

机械系统实用计算机控制技术

主 编 李令奇 段智敏
副主编 刘红军

东 北 大 学 出 版 社

· 沈 阳 ·

李令奇 段智敏 2003

图书在版编目 (CIP) 数据

机械系统实用计算机控制技术 / 李令奇, 段智敏主编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2003.12

ISBN 7-81054-961-8

. 机... . 李... 段... . 机械系统 - 计算机控制 . TH - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 081810 号

出 版 者: 东北大学出版社

地 址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮 编: 110004

电 话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传 真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: www.neupress.com

印 刷 者: 东北大学印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 16

字 数: 399 千字

出版时间: 2003 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2003 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 任彦斌 责任校对: 李 叶

封面设计: 唐敏智 责任出版: 杨华宁

定 价: 22.00 元

前 言

随着微电子技术的发展，计算机的应用迅速渗透到各个领域，特别在机械行业，计算机的应用更加普遍。目前，计算机控制技术已成为工业控制中最有潜力、最活跃的一个领域。随着生产规模的不断扩大，以及对系统的要求愈来愈高，新的计算机控制系统、管理系统乃至将控制、管理一体化的综合自动化系统不断出现。

本书主要介绍计算机在机械行业的应用技术，从单片机、可编程控制器、工业控制计算机控制系统到现场总线控制系统。本书以机械行业的工业控制为出发点，结合工程应用实例，系统地介绍了计算机控制系统方面的原理与设计方法。将实用性和系统性相结合，同时注重近年来的新技术介绍。特别对机械行业应用较多且控制水平较高的数控机床及工业机器人的控制技术进行了较详细的介绍。

全书共分为 12 章。第 1 章作为概述，概略介绍了计算机控制系统分类、原理和组成；第 2 章介绍了数字控制器的设计，主要介绍了数字 PID 的计算机算法和数字控制器的直接设计方法；第 3 章介绍了计算机控制系统复杂控制策略，主要介绍了串级控制、前馈反馈控制及轨迹控制等；第 4 章介绍了常用的检测元件；第 5 章介绍了伺服驱动及控制的原理；第 6 章介绍了工业控制计算机控制系统；第 7 章介绍了可编程控制器控制系统；第 8 章介绍了单片机及在数控机床中的应用；第 9 章介绍了现场总线的应用；第 10 章介绍了计算机控制系统的设计方法；第 11 章介绍了智能控制的基本概念及在机器人控制中的应用；第 12 章简单介绍了 MATLAB 语言及其在计算机控制系统设计中的应用。本书参考学时为 48 学时左右。先修课程包括：电工及电子技术、微机原理及应用、控制工程、机电传动控制等课程。该书适于非电专业的本科生使用，特别适宜机电一体化专业的学生使用，可使学生对机械系统的计算机控制有较全面的了解。

本书由中科院沈阳自动化研究所李令奇和沈阳工业学院段智敏、刘红军合作编写。其中的第 6 章、第 7 章由李令奇编写，第 11 章由刘红军和段智敏编写；第 12 章由刘红军编写，其余由段智敏编写。全书由李令奇整理统稿。

由于作者水平有限，加之当今科学发展日新月异，书中不足或缺点在所难免，恳请读者批评指正，并提出宝贵意见。

编 者
2003 年 10 月

目 录

前 言

1 绪 论	1
1.1 现代机械系统的概念	1
1.2 机械系统的计算机控制	1
1.2.1 机械系统的控制	1
1.2.2 典型的计算机控制系统的组成	3
1.3 机械系统计算机控制的工作原理	4
1.4 计算机控制系统的特点	5
1.5 常用计算机控制方式	6
1.6 计算机控制系统常用的计算机种类	7
1.6.1 单片微处理器	8
1.6.2 工业控制计算机 (IPC)	8
1.6.3 可编程序控制器 (PLC)	8
2 数字控制器的设计	10
2.1 概 述	10
2.2 计算机控制系统的模拟—离散设计方法	10
2.2.1 模拟 PID 控制器的基本算法	10
2.2.2 数字 PID	11
2.2.3 数字 PID 的改进算法	12
2.2.4 PID 控制器的参数整定	16
2.3 计算机控制系统的离散化设计	18
2.3.1 Z 变换	18
2.3.2 数字控制器的设计步骤	19
2.3.3 最少拍系统控制器的设计	20
2.3.4 最少拍无纹波系统控制器的设计	24
3 机械系统常用的计算机复杂控制策略	27
3.1 串级控制系统的实现	27
3.2 前馈-反馈控制系统实现	28
3.2.1 前馈控制的结构	29
3.2.2 前馈-反馈控制结构	29
3.3 轨迹控制	30
3.3.1 概 述	30

3.3.2	脉冲增量插补	31
3.3.3	数字增量插补	42
4	常用传感器介绍.....	46
4.1	概 述.....	46
4.1.1	检测系统的作用及组成	46
4.1.2	对传感器的要求及分类	46
4.1.3	传感器的评价及选择.....	47
4.2	接近开关和光电开关.....	48
4.2.1	接近开关	48
4.2.2	光电开关	49
4.3	编码器.....	51
4.3.1	编码器分类	51
4.3.2	编码器原理	51
4.3.3	增量式编码器在测速中的应用	54
4.4	光栅尺.....	55
4.5	旋转变压器.....	59
4.5.1	有刷旋转变压器	59
4.5.2	无刷旋转变压器	60
4.6	感应同步器.....	60
5	伺服驱动及控制系统.....	63
5.1	概 述.....	63
5.1.1	伺服系统的基本要求.....	63
5.1.2	伺服驱动系统分类	64
5.2	电气伺服系统执行电动机的选择.....	65
5.2.1	执行电动机种类及特点	66
5.2.2	执行电机的选择	69
5.3	直流伺服电机驱动控制系统.....	70
5.3.1	直流伺服电机特性	70
5.3.2	直流伺服电动机的基本结构	71
5.3.3	直流伺服电机的驱动.....	72
5.4	交流伺服驱动系统.....	75
5.4.1	永磁交流伺服电机的特性	75
5.4.2	交流伺服电机变频调速	76
5.4.3	交流同步伺服电动机 PWM 调速系统.....	77
5.5	步进式伺服驱动系统.....	79
5.5.1	步进电机的工作方式.....	79
5.5.2	步进电机的运行特性.....	80

5.5.3	步进电机开环系统	80
5.5.4	步进电机的功率驱动电路	82
5.6	数字伺服控制系统	83
5.6.1	步进电动机控制技术	83
5.6.2	伺服电动机位置闭环控制	85
5.6.3	数字伺服系统常规控制规律	88
6	机械系统中工业控制计算机 (IPC) 的应用	91
6.1	工控机概述	91
6.1.1	IPC 系统的组成	91
6.1.2	工业控制计算机的特点	92
6.1.3	常用工控机介绍	93
6.2	IPC 控制系统硬件配置	94
6.2.1	工控计算机系统总线类型及特点	94
6.2.2	外围接口部件	96
6.3	工控软件简介	99
6.4	IPC 控制系统实例	103
6.4.1	FIX 组态软件在胶带监控系统中的应用	103
6.4.2	微机宽度测控系统在钢板剪切中的应用	106
6.4.3	SIA-ARC 六轴机器人控制器	109
7	机械系统中 PLC 的应用	113
7.1	PLC 概述	113
7.1.1	PLC 的特点	113
7.1.2	PLC 的功能	114
7.1.3	PLC 的分类	114
7.1.4	PLC 现状和发展方向	114
7.2	PLC 的基本结构及工作原理	115
7.2.1	PLC 的基本结构	115
7.2.2	PLC 的工作原理	117
7.2.3	PLC 程序设计语言	118
7.3	西门子 S7 PLC 系统简介	118
7.3.1	S7-200 指令系统	118
7.3.2	S7-200 通讯	128
7.4	PLC 设计方法	132
7.4.1	PLC 控制系统硬件设计	132
7.4.2	软件编制方法	135
7.5	PLC 控制系统实例	136
7.5.1	S7-200 PLC 在造纸精浆机控制系统中的应用	136

7.5.2	S7-300 组成的典型控制系统结构	140
7.6	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	141
7.6.1	影响 PLC 控制系统可靠性的主要因素	141
7.6.2	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	142
7.7	PLC 系统故障检查步骤	144
7.7.1	总体检查	144
7.7.2	电源故障检查	144
7.7.3	运行故障检查	145
7.7.4	输入输出故障检查	145
8	微处理器在数控机床中的应用	148
8.1	数控机床概述	148
8.1.1	数控机床的组成	148
8.1.2	数控机床的分类	149
8.2	经济型数控系统	150
8.2.1	概 述	150
8.2.2	经济型数控系统组成	151
8.3	中高档数控系统	154
8.3.1	中高档数控系统组成	154
8.3.2	机床进给伺服系统	160
8.3.3	机床用主轴伺服系统	162
8.4	基于 IPC 的开放性数控系统	164
8.4.1	智能化伺服控制卡介绍	164
8.4.2	DMC300 系列运动控制卡	166
8.4.3	基于 DSP 的多轴运动控制卡——PMAC 开放式数控系统介绍	167
9	机械系统中现场总线的应用	172
9.1	现场总线简介	172
9.1.1	现场总线	172
9.1.2	现场总线的技术特点	173
9.1.3	现场总线优点	173
9.1.4	典型现场总线简介	174
9.1.5	现场总线技术展望与发展趋势	177
9.2	现场总线控制系统	178
9.2.1	现场总线访问方法	178
9.2.2	总线拓扑结构	178
9.2.3	现场总线控制系统总体结构	179
9.2.4	现场总线控制系统组成	180
9.3	基于 PROFIBUS-DP 网络的控制系统应用实例	181

9.3.1	冷轧机组现场总线应用实例	181
9.3.2	带材机组现场总线应用实例	182
10	机械系统计算机控制系统设计	184
10.1	机械系统计算机控制系统设计原则与步骤	184
10.1.1	计算机控制机械系统的设计原则	184
10.1.2	计算机控制机械系统的设计步骤	184
10.2	计算机控制系统抗干扰及提高可靠性的方法	188
10.2.1	干扰的产生和传递	188
10.2.2	常用抗干扰方法	189
10.2.3	提高可靠性的方法	195
11	智能控制原理及其在机器人中的应用	197
11.1	智能控制概述	197
11.2	智能控制类型	199
11.3	智能控制在 PID 中的应用	201
11.3.1	专家式 PID 自整定控制	201
11.3.2	模糊 PID 控制	202
11.4	智能控制在工业机器人中的应用	205
11.4.1	工业机器人控制系统概述	205
11.4.2	工业机器人控制系统结构	208
11.4.3	工业机器人常规控制	208
11.4.4	工业机器人的智能控制——人工神经网络控制简介	211
11.4.5	工业机器人控制系统实例	216
12	MATLAB 介绍	220
12.1	MATLAB 概述	220
12.2	MATLAB 的基本知识	220
12.3	运 算	222
12.3.1	算术运算	222
12.3.2	关系运算	223
12.3.3	逻辑运算	223
12.3.4	矩阵函数	223
12.4	多项式及信号处理	223
12.4.1	多项式	223
12.4.2	信号处理函数	224
12.5	简单图形	226
12.6	控制流程	226
12.6.1	循环语句	226

12.6.2 条件转移语句	227
12.7 MATLAB 函数编写方法与应用	228
12.8 控制系统软件包使用方法.....	229
12.8.1 系统模型	229
12.8.2 分析函数	231
12.8.3 控制系统的稳定性分析	231
12.8.4 Simulink	232
12.9 MATLAB 神经网络工具箱	233
12.10 CtrlLAB 工具箱介绍及应用	235
12.10.1 CtrlLAB 功能简介	235
12.10.2 CtrlLAB 程序的运行	236
12.10.3 系统模型输入与转换	236
12.10.4 控制系统分析	236
12.10.5 系统设计	237
习 题.....	240
参考文献.....	242
附 录.....	243

1 绪 论

1.1 现代机械系统的概念

“机械系统”一词的确切定义很难找到,人们在实际生产中自然而然地将两个词联系到了一起。机械乃是机器、机构的泛称,故一切能够转换机械能的部件或它们的组合均可称之为机器和机构。系统则为自成体系的组织,亦即相同或相类似的事物按一定的秩序和内部联系组合而成的整体。由此推论,能够自成体系或按一定秩序工作的机器及机构都可称之为机械系统。如此涉及面实在太广了一些,在本书中特指“机械系统”为无须外界干预、不受环境干扰,能自动稳定地按某种要求完成特定动作或任务的机械体系。从某种意义上来讲,本书所指的机械系统还应是具有自动控制或自动调节功能的体系。所以机械系统的控制就是应用自动控制工程学的研究成果,把机械作为控制对象,使之达到理想的控制目标。

电子技术的高速发展及其在自动控制中作用和地位的日益突出,使绝大部分现代机械系统都已离不开电气控制设备。本书的主要内容就是围绕机械系统的自动控制问题,尤其是当代最先进的计算机在机械系统中的控制应用来展开的。本书的宗旨既不是单纯地讨论机械系统,也不是抽象地介绍计算机技术,而是力图通过相对比较成熟的计算机在机械系统中的控制技术,结合典型的实例,引出基础概念和控制系统结构。从基本单元出发,分析常用的机械系统计算机控制技术的特点,使读者能够了解较完整的、普遍的系统设计原则,并能在实际系统中应用。

1.2 机械系统的计算机控制

1.2.1 机械系统的控制

(1) 控制的基本方式

“控制(control)”一词,如今已相当广泛地应用在各行各业。所谓控制,其定义是:“为达到某种目的,对某一对象施加所需的操作”,含有“调节/调整”,“管理/监督”,“运用/操作”等意思。

在上述定义中所说的对象,是指物体、机器、过程(程序)等一般系统,叫做控制对象,而为了对控制对象进行控制而附加的装置叫做控制装置。另外,想实现控制的目标量,比如控制电动机的转速、油压缸中活塞的位置、炉内温度等叫做控制量或被控量。而把所希望的转速、位置、温度等叫做目标值或给定量。

由人本身通过判断和操作进行的控制叫做手动控制。与此相反,由控制装置自动进行的控制叫做自动控制。

在自动控制方式中,有开环和闭环两种。闭环控制系统中最有代表性的控制方式叫做反馈控制方式。所谓反馈控制方式,就是测出控制对象的控制量(如转速、位置、温度等),同目标

值进行比较得到偏差值,以偏差值为基础,进行某种运算,其结果用于对控制对象进行控制,以减小乃至消除偏差。采用这种控制方式时,当外界因素对控制对象产生干扰(叫做外扰),或使控制对象的性质产生变化,其影响一旦表现在控制量上,自动控制装置马上进行修正工作。

与此相反,直接检测出外扰,在外扰影响控制量之前就对控制量进行必要的修正,这种控制方式称为前馈控制方式。可以说,如果很好地应用前馈控制和反馈控制,将两种控制方式结合起来,组成前馈—反馈控制方式,就可实现最优的控制系统。

(2) 计算机闭环控制系统的典型结构

计算机闭环反馈控制系统的结构框图如图 1-2-1。在计算机控制系统中,由于控制器的输入和输出是数字信号,因此需要有模/数转换器(A/D)和数/模转换器(D/A)。

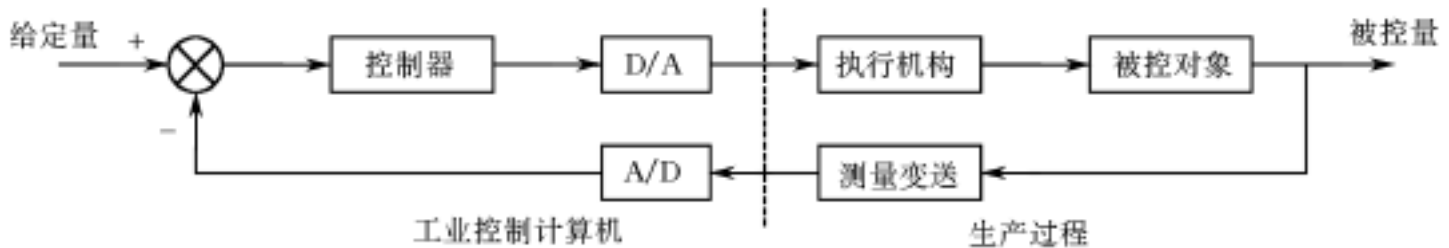


图 1-2-1 计算机控制系统结构框图

控制器。控制器是控制系统的核心,选用的控制器不同,组成的控制系统也不同。继电器组成的控制器主要由中间继电器、时间继电器和具有记忆功能的保持继电器等组成。这种控制器动作过渡时间长,不能用于频率较高的场合,加上有运动部件,系统中进入烟尘气体和振动都会使接点的接触不良,可靠性差。同时继电器的寿命较低,通常为 100 万次左右。另外,控制器也可用分立和集成电子元件组成。随着电子技术的发展,这种控制器功能增强,体积减小,可靠性提高,但灵活性较差。

以计算机为控制器的机械系统的控制是从 20 世纪 50 年代开始的。但那时的计算机体积庞大、价格昂贵、功能少、可靠性差,仅在冶金、化工和飞机制造等少数大型生产过程中得到应用。直到 70 年代中期,随着微电子技术的飞速发展,计算机控制技术也发生了革命性变化。现代的高性能、高可靠性、低成本的微型计算机同现代控制理论、伺服技术等结合在一起,组成了强有力的计算机控制机械系统,几乎完全取代了传统的继电器和分立电子元件控制系统,极大地增强了系统功能,减小了系统的体积。常用的计算机有单片机、工业控制计算机(IPC)和可编程控制器(PLC)等。

传感器。传感器即测量元件,是控制系统重要组成部分,信号检测技术的好坏对整个系统的性能,有决定性的影响。测量元件必须能在机械系统现场的各种恶劣环境条件下正常工作并满足静态(灵敏度、线性度、重复度等)和动态(响应速度)性能的要求,并能直接或间接地得到机械系统的被测对象的有关信息,以确定系统当前的状态。

由于被测参数种类繁多,测量范围宽以及检测原理与技术多种多样,因而测量元件的种类、规格十分繁杂。测量元件可以按输入量(被测参数)的种类、输出量的种类和测量原理等加以分类。

测量元件的输入信号有机械量(线位移、角位移、力、力矩、速度等)、过程量(温度、压力、流量、湿度等)、电工量(电流、电压、电量、电阻、电容、电感)等。

执行机构。执行机构也可称传动装置,机械系统的控制中带动被控对象按输入信号规律运动的部件称机械系统控制的执行机构,它是系统中将电能或液压能转化成机械能的动力

传动装置。若把人比作控制系统的话,眼、耳、鼻、舌、皮肤相当于传感器,大脑相当于计算机,手和脚就相当于执行机构。

执行机构驱动一般需要能源。执行机构若采用电动机,则需要电源;若采用液压缸,则需要液压泵;若是气动机械,则需要空气压缩机。因此,执行机构的驱动方式大致分为机械式、电动式、液压式几种。

常用的执行元件有直流伺服电机、交流伺服电机、直流力矩电动机和步进电动机;液压马达和液压缸;气压马达和气缸等。

机械式执行机构工作可靠,抗环境干扰能力强,但不能进行遥控和信号变换。电动式灵敏度高,响应迅速,可遥控和进行信号变换等,但应注意环境干扰的问题。液压式可用在大功率系统中,但系统的体积大。

1.2.2 典型的计算机控制系统的组成

由于计算机只能处理数字量,但在一个机械系统中,存在着各种非数字量信息,如电压、速度、压力、温度等,为了使计算机能处理这些信息,必须在计算机与控制对象之间增设一组信息传送变换用的硬件电路,即输入输出通道。输入通道是将被控对象上的模拟信号和开关信号变换成数字量的各种电路和设备的总称。常见的输入通道有模拟量输入通道和数字量输入通道。同样输出通道则是将计算机的数字量变为被控对象中各种模拟信号和开关信号的电路与设备的总称,常见的输出通道包括模拟量输出通道和数字量输出通道。见图 1-2-2。

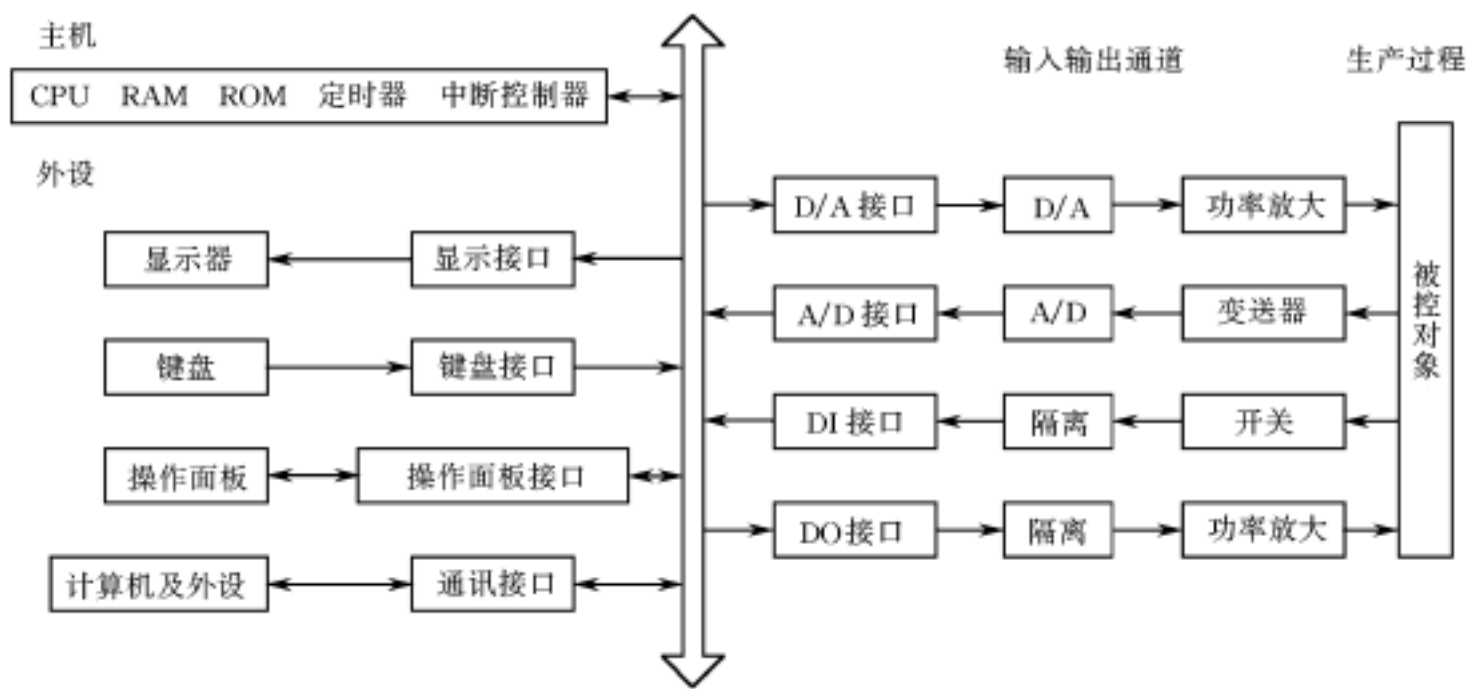


图 1-2-2 计算机控制系统的组成框图

(1) 模拟量输入通道

模拟量输入通道通常由前置放大电路、采样保持电路和 A/D 转换电路组成。机械系统中的各种物理量,经传感器后通常需转换为连续变换的电压或电流量,送至模拟量输入通道,再由模拟量输入通道变换成数字量送往计算机。

从传感器送来的信号幅度千差万别,为此,通道中必须采用前置放大/衰减电路对信号电压进行变换,将之转换成 A/D 转换器的输入电压范围内的信号电平(例如,将 200V 的信号和 0~50mV 的信号一律变换成 0~5V 的电压信号)。另外,为减少干扰,提高系统的可靠性,通

常计算机控制系统的工作电源不能与被控设备的电气回路发生电气上的联系,必须采用隔离变压器或光电隔离等措施进行电气隔离。此外,在受外界干扰较大的情况下,常常还要增设输入滤波器等抗干扰措施。

(2) 数字量输入通道

除了模拟量之外,机械系统中还存在大量的开关量需要检测,如各种行程开关和限位开关的状态等,因而需要数字量输入通道。与模拟量输入通道相比,数字量输入通道较为简单,通常将之变换到标准电平后,便可用微机的各种并行输入输出芯片直接输入其状态。不过,在机械系统中,很多开关量都与强电系统相联。与模拟量输入通道中的情况相似,为了提高控制系统的安全性和可靠性,一般同样要在数字量传感器和控制系统之间采用电气隔离等可靠性措施。

最常用的数字量隔离器件是光电耦合器件。它具有隔离好、无触点、响应快、易与逻辑电路配合以及寿命长等优点。

(3) 模拟量输出通道

模拟量输出通道通常由输出控制器、D/A转换电路和输出放大/衰减电路组成。输出控制器完成计算机数字量锁存,D/A时序控制等功能。D/A转换器将数字量变为模拟电压或电流,再由放大/衰减电路将之变换成所需的各种幅度的控制信号。通常,为了可靠,输出级还可能包括隔离电路、功率放大电路等。

(4) 数字量输出通道

与数字量输入通道一样,数字量输出通道也常用光电耦合或继电器等器件,实现对开关量控制设备的电气隔离及功率放大等功能。

(5) 人机输入输出接口

通常,控制系统为了方便使用,需要设置人机交流的通道,即键盘、显示器、打印机、操纵台等设备。

1.3 机械系统计算机控制的工作原理

实时,是指信号的输入、处理和输出都要在一定的时间(即采样时间)范围内完成,亦即计算机对输入信息,以足够快的速度进行采样并进行处理及输出控制,如这个过程超出了这个采样时间,计算机就失去了控制的时机,机械系统也就达不到控制的要求。因此,实时性是计算机控制系统的重要指标之一。

为了保证计算机控制系统的实时性,其工作过程可归纳为以下三个步骤。

实时数据采集。对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测和处理。

实时控制决策。对采集到的被控量进行分析,并按已定的控制规律,决定将要采取的控制行为,即计算出相应的控制量。

实时控制输出。及时地对执行机构发出控制信号,完成控制任务。

上述过程不断重复,并对被控量和设备本身的异常现象及时作出相应处理,使整个系统按照要求的品质指标进行工作。

1.4 计算机控制系统的特点

在机械系统的控制中,用计算机作为运算控制单元来进行控制有其自身的特点。

(1) 灵活性好

计算机控制的机械系统,在硬件不作任何改动的情况下,只要修改软件就可改变它的功能,实现对不同机械系统、不同控制方式、不同控制结构和不同参数的控制。

(2) 实时性好

计算机控制系统具有实时时钟和完善的中断系统,使得计算机控制机械系统具备实时处理机械系统生产过程中随机发生的各种事件的能力。即根据被控对象状况的重要程度,计算机控制机械系统可将各种不同情况分成若干等级(即优先权的高和低)。对重要的状况,优先权安排高一些,次要的优先权则安排低一些,以便更好地完成实时处理及控制。

(3) 存储能力强

在计算机控制的机械系统中,计算机存储器的容量很大,存储时间长短也几乎不受限制。这一特点使得计算机控制机械系统可以存储各种过程信息,不仅可以采集现场的信息,而且还可以保存过去的信息,这对掌握参数的变化规律,采用各种递推运算十分有利。利用计算机的存储功能,可以在计算机内存放各种数据和表格,以便采用查表的方法解决各种非线性函数、误差补偿、单值和双值函数的运算等问题。

(4) 逻辑运算能力强

数字计算机具有很强的逻辑运算能力,与它的存储能力相结合,数字计算机可以做许多事情,甚至可以模拟人的思维,进行分析,判断,积累经验,进行学习,实现智能控制。

(5) 可靠性高

微型计算机采用大规模集成电路,系统中元件的数量大为减少,使得计算机控制的机械系统的可靠性显著提高。随着集成技术的发展和集成度的不断提高,微型计算机的故障率还有继续下降的趋势。

另外,数字计算机工作在开关状态,它不像模拟电路那样,容易受外界干扰的影响。数字计算机的干扰通常来自工作电源与现场连接的输入输出电路。在数字计算机控制的机械系统中,电源通常采用电源滤波器及必要的屏蔽接地措施,输入输出一般采用隔离变压器和光电隔离器进行电气隔离,因此数字计算机的抗干扰能力可以得到充分保证。

(6) 具有自诊断能力

计算机可以对机械系统生产过程的各种参数进行监测,发现参数超限进行报警,甚至使保护机构动作。计算机还可对控制系统以及计算机自身的某些部位进行巡回检测,根据检测所得信息,判断发生故障的性质和部位,预测可能发生的故障,以便维护人员及时处理,避免事故的发生和恶化。计算机还可以在某个关键部位或设备损坏时,自动切除损坏部件或设备,并将备用部件或设备投入运行。

(7) 便于扩充

计算机控制系统都有自己的系统总线,各个硬件模块在系统总线上相互连接和进行扩充。即使是已构成的系统,需要时也可以在系统总线上加以扩展。常用的系统总线有 S—100 总线、STD 总线、多总线、PC 总线等。

(8) 多功能

计算机在控制机械系统的同时,还可以实现显示、打印、通信、科学计算和管理等工作等。

1.5 常用计算机控制方式

计算机控制系统所采用的形式与它所控制的工业对象的复杂程度密切相关,对不同的被控对象和不同的控制要求,应有不同的控制方案。根据计算机控制系统的功能及结构特点,可以将机械系统的计算机控制系统分为操作指导控制系统、直接数字控制系统(DDC)、监督控制系统(SCC)、分布控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)、计算机集成制造系统(CIMS)等。

(1) 操作指导控制系统

操作指导控制系统属于开环控制结构。开环控制结构是最早和最简单的计算机控制系统,其优点是结构简单,不需传感器。缺点是有时需要人工操作,控制精度较低。

(2) 直接数字控制系统

直接数字控制系统(Direct Digital Control—DDC)的构成如图 1-2-1 所示。计算机通过测量元件对一个或多个物理量进行巡回检测,经过程输入通道输入计算机,并根据规定的控制规律和给定值进行运算,然后发出控制信号直接去控制执行机构,使各个被控制量达到预定的要求。

在 DDC 系统中,计算机无须改变硬件,只通过改变程序就能有效地实现较复杂的控制规律,如前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制等。DDC 系统是计算机用于工业生产过程控制的最典型、最常用的一种系统。

(3) 监督控制系统

在直接数字控制系统中,是用计算机代替模拟调节器进行控制的。而计算机监督控制系统中,则是由计算机按照描述生产过程的数学模型或其他方法,计算出最佳给定值送给模拟调节器或者 DDC 控制系统,最后由模拟调节器或 DDC 控制系统控制生产过程。从这个角度上说,该计算机的作用就是改变给定值。该控制系统实际上是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合与发展。

监督控制系统(Supervisory Computer Control—SCC)有两种不同的结构形式:一种是 SCC + 模拟调节器;另一种是 SCC + DDC 控制系统。常用的 SCC + DDC 方式监督控制系统的构成如图 1-5-1 所示。从图中看出,SCC + DDC 方式监督控制系统实际就是分级控制系统,一级为监控级,另一级为 DDC 控制级。

SCC 系统较 DDC 系统更接近生产变化实际情况,它不仅可以进行给定值控制,同时还可以进行顺序控制、最优控制等。在 SCC 中,由于 SCC 级计算机承担了先进控制、过程优化与部分管理任务,信息存储量大,计算任务重,所以一般选用高档微型机或小型机作为 SCC 级计算机。

(4) 分布控制系统

过去,复杂的生产过程控制系统往往采用一台计算机集中控制方式,以便充分利用计算机。随着价廉而功能完善的微机的出现,则可以将控制功能分解,由若干台微处理器或微机分别承担不同的任务,并通过高速数据通道把各个分散点的信息集中起

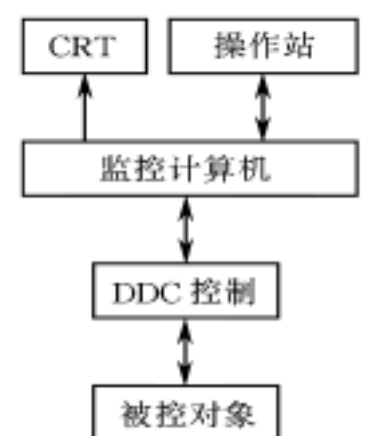


图 1-5-1 SCC+DDC 方式监督控制系统框图

来,进行集中的监视和操作,以实现复杂的控制功能。这就是分布式控制系统(Distributed Control System—DCS),又称分散或集散式控制系统,其结构框图如图1-5-2所示。

该系统的特点是将控制功能和危险性分散,用多台计算机分别执行不同的控制功能,既能进行控制又能实现管理;由于计算机控制和管理范围的缩小,使其应用灵活方便,可靠性提高。同时系统采用积木式结构,构成灵活,易于扩展。

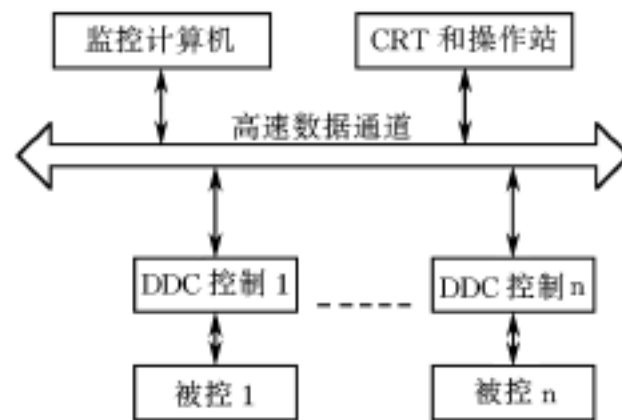


图 1-5-2 分布式控制系统框图

(5) 现场总线控制系统

现场总线(Fieldbus)是将自动化最底层的现场控制器和现场智能仪表设备互连的实时控制通讯网络。具有可互操作的网络将现场各控制器及仪表设备互连,构成现场总线控制系统(Fieldbus Control System—FCS),由于控制功能彻底下放到现场,降低了安装成本和维护费用。因此,FCS 实质是一种开放的、具可操作性的、彻底分散的新一代分布式控制系统,有望成为 21 世纪控制系统的主流产品。

衡量一套控制系统的总体成本,不仅考虑其直接造价,而且应该考察系统从安装调试到运行维护整个生命周期内总投入。FCS 开放的体系结构将大大缩短开发周期,降低开发成本,且彻底分散的分布式结构将一对一模拟信号传输方式变为一对 N 的数字信号传输方式,节省了模拟信号传输过程中大量的 A/D, D/A 转换装置、布线安装成本和维护费用。

可以说,开放性、分散化和低成本是现场总线最显著的三大特征,它的出现将使传统的自动控制系统产生划时代的变革,这场变革的深度和广度将超过自动控制设备的发展历史上任何一次变革,必将开创自动控制的新纪元。

(6) 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System—CIMS)是随着计算机辅助设计与制造的发展而产生的。它是在信息技术、自动化技术与制造的基础上,通过计算机技术把分散在产品设计与制造过程中各种孤立的自动化子系统有机地集成起来,形成适用于多品种、小批量生产、实现整体效益的集成化和智能化制造系统。通过信息集成、过程优化及资源优化,实现物流、信息流、价值流的集成和优化运行,达到人(组织、管理)、经营和技术三要素的集成,从而提高企业的市场应变能力和竞争能力。

CIMS 通常由四个功能分系统和两个支撑分系统组成。它们是管理信息分系统、设计自动化分系统、制造自动化分系统、质量保证分系统、计算机网络分系统和数据库分系统六个部分的有机组成。

1.6 计算机控制系统常用的计算机种类

由于系统的要求和复杂程度不同,机械系统计算机控制根据选用的控制器的不同,可以分为几种典型类型,如单片微处理控制器、工业计算机测控系统、可编程序控制器及总线式计算机测控系统等。当然随着微电子技术和微型计算机的发展,这几种不同类型的系统目前互有交叉和覆盖。下面介绍几种较常用的计算机的特点和使用范围。

1.6.1 单片微处理器

单片微处理器即单片机,它将 CPU, RAM, ROM, C T, I O, A D, D A 等多种功能都集中到一块芯片上。

单片机的特点是:体积小,功能强,可靠性高,功耗低,价格廉。但编程较复杂。通常用于小型机电一体化产品中。

1.6.2 工业控制计算机(IPC)

PC 即个人计算机,它采用 IBM 公司设计的 PC 总线,早期是为个人或办公室用而设计的,用其进行文字处理、电子数据表格和办公室简单事物处理。由于 PC 总线采用开放式结构,且价格低廉,人们将过去那种不适合工业控制的 PC 改进成了适合于工业控制的工业计算机(Industrial Personal Computer —IPC)。

(1) 对 PC 的改进

取消大底板,使用无源底板,把大底板的功能通过采用集成度更高的芯片而集中到一块普通的 PC 槽板上,一般称为 CPU 板。去掉外面的大盒盖而代之以分离式钢板机壳结构,从而使其可靠性和可维护性大大提高。

增加带过滤器的强力风扇和正压机箱,加强散热,增加系统抵抗粉尘的能力。

由于取消大底板,把扩充总线变成一条十几槽的总线,大大提高了可插入板的数目。

进一步提高工作电源的可靠性,增强其抗干扰功能,适应更宽的工作电压范围。

(2) IPC 特点

由于上述改进,IPC 形成了自己的特点。

软件支撑特别丰富。由于熟悉 PC 的人越来越多,PC 的支撑软件特别丰富,其应用范围也越来越广。

CPU 功能强,升级容易。IPC 的功能可以做得很强,不亚于工作站,并且随着 PC 的不断升级,IPC 的升级也非常快,可以完成较复杂的控制。

联网极为方便。当前市面上流行的网络多数均可在 IPC 上运行。因此可更方便地使其形成集散型系统。

1.6.3 可编程序控制器(PLC)

可编程序控制器(Programmable Logical Controller —PLC)是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统,它采用一种可编程序的存储器,在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。

可编程序控制器自 20 世纪 60 年代在美国 DEC 公司诞生以来,目前已达到了很高的水平。既有几个 I O 点的微型可编程序控制器,也有上千个 I O 点的大型可编程序控制器。

(1) 主要功能

条件控制和步进控制。

定时和计数控制。

数据处理。可编程序控制器具有数据处理能力,如并行运算、并行数据传送、BCD 码的