

高等学校教材

数控技术基础

► 杨继昌 李金伴 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

数控技术基础

杨继昌 李金伴 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数控技术基础/杨继昌, 李金伴主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.5
高等学校教材
ISBN 7-5025-7028-4

I. 数… II. ①杨…②李… 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 046027 号

高等学校教材

数控技术基础

杨继昌 李金伴 主编

责任编辑: 程树珍 陈 丽

责任校对: 顾淑云 宋 玮

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 475 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7028-4

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着科学技术的飞速发展,机械制造技术发生了深刻的变化。传统的普通加工设备已难以适应市场对产品多样化的要求,难以适应市场竞争的高效率、高质量的要求。而以数控技术为核心的现代制造技术,以微电子技术为基础,将传统的机械制造技术与现代控制技术、计算机技术、传感检测技术、信息处理技术以及网络通信技术有机地结合在一起,构成高度信息化、高度柔性化、高度自动化的制造系统。

数控技术是20世纪制造技术的重大成就之一,从20世纪70年代以后,计算机数控技术获得了突飞猛进的发展,数控机床和其他数控装备在实际生产中获得了越来越广泛的应用。同时,计算机数控技术的发展又极大地推动了计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造技术(CIMS)的发展,成为先进制造技术的基础和重要组成部分。

数控技术已被世界各国列为优先发展的关键工业技术,成为当代国际间科技竞争的重点。数控技术对现代制造业的影响是多方面的和重大的,制造业是各种产业的支柱工业,数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础,直接影响到一个国家的经济发展和综合国力,关系到一个国家战略地位。发展数控技术和数控机床是当前制造工业技术改造、技术更新的必由之路。书中介绍了数控技术的基本知识、数控机床的主要组成部分以及介绍了数控程序编制、计算机数控装置和可编程序控制器、插补原理、进给伺服系统及位置控制、主轴速度和定向控制。

为了适应这种形势,需要大量培养数控技术人才。适应机械类专业的主干课程“数控技术基础”的教学需要,我们编写了本书。

本书可作为高等院校机械工程及自动化专业本科生和研究生的教材,也可供从事机电一体化制造工程技术人员参考。

本书第1、2章由杨继昌编写,第3、4、5章由李金伴编写,第6章由王伟编写,第7、8章由陆一心编写,第9、10章由李捷辉编写。由杨继昌、李金伴担任主编。在编写过程中,参阅了有关教材、资料和文献,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写中,得到了江苏大学领导和其他教师的热情帮助,提出了不少宝贵意见,在此谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中难免会有错误、疏漏之处,诚恳希望读者批评指正。

编者

2005年2月18日

内 容 提 要

本书较全面、深入浅出地阐述了数控技术的发展动态、技术指标、性能及工作原理。内容包括数控机床的工作原理、数控程序编制方法、数控插补原理、计算机数字控制(CNC)装置、数控机床的检测技术、数控机床驱动与控制系统、数控机床的机械结构与传动、数控机床的选择、安装调整、故障检测与机床的保养维护以及先进制造技术等。

本书以介绍原理和应用相结合的方法,各章既有连贯性,又有一定的独立性,内容丰富,实用性强。并在每章后面附有本章小结和思考题与习题。

本书可作为高等院校机械和机械电子类专业本科生教材,也可作为高等职业技术教育类学生的专业教材和教学参考书,以及从事数控技术工作的工程技术人员参考书。

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 数控技术发展概况	2
1.2.1 性能发展方向	3
1.2.2 功能发展方向	3
1.2.3 体系结构的发展方向	4
1.2.4 智能化新一代 PCNC 数控系统	5
1.3 数控机床的适用范围和特点	6
1.3.1 数控机床的适用范围	6
1.3.2 数控机床的特点	6
1.4 数控系统设计开发规范和标准	7
1.4.1 数控系统设计开发规范	7
1.4.2 数控系统的标准	7
1.5 数控系统的技术性能指标	9
1.5.1 数控系统的性能	9
1.5.2 系统具有高分辨率	9
1.5.3 控制功能	9
1.5.4 伺服驱动系统的性能	9
1.5.5 数控系统内 PLC 功能	9
1.5.6 系统的通讯接口功能	9
1.5.7 数控系统的开放性	9
1.5.8 数控系统可靠性与故障自诊断	10
1.6 数控技术在先进制造技术中的作用	10
本章小结	11
思考题与习题	11
2 数控机床的组成和工作原理	12
2.1 概述	12
2.1.1 机床的数字控制	12
2.1.2 数控技术是实现 FMS 和 CIMS 的基础技术	13
2.2 数控机床的组成	13
2.3 数控机床的基本工作原理	15
2.4 数控机床的基本类型	18
2.4.1 按运动轨迹分类	18
2.4.2 按伺服系统控制方式分类	19
2.4.3 按功能水平分类	21

2.4.4 按工艺用途分类·····	21
2.5 数控机床的坐标系和自由度·····	21
2.5.1 数控机床的坐标系和运动方向的规定·····	21
2.5.2 数控机床的坐标系与工件坐标系·····	23
2.5.3 数控机床的自由度·····	26
本章小结·····	26
思考题与习题·····	27
3 数控机床的编程基础 ·····	28
3.1 概述·····	28
3.1.1 数控编程的作用与目的·····	28
3.1.2 数控编程的内容和步骤·····	28
3.1.3 数控编程的方法·····	29
3.2 数控编程的代码·····	30
3.3 程序段格式和程序结构·····	31
3.3.1 程序段格式·····	31
3.3.2 程序结构·····	33
3.4 准备功能(G指令)和辅助功能(M指令)·····	34
3.4.1 准备功能G指令·····	34
3.4.2 辅助功能M指令·····	40
3.4.3 进给速度指令(F)、主轴转速指令(S)及刀具功能指令(T)·····	43
3.5 典型数控加工程序编制·····	44
3.5.1 数控铣削加工程序编制·····	44
3.5.2 数控钻削加工程序编制·····	46
3.5.3 数控车削加工程序编制·····	48
3.5.4 加工中心程序编制·····	49
3.6 数控语言自动编程·····	54
3.6.1 数控自动编程的基本概念·····	54
3.6.2 数控语言程序编程系统·····	54
3.6.3 APT自动编程系统·····	55
3.6.4 APT语言编写数控加工源程序实例·····	62
3.7 数控加工过程仿真·····	67
3.7.1 数控加工仿真·····	67
3.7.2 数控车削仿真·····	67
3.7.3 数控铣削仿真·····	68
3.8 数控编程的数据处理·····	69
3.8.1 基点和节点数值计算·····	69
3.8.2 非圆曲线轮廓零件的数据处理·····	69
3.8.3 列表曲线·····	72
本章小结·····	72
思考题与习题·····	73

4 数控系统插补原理	75
4.1 概述	75
4.1.1 数控插补的基本概念	75
4.1.2 数控插补方法的分类	75
4.2 逐点比较法	76
4.2.1 逐点比较法直线插补	76
4.2.2 逐点比较法圆弧插补	81
4.2.3 逐点比较法算法的改进	84
4.3 数字积分插补法	88
4.3.1 DDA 直线插补	89
4.3.2 DDA 空间直线插补	91
4.3.3 数字积分法圆弧插补	92
4.4 数据采样插补法	93
4.4.1 数据采样插补法原理	94
4.4.2 时间分割法直线插补	95
4.4.3 时间分割法圆弧插补	96
4.4.4 扩展 DDA 数据采样插补法	98
4.5 CNC 系统的刀具补偿和加、减速控制	100
4.5.1 刀具补偿方法	100
4.5.2 CNC 系统的加减速控制	104
本章小结	108
思考题与习题	109
5 计算机数字控制系统	110
5.1 计算机数字控制装置的组成和工作过程	110
5.1.1 计算机数字控制装置的组成	110
5.1.2 计算机数字控制装置的工作过程	111
5.1.3 计算机数字控制装置的功能	112
5.1.4 计算机数字控制装置的优点	114
5.2 计算机数字控制系统的数据信息	115
5.2.1 数控机床的控制信息	115
5.2.2 数控机床的接口信息	116
5.2.3 CNC 装置的数据转换信息	117
5.3 CNC 装置的硬件结构	118
5.3.1 单微处理器结构	118
5.3.2 多微处理器结构	121
5.4 CNC 装置的软件结构	123
5.4.1 CNC 装置的软、硬件界面	123
5.4.2 CNC 装置的软件结构特点	124
5.5 数控机床输入输出和通信接口	127
5.5.1 数控机床输入输出 (I/O) 接口	127

5.5.2	异步串行通讯接口	129
5.5.3	网络通讯接口	131
5.6	可编程序控制器在数控机床中的应用	132
5.6.1	PLC 的基本组成	133
5.6.2	可编程序控制器对继电器控制系统的仿真	135
5.6.3	可编程序控制器的工作原理	136
5.6.4	可编程序控制器循环扫描的工作方式	137
5.6.5	可编程序控制器 I/O 延迟响应	138
5.6.6	数控机床中的 PLC 数据处理功能	141
5.7	PLC 在数控机床上的应用实例	142
5.7.1	数控机床中 PLC 的程序编制步骤	143
5.7.2	PLC 在数控机床上的应用举例	143
	本章小结	151
	思考题与习题	152
6	数控机床的检测技术	153
6.1	概述	153
6.2	位置伺服控制	153
6.2.1	开环、闭环、半闭环位置控制系统	153
6.2.2	幅值伺服控制	155
6.2.3	相位伺服控制	155
6.3	检测装置常用类型	155
6.4	光电编码器	156
6.4.1	增量式编码器	156
6.4.2	绝对式编码器	158
6.5	光栅尺和磁栅尺	159
6.5.1	光栅尺	159
6.5.2	直线光栅尺的工作原理	159
6.5.3	光栅尺位移数字变换系统	160
6.5.4	磁栅尺	161
6.5.5	磁栅尺结构及工作原理	161
6.5.6	磁栅尺检测电路	162
6.6	旋转变压器	163
6.6.1	旋转变压器的组成及工作原理	163
6.6.2	旋转变压器的工作方式及应用	164
	本章小结	164
	思考题与习题	165
7	数控机床的驱动与控制系统	166
7.1	数控机床的驱动系统分类	166
7.1.1	根据其控制对象和使用目的分类	166
7.1.2	按调节理论分类	166

7.1.3	数控机床对驱动系统的要求	167
7.1.4	驱动系统中常用的检测装置	168
7.2	步进电动机及其驱动系统	168
7.2.1	步进电动机	168
7.2.2	步进电动机的主要性能指标	172
7.2.3	步进电动机的驱动和控制技术	173
7.3	直流伺服电动机与速度控制	179
7.3.1	晶闸管调速控制方式	180
7.3.2	晶体管脉宽调速控制方式	181
7.4	交流伺服电动机与速度控制	185
7.4.1	交流伺服电动机的变频调速	185
7.4.2	交流伺服电动机的矢量控制调速	188
	本章小结	193
	思考题与习题	193
8	数控机床的机械结构与传动	194
8.1	数控机床的结构要求	194
8.1.1	提高机床的结构刚度	194
8.1.2	提高机床的抗振性	194
8.1.3	提高低速进给运动的平稳性和运动精度	195
8.1.4	减少机床的热变形	195
8.2	数控机床的主传动系统和主轴部件	196
8.2.1	数控机床主传动系统的参数	196
8.2.2	主传动系统的设计要求	196
8.2.3	主传动系统的配置	197
8.2.4	主轴组件	199
8.3	数控机床进给传动部件	202
8.3.1	对进给运动系统的要求	202
8.3.2	电动机与丝杠间的联接	203
8.3.3	传动间隙补偿机构	203
8.3.4	滚珠丝杠螺母副	205
8.4	数控机床的导轨	208
8.4.1	塑料滑动导轨	208
8.4.2	静压导轨	209
8.4.3	滚动导轨	210
8.5	数控机床的回转工作台	212
8.5.1	数控回转工作台	212
8.5.2	分度工作台	212
8.6	数控机床的自动换刀装置	215
8.6.1	回转刀架换刀	215
8.6.2	更换主轴换刀	216

8.6.3	更换主轴箱换刀	217
8.6.4	带刀库的自动换刀系统	218
8.6.5	刀库	219
8.7	数控机床中采用的一些特殊结构	223
8.7.1	改变机床结构的阻尼特性	223
8.7.2	静压蜗杆-螺母条传动	223
8.7.3	低摩擦系数的导轨	223
8.7.4	传动带	224
8.7.5	自动拉刀机构	224
8.7.6	高速动力卡盘	224
8.7.7	对刀仪	225
	思考题与习题	226
9	数控机床的选择、安装、使用与维护	227
9.1	数控机床的选择方法	227
9.1.1	根据典型加工零件来选择	227
9.1.2	数控机床规格的选择	228
9.1.3	数控机床精度的选择	229
9.1.4	数控系统 (CNC 系统) 的选择	230
9.1.5	根据生产能力来选择	231
9.1.6	数控机床功能的选择和附件的选择	232
9.1.7	数控机床使用刀具的选择	234
9.1.8	技术服务的选择	236
9.2	数控机床的使用	237
9.2.1	数控机床的使用要点	237
9.2.2	数控机床的生产管理方法	241
9.3	数控机床的安装与调试	241
9.3.1	数控机床的安装要求	241
9.3.2	数控机床安装、调试步骤	242
9.4	数控机床精度的检测	244
9.4.1	数控机床几何精度的检测	244
9.4.2	数控机床定位精度的检测	245
9.4.3	数控机床切削精度的检测	247
9.5	数控机床的维护、保养及故障排除	248
9.5.1	可靠性和可维护性	248
9.5.2	数控系统的预防性维护	249
9.5.3	数控机床的日常维护与保养	250
9.5.4	数控系统现场维修基本条件和实施步骤	252
9.5.5	数控机床的故障检测与排除	253
	本章小结	260
	思考题与习题	260

10 先进制造技术	261
10.1 先进制造技术的概念.....	261
10.2 先进制造技术的特点.....	261
10.3 先进制造技术的内容.....	263
10.3.1 主体技术群.....	263
10.3.2 支撑技术群.....	267
10.3.3 管理技术群.....	268
10.4 柔性制造系统 (FMS)	271
10.4.1 柔性制造系统的定义.....	271
10.4.2 柔性制造系统的组成和功能.....	272
10.4.3 柔性制造系统的类型与特点.....	273
10.4.4 柔性制造系统的关键技术.....	274
10.4.5 柔性制造与装配系统 (FMS/FAS)	275
10.5 计算机集成制造.....	276
10.5.1 计算机集成制造系统的概念.....	276
10.5.2 计算机集成制造系统的构成.....	277
10.5.3 计算机集成制造系统的集成技术.....	280
本章小结.....	280
思考题与习题.....	281
附录 I 机床数字控制术语 (GB 8129—87)	282
附录 II APT 数控语言常用的专用字	293
参考文献	296

1 绪 论

1.1 概述

随着计算机技术的高速发展,传统的制造业开始了根本性变革,各工业发达国家投入巨资,对现代制造技术进行研究开发,提出了全新的制造模式。在现代制造系统中,数控技术是关键技术,它集微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制等高新技术于一体,具有高精度、高效率、柔性自动化等特点,对制造业实现柔性自动化、集成化、智能化起着举足轻重的作用。目前,数控技术正在发生根本性变革,由专用型封闭式开环控制模式向通用型开放式实时动态全闭环控制模式发展。在集成化基础上,数控系统实现了超薄型、超小型化;在智能化基础上,综合了计算机、多媒体、模糊控制、神经网络等多学科技术,数控系统实现了高速、高精、高效控制,加工过程中可以自动修正、调节与补偿各项参数,实现了在线诊断和智能化故障处理;在网络化基础上,CAD/CAM与数控系统集成为一体,数控机床联网,实现了中央集中控制的群控加工。

长期以来,中国的数控系统为传统的封闭式体系结构,CNC只能作为非智能的机床运动控制器。加工过程变量是根据经验以固定参数形式事先设定,加工程序在实际加工前用手工方式或通过CAD/CAM及自动编程系统进行编制。CAD/CAM和CNC之间没有反馈控制环节,整个制造过程中CNC只是一个封闭式的开环执行机构。在复杂环境以及多变条件下,加工过程中的刀具组合、工件材料、主轴转速、进给速率、刀具轨迹、切削深度、步长、加工余量等加工参数,无法在现场环境下根据外部干扰和随机因素实时动态调整,更无法通过反馈控制环节随机修正CAD/CAM中的设定量,因而影响CNC的工作效率和产品质量。由此可见,传统CNC系统的这种固定程序控制模式和封闭式体系结构,限制了CNC向多变量智能化控制发展,已不适应日益复杂的制造过程。因此,对数控技术实行变革势在必行。

数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化,使制造业成为工业化的象征,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,对国计民生的一些重要行业(IT、汽车、轻工、医疗等)的发展起着越来越重要的作用,因为这些行业所需装备的数字化已是现代发展的大趋势。

从中国基本国情的角度出发,以国家的战略需求和国民经济的市场需求为导向,以提高制造装备业综合竞争能力和产业化水平为目标,用系统的方法,选择能够主导21世纪初期中国制造装备业发展升级的关键技术以及支持产业化发展的支撑技术、配套技术作为研究开发的内容,实现制造装备业的跨越式发展。

强调市场需求为导向,即以数控终端产品为主,以整机(如量大面广的数控车床、铣床,高速、高精、高性能数控机床,典型数字化机械和重点行业关键设备等)带动数控产业的发展。重点解决数控系统和相关功能部件(数字化伺服系统与电动机、高速电主轴系统和新型装备的附件等)的可靠性和生产规模问题。没有规模就不会有高可靠性的产品;没有规

模就不会有价格低廉而富有竞争力的产品。当然,没有规模中国的数控装备最终难以有出头之日。

在高、精、尖装备研发方面,要强调研究开发以及与最终用户的紧密结合,以“做得出、用得上、卖得掉”为目标,按国家意志实施攻关,以解决国家之急需。

对数控技术方面,强调市场需求为导向,强调创新,强调研究开发具有自主知识产权的技术和产品,为中国数控产业、装备制造业乃至整个制造业的可持续发展奠定基础。

1.2 数控技术发展概况

20 世纪人类社会最伟大的科技成果是计算机的发明与应用,计算机及控制技术在机械制造设备中的应用是世纪内制造业发展的最重大的技术进步。自从 1952 年美国第 1 台数控铣床问世至今已经历了 50 余年。数控设备包括:车、铣、加工中心、镗、磨、冲压、电加工以及各类专机,形成庞大的数控制造设备家族,每年全世界的产量有 10 万~20 万台,产值上百亿美元。它经过 50 余年的 2 个阶段和 6 代的发展历程:

第 1 阶段是硬件数控 (NC),第 1 代——1952 年的电子管;第 2 代——1959 年晶体管分离元件;第 3 代——1965 年的小规模集成电路;

第 2 阶段是软件数控 (CNC),第 4 代——1970 年的小型计算机;第 5 代——1974 年的微处理器;第 6 代——1990 年基于个人 PC 机 (PC-BASEO)。

第 6 代的系统优点主要有:

- ① 元器件集成度高,可靠性好,性能高,可靠性已可达到 5 万小时以上;
- ② 基于 PC 平台,技术进步快,升级换代容易;
- ③ 提供了开放式基础,可供利用的软、硬件资源丰富,使数控功能扩展到很宽的领域(如 CAD、CAM、CAPP,连接网卡、声卡、打印机、摄影机等);
- ④ 对数控系统生产厂来说,提供了优良的开发环境,简化了硬件。

中国数控机床制造业在 20 世纪 80 年代曾有过高速发展的阶段,许多机床厂从传统产品实现向数控化产品的转型,并有许多厂家生产经济型数控机床。但总的来说,技术水平不高,质量不佳,所以在 20 世纪 90 年代初期,面临国家经济由计划性经济向市场经济转移调整,经历了几年最困难的萧条时期,那时生产能力下降 50%。从 1995 年“九五”以后,国家从扩大内需启动机床市场,加强限制进口数控设备的审批,重点投资和支持关键数控系统、设备、技术攻关,对数控设备生产起到了很大的促进作用,尤其是在 1999 年以后,国家向国防工业及关键民用工业部门投入大量技改资金,使数控设备制造市场一派繁荣。从 2000 年 8 月的上海数控机床展览会和 2001 年 4 月北京国际机床展览会上,可以看到多品种产品的繁荣景象。但也反映了下列问题:

- ① 低技术水平的产品竞争激烈,靠互相压价促销;
- ② 高技术水平、全功能产品主要靠进口;
- ③ 配套的高质量功能部件、数控系统附件主要靠进口;
- ④ 应用技术水平较低,联网技术没有完全推广使用;
- ⑤ 自行开发能力较差,相对有较高技术水平的产品主要靠引进图纸、合资生产或进口件组装。

当今世界工业国家数控机床的拥有量反映了这个国家的经济能力和国防实力。目前中国是全世界机床拥有量最多的国家(近 300 万台),但机床数控化率仅达到 1.9%左右,这与

西方工业国家一般能达到 20% 的差距太大。日本不到 80 万台的机床却有近 10 倍于中国的制造能力。数控化率低，已有数控机床利用率、开动率低，这是发展中国 21 世纪制造业必须首先解决的最主要问题。

在世界先进制造技术不断兴起，超高速切削、超精密加工等技术的应用，柔性制造系统的迅速发展和计算机集成系统的不断成熟，对数控加工技术提出了更高的要求。当今数控机床正在朝着以下几个方向发展。

1.2.1 性能发展方向

(1) 高速、高精、高效化

速度、精度和效率是机械制造技术的关键性能指标。由于采用了高速 CPU 芯片、RISC 芯片、多 CPU 控制系统和带高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统，同时采取了改善机床动态、静态特性等有效措施，机床的高速、高精、高效化已大大提高。

(2) 柔性化

柔性化包含两方面：数控系统本身的柔性，数控系统采用模块化设计，功能覆盖面大，可裁剪性强，便于满足不同用户的需求；群控系统的柔性，同一群控系统能依据不同生产流程的要求，使物料流和信息流自动进行动态调整，从而最大限度地发挥群控系统的效能。

(3) 工艺复合性和多轴化

多轴化是以减少工序及辅助时间为主要目的的复合加工，正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。数控机床的工艺复合化是指工件在一台机床上一次装夹后，通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施，完成多工序、多表面的复合加工。西门子 880 系统控制的轴数可达 24 轴。

(4) 实时智能化

在早期的实时系统通常是针对相对简单的理想环境，其作用是如何调度任务，以确保任务在规定期限内完成。而人工智能则试图用计算模型实现人类的各种智能行为。科学技术发展到今天，实时系统和人工智能相互结合，人工智能正向着具有实时响应的、更现实的领域发展，而实时系统也朝着具有智能行为的、更加复杂的应用发展，由此产生了实时智能控制这一新的领域。在数控技术领域，实时智能控制的研究和应用正沿着几个主要分支发展：自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前馈控制等。例如在数控系统中配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统，在高速加工时的综合运动控制中引入提前预测和预算功能、动态前馈功能，在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制，使数控系统的控制性能大大提高，从而达到最佳控制的目的。

1.2.2 功能发展方向

(1) 用户界面图形化

用户界面是 CNC 系统与使用者之间的对话接口。由于不同用户对界面的要求不同，因而开发用户界面的工作量极大，用户界面成为计算机软件研制中最困难的部分之一。当前 INTERNET、虚拟现实、科学计算可视化及多媒体等技术也对用户界面提出了更高的要求。图形用户界面极大地方便了非专业用户的使用，人们可以通过窗口和菜单进行操作，便于蓝图编程和快速编程、三维彩色立体动态图形显示、图形模拟、图形动态跟踪和仿真、不同方向的视图和局部显示比例缩放功能的实现。

(2) 科学计算可视化

科学计算可视化可用于高效处理数据和解释数据,使信息交流不再局限于用文字和语言表达,而可以直接使用图形、图像、动画等可视信息。可视化技术与虚拟环境技术相结合,进一步拓宽了应用领域,如无图纸设计、虚拟样机技术等,这对缩短产品设计周期、提高产品质量、降低产品成本具有重要意义。在数控技术领域,可视化技术可用于 CAD/CAM,如自动编程设计、参数自动设定、刀具补偿和刀具管理数据的动态处理和显示以及加工过程的可视化仿真演示等。

(3) 插补和补偿方式多样化

插补方式有多种多样,如直线插补、圆弧插补、圆柱插补、空间椭圆曲面插补、螺纹插补、极坐标插补、螺旋插补、NANO 插补、NURBS 插补(非均匀有理 B 样条插补)、样条插补(A 样条、B 样条、C 样条)、多项式插补等。多种补偿功能,如间隙补偿、垂直度补偿、象限误差补偿、螺距和测量系统误差补偿、与速度相关的前馈补偿、温度补偿、带平滑接近和退出以及相反点计算的刀具半径补偿等。

(4) 内装高性能 PLC

在 CNC 系统内装高性能 PLC 控制模块,可直接用梯形图或高级语言编程,具有直观的在线调试和在线帮助功能。编程工具中包含用于车床铣床的标准 PLC 用户程序实例,用户可在标准 PLC 用户程序基础上进行编辑修改,从而方便地建立自己的应用程序。

(5) 多媒体技术应用

多媒体技术是集计算机、声像和通信技术于一体,使计算机具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力。在数控技术领域,应用多媒体技术可以做到信息处理综合化、智能化,在实时监控系统和生产现场设备的故障诊断、生产过程参数监测等方面有着重大的应用价值。

1.2.3 体系结构的发展方向

(1) 集成化

采用高度集成化的 CPU、RISC 芯片和大规模可编程集成电路 FPGA、EPLD、CPLD 以及专用集成电路 ASIC 芯片,可提高数控系统的集成度和软硬件运行速度。应用 FPD 平板显示技术,可提高显示器性能。平板显示器具有科技含量高、重量轻、体积小、功耗低、便于携带等优点,可实现超大尺寸显示,成为和 CRT 抗衡的新兴显示技术,是 21 世纪显示技术的主流。应用先进封装和互联技术,将半导体和表面安装技术融为一体。通过提高集成电路密度、减少互联长度和数量来降低产品价格,改进性能,减小组件尺寸,提高系统的可靠性。

(2) 模块化

硬件模块化易于实现数控系统的集成化和标准化。根据不同的功能需求,将基本模块,如 CPU、存储器、位置伺服、PLC、输入输出接口、通讯等模块,制作成为标准的系列化产品,通过积木方式进行功能裁剪和模块数量的增减,构成不同档次的数控系统。

(3) 网络化

数控机床联网可进行远程控制和无人化操作。通过机床联网,可在任何一台机床上对其他机床进行编程、设定、操作、运行,不同机床的画面可同时显示在每一台机床的屏幕上。

(4) 通用型开放式闭环控制模式

采用通用计算机组成总线式、模块化、开放式、嵌入式体系结构,便于裁剪、扩展和升级,可组成不同档次、不同类型、不同集成程度的数控系统。闭环控制模式是针对传统的数控系统仅有的专用型单机封闭式开环控制模式提出的。由于制造过程是一个具有多变量控制和加工工艺综合作用的复杂过程,包含诸如加工尺寸、形状、振动、噪声、温度和热变形等各种变化因素。因此,要实现加工过程的多目标优化,必须采用多变量的闭环控制,在实时加工过程中动态调整加工过程变量。加工过程中采用开放式通用型实时动态全闭环控制模式,易于将计算机实时智能技术、网络技术、多媒体技术、CAD/CAM、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融于一体,构成严密的制造过程闭环控制体系,从而实现集成化、智能化、网络化。

1.2.4 智能化新一代 PCNC 数控系统

当前开发研究适应于复杂制造过程的、具有闭环控制体系结构的、智能化新一代 PCNC 数控系统已成为可能。

智能化新一代 PCNC 数控系统将计算机智能技术、网络技术、CAD/CAM、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融于一体,形成严密的制造过程闭环控制体系。

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统,智能化的内容包括在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如加工过程的自适应控制,工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方便的智能化,如前馈控制、电动机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内容、方便系统的诊断及维修等。

为解决传统的数控系统封闭性和数控应用软件的产业化生产存在的问题。目前许多国家对开放式数控系统进行研究,如美国的 NGC (The Next Generation Work-Station/Machine Control)、欧共体的 OSACA (Open System Architecture for Control within Automation Systems)、日本的 OSEC (Open System Environment for Controller),中国的 ONCS (Open Numerical Control System) 等。数控系统开放式已经成为数控系统的未来之路。所谓开放式数控系统就是数控系统的开发可以在统一的运行平台上,面向机床厂家和最终用户,通过改变、增加或剪裁结构对象(数控功能),形成系列化,并可方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中,快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统,形成具有鲜明个性的名牌产品。目前开放式数控系统的体系结构规范、通信规范、配置规范、运行平台、数控系统功能库以及数控系统功能软件开发工具等是当前研究的核心。

网络化数控装备是近两年国际著名机床博览会的一个新亮点。数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求,也是实现新的制造模式如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。国内外一些著名数控机床和数控系统制造公司都在近两年推出了相关的新概念和样机,如在 EMO2001 展中,日本山崎马扎克(MAZAK)公司展出的“Cyber Production Center”(智能生产控制中心,简称 CPC);日本大阪(Okuma)机床公司展出“IT plaza”(信息技术广场,简称 IT 广场);德国西门子(SIEMENS)公司展出的“Open Manufacturing Environment”(开放制造环境,简称 OME)等,反映了数控机床加工向网络化方向发展的趋势。