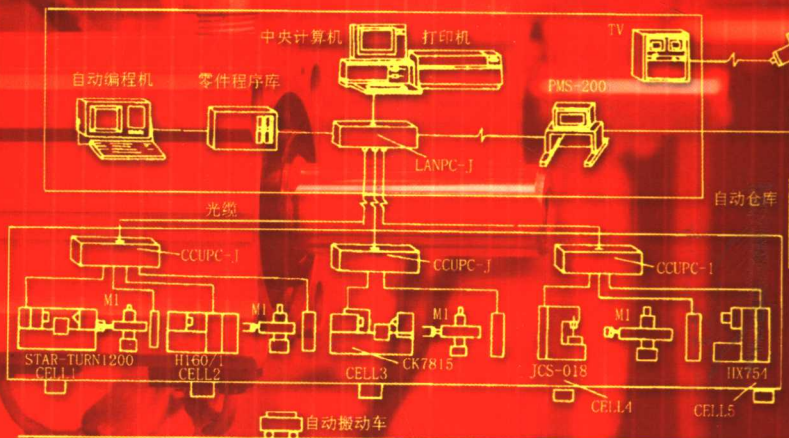




21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材



机床数控技术 及应用

杨后川 梁 炜 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材

机床数控技术及应用

杨后川 梁 炜 编著

吕伯平 主审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据“21世纪全国高校应用人才培养规划教材编审委员会”的统一要求,确定编写内容和拟定编写大纲。全书共分9章,介绍了机床数控技术及应用的概况、数控装置及控制原理、数控机床的伺服系统、数控机床的机械结构、数控加工工艺装备、数控编程基础、数控车床编程、加工中心编程以及数控机床的故障诊断与维修等内容。本书内容力求系统、全面、新颖,并且理论联系实际。

本书可作为高等院校机电类专业本科生的教材,亦可作为夜大、函授和职工大学的同类专业教材,还可供研究设计单位、企业从事数控技术开发与应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术及应用/杨后川,梁炜编著. —北京:北京大学出版社,2005.10
(21世纪全国高校应用人才培养机电类规划教材)
ISBN 7-301-09327-6

I. 机… II. ①杨… ②梁… III. 数控机床—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第074511号

书 名: 机床数控技术及应用

著作责任者: 杨后川 梁炜 编著

责任编辑: 韩玲玲

标准书号: ISBN 7-301-09327-6/TH·0035

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 河北涿县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×980毫米 16开本 20.5印张 440千字

2005年10月第1版 2005年10月第1次印刷

定 价: 34.00元

前 言

数控技术是机械加工自动化的基础，是数控机床的核心技术。随着信息技术、微电子技术、自动化技术和检测技术的发展，数控技术得到了迅速的发展。机床数控技术与应用包含的内容很多，如何使学生和读者掌握其关键技术和内容，是本书在内容取舍和编写纲目拟定上的突破点。根据“21世纪全国高校应用人才培养规划教材编审委员会”的统一要求，本书的编写既注重了内容的系统性、理论性、应用性和新颖性，又力求叙述简练、层次分明、结构合理、通俗易懂。

本书着重叙述了机床数控技术的基本概念及发展、数控机床的结构及工作原理、数控编程基础及方法、数控机床的应用及故障诊断等内容。全书共分9章，第1章介绍了数控机床的基本概念、工作原理、组成、分类、发展、特点及应用。第2章介绍了数控装置的组成、功能特点、CNC装置的硬件和软件结构、数控插补原理、刀具补偿控制及进给速度控制。第3章介绍了数控机床对伺服系统的要求与分类、数控机床伺服驱动装置和检测装置。第4章介绍了数控机床机械本体的组成、特点和要求、主传动和进给传动系统、自动换刀装置及导轨等知识。第5章介绍了刀具系统、夹具系统、常用量具与辅具等数控加工工艺装备。第6、7、8章介绍了数控编程基础、数控加工工艺基础、计算机辅助数控编程、数控编程指令、数控车床和加工中心编程及编程实例。第9章介绍了数控机床的可靠性与维修、故障诊断的常用方法和一般步骤、故障诊断的一些新技术及故障维修。各章内容既有联系，又有一定的独立性，并且每章均附有思考题。

全书由杨后川、梁炜编著。其中第1章由姚武文教授编写，第2、3、4、9章由杨后川编写，第5、6、7、8章由梁炜编写，高昆、黄阳参与编写了第4、5章的部分内容。由杨后川统稿和定稿。由吕伯平副教授主审。

在编写过程中，作者参阅和引用了有关院校、工厂、科研院所的一些教材、资料和文献，有些文献已在参考文献中列出，对未能列出的文献和资料，编者向其作者表示诚挚的感谢。本书的编写得到了空军第一航空学院二系机械制造教研室、训练部教保科部分同志的支持和帮助，在绘图、制表和校对等方面给予了大力协助，在此，编者一并向他们表示谢意。

由于编者的水平有限，经验不足，文中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 数控机床技术的基本概念	1
1.2 数控机床的特点及适用范围	2
1.2.1 数控机床的特点	2
1.2.2 数控机床的适用范围	3
1.3 数控机床的工作原理及组成	3
1.3.1 数控机床的工作原理	3
1.3.2 数控机床的组成	5
1.4 数控机床的分类	6
1.4.1 按功能用途分类	6
1.4.2 按运动轨迹分类	7
1.4.3 按伺服系统的控制原理分类	8
1.4.4 按数控系统的功能水平分类	9
1.5 数控机床的发展	10
1.5.1 数控机床的发展概况	10
1.5.2 数控机床上几种先进的自动化生产系统	11
1.5.3 数控机床的发展趋势	16
1.6 思考题	19
第2章 数控装置及控制原理	20
2.1 概述	20
2.1.1 CNC系统的组成	20
2.1.2 CNC装置的功能特点	21
2.2 CNC装置硬件结构	22
2.2.1 单微处理器结构的CNC装置	22
2.2.2 多微处理器结构的CNC装置	24
2.3 CNC装置软件结构	26
2.3.1 CNC软件的组成	26
2.3.2 CNC软件与硬件的关系	28
2.3.3 CNC软件的结构特点	29
2.4 数控插补原理	31

2.4.1	插补的基本概念.....	31
2.4.2	逐点比较插补法.....	32
2.4.3	数字积分插补法.....	39
2.4.4	数据采样插补.....	45
2.5	数控刀具补偿控制.....	46
2.5.1	刀具补偿的基本原理.....	46
2.5.2	B 功能刀具半径补偿.....	47
2.5.3	C 功能刀具半径补偿.....	49
2.6	数控装置的进给速度控制.....	55
2.6.1	进给速度控制.....	55
2.6.2	加减速度控制.....	56
2.7	思考题.....	57
第 3 章	数控机床的伺服系统.....	58
3.1	概述.....	58
3.1.1	数控机床对伺服系统的要求.....	58
3.1.2	数控机床的伺服系统的分类.....	59
3.2	数控机床伺服驱动装置.....	63
3.2.1	步进电机.....	64
3.2.2	直流伺服电机.....	68
3.2.3	交流伺服电机.....	73
3.3	数控机床检测装置.....	76
3.3.1	旋转变压器.....	77
3.3.2	感应同步器.....	80
3.3.3	光电脉冲编码器.....	84
3.3.4	光栅.....	86
3.3.5	磁尺.....	88
3.3.6	激光检测装置.....	90
3.4	思考题.....	92
第 4 章	数控机床的机械结构.....	93
4.1	概述.....	93
4.1.1	数控机床机械本体组成.....	93
4.1.2	数控机床机械结构的特点和要求.....	93
4.2	数控机床主传动系统.....	97
4.2.1	主传动形式.....	97

4.2.2 主轴部件的结构.....	98
4.3 数控机床进给传动系统.....	102
4.3.1 丝杠螺母副.....	102
4.3.2 齿轮齿条副和静压蜗杆蜗条副.....	108
4.3.3 传动齿轮副.....	111
4.3.4 回转工作台.....	114
4.4 自动换刀装置.....	117
4.4.1 自动换刀装置的形式.....	117
4.4.2 数控车床的换刀形式.....	118
4.4.3 加工中心的换刀形式.....	121
4.5 数控机床的导轨.....	123
4.5.1 对导轨的要求及分类.....	123
4.5.2 滚动导轨.....	124
4.5.3 滑动导轨.....	125
4.5.4 静压导轨.....	127
4.6 思考题.....	128
第5章 数控加工工艺装备.....	129
5.1 刀具系统.....	129
5.1.1 数控加工对刀具的要求.....	129
5.1.2 数控刀具的材料和选用.....	131
5.1.3 数控车床刀具系统.....	136
5.1.4 加工中心刀具系统.....	138
5.2 夹具系统.....	147
5.2.1 数控夹具的要求和选用.....	148
5.2.2 数控车床夹具.....	149
5.2.3 钻、铣、镗类和加工中心用夹具.....	151
5.3 常用量具与辅具.....	158
5.3.1 常用量具.....	158
5.3.2 常用辅具.....	165
5.4 思考题.....	167
第6章 数控编程基础.....	168
6.1 数控加工工艺基础.....	168
6.1.1 数控加工工艺内容和特点.....	168
6.1.2 数控加工的工艺适应性.....	169

6.1.3	数控加工工艺的设计.....	170
6.1.4	数控加工零件的工艺性分析.....	172
6.1.5	数控加工的工艺路线设计.....	174
6.1.6	数控加工工序的设计.....	175
6.1.7	数控加工专用技术文件的编写.....	178
6.1.8	零件结构的工艺性改进.....	179
6.2	数控编程概述.....	181
6.2.1	数控程序的编制方法与步骤.....	181
6.2.2	数控程序的结构与格式.....	184
6.2.3	地址符及其含义.....	187
6.2.4	数控机床的坐标系.....	187
6.3	数控编程常用指令.....	190
6.3.1	模态指令与非模态指令.....	190
6.3.2	辅助功能 M 指令.....	190
6.3.3	S、F、T 指令.....	193
6.3.4	准备功能 G 指令.....	194
6.4	自动编程简介.....	204
6.4.1	自动编程的基本概念.....	204
6.4.2	自动编程的基本工作原理.....	205
6.4.3	国内外典型 CAM 软件介绍.....	206
6.4.4	CAXA 制造工程师应用.....	208
6.5	思考题.....	218
第 7 章	数控车床编程.....	219
7.1	数控车床编程概述.....	219
7.1.1	数控车床坐标系.....	219
7.1.2	数控车床编程特点.....	220
7.1.3	刀具补偿.....	221
7.2	数控车床编程指令.....	225
7.2.1	模式设置.....	227
7.2.2	倒角加工.....	228
7.2.3	螺纹加工.....	231
7.2.4	简单切削循环.....	237
7.2.5	复合切削循环.....	238
7.3	数控车床编程实例.....	246
7.3.1	机床状态.....	246

7.3.2	刀具状态.....	246
7.3.3	切削参数.....	246
7.3.4	编程实例.....	246
7.4	思考题.....	251
第8章	加工中心编程.....	253
8.1	加工中心编程概述.....	253
8.1.1	加工中心机床坐标系.....	253
8.1.2	加工中心编程的特点.....	254
8.1.3	刀具补偿功能.....	255
8.2	HNC—21M的编程指令体系.....	258
8.2.1	尺寸单位设定(G22).....	258
8.2.2	局部坐标系设定(G52).....	259
8.2.3	单方向定位(G60).....	259
8.2.4	螺旋线插补(G02、G03).....	259
8.2.5	虚轴指定(G07)及正弦线插补.....	260
8.2.6	棱角处理.....	261
8.2.7	简化编程指令.....	262
8.2.8	固定循环.....	267
8.3	加工中心编程实例.....	276
8.3.1	机床状态.....	276
8.3.2	刀具状态和切削参数.....	276
8.3.3	编程实例.....	276
8.4	宏指令编程简介.....	279
8.4.1	概述.....	279
8.4.2	宏变量及常量.....	281
8.4.3	运算符与表达式.....	283
8.4.4	结构语句.....	284
8.4.5	宏程序编制.....	284
8.5	思考题.....	287
第9章	数控机床的故障诊断与维修.....	289
9.1	概述.....	289
9.1.1	数控机床的可靠性与维修.....	289
9.1.2	数控机床的故障规律.....	290
9.1.3	数控机床故障诊断的一般步骤.....	291

9.2 数控机床常用的故障诊断方法.....	292
9.2.1 CNC 系统故障诊断的一般方法.....	292
9.2.2 根据机床参数进行故障诊断.....	294
9.2.3 其他诊断方法.....	294
9.3 新技术在数控机床故障诊断中的应用.....	295
9.3.1 数控机床故障诊断的专家系统.....	296
9.3.2 人工神经网络故障诊断系统.....	297
9.3.3 自修复系统.....	297
9.3.4 通信诊断系统.....	298
9.4 数控机床的维修.....	298
9.4.1 数控系统的故障维修.....	298
9.4.2 伺服驱动系统的故障维修.....	299
9.4.3 机械系统故障维修.....	301
9.4.4 液压系统故障维修.....	301
9.4.5 压缩空气系统故障处理.....	301
9.4.6 其他系统故障处理.....	302
9.5 思考题.....	303
附录 1 附表.....	304
附录 2 部分常用数控术语.....	312
参考文献.....	318

第 1 章 绪 论

随着科学技术的飞速发展和经济竞争的日趋激烈,产品更新的速度越来越快,多品种、中小批量生产的比重明显增加。同时,随着航空工业、汽车工业和轻工业消费品生产的高速增长,复杂形状的零件越来越多,精度要求也越来越高。此外,激烈的市场竞争要求产品研制、生产周期越来越短,传统的加工设备和制造方法已难于适应这种多样化、柔性化与复杂形状零件的高效、高质量加工要求。因此,近几十年来,世界各国十分重视发展能有效解决复杂、精密、小批量、多变零件加工的数控加工技术。在机械制造业中,大量采用以微电子技术和计算机技术为基础的数控技术,并将机械技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术有机地结合在一起,使其生产方式发生了革命性变化。目前数控技术和数控机床正不断更新换代,向高速度、多功能、智能化、开放型以及高可靠性等方面迅速发展。数控技术的应用和数控机床的生产量已成为衡量一个国家工业化程度和技术水平的重要标志。

1.1 数控机床技术的基本概念

数字控制(Numerical Control)是近代发展起来的一种自动控制技术,国家标准(GB 8129—87)定义为“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”,简称数控(NC)。

数控技术(Numerical Control Technology)是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术,它已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、计算机集成制造系统(CIMS)、柔性制造系统(FMS)和智能制造(IM)等先进制造技术都是建立在数控技术之上。数控技术广泛应用于金属切削机床和其他机械设备,如数控铣床、数控车床、机器人、坐标测量机和剪裁机等。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。国际信息处理联盟(International Federation Of Information Processing)第五技术委员会对数控机床作的定义是:“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代码、或其他符号编码指令规定的程序。”它是集现代机械制造技术、自动控制技术及计算机信息技术于一体,采用数控装置或计算机,来

全部或部分地取代一般通用机床在加工零件时对机床的各种动作（如启动、加工顺序、改变切削用量、主轴变速、选择刀具、冷却液开停以及停车等）的人工控制，是高效率、高精度、高柔性和高自动化的光、机、电一体化的数控设备。

数控加工技术（Numerical Control Machining Technology）是指高效、优质地实现产品零件特别是复杂形状零件的加工技术，是自动化、柔性化、敏捷化和数字化制造加工的基础与关键技术。数控加工过程包括由给定的零件加工要求（零件图纸、CAD 数据或实物模型）进行加工的全过程，其主要内容涉及数控机床加工工艺和数控编程技术两大方面。

1.2 数控机床的特点及适用范围

1.2.1 数控机床的特点

现代数控机床具有许多普通机床无法实现的特殊功能，其特点有：

（1）加工零件适应性强，灵活性好。数控机床是一种高度自动化和高效率的机床，可适应不同品种和不同尺寸规格工件的自动加工，能完成很多普通机床难以胜任、或者根本不可能加工出来的复杂型面的零件。当加工对象改变时，只要改变数控加工程序，就可改变加工工件的品种，为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。数控机床首先在航空航天等领域获得应用，如复杂曲面的模具加工、螺旋桨及涡轮叶片加工等。

（2）加工精度高，产品质量稳定。数控机床按照预定的程序自动加工，不受人为因素的影响，加工同批零件尺寸的一致性好，其加工精度由机床来保证，还可利用软件来校正和补偿误差，加工精度高、质量稳定，产品合格率高。因此，能获得比机床本身精度还要高的加工精度及重复精度（中、小型数控机床的定位精度可达 0.005 mm ，重复定位精度可达 0.002 mm ）。

（3）综合功能强，生产效率高。数控机床的生产效率较普通机床的高 $2\sim 3$ 倍。尤其是某些复杂零件的加工，生产效率可提高十几倍甚至几十倍。这是因为数控机床具有良好的结构刚性，可进行大切削用量的强力切削，能有效地节省机动时间，还具有自动变速、自动换刀、自动交换工件和其他辅助操作自动化等功能，使辅助时间缩短，而且无需工序间的检测和测量。对壳体零件采用加工中心进行加工，利用转台自动换位、自动换刀，几乎可以在一次装夹的情况下完成零件的全部加工，节约了工序之间的运输、测量、装夹等辅助时间。

（4）自动化程度高，工人劳动强度减少。数控机床主要是自动加工，能自动换刀、启停切削液、自动变速等，其大部分操作不需人工完成，可大大减轻操作者的劳动强度和紧

张程度，改善劳动条件。

(5) 生产成本降低，经济效益好。数控机床自动化程度高，减少了操作人员的人数，同时加工精度稳定，降低了废品、次品率，使生产成本下降。在单件、小批量生产情况下，使用数控机床加工，可节省划线工时，减少调整、加工和检验时间，节省直接生产费用和工艺装备费用。此外，数控机床可实现一机多用，节省厂房面积和建厂投资。因此，使用数控机床仍可获得良好的经济效益。

(6) 数字化生产，管理水平提高。在数控机床上加工，能准确地计算零件加工时间，加强了零件的计时性，便于实现生产计划调度，简化和减少了检验、工具与夹具准备、半成品调度等管理工作。数控机床具有的通信接口，可实现计算机之间的联接，组成工业局域网络（LAN），采用制造自动化协议（MAP）规范，实现生产过程的计算机管理与控制。

1.2.2 数控机床的适用范围

在机械加工业中，大批量零件的生产宜采用专用机床或自动线。对于小批量产品的生产，由于产品品种变换频繁、批量小、加工方法的区别大，宜采用数控机床。数控机床的适用范围见图 1-1，从图中可看出随零件复杂程序和零件批量的变化通用机床和专用机床的运用情况。当零件不太复杂，生产批量较小时，宜采用通用机床；当生产批量较大时，宜采用专用机床；而当零件复杂程度较高时，宜采用数控机床。

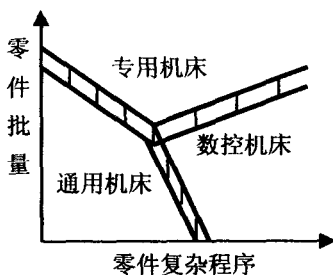


图 1-1 数控机床的适用范围

1.3 数控机床的工作原理及组成

1.3.1 数控机床的工作原理

用数控机床加工零件时，首先应将加工零件的几何信息和工艺信息编制成加工程序，

由输入部分送入数控装置,经过数控装置的处理、运算,按各坐标轴的分量送到各轴的驱动电路,经过转换、放大去驱动伺服电动机,带动各轴运动,并进行反馈控制,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地工作,从而加工出零件的全部轮廓。其工作流程如下:

(1) 数控加工程序的编制。在零件加工前,首先根据被加工零件图样所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等,确定零件的工艺流程、工艺参数、几何参数以及切削用量等,然后根据数控机床编程手册规定的代码和程序格式编写零件加工程序单。对于较简单的零件,通常采用手工编程;对于形状复杂的零件,则在编程机上进行自动编程,或者在计算机上用 CAD / CAM 软件自动生成零件加工程序。

(2) 输入。输入的任务是把零件程序、控制参数和补偿数据输入到数控装置中去。输入的方法有纸带阅读机输入、键盘输入、磁带和磁盘输入以及通信方式输入等。输入工作方式通常有两种:

① 边输入边加工,即在前一个程序段加工时,输入后一个程序段的内容;

② 一次性地将整个零件加工程序输入到数控装置的内部存储器中,加工时再把一个程序段从存储器中调出来进行处理。

(3) 译码。数控装置接受的程序是由程序段组成的,程序段中包含零件轮廓信息、加工进给速度等加工工艺信息和其他辅助信息。计算机不能直接识别它们,译码程序就像一个翻译,按照一定的语法规则将上述信息解释成计算机能够识别的数据形式,并按一定的数据格式存放在指定的内存专用区域。在译码过程中对程序段还要进行语法检查,有错则立即报警。

(4) 刀具补偿。零件加工程序通常是按零件轮廓轨迹编制的。刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹运动,而加工出所需要的零件轮廓。刀具补偿包括刀具半径补偿和刀具长度补偿。

(5) 插补。插补的目的是控制加工运动,使刀具相对于工件做出符合零件轮廓轨迹的相对运动。具体的说,插补就是数控装置根据输入的零件轮廓数据,通过计算把零件轮廓描述出来,边计算边根据计算结果向各坐标轴发出运动指令,使机床在相应的坐标方向上移动,将工件加工成所需的轮廓形状。插补只有在辅助功能(换刀、换档、冷却液等)完成之后才能进行。

(6) 位置控制和机床加工。插补的结果是产生一个周期内的位置增量。位置控制的任务是在每个采样周期内,将插补计算出的指令位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制伺服电动机,电动机使机床的运动部件带动刀具按规定的轨迹和速度进行加工。在位置控制中通常还应完成位置回路的增量调整、各坐标方向的螺距误差补偿和方向间隙补偿,以提高机床的定位精度。

1.3.2 数控机床的组成

数控机床一般由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体所组成，如图 1-2 所示，图中实线部分为开环系统，虚线部分包含检测装置，构成闭环系统，各部分简述如下。

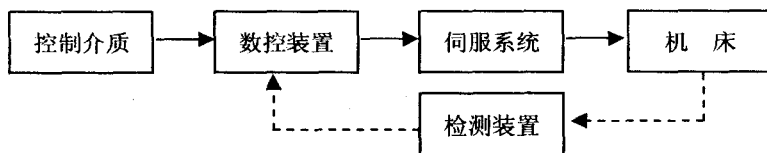


图1-2 数控机床的组成

(1) 控制介质

数控机床工作时，不需人参与直接操作，但人的意图又必须体现出来，所以人和数控机床之间必须建立某种联系，这种联系的媒介质称为控制介质或输入介质。

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于工件的位移信息。常用的信息载体有标准穿孔带、磁带和磁盘等。信息载体上记载的加工信息由按一定规则排列的文字、数字和代码所组成。目前国际上通常使用 EIA (Electronic Industries Association) 代码以及 ISO (International Organization For Standardization) 代码，这些代码经输入装置送给数控装置。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。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心，也是区别于普通机床最重要的特征之一。用来接受并处理控制介质的信息，并将代码加以识别、存储、运算，输出相应的命令脉冲，经过功率放大驱动伺服系统，使机床按规定要求动作。它能完成加工程序的输入、编辑及修改，实现信息存储、数据交换、代码转换、插补运算以及各种控制功能。通常由一台通用或专用微型计算机构成，包括输入接口、存储器、中央处理器、输出接口和控制电路等部分，如图 1-3 所示。

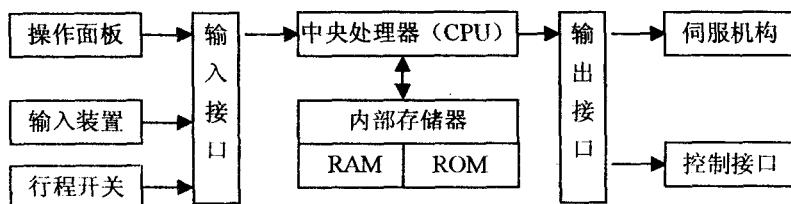


图1-3 数控装置的组成

(3) 伺服系统

伺服系统包括驱动部分和执行机构两大部分。常用的位移执行机构有功率步进电机、

直流伺服电机和交流伺服电机等。伺服系统将数控装置输出的脉冲信号放大,驱动机床移动部件运动或使执行机构动作,以加工出符合要求的零件。

伺服驱动系统性能的好坏直接影响数控机床的加工精度和生产率,因此要求伺服驱动系统具有良好的快速响应性能,能准确而迅速地跟踪数控装置的数字指令信号。

(4) 机床本体

机床本体是用于完成各种切削加工的机械部分。机床是被控制的对象,其运动的位移和速度以及各种开关量是被控制的。它包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件,如底座、立柱、工作台(刀架)、滑板、导轨等。为了保证数控机床的快速响应特性,数控机床上普遍采用精密滚珠丝杠和直线运动导轨副。为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工,数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性和抗热变形等性能。在加工中心上,还具备有刀库和自动交换刀具的机械手。为了保证数控机床功能的充分发挥,还有一些配套部件如冷却、润滑、防护、排屑、照明、储运等,另外还有一些特殊应用装置,如检测装置、监控装置、编程机、对刀仪等。

1.4 数控机床的分类

1.4.1 按功能用途分类

(1) 金属切削类数控机床

这类机床的品种与传统的通用机床一样,有数控车床、数控钻床、数控铣床、数控镗床、数控磨床和加工中心等。根据其自动化程度的高低,又可将金属切削类数控机床分为普通数控机床、加工中心机床和柔性制造单元(FMC)。

普通数控机床和传统的通用机床一样,有车、铣、钻床等,这类数控机床的工艺特点和相应的通用机床相似,但它们具有加工复杂形状零件的能力。

常见的加工中心机床有镗铣类加工中心和车削加工中心,它们是在相应的普通数控机床的基础上加装刀库和自动换刀装置而构成。其工艺特点是:工件经一次装夹后,数控系统能控制机床自动地更换刀具,连续自动地对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻等多工序加工。

柔性制造单元是具有更高自动化程度的数控机床。它可以由加工中心和搬运机器人等自动物料存储运输系统组成,有的还具有加工精度、切削状态和加工过程的自动监控功能。

(2) 金属成型类数控机床

这类机床有数控折弯机、数控弯管机和数控压力机等。

(3) 数控特种加工机床

这类机床有数控线切割机、数控电火花成形机和数控激光切割机等。

(4) 其他类型数控机床

这类机床有火焰切割数控机床、数控三坐标测量机等。

1.4.2 按运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床

这种机床的特点是在刀具相对于工件移动过程中, 不进行切削加工, 对运动的轨迹没有严格的要求, 控制上只要求获得准确的孔系坐标位置, 实现从一点坐标到另一点坐标位置的准确移动。这一类数控机床包括数控镗床、数控钻床、数控冲床及数控测量机等, 其数控装置中对位移功能控制比较简单。

(2) 直线控制数控机床

这种机床不仅要求具有准确的定位功能, 还要求从一点到另一点按直线运动进行切削加工, 刀具相对于工件移动的轨迹是平行机床各坐标轴的直线, 或两轴同时移动构成 45° 的斜线, 并能控制位移速度、选择不同的切削用量, 以适应不同刀具及材料的加工。这一类数控机床包括数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心, 其数控装置的控制功能比点位数控机床复杂。这些机床有两个到三个可控轴, 但受控制的轴只有一个。

(3) 轮廓控制数控机床

这种机床能对两个或两个以上的坐标轴进行联动切削加工控制, 以加工出任意斜率的直线、圆弧、抛物线及其他函数关系的曲线或曲面, 如图 1-4 所示。为了满足刀具沿工件轮廓的相对运动轨迹符合工件加工轮廓的表面要求, 必须将各坐标运动的位移控制和速度控制按照规定的比例关系精确地协调起来。因此要求其数控装置应有很好的补偿功能, 如刀具补偿, 丝杠螺距误差补偿、传动反向间隙补偿、直线和圆弧插补等。轮廓控制数控机床包括数控车床、数控磨床、数控铣床、数控线切割机、加工中心等。

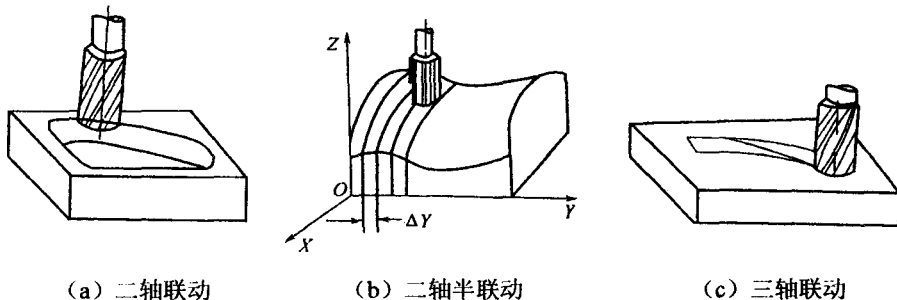


图1-4 联动轴的轮廓控制切削加工