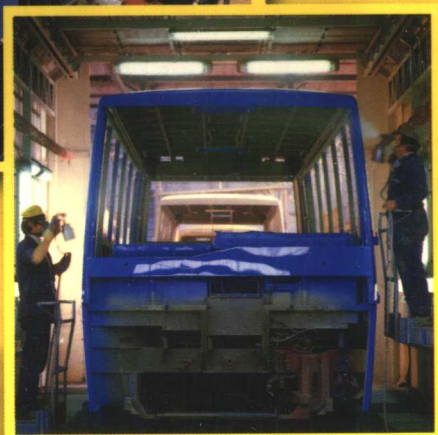
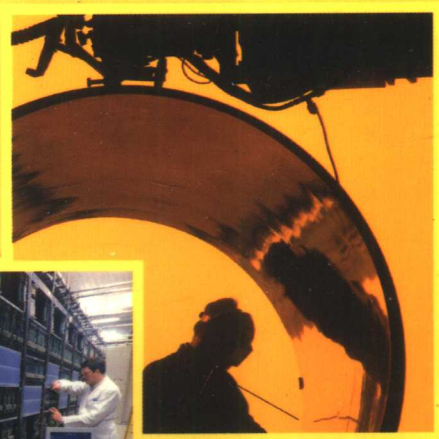
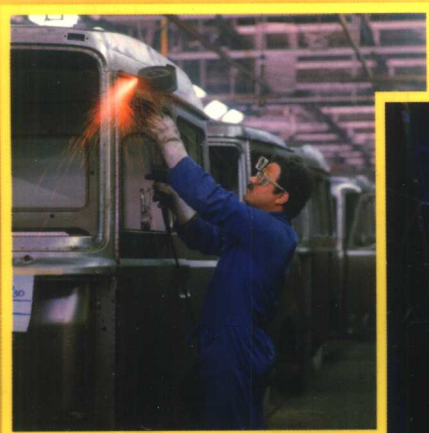




教育部高等职业教育示范专业规划教材

(机械制造及自动化专业)

数控机床及应用



张立仁 主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部高等职业教育示范专业规划教材
(机械制造及自动化专业)

数控机床及应用

主 编 张立仁
副主编 李传军 战祥乐
参 编 张秀亲 赵 丽 孙庆群
于保敏 刘凤仙



机械工业出版社

本书为教育部高等职业教育机械制造及自动化专业规划教材。

本书介绍了数控机床的基本概念和原理、结构和应用方法，主要内容有：绪论、机床数控系统、数控机床的伺服驱动系统、数控机床的位移检测装置、数控机床信号传递及连接、数控机床的机械系统、数控加工工艺及编程、数控机床购置与验收等。

本书既可作为高等职业教育机械制造及自动化专业的教材，也可作为其他高等院校的参考教材，还可作为机械工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床及应用/张立仁主编. —北京：机械工业出版社，2005.8 (2006.7 重印)

教育部高等职业教育示范专业规划教材. 机械制造及自动化专业

ISBN 7-111-17083-0

I. 数… II. 张… 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 (2005) 第 087845 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：王世刚 宋学敏

责任编辑：崔占军 宋学敏 版式设计：霍永明

责任校对：吴美英 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 7 月第 1 版 · 第 2 次印刷

184mm×260mm · 16.75 印张 · 403 千字

4 001—8 000 册

定价：25.00 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

编辑热线 (010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

数控机床是机电一体化高新技术产品，同时又是先进制造技术的工艺装备，是高效自动化设备。用数控加工程序控制数控机床自动加工零件，无需使用复杂、专用的工艺装备，它能够较好地解决中、小批量及多品种复杂曲面零件加工自动化的问题，加速了产品更新。

数控技术是现代机、电、光、微电子等学科高度交叉的成果，是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志。实现加工机床及生产过程数控化，是当今世界制造业的重要发展方向。工业发达国家无论在军工和民用部门都广泛使用数控机床，并加大在数控技术方面的研究。我国数控技术发展起步较晚，但在“八五”期间已取得了巨大的进步。

技术落后，数控机床拥有量相对较小，再加之数控人才匮乏，以致使我国数控设备不能充分发挥作用。近年来，国家计委、机械工业联合会和教育部等七部委把培养机电人才作为重要的工作目标，加大力度培养一大批能够熟练掌握现代数控机床操作、维修的工程技术人员。

根据教育部培养“数以千万计紧缺人才”的需要，按照“高职高专机、电类国家级教学改革试点专业教材编写工作会”会议精神。为了满足中高级数控人才培养的需要，特别是应用型工程技术人才的需要，我们本着基本理论够用、突出实践技能培养的目标，在借鉴兄弟单位教材、资料和文献的基础上，配以大量的实物和示意图片，旨在增强教学活动的形象化、直观性和较强的操作性，编写了《数控机床及应用》，力求反映数控机床的基本知识和最新技术成就，并兼顾理论与实践的联系。本书适合于机制、机电和机电一体化专业使用，也可供从事数控技术的人员使用。

本书介绍了数控机床的基本概念和原理、结构和应用方法；结合机电专业岗位的需要着重阐述了微机数控系统的硬件和软件结构、进给伺服系统、位置检测装置等机电方面的知识，并讲述了数控机床的结构、选用以及维护保养与数控加工程序的编制和程序填写。

本书由阳泉职业技术学院张立仁任主编，承德石油高等专科学校李传军、广东轻工职业技术学院战祥乐任副主编，河南漯河职业技术学院于保敏、承德石油高等专科学校孙庆群和刘凤仙、阳泉职业技术学院张秀亲和赵丽参编。在编写过程中得到了许多专家、教授的支持和帮助，在此谨致谢意。

限于编者的水平，书中难免出现错误，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论 1

- 1.1 数控机床概述 1
- 1.2 数控机床的组成与分类 4
- 1.3 直接数字控制与柔性制造系统 12
- 1.4 计算机辅助制造和集成制造系统 15
- 思考题与习题 18

第2章 机床数控系统 19

- 2.1 机床数控系统的组成 19
- 2.2 数控系统的插补原理 34
- 2.3 刀具补偿原理 52
- 2.4 典型数控系统举例 58
- 2.5 开放式数控系统简介 66
- 思考题与习题 70

第3章 数控机床的伺服驱动系统 71

- 3.1 伺服驱动系统概述 71
- 3.2 步进电动机及控制系统 75
- 3.3 直流伺服电动机及控制系统 87
- 3.4 交流伺服电动机及控制系统 95
- 思考题与习题 97

第4章 数控机床的位置检测装置 98

- 4.1 位置检测装置概述 98
- 4.2 旋转变压器 100

- 4.3 感应同步器 105
- 4.4 编码器 112
- 4.5 光栅 115
- 4.6 磁栅 122
- 4.7 激光干涉位置检测装置 126
- 思考题与习题 128

第5章 数控机床信号传递及连接 129

- 5.1 数控机床信号传递概述 129
- 5.2 可编程控制器及连接 133
- 5.3 变频器控制及连接 139
- 5.4 数控系统与各控制单元的连接 145
- 思考题与习题 161

第6章 数控机床的机械系统 162

- 6.1 数控机床的结构特点 162
- 6.2 数控机床的主传动系统及主轴部件 163
- 6.3 数控机床的进给传动系统及部件 169
- 6.4 刀具系统及换刀机构 186
- 6.5 分度工作台和回转工作台 195
- 思考题与习题 204

第7章 数控加工工艺及编程 205

- 7.1 数控加工工艺 205
- 7.2 程序编制 219
- 思考题与习题 241

第 8 章 数控机床购置、验收 与维修	243	附录	257
8.1 数控机床的选择	243	附录 A 准备功能 G 代码及 其意义	257
8.2 数控机床的安装与调试	246	附录 B 辅助功能 M 代码及 其意义	258
8.3 数控机床主要参数设置	249	附录 C 数控机床的刀具 系统	259
8.4 数控机床的验收	251	参考文献	262
8.5 数控机床的使用 与维修	254		
思考题与习题	256		

第1章 绪 论

学习目标：了解数控机床的产生和发展趋势及先进制造技术中的一些关键问题，掌握数控机床的工作原理、组成、分类和应用范围。

机械制造行业是国民经济发展的重要基础，是其发展的先导。历史的实践已证明：先进的制造装备与先进的制造技术在国民经济中起着极其重要的作用；而先进的装备与先进的制造技术正是由先进的机械工业来提供的。随着科学技术的发展，产品结构越来越合理，性能、精度和效率日趋提高，因此对产品零部件的生产设备（机床）也相应提出了高性能、高精度与高自动化的要求。

大批量生产的产品，如汽车、拖拉机与家用电器的零件，为了提高产量和品质，广泛采用了组合机床、专用机床、自动化生产线和自动化车间来组织生产。但是这类专用机床和生产设备生产准备周期长，更新产品和修改生产工艺不易，费用较高，制约了产品的更新换代。

随着消费向个性化发展，单件小批量多品种产品占到 70% ~ 80%，这类产品的零件一般采用通用机床来加工。当产品改变时，机床与工艺装备均需作相应的变换和调整，而通用机床的自动化程度不高，基本上是由人工操作，难于进一步提高生产率和保证质量。特别是一些曲线、曲面组成的复杂零件，只能借助靠模和仿形机床或者借助画线和样板用手工操作的方法来完成，其加工精度和生产率会受到极大的影响。

为了解决单件、小批量、多品种产品在生产中日愈增加的质量与效益矛盾，特别是复杂型面零件的加工生产问题，数控机床才得以产生和发展。

1.1 数控机床概述

1.1.1 数控技术与数控机床

数控技术是数字控制（Numerical Control）技术的简称，它采用数字化信号对被控设备进行控制，使其产生各种规定的运动和动作。利用数控技术可以把生产过程用某种语言编写的程序来描述，将程序以数字形式送入计算机或专用数字计算装置进行处理、输出，并控制生产过程中相应的执行对象，从而使生产过程能在无人干预的情况下自动进行，实现生产过程的自动化。

采用数控技术的控制系统称为数控系统（Numerical Control System）。根据被控对象的不同，存在多种数控系统，其中产生最早、应用最广泛的是机械加工行业中的各种机床数控系统。所谓机床数控系统就是以加工机床为被控对象的数字控制系统。

安装有数控系统的机床，称为数控机床。它是数控系统与被控机床本体的结合体。例

如：数控系统与车床本体结合称为数控车床，数控系统与铣床本体结合称为数控铣床，除此之外还有数控线切割机床、数控加工中心等。

数控机床是具有高附加值的技术密集型产品，是集机械、计算机、微电子、现代控制及精密测量等多种现代技术为一体的高度机电一体化设备。数控机床的产生使传统的机械加工发生了巨大的变化，这不仅表现在复杂工件的制造成为可能，更表现在采用了数控技术后使生产加工过程真正实现了自动化。

1.1.2 数控机床的产生与发展

第一台数控机床是为满足航空工业制造复杂零件的需要而产生的。1948 年美国 Parsons 公司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，于是由 Parsons 公司首先提出了机床数字控制的概念。1952 年在美国麻省理工学院研制出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，它标志着第一代数控系统——电子管数控系统的诞生。

20 世纪 50 年代末，第二代数控系统——晶体管数控系统被研制成功。

1965 年，第三代数控系统——集成电路数控系统被研制成功。

1970 年，第四代数控系统——小型计算机数控系统被研制成功。

1974 年，第五代数控系统——微型计算机数控系统也出现了。

现代计算机数控系统（CNC）是应用一个或多个微处理器作为数控装置核心组件的数控系统。

随着数控系统的发展，数控机床也得以迅猛发展。特别是近 20 年来，产生了自动更换刀具的数控加工中心、双托盘和多托盘自动交换工件的加工中心和柔性制造单元（FMC）；产生了由多台加工中心、物流系统、工业机器人及相应的信息流和中央控制系统所组成的柔性制造系统（FMS）；办公自动化（OA）与柔性制造系统（FMS）有机集成，形成了工厂自动化（FA）。这些都使传统的制造系统走向了一种新的生产模式——计算机集成制造系统（CIMS Computer Integrated Manufacturing System），在此系统中集成了多种软件和硬件，它可以连接、控制多台数控机床，使系统的柔性、集成度和生产效率更加提高。

自 20 世纪 50 年代开始我国在数控系统方面的研究取得了显著成绩。1958 年研制出第一代数控系统产品，1966 年研制出第二代数控系统产品，1972 年研制出第三代数控系统产品，1975 年我国的数控系统进入了第四代，1979 年研制出第五代数控系统。“六五”期间（1981～1985 年）进行了数控系统及驱动技术的引进，开发了几种典型数控系统；“七五”期间（1986～1990 年），在对引进的数控系统进行消化吸收和国产化的基础上，派生出几种数控系统产品；“八五”期间（1991～1995 年）继续进行数控技术的攻关，重点开发了普及型（经济型）数控系统，并对数控机床主机和相关配件进行攻关和研究，安排了“数控机床国产化”专项研究，并对部分数控机床主机、数控系统和相关配套件重点生产企业进行技术改造。现在我国不仅可以生产车、钻、镗、铣类及磨削类的数控机床，而且还可以生产各种加工中心、柔性制造单元、集成制造系统等高性能、高自动化的数控机床和柔性制造系统。如图 1-1～图 1-6 所示的数控机床是我国自行开发的部分数控机床。

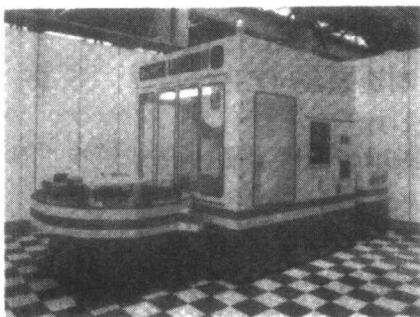


图 1-1 QH1-FMC1 柔性加工单元

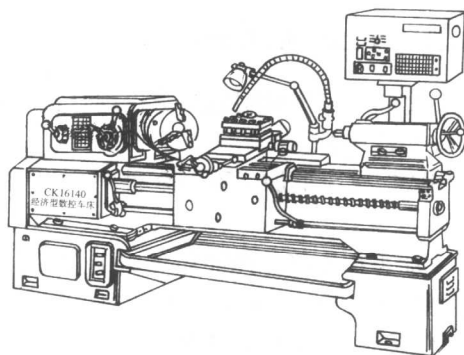


图 1-2 数控车床

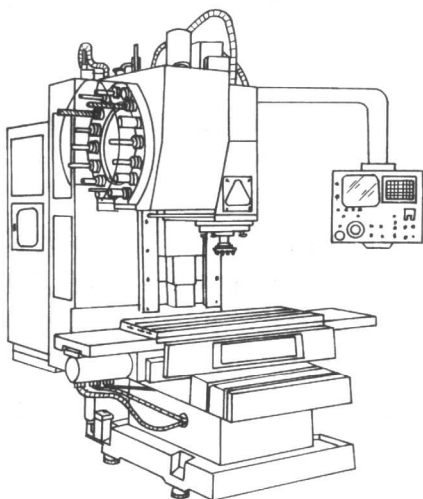


图 1-3 数控加工中心

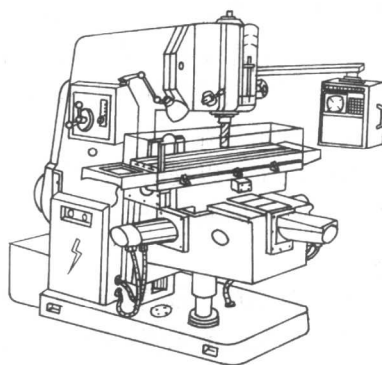


图 1-4 数控铣床

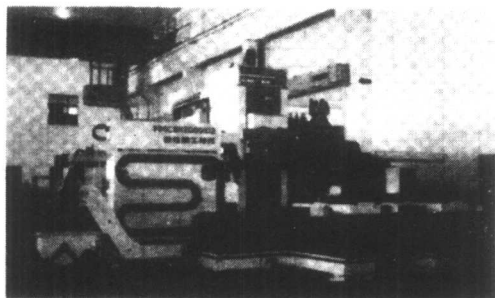


图 1-5 柔性制造单元

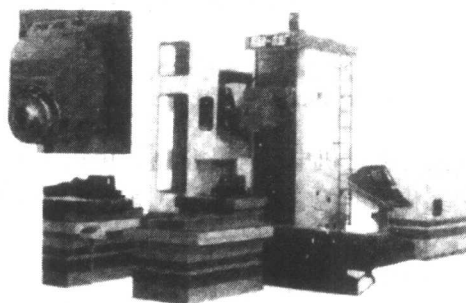


图 1-6 五面体加工中心

1.1.3 数控机床的特点

数控机床在机械制造业中得到日益广泛的应用，是因为它具有如下特点：

1. 生产柔性大

在数控机床上加工不同零件时，只需改变加工程序而不需要特别制造或更换工具和夹具。

2. 加工精度高、产品质量稳定性好

数控机床采用了精密机械组件、灵敏的测量系统、精确的位置控制器和高精度的加工处理技术，所以数控机床具有很高的控制精度和加工精度；数控机床的自动加工方法消除了操作者的人为误差，提高了同一批零件加工尺寸的一致性，使加工质量稳定，产品合格率高。

3. 生产效率高

数控机床刚性好可以采用较大的切削用量，自动更换刀具实现了多工序集中加工，快速移动和停止采用了加速、减速控制措施，从而大大节省了工时；数控机床通常不需要专用的夹具，节省了夹具的设计、制造和更换时间。

4. 较高的可靠性，较好的宜人性

在数控系统中集成了对部件的监控和诊断功能，并能对所编程序进行诊断和模拟运行，还为系统的使用提供了多种帮助功能，使系统的可靠性和宜人性更好。

5. 良好的经济效益

采用数控机床可以提高产品质量，降低材料及其他资源损耗使生产成本降低，可以缩短新产品开发的生产周期，降低其他生产设备投资的费用，所以总体成本下降，可获得良好的经济效益。

6. 减轻劳动强度，改善劳动条件

数控机床是按照预先编好的程序自动完成加工的，操作者只操作键盘、装卸零件和监视加工过程，不需要进行繁重的、重复性的手工操作。

7. 有利于生产管理的现代化

数控机床使用数字信息与标准代码处理、传递信息，特别是在数控机床上使用计算机控制，为计算机辅助设计、制造及管理一体化奠定了基础。

1.2 数控机床的组成与分类

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是机电一体化设备，由机床本体、输入输出装置、数控装置、伺服驱动系统、反馈系统和辅助控制系统组成。虽然数控机床的种类很多，但其基本结构大致相同，如图 1-7 所示。

1. 输入输出装置

输入输出装置是人与机床建立联系的主要途径，是进行人机信息交流和对话的交互设备。

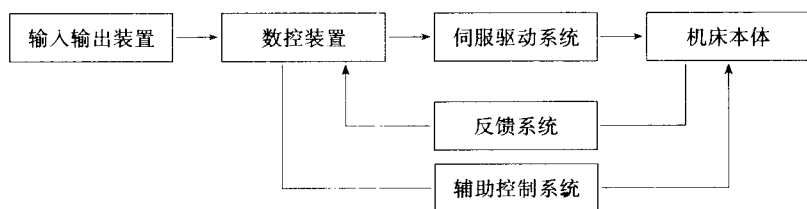


图 1-7 数控机床基本结构图

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电信号，传送并存入数控装置内。常用的输入装置有键盘、磁盘驱动器、光电阅读机、计算机通信接口等。其相应的载体为磁盘、穿孔带等。

最常见的输出装置是显示器，数控系统可以通过显示器为操作人员提供必要的信息，如程序信息、位置坐标值、报警信息等。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心，数控机床的所有控制功能都由它来控制实现。数控装置的作用是接收由加工程序、控制面板、反馈系统等送来的各种信息，经处理和分配后，向各驱动机构（伺服系统）发出位置、速度等指令，驱动相应对象执行规定命令。在执行过程中，驱动、检测等机构的有关信息反馈给数控装置，经处理后发出新的执行命令。

3. 伺服驱动系统

伺服驱动系统是执行数控装置所发指令的驱动机构，是数控系统与机床主体的联系纽带，它的作用是将从数控装置输出的微弱电信号（脉冲电压约 5V 左右，脉冲电流为毫安级），经功率放大器等电子器件，放大为较强的电信号（驱动电压约几十伏至几百伏，电流可达几十安培），然后将上述数字量信息转换成模拟量（执行电动机轴的角位移和角速度）信息，从而驱动执行电动机带动机床运动部件按给定的速度和位置进行运动。

4. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。与传统机床相比，结构和性能上发生了较大的变化，例如：具有结构简单、精度高、结构刚性好、可靠性高和传动效率高等特点。

5. 反馈系统

反馈系统的作用是将机床移动的实际位置、速度参数检测出来，转换成电信号并反馈到数控装置中，使数控装置判断机床的实际位置、速度是否与指令一致，并发出相应指令纠正所产生的误差。

6. 辅助控制系统

辅助控制装置的作用是把数控装置输出的辅助控制指令经机床接口电路转换成强电信号，用来控制冷却泵启停及转位换刀等辅助功能。

1.2.2 数控机床的工作原理

数控机床的主要任务是控制刀具和工件之间的相对运动，完成零件的切削加工任务。

数控机床加工零件的工作原理如图 1-8 所示，其主要步骤如下：

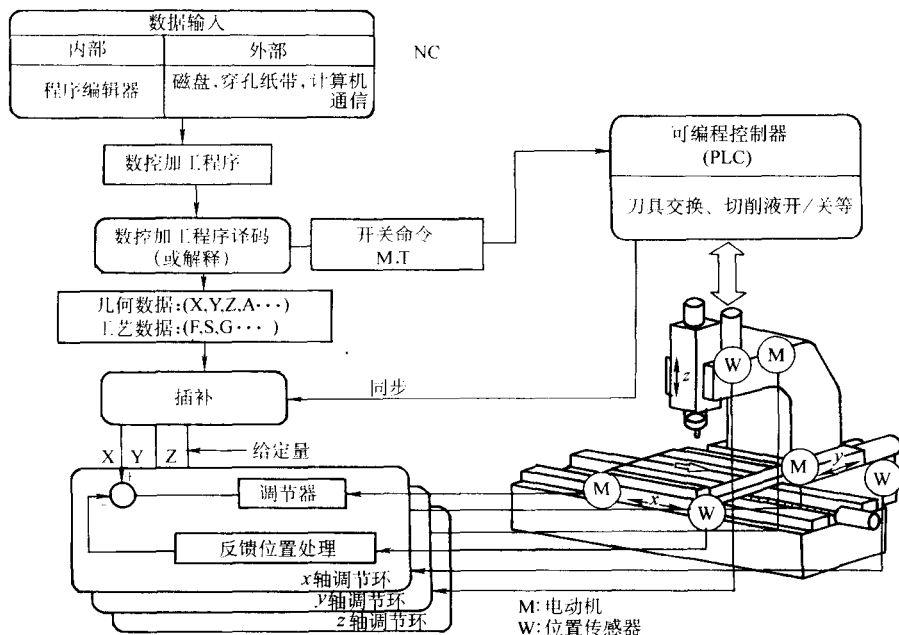


图 1-8 数控机床的主要工作过程

1. 数控编程及输入

数控编程就是对被加工零件进行程序编制，即加工前根据被加工零件的图样要求，确定零件加工的工艺过程、工艺参数，并按规定的程序代码和格式编写零件数控加工程序，将数控加工程序通过输入设备读入数控装置。

2. 数据处理和计算

对输入的加工信息进行预处理，即进行译码和预计算（坐标变换、插补计算、刀补计算等）。系统进行数控加工程序译码（或解释）时，将其区分成几何的、工艺的数据和开关功能。几何数据是刀具相对工件的运动路径数据，如有关 G 功能和坐标指定等，利用这些数据可加工出所要求的工件几何形状；工艺数据是主轴转速和进给速度等功能，即 F、S 功能和部分 G 功能；开关功能是对机床控制功能的开关命令，如主轴起/停、刀具的选择和交换、切削液泵的起/停、润滑泵的起/停等辅助 M 功能等。数控装置对加工控制信息预处理完毕后，开始逐段运行数控加工程序。同时对从机床各部分反馈的信号进行处理。

3. 伺服控制和机床加工

把来自数控装置输入的控制信号经过功率放大，通过驱动元件和机械传动机构，使机床执行机构带动刀具相对工件按规定的轨迹和速度进行加工。

1.2.3 数控机床的分类

1. 按其刀具与工件的相对运动轨迹分类

数控机床按其刀具与工件的相对运动轨迹可以分为点位控制、直线控制和连续控制三大类。

(1) 点位控制 点位控制是指在刀具运动时只控制刀具相对于工件位置的准确性, 不考虑两点间刀具的运动路径, 这是点位控制的特点。

通常在一平面内均可实现点位控制, 加工是在刀具定位之后才进行的。如数控钻床、数控冲床、数控铆接机等。如图 1-9 所示是点位控制机床(数控钻床)加工示意图, 刀具在相应的点定位后才能进行钻削加工, 刀具从一点移动到另一点的过程中是不能进行加工的, 而且通常都采用快速移动方式。

(2) 直线控制 直线控制也称为直线切削控制方式。这种控制方式, 除了控制刀具从起点到终点的准确定位之外, 还要保证运动轨迹必须是一条直线, 并且刀具在运动过程中还要进行切削加工。

图 1-10 所示是直线控制的加工示意图。能完成直线控制的机床有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。

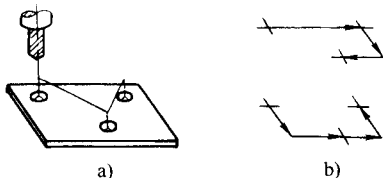


图 1-9 点位控制加工示意图

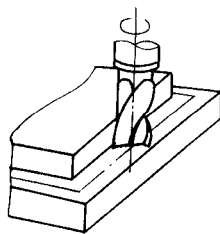


图 1-10 直线控制加工示意图

(3) 连续控制 连续控制也称轮廓控制。该控制的特点是能够对两个坐标或两个以上坐标的运动进行控制。不仅控制刀具从起点到终点的坐标还能控制整个加工过程中每一点的速度与坐标。在运动过程中刀具可以进行直线和圆弧的切削加工(直线、圆弧插补)和准确定位。图 1-11 所示是连续控制加工示意图。采用连续控制的机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心等。

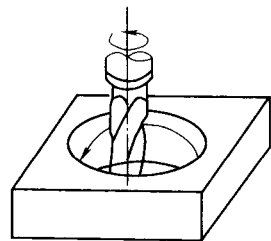


图 1-11 连续控制加工示意图

2. 按伺服系统分类

按照伺服系统的控制方式可以把机床数控系统分为以下几类:

(1) 开环控制数控系统 这类数控系统不带检测装置也无反馈装置, 以步进电动机为驱动元件。如图 1-12 所示, 数控装置输出的指令(进给)脉冲经驱动电路进行放大, 驱动步进电动机转动, 再经机床传动机构(齿轮箱、丝杠等)带动工作台移动。这种方式控制简单, 价格低廉, 但控制精度不高, 被广泛应用于经济型数控机床。

(2) 闭环控制数控系统 这类数控系统带有位置检测和反馈装置, 以直流或交流电动机为驱动元件。按照位置检测装置安装位置的不同, 闭环控制数控系统又进一步分为全闭环控制、半闭环控制和混合控制数控系统三类。

1) 全闭环控制数控系统。位置检测装置安装在机床工作台上, 用以检测出机床工作台

的实际运行位置（直线位移），并将其与数控装置发出的指令位置（或位移）相比较，用差值进行控制，直到差值消除，其控制原理如图 1-13 所示。这类控制方式的位置控制精度很高，但控制电路复杂、调试和维修工作量大、成本高。

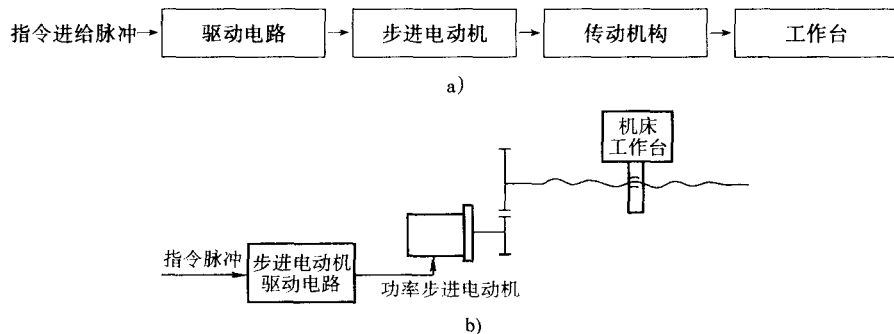


图 1-12 开环控制数控系统

a) 工作原理图 b) 系统示意图

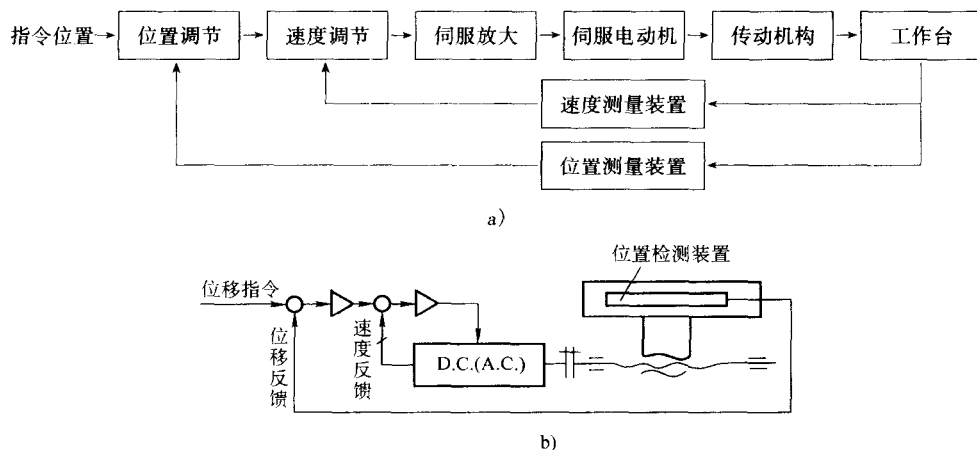


图 1-13 全闭环控制数控系统

a) 工作原理图 b) 系统示意图

2) 半闭环控制数控系统。位置检测元件被安放在电动机端或丝杠轴端，通过角位移的测量间接计算出机床工作台的实际运行位置（或直线位移），并将其与数控装置发出的指令位置（或位移）进行比较，用差值进行控制，直到差值消除，其控制原理如图 1-14 所示。其控制精度不如全闭环控制数控系统，但调试维修方便，可以获得比较稳定的控制特性。因此在实际应用中，这方式被广泛采用。

3) 混合控制数控系统。这类系统混合应用了开环、全闭环和半闭环的控制特点，互相取长补短。常见的有如下两种：

① 开环补偿型控制数控系统。其控制原理如图 1-15 所示，它在开环控制方式的基础上，附加一补偿（校正）环节。这样既保留了开环控制的优点，又较好地解决了步进电动机丢步和过冲的问题，使开环控制的控制精度得以提高。

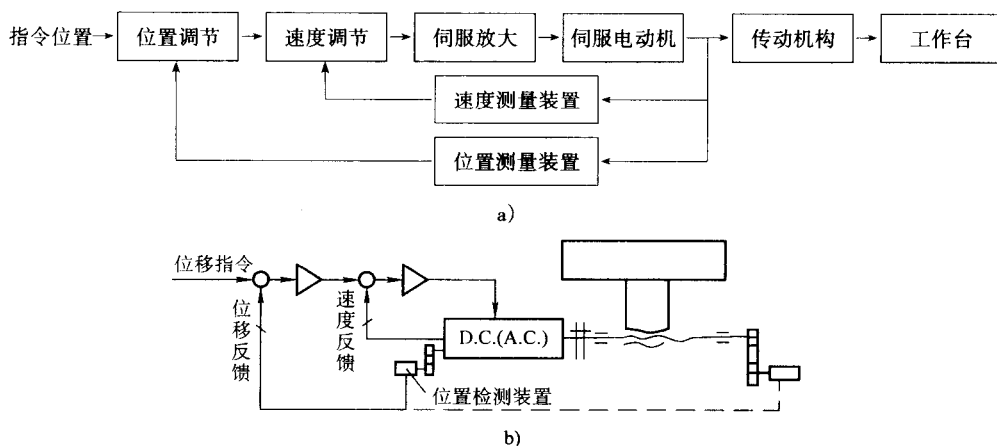


图 1-14 半闭环控制数控系统

a) 工作原理图 b) 系统示意图

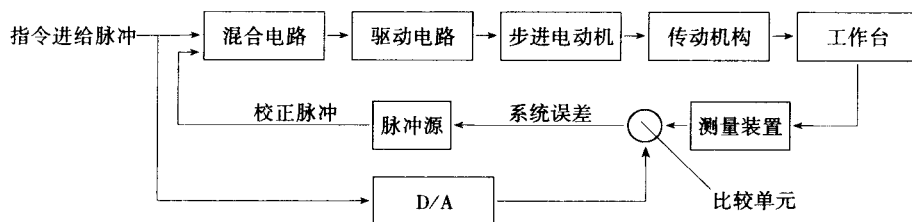


图 1-15 开环补偿型控制数控系统工作原理图

②半闭环补偿型控制数控系统。其控制原理如图 1-16 所示，它采用半闭环方式进行基本驱动，再用装在工作台上的直线位移测量元件实现全闭环控制，用半闭环和全闭环检测信号的差值进行控制，因而这种系统既可以快速获得稳定的控制特性，又可以获得高精度。这种控制方式多应用在既要求具有较高的进给速度和快速移动速度，又要求具有高精度的大型数控机床。

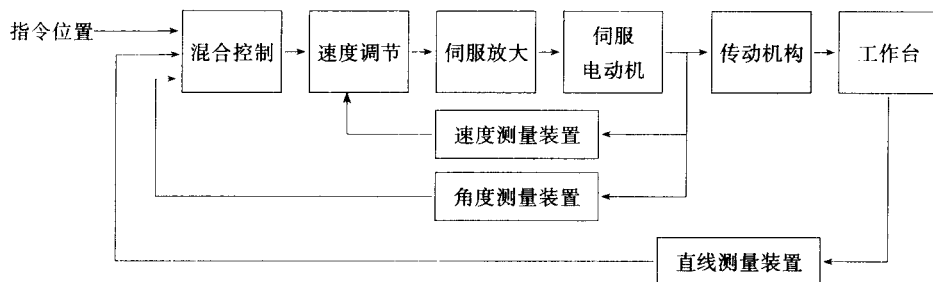


图 1-16 半闭环补偿型控制数控系统工作原理图

3. 按数控系统功能水平分类

按照数控系统的功能水平,数控机床可以分为经济型(低档型)、普及型(中档型)和高档型数控机床三种。这种分类方法没有明确的定义和确切的分类界线,且不同时期、不同国家的类似分类含义也不同。

(1) 经济型 这一档次的数控机床通常仅能满足一般精度要求的加工,所以又称简易数控机床。它能加工形状较简单的直线、斜线、圆弧及带螺纹类的零件。采用的微机系统为单板机或单片机系统,具有数码显示、CRT 字符显示功能。机床进给由步进电动机实现开环控制,控制的轴数和联动轴数在 3 轴或 3 轴以下,进给分辨率为 $10\mu\text{m}$,快速进给速度可达 $1\text{m}/\text{min}$ 。这类机床结构一般都比较简单,精度中等,价格也比较低廉,一般不具有通信功能。如经济型数控线切割机床、数控钻床、数控车床、数控铣床及数控磨床等。

(2) 普及型 这类数控机床功能较多,所以常称之为全功能数控机床。除了具有简易数控机床的功能外,还具有图形显示功能及面向用户的宏程序功能等。采用的微机系统为 16 位或 32 位微处理器,具有 RS-232C 通信接口。机床的进给多用交流或直流伺服驱动,一般系统能实现 4 轴或 4 轴以下联动控制,进给分辨率为 $1\mu\text{m}$,快速进给速度为 $10 \sim 20\text{m}/\text{min}$,其输入输出的控制一般由可编程序控制器来完成,从而大大增强了系统的可靠性和控制的灵活性。这类数控机床的品种极多,几乎覆盖了各种机床类别,且其价格适中。目前它的发展趋势是趋向于简单、实用、不追求过多的功能,从而使机床的价格适当降低。

(3) 高档型 指加工复杂形状工件的多轴控制数控机床,其工序集中、自动化程度高、功能强、高度柔性化。采用的微机系统为 32 位以上微处理器系统,机床的进给大多采用交流伺服驱动,至少能实现 5 轴或 5 轴以上的联动控制,最小进给分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,最大快速移动速度能达到 $100\text{m}/\text{min}$;具有三维动画图形功能和宜人的图形用户界面;具有丰富的刀具管理功能、宽调速主轴系统、多功能智能化监控系统 and 面向用户的宏程序功能;具有很强的智能诊断和智能工艺数据库,能实现加工条件的自动设定,能实现计算机的联网和通信。这类系统功能齐全,价格昂贵,如具有 5 轴以上的数控铣床,大、重型数控机床、五面体加工中心,车削中心和柔性加工单元等。

1.2.4 数控机床的应用范围

数控机床适于多品种、小批量的生产,特别适合新产品的试生产。数控车床适于回转类的轴类零件和盘类零件的加工。数控镗铣床和立式加工中心适于箱体、箱盖、板类零件、平面凸轮等的加工。三轴联动的立式加工中心用来加工叶片和模具。卧式加工中心用途更广泛,它适宜加工复杂的箱体零件、曲形零件、泵体、阀体零件如图 1-17 所示。多轴(五轴)联动的数控镗铣床、五面体加工中心用来加工复杂的曲形面、叶轮螺旋桨及模具等复杂零件,如图 1-18 所示。

不同机床适应的零件加工范围不同,从图 1-19 中可以看出,三种机床适用范围的情况:当零件不复杂,生产批量较少时,宜选用普通机床;当零件复杂程度高时,选数控机床更为合理;当零件批量增大超出一定范围时,选用数控机床就不太合理了,大批量生产最好是选用专用机床。从加工经济性而言,并不是越好的机床加工经济性越好,从图 1-20 中可以看出数控机床在中、小批量的生产中有较好的经济效益。从图 1-21 中可看出使用数控机床加工的经济产量范围较广。

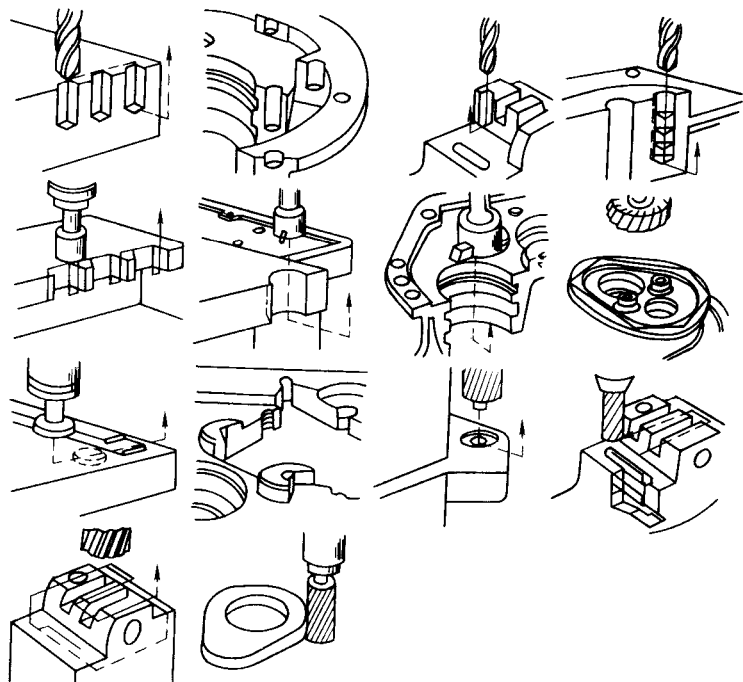


图 1-17 在加工中心上完成的工序

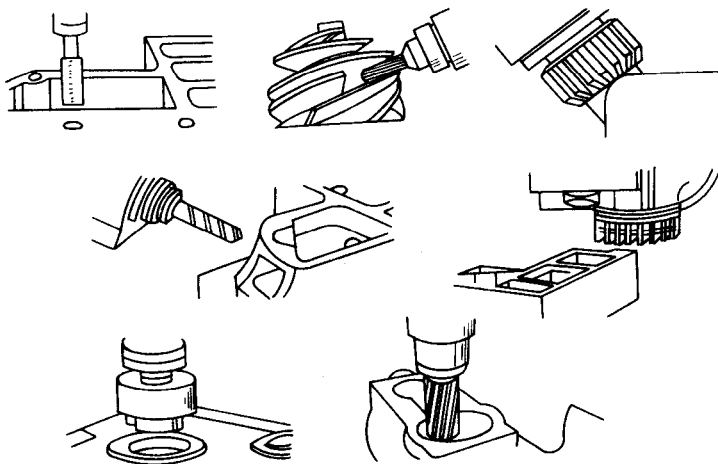


图 1-18 在五轴联动数控铣床上完成的工序

综上所述，最适合在数控机床上加工的零件可归纳如下：

- 1) 轮廓形状复杂，加工精度较高的零件。
- 2) 用普通机床加工时，需要制作复杂工艺装备的零件。
- 3) 用普通机床加工时，工艺路线过长、工装过多的零件。