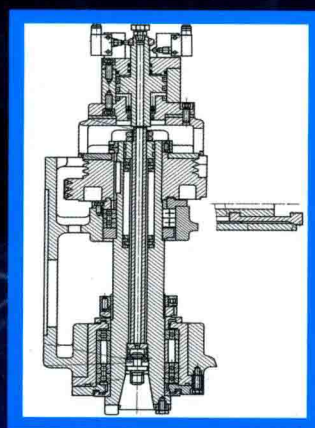
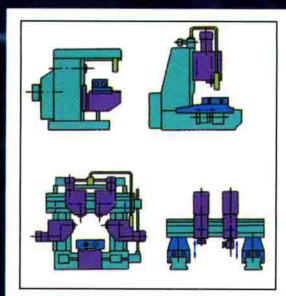


应用型本科机械工程系列精品教材

数控机床原理与结构



肖潇 郑兴睿 主编

吴俊文 罗璟 郑富昭 副主编

袁锐波 主审

清华大学出版社

应用型本科机械工程系列精品教材

数控机床原理与结构

肖潇 郑兴睿 主编

吴俊文 罗璟 郑富昭 副主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对高等职业本科数控专业的教育需求编写。本书共分为10章:第1章,数控机床概述;第2章,数控机床的数控系统;第3章,数控机床的伺服系统;第4章,数控机床的位置检测装置;第5章,数控机床的机械结构;第6章,数控机床的主传动系统;第7章,数控机床的进给系统;第8章,数控机床的辅助装置;第9章,常用数控机床;第10章,数控机床加工程序的编制。本书内容全面、综合、深入浅出,既考虑到目前数控机床运用的实际情况,又考虑到未来数控机床的发展趋势。

本书是高等院校数控技术、机电一体化、机械设计制造及其自动化、模具设计与制造等专业教学和考核培训用书,也可供相关专业的师生和从事相关工作的科技人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控机床原理与结构/肖潇,郑兴睿主编. —北京:清华大学出版社,2017

(应用型本科机械工程系列精品教材)

ISBN 978-7-302-45709-1

I. ①数… II. ①肖… ②郑… III. ①数控机床—理论—高等学校—教材 ②数控机床—结构—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 288803 号

责任编辑:赵 斌

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.25

字 数:419千字

版 次:2017年1月第1版

印 次:2017年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:43.00元

产品编号:070495-01

前言

FOREWORD

数控技术及数控机床在当今机械制造业中占有重要地位,并显示出巨大效益,在国家工业现代化中发挥战略性作用,已成为传统机械制造工业提升、改造和实现自动化、柔性化、集成化生产的重要手段和标志。数控技术及数控机床的广泛应用,给机械制造业的产业结构、产品种类和档次以及生产方式带来了革命性的变化。掌握现代数控技术知识是对现代机电类专业学生的基本要求。

作者根据国内数控技术及数控机床的应用情况,结合多年的工程实践和教学经验编写成此书。针对普通高等院校机电类专业学生的特点,全书突出数控技术的实用性和数控机床的操作性,力求做到理论与实践的最佳结合。本书取材新颖,内容由浅入深、循序渐进、图文并茂、实例丰富,着重于运用,理论部分具有简明性、系统性、实用性和先进性的特点。全书主要介绍了数控机床概述、数控机床的数控系统、数控机床的伺服系统、数控机床的位置检测装置、数控机床的机械结构、数控机床的主传动系统、数控机床的进给系统、数控机床的辅助装置、常用数控机床、数控机床加工程序的编制等方面的内容。

本书共有 10 章,由肖潇、郑兴睿担任主编,吴俊文、罗璟、郑富昭担任副主编,袁锐波教授主审。参与本书编写的还有褚重明、周寅龙老师。

另外,本书在编写过程中参考了西班牙尼古拉斯·克雷亚机床有限公司提供的信息,还参阅了许多高等院校、公司的教材和资料,并得到高级工程师黄茂正及从事数控车、铣、加工中心操作的技师、高级技师的大力支持和帮助,在此致以衷心的感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中疏漏和谬误之处在所难免,恳请读者不吝指教,以便进一步修改。

编者

2016 年 5 月

CONTENTS

第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的产生与发展	1
1.1.1 数控机床的产生与发展过程.....	1
1.1.2 数控机床的发展趋势.....	2
1.1.3 各国数控机床的发展状况.....	6
1.2 机床中有关数控的基本概念	7
1.3 数控机床的组成及工作原理	9
1.3.1 数控机床的组成.....	9
1.3.2 数控机床的工作原理	10
1.4 数控机床的分类.....	11
1.4.1 按工艺用途分类	11
1.4.2 按机床运动轨迹分类	13
1.4.3 按伺服系统控制方式分类	15
1.4.4 按数控系统功能水平分类	16
1.5 数控机床的特点.....	17
1.5.1 数控机床的设计特点	17
1.5.2 数控机床的加工特点	17
1.5.3 数控机床的结构特点	18
1.6 数控机床的主要性能指标与功能.....	19
1.6.1 数控机床的规格指标	19
1.6.2 数控机床的精度指标	20
1.6.3 数控机床的运动指标	20
1.6.4 数控机床的主要功能	20
1.7 数控机床的应用范围.....	22
思考与练习题	23
第 2 章 数控机床的数控系统	24
2.1 数控系统的总体结构及各部分功能.....	24
2.1.1 数控系统的组成与机床的基本控制要求	24

2.1.2	CNC 装置的结构	25
2.1.3	CNC 装置的工作过程	30
2.1.4	CNC 装置的功能	31
2.2	CNC 装置的插补原理	34
2.2.1	插补的分类	34
2.2.2	逐点比较法	35
2.2.3	逐点比较法直线插补	36
2.2.4	逐点比较法圆弧插补	39
2.3	CNC 装置的刀具补偿	41
2.3.1	刀具长度补偿	41
2.3.2	刀具半径补偿	42
2.4	CNC 装置误差补偿原理	48
2.4.1	反转间隙补偿	49
2.4.2	螺距误差补偿	49
2.4.3	其他因素引起的误差及其补偿	50
2.5	可编程序控制器	51
2.5.1	PLC 的组成及特点	51
2.5.2	PLC 在数控机床上的应用	53
2.6	CNC 装置的 I/O 与通信接口	54
2.6.1	CNC 装置对 I/O 与通信接口的要求	54
2.6.2	数控系统 I/O 接口	55
2.6.3	数控系统串行数据通信及其接口	56
	思考与练习题	58
第 3 章	数控机床的伺服系统	59
3.1	步进电动机驱动控制系统	60
3.1.1	步进电动机的分类与结构	60
3.1.2	步进电动机的工作原理与主要特性	61
3.1.3	步进电动机的驱动控制	63
3.2	直流伺服电动机控制系统	65
3.2.1	直流伺服电动机的分类与结构	66
3.2.2	直流伺服电动机的工作原理与工作特性	66
3.2.3	直流伺服电动机的调速方法	69
3.3	交流伺服电动机控制系统	69
3.3.1	交流伺服电动机的分类与结构	69
3.3.2	交流伺服电动机的工作原理与性能	70
3.3.3	交流伺服电动机的调速方法	71
	思考与练习题	72

第 4 章 数控机床的位置检测装置	73
4.1 旋转变压器	75
4.2 感应同步器	78
4.3 光栅	81
4.4 光电脉冲编码器	83
思考与练习题	85
第 5 章 数控机床的机械结构	86
5.1 数控机床机械结构组成及特点	86
5.1.1 数控机床机械结构的主要组成	86
5.1.2 数控机床机械结构的主要特点	88
5.2 数控机床的总体布局	94
5.2.1 工件形状、尺寸和质量对运动分配的影响	94
5.2.2 加工功能与运动数目对机床部件的布局影响	95
5.2.3 机床的结构性能与总布局的关系	97
5.2.4 机床的使用要求与总布局的关系	98
思考与练习题	100
第 6 章 数控机床的主传动系统	101
6.1 数控机床对主传动系统的要求	101
6.2 数控机床主传动系统的变速方式	102
6.2.1 机床主轴的功率转矩特性	102
6.2.2 直流和交流调速电动机的功率转矩特性	103
6.2.3 主轴转速的自动变换	103
6.2.4 数控机床主轴的传动方式	103
6.3 数控机床的主轴部件	105
6.3.1 主轴	106
6.3.2 主轴的支承	107
6.3.3 刀杆自动拉紧放松机构及切屑清除装置	110
6.3.4 主轴的定向准停装置	112
6.3.5 主轴润滑与密封	113
6.4 电主轴	116
思考与练习题	118
第 7 章 数控机床的进给系统	119
7.1 对进给系统机械传动机构的要求	119
7.2 滚珠丝杠螺母副	120
7.2.1 工作原理和特点	120

7.2.2	结构类型	121
7.2.3	滚珠丝杠螺母副的预紧	121
7.2.4	丝杠的支承方式	124
7.3	静压丝杠螺母副	125
7.4	蜗杆蜗轮副	126
7.4.1	双导程蜗杆的工作原理	126
7.4.2	双导程蜗杆蜗轮副及其间隙调整结构	127
7.4.3	双导程蜗杆蜗轮副的特点	127
7.5	齿轮传动副	128
7.6	数控机床导轨	131
7.6.1	对导轨的基本要求	131
7.6.2	导轨的基本类型及特点	131
7.6.3	普通滑动导轨	132
7.6.4	滚动导轨	134
7.6.5	静压导轨	137
7.7	直线电动机传动	137
	思考与练习题	140
第 8 章	数控机床的辅助装置	141
8.1	自动换刀装置	141
8.1.1	转塔式自动换刀装置	141
8.1.2	刀库式自动换刀装置	146
8.2	数控机床的工作台	156
8.2.1	数控回转工作台	156
8.2.2	分度工作台	158
8.3	液压与气压传动系统在数控机床中的应用	162
8.3.1	TND360 机床的液压系统	162
8.3.2	数控加工中心气动换刀系统	164
8.3.3	气液增压的结构原理与应用	166
8.4	数控机床用附件	168
8.4.1	卡盘	168
8.4.2	尾座	170
8.4.3	分度头	170
8.4.4	常用铣削刀柄	172
8.4.5	三坐标测量机	177
8.4.6	机外对刀仪	179
8.4.7	寻边器与 Z 轴设定器	180
8.5	排屑装置	182
8.6	润滑系统	183

思考与练习题	185
第 9 章 常用数控机床	186
9.1 数控车床	186
9.1.1 数控车床的分类	186
9.1.2 数控车床的结构特点	189
9.1.3 数控车床的布局	191
9.1.4 数控车床的传动系统和机械结构	192
9.1.5 车削加工中心	200
9.2 数控铣床	202
9.2.1 数控铣床特点及分类	202
9.2.2 数控铣床的主要功能及加工对象	204
9.2.3 数控铣床的机械结构	205
9.2.4 数控铣床的传动系统与结构	208
9.3 加工中心	210
9.3.1 加工中心的特点	210
9.3.2 加工中心的分类	210
9.3.3 加工中心的应用范围	216
思考与练习题	217
第 10 章 数控机床加工程序的编制	218
10.1 数控编程	218
10.1.1 数控编程的内容与步骤	218
10.1.2 数控编程的方法	220
10.1.3 程序的结构与格式	221
10.1.4 数控机床坐标轴和运动方向	224
10.1.5 数控系统的准备功能和辅助功能	227
10.2 数控加工工艺分析	235
10.2.1 数控加工工艺的基本特点和基本内容	235
10.2.2 工序与工步的划分	235
10.2.3 零件的安装与夹具的选择	237
10.2.4 刀具的选择与切削用量的确定	237
10.2.5 数控机床的坐标系和坐标原点	238
10.2.6 对刀点和换刀点的确定	239
10.2.7 工艺路线的确定	240
10.3 数控车床编程	242
10.3.1 单一指令	242
10.3.2 刀尖半径补偿(G41、G42、G40)	242
10.3.3 循环指令	245

10.3.4	数控车床编程实例	247
10.4	数控铣床编程	250
10.4.1	刀具——立铣刀	250
10.4.2	指令	251
10.4.3	数控铣床编程实例	255
10.5	数控加工自动编程	258
	思考与练习题	264
	参考文献	265

第1章

数控机床概述

制造业是所有与制造有关行业的总称,是一个国家国发经济的支柱产业。随着社会对制造精度要求的不断提高,以及科学技术特别是计算机技术的高速发展,传统的制造业已发生了根本的变革,以数控技术为主的现代控制技术被广泛采用。

数控机床自 20 世纪中叶数控技术创立以来,给机械制造业带来了革命性的变化。

现在数控技术已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术,现代的 CAD/CAM、FMS/CIMS、敏捷制造和智能制造等,均建立在数控技术之上。作为国家的战略技术,数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的手段,基于它的相关产业都是体现国家综合国力水平的重要基础性产业。专家们预言:21 世纪机械制造业的竞争,其实就是数控技术的竞争!

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床的产生与发展过程

从工业化革命以来,人们实现机械加工自动化的手段有:自动机床、组合机床、专用自动生产线。这些设备的使用大大地提高了机械加工自动化程度以及劳动生产率,促进了制造业的发展。但它也存在固有的缺点:初始投资大、准备周期长、柔性差。

社会的需求是推动生产力发展最有力的因素。市场竞争日趋激烈,产品更新换代加快,大批量产品越来越少,小批量产品生产的比重越来越大,迫切需要一种精度高、柔性好的加工设备来满足社会需求。

数控技术产生为自动化技术带来了新的概念,推动了加工自动化技术的发展。它集微电子、计算机、信息处理、自动检测及自动控制等高新技术于一体,是制造业实现柔性化、自动化、集成化及智能化的重要基础,在制造领域得到广泛的应用。数控机床是数控技术在机械行业中的应用,是机电一体化的典型产品。电子技术和计算机技术的飞速发展数控机床的进步提供了坚实的技术基础。

为了解决机械零件中复杂形状表面的加工问题,1952 年,美国帕森斯公司(Parsons)和

麻省理工学院(MIT)在美国空军的委托下,合作研制了世界上第1台三坐标数控机床。完成了直升机叶片轮廓检查用样板的加工。从此数控技术在全世界得到了广泛的应用。

1955年,第1台工业用数控机床由美国Bendix公司生产出来。至今,数控机床按数控系统的发展经历了两个阶段,有6代产品。

1. 第1阶段:硬件数控(NC)阶段

为了满足机床实时控制的要求,人们采用由数字逻辑电路组成的专用计算装置作为数控系统,也就是硬件连接数控,简称数控(NC),这个阶段经历了3代。

第1代:1955年,NC系统由电子管组成,体积大、功耗大。

第2代:1959年,NC系统由晶体管组成,广泛采用印刷电路板。

第3代:1965年,NC系统采用小规模集成电路作为硬件,其特点是体积小、功耗低,可靠性进一步提高。

虽然数控阶段所采用的器件经过电子管、晶体管、小规模集成电路等几次变革,但其功能,如输入装置、插补运算、控制器等,都是由硬件逻辑电路来实现的,控制功能比较简单,使用灵活性较差。

2. 第2阶段:计算机数控(CNC)阶段

1970年至1974年,由于计算机的迅速发展,性价比不断提高,小型计算机代替了数控系统中由硬件构成的专用计算装置,成为数控系统的核心部件,从此数控系统进入计算机数控阶段。这个阶段也经历了3代。

第4代:1970年,NC系统采用小型计算机取代专用计算机,其部分功能由软件实现,它具有价格低、可靠性高和功能多等特点。

第5代:1974年,NC系统以微处理器为核心,不仅价格进一步降低、体积进一步缩小,而且使实现真正意义上的机电一体化成为可能。

1974年:系统以位片微处理器为核心,有字符显示、自诊断功能。

1979年:系统采用CRT显示、大容量磁泡存储器、可编程接口和遥控接口等。

1981年:系统具有人机对话、动态图形显示、实时精度补偿等功能。

1986年:数字伺服控制诞生,大惯量的交直流电动机进入实用阶段。

1988年:采用高性能32位机为主机的主从结构系统。

第6代:1994年,基于计算机NC系统的诞生,NC系统的研发进入了开放型、柔性化的新时代,新型NC系统的开发周期日益缩短。它是数控技术发展的又一个里程碑。

1.1.2 数控机床的发展趋势

自20世纪90年代以来,随着国际上计算机技术突飞猛进的发展,数控技术不断采用计算机、控制理论等领域的最新技术成就,朝着下述方向发展:

1. 运行高速化、加工高精度

速度和精度是数控设备的两个重要指标,它们是数控技术永恒追求的目标,因为它们直接关系到加工效率和产品质量。新一代数控设备在运行高速化、加工高精度等方面都有了更高的要求。

(1) 运行高速化:使机床进给率、主轴转速、刀具交换速度、托盘交换速度实现高速化,并且具有高加(减)速率。

进给率高速化:在分辨率为 $1\mu\text{m}$ 时,最大进给率 $F_{\max}=240\text{m}/\text{min}$ 。在 F_{\max} 下可获得复杂型面的精确加工;在程序段长度为 1mm 时, $F_{\max}=30\text{m}/\text{min}$,并且具有 $1.5g$ ($g=9.8\text{m}/\text{s}^2$)的加减速率。

主轴高速化:采用电主轴(内装式主轴电动机),即主轴电动机的转子轴就是主轴部件。主轴最高转速达 $200\,000\text{r}/\text{min}$ 。主轴转速的最高加(减)速率为 $1.0g$,即仅需 1.8s 即可从 0 提速到 $150\,000\text{r}/\text{min}$ 。

换刀速度: 0.9s (刀到刀)、 2.8s (切削到切削)、 6.3s (工作台(托盘)交换速度)。

(2) **加工高精度:**提高机械设备的制造和装配精度;提高数控系统的控制精度;采用误差补偿技术。

提高 CNC 系统控制精度:采用高速插补技术,以微小程序段实现连续进给,使 CNC 控制单位精细化;采用高分辨率位置检测装置,提高位置检测精度(日本交流伺服电动机已有装上每转 10^6 脉冲的内藏位置检测器,其位置检测精度能达到每脉冲 $0.01\mu\text{m}$);位置伺服系统采用前馈控制与非线性控制等方法。

采用误差补偿技术:采用反向间隙补偿、丝杠螺距误差补偿和刀具误差补偿等技术;设备的热变形误差补偿和空间误差的综合补偿技术。研究表明,综合误差补偿技术的应用可将加工误差减少 $60\%\sim 80\%$ 。三井精机的 JidicH5D 型超精密卧式加工中心的定位精度为 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 。

计算机技术的不断进步,促进了数控技术水平的提高,数控装置、进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置的性能也随之提高,使得现代的数控设备在新的技术水平下,可同时具备运行高速化、加工高精化的性能。

在加工精度方面,普通级数控机床的加工精度已由 $10\mu\text{m}$ 提高到 $5\mu\text{m}$,精密级加工中精度则从 $3\sim 5\mu\text{m}$,提高到 $1\sim 1.5\mu\text{m}$,并且超精密加工精度已开始进入纳米级($0.01\mu\text{m}$)。

2. 功能复合化

复合化是指在一台设备上实现多种工艺手段加工。

镗铣钻复合——加工中心(ATC)、五面加工中心(ATC,主轴立卧转换);

车铣复合——车削中心(ATC,动力刀头);

铣镗钻车复合——复合加工中心(ATC,可自动装卸车刀架);

铣镗钻磨复合——复合加工中心(ATC,动力磨头);

可更换主轴箱的数控机床——组合加工中心。

3. 控制智能化

随着人工智能技术的不断发展,同时为满足制造业生产柔性化、制造自动化的发展需求,数控技术智能化程度不断提高,具体体现在以下几个方面:

1) 加工过程自适应控制技术

通过监测加工过程中的切削力、主轴和进给电动机的功率、电流、电压等信息,利用传统或现代的算法进行识别,以辨识刀具的受力、磨损以及破损状态、机床加工的稳定性状态,并根据这些状态实时修调加工参数(主轴转速,进给速度)和加工指令,使设备处于最佳运行状态,以提高加工精度、降低工件表面粗糙度以及设备运行的安全性。

目前国内外已取得的进展主要有: Mitsubishi Electric 公司生产的用于数控电火花成形机床的“Miracle Fuzzy”是基于模糊逻辑的自适应控制器,可自动控制和优化加工参数;

日本牧野在电火花 NC 系统 Makino-Mce20 中,用专家系统代替人进行加工过程监控;以色列的外置式力自适应控制器;意大利 Mandelli 公司数控系统的可编程功率自适应控制功能;国内清华和华中科技大学的自适应控制技术的研究已取得成果,正在进行商品化开发。

2) 加工参数的智能优化与选择

将工艺专家或技工的经验、零件加工的一般与特殊规律,用现代智能方法,构造基于专家系统或模型的“加工参数的智能优化与选择器”,以获得优化的加工参数,从而达到提高编程效率及加工工艺水平、缩短生产准备时间的目的。采用优化的加工参数编制的加工程序,可使加工系统始终处于较合理和较经济的工作状态。

目前,人们已开发出带自学习功能的神经网络电火花加工专家系统。日本大隈公司的 7000 系列数控系统带有人工智能式自动编程功能;国内清华和华中科技大学在加工参数的智能优化与选择及 CAPP 方面的研究也取得了一些成果,但有待进行实用化开发。

3) 智能故障诊断与自修复技术

智能故障诊断技术:指能根据已有的故障信息,应用现代智能方法(AI、ES、ANN 等),实现故障快速准确定位的技术。

智能故障自修复技术:指能根据诊断,确定故障原因和部位,并自动排除故障或指导故障排除的技术。智能自修复技术集故障自诊断、故障自排除、自恢复、自调节于一体,并贯穿于加工过程的整个生命周期。

智能故障诊断技术在有些日本、美国公司生产的数控系统中已有应用,基本上都是应用专家系统实现的;而智能化自修复技术还在研究之中。

4) 智能化交流伺服驱动装置

目前已开始研究能自动识别负载并调整参数的智能化伺服系统,包括智能主轴交流驱动装置和智能化进给伺服装置。这种驱动装置能自动识别电动机及负载的转动惯量,并自动对控制系统参数进行优化和调整,使驱动系统获得最佳运行状态。

5) 智能 4M 数控系统

在制造过程中,加工、检测一体化是实现快速制造、快速检测和快速响应的有效途径,将测量(measurement)、建模(modelling)、加工(manufacturing)、机器操作(manipulator)四者(即 4M)融合在一个系统中,实现信息共享,构成测量、建模、加工、装夹、操作一体化的 4M 智能系统。

6) 体系开放化

开放式数控体系:具有在不同的工作平台上均能实现系统功能,且可以与其他系统应用进行相互操作的系统。

(1) 开放式数控系统特点:①系统构件(软件和硬件)具有标准化(standardization)与多样化(diversification)和互换性(interchangeability)的特征;②允许通过对构件的增减来构造系统,实现系统“积木式”的集成,构造应该是可移植的和透明的。

(2) 开放体系结构 CNC 的优点:向未来技术开放。由于软硬件接口都遵循公认的标准协议,只需少量的重新设计和调整,新一代的通用软硬件资源就可能被现有系统所采纳、吸收和兼容,这就意味着系统的开发费用将大大降低而系统性能与可靠性将不断改善并处于长生命周期。

(3) 标准化的人机界面:标准化的编程语言,方便用户使用,降低了和操作效率直接有

关的劳动消耗。

(4) 向用户的特殊要求开放: 更新产品、扩充能力、提供可选择的硬软件产品的各种组合以满足特殊应用要求。针对用户的要求提供方法, 从低级控制器开始, 逐步提高, 直到达到所要求的性能为止。另外, 用户自身的技术诀窍能方便地融入并创造出自己的名牌产品。

(5) 可减少产品品种, 便于批量生产、提高可靠性和降低成本, 增强市场供应能力和竞争能力。

目前国内外开放式数控系统的研究进展主要有: 美国: NGC(The Next Generation Work-station/Machine Controller) 和 OMAC(Open Modular Architecture Controller) 计划; 欧共体: OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems) 计划; 日本: OSEC(Open System Environment for Controller) 计划; 华中 I 型——基于 IPC 的 CNC 开放体系结构; 航天 I 型 CNC 系统——基于 PC 的多机 CNC 开放体系结构。

4. 驱动并联化

并联加工中心(又称 6 条腿数控机床、虚轴机床)是数控机床在结构上取得的重大突破, 其结构简图如图 1-1 所示。其特点是: 并联结构机床是现代机器人与传统加工技术相结合的产物; 由于没有传统机床所必需的床身、立柱、导轨等制约机床性能提高的结构, 并联结构机床具有模块化程度高、质量轻和速度快等优点。

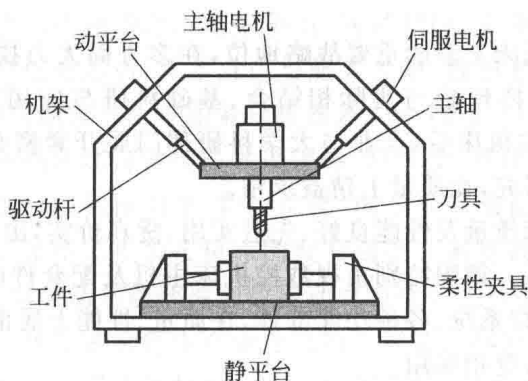


图 1-1 并联机床结构简图

鉴于并联机床具有许多传统机床无法比拟的卓越性能, 它作为一种新型的加工设备, 已成为当前机床技术的一个重要研究方向, 近年来受到了国际机床行业的高度重视。在近几年的国际知名机床博览会上, 一些世界著名的机床厂商都展出了他们研制的并联机床, 得到了行家们的高度评价。并联机床被认为是“自发明数控技术以来在机床行业中最有意义的进步”“21 世纪新一代数控加工设备”。

5. 交互网络化

支持网络通信协议, 既能满足单机需要, 又能满足 FMC、FMS、CIMS 对基层设备集成要求的数控系统, 是形成“全球制造”的基础单元。交互网络化的数控系统的特点有: 网络资源共享。数控机床的远程(网络)监视、控制。数控机床的远程(网络)培训与教学(网络数控)。数控装备的数字化服务(数控机床故障的远程(网络)诊断、远程维护、电子商务等)。

1.1.3 各国数控机床的发展状况

美国、德国、日本是当今世界上在数控机床科研、设计、制造和使用等方面技术最先进、经验最多的国家。因各国条件不同,各有特点。

1. 美国

美国政府重视机床工业,美国国防部等部门因军事方面的需求而不断提出机床的发展方向与科研任务,并且提供充足的经费,网罗世界人才,特别讲究“效率”和“创新”,注重基础科研,因而在机床技术上不断创新。如1952年研制出世界第一台数控铣床,1958年研制出加工中心,20世纪70年代初研制出柔性制造系统(FMS),1987年首创开放式数控系统等。

美国首先结合汽车、轴承生产需求,充分发展了大批量生产自动化所需的自动线,而且电子、计算机技术在世界上领先,因此其数控机床的主机设计制造及数控系统基础扎实,加之一贯重视科研和创新,故其高性能数控机床技术在世界也一直领先。

当今美国生产宇航等使用的高性能数控机床,存在的教训是:偏重基础科研,忽视应用技术,且在20世纪80年代政府一度放松了引导,致使数控机床产量增加缓慢,于1982年被后进的日本超过,并大量进口。从20世纪90年代起,美国纠正过去偏向,数控机床技术转向实用,产量又逐渐上升。

2. 德国

德国政府一贯重视机床工业的重要战略地位,在多方面大力扶植机床工业的发展。德国特别注重科学试验,坚持理论与实际相结合、基础科研与应用技术科研并重。德国于1956年研制了第一台数控机床后,企业与大学科研部门展开紧密合作,对数控机床的共性和特性问题进行深入的研究,在质量上精益求精。

德国生产的数控机床质量及性能良好、先进实用、货真价实;出口遍及世界各地,尤其是大型、重型、精密数控机床。德国特别重视数控机床主机及配套件的先进实用性,其机、电、液、气、光、刀具、测量、数控系统、各种功能部件,在质量、性能上居世界前列。如西门子公司数控系统,为世界闻名,竞相采用。

3. 日本

日本政府对机床工业的发展异常重视,并通过规划、法规(如“机振法”“机电法”“机信法”等)来引导发展。日本在重视人才及机床零部件配套上学习德国,在质量管理及数控机床技术上学习美国,甚至在有些方面青出于蓝而胜于蓝。

日本自1958年研制出第一台数控机床后,1978年数控机床产量(7342台)就超过了美国(5688台),至今在产量、出口量上居世界首位(2001年产量46604台,出口27409台,出口占59%)。战略上先仿后创,先生产量大而广的中档数控机床,大量出口,占据世界广大市场。20世纪80年代开始,日本进一步加强科研,向高性能数控机床发展。日本FANUC公司战略正确,仿研结合,针对性地发展市场所需的各种低中高档数控系统,在技术上领先,在产量上居世界第一。该公司现有职工3674人,科研人员超过600人,月产能力7000套,销售额在世界市场上占50%,在日本国内约占70%,对加速日本和世界数控机床的发展起了重大的促进作用。

4. 中国

我国数控机床厂数控技术的发展起步于20世纪50年代,“六五”期间,引进数控技术;

“七五”期间,组织消化吸收“科技攻关”;“十五”期间,国家科技部将数控机床列为制造业信息化工程的三大重点之一,经过多年的努力,我国数控技术和数控产业取得了相当大的成绩,近年来在高端数控机床关键技术研究方面取得的重大突破。目前,我国已基本掌握了多(五)坐标联动的关键技术,不仅打破了国外的技术封锁,而且使该技术进入实用阶段。我国复合加工技术的研究也取得了很大成绩,已研制完成的五轴联动车铣复合中心、五轴五面加工中心、双主轴车削中心等关键设备均已实现商品化。高速加工技术(HSM)的研究与应用也取得重要进展。其中在直线电动机应用技术的研究方面,基本掌握了负载变化扰动、热变形补偿、隔磁和防护等部分关键技术,填补了我国在直线电动机应用技术领域的空白,使我国在这一领域与国外差距由15年缩短为10年。同时,我国完成了8000~10 000r/min机械式高速主轴单元和10 000~18 000r/min高速主轴单元的产品开发和加工制造工艺的研究,并实现了在国产加工中心和数控机床上的应用。

我国发展机床业有着得天独厚的市场空间,特别是未来几年,汽车、信息和高新技术等产业在我国将会强劲发展。如今中国经济飞速发展,GDP为世界第二,已成为世界机床消费第一大国、机床进口第一大国。

但是国内数控机床制造企业在中高档及大型数控机床的研究开发方面与国外数控机床制造企业有明显差距,70%以上的此类设备和绝大多数的功能部件均依赖进口。国产数控机床,特别是中高档数控机床仍然缺乏市场竞争力,究其原因,主要在于国产数控机床的研究开发深度不够、制造水平依然落后、服务意识与能力欠缺、数控系统生产应用推广不力及数控人才缺乏等。我国的功能部件生产企业规模普遍较小,布局分散,有些还依附于主机厂或研究所。从整体上看,我国功能部件生产发展缓慢、品种少、产业化程度低、精度指标和性能指标都还不过硬。滚珠丝杠、数控刀架、数控系统、电主轴等数控机床功能部件虽已形成一定的生产规模,但仅能满足中低档数控机床的配套需要。衡量数控机床水平的高级数控系统、高速精密电主轴、高速滚动功能部件和数控动力刀架等还依赖进口。理顺功能部件生产企业的体制,做大做强一批功能部件生产企业已迫在眉睫。我们应看清形势,充分认识国产数控机床的不足,同时努力发展先进技术、加大技术创新与培训服务力度,以缩短与发达国家之间的差距。

1.2 机床中有关数控的基本概念

1. 数字控制(numerical control)

数字控制简称数控,是一种自动控制技术,是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。

2. 数控系统(numerical control system)

数控系统即采用数字控制的系统,是一种程序控制系统,它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序,并将其译码,从而使机床运动并加工零件。

3. 计算机数控系统(computer numerical control system)

计算机数控系统由装有数控系统程序的专用计算机、输入输出设备、可编程控制器(PLC)、存储器、主轴驱动及进给驱动装置等组成。其中,计算机用来控制实现数控功能。