



中等职业学校电子信息类教材 机电技术专业

数控系统

陈黎敏 高 飞 主编
吴洪涛 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业学校电子信息类教材(机电技术专业)

数 控 系 统

陈黎敏 高 飞 主编

吴洪涛 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材主要阐述了数控系统的基本知识、实际应用和维护常识。其内容包括:数控系统概述、数控系统的基本结构、检测装置、伺服系统、数控系统的使用、数控系统的调试与维护、选用模块及实践教学模块等。本教材采用模块化结构,内容全面、系统,实用性强,侧重介绍数控技术方面的基本原理和实际应用知识。为了方便学生自学及巩固所学内容,各章均附有思考与练习题。

本教材可作为中等职业学校机电技术专业、机械工程专业、数控技术培训和进修的教材或教学参考书,同时也可供机电工程有关人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控系统/陈黎敏等主编. —北京:电子工业出版社,2002.2
中等职业学校电子信息类教材(机电技术专业)
ISBN 7-5053-7182-7

I. 数… II. 陈… III. 数控系统 - 专业学校 - 教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 097825 号

责任编辑:刘文杰 特约编辑:孙 俊
印 刷:北京李史山胶印厂
出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
经 销:各地新华书店
开 本:787×1092 1/16 印张:9 字数:230 千字
版 次:2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷
印 数:5000 册 定价:12.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

本教材是根据国家教委“面向 21 世纪振兴行动计划”职业教育数控技术应用专业《数控系统》教材编写大纲编写的。

本教材由常州信息职业技术学院陈黎敏、高飞担任主编,南京航空航天大学机电学院吴洪涛教授担任主审。

本教材主要阐述了数控系统的基本知识、实际应用和维护常识。其主要内容包括:数控系统概述、数控系统的基本结构、检测装置、伺服系统、数控系统的使用、数控系统的调试与维护、选用模块及实践教学模块等。本教材采用模块化结构,内容全面、系统,实用性强,侧重介绍数控技术方面的基本原理和实际应用知识。为了便于学生自学及巩固所学内容,各章均附有思考与练习题。建议参考教学时数为 56~64 学时。

本教材可作为中等职业学校机电技术专业、机械工程专业、数控技术培训和进修的教材或教学参考书,同时也可供机电工程有关人员参考。

本教材由陈黎敏编写第 1,3,4 章;高飞编写第 5,6,7 章;天津电子信息职业技术学院郝秀凯编写第 2 章;贵州电子信息职业技术学院胡光耀编写第 8 章。在编写过程中,得到了南京工程学院、常州多棱数控有限公司等有关单位的支持和帮助,在此谨致谢。

由于编写时间仓促和水平有限,本书难免有欠妥或错误之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

2001 年 10 月

目 录

第1章 数控系统概述	1
1.1 数控技术的概念	1
1.2 数控系统的基本组成	1
1.2.1 CNC装置	2
1.2.2 输入输出设备	2
1.2.3 速度控制单元	2
1.2.4 可编程控制器 PLC	2
1.2.5 主轴控制单元	2
1.3 数控系统分类	3
1.3.1 按控制的运动轨迹分类	3
1.3.2 按控制原理分类	3
1.3.3 按数控装置的功能水平分类	4
1.4 数控技术的应用现状及发展	5
1.4.1 高精、高速、高效的加工	5
1.4.2 高可靠性	5
1.4.3 网络数控	6
1.4.4 加强标准化和开放性	6
1.4.5 智能化	6
思考与练习	7
第2章 数控系统的基本结构	8
2.1 数控系统的硬件结构	8
2.1.1 单微处理器结构	8
2.1.2 多微处理器结构	9
2.1.3 微机数控的硬件实现	10
2.2 数控系统的软件结构	13
2.2.1 前后台型结构	13
2.2.2 中断型结构	15
2.3 数控系统的信息处理	16
2.3.1 信息输入	16
2.3.2 数据存放形式	17
2.3.3 译码	17
2.3.4 运动轨迹计算	20
2.3.5 运动速度计算	20
思考与练习	20
第3章 检测装置	22
3.1 旋转变压器	22

3.1.1 工作原理及应用	23
3.1.2 旋转变压器的工作方式	23
3.2 感应同步器	25
3.2.1 类型与结构	25
3.2.2 工作原理	28
3.2.3 感应同步器的工作方式	28
3.3 光栅	30
3.3.1 光栅的种类	31
3.3.2 直线透射光栅工作原理	31
3.4 磁栅	33
3.4.1 磁性标尺	34
3.4.2 磁头	34
3.5 编码器	36
3.5.1 分类与规格	36
3.5.2 增量式脉冲编码器	37
3.5.3 绝对式脉冲编码盘	38
3.5.4 混合式绝对式编码器	39
3.5.5 编码器的应用	39
3.6 数显装置的使用	41
3.6.1 安装	41
3.6.2 接长	43
思考与练习	44
第4章 伺服系统	45
4.1 概述	45
4.1.1 伺服系统的类型和组成	45
4.1.2 数控机床对进给伺服系统的要求	45
4.1.3 数控系统对主轴伺服系统的要求	47
4.1.4 伺服系统常用的驱动元件	47
4.2 步进电动机及驱动电路	47
4.2.1 步进电动机的类型	47
4.2.2 步进电动机的工作原理和主要特性	48
4.2.3 步进电动机的驱动控制	51
4.3 交流伺服电动机及控制器	55
4.3.1 交流伺服电动机的类型、结构及应用特点	55
4.3.2 变频控制器原理	57
4.4 直流伺服电动机	62
4.4.1 有槽式直流伺服电动机	62
4.4.2 无槽式直流伺服电动机	62
4.4.3 永磁式直流伺服电动机	63
4.4.4 无刷直流伺服电动机	63
4.4.5 宽调速直流伺服电动机	63
思考与练习	64
第5章 数控系统的使用	65

5.1 数控系统中的 PLC	65
5.1.1 PLC 的基本结构	65
5.1.2 数控机床用 PLC	67
5.1.3 PLC 在数控机床中的应用	69
5.2 通信接口与网络	71
5.2.1 数控系统的数据通信	71
5.2.2 异步串行接口	72
5.2.3 网络通信接口	75
5.3 经济型数控系统	77
5.3.1 经济型数控系统的类型	77
5.3.2 典型经济型数控系统的连接	78
5.4 数控系统的抗干扰	82
5.4.1 抗干扰设计	82
5.4.2 电源的抗干扰	83
5.4.3 常用的抗干扰技术	84
思考与练习	85
第 6 章 数控系统的调试与维护	86
6.1 数控系统的调试	86
6.1.1 数控机床的安装与调试	86
6.1.2 数控系统参数的设定	86
6.2 数控系统的维护	87
6.2.1 维护的概念	87
6.2.2 数控机床日常维护与保养	87
6.3 数控系统的故障诊断	88
6.3.1 数控机床的故障规律	88
6.3.2 故障诊断的步骤	89
6.3.3 故障诊断的一般方法	89
思考与练习	92
第 7 章 选用模块	93
7.1 可编程控制器 PLC 的使用	93
7.1.1 PLC 的特点	93
7.1.2 PLC 产品的分类	94
7.1.3 PLC 的应用场合	94
7.1.4 PLC 的技术性能指标	95
7.1.5 安装接线	96
7.2 数字化仪表的选用	99
7.2.1 工业自动化的数字控制	99
7.2.2 基本控制器	100
7.2.3 数字仪表与数控系统	102
7.3 工业控制计算机	104
7.3.1 工业控制计算机的主要特点	104
7.3.2 工业控制计算机的发展	104

7.3.3 控制用微机	105
7.3.4 工业控制微机的应用	109
思考与练习	109
第8章 实践教学模块	110
8.1 必做实验	110
实验1 数控系统的认识	110
实验2 编码器	112
实验3 步进电机的驱动电路	114
实验4 PLC实验	116
实验5 通信接口实验	118
实验6 数控系统参数应用实验	119
实验7 数控系统维护	120
实验8 经济型数控系统连接与调试	121
实验9 数控系统的故障诊断与排除	122
8.2 选做实验	123
实验 数字化仪表的使用	123
8.3 实验专用周	125
8.3.1 组成	125
8.3.2 电缆接线	126
8.3.3 电器模块	126
8.3.4 电源模块	127
8.3.5 系统模块	127
8.3.6 主轴模块	130
8.3.7 进给模块演示板	132
8.3.8 I/O模块	133
8.3.9 刀架模块演示板	135
参考文献	136

第 1 章 数控系统概述

机械技术经过操作机械、动力机械、电动机与自动控制三个阶段的发展,已开始进入智能化阶段。20 世纪 40 年代机械自动化才逐步发展成熟,当时主要是通过机械、电气和液压方式来实现,比如用凸轮机构或挡块等控制的专用机床、靠模仿形机床、各种组合专用机床以及在各种机械式、电气式、液压式、自动化专用机床的基础上连成的自动生产线等,称这类机械加工自动化为“刚性自动化”。它主要是解决少品种、大批量简单零件的机械制造。随着电子计算机技术的发展,机械自动化开始向“柔性自动化”方向发展,其最典型的是数控机床的出现。它是通过编制程序,用数字信息来自动控制机床的各个动作,进行自动切削或成形加工。它具有广泛的适应性,对于不同零件加工,只须修改软件,不必变动机械结构等硬件,就能适应于自动加工各种不同形面、尺寸的零件。它解决了多品种、中小批量机械加工自动化问题。

随着电子计算机技术的迅猛发展,以信息技术为中心的新技术革命正冲击着世界各个技术领域,机械制造业自动化正在经历 CNC(计算机数控化,Computer Numerical Control)——FMS(柔性制造系统,Flexible Manufacturing System)——CIMS(计算机集成制造系统,Computer Integrated Manufacturing System)“三部曲”发展。其中计算机技术起着主导作用,贯穿于三者,并且这三者一脉相承,后者建立在前者基础上,没有前者成熟的技术基础不可能进入后者。而且不管是 FMS 或 CIMS,其中都需要更多的 CNC,所以要实现机械加工自动化,计算机数控化是关键的基础一步,并且也是必经之路。提高机械加工机床的数控化率,实现高效率、高质量、高柔性和低成本的生产,使机械制造自动化不断趋向深化,即朝着设计、制造、管理全自动化的高层次方向发展。

1.1 数控技术的概念

数字控制(Numerical Control)是近代发展起来的一种自动控制技术,是用数字化的信息对某一对象进行控制的技术。控制对象可以是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力、流量、颜色等物理量。这些量的大小不仅可以测得,而且可以经过 A/D 或 D/A 转换,用数字信号来表示。

数控技术是实现工业自动化一门基础技术。除数控机床外,采用了数控技术的机械设备(称数控设备)还有数控气割机、数控弯管机、数控冲剪机、数控压力机、数控绘图机、数控测量机、数控雕刻机、电脑绣花机、衣料开片机等。数控机床是数控设备的典型代表,现代数控机床综合应用了微电子技术、计算机技术、精密检测技术、伺服驱动技术以及精密机械技术等多方面的最新成果,是典型的机电一体化产品。

1.2 数控系统的基本组成

计算机数控系统(CNC)是一种用计算机通过执行其存储器内的程序来实现部分或全部数控功能,并配有接口电路和伺服驱动装置的专用计算机系统。CNC 系统由数控程序、输入/输

出设备、计算机数控装置(CNC装置)、可编程控制器(PLC, Programmable Logical Controller)、主轴驱动装置和进给驱动装置(包括检测装置)等组成,如图 1-1 所示。

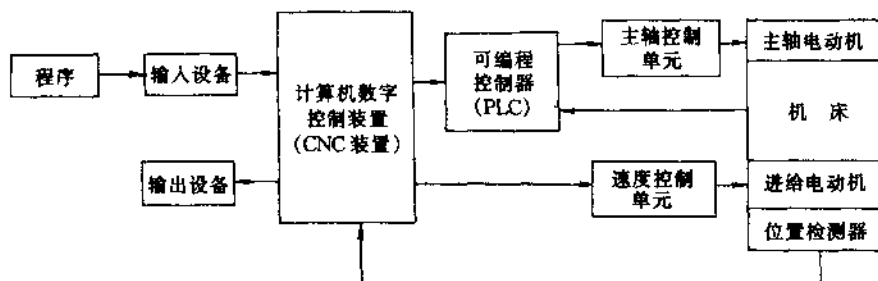


图 1-1 CNC 系统组成框图

1.2.1 CNC 装置

CNC 系统的核心是 CNC 装置,由它完成有关信息的处理和控制在,并协调整个系统工作。近年来,微处理器和微型计算机已广泛应用于 CNC 装置,CNC 装置的性能和可靠性不断提高,成本不断下降,推动了数控设备的发展。目前习惯上所指的计算机数控(CNC)多指微型计算机数控(MNC, Microcomputerized NC)。

1.2.2 输入输出设备

输入设备把数控加工所需的各种信息输入 CNC 装置,作为控制的依据。而 CNC 装置的各种信息则是通过输出设备显示出来或输出。CNC 系统通常配置的输入输出设备主要包括:键盘、光电阅读机、操作控制而板、显示器(发光二极管 LED, Light Emitting Diode 或阴极射线管显示器 CRT, Cathode Ray Tube)、纸带穿孔机和外部存储设备(磁盘机、磁带录音机等)。这些设备大都是通用的外部 I/O 设备。具体的 CNC 系统不一定配有上述 I/O 设备,而是视具体系统要求而定。

1.2.3 速度控制单元

速度控制单元由执行元件(电动机)和相应的控制电路组成。它接受来自 CNC 装置的位置或速度指令,由其控制单元控制电动机驱动设备坐标轴,按指令的速度和位置移动。数控设备有几个坐标轴,就应有几套进给伺服系统。

1.2.4 可编程控制器 PLC

该部分用来实现机床的顺序逻辑控制,即处理和执行 CNC 装置发出的 M, S, T 功能。采用 PLC 提高了 CNC 系统的灵活性、可靠性和利用率,并使结构更紧凑。

1.2.5 主轴控制单元

主轴控制单元实际上是一个速度控制系统。它由主轴电机和主轴控制单元组成。把 CNC 装置或 PLC 发出的指令转变为主轴电机的起、停或转动。

数控系统所控制的一般对象是位置、角度、速度等机械量以及温度、压力、流量等物理量,有数据运算处理控制和时序逻辑控制两类控制方式。其中,主控制器内的插补运算模块就是

根据所读入的零件程序,通过译码、编译等信息处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号比较,从而控制各个坐标轴的位移;时序逻辑控制通常由 PLC 来完成,它根据设备加工过程中的各个动作要求进行协调,按各检测信号进行逻辑判别,从而控制设备各个部件有条不紊地按程序工作。

1.3 数控系统分类

目前,数控系统品种齐全,规格繁多,根据数控系统的基本原理,可按下列原则分类。

1.3.1 按控制的运动轨迹分类

1. 点位控制系统

点位控制系统又称点到点控制系统。它只控制运动部件从一点移动到另一点的准确定位,在移动过程中不进行控制和加工,对两点间的移动速度和运动轨迹没有严格要求。为了减少移动时间和提高终点位置的定位精度,一般先快速移动,然后进行 1~3 级减速,使之慢速趋近定位点,减少定位误差。这类系统的设备有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床和数控测量机等。

2. 直线控制系统

直线控制系统是指能控制两点之间工具移动的轨迹是沿着平行于某一坐标轴方向(也包括 45°斜线)的直线,且在移动中工具能以给定的速度进行加工。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控镗铣床等。

3. 连续控制系统

连续控制系统又称轮廓控制系统。这类系统能同时控制两个或两个以上坐标轴,对位移和速度进行严格的不间断控制。它具有插补功能、轮廓控制功能,即可以加工曲线或者曲面零件。采用此类控制方式的设备有数控铣床、加工中心电加工机床等。现代数控机床绝大部分都具有三坐标或三坐标以上联动的功能。

1.3.2 按控制原理分类

1. 开环伺服系统

开环伺服系统通常不带有位置检测元件,伺服驱动元件多为步进电动机,输入的数据经过数控系统的运算分配输出指令脉冲。指令脉冲控制步进电动机转动,再经过传动机构,使执行部件移动或转动。这种控制方式对执行机构的动作情况是不进行检测的,指令发出去不再反馈回来,称为开环控制,如图 1-2 所示。

这种控制方式调试方便,维修简单,成本低,但控制的精度和速度受到限制,一般适用于精度要求不高的中、小型数控设备上。

2. 闭环伺服系统

闭环伺服控制方式必须具备检测元件的条件,其控制系统如图 1-3 所示。检测元件直接

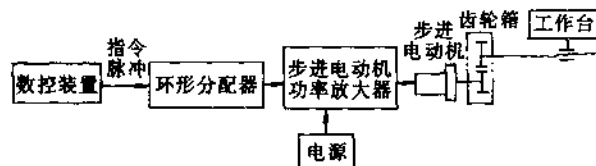


图 1-2 开环伺服系统

安装在工作台上,当指令值发送到位置比较电路时,此时若工作台没有移动,没有反馈量,指令值使得伺服电动机转动,并带动工作台移动,此时检测元件将工作台实际位移量反馈回去,在位置比较电路中指令值进行比较,用比较后得到的差值进行控制,直至差值消除为止,这就叫闭环控制。

这种控制方式的优点是精度高、速度快,但调试和维修比较复杂、成本高,一般用于运动速度和精度要求较高的大、中型数控设备上。

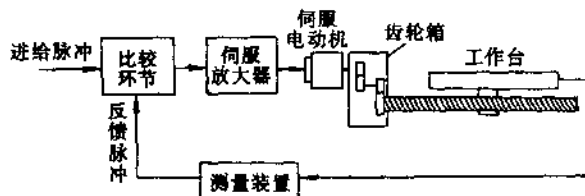


图 1-3 闭环伺服系统

3. 半闭环伺服系统

半闭环伺服系统如图 1-4 所示。这种控制方式对工作台的实际位置不进行检测,而是通过与伺服电动机有联系的检测元件间接测量出伺服电动机的转角,进而推算出工作台实际位移量,用此值与指令值进行比较,用差值实现控制。从图 1-4 可以看出,由于工作台没有完全包括在控制回路内,带动工作台移动的滚珠丝杠误差不能补偿,因而称之为半闭环伺服系统。

半闭环伺服系统介于开环和闭环之间,精度比开环高,调试却比闭环容易,成本也较低,是广泛使用的一种数控系统。

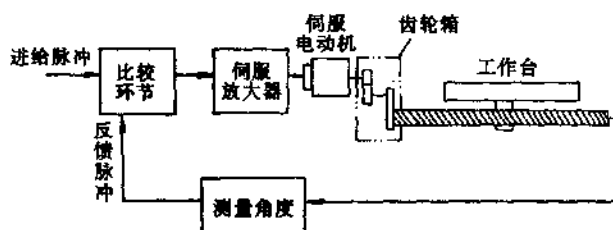


图 1-4 半闭环伺服系统

1.3.3 按数控装置的功能水平分类

按数控装置的功能水平通常把数控系统分为低、中、高档三类。就目前的发展水平来看,其划分标准可参见表 1-1。

表 1-1 不同档次数控功能及指标表

功 能	低 档	中 档	高 档
系统分辨率	10 μ m	1 μ m	0.1 μ m
进给速度	(8~15)m/min	(15~24)m/min	(24~100)m/min
伺服进给类型	开环及步进电动机系统	半闭环及直、交流伺服	闭环及直、交流伺服
联动轴数	(2~3)轴	(2~4)轴	5 轴或 5 轴以上
通信功能	无	RS232C 或 DNC	RS232C, DNC, MAP
显示功能	数码管显示	CRT; 图形、人机对话	CRT; 三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	强功能内装 PLC
主 CPU	8 位 CPU	16 位、32 位 CPU	32 位、64 位 CPU
结构	单片机或单板机	单微处理器或多微处理器	分布式多微处理器

表中高档数控通信采用 MAP(Manufacturing Automation Protocol 制造自动化协议)等高性能通信接口,具有联网功能。

1.4 数控技术的应用现状及发展

自从美国帕森公司(Parsons Co)和麻省理工学院(MIT)于 1952 年合作研制成的第一代三坐标数控铣床以来,数控系统的发展已经历了采用电子管和继电器、晶体管分立元件、集成电路、小型机数控、微处理器数控到 1990 年基于工控 PC 机的通用型 CNC 系统的第六代。目前,数控系统的可靠性日益提高,无论在航空工业或汽车、造船、机床、建筑等民用工业,数控技术的应用已相当普遍。世界数控机床的年产量超过 15 万台,产值超过 200 亿美元。数控机床的总拥有量达 100 万台以上,品种也超过 1500 种。随着计算机技术、信息技术、网络技术以及系统工程学的发展,为单机数控化向计算机控制的多机制造系统自动化发展奠定了基础。相继出现了直接数字控制系统(DNC)、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)。DNC 系统是由一台计算机直接管理和控制一群数控机床的计算机群控系统,即直接数控系统(Direct NC)。FMS 是若干台数控机床和加工中心(或其他自动化设备)通过一套自动物料(包括工件和刀具)搬运系统连接起来,由分布式多级计算机系统进行全面管理与控制的柔性制造系统。CIMS 是从生产决策、产品设计与制造、管理等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统,以实现工厂自动化。

我国数控机床的研制始于 1958 年。20 世纪 80 年代先后从日本、美国等发达国家引进一些数控系统和伺服技术,到 1985 年,我国数控机床进入实用阶段,品种已达 80 多种。近十年我国组织安排了“数控机床引进技术消化吸收(数控机床一条龙)”、“计算机集成制造系统(CIMS 工程)的研究”等重点科技攻关项目,有的还被列入国家“863”高科技研究项目,并取得了重大进展。目前,我国已有几十个厂家在从事不同层次的数控机床生产与开发,数控机床的品种已超过 500 种。1999 年 9 月,江苏常州多棱数控有限公司成功研制出了五轴联动龙门加工中心,标志着我国数控机床设计及制造技术已达到国际水平。

当前数控技术正向着以下几个方面发展。

1.4.1 高精、高速、高效的加工

在金属切削加工中,为进一步提高精度,除了保证数控机床制造的几何精度和良好的结构特性外,可通过减少数控系统的误差和采取一定的补偿技术来实现,同时必须具备高精度的位置检测系统和高性能的伺服系统。如脉冲当量为 0.1 μ 的高性能数控系统和全数字伺服系统

的研制开发。

提高生产率是数控加工技术发展中追求的基本目标之一。具体来说,就是提高主轴转速,20世纪90年代以来,相继出现(12 000~50 000)r/min甚至有超高速(超过50 000 r/min)的加工中心机床出现;提高进给速度,现在各坐标轴快速移动速度为(30~40)m/min,在重型或大型的数控机床上,空行程的高速可达40 m/min以上至100 m/min;缩短换刀时间及工作台交换的时间。通过换刀机构的改进,换刀时间由(5~10)s减少到(2~4)s,甚至达到(0.5~1)s。而工作台交换时间也由(12~20)s减少到(6~10)s,最快可达2.5s以内,这使辅助时间缩减到最小。

1.4.2 高可靠性

数控系统的可靠性是数控设备质量的一项关键性指标,常以平均无故障工作时间(MTBF, Mean Time Between Failures)来衡量。随着元器件集成度的提高,其可靠性指标MTBF已由10 000 h提高至(30 000~50 000)h,基于PC的新一代数控系统的开发成功,其MTBF已达到10年以上。

1.4.3 网络数控

在数控系统上开发多个通信接口和多级通信功能满足进线和联网的不同需要,使之不仅具有串行、DNC等点对点的通信,还支持制造自动化协议(MAP)及以太网等多种通用和专用的网络操作,成为工厂自动化的基础设备。

网络化数控是数控向通用计算机即开放式体系结构方向的发展。在开放式体系结构标准下,应用网络技术,建立一个带有网络通信功能并具有统一软件、硬件平台结构的开放式系统。增强网络功能可以实现网络制造、异地制造、远程诊断与维护。

1.4.4 加强标准化和开放性

为使基于PC的开放式数控系统成为数控技术发展的重要一翼,形成产业,不断适应制造业发展的需要,必须在通用PC机体系结构的基础上,制定必要的技术规范,按现代控制系统要求,使硬件的体系结构和功能模块具有兼容性,使软件层次结构、控制流程、接口及模块结构等规范化和标准化,为数控设备制造厂或用户提供一个良好的开放性和开放环境。

1.4.5 智能化

数控系统的智能化程度是和人工智能技术发展及计算机应用密切关联的,几乎包含在数控系统的各个方面。

利用自适应控制技术从加工中检测必要的信息,来自动调整系统有关参数、改善系统运行状态,达到最佳的运行。引入专家系统以建立工艺参数数据库为支撑指导加工。如用于电加工机床的模糊逻辑控制和带自学习机功能的神经网络系统。以智能化数字伺服驱动装置,应用前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载、自动调整参数等来提高伺服系统性能。由会话式编程到面向车间的编程及智能化自动编程;从触摸式屏幕操作,到“傻瓜”系统的推出及智能化的人机界面;应用分布式人工智能(DAI)技术;用Agent(智能体)元素开发智能检测监控系统,将会大大加强数控系统智能化的程度。

思考与练习

- 1.1 数控系统由哪几部分组成？各部分的基本功能是什么？
- 1.2 何谓点位控制、直线控制、轮廓控制？三者有何区别？
- 1.3 数控系统伺服系统分为几类？各有何特点？
- 1.4 数控系统的档次是如何划分的？
- 1.5 数控技术发展趋势主要有哪些？

第2章 数控系统的基本结构

2.1 数控系统的硬件结构

CNC装置的硬件除具有一般计算机所具有的微处理器(CPU)、存储器、输入/输出接口外,还具有数控要求的专用接口和部件,即位置控制器、纸带阅读机接口、手动数据输入(MDI, Manual Data Input)接口和显示(CRT)接口。因此,CNC装置是一种专用计算机。

CNC装置的硬件结构可分为单微处理器和多微处理器结构两大类。

2.1.1 单微处理器结构

所谓单微处理器结构,即采用一个微处理器来集中控制,分时处理数控的各个任务。而某些CNC装置虽然采用了两个以上的微处理器,但能够控制系统总线的只是其中一个微处理器,它占有总线资源;其他微处理器作为专用的智能部件,它们不能控制系统总线,也不能访问存储器。这是一种主从结构,故被归纳于单微处理器结构中,其框图见图2-1所示。

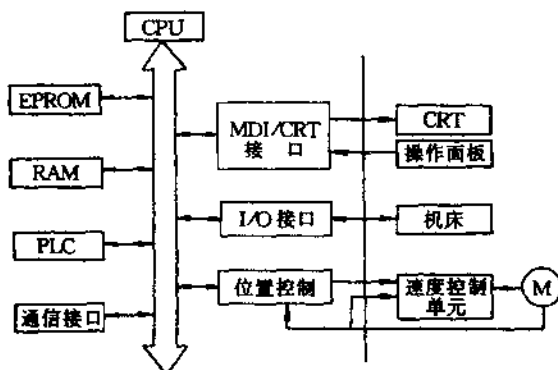


图 2-1 单微处理器结构的 CNC 装置组成框图

由图 2-1 可见,单微处理器结构的 CNC 装置可由计算机部分、位置控制部分、数据输入/输出等各种接口及外围设备组成。

计算机部分由微处理器及存储器等组成。微处理器执行系统程序,首先读取加工程序,对加工程序段进行译码的预处理计算等。然后根据处理后得到的指令,进行对该加工程序段的实时插补和设备的位置伺服控制;它还将辅助动作指令通过可编程控制器 PLC 发给设备,同时接收由 PLC 返回的设备各部分信息并予以处理,以决定下一步的操作。

位置控制部分又分为位置控制和速度控制两大单元。位置控制单元接收经插补运算得到的每一个坐标轴在单位时间间隔内的位移量,并产生伺服电动机速度指令发往速度控制单元。速度控制单元还接收速度反馈信号,用速度指令与反馈信号的差值来控制伺服电动机,使其以恒定速度运转;位置控制单元根据接收到的实际位置反馈信号来修正速度指令,实现机床运动的准确控制。

数据输入/输出接口与外围设备是数控系统与操作者之间信息交换的桥梁。例如,通过纸

带阅读机或 MJI 设备,可以将零件加工程序送入系统,并可实现其他手动操作;通过 CRT 或穿孔机可得到零件加工程序或其他信息。

2.1.2 多微处理器结构

在多微处理器结构中,由两个或两个以上的微处理器来构成处理部件。各处理部件之间通过一组公用地址和数据总线进行连接,每个微处理器共享系统公用存储器或 I/O 接口,每个微处理器分担系统的一部分工作,从而将在单微处理器的 CNC 装置中顺序完成的工作转变为多微处理器的并行同时完成的工作,因而大大提高了整个系统的处理速度。

多微处理器结构的 CNC 装置大都采用模块化结构,微处理器、存储器、输入/输出控制等可分别做成硬件模块,相应的软件也是模块化结构,固化在硬件中。软硬件模块形成一个具有特定功能的单元,称为功能模块。功能模块之间有明确定义的固定接口,按工厂或工业标准制造,于是可以组成积木式的 CNC 装置。如果某一个模块出了故障,其他模块仍能照常工作,可靠性高。

CNC 装置一般有 6 种基本功能模块,若需要扩充功能,可以再增加相应的功能模块。

(1) CNC 管理模块。该功能模块执行管理和组织整个 CNC 系统工作过程的职能,例如,系统的初始化、中断管理、总线裁决、系统出错的识别和处理、系统软硬件故障诊断等。

(2) CNC 插补模块。这个模块对零件加工程序进行译码、刀具补偿、坐标位移量计算等插补前的预处理工作,然后按规定的插补类型的轨迹坐标,通过插补计算为各个坐标轴提供位置给定值。

(3) 位置控制模块。该模块将插补后的坐标位置指令值与位置检测单元反馈回来的位置实际值进行比较,并进行自动加减速、回基准点、伺服系统滞后量的监视和漂移补偿,最后得到速度控制的模拟电压,用以驱动进给电动机。

(4) PLC 模块。该模块对零件加工程序中的开关功能和由机床送来的信号进行逻辑处理,实现各功能和操作方式之间的连锁。例如,机床电气的启/停、刀具交换、回转台分度等。

(5) 数据输入/输出和显示模块。这里包含零件加工程序、参数和数据、各种操作命令的输入(如通过纸带阅读机、键盘或上级计算机等)和输出(如通过穿孔机、打印机)、显示(如通过 CRT、液晶显示器等)所需要的各种接口电路。

(6) 存储器模块。这是程序和数据的主存储器,也可以是功能模块间传递数据用的共享存储器。

多微处理器各模块的互连和通信方式是多微处理器的 CNC 装置要解决的重要问题之一。典型的结构有共享总线和共享存储器两类。

1. 共享总线结构

这种结构是以系统总线为中心所组成的多微处理器 CNC 装置,如图 2-2 所示。处理器经总线进行通信。总线具有仲裁电路,解决处理器争用总线的问题。

根据功能,将系统划分为若干功能模块。带有 CPU 的模块称为主模块,不带 CPU 的称为从模块。所有的主、从模块都插在配有总线插座的机柜内,共享严格设计定义的标准总线。系统总线的作用是把各个模块有效地连接在一起,按照要求交换各种数据和控制信息,构成一个完整的系统,实现各种预定的功能。

共享总线结构的优点是配置灵活,结构简单,容易实现,造价低。不足之处会引起竞争,使