



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

计算机控制系统

席爱民 编 著

▼
……
(第2版)
……
▲

 高等教育出版社



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

计算机控制系统

J i s u a n j i K o n g z h i X i t o n g

席爱民 编 著

◆
……
(第2版)
……
◆

中国图书馆分类号(CIP) 数据

计算机控制系统/席爱民编著. —2版. —北京:高等教育出版社, 2010.6

ISBN 978-7-04-030313-7

责任者 席爱民 著
ISBN 978-7-04-030313-7

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德胜大街

邮政编码 100130
社址 北京市德胜门内大街

开本 787×1092 1/16
印张 17.25

印 刷 北京海德印刷厂
社址 北京市海淀区中关村大街

开本 787×1092 1/16
印张 17.25
字 数 390 000



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书系统地阐述了计算机控制系统分析、设计的基本理论和方法,全书分9章。本次修订和第1版比较,没有改变章节结构,在论述内容方面进行适当修改、补充;增加了习题参考答案。本书主要内容有:讨论计算机控制系统中信号的类型,数学基础—— z 变换,计算机控制系统的数学描述及脉冲传递函数,差分方程及求解,离散系统方框图变换方法,系统特性分析及系统稳定性判定方法。讲述数字控制器设计问题,包括连续控制器离散化方法,数字PID控制器的设计及改进,快速被控对象的最少拍控制系统的设计以及具有大惯性、纯滞后被控对象的慢速系统的直接设计方法,对一些有效的预估控制决策进行了探讨,论述了建立预估模型的工程方法。本书还讨论了数字控制器的实现问题以及计算机控制系统的离散状态空间分析方法和有限拍控制系统设计。书中例题、各章习题参考答案大部分采用MATLAB软件仿真和计算,具有解题、设计新思路。

本书可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、测控技术以及自动控制等相关专业的本科生教材,也可供有关工程技术人员和教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统/席爱民编著. —2版. —北京:高等教育出版社,2010.6

ISBN 978-7-04-030212-7

I. ①计… II. ①席… III. ①计算机控制系统-高等学校-教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第074432号

策划编辑 欧阳舟 责任编辑 魏芳 封面设计 赵阳
版式设计 余杨 责任校对 金辉 责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.25
字 数 390 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>
版 次 2004年1月第1版
2010年6月第2版
印 次 2010年6月第1次印刷
定 价 25.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30212-00

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的

教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

第2版前言

正如本书第1版前言所说的那样,当今自动控制系统的实现都是基于计算机控制。因而对于从事自动化工作的人员来说,重要的是要很好地理解、掌握计算机控制系统。

计算机控制系统存在着一些模拟控制系统所没有的现象,因此对其分析要采取相应的理论。本书讨论的就是采用计算机作为标准控制部件的数字控制系统,即计算机控制系统。由于系统中采用了计算机,要处理的是离散数字信息,所以相对连续控制系统而言,计算机控制系统也可称为离散控制系统。本书的主要目的就是使读者牢固掌握计算机控制系统的基础理论知识。这些知识对于自动化、自动控制等相关专业的教学是必不可少的内容,对于从事控制系统方面工作的工程技术人员来说也是必备的基础。

本书自2004年7月第1版发行以来,已经多次印刷。在教学过程中,使用本书的教师和学生反馈了许多宝贵的意见,其中突出的是要求给出各章习题的参考答案。本书第2版不改变原书的章节结构,某些内容的讲解做了相应的补充及修改,重点给出各章习题的参考答案。

本书第2章讨论计算机控制系统中信号的特征,并通过对离散信号的频谱分析引出采样定理。第3章介绍计算机控制系统的数学基础—— z 变换。重点介绍 z 变换的定义及其重要性质和定理。第4章讲述计算机控制系统的数学描述及脉冲传递函数,引出描述离散系统的差分方程及脉冲传递函数的概念,讨论离散系统方框图变换方法。第5章介绍计算机控制系统特性分析及系统稳定性判定方法。第6章、第7章讨论有关数字控制器设计问题。第6章讲述连续域-离散化设计方法,即在已设计出连续控制器后,采用适当的方法将连续控制器离散化。本章对一些离散化方法作了重点讨论,同时,还对当前用得较多的数字PID控制器的设计进行了详细的研究,讨论了改进方法。第7章讲述计算机控制系统的直接设计方法。它是根据所要求的性能指标以及过程的脉冲传递函数,直接设计出数字控制器。另外,还讲述了快速对象的最少拍控制系统的设计以及具有大惯性、纯滞后被控对象的慢速系统的设计,对一些有效的预估控制决策进行了探讨,特别是对于建立预测模型的工程方法进行了详细的论述。第8章介绍数字控制器的实现问题,根据实现方框图,可以编写控制程序。第9章讲述线性离散系统的离散状态空间分析、设计方法。之所以将计算机控制系统的状态空间分析和设计方法单独成立一章,是为教学内容取舍提供方便。

本书是在第1版的基础上,根据多年的教学经验,参考国内外的相关优秀教材编著而成。书中反映了当前计算机控制系统的发展状况,讲述主要基础知识。全书例题,特别是各章的习题参考答案大部分采用MATLAB软件仿真和计算,具有解题、设计新思路。本书适合于40~50学时的教学。

本书第 2 版由北京理工大学张宇河教授审阅,许多宝贵的修改、补充建议见诸字里行间。衷心感谢张宇河教授!

由于作者知识水平有限,书中难免有不妥或错误之处,诚请读者批评指正。

席爱民

2009 年 11 月于西安建筑科技大学

进行了多次校对,信控学院副院长嵇启春对本书的编写也给予了大力支持,在此一并致谢。
 由于作者知识水平有限,书中难免有不妥之处,诚请读者批评指正。

言 前 词

席爱民
 于西安建筑科技大学

本书是根据《计算机组成原理》课程的教学大纲编写而成的。在编写过程中,参考了国内外许多优秀的教材和有关文献。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。全书共分八章。第一章介绍计算机的发展概况、分类及应用;第二章介绍运算方法和运算指令;第三章介绍中央处理器(CPU)的组成、指令系统、指令格式及指令的寻址方式;第四章介绍指令在CPU中的执行过程;第五章介绍总线系统的组成、总线协议及总线接口;第六章介绍总线系统的应用;第七章介绍总线系统的扩展;第八章介绍总线系统的测试。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材,也可供从事计算机工作的工程技术人员参考。

本书由席爱民教授主编,席爱民教授负责全书的统稿和定稿工作。在编写过程中,得到了西安建筑科技大学信控学院领导的大力支持,也得到了许多同仁的帮助,在此一并致谢。由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者:席爱民

目

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 计算机控制系统	1
1.1.2 计算机控制系统组成	2
1.2 计算机控制系统的类型、特点	4
1.2.1 计算机控制系统的类型	4
1.2.2 计算机控制的主要特点	7
1.3 计算机控制的发展概况及趋势	8
1.4 计算机控制理论的发展	10
习题	13
第2章 计算机控制系统的信号特征	14
2.1 信息变换原理	14
2.1.1 数字控制系统方框图及系统信息	14
2.1.2 采样过程及理想采样信号的特征	15
2.1.3 采样定理	21
2.2 采样信号的恢复与保持器	24
2.2.1 理想滤波器	24
2.2.2 零阶保持器	26
2.2.3 一阶保持器	28
习题	32
第3章 z 变换	33
3.1 z 变换定义	33
3.1.1 z 变换定义及表达式	33
3.1.2 简单函数的 z 变换	34
3.2 z 变换的重要性质和定理	40
3.3 z 反变换	47
3.3.1 幂级数展开法	47
3.3.2 部分分式法	49
3.3.3 反演积分法(留数法)	54

录

习题	56
第4章 计算机控制系统的数学描述及脉冲传递函数	59
4.1 离散系统	59
4.2 差分方程	60
4.2.1 线性常数系数差分方程	60
4.2.2 差分方程求解	61
4.3 脉冲传递函数(z 传递函数)	66
4.3.1 脉冲传递函数定义	66
4.3.2 脉冲传递函数的求取	67
4.4 计算机控制系统脉冲传递函数及系统方框图变换方法	69
4.4.1 计算机控制系统脉冲传递函数	69
4.4.2 计算机控制系统方框图分析	75
习题	80
第5章 计算机控制系统特性分析	83
5.1 计算机控制系统稳定性分析	83
5.1.1 连续系统稳定性及稳定条件	83
5.1.2 s 平面与 z 平面的映射关系	84
5.1.3 计算机控制系统的稳定性	85
5.2 计算机控制系统的稳定性判定方法	88
5.2.1 通过双线性变换进行稳定性分析	88
5.2.2 朱里(Jury)稳定性准则	92
5.2.3 采样周期对闭环系统稳定性的影响	97
5.3 计算机控制系统动态过程	99

5.3.1 闭环离散系统的暂态响应	100	7.1 最少拍数字控制器设计方法	156
5.3.2 修正 z 变换	103	7.1.1 控制量初值不加规定的最少拍数字控制器设计	156
5.3.3 含有滞后环节的计算机控制系统的输出响应	107	7.1.2 规定控制量的最少拍数字控制器设计	162
5.3.4 利用修正 z 变换求采样点之间的信息	109	7.2 最少拍数字控制器的一般设计方法	166
5.4 计算机控制系统的稳态误差分析	112	7.2.1 最少拍有纹波系统确定闭环脉冲传递函数 $\Phi(z)$ 的一般方法	166
5.4.1 计算机控制系统的稳态误差与稳态误差常数	112	7.2.2 最少拍无纹波系统设计	171
5.4.2 计算机控制系统对干扰输入作用的响应	117	7.3 纯滞后系统数字控制器的设计(Dahlin 算法)	175
习题	119	7.3.1 数字控制器 $D(z)$ 的形式	175
第6章 计算机控制系统连续域-离散化设计方法	121	7.3.2 振铃现象及其消除	177
6.1 连续域-离散化设计的基本原理	121	7.3.3 具有纯滞后系统数字控制器直接设计的步骤	181
6.2 连续控制器的离散化方法	123	7.4 施密斯(Smith)预估补偿算法	182
6.2.1 后向差分法	124	7.5 滞后过程的预估控制系统设计	185
6.2.2 前向差分法	126	习题	189
6.2.3 双线性变换法	127	第8章 数字控制器的实现	192
6.2.4 具有频率预畸的双线性变换	128	8.1 直接结构法	192
6.2.5 脉冲响应不变法	132	8.1.1 直接程序法	192
6.2.6 阶跃响应不变法	133	8.1.2 标准程序法	193
6.2.7 匹配零、极点映射法	134	8.2 间接结构法	195
6.3 数字PID控制器设计	139	8.2.1 串联程序法	195
6.3.1 典型PID控制	139	8.2.2 并联程序法	196
6.3.2 数字PID控制器参数的整定	146	8.2.3 梯形程序法	197
6.3.3 数字PID控制器算法的改进	149	8.3 无限脉冲响应数字控制器和有限脉冲响应数字控制器	201
习题	153	8.3.1 无限脉冲响应数字控制器	201
第7章 计算机控制系统的直接设计方法	155	8.3.2 有限脉冲响应数字控制器	202
		8.3.3 有限脉冲响应数字控制器的实现	202
		习题	206

第 9 章 线性离散系统的离散状态	方法	228
空间分析、设计方法		208
9.1 线性离散系统的离散状态空间	9.2.1 离散系统的能控性和能观	
分析法	测性	228
9.1.1 线性离散系统的离散状态	9.2.2 离散状态空间有限拍系统	
空间表达式	设计法	233
9.1.2 由差分方程导出离散状态	习题	244
空间表达式	习题参考答案	247
9.1.3 线性离散系统状态方程的	第 2 章	247
求解	第 3 章	248
9.1.4 线性离散系统的 z 传递矩阵 ...	第 4 章	250
218	第 5 章	251
9.1.5 线性离散系统的 z 特征方程 ...	第 6 章	251
219	第 7 章	254
9.1.6 计算机控制系统的离散状态	第 8 章	256
空间表达式	第 9 章	258
9.1.7 用离散状态空间法分析系统	参考文献	261
的稳定性		
226		
9.2 线性系统离散状态空间设计		

第1章 绪论

1.1 概述

计算机具有信息储存记忆、逻辑判断推理和快速数值计算等功能,是强大的信息处理工具,其应用已经渗透到人类活动的各个领域,强有力地推动着技术与科学的全面进步。随着计算机技术的迅猛发展,计算机在工业控制中的应用也越来越广泛。如今计算机控制已广泛应用于各类技术工程和工业生产制造过程的控制中。人们在计算机控制推广应用的技术实践中不断总结、创新,完善了计算控制系统的分析设计理论和方法,促进了工程实现技术的不断发展。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。本书将系统讲述有关计算机控制系统的分析及设计的基本理论和方法,以及一些较为实用的计算机先进控制算法。

本章将概述计算机控制系统的组成、类型、特点、任务以及计算机控制的发展概况及趋势,并介绍计算机控制系统理论的发展过程,明确进一步的学习方向。

1.1.1 计算机控制系统

典型计算机反馈控制系统如图 1.1 所示。过程输出信号 $c(t)$ 是连续时间信号,输出信号通过 A/D 转换器,转换成反馈数字信号。系统给定值 $r(t)$ 经 A/D 转换器转换成数字信号,与反馈信号比较得出误差信号 $e(kT)$, $e(kT)$ 在计算机内部使用一种算法进行处理,输出数字信号,经 D/A 转换器转换成离散序列信号 $u(kT)$, 该信号经保持器输出连续信号 $u(t)$, 然后送到被控对象上。数字计算机顺序操作,每一步操作都需要一定的时间。在采样点之间,保持器的输出保持为常数,系统开环运行。要求系统的输出 $c(t)$ 与给定值 $r(t)$ 保持一致。

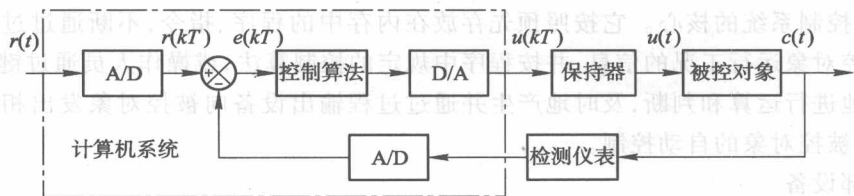


图 1.1 典型计算机反馈控制系统

由上面的分析可见,系统中存在着两种截然不同的信号,即模拟连续信号及数字离散信号。因而对于计算机控制系统的分析和设计就不能完全采用连续控制理论,需要有相应的离散控制

理论与之相适应。不同类型信号混合的分析有时是困难的,然而,在大多数情况下,描述系统在采样点上的表现就足够了。

1.1.2 计算机控制系统组成

由上可知,计算机是计算机控制系统中的核心装置,是系统中信号处理和决策的机构,相当于控制系统的神经中枢。计算机控制系统是由硬件和软件两部分组成的。

1. 硬件组成

计算机控制系统的硬件主要由主机、外部设备、过程输入输出设备和被控对象组成,如图1.2所示。

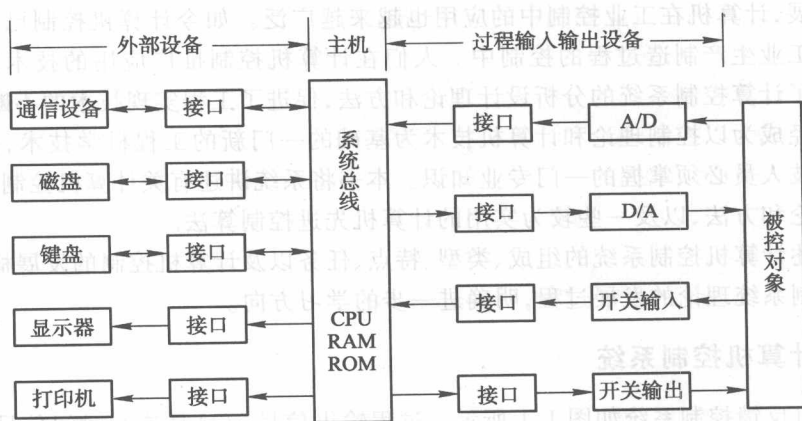


图 1.2 计算机控制系统的硬件组成框图

现对计算机控制系统分述如下。

(1) 主机

由中央处理器(CPU)和内存存储器(RAM和ROM)通过系统总线连接的主机是计算机的核心,也是整个控制系统的核心。它按照预先存放在内存中的程序、指令,不断通过过程输入设备获取反映被控对象运行工况的信息,并按程序中规定的控制算法,或操作人员通过键盘输入的操作命令自动地进行运算和判断,及时地产生并通过过程输出设备向被控对象发出相应的控制命令,以实现对被控对象的自动控制。

(2) 外部设备

常用的外部设备有四类:输入设备、输出设备、外存储器和通信设备。

输入设备:常用的是键盘,用来输入(或修改)程序、数据和操作命令。

输出设备:通常有打印机、显示器等,它们以字符、曲线、表格、图形等形式来反映被控对象的运行工况和有关控制信息。

外存储器：通常是磁盘(包括硬盘和软盘)。它们兼有输入和输出两种功能,用来存放程序和数据,作为内存储器的后备存储器。

通信设备：用来与其他相关计算机控制系统或计算机管理系统进行连网通信,形成规模更大、功能更强的网络分布式计算机控制系统。

以上常规外部设备通过接口与主机连接便构成具有科学计算和信息处理功能的通用计算机,但是这样的计算机不能直接用于控制。如果用于控制,还需要配备过程输入输出设备构成计算机控制系统。

(3) 过程输入输出设备

过程输入输出(简称 I/O)设备是计算机与被控对象之间信息联系的桥梁和纽带,计算机与被控对象之间的信息传递都是通过 I/O 设备进行的。I/O 设备分为过程输入设备和过程输出设备。

① 过程输入设备:包括模拟输入通道(简称 A/D 通道)和开关量输入通道(简称 DI 通道),分别用来将测量仪表测得的被控对象的各种参数的模拟信号和反映被控对象状态的开关量或数字信号输入计算机。

② 过程输出设备:包括模拟输出通道(简称 D/A 通道)和开关量输出通道(简称 DO 通道)。D/A 通道将计算机产生的数字控制信号转换为模拟信号,再经保持器后输出,驱动执行装置对被控对象实施控制;DO 通道将计算机产生的开关量控制命令直接输出驱动相应的开关动作。

(4) 被控对象

一般来说,被控对象是连续模拟环节,而计算机输出数字信号,该信号经 D/A 转换、保持器后成为连续信号,加到被控对象上。在以后的分析中,将保持器、执行机构以及被控对象看作一个整体,称为广义被控对象。

2. 软件组成

上述硬件构成的计算机控制系统只是一个硬件系统,还必须配备相应的软件系统才能实现所预期的各种自动控制功能。软件是计算机工作程序的统称,软件系统亦即程序系统,是实现预期信息处理功能的各种程序的集合。计算机控制系统的软件系统的优劣不仅关系到硬件功能的发挥,而且也关系到控制系统的控制品质和操作管理水平。计算机控制系统的软件通常由系统软件和应用软件两大软件组成。

(1) 系统软件

系统软件即为计算机通用性软件,主要包括数据结构、操作系统、数据库系统和一些公共服务软件(如各种计算机语言编译、程序诊断以及网络通信等软件)。系统软件通常由计算机厂家和软件公司研制,可以从市场上购置。计算机控制系统设计人员一般没有必要研制系统软件,但是需要了解和学会使用系统软件,以便更好地开发应用软件。

(2) 应用软件

应用软件是计算机在系统软件支持下实现各种应用功能的专用程序。计算机控制系统的应用软件一般包括控制程序,过程输入和输出接口程序,人机接口程序,显示、打印、报警和故障联

锁程序等。其中控制程序用来执行预先设计的控制算法,它的优劣直接影响控制系统的品质;过程输入和输出接口程序与过程输入和输出通道硬件相配合,实现计算机与被控对象之间的数据信息传递,一方面为控制程序提供反映被控对象运行工况的数据,另一方面又将控制程序运行结果所产生的控制信号送到驱动执行装置。一般情况下,应用软件由计算机控制系统设计人员根据所确定的硬件系统和软件环境来开发编写。

应当指出,计算机控制系统中的控制计算机(简称控制机或工控机)与通常用作信息处理的通用计算机(如PC机)相比,不仅在结构上而且在技术性能方面都有较大差别。由于控制机要对被控对象进行实时控制和监视,需要不间断长期可靠地工作,而且其工作环境一般都较恶劣,所以控制机不仅需要配置过程输入输出设备实现与被控对象之间的信息联系,而且还必须具有实时响应能力和很强的抗干扰能力以及很高的可靠性。控制机可靠性一般要求整机系统及其功能模板的平均无故障时间 MTBF (Mean Time Between Failures),分别为1年和10年以上,因此,控制机通常都是由专门厂家按照其技术性能要求采用模块化、标准化、系列化设计生产制造的,或是选用专门厂家生产的控制机系列功能模板和部件,通过组装构成。控制机的实时响应能力是指计算机中信号的一次输入、运算和输出能在规定的很短时间内完成,并且能够根据被控对象的参数变化及时地做出相应处理的能力。控制机实时响应能力不仅与计算机的硬件性能指标有关,而且更多地取决于系统软件和应用软件。因此,在选用系统软件和编写应用软件时,应该考虑到对软件的实时性要求,并设法提高应用软件的质量,减少程序的计算和执行时间。

1.2 计算机控制系统的类型、特点

1.2.1 计算机控制系统的类型

计算机控制系统利用其中计算机强大、灵活的信息处理功能,不仅可以实现如图1.1所示的反馈控制功能,而且还可以实现其他多种自动化功能。比如,监测与操作指导、直接数字控制、顺序控制、监督控制以及控制管理集成等。如果按照功能或工作任务分类,计算机控制系统可以分为以下几种类型。

1. 计算机监测与操作指导系统

计算机监测与操作指导系统的结构如图1.3所示。这种系统常用于生产过程控制的基本功能是监测与操作指导。监测是由计算机通过输入通道A/D接口构成的外围设备,实时地采集被控对象运行参数,经适当运行处理(如数字滤波、非线性补偿、误差修正、量程转换等)后,以数字图表或图形曲线等形式,通过显示器实时显示,向操作人员提供全面的反映被控对象运行工况的信息,使操作人员能够对被控对象运行工况全面监视。当被控对象运行中,某些重要参数偏离正常值时,计算机发出报警信号,提醒操作人员进行紧急操作,以确保被控对象安全、正常工作。计算机实时显示被控对象运行工况的信息,同时还通过显示器给出操作指导信息,供操作人员参考。计算机给出的操作指导信息有两种,一种是计算机按照预先建立的数学模型和控制优化算

法,通过计算给出的相应控制命令由显示器显示输出,控制命令执行与否由操作人员凭经验抉择;另一种是计算机按照预先存放在特定工况下的操作方法顺序,再根据被控对象实际工况和流程,逐条输出操作信息,用以指导操作。

2. 计算机直接数字控制系统

计算机直接数字控制系统,简称 DDC(Direct Digital Control)系统,是指用计算机代替常规模拟控制器,直接对被控对象进行控制的系统。其中 DDC 反馈系统结构如图 1.1 所示。DDC 系统利用计算机强有力的数值计算和逻辑判断推理能力,通过软件不仅可以实现常规的反馈控制、前馈控制以及串级控制等控制方案,而且可以方便灵活地实现模拟控制器难以实现的各种先进、复杂的控制律,如最优控制、自适应控制、多变量控制、模型预测控制以及智能控制等,从而可以获得更好的控制性能。

DDC 系统是最重要的一类计算机控制系统,通常它直接影响控制目标的实现。DDC 系统性能的优劣不仅跟计算机硬件和软件技术有关,而且更主要的是它涉及很多控制理论问题。正因为如此,将 DDC 系统列为本书的主要研究对象。需要指出,DDC 系统在系统结构上,可以说同模拟控制系统没有什么本质的区别。只是用计算机的数值计算替代模拟电子线路来实现各种控制律而已。但是,就系统中信号的类型而言,DDC 系统和模拟控制系统却有着很大差别。模拟控制系统是连续系统,系统中只有一种类型的信号,即连续时间信号(简称连续信号)。而 DDC 系统则是混合系统,系统中既有连续信号又有离散信号(即离散时间信号),其他类型的计算机控制系统也是如此。由此决定了处理模拟控制系统的数学描述、分析和设计的理论与方法不能直接用于计算机控制系统。计算机控制系统需要另有与之相应的理论和方法来处理。关于如何处理计算机控制系统的数学描述、分析和设计问题的理论与方法,正是本书后面要讲述的主要内容。

3. 计算机顺序控制系统

这种系统中,计算机根据被控对象运行状态,严格按照预定的时间顺序或逻辑顺序产生相应的操作命令,并以开关量形式输出,使被控对象各个环节或部件按照预定的规则顺序协调动作来完成相应的生产加工任务。这种系统常用于机械加工过程和连续生产过程中的启动、停止以及故障联锁保护阶段,电梯就是一种典型的计算机顺序控制系统。市面上出售的各种类型可编程控制器,又称 PLC(Programming Logical Controller),就是专门用于顺序控制系统的控制计算机。

4. 计算机监督控制系统

计算机监督控制系统简称 SCC(Supervisory Computer Control)系统,是由 DDC 系统加监督级构成的,其结构如图 1.4 所示。监督计算机根据反映被控对象运行工况的数据和预先给定的数学模型及性能目标函数,按照预先确定的优化算法或监督规则,通过相应计算机的计算和推理判

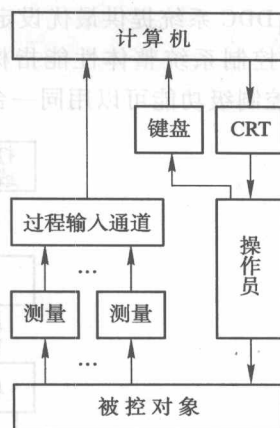


图 1.3 计算机监测与操作指导系统