



职业技术教育数控专业规划教材

# 数控机床 的结构与维修

韩鸿鸾 荣维芝 主编



职业技术教育数控专业规划教材

# 数控机床的结构与维修

主 编 韩鸿鸾 荣维芝  
 参 编 王栋臣 宋建国 郭士义  
 刘辉峰 杜文华 荣志军  
 主 审 王令其

ISBN 7-111-14777-1

机械工业出版社  
 北京

第 1 版  
 第 1 次印刷  
 2005 年 1 月  
 北京

16 开  
 32 页  
 1000 字  
 0.35 元



机械工业出版社

本书分为八章,包括数控机床的概述、数控机床的维修管理与维护、数控机床的主传动系统、数控机床的进给传动系统、自动换刀装置、数控机床的液压与气动装置简介、数控机床的辅助机构、常用数控机床介绍。每章的后面还附有一定的思考与练习题以供读者选用。

本书是职业技术教育数控专业与机电专业用教材,在本书的编写过程中我们力争做到:在理论上是先进的,在应用上是可操作的,在内容上是实用的。因此,本书亦可以作为其他专业及本科师生用书,还可以作为工厂中数控机床操作与维修人员的参考书。

芝维荣 主编  
韩鸿鸾 参编  
荣维芝 参编  
王林王 参编  
王其令 参编  
王其令 审主

#### 图书在版编目(CIP)数据

数控机床的结构与维修/韩鸿鸾,荣维芝主编. —北京:机械工业出版社,2004.8

职业技术教育数控专业规划教材

ISBN 7-111-14777-4

I. 数... II. ①韩...②荣... III. ①数控机床-结构-专业学校-教材②数控机床-维修-专业学校-教材  
IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第060285号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:汪光灿 版式设计:霍永明 责任校对:贾卫东

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005年7月第1版第2次印刷

1000mm×1400mm B5·12.5印张·484千字

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68326294  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

数控机床是现代机械工业的重要技术装备，也是先进制造技术的基础装备。随着微电子技术、计算机技术、自动化技术的发展，数控机床也得到了飞速发展，在我国几乎所有的机床品种都有了数控机床，并且还发展了一些新的品种。

由于机床数控系统技术复杂，种类繁多。现在数控机床的“使用难、维修难”问题，已经是影响数控机床有效利用的首要问题。职业学校对于数控机床使用、维修人员的培养已成了当务之急。

为此，我们应广大职业技术教育界的要求，编写了这套书，本书分为独立的3本，分别为《数控机床加工程序的编制》、《数控原理与系统及维修技术》与本书。其他两本已经出版。本书建议学时为60学时，其中实训为20学时。

本书由威海市技术学院的韩鸿鸾、荣维芝副教授主编，由南京工程学院的王令其教授主审。其中第一章由山东技术学院的王栋臣、烟台技术学院的宋建国编写；第二章由天津机电职业技术学院的郭士义编写；第三章由邹城市技工学校的刘辉峰编写；第四章、第五章、第八章由威海市技术学院的韩鸿鸾编写；第六章与附录由华北工学院的杜文华编写；第七章由威海技术学院的荣维芝编写。全书由韩鸿鸾统稿。本书在编写过程中得到了南京数控培训中心与南京工程学院的大力帮助，在此深表谢意。

由于时间仓促，再加上编者水平有限，书中缺陷乃至错误在所难免，望广大读者给予批评、指正。

|     |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|
| 50  | ..... | ..... | ..... |
| 70  | ..... | ..... | ..... |
| 88  | ..... | ..... | ..... |
| 90  | ..... | ..... | ..... |
| 92  | ..... | ..... | ..... |
| 102 | ..... | ..... | ..... |
| 106 | ..... | ..... | ..... |
| 108 | ..... | ..... | ..... |
| 113 | ..... | ..... | ..... |
| 117 | ..... | ..... | ..... |
| 136 | ..... | ..... | ..... |
| 143 | ..... | ..... | ..... |

# 目 录

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 前言                      | 1          |
| <b>第一章 数控机床概述</b>       | <b>1</b>   |
| 第一节 数控机床的产生和发展          | 1          |
| 第二节 数控机床的特点和应用范围        | 6          |
| 第三节 数控机床的分类             | 8          |
| 第四节 数控机床的选用             | 13         |
| 第五节 数控机床的安装和调试          | 20         |
| 第六节 数控机床的验收             | 25         |
| 思考与练习题                  | 30         |
| <b>第二章 数控机床的维修管理与维护</b> | <b>31</b>  |
| 第一节 数控机床的维修管理           | 31         |
| 第二节 数控机床的维护             | 41         |
| 第三节 数控机床故障诊断方法          | 46         |
| 第四节 数控机床常用故障检测仪器        | 57         |
| 思考与练习题                  | 61         |
| <b>第三章 数控机床的主传动系统</b>   | <b>62</b>  |
| 第一节 概述                  | 62         |
| 第二节 主轴部件                | 70         |
| 第三节 主轴准停装置              | 84         |
| 第四节 传动带                 | 90         |
| 第五节 主传动部件的调整、维护及维修      | 95         |
| 思考与练习题                  | 105        |
| <b>第四章 数控机床的进给传动系统</b>  | <b>106</b> |
| 第一节 概述                  | 106        |
| 第二节 齿轮传动副               | 113        |
| 第三节 数控机床用丝杠传动副          | 117        |
| 第四节 齿轮齿条副与双导程蜗杆副传动      | 136        |
| 第五节 静压蜗杆——蜗轮条与直线电动机传动   | 142        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 第六节 机床导轨 .....                  | 147        |
| 思考与练习题 .....                    | 171        |
| <b>第五章 自动换刀装置 .....</b>         | <b>173</b> |
| 第一节 概述 .....                    | 173        |
| 第二节 刀架换刀 .....                  | 179        |
| 第三节 刀库与机械手换刀 .....              | 190        |
| 第四节 更换主轴换刀与更换主轴箱换刀 .....        | 228        |
| 思考与练习题 .....                    | 232        |
| <b>第六章 数控机床的液压与气压装置简介 .....</b> | <b>233</b> |
| 第一节 数控机床上常用的液压元件 .....          | 233        |
| 第二节 数控机床上液压系统的构成及其回路 .....      | 260        |
| 第三节 数控机床上典型的液压回路分析 .....        | 274        |
| 第四节 数控机床上常见液压故障的维修 .....        | 283        |
| 第五节 数控机床上常用的气压元件 .....          | 287        |
| 第六节 数控机床上气压系统的构成及其回路 .....      | 295        |
| 第七节 数控机床上典型气压回路的分析 .....        | 300        |
| 第八节 数控机床上常见气压故障的维修 .....        | 306        |
| 思考与练习题 .....                    | 310        |
| <b>第七章 数控机床的辅助机构 .....</b>      | <b>311</b> |
| 第一节 数控机床用工作台 .....              | 311        |
| 第二节 高速动力卡盘、尾座与分度头 .....         | 331        |
| 第三节 数控机床的支承与补偿装置 .....          | 338        |
| 第四节 其他辅助装置 .....                | 353        |
| 思考与练习题 .....                    | 357        |
| <b>第八章 常用数控机床介绍 .....</b>       | <b>358</b> |
| 第一节 数控车床 .....                  | 358        |
| 第二节 数控铣床 .....                  | 371        |
| 第三节 加工中心 .....                  | 378        |
| 思考与练习题 .....                    | 384        |
| <b>附录 常用液压与气动图形符号 .....</b>     | <b>385</b> |
| <b>参考文献 .....</b>               | <b>391</b> |

# 第一章 数控机床概述

随着科学技术的不断发展，对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程的自动化是实现上述要求的重要措施之一。为了有效地提高产品质量、生产效率、降低生产成本、改善工人的劳动条件。一种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。

## 第一节 数控机床的产生和发展

### 一、数字控制技术的产生和发展

最早采用数字控制技术进行机械加工的思想，是在 20 世纪 40 年代提出的。当时美国北密执安的一个小型飞机工业承包商帕森斯公司 (Parsons Corporation) 在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  $\pm 0.0381\text{mm}$  ( $\pm 0.0015$  英寸)。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试验性数字控制系统，并把它装在一台立式铣床上，成功地实现了同时控制三轴的运动。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试验性的机床，到了 1954 年 11 月，在帕尔森斯专利基础上，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 (Keaney & Trecker Corp) 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 左右。

1960 年，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，都是采用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联接成具有柔性的加工系统，这就是最

初的 FMS—Flexible Manufacturing System 柔性制造系统。之后，美、欧、日等国也相继进行了开发和应用。

随着计算机技术的发展，小型计算机的价格急剧下降。小型计算机开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统（NC），数控的许多功能由软件程序实现。由计算机作控制单元的数控系统（CNC），称为第四代。1970年，在美国芝加哥国际展览会上，首次展出了这种系统。

1970年前后，美国英特尔公司开发和使用微处理器。1974年，美、日等国首先研制出以微处理器为核心的数控系统的数控机床。30多年来，微处理器数控系统的数控机床得到飞速发展和广泛的应用，这就是第五代数控（MNC）。后来，人们将 MNC 也统称为 CNC。

20世纪80年代初，国际上又出现了柔性制造单元 FMC—Flexible Manufacturing Cell。这种单元投资少、见效快，既可单独长时间少人看管运行，也可集成到 FMS 或更高级的集成制造系统中使用。所以近几十年来，得到快速发展和广泛应用。

FMC 和 FMS 被认为是实现 CIMS—Computer Integrated Manufacturing System 计算机集成制造系统的必经阶段和基础。

## 二、我国数控机床的发展情况

我国从 1958 年开始研究数控技术，一直到 20 世纪 60 年代中期处于研制、开发时期。

1965 年，国内开始研制晶体管数控系统。20 世纪 60 年代末至 70 年代初研制成功 X53K-1G 立式数控铣床、CJK-18 数控系统和数控非圆齿轮插齿机。

从 20 世纪 70 年代开始，数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、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，因而没能被广泛推广。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动机、直流主轴电机技术，以及从美、欧等国引进了一些新的技术，并进行了国产商品化生产。这些系统可靠性高、功能齐全，推动了我国数控机床稳定的发展，使我国的数控机床在性能和质量上产生了一个质的飞跃。

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，进行了大量开发工作。一些较高档次的数控系统（五轴联动），分辨率为  $0.002\mu\text{m}$  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了，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。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，将为我国各种数控机床的开发、生产和应用，开辟了更加广阔的前景，未来几十年，我国将成为数控机床的生产、使用大国。

### 三、数控机床的发展水平和趋势

#### 1. 数控机床的发展趋势

数控机床总的发展趋势是工序集中、高速、高效、高精度以及方便使用，提高可行性。

(1) 工序集中 加工中心机床使工序集中在一台机床上完成，减少了由于工序分散、工件多次装夹引起的定位误差，提高了加工精度，同时也减少了机床的台数与占地面积，压缩了工序间的辅助时间，有效地提高了数控机床的生产率和数控加工的经济效益。因此，实现工序高度集中是数控机床当今的发展趋势，也是数控机床工业飞速发展，深入普及的根由。

(2) 高速、高效、高精度 这三个方面是机械加工的目标，数控机床因其价格昂贵，因此在这三个方面的发展也就更为突出。

1) 高速。提高切削速度可以减少机动时间。目前，数控机床的主轴转速已普遍达到6000r/min以上，有的高达40000r/min；切削速度达到2000m/min。传统的砂轮线速度为30~60m/s，目前数控磨床的砂轮线速度已达到140~150m/s，甚至高达500m/s，磨削进给线速度可达5~10m/min。

2) 高效。为了减少机床辅助时间，提高机床效率，采取了一系列措施，如缩短换刀时间。现在数控机床换刀时间最短仅为0.5s；采用新的刀库和换刀机械手，使选刀动作与机动时间重合，且快速可靠；采用各种形式的交换工作台，使装卸工件的时间与机动时间重合，同时缩短工作台交换时间；广泛采用脱机编程、图形模拟等技术，实现后台输入修改编辑程序，前台加工，缩短新的加工程序在机调试时间；采用快换夹具、刀具装置以及实现对工件原点快速确定等措施，缩短机床及刀具的调整时间。

3) 高精度。工件的加工精度主要取决于机床精度、编程精度、插补精度和伺服精度。目前新型数控机床具有很高的分辨率，达到0.1 $\mu\text{m}$ ，有的甚至达到0.001 $\mu\text{m}$ 。为了提高机床精度，采用了各种措施和技术来提高机床的动态、静态刚度；减少热变形，提高其热稳定性；克服爬行和提高传动精度。如采用新材料丙烯酸树脂“混凝土”代替铸铁来制造机床床身、用陶瓷材料和人造花岗岩制造机床的支承件等。

(3) 方便使用、提高可靠性。建立友好的人机对话界面、方便使用、提高数控机床的可靠性也是目前数控机床的一个发展趋势。

1) 加工编程方便。在手工编程方面, 开发了许多插补功能。近年来发展起来的图形交互式编程系统 (WOP 又称面向车间编程), 很受用户欢迎。这种编程方式不使用 G、M 代码, 而是借助图形菜单, 输入整个图形块以及相应参数作为加工指令, 形成加工程序, 与传统加工时的思维方式类似。这种图形交互编程方法在制定标准后, 可能成为将来各种型号的数控机床统一的编程方法。

2) 使用方便。数控机床普遍采用彩色 CRT 进行人机对话、图形显示和图形模拟等。有的数控机床还可以显示使用说明书、编程指南、润滑指南等信息。

3) 诊断功能不断发展完善。一般数控系统开机时有“起始诊断”功能, 以确认数控系统各部分能否正常工作; 运动时又有“在线诊断”功能。现代数控机床制造厂家已开发出“离线诊断”和“通信诊断”功能, 通过通信传递诊断程序, 使系统做某种测试运行并将测试的信息通过通信传回信息中心进行分析, 再将处理方法告知用户。计算机图形技术引入诊断系统, 可使诊断技术更形象、直观和快捷。

4) 可靠性不断提高。为了得到可靠性高的数控机床, 生产厂家注意把可靠性贯穿于整个设计、生产、调试、包装出厂等全过程。目前, 数控系统平均无故障时间已达 30000~36000h。

## 2. 数控系统的发展趋势

就数控系统的微机来说, 有采用专用微机和通用微机两种发展趋势。

1) 采用专用微机是指生产厂家采用自行开发的专用微机、专用芯片, 其基础技术为厂家所专有, 这些技术经多年的积累和发展, 别的厂家很难掌握和超越, 这是生产厂家保持其数控技术的优势所采取的策略。在国际上有影响的系统有: 德国的西门子系统 (SIEMENS); 日本的法纳克系统 (FANUC); 美国的 (A-B) 系统。

2) 采用通用微机技术开发数控系统, 这是生产厂家中后起之秀所采用的策略, 用通用微机开发数控系统可以得到强有力的硬件和软件的支持, 这些软件、硬件技术是通用的、公开的。这样可以避免专有技术的制约, 在短时间内达到较高水平, 这是一条发展数控技术的捷径。目前, 国内很多中小数控机床生产厂商正在借助这一捷径, 大力开发数控技术, 生产适销对路的数控机床。

3) 数控系统的微机字长也在不断提高, 由最早的 8 位机, 经 16 位机, 到目前被广泛采用的 32 位机, 现在又有向 64 位机发展的趋势。微机的 CPU 也由单个向多个发展。目前, 高性能的 CNC 数控系统可以同时控制几个轴, 甚至几十个轴 (坐标轴、主轴与辅助轴), 并且前台的加工控制和后台的程序辅助可同时进行。另外, 数控系统的各厂家纷纷采用 RS232 和 RS422 串行通信接口、DNC

和 MAP 接口及 MAP 工业控制网络, 为数控系统进入 FMS 及 CIMS 创造了先行条件。

3. 伺服系统的发展趋势 最早的数控机床伺服系统执行机构采用液压转矩放大器。功率步进电动机问世后, 开始直接用它来驱动机床的进给运动。20 世纪 60 年代中期, 不少新设计制造的数控机床普遍采用了小惯量直流伺服电动机。20 世纪 70 年代, 美国首先研制了大惯量直流伺服电动机。20 世纪 80 年代初期, 美国通用电气公司研制成功交流伺服系统。近年来, 微机处理器已开始应用于伺服系统的驱动装置中。当前伺服系统的发展趋势是直流伺服系统将被交流数字伺服系统所取代。伺服系统的速度环、位置环及电流环都已实现了数字化。并采用了新的控制理论, 实现了不受机械负荷变动影响的高速响应系统。其技术发展如下:

(1) 前馈控制技术 过去的伺服系统将指令位置和实际位置的偏差乘以位置环增益作为速度指令, 去控制电动机的转速。这种方式总是存在位置跟踪滞后误差, 使得在加工拐角及圆弧时加工情况恶化。所谓前馈控制, 就是在原来的控制系统上加上速度指令的控制, 这样使跟踪滞后误差大大减小。

(2) 机械静、动摩擦的非线性控制技术 机床的动、静摩擦的非线性会导致爬行现象。除了采取措施降低静摩擦外, 新型的数控伺服系统还具有自动补偿机械系统静、动摩擦非线性的控制功能。

(3) 伺服系统的速度环和位置环均采用软件控制 采用软件控制, 更具有柔性, 能适应不同类型的机床, 并能实现复杂的算法, 以适应高性能的要求。

(4) 采用高分辨率的位置测量装置 采用高分辨率的脉冲编码器, 内装微处理组成的细分电路, 使分辨率大大提高。

(5) 补偿技术得到发展和广泛应用 现代数控机床利用 CNC 数控系统的补偿功能, 对伺服系统进行了多种补偿, 如轴向运动误差补偿、丝杠螺距误差补偿、齿轮间隙补偿、热补偿和空间误差补偿等。

#### 4. 自适应控制的应用

数控机床增加更完善的自适应控制功能也是数控技术发展的一个重要方向。自 20 世纪 60 年代以来, 简单的自适应控制机床已进入了实用阶段, 而复杂的自适应控制机床如以最低加工成本和最好的加工质量作为评价指标的机床, 由于状态参数联接检测传感器未达到实用化的程度, 至今还停留在实验阶段。

### 四、经济型数控机床

经济型数控机床是相对于中、高档全功能数控机床而言。在不同的国家和不同的时期其含义也不尽相同。目前, 我国把单板机或单片机与步进电动机组成的功能较简单、价格较低的系统配置的机床称为经济型数控机床。

式中,高档全功能数控机床的功能齐全,功率较大、动作较多、运动较复杂、定位精度较高。但配置这样系统的数控机床价格昂贵,难以在发展中国家普及。近年来,我国成功应用经济型数控系统配置普通车床、铣床、线切割机床、冲床及其改造等,并在投入使用后确实成倍地提高了生产率,减小了废品率,取得了显著的技术经济效益,经济型数控机床在我国得到了日益广泛的应用,潜在的市场前景十分的广阔。

1. 经济型数控机床存在的缺陷

(1) 经济型数控机床的系统大部分采用 8 位单微处理系统,处理器运算速度低,步进电动机的运行频率不高,进给速度一般比较低。

(2) 经济型数控机床多采用 LED 显示。这种显示方式能显示的数据量较少,而且也不够直观,工件程序、机床参数等数据的输入操作不够方便,不能实时、完整地显示机床的当前状态。

(3) 经济型数控机床一般不带通信接口,因而不能与编程机或计算机相连,实现自动编程,更不能联网。

经济型数控机床要保持其生命力,在机械行业中发挥更大的作用,必须在保证经济性的前提下,不断改善性能,把中、高档数控机床中的一些先进技术用到经济型数控系统中,以实现经济型数控机床系统的升级换代。

## 2. 提高经济型数控系统的性能途径

(1) 采用较高档次的微机进行配置,是一种能使经济型数控机床性能提高很大而价格却上升较少的较为经济的方法。较高档次的微机,运行速度快,存储能力大,功能强大,可以实现 CRT 显示,使数据输入操作方便、直观,做到实时、完整地显示机床当前状态,便于操作者对加工过程的监视。

采用较高档次的微机,就有可能实现中、高档数控系统中的软、硬件相结合的插补方法以及各种补偿功能和联机、联网等。

(2) 采用反馈补偿。为了提高经济型数控机床的加工精度,防止步进电动机丢步,可在经济型数控机床的滚珠丝杠端部装上回转编码器进行反馈补偿。

由于经济型数控机床具有结构简单、运行稳定、调试方便、价格低廉的优点,必将随着其性能不断改善而得到更快的发展和更广泛的应用。

## 第二节 数控机床的特点和应用范围

### 一、数控机床的特点

具有 CNC 装置的数控机床,在机械行业中得到了日益广泛的应用,因为它具有如下的特点:

(1) 适应性强 适应性即所谓的柔性，是指数控机床随生产对象变化而变化的适应能力。在数控机床上进行产品加工，当产品（生产对象）改变时，仅仅需要改变数控设备的输入程序（即工作程序，又称用户软件）就能适应新产品的生产需要，而不需改变机械部分和控制部分的硬件，而且生产过程是自动完成的。这一点不仅满足了当前产品更新、更快的市场竞争需要，而且较好地解决了单件、小批量、多变产品的自动化生产问题。适应性强是数控机床最突出的优点，也是数控机床得以产生和迅速发展的主要原因。

(2) 能实现复杂的运动 普通机床难以实现或根本无法实现轨迹为三次以上的曲线或曲面的运动，如螺旋桨、汽轮机叶片之类的空间曲面；而数控机床则可以实现几乎是任意轨迹运动和任何形状的空间曲面，适用于复杂异形零件的加工。

(3) 加工精度高，产品质量稳定 数控机床是按照预定程序自动工作的，一般情况下工作过程不需要人工干预，这就消除了操作者人为产生的误差。在设计制造设备主机时，通常采取了许多措施，使数控设备的机械部分达到较高的精度。数控装置的脉冲当量目前可达  $0.01 \sim 0.00002\text{mm}$ ，同时，可以通过实时检测反馈修正误差或补偿来获得更高的精度。因此，数控机床可以获得比机床本身精度更高的加工精度。尤其提高了同批零件生产的一致性，使产品质量获得稳定的控制。

(4) 生产效率高 数控机床比普通机床的生产效率能高出许多倍。尤其对某些复杂零件的加工，生产效率可提高十几倍甚至几十倍。其原因如下：

1) 数控机床具有较高的刚性，可采用较大的切削用量，有效地减少了加工中的切削时间。

2) 具有自动变速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能，而且无需工序间的检验与测量，使辅助时间大为缩短。

3) 工序集中、一机多用的数控加工中心，在一次装夹工件后几乎可以完成零件的全部加工，这样不仅可减少装夹误差，还可减少半成品的周转时间，生产效率的提高更为明显。

(5) 减轻劳动强度，改善劳动条件 数控机床的工作是按预先编制好的加工程序自动连续完成的，操作者除输入加工程序及相关的操作之外，不需进行繁重的重复手工操作，劳动条件和劳动强度大为改善。

(6) 有利于科学的生产管理 采用数控机床能准确地计算产品生产的工时，并有效地简化检验、工夹具和半成品的管理工作。数控机床采用标准的信息代码输入，这样有利于与计算机联接，构成由计算机控制和管理的生产系统，实现制造和生产管理的自动化。

## 二、数控机床的应用范围

数控机床与普通机床相比具有许多优点，其应用范围正在不断扩大，但目前它并不能完全替代普通机床，也还不能以最经济的方式解决机械加工中的所有问题。在实际选用时，一定要充分考虑其技术经济效益。数控机床最适合加工具有以下特点的零件：

- 1) 多品种小批量生产的零件。
- 2) 形状结构比较复杂的零件。
- 3) 需要频繁改型的零件。
- 4) 价格昂贵，不允许报废的关键零件。
- 5) 需要最短周期制作的急需零件。
- 6) 批量较大精度要求很高的零件。

由于数控机床的自动化程度、生产效率都很高，可最大限度地减少操作工人。因此，大批量生产的零件采用数控机床加工，在经济上也是可行的。

广泛推广和使用数控机床的最大障碍是设备的初始投资费用大。由于系统本身的复杂性，又增加了维修的技术难度和维修费用。考虑到上述种种原因，在决定选用数控机床加工零件时，需要进行科学的技术经济分析，使数控机床能发挥它的最好经济效益，做到物有所用、用有所值。

## 第三节 数控机床的分类

数控机床的种类繁多，各行各业都有一套自己的分类方法。就机床行业而言，数控机床就多达几百种，为了便于了解和研究，可以从以下不同的角度对其进行科学的分类。

### 一、按工艺用途划分可以分为

#### (一) 金属切削类数控机床

这类机床又可分为普通类数控机床和数控加工中心机床。

(1) 普通类数控机床 普通类数控机床一般指在加工工艺过程中的一个工序上实现数字控制的自动化机床，如数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床与数控齿轮加工机床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善，刀具的更换与零件的装卸有的仍需人工来完成。

(2) 数控加工中心机床 装有刀库和自动换刀机械手，在一次安装工件后，可以进行多种工序加工的数控机床，称为数控加工中心。加工中心的类型也很

多，一般可分为立式加工中心、卧式加工中心和万能加工中心等。立式与卧式加工中心是在镗、铣床基础上发展起来的，又称为铣削加工中心；而车削加工中心则是在车床基础上发展起来的高效、高速的多功能机床。图 1-1 为金属切削类数控机床示意图。

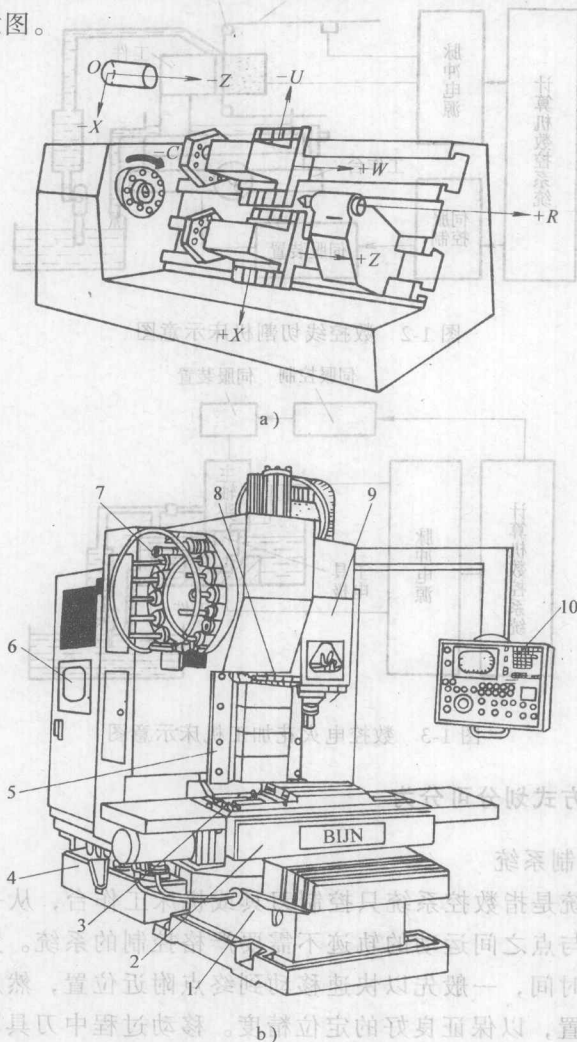


图 1-1 金属切削类数控机床示意图

a) 数控车床 b) 立式加工中心

1—床身 2—滑座 3—工作台 4—润滑油箱 5—立柱 6—数控柜 7—刀库

8—机械手 9—主轴箱 10—操纵面板

### (二) 金属成型类数控机床

这类机床如数控折弯机、数控弯管机、数控转头压力机等。

### (三) 特种加工及其他类型数控机床

左和这类机床如数控线切割机床(见图 1-2)、数控电火花加工机床(见图 1-3)、数控激光切割机、数控火焰切割机、数控三坐标测量机(见图 1-4)等。

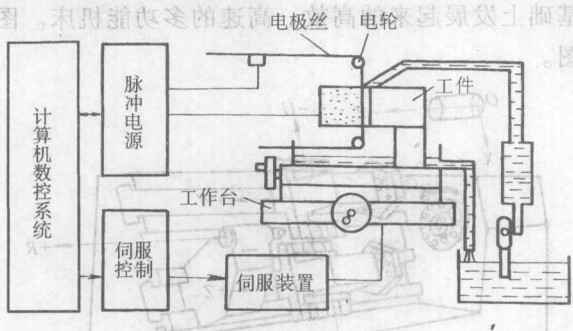


图 1-2 数控线切割机床示意图

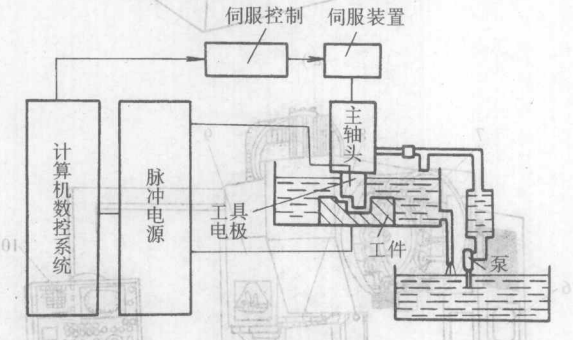


图 1-3 数控电火花加工机床示意图

### 二、按运动方式划分可分为

#### (一) 点位控制系统

点位控制系统是指数控系统只控制刀具或机床工作台，从一点准确地移动到另一点，而点与点之间运动的轨迹不需要严格控制的系统。为了减少移动部件的运动与定位时间，一般先以快速移动到终点附近位置，然后以低速准确移动到终点定位位置，以保证良好的定位精度。移动过程中刀具不进行切削。使用这类控制系统的主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控弯管机等。图 1-5 为数控钻床加工示意图。

#### (二) 点位直线控制系统

点位直线控制系统是指数控系统不仅控制刀具或机床工作台从一个点准确地移动到另一个点，而且保证在两点之间的运动轨迹是一条直线的控制系统。移动部件在移动过程中进行切削。应用这类控制系统的有数控车床和数控铣床等。图 1-6 为数控铣床加工示意图。



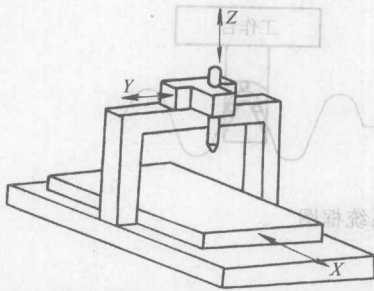


图 1-4 数控三坐标测量机示意图

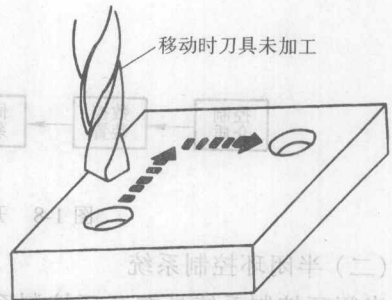


图 1-5 数控钻床加工示意图

### (三) 轮廓控制系统

轮廓控制系统也称连续控制系统，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有数控车床、数控铣床、数控齿轮加工机床和数控加工中心等。图 1-7 为轮廓控制系统加工示意图。

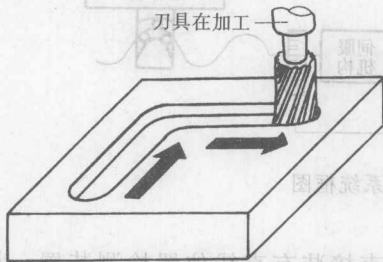


图 1-6 数控铣床加工示意图

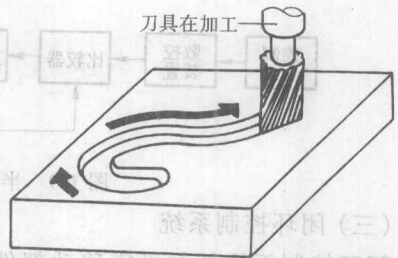


图 1-7 轮廓控制系统加工示意图

## 三、按控制方式划分可分为

### (一) 开环控制系统

开环控制系统是指不具有反馈装置的控制系统。它是根据数控程序指令，经过控制运算发出脉冲信号，输送到伺服驱动装置（步进电动机）使伺服驱动装置转过相应的角度，然后经过减速齿轮和丝杠螺母机构，转换为移动部件的位移。

由于开环控制系统没有反馈装置，所以对移动部件实际位移量的测量及反馈与原指令值不进行检测，也不能进行误差校正，其系统精度较低，但开环控制系统具有工作稳定、调试方便、维修简单等优点。在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。在我国，经济型数控机床一般都采用开环数控系统。图 1-8 为开环控制系统框图。