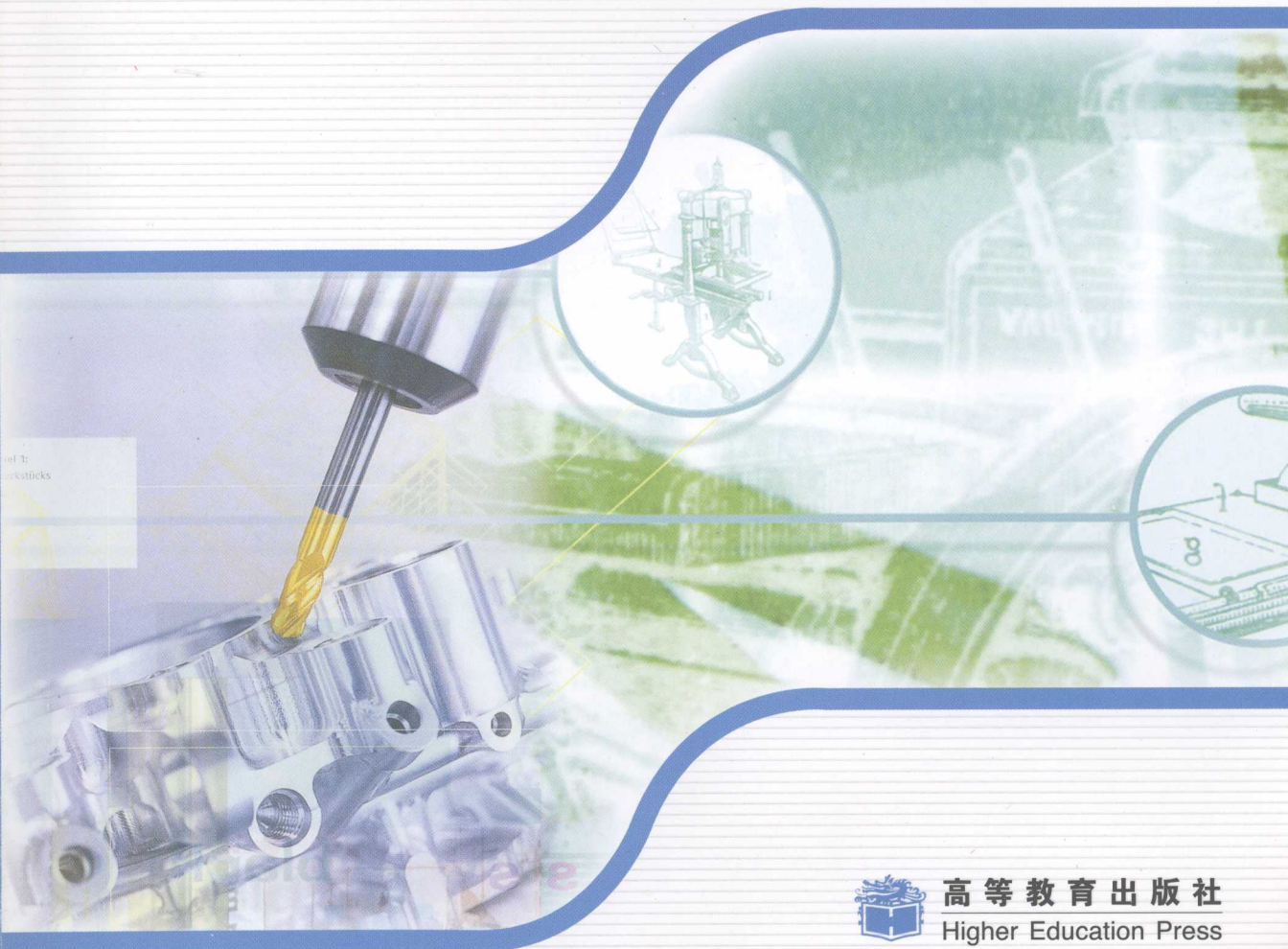


高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

# 数控加工技术基础

葛金印 组编  
徐 刚 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

# 数控加工技术基础

葛金印 组编

徐刚 主编

高等教育出版社

## 内容简介

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一，是根据教育部新一轮职业教育教学改革成果，最新研发的机电技术专业、数控技术专业人才培养方案中“数控加工技术基础课程标准”，并参照相关国家职业标准及有关行业的职业技能鉴定规范编写的。

本书主要内容包括数控加工工艺基础、数控车削工艺及加工技术训练、数控铣削（加工中心）工艺及加工技术训练、数控线切割加工技术训练等。

本书可作为高等职业院校机电技术专业 and 数控技术专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材及有关人员自学用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

数控加工技术基础/徐刚主编；葛金印组编. —北京：高等教育出版社，2008.2

ISBN 978-7-04-023038-3

I. 数... II. ①徐...②葛... III. 数控机床—加工—高等学校：技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 001023 号

策划编辑 张春英      责任编辑 陈大力      封面设计 于涛      责任绘图 朱静  
版式设计 王艳红      责任校对 殷然      责任印制 陈伟光

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 北京七色印务有限公司

开 本 787×1092      1/16  
印 张 18.5  
字 数 450 000

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.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 2 月第 1 版  
印 次 2008 年 2 月第 1 次印刷  
定 价 25.20 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 23038-00

## 出版说明

国务院《关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量，教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列，打造优质教学资源，研发精品教学资源，增强服务意识，提高服务本领，支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，高等教育出版社深切地了解到从事高等职业技术教学工作的教师们正以饱满的热情、高昂的斗志积极投身到课程改革的热潮中，他们也渴望能有一套遵循“以服务为宗旨，以就业为导向，以能力为本位”的职教理念，符合中国国情，能够适合高素质技能型人才培养模式，适应实施理论与实践一体化和项目教学法，且可操作性强的实用系列专业教材。我社本着服务于职业教育事业发展，服务于职业院校教师的教学，服务于职业院校学生的学习的指导思想，推出了本套满足高职院校（五年制）机电技术专业、数控技术专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本系列教材是由多年从事高等职业教学工作的一线骨干教师和学科带头人通过社会调研，对劳动力市场人才进行需求分析，进行课题研究，研发专业人才培养方案，制定核心课程标准等技术程序，并在征询了相关企业人员的意见后编写而成的。其主要特点为：

1. 本系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系，以劳动和社会保障部颁发的相关国家职业标准为编写的依据之一，课程设置和教学内容与企业技术发展同步，贯彻了以就业为导向，突出职业能力培养为主的职教思想。

2. 专业核心课程采用综合化模块结构体系；专业基础理论削枝强干，够用为度，兼顾发展；技能训练课程内容实行“项目化”，项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。本系列教材在使用时有较强的可操作性。

3. 适应了学分制改革的需要，避免了教学内容的重复与交叉，给学生自主学习和个性化发展留有充分的空间。

4. 本系列教材以最新的相关国家技术标准编写，融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实，通俗易懂，便于学生的自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革的不断深化，本套教材在推广使用中，将根据反馈的信息和教学需求的变化进行修订与完善。

高等教育出版社

# 前 言

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一。在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，来自高等职业院校教学工作第一线的骨干教师和学科带头人，通过社会调研、劳动力市场人才需求分析和课题研究，在企业有关人员积极参与下，研发了机电技术专业、数控技术专业人才培养方案，并制定了相关核心课程标准。本书就是根据最新制定的“数控加工技术基础核心课程标准”编写的。

随着机电一体化技术的迅猛发展，数控机床的应用日趋广泛，在现代化的机械制造业中，正越来越多地采用数控技术来提高加工精度和生产效率。

本书以突出职业教育为特色，以增强实用性和加强能力与素质培养为指导，根据工程实践的要求，对传统的教学内容和课程体系进行了重组和调整，内容包括数控加工工艺基础、数控车削技术训练、数控铣削技术训练、数控线切割加工技术训练等四个模块，各个模块内容相对独立而又相互关联，并按知识、技能、工具、态度、安全等内容与数控加工职业岗位相对应，可以根据学生水平、实训基地的条件及专门化设置方向和企业的用人需求灵活组织教学。教材内容丰富，详略得当，内容体系符合教学规律。

本书由江苏省靖江职业教育中心校徐刚任主编，江苏省常州刘国钧高等职业技术学校张伟峰任副主编，参加编写的教师还有江苏省盐城机电高等职业技术学校顾婷婷，江苏省靖江职业教育中心校朱小明、杨锦涛、徐刚，江苏省无锡立信职业教育中心校石阶安，江苏省常州刘国钧高等职业技术学校张伟峰等。

本书由常州刘国钧高等职业技术学校王猛审稿，并由本套系列教材组编葛金印终审。他们对书稿提出了许多宝贵的修改意见和建议，提高了书稿质量，在此一并表示衷心的感谢！

本书作为课程改革成果系列教材之一，在推广使用中非常希望得到其教学适用性的反馈意见，以便不断改进与完善。由于编者水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 第一篇 数控加工工艺基础

第 1 章 绪论	3	4.5 影响数控加工产品质量的工艺因素	48
1.1 数控机床概述	3	第 5 章 数控车削工艺基础	51
1.2 数控机床的组成、工作过程	5	5.1 数控车削的主要工艺内容与特点	51
1.3 数控机床的分类	6	5.2 数控车削加工工艺的制定	51
第 2 章 数控加工常用刀具简介	9	5.3 典型工件工艺分析	56
2.1 数控车刀的常见类型与选用	9	第 6 章 数控铣削(加工中心)工艺基础	63
2.2 数控车刀的安装与修磨技术	11	6.1 数控铣削的主要工艺内容与特点	63
2.3 数控铣刀的常见类型与选用	13	6.2 加工中心的刀库系统及工艺特点	63
2.4 数控铣刀的安装与修磨技术	21	6.3 数控铣削加工工艺的制定	65
第 3 章 数控机床夹具基础	26	6.4 典型工件工艺分析	72
3.1 机床夹具概述	26	第 7 章 其他数控加工工艺	79
3.2 工件的定位与夹紧	28	7.1 数控磨床及其加工工艺	79
3.3 数控加工常用夹具	32	7.2 数控冲压加工工艺	80
第 4 章 数控加工工艺基础	38	7.3 数控电火花加工工艺	81
4.1 生产过程和工艺过程概述	38		
4.2 机械加工工艺流程设计基础	41		
4.3 数控加工工艺设计基础	42		
4.4 数控加工工艺系统	46		

## 第二篇 数控车削工艺及加工技术训练

第 8 章 数控车削编程技术训练	85	项目六 单一循环指令编程	103
项目一 数控车床程序编制的基础知识	85	项目七 固定循环指令编程	105
项目二 简单外轮廓加工程序的编制	92	第 9 章 数控车削加工技术训练	116
项目三 槽与切断加工程序的编制	97	项目一 熟悉数控车床的整体结构和安全操作规程	116
项目四 孔类零件加工程序的编制	99	项目二 熟悉数控车床的操作面板及系统面板	117
项目五 螺纹加工程序的编制	100	项目三 数控车床操作技术基础	

	训练·····	121	项目五	外轮廓加工技术训练·····	127
项目四	数控车床日常维护保养技术		项目六	孔加工技术训练·····	134
	训练·····	126	项目七	综合加工技术训练·····	137

### 第三篇 数控铣削（加工中心）工艺及加工技术训练

第10章	数控铣削编程技术训练·····	143	项目三	数控铣床操作技术基础		
	项目一	外轮廓加工程序的编制·····	143	训练·····	177	
	项目二	挖槽与型腔加工程序的		项目四	数控铣床日常维护保养技术	
	编制·····	151	训练·····	184		
	项目三	孔加工程序的编制·····	156	项目五	外轮廓加工技术训练·····	187
	项目四	综合编程技术训练·····	161	项目六	挖槽与型腔加工技术训练·····	189
第11章	数控铣削加工技术训练·····	168	项目七	孔加工技术训练·····	194	
	项目一	熟悉数控铣床的整体结构		项目八	综合铣削加工技术训练·····	195
	和安全操作规程·····	168	项目九	了解加工中心的结构与		
	项目二	熟悉数控铣床的操作面板		一般操作技术要求·····	199	
	及系统面板·····	171				

### 第四篇 数控线切割加工技术训练

第12章	数控线切割机床概述·····	215	第13章	数控线切割编程·····	227	
	12.1	电火花加工的概念与特点·····	215	13.1	线切割工艺及编程基础·····	227
	12.2	电火花加工的分类与发展		13.2	3B代码编程技术基础·····	240
	概述·····	216	13.3	G代码编程技术基础·····	244	
	12.3	电火花加工的基本原理和		第14章	线切割加工技术训练·····	251
	基本规律·····	219	项目一	线切割机床操作技术训练·····	251	
	12.4	电火花线切割的原理、应用		项目二	线切割机床的操作与维护·····	252
	范围及特点·····	222	项目三	线切割机床编程控制系统		
	12.5	电火花线切割加工设备·····	224	及操作·····	263	
参考文献	·····	286				

# 第一篇

## 数控加工工艺基础





# 第1章 绪论

随着社会生产和科学技术的不断发展,人们对产品质量和生产效率的要求越来越高。数控机床不仅在宇航、造船、军工等领域被广泛使用,而且也进入了汽车、机械制造、模具加工等行业。目前,在这些行业中,产品种类不断增加,形状结构日趋复杂,精度和质量也在不断提高。因此,普通机床越来越难以满足生产发展的需要。同时,由于生产水平的提高,数控机床的价格不断下降,从而极大地促进了数控机床的普及、应用和发展。

## 1.1 数控机床概述

### 1.1.1 数控技术与数控机床

数控(Numerical Control, NC)技术是近代发展起来的一种自动控制技术,是用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。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。数控机床就是装备有数控系统,采用数控技术控制的机床。常见的数控机床有数控车床、数控铣床、数控加工中心等。在数控机床中,数控系统发出数字化控制信号的依据是数控加工程序(简称NC程序,又叫零件加工程序或零件程序)。数控加工程序是用来描述零件加工过程的程序,它由一系列特定指令和代码构成。数控加工程序的编制称为数控编程,数控编程是实现零件数控加工的关键环节。

### 1.1.2 数控机床的产生和发展

数控机床主要是为了实现复杂多变零件的自动化加工而产生的。1949年,美国公司Parsons接受美国空军委托,研制了一种计算控制装置,用来实现飞机、火箭等的复杂零部件的自动化加工。Parsons公司首先提出了机床数字控制的方案,并与美国麻省理工学院(MIT)伺服机构研究所合作,于1952年研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式数控铣床,它标志着机床数控技术的诞生。

机床数控技术的产生,不仅为复杂零件的加工提供了方便,而且加工精度高,一致性好,生产效率高,能够大大减轻工人的劳动强度,因此很快受到了人们的关注。世界各国竞相投入大量的人力、物力进行研究,使这项技术得到了迅速的发展。继数控铣床、数控车床、数控钻床等单工序加工类机床之后,1959年克耐-杜列克公司(Keaney-Trecker Company)开发出了装有自动换刀装置,能够一次装夹、多工序加工的加工中心。1967年,英国首先把几台数控机床连接成具有一定柔性的加工系统,即柔性制造系统(Flexible Manufacture System, FMS)。20世纪80年代初,国际上又出现了以数台加工中心为主体,再配上工件自动装卸和监控检验装置而构成的柔性制造单元(Flexible Manufacture Cell, FMC)。20世纪80年代末90年代初,计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacture System, CIMS)已经逐渐投入使用,并

呈现出迅猛发展的态势。几十年来,数控机床无论在品种、数量还是在功能上都取得了长足的进展,为机械制造业注入了新的生机和活力。

我国从1958年开始研究数控技术,于1966年研制成功晶体管数控系统,并生产出了数控线切割机、数控铣床等产品。由于受当时条件的限制,数控系统的稳定性及可靠性较差,数控机床品种不全,数量较少,数控技术的发展处于初级阶段。

20世纪80年代初期,我国先后从德国、日本、美国等国家引进了一些数控系统和伺服技术,在一定程度上促进了这项技术的发展。这个时期,我国经济也有了较大发展,为这项技术的进步奠定了物质基础。此时我国研制的数控机床性能逐步提高,品种和数量不断增加。到1985年,我国已经拥有加工中心、数控铣床、数控磨床等80多个品种的数控机床,数控技术的发展进入了实用阶段。

20世纪90年代以后,我国逐渐由计划经济转向市场经济,国民经济进入高速发展阶段,研究开发数控系统、应用数控机床已经成为各企业的自发行为,数控技术及产品的发展逐年加快,多轴、多功能中、高档数控系统及交、直流伺服系统相继研制成功,FMS和CIMS也先后投入使用,数控系统及数控产品正朝着国际先进水平迈进,我国数控技术已经进入了蓬勃发展时期。

### 1.1.3 数控机床的特点

数控机床的产生改变了传统的机械加工工艺,给机械制造行业注入了新的生机和活力。与普通机床相比,数控机床具有以下特点:

① 自动化程度高,劳动强度低。数控机床能够在程序的控制下自动实现零件的加工功能,加工过程一般不需要人工干预,可大大降低工人的劳动强度。

② 加工精度高。数控机床一般采用闭环(半闭环)位置控制,并且可以利用软件进行间隙补偿和螺距误差补偿,因此可以获得比机床本身精度还要高的加工精度。此外,像加工中心一类的数控机床还配有刀库,具有多工序加工能力,可以实现工件一次装夹后的多道工序连续加工,从而消除了多次装夹引起的定位误差。

③ 产品一致性好。由于数控机床按照预定的加工程序自动进行加工,加工过程消除了操作者人为的操作误差,因而零件加工的一致性好。

④ 能够实现复杂工件的加工。由于数控机床能够实现多轴联动,可加工出普通机床无法完成的空间曲线和曲面,因而在航空、航天领域和对复杂型面模具的加工中得到了广泛应用。

⑤ 生产效率高。数控机床的刚性好,功率大,主轴转速高,进给速度范围宽,平滑无级变速,容易选择较大且合理的切削用量,可以减少许多调整时间。此外,数控机床加工可免去划线工序,节省加工过程的中间检验时间,且空行程速度远高于普通机床,因此也能省出大量的辅助时间。

⑥ 机械传动链短,结构简单。数控机床的主传动多采用分段无级变速,主轴箱结构简单;进给采用伺服电动机驱动,省去了庞杂的进给变速箱。因此,传动链短,机械结构简单。

### 1.1.4 数控机床的适用范围

根据数控机床加工的特点可以看出,最适合于数控机床加工的零件包括多品种、小批量生产的零件或新产品试制中的零件,几何形状复杂的零件,加工过程中必须进行多工序加工的零

件,用普通机床加工需要昂贵工装设备(工具、夹具和模具)的零件,必须严格控制公差、对精度要求高的零件,工艺设计需多次改型的零件,价格昂贵、加工中不允许报废的关键零件,需要最小生产周期的零件。

## 1.2 数控机床的组成、工作过程

### 1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由程序载体、输入装置、数控装置、伺服驱动及位置检测装置、辅助控制装置、机床本体组成。如图 1-1 所示。

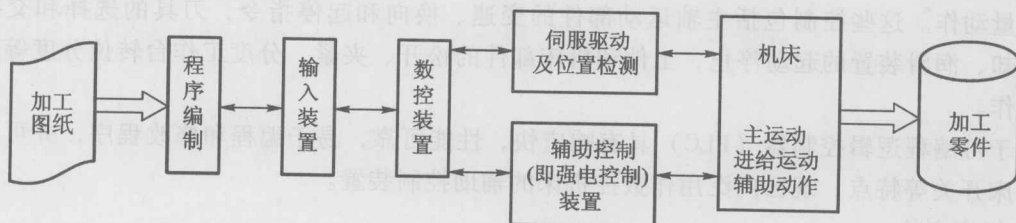


图 1-1 数控机床的组成示意图

#### 1. 程序载体

编好的数控加工程序,要存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是穿孔纸带、磁带和磁盘等。采用哪一种存储载体,取决于数控装置的设计类型。

#### 2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内。根据控制存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序也可通过键盘用手工方式直接输入数控系统。数控加工程序还可通过编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(数控系统内存较小);另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从内部存储器中逐段调出进行加工。

#### 3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算、逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求运动,即按图形轨迹移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点的坐标值等数据,不能满足要求。因此,要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点的坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

#### 4. 伺服驱动及位置检测装置

伺服驱动装置接受来自数控装置的指令信息，经功率放大后，严格按照指令信息的要求驱动机床移动部件，以加工出符合图样要求的零件。因此，它的伺服精度和动态响应性能是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。驱动装置包括控制器（含功率放大器）和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

位置检测装置将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来，经反馈系统输入到机床的数控装置之后，数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较，根据比较的差值，调整控制信号，适时控制机床的运动位置。

### 5. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关指令信号，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量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和起停指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的起停，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器（PLC）具有响应快，性能可靠，易于编程和修改程序，并可直接起动机床开关等特点，现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

### 6. 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似，由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化是为了满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

## 1.2.2 数控机床的工作过程

首先由编程人员或操作者对零件图样作深入分析，根据被加工零件的形状、尺寸和技术要求，确定零件的加工工艺过程、工艺参数，并按一定的规则编成加工程序。然后将加工程序输入到数控机床的数控装置中，再将被加工零件的毛坯装夹好。对刀后，即可起动机床运行加工程序。程序运行时，数控装置根据程序的坐标代码，作插补运算并输出插补控制信号，控制伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动，从而确定了机床的进给运动的方向、速度、位移量。数控装置根据辅助机能代码输出辅助功能控制信号驱动强电控制装置，控制主运动部件的变速、换向和起停，控制刀具的选择和交换，控制冷却、润滑的起停，控制工件和机床部件的松开和夹紧，控制分度工作台的转位等辅助机能。在正常情况下，加工程序可直接运行到结束。

## 1.3 数控机床的分类

目前数控机床种类很多，通常按以下4种方法进行分类。

### 1.3.1 按工艺用途分类

#### 1. 一般数控机床

这类机床的工艺用途和普通机床相似，可分为数控车床、数控钻床、数控铣床、数控镗

床、数控磨床和数控齿轮加工机床等。但它们的生产率和自动化程度比普通机床高，适合加工单件、小批量、多品种和复杂形状的工件。

## 2. 数控加工中心

这类数控机床是在一般数控机床上加装刀库和自动换刀装置，构成一种带自动换刀装置的数控机床。可以一次装夹后，对工件的大部分表面进行加工，而且具有两种以上的切削功能，避免了因多次安装造成的误差，减少了机床数量，提高了生产效率和加工自动化程度。

### 1.3.2 按控制的运动轨迹分类

#### 1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床的运动部件只能够实现从一个位置到另一个位置的精确运动，在运动和定位过程中没有任何加工工序。数控系统只需要控制行程起点和终点的坐标值，而不控制运动部件的运动轨迹，如数控钻床、数控镗床、数控电焊机等。

#### 2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床的特点是机床的运动部件不仅能实现一个坐标点到另一坐标点的精确移动和定位，而且能实现平行于坐标轴的直线进给运动或控制两个坐标轴实现斜线的进给运动。

#### 3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制，不仅能控制机床移动部件的起点到终点的坐标值，而且能控制整个加工过程中每一点的速度与该处的位移量。如数控铣床、数控车床、数控磨床和各类数控切割机床，它们取代了原有的仿形加工机床，提高了精度和生产率，并极大地缩短了生产准备时间。

### 1.3.3 按控制方式分类

#### 1. 开环控制数控机床

开环控制系统的特点是系统只按照数控装置的指令脉冲进行工作，而对执行的结果，即不检测和反馈移动部件的实际位移。开环控制的伺服系统主要使用步进电动机。数控装置发出指令脉冲，经驱动电路放大后，驱动步进电动机转动。一个脉冲使步进电动机转动一个角度，通过齿轮丝杆传动使工作台移动一定距离。这种系统结构简单，调试方便，价格低廉，易于维修，但精度不高，目前多用于经济型数控机床上。

#### 2. 闭环控制数控机床

闭环控制系统是在机床最终的运动部件的相应位置安装直线位置检测装置，当数控装置发出位移指令脉冲，经过伺服电动机、机械传动装置驱动运动部件移动时，直线位置检测装置将检测所得位移量反馈给数控装置的比较器，与输入指令进行比较，用差值控制运动部件，使运动部件严格按实际需要的位移量运动。

闭环控制系统的特点是加工精度高、移动速度大。但是，闭环控制系统，机械传动装置的刚度、摩擦阻尼特性、反向间隙等非线性因素对系统的稳定性有很大影响，造成闭环控制系统安装调试比较复杂。且直线位移检测装置造价较高，因此闭环控制系统多用于高精度数控机床和大型数控机床。

#### 3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制系统是在开环控制伺服电动机轴上装有角位移检测装置，通过检测伺服电动机的转角间接地检测出运动部件的位移（或角位移），并反馈给数控装置的比较器，与输入指令进行比较，用差值控制运动部件。半闭环控制运动部件的机械传动链不包括在闭环之内，机械传动链的误差无法得到校正或消除。惯性较大的机床运动部件不包括在闭环之内，控制系统的调试十分方便，并具有良好的系统稳定性。同时，由于目前广泛采用的滚珠丝杠螺母机构具有良好的精度和精度保持性，且采取了可靠的消除反向运动间隙的结构，因此，在一般情况下，半闭环控制正成为首选的控制方式被广泛采用。

## 思考与练习

- 1-1 数控机床与普通机床相比较有何特点？
- 1-2 数控机床由哪几部分组成？各有什么作用？
- 1-3 数控机床按工艺用途分有哪些类型？各用于什么场合？
- 1-4 什么是开环控制系统？它的优缺点如何？适用于什么场合？
- 1-5 什么是闭环控制系统？它的优缺点如何？适用于什么场合？

## 第2章 数控加工常用刀具简介

### 2.1 数控车刀的常见类型与选用

#### 2.1.1 常用的数控刀具材料

刀具材料是指刀具切削部分的材料。切削时，刀具切削部分是在较大的切削抗力、较高的切削温度和剧烈的摩擦条件下工作的。刀具寿命的长短和切削效率的高低，首先决定于切削部分的材料是否具备优良的切削性能。因此，刀具切削部分的材料应具备如下要求：

- ① 高硬度。
- ② 高耐磨性。
- ③ 高耐热性。
- ④ 足够的抗弯强度和冲击韧性。
- ⑤ 良好的工艺性。

数控机床刀具按制造所采用的材料可以分为高速钢刀具、硬质合金刀具、陶瓷刀具等。目前，用得最普遍的刀具材料有高速钢和硬质合金两大类，如表2-1所示。

表2-1 常用刀具材料

车刀材料	牌 号	性 能	用 途
高速钢	W18Cr4V	有较好的综合性能和可磨削性能	制造各种复杂刀具和精加工刀具，应用广泛
	W6Mo5Cr4V	有较好的综合性能，热塑性较好	用于制造热轧刀具
硬质合金	YG3	这类合金的抗弯强度和韧性较好，适用于加工铸铁、有色金属等脆性材料或冲击力较大的场合	用于精加工
	YG6		介于粗、精加工之间
	YG8		用于粗加工
	YT5	这类合金的耐磨性和抗粘附性较好，能承受较高的切削温度，适于加工钢或其他韧性较大的塑性金属	用于粗加工
	YT15		介于粗、精加工之间
	YT30		用于精加工

#### 2.1.2 常用数控车刀的种类及其选择

数控车削常用车刀一般分尖形车刀、圆弧型车刀和成形车刀等3类。

##### 1. 尖形车刀

是以直线型切削刃为特征的车刀。这类车刀的刀尖，同时也为其刀位点（刀位点是指在



加工程序编制中，用以表示刀具特征的点，也是对刀和加工的基准点），由直线型的主、副切削刃构成，如90°内外圆车刀、左右端面车刀、切断（车槽）车刀以及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

用这类车刀加工零件时，零件的轮廓主要由一个独立的刀尖或一条直线型主切削刃位移得到，它与使用下述两类车刀加工得到零件轮廓的原理截然不同。

尖形车刀几何参数（主要是几何角度）的选择方法与普通车削时基本相同，但应根据数控加工的特点（加工路线、加工干涉等）全面地考虑，并应兼顾刀尖的强度。

## 2. 圆弧型车刀

是以一圆度误差或线轮廓误差很小的圆弧型切削刃为特征的车刀，如图2-1所示。

该车刀圆弧刃上每一点都是圆弧型车刀的刀尖，因此，刀位点不在圆弧上，而在该圆弧的圆心上。

当某些尖形车刀或成形车刀（如螺纹车刀）的刀尖具有一定的圆弧形状时，也可作为这类车刀使用。

圆弧型车刀可用于车削内外表面，特别适合于车削各种光滑连接（凹形）的成形面。选择车刀圆弧半径时应考虑两点：一是车刀切削刃的圆弧半径应小于或等于零件凹形轮廓上的最小曲率半径，以免发生加工干涉；二是该半径不宜选择太小，否则不但制造困难，还会因刀具强度太低或刀体散热能力差而导致车刀损坏。

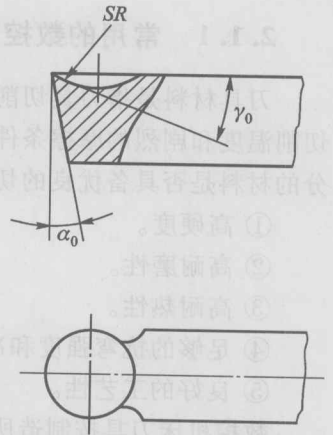


图2-1 圆弧型车刀

## 3. 成形车刀

成形车刀俗称样板车刀，其加工零件的轮廓完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。数控车削加工中，常见的成形车刀有小半径圆弧车刀、非矩形槽车刀和螺纹车刀等。

在数控加工中，应尽量少用或不用成形车刀，当确有必要选用时，则应在工艺准备文件或加工程序单上详细说明。

图2-2给出了常用车刀的种类、形状和用途。

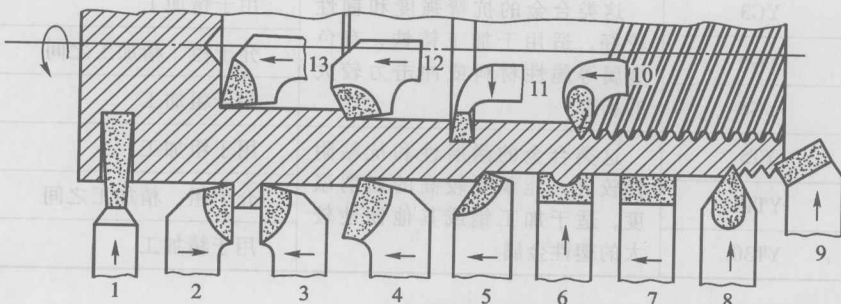


图2-2 常用车刀的种类、形状和用途

1—切断刀；2—90°左偏刀；3—90°右偏刀；4—弯头车刀；5—直头车刀；6—成形车刀；7—宽刃精车刀；

8—外螺纹车刀；9—端面车刀；10—内螺纹车刀；11—内槽车刀；12—通孔车刀；13—盲孔车刀