

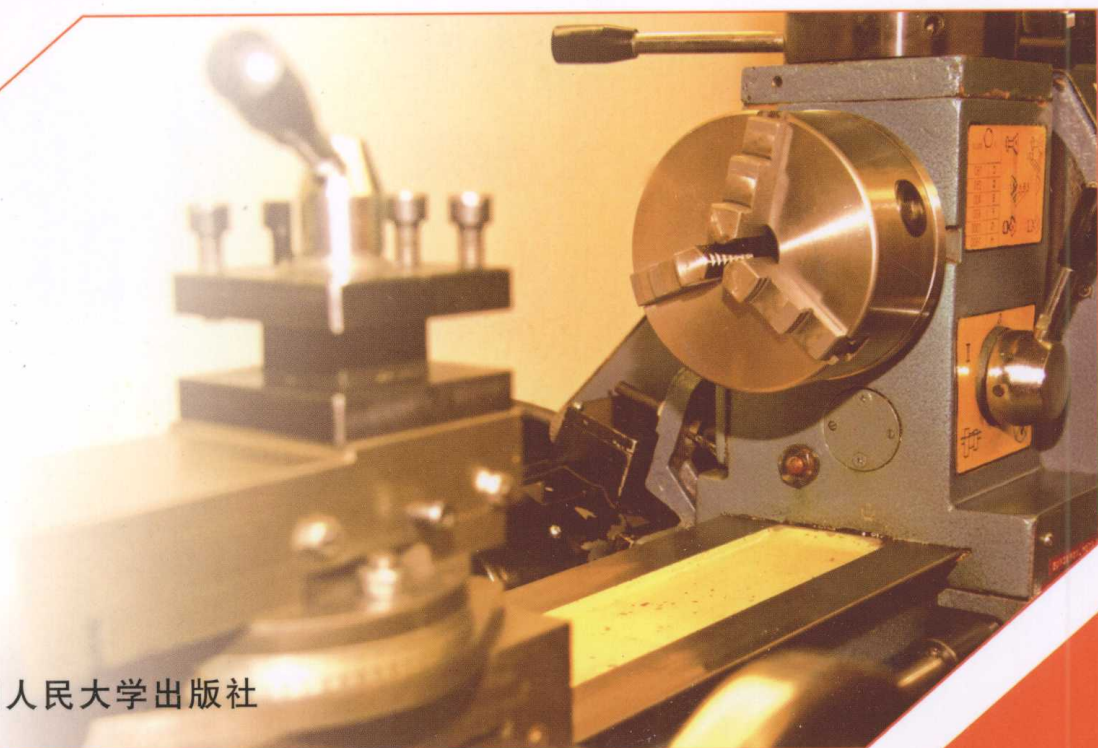
21世纪高职高专规划教材·机械制造与自动化系列

数控车床 综合实训

SHUKONG CHECHUANG ZONGHE SHIXUN

主 编◎吴志清

 中国人民大学出版社



21 世纪高职高专规划教材·机械制造与自动化系列

数控车床综合实训

主 编 吴志清

副主编 史豪慧

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床综合实训/吴志清主编

北京:中国人民大学出版社,2010

21世纪高职高专规划教材·机械制造与自动化系列

ISBN 978-7-300-12094-2

I. ①数…

II. ①吴

III. ①数控机床:车床—高等学校:技术学校—教材

IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 078254 号

21 世纪高职高专规划教材·机械制造与自动化系列

数控车床综合实训

主 编 吴志清

副主编 史豪慧

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com> (人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 三河市汇鑫印务有限公司

规 格 185mm×260mm 16 开本

版 次 2010 年 8 月第 1 版

印 张 17.25

印 次 2010 年 8 月第 1 次印刷

字 数 414 000

定 价 29.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

前 言

制造自动化是先进制造技术的重要组成部分，其核心技术是数控技术。随着数控技术的发展，国内数控机床用量的迅速增加，亟需培养一大批熟悉并掌握数控加工工艺、数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。为深化高等职业教育改革，培养与我国现代化建设相适应的、在制造领域中从事技术应用的人才，我们在总结高职、高专机械专业人才培养模式的基础上编写了本教材。

《数控车床综合实训》主要以广州数控机床厂的操作系统为基础，以 FANUC 系统为参考进行了编写。本教材的编写始终坚持以就业为导向，以职业能力培养为核心的原则，将数控车削加工工艺和程序编制方法等专业技术能力融合到教学项目中。教材内容的编写主要体现以下几方面特点：

1. 围绕数控车床考证的岗位要求进行项目的取舍。把提高学生的职业能力放在突出位置，围绕数控编程、加工工艺两大部分进行展开，同时强化数控车削加工工艺知识和训练，使学员通过学习逐步形成职业能力。

2. 通过项目驱动的组织形式分散难点。本教材的组织形式是设置若干个项目，每个项目都以一个实际零件的加工任务为核心引出新的数控指令和数控工艺知识。项目内容从易到难，逐步将各种数控加工指令与工艺知识引出。在多个零件加工项目的驱动下，完成对数控车削加工的相关知识的掌握。

3. 采用理论实践一体化教学。本教材以数控加工技术应用与操作能力的培养为主要目标，专业知识内容以够用、必需为度，具有较强的针对性和适应性。

4. 采用由浅入深、深入浅出、循序渐进的编写风格。本教材结合数控车床操作工职业技能资格考核标准进行实训操作的安排，注重提高学生的实践能力和岗位就业竞争力。

5. 紧扣数控加工技术的岗位（群）新需求，科学合理地安排教材内容，融合相关数控新技术、新设备、新材料、新工艺等内容，缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业的需要。

本书由广州工程技术职业学院的吴志清老师担任主编，史豪慧老师担任副主编。本书在编写的过程中，还得到了许多老师和企业人士的帮助与支持，在此特向他们一并表示感谢。由于编者水平有限，书中难免存在一些错误与缺点，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

项目一 基本插补指令的应用	1	二、相关知识	83
一、项目内容	1	三、编程指令	90
二、相关知识	2	四、项目分析	96
三、编程指令	12	五、项目实施	99
四、项目分析	19	六、项目总结	101
五、项目实施	21	七、项目拓展练习	101
六、项目总结	22	项目六 孔加工	103
七、项目拓展练习	22	一、项目内容	103
项目二 单一循环指令的应用	24	二、相关知识	104
一、项目内容	24	三、项目分析	108
二、相关知识	25	四、项目实施	113
三、编程指令	30	五、项目总结	114
四、项目分析	34	六、项目拓展练习	114
五、项目实施	38	项目七 刀具补偿	116
六、项目总结	39	一、项目内容	116
七、项目拓展练习	39	二、相关知识	117
项目三 复合循环指令的应用之一	41	三、编程指令	121
一、项目内容	41	四、项目分析	123
二、相关知识	42	五、项目实施	127
三、编程指令	48	六、项目总结	128
四、项目分析	51	七、项目拓展练习	128
五、项目实施	54	项目八 子程序的应用	130
六、项目总结	55	一、项目内容	130
七、项目拓展练习	56	二、相关知识	131
项目四 复合循环指令的应用之二	57	三、编程指令	132
一、项目内容	57	四、项目分析	133
二、相关知识	58	五、项目实施	136
三、编程指令	71	六、项目总结	137
四、项目分析	76	七、项目拓展练习	137
五、项目实施	79	项目九 宏程序的应用	139
六、项目总结	80	一、项目内容	139
七、项目拓展练习	80	二、相关知识	140
项目五 螺纹加工	82	三、编程指令	147
一、项目内容	82	四、项目分析	149

五、项目实施	152	项目十四 配合件零件的加工之二	208
六、项目总结	153	一、项目内容	208
七、项目拓展练习	153	二、项目分析	209
项目十 综合类零件的加工	155	三、项目实施	220
一、项目内容	155	四、项目总结	222
二、项目分析	156	五、项目拓展练习	222
三、项目实施	162	项目十五 配合件零件的加工之三	224
四、项目总结	163	一、项目内容	224
五、项目拓展练习	163	二、项目分析	225
项目十一 中级工考证零件的加工	165	三、项目实施	235
一、项目内容	165	四、项目总结	237
二、数控车床操作工职业标准	166	五、项目拓展练习	238
三、项目分析	174	项目十六 配合件零件的加工之四	239
四、项目实施	180	一、项目内容	239
五、项目总结	181	二、项目分析	240
六、项目拓展练习	182	三、项目实施	251
项目十二 高级工考证零件的加工	183	四、项目总结	253
一、项目内容	183	五、项目拓展练习	253
二、项目分析	184	附录 GSK980T 数控系统	255
三、项目实施	190	一、GSK980T 数控系统操作面板	255
四、项目总结	191	二、程序的录入与编辑	258
五、项目拓展练习	191	三、对刀操作	262
项目十三 配合件零件的加工之一	193	四、自动加工	264
一、项目内容	193	参考文献	266
二、项目分析	194		
三、项目实施	204		
四、项目总结	206		
五、项目拓展练习	206		

项目一

基本插补指令的应用

一、项目内容

如图 1—1 所示为一个简单的轴类零件，工件材料选用 45# 钢，已经进行了粗加工，工件还没有切断，留有 0.5mm 的精加工余量，要求对零件进行技术分析、确定装夹方法、选择刀具、制定加工方案、运用直线插补和圆弧插补等指令进行精加工程序的编制，并加工检验。

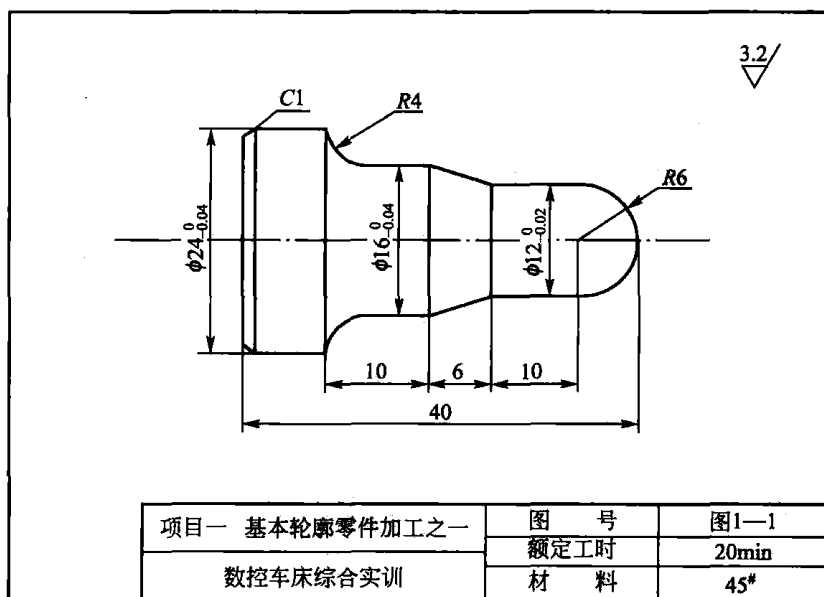


图 1—1

1. 技能目标

- ◆ 能熟练地操作数控车床，熟悉操作面板的各功能键，快速准确地输入加工程序；
- ◆ 能熟练地分析零件，制定零件的精加工工艺，确定加工方法及步骤；
- ◆ 正确地安装夹具刀具，正确地使用量具，快速地加工工件；
- ◆ 加工过程中，能较好地控制零件尺寸。

2. 知识目标

- ◆ 掌握数控车床的基础知识、编程内容及基本功能；
- ◆ 掌握 G00、G01、G02、G03 等基本插补指令的功能、编程格式及特点；

- ◆ 掌握简单轴类零件的数控车削加工工艺；
- ◆ 运用相关指令对零件进行精加工程序的编制。

二、相关知识

1. 数控基础知识

(1) 数控的定义与数控机床。

数控是数字程序控制的简称，英文即 Numerical Control。它的实质是通过特定处理方式下的数字信息（不连续变化的数字量）自动控制机械装置进行动作。采用数控技术实现数字控制的一整套装置和设备，称为数控系统。

数控机床就是装备数控系统，采用数字信息对机床运动及其加工过程进行自动控制，自动加工零件的机床。

当前普遍应用的数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心、数控镗床、数控磨床、数控线切割、数控电火花等。

(2) 数控机床的特点。

数控机床是机电一体化的典型产品，是集机床、计算机、通信、电力拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备，具有高效率、高精度、高自动化和高柔性的特点，是当今机械制造业的主流装备。它可加工一般普通机床上无法加工的复杂零件，同时具有很高的加工质量和效率。如表 1—1 所示为数控机床与普通机床的比较。

表 1—1 数控机床与普通机床的比较

数控机床	普通机床
操作者可在较短的时间内掌握操作和加工技能。大大减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件	要求操作者有长期的实践经验
加工精度高，质量稳定、可靠，较少依赖于操作者的技能水平	高质量、高精度的加工要求操作者具有高的技能水平和良好的直觉和技巧
能加工复杂的型面，适合多工序加工，工序集约化	适合于加工形状简单、单一工序的产品
易于加工工艺的标准化和刀具管理的规模化	操作者以自己的方式完成加工，加工方式多样，很难实现标准化
适合于长时间无人操作；加工自动化	实现自动化加工的准备环节必不可少，如材料的预去除及夹具的制作等
适合于计算机辅助生产控制，改善劳动条件，利于生产管理现代化	很难提高加工的专门技术，不利于知识的系统化和普及
生产效率高、自动化程度高、工序集中、有较大的切削用量	生产效率低，产品质量不稳定
价格高、投入成本大、加工过程难以调整，且维修困难	价格低、维修较容易

(3) 数控机床的组成。

数控机床一般由输入输出装置、CNC 数控装置（或称 CNC 单元）、伺服驱动系统（包括驱动电机、驱动元件和执行机构等）、可编程控制器 PLC 及电气控制装置、辅助装置、机床本体和测量装置组成。

与传统的普通机床相比,数控机床机械部件采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置,机械传动装置得到简化,传动链较短;具有较高的动态特性、动态刚性、阻尼精度、耐磨性以及抗热变性;较多地采用了高效传动件,如滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨等。

图 1—2 是数控机床的组成框图,其中除机床本体之外的部分统称为计算机数控(CNC)系统。

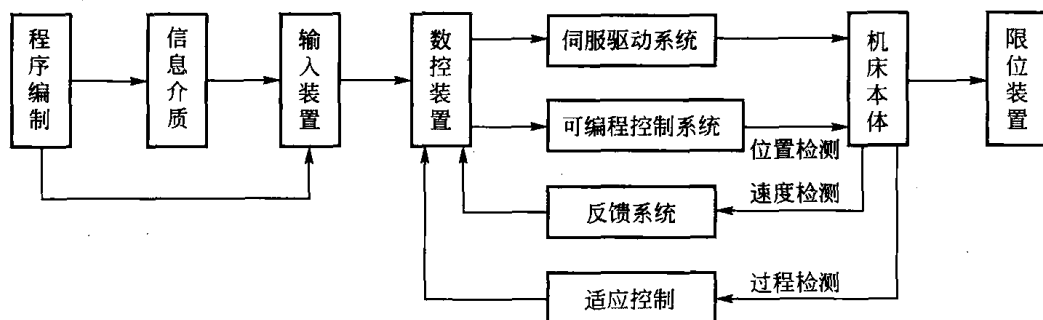


图 1—2 数控机床的组成

图 1—2 中各组成的含义为:

◇ 信息介质——是记录零件加工程序的载体,是人与机建立联系的介质。

◇ 输入输出装置——是数控装置与外部设备进行信息交换的装置。存储介质上记载的加工信息需要输入装置输送给机床数控系统,数控系统中存储的零件加工程序可以通过输出装置传送到存储介质上。

◇ 数控装置——是数控机床的核心,接受由输入装置输入的各种加工信息,经过编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分,使其按程序要求实现规定的有序运动和动作。

◇ 伺服驱动系统——是数控系统的执行部分,把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。每一个脉冲信号对应的机床移动部件的位移量称为脉冲当量,常用的脉冲当量为 0.05mm/脉冲、0.005mm/脉冲、0.001mm/脉冲。每个运动部件都由相应的伺服驱动系统控制。

◇ 可编程控制系统——接受数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运动,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关动作。

◇ 机床本体——是数控系统的控制对象,是实现零件加工的执行部件。机床本体主要由主运动部件(主轴、主运动传动机构)、进给运动部件(工作台、拖板以及相应的传动机构)、支承件(立柱、床身等)以及特殊装置(刀具自动交换系统、工件自动交换系统)和辅助装置(如排屑装置等)组成。

◇ 反馈系统——是对机床的实际运动速度、方向、位置及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,通过比较,计算出实际位置与指令位置之间的偏差,并发出纠正误差指令。测量反馈系统可分为半闭环和闭环两种系统。

(4) 数控机床的加工原理。

数控机床就是将与加工零件有关的信息,用编程代码按一定的格式编写成加工程序,通过控制介质将加工程序输入到数控装置中,由数控装置经过分析处理后,发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行零件的自动加工。也就是将数控加工程序以数据

的形式输入数控系统,通过译码、刀补计算、插补计算来控制各坐标轴的运动,通过 PLC 的协调控制,实现零件的自动加工。

(5) 加工步骤。

在数控机床上加工零件通常要经过以下几个主要的步骤:准备阶段→编程阶段→准备信息载体→自动加工阶段。

◇ 准备阶段——根据加工零件的图纸,确定有关加工数据(刀具轨迹坐标点、加工的切削量、刀具尺寸等),根据工艺方案、夹具选用、刀具类型选择等确定有关辅助信息。

◇ 编程阶段——首先根据加工零件工艺信息,确定零件的编程坐标系,计算零件的几何元素的坐标参数,然后确定零件加工的工艺路线或加工顺序,选择刀具,用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序(程序就是对加工工艺过程的描述),并填写程序单。

◇ 准备信息载体——根据已编好的程序单,将程序输入数控装置,存放在信息载体上。信息载体上存储着加工零件所需要的全部信息。目前,随着计算机网络技术的发展,可直接由计算机直接通过网络与机床数控系统传送数控程序。

◇ 自动加工阶段——数控装置根据程序的坐标代码,将程序译码、寄存和运算,进行插补运算并输出插补控制信号。插补控制信号控制伺服机构驱动执行部件做进给运动,同时驱动机床的各辅助装置动作,自动完成对工件的加工。

2. 数控车床

(1) 数控车床的定义。

数控车床是在普通车床的基础上发展和演变而来的。数控车床之所以能够自动加工出不同形状、尺寸及高精度的零件,是因为数控车床接收事先编制好的加工程序,经其数控装置“接收”和“处理”,从而实现对零件自动加工的控制。

数控车床主要用于轴类和盘类等回转体零件的加工,能够通过程序控制自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等工序的切削加工,并可进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔,以及各种回转曲面的加工。

数控车削中心和数控车铣中心可以在一次装夹中完成更多的加工工序,加工质量和生产效率高,精度稳定性好,操作劳动强度低,特别适用于复杂形状的零件或中、小批量零件的加工。

(2) 数控车床的分类。

1) 按车床主轴位置分类。

◇ 卧式数控车床——机床主轴轴线处于水平位置的数控车床为卧式数控车床,如图 1—3 所示。

◇ 立式数控车床——机床主轴垂直于水平面的数控车床为立式数控车床,主要用于加工径向尺寸大,轴向尺寸相对较小的大型盘类零件,如图 1—4 所示。

2) 按刀架数量分类。

◇ 单刀架数控车床——普通数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如四工位卧式自动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架,如图 1—5 所示。

◇ 双刀架数控车床——这类车床的双刀架配置可以平行分布,也可以相互垂直分布,如图 1—6 所示。

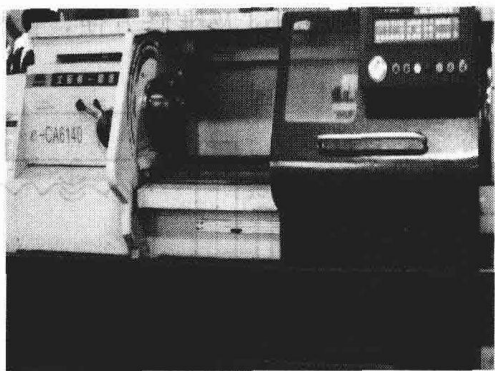


图 1—3 卧式数控车床

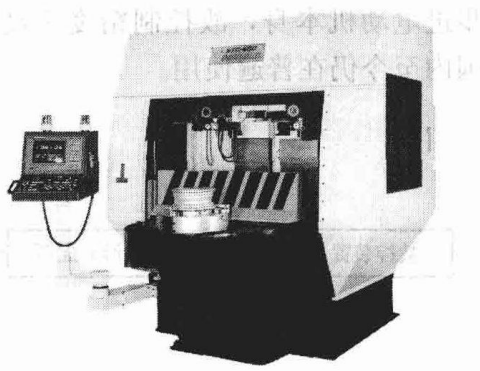


图 1—4 立式数控车床

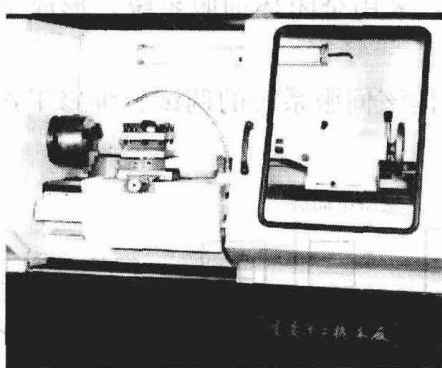


图 1—5 单刀架数控车床

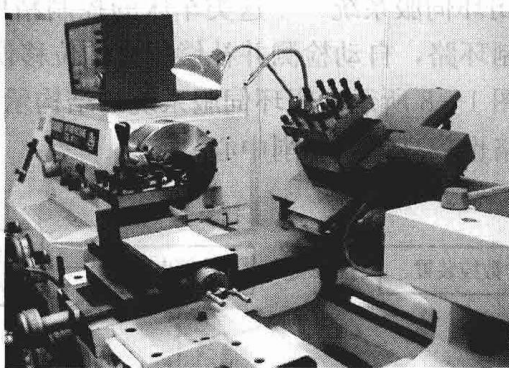


图 1—6 多刀架数控车床

3) 按可控制轴数分类。

◇ 两轴控制的数控车床——两轴控制数控车床是指可以控制两个坐标轴同时运动来加工曲线轮廓零件的车床。机床上只有一个回转刀架，就是最常见的同时控制 X 和 Z 坐标轴联动的数控车床。

◇ 四轴控制的数控车床——机床上有两个回转刀架，可实现四坐标轴联动控制。

◇ 多轴控制的数控车床——联动坐标轴以及可以控制的坐标轴均为三轴或三轴以上的车床，统称为多坐标数控车床，即机床上除了控制 X 、 Z 两坐标轴外，还可控制其他坐标轴，如具有 C 轴控制功能的车床、车削加工中心等。这类数控车床的控制精度较高，加工零件的形状多为空间曲面，故适宜加工形状特别复杂、精度要求较高的零件。

4) 按加工零件的基本类型分类。

◇ 卡盘式数控车床——这类车床没有尾座，适合车削盘类零件，夹紧方式多为电动或液压控制，卡盘结构多具有可调卡爪或软卡爪。

◇ 顶尖式数控车床——这类车床配有普通尾座或数控尾座，适合车削较长的零件及直径不太大的盘类零件。

5) 按伺服系统的控制方式分类。

◇ 开环伺服系统——这类车床所采用的开环伺服系统又称为步进电动机驱动系统，它的主要特征是该系统内没有位置检测反馈装置。目前我国的经济型数控车床普遍采用步进电动机驱动系统。

开环伺服系统在工作中，不需要比较其指令位置与实际位置之间的误差，也不存在用该误差去进行补偿控制，如图 1—7 所示。这类车床的控制精度主要取决于伺服系统的传动

链及步进电动机本身，故控制精度不高。但因其结构简单，调试及维修方便，价格低廉，所以国内至今仍在普遍使用。

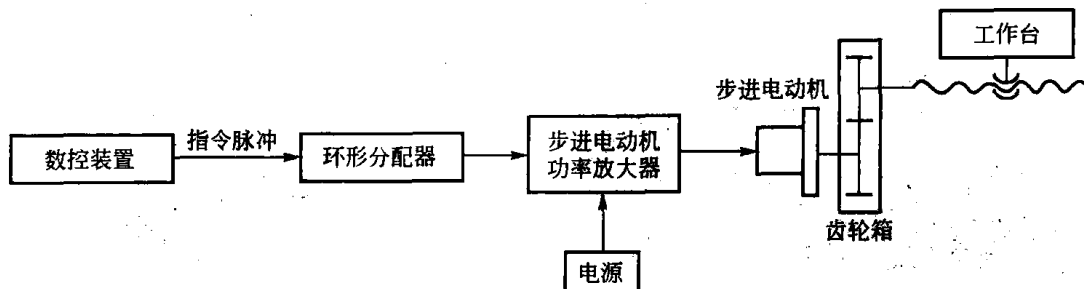


图 1—7 开环伺服系统的结构示意图

◇ 闭环伺服系统——这类车床的控制精度很高，采用全闭环伺服系统，形成全部位置随动控制环路，自动检测并补偿所有的位移误差。

如图 1—8 所示为闭环伺服系统的结构示意图，但该伺服系统的调试、维修工作均较困难，价格也较高，如车削中心。

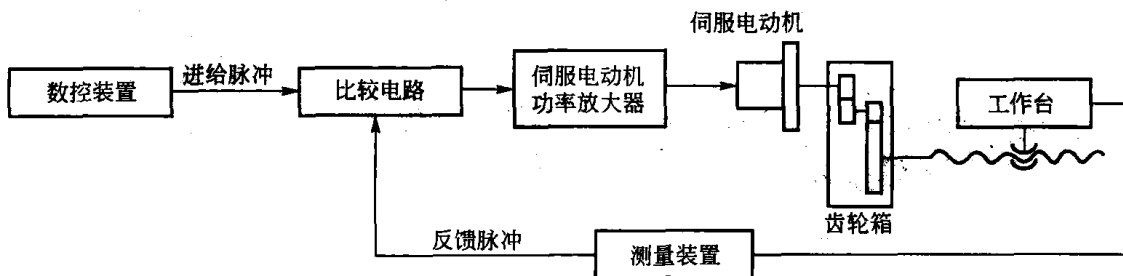


图 1—8 闭环伺服系统的结构示意图

◇ 半闭环伺服系统——这类车床所采用的伺服系统与全闭环伺服系统的共同特点是该系统内设有以位置检测元件为主的测量反馈装置，它在车床的控制过程中形成部分位置随动控制环路，但不把机械传动位置等部分包括在内，故称该控制环路为“半闭环”。

该伺服系统因能自动进行位置检测和误差比较，可对部分误差进行补偿，故其控制精度比开环伺服系统高，如图 1—9 所示。当车床的机械传动等位置精度能满足使用要求时，其总的控制效果仍比较理想。

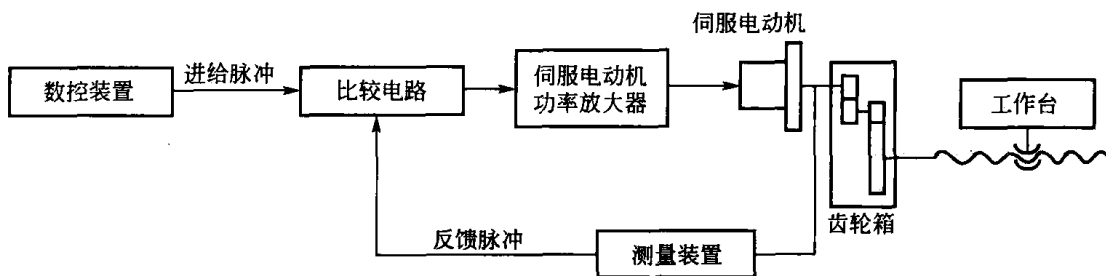


图 1—9 半闭环伺服系统的结构示意图

6) 按数控系统的功能分类。

◇ 经济型数控车床——这种车床一般是由普通车床改进的，具有 CRT 显示、程序存储、程序编辑等功能，加工精度较低，功能较简单。一般是采用步进电动机驱动的开环伺服系统。

◇ 全功能型数控车床——较高档次的数控车床，加工能力强，适宜于加工精度高、形状复杂、循环周期长、品种多变的单件或中小批量零件的加工。

◇ 精密型数控车床——采用闭环控制，不但具有全功能型数控车床的全部功能，而且机械系统的动态响应较快。这种车床适用于精密和超精密加工。

◇ 车削加工中心——车削加工中心具有附加动力刀架和主轴分度机构，有一套自动换刀装置，可以实现多工序连续加工，除车削外还可以在零件内外表面和端面上铣平面、凸轮、各种键槽或进行钻、铰、攻丝等的加工。在一台加工中心上可实现原来多台数控机床才能实现的加工。

3. 数控车床加工的主要内容

数控车削加工可分为粗加工、半精加工和精加工。根据数控车床的工艺特点，数控车削加工主要有以下加工内容。

(1) 车削外圆。

车削外圆是最常见、最基本的车削方法，工件外圆一般由圆柱面、圆锥面、圆弧面及回转槽等基本件组成。如图 1—10 所示为车削外圆时的几种形式。

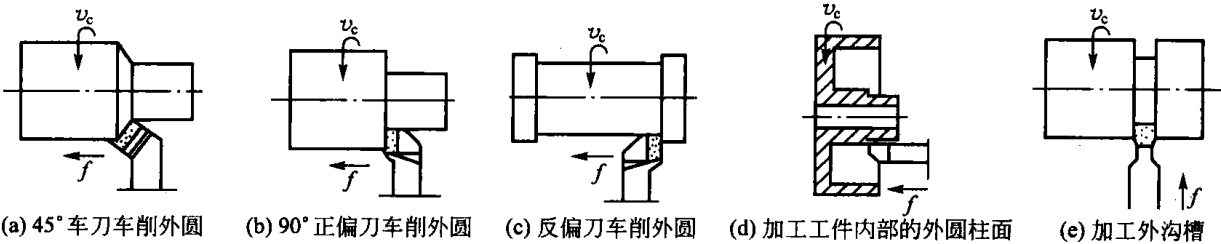


图 1—10 车削外圆示意图

(2) 车削内孔。

车削内孔是指用车削方法扩大工件的孔或加工空心工件的内表面，是常用的车削加工方法之一。如图 1—11 所示为车削内孔的几种形式。

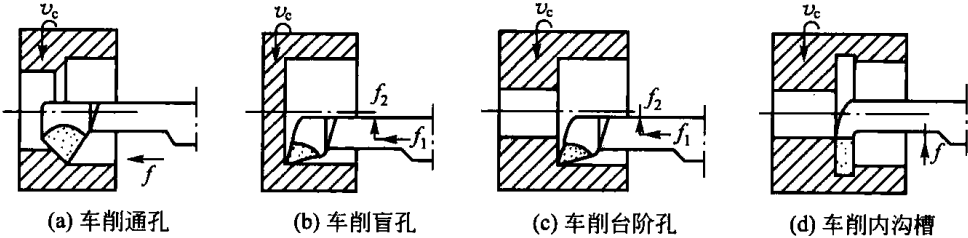


图 1—11 车削内孔示意图

(3) 车削端面。

车削端面包括台阶端面的车削，如图 1—12 所示为车削端面的几种形式。

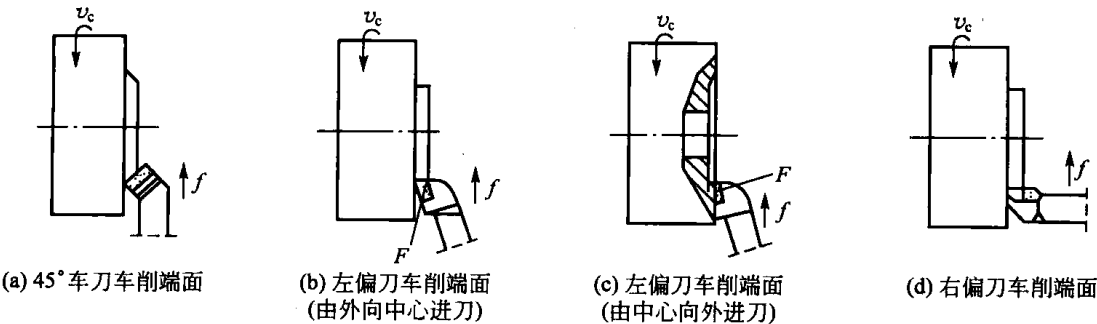


图 1—12 车削端面示意图

(4) 车削螺纹。

车削螺纹是数控车床的特点之一，如图 1—13 所示数控车削螺纹的几种形式。

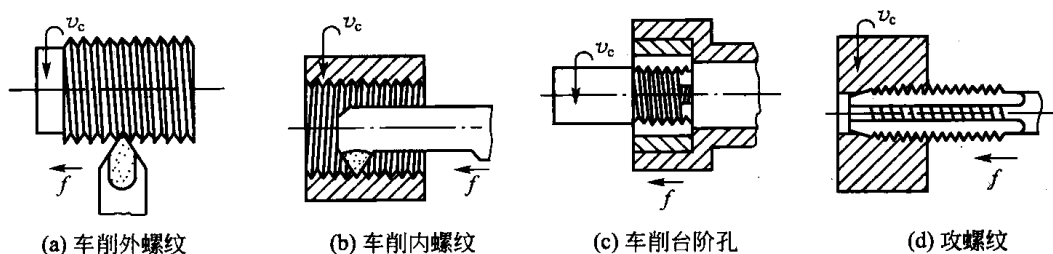


图 1—13 加工螺纹示意图

4. 数控车床编程基础

(1) 程序编制的内容。

数控车床之所以能够自动加工出不同形状、尺寸及精度的零件，是因为数控车床按事先编制好的加工程序，经其数控装置“接收”和“处理”，从而实现对零件的自动加工控制。

使用数控车床加工零件时，首先要做的工作就是编制加工程序。从分析零件图样到获得数控车床所需控制介质（加工程序或数控带等）的全过程，称为程序编制，其主要内容和一般过程如图 1—14 所示。

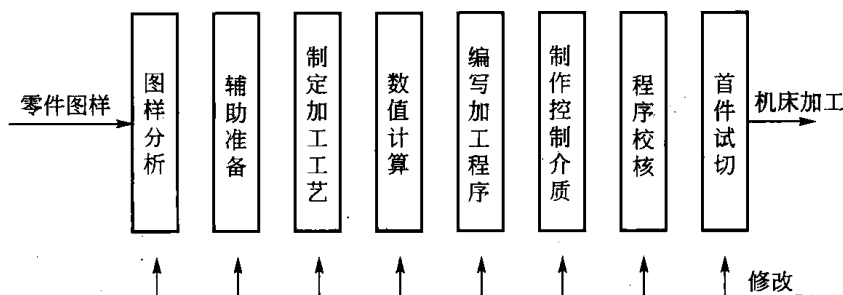


图 1—14 零件程序编制与加工的过程

其中：

◇ 图样分析——是根据加工零件图纸的技术文件，对零件的轮廓形状、有关标注、尺寸、精度、表面粗糙度、毛坯种类、件数、材料及热处理等项目要求进行分析并形成初步的加工方案。

◇ 辅助准备——根据图样分析确定机床和夹具、机床坐标系、刀具准备、对刀方法、对刀点位置及测定机械间隔等。

◇ 制定加工工艺——拟定加工工艺方案、确定加工方法、加工路线与余量的分配、定位夹紧方式并合理选用机床、刀具及切削用量等。

◇ 数值计算——在编制程序前，还需对加工轨迹的一些未知坐标值进行计算，作为程序输入数据，主要包括：数值换算、尺寸链解算、坐标计算和辅助计算等。对于复杂的加工曲线和曲面还须使用计算机辅助计算。

◇ 编写加工程序——根据确定的加工路线、刀具号、刀具形状、切削用量、辅助动作以及数值计算的结果按照数控车床规定使用的功能指令代码及程序段格式，逐段编写加工程序。此外，还应附上必要的加工示意图、刀具示意图、机床调整卡、工序卡等加工条件

说明。

◇ 制作控制介质——加工程序完成后，还必须将加工程序的内容记录在控制介质上，以便输入到数控装置中，如穿孔带、磁带及软盘等，还可采用手动方式将程序输入给数控装置。

◇ 程序校核——加工程序必须经过校验和试切削才能正式使用，通常可以通过数控车床的空运行检查程序格式有无出错或用模拟仿真软件检查刀具加工轨迹的正误，根据加工模拟轮廓的形状，与图纸对照检查。但是，这些方法尚无法检查出刀具偏置误差和编程计算不准而造成的零件误差大小，以及切削量选用是否合适、刀具断屑效果和工件表面质量是否达到要求，所以必须采用首件试切进行实际效果的检查，以便对程序进行修正。

◇ 首件试切——在程序校核通过后，建议首件进行试加工。从零件试切中检查程序是否存在需要修改的地方，并加以修正，直至达到图纸的要求。如果试切工件检验合格，就可正式批量加工了。

(2) 程序编制的方法。

1) 手工编程。

手工编程就是由人工编写零件的加工程序，包括所有编制加工程序的全过程，即图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序单、制作控制介质、程序校验都由手工来完成。

手工编程具有编程快速及时的优点，其缺点是不能进行复杂曲面的编程。

对于几何形状不太复杂的零件，手工编程工作量小，加工程序段不多，出错的几率小，快捷、简便、不需要具备特别的条件（相应的硬件和软件）。特别是在数控车床的编程中，手工编程至今仍广泛地适用于点、直线、圆弧组成的轮廓加工中，学习手工编程是学习数控车床加工编程的重要内容。即使在自动编程高速发展的将来，手工编程的重要地位也不可取代，仍是自动编程的基础。

2) 自动编程。

自动编程是指用计算机编制数控加工程序的过程，是利用计算机及其外围设备组成的自动编程系统完成程序编制工作的方法，也称为计算机辅助编程。编程人员只需根据零件图样的要求，由计算机自动地进行数值计算及后置处理，编写出零件加工程序单。

对于复杂的零件，如一些非圆曲线、曲面的加工表面，或者零件的几何形状并不复杂但是程序编制的工作量很大，或者是需要进行复杂的工艺及工序处理的零件，由于它们在加工编程过程中数值计算非常烦琐且编程工作量大，如果采用手动编程，往往耗时多而且效率低、出错率高，甚至无法完成，这种情况下必须采用自动编程的方法。

自动编程与手工编程相比优点是效率高、正确性好、可减低编程劳动强度、缩短编程时间和提高编程质量，同时它可以解决许多手工编制无法完成的复杂零件编程难题；缺点是必须具备自动编程系统或自动编程软件。由于自动编程的硬件与软件配置费用较高，故而在加工中心、数控铣床上应用较多，数控车床上应用较少。

实现自动编程的方法主要有语言式自动编程和图形交互式自动编程两种。前者通过高级语言的形式表示出全部加工内容；计算机运行时采用批处理方式，一次性处理、输出加工程序。后者是采用人机对话的处理方式，利用 CAD/CAM 功能生成加工程序。

CAD/CAM 软件编程加工的过程为：图样分析、零件分析、三维造型、生成加工刀具轨迹、后置处理生成加工程序、程序校验、程序传输并进行加工。

(3) 数控车床的坐标系。

数控车床的坐标系统的建立是为了确定刀具或工件在车床中的位置，确定车床运动部件的位置及其运动范围。

1) 数控机床的坐标系。

按中华人民共和国机械行业标准 JB/T 3051—1999 的统一规定，数控机床的坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系，即右手定则法。如图 1—15 所示，其基本坐标轴为 X、Y、Z 轴，大拇指方向为 X 轴的正方向，食指方向为 Y 轴的正方向，中指方向为 Z 轴的正方向；相对于每个坐标轴的旋转运动坐标轴为 A、B、C，以大拇指指向 +X、+Y、+Z 方向，则其余四指指向圆周进给运动的 +A、+B、+C 方向。

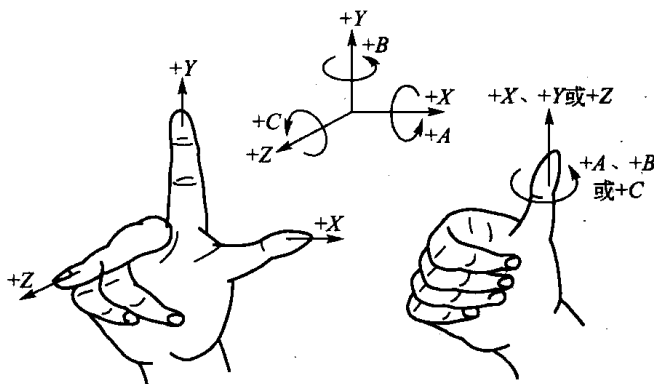


图 1—15 右手笛卡儿直角坐标系

2) 数控车床的轴定义。

普通的数控车床用 X 轴、Z 轴组成的直角坐标系进行定位和插补运动。X 轴为水平面的前后方向，表示切削刀具的横向运动；Z 轴，为水平面的左右方向，表示刀具的纵向运动。向工件靠近的方向为轴的负方向，离开工件的方向为轴的正方向。

前、后刀架的坐标系，X 方向正好相反，而 Z 方向是相同的，如图 1—16、图 1—17 所示。

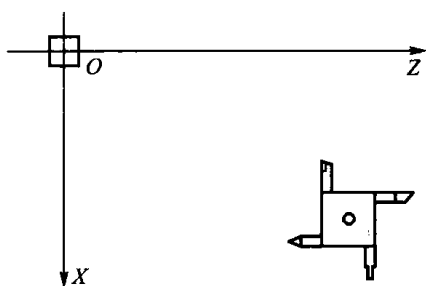


图 1—16 前刀架坐标系

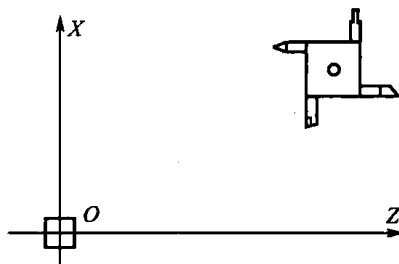


图 1—17 后刀架坐标系

(4) 数控车床坐标系中的各原点。

数控车床的坐标系统，包括坐标系、坐标原点和运动方向，对于数控加工和编程是一个十分重要的概念。每一个数控机床的编程者、操作者都必须对数控车床的坐标系统有一个完全而正确的理解。现将数控车床的主要原点及其机床坐标系和编程坐标系做一介绍，如图 1—18 所示。

1) 机床原点。

机床原点也称机床零位。它的位置通常由机床制造厂确定。数控车床的机床坐标系原点的位置大多规定在主轴轴心线与装夹卡盘的法兰盘端面的交点上，该原点是确定机床固定原点的基准。

2) 机械原点（机械零点）。

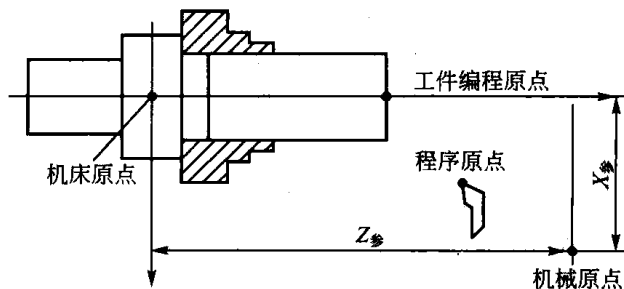


图 1—18 数控车床中的各原点

机械原点又称为机床固定原点或机床参考点。机械原点为车床上的固定位置，通常安装在 X 轴和 Z 轴的正向的最大行程处，该点至机床原点在其进给轴方向上的距离在机床出厂时已准确确定。利用系统所指定自动返回机械原点指令可以使指令的轴自动返回机械原点，全功能或高档型的数控车床都设有机械原点，但一般的经济型或改造的数控车床上没有安装机械原点。

★ 数控车床设置机械原点的目的：

- 需要时便于将刀具或刀架自动返回该点；
- 当程序加工起点与机械原点一致时，可执行自动返回程序加工起点；
- 若程序加工起点与机械原点不一致时，可通过快速定位指令或返回程序起点方式返回程序加工起点；
- 可作为进给位置反馈的测量基准点。

3) 工件编程原点。

在工件坐标系上，确定工件轮廓坐标值的计算和编程的原点，称为工件编程原点。它属于一个浮动坐标系，以它为原点建立一个直角坐标系进行数值的换算。在数控车床上，一般将工件编程原点设在零件的轴心线和零件两边端面的交点上。

★ 确定工件编程原点的原则：

- 工件编程原点的位置选在工件图样的基准上，以利于编程；
- 在该点建立的坐标系中，各几何要素关系应简洁明了，便于坐标值的确定；
- 选在尺寸精度高、粗糙度值低的工件表面上；
- 选在工件的对称中心上，便于测量和验收。

4) 程序原点。

程序原点是指刀具（刀尖）在加工程序执行时的起点，又称为换刀点。程序原点的位置是与工件的编程原点位置相对的。一般情况下，一个零件加工完毕后，刀具返回程序原点位置，等候命令执行下一个步骤。

(5) 坐标值的确定。

在编制加工程序时，为了准确描述刀具运动轨迹，除正确使用准备功能字外还要有符合图纸轮廓的地址及坐标值。要正确识读零件图纸中各坐标点的坐标值，首先要确定工件编程坐标原点，以此建立一个直角坐标系，进行各坐标点坐标值的确定。编程时既可用绝对坐标值编程，也可用增量（相对）坐标值编程，还可用混合坐标值编程。

1) 绝对坐标值 (X, Z)。

在直角坐标系中，所有的坐标点均以直角坐标系中的原点（工件编程原点）为固定的原点，做为坐标位置的起点 $(0, 0)$ 。

如图 1—19 所示的零件， $O1/O2$ 是分别建立在工件上两个不同位置的工件编程原点，并依之计算各坐标点的坐标值，箭头所指的方向为正方向。绝对坐标值是指某坐标点到工件编程原点之间的垂直距离，用 X 代表径向， Z 代表轴向，且 X 向在直径编程时为直径量（实际距离的两倍）。

2) 增量（相对）坐标值 (U, W)。

增量坐标值指在坐标系中，运动轨迹的终点坐标是指以起点计量的，各坐标点的坐标值相对于前点所在的位置之间的距离，径向用 U 表示，轴向用 W 表示。

3) 混合坐标值 ($X/U, Z/W$)。