



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床操作 与维护技术基础 ——基本常识

李桂云 苏 伟 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床操作与维护技术基础

——基本常识

李桂云 苏 伟 主编
葛金印 吴联兴 主审

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据教育部等六部门颁发的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训方案》,同时参照了劳动和社会保障部颁发的相应中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范编写的。

本书主要内容分为数控机床的基本常识、数控机床的操作及维护、数控机床的发展方向三部分。着重介绍了数控机床的基本常识、机械结构以及数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控电火花加工及数控电火花线切割机床的面板操作与编程。此外,对数控机床的维护及故障处理和数控技术的发展趋势也作了简要介绍。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业及机电类相关专业教学用书,也可作为相关岗位从业人员培训及自学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与维护技术基础——基本常识/李桂云,
苏伟主编. —北京:高等教育出版社,(2006 重印)

数控技术应用专业

ISBN 7-04-015649-0

I. 数... II. ①李...②苏... III. 数控机床-
专业学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 108144 号

策划编辑 李新宇 责任编辑 李新宇 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 范晓红 责任校对 朱惠芳 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市南方印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 10
字 数 240 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育网 www.widedu.com

版 次 2005 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 4 月第 6 次印刷
定 价 12.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 15649-00

出版说明

2003年12月教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合印发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。为了配合该项工程的实施,高等教育出版社开发编写了数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材。该系列教材已纳入教育部职业教育与成人教育司发布实施的《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定,作为教育部推荐教材出版。

高等教育出版社出版的教育部推荐数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材(以下简称推荐系列教材),是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会最新颁布的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写的。推荐系列教材力图体现: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的位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;职业教育以企业需求为基本依据,办成以就业为导向的教育,既增强针对性,又兼顾适应性;课程设置和教学内容适应企业技术发展,突出数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性;教学组织以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放的课程体系,适应学生个性化发展的需要。推荐系列教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新尝试。主要特色有:

1. 以就业为导向,定位准确,全程设计,整体优化。

2. 借鉴国内外职业教育先进教学模式,突出项目教学,顺应现代职业教育教学制度的改革趋势,适应学分制。

3. 理论基础知识教材,以职业技能所依托的理论知识为主线,综合了多门传统的专业基础课程的理论知识。知识点以必需、够用为度。

4. 理论实践一体化教材,缩短了理论与实践教学之间的距离,内在联系有效,衔接与呼应合理,强化了知识性和实践性的统一。

5. 操作训练和实训指导教材,参照国家职业资格认证标准,成系列按课题展开,考评标准具体明确,直观、实用,可操作性强。

推荐系列教材既注重了内在的相互衔接,又强化了相互支持,并将根据教学需求不断完善和提高。

查阅推荐系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育教学资源网”(网址:<http://sv.hep.com.cn>)。

高等教育出版社

2004年12月

前 言

本书是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅和中国机械工业联合会颁发的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》)中核心教学与训练项目数控机床操作与维护技术基础,同时参照了劳动和社会保障部颁发的相应中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范编写的。

本书教学目标主要是培养学生掌握数控机床的分类、结构、工艺特点、加工范围;工量刀具的选用、一般操作技术;数控机床的日常维护知识及其发展趋势。过去用于职业能力培养的教材大多是重理论、轻实践,轻操作技能,理论教学与实践教学脱节,显然不能适应当前数控技术应用领域中技能型紧缺人才培养培训的要求,不能适应企业发展的需要。因此,根据《指导方案》编写以就业为导向,以能力为本位,定位准确,具有职教特色的综合教材势在必行。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业及机电类相关专业教学用书,也可作为相关岗位从业人员培训及自学参考用书。

本书主要体现了以下特点:

1. 本书坚持了以就业为导向,以能力为本位的原则,重点突出职业技能培养,与数控机床操作技能相关的理论知识以“必需、够用”为度,实践操作以典型零件加工为实例展开详解,具有较强的针对性和适应性。

2. 本书内容紧密联系生产实际,好懂、易学、实用。全书采用目前国内企业较常用的 FANUC 系统作为重点,并适当补充介绍 SIMENS 系统;以通用性较强的数控车床为主,适当介绍数控铣床,简单介绍加工中心。

3. 本书是按理论实践一体化教学模式设计的,并引入了大量案例,有助于改善教学效果,为构建科学合理的职教教学模式提供了条件。

4. 本书鉴借了国外先进教材的编写经验,简化了文字叙述,取而代之的是照片、立体图、示意图和表格,形象而又简明,语言平实,通俗易懂,易教利学。

5. 本书各章后都设有练习题,以帮助学习者巩固所学知识。

全书共需 66 课时,建议课时分配如下:

序 号	内 容	课 时	课 时 分 配	
			讲 课	实 验
第 1 章	数控机床概述	4	3	1
第 2 章	数控机床的机械结构	20	18	2
第 3 章	数控机床操作技术	32	24	8
第 4 章	数控机床的选用与维护	8	6	2
第 5 章	数控技术发展趋势简介	2	2	

II ■ 前 言

本书由天津工业学校李桂云和吉林航空工程学校苏伟任主编。其中第1章由天津工业学校王宝成编写;第2章、第3章的3.1和3.2由李桂云编写;第3章的3.4.1由石家庄职教中心郑海霞编写;第3章的3.3、3.4.2由吉林航空工程学校韩庆国编写;第4章的4.1、4.2、4.3、4.4和第5章的5.1由苏伟编写;第4章的4.5由吉林机电工程学校刘成志和山东省轻工工程学校于万成编写;第5章的5.2由吉林航空工程学校梁荣滨编写。

教育部聘请无锡机电高等职业技术学校高级讲师葛金印和天津冶金职业技术学院副教授吴联兴审阅了本书,他们对本书提出了很多宝贵建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,编写较为匆忙,书中难免有欠妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年7月

目 录

第 1 章 数控机床概述	1	2.4.3 加工中心自动换刀装置	40
1.1 数控机床的特点及应用范围	1	2.5 数控电加工机床	45
1.1.1 数控机床的特点	1	2.5.1 概述	45
1.1.2 数控机床的应用范围	1	2.5.2 数控电火花成形机床	46
1.2 数控机床工作过程及组成	2	2.5.3 数控电火花线切割机床	50
1.2.1 数控机床的工作过程	2	第 3 章 数控机床操作技术	55
1.2.2 数控机床的组成	3	3.1 数控车床操作技术	55
1.3 数控机床的基本类型	3	3.1.1 数控车床概述	55
1.3.1 按工艺用途分类	3	3.1.2 数控车床刀具、切削用量与加工	
1.3.2 按控制运动方式分类	4	工艺	57
1.3.3 按伺服系统的控制方式分类	5	3.1.3 数控车床的编程	63
1.4 坐标系	6	3.1.4 数控车床控制面板与操作	69
1.4.1 建立坐标系的基本假设	6	3.2 数控铣床操作技术	79
1.4.2 数控机床坐标系的建立	6	3.2.1 数控铣床概述	79
1.4.3 工件坐标系	7	3.2.2 数控铣床刀具、切削用量与加工	
第 2 章 数控机床的机械结构	9	工艺	80
2.1 数控机床机械结构的组成与要求 ..	9	3.2.3 数控铣床编程	85
2.1.1 数控机床机械结构的组成	9	3.2.4 数控铣床控制面板与操作	89
2.1.2 数控机床机械结构的特殊要求 ..	10	3.3 数控加工中心操作技术	95
2.2 数控机床主传动系统的结构	13	3.3.1 数控加工中心概述	95
2.2.1 数控机床主传动系统的特点	13	3.3.2 数控加工中心常用刀具及辅助	
2.2.2 数控机床主轴的变速形式	13	工具	98
2.2.3 数控机床的主轴部件	13	3.3.3 数控加工中心的编程	101
2.3 数控机床进给传动系统的结构	19	3.3.4 数控加工中心的的面板与操作	105
2.3.1 数控机床进给传动系统的要求 ..	19	3.4 数控电加工机床操作技术	108
2.3.2 滚珠丝杠螺母副	20	3.4.1 数控电火花成形机床加工工艺	
2.3.3 进给系统传动间隙调整机构	25	与操作	108
2.3.4 导轨	30	3.4.2 数控电火花线切割机床操作与	
2.3.5 回转进给系统结构	35	编程	113
2.4 自动换刀装置	40	第 4 章 数控机床的选用与维护	123
2.4.1 自动换刀装置的作用与要求	40	4.1 数控机床的选用	123
2.4.2 数控车床的自动换刀装置	40	4.2 数控机床设备管理与维护	124
		4.2.1 数控机床的设备管理	124

II ■ 目 录

4.2.2 数控机床的使用要求	124	4.4.1 数控车床维修实例	134
4.2.3 数控机床的维护	125	4.4.2 数控铣床维修实例	134
4.3 数控机床故障诊断与维修技术		4.4.3 加工中心维修实例	135
常识	126	4.4.4 数控电加工机床维修实例	136
4.3.1 数控机床的故障诊断与分析	126	4.5 数控机床常用诊断设备简介	138
4.3.2 数控机床常见故障诊断方法	127	第5章 数控技术发展趋势简介	142
4.3.3 数控机床电气系统故障诊断	128	5.1 数控机床发展简介	142
4.3.4 数控机床常见机械故障	130	5.2 先进制造系统简介	144
4.3.5 数控机床液压系统常见故障	132	参考文献	149
4.4 数控机床维修实例	134		

第 1 章

数控机床概述

1.1 数控机床的特点及应用范围

1.1.1 数控机床的特点

1. 加工精度高

数控机床由精密机床和计算机控制系统组成,具有很高的控制精度和制造精度,能自动消除操作者的手工操作误差,加工质量稳定,产品合格率高。

2. 生产效率高

数控机床自动化程度高,具有良好的刚性,可以采用较大的切削用量,生产效率高。

3. 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,操作者只需操作键盘、装卸零件和监视加工过程,不需要进行繁重的手工操作,劳动趋于智力型工作。数控机床一般是封闭式加工,既清洁又安全。

4. 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,而不需要更换许多工具和夹具,满足了当前产品更新快的市场竞争需要。所以数控机床特别适合于零件频繁更换或单件、中小批量的生产。

1.1.2 数控机床的应用范围

数控机床是一种高自动化的机床,有一般机床所不具备的许多优点,所以数控机床的应用范围在不断扩大,但数控机床是一种高度机电一体化产品,技术含量高,成本高,从最经济的方面出发,数控机床适用于加工:

1. 多品种小批量零件;
2. 结构较复杂,精度要求较高的零件;
3. 价格昂贵,不允许报废的关键零件;
4. 需要最短生产周期的急需零件。

图 1-1a 表示了选用通用机床、数控机床、专用机床时,零件批量与总加工费用的关系。图 1-1b 表示了零件复杂程度及批量大小与机床的选用关系。

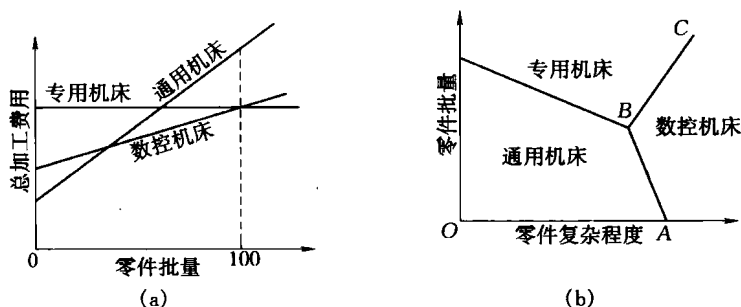


图 1-1 数控机床应用

1.2 数控机床工作过程及组成

1.2.1 数控机床的工作过程

数控机床的工作过程如图 1-2 所示。首先将被加工的零件进行手工或计算机程序编制,把加工零件所需的机床各种动作及工艺参数变成数控装置所能接收的信息代码,并将这些信息代码送入机床的数控装置。也可以用计算机和数控机床的接口直接进行通信。进入数控装置的信息经过处理和运算变成脉冲信号,有的脉冲信号送到机床的伺服系统,经传动机构驱动机床本体,从而完成零件的加工;有的脉冲信号送到可编程序控制器中,按顺序控制机床的其他辅助动作如工件夹紧、松开,冷却液的开闭,刀具的自动更换等。

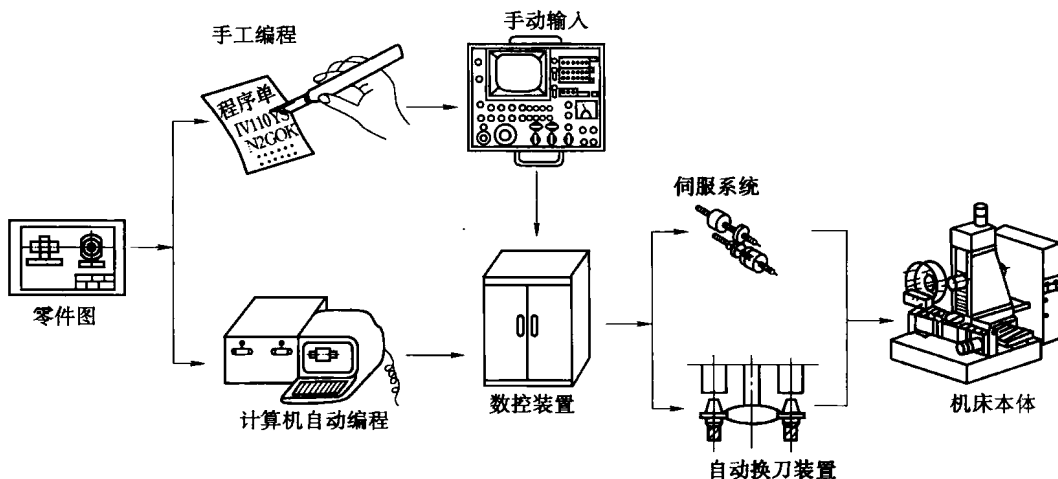


图 1-2 数控机床工作过程示意图

1.2.2 数控机床的组成

数控机床的种类很多,主要由以下几部分组成,如图 1-3 所示。

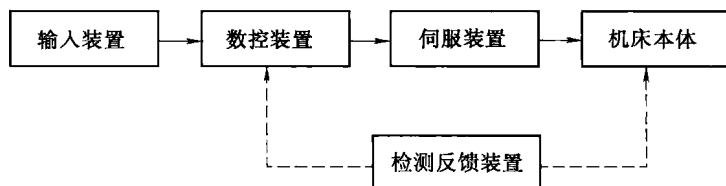


图 1-3 数控机床的组成

1. 输入装置

将程序载体内加工信息输入到数控装置中。现代数控机床,可以利用机床上的 CRT 显示器及键盘手动输入加工程序指令(即 MDI 方式输入);还可以利用 CAD/CAM 软件在计算机上编程,然后通过计算机用通信方式将程序传送到数控装置。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,数控装置通常由专用(或通用)计算机、输入输出接口板及机床控制器等组成。其功能是完成输入信息的存储、数据的变换、插补运算及实现各种控制。

3. 伺服装置

伺服装置是数控机床的执行机构,作用是把来自数控装置的脉冲信号转化为机床移动部件的运动。

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。

5. 检测反馈装置

检测反馈装置作用是通过传感器将伺服电动机角位移和数控机床执行机构的直线位移,转换成电信号输送给数控装置,与脉冲指令信号进行比较,由数控装置纠正误差,控制驱动执行元件准确运转。

1.3 数控机床的基本类型

数控机床的种类很多,常见的分类有以下几种:

1.3.1 按工艺用途分类

1. 普通数控机床

包括数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床等,而且每种类型中又有很多品种。

2. 加工中心机床

加工中心是在普通数控机床上加装刀库和自动换刀装置,工件经一次装夹后,可进行多道工序的集中加工,减少了工件装卸次数、更换刀具等辅助时间,机床的生产效率较高。

3. 多坐标数控机床

数控装置可同时控制三个以上坐标轴的数控机床称为多坐标数控机床。多坐标数控机床常见的是4~6个坐标,能加工复杂形状的零件。如螺旋桨、汽轮机叶片。

4. 数控特种加工机床

如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

1.3.2 按控制运动方式分类

1. 点位控制数控机床

数控装置只控制移动部件从一个点位精确地移到另一个点位,而对它们的运动轨迹没有严格要求,在移动过程中不进行任何加工。如图1-4a所示,常见的有数控钻床、数控冲床等。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床的数控装置不仅要控制两点间的准确位置,还要控制移动速度和轨迹。刀具相对于工件移动时进行切削加工,其轨迹是平行机床各坐标轴的直线。如图1-4b所示,常见的有数控车床、数控磨床和数控镗铣床等。

3. 连续控制数控机床

连续控制数控机床的数控装置能够同时对两个以上坐标轴的位移和速度,进行连续相关的控制,加工出符合图纸要求的复杂形状的零件。如图1-4c所示,常见的有数控车床、数控铣床、加工中心等。

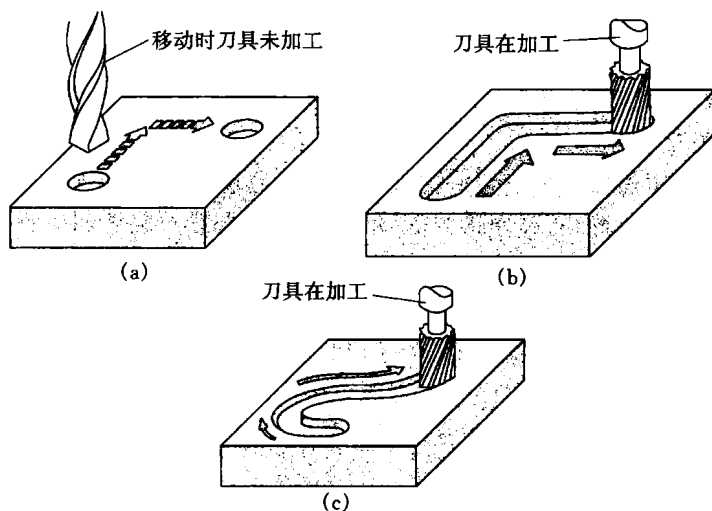


图1-4 控制运动方式分类

1.3.3 按伺服系统的控制方式分类

1. 开环控制系统的数控机床

开环控制系统的数控机床没有位置检测装置,通常使用步进电动机作为执行元件,如图 1-5 所示,机床加工精度低,但是系统结构简单,工作平稳,容易调试和维修,成本低,常用于经济型数控机床。

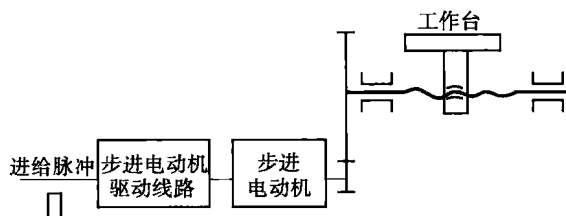


图 1-5 开环控制数控机床工作原理

2. 闭环控制系统的数控机床

闭环控制系统的数控机床在机床移动部件上装有位置检测装置,如图 1-6 所示。在加工中,随时将测量到的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,及时消除误差,直到实现位移部件的最终精确定位。其特点是加工精度很高,但设计和调整困难。主要用于一些精度要求较高的数控镗铣床、超精车床和加工中心等。

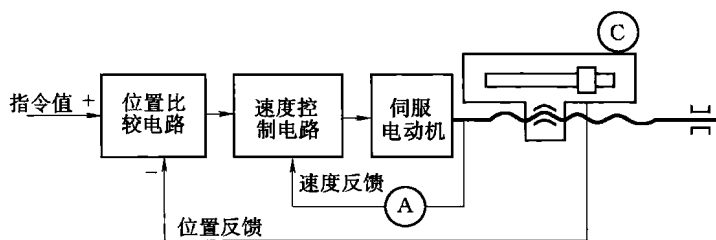


图 1-6 闭环控制数控机床工作原理

A—速度传感器； C—直线位移传感器

3. 半闭环控制系统的数控机床

将位置检测装置安装在驱动电动机或传动丝杠的端部,间接测量执行部件的实际位置或位移,如图 1-7 所示。其精度低于闭环系统,但测量装置结构简单,安装调试方便。常用于中档数控机床。

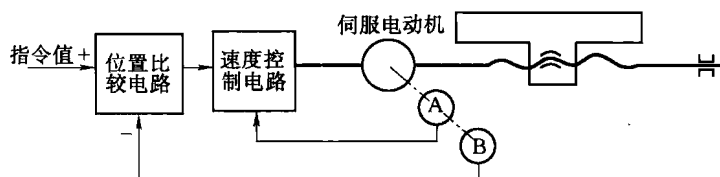


图 1-7 半闭环控制数控机床工作原理

A—速度传感器； B—角位移传感器

1.4 坐标系

机床的运动形式多种多样,为了描述刀具与零件的相对运动,简化编程,我国已根据 ISO 标准统一规定了数控机床坐标轴的代码及其运动方向。

1.4.1 建立坐标系的基本假设

1. 刀具相对于静止零件而运动的原则

由于机床的结构不同,有的是刀具运动,零件固定;有的是刀具固定,零件运动。为了编程方便,一律规定为零件固定,刀具运动。

2. 标准坐标系采用右手直角笛卡尔坐标系

如图 1-8 所示,图中大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指为 Y 轴的正方向,中指为 Z 轴的正方向。

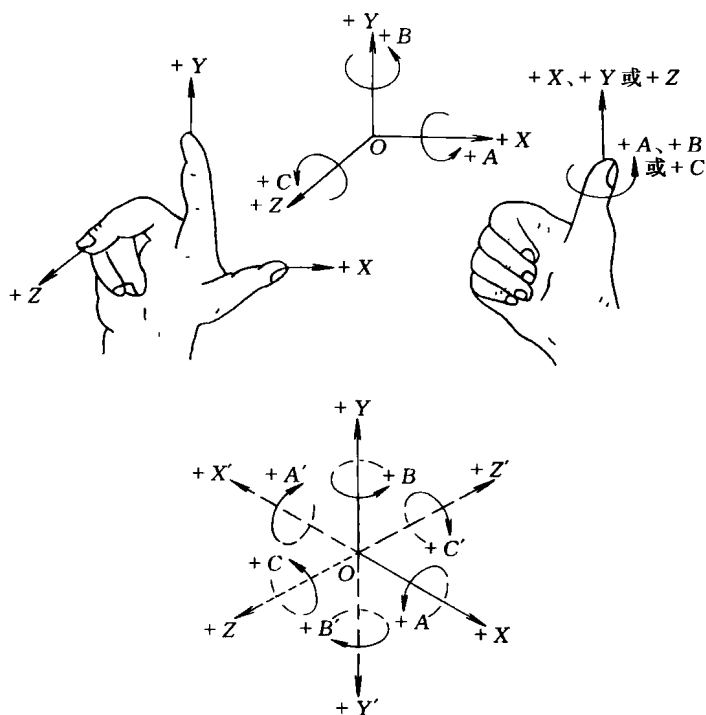


图 1-8 右手直角笛卡尔坐标系

3. 增大零件和刀具之间距离的运动方向为坐标轴的正方向。

1.4.2 数控机床坐标系的建立

数控机床坐标系是为了确定参考点而设定的固有坐标系。

1. Z 坐标

以传递切削力的主轴为 Z 轴。例如：车床、磨床的 Z 轴是带动零件旋转的主轴；钻床、铣床、镗床的 Z 轴是带动刀具旋转的主轴。

2. X 坐标

X 坐标是水平的,平行于零件的装夹面。对于零件旋转的机床(如车床、磨床), X 坐标的方向是在零件的径向上,且平行于横滑座。刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向,如图 1-9 所示。对于刀具旋转的机床(如铣床、镗床、钻床等),如 Z 轴是垂直的,从主轴向立柱看, X 运动的正方向指向右方,如图 1-10 所示。

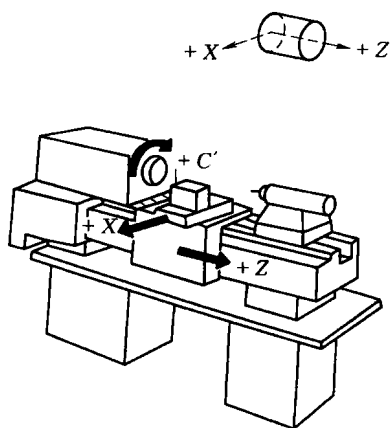


图 1-9 卧式车床

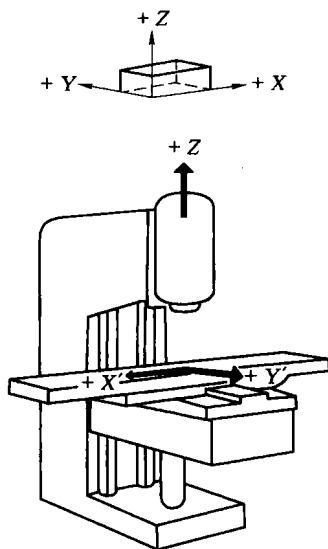


图 1-10 立式升降台铣床

3. Y 坐标

根据 X 和 Z 坐标方向,按照右手直角笛卡尔坐标系确定 Y 坐标。

4. 旋转运动 A 、 B 和 C

A 、 B 和 C 相应地表示其旋转轴线平行于 X 、 Y 和 Z 坐标轴,正方向按右手螺旋定律确定,如图 1-8 所示。

5. 附加坐标

除标准坐标 X 、 Y 、 Z 外,还有平行于它们的第二组坐标 U 、 V 、 W 。

1.4.3 工件坐标系

在编程时,应该首先在零件图上设定工件原点,然后建立工件坐标系。

工件坐标是用来确定刀具相对于工件运动的起点,一般也称程序起点、对刀点、起刀点,即刀具加工零件时,刀具相对于零件运动的起点。对刀点与工件坐标系的关系见图 1-11 和

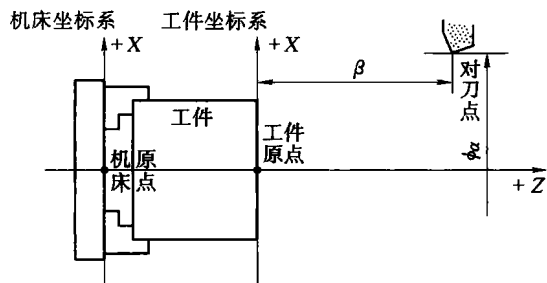


图 1-11 车床的坐标系与对刀点

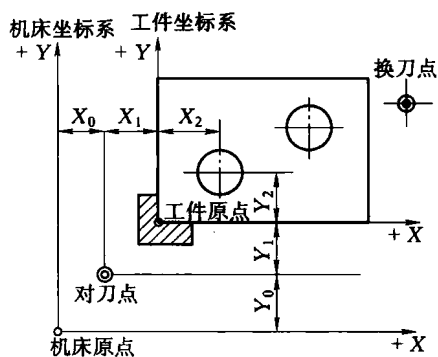


图 1-12 铣床的坐标系与对刀点

图 1-12 所示。

对刀点的确定原则：

- (1) 对刀点必须与零件的定位基准或工艺基准有一定的尺寸关系,以便确定机床坐标系与工件坐标系的关系;
- (2) 对刀点应尽量选在零件的设计基准或工艺基准上,以利提高加工精度;
- (3) 对刀点应选在机床上容易找正且加工中便于检查的地方。

习题

- 1-1 简述数控机床的特点。
- 1-2 数控机床主要由哪些部分组成?
- 1-3 按控制运动方式可将数控机床分为哪三类?
- 1-4 开环控制与闭环控制有什么区别,各适用于什么场合?
- 1-5 建立坐标系时有哪些假设?绘图说明数控车床、数控立式铣床的坐标系。
- 1-6 简述对刀点的确定原则。

第 2 章

数控机床的机械结构

2.1 数控机床机械结构的组成与要求

2.1.1 数控机床机械结构的组成

图 2-1 所示为卧式数控车床外形图。图 2-2 所示为立式数控铣床外形图。图 2-3 所示为立式加工中心外形图。

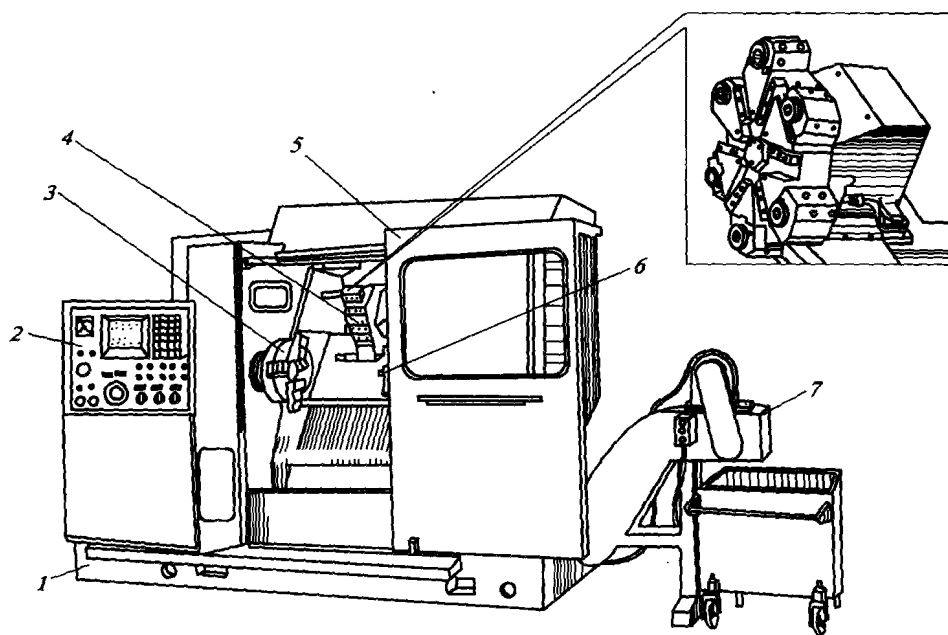


图 2-1 卧式数控车床外形图

1—床身；2—操作面板；3—主轴卡盘；4—刀架；5—机床防护门；6—尾座；7—排屑装置