

职业技术·职业资格培训教材

(中级)

数控机床工

SHUKONG JICHUANGGONG

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



职业技术·职业资格培训教材

(中级)

数控机床工

SHUKONG JICHUANGGONG

主 编 李蓓华
编 者 李蓓华 邓时鸣 高 琪
高 鸣
主 审 郑民章



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床工：中级/李蓓华主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2006

职业技术·职业资格培训教材

ISBN 978-7-5045-5851-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 115442 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

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 22.5印张 487千字

2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

定价：33.00元

读者服务部电话：010 - 64929211

发行部电话：010 - 64927085

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

本教材由劳动和社会保障部办公室、上海市职业技术培训教材编审委员会依据上海 1+X 职业技能鉴定考核细目——数控机床工（国家职业资格四级）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，掌握中级数控机床工的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书分为 8 个单元，主要包括：数控机床简介、数控加工工艺基础、数控加工工艺分析、数控车床编程、数控铣床编程、模拟仿真软件操作、数控机床操作、常用量具的使用与机床日常保养等。为便于读者掌握本教材的重点内容，部分单元后附有单元测试题及答案，全书后附有一体化考核模拟试卷，用于检验和巩固所学知识与技能。

本教材由李蓓华担任主编。编写人员具体分工为：李蓓华（第 2、3、4、5、8 单元和技能考核模拟试卷）、邓时鸣（第 6、7 单元）、高琪（第 4 单元）、高鸣（第 1、3 单元）。全书由郑民章审定。

本教材可作为数控机床工（国家职业资格四级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供中、高等职业院校师生，以及相关专业技术人员参加岗位培训、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越来越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。部分单元所附单元测试题和答案用

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

本教材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。

劳动保障部教材办公室

上海市职业培训指导中心

目 录

第1单元 数控机床简介

1.1 数控机床概述	4
1.2 数控机床的分类	7
1.3 数控机床的特点及应用范围	11
1.4 数控机床的发展	14
单元测试题	16
单元测试题答案	18

第2单元 数控加工工艺基础

2.1 数控加工工艺概述	22
2.2 数控切削加工基础知识	25
2.3 工件的定位与夹紧	31
2.4 数控机床常用刀具	39
单元测试题	45
单元测试题答案	47

第3单元 数控加工工艺分析

3.1 数控编程的基本概念	52
3.2 数控机床的坐标系	55
3.3 数控系统的功能指令	60
3.4 数控加工工艺分析	64
3.5 数控编程中的数值处理	72
单元测试题	78
单元测试题答案	80



● 第4单元 数控车床编程

4.1 数控车床编程基础	84
4.2 数控车床基本编程方法	94
4.3 刀具补偿	128
4.4 编程示例	134
单元测试题	147
单元测试题答案	151

● 第5单元 数控铣床编程

5.1 数控铣床编程基础	158
5.2 数控铣床基本编程方法	162
5.3 刀具补偿	185
5.4 编程示例	195
单元测试题	206
单元测试题答案	212

● 第6单元 模拟仿真软件操作

6.1 仿真软件概述	218
6.2 FANUC-0i 仿真系统操作	218
6.3 PA8000-NT 仿真系统操作	247

第7单元 数控机床操作

- 7.1 FANUC-0i 系统数控车床 (HM-001) 操作 284
- 7.2 FANUC-0i 系统数控铣床 (FA-32M) 操作 294
- 7.3 PA8000-LW 系统数控机床 (FA-32T, FA-32M)
操作 299

第8单元 常用量具的使用与机床日常保养

- 8.1 常用量具的使用 322
- 8.2 数控机床的日常维护 332

《数控机床工》(中级) 鉴定模式 339

考核模拟试卷 (一) 341

考核模拟试卷 (二) 345

1

数控技术

第 1 单元

数控机床简介

- | | | |
|-----|--------------|-----|
| 1.1 | 数控机床概述 | /4 |
| 1.2 | 数控机床的分类 | /7 |
| 1.3 | 数控机床的特点及应用范围 | /11 |
| 1.4 | 数控机床的发展 | /14 |

引 导 语

数控加工是先进制造技术的重要组成部分，数控机床已成为机械制造行业必不可少的设备。从事数控加工的主要工作岗位有：数控机床工、数控技术工程师、数控车间管理人员和生产技术管理人员等。

在国外，数控机床的普及程度要高于我国，操作数控机床的技能已经成为从事机械加工人员必须掌握的技能。随着世界制造业向中国转移，中国正从“制造大国”走向“制造强国”，数控设备越来越广泛地被使用，数控机床工将成为机械制造行业中有着巨大需求的职业。

数控机床工（中级）的主要任务是在数控机床上编写简单数控加工程序、完成零件加工，可以在单件、小批量生产方式的企业中担当数控机床操作、编程和调试加工的工作。

本单元将帮助大家总体认识数控机床，了解数控机床的特点、组成、分类、基本工作原理以及发展趋势，这是数控机床工（中级）学习的基础。

学习要点

● 了解

数控机床的工作原理与发展, 包括数控机床与数控系统的概念

● 熟悉

数控机床的组成与分类, 包括按不同情况的分类名称

● 掌握

数控机床的特点、应用范围与常用术语, 特别是与编程、加工有关的内容

1.1 数控机床概述

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，传统的普通加工设备已难以适应市场对产品多样化的要求。因此，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。

1.1.1 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。

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规定程序。定义中的控制系统就是数控系统。

1.1.2 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的信息载体上（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的处理和运算，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，加工出图样要求的零件。

1.1.3 数控机床的组成

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、伺服系统和机床本体四部分及辅助装置组成，如图1—2所示为其基本框图。

1. 控制介质

人与数控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

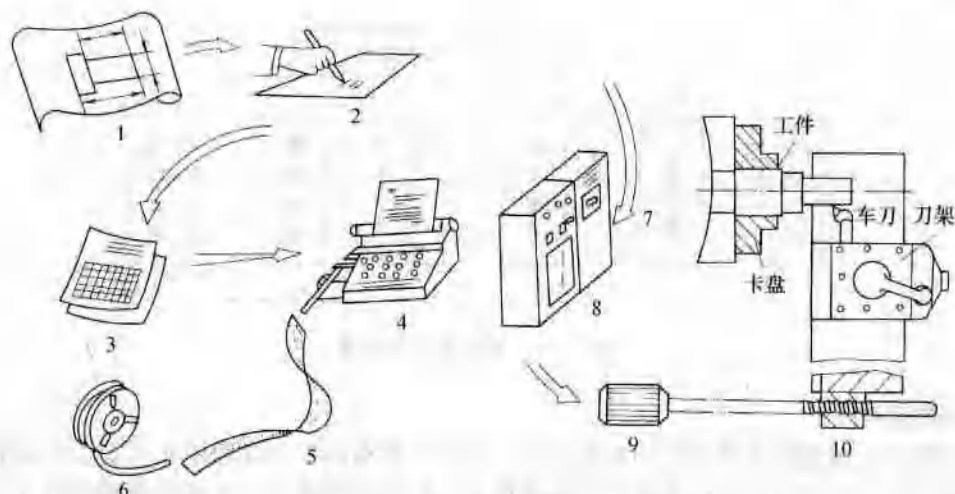


图 1—1 数控机床工作原理图

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

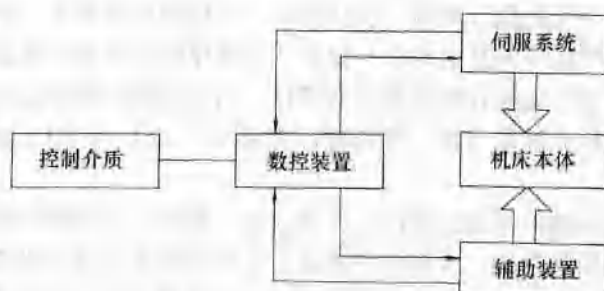


图 1—2 数控机床的组成

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（计算机辅助设计）/CAM（计算机辅助制造）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”。数控装置包括输入装置、控制运算器（CPU）和输出装置等（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

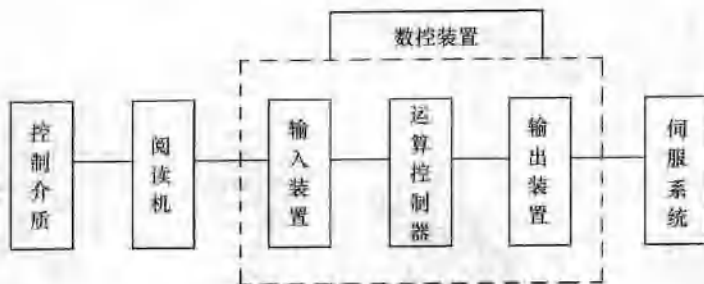


图 1—3 数控装置组成图

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。

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）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。

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、液压及气动系统、过载保护与限位保护装置等。

1.2 数控机床的分类

1.2.1 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，如图 1—4 所示。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。

2. 直线控制数控机床

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，这样可以加工出任意的斜线、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。

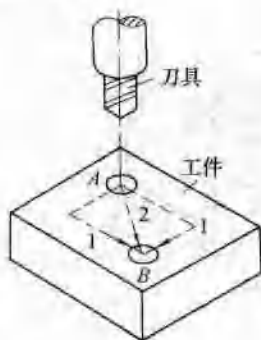


图 1—4 点位数控机床加工示意图

- 1—沿直角坐标方向分两步到达目的点
2—沿起点与终点连线直接到达目的点

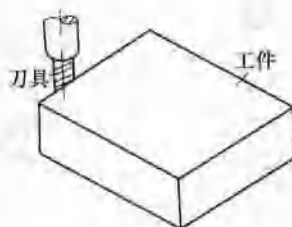


图 1—5 直线数控机床加工示意图

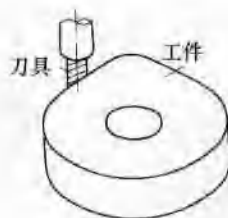


图 1—6 轮廓切削数控机床加工示意图

1.2.2 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，联动是指各个坐标轴同时达到空间某一点。按联动轴数控机床可分为以下几种：

1. 二轴联动数控机床（见图 1—7a）

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。

2. 三轴联动数控机床（见图 1—7b）

如数控铣床和数控加工中心，三轴联动加工曲面零件。

3. 二轴半联动数控机床（见图 1—7c）

二轴半联动数控机床是指有 3 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，如某些数控铣钻床。

4. 多轴联动数控机床（见图 1—7d）

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。

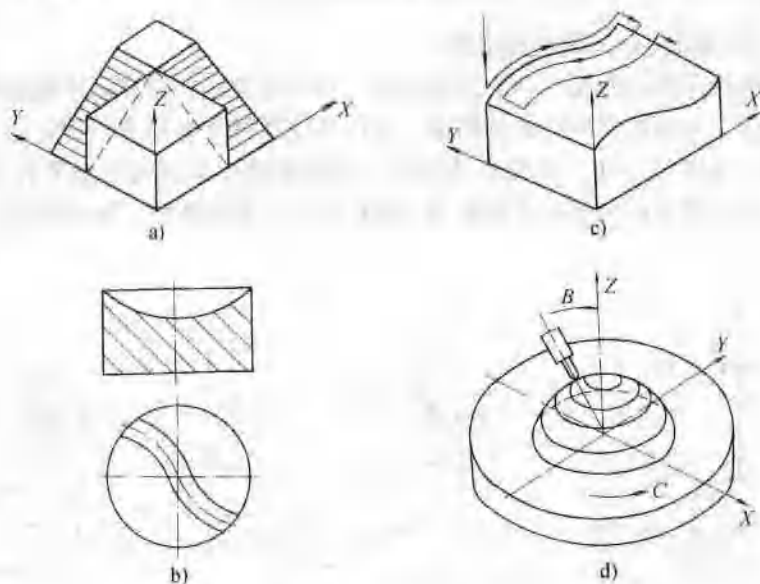


图 1—7 数控机床联动轴数

a) 二轴联动 b) 三轴联动 c) 二轴半联动 d) 多轴联动