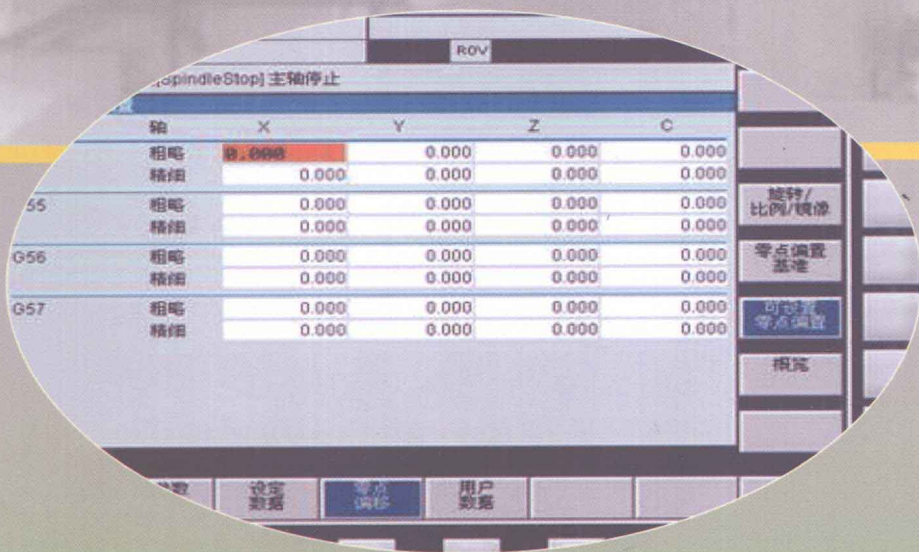


现代数控技术系列

# 现代数控编程 技术及应用

(第3版)

沈兴全 吴淑琴 王爱玲 孙旭东 等编著  
主 编 沈兴全 副主编 吴淑琴



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

现代数控技术系列

# 现代数控编程技术及应用

(第3版)

沈兴全 吴淑琴 王爱玲 孙旭东 等编著  
主编 沈兴全 副主编 吴淑琴

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

《现代数控编程技术及应用》(第3版)共分10章。主要内容有数控编程基础、程序编制中的工艺分析处理、程序编制中的数值计算、数控车床手工编程、数控铣床的编程、加工中心的编程、其他数控机床的编程、自动编程、刀位验证与轨迹编辑、编程系统的后置处理。

本书既适合作高等工科院校机械工程、机电工程、材料工程等专业的本科专业教材,也可作为硕士、博士生进行数控编程理论深入研究的参考用书;同时,还可作为继续工程教育的教材,也适合企事业单位和社会上从事数控的工程技术人员用作参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代数控编程技术及应用 / 沈兴全等编著. —3版. —北京:国防工业出版社, 2009.3

(现代数控技术系列)

ISBN 978 - 7 - 118 - 06187 - 1

I. 现... II. 沈... III. 数控机床—程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第013306号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 23 字数 520 千字

2009年3月第1版第1次印刷 印数1—5000册 定价36.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

## 《现代数控技术系列》编辑委员会

主 编 王爱玲

副主编 张吉堂

编 委 (按姓氏笔画排序)

马维金 王 彪 王俊元 王爱玲 朱丽梅

刘中柱 刘永姜 关世玺 孙旭东 李梦群

李耀明 杨福合 吴淑琴 辛志杰 沈兴全

张吉堂 陆春月 武文革 赵丽琴 彭彬彬

曾志强 蓝海根

## 第 3 版序

《现代数控技术系列》包括六个分册:《现代数控原理及控制系统》、《现代数控机床伺服及检测技术》、《现代数控编程技术及应用》、《现代数控机床故障诊断及维修》、《现代数控机床实用操作技术》和《现代数控机床》,前五个分册 2001 年 1 月初版,2005 年 1 月再版;后一分册 2003 年 4 月初版,2005 年 8 月第 2 次印刷时列入《现代数控技术系列》。该系列图书出版以来,深受数控技术领域广大师生和相关技术人员的欢迎。天津大学、天津工业大学、西安工业大学、广东工业大学、兰州理工大学等几十所高等院校将其作为本科生或研究生教材,天津工业大学还将《现代数控原理及控制系统》作为博士生入学考试参考用书,许多从事数控技术的科技人员也将其作为常备的参考书,广大读者对该系列书籍给予很高的评价。前两版各分册市场销售均超过 3 万册,取得了较好的社会效益和经济效益,为我国飞速发展的数控事业做出了一定贡献。

根据读者的反映及收集到的大量宝贵意见,结合数控技术发展的现状,现再次对《现代数控技术系列》进行修订,出版第 3 版(《现代数控机床》出版第 2 版)。本次修订对各分册进行了较大幅度的修改和结构调整,主要体现在以下几个方面:

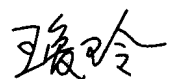
1. 力求反映数控技术的最新发展。如《现代数控原理及控制系统》:删除了一部分陈旧的内容,增加了介绍 STEP-NC 标准的内容、STEP-NC 数控系统的译码过程、DNC 数控系统输入方式、曲面插补和螺纹加工算法、S 型加减速控制、自适应加减速控制、开放式数控系统接口等内容;《现代数控编程技术及应用》:在加工中心的编程部分,增加四轴、五轴加工中心编程内容的介绍,同时增加大型 CAD 软件中 CAM 部分的内容,如 Pro/E、Master CAM 等;《现代数控机床》:更新了数控机床的新技术和最新发展趋势,增加了并联机床、多轴车削中心、复合加工中心等内容,并结合参编作者的博士论文研究成果,更新了数控机床结构设计基本原则、数控机床的总体布局、数控机床的计算机辅助分析与设计等内容;《现代数控机床故障诊断及维修》:对第 2、8、9、10 章进行较大改动,增加开放式数控系统维修的内容,增加并重写了信号的描述、常用数学变换、时域分析、频域分析到频谱分析、时间序列分析,以及故障检测及常用诊断仪器仪表,精选了数控机床维修实例并增加了数控机床故障诊断技术的最新进展;《现代数控机床实用操作技术》:对数控操作技术相关的知识如数控刀具、工件装夹等作了较为详细的阐述,并增加或更新了每一章节的内容,在选用典型控制系统时,既考虑到目前国内常用的系统,又体现科学性、先进性;《现代数控机床伺服及检测技术》分册已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,结合最新成果进行了重新编写。

2. 重新确定各分册具体内容,使各分册间的内容衔接更紧密,既避免了重复内容,又

考虑到各分册单独使用时的相对独立性,使知识的系统性更强、更科学。

3. 调整了编著者队伍,邀请有实际经验的教师、学业有成的教授、博士参加编写。

我希望第3版《现代数控技术系列》给大家带来更多实用的知识,同时也希望得到更多读者的批评与指正。



2008年11月

## 序 言

现代数控技术集机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通讯技术、液压气动技术、光机电技术于一体,是现代制造技术的基础,它的发展和运用,开创了制造业的新时代,使世界制造业的格局发生了巨大变化。

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的物质手段,它的广泛使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化,它的关联效益和辐射能力更是难以估计;数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等,都是建立在数控技术之上。数控技术是国际商业贸易的重要构成,发达国家把数控机床视为具有高技术附加值、高利润的重要出口产品,世界贸易额逐年增加。

因此,数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志,实现加工机床及生产过程数控化,是当今制造业的发展方向。专家们曾预言:机械制造的竞争,其实质是数控的竞争。

有鉴于此,发达国家把提高数控技术水平作为提高制造业水平的重要基础,竞相发展本国的数控产业。日本由于数控技术高度发展使其制造业迅速崛起,美国要挽回其失去的地位,欧洲要适应市场竞争的需求,从而以数控技术为主要标志的现代制造技术成了美国、日本和欧洲等工业国家竞争的焦点之一。日本、美国、意大利、西班牙、印度等国,都采用了一些扶植本国数控产业发展的政策措施。中国政府正积极采取各种有效措施大力发展中国的数控产业,把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。数控技术在制造业的扩展与延伸所产生的辐射作用和波及效果对机械制造业的产业结构、产品结构、专业化分工方式、机械加工方式及管理模式、社会的生产分工、企业的运行机制等正带来深刻的变化,对国民经济的发展起着重要的促进作用。

现代机械加工业逐步向柔性化、集成化、智能化方向发展,需要将不断飞速发展的通用计算机技术及其体系结构、现代自动控制理论及现代的电力电子技术应用于新一代数控机床并突出其“开放式”及“智能化”的特征。

我国从发展数控技术的战略高度结合国民经济发展的特点对数控技术进行创新性研究,重点开发“开放式”、“智能化”的数控车床、数控加工中心及数控电加工机床系列产品。

本系列书籍作者选准了这个题材,1995 年就在本单位机械设计制造及其自动化专业

开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业方向;在继续工程教育方面,作者所在单位作为“兵器工业现代数控技术培训中心”和“全国数控培训网太原分中心”的承办单位,自1995年以来,开办了40多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班,为70多个企事业单位培训了大量现代数控技术方面的工程技术人才。

在新产品研究开发方面,作者应用现代数控技术为企业开发出复杂曲面CAD/CAM一体化多种产品。

本系列书籍是在作者多年从事现代数控技术方面的教学、科研、基础理论研究和工作的基础上总结深化撰写成的。本系列书籍系统地分专题详细论述了现代数控技术的有关理论,内容充实,重点突出,同时尽可能地反映数控技术领域内的新成就和新的应用经验;在注重理论系统性的同时,强调如何应用理论分析实际问题,如数控编程实例及故障诊断实例等。在编写结构上,内容深入浅出,图文并茂,条理清楚,便于学用。

相信这套系列书籍能够有益于我国数控技术领域人才的培养,有益于我国数控技术的发展,有益于我国立足世界数控技术之林。



2001年9月13日于太原



## 第3版前言

随着制造业的不断发展,中国正在逐步变成“世界制造中心”。在走新型工业化道路中,数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础。适应日趋激烈的竞争,加快对社会和企业需求的反应能力,培养适合制造业发展需求的大量的高级数控专业人才已成为高等教育的紧迫任务。

《现代数控编程技术及应用》是《现代数控技术系列》教材的一个分册。该教材既适合做高等工科院校机械工程、机电工程、材料工程等本科生进行数控编程技术教学的专业教材,也为硕士、博士生进行数控编程理论深入研究提供了参考用书。本书自2002年1月出版以来,深受广大读者的欢迎,先后3次印刷;2005年1月第2版出版发行,到2008年第2版已6次印刷,市场效果好。

近年来,数控技术发展十分迅速。为了适应数控技术日新月异的发展形势和实际需求,现再次进行修订,出版《现代数控编程技术及应用》(第3版)。在这次修订版中,通过对内容的增、删、改,充分反映出数控编程技术的最新发展,如在加工中心的编程部分,增加四轴、五轴加工中心编程内容的介绍;在自动编程部分删除APT语言部分的单节介绍,只在概述中略为涉及,同时增加大型CAD软件中CAM部分的内容,如Pro/E等;在相应章节中加入数控仿真介绍和最新的STEP-NC编程技术的探讨。《现代数控编程技术及应用》是在1994年以来使用的同名讲义的基础上编著而成的,具有坚实的成书基础,并与其他五种数控图书组成《现代数控技术系列》,填补了国内数控技术书籍成系列的空白。

《现代数控编程技术及应用》主要内容有数控编程基础、程序编制中的工艺分析处理、程序编制中的数值计算、数控车床编程、数控铣床编程、加工中心编程、其他数控机床编程、自动编程、刀位验证与轨迹编辑、编程系统的后置处理。

本书由沈兴全教授(博士)任主编,吴淑琴副教授(博士)任副主编。其中第3章由王爱玲教授(博导)编写,第1、6章由沈兴全编写,第4、9、10章由吴淑琴编写,第2、7章由孙旭东讲师(博士)编写,第5、8章由李耀明讲师(博士)编写。全书由沈兴全统稿,王爱玲统一定稿。

本书编写时参阅了很多院校和单位的教材、资料和文献,部分资料来源于网络,并得到很多专家和同事的支持和帮助,在此谨致谢意!

限于编著者的水平和经验,书中难免会有疏漏和错误之处,恳请读者和各位同仁批评指正。

编著者  
2008年9月

# 目 录

<b>第 1 章 数控编程基础</b> .....	1
1.1 数控机床概述.....	1
1.1.1 数控机床的工作原理 .....	1
1.1.2 数控机床的分类及特点 .....	2
1.1.3 数控机床的发展趋势 .....	5
1.2 插补原理与计算机数控系统 .....	16
1.2.1 插补原理.....	16
1.2.2 计算机数控系统.....	18
1.3 程序编制的基本概念 .....	19
1.3.1 程序编制的内容与方法.....	19
1.3.2 零件加工程序的输入方式.....	22
1.3.3 穿孔纸带信息代码.....	22
1.3.4 程序结构与格式.....	26
1.3.5 程序数据输入格式.....	31
1.4 数控编程几何基础 .....	32
1.4.1 数控机床坐标系和运动方向.....	32
1.4.2 绝对坐标和增量(相对)坐标系 .....	34
1.4.3 工件坐标系 .....	35
1.4.4 编程坐标系 .....	35
1.4.5 数控编程的特征点.....	36
1.5 程序编制中的基本指令 .....	39
1.5.1 准备功能指令——G 指令.....	43
1.5.2 辅助功能指令——M 指令.....	47
1.5.3 其他功能指令.....	48
1.6 自动编程系统简介 .....	48
<b>第 2 章 程序编制中的工艺分析处理</b> .....	51
2.1 数控加工工艺分析的特点及内容 .....	51
2.1.1 数控加工的工艺设计特点.....	51
2.1.2 数控加工工艺的主要内容.....	52

2.2	零件的加工工艺性分析 .....	53
2.2.1	选择并决定进行数控加工的内容 .....	53
2.2.2	零件图样上尺寸数据的标注原则 .....	53
2.2.3	零件各加工部位的结构工艺性应符合数控加工的特点 .....	54
2.2.4	零件毛坯的工艺性分析 .....	55
2.3	加工方法选择及加工方案确定 .....	55
2.3.1	机床的选用 .....	55
2.3.2	加工方法的选择 .....	56
2.3.3	加工方案设计的原则 .....	58
2.4	工艺路线设计 .....	58
2.4.1	工序的划分 .....	59
2.4.2	工步的划分 .....	59
2.4.3	顺序的安排 .....	60
2.4.4	数控加工工序与普通加工工序的衔接 .....	60
2.5	加工路线的确定 .....	60
2.5.1	点位控制机床加工路线 .....	61
2.5.2	孔系加工的路线 .....	61
2.5.3	车螺纹的加工线路 .....	62
2.5.4	铣削平面的加工路线 .....	62
2.5.5	铣削曲面的加工路线 .....	63
2.6	确定零件的夹紧方法和夹具的选择 .....	65
2.6.1	工件的定位与夹紧方案的确定 .....	65
2.6.2	夹具的选择 .....	65
2.7	刀具的选择 .....	66
2.8	切削用量的确定 .....	69
2.9	顺铣与逆铣 .....	69
2.10	冷却液的选择 .....	70
2.11	数控编程的误差控制 .....	70
2.12	在线测量 .....	71
2.13	数控加工工艺文件 .....	71
2.13.1	工序卡 .....	71
2.13.2	数控加工刀具明细表 .....	72
2.13.3	机床调整单 .....	72
2.13.4	数控加工程序单 .....	73
2.14	计算机辅助工艺设计 .....	73
<b>第3章</b>	<b>程序编制中的数值计算 .....</b>	<b>77</b>
3.1	数控加工中的常用数学模式 .....	77

3.1.1	常用的曲线曲面	77
3.1.2	三次参数样条	83
3.1.3	Bezier 曲线	85
3.1.4	抛物线拟合	94
3.1.5	双三次参数曲面(孔斯曲面)	95
3.1.6	Bezier 曲面	96
3.1.7	B 样条曲面	97
3.1.8	单线性曲面(直纹面)	97
3.2	数值计算的内容	98
3.2.1	基点与节点的计算	98
3.2.2	刀位点轨迹的计算	98
3.2.3	辅助计算	99
3.3	直线圆弧系统零件轮廓的基点计算	99
3.3.1	联立方程组法求解基点坐标	100
3.3.2	三角函数法求解基点坐标	101
3.4	直线圆弧系统刀位点轨迹计算	103
3.4.1	刀位点的选择及对刀	103
3.4.2	刀具中心编程的数值计算	104
3.4.3	尖角过渡的数值计算	105
3.4.4	刀具轨迹设计中的几个优化问题	106
3.5	一般非圆曲线节点坐标计算	108
3.5.1	概述	108
3.5.2	用直线段逼近非圆曲线	108
3.5.3	用圆弧段逼近非圆曲线时的计算方法	113
3.5.4	双圆弧法求节点坐标	115
3.5.5	NURBS 曲线插补技术	117
3.6	列表曲线的节点坐标计算	119
3.6.1	列表曲线	119
3.6.2	插值	121
3.6.3	拟合	121
3.6.4	光顺	122
3.7	曲面曲线加工刀位点轨迹的处理和计算	123
3.7.1	曲面的数学处理	123
3.7.2	多坐标点位加工刀具轨迹设计	127
3.7.3	三坐标球刀多面体曲面加工	128
3.7.4	曲面交线的加工	129
3.7.5	曲面间过渡区域的加工	131

3.7.6	多坐标加工刀位计算 .....	132
<b>第4章</b>	<b>数控车床编程 .....</b>	<b>135</b>
4.1	数控车床编程基础 .....	135
4.1.1	数控车床的分类与特点 .....	135
4.1.2	数控车床的编程特点 .....	136
4.1.3	数控系统的功能 .....	136
4.1.4	数控车床刀具补偿 .....	141
4.1.5	数控车床坐标系统 .....	147
4.2	数控车床常用编程方法 .....	149
4.3	数控车床典型编程实例 .....	168
4.3.1	数控车床典型加工编程实例 .....	168
4.3.2	FANUC 系统编程与加工实例 .....	169
4.3.3	SIEMENS 系统编程与加工实例 .....	174
<b>第5章</b>	<b>数控铣床编程 .....</b>	<b>180</b>
5.1	数控铣床概述 .....	180
5.1.1	数控铣床的用途与组成 .....	180
5.1.2	数控铣床的分类 .....	180
5.1.3	数控铣床加工的主要对象 .....	183
5.1.4	铣床的主要技术参数 .....	184
5.2	数控铣床编程基础 .....	185
5.2.1	数控系统的功能 .....	185
5.2.2	坐标系统 .....	188
5.3	基本编程方法 .....	189
5.4	A类宏功能应用 .....	208
5.5	数控铣床编程要点及实例 .....	216
<b>第6章</b>	<b>加工中心编程 .....</b>	<b>224</b>
6.1	加工中心 .....	224
6.1.1	概述 .....	224
6.1.2	自动换刀装置 .....	224
6.2	加工中心编程基础 .....	226
6.2.1	数控系统的功能 .....	226
6.2.2	工作坐标系和参考点 .....	227
6.3	基本编程方法 .....	227
6.4	B类宏功能应用 .....	239
6.5	加工中心编程要点及实例 .....	242

6.5.1	编程要点	242
6.5.2	编程实例	243
<b>第7章</b>	<b>其他数控机床编程</b>	<b>249</b>
7.1	数控电火花成形加工技术	249
7.1.1	电火花成形加工原理与特征	249
7.1.2	电火花成形加工的应用	251
7.1.3	数控电火花成形加工工艺过程	252
7.1.4	数控电火花加工编程方法	253
7.1.5	数控电火花加工实例	255
7.2	数控线切割编程	259
7.2.1	数控线切割机床简介	259
7.2.2	数控电火花线切割加工工艺	262
7.2.3	数控电火花线切割编程方法及加工实例	264
7.3	数控磨床	269
7.3.1	数控磨床简介	269
7.3.2	数控外圆磨削技术	272
7.4	数控激光加工技术	281
7.4.1	激光产生的原理及特点	281
7.4.2	激光加工工艺及特点	282
7.4.3	数控激光加工程序的编制	282
7.4.4	用户宏程序在激光加工中的应用	286
<b>第8章</b>	<b>自动编程</b>	<b>288</b>
8.1	自动编程概述	288
8.1.1	自动编程的基本原理	288
8.1.2	APT 语言简介	289
8.2	典型 CAM 系统功能软件及应用	291
8.2.1	Master CAM 软件及应用实例	291
8.2.2	PRO - E CAM 软件及应用实例	300
8.3	CNC 技术的新进展 STEP - NC	313
<b>第9章</b>	<b>刀位验证与轨迹编辑</b>	<b>316</b>
9.1	刀位数据验证	316
9.2	程序文件检查	316
9.3	显示验证	317
9.3.1	刀位轨迹显示验证	317
9.3.2	加工表面与刀位轨迹的组合显示验证	318

9.3.3	组合模拟显示验证 .....	319
9.4	截面验证法 .....	320
9.4.1	横截面验证 .....	320
9.4.2	纵截面验证 .....	321
9.4.3	曲截面验证 .....	321
9.5	距离验证 .....	322
9.6	加工过程动态仿真 .....	322
9.6.1	数控加工仿真系统结构 .....	324
9.6.2	几何仿真 .....	326
9.6.3	加工过程物理仿真 .....	329
9.7	刀具轨迹编辑功能 .....	330
<b>第 10 章</b>	<b>编程系统的后置处理 .....</b>	<b>333</b>
10.1	后置处理过程及特点 .....	333
10.1.1	刀具路径文件格式的多样性 .....	334
10.1.2	NC 程序格式的多样性 .....	334
10.1.3	技术需求的多样性 .....	335
10.2	后置处理算法 .....	336
10.2.1	带回转工作台的四坐标数控机床后置处理算法 .....	337
10.2.2	五坐标数控机床后置处理算法 .....	339
10.2.3	五坐标数控机床进给速度的计算 .....	344
10.3	通用后置处理系统原理及实现途径 .....	346
10.3.1	通用后置处理系统结构原理 .....	346
10.3.2	通用后置处理系统的实现途径 .....	348
<b>参考文献</b>	.....	<b>350</b>

# 第 1 章 数控编程基础

## 1.1 数控机床概述

数控机床是数字控制机床(Numerically Controlled Machine Tool)的简称,亦称 NC 机床,是为了满足单件、小批、多品种自动化生产的需要而研制的一种灵活的、通用的能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床,具有适应性强、加工精度高、加工质量稳定和生产效率高的优点。它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等多方面的技术成果。随着机床数控技术的迅速发展,数控机床在机械制造业中的地位越来越重要。

第一台数控机床是适应航空工业制造复杂零件的需要而产生的。1948 年,美国帕森斯公司(Parsons Co)在研制加工直升机叶片轮廓用检查样板的加工机床时,提出了数控机床的初始设想。1949 年,帕森斯公司正式接受委托,与麻省理工学院伺服机构试验室合作,开始从事数控机床的研制工作。经过三年时间的研究,于 1952 年试制成功世界上第一台数控机床样机,这是一台直线插补三坐标立式铣床,其数控系统全部采用电子管,也称第一代数控系统。经过三年的改进和自动程序编制的研究,于 1955 年进入实用阶段,一直到 20 世纪 50 年代末,由于晶体管的应用,数控系统提高了可靠性且价格开始下降,一些民用工业开始发展数控机床,其中多数是钻床、冲床等点位控制的机床。数控技术不仅在机床上得到实际应用,而且逐步推广到焊接机、火焰切割机等,使数控技术不断地扩展应用范围。

我国的数控机床是从 1958 年开始研制的,经历了 40 多年的发展历程,目前数控技术已在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心也相继研制成功。

### 1.1.1 数控机床的工作原理

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体组成,其组成框图如图 1-1 所示。

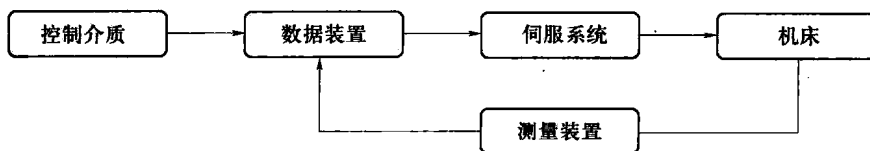


图 1-1 数控机床的组成

#### 1. 控制介质

它是用于记载各种加工信息(如零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等),以控制机床的运动,实现零件的机械加工。常用的控制介质有标准的纸带、磁带和磁盘等。



控制介质上记载的加工信息要经输入装置输送给数控装置。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。对于用微机控制的数控机床,也可用操作面板上的按钮和键盘将加工程序直接输入,并在 CRT 显示器上显示。

## 2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它的功能是接受输入装置输入的加工信息,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,发出相应的脉冲送给伺服系统,通过伺服系统控制机床的各个运动部件按规定要求动作。

## 3. 伺服系统及位置检测装置

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。由机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统,它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移量。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。伺服系统有开环、闭环和半闭环之分,在闭环和半闭环伺服系统中,还需配有位置测量装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量。

## 4. 机床本体及机械部件

数控机床的本体及机械部件包括:主运动部件,进给运动执行部件如工作台、刀架及其传动部件和床身立柱等支承部件,此外还有冷却、润滑、转位和夹紧装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库,交换刀具的机械手等部件。数控机床的本体和机械部件的结构,其设计方法基本同普通机床类似,只是在精度、刚度、抗振性等方面要求更高,尤其是要求相对运动表面的摩擦系数要小,传动部件之间的间隙要小,而且传动和变速系统要便于实现自动化控制。

数控机床加工零件时,首先应编制零件的加工程序,这是数控机床的工作指令。将加工程序输入到数控装置,再由数控装置控制机床主运动的变速、起停、进给的方向、速度和位移量,以及其他如刀具选择交换、工件的夹紧松开、冷却润滑的开关等动作,使刀具与工件及其它辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。数控机床加工工件的过程见图 1-2。

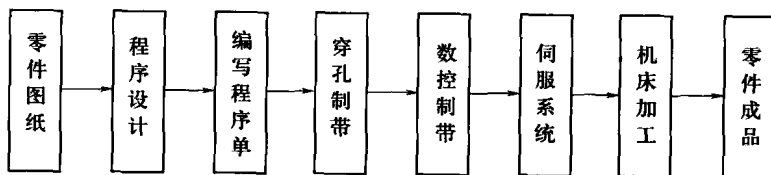


图 1-2 数控机床加工工件过程

### 1.1.2 数控机床的分类及特点

数控机床的种类很多,可按不同的方法进行分类。

按工艺用途可分为:数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗铣床、数控齿轮加工机床、数控电火花加工机床、数控线切割机床、数控冲床、数控剪床、数控液压机等各种工艺用途的数控机床。在数控镗铣床的基础上发展起来的加工中心,带有刀库和自动换刀装置。工件一次装卡后,可以完成铣、镗、钻、扩、铰、攻丝和铣螺纹等多种加工工序。在数控车床的基础上增加了刀库、自动换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等机械