



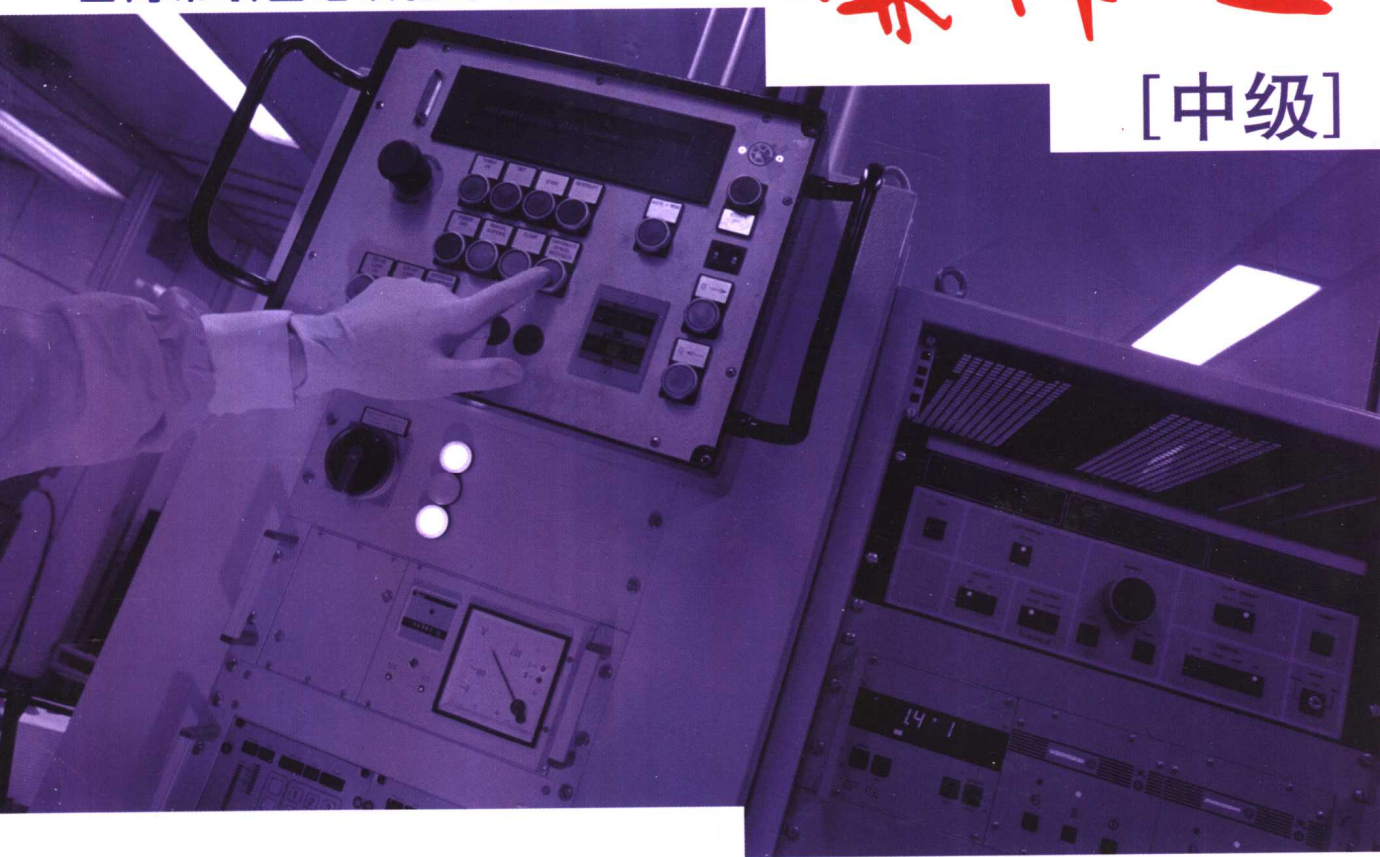
1+X 职业技术·职业资格培训教材

数控机床

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心 组织编写

操作工

[中级]



中国劳动社会保障出版社



教育部推荐教材

数控机床

操作工

【中级】



中国劳动社会保障出版社

华北水利水电学院图书馆



209190196

TG659

L122

技术 · 职业资

数控机床

操作工

[中级]

主 编 李蓓华

编 者 高 鸣 李蓓华 高 琪

武正秋 邓时鸣

审 稿 朱 斌



中国劳动社会保障出版社

919019

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作工：中级/李蓓华主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2004
职业技术·职业资格培训教材

ISBN 7-5045-4432-9

I. 数… II. 李… III. 数控机床-操作-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 004983 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 23.5 印张 506 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

印数：3200 册

定价：33.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211

发行部电话：010 - 64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64911344

内 容 简 介

本书由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1+X 职业技能鉴定考核细目——数控机床操作工（中级）组织编写。本书从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握中级数控机床操作工的核心内容与技能有直接的帮助和指导作用。

本书内容包括数控机床简介、数控机床的典型结构、典型数控机床、数控机床编程基础、数控车床编程、数控铣床编程、数控机床模拟仿真和实际操作等，结合大量实例讲解本职业要求。

为便于读者掌握本教材的重点内容，教材每单元后附有模拟测试题及答案，全书最后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，用于检验、巩固所学知识技能。

全书由李蓓华主编，高鸣、李蓓华、高琪、武正秋、邓时鸣参加编写，具体分工为：高鸣编写第一、第四单元，李蓓华编写第二、第四单元，高琪编写第五单元，武正秋编写第六单元，邓时鸣编写第七单元。本书由朱斌担任主审。

本书可用于数控机床操作工（中级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供全国中等职业学校学习掌握先进中级数控机床操作工知识与技术，或进行岗位培训、就业培训使用。

前 言

职业资格证书制度的推行，对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能，提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义，也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展，特别是加入世界贸易组织以后，各种新兴职业不断涌现，传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展，优化劳动力素质，上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试，推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库，X是为适应上海市经济发展的需要，对职业标准和题库进行的提升，包括增加了职业标准未覆盖的职业，也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式，得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要，劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写，教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能，较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家，以及相关行业的专家参与教材的编审工作，保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色，按等级、分模块单元的编写模式，使学员通过学习与培训，不仅能够有助于通过鉴定考核，而且能够有针对性地系统学习，真正掌握本职业的实用技术与操作技能，从而实现我会做什么，而不只是我懂什么。每个模块单元所附模拟测试题和答

案用于检验学习效果，教材后附本级别的知识模拟试卷和技能模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识与技能。

本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心

目 录

第一单元 数控机床简介	(1)
第一节 数控机床基本概述	(1)
第二节 数控机床的分类	(5)
第三节 数控机床的特点及应用范围	(11)
第四节 数控机床的发展	(17)
模拟测试题	(19)
模拟测试题答案	(21)
第二单元 数控机床的典型结构	(24)
第一节 数控机床主传动系统	(24)
第二节 数控机床的进给伺服系统	(32)
第三节 数控机床的自动换刀装置	(45)
第四节 数控机床常用位置检测装置	(48)
模拟测试题	(56)
模拟测试题答案	(58)
第三单元 典型数控机床	(61)
第一节 数控车床	(61)
第二节 数控铣床	(74)
第三节 数控机床的使用与日常维护	(82)
模拟测试题	(86)
模拟测试题答案	(87)
第四单元 数控机床编程基础	(90)
第一节 数控机床编程的基本概念	(90)
第二节 数控机床的坐标系	(93)
第三节 数控系统的功能指令	(100)
模拟测试题	(106)
模拟测试题答案	(108)
第五单元 数控车床编程	(110)

第一节 数控车床的编程基础	(110)
第二节 数控车床的基本编程方法	(121)
第三节 刀具补偿	(155)
第四节 编程示例	(162)
模拟测试题	(167)
模拟测试题答案	(172)
第六单元 数控铣床编程	(176)
第一节 数控铣床编程基础	(176)
第二节 数控铣床基本编程方法	(181)
第三节 刀具补偿	(210)
第四节 编程示例	(225)
模拟测试题	(230)
模拟测试题答案	(237)
第七单元 模拟仿真软件操作	(241)
第一节 仿真软件概述	(241)
第二节 FANUC 仿真系统操作	(242)
第三节 PA8000NT 仿真系统操作	(271)
第四节 仿真操作示例	(316)
知识考核模拟试卷 (一)	(348)
技能考核模拟试卷 (一)	(351)
知识考核模拟试卷 (一) 答案	(353)
技能考核模拟试卷 (一) 答案	(356)
知识考核模拟试卷 (二)	(357)
技能考核模拟试卷 (二)	(360)
知识考核模拟试卷 (二) 答案	(362)
技能考核模拟试卷 (二) 答案	(365)

第一单元 数控机床简介

第一节 数控机床基本概述

随着社会生产和科学技术的飞速发展,机械制造技术发生了深刻的变化,机械产品日趋精密复杂,且改型频繁,尤其是在宇航、军事、造船等领域所需的零件,精度要求高,形状复杂,批量又小。传统的普通机械加工设备已难以适应市场对产品多样化的要求。为了满足上述要求,以数字控制技术为核心的新型数字程序控制机床应运而生。

1948年,美国帕森斯公司(Parsons Co.)受美国空军委托与麻省理工学院伺服机构研究所(Servo Mechanismus Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology)合作进行数控机床的研制工作。1952年,第一台三坐标立式铣床试制成功,但第一台工业用数控机床直到1954年11月才生产出来。

我国数控机床的研制是从1958年起步的,由清华大学研制出了最早的样机。

早期的数控机床控制系统采用电子管,其体积大,功耗高,只在军事部门应用,只有当电子微处理机用于数控机床后,才真正使数控机床得到了普及。

一、何谓数控机床

数控(NC)是数字控制(Numerical Control)的简称,是20世纪中叶发展起来的一种用数字化信息进行自动控制的一种方法。装备了数控技术的机床,称为数控机床,也简称为NC机床。

70年代初,随着计算机技术的发展,使小型计算机的价格急剧下降,采用小型计算机代替专用控制计算机的第四代数控系统,不仅在经济上更为合算,而且许多功能可用编制的专用程序来实现,将它存储在小型计算机的存储器中,构成所谓控制软件,提高了系

统的可靠性和功能特色。这种数控系统又称为软接线 (软线) 数控, 即计算机数控系统, 简称 CNC (Computerized NC)。

1976 年制成以微处理机为核心的数控系统, 称为第五代微型机数控系统。简称 MNC (Microcomputerized NC)。

国际信息联盟第五技术委员会对数控机床做了如下定义:

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所规定的程序。定义中的控制系统就是数控系统。

二、数控机床的工作原理

数控机床工作原理如图 1—1 所示。首先根据被加工零件的图样, 将工件的形状、尺寸及技术要求等, 采用手工或计算机按运动顺序和所用数控机床规定的指令代码及程序格式编成加工程序单, 并将这些程序代码存储在穿孔纸带、磁带、磁盘及其他计算机用通信方式等信息载体上 (或直接用键盘输入), 然后经输入装置, 读出信息并送入数字控制装置。数控装置就依照指令带上的数码指令进行一系列处理和运算, 变成脉冲信号, 并将其输入驱动装置, 带动机床传动机构, 机床工作部件有次序地按要求的程序自动进行工作 (如工件夹紧与放松、冷却液的开闭、刀具的自动更换、各轴的进给等), 加工出图样要求的零件。

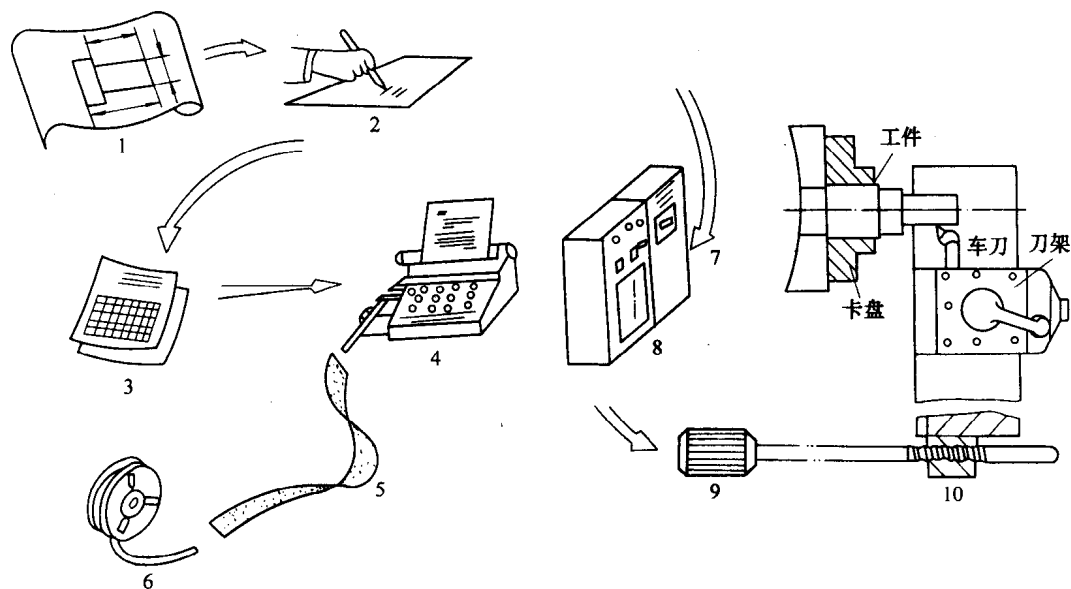


图 1—1 数控机床工作原理图

1—零件图样 2—程序设计 3—程序单 4—制穿孔带 5—穿孔纸带 6—纸带盘 7—光电读带机
8—数控装置 9—步进电动机 10—滚珠丝杠螺母副

三、数控机床的组成

组成一台完整的数控机床，主要由控制介质（穿孔带、磁带）、数控装置、伺服系统和机床四部分及辅助装置组成，如图 1—2 所示为其基本框图。

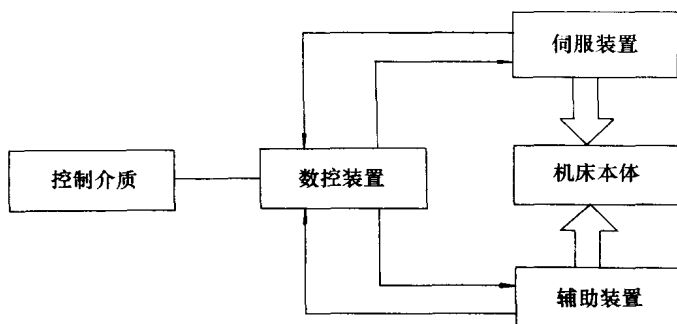


图 1—2 数控机床的组成

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，它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、控制运算器（CPU）和输出装置等构成（见图 1—3）。图中虚线内包含部分为数控装置。

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，送到运算控制器进行计算处理，再经过输出装置将运算控制器发出的控制命令送到伺服系统，带动机床完成相应的运动。

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。

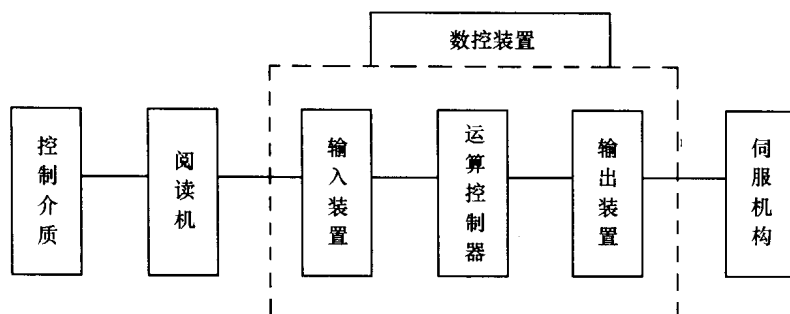


图 1—3 数控装置组成图

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。指令信息以脉冲信号表示，反映到机床移动部件上的移动量称为脉冲当量，常用脉冲当量为 $0.001 \sim 0.01 \text{ mm}$ ，脉冲当量在设计数控机床时即已规定。

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

机床本体是数控机床的实体，是完成实际切削加工的机械部分，它包括床身、底座、工作台、床鞍、主轴等。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方面都已发生了很大的变化。这些变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。因此，必须建立数控机床设计的新概念。

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。

第二节 数控机床的分类

数控机床的种类很多，一般可以按以下几种方式来划分，见表 1—1。

表 1—1 数控机床的分类方式

分类方式	包括内容
按运动轨迹分类	点位控制数控机床、直线控制数控机床、轮廓切削（连续轨迹）控制数控机床
按联动轴数分类	2 轴联动数控机床、2.5 轴联动数控机床、3 轴联动数控机床、多轴联动数控机床
按工艺类型分类	金属切削类数控机床、金属成型类数控机床、特种加工、其他类型数控机床
按伺服类型分类	开环、闭环和半闭环控制数控机床、混合环伺服系统数控机床
按数控装置功能水平分类	低档、中档、高档数控机床

一、按运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是控制刀具或机床工作台等移动部件的终点位置，即控制移动部件由一个点准确地移动到另一个点，而点与点之间的运动轨迹没有严格要求。在移动和定位过程中刀具不进行任何切削加工。因此，为了尽可能减少移动部件的运动时间和提高定位精度，通常先快速移动到接近终点坐标，然后进行 1~3 次减速，准确移动到定位点，以保证定位精度（见图 1—4）。使用这类控制系统的数控机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床、数控点焊机、数控折弯机和数控测量机等。

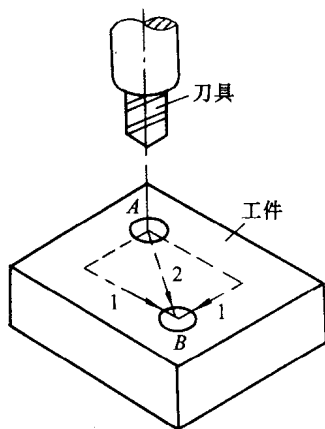


图 1—4 点位数控机床加工示意图

直线控制数控机床的特点是刀具相对于工件的运动既要控制起点与终点之间的准确位置，又要控制刀具在这两点之间运动的速度和轨迹。刀具相对工件移动的轨迹是平行于机床某一坐标轴的直线方向，刀具在移动过程中进行切削（见图 1—5）。使用这类控制系统的数控机床有数控车床、数控钻床、数控铣床和数控磨床等。

3. 轮廓切削（连续轨迹）控制数控机床

大多数数控机床都具有轮廓切削控制功能，其特点是这类数控机床能控制两个或两个以上的轴，坐标方向同时严格地连续控制，不仅要控制每个坐标的行程，还要控制每个坐

标的运动速度, 这样可以加工出由任意斜线、曲线或曲面组成的复杂零件 (见图 1—6)。使用这类控制系统的数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、数控齿轮加工机床和数控加工中心等。

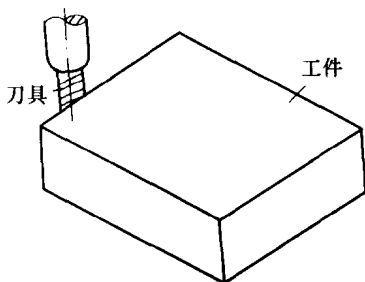


图 1—5 直线数控机床加工示意图

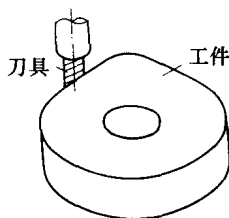


图 1—6 轮廓切削数控机床加工示意图

二、按联动轴分类

数控机床的计算机数控系统能够控制的坐标数目, 反映了计算机数控系统的运算处理能力, 它与计算机的内存容量、运算速度密切相关。目前世界上数控系统最高能控制几十个轴 (即坐标)。联动是指各个坐标轴同时达到空间某一点。在 1999 年 10 月举行的中国国际机床展览会上已出现可控轴数为 30, 24 或 16, 联动轴数达 9 轴的国产数控系统, 如华中数控公司展出的 5 轴联动加工中心 (用于叶轮的加工); 北京机电院和北京航空航天大学联合开发的 JT2010 型数控系统, 可以用一个系统, 控制总轴数多达 50 的多台机床组成的成套机群。

现代数控机床绝大多数都具有两坐标或两坐标以上联动的功能, 不仅有刀具半径补偿、刀具长度补偿、还有机床轴向运动误差补偿、丝杠、齿轮的间隙误差补偿等一系列功能。

按联动轴可分为以下几种:

1. 二轴联动数控机床

如数控车床, 加工曲面回转体; 某些数控铣床, 二轴联动铣斜面, 如图 1—7a 所示。

2. 三轴联动数控机床

如数控铣床和数控加工中心, 三轴联动加工曲面零件, 如图 1—7b 所示。

3. 二轴半联动数控机床

是指有三个坐标控制轴 (X, Y, Z), 其中任意两个轴联动, 第三轴做周期性等距运动。如某些数控钻铣床, 如图 1—7c 所示。

4. 多轴联动数控机床

是指能四轴或四轴以上联动的数控机床。如多轴联动数控铣床和多轴联动数控加工中心等, 如图 1—7d 所示。

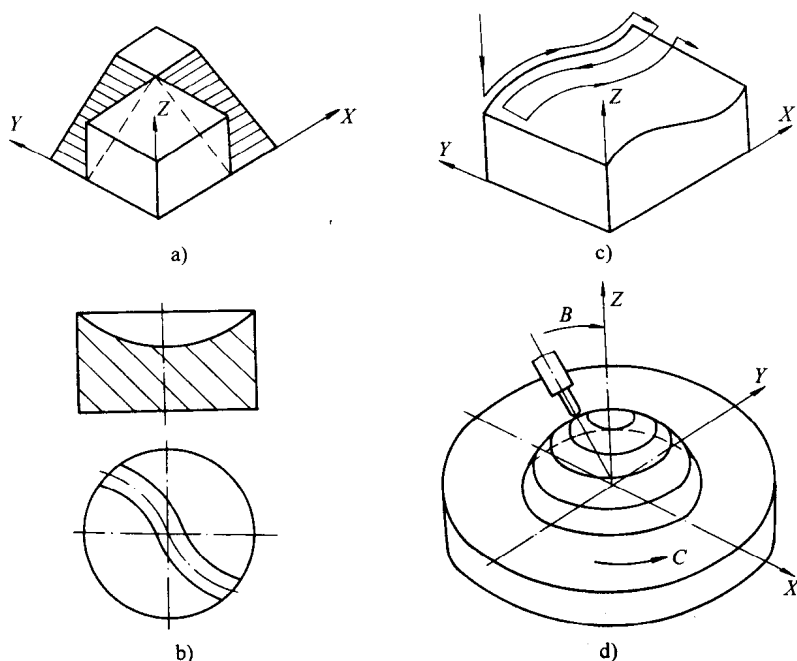


图 1—7 数控机床联动轴数

a) 二轴联动 b) 三轴联动 c) 二轴半联动 d) 多轴联动

三、按工艺类型分类

1. 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床发展最早，种类繁多，功能差异大。与传统的通用机床一样，这类数控机床主要包括数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床、数控齿轮加工机床及数控加工中心等。数控加工中心也称为具有刀库或自动换刀装置的数控机床。其特点是：在一次装夹后，可以进行多种工序的加工。数控加工中心目前主要有两大类：一类是以数控铣床、数控镗床为基础发展起来的，叫做铣削中心；另一类是在数控车床基础上发展起来的，叫做车削中心（见图 1—8）。数控加工中心又称为多工序数控机床。在加工中心上，可使零件一次装夹后，进行多种工艺、多道工序的集中连续加工，这就大大减少了机床台数。由于减少了装卸工件、更换和调整刀具的辅助时间，从而提高了机床效率，同时由于减少了多次安装造成的定位误差，从而提高了各加工表面间的位置精度；因此，近年来加工中心得以迅速发展。

2. 金属成型类数控机床

金属成型类数控机床主要包括数控弯管机、数控组合冲床、数控转头压力机等。这类机床起步晚，但发展较快。

3. 数控特种加工机床

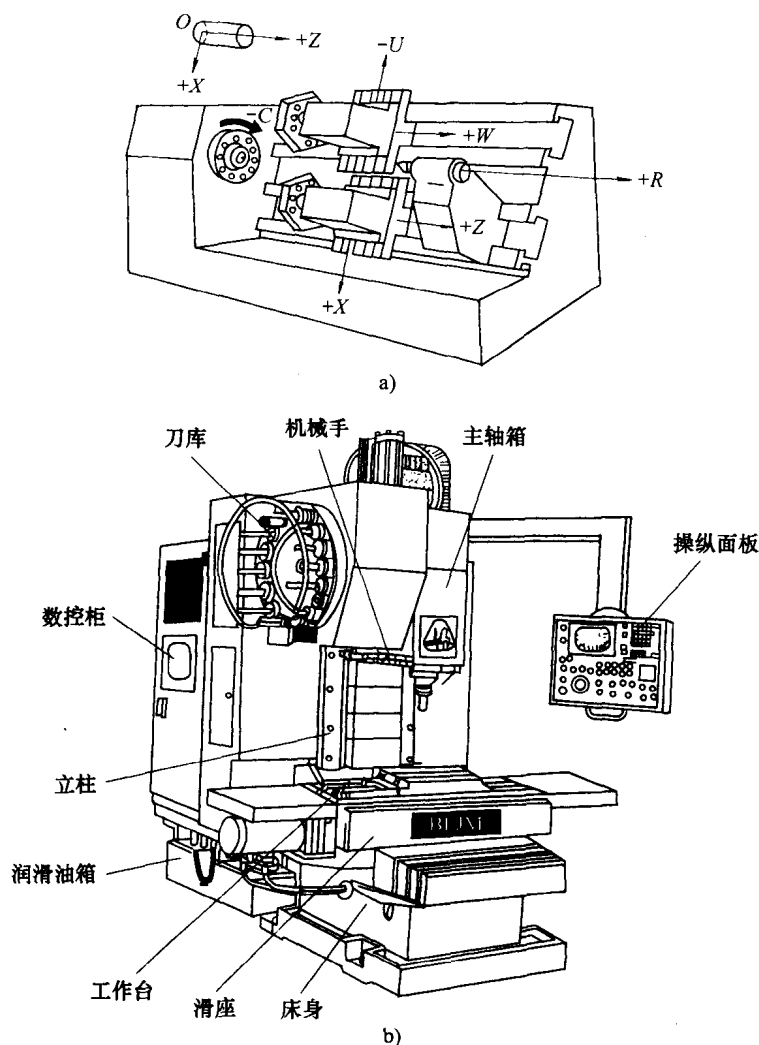


图 1—8 金属切削类数控机床

a) 车削中心 b) 铣削中心

数控特种加工机床主要包括数控线(电极)切割机床(见图 1—9), 数控电火花加工机床(见图 1—10), 数控火焰切割机、数控激光切割机等。

4. 其他类型的数控机床

其他类型的数控机床主要有数控三坐标测量机床等, 如图 1—11 所示。

四、按伺服类型分类

1. 开环伺服系统数控机床

开环伺服系统数控机床构造简单, 它没有位置测量装置和反馈装置, 不能对移动工作