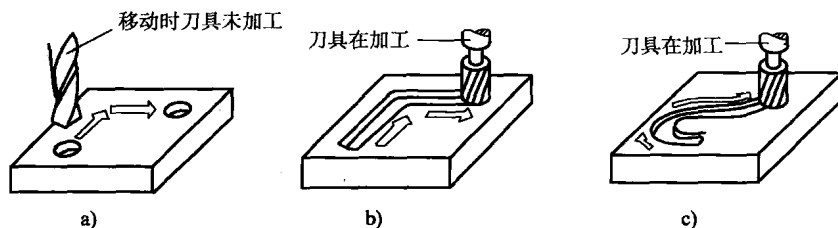


图 1-12 数控机床分类

a) 点位控制 b) 直线控制 c) 轮廓控制

### 3. 按伺服系统类型的分类

这种分类方法是根据伺服系统测量反馈形式来划分的。

(1) 开环伺服系统数控机床 开环伺服系统是不带测量反馈装置的控制系统，如图 1-13 所示。数控装置将工件经加工程序处理后，输出数字指令信号给伺服驱动系统，驱动机床运动，但不检测运动的实际位置，即没有位置反馈信号。开环控制的伺服系统主要使用步进电动机。插补器进行插补运算后，发出指令脉冲（又称进给脉冲），经驱动电路放大后，驱动步进电动机转动。一个进给脉冲使步进电动机转动一个角度，通过齿轮传动和丝杠传动使工作台移动一定距离，因此工作台的位移量与步进电动机转动角位移成正比，即与进给脉

冲的数目成正比。改变进给脉冲的数目和频率，就可以控制工作台的位移量和速度。由图 1-13 可见，指令信息单方向传送，并且指令发出后不再反馈回来，故称开环控制。受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响，开环系统的速度和精度都较低。但由于开环控制结构简单，调试方便，容易维修，成本较低，因此仍被广泛应用于经济型数控和对旧机床的改造上。

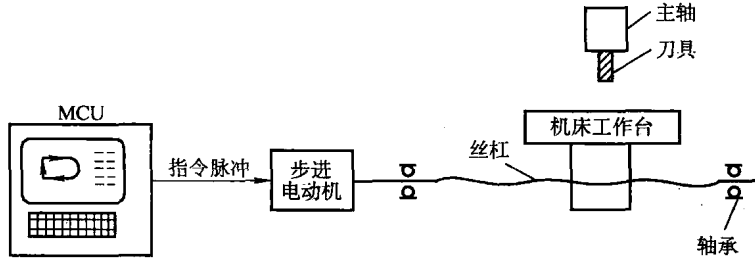


图 1-13 开环伺服系统框图

(2) 闭环伺服系统数控机床 闭环伺服系统如图 1-14 所示，它在机床移动部件的位置上直接装有直线位置检测装置，检测刀具或工作台的实际位移值并将检测到的位移值及时反馈到 CNC 装置中，与所要求的位移指令值进行比较，用比较的差值进行控制，直到差值消除为止。可见，闭环控制方式的运动精度和定位精度，主要取决于检测装置的精度。但由于机床床身和运动部件也在位置检测装置的检测反馈环路内，因此对机床结构的固有频率、结构阻尼、传动间隙、导轨爬行等方面的要求也较为严格，否则会增加数控机床调试的难度，甚至会使伺服系统产生振荡而导致机床无法正常工作。所以，闭环伺服系统数控机床主要用于一些精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精铣床等。

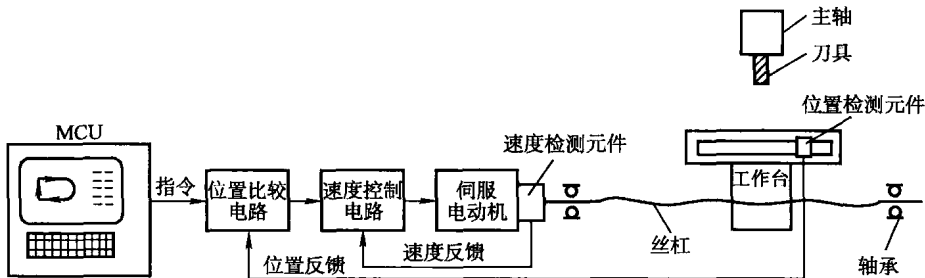


图 1-14 闭环伺服系统框图

(3) 半闭环伺服系统数控机床 半闭环控制系统如图 1-15 所示，它在开环控制系统的丝杠端头或电动机端头上装有检测装置，通过检测丝杠的角位移（转角）和转速，间接地检测移动部件的实际位移量，然后反馈到 CNC 装置中进行位置比较，用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台，故称半闭环控制。半闭环控制精度较闭环控制差，但稳定性好，且由于角位移检测装置比直线位移检测装置的结构更为简单，造价较低，同时由于滚珠丝杠制造精度的提高，丝杠、螺母之间侧隙采用了补偿方法，因此，配备精密滚珠丝杠的半闭环控制系统得到了广泛的应用。



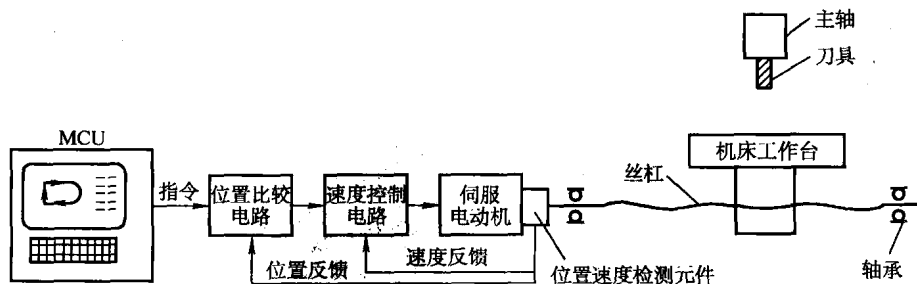


图 1-15 半闭环伺服系统框图

#### 4. 按数控系统功能水平的分类

按数控系统功能水平数控机床可分为低、中、高三档。就目前的发展水平来看，大体可从以下几方面区分，见表 1-1。

表 1-1 数控机床分类表

功 能	低档数控机床	中档数控机床	高档数控机床
进给当量和进给速度	进给当量为 $10\mu\text{m}$ ，进给速度为 $8 \sim 15\text{m}/\text{min}$	进给当量为 $1\mu\text{m}$ ，进给速度为 $15 \sim 24\text{m}/\text{min}$	进给当量为 $0.1\mu\text{m}$ ，进给速度为 $15 \sim 100\text{m}/\text{min}$
伺服进给系统	开环、步进电动机	半闭环直流伺服系统或交流伺服系统	闭环伺服系统，交流、直流伺服电动机
联动轴数	2~3 轴	3~4 轴	3 轴以上
通信功能	无	RS232 或 DNC 接口	RS232、RS485、DNC、MAP 接口
显示功能	数码管显示或简单的 CRT 字符显示	功能较齐全的 CRT 显示或液晶显示	功能齐全的 CRT（三维动态图形显示）
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC，有轴控制的扩展功能
主 CPU	8 位或 16 位 CPU	由 16 位向 32 位 CPU 过渡	32 位向 64 位 CPU 发展

### 1.2.3 典型的数控机床

#### 1. CK6140 数控车床

(1) 总体布局 CK6140 数控车床的总体布局是在 C6140 普通车床的基础上设计开发的数控产品。它基本没有脱离普通车床的结构形式，保留了原卧式平床身的布局方式，使原来普通车床操作向数控车床操作的过渡易于为操作者所接受。实现了计算机数字控制（CNC）后，大大提高了机床的效率和自动化程度，操作简单，使用方便，价格经济。

数控车床 CK6140 型号的含义如下：

