

全国高职高专“十二五”规划教材

计算机控制技术

主 编 刘福荣
副主编 王凤云 于 兰 宋晓君
主 审 高玉祥



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

计算机控制技术

本书特色

- ◆ 结合高等职业技术教育特点，以理论知识够用为原则，从工程实用的角度出发，深入浅出地论述计算机控制技术在自动控制系统中的应用和发展。
- ◆ 详细介绍常规和现代计算机控制技术的基本原理、计算机控制系统的设计和实现，突出实用性和应用性，并编入了计算机控制技术的一些新理论、新技术和新成果。
- ◆ 文字力求通俗简练、重点突出，内容安排注重系统性和完整性，将软件与硬件有机结合，帮助读者建立计算机控制系统的整体概念。



全国高职高专“十二五”规划教材

计算机控制技术

主 编 刘福荣

副主编 王凤云 于 兰 宋晓君

主 审 高玉祥

内 容 提 要

本书注重理论联系实际,突出工程应用,阐述了计算机控制技术及其工程实现方法。全书共分9章,内容包括:计算机控制系统概述、计算机控制过程通道、计算机控制系统的控制算法、控制系统应用程序设计、计算机控制系统抗干扰技术、集散控制系统应用概述、总线技术、计算机控制系统设计与实现、控制系统组态软件。

本书内容广泛涉及多学科交叉,综合性强,体系完整。书中的实例大多来自工程实际,旨在体现理论与实践相结合的特点,可作为高等职业院校计算机应用、自动化、检测技术、电子与电气工程、机电一体化等专业的教材,还可供工程技术人员及对计算机控制系统知识感兴趣的读者参考。

本书配有电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站和万水书苑免费下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术 / 刘福荣主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.4
全国高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8493-8

I. ①计… II. ①刘… III. ①计算机控制—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第052930号

策划编辑: 石永峰

责任编辑: 张玉玲

封面设计: 李 佳

书 名	全国高职高专“十二五”规划教材 计算机控制技术
作 者	主 编 刘福荣 副主编 王凤云 于 兰 宋晓君 主 审 高玉祥
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 352千字
版 次	2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

随着计算机技术、电子技术、自动控制理论和通信技术的发展,计算机控制在工业控制领域中发挥着巨大的作用。计算机控制技术正是为了适应这一领域的需要而发展起来的一门技术。如今,“计算机控制技术”已成为我国高职高专类院校计算机应用、自动化、检测技术、电子与电气工程、机电一体化等专业的主干课程。

本书从工程实用的角度出发,以计算机控制系统为背景,深入浅出地论述计算机控制技术在自动控制系统中的应用和发展,详细介绍常规和现代计算机控制技术的基本原理、计算机控制系统的设计和实现,突出应用性和实用性,同时编入了计算机控制技术的一些新理论、新技术、新方法和新成果。本书主要内容包括:微型计算机控制技术的原理、方法和发展趋势;微机控制系统的主要概念和基本组成;数字 PID 控制及其工程实现;输入、输出通道与接口技术;工业控制计算机与现场总线;集散控制系统;微型计算机应用系统工程设计;微型计算机系统的抗干扰技术;控制系统组态软件。

本书是在参阅、整理大量文献资料和积累编者多年教学、科研实践经验的基础上编写而成的。选材突出先进性、系统性和实用性,强调解决实际工程问题。

本书由刘福荣任主编,王风云、于兰、宋晓君任副主编,具体编写分工如下:第 2、4、5、7、8 章由刘福荣编写,第 1 和 3 章由王风云编写,第 6 章由于兰编写,第 9 章由宋晓君编写。全书由刘福荣统稿,高玉祥审稿。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

作 者

2010 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1	3.2.3 数字 PID 改进算法	40
1.1 计算机控制系统概论	1	3.3 数字 PID 调节器参数的整定	44
1.1.1 计算机控制系统的概念	1	3.3.1 PID 参数对系统控制性能的影响	44
1.1.2 计算机控制系统的发展概况	3	3.3.2 扩充临界比例度法整定 PID 参数	45
1.1.3 计算机控制系统的发展趋势	5	3.3.3 扩充响应曲线法整定 PID 参数	47
1.2 计算机控制系统的组成及特点	7	3.3.4 试凑法整定 PID 参数	47
1.2.1 计算机控制系统的硬件组成	7	3.4 数字控制器的直接设计方法	48
1.2.2 计算机控制系统的软件组成	8	3.4.1 数字控制器的直接法设计步骤	48
1.2.3 计算机控制系统的优点	9	3.4.2 最少拍数字控制器的设计	49
1.3 计算机控制系统的分类	9	3.4.3 最少拍无纹波数字控制器的设计	54
1.3.1 操作指导控制系统	10	3.5 施密斯 (Smith) 预估控制	56
1.3.2 直接数字控制系统 (DDC 系统)	10	3.5.1 施密斯预估控制原理	56
1.3.3 计算机顺序控制系统	11	3.5.2 具有纯滞后 Smith 补偿的数字 控制器	58
1.3.4 计算机监督控制系统 (SCC 系统)	11	3.6 大林算法	60
1.3.5 分布式控制系统 (DCS 系统)	12	3.6.1 大林算法 $D(z)$ 的基本形式	60
第 2 章 输入输出过程通道	14	3.6.2 振铃现象	61
2.1 数字量过程通道	14	3.6.3 振铃幅度 RA	63
2.1.1 数字量输入通道	14	3.6.4 振铃现象的消除	63
2.1.2 数字量输出通道	17	3.6.5 大林算法的设计步骤	64
2.2 模拟量输入通道	19	第 4 章 控制系统应用程序设计	65
2.2.1 模拟量输入通道的结构	19	4.1 应用程序设计的基本原则与方法	65
2.2.2 模拟量输入通道的组成	19	4.1.1 应用程序设计的基本步骤	65
2.2.3 模拟量输入通道的设计	26	4.1.2 应用程序设计的目标及原则	66
2.3 模拟量输出通道	28	4.1.3 应用程序设计的方法	67
2.3.1 模拟量输出通道的作用	28	4.2 数据结构及其应用	71
2.3.2 模拟量输出通道的组成	28	4.2.1 基本术语	72
2.3.3 模拟量输出通道的设计	31	4.2.2 数据结构的类型	72
第 3 章 计算机控制系统的控制算法	34	4.2.3 数据查找技术	76
3.1 数字控制器的模拟化设计方法	34	4.2.4 数据排序技术	78
3.1.1 模拟化设计方法	34	4.3 测量数据预处理技术	80
3.1.2 模拟化设计步骤	35	4.3.1 系统误差的自动校准	80
3.2 数字 PID 控制算法	37	4.3.2 标度变换	82
3.2.1 基本 PID 算法	37	4.3.3 线性化处理	84
3.2.2 数字 PID 算法	39		

4.3.4 越限报警处理	86	6.3.2 访问控制方式	126
第 5 章 控制系统的抗干扰技术	87	6.3.3 工业网络的性能评价和选型	127
5.1 干扰的来源和分类	87	6.4 DCS 在火电厂中的应用	129
5.1.1 干扰的来源	87	6.4.1 DCS 信号流程	129
5.1.2 干扰信号的耦合方式	88	6.4.2 DCS 应用过程	130
5.1.3 干扰的作用形式	89	6.4.3 利用 INFI-90 实现主汽温度控制	133
5.2 硬件抗干扰技术	90	第 7 章 总线技术	136
5.2.1 共模干扰的抑制	90	7.1 总线概述	136
5.2.2 串模干扰的抑制	92	7.1.1 总线的产生与发展	136
5.2.3 长线传输干扰的抑制	93	7.1.2 总线的分类	137
5.3 软件抗干扰技术	95	7.2 现场总线	140
5.3.1 软件出错对系统的危害 及抗干扰对策	95	7.2.1 现场总线简介	141
5.3.2 数字滤波	98	7.2.2 现场总线的种类	144
5.3.3 输入/输出软件抗干扰措施	101	7.2.3 现场总线的未来	144
5.3.4 软件冗余技术	102	7.2.4 现场总线在国内的应用	145
5.3.5 程序运行失常的软件抗干扰	102	7.3 现场总线的原理和发展概况	146
5.4 接地技术	103	7.3.1 现场总线的实质	146
5.4.1 微机控制系统中的地线	103	7.3.2 现场总线的结构	147
5.4.2 常用的接地方法	104	7.3.3 现场总线的发展概况	149
5.5 电源系统的抗干扰技术	106	7.3.4 现场总线的特点	151
5.5.1 抗干扰稳压电源的设计	107	7.4 几种典型的现场总线	152
5.5.2 电源系统的异常保护	108	7.4.1 控制层现场总线 ControlNet	152
5.5.3 微机系统的掉电保护	109	7.4.2 设备层现场总线 DeviceNet	156
5.6 “看门狗”技术	109	7.4.3 Profibus 协议	162
5.6.1 Watchdog 的工作原理	109	7.4.4 FF 总线	166
5.6.2 Watchdog 的实现	110	7.4.5 LonWorks 控制网络和 Lon 总线	167
5.6.3 Watchdog 的使用方法	110	7.4.6 CAN 总线	168
5.6.4 使用 Watchdog 的若干问题	112	7.4.7 Modbus 协议	170
第 6 章 集散控制系统	114	7.5 典型控制网络体系结构	171
6.1 集散控制系统概述	114	第 8 章 计算机控制系统设计与实现	173
6.1.1 集散控制系统的发展	115	8.1 系统设计的原则与步骤	173
6.1.2 DCS 的特点	116	8.1.1 系统设计的原则	173
6.2 集散控制系统的组成	118	8.1.2 系统设计的步骤	175
6.2.1 DCS 的分散过程控制级	118	8.2 系统的工程设计与实现	178
6.2.2 DCS 的集中操作监控级	121	8.2.1 系统总体方案设计	178
6.2.3 DCS 的综合信息管理级	123	8.2.2 硬件的工程设计与实现	179
6.3 集散控制系统的数据通信概要	125	8.2.3 软件的工程设计与实现	182
6.3.1 网络拓扑结构	125	8.2.4 系统的调试与运行	184
		8.3 啤酒发酵过程计算机控制系统设计	188

8.3.1 啤酒发酵工艺及控制要求	188	9.3.4 建立过程变量	201
8.3.2 系统总体方案的设计	189	9.3.5 创建结构类型和变量组	201
8.3.3 系统硬件和软件的设计	190	9.4 画面组态	202
8.3.4 系统的安装调试运行及控制效果	193	9.4.1 WinCC 图形编辑器	202
第9章 控制系统组态软件 WinCC	194	9.4.2 图形、对象和控件的使用	203
9.1 WinCC 简介	195	9.4.3 创建过程画面	205
9.1.1 性能特点	195	9.4.4 改变画面的对象属性	208
9.1.2 WinCC 系统构成	196	9.4.5 指定 WinCC 运行系统的属性	208
9.1.3 WinCC 与 PLC 之间的通信	196	9.4.6 运行工程	208
9.2 WinCC 项目	197	9.4.7 使用变量模拟器测试画面	210
9.2.1 建立和编辑 WinCC 项目的一般过程	197	9.5 故障处理	210
9.2.2 WinCC 项目管理器介绍	197	9.5.1 功能简介	210
9.2.3 建立一个新项目	199	9.5.2 诊断功能	210
9.3 变量管理	199	9.6 系统的安全性	212
9.3.1 添加逻辑连接	200	9.6.1 用户管理器的功能原则	212
9.3.2 变量的类型	200	9.6.2 用户管理器组态系统的结构	213
9.3.3 建立内部变量	200	参考文献	217

第1章 概述

计算机具有信息存储记忆、逻辑判断推理和快速数值计算功能，是一种强大的信息处理工具。随着科学技术的进步，人们越来越多地利用计算机来实现控制系统，这加速了计算机控制技术的发展。计算机控制系统是自动控制理论、自动化技术与计算机技术紧密结合的产物。控制理论的发展，尤其是现代控制理论的发展，与计算机技术息息相关。计算机控制技术以自动控制理论和计算机技术为基础，自动控制理论的发展给计算机控制系统增添了理论工具，而计算机技术的发展为新型控制规律的实现、构造高性能的计算机控制系统提供了物质基础，两者的结合极大地推动了计算机控制技术的发展。人们在计算机控制推广应用的技術实践中不断总结和创新，完善了计算控制系统的分析设计理论和方法，促进了工程实践技术的不断发展。目前，计算机控制已经成为以控制理论和计算机技术为基础的一门新的工程科学技术，是从事自动化技术工作的科技人员必须掌握的一门专业知识。近几年来，计算机技术、自动控制技术、检测与传感技术、CRT 显示技术、通讯与网络技术、微电子技术的高速发展，给计算机控制技术带来了巨大的变革。人们利用这种技术可以完成常规控制技术无法完成的任务，达到常规控制技术无法达到的性能指标。随着计算机技术、高级控制策略、现场总线智能仪表和网络技术的发展，计算机控制技术水平必将大大提高。

1.1 计算机控制系统概论

计算机控制系统是在自动控制技术和计算机技术发展的基础上产生的。所谓自动控制，就是在没有人直接参与的情况下，通过控制器使生产过程自动地按照预定的规律运行。自动控制在许多领域里获得了广泛的应用，将自动控制系统中的控制器的功能用计算机来实现，就组成了典型的计算机控制系统。

1.1.1 计算机控制系统的概念

1. 自动控制系统的基本结构

一般来说，自动控制系统随着控制对象、控制规律、执行机构的不同而具有不同的特点，可归纳为如图 1-1 所示的两种基本结构。

计算机控制系统由控制计算机和受控对象两大部分组成。工业生产中的自动控制系统随控制对象、控制算法和采用的控制器结构的不同而有所差别。从常规来看，控制系统为了获得控制信号，要将被控量和给定值相比较，得到偏差信号，然后直接利用偏差信号来进行控制，使系统的偏差减小直到消除偏差，被控量等于给定值。这种控制，由于控制量是控制系统的输出，被控量的变化值又反馈到控制系统的输入端，与作为系统输入量的给定值相减，所以称为闭环负反馈系统，其结构如图 1-1 (a) 所示。

图 1-1 (b) 所示是另一种控制结构，即开环控制系统。它与闭环控制系统的区别在于它不需要控制对象的反馈信号。它的控制是直接根据给定信号去控制被控对象工作的。这种系

统本质上不会自动消除由被控参数偏差对给定值带来的误差,控制系统中产生的误差全部反映在被控参数上。它与闭环控制系统相比,控制结构简单,但性能较差,常用在一些特殊的控制场合。

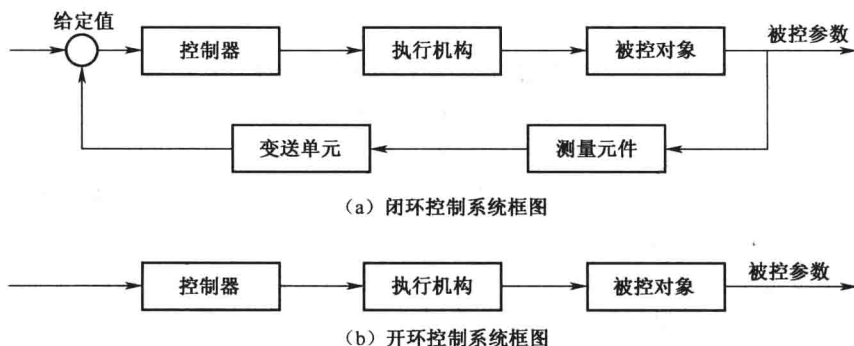


图 1-1 控制系统的一般形式

由图 1-1 可见,自动控制系统的基本功能是进行信号的传递、加工和比较。这些功能是由检测单元、测量变送单元、控制器和执行机构来完成的。其中控制器是控制系统的关键部分,它决定了控制系统的控制性能和应用范围。

2. 计算机控制系统的组成

如果把图 1-1 中的控制器用计算机系统来代替,则可以构成计算机控制系统,其基本框图如图 1-2 所示。计算机控制系统在结构上也可分为开环系统和闭环系统两种。

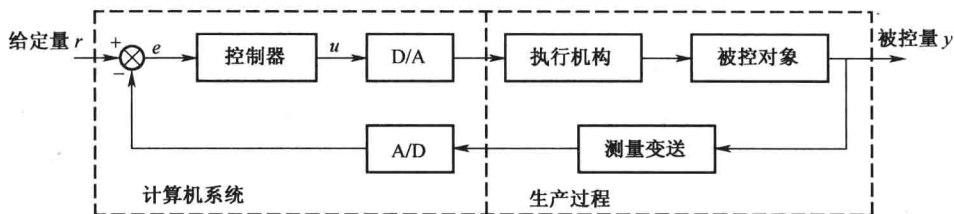


图 1-2 计算机控制系统结构图

在计算机控制系统中,计算机处理的输入和输出信号都是数字化量。因此,在这样的控制系统中,需要增加模数转换器(A/D),将连续的模拟信号转换成计算机能接受的数字信号;对于输出,需要增加数模转换器(D/A),将计算机输出的数字信号转换成执行机构能接受的连续模拟信号。

3. 计算机控制系统的控制过程

计算机控制系统的控制过程可归纳为以下 4 个步骤:

- (1) 实时数据采集: 对被控量的瞬时值进行检测,并输入给计算机。
- (2) 实时控制决策: 对采集到的表征被控参数的状态量进行分析、处理、判断,并根据已有的控制规律决定下一步的控制策略。
- (3) 实时控制输出: 根据决策,实时地对执行机构发出控制信号,完成控制任务。

(4) 信息管理: 随着网络技术和控制策略的发展, 信息共享和管理也介入到控制系统中。

上述测量、控制、运算、管理的过程不断重复, 使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作, 并且对被控参数或控制设备出现的异常状态及时监督并作出迅速的处理。

4. 几个术语

(1) 实时。所谓“实时”, 是指信号的输入、计算和输出都是在一定时间范围内完成的, 即计算机对输入信息以足够快的速度进行处理, 在一定的时间内作出反应并进行控制, 超出了这个时间就会失去控制时机, 控制也就失去了意义。实时控制的性能通常受仪表的传输延迟、控制算法的复杂程度、微处理器的运算速度和控制量输出的延迟等因素的影响。

(2) “在线”方式。在计算机控制系统中, 如果生产过程设备直接与计算机连接, 生产过程直接受计算机的控制, 则叫做“联机”方式或“在线”方式。

(3) “离线”方式。若生产过程设备不直接与计算机连接, 其工作不直接受计算机的控制, 而是通过中间记录介质, 靠人进行联系并作相应操作的方式, 则叫做“脱机”方式或“离线”方式。

1.1.2 计算机控制系统的发展概况

从 1946 年世界上第一台电子计算机正式使用以来, 电子计算机在世界各国得到了极大的重视和迅速的发展, 随之而出现的计算机技术也得到了迅速发展。计算机控制理论是自动控制理论与计算机技术相结合的产物, 它的发展同样也离不开自动控制理论和计算机技术的发展。本节回顾一下计算机控制系统的发展概况, 并讨论计算机控制系统的发展趋势。

1. 计算机控制技术的发展

在生产过程控制中采用数字计算机的思想出现在 20 世纪 50 年代中期。最重要的工作开始于 1956 年 3 月, 当时美国德克萨斯州的一个炼油厂与美国的 TRW 航空工业公司合作进行计算机控制研究, 经过三年的努力, 设计出了一个采用 RW-300 计算机控制的聚合装置系统。TRW 航空工业公司的这项开创性工作为计算机控制技术的发展奠定了基础。从此, 计算机控制技术获得了迅速的发展。

计算机控制技术的发展可按以下 3 个阶段来描述:

(1) 开创阶段 (1952~1965)。1952 年, 开始把计算机用于生产过程, 实现了自动测量和数据处理, 为操作人员提供了对管理有用的信息; 1954 年, 用计算机构成了开环控制系统, 能够帮助操作人员对一部分被控参量进行正确调节; 1957 年, 采用计算机构成闭环控制系统, 最初应用于石油蒸馏过程的调节; 1958 年, 在一个电站和一个炼油厂采用直接数字控制方式实现了计算机闭环定值控制, 这是计算机在线过程控制系统; 1960 年, 在合成氨和丙烯腈生产过程中完成了计算机监督控制, 计算机开始侧重于最优控制, 并逐步向分级控制和网络控制方向发展。虽然每隔两三年计算机应用于生产过程控制就有一些新发展, 但在 1965 年以前基本上处于单项工程试验阶段。

(2) 小型计算机时期 (1965~1972)。在试验阶段用于控制的计算机基本上还是模拟常规调节仪表所采用的调节规律, 只是在控制形式上由连续变为离散, 因而调节效果得不到明显改善。直到 20 世纪 60 年代后期出现了小型机, 才使计算机控制得以普及。因为小型机具有体积小、速度快、工作可靠、价格较便宜等特点, 所以使得计算机控制系统不再只是大型企业的工程项目, 对于较小的工程问题也能利用计算机来控制了。这一时期主要是计算机集中控制,

即用一台计算机控制尽可能多的调节回路。在高度集中控制时,若计算机出现故障,将对整个生产产生严重影响。提高可靠性的措施就是采用多机并用的方案,即增加小型机数目。因此由于小型机的出现,过程控制计算机的台数迅速增长。这一时期为实用及普及阶段。

(3) 微型计算机时期(1972 年至今)。随着计算机技术的发展,出现了微型机,从而使计算机控制技术进入了崭新的阶段。这一时期以微型机为主体。在控制结构上,对于简单生产过程或装置,采用单台微型机独立控制,如以单片机、工业控制机、可编程控制器为核心的计算机控制系统;对复杂生产过程或装置则采用集散型控制系统,将计算机分散到生产装置中去,采用多级分布式结构,从下而上分为过程控制级、控制管理级、生产管理级和经营管理级,进行分散控制、集中操作、分级管理、统一协调的工作,既能使危险分散,又能实现整体的协调和优化,大大提高了系统的安全可靠性和通用灵活性。所以这一时期也是大量推广和分级控制阶段。

2. 计算机控制理论的发展过程

计算机控制理论的发展离不开自动控制理论的发展,采样系统理论目前主要用在计算机控制方面,并已取得重要成果,但仍然在发展之中。为了获得计算机控制理论的全面知识,有必要回顾一下计算机控制理论的发展过程。

(1) 采样定理。既然所有的计算机控制系统都只根据离散的过程变量值来工作,那么就要弄清楚信号在什么条件下才能只根据它在离散点上的值重现出来。这个关键性的问题是由乃奎斯特解决的,他证明,要把正弦信号从它的采样值中复现出来,每周期至少必须采样两次。香农于 1949 年在他的重要论文中完全解决了这个问题。

(2) 差分方程。采样系统理论的最初起源与某些特殊控制系统的分析有关。奥尔登和萨托里厄斯于 1948 年对落弓式检流计的特性做了研究,这项研究对采样系统理论做出了最早的贡献。业已证明,许多特征都可以通过分析一个线性时不变的差分方程来理解,即用差分方程代替了微分方程。例如,稳定性研究可以采用舒尔—科恩法,它相当于连续时间系统的劳斯—霍尔维兹。

(3) z 变换法。由于当时的拉氏变换理论已经成功地应用于连续时间系统中,人们很自然试图为采样系统建立一种类似的变换理论。霍尔维兹于 1947 年对序 $\{f(kT)\}$ 引进了一个变换,变换定义为

$$Z[f(kT)] = \sum_{k=0}^{\infty} z^{-k} f(kT)$$

后来,这种变换由拉格兹尼和扎德于 1952 年定义为 z 变换。建立采样理论的许多工作都是由美国哥伦比亚大学的拉格兹尼领导的研究小组来完成的,即朱里、卡尔曼、比特伦、扎德、富兰克林、弗里德兰德、克兰克、弗里曼、萨拉奇克和斯克兰斯凯等人在拉格兹尼指导下作博士论文时完成的。

(4) 状态空间理论。状态空间理论的建立来自许多数学家的共同努力,例如莱夫谢兹、庞特里亚金、贝尔曼。卡尔曼把状态空间法应用于控制理论,享有较高的声誉,他建立了许多概念并解决了许多重要问题。

(5) 最优控制与随机控制。在 20 世纪 50 年代后期,贝尔曼与庞特里亚金等人证明了许多设计问题都可以形式化为最优化问题。60 年代初,随着控制理论的发展,引出所谓线性二

次型高斯 (LQG) 理论。

(6) 代数系统理论。代数系统理论对线性系统理论有了更好的理解, 并应用多项式方法解决特殊问题。

(7) 系统辨识与自适应控制。奥斯特隆姆和威顿马克等人在系统辨识与自适应控制方面作出了重要贡献。应当承认, 在理论联系实际方面, 奥斯特隆姆教授处于领先地位, 他提出的自校正调节器便是一个突出的例子。

1.1.3 计算机控制系统的发展趋势

大规模及超大规模集成电路的发展, 提高了计算机的可靠性和性能价格比, 从而使计算机控制系统的应用也越来越广泛。为更好地适应生产力的发展, 扩大生产规模, 以满足对计算机控制系统提出的越来越高的要求, 目前计算机控制系统的发展趋势有以下几个方面:

1. 普及应用可编程控制器

可程序控制器 (Programmable Controller, PC), 也可称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 是一种专为工业环境应用而设计的微机系统。它用可编程序的存储器来存储用户的指令, 通过数字或模拟的输入输出完成确定的逻辑、顺序、定时、计数和运算等功能。某些 PLC 还可进行 I/O 控制, 多台 PLC 之间进行通信与联网, 因此 PLC 在工业控制中得到了广泛的应用。近年来 PLC 几乎都采用微处理器作为主控制器, 且采用大规模集成电路作为存储器及 I/O 接口, 因而其可靠性、功能、价格、体积等都比较成熟和完美。特别是具有智能的 I/O 模块的开发成功, 使 PLC 除了具有逻辑运算、逻辑判断等功能外, 还具有数据处理、故障自诊断、PID 运算及网络等功能, 从而大大扩大了 PLC 的应用范围。目前从单机自动化到工厂自动化, 从柔性制造系统、机器人到工业局部网络都可寻觅到 PLC 的踪影。

2. 采用集散控制系统

集散控制系统是以微机为核心, 把微机、工业控制计算机、数据通信系统、显示操作装置、输入/输出通道、模拟仪表等有机地结合起来的一种计算机控制系统, 它为生产的综合自动化创造了条件。目前出现了以位总线 (Bitbus)、现场总线 (Fieldbus) 技术等先进的网络通信技术为基础的集散型控制结构。若采用先进的控制策略, 会使自动化系统向低成本、综合化、高可靠性的方向发展, 实现计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacture System, CIMS)。

3. 研究和发展智能控制系统

经典的反馈控制、现代控制和大系统理论在应用中遇到了不少难题。

(1) 经典控制理论主要研究的对象是单变量常系数线性系统, 它只适用于单输入单输出控制系统。

(2) 这些控制系统的设计和分析都是建立在精确的系统数学模型基础上的, 而实际系统一般无法获得精确的数学模型。

(3) 为了提高控制性能, 整个控制系统变得极其复杂, 增加了设备的投资, 降低了系统的可靠性。

系统的数学模型采用传递函数表示, 系统的分析和综合方法主要是基于根轨迹法和频率法。现代控制理论主要采用最优控制 (二次型最优控制、 H_∞ 控制等)、系统辨识和最优估计、自适应控制等分析和设计方法。系统分析的对象为多输入多输出线性系统, 系统分析的数学模

型主要用状态空间描述。随着要研究的对象和系统越来越复杂,依赖于数学模型的传统控制理论难以解决复杂系统的控制问题,尤其是在具有如下特点的一类现代控制工程中:

(1) 不确定性的模型。传统控制是基于模型的控制,模型包括控制对象和干扰模型。传统控制通常认为模型是已知的或经过辨识可以得到的,对于不确定性的模型,传统控制难以满足要求。

(2) 高度非线性。在传统的控制理论中,对于具有高度非线性的控制对象虽然也有一些非线性控制方法可供使用,但总的来说,目前非线性控制理论还很很不成熟,有些方法又过于复杂,无法广泛应用。

(3) 复杂的任务要求。在传统的控制系统中,控制任务往往要求输出量为定值(调节系统)或者要求输出量跟随期望的运动轨迹(跟踪系统),因此控制任务比较单一。但过于复杂的控制任务诸如智能机器人系统、复杂工业过程控制系统、计算机集成制造系统、航天航空控制系统、社会经济管理系统、环保及能源系统等传统的控制理论都无能为力。

在上述情形下智能控制便应运而生了。智能控制是一类无需人的干预就能够自主地驱动智能机器实现其目标的过程,是用机器模拟人类智能的一个重要领域。智能控制包括学习控制系统、分级递阶智能控制系统、专家系统、模糊控制系统和神经网络控制系统等。

(1) 分级递阶智能控制系统。

分级递阶智能控制系统是在研究学习控制系统的基础上,从工程控制论的角度总结人工智能与自适应、自学习和自组织控制的关系之后而逐渐形成的。

由 Saridis 提出的分级递阶智能控制方法作为一种认知和控制系统的统一方法论,其控制智能是根据分级管理系统中十分重要的“精度随智能提高而降低”的原理而分级分配的。这种分级递阶智能控制系统是由组织级、协调级、执行级三级组成的。

(2) 模糊控制系统。

模糊控制是一类应用模糊集合理论的控制方法。一方面模糊控制提供一种实现基于知识(规则)的甚至语言描述的控制规律的新机理;另一方面,模糊控制提供了一种改进非线性控制器的替代方法,这种非线性控制器一般用于控制含有不确定性和难以用传统非线性控制理论处理的装置。

(3) 专家控制系统。

专家控制系统所研究的问题一般都具有不确定性,是以模仿人类智能为基础的。工程控制论与专家系统的结合形成了专家控制系统。

(4) 学习控制系统。

学习是人类的主要智能之一。用机器来代替人类从事体力和脑力劳动,就是用机器代替人的思维。学习控制系统是一个能在其运行过程中逐步获得被控对象及环境的非预知信息,积累控制经验,并在一定的评价标准下进行估值、分类、决策和不断改善系统品质的自动控制系统。

(5) 神经控制系统。

基于人工神经网络的控制简称神经控制,是智能控制的一个崭新的研究方向。尽管我们尚无法肯定神经网络控制理论及其应用研究将会有何重大的突破性成果,但是可以确信,神经控制是一个很有希望的研究方向。这不但是由于神经网络技术和计算机技术的发展为神经控制提供了基础,而且还由于神经网络具有一些适合于控制的特性和能力。现在神经控制的硬件尚未真正解决,对实用神经控制系统的研究也有待继续开展与加强。

随着多媒体计算机和人工智能计算机的发展,应用自动控制理论和智能控制技术来实现先进的计算机控制系统必将大大推动科学技术的进步和工业自动化系统的水平。

1.2 计算机控制系统的组成及特点

计算机控制系统包括硬件和软件。硬件由计算机、接口电路、外围设备和生产对象等组成。

1.2.1 计算机控制系统的硬件组成

计算机控制系统由工业控制机和生产过程两大部分组成。工业控制机是指按生产过程控制的特点和要求而设计的计算机,它包括硬件和软件两部分。生产过程包括被控对象、测量变送、执行机构、电气开关等装置。图 1-3 给出了计算机控制系统的组成框图,下面对各部分进行简要说明。

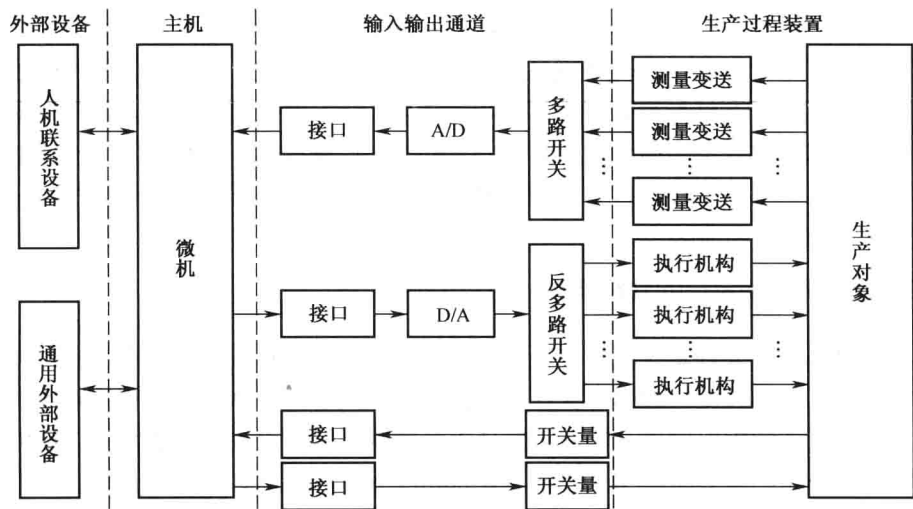


图 1-3 微机控制系统组成框图

1. 主机

主机由 CPU 和存储器构成,是微型计算机控制系统的核心,通过接口它可以向系统的各个部分发出各种命令,同时对被控对象的被控参数进行实时检测及处理。主机的主要功能是控制整个生产过程,按控制规律进行各种控制运算(如调节规律运算、最优化计算等)和操作,根据运算结果作出控制决策;对生产过程进行监督,使之处于最优工作状态;对事故进行预测和报警;编制生产技术报告、打印制表等。主机中的程序和控制数据是人们预先根据控制对象的特征编制的控制算法。计算机控制系统执行控制程序和系统程序,完成事先确定的控制任务。

2. 输入输出通道

这是微机和生产对象之间进行信息交换的桥梁和纽带。过程输入通道把生产对象的被控参数转换成微机可以接收的数字代码。过程输出通道把微机输出的控制命令和数据转换成可以对生产对象进行控制的信号。过程输入输出通道包括模拟量输入输出通道和数字量输入输出通道。

3. 外部设备

这是实现微机和外界进行信息交换的设备,简称外设,包括人机联系设备、输入输出设备和外存储器。其中操作台应具备显示功能,即根据操作人员的要求能立即显示所要求的内容;还应有按钮,完成系统的启、停等功能;操作台还要保证即使操作错误也不会造成恶劣后果,即应有保护功能。

常用的输入设备有:键盘、鼠标、数字化仪等,主要用来输入程序和数据等。

常用的输出设备有:显示器、打印机、记录仪等。输出设备将各种数据和信息提供给操作人员,使其能够了解过程控制的情况。

存储设备用来存储数据库和备份重要的数据,主要有磁盘、磁带机等。

4. 检测与执行机构

(1) 测量变送单元。在微机控制系统中,为了收集和测量各种参数,采用了各种检测元件及变送器,其主要功能是将检测参数的非电量转换成电量,例如热电偶把温度转换成毫伏信号、压力变送器可以把压力转换为电信号,这些信号经变送器转换成统一的计算机标准电平信号(0~5V 或 4~20 mA)后,再送入微机。

(2) 执行机构。要控制生产过程,必须有执行机构,它是微机控制系统中的重要部件,其功能是根据微机输出的控制信号改变输出的角位移或直线位移,并通过调节机构改变被调介质的流量或能量,使生产过程符合预定的要求。例如,在温度控制系统中,微机根据温度的误差计算出相应的控制量,输出给执行机构(调节阀)来控制进入加热炉的煤气(或油)量以实现预期的温度值。常用的执行机构有电动、液动和气动等控制形式,也有的采用马达、步进电机及可控硅元件等进行控制。

1.2.2 计算机控制系统的软件组成

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础,而计算机的操作系统和各种应用程序是履行控制系统任务的关键,通称为软件。软件的质量关系到计算机运行和控制效果的好坏、硬件功能的充分发挥和推广应用。软件主要分为系统软件和应用软件,系统软件提供计算机运行和管理的基本环境,如 DOS、Windows、Windows NT、UNIX、网络平台等;应用软件有语言加工软件,如汇编软件、编译软件和控制系统的编程软件,如罗克韦尔公司的 RS View32、RS Logix 等,因为是属于专业化的软件,所以它们非常方便用户的二次开发,同时也保证了软件的安全性。当然也有用户根据自己系统的要求开发的特殊控制软件。软件一般对计算机控制系统的依赖性较大。

1. 系统软件

系统软件包括实时多任务操作系统、引导程序、调度执行程序,如美国 Intel 公司推出的 iRMX86 实时多任务操作系统和美国 Ready System 公司推出的嵌入式实时多任务操作系统 VRTX/OS。除了实时多任务操作系统以外,也常常使用 MS-DOS 和 Windows 等系统软件。系统软件是由计算机设计者提供的专门用来使用和管理计算机的程序。对用户来说,系统软件只是作为开发应用软件的工具,是不需要自己设计的。

系统软件包括:

- (1) 操作系统。即为管理程序、磁盘操作系统程序、监控程序等。
- (2) 诊断系统。指的是调节程序及故障诊断程序。

(3) 开发系统。包括各种程序设计语言、语言处理程序(编译程序)、服务程序(装配程序和编辑程序)、模拟主系统(系统模拟、仿真、移植软件)、数据管理系统等。

(4) 信息处理。指文字翻译、企业管理等。

2. 应用软件

它是面向用户本身的程序,即指由用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序。在控制系统中,应用软件是面向用户本身的程序,即指由用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序,是一个直接的控制程序,而其他的程序是为它服务的。所以,应用程序的质量会给系统的精度和效率带来很大的影响。

应用软件包括:

(1) 过程监视程序。指巡回检测程序、数据处理程序、上下限检查及报警程序、操作面板服务程序、数字滤波及标度变换程序、判断程序、过程分析程序等。

(2) 过程控制计算程序。指的是控制算法程序、事故处理程序和信息管理程序,其中信息管理程序包括信息生成调度、文件管理及输出、打印、显示程序等。

(3) 公共服务程序。包括基本运算程序、函数运算程序、数码转换程序、格式编码程序。

1.2.3 计算机控制系统的特点

计算机控制相对于模拟控制的主要特点可以归纳为:

(1) 计算机控制利用计算机的存储记忆、数字运算和 CRT 显示功能,可以同时实现模拟变送器、控制器、指示器、手操作器、记录仪等多种模拟仪表的功能,并且便于监视和操作。

(2) 计算机控制利用计算机的快速运算能力,通过分时工作可以用一台计算机同时控制多个回路,并且还可以同时实现 DDC、顺序控制、监督控制等多种控制功能。

(3) 计算机控制利用计算机强大的信息处理能力,可以实现模拟控制难以实现的各种先进复杂的控制策略,如最优控制、自适应控制、多变量控制、模型预测控制、智能控制等,从而不仅可以获得更好的控制性能,而且还可以实现对于难以控制的复杂被控对象(如多变量系统、大滞后系统、某些时变系统和非线性系统等)的有效控制。

(4) 计算机控制系统调试、整定灵活方便,系统控制方案、控制策略、控制算法及其参数的改变和整定只通过修改软件和键盘操作即可实现,不需要更换或变动任何硬件。

(5) 利用网络分布结构可以构成计算机控制、管理集成系统,即 DCS,实现工业生产与经营的管理、控制一体化,大大提高了工业企业的综合自动化水平。

(6) 计算机控制系统中同时存在连续型和离散型两类信号,系统中必有 A/D 和 D/A 转换器,实现连续信号与离散信号的相互转换。连续系统控制理论不能直接用于计算机控制系统的分析和设计。

1.3 计算机控制系统的分类

计算机控制系统所采用的形式,与它所控制的生产过程的复杂程度密切相关,不同的被控对象和不同的要求,应有不同的控制方案。计算机控制系统大致可分为以下几种典型的形式:操作指导、直接数字控制、顺序控制、监督控制、分布式控制等。